



# การวิเคราะห์ก๊าซและน้ำชะขยะจากแบบจำลองการฝังกลบ ซึ่งบรรจุขยะที่ผ่านการชะล้างและหมักแบบใช้อากาศ

## Gas and Leachate Analysis from Solid Waste Landfill Lysimeter, Filled with Flushed and Aerobically Composted Waste

ชัยพล จันทะวัง และ สมใจ กาญจนวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของก๊าซและน้ำชะขยะจากแบบจำลองการฝังกลบขยะที่ผ่านการบำบัดขยะเบื้องต้นแบบหมักใช้อากาศที่มีอัตราการชะล้างต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการฝังกลบขยะที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดขั้นต้น โดยวิธีการหมักที่มีการชะล้างเป็นระยะเวลา 2 เดือน โดยในสัปดาห์แรกมีการชะล้างกองหมักที่อัตรา 0.0, 0.2, 0.5 และ 1.0 ล./กก.ขยะ-ครั้ง จำนวน 4 ครั้ง จากนั้นทำการศึกษาการเกิดก๊าซและน้ำชะขยะจากขยะที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นดังกล่าว เปรียบเทียบกับขยะสด โดยนำขยะมาฝังกลบในถังจำลองจำนวน 5 ใบ เป็นเวลา 4 เดือน และทำการวัดปริมาณ และวิเคราะห์องค์ประกอบ ลักษณะของก๊าซและน้ำชะขยะที่เกิดขึ้น

ผลการศึกษา พบว่าน้ำจากการชะล้างกองหมักมีค่าความเข้มข้นของมลสารต่างๆ ลดลงแปรผันตรงกับจำนวนครั้งของการชะล้างและปริมาณน้ำที่ใช้ชะล้าง และการชะล้างกองหมักที่มีอัตราการชะล้าง 1.0 ล./กก.ขยะ-ครั้ง มีค่าปริมาณมลสารสะสมของทุกพารามิเตอร์สูงกว่ากองหมักอื่น ๆ ผลการศึกษาการจำลองการฝังกลบขยะพบว่าก๊าซซึ่งเกิดจากถังจำลองที่มีอัตราการชะล้าง 1.0 ล./กก.ขยะ-ครั้ง มีปริมาณมากที่สุด และถังจำลองขยะที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นนั้น เกิดก๊าซมีเทนขึ้นช้ากว่าถังที่บรรจุขยะที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ส่วนลักษณะน้ำชะขยะจากถังจำลองขยะที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น เปรียบเทียบกับน้ำชะจากถังจำลองขยะที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นนั้น ค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำชะขยะจากถังที่ฝังกลบขยะที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าน้ำชะขยะที่เกิดจากถังที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นร้อยละ 94 ค่าซีโอดีเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 94 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 89 ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 93 ค่าความเป็นด่างรวมเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 85 และค่ากรดไขมันระเหยง่ายเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 91

### ABSTRACT

The objectives of this research are to study gas and leachate characteristic from landfill lysimeter, filled with pretreated municipal wastes using composting method with/without flushing compared with non pretreated municipal wastes. Four piles of wastes with different conditions i.e., natural aeration without flushing, natural aeration with flushing rate of 0.2, 0.5 and 1.0 l/kg wastes-time. The flushing was conducted 4 times in the first week of 2 months composting. After that, the composted wastes and fresh municipal wastes were filled into five lysimeters in order to compare the gas and leachate generation for 4 months.

The results show that the concentrations of pollutant in the flushed water decreased directly according to the number and rate of flushing, the gas quantity generated from the lysimeter filled with 1.0 l/kg wastes-time flushing rate pretreated wastes was found to be highest, compared with other four lysimeters. Methane gas generated from the lysimeter filled with fresh municipal wastes was found in the later period of waste filling compared with the lysimeters filled with pretreated wastes. There were no any significant differences among the leachate characteristics in the leachates generated from four lysimeters filled with pretreated waste. Higher concentrations of all parameters in the leachate generated from the lysimeter filled with fresh municipal wastes. The average amounts of total mass of pollutants leached from the lysimeter filled with pretreated wastes were found to be less than the lysimeter filled with fresh wastes as follows; BOD 94%, COD 94%, NH<sub>3</sub>-N 89%, Org-N 93%, TA 85% and VFA 91%.

## บทนำ

ปัจจุบันวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล เป็นวิธีที่นิยมใช้เพื่อการกำจัดขยะในประเทศไทย เนื่องจากใช้งบประมาณการดำเนินการน้อยกว่าแบบอื่น และไม่จำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญการเป็นพิเศษในการดูแล หากแต่ต้องใช้พื้นที่จำนวนมากและอาจเกิดปัญหาการยอมรับของประชาชนในพื้นที่ เนื่องจากเกรงว่าจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณพื้นที่ดำเนินการ อย่างไรก็ตามการฝังกลบขยะอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำใต้ดินหรือผิวดินในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ฝังกลบได้ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดปัญหาก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ที่มีสาเหตุหลักมาจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในพื้นที่ฝังกลบโดยจุลินทรีย์ในสภาพที่ไม่มีอากาศ จากผลกระทบที่สำคัญดังกล่าวข้างต้น ทำให้ต้องมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมในบริเวณพื้นที่ฝังกลบเป็นระยะเวลานานและต้องเสียค่าใช้จ่ายในการติดตามสูง (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2546) การนำวิธีการบำบัดขยะขั้นต้นแบบต่าง ๆ มาพิจารณาเพื่อเป็นแนวทางในการลดมวล ปริมาตร และมลพิษในพื้นที่ฝังกลบขยะ จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบันเพราะส่งผลในการยืดอายุพื้นที่ฝังกลบ และลดมลพิษในรูปแบบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบขยะ (Tranker, 2005a) โดยการบำบัดขยะขั้นต้นนั้นสามารถทำได้หลายแนวทางด้วยกัน ตั้งแต่การคัดแยกขยะที่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ออกไป การนำขยะอินทรีย์ไปทำปุ๋ยหมัก การบดย่อยขยะเพื่อเพิ่มความหนาแน่น การกองหมักเพื่อลดมวลและปริมาตรโดยไม่สนใจคุณสมบัติความเป็นปฏิก

รวมทั้งการชะล้างด้วยน้ำเพื่อลดมลสารจากขยะ (Cossu และ Raga, 2002) ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถนำมาใช้ในพื้นที่ฝังกลบขยะ โดยพิจารณาตามความเหมาะสมกับการดำเนินงานและการบริหารจัดการ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาถึงการเกิดก๊าซและน้ำชะขยะจากการฝังกลบขยะที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแบบหมักใช้อากาศและมีการชะล้าง เนื่องจากการกองหมักสามารถดำเนินการได้ง่ายและสะดวกเมื่อประยุกต์ใช้ในพื้นที่จริง อีกทั้งยังสามารถลดได้ทั้งมลสาร มวลและปริมาตรขยะ โดยเหลือระยะเวลาการกองหมักที่ 2 เดือน เนื่องจากสมมุติฐานเรื่องของพื้นที่ดำเนินการที่ต้องมีขยะเข้าสู่ระบบตลอด ก่อนนำไปฝังกลบเปรียบเทียบกับวิธีการฝังกลบแบบไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของการเกิดก๊าซและน้ำชะขยะอันจะใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการฝังกลบขยะให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่น้อยที่สุดในอนาคต

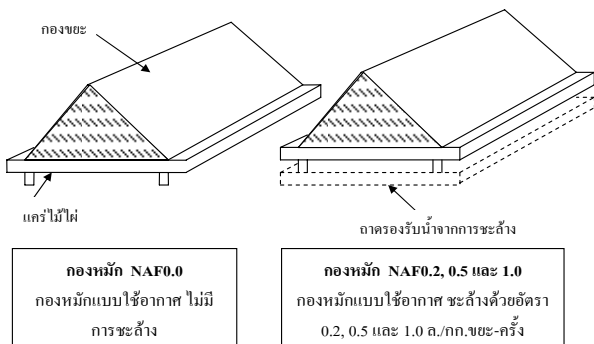
## วิธีการศึกษา

การศึกษาได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน คือ การบำบัดขั้นต้น และการจำลองการฝังกลบขยะที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

