การผลิตน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม

นางสาวเบญจวรรณ คำศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF BIOEXTRACT USING BIO-SLUDGE AS CO-DIGESTION MATERIAL

Miss Benjawan Kramsri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2013
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม
โดย	นางสาวเบญจวรรณ คำศรี
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุธา ขาวเธียร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรัณย์ เตชะเสน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. นวลจันทร์ ชะบา)

เบญจวรรณ คำศรี : การผลิตน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม. (PRODUCTION OF BIOEXTRACT USING BIO-SLUDGE AS CO-DIGESTION MATERIAL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, 184 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์มาใช้เป็นวัสดุหมักร่วมกับเศษอาหารและเศษผักในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ ตะกอนสลัดจ์ที่นำมาใช้ในการทดลองได้จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 ศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างตะกอนสลัดจ์จากทั้ง 2 ชนิดต่อเศษอาหารต่อเศษผัก 9 ค่า คือ 10:90:0 10:45:45 20:80:0 20:45:45 50:50:0 50:25:25 100:0:0 0:100:0 และ 0:50:50 โดยการวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ค่าซีโอดี กรดอินทรีย์ระเหยง่าย ปริมาณธาตุอาหารหลัก และทดสอบความเป็นพิษโดยวิธีทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด ด้วยการหมักตัวอย่างทั้งหมดในระบบปิดไร้ออกซิเจน เป็นระยะเวลา 28 วัน จากผลการ พบว่า การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ จะส่งผลให้พีเอช และค่าซีโอดีจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วใน 7 วัน ส่วนปริมาณธาตุอาหารจะมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการหมัก เมื่อพิจารณาค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณธาตุอาหารหลัก รวมกับค่าดัชนีการงอกของเมล็ด จะพบว่า น้ำหมักชีวภาพที่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบน้ำเสียชุมชนในอัตราส่วน เท่ากับ 20:80:0 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน และน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม ในอัตราส่วน เท่ากับ 10:90:0 และ 50:25:25 ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ จากนั้นนำอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ที่ได้ไปศึกษาส่วนที่ 2 คือการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพในระหว่างการหมักตัวอย่างที่ผ่านเกณฑ์ พบว่า จุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจะมีปริมาณความหนาแน่นสูงสุดที่ระยะการหมัก 6 วัน โดยมีความหนาแน่นแบคทีเรียทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมา คือ ราและยีสต์ จุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติก และจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน ตามลำดับ เมื่อทดสอบการนำน้ำหมักชีวภาพไปใช้ในการปลูกพืชจริง โดยการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองในด้านความสูงการออกดอกและมวลชีวภาพ พบว่า สามารถช่วยเพิ่มอัตราการเติบโตของต้นดาวเรืองในทุกด้านที่ตรวจวัด โดยพบว่า อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงาน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 50:25:25 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน ให้ผลดีที่สุด

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556

5370272521 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEYWORDS: BIO-SLUDGE / BIOEXTRACT / ANAEROBIC DIGESTION

BENJAWAN KRAMSRI: PRODUCTION OF BIOEXTRACT USING BIO-SLUDGE AS CO-DIGESTION MATERIAL. ADVISOR: ASSOC. PROF. ORATHAI CHAVANPARIT, Ph.D., 184 pp.

This research is aimed to study the efficiency of bio-extract from food and vegetable waste, which using sludge from activated treatment process as a co-digestion comparing between sludge from local wastewater treatment system and factory plant. This experiment is divided into 3 parts. The first part, the pH value, conductivity, CODs, VFA, nutrients, and toxicity of bio-extract from 2 types of sludge are studied. The ratio among sludge, food waste, and vegetable waste are at the ratio of 10:90:0, 10:45:45, 20:80:0, 20:45:45, 50:50:0, 50:25:25, 100:0:0, 0:100:0 and 0:50:50. All of specimens are digested in anaerobic condition for 28 days. Nutrients and toxicity of the bio-extract are studied by Germination Index method. The results show that pH and COD reduction were rapidly degradation within 7 days. When determine pH value, conductivity, and major nutrients against the standard of “Thai Agricultural commodity, the results show that 3 bio-extracts from waste water sludge at the ratio of 20:80:0 digested for 21 days, and from sludge from factory at the ratio of 10:90:0 and 50:25:25 digested for 28 and 21 days, respectively, are qualified. These 3 bio-extracts are carried on to the second part to study the anaerobic degradation by analyzing amount of microorganisms. The result shows that the highest amount of microorganism has been obtained in 6 days. The majority of microorganisms population are fungi and yeast, Lactic acid bacteria, and Proteolytic bacteria, respectively. In the last part of the research, the 3 bio-extracts were applied to marigold (Tagetes spp.) to study the growth (length, efflorescence, and biomass). The result shows that Bio-extract were used for increasing growth rate of marigold (Tagetes spp.). When dilute the bio-extract with water at the ratio of 1:500, It can conclude that the bio-extract at the ratio of 50:25:25, which consisted of factory sludge, food waste and vegetable waste, is an optimum condition and it can completely digest for 21 days.

