



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. จริญ จันทลักษณ์ 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 : น้ำมูลหมักจากบ่อน้ำดินในการทดลองนี้มีค่า COD และ BOD₅ สูงกว่าที่พบโดย
ทั่วไปซึ่งอาจเป็นผลจากประสิทธิภาพของบ่อหมักยังไม่สูงเท่าที่ควร โดยจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของ
ประสิทธิภาพการลดค่า COD มีเพียง 40 % เมื่อนำน้ำมูลหมักมาหมักต่อในสภาวะไร้อากาศพบว่า
สลัดจ์จากฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ 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 : สามารถแยกเชื้อจุลินทรีย์จากสลัดจ์ทั้งสองแหล่งได้ 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

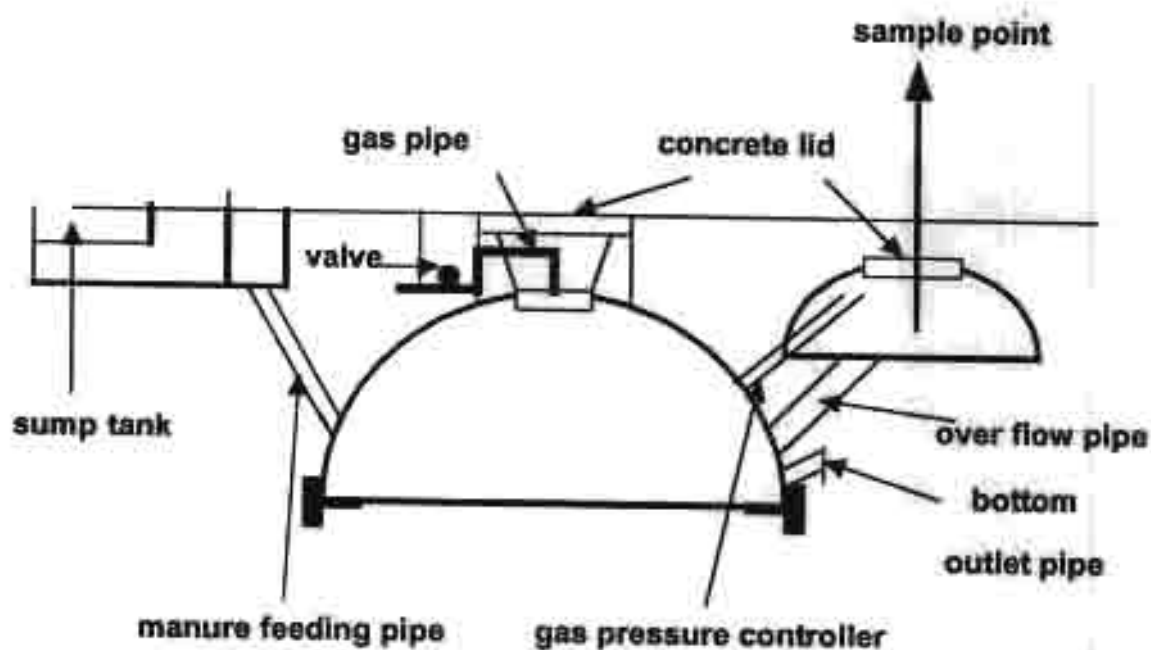
1. ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมูลหมักในเวลาต่างๆในรอบปีจากบ่อแก๊สชีวภาพของ ฟาร์มโคนม
2. คัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีความสามารถย่อย non-degradable COD ภายใต้สภาวะต่างๆ
3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการย่อยสลายน้ำมูลหมักแบบไร้อากาศและให้อากาศ

วิธีการทดลอง

วิเคราะห์ค่า parameter ของน้ำมูลหมัก : นำน้ำมูลหมักจากบ่อหมักแก๊สชีวภาพของศูนย์สุกร กำแพงแสน จากฟาร์มแสงเค็ง นครปฐม และฟาร์มโคนม 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) จากฟาร์มโคนม 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 คุณสมบัติน้ำมูลหมักจากปอหมักมูลโคแม่ที่ 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

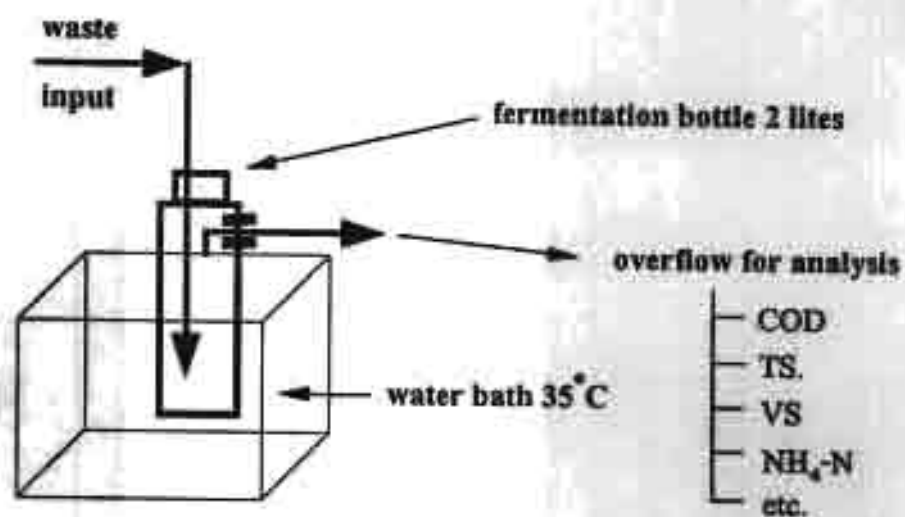
Acclimatization: คัดเลือกจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำมูลหมักแบบ anaerobic โดยนำจุลินทรีย์จากบ่อแก๊สชีวภาพ 3 แหล่งคือ 1. ฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ จ. นครปฐม (ฟาร์มแสงเค็ง) 2. ฟาร์มสุกรขนาดกลาง แม่เหิยะ หน่วยบริการแก๊สชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ และ 3. จากบ่อแก๊สชีวภาพฟาร์มโคเม จ.ราชบุรี มาเลี้ยงใน 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

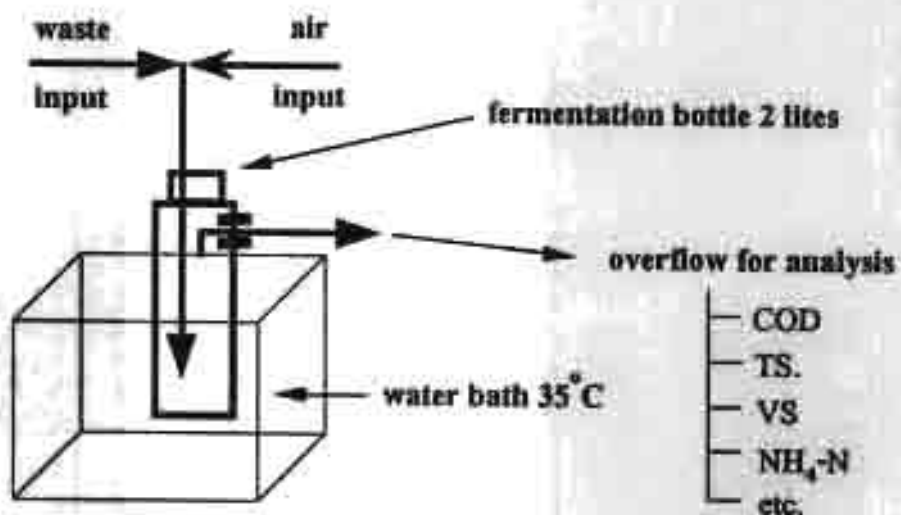
การหมักน้ำมูลหมักแบบ semi-continuous ในสภาวะไร้อากาศ : เปรียบเทียบ ประสิทธิภาพในการย่อยสลายของจุลินทรีย์จาก 2 แหล่ง คือ ฟาร์มแสงเค็ง และจากหน่วย บริการแก๊สชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใส่เชื้อ sludge โดยให้มี total solid 1 และ 5% โดยได้ทำการทดลองหมักน้ำมูลหมักที่ไม่ได้ใส่เชื้อจากทั้งสองแหล่งควบคู่กันไป 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 เชื้อที่แยกได้จากการเจริญเป็นโคโลนีเดี่ยวโดยวิธี 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 น้ำมูลหมักที่เก็บจากบ่อน้ำดินมีค่า COD, TS เฉลี่ยค่อนข้างสูงคือ 4.3 และ 3.5 g/L (ตารางที่ 4) น้ำมูลหมักที่นำมาวิเคราะห์บางครั้งมีมูลเป็นก้อนปนมาเมื่อนำมากรองด้วยตะแกรงตาห่าง (ขนาด 0.16 ซม) ทำให้มูลแตกกระจาย

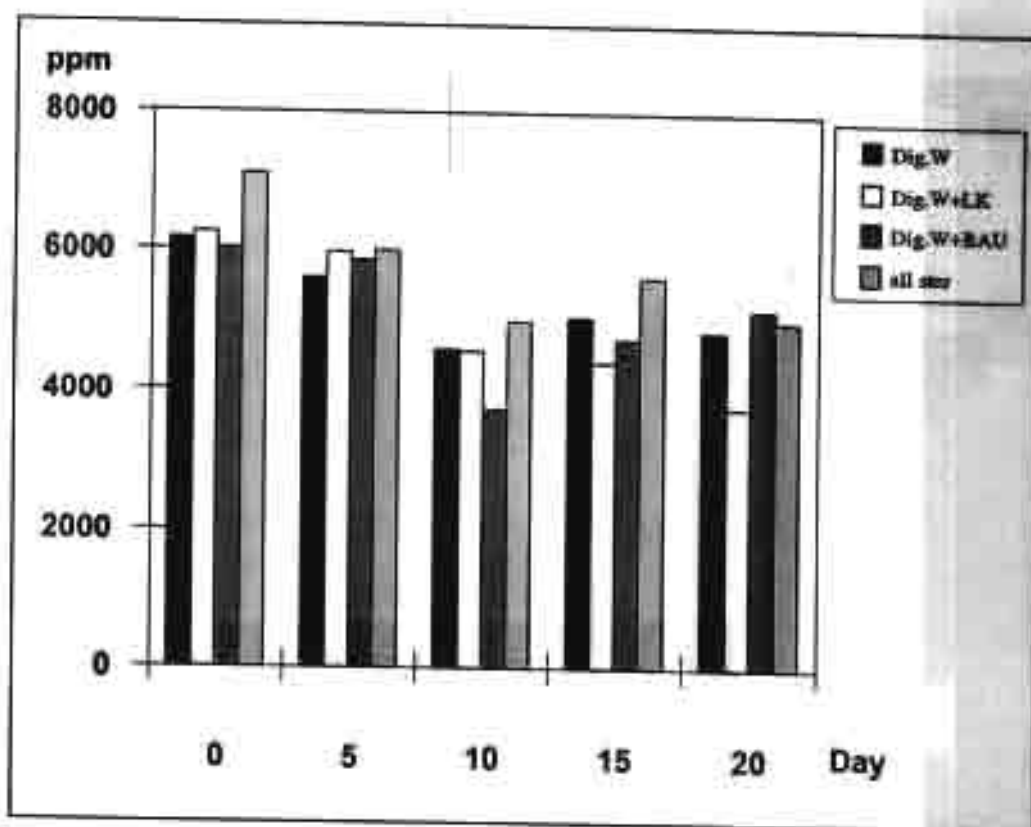
ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติน้ำมูลหมักจากบ่อหมักแบบ fixed dome เปรียบเทียบกับน้ำมูลหมักจากเอกสารอ้างอิง

พารามิเตอร์	น้ำมูลหมักจาก บ่อไบโอแก๊ส	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



