

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

วีดีโอซีดี ประกอบการสอน เรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ
VIDEO CD FOR TEACHING ABOUT BIOGAS PRODUCTION

โดย

นายธเนศ ชื่นชูชน

ร/พ.

5287จ

2545

เลขหมึก.....
เลขทะเบียน 49755
วัน, เดือน, ปี 30 ส.ค. 2547

.b.....
.i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์
ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
ปีการศึกษา 2545

b11345019

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2545

ชื่อเรื่อง	วีดีโอซีดี ประกอบการสอน เรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ Video CD For Teaching About Biogas Production
ชื่อ-สกุล	นายธเนศ ชื่นชูชน
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์
ภาควิชา	ครุศาสตร์เกษตร
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์

บทคัดย่อ

ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตวีดีโอซีดี ประกอบการสอน วิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (03621200) ของนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การดำเนินการสร้างอุปกรณ์ประกอบการสอนประเภทวีดีโอซีดี ศึกษาหลักสูตร ในรายวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (03621200) และติดต่อภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน เพื่อถ่ายวีดีโอแล้วนำภาพมาทำการตัดต่อให้ได้ภาพตามที่ต้องการโดยใช้โปรแกรม Adobe Premire Version 6.0 จากนั้นนำผลงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้วมา ประเมินผลการตรวจสอบ 2 ด้านคือ ด้านเนื้อหาของวีดีโอซีดี ด้านโครงสร้างของวีดีโอซีดี และแก้ไข ข้อบกพร่อง

วีดีโอซีดี ประกอบการสอน เรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (03621200) ของนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี หลักสูตร ครุศาสตร์ อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง หรือเผยแพร่ให้ผู้ที่ต้องการจะศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับกระบวนการผลิต แก๊สชีวภาพโดยทั่วไป

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลเหล่านี้คือ ท่านอาจารย์สมชัย จันทร์สว่าง หัวหน้าภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งท่านได้อนุเคราะห์ทั้งข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการถ่ายวีดีโอจนเสร็จสมบูรณ์ ท่านอาจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษได้ให้คำแนะนำต่างๆ ในการทำปัญหาพิเศษ อาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์เกษตรที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์, เจ้าหน้าที่ห้องโสตทัศนศึกษาประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ตรวจสอบโครงสร้างของวีดีโอซีดี, เพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจ และที่สำคัญที่สุดคือ บิดา-มารดา พี่ชายที่ให้ความสนับสนุนทั้งทางด้านทุนทรัพย์ และให้กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ธเนศ ชื่นชูชน

กุมภาพันธ์ 2546

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	จ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอนประเภทวีดิโอซีดี	4
2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ	9
3 วิธีการสร้างอุปกรณ์	23
3.1 วิธีการวิเคราะห์หลักสูตร	23
3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา	24
3.3 เขียนคำบรรยายประกอบวีดิโอซีดี	30
3.4 ขั้นตอนการสร้างวีดิโอซีดีประกอบการสอน	36
4 การตรวจสอบและแก้ไขอุปกรณ์	37
4.1 วิธีการตรวจสอบ	37
4.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพวีดิโอซีดีเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ	37
5 สรุปและข้อเสนอแนะ	38
5.1 สรุป	38
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม	40
ภาคผนวก	42
แบบประเมินคุณภาพวิดีโอซีดี.....	43

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงขั้นตอนและหลักการของกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ	30

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการเรียนการสอนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก มีการพัฒนาจากเดิมที่มีครูทำหน้าที่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียนด้วยวิธีการบรรยาย ใช้ตำรา ใช้กระดานชอล์คเป็นเครื่องมือ โดยมีนักเรียนเป็นผู้ฟัง และจดจำเนื้อหาที่ครูถ่ายทอดเรื่อยมา จนกระทั่งปัจจุบันบทบาทของครูได้ถูกเปลี่ยนไปจากผู้บรรยายมาเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม ตลอดจนจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้โดยอาศัยสื่อทัศนวัสดุเข้ามาช่วย ในการเลือกใช้สื่อทัศนวัสดุ จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น ความสัมพันธ์กับเนื้อหา จำนวนของผู้เรียน อายุของผู้เรียนเป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้สื่อ สื่อในการเรียนการสอนมีหลายประเภท เช่น แบบจำลอง แผ่นใส รูปภาพ และวีดิโอซีดีเป็นสื่อทัศนวัสดุ ประกอบการเรียนการสอนประเภทหนึ่ง สามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น

ดังนั้นการผลิตวีดิโอซีดีประกอบการสอนเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ ถือได้ว่าเป็นการผลิตสื่อการเรียนการสอนอย่างหนึ่ง ซึ่งใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน ในวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์(03621200) ของระดับชั้นปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เนื้อหาสาระของวีดิโอซีดีประกอบการสอนชุดนี้ สามารถทำให้ผู้เรียนเห็นตัวอย่างวัตถุดิบ อุปกรณ์ กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของบทเรียนที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจและจดจำเนื้อหาของวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

เนื่องจากปัจจุบันมีการรณรงค์ให้มีการนำของเหลือใช้ที่ยังใช้ประโยชน์ได้ให้กลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เพื่อลดต้นทุนในการกำจัดของเสียและลดต้นทุนของวัตถุดิบหลัก การผลิตแก๊สชีวภาพก็เป็นอีกอย่างหนึ่งที่ได้จากการนำมูลสัตว์มาหมักเพื่อให้เกิดก๊าซใช้ในสำหรับหุงต้มอาหาร และจุดตะเกียงในบ้านเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อก๊าซปิโตรเลียมซึ่งมีราคาแพงมาใช้

แก๊สชีวภาพ (Biogas) หมายถึง แก๊สที่ได้จากการย่อยสลายสิ่งมีชีวิตหรือของค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตหรือสารอินทรีย์ต่างๆในสภาวะไร้ออกซิเจนประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส และโปรตีน ซึ่งคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ดังนั้นเมื่อมีการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนโมเลกุลของสิ่งมีชีวิตจะแตกตัวและจับตัวกันใหม่เกิดเป็นแก๊ส มีเทนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่นๆ รวมเรียกว่าแก๊สชีวภาพ (Biogas) (อรุณ คงศักดิ์ไพศาล และคณะ, 2526:301)

1.2 วัตถุประสงค์

ผลิตวีดิโอซีดีประกอบการสอนประกอบการเรียนการสอน ในวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (03621200) ของระดับชั้นปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3 ขอบเขตของปัญหา

ทำการผลิตวีดิโอซีดีร่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน ในวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์(03621200) ของระดับชั้นปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งการผลิตวีดิโอซีดีชุดนี้ประกอบไปด้วย

1. เนื้อเรื่องที่จะดำเนินการ

- การเกิดแก๊สชีวภาพ
- การใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวภาพ
- การสร้างปอหมักแก๊สชีวภาพ
- การบำรุงดูแลรักษาปอแก๊สชีวภาพ

2. จัดทำคู่มือประกอบการใช้วีดิโอซีดีและสคริปต์คำบรรยายเรื่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ การประเมินวีดิโอซีดี โดยใช้แบบประเมินสื่อที่สร้างขึ้นประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของวีดิโอซีดีและประเมินในด้านโครงสร้างของวีดิโอซีดี ประเมินจากผู้ที่มีความรู้เรื่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับสื่อจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้วีดีโอซีดีประกอบการสอนเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อประกอบการเรียนการสอนในวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (03621200) ของระดับชั้นปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. สามารถใช้วีดีโอซีดีชุดนี้เผยแพร่ให้ผู้สนใจทั่วไปศึกษาหาความรู้ในเรื่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพได้
2. ผู้จัดได้รับประสบการณ์ตรง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการผลิตสื่อการสอนชนิดอื่นได้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาปัญหาพิเศษประเภทวิดิโอซีดีประกอบการสอนเรื่อง กระบวนการผลิต แก๊สชีวภาพ เพื่อประกอบการเรียนการสอนในวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (03621200) ผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารต่างๆ ทั้งที่อยู่ในรูปหนังสือ วารสาร เอกสาร นิตยสาร สอบถามจากผู้ที่มีประสบการณ์ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้จัดทำได้รวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อสรุปข้อมูลในการทำวิดิโอซีดี การศึกษาเอกสารมี 2 ลักษณะดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอนประเภทวิดิโอซีดี

2.1.1 หลักในการเลือกสื่อการเรียนการสอน

หลักการเลือกสื่อการสอน ผู้สอนจะต้องตั้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในการเรียนการสอนให้แน่นอนเสียก่อน เพื่อใช้วัตถุประสงค์เป็นตัวชี้้นำในการเลือกสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีหลักการอื่นๆเพื่อประกอบการพิจารณาคือ

1. สิ่งนั้นจะต้องสัมพันธ์กับเนื้อหาของบทเรียนและจุดมุ่งหมายที่สอน
2. เลือกสื่อที่มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย น่าสนใจ และเป็นสื่อที่ช่วยให้ผลการเรียนมากที่สุด
3. ให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชา ได้ดีเป็นไปตามลำดับขั้นตอน
4. เป็นสื่อที่เหมาะสมกับวัย ระดับชั้น ความรู้ และประสบการณ์ของผู้เรียน
5. ควรสะดวกในการใช้ มีวิธีการใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากเกินไป
6. ต้องเป็นสื่อที่มีคุณภาพ มีเทคนิคการผลิตที่ดี มีความชัดเจนและเป็นจริง
7. มีราคาไม่แพงจนเกินไป Davies 1981 :192 (กิดานันท์ มลิทอง, 2531:84)

2.1.2 ข้อคำนึงในการใช้สื่อการเรียนการสอน

การใช้สื่อการเรียนการสอนควรคำนึงถึงลักษณะซึ่งจะอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนและผู้สอน ในด้านต่างๆ ดังนี้คือ

1. ด้านประสิทธิภาพของงาน (Efficiency) คือ สื่อการเรียนการสอนนั้นควรจะทำให้การทำงานบรรลุตามเป้าหมายได้อย่างเที่ยงตรงและรวดเร็ว

2. ด้านความประหยัด (Economy) คือ สื่อการเรียนการสอนนั้นควรทำให้เกิดความประหยัดได้ทั้งในด้านเวลา ทุนทรัพย์ และแรงงาน

3. ด้านอำนาจการผลิต หรือผลิตผล (Productivity) คือ สื่อการเรียนการสอนนั้นสามารถทำให้งานบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ (สันตต์ ภิบาลสุข และพิมพ์ ภิบาลสุข, 2524:2)

นอกจากนี้การใช้สื่อการเรียนการสอนจะต้องคำนึงถึง 1) ตัวผู้เรียน คือ จะต้องทราบว่าคุณผู้เรียนอยู่ในระดับไหน อายุเท่าไร ประกอบกับพื้นฐานทางวัฒนธรรม ประสบการณ์และความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน 2) ตั้งจุดมุ่งหมาย คือ ต้องการให้ผู้เรียนรู้อะไร หรือผู้สอนต้องการจะสอนอะไรนั่นเอง 3) เนื้อหาจากการที่มีหัวข้อเรื่องใหญ่แล้วจะมีหัวข้อย่อยอะไรบ้าง 4) คำนึงค่าเงิน เวลาหรือไม่และ 5) แบบของสื่อการเรียนการสอน ต้องดูให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาที่สอน (สมหญิง กลั่นศิริ, 2523:51) ปัจจุบันเป็นที่นิยมกันคือ วิดีโอคาสเซต (Videocassette) และวิดีโอดีสก์ (Video Disc) (วารินทร์ รัศมีพรหม , 2531:131)

ในปัจจุบันสื่อเก็บข้อมูลประเภทแสงเช่น แผ่น CD-R/RW มีราคาถูกลงมากและมีคุณภาพดีขึ้นประกอบกับเครื่องเขียนแผ่น CD-RW ก็มีราคาถูกลงอย่างต่อเนื่องบางยี่ห้อราคาเพียงเกือบสามพันบาทเท่านั้น แต่มีประสิทธิภาพและความเร็วในการทำงานเขียนแผ่นอย่างยอดเยี่ยม และสามารถที่จะเขียนแผ่นซีดีที่ผลิตออกมาจำหน่ายได้ทุกรูปแบบ

นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการผลิต VCD โดยการนำเอาข้อมูลวีดีโอมาจากกล้องถ่ายภาพวีดีโอ ม้วนวีดีโอเทปต้นฉบับหรือภาพทางระบบทีวีแผ่นการ์ดจับภาพเข้าคอมพิวเตอร์เก็บไว้เป็นไฟล์ในฮาร์ดดิสก์และเขียนลงแผ่นเป็น Video CD นับว่ามีประโยชน์อย่างยิ่ง สำหรับผู้ที่ต้องการบันทึกม้วนวีดีโอส่วนตัวเก็บไว้เป็นแผ่น VCD เพื่อให้มีอายุใช้งานที่ยาวนาน และเก็บรักษาได้ง่าย

ในปัจจุบันแผ่นซอฟต์แวร์ที่มีผู้นิยมใช้กัน หรือเกมส์ดังทั้งหลายก็มักจะมีระบบป้องกันการก๊อปปี้ ซึ่งทำให้บรรดาผู้ชื่นชอบเขียนแผ่นไม่สามารถทำการก๊อปปี้แผ่นดังกล่าวมาใช้งานได้หนังสือเล่มนี้จึงมีเนื้อหาและรายละเอียดเกี่ยวกับการก๊อปปี้แผ่นที่มีระบบป้องกันการก๊อปปี้ทั้งหลาย

การผลิต Video CD

เนื่องจากปัจจุบันมีแผ่นวีดีโอซีดี จำหน่ายในท้องตลาดเป็นจำนวนมาก โดยจำหน่ายในราคาถูกต้อง 80-200 กว่าบาทซึ่งมีทั้งแผ่นลิขสิทธิ์และแผ่นก๊อปปี้ ทำให้ความนิยมดูภาพยนตร์จากม้วนวีดีโอเทปตกลงไป จนคาดว่าอีกไม่นานนี้คงจะไม่มีผู้ใช้เครื่องเล่นวีดีโอดูหนังจากม้วนเทปอีกต่อไปแล้ว ด้วยความแรงของแผ่นวีดีโอซีดี ที่หาซื้อได้ง่ายและมีราคาถูก จึงมีเครื่องเล่นวีดีโอซีดี ผลิตออกจำหน่ายมากมาย มีทั้งสินค้ามีชื่อมาตรฐาน และยี่ห้อไม่มาตรฐาน(ส่วนใหญ่ผลิต

จากประเทศจีน และนำมาติดยี่ห้อกันเอง) ในราคาถูกตั้งแต่ 1,800-5,000 บาท ให้เลือกซื้อหากันตามความพอใจ