Department: Environmental Engineering
Field of Study: Environmental Engineering
Academic Year: 2013

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีก็ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก

รองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้งท่านประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้และคำอธิบายในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ ความเข้าใจ ช่วยเหลือและสนับสนุนในด้านต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณท่านประธาน และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ามาให้ความรู้ คำชี้แนะ ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2556

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และโครงการส่งเสริมศักยภาพการใช้ชีวภาพและชีวมวลในการผลิตเชื้อเพลิงและเคมีภัณฑ์เพื่อพัฒนาขีดความสามารถในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมและเพื่อการส่งออกเทคโนโลยี(ปฏิบัติการไทยเข้มแข็ง 2555)

ขอขอบพระคุณ กรมพัฒนาที่ดินที่ให้ข้อมูลและหัวเชื้อในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการปฏิบัติงานวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง เพื่อนและพี่ๆ ที่ห้องปฏิบัติการ และทุกๆ ท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นที่ให้คำปรึกษา ช่วยเป็นกำลังใจในการทำงาน และมีความปรารถนาดีมอบให้เสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญรูป ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 น้ำหมักชีวภาพ (Bioextract) 4
2.1.1 ความหมายและความสำคัญของน้ำหมักชีวภาพ 4
2.1.2 ประเภทของน้ำหมักชีวภาพ 4
2.1.3 กระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพ 5
2.1.4 ชนิดและบทบาทของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในน้ำหมักชีวภาพ 5
2.1.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ 7
2.1.6 คุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพ 9
2.1.7 มาตรฐานของน้ำหมักชีวภาพ 12
2.2 ตะกอนสลัดจ์ 14
2.2.1 กระบวนการแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process) 14
2.3 ขยะมูลฝอย 19
2.3.1 ความหมายของขยะมูลฝอย 20
2.3.2 ประเภทขององค์ประกอบขยะมูลฝอย 20
2.3.3 ปัญหาจากสภาพสิ่งแวดล้อมขยะมูลฝอย 21
2.4 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย 22

หน้า

2.4.1 ตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตโอเลฟินส์ 22
2.4.3 เศษอาหาร 25
2.4.4 เศษผัก 25
2.5 ดาวเรือง 25
2.5.1 ลักษณะทั่วไปของดาวเรือง 26
2.5.2 พันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย 26
2.5.4 การใส่ปุ๋ย 27
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 39
3.1 แผนงานวิจัย 39
3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 39
3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ 39
3.2.2 สารเคมี 40
3.2.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ 41
3.3 แนวทางการดำเนินงานวิจัย 41
3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย 43
3.4.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุหมัก 43
3.4.2 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์ 44
3.4.3 การสร้างถังหมักที่ใช้ในงานวิจัย 44
3.5 การดำเนินงานวิจัย 45
3.5.1 การทดลองส่วนที่ 1 45
3.5.1.1 การศึกษาคุณสมบัติและเปรียบเทียบน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ร่วมกับวัสดุหมักในอัตราส่วนต่างๆ 45
3.5.2 การทดลองส่วนที่ 2 47
3.5.2.1 ศึกษาคุณภาพ ปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนของการใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม 47
3.5.3 การทดลองส่วนที่ 3 47
3.6 ตัวแปรที่ทำการวิจัย 48

หน้า

3.7 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ผล 50
3.7.1 การเก็บตัวอย่าง 50
3.7.2 การวิเคราะห์ผล 50
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 52
4.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในการหมัก 52
4.1.1 คุณลักษณะเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในการหมัก 53
4.1.2 การทดสอบการชะละลายของตะกอนสลัดจ์ 54
4.2.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม. 56
4.2.2 ศึกษาปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม 74
4.2.3 สรุปอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ 78
4.3.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม 82
4.3.1.1 การวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่เป็นกลุ่มเด่นในน้ำหมักชีวภาพ 82
4.3.1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ 85
4.3.1.3 สรุปการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพกับคุณภาพน้ำหมัก 89
4.4.1 การศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพและการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง 89
4.4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำหมักชีวภาพ 96
4.5 การเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ 97
4.6 การนำไปใช้งานจริง 99
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 100
5.1 สรุปผลการวิจัย 100
5.2 ข้อเสนอแนะ 101
รายการอ้างอิง 102
ภาคผนวก ก. 107
ภาคผนวก ข. 116
ภาคผนวก ค. 150
ภาคผนวก ง. 160