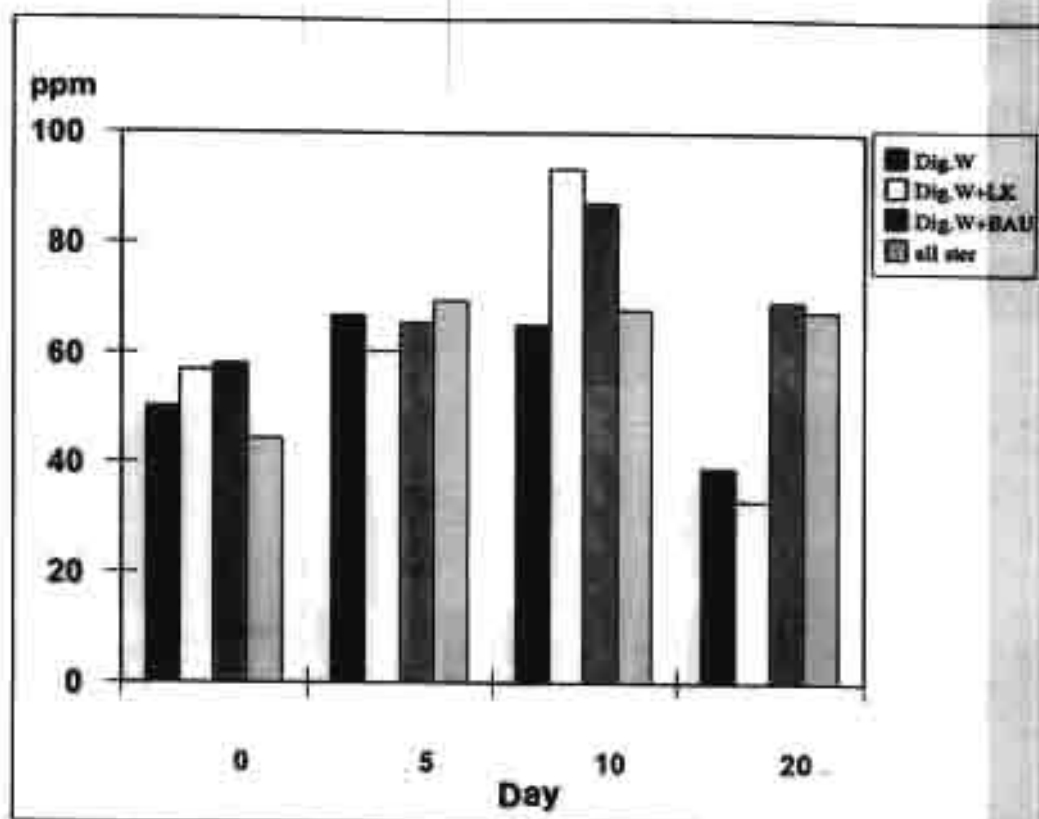
ภาพที่ 4 ค่า COD (total) ของน้ำมูลหมักระหว่างการหมักแบบ batch โดยใส่สลัดจ์จากฟาร์มเลี้ยงกุ้งและจากหน่วยบริการแก้ไขชีวภาพ ม. เชียงใหม่

หมายเหตุ Dig. W คือ น้ำมูลหมัก

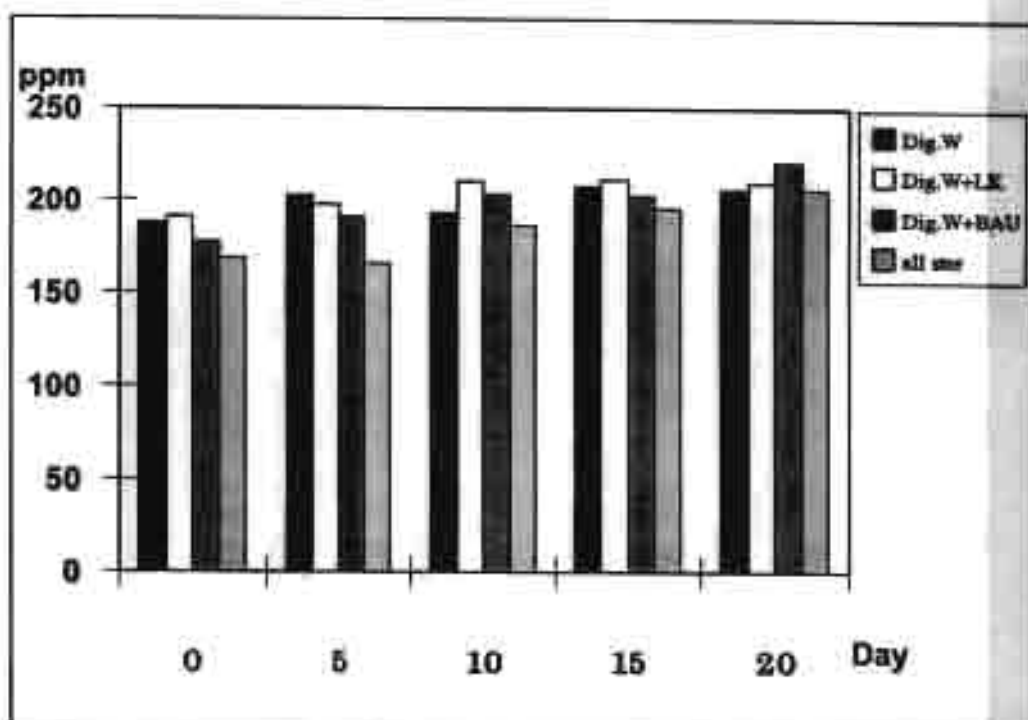
LK คือ สลัดจ์จากฟาร์มสุกรเลี้ยงกุ้ง จ. นครปฐม

