



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การบำบัดชั้นหลังของน้ำมูลหมัก
จากระบบแก๊สชีวภาพแบบชีววิถี

โดย ดร. รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล
นาย ศราเทพ เหลืองอรุณ

ผอ. ศ. ดร. จรัญ จันทลักขณา (ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ม.ก.)

31 สิงหาคม 2542

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การบำบัดชั้นหลังของน้ำมูลหมัก
จากระบบแก๊สชีวภาพแบบชีววิถี

คณะผู้วิจัย

สังกัด

ที่ปรึกษาโครงการ

ศ. ดร. จรัญ จันทลักขณา

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค ตูโปณ. 1014
ปทผ. ม. เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10903

นักวิจัย

ดร. รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล

งานวิจัยสภาวะแวดล้อม สถาบันวิจัยและพัฒนา
ม.เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140

นาย คราเทพ เหลืองอรุณ

งานวิจัยสภาวะแวดล้อม สถาบันวิจัยและพัฒนา
ม.เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย

ชุดโครงการ ทุนวิจัยหลังปริญญาเอก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศ. ดร. จรัญ จันทลักขณา ผู้ได้กรุณาเป็นนักวิจัยที่ปรึกษา ท่านได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำ ข้อแก้ไขที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และสิ่งที่สำคัญคือแนวความคิดในการมองปัญหาการวิจัยและวิธีการทำงานร่วมกันเป็นหมู่คณะ โดยเน้นประโยชน์ของส่วนรวม

ขอขอบคุณคุณประเสริฐ ใจดี เจ้าของบ่อแก๊ชชีวภาพผู้ซึ่งให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีทุกครั้งกับทีมนักวิจัยในโครงการที่ไปเก็บน้ำมูลหมักจากบ่อน้ำล้น

ขอขอบคุณดร. วีระพันธุ์ เกียรติภักดิ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ผู้ซึ่งให้เชื้อสลดจ์จากบ่อน้ำบำบัดไบโอแก๊ซ ฟาร์มสุกร แม่เหียะ จ. เชียงใหม่

ขอขอบคุณคุณกัลยา กักมา ซึ่งช่วยในการวิเคราะห์บางส่วน และสมาชิกในห้องปฏิบัติการที่ให้ความช่วยเหลือทั้งการปฏิบัติและกำลังใจตลอดการทดลอง

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้ทำงานวิจัยจนลุล่วง

สุดท้ายซึ่งมีความสำคัญยิ่ง ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ผู้ให้ทุนสนับสนุนในการปฏิบัติงานวิจัยนี้อย่างต่อเนื่องจนจบโครงการด้วยดี

บทคัดย่อ

Project Code : PDF/34/2540

Project Title : การบำบัดขั้นหลังของน้ำมูลหมักจากระบบแก๊สชีวภาพแบบชีววิธี

หน่วยงานของนักวิจัย :

หัวหน้าโครงการ: ดร. รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล งานวิจัยสภาวะแวดล้อม สถาบันวิจัยและพัฒนา
ม.เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140

นักวิจัยผู้ช่วย : นายคธาเทพ เหลืองอรุณ งานวิจัยสภาวะแวดล้อม ม.เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
ที่ปรึกษาโครงการ: ศ. ดร. จริฎ จันทลักขณา ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระป๋องและโค ตูโปณ.
1014 ปทุม. เกษตรศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10903

E-mail address : rdimnk@nontri.ku.ac.th

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 1 สิงหาคม 2540 ถึง 31 สิงหาคม 2542

วัตถุประสงค์: 1) ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมูลหมัก ในเวลาต่างๆในรอบปีจากบ่อแก๊สชีวภาพของ
ฟาร์มโคนม 2) คัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีความสามารถย่อย non-degradable COD ภายใต้สภาวะ
ต่างๆ 3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการย่อยสลายน้ำมูลหมักแบบไร้อากาศและให้อากาศ

วิธีการ : ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมูลหมักที่ผ่านการบำบัดแล้วและค้นหาวิธีการที่จะลดสารอินทรีย์
และอนินทรีย์ที่เหลืออยู่ให้มีคุณภาพที่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยนำจุลินทรีย์จากต่างแหล่งมา
ศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลาย รวมทั้งทำการแยกเชื้อในสภาวะไร้อากาศ ทั้งนี้ได้ทำการ
ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมูลหมักที่แปรเปลี่ยนไปในรอบปี และเก็บน้ำมูลหมักมาหมักในสภาวะไร้อากาศแบบ batch และ semi-batch feed และเปรียบเทียบกับ การให้อากาศด้วย

ผลการทดลอง : น้ำมูลหมักจากบ่อน้ำคั้นในการทดลองนี้มีค่า COD และ BOD₅ สูงกว่าที่พบโดย
ทั่วไปซึ่งอาจเป็นผลจากประสิทธิภาพของบ่อหมักยังไม่สูงเท่าที่ควร โดยจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของ
ประสิทธิภาพการลดค่า COD มีเพียง 40 % เมื่อนำน้ำมูลหมักมาหมักต่อในสภาวะไร้อากาศพบว่า
ผลิตภัณฑ์จากฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ จ. นครปฐม (ฟาร์มเล่งเค็ง) มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ถึง
65% เมื่อเทียบกับการบำบัดแบบให้อากาศโดยไม่ให้อาหารแก่เชื้อ aerobic พบว่าค่า COD ลดลง
เล็กน้อยเท่านั้น จากการแยกเชื้อแบบไร้อากาศ ได้ทำการคัดเลือกเชื้อไว้ 5 isolates คือ LK1,
BAU1, BAU2, BAU3 และ BAU4 โดยเมื่อนำเชื้อทั้ง 5 มาเลี้ยงในอาหารผสมมูลหมักพบว่าสัดส่วน
ของค่า BOD₅ ต่อ COD ลดลงอย่างรวดเร็วจนเหลือ 5-7% แสดงถึงประสิทธิภาพที่เชื้อสามารถใช้
สารอินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว และการที่ค่า COD ลดลง 68.5% ยืนยันประสิทธิภาพของเชื้อที่แยกได้
สรุป : สามารถแยกเชื้อจุลินทรีย์จากผลิตภัณฑ์ทั้งสองแหล่งได้ และเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้มีความ
สามารถในการใช้สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยากได้ในระดับที่น่าพอใจ

สังเคราะห์ผลและการนำไปใช้ประโยชน์ : เชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกได้น่าจะทำการศึกษาคูณลักษณะเพิ่มเติมและทำการเพิ่มจำนวนเชื้อเพื่อการนำไปขยายผล

คำสำคัญ : การบำบัดของเสียแบบไร้อากาศ น้ำมูลหมัก การแยกเชื้อแบบไร้อากาศ COD BOD₅

ABSTRACT

Project Code: PDF/34/2542

Project Title : Biological post-treatment of liquid effluent from anaerobic digested plant

Investigator: 1 Dr. Roongnapa Korpraditskul (Leader) Environmental Science laboratory, CLGC, KURDI, Kasetsart University, Kamphaengsaen Nakhonpathom 73140

2. Mr. Katatep Luang-Aroon (Research assistant) Environmental Science laboratory, CLGC, KURDI, Kasetsart University, Kamphaengsaen

Mentor : Prof. Dr. Charan Jantalakhana Buffalo and Beef Production Research and Development Center, Kasetsart university

E-mail address : rdmrk@nontri.ku.ac.th **Project Period:** 1 August 1997 to 31 August 1999

Objectives: 1) to collect and analyse the chemical properties of the effluent from biogas fixed dome of smallholder dairyfarm 2) to study the efficiency of COD and BOD₅ removal of the sludge 3) to acclimatize and screen for the anaerobic microorganisms which have the ability to degrade the non-degradable COD. 3) to compare the efficiency of COD removal between aerobic and anaerobic treatment.

Methodology: The effluent(digested waste) samples from fixed dome biogas digester in a smallholder dairy farm were collected and analysed for chemical properties. Sludge samples from Biogas Advisory Unit (BAU), Chiangmai University, and from a large scale swine farm, Nakhonpathom province (Leng-Keng) were tested for the removal efficiency of organic matter in the digested waste. Anaerobic sludge was acclimatized, screened and isolated under anaerobic condition.

Results : Effluent from biogas fixed-dome digester showed high value of COD and BOD₅ which was probably due to management aspects. The COD reduction of the digester was approximately 40%. Further digestion of the effluent revealed that sludge from Leng-Keng (LK) farm removed COD at the rate of 65% which was slightly higher than that from BAU. Further digestion of the effluent under anaerobic digestion of the effluent under anaerobic and aerobic conditions showed that COD removal rates at 7 days were higher under anaerobic condition regardless of sources of sludge. Five isolates i.e., LK1, BAU1, BAU2, BAU3 and BAU4 were obtained from acclimatized sludge by roll tube method. The isolates were inoculated in the media containing effluent from the digester, it was found that the proportion of BOD₅ to COD decreased markedly to 5-7%. Some of these isolates could reduce COD in the effluent up to 68.5%, which could be due to the fact that some non-degradable organic matter in waste water was degraded by the isolates.

Suggestion: The five isolates should be multiplied and study to extend to pilot project.

Keywords : anaerobic treatment, digested waste, anaerobic microorganism isolation, COD, BOD₅

EXECUTIVE SUMMARY

การนำระบบบำบัดแบบไร้อากาศ มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ ยังมีข้อแตกต่างจากการบำบัดแบบพ่นอากาศ คือ ค่าของแข็งละลายน้ำมีค่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้อย่างเป็นทางการ ในฟาร์มที่มีการหมักแก๊สชีวภาพ ของเสียจะถูกหมักอยู่ในถังหมักเป็นเวลาประมาณ 20 วัน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ของเสียเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ ของเสียซึ่งประกอบด้วย สารอินทรีย์และอนินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยขบวนการ Hydrolysis เกิด กรดไขมัน กรดอะมิโน H_2 , H_2O , CO_2 , NH_3 , CH_3COOH , alcohol และ volatile fatty acid จากนั้นขบวนการสุดท้ายคือเชื้อ methanogenic bacteria จะทำหน้าที่เปลี่ยนกรด CH_3COOH ไปเป็น CH_4 และ CO_2 ประสิทธิภาพของระบบอาจมีสูงถึง 90 % ดังเช่นบ่อบำบัดไบโอแก๊สของฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ ที่จ. นครปฐม (ฟาร์มแสงเค็ง) แต่ปัญหาของระบบที่ตามมาคือ effluent ที่มีค่า COD สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาคุณสมบัติของน้ำมูลหมักที่ผ่านการบำบัดแล้วและค้นหาวิธีการที่จะลดสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่เหลืออยู่ให้มีคุณภาพดีขึ้นโดยนำจุลินทรีย์จากต่างแหล่งมาศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลาย ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมูลหมักที่แปรเปลี่ยนไปในรอบปี และเก็บน้ำมูลหมักมาหมักในสภาวะไร้อากาศแบบ batch และ semi-batch feeding และเปรียบเทียบกับ การให้อากาศด้วย จากการทดลองพบว่า น้ำมูลหมักจากบ่อคั้นมีค่า COD และ BOD_5 สูงกว่าที่ควร น่าจะเนื่องจากการจัดการบ่อหมักไม่เหมาะสม เชื้อสแต็คจากฟาร์มแสงเค็งมีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย COD soluble ถึง 85 % ในขณะที่ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนไม่เปลี่ยนแปลงมากนักโดยจะอยู่ในช่วง 100-200 ppm เมื่อเทียบกับการบำบัดแบบให้อากาศโดยไม่ให้อาหารแก่เชื้อ aerobic พบว่าค่า COD ลดลงเล็กน้อยเท่านั้น

จากการแยกเชื้อแบบไร้อากาศด้วยวิธี roll tube จากตัวอย่างสแต็คทั้งสองแหล่ง คือจากบ่อบำบัดฟาร์มสุกรแสงเค็ง นครปฐม และบ่อบำบัดฟาร์มสุกร ที่แม่เหิระ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ของสแต็คจากทั้งสองแหล่งไม่แตกต่างกันมากนัก และได้ทำการคัดเลือกเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงจากสแต็คทั้งสองแหล่งไว้ 5 isolates คือ LK1, BAU1, BAU2, BAU3 และ BAU4 พบว่าการเลี้ยงเชื้อที่แยกได้ในน้ำมูลหมักผสมสารอาหารและวิตามินที่เพียงพอ สัดส่วนของค่า BOD_5 ต่อ COD ลดลงอย่างรวดเร็วภายในเวลา 10 วันจนอยู่ในช่วง 5-7 % แสดงถึงประสิทธิภาพที่เชื้อสามารถใช้สารอินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว และการที่ค่า COD total ลดลงถึง 68.5 % ยืนยันถึงความสามารถของจุลินทรีย์ที่แยกได้

งานวิจัยนี้ได้ผลสำเร็จส่วนหนึ่งในแง่ของการแยกเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งการค้นพบว่าสารอินทรีย์ที่ย่อยยากนั้นเป็น lignin หรือไม่อย่างไร จำเป็นต้องศึกษาต่อเนื่องไป อีกประการหนึ่งคือสภาพการณ์ของบ่อหมักแบบ fixed dome ซึ่งได้รับการส่งเสริมและมีใช้ทั่วไปนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจสอบระบบให้มีการทำงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ii
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	iii
Executive summary	iv
บทนำ	1
วิธีการทดลอง	2
ผลการทดลองและวิจารณ์	8
เอกสารอ้างอิง	18
Output	20
ภาคผนวก	21

บทนำ

การนำเอาระบบก๊าซชีวภาพมาใช้บำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ นั้นเป็นที่ยอมรับในกลุ่มเกษตรกรและนักวิชาการว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสม เนื่องจากมีประสิทธิภาพอยู่ในขั้นที่น่าพอใจ การก่อสร้างก็สามารถใช้วัสดุและแรงงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น อีกทั้งยังเกิดผลพลอยได้ เช่นพลังงานความร้อนสามารถนำไปใช้ในการหุงต้ม กกลูกสุกร หรือนำไปผลิตกระแสไฟฟ้า และกากมูลหมักก็สามารถนำไปใช้ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีใดๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นแบบให้อากาศ (aeration) หรือไร้อากาศ (anaerobic treatment) ก็ยังไม่สามารถเปลี่ยนหรือลดอินทรีย์สารที่ยังหลงเหลืออยู่ได้อย่างสมบูรณ์ แม้ว่าจะระบบหมักแบบรางและแบบ Upflow Anaerobic Sludge Bed, UASB ที่สร้างขึ้น เพื่อบำบัดน้ำเสียในฟาร์มสุกรหลายแห่ง สามารถลดค่า COD ได้ถึง 90% แต่ยังมีปริมาณอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารที่หลงเหลืออยู่ในน้ำอีก 10% ซึ่งมีผลทำให้น้ำในธรรมชาติเสียสมดุลย์ และเกิดภาวะมลพิษได้ เทคโนโลยีการหมักน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรหรือฟาร์มโคนม ขนาดปานกลางและขนาดใหญ่ ในระบบหมักแบบราง (Channel Digester) นั้นคงยังได้ผลดีในระยะต้นที่จะเริ่มชักชวนให้เจ้าของกิจการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม โดยการเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการไม่สูงมากและยังอาจเกิดผลพลอยได้กลับคืนมา ในด้านวิชาการแล้ว ยังต้องยอมรับว่าข้อดีของระบบหมักแบบไร้อากาศนี้คือค่า dissolved solid และ non-degradable COD ยังอยู่ในระดับสูง จึงจำเป็นต้องทำการวิจัยค้นคว้าหาวิธีการลดค่า สารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมด้วย ดังนั้นเพื่อให้รูปแบบของเทคโนโลยีด้านการบำบัดของเสียนี้สมบูรณ์ ครบวงจรและมีความยั่งยืน จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงการใช้ส่วนที่เหลือจากการหมักแบบไร้อากาศ ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้เพื่อให้การบำบัดสามารถทำได้แบบครบวงจรและก่อให้เกิดคุณค่าทางเศรษฐกิจโดยคำนึงถึงการรักษาสังแวดล้อม เป็นพื้นฐาน

วีระพันธ์ (2538) ได้เสนอระบบบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่เหมาะสมคือ ระบบเทคโนโลยีแก๊สชีวภาพ แม้ว่าจะระบบบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรขนาดกลางและขนาดใหญ่ไม่ว่าจะเป็นชนิด ป่อหมักไว้ ป่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (Low rate anaerobic digester) หรือป่อหมักไร้ออกซิเจนแบบเร็ว (Upflow Anaerobic Sludge Bed, UASB) ที่ได้สร้างและดำเนินการมาแล้วในหลายจังหวัดเช่น เชียงใหม่ ลำพูน นครปฐม ขอนแก่น เป็นต้น น้ำที่ผ่านการบำบัดก็ยังไม่มีความสมบูรณ์ที่ดีเพียงพอที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ทันที สำหรับน้ำเสียที่ผ่านจากป่อหมักแบบไร้อากาศที่ฟาร์มสุกรเล่งเค็ง จ. นครปฐม พบว่ามีแอมโมเนียไนโตรเจนอยู่ประมาณ 300 ppm และของแข็งละลายน้ำอยู่ในปริมาณสูง (รุ่งนภา และสุรีย์, 2538) ซึ่งมีผลทำให้เกิด Eutrophication อันเป็นสิ่งไม่พึงปรารถนาในสิ่งแวดล้อม แอมโมเนียที่เกิดขึ้น จะแปรรูปเป็นไนไตรท์ (NO_2) และไนเตรท (NO_3) ได้ ซึ่งขบวนการ

nitrification ต้องการออกซิเจน ที่มีจำนวนมากเพียงพอ ซึ่งการนำ biogas ที่ได้จากระบบ มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานกลมาเพิ่มออกซิเจนให้ระบบก็เป็นทางแก้ไขที่ดี (วีระพันธ์และทรงชัย, 2538) แต่ในเตาที่ก็จะกลายเป็นแหล่งอาหารของสาหร่ายและวัชพืช ในแหล่งน้ำ ทำให้เกิด Eutrophication ได้อีกเป็นวัฏจักรไม่มีที่สิ้นสุด มันสิ้นและกิดติ (2536) ได้ศึกษาการกำจัดไนเตรตออกจากน้ำดิบโดยใช้ถังกรองบรรจุเม็ดกัมมะถันและเม็ดหินปูน ในอัตราส่วนเท่าๆ กัน เพื่อเป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน ปฏิกริยา denitrification ที่เกิดขึ้นโดยอาศัย autotrophic bacteria สามารถกำจัดไนเตรตได้ดี แต่การกำจัดไนเตรต 1 กรัม โดยวิธีนี้ ทำให้เกิดซัลเฟตเพิ่มขึ้น 7.2 mg/l และเกิดแคลเซียมเพิ่มขึ้น 8.0 mg/l ซึ่งก็ยังคงเป็นปัญหาแต่เปลี่ยนรูปแบบไปเท่านั้น

การศึกษาวิธีการย่อยสลายสารที่ย่อยสลายยากนี้ จึงจำเป็นต้องคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพเฉพาะเจาะจง รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการย่อยสลาย ดังมีวัตถุประสงค์คือ

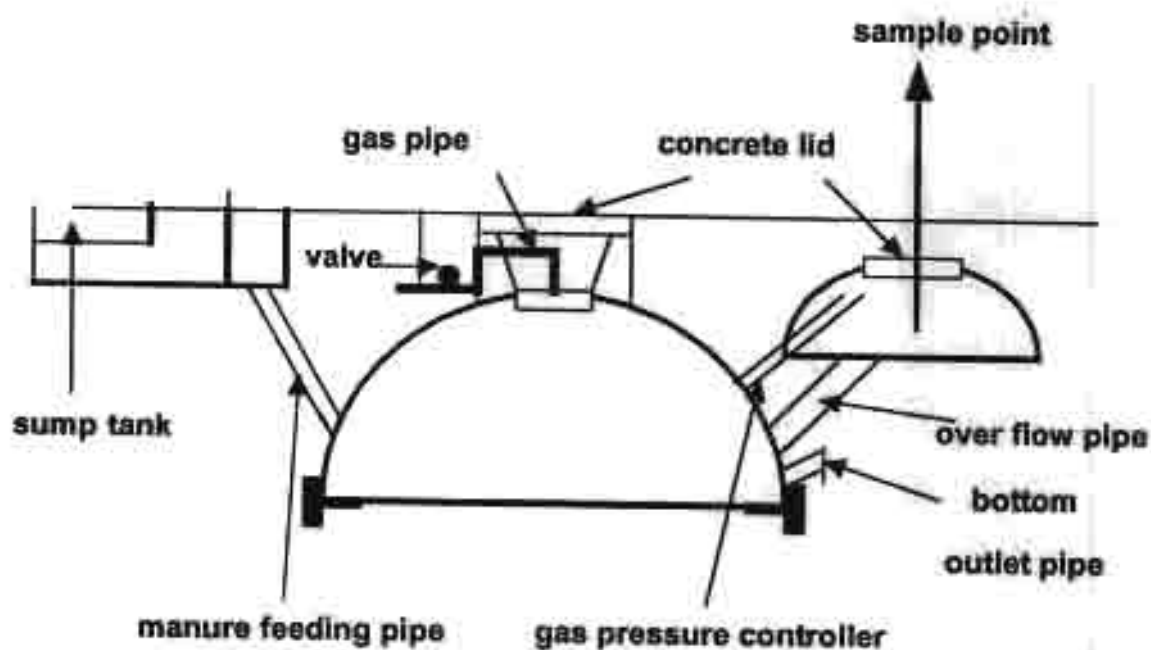
1. ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมูลหมักในเวลาต่างๆในรอบปีจากบ่อแก๊สชีวภาพของ ฟาร์มโคเนม
2. คัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีความสามารถย่อย non-degradable COD ภายใต้สภาวะต่างๆ
3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการย่อยสลายน้ำมูลหมักแบบไร้อากาศและให้อากาศ

วิธีการทดลอง

วิเคราะห์ค่า parameter ของน้ำมูลหมัก : นำน้ำมูลหมักจากบ่อหมักแก๊สชีวภาพของศูนย์สุกร กำแพงแสน จากฟาร์มแสงเค็ง นครปฐม และฟาร์มโคเนม ที่ จ. ราชบุรี มาวิเคราะห์คุณสมบัติ ในเวลาต่างๆกัน เช่น pH โดยเครื่อง Ion analyser, ammonium-nitrogen และ nitrate-nitrogenโดยวิธี steam distillation (Page, 1982) total solid, COD(soluble), COD(total), BOD₅ ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน (APHA-AWWA-WPCF, 1981) โดยค่า COD (soluble) ได้จากการวิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 μ ค่าของปริมาณ ammonium-nitrogen และ nitrate-nitrogen ของน้ำมูลหมักจากแหล่งต่างๆแสดงไว้ในตารางที่ 1 สำหรับน้ำมูลหมักที่นำมาศึกษาการย่อยสลายด้วยวิธีการต่างๆนั้น นำมาจากบ่อน้ำต้นของถังหมักแบบ fixed dome ขนาด 16 ม³ (ภาพที่ 1) จากฟาร์มโคเนม หนองโพ จ. ราชบุรีในเวลาต่างๆกันโดยแสดงคุณสมบัติไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ ไนเตรท-ไนโตรเจน ของน้ำมูลหมัก
จากแหล่งต่างๆ

Samples	NH ₄ -N(mg/l)	NO ₃ -N(mg/l)
Swine Center(KPS)	136.4	21
Digested Eff.(Dairy, KPS))	6.3	17.2
Influent (Leng-Keng)	581	36.5
Effluent(Leng-Keng)	357	28
Digested Eff.(Dairy, Ratchaburi)	187.6	1.75



ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างปอหมักแก๊สชีวภาพแบบ fixed dome ขนาด 16 ม³ และจุดเก็บ
ตัวอย่างน้ำมูลหมัก (overflow)

ตารางที่ 2: คุณสมบัติของน้ำมูลหมักจากปอหมักมูลโคแม่ที่ อ. โพธาราม จ. ราชบุรี

Sampling Date	pH	COD(total) (ppm)	COD(sol) (ppm)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	TS(g/L)	VS(g/L)	Ash(g/L)	EC (mS/cm)	BOD ₅ (ppm)
13Oct 97	6.95	nd	nd	315	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4Feb98	nd	6358	2246	196.7	nd	nd	nd	nd	nd	nd
20Feb98	7.5	5540	3521	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
12Mar98	6.99	6625	3419	326.2	nd	4.63	2.78	1.95	nd	nd
18May98	6.7	2864	2615	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
8 June 98	7.23	2092	2083	nd	nd	3.7	1.96	1.74	nd	nd
26June98	6.98	1545	1555	nd	nd	2.29	1.72	0.57	nd	nd
11 Mar. 99	6.73	2965	nd	169.75	3.5	nd	nd	nd	8.0	nd
28 Mar. 99	7.44	721.5	nd	115	5.25	nd	nd	nd	4.9	nd
15 May 99	7.18	1838	nd	131	4.35	nd	nd	nd	5.4	nd
3 June 99	7.0	4092	nd	137.2	5.25	nd	nd	nd	5.9	nd
26 June 99	6.97	3575	nd	187.95	16.75	nd	nd	nd	5.8	1185
10 July 99	7.09	7018	nd	172.2	3.5	nd	nd	nd	5.9	2098
28 July 99	7.21	7120	nd	173.2	2.62	nd	nd	nd	6.2	1843

nd = not determined

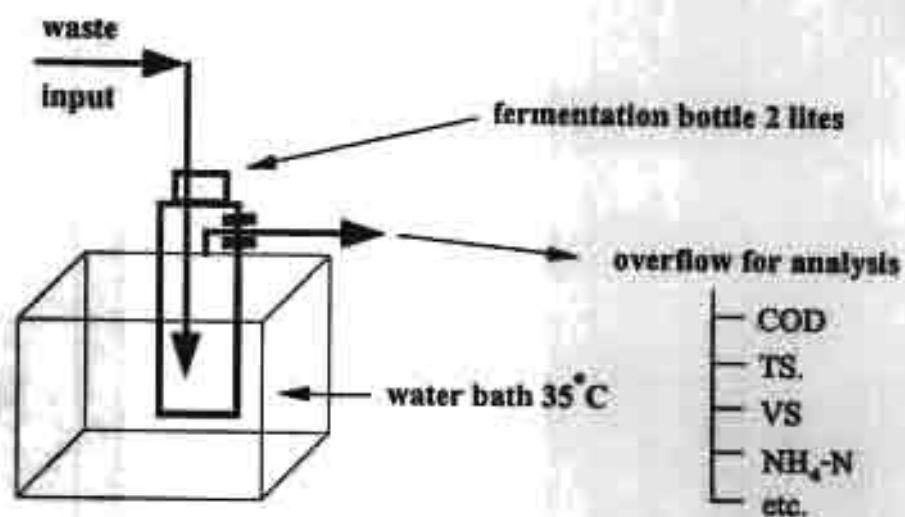
Acclimatization: คัดเลือกจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำมูลหมักแบบ anaerobic โดยนำจุลินทรีย์จากบ่อแก๊สชีวภาพ 3 แหล่งคือ 1. ฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ จ. นครปฐม (ฟาร์มแสงเค็ง) 2. ฟาร์มสุกรขนาดกลาง แม่เหิยะ หน่วยบริการแก๊สชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ และ 3. จากบ่อแก๊สชีวภาพฟาร์มโคเม จ.ราชบุรี มาเลี้ยงใน anaerobic fermentor ขนาด 5 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิที่ 35 C กวนด้วยใบพัดตลอด เวลาด้วยความเร็ว 6 รอบ/นาที เติมน้ำมูลหมักเพื่อเป็นแหล่งอาหารอย่างเดียบบดต่อเนื่อง โดยเครื่อง peristaltic pump (EYELA microtube pump MP 3) 1.5 ลิตร/วัน เป็นระยะเวลา 9 เดือน

การหมักน้ำมูลหมักแบบ batch ในสภาวะไร้อากาศ: หมัก digested waste water ของมูลโคเมจากบ่อหมัก จ. ราชบุรี ในขวดขนาด 2 ลิตร (ภาพที่ 2) ทำการนิ่งฆ่าเชื้อด้วย หม้อนิ่งความดัน ที่ 15 ปอนด์/ตร. นิ้วเวลา 15 นาทีแล้วนำมาใส่เชื้อจุลินทรีย์(sludge) 10 g จากฟาร์มแสงเค็ง และsludge จากบ่อแก๊สชีวภาพ แม่เหิยะ เชียงใหม่ ทำการหมักน้ำมูล หมักแบบ anaerobic ภายใต้อุณหภูมิ 30 ± 2 C ทำการทดลอง treatment ละ 2 ชั่วโมงมีน้ำ มูลหมักนิ่งฆ่าเชื้อและไม่นิ่งฆ่าเชื้อเป็น control เก็บน้ำมูลหมักและตรวจวิเคราะห์ค่า COD(total), COD(sol) และ ammonium-nitrogen ในระยะเวลาต่างๆกันคือ 0, 5, 10, 15 และ 20 วัน

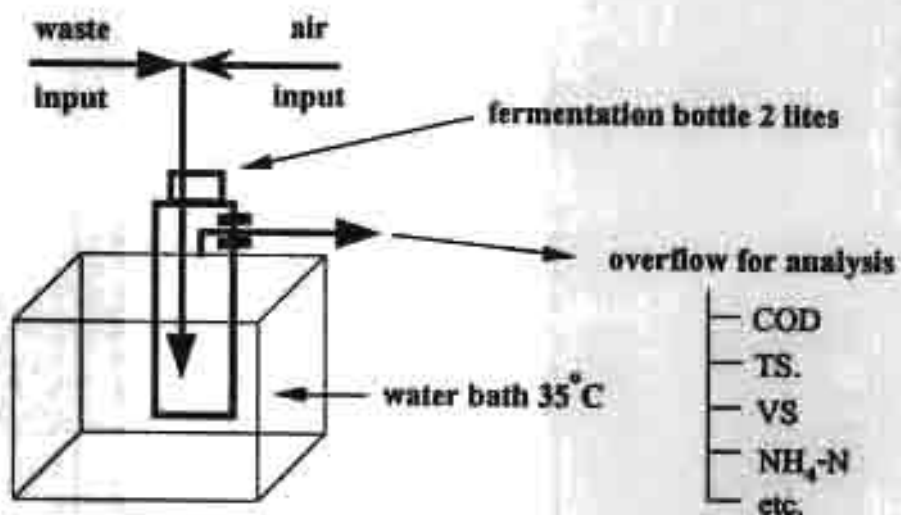
การหมักน้ำมูลหมักแบบ semi-continuous ในสภาวะไร้อากาศ : เปรียบเทียบ ประสิทธิภาพในการย่อยสลายของจุลินทรีย์จาก 2 แหล่ง คือ ฟาร์มแสงเค็ง และจากหน่วย บริการแก๊สชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใส่เชื้อ sludge โดยให้มี total solid 1 และ 5% โดยได้ทำการทดลองหมักน้ำมูลหมักที่ไม่ได้ใส่เชื้อจากทั้งสองแหล่งควบคู่กันไป ลงใน ถังหมักขนาด 2 ลิตร (ภาพที่ 2) ควบคุมอุณหภูมิที่ 35 C เติมน้ำมูลหมัก (ราชบุรี) แบบ semi-continuous 200 ml ทุก 3 วัน ทำการเก็บน้ำมูลหมักจากท่อน้ำส้น ในวันที่ 0, 6, 12, 18 และ 24 วันหลังจากเริ่ม incubate เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่า COD(total), COD(soluble), alkalinity, total solid และ volatile solid

การบำบัดน้ำมูลหมักโดยจุลินทรีย์แบบให้อากาศ : ควบคุมอุณหภูมิที่ 30-35 C ถึง หมักขนาด 2 ลิตร เติมน้ำ seed 1% (ดินบ่อบัว) เติมน้ำมูลหมัก (ราชบุรี) ปริมาณ 10% (200ml) ของถังหมักทุก 3 วันหมักเติมอากาศโดยต่อเนื่อง (ภาพที่ 3) ในปริมาณ 7 ลิตร และ 14 ลิตร/วัน โดยมี treatment ดังนี้

1. น้ำมูลหมักเติมอากาศตลอดเวลา 7 ลิตร/วัน (Low rate)
 2. น้ำมูลหมักเติมอากาศตลอดเวลา 14 ลิตร/วัน (High rate)
 3. น้ำมูลหมักเติมเชื้อจุลินทรีย์และเติมอากาศตลอดเวลา 7 ลิตร/วัน (Low rate)
 4. น้ำมูลหมักเติมเชื้อจุลินทรีย์และเติมอากาศตลอดเวลา 14 ลิตร/วัน (Low rate)
- เก็บน้ำมูลหมักเพื่อทำการวิเคราะห์ 0, 2, 4 และ 7 วันหลังการใส่เชื้อสัณติ์



ภาพที่ 2 การหมักน้ำมูลหมักแบบ batch ในสภาวะไร้อากาศ



ภาพที่ 3 การหมักน้ำมูลหมักแบบ batch ในสภาวะให้อากาศ

การแยกเชื้อจุลินทรีย์และการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์: นำสลัดจ์ที่ได้ทำการเลี้ยงไว้นาน 9 เดือนด้วยน้ำมูลหมัก 10 กรัมมาทำการเจือจาง (ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อเจือจาง 100 เท่า) แบบอนุกรม จนได้ 10^8 จากนั้นย้ายเชื้อตั้งกล่าวลงในหลอดอาหารวุ้นที่ผสมน้ำมูลหมักเป็นอัตราส่วน 1:1 ทำการย้ายเชื้อภายใต้การเป่าใต้อากาศด้วยก๊าซไนโตรเจน เชื้อที่แยกได้จากการเจริญเป็นโคโลนีด้วยวิธี Roll Tube Technique (Hungate, 1968) โดยรายละเอียดได้เคยรายงานไว้แล้ว (Roongnapa et al, 1983) องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อแสดงไว้ในตารางที่ 3 ตรวจดูลักษณะของเชื้อจุลินทรีย์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และประสิทธิภาพของการผลิตแก๊สมีเทนหรือคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (Hitachi) ภายใต้สภาวะดังต่อไปนี้ column: porapak Q, detector temperature: 70 C, injection temperature 60 C column 50 C flow rate 50 ml/min โดยใช้ He เป็น carrier gas ทำการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่แสดงกิจกรรมสูงที่สุดเพื่อนำมาศึกษาประสิทธิภาพของการลดค่า COD และ BOD₅ ของเชื้อในอาหารตั้งกล่าวภายใต้สภาวะไร้อากาศ

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์แบบไร้อากาศ

Solution 1: macro nutrients		Solution 2 : Trace	
NH ₄ Cl	170 g/L	FeCl ₃ .4H ₂ O	2000 mg/L
KH ₂ PO ₄	37 g/L	CoCl ₂ .6H ₂ O	2000 mg/L
CaCl ₂ .2H ₂ O	8 g/L	MnCl ₂ .4H ₂ O	500 mg/L
MgSO ₄ .4H ₂ O	9 g/L	CuCl ₂ .2H ₂ O	30 mg/L
		ZnCl ₂	50 mg/L
Solution 3: sulfide. this solution has to be prepared freshly. Make 25 ml		H ₃ BO ₃	50 mg/L
Na ₂ S.9H ₂ O	100 mg/L	(NH ₄) ₆ MO ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	90 mg/L
		Na ₂ SeO ₃ .5H ₂ O	100 mg/L
		NiCl ₂ .6H ₂ O	50 mg/L
Solution 4: yeast extract**		EDTA	1000 mg/L
		HCl 36%	1 mg/L
		Resazurin	500 mg/L

ผลการทดลอง

parameter ของน้ำมูลหมัก : บ่อหมักไบโอแก๊สที่เติมมูลโคผสมน้ำทุก 3 วันโดยเจ้าของปอได้นำกากไปใช้เพื่อการหุงต้มประจำวัน น้ำมูลหมักที่เก็บจากบ่อน้ำคั้นมีค่า COD, TS เฉลี่ยค่อนข้างสูงคือ 4.3 และ 3.5 g/L (ตารางที่ 4) น้ำมูลหมักที่นำมาวิเคราะห์บางครั้งมีมูลเป็นก้อนปนมาเมื่อนำมารองด้วยตะแกรงตาห่าง (ขนาด 0.16 ซม) ทำให้มูลแตกกระจาย

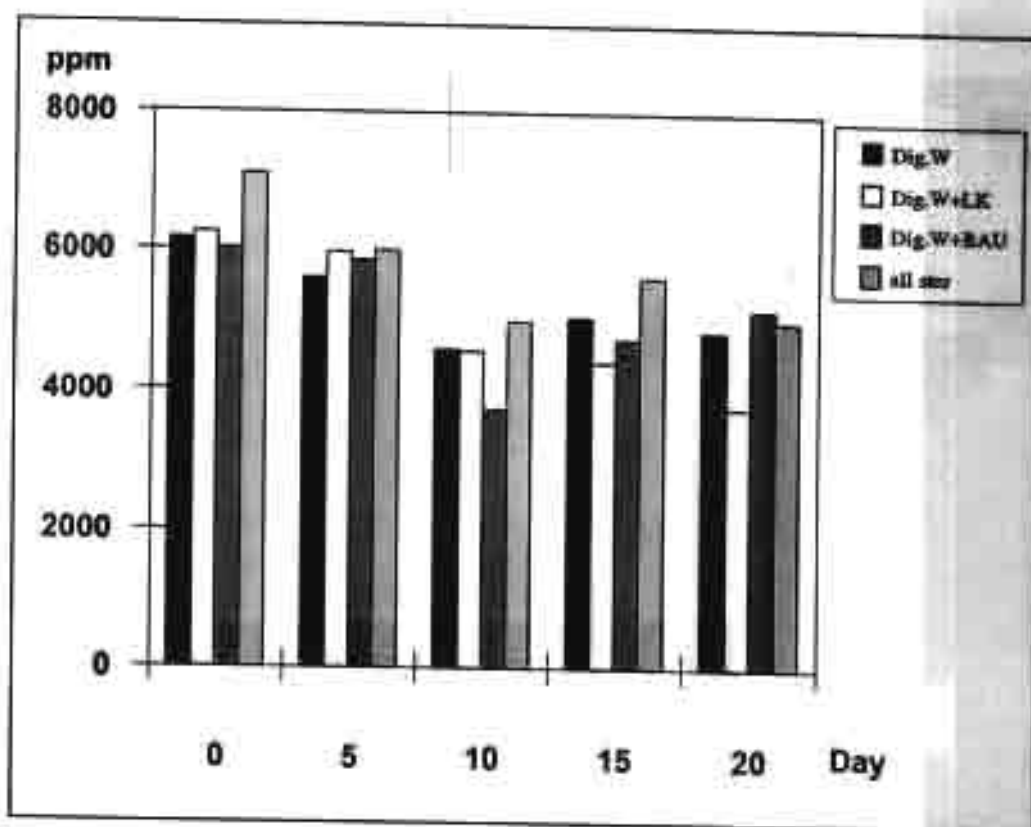
ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติน้ำมูลหมักจากบ่อหมักแบบ fixed dome เปรียบเทียบกับน้ำมูลหมักจากเอกสารอ้างอิง

พารามิเตอร์	น้ำมูลหมักจาก ปอไบโอแก๊ส	น้ำมูลหมักจาก รายงานอื่น (ref.)
PH	7.04	6.8 (นุสรา, 2537)
EC (ms/cm)	6.2	nd
COD(tot) g/L	4.3	2.8-4.8(นุสรา, 2537)
BOD ₅ (mg/L)	1708	244-450(นุสรา, 2537)
TS (g/L)	3.54	2.6-4.7
VS	2.15	1.7-3.0
NH ₄ (mg/L)	201	nd
NO ₃ (mg/L)	5.7	nd
N(%)	nd	0.37(มานัสและคณะ, 2535)
P(%)	nd	0.35(มานัสและคณะ, 2535)
K(%)	nd	0.028(มานัสและคณะ, 2535)

แขวนลอยในน้ำมูลหมักที่นำมาทำการทดลอง อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่า COD สูง อย่างไรก็ตามอาจกล่าวได้ว่าประสิทธิภาพของบ่อหมักต่ำ ถ้าประเมินจากผลการศึกษาของจริญและคณะ (2542) ซึ่งค่า COD ของน้ำมูลโคแอมที่ผลิตเฉลี่ยตลอดปีมีค่าประมาณ 1 g/L และค่า COD ที่วิเคราะห์ได้ของน้ำมูลหมักจากบ่อแก๊สชีวภาพนี้ คือ 0.6 g/L ดังนั้นประสิทธิภาพของการลดค่า COD เมื่อคิดเป็นร้อยละคือ 40 % เท่านั้น ในขณะที่นุสรา (2537) ทำการหมักมูลโคด้วยวิธี fixed film สามารถลดค่า COD ได้ 60% ทั้งนี้มูลโคประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีส่วนย่อยสลายได้ยากอยู่มาก (non-biodegradable) หรือแบคทีเรียที่ย่อยสลายโมเลกุลเหล่านี้อยู่ในสภาพที่ activity ต่ำ (Colleran, 1992) มูลโคแอมประกอบด้วย hemicellulose 54.1 (%TS) cellulose 24.9 (%TS) และ Lignin 17.9 (%TS)

ซึ่งลิกนินและไนโตรเจนอาจเป็นปัจจัยจำกัด (limiting factor) ของกิจกรรมจุลินทรีย์ทำให้ประสิทธิภาพของการย่อยสลายลดลง

การหมักน้ำมูลหมักแบบ batch ในสภาวะไร้อากาศ: ค่า COD เริ่มต้นของน้ำมูลหมักมีค่าค่อนข้างสูงคืออยู่ในช่วง 8000-7000 ppm หลังจากหมักไปได้ 5 วันค่า COD(total) เริ่มลดและลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 20 โดย treatment ที่ใส่ sludge จากฟาร์มเลี้ยงกุ้งลดลงมากที่สุด (ภาพที่ 4) ซึ่งเป็นไปโดยสอดคล้องกับค่า COD(sol) ที่ในเวลา 20 วันค่า COD(sol) ลดลงมากที่สุดในขวดที่ใส่เชื้อจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง (ภาพที่ 5) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของการลดค่า COD(total) ค่อนข้างต่ำ คือ 40% ในขณะที่ค่า COD(sol) ลดลงถึง 65% (ตารางที่ 5) แสดงว่าเชื้อ sludge จากฟาร์มเลี้ยงกุ้งมีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย non-biodegradable COD ค่อนข้างสูง ส่วนปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ภาพที่ 6) มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยทุกการทดลองโดยพบว่าในวันที่ 20 หลังการหมักมีค่า 200 ppm



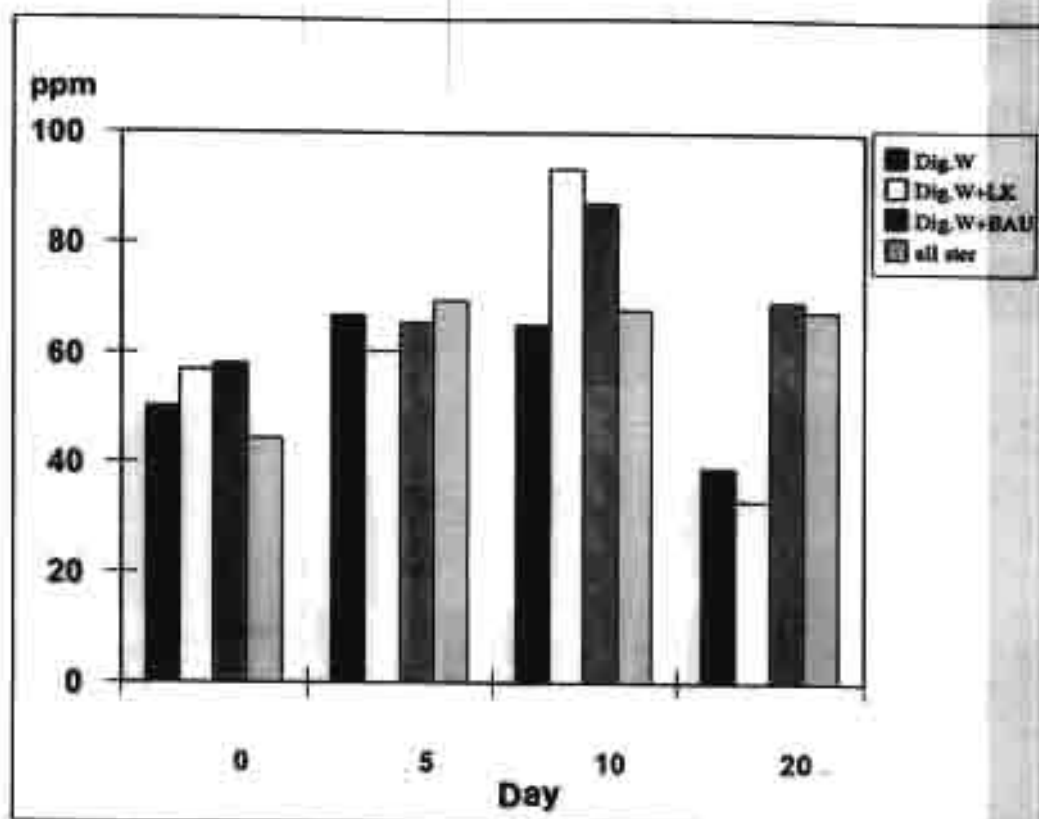
ภาพที่ 4 ค่า COD (total) ของน้ำมูลหมักระหว่างการหมักแบบ batch โดยใส่สลัดจ์จากฟาร์มเลี้ยงกุ้งและจากหน่วยบริการแก้ไขชีวภาพ ม. เชียงใหม่

หมายเหตุ Dig. W คือ น้ำมูลหมัก

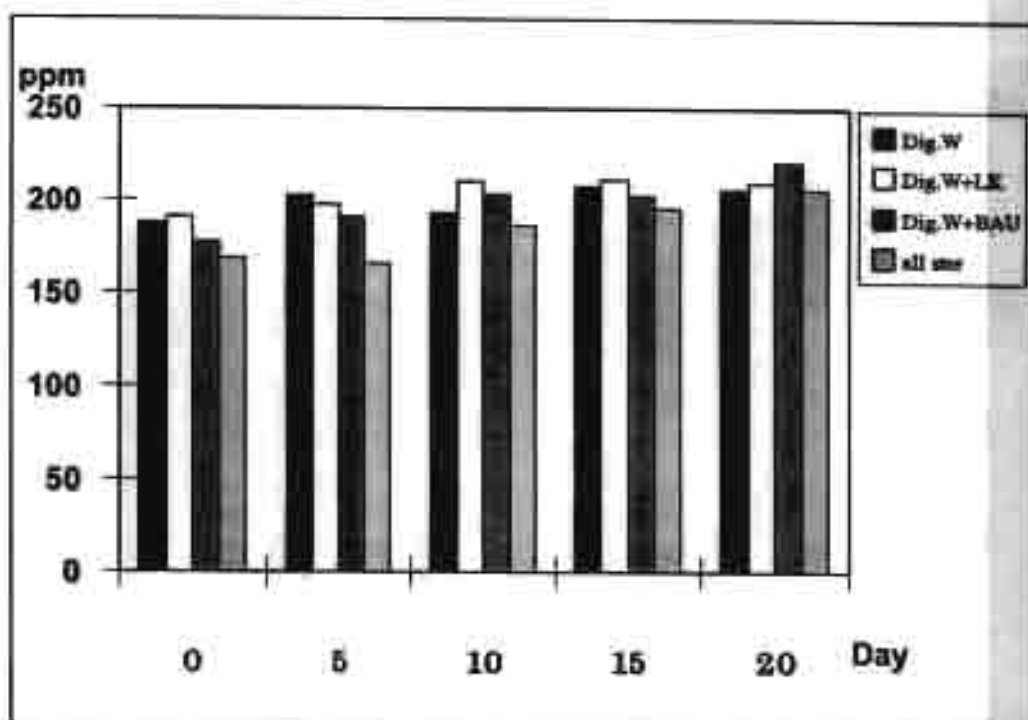
LK คือ สลัดจ์จากฟาร์มสุกรเลี้ยงกุ้ง จ. นครปฐม

BAU คือ สลัดจ์จากฟาร์มสุกร แม่เหิยะ จ. เชียงใหม่

all ster. คือ น้ำมูลหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อ



ภาพที่ 5 ค่า COD (soluble) ของน้ำมูลหมักระหว่างการหมักแบบ batch โดยใส่สัลดิจจากฟาร์มเล้งเต็งและจากหน่วยบริการแก๊สชีวภาพ ม. เชียงใหม่

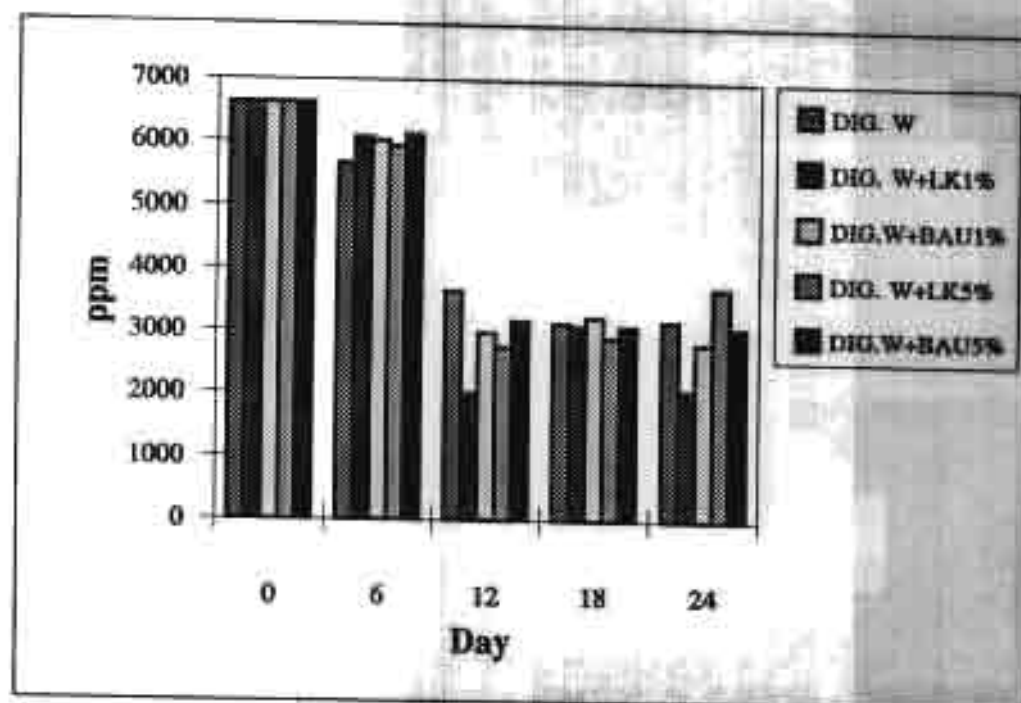


ภาพที่ 6 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำมูลหมักระหว่างการหมักแบบ batch โดยใส่สัลดิจจากฟาร์มเล้งเต็งและจากหน่วยบริการแก๊สชีวภาพ ม. เชียงใหม่

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของการลดค่า COD(total) และ COD(sol) หลังจากการหมักในสภาวะไร้อากาศเป็นเวลา 20 วัน

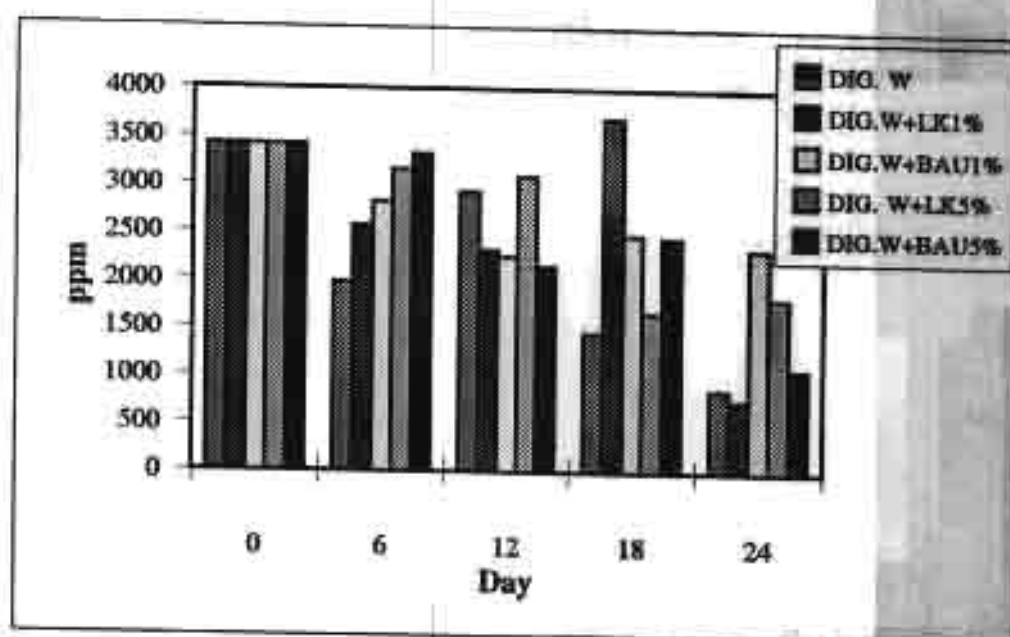
treatment	%reduction of COD(total)	%reduction of COD(sol)
digested effluent	21.28	38.7
digested Eff. + LK	40.04	65.14
digested Eff. + BAU	14.11	0

หมักน้ำมูลหมักแบบ semi-batch ในสภาวะไร้อากาศ : ค่า COD(total) และ ค่า COD soluble แสดงในภาพที่ 7 และ 8 ตามลำดับ น้ำมูลหมักเริ่มต้นมีค่า COD(total) สูงถึง 6625 ppm ในขณะที่ค่า COD(sol) คือ 3419 ppm ค่า COD ในภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่าปริมาณ COD(total) ลดลงเล็กน้อยหลังจากหมัก 6 วัน แต่ในวันที่ 12 ค่า COD(total) ลดลงมากกว่า 50% ของค่า COD(total) เริ่มต้นและค่า COD(total) หลังจากนั้นไม่มีการ



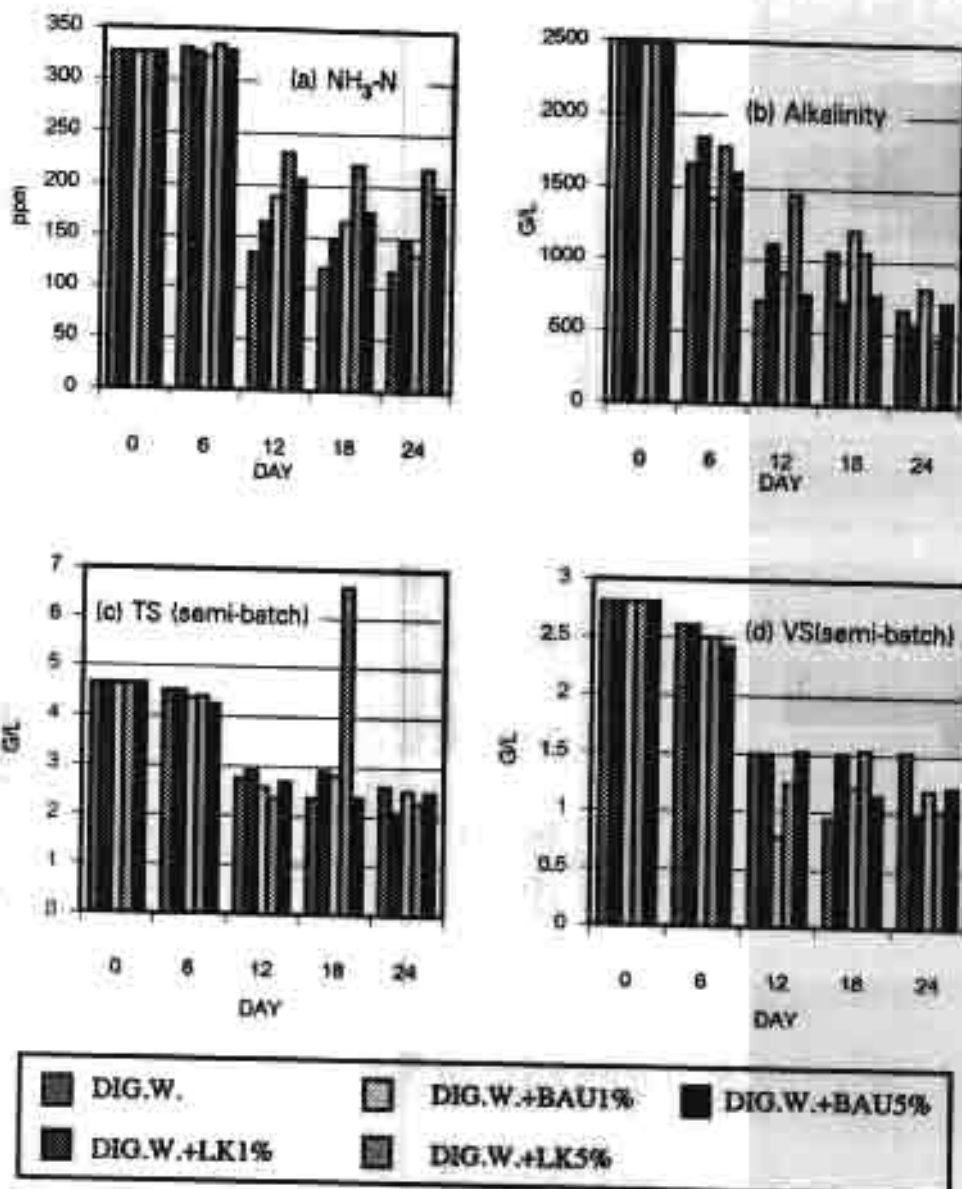
ภาพที่ 7 ค่า COD total ของน้ำมูลหมักระหว่างการหมักแบบ semi-batch โดยได้สกัดจากฟาร์มเต่งเต่งและจากหน่วยบริการแก้ไขชีวภาพ ม. เชียงใหม่

เปลี่ยนแปลงให้เห็นโดยชัดเจน ส่วนค่า COD(sol) แสดงแนวโน้มลดลงเช่นกัน (ภาพที่ 8) แต่ในระยะเวลาที่ช้ากว่า COD(total) เล็กน้อยคือเริ่มลดลงอย่างชัดเจนหลังจากวันที่ 12 ของการหมัก อย่างไรก็ตามการทดลองที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์จากฟาร์มเลี้ยงเค็งในปริมาณ 1% ยังคงแสดงประสิทธิภาพในการย่อย COD(sol) ได้ดีที่สุด ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงอย่างชัดเจนหลังจากหมักไปแล้ว 6 วันโดยมีค่าสม่ำเสมอหลังจากหมักไปแล้ว 12 วันและมีค่าอยู่ในช่วง 120-220 ppm (ภาพที่ 9a) ส่วน alkalinity ของน้ำมูลหมักที่ลดลงจนต่ำกว่า 1500 mg/L นั้นอาจหมายถึงความเข้มข้นของกรดระเหยง่ายเพิ่มขึ้นจนไปทำลายสภาพความเป็นต้งไบคาร์บอเนตลงซึ่งเห็นได้ว่าประมาณครึ่งหนึ่งถูกทำลายไป (ภาพที่ 9b) ค่า total solid (ภาพที่ 9c) ลดลงเล็กน้อยหลังวันที่ 6 และเริ่มคงที่หลังวันที่ 12 เช่นเดียวกับค่า volatile solid (ภาพที่ 9d) ทั้งนี้ค่า volatile solid ของน้ำมูลหมักที่ไม่ใส่เชื้อมีค่า 1.5 g/L ในขณะที่ค่า volatile solid) ของน้ำมูลหมักที่ใช้สัคตจจากฟาร์มเลี้ยงเค็งทั้งสองความเข้มข้นมีค่าลดลงเหลือ 0.09 g/L ซึ่งมีค่าต่างกันถึง 68,7% แสดงถึงประสิทธิภาพของสัคตจในการย่อยสลายน้ำมูลหมักได้อย่างดี



ภาพที่ 8 ค่า COD soluble ของน้ำมูลหมักระหว่างการหมักแบบ semi-batch โดยใช้สัคตจจากฟาร์มเลี้ยงเค็งและจากหน่วยบริการแก๊สชีวภาพ ม. เชียงใหม่

การคัดเลือกและการแยกเชื้อแอนแอโรบิค : ได้ทำการแยกเชื้อจากสัคตจโดยใช้วิธี roll tube สามารถแยกเชื้อที่มีลักษณะของโคโลนีแตกต่างกันได้ 8 isolates โดยมีลักษณะดังแสดงไว้ในตารางที่ 6



ภาพที่ 9 ค่าพารามิเตอร์ของน้ำมูลหมักระหว่างการหมักแบบ semi-batch โดยใส่สัจค์จากฟาร์มแสงเค็ง และจากหน่วยบริการแก้ไขชีวภาพ ม.เชียงใหม่

- (a) $\text{NH}_3\text{-N}$
- (b) Alkalinity
- (c) TS (semi-batch)
- (d) VS (semi-batch)

