4 ก.ย. 2545

การศึกษารูปแบบที่เหมาะสม ในการจัดการมูลโคนม ในฟาร์มขนาดเล็ก

กรณีการศึกษาฟาร์มโคนมขนาดเล็ก สหกรณ์โคนมกำแพงแสน จำกัด

อภินันทนาการ
จาก
ห้องสมุดคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

สุเมษ เมธศาสตร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2541

ISBN 974-589-412-5

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล
Copyright© by Mahidol University

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการมูลโคนมในฟาร์มขนาดเล็ก: กรณีการศึกษาฟาร์มโคนมขนาดเล็ก สหกรณ์โคนมกำแพงแสน จำกัด

.....

สุเมษ เมธศาสตร์

ผู้วิจัย

.....

สุระ พัฒนเกียรติ วท. ม

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

อุษณีย์ อุยะเสถียร วศ. ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....

อดุลย์ วิริยเวชกุล ราชบัณฑิต,

พ.บ., น.บ., F.R.C.P.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

.....

วิทยา ศรีมโนภาษ Ph.D.

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

Copyright by Mahidol University

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการมูลโคนมในฟาร์มขนาดเล็ก: กรณีการศึกษาฟาร์มโคนมขนาดเล็ก สหกรณ์โคนมกำแพงแสน จำกัด

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

วันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2541

.....

สุเมษ เมธศาสตร์

ผู้วิจัย

.....

สุระ พัฒนเกียรติ วท.ม

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

อุษณีย์ อุยะเสถียร วศ.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

บุญมา ป้านประดิษฐ์ วศ.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

อดุลย์ วิริยเวชกุล ราชบัณฑิต,

พ.บ., น.บ., F.R.C.P.

คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยมหิดล

.....

รุ่งจรัส หุตะเจริญ วท.ม.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จไม่ได้หากไม่ได้รับความร่วมมือจากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมของสหกรณ์โคนมกำแพงแสน โดยเฉพาะเจ้าของฟาร์มโคนมคือ คุณสมัย กันหา และคุณวสันต์ กันหา ที่อนุญาตให้ใช้ฟาร์มเป็นสถานที่ทดลอง รวมทั้งดูแลเอาใจใส่บำรุงรักษาบ่อก๊าซชีวภาพเป็นอย่างดี มีก๊าซในปริมาณสม่ำเสมอ ให้ผู้วิจัยใช้ก๊าซในการทดลองจนเสร็จสิ้นการทดลอง ตลอดจนให้ความร่วมมืออย่างดีในการเก็บข้อมูลภายในฟาร์มทุกด้านเกี่ยวตัวโคนมและมูลโค ท่านได้ให้การต้อนรับ ให้ใช้ก๊าซโดยไม่คิดมูลค่าใดๆ เสมือนหนึ่งนักวิจัยเป็นญาติสนิทเข้าออกฟาร์มได้ตลอดเวลาไม่เคยแสดงอาการเบื่อหน่ายเมื่อถูกรบกวนให้ช่วยทำในสิ่งต่าง ๆ ในการดำเนินการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุษณีย์ อุยะเสถียร ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุระ พัฒนเกียรติ และท่านอาจารย์บุญมา ป้านประดิษฐ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาโดยตลอด จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วยความเคารพรักยิ่ง

ขอขอบพระคุณท่านเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาพลังงานจังหวัดราชบุรี ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่าง พี่ชุมนุม ปุญวัฒโฑ หัวหน้าศูนย์วิจัยฯ ผู้ซึ่งให้ความช่วยเหลือทั้งคำแนะนำ อุปกรณ์และหนังสือต่างๆเพื่อสนับสนุนการวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงาน และสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ต่างๆในการวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์เกียรติไกร อายุวัฒน์ และท่านอาจารย์บุญมา ป้านประดิษฐ์ ที่สละเวลาให้กับผู้วิจัยทุกครั้งที่เข้าไปขอคำปรึกษา ทางด้านการออกแบบขั้นต้นของการอบแห้งและการขับน้ำ

ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ธงชัย ไพเราะและ ท่านอาจารย์วรชาติ เศรษฐธรรม อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้สอนวิชาการทางของเหลวและให้คำแนะนำทุกด้านจนผู้วิจัยเข้าใจมากพอ ที่นำไปเชื่อมโยงการทดลองครั้งนี้ได้เป็นอย่างดี

สุดท้ายแต่สำคัญที่สุด ขอขอบพระคุณคุณแม่ผู้ให้กำเนิด ที่ให้ทุนในการวิจัย และขอบคุณ ภรรยา ที่สนับสนุนเครื่องคอมพิวเตอร์ และให้เวลากับผู้วิจัยเพื่อการพิมพ์ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนเสียสละเวลาดูแลบุตรทั้ง 3 คนแทนผู้วิจัยมาโดยตลอดเป็นเวลา 3 ปี

Copyright by Mahidol University

สุเมษ เมธศาสตร์

3636705 ENTM/M :สาขาวิชา เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม; วท.ม. (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)

ศัพท์สำคัญ : รูปแบบการจัดการมูลโคนม / ฟาร์มโคนมขนาดเล็ก

สุเมษ เมธศาสตร์ : การศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการมูลโคนมในฟาร์มขนาดเล็ก : กรณีศึกษาฟาร์มโคนมขนาดเล็ก สหกรณ์โคนมกำแพงแสน จำกัด (THE STUDY ON APPROPRIATE CATTLE MANURE MANAGEMENT PATTERN FOR SMALL SCALE DAIRY FARM : A CASE STUDY OF KAMPAENGSEAN DAIRY COOPERATIVE LTD. FARM) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ สุระ พัฒนเกียรติ, วท.ม., อุษณีย์ อุยะเสถียร วศ.ม. 76 หน้า. ISBN 974-589-412-5

ปริมาณมูลโคนมในฟาร์มโคนมขนาดเล็ก ของสมาชิกสหกรณ์โคนมกำแพงแสน จำกัด ในปัจจุบันไม่มีวิธีการจัดการอย่างเหมาะสม และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี ตามการเลี้ยงที่ขยายตัวมากขึ้น มูลโคนมที่มากขึ้น จะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลง ซึ่งนำโรคสู่โค และยังมีผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ดังนั้น เพื่อหาวิธีลดปัญหาจากมูลโค จึงทำการวิจัยเชิงทดลองขึ้น โดยมีจุดประสงค์ เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสม ในการจัดการมูลโคนมในฟาร์มโคนมขนาดเล็ก และวิเคราะห์ความเป็นไปได้เบื้องต้นทางเศรษฐศาสตร์ การวิจัยดำเนินการในฟาร์มโคนมขนาดเล็ก จำนวนแม่โค 13 ตัว ปริมาณมูลโคประมาณวันละ 210 กิโลกรัม ทำการแบ่งมูลโคนมส่วนแรก จำนวนร้อยละ 76 หรือจำนวน 160 กิโลกรัมไปใส่ในบ่อก๊าซชีวภาพขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร เพื่อหมักให้เกิดก๊าซ และนำมูลโคอีกส่วนจำนวน ร้อยละ 24 หรือ จำนวน 50 กิโลกรัม ไปขับรีดน้ำก่อนนำเข้าอบแห้งในตู้อบแบบกล่อง โดยอาศัยแหล่งกำเนิดลมร้อนจากก๊าซชีวภาพอบแห้งนาน 3 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นลงได้ถึงร้อยละ 54.59 ได้มูลโคอบแห้งจำนวน 30 กิโลกรัม นำไปบรรจุถุงจำหน่ายเป็นปุ๋ยได้

ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบที่เหมาะสม คือ การนำมูลโคนมไปกำจัดในระบบหมักก๊าซชีวภาพ (Biogas) และ นำไปอบแห้งโดยผ่านขบวนการรีดน้ำ (Dewatering) สัดส่วน 76:24 ซึ่งรูปแบบการจัดการมูลโคที่วิจัยได้นี้สามารถนำมูลโคอบแห้งไปจำหน่ายเป็นปุ๋ยได้ และการลงทุนมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อคิดผลประโยชน์ที่ได้รับ ทั้งทางตรงและทางอ้อม

Copyright by Mahidol University

3636705ENTM/M:MAJOR:TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ;M.Sc. (TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT)
KEY WORD : CATTLE MANURE MANAGEMENT PATTERN / DAIRY FARM

SUMET METTASART : THE STUDY ON APPROPRIATE CATTLE MANURE MANAGEMENT PATTERN FOR SMALL SCALE DAIRY FARM : A CASE STUDY OF KAMPAENGSEAN DAIRY COOPERATIVE LTD. FARM. THESIS ADVISOR : SURA PATTANAKIAT; M. Sc. USANEE UYASATIAN; M.Eng.76 p. ISBN 974-589-412-5

Dairy cattle manure from small scale farms in Kampaengsean Dairy Cooperative does not receive proper treatment. There is a trend of increasing quantity of manure related to growing dairy population. More manure causes a greater number of insects which become disease carriers to dairy cattle and cause environmental impact.

This study is designed to identify the appropriate cattle manure management pattern for small scale dairy farms and also to analyse the economic viability of the suggested pattern. The farm selected for the experiment had 13 standing dairy cattle which excreted 210 kilograms of manure per day. About 160 kilograms (76%) of manure were flushed to a digestion chamber to produce methane and 50 kilograms (24%) were taken for dewatering and drying in a tray dryer for 3 hours. The source of energy to make hot air to evaporate moisture in the manure was methane from the digestion chamber. The end product at 3 hours was 30 kilograms of cattle manure which had an average moisture content of 54.59 %, which could be sold as fertilizer.

The result shows that the proportion 76:24 of cattle manure to produce biogas and to be put in dryer is an appropriate cattle manure management pattern. The investment is feasible considering both direct and indirect benefits.

Copyright by Mahidol University

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ซ
บทที่1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 เรื่องทั่วไปเกี่ยวกับฟาร์มโคนม	5
2.2 การจัดการมูลโคนม	10
2.3 เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ	14
2.4 เทคโนโลยีการอบแห้ง	24
2.5 ปุ๋ยอินทรีย์	31
2.6 การขับรีดน้ำ	34
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	
3.1 อุปกรณ์	35
3.2 วิธีการ	37
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	43
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	64
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก ก.	71
ประวัติผู้เขียน	76

Copyright by Mahidol University

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 การจัดการมูลโคนมด้วยการหมัก และการอบแห้งเพื่อทำปุ๋ย 4
รูปที่ 2 การดันมูลโคนมออกจากท่อระบายรวมเพื่อเก็บรวบรวม 11
รูปที่ 3 ลานตากกรองตะกอนและบ่อพักน้ำเสียฟาร์มโคนมขนาดใหญ่ 13
รูปที่ 4 การจัดการมูลโคนมโดยบ่อพักและแปลงหญ้า 12
รูปที่ 5 การใช้แรงโน้มถ่วงช่วยในการจัดการมูลโคนม 12
รูปที่ 6 การใช้แรงโน้มถ่วงถ่ายเทมูลโคนมออกจากบ่อพัก 13
รูปที่ 7 การเก็บมูลโคนมในถังตั้งบนดิน 13
รูปที่ 8 ขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน 21
รูปที่ 9 กราฟแสดงอัตราส่วนความชื้น ณ เวลาต่างๆของการอบแห้ง 26
รูปที่ 10 เส้นลักษณะเฉพาะการอบแห้ง 27
รูปที่ 11 แสดงกลไกการนำความร้อนภายในเนื้อวัสดุ 28
รูปที่ 12 บ่อก๊าซชีวภาพแบบโดมคงที่ ขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร 35
รูปที่ 13 เครื่องมือขับรีดน้ำ 36
รูปที่ 14 ตู้อบแห้งแบบกล่อง 37
รูปที่ 15 ขั้นตอนการจัดการมูลโคนมรูปแบบที่ 1 38
รูปที่ 16 ขั้นตอนการจัดการมูลโคนมรูปแบบที่ 2 39
รูปที่ 17 อัตราส่วนความชื้นและเวลาการอบแห้งมูลโครีดน้ำแต่ละถาดจากการทดลอง 52
รูปที่ 18 มาตรวัดความดันก๊าซอย่างง่าย 70

Copyright by Mahidol University

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง ที่ 1 แหล่งที่พบเชื้อโรคเต้านมอักเสบ 9

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของของเสียชนิดต่างๆ 15

ตารางที่ 3 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากมูลสัตว์ 17

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ที่ทำให้เกิดพิษต่อแบคทีเรีย 20

ตารางที่ 5 องค์ประกอบของมูลสัตว์เลี้ยงในประเทศไทย 33

ตาราง ที่ 6 ค่าวัตถุแห้ง สารอินทรีย์ ไนโตรเจน และแอมโมเนีย ของมูลสัตว์ในบ่อหมัก 33

ตารางที่ 7 อัตราส่วนความชื้นมูลโคสด 45

ตารางที่ 8 อัตราส่วนความชื้นมูลโคสดตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ 3 วัน วันละ 8-10 ชั่วโมง 46

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติความเป็นปุ๋ยอินทรีย์ของมูลโคนม 46

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางชีวภาพของมูลโคนม 47

ตารางที่ 11 การอบแห้งมูลโคสดด้วยก๊าซชีวภาพ 48

ตารางที่ 12 อัตราส่วนความชื้นและอุณหภูมิเหนือถาดอบแห้ง มูลโคนมรีดน้ำ ณ เวลาต่างๆ 50

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความชื้น มูลโคนมในตู้อบแห้ง จากถาดอบแห้ง 3 ถาด 51

ตารางที่ 14 อัตราส่วนความชื้นและปริมาณก๊าซที่ใช้อบแห้งเฉลี่ยมาจากการทดลอง 5 ครั้ง 51

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติความเป็นปุ๋ยอินทรีของมูลโคนมอบแห้ง 52

ตารางที่ 16 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 18 จากผลประโยชน์ทางตรง 56

ตารางที่ 17 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 จากผลประโยชน์ทางตรง 57

ตารางที่ 18 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 จากผลประโยชน์ทางตรง 58

ตารางที่ 19 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 18 จากผลประโยชน์ทางตรงและอ้อม 59

ตารางที่ 20 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 จากผลประโยชน์ทางตรงและอ้อม 60

ตารางที่ 21 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 จากผลประโยชน์ทางตรงและอ้อม 61

Copyright by Mahidol University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

จากการที่ประเทศไทยมีการพัฒนาการทางเศรษฐกิจ และสังคมทุกด้าน เป็นผลให้ประชาชนมีความเป็นอยู่และมีคุณภาพชีวิตที่ดี ตลอดจนมีความรู้ด้านโภชนาการสูงขึ้น ปริมาณความต้องการนมบริโภคจึงเพิ่มมากขึ้น มีอัตราการบริโภคนมพร้อมดื่มเพิ่มขึ้น จาก 2.32 กิโลกรัม ต่อ คน ในปี 2530 เป็น 6.81 กิโลกรัมต่อคนในปี 2537 (1) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังจะเห็นได้จากการส่งเสริมการบริโภคนมนั้น ภาครัฐบาลได้มีโครงการ "นมโรงเรียน" โดยใช้งบประมาณจัดซื้อนม ให้นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาทั้งประเทศได้ดื่มในปี 2536 เป็นเงิน 300 ล้านบาท ปี 2537 เป็นเงิน 1,070 ล้านบาท ปี 2538 เป็นเงิน 1,800 ล้านบาท ในปีงบประมาณ 2540 รัฐบาลได้เตรียมงบประมาณในการนี้ถึง 2,800 ล้านบาท ทำให้ความต้องการบริโภคน้ำนมเพิ่มขึ้น (2) โดยในปี 2537 มีความต้องการ ปีละ 800,000 ตันแต่ผลิตได้เพียง 326,381 ตัน หรือ 30% ของความต้องการ (3) ดังนั้น จึงมีความจำเป็นในการส่งเสริมการเลี้ยงโคนมให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผลผลิตน้ำนมพอเพียงต่อความต้องการบริโภคภายในประเทศ การเลี้ยงโคนมจึงได้รับการส่งเสริมให้ดำเนินการทั่วประเทศ โดยได้มีการส่งเสริมให้เลี้ยงโคนมเพิ่มขึ้นปีละ 10,000 ตัวใน ช่วงปี 2537 - 2539 รวม 30,000 ตัว และในช่วงปี 2540-2544 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้มีแผนงานส่งเสริมการเลี้ยงโคนมอีกถึง 65,000 ตัว ให้กับเกษตรกร (4) และจังหวัดนครปฐมก็จัดอยู่เป็นจังหวัดเป้าหมายของการส่งเสริมตามนโยบายดังกล่าวด้วย แต่เนื่องจากจังหวัดนครปฐมได้รับการประกาศเป็นเขตควบคุมมลพิษ เมื่อวันที่ 25 เมษายน 2538(5)ฉะนั้น การผลิตใด ๆ ที่ก่อให้เกิดมลภาวะ จึงต้องได้รับการวางแผนควบคู่กับการผลิตไปด้วย ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดมีตามมากขึ้นได้ในอนาคต

ของเสียต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตน้ำนมจากการเลี้ยงโคนมในฟาร์มหนึ่ง ๆ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ ของเสียที่เป็นน้ำ (Liquid Wastes) ของเสียที่เป็นของแข็ง (Solid Wastes) และกลิ่นเหม็นหรือเป็นก๊าซ ในส่วนที่เป็นของเสียในรูปของเหลวนั้น จะรวมถึงน้ำเสียที่ระบายออกจากถังหมักหญ้า (Silage Effluent) ในฟาร์มด้วย การหมักหญ้าในถังหมักสำหรับเป็นอาหาร

Copyright by Mahidol University

สำหรับโคนมในฟาร์ม เพื่อให้อาหารมีคุณภาพสูง จึงจำเป็นที่จะต้องมีการเติม น้ำตาล อินทรีย์สาร และสารเร่งการแตกตัวของเซลล์ ซึ่งผลจากการดำเนินการดังกล่าว พบว่ามีค่าความสกปรกวัดเป็น BOD สูงถึง 80,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ถึง 3.8 (6)

Sobel (7) ได้จัดประเภทหรือทำการแบ่งลักษณะมูลสัตว์ไว้ 3 แบบ คือ กึ่งของแข็ง (Semisolid) กึ่งของเหลว (Semiliquid) และ ของเหลว (Liquid) ซึ่งจะสัมพันธ์กับระบบการจัดเก็บ หรือขนถ่ายของเสียในสภาพต่างๆ จากฟาร์ม (Transporting Livestock Wastes) กล่าวคือน้ำเสียจากฟาร์มจะอยู่ในสภาพที่มีจำนวนของแข็งร้อยละ 4 หรือน้อยกว่านั้น ในการจัดการที่เหมาะสมน่าที่จะดำเนินการดังนี้ ถ้าเป็นของเสียที่อยู่ในรูปสเลอรี่ (Slurries) ซึ่งมีจำนวนของแข็งร้อยละ 4 - 15 จะจัดเก็บโดยใช้เครื่องสูบที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ ซึ่งจะทำการกวนสเลอรี่ก่อนการสูบ ส่วนของเสียที่อยู่ในรูปมูลเป็นก้อน (Solid Manure) จะมีของแข็งประมาณร้อยละ 20 หรือคิดเป็นอัตราส่วนความชื้นร้อยละ 80 หรือน้อยกว่านั้น จะทำการจัดเก็บโดยวิธีโกยใส่กะบะหรือรถบรรทุกแบบพ่วงลาก (trailer) หรือ spreader ที่มีรูปทรงเป็นกล่อง หรือเป็น tank เปิด เพื่อ นำไปกำจัดต่อไป

สำหรับการกำจัดของเสียของมูลโคนมในประเทศไทยนั้น ได้จัดลักษณะมูลโคนมที่ขับถ่ายออกมา อยู่ในรูปของของแข็ง ซึ่งมีปริมาณ เฉลี่ยตัวละ 23.6 กิโลกรัมต่อวัน มีอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ย ร้อยละ 83 (8) ในการเลี้ยงโคนมรายย่อยหรือขนาดเล็ก ขนาดฟาร์มไม่เกิน 20 ตัว จะมีการขับถ่ายมูลโคนม ประมาณ วันละ 400-500 กิโลกรัม ซึ่งหากไม่มีวิธีกำจัดที่เหมาะสม จะเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดปัญหาทั้งทางด้านการเลี้ยง และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง ในด้านการเลี้ยงโคนมนั้น ปริมาณมูลโคนมที่สะสมและเปียกชื้น จะเป็นแหล่งที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดีของตัวแก่แมลงวันบ้าน (House fly, *Musca domestica*) และกรณีมีการใช้ฟางเป็นสิ่งปูรองพื้นคอกในการคลอด หรือมีเศษหญ้าฟางปะปนมากับมูลโคนม ขณะเก็บรวบรวมมูลโคนมแล้วนำไปกองสุมอยู่หลังคอก จะทำให้เป็นแหล่งเจริญเติบโตของแมลงวันคอก (Stable fly *Stomoxys calcitrans*) ได้อีกด้วย (9) ดังนั้นการควบคุมแมลงวันบ้านและแมลงวันคอกดังกล่าว โดยการทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ โดยการกำจัดมูลโคนมในคอกให้หมดไป ก็จะเป็นการควบคุมโรคโคนมได้อีกด้วย เพราะพาหะนำโรคสัตว์จากแมลง (Arthropod borne disease) ลดลงไป กล่าวคือ แมลงวันคอกจะเป็นกลุ่มแมลงดูดเลือด (Heamatophagous insects) ถ้ามีโคที่เป็นโรค Anaplasmosis และโรค Trypanosomiasis อยู่ในฝูงหรือบริเวณใกล้เคียงแล้ว การแพร่ระบาดของเชื้อดังกล่าว จะเกิดจากการถ่ายทอดเชื้อโรคโดยแมลงวันคอก ซึ่งเป็น Mechanical vector โดยเชื้อจะอยู่ในปากดูด (proboscis) ได้นาน 10-15 นาที เมื่อแมลงเหล่านี้เกาะและดูดเลือดโคตัวที่มีอาการป่วย ก็จะปล่อยเชื้อเข้าสู่กระแสโลหิตจากโคป่วยสู่โคปกติ ซึ่งโรค

Copyright by Mahidol University

ทั้งสองนั้นทำให้โคมีอาการ ไข้สูง เซื่องซึมเบื่ออาหาร โลหิตจางและ ปริมาณน้ำนมลดลงอย่างเห็นได้ชัด (10) ส่วนแมลงวันบ้านได้มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางว่าจะถ่ายทอดเชื้อโรคต่าง ๆ ของคนและสัตว์ เช่น โรคอหิวาห์ โรคแอนแทรกซ์ และ โรคเต้านมอักเสบในโคนม (9) ทางด้านสิ่งแวดล้อมมูลโคนมที่กองสุมไว้หลังคอก ในหน้าฝนจะถูกชะล้างขณะฝนตกไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง ทำให้เกิดมลภาวะทางน้ำเพิ่มมากขึ้น และในบางพื้นที่ในมูลโคนมที่มีเชื้อ *Cryptosporidium* spp. หากปนเปื้อนลงสู่น้ำผิวดิน และประชาชนนำน้ำผิวดินมาบริโภคอาจทำให้เกิดอาการท้องเสียจากเชื้อโปรโตซัวดังกล่าวได้

จากรายละเอียดดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่ามูลโคจากฟาร์มโคนม มีผลกระทบก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อม จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวิจัย เพื่อหารูปแบบการจัดการที่เหมาะสมในการที่จะได้ใช้วางแผนหรือหามาตรการในการจัดการมูลโคนมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสถานภาพของการจัดการมูลโคนมจากฟาร์มโคนม ขนาดเล็ก

1.2.2 เพื่อศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการมูลโคนมจากฟาร์มโคนมขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

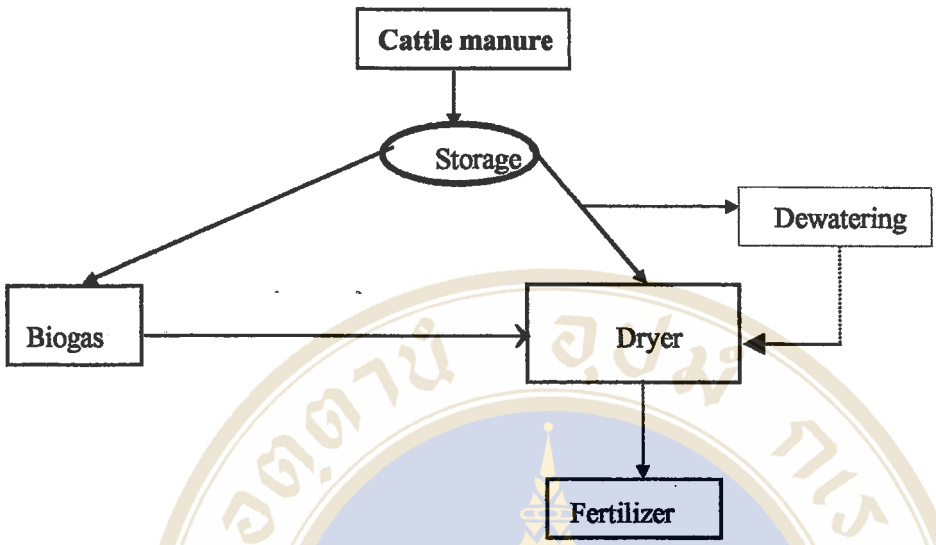
1.3.1 สถานที่ดำเนินการวิจัย

1.3.1.1 ฟาร์มโคนมของสมาชิกสหกรณ์โคนมกำแพงแสน

1.3.1.2 ศูนย์ปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อมคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์

1.3.2 ศึกษาสถานภาพของการจัดการมูลโคนมในปัจจุบัน และขบวนการกำจัด โดยเน้นการดำเนินงานในการที่จะใช้มูลโคนมเป็นแหล่งพลังงาน เพื่อผลิต ก๊าซชีวภาพ แล้วนำก๊าซมาใช้ในขบวนการอบแห้งมูลโคนม ดังรายละเอียดตามรูปที่ 1

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 1 การจัดการมูลโคนม ด้วยการหมัก และอบแห้ง เพื่อทำปุ๋ย

1.3.3 ศึกษาและเลือกใช้เทคโนโลยีในการอบแห้งและการรีดน้ำอย่างง่าย

1.3.4 วิเคราะห์ความเป็นไปได้เบื้องต้น ในด้านต่างๆ ดังนี้

1.3.4.1 ทางวิศวกรรมจะตรวจสอบความเป็นไปได้โดยการประเมินผลตู้อบและการรีดน้ำอย่างง่าย

1.3.4.2 ทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ประเมินแบบปรับค่าของเวลา โดยหามูลค่าปัจจุบัน (Net present value method or NPV)

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้รูปแบบของการจัดการมูลโคนมในฟาร์มขนาดเล็กที่เหมาะสม ทั้ง ในด้านวิศวกรรม และ เศรษฐศาสตร์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการจัดการมูลโคนมในฟาร์มที่มีขนาดใกล้เคียงกันได้

Copyright by Mahidol University

บทที่ 2

ทบทวน วรรณกรรม

การศึกษาเพื่อการจัดการมูลโคนมตกค้างในคอกโคนม เป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการกับมูลโคนมภายในฟาร์มโคนม ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐาน และแนวทางในการวิจัยโดยมีสาระสำคัญ 6 ประการดังนี้

1. เรื่องทั่วไปเกี่ยวกับฟาร์มโคนม
2. การจัดการมูลโคนม
3. เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ
4. การอบแห้ง (Drying)
5. ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลสัตว์
6. การรีดขับน้ำหรือการแยกน้ำขั้นต้น (Dewatering)

2.1 เรื่องทั่วไปเกี่ยวกับฟาร์มโคนม

การจัดการโคนม (11) หมายถึงตั้งแต่การผลิตลูกโคที่มีคุณภาพสูงเพื่อใช้ทดแทนแม่โคที่ต้องคัดทิ้งภายในฟาร์ม การเลี้ยงโคสาว แม่โครีดนม อุ้มท้องและการจัดการแบ่งกลุ่มแม่โคนมตามระยะของการผลิตตลอดจนสภาพแวดล้อม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดการสูญเสีย

2.1.1 การเลี้ยงโคนมในประเทศไทย

ประเทศไทยมีความ สนใจในการพยามยามเลี้ยงโคนม มาแล้วมากกว่า 30 ปี แต่ก็ยังต้องมีการปรับปรุงอีกมากมาย ปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีขีดจำกัดในการผลิตสัตว์ของประเทศที่มีอากาศร้อนคือ สัตว์ได้รับอาหารไม่เพียงพอ นอกจากนี้การที่สัตว์ให้ผลผลิตต่ำนั้น มีสาเหตุจากความเครียด เพราะ ความร้อนของอากาศ ซึ่งมีผลไปลดการกินอาหาร สภาพอากาศในโรงเรือนที่ร้อน มีผลไปลดการย่อยวัตถุแห้งของพวกสัตว์ เคี้ยวเอื้อง หญ้าตามธรรมชาติมีคุณภาพต่ำ และการพัฒนาแปลงหญ้าค่อนข้างล่าช้า การขาดแร่ธาตุ ก็พบได้เสมอ และหญ้ามีพลังงานและโปรตีนต่ำ ดังนั้นสัตว์ในเขตร้อนจึงขาดโปรตีนเกือบตลอดทั้งปี