BAU คือ สลัดจ์จากฟาร์มสุกร แม่เหิยะ จ. เชียงใหม่

all ster. คือ น้ำมูลหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อ



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

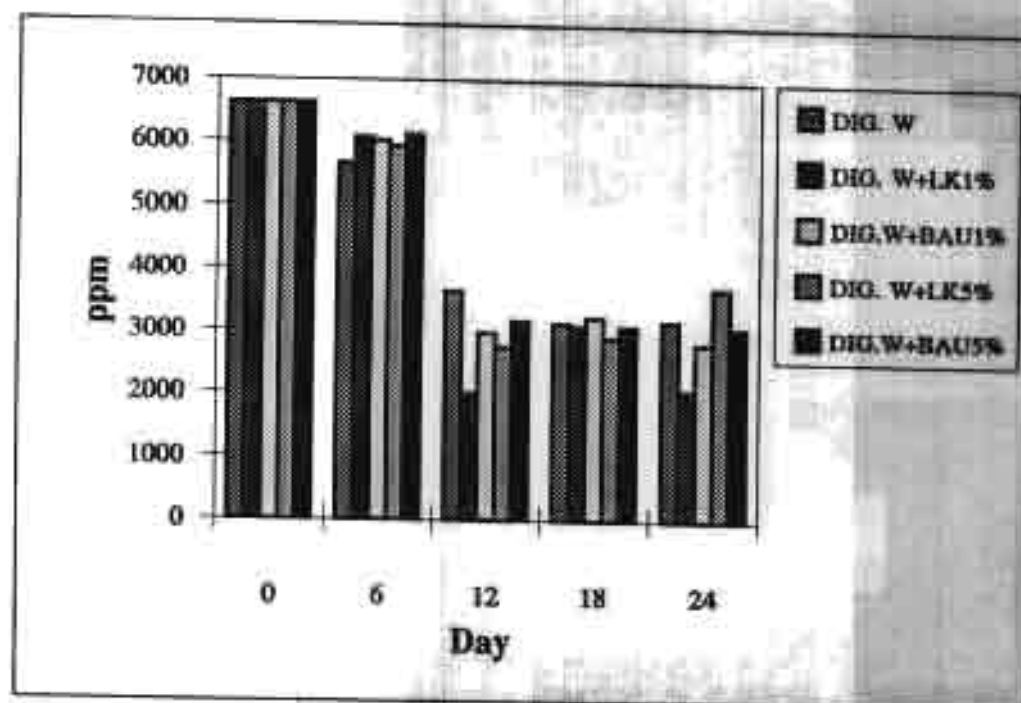


ภาพที่ 6 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำมูลหมักระหว่างการหมักแบบ batch โดยใส่สัลดิจจากฟาร์มเล้งเค็งและจากหน่วยบริการแก๊สชีวภาพ ม. เชียงใหม่