สำหรับผู้ที่มีม้วนวิดีโอภาพยนตร์อยู่แล้วหรือเป็นม้วนวิดีโอส่วนตัว ที่ได้ถ่ายไว้ในโอกาสต่าง เช่น งานบวช งานแต่งงาน และงานทำบุญ เป็นต้น หากต้องการนำวิดีโอมาดูในเครื่องเล่นวิดีโอซีดีรุ่นใหม่ ก็สามารถทำได้ โดยการใช้การ์ดจับภาพหรือการ์ดตัดต่อวิดีโอจับภาพวิดีโอจากม้วนเทป/กล่องวิดีโอ มาเก็บไว้เป็นไฟล์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วทำการแปลงไฟล์หรือบีบอัดและเขียนออกมาเป็นแผ่นวิดีโอซีดี นำมาเปิดดูในคอมพิวเตอร์/เครื่องเล่นวิดีโอซีดีทั่วไปได้โดยแผ่นจะมีอายุการใช้งาน/ความคงทน นานกว่าเก็บไว้ในม้วนเทปมากทีเดียว

เทคโนโลยี Video CD

Video CD หรือแผ่น VCD นี้ถูกสร้างขึ้นมาจากมาตรฐาน "สมุดปกขาว" White Book โดยทำการบันทึกข้อมูลภาพยนตร์ ภาพและเสียงในระบบ MPEG-1 ข้อมูลภาพจะใช้วิธีการเข้ารหัสแบบ MPEG-1 ส่วนข้อมูลทางด้านเสียงจะใช้วิธีการเข้ารหัสแบบ MPEG-1 Layer 2 มีอัตราการสุ่มความถี่เสียง 44.1 KHz คุณภาพของภาพและเสียงของ Video CD อาจเทียบได้เท่ากับคุณภาพของวิดีโอเทประบบ VHS เท่านั้นยังสู้คุณภาพของแผ่นเลเซอร์ดีวีดี/DVD ไม่ได้ คือมีความละเอียดของภาพสูงสุด 352x288 จุดในระบบ PAL และ 352x240 ในระบบ NTSC ซึ่งขึ้นอยู่กับเครื่องเล่นวิดีโอ และระบบโทรทัศน์ที่ใช้

ข้อเสียของ Video CD คือในแผ่น VCD หนึ่งแผ่นจะบันทึกภาพยนตร์ได้ประมาณเกือบ 1 ชั่วโมงเท่านั้น ดังนั้นภาพยนตร์โดยทั่วไปที่มีความยาวตั้งแต่หนึ่งชั่วโมงครึ่งจนถึง 3 ชั่วโมง อาจต้องใช้แผ่น VCD ในการชมภาพยนตร์ 2-3 แผ่นเลยทีเดียว ซึ่งกว่าจะดูหนังจบเรื่องก็คงต้องเปลี่ยนแผ่นกันหลายครั้ง

ชนิดของสัญญาณวิดีโอ

รูปแบบของสัญญาณวิดีโอ จะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แบบอนาล็อก (Analog Video) และแบบดิจิทัล (Digital Video) ซึ่งแต่ละแบบมีความแตกต่างกันดังนี้ คือ

AV(Analog Video) เป็นสัญญาณในรูปแบบคลื่นที่มีความต่อเนื่องภาพวิดีโอในรูปแบบนี้ จะมีความเป็นธรรมชาติมาก แต่ข้อเสียคือเนื่องจากเป็นรูปแบบของคลื่น จึงเกิดการสูญเสียสัญญาณระหว่างเดินทางยิ่งระยะทางยาวมากจะสูญเสียมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพสายที่ใช้ อุปกรณ์ที่ใช้ระบบนี้ได้แก่กล่องวิดีโอมือถือรุ่นแรก เครื่องเล่นวิดีโอแบบม้วนเทป เป็นต้น

DV(Digital Video) สัญญาณจะอยู่ในรูปแบบของรหัสตัวเลข 0 กับ 1 ดังนั้นไม่ว่าจะเดินทางไปไกลแค่ไหน รูปแบบของสัญญาณจะไม่ผิดเพี้ยนไปภาพวิดีโอรูปแบบนี้จึงมีความคมชัด

และไม่สูญเสียคุณภาพไป แม้จะต้องใช้ระยะทางในการต่อพ่วงมากก็ตามสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้กับสัญญาณแบบนี้ เช่น กล้องถ่ายวิดีโอรุ่นใหม่ที่มีช่องต่อแบบ IEEE1394

ชนิดของไฟล์วิดีโอ

การจับภาพวิดีโอจากอุปกรณ์ภายนอกมาเข้าคอมพิวเตอร์ ต้องมีการแปลงวิดีโอดังกล่าวเป็นไฟล์ในรูปแบบต่าง ตามที่การ์ดจับภาพหรือโปรแกรมจับภาพรองรับได้ สำหรับไฟล์วิดีโอที่นิยมใช้สำหรับการสร้างแผ่น Video CD มีดังนี้

AVI (Audio Video Interleave) เป็นไฟล์วิดีโอรูปแบบหนึ่งที่มีใช้ในเครื่อง PC ให้คุณภาพสูงเนื่องจากมีการบีบอัดน้อย โดย 1 นาทีอาจใช้เนื้อที่ในฮาร์ดดิสก์ถึง 1 GB ดังนั้นหากต้องการจับภาพวิดีโอเป็นไฟล์ชนิดนี้เครื่องต้องมีประสิทธิภาพสูงพอควร และฮาร์ดดิสก์จะต้องมีเนื้อที่ว่างไม่ต่ำกว่า 30-40 GB จึงจะพอทำงานได้ข้อเสียของไฟล์ชนิดนี้คือ ไม่สามารถจับภาพวิดีโอให้มีขนาดใหญ่เกินกว่า 2,4 GB ได้ ในไฟล์เดียวขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการที่ใช้ถ้าใช้ระบบไฟล์แบบ FAT16 จะเก็บไฟล์ได้ 2 GB หากเป็น FAT32 เก็บไฟล์ได้ใหญ่สุด 4GB)

MPEG (Motion Picture Experts Group) เป็นไฟล์วิดีโอในรูปแบบหนึ่งที่มีการเข้ารหัสหรือบีบอัด (codec) ทำให้ไฟล์มีขนาดเล็กกลงกว่าเดิมมาก โดยสูญเสียคุณภาพของวิดีโอเพียงเล็กน้อย เป็นไฟล์ที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตแผ่น Video CD เนื่องจากสามารถบีบอัดให้เล่นภาพยนตร์ได้ถึง 1 ชั่วโมงในแผ่นความจุ 650 MB

DAT (*.dat) เป็นไฟล์ในรูปแบบ MPEG-1 ที่อยู่ในแผ่น VCD ซึ่งสามารถเปิดดูได้ทั้งบนคอมพิวเตอร์และในเครื่องเล่น VCD ตามบ้านไฟล์รูปแบบนี้จะมีอยู่เฉพาะในแผ่น Video CD หากจะนำไปตัดต่อหรือใช้งานอื่นจะต้องแปลงให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์ MPEG ก่อน

2.1.3 ประโยชน์ของการใช้สื่อการเรียนการสอน

ด้านสื่อกับผู้สอน

1. ช่วยแบ่งเบาภาระของผู้สอน ทั้งด้านแรงงานและเวลา
2. ผู้สอนสนุกสนานไปกับการสอน
3. เป็นแรงผลักดันให้ผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอในการผลิตอุปกรณ์
4. มีความเชื่อมั่นในการสอนมากขึ้น
5. ช่วยให้ผู้สอนมีโอกาสสร้างประสบการณ์ การเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้านสื่อกับผู้เรียน

1. กระตุ้นและสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียน
2. ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อนในเนื้อหาบางวิชาให้ง่ายขึ้น

3. ดึงประสบการณ์ภายนอกชั้นเรียน ให้ผู้เรียนได้รับรู้มากขึ้น (จันทาย เตรียาคาร, 2533:7-10)

2.1.4 การใช้สื่อการเรียนการสอน

การใช้สื่อการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอนด้วยเหตุผล 6 ประการ ดังกล่าวคือ

1. สื่อการสอนกระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกรักอยากเรียน เพราะธรรมชาติของมนุษย์ย่อมอยากรู้ อยากเห็นในสิ่งต่างอยู่แล้ว ผู้เรียนจะเกิดความสนใจมากมาย เช่น วันนี้ครูถือรูปอะไรมาในห้องนะ เอ ก็มาทำไมเป็นต้น และแน่นอนตราบโดที่ยังสงสัย ตราบนั้นทุกคนจะเฝ้ามอง ตั้งใจอย่างจดจ่อ ด้วยความอยากรู้อยากเห็น
2. สื่อการสอนทำให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียน ได้ง่ายขึ้น เพราะสื่อการสอนสามารถแปลงนามธรรม ให้กลายเป็นรูปธรรม ทำให้ประหยัดเวลาของผู้สอนไปได้มาก เช่น เมื่อครูพูดถึงนกเพนกวิน ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณขั้วโลกเหนือ นักเรียนหลายคนอาจไม่เคยเห็นรูปนกเพนกวินมาก่อนเลย ครูต้องใช้เวลาหลายสิบนาทีเพื่ออธิบายรูปร่างของนกเพนกวินถึงกระนั้นก็ตามรูปร่างของนกเพนกวินที่นักเรียนแต่ละคนจินตนาการขึ้นมาจากคำบอกเล่าของครูก็ยังไม่เหมือนกันอยู่ดี แต่ถ้าครูเอาภาพนกเพนกวินให้นักเรียนดู ต่อไปเมื่อใครพูดถึงนกเพนกวินขึ้นมาอีก นักเรียนหลายคนจะนึกถึงรูปร่างของนกเพนกวินได้อย่างถูกต้องตรงกันทันที
3. สื่อการสอนสามารถเอาชนะ เวลา สถานที่ และระยะทางได้ กล่าวคือสื่อการสอนสามารถนำสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีตนานนับสิบปีแล้วนำกลับมาให้เราได้ชมในปัจจุบัน ไม่ว่าสิ่งนั้นจะเกิดขึ้นในประเทศใด ห่างไกลจากประเทศไทยเพียงใด ก็ไม่เป็นอุปสรรค เช่น การรบที่ยุโรปในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 เป็นต้น
4. สื่อการสอนสามารถย่อขนาดของวัตถุที่ใหญ่มากกว่าจะนำของจริง ๆ มาประกอบการสอนได้ เช่น ครูจะสอนเรื่องช้างศึก ก็ไม่จำเป็นต้องไปหาช้างจริงๆมาขึ้นหน้าชั้นให้เกิดความทุลักทุเล ใช้ภาพข้างแทนของจริงได้ และสื่อการสอนยังสามารถขยายวัตถุซึ่งมีขนาดเล็กเกินกว่าจะนำของจริงมาประกอบการสอนได้ เช่น พยาธิปากขอ เป็นต้น เพียงใช้ภาพโปสเตอร์ก็มองเห็นหน้าพยาธิถนัดชัดเจนขึ้นแล้ว
5. สื่อการสอนทำให้นักเรียนจดจำสิ่งที่ควรจำไว้ได้นานมาก ลองสังเกตจากตัวท่านเองก็ได้ภาพยนต์บางเรื่องที่ท่านประทับใจ ท่านจะจดจำได้นานแสนนาน เล่าสู่กันฟังหนแล้วหนเล่า

6. สื่อการสอนจะมีส่วนเสริมสร้าง ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียนอย่างยิ่ง นักเรียนแต่ละคนจะมีประสบการณ์หรือพื้นเพเดิมแตกต่างกันอยู่แล้ว การได้เห็นสื่อการสอนที่น่าสนใจ ใหม่ ๆ จะเสริมสร้างความคิดเดิม ให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี (วาสนา ชาวหา, 2533:16)

สื่อการสอนมีความสำคัญและเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการเรียนการสอน ทั้งนี้เพราะสื่อการสอนมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในหลายๆด้านด้วยกันดังนี้

1. สื่อการสอนช่วยครูให้เพิ่มพูนประสบการณ์ความรู้ให้แก่นักเรียน
2. สื่อการสอนช่วยให้ครูจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้หลายรูปแบบ
3. สื่อการสอนช่วยให้ครูกระตุ้นให้นักเรียน เกิดการตอบสนอง ตามที่คาดหวังจะให้เกิดในตัวนักเรียน

4. สื่อการสอนช่วยในการส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมหลายๆรูปแบบ
5. สื่อการสอนช่วยครูในการสอนในสิ่งที่ไม่อาจนำมาให้นักเรียนดูได้โดยตรง
6. สื่อการสอนช่วยครูในการสื่อความหมายกับนักเรียน
7. สื่อการสอนช่วยครูในการวินิจฉัยหรือซ่อมเสริมให้นักเรียนได้

2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ

ปัจจุบันการเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศเจริญเติบโตและพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลจากการเลี้ยงสัตว์ได้ก่อให้เกิดปัญหาของเสียและน้ำเน่าจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จากฟาร์มสุกร กำลังเป็นปัญหาที่ทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม และปัญหานี้ในวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น แก๊สชีวภาพเป็นเทคโนโลยีรูปแบบหนึ่งซึ่งเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ได้ประยุกต์นำไปใช้ประโยชน์ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์เป็นเวลานานมาแล้ว โดยได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานราชการหลายแห่ง แต่การใช้ประโยชน์ดังกล่าวยังมีปัญหาและข้อจำกัดอยู่ ทั้งนี้เพราะขาดการศึกษา วิจัย และส่งเสริมกันอย่างจริงจังและต่อเนื่อง อีกทั้งระบบแก๊สชีวภาพที่มีการก่อสร้างในอดีตเป็นชนิดที่ออกแบบเพื่อใช้ประโยชน์ของแก๊สโดยใช้มูลสัตว์เพียงส่วนหนึ่งของฟาร์มเท่านั้น รวมทั้งการทำงานของระบบยังมีปัญหาทางเทคนิคหลายด้าน ปัจจุบันจึงได้มีการประยุกต์เทคโนโลยีแก๊สชีวภาพไปใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โดยเน้นการบำบัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์และการรักษาสภาพแวดล้อม นอกเหนือไปจากการใช้ประโยชน์ของของเสียและแก๊สเพียงอย่างเดียว (สมชัย จันทร์สว่าง, 2543:1)

ความหมายของแก๊สชีวภาพ

แก๊สชีวภาพ (Biogas) หมายถึง แก๊สที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆในสภาพไร้อากาศตามปกติในโครงสร้างของสารอินทรีย์ประกอบด้วยคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อ ผ่านการย่อยสลายในสภาพไร้อากาศ โมเลกุลหลักดังกล่าวจะแตกตัวออกจากกัน

จากนั้นจึงค่อยจับตัวรวมกันใหม่เกิดเป็น "มีเทน"(Methane) และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งก๊าซอื่น ๆ บางชนิด (วารวูฒิ ครูสง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2532:146)

แก๊สชีวภาพ (Biogas) บางแห่งเรียกว่า "ชีวม๊ส" ซึ่งมีรากฐานมาจากคำว่า Bio หรือ Bios ในภาษากรีก ซึ่งแปลว่าชีวิตหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นเมื่อ Bio หมายถึงสิ่งมีชีวิตหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต Biogas จึงหมายถึง แก๊สที่ได้จากการย่อยสลายสิ่งมีชีวิตหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตหรือสารอินทรีย์ต่างๆในสภาวะไร้ออกซิเจนประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates) เซลลูโลส (Cellulose) และโปรตีน (Protein) ซึ่งคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อมีการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน โมเลกุลของสิ่งมีชีวิตจะแตกตัวและจับตัวกันใหม่เกิดเป็นแก๊สมีเทน (Methane) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide) และแก๊สอื่นๆ รวมเรียกว่า Biogas (อรุณ คงศักดิ์ไพศาล และคณะ, 2526:301)

ขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์สภาวะปราศจากออกซิเจน

ขบวนการย่อยสลายประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น ไขมัน แป้ง และโปรตีน ซึ่งอยู่ในรูปสารละลายจนกลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile acids) โดยจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด (acid-producing bacteria) และขั้นตอนการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นแก๊สมีเทน แก๊สคาร์บอน

วัตถุประสงค์ในการผลิตแก๊สชีวภาพ

วัตถุประสงค์ในการผลิตแก๊สชีวภาพ ได้แก่ สารอินทรีย์ทุกชนิด เช่น มูลสัตว์ชนิดต่างๆ เศษพืชผักต่างๆ เศษผลไม้จากโรงงานทำผลไม้กระป๋อง เศษเนื้อ และเลือดจากโรงงานปลากระป๋อง หรือโรงงานฆ่าสัตว์ เป็นต้น ความยากง่ายในการหมัก หรือ ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นต่อหน่วยน้ำหนักของสารอินทรีย์จะขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการสลายตัวของสารอินทรีย์ เช่น มูลวัวซึ่งกินหญ้าเป็นอาหารจะมีสารอินทรีย์พวกลิกนินและเซลลูโลสมาก ทำให้ย่อยยากมาก และสารอินทรีย์ที่ย่อยได้เพียง 49 % ส่วนมูลของสุกรจะมีสารอินทรีย์ พวกแป้งและโปรตีนมาก จึงสามารถย่อยสลายได้ง่าย แก๊สที่เกิดจากการหมักโดยใช้มูลสุกร จึงได้ปริมาณมากกว่า เมื่อใช้เวลาในการหมัก และปริมาณมูลเท่ากัน (อรุณ คงศักดิ์ไพศาล และคณะ, 2526:319)

ส่วนประกอบของมูลสุกร

ในมูลสุกรนั้นมีสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและสัตว์อยู่มาก ที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ โดยแยกส่วนประกอบ ดังที่ คมกฤษ บุราณเศรษฐ์ (อ้างโดย วิรัตน์ สุมณ, 2538:1) ได้ดังนี้

1. อินทรีย์วัตถุ	ประมาณ	77-84%
2. ไนโตรเจน	ประมาณ	4.0-10.3%
3. ฟอสฟอรัส	ประมาณ	1.9-2.5%
4. โปแตสเซียม	ประมาณ	1.4-3.1%

องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ

เมื่อขบวนการหมัก (Fermentation) เข้าสู่สภาวะแก๊สมีเทน แก๊สที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วย

แก๊สมีเทน	(Methane, CH ₄)	50-70%
แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	(Carbondioxide, CO ₂)	30-50%
แก๊สไนโตรเจน	(Nitrogen, N)	0-3%
แก๊สไฮโดรเจน	(Hydrogen, H ₂)	0-1%
แก๊สออกซิเจน	(Oxygen, O ₂)	0-1%
แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์	(Hydrogen Sulfide, H ₂ S)	0-1%

(อรุณ คงศักดิ์ไพศาล และคณะ, 2526:30)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สชีวภาพ

ในขบวนการหมักนั้นการที่จะทำให้แก๊สขึ้นมามีอยู่หลายขั้นตอน พอสรุปอธิบายได้หลายสาเหตุด้วยกัน ดังนี้

1. อุณหภูมิมีผลต่อการดำรงชีพของแบคทีเรียเป็นอย่างมาก พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียในขบวนการนี้คือ 35°C การเกิดแก๊สจะน้อยลงที่อุณหภูมิ 20°C และจะหยุดการผลิตแก๊สที่ 10°C อุณหภูมิที่สูงกว่า 35°C ก็ทำให้เกิดแก๊สได้น้อยเช่นเดียวกัน
2. ความเป็นกรดและด่าง ในช่วงแรกของการเกิดกรดอินทรีย์ควรเป็นกรดในช่วง 4.0-6.5 และในระยะผลิตแก๊สมีเทนควรอยู่ในช่วง 7.1-8.5 ธรรมชาติภายในถังหมักจะปรับตัวของมันเองให้เหมาะสม เมื่ออุณหภูมิสูงพอความเป็นกรดจะลดน้อยลง เมื่อขบวนการหมักถึงช่วงที่ 2 จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มกรดหรือด่างในบ่อหมักแต่อย่างใด
3. ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ตามปกติความยากง่ายในการสลายตัวขึ้นอยู่กับส่วนประกอบวัตถุดิบที่ใส่ เช่น ถ้าวัตถุดิบมีส่วนประกอบของลิกนิน หรือเซลลูโลสมากจะทำให้ย่อยยาก และขนาดของวัตถุดิบที่ใส่ก็มีผลด้วยเช่นกัน กล่าวคือ วัตถุดิบที่มีขนาดเล็กย่อยง่ายต่อการสลายตัวมากกว่าวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ และเพื่อป้องกันการอุดตันของท่อส่งมูล และท่อระบายมูลในกรณีของฟาร์มโคขนาดใหญ่ๆ ควรมีตะแกรงกรองเศษหญ้าที่เหลือทิ้งออกเสียก่อนปล่อยมูลลงในถัง

4. ออกซิเจน การหมักไม่ต้องการออกซิเจน ในระยะของการเกิดแก๊สมีเทนในช่วงสุดท้าย
5. ความเข้มข้นของส่วนผสมวัตถุดิบ ได้แก่ ปริมาตรของน้ำต่อสารอินทรีย์ สำหรับมูลโค กระบือ ให้ใช้อัตราส่วน มูลต่อน้ำ 1:1 ถ้าเป็นมูลไก่และมูลสุกร ควรใช้อัตราส่วนมูลต่อน้ำ ในอัตราส่วนเท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร
6. ความลึกของถังหมัก ตามปกติแล้วมูลที่ย่อยจะจมอยู่ก้นบ่อ และมูลที่ย่อยไม่หมดจะลอยอยู่ส่วนบน ยิ่งบ่อลึกมากเกินไปย่อมทำให้เกิดแก๊สน้อยลงมาตามลำดับ ควรทำบ่อหมัก ให้ลึกไม่เกิน 3 เมตร
7. การกวนมูลอยู่เสมอจะช่วยให้วัตถุดิบที่ยังไม่ได้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และยังเป็นการย่อยกระจายความร้อนในถังหมักให้ทั่วถึงโดยตลอด ปัญหาเรื่องการเกิดสิ่งสกปรกลอยอยู่เป็นฝ้าบนผิวน้ำในบ่อหมัก สามารถแก้ปัญหาได้โดยระบบของการสร้างถังหมักเอง แต่คงช่วยไม่ได้มากนัก
8. แบบคทีเรีย การเติมเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกเก็บจากถังแก๊สบ่อเก่าจะช่วยทำให้เกิดแก๊สได้เร็วขึ้น
9. การเติมวัตถุดิบ (มูลสัตว์) โดยทั่วไปมี 3 กรณี คือ แบบแรกเติมครั้งเดียวก็เติมบ่อเลย โดยไม่มีการต่อท่อส่งมูลเข้าและมูลออกจากถังหมัก เมื่อหมดแล้วจึงล้างบ่อหมักแล้วเติมใหม่ แบบที่ 2 เติมน้ำวันละครั้ง มูลเข้าและมูลออกจะมีปริมาณเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แบบที่ 3 เติมแบบต่อเนื่องตลอดเวลาในอัตราคงที่ ซึ่งทำให้ได้ผลดีที่สุดเมื่อเทียบกับสองแบบแรก
10. ระยะเวลาการเกิดแก๊ส เมื่อเติมมูลจนเต็มบ่อแล้ว ควรปล่อยให้เกิดการหมักประมาณ 21 วัน หรือ 3 สัปดาห์ หลังจากการเกิดแก๊สแล้วจึงเริ่มปล่อยน้ำที่เหลือจากการหมักลงสู่บ่อน้ำล้น (วิรัตน์ สุมน, 2536:10)

ประเภทของบ่อแก๊สชีวภาพ

1. แบบยอดโดมหรือแบบฟิคซ์โดม (Fixed Dome) ลักษณะเป็นทรงกลมฝังอยู่ใต้ดิน ส่วนที่กักเก็บแก๊สมีลักษณะเป็นโดม แบบนี้เหมาะสำหรับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ขนาดเล็ก มีข้อดี คือ ประหยัดพื้นที่บริเวณฟาร์ม ง่ายต่อการต่อวางระบายมูลสุกรจากโรงเรือนไปสู่บ่อหมัก
2. แบบรางขนานหรือแบบปลั๊กโฟลว์ (Plug flow) มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ฝังในดิน ส่วนที่ใช้เก็บแก๊สจะใช้ผ้าพลาสติกที่เรียกว่า red-mud-plastic คลุมส่วนของบ่อหมักไว้ ข้อดีของบ่อแบบนี้ คือ เนื่องจากลักษณะของบ่อเป็นแนว จึงทำให้ระยะเวลาในการหมักมูลสุกรมากขึ้น ซึ่งถ้ามูลสุกรมีเวลาในการหมักนาน ก็จะทำให้ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นมีมากขึ้นด้วย
3. แบบไฮพี (HYPHI) ระบบการกำจัดของเสียแบบไฮพี (HYPHI) ระบบนี้ออกแบบขึ้นมาเพื่อกำจัดของเสียจากฟาร์มสุกรระดับกลางถึงระดับใหญ่หรือฟาร์มขนาดประมาณ 1,500 ตัว

โดยเฉพาะ โดยมุ่งกำจัดทิ้งของเสียที่เป็นของแข็งได้แก่ มูลสุกรและส่วน ที่เป็นของเหลวได้แก่ ปัสสาวะและน้ำล้างคอก ระบบนี้ออกแบบมาเพื่อกำจัดของเสีย ที่มีความเข้มข้นต่ำ คำว่า ไฮไฟ (HYPHI) ย่อมาจากคำว่า Hybrid Plug-flow High-rate System ระบบนี้ประกอบด้วย ถังหมักตะกอนแบบหมักช้า (Plug flow) และถังหมักของเสียเป็นน้ำแบบหมักเร็ว (High-rate) เข้าด้วยกันเพื่อให้ระบบการกำจัดของเสียดังกล่าวสามารถกำจัดของเสียที่เป็นน้ำได้ปริมาณมาก วราวุฒิ ครูสง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, (2532:161) ได้กล่าวถึงการออกแบบหมักที่ใช้ในการสำหรับหมักมีเทน ซึ่งเป็นปอหมักในสภาพปราศจากอากาศขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบ ค่าแรงก่อสร้าง รวมถึงวัตถุประสงค์ของการย่อยเป็นหลัก

ตามปกติแล้วปอหมักที่ใช้อาจจะแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ โดยพิจารณาตามอุณหภูมิที่ใช้ในการดำเนินการดังนี้

1. Psychrophilic (ควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า 68 องศาฟาเรนไฮท์)
2. Mesophilic (ควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า 68 องศาฟาเรนไฮท์)
3. Thermophilic (ควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า 68 องศาฟาเรนไฮท์)

สำหรับค่าใช้จ่าย ความสลับซับซ้อนของระบบ รวมถึงพลังงานที่ใช้ของระบบจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิ และอัตราของการผลิตแก๊ส แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณของแก๊สมีเทนที่ผลิตขึ้นมาจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ขึ้นกับอุณหภูมิเป็นสำคัญ ปอหมักในการผลิตแก๊สมีเทนในลักษณะ Mesophilic และ Thermophilic นิยมใช้กับวัตถุดิบประเภทของเสียจากการเกษตร (Agricultural wastes) ซึ่งรวมถึงเศษวัสดุและหญ้าด้วย

ระบบปอหมักในสภาพปราศจากอากาศที่ใช้ในการหมักแก๊สมีเทนนี้พอจะกล่าวได้ดังนี้

1. Single-tank plug flow

ปอหมักในระบบนี้เป็นถังหมักที่ง่ายที่สุด ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาในทวีปเอเชีย ดังเช่น ปอที่พบในประเทศจีน สำหรับขบวนการหมักเริ่มต้นขึ้นโดยการปั๊มเอาวัตถุดิบให้ไหลเข้าไปทางด้านหนึ่งของบ่อย่อย (Digester tank) และแยกออกมาจากบ่ออีกด้านของบ่อหมักส่วนแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นจะแยกออกมาจากทางตอนบนของบ่อย่อยนี้ ในปอระบบนี้อัตราการใช้วัตถุดิบเข้าไปในบ่อหมักจะต้องถูกปรับให้สามารถควบคุมระยะเวลาที่วัตถุดิบเหลืออยู่ในบ่อหมักได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้แล้ววัตถุดิบ หรือส่วนประกอบที่จะถูกย่อย จะต้องผ่านการให้ความร้อนเท่าที่จำเป็นทั้งนี้โดยอาศัยการส่งผ่านความร้อนไปตามท่อที่อยู่ภายในบ่อหมักนั้น

2. Multitank batch system

ในบ่อหมักระบบนี้ประกอบด้วยบ่อหมักหลายบ่อต่อกันเป็นลำดับ ซึ่งในแต่ละบ่อจะถูกเติมวัตถุดิบและทำการหมักตามลำดับก่อนและหลัง ถังหมักใดเกิดการหมักที่สมบูรณ์แล้วจะมีการเติมวัตถุดิบใหม่ลงไปอีก บ่อหมักชนิดนี้เหมาะที่จะใช้กับวัตถุดิบที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งของปีเท่านั้น เช่น หญ้า หรือเศษธัญพืช เป็นต้น

3. Single-tank complete mix

บ่อหมักในระบบนี้ประกอบด้วย บ่อหมักใหญ่บ่อหนึ่ง ซึ่งมีระบบการให้ความร้อนอีกทั้งยังมีการผสมวันละหลายหน การผสมกันของวัตถุดิบในถังหมัก จะช่วยให้เชื้อจุลินทรีย์ได้สัมผัสกับวัตถุดิบได้อย่างดี และยังช่วยป้องกันการตกตะกอนของเชื้อ ตามปกติระบบการหมักนี้นิยมใช้กับการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน

4. Anaerobic contact

บ่อหมักในระบบนี้ใช้บ่อหมัก 2 บ่อ โดยบ่อแรกแบบ Single-tank complete mix เมื่อการหมักในบ่อแรกเกิดขึ้นในช่วงหนึ่งแล้ว วัตถุดิบจะถูกส่งเข้าสู่บ่อหมักที่สองซึ่งเป็นบ่อหมักที่ไม่มีระบบผสมและระบบการให้ความร้อน อย่างไรก็ตาม ในบ่อหมักที่สองยังคงเกิดการย่อยสลายวัตถุดิบต่อไป รวมทั้งยังมีการตกตะกอนของของแข็งอีกด้วย จากนั้นของแข็งเหล่านั้นจะถูกแยกออกจากบ่อไป ระบบนี้นิยมใช้น้ำเสียเป็นวัตถุดิบ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าระบบนี้เป็นระบบกำจัดของเสียได้