ตารางที่ 6 ลักษณะของจุลินทรีย์ที่แยกได้โดยวิธี Roll Tube

แหล่งเชื้อ	dilution	ลักษณะโคโลนี	รูปร่าง/ การเรียงตัว	การคิดสี	ชนิดของจุลินทรีย์
1. เชียงใหม่	10^{-6}	โคโลนีมีขนาดเล็ก ขอบโคโลนีมีรอย หยัก สีขาวขุ่น ทึบ แสง	shoot rod เรียงตัว เดี่ยวๆ	สีแดง	
2. เชียงใหม่	10^{-5}	โคโลนีมีขนาดเล็ก มีลักษณะเป็นเส้นใย สั้นๆ ยึดกันแน่น สี ขาว ทึบแสง ผิวและ ขอบโคโลนีขรุขระ	coccus เรียง ตัวเดี่ยวๆ และอยู่รวม กันเป็นกลุ่ม	สีน้ำเงิน	
3. เชียงใหม่	10^{-5}	โคโลนีมีขนาดใหญ่ มาก สีขาวขุ่นทึบ แสง ขอบโคโลนีมี รอยหยักเป็นคลื่น ตรงกลางโคโลนีใส	coccus เรียง ตัวเดี่ยวๆ	สีน้ำเงิน	
4. เชียงใหม่	10^{-5}	โคโลนีมีขนาดเล็ก ขอบโคโลนีไม่เรียบมี รอยหยักเป็นคลื่น มี สีเขียวขุ่น รอบๆ โค โลนีวงใสล้อมรอบ	coccus เรียง ตัวเป็นสาย	สีน้ำเงิน	<i>Streptococcus</i> sp.
5. เล้งเคิง	10^{-5}	โคโลนีมีขนาดเล็ก มาก ขอบโคโลนี เรียบ ผิวหน้าเรียบ โคโลนีมีสีส้ม รอบๆ โคโลนีมีวงใสๆ ล้อม รอบ	coccus เรียง ตัวเป็นคู่และ อยู่รวมกัน เป็นกลุ่ม คล้ายพวง องุ่น	สีน้ำเงิน	<i>Streptococcus</i> sp.
6. เล้งเคิง	10^{-6}	โคโลนีขนาดเล็กมาก ผิวหน้าเรียบสีเทา ตรงกลางโคโลนีจะ ขรุขระ มีสีขาวล้อม รอบ	coccus เรียง ตัวเดี่ยวๆ	สีแดง	

ตารางที่ 6 (ต่อ)

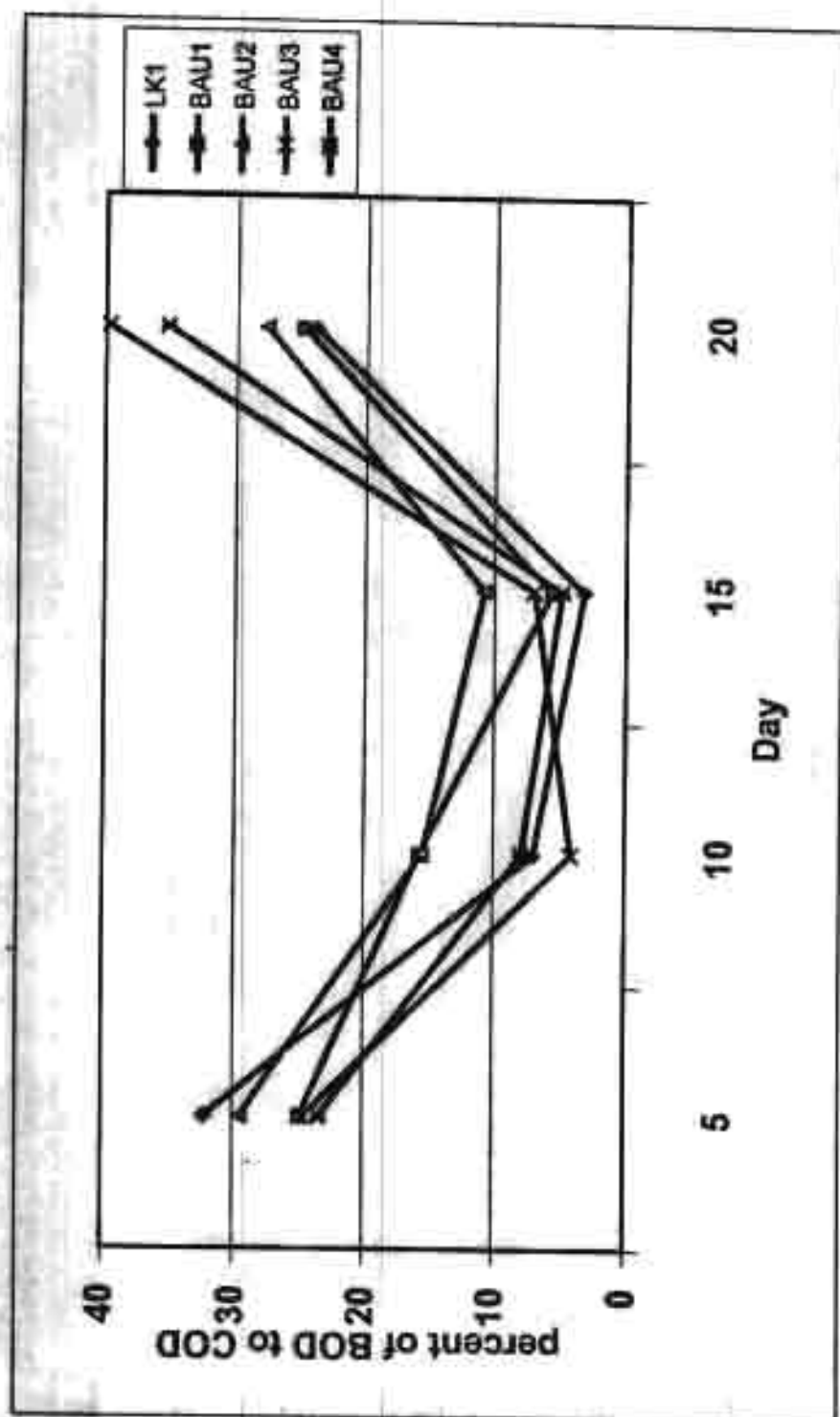
แหล่งเชื้อ	dilution	ลักษณะโคโคนี	รูปร่าง/ การเรียงตัว	การติด สี	ชนิดของ จุลินทรีย์
7. เล้งเค็ง	10^{-8}	โคโคนีมีขนาดเล็ก สีขาว ขุ่น ขอบโคโคนีไม่เรียบ เป็นคลื่น	coccus เรียง ตัวจับกันเป็นคู่	สีแดง	
8. เล้งเค็ง	10^{-6}	โคโคนีมีขนาดเล็กสีขาว ขุ่น ผิวหน้าเรียบ และ ขอบโคโคนีเรียบ	coccus เรียง ตัวเดี่ยวๆ เป็น คู่	สี น้ำเงิน	
9. เชียงใหม่	10^{-8}	โคโคนีมีขนาดใหญ่ปาน กลาง สีขาวขุ่น ผิวหน้า เรียบ และขอบโคโคนี เรียบ	short rod อยู่ เดี่ยวๆ และ เรียงตัวเป็น เส้นสาย	สีแดง	
10. เชียงใหม่	10^{-6}	โคโคนีมีลักษณะเป็นเส้น ใยสั้นๆ สีขาวขุ่นหีบแฉง และขอบโคโคนีขรุขระ	coccus อยู่ เดี่ยวๆ กระจัด กระจาย	สี น้ำเงิน	
11. เชียงใหม่	10^{-6}	โคโคนีขนาดเล็กสีขาว ขุ่น ตรงกลางโคโคนีมีจุด ขนาดเล็กๆ หนุนขึ้นมา ขอบโคโคนีเป็นรอยหยัก ไม่เรียบ	short rod อยู่ เดี่ยวๆ	สีแดง	
12. เชียงใหม่	10^{-6}	โคโคนีรูปร่างไม่แน่นอน มีลักษณะเป็นเมือกเยิ้ม สีขาวขุ่น	short rod อยู่ เป็นคู่และเรียง ตัวเป็นเส้นสาย	สีแดง	
13. เล้งเค็ง	10^{-8}	โคโคนีมีขนาดใหญ่ปาน กลาง สีขาวขุ่น ผิวหน้า เรียบ แต่ขอบโคโคนีไม่ เรียบ	short rod เรียง ตัวเป็นเส้นสาย	สีแดง	
14. เล้งเค็ง	10^{-6}	โคโคนีมีขนาดเล็ก สีขาว ขุ่น ตรงกลางโคโคนีมีจุด เล็กๆ หนุนขึ้นมา ขอบโค โคนีเป็นรอยหยักไม่ เรียบ	short rod อยู่ เดี่ยวๆ	สี น้ำเงิน	

จากการคัดเลือกจุลินทรีย์โดยการใส่เชื้อแต่ละ isolate ลงในอาหารเหลวผสมน้ำมูลหมักจากผลการวิเคราะห์โดย Gas chromatograph พบว่ามีจุลินทรีย์ 5 ชนิดที่ผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน สูงกว่าเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆที่แยกได้ ประสิทธิภาพของ isolate ทั้ง 5 ในการลดค่า COD ได้แสดงไว้ในตารางที่ 7 เป็นที่น่าสังเกตว่าเชื้อ LK1 สามารถลดค่า COD ได้สูงสุดคือ 68.5 % ในวันที่ 15 ของการหมัก ในขณะที่ความสามารถในการลดค่า BOD₅ สูงสุดในวันที่ 15 หลังการหมักโดยมีการลดลงเกินกว่า 90 % เมื่อนำสัดส่วนของค่า BOD เทียบ กับ COD พบว่า เปอร์เซ็นต์ BOD ลดลงอย่างรวดเร็วและเพิ่มขึ้นในเวลา 20 วัน (ภาพที่ 10) จะเห็นว่าสัดส่วนของ BOD/COD เริ่มต้นอยู่ที่ประมาณ 25-32 % แล้วลดลงในวันที่ 10 โดยเชื้อ LK1, BAU3 และ BAU4 ลดลงต่ำกว่า 10 % แต่สัดส่วนดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอาจเนื่องจากเชื้อเริ่มหยุดการเจริญและเกิดการ lysis ของเซลล์ จนสารละลายภายในเซลล์ถูกขับออกมาในอาหารเลี้ยงเชื้อทำให้ค่า BOD สูงขึ้นหรือ อาจเป็นกรณีที่ lignin ถูกย่อยสลายไปเป็นโมเลกุลที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าจนกระทั่งเชื้อจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้น ทำให้สัดส่วนของ BOD เพิ่มขึ้นนั่นเอง นอกจากนี้แล้วยังสังเกตได้ว่า BAU3 นั้นสามารถลดสีน้ำตาลของน้ำมูลหมักในหลอดและฟลาสก์เลี้ยงเชื้อได้อย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับเชื้อที่ทำการแยกได้ทั้งหมด

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพเชื้อที่แยกได้ในการลดค่า COD(total) และ BOD₅ หลังจากการหมักอาหารผสมมูลหมักใน สภาวะไร้อากาศเป็นเวลา 15 และ 20 วัน

Isolate no.	% COD reduction		% BOD ₅ reduction	
	15 days	20 days	15 days	20 days
LK1	30.64	68.5	93.47	76.55
BAU1	66.7	83.42	94.16	71.66
BAU2	57.89	63.86	85.83	68.88
BAU3	60.82	58.46	91.38	48.66
BAU4	46.25	43.53	91.88	38.11

อาจสรุปได้ว่า เชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้นี้สามารถย่อยสลายสารที่ย่อยสลายยากได้ภายในเวลา 5-10 วัน ดังนั้นถ้าเราสามารถนำเชื้อที่แยกได้ทั้ง 5 isolate นี้ไปช่วยย่อยน้ำมูลหมักในระบบต่อเนื่องจะเพิ่มประสิทธิภาพในการหมักแบบไร้อากาศให้เห็นอย่างชัดเจนอีกประการหนึ่งสามารถตอบปัญหาวิธีการวางระบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) ต่อจาก channel digester โดยคำนวณให้น้ำเสียมี HRT 1 วันนั้นยังไม่พอเพียงควรต้องเพิ่มเวลากักเก็บในระบบเป็น 5-10 วัน



ภาพที่ 10 สัดส่วน BOD5 ต่อ COD เทียบเป็นร้อยละ จากกาเปลี่ยนแปลงในน้ำมูลหมัก

เอกสารอ้างอิง

- APHA-AWWA-WPCF 1981. Standard methods for the examination of water and waste water 15th ed. 1137 pp.
- Colleran, E. 1992. Anaerobic digestion of agricultural and food-processing effluents, pp. 199-226, In J.C. Fry, G.M. Gad et al (eds) : Microbial Control of Pollution. Soc. Gen. Micro. Sym. 48. Cambridge University Press, Cambridge
- Hills, D.J. and D.W. Roberts Methane gas production from dairy-manure and field-crop residues *In* Livestock waste:a renewable resource. The Proceedings of the 4th International Symposium on Livestock Wastes/1980. American Society of Agricultural Engineers p.92-95
- Hungate, R.E. 1968. A roll tube method for cultivation of strict anaerobes. Methods in microbiology Vol. 3B. Academic press Inc. London.
- Jewel, W.J. 1984, Resource-Recovery Wastewater Treatment. Treatment. American Scientist, Vol. 82: 366-375.
- Page, A.L. (Ed.). 1982. Methods of soil analysis Part II: Chemical and microbiological properties 2nd ed. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc. 1159 p.
- Seni Kamchanawong. 2536. Organic matters, nitrogen and phosphorus removals in intermittently-fed overland flow process ใน เทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ การประชุมวิชาการระดับชาติ สวสท 36 สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย หจก. ไฟน์อาร์ต พับลิชชิง น. 404-417
- จริญ จันทลักษณ์ และหมากพรรณ สุกดมัน (บรรณาธิการ) 2542 ฟาร์มโคนมกับสิ่งแวดล้อม ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร พิมพ์ที่อักษรสยามการพิมพ์ 402 หน้า
- นุสรา สีนบัวทอง 2537 วิทยานิพนธ์ปริญญาโท เรื่อง การศึกษาการทำงานของถังหมักไร้อากาศชนิดที่มีตัวกลางยึดเกาะในการบำบัดของเสียจากมูลโค บัณฑิตวิทยาลัย ม.เกษตรศาสตร์ 163 หน้า
- มันดิน ดันจุลเวศม์ และกิตติ เกษตรธรรม. 2536. การใช้ถังกรองเอติในการกำจัดไนเตรทออกจากน้ำดิบ ใน เทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ การประชุมวิชาการระดับชาติ สวสท 36. สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. หจก. ไฟน์อาร์ต พับลิชชิง 329-341.
- มานัส แสम्मณชัย ทรงเชาว์ อินสมพันธ์ บุญธิดา เมื่อก่อง อรรถนพ คณาเจริญพงษ์ และปรีชา วณี กรอิสราบุญ 2535 การใช้กากจากปลอดันเป็นปุ๋ยพืช การประชุมวิชาการเรื่อง

- ก๊าซชีวภาพในประเทศไทย : สถานภาพปัจจุบันและศักยภาพในอนาคต ณ โรงแรม
เชียงใหม่ภูคำ จัดโดยโครงการก๊าซชีวภาพไทย-เยอรมัน 27-28 กุมภาพันธ์ 2535
- รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล และสุรีย์ ไกรงเจริญ. 2538. ผลการวิเคราะห์น้ำที่ผ่านจากระบบ
UASB ณ เล้งเค้งฟาร์ม นครปฐม เอกสารรายงาน หน่วยวิจัยสภาวะแวดล้อม ฝ่าย
ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต
กำแพงแสน นครปฐม
- รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล Nishio N และ S. Nagai 2528 การแยกเชื้อจุลินทรีย์ในกระบวนการ
การผลิตก๊าซชีวภาพโดยวิธี Hungate Roll tube รายงานการประชุมวิชาการเรื่อง
เทคนิคของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพครั้งที่ 3 ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือน
ปลูกพืชทดลอง ม. เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม
- วีระพันธ์ เกียรติภักดิ์ และทรงชัย ใจสุข. 2538. การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ (Biogas
Utilization) ใน หนังสือประกอบการสัมมนา หลักสูตรส่งเสริมและเผยแพร่เทคโนโลยี
เครื่องจักรกลและเครื่องทุ่นแรงการเกษตร เรื่องเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ เพื่อลดมล
ภาวะและผลิตพลังงานในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โดยหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ ม.
เชียงใหม่. สยามรัตนพรินต์ติ้ง น.45-62
- วีระพันธ์ เกียรติภักดิ์. 2538. วิธีการออกแบบและก่อสร้างระบบบำบัดของเสียในฟาร์ม
เลี้ยงสัตว์ ใน หนังสือประกอบการสัมมนา หลักสูตรส่งเสริมและเผยแพร่เทคโนโลยี
เครื่องจักรกลและเครื่องทุ่นแรงการเกษตร เรื่องเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ เพื่อลดมล
ภาวะและผลิตพลังงานในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โดยหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ ม.
เชียงใหม่. สยามรัตนพรินต์ติ้ง น. 63-69

Output

1. Roongnapa Korpraditskul and Charan Chantalakhana Post treatment of digested cow manure from biogas fixed dome digester : (ทั้งนี้ได้นำ manuscript มาด้วยแล้วและจะส่งลงตีพิมพ์ ใน Asian-Aus. J. Anim. Sci.)
2. Charan Chantalakhana, Roongnapa Korpraditskul, Pakapun Skunmun and Taweepon Poondusit. 1999. Environmental Conditions and Resource Management in Smallholder Dairy Farms in Thailand II Effects of Dairy Wastes on Water and Soil. Asian-Aus. J. Anim. Sci. Vol. 12, No. 2:220-225
3. รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล ทวีพร พุนตุสิต มภาพรรณ สกุลมัน และจรัญ จันทลักษณ์ คุณภาพสิ่งแวดล้อมในฟาร์มโคนม 1 น้ำเค็ม ผลงานวิจัยได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิให้นำเสนอภาคบรรยายในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 37 สาขาสิ่งแวดล้อม ระหว่างวันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2542
4. Post treatment of digested cow manure from biogas fixed dome digester บทความบรรยายในสัมนาพิเศษ วันพุธที่ 24 ธันวาคม 2541 ณ ห้องประชุมพหุประสงค์ ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง ม. เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน

Title :

Post treatment of digested cow manure from biogas fixed dome digester

Authors :

Roongnapa KORPRADITSKUL and Charan Chantalakhana

Affiliation:

Environmental Science Laboratory, Research and Development Institute, Kasetsart
University, Kamphaengsaen, Nakhonpathom 73140, Thailand

Keywords :

anaerobic treatment, digested waste, anaerobic microorganism isolation, COD, BOD₅

(First Draft)

**POST TREATMENT OF DIGESTED COW MANURE
FROM FIXED-DOME BIOGAS DIGESTER**

Roongnapa Korpraditskul¹ and Charan Chantalakhana²

1 Environmental science Laboratory, Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and institute, Kasetsart university, Kamphaengsaen, Nakhonpathom 73140, Thailand

2 Buffalo and Beef Production Research and Development Center, Kasetsart University 10903, Thailand

ABSTRACT

The effluent samples (digested waste) from fixed dome biogas digester of smallholder dairy farm were collected and analysed for chemical properties. Sludge samples from Biogas Advisory Unit (BAU), Chiangmai University, and from Leng-Keng swine-farm (LK), Nakhonpathom province were studied for removal efficiency of organic matter in the digested waste. Anaerobic sludge was acclimatized, screened and isolated under anaerobic condition. Effluent from biogas fixed-dome showed high value of COD and BOD₅ probably due to inappropriate operation. The COD reduction of the biogas fixed-dome was ca. 40%. Further digestion of the effluent by sludge revealed that sludge from Leng-Keng farm could remove COD from effluent at the rate of 65%. The comparison of degradation rate in 7 days showed that under anaerobic condition with the sludge could remove COD at higher rate than treated under aerobic condition. Five isolates *i.e.*, LK1, BAU1, BAU2, BAU3 and BAU4 were obtained from acclimated sludge by roll tube method. By inoculated the isolates in the media containing digested waste, it was found that the contribution of BOD₅ to COD decrease remarkably to 5-7%. In consequence, the reduction of COD to 68.5% showed relatively good ability to remove hardly-degradable organic matter in waste water.