หน้า

ภาคผนวก จ. 167
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 184

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2. 1 ปริมาณธาตุอาหารที่พบในน้ำหมักชีวภาพ 11
ตารางที่ 2. 2 มาตรฐานของการทำน้ำหมักชีวภาพของประเทศไทย 13
ตารางที่ 2. 3 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของตะกอนสลัดจ์ในรูปตะกอนสลัดจ์ จากโรงงานอุตสาหกรรมโอเลฟินส์ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม 16
ตารางที่ 2. 4 ปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารเสริมและโลหะหนักในตะกอนสลัดจ์ที่ผ่านการบำบัดแล้ว และตะกอนสลัดจ์หมัก 17
ตารางที่ 2. 5 องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย จากเทศบาลเมืองอ่างทอง 20
ตารางที่ 2.6 สรุปน้ำหมักชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 37
ตารางที่ 3.1การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกอนสลัดจ์และวัสดุหมักรวม .. 43
ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมระหว่างตะกอนสลัดจ์กับวัสดุหมักร่วมในการทดลอง 46
ตารางที่ 3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองที่ 1 49
ตารางที่ 3. 4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทั่วไปของน้ำหมักชีวภาพ 51
ตารางที่ 4. 1 การวิเคราะห์คุณลักษณะเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในการหมัก 54
ตารางที่ 4. 2 ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักประเภทต่างๆ ของตะกอนสลัดจ์* 55
ตารางที่ 4. 3 ปริมาณความเข้มข้นของน้ำชะโลหะหนักประเภทต่างๆ ของตะกอนสลัดจ์* 56
ตารางที่ 4.4 สรุปอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ 80
ตารางที่ 4.5 ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเพิ่มจำนวนของดอกดาวเรือง 92
ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรค 96
ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืชในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงานต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 50:25:25 96
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพ 97

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตโอเลฟินส์ 23
รูปที่ 3.1 แผนผังแนวทางการดำเนินการวิจัย 42
รูปที่ 3.2 ถังหมักจริงที่ใช้ในการทดลอง 44
รูปที่ 3.3 แผนผังการทดลองปลูกต้นดาวเรืองในกระถาง 48
รูปที่ 4.1 ค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม 58
รูปที่ 4.2 ค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์ 58
รูปที่ 4.3 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม 60
รูปที่ 4.4 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์ 60
รูปที่ 4.5 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม 61
รูปที่ 4.6 ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม 62
รูปที่ 4.7 ปริมาณโพแทสเซียมของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม 63
รูปที่ 4.8 ปริมาณองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพ 63
รูปที่ 4.9 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์ 64
รูปที่ 4.10 ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์ 65
รูปที่ 4.11 ปริมาณโพแทสเซียมของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์ 66
รูปที่ 4.12 ปริมาณองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์ 67
รูปที่ 4.13 ปริมาณร้อยละอินทรีย์คาร์บอนของน้ำหมักชีวภาพ 69
รูปที่ 4.14 ปริมาณร้อยละอินทรีย์คาร์บอนของน้ำหมักชีวภาพ 69
รูปที่ 4.15 ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพ 71
รูปที่ 4.16 ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพ 71
รูปที่ 4.17 ดัชนีการงอกของเมล็ดของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม 73
รูปที่ 4.18 ดัชนีการงอกของเมล็ดของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์ 73
รูปที่ 4.19 ค่าซีโอดีกรองในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม 75
รูปที่ 4.20 ค่าซีโอดีกรองในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์ 75
รูปที่ 4.21 กรดอินทรีย์ระเหยง่ายของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชมหนองแขม 77
รูปที่ 4.22 กรดอินทรีย์ระเหยง่ายของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์ 77
รูปที่ 4.23 ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพเริ่มต้น 83

รูปที่ 4.24 ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพที่ระยะเวลาหมัก 6 วัน..... 84
หน้า
รูปที่ 4.25 ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพที่ระยะเวลาหมัก 30 วัน 85
รูปที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์..... 86
รูปที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์
..... 87
รูปที่ 4.28 การเปลี่ยนแปลงของพีเอชในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ 87
รูปที่ 4.29 การเปลี่ยนแปลงของราและยีสต์ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ 88
รูปที่ 4.30 การเปลี่ยนแปลงของ จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน 89
รูปที่ 4. 31 ความสูงของดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้น 1:500..... 90
รูปที่ 4. 32 ความสูงของดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้น 1:1000..... 91
รูปที่ 4.33 มวลชีวภาพของดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้น 1:500 92
รูปที่ 4.34 มวลชีวภาพของดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้น 1:1000 93
รูปที่ 4.35 ความสูง จำนวนดอก และมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นเทียบกับชุดควบคุมเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพ
ความเข้มข้น 1:500 94
รูปที่ 4.36 ความสูง จำนวนดอก และมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นเทียบกับชุดควบคุมเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพ
ความเข้มข้น 1:1000 94
รูปที่ 4.37 การเจริญเติบโตของดาวเรือง 95

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เพื่อรองรับกระบวนการผลิตที่เพิ่มขึ้นและพอเพียงกับจำนวนประชากรที่มากขึ้น ผลที่ตามมาจากการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม นั้นก็คือปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งทางด้านอากาศ น้ำ ขยะและของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต เช่น กากของเสียอุตสาหกรรม เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการที่จะต้องมีการจัดการปรับปรุงคุณภาพของเสียต่างๆ เหล่านี้ให้อยู่ในระดับมาตรฐานตามกฎหมายกำหนดก่อนที่จะมีการปล่อยออกสู่ชุมชน

ตะกอนสลัดจ์ (Bio-sludge) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 6 เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว รหัสของชนิดและประเภทของสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว คือ 19 08 12 หมายความถึง ตะกอนสลัดจ์ที่มีสารอันตรายจากการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมโดยวิธีชีวภาพซึ่งถูกจัดว่าไม่เป็นของเสียอันตรายและเลือกถูกกำจัดด้วยวิธีการที่ 083 คือ หมักทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงคุณภาพดินจะอนุญาตเฉพาะสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตรายเท่านั้น โดยจะพิจารณาอนุญาตให้นำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วไปหมักทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงคุณภาพดินใน 2 ลักษณะ ดังนี้ 1) การนำกลับมาใช้หมักทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงคุณภาพดิน ได้แก่ เศษพืช เศษสัตว์ ทั้งนี้ กรณีที่จะนำตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียหรือเถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ไปทำปุ๋ยหรือสารปรับปรุงดินจะต้องนำตะกอนสลัดจ์หรือเถ้านั้นไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบของปุ๋ย และมีหนังสือรับรองจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมวิชาการเกษตรว่ากากตะกอนหรือเถ้าดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นสารปรับปรุงดินหรือปุ๋ยได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 2) การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ได้แก่ การผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพผู้รับดำเนินการจะต้องเป็นโรงงานประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับการทำปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ โดยจะต้องแนบผลวิเคราะห์ที่แสดงว่าวัสดุที่ไม่ใช้แล้วดังกล่าวเป็นของเสียที่ไม่เป็นของเสียอันตราย (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม, 2011)

น้ำหมักชีวภาพ (Bioextract) เป็นน้ำที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์เหลือใช้จากส่วนต่างๆ ของพืชและสัตว์ โดยผ่านกระบวนการหมักในสภาพไร้ออกซิเจน โดยมีจุลินทรีย์ในธรรมชาติและที่ติดมากับวัสดุที่นำมาหมัก ทำหน้าที่ย่อยสลายโดยใช้กากน้ำตาลและสารประกอบอินทรีย์จากวัสดุเหล่านั้นเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะทำการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ให้มีโมเลกุลเล็กลงตามลำดับ ของเหลวหรือน้ำหมักที่ได้นี้จะมีทั้งจุลินทรีย์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นหลากหลาย ชนิด รวมทั้งมี

สารประกอบที่สกัดได้จากเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ชนิดต่างๆ ได้แก่ สารพวกคาร์โบไฮเดรท โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอนไซม์ และอื่นๆ เนื่องจากขบวนการทำในระยะแรกเกี่ยวข้องกับขบวนการสกัดน้ำเลี้ยงจากเซลล์ทางชีวภาพและในช่วงหลัง เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก ดังนั้นนักวิชาการบางกลุ่มจึงเรียกน้ำสกัดชีวภาพว่า น้ำหมักชีวภาพ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

น้ำหมักชีวภาพเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการเร่งอัตราการเจริญเติบโตของพืช เพิ่มคุณภาพของผลผลิตของพืชให้ดีขึ้น โดยการใช้วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุดเช่น ขยะสดจากตลาด จากครัวเรือน เศษวัสดุจากโรงงานแปรรูปอาหาร โรงงานปลากระป๋อง เศษปลาจากตลาด หอยเชอรี่ น้ำหมักชีวภาพจะมีธาตุอาหารหลัก อาหารรอง กรดอะมิโนและอื่นๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักซึ่งมีสูตรมาตรฐานชัดเจนขึ้นอยู่กับความสะดวกในการหาแหล่งที่เหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน

ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษากระบวนการผลิตและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการนำตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียมาผลิตน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งองค์ประกอบของตะกอนสลัดจ์มีปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนสูง จึงมีศักยภาพในการนำมาผลิตน้ำหมักชีวภาพ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำตะกอนสลัดจ์มาเป็นวัสดุหมักร่วมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ และศึกษาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเพื่อใช้ในการพัฒนาน้ำหมักชีวภาพจากตะกอนสลัดจ์ให้มีคุณภาพได้ตามมาตรฐานที่กำหนดต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัสดุหมัก ร่วมกับตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมและระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ

1.2.2 ศึกษาปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของกระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากตะกอนสลัดจ์ของระบบบำบัดน้ำเสีย

1.2.3 ศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่ได้เปรียบเทียบกับมาตรฐาน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีขอบเขตในการวิจัย ดังนี้

1.3.1 ตัวอย่างตะกอนสลัดจ์นำมาจากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ของโรงงานผลิตโอเลฟินส์ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง และจากระบบบำบัดน้ำเสียหนองแขม กรุงเทพมหานคร

1.3.2 ใช้วัสดุหมักร่วมกับตะกอนสลัดจ์ 2 ชนิด คือ เศษอาหาร และเศษผัก

1.3.3 ศึกษาอัตราส่วนระหว่างตะกอนสลัดจ์ทั้ง 2 ชนิดกับเศษอาหารและเศษผักในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง ตะกอนสลัดจ์:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 10:90:0 10:45:45 20:80:0 20:40:40 50:50:0 50:25:25 100:0:0 0:100:0 และ 0:50:50

1.3.4 ศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ คือ ค่าพีเอช (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณไนโตรเจน (TKN) ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) ปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) และ สังกะสี (Zn) ปริมาณฮอร์โมนพืช ได้แก่ ออกซิน จิบ-เบอร์เรลลิน และไซโตไคนิน

1.3.5 การศึกษาปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระหว่างการผลิตน้ำหมักชีวภาพที่อัตราส่วนผสมวัตถุดิบต่างๆ จะทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ค่าพีเอช (pH) ซีโอดี (COD) ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (VFA) และปริมาณจุลินทรีย์ที่ระยะการหมัก

1.3.6 ทดสอบความเป็นพิษของน้ำหมักชีวภาพกับเมล็ดพืชโดยวิธีทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ดพืช (Germination Index)

1.3.7 ศึกษาชนิดและอัตราส่วนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้ต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองในระยะเวลา 2 เดือน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 มีแนวทางการนำตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้เป็นวัตถุดิบผลิตน้ำหมักชีวภาพเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอนสลัดจ์

1.4.2 ได้อัตราส่วนวัตถุดิบจากตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในการปลูกพืชดอก

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำหมักชีวภาพ (Bioextract)

2.1.1 ความหมายและความสำคัญของน้ำหมักชีวภาพ

น้ำสกัดชีวภาพหรือน้ำหมักชีวภาพ เป็นการหมักอินทรียวัตถุต่างๆ เช่น ผัก ผลไม้ หญ้า หรือเศษอาหาร ซากสัตว์ เช่น หอย ปลา หรือหอย ในสภาพที่มีน้ำมากและมีน้ำน้อย โดยมีน้ำตาลหรือกากน้ำตาล เป็นแหล่งคาร์บอนให้กับจุลินทรีย์ในระบบ และอาศัยการทำงานของแบคทีเรียที่ใช้และไม่ใช้ออกซิเจน ในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ ผลิตผลที่ได้จากการหมักจะมีลักษณะเป็นของเหลวที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์และธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยปริมาณธาตุอาหารที่พบจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุอินทรีย์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

คุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพโดยทั่วไปเกิดจากการย่อยสลายของเศษพืชและสัตว์ ซึ่งประกอบด้วย สารอาหารโปรตีนในรูปของกลุ่มกรดอะมิโน ซึ่งพืชสามารถดูดซึมได้ง่าย มีทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริม มีไขมันหรือไกลโคไซด์ กลุ่มของยาง ฟองต่างๆ ก๊าซต่างๆ เช่น ไซยาโนเจนิค ไกลโคซายด์ ซึ่งสามารถเร่งสร้างโปรตีน สารก่อกลิ่น สารรสฝาด สารอื่นๆ เช่น สารสกัดแซนด์โธน เบตาแคโรทีน วิตามิน สเตอรอยด์ มีฮอร์โมนพืช เช่น ออกซิน สารไซโตไคนิน ไคนิติน และจิบเบอเรลลิน (ศูนย์สารสนเทศ กรมวิชาการเกษตร, 2549)

2.1.2 ประเภทของน้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพสามารถแบ่งออกตามประเภทของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิต แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ (ทัณฑิกา, 2554)

1) น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากพืช ได้จากการใช้เศษชิ้นส่วนของพืช ผัก ผลไม้ พืชสมุนไพรหรือพืชเศรษฐกิจอื่นๆ เช่น ผักกะหล่ำ ผักคะน้า ผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง สับปะรด มะเฟือง และมะกอก เป็นต้น ซึ่งในวัสดุหมักจะมีองค์ประกอบของแร่ธาตุและสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืช เช่น โปรตีน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก และวิตามินเอ เป็นต้น น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากพืชสมุนไพร เช่น ใบสะเดา ตะไคร้หอม สาบเสือ และบอระเพ็ด สารสกัดจากสมุนไพรแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการป้องกันแมลงศัตรูพืชแตกต่างกัน และสมุนไพรทุกชนิดจะไม่มีปัญหาในเรื่องสารพิษตกค้างในผลผลิตและไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม

2) น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากสัตว์ ได้จากการหมักเศษชิ้นส่วนของสัตว์ เช่น ปลา หรือหอยชนิดต่างๆ โดยเฉพาะหอยเชอรี่ ซึ่งหอยเชอรี่จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและทำลายกัดกินต้นข้าวและพืชผักในน้ำของเกษตรกรอย่างมาก

2.1.3 กระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพ

กระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพ สามารถแบ่งได้เป็น 2 กระบวนการ คือ กระบวนการแรกเรียกว่า กระบวนการพลาสโมไลซิส เป็นผลเนื่องจากแรงดันออสโมติก เกิดขึ้นเพราะความเข้มข้นของสารละลายในน้ำซึ่งสูงกว่าสารละลายภายในเซลล์ของวัสดุหมัก ทำให้เกิดการดึงสารละลายชนิดต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำเลี้ยงภายในเซลล์วัสดุหมักออกมารวมกับสารละลายในน้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการที่สอง คือ กระบวนการย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงจนอยู่ในรูปสารอนินทรีย์ ซึ่งเป็นการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากวัสดุหมัก นอกจากนี้อาจมีการสังเคราะห์สารอินทรีย์บางชนิดขึ้นมาใหม่โดยจุลินทรีย์ เช่น กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ ฮอร์โมน และเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งในกระบวนการหมักนี้จะเกิดขึ้นในสภาวะไร้อากาศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547; ทัณฑิกา, 2554)

ปัจจัยการผลิตน้ำหมักชีวภาพ นอกจากเศษพืชและสัตว์ที่เป็นวัสดุดิบในการนำมาใช้ผลิตแล้ว ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพยังต้องใช้จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายวัตถุดิบต่างๆ ที่เป็นวัสดุหมัก ซึ่งในการทำงานของจุลินทรีย์จำเป็นต้องมีอาหารให้จุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายด้วย จุลินทรีย์ต้องการอาหารที่เป็นสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กที่สามารถนำไปใช้ได้เลย เช่น กลูโคส หรือฟรุตโตส ในสภาพธรรมชาติจุลินทรีย์ดังกล่าวจะได้รับสารอินทรีย์เหล่านี้ที่ปลดปล่อยมาจากรากพืช ดังนั้นในการนำเศษพืช หรือสตว์มาหมัก จำเป็นต้องเพิ่มสารอาหารที่เป็นแหล่งพลังงานให้กับจุลินทรีย์ด้วย เช่น น้ำตาลทรายขาวกากน้ำตาล และน้ำตาลทรายแดง เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554)

2.1.4 ชนิดและบทบาทของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในน้ำหมักชีวภาพ

กลุ่มจุลินทรีย์สำคัญที่เกี่ยวข้องในการดำเนินกิจกรรมการย่อยสลายซากพืชและสัตว์เพื่อผลิตน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ ยีสต์ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ จุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกหรือแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก และจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายแป้ง โปรตีน และไขมัน ดังนั้นบทบาทและหน้าที่ของกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมักวัสดุอินทรีย์ มีดังนี้ คือ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

1) ยีสต์ (Yeasts) ที่มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมักจะมีการสร้างแอสโคสปอร์ (ascospores) แบบอาศัยเพศ โดยที่สปอร์จะมีการรวมตัวกับนิวเคลียสแล้วแบ่งแบบไมโอซิสภายใน

แอสคัส (ascus) ได้แก่ ยีสต์ในสกุล *Saccharomyces* sp. และ *Candida* sp. ยีสต์ในกลุ่มดังกล่าวต้องการน้ำตาลเป็นแหล่งอาหารให้พลังงาน ดังนั้นในกระบวนการหมักผักหรือผลไม้หรือปลาสดจำเป็นต้องใช้น้ำตาลจากกากน้ำตาลเป็นแหล่งอาหาร โดยยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนกากน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากการหมัก 1-2 วัน จะได้กลิ่นแอลกอฮอล์ การเปลี่ยนแปลงน้ำตาลให้เป็น เอททิลแอลกอฮอล์ดังสมการที่ 3-1

$$\underset{\text{(กลูโคส)}}{C_3H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{ไม่ต้องการออกซิเจน}} \underset{\text{(เอททิลแอลกอฮอล์)}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2 \quad (3\text{-}1)$$

ในระหว่างกระบวนการหมักจะมีค่าพีเอชต่ำมาก แต่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรดสูงระหว่างพีเอช 4.0-6.5 ดำรงชีพอยู่ได้ในสภาพที่มีค่าพีเอชระหว่าง 1.5-3.5 นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ตัวอื่นร่วมทำปฏิกิริยาอยู่ด้วย ซึ่งน้ำหมักชีวภาพที่ได้จะเกิดกรดอินทรีย์สูง ส่งผลให้ค่าพีเอชสูงขึ้น นอกจากนี้แอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการควบคุมคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพด้วย

2) กลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (lactic acid bacteria) แบคทีเรียกลุ่มนี้จัดอยู่ในพวก facultative anaerobes โดยมีการเจริญได้ดีในสภาพไม่มีออกซิเจน และมีความสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ดี ทนต่อสภาพความเป็นกรดสูง ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Lactobacillus* sp. จะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่หนึ่ง เรียกว่า homofermentative จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะให้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดแลคติกเท่านั้น สำหรับที่สองเรียกว่า heterofermenative จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะให้ผลิตภัณฑ์ คือ กรดแลคติก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กลีเซอรอล แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์

3) กลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติก (acetic acid bacteria) เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน ทนต่อความเป็นกรดได้ที่มีค่าพีเอชระหว่าง 3.0-3.5 ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Acetobacter* sp. บทบาทสำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้จะใช้แอลกอฮอล์เป็นอาหารและพลังงานให้เป็นกรดอะซิติก โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในสภาพที่มีออกซิเจน มีปฏิกิริยาโดยสรุปดังสมการที่ 3-2

$$\underset{\text{(เอททิลแอลกอฮอล์)}}{C_2H_5OH} + O_2 \longrightarrow \underset{\text{(กรดอะซิติก)}}{CH_3COOH} + H_2O \quad (3\text{-}2)$$

ในกระบวนการดังกล่าวนี้ จะมีผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นเกิดขึ้นด้วย เช่น อัลดีไฮด์และเอสเทอร์ซึ่งเกิดขึ้นในปริมาณน้อยเท่านั้น

4) กลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ประกอบด้วย แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีส ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวนี้ส่วนใหญ่จะได้แอมโมเนีย จึงเรียกกลุ่มจุลินทรีย์เหล่านี้ว่า ammonifiers กลุ่มแบคทีเรียในสกุล *Bacillus* sp.สามารถผลิต extracellular enzyme ออกมาภายนอกเซลล์เรียกว่า proteolytic enzyme (protease) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงเป็นกรดอะมิโน

5) กลุ่มจุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการแปรสภาพฟอสฟอรัสจะมีทั้งกลุ่มที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอินทรีย์ฟอสฟอรัส และอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปไม่เป็นประโยชน์ให้เป็นฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ โดยในกรณีของสารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส ซึ่งยังไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ในรูปของไพติน (phytin) และ กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ไฟเตส (Phytase) ฟอสฟาเตส (Phosphatase) นิวคลีโอติเนส (Nucleotidases) และ กลีเซอโรฟอสฟาเตน (Glecerophosphatase) เพื่อแปรสภาพอินทรีย์ฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูป ของอนินทรีย์ฟอสเฟสที่เรียกว่า orthophosphate ซึ่งเป็นพวก mono และ dihydrogen phosphate (HPO_4^{2-}และ$H_2PO_4^-$) ซึ่งได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Bacillus* sp. และราในสกุล *Aspergillus* sp. *Penicillium* sp. และ *Rhizopus* sp.เป็นต้น

2.1.5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ

ระยะเวลาการหมักวัสดุเหลือใช้ที่มีความสดในสภาพที่เป็นของเหลว จะขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อม และปัจจัยของวัสดุที่มีความสดที่ใช้ในการหมักด้วย ดังนั้น ปัจจัยบางประการจะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพอัตราการย่อยสลายวัสดุหมักลักษณะสดมีดังนี้ คือ (พงษ์ พฤกษา, 2553)

1) ชนิดและองค์ประกอบของวัสดุหมัก

วัสดุจากเศษกระดูกปลา จะย่อยสลายยากกว่าวัสดุผัก และผลไม้ เนื่องจากปลา มีองค์ประกอบของโปรตีนและส่วนของกระดูกปลา ซึ่งจะใช้เวลาในการย่อยสลายนานขึ้น ในขณะที่วัสดุที่เป็นพืชจะใช้ระยะเวลาในการหมักสั้นกว่า เนื่องจากองค์ประกอบของวัสดุหมักจากผักและผลไม้มีปริมาณเซลลูโลสต่ำแต่จะมีแร่ธาตุที่อยู่ในรูปเป็นประโยชน์แล้ว นอกจากนี้ในวัสดุผักหรือผลไม้จะมีองค์ประกอบของน้ำตาลอยู่มากกว่าวัสดุประเภทเนื้อสัตว์ สารประกอบของน้ำตาลที่อยู่ใน

วัสดุผักและผลไม้ จะเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการหมักได้ดี ยีสต์จะใช้น้ำตาลที่มีอยู่ในองค์ประกอบของวัสดุหมักแล้ว แปรสภาพให้เป็นของเหลวเป็นการถนอมผลิตภัณฑ์ไว้โดยผ่านกระบวนการหมัก

2) ความสดและอวบน้ำของวัสดุหมัก

วัสดุที่มีความชื้นสูงหรืออวบน้ำจะทำให้กระบวนการหมักทางชีวภาพดำเนินการย่อยสลายได้ดี เช่น วัสดุเหลือใช้จากผักกาดขาว ฟักเขียว มะเขือเทศ เมื่อนำไปผ่านกระบวนการหมักในสภาพที่เป็นของเหลว ในช่วง 1-3 วันแรกของการหมัก จะมีของเหลวออกมาจากวัสดุผักได้ง่ายโดยผ่านกระบวนการการทางชีวเคมี หรือถ้าเป็นวัสดุเหลือใช้จากผลไม้ เช่น แตงโม มะละกอ สับปะรด และ ส้ม วัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีความชื้นสูงประมาณร้อยละ 70-90 จะทำให้สารละลายจากพืชปลดปล่อยออกได้รวดเร็ว ในกรณีของวัสดุเหลือใช้ที่ได้มาจากสัตว์ เช่น ปลาหรือหอยนั้น สารละลายที่จะสกัดออกมาจะใช้ระยะเวลานานกว่าพืชผัก และผลไม้ เนื่องจากสัตว์มีองค์ประกอบของโมเลกุลที่ซับซ้อนมากกว่าในเซลล์พืชและนอกจากนี้ความชื้นจะต่ำกว่าเซลล์พืช

3) แหล่งอาหารคาร์บอนของจุลินทรีย์

ในกระบวนการหมักใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารคาร์บอนที่สำคัญของจุลินทรีย์ในการดำเนินกิจกรรม เช่น กากน้ำตาล น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลทรายขาว น้ำอ้อยสด หรือน้ำตาลสดในการหมัก นอกจากเกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์แล้ว ความเข้มข้นของน้ำตาลยังมีผลต่อการเกิดกระบวนการ Plasmolysis โดยมีผลทำให้เซลล์พืชหรือสัตว์แตกออกและได้สารละลายหลุดออกมาเพิ่มขึ้น เนื่องจากวัสดุผลไม้มีองค์ประกอบของน้ำตาลในปริมาณที่มากกว่าวัสดุหมักชนิดอื่น ดังนั้นในการหมักวัสดุจากสัตว์ควรใช้ผลไม้ในการหมักวัสดุจากสัตว์ควรใช้ผลไม้ร่วมด้วยจะทำให้การดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ดีมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4) การระบายอากาศ

โดยทั่วไปกระบวนการหมักวัสดุที่ลักษณะสดจะเกิดขึ้นในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนมากกว่ามีออกซิเจน และได้คาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างการหมัก ดังนั้นการหมักวัสดุควรมีพื้นที่ช่องว่างในถังหมักเพื่อใช้ระบายก๊าซที่เกิดขึ้น ซึ่งควรใส่วัสดุประมาณ 2 ใน 3 ของถังหมัก ไม่ควรปิดฝาให้สนิทและควรจะมีการกวนวัสดุหมักทุก 7 วัน เพื่อเป็นการเผื่อพื้นที่สำหรับการการระบายคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกิจกรรมทางชีวเคมี และเป็นการเหลือช่องว่างพื้นที่ที่มีออกซิเจนเพื่อให้จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนอาศัยอยู่บริเวณผิวหน้าของน้ำหมัก เป็นการเพิ่มปริมาณและความหลากหลายทางจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549)

5) ค่าพีเอช

ค่าพีเอชของวัสดุหมักมีความสำคัญต่อการดำเนินกิจกรรมการหมัก เช่น วัสดุที่นำมาใช้หมักที่มีลักษณะเป็นกรดหรือผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว เมื่อใส่ร่วมกับวัสดุหมักชนิดอื่นๆ จะช่วยเร่งกระบวนการหมักให้เกิดได้ดีขึ้น

6) อุณหภูมิ

จุลินทรีย์ต่างชนิดกันจะมีความเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิแตกต่างกัน บางชนิดต้องการอุณหภูมิสูง บางชนิดต้องการอุณหภูมิต่ำ แต่โดยทั่วจุลินทรีย์จะเจริญได้ดีในอุณหภูมิไม่สูงมากนัก อยู่ประมาณระหว่าง 30-35 องศาเซลเซียส

7) ความชื้น

ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ ความชื้นหรือน้ำในถังหมักจะต้องมีอย่างเพียงพอ จนกระทั่งมากเกินไปจนเป็นสาