

**การผลิตน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม**  
**Production of bioextract using bio-sludge as co-digestion material**

**เบญจวรรณ คำศรี<sup>1</sup> และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์<sup>2</sup>**

**Benjawan Kramsri<sup>1</sup> and Orathai Chavalparit<sup>2</sup>**

**บทคัดย่อ**

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ แอคติเวทเต็ดสลัดจ์มาใช้เป็นวัสดุหมักร่วมกับเศษอาหาร ตะกอนสลัดจ์ที่นำมาใช้ในการทดลองได้จากถังตกตะกอนชั้นที่สองของระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอคติเวทเต็ดสลัดจ์จากโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ส่วนเศษอาหารเก็บรวบรวมจากโรงอาหารภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการทดลอง โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหาร 4 ค่า คือ 10:90 20:80 100:0 และ 0:100 ทำการหมักในระบบปิดไร้ออกซิเจน เป็นระยะเวลา 28 วัน ศึกษากระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนของน้ำหมักชีวภาพ ปริมาณธาตุอาหารและทดสอบความเป็นพิษของน้ำหมักชีวภาพ ต่อพืช พบว่า ตะกอนสลัดจ์สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุหมักร่วมกับเศษอาหารในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ จะส่งผลให้ค่าซีไอลดลงอย่างรวดเร็วภายในเวลา 7 วัน ซึ่งค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพที่ได้มีค่าพีเอชต่ำกว่า 6 จากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เมื่อใช้อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหาร เท่ากับ 10:90 จะทำให้น้ำหมักชีวภาพที่ได้มีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้เศษอาหารอย่างเดียว เมื่อพิจารณาดัชนีการออกของเมล็ด ทุกอัตราส่วนผลมีดัชนีการออกของเมล็ดเกิน 80

**ABSTRACT**

This research investigated the feasibility of using bio-sludge from activated sludge process and food waste as a feed stock for producing bioextract. Bio-sludge was obtained from the 2<sup>nd</sup> sedimentation tank of activated sludge process of a petrochemical industry and food waste was collected from a canteen at Chulalongkorn University. The study was performed at 4 different ratio of bio-sludge and food waste as 10:90; 20:80; 100:0 and 0:100, respectively. Five anaerobic digestion reactors were fed by various ratio of bio-sludge and food waste at reaction time

Key Words: bioextract, Bio-Sludge, co-digestion

e-mail address: [p\\_panny@hotmail.com](mailto:p_panny@hotmail.com)

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>1</sup> Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok

<sup>2</sup> อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok

of 28 days. The bioextract produced from the reactors were collected and analyzed for the major nutrient for plantation namely nitrogen, phosphorus and potassium and Germination index. The results showed that chemical oxygen demand (COD) of the bioextract were gradually decreased in 14 days. While the pH of the fermentation reactor was drop within the first week and then gradually increased during the 28-day period. It was observed that the concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in bioextract were increased with increase the ratio of bio-sludge to food waste. Finally, the results of seed germination test with bioextract showed that all bioextract from various mixtures could meet the organic fertilizer standard requirements of Thailand. Bio-Sludge can be used in co-digestion material produced of bioextract

## คำนำ

น้ำหมักชีวภาพ (Bioextract) เป็นน้ำที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์เหลือใช้จากส่วนต่างๆ ของพืชและสัตว์ โดยผ่านกระบวนการหมักในสภาพไร้ออกซิเจน โดยมีจุลินทรีย์ในธรรมชาติและที่ติดมากับวัสดุที่นำมาหมัก ทำหน้าที่ย่อยสลายโดยใช้กากน้ำตาลและสารประกอบอินทรีย์จากวัสดุเหล่านั้นเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะทำการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้มีโมเลกุลเล็กลงตามลำดับ ของเหลวหรือน้ำหมักที่ได้นี้จะมีทั้งจุลินทรีย์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นหลากหลาย ชนิด รวมทั้งมีสารประกอบที่สกัดได้จากเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ชนิดต่างๆ ได้แก่ สารพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ฮอริโมน เอนไซม์ และอื่น ๆ เนื่องจากขบวนการทำในระยะเวลาแรกเกี่ยวข้องกับขบวนการสกัดน้ำเลี้ยงจากเซลล์ทางชีวภาพและในช่วงหลัง เกี่ยวข้องกับขบวนการหมัก ดังนั้นนักวิชาการบางกลุ่มจึงเรียกน้ำสกัดชีวภาพว่า น้ำหมักชีวภาพ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) น้ำหมักชีวภาพเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการเร่งอัตราการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มคุณภาพของผลผลิตของพืชให้ดีขึ้น โดยการใช้วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุดเช่น ขยะสดจากตลาด จากครัวเรือน เศษวัสดุจากโรงงานแปรรูปอาหาร โรงงานปลากระป๋อง เศษปลาจากตลาด หอยเชอรี่ น้ำหมักชีวภาพจะมีธาตุอาหารหลัก อาหารรอง กรดอะมิโนและอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักซึ่งมีสูตรมาตรฐานชัดเจนขึ้นอยู่กับความสะดวกในการหาแหล่งที่เหมาะสม ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน

ตะกอนสลัดจ์ (Bio-sludge) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว รหัสของชนิดและประเภทของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว คือ 19 08 12 หมายความว่า ตะกอนสลัดจ์ที่มีสารอันตรายจากการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมโดยวิธีชีวภาพ ซึ่งถูกจัดว่าไม่เป็นของเสียอันตราย และเลือกถูกกำจัดด้วยวิธีการที่ 083 คือ หมักทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงคุณภาพดินจะอนุญาตเฉพาะสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตรายเท่านั้น โดยจะพิจารณาอนุญาตให้นำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วไปหมักทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงคุณภาพดินใน 2 ลักษณะ ดังนี้ 1) การนำกลับมาใช้หมักทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงคุณภาพดิน 2) การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ได้แก่ การผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพผู้รับดำเนินการจะต้องเป็นโรงงานประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับการทำปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ โดยจะต้องแนบผลวิเคราะห์ที่แสดงว่าวัสดุที่ไม่ใช้แล้วดังกล่าวเป็นของเสียที่ไม่เป็นของเสียอันตราย (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว, 2548)

ปัจจุบันตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพมีปริมาณสูงขึ้นตามการเติบโตของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งตะกอนสลัดจ์ประกอบด้วยธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงและมีจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตน้ำหมักชีวภาพ แต่ยังคงขาดการศึกษากระบวนการผลิตและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการนำตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียมาผลิตน้ำหมัก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำตะกอนสลัดจ์มาเป็นวัสดุหมักร่วมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ และศึกษาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเพื่อใช้ในการพัฒนาน้ำหมักชีวภาพจากตะกอนสลัดจ์ให้มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานที่กำหนดต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้ตะกอนสลัดจ์ร่วมกับเศษอาหารและเติมสารเร่งซูเปอร์ พด.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำน้ำหมักชีวภาพ และทำการศึกษาผลของอัตราส่วนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้ต่อดัชนีการงอกของเมล็ดพืช

### 1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ถังที่มีฝาปิดสนิท เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมวัสดุหมักที่เหมาะสม และปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำหมักชีวภาพ ด้านล่างของถังมีการติดตั้งก๊อกน้ำ เพื่อใช้เก็บตัวอย่าง และภายในถังทำการติดตั้งตะแกรงกรองน้ำช่วยในการกรองให้ง่ายแก่การเก็บตัวอย่าง

### 2. วิธีการวิจัย

#### 2.1 วัสดุหมักร่วมที่ใช้ในการทดลอง

ตะกอนสลัดจ์ที่นำมาใช้ในการทดลองนำมาจากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอกติเวตเต็ด สลัดจ์ของโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ส่วนเศษอาหารเก็บจากโรงอาหารภายใน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดใส่ถังพลาสติกที่สะอาด

#### 2.2 การเตรียมตัวอย่าง

คัดเลือกตะกอนสลัดจ์และเศษอาหารที่เหลือใช้ โดยเศษอาหารจะคัดแยกวัสดุที่ไม่ใช้อินทรีย์วัตถุออก เลือกเอาส่วนที่สามารถย่อยสลายได้เร็ว หลีกเลี้ยงพวกเศษกระดูก

### 3. วิธีการศึกษา

#### 3.1 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางเคมีของวัสดุหมักที่ใช้ในชุดการทดลองผลิตน้ำหมักชีวภาพ

ศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของตะกอนสลัดจ์ ตามพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) ปริมาณไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN) ปริมาณฟอสฟอรัส (Available Phosphorus,  $P_2O_5$ ) ปริมาณโพแทสเซียม (Water Soluble Potassium,  $K_2O$ ) และปริมาณโลหะหนัก

#### 3.2 การออกแบบการทดลอง

ทำการหมักแบบไร้ออกซิเจนในถังที่มีฝาปิดสนิท ที่อุณหภูมิประมาณ 28-32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนระหว่างตะกอนสลัดจ์และ เศษอาหาร ในอัตราส่วน 10:90; 20: 80; 100:0 และ 0:100 ตามลำดับ กำหนดให้แต่ละชุดการทดลองมีอัตราส่วนของเศษอาหารกับตะกอนสลัดจ์: กากน้ำตาล: น้ำ คือ 3:1:1 ซึ่งดัดแปลงอัตราส่วนมาจากสูตรของกรมวิชาการเกษตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) ดังแสดงใน Table 1

**Table 1** Experimental conditions used for the optimization of Bio-sludge (BS), food waste (FW), molasses, EM and water ratio

Treatment	BS : FW	Weight (kg dry weight)			Molasses	EM	Water
	Ratio	BS	FW	Total	(Kg.)	(ml.)	(L.)
1	10:90	0.3	2.7	3	1	200	1
2	20:80	0.6	2.4	3	1	200	1
3	100:0	3	-	3	1	200	1
4	0:100	-	3	3	1	200	1

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากปฏิกิริยาการย่อยสลายของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ซีโอดี กรอง (COD) กรดระเหยง่าย (VFA) และศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ ไนโตรเจน (APHA, 1995) ฟอสฟอรัส (APHA, 1995) โพแทสเซียม (กรมวิชาการเกษตร, 2551) และทดสอบความเป็นพิษของน้ำหมักชีวภาพกับเมล็ดพืช โดยวิธีทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ดพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2551) คำนวณจาก :

$$\text{ดัชนีการงอกของเมล็ด (\%)} = \frac{\% \text{ ความงอกในน้ำหมักชีวภาพ} \times \text{ความยาวรากในน้ำหมักชีวภาพ} \times 100}{\% \text{ ความงอกในน้ำกลั่น} \times \text{ความยาวรากในน้ำกลั่น}}$$

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 1. ลักษณะทางกายภาพและเคมีของวัสดุหมัก

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอกติเวตเต็ดสลัดจ์ของโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี พบว่า มีค่าอินทรีย์คาร์บอน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ได้ตามมาตรฐานคุณสมบัติของปุ๋ยหมักโดยกรมพัฒนาที่ดิน ดัง Table 2 โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในตะกอนสลัดจ์ พบว่ามีค่าสูงมากถึงร้อยละ 5.3 และ 1.8 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์และปริมาณโพแทสเซียมพบว่ามีค่าต่ำกว่า มาตรฐานคุณสมบัติของปุ๋ยหมัก ดังนั้นตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอกติเวตเต็ดสลัดจ์จึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นปุ๋ยหมักโดยตรง แต่เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารสูงมากจึงมีศักยภาพที่จะใช้เป็นวัสดุหมักร่วมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งเมื่อทดสอบการชะละลายด้วยวิธี Waste Extraction Test (WET) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 นำน้ำชะละลายมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer) พบว่า ปริมาณ ไม่เกินมาตรฐานปุ๋ยหมัก และค่า Germination Index พบว่ามีค่า 62.11 แต่ไม่ต่ำกว่า 50 แสดงว่า ตะกอนสลัดจ์ที่ใช้ไม่เป็นพิษกับพืช ส่วนผลการวิเคราะห์เศษอาหาร พบว่า ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมีค่าสูงถึงร้อยละ 2.2 0.8 และ 1.1 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณสมบัติของปุ๋ยหมัก ซึ่งจากคุณสมบัติเบื้องต้น สรุปได้ว่า เศษอาหารเหมาะแก่การนำมาใช้เป็นวัสดุหมักร่วมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ

Table 2 Characteristics of Bio-Sludge and food waste

Characteristic	Bio-sludge	Food waste	Standard of Organic fertilizer (by Land Development Department)
pH	8.2	5.5	5.5-8.5
Moisture Content (%)	90.45	58.29	≤ 35
Germination Index (GI;%)	62.11	82.3	≤ 80
C/N Ratio	8/1	16/1	≤ 20 : 1
Total Nitrogen (%)	5.3	2.2	≥ 0.5
Total Phosphorus (%)	1.8	0.8	≥ 0.5
Total Potassium (%)	0.3	1.1	≥ 1.0
Heavy metal			
- As (mg/kg)	6.9		≤ 50
- Cd (mg/kg)	1.8		≤ 5
- Cr (mg/kg)	107		≤ 300
- Cu (mg/kg)	38		≤ 500
- Pb (mg/kg)	10		≤ 500
- Hg (mg/kg)	6.9		≤ 2
	(The Leaching test <0.000)		(The Leaching test ≤ 0.2)

## 2. ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนของน้ำหมักชีวภาพ

กระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนของน้ำหมักชีวภาพ พิจารณาจากค่าซีไอดีและค่าพีเอช โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพจากถังปฏิกิริยาทุก 7 วัน และนำมาวิเคราะห์ พบว่า สารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของตะกอนสลัดจ์ เศษอาหาร และกากน้ำตาลอยู่ในน้ำหมักชีวภาพ มีการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในระบบ ส่งผลให้ค่าซีไอดีลดลงอย่างรวดเร็วใน 14 วันช่วงแรกของการหมัก และจะค่อยๆลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย เช่น กากน้ำตาล ได้ย่อยสลายไปมากในช่วงแรก ส่วนตะกอนสลัดจ์ และเศษอาหารที่ย่อยสลายได้ยากจะเกิดการย่อยสลายทีละน้อย เนื่องจากเศษอาหารมีองค์ประกอบของไขมันทำให้เกิดการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ได้ช้าทำให้ค่าซีไอดีลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับค่าซีไอดีเริ่มต้น (Figure1)

จาก Figure 1 แสดงปฏิกิริยาการย่อยสลายซีไอดีของน้ำหมักชีวภาพที่เวลาต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า การใช้ตะกอนสลัดจ์และเศษอาหารเป็นวัสดุหมักเพียงอย่างเดียวค่าซีไอดีเริ่มต้นประมาณ 60000 มล./ลิตร และค่าซีไอดีจะเปลี่ยนแปลงลดลงไปเรื่อยๆ เนื่องจากจุลินทรีย์ในตะกอนสลัดจ์สามารถใช้อาหารจากกากน้ำตาลและเพิ่มจำนวนเซลล์มากขึ้นทำให้สามารถย่อยสลายเศษอาหารได้ดีทำให้ค่าซีไอดีลดลง

ในการวิเคราะห์ค่าพีเอช พบว่า ค่าพีเอชมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงระยะเวลาในการทดลอง พบว่าค่าพีเอชลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 7 วันแรกของการทดลองดัง Figure 2 เนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบทำให้เกิดกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะซิติก (Mahmood *et al.*, 2010) เมื่อปริมาณกรดเพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่าพีเอชของระบบลดลงเรื่อยๆ จากพีเอชประมาณ 5.24 เป็น 3.95 ในวันที่ 7 ของการทดลอง จากนั้นมี

แนวโน้มค่อยๆเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จนวันสุดท้ายของการทดลอง เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายได้ถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ดังนั้นค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพของทุกชุดการทดลอง จึงมีค่าเป็นกรดอ่อนโดยพีเอชวันที่ 28 จะต่ำกว่า 5 ในทุกชุดการทดลอง

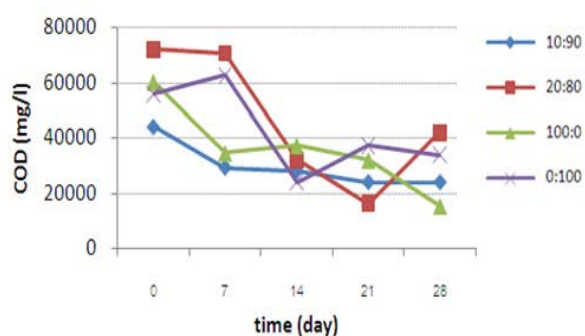


Figure 1 The COD values of bioextract prepared at different time durations and by using different ratios of bio-sludge and food waste

