สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

สไลด์ประกอบคำบรรยาย เรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ

Sound slides on Biogas Processing

โดย

นางสาวอุทุมพร รัตนชู

ปพ.
ว 8256
เลขหมู่ 2543
เลขทะเบียน 40302
วัน, เดือน, ปี 11 ก.ย. 2544

.b 11104371 4
.i

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

**ปีการศึกษา 2543**

**ชื่อเรื่อง** สไลด์ประกอบคำบรรยาย เรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ
Sound slides on Biogas Processing

**ชื่อ-สกุล** นางสาวอุทุมพร รัตนชู

**สาขาวิชา** อุตสาหกรรมเกษตร

**คณะ** ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

**อาจารย์ที่ปรึกษา** อาจารย์ปานจิต ป้อมอาสา
อาจารย์ชุติมา สังข์พาลี

## บทคัดย่อ

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตสไลด์ประกอบคำบรรยายใช้สำหรับประกอบการสอน วิชาเทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น (03632103) ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การดำเนินการสร้างอุปกรณ์ประกอบการสอนประเภทสไลด์ ศึกษาหลักสูตรในรายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น (03632103) และติดต่อสถานีวิจัยทับกวาง จังหวัดสระบุรี เพื่อถ่ายภาพแล้วนำภาพที่ได้มาตกแต่งให้สวยงามโดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop 5.5 จากนั้นนำผลงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้วมาประเมินผลการสรวจสอบ 2 ด้านคือ ด้านเนื้อหาของสไลด์ ด้านโครงสร้างของสไลด์ และแก้ไขข้อบกพร่อง

สไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น (03632103) ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หรือ เผยแพร่ให้ผู้ที่ต้องการจะศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลเหล่านี้คือ ท่านอาจารย์ปานจิต ป้อมอาสา ท่านอาจารย์ชุติมา สังข์พาลี ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษได้ให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการทำปัญหาพิเศษ, อาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์เกษตรที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์, เจ้าหน้าที่ห้องโสตทัศนศึกษาประจำคระครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการบันทึกเสียง, คุณวิรัตน์ สุมน นักวิชาการเกษตร สถานีวิจัยทับกวาง ที่ให้คำแนะนำในเรื่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ และอำนวยความสะดวกในการถ่ายภาพจนเสร็จสมบูรณ์, เพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจ และที่สำคัญที่สุดคือ บิดา-มารดา พี่ชายที่ให้ความสนับสนุนทั้งในด้านทุนทรัพย์ และให้กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อุทุมพร รัตนชู

เมษายน 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ ก

กิตติกรรมประกาศ ข

สารบัญ ค

สารบัญภาพ จ

สารบัญตาราง ฉ

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 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอนประเภทสไลด์.....4

2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ.....10

3 วิธีการสร้างอุปกรณ์.....25

3.1 วิธีการวิเคราะห์หลักสูตร.....25

3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา.....28

3.3 เขียนคำบรรยายประกอบสไลด์.....35

3.4 ขั้นตอนการสร้างสไลด์ประกอบคำบรรยาย.....40

4 การตรวจสอบและแก้ไขอุปกรณ์.....42

4.1 วิธีการตรวจสอบ.....42

4.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพสไลด์เรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ.....43

4.3 แก้ไขอุปกรณ์.....43

5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....44

5.1 สรุป.....44

5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3 ข้อเสนอแนะ.....45
บรรณานุกรม.....47
ภาคผนวก.....49
แบบประเมินคุณภาพ.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

**ภาพที่** **หน้า**

**1 แสดงขั้นตอนและหลักการของการกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ.....35**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

1 เชื้อ *Methanobateria* และสับสเตรทที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซมีเทน.....22

2 แสดงผลการตรวจสอบทางด้านเนื้อหาสไลด์ประกอบคำบรรยาย.....49

3 แสดงผลการตรวจสอบทางด้านโครงสร้างสไลด์ประกอบคำบรรยาย.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการเรียนการสอนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก มีการพัฒนาจากเดิมที่มีครูทำหน้าที่เป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียน ด้วยวิธีการบรรยาย ใช้ตำรา ใช้กระดานชอล์คเป็นเครื่องมือ โดยมีนักเรียนเป็นผู้ฟัง และจดจำเนื้อหาที่ครูถ่ายทอดเรื่อยมา จนกระทั่งปัจจุบันบทบาทของครูได้ถูกเปลี่ยนไปจากผู้บรรยาย มาเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่ม ตลอดจนจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้โดยอาศัยโสตทัศนวัสดุเข้ามาช่วย ในการเลือกใช้โสตทัศนวัสดุจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ เช่น ความสัมพันธ์กับเนื้อหา จำนวนของผู้เรียน อายุของผู้เรียนเป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้สื่อ สื่อในการเรียนการสอนมีหลายประเภทเช่นแบบจำลอง แผ่นใส รูปภาพ และสไลด์ประกอบคำบรรยายเป็นโสตทัศนวัสดุประกอบการเรียนการสอนประเภทหนึ่ง สามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น

ดังนั้นการผลิตสไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ ถือได้ว่าเป็นการผลิตสื่อการเรียนการสอนอย่างหนึ่ง ซึ่งจะใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอน ในวิชาเทคโนชีวภาพเบื้องต้น (03632103) ของระดับชั้นปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เนื้อหาสาระของสไลด์ประกอบคำบรรยายชุดนี้ สามารถทำให้ผู้เรียนเห็นตัวอย่างวัตถุดิบ อุปกรณ์ กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของบทเรียนที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจ และจดจำเนื้อหาของวิชา เทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น

เนื่องจากปัจจุบันมีการรณรงค์ให้มีการนำของเหลือใช้ที่ยังใช้ประโยชน์ได้ให้กลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก เพื่อลดต้นทุนในการกำจัดของเสียและลดต้นทุนของวัตถุดิบหลัก การผลิตแก๊สชีวภาพก็เป็นอีกอย่างหนึ่งที่ได้จากการนำมูลสัตว์มาหมักเพื่อใช้เกิดก๊าซใช้สำหรับหุงต้มอาหารและจุดตะเกียงในบ้านเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อก๊าซปิโตรเลียมซึ่งมีราคาแพงมาใช้ แก๊สชีวภาพ (Biogas) หมายถึงแก๊สที่ได้จากการย่อยสลายสิ่งมีชีวิตหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต หรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในสภาวะไร้ออกซิเจนประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรท เซลลูโลส และโปรตีนซึ่งคาร์บอน และ ไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อมีการย่อยสลายแบบไร้แก๊สออกซิเจน โมเลกุลของสิ่งมีชีวิตจะแตกตัวและจับตัวกันใหม่เกิดเป็นแก๊สมีเทน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่น ๆ รวมเรียกว่า แก๊สชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Biogas) (อรุณ คงศักดิ์ไพศาล และคณะ, 2526 : 301)

**1.2 วัตถุประสงค์**

ผลิตสไลด์ประกอบคำบรรยาย ประกอบการเรียนการสอนในวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น (03632103) ของระดับชั้นปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**1.3 ขอบเขตของปัญหา**

1.3.1 ทำการผลิตสไลด์เรื่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น (03632103) ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี ) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งการผลิตสไลด์ชุดนี้ประกอบไปด้วย

ก. ภาพสไลด์แสดงกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ จำนวน 38 ภาพ

| | |
|---|---|
| - ภาพนำเรื่อง | 5 ภาพ |
| - ภาพความเป็นมาของแก๊สชีวภาพ | 1 ภาพ |
| - ภาพความหมายของแก๊สชีวภาพ | 1 ภาพ |
| - ภาพวัตถุดิบ | 1 ภาพ |
| - ภาพขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ | 9 ภาพ |
| - ภาพบ่อแก๊สชีวภาพแบบ Plug flow | 4 ภาพ |
| - ภาพขบวนการเกิดแก๊สชีวภาพ | 4 ภาพ |
| - ภาพจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดแก๊สชีวภาพ | 2 ภาพ |
| - ภาพองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ | 1 ภาพ |
| - ภาพประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ | 7 ภาพ |
| - ภาพการบำรุงรักษาบ่อแก๊สชีวภาพ | 1 ภาพ |
| - ภาพผู้มีอุปการะคุณ | 1 ภาพ |
| - ภาพสวัสดี | 1 ภาพ |
| รวม | 38 ภาพ |

ข. บันทึกเสียงคำบรรยายประกอบสไลด์ ในระบบสัญญาณอัตโนมัติ 1 ม้วน

ง. จัดทำเอกสารคำบรรยาย 1 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 การประเมินสไลด์ โดยใช้แบบประเมินสื่อที่สร้างขึ้น ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของสไลด์ และประเมินในด้านโครงสร้างของสไลด์ ประเมินจากผู้ที่มีความรู้เรื่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับสื่อจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.4.1 ได้สไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อประกอบการเรียนการสอนในวิชา เทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น (03632103) ของระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4.2 สามารถใช้สไลด์ชุดนี้เผยแพร่ให้ผู้ที่สนใจทั่วไปศึกษาหาความรู้ในเรื่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพได้

1.4.3 ผู้จัดได้รับประสบการณ์ตรง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการผลิตสื่อการสอนชนิดอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

## การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาปัญหาพิเศษประเภทสไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น (03632103) ผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารต่าง ๆ ทั้งที่อยู่ในรูปหนังสือ วารสาร เอกสาร นิตยสาร สอบถามจากผู้ที่มีประสบการณ์ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้จัดทำได้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อสรุปข้อมูลในการทำสไลด์ การศึกษาเอกสารมี 2 ลักษณะดังนี้

### 2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับสื่อการสอนประเภทสไลด์

2.1.1 หลักในการเลือกสื่อการเรียนการสอน

หลักการเลือกสื่อการสอน ผู้สอนจะต้องตั้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในการเรียนการสอนให้แน่นอนเสียก่อน เพื่อใช้วัตถุประสงค์เป็นตัวชี้นำ ในการเลือกสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีหลักการอื่น ๆ เพื่อประกอบการพิจารณาคือ

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

2.1.2 ข้อคำนึงในการใช้สื่อการเรียนการสอน

การใช้สื่อการเรียนการสอน ควรคำนึงถึงลักษณะซึ่งจะอำนวยประโยชน์แก่ผู้เรียนและผู้สอน ในด้านต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. ด้านประสิทธิภาพของงาน (Efficiency) คือ สื่อการเรียนการสอนนั้นควรจะทำให้การทำงานบรรลุตามเป้าหมายได้อย่างเที่ยงตรง และรวดเร็ว

2. ด้านความประหยัด (Economy) คือสื่อการเรียนการสอนนั้นควรทำให้เกิดความประหยัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ทั้งในด้านเวลา ทุนทรัพย์ และแรงงาน

3. ด้านอำนาจการผลิต หรือผลิตผล (Productivity) คือสื่อการเรียนการสอนนั้นสามารถทำให้งานบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ (สันทัด ภิบาลสุข และพิมใจ ภิบาลสุข, 2524 : 2)

นอกจากนี้การใช้สื่อการเรียนการสอนจะต้องคำนึงถึง 1) ตัวผู้เรียน คือจะต้องทราบว่า ผู้เรียนอยู่ในระดับไหน อายุเท่าไร ประกอบกับพื้นฐานทางวัฒนธรรม ประสบการณ์ และความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน 2) ตั้งจุดมุ่งหมายคือต้องการให้ผู้เรียนรู้อะไร หรือผู้สอนต้องการจะสอนอะไรนั้นเอง 3) เนื้อหา จากการที่มีหัวข้อเรื่องใหญ่แล้ว จะมีหัวข้อย่อยอะไรบ้าง 4) คุ้มค่าเงินเวลา หรือไม่ และ5) แบบของสื่อการเรียนการสอน ต้องดูให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาที่สอน (สมหญิง กลั่นศิริ, 2523 : 51)

2.1.3 ประโยชน์ของการใช้สื่อการเรียนการสอน

**ด้านสื่อกับผู้สอน**

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

**ด้านสื่อกับผู้เรียน**

1. กระตุ้นและสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียน
2. ช่วยใช้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อนในเนื้อหาบางวิชาได้ง่ายขึ้น
3. ดึงประสบการณ์ภายนอกชั้นเรียน ให้ผู้เรียนได้รับรู้มากขึ้น (จันฉาย เตย์ยาคาร, 2533 : 7-10)

2.1.4 การใช้สื่อการเรียนการสอน

การใช้สื่อการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอนด้วยเหตุผล 6 ประการ ดังกล่าวคือ

1. สื่อการสอนกระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกอยากเรียน เพราะธรรมชาติของมนุษย์ย่อมอยากรู้อยากเห็นในสิ่งต่าง ๆ อยู่แล้ว ผู้เรียนจะเกิดความสนใจมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น วันนี้ครูถือรูปอะไรมาในห้องเรียนนะ เอ ถือมาทำไมหนอเป็นต้น และแน่นอนตราบใดที่ยังสงสัย ตราบนั้นทุกคนจะเฝ้ามอง ตั้งใจฟังอย่างจดจ่อ ด้วยความอยากรู้อยากเห็น

2. สื่อการสอนทำให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียน ได้ง่ายขึ้น เพราะสื่อการสอนสามารถแปลงนามธรรม ให้กลายเป็นรูปธรรม ทำให้ประหยัดเวลาของผู้สอนไปได้มาก เช่น เมื่อครูพูดถึงนกเพนกวิน ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณขั้วโลกเหนือ นักเรียนหลายคนอาจไม่เคยเห็นรูปนกเพนกวินมาก่อนเลย ครูต้องใช้เวลาหลายสิบนาทีเพื่ออธิบายรูปร่างของนกเพนกวินถึงกระนั้นก็ตามรูปร่างของนกเพนกวินที่นักเรียนแต่ละคนจินตนาการขึ้นมาจากคำบอกเล่าของครูก็ยังไม่เหมือนกันอยู่ดี แต่ถ้าครูเอาภาพนกเพนกวินให้นักเรียนดู ต่อไปเมื่อใครพูดถึงนกเพนกวินขึ้นมาอีก นักเรียนหลาย ๆ คนจะนึกถึงรูปร่างของนกเพนกวินได้อย่างถูกต้องตรงกันทันที

3. สื่อการสอนสามารถเอาชนะ เวลา สถานที่ และระยะทางได้ กล่าวคือสื่อการสอนสามารถนำสิ่งที่เกิดขึ้นในอดีตนานนับสิบปีแล้วนำกลับมา ให้เราได้ชมในปัจจุบัน ไม่ว่าสิ่งนั้นจะเกิดขึ้นในประเทศใด ห่างไกลจากประเทศไทยเพียงใด ก็ไม่เป็นอุปสรรค เช่น การรบที่ยุโรปในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 เป็นต้น

4.สื่อการสอนสามารถย่อขนาดของวัตถุดิบที่ใหญ่เกินกว่าจะนำของจริง ๆ มาประกอบการสอนได้ เช่น ครูจะสอนเรื่องช้างศึก ก็ไม่จำเป็นจะต้องไปหาช้างจริง ๆ มายืนหน้าชั้นให้เกิดความทุลักทุเล ใช้ภาพช้างแทนของจริงได้ และสื่อการสอนยังสามารถขยายวัตถุซึ่งมีขนาดเล็กเกินกว่าจะนำของจริง ๆ มาประกอบการสอนได้ เช่น พยาธิปากขอ เป็นต้น เพียงใช้ภาพโปสเตอร์ก็มองเห็นหน้าพยาธิถนัดชัดเจนขึ้นแล้ว

5. สื่อการสอนทำให้นักเรียน จดจำสิ่งที่ควรจำไว้ได้นานมาก ลองสังเกตจากตัวท่านเองก็ได้ภาพยนตร์บางเรื่องที่ท่านประทับใจ ท่านจะจดจำได้นานแสนนาน เล่าสู่กันฟังหนแล้วหนเล่า

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

สื่อการสอนมีความสำคัญและเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการเรียนการสอน ทั้งนี้เพราะสื่อการสอนมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในหลาย ๆ ด้านด้วยกันดังนี้

1. สื่อการสอนช่วยครูให้เพิ่มพูนประสบการณ์ความรู้ให้แก่นักเรียน

2. สื่อการสอนช่วยให้ครูจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้หลายรูปแบบ

3. สื่อการสอนช่วยให้ครูกระตุ้นให้นักเรียน เกิดการตอบสนอง ตามที่คาดหวังจะให้เกิดในตัวนักเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สื่อการสอนช่วยในการส่งเสริมให้นักเรียนทำกิจกรรมหลาย ๆ รูปแบบ

5. สื่อการสอนช่วยครูในการสอนในสิ่งที่ไม่อาจนำมาให้นักเรียนดูได้โดยตรง

6. สื่อการสอนช่วยครูในการสื่อความหมายกับนักเรียน

7. สื่อการสอนช่วยครูในการวินิจฉัยหรือซ่อมเสริมให้นักเรียนได้ (สุนันท์ สังข์อ่อง, 2526 : 15)

2.1.5 สื่อการสอนกับสไลด์ประกอบคำบรรยาย

ณรงค์ สมพงษ์ (2530 : 196) ได้กล่าวถึงสื่อการเรียนการสอนกับสไลด์ประกอบการบรรยายไว้ว่า สไลด์ที่นำมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนมักจะอยู่ในรูปของกลุ่มเป้าหมายขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง ทั้งนี้ยังสามารถปรับขนาดของภาพให้เล็กหรือใหญ่ได้ง่ายนอกจากนี้อาจมีการนำไปใช้เป็นสื่อการสอนเป็นรายบุคคลได้อีกด้วยซึ่งจะใช้ได้ในกรณีของสไลด์ประกอบเสียง ซึ่งมีเทปบรรยายประกอบสไลด์อยู่ในตัว แต่โดยปรกติแล้วนิยมใช้สไลด์เพื่อบรรยาย หรือสอนเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ

ผู้สอนควรมีความสามารถในการเตรียมสไลด์ และจัดโครงสร้างของการนำเสนอสไลด์สำหรับบุคคลเป้าหมายแต่ละกลุ่มได้อย่างเหมาะสม การคัดสไลด์ โดยวางรูปสไลด์บนโต๊ะแสงทำให้ง่ายและสะดวก เนื่องจากสไลด์มีลักษณะเป็นแผ่นอิสระแยกจากกัน จึงสามารถนำมาจัดเรียงสลับที่กันใหม่ได้ตามต้องการ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำเสนอเนื้อหา ควรแน่ใจว่าสไลด์ที่เลือกนำไปใช้นั้น ตรงกับจุดมุ่งหมาย หลังจากได้จัดเรียงสไลด์เรียบร้อยแล้ว ควรเขียนหมายเลขไว้ที่ตัวสไลด์ หรือทำเครื่องหมายไว้ที่มุมด้านล่างซ้าย เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการฉาย

โดยสรุปแล้วเราสามารถนำสไลด์ไปใช้เป็นสื่อการสอนได้ 3 ลักษณะ คือ

1. ฉายสไลด์ประกอบการบรรยายสดทีละภาพ วิธีนี้ผู้บรรยายสไลด์สามารถหยุดสไลด์ เพื่ออธิบายภาพให้เร็วหรือช้าเท่าใดก็ได้ หรือ จะหยุดพักในระหว่างการบรรยายเพื่อไปทำกิจกรรมอื่น ๆ วิธีใช้สไลด์แบบนี้ผู้ฉายสามารถหยุดสไลด์เพื่ออธิบายรายละเอียด ซักถาม หรือเพิ่มเติมเรื่องราว โดยเฉพาะบางหัวข้อได้ดี หรือเนื้อหาที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงอยู่บ่อย ๆ ตลอดเวลา

2.การเสนอสไลด์ประกอบการบรรยายแบบที่ใช้เทปบรรยายเปิดพร้อมกับเครื่องฉายสไลด์ การใช้สไลด์ในลักษณะนี้ควรใช้กับการบรรยายเรื่องเดียวกัน ซ้ำ ๆ หลาย ๆ ครั้ง และเนื้อหาสาระไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงบ่อย ๆ หรือเป็นที่ต้องการแสดงสื่อความหมายด้วยเสียง เพื่อให้เกิดความเข้าใจ และเร้าความสนใจให้ติดตามชม เช่น สไลด์เพื่อให้เกิดการโน้มน้าวจิตใจ

3. การศึกษาสไลด์ประกอบการบรรยายด้วยตัวเอง ในกรณีที่ใช้กับแต่ละบุคคล หรือ กลุ่มย่อยๆ3-5 คน อาจมีการถาม-ตอบ หรืออภิปรายกันภายหลังจากที่ได้ชมสไลด์ไปแล้ว และจัดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนการสอน ด้วยการมอบหมายงานให้แต่ละคนไปศึกษาสไลด์ด้วยตนเองตามช่วงเวลาที่กำหนด

2.1.6 การใช้สไลด์ประกอบคำบรรยาย

การใช้สไลด์ประกอบคำบรรยายมี ดังต่อไปนี้ คือ

1. เตรียมนักเรียน บอกถึงจุดมุ่งหมาย และสรุปปัญหาที่จะศึกษา เร้าความสนใจของนักเรียนด้วยการชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ที่เด็กจะได้รับจากสไลด์ และบทเรียนเน้นจุดสำคัญที่นักเรียนควรสนใจเป็นพิเศษระหว่างฉายสไลด์ อาจบอกให้นักเรียนทราบล่วงหน้าว่าหลังจากดูสไลด์แล้วจะมีการซักถาม เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนสนใจมากขึ้น

2. การใช้วัสดุอื่นร่วมกับสไลด์ เช่นรูปภาพ ควรเลือกภาพ และคำบรรยายที่เป็นเรื่องเดียวกันและอธิบายตามลำดับจากเรื่องง่ายไปยาก

3. ควรฉายสไลด์แต่ละภาพไว้นานพอสมควรที่จะให้ผู้เรียนเกิดความรู้ และความเข้าใจ แต่ไม่ควรฉายนานเกินไป ถ้าต้องการชี้ให้เห็นสิ่งสำคัญบนจอ ควรใช้ไม้ชี้จะดีกว่าชี้ด้วยนิ้วมือ

4. ภายหลังที่ฉายสไลด์เสร็จ ควรให้นักเรียนสรุป และอธิบายเนื้อหาตามลำดับ

5. ครูควรทดสอบนักเรียนหลังจากการอธิบาย และสรุปเนื้อหาแล้ว การทดสอบอาจเป็นแบบปากเปล่า หรือแบบเขียนก็ได้ แต่จะต้องใช้เวลาสั้น ๆ และสามารถวัดความรู้ได้หมด โดยเฉพาะสิ่งสำคัญ ๆ

6. หลังจากวัดผลแล้ว ครูควรนำข้อผิดพลาดมาแก้ไขและสอนซ้ำทันที และอาจฉายสไลด์อีกครั้งก็ได้

7. ครูควรเก็บแผ่นสไลด์ไว้เป็นหมวดหมู่ โดยเรียงลำดับภาพไว้ เพื่อสะดวกและการนำมาใช้ครั้งต่อไป เพื่อไม่ให้แผ่นสไลด์ที่มีอยู่สูญหาย และสับสน ควรเก็บแผ่นสไลด์ไว้ในกล่อง หรือที่เก็บสไลด์โดยเฉพาะก็ได้ (นิพนธ์ ศุขปรีดี, 2528 : 1)

2.1.7 คุณสมบัติของสไลด์ประกอบคำบรรยาย

**ด้านเนื้อหาของสไลด์**

1. เนื้อหาถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร แบบของสื่อการสอนต้องให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น (สมหญิง กลั่นศิร, 2523 : 51)

2. ความสัมพันธ์ของภาพและเสียงบรรยาย ภาพและเสียงบรรยายต้องมีความสัมพันธ์กัน มีความต่อเนื่องกัน (วารินทร์ รัศมีพรหม, 2531 : 87)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เนื้อหาที่นำมาผลิตเป็นสไลด์ประกอบการเรียนการสอน มีความครบถ้วนตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

4. เนื้อหาในสไลด์เป็นสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี การใช้วัสดุอื่นร่วมกับสไลด์ เช่น รูปภาพ ควรเลือกภาพและคำบรรยายที่เป็นเรื่องเดียวกัน และ อธิบายตามลำดับเนื้อหาจากง่ายไปสู่ยาก (นิพนธ์ ศุขปรีดี, 2521 : 95)

**ด้านโครงสร้างของสไลด์**

1. ภาพสไลด์จะต้องมีความคมชัด มีความสว่าง และมีการตกแต่งสีสรรที่สวยงาม มองดูแล้วเข้าใจง่ายว่าเป็นภาพอะไร

2. ขนาดของตัวอักษรที่ใช้มีขนาดเหมาะสมกับภาพ ไม่เล็กและไม่ใหญ่จนเกินไป เป็นตัวอักษรที่อ่านง่าย ดูแล้วสะดุดตา

3. ตัวอักษรเขียนถูกต้อง ไม่มีคำผิด มีการเว้นวรรคตอน หรือ การเว้นช่องไฟเหมาะสม

4. ภาพมีสีสรรสวยงามเป็นธรรมชาติ ทั้งภาพหลักที่ต้องการเน้นให้เห็นความคมชัด และภาพพื้นหลังที่ใช้เป็นภาพประกอบ

5. ขนาดของภาพมีความเหมาะสม คือ ไม่เล็กไม่ใหญ่จนเกินไป สามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจน

6. เพลงสำหรับการประกอบบันทึกเสียงคำบรรยาย ควรพิจารณาอย่างมาก จังหวะลีลาควรเข้ากับเนื้อเรื่องได้เป็นอย่างดี เพลงที่มีการบรรเลงดนตรีเหมาะกว่าเพลงที่มีเนื้อร้อง (วารินทร์ รัศมีพรหม, 2531 : 90)

7. เสียงบรรยาย คือเสียงที่อ่านไปตามสคริปเป็นช่วง ๆ ควรชัดเจน ไม่เร็ว หรือ ไม่ช้าจนเกินไป ผู้บรรยาย ควรเลือกเลือกบุคคลที่มีเสียงชัดเจน อาจเป็นคนเดียวหรือหลายคน ซึ่งอ่านสคริปในลักษณะเหมือนกับพูดธรรมดา นอกจากนี้จะต้องมีความสามารถให้เสียง ซึ่งเกิดความรู้สึก หรือประทับใจผู้ฟัง (ประทิน คล้ายนาค, 2535 : 103)

8. การอ่านคำบรรยายจะต้องมีการเว้นวรรคตอนให้ถูกต้อง ไม่อ่านคำบรรยายยาวจนเกินไป เพราะจะทำให้ผู้ฟังเกิดความเบื่อหน่าย ข้อความที่อ่านเข้าใจง่ายไม่กำกวม

9. เนื้อเรื่องที่ต้องการจะเน้นให้เห็นความสำคัญ ก็ต้องอ่านคำบรรยาย โดยเน้นเสียงบรรยายให้ดัง และชัดกว่าอ่านเนื้อเรื่องปกติ

10. ไม่ฉายสไลด์แช่อยู่นาน แม้ว่าสไลด์ภาพนั้นจะสวยงาม แต่โดยทั่วไปการฉายสไลด์แต่ละภาพนานที่สุดประมาณ 20 วินาที

11. เวลาที่ใช้ในการฉายสไลด์แต่ละเรื่องควรอยู่ในระยะเวลาที่ไม่เกิน 30 นาที ถ้ายาวนานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดก็ไม่ควรเกิน 45 นาที เพราะถ้านานไปกว่านั้นแล้วจะทำให้ผู้ชมเกิดความเบื่อหน่าย (วารินทร์ รัศมีพรหม, 2529 : 150)

**2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ**

เนื่องจากปัญหาจากการเลี้ยงสัตว์ เช่น สุกร ไก่ โค ทำให้เกิดมลภาวะจากปฏิกูลของสัตว์เหล่านี้โดยเฉพาะสุกรก่อให้เกิดปัญหามากเพราะมูลสุกรทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนา ดังนั้นหน่วยงานของรัฐ สถาบันต่าง ๆ เช่น กระทรวงสาธารณะสุข สำนักงานพลังงานแห่งชาติ สภาวิจัยแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสถาบันอื่น ๆ ช่วยกันคิดค้นวิธีการที่จะนำมูลสัตว์เหล่านี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด (วิรัตน์ สุมน, 2538 : 1)

ชีวมวลจากพืชซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งที่เป็นวัชพืช เช่น หญ้าชนิดต่าง ๆ ผักบุ้ง ผักตบชวา วัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปพืชเศรษฐกิจ เช่น ผักบุ้ง ผักตบชวา วัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปพืชเศรษฐกิจ เช่น ฟางข้าว ซังข้าวฟ่าง เศษผักที่เหลือทิ้งภายหลังการเก็บเกี่ยว และ เศษวัสดุเหลือทิ้งจากกิจการอุตสาหกรรมอาหาร ที่ใช้ผลิตผลจากการเกษตรเป็นวัตถุดิบ เช่น เปลือกผลไม้ชนิดต่าง ๆ อาจเป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมัน และ แก๊สธรรมชาติ สำหรับชุมชนเพื่อกิจการต่าง ๆ เช่น ใช้เป็นแก๊สหุงต้ม ใช้เดินเครื่องสูบน้ำ และเครื่องผลิตไฟฟ้า โดยเฉพาะในประเทศไทย ถ้าได้มีการจัดการใช้ชีวมวลร่วมกับมูลสัตว์หมักเป็นแก๊สมีเทนสำหรับเป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับชุมชน อาจจะลดการสั่งซื้อน้ำมันจากต่างประเทศได้บางส่วน ในขณะเดียวกันเป็นการรักษาสุขลักษณะของชุมชน ป้องกับการแพร่กระจายของเชื้อโรคบางชนิด และได้ปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการปลูกพืช (เกษร ทวีเศษ และคณะ, 2537 : 165)

2.2.1 ความหมายของแก๊สชีวภาพ

แก๊สชีวภาพ (Bioges) หมายถึง แก๊ซที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในสภาพไร้อากาศตามปรกติในโครงสร้างของสารอินทรีย์ประกอบด้วยคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อ ผ่านการย่อยสลายในสภาพไร้อากาศ โมเลกุลหลักดังกล่าวจะแตกตัวออกจากกัน จากนั้นจึงค่อยจับตัวรวมกันใหม่เกิดเป็น “มีเทน” (Methane) และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งก๊าซอื่น ๆ บางชนิด (วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2532 : 146)

แก๊สชีวภาพ (Biogas ) บางแห่งเรียกว่า “ชีวแก๊ส” ซึ่งมีรากฐานมาจากคำว่า Bio หรือ Bios ในภาษากรีกซึ่งแปลว่า ชีวิตหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นเมื่อ Bio หมายถึงสิ่งมีชีวิตหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต Biogas จึงหมายถึง แก๊สที่ได้จากการย่อยสลายสิ่งมีชีวิตหรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต หรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในสภาวะไร้ออกซิเจน ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Carbohydrates) เซลลูโลส (Cellulose) และโปรตีน (Protien) ซึ่งคาร์บอน และไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อมีการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน โมเลกุลของสิ่งมีชีวิตจะแตกตัว และจับตัวกันใหม่เกิดเป็นแก๊สมีเทน (Methane) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide) และแก๊สอื่น ๆ รวมเรียกว่า Biogas (อรุณ คงศักดิ์ไพศาล และคณะ, 2526 : 301)

2.2.2 วัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพ

วัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพได้แก่ สารอินทรีย์ทุกชนิด เช่นมูลสัตร์ชนิดต่าง ๆ เศษพืชผักต่าง ๆ เศษผลไม้จากโรงงานทำผลไม้กระป๋อง เศษเนื้อ และเลือดจากโรงงานปลากระป๋อง หรือโรงงานฆ่าสัตว์เป็นต้น ความยากง่ายในการหมัก หรือปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นต่อหน่วยน้ำหนักของสารอินทรีย์จะขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการสลายตัวของสารอินทรีย์ เช่นมูลวัวซึ่งกินหญ้าเป็นอาหารจะมีสารอินทรีย์พวกลิกนินและเซลลูโลสมาก ทำให้ย่อยยากมาก และสารอินทรีย์ที่ย่อยได้เพียง 49% ส่วนมูลของสุกรจะมีสารอินทรีย์ พวกแป้งและโปรตีนมาก จึงสามารถย่อยสลายได้ง่าย แก๊สที่เกิดจากการหมักโดยใช้มูลสุกร จึงได้ปริมาณมากกว่า เมื่อใช้เวลาในการหมักโดยใช้มูลสุกร จึงได้ปริมาณมากกว่า เมื่อใช้เวลาในการหมัก และปริมาณมูลเท่ากัน (อรุณ คงศักดิ์ไพศาล และคณะ, 2526 : 319)