Copyright by Mahidol University

2.1.2 การเลี้ยงดูลูกโคแรกคลอด

ทันทีหลังคลอดให้สังเกตการหายใจ อาจช่วยโดยการใช้เศษฟางแหย่เข้าไปในรูจมูกของโคจะช่วยให้มีการหายใจหรือถูนวดบริเวณชายโครงของลูกโค บางตัวหายใจก่อนคลอดจึงสูดเอาน้ำเมือกต่างๆเข้าไป ให้ทำความสะอาดบริเวณหลอดลมโดย ใช้มือข้างหนึ่งยึดลิ้นออกมา ส่วนมืออีกข้างหนึ่งใช้เพียงสองนิ้วล้วงเข้าไปถึงหลอดลม หรือให้จับขาคู่หลังขึ้นห้อยหัวลงแกว่งไปมาจะขับน้ำเมือกออกจากหลอดลมและปอดได้ หลังคลอดจะจุ่มสายสะดือลงในทิงเจอร์ไอโอดีน 5% ทำซ้ำเมื่อครบ 12 ชั่วโมงถัดมา หลังแม่โคเลียลูกแล้วให้แยกลูกออกจากแม่ทันที เพื่อป้องกันการโดนแม่โคเหยียบหรือกินนมแม่มากเกินไป และการติดเชื้อโรคบริเวณคอกคลอด

การเลี้ยงลูกโคนิยมแยกลูกโคออกจากแม่มาเลี้ยงบริเวณคอกที่สะอาด ปูพื้นด้วยฟางแห้งป้องกันลูกโคติดเชื้อ อี โคไล และให้ลูกโคกินนมน้ำเหลืองจากแม่โค ปัญหาที่พบเสมอในระยะนี้คือโรคระบบทางเดินหายใจ พบได้ในลูกโคอายุ 3-8 สัปดาห์ เกิดจากไวรัส 5 ชนิดและแบคทีเรีย อีกมากมาย (12) เชื่อว่ามาจากสภาพแวดล้อมในโรงเรือน โดยปะปนในอากาศที่ลูกโคหายใจเข้าไป

2.1.3 การเลี้ยงโคสาว

การเลี้ยงลูกโคเพศเมียเพื่อใช้ทดแทนแม่โคคัดทิ้ง ต้องมีการเจริญเติบโตดีรวดเร็วจนเริ่มเป็นสัด และสามารถผสมพันธุ์ได้อย่างช้าเมื่ออายุปีครึ่ง และคลอดลูกเมื่ออายุได้ประมาณ 28 เดือน โคสาวที่มีสุขภาพดีช่วงการให้นม 3 ระยะแรก จะให้น้ำนมมากกว่าโคสาวที่คลอดลูกที่อายุมาก โคสาวควรมีอัตราการเจริญเติบโตในช่วงอายุ 5-6 เดือน เฉลี่ย 1 กิโลกรัม/วันช่วงอายุ 14-16 เดือน เฉลี่ย 0.4 กิโลกรัม/วัน ถ้าหญ้ามีคุณภาพไม่ดีต้องให้อาหารข้นเพิ่ม 3 กิโลกรัม/วัน โคสาวอายุ 10-16 เดือน จำเป็นต้องได้พลังงาน โปรตีน แร่ธาตุ และเกลืออย่างเพียงพอ เพื่อช่วยให้ร่างกายเจริญเติบโตแสดงอาการเป็นสัด และผสมติดง่าย ต้องกินอาหารข้น 1-2 กก. /ตัว/วัน ระยะอายุตั้งแต่ 16 เดือน จนคลอดลูกเป็นระยะที่ยุ่งยากในการให้อาหาร โดยต้องให้มีสุขภาพดี เจริญเติบโตดีไม่อ้วน

2.1.4 การเลี้ยงแม่โคนมขณะให้นม-อุ้มท้อง

ต้องรักษาการให้นมตามศักยภาพของสายพันธุ์และอาหารที่ได้รับ การดูแลน้ำหนักตัวต้องให้ลดลงน้อยสุดหลังคลอดหรือระยะแรกของการให้นม การเปลี่ยนแปลงอาหารต้องค่อยๆทำ การเปลี่ยนสูตรอาหารทันทีทันใดมักจะทำให้เกิดปัญหาอาหารไม่ย่อย หรือเกิดโรคทางเมแทบอลิซึมเช่น โรคไข้นมหลังคลอดและคีโตซีส

Copyright by Mahidol University

2.1.5 การจัดการสิ่งแวดล้อมและโรงเรือน

โดยทั่วไปโคนมทนทานอากาศเย็นได้ดี เพราะตัวใหญ่และผิวหนังหนา แต่จะไม่ทนทานต่ออากาศร้อน ฟาร์มโคนมที่ไม่สามารถหาวิธีการขจัดความร้อนในฟาร์มได้จะมีผลเสียต่อประสิทธิภาพการผลิตและอัตราการผสมติด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า อัตราการผสมติดครั้งแรกจะสูงในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง พฤษภาคม ของปี (13) การลดความร้อนจึงทำได้หลายวิธี เช่น จัดหาร่มเงา การปรับอากาศ การพ่นละอองน้ำ การให้ดื่มน้ำเย็น การให้กินอาหารตอนกลางคืน

โรงเรือน การออกแบบต้องคำนึงถึงพฤติกรรมของโคนม และความต้องการที่จะใช้ประโยชน์ ได้แก่ พื้นที่ที่จะให้อาหาร ที่นอนพักโค บริเวณที่กำจัดสิ่งปฏิกูล แรงงานที่จะใช้เลี้ยงดู กรณีฟาร์มขนาดใหญ่ 40 แม่ขึ้นไป ต้องดูแลรวมทั้งฝูง โดยแบ่งงานออกเป็นการรีดนม การให้อาหารและการกำจัดสิ่งปฏิกูล ซึ่งจะแตกต่างจากการเลี้ยงโคนมรายย่อย ตัวโรงเรือนมีความสำคัญมาก ต้องคำนึงถึงโรงเรือนเลี้ยงลูกโค โคสาว โคอุ้มท้อง โคท้องแก่แห้งนมก่อนคลอด แม่โคหลังคลอด บริเวณที่นอนพักมีความสำคัญมาก คำนึงถึงน้ำหนักตัวเป็นหลัก บริเวณรางอาหาร เป็นจุดที่แม่โคมารวมกันมาก ต้องออกแบบเพื่อป้องกันการแย่งกันกินและการสูญเสียจากการตกหล่น พื้นคอกต้องไม่ลื่น และมีความลาดเอียงที่จะทำความสะอาดได้ด้วยการล้างง่าย การถ่ายเทอากาศต้องดีควรเป็นหลังคาสองชั้นเปิดตรงกลางระบายอากาศได้

2.1.6 ผลกระทบในทางลบที่เกิดจากการเลี้ยงโคนม

2.1.6.1 ผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ แหล่งน้ำบนผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน จากการศึกษาของ Archer (6) น้ำเสีย จากคอกโค (Cattle Slurry) มีค่าความสกปรกถึง 10,000 - 20,000 mg/l Schofied, et al (15) ได้ศึกษาผลกระทบจากฟาร์ม โคนม โดยศึกษา การเปลี่ยนแปลงของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ใกล้แหล่งการเลี้ยงในโคนมใน West Wales พบว่าจะมีความสกปรกเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กันกับเวลาหลังการล้างคอก เมื่อเสร็จจากการรีดนมทุกครั้ง HMSO (16) มีการแนะนำให้ระวังโปรโตซัวชื่อ *Cryptosporidium Parvum* ที่อาจปนเปื้อนมากับมูลโคนมในน้ำดื่มด้วย ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่จะต้องเร่งรัดหาทางกำจัดมูลโคนม ที่จะปนเปื้อนไปยังน้ำผิวดิน กรณีของโปรโตซัว *Cryptosporidium spp.* จะพบในโคนมที่ท้องเสียมี Oocyst ร้อยละ 25 วิธีการติดต่อนั้น Oocyst จะแบ่งตัวและเป็นระยะติดต่ออยู่ในมูลโคที่มีความชื้นและเย็นยิ่งทำให้ เชื้อมีชีวิตหลายเดือน เนื่องจากมีผนังหนาจึงทำให้ต้านทานต่อยาฆ่าเชื้อ แต่ Oocyst จะตายในอุณหภูมิ สูงกว่า 65 เซลเซียส

Copyright by Mahidol University

2.1.6.2. ผลกระทบกับสุขภาพโคนม กรณีนำมูลโคนมไปทิ้งในบริเวณใกล้เคียง จนเป็นแหล่งเพาะพันธุ์พาหะของแมลงนำโรค สุภรณ์ โพธิ์เงิน (17) กล่าวว่าตัวริ้น (Lyperosiaexigua) เป็นแมลงที่พบได้มากในประเทศไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย จีน และออสเตรเลีย ปกติจะพบ แมลงชนิดนี้เกาะอยู่บนโค กระบือมากที่สุด ไม่พบในสัตว์อื่นๆ และเกาะอยู่บนสัตว์เช่นนั้นตลอดวันตลอดคืน ถ้ามีตัวริ้นอยู่มากๆ อาจทำให้น้ำหนักตัวของสัตว์ลดลงและผลิตผลต่างๆ ก็ลดลงด้วย ซึ่งวงจรชีวิตและความเป็นอยู่ ของริ้นตัวเมียวางไข่บนมูลสัตว์ที่สัตว์ชนิดนั้นถ่ายออกมาใหม่ๆ ขนาดไข่ 1.3-1.5 มิลลิเมตร ไข่จะฟักเป็นตัวภายใน 20 ช.ม. ที่อุณหภูมิปกติ ในที่แห้งไข่จะไม่ฟักออกมา ตัวอ่อนฝังตัวลงไปในมูลสัตว์แล้วกินอาหารที่อยู่ในมูลนั้นๆ ประมาณ 4 วัน จะโตกลางวัยซึ่งระยะนี้ต้องการความชื้นเช่นเดียวกับตัวอ่อน ระยะโตเต็มวัย ประมาณ 6-8 วัน ตัวริ้นเกาะอยู่บนตัวสัตว์ตลอดเวลาอาจดูดเลือดเป็นครั้งคราวแล้วก็จะบินลงมาวางไข่เมื่อสัตว์ถ่ายมูลออกมา

แมลงวันคอก (*Stomoxys calcitrans*) เป็นแมลงดูดเลือดที่พบได้มากในประเทศไทยมีขนาดของลำตัวของตัวผู้ยาว 5-6 มิลลิเมตร ตัวเมียยาวถึง 6-7 มิลลิเมตร โพรโบซีสยาวยื่นออกไปข้างหน้า พัลพาย 2 ข้างสั้นมาก ตามีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว หน้าอกมีสีเทาและมีรอยขีดตามยาว 4 เส้น ส่วนท้องสั้นและกว้างกว่าส่วนท้องของแมลงวันบ้าน มีสีเทาและจุดสีดำ 3 จุดบนลำตัวของแต่ละปล้อง วงจรชีวิตและความเป็นอยู่ ตัวเมียวางไข่ตามหญ้าเน่า ๆ หรือฟางเน่า ๆ และมูลสัตว์ ตัวเมียวางไข่ครั้งละ 25-50 ฟอง และอาจวางได้หลายครั้ง รวมไข่ที่ตัวเมียตัวหนึ่ง ๆ วางได้ประมาณ 800 ฟอง ไข่มีสีขาว สกปรก ยาว 1 มิลลิเมตร บนเปลือกไข่จะมีร่องเป็นทางยาว 1 ร่อง ไข่ฟักเป็นตัวภายใน 1-4 วัน หรืออาจนานกว่านั้น ดักแด้หรือตัวกลางวัยจะเจริญในมูลสัตว์ประมาณ 6-9 วัน ก็จะกลายเป็นตัวเต็มวัย ทั้งตัวผู้และตัวเมียดูดเลือดคนและสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์ใหญ่ เมื่อตัวเต็มวัยอายุได้ 9 วัน ก็จะเริ่มผสมพันธุ์และวางไข่ การวางไข่จะเกิดขึ้นหลังจากได้ดูดเลือดแล้วประมาณ 30 วัน อันตรายของแมลงวันคอกคือจะนำเชื้อ *Trypanosoma evansi* ทำให้เกิดโรคในโค ซึ่งในโคนมที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ได้พบมีการระบาดของโรคจะมีผลทำให้น้ำนมมีปริมาณลดลง (18) นอกจากนี้ยังสามารถ นำโรคแอนแทรกซ์ และเป็นตัวก่อความรำคาญให้แก่ปศุสัตว์เป็นอย่างยิ่ง สัตว์ที่ถูกรบกวนน้ำหนักจะลด ผลิตผลต่าง ๆ เช่น น้ำนม และสุขภาพจะอ่อนแอไปด้วย การทำลายแหล่งกำเนิดคือมูลโค จะเป็นการป้องกันการแพร่ขยายของแมลงวันคอกนี้ได้

แมลงวันบ้าน (*Musca domestica*) เป็นแมลงวันที่พบได้ทั่วโลก และเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เป็นพาหนะนำโรคติดต่อหลายชนิด เช่น เชื้อ แบคทีเรีย โปรโตซัว ไข่

Copyright by Mahidol University

ของหนอนพยาธิ แมลงวันบ้านมีขนาดตัวและรูปร่างคล้ายกับแมลงวันคอก ตัวผู้ยาว 5.8-6.5 มิลลิเมตร ตัวเมียยาว 6.5-7.5 มิลลิเมตรขนอริสต้าขึ้นที่บนหนวดปล้องที่ 3 จะมีลักษณะพลูโมสตั้งแต่โคนขนจนปลายขน

วงจรชีวิตและความเป็นอยู่ แมลงวันบ้านวางไข่ครั้งละ 100-150 ฟอง และสามารถวางไข่ได้ถึง 600 ฟอง ตลอดอายุของมัน แมลงวันบ้านสามารถวางไข่ในมูลสัตว์ได้เช่นกับอุจจาระของคน และแม้กระทั่งกองขยะหรือซากสัตว์หรือสิ่งเน่าเหม็นต่างๆ ขนาดของไข่เท่ากับ 1 มิลลิเมตร มีสีขาว ด้านบนจะมีขอบหนา ๆ 2 ขอบ ไข่ฟักออกเป็นตัวอ่อนภายใน 12-24 ชั่วโมง ตัวอ่อนจะกินอาหารและเจริญอย่างรวดเร็ว ภายใน 3-7 วัน จะมีขนาดตัวยาว 10-12 มิลลิเมตร

อันตรายของแมลงวันบ้านเป็นตัวนำเชื้อโรคต่างๆ มาสู่คนและสัตว์ได้มากกว่าแมลงอื่น ๆ เชื้อโรคที่แมลงวันบ้านสามารถนำมาสู่คนได้ เช่น เชื้อไข้รากสาด เชื้ออหิวาตกโรค เชื้อบิดวัณโรค โรคแอนแทรกซ์ โรคเต้านมอักเสบ ฉะนั้นการควบคุมที่ดีคือการทำลายแหล่งกำเนิดของมัน คือมูลสัตว์และคน การกำจัดกองขยะต่างๆ

กรณีโรคเต้านมอักเสบที่ก่อความเสียหายให้กับการผลิตน้ำนม ธเนศร ทิพยรักษ์ (19) กล่าวว่า เชื้อแบคทีเรียกลุ่มที่ทำให้เกิดอาการรุนแรงของโรคเต้านมอักเสบ มักจะอยู่ตามพื้นคอกและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามตัวโคและผิวหนังที่อยู่บริเวณเต้านม ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคเต้านมอักเสบ

ชื่อเชื้อ	แหล่งที่พบ
E. coli	มูลโค
Enterobacter spp.	มูลโค
Streptococcus uberis	มูลโค
Bacillus cereus	มูลโค
Pseudomonas aeruginosa	มูลโค ดินและน้ำ

2.1.7 ปริมาณมูลโคนม

มูลโคนมจะมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะการเลี้ยงโดยการกินอาหารเข้มข้น อาหารหยาบและอายุโคนม สำหรับแม่โคนม 1 ตัว น้ำหนัก 450 - 650 กิโลกรัม จะขับถ่ายวันละ 25-30 กิโลกรัม (14) มีความชื้นในมูลโคนมเท่ากับ 80 % มูลโคนม (Cattle manure) ที่เป็นวัตถุแห้ง 20% มีไนโตรเจน 0.6 % ฟอสฟอรัส 0.3% โปรแตสเซียม 0.7 % ส่วนของเหลวจากฟาร์มโค

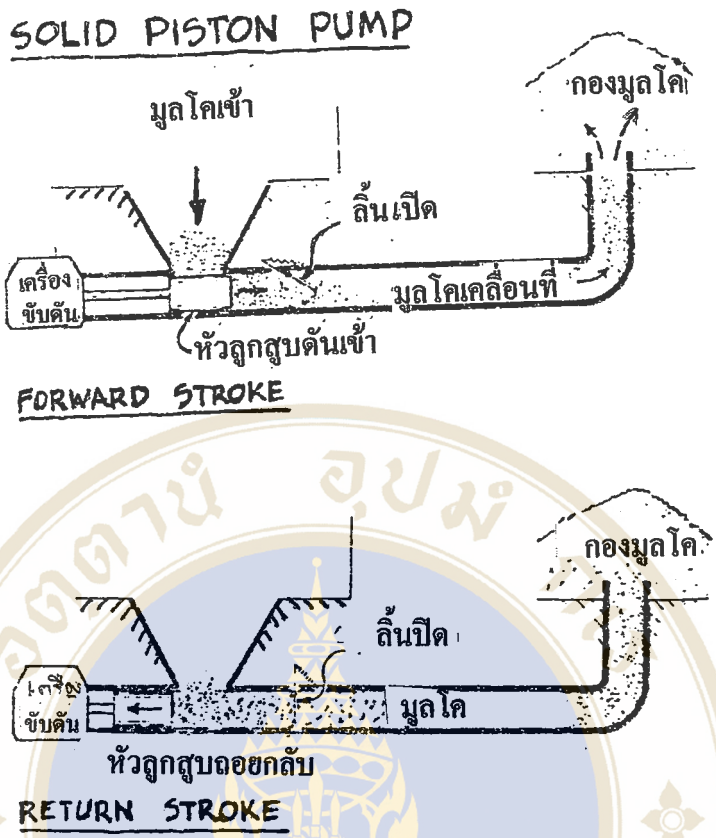
Copyright by Mahidol University

ฟาร์มโคนม (Cattle slurry) จะมีวัตถุแห้งอยู่เพียง 10 % ไนโตรเจน 0.5% ฟอสฟอรัส 0.2 % และโปแตสเซียม 0.5 % (6) ซึ่งจะเห็นว่าหากปล่อยให้ของเสียเหล่านี้ ทิ้งสู่นอกฟาร์ม จะไปปนเปื้อนเกิดมลภาวะจำนวนมาก กับแม่น้ำลำคลอง ซึ่งมูลโคนมนั้นจะมีปริมาณและความเข้มข้นแตกต่างกันไปตามขนาดอายุของโคนม และกระเพาะ อาหารต่าง ๆ ที่พัฒนาการย่อยมาตามลำดับ มูลโคนมในที่นี้หมายถึง มูลโคนมที่ขับถ่ายออกมาทุกวัน รวมทั้งปัสสาวะด้วย

2.2 การจัดการมูลโคนม

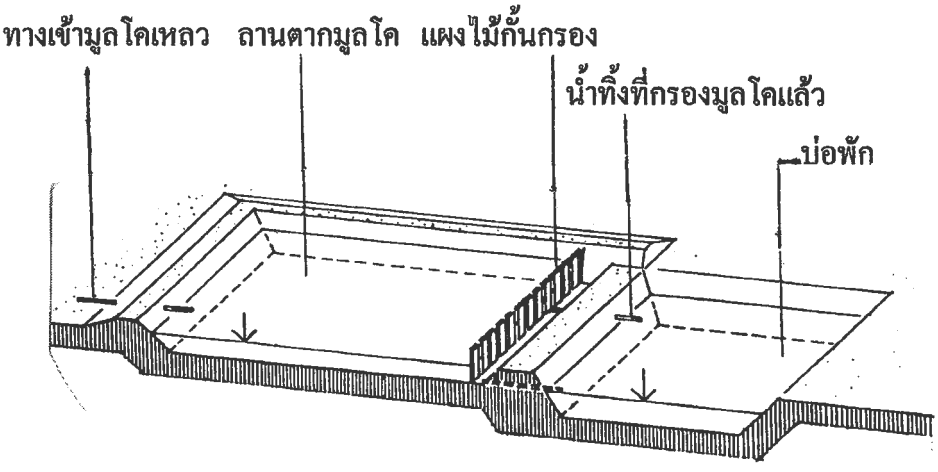
การเลี้ยงโคนมในประเทศพัฒนา เป็นการเลี้ยงขนาดใหญ่หรือจัดเป็นอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ที่มีจำนวนโคนม ถึง 100- 400 ตัว ต่อฟาร์ม และมีการควบคุมมลภาวะจากฟาร์มโคนมอย่างชัดเจน เพราะมีการตรากฎหมายและบทบัญญัติต่างๆ ออกมาใช้ควบคุม การจัดการของเสียอย่างจริงจัง ทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็ง หรือกึ่งของเหลว Graves (20) ใช้วิธีจัดการมูลโคนมโดยการปั๊มด้วยกระบอกสูบ มูลโคนมจะถูกดันไปตามท่อ พีวีซี ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 23-38 เซนติเมตร มูลโคนมจะถูกดันไปกองรวมกับมูลโคนมเก่าทางด้านล่าง ตามรูปที่ 2 ผู้ผลิตจะกำหนดให้ระยะท่อส่งมูลโคนมมีระยะไกลประมาณ 46-92 เมตร ตัวลูกสูบเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร ความยาวระยะการสูบ 60-90 เซนติเมตร รอบการสูบ 5-10 รอบต่อนาที ทั้งนี้การติดตั้งตัวไฮโดรลิคจะติดตั้งอยู่ในแนวนอนที่ระดับล่างของ ร่องระบายที่ทำด้วยคอนกรีตโดยออกแบบทางป้อนเข้าของมูลโคนมเป็นปากแตร ดันมูลโคนมไปรวบรวมกองไว้ระยะห่างจากฟาร์ม เพื่อการขนย้ายไปสู่พื้นที่การเกษตรต่อไป

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 2 การดันมูลโคนมออกจากท่อระบายรวมเพื่อเก็บรวบรวม

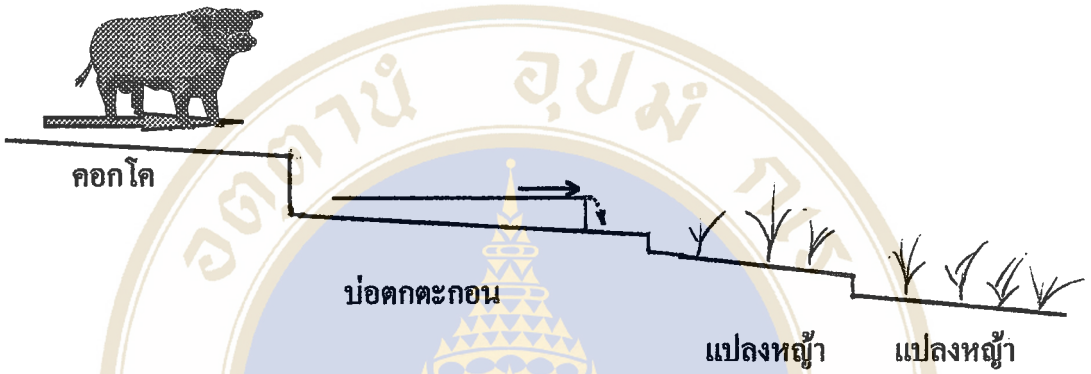
Avon (21)มีการจัดการมูลโคนมในการเลี้ยงโคนมขนาด 400 ตัว ใน Kibbutz Tsova ใน Jerusalem โดยการสูบมูลโคนมไปตามท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ซึ่งระบบท่อที่วางเชื่อมโยงไว้มาจากโรงเรือน 3 หลัง เข้าสู่ลานตากและช่องกรองของแข็ง (Slot Dam Pit) น้ำที่มีของแข็งจำนวนน้อยจะกรองผ่านช่องไม้ไปสู่บ่อพัก ตามรูปที่ 3 วิธีการจัดการกับมูลโคนมดังกล่าวเป็นการจัดการในประเทศอิสราเอล ที่จะได้ประโยชน์จากการนำมูลโคนมตากแห้งไปขายได้ด้วย



Copyright by Mahidol University

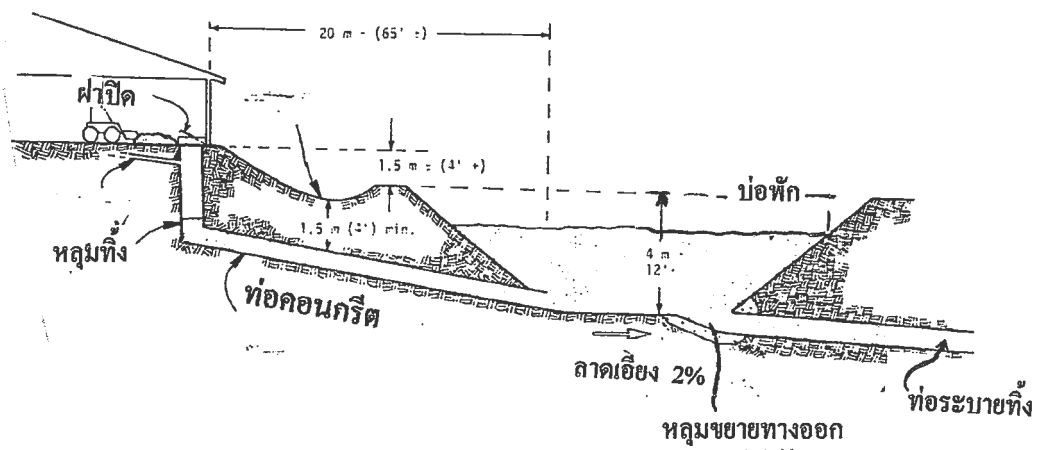
รูปที่ 3 ลานตากกรองตะกอนและบ่อพักน้ำเสียฟาร์มโคนมขนาดใหญ่

Edwards (22) ได้ออกแบบการจัดการมูลโคนมสำหรับโคนม 100 ตัว เริ่มจากการออกแบบโรงเรือนที่ความลาดเอียง 2.5 % เป็นที่เลี้ยงโคนมและขับถ่ายมูลโคนม เมื่อล้างมูลโคนมจะไหลไปรวบรวมไปอยู่ที่บ่อพักที่ทำด้วยคอนกรีต ขนาด 36 ตารางเมตร ลึก 0.44 เมตร มูลโคนมที่เป็นของแข็งจะตกตะกอนในบ่อพักนี้ส่วนน้ำล้นจะปล่อยสู่แปลงหญ้า ที่ออกแบบไว้แต่ละแปลงมีขนาด กว้าง 4.5 เมตร ยาว 30 เมตร ความลาดเอียง 2 % ตามรูปที่ 4



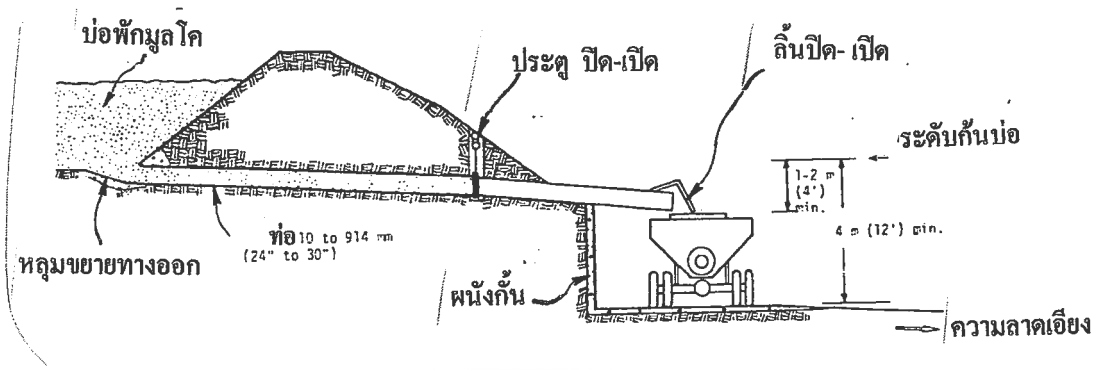
รูปที่ 4 การจัดการมูลโคนมโดยบ่อพักและแปลงหญ้า

Guest (23) ได้ออกแบบการจัดการมูลโคนมโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง โดยมีการออกแบบขุดรับมูลโคนมที่บริเวณท้ายคอก มีท่อขนส่งที่ลาดเอียงประมาณ 10% นำมูลโคนมขนส่งไปตามท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 760 มิลลิเมตร หนา 7.94 มิลลิเมตร หรือเป็นท่อคอนกรีตก็ได้ โดยทำเป็นท่อตรงไปสู่ที่ต่ำกว่า การต่อตรงไปรวมกันเป็นแหล่งเก็บมูลโคเป็น บ่อดินที่ขุดไว้รองรับก่อนที่จะระบายสู่รถขนถ่ายเมื่อบ่อพักเต็ม ตามรูปที่ 5 และ 6



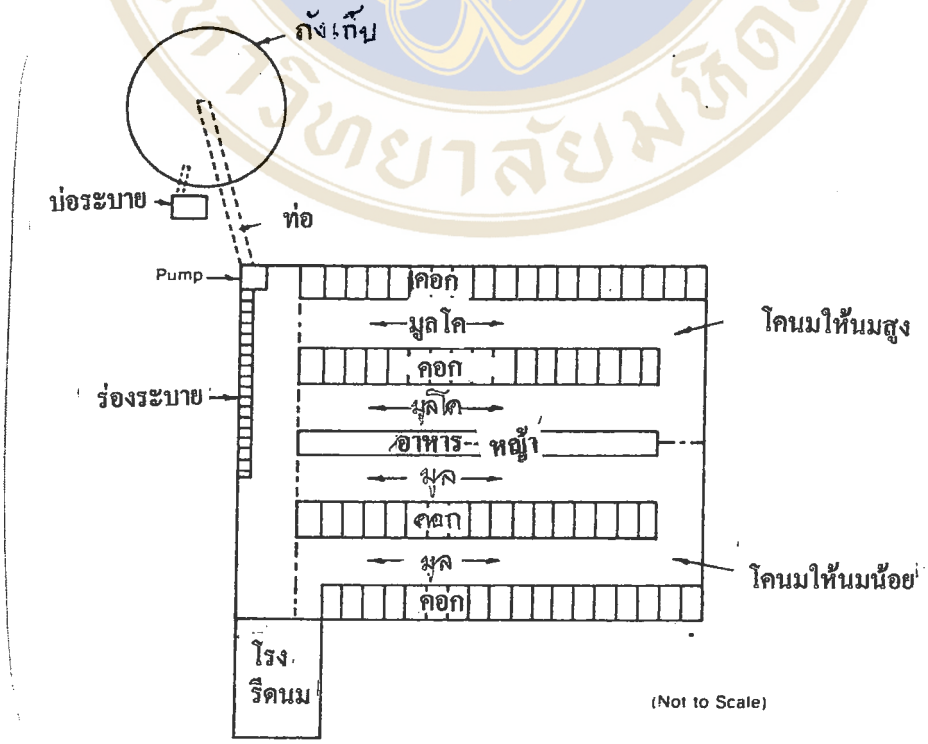
รูปที่ 5 การใช้แรงโน้มถ่วงช่วยในการจัดการมูลโคนม

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 6 การใช้แรงโน้มถ่วง ถ่ายมูลโคนมออกจากบ่อพัก

Safley. (24) มีการจัดการกับมูลโคนมจากฟาร์มโคนมขนาดใหญ่ 115 ตัว ที่เลี้ยงแบบปล่อยอิสระในคอกปล่อย (Free-stall barn) ตามแบบในรูปที่ 7 โดยใช้รถแทรคเตอร์ขนาดเล็กดันโกยมูลโคนมตามร่องท้ายคอกไปสู่ท่อระบายรวมซึ่งท่อระบายนี้ออกแบบลาดเอียงเข้าหาเครื่องสูบแบบแกนดันเครื่องสูบนี้จะขับดันมูลโคนม ผ่านท่อพี วี ซี ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 305 มิลลิเมตร ยาว 23 เมตร เข้าไปรวบรวมที่ถังเก็บที่ตั้งอยู่บนพื้นดิน ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 18.3 เมตร ความสูง 4.6 เมตร ปริมาตรรวมรับการเก็บได้ 1209 ลูกบาศก์เมตร การสูบมูลโคนมเข้าถังทุกวันใช้เวลานาน17 วันเต็มถังจึงจะนำไปใส่ดินตามท้องทุ่ง



Copyright by Mahidol University

รูปที่ 7 การเก็บมูลโคนมในถังตั้งบนดิน

2.3 เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ

2.3.1 ความหมายของก๊าซชีวภาพ

เสาวลักษณ์ ภูมิวสนะ (25) ได้อธิบายความหมายของก๊าซชีวภาพว่า หมายถึง ก๊าซที่เกิดจากผลการหมักย่อยสลายแล้วได้สารอินทรีย์ Zhamghon. (26)ได้กล่าวโดยสรุปถึง สารอินทรีย์ ที่สามารถนำมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นสารเคมีที่ได้มาจากมูลสัตว์ เช่น มูลโค กระบือ สุกร เป็ด ไก่ หรือจากวัชพืชบก วัชพืชน้ำ เช่นหญ้า ผักตบชวา สาหร่ายทะเล ตลอดจนวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น เปลือกผลไม้จากโรงงานผลิตผลไม้ กระป๋อง เศษเนื้อ และเลือด จากโรงงานทำปลากระป๋อง สารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบ ของชีวมวล ได้แก่ เซลลูโลส คาร์โบไฮเดรท โปรตีน และสารอินทรีย์เหล่านี้ จะผ่านการ ย่อยของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มหนึ่งในสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่ง Kenan . (27)ได้ศึกษาและพบว่า แบคทีเรียที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพเป็นแบคทีเรียที่เรียกว่ามีเทนแบคทีเรีย (Methamognic bacteria) ในกรณีของมูลสัตว์ ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ โมเลกุลใหญ่ ๆ มีโครงสร้างที่ซับซ้อน ต้องอาศัย แบคทีเรียกลุ่มอื่น ๆ ย่อยสลายก่อน จะย่อยสลายโดยมีเทนแบคทีเรีย และได้มาเป็นก๊าซชีวภาพ ซึ่ง ก๊าซชีวภาพที่ได้จะเป็นก๊าซผสมของก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ จากการศึกษาของ Chengdu (28) ได้รายงานถึงองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4) ร้อย ละ 55-65 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 35-45 ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ร้อยละ 0-3 ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ร้อยละ 0-1 ก๊าซออกซิเจน (O_2) ร้อยละ 0-1 และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ร้อยละ 0-1 ซึ่งมีก๊าซมีเทน และไอน้ำเล็กน้อย มีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์นี้มีคุณ สมบัติในการติดไฟได้ จึงนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับ การหุงต้ม ให้แสงสว่างและขับเครื่องยนต์ หรือนำมาอบแห้งมูลโคนม

2.3.2 ขบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

ชุมนุม ปุญวัฒโฑ (29) ได้ศึกษารวบรวมข้อมูล ซึ่งสามารถสรุปกระบวนการ หมักในสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ไว้ดังนี้ การเกิดก๊าซชีวภาพจะต้องมีองค์ ประกอบที่สำคัญคือ วัตถุดิบ ที่ประกอบไปด้วยสาร อินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ชนิดของจุลินทรีย์ที่เกี่ยว ข้องกับกระบวนการเกิด และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.3.2.1 ปริมาณ และส่วนประกอบของก๊าซชีวภาพ เกิดจากการย่อยสลายสาร

Copyright by Mahidol University

อินทรีย์ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์ ที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุดิบนั้น โดยปกติแล้วของเสียไม่ได้ประกอบไปด้วยสารอินทรีย์เพียงชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น แต่ประกอบไปด้วยส่วนผสมของสารอินทรีย์ต่างๆ หลายชนิด รวมกัน ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของของเสียชนิดต่างๆ

ชนิดของของเสีย	ส่วนประกอบสารอินทรีย์ในของเสียคิดเป็นร้อยละ			ปริมาณก๊าซ ชีวภาพที่ได้(m^3)
	คาร์โบไฮเดรต	โปรตีน	ไขมัน	
ของเสียที่มีไขมันสูง	12	38	50	1.02
ของเสียที่มีไขมันปานกลาง	15	41	44	0.98
ของเสียที่มีไขมันต่ำ	24	50	26	0.88

การนำของเสียหลายอย่างมาผสมกัน สามารถเพิ่มปริมาณของก๊าซที่ได้จากการหมักได้ ตัวอย่าง เช่น การหมักมูลสัตว์เพียงชนิดเดียว จะให้ก๊าซ 0.38 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมของ Volatine solids ในขณะที่การหมักขยะจะให้ก๊าซ 0. 265 ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัม ถ้านำของเสียทั้งสองชนิด มาผสมกันในอัตราส่วน 1:1 จะให้ก๊าซ 0.407 ลูกบาศก์เมตรต่อ กิโลกรัม ปริมาณก๊าซที่เพิ่มขึ้นนี้อาจเนื่องมาจากอัตราส่วนของ คาร์บอน: ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ในของเสียนี้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและย่อยสลายของจุลินทรีย์

2.3.2.2 กระบวนการเกิดก๊าซชีวภาพและชนิดของจุลินทรีย์ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 Hydrolytic stage ขั้นตอนนี้พวกสารโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน ไขมัน และแป้ง จะถูกย่อยให้มีโมเลกุลเล็กลง ได้เป็น กรดอะมิโน กลีเซอรอล และ กลูโคส หลังจากนั้น จะถูกเปลี่ยน ต่อไปให้ได้ กรดอินทรีย์ เอทธานอล ไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

ขั้นที่ 2 Acetogenic (Acetate- Forming) stage พวกกรดและแอลกอฮอล์ ที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 1 จะถูกเปลี่ยนไปเป็น acetate คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน

ขั้นที่ 3 Methanogenic stage จะเป็นขั้นตอนของการเกิดมีเทนจาก acetate หรือจากคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน

Copyright by Mahidol University

ทั้ง 3 ขั้น ตอนดังกล่าว เกิดจากการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ 4 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 Hydrolytic group ทำหน้าที่ย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่เป็นโมเลกุลเล็ก

กลุ่มที่ 2 Hydrogen- producing - producing acetogenic bacteria พวกที่ทำให้เกิด acetate และ ไฮโดรเจน

กลุ่มที่ 3 Homoacetogenic bacteria พวกที่ผลิต acetate จากสารที่ประกอบคาร์บอน 1 ตัว (H_2/CO_2หรือ HCOOH) หรือย่อยสลายสารที่มีคาร์บอนหลายตัวให้ได้ acetic acid

กลุ่มที่ 4 Methanogenic bacteria พวกที่ทำให้เกิดมีเทน

ขั้นที่ 1+ ขั้นที่2 มีจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง รวมเรียกว่า Non- methanogenic bacteria ขั้นที่ 3 มีจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง รวมเรียกว่า Methanogenic bacteria ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว Non- methanogenic bacteria จะมีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่า และทนต่อสภาพความเป็นกรด(pH 2) ได้มากกว่า Methanogennic Bacteria (เติบโตในช่วง pH 6.8-7.4) ดังนั้นถ้ามีการเกิดกรดอินทรีย์เร็วเกินไปจน Methanogenic bacteria ใช้ไม่ทันก็จะเกิดการสะสมของกรดอินทรีย์มากขึ้น pH จะลดต่ำลง Methanogenic bacteria จะทำงานได้น้อยลง การเกิดก๊าซชีวภาพจะช้า ในขณะเดียวกัน Non -methanogenic bacteria จะยังคงเจริญเติบโตได้ต่อไปอีก การสะสมของกรดอินทรีย์เรื่อยๆ ในขณะที่การใช้กรดอินทรีย์ จะช้าลงจนในที่สุด Methanogenic bacteria ไม่สามารถทนกรดได้อีกต่อไป การเกิดก๊าซชีวภาพก็จะหยุดลง

2.2.3.3 สภาวะแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการหมัก

2.2.3.3.1 ช่วงอุณหภูมิ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ

- ช่วงอุณหภูมิต่ำ(Phychrophillic range) เป็นช่วงอุณหภูมิระหว่าง 5-20 องศาเซลเซียส ช่วงเหมาะสม (optimum) จะอยู่ในช่วง 5-15 องศาเซลเซียส

ช่วงอุณหภูมิปานกลาง (mesophilic range) เป็นช่วงอุณหภูมิระหว่าง 20-42 องศาเซลเซียส ช่วงที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 35-40 องศาเซลเซียส

ช่วงอุณหภูมิสูง (thermophilic range) เป็นช่วงอุณหภูมิระหว่าง 45-65องศาเซลเซียส ช่วงที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 55-60 องศาเซลเซียส

ช่วงอุณหภูมิปานกลางและช่วงอุณหภูมิสูง จะมีอิทธิพลมากที่สุดต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ ยิ่งอุณหภูมิสูงมากขึ้น อัตราการย่อยสลายจะสูงขึ้นทำให้สามารถรับปริมาณสารอินทรีย์ได้สูงมากขึ้น และ hydraulic retention time ลดลง

Copyright by Mahidol University

2.2.3.3.2 ความเป็นกรดและด่าง (pH)

ความเป็นกรดและด่างมีความสำคัญต่อการหมักมากช่วง pHที่เหมาะสมต่อการหมัก จะอยู่ระดับ 6.6-7.5 ถ้า pH สูงหรือต่ำเกินไปจะอันตรายต่อแบคทีเรีย โดยเฉพาะแบคทีเรียที่สร้างมีเทน ถ้า pHต่ำลงจนถึง 6.3 จะเป็นอันตรายต่อการดำรงชีพของแบคทีเรียกลุ่มนี้ สภาพการลดต่ำลงของ pHพบว่าเกิดจากระบบรับปริมาณของสารอินทรีย์เมื่อเทียบกับปริมาตรของถังหมักมากเกินควร ทำให้แบคทีเรียที่สร้างมีเทนใช้กรดอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดขึ้นได้ไม่ทันจนเกิดการสะสมของกรดไว้มากยังผลให้ pHลดต่ำลงอย่างรวดเร็วที่pHระหว่าง4.5-5.0 แบคทีเรียที่สร้างมีเทนจะหยุดการเจริญเติบโต ซึ่งส่งผลทำให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้ลดลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งไม่เกิดอีก ในที่สุดถังหมักจะมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวแทน

2.2.3.3.3 ความเหนียวข้นในบ่อหมัก

ส่วนผสมในบ่อหมักที่ความเหนียวข้นมาก จะทำให้ก๊าซชีวภาพที่หมักหมมอยู่ก้นบ่อ และก๊าซบางชนิด เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ สะสมที่ก้นบ่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไปย่อยสลายสารอินทรีย์ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพได้

2.2.3.3.4 ชนิดของสารอินทรีย์ที่ใช้

สุภาพร จันรุ่งเรือง (30)ได้เสนอชนิดของสารอินทรีย์ที่ใช้ สรุปได้ว่า มูลสัตว์ทุกชนิด ขยะมูลฝอย และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถนำไปใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพได้ แต่คุณสมบัติของแต่ละชนิดสารอินทรีย์ดังกล่าวจะแตกต่างกันไป และให้ก๊าซชีวภาพในปริมาณที่แตกต่างกันไป ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ได้จากมูลสัตว์

ชนิดสัตว์และสารอินทรีย์	ปริมาณก๊าซต่อกิโลกรัมของแข็ง(ลิตร)
สุกร	340 - 550
โค	90- 310
ไก่	310 - 620
ม้า	200 - 300
แกะ	90 - 310
ฟางข้าว	105
หญ้า	280- 550
เปลือกถั่ว	365
ผักตบชวา	375

Copyright by Mahidol University

2.2.3.3.5 Alkalinity

เป็นความสามารถของน้ำ ในการรับอนุภาคโปรตอน (Protons) alkalinityวัดได้อยู่ในรูปของไบคาร์บอเนต คาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์ และมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)ค่า alkalinity ในระบบหมักจึงแสดงถึงเสถียรภาพของการหมัก ถ้าค่า alkalinity สูงแสดงว่าระบบหมักมี Buffering Capacity สูง สามารถรักษาค่าของpH ให้คงตัวอยู่ได้นาน ถ้าค่า alkalinity ต่ำแสดงว่ามีกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile acids) สะสมตัวในปริมาณค่อนข้างมาก ต้องดูแลระบบหมักให้มากเป็นพิเศษ เพราะมีแนวโน้มที่จะเป็นกรดได้ง่ายดังนั้น ค่า alkalinity ในระบบหมักจึงแสดงถึงเสถียรภาพของระบบหมัก ค่า alkalinity ที่เหมาะสมต่อการหมักก๊าซชีวภาพมีค่าประมาณ 1,000-5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร วิธีสังเกตเพื่อวินิจฉัยเสถียรภาพของระบบหมักอาจดูได้จากสัดส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายต่ออัลคาไลน์นิตี้ ถ้าสัดส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายต่ออัลคาไลน์นิตี้มีค่ามากกว่า 0.3 แล้วเสถียรภาพของระบบจะไม่ดี และโอกาสที่ระบบจะล้มเหลวหรือเสียสภาพสมดุลได้ง่าย

2.2.3.3.6 กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile acids)

ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในสภาวะไร้ออกซิเจน มักจะพบกรดอินทรีย์ระเหยง่าย(Volatile acids) เกิดขึ้นเป็น ผลิตภัณฑ์ชั้นกลาง (Intermediate products) ถ้ากรดอินทรีย์ระเหยง่ายสะสมอยู่ในถังหมักมากเกินควร จะทำให้ค่า alkalinity มีแนวโน้มลดลง ซึ่งจะส่งผลให้ค่า pH ลดลงได้ง่ายขึ้น Methanogenic bacteria จะเป็นอันตราย และในที่สุดจะนำไปสู่การเสียสภาพสมดุลย์ ของการหมัก ดังนั้นการติดตามควบคุมการทำงานของระบบหมัก จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาปริมาณของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายกับอัลคาไลน์นิตี้ และวัด pHควบคู่กันไปด้วยเสมอ เมื่อตรวจพบว่าการทำงานของระบบหมักมีแนวโน้มจะเสียสมดุลย์ของการหมัก กล่าวคือมีความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายสูงมากและอัลคาไลน์นีตี้ต่ำ (อัตราส่วนของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายต่ออัลคาไลน์นิตี้มากกว่า 0.3) และ pHต่ำกว่า 6.5 จำเป็นจะต้องแก้ไขให้ระบบกลับเข้าสู่สมดุล ซึ่งอาจจะทำได้โดย วิธีปรับ pHให้มีค่าสูงขึ้นโดยการเติมสารละลายด่างของพวกแคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH)_2$ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) ลงในระบบหมักและอีกวิธีโดยการลดปริมาณการเติมสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบ ให้น้อยลง หรือหยุดเติมจะทำให้แบคทีเรียที่สร้างมีเทน ใช้สารละลายกรดอินทรีย์ระเหยที่มีอยู่มากให้มีปริมาณลดลง pHของระบบจะสูงขึ้น เสถียรภาพของระบบ จะกลับคืนมาแต่วิธีการนี้ใช้เวลาค่อนข้างนานเมื่อเทียบกับวิธีแรก

2.2.3.3.7 อาหารเสริมสร้าง (Nutrients)

Copyright by Mahidol University

นอกจากสารอินทรีย์ในระบบหมักที่ใช้เป็นอาหารโดยตรงของแบคทีเรียแล้ว แบคทีเรียยังต้องการแร่ธาตุบางชนิดในการสร้างเซลล์ ใหม่ด้วย เช่น ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ในอัตราส่วน ที่เหมาะสมยังไม่ปรากฏว่ามีการสรุปไว้แน่ชัด แต่อาจประมาณคร่าว ๆ ได้เป็น COD : N : P เท่ากับ 100 : 2.2 : 0.4 แม้ว่าแบคทีเรีย จะต้องการแร่ธาตุเหล่านี้ในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำมาก แต่ถ้าขาดแร่ธาตุเหล่านี้ แบคทีเรียจะทำการย่อยสลาย สารอินทรีย์ได้ไม่เต็มที่ จึงจำเป็นต้องเติมสารอาหารเหล่านี้ลงไป เพื่อปรับปรุงอัตราส่วน COD : N : P ให้เหมาะสมด้วย โดยทั่วไปแล้วน้ำโสโครก มูลสัตว์ และน้ำเสียจากโรงงานอาหารกระป๋องจะมีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพียงพอแก่ความต้องการของแบคทีเรีย จึงไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารทั้งสองประเภทนี้ลงไปอีก ส่วนธาตุอื่น ๆ ที่จำเป็นนอกเหนือไปจากแร่ธาตุเหล่านี้ ได้แก่แคลเซียม แมกนีเซียม โคบอลต์ และเหล็ก ซึ่งปริมาณที่ต้องการจะน้อยมากและในกรณีทั่วไปมักมีเพียงพออยู่แล้ว

2.2.3.3.8 ซีโอดี (COD) คือค่าความต้องการออกซิเจนของน้ำเสียที่หาได้โดยวิธีการทางเคมี ค่า COD จึงแสดงถึงปริมาณของสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเสียทั้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้ ค่า COD จึงมีค่าสูงกว่าค่า BOD เสมอ แต่ค่า COD ได้รับความนิยมและมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวแปรในการควบคุมระบบหมัก หรือระบบกำจัดน้ำเสียต่างๆ มากกว่า BOD เพราะสามารถวัดผลได้รวดเร็วกว่า (ค่า COD ใช้เวลาในการวัดไม่เกิน 3 ชั่วโมง ในขณะที่ค่าBOD จะต้องใช้เวลาถึง 5 วัน จึงจะได้ผล) ดังนั้นถ้าระบบหมักมีข้อบกพร่องเกิดขึ้นจะทำให้สามารถแก้ไขได้ทันท่วงที

2.2.3.3.9 ปริมาณของแข็งในระบบหมัก

เป็นสิ่งต่างๆที่เจือปนอยู่ในสารที่นำมาทำการหมักซึ่งจะไม่รวมถึงน้ำและสารที่ระเหยได้ ปกติแล้วของแข็งนี้ จะมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ปนกันอยู่ ค่าของของแข็งนี้ใช้แสดงถึงคุณภาพของน้ำเสีย และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งในระบบหมัก หรือแสดงถึงว่าระบบมีความสามารถในการย่อยสลายของแข็งได้มากหรือน้อยเพียงใดโดยปกติมักจะวิเคราะห์ออกมาในรูปของของแข็งทั้งหมด (total solid) และของแข็งที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile solid) ซึ่งรายละเอียดในการวิเคราะห์จะไม่กล่าวถึงในที่นี้ แต่สามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิง

2.2.3.3.10 สารพิษ (Toxic substances)

สารบางอย่างถ้ามีในระบบหมักมากเกินไปจะเป็นพิษต่อแบคทีเรีย ซึ่งระดับของความเป็นพิษจะขึ้นกับชนิดและปริมาณของสารพิษเหล่านั้น ส่วนมากแล้วธาตุหนักๆ หรือธาตุที่มีค่าวาเลนซี (Valency)สูงๆ มักจะเป็นพิษมากกว่าธาตุที่มี Valency ต่ำ ตามตารางที่ 4

Copyright by Mahidol University

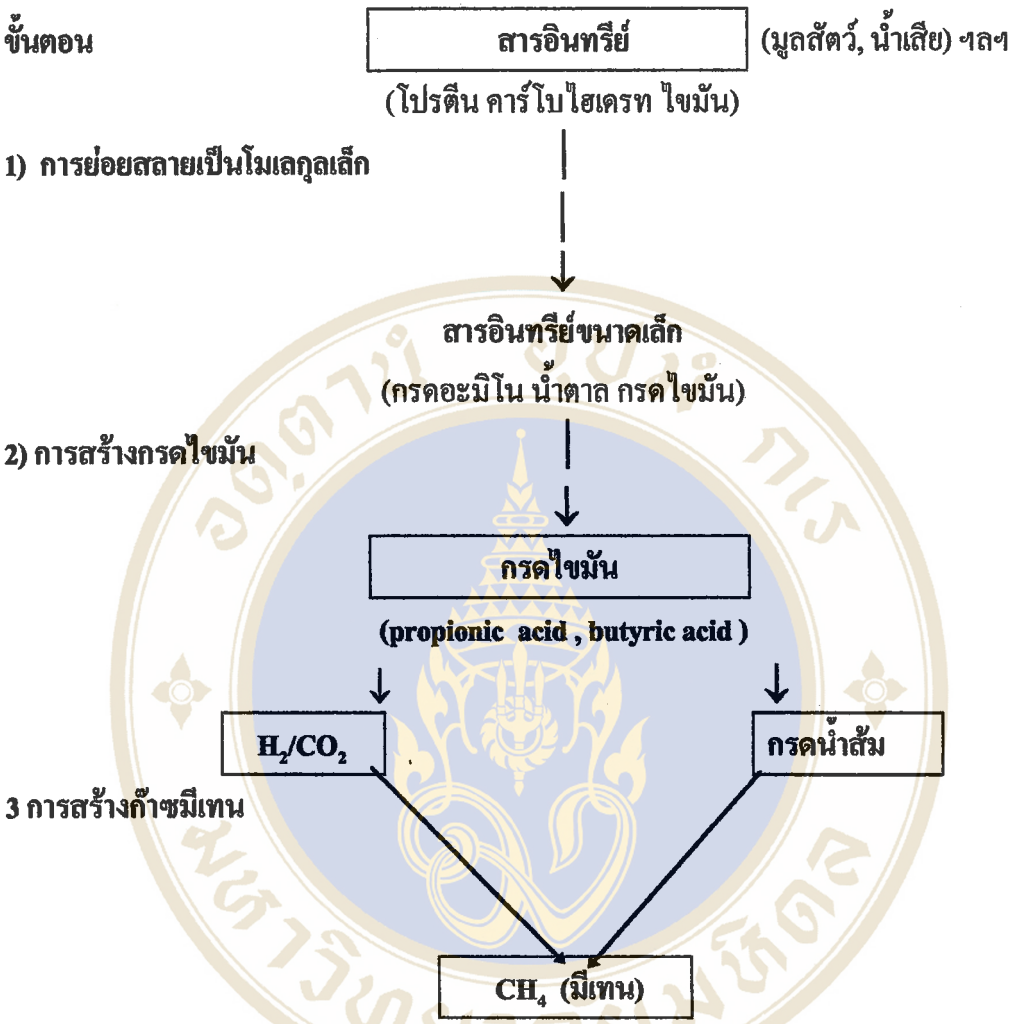
ตารางที่ 4 ความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดพิษต่อแบคทีเรีย

Inorganic Ion	Optimum Concentration mg./l.	Moderate Concentration mg./l.	Strongly Inhibitory Concentration mg/l.
Ca	100 - 200	2500 - 4500	8000
Cr	0	2	2
Co	75 -150	0	0
Mg	200 - 400	1000 - 1500	3000
K	100 - 500	2500 - 4500	12000

2.3.3 ปฏิกิริยาชีวเคมีในสภาวะไร้ออกซิเจน

การย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน พัชริน ดำรงกิตติกุล (31) อธิบายว่า สารอินทรีย์ในมูลสัตว์อยู่ในรูปของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และ ไขมัน ซึ่งส่วนใหญ่ไม่ละลายน้ำ เนื่องจากมีโมเลกุลใหญ่เมื่ออยู่ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน จะเกิดขบวนการย่อยสลายโดยแบคทีเรียกลุ่มหนึ่ง ทำให้แตกตัวมีขนาดโมเลกุลเล็กลงและสามารถละลายน้ำได้ ผลจากการย่อยสลายในขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่ได้แก่ กรดอะมิโนได้มาจากการย่อยสลายโปรตีน น้ำตาล (Simple sugar) ได้มาจากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต กรดไขมัน (Fatty acids and glycerol) ได้มาจากการย่อยสลายไขมัน (Lipids) สารพวกกรดอมิโน น้ำตาล และกรดไขมัน จะถูกย่อยสลายเป็นกรดไขมันชนิดต่างๆ โดยแบคทีเรียพวกที่สร้างกรด จากนั้นกรดไขมันชนิดต่างๆ ก็ถูกย่อยสลายเป็นกรดน้ำส้มสายชู ก๊าซไฮโดรเจน กรดน้ำส้มสายชู จะถูกย่อยสลายต่อไปเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยแบคทีเรียกลุ่ม Methan former ประมาณ 70% ของก๊าซมีเทน เกิดจากการสลายตัวของกรดน้ำส้ม ส่วนอีก 30% ของก๊าซมีเทนผลิตได้จากปฏิกิริยาของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน ตามรูปที่ 8

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 8 ขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน

2.3.4 รูปแบบบ่อหมักแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic digester)

รูปแบบของบ่อหมักแบบไร้ออกซิเจน ได้แยกตามลักษณะอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เป็น 2 ประเภท (32) คือ

2.3.4.1 บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (Low rate anaerobic digester)

บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า เป็นบ่อหมักที่ออกแบบเพื่อที่อาศัยกลุ่มของแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งผลิตก๊าซชีวภาพที่มีส่วน

Copyright by Mahidol University

ประกอบของก๊าซมีเทนประมาณร้อยละ 65-70 บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้านี้ จะมีคุณสมบัติที่สามารถรับน้ำเสียที่มีปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่.ในน้ำเสียได้ในปริมาณสูง เช่น น้ำเสียจากคอกสัตว์ ดังผลการทดลองของ ฮายีสและคณะ (33) พบว่าบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบราง สามารถใช้สำหรับย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่มาจากคอกสัตว์ ที่มีความเข้มข้นของของแข็งรวม (total solids concentration) ในอัตราร้อยละ 10-12 ได้ ซึ่งในปริมาณของแข็งรวมในน้ำเสียดังกล่าวจะมีปริมาณของแข็งที่ระเหยได้ (volatile solids) ประมาณร้อยละ 70-80 สำหรับของเสียจากคอกสุกร Werner,U, et al. (34) กล่าวว่าอัตราการเติมภาระสารอินทรีย์ (Organic loading rate) ควรจะอยู่ในช่วงประมาณ 1.5-2 กิโลกรัม (ของของแข็งที่ระเหยได้) ต่อลูกบาศก์เมตรของบ่อหมักต่อวัน โดยระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลายจะต้องนานถึงประมาณ 40 วัน เพื่อให้แบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนดังกล่าว ซึ่งมีอยู่หลายกลุ่มย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ให้มีโลกุลเล็กลง และเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพในที่สุด ประสิทธิภาพของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้านี้ จะอยู่ในช่วงประมาณ ร้อยละ 60-70 ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และระยะเวลาของการหมักบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า นี้จะมีที่เติมเพื่อใช้เป็นที่ท่อปล่อยน้ำเสียลงสู่บ่อหมัก และมีท่อล้นออกเพื่อปล่อยน้ำที่ผ่านการย่อยสลายสารอินทรีย์แล้วออกไปจากบ่อหมัก น้ำที่ออกจากบ่อหมักจะยังคงมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่สูง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีระบบที่จะมารองรับ การย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ยังปนเปื้อนอยู่ในน้ำมูลหมักต่อไป

ก๊าซที่เกิดขึ้นในบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้านี้จะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากแบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์อยู่ตลอดเวลา ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีส่วนของบ่อหมักที่ใช้ในการเก็บก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่ง และจะต้องมีการนำก๊าซชีวภาพที่ไปใช้ประโยชน์อย่างสม่ำเสมอด้วย ลักษณะรูปแบบของบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้าที่มีใช้อยู่ในประเทศไทยทั่วๆ ไปนั้นพอที่จะแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ

รูปแบบที่ 1 บ่อหมักช้าแบบถังลอย (Floating drum digester)

บ่อหมักช้าแบบถังลอยนี้ เป็นรูปแบบจากประเทศอินเดียมาประยุกต์ใช้ ในประเทศไทยได้ 35 ปี แล้วลักษณะของบ่อหมักโดยส่วนใหญ่จะเป็นรูปทรงกระบอกที่เป็นคอนกรีตหรือโลหะ ซึ่งอาจจะติดตั้งโดยการฝังดินหรืออยู่บนผิวดินถังหมักแบบนี้จะมีท่อเติมน้ำเสียและท่อล้นออกแบบง่ายๆ การติดตั้งจะให้ปลายของท่อเติมจมอยู่ทางด้านบนของบ่อหมัก ในส่วนที่เป็นของเหลวเพื่อใช้สำหรับเติมน้ำเสีย และปลายของท่อล้นจมอยู่ทางด้านล่างของบ่อหมักส่วนที่เป็นของเหลว เพื่อใช้สำหรับนำของเหลวที่ผ่านการหมักแล้วออก สำหรับในส่วนที่ใช้เก็บก๊าซชีวภาพ

Copyright by Mahidol University

นั้นจะมีฝาครอบซึ่งลอยอยู่ในน้ำ และมีน้ำหนักกดทับไว้บนฝาครอบเพื่อสร้างแรงดันของก๊าซชีวภาพซึ่งอยู่ใต้ฝาครอบให้มีค่าสูง และสามารถส่งออกไปตามท่อเพื่อใช้งาน ฝาครอบแบบลอยนี้จะลอยขึ้น และลงได้ตามปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น และเก็บอยู่ภายในบ่อหมัก

รูปแบบที่ 2 บ่อหมักช้าแบบโดมคงที่ (Fixed dome digester)

บ่อหมักแบบโดมคงที่เป็นรูปแบบที่มาจากประเทศจีนซึ่งเคยมีการนำมาใช้ในประเทศไทยมาตั้งแต่ปี2503 ลักษณะของบ่อหมัก และที่เก็บก๊าซจะเป็นรูปครึ่งทรงกลมที่ฝังอยู่ในดิน การก่อสร้างจะใช้วิธีเทคอนกรีตหรือก่ออิฐโบกปูน บ่อหมักแบบนี้จะมีท่อเติมจมอยู่ทางด้านบนของบ่อหมักในส่วนเป็นของเหลว เพื่อใช้สำหรับเป็นที่เติมน้ำเสียลงในบ่อหมัก และปลายท่อล้นจมอยู่ทางด้านล่างของบ่อหมัก ส่วนที่เป็นของเหลว สำหรับท่อล้นส่วนปลายบนจะติดอยู่กับบ่อล้นเพื่อใช้น้ำหนักของของเหลวในบ่อล้น เป็นตัวกดให้ก๊าซชีวภาพที่อยู่ในส่วนบนของบ่อหมักมีแรงดันส่งไปตามท่อส่งก๊าซใช้งาน และขณะเดียวกันจะใช้เป็นทางออกของน้ำที่ผ่านการหมักแล้วด้วย และบ่อหมักแบบนี้อาจจะมีท่อที่ใช้สำหรับดึงกากที่ตกค้างอยู่ในบ่อหมักด้วย ซึ่งปลายที่ที่ใช้สำหรับดึงกากนั้นจะอยู่ส่วนล่างของบ่อหมัก บ่อหมักแบบโดมคงที่นี้ต้องการเทคนิคและความชำนาญในการก่อสร้างสูง โดยเฉพาะส่วนโดมของบ่อหมัก ถ้าขาดความชำนาญจะทำให้เกิดก๊าซรั่วตามรอยแตกร้าว ซึ่งการซ่อมแซมหรือการรื้อสร้างใหม่นั้นทำได้ยาก ปัจจุบันบ่อหมักแบบโดมคงที่นี้นิยมใช้กับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดเล็ก ที่ต้องการปริมาตรบรรจุของบ่อหมักตั้งแต่ 12 ลูกบาศก์เมตร ไปจนถึง 100 ลูกบาศก์เมตร

รูปแบบที่ 3 . บ่อหมักแบบช้าแบบราง (Channel digest)

บ่อหมักแบบราง เป็นบ่อหมักที่พัฒนาขึ้นมาใหม่จะมีลักษณะยาวคล้ายราง โดยความยาวจะมากกว่าความกว้างไม่น้อยกว่า 4-5 เท่า จะมีท่อเติมและท่อล้นออกอยู่ส่วนหัวและท้ายของบ่อหมักตามลำดับ ปลายท่อล้นจะจมอยู่ในของเหลว ส่วนบนของบ่อหมักจะมีพลาสติกคลุมอยู่เพื่อใช้เป็นที่สำหรับเก็บก๊าซชีวภาพ โดยปลายของพลาสติกจะจมอยู่ในของเหลวเพื่อกันไม่ให้ก๊าซชีวภาพหลุดออกไป ส่วนของบ่อหมักที่ใช้บรรจุของเหลวนั้นจะอยู่ในดิน และมีส่วนเก็บก๊าซอยู่บนผิวดิน ก๊าซที่เกิดขึ้นและเก็บใต้พลาสติกจะถูกส่งออกไปตามท่อส่งก๊าซเพื่อนำไปใช้งาน บ่อหมักแบบรางเป็นที่นิยมใช้กับฟาร์มขนาดใหญ่ ที่ต้องการความจุของบ่อหมักมากกว่า 100 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งปัจจุบันได้มีการสร้างบ่อหมักแบบรางหลายขนาดตั้งแต่ขนาดความจุ

Copyright by Mahidol University

ปริมาตรบรรจุ 400 ลูกบาศก์เมตร ไปจนถึง 1,400 ลูกบาศก์ เมตรเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในระบบบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกรในหลายๆแห่ง ก๊าซชีวภาพที่เก็บ อยู่ใต้พลาสติกที่ใช้คลุมบ่อนั้นจะมีความดันของก๊าซน้อยมาก โดยความดันไม่เกิน 5 เซนติเมตรของน้ำ ดังนั้น ในกรณีที่ต้องการใช้ก๊าซชีวภาพกับอุปกรณ์ต้องการความดันสูง จำเป็นที่จะต้องมีเครื่องส่งก๊าซ (Gas pump) ช่วยส่งก๊าซไปยังอุปกรณ์ใช้งาน

2.3.4.2 บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว (High rate anaerobic digester)

เป็นบ่อหมักที่ออกแบบเพื่อใช้เป็นบ่อหมักแบบปิดที่มีแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็วนี้จะมีคุณสมบัติที่เหมาะสำหรับใช้บำบัดน้ำเสียซึ่งมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในรูปสารละลายในน้ำเสีย โดยที่มีปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำปนเปื้อนอยู่น้อยกว่าร้อยละ 1 ของปริมาณน้ำเสียนั้นๆ ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลาย ค่อนข้างสั้นมาก คือ 0.5-3 วัน จะทำให้น้ำที่ออกจากบ่อหมักมีค่า COD ลดลงประมาณ ร้อยละ 80 นิยมใช้มากในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ในประเทศไทยขณะนี้มี 2 รูปแบบคือ

รูปแบบที่ 1. บ่อหมักเร็วแบบมีตัวกรอง (Anaerobic filter digester)

รูปแบบที่ 2. บ่อหมักแบบ UASB (Up- flow anaerobic sludge blanket digester)

2.4 เทคโนโลยีการอบแห้ง (Drying Technology)

2.4.1 ทฤษฎีการอบแห้งขั้นพื้นฐาน

การอบแห้ง เป็นขบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้นเพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยใช้ความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหยน้ำในวัสดุหรือความชื้น(37) ดังรายละเอียดดังนี้

2.4.1.1 ความชื้นในวัสดุ

Copyright by Mahidol University

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุ ความชื้นสามารถแสดงได้เป็น 2 แบบ คือ

1). ความชื้นมาตรฐานเปียก (W_w)

$$W_w = \frac{w - d}{w} \times 100\ \%$$

2). ความชื้นมาตรฐานแห้ง (W_d)

$$W_d = \frac{w - d}{d} \times 100\ \%$$

โดยที่ w คือน้ำหนักของแข็งกับน้ำ , kg.

d คือน้ำหนักของแข็ง , kg.

การหาความชื้น อาจแบ่งได้ 2 วิธี คือ

วิธีตรง

1. โดยใช้ตู้อบ อบตัวอย่างที่นำมาให้แห้งแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าความชื้น

2. การกลั่น ทำได้โดยใส่ตัวอย่างไว้ในน้ำมันและทำให้ร้อนเนื่องจากน้ำมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำมัน น้ำจึงระเหยก่อน และนำมาควบแน่นจนได้หยดน้ำ น้ำส่วนนี้คือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ

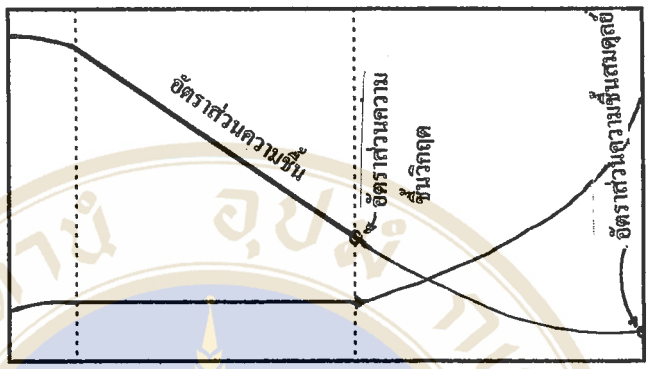
วิธีอ้อม

การหาโดยวิธีอ้อม อาจทำได้โดยการวัดคุณสมบัติบางอย่าง ซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้นเช่น ความต้านทานทางไฟฟ้า หรือคุณสมบัติทางไดอิเลคตริค (Dielectric)

Bakker Arlcema (38) ได้กล่าวถึงหลักการของการอบแห้งว่า ในการอบแห้งวัสดุชื้นด้วยลมร้อนที่มีเงื่อนไขของอุณหภูมิและความชื้นคงที่ ในทันทีที่ลมร้อนสัมผัสกับวัสดุชื้นอุณหภูมิของวัสดุชื้น จะค่อย ๆเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งเข้าสู่ค่า ๆ หนึ่งที่สภาวะคงที่สม่ำเสมอ ที่สภาวะนี้อุณหภูมิของวัสดุที่มีความชื้นจะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของลมร้อน และในช่วงนี้อัตราการอบแห้งของวัสดุชื้นจะมีค่าคงที่ ซึ่งเราเรียกช่วงนี้ว่า ช่วงการอบแห้งที่ความร้อนคงที่ ช่วงนี้อัตราการอบแห้งของวัสดุเมื่อความชื้นของวัสดุมีค่าเท่ากับความชื้นวิกฤต (Critical moisture) ซึ่งมีค่าความชื้น

Copyright by Mahidol University

วิกฤตจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ และสภาวะในการอบแห้ง ขณะที่การอบแห้งกำลังดำเนินต่อไป จนกระทั่งอุณหภูมิที่ผิวหน้าวัสดุเพิ่มขึ้น และ อัตราการอบแห้งจะเริ่มช้าลงเรื่อย ๆ เราเรียกช่วงนี้ว่าเป็นช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง ตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 กราฟแสดงอัตราส่วนความชื้นในเวลาต่างๆ ของการอบแห้ง

จากรูปที่ 8 การอบแห้งแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วงใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

1. ช่วงการให้ความร้อนเบื้องต้นแก่วัสดุ
2. ช่วงการอบแห้งที่ความเร็ว คงที่(Constant drying rate)
3. ช่วงการอบแห้งที่ความเร็วลดลง

ในช่วงที่ 1 คือช่วงเวลาที่วัสดุใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงค่าอุณหภูมิกระเปาะเปีย ก (Wet Bulb Temperater) t_w ของลมร้อน ในช่วงที่ 2 อุณหภูมิของวัสดุจะมีค่าคงที่ประมาณ t_w ตราบที่ยังมีความชื้นหลงเหลือในรูปของน้ำที่ผิววัสดุ ความร้อนทั้งหมดที่วัสดุได้รับ จะถูกใช้ในการระเหยความชื้นเท่านั้น ในช่วงที่ 3 นี้ความชื้นในรูปของน้ำที่ผิวของวัสดุระเหยหมดไปเพราะการถ่ายเทความชื้ นในรูปของน้ำ จากส่วนในของวัสดุเกิดขึ้นไม่ทันกับการระเหยของน้ำจากผิวของวัสดุ ดังนั้น ผิวของวัสดุจะอยู่ในสภาพที่แห้ง และอุณหภูมิของวัสดุจะเริ่มสูงขึ้น สรุปแล้วความเร็วของการอบแห้ง จะค่อย ๆลดลง เพราะปริมาณความร้อนที่วัสดุได้รับจะลดลง ความร้อนนี้ยังต้องใช้ในการระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุด้วย การอบแห้งจะสิ้นสุดลงเมื่ออัตราส่วนความชื้นลดลงถึง ค่าอัตราส่วนความชื้นสมดุลย์ W_e (Equilibrium moisture content) ผลต่างระหว่างอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ย W ใด ๆ กับ W_e มีชื่อเรียกว่า ส่วนความชื้นอิสระ F (free moisture) F คือ ปริมาณความชื้นที่ระเหยออกไปได้โดยการอบแห้ง

Copyright by Mahidol University

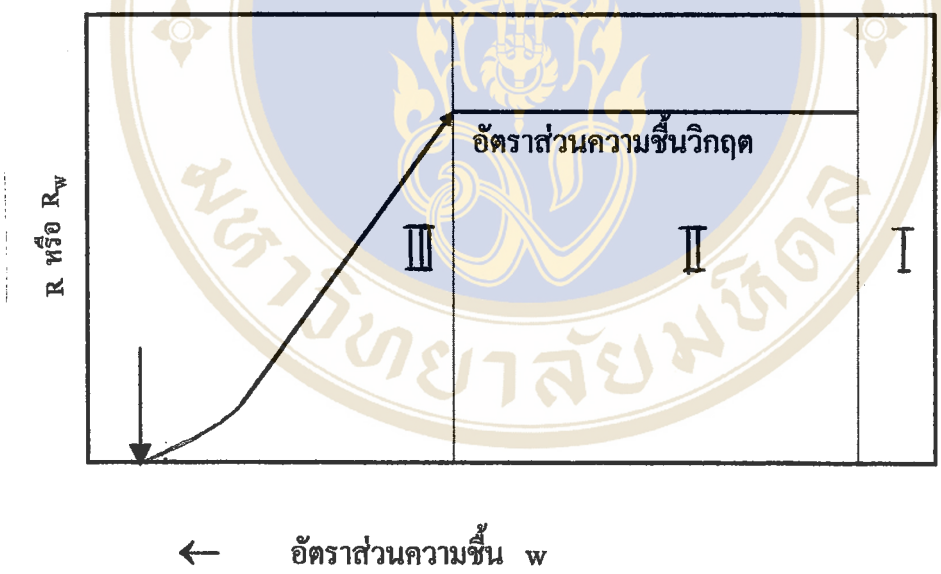
2.4.2 เงื่อนไขการอบแห้ง

เงื่อนไขอบแห้งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ เงื่อนไขภายนอกวัสดุที่ก่อให้เกิดการอบแห้งและเงื่อนไขภายในตัววัสดุเอง เงื่อนไขภายนอกจะเกี่ยวข้องกับวิธีถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุและวิธีกำจัดไอน้ำที่ระเหยออกมา ส่วนเงื่อนไขภายใน ได้แก่ องค์ประกอบและรูปร่าง , อัตราส่วน , ความชื้น , อัตราส่วนความชื้นสมดุลย์ของวัสดุอบแห้ง (37)

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนการอบแห้ง เช่น R (kg water / hr.m^2 drying area) , R_w (kg water / hr. kg dry soild) ถ้าให้ W เป็นมวล (kg) ของวัสดุแห้ง และ A เป็นพื้นที่ (m^2) ของการอบแห้ง จะเป็นสมการดังนี้

$$R = R_w\ (w/a)$$

และถ้าเขียนเป็นกราฟของ R_w (หรือ R)กับ W จะได้ดังรูปที่ 10 (ในกรณีที่ไม่คำนึงถึงการหดตัวของพื้นที่ผิววัสดุ บางทีจะหาช่วงการอบแห้งที่ความเร็วคงที่ไม่พบ)



รูปที่ 10 เส้นลักษณะเฉพาะของการอบแห้ง

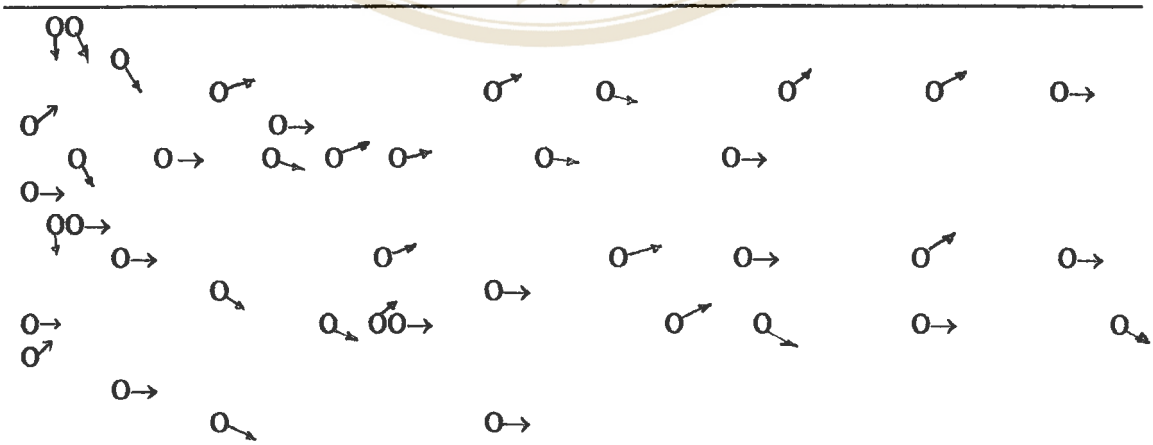
Copyright by Mahidol University

วีระ โลหะ (39) ได้ศึกษาถึงกลไกของการอบแห้งพบว่า ในการอบแห้งวัสดุด้วยลมร้อน ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น จะเป็นทั้งการถ่ายเทความร้อนและการถ่ายเทมวล พร้อมกัน ความร้อนจากลมร้อนจะถ่ายเทเข้าไปในวัสดุโดยผ่านความต้านทานของฟิล์มอากาศนิ่ง และความต้านทานภายในของวัสดุตามลำดับ เมื่อความร้อนถ่ายเทเข้าไปในวัสดุ น้ำภายในวัสดุจะรับความร้อนและเกิดการระเหย มวลของน้ำที่ระเหยจะถ่ายเทออกสู่ภายนอกวัสดุ โดยผ่านความต้านทานภายในวัสดุ และความต้านทานของฟิล์มตามลำดับ ในช่วงแรกของการอบแห้งบริเวณผิวหน้าและเนื้อวัสดุใกล้ผิวหน้าวัสดุมีฟิล์มของน้ำหุ้มอยู่ ดังนั้น ในช่วงการอบแห้งนี้มีความต้านทานของการถ่ายเทความร้อนที่ผิววัสดุ จะเป็นปัจจัยควบคุมอัตราการอบแห้ง แต่ในช่วงหลังของการอบแห้งความชื้นที่ระเหยทั้งหมดจะมาจากส่วนลึกภายในเนื้อวัสดุ ดังนั้นอัตราการแพร่ของน้ำภายในวัสดุจะเป็นปัจจัยควบคุมอัตราการอบแห้ง

2.4.3 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนคือการถ่ายเทในรูปแบบหนึ่งของพลังงาน จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ซึ่งมีอุณหภูมิต่างกัน มี 3 ลักษณะ คือ

1. การนำความร้อน (Conduction) คือการถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่อุณหภูมิสูงกว่าไปบริเวณที่อุณภูมิต่ำกว่า ภายในเนื้อวัสดุเดียวกัน เนื่องจากการถ่ายเท พลังงานของโมเลกุลภายในเนื้อวัสดุ ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงกลไกการนำความร้อนภายในเนื้อวัสดุ

Copyright by Mahidol University

สมการอัตราการถ่ายเทความร้อนของการนำความร้อนมีดังนี้

$$q_x = -k A \frac{dT}{Dx}$$

เมื่อ q_x คือ พลังงานความร้อน , กิโลจูล

2. การพาความร้อน (Convection)

3. การแผ่รังสี (Radiation)

2.4.4 เครื่องอบแห้ง

เนื่องจากความแตกต่างที่มีอยู่มากมายในรูปทรงและคุณสมบัติอบแห้งของวัสดุ จึงจำเป็นต้องมีเครื่องอบแห้งหลายๆ แบบเพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของวัสดุนั้นๆ วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล (37) ได้ทำการรวบรวมและสรุปประเภทของเครื่องอบแห้งที่ใช้ในระบบอุตสาหกรรม โดยสามารถจัดแบ่งได้ดังนี้

2.4.4.1 เครื่องอบแห้งแบบกล่อง (Through flow chamber type)

เครื่องอบชนิดนี้ จะมีการหุ้มฉนวนผนังห้องอบแห้งด้วย และมีพัดลมพร้อมทั้งคอล์ยทำความร้อนในการพัดพาอากาศให้มีการหมุนเวียน ถาดหรือภาชนะที่ใส่วัสดุที่ต้องการอบแห้งจะใส่ไว้ในช่องที่ออกแบบไว้สำหรับใส่ถาด ตัวถาดหรือภาชนะอาจจะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยมีพื้นที่ตั้งแต่ 0.5-1 ตารางเมตร อากาศภายในจะถูกหมุนเวียนโดยพัดลม ความเร็วของลมที่พัดผ่านมีค่า ระหว่าง 1-10 เมตรต่อวินาที ตำแหน่งของช่องอากาศที่เจาะไว้สำหรับการอบแห้งมีความสำคัญมาก จะช่วยทำให้อากาศไหลผ่านอย่างสม่ำเสมอ เพื่อประหยัดพลังงาน

ความสามารถของเครื่องชนิดนี้ขึ้นอยู่กับ จำนวนของวัสดุ ลักษณะธรรมชาติของวัสดุที่จะอบแห้ง และสภาวะของอากาศภายนอก ความสามารถในการผลิตหรืออบแห้งของเครื่องอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1-1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ต่อตารางเมตร ที่อุณหภูมิ 30-90 องศาเซลเซียส ในกรณีที่วัสดุอบแห้งเป็นเม็ดที่มีความหยาบ ภาชนะใส่วัสดุควรจะมีรูโดยรอบ เพื่อให้ลมผ่าน

2.4.4.2 ชนิดถาดที่เคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง (The tray- track dryer)

เป็นชนิดการผลิตแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยส่วนใหญ่วัสดุที่ถูกอบจะอยู่ในรูปของแข็งซึ่งถูกวางอยู่บนถาดซ้อน ๆ กันอยู่บนรถเข็น จำนวนรถเข็นในอุโมงค์ขึ้นอยู่กับขนาดของรถเข็น

Copyright by Mahidol University

และความยาวของอุโมงค์ ลมร้อนจะไหลผ่านชั้นอาหารและทำให้วัสดุแห้ง ลมร้อนตรงทางออกบางส่วนอาจจะถูกนำมาผสมกับอากาศใหม่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบและประโยชน์ที่ได้รับเป็นสำคัญ รถเข็นจะถูกนำเข้าทางปลายด้านหนึ่งของอุโมงค์และออกอีกทางหนึ่งอัตราการนำเข้าและออกจะสอดคล้องกับความเร็วในการอบแห้ง

2.4.4.3 เครื่องอบแห้งแบบสายพาน (Belt dryer)

เป็นเครื่องที่มีการขนถ่ายวัสดุอบแห้งอย่างต่อเนื่อง โดยใช้สายพานเป็นตะแกรงเหล็กหรือแผ่นโลหะบาง เครื่องอบแห้งนี้จะถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยต่อกันเป็นแถวแต่ละส่วนย่อยจะมีพัดลมและคอล์ยทำความร้อนในส่วนนั้นเอง ตลอดช่องทางที่สายพานนี้ผ่าน จะใช้พัดลมเป่าผ่านเพียง ครั้งเดียว สภาวะในแต่ละส่วนที่อบแห้งจะไม่มีผลต่อกัน ความเร็วอากาศที่ผ่านประมาณ 0.6-1.4 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิไม่เกิน 300 องศาเซลเซียส ความสิ้นเปลืองไอน้ำประมาณ 1.7-2.0 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมของความชื้นที่ระเหยไป ความสามารถในการอบแห้งประมาณ 4-50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง. ตารางเมตร ความสามารถในการระเหยของความชื้นขึ้นกับปริมาณและชนิดของวัสดุที่จะอบแห้งบนสายพาน

2.4.4.4 เครื่องอบแบบหมุน (Rotary dryer)

เครื่องอบแห้งแบบหมุนนี้ ประกอบด้วยกระบอกที่หมุนรอบแกนกลางที่ เอียงทำมุมอย่างเหมาะสมกับแนวระดับ วัสดุเปียกที่ต้องการอบแห้งจะถูกป้อนเข้าทางปลายด้านหนึ่งของทรงกระบอก และถูกทำให้แห้งโดยการสัมผัสความร้อนที่ไหลผ่านกระบอก เครื่องอบแห้งแบบนี้มีหลายประเภทสามารถจำแนกได้คือ เครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดรับความร้อนโดยตรง (ลมร้อนสัมผัสวัสดุอบแห้งโดยตรง มีทั้งแบบไหลสวนทางและไหลขนาน) เครื่องแบบนี้ใช้อบแห้งวัสดุเม็ด วัสดุเกล็ด วัสดุก้อน ได้แก่ น้ำตาล ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยอนินทรีย์ ดินเหนียว ปูนขาว ถ่านหิน ปลาป่น ข้าวโพดอาหารสัตว์ หญ้า กากผลไม้ที่ใช้เป็นอาหารสัตว์

2.4.4.5 เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (Pneumatic dryer)

การอบแห้งในเครื่องแบบนี้ อากาศเมื่อถูกทำให้ร้อนแล้วดูดพร้อมกับวัสดุที่ต้องการอบแห้งเข้าไปในท่อ การอบแห้งจะเกิดขึ้นขณะที่วัสดุถูกขนถ่ายผ่านท่อ เนื่องจากพื้นที่สำหรับการถ่ายเทความร้อนสูงมาก ทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้น คุณภาพวัสดุหลังการอบแห้งจึงดี เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม นิยมใช้อบแห้งวัสดุในช่วงความเร็วคงที่ ถ้าความเร็วในการอบแห้งต่ำการอบอาจจะกระทำซ้ำหลายเที่ยว วัสดุที่เหมาะในการอบแห้งจะต้องมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆหรือผงฝุ่น

Copyright by Mahidol University

2.4.5 การศึกษาเกี่ยวกับเครื่องอบแห้ง

การอบแห้งวัสดุที่เคยทดลองทำที่ผ่านมาจะนิยมทำในวัสดุที่มีมูล ค่าเพิ่มมาก ซึ่งที่พบได้เช่น การอบมะขามหวาน การอบกล้วยตาก การอบพริก การอบแห้งต้นหอม การอบแห้งสมุนไพร การอบเมล็ดพืช แต่การอบมูลโคนมซึ่งเป็นวัสดุที่มีมูลค่าเพิ่มต่ำยังไม่มีผู้ใดทดลองทำ แต่ผู้วิจัยได้ตรวจค้นเอกสารมาเป็นความรู้เพื่อนำหลักการอบมาปรับใช้ในการทดลองบางประการ ดังนี้

สาทิป รัตนภาสกร (40) ได้กล่าวถึงเครื่องอบแห้งเมล็ดพืช ที่จะต้องอบแห้งให้เหลือความชื้น 13-14 % ซึ่งเป็นอัตราส่วนความชื้นที่สามารถเก็บรักษาได้นานไม่เสียหาย โดยการนำข้าวเปลือกไปเข้าเครื่องอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ มีโครงสร้างที่ใช้ไม้ไผ่กรุด้วยแผ่นพลาสติคโดยรอบ มีส่วนประกอบคือ แผงรับแสงอาทิตย์ที่ใช้พลาสติคดำ กะบะใส่ข้าวเปลือกใช้ไม้ไผ่สานเป็นตะแกรงปูทับด้วยตาข่ายพลาสติคด้านหลังมีประตูสำหรับขนถ่ายเมล็ดพืช ปล่องลม ใช้เป็นปล่องดูดอากาศให้เคลื่อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ผ่านชั้นข้าวและดูดออก เมล็ดพืชจะได้รับความร้อน 2 ทาง คือ จากแสงอาทิตย์โดยตรงและจากอากาศร้อนที่ไหลผ่านชั้นข้าวที่เกิดจากแผงรับแสงอาทิตย์ และเมื่อฝนตกก็ไม่มีปัญหา

ธงไชย ศรีนพคุณ (41) ได้ทำการอบแห้งพริกขี้หนูผิวมันกับอุปกรณ์อบแห้งพบว่าอัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและลดลงเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแห้งมากขึ้น สำหรับความเร็วของอากาศอบแห้งนั้นจะมีอิทธิพลต่อการอบแห้งน้อยมาก

นันทชัย วงศ์วุฒิอนันต์ (42) ได้ศึกษาแบบจำลองตู้อบแห้งสมุนไพร โดยใช้บรเพ็ดเป็นตัวอย่างทดสอบ เป็นการอบแห้งแบบกล่อง (Through Flow chamber type) โดยพิจารณาความเร็วของลมร้อนที่ได้มาจากขดลวดความร้อนขนาด 1500 วัตต์ และมีพัดลมเป่า พิจารณาความชื้นสมุนไพร และช่องบังคับทางลมที่ผ่านถาด ในแง่ของคุณภาพในการอบแห้ง โดยใช้ความเร็วของลมร้อนที่ 1.5 2.5 3.5 และ 4.5 เมตรต่อวินาทีเมื่อเวลาผ่านไป 150 นาที บอระเพ็ดยังคงมีความชื้นอยู่ที่ความเร็วลมต่ำและแห้งมากที่สุดที่ความเร็วลมสูงสุด

เริงจิต โพธิเจริญ (43) ทำการอบแห้งกล้วยโดยใช้ลมร้อน พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งคือ 54 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นลงได้ประมาณ 43 % จากกล้วยสุก

2.5 ปุ๋ยอินทรีย์

ธงชัย มาลา (44) ให้คำจำกัดความของคำว่าปุ๋ยอินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่ได้จากอินทรีย์วัตถุซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้เป็นชิ้น โดยการสับ บด หมัก หรือวิธีการอื่น แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมี วัตถุที่ใช้ทำ

Copyright by Mahidol University

ปุ๋ยอินทรีย์นี้มีหลายประเภท เช่น วัตถุที่เป็นผลพลอยได้จากสัตว์ จำพวกเลือดแห้ง เศษเนื้อ พังผืด มูลสัตว์ต่างๆ รวมทั้งเศษพืชต่างๆ ก็สามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้ ซึ่งมีธาตุอาหารรอง และจุลธาตุ โดยพืชได้รับประโยชน์โดยตัวธาตุอาหารเองอย่างต่อเนื่อง และปุ๋ยอินทรีย์ จะปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินในระยะยาว

2.5.1 ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในทางการเกษตร

2.5.1.1 ปุ๋ยคอก (Farm manures) หมายถึงปุ๋ยอินทรีย์ที่ประกอบไปด้วยอุจจาระและปัสสาวะของสัตว์ชนิดต่างๆ เช่น โค กระบือ ค้างคาว ซึ่งในปุ๋ยคอกจะประกอบด้วยจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ มากมายมีทั้งพวกที่เป็นฮิวมัสแล้ว และส่วนของอาหารที่ยังสลายตัวไม่หมด ซึ่งอาจจะเป็นพวกที่เป็นเซลลูโลส ลิกนิน และสารอินทรีย์อื่นๆ นอกจากนี้แล้วยังพบว่ามีวิตามินและฮอร์โมนเช่น thiamine biotin และ pyridoxine อีกด้วย

2.5.1.2 ปุ๋ยพืชสด (Green manure) หมายถึงปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นพืชที่ถูกไถกลบ หรือคลุกไปในดินในขณะที่พืชนั้นเจริญเติบโตและยังสดอยู่ ก่อนที่จะมีการปลูกพืชหลัก โดยปกติแล้วจะไถกลบพืชในระยะที่เริ่มออกดอก

2.5.1.3 ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์อีกประเภทหนึ่งที่ผ่านขบวนการหมักโดยอาศัยเชื้อต่างๆ ที่ช่วยในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้มีการย่อยสลายดีขึ้น เชื้อต่างๆ ได้แก่ แบคทีเรีย ที่มีเอ็นไซม์เซลลูเลส เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีท

2.5.2 ธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์

คุณสมบัติทางกายภาพในปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้ จากสัตว์ต่างๆ จากการวิเคราะห์ ของ Susiki และคณะ อ้างโดย ยงยุทธ โอสถสภา(45) สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 5

Copyright by Mahidol University

สำนักหอสมุด

ตารางที่ 5 องค์ประกอบของมูลสัตว์เลี้ยงในประเทศไทย

ชนิดสัตว์	ความชื้น (%)	pH	องค์ประกอบ (%โดยน้ำหนักแห้ง)			
			C	N	P	K
โค	7.50-81.30	7.5-8.6	9.8-2.62	0.47-1.37	0.19-1.42	0.76-1.91
กระบือ	39.2- 59.3	7.4-8.3	12.2-18.5	0.86-1.32	0.32-0.58	0.80-2.21
สุกร	14.5-45.3	5.7-8.5	16.9-22.8	1.03-22.8	1.74-2.69	0.63-1.34
เป็ด	7.00-37.10	6.8-8.8	18.4-24.7	0.74-1.26	1.10-1.41	0.69-1.26

อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ย่อมแปรผันไปได้ตามแหล่งและวิธีการเลี้ยงสัตว์ ตลอดจนการเก็บรักษาปุ๋ย การบอกค่าวิเคราะห์สามารถบอกได้ทั้งเป็นร้อยละโดยน้ำหนักสดหรือร้อยละโดยน้ำหนักแห้งKlarenbeek and Bruins. (46) ได้ศึกษาองค์ประกอบธาตุอาหาร ในมูลสัตว์ในรูปของสเลอรี่ (Slurry) ซึ่งมีการกักเก็บไว้ในบ่อพัก จะให้แอมโมเนียเกิดขึ้น ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 วัตถุแห้ง สารอินทรีย์ ไนโตรเจน แอมโมเนีย ของมูลสัตว์ในบ่อหมัก

หน่วย : ร้อยละ

ชนิดสัตว์	D M	OM/DM	N	NH4-N/total-N
โค	6.8	0.685	0.095	0.76
สุกร	6.3	0.673	0.111	0.70
สัตว์ปีก	10.7	0.691	0.157	0.62

2.5.3 การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์

การวิเคราะห์ผลของปุ๋ยอินทรีย์ ทางเคมีแสดงเพียงว่าปุ๋ยนั้นมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม เป็น ปริมาณเท่าใด ส่วนการนำไปใช้ได้และประโยชน์ของธาตุอาหารดังกล่าว จะทราบได้ต่อเมื่อทดสอบในแปลงทดลองเท่านั้น ธงชัย มาลา (44) ได้รายงานในแปลงทดลองว่าไนโตรเจนกว่าครึ่งหนึ่งในปุ๋ยอินทรีย์เป็นอนินทรีย์สารซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อพืช เมื่อสลายตัวแล้ว แต่เนื่องจากสารดังกล่าวสลายไม่ยาก ดังนั้นร้อยละ 30-40 จะเป็นประโยชน์ต่อพืช ค่อนข้างเร็ว ส่วนที่เหลือ เป็นสารที่จะทนต่อการสลายตัว ฟอสฟอรัส องค์ประกอบจะมีทั้งอนินทรีย์สารและ

Copyright by Mahidol University

i 1344871

อินทรีย์สาร โดยปกติสารประกอบอินทรีย์ ฟอสฟอรัสในดินมีอยู่ 3 พวกคือ inosifol phosphates phospholipids และ nucleic acids โปตัสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์อยู่ในรูปของเกลือที่ละลายน้ำง่าย และเป็นประโยชน์ แก่พืชได้ทั้งสิ้น หากกองปุ๋ยอินทรีย์ไว้ในที่แจ้ง โปแตสเซียมก็จะถูกชะออกไปได้ง่าย แมกนิเซียมจะมีการชะล้างของน้ำหรือละลายน้ำค่อนข้างยากกว่าโปแตสเซียมโดยจะมีประมาณครึ่งหนึ่งละลายน้ำง่าย แต่อีกครึ่งหนึ่งไม่ละลายน้ำ

2.6 การขับรีดน้ำ (Dewatering)

การแยกของแข็งของเหลวในมูลสัตว์แต่ละชนิดแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์ แต่สิ่งหนึ่งที่เหมือนกันคือ ความยากในการสูบของเสียเหล่านั้นออกในสภาพสดๆ แต่ในสัตว์สี่กระเพาะ เช่น โคนมจะแยกมูลออกมาในสภาพของเหลวได้ ซึ่งจะแยกโดยการผ่านตะแกรงกรองได้ Elam (35) รายงานว่าผู้เลี้ยงโคนมใช้สิ่งที่กรองได้จากตะแกรงร่อน (vibrating screen) ไปทำเป็นสิ่งปูรองนอนในคอกปล่อย

Skinner (36) ใช้ decanter centrifuge ซึ่งประกอบด้วยการหมุนแนวนอน (a horizontal rotor) มีสกรูหมุนตรงกลางไปทางเดียวกันกับ rotor อุปกรณ์ดังกล่าว จะใช้แรงเหวี่ยงที่ 200 x g น้ำทิ้งจะเข้าเครื่อง 4 m^3 / h มี 3 % Dry solids (DS) หรือเป็นน้ำหนักของแข็ง 120 กิโลกรัม / ชั่วโมงเมื่อผ่าน Decanter centrifuge จะได้ Dewatered sludge 492 kg/h ซึ่งมี 22 % DS ส่วน sludge water จะออกไป 4.1 m^3/h มี 0.29 DS. ทั้งนี้มีการเติม Flocculating agent ไปด้วยจำนวน 600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเข้มข้นสารละลาย 0.1 % ซึ่งการขับรีดไล่น้ำได้โดยเครื่องมือดังกล่าว dewatered sludge ยังมีอัตราส่วนความชื้นอยู่มากถึงร้อยละ 70-80 ซึ่งต้องหาวิธีขับน้ำโดยวิธีอื่น ต่อไป เพื่อให้ไล่น้ำจนเหลืออัตราส่วนความชื้นร้อยละ 40-50 ซึ่งจะเหมาะในการบรรจุ และขนย้ายไปเป็นปุ๋ยได้โดยสะดวก จึงต้องหาวิธีการอบแห้งต่อไป หรือจะต้องหาเครื่องมือขับรีดน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง มาขับความชื้นออกไปอีกจากวัสดุหรือมูลโคนม

Lee. (47) ได้แยกน้ำโดยนำมูลสัตว์ที่เป็นของเหลว ใส่เครื่องปั่นแยกน้ำ (centrifuge) NX - 40 ด้วยมอเตอร์ขนาด 10 กิโลวัตต์ (KW) หมุน 280 รอบ (RPM) จากมูลโคนมเหลวที่มูลโคนมส่วนที่เป็นของแข็งร้อยละ 8 (total solid) จะได้ dewatered sludge ที่มีมูลโคนมส่วนที่เป็นของแข็งร้อยละ 30

Copyright by Mahidol University

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 แม่โคนมรีดนม จำนวน 13 ตัวอายุเฉลี่ย 4.5 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 410 กิโลกรัมต่อตัว

3.1.2 บ่อก๊าซชีวภาพ เป็นบ่อก๊าซชีวภาพแบบคงที่ มีขนาด16 ลูกบาศก์เมตร (ตามรูปที่ 12)

รูปที่ 12 บ่อก๊าซชีวภาพแบบโดมคงที่ ขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร

3.1.3 เครื่องมือขับรีดน้ำ ตามรูปที่ 13 ซึ่งผลิตโดยผู้วิจัยมีลักษณะรายละเอียด ดังนี้

3.1.3.1 เป็นการขับรีดไล่น้ำโดยเครื่องมือทางกล และใช้แรงงานคน

3.1.3.2 ใช้วัสดุเหลือใช้ในภาคอุตสาหกรรมอื่นในท้องถิ่น

3.1.3.3 เป็นเครื่องมือขนาดเล็ก (small scale) บรรจุมูลโคนมได้ครั้งละไม่เกิน 15 กิโลกรัม

3.1.2.4 เป็นเครื่องมือที่ใช้แรงอัดโดยตัวเกลียวหนอนที่เป็นสกรูส่งกำลังหรือเครื่องไฮโดรลิค

Copyright by Mahidol University

รูปที่ 13 เครื่องมือขับรีดน้ำ

3.1.4 เครื่องอบแห้ง ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยกำหนดขนาดจากข้อมูลของการหมักมูลโคนมในบ่อหมัก ขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร จะมีปริมาณก๊าซจำนวน ประมาณ 3.8-6 ลูกบาศก์เมตร(32) จะมีค่าความร้อน ลูกบาศก์เมตรละ 19,743.50 กิโลจูล ซึ่งจะระเหยน้ำเป็นไอน้ำ ได้จำนวน 8 กิโลกรัม คำนวณจากตารางการ ระเหยน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะระเหยกลายเป็นไอน้ำต้องใช้ความร้อน 2,454 กิโลจูล (48) ถ้าก๊าซชีวภาพที่มีองค์ประกอบของก๊าซมีเทน ร้อยละ 50 จำนวน 5 ลูกบาศก์เมตร จะมีค่าความร้อน 98,717.5 กิโลจูล จะระเหยน้ำได้ 40.23 กิโลกรัม หรือคำนวณเป็นมูลโคนมอัตราส่วนความชื้นร้อยละ 80 เป็นจำนวน 50.29 กิโลกรัม ซึ่งน้ำหนักดังกล่าวนำไปคำนวณขนาดตู้อบและตะแกรงที่รับน้ำหนักการบรรจุมูลโคนม มี ลักษณะดังนี้

ก.) มีขนาดเล็กเคลื่อนย้ายได้สะดวก

ข.) ทำด้วยแผ่นเหล็กเหลือใช้ที่จัดหาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น

ค.) เป็นแบบถาด โดยอาศัยการพาความร้อน โดยสามารถใส่รางเลื่อนถาดที่มีลักษณะเป็นตะแกรง ได้ 3 ถาดแต่ละถาดรับน้ำหนักมูลโคนมได้ 17 กิโลกรัม รวม 3 ถาดคิดเป็นน้ำหนักมูลโค 51 กิโลกรัม แต่ละชั้นห่างกันชั้นละ 20 เซนติเมตร

ง.) มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 0.45 x0.6 x1.3 เมตร ด้านบนเจาะเป็นช่องระบายความชื้นติดตั้งปล่อง ขนาดเส้นผ่าศูนย์ กลาง 10 เซนติเมตร สูง 14 เมตรปลายปล่องมีลิ้นควบคุมการ ระบายอากาศร้อน (ตามรูปที่ 14)

Copyright by Mahidol University

จ.) ใช้กับก๊าซชีวภาพเท่านั้น

ฉ.) สามารถควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง 60-100 องศาเซลเซียส

รูปที่ 14 ตู้อบแห้งแบบกล่อง

3.2 วิธีการวิจัย

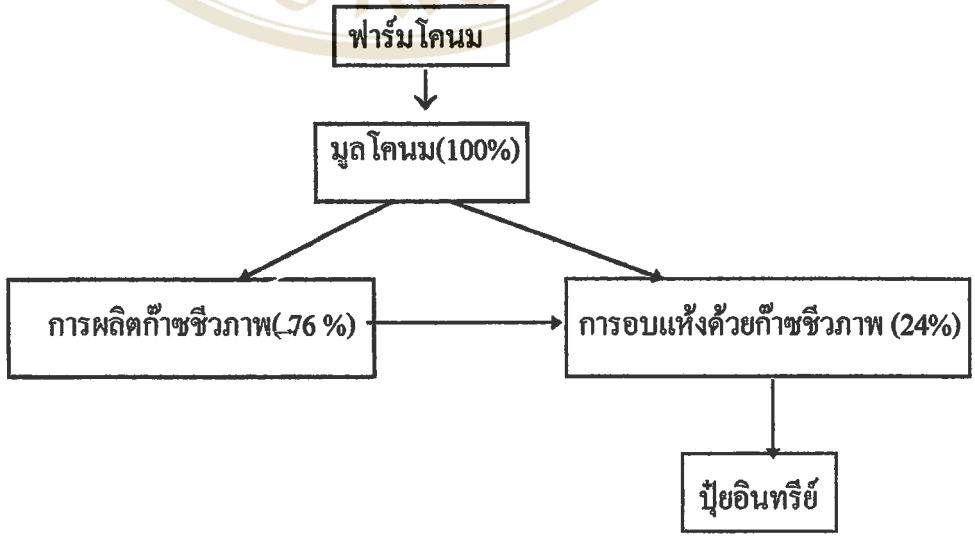
3.2.1 ระเบียบการวิจัย

ในการวิจัย จะทำการศึกษาสถานภาพของการเลี้ยงโคนม และรูปแบบการจัดการมูลโคนมในปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา โดยการสำรวจเกษตรกรตัวอย่าง รวมทั้งศึกษาจากเอกสารข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้การวิจัยครั้งนี้ยังเป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการจัดการมูลโคนมในฟาร์มโคนมขนาดเล็ก เพื่อแก้ปัญหามูลโคนมตกค้างในคอก ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้หมดในฤดูฝน หลักการวิจัยเชิงทดลอง ได้วางแนวความคิดในการจัดการมูลโคไว้สองรูปแบบ โดยใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในท้องถิ่นในปัจจุบัน ดังนี้คือ

Copyright by Mahidol University

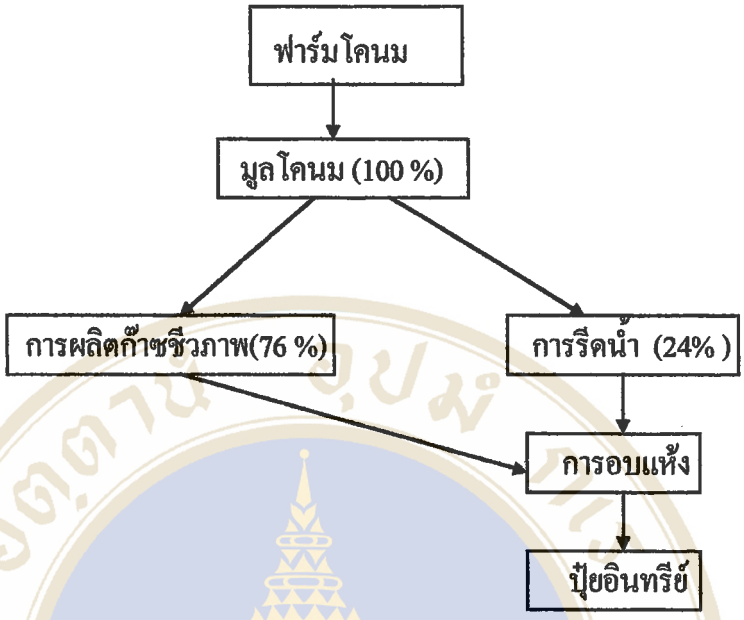
3.2.2.1 รูปแบบที่ 1 เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีในท้องถิ่น นำมาผนวกกับเทคโนโลยีการอบแห้ง เพื่อกำจัดมูลโคนมในลักษณะการอบแห้ง และได้ปุ๋ยอินทรีย์บรรจุถุงขาย โดยนำก๊าซชีวภาพจากการหมักมูลโค มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้งมูลโคสด ในขั้นตอนนี้จะใช้ปริมาณของมูลโค ที่นำไปกำจัดในบ่อหมักก๊าซชีวภาพและการอบแห้งทำปุ๋ยในสัดส่วน 76 : 24 สาเหตุที่ต้องแบ่งเป็นอัตราส่วนนี้เพราะว่า ปริมาณมูลโคนมมีเพียง วันละ 210 กิโลกรัม และขนาดจุของบ่อก๊าซชีวภาพเพื่อหมักมูลโคนม มีขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร เมื่อคำนวณตามสัดส่วนที่เหมาะสม ควรจะกำจัดในบ่อหมักได้วันละ 160 กิโลกรัม หรือร้อยละ 76 ของปริมาณมูลโคต่อวัน ส่วนมูลโคที่เหลืออีกร้อยละ 24 นำไปอบแห้ง หากการอบแห้งได้ปุ๋ยที่มีความชื้นสูง หรือยังไม่เหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับมูลโคนมตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ จะทำการปรับเปลี่ยนแก้ไขโดย การนำเอาเทคโนโลยีการขับรีดน้ำ เข้ามาช่วยเสริม ตามรูปแบบที่ 2

3.2.2.2 รูปแบบที่ 2 ใช้ปริมาณมูลโคนมไปกำจัดในบ่อหมัก และนำก๊าซชีวภาพที่ได้ไปเป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้งมูลโคสดเพื่อใช้ทำเป็นปุ๋ย เช่นเดียวกับรูปแบบที่ 1 แต่แตกต่างกันตรงที่ ก่อนจะนำมูลโคสดเข้าอบแห้ง จะนำเอาเครื่องมือขับรีดน้ำ มาใช้ ขับรีดน้ำบางส่วนออกก่อน จะทำให้ประหยัดพลังงานความร้อนที่ได้จากการสันดาปก๊าซชีวภาพเพื่อการอบแห้ง กล่าวคือ ใช้ก๊าซชีวภาพน้อยแต่สามารถอบแห้งมูลโคนมได้มากขึ้น ตามขั้นตอนที่แสดงใน รูปที่ 15-16



รูปที่ 15 ขั้นตอนการจัดการมูลโคนมรูปแบบที่ 1

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 16 ขั้นตอนการจัดการมูลโคนมรูปแบบที่ 2

3.2.2 ขั้นตอนการวิจัย

3.2.2.1. การเก็บข้อมูลพื้นฐาน

3.2.2.1.1 . สถานภาพการเลี้ยงและรูปแบบการจัดการมูลโคนมในท้องถิ่น

3.2.2.1.2 ปริมาณมูลโค เพื่อประกอบการพิจารณาการแบ่งมูลโคนมเพื่อการกำจัดด้วยวิธีการหมักในบ่อก๊าซชีวภาพและการอบแห้ง

3.2.2.1.3 วิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพของมูลโคนม คืออัตราส่วนความชื้นเพื่อทราบปริมาณความชื้นของมูลโคนมที่ตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์เป็นเวลา 3 วัน และและมูลโคสดเพื่อประกอบการพิจารณาการอบแห้งมูลโคสดด้วยก๊าซชีวภาพให้มีอัตราส่วนความชื้นเท่ากับมูลโคที่ตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์

3.2.2.1.4 วิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีและชีวภาพของ มูลโคสดและ มูลโคตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ เพื่อหาธาตุอาหารหลักของพืช และศึกษาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารของมูลโคตากแห้งและอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆ ว่าความร้อนจะทำให้สูญเสียธาตุอาหารไปหรือไม่ ส่วนคุณสมบัติทางชีวภาพต้องศึกษาเพื่อจะทราบว่ามีไข่พยาธิหรือโปรโตซัวที่จะแพร่โรคไปกับปุ๋ยด้วยหรือไม่

3.2.2.1.5 ต้นทุนบ่อก๊าซชีวภาพขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร เพื่อพิจารณาความ

Copyright by Mahidol University

เหมาะสมในการลงทุน

3.2.2.2 การวิจัยรูปแบบที่ 1

3.2.2.2.1 แบ่งสัดส่วนมูลโคนมออกเป็นร้อยละ 76 และ 24 ส่วนแรกนำไปใส่บ่อหมักก๊าซชีวภาพ เมื่อเกิดก๊าซทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นด้วย ก๊าซมิเตอร์ เพื่อตรวจสอบปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นนั้นเป็นไปตาม ข้อมูลที่ได้ศึกษาไว้หรือไม่โดยจะเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซที่ได้จากการศึกษา

3.2.2.2.2 ทำการคาดการณ์ความสามารถในการอบแห้งของก๊าซชีวภาพ กับสัดส่วนมูลโคที่แบ่งไว้อบแห้งว่าพอเพียงหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ของอัตราส่วนความชื้น ที่ได้จากการอบแห้งตามธรรมชาติ

3.2.2.2.3 ทำการทดลองอบแห้ง จำนวน 5 ครั้ง โดยนำมูลโคสดวางเกลี่ยบนถาดอบแห้ง ชั้นละ 17 กิโลกรัม จำนวน 3 ชั้น อบแห้งนาน 3 ชั่วโมง ตรวจวัดอุณหภูมิเหนือถาดอบแห้ง ปริมาณก๊าซที่ใช้ในการอบแห้งและเก็บตัวอย่างมูลโคนมที่ผ่านการอบแห้ง ทุกชั่วโมง

3.2.2.24 วิเคราะห์หาอัตราส่วนความชื้นด้วยวิธีการอบแห้งตามแบบการปฏิบัติการปฐพีมูลฐาน โดยการนำตัวอย่างทุกตัวอย่างชั่งน้ำหนักก่อนการอบแห้ง นำเข้าในตู้อบไฟฟ้าขนาด 2,400 วัตต์ ยี่ห้อ Memmert ตั้งอุณหภูมิ ที่ 105 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา การอบแห้งนาน 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่แห้งสนิทไป ชั่งน้ำหนัก นำข้อมูลแต่ละตัวอย่างไป คำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียก ตามสูตร ดังนี้

$$\text{อัตราส่วนความชื้นมาตรฐานเปียก} = \frac{\text{น้ำหนักมูลโคเปียก-น้ำหนักมูลโคแห้ง}}{\text{น้ำหนักมูลโคเปียก}} \times 100$$

3.2.2.2.5 วิเคราะห์หาค่า ธาตุไนโตรเจน(N) ด้วยวิธี Kjeldahl หาค่าฟอสฟอรัส(P) และหาค่าของธาตุโปตัสเซียม(K) การวิเคราะห์ดังกล่าวกระทำทั้งก่อนและหลังการอบแห้งมูลโค

3.2.2.2.6 ประเมินผลทางด้านราคาและทางวิศวกรรมของตู้อบแห้ง

3.2.2.3 การวิจัยรูปแบบที่ 2

Copyright by Mahidol University

3.2.2.3.1 แบ่งสัดส่วนของมูลโคนมออกเป็นร้อยละ 76 และ 24 ส่วนแรกนำใส่บ่อหมักก๊าซชีวภาพ และส่วนที่สองเตรียมนำเข้าตู้อบแห้งเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 1

3.2.2.3.2 นำมูลโคสดจากส่วนที่สอง มาทำการรีดน้ำ ด้วยเครื่องมือขับรีดน้ำที่ประดิษฐ์ขึ้นมา เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้ง และประหยัดพลังงานจากก๊าซชีวภาพ และเพื่อให้ได้ปริมาณมูลโคที่จะอบแห้ง มีความสอดคล้องกับปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากการหมักมูลโคนมในบ่อก๊าซจากมูลโคส่วนแรก

3.2.2.3.4 ดำเนินการอบแห้ง 5 ครั้ง โดยนำมูลโคที่ผ่านการขับรีดน้ำจากข้อ 2 มาเกลี่ยวางบนถาดที่ทำเป็นตะแกรง ถาดละ 15 กิโลกรัม จำนวน 3 ถาด วัดอุณหภูมิเหนือถาดอบแห้ง เก็บตัวอย่างมูลโครีดนมที่อบแห้ง และบันทึกปริมาณการใช้ก๊าซทุกชั่วโมง

3.2.2.3.5 เก็บตัวอย่างมูลโคสด มูลโคที่ผ่านการรีดน้ำ มูลโคนมที่ผ่านการอบแห้ง ณ เวลา 60 , 120 และ 180 นาที จำนวนตัวอย่างละ 100-150 กรัม นำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาอัตราส่วนความชื้นด้วยวิธี การอบแห้ง ตามแบบการปฏิบัติการปฐพีวิทยามูลฐาน วิเคราะห์คุณสมบัติของมูลโคอบแห้งที่จะนำไปจำหน่ายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อหาค่าปริมาณธาตุอาหารหลัก N, P, K, หาชนิด ปริมาณไข่พยาธิ และ โปรตัวซัว ก่อนและ หลังจากดำเนินการอบแห้งเสร็จแล้ว นำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลของมูลโคนมที่ตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์

3.2.2.3.6 ประเมินประสิทธิภาพของตู้อบแห้ง เครื่องมือขับรีดน้ำ และผลทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ศึกษาการลงทุนรูปแบบที่เหมาะสม โดยจะพิจารณาถึงค่าลงทุนและความสามารถของเกษตรกร

3.2.2.4 การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

3.2.2.4.1 ประเมินโดยการปรับค่าของเวลา ตามวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ซึ่งจะคำนวณโดยนำค่าใช้จ่าย ทั้งสิ้นของโครงการประเภททุนจาก ค่าสร้างบ่อก๊าซชีวภาพ ขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร(การประเมินค่าที่ดินบริเวณที่ใช้ในการก่อสร้างบ่อก๊าซ ไม่นำมารวมเป็นค่าใช้จ่าย) ค่าสร้างเครื่องอบแห้ง ค่าสร้างเครื่องขับรีดน้ำ และค่าใช้จ่ายของการดำเนินงานและบำรุงรักษามารวมกันในแต่ละปีแล้ว นำไปหักออกจากผลประโยชน์ตอบแทนจากโครงการคือรายรับจากการจำหน่ายปุ๋ยอบแห้ง และการมีก๊าซมาใช้หุงต้มโดยเปรียบเทียบเป็นเงิน เท่ากับการที่จะต้องซื้อก๊าซถัง มาใช้ในแต่ละปี เพื่อให้ได้ผลประโยชน์ตอบแทนสุทธิ ในแต่ละปี หลังจากนั้นก็ทำการปรับค่าของเวลาของกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ซึ่งก็คือคูณด้วย อัตราส่วนลด (Discout

Copyright by Mahidol University

Rate, DF) การปรับค่าของผลประโยชน์ และค่าลงทุนให้เป็นค่าปัจจุบัน จะใช้อัตราส่วนลด เท่ากับอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 12 และ 18 โดยการกู้เงินจากกองทุนสิ่งแวดล้อม ธนาคารเพื่อการเกษตร และธนาคารพาณิชย์ ตามลำดับ การใช้อัตราส่วนลด จากอัตราดอกเบี้ยของการกู้ยืมเงินมาลงทุนเพราะ ใช้การลงทุนของเอกชนเป็นตัวร่วม และเพื่อให้เกิดทางเลือกในการเปรียบเทียบจึงนำค่า DF ต่างๆมาเป็นตัวคูณ ซึ่งค่าของ DF ก็สามารถหาได้จากตารางสำเร็จรูป เมื่อปรับค่าของเวลาแล้ว ก็จะได้มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ตอบแทนสุทธิ หรือกระแสเงินสดเป็นรายปี และเมื่อรวมเข้าด้วยกันทุกปีจะเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ ซึ่งถ้ามากกว่า 0 โครงการดังกล่าวควรได้รับการสนับสนุน เพราะคุ้มค่า

3.2.2.4.2 ประเมินผลประโยชน์ทางตรงและทางอ้อมที่ได้จากการลงทุนเป็นเวลาสิบห้าปีตามอายุการใช้งานของบ่อก๊าซชีวภาพ ผลประโยชน์ทางตรง คำนวณจากการขายปุ๋ยอินทรีย์อบแห้งที่ทำการอบแห้งเฉพาะฤดูฝน เป็นเวลา 100 วัน รวมกับมูลค่าก๊าซชีวภาพที่คำนวณจากค่าใช้ จ่ายที่จะต้องซื้อก๊าซหุงต้ม (LPG)มาใช้กรณีไม่มีก๊าซชีวภาพ เป็นรายปี ผลประโยชน์ทางอ้อม คำนวณจากการประหยัดเงินในการซื้อสารเคมีสำหรับกำจัดแมลงในฤดูฝน และการลดค่าใช้จ่ายค่ารักษาสุขภาพสัตว์ป่วย ตลอดจนการมีสิ่งแวดล้อมที่ดี

Copyright by Mahidol University

บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

4.1 ข้อมูลพื้นฐาน

4.1.1 ฟาร์มโคนม และการกำจัดมูลโคนม

โครงการส่งเสริมการเลี้ยงโคนมของสมาชิกสหกรณ์โคนมกำแพงแสน จำกัด จังหวัดนครปฐม มีการเลี้ยงเพิ่มมากขึ้น ทุกปี จากสถิติพบว่า ในปี พ.ศ.. 2531 จำนวนสมาชิก 100 ราย มีจำนวนโคนม เพียง 500 ตัว มาในปัจจุบันมีจำนวนโคนมถึง 6,300 ตัว จำนวนสมาชิก 278 ราย เนื่องจากการเลี้ยงโคนมมักจะขยายตัว เป็นกลุ่ม ๆ ตามปัจจัยกระตุ้นของสภาพพื้นที่ ที่มีแหล่งอาหารหยาบคือหญ้าและต้นข้าวโพดฝักอ่อน อันอุดมสมบูรณ์ และราคานมดิบที่ส่งขายให้สหกรณ์โคนมกำแพงแสนนั้นได้รับราคาสูงถึง 9.30 บาทต่อกิโลกรัมจึงเป็นสิ่งจูงใจให้มีการเลี้ยงและขยายตัวมากขึ้นทุกปี ในปัจจุบันจะพบว่าหากพื้นที่การเลี้ยงยังคงเท่าเดิม ในขณะที่โคนมในคอกมีมากขึ้น ย่อมก่อปัญหาทางมลภาวะมากขึ้น กล่าวคือ ถ้าคำนวณจากจำนวนโคนม 6,300 ตัวเมื่อคิดน้ำหนักโดยเฉลี่ย 350-450 กิโลกรัมต่อตัว การขับถ่ายมูลโคน้ำหนักเฉลี่ย 18- 22 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ทั้งนี้ไม่รวมปัสสาวะโคนม หากคำนวณปริมาณมูลโคนม ที่ขับถ่ายจากโคนมทุกตัวรวมทั้งสิ้น 126 ตัน ต่อวันและยังไม่มีวิธีการจัดการกับมูลโคนมดังกล่าวจะก่อให้เกิดมลภาวะมากมาย ได้แก่ กลิ่นเหม็นและน้ำทิ้งจากฟาร์มโคนม ตลอดจนมูลโคนมที่จะต้องโกยออกไปทิ้งนอกโรงเรือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝน จะพบปัญหามากเป็นพิเศษคือ มูลโคนมจะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงวันบ้านและแมลงวันคอก ก่อให้เกิดความเดือดร้อนแก่ผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง ทั้งคนและโคนม

มูลโคนมจะมีวิธีการกำจัดไม่เหมือนกันทุกฟาร์ม ขึ้นอยู่กับสภาพคอกและวิธีการเลี้ยง แต่โดยทั่วไปจะมี 2 วิธีดังนี้ คือ

วิธีที่ 1 กรณีต้องนำมูลโคนมไปเติมเข้าบ่อก๊าซชีวภาพ จะใช้การกำจัดโดยระบบเปียก (Wet handling systems) โดยใช้น้ำฉีดไล่มูลโคนมออกจากพื้นคอก ลงไปรวมในรางระบาย ซึ่ง

Copyright by Mahidol University

ลำรางระบายหลังล้างคอกออกแบบลาดเอียงร้อยละ 1 ให้ลาดเทเข้าสู่บ่อก๊าซที่ออกแบบไว้ ซึ่งหากเป็นการเลี้ยง โคนมน้ำหนัก 250-450 กิโลกรัม จำนวน 7-15 ตัว จะนิยมทำบ่อก๊าซชีวภาพขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร แบบโดมคงที่

วิธีที่ 2 กรณีต้องนำมูลโคนมไปตากแห้งในฤดูร้อน จะใช้วิธีแยกมูลโคนม โดยการใช้พลั่วโกยเก็บเป็นรายตัว โกยใส่กระบะ นำไปยังลานตาก บางรายไม่นำไปตากก็โกยสาดไปสุมไว้หลังคอกหรือข้างๆ คอกที่ใกล้ ๆ การใช้พลั่วโกยมูลโคนมจากพื้นก่อนใช้น้ำล้างทำความสะอาดพื้นคอก และตัวโคนมก่อนการรีดนม จะทำให้ค่าความสกปรกของน้ำทิ้งจากฟาร์มโคนมน้อยกว่าระบบเปียก แต่ก็ต้องหาวิธีการจัดการกับมูลโคนม ที่ตักออกไปจากคอกด้วยวิธี อื่น ๆ ที่เหมาะสมต่อไป

สำหรับการจัดการมูลโคนมในฟาร์มขนาดเล็ก ของสมาชิกสหกรณ์โคนมกำแพงแสนจำกัดนั้น เนื่องจากการเลี้ยงโคนมภายในอำเภอกำแพงแสน ส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงขนาดเล็กมีโคนมตั้งแต่ 2-20 ตัว และมักจะเลี้ยงแบบผูกยืนโรงในโรงเรือนตลอดเวลา การกินอาหาร การขับถ่าย การรีดนมอยู่ในบริเวณเดียวกัน ซึ่งเกิดจากข้อจำกัดด้านพื้นที่การเลี้ยง และค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อสร้างโรงเรือน การจัดการกับมูลโคนมจึงกระทำโดย ใช้แรงงานที่มีอยู่โกยมูลโคนมออกไปกองสุมกันอยู่นอกคอก เท่านั้น บางฟาร์มมีเนื้อที่มากก็นำไปสู่ลานตากที่เป็นดินเตรียมไว้เพื่อการจัดการมูลโคนมโดยเฉพาะ การตากบนลานตากเป็นการจัดการกับมูลโคนมที่มีประสิทธิภาพสูงในฤดูร้อน แสงแดดจะระเหยน้ำในมูลโคนมด้วยความร้อนเฉลี่ยประมาณ 300 วัตต์ต่อตารางเมตร การเกลี่ยกองมูลโคนมให้บางๆ หรือให้มีปริมาณน้ำหนักต่อพื้นที่ตากเป็นจำนวนสัดส่วนน้อยจะทำให้การตากแห้งอาจใช้เวลาเพียง 2-3 วันเท่านั้น ทั้งนี้ต้องมีการเกลี่ยมูลโคที่ตากแห้งกลับด้านไปมา 3-4 ครั้งต่อวันหากระยะเวลา การถ่ายเทความร้อนจากแสงแดดเฉลี่ยวันละ 10 ชั่วโมง อัตราส่วนความชื้นจากมูลโคนมประมาณร้อยละ 80 จะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 40 ซึ่งจะเบาง่ายต่อการขนถ่ายพร้อมกับบรรจุเป็นปุ๋ยมูลโคนม เฉลี่ย ถุงละ 15-20 กิโลกรัม ราคาขายส่งหน้าฟาร์ม 6-8 บาทต่อถุง ราคาขายปลีก 20 บาท การจัดการมูลโคนมดังกล่าวกระทำกันในฤดูร้อนเพื่อการจำหน่ายเป็นปุ๋ยเป็นวัตถุประสงค์หลัก

4.1.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพมูลโคนม

4.1.2.1 อัตราส่วนความชื้น (Moisture content)มูลโคสด หาค่าโดยนำตัวอย่างมูลโคนม วิเคราะห์ด้วยวิธีการหาอัตราส่วนความชื้นจากปฏิบัติการปฐพีมูลฐาน

Copyright by Mahidol University

ผลการวิเคราะห์มูลโคนมก่อนการอบแห้งจำนวน 8 ตัวอย่าง พบว่ามูลโคนมที่มีอัตราส่วนความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 74.66 และมีอัตราส่วนความชื้นสูงสุดร้อยละ 92.30 มีอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ย เท่ากับ ร้อยละ 82.75 ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 อัตราส่วนความชื้นมูลโคสด

ครั้งที่	น้ำหนักมูลเปียก(กรัม)	น้ำหนักมูลแห้ง(กรัม)	อัตราส่วนความชื้น (%)
1	150	112	74.66
2	204	164	80.39
3	150	120	80
4	120	100	83
5	130	120	92.30
6	141.5	120	84.81
7	140	110	78.57
8	170	150	88.23
			เฉลี่ย 82.745

4.1.2.2 การวิเคราะห์หาความชื้นมูลโคตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์

ผลการวิเคราะห์พบว่ามูลโคนมที่ตากด้วยวิธีตามธรรมชาติหรือการตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์เป็นเวลา 3 วัน มีค่าอัตราส่วนความชื้นต่ำสุดร้อยละ 40 สูงสุดร้อยละ 46.15 อัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 43.38 ดังแสดงในตารางที่ 8 ค่าร้อยละของความชื้นดังกล่าวจะใช้เป็นเกณฑ์ในการอบแห้งมูลโคสดในตู้อบแห้งเพื่อจะให้ได้ผลลัพธ์มีค่าความชื้นเท่ากับการตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 8 อัตราส่วนความชื้นมูลโคสดที่ตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์เป็นเวลา 3 วันวันละ8- 10 ชั่วโมง

ครั้งที่	น้ำหนักเปียก(กรัม)	น้ำหนักแห้ง(กรัม)	อัตราส่วนความชื้น(%)
1	156	72	46.15
2	120	48	40
3	110	48.4	44
			เฉลี่ย 43.38

4.1.3 ข้อมูลการวิเคราะห์ทางเคมี

องค์ประกอบที่สำคัญทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ที่พืชนำธาตุอาหารไปใช้ คือ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม โดยผลการวิเคราะห์หาค่าของธาตุต่างๆจากมูลโคสด พบว่ามีค่าไนโตรเจนร้อยละ 0.633 ค่าฟอสฟอรัส 90 ppm .และค่าโปตัสเซียม 980 ppm. จากมูลโคตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ พบว่ามีค่าไนโตรเจนร้อยละ 0.75 ค่าฟอสฟอรัส 30 ppm. และค่าโปตัสเซียม 660 ppm. แสดงในตารางที่ 9 ข้อมูลดังกล่าวจะนำไปเปรียบเทียบกับมูลโคอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ ซึ่งความร้อนในตู้อบแห้ง อาจจะทำให้ธาตุอาหารหลักมีการสูญเสียได้หากอบที่อุณหภูมิสูง

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติความเป็นปุ๋ยอินทรีย์ของมูลโคนม

คุณสมบัติ / รายการ	ไนโตรเจน (N) (%)	ฟอสฟอรัส (P) ppm	โปตัสเซียม(K) ppm
มูลโคสด	0.633	90	980
มูลโคตากแห้งแสงอาทิตย์	0.750	30	660

4.1.4 คุณสมบัติทางชีวภาพ

Copyright by Mahidol University

ทำการ เก็บตัวอย่างจากมูลโคนมบริเวณพื้นคอก ก่อนนำไปอบแห้ง เพื่อ

ศึกษา คุณสมบัติทางชีวภาพ จะเน้นเฉพาะคุณสมบัติที่จะเป็นแหล่งที่แพร่เชื้อโรคต่าง ๆ ไปสู่โคและคน ซึ่งประกอบไปด้วย ปาราสิตและโปรโตซัว ผลการศึกษาพบว่ามูลโคสดพบไข่พยาธิ แต่ไม่พบโปรโตซัวและมูลโคตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ไม่พบทั้งไข่พยาธิและโปรโตซัวดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการหาองค์ประกอบทางชีวภาพของมูลโคนม

ปาราสิต / มูลโคนม	ไข่พยาธิ	โปรโตซัว	หมายเหตุ
มูลโคสด	+	-	+ (พบ)
มูลโคนมตากแสงอาทิตย์ 3 วัน	-	-	- (ไม่พบ)

4.2 ผลการศึกษา รูปแบบที่ 1

มูลโคนมที่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวัน ทำการแบ่งเป็นสัดส่วน 76 : 24 ส่วนแรกนำไปกำจัดในบ่อก๊าซชีวภาพ ส่วนที่สองนำไปเข้าเครื่องอบแห้ง

ผลการศึกษามีดังนี้

4.2.1 ปริมาณก๊าซที่ใช้ในการอบแห้งวัดด้วยก๊าซมิเตอร์ มีจำนวน 3 ลูกบาศก์เมตรเมื่อเปิดก๊าซต่อเนื่องเป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง

4.2.1 ปริมาณมูลโคสดนำเข้าเครื่องอบแห้งจำนวน 50 กิโลกรัม อบแห้งติดต่อกัน เป็นเวลาสาม ชั่วโมง ใช้ก๊าซจำนวน 3 ลูกบาศก์เมตร ดำเนินการอบแห้งจำนวน 5 ครั้ง ได้มูลโคที่มีอัตราส่วนความชื้นสูงสุดร้อยละ 74.11 และความชื้นต่ำสุดร้อยละ69.36 ผลแสดงในตารางที่ 11

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 11 การอบแห้งมูลโคสดด้วยก๊าซชีวภาพ

การทดลอง	อัตราส่วนความชื้น (%)		ธาตุอาหาร			หมายเหตุ
	ก่อนอบแห้ง	หลังอบแห้ง	N	P	K	
ครั้งที่ 1	84.35	74.11	-	-	-	ความชื้นสูง ไม่สามารถ นำบรรจุถุง จำหน่ายใน รูปปุ๋ยได้
ครั้งที่ 2	83.07	72.03	-	-	-	
ครั้งที่ 3	79.30	70.01	-	-	-	
ครั้งที่ 4	82.60	70.96	-	-	-	
ครั้งที่ 5	80.50	69.36	-	-	-	
	เฉลี่ย 81.96	เฉลี่ย 71.29				

การแบ่งสัดส่วน มูลโคนมที่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวันในสัดส่วน 76 : 24 โดยนำส่วนแรกไปใส่ในบ่อก๊าซชีวภาพขนาด 16 ลูกบาศก์เมตรนั้น มีความเหมาะสม ซึ่งจะได้ก๊าซชีวภาพวันละ 4-6 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถนำไปหุงต้มและส่วนที่เหลือนำไปอบแห้งมูลโคนมได้ การอบแห้งมูลโคสดจากสัดส่วนที่สองที่แบ่งไว้นั้น นำมาอบแห้งครั้งละ 50 กิโลกรัม จำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละครั้งเปิดก๊าซอบแห้งนาน 3 ชั่วโมง ใช้ก๊าซปริมาณ ที่วัดได้ 3 ลูกบาศก์เมตร อัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยของมูลโคนมลด ลงจากร้อยละ 81.96 เป็นร้อยละ 71.29 น้ำหรืออัตราส่วนความชื้นที่ลดลงในมูลโคสดๆ ไม่สอดคล้องกับทฤษฎี ที่ได้คำนวณไว้เมื่อคิดองค์ประกอบมีเทนร้อยละ 50 ในก๊าซชีวภาพจะสามารถให้พลังงานความร้อนเท่ากับ 19,743.50กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร การเผาไหม้ก๊าซชีวภาพจำนวน 3 ลูกบาศก์เมตร มีค่าความร้อนเท่ากับ 59,230.50 กิโลจูล และจากตารางการระเหยน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ต้องใช้ความร้อนในการระเหยเป็นไอ เท่ากับ 2,454 กิโลจูล จึงคำนวณได้ว่าจะระเหยน้ำได้ 24.13 กิโลกรัม แต่ในการทดลองจริงระเหยได้เพียง 4.7 กิโลกรัม สาเหตุอาจจะเพราะว่ามูลโคสด มีรูปทรงเป็นก้อนหนา การระเหยน้ำจำนวนมากจะใช้เวลานานและความร้อนสูงที่จะเพิ่มอุณหภูมิจากแกนกลางวัสดุอบแห้งหรือมูลโคจนทำให้มีการระเหยน้ำได้ที่ผิวนอกของก้อนมูลโค หรืออาจเป็นเพราะการระบายความชื้นโดยปล่องทำหน้าที่ได้ไม่สมบูรณ์ การทดลองรูปแบบนี้จึงไม่สามารถนำมูลโคบรรจุถุงจำหน่ายเป็นปุ๋ยได้เพราะความชื้นยังคงสูงอยู่มากเกินไป โดยมีอัตราส่วนความชื้นระหว่างร้อยละ 69.36-74.11 จึงไม่นำมูลโคที่อบแห้งจากการทดลองในรูปแบบนี้ไปหาค่าธาตุอาหาร

Copyright by Mahidol University

4.3 ผลการศึกษา รูปแบบที่ 2

4.3.1 แบ่งมูลโคนมที่ได้เป็นสัดส่วน 76 : 24 เช่นเดียวกับรูปแบบที่ 1 นำส่วนแรกใส่บ่อหมักก๊าซชีวภาพ และนำส่วนที่สองเข้าเครื่องอบแห้ง แต่ก่อนที่จะนำเข้าตู้อบแห้ง นำมูลโคนมเข้าเครื่องขับรีดน้ำ มูลโคนมที่ผ่านการรีดน้ำแล้วจำนวน 45 กิโลกรัม นำเข้าตู้อบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ใช้ ก๊าซชีวภาพเป็นแหล่งกำเนิดลมร้อน ทำการทดลองอบแห้ง จำนวน 5 ครั้ง บันทึกผลของอุณหภูมิของอากาศเหนือ ถาดอบแห้ง และปริมาณก๊าซที่ใช้ทุกชั่วโมง รวมทั้งเก็บตัวอย่างมูลโคอบแห้ง ทุกชั่วโมง ในแต่ละถาด พบว่าเมื่อสิ้นสุดการอบแห้งใช้ก๊าซปริมาณต่ำสุด 2.5 ลูกบาศก์เมตร และสูงสุด 3.06 ลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิเหนือถาดอบแห้งชั้นล่าง หรือถาดที่ซึ่งใกล้แหล่งกำเนิดความร้อนที่เผาไหม้จากก๊าซชีวภาพ จะมีค่าระหว่าง 86-94 องศาเซลเซียส ชั้นที่ 2 หรือถาดกลางอุณหภูมิระหว่าง 77-86 องศาเซลเซียส และชั้นที่ 3 หรือถาดบน อุณหภูมิมีค่าระหว่าง 65-70 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อทำการอบแห้งผ่านไป 1 ชั่วโมงอัตราส่วนความชื้นมูลโคในถาดที่3 สูงสุดร้อยละ 75 ต่ำสุดร้อยละ 56.3 เมื่ออบแห้งนาน 2 ชั่วโมง อัตราส่วนความชื้นมูลโคนมถาดที่ 2 มีค่าสูงสุดร้อยละ 69.2 ต่ำสุดร้อยละ 56.0 และเมื่ออบแห้งนาน 3 ชั่วโมงอัตราส่วนความชื้นมูลโคนมถาดที่ 1 มีค่าสูงสุดร้อยละ 56.3 ต่ำสุด ร้อยละ 42.9 แสดงผลในตารางที่ 12

การแบ่งมูลโคนมออกเป็นสัดส่วน 76: 24 นั้น มีความเหมาะสมสำหรับกำจัดในบ่อก๊าซชีวภาพขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร และได้ก๊าซปริมาณ 6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จะเพียงพอใช้ในการหุงต้ม และส่วนที่เหลือนำไปอบแห้งมูลโคนมส่วนที่สอง เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน ในการอบแห้งมูลโคนม ในรูปแบบที่ 2 นี้ จึงนำเครื่องขับรีดน้ำมาขับรีดน้ำมูลโคสด ซึ่งมีอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ย ร้อยละ 82.14 หลังการรีดน้ำจะมีอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 73.97 จึงนำมูลโครีดน้ำดังกล่าวเข้าตู้อบแห้งถาดละ 15 กิโลกรัม ใช้เวลาการอบแห้ง 3 ชั่วโมง โดยอาศัยแหล่งกำเนิดความร้อนจาก ก๊าซชีวภาพ จะได้มูลโคอบแห้งที่มีอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 54.59และการใช้ก๊าซเฉลี่ยในชั่วโมงที่ 1 2 และ 3 เป็นจำนวน 1.016 1.976 และ2.78 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 13และ14 ซึ่งสามารถบรรจุถุงจำหน่ายได้ และมีความชื้นใกล้เคียงกับการตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์ ซึ่งมีอัตราส่วนความชื้นเฉลี่ย ร้อยละ43.38

จากรูปแบบที่ 2 นี้นอกจากเครื่องรีดน้ำจะช่วยลดปริมาณน้ำในมูลโคสดได้โดยตรงบางส่วนแล้ว รูปทรงของมูลโคที่แบนบางจากการอัดรีดไล่น้ำ จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวโดยรอบได้มาก

Copyright by Mahidol University

ขึ้น ทำให้การอบแห้งมูลโครีดน้ำ เมื่อได้รับความร้อนจากแหล่งกำเนิดลมร้อน น้ำที่แทรกตัวอยู่ในมูลโคจะมีการเคลื่อนตัวจากแกนกลางมูลโคมาสู่บริเวณพื้นผิวมูลโค เพื่อการระเหยได้ง่ายและมีจำนวนมากขึ้น

ตารางที่ 12 อัตราส่วนความชื้น และอุณหภูมิเหนือถาดอบแห้ง ณ เวลาต่างๆ ในการอบแห้งมูลโครีดน้ำ

เวลา (นาที)								
	0		60		120		180	
	ใช้ก๊าซ (ลบ.ม)	ความชื้น (%)	ใช้ก๊าซ (ลบ.ม.)	ความชื้น (%)	ใช้ก๊าซ (ลบ.ม)	ความชื้น (%)	ใช้ก๊าซ (ลบ.ม)	ความชื้น (%)
ครั้งที่ 1								
92-94 °C	0	70	1	56.3	1.9	66.6	2.7	56.3
77-86° C	0	70.3	1	72.5	1.9	56	2.7	55
65-70°C	0	72.5	1	75	1.9	66.6	2.7	70.7
ครั้งที่ 2								
92-94°C	0	75.5	1.1	67.9	2.1	56.9	3.06	42.9
77-86°C	0	75.4	1.1	68.2	2.1	58.6	3.06	37.8
65-70°C	0	79.8	1.1	71.9	2.1	67.7	3.06	50.0
ครั้งที่ 3								
92-94°C	0	75.0	1	68.8	2	50.5	2.5	45
77-86°C	0	71.6	1	70	2	65.5	2.5	63.2
65-70°C	0	72.5	1	64.3	2	62	2.5	61.2
ครั้งที่ 4								
92-86°C	0	76.4	0.94	70.6	1.84	60	2.72	51
77-86°C	0	77.6	0.94	73.2	1.84	69.2	2.72	60
65-70°C	0	78.9	0.94	71.4	1.84	62.8	2.72	58.5
ครั้งที่ 5								
92-86°C	0	71	1.04	63.4	2.04	55.1	2.92	48.9
77-86°C	0	73.4	1.04	69	2.04	65.3	2.92	60
65-70°C	0	75.9	1.04	69.9	2.04	63.9	2.92	58.6

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความชื้น มูลโคนมในตู้อบแห้ง จากถาดอบแห้ง 3 ถาด

การทดลอง	% ความชื้น	% ความชื้น	% ความชื้นมูลโคนม ณ เวลาต่างๆในตู้อบ		
	มูลโคสด	มูลโครีดน้ำ	60 นาที	120 นาที	180 นาที
ครั้งที่ 1	84.5	70.92	67.90	63.00	60.66
ครั้งที่ 2	83.0	76.91	69.30	61.08	43.58
ครั้งที่ 3	79.30	73.04	67.58	59.32	56.46
ครั้งที่ 4	82.60	75.61	71.71	64.03	56.48
ครั้งที่ 5	81.32	73.41	67.43	61.42	55.81

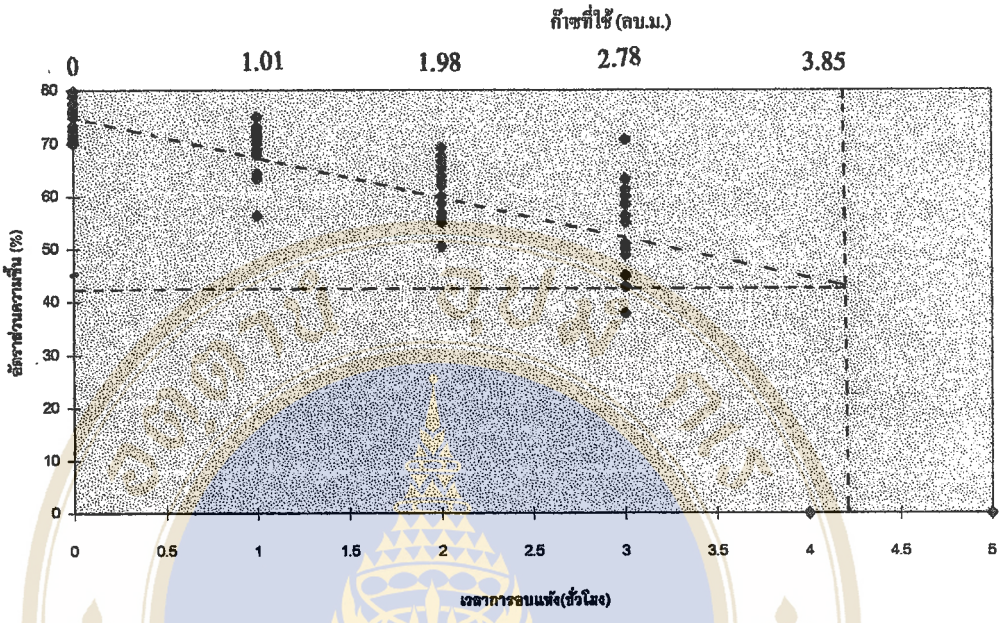
ตาราง ที่ 14 อัตราส่วนความชื้นและปริมาณก๊าซที่ใช้อบแห้งเฉลี่ย จากการทดลอง 5 ครั้ง

เวลาการอบแห้ง (นาที)					
60		120		180	
ก๊าซ (ลบ.ม.)	ความชื้น (%)	ก๊าซ (ลบ.ม.)	ความชื้น (%)	ก๊าซ (ลบ.ม.)	ความชื้น (%)
1.016	68.78	1.976	61.77	2 .78	54.59

จากการทดลองในรูปแบบที่ 2 นี้ได้นำมูลโคอบแห้งวิเคราะห์หาไข่พยาธิ พบว่าไม่มีไข่พยาธิตัวกลม แสดงว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-90 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จะสามารถทำลายไข่พยาธิได้ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับ George Tchobanoglous A. (49) ที่กล่าวว่าไข่ *Ascaris lumbricoides* จะถูกทำลายด้วยอุณหภูมิมากกว่า 50 องศาเซลเซียส นานไม่เกิน 1 ชั่วโมง

ถ้าต้องการความชื้นมูลโคอบแห้งเท่ากับการตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์โดยการระเหยน้ำในมูลโคนมให้ได้มากขึ้น จะทำการคาดการณ์จากกราฟ ระหว่างอัตราส่วนความชื้นมูลโครีดน้ำอบแห้งกับเวลาการอบแห้ง ตามรูปที่ 17 จะพบว่า การอบแห้งใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง 25 นาที เพื่อจะได้มูลโคนมอบแห้งที่มีอัตราส่วนความชื้น ร้อยละ 43.38 หรือเท่ากับการตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์นั่นเอง ซึ่งจากกราฟดังกล่าวคาดการณ์ว่า จะต้องใช้ก๊าซชีวภาพ เพื่อการอบแห้งมูลโครีดน้ำประมาณ 3.8 ลูกบาศก์เมตร

Copyright by Mahidol University



รูปที่ 17 อัตราส่วนความชื้นและเวลาการอบแห้งมูลโคนมรีดน้ำแต่ละถาดจากการทดลอง 5 ครั้ง

4.4 คุณสมบัติทางเคมีของการเป็นปุ๋ยอินทรีย์

องค์ประกอบที่สำคัญที่พืชนำธาตุอาหารไปใช้คือ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม โดยผลการวิเคราะห์หาค่าของธาตุอาหารต่างๆ พบว่ามูลโคนมที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 65-95 องศาเซลเซียส จะให้ผลของไนโตรเจนมีค่า ร้อยละ 0.7-0.963 ค่าฟอสฟอรัส ร้อยละ 0.004-0.011 หรือ 40-110 ppm และ ค่าโปตัสเซียม ร้อยละ 0.0869 - 0.169 หรือ 869- 1690 ppm ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติความเป็นปุ๋ยอินทรีย์ของมูลโคนม

คุณสมบัติ / รายการ	ไนโตรเจน(N) (%)	ฟอสฟอรัส(P) (ppm)	โปตัสเซียม(K) (ppm)
มูลโคนมอบแห้งที่ 95 °C	0.963	110	1,690
มูลโคนมอบแห้งที่ 77 °C	0.70	30	690
มูลโคนมอบแห้งที่ 65 °C	0.788	40	869

Copyright by Mahidol University

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ธาตุอาหารหลัก) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของมูลโคนมอบแห้งผลการวิเคราะห์ พบว่าปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในมูลโคที่ใช้อุณหภูมิในกาอบที่แตกต่างกันจะมีปริมาณธาตุอาหารพืชที่ไม่เท่ากัน กล่าวคือเมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ 95 77 และ 65 องศาเซลเซียส จะพบว่า N มีความเข้มข้นลดลงเป็นลำดับจากการอบโดยใช้อุณหภูมิต่ำลง ตามตารางที่ 15 สำหรับธาตุอาหาร P และ K ที่ตรวจพบก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะอุณหภูมิที่ใช้อบถ้ามีค่าสูงมากจะสามารถไล่ความชื้นออกจากมูลโคได้มากขึ้น ทำให้มวลของมูลโคแห้งมีค่าที่ต่ำกว่าการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิต่ำลงมา เมื่อนำกลับมาคำนวณค่าสัดส่วนของธาตุอาหารโดยมวลแล้วจึงได้ค่าสูงกว่า

สำหรับปริมาณธาตุอาหาร N ในมูลโคอบแห้งมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 1 โดยมวลไม่ว่าจะอบที่อุณหภูมิใด ๆ จากข้อมูลที่ได้พอสรุปได้ว่ามูลโคอบแห้ง ไม่สามารถที่จะเป็นแหล่งของ N ให้พืชได้อย่างเพียงพอ ถ้าต้องการผลิตพืชควรจะมีการใช้ปุ๋ย N เพิ่มเติมให้กับพืชที่จะผลิต เพื่อป้องกันการขาด N ส่วนธาตุอาหาร P ในมูลโคที่ตรวจพบมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อใช้เกณฑ์มาตราฐานความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นตัวเปรียบเทียบ คือถ้าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่สกัดตามวิธีของ Bray II (available P_2O_5)มีค่าน้อยกว่า 10 10-25 และ มากกว่า 25 ppm แสดงว่ามีค่าต่ำ ปานกลาง และสูง ตามลำดับ (50) ดังนั้น มูลโคอบแห้งสามารถจะใช้เป็นแหล่งธาตุอาหาร P สำหรับพืชได้อย่างเพียงพอ แต่อย่างไรก็ตามมูลโคอบแห้งจะทดแทนธาตุอาหาร P ได้มากน้อยเพียงไรขึ้นกับว่ามีการใส่ปุ๋ยมูลโคเพื่อการผลิตพืชเพียงพอหรือไม่ จำเป็นต้องมีการคำนวณอัตราการใส่ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

ส่วนธาตุอาหาร K จะเป็นเช่นเดียวกับธาตุอาหาร P กล่าวคือมูลโคมีธาตุอาหาร K อยู่สูงมากเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือปริมาณโปตัสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าน้อยกว่า 60 อยู่ระหว่าง 60-90 และ สูงกว่า 90 ppm แสดงว่ามีค่าต่ำ ปานกลางและสูงตามลำดับ (50) ดังนั้น มูลโคอบแห้งจึงสามารถใช้เป็นแหล่งอาหาร K สำหรับการผลิตพืชได้เป็นอย่างดีถ้ามีอัตราการใส่ลงไปในดินที่เพียงพอ

ประโยชน์ที่ได้รับนอกเหนือจากการเป็นแหล่งเสริมของธาตุอาหารหลักของพืชแล้ว การใช้มูลโคในดินเพื่อการผลิตพืชจะเป็นตัวดูดซับธาตุอาหารให้เก็บไว้ในดินได้มากขึ้น ทั้งนี้เพราะมูลโคจะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่สูงมาก (50) ทำให้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ย เคมี ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งคือการเกิดสารเชื่อมเนื่องจากการสลายตัวของมูลโคที่เป็นอินทรีย์วัตถุชนิดหนึ่ง (51) สารเชื่อมที่เกิดขึ้นจะทำให้เม็ดดินมีความเสถียรขึ้น ซึ่งง่ายต่อการจัดการทางด้านเขตเกษตรกรรม ในการผลิตพืช

Copyright by Mahidol University

4.5 ต้นทุนทั้งหมดและรายรับที่เกิดจากการขายมูลโคอบแห้ง

ปัจจัยที่ใช้ในการคำนวณค่า NPV สามารถสรุปได้ดังนี้

4.5.1 รายจ่าย (การลงทุน) หมายถึง มูลค่าของการลงทุนในปีแรกซึ่งประกอบด้วย

4.5.1.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ประกอบด้วย

ค่าสร้างบ่อก๊าซชีวภาพ เป็นเงิน 23,270 บาท

ค่าเครื่องอบแห้งมูลโคนม เป็นเงิน 1,000 บาท

ค่าเครื่องขับรีดไล่น้ำจากมูลโคนม เป็นเงิน 500 บาท

ซึ่งต้นทุนคงที่ดังกล่าวข้างต้น รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 24,770 บาทจะนำไปใช้ในตารางที่ 16 เพื่อการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ

4.5.1.2 ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) ประกอบด้วย

ค่าแรงงาน ในการวิจัยครั้งนี้ ต้นทุนเกี่ยวกับ แรงงาน จะเป็นค่าจ้างแรงงานคนงานไร้ฝีมือในท้องถิ่น เพื่อการขนกากมูลโคนมและการดูแลรักษาบ่อก๊าซชีวภาพ คิดจากค่าแรงขั้นต่ำ ภายในจังหวัดนครปฐมประมาณ 157 บาทต่อวัน หรือ17.40 บาทต่อชั่วโมง (อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ ของจังหวัดนครปฐม ปี 2540) จ้างแรงงาน จำนวน 1 แรง ใช้เวลาในการทำงาน 3 ชั่วโมง รวมเป็นค่าจ้างรายวัน 52.20 บาท จ้างมาทำงานติดต่อกัน 100 วันในฤดูฝน เป็นเงิน 5,220 บาท

4.5.2 รายรับ

4.5.2.1 รายรับโดยตรง

4.5.2.1.1 รายรับที่ได้จากการขายปุ๋ยอินทรีย์อบแห้ง ซึ่งผลการสำรวจราคาปุ๋ยในฤดูฝนของปีที่ผ่านมา ขายได้ราคากิโลกรัมละ 2 บาท ดังนั้นผู้ประกอบการจะสามารถมีรายได้จากการขายปุ๋ยอินทรีย์เท่ากับ 30 กิโลกรัม x 2 บาท x 100 วันเป็นเงิน 6,000 บาท ในรอบ 1 ปี

4.5.2.1.2 รายรับจากค่าก๊าซชีวภาพที่เป็นเชื้อเพลิงหุงต้ม คำนวณจากภาวะปกติถ้าไม่มีก๊าซชีวภาพใช้ จะต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับซื้อก๊าซหุงต้มขนาดถังบรรจุ 15 ลิตร ราคาถังละ 195 บาท ใช้ในครัวเรือนได้นาน 70 วัน ประมาณการใช้เป็นเวลา 350 วัน ต่อปี จะใช้

Copyright by Mahidol University

ก๊าซ 5 ถัง รวมเป็นเงิน 975 บาท จำนวนเงินดังกล่าว ถือเป็นรายรับที่เกิดจากผลประโยชน์ของการลดค่าใช้จ่าย โดยใช้พลังงานหุงต้มจากก๊าซชีวภาพทดแทน

4.5.2.2 ผลประโยชน์โดยอ้อม

4.5.2.2.1 การลดพาหะนำโรค การจัดการมูลโคนม โดยนำไปใส่ในบ่อก๊าซชีวภาพ และนำก๊าซที่ได้มาอบแห้งมูลโคนมในฤดูฝน จะช่วยลดแหล่งแพร่พันธุ์ของแมลงต่างๆ ที่เป็นตัวนำโรคมาสู่คนและโคได้ ซึ่งโดยปกติผู้เลี้ยงโคนมต้องซื้อสารเคมี สำหรับการกำจัดแมลงมาใช้ ในฤดูฝนประมาณ 1 ลิตร ราคา 800 บาท ซึ่งเป็นรายรับที่เกิดจากผลประโยชน์ของการลดค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการกำจัดแมลง ซึ่งเป็นพาหะนำโรคทางอ้อม

4.5.2.2.2 การลดค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพโคนม

การมีแมลงมากในฤดูฝนโดยอาศัยมูลโคนมเป็นตัวกลางแพร่พันธุ์แมลงนำโรคทางระบบเม็ดเลือด การเจ็บป่วยจากโรคดังกล่าว ประมาณการว่าโคนมจะเจ็บป่วยร้อยละ 10 ของฟาร์มโคนมรายย่อย คิดเป็นอัตราป่วย 2 ตัวจากโคนมทั้งหมด 20 ตัว คิดค่ารักษาวันละ 100 บาท ต่อตัว เป็นเวลา 5 วัน รวมเป็นเงิน 1,000 บาท ขาดรายได้จากการรีดนมไปขาย ที่จะต้องสูญเสียขณะป่วย คิดเป็นน้ำนมดิบ 10 กิโลกรัมต่อตัววัน จำนวน 2 ตัว รวมสูญเสียน้ำนมดิบ 20 กิโลกรัม จำนวน 5 วัน เท่ากับ 100 กิโลกรัม ราคาขายให้สหกรณ์นครปฐมจำกัด กิโลกรัมละ 9.35 บาทรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 935 บาท

การประเมินผลประโยชน์โดยอ้อมที่เกิดจากของโครงการดังกล่าว รวมเป็นเงิน 800+1000+935=2,775 บาท ซึ่งนำมูลค่าที่ประเมินดังกล่าวนี้จะนำไปรวมเป็นผลประโยชน์ตอบแทนรายปีนำไปคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิในตารางที่ 19 20 และ 21

ผลประโยชน์ทางอ้อมที่ไม่ได้คิดเป็นค่าเงินในการวิจัยนี้ คือสิ่งแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงเช่นลำคลองสาธารณะ บ่อน้ำไม่ต้องรับภาระความสกปรกจากมูลโคนม ตลอดจนผลประโยชน์ทางการอนามัย ความสวยงาม และคุณภาพชีวิตของผู้คนบริเวณแหล่งเลี้ยงโคนม

4.6 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ คำนวณหาโดยนำค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นของโครงการไปหักออกจากผลประโยชน์ตอบแทนเป็นรายปีไป เพื่อให้ได้ผลประโยชน์ตอบแทนสุทธิหรือกระแสเงินสด ในแต่ละปี หลังจากนั้น ก็ทำการปรับค่าของเวลาของกระแสเงิน

Copyright by Mahidol University

สดที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ซึ่งก็คือ คูณด้วย ตัวร่วมส่วนลด กรณีนี้เอกชนเป็นผู้ลงทุน อัตราส่วนลดได้แก่อัตราดอกเบี้ย ซึ่งค่าของตัวร่วมส่วนลดได้มาจากตารางสำเร็จรูป พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ ในระดับอัตราดอกเบี้ย ร้อยละ 18 12 และ 5 มีค่าเท่ากับ -12,043.76 -102,34.79 และ-5,502.47 บาท ตามลำดับ ดังแสดงผลในตารางที่ 16 17 และ18

ตารางที่ 16 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อายุการใช้งานของบ่อก๊าซเป็นเวลา 15 ปี (อัตราดอกเบี้ย 18 %) คำนวณจากผลประโยชน์โดยตรง

หน่วย : บาท

ปี	ทุน	ค่าแรงงาน	รายจ่ายรวม	ผลตอบแทน	ผลตอบแทนสุทธิ	D.F.18 %	มูลค่าปัจจุบัน
1	24,770	5,220	29,990	6,975	-23,015	0.847	-19,493.70
2	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.719	1,261.84
3	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.609	1,068.79
4	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.516	905.58
5	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.437	766.93
6	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.37	649.35
7	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.314	551.07
8	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.266	466.83
9	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.225	394.87
10	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.191	335.20
11	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.162	284.31
12	0	5,220	5,220	6,975	1,775	0.137	240.43
13	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.116	203.58
14	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.099	173.74
15	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.084	147.42
รวม	24,770	78,300	103,070	104,625	1,555	-	-12,043.76

Copyright by Mahidol University

จากตารางที่ 16 การกู้เงินมาลงทุนในโครงการ อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 18 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครง เป็นเงิน -12,043.76 บาท ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0 ฉะนั้นโครงการนี้ไม่ควรได้รับการสนับสนุน เพราะไม่คุ้มค่าเมื่อคิดจากผลประโยชน์ทางตรงเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 17 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อายุการใช้งานของบ่อก๊าซเป็นเวลา 15 ปี (อัตราดอกเบี้ย 12 %) คำนวณจากผลประโยชน์ทางตรง

หน่วย : บาท

ปี	ทุน	ค่าแรงงาน	รายจ่ายรวม	ผลตอบแทน	ผลตอบแทนสุทธิ	D.F.12 %	มูลค่าปัจจุบัน
1	24,770	5,220	29,990	6,975	-23,015	0.893	-20,552.39
2	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.797	1,398.73
3	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.712	1,249.56
4	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.636	1,116.18
5	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.567	995.08
6	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.507	889.78
7	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.452	793.26
8	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.404	709.02
9	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.361	633.55
10	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.322	565.11
11	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.287	503.68
12	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.257	451.03
13	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.229	401.89
14	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.205	359.77
15	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.183	321.16
รวม	24,770	78,300	103,070	104,625	1,555	-	-10,164.59

จากตารางที่ 17 การกู้เงินมาลงทุนในโครงการ อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครง เป็นเงิน -10,234.79 บาท ซึ่งเกิดจากผลประโยชน์โดยตรง ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0 ฉะนั้นโครงการนี้ไม่ควรได้รับการสนับสนุน เพราะไม่คุ้มค่า

Copyright© by Mahidol University

ตารางที่ 18 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อายุการใช้งานของบ่อก๊าซเป็นเวลา 15 ปี (อัตราดอกเบี้ย 5 %) คำนวณจากผลประโยชน์โดยตรง

หน่วย : บาท

ปี	ทุน	ค่าแรงงาน	รายจ่ายรวม	ผลตอบแทน	ผลตอบแทนสุทธิ	D.F.5 %	มูลค่าปัจจุบัน
1	24,770	5,220	29,990	6,975	-23,015	0.952	-21,910.28
2	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.907	1,591.78
3	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.864	1,516.32
4	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.823	1,444.36
5	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.704	1,235.52
6	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.746	1,309.25
7	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.711	1,247.80
8	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.677	1,188.13
9	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.645	1,131.97
10	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.614	1,077.57
11	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.585	1,026.67
12	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.557	977.53
13	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.530	930.15
14	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.505	886.27
15	0	5,220	5,220	6,975	1,755	0.481	844.15
รวม	24,770	78,300	43,090	104,625	1,555	-	-5,502.81

จากตารางที่ 18 การกู้เงินมาลงทุนในโครงการ อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครง เป็นเงิน -5,502.81 บาทที่เกิดมาจากผลประโยชน์โดยตรงเท่านั้น ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0 ฉะนั้นโครงการนี้ไม่ควรได้รับการสนับสนุน เพราะไม่คุ้มค่าถ้าคำนวณจากผลประโยชน์โดยตรงอย่างเดียว

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 19 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อายุการใช้งานของบ่อก๊าซเป็นเวลา 15 ปี (อัตราดอกเบี้ย 18 %) คำนวณจากผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อม

หน่วย : บาท

ปี	ทุน	ค่าแรงงาน	รายจ่ายรวม	ผลตอบแทน	ผลตอบแทนสุทธิ	D.F.18 %	มูลค่าปัจจุบัน
1	24,770	5,220	29,990	9,710	-20,280	0.847	-17,177.16
2	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.719	3,228.31
3	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.609	2,734.41
4	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.516	2,316.84
5	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.437	1,962.13
6	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.37	1,661.30
7	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.314	1,409.86
8	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.266	1,194.34
9	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.225	1,010.25
10	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.191	857.59
11	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.162	727.38
12	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.137	615.13
13	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.116	520.84
14	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.099	444.51
15	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.084	377.16
รวม	24,770	78,300	103,070	145,650	83,140	-	1882.69

จากตารางที่ 19 การกู้เงินมาลงทุนในโครงการ อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 18 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครง เป็นเงิน 1,882.69 บาท ที่เกิดมาจากผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อม ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 ฉะนั้นโครงการนี้ควรได้รับการสนับสนุน เพราะคุ้มค่าถ้าคำนวณจากผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อม

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 20 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อายุการใช้งานของบ่อก๊าซเป็นเวลา 15 ปี (อัตราดอกเบี้ย 12 %) คำนวณจากผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อม

หน่วย : บาท

ปี	ทุน	ค่าแรงงาน	รายจ่ายรวม	ผลตอบแทน	ผลตอบแทนสุทธิ	D.F.12 %	มูลค่าปัจจุบัน
1	24,770	5,220	29,990	9,710	-20,280	0.893	-18,110.04
2	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.797	3,578.53
3	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.712	3,196.88
4	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.636	2,855.64
5	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.567	2,545.83
6	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.507	2,276.43
7	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.452	2,029.48
8	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.404	1,813.96
9	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.361	1,620.89
10	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.322	1,445.78
11	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.287	1,288.63
12	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.257	1,153.93
13	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.229	1,028.21
14	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.205	920.45
15	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.183	821.67
รวม	24,770	78,300	103,070	145,650	42,580	-	8,466.27

จากตารางที่ 20 การกู้เงินมาลงทุนในโครงการ อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 12 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครง เป็นเงิน 8,466.27 บาท ที่เกิดมาจากผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อม ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 ฉะนั้นโครงการนี้ควรได้รับการสนับสนุน เพราะคุ้มค่าเมื่อคำนวณจากผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อม

Copyright by Mahidol University

ตารางที่ 21 การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่อายุการใช้งานของบ่อก๊าซเป็นเวลา 15 ปี (อัตราดอกเบี้ย 5 %) คำนวณจากผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อม

หน่วย : บาท

ปี	ทุน	ค่าแรงงาน	รายจ่ายรวม	ผลตอบแทน	ผลตอบแทนสุทธิ	D.F.5 %	มูลค่าปัจจุบัน
1	24,770	5,220	29,990	9,710	-20,280	0.952	-19,306.56
2	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.907	4,072.43
3	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.864	3,879.36
4	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.823	3,695.27
5	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.704	3,160.96
6	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.746	3,349.54
7	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.711	3,192.39
8	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.677	3,039.73
9	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.645	2,896.05
10	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.614	2,756.86
11	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.585	2,626.65
12	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.557	2,500.93
13	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.530	2,379.7
14	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.505	2,267.45
15	0	5,220	5,220	9,710	4,490	0.481	2,159.69
รวม	24,770	78,300	43,090	145,950	42,580	-	22,670.45

จากตารางที่ 21 การกู้เงินมาลงทุนในโครงการ อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 5 มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครง เป็นเงิน 22,670.45 บาท ที่เกิดมาจากผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อม ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 ฉะนั้นโครงการนี้ควรได้รับการสนับสนุน เพราะคุ้มค่าเมื่อคำนวณจากผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อม

Copyright by Mahidol University

ผลการวิเคราะห์ทางด้านการลงทุน โดยวิเคราะห์จากมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการขายมูลโคนมอบแห้งเฉพาะฤดูฝนและการได้ก๊าซมาใช้ตลอดปี การจัดการมูลโคนมด้วยวิธีการแบ่งสัดส่วนมูลโคนมออกเป็นสัดส่วน 76 : 24 เพื่อหมักทำก๊าซชีวภาพและนำก๊าซมาอบแห้งมูลโคที่ผ่านการรีดน้ำ ได้ผลว่าไม่มีความเหมาะสม เมื่อคิดอัตราส่วนลด (Discount rate) ร้อยละ 5 12 หรือ 18 โดยดำเนินโครงการเป็นเวลา 15 ปี แต่ถ้าคิดรวมผลประโยชน์ทางอ้อมโดยการวัดการประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านสุขภาพสัตว์และสารฆ่าแมลงด้วยแล้วตลอดปี การลงทุนจะมีความเหมาะสมมากขึ้น ซึ่งการคิดคำนวณได้จากการลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อสารเคมีเพื่อการกำจัดแมลง จำนวน 800 บาท และลดค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพสัตว์ป่วย จำนวน 1,935 บาทรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 2,735 บาทต่อปี เมื่อคิดรวม 15 ปีโดยคิดอัตราส่วนลดร้อยละ 5 12 และ 18 ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 19 , 20 และ 21 การลงทุนจึงจะคุ้มค่า นอกจากนั้นแล้วถ้าหากคำนึงถึงผลประโยชน์ที่เกิดจากการมีสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้นในบริเวณแหล่งเลี้ยงโคซึ่งเกิดจากการจัดการมูลโคนมที่ดีจะยิ่งทำให้การลงทุนคุ้มค่ามากขึ้น

Copyright by Mahidol University

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้ ได้รูปแบบที่เหมาะสมในการจัดการมูลโคนม ในฟาร์มโคนมขนาดเล็กที่มี จำนวนแม่โคนมไม่เกิน 13 ตัว หรือปริมาณมูลโคนมเฉลี่ยไม่เกิน วันละ 210 กิโลกรัมต่อวัน โดยการแบ่งสัดส่วนมูลโคนมในแต่ละวันออกเป็น 76 : 24 นำส่วนแรกจำนวน 160 กิโลกรัม กำจัดในบ่อก๊าซชีวภาพขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร ส่วนที่สองจำนวน 50 กิโลกรัม นำเข้าเครื่องรีดน้ำก่อนแล้วจึงนำไปเข้าตู้อบแห้งถาดละ 15 กิโลกรัม อบแห้งนาน 3 ชั่วโมงจะได้มูลโคนมอบแห้ง จำนวน 30 กิโลกรัม มีความชื้นเฉลี่ย ร้อยละ 54.59 ซึ่งมูลโคนมจำนวนดังกล่าวสามารถบรรจุถุงจำหน่ายได้ในฤดูฝน กิโลกรัมละ 2 บาท จะทำให้เกิดรายได้จากการขายมูลโคนมอบแห้งเป็นปุ๋ยในฤดูฝนเป็นเวลา 100 วันหรือเท่ากับจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยในแต่ละปี คิดเป็นเงินปีละ 6,000 บาท นอกจากนี้ผลผลิตจากโครงการที่ได้ก๊าซชีวภาพมาใช้หุงต้มในครัวเรือน จะทำให้ประหยัดค่าก๊าซบรรจุถัง ได้อีกปีละ 975 บาท และผลเนื่องมาจากการจัดการมูลโคในฟาร์มด้วยวิธีกำจัดในบ่อหมักก๊าซและอบแห้ง ทำให้แหล่งแพร่พันธุ์ของแมลงนำโรคลดลง จะเป็นทางเลือกสำหรับกรณีป้องกันการเกิดโรค ที่มีแหล่งแพร่พันธุ์มาจากมูลโคนม การทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ด้วยวิธีการอบแห้ง จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมเป็นอย่างยิ่ง ที่จะลดการแพร่ระบาดของโรคและจะมีประโยชน์มากต่อสุขภาพโคและคน เมื่อจำนวนโคนมป่วยลดลงจะมีผลต่อ การประหยัดค่าใช้จ่าย เพื่อการรักษาโคนมป่วยอีกประมาณปีละ 1,935 บาท เมื่อไม่มีแหล่งเพาะพันธุ์แมลง จะมีผลต่อการประหยัด สารเคมีกำจัดแมลง ได้อีกปีละ 800 บาท

ผลประโยชน์ดังกล่าว จะเกิดขึ้นตามอายุการใช้งานของบ่อหมักก๊าซชีวภาพ เป็นเวลา 15 ปี จึงต้องนำรายได้ หรือผลประโยชน์โดยตรงและโดยอ้อมทั้งหมด ไปวิเคราะห์หาความเหมาะสมของการลงทุน โดยวิเคราะห์จากมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลประโยชน์ ที่เกิดขึ้นจากโครงการทางตรง ซึ่งปรากฏผลว่า ในโครงการตามรูปแบบที่ศึกษาวิจัย เมื่อเอกชนกู้เงินมาลงทุนจากแหล่งสถาบันการเงินต่างๆ เช่น ธนาคารพาณิชย์ ธนาคารเพื่อการเกษตร และกองทุนสิ่งแวดล้อม ในอัตราดอกเบี้ยร้อยละ 18 12 และ 5 ตามลำดับ จะไม่คุ้มค่ากับ