### การบำบัดขั้นต้น

ในการบำบัดขั้นต้นได้ทำการเลือกใช้วิธีการหมักแบบใช้อากาศร่วมกับการชะล้าง ซึ่งเป็นการหมักขยะชุมชนโดยการนำขยะมากองบนแคร่ไม้ไผ่ จำนวน 4 กอง คือ NAF0.0, NAF0.2, NAF0.5 และ NAF1.0 โดยกองหมัก

NAF0.2, NAF0.5 และ NAF1.0 มีการล้างขยะด้วยวิธีชะล้างด้วยน้ำ (flushing) ที่อัตรา 0.2, 0.5 และ 1.0 ล./กก.ขยะ-ครั้ง วันเว้นวัน ในช่วงสัปดาห์แรกของการหมัก จำนวน 4 ครั้ง ส่วนกองหมัก NAF0.0 ไม่มีการชะล้างเป็นกองหมักควบคุม พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ คือ พีเอช บีโอดี ซีโอดี ความเป็นด่างรวม กรดไขมันระเหยง่าย แอมโมเนียไนโตรเจนและสารอินทรีย์ในไนโตรเจนโดยในการวิเคราะห์น้ำได้ใช้วิธีการตาม Standard Method for Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 1995) และควบคุมความชื้นของกองหมักให้อยู่ในช่วงร้อยละ 50-60 ตลอดช่วงระยะเวลาของหมัก 2 เดือน โดยการใช้สายยางรดน้ำสเปรย์น้ำบนกองหมัก และให้น้ำกับส่วนกลางกองหมักโดยแทงไม้ไผ่ไปยังกลางกองหมักแล้วเติมน้ำลงไปเพื่อให้กองหมักมีความชื้นที่ต้องการและมีการนำตัวอย่างของขยะจากกลางกองหมักไปตรวจสอบหาค่าความชื้นโดยอบในเตาอบ  $75 \pm 5$  °C เวลา 7 วัน ทุกสัปดาห์ (CMU and JICA(1992)) และมีการวัดอุณหภูมิของกองหมักเทียบกับอุณหภูมิบรรยากาศทุกวัน รูป 1 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของกองหมักขยะ

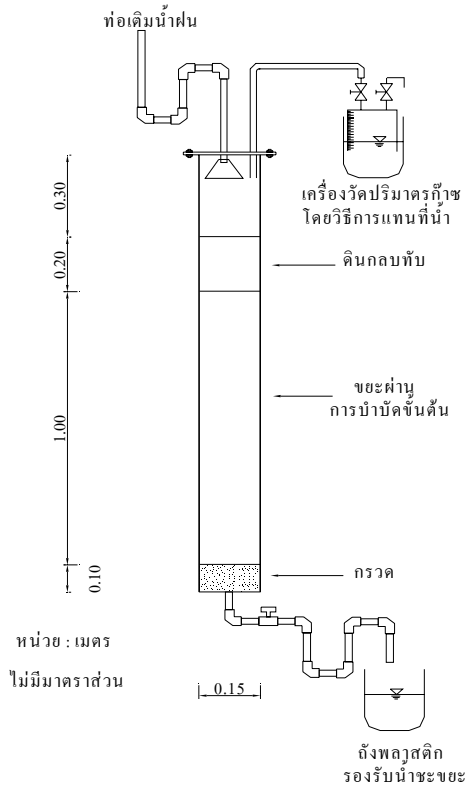


รูป 1 การหมักขยะ

### การฝังกลบขยะ

ในขั้นตอนการฝังกลบนั้น ถึงจำลองที่ใช้ในการศึกษาทำด้วยท่อพีวีซี โดยออกแบบให้มีลักษณะเป็นการฝังกลบขยะแบบไร้ออกซิเจน จำนวน 5 ถัง เพื่อใช้จำลองการฝังกลบขยะที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นจำนวน 4 ถัง

คือ ถึงจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5, และ LAF1.0 ซึ่งบรรจุขยะที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นจากกองหมัก NAF0.0, NAF0.2, NAF0.5 และ NAF1.0 ตามลำดับ และอีก 1 ถัง เป็นการจำลองการฝังกลบขยะที่ไม่ผ่านการบำบัดขยะขั้นต้นเพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ คือ ถึงจำลอง LC โดยการเทียบจากมวลแห้งของขยะ ในการศึกษาเป็นการจำลองการฝังกลบในฤดูฝนและจากการศึกษาของ CMU and JICA(1992) พบว่าอัตราการระเหยของน้ำจากพื้นที่ฝังกลบมีค่าประมาณร้อยละ 28 ของน้ำฝนที่ตก และถ้าดินที่ฝังกลบเป็นดินแน่นเรียบหรือลาดชันร้อยละ 2 จะมีสัมประสิทธิ์ของการไหลนอง 0.13-0.18 (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2534) ทำให้น้ำฝนที่ซึมเข้าสู่ชั้นขยะได้ประมาณร้อยละ 78-82 ในที่นี้จึงทำการเติมน้ำฝนในถังจำลองคิดเป็นร้อยละ 50 ของน้ำฝนจริง การเติมน้ำฝนนั้นทำโดยใช้กระบอกตวงตวงน้ำตามข้อมูลปริมาณน้ำฝนของจังหวัดเชียงใหม่ในปีพ.ศ. 2547 จากกรมอุตุนิยมวิทยาภาคเหนือรายวัน (<http://www.cmmet.com/forecast/climate.xls>) ในช่วงเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม และถึงจำลองมีช่องสำหรับเก็บกักน้ำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบ ส่วนด้านล่างของถังมีท่อเก็บรวบรวมน้ำชะขยะเพื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะของน้ำชะขยะ ซึ่งพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ คือ พีเอช บีโอดี ซีโอดี ความเป็นด่างรวม กรดไขมันระเหยง่าย แอมโมเนียไนโตรเจนและสารอินทรีย์ในไนโตรเจน โดยในการวิเคราะห์น้ำได้ใช้วิธีการตาม Standard Method for Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 1995) และการวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในการทดลองทำโดยการแทนที่น้ำ ส่วนการตรวจวัดองค์ประกอบก๊าซนั้นใช้เครื่องตรวจวัด Gas Chromatography (TCD detector) ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น GC-8A รูป 2 แสดงลักษณะถึงจำลองการฝังกลบ



รูป 2 แสดงถึงจำลองการฝังกลบ

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

### การบำบัดขั้นต้นโดยการหมัก

#### ลักษณะน้ำชะล้างจากกองหมัก

น้ำที่เกิดจากการชะล้างกองหมักมีลักษณะของสี ดังนี้ น้ำจากการชะล้างกองหมัก NAF0.2 มีสีเข้มกว่าน้ำจากการชะล้างกองหมัก NAF0.5 และ NAF1.0 เนื่องจากกองหมัก NAF0.2 ใช้น้ำเพื่อการชะล้างในปริมาณน้อยที่สุดทำให้น้ำจากการชะล้างที่ออกมามีความเข้มข้นสูง ส่วนน้ำจากการชะล้างกองหมัก NAF0.5 และ NAF1.0 มีสีจางกว่าน้ำจากการชะล้างกองหมัก NAF0.2 โดยน้ำจากการชะล้างดังกล่าวถูกนำไปวิเคราะห์หาค่า พีเอช บีโอดี ซีโอดี ความเป็นค่ารวม กรดไขมันระเหยง่าย สารอินทรีย์ในโตรเจน และแอมโมเนียในโตรเจน ผลการวิเคราะห์ได้แสดงใน รูป 3 โดยรูปแบบการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือ น้ำจากการชะล้างวันแรกมีค่าพีเอชต่ำกว่าน้ำจากการชะล้างในครั้งหลังๆ

และมลสารที่เกิดขึ้นจากการชะล้างครั้งแรกก็สูงกว่าวันอื่นๆ มาก โดยมีรายละเอียดของการแปรเปลี่ยน ดังนี้

ค่าพีเอช ของน้ำจากการชะล้างครั้งแรกมีความเป็นกรด คืออยู่ในช่วงพีเอช 4-5 เนื่องจากขยะในส่วนที่เป็นอินทรีย์สารเกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติทำให้เกิดสภาพความเป็นกรดขึ้นในกองหมัก หลังจากนั้นน้ำจากการชะล้างครั้งต่อๆ มา ค่าพีเอชอยู่ในช่วงเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย

ค่าบีโอดีและซีโอดีของน้ำชะล้างจากกองหมักต่างๆ มีแนวโน้มลดลงแปรผันกับจำนวนครั้งของการชะล้างกองหมัก โดยครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่ามลสารในรูปบีโอดีและบีโอดีที่ถูกชะออกมาต่างกันมากเนื่องจากการชะล้างครั้งที่ 1 ได้ชะล้างสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ออกมาเกือบทั้งหมดทำให้การชะล้างครั้งที่ 3 และ 4 แทบจะไม่มีผลในการลดมลสารในรูป บีโอดี และ ซีโอดี โดยน้ำจากการชะล้างกองหมัก NAF0.2 มีค่าบีโอดี และซีโอดีสูงกว่ากองหมัก NAF0.5 และ NAF1.0

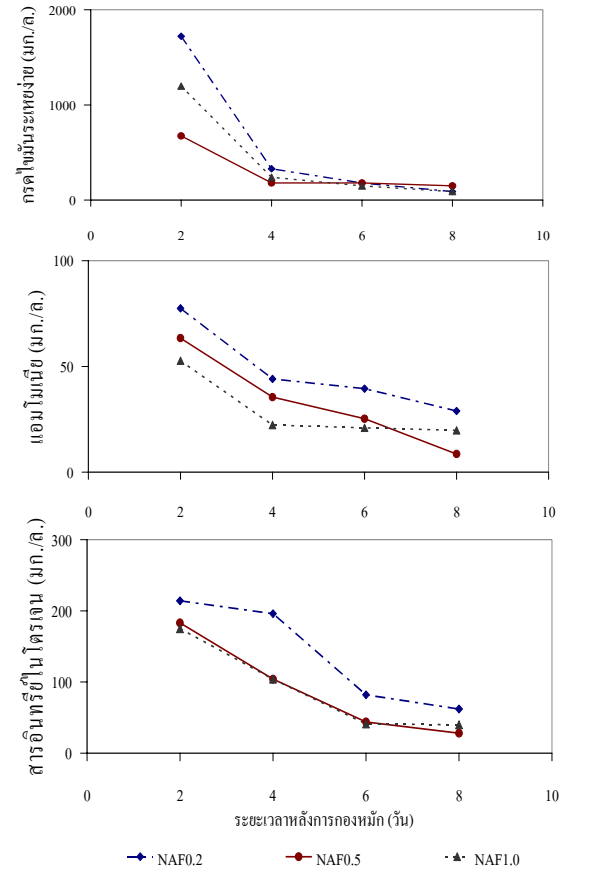
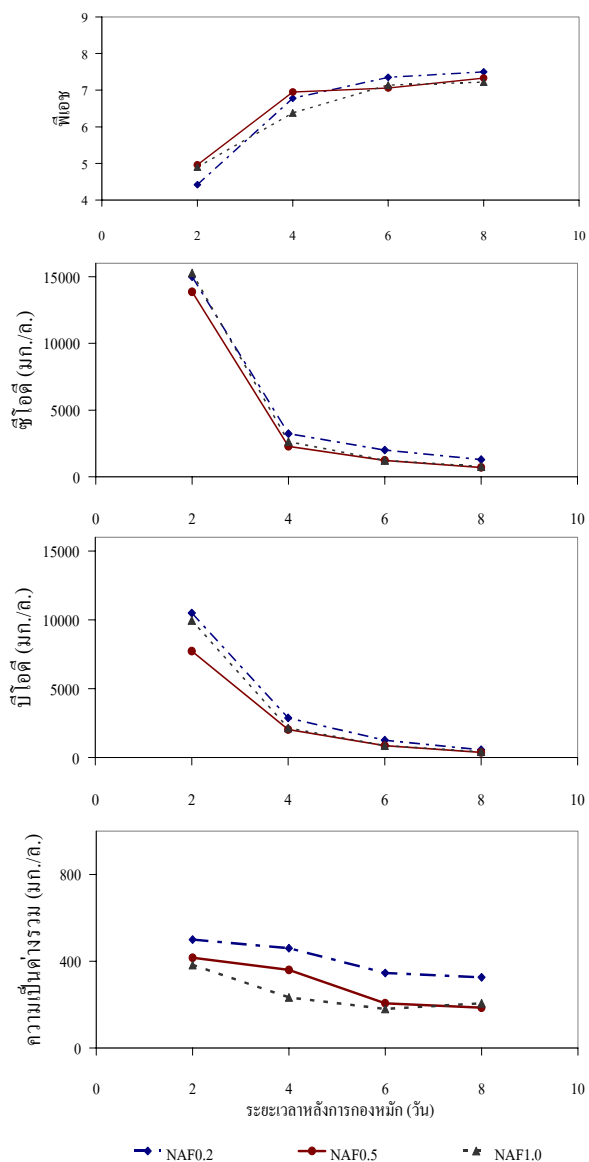
ค่าความเป็นค่ารวมและกรดไขมันระเหยง่ายของน้ำชะล้างจากกองหมักต่างๆ มีแนวโน้มลดลงแปรผันกับจำนวนครั้งของการชะล้างกองหมัก โดยครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่ามลสารในรูปความเป็นค่ารวมและกรดไขมันระเหยง่ายที่ถูกชะออกมาต่างกันมากเนื่องจากการชะล้างครั้งที่ 1 ได้ชะล้างสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ออกมาเกือบทั้งหมดทำให้การชะล้างครั้งที่ 3 และ 4 แทบจะไม่มีผลในการลดมลสารในรูปความเป็นค่ารวมและกรดไขมันระเหยง่าย โดยน้ำจากการชะล้างกองหมัก NAF0.2 มีค่าความเป็นค่ารวมและกรดไขมันระเหยง่ายสูงกว่า กองหมัก NAF0.5 และ NAF1.0

ค่าแอมโมเนียในโตรเจนและสารอินทรีย์ในโตรเจนของน้ำชะล้างจากกองหมักต่างๆ มีแนวโน้มลดลงแปรผันกับจำนวนครั้งของการชะล้างกองหมัก โดยครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่ามลสารในรูปแอมโมเนียในโตรเจนและสารอินทรีย์ในโตรเจนที่ถูกชะออกมาต่างกันมากแต่การชะล้างครั้งที่ 3 และ 4 ยังคงมีผลในการลดมลสารในรูปแอมโมเนียในโตรเจนและสารอินทรีย์

ไนโตรเจนเนื่องจากกระบวนการย่อยแอมโมเนีย  
ไนโตรเจนจะเกิดเมื่อมีการย่อยสลายสารอินทรีย์  
ไนโตรเจน แต่สารอินทรีย์ไนโตรเจนมีอยู่แล้วในกองขยะ  
ซึ่งสามารถชะออกได้ทันทีทำให้แอมโมเนียไนโตรเจนถูก  
ชะออกมาช้ากว่ามลสารอื่นๆ โดยน้ำจากการชะล้างกอง  
หมัก NAF0.2 มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนและสารอินทรีย์  
ไนโตรเจนสูงกว่ากองหมัก NAF0.5 และ NAF1.0

ตาราง 1 แสดงปริมาณน้ำจากการชะล้างกองหมัก  
และปริมาณมลสารสะสมที่เกิดจากการชะล้างซึ่งจะเห็นได้  
ว่าปริมาณมลสารสะสมในรูปแบบต่าง ๆ ที่ถูกชะออกมา  
ของกองหมัก NAF1.0 มากกว่ากองหมัก NAF0.5 และ

NAF0.2 ทุกพารามิเตอร์เนื่องจากการใช้น้ำไปเพื่อ การชะ  
ล้างในปริมาณที่มากกว่า และการชะล้างด้วยน้ำนั้นพบว่า  
ค่า มลสารที่ถูกชะออกมามีค่าลดลงแปรผันตรงกับจำนวนครั้ง  
ของ การชะล้าง แต่เมื่อพิจารณาความแตกต่างของการชะ  
ล้างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่าปริมาณมลสารที่ถูกชะ  
ออกมามีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน คือ สามารถลดมล  
สารในทุกพารามิเตอร์ได้เกือบร้อยละ 90 เนื่องจากการชะ  
ล้างครั้งที่ 1 ได้ชะล้างสารอินทรีย์ซึ่งย่อยสลายได้ง่าย  
ออกมาเกือบทั้งหมด ทำให้การชะล้างครั้งที่ 3 และ 4 แทบ  
จะไม่มีผลในการลดมลสาร และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวม  
แล้วสามารถสรุปได้ว่าการกองหมักร่วมกับการชะล้างเพียง  
1 ครั้งก็น่าจะเพียงพอต่อการลดมลสารในกองหมัก



รูป 3 ลักษณะน้ำชะล้างจากกองหมัก

ตาราง 1 ปริมาณน้ำจากการชะล้างกองหมัก และปริมาณมลสารสะสมที่เกิดจากการชะล้าง

พารามิเตอร์	กองหมัก		
	NAF 0.2	NAF 0.5	NAF 1.0
ปริมาณน้ำชะล้างกองหมักสะสม(ล.)	72	180	360
ปริมาณน้ำจากการชะล้างกองหมักสะสม(ล.)	56	161	341
ปริมาณน้ำชะล้างกองหมัก(ล./กก.ขยะแห้ง)	1.60	4.00	8.00
ปริมาณน้ำจากการชะล้างกองหมัก (ล./กก.ขยะแห้ง)	1.24	3.58	7.58
บีโอดี (ก./กก.ขยะแห้ง)	4.30	9.62	24.91
ซีโอดี (ก./กก.ขยะแห้ง)	6.11	15.80	37.04
ความเป็นด่างรวม (ก./กก.ขยะแห้ง)	0.50	0.10	1.89
กรดไขมันระเหยง่าย (ก./กก.ขยะแห้ง)	0.65	0.10	3.12
แอมโมเนียไนโตรเจน (ก./กก.ขยะแห้ง)	0.06	0.12	0.22
สารอินทรีย์ไนโตรเจน (ก./กก.ขยะแห้ง)	0.16	0.32	0.68

หมายเหตุ ระยะเวลาการหมัก 2 เดือน

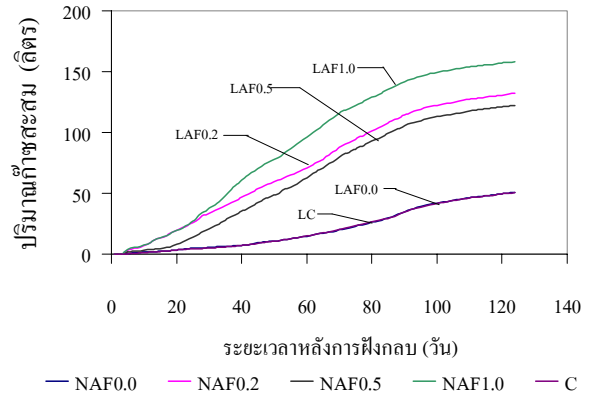
เมื่อพิจารณาอุณหภูมิของกองหมักขยะ ทั้ง 4 กอง หลังจากวันที่ 50 เป็นต้นไป อุณหภูมิของกองหมักจะเท่ากับอุณหภูมิมบรยากาศซึ่งแสดงว่ากองหมักเข้าสู่สภาวะเสถียรแล้ว

### การฝังกลบในถังจำลอง

#### ปริมาณก๊าซชีวภาพ

ปริมาณก๊าซสะสมที่เกิดจากถังจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5, LAF1.0 และ LC แสดงไว้ในรูป 4 จากรูปเห็นได้ว่าถังจำลอง LAF1.0 ให้ปริมาณก๊าซมากที่สุด คือ 158.1 ล. รองลงมาคือถังจำลอง LAF0.2 และ LAF0.5 มีปริมาณก๊าซ 132.4 และ 122.2 ล. ตามลำดับ ส่วนถังจำลอง LAF0.0 และ ถังจำลอง LC ให้ปริมาณก๊าซที่ใกล้เคียงกันจนกราฟเกือบเป็นเส้นเดียวกัน คือ ถังจำลอง LAF0.0 ให้ก๊าซปริมาณ 50.9 ล. และ ถังจำลอง LC ให้ปริมาณก๊าซ 50.5 ล. การที่ถังจำลอง LAF0.0 และ LC เกิดปริมาณก๊าซน้อยกว่าถังจำลอง LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 เนื่องจากถังจำลอง LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 ถูกน้ำชะล้างสารอินทรีย์ในขยะออกมาทำให้เกิด

การเร่งปฏิกิริยามีทาโนจีนีซีส (Cossu และ Raga, 2002) โดยเกิดการย่อยสลายจากจุลินทรีย์กลุ่ม Methane former เปลี่ยน Acetic Acid และก๊าซไฮโดรเจนเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



รูป 4 ปริมาณก๊าซจากถังจำลองสะสม

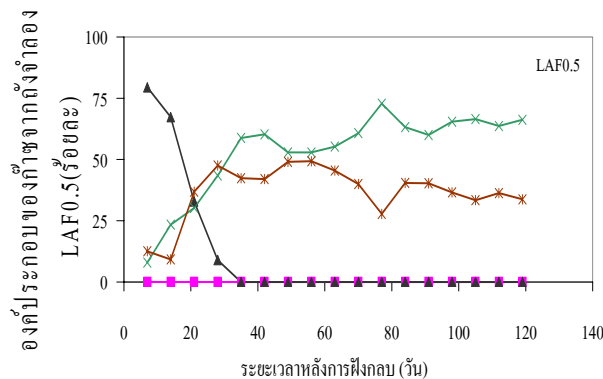
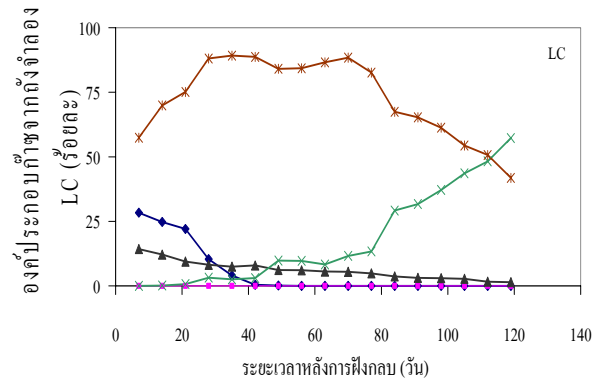
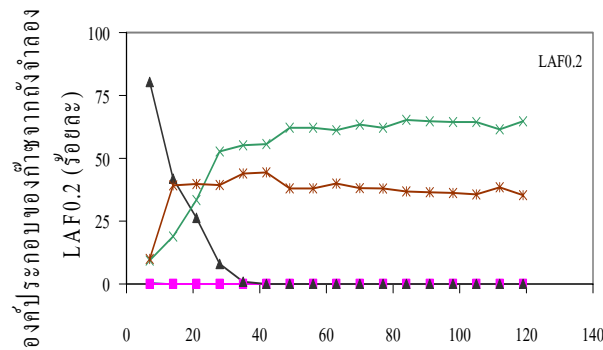
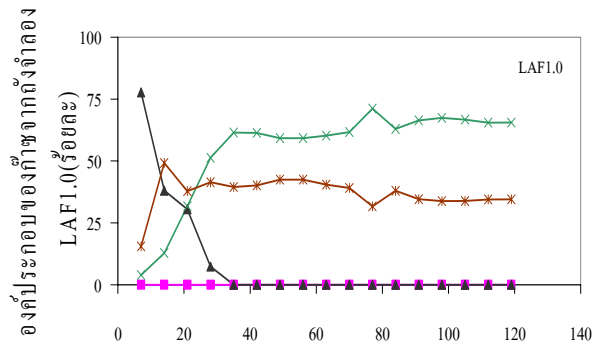
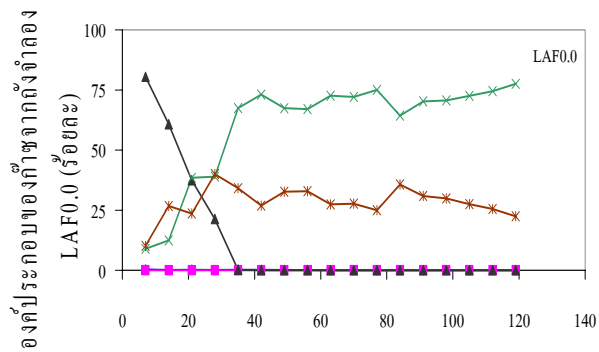
### องค์ประกอบของก๊าซและปริมาณก๊าซแต่ละชนิด

ผลการศึกษาแสดงไว้ในรูปที่ 5 พบว่าช่วงการเกิดก๊าซมีเทนของถังจำลอง LC เกิดขึ้นช้ากว่าก๊าซมีเทนของถังจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 เนื่องจากระยะที่ 3 คือระยะการเกิดกรดของถังจำลอง LC ใช้เวลาในการเกิดมากกว่าของถังจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 ซึ่งผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้วทำให้เข้าสู่ระยะที่ 4 คือระยะการเกิดมีเทนก่อนถังจำลอง LC ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Cossu และ Raga (2002) และจากข้อมูลในตาราง 2 ซึ่งแสดงปริมาณน้ำชะขยะ และปริมาณมลสารสะสมที่ถูกชะออกจากถังจำลองจะเห็นว่าค่าปริมาณก๊าซสะสมในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากถังจำลอง ทั้ง 5 ใบบีค่า 1.75, 6.10, 5.86, 7.40 และ 6.51 ล./กก.ขยะแห้ง และค่าปริมาณก๊าซสะสมในรูปของก๊าซมีเทนจากถังจำลอง ทั้ง 5 ใบบีค่า 3.92, 8.66, 8.16, 10.61 และ 1.87 ล./ กก.ขยะแห้ง ถังจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5, LAF1.0 และ LCตามลำดับ พบว่าถังจำลองที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้วให้ปริมาณก๊าซสะสมในรูปมีเทนมากกว่าถังจำลองที่บรรจุขยะสด โดยที่ถังจำลอง LAF1.0 ให้ปริมาณก๊าซสะสมในรูปมีเทนสูงสุด คือ 10.61 ล./กก.

ขยะแห้ง ขณะที่ LAF0.5 และ LAF0.2 ให้ค่าใกล้เคียงกัน คือ 8.16 และ 8.66 ล./กก.ขยะแห้ง ตามลำดับ ส่วน LAF 0.0 ให้ปริมาณก๊าซสะสมในรูปมีเทนน้อยที่สุดเมื่อเทียบ ในกลุ่มถังจำลองที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น คือ 3.92 ล./กก.ขยะแห้ง แต่ก็ยังสูงกว่าปริมาณก๊าซสะสมในรูปมีเทนที่เกิดจากถังจำลอง LC ที่เกิดปริมาณก๊าซสะสมในรูปมีเทนเพียง 1.87 ล./กก.ขยะแห้ง และเมื่อพิจารณาการเกิดปริมาณก๊าซสะสมในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ของถังจำลองซึ่งบรรจุขยะที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว พบว่า ถังจำลอง LAF1.0 ให้ปริมาณก๊าซสะสมในรูปคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คือ 7.40 ล./กก.ขยะแห้ง ขณะที่ LAF0.5 และ LAF0.2 ให้ค่าก๊าซสะสมในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ใกล้เคียงกัน คือ

5.86 และ 6.10 ล./กก.ขยะแห้ง ตามลำดับ ส่วนถังจำลอง LAF 0.0 ให้ปริมาณก๊าซสะสมในรูปคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด คือ 1.75 ล./กก.ขยะแห้ง โดยถังจำลอง LAF 0.0 ให้ค่าปริมาณก๊าซสะสมในรูปคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าถังจำลอง LC ซึ่งเกิดปริมาณก๊าซสะสมในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 6.51 ล./กก.ขยะแห้ง

อัตราส่วนร้อยละการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กับก๊าซมีเทนของขยะที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นให้สัดส่วนการเกิดก๊าซมีเทนที่สูงกว่าการฝังกลบปกติ โดยหากมีการบำบัดขั้นต้นก่อน ค่าสัดส่วน  $CH_4:CO_2$  เท่ากับ 85:15 ร้อยละโดยปริมาตร และหากฝังกลบปกติค่าสัดส่วน  $CH_4:CO_2$  เท่ากับ 45:55 ร้อยละโดย



— ไสโครเจน — ออกซิเจน — ไนโตรเจน — มีเทน — คาร์บอนไดออกไซด์

รูป 5 องค์ประกอบก๊าซจากถังจำลองการฝังกลบ

ปริมาตร (Tranker, 2005a และ กรมควบคุมมลพิษ, 2544) ส่วนค่าอัตราส่วน  $CH_4:CO_2$  ของงานวิจัยนี้ที่ระยะเวลาการฝังกลบ 4 เดือนพบว่าค่า  $CH_4:CO_2$  จากถังจำลอง LAF0.0 เท่ากับ 70:30 จากถังจำลอง LAF0.2 เท่ากับ 60:40 จากถัง

จำลอง LAF0.5 เท่ากับ 60:40 จากถึงจำลอง LAF1.0 เท่ากับ 60:40 และจากถึงจำลอง C เท่ากับ 25:75

### ปริมาณน้ำชะขยะและลักษณะน้ำชะขยะ

ปริมาณน้ำที่เติมสะสมและปริมาณน้ำชะขยะสะสมสังเกตได้ว่า น้ำชะขยะสะสมจากถึงจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 เท่ากับ 10.75, 10.25, 9.90 และ 10.00 ล. ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าน้ำฝนที่เข้าสู่ระบบ คือ 11.90 ล. ส่วนถึงจำลอง LC นั้น เกิดน้ำชะขยะเท่ากับ 12.50 ล. ซึ่งมากกว่าปริมาณฝนที่เข้าสู่ระบบเนื่องจากขยะที่บรรจุในถึงจำลอง LC เกิดการย่อยสลายของขยะอินทรีย์มากกว่าขยะที่บรรจุในถึงจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 ซึ่งเกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดในการบำบัดขั้นต้น ตาราง 2 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำชะขยะ ปริมาณมลสารสะสมที่ถูกชะออก และปริมาณก๊าซสะสมที่เกิดขึ้นจากถึงจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5, LAF1.0 และ LC

รูป 6 แสดงให้เห็นถึงลักษณะน้ำชะขยะที่เกิดขึ้น โดยมีรายละเอียดของการแปรเปลี่ยนดังนี้ พี่เอชเริ่มต้นของน้ำชะขยะจากถึงจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 มีช่วงค่าพีเอช 6-7 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนช่วงท้ายกราฟช่วงค่าประมาณ 7-8 ส่วนถึงจำลอง LC ค่าพีเอช อยู่ที่ระหว่าง 4-6 ทำให้ถึงจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 เกิดก๊าซมีเทนตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของการฝังกลบ ในขณะที่ถึงจำลอง LC เกิดก๊าซมีเทนขึ้นภายหลัง เนื่องจากถึงจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ส่วนหนึ่งมาก่อนแล้วในช่วงการหมัก ทำให้พีเอชของน้ำชะขยะเป็นกลาง มีสภาพเหมาะกับการเกิดก๊าซมีเทน ค่าความเป็นด่างรวมของน้ำชะขยะถึงจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 มีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงการทดลอง และมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ คือเริ่มต้น ประมาณ 2000-2200 มก./ล. ระหว่างวันที่ 20-60 มีค่าประมาณ 2500-3000 มก./ล. และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าประมาณ 180-250 มก./ล. สำหรับถึงจำลอง LC นั้นมีค่าความเป็นด่างรวมเริ่มต้นที่

1730 มก./ล. และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีค่าสูงสุด 12100 มก./ล. และลดลงมาเป็น 4480 มก./ล. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง และจากตาราง 2 พบว่าปริมาณมลสารสะสมที่ถูกชะออกมาในรูปของความเป็นด่างรวมจากถึงจำลอง ทั้ง 5 ใบ เท่ากับ 3.22, 2.57, 2.64, 2.43 และ 17.46 ก. / กก.ขยะแห้ง ตามลำดับ

ค่าความเป็นกรดไขมันระเหยง่ายของน้ำชะขยะถึงจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 มีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงระยะเวลาการทดลอง โดยค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1000-5000 มก./ล. ระหว่างวันที่ 20-40 เพิ่มขึ้นเป็น 3500-4000 มก./ล. และค่อยๆ ลดค่าลงเป็น 100-200 มก./ล. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สำหรับถึงจำลอง LC นั้น ค่าความเป็นกรดไขมันระเหยง่ายเริ่มต้นที่ 6360 มก./ล. สูงสุดเท่ากับ 16900 มก./ล. และ เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่า 8040 มก./ล. และจากตาราง 2 พบว่าปริมาณมลสารสะสมที่ถูกชะออกมาในรูปของกรดไขมันระเหยง่ายจากถึงจำลองทั้ง 5 ใบ เท่ากับ 2.40, 1.78, 1.99, 1.77 และ 22.66 ก./กก.ขยะแห้ง ตามลำดับ

ค่าซีไอดีของน้ำชะขยะจากถึงจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 มีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงระยะเวลาการทดลองโดยค่าซีไอดี ของถึงจำลอง LAF0.0 มีค่าสูงกว่าถึงจำลอง LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 โดยมีค่าซีไอดี เริ่มต้นเท่ากับ 4200-4700 มก./ล. และระหว่างวันที่ 20-40 มีค่าเท่ากับ 5000-8000 มก./ล. และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 400-500 มก./ล. สำหรับถึงจำลอง LC นั้น มีค่าซีไอดี เริ่มต้น 32000 มก./ล. ค่าสูงสุด 63600 มก./ล. และลดลงเป็น 19800 มก./ล. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง และจากตาราง 2 พบว่าปริมาณมลสารสะสมในรูปซีไอดีของถึงจำลองทั้ง 5 ใบ เท่ากับ 6.65, 4.94, 5.14, 4.68 และ 86.08 ก./กก.ขยะแห้ง ตามลำดับ ค่าบีไอดีของน้ำชะขยะจากถึงจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 มีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงเวลาทดลอง โดยค่าบีไอดีของถึงจำลอง LAF0.0 สูงกว่าค่าบีไอดีของถึงจำลอง LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 โดยค่าบีไอดีเริ่มต้นเท่ากับ 2500-3000 มก./ล. ระหว่างวันที่ 20-60 เท่ากับ 4000-7000 มก./ล.



และเมื่อสิ้นสุดการทดลองค่าบีโอดีเท่ากับ 350-380 มก./ล. ส่วนถึงจำลอง LC นั้น มีค่าบีโอดีเริ่มต้น 20720 มก./ล. มีค่าสูงสุดเท่ากับ 39700 มก./ล. และลดลงเป็น 15600 มก./ล. เมื่อสิ้นสุดการทดลอง และจากตาราง 2 พบว่าปริมาณมลสารสะสมในรูปบีโอดีจากถังจำลอง 1 ถึง 5 เท่ากับ 4.53, 3.46, 3.94, 3.32 และ 67.31 ก./กก.ขยะแห้ง ตามลำดับ

ค่าแอมโมเนียในโตรเจนของน้ำชะขยะจาก ถังจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 มีค่าใกล้เคียงกัน ตลอดช่วงระยะเวลาทดลอง ค่าแอมโมเนียในโตรเจนของน้ำชะขยะจากถังจำลอง LAF0.2 และ LAF1.0 สูงกว่าค่าแอมโมเนียในโตรเจนจากถังจำลอง LAF0.0 และ LAF0.5 โดยที่ค่าแอมโมเนียในโตรเจนเริ่มต้นของถังจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 เท่ากับ 20-25 มก./ล. ระหว่างวันที่ 20-100 มีค่าเท่ากับ 120-170 มก./ล. และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 70-120 มก./ล. ส่วนถึงจำลอง LC เมื่อเริ่มต้นระบบมีค่า 90 มก./ล. สูงสุดเท่ากับ 929 มก./ล. และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 415 มก./ล. และจากตาราง 2 พบว่าปริมาณมลสารสะสมในรูปแอมโมเนียในโตรเจนจากถังจำลองทั้ง 5 ใบ เท่ากับ 0.16, 0.19, 0.14, 0.18 และ 1.49 ก./กก.ขยะแห้ง ตามลำดับ

ค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนของน้ำชะขยะจากถังจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 มีค่าใกล้เคียงกันตลอดช่วงระยะเวลาทดลอง โดยค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนจากถังจำลอง LAF0.2 และ LAF1.0 สูงกว่าค่าสารอินทรีย์ในโตรเจน จากถังจำลอง LAF0.0 และ LAF0.5 โดยมีค่าเริ่มต้นอยู่ที่ช่วง 130-180 มก./ล. และระหว่างวันที่ 20-100 มีค่าเท่ากับ 80-110 มก./ล. และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่า 20-90 มก./ล. ส่วนถึงจำลอง LC เมื่อเริ่มต้นระบบมีค่าสารอินทรีย์ในโตรเจนเท่ากับ 1360 มก./ล. สูงสุดเท่ากับ 1360 มก./ล. และเมื่อสิ้นสุดการทดลองเท่ากับ 298 มก./ล. และจากตาราง 2 พบว่าปริมาณมลสารสะสมในรูปสารอินทรีย์ในโตรเจนของถังจำลองทั้ง

5 ใบ เท่ากับ 0.10, 0.08, 0.06, 0.08 และ 1.17 ก./กก.ขยะแห้งตามลำดับ

#### ปริมาณมลสารสะสมในน้ำชะขยะ

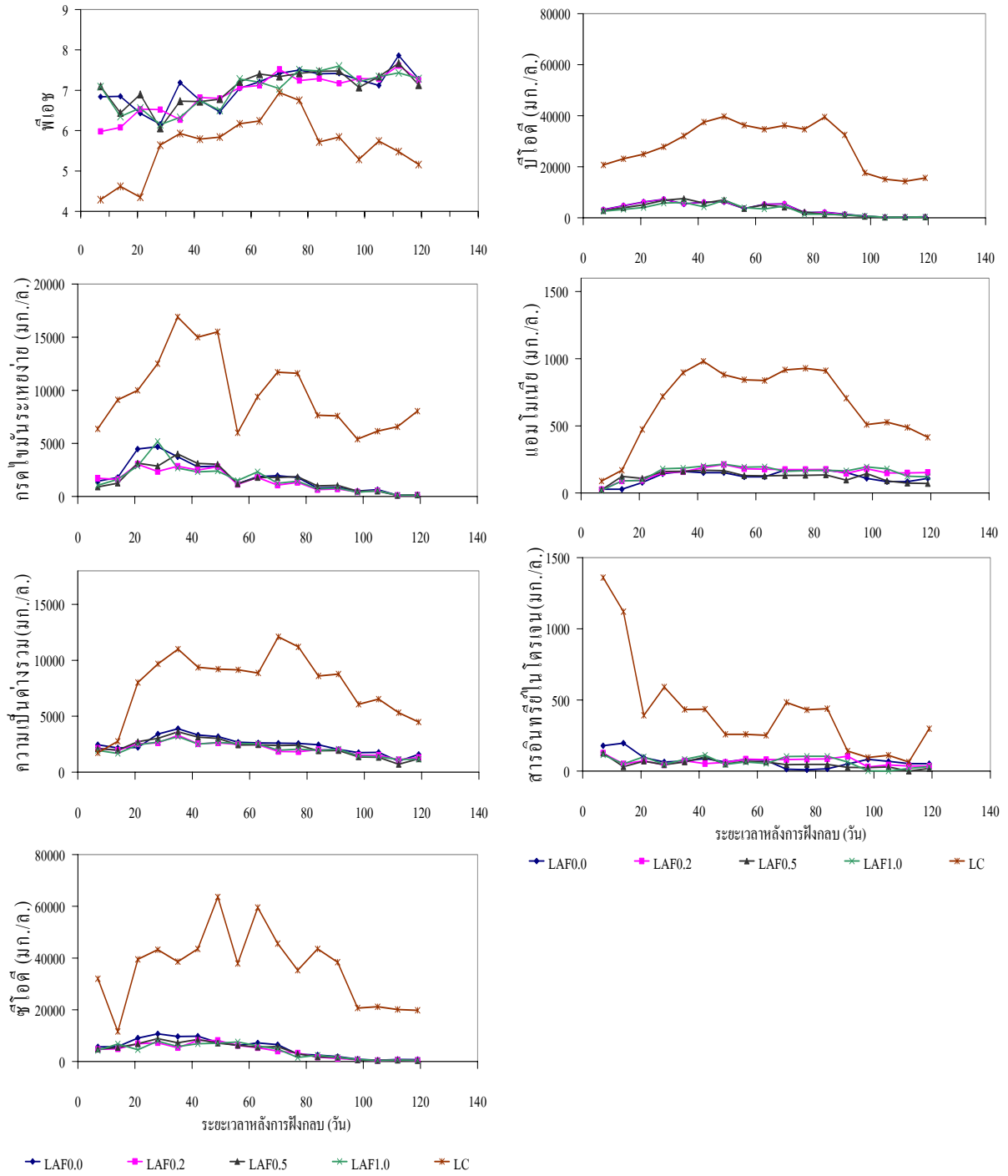
เมื่อพิจารณามลสารสะสมในรูปบีโอดี ซีโอดี ความเป็นค่ารวม กรดไขมันระเหยง่าย แอมโมเนียในโตรเจน และสารอินทรีย์ในโตรเจน จากตาราง 2 พบว่าการบำบัดขยะขั้นต้นด้วยวิธีการหมักแบบใช้อากาศร่วมกับการชะล้างกองหมักช่วยลดมลสารในน้ำชะขยะได้ทุกพารามิเตอร์

ตาราง 2 ปริมาณน้ำชะขยะ และปริมาณมลสารสะสมที่ถูกชะออกจากถังจำลอง

พารามิเตอร์	ถังจำลอง				
	LAF 0.0	LAF 0.2	LAF 0.5	LAF 1.0	LC
ปริมาณน้ำชะขยะ (ล./กก.ขยะแห้ง)	1.28	1.22	1.17	1.17	2.29
ปริมาณมลสารสะสมที่ถูกชะออกมา (ก./กก.ขยะแห้ง)					
บีโอดี	4.53	3.46	3.94	3.32	67.31
ซีโอดี	6.65	4.94	5.14	4.68	86.08
ความเป็นค่ารวม	3.22	2.57	2.64	2.43	17.46
กรดไขมันระเหยง่าย	2.40	1.78	1.99	1.77	22.66
แอมโมเนียในโตรเจน	0.16	0.19	0.14	0.18	1.49
สารอินทรีย์ในโตรเจน	0.10	0.08	0.06	0.08	1.17
ปริมาณก๊าซสะสมที่เกิดขึ้น (ล./กก.ขยะแห้ง)					
มีเทน	3.92	8.66	8.16	10.61	1.87
คาร์บอนไดออกไซด์	1.75	6.10	5.86	7.40	6.51

หมายเหตุ ระยะเวลาฝังกลบ 4 เดือน

ช.จันทะวัง และ ส.กาญจนวงศ์



รูป 6 ลักษณะน้ำชะขยะจากถังกำจัด

### ภาพรวมของการบำบัดขั้นต้นและการจำลองการฝึกลบ

#### 1) การเปรียบเทียบปริมาณน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบตั้งแต่ขั้นตอนการบำบัดขั้นต้นจนกระทั่งการฝึกลบในถังจำลอง

กองหมัก NAF0.0 ไม่มีการชะล้างด้วยน้ำเป็นกองหมักควบคุมเพื่อเปรียบเทียบกับกองหมักอื่นๆ และช่วงการฝึกลบในถังจำลองนั้น ถังจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5, LAF1.0 และ LC ใ้รับน้ำฝนจำลองเท่ากันคือ 11.90 ล. โดยเติมน้ำตามปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2547 เป็นระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งจากตาราง 3 เมื่อมองภาพรวมตั้งแต่ขั้นตอนการ

หมักจนถึงขั้นตอนการฝึกลบจะเห็นได้ว่าการหมักขยะที่มีการชะล้างกองหมักที่อัตรา 1.0 ล./กก.ขยะ-ครั้ง มีปริมาณน้ำที่เข้าสู่ระบบสูงสุดเท่ากับ 9.43 ล./กก.ขยะแห้งเริ่มต้น โดยการฝึกลบขยะที่ไม่ผ่านการบำบัดขยะขั้นต้นมีปริมาณน้ำที่เข้าสู่ระบบ 2.19 ล./กก.ขยะแห้งเริ่มต้นและเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำที่ออกจากระบบพบว่าปริมาณน้ำที่ออกจากระบบจากการบำบัดขั้นต้นด้วยการหมักที่มีอัตราการชะล้าง 1.0 ล./กก.ขยะ-ครั้ง มีปริมาณน้ำออกจากระบบเท่ากับ 8.75 ล./กก.ขยะแห้งเริ่มต้น ซึ่งมีค่าสูงที่สุด ส่วนปริมาณน้ำออกจากระบบจากการบำบัดขั้นต้นด้วยการหมักที่ไม่มีการชะล้างมีค่าต่ำสุด

ตาราง 3 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำในการชะล้างกองหมักในการบำบัดขยะขั้นต้นและปริมาณน้ำฝนจำลองที่เติมในขั้นตอนการ

#### ฝึกลบ

ปริมาณน้ำ (ล./กก.ขยะแห้ง)		กองหมัก				
		NAF0.0	NAF0.2	NAF0.5	NAF1.0	-
<u>การบำบัดขั้นต้น</u>						
ปริมาณน้ำชะล้าง		0.00	1.60	4.00	8.00	-
ปริมาณน้ำจากการชะล้าง		0.00	1.24	3.58	7.58	-
ปริมาณน้ำ (ล./กก.ขยะแห้งเริ่มต้น)		ถังจำลอง				
		LAF0.0	LAF0.2	LAF0.5	LAF1.0	LC
<u>การฝึกลบขยะ</u>						
ปริมาณน้ำฝนจำลองที่เติม		1.43	1.43	1.43	1.43	2.19
ปริมาณน้ำชะขยะ		1.28	1.22	1.17	1.17	2.29
ภาพรวม	ปริมาณน้ำเข้าระบบรวม (ล./กก.ขยะแห้ง)	1.43	3.03	5.43	9.43	2.19
	ปริมาณน้ำออกจากระบบรวม (ล./กก.ขยะแห้ง)	1.28	2.46	4.75	8.75	2.29

### การเปรียบเทียบการเกิดก๊าซและน้ำชะขยะจากการฝึกลบ

#### (ก) การเปรียบเทียบการเกิดก๊าซและน้ำชะขยะจากการฝึกลบในกรณีฝึกลบขยะในปริมาณเท่ากัน

จากตาราง 4 เมื่อพิจารณามลสารสะสมที่ถูกชะออกมาของแต่ละถังจำลองที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น คือถังจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 เปรียบเทียบกับถังจำลอง LC พบว่าถังจำลอง LC ปล่อยค่า

มลสารสะสมสูงสุดในทุกพารามิเตอร์ และเมื่อพิจารณา ระหว่างถึงจำลองที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น พบว่าถึงจำลอง LAF1.0 ปล่อยมลสารสะสมที่ถูกชะออกมาในรูป บีโอดี ซี โอดี ความเป็นค่ารวม และความเป็นกรดระเหยง่ายต่ำสุด คือ 3.32, 4.68, 2.43 และ 1.77 ก./กก. ขยะแห้ง ตามลำดับ ส่วนถึงจำลอง LAF0.5 ปล่อยมลสารสะสมที่ถูกชะออกมา ในรูปแอมโมเนียไนโตรเจน และสารอินทรีย์ไนโตรเจน ต่ำสุดคือ 0.14 และ 0.06 ก./กก.ขยะแห้ง ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซสะสม ที่เกิดขึ้นจากถึงจำลองที่ ผ่านการบำบัดขั้นต้น เปรียบเทียบกับถึงจำลองที่บรรจุขยะ สด พบว่าถึงจำลอง LAF1.0 ให้ปริมาณก๊าซมีเทนและ คาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเท่ากับ 10.61 และ 7.40 ล./กก. ขยะแห้ง ตามลำดับ สำหรับค่าสัดส่วนปริมาณมลสาร สะสมของถึงจำลอง LC เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณมล สารสะสมเฉลี่ยของถึงจำลองใบอื่นๆ มีดังนี้ ปริมาณบีโอดี สะสมที่ชะออกมามากกว่า 18 เท่า ซีโอดีมากกว่า 16 เท่า แอมโมเนียไนโตรเจนมากกว่า 9 เท่า สารอินทรีย์

ไนโตรเจนมากกว่า 16 เท่าความเป็นค่ารวมมากกว่า 6.5 เท่า และกรดไขมันระเหยง่ายมากกว่า 11.5 เท่า

**(ข) การเปรียบเทียบการเกิดก๊าซและน้ำชะขยะจากการฝัง กลบในกรณีพิจารณาจากขยะเริ่มต้น**

จากตาราง 4 แสดงให้เห็นถึงภาพรวมของ ปริมาณมลสารที่ถูกชะออกมาจากการบำบัดขยะขั้นต้นด้วย วิธีการหมักก่อนการฝังกลบเปรียบเทียบกับการฝังกลบขยะ สดจะพบว่าที่ระยะเวลาการฝังกลบ 4 เดือน การบำบัดขยะ ขั้นต้นด้วยวิธีการหมักจะก่อให้เกิดปริมาณมลสารสะสม รวมจากทั้งในน้ำที่ชะล้างและน้ำชะจากการฝังกลบ ต่ำกว่า การฝังกลบขยะสดในทุกๆ พารามิเตอร์ สำหรับค่าสัดส่วน ปริมาณมลสารสะสมของถึงจำลอง LC เมื่อเปรียบเทียบกับ ปริมาณมลสารสะสมเฉลี่ยของถึงจำลองใบอื่นๆ มีดังนี้ ปริมาณบีโอดีสะสมที่ชะออกมามากกว่า 5 เท่า ซีโอดี มากกว่า 5 เท่า แอมโมเนียไนโตรเจนมากกว่า 6 เท่า สารอินทรีย์ไนโตรเจนมากกว่า 3 เท่าความเป็นค่ารวม มากกว่า 5 เท่า และกรดไขมันระเหยง่ายมากกว่า 7 เท่า

ตาราง 4 ปริมาณมลสารสะสมจากน้ำชะล้างกองหมักและน้ำชะขยะจากการฝังกลบ

พารามิเตอร์	น้ำชะล้างจากกองหมัก				น้ำชะจากถึงจำลอง				น้ำชะล้างจากกองหมัก + น้ำชะจากถึงจำลอง				LC
	NAF0.0	NAF0.2	NAF0.5	NAF1.0	LAF0.0	LAF0.2	LAF0.5	LAF1.0	NAF0.0 + LAF0.0	NAF0.2 + LAF0.2	NAF0.5 + LAF0.5	NAF1.0 + LAF1.0	
<b>ปริมาณมลสารสะสม (ก./กก.ขยะแห้ง)</b>													
บีโอดี	0.0	4.30	9.62	24.91	4.53	3.46	3.94	3.32	4.43	7.76	13.56	28.23	67.31
ซีโอดี	0.0	6.11	15.80	37.04	6.65	4.94	5.14	4.68	6.65	11.05	20.94	32.36	86.08
ความเป็นค่ารวม	0.0	0.50	1.00	1.89	3.22	2.57	2.64	2.43	3.22	3.07	3.64	4.32	17.46
กรดไขมันระเหยง่าย	0.0	0.65	1.00	3.12	2.40	1.78	1.99	1.77	2.40	2.43	2.99	4.89	22.66
แอมโมเนียไนโตรเจน	0.0	0.06	0.12	0.22	0.16	0.19	0.14	0.18	0.16	0.25	0.26	0.40	1.49
สารอินทรีย์ไนโตรเจน	0.0	0.16	0.32	0.68	0.10	0.08	0.06	0.08	0.10	0.24	0.38	0.76	1.17

หมายเหตุ ระยะเวลากองหมัก 2 เดือน และระยะเวลาฝังกลบ 4 เดือน

**สรุปผลการศึกษา**

1. ผลจากการชะล้างกองหมักด้วยวิธีชะล้างด้วย น้ำนั้น ค่ามลสารต่าง ๆ ลดลงแปรผันตรงกับจำนวนครั้ง

ที่ทำการชะล้างและปริมาณน้ำที่ใช้ชะล้าง โดยการชะล้าง ครั้งแรกสามารถลดมลสารในรูปแบบต่าง ๆ ได้ถึงร้อยละ 90

2. ผลของการวิเคราะห์ก๊าซ พบว่าก๊าซซึ่งเกิดจากถังจำลอง LAF1.0 เกิดปริมาณก๊าซสูงสุดที่ 158.1 ลิ. และถังจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 มีลักษณะการเกิดของก๊าซแต่ละชนิดคล้ายคลึงกัน คือมีการเร่งให้เกิด

ก๊าซมีเทนเร็วขึ้น ส่วนถังจำลอง LC นั้น ในช่วงแรกไม่เกิดก๊าซมีเทนแต่เกิดภายหลัง

3. ผลของการวิเคราะห์น้ำชะขยะ พบว่าค่ามลสารที่ออกมาพร้อมน้ำชะขยะของถังจำลอง LAF0.0, LAF0.2, LAF0.5 และ LAF1.0 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนถังจำลอง LC ให้ค่าที่มีความแตกต่างจากถังจำลองไปอื่นๆ คือให้ค่ามลสารที่สูงกว่าถังจำลองไปอื่นๆ ในทุกตัวแปร

4. การบำบัดขยะขึ้นดินด้วยวิธีการหมัก จะช่วยลดปริมาตรขยะที่จะนำไปฝังกลบได้เฉลี่ยร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก และลดอัตราการเกิดมลสารจากพื้นที่ฝังกลบได้ และการชะล้างกองหมักด้วยน้ำสามารถลดมลสารที่ปล่อยจากพื้นที่ฝังกลบได้ทุกพารามิเตอร์โดยอัตราการชะล้างสูงจะสามารถลดมลสารที่ปล่อยออกมาได้มากขึ้น

5. การชะล้างกองหมักช่วยเร่งให้เกิดก๊าซมีเทนในระบบฝังกลบเร็วขึ้น และที่อัตราการชะล้างสูงจะให้ปริมาณก๊าซที่สูงด้วย

6. การชะล้างเพียง 1 ครั้ง ก็สามารถลดมลสารในทุกพารามิเตอร์ได้ถึงร้อยละ 90 และ การชะล้างด้วยน้ำที่อัตรา 0.2 ลิ./กก. ก็เพียงพอในการลดมลสารในทุกตัวแปร

### เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2548). “องค์ประกอบขยะ เทศบาลนครเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2548.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/waste\\_municip.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_municip.html) (4 สิงหาคม 2548)
- [2] กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม. (2548). “สถิติสภาพภูมิอากาศจังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2547”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.cmmet.com/forecast/climate.xls> (5 สิงหาคม 2548)
- [3] ชงชัย พรรณสวัสดิ์. (2534). *คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน*. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทย.
- [4] APHA, AWWA and WPCF. (1995). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 19<sup>th</sup> Edition, American Public Health Association, Washington D.C.
- [5] Aragon, M (1988). “The Landfill: Reactor and Final storage”, *Proceeding Swiss Workshop on Land Disposal of Solid Wastes*, Gerzensee, March 14-17, pp.15-38.
- [6] Christensen, T.H., Cossu, R., and Stegmann, R (1996). *Landfilling of waste: Biogas* London, Champman&Hall, Inc.
- [7] CMU and JICA. (1992). *Development of the Appropriate Technology as a Primary Health Care For Human Waste Treatment and Disposal in Northern Thailand*.
- [8] Cossu, R. and Raga, R. (2002). “ThePAF model: integrated approaches for landfill sustainability”. *Proceeding of The 2<sup>nd</sup> Asian Pacific Landfill Symposium*, Seoul, 25-28 September 2002: 9-17.
- [9] Tranker, J. (2005a). “Mechanical biological pretreatment in south-east Asia feathers and treated waste performance.” *Proceeding of Asian Landfill Symposium*, Bangkok, 5-8 March 2005, 191-198.