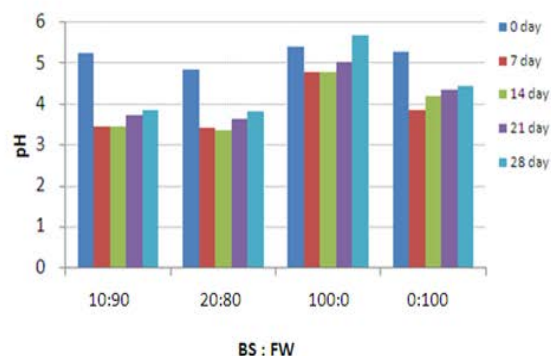


Figure 2 The pH values of bioextract prepared at different time durations and by using different ratios of bio-sludge and food waste

### 3. ปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักชีวภาพ ไนโตรเจน

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพในทุกชุดการทดลอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากหมักเป็นเวลา 28 วัน จากผลการวิเคราะห์ค่าที่เคเอ็นในน้ำหมักชีวภาพในวันที่ 28 เปรียบเทียบกับวันแรก พบว่า น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ร่วมกับเศษอาหารที่อัตราส่วน 10:90 มีปริมาณที่เคเอ็นเพิ่มมากที่สุดจากร้อยละ 0.44 เป็น ร้อยละ 0.87 (Figure 3)

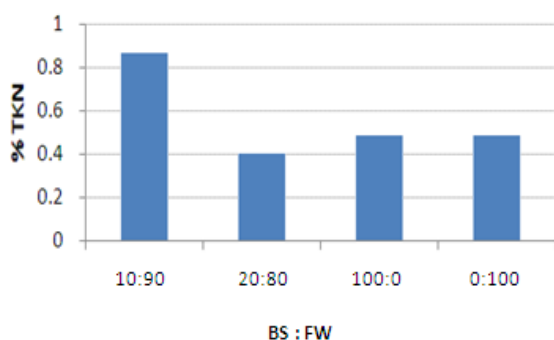


Figure 3 The %TKN values of Bioextract prepared using different ratios of Bio-Sludge and Food waste at day 28

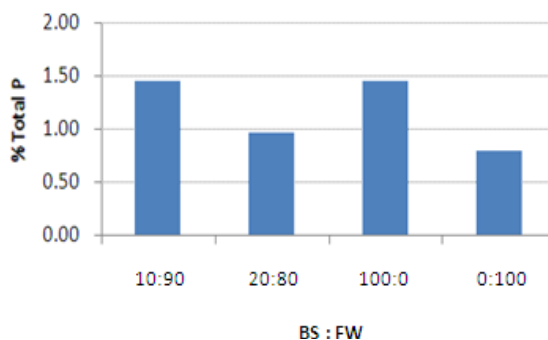


Figure 4 The %Total P values of bioextract prepared at different time durations and by using different ratios of bio-sludge and food waste

### ฟอสฟอรัส

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพที่พบในทุกชุดการทดลอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมัก 28 วัน จากผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในน้ำหมักชีวภาพในวันที่ 28 น้ำหมักชีวภาพที่ใช้เศษอาหารเพียงอย่างเดียวมีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำหมักต่ำที่สุด เพียงร้อยละ 0.8 แต่น้ำหมักชีวภาพที่ใช้

ตะกอนสลัดจ์เพียงอย่างเดียวและน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ร่วมกับเศษอาหารที่อัตราส่วน 10:90 มีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำหมักสูงที่สุดร้อยละ 1.46 (Figure 4)