2.2.3 ส่วนประกอบของมูลสุกร

ในมูลสุกรนั้นมีสิ่งที่เป็นประโยชน์ ต่อพืช และสัตว์อยู่มากที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ โดยแยกส่วนประกอบ ดังที่ คมกฤษ บุราณเศรษฐ์ (อ้างโดย วิรัตน์ สุมน, 2538 : 1) ได้ดังนี้

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

2.2.4 องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ

เมื่อขบวนการหมัก (Fermentation) เข้าสู่สภาวะแก๊สมีเทน แก๊สที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| แก๊สมีเทน | (Methane, $CH_4$) | 50-70% |
| แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ | (Carbondioxide, $CO_2$) | 30-50% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| แก๊สไนโตรเจน | (Nitrogen, $N_2$) | 0-3% |
| แก๊สไฮโดรเจน | (Hydrogen, $H_2$) | 0-1% |
| แก๊สออกซิเจน | (Oxygen, $O_2$) | 0-1% |
| แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ | (Hydrogen Sulfide, $H_2S$) | 0-1% |

(อรุณ คงศักดิ์ไฟศาล และคณะ, 2526 : 30)

ก๊าซชีวภาพที่ได้เป็นก๊าซเปียก (Wet gas) เนื่องจากแก๊สเหล่านี้จับไอน้ำจาก Slurry แต่หลังจากที่นำก๊าซชีวภาพออกมาแล้ว จึงจำเป็นต้องกำจัดไอน้ำนั้นออกไป

คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพมีดังนี้

Caloric value : 20-25 $MJ/m^3$ (4,700-6,000 $kcal/m^3$

Specific gravity : 0.86 (air = 1.00)

Wobbe No : 732

Flame speed factor : 11.1

Inflammability in air : 6.25% วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต (2532 : 159)

2.2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดแก๊สชีวภาพ

ในขบวนการหมักนั้นการที่จะทำให้เกิดแก๊สขึ้นมามีอยู่หลายขั้นตอน พอสรุปอธิบายได้หลายสาเหตุด้วยกัน ดังนี้

1. อุณหภูมิมีต่อการดำรงชีพของแบคทีเรียเป็นอย่างมาก พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรียในขบวนการนี้คือ 35°C การเกิดแก๊สจะน้อยลงที่อุณหภูมิ 20°C และจะหยุดการผลิตแก๊สที่ 10°C อุณหภูมิที่สูงกว่า 35°C ก็ทำให้เกิดแก๊สได้น้อยเช่นเดียวกัน

2. ความเป็นกรดและด่าง ในช่วงแรกของการเกิดกรดอินทรีย์ควรมีความเป็นกรดในช่วง 4.0- 6.5 และในระยะผลิตแก๊สมีเทนควรอยู่ในช่วง 7.1-8.5 ธรรมชาติภายในถังหมักจะปรับตัวของมันเองให้เหมาะสมเมื่ออุณหภูมิสูงพอ ความเป็นกรดจะลดน้อยลงเมื่อขบวนการหมักถึงช่วงที่ 2 จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มกรดหรือด่างในบ่อหมักแต่อย่างใด

3. ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ตามปรกติความยากง่ายในการสลายตัวขึ้นอยู่กับส่วนประกอบวัตถุดิบที่ใส่ เช่น ถ้าวัตถุดิบมีส่วนประกอบของลิกนิน หรือเซลลูโลสมากจะทำให้ย่อยยาก และขนาดของวัตถุดิบที่ใส่ก็มีผลด้วยเช่นกัน กล่าวคือ วัตถุดิบที่มีขนาดเล็กย่อมง่ายต่อการสลายตัวมากกว่าวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ และเพื่อป้องกับการอุดตันของท่อส่งมูล และท่อระบายมูลในกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของฟาร์มโคขนาดใหญ่ ๆ ควรมีตะแกรงกรองเอาเศษหญ้าที่เหลือทิ้งออกเสียก่อนปล่อยมูลลงในถัง

4. ออกซิเจน การหมักไม่ต้องการออกซิเจน ในระยะของการเกิดแก๊สมีเทนในช่วงสุดท้าย

5. ความเข้มข้นของส่วนผสมวัตถุดิบ ได้แก่ ปริมาตรของน้ำต่อสารอินทรีย์ สำหรับมูลโคกระบือ ให้ใช้อัตราส่วน มูลต่อน้ำ 1 : 1 ถ้าเป็นมูลไก่และมูลสุกร ควรมีอัตราส่วนมูลต่อน้ำ ในอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 2 โดยปริมาตร

6. ความลึกของถังหมัก ตามปกติแล้วมูลที่ย่อยจะจมอยู่ก้นบ่อ และมูลที่ย่อยไม่หมดจะลอยอยู่ส่วนบน ยิ่งบ่อลึกมากเกินไปย่อมทำให้เกิดแก๊สน้อยลงมาตามลำดับ ควรทำบ่อหมัก ให้ลึกไม่เกิน 3 เมตร

7. การกวนมูลอยู่เสมอจะช่วยทำให้วัตถุดิบที่ยังไม่ได้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และยังเป็นการย่อยกระจายความร้อนในถังหมักให้ทั่วถึงโดยตลอด ปัญหาเรื่องการเกิดสิ่งสกปรกลอยอยู่เป็นฝ้าบนผิวน้ำในบ่อหมัก สามารถแก้ปัญหาได้โดยระบบของการสร้างถังหมักเอง แต่คงช่วยได้ไม่มากนัก

8. แบคทีเรีย การเติมเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกเก็บจากถังแก๊สบ่อเก่าจะช่วยทำให้เกิดแก๊สได้เร็วขึ้น

9. การเติมวัตถุดิบ (มูลสัตว์) โดยทั่วไปมี 3 กรณีคือ แบบแรกเติมครั้งเดียวก็เต็มบ่อเลย โดยไม่มีการต่อท่อส่งมูลเข้าและออกจากถังหมัก เมื่อหมดแล้วจึงล้างบ่อหมักแล้วเติมใหม่ แบบที่ 2 เติมวันละครั้ง มูลเข้าและมูลออกจะมีปริมาณเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แบบที่ 3 เติมแบบต่อเนื่องตลอดเวลาในอัตราคงที่ ซึ่งทำให้ได้ผลดีที่สุดเมื่อเทียบกับสองแบบแรก

10. ระยะเวลาการเกิดแก๊ส เมื่อเติมมูลจนเต็มบ่อแล้ว ควรปล่อยให้เกิดการหมักประมาณ 21 วัน หรือ 3 สัปดาห์ หลังจากการเกิดแก๊สแล้วจึงเริ่มปล่อยน้ำที่เหลือจากการหมักลงสู่บ่อน้ำล้น (วิรัตน์ สุมน, 2536 : 10)

2.2.6 ประเภทของบ่อแก๊สชีวภาพ

ลักษณะของบ่อแก๊สชีวภาพที่นิยมทำกันแบ่งออกได้ 6 ประเภท ดังนี้คือ

1. แบบจากประเทศอินเดีย ลักษณะบ่อหมักเป็นรูปทรงกระบอกฝังอยู่ในดินมีท่อนำมูลเข้าและออกข้างละ 1 ท่อ ด้านบนที่เก็บแก๊สครอบด้วยฝาครอบเหล็ก บริเวณด้านบนของฝาครอบมีท่อนำแก๊สติดอยู่ เพื่อส่งไปใช้ ภายในบ่อหมักมีผนังกั้นกลางด้วย

2. แบบจากประเทศเนปาล ลักษณะโดยทั่วไปเหมือนแบบของอินเดีย ต่างกันที่ฝาครอบและท่อนำแก๊สอยู่ใต้ดิน มีที่ดักไอน้ำในท่อนำแก๊ส

3. แบบจากสาธารณะรัฐประชาชนจีน ลักษณะบ่อหมักเป็นรูปโดมฝังอยู่ใต้ดิน โดยมีบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมักและที่เก็บแก๊สสร้างเป็นโครงสร้างอันเดียวกัน วัสดุที่นิยมใช้ คืออิฐมอญที่มีอยู่โดยทั่วไปวิธีนี้ช่วยให้ประหยัดเรื่องฝาครอบซึ่งมีราคาแพงและลดปัญหาเรื่องการกัดกร่อน

4. แบบจากประเทศไทย เหมือนกับของอินเดีย ต่างกันที่ฝาผนังกั้นด้านในบ่อหมักออกฉะนั้นบ่อเก็บแก๊สจึงลอยอยู่บนน้ำหรือลอยในบ่อหมัก

5. แบบที่พัฒนาขึ้นมาจากทั้ง 4 ประเภท เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการทำฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นฟาร์มขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ที่มีการเลี้ยงสุกรตั้งแต่ 500 ตัวขึ้นไป แบบใหม่ที่ได้รับการพัฒนานี้เราเรียกว่า บ่อหมักชีวภาพแบบ Plug flow สร้างขึ้นเมื่อเดือน พฤศจิกายน พศ. 2529 ใช้งบประมาณ 200,000 บาท สร้างโดย สถานีวิจัยทับกวาง จังหวัด สระบุรี

6. แก๊สชีวภาพแบบไฮฟี (Hybrid plug flow high-rate system) เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาจากแบบ Plug flow เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยแยกถังหมักแบบถังหมักเร็วกับถังหมักช้าเหมาะสำหรับฟาร์มสุกรขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ (วิรัตน์ สุมน, 2538 : 2)

วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต (2532 : 161) ได้กล่าวถึงการออกแบบบ่อหมักที่ใช้ในการสำหรับการหมักมีเทน ซึ่งเป็นบ่อหมักในสภาพปราศจากอากาศขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบ ค่าแรงก่อสร้าง รวมถึงวัตถุประสงค์ของการย่อยเป็นหลัก

ตามปรกติแล้วบ่อหมักที่ใช้อาจจะแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ โดยพิจารณาตามอุณหภูมิที่ใช้ในการดำเนินการดังนี้คือ

1. Psychrophilic (ควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า 68 องศาฟาเรนไฮท์)
2. Mesophilic (ควบคุมอุณหภูมิในช่วง 68-113 องศาฟาเรนไฮท์)
3. Thermophilic (ควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง 113-150 องศาฟาเรนไฮท์)

สำหรับค่าใช้จ่าย ความสลับซับซ้อนของระบบ รวมถึงพลังงานที่ใช้ของระบบจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิ และอัตราของการผลิตก๊าช แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณของแก๊สมีเทนที่ผลิตขึ้นมาจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ขึ้นกับอุณหภูมิเป็นสำคัญ บ่อหมักในการผลิตก๊าชมีเทนในลักษณะ Mesophile และ Thermophile นิยมใช้กับวัตถุดิบประเภทของเสียจากการเกษตร (Agricultural wastes)ซึ่งรวมถึงเศษวัสดุและหญ้าด้วย

ระบบบ่อหมักในสภาพปราศจากอากาศที่ใช้ในการหมักก๊าชมีเทนนี้พอจะกล่าวได้ดังนี้

1. Single-tank plug flow

บ่อหมักในระบบนี้ถังหมักที่ง่ายที่สุด ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาในทวีปเอเชีย ดังเช่นบ่อที่พบในประเทศจีน สำหรับขบวนการหมักเริ่มต้นขึ้นโดยการปั๊มเอาวัตถุดิบให้ไหลเข้าไปทางด้านหนึ่งของบ่อย่อย (Digester tank) และแยกออกมาจากบ่ออีกด้านหนึ่งของบ่อหมักส่วนแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นจะแยกออกมาจากทางตอนบนของบ่อย่อยนี้ ในบ่อหมักระบบนี้อัตราการใช้วัตถุดิบเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบ่อหมัก จะต้องถูกปรับให้สามารถควบคุมระยะเวลาที่วัตถุดิบเหลืออยู่ในบ่อหมักได้อย่างเหมาะสมนอกจากนี้แล้ววัตถุดิบ หรือส่วนประกอบที่จะถูกย่อย จะต้องผ่านการใช้ความร้อนเท่าที่จำเป็น ทั้งนี้โดยอาศัยการส่งผ่านความร้อนไปตามท่อที่อยู่ภายในบ่อหมักนั้น

2. Multitank batch system

ในบ่อหมักระบบนี้ประกอบด้วยบ่อหมักหลายบ่อต่อกันเป็นลำดับ ซึ่งในแต่ละบ่อจะถูกเติมวัตถุดิบและทำการหมักตามลำดับก่อนและหลัง ถังหมักใดเกิดการหมักที่สมบูรณ์แล้วจะมีการเติมวัตถุดิบใหม่ลงไปอีก บ่อหมักชนิดนี้เหมาะสมที่จะใช้กับวัตถุดิบที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งของปีเท่านั้น เช่น หญ้า หรือเศษธัญพืช เป็นต้น

3. Single tank complete mix

บ่อหมักในระบบนี้ประกอบด้วย บ่อหมักใหญ่บ่อหนึ่ง ซึ่งมีระบบการให้ความร้อน อีกทั้งยังมีการผสมวันละหลายหน การผสมกันของวัตถุดิบในถังหมัก จะช่วยให้เชื้อจุลินทรีย์ได้สัมผัสกับวัตถุดิบได้อย่างดี และยังช่วยป้องกันการตกตะกอนของเชื้อ ตามปรกติระบบการหมักนี้นิยมใช้กับการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน

4. Anaerobic contact

บ่อหมักระบบนี้ใช้บ่อหมัก 2 บ่อ โดยบ่อแรกเป็นแบบ Single tank complete mix เมื่อการหมักในบ่อแรกเกิดขึ้นในช่วงหนึ่งแล้ว วัตถุดิบจะถูกส่งเข้าสู่บ่อหมักที่สองซึ่งเป็นบ่อหมักที่ไม่มีระบบผสมและระบบการให้ความร้อน อย่างไรก็ตาม ในบ่อหมักที่สองยังคงเกิดการย่อยสลายวัตถุดิบต่อไปรวมทั้งยังมีการตกตะกอนของของแข็งอีกด้วย จากนั้นของแข็งเหล่านั้นจะถูกแยกออกจากบ่อไป ระบบนี้นิยมใช้น้ำเสียเป็นวัตถุดิบ ดังนั้นจึงอาจกล่าวว่าระบบนี้เป็นระบบกำจัดของเสียก็ได้

5. Two or three phase

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการหมักเพื่อผลิตก๊าซมีเทนในสภาพปราศจากเชื้อพบว่าในระหว่างการผลิตมีเทน จะต้องอาศัยปฏิกิริยาทางชีวเคมีหลายขั้นตอนซึ่งเกี่ยวข้องกับแบคทีเรียหลายชนิด ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบระบบบ่อหมักระบบนี้ขึ้นมาเพื่อจะทำให้เกิดผลการหมักตามที่ต้องการ ทั้งนี้โดยคาดหวังว่า

1. ระบบบ่อหมักนี้สามารถรับวัตถุดิบในระดับความเข้มข้นสูง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการผลิตก๊าซ

2. ระบบมีความคงทนสูง

3. สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ในระดับสูง

4. มี Retention time ต่ำบ่อหมักระบบนี้นิยมใช้ในการหมักเพื่อผลิตก๊าซมีเทนจากวัตถุดิบพวกเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Packed bed (Anaerobic filter)

บ่อหมักระบบนี้ลักษณะของบ่อหมักเป็นคอลัมน์ ซึ่งภายในบรรจุตัวกลางชนิดต่าง ๆ อาจเป็นก้อนหินก้อนเล็ก ๆ เม็ดพลาสติก หรือชิ้นกระเบื้อง เป็นต้น เชื้อแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องจะจับอยู่ที่ผิวของตัวกลาง จากนั้นจึงเติมวัตถุดิบที่เจือจางแล้วลงตามคอลัมน์ บ่อหมักระบบนี้ทำให้เราสามารถที่จะผ่านวัตถุดิบเข้าไปในปริมาณสูง แต่ทั้งนี้ขึ้นกับว่าเราสามารถที่จะรักษาระดับความเข้มข้นของแบคทีเรียในถังหมักให้สูงอยู่เสมอ อย่างไรก็ตาม วัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดได้แก่ น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน

7. Expanded bed

บ่อหมักระบบนี้เป็นระบบที่ใช้พื้นฐานของบ่อหมักระบบ Packed bed ในกรณีนี้จะใช้ทรายหรือสารที่มีอนุภาคเล็กเป็นตัวกลางที่ใช้บรรจุใส่บ่อหมัก แต่วัตถุที่ใช้ในลักษณะ Slurry (ของเหลวที่มีปริมาณของแข็งปนอยู่ประมาณ70%) เมื่อผ่านวัตถุดิบเข้าไปในบ่อหมัก จะทำให้ตัวกลางแผ่กระจายไปทั่วบ่อหมัก จนทำให้เชื้อแบคทีเรียสามารถสัมผัสกับวัตถุดิบได้อย่างดี

ที่กล่าวมานี้เป็นชนิดของบ่อหมักที่ใช้สำหรับการหมักก๊าซมีเทน แต่ในการเลือกใช้เราก็จำเป็นจะต้องศึกษาถึงรายละเอียดปลีกย่อยของบ่อหมักเหล่านี้เสียก่อน อีกทั้งจะต้องเลือกระบบของบ่อหมักที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่มีอยู่ ประกอบกับค่าใช้จ่ายควบคู่กับไป

2.2.7 การออกแบบโรงงานหมักแก๊สชีวภาพ

เกียรติไกร อายุวัฒน์ (2537 : 11) ได้กล่าวไว้ว่าสถานที่ที่จะผลิตแก๊สชีวภาพได้ดี จะต้องมีการย่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งจะเป็นผลดีในการควบคุมมลพิษ (pollution) การย่อยสลายจะได้ผลดีที่สุดเมื่อมีสภาพ (optimum condition) ดังนี้

1. ต้องมีแบคทีเรียที่เหมาะสม โดยจะมีประมาณ $10^6 - 10^9$ เซลล์ต่อมิลิลิตร และปริมาณเพียงพอที่จะย่อยสลายวัตถุดิบนั้น

2. มีวัตถุดิบซึ่งละลายน้ำได้ดี มีปริมาณอาหาร และส่วนประกอบพอเหมาะ สำหรับการเจริญของแบคทีเรียต่าง ๆ โดยเฉพาะส่วนประกอบของ C/N = 30 : 1

3. ไม่มีอากาศและสารที่ให้ออกซิเจน ต้องมีสภาพไม่มีออกซิเจนเลยแม้แต่น้อย

4. ความเป็นกรดและเป็นด่าง ควรจะมี pH 6.5-8 ปรกติจะมีไบคาร์บอเนตเป็นตัวปรับสภาพความเป็นกรดและเป็นด่าง

5. อุณหภูมิที่มีการหมักในสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งจะแบ่งได้ ดังนี้

ก. การย่อยที่อุณหภูมิสูง (Thermophilic digestion) อุณหภูมิระหว่าง 50-65°C พวกแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิสูง (Thermophile) จะทำงานได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



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

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

2.2.8 ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพแบบปลั๊กโฟลว์ (Plug – flow)

ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพเริ่มต้นจาก

1. เลือกสถานที่ที่มีแสงสว่างส่องถึง เพราะจะทำให้ระบบการหมักทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรเลือกสร้างที่ดอนน้ำท่วมไม่ถึงมีระดับน้ำใต้ดินลึก และห่างจากบ่อน้ำใช้ไม่น้อยกว่า 15 เมตร เพื่อป้องกันสารที่อาจจะซึมมาจากบ่อหมักแก๊สชีวภาพ

2. วางผังโดยใช้ปูนขาวโรยบริเวณที่จะขุดบ่อทั้ง 3 บ่อคือ บ่อเติม, บ่อหมัก, บ่อล้น

3. ขุดบ่อตามแบบที่ต้องการ

4. แต่งรูปทรงบ่อให้ราบเรียบ

5. ก่อสร้างบริเวณก้นบ่อ ของแต่ละบ่อด้วยลวดตาข่าย

6. ก่อสร้างผนังของแต่ละบ่อด้วยลวดตาข่าย

7. สร้างที่กักเก็บแก๊สที่ได้จากการหมัก โดยจะใช้ผ้าพลาสติกที่เรียกว่า Red-Mud-Plastic คลุมส่วนบนของบ่อหมักไว้

8. สร้างโรงผลิตกระแสไฟฟ้า ไว้สำหรับนำแก๊สที่ได้จากบ่อหมักมาปั่นเป็นกระแสไฟฟ้า

2.2.9 บ่อแก๊สชีวภาพแบบ Plug flow

ลักษณะของบ่อเป็นแนวจึงทำให้ระยะเวลาในการหมักมูลสุกรมากขึ้น ซึ่งถ้ามูลสุกรมีเวลาในการหมักนาน ก็จะทำให้ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นมีมากด้วย บ่อแก๊สชีวภาพประกอบด้วย 3 บ่อ คือ บ่อเติม, บ่อหมัก, บ่อล้น

1. บ่อเติม มูลสุกรและน้ำล้างคอกจากโรงเรือนต่าง ๆ จะไหลมาตามรางระบายน้ำและไหลมารวมกันที่บ่อกักเก็บมูลสุกร ซึ่งบ่อนี้มีขนาดความจุ 8 ลูกบาศก์เมตร ตามปรกติอัตราส่วนที่เหมาะสมของมูลสุกรและน้ำล้างคอกประมาณ 1 : 2 จะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สดีที่สุด โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสุกรเท่ากับ 0.3 – 0.48 ลูกบาศก์เมตร ต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

2. บ่อหมัก บ่อนี้จะเป็นบ่อที่หมักมูลสุกร โดยจะสูบมูลสุกรมาจากบ่อเติม ลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เพื่อทำให้การเคลื่อนที่ของมูลสุกรเป็นไปได้ดี และสามารถต้านทานแรงดันของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40302

น้ำใต้ดินได้ดีกว่ารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งจะทำให้ผนังบ่อไม่พังลงมาได้ง่าย ขนาดของบ่อที่ขุดความยาวก้นบ่อเท่ากับ 16 เมตร ความยาวด้านปากบ่อ 17 เมตร ความกว้างด้านก้นบ่อเท่ากับ 1.8 เมตร ส่วนความกว้างด้านปากบ่อเท่ากับ 3 เมตร ความลึกของบ่อ 4 เมตร ผนังของบ่อจะมีความลาดเอียง 80°C ดังนั้นจะทำให้ได้บ่อหมักขนาด 170 ลบ.ม. หลังจากขุดดินออกเรียบร้อยแล้ว ใช้เหล็กขนาด 3 หุนผูกเป็นโครงตามรูปของบ่อ จากนั้นทับด้วยลวดตาข่าย แล้วจึงเทคอนกรีตทับให้หนา 35 เซนติเมตร ขัดมันผิวหน้าให้เรียบ สำหรับท่อทางเข้าและท่อทางออกของมูลสุกร ให้ท่อคอนกรีตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร จะอยู่ด้านหัวและด้านท้ายของบ่อ วางทำมุมเอียง 45°C ปลายของท่อทางเข้าและทางออกของมูลสุกร ด้านล่างอยู่สูงจากพื้น 150 เซนติเมตร บริเวณปากบ่อใช้อิฐก่อเป็นร่องสำหรับใส่น้ำ ความกว้างของร่อง 1.2 เมตร ลึก 50 เซนติเมตร เพื่อใช้ตรวจความรั่วซึมของแก๊ส ตลอดแนวร่องน้ำจะใช้เหล็กเส้นงอเป็นรูปตัว C ฝังติดกับพื้นของร่องน้ำ ห่างแต่ละจุดประมาณ 1 เมตร ตลอดร่องน้ำของบ่อหมักเพื่อ ใช้เป็นตัวยึดพลาสติกโดยพลาสติกที่ใช้คลุมเป็นตัวครึ่งทรงกระบอกมีความยาว 20 เมตร กว้าง 5 เมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร ซึ่งพลาสติกนี้ทนต่อแสงแดดและความดันได้เป็นอย่างดี อายุการใช้งานนานประมาณ 10 ปี เป็นพลาสติกแบบ Red – Mud – Plastic แก๊สที่เกิดขึ้นจะสังเกตได้จากผ้าพลาสติกพองโป่งขึ้น ซึ่งสามารถนำแก๊สไปใช้ประโยชน์ได้

4. บ่อล้น บ่อนี้จะเป็นที่พักของมูลสุกรเรียบร้อยแล้ว จะมีทั้งส่วนที่เป็นกาก (Effluent) และเป็นน้ำที่ถูกดันออกมาจากบ่อหมักมูลสุกรที่หมักแล้ว เมื่อตกตะกอนในบ่อล้นนี้เราสามารถตักขึ้นมาตากให้แห้งแล้วนำไปเป็นปุ๋ยต่อไปขนาดของบ่อล้นนี้มีปริมาตร 10 ลูกบาศก์เมตร โดยมีความลึก 4 เมตร มีความลาดเอียง 60°C ผนังของบ่อล้นนี้จะเทปูนเหมือนกับบ่อหมักก็ได้ แต่ต้นทุนอาจจะสูง หรือจะใช้แผ่นพลาสติกที่มีความหนา 0.25 เมตร ปูเป็นพื้นก็ได้
(http://web.ku.ac.th/m\nk40/nk/data/06/nk604.htm)

2.2.10 ขบวนการในการเกิดแก๊สชีวภาพ (Biogas fermentation process)

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

1. ขบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

สารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ทั้งที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ จะถูกละลายให้เป็นสารอินทรีย์ชนิดที่ละลายน้ำได้ และโมเลกุลเล็กลง โดยแบคทีเรียแต่ละชนิดเริ่มด้วยแบคทีเรียดูดซึมน้ำจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายผ่านเซลล์เมมเบรน ส่วนอนุภาคของสารละลายจะถูกย่อยลลายโดยเอนไซม์ (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 การย่อยสลายในช่วงนี้อาจไม่เกิดขึ้น ถ้าวัตถุดิบประกอบด้วยสารอินทรีย์โมเลกุล

2. ขบวนการเกิดกรด (Acid formation)

การย่อยสลายในช่วงต่อไปนี้ มีแบคทีเรีย เรียกว่า Hydrogen producing acetogenic bacteria จะย่อยสลายสารอินทรีย์ แบคทีเรีย แม้จะไม่ใช้ออกซิเจนจากอากาศ แต่ก็มีความจำเป็นต้องสังเคราะห์เซลล์ เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ขยายพันธุ์ ดังนี้จึงใช้ออกซิเจนจากน้ำ และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ทำให้เกิดกรดขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่จะได้จากสารพวก คาร์โบไฮเดรท และโปรตีน กรดระเหยง่าย เช่น กรดฟอร์มิค กรดอะซิติค กรดบิวไทริค กรดโพไพโอนิค และกรดวาลีริค (Valeric acid) ซึ่งได้จากคาร์โบไฮเดรท ส่วนโปรตีนจะได้จากกรดออติค (Autic acid) ซึ่งจะแตกตัวให้กรดไฮดรอกซี หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นกรดอิ่มตัว (Saturated acid)

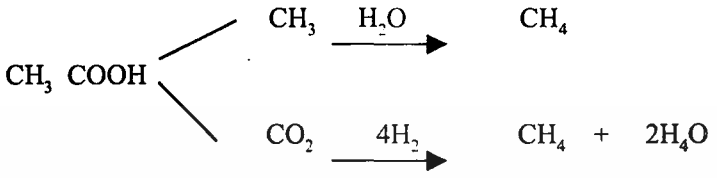
3. ขบวนการเกิดมีเทน (Methane formation)

เนื่องจากในระยะการเกิดกรด (Acid formation) กรดที่เกิดขึ้นมีความเข้มข้นสูงดังนั้น การเผาผลาญอาหารโดยแบคทีเรียจะช้าลงระยะนี้ *Methanogenic bacteria* จะเกิดการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สมีเทน กรดอะมิโนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย ส่วนที่เหลือปฏิกิริยาของการเกิดแก๊สมีเทนในขั้นตอนนี้มี2วิธีด้วยกัน วิธีแรกเป็นการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแก๊สมีเทนส่วนใหญ่ในบ่อหมักจะเกิดปฏิกิริยา ส่วนวิธีที่สอง เป็นการลดออกซิเจนในแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเปลี่ยนเป็นแก๊สมีเทน โดยใช้ไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียตัวอื่น ผลสุดท้ายจะได้แก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ในปัจจุบันนี้สรุปได้ว่า การสร้างมีเทนอาจเกิดขึ้นได้ 2 ทาง ทางหนึ่งคือ กลุ่มเมทิลของกรดอะซิติคถูกรีดิวซ์โดยตรงจนเกิดมีเทนขึ้นมา อีกกลุ่มหนึ่งคือ กลุ่มคาร์บอกซิลของกรดอะซิติค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ก่อน จากนั้นจึงถูกรีดิวซ์ เกิดเป็นมีเทนขึ้นมา ดังแสดงในสมการข้างล่าง



2.2.11 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักแก๊สชีวภาพ (Bigas microorganisms)

จุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซชีวภาพ (มีเทน) ขึ้นมาได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทั้งนี้โดยอาศัยกิจกรรมเมตาบอลิซึ่มที่ร่วมกัน ระหว่างจุลินทรีย์ทั้งสองซึ่งสำคัญอย่างมากต่อกระบวนการหมัก เพราะถ้ามีบางกลุ่มมากหรือน้อยเกินไป จะทำให้สภาพการหมักไม่เหมาะสม และล้มเหลวได้ จุลินทรีย์ที่กล่าวมาสามารถแยกออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน กลุ่มที่ 1 *Fermentative bacteria* ซึ่งสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์พวกคาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมัน กลุ่มที่ 2 *Hydrogen-producing acetogenic bacteria* ซึ่งสามารถสร้างกรดอะซิติคจากกรดไขมัน และยังสร้างสาร neutral compound อีกด้วย กลุ่มที่ 3 *Homoacetogenic bacteria* ซึ่งจะใช้สารประกอบที่มีคาร์บอนตัวเดียว (Unicarbon compound ) เช่น $H_2$ /$CO_2$ หรือ HCOOH ในการสร้างกรดอะซิติค นอกจากนี้ยังรวมถึง การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนหลายตัวและ กลุ่มที่ 4 *Methanogenic bacteria* สามารถใช้อะซิเตท และสารประกอบที่มีคาร์บอนตัวเดียวในการผลิตแก๊สชีวภาพ

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักก๊าซชีวภาพ ได้แก่ จุลินทรีย์ 2 พวกด้วยกัน คือ Non-methane producing organisms เป็นพวกที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ และMethane producing organganisms เป็นพวกที่สร้างมีเทน (วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2532 : 152)

1. จุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ผลิตมีเทน (Non-methane producing microorganism) จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน ให้เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างอย่างง่าย จุลินทรีย์ที่กล่าวถึงได้แก่ *Fermentative bacteria* และ *Hydrogen producing acetogenic bacteria* ซึ่งสามารถเจริญได้ใน สภาพปราศจากอากาศ และสภาพที่มีอากาศบ้างเล็กน้อยอย่างไรก็ตาม สายพันธุ์รวมทั้งปริมาณของเชื้อที่เกี่ยวข้อง ขึ้นกับชนิดของปริมาณของวัตถุดิบเป็นสำคัญ

จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่ผลิตมีเทน อาจแบ่งออกเป็น 3 พวกได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และโปโตซัว แต่แบคทีเรียเป็นพวกที่มีความสำคัญมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 แบคทีเรีย (bacteria) แบคทีเรียที่ไม่ผลิตมีเทนมีมากหลายชนิด และมีปริมาณมากด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียพวก *Obligate anaerobes* และมีมากกว่า *Facultative anaerobes* ถึง 100-200 เท่า ดังนั้นแบคทีเรียพวก *Obligate anaerobes* จึงมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการหมักก๊าซมีเทนสำหรับแบคทีเรียที่แยกออกมาได้จากถังหมักก๊าสมีเทน

แบคทีเรียที่ไม่ผลิตก๊าซมีเทนอาจแบ่งออกได้เป็น 7 กลุ่มย่อย ๆ ทั้งนี้ขึ้นกับ 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 และราเจริญอยู่มากหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งเชื้อดังกล่าวเกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์