Copyright by Mahidol University

การลงทุนทุกระดับอัตราดอกเบี้ย แต่ถ้ารวมผลประโยชน์ทางอ้อมที่เกิดจากโครงการเข้าไปด้วย จะเป็นโครงการที่คุ้มค่า

การจัดการมูลโคนมตามรูปแบบที่ศึกษาวิจัย นอกจากจะได้ผลประโยชน์ที่มีตัวตนในรูปของกระแสเงินสดแล้ว ยังได้รับมูลค่าของผลประโยชน์ที่ไม่มีตัวตนอีกด้วย อาทิเช่น ความสวยงามในแหล่งการเลี้ยงโคนม คุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชนในแหล่งเลี้ยงโคนม เป็นต้น

อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่ได้ศึกษามานั้น พอจะยึดถือเป็นแนวทางในการจัดการมูลโคนมได้ระดับหนึ่งเท่านั้น เพราะว่าบ่อก๊าซชีวภาพเมื่อนำมูลโคสดๆ เข้าไปหมักให้เกิดก๊าซชีวภาพและนำไปใช้ประโยชน์แล้ว มูลหมักที่เหลือในบ่อล้น ก็ยังต้องหาวิธีการกำจัดต่อไปอย่างเหมาะสมเพื่อจะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายนอกต่อไป นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดอีกหลายด้านที่ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ คือ การกำจัดมูลโคนมโดยการอบแห้ง ที่ได้กระทำในฤดูฝนนั้นจะต้องเลือกเวลาการใช้ก๊าซที่เหมาะสมด้วย กล่าวคือควรเลือกใช้หลังจากการใช้หุงต้มในครัวเรือนช่วงเช้ามาแล้วไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มการหมักให้มีก๊าซเพิ่มขึ้นสูงสุด และควรจะสิ้นสุดการอบแห้งก่อนเวลาการใช้ก๊าซเพื่อการหุงต้มในช่วงเย็น ประมาณ 3-4 ชั่วโมง ฉะนั้นการจัดสรรเวลาในการใช้ก๊าซจึงควรศึกษาพิจารณาเวลาการหุงต้มของแต่ละครัวเรือน ให้สอดคล้องได้ประโยชน์สูงสุดทั้งการอบแห้งและการหุงต้มอาหารในครัวเรือน ส่วนในฤดูอื่นๆควรนำก๊าซส่วนที่เหลือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านต่างๆ หรือจะหาผลิตภัณฑ์อื่นๆมาอบแห้งเพื่อเสริมรายได้ ซึ่งจะทำให้การลงทุนการสร้างบ่อหมักก๊าซและตู้อบแห้งคุ้มทุนมากขึ้น ทั้งนี้เสนอให้มีการทดลองปรับปรุงประสิทธิภาพของตู้อบด้วย เพราะว่าจากการทดลองครั้งนี้ตู้อบทำมาจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นราคาถูก ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำทำให้สูญเสียความร้อนง่ายขณะทำการอบแห้งมูลโคทำให้ต้องใช้ปริมาณก๊าซเพื่อทำความร้อนเพื่อการระเหยมาก หากจะต้องเพิ่มทุนทำฉนวนหุ้มความร้อนนอกตู้อบ และมีผลทำให้การอบแห้ง ใช้ก๊าซชีวภาพในปริมาณน้อยแต่ได้มูลโคอบแห้งจำหน่ายเป็นปุ๋ยได้มากขึ้นอาจจะคุ้มทุนได้มากขึ้น

นอกจากตู้อบที่จะต้องปรับปรุงประสิทธิภาพแล้ว วิธีการนำมูลโคสดๆผ่านเครื่องรีดไล่น้ำก่อนเข้าตู้อบต้องใช้แรงงานซึ่งอาจจะหายากในบางโอกาส จึงควรพิจารณาหาวิธีการลำเลียงส่งมูลโคสดเข้าเครื่องขับรีดน้ำที่มีประสิทธิภาพการอัดรีดน้ำสูง จะทำให้ง่ายต่อการลำเลียงและมูลโครีดน้ำจะอบแห้งได้เร็วขึ้นโดยใช้ก๊าซปริมาณน้อยลง

ประการสุดท้ายหากมีการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักในบ่อก๊าซชีวภาพ ให้เกิดก๊าซได้มากขึ้นด้วยวิธีการต่างๆ อาทิเช่น การศึกษาหาจุลินทรีย์สายพันธุ์ใหม่ ที่ย่อยสลายให้ก๊าซมีเทนได้จำนวนมาก หรือการออกแบบบ่อหมักก๊าซที่เหมาะสมราคาถูก และมีประสิทธิภาพดี

Copyright by Mahidol University

จะเป็นการสนับสนุนให้นำรูปแบบที่ได้ศึกษาวิจัยครั้งนี้ ไปบริหารจัดการมูลโคนมในฟาร์มขนาดเล็กให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นต่อไป

Copyright by Mahidol University

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ . แนวทางการพัฒนาการผลิตการตลาดน้ำนมดิบ 2538. กองนโยบายและพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรุงเทพมหานคร
2. สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. รายงานการสัมมนา เรื่อง ปัญหาการผลิตโคนมและการตลาดน้ำนม ; 17-18 กุมภาพันธ์ 2537 .
3. สุวิทย์ ผลลาภ, บทสรุปการอภิปรายในการสัมมนาเรื่อง ทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมนมในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8; สำนักงานเศรษฐ กิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เอกสารเศรษฐกิจการเกษตร เลขที่ 74/2538
4. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โครงการส่งเสริมการเลี้ยงโคนมปี 2540 -2544 .กรุงเทพมหานคร
5. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 112 ตอนที่16 ง หน้า 26 ประกาศ ณ วันที่ 23 พศ. 2538,ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 11
6 . Archer, J.R. , Liquid waste from farm animal enterprises. 1988
7. Sobel , A. T. . Physical properties of animal manures associated with handling pp 27-52 In Management of farm animal wastes (Proceeding , National Symposium) American Society of Agriculture Engineers. SP-0366 , 1966.
8. Kennan. X. The utilization and research work on digest sludge and sludge and effluent. China.1986
9. อาคม สังขวรานนท์ . กีฏวิทยาทางการแพทย์ และสัตวแพทย์ . พิมพ์ครั้งที่ 1. 2523 หน้า161-3.
10. ปัจฉิมา อินทรกำแหง. การฝึกอบรมหลักสูตร " โรคสัตว์ที่มีเห็บและแมลงเป็นพาหนะ" ณ สถาบันสุขภาพสัตว์ ,กรมปศุสัตว์, 2538. 68 หน้า
11. พีระศักดิ์ จันทร์ประทีป . การจัดการโคนม . ประมวลความรู้เกี่ยวกับโคนม คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ตีรณสาร , 2539 : 69-80
12. Thomas, L. H., Gourley, R. N., Stott , E. J. Howard, C. J. 1982 . A search for new microorganisms in calf pneumonia by inoculation of gnotobiotic calves Research in Vet. Sci . 33, 170-182.

Copyright by Mahidol University

13. สมเพชร ตุ้ยคำภีร์, สหัทยา ทรัพย์รอด, สมคะเน วีระสมิทร์, อดิศร ขุนทอง, และ อนุชาติ คำมา . การจัดการฟาร์มโคนมพันธุ์แท้. รายงานประจำปี สถาบันพัฒนาฝึกอบรมและวิจัยโคนมแห่งชาติ , กรมปศุสัตว์, 2526 .

14. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF). Code of Good Agricultural Practice for the Protection of Water . London , 1991.

15. Schofield, K., Seager, J. and Merrimman, R.P. The impact of intensive dairy farming activity on river quality the Eastern Cleddau Catchment. Study Journal of the institute of Water and Environmental Management 4 . 1990 . p.176-186

16. HMSO . Cryptosporidium in water supplies . Report of Group of Experts, DoE and Department of Health . 1990

17. สุภรณ์ โพธิ์เงิน . อาร์โทรปอดวิทยา สาขาสัตวแพทยศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . 2526 . หน้า 74- 9.

18. นพพร ศราธพันธ์. รายงานการชันสูตรโรค. สถาบันสุขภาพสัตว์, กรมปศุสัตว์, 2528

19. ธเนศร ทิพยรักษ์ . โรคเต้านมอักเสบในโคนม การดูแลสุขภาพโคนม. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม , 2538.

20. R.E. Graves. Large pistol manure pumps and outside manure storages (earthen basin) . Managing Livestock Wastes . The proceeding of the 3rd international symposium on livestock wastes. American Society of Agricultural Engineers. 1975

21. A. Avon. Drying liquid manure in a slotted dam pit . Livestock wastes a renewable resource. The proceeding of the 4th international symposium on livestock wastes. 1980 . p 190

22. W.M. Edwards, L.B. Owens, D.A. Normsn, R.K. White , A settling basin - grass filter system from a paved beef feedlot . Livestock wastes a renewable resource. The proceeding of the 4th international symposium on livestock wastes. 1980 . p 265

23. R.W. Guest . Gravity handling of dairy manure . Livestock waste renewable resource. The proceeding of the 4th international symposium on livestock wastes. 1980 . p 336- 7.

Copyright by Mahidol University

24. L.M. Safley, Jr . An analysis of a metal above - ground storage tank for handling as produced dairy manure . Livestock wastes a renewable resource. The proceeding of the 4th international symposium on livestock wastes. 1980 . p. 336- 7

25. เสาวลักษณ์ ภูมิวสนะ . แนวคิดในการวางแผนการวิจัยด้านพลังงานทดแทน. ก๊าซชีวภาพ. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม . 2535

26. Zhanghon. J. Utilization of Biogas and Training Center for Asia and Pacific. China . 1990.

27. Kenner , B. A. H.F. Clark. and P.W. Kabler . Fecal streptococci II Quantification of streptococci in feces . American Journal of Public Health 50:1960 . 1553-9.

28. Chengdu . Seminar Biogas Technology and Utilization. Sachuan Institute of Biology Acadimic Sinico . 1979.

29. ชุมนุม ปุญวัฒโฑ . การผลิตกาซชีวภาพจากเปลือกสับปะรดในถังหมัก 2 ขั้นตอน วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงาน และวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2529

30. สุภาพร จันรุ่งเรือง. การผลิตก๊าซชีวภาพ . วารสารพัฒนาที่ดิน, ปี พ.ศ. 2530 ปีที่ 8 ฉบับที่1

31. พัชริน ดำรงกิตติกุล และพรพิมล อุ้ยจันทร์ดี , การทำงานของระบบก๊าซชีวภาพแบบคู่ขนานสำหรับฟาร์มสุกรที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ เชียงใหม่ ในช่วงระ หว่างเดือน มกราคม-ตุลาคม 2534, โครงก๊าซชีวภาพไทยเยอรมัน, กุมภาพันธ์ 2535

32. วีระพันธ์ เกียรติภักดี . รูปแบบบ่อหมักแบบไร้ออกซิเจน หนังสือประกอบการสัมมนา หลักสูตรส่งเสริมและเผยแพร่เทคโนโลยีเครื่องจักรกลและเครื่องทุ่นแรงการเกษตร เรื่อง เทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ เพื่อลดมลภาวะและผลิตพลังงานในฟาร์มเลี้ยงสัตว์, 2538.

33. Hayes, T.D., Jewell, W. J., Dell Orto S., Fanfoni ,K.J. Leuschner, A.P. and Sherman D.F. Anaerobic digester of cattle manure . In : Anaerobic Digestion Stafford , D .A. Wheatley, B.I. Hughes, D.E. (EDS) Applies Science Publishers , 1979 : 255-289

34. Werner, U., Stoehr, U. and Hees , N., Biogas Plants in Animal Husbandary . A Prac tical Guide in Deutsche Gesellschaftfuer Technische Zusammenarbeit (GTZ), Germany, 1989.

35. Elam. L. 1971 . Cows rest on manure mattresses . Hoard Dairy man . 116: 1239

Copyright by Mahidol University

36. Skinner, E.C. Treatmentment of Effluents by Centrifuges, Solid Waste Treatment and Disposal . 1971, Ann Arbor Science Publishers Inc. P.O. Box 1425 Ann Arbor , Michigan, 48106.

37. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. พิมพ์ครั้งที่ 2, 2525.

38. Bakker-Arkema, F.W. Brook, R.C. and L.E. Lerew . Central Grain Drying . Advances in Ceral Science and Technology , Vol 11, 1900

39. วีระ โลหะ . การออกแบบอุปกรณ์สำหรับหาอัตราการอบแห้งผลิตภัณฑ์ทางเกษตร. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี,2528

40. สาทิป รัตนภาสกร , เครื่องอบเมล็ดพืช กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กสิกร ปีที่59 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม -สิงหาคม 2529 หน้า 303

41. ธงไชย ศรีนพคุณ , สมการการอบแห้งและแบบจำลองความชื้นสมดุลย์ของผลิตภัณฑ์ วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลพระจอมเกล้าธนบุรี, 2530 :250 หน้า

42. นันทชัย วงศ์วุฒิอนันต์, แบบจำลองตู้อบสมุนไพร . ปริญญานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2539 : 84 หน้า

43. เริงจิต โพธิเจริญ. การทำกล้วยตากโดยใช้ลมร้อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , 2506 : 120 หน้า

44. . ธงชัย มาลา . ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535.

45. ยงยุทธ โอสถสภา. หลักการผลิตปุ๋ย. ไทยวัฒนาพานิช, 2528.

46. Klarenbeek, J.V. and Bruins, M.A. 1988 . Ammonia emissions from livestock buildings and slurry spreading in the Nethelands. In: V.C., Voorburg, J.H. and L ' Hermite, P.(eds) , Volatine Emissions from Livestock Farming and Sewage Operration Elsevier Applied Science, London, pp.73-84

Copyright by Mahidol University

47. Chi - Ying Lee. Centrifuge Applications on Biogas, Microalgea and Livestock Waste Solid- wasteTreatment and Disposal. The International Edition of the 1976 Australian Waste Disposal Conference, held at University of NewSouth Wales 1976 . page 203- 7.

48. John Wiley & Son, Inc. 1980. Solar engineering of thermal process, Solar Energy Laboratory University of Wisconsin of Madison. p 698

49. George Tchobanoglous Hilary Theisen Samuel A. Vigil,Temperature and time of exposure required for destruction of some common pathogens and parasites, Integrated Solid Waste Management , International Edition 1993 , Engineering principles and management issues. P 692

50. สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์. 2536 บทปฏิบัติการปฐพีวิทยามูลฐาน ภาควิชาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กำแพงแสน . นครปฐม. หน้า 76-78

51. Paul, E. A . and F .E . Clark . 1989 . Soil Microbiology and Biochemmistry . Academic Press , Inc. New York . 99- 114 p . ISBN: 0-12-546805-9

Copyright by Mahidol University

ภาคผนวก ก

Copyright by Mahidol University

ภาคผนวก ก

1. ลักษณะทั่วไปของระบบก๊าซชีวภาพที่เลือกทำการวิจัย

สถานที่ตั้งฟาร์ม 16 หมู่ 20 ต. ทุ่งบัว อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม
ชื่อเจ้าของฟาร์ม นาย สมัย กันหา
ระบบก๊าซชีวภาพ ขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร
ราคาค่าก่อสร้าง 23,270 บาท (ปี พ.ศ. 2540)
จุดประสงค์ เพื่อเป็นระบบก๊าซชีวภาพสาธิต สำหรับการบำบัดของเสียในฟาร์มโคนมขนาดเล็ก และเพื่อผลิตก๊าซนำไปใช้หุงต้มภายในครัวเรือน

มูลโคนมที่ใช้ เป็นมูลโคนมจากคอกโครีดนม และโคสาว รวมทั้งสิ้น 13 ตัว วัดน้ำหนักโคทุกตัวด้วยสายวัดรอบอก เพื่อหาน้ำหนักเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 410 กิโลกรัมต่อตัว ลักษณะการเลี้ยงเป็นแบบยืนโรง ในโรงเรือนขนาด กว้าง 15 เมตร ยาว 35 เมตรและ สูง 5 เมตร เมื่อมีการขับถ่าย มูลโคนมจะกองอยู่บริเวณพื้นคอก ทำการเก็บรวบรวมเพื่อหาปริมาณมูลโคที่ขับถ่ายออกมา ตั้งแต่เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 . มีน้ำหนัก 90 กิโลกรัม มูลโคนมที่เก็บรวบรวม ได้ตั้งแต่เวลา 18.00 น. ถึง 06.00 น. มีน้ำหนัก 120 กิโลกรัมซึ่งมูลโคนมและปัสสาวะโคและน้ำล้างคอกจะชะล้างใส่รวมกันในบ่อรวม (Mixing chamber) เพื่อการกวนผสมมูลสัตว์และปล่อยให้มูลสัตว์ไหลเข้าบ่อเติมได้ โดยปากบ่อเติมจะมีลิ้นชักเปิดปิด มูลโคและน้ำล้าง ทั้งหมดใน 7 วันแรกจะใส่บ่อหลังจากสร้างบ่อเสร็จ ประมาณสัดส่วนน้ำและมูลสดให้รวมกันในอัตราส่วนที่พอเหมาะสม คือประมาณ 1 : 1 ก่อนที่ถ่ายเทลงสู่บ่อหมักเพื่อหมักอีกเป็นเวลา 7 วันก่อนที่จะเกิดก๊าซมาหุงต้มได้ ต่อจากนั้นจะต้องเติมมูลโคนมอีกวันละประมาณ 140-160 กิโลกรัมพร้อมกับปัสสาวะและน้ำล้างคอกทุกวันวันละ140-160 กิโลกรัม โดยระบบลาดชันตามแรงโน้มถ่วงที่ได้ออกแบบไว้ ส่วนมูลโคนมที่เหลือจะล้างและระบายออกสู่ช่องระบายลงสู่บ่อพักรวมที่ได้ออกแบบไว้หรือโกยใส่รถกะบะไปตากแดด ในกรณีนี้จะไม่มีมูลโคนมสะสมอยู่ใกล้คอกซึ่งจะลดกลิ่นเหม็นและแมลงต่างๆที่อาศัยมูลโคนมเป็นแหล่งแพร่พันธุ์ได้อย่างมาก นับว่าเป็นการจัดการมูลโคนมเพื่อช่วยเหลือ

Copyright by Mahidol University

สภาพแวดล้อมที่ดีได้วิธีหนึ่งในฟาร์ม ส่วนกรณีฤดูฝนมูลโคนมที่เห ลืออีกวันละ 50-70 กิโลกรัม จะนำเข้ากระบวนกา รอบแห้งเพื่อการจำหน่ายเป็นปุ๋ย

2. การศึกษาข้อมูลเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ

2.1 ต้นทุนการสร้างบ่อก๊าซชีวภาพ ขนาด 16 ลูกบาศก์เมตร (พ.ศ. 2540)

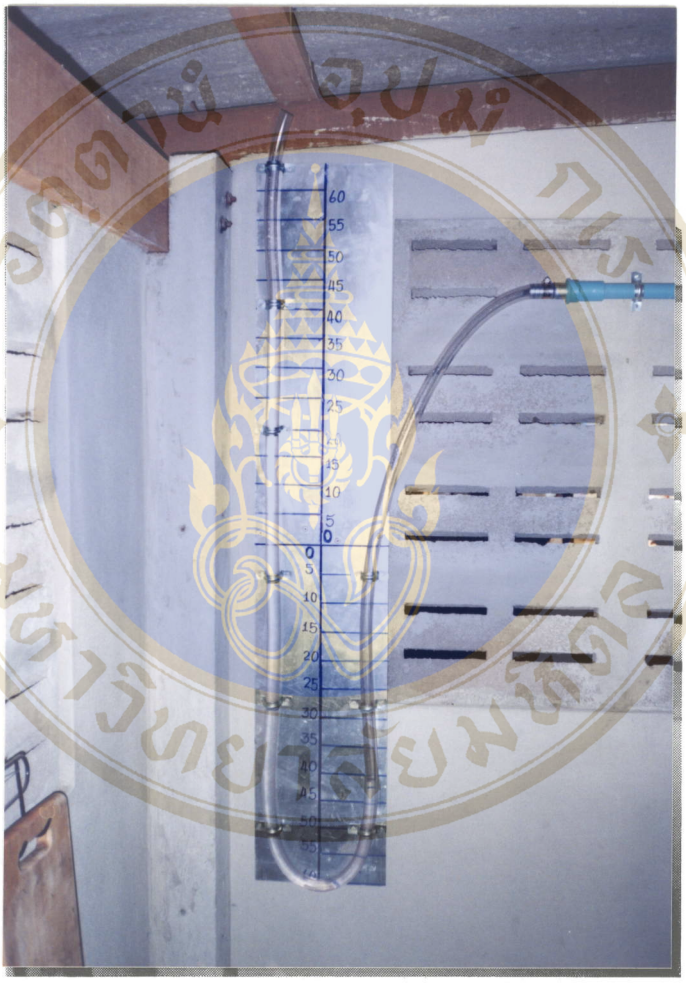
ค่าแรงขุดบ่อ สำหรับสร้างบ่อก๊าซ	1	บ่อ	2,000	บาท
ค่าแรงช่าง ฝีมือ	20	วัน	6,000	บาท
ค่าแรงลูกมือช่าง	20	วัน	2,500	บาท
ปูนซีเมนต์	45	กระสอบ	3,600	บาท
อิฐมอญ	5500	ก้อน	3,300	บาท
หิน 0.5 นิ้ว	4	คิว	840	บาท
ทราย หยาบ	4	คิว	720	บาท
ทราย ละเอียด	4	คิว	1,400	บาท
น้ำยากันซึม	1	กระป๋อง	120	บาท
น้ำยาแทนปูนขาว	2	กระป๋อง	280	บาท
ท่อคอนกรีต เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว ยาว 1.ม.	1	ท่อน	120	บาท
วงบ่อซีเมนต์ เส้นผ่าศูนย์กลาง 80 ซม.สูง 40 ซม.	2	วง	240	บาท
วงบ่อซีเมนต์ เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 ซม.สูง 40 ซม.	3	วง	450	บาท
อุปกรณ์ฝาปิดบ่อหมักก๊าซ	1	ชุด	500	บาท
แผงวัดความดัน	1	ชุด	200	บาท
อุปกรณ์การเดินท่อก๊าซเพื่อการใช้งาน			1,000	บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น			23,270	บาท

2. 2 การทำงานของระบบก๊าซชีวภาพ

น้ำเสียซึ่งเป็นส่วนที่มาจากปัสสาวะและน้ำล้างคอกที่ระบายตรงลงสู่บ่อหมักและมูลโคนมที่เป็นก้อนโกยลงสู่บ่อผสม (Mixing chamber) ตามรูป 12 ปริมาณวันละ 160 กิโลกรัมต่อวัน

Copyright by Mahidol University

และผสมด้วยน้ำล้างคอกอีกประมาณ 160 กิโลกรัม กรณีที่มีเศษไม้และวัสดุที่หล่นมาจากรางอาหาร อาจจะต้องนำผ่านตะแกรงเพื่อแยกสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ออกก่อน เมื่อมูลโคนม น้ำล้างคอกและปัสสาวะ ผ่านลงสู่บ่อหมัก (Digest chamber) หมักเพื่อให้เกิดก๊าซมีเทน วัดความดัน เท่ากับ 80 เซนติเมตรน้ำ ตามรูปที่ 18 ซึ่งเป็นมาตรวัดความดันก๊าซ เพื่อให้เกษตรกรเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของการหมักภายในบ่อทุกขณะ ทราบถึงการทำงานที่เป็นปกติ หรือผิดปกติ



รูปที่ 18 มาตรวัดความดันก๊าซอย่างง่าย

ก๊าซที่มีความดันปรากฏมาให้ตรวจสอบได้ในแต่ละวันเพื่อทราบปริมาณก๊าซว่ามีมากหรือน้อยเท่านั้น แต่ในการวิจัยต้องทราบปริมาณก๊าซที่ใช้จำนวนเท่าใด จึงติดตั้งเครื่องวัดก๊าซ(gas meter)ตามรูปที่ 14 เมื่อเปิดก๊าซให้ไหลผ่านเครื่องวัดก๊าซและต่อเข้ากับหัวก๊าซหุงต้มในตู้อบ จะวัดปริมาตรได้เท่ากับ 2.5 -3.0 ลูกบาศก์เมตร ใช้เวลาการอบแห้งเป็นเวลา 3 ชั่วโมงโดยก๊าซชีวภาพที่หมักจากมูลโคนม องค์ประกอบของก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมักมีค่าร้อยละ 50 จะให้ความร้อน 19,743.50 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร

Copyright by Mahidol University

3. ข้อกำหนดทางด้านวิศวกรรมสำหรับการออกแบบเบื้องต้นของเครื่องมืออบแห้งมูลโค

3.1. ใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงกำเนิดลมร้อน โดยเผาไหม้ก๊าซชีวภาพที่มีองค์ประกอบมีเทน ร้อยละ 50 จะให้ความร้อน 19,743.50 กิโลจูลต่อลูกบาศก์เมตร

3.2. ขนาดต้นแบบเป็นแบบกล่อง สามารถอบแห้งมูลโคนมได้ประมาณ 45 กิโลกรัมต่อวัน (ระยะเวลาดำเนินการประมาณ 3 ชั่วโมงต่อวัน)

3.3. สามารถลดความชื้นในมูลโคนมได้อย่างน้อยร้อยละ 40

3.4. โครงสร้างเครื่องมือ เป็นอุปกรณ์แบบง่าย ขนย้ายและติดตั้งโดยใช้พื้นที่น้อยและราคาไม่แพง ไม่มีฉนวนหุ้มกันความร้อน

3.5. สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 60-100 องศาเซลเซียส

3.6. ระบายลมร้อนด้วยปล่อง ไม่ใช้พัดลมพัดไล่ลมร้อนในตู้อบ

4. รูปแบบของเครื่องอบแห้งมูลโคนมและกระบวนการอบแห้ง

กระบวนการอบแห้งมูลโคนม โดยใช้ตู้อบแห้งขนาดเล็กเคลื่อนย้ายได้ แสดงในรูปที่ 14 สามารถอธิบายกระบวนการอบแห้งได้ดังนี้

เมื่อมูลโคนมที่ถ่ายลงบนพื้นคอกจะถูกโกยมาบรรจุใส่ถุงผ้า หรือถุงกระสอบที่ได้ออกแบบไว้ใส่มูลโคนมได้ครั้งละ 2-6 กิโลกรัม นำเข้าเครื่องขับรีดไล่น้ำตามรูปที่ 13 ทำให้ปริมาณความชื้นเหลือน้อยลง เพื่อประหยัดพลังงานความร้อนจากก๊าซชีวภาพในการอบระเหย ในการทดลองขับรีดไล่น้ำทำให้ปริมาณความชื้นมูลโคสดที่มีอัตราส่วนความชื้นอยู่ ร้อยละ 80-90 จะเหลือเพียง ร้อยละ 60-72 มูลโคนมที่ขับรีดไล่น้ำแล้ว จะถูกนำเข้าไปเกลี่ยเรียงในตะแกรงหรือถาดตะแกรงชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ชั้นละ 15 กิโลกรัม ลมร้อนจากการเผาไหม้ก๊าซชีวภาพจะให้ความร้อนกับอากาศในตู้อบ ลมร้อนจะสัมผัสกับมูลโคนมเพิ่มอุณหภูมิบนพื้นผิวและระเหยน้ำออกไป และเคลื่อนที่ลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน ผ่านการดูดขึ้นโดยแรงธรรมชาติ ไปตามปล่องที่มีความสูง 1.4 เมตร ทำให้อุณหภูมิของลมร้อนลดลงตามลำดับ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้เจาะรูขนาด 0.4 เซนติเมตรด้านข้างตู้อบ ระดับเหนือชั้นตะแกรงที่วางมูลโคนม 10 เซนติเมตร เพื่อสอดปรอทที่วัดอุณหภูมิในแต่ละชั้นเมื่อเวลาการอบแห้งผ่านไปทุก 1 ชั่วโมง

Copyright by Mahidol University

อตฺตานํ อุปมา กเร
มหาวิทยาลัยมหิดล
สำนักหอสมุด

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นาย สุเมษ เมธศาสตร์
วัน เดือน ปีเกิด	25 เมษายน 2503
สถานที่เกิด	จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
ประวัติการศึกษา	สัตวแพทยศาสตรบัณฑิต , พ.ศ. 2521-2527
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	นายสัตวแพทย์ 7 ฝ่ายสุขภาพสัตว์ สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

Copyright by Mahidol University