Keywords : anaerobic treatment, digested waste, anaerobic microorganism isolation, COD, BOD₅

POST TREATMENT OF DIGESTED COW MANURE FROM BIOGAS FIXED-DOME DIGESTER

Roongnapa Korpraditskul¹ and Charan Chantalakhana²

¹ Environmental science Laboratory, Central Laboratory and Greenhouse Complex, Research and
institute, Kasersart university, Kamphaengsaen, Nakhonpathom 73140, Thailand

² Buffalo and Beef Production Research and Development Center, Kasetaart University 10903, Thailand

More than 90% of dairy farm in Thailand are smallholder dairy farms. There is a need to implement appropriate waste management systems for smallholder dairy farms in Thailand and in other developing country (Chantalakhana *et al*, 1999). The on-site fixed dome biogas digester were recommended and constructed on some small and medium size-farm for decades in order to reduce the volume of feces and to prevent the diffusion of nuisance odour while to obtaining fuel in the form of biogas. Anaerobic digestion is a good choice for the farmer to manage their animal wastes, but the operation requires careful maintenance of the digester. The management of the discharge with high soluble content released to waterways, which requires post treatment either oxidation pond or wetland. Korpraditskul *et al*. (1994) reported the low COD removal efficiency in the UASB digester in Leng-Keng swine farm. Therefore, this study aimed to analyse physico-chemical properties of the effluent from biogas fixed dome digester and to obtain the microorganisms which showed high efficiency to degrade hardly-degradable organic matter. The objectives of this study were 1) to collect and analyse the chemical properties of the effluent from biogas fixed dome of smallholder dairyfarm 2) to study the efficiency of COD and BOD₅ removal of the sludge 3) to acclimatize and screen for the anaerobic microorganisms which have the ability to degrade the non-degradable COD.

Materials and Methods

General characteristics of the digested cow manure: The fresh solid part of the dairy feces were filled in the 16 m³ fixed-dome digester (Fig. 1) every 3 days. The retention time of the manure to be digested in the dome was 20 days. The effluent was collected monthly for further degradation under laboratory condition. The chemical properties *i.e.*, pH, Electrical conductivity (EC), Total solid (TS), Volatile solid (VS), Chemical oxygen demand (COD) and Biological oxygen demand (BOD₅) were analysed followed standard method (APHA-AWWA-WPCF, 1981). Ammonium-nitrogen and nitrate-nitrogen was determined by steam distillation (Page, 1982). The effluent was filtered through 0.45 μ before analysing COD to obtain soluble COD.

Batch digestion: Digested waste water was anaerobically treated in 2 L bottle. Waste water was sterilized by autoclaving. Sludge samples from 2 locations *i.e.*, Biogas Advisory Unit (BAU), Chiangmai University, Northern Thailand and Leng-Keng swine farm, a large commercial farm in central Thailand, were put separately in the reactor to make total solid of 1%. The treatment was conducted in duplicates. Control was carried out by sterilized digested waste water and non-sterilized digested waste water without sludge. The samples were taken for analysis at 0, 5, 10, 15 and 20 days after amendment digested waste water as substrate.

Semi-batch digestion: Sludge samples from the two locations were fermented anaerobically in 2L bottle as shown in Fig. 2. Digested waste water from Ratchaburi was fed intermittently every 3

days. Sludge was initially put to meet total solid at 1 and 5% in the system. Samples were taken for analysis at 0, 6, 12, 18 and 24 days after incubation.

Acclimatization: Active sludge from two locations were acclimatized in the 5 L anaerobic fermentor under 35°C and slowly mixed continuously at the rate of 6 rpm. The digested waste was fed continuously by peristaltic pump (EYELA microtube pump MP3) at the rate of 1.5L/d for 9 months.

Isolation of the anaerobic microorganisms: Ten grams of acclimated sludge were taken to the closed Erlenmeyer flask containing ten fold dilution of medium and stopped tightly. The medium prepared followed composition of nutrients and trace elements similar to those mentioned in manual of anaerobic Lab Work of Wageningen Agricultural University (1993). The manipulation was carried as previous described (Korpraditskul et al, 1985) under stream flow of N_2 . Single colony was obtained by serially diluting 0.5 ml solution into culture tube containing 4.5 ml of liquid medium. Each dilution was then again taken 0.5 ml and incubated in the 45°C agar media, solidified as roll tube (Hungate, 1968) then incubated until single colony appears.

Results and Discussions

Characteristics of the digested effluent from fixed-dome digester: Scum of the feces was always present in the effluent samples. Practically, the effluent was sieved through the coarse net prior to post treatment in either batch or semi-batch digestion. Digested effluent represent the relatively high value of ammonium-nitrogen and COD at 201 and 4200 ppm as shown in Table 1. Due to the low efficiency of anaerobic fermentation in the fixed-dome digester resulting in high total solid,

COD and BOD₅ in the effluent. Therefore, the effluent showed the unacceptable characteristics according to the Water Quality Criteria and Standards in Thailand (PCD, 1995)

Table 1 Average characteristics of the effluent from fixed dome digester compared to other reports

parameter	Effluent from biogas fixed dome	Effluent from elsewhere(ref.)
PH	7.04	6.8 (Sinbualong, 1994)
EC (ms/cm)	6.2	nd
COD(tot) g/L	4.3	2.8-4.8 (Sinbualong, 1994)
BOD ₅ (mg/L)	1708	244-450 (Sinbualong, 1994)
TS (g/L)	3.54	2.6-4.7
VS (g/L)	2.15	1.7-3.0
NH ₄ (mg/L)	201	nd
NO ₃ (mg/L)	5.7	nd

Batch versus semi-batch digestion : Figure 3 shows no difference among the treatment of the sludge from different locations for the change of the amount of ammonia concentration which was in the range of 187.6 – 230.3 ppm in both batch and semi-batch digestion. The reduction of total COD in semi-batch digester was relatively higher than those in batch digester within 20 and 18 days, respectively (Table 2). Presence of Leng-Keng sludge increases COD reduction efficiency in batch digestion while no difference occurred in semi-batch digester. It also appeared that newly substrate enhance the activity of the degradation in the digester, but only 51.2-53.4 percent of COD can be degraded in the semi-batch system. This means that approximately 50% of organic matter was not being degraded. These organic materials was reported to be hemicellulose,

cellulose and lignin at the composition 54.1, 24.9 and 17.9 %, respectively (Hills and Robert, 1980)

In the fixed dome digester, the stage of digestion of the manure occurred both acid degradation and methane production fermentation. Protein, cellulose and hemicellulose would be readily degraded but not the complex compound such as lignin. In some cases polymeric COD could be the form of insoluble suspended solids or colloids which can be transformed to soluble compounds by hydrolysis.

Table 2 The percentage of degradation of total COD in batch and semi-batch digester after 20 and 18 days of incubation, respectively

sample	batch (20 days)	semi-batch (18 days)
dig. waste	22.16	52.78
dig. W+LK	40.03	53.43
dig. W+BAU	14.11	51.2

Isolation: Fourteen anaerobic microorganisms were isolated and screened for highest activity expressed by the highest production of H_2 or CH_4 in the closed cultured tube containing media and digested waste water. Five microbes were selected and multiplied in rich medium. Then the suspension was inoculated into the half dilution of digested waste and mineral medium. Three replicates were manipulated. The removal efficiencies of COD and BOD were shown in Table 3.

BOD_5 removal showed highest efficiency in 15 days after inoculation. No significant difference occurred in all of the 5 isolates. The contribution of BOD_5 to total COD as shown in Fig. 4 showed similar trend of the single isolate to reduce the degradable organic materials in the waste water. Biodegradable material was least after 15 days after inoculation and increase after suggesting the

active activity of degradation but if no renew nutrient the cells probably lysed then released some organic materials to the environment resulting in higher BOD₅. The results from this study showed that BOD₅ was not a good indicator for criteria of quality of effluent consideration. The ratio of COD to BOD₅ may be a good indicator of the quality of effluent before discharging to environment.

Table 3 Efficiency of each isolate to remove COD and BOD₅ in the cultured tube containing digested waste in 15 and 20 days after inoculation

Isolates name	% COD removal		% BOD ₅ removal	
	15 days	20 days	15 days	20 days
LK1	30.64	68.5	93.47	76.55
BAU1	66.7	63.42	94.16	71.66
BAU2	57.89	63.86	85.83	68.88
BAU3	60.82	58.46	91.38	48.66
BAU4	46.25	43.53	91.88	38.11

References

- APHA-AWWA-WPCF. 1981. Standard methods for the examination of water and waste water 15th ed, 1137 pp.
- Chantalakhana, C, Korpraditskul, R., Skunman, P and Poondusit, T. Environmental conditions and resource management in smallholder dairy farms in Thailand. II Effects of dairywaste on
- Water and Science AsiaAus. J. Anim. Sci. 1999. Vol. 12, No. 2:20-225

- Hills, D.J. and D.W. Roberts Methane gas production from dairy-manure and field-crop residues *In* Livestock waste:a renewable resource. The Proceedings of the 4th International Symposium on Livestock Wastes/1980 American Society of Agricultural Engineers p.92-95
- Hungate, R.E. 1968. A roll tube method for cultivation of strict anaerobes. *Methods in microbiology* Vol. 3B. Academic press Inc. London.
- Korpraditskul, R, Nishio, N, and Nagai, S. 1985. Anaerobic bacterium isolation followed Hungate's roll tube. *Proceedings of the 3rd Annual Conference on Methodological Sciences*. November 1985. P. 60-72
- Korpraditskul, R, Ratanakreetakul, C., Korungcharoen, S., Kiatpakdi, W., Damrongkitikul, P. and Boon-Long, P. 1994. Biomass conversion from pigwastewater into biogas and biofertilizer in anaerobic waste treatment. *The Conference on Science, technology and environment for rural development* Central Laboratory and Greenhouse Complex November 1994. P. 27
- Page, A.L. (Ed.). 1982. *Methods of soil analysis Part II: Chemical and microbiological properties* 2nd ed. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc. 1159 p
- Pollution Control Department. 1995. *Water quality criteria and standard in Thailand*. Ministry of Science, Technology and Environment. 175 pp
- Wageningen Agricultural University 1993. *Anaerobic Lab Work. International Course on Anaerobic Waste Water Treatment* June 22-August 4, 1993. 78 pp

List Of Table

1. Table 1 Average characteristics of the effluent from fixed dome digester compared to other reports
2. Table 2 The percentage of degradation of Total COD in batch and semi-batch digester after 20 and 18 days of incubation, respectively
3. Table 3 Efficiency of each isolate to remove COD and BOD₅ in the cultured tube containing digested waste in 15 and 20 days after inoculation

Legends of Figures

1. Fig. 1 Diagram of fixed-dome digester and sampling point of the digested waste water
2. Fig. 2 Diagram of batch digestion of the digested waste water under anaerobic condition
3. Fig. 3 NH₄-N concentration in the effluent of batch and semi-batch digester under laboratory condition
4. Fig. 4 Contribution of BOD₅ to COD in the digested waste water by suspensions of each isolate

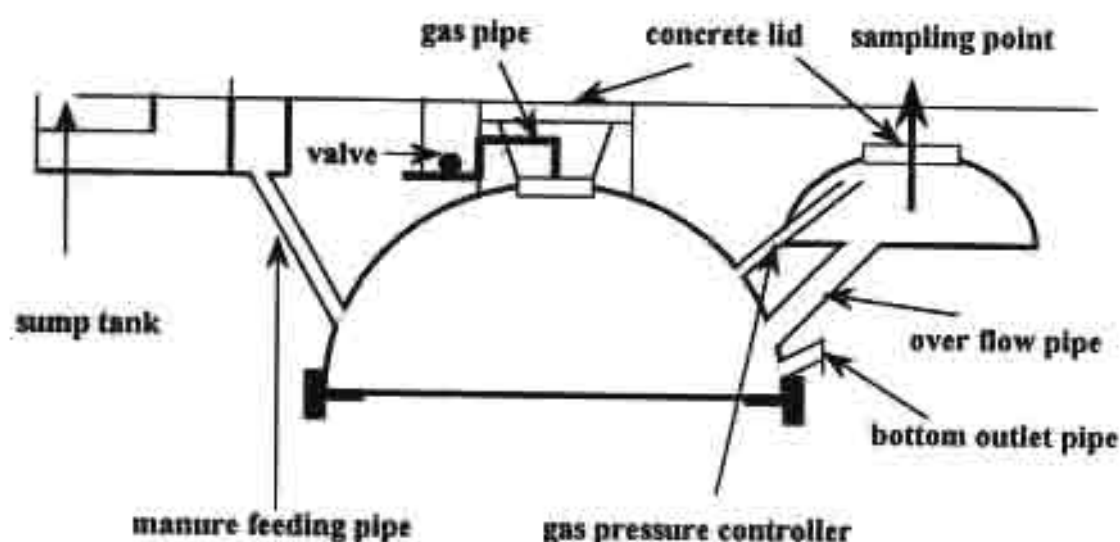


Fig. 1 Diagram of fixed-dome digester and sampling point of the digested waste water

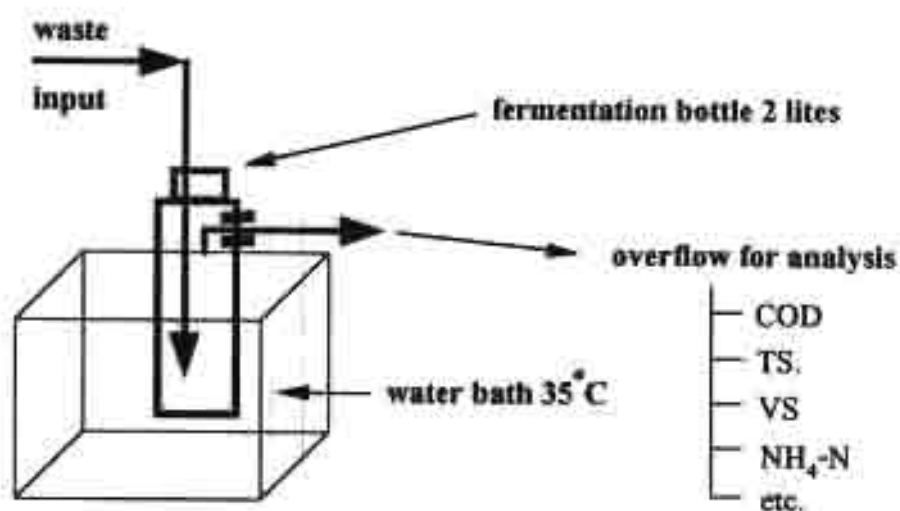


Fig. 2 Diagram of batch digestion of the digested waste water under anaerobic condition

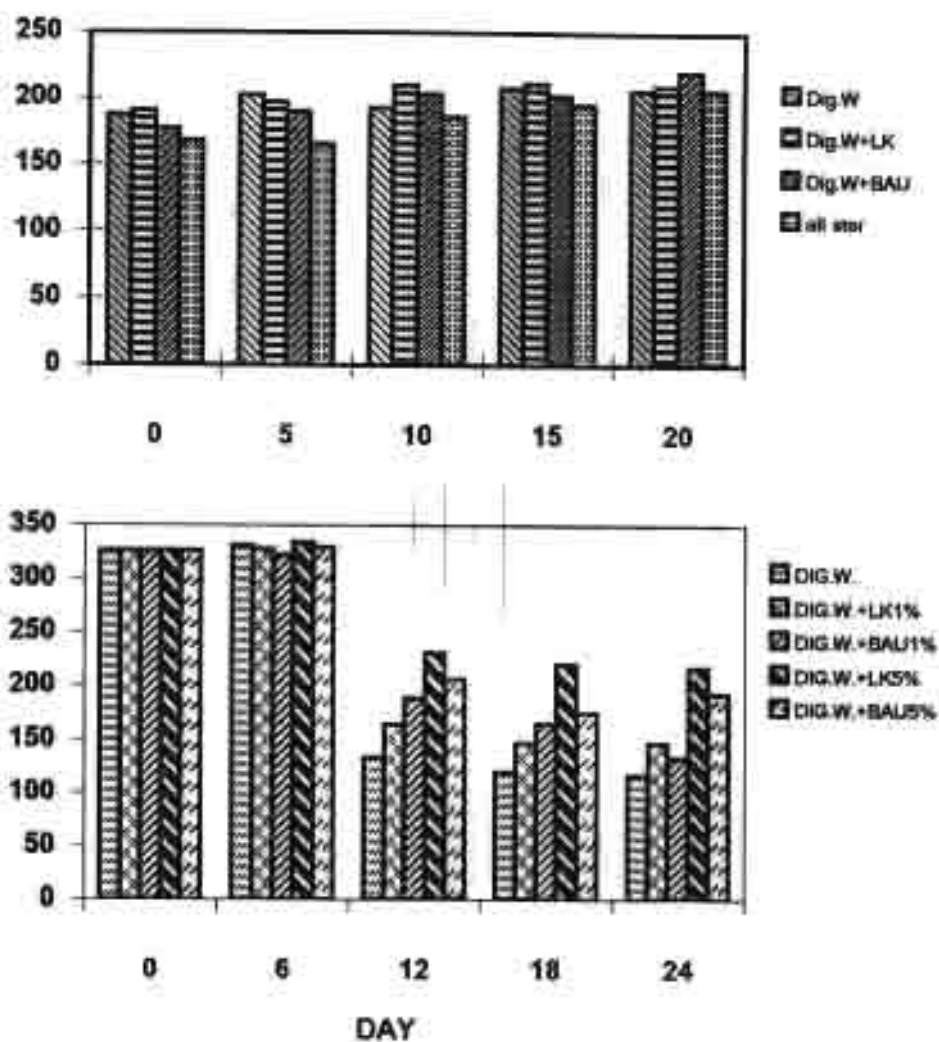


Fig. 3 NH₄-N concentration in the effluent of the batch and semi-batch digester

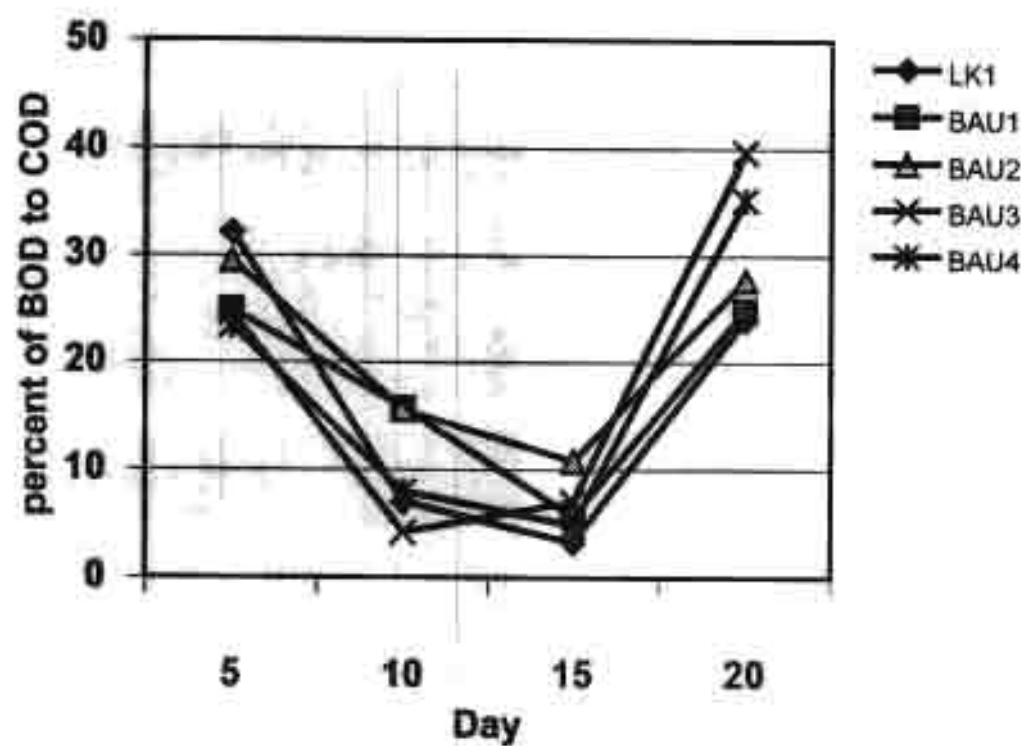


Fig. 4 Contribution of BOD₅ to COD in the digested waste water by suspensions of each isolate.

Environmental Conditions and Resource Management in Smallholder Dairy Farms in Thailand. II. Effects of Dairy Wastes on Water and Soil

C. Chantalakhana¹, R. Korpraditsakul, P. Skunmun and T. Poondulit
Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

ABSTRACT : The environmental conditions in smallholder dairy farms especially the effects of dairy wastes on waters and soil were the main objectives of this investigation. Forty-three dairy farms from an older dairy cooperative (Nongpho Dairy Cooperative, NP) were compared with four dairy farms from relatively new dairy cooperative (Kamphaengsaen Dairy Cooperative, KS) for the quality parameters of water and soil samples during a 12-month period. Forty-three farms at NP were from three geographical areas and three levels farm crowdedness. The results from this study clearly showed that the waste waters from older dairy farms contained much higher levels of organic and inorganic substances which could cause environmental pollution if not properly managed. The differences in waste water qualities due to areas and seasons were not significant, while waste water samples from crowded farms tended to contain higher averages of waste water parameters such as COD and BOD. Highly significant correlations between pairs of waste water parameters indicated that certain parameters can be used without the need for chemical analysis of some other parameters. The qualities of well water on dairy farms as well as water samples from public waterways nearby indicated some contamination of dairy wastes such as manure. Storage and sun-drying of dairy manure on bare soil surface could result in the contamination of underground water and nearby water sources. Some recommendations from this study if implemented can prevent environmental pollution in smallholder dairy farms. (*Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 1999, Vol. 12, No. 2 : 220-225)

Key Words : Smallholder Dairy Farms, Environmental Conditions, Water and Soil Qualities, Coefficient of Correlations, Waste Parameters

INTRODUCTION

More than ninety percent of dairy farms in Thailand were reported to be smallholder dairy with the total number of dairy animals per farm of less than 40 (Chantalakhana, 1994). Dairy cooperatives have been organized in order to provide central milk collection and cooling facilities for member dairy farms which are commonly situated around a milk collection center, usually not farther than 20 kilometer distance. Hence, in a long term there is a general tendency of increasing number of dairy farms as well as number of animals per farm within the same plot of land. Generally, due to lack of waste management and disposal systems on small farms, animal wastes, dirty water, as well as other farm wastes appeared to cause degradation of farm environmental conditions in a long term, especially affecting water and soil qualities in surrounding areas, and consequently could generate unfavorable effects on human health. Dairying in Thailand began about forty years ago, some older dairy cooperatives have been in operation for more than two or three decades, started with small number of dairy farms, and then expanded to several thousand member farms within the same area. There has never been a research investigation on environmental conditions of these smallholder farms. Therefore, this study aims to examine water and soil properties of older dairy farms as compared with that of relatively new dairy farms in order to observe possible environmental trends.

MATERIALS AND METHODS

A. Sampling of experimental farms

Forty-seven smallholder dairy farms were used in this study, 43 farms from older dairy cooperative (Nongpho Dairy Cooperative, NP) as described by Skunmun et al. (1998) and 4 farms from a relatively new dairy cooperative (Kamphaengsaen Dairy Cooperative, KS). The older dairy farms ranged from 18 ± 7 to 19 ± 7 years of operation, while the new dairy farms only 8 ± 3 years. The locations of the two groups of dairy farms were approximately 30 km apart with similar agro-ecological conditions. The NP farms were selected from 3 areas i.e. A = irrigated area, B = municipality area, and C = factory area; and from each area a number of farms were selected according to 3 levels of farm crowdedness or density i.e. 1 = very crowded, 2 = crowded, and 3 = not crowded (see table 1).

Table 1. Number of experimental farms classified by areas and stock densities

Area	NP 1	NP 2	NP 3	KS
A	5	7	3	
B	4	6	4	
C	5	5	4	
Total	14	18	11	4
Ave. no. of year in operation	18 ± 7	19 ± 7	18 ± 8	8 ± 3

Crowdedness of sample farms was based on physical proximity to neighboring farms, stocking rates, location of dairy barns (e.g. barn under the house, barn attached

¹ Corresponding Author: C. Chantalakhana

Received April 4, 1998; Accepted October 10, 1998

to the house, barn being separated but close to the house, etc), and surrounding conditions. The classification of the degree of farm crowdedness was based on subjective judgement of the cooperative dairy extension workers and the researchers. It was anticipated that more crowded farms should have greater difficulty in disposal of animal wastes, hence, will be reflected by some waste parameters which were measured by chemical analyses of farm water and soil properties.

B. Water and soil sampling

1) Water samples consisted of water from three sources : waste water from dairy barn, well water, and water from public waterways passing near some sample farms.

Waste water: Waste water samples were collected from liquid-waste disposal ditch behind cow barn, where the ditch could be cement or earthen floor. One sample of waste water from each farm was collected every month during 12-month period (May 1996 to April 1997) for chemical analysis. The following waste water parameters were measured i.e. pH, EC (electrolytic conductivity), TS (total solid), COD (chemical oxygen demand), BOD (biological oxygen demand), $\text{NH}_3\text{-N}$ (ammonia nitrogen), and $\text{NO}_3\text{-N}$ (nitrate nitrogen).

Well water : Most smallholder dairy farms (63-77%) at NP and all farms at KS, obtained water supply from deep wells. The number of wells used to study the quality of water supply are shown in table 2. A water sample from each well was taken for chemical analysis three times within a year i.e. May (summer), July (rainy season), and January (cool season). The following chemical properties were measured : pH, EC, chloride, nitrate, hardness, total coliform, and faecal coliform.

Table 2. Number of sample farm wells with different depths

Farm	Depth of well (m)			Total
	6	20-30	32-50	
NP	1	5	7	13
KS	-	-	1	1

Water from public waterways : Water samples from public waterways were collected from four locations at NP. One sample from each location (small canal) was collected every month for 12 months (one year) for chemical analysis in order to measure the same set of waste parameters as that for waste water from dairy barns.

2) Soil samples from farm areas where farmers commonly used for drying and storing manure were collected once every season (May, August, January) from 16 farms at NP and 1 farm at KS for chemical analysis. The following soil parameters were measured : pH, EC, K, P_2O_5 , total N, $\text{NH}_3\text{-N}$, and $\text{NO}_3\text{-N}$.

RESULTS AND DISCUSSION

A. Differences of waste water parameters between old and new dairy farms

The data on waste water parameters studied during a 12-month period in order to compare a group of small holder dairy farms (43 farms) from older (NP) with another group (4 farms) from new site (KS) consistently indicated that waste-water samples from the old farms (NP) were higher in every parameter than that of the new farms (KS), see figures 1 to 3 for TS, COD, and BOD. The analysis of variance (ANOVA) in order to test the difference between NP and KS is shown in table 3, where 4 groups of farms NP1 (very crowded NP farms), NP2 (crowded NP farms), NP3 (Not crowded NP farms), and KS farms (not crowded) were compared within months. Although the differences among groups were highly significant only for COD, but with prior background knowledges of the differences between NP and KS farms further *lsd* (least significant difference) test was carried out as shown in the same table. The results of *lsd* test indicated highly significant differences ($p < 0.01$) between NP and KS for EC, TS, COD, and $\text{NO}_3\text{-N}$, and significant differences ($p < 0.05$) for BOD, $\text{NH}_3\text{-N}$, and pH of waste water.

It can be seen that the waste water from older and more crowded dairy farms (NP) contained much higher

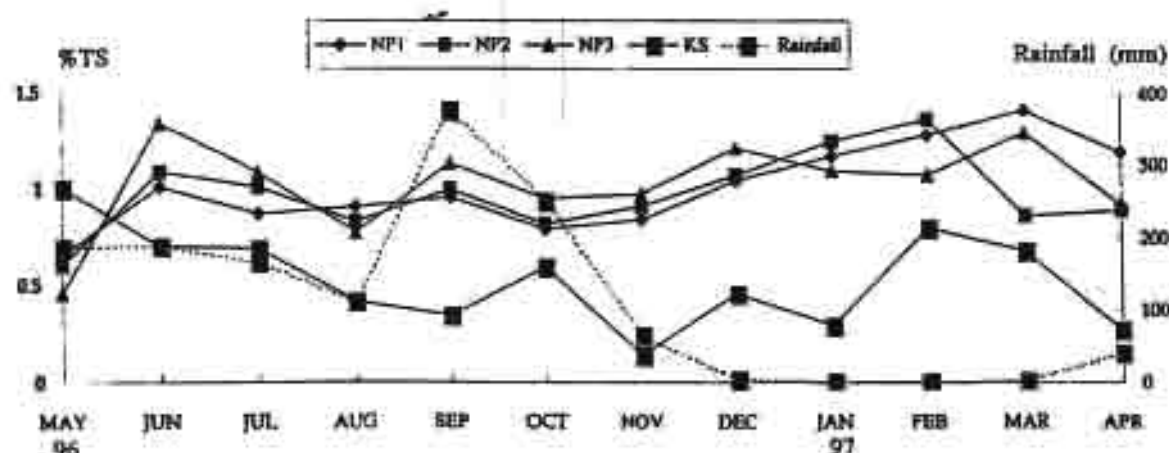


Figure 1. Monthly averages of TS (total solid) in waste water of dairy farms

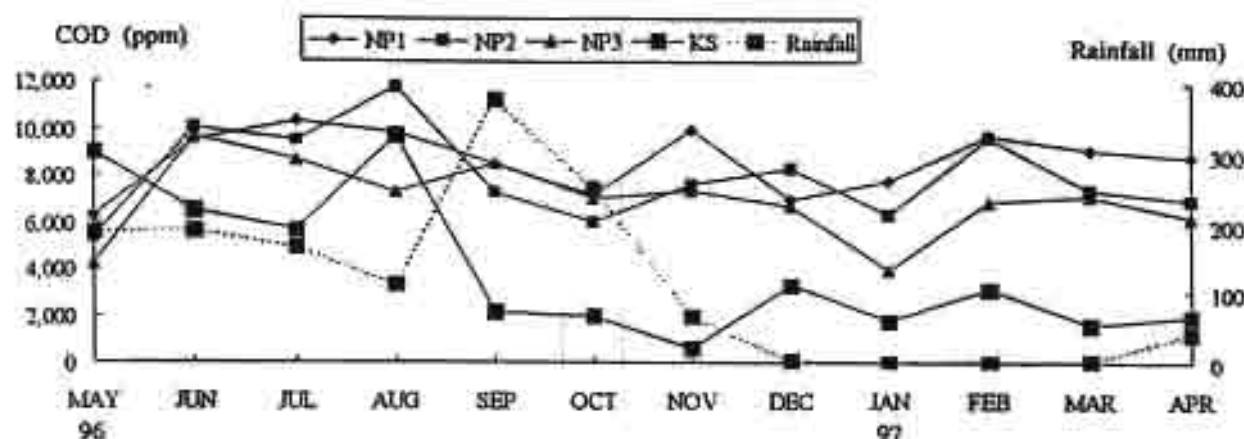


Figure 2. Monthly averages of COD in waste water of dairy farms

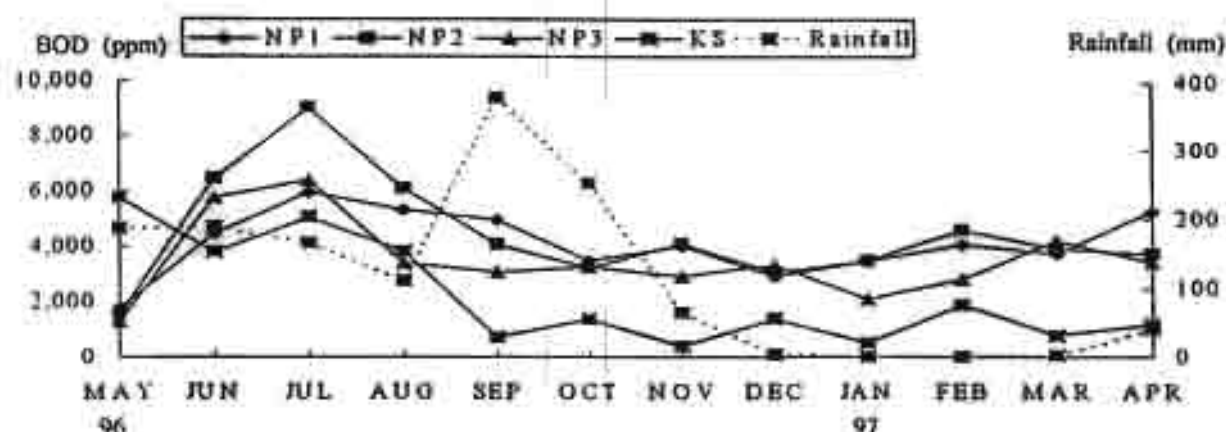


Figure 3. Monthly averages of BOD in waste water of dairy farms

Table 3. ANOVA of waste water parameters of NP and KS farms

SOV	df	MS						
		pH	EC	TS	COD(10 ³)	BOD(10 ³)	NH ₃ -N	NO ₃ -N
Months(M)	11	0.0891	127.99	1.27	71.33	84.16	1.20	470.77
Groups(G)/M	36	0.2708	78.28	0.56	42.49**	14.58	1.03	84.75
Farms	522	0.3116	59.17	0.53	24.56	10.95	1.24	85.44
Total	569							
Parameter	Unit	Average ¹				Significance ²	lsd (0.05)	lsd (0.01)
		NP1	NP2	NP3	KS			
EC	ms ³	10.79	10.70	10.51*	5.88	**	2.50	3.32
TS	%	1.006	0.961	0.998	0.534	**	0.238	0.313
COD	ppm	8.860	7.992	7.063	3.954	**	1.625	2.135
BOD	ppm	3.882	4.262	3.461	2.226	*	1.083	1.424
NH ₃ -N	ppm	847	837	743	286	*	365	480
NO ₃ -N	ppm	11.87	12.12	11.67	5.41	**	3.30	4.34
pH		8.03	8.00	7.97	7.76	*	0.183	0.240

¹ NP = Nongpho, KS = Kamphaengsaen.² Difference between KS average and lowest NP average, * = p<0.05 and ** = p<0.01.³ ms = millisiemen.

* Averages with underline were not significantly different.

Table 4. ANOVA for waste water parameters of NP farms

SOV	df	MS				COD	
		pH	EC	BOD		df	MS (10 ³)
Seasons (S)	2	0.073	20.6	116.7		2	21.4
Months (M)/S	9	0.113	154.0	77.7**		9	64.9
Areas (A)/M/S	24	0.412	117.2	14.3		24	34.3
Groups (G)/A/M/S	72	0.264	72.9*	16.3**		72	46.5**
Farms	414	0.300	54.3	10.4		413	21.4
Total	521					520	

SOV	NH ₃ -N		NO ₃ -N		TS	
	df	MS(10 ³)	df	MS	df	MS
Seasons (S)	2	3.06	2	1549.7*	2	1.70
Months (M)/S	9	1.07	8	204.9	9	1.38**
Areas (A)/M/S	24	1.05	22	189.2*	24	0.60
Groups (G)/A/M/S	72	1.24	66	98.3	72	0.62
Farms	413	1.32	361	79.4	411	0.51
Total	520		459		518	

* Error probability <0.05 or 5%, ** Error probability <0.01 or 1%.

levels of all waste water parameters than that from relatively newer and not crowded farms (KS). The levels of COD and BOD as well as EC and TS of KS farms were much lower, in some cases almost a half of NP averages. The NH₃-N and NO₃-N averages of KS farms in most cases were less than a half of the NP values. The pH values of waste water from NP farms were a little higher than that of KS farms and significant. These results could reflect the fact that due to high degree of farm crowdedness at NP and longer existence of NP dairy farms, while waste management systems were minimal, the liquid wastes which were released from dairy barns into surrounding areas contained much higher organic and inorganic substances which could eventually cause environmental pollution. Since the KS dairy farms were newer and located in a more open and expanded area, the waste water appeared to contain less amounts of organic and inorganic substances, but in the future the situation could become similar to the NP farms in a long term when dairy farming becomes more intensive but effective waste management facilities remain lacking.

B. Differences of waste water parameters due to other factors

For the data of NP farms, the analysis of variance for each parameter of the waste water was conducted using hierarchical classification with unequal subclass numbers. The results of ANOVA are presented in table 4.

1) Seasonal variation

The differences of waste-water parameters due to seasons, i.e. summer (March-June), rainy season (July-October), and dry or cool season (November-February),

were not significant except that for NO₃-N ($p < 0.05$). The differences of the parameters between months within season were highly significant for BOD and TS but non-significant for the others.

2) Variation due to areas and farm crowdedness

The differences of waste-water parameters due to three different farm areas (irrigated area, municipality area, and factory area) were non-significant except that for NO₃-N ($p < 0.05$). It was noted that the 12-month average of NO₃-N in waste water from the farms in irrigated area was slightly higher than those of the other two areas (13.4 vs. 10.1, 10.5 ppm). For the differences due to the degrees of farm crowdedness, it was found that the values for COD and BOD were highly significantly different, with the very crowded farms in irrigated and municipality areas having the highest averages, and the crowded farms in factory area having the highest values. The differences of EC values due to farm crowdedness was significant, while the rest of the parameters (pH, TS, NH₃-N, NO₃-N) were not.

C. Relationship of waste-water parameters

Simple correlation coefficients between pairs of the waste-water parameters were calculated for each month of the 12-month period of study, and the correlation estimates which are consistently significant or highly significant are shown in table 5. It can be seen that some waste-water parameters were highly correlated, for example, TS with COD, BOD, and NH₃-N; and COD with BOD. These results indicated that a certain parameters can be used to predict the other in case they were highly correlated. This information can be useful when chemical analysis of any particular parameter in

waste water was not possible either due to high costs or a lack of laboratory equipment. For example, EC was found to be highly correlated with TS in this study, as also reported by Menasveta (1995), which means that either one of these two parameters can be used to reflect water quality.

Table 5. Correlation coefficients of waste water parameters

Correlation coefficient	Lowest-highest estimate	Significant level and number of estimates	
		p<0.05	p<0.01
pH - EC	0.326-0.699	1	11
- NH ₃ -N	0.305-0.791	2	10
EC - TS	0.622-0.936	0	12
- COD	0.464-0.869	0	12
- BOD	0.402-0.784	0	12
- NH ₃ -N	0.382-0.904	1	11
TS - COD	0.634-0.896	0	12
- BOD	0.432-0.882	0	12
- NH ₃ -N	0.447-0.793	0	12
COD - BOD	0.432-0.902	0	12

D. Properties of water from wells and public waterways and farm soil

1) Well water

Some chemical and biological properties of well water which were examined in this study are shown in table 6.

In general it can be said that many quality criteria

farms and reported that only 47% of water samples from deep wells with more than 18-m in depth contained less than 10 mg/l of nitrate, while only 14% for water samples from deep wells of less than 18-m in depth contained nitrate less than 10 mg/l. Source of contamination was mainly from cow loafing area.

2) Water samples from public waterways

The water samples used in this study were collected from 4 small canals (sites) which passed by some dairy farms at NP. The values for water parameters are shown in table 7, which were average values of 12 month observations. The values for EC, TS, COD, and BOD for water sample from site (A) were distinctively higher than the other three sites because the canal at site (A) was very near to a dairy barn where liquid manure could easily contaminate the water samples. No definite seasonal trend of canal water parameters was observed during the 12-month period of study.

3) Soil

The results from soil sample analysis are presented in table 8, they were soil samples from 16 farms at NP and 1 farm at KS, plus soil samples from virgin soils at NP and KS which were collected from land area where no cropping and no fertilizer were applied in the past. Farm soil samples from areas under long exposure to cow manure appeared to be much higher for the values of EC, K, P₂O₅, and NO₃-N, but not consistently for total N and NH₃-N, as compared with soil samples from virgin soils. The value for NO₃-N in the soil sample from NP farms were 1.5 to 35 times of the virgin soils, while those from KS farm were only 2.6 to 3.1 times.

Table 6. Some parameters of well water from dairy farms

Parameter	Standards for unground water ¹	NP Farms				KS Farms	
		May	Jul.	Jan.	Ave.	Range	Ave.
pH	7.0-8.5	6.56-6.79	6.69-8.16	6.97-7.73	6.8-7.6	7.01-7.62	7.3
EC	0.0005-1 ms	0.5-6.3	0.49-5.8	0.53-6.05	0.62-6.05	1.2-1.65	1.43
Chloride	250-600 ppm	22-664	27-642	41-619	39-605	104-173	144
Nitrate	<10 ppm	0-39	0-38	0-31	0.3-36	6.7-37	21
Hardness	300-500 ppm	123-1474	91-1202	84-1267	97-1314	352-523	446
Total coliform	2.2 MPN/100 ml	0-2400	0-2400	0-2400	0-1673	0-33	16
Faecal coliform	2.2 MPN/100 ml	0-2400	0-2400	0-350	0-1656	0-33	16

¹ Sirlsingh, 1982.

of well water used in dairy farms, which were mostly from deep wells of 20 to 50 m in depth, were close to government standards for deep-well water (pH, EC, chloride, and hardness). But some water samples were high for nitrate, total coliform, and faecal coliform, which indicated that there could be contamination due to possible seepage of liquid manure into underground water. The water samples from a shallow well were much higher in EC, chloride, nitrate, and hardness than the water from deep wells, while faecal coliform was as high as 2400 MPN/100 ml. Gould (1995) studied the contamination of nitrate to underground water in dairy

Table 7. Parameters of water samples from four public waterways

Parameter	Unit	Public Waterway : Sites			
		A	B	C	D
pH		6.86	6.65	6.78	7.17
EC	ms	3.01	1.30	1.49	1.26
TS	%	0.74	0.10	0.11	0.26
COD	ppm	2,872	1,129	332	4,415
BOD	ppm	1,261	198	175	542
NH ₃ -N	ppm	47.67	28.33	31.83	42.18
NO ₃ -N	ppm	3.50	5.98	3.37	4.27

Table 8. Chemical analysis of soil samples from dairy farms

Parameter	NP virgin soil		NP(16 farms)			
	1	2	May	Aug.	Jan.	Ave.
pH	6.81	7.53	6.47-8.29	6.45-7.56	6.89-8.24	6.70-7.88
EC	0.05	0.54	0.30-1.85	0.23-1.50	0.23-1.20	0.31-1.45
K	100.4	90.1	1244-3851	387-3264	914-2884	848-3176
P ₂ O ₅	7.90	7.88	7.1-169.3	26.5-369.1	6.5-194.7	14.4-224.3
Total N	0.06	0.09	0.003-0.064	0.006-0.670	0.084-0.300	0.046-0.120
NH ₃ -N	1.05	0.52	0.10-1.22	0-1.75	0.52-1.40	0.44-0.96
NO ₃ -N	0.91	0.84	3.36-31.92	1.40-13.16	1.40-8.57	3.10-13.77
Parameter	KS (N=1 farm)		KS (N=1 farm)			
	Virgin soil	May	Aug.	Mar.	Ave.	
pH	7.58	8.55	8.22	8.00	8.26	
EC	0.52	0.35	0.49	2.80	1.21	
K	315.0	1904.9	1804.0	1604.5	1771.1	
P ₂ O ₅	13.75	13.49	56.31	97.94	55.91	
Total N	0.15	0.02	0.02	0.09	0.04	
NH ₃ -N	0.98	1.22	0.35	0.28	0.62	
NO ₃ -N	1.75	5.35	4.55	6.16	5.37	

Note: Units of measurement being EC (ms), K (mg/kg), P₂O₅ (mg/100g), Total N (g/100 g), NH₃-N (mg/100g), NO₃-N (mg/100g).

The lower values for total N in many farm soil samples comparing with virgin soil could indicate more leaching and conversion of N in farm soils. The values for K for both NP and KS farm soils were 8-30 times larger than that of virgin soil. Obviously these soil components such as NO₃-N could leach from top soil to underground level if exposed to manure for a long period of time and may eventually contaminate underground water.

CONCLUSION

The results from this investigation clearly showed the need for implementing appropriate waste management systems for smallholder dairy farms in Thailand and in other developing countries. Although each farm may have only small numbers of dairy animals, in this case approximately 20 animals, but when a large number of farms existed in small area the bulk of animal wastes produced each day can create long-term environmental problems for farmers themselves as well as for other people in neighboring areas. Liquid wastes from dairy farms could contaminate water resources and public waterways. Piling and drying of manure on bare land surface could result in leaching and seeping of inorganic and organic matters to underground water. It is recommended that low-cost cement floor for drying manure should be constructed on smallholder dairy farms, including cement drainage ditches for waste water and liquid manure disposal and sewage tanks for holding of liquid waste outside dairy barn. These low-cost facilities should be viewed as a short-term solution and should help prevent much pollution from dairy farms.

Other long-term investment such as central water treatment systems or biogas gas digester can be useful but requires careful planning with active farmer participation in decision-making process.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research project has been financially supported by the Thailand Research Fund (TRF) through the TRF Senior Research Fellow Program. The TRF is an autonomous research funding agency of the Government of Thailand.

REFERENCES

- Chantachana, C. 1994. Status of dairy production and product development in Thailand: Guidelines for future research and development. The Thailand Research Fund, Bangkok. p. 96. (In Thai).
- Gould, M. C. 1995. Nitrate-nitrogen levels in well water in the little River/Rooty Creek agricultural non-point source hydrological unit area. In *Animal Waste and the Land-Water Interface*, edited by K. Steel, Lewis Publishers, NY. p. 251-255.
- Menaveta, P. 1995. Water Resources and Pollution Problems. Chulalongkorn Publishing Office, Bangkok. p. 318. (In Thai).
- Sirisingh, K. 1982. Chemistry of Water and Dirty Water and Analysis. Prayoonwong Co. Ltd., Bangkok. (In Thai).
- Skunmun, P., J. Boonsom, S. Kaewsaen, and C. Chantachana. 1998. Environmental conditions and resource management in smallholder dairy farms in Thailand I. Production systems and management of resources. *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* (In press).

คุณภาพสิ่งแวดล้อมในฟาร์มโคนม 1. น้ำเสีย

รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล¹, ทวีพร พูนคุชิต², ศกาศพรรณ สกุนมัน² และ จริญญา จันทลักขณา²

1 งานวิจัยสภาวะแวดล้อม ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยฯ สถาบันวิจัยฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน

2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้ทำการศึกษาคุณภาพทางเคมีและชีวภาพ ของน้ำทิ้งจากคอกโคนมของเกษตรกรรายย่อยในเขตหนองโพ จังหวัดราชบุรี โดยเก็บตัวอย่างจาก 43 ฟาร์ม ซึ่งเป็นตัวแทนจากการแบ่งเขตตามพื้นที่ที่ตั้งฟาร์ม คือเขตชลประทาน เขตสุขาภิบาล และเขตอุตสาหกรรม และจำแนกฟาร์มตามความหนาแน่นเป็น 3 ประเภท คือหนาแน่นมาก หนาแน่นน้อย และไม่หนาแน่น ทั้งนี้ยังศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากฟาร์มที่ อ.กำแพงแสน เพื่อเปรียบเทียบ พบว่าคุณภาพน้ำทิ้งโดยเฉพาะอย่างยิ่ง BOD₅ และ COD มีความแตกต่างระหว่างระดับความหนาแน่นของฟาร์มในเขตเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำทิ้งในฟาร์มเขตชลประทานและสุขาภิบาล ที่พบในระดับหนาแน่นมากมีค่าสูงถึง 10,536 และ 10,091 ppm ตามลำดับ และคุณภาพน้ำทิ้งในฟาร์มโคนมหนองโพมีค่าความสกปรกสูงกว่าคุณภาพน้ำทิ้งในฟาร์มโคนมกำแพงแสน จากการศึกษาคุณภาพน้ำคลองสาธารณะในเขต อ.หนองโพ พบว่ามีค่าความสกปรกสูงมากควรได้รับการบำบัดหรือหาแนวทางห้ามการระบายน้ำทิ้งลงสู่คลองโดยตรง

Environmental Conditions in Smallholder Dairy Farms

1. Waste Water and Public Khlong

Roongnapa Korpraditskul¹, Taweeporn Poondusit², Pakapun Skunmun² and Charan Chantalakhana²

1 Environmental Science Laboratory, KURDI, Kasetsart University, Kamphaengsaen

2 BPRADec, SARDI, Kasetsart University

Waste water were collected from 43 smallholder dairy farms in Nong Pho, Ratchaburi Province for chemical analysis. The farm level was categorized by the crowdedness of dairy cow in the barns. The farms were also classified according to the different locations i.e. irrigation area, municipally area and industry area. Waste water was also collected from dairy farm in Kamphaengsaen, Nakhon Pathom for comparison. The significant differences of BOD₅ and COD values were found between the level of crowdedness in the farm located in the same area. The average COD value in the level-1 farm in irrigation and municipally area were relatively high i.e. 10,536 and 10,091 ppm, respectively. The quality of waste water of the farm in Nong Pho is much lower than those found in Khamphaengsaen. In addition, the water quality in public Khlong in Nong pho was very low. It is suggested that the water in the studied Khlong should be treated properly.

Environmental Conditions in Smallholder Dairy Farms

I. Waste Water

Roongnapa Korpraditskul¹, Taweeporn Poondusit², Pakapun Sknumun² and Charan Chantalakhana²

1 Environmental Science Laboratory, KURDI, Kasetsart University, Kamphaengsaen

2 BPRADEC, SARDI, Kasetsart University

Waste water were collected from 43 smallholder dairy farms in Nong Pho, Ratchaburi Province for chemical analysis. The farm level was categorized by the crowdnness of dairy cow in the barns. The farms were also classified according to the different locations *i.e.* irrigation area, municipally area and industry area. Waste water was also collected from dairy farm in Kamphaengsaen, Nakhon Pathom for comparison. The significant differences of BOD₅ and COD values were found between the level of crowdnness in the farm located in the same area. The average COD value in the level-1 farm in irrigation and municipally area were relatively high *i.e.* 10,536 and 10,091 ppm, respectively. The quality of waste water of the farm in Nong Pho is much lower than those found in Khamphaengsaen. In addition, the water quality in public Khlong in Nong pho was very low. It is suggested that the water in the studied Khlong should be treated properly

Keywords : waste water, smallholder dairy farm, environmental conditions, water quality

R. Korpraditskul : rdirnk@nontri.ku.ac.th

คุณภาพสิ่งแวดล้อมในฟาร์มโคนม 1. น้ำเสีย

รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล¹, ทวีพร พูนสุติ², พกพูน สกุนมัน² และ จริญญา จันทลักขณา²

1 ภาควิชาสหภาวะแวดล้อม ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยฯ สถาบันวิจัยฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน

2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค สถาบันสุวรรณวรางคมกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้ทำการศึกษาคุณภาพทางเคมีและชีวภาพ ของน้ำทิ้งจากคอกโคนมของเกษตรกรรายย่อยในเขตหนองโพ จังหวัดราชบุรี โดยเก็บตัวอย่างจาก 43 ฟาร์ม ซึ่งเป็นตัวแทนจากการแบ่งเขตตามพื้นที่ที่ตั้งฟาร์ม คือเขตชลประทาน เขตสุขาภิบาล และเขตอุตสาหกรรม และจำแนกฟาร์มตามความหนาแน่นเป็น 3 ประเภท คือหนาแน่นมาก หนาแน่นน้อย และไม่หนาแน่น ทั้งนี้ยังศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากฟาร์มที่ อ.กำแพงแสน เพื่อเปรียบเทียบ พบว่าคุณภาพน้ำทิ้งโดยเฉพาะอย่างยิ่ง BOD₅ และ COD มีความแตกต่างระหว่างระดับความหนาแน่นของฟาร์มในเขตเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำทิ้งในฟาร์มเขตชลประทานและสุขาภิบาล ที่พบในระดับหนาแน่นมากมีค่าสูงถึง 10,536 และ 10,091 ppm ตามลำดับ และคุณภาพน้ำทิ้งในฟาร์มโคนมหนองโพมีค่าความสกปรกสูงกว่าคุณภาพน้ำทิ้งในฟาร์มโคนมกำแพงแสน จากการศึกษาคุณภาพน้ำคลองสาธารณะในเขต อ.หนองโพ พบว่ามีค่าความสกปรกสูงมากควรได้รับการบำบัดหรือหาแนวทางห้ามการระบายน้ำทิ้งลงสู่คลองโดยตรง

Environmental Conditions in Smallholder Dairy Farms

I. Waste Water

Roongnapa Korpraditskul¹, Taweepon Poonsut², Pakapun Skunmun² and Charan Chantalakhana²

1 Environmental Science Laboratory, KURDI, Kasetsart University, Kamphaengsaen

2 BPRADec, SARDI, Kasetsart University

Waste water were collected from 43 smallholder dairy farms in Nong Pho, Ratchaburi Province for chemical analysis. The farm level was categorized by the crowdedness of dairy cow in the barns. The farms were also classified according to the different locations i.e. irrigation area, municipally area and industry area. Waste water was also collected from dairy farm in Kamphaengsaen, Nakhon Pathom for comparison. The significant differences of BOD₅ and COD values were found between the level of crowdedness in the farm located in the same area. The average COD value in the level-1 farm in irrigation and municipally area were relatively high i.e. 10,536 and 10,091 ppm, respectively. The quality of waste water of the farm in Nong Pho is much lower than those found in Kamphaengsaen. In addition, the water quality in public Khlong in Nong pho was very low. It is suggested that the water in the studied Khlong should be treated properly.

คุณภาพสิ่งแวดล้อมในฟาร์มโคนม 1. น้ำเสีย

Environmental Conditions in Smallholder Dairy Farms 1. Waste Water

รุ่งนภา ก่อประติษฐ์สกุล¹, ทวีพร พูนตุลิต², เอกพรณ สกุลมัน² และ จวิฏ จันทลักขณา²

Roongnapa Korpraditsakul¹, Taweepon Poondulit², Pakapun Skunmun² and Charan Chantalekhana²

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาคุณภาพทางเคมีและชีวภาพ ของน้ำทิ้งจากคอกโคนมของเกษตรกรรายย่อยในเขตหนองโพ จังหวัดราชบุรี โดยเก็บตัวอย่างจาก 43 ฟาร์ม ซึ่งเป็นตัวแทนจากการแบ่งเขตตามพื้นที่ที่ตั้งฟาร์ม คือเขตชลประทาน เขตสุขาภิบาล และเขตอุตสาหกรรม และจำแนกฟาร์มตามความหนาแน่นเป็น 3 ประเภท คือหนาแน่นมาก หนาแน่นน้อย และไม่หนาแน่น ทั้งนี้ยังศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากฟาร์มที่ อ.กำแพงแสน เพื่อเปรียบเทียบ พบว่าคุณภาพน้ำทิ้งโดยเฉพาะอย่างยิ่ง BOD₅ และ COD มีความแตกต่างระหว่างระดับความหนาแน่นของฟาร์มในเขตเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำทิ้งในฟาร์มเขตชลประทานและสุขาภิบาล ที่พบในระดับหนาแน่นมากมีค่าสูงถึง 10,536 และ 10,091 ppm ตามลำดับ และคุณภาพน้ำทิ้งในฟาร์มโคนมหนองโพมีค่าความสกปรกสูงกว่าคุณภาพน้ำทิ้งในฟาร์มโคนมกำแพงแสน จากการศึกษาคุณภาพน้ำคลองสาธารณะในเขต อ.หนองโพ พบว่ามีค่าความสกปรกสูงสมควรได้รับการบำบัดหรือหาแนวทางห้ามการระบายน้ำทิ้งลงสู่คลองโดยตรง

ABSTRACT

Waste water were collected from 43 smallholder dairy farms in Nong Pho, Ratchaburi Province for chemical analysis. The farm level was categorized by the crowdedness of dairy cow in the barns. The farms were also classified according to the different locations i.e. irrigation area, municipally area and industry area. Waste water was also collected from dairy farm in Kamphaengsaen, Nakhon Pathom for comparison. The significant differences of BOD₅ and COD values were found between the level of crowdedness in the farm located in the same area. The average COD value in the level-1 farm in irrigation and municipally area were relatively high i.e. 10,536 and 10,091 ppm, respectively. The quality of waste water of the farm in Nong Pho is much lower than those found in Khamphaengsaen. In addition, the water quality in public Khlong in Nong pho was very low. It is suggested that the water in the studied Khlong should be treated properly.

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ฝ่ายปฏิบัติการวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Environmental Science Laboratory, Central Laboratory and Greenhouse Complex, KURDI, Kasetsart University

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์และโค สถาบันสุวรรณวาลกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

BPRADec, SARDI, Kasetsart University

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนด้านการเงินจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว) โดยผ่านทางโครงการเนวิจันยาวิไล ซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คำนำ

การเลี้ยงโคนมในเขตหนองโพ จ. ราชบุรีในรูปสหกรณ์ได้ดำเนินการมานานกว่า 40 ปีและประสบผลสำเร็จอย่างดี (เจริญ จันทลักษณ์, 2538) ปัจจุบันสหกรณ์โคนมนี้มีสมาชิกมากกว่า 4000 ราย มีจำนวนวัวประมาณ 70,000 ตัว มีรายงานวัวโคโต้นม 1 ตัวถ่ายมูลวันละ 45.5 กก.และเยี่ยววันละ 13.4 ลิตร (Harada, 1996) คาดว่าน้ำทิ้งและมูลที่เกิดขึ้นประจำวันในเขตหนองโพเกิดขึ้นมากกว่า 5000 ตันต่อวัน แม้ว่าในทางปฏิบัติมูลโคส่วนหนึ่งจะแยกออกไปตากเพื่อขายเป็นปุ๋ย ปริมาณน้ำทิ้งที่เหลือส่วนใหญ่จะไหลไปตามรางระบายออกไปสู่พื้นที่ภายนอกหรือบางครั้งไหลลงไปสู่คลองสาธารณะ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาปริมาณ ชนิด และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำทิ้งจากคอกโคที่ดำเนินการมานาน (หนองโพ) และเปรียบเทียบกับคอกโคค่อนข้างใหม่ที่บริเวณคอกกว้างขวางกว่า (อ. กำแพงแสน, จ. นครปฐม) และทำการศึกษาคูณภาพน้ำในคลองสาธารณะที่ไหลผ่านบริเวณการเลี้ยงโคนมที่หนองโพอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ฟาร์มผู้เลี้ยงโคนมเป้าหมาย :

ฟาร์มโคนมเป้าหมายคือฟาร์มสมาชิกสหกรณ์โคนมหนองโพ ราชบุรี จำกัด อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี ซึ่งผู้วิจัยได้จำแนกพื้นที่ที่ตั้งฟาร์มเป็น 3 เขต คือ เขตชลประทาน (เขต ข) คือ บริเวณที่มีน้ำชลประทานไปถึง เขตภูเขาภิบาล (เขต ก) คือ บริเวณที่อยู่ในเขตเทศบาล และเขตอุตสาหกรรม (เขต อ) คือ บริเวณที่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่หนาแน่น และยังได้จำแนกฟาร์มตามสภาพความหนาแน่นออกเป็น 3 ประเภท โดยพิจารณาจากความใกล้ชิดติดกันกับฟาร์มโคนมอื่น ตำแหน่งที่ตั้งคอกโค จำนวนโคต่อพื้นที่ และสภาพแวดล้อมของฟาร์ม ได้แก่ฟาร์มที่มีสภาพหนาแน่นมาก(ฟาร์มระดับ 1) ฟาร์มมีสภาพหนาแน่นน้อย(ฟาร์มระดับ 2) และ ฟาร์มมีสภาพไม่หนาแน่น (ฟาร์มระดับ 3)

การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและน้ำคลองสาธารณะ:

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเดือนละ 1 ครั้ง (พฤษภาคม 2539-เมษายน 2540) รวม 12 ครั้งเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจาก 43 ฟาร์ม และ 4 ฟาร์มจากสหกรณ์หนองโพและสหกรณ์กำแพงแสนตามลำดับ (ตารางที่ 1) ส่วนน้ำในคลองสาธารณะเก็บจากคลองที่ไหลผ่านฟาร์มโคนมในเขตสหกรณ์หนองโพ ตัวอย่างน้ำคลองที่ไหลผ่านฟาร์มโคนมเก็บจาก 4 คลอง คือ (1) คลองบ้านสุมาลัย ผ่านฟาร์มเขตภูเขาภิบาลระดับสอง (2) คลองบ้านเลือก ผ่านฟาร์มเขตภูเขาภิบาลระดับหนึ่ง (3) คลองคอนกระเบื้อง ผ่านฟาร์มเขตอุตสาหกรรมระดับสอง และ (4) คลองใหญ่หนองโพ ผ่านฟาร์มเขตอุตสาหกรรมระดับสาม เก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้งจนครบรอบปี

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและน้ำคลอง:

เก็บน้ำทิ้งที่จุ่มรวมน้ำทิ้งที่ระบายออกจากคอกของแต่ละฟาร์ม โดยพิจารณาในการเก็บไม่ให้ปะปนกับน้ำอาบ หรือน้ำจากการซักล้าง ในกรณีที่บางฟาร์มไม่มีจุดรวมน้ำทิ้งก็จะเก็บตัวอย่างที่วางระบายท้ายคอกแล้วนำมารวมกันเพื่อเป็นตัวแทนน้ำทิ้งของฟาร์มนั้น เก็บตัวอย่างให้ได้ปริมาตร 1 ลิตรแล้วส่งเข้าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทันที ในกรณีน้ำคลองเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (grab sampling)

คุณสมบัติทางเคมีและชีวภาพที่วิเคราะห์:

วิเคราะห์ค่า pH, EC, Total Solid (TS), COD, BOD₅, NH₄-N และ NO₃-N ตามวิธี Standard methods (1981)

Table 1 Number of waste water sampling from studied farm in different class

	level	area			total
		Irrigated	Municipally	Factory	
Nong Pho	FL1	5	4	5	14
	FL2	7	6	5	18
	FL3	3	4	4	11
	Sum	15	14	14	43
Kamphaengsaen	6 samples from 4 farms (2 samples were collected outside farms)				

Note : FL 1 = farm level 1 (very crowded farm), FL 2 = farm level 2 (crowded farm),

FL 3 = (not crowded farm)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพแวดล้อมของฟาร์ม : การเลี้ยงโคเนื้อที่อ. ไพหาราม จ. ราชบุรีดำเนินการมาก่อน พ.ศ. 2502 การเลี้ยงโคเนื้อจะมีลักษณะที่จะอยู่กันเป็นกลุ่มในระยะใกล้เคียงกับศูนย์รวมหรือโรงงานนม เพื่อความสะดวกในการขนส่งนมสู่แหล่งจำหน่ายประจำวัน ฟาร์มโคเนื้อมีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนั้นพื้นที่ที่เคยมีฟาร์มเดียวก็มักแบ่งเป็นหลายฟาร์มเนื่องจากการขยายครอบครัว สภาพโคเนื้อหนองโพซึ่งแม้จะประสบความสำเร็จในด้านการตลาดและการจัดการผลผลิต แต่สภาพคอกที่อยู่ใกล้ชิดที่พักอาศัยรวมทั้งยังไม่มีวิธีการบำบัดที่ดีพอ เหตุการณ์เช่นนี้อาจสะท้อนให้เห็นอนาคตของวิถีชีวิตของฟาร์มโคเนื้อเริ่มใหม่ เช่นสภาพโคเนื้อกำแพงแสนในอีก 30-40 ปีข้างหน้า

น้ำทิ้ง : ผลการวิเคราะห์ pH, EC, $\text{NH}_4\text{-N}$ และ $\text{NO}_3\text{-N}$ ของน้ำทิ้งจากฟาร์มที่หนองโพทั้ง 3 ระดับความหนาแน่นและจากฟาร์มที่กำแพงแสนแสดงไว้ในตารางที่ 2 และค่า Total Solid, BOD_5 และ COD แสดงไว้ในตารางที่ 3 ค่า pH ของน้ำทิ้งจากฟาร์มในเขตชลประทาน และเขตอุตสาหกรรม เฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 8.06, 7.99 และ 8.07 ตามลำดับ ค่า $\text{NH}_4\text{-N}$ และ $\text{NO}_3\text{-N}$ ที่พบที่หนองโพในฟาร์มทั้ง 3 ระดับความหนาแน่นมีค่าสูงกว่าที่พบในฟาร์มกำแพงแสนประมาณหนึ่งเท่า โดยพบค่าเฉลี่ย $\text{NH}_4\text{-N}$ ที่ฟาร์มหนองโพอยู่ในช่วง 759-864 ppm โดยพบที่ฟาร์มกำแพงแสน 303 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$ ที่มีปริมาณสูงเช่นนี้จำเป็นต้องได้รับการบำบัดก่อนปล่อยลงดินและน้ำเนื่องจากก่อให้เกิดมลภาวะได้โดยการเกิด nitrification ที่เป็นขบวนการที่ต้องใช้ออกซิเจน ส่วนค่าเฉลี่ย TS ของน้ำทิ้งจากฟาร์มที่หนองโพทั้ง 3 ระดับความหนาแน่นมีค่า ใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 0.97-1.02 ppm ค่า BOD_5 และ COD ในฟาร์มระดับ 1 และ 2 มีค่าสูงกว่าที่พบในฟาร์มระดับ 3 โดยมีค่า BOD_5 ในฟาร์มระดับ 1 และ 2 เท่ากับ 4,115 และ 4,161 ppm ในขณะที่ฟาร์มระดับ 3 พบค่า BOD_5 3,502 ppm ค่า COD ในฟาร์มระดับ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 8,693 และ 8,030 ppm ขณะที่ฟาร์มระดับ 3 พบค่า COD 7,001 ppm และเมื่อเทียบกับคุณสมบัติของน้ำทิ้งในฟาร์มกำแพงแสนพบค่าทั้งสามต่ำกว่าที่พบจากฟาร์มที่หนองโพมากคือมีค่า TS, BOD_5 และ COD เท่ากับ 0.53, 2,613 และ 3,954 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยปริมาณ COD, BOD_5 และค่า EC ในแต่ละระดับความหนาแน่นของฟาร์มในแต่ละเขตแสดงไว้ในตารางที่ 4 ความแตกต่างระหว่างระดับความหนาแน่นของฟาร์มในเขตเดียวกันมีนัยสำคัญยิ่งสำหรับค่า BOD_5 และ COD และมีนัยสำคัญสำหรับค่า EC ค่าเฉลี่ย COD ในเขตชลประทานและอุตสาหกรรมที่พบในฟาร์มระดับ 1 มีค่าสูงถึง 10,536 และ 10,091 ppm ตามลำดับ คุณสมบัติของน้ำทิ้งของฟาร์มในเขตพื้นที่ต่างๆ

ตามสภาพความหนาแน่นนั้นส่วนใหญ่ไม่พบความแตกต่างยกเว้นค่า $\text{NO}_3\text{-N}$ เท่านั้นที่มีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยที่ค่าเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากฟาร์มในเขตชลประทานมีค่าเฉลี่ย 12 เดือน 13.4 ppm สูงกว่าเขตสุขภาพิบาล และเขตอุตสาหกรรมซึ่งมีค่า 10.1 และ 10.5 ppm ตามลำดับ (data not shown)

Table 2 Some chemical properties of waste water from dairy farm in Nong Pho and Kamphaengsaen

	level	parameters			
		pH	EC(ms)	$\text{NH}_4\text{-N(ppm)}$	$\text{NO}_3\text{-N(ppm)}$
Nong Pho	FL1	8.06	11.5	864	11.6
	FL2	7.99	10.73	851	11.4
	FL3	8.0	10.65	759	11.6
Kamphaengsaen		7.8	5.68	303	5.2

Note : FL 1 = farm level 1 (very crowded farm), FL 2 = farm level 2 (crowded farm),
FL 3 = (not crowded farm).

Table 3 Some chemical properties of waste water from dairy farm in Nong Pho and Kamphaengsaen

	level	parameters		
		Total solid(mg/l)	$\text{BOD}_5\text{(ppm)}$	COD(ppm)
Nong Pho	FL1	1.01	4,115	8,693
	FL2	0.97	4,161	8,030
	FL3	1.02	3,502	7,001
Kamphaengsaen		0.53	2,613	3,954

Note : FL 1 = farm level 1 (very crowded farm), FL 2 = farm level 2 (crowded farm),
FL 3 = (not crowded farm).

Table 4 Average value of COD, BOD_5 and EC in each area at different level in Nong Pho

level	COD(ppm)			$\text{BOD}_5\text{(ppm)}$			EC(ms)		
	Irrig.	Municip	Indust.	Irrig.	Municip	Indust.	Irrig.	Municip	Indust.
FL 1	10,536	10,091	5,432	5,460	4,828	2,120	15.4	12.1	5.7
FL 2	6,301	7,650	10,137	3,832	3,714	5,717	10.9	9.9	11.3
FL 3	7,443	6,197	7,363	3,476	3,000	4,020	12.5	7.8	11.6

Note : FL 1 = farm level 1 (very crowded farm), FL 2 = farm level 2 (crowded farm),
FL 3 = (not crowded farm).

น้ำคลองสาธารณะ: ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำคลอง 4 สาย ในระยะเวลา 12 เดือน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 ค่า pH และ EC ของน้ำคลองต่าง ๆ ที่ศึกษามีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปี ค่าเฉลี่ย EC ของน้ำคลองบ้านสุมาลัยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (3.14 ms) ค่าเฉลี่ยของน้ำคลองบ้านเลือกต่ำสุด (1.35 ms) เช่นเดียวกับค่า TS ซึ่งน้ำคลองบ้านสุมาลัยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.79%) ส่วนค่าเฉลี่ย TS ของน้ำคลองคอนกระเบื้องมีค่าต่ำสุด (0.07%) ค่า TS โดยทั่วไปของน้ำคลองในระยะ 12 เดือนขึ้นลงอยู่ใกล้เคียงกัน

Table 5 Some chemical properties of water in Public Khlong in Nong Pho

อัตรา

parameter	Khleng al Nong Pho			
	Sumarn	Ban Lueag	Don Krabuang	Khleng Yai
pH	6.86	6.65	6.78	7.17
EC(ms)	3.01	1.28	1.49	2.26
NH ₄ -N(ppm)	47.67	25.33	31.83	42.18
NO ₃ -N(ppm)	7.70	8.27	3.37	4.28
Total solid (%)	0.74	0.1	0.11	0.27
BOD ₅ (ppm)	1261.0	198.2	175.5	542.5
COD(ppm)	2869	1129	332	442

ค่า COD ของน้ำคลองบ้านสุมาลย์เฉลี่ยสูงสุด (3,075 ppm) น้ำคลองคอนกระเบื้องมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด(361 ppm)ในทำนองเดียวกัน ค่า BOD₅ ของน้ำคลองบ้านสุมาลย์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (1,106 ppm)

ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน (NH₄-N) ของน้ำคลองบ้านสุมาลย์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (47 ppm) และน้ำคลองบ้านเลอกเฉลี่ยต่ำสุด (29 ppm) จากการศึกษาค่า EC, TS, COD, BOD₅ และ NH₄-N ในน้ำคลองบ้านสุมาลย์มีค่าสูงสุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะร่องคูคลองบ้านสุมาลย์ผ่านคอกเลี้ยงโคแม่ใกล้ที่สุด น้ำล้างคอกไหลลงสู่คลองโดยตรง ตัวอย่างน้ำคู คลองที่เก็บไปวิเคราะห์จึงมีค่าพารามิเตอร์สูงมากเมื่อเทียบกับน้ำคลองอื่นๆ ซึ่งคลองอื่นๆ ผ่านฟาร์มโคแม่ในระยะที่ห่างกว่า อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำในคลองที่หนองโพนี้ มีค่า BOD₅ สูงมากเมื่อเทียบกับค่า BOD₅ ของน้ำในคลองในพื้นที่การเกษตรและพื้นที่อุตสาหกรรมซึ่งมีค่า 6 และ 12.33 ppm (Pignon *et al.*, 2540) ตามลำดับ

ดังนั้นคุณภาพน้ำในคลองที่หนองโพจัดอยู่ในประเภทน้ำเสียจำเป็นต้องได้รับการบำบัดหรือหาแนวทางห้ามการระบายน้ำทิ้งลงสู่คลองโดยตรง เนื่องจากค่า COD และ BOD ที่สูงขนาดนี้จะทำให้เกิดการใช้ออกซิเจนไปอย่างรวดเร็วยากต่อการบำบัดให้กลับคืนสภาพเดิมได้

สรุป

ค่าเฉลี่ย COD ของน้ำทิ้งในฟาร์มในเขตชลประทานและสุราษฎร์ธานีพบในฟาร์มระดับหนาแน่นมากมีค่าสูงถึง 10,536 และ 10,091 ppm ตามลำดับ ความแตกต่างระหว่างระดับความหนาแน่นของฟาร์มในเขตเดียวกันมีนัยสำคัญยิ่งสำหรับค่า BOD₅ และ COD และคุณภาพน้ำทิ้งในฟาร์มโคแม่หนองโพมีความสกปรกสูงกว่าคุณภาพน้ำทิ้งในฟาร์มโคแม่กำแพงแสน

คุณภาพน้ำในคลองที่หนองโพจัดอยู่ในประเภทน้ำเสียจำเป็นต้องได้รับการบำบัดหรือหาแนวทางห้ามการระบายน้ำทิ้งลงสู่คลองโดยตรง

เอกสารอ้างอิง

- จรัญ จันทลักษณ์. 2538. สภาวะการพัฒนาการเลี้ยงโคนมและผลิตภัณฑ์นมในประเทศไทย : แนวทางการวิจัยและพัฒนาในอนาคต. สำนักงานกองทุนสนับสนุนวิจัย (สกว.) กรุงเทพฯ
- Harada, Y. 1996. Animal manure recycle systems and its utilization in Japan. The 8-AAAP Animal Sci. Congress. 1:99-109 p.
- Martin Pignon ศิษรินทร์ กุศลาม รุ่งมา ก่อประสิทธิ์สุกุล และ Francois Molle การประเมินคุณภาพน้ำคลองบริเวณแหล่งอุตสาหกรรมและเพาะปลูกในเขตพุทธมณฑล จ. นครปฐม การประชุมวิชาการครั้งที่ 14 เทคโนโลยีชีวภาพทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพ "เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม" 11 ธันวาคม 2540 ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งม.ก. ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม หน้า 91-104
- APHA-AWWA-WPCF 1981 Standard methods for the examination of water and waste water 15th ed 1134 pp



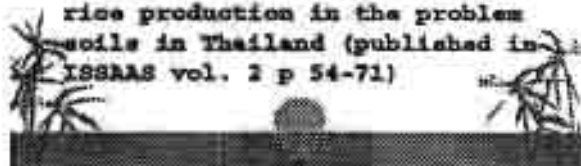
Previous & Relevant Study

- ▲ 1985 : Anaerobic bacterium isolation followed Hungate's roll tube method (presented in CLOC conference)
- ▲ 1987 : Moins cultivation using pigwaste as substrate (presented in National Symposium on Waste and national resources at EMIT, Ladkrabung)



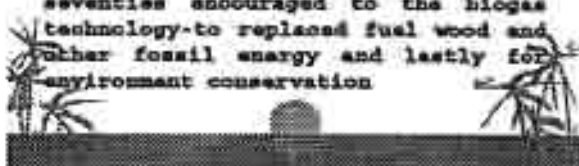
- ▲ 1994 : Biomass conversion from pigwaste water into biogas and biofertilizer in anaerobic waste treatment (presented in CLOC conference)

- ▲ 1996 : Utilization of the feces sludge from the swine farm for rice production in the problem soils in Thailand (published in ISSAS vol. 2 p 54-71)



Why Biogas?

- ▲ This technology is based on the natural breakdown of organic material under bacteriological attack in the absence of oxygen, producing a combustible mixture of gases.
- ▲ The worldwide energy crisis in the seventies encouraged to the biogas technology to replaced fuel wood and other fossil energy and lastly for environment conservation



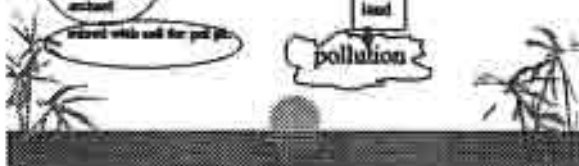
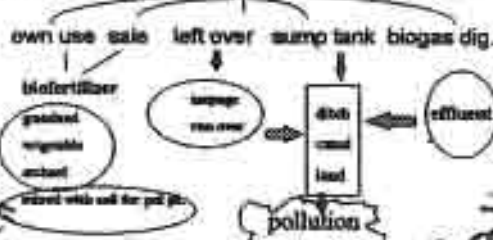
Waste Management in Animal Farm

▲ dry feces-
sale

▲ slurry (urine +
washing water
+ dry matter)
- required
treatment



waste (feces, urine, left over, washing water)



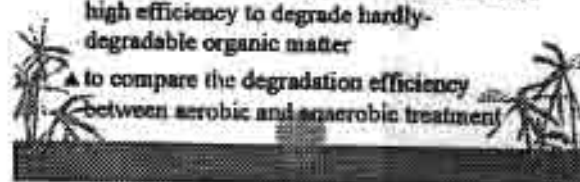
Technical Solution of the Animal waste Treatment System

1. Primary treatment: fixed dome or channel digester
2. Secondary treatment: UASB & Slow Sand Bed Filter(SSBF)
3. Tertiary Treatment(oxidation pond or fish pond for further cleaning)..... POST TREATMENT



Objectives

- ▲ to study the physico-chemical properties of the effluent from the biogas fixed dome digester
- ▲ to screen the microorganisms which showed high efficiency to degrade hardly-degradable organic matter
- ▲ to compare the degradation efficiency between aerobic and anaerobic treatment



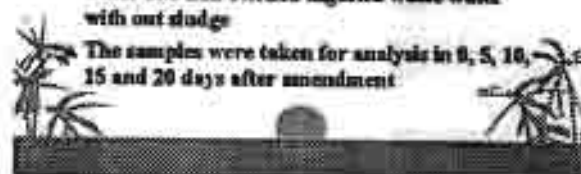
Materials and Methods

- ▲ collect the digested waste from the digester of pig farm, Nakhonpathom, dairy farm from Rachaburi and Nakhon Pathom to analyse some properties i.e. COD, TS, NH₄ etc



Batch fermentation

- ▲ digested waste water was anaerobically treated in a 1 l bottle in a batch. The waste water was sterilized by autoclaving. Sludge from CMU and Long-Keng was put separately in the reactor to make the total solid of 1 %. The treatment was carried in duplicates.
- ▲ Control was carried by sterilized digested waste water and non-sterilized digested waste water with out sludge



The samples were taken for analysis in 0, 5, 10, 15 and 20 days after amendment

Semi-continuous fermentation

- ▲ two kinds of sludge were fermented in 2 L bottle. Digested waste water from Rachaburi was fed every 3 days. Total solid was kept at 1 and 5%.
- ▲ Samples were taken for analysis at 0, 6, 12, 18 and 24 days after incubation.



ammonium-nitrogen & nitrate-nitrogen of effluent from various digester

Sample	NH ₄ -N	NO ₃ -N
Swine Cattle(KPS)	136.4	31
Digested Eff.(Dairy,KPS)	6.3	17.2
Influent (Long-Keng)	581	36.5
Effluent(Long-Keng)	357	28
Digested Eff.(Dairy,Rachaburi)	197.6	1.75



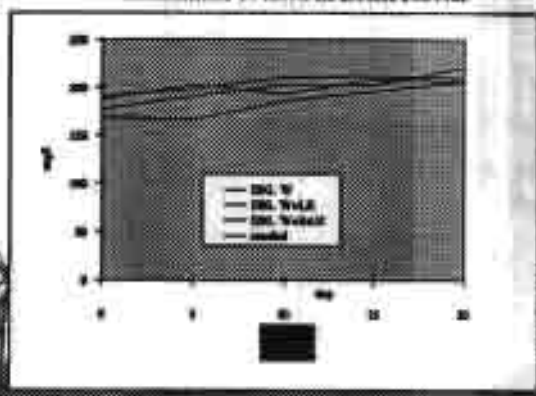
chemical properties of effluent from dairy farm

UN077	4.35	nd	nd	333	nd	nd
40306	nd	3338	3346	196.7	nd	nd
301398	7.5	3340	3331	nd	nd	nd
133399	6.39	3421	3419	334.3	0.63	1.73
183598	6.7	3341	3413	nd	nd	nd
30039	7.33	3341	3363	nd	3.39	1.73

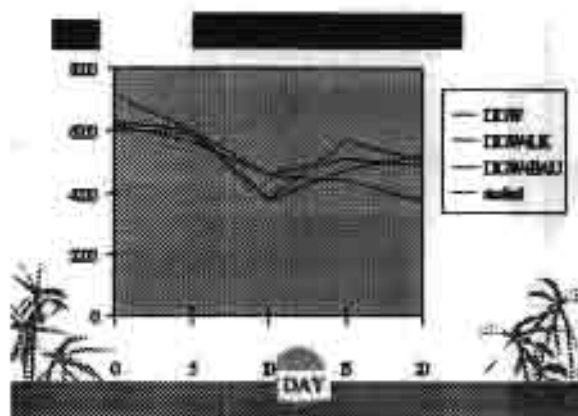
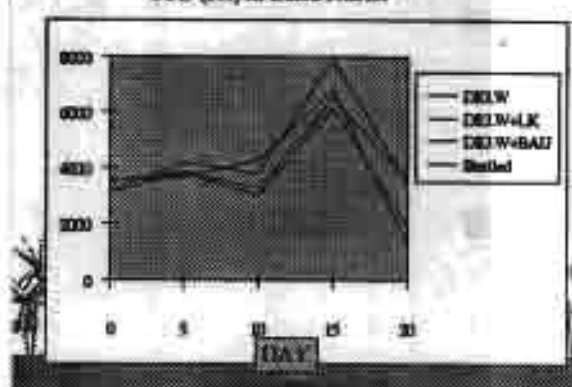
COD removal efficiency of Batch reactor

treatment	% red. COD (Total)	% red. COD (sol)
digested eff.	81.88	88.7
digested eff.+LK	40.04	86.14
digested eff.+BAU	14.11	0

ammonium-N conc. in Batch reactor



COD (sol) in Batch reactor



semi-batch vs anaerobic

▲ init. COD(total) = 6625 ppm COD(sol) = 3419 ppm

▲ LK sludge at 1 % total solid showed higher efficiency in COD removal

▲ $\text{NH}_4\text{-N}$ decrease during 6 days of incubation, no significant change occurred after that (range 120-220 ppm)

acrobic

aeration to the digested waste
in the high and low rate for 7 days

COD was not decreased



Further Study

▲ ratio of optimum nutrient for BOD:N:P in
the digester will be adjusted for higher
removal efficiency?

▲ nitrification activity will be studied and
enumerated nitrifying bacteria by MPN
method

▲ LK methanogens will be isolated