5. Two or three phase

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการหมักเพื่อผลิตแก๊สมีเทนในสภาพปราศจากเชื้อพบว่าในระหว่างการผลิตมีเทน จะต้องอาศัยปฏิกิริยาทางชีวเคมีหลายขั้นตอนซึ่งเกี่ยวข้องกับแบคทีเรียหลายชนิด ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบระบบบ่อหมักนี้ขึ้นมาเพื่อจะทำให้เกิดผลการหมักตามที่ต้องการ ทั้งนี้โดยคาดหวัง

1. ระบบบ่อหมักนี้สามารถรับวัตถุดิบในระดับความเข้มข้นสูง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการผลิตแก๊ส
2. ระบบมีความคงทนสูง
3. สามารถผลิตแก๊สมีเทนได้ในระดับสูง
4. มี Retention time ต่ำบ่อหมักระบบนี้นิยมใช้ในการหมักเพื่อผลิตแก๊สมีเทนจากวัตถุดิบพวกเซลลูโลส

6.Packed bed (Anaerobic filter)

ปอหมักระบบนี้ลักษณะของปอหมักเป็นคอลัมน์ ซึ่งภายในบรรจุตัวกลางชนิดต่างๆ อาจเป็นก้อนหินก้อนเล็กๆ เม็ดพลาสติก หรือชิ้นกระเบื้อง เป็นต้น เชื้อแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องจะจับอยู่ที่ผิวของตัวกลาง จากนั้นจึงเติมวัตถุดิบที่เจือจางแล้วลงตามคอลัมน์ ปอหมักระบบนี้ทำให้เราสามารถที่จะผ่านวัตถุดิบเข้าไปในปริมาณสูง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าเราสามารถที่จะรักษาระดับความเข้มข้นของแบคทีเรีย ในถังหมักให้สูงอยู่เสมอ อย่างไรก็ตาม วัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดได้แก่ น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน

7.Expanded bed

ปอหมักระบบนี้เป็นระบบที่ใช้พื้นฐานของปอระบบ Packed bed ในกรณีนี้จะใช้ทรายหรือสารที่มีอนุภาคเล็กเป็นตัวกลางที่ใช้พื้นที่บรรจุใส่ปอหมัก แต่วัตถุดิบใช้ในลักษณะ Slurry (ของเหลวที่มีปริมาณของแข็งปนอยู่ประมาณ 70%) เมื่อผ่านวัตถุดิบเข้าไปในปอหมัก จะทำให้ตัวกลางแผ่กระจายไปทั่วปอหมัก จนทำให้เชื้อแบคทีเรียสามารถสัมผัสกับวัตถุดิบได้อย่างดี ที่กล่าวมานี้เป็นชนิดของปอหมักที่ใช้สำหรับการหมักแก๊สมีเทน แต่ในการเลือกใช้เราก็จำเป็นต้องศึกษาถึงรายละเอียดปลีกย่อยของปอหมักเหล่านี้เสียก่อน อีกทั้งจะต้องเลือกระบบของปอหมักที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่มีอยู่ ประกอบกับค่าใช้จ่ายควบคู่กันไป

การออกแบบโรงงานหมักแก๊สชีวภาพ

ณรงค์ สมพงษ์ (2530 :11) ได้กล่าวไว้ว่าสถานที่ที่จะผลิตแก๊สชีวภาพได้ดีจะต้องมีการย่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งจะเป็นผลดีในการควบคุมมลพิษ (pollution) การย่อยสลายจะได้ผลดีที่สุดเมื่อมีสภาพ(optimum condition) ดังนี้

1. ต้องมีแบคทีเรียที่เหมาะสม โดยจะมีประมาณ $10^6 - 10^9$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และปริมาณเพียงพอที่จะย่อยสลายวัตถุดิบนั้น
2. มีวัตถุดิบซึ่งละลายน้ำได้ดี มีปริมาณอาหารและส่วนประกอบพอเหมาะ สำหรับการเจริญของแบคทีเรียต่างๆ โดยเฉพาะส่วนประกอบของ C/N = 30:1
3. ไม่มีอากาศและสารที่ให้ออกซิเจน ต้องมีสภาพไม่มีออกซิเจนเลยแม้แต่น้อย
4. ความเป็นกรดและเป็นด่าง ควรมี pH 6.5-8 ปกติจะมีไบคาร์บอเนตเป็นตัวปรับสภาพความเป็นกรดและเป็นด่าง
5. อุณหภูมิที่มีการหมักในสภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งจะแบ่งได้ดังนี้

ก. การย่อยที่อุณหภูมิสูง (Thermophilic digestion) อุณหภูมิระหว่าง $50-65^{\circ}\text{C}$ พวกแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิสูง (Thermophilic) จะทำงานได้ดี

ข. การย่อยที่อุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic digestion) อุณหภูมิระหว่าง 20-42 °C พวกแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic) จะทำงานได้ดี

ค. การย่อยที่อุณหภูมิต่ำ (Psychrophilic digestion) อุณหภูมิระหว่าง 0-20 °C พวกแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrophilic) จะทำงานได้ดี

ขั้นตอนการก่อสร้างบ่อแบบขุดโดม

1. ทำการสำรวจพื้นที่และชนิดของดินบริเวณที่จะก่อสร้างบ่อ

2. การวางผังในการขุดบ่อหมัก

2.1 ทำเครื่องหมายบริเวณที่จะขุดบ่อหมัก โดยการใช้ปูนขาวโรยเป็นรูปวงกลมให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อหมัก บวกสองเท่าของความหนาของช่องว่างรอบ ๆ บ่อหมัก (ยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร) ซึ่งมีไว้เพื่อสะดวกในการก่ออิฐและฉาบปูน

2.2 การหาจุดศูนย์กลางของก้นบ่อ โดยการใช้หลักไม้ตอกห่างจากขอบบ่อประมาณ 1 เมตร ทำ 4 ด้าน ซึ่งด้วยเชือก หรือเอ็นจุดที่เอ็นตัดกัน คือจุดศูนย์กลางของขอบบ่อ

3. การขุดบ่อหมักหลังจากวางผังแล้ว จึงทำการขุดบ่อ อาจใช้แรงดันหรือเครื่องจักรแล้วใช้แรงงานคนแต่งผนังบ่อให้เรียบและตรง

4. การก่อสร้างก้นบ่อหมัก โดยการอัดดินให้แน่นและเรียบ ปูพื้นก้นบ่อด้วยหินขนาด 3/4 นิ้ว หนาประมาณ 15-20 เซนติเมตรปรับให้เรียบและบดให้แน่นอีกครั้งจากนั้นใช้เหล็กขนาด 3 หุนผูกเป็นโครงโดยให้เรียงห่างกัน 30x30 เซนติเมตรก่อนเทคอนกรีตที่ก้นบ่อ ใช้ท่อแป๊บน้ำขนาด 4 หุน ยาว 6 เมตร บักไว้ตรงจุดศูนย์กลางบ่อ เพื่อให้เป็นหลักในการก่อผนังบ่อ จากนั้นจึงเทคอนกรีตก้นบ่อในอัตราส่วน ปูน:ปูนขาว:ทราย เท่ากับ 1:2:3 หนาประมาณเซนติเมตร แต่งหน้าปูนให้เรียบและโค้งเป็นรูปก้นกะทะ และขัดมันผิวหน้าให้เรียบอีกครั้ง

5. การก่อผนังบ่อหลังจากพื้นคอนกรีตแข็งดีแล้วจึงทำการก่อผนังด้วยอิฐมอญเล็ก โดยให้โครงเหล็กอยู่ด้านนอกทำการผูกมัดเหล็กขนาด 3 หุนทุกระยะ ความสูงของผนังบ่อ 30 เซนติเมตร ในการก่ออิฐเป็นรูปวงกลมจำเป็นต้องใช้ไม้ยาว 2.5 เมตรหรือเท่ากับรัศมีบ่อ ผูกติดกับท่อประปาที่ปักเป็นจุดศูนย์กลางโดยไม้ไม่สามารถหมุนได้รอบขณะทำการก่อสร้างผนังบ่อจะทำให้ผนังห่างจากจุดศูนย์กลาง เท่ากันเมื่อก่อผนังสูงจากก้นบ่อ 60 เซนติเมตร ให้วางท่อประปาคอนกรีตทั้ง 2 ด้าน โดยทำมุมกับ ผนังบ่อ 45 องศา แล้วจึงก่ออิฐผนังต่อเมื่อก่ออิฐสูงขึ้นมาทุกๆ 150 เซนติเมตร จะต้องฉาบปูนผนัง ด้านนอกของตัวบ่อ โดยฉาบทับโครงเหล็กที่ผูกไว้ด้านนอกที่ผนังบ่อก่อสูง 3 เมตร จึงทำการฉาบผนังบ่อด้านในและขัดมัน

6. การก่อโดม หลังจากก่อผนังบ่อเรียบร้อยแล้ว จึงทำการก่อโดมโดยใช้อิฐมอญก้อนใหญ่ก่อปูน ควรใช้อัตราส่วนผสม ปูน:ปูนขาว:ทราย เท่ากับ 1:1:4 โดยก่ออิฐมอญในแนวตั้งใช้เหล็กรูปตัว (S) ยึดอิฐให้อยู่ในแนวโค้งรัศมี เมื่อก่อถึงยอดโดม ให้เว้นช่องที่ปากบ่อมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 เมตร เมื่อก่อโดมเสร็จทำการผูกเหล็กโค้งตามรูปโดมภายนอกจนถึงปากบ่อ จากนั้นผสมคอนกรีตฉาบ ด้านนอกและในรูปโดม ผึ่งน้อด ขนาด 6 หุน ยาว 6 นิ้วติดกับโครงเหล็กปากบ่อ แต่งปากบ่อโดยใช้ ปูนฉาบให้เรียบ แล้วจึงทำฝาปิดโดยใช้คอนกรีตตามลักษณะ ปากบ่อหนาประมาณ 20 เซนติเมตร โดยจุดศูนย์กลางของฝา มีแป้นน้ำขนาด 4 หุน ยาว 60 เซนติเมตรผึ่งทะเลสาบทั้งสองด้าน

7. หลังจากนั้นทำการสร้างบ่อเติม และบ่อล้นตามในแบบ โดยการเทพื้นคอนกรีตและผนังก่ออิฐมอญเช่นกัน

8. ก่อสร้างโรงผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นลักษณะโรงเรือนหน้าจั่วกว้าง 4 เมตร สูง 3 เมตร ด้านข้างด้านหลังทั้ง 3 ด้านก่อด้วยอิฐโปรงเพื่อให้ระบายความร้อนจากเครื่องยนต์

ขบวนการในการเกิดแก๊สชีวภาพ (Biogas fermentation process)

อรุณ คงศักดิ์ไพศาล และคณะ (2526:303-304) ได้กล่าวว่า เมื่อนำสารอินทรีย์ เช่น มูลสัตว์มาผสมน้ำเก็บไว้ในถังปิดมิดชิดในสภาวะไร้ออกซิเจนอิสระ แบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การย่อยสารอินทรีย์ อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนด้วยกันคือ

1. ขบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

สารอินทรีย์ชนิดต่างๆทั้งที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ จะถูกละลายให้เป็นสารอินทรีย์ชนิดที่ละลายน้ำได้ และโมเลกุลเล็กลง โดยแบคทีเรียแต่ละชนิดเริ่มด้วยแบคทีเรียดูดซึมน้ำจากสารละลายผ่านเซลล์เมมเบรน ส่วนอนุภาคของสารละลายจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ (Excellular enzyme) ที่แบคทีเรียเหล่านั้นปล่อยออกมาก่อน ให้เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ธรรมดา (Simple soluble compound) แล้วจึงดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อของเซลล์อีกครั้งหนึ่ง เช่น

Polysaccharides	— Simple sugar
Protein	— Peptide + Amino acid
Fats	— Glycerol + Fatty acid

แบคทีเรียแต่ละชนิดจะย่อยสลายสารอินทรีย์เฉพาะเท่านั้น เช่น Fat-decomposing, cellulose-decomposing และ Protein-decomposing organism จะทำการย่อยสลายไขมัน เซลลูโลส และโปรตีนตามลำดับ

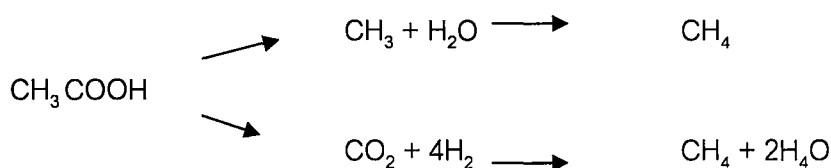
2. ขบวนการเกิดกรด (Acid formation)

การย่อยสลายในช่วงต่อไปนี้มีแบคทีเรีย เรียกว่า Hydrogen producing acetogenic bacteria จะย่อยสลายสารอินทรีย์ แบคทีเรีย แม้จะไม่ใช้ออกซิเจนจากอากาศ แต่ก็มีควมจำเป็นต้องสังเคราะห์เซลล์ เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ขยายพันธุ์ ดังนี้จึงใช้ออกซิเจนจากน้ำ และสารอินทรีย์ต่างๆที่ละลายอยู่ทำให้เกิดกรดขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่จะได้จากสารพวก คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน กรดระเหยง่าย เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดบิวไทริก กรดโฟสโฟอินิก และกรดวาเลอริก (Valeric acid) ซึ่งได้จากคาร์โบไฮเดรต ส่วนโปรตีนจะได้จากกรดอะมิโน (Amino acid) ซึ่งจะแตกตัวให้กรดไฮดรอกซี หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นกรดอิ่มตัว (Saturated acid)

3. ขบวนการเกิดมีเทน (Methane formation)

เนื่องจากในระหว่างการเกิดกรด (Acid formation) กรดที่เกิดขึ้นมีความเข้มข้นสูงดังนั้นการเผาผลาญอาหารโดยแบคทีเรียจะช้าลงระยะนี้ Methanogenic bacteria จะเกิดการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สมีเทน กรดอะมิโนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย ส่วนที่เหลือปฏิกิริยาของการเกิดแก๊สมีเทนในขั้นตอนนี้มี 2 วิธีด้วยกัน วิธีแรก เป็นการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแก๊สมีเทนส่วนใหญ่ในบ่อหมักจะเกิดปฏิกิริยา ส่วนวิธีที่สอง เป็นการลดออกซิเจนในแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเปลี่ยนเป็นแก๊สมีเทน โดยใช้ไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียตัวอื่น ผลสุดท้ายจะได้แก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ในปัจจุบันนี้สรุปได้ว่า การสร้างมีเทนอาจเกิดขึ้นได้ 2 ทาง ทางหนึ่งคือ กลุ่มเมทิลของกรดอะซิติกถูกรีดิวซ์โดยตรงจนเกิดมีเทนขึ้นมา อีกกลุ่มหนึ่งคือ กลุ่มคาร์บอกซิลของกรดอะซิติกถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ก่อน จากนั้นจึงถูกรีดิวซ์เกิดเป็นมีเทนขึ้นมา ดังแสดงในสมการข้างล่าง



จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักแก๊สชีวภาพ (Biogas microorganisms)

จุลินทรีย์ที่ผลิตแก๊สชีวภาพ (มีเทน) ขึ้นมาได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทั้งนี้โดยอาศัยกิจกรรมเมตาบอลิซึมที่ร่วมกัน ระหว่างจุลินทรีย์ทั้งสองซึ่งสำคัญอย่างมากต่อกระบวนการหมัก เพราะถ้ามีบางกลุ่มมากหรือน้อยเกินไป จะทำให้สภาพการหมักไม่เหมาะสมและล้มเหลวได้ จุลินทรีย์ที่กล่าวมาสามารถแยกออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน กลุ่มที่ 1 *Fermentative bacteria* ซึ่ง

สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์พวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน กลุ่มที่ 2 *Hydrogen producing acetogenic bacteria* ซึ่งสามารถสร้างกรดอะซิติกจากกรดไขมัน และยังสามารถสร้างสาร neutral compound อีกด้วย กลุ่มที่ 3 *Homoacetogenic bacteria* ซึ่งจะใช้สารประกอบที่มีคาร์บอนตัวเดียว (Unicarbon compound) เช่น H_2/CO_2 หรือ $HCOOH$ ในการสร้างกรดอะซิติก นอกจากนี้ยังรวมถึง การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนหลายตัวและ กลุ่มที่ 4 *Methanogenic bacteria* สามารถใช้ อะซิเตท และสารประกอบที่มีคาร์บอนตัวเดียวในการผลิตแก๊สชีวภาพ

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักแก๊สชีวภาพ ได้แก่ จุลินทรีย์ 2 พวกด้วยกัน คือ Non-methane producing organisms เป็นพวกที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ และ Methane producing organisms เป็นพวกที่สร้างมีเทน (วารวุดดี ครูสง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2532:152)

1. จุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ผลิตมีเทน (Non- methane producing microorganism)

จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน ให้เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างอย่างง่าย จุลินทรีย์ที่กล่าวถึงได้แก่ *Fermentative bacteria* และ *Hydrogen producing acetogenic bacteria* ซึ่งสามารถเจริญได้ในสภาพปราศจากอากาศ และสภาพที่มีอากาศบ้างเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์รวมทั้งปริมาณของเชื้อที่เกี่ยวข้อง ขึ้นกับชนิดของปริมาณของวัตถุดิบเป็นสำคัญ

จุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ผลิตมีเทน อาจแบ่งออกเป็น 3 พวก ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และ โปรโตซัว แต่แบคทีเรียเป็นพวกที่มีความสำคัญมากที่สุด

1.1 แบคทีเรีย (bacteria) แบคทีเรียที่ไม่ผลิตมีเทนมีมากหลายชนิดและมีปริมาณมากด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียพวก *Obligate anaerobes* และมีมากกว่า *Facultative anaerobes* ถึง 100-200 เท่า ดังนั้นแบคทีเรียพวก *Obligate anaerobes* จึงมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการหมักแก๊สมีเทนสำหรับแบคทีเรียที่แยกออกมาได้จากถังหมักแก๊สมีเทน แบคทีเรียที่ไม่ผลิตแก๊สมีเทนอาจแบ่งออกได้เป็น 7 กลุ่มย่อยๆทั้งนี้ขึ้นกับ Physiological activity ได้ดังนี้

- Cellulose-splitting bacteria
- Semi- cellulose-splitting bacteria
- Protein splitting bacteria
- Fat splitting bacteria
- Hydrogen producing bacteria
- Other specific groups such as thiovibrio and lactic acid-utilizing bacteria

1.2 เชื้อรา (fungi) จากการคัดเลือกเชื้อจากถังหมักปราศจากอากาศ (Anaerobic digesters) พบว่ามียีสต์ และราเจริญอยู่มากมายหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งเชื่อดังกล่าวเกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์

1.3 โปรโตซัว (Protozoa) โปรโตซัวที่คัดเลือกได้เป็นพวกพลาสโมเดียม (Plasmodium) แฟกเจลเลท (Flagellate) และอะมีบา (Amoeba) อย่างไรก็ตาม โปรโตซัวเหล่านี้มีปริมาณน้อย และมีบทบาทน้อยมากในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์

2. จุลินทรีย์กลุ่มผลิตมีเทน (Methane producing micro-organisms) จุลินทรีย์กลุ่มนี้เรียกว่า "Methane producing bacteria" เป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักในการผลิตมีเทน โดยที่เชื้อนี้จะเปลี่ยนอะซิเตท และไฮโดรเจนให้เป็นมีเทนและก๊าซชนิดอื่นๆ เชื้อกลุ่มนี้ไวต่อออกซิเจนอย่างมาก

นอกจากนี้แล้ว แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถใช้สารประกอบอินทรีย์ และอนินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนเป็นสับสเตรทได้ และส่วนใหญ่แล้วต้องการสารอาหารอื่นๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และซัลไฟด์จากภายนอก

แหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อกลุ่มนี้ ได้แก่ แอมโมเนีย ในขณะที่เชื้อไม่สามารถใช้กรดอะมิโน หรือ เปปไทด์ ส่วนแหล่งกำมะถัน เชื้อบางสปีชีส์สามารถใช้ Cysteines แทนพวกซัลไฟด์ได้ สำหรับคุณสมบัติของ *Methanogens* นั้นเป็นเชื้อที่เจริญเติบโตช้า มี Doubling time(ระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนจาก 1 เป็น 2) ประมาณ 4-6 วัน

สัณฐานวิทยาและการจำแนกจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตมีเทน (Morphology and classification of methane producing micro-organism

- เชื้อ *Methanobacteria* สามารถแบ่งได้ 4 กลุ่มตามลักษณะรูปร่างของเซลล์ ดังนี้ *Octanococal*, *Bacillar*, *Globular*, *Spiral* สำหรับลักษณะของเชื้อแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะกล่าวได้ดังนี้

- เชื้อ *Methanosarcina* มีความเปลี่ยนแปลงอยู่ที่ Envelope ของมัน เชื้อนี้มีลักษณะที่แตกต่างจากเชื้อ *Sarcina* จริงๆ และปกติแล้วมีลักษณะคล้ายเม็ดทราย (Sand particles) และมักอยู่กันเป็นคู่ๆ

- เชื้อ *Methanobacillus* มีลักษณะเป็นท่อน หรือ *Bacillar* และมักจะโค้งเล็กน้อย โดยมากมักอยู่เป็นลูกโซ่ (Chain) หรือเส้นสายยาวๆ (long filament) แต่อย่างไรก็ตาม มีเชื้อบางสปีชีส์ซึ่งมีลักษณะเซลล์สั้นและตรง เช่น *M.arbophilicum* เป็นต้น

- เชื้อ *Methanococci* มีลักษณะกลม (Globular round) หรือรูปร่างไข่ (Ovary-shaped) และมักอยู่เป็นคู่หรือเป็นเส้นสายเดียวกัน

- เชื้อ *Methanospirillar* มีลักษณะที่จำเพาะและรูปร่างมักโค้ง แต่ในที่สุดจะมีการสร้าง Spiromes ขึ้นมา

ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ

แก๊สชีวภาพมีประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. ด้านพลังงาน

เมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้วการลงทุนผลิตแก๊สชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิง ชนิดอื่น ๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน แก๊สหุงต้ม และไฟฟ้า แก๊สชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

1.1 ให้ค่าความร้อน 3,000-5,000 กิโลแคลอรี ความร้อนนี้จะทำให้น้ำ 130 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เดือดได้

1.2 ใช้กับตะเกียงแก๊สขนาด 60-100 วัตต์ ลูกใหม่ได้ 5-6 ชั่วโมง

1.3 ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1.25 กิโลวัตต์

1.4 ใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง

1.5 ถ้าใช้กับครอบครัวขนาด 4 คน สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ

2. ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม

โดยการนำมูลสัตว์ และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อแก๊สชีวภาพ จะเป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยง ทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลงและผลจากการหมักมูลสัตว์ในบ่อแก๊สชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานาน ๆ ทำให้ไข่พยาธิและเชื้อโรคส่วนใหญ่ ในมูลสัตว์ตายด้วย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคบิด อหิวาต์ และพยาธิที่อาจแพร่กระจายจากมูลสัตว์ด้วยกัน นอกจากนี้แล้วยังเป็นการป้องกันไม่ให้มูลสัตว์ ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

3. ด้านการเกษตร

3.1 การทำปุ๋ย

กากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สด ๆ และปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3.2 การทำเป็นอาหารสัตว์

โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้งแล้วนำไป ผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โค และสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้ต้องมีข้อจำกัด คือ ควรใส่อยู่ระหว่าง 5-10 กิโลกรัม ต่อ ส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลด ต้นทุนการผลิตอีกด้วย

การบำรุงดูแลรักษา

หมั่นตรวจสอบเครื่องยนต์โดยการตรวจเช็คค่าน้ำมันเครื่อง หัวเทียน ท่อน้ำแก๊ส และพยายามทำความสะอาดที่เก็บแก๊สอยู่เสมอ ถ้าหากพบว่าปริมาณแก๊สน้อยลงในขณะที่เติมมูลสัตว์ทุกวันแสดงว่า มีกากที่เหลือจากการหมักอยู่ก้นบ่อ ให้ทำการรื้อบ่อเอากากส่วนนี้ออก

ปัญหาและวิธีแก้ไข

1. ปัญหาเรื่องทางออกของบ่อหมักปิดตัน แก้ไขโดยการเปิดบ่อ และขุดลอกกาทะกอนที่ตกค้าง อย่างน้อย 3 ปีต่อ 1 ครั้ง ส่วนการป้องกันเศษหิน และดินตกลงบ่อโดยตรงทำได้ โดยการทำหลุมดักพัก ก่อนการสูบเข้าไปในบ่อหมัก

2. ปัญหาเรื่องเครื่องยนต์รื้อนเกินไป แก้ไขโดยการเลือกใช้เครื่องยนต์ที่มีช่องระบายน้ำขนาดใหญ่ หรือต่อพัดลมบริเวณด้านหน้าของหม้อน้ำ รังผึ้งอีก 1 ตัว และดูแลเรื่องตะกอนในหม้อน้ำ ควรใช้น้ำอ่อน และมีน้ำยากันสนิม รวมทั้งน้ำยาหล่อเย็นในหม้อน้ำด้วย ดูแลเรื่องน้ำมันเครื่องให้มีจำนวนที่พอดี ไม่มากหรือน้อยเกินไปควรมีเครื่องยนต์ 2 เครื่องไว้ทดแทน เมื่อเครื่องหนึ่งชำรุด หรือใช้งานมาแล้ว ประมาณ 4 เดือน ควรถอดออกล้างทำความสะอาด บริเวณส่วนหัวลูกสูบ ห้องจุดระเบิดวาวส์ เป็นต้น เครื่องยนต์สำรองติดตั้งเพื่อทำงานต่อไปโดยไม่หยุดพัก ในกรณีที่เครื่องยนต์ต้องเร่งมากเกินไป จะทำให้ชำรุดได้เร็วขึ้น จึงควรใช้ล้อยางแรงจะช่วยให้เครื่องยนต์ ทำงานหนักน้อยลง ซึ่งยืดอายุการทำงาน ของเครื่องยนต์ยาวนานออกไป

3. ปัญหาเรื่องท่อแก๊ส ท่อแก๊สตันเกิดจากไอน้ำที่เป็นส่วนหนึ่งของแก๊สชีวภาพ รวมตัวกันเป็นหยดน้ำ และเกิดมากขึ้น จนปิดกั้นทางเดินของแก๊ส แก้ไขโดยการทำที่ระบายน้ำออกเป็นระยะ

บทที่ 3

วิธีการสร้างอุปกรณ์

3.1 วิธีการวิเคราะห์หลักสูตร

วิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (03621200) ของระดับชั้นปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์-
อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ คณะครุศาสตร์-
อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำอธิบายรายวิชา

เทคโนโลยีการผลิตสัตว์เศรษฐกิจชนิดต่างๆ เช่น สัตว์ปีก สัตว์เล็ก สัตว์ใหญ่ ศึกษาเรื่องพันธุ์
การคัดเลือกพันธุ์ การผสมพันธุ์ อาหาร โรงเรือน การจัดการ โรค และการสุขาภิบาล การตลาด
เทคโนโลยีต่างๆ ตลอดจนปัญหาที่สำคัญในการผลิตสัตว์

วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ประสบการณ์ มีเจตคติที่ดี และประโยชน์ของกระบวนการ การผลิต
แก่สุขภาพ และสามารถนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลผลิต พืช สัตว์ และการแปร
สภาพ ตลอดจนการกำจัดของเสีย และการนำกลับไปใช้ใหม่ได้

สัปดาห์ที่

รายการสอน

1 สถานการณ์การผลิตปศุสัตว์ในประเทศไทย

- สามารถเรียนรู้เกี่ยวกับสถานการณ์การผลิตปศุสัตว์ทั้งในอดีต ปัจจุบัน

อนาคต

- สามารถเรียนรู้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ด้านการตลาดสินค้าปศุสัตว์

- สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนการผลิตสัตว์ได้

2-4 เทคโนโลยีสุขภาพกับการผลิตอาหารสัตว์

- อธิบายความสำคัญของเทคโนโลยีสุขภาพต่อการผลิตอาหารสัตว์ได้
- บอกประโยชน์ของการใช้ Feed Additive ในอาหารสัตว์ได้
- อธิบายวิธีการนำเทคโนโลยีสุขภาพเพื่อเพิ่มการย่อยได้ของอาหารสัตว์ได้

5-7 เทคโนโลยีสุขภาพกับการผลิตเนื้อ

- อธิบายการเจริญเติบโตของสัตว์ได้

- อธิบายวิธีการใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณเนื้อแดงในสัตว์ได้

8 สอบกลางภาค

9-10 เทคโนโลยีชีวภาพกับการจัดการของเสียในฟาร์ม

- บอกผลกระทบที่เกิดจากฟาร์มปศุสัตว์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม
- อธิบายการนำเทคโนโลยีชีวภาพมาจัดการกับของเสียในฟาร์มได้
- อธิบายการนำของเสียในฟาร์มมาใช้ประโยชน์ได้

11-13 เทคโนโลยีชีวภาพกับการผลิตนม

- อธิบายความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการเลี้ยงโคนมได้
- อธิบายการนำเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำนมได้

14-15 เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ปีก

- อธิบายถึงความสำคัญและความจำเป็นในการใช้และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
- อธิบายถึงความสัมพันธ์ของการใช้เทคโนโลยีกับการจัดมาตรฐานคุณภาพและการจัดการผลิตสัตว์ปีก

16-17 การตลาดปศุสัตว์

- สามารถรู้แหล่งของข้อมูลด้านการตลาดปศุสัตว์ได้
- สามารถรู้วิถีทางด้านการตลาดของสินค้าปศุสัตว์
- สามารถเรียนรู้เกี่ยวกับสถานการณ์ด้านราคาและแนวโน้มของสินค้าปศุสัตว์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การลงทุนได้

3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา

การผลิตวีดีโอซีดีประกอบการสอนเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพเนื่องจากการเลี้ยงสัตว์ เช่น สุกรก่อให้เกิดปัญหาอย่างมาก เพราะ มูลสุกรเหม็น ดังนั้น หน่วยงานของรัฐ และเอกชน ช่วยกัน คิดค้นวิธีการที่จะนำมูลสัตว์เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์มากที่สุดโดยการนำมาหมักเป็นแก๊สชีวภาพ

