

การประมวลสถานการณ์ภาพองค์ความรู้
ด้านการจัดการของเสียในระบบการผลิตสุกร

รายงานเสนอ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
ฝ่ายเกษตร

โดย

สมชัย

จันทร์สว่าง

และ

สุริยะ

สรวานนท์

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประมวลสถานการณ์ภาพองค์ความรู้
ด้านการจัดการของเสียในระบบการผลิตสุกร

รายงานเสนอ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
ฝ่ายเกษตร

โดย

สมชัย	จันทร์สว่าง
และ	
สุริยะ	สรวานนท์

ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
Abstract	ii
บทที่ 1 การจัดการของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์	1
แนวคิดในการป้องกันมลพิษ	1
การจัดการของเสียจากสัตว์	2
หลักการลดของเสียให้น้อยที่สุด	4
การลดของเสียที่แหล่งกำเนิด	4
การให้ซ้ำหรือการให้หมุนเวียน	4
ประโยชน์ที่จะได้รับการลดของเสียให้น้อยที่สุด	5
ศัพท์และคำนิยาม	5
บทที่ 2 ประมวลงานวิจัยด้านการจัดการของเสียจากสัตว์	7
ประมวลผลงานวิจัยระหว่าง พ.ศ. 2518 – 2534	7
ประมวลผลงานวิจัยด้านการจัดการของเสียช่วงหลังปี 2535	9
การลดของเสียให้น้อยที่สุด	17
การลดของเสียที่แหล่งกำเนิด	17
การให้ซ้ำหรือการให้หมุนเวียน	18
การเก็บ รวบรวม และขนย้ายของเสีย	19
การบำบัดของเสีย	19
การใช้ประโยชน์ของของเสีย	22
บทที่ 3 องค์ความรู้การลดมลพิษจากฟาร์มเลี้ยงสุกร	32
การลดปริมาณและความเข้มข้นของมลพิษที่แหล่งกำเนิด	32
การจัดการการเลี้ยงดูที่ดี	32
การจัดการด้านการให้อาหาร	33
การให้อาหารตามระยะการเจริญเติบโตหลายระยะ	34
การให้อาหารแยกเพศสุกร	36
การให้อาหารโปรตีนต่ำเสริมด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น	36
การใช้เอนไซม์	39

การใช้สารปรับสภาพกรดในอาหาร	40
การใช้เอนไซม์ไฟเตส	40
การใช้ซีโอไลต์	41
การใช้สารสกัดยัคคา	43
การใช้โปรไบโอติกส์	44
การใช้โอลิโกแซคคาไรด์เป็นโปรไบโอติกส์	45
การลดของเสียให้น้อยที่สุดโดยการใช้ซ้ำหรือใช้หมุนเวียน	47
การใช้มูลสุกรเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์	48
การใช้มูลสุกรเลี้ยงปลา	49
การใช้มูลสุกรเป็นปุ๋ยสำหรับพืช	52
บทที่ 4 การบำบัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร	55
การจำแนกชนิดของระบบบำบัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร	55
การสำรวจชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียและลักษณะน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรในประเทศไทย	56
ระบบบำบัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร	63
ระบบบ่อน้ำบัตน้ำเสีย	63
ระบบไบโอแก๊ส	64
ระบบไบโอแก๊สแบบยอดโดมคามาร์เทค	65
ระบบไบโอแก๊สแบบของหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ	66
ระบบไบโอแก๊สแบบพลาสติกคลุมบ่อ	66
ระบบลูกผสมระหว่างบ่อหมักไร้อากาศและบ่อเติมอากาศ	67
เครื่องแยกมูลสุกร	69
จุลินทรีย์อีเอ็ม	69
การเลี้ยงสุกรบนวัสดุรองพื้น	70
วิธีการอื่น ๆ	71
บทที่ 5 การกำจัดของเสียโดยการใช้ประโยชน์	72
การใช้กากมูลหมักจากระบบไบโอแก๊สเป็นปุ๋ยชีวภาพ	72
การใช้น้ำมูลหมักจากระบบไบโอแก๊สเป็นปุ๋ยน้ำ	73
การใช้กากมูลหมักจากระบบไบโอแก๊สเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์	74
การใช้กากมูลหมักและน้ำมูลหมักจากระบบไบโอแก๊สเลี้ยงปลา	74
การใช้น้ำมูลสุกรความเข้มข้นต่ำเป็นไบโอเฟอติเกชั่น	75

บทที่ 6 บทสรุป วิจัย และข้อเสนอแนะแนวทางการวิจัยและพัฒนา	76
ปริมาณงานวิจัย	76
ผลงานวิจัยระหว่างปี พ.ศ. 2518 – 2534	76
ผลงานวิจัยด้านการจัดการของเสียช่วงหลังปี พ.ศ. 2535	76
ลักษณะของงานวิจัย ผลของการวิจัยและผลต่อการพัฒนาองค์ความรู้	77
ผลงานวิจัยระหว่างปี พ.ศ. 2518 – 2534	77
ผลงานวิจัยด้านการจัดการของเสียช่วงหลังปี พ.ศ. 2535	78
งานวิจัยการลดของเสียให้น้อยที่สุด	78
งานวิจัยการเก็บ รวบรวม และขนย้ายของเสีย	80
งานวิจัยบำบัดของเสีย	80
งานวิจัยด้านการกำจัดของเสียโดยการนำไปใช้ประโยชน์	82
ข้อเสนอแนะแนวทางการวิจัยและพัฒนา	82
แผนการดำเนินการในระยะยาว	83
แผนการดำเนินการในระยะเร่งด่วน	83
งานวิจัยการลดของเสียให้น้อยที่สุด	83
งานวิจัยด้านเก็บ รวบรวม และขนย้ายของเสีย	84
งานวิจัยด้านบำบัดของเสีย	84
งานวิจัยด้านการกำจัดโดยการนำไปใช้ประโยชน์	84
เอกสารอ้างอิง	85

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอสภาพภาพงานวิจัยและองค์ความรู้ทางด้านการจัดการของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรในประเทศไทย บทที่หนึ่งในรายงานที่ประกอบขึ้นด้วยหกบทฉบับนี้ นำเสนอหลักการป้องกันมลพิษ แนวคิดใหม่เกี่ยวกับการจัดการของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์และใช้เป็นบทนำสำหรับบทอื่น ๆ ที่จะตามมา

บทที่สองได้ทำการสรุปกล่าวถึงผลงานวิจัยทางด้านการจัดการของเสียที่ได้มีการดำเนินการในประเทศไทยในช่วง 25 ปีที่ผ่านมา จำนวนผลงานวิจัยทั้งหมดที่รวบรวมได้สามารถจำแนกได้ตามแหล่งของข้อมูลได้เป็น 2 ช่วง ช่วงแรกระหว่างปี พ.ศ. 2518 ถึง พ.ศ. 2534 และช่วงที่สอง เริ่มต้นจากปี พ.ศ. 2535 จนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542 จำนวนผลงานวิจัยในช่วงแรกมี 63 ผลงาน จากรายงานของสภาวิจัยแห่งชาติซึ่งผลงานส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในสภาพไร้อากาศ ผลงานวิจัยในช่วงที่สองมีจำนวน 68 ผลงาน จากรายงานในเอกสารทางวิชาการแบบต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ เอกสารวิชาการเหล่านี้สามารถจำแนกย่อยได้ตามขั้นตอนของการจัดการของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ได้เป็น 4 กลุ่มคือ การลดของเสียให้น้อยที่สุด (24), การเก็บรวบรวม และขนย้ายของเสีย (0), การบำบัดของเสีย (34) และการใช้ประโยชน์ของของเสีย (10)

บทที่สามสรุปอธิบายถึงผลงานวิจัยใหม่ ๆ ที่มีศักยภาพที่จะลดมลพิษให้น้อยที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดกลิ่นเหม็นและการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนีย งานวิจัยเหล่านั้นได้แก่ การจัดการด้านให้อาหาร การให้อาหารตามระยะการเจริญเติบโตหลายระยะ การให้อาหารโปรตีนต่ำเสริมด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น การใช้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง (เอ็นเอสพี) การใช้สารปรับสภาพกรดในอาหาร การใช้เอนไซม์ไฟเตส การใช้ซีโอไลต์ การใช้สารสกัดยัคคา การใช้โปรไบโอติกส์ และการใช้โอลิโกแซคคาไรด์เป็นโปรไบโอติกส์

การบำบัดของเสียนำมากล่าวสรุปในบทที่สี่ โดยอธิบายครอบคลุมระบบบำบัดของเสียที่มีการใช้ประโยชน์กันมากในประเทศไทยได้แก่ ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย ระบบไบโอแก๊ส เครื่องแยกมูลสุกร จุลินทรีย์อีเอ็ม และการเลี้ยงสุกรบนวัสดุรองพื้น

บทที่ห้าสรุปกล่าวถึงงานวิจัยด้านการนำของเสียที่บำบัดแล้วไปกำจัดโดยการนำไปใช้ประโยชน์โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้มูลสุกรมักไบโอแก๊สเป็นปุ๋ยอินทรีย์และเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ การใช้น้ำมูลหมักไบโอแก๊สเป็นปุ๋ยน้ำ และการใช้น้ำมูลหมักเป็นอาหารเลี้ยงปลา

สรุปผลและวิจารณ์ผลรวมทั้งข้อเสนอแนะแนวทางวิจัยและพัฒนา นำเสนอไว้ในบทที่หก ในแผนการในระยะยาว ผู้เขียนเสนอให้มีการจัดตั้งศูนย์วิจัยเพื่อทำการพัฒนาการจัดการของเสียจากสัตว์ให้เกิดผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับแผนการเร่งด่วนผู้เขียนเสนอให้มีการดำเนินการวิจัยในโครงการที่มีศักยภาพที่จะให้ผลดีหลายด้านโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการปรับปรุงการให้ผลผลิตและการผลิตอาหารสุขภาพ นอกเหนือไปจากผลในการลดมลพิษด้านกลิ่นเหม็นและการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนีย

Abstract

This report was intended to present the current status of research and knowledge of pig waste management in Thailand. The first chapter of this six-chapter report introduces the principle of pollution prevention, the new concept of animal waste management and serves as an introduction to the following chapters.

Chapter two gives a brief overview of the research works on the waste management which have been reported during the past 25 years in Thailand. The total research collected were divided according to data sources into two periods; the first period from 1975 to 1991 and the second period starting 1992 until October 1999. For the first period, there were 63 research works reported by National Research Council which mostly cover the research in anaerobic digestion of organic wastes. In the second period, there were 68 research works reported in variety forms of publications in Kasetsart University. These publications were classified according to the stages of waste management process which are divided into 4 research groups namely; Waste minimization (24), Waste collection, storage and transportation (0), Waste treatment (34) and Waste Utilization (10).

Chapter three briefly describes the current research works that have the potential impacts for waste minimization, particularly for reducing the foul odor and ammonia emission. The topics of studies include; The application of feeding management, Multi-phase feeding, Low protein diet supplement with essential amino acids, Non-starch polysaccharides, Dietary acidifier, Enzyme phytase, Zeolite, Yucca extract, Probiotics and use of Oligosaccharides as prebiotics.

Pig waste treatment systems are discussed in chapter four. The chapter four describes the systems which were most commonly used in Thailand such as; Ponding system, Biogas digester, Solid-liquid separator, Effective Microorganisms, and Pig-on-litter.

Chapter five gives a review of the research on the waste utilization. The different aspects of waste utilization are discussed such as; Usage of digested sludge as bio-fertilizer and animal feed, The use of digested slurry as liquid fertilizer and Usage of digested slurry as feed for fish.

The conclusion and discussion of the studies as well as the recommendation for future research and development plan are given in chapter six. It is recommended that for long term planning the research center should be established for efficient and effective animal waste management. For the immediate plan, it is important to implement the research topics that have potential yields or benefits particularly which can promote the pig performance and health, improve the hygiene of the products and reduce the foul odor and ammonia emission at the same time.

บทที่ 1

การจัดการของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์

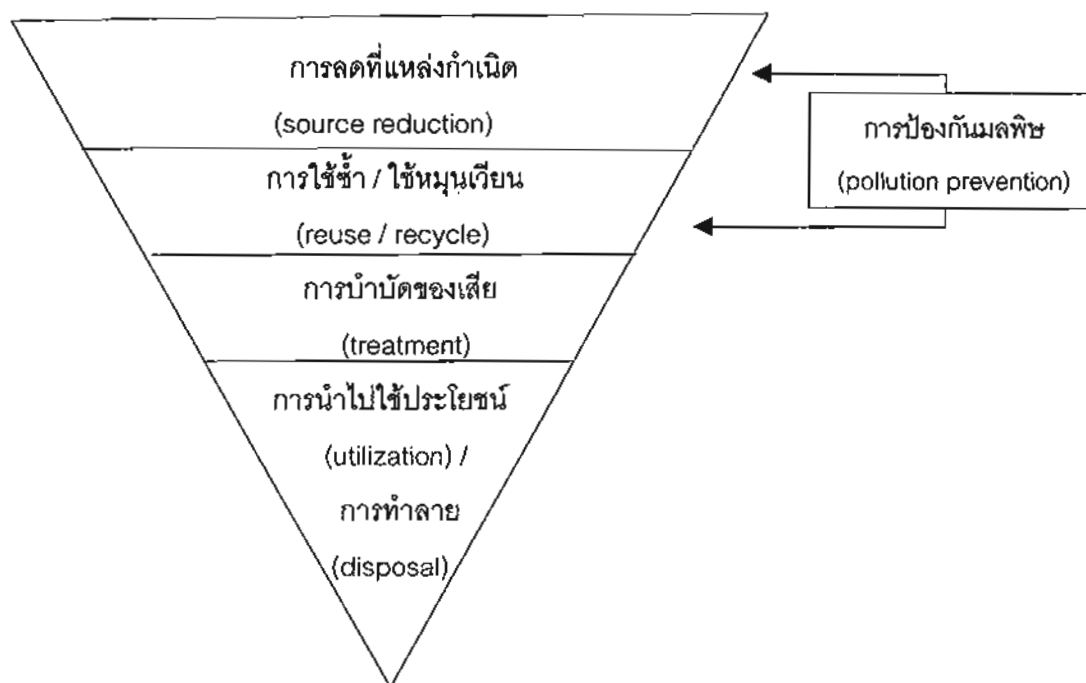
การจัดการของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์สมัยใหม่ เป็นการนำเอาเทคนิคที่ประสบความสำเร็จในการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการจัดการของเสียแบบเดิม ขบวนการจัดการของเสียจากสัตว์แบบเดิม เริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมและขนย้ายของเสีย (handling, storage and transportation) การบำบัดของเสีย (treatment) จนถึงการนำไปใช้ประโยชน์ (utilization) หรือทำลาย (disposal) เทคนิคที่นำมาประยุกต์เพิ่มคือ การป้องกันมลพิษ (pollution prevention) การจัดการของเสียจากสัตว์สมัยใหม่มีหลักการสรุปได้ดังต่อไปนี้

แนวคิดในการป้องกันมลพิษ

ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีการประกาศใช้พระราชบัญญัติป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention Act 1990) มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 ได้จัดลำดับความสำคัญของการป้องกันมลพิษไว้สูงสุดยิ่งกว่าหลักการใช้หมุนเวียน การบำบัดของเสีย และการกำจัดโดยการทำลายตามลำดับ ดังแสดงใน ภาพที่ 1 และมีการนำหลักการป้องกันมลพิษไปใช้ในกิจการต่าง ๆ ทั้งในภาครัฐและเอกชนอย่างกว้างขวาง

แนวคิดในการป้องกันมลพิษ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการดำเนินชีวิตของชุมชน ในสถานที่ทำงาน สถานศึกษา การค้าและการบริการ เช่น การท่องเที่ยว โรงแรม ศูนย์การค้า และภาคเกษตรกรรม ได้แก่ การทำฟาร์มปศุสัตว์และการเพาะปลูก เป็นต้น เพื่อลดมลพิษและการเกิดของเสียจากกิจกรรมเหล่านี้

หน่วยงานในประเทศไทยที่มีส่วนในการเผยแพร่ความรู้ด้านการป้องกันมลพิษประกอบด้วย หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนอาทิเช่น กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย แต่มักจะมุ่งเน้นไปที่แหล่งกำเนิดมลพิษจากอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีการจัดสัมมนาแลกเปลี่ยนความรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งจากในและนอกประเทศ รวมทั้งการฝึกอบรมในระดับอุดมศึกษา เช่น ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นต้น

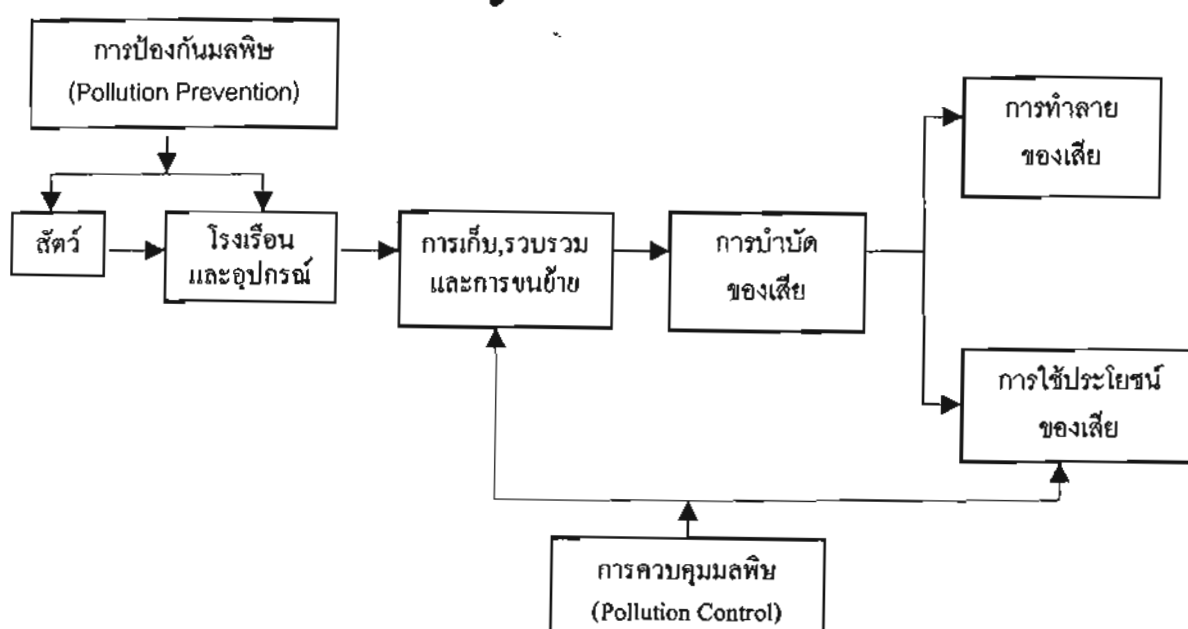


ภาพที่ 1 ลำดับความสำคัญของการจัดการสิ่งแวดล้อม
(ดัดแปลงจาก กรมควบคุมมลพิษ,ม.ป.พ.)