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

2. จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตมีเทน (Methane producing micro-organisims) จุลินทรีย์กลุ่มนี้เรียกว่า "*Methane producing bacteria*" เป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักในการผลิตมีเทน โดยที่เชื้อนี้จะเปลี่ยนอะซิเตท และไฮโดรเจนให้เป็นมีเทนและก๊าซชนิดอื่น ๆ เชื้อกลุ่มนี้ไวต่อออกซิเจนอย่างมาก จัดเป็นพวก Stirct anaerobe

นอกจากนี้แล้ว แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถใช้สารประกอบอินทรีย์ และอนินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนเป็นสับสเตรทได้ และส่วนใหญ่แล้วต้องการสารอาหารอื่น ๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย และซัลไฟด์จากภายนอก

แหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อกลุ่มนี้ ได้แก่ แอมโมเนีย ในขณะที่เชื้อไม่สามารถใช้กรดอะมิโน หรือ เปปไตด์ ส่วนแหล่งกำมะถัน เชื้อบางสปีชี่ส์สามารถใช้ Cysteines แทนพวกซัลไฟด์ได้ สำหรับคุณสมบัติของ *Methanogens* นั้นเป็นเชื้อที่เจริญเติบโตช้ามี Doubling time (ระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนจาก 1 เป็น 2) ประมาณ 4-6 วัน

สัณฐานวิทยาและการจำแนกจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตมีเทน (Morphology and classification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

of methane producing microorganism)

เชื้อ *Methanobacteria* สามารถแบ่งได้ 4 กลุ่มตามลักษณะรูปร่างของเซลล์ ดังนี้คือ *Octanococal, Bbacillar, Gglobular, Sspiral* สำหรับลักษณะของเชื้อแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะกล่าวได้ ดังนี้

- เชื้อ *Methanosarcina* มีความเปลี่ยนแปลงอยู่ที่ Envelope ของมัน เชื้อนี้มีลักษณะที่แตกต่างจากเชื้อ Sarcina จริง ๆ และปกติแล้วมีลักษณะคล้ายเม็ดทราย (Sand particles) และมักอยู่กันเป็นคู่ ๆ

- เชื้อ *Methanobacillus* มีลักษณะเป็นท่อน หรือ *Bacillar* และมักจะโค้งเล็กน้อย โดยมากมักอยู่เป็นลูกโซ่ (Chain) หรือเส้นสายยาว ๆ (long filament) แต่อย่างไรก็ตาม มีเชื้อบางสปีชี่ส์ซึ่งมีลักษณะเซลล์สั้นและตรง เช่น *M. arbophiccum* เป็นต้น

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

- เชื้อ *Methanospirillar* มีลักษณะที่จำเพาะและรูปร่างมักโค้ง แต่ในที่สุดจะมีการสร้าง Spiremes ขึ้นมา

ตารางที่ 1 เชื้อ *Methanobacteria* และสับสเตรทที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซมีเทน

ที่มา : (อ้างโดย วราวุฒิ กรูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิมานิต, 2532 : 158)

| Bacterium | Substrates | Products |
|---|---|---|
| *Methanobacterium* | $CO_2$ | $CH_4$ |
| *Formicum* | $H_2 + CO_2$<br>Formate | |
| *M. mobilis* | $H_2 + CO_2$<br>Formate | $CH_4$ |
| *M. propionicum* | Propionate | $CO_2$ |
| *M. ruminantium* | Formate<br>$H_2 + CO_2$ | $CH_4$ |
| *M. sohngenii* | Acetate butyrate | $CH_4 + CO_2$ |
| *M. suboxydans* | Caproate and butyrate | Propionate and acetate |
| *M. vannielii* | $H_2 + CO_2$<br>Formate | $CH_4$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| *Methanosarcina* | $H_2 \cdot CO_2$ | $CH_4$ |
| *Barkeri* | Menthanol | $CH_4$ |
| | Acetate | $CH_4 + CO_2$ |
| *M. methanica* | Acetate | $CH_4 + CO_2$ |
| | Butyrate | |

2.2.12 ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ

แก๊สชีวภาพมีประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. ด้านพลังงาน

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

1.1 ให้ความร้อน 3,000-5.000 กิโลแคลอรี่ ความร้อนนี้จะทำให้น้ำ 130 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเดือดได้

1.2 ใช้กับตะเกรียงแก๊สขนาด 60-100 วัตต์ลุกไหม้ได้ 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 ทำให้กลิ่นเหม็น และแมลงวันในบริเวณนั้นลดลง และผลจากการหมักมูลสัตว์ในบ่อแก๊สชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานาน ๆ ทำให้ไข่พยาธิ และเชื้อโรคส่วนใหญ่ในมูลตายด้วย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคบิด อหิวาต์ และพยาธิที่อาจแพร่กระจายจากมูลสัตว์ด้วยกัน นอกจากนี้แล้วยังเป็นการป้องกันไม่ให้มูงสัตว์ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำตามะรรมชาติ

3. ด้านการเกษตร

3.1 การทำปุ๋ย

กากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพ เราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสตัว์สดๆ และปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบ ไนโตรเจนในมูลสัตว์ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้งแล้วนำไป ผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โค และสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้มีข้อจำกัดคือ ควรใส่อยู่ระหว่าง 5-10 กิโลกรัมต่อส่วน ผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติ และเป็นลดต้นทุนการ ผลิตอีกด้วย การ (http://web.ku.ac.th/nk40/data/06/nk604.htm)

2.2.13 การบำรุงรักษาบ่อแก๊สชีวภาพ

- การบำรุงรักษา

หมั่นตรวจสอบเครื่องยนต์โดยการตรวจเช็คน้ำมันเครื่อง หัวเทียน ท่อนำแก๊ส และพยายามทำความสะอาดที่เก็บแก๊สอยู่เสมอ

- ปัญหาและวิธีแก้ไข

1. ปัญหาเรื่องทางออกของบ่อหมักปิดตัน แก้ไขโดยการเปิดบ่อ และขุดลอกการตะกอนที่ตกค้างอย่างน้อย 3 ปี ต่อ 1 ครั้ง

2. ปัญหาเรื่องเครื่องยนต์ร้อนเกินไป แก้ไขโดยการใช้เครื่องยนต์ที่มีช่องระบายลมขนาดใหญ่ หรือต่อพัดลมบริเวณด้านหน้าของหม้อน้ำ รังผึ้งอีก 1 ตัว และดูแลเรื่องตะกอนในหม้อน้ำ

3. ปัญหาเรื่องท่อแก๊ส ท่อแก๊สที่เกิดอาจไอน้ำที่เป็นส่วนหนึ่งของแก๊สชีวภาพ รวมตัวกันเป็นหยดน้ำ และเกิดมากขึ้นจนปิดกั้นทางเดินของแก๊ส แก้ไข โดย การทำที่ระบายน้ำออกเป็นระยะ (http:/www.ku.ac.th/e-magazine/september43/bio_gass/index.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## วิธีการสร้างอุปกรณ์

**3.1 วิธีการวิเคราะห์หลักสูตร**

วิชาเทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น (03632103) ของนักเรียนระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำอธิบายรายวิชา

ความหมายและความสำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพ ประเภทคุณสมบัติของจุลินทรีย์การนำจุลินทรีย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในโรงงานอุตสาหกรรม ชีวเคมีของผลิตภัณฑ์โดยอาศัยการหมัก การนำเทคโนโลยีชีวภาพไปประยุกต์ใช้ในด้านการผลิต การแปรสภาพ การกำจัดของเสียและการนำกลับมาใช้ใหม่ ดูงานนอกสถานที่

วัตถุประสงค์ทั่วไป

1. บอกความหมายและความสำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพได้ ตลอดจนสามารถอธิบายถึงความสำคัญเกี่ยวข้องของเทคโนโลยีชีวภาพกับศาสตร์ในแขนงอื่นๆได้

2. สามารถแยกเชื้อจุลินทรีย์จากแหล่งธรรมชาติ และจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ขั้นต้นได้

3. อธิบายถึงกระบวนการทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ในการผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้

4. เข้าใจถึงบทบาทของจุลินทรีย์และการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ในด้านอุตสาหกรรมเกษตรและอุตสาหกรรมอื่นๆได้

5. สามารถนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลผลิตพืช สัตว์ และการแปรสภาพตลอดจนการกำจัดของเสีย และการนำกลับไปใช้ใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รายการสอน**

| ทฤษฎีบทที่ | เรื่อง | คาบ |
|---|---|---|
| 1 | บทนำ | 2 คาบ |
| | - ความหมายและความสำคัญของเทคโนโลยีชีวภาพ | |
| | - ขอบเขตของการศึกษาทางเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้ | |
| | - ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในเทคโนโลยีชีวภาพ | |
| 2 | จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีชีวภาพ | 4 คาบ |
| | - ลักษณะที่สำคัญและบทบาทของจุลินทรีย์ต่อเทคโนโลยีชีวภาพ | |
| | - ประเภทของจุลินทรีย์ | |
| | - ปัจจัยในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ | |
| | - การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ | |
| | - การวัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ | |
| | -หลักการแยกเชื้อของจุลินทรีย์ที่เหมาะสมต่อเทคโนโลยีชีวภาพ | |
| 3 | การนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม | 2 คาบ |
| | - ลักษณะของผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์ | |
| | - การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ | |
| 4 | กระบวนการหมักในอุตสาหกรรม | 4 คาบ |
| | - ความหมายของการหมัก | |
| | - ประวัติอุตสาหกรรมการหมัก | |
| | - เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการหมัก และ วิธีการใช้ | |
| | - ประเภทของการหมัก | |
| | - การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบไปเป็นผลิตภัณฑ์ | |
| | - การเก็บเกี่ยวผลิตภัณฑ์การแยกและการเก็บให้บริสุทธิ์ | |
| | - การประยุกต์ใช้การหมักในอุตสาหกรรม | |
| 5 | ชีวเคมีของผลิตภัณฑ์โดยอาศัยการหมัก | 4 คาบ |
| | - สารปฏิชีวนะ | |
| | - กรดอะมิโน | |
| | - กรดอินทรีย์ | |
| | - แอลกอฮอล์ | |
| | - ฮอร์โมน | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น

| | | |
|---|---|---|
| 6 | การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีชีวภาพ | 4 คาบ |
| | - การประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลผลิตพืช และสัตว์ | |
| | - การประยุกต์ในด้านการกำจัดน้ำเสีย | |
| | - การประยุกต์ในด้านการแปรสภาพ (แปรรูปอาหาร) | |
| | - การประยุกต์ในด้านนำกลับมาใช้ใหม่* | |
| 7 | การปรับปรุงพันธุ์จุลชีพกับเทคโนโลยีชีวภาพ | 4 คาบ |
| | - วิธีการปรับปรุงจุลชีพ | |
| | - ประโยชน์ของการปรับปรุงพันธุ์จุลชีพ | |

| บทปฏิบัติการที่ | เรื่อง | คาบ |
|---|---|---|
| 1 | การเตรียมอุปกรณ์ และวัสดุสำหรับปฏิบัติการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ | 12 คาบ |
| | - การแยกเชื้อจุลินทรีย์จากแหล่งธรรมชาติ | |
| | -แยกเชื้อจุลินทรีย์จากแหล่งธรรมชาติ และรายงานผลได้อย่างถูกต้อง | |
| 2 | การจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้ | 3 คาบ |
| | - จำแนกเชื้อจุลินทรีย์ขั้นต้นได้อย่างถูกต้อง | |
| 3 | วิธีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ | 3 คาบ |
| | - เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ตามวิธีการต่างๆ ได้ | |
| | - เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างถูกต้อง | |
| 4 | การวัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ | 3 คาบ |
| | - วัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ได้ | |
| | - รายงานผลการวัดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ | |
| 5 | การนำเทคโนโลยีชีวภาพไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลผลิตพืช | 6 คาบ |
| | - เทคนิคการทำ Tissue culture พืช | |
| | - เตรียมอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้ | |
| | - เตรียมชิ้นพืชในสภาพปลอดเชื้อได้ | |
| 6 | การใช้จุลินทรีย์ในการผลิตเอนไซม์ | 4 คาบ |
| | - ผลิตเอนไซม์จากเชื้อจุลินทรีย์ได้ | |
| | - วิเคราะห์เอนไซม์ที่เชื้อจุลินทรีย์ผลิตขึ้นได้ | |
| 7 | การหมักเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ | 3 คาบ |
| | - หมักเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ได้ | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| | - รายงานผลการหมักได้อย่างถูกต้อง | |
| 8 | การใช้จุลินทรีย์ในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร | 6 คาบ |
| | -ใช้จุลินทรีย์ในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรได้ | |
| | -รายงานผลการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ได้ | |
| | ดูงานนอกสถานที่ | 3 คาบ |

หมายเหตุ * หัวเรื่องที่เกี่ยวกับการทำสไลด์

**3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา**

การผลิตสไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ

เนื่องจากการเลี้ยงสัตว์ เช่น สุกรก่อให้เกิดปัญหามากเพราะมูลสุกรเหม็น ดังนั้นหน่วยงานของรัฐ และเอกชน ช่วยกันคิดค้นวิธีการที่จะนำมูลสัตว์เหล่านี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยการนำมาหมักเป็นแก๊สชีวภาพ

แก๊สชีวภาพ (Biogas) จึงหมายถึงแก๊สที่ได้จากการย่อยสลายสิ่งมีชีวิต หรือ องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต หรือ สารอินทรีย์ต่าง ๆ ในสภาวะไร้ออกซิเจนประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรท เซลลูโลส และโปรตีน ซึ่งคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ดังนั้นเมื่อมีการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน โมเลกุลของสิ่งมีชีวิตจะแตกตัว และจับตัวกันใหม่เกิดเป็นแก๊สมีเทน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่น ๆ รวมเรียกว่า Biogas

**1. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ**

วัตถุดิบในการผลิตแก๊สชีวภาพได้แก่ สารอินทรีย์ทุกชนิด เช่นมูลสุกรเป็นต้น ความยากง่ายในการหมัก หรือปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นต่อหน่วยน้ำหนักของสารอินทรีย์จะขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการสลายตัวของสารอินทรีย์ ส่วนมูลสุกรจะมีสารอินทรีย์ พวกแป้งและโปรตีนมาก จึงสามารถย่อยสลายได้ง่าย

**2. ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ Plug flow**

ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ เริ่มต้นจาก

1. เลือกสถานที่ที่มีแสงสว่างส่องถึง เพราะจะทำให้ระบบการหมักทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรเลือกสร้างที่ดอนน้ำท่วมไม่ถึง มีระดับน้ำใต้ดินลึก และห่างจากบ่อน้ำใช้ไม่น้อยกว่า 15 เมตร เพื่อป้องกันสารที่อาจจะซึมมาจากบ่อหมักแก๊สชีวภาพ

2. วางผัง โดยใช้ปูนขาวโรยบริเวณที่จะขุดบ่อทั้ง 3 บ่อ คือ บ่อเติม, บ่อหมัก, บ่อล้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขุดบ่อตามแบบที่ต้องการ

4. แต่งรูปทรงบ่อให้ราบเรียบ

5. ก่อสร้างบริเวณก้นบ่อของแต่ละบ่อด้วยลวดตาข่าย

6. ก่อสร้างผนังของแต่ละบ่อด้วยลวดตาข่าย

7. สร้างที่กักเก็บแก๊สที่ได้จากการหมัก โดยจะใช้ผ้าพลาสติกที่เรียกว่า Red-Mud-Plastic คลุมส่วนบนของบ่อหมักไว้

8. สร้างโรงผลิตกระแสไฟฟ้า ไว้สำหรับนำแก๊สที่ได้จากการบ่อหมักมาปั่นเป็นกระแสไฟฟ้า

**3. บ่อแก๊สชีวภาพแบบ Plug flow**

ลักษณะของบ่อเป็นแนว จึงทำให้ระยะเวลาในการหมักมูลสุกรมากขึ้น ซึ่งถ้ามูลสุกรมีเวลาในการหมักนานก็จะทำให้ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นมีมากด้วย บ่อแก๊สชีวภาพประกอบด้วย 3 บ่อคือ บ่อเติม, บ่อหมัก, บ่อล้น