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

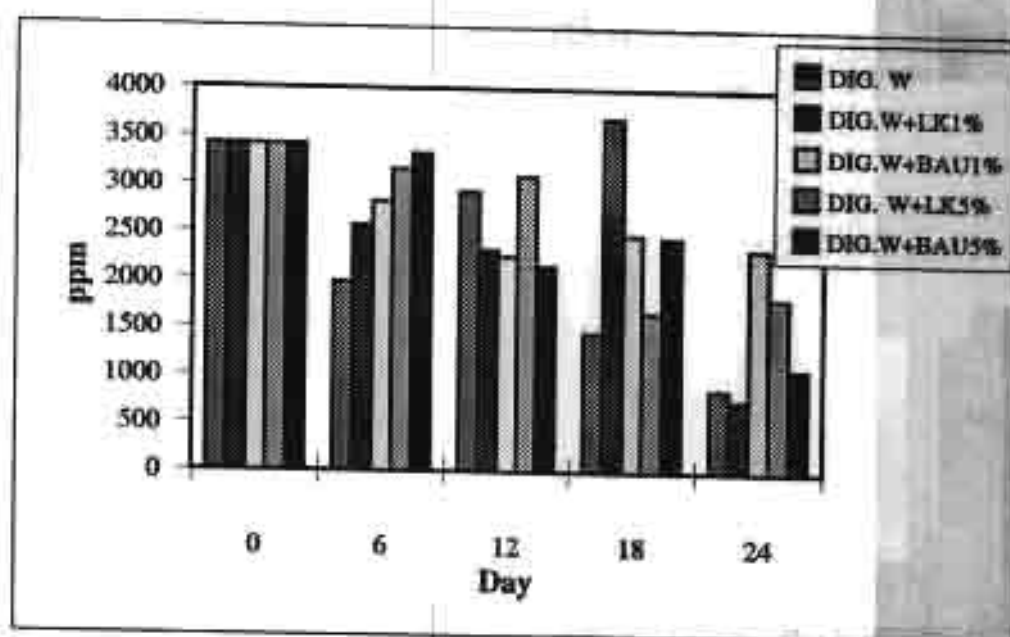
treatment	%reduction of COD(total)	%reduction of COD(sol)
digested effluent	21.28	38.7
digested Eff. + LK	40.04	65.14
digested Eff. + BAU	14.11	0

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



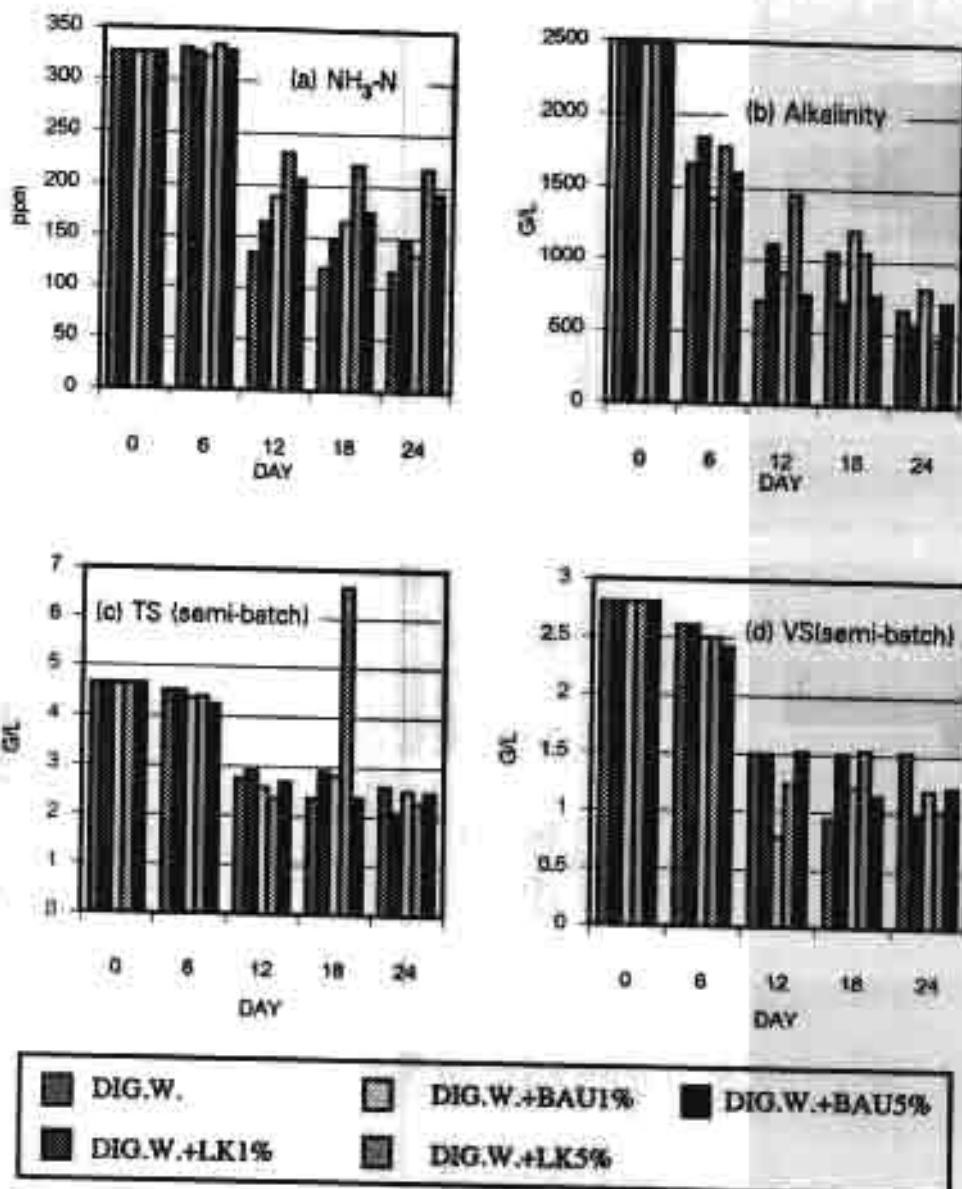
ภาพที่ 7 ค่า COD total ของน้ำมูลหมักระหว่างการหมักแบบ semi-batch โดยได้สกัดจากฟาร์มเต่งเต่งและจากหน่วยบริการแก้ไขชีวภาพ ม. เชียงใหม่

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 โดยใส่สัจฉ์จากฟาร์มแสงเค็ง และจากหน่วยบริการแก๊สชีวภาพ 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^{-5}	โคโลนีขนาดเล็กมาก ผิวหน้าเรียบสีเทา ตรงกลางโคโลนีจะ ขรุขระ มีสีขาวล้อม รอบ	coccus เรียง ตัวเดี่ยวๆ	สีแดง	

ตารางที่ 6 (ต่อ)

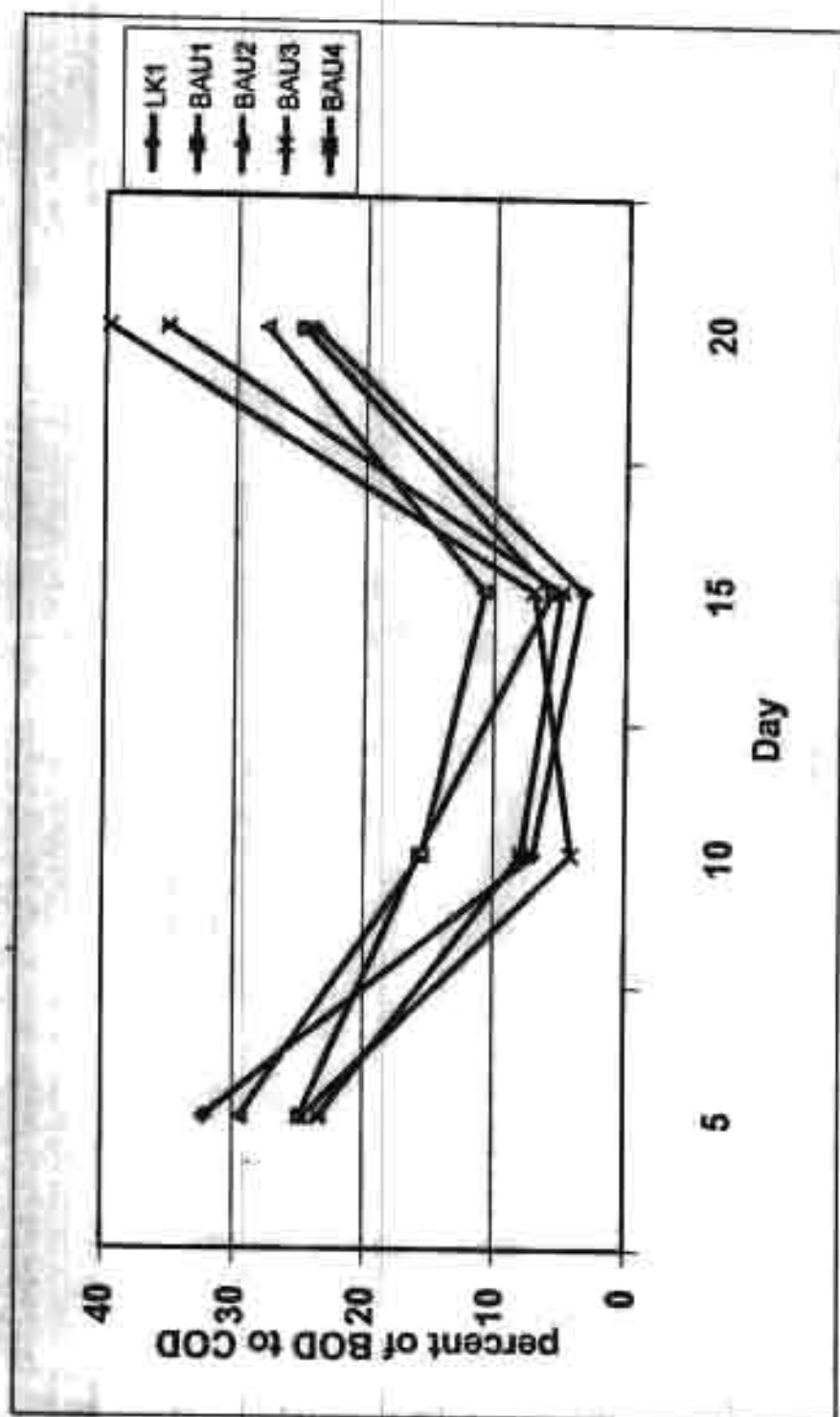
แหล่งเชื้อ	dilution	ลักษณะโคโคนี	รูปร่าง/ การเรียงตัว	การติด สี	ชนิดของ จุลินทรีย์
7. เล่งเค็ง	10^{-8}	โคโคนีมีขนาดเล็ก สีขาว ขุ่น ขอบโคโคนีไม่เรียบ เป็นคลื่น	coccus เรียง ตัวจับกันเป็นคู่	สีแดง	
8. เล่งเค็ง	10^{-6}	โคโคนีมีขนาดเล็กสีขาว ขุ่น ผิวหน้าเรียบ และ ขอบโคโคนีเรียบ	coccus เรียง ตัวเดี่ยวๆ เป็น 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 สีขาวขุ่นทึบแสง และขอบโคโคนีขรุขระ	coccus อยู่ เดี่ยวๆ กระจุก กระจาย	สี น้ำเงิน	
11. เชียงใหม่	10^{-6}	โคโคนีมีขนาดเล็กสีขาว ขุ่น ตรงกลางโคโคนีมีจุด ขนาดเล็กๆ หนาขึ้นมา ขอบโคโคนีเป็นรอยหยัก ไม่เรียบ	short rod อยู่ เดี่ยวๆ	สีแดง	
12. เชียงใหม่	10^{-6}	โคโคนีรูปร่างไม่แน่นอน มีลักษณะเป็นเมือกเยิ้ม สีขาวขุ่น	short rod อยู่ เป็นคู่และเรียง ตัวเป็นเส้นสาย	สีแดง	
13. เล่งเค็ง	10^{-8}	โคโคนีมีขนาดใหญ่ปาน กลาง สีขาวขุ่น ผิวหน้า เรียบ แต่ขอบโคโคนีไม่ เรียบ	short rod เรียง ตัวเป็นเส้นสาย	สีแดง	
14. เล่งเค็ง	10^{-6}	โคโคนีมีขนาดเล็ก สีขาว ขุ่น ตรงกลางโคโคนีมีจุด เล็กๆ หนาขึ้นมา 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 ดันจุลเวคม์ 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 พูนตุสิต มภาพรรณ สกุดมัน 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 บทความบรรยายในสัมมนาพิเศษ วันพุธที่ 24 ธันวาคม 2541 ณ ห้องประชุมทุ่งาสำหรับ 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.