แก๊สชีวภาพ (Biogas) จึงหมายถึง แก๊สที่ได้จากการย่อยสลายสิ่งมีชีวิตหรือ องค์ประกอบของ สิ่งมีชีวิตหรือสารอินทรีย์ต่างๆในสภาวะไร้ออกซิเจนประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส และ โปรตีน ซึ่งคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อมีการย่อยสลายแบบ ไร้ออกซิเจน โมเลกุลของสิ่งมีชีวิตจะแตกตัว และจับตัวกันใหม่เกิดเป็นแก๊สมีเทน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่น ๆ รวมเรียกว่า Biogas

วัตถุประสงค์ในการผลิตแก๊สชีวภาพ

วัตถุประสงค์ในการผลิตแก๊สชีวภาพ ได้แก่ สารอินทรีย์ทุกชนิด เช่น มูลสุกร เป็นต้น ความยากง่ายในการหมัก หรือ ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นต่อหน่วยน้ำหนักของสารอินทรีย์จะขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการสลายตัวของสารอินทรีย์ ส่วนมูลสุกรจะมีสารอินทรีย์ พวกร้างและโปรตีนมาก จึงสามารถย่อยสลายได้ง่าย

ขั้นตอนการก่อสร้างบ่อแบบขุดดิน

1. ทำการสำรวจพื้นที่และชนิดของดินบริเวณที่จะก่อสร้างบ่อ
2. การวางผังในการขุดบ่อหมัก
 - 2.1 ทำเครื่องหมายบริเวณที่จะขุดบ่อหมัก โดยการใช้ปูนขาวโรยเป็นรูปวงกลมให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อหมัก บวกสองเท่าของความหนาของช่องว่างรอบ ๆ บ่อหมัก (ยาวประมาณ 20-25 เซนติเมตร) ซึ่งมีไว้เพื่อสะดวกในการก่ออิฐและฉาบปูน
 - 2.2 การหาจุดศูนย์กลางของก้นบ่อ โดยการใช้หลักไม้ตอกห่างจากขอบบ่อประมาณ 1 เมตร ทำ 4 ด้าน ซึ่งด้วยเชือก หรือเอ็นจุดที่เอ็นตัดกัน คือจุดศูนย์กลางของขอบบ่อ
3. การขุดบ่อหมักหลังจากวางผังแล้ว จึงทำการขุดบ่อ อาจใช้แรงดันหรือเครื่องจักรแล้วใช้แรงงานคนแต่งผนังบ่อให้เรียบและตรง
4. การก่อสร้างก้นบ่อหมัก โดยการอัดดินให้แน่นและเรียบ ปูพื้นก้นด้วยหินขนาด 3/4 นิ้ว หนาประมาณ 15-20 เซนติเมตรปรับให้เรียบและบดให้แน่นอีกครั้งจากนั้นใช้เหล็กขนาด 3 หุนผูกเป็นโครงโดยให้เรียงห่างกัน 30x30 เซนติเมตรก่อนเทคอนกรีตที่ก้นบ่อ ใช้ท่อแป๊บน้ำขนาด 4 หุน ยาว 6 เมตร บักไว้ตรงจุดศูนย์กลางบ่อ เพื่อให้เป็นหลักในการก่อผนังบ่อ จากนั้นจึงเทคอนกรีตก้นบ่อในอัตราส่วน ปูน:ปูนขาว:ทราย เท่ากับ 1:2:3 หนาประมาณเซนติเมตร แต่งหน้าปูนให้เรียบและโค้งเป็นรูปก้นกะทะ และขัดมันผิวหน้าให้เรียบอีกครั้ง
5. การก่อผนังบ่อ หลังจากพื้นคอนกรีตแข็งดีแล้วจึงทำการก่อผนังด้วยอิฐมอญเล็ก โดยให้โครงเหล็กอยู่ด้านนอกทำการผูกมัดเหล็กขนาด 3 หุนทุกระยะ ความสูงของผนังบ่อ 30 เซนติเมตร ในการก่ออิฐเป็นรูปวงกลมจำเป็นต้องใช้ไม้ยาว 2.5 เมตรหรือเท่ากับรัศมีบ่อ ผูกติดกับท่อประปาที่ปักเป็นจุดศูนย์กลางโดยไม้ไม่สามารถหมุนได้รอบขณะทำการก่อสร้างผนังบ่อจะทำให้ผนังห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากันเมื่อก่อผนังสูงจากก้นบ่อ 60 เซนติเมตร ให้วางท่อประปาคอนกรีตทั้ง 2 ด้าน โดยทำมุมกับผนังบ่อ 45 องศา แล้วจึงก่ออิฐผนังต่อเมื่อก่ออิฐสูงขึ้นมาทุกๆ 150 เซนติเมตร จะต้องฉาบปูนผนังด้านนอกของตัวบ่อ โดยฉาบทับโครงเหล็กที่ผูกไว้ด้านนอกที่ผนังบ่อก่อสูง 3 เมตร จึงทำการฉาบผนังบ่อด้านในและขัดมัน

6. การก่อโดม หลังจากก่อผนังบ่อเรียบร้อยแล้ว จึงทำการก่อโดมโดยใช้อิฐมอญก้อนใหญ่ก่อปูน ควรใช้อัตราส่วนผสม ปูน:ปูนขาว:ทราย เท่ากับ 1:1:4 โดยก่ออิฐมอญในแนวตั้งใช้เหล็กรูปตัว (S) ยึดอิฐให้อยู่ในแนวโค้งรัศมี เมื่อก่อถึงยอดโดม ให้เว้นช่องที่ปากบ่อมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 เมตร เมื่อก่อโดมเสร็จทำการผูกเหล็กโค้งตามรูปโดมภายนอกจนถึงปากบ่อ จากนั้นผสมคอนกรีตฉาบด้านนอกและในรูปโดม ผึ่งน็อค ขนาด 6 หุน ยาว 6 นิ้วติดกับโครงเหล็กปากบ่อ แต่งปากบ่อโดยใช้ปูนฉาบให้เรียบ แล้วจึงทำฝาปิดโดยใช้คอนกรีตตามลักษณะ ปากบ่อหนาประมาณ 20 เซนติเมตร โดยจุดศูนย์กลางของฝา มีแป้นน้ำขนาด 4 หุน ยาว 60 เซนติเมตรผึ่งทะลุฝาทั้งสองด้าน

7. หลังจากนั้นทำการสร้างบ่อเติมและบ่อล้นตามในแบบ โดยการเทพื้นคอนกรีตและผนังก่ออิฐมอญเช่นกัน

8. ก่อสร้างโรงผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นลักษณะโรงเรือนหน้าจั่วกว้าง 4 เมตร สูง 3 เมตร ด้านข้างด้านหลังทั้ง 3 ด้านก่อด้วยอิฐโปร่งเพื่อให้ระบายความร้อนจากเครื่องยนต์

ขบวนการในการเกิดแก๊สชีวภาพ

เมื่อนำสารอินทรีย์ เช่น มูลสัตว์มาผสมน้ำเก็บไว้ในถังปิดมิดชิดในสภาวะไร้ออกซิเจนอิสระ แบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การย่อยสารอินทรีย์ อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนด้วยกันคือ

1. ขบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

สารอินทรีย์ชนิดต่างๆทั้งที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ จะถูกละลายให้เป็นสารอินทรีย์ชนิดที่ละลายน้ำได้ และโมเลกุลเล็กกลง โดยแบคทีเรียแต่ละชนิดเริ่มด้วยแบคทีเรียดูดซึมน้ำจากสารละลายผ่านเซลล์เมมเบรน ส่วนอนุภาคของสารละลายจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ (Excellular enzyme) ที่แบคทีเรียเหล่านั้นปล่อยออกมาก่อน ให้เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ธรรมดา (Simple soluble compound) แล้วจึงดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อของเซลล์อีกครั้งหนึ่ง เช่น

Polysaccharides	—————>	Simple sugar
Protein	—————>	Peptide + Amino acid
Fats	—————>	Glycerol + Fatty acid

แบคทีเรียแต่ละชนิดจะย่อยสลายสารอินทรีย์เฉพาะเท่านั้น เช่น Fat-decomposing, cellulosedecomposing และ Protein- decomposing organism จะทำการย่อยสลายไขมัน เซลลูโลส และโปรตีนตามลำดับ

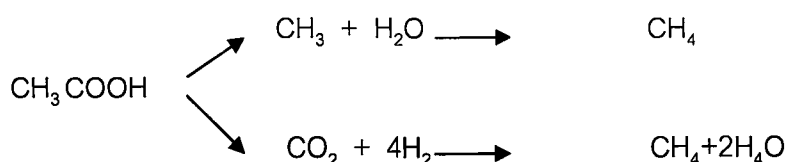
2. ขบวนการเกิดกรด (Acid formation)

การย่อยสลายในช่วงต่อไปนี้มีแบคทีเรีย เรียกว่า *Acid Formers* จะย่อยสลายสารอินทรีย์ แบคทีเรีย แม้จะไม่ใช้ออกซิเจนจากอากาศ แต่ก็มีควมจำเป็นต้องสังเคราะห์เซลล์เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ขยายพันธุ์ ดังนั้นจึงใช้ออกซิเจนจากน้ำ และสารอินทรีย์ต่างๆที่ละลายอยู่ทำให้เกิดกรดขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่จะได้จากสารพวก คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน กรดระเหยง่าย เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดบิวไทริก กรดไฟโฟอินิค และกรดวาเลอริก (Valeric acid) ซึ่งได้จาก คาร์โบไฮเดรต ส่วนโปรตีนจะไดจากกรดอะมิโน (Amino acid) ซึ่งจะแตกตัวให้กรดไฮดรอกซี หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นกรดอิ่มตัว (Saturated acid)

3. ขบวนการเกิดมีเทน (Methane formation)

เนื่องจากในระยการเกิดกรด (Acid formation) กรดที่เกิดขึ้นมีความเข้มข้นสูงดังนั้นการเผาผลาญอาหารโดยแบคทีเรียจะช้าลงระยะนี้ *Methanogenic bacteria* จะเกิดการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สมีเทน กรดอะมิโนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย ส่วนที่เหลือปฏิกิริยาของการเกิดแก๊สมีเทนในชั้นตอนนี้มี 2 วิธีด้วยกัน วิธีแรก เป็นการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแก๊สมีเทนส่วนใหญ่ในบ่อหมักจะเกิดปฏิกิริยา ส่วนวิธีที่สอง เป็นการลดออกซิเจนในแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเปลี่ยนเป็นแก๊สมีเทน โดยใช้ไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียตัวอื่น ผลสุดท้ายจะได้แก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ในปัจจุบันนี้สรุปได้ว่า การสร้างมีเทนอาจเกิดขึ้นได้ 2 ทาง ทางหนึ่งคือ กลุ่มเมทิลของกรดอะซิติกถูกรีดิวซ์โดยตรงจนเกิดมีเทนขึ้นมา อีกกลุ่มหนึ่งคือ กลุ่มคาร์บอกซิลของกรดอะซิติกถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ก่อน จากนั้นจึงถูกรีดิวซ์เกิดเป็นมีเทนขึ้นมา ดังแสดงในสมการข้างล่าง



จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักแก๊สชีวภาพ

ในขั้นตอนการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตมีเทน (Methane producing micro-organisms) จุลินทรีย์กลุ่มนี้เรียกว่า "Methane producing bacteria" เป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักในการผลิตมีเทน โดยที่เชื้อนี้จะเปลี่ยน

อะซิเตท และไฮโดรเจนให้เป็นมีเทนและแก๊สชนิดอื่นๆ เชื้อกลุ่มนี้ไวต่อออกซิเจนอย่างมาก จัดเป็นพวก Strict anaerobe

แหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อกลุ่มนี้ ได้แก่ แอมโมเนีย ในขณะที่เชื้อไม่สามารถใช้กรดอะมิโน หรือ เปปไทด์ ส่วนแหล่งกำมะถัน เชื้อบางสปีชีส์สามารถใช้ Cysteines แทนพวกซัลไฟด์ได้ สำหรับคุณสมบัติของ *Methanogens* นั้นเป็นเชื้อที่เจริญเติบโตช้า มี Doubling time (ระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนจาก 1 เป็น 2) ประมาณ 4-6 วัน

องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ

เมื่อขบวนการหมัก (Fermentation) เข้าสู่ภาวะแก๊สมีเทนแก๊สที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วย

แก๊สมีเทน	(Methane, CH ₄)	50-70%
แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์	(Carbondioxide, CO ₂)	30-50%
แก๊สไนโตรเจน	(Nitrogen, H ₂)	0-3%
แก๊สไฮโดรเจน	(Hydrogen, H ₂)	0-1%
แก๊สออกซิเจน	(Oxygen, O ₂)	0-1%
แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์	(Hydrogen Sulfide, H ₂ S)	0-1%

ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ

แก๊สชีวภาพมีประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. ด้านพลังงาน

เมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้วการลงทุนผลิตแก๊สชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน แก๊สหุงต้ม และไฟฟ้า แก๊สชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

1.1 ให้ค่าความร้อน 3,000-5,000 กิโลแคลอรี ความร้อนนี้จะทำให้น้ำ 130 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เดือดได้

1.2 ใช้กับตะเกียงแก๊สขนาด 60-100 วัตต์ ลูกใหม่ได้ 5-6 ชั่วโมง

1.3 ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1.25 กิโลวัตต์

1.4 ใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง

1.5 ถ้าใช้กับครอบครัวขนาด 4 คน สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ

2. ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม

โดยการนำมูลสัตว์ และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อแก๊สชีวภาพ จะเป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยง ทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลง และผลจากการหมักมูลสัตว์ในบ่อแก๊สชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานานๆ ทำให้ไพบยาคี และเชื้อโรคส่วนใหญ่ ในมูลสัตว์ตาย

ด้วย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคบิด อหิวาต์ และพยาธิที่อาจแพร่กระจายจากมูลสัตว์ด้วยกัน นอกจากนี้แล้วยังเป็นการป้องกันไม่ให้มูลสัตว์ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

3. ด้านการเกษตร

3.1 การทำปุ๋ย

กากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สด ๆ และปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3.2 การทำเป็นอาหารสัตว์

โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้งแล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โคและสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้ก็มีข้อจำกัด คือ ควรใส่อยู่ระหว่าง 5-10 กิโลกรัม ต่อ ส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลด ต้นทุนการผลิตอีกด้วย

การบำรุงดูแลรักษา

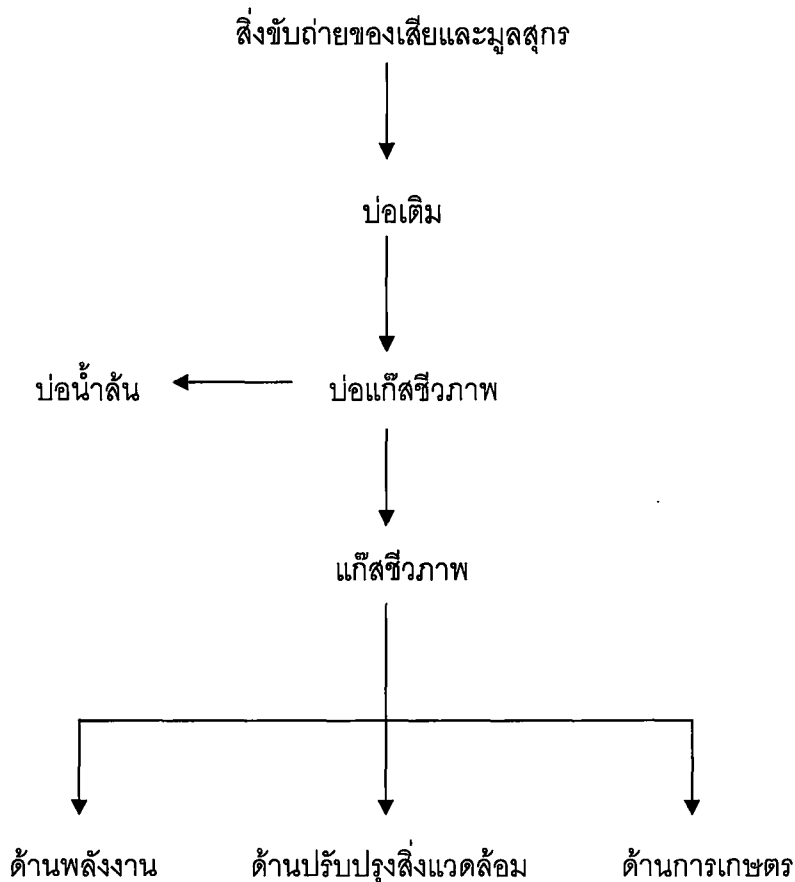
หมั่นตรวจสอบเครื่องยนต์โดยการตรวจเช็ค น้ำมันเครื่อง หัวเทียน ท่อนำแก๊ส และพยายามทำความสะอาดที่เก็บแก๊สอยู่เสมอ ถ้าหากพบว่าปริมาณแก๊สน้อยลงในขณะที่เติมมูลสัตว์ทุกวันแสดงว่า มีกากที่เหลือจากการหมักอยู่ก้นบ่อ ให้ทำการรื้อบ่อเอากากส่วนนี้ออก

ปัญหาและวิธีแก้ไข

1) ปัญหาเรื่องทางออกของบ่อหมักปิดตัน แก้ไขโดยการเปิดบ่อ และขุดลอกกากตะกอนที่ตกค้าง อย่างน้อย 3 ปีต่อ 1 ครั้ง ส่วนการ ป้องกันเศษหิน และดินตกลงบ่อโดยตรงทำได้โดยการ ทำหลุมดักพัก ก่อนการสูบเข้าไปในบ่อหมัก

2) ปัญหาเรื่องเครื่องยนต์ร้อนเกินไป แก้ไขโดยการเลือกใช้เครื่องยนต์ที่มีช่องระบายน้ำขนาดใหญ่ หรือต่อพัดลมบริเวณด้านหน้า ของหม้อน้ำ รังผึ้งอีก 1 ตัว และดูแลเรื่องตะกอนในหม้อน้ำ ควรใช้น้ำอ่อน และมีน้ำยากันสนิม รวมทั้งน้ำยาหล่อเย็นในหม้อน้ำด้วย ดูแลเรื่องน้ำมันเครื่อง ให้มีจำนวนที่พอดี ไม่มากหรือน้อยเกินไปควรมีเครื่องยนต์ 2 เครื่องไว้ทดแทน เมื่อเครื่องหนึ่งชำรุดหรือใช้งานมาแล้ว ประมาณ 4 เดือน ควรถอดออกล้างทำความสะอาด บริเวณส่วนหัวลูกสูบ ห้องจุดระเบิดวาวส์ เป็นต้น เครื่องยนต์สำรองติดตั้งเพื่อทำงานต่อไปโดยไม่หยุดพัก ในกรณีที่เครื่องยนต์ต้องเร่งมากเกินไป จะทำให้ชำรุดได้เร็วขึ้น จึงควรใช้ล้อถ่วงแรงจะช่วยทำให้เครื่องยนต์ทำงานหนักน้อยลง ซึ่งยืดอายุการทำงาน ของเครื่องยนต์ยาวนานออกไป

3) ปัญหาเรื่องท่อแก๊ส ท่อแก๊สตันเกิดจากไอน้ำที่เป็นส่วนหนึ่งของแก๊สชีวภาพ รวมตัวกันเป็นหยดน้ำ และเกิดมากขึ้น จนปิดกั้นทางเดินของแก๊ส แก้ไขโดยการทำให้ระบายน้ำออกเป็นระยะ



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนและหลักการของกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ

ที่มา : วิรัตน์ สุমন, 2538

3.3 เขียนคำบรรยายประกอบวีดิโอซีดี

การกำหนดภาพต่าง ๆ ในการถ่ายทำโดยยึดหลักการนำเทคโนโลยีชีวภาพไปประยุกต์ใช้ในการผลิต การแปรรูป การกำจัดของเสียและการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งการผลิตวีดิโอซีดีประกอบด้วยภาพต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ภาพนำเรื่อง
2. ภาพความเป็นมาของระบบแก๊สชีวภาพ
3. ภาพวัตถุดิบ
4. ภาพส่วนประกอบของบ่อแก๊สชีวภาพ

5. ภาพกระบวนการเกิดแก๊สชีวภาพ
6. ภาพประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ
7. ภาพการบำรุงดูแลรักษาบ่อแก๊สชีวภาพ
8. ภาพผู้มีอุปการะคุณ
9. ภาพสวัสดิ์

คำบรรยายประกอบวิดีโอซีดีเรื่อง กระบวนการเกิดแก๊สชีวภาพ

ลำดับที่	ภาพ	เสียง
1	ตราสถาบัน	ดนตรีบรรเลง
2	วิดีโอซีดีประกอบการสอนเรื่อง ขบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ (Video CD For Teaching About Biogas Production) (ตัวอักษร)	วิดีโอซีดีประกอบการสอนเรื่อง ขบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ (Video CD For Teaching About Biogas Production)
3	จัดทำโดย นายรณส ชื่นชูชน (ตัวอักษร)	จัดทำโดย นายรณส ชื่นชูชน
4	สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร- การผลิตสัตว์ ภาควิทยาศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ตัวอักษร)	สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5	อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์ (ตัวอักษร)	อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์
6	ความเป็นมาของระบบแก๊สชีวภาพ (ตัวอักษร)	เนื่องจากการเลี้ยงสัตว์ เช่น สุกร ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมเพราะมูลสุกร ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ดังนั้น หน่วยงานของรัฐและเอกชน

ลำดับที่	ภาพ	เสียง
		จึงช่วยกันคิดค้นวิธีการที่จะนำมูลสุกรเหล่านี้ไป ใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยการนำมาหมัก เป็นแก๊สชีวภาพ
7	วัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพ	วัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพ ได้แก่ สาร อินทรีย์ทุกชนิด เช่น มูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ เศษพืช ผักต่างๆ เศษผลไม้จากโรงงานทำผลไม้กระป๋อง เศษเนื้อ และเลือดจากโรงงานปลากระป๋อง หรือ โรงงานฆ่าสัตว์ ในที่นี้วัตถุดิบที่เราใช้ คือ มูลของ สุกรซึ่งมูลสุกรนี้จะมีสารอินทรีย์ พวกแป้งและ โปรตีนมาก จึงสามารถย่อยสลาย ได้ง่าย
8	ฟาร์มสุกร	สัตว์เศรษฐกิจของประเทศไทยส่วนใหญ่ คือ สุกร และในปัจจุบันฟาร์มสุกรได้สร้างปัญหา มลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอันมาก เนื่องจากกลิ่น จากมูลสุกร ดังนั้นจึงมีการนำเอาระบบแก๊ส ชีวภาพ เพื่อมาใช้แก้ปัญหาในฟาร์มสุกร
9	ส่วนประกอบของมูลสุกร อินทรีย์วัตถุ 77-84% ไนโตรเจน 4.0-10.3% ฟอสฟอรัส 1.9-2.5% โปแตสเซียม 1.4-3.1%	ส่วนประกอบของมูลสุกร อินทรีย์วัตถุ 77-84% ไนโตรเจน 4.0-10.3% ฟอสฟอรัส 1.9-2.5% โปแตสเซียม 1.4-3.1%
10	ปัจจัยต่อการเกิดแก๊สชีวภาพ 1. อุณหภูมิ 2. pH 3. ชนิดของวัตถุดิบ 4. ไม่ต้องการใช้ออกซิเจน 5. มูลสุกร:น้ำ 1:2 6. ความลึกของถังหมัก > 3 เมตร 7. ควรกวนมูลอยู่เสมอ 8. ระยะเวลาในการเกิดแก๊ส 21 วัน	ปัจจัยต่อการเกิดแก๊สชีวภาพ 1. อุณหภูมิ 2. pH 3. ชนิดของวัตถุดิบ 4. ไม่ต้องการใช้ออกซิเจน 5. มูลสุกร:น้ำ 1:2 6. ความลึกของถังหมัก > 3 เมตร 7. ควรกวนมูลอยู่เสมอ 8. ระยะเวลาในการเกิดแก๊ส 21 วัน

ลำดับที่	ภาพ	เสียง
11	ส่วนประกอบของบ่อแก๊สชีวภาพ	บ่อแก๊สชีวภาพประกอบด้วย 3 บ่อ คือ บ่อเติม, บ่อหมัก, บ่อล้น
12	1. บ่อเติม	มูลสุกรและน้ำล้างคอกจากโรงเรือนต่างๆ จะไหลตามรางระบายน้ำ และไหลมารวมกันที่บ่อเติม อัตราส่วนที่เหมาะสมของมูลสุกร และน้ำล้างคอกประมาณ 1 : 2
13	2. บ่อหมัก	บ่อนี้จะเป็นบ่อที่หมักมูลสุกร โดยจะสูบลูกสุกรมาจากบ่อเติม แก๊สที่ได้จะสังเกตเห็นได้จากฝ้าพลาสติกที่พองโปร่งขึ้น ซึ่งสามารถนำแก๊สไปใช้ประโยชน์ได้
14	3. บ่อล้น	บ่อล้นนี้ จะเป็นบ่อที่พักมูลสุกรแล้ว ส่วนที่เหลือคือ กาก และน้ำที่ถูกดันออกมาจากบ่อหมัก
15	ขบวนการในการเกิดแก๊สชีวภาพ (ตัวอักษร)	การย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจนทำให้เกิดแก๊สชีวภาพ แบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน
16	1. Hydrolysis	เมื่อเข้าสู่ขบวนการหมัก สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะถูกย่อยสลาย ได้สารโมเลกุลเล็กลง เช่น กลูโคส กรดอะมิโน กลีเซอรอล และกรดไขมัน
17	2. Hydrogen producing acetogenic bacteria	เมื่อกรดไขมัน ถูก <i>Hydrogen producing acetogenic bacteria</i> เข้ามาทำปฏิกิริยาจึงทำให้เกิด Acetic acid
18	3. Acetogenic Hydrogenation	เมื่อไฮโดรเจนรวมตัวกับคาร์บอนไดออกไซด์ และถูก <i>Homoacetogenic bacteria</i> เข้ามาทำปฏิกิริยาจึงทำให้เกิด Acetic acid
19	4. Methane Formation	ใน ะ ย ะ นี้ Methanogenic bacteria จะเกิดการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ไปเป็นแก๊ส - คาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สมีเทนอาจเกิดขึ้นได้ 2 ทาง ทางหนึ่งคือ กลุ่มเมทิลของกรดอะซิติกถูก

ลำดับที่	ภาพ	เสียง
		รีดิวิธโดยตรงจนเกิดมีเทนขึ้นมา อีกกลุ่มหนึ่งคือกลุ่มคาร์บอกซิลของกรดอะซิติกถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ก่อน จากนั้นจึงถูกรีดิวิธเกิดเป็นมีเทนขึ้นมา
20	จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักแก๊สชีวภาพ (Biogas microorganisms)	จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักแก๊สชีวภาพ ได้แก่ จุลินทรีย์ 2 พวกด้วยกัน คือ Non- methane producing organisms เป็นพวกที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และMethane producing organganisms เป็นพวกที่สร้างมีเทน
21	องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพจะประกอบด้วย แก๊สมีเทน 50-70% แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 30-50% แก๊สไนโตรเจน 0-3% แก๊สไฮโดรเจน 0-1%	องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพจะประกอบด้วย แก๊สมีเทน 50-70% แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 30-50% แก๊สไนโตรเจน 0-3% แก๊สไฮโดรเจน 0-1%
22	ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ (ตัวอักษร)	แก๊สชีวภาพมีประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้
23	1. ด้านพลังงาน	สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน แก๊สหุงต้ม ไฟฟ้า
24	- หุงต้ม	สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ ใช้กับครัวเรือนขนาด 4 คน
25	- ผลิตไฟฟ้า	สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1.25 กิโลวัตต์
26	2. ด้านปรับปรุงสิ่งแวดล้อม (ตัวอักษร)	เป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยง ทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลง ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด นอกจากนี้แล้วยังเป็นการป้องกัน ไม่ให้มูลสัตว์ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ
27	3. ด้านการเกษตร (ตัวอักษร)	สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรได้ดังนี้
28	3.1 ทำปุ๋ย	กากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สด ๆ และปุ๋ยคอก

ลำดับที่	ภาพ	เสียง
		ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบในโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
29	3.2 ทำเป็นอาหารสัตว์	โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้งแล้วนำไป ผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โคและสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้ก็มีข้อจำกัด คือ ควรใส่อยู่ระหว่าง 5-10 กิโลกรัม ต่อ ส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย
30	การดูแลและรักษาบ่อแก๊ส (ตัวอักษร)	หมั่นตรวจสอบเครื่อง โดยการตรวจเช็คน้ำมันเครื่อง หัวเทียน ท่อนำแก๊ส และพยายามทำความสะอาดที่เก็บแก๊สอยู่เสมอ ถ้าหากพบว่าปริมาณแก๊สน้อยลงในขณะที่เติมมูลสัตว์ทุกวันแสดงว่า มีกากที่เหลือจากการหมักอยู่ก้นบ่อ ให้ทำการรื้อบ่อ
31	ขอขอบคุณผู้มีอุปการะคุณ (ตัวอักษร)	ดนตรีบรรเลง
32	การผลิตวิดีโอทัศน์ประกอบการสอนเรื่อง ขบวนการผลิตแก๊สชีวภาพสำเร็จได้ด้วยดี ได้รับความอนุเคราะห์จาก อาจารย์สมชัย จันทร์สว่าง หัวหน้าภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัย - เกษตรศาสตร์ บางเขน ที่เชื้อเพื่อสถานที่ในการถ่ายทำ และเนื้อหาขบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ (ตัวอักษร)	ดนตรีบรรเลง
33	ฝ่ายโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ - อุตสาหกรรม ที่อำนวยความสะดวกในการตัดต่อวิดีโอ และการบันทึกเสียง	ดนตรีบรรเลง
34	สวัสดี	ดนตรีบรรเลง

3.4 ขั้นตอนการสร้างวีดิโอซีดีประกอบการสอน

ในการสร้างวีดิโอซีดีประกอบการสอนเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ มีดังนี้

3.4.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อสร้างวีดิโอซีดีประกอบการสอน