1. บ่อเติม มูลสุกรและน้ำล้างคอกจากโรงเรือนต่าง ๆ จะไหลมาตามรางระบายน้ำและไหลมารวมกันที่บ่อเติม ซึ่งบ่อนี้มีขนาดความจุ 8 ลูกบาศก์เมตร ตามปรกติอัตราส่วนที่เหมาะสมของมูลสุกรและน้ำล้างคอกประมาณ 1 : 2 จะทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สดีที่สุด โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสุกรเท่ากับ 0.3 – 0.48 ลูกบาศก์เมตร ต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม เมื่อเห็นว่าเต็มบ่อแล้วจึงสูบเข้าบ่อมูลสุกรเพื่อให้มูลสุกรไหลไปสู่บ่อหมักต่อไป

2. บ่อหมัก ลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เพื่อทำให้การเคลื่อนที่ของมูลสุกรเป็นไปได้ดี และสามารถต้านทานแรงดันของน้ำใต้ดินได้ดีกว่ารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งจะทำให้ผนังบ่อไม่พังลงมาได้ง่าย ขนาดของบ่อที่ขุดความยาวก้นบ่อเท่ากับ 16 เมตร ความยาวด้านปากบ่อ 17 เมตร ความกว้างด้านก้นบ่อเท่ากับ 1.8 เมตร ส่วนความกว้างด้านปากบ่อเท่ากับ 3 เมตร ความลึกของบ่อ 4 เมตร ผนังของบ่อจะมีความลาดเอียง 80°C ดังนั้นจะทำให้ได้บ่อหมักขนาด 170 ลบ.ม. หลังจากขุดดินออกเรียบร้อยแล้ว ใช้เหล็กขนาด 3 หุนผูกเป็นโครงตามรูปของบ่อ จากนั้นทับด้วยลวดตาข่าย แล้วจึงเทคอนกรีตทับให้หนา 35 เซนติเมตร ขัดมันผิวหน้าให้เรียบ สำหรับท่อทางเข้าและท่อทางออกของมูลสุกร ให้ท่อคอนกรีตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร จะอยู่ด้านหัวและด้านท้ายของบ่อวางทำมุมเอียง 45°C ปลายของท่อทางเข้าและทางออกของมูลสุกร ด้านล่างอยู่สูงจากพื้น 150 เซนติเมตร บริเวณปากบ่อใช้อิฐก่อเป็นร่องสำหรับใส่น้ำ ความกว้างของร่อง 1.2 เมตร ลึก 50 เซนติเมตร เพื่อใช้ตรวจความรั่วซึมของแก๊ส ตลอดแนวร่องน้ำจะใช้เหล็กเส้นงอเป็นรูปตัว C ฝังติดกับพื้นของร่องน้ำ ห่างแต่ละจุดประมาณ 1 เมตร ตลอดร่องน้ำของบ่อหมักเพื่อ ใช้เป็นตัวยึดพลาสติกโดยพลาสติกที่ใช้คลุมเป็นตัวครึ่งทรงกระบอกมีความยาว 20 เมตร กว้าง 5 เมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร ซึ่งพลาสติกนี้ทนต่อแสงแดดและความดันได้เป็นอย่างดี อายุการใช้งานนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 10 ปี เป็นพลาสติกแบบ Red – Mud – Plastic แก๊สที่เกิดขึ้นจะสังเกตเห็นได้จากผ้าพลาสติกพองโป่งขึ้น สามารถนำแก๊สไปใช้ประโยชน์ได้

3. บ่อล้น บ่อนี้จะเป็นที่พักของมูลสุกรที่หมักเรียบร้อยแล้ว จะมีทั้งส่วนที่เป็นกาก (Effluent) และเป็นน้ำที่ถูกดันออกมาจากบ่อหมักมูลสุกรที่หมักแล้ว เมื่อตกตะกอนในบ่อล้นนี้เราสามารถตักขึ้นมาตากให้แห้งแล้วนำไปเป็นปุ๋ยต่อไปขนาดของบ่อล้นนี้มีปริมาตร 10 ลูกบาศก์เมตร โดยมีความลึก 4 เมตร มีความลาดเอียง 60°C ผนังของบ่อล้นนี้จะเทปูนเหมือนกับบ่อหมักก็ได้ แต่ต้นทุนอาจจะสูง หรือจะใช้แผ่นพลาสติกที่มีความหนา 0.25 เมตรปูเป็นพื้นก็ได้

**4. ขบวนการในการเกิดแก๊สชีวภาพ**

เมื่อนำสารอินทรีย์ เช่นมูลสัตว์มาผสมน้ำเก็บไว้ในถังปิดมิดชิดในสภาวะไร้ออกซิเจนอิสระ แบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การย่อยสารอินทรีย์ อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนด้วยกันคือ

1. ขบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

สารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ทั้งที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ จะถูกลลายให้เป็นสารอินทรีย์ชนิดที่ละลายน้ำได้ และโมเลกุลเล็กลง โดยแบคทีเรียแต่ละชนิดเริ่มด้วยแบคทีเรียดูดซึมน้ำจากสารลลายผ่านเซลล์เมมเบรน ส่วนอนุภาคของสารละลายจะถูกย่อยลลายโดยเอนไซม์ (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 การย่อยสลายในช่วงนี้อาจไม่เกิดขึ้น ถ้าวัตถุดิบประกอบด้วยสารอินทรีย์โมเลกุล

2. ขบวนการเกิดกรด (Acid formation)

การย่อยสลายในช่วงต่อไปนี้ มีแบคทีเรีย เรียกว่า *Acid Formers* จะย่อยสลายสารอินทรีย์แบคทีเรีย แม้จะไม่ใช้ออกซิเจนจากอากาศ แต่ก็มีความจำเป็นต้องสังเคราะห์เซลล์ เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ขยายพันธุ์ ดังนี้จึงใช้ออกซิเจนจากน้ำ และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ลลายอยู่ทำให้เกิดกรดขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่จะได้จากสารพวก คาร์โบไฮเดรท และโปรตีน กรดระเหยง่าย เช่น

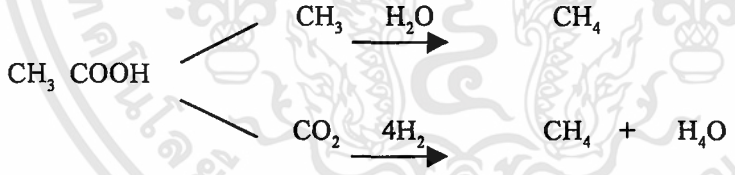
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดฟอร์มิค กรดอะซิติค กรดบิวไทริค กรดโพไพโอนิ และกรดวาลีริค (Valeric acid) ซึ่งได้จากคาร์โบไฮเดรท ส่วนโปรตีนจะได้จากกรดออติค (Autic acid) ซึ่งจะแตกตัวให้กรดไฮดรอกซี หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นกรดอิ่มตัว (Saturated acid)

3. ขบวนการเกิดมีเทน (Methane formation)

เนื่องจากในระยะการเกิดกรด (Acid formation) กรดที่เกิดขึ้นมีความเข้มข้นสูง ดังนั้น การเผาผลาญอาหารโดยแบคทีเรียจะช้าลงระยะนี้ *Methanogenic bacteria* จะเกิดการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สมีเทน กรดอะมิโนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย ส่วนที่เหลือ ปฏิกิริยาของการเกิดแก๊สมีเทนในขั้นตอนนี้มี 2 วิธีด้วยกัน วิธีแรกเป็นการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแก๊สมีเทน ส่วนใหญ่ในบ่อหมักจะเกิดปฏิกิริยา ส่วนวิธีที่สอง เป็นการลดออกซิเจนในแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเปลี่ยนเป็นแก๊สมีเทน โดยใช้ไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียตัวอื่น ผลสุดท้ายจะได้แก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ในปัจจุบันนี้สรุปได้ว่า การสร้างมีเทนอาจเกิดขึ้นได้ 2 ทาง ทางหนึ่งคือ กลุ่มมีทิลของกรดอะซิติคถูกรีดิวซ์โดยตรงจนเกิดมีเทนขึ้นมา อีกกลุ่มหนึ่งคือ กลุ่มคาร์บอกซิลของกรดอะซิติค ถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ก่อน จากนั้นจึงถูกรีดิวซ์ เกิดเป็นมีเทนขึ้นมา ดังแสดงในสมการข้างล่าง




**5. จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักแก๊สชีวภาพ**

ในขั้นตอนการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ให้เป็นแก๊สมีเทน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตมีเทน (Methane producing micro-organisims) จุลินทรีย์กลุ่มนี้เรียกว่า "*Methane producing bacteria*" เป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักในการผลิตมีเทน โดยที่เชื้อนี้จะเปลี่ยนอะซิเตท และไฮโดรเจนให้เป็นมีเทนและก๊าซชนิดอื่น ๆ เชื้อกลุ่มนี้ไวต่อออกซิเจนอย่างมาก จัดเป็นพวก Stirct anaerobe

แหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อกลุ่มนี้ ได้แก่ แอมโมเนีย ในขณะที่เชื้อไม่สามารถใช้กรดอะมิโน หรือ เปปไตด์

ส่วนแหล่งกำมะถัน เชื้อบางสปีชี่ส์สามารถใช้ Cysteines แทนพวกซัลไฟด์ได้

สำหรับคุณสมบัติของ Methanogens นั้นเป็นเชื้อที่เจริญเติบโตช้ามี Doubling time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนจาก 1 เป็น 2) ประมาณ 4-6 วัน

**6. องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ**

เมื่อขบวนการหมัก (Fermentation) เข้าสู่สภาวะแก๊สมีเทน แก๊สที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วย

| | | |
|---|---|---|
| แก๊สมีเทน | (Methane, $CH_4$) | 50-70% |
| แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ | (Carbondioxide, $CO_2$) | 30-50% |
| แก๊สไนโตรเจน | (Nitrogen, $N_2$) | 0-3% |
| แก๊สไฮโดรเจน | (Hydrogen, $H_2$) | 0-1% |
| แก๊สออกซิเจน | (Oxygen, $O_2$) | 0-1% |
| แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ | (Hydrogen Sulfide, $H_2S$) | 0-1% |

ก๊าซชีวภาพที่ได้เป็นก๊าซเปียก (Wet gas) เนื่องจากแก๊สเหล่านี้จับไอน้ำจาก Slurry แต่หลังจากที่นำก๊าซชีวภาพออกมาแล้ว จึงจำเป็นต้องกำจัดไอน้ำนั้นออกไป

คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพมีดังนี้

| | |
|---|---|
| Caloric value | : 20-25 $MJ/m^3$ (4,700-6,000 $kcal/m^3$ |
| Specific gravity | : 0.86 (air = 1.00) |
| Wobbe No | : 732 |
| Flame speed factor | : 11.1 |
| Inflammability in air | : 6.25% |

**7. ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ**

แก๊สชีวภาพมีประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. ด้านพลังงาน

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

1.1 ให้ความร้อน 3,000-5,000 กิโลแคลอรี่ ความร้อนนี้จะทำให้น้ำ 130 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเดือดได้

1.2 ใช้กับตะเกรียงแก๊สขนาด 60-100 วัตต์ลุกไหม้ได้ 5-6 ชั่วโมง

1.3 ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1.25 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง

1.5 ถ้าใช้กับครอบครัวขนาด 4 คน สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ

2. ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม

โดยการนำมูลสัตว์ และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อแก๊สชีวภาพ จะเป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยง ทำให้กลิ่นเหม็น และแมลงวันในบริเวณนั้นลดลง และผลจากการหมักมูลสัตว์ในบ่อแก๊สชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานาน ๆ ทำให้ไข่พยาธิ และเชื้อโรคส่วนใหญ่ในมูลตายด้วย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคบิด อหิวาต์ และพยาธิที่อาจแพร่กระจายจากมูลสัตว์ด้วยกัน นอกจากนี้แล้วยังเป็นการป้องกันไม่ให้มูงสัตว์ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำตามะรรมชาติ

3. ด้านการเกษตร

3.1 การทำปุ๋ย

กากที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสตัว์สด ๆ และปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลง สารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3.2 โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้งแล้วนำไป ผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โค และสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้มีข้อจำกัดคือ ควรใส่อยู่ระหว่าง 5-10 กิโลกรัมต่อส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติ และเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

8. การบำรุงรักษาบ่อแก๊สชีวภาพ

- การบำรุงรักษา

หมั่นตรวจสอบเครื่องยนต์โดยการตรวจเช็คน้ำมันเครื่อง หัวเทียน ท่อนำแก๊ส และพยายามทำความสะอาดที่เก็บแก๊สอยู่เสมอ

- ปัญหาและวิธีแก้ไข

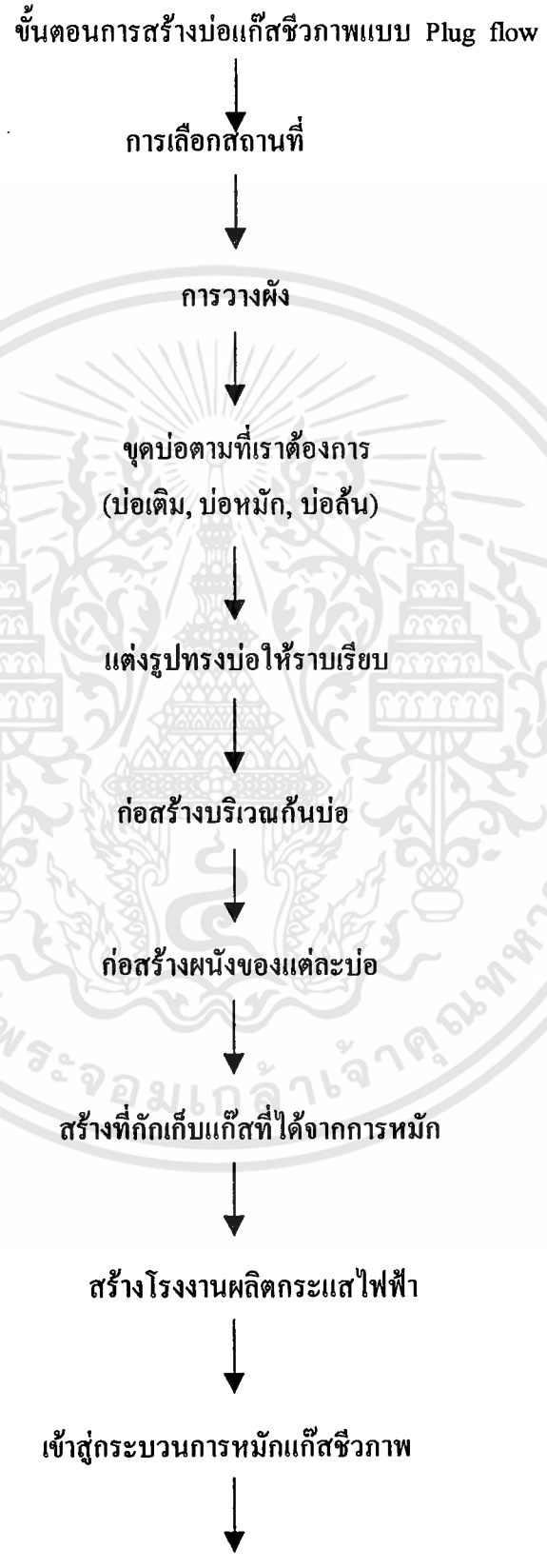
1. ปัญหาเรื่องทางออกของบ่อหมักปิดตัน แก้ไขโดยการเปิดบ่อ และขุดลอกการตะกอนที่ตกค้างอย่างน้อย 3 ปี ต่อ 1 ครั้ง

2. ปัญหาเรื่องเครื่องยนต์ร้อนเกินไป แก้ไขโดยการใช้เครื่องยนต์ที่มีช่องระบายลมขนาดใหญ่ หรือต่อพัดลมบริเวณด้านหน้าของหม้อน้ำ รังผึ้งอีก 1 ตัว และดูแลเรื่องตะกอนในหม้อน้ำ

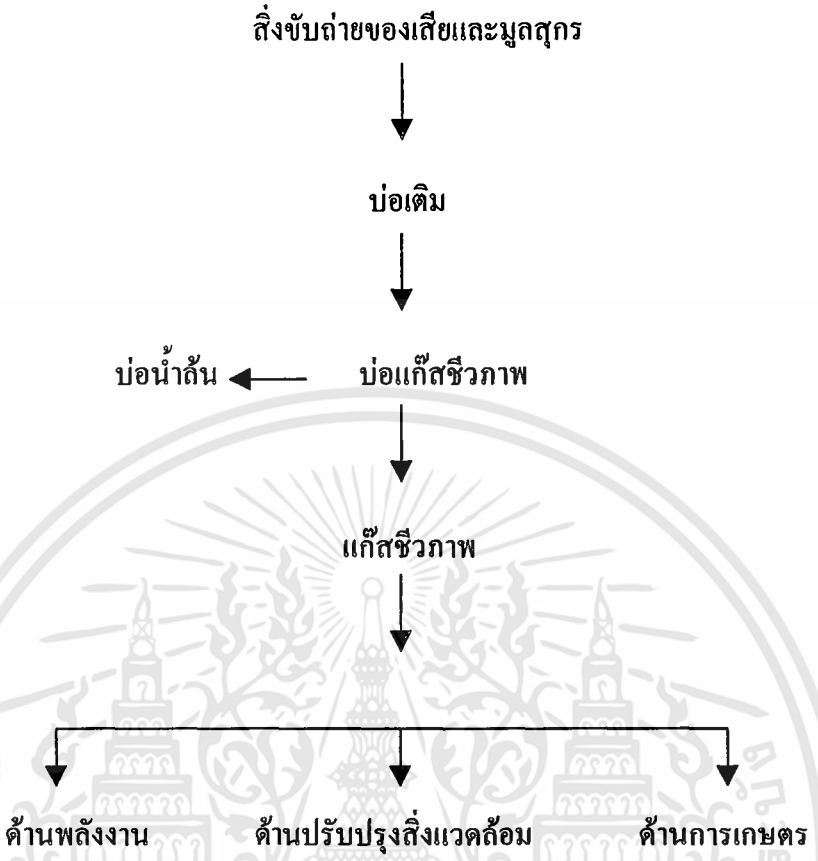
3. ปัญหาเรื่องท่อแก๊ส ท่อแก๊สที่เกิดอาจไอน้ำที่เป็นส่วนหนึ่งของแก๊สชีวภาพรวมตัว กันเป็นหยดน้ำ และเกิดมากขึ้นจนปิดกั้นทางเดินของแก๊ส แก้ไข โดย การทำที่ระบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำออกเป็นระยะ




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนและหลักการของกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ
ที่มา : วิรัตน์ สุมน, 2538

**3.3 เขียนคำบรรยายประกอบสไลด์**

การกำหนดภาพต่าง ๆ ในการถ่ายทำโดยยึดหลักการนำเทคโนโลยีชีวภาพไปประยุคต์ใช้ในด้านการผลิต การแปรสภาพ การกำจัดของเสียและการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งผลิตสไลด์ประกอบด้วยภาพต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

| | |
|---|---|
| 1. ภาพนำเรื่อง | 5 ภาพ |
| 2. ภาพความเป็นมาของแก๊สชีวภาพ | 1 ภาพ |
| 3. ภาพความหมายของแก๊สชีวภาพ | 1 ภาพ |
| 4. ภาพวัตถุดิบ | 1 ภาพ |
| 5. ภาพขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ | 9 ภาพ |
| 6. ภาพบ่อแก๊สชีวภาพแบบ Plug flow | 4 ภาพ |
| 7. ภาพขบวนการเกิดแก๊สชีวภาพ | 4 ภาพ |
| 8. ภาพจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดแก๊สชีวภาพ | 2 ภาพ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ภาพองค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ 1 ภาพ
10. ภาพประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ 7 ภาพ
11. ภาพการบำรุงดูแลรักษาบ่อแก๊สชีวภาพ 1 ภาพ
12. ภาพผู้มีอุปการะคุณ 1 ภาพ
13. ภาพสวัสดี 1 ภาพ

คำบรรยายประกอบสไลด์เรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ จำนวน 38 ภาพ

| ลำดับที่ | ภาพ | คำบรรยาย |
|---|---|---|
| 1 | ตราสถาบัน | ดนตรีบรรเลง |
| 2 | สไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ (Sound slides on Biogas Processing) (ตัวอักษร) | สไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ (Sound slides on Biogas Processing |
| 3 | จัดทำโดย นางสาวอุทุมพร รัตนชู (ตัวอักษร) | จัดทำโดย นางสาวอุทุมพร รัตนชู |
| 4 | สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสาตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ตัวอักษร) | สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 5 | อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปานจิต ป้อมอาสา อาจารย์ชุติมา สังข์พาลี (ตัวอักษร) | อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปานจิต ป้อมอาสา อาจารย์ชุติมา สังข์พาลี |
| 6 | ความเป็นมาของแก๊สชีวภาพ | เนื่องจากการเลี้ยงสัตว์เช่น สุกร ก่อให้เกิดปัญหาเพราะมูลสุกร ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ดังนั้น หน่วยงานของรัฐ และเอกชน จึงช่วยกันคิดค้นวิธีการ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | ภาพ | คำบรรยาย |
|---|---|---|
| | | ที่จะนำมูลสุกรเหล่านี้ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยการนำมาหมัก เป็นแก๊สชีวภาพ |
| 7 | แก๊สชีวภาพ (ตัวอักษร) | แก๊สชีวภาพ (Biogas) หมายถึง แก๊สที่ได้จากการย่อยสลายสิ่งมีชีวิต หรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ในสภาวะไร้ออกซิเจน โมเลกุลของสิ่งมีชีวิต จะแตกตัว และจับตัวกันใหม่ เกิดเป็นแก๊สมีเทน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สอื่น ๆ |
| 8 | มูลสุกร | มูลสุกรเป็นวัตถุดิบ ที่นำมาใช้ในการหมักแก๊สชีวภาพ แบบ Plug flow มูลสุกรจะมีสารอินทรีย์ พวกแป้ง และโปรตีนมาก จึงสามารถย่อยสลายจนเกิดแก๊สชีวภาพได้ง่าย |
| 9 | ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ แบบ Plug flow (ตัวอักษร) | ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ แบบ Plug flow มีดังนี้ |
| 10 | การเลือกสถานที่สร้างบ่อแก๊สชีวภาพ | การเลือกสถานที่สร้างบ่อแก๊สชีวภาพ ควรอยู่ในที่ที่มีแสงสว่างส่องถึง จะช่วยให้ระบบบ่อหมักทำงานได้ดี ควรเป็นที่ดอนน้ำท่วมไม่ถึง มีระดับน้ำใต้ดินลึก อยู่ห่างจากบ่อน้ำใช้ไม่น้อยกว่า 15 เมตร |
| 11 | วางผัง | โดยใช้ปูนขาวโรยบริเวณที่จะขุดบ่อ บ่อที่จะขุดประกอบด้วย 3 บ่อคือ บ่อเติม, บ่อหมัก, บ่อล้น |
| 12 | ขุดบ่อ | เริ่มขุกบ่อตามแบบที่ต้องการ ทั้ง 3 บ่อ |
| 13 | แต่งรูปทรงบ่อให้ราบเรียบ | แต่งรูปทรงบ่อให้ราบเรียบ |
| 14 | ก่อสร้างบริเวณก้นบ่อ | ก่อสร้างบริเวณก้นบ่อของแต่ละบ่อ ด้วยลวดตาข่าย |
| 15 | ก่อสร้างผนังของแต่ละบ่อ | จากนั้น ก่อสร้างผนังของแต่ละบ่อ ด้วยลวดตาข่าย |
| 16 | สร้างที่กักเก็บแก๊ส | สร้างที่กักเก็บแก๊สที่ได้จากการหมัก โดยจะใช้ผ้าพลาสติก เรียกว่า Red-Mud-Plastic คลุมส่วนบนของบ่อหมักไว้ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | ภาพ | คำบรรยาย |
|---|---|---|
| 17 | สร้างโรงผลิตกระแสไฟฟ้า | สร้างโรงผลิตกระแสไฟฟ้าไว้สำหรับนำแก๊สที่ได้จากการหมัก มาปั่นเป็นกระแสไฟฟ้า |
| 18 | บ่อแก๊สชีวภาพแบบ Plug flow | บ่อแก๊สชีวภาพแบบ Plug flow ประกอบด้วย 3 บ่อ คือ |
| 19 | 1. บ่อเติม | มูลสุกร และน้ำล้างคอกจากโรงเรือนต่าง ๆ จะไหลมาตามรางระบายน้ำ และไหลมารวมกันที่บ่อเติม อัตราส่วนที่เหมาะสมของมูลสุกร และน้ำล้างคอก ประมาณ 1:2 |
| 20 | 2. บ่อหมัก | บ่อนี้จะเป็นบ่อที่หมักมูลสุกร โดยจะสูบมูลสุกรมาจากบ่อเติม แก๊สที่เกิดขึ้นจะสังเกตเห็นได้จากผ้าพลาสติกพองโป่งขึ้น ซึ่งสามารถนำแก๊สไปใช้ประโยชน์ได้ |
| 21 | 3. บ่อล้น | บ่อล้น จะเป็นที่พักของมูลสุกรที่หมักแล้ว จะมีส่วนที่เป็นกาก และน้ำที่ถูกดันออกมาจากบ่อหมัก |
| 22 | ขบวนการเกิดแก๊สชีวภาพ (ตัวอักษร) | การย่อยสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน ให้เกิดแก๊สชีวภาพ แบ่งออกเป็น 3 ขบวนการด้วยกันคือ |
| 23 | 1. ขบวนการไฮโดรไลซิส | เมื่อเข้าสู่กระบวนการหมัก สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่เช่น คาร์โบไฮเดรท โปรตีน และไขมัน จะถูกย่อยสลาย ได้สารโมเลกุลเล็กลง เช่น กูลโคส กรดอะมิโน กลีเซอรอล และกรดไขมัน |
| 24 | 2. ขบวนการเกิดกรด (ตัวอักษร) | จากนั้นแบคทีเรียที่เรียกว่า *Acid Formers* จะย่อยสลายสารอินทรีย์แบคทีเรีย เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ขยายพันธุ์ สารอินทรีย์ต่าง ๆที่ละลายอยู่ทำให้เกิดกรดอินทรีย์ขึ้น เช่น กรดอะซิติค กรดฟอร์มิค |
| 25 | 3. ขบวนการเกิดมีเทน | ระยะนี้ Methanogenic bacteria จะเปลี่ยนกรดอินทรีย์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแก๊สมีเทน ซึ่งอาจเกิดได้ 2 ทาง ทางหนึ่งคือ กลุ่มเมทิลของกรดอะซิติคถูกรีดิวซ์โดยตรงจนเกิดแก๊สมีเทนขึ้นมา อีกกลุ่มหนึ่งคือกลุ่มคาร์บอกซิลของกรดอะซิติคจะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ก่อน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | ภาพ | คำบรรยาย |
|---|---|---|
| | | จากนั้นจึงถูกรีดิวซ์เกิดเป็นมีเทนขึ้นมา |
| 26 | จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักแก๊สชีวภาพ (ตัวอักษร) | จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักแก๊สชีวภาพ คือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตแก๊สมีเทน |
| 27 | จุลินทรีย์กลุ่ม "Methane producing bacteria" | จุลินทรีย์กลุ่มนี้เรียกว่า "Methane producing bacteria" เป็นจุลินทรีย์กลุ่มหลักในการผลิตมีเทน โดยเชื้อนี้จะเปลี่ยนอะซิเตท และไฮโดรเจนให้เป็นมีเทน และแก๊สชนิดอื่น ๆ เชื้อกลุ่มนี้ไวต่อออกซิเจนอย่างมาก จัดเป็นพวก Stirct anaerobe |
| 28 | องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ<br>แก๊สมีเทน ($CH_4$) 50-70%<br>แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) 30-50%<br>แก๊สไนโตรเจน ($N_2$) 0-3%<br>แก๊สไฮโดรเจน ($H_2$) 0-1%<br>แก๊สออกซิเจน ($O_2$) 0-1%<br>แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ($H_2S$) 0-1% | องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพประกอบด้วย<br>แก๊สมีเทน ($CH_4$) 50-70%<br>แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) 30-50%<br>แก๊สไนโตรเจน ($N_2$) 0-3%<br>แก๊สไฮโดรเจน ($H_2$) 0-1%<br>แก๊สออกซิเจน ($O_2$) 0-1%<br>แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ($H_2S$) 0-1% |
| 29 | ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ (ตัวอักษร) | แก๊สชีวภาพ มีประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้ |
| 30 | 1. ด้านพลังงาน | สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ๆ แก๊สชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้ เช่น |
| 31 | หุงต้ม | สามารถหุงต้มได้ 3มื้อ ใช้กับครัวเรือนขนาด 4 คน |
| 32 | ผลิตไฟฟ้า | สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1.25 กิโลวัตต์ |
| 33 | 2. ด้านปรับปรุงสิ่งแวดล้อม (ตัวอักษร) | ป้องกันไม่ให้มูลสัตว์ถูกชะล้างลงไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ แมลงวันในบริเวณนั้นลดลง และทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคบิด อหิวาต์ |
| 34 | 3. ด้านการเกษตร | ประโยชน์ด้านการเกษตร สามารถนำไปใช้ดังนี้ |
| 35 | ทำปุ๋ย | การที่ได้จากการหมักแก๊สชีวภาพสามารถนำไปนำ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | ภาพ | คำบรรยาย |
|---|---|---|
| | | เป็นปุ๋ย ได้ดีกว่ามูลสัตว์สด ๆและปุ๋ยคอก เนื่องจากขณะที่มีการหมักจะมีการเปลี่ยนแปลงสารไนโตรเจนในมูลสุกร ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี |
| 36 | การบำรุงดูแลรักษาบ่อแก๊ส (ตัวอักษร) | หมั่นตรวจสอบเครื่องยนต์ โดยการตรวจเช็คน้ำมันเครื่อง หัวเทียน ท่อนำแก๊ส และพยายามทำความสะอาดที่เก็บแก๊สอยู่เสมอ |
| 37 | ผู้มีอุปการะคุณ (ตัวอักษร) | การผลิตสไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ สำเร็จได้ด้วยดี ได้รับความอนุเคราะห์จาก สถานีวิจัยทับกวาง จังหวัดสระบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการถ่ายภาพ |
| 38 | สวัสดี (ตัวอักษร) | สวัสดี |

**3.4 ขั้นตอนการสร้างสไลด์ประกอบคำบรรยาย**

ในการสร้างสไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ มีดังนี้

3.4.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อสร้างสไลด์ประกอบคำบรรยาย

1. กล้องถ่ายรูปพร้อมอุปกรณ์ คือ เลนส์มาโคร เลนส์ขยาย เลนส์ปรกติ
2. ฟิล์มสไลด์ และฟิล์มสี อย่างละ 4 ม้วน รวม 8 ม้วน
3. เทปบันทึกเสียง 1 ม้วน
4. ชุดเครื่องเขียน 1 ชุด
5. กระดาษ A4 1 รีม
6. ชุดบันทึกเสียงระบบเลื่อนอัตโนมัติ 1 ชุด
7. กล่องใส่สไลด์ 1 กล่อง
8. เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์ ดังนี้
   - เครื่องแสกนเนอร์ 1 เครื่อง
   - แผ่นดิสก์ 10 แผ่น

3.4.2 วิธีการสร้างสไลด์ประกอบคำบรรยาย

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ และการผลิตสไลด์ ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำบรรยาย จากตำราเรียน และวารสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ศึกษาขั้นตอน และเทคนิคการผลิตสไลด์ประกอบคำบรรยาย
3. กำหนดภาพ และเขียนคำบรรยาย
4. ติดต่อสถานที่ เพื่อถ่ายทำสไลด์ประกอบคำบรรยาย
5. ถ่ายภาพตามสคริปที่กำหนดไว้ โดยขอความอนุเคราะห์จาก สถานีวิจัย ทับกวาง จังหวัดสระบุรี
6. คัดเลือกรูปที่ถ่ายมา และ Scan รูปเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งใส่อักษรแสดงลิขสทธิ์ (สจล.) มุมขวาด้านล่าง ของภาพที่จะถ่ายสไลด์
7. ทำการตัดแต่งภาพ พร้อมทั้งทำตัวอักษรบรรยาย
8. ถ่ายภาพด้วนฟิล์มสไลด์จากเครื่องคอมพิมเตอร์
9. บันทึกเสียงคำบรรยาย และ ทำสัญญาณเลื่อนภาพอัตโนมัติ
10. เขียนเอกสาร และ พิมพ์รูปเล่มปัญหาพิเศษ
11. แก้ไขเนื้อหา และ ส่งรูปเล่มฉบับที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

## การตรวจสอบและแก้ไขอุปกรณ์

### 4.1 วิธีการตรวจสอบ

จัดทำสไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ จำนวนสไลด์ประกอบคำบรรยายทั้งหมด 38 ภาพ หลังจากนั้นได้นำมาตรวจสอบ โดยแบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ตรวจสอบด้านเนื้อหาวิชาการเกี่ยวกับคำบรรยายประกอบสไลด์ ว่าตรงกับวัตถุประสงค์การเรียนการสอน ในวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น (03632103) ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ได้เชิญท่านอาจารย์ ปานจิต ป้อมอาสา และท่านอาจารย์ ชุติมา สังข์พาลี เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาด้านเนื้อหาและเป็นผู้ตรวจสอบ ส่วนในตอนที่ 2 การตรวจสอบทางด้านโสตทัศนศึกษา ว่ามีคุณภาพทางด้านสื่อการเรียนการสอนที่ดีหรือไม่ โดยเชิญเจ้าหน้าที่ทางโสตทัศนศึกษา ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมเป็นผู้ตรวจสอบประเมินผล โดยมีแบบประเมิน 2 ตอน รายละเอียดในวิธีการประเมินประกอบด้วย

4.1.1 การตรวจสอบทางด้านเนื้อหาของสไลด์

1. เนื้อหาถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร
2. ความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันระหว่างภาพกับเสียงคำบรรยาย
3. ครบถ้วนของเนื้อหาที่ต้องการสอน
4. เนื้อหาเหมาะสมกับระดับปริญญาตรี
5. การเรียงเนื้อหาจากง่ายไปหายากตามขั้นตอน

4.1.2 การตรวจสอบทางด้านโครงสร้างของสไลด์

1. ความคมชัดของภาพ
2. ขนาดตัวอักษร
3. ความถูกต้องของตัวอักษร
4. ความสวยงามของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความเหมาะสมของขนาดของภาพ

6. ความสัมพันธ์ของเสียงดนตรี และคำบรรยาย

7. ความชัดเจนของเสียงบรรยาย

8. การเว้นวรรคตอนขณะอ่านคำบรรยาย

9. การเน้นความสัมพันธ์ของเรื่องขณะอ่านคำบรรยาย

10. เวลาที่ใช้ในการฉายสไลด์แต่ละภาพ

**4.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพสไลด์เรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ**

4.2.1 ด้านเนื้อหาของสไลด์ประกอบคำบรรยาย พบว่าเนื้อหาถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร ความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันระหว่างภาพกับคำบรรยาย ความครบถ้วนของเนื้อหาที่ต้องการสอน เนื้อหาเหมาะสมกับระดับปริญญาตรี การเรียงเนื้อหาจากง่ายไปหายากตามขั้นตอน ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดี

4.2.2 พบว่าความคมชัดของภาพ ขนาดของภาพ ความถูกต้องของตัวอักษร ความสวยงามของภาพ ความเหมาะสมของขนาดของภาพ ความสัมพันธ์ของเสียงดนตรี และคำบรรยาย ความชัดเจนของเสียงบรรยาย การเว้นวรรคตอนขณะอ่านคำบรรยาย การเน้นความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องขณะอ่านคำบรรยาย เวลาที่ใช้ในการฉายสไลด์แต่ละภาพ ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับดี

**4.3 แก้ไขอุปกรณ์**

ด้านเนื้อหาของสไลด์ประกอบคำบรรยาย และด้านโครงสร้างของสไลด์ พบว่าไม่มีภาพใดที่ต้องนำมาแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุป

การผลิตสไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อใช้ประกอบการเรียนสอนในวิชาเทคโนโลยีชีวภาพเบื้องต้น (03632103) ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขั้นตอนการจัดทำมีรายละเอียดดังนี้

ในขั้นแรกผู้จัดทำได้ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาวิชาที่จะถ่ายทำสไลด์ และจัดทำโครงร่างปัญหาพิเศษให้อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษพิจารณา โดยให้เหตุผลในการทำสไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพว่า ต้องการจัดทำสไลด์ชุดนี้ เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในหัวข้อการประยุกต์ในด้านนำกลับมาใช้ใหม่ เมื่อจัดทำโครงร่างปัญหาพิเศษเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ศึกษาหาข้อมูลเรื่องกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพเพื่อจัดทำภาคเอกสาร และกำหนดภาพที่จะถ่าย จากนั้นทำการติดต่อสถานที่ในการถ่ายภาพ โดยได้รับความอนุเคราะห์ จากสถานีวิจัยทับกวาง จังหวัดสระบุรี ถ่ายภาพโดยใช้ฟิล์มสี แล้วคัดเลือกรูปที่ต้องการ และมีคุณภาพสแกนลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วนำภาพที่ได้มาตกแต่งให้สวยงามโดยใช้โปรแกรม Photoshop 5.5 พร้อมทั้งเขียนคำบรรยาย และอักษร สจล. ไว้ที่รูปภาพสไลด์ เพื่อแสดงลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากนั้นนำฟิล์มสไลด์มาถ่ายภาพจากจอคอมพิวเตอร์ แล้วทำการบันทึกเสียงคำบรรยาย และทำสัญญาณเลื่อนภาพอัตโนมัติ นำผลงานที่เสร็จสมบูรณ์แล้วมาประเมินผลตรวจสอบ 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาของสไลด์ และด้านโครงสร้างของสไลด์

ระยะเวลาในการทำสไลด์ประกอบคำบรรยายชุดนี้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พศ. 2543 ถึงเดือน มีนาคม พศ. 2544 ค่าใช้จ่ายในการจัดทำสไลด์ประกอบคำบรรยายในครั้งนี้เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 5,000 บาท ผลงานที่ได้ประกอบด้วย

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. ภาพสไลด์ | 1 ชุด | จำนวน | 38 ภาพ |
| 2. เทปบันทึกเสียงคำบรรยาย | 1 ม้วน | | |
| 3. คำบรรยายประกอบสไลด์ | 1 เล่ม | | |
| 4. รูปเล่มปัญหาพิเศษ | 3 เล่ม | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2 ปัญหาและอุปสรรค**

ในการผลิตสไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพเสร็จสิ้นลงได้นั้น ผู้จัดทำต้องพบกับปัญหาและอุปสรรคมากมาย ซึ่งก็สามารถหาแนวทางแก้ไขปัญหาทุกอย่างได้ด้วยดี ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทาง และข้อคิดสำหรับผู้ที่ดำเนินการทำปัญหาพิเศษในเรื่องที่คล้าย ๆ กันนี้ ผู้จัดทำได้สรุปปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดทำปัญหาพิเศษชุดนี้ไว้ดังต่อไปนี้

1. สถานที่ในการถ่ายภาพ คือสถานีวิจัยทับกวาง จังหวัดสระบุรี เป็นสถานที่ราชการ ซึ่งอยู่ต่างจังหวัดทำให้เสียเวลาการเดินทาง และสิ้นเปลืองค่ายานพาหนะ และช่วงเวลาที่ทำการถ่ายภาพมีพายุทำให้ฝนตกเกือบทุกวัน จึงต้องเลื่อนเวลาการถ่ายภาพ ทำให้เกิดความล่าช้า

2. ภาพที่ผู้จัดทำได้ถ่ายมาบางครั้งก็ไม่ตรงตามลักษณะที่ต้องการ

3. ความชำนาญในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ ในการทำสไลด์ และการใช้โปรแกรม Adobe Photoshop 5.5 นั้นไม่มีความชำนาญพอ ทำให้เกิดความล่าช้าในการถ่ายภาพ และแต่งภาพ

4. ช่วงระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษนั้นเป็นช่วงที่ออกฝึกสอน จึงไม่ค่อยมีเวลาในการทำในการทำปัญหาพิเศษมากนัก เพราะต้องมีหน้าที่รับผิดชอบหลายอย่าง จึงทำให้งานที่ออกมาล่าช้า

**5.3 ข้อเสนอแนะ**

เนื่องจากการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ผู้จัดทำได้รับประสบการณ์ในการศึกษาด้วยตนเอง ซึ่งพอที่จะเสนอแนะไว้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่จะทำปัญหาพิเศษในครั้งต่อ ๆ ไปดังนี้

1. ถ้าต้องติดต่อสถานที่ราชการ ในการถ่ายภาพ ควรติดต่อตั้งแต่เนิ่น ๆ เพื่อความสะดวก ในการดำเนินการถ่ายภาพ

2. ภาพที่ผู้จัดทำได้ถ่ายมาบางครั้งก็ไม่ตรงตามลักษณะที่ต้องการจึงทำให้ต้องมีการแก้ไข โดยการถ่ายใหม่

3. ควรศึกษาหาความรู้ในการทำสไลด์ และเทคนิควิธีการต่าง ๆ เกี่ยวกับการถ่ายภาพ และการใช้อุปกรณ์ทำสไลด์ เพื่อให้มีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด

4. การทำปัญหาพิเศษมีช่วงระยะเวลาเพียง 1 ภาคเรียนเท่านั้น ควรที่จะเริ่มทำเสียตั้งแต่เนิ่น ๆ จะได้ไม่ต้องมาเร่งในตอนที่ใกล้จะส่งปัญหาพิเศษ ผลงานที่ออกมาจะได้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นงานที่ออกมาจะได้มีคุณภาพ และถูกต้อง

5. ก่อนที่จะนำสไลด์ประกอบคำบรรยายเรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพไปใช้จริง ควรมีการปรับปรุงดังนี้ คือ

- ภาพที่ 2 "ตัวอักษร" สไลด์ประกอบคำบรรยาย, ภาพที่ 7 "ตัวอักษร" แก๊สชีวภาพ, ภาพที่ 9 "ขั้นตอนการสร้างบ่อแก๊สชีวภาพ, ภาพที่ 22 "ตัวอักษร" ขบวนการเกิดแก๊สชีวภาพ, ภาพที่ 24 "ขบวนการเกิดกรด, ภาพที่ 26 "ตัวอักษร" จุลินทรย์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักแก๊สชีวภาพ, ภาพที่ 29 "ตัวอักษร"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของแก๊สชีวภาพ, ภาพที่ 33 “ตัวอักษร” ด้านสิ่งแวดล้อม, ภาพที่ 36 “การบำรุงดูแลรักษาบ่อแก๊ส, ภาพที่ 37 “ตัวอักษร” ผู้มีอุปการะคุณ, ควรใส่แบ็กกราวด์ข้างหลังตัวอักษรเพิ่มเติม

- ภาพที่ 5 “รูปภาพ” อาจารย์ที่ปรึกษา, ภาพที่ 6 “รูปภาพ” ความเป็นมาของแก๊สชีวภาพ, ภาพที่ 10 “รูปภาพ” การเลือกสถานที่สร้างบ่อแก๊สชีวภาพ, ภาพที่ 18 “รูปภาพ” บ่อแก๊สชีวภาพแบบ Plug flow, ภาพที่ 23 “รูปภาพ” ขบวนการไฮโดรไลซิส, ภาพที่ 25 “รูปภาพ” ขบวนการเกิดมีเทน, ภาพที่ 28 องค์ประกอบของการเกิดแก๊สชีวภาพ, ภาพที่ 30 “ รูปภาพ” ด้านพลังงาน, ควรเปลี่ยนสีของตัวอักษรให้ตัดกับสีของภาพ หลีกเลี่ยงตัวอีกษรสีชมพู ควรใช้สีน้ำเงิน และตัวอักษรของแต่ละภาพ มีขนาดเท่ากัน

- ภาพที่ 8 “รูปภาพ” มูลสุกร, ภาพที่ 35 “รูปภาพ” ทำปุ๋ย, ควรทำภาพให้มีขนาดใหญ่สมจริง และเป็นธรรมชาติ

- ภาพที่ 32 “รูปภาพ” ผลิตไฟฟ้า, ควรเป็นภาพถ่ายสถานที่จริงแทนภาพที่ทำจากคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


กิดานัน มลิทอง. 2531. เทคโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 181 น.

เกสร ทวีเศษ และคณะ. 2537. "การคัดเลือกและเก็บรักษาบักเตรีเชื้อผสมที่สามารถใช้ในการหมักแก๊สมีเทน". วิทยาสารเกษตรศาสตร์. ปีที่ 18 เล่ม 2 (พฤษภาคม-สิงหาคม 2537). น. 165.

จันฉาย เตย์ยาคาร. 2533. การเลือกใช้สื่อทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 131 น.

ณรงค์ สมพงษ์. 2530. สื่อเพื่องานส่งเสริมเผยแพร่. กรุงเทพฯ :มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 406 น.

นิพนธ์ ศุขปรีดี. 2521. การใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช. 110 น.

_____ . 2528. โสตทัศนศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : แพร่พิทยาการพิมพ์. 278 น.

ประทิน คล้ายนาค. 2527. การผลิตวัสดุสำหรับเครื่องฉายภาพนิ่ง. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปกร. 178 น.

วราวุฒิ ครูส่ง และรุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 209 น.

วารินทร์ รัศมีพรหม. 2529. สไลด์ประกอบเสียง. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 200 น.

_____. 2531. สื่อการสอนเทคโนโลยีทางการศึกษาและการสอนร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 220 น.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาสนา ชาวหา. 2533. สื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 206 น.

วิรัตน์ สุมน. 2538. "การฝึกอบรมการเลี้ยงสุกร" สถานีวิจัยทับกวาง. (พิมพ์).

สมหญิง กลั่นศิริ. 2523. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 129 น.

สุนันท์ สังข์อ่อง. 2526. สื่อการสอนและนวัตกรรมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 170 น.

สันทัด ภิบาลสุข และพิมพ์ใจ ภิบาลสุข. 2524. การใช้สื่อการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พีระพัธนา. 210 น.

อรุณ คงศักดิ์ไพศาล และคณะ. 2526. เคมีเกษตร. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 428 น.

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

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

พิชิต สกุลพราหมณ์ และมงคล โฉมงาม. http://kumis.cpc.ku.ac.th/nk40/nk/data/06/nk603.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบประเมินคุณภาพสไลด์

**สไลด์ประกอนคำบรรยาย เรื่อง กระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ**

**<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย (✓)ลงในช่องว่างพร้อมข้อเสนอแนะในช่องว่างที่กำหนดให้**

**ระดับคะแนน 1 หมายถึง ต้องแก้ไข**

**ระดับคะแนน 2 หมายถึง พอใช้**

**ระดับคะแนน 3 หมายถึง ปานกลาง**

**ระดับคะแนน 4 หมายถึง ดี**

**ระดับคะแนน 5 หมายถึง ดีมาก**

**<u>ตารางที่ 2</u> แสดงผลการตรวจสอบทางด้านเนื้อหาสไลด์ประกอบคำบรรยาย**

| คำถาม | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 แก้ไข | 2 พอใช้ | 3 ปานกลาง | 4 ดี | 5 ดีมาก |
| เนื้อหาถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร | | | | | |
| ความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันระหว่างภาพกับเสียงคำบรรยาย | | | | | |
| ครบถ้วนของเนื้อหาที่ต้องการสอน | | | | | |
| เนื้อหาเหมาะสมกับระดับปริญญาตรี | | | | | |
| การเรียงเนื้อหาจากง่ายไปหายากตามขั้นตอน | | | | | |

**ข้อเสนอแนะ**.....

.....

.....

.....

**ลงชื่อ**.....

(.....)

**ผู้ประเมิน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงผลการตรวจสอบทางด้านโครงสร้างของสไลด์ประกอบคำบรรยาย

| คำถาม | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1<br>แก้ไข | 2<br>พอใช้ | 3<br>ปาน<br>กลาง | 4<br>ดี | 5<br>ดีมาก |
| ความคมชัดของภาพ | | | | | |
| ขนาดตัวอักษร | | | | | |
| ความถูกต้องของตัวอักษร | | | | | |
| ความสวยงามของภาพ | | | | | |
| ความเหมาะสมของขนาดของภาพ | | | | | |
| ความสัมพันธ์ของเสียงดนตรี และคำบรรยาย | | | | | |
| ความชัดเจนของเสียงบรรยาย | | | | | |
| การเว้นวรรคตอนขณะอ่านคำบรรยาย | | | | | |
| การเน้นความสัมพันธ์ของเนื้อเรื่องขณะอ่านคำบรรยาย | | | | | |
| เวลาที่ใช้ในการฉายสไลด์แต่ละภาพ | | | | | |

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้