การจัดการของเสียจากสัตว์

การจัดการของเสียจากสัตว์เพื่อการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในอดีตที่ผ่านมา เป็นวิธีการที่มุ่งเน้นการบำบัดหรือกำจัดของเสียที่สัตว์รับถ่ายออกมาแล้ว หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นวิธีการควบคุมมลพิษ (pollution control) ด้วยการบำบัดมลพิษ หรือการบำบัดที่ปลายท่อ (end-of-pipe treatment) ซึ่งเป็นการบำบัดที่ปลายเหตุและเป็นการแก้ไขปัญหาภายหลังที่ได้ก่อให้เกิดมลพิษแล้ว การจัดการของเสียจากสัตว์ในปัจจุบันได้ประยุกต์นำเทคนิคการป้องกันมลพิษ (pollution prevention) มาใช้ร่วมกับขบวนการจัดการเดิม ดังมีลำดับของขบวนการแสดงใน ภาพที่ 2 ทั้งนี้เพื่อเป็นการพัฒนาการเลี้ยงสัตว์ให้เป็นการพัฒนาที่ยั่งยืน (sustainable development)

การป้องกันมลพิษ (pollution prevention, PP) อาจรู้จักกันในชื่ออื่น ๆ เช่น การลดของเสียให้น้อยที่สุด (waste minimization, WM) เทคโนโลยีสะอาด (clean technology, CT) การผลิตที่สะอาดขึ้น (cleaner production, CP) ซึ่งในมุมมองของการจัดการของเสียจากสัตว์ (ภาพที่ 2) การลดของเสียให้น้อยที่สุด หรือ waste minimization ซึ่งหมายถึงการลดปริมาณของมลพิษ (รวมถึงความเข้มข้นของสารมลพิษ) ให้น้อยที่สุด ดูจะเป็นชื่อที่สื่อให้เห็นถึงผลที่เกิดขึ้นในขบวนการจัดการของเสียจากสัตว์ได้ดีที่สุด ดังนั้นในการกล่าวถึงการป้องกันมลพิษจากสัตว์ต่อไปนี้จะเลือกใช้ชื่อ “การลดของเสียให้น้อยที่สุด” แทน



ภาพที่ 2 การจัดการของเสียจากสัตว์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

สิ่งที่นำมาสรุปกล่าวถึงในบทนี้ เป็นการสรุปถึงหลักการของขบวนการลดของเสียให้น้อยที่สุด ส่วนวิธีการของขบวนการจะได้นำมาสรุปกล่าวถึงแยกตามลำดับของขั้นตอนการจัดการของเสียจากสัตว์ตามที่เขียนแสดงไว้ใน ภาพที่ 2 โดยบทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการลดของเสียให้น้อยที่สุด ทั้งวิธีการที่มีการศึกษาภายในและต่างประเทศ บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการบำบัดของเสีย และบทที่ 5 กล่าวถึง การใช้ประโยชน์ของของเสีย ส่วนบทที่ 2 เป็นการสรุปกล่าวถึงสถานการณ์ภาพองค์ความรู้และงานวิจัยด้านการจัดการของเสียจากสัตว์ จำแนกตามขั้นตอนของการจัดการคือ การลดของเสียให้น้อยที่สุด การบำบัดของเสีย และการใช้ประโยชน์ของของเสีย

หลักการลดของเสียให้น้อยที่สุด วิธีการลดของเสียให้น้อยที่สุดหรือการป้องกันมลพิษ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีการหลัก คือ

1. การลดของเสียที่แหล่งกำเนิด (source reduction) ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดยการเปลี่ยนแปลงผลผลิต (product change) และการควบคุมการผลิต (source control) ดังมีวิธีการสรุปเป็นแนวทางดังนี้

(1) การเปลี่ยนแปลงผลผลิต ได้แก่ เปลี่ยนแปลงสูตรอาหารให้เหมาะสมกับสายพันธุ์สุกรที่เลี้ยง เพื่อให้สุกรเจริญเติบโตได้ดี มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูง และมีไขมันต่ำ และเลือกใช้พันธุ์หรือสายพันธุ์สุกรที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดี

(2) การควบคุมการผลิต โดยมีแนวทางการดำเนินการคือ การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ (input material changes) การปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิต (technology changes) และการปรับปรุงกระบวนการดำเนินการ (good operating procedures) ดังมีวิธีการสรุปเป็นตัวอย่างดังนี้

- การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ ได้แก่ การเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพ มีราคาถูก และมีผลในการลดปริมาณหรือความเข้มข้นของสารมลพิษ และใช้น้ำที่มีคุณภาพให้สุกรดื่ม เป็นต้น
- การปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิต ได้แก่ ปรับปรุงโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ให้เหมาะสมมีการถ่ายเทอากาศดี เช่น การใช้โรงเรือนควบคุมอุณหภูมิด้วยไอน้ำของน้ำ (evaporative cooling system) การใช้สารเสริมอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตและช่วยลดปริมาณหรือความเข้มข้นของสารมลพิษ เช่น โปรไบโอติกส์ (probiotics) สารสกัดจากพืช หรือ ปริไบโอติกส์ (prebiotics) เป็นต้น
- การปรับปรุงกระบวนการดำเนินการ ได้แก่ การมีระบบการตรวจสอบการรั่วไหลของน้ำ และระบบซ่อมบำรุง การมีระบบการเก็บและขนส่งอาหารเพื่อลดการสูญเสียจากการเก็บและการหกหล่น และมีระบบการล้าง ทำความสะอาดโรงเรือน ที่ใช้น้ำน้อยและมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

2. การใช้ซ้ำ หรือ การใช้หมุนเวียน (reuse or recycle) ของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์บางชนิดสามารถนำมาใช้ใหม่ ในรูปเดิมหรือใช้ซ้ำ เช่น มูลสุกร และน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร สามารถนำไปใช้เป็นสารปรับปรุงดิน หรือเป็นปุ๋ยสำหรับพืช หรือใช้เลี้ยงปลา โดยไม่ต้องทำการบำบัดก่อน อาหารตกหล่นหรืออาหารเก่า สามารถนำไปใช้เลี้ยงปลา และถุงอาหารสัตว์ สามารถนำไปบรรจุมูลสัตว์จำหน่าย ขณะที่ของ

เสียบางชนิดสามารถนำมาปรับปรุงเปลี่ยนแปลง เพื่อนำกลับมาใช้หมุนเวียน เช่น การนำมูลสุกรไปทำปุ๋ยหมัก หรือเป็นส่วนประกอบของหัวเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการลดของเสียให้น้อยที่สุด

- ลดปัญหามลพิษ
- อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
- ประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ
- ประหยัดค่าใช้จ่าย ลดต้นทุนการบำบัดของเสีย
- ลดปริมาณการสูญเสีย
- เพิ่มผลผลิต
- เพิ่มคุณภาพ ประสิทธิภาพการผลิต
- ลดความเสี่ยง เพื่อความปลอดภัย
- สร้างภาพพจน์ที่ดีต่อสาธารณชน
- นำไปสู่การพัฒนากระบวนการจัดการสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานสากล เช่น ISO 14000
- นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

ศัพท์และคำนิยาม

เพื่อป้องกันความสับสนที่อาจเกิดขึ้นในการจัดกระบวนการหรือวิธีการให้อยู่ในขั้นตอนของการจัดการของเสียจากสัตว์ที่จะกล่าวถึงในบทต่อไป ผู้เขียนใคร่ขอนำเสนอคำศัพท์และให้คำนิยามของคำศัพท์ที่สำคัญ ๆ ที่เกี่ยวข้อง (ซึ่งอาจแตกต่างกับนิยามที่มีการให้ไว้ในที่อื่น ๆ) ดังต่อไปนี้ (ดูภาพที่ 2 ประกอบ)

- Reuse : การใช้ซ้ำ การใช้อีกครั้ง คือ การนำของที่ใช้แล้วกลับมาใช้อีกโดยไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลง เช่น การนำมูลสุกรมาบรรจุมูลสุกรจำหน่าย การใช้มูลสุกรไปเลี้ยงปลา การนำมูลสุกรไปเป็นปุ๋ยสำหรับพืช หรือเป็นสารปรับปรุงดิน (โดยมูลสุกรไม่ผ่านกระบวนการบำบัดของเสีย)
- Recycle : การใช้หมุนเวียน การนำกลับมาใช้ การนำกลับมาใช้ใหม่ คือ กระบวนการที่วัสดุใช้แล้วถูกเก็บมาใช้ใหม่โดยมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุง เช่น การนำมูลสุกรไปทำปุ๋ยหมัก การนำมูลสุกรไปเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ (โดยมูลสุกรไม่ผ่านกระบวนการบำบัดของเสีย)

- Treatment : การบำบัด การบำบัดของเสีย คือ กระบวนการหรือการกระทำใด ๆ ที่มีผลทำให้ของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์มีคุณภาพดีขึ้น (ความเข้มข้นของสารมลพิษน้อยลง กลิ่นเหม็นน้อยลง) โดยมีปริมาณของเสียไม่เปลี่ยนแปลง (หรือลดลงเล็กน้อย) เช่น ระบบไบโอแก๊ส จัดว่าเป็นระบบบำบัดของเสีย เนื่องจากสามารถทำให้คุณภาพของน้ำมูลสุกมีคุณภาพดีขึ้นโดยปริมาณไม่เปลี่ยนแปลง (โดยหลักการ) มีผลพลอยได้เป็นแก๊สชีวภาพหรือไบโอแก๊ส
- Disposal : การกำจัด การกำจัดของเสีย การทำลาย คือ กระบวนการหรือการกระทำใด ๆ ที่มีผลทำให้ของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์หมดไปหรือลดปริมาณได้มาก วิธีการกำจัดของเสียจากสัตว์ที่มีการยกเป็นตัวอย่างในหนังสือเก่า ๆ เช่น การเผาทำลาย หรือ การฝังกลบ
- Utilization : การใช้ประโยชน์ การใช้ประโยชน์ของของเสีย คือ กระบวนการที่นำของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ไปใช้ประโยชน์ โดยของเสียเหล่านั้นได้ผ่านกระบวนการบำบัดแล้ว การใช้ประโยชน์ของของเสียจัดว่าเป็นวิธีการกำจัดของเสียแบบหนึ่ง ตัวอย่างเช่น การนำมูลสุกที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบไบโอแก๊สเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ การนำมูลสุกหรือน้ำมูลสุกที่ผ่านระบบไบโอแก๊สไปเป็นปุ๋ยสำหรับพืช หรือเป็นสารปรับปรุงดิน
- Waste minimization : การลดของเสียให้น้อยที่สุด คือ กระบวนการหรือการกระทำใด ๆ ที่ลดหรือกำจัดการเกิดมลพิษหรือของเสียที่จุดกำเนิดรวมทั้งการลดการใช้สารทั้งที่เป็นอันตรายและไม่เป็นอันตราย พลังงาน น้ำ หรือทรัพยากรอื่น ๆ ซึ่งรวมถึงการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติด้วยการรักษาหรือใช้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สารบางอย่างอาจเป็นได้ทั้งสารช่วยในการลดของเสียให้น้อยที่สุด และสารที่ใช้ในการบำบัด ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ เช่น จุลินทรีย์อีเอ็ม และสารสกัดจากพืชยัคคา ซึ่งเมื่อผสมในอาหารให้สัตว์กินสามารถลดความเข้มข้นของสารมลพิษและกลิ่นเหม็น ถ้าใช้ผสมน้ำฉีดพ่นในบ่อน้ำเสียสามารถควบคุมกลิ่นเหม็นและทำให้คุณภาพของน้ำดีขึ้น

บทที่ 2

ประมวลงานวิจัยด้านการจัดการของเสียจากสัตว์

ประมวลผลงานวิจัยในรายงานการศึกษานี้ รวบรวมผลงานวิจัยด้านการจัดการของเสียจากสัตว์ ที่มีการรายงานไว้ในช่วง 25 ปีที่ผ่านมา ผลงานวิจัยที่รวบรวมได้ทั้งหมดแบ่งเป็นผลงานวิจัยที่มีการศึกษาใน 2 ช่วง จาก 2 แหล่งหลักของข้อมูล ช่วงแรกเป็นผลงานวิจัยรายงานผลระหว่างปี พ.ศ. 2518 ถึง 2534 มีจำนวนผลงานวิจัย 63 เรื่อง เป็นการนำผลการสำรวจงานวิจัยด้านนี้ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (เสาวลักษณ์, 2535) ดำเนินการไว้มาทำการจัดเรียงและวิเคราะห์ใหม่ ส่วนผลงานวิจัยที่รวบรวมไว้ในช่วงที่ 2 ผลงานส่วนใหญ่เริ่มต้นจากปี พ.ศ. 2535 (มีบางส่วนเป็นผลงานวิจัยที่รายงานผลไว้ก่อน พ.ศ. 2535 แต่เป็นผลงานซึ่งไม่ได้ถูกรวบรวมไว้ในการสำรวจของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ) เป็นผลงานวิจัยที่มีรายงานการศึกษาในเอกสารวิชาการ รายงานการประชุมทางวิชาการ และวิทยานิพนธ์ ปรินซ์ญาโท ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวนทั้งหมด 68 เรื่อง จัดแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามขั้นตอนของการจัดการของเสียจากสัตว์คือ การลดของเสียให้น้อยที่สุด การเก็บรวบรวมและขนย้ายของเสีย การบำบัดของเสีย และการใช้ประโยชน์ของของเสีย

ประมวลผลงานวิจัยระหว่าง พ.ศ. 2518 – 2534 โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic digestion) เป็นวิธีการที่ได้มีการนำมาใช้บำบัดของเสียที่เป็นอินทรีย์วัตถุนานกว่า 100 ปีแล้ว ในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่า ได้มีการนำวิธีการนี้ไปใช้ประโยชน์ในทุก ๆ ประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างปี พ.ศ. 2518 – 2528 ซึ่งเป็นช่วงวิกฤติการณ์น้ำมัน เป็นช่วงที่มีการศึกษาและนำไปใช้ประโยชน์กันมากที่สุด ระบบไบโอแก๊สมีการนำไปใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายในประเทศในเขตร้อน ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ในประเทศไทยเองได้มีการนำระบบไบโอแก๊สเข้ามาใช้ประโยชน์กันมานานกว่า 40 ปีแล้ว (เริ่มนำเข้ามาประมาณปี พ.ศ. 2500)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติโดยเสาวลักษณ์, 2535 ได้ทำการศึกษาสถานภาพการวิจัยของงานวิจัยทางด้านก๊าซชีวภาพในอดีตจนถึง ปี พ.ศ. 2535 มีจำนวนโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับก๊าซชีวภาพที่รวบรวมได้ทั้งหมดในช่วงนี้ 63 โครงการ แบ่งเป็นผลงานที่ได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์ในช่วงปี พ.ศ. 2518 – 2533 จำนวน 53 โครงการ และเป็นโครงการที่กำลังดำเนินการอยู่ในปี พ.ศ. 2532 – 2534 จำนวน 10

โครงการ ตารางที่ 1 ได้นำชื่อโครงการที่ได้รายงานผลการศึกษาในช่วง 2518 – 2533 มาเขียนแสดงโดยจัดลำดับเรียงตามปีที่ได้รายงานผล พร้อมทั้งได้ระบุถึงชื่อและหน่วยงานของคณะผู้วิจัย ทั้งนี้เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาของงานวิจัย และการมีส่วนร่วมของบุคคลและหน่วยงาน ส่วน ตารางที่ 2 เขียนแสดงชื่อโครงการที่กำลังดำเนินการอยู่ในปีพ.ศ. 2532 – 2534 (ชื่อผลงานเหล่านี้จะไม่ ปรากฏในเอกสารอ้างอิงของการศึกษารุ่นนี้ รายละเอียดเพิ่มเติมของผลงานวิจัยเหล่านี้สามารถติดตามได้จากเสาวลักษณ์, 2535)

ลักษณะการดำเนินการวิจัยของผลงานที่ได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์ในระหว่าง 2518 – 2533 ส่วนใหญ่เป็นการทดลองวิจัยดำเนินการในห้องปฏิบัติการ มีบางส่วนดำเนินการในภาคสนาม โดยการก่อสร้างระบบไบโอแก๊สขนาดเล็ก และมีบางส่วนดำเนินการทดลองในโรงงานอุตสาหกรรม มีการดำเนินการวิจัยทางด้านสังคมเพียง 1 โครงการ ประเภทของงานวิจัยส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยประยุกต์ การวิจัยเพื่อพัฒนามีเพียง 2-3 โครงการ และมีการวิจัยระดับพื้นฐานอยู่บ้าง ผลงานวิจัยทั้ง 53 โครงการ จำแนกตามหน่วยงานที่ดำเนินการได้ดังต่อไปนี้

• สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	จำนวน 15 โครงการ
• จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	จำนวน 10 โครงการ
• กรมวิชาการเกษตร	จำนวน 5 โครงการ
• สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย	จำนวน 5 โครงการ
• สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย	จำนวน 4 โครงการ
• มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	จำนวน 4 โครงการ
• มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	จำนวน 4 โครงการ
• มหาวิทยาลัยมหิดล	จำนวน 2 โครงการ
• อื่น ๆ	จำนวน 4 โครงการ

ระบบบ่อหมักในสภาพไร้ออกซิเจนในโครงการทั้ง 53 เรื่อง มีการศึกษาโดยใช้บ่อหมักของเสียที่มีความเข้มข้นของของแข็งสูง (TS มากกว่า 2%) ซึ่งเรียกว่าบ่อหมักของแข็ง (solid fermentation) หรือเรียกอีกนัยหนึ่งว่าบ่อหมักช้า (low rate anaerobic digester) ซึ่งบางแห่งอาจเรียก บ่อหมักอัตรามาตรฐาน (standard rate digester) และบ่อหมักของเสียที่มีความเข้มข้นของของแข็งต่ำ (TS น้อยกว่า 2%) หรือบ่อหมักน้ำเสีย (ของเหลว) ซึ่งเรียก บ่อหมักเร็ว (high rate digester) แบบของบ่อหมักช้าที่มีการนำมาศึกษากันในช่วงนี้เป็นแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ แบบ plug-flow ขนาดในห้องปฏิบัติการ จนถึงแบบขยายโดมคงที่

(fixed dome digester) ขบวนการหมัก การศึกษาโดยใช้บ่อหมักช้าเป็นการศึกษาเพื่อทดสอบการใช้วัตถุดิบต่าง ๆ เช่น เศษพืช วัสดุเหลือทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ผักตบ มูลสัตว์ และส่วนผสมของเศษพืชและมูลสัตว์ (การศึกษาของกรมวิชาการ และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) การใช้ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เปลือกและแกนสับปะรด (การศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) มีการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการย่อยสลายโดยการเพิ่มอุณหภูมิและการใช้บ่อหมัก 2 ขั้นตอน (two stage) (การศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) ด้านบ่อหมักเร็ว มีการศึกษาเพื่อทดสอบแบบของระบบและการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ แบบของบ่อหมักเร็ว (ขนาดห้องปฏิบัติการ) มีทั้งแบบ UASB (การศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) และแบบถังหมักไร้ออกซิเจนบรรจุตัวกลาง (Anaerobic Filter หรือ AF) ซึ่งในการศึกษาบ่อหมักชนิดนี้ เป็นการศึกษาเพื่อทดลองใช้ตัวกลางชนิดต่าง ๆ เช่น ใช้อินทรีย์วัตถุหรือ biofilter (การศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) และตัวกลางหาได้ง่าย ๆ เช่น วงไม้รวก (การศึกษาของสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย) มีโครงการการศึกษาการใช้ประโยชน์ของผลพลอยได้ในทางการกลั่น (การศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) การศึกษาการย่อยสลายมูลสัตว์ด้วยระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนในช่วงการวิจัยนี้ เกือบทั้งหมดเป็นการศึกษาโดยใช้บ่อหมักแบบหมักช้า มีเพียง 1 โครงการที่เป็นการศึกษาการย่อยสลายมูลสัตว์โดยใช้บ่อหมักแบบหมักเร็ว แบบบรรจุตัวกลาง (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดย สุเมธ ขวเดช)

ประมวลผลงานวิจัยด้านการจัดการของเสียช่วงหลังปี 2535 จากแหล่งข้อมูลมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลงานวิจัยที่มีการรายงานผลในช่วงหลังปี พ.ศ. 2535 รวมผลงานวิจัยที่มีรายงานไว้ก่อนหน้านี้บางส่วน ที่ไม่ได้ถูกรวบรวมไว้โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ มีจำนวน 68 ผลงาน แบ่งเป็นผลงานที่จัดอยู่ในกลุ่มการลดของเสียให้น้อยที่สุด 24 ผลงาน กลุ่มการเก็บ รวบรวมและขนย้ายของเสียไม่มีผลงาน กลุ่มบำบัดของเสีย 34 ผลงาน และกลุ่มการใช้ประโยชน์ของของเสีย 10 ผลงาน ซึ่งผลงานบางเรื่องอาจถูกจัดให้อยู่ใน 2 กลุ่ม ทั้งนี้เพราะการดำเนินการวิจัยและการจัดกลุ่มทดลองมีลักษณะที่สามารถจัดให้อยู่ได้ทั้ง 2 กลุ่ม ในลักษณะเดียวกับการนำเสนอในตอนที่ผ่านมา ชื่อของผลงานวิจัยถูกนำมาจัดเรียงตามลำดับของปีที่มีการรายงานผลพร้อมทั้งได้ระบุคณะผู้วิจัย และแหล่งของข้อมูล ซึ่งผู้สนใจสามารถติดตามรายละเอียดได้ ทั้งนี้ผลงานเหล่านี้จะไม่ปรากฏในเอกสารอ้างอิงของรายงานการศึกษานี้

ตารางที่ 1 ผลงานวิจัยที่ได้ดำเนินการเสร็จสมบูรณ์ระหว่าง 2518 – 2533 จากการรวบรวมโดยสำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ลำดับ	ผลงานวิจัย
1.	การศึกษาการกำจัดมูลสัตว์เลี้ยงบางชนิดโดยวิธีหมักด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ และผลผลิตเชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ. 2519. พิชิต สกุลพรหมณ์ มงคล โฉมงาม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สาขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
2.	เชื้อเพลิงจากมูลสัตว์ และมูลคน. มปป. นิรนาม. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
3.	การผลิตแก๊สชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์โดยการหมักอินทรีย์วัตถุให้เกิดการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ. 2522. พิชิต สกุลพรหมณ์ มงคล โฉมงาม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สาขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
4.	การผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์โดยถังหมักแบบบรรจุด้วยตัวกลาง. 2522. สุเมธ ชวเดช. กองวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมและนิเวศวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
5.	การผลิตแก๊สชีวภาพจากเศษพืชต่าง ๆ . 2523. เพชร กตัญญกุล สายทิพย์ ปฐมรัตน์. งานวิจัยปุ๋ย กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร
6.	เครื่องฟักไข่ด้วยแก๊สชีวภาพ. 2523. วุฑฒิ พันธุมนาวัน พิทยา สิ้นสืบผล และ วิรพงษ์ เกียรติยุทธชาติ. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี
7.	การผลิตและการวิเคราะห์แก๊สชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในห้องปฏิบัติการ .2524. ธงชัย พุ่มจันทร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
8.	การศึกษาเบื้องต้นในการผลิตแก๊สชีวภาพจากเครื่องกรองไร้ออกซิเจนที่ใช้อินทรีย์วัตถุเป็นตัวกลาง. 2524. โกรธัน ศรีสัมฤทธิ์. ภาควิชาวิศวกรรมสาขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9.	เปรียบเทียบปริมาณการเกิดแก๊สมีเทนจากฟางข้าวและมูลสัตว์ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน. 2525. เพชร กตัญญกุล สายทิพย์ ปฐมรัตน์ และ ภาวนาฏ เสมรสุต. กลุ่มงานวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและ อุตสาหกรรม กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ผลงานวิจัย
10.	อิทธิพลและความเป็นกรดเป็นด่างที่มีต่อการเกิดก๊าซชีวภาพเมื่อใช้หญ้าขนร่วมกับมูลสุกร.2525.สายทิพย์ ปฐมรัตน์ เพชร กตัญญกุล และจันทิรา พ่อคำ. งานวิจัยปฎิย กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร
11.	การปรับปรุงคุณภาพของก๊าซชีวภาพในห้องปฏิบัติการ.2526. สุรพล สุวคนธ์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
12.	การผลิตแก๊สชีวภาพจากวัชพืช. 2526. มงคล สังขวดี. วิทยาลัยครูฉะเชิงเทรา
13.	การผลิตชีวก๊าซจากเซลลูโลสโดยใช้เชื้อจุ. 2526. พัทธมน ศรีเบญจลักษณ์. วิทยาศาสตร์ภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
14.	การย่อยสลายและการผลิตก๊าซชีวภาพของขยะแบบไร้ออกซิเจนโดยแบคทีเรีย ชนิดชอบความร้อน .2526. ศักดิ์ชัย โอภาสวัชชัย ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
15.	ผลของเกลือบางชนิดที่มีต่อการหมักมูลวัวในสภาพไร้อากาศ. 2527. นิยะดา ลีละไกรวรรณ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
16.	การผลิตก๊าซชีวภาพในบ่อปิดแบบโดม. 2527. เพชร กตัญญกุล สายทิพย์ ปฐมรัตน์ จันทิรา พ่อคำ และ เรวดี ดีมาก. กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร
17.	การศึกษาผลพลอยได้จากการหมักมูลวัวภายใต้สภาวะที่ไร้อากาศ. 2527. ทศนีย์ สีดาเพ็ง. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
18.	ผลของความดันที่มีต่อการหมักก๊าซชีวภาพ. 2527. สุภาณี เลิศไตรภพ ศักรินทร์ ภูมิรัตน์ มรกต ดันติเจริญ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
19.	การหาข้อมูลพื้นฐานในการผลิตก๊าซชีวภาพจากเปลือกและแกนสับปะรด. มปป. มรกต ดันติเจริญ ศักรินทร์ ภูมิรัตน์ สุภาณี เรือรณาคม และ ละเอียด เพ็งโสภา. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
20.	การผลิตก๊าซชีวภาพที่อุณหภูมิต่าง ๆ จากของเสียจากโรงงานสับปะรดกระป๋อง. 2527. ธเนศ อุทิศธรรม. สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ผลงานวิจัย
21.	ศึกษาการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์ในระบบฟาร์มผสมผสาน. 2528. เพชร กตัญญูกุล นัฐวุฒิ ภาชะวรรณ และ บัณลือ พรหมศรี. กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร
22.	ขบวนการเกิดก๊าซชีวภาพจากพืช. มปป. มรกต ตันติเจริญ วุฒิ พันธ์มนาวิน และ สุรเดช จันทรานุกัษ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
23.	ผลของฟางข้าวและอัตราการผลิตน้ำต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ. มปป. ศรเทพ ธรรมวาส ชัยฤทธิ์ ชินโรต ปรีชา เอกพิทักษ์ดำรง และวิเชียร พัฒนเศรษฐกุล. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
24.	ถังผลิตแก๊สชีวภาพแบบใช้ตัวกลางไม่รวม. มปป. สุเมธ ชวเดช. กองวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อม และนิเวศวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
25.	การผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาภายใต้การย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน. 2529. ชาญชัย คุณาวนาภิจ. ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
26.	ประเมินความเหมาะสมการใช้ก๊าซชีวภาพในชนบท. 2529. นารา พิทักษ์อรณพ. สาขาวิจัยอุตสาหกรรม การพลังงาน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
27.	การบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นต่ำโดยระบบยูเอเอสบี. 2529. พีรพงษ์ ทิพยากร. ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
28.	การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลข้าวในถังหมักแบบปลั๊กโพล. 2530. วัฒนา นพคุณ. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
29.	การผลิตก๊าซมีเทนจากขยะโดยกระบวนการชีวภาพแบบไร้อากาศสองขั้นตอน. 2530. สมชาย เจียมธีรสกุล. ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
30.	กระบวนการตกตะกอนแบบแอนแอโรบิคคอนแทกต์สเตมิไลเซชัน. 2530. กิตติพงษ์ ธนสานติ. ภาควิชาวิศวกรรม สุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
31.	การใช้วิธีการฟลูอิดาเซชันมาประยุกต์เข้ากับอุตสาหกรรมต่าง ๆ และกับอุตสาหกรรมภายในประเทศไทย. มปป. พล สาเกทอง. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ผลงานวิจัย
32.	ชีวก๊าซและการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้เนื่องจากการย่อยสลายของมูลสัตว์เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่การกลั่นกรอง. มปป. วีรวรรณ ปัทมาภีรต์. ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
33.	Renewable fuel recovery from bio-conversion of solid wastes with and without acid hydrolysis. 1975. Kai-King Chan. Asian Institute of Technology.
34.	Bio-gas production by anaerobic digestion. 1977. Malwila Gamini Dissanayako. Asian Institute of Technology.
35.	A ferrocement digester : biogas and biomass production. 1982. C. Polprasert, W. Kanok-Nukuchai and V.S. Rajput. Asia Institute of Technology.
36.	Two stage anaerobic digestion of solid pipeapple waste. 1984. M. Tanticharoen, N. Supajanya and S. Bhumiratana. School of Energy and Material, Dept. of Chemical Engineering. King Mongkut's Institute of Technology, Thonburi Campus.
37.	Biogas production from solid pipeapple waste. 1984. M. Tanticharoen, S. Bhumiratana, S. Tientana com and L. Pengsobha. King Mongkut's Institute of Technology, Thonburi Campus.
38.	Biogas production on synthetic wastewater. 1984. Preecha Ployyatarapingyo and Kunisuke Ichikawa. Department of Fermentation Technology. Faculty of Engineering, Osaka University.
39.	Biogas production from some crop residues. 1985. Somthep Tumwasom. Animal Science Department, Kasetsart University.
40.	Mesophilic and thermophilic methane fermentation of agro-wastes and grasses. 1985. Gaysorn Dhavises, Permpong Sriprasertsak, Toshio Tanaka, Makoto Tanigushi and Susumu Oi. Department of Microbiology, Faculty of Science, Kasetsart University, Kamphaengsan Campus.
41.	Mesophilic and thermophilic methane fermentation of slop waste. 1985. Permpong Sriprasertsak, Gaysorn Dhavises and Susumu Oi. Faculty of Science, Kasetsart University, Kamphaengsan Campus.

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ผลงานวิจัย
42.	Biogas production from solid pineapple cannery waste at elevated temperature. 1985. M. Tantichareon, S. Bhumiratana, T. Utithan and N. Supajunya. King Mongkut's Institute of Technology, Thonburi Campus.
43.	Biogas production from tapioca starch wastewater factory. II Effects of specific surface areas and void space. 1985. M. Tantichareon, S. Lertriluck and S. Bhumiratana. King Mongkut's Institute of Technology, Thonburi Campus.
44.	Effluent denitrification with anaerobic filters. 1985. Chongrak Polprasert and H.S. Park. Environmental Engineering Division, Asia Institute of Technology.
45.	Study of continuous biogas production in a filter bed reactor. 1986. Supanee Lertriluck, Satp Vitteethum, Marakot Tantichareon and Sakarindr Bhumiratana. King Mongkut's Institute of Technology, Thonburi Campus.
46.	Methane production from solid pineapple waste at elevated temperature. M. Tantichareon, S. Bhumiratana, T. Utitham. King Mongkut's Institute of Technology, Thonburi Campus.
47.	Biogas production from tapioca starch wastewater factory. 1986. M. Tantichareon, S. Lertriluck, S. Bhumiratana and N. Supajanya. King Mongkut's Institute of Technology, Thonburi Campus.
48.	Industrial biogas : A feasibility study of waste utilization from agro-industry in Thailand. 1986. Prakarn Bunchueydee. Organization National Energy Administration (NEA), Ministry of Science, Technology and Energy.
49.	Anaerobic digestion of tapioca starch factory wastewater. M. Tantichareon, S. Bhumiratana, N. Jetanachai, P. Chaiprasert, V. Loha and S. Lertriluck. King Mongkut's Institute of Technology, Thonburi Campus.
50.	Anaerobic treatment for biogas production from pulp and paper mill wastewater. 1990. G. Wantawin, S. Lertriluck, M. Tantichareon, V. Loha and S. Bhumiratana. King Mongkut's Institute of Technology, Thonburi Campus.

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	ผลงานวิจัย
51.	Pilot-scale research for distillery wastewater treatment. 1990. J. Verink, S. Nitisoravut, D.L. Joshi, M. Asawangkul, S. Chartrakoon, O. Prasertthongkorn, A. Jongpornpraseod and B. Theinthong. Environmental Engineering Division, Asian Institute of Technology.
52.	Tapioca wastewater treatment by anaerobic reactor coupled with membrane filtration system. 1990. U. Puetpaiboon and S. Vigneswaran. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University.
53.	Biogas incubator. 1990. Vutthi Bhanthumnavin, Pittaya Sinseubpol and Wirapong Kiatyuthachart. Department of Physics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology, Thonburi Campus.

ตารางที่ 2 โครงการวิจัยที่กำลังดำเนินการอยู่ในช่วง 2532 - 2534 จากการรวบรวมโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ปี	ลำดับ	ชื่อโครงการและสถาบัน
2532	1.	การศึกษาออกแบบระบบกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
	2.	การพัฒนาเครื่องผลิตก๊าซชีวภาพแบบยัดของแข็งขนาดโรงงานต้นแบบ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
	3.	การศึกษาสมมูลย์พลังงานเพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้ชีวมวลเป็นพลังงานและอาหาร (ระยะที่ 1 : 2531 - 2532) คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
	4.	การศึกษารายละเอียดการผลิตสารเคมีและก๊าซมีเทนจากวัสดุเหลือใช้อุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิจัยสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
	5.	การวิจัยและพัฒนาการควบคุมมลภาวะน้ำเสียจากฟาร์มสุกรอย่างเป็นระบบโดยเน้นการผลิตแก๊สชีวภาพ สาขาวิจัยสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
2533	1.	การศึกษารายละเอียดการผลิตสารเคมีและก๊าซมีเทนจากวัสดุเหลือใช้อุตสาหกรรมเกษตร สาขาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
	2.	วิจัยและพัฒนาการควบคุมมลภาวะน้ำเสียจากฟาร์มสุกรอย่างเป็นระบบโดยเน้นการผลิตแก๊สชีวภาพ สาขาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
2534	1.	การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสารเคมี ก๊าซชีวภาพสู่ผู้ประกอบการ สาขาวิจัยสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
	2.	การกำจัดสีของกากน้ำตาลในน้ำทิ้งด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ สาขาอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ
	3.	ค้นคว้าเพื่อให้ได้มาซึ่งสถานภาพการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ และอื่น ๆ กองค้นคว้าและพัฒนาพลังงาน สำนักงานพลังงานแห่งชาติ

1. การลดของเสียให้น้อยที่สุด ผลงานวิจัยในกลุ่มการลดของเสียให้น้อยที่สุดซึ่งมีจำนวน 24 ผลงาน สามารถจัดแบ่งย่อยเป็นผลงานในกลุ่มย่อยการลดของเสียที่แหล่งกำเนิด (source reduction) จำนวน 22 ผลงาน และกลุ่มใช้ซ้ำ/ใช้หมุนเวียน (reuse/recycle) จำนวน 2 ผลงาน ชื่อผลงาน คณะผู้วิจัย และแหล่งข้อมูล ได้สรุปแสดงไว้ใน ตารางที่ 3

(1) การลดของเสียที่แหล่งกำเนิด การศึกษาเพื่อลดของเสียที่แหล่งกำเนิดมีการดำเนินการศึกษาทั้งการใช้ โปรไบโอติกส์ (การเสริมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในอาหารหรือน้ำดื่มสำหรับสัตว์) สารสกัดจากพืชยัคคา สมุนไพรร จีโอไลต์ และเอนไซม์ เสริมในอาหารเลี้ยงสัตว์ (feed additive) และการลดเบอร์ด์เชนส์โปรตีนรวมในอาหาร แต่ผลงานส่วนใหญ่เป็นการศึกษาการใช้ โปรไบโอติกส์ มีบางส่วนศึกษาการใช้โปรไบโอติกส์รวมกับเอนไซม์

การศึกษาการใช้โปรไบโอติกส์ระยะแรก เป็นการศึกษาการเสริมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของไก่กระทอง และสุกรในแง่การเร่งการเจริญเติบโต การทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะ หรือทดแทนวัตถุดิบแหล่งอาหารโปรตีนที่มีราคาแพง (ผลงานวิจัยลำดับที่ 1, 2 และ 3) จุลินทรีย์ที่มีการนำมาศึกษาในระยะนี้ได้แก่ จุลินทรีย์กลุ่ม Lactobacillus, Streptococcus และจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง Rhodospseudomonas ซึ่งผลการศึกษาพบว่าสามารถใช้เร่งการเจริญเติบโต ทดแทนการใช้ยาปฏิชีวนะและ การใช้จุลินทรีย์บางกลุ่มยังมีส่วนทำให้คุณภาพของผลผลิตดีขึ้น เช่น การใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ซึ่งในเซลล์ประกอบด้วยสารสังเคราะห์ (Xanthophyll) ซึ่งเป็นสารสีธรรมชาติ ทำให้ไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยเซลล์จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมีไข่แดงที่มีสีแดงเข้มขึ้น (การศึกษาลำดับที่ 3) การศึกษาการใช้ส่วนผสมของโปรไบโอติกส์ และเอนไซม์จากการค้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (ผลงานวิจัยลำดับที่ 4 และ 5) การศึกษาการใช้โปรไบโอติกส์ที่มีผลในการลดของเสียที่แหล่งกำเนิดโดยตรงเริ่มต้นที่การศึกษาการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM หรือ Effective Microorganisms ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ผสมหรือ mixed culture ของจุลินทรีย์แลคโตบาซิลลัส ยีสต์ จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง และเชื้อราที่มีประโยชน์) ควบคุมกลิ่นเหม็นในฟาร์มสุกร (ผลการวิจัยลำดับที่ 7 และ 21) ซึ่งต่อมาได้มีการนำจุลินทรีย์อีเอ็มไปประยุกต์ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสุกรเพื่อควบคุมกลิ่นเหม็นกันมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราในระยะเวลาหนึ่งที่กรมอนามัยส่งเสริมการใช้เพื่อรณรงค์การควบคุมกลิ่นเหม็นและแมลงวัน (กรมอนามัย, 2537a) และต่อมาก็ได้มีการศึกษาการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มทั้งในแง่การควบคุมกลิ่นเหม็น การเพิ่มสมรรถภาพการผลิต และการเพิ่มคุณภาพของผลผลิตในสัตว์เลี้ยงอื่น ๆ (ผลการวิจัยลำดับที่ 8, 12, 13, 14, 15, 16, 22, และ 23)

การศึกษาการใช้สารเสริมในอาหาร (feed additive) ชนิดอื่น ๆ เช่นการใช้ซีโอไลท์ (ผลงานลำดับที่ 10 และ 11) การใช้สมุนไพรไทย (ผลงานที่ 17) การใช้เอนไซม์ไฟเตส (ผลงานที่ 18) และการศึกษาสารสกัดจากพืชยัคคา (ผลงานที่ 19) ในกรณีการใช้สารสกัดจากพืชยัคคา การศึกษาวิจัยในประเทศไทยยังน้อยมาก ทั้งที่ในการปฏิบัติได้มีการนำสารสกัดชนิดนี้ไปเสริมในอาหารเลี้ยงสุกรเพื่อลดกลิ่นเหม็นของมูลกันอย่างแพร่หลาย มีมูลค่าการนำเข้าของสารสกัดชนิดนี้ในชื่อการค้าต่าง ๆ เช่น Micro - Aid, De - Odorase มากกว่าปีละ 10 ล้านบาท การศึกษาเพื่อลดของเสียที่แหล่งกำเนิดแบบอื่น ๆ มีเพียงการศึกษาการลดเปอร์เซ็นต์โปรตีนรวมในอาหารเลี้ยงไก่ (ผลงานที่ 20) ในการศึกษาที่ยังจำกัดการศึกษาในแง่การให้ผลผลิต ยังไม่มีการศึกษาในแง่ของการลดมลพิษโดยตรง

การลดของเสียที่แหล่งกำเนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดสารมลพิษ ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น โดยการให้สารลดของเสียชนิดใดชนิดหนึ่ง อาจให้ผลไม่เหมือนกันในฟาร์มเลี้ยงสุกรในพื้นที่ต่าง ๆ ในทางปฏิบัติเนื่องจากความแตกต่างกันในลักษณะการจัดการ การเลี้ยง การให้อาหาร ความเข้มข้นของโภชนะ (% โปรตีนในอาหาร) พร้อมทั้งความเข้มข้นของการใช้และชนิดของยาปฏิชีวนะ การใช้โปรไบโอติกส์ซึ่งเป็นสิ่งที่มีชีวิตยังมีปัจจัยมาเกี่ยวข้องด้วยมากมาย ขณะที่สารบางชนิดมีกลไกการทำงานจำเพาะ เช่น สารสกัดยัคคาใช้จับ (ดูดซับ) หรือยับยั้งขั้นตอนการเกิดแอมโมเนีย และสารซีโอไลท์ ซึ่งนำมาใช้ผสมในอาหารเพื่อดูดซับสารพิษและแอมโมเนีย ในรายงานการศึกษาในขณะนี้ มีการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการลดของเสียโดยการใช้สารลดของเสียร่วมกัน 2 ชนิด เช่น การใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม และสมุนไพรไทย (ผลการวิจัยลำดับที่ 17) การศึกษาการใช้สารที่นอกจากจะมีผลในการลดของเสียที่แหล่งกำเนิด (การใช้จุลินทรีย์อีเอ็มและสารยัคคา) ยังมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดแบบไบโอแก๊ส (ผลงานวิจัยลำดับที่ 19 และ 24)

(2) การใช้ขี้ หรือ การใช้หมุนเวียน การศึกษาการลดของเสียให้น้อยที่สุดในลักษณะการนำไปใช้ซ้ำหรือการใช้หมุนเวียนมีเพียง 2 เรื่อง เป็นการศึกษาการใช้มูลสุกรแห้งเป็นวัตถุดิบผสมในอาหารเลี้ยงสุกร (ผลงานวิจัยที่ 6 และ 9) ซึ่งผลการทดลองพบว่ามูลสุกรนี้ยังไม่ได้รับการบำบัด สามารถนำกลับไปหมุนเวียนใช้เป็นวัตถุดิบผสมในอาหารเลี้ยงสุกรรุ่น (น้ำหนัก 20 - 60 กก.) ได้ในอัตราไม่เกิน 10% โดยไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซาก และสามารถใช้เป็นวัตถุดิบผสมเป็นอาหารเลี้ยงสุกรขุน (น้ำหนัก 60-90 กก.) ได้สูงถึง 15% อย่างไรก็ตามก็ยังไม่มีการศึกษาถึงผลที่จะเกิดขึ้นกับปริมาณและความเข้มข้นของสารมลพิษของของเสียที่ขับถ่ายโดยสุกรที่กินอาหารที่มีมูลสุกรเป็นส่วนผสม

2. การเก็บ รวบรวม และขนย้ายของเสีย การศึกษาการลดปริมาณหรือความเข้มข้นของสารมลพิษโดยขั้นตอนการเก็บ รวบรวม และขนย้ายของเสีย ไม่มีรายงานการศึกษากันไว้เป็นเอกสารวิชาการ แต่ในฟาร์มเลี้ยงสุกรก้าวหน้าได้มีการทดลองใช้ในขั้นปฏิบัติโดยไม่ได้วางแผนการศึกษาและเก็บข้อมูล การทดลองในลักษณะเช่นนี้มีตัวอย่างเช่น การทำตะแกรงเหล็กเป็นที่ขั้วถ่ายของสุกรซึ่งอาจเรียกส้วมสุกร (pig toilet) ทำให้เกิดความสะดวกในการเก็บมูลสุกรและทำให้ใช้น้ำล้างน้อยลง และการทำบ่อน้ำด้านท้ายคอกให้เป็นที่ยับถ่าย (อาจเรียก ส้วมน้ำ) ในการเลี้ยงสุกรขุน ซึ่งถ้าหากมีการกำหนดระยะเวลาเก็บกักน้ำมูลสุกรที่เหมาะสมจะสามารถควบคุมกลิ่นเหม็น ใช้น้ำล้างคอกน้อยลง และเป็นการเตรียมมูลสุกรเพื่อนำเข้าสู่ระบบบำบัดไบโอแก๊ส (สมควร, 2543)

3. การบำบัดของเสีย ผลงานวิจัยจัดอยู่ในกลุ่มการบำบัดของเสียมีจำนวน 34 ผลงาน วิธีการศึกษาและชนิดของระบบบำบัดที่นำมาศึกษาในช่วงนี้มีความหลากหลายมาก ตั้งแต่ระบบย่อยสลายในสภาพไร้อากาศหรือระบบไบโอแก๊สแบบหมักช้า และแบบหมักเร็ว (anaerobic low rate and high rate digesters) การย่อยสลายในสภาพต้องการอากาศ (anaerobic digestion) แบบต่าง ๆ ลูกผสม (hybrid) ระหว่างระบบไบโอแก๊สแบบหมักช้าและหมักเร็ว และลูกผสมระหว่างระบบไบโอแก๊สแบบหมักช้าและแบบย่อยสลายในสภาพต้องการอากาศ การใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม การใช้จุลินทรีย์อีเอ็มร่วมกับการใช้ระบบไบโอแก๊ส และระบบย่อยสลายในสภาพต้องการอากาศ การใช้เทคโนโลยีจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง จุลินทรีย์บำบัดลิกไนต์ จุลินทรีย์แลคติก สารสกัดจากพืชยัคคา จนถึงการใช้สารเคมีเอิร์กเทค ตารางที่ 4 แสดงผลงานที่จัดอยู่ในกลุ่มการบำบัดของเสีย

(1) การย่อยสลายในสภาพไร้อากาศ ในช่วงเวลานี้ได้มีการก่อสร้างระบบไบโอแก๊สขนาดฟาร์มเพื่อการวิจัยและสาธิตขึ้นเป็นครั้งแรกโดยโครงการไบโอแก๊สเคยู-เอไอที (KU-AIT Biogas Project) ที่ฟาร์มเลี้ยงสุกรภายในสถานีวิจัยห้วยขวาง อ.แก่งคอย จ.สระบุรี ด้วยการสนับสนุนขององค์การ GTZ ของประเทศเยอรมัน ระบบไบโอแก๊สที่สร้างขึ้นเป็นแบบปลั๊กโฟลว์ (plug-flow digester) ขนาด 170 ม³ ใช้ฟลอสติกนำเข้าจากประเทศไต้หวันเป็นที่เก็บแก๊ส ระบบไบโอแก๊สที่สถานีวิจัยห้วยขวางของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้ประโยชน์ของไบโอแก๊สผลิตกระแสไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ (Induction Generator) แล้วบ่อนกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้เข้าสู่ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ปัจจุบันระบบไฟฟ้าแบบนี้ก็ได้รับการยอมรับและนำไปติดตั้งในฟาร์มเลี้ยงสุกรที่มีการก่อสร้างระบบไบโอแก๊สกันโดยทั่วไป (ผลงานวิจัยที่ 27 และ 33) ส่วนการศึกษา ระบบไบโอแก๊สแบบหมักเร็ว (high rate anaerobic digester) ที่มีการศึกษาในช่วงนี้เป็นการวิจัยในห้องปฏิบัติการโดยใช้ระบบหมักเร็วแบบยูเอเอสบี (UASB ; Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ทดลองบำบัด

ของเสียความเข้มข้นต่ำ (น้ำเสีย) จากสุกร (ผลการวิจัยลำดับที่ 14) และการใช้ระบบถังหมักไร้อากาศที่มีตัวกลางยัดเกาะ หรือระบบเอเอเฟ (AF หรือ Anaerobic Filter) ทดลองบำบัดน้ำเสียจากโค (ผลงานวิจัยที่ 13)

(2) การย่อยสลายในสภาพต้องการอากาศ ระบบย่อยสลายอินทรีย์วัตถุแบบเดิมอากาศที่มีการศึกษาในช่วงนี้ทั้งหมดเป็นการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (โรงแปงมันสำปะหลัง และ โรงนม) ในห้องปฏิบัติการ แบบที่มีการศึกษากันมากเป็นแบบฟิกส์เบคแอเรชัน (F B A หรือ Fixed Bed Aeration Process) โดยใช้ตัวกลาง (Media) ต่าง ๆ เช่น ตัวกลางพลาสติกเจาะรู (การวิจัยที่ 1) ตาข่ายพลาสติก และตาข่ายพลาสติก 2 แผ่น ประกบกัน (การวิจัยที่ 3) ตาข่ายไนลอน (การวิจัยที่ 7) และตาข่ายไนลอนชั้นเดียววางเรียงในแนวดิ่ง เปรียบเทียบกับตาข่ายไนลอน 2 ชั้นประกบกัน (การวิจัยที่ 17) และระบบซึ่งมีวิธีการคล้ายคลึงกับระบบฟิกส์เบคแอเรชันซึ่งเรียกกันว่า ระบบบีซีเอ็ม (BCM หรือ Bio-Contach Media Process) ใช้แผ่นพลาสติก และไม่ใช้ตัวกลาง (การวิจัยที่ 2) ระบบถังหมักแบบเดิมอากาศแบบอื่นที่มีการศึกษาในช่วงนี้มีระบบ Airlift (ผลงานวิจัยลำดับที่ 10) และแบบเอสบีอาร์ (SBR หรือ Sequencing Batch Reactor) ซึ่งเป็นแบบที่เหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียที่มีการไหลไม่ต่อเนื่อง (ผลการวิจัยที่ 15)

ถังหมักแบบเดิมอากาศแบบที่มีการศึกษากันดังกล่าวข้างต้น เป็นวิธีการที่นิยมใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป เพราะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงกว่าและใช้พื้นที่ในการก่อสร้างระบบน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการหมักในสภาพไร้อากาศ หรือระบบไบโอแก๊ส ที่นิยมใช้กับน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ แต่จะมีต้นทุนการดำเนินการสูงกว่า เพราะต้องใช้กระแสไฟฟ้าในการเดินเครื่องเติมอากาศ

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบและลักษณะของตัวกลาง (Media) ให้มีพื้นที่สำหรับการยัดเกาะของจุลินทรีย์มากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ใช้ตัวกลางบรรจุแบบฟิกส์เบคแอเรชัน (รวมทั้งถังหมักในสภาพไร้อากาศบรรจุตัวกลางหรือเอเอเฟ) ทำงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ขณะที่ระบบถังหมักเดิมอากาศแบบเอสบีอาร์ดังกล่าวข้างต้น มีลักษณะการทำงานเหมาะสมกับการบำบัดของเสีย ส่วนที่เป็นน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร ซึ่งจะมีน้ำเสียต่อเมื่อมีการล้างคอกหรือมีการฟลัชน้ำเสียออกจากโรงเรือน ด้วยเหตุนี้เอง จึงได้มีการรวมข้อดีของระบบฟิกส์เบคแอเรชัน แบบที่ใช้ตัวกลางมีพื้นที่ผิวมากกว่ารวมกับแบบเอสบีอาร์ พัฒนาเป็นระบบลูกผสมแบบใหม่เรียกบีซีเอ (BCA หรือ Bio-contach Aeration System) ใช้บำบัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ผลงานวิจัยที่ 33 และ 34) ลักษณะการทำงานคล้ายกับระบบบีซีเอ็มที่ใช้บำบัดน้ำทิ้งของธงชัย และไพพรรณ, 2527 (แตกต่างที่ตัวกลางที่ใช้บรรจุ)

(3) ระบบบำบัดแบบผสมของบ่อหมักแบบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบำบัดของเสีย การผลิตไบโอแก๊สและเพื่อลดพื้นที่ในการก่อสร้างซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของการก่อสร้างระบบบำบัดของเสีย จากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนานำเอาระบบบ่อหมักแบบต่าง ๆ มาใช้ร่วมกัน โดยการควบคุม ให้บ่อหมักแต่ละชนิดได้รับของเสียที่เหมาะสมกับการทำงาน ระบบบำบัดแบบผสมขนาดฟาร์ม ซึ่งเป็นผล จากการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของโครงการไบโอแก๊สเคยู-เอไอที ได้ก่อถูกสร้างขึ้น เพื่อการวิจัยและสาธิตที่ ฟาร์มเลี้ยงสุกร ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ส่วนประกอบของระบบเป็นการผสมระหว่างบ่อหมักช้าแบบปลั๊กโฟล (ขนาด 100 ม³) และบ่อหมักเร็ว 2 แบบ คือ บ่อหมักเร็วแบบเอเอฟ และบ่อหมักเร็วแบบยูเอเอสบี (ขนาดของแต่ละ บ่อ 8 ม³) โดยมีบ่อตกตะกอน(Sedimentation Tank) ขนาด 12 ม³ เป็นตัวแยกของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร ส่วนที่เป็นน้ำส่งเข้าสู่ระบบบ่อหมักเร็วทั้งสอง และส่วนที่เป็นมูลสุกรชั้น (ของแข็ง) ส่งเข้าบ่อหมักช้าแบบ ปลั๊กโฟล เรียกชื่อระบบตามลักษณะของการผสมของชนิดของบ่อหมักว่าระบบไบโอแก๊สไฮไฟ (HYPHI หรือ Hybrid of Plug-flow and High Rate Digesters) ระบบผสมนี้ใช้พลาสติกพีวีซีซึ่งเป็นผลผลิตภายใน ประเทศ เป็นที่เก็บแก๊ส (ปัจจุบันพลาสติกชนิดนี้ได้รับความนิยมนำไปใช้ติดตั้งในฟาร์มเลี้ยงสุกรที่ทำการก่อสร้างระบบไบโอแก๊สแบบปลั๊กโฟลกันโดยทั่วไป) ส่วนไบโอแก๊สที่ผลิตนำไปเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ เหนี่ยวนำเช่นเดียวกับระบบไบโอแก๊สระบบแรก (ผลงานวิจัยลำดับที่ 11, 28, 29, 30) ระบบบำบัดแบบผสม ที่ได้รับการพัฒนาโดยมีส่วนประกอบของระบบ คล้ายกันและในระยะเวลาใกล้เคียงกันแต่เรียกชื่อต่างกันว่า ระบบก๊าซชีวภาพแบบคู่ขนาน (Modular Double Biogas System) ได้ถูกก่อสร้างขึ้นเพื่อการวิจัยและสาธิต ขึ้นที่ฟาร์มเลี้ยงสุกร ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัด เชียงใหม่ ส่วนประกอบของระบบมีบ่อตกตะกอนขนาด 12 ม³ บ่อหมักเร็วแบบยูเอเอสบี (ขนาด 50 ม³) และ บ่อหมักของแข็งแบบปลั๊กโฟลขนาด 100 ม³ ใช้ไบโอแก๊สที่ผลิตได้ไปเดินเครื่องทำความเย็นเครื่องกกสุกร เตาหุงต้ม และตะเกียงให้แสงสว่าง (ผลงานวิจัยลำดับที่ 8 และ 31)

เมื่อไม่นานมานี้ (ปี พ.ศ. 2542) ระบบบำบัดลูกผสมต้นแบบชนิดใหม่ซึ่งประกอบด้วย ระบบบ่อไบโอ แก๊สแบบยอดโดมคามาร์เทค (CAMARTEC Fixed Dome Digester) และบ่อหมักเติมอากาศแบบบีซีเอ (Bio – contact Aeration System) ได้ถูกก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการบำบัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร และใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบการจัดการของเสียของฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทดลองของภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน (ผลงานวิจัยลำดับที่ 33 และ 34)

(4) เทคโนโลยีจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ การศึกษาในช่วงระยะเวลานี้ได้มีการทดลองใช้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ บำบัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น การศึกษาการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง (ผลการวิจัยที่ 5 และ 18) การใช้จุลินทรีย์อีเอ็มบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร (ผลการวิจัยที่ 12, 19, 20, 13, 32 และ 34) การใช้จุลินทรีย์บาซิลลัสในการเลี้ยงสุกรบนวัสดุรองพื้นขี้เลื่อย (ผลการศึกษาที่ 6 และ 9) และการใช้จุลินทรีย์แลคโตบาซิลลัสบำบัดน้ำเสียจากโรงงาน (ผลการทดลองที่ 22)

(5) เทคโนโลยีอื่น ๆ ที่มีการนำมาวิจัยในช่วงนี้ได้แก่ การใช้ลานตากตะกอนในการบำบัดน้ำเสียเข้มข้น (ผลการวิจัยที่ 4) การใช้สารสกัดจากพืชยัคคา (งานวิจัยที่ 26) การใช้สมุนไพร "กรวย" กำจัดหนอนแมลงวันในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ (ผลการศึกษาที่ 25) และการใช้สารเคมีเฮอร์เทคในการบำบัดน้ำเสีย (ผลการศึกษาลำดับที่ 16)

4. การใช้ประโยชน์จากของเสีย ผลงานวิจัยจัดอยู่ในกลุ่มการนำของเสียที่บำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์มีจำนวน 10 ผลงาน ดังมีชื่อเรื่องของงานวิจัยที่แสดงให้เห็นลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ปรากฏในตารางที่ 5 เป็นการศึกษาการใช้มูลสุกรหมักจากบ่อไบโอแก๊สเป็นวัตถุดิบผสมอาหารเลี้ยงสุกรจำนวน 4 ผลงาน (ผลการวิจัยที่ 1, 5, 7 และ 10) การใช้กากจากบ่อไบโอแก๊สเป็นปุ๋ยสำหรับพืช 2 ผลงาน (ผลการวิจัยที่ 2 และ 4) การใช้น้ำคั้นจากบ่อไบโอแก๊สเป็นแหล่งสารอาหารสำหรับพืช 2 ผลงาน (ผลการวิจัยที่ 3 และ 6) และการใช้น้ำจากคอกสุกรที่ผ่านการบำบัดด้วยจุลินทรีย์อีเอ็มปลูกผัก 2 ผลงาน (ผลการวิจัยที่ 8 และ 9)

ตารางที่ 3 ผลงานวิจัยจัดอยู่ในกลุ่มการลดของเสียให้น้อยที่สุด

ลำดับ	ผลงานวิจัย
1.	ผลการให้กินแบคทีเรียแลคติกต่อการเจริญเติบโตของสุกร. 2522. วิโรจน์ วนาสิริชัยวัฒน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
2.	การศึกษานักแบคทีเรียแลคติกที่ใช้เป็นตัวเร่งการเจริญเติบโตของไก่กระพง. 2527. สมชาย สุวรรณประดิษฐ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
3.	การใช้เซลล์แบคทีเรียสังเคราะห์แสง <i>Rhodobacterium sphaeroides</i> P.47 ทดแทนโปรตีนปลาป่นในหนูขาวหย่านม. 2532. ศรีฤทัย ปริดิณิจัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
4.	การใช้ส่วนผสมจุลินทรีย์ประเภทโปรไบโอติกและกลุ่มเอนไซม์เสริมในอาหารลูกสุกร. 2533. นวลจันทร์ พารักษาอุทัย คันโร ชินะทัต นาคะสิงห์ และ เนรมิต สุขมณี. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28 สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
5.	ผลการเสริมส่วนผสมจุลินทรีย์ประเภทโปรไบโอติกและกลุ่มเอนไซม์ต่อการย่อยได้ของอาหารลูกสุกรหย่านม. 2534. นวลจันทร์ พารักษา และ อุทัย คันโร. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29 สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
6.	การใช้มูลสุกรแห้งและมูลสุกรหลังจากการหมักก๊าซชีวภาพระดับร้อยละ 5 และ 10 ในสูตรอาหารสุกรรุ่น (20-60 กก.). 2536. สมโภชน์ ทับเจริญ ญัษฐาพร สุมณ ศรีสุวรรณ ชมชัย วิโรจน์ วนาสิริชัยวัฒน์ นพวรรณ ชมชัย และพีระพล อยู่สวัสดิ์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31 สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
7.	การใช้จุลินทรีย์อีเอ็มบำบัดของเสียจากฟาร์มสุกร. 2537. สมชัย จันทรสว่าง ชลศักดิ์ สินรัชตะนันท์ เกียรติไกรอายุวัฒน์ และปราโมทย์ ศิริโรจน์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32 สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
8.	ผลของจุลินทรีย์อีเอ็มต่อลักษณะการเจริญเติบโต การให้ไข่ และลักษณะของของเสียในนกกกระทุง. 2538. สมชัย จันทรสว่าง ปิยะ เปียะฟูโป๊ะ และอรทัย ไตรอุดมานนท์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	ผลงานวิจัย
9.	การใช้มูลสุกรแห้งและกากมูลสุกรหลังจากหมักก๊าซชีวภาพในอาหารสุกรขุน (60-90 กก.). 2538. สมโภชน์ ทับเจริญ ณัฐยาพร สุมน และ พีระพล อยู่สวัสดิ์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 สาขาสัตว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
10.	ผลการใช้ซีโอไลท์ธรรมชาติต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในอาหารสุกรขุนและขุน. 2538. พงศธร อุ่นจิตต์ วรรณะ อุทัย คันโช สุกัญญา จิตตพรพงษ์ และอรุณี อิงคากุล. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 สาขาสัตว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
11.	ผลการใช้ซีโอไลท์ธรรมชาติผสมในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะขุน-ขุน. 2538. อุทัย คันโช พงศ์ธร อุ่นจิตต์วรรณะ สุกัญญา จิตตพรพงษ์ และอรุณี อิงคากุล. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 สาขาสัตว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
12.	การทดลองใช้จุลินทรีย์อีเอ็มในการเลี้ยงเปิดเพศ. 2539. สมชัย จันทรสว่าง ปิยะ อมรสันติกุล และ อรทัย ไตรอุดมานนท์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 สาขาสัตว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
13.	การให้ผลผลิตและคุณภาพไข่ของไก่ไข่เลี้ยงด้วยอาหารเสริมจุลินทรีย์อีเอ็ม. 2539. สมชัย จันทรสว่าง ปิยะ อมรสันติกุล และ อรทัย ไตรอุดมานนท์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 สาขาสัตว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
14.	การเลี้ยงไก่กระหวดด้วยอาหารและน้ำเสริมด้วยจุลินทรีย์อีเอ็ม. 2539. สมชัย จันทรสว่าง ปิยะ อมรสันติกุล และ อรทัย ไตรอุดมานนท์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 สาขาสัตว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
15.	การเสริมจุลินทรีย์อีเอ็มในน้ำดื่มและอาหารสำหรับลูกสุกรหย่านม 1. ผลต่อสมรรถภาพการผลิตของลูกสุกร 2. ผลต่อการย่อยได้. 2539. สมชัย จันทรสว่าง นวลจันทร์ พารักษา และวาณี ชัยวัฒนสิน. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ ฉบับพิเศษ 30(4) : 187-194.
16.	ผลของจุลินทรีย์อีเอ็มต่อคุณภาพผลผลิตของสัตว์ปีก. 2541. สมชัย จันทรสว่าง ทรงศักดิ์ ศรีทุมมา และ พิมพร วัชรพงศ์กุล. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 สาขาสัตว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
17.	ศึกษาการใช้จุลินทรีย์อีเอ็มและสมุนไพรหอมสดกลิ่นในมูลสุกร. 2541. สุริยะ ละวานนท์ สมชัย จันทรสว่าง และ สมโภชน์ ทับเจริญ. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 สาขาสัตว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลำดับ	ผลงานวิจัย
18.	ผลการเสริมเอนไซม์ไฟโตสในอาหารลูกสุกรหย่านม. 2541. Yi Zhonghua อุทัย คันโร สมโภชน์ ทับเจริญ และ พัลลภ ตั้งตระกูลทรัพย์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 สาขาสัตว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
19.	การเพิ่มประสิทธิภาพระบบบ่อไบโอแก๊สโดยสารสกัดจากต้นยัคคา. 2543. วณิดา จุลเมตต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
20.	ผลของการลดระดับโปรตีนร่วมกับการเสริมกรดอะมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในอาหารต่อคุณลักษณะทางการเจริญเติบโต และคุณภาพซากในไก่กระทอง. 2543. ชูพงษ์ เปี่ยมมูเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
21.	Application of Effective Microorganisms for pig waste treatment. 1993. Chantsavang, S., C. Sinratchatanun, K. Ayuvat and P. Sirirote. Proceedings of the Third International Conference on Kyusei Nature Farming. Santa Barbara, California, USA. October 5-7, 1993.
22.	Influence of Effective Microorganisms on growth, egg production and waste characteristics of Japanese quail. 1995. Chantsavang, S., P. Piafupoa and O. Triwutanon. Proceeding of the Fourth International Conference on Kyuses Nature Farming. Paris, France. June 19-21, 1995.
23.	Influence of Effective Microorganisms on the quality and healthy of poultry products. 1997. Chantsavang, S. and P. Watcharangkul. Proceedings of the Fifth International conference on Kyusei Nature Farming.
24.	Application of Effective Microorganisms in a hybrid system of biogas production. 1999. Chantsavang, S. Proceedings of the Sixth International Conference on Kyusei Nature Farming University of Pretoria, Pretoria, South Africa. October 28-31, 1999.

ตารางที่ 4 ผลงานวิจัยจัดอยู่ในกลุ่มการบำบัดของเสีย

ลำดับ	ผลงานวิจัย
1.	ศึกษาการกำจัดน้ำทิ้งแป้งมันสำปะหลังโดยวิธีฟอกสเบคแอสเรชั่น. 2524. ธิดา เกิดกำไร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
2.	การบำบัดน้ำทิ้งโดยระบบบีซีเอ็ม. 2527. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ ไพพรรณ พรประภา. วิศวกรรมสาร 32(5) : 101 – 106.
3.	การเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดอินทรีย์สารและศักยภาพในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งด้วยระบบฟอกสเบค. 2530. นฤมล อินทรลัษชา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
4.	การใช้ลานตากในการกำจัดน้ำเสียเข้มข้น. 2534. สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29 สาขาสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
5.	การกำจัดและใช้ประโยชน์น้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีบำบัดรีสังเคราะห์แสง. 2534. ทศนีย์ ไล่หนู สุนทร ชวเดช และ นภาพร นพรัตน์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 29 สาขาสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
6.	การกำจัดมลภาวะในคอกสุกรแนวใหม่. 2534. วิโรจน์ วนาสิทธิ์ชัยวัฒน์ และกษิตศ อื้อเขียวชาญกิจ. สัตวบาล 1(2) : 48 – 55.
7.	การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานโดยระบบแอดดิเวคเตดสลัต์และระบบฟอกสเบคแอสเรชั่น. 2535. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
8.	การทำงานของระบบก๊าซชีวภาพแบบคูขนานสำหรับฟาร์มสุกร. 2535. พชริน ดำรงกิตติกุล และพรพิมล อัยจันทร์ภักดี. ผลงานเสนอในการประชุมก๊าซชีวภาพในประเทศไทย : สถานภาพปัจจุบันและศักยภาพในอนาคต. โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, เชียงใหม่
9.	การเลี้ยงหมูปนซีเลื้อย. 2535. ศีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 59 น.
10.	การบำบัดน้ำเสียจากโรงนมโดยใช้ Airlift Bioreactor. เอกพล เหมรา. 2536. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ
11.	ไบโอแก๊สลูกผสมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า : ประสิทธิภาพของระบบ. 2537. สมชัย จันทร์สว่าง และ วาณี ชัยวัฒน์สิน. รายงานผลงานวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ลำดับ	ผลงานวิจัย
12.	การใช้จุลินทรีย์อีเอ็มบำบัดของเสียจากฟาร์มสุกร. 2537. สมชัย จันทร์สว่าง ชลศักดิ์ สินรัชตะนันท์ เกียรติไกร อายุวัฒน์ และ ปราโมทย์ ศิริโรจน์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31 สาขาสัตว มหวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ
13.	การศึกษาการทำงานของถังหมักไร้อากาศชนิดที่มีตัวกลางยึดเกาะในการบำบัดของเสียจากมูลโค. 2537. นุชรา สิมบัวทอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
14.	การกำจัดของเสียจากสุกรโดยใช้ระบบหมักแบบ upflow anaerobic sludge blanket. 2537. นุชบา ธรรม ประเสริฐ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
15.	การศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงนมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์โดยระบบเอสบีอาร์. 2538. สุชาติ เหลือง ประเสริฐ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
16.	รายงานการศึกษาวิจัยถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้รวมทั้งผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมของสารเคมีเอิร์ทเทค. 2538. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ
17.	การบำบัดน้ำทิ้งแบ่งมันสำปะหลังโดยใช้ตัวกลางต่างชนิดกันในระบบฟิสเบคแอเรชั่น. 2538. อรุณวรรณ หวัง กอบเกียรติ และนุกุล อินทราลังษา . การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
18.	เซลล์อัดเม็ดตามธรรมชาติจากแบคทีเรียสังเคราะห์แสงน้ำเค็ม. 2538. สงกรานต์ เชื้อครุฑ กัญญา วีระกุล และ นภาพร นพรัตนารักษ์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 สาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
19.	การศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายมูลสุกรด้วยจุลินทรีย์อีเอ็มกับจุลินทรีย์ผลิตมีเทน. 2539. สุริยะ สะวานนท์ และ สมชัย จันทร์สว่าง. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 สาขาสัตว มหวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
20.	การใช้จุลินทรีย์อีเอ็มบำบัดของเสียจากฟาร์มสุกร. 2539. อศวิน กิ่งแก้ว สัมพันธ์ จันทร์คำ และ มนัส คงศักดิ์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34 สาขาสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
21.	การบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรในถังหมักไร้ออกซิเจนบรรจุตัวกลางโดยจุลินทรีย์อีเอ็มและจุลินทรีย์ผลิตมีเทน. 2540. สุริยะ สะวานนท์ และ สมชัย จันทร์สว่าง. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 สาขาสัตว มหวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ลำดับ	ผลงานวิจัย
22.	การบำบัดน้ำเสียโรงนมโดยใช้แบคทีเรียแลคติก. 2540. พิศุทธิ์ ศรีสุริยจันทร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
23.	การศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของความสูงของชั้นตัวกลางต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงนมในระบบถังกรองไร้อากาศ. 2540. พรทิพย์ โชคสุชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
24.	การศึกษาความเหมาะสมการผลิตก๊าซมีเทนจากขยะปศุสัตว์เพื่อเป็นเชื้อเพลิงพลังงาน. 2540. เกียรติกร आयुวัฒน์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 สาขาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
25.	การศึกษาประสิทธิภาพของสมุนไพร "กรวย" ในการควบคุมหนอนแมลงวันฟาร์มสุกร. 2541. พรรณี อำนวยสิทธิ์ ประมาท ทองมา และณัฐพล ถาวร. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 สาขาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
26.	การเพิ่มประสิทธิภาพระบบบ่อไบโอแก๊สโดยสารสกัดจากต้นยัคคา. 2543. วนิดา จุลเมตต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
27.	Generation of electricity with pig manure, one year experience with a farm-scale plug-flow digester. 1988. Proc. IAWRC's Asian workshop on Anaerobic Treatment. November 7- 8. Bangkok, Thailand.
28.	Design of low-cost plug-flow biogas plants for anaerobic treatment of pig manure with a hybrid system. 1989. Tentscher, W., Ringkamp, M. and Chantsavang, S. Intern. Symposium on Waste Management and Recycling in Pig Farms, October 9-10. Singapore.
29.	Biomethanation of animal waste with a hybrid system of digesters for power production. I system design. 1992. Tentscher, W. and S. Chantsavang .RERIC International Energy Journal 12(2) : 9-33.
30.	Biomethanation of animal waste with a hybrid system of digesters for power production. II Economic considerations. RERIC International Energy Journal 12(2) : 35-51.
31.	Modular Double Biogas System for swine farms. 1991. Von Bloh, H., P Boon Long, S. Saladyanant, N. Potikanon and B. Phuagphong. Thai-German Biogas Programme, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand.

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ลำดับ	ผลงานวิจัย
32.	Application of Effective Microorganisms for pig waste treatment. 1993. Chantsavang, S., C. Sinratchatanun, K. Ayuwat and P. Sirote. Proceedings of the Third International Conference on Kyusei Nature Farming. Santa Barbara, California, USA. October 5-7.
33.	Research and development in animal waste management in Kasetsart University. 1999. Chantsavang, S. Proc. of the Third Intern. Symposium on Innovative Livestock Waste Management Technologies for Today and the Future. December 7-9, 1999. The Environmental Center for Livestock Waste Management. National Pingtung University of Science and Technology. The Republic of China.
34.	Application of Effective Microorganisms in a hybrid system of biogas production. 1999. Chantsavang, S. Proceedings of the Sixth International Conference on Kyusei Nature Farming. October 28-31, 1999. University of Pretoria, Pretoria, South Africa.

ตารางที่ 5 ผลงานวิจัยจัดอยู่ในกลุ่มการนำไปใช้ประโยชน์

ลำดับ	ผลงานวิจัย
1.	การศึกษาเบื้องต้นในการใช้มูลสุกรหมักจากการผลิตก๊าซชีวภาพทดแทนหัวอาหารสำหรับสุกรเนื้อ. 2525. สาโรช คำเจริญ เยวมาลย์ คำเจริญ และ สำเร็จ ไพบูลย์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 20 สาขาสัตว มหวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
2.	การใช้กากจากบ่อหมักก๊าซชีวภาพเป็นปุ๋ยในนาข้าว. 2528. สมนึก แก้ววิทย์กรรม กระณิกา นากกลาง สว่าง โรจน์กุล และ เพ็ญศรี ชูรบเดช. รายงานสรุปการค้นคว้าวิจัยดินและปุ๋ยข้าว กรมวิชาการเกษตรและ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
3.	ไบโอแก๊สจากมูลสุกรเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า : การใช้น้ำล้นเป็นธาตุอาหารของพืช. 2537. มนัส กัมพูกุล และ สมชัย จันทร์สว่าง. รายงานผลงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
4.	การใช้กากจากบ่อล้นเป็นปุ๋ยสำหรับพืช. 2535. มนัส แสนมณีชัย ทองเชาวน์ อินสมพันธ์ บุญลือ เมื่อภอง วรรณพ คณาเจริญ และ ปรีชวณี กรอสุวานกุล. ผลงานเสนอในการประชุมก๊าซชีวภาพในประเทศไทย : สถานภาพปัจจุบันและศักยภาพในอนาคต. โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ, จังหวัดเชียงใหม่, 27-28 กุมภาพันธ์ 2535.
5.	การใช้มูลสุกรแห้งและมูลสุกรหลังจากหมักก๊าซชีวภาพระดับร้อยละ 5 และ 10 ในสูตรอาหารสุกรรุ่น (20-60 กก.). 2536. สมโภชน์ ทับเจริญ ณัฏยาพร สุมน ศรีสุวรรณ ชมชัย วิโรจน์ วานาสิตชัยวัฒน์ นพวรรณ ชมชัย และ พีระพล อยู่สวัสดิ์. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31 สาขาสัตว มหวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
6.	การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพเป็นปุ๋ยในโตรเจนสำหรับพืชไร่ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. 2537. ศุภมาศ พันธ์ศักดิ์พัฒนา จามิกร ศรีสมล บัญชา รัตน์ทุ และ ชัยสิทธิ์ ทองจุ. รายงานผลงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
7.	การใช้มูลสุกรแห้งและกากมูลสุกรหลังจากหมักก๊าซชีวภาพในอาหารสุกรขุน (60-90 กก.). 2538. สมโภชน์ ทับเจริญ ณัฏยาพร สุมน และ ศรีสุวรรณ ชมชัย. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 สาขาสัตว มหวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
8.	การศึกษาการใช้กากคอกสุกรที่ผ่านการบำบัดด้วยอีเอ็มปลูกผัก. 2539. สมชัย จันทร์สว่าง ปิยะ อมรสันติ กุล และ อรรถ บุญนิธิ. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ ฉบับพิเศษ 30(5) : 203-210.

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ลำดับ	ผลงานวิจัย
9.	เกษตรธรรมชาติโดยวิธีไบโอ-เฟอติเกชัน. 2541. สมชัย จันท์สว่าง สุริยะ สะวานนท์ และ อรรถ บุญนิธิ. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36 สาขาพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
10.	Utilization of dried sludge and algae effluent by weaner pigs. 1989. Chantsavang, S., K.K. Bhattarai and E.P. Taiganides. Proc. of the Intern. Symposium on Waste Management and Recycling in Pig Farms. Boulevard Hotel, Singapore. October 9-10, 1989.

บทที่ 3

องค์ความรู้การลดมลพิษจากฟาร์มเลี้ยงสุกร

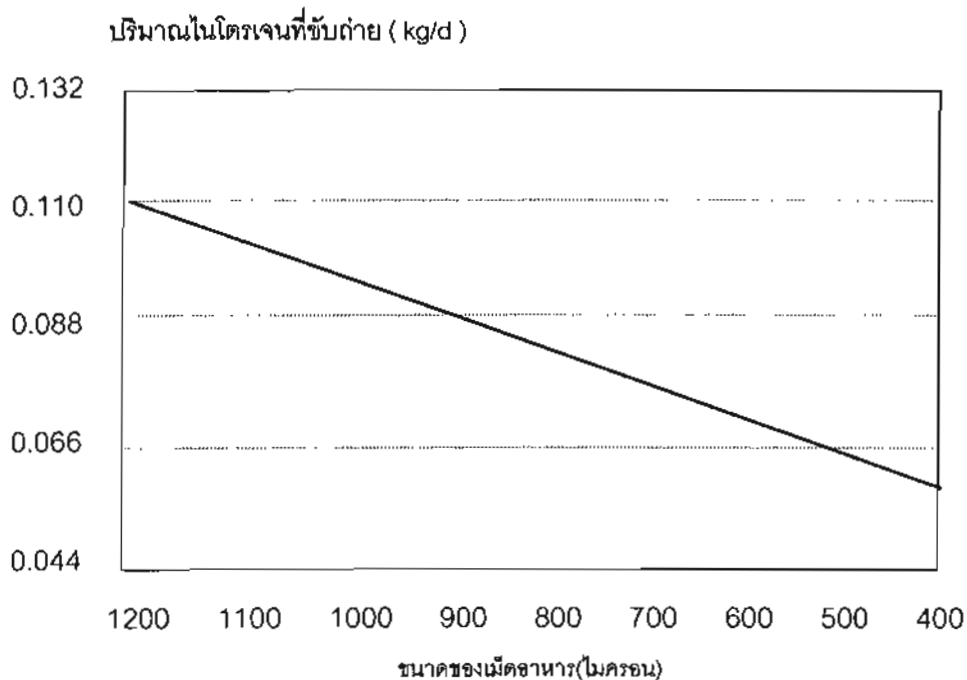
องค์ความรู้และงานวิจัยเกี่ยวกับการลดของเสีย (มลพิษ) จากฟาร์มเลี้ยงสุกรให้น้อยที่สุดโดยวิธีการลดของเสีย (มลพิษ) ที่แหล่งกำเนิดและการนำไปใช้ซ้ำหรือใช้หมุนเวียนในรายงานการศึกษาตอนนี้ รวบรวมได้จากการศึกษาในประเทศต่าง ๆ เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ ซึ่งเน้นการวิจัยเพื่อลดการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนียเป็นมลพิษทางอากาศ และฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นมลพิษทางดินและน้ำ และประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งจัดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นเป็นมลพิษสำคัญ รวมทั้งผลการศึกษาในประเทศไทยซึ่งอาจกล่าวได้ว่ายังมีการศึกษา (การศึกษาในแง่การลดสารมลพิษโดยตรง) กันน้อยมาก

การลดปริมาณและความเข้มข้นของมลพิษที่แหล่งกำเนิด

วิธีการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดที่มีการศึกษาและนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในฟาร์มเลี้ยงสุกรที่รวบรวมในรายงานการศึกษานี้ มีตั้งแต่วิธีขั้นพื้นฐานด้านการจัดการเลี้ยงดู การจัดการด้านการให้อาหาร การใช้อาหารเสริม (feed additive) ที่มีการศึกษาและใช้ประโยชน์กันมานานแล้ว เช่น สารสกัดจากพืชยัคคา ซีโอไลท์ และโปรไบโอติกส์บางชนิด จนถึงการใช้สารเสริมอาหารที่กำลังมีการศึกษาและพัฒนากันอยู่ในปัจจุบัน เช่น โปรไบโอติกส์บางชนิด เอนไซม์ และโปรไบโอติกส์ และการจัดการด้านอาหารและโภชนาในอาหาร การใช้สารเอ็นเอสพี (NSP หรือ Non Starch Polysaccharide) ที่อยู่ในรูปของเยื่อใย (fibre) หรือโอลิโกแซคคาไรด์ ดังมีรายละเอียดกล่าวสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. การจัดการการเลี้ยงดูที่ดี (good management practice) การจัดการเลี้ยงดูใด ๆ ที่มีผลทำให้สุกรเจริญเติบโตได้เร็วและมีประสิทธิภาพการใช้อาหารที่ดีขึ้น โดยหลักการก็คือวิธีการลดของเสียหรือมลพิษที่สุกรจะขับถ่ายออกมาซึ่งจัดว่าเป็นการลดที่แหล่งกำเนิด ตัวอย่างเช่น การเลี้ยงสุกรพันธุ์ดีในโรงเรือนที่มีระบบการระบายอากาศที่ดี ใช้อาหารที่มีคุณภาพ มีระบบการป้องกันโรคและพยาธิที่ดี จะมีผลทำให้สุกรเจริญเติบโตและมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดี ทำให้สามารถลดปริมาณการขับถ่าย อาหารส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ของร่างกาย ปัจจุบันผู้เลี้ยงสุกรก้าวหน้านิยมเลี้ยงสุกรในโรงเรือนปิด ควบคุมความเย็นด้วยไอน้ำ (evaporative cooling system) ซึ่งสภาพภายในโรงเรือนถูกควบคุมให้มีความเย็นคงที่ อากาศไม่เปลี่ยนแปลงมากเหมือนการเลี้ยงแบบโรงเรือนเปิดโดยทั่วไป ทำให้สุกรที่เลี้ยงดูในโรงเรือนแบบนี้มีความเป็นอยู่สบายไม่เกิดความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงอากาศและการรบกวนของยุงและแมลงต่าง ๆ สุกรจึงสามารถเจริญเติบโตได้เร็ว และขับถ่ายของเสียมีปริมาณและความเข้มข้นของของเสียน้อยลง นับเป็นการพัฒนาการเลี้ยงในประเทศไทยที่มีผลในการลดของเสียที่แหล่งกำเนิด

2. การจัดการด้านการให้อาหาร (feeding management) การจัดการด้านการให้อาหารขั้นพื้นฐาน เช่น การจัดระบบการเก็บ ขนส่ง และวิธีการให้อาหารเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียอาหาร (จากการหก หล่น หรือคุณภาพด้อยลงเพราะเก็บนาน) จะมีผลทำให้สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้อาหารสุกรทั้งฝูง (herd feed conversion) ได้ เป็นการลดความเข้มข้นของสารมลพิษ โดยหลักการแล้ว ปริมาณสารอาหาร ในโตรเจน ฟอสฟอรัส สังกะสี และทองแดง ในอาหารสัตว์ (ในหน่วยของน้ำหนักแห้ง) แม้จะมีความเข้มข้นต่ำกว่าในมูล แต่ถ้าเกิดการหกหล่นของอาหารลงไปรวมกับของเสีย ก็อาจเป็นการเพิ่มสารมลพิษเข้าไปในของเสีย การใช้อาหารเปียก (wet feeding) เลี้ยงสุกรจะมีผลทำให้ปริมาณของเสียลดลง 30 – 50 % เปรียบเทียบกับการใช้อาหารแห้ง แต่ความเข้มข้นของสารมลพิษในของเสียกลับจะเพิ่มขึ้น 30 – 50 % ผลการศึกษาในประเทศอังกฤษ (Richert and Sutton, 1999) พบว่าการให้อาหารเปียกมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารเกิดกลิ่นต่าง ๆ เช่น แอมโมเนีย, ซัลไฟด์, กรดไขมันระเหยได้ (VFA หรือ volatile fatty acid) ฟีนอล (phenols) และอินดอล (indoles) ในน้ำมูลสุกร (pig slurry) ทั้งนี้การศึกษาพบว่าน้ำมูลสุกรจากสุกรหย่านแม่ที่เลี้ยงด้วยอาหารเปียกในอัตรา 1 : 3 หรือ 1 : 4 ของอาหารต่อน้ำ มีความเข้มข้นของกลิ่น วัดได้เป็น 13% เปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของกลิ่นที่วัดได้จากน้ำมูลสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารแห้งซึ่งมีค่า 31% การบดวัตถุดิบอาหารสัตว์ (grinding) และการอัดบด (extrusion) และอัดเม็ดอาหาร (pelletting) ก็เป็นวิธีการเตรียมอาหารขั้นต้นที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหาร และลดปริมาณของแข็งหรือวัตถุแห้ง (DM หรือ dry matter) ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอื่น ๆ ในของเสียที่ถูกขับถ่ายจากร่างกาย การลดขนาดของเม็ดอาหารจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของเม็ดอาหารในการสัมผัสกับเอนไซม์ย่อยอาหาร ทั้งนี้มีรายงานการศึกษา (Richert and Sutton, 1999) พบว่าเมื่อขนาดของเม็ดอาหารลดลงจาก 1,000 ไมครอน (microns) เป็น 400 ไมครอน การย่อยได้ของวัตถุแห้งและ ในโตรเจน เพิ่มขึ้น 5 – 6 % ภาพที่ 3 แสดงอัตราการลดลงของไนโตรเจนที่ถูกขับถ่ายออกมาในของเสียจากผลการลดขนาดของเม็ดอาหาร เมื่อขนาดเม็ดอาหารลดลงจาก 1,000 ไมครอน เป็น 400 ไมครอน การขับถ่ายวัตถุแห้งและไนโตรเจนลดลง 20 – 24 % ปัจจุบันขนาดเม็ดอาหาร (การทำในสหรัฐอเมริกา) มีค่าประมาณ 750 ไมครอน ขณะที่ขนาดของเม็ดอาหารที่แนะนำจากผลการศึกษา มีค่าระหว่าง 650 – 750 ไมครอน โดยมีข้อสังเกตว่าการลดขนาดเม็ดอาหารลงน้อยกว่า 650 ไมครอน ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ไม่คุ้มกับต้นทุนการดำเนินการ



ภาพที่ 3 การขับถ่ายไนโตรเจนจากผลของขนาดเม็ดอาหาร

3. การให้อาหารตามระยะการเจริญเติบโตหลายระยะ (multi-phase feeding) เป็นวิธีการให้อาหารสุกรตามความต้องการในระยะต่าง ๆ โดยหลักการแล้วเมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวมากขึ้น (อายุมากขึ้น) ความต้องการโภชนาการเพื่อการเจริญเติบโตจะลดน้อยลง ดังนั้นการให้อาหารที่มีส่วนของโภชนาการ (สูตรอาหาร) แตกต่างกันเลี้ยงสุกรในระยะการเจริญต่าง ๆ จะทำให้สุกรได้รับโภชนาการตรงตามความต้องการ และเป็นการป้องกันการให้โภชนาการเกินความต้องการซึ่งจะถูกขับถ่ายออกมาเป็นของเสีย ในประเทศเนเธอร์แลนด์ (Bikker, 1998) มีการใช้อาหารอย่างน้อย 3 ชนิด สำหรับการเลี้ยงสุกรเล็ก สุกรขุน และแม่พันธุ์สุกร ในการเลี้ยงโดยทั่วไปมีการใช้อาหาร 2 สูตร สำหรับการเลี้ยงสุกรเล็ก 3 สูตรสำหรับการเลี้ยงสุกรขุน และ 2 สูตร สำหรับการเลี้ยงแม่พันธุ์สุกร ในการเลี้ยงสุกรระยะขุนด้วยอาหาร 3 สูตร จะทำให้สามารถลดไนโตรเจนในอาหารไปได้ประมาณ 6% เปรียบเทียบกับการให้อาหาร 2 สูตร เลี้ยงสุกรในระยะนี้ โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียในด้านสมรรถภาพการผลิต สำหรับการเลี้ยงแม่สุกรพันธุ์การให้อาหารมีสูตรอาหารแตกต่างกันระหว่างแม่สุกรอ้วนท้องและแม่สุกรเลี้ยงลูกจะสามารถลดสารอาหาร (ไนโตรเจน) ในอาหารได้ประมาณ 20 % เปรียบเทียบกับการให้อาหารสูตรเดียวกัน ผลดีจากการให้อาหารแตกต่างกันนอกจากนี้ยังพบว่า การให้อาหารโปรตีนสูงในแม่สุกรระยะอ้วนท้องอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการตายของลูกอ่อนในท้อง ส่งผลให้จำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิตรอดน้อยลง การให้อาหารตามระยะการเจริญเติบโตหลายระยะหรือ multi-phase feeding (และการใช้

เอนไซม์ไฟเตส ซึ่งจะได้กล่าวถึงในข้อต่อไป) เป็นวิธีการที่นิยมนำไปประยุกต์ในการเลี้ยงสุกรเพื่อการลดสารมลพิษที่แหล่งกำเนิดในประเทศต่าง ๆ ในยุโรป เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ เยอรมัน ฝรั่งเศส และเดนมาร์ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศเนเธอร์แลนด์ ประมาณว่ามีการใช้ phase feeding และ เอนไซม์ไฟเตส มากกว่า 90% ในการเลี้ยงสุกร

ในการพัฒนาการให้อาหารแบบ phase feeding ของการเลี้ยงสุกรเล็ก (ลูกสุกร) ล่าสุด Mavromichalis, 1999 เสนอการให้อาหาร 4 สูตร สำหรับการเลี้ยงสุกรเล็กน้ำหนักตั้งแต่ 3 กก. ถึง 25 กก. ตารางที่ 6 แสดงส่วนประกอบของโภชนาในอาหารทั้ง 4 สูตร และแนะนำการเลือกใช้อาหารสูตรต่าง ๆ กับการหย่านมลูกสุกรแบบต่าง ๆ 4 แบบ ดังปรากฏใน ตารางที่ 7

ตารางที่ 6 สูตรอาหารตามระยะการเจริญเติบโตในช่วงสุกรเล็ก (ลูกสุกร)

โภชนา	อาหารสูตร 1 (3 – 5 กก.)	อาหารสูตร 2 (5 – 8 กก.)	อาหารสูตร 3 (8 – 15 กก.)	อาหารสูตร 4 (15 – 25 กก.)
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	3,600	3,600	3,600	3,600
โปรตีน (%)	25 - 27	23 - 26	20 - 24	18 - 22
ไลซีนใช้ประโยชน์ได้ (%)	1.7 - 1.8	1.5 - 1.7	1.3 - 1.5	1.1 - 1.3
Ca (%)	0.9 - 1.0	0.8 - 0.9	0.8 - 0.9	0.7 - 0.8
Avai. P (%)	0.5 - 0.5	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	0.3 - 0.4
Zn (จาก ZnO) (mg/kg)	3,000	3,000	2,000	-
Cu (จาก CuSO ₄) (mg/kg)	-	-	-	150 - 250
แลคโตส (%)	25 - 35	20 - 30	5 - 15	0.5
การอัดเม็ด	+	+	+ / -	-

ตารางที่ 7 การเลือกใช้อาหารสูตรต่าง ๆ ในการหย่านมแบบต่าง ๆ

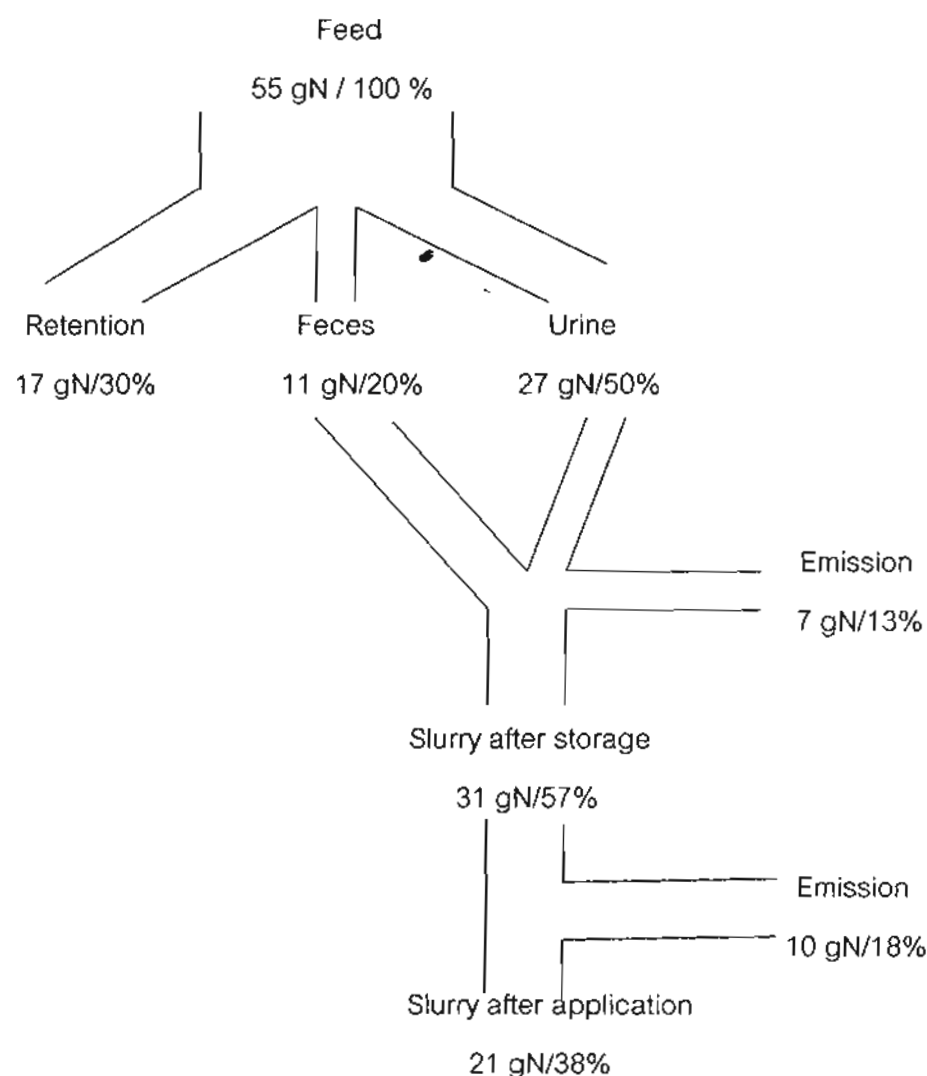
ระยะการหย่านม	อายุ (วัน)	อาหารสูตรที่			
		1	2	3	4
หย่านมเร็วแยกเลี้ยง (SEW)	12 - 17	✓	✓	✓	✓
หย่านมเร็ว (EW)	18 - 23		✓	✓	✓
หย่านมปกติ (CW)	24 - 34		✓		✓
หย่านมช้า (LW)	> 35			✓	✓

4. การให้อาหารแยกเพศสุกร (split-sex feeding) ในการเลี้ยงสุกรขุน ผู้เลี้ยงสุกรนิยมเลี้ยงสุกรรวมกันทั้งสุกรเพศเมียและเพศผู้ตอนพร้อมทั้งให้อาหารสูตรเดียวกัน ทั้งที่ทราบกันดีว่าสุกรเพศเมียเจริญเติบโตเร็วกว่าสุกรเพศผู้ตอน จึงมีความต้องการโปรตีนมากกว่าสุกรเพศผู้ตอน ในหลักการเดียวกับการให้อาหารตามระยะการเจริญเติบโต (phase feeding) ดังกล่าวแล้ว การแยกสุกรเพศผู้ตอนไปเลี้ยงรวมกันจะสามารถทำให้ลดปริมาณโปรตีนในสูตรอาหารลงได้ เป็นการลดการขับถ่ายไนโตรเจนส่วนเกิน มีผลในการลดการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนียและลดกลิ่นเหม็นจากของเสีย การให้อาหารมีปริมาณโปรตีนลดลงนอกจากจะให้ผลดีในการลดมลพิษแล้วยังมีผลดีต่อลักษณะการให้ผลผลิตของสุกรอีกด้วย

5. การให้อาหารโปรตีนต่ำเสริมด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น (low protein diet supplemented with essential amino acids) การเลี้ยงสุกรเป็นการค้าในปัจจุบันมีการสร้างสูตรอาหารเพื่อให้สุกรเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุด โดยการคำนวณความต้องการโภชนา ในโตรเจน (หรือโปรตีน) จึงเป็นเหตุผลทำให้โปรตีน (โปรตีนจากไนโตรเจนรวม) ในอาหารมีเปอร์เซ็นต์สูงเกินความต้องการ สุกรสามารถนำไนโตรเจนที่กินเข้าไปในอาหารไปใช้ประโยชน์ได้เพียงส่วนหนึ่ง ไนโตรเจนที่เหลือจะถูกขับถ่ายออกจากร่างกายในรูปของเสีย การศึกษาของ Aarnink and Cank, 1999 พบว่าสุกรระยะรุ่น-ขุน สามารถนำไนโตรเจนที่กินเข้าไปในอาหารไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้เพียง 30% ไนโตรเจนที่เหลือ 70% จะถูกขับถ่ายออกมาในปัสสาวะ 50% และในมูล 20% ดังสรุปแสดงในภาพที่ 4 ในภาพยังแสดงให้เห็นถึงการสูญเสียไนโตรเจนในระยะต่าง ๆ ในช่วงการเก็บและก่อนที่จะมีการนำของเสียไปใช้ประโยชน์ ซึ่งในที่สุดจะมีไนโตรเจนเหลือเพื่อการใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยในดิน 38% ภายหลังจากที่มีการศึกษาและพัฒนาทางด้านอาหารสุกรและอาหารสัตว์ปีกในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมานี้แนวคิดเกี่ยวกับโปรตีนอุดมคติ (ideal protein concept) ทำให้เกิดการพัฒนารูปแบบสูตรอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีกโดยคำนึงถึงความต้องการกรดอะมิโนที่ใช้ประโยชน์ได้ (แทนการให้ความต้องการโปรตีน หรือ ไนโตรเจนรวม) และมีการศึกษาเพื่อผสมกรดอะมิโนเหล่านั้นให้สุกรตามความต้องการ ผลการศึกษาที่ผ่านมาเมื่อเร็ว ๆ นี้ ระหว่างปี ค.ศ. 1997 - 1998 พิสูจน์ให้เห็นว่าระดับโปรตีนในอาหารสามารถลดต่ำลงได้โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียในลักษณะการให้ผลผลิตของสุกร จากผลการทดลองโดยสรุป การลดโปรตีนในอาหารลง 1% สามารถลดไนโตรเจนในของเสียได้ 10 - 15% ผลดีของการลดระดับโปรตีนในอาหาร นอกจากจะสามารถลดสารมลพิษไนโตรเจนในของเสียอย่างมีประสิทธิภาพแล้วยังมีผลดีอื่น ๆ คือ

- ลดปริมาณน้ำที่กินซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณของเสียที่ขับถ่ายน้อยลง
- ลด pH และแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_4\text{-N}$) ในน้ำมูลสุกร
- ลดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนียและลดกลิ่นเหม็น
- ในลูกสุกร ลดการเกิดโรคท้องร่วง

- ลดการเกิดอาการขาอ่อน (leg weaknesses) ในสุกรและสัตว์ปีก
- ลดความเครียดจากอากาศร้อน (heat stress) ในสุกร



ภาพที่ 4 แสดงการใช้และการสูญเสียของไนโตรเจนในการผลิตสุกรรุ่น – ขุน

ตารางที่ 8 แสดงผลการให้อาหารโปรตีนต่ำต่อลักษณะการให้ผลผลิตและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน (จากการทดลองของ Fernandez et al., 1997) ส่วน ตารางที่ 9 แสดงผลการให้อาหารโปรตีนต่ำต่อความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ถูกขับถ่ายออกจากร่างกายและแก๊สแอมโมเนียที่ปลดปล่อยไปในอากาศ (จากการทดลองของ Canh et al., 1998)

ปัจจุบันสามารถกล่าวได้ว่าการให้อาหารโปรตีนต่ำเสริมกรดอะมิโนที่จำเป็นเลี้ยงสุกร เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดมลพิษจากไนโตรเจนที่แหล่งกำเนิด แต่อย่างไรก็ตามการประยุกต์วิธีวิธีนี้ไปใช้ในทางปฏิบัติยังมีข้อจำกัดอยู่ เพราะต้นทุนการผลิตอาหารโปรตีนต่ำยังสูงกว่าและให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจโดยรวมต่ำกว่าการให้อาหารการค้ำโดยทั่วไป (Lee and kay, 1998)

ตารางที่ 8 ผลของอาหารโปรตีนต่ำต่อลักษณะการให้ผลผลิตและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

ลักษณะ	ทรีตเมนต์ 1 18.16 / 16.7	ทรีตเมนต์ 2 17.5 / 16.1	ทรีตเมนต์ 3 16.0 / 14.7
ลักษณะการให้ผลผลิต			
ปริมาณอาหารที่กิน (g/d)	2,450	2,490	2,470
ADG (g/d)	1.032 ^a	1.048 ^{ab}	1.083 ^b
FCR	2.38 ^a	2.30 ^a	2.28 ^b
การใช้ประโยชน์ไนโตรเจน			
N – กิน (กก.)	4.6	4.4	3.9
N – ขับถ่าย (กก.)	2.7	2.5	1.9
N – ขับถ่าย (%)	100	93	72

a,b อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 9 ผลของอาหารโปรตีนต่ำต่อความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำมูลสุกรและแก๊สแอมโมเนีย

ลักษณะ	ระดับโปรตีนในอาหาร			
	16.5	14.5	12.5	
N – สมดุล				
N – กิน (g/d)	61.51	54.41	46.5	P < .001
N – ในมูล (g/d)	8.61	8.59	8.31	NS
N – ในปัสสาวะ (g/d)	29.30	23.23	16.20	P < .001
N – ใช้ประโยชน์ (% กิน)	39.10	42.23	47.90	P < .01
การวิเคราะห์ในน้ำมูล				
Total – N (g / 100 gDM)	11.13	9.57	7.65	P < .001
NH ₃ – N (g / 100 gDM)	8.83	7.22	5.43	P < .001
pH	9.14	8.70	8.16	P < .001
การปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนีย (g/d)	0.72	0.56	0.43	P < .001

6. การใช้เอ็นเอสพี (NSP หรือ Non Starch Polysaccharides) เอ็นเอสพี คือ คาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ ที่ไม่ใช่แป้ง (starch) เอ็นเอสพี ส่วนใหญ่เป็นสารพวกเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) กลูแคน (glucan) เพกติน (pectin) และโอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) เอ็นเอสพีมีคุณสมบัติซึ่งเอนไซม์ในลำไส้เล็กของสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถย่อยได้ เอ็นเอสพีส่วนใหญ่จะผ่านเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ซึ่งมีจุลินทรีย์ทำการหมักเปลี่ยนแปลงเป็นกรดไขมันระเหยได้ (VFA) ภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่าสุกรระยะเจริญเติบโต (สุกรขุน) จะขับถ่ายไนโตรเจนออกมาในมูล 20% และในปัสสาวะ 50% ไนโตรเจนในมูลส่วนใหญ่อยู่ในรูปของโปรตีนแบคทีเรีย ซึ่งมีการแตกตัวยาก ตรงข้ามกับไนโตรเจนในปัสสาวะซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของยูเรีย (urea) ที่สามารถแตกตัวเป็นแก๊สแอมโมเนียได้ง่าย โดยเอนไซม์ยูริเอส (urease) ทำให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นและมลพิษทางอากาศอื่น ๆ ผลการศึกษาในประเทศเนเธอร์แลนด์ โดย Canh et. al., 1997 พบว่าการผสมเอ็นเอสพีจากหัวบีทปั่น (sugar beet pulp) ในอาหารในระดับ 31.81% จะสามารถเปลี่ยนไนโตรเจนในปัสสาวะไปเป็นไนโตรเจนในมูลในรูปของโปรตีนแบคทีเรีย ในแต่ละ 100 กรัม/วัน ของเอ็นเอสพีที่สุกรกินเข้าไป ไนโตรเจนในปัสสาวะจะลดลง 9% และอัตราส่วนของไนโตรเจนในปัสสาวะและไนโตรเจนในมูลจะลดลง 0.6 หน่วย ผลการทดลองมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 10 ผลการศึกษายังพบว่าการเพิ่มระดับการผสมเอ็นเอสพี ในอาหารมีผลทำให้กรดไขมันระเหยได้ (VFA) ในมูลและในน้ำมูลสุกรเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ pH ในมูลและน้ำมูลลดต่ำลง ทำให้ลดการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนียและกลิ่นเหม็น

ตารางที่ 10 ผลของส่วนประกอบของอาหารต่อลักษณะการเจริญเติบโตและลักษณะการขับถ่ายไนโตรเจนของสุกร

ลักษณะ	สูตรอาหาร			
	เมดิคัทซ์	ผลพลอยได้	มันสำปะหลัง	หัวบีทปั่น
จำนวนสัตว์ทดลอง (ตัว)	4	4	4	4
น.น. เริ่มต้น (กก.)	83.5	83.1	84.3	86.3
น.น. สุดท้าย (กก.)	91.6	91.2	92.1	97.0
น.น. เพิ่ม (g/d)	621	625	602	823
N – กิน (g/d)	54.3 ^a	52.2 ^{ab}	50.9 ^b	54.9 ^a
N – ในมูล (g/d)	7.96 ^a	10.96 ^c	7.72 ^a	13.87 ^b
N – ในปัสสาวะ (g/d)	30.0 ^a	21.5 ^b	26.8 ^a	16.8 ^b
N – ขับถ่ายทั้งหมด (g/d)	37.9	32.5	34.5	30.6
N – ในปัสสาวะ : N – ในมูล	3.83 ^a	1.97 ^b	3.55 ^a	1.21 ^b
N – ย่อยได้ (%)	85.3 ^a	79.0 ^b	84.8 ^a	74.7 ^b
N – ใช้ประโยชน์ได้ (% กิน)	30.1 ^a	37.8 ^b	32.2 ^a	44.1 ^b
N – ใช้ประโยชน์ได้ (g/d)	16.3 ^a	19.7 ^b	16.4 ^a	24.2 ^b

a, b, c อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7. การใช้สารปรับสภาพกรดในอาหาร (dietary acidifiers) ผลการทดลองพบว่าการใช้สารปรับสภาพกรด (acidifiers) ผสมในอาหารเลี้ยงสุกรจะทำให้ได้ขับถ่ายกรดออกมา มีผลทำให้ pH ในปัสสาวะต่ำลงเป็นเหตุให้น้ำมูลมีสภาพเป็นกรด การศึกษาของ Aarnink and Canh, 1999 พบว่าการใช้ CaSO_4 หรือ CaCl_2 ผสมในอาหารเลี้ยงสุกรจะมีผลทำให้น้ำมูลมี pH ต่ำลง 0.8 หน่วยเปรียบเทียบกับการใช้ CaCO_3 ผสมในอาหารเลี้ยงสุกร ขณะที่การใช้ $\text{Ca} - \text{benzoate}$ ทำให้ pH ต่ำลง 1.5 หน่วย ความเป็นกรดของน้ำมูลมีผลทำให้การปลดปล่อยแอมโมเนียลดลง 30% , 33% และ 54% เมื่อใช้ CaSO_4 , CaCl_2 และ Ca-benzoate ตามลำดับผสมในอาหารเปรียบเทียบกับการใช้ CaCO_3

8. การใช้เอนไซม์ไฟเตส (phytase) ฟอสฟอรัส (phosphorus, P) เป็นมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงสุกรที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง สาเหตุเนื่องจากร่างกายสุกรไม่สามารถนำฟอสฟอรัสในอาหารไปใช้ประโยชน์ได้หมด ฟอสฟอรัสบางส่วนจะถูกขับถ่ายออกมากับมูล เมื่อเกิดการแพร่กระจายของน้ำมูลสุกรลงสู่แหล่งน้ำ จะก่อให้เกิดภาวะการเน่าเสียของน้ำจากขบวนการยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication)

ฟอสฟอรัสในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มาจากพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปไฟเตท (phytate) หรือกรดไฟติก (phytic acid) ซึ่งสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น สัตว์ปีก และสุกร ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เนื่องจากไม่มีเอนไซม์ไฟเตส (phytase) เพื่อย่อยฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปร่างดังกล่าว ในเมล็ดธัญพืชพืชทั่วไปมีการสะสมฟอสฟอรัสในรูปของไฟเตท โดยมีปริมาณแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช อาหารสัตว์โดยทั่วไปซึ่งประกอบด้วยส่วนของเมล็ดข้าวโพด และกากถั่วเหลืองเป็นหลัก จะมีไฟเตทฟอสฟอรัส ประมาณ 0.22 – 0.25 % หรือคิดเป็นปริมาณ 60 – 80% ของฟอสฟอรัสทั้งหมดในอาหาร แต่ถ้าเป็นอาหารสัตว์ในแถบเอเชียแล้วอาจมีปริมาณสูงกว่านี้ เพราะมีรำข้าวเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย เนื่องจากรำข้าวมีไฟเตทสูง ถ้าอาหารสัตว์มีรำข้าวผสมอยู่ 10% ไฟเตทฟอสฟอรัสในอาหารสัตว์จะเพิ่มขึ้นเป็น 0.35 – 0.40 % (Ravindran, 1996)

ไฟเตทนอกจากจะเป็นรูปของฟอสฟอรัสที่สุกรนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้แล้ว การศึกษาพบว่าไฟเตทยังมีผลเสียต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนาอื่น ๆ ด้วย เช่น ขัดขวางการใช้ประโยชน์ของแร่ธาตุประจุบวก ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และ สังกะสี จับตัวกับโปรตีนทำให้เกิดสภาพสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งเมื่อ pH สูงขึ้นจะมีผลทำให้การย่อยและการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าไฟเตทขัดขวางการทำงานของเอนไซม์บางชนิดเช่น protease, amylase และ lipase (รายละเอียดเพิ่มเติมดู สุชน และบุญล้อม, 2542) การเสริมเอนไซม์ไฟเตสลงในสูตรอาหารสัตว์จะช่วยทำให้ไฟเตทสลายตัว เกิดการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและโภชนาอื่น ๆ ที่รวมตัวกับไฟเตทออกมา ทำให้อาหารสามารถนำฟอสฟอรัสและโภชนาอื่น ๆ เหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ได้ มีผลทำให้การขับถ่ายฟอสฟอรัสและโภชนาอื่น ๆ ในมูลลดน้อยลง

ผลการศึกษาที่ Purdue University, University of Kentucky, Virginia Polytechnic and State University และประเทศเนเธอร์แลนด์ พบว่าการผสมเอนไซม์ไฟเตสในอาหารสุกร สามารถปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของฟอสฟอรัสในสูตรอาหารที่มีข้าวโพดและกากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบได้ประมาณ 15 – 45% ต้นทุนการใช้เอนไซม์ไฟเตสผสมในอาหารมีราคาถูกลงเพราะปัจจุบันได้มีการผลิตเอนไซม์ไฟเตสเป็นอุตสาหกรรมโดยใช้เทคนิคทางชีวภาพ recombinant DNA ช่วยเพิ่มผลผลิตในกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ ปัจจุบันการใช้เอนไซม์ไฟเตสผสมในอาหารเลี้ยงสุกรเกือบจะเป็นมาตรฐานในทางปฏิบัติสำหรับฟาร์มเลี้ยงสุกรในประเทศเนเธอร์แลนด์ (Cowan and Khan, 1999)

9. การใช้ซีโอไลต์ (Zeolite) ซีโอไลต์เป็นอะลูมิโนซิลิเกต ที่มีโครงสร้างของอะลูมิเนียมออกไซด์และซิลิคอนออกไซด์เป็นแบบเตตราฮีดรอน (tetrahedral) การจับตัวของอะลูมิเนียมออกไซด์และซิลิคอนออกไซด์ทำให้เกิดโครงร่างโพลีฮีดรา (polyhedra) ได้หลายรูปแบบ โดยโครงร่างผลึกที่เกิดขึ้นเป็นโครงร่างแบบเปิด มีโมเลกุลของน้ำอยู่ภายในช่องว่างของผลึก คุณสมบัติที่สำคัญของซีโอไลต์อาจแยกออกได้เป็น 2 ประการ

(1) คุณสมบัติในการดูดซับ (absorption properties) ในสภาพปกติช่องว่างภายในผลึกของซีโอไลต์จะมีโมเลกุลของน้ำรวมตัวกันอยู่ โดยมีประจุบวกชนิดต่าง ๆ ที่พร้อมจะเกิดการแลกเปลี่ยนกระจายอยู่รอบ ๆ เมื่อได้รับความร้อน น้ำภายในช่องว่างจะระเหย ช่องว่างภายในผลึกมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กลง ประจุหรือโมเลกุลของสารอื่นที่มีขนาดพอดีที่ผ่านเข้ามาในช่องว่างจะถูกจับไว้ การที่ซีโอไลต์มีคุณสมบัติในการจับประจุหรือโมเลกุลของสารที่มีขนาดเหมาะสมกับช่องว่างดังกล่าว จึงมีการเรียกซีโอไลต์ว่าเป็นตะแกรงโมเลกุล (molecular sieves) ซีโอไลต์เกือบทุกชนิดมีคุณสมบัติดังกล่าว และเนื่องจากภายในผลึกของซีโอไลต์มีช่องว่างจำนวนมาก ทำให้ซีโอไลต์ 1 กรัม มีพื้นที่ผิวที่สามารถดูดซับได้หลายร้อยตารางเมตร

(2) คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุ (ion-exchange properties) ในซีโอไลต์ประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนได้จะจับที่โครงสร้างเตตราฮีดรอนด้วยพันธะหลวม ๆ ถูกแทนที่ได้ง่ายด้วยการชะล้างด้วยสารละลายเข้มข้นของประจุชนิดอื่น ๆ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุขึ้นอยู่กับจำนวนอะลูมิเนียมที่เข้ามาทดแทนซิลิคอนซึ่งทำให้เกิดประจุลบบนโครงสร้างขึ้น จึงต้องการประจุบวกเพื่อทำให้เกิดสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า โดยประจุบวกส่วนใหญ่มักเป็นธาตุหมู่ที่ 1 และหมู่ที่ 2 ในตารางธาตุ (alkali and alkaline earth cation) เช่น Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} และ Ba^{2+} โครงสร้างที่เป็นผลึกของซีโอไลต์ทำให้เกิดการแข่งขันของประจุ ตัวอย่างลำดับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุของคลิнопติโลไลต์ (clinoptilolite) ซึ่งเป็นซีโอไลต์ในธรรมชาติชนิดหนึ่งมีดังนี้ $\text{Cs} > \text{Rb} > \text{K} > \text{NH}_4^+ > \text{Ba} > \text{Sr} > \text{Na} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{Mg} > \text{Li}$ จากความสามารถ

ของการเลือกจับแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ในลำดับต้น ๆ นี้เอง ทำให้มีการนำซีโอไลต์มาใช้ประโยชน์สำหรับลดจากปลดปล่อยแอมโมเนียมไนโตรเจนจากของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร

การศึกษาการใช้ซีโอไลต์ผสมในอาหารเลี้ยงสุกรในระยะแรกมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของสุกรเนื่องจากซีโอไลต์มีความสามารถในการดูดจับแอมโมเนียที่เกิดจากกระบวนการ deamination ของโปรตีนระหว่างการย่อยในระบบทางเดินอาหารเข้าไปรวมอยู่กับอนุภาค ทำให้ระดับแอมโมเนียในกระแสเลือดลดลง ร่างกายจึงสามารถลดการสูญเสียพลังงานในการขับถ่ายแอมโมเนีย นอกจากนั้นการลดปริมาณแอมโมเนียลงจะมีผลทำให้จุลินทรีย์ในลำไส้ทำงานได้ดีขึ้น ในระยะต่อมาจึงมีการศึกษาการใช้ซีโอไลต์ผสมในอาหารเพื่อประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น ดูดจับสารพิษอะฟลาทอกซินที่เป็นพิษในอาหารสัตว์ รวมทั้งการใช้ประโยชน์เพื่อลดมลพิษด้านกลิ่นเหม็นและการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนียจากของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร Shuron et. al. 1984 ศึกษาผลการใช้ซีโอไลต์เอซึ่งเป็นซีโอไลต์สังเคราะห์ชนิดหนึ่งและคลินอฟทิลโลไลต์ผสมในอาหารเลี้ยงสุกรในระดับต่าง ๆ ต่อรูปแบบการขับถ่ายไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะ ผลการศึกษาพบว่าซีโอไลต์ทั้ง 2 ชนิดสามารถดูดจับไนโตรเจนในปัสสาวะซึ่งสามารถแตกตัวเป็นแก๊สแอมโมเนียได้ง่าย เปลี่ยนไปเป็นไนโตรเจนในมูลที่แตกตัวได้ยากกว่า ทำให้สามารถลดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนียจากของเสียและกลิ่นเหม็นจากฟาร์มเลี้ยงสุกร (ในลักษณะเดียวกับการใช้สารเอ็นเอสพี) ผลการทดลองมีดังแสดงไว้ในตารางที่ 11 อย่างไรก็ตามผลการทดลองก็ยังไม่มีความชัดเจนในด้านมลพิษอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในลักษณะปริมาณและวัตถุแห้ง (dry matter) ในของเสีย เพราะซีโอไลต์เป็นแร่ธาตุซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยและนำไปใช้ประโยชน์ได้

ตารางที่ 11 ผลการเสริมซีโอไลต์เอ 0, 1, 2 และ 3% หรือคลินอฟทิลโลไลต์ 0, 2.5, 5.0 และ 7.5% ในอาหารสุกรรุ่นต่อความสมดุลของไนโตรเจน

ไนโตรเจน (กรัม)	ระดับซีโอไลต์เอ (%)				ระดับคลินอฟทิลโลไลต์ (%)			
	0	1	2	3	0	2.5	5.0	7.5
N - ที่ได้รับต่อวัน	8.00	9.09	9.27	9.47	8.10	7.65	7.96	7.78
N - ในมูลต่อวัน	1.02 ^a	1.25 ^b	1.31 ^c	1.73 ^d	1.14 ^a	1.14 ^a	1.38 ^b	1.59 ^c
N - ที่ดูดซึมต่อวัน	6.98	7.84	7.96	7.74	6.96	6.52	6.58	6.19
N - ในปัสสาวะต่อวัน	2.27	2.06	2.12	1.73	1.61	1.49	1.35	1.43
N - สะสมได้ต่อวัน	4.71	5.77	5.84	6.02	5.35	5.03	5.25	4.77

a, b, c, d อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

10. การใช้สารสกัดยัคคา (Yucca extract) ต้นพืชยัคคา (Yucca schidigera) เป็นพืชในวงศ์ Liliaceae สกุล Yucca มีถิ่นกำเนิดในตอนใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกาและตอนเหนือของประเทศเม็กซิโก สารสกัดจากต้นพืชยัคคาซึ่งทำการผลิตโดยนำต้นมาปั่นบดเป็นผง หรือบีบคั้นเอาน้ำมีส่วนประกอบของสารออกฤทธิ์ชื่อซาร์ซาโปนิน (sarsaponin) ปัจจุบันมีการนำเอาสารสกัดจากต้นพืชยัคคาไปผสมอาหารเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจและสัตว์เลี้ยงภายในบ้าน (companion animals) อย่างกว้างขวางโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อควบคุมกลิ่นเหม็นของของเสีย ผลการศึกษาในประเทศต่าง ๆ พบว่าสารสกัดยัคคาช่วยลดการปลดปล่อยของแก๊สแอมโมเนีย และลดกลิ่นเหม็นของสารส่งกลิ่น (odoriferous compounds) เช่น dimethyl disulphide, indole and skatole สำหรับกลไกการทำงานของสารสกัดยัคคาในการควบคุมการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนียและสารส่งกลิ่นต่าง ๆ ยังไม่ทราบแน่ชัด แต่มีความเชื่อกันว่าสารซาร์ซาโปนินมีฤทธิ์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ยูรีเอส (urease inhibitor) หรืออาจจับตัวกับแก๊สแอมโมเนียหรือสารส่งกลิ่นต่าง ๆ เหล่านั้นไว้ไม่ให้อยู่ในรูปของแก๊สอิสระ รวมทั้งมีความเข้าใจว่าสารซาร์ซาโปนินจะจับตัวกับแบคทีเรียด้วยการห่อหุ้มทำให้แบคทีเรียไม่สามารถปลดปล่อยเอนไซม์ยูรีเอสออกมาได้ ผลดีของการใช้สารสกัดจากพืชยัคคาผสมในอาหารยังพบว่าช่วยลดปริมาณยูเรียและแอมโมเนียในซีรัม (serum) ซึ่งอาจเป็นเหตุผลที่ทำให้การผสมสารสกัดยัคคาในอาหารเลี้ยงสัตว์ มีผลช่วยปรับปรุงการให้ผลผลิตของสัตว์ ทั้งนี้เพราะร่างกายลดการสูญเสียพลังงานที่จะใช้ในการขับถ่ายสารพิษยูเรียและแอมโมเนียออกจากร่างกาย การผสมสารสกัดจากพืชยัคคาในอาหารเพื่อปรับปรุงการให้ผลผลิตและลดกลิ่นเหม็นและการปลดปล่อยแก๊สแอมโมเนีย มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางในหลายประเทศตัวอย่างเช่น Johnson (1990) ทดลองพบว่าเมื่อผสมสารสกัดยัคคาในอาหารเลี้ยงสัตว์เลี้ยงภายในบ้านที่ระดับ 124 กรัมต่อตันอาหาร สามารถที่จะลดกลิ่นที่เกิดจากมูลลงได้ถึง 50% เมื่อเพิ่มอัตราการใช้สารสกัดยัคคาที่ระดับ 248 กรัมต่อตันอาหาร สามารถที่จะลดกลิ่นจากมูลลงได้ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ Cole and Tuck, 1995 ทดลองเลี้ยงสุกรด้วยอาหารปกติเปรียบเทียบกับเลี้ยงด้วยอาหารที่มีสารสกัดยัคคาผสมในอาหาร 120 กรัมต่อตันอาหาร ผลการทดลองพบว่าในกลุ่มสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติมีปริมาณแก๊สแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในโรงเรือนไม่ลดลงตลอดช่วงเวลา 7 สัปดาห์ของการทดลอง คือเมื่อเริ่มต้นการทดลองมีปริมาณแก๊สแอมโมเนียในโรงเรือน 31.2 ส่วนในล้านส่วน และเมื่อสิ้นสุดการทดลองระดับแก๊สแอมโมเนียมีปริมาณ 30.0 ส่วนในล้านส่วน เทียบกับกลุ่มที่มีการใช้สารสกัดยัคคาผสมในอาหารซึ่งพบว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองระดับของแก๊สแอมโมเนียไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติคือ 30.1 ส่วนในล้านส่วน แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองระดับของแก๊สแอมโมเนียในโรงเรือนลดลงเหลือ 19.6 ส่วนในล้านส่วน สำหรับลักษณะการให้ผลผลิต กลุ่มที่ใช้สารสกัดจากพืชยัคคา มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 9.4 เปอร์เซ็นต์ ตารางที่ 12 สรุปแสดงผลการทดลองของการศึกษานี้