1. กล้องถ่ายวีดิโอ พร้อมอุปกรณ์ คือ ขาตั้งกล้อง ไฟเพิ่มแสง
2. ม้วนวีดิโอ 2 ม้วน
3. เทปบันทึกเสียง 1 ม้วน
4. ชุดตัดต่อวีดิโอ 1 ชุด
5. เครื่องบันทึกเสียง 1 เครื่อง
6. กระดาษ A4 1 รีม
7. ชุดเครื่องเขียน 1 ชุด
8. เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์ ดังนี้
 - เครื่อง CD/RW 1 เครื่อง
 - พรินเตอร์ 1 เครื่อง
 - แผ่นดิสก์ 10 แผ่น
 - แผ่น CD-R 2 แผ่น
 - กล้องใส่แผ่น CD 2 กล้อง

3.4.2 วิธีการสร้างวีดิโอซีดีประกอบการสอน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ และการผลิตวีดิโอซีดีประกอบการสอนจากตำราเรียน และวารสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาขั้นตอน และเทคนิคการผลิตวีดิโอซีดีประกอบการสอน
3. กำหนดภาพ และเขียนคำบรรยาย
4. ติดต่อสถานที่เพื่อถ่ายทำวีดิโอซีดีประกอบการสอน
5. ถ่ายภาพตามสคริปที่กำหนดไว้ โดยขอความอนุเคราะห์จาก

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

6. คัดเลือกภาพที่ถ่ายมา และ Capture ภาพเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อตัดต่อภาพตามสคริป บันทึกเสียงคำบรรยาย ลงไปในเครื่องตัดต่อวีดิโอ

7. เขียนเอกสาร และพิมพ์รูปเล่มปัญหาพิเศษ
8. แก้ไขเนื้อหาและส่งรูปเล่มฉบับที่สมบูรณ์

บทที่ 4

การตรวจสอบและแก้ไขอุปกรณ์

4.1 วิธีการตรวจสอบ

จัดทำวีดีโอซีดีประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ โดยมีผู้ประเมิน 4 คน รายละเอียดในวิธีการประเมินประกอบด้วย

การตรวจสอบทางด้านโครงสร้างของวีดีโอซีดี

1. ความคมชัดของภาพ
2. ขนาดตัวอักษร
3. ความถูกต้องของตัวอักษร
4. ความสวยงามของภาพ
5. ความเหมาะสมของขนาดของภาพ
6. ความสัมพันธ์ของเสียงดนตรี และคำบรรยาย
7. ความชัดเจนของเสียงบรรยาย
8. การเว้นวรรคตอนขณะอ่านคำบรรยาย
9. การเน้นความสัมพันธ์ของเรื่องขณะอ่านคำบรรยาย
10. เวลาที่ใช้ในการฉายวีดีโอซีดีแต่ละภาพ

4.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพวีดีโอซีดีเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ

ผลการประเมินคุณภาพวีดีโอซีดีเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ ด้านความคมชัดของภาพ ขนาดของตัวอักษร ความถูกต้องของตัวอักษร ความสวยงามของภาพ ความเหมาะสมขนาดของภาพ ความสัมพันธ์ของเสียงดนตรีและคำบรรยาย ความชัดเจนของเสียงบรรยาย การเว้นวรรคตอนขณะอ่านคำบรรยาย การเน้นความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องขณะอ่านคำบรรยาย ปรากฏว่าระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดี

ดังนั้นสามารถนำไปใช้ในวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (03621200) ของระดับชั้นปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การผลิตวีดิโอซีดีประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อให้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (03621200) ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร การผลิตสัตว์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขั้นตอนการจัดทำมีรายละเอียดดังนี้

ในขั้นแรกผู้จัดทำได้ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาวิชาที่จะถ่ายทำวีดิโอซีดี และจัดทำโครงร่างปัญหาพิเศษให้อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษพิจารณา โดยให้เหตุผลในการทำวีดิโอซีดีประกอบคำบรรยายเรื่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพว่า ต้องการจัดทำวีดิโอซีดีชุดนี้ เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน เมื่อจัดทำโครงร่างปัญหาพิเศษเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ศึกษาหาข้อมูลเรื่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อจัดทำภาคเอกสาร และกำหนดภาพที่จะถ่าย จากนั้นทำการติดต่อสถานที่ในการถ่ายภาพ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ถ่ายภาพโดยใช้กล้องวีดิโอแล้วคัดเลือกภาพจากม้วนวีดิโอและจับภาพวีดิโอลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วนำภาพที่ได้มาตัดต่อโดยใช้โปรแกรม Adobe Premiere 6.0 พร้อมทั้งเขียนคำบรรยาย จากนั้นนำภาพจากที่ตัดต่อแล้วเขียนลงแผ่นซีดี แล้วทำการบันทึกเสียงคำบรรยาย นำผลงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้วมาประเมินผลตรวจด้านโครงสร้างของวีดิโอซีดี ซึ่งระยะเวลาในการทำวีดิโอซีดีประกอบคำบรรยายชุดนี้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือน เมษายน พ.ศ. 2545 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546 ค่าใช้จ่ายในการจัดทำวีดิโอซีดีประกอบคำบรรยายในครั้งนี้เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้นถึง 4,000 บาท

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ในการผลิตวีดิโอซีดีประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพเสร็จสิ้นลงได้นั้น ผู้จัดทำต้องพบกับปัญหาและอุปสรรคมากมาย ซึ่งสามารถหาแนวทางแก้ไขปัญหาทุกอย่างได้ด้วยดี ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทาง และข้อคิดสำหรับผู้ที่ยังดำเนินการทำปัญหาพิเศษในเรื่องที่คล้าย ๆ กันนี้ ผู้จัดทำได้สรุปปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดทำปัญหาพิเศษชุดนี้ไว้ดังต่อไปนี้

1. สถานที่ในการถ่ายทำ คือ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน เป็นสถานที่ราชการ ซึ่งจะปิดทำการคือวันเสาร์-อาทิตย์ ฉะนั้นการถ่ายทำจึงต้องปฏิบัติในวันและเวลาราชการเท่านั้น ซึ่งวันจันทร์-ศุกร์ ผู้จัดทำมีการเรียนการสอน จึงทำให้ต้องขาดเรียนเพื่อทำการถ่ายวิดีโอ
2. ภาพที่ผู้จัดทำได้ถ่ายมาบางครั้งก็ไม่ตรงตามลักษณะที่ต้องการ
3. ความชำนาญในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ ในการทำวิดีโอที่ดี และการใช้โปรแกรม Adobe Premire 6.0 นั้นไม่มีความชำนาญพอ ทำให้เกิดความล่าช้าในการถ่ายทำและแต่งภาพ
4. ช่วงระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษนั้นเป็นช่วงที่ออกฝึกสอน จึงไม่ค่อยมีเวลาในการทำปัญหาพิเศษมากนัก เพราะต้องมีหน้าที่รับผิดชอบหลายอย่าง งานจึงออกมาล่าช้า

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ผู้จัดทำได้รับประสบการณ์ในการศึกษาด้วยตนเอง ซึ่งพอที่จะเสนอแนะไว้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่ทำปัญหาพิเศษในครั้งต่อ ๆ ไปดังนี้

1. ถ้าต้องติดต่อสถานที่ราชการ ในการถ่ายทำ ควรติดต่อตั้งแต่เนิ่น ๆ เพื่อความสะดวกในการดำเนินการถ่ายภาพ
2. ภาพที่ผู้จัดทำได้ถ่ายมาบางครั้งก็ไม่ตรงตามลักษณะตามที่ต้องการจึงทำให้ต้องมีการแก้ไข โดยการถ่ายใหม่
3. ควรศึกษาหาความรู้ในการตัดต่อวิดีโอ และเทคนิคการถ่ายวิดีโอต่าง ๆ และอุปกรณ์ในการทำวิดีโอที่ดี เพื่อให้มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด
4. การทำปัญหาพิเศษมีช่วงระยะเวลาเพียง 1 ภาคเรียนเท่านั้น ควรเริ่มทำตั้งแต่เนิ่น ๆ จะได้ไม่ต้องมาเร่งในตอนใกล้จะส่งปัญหาพิเศษ ผลงานที่ออกมาจะได้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น และถูกต้อง
5. ตัวอักษรที่ใช้ควรใช้สีที่มีความสว่างเพื่อความชัดเจนของตัวอักษร
6. คำบรรยายในวิดีโอที่ดียังมีการพิมพ์ผิดอยู่ ควรแก้ไข
7. ในหัวข้อเรื่องวัตถุดิบ ภาพไม่สัมพันธ์กับคำบรรยาย

บรรณานุกรม

- กิดานันท์ มลิทอง. 2531. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 181 น.
- จันฉาย เตย์ยาการ. 2533. การเลือกใช้สื่อทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 131 น.
- ณรงค์ สมพงษ์. 2530. สื่อเพื่องานส่งเสริมเผยแพร่. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 406 น.
- ไพบูลย์ เปี้ยศิริ. 2545. เจาะลึกเทคนิคเขียนแผ่น CD แบบมีอาชีพ. กรุงเทพฯ: ไทยเจริญการพิมพ์. 260 น.
- วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงษ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. โอเดียนสโตร์. 209 น.
- วารินทร์ รัศมีพรหม. 2529. สไลด์ประกอบเสียง. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 200 น.
- วาสนา ชาวหา. 2533. สื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 206 น.
- วิรัตน์ สุมน. 2538. "การฝึกอบรมการเลี้ยงสุกร" สถาบันวิจัยทับกวาง.
- สมหญิง กลั่นศิริ. 2526. สื่อการสอนและนวัตกรรมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 129 น.
- สุนันท์ สังข์อ่อง. 2526. สื่อการสอนและนวัตกรรมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ :โอเดียนสโตร์. 170 น.
- สันทัต ภิบาลสุข และพิมพ์ใจ ภิบาลสุข. 2524. การใช้สื่อการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พีระพัฒนา. 210 น.
- อรุณ คงศักดิ์ไพศาล. 2526. เคมีเกษตร. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 428 น.

สมชัย จันทร์สว่าง. http://www.ku.ac.th/e-magazine/september43/bio_gass/index.html

สมชัย จันทร์สว่าง. <http://web.ku.ac.th.ac.th/nk40/nk/data/06/nk604.htm>

พิชิต สกุลพราหมณ์ และมงคล งามงาม. <http://kumis.cps.ku.ac..th/nk40/nk/data/06/nk603.htm>

ภาคผนวก

แบบประเมินคุณภาพวิดีโอซีดี

วิดีโอซีดีประกอบการสอนเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องว่างพร้อมข้อเสนอแนะในช่องว่างที่กำหนดให้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 หมายถึง พอใช้

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ดี

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ดีมาก

คำถาม	ระดับความคิดเห็น				
	1 แก้ไข	2 พอใช้	3 ปานกลาง	4 ดี	5 ดีมาก
ความคมชัดของภาพ				✓	
ขนาดตัวอักษร				✓	
ความถูกต้องของตัวอักษร				✓	
ความสวยงามของภาพ				✓	
ความเหมาะสมขนาดของภาพ				✓	
ความสัมพันธ์ของเสียงดนตรี และคำบรรยาย					✓
ความชัดเจนของเสียงบรรยาย				✓	
การเว้นวรรคตอนขณะอ่านคำบรรยาย				✓	
การเน้นความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องขณะ อ่านคำบรรยาย				✓	

ข้อเสนอแนะ..... คำบรรยายวิดีโอซีดียังไม่สมบูรณ์ 3000 นาที
และเนื้อหาบางจุดยังไม่ชัดเจน

ลงชื่อ.....
(..... /)

ผู้ประเมิน

แบบประเมินคุณภาพวิดีโอซีดี

วิดีโอซีดีประกอบการสอนเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องว่างพร้อมข้อเสนอแนะในช่องว่างที่กำหนดให้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 หมายถึง พอใช้

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ดี

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ดีมาก

คำถาม	ระดับความคิดเห็น				
	1 แก้ไข	2 พอใช้	3 ปานกลาง	4 ดี	5 ดีมาก
ความคมชัดของภาพ					/
ขนาดตัวอักษร			/		
ความถูกต้องของตัวอักษร $N \rightarrow 10.3\%$				/	
ความสวยงามของภาพ					/
ความเหมาะสมขนาดของภาพ				/	
ความมีสัมพันธ์ของเสียงดนตรี และคำบรรยาย				/	
ความชัดเจนของเสียงบรรยาย				/	
การเว้นวรรคตอนขณะอ่านคำบรรยาย				/	
การเน้นความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องขณะ อ่านคำบรรยาย				/	

ข้อเสนอแนะ..... ในหัวข้อวีดิทัศน์ ภาพไม่สัมพันธ์กับคำบรรยาย

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... 12

(ชื่อนาม... ประสิทธิ์ภักดี)

ผู้ประเมิน

แบบประเมินคุณภาพวิดีโอซีดี

วิดีโอซีดีประกอบการสอนเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องว่างพร้อมข้อเสนอแนะในช่องว่างที่กำหนดให้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 หมายถึง พอใช้

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ดี

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ดีมาก

คำถาม	ระดับความคิดเห็น				
	1 แก้ไข	2 พอใช้	3 ปานกลาง	4 ดี	5 ดีมาก
ความคมชัดของภาพ				✓	
ขนาดตัวอักษร				✓	
ความถูกต้องของตัวอักษร				✓	
ความสวยงามของภาพ				✓	
ความเหมาะสมขนาดของภาพ				✓	
ความสัมพันธ์ของเสียงดนตรี และคำบรรยาย				✓	
ความชัดเจนของเสียงบรรยาย				✓	
การเว้นวรรคตอนขณะอ่านคำบรรยาย				✓	
การเน้นความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องขณะ อ่านคำบรรยาย				✓	

ข้อเสนอแนะ..... ตัวอักษรไม่คมชัด.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... หิวงพล อินทร์นิเวศ.....

(..... นาย หิวงพล อินทร์นิเวศ.....)

ผู้ประเมิน

แบบประเมินคุณภาพวิดีโอซีดี

วิดีโอซีดีประกอบการสอนเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องว่างพร้อมข้อเสนอแนะในช่องว่างที่กำหนดให้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ต้องแก้ไข

ระดับคะแนน 2 หมายถึง พอใช้

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ดี

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ดีมาก

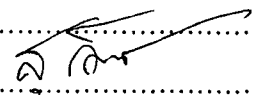
คำถาม	ระดับความคิดเห็น				
	1 แก้ไข	2 พอใช้	3 ปานกลาง	4 ดี	5 ดีมาก
ความคมชัดของภาพ				✓	
ขนาดตัวอักษร				✓	
ความถูกต้องของตัวอักษร				✓	
ความสวยงามของภาพ				✓	
ความเหมาะสมขนาดของภาพ				✓	
ความสัมพันธ์ของเสียงดนตรี และคำบรรยาย					✓
ความชัดเจนของเสียงบรรยาย				✓	
การเว้นวรรคตอนขณะอ่านคำบรรยาย				✓	
การเน้นความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องขณะ อ่านคำบรรยาย				✓	

ข้อเสนอแนะ... ๓ ข้อต้องแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ 
(นายสุวิทย์ วัฒนวิทย์ / คณะกรรมการ)

ผู้ประเมิน