### โพแทสเซียม

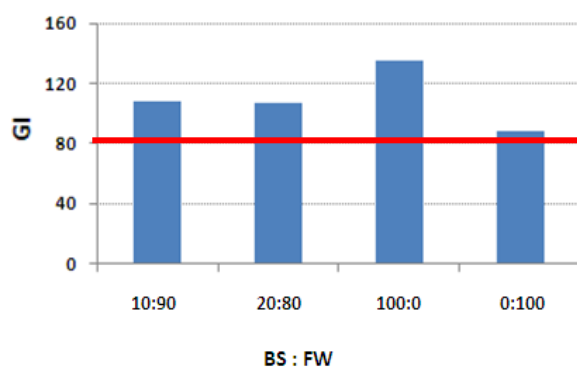
ปริมาณโพแทสเซียมที่ใช้ระยะเวลาในการหมัก 28 วัน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในน้ำหมักชีวภาพที่ใช้เศษอาหารเพียงอย่างเดียวมีปริมาณโพแทสเซียมในน้ำหมักสูงที่สุดร้อยละ 0.15 รองลงมาตะกอนสลัดจ์ร่วมกับเศษอาหารที่อัตราส่วน 10:90 มีปริมาณโพแทสเซียมร้อยละ 0.12 ดังนั้น จะเห็นว่า ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพโดยใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วมกับเศษอาหารจะให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สูงขึ้นได้

### องค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลัก

จากองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักพบในน้ำหมักชีวภาพของอัตราส่วนผสม 4 ชุดการทดลอง พบว่า น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ร่วมกับเศษอาหารที่อัตราส่วน 10:90 มีปริมาณธาตุอาหารรวมร้อยละ 2.45 ของน้ำหนัก ซึ่งเป็นอัตราส่วนเดียวที่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำหมักชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดินที่กำหนดให้ องค์ประกอบรวมกันของธาตุอาหารหลักไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ของน้ำหนัก (Table 3)

**Table 3** Total major nutrient of the bioextracts prepared at different time durations and by using different ratios of bio-sludge and food waste

Treatment	BS : FW Ratio	The major nutrient (%)			
		N	P	K	Total
1	10:90	0.87	1.46	0.12	2.45
2	20:80	0.4	0.97	0.12	1.49
3	100:0	0.49	1.46	-	1.95
4	0:100	0.49	0.8	0.15	1.44



**Figure 5:** The GI values of bioextract prepared at 28 days by using different ratios of bio-sludge and food waste

## 4. ดัชนีการงอกของเมล็ด

จากการทดสอบการงอกของเมล็ดถั่วเขียวของน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากทุกชุดการทดลอง พบว่า เมล็ดถั่วเขียวมีดัชนีการงอกมากที่สุดในช่วงวันที่ 21 และ 28 ของการหมัก มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดเกินเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมัก ที่ 80 (Figure 5) ทุกชุดการทดลอง บ่งชี้ว่าน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ร่วมกับเศษอาหารสามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยปราศจากสารที่เป็นพิษต่อพืช

## สรุป

จากการทดลอง สรุปได้ว่า ตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ของโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุหมักร่วมกับเศษอาหารในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ โดยผลการศึกษาคณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีปริมาณเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำหมักชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดินที่กำหนดให้องค์ประกอบรวมกันของธาตุอาหารหลักไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 ของน้ำหนัก รวมทั้งผลการ

ทดสอบดัชนีการออกของเมล็ดของน้ำหมักชีวภาพทุกชุดการทดลองที่ระยะเวลาหมักที่ 28 วัน พบว่า ดัชนีการออกของเมล็ดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักและไม่มีความเป็นพิษต่อพืช

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณกรมพัฒนาที่ดินที่ช่วยเหลือในการให้ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. การประเมินผลปุ๋ยอินทรีย์น้ำโดยใช้สารเร่ง พด.2 ของเกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้ พ.ศ.

2547. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2547. (พิมพ์ดีด)

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2548. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องกำจัดการสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว.

ฉบับที่ 1.

กรมวิชาการเกษตร. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ น้ำหมักชีวภาพ (ตอนที่ 1). พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร,

2547.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ พิมพ์ครั้งที่ 1.

กรุงเทพมหานคร 2551.

APHA, AWWA and WPCF Standard methods for examination of water and wastewater. 19<sup>th</sup> Edition.

APHA. Inc. 1995.

Mahmood, T., S. M. Ur Rehman, U. I. Cheema and N. Bangash. 2010. Biosynthesis of enzyme ionic plasma for wastewater treatment using fruit and vegetable waste. *International journal of agriculture & biology*. 12-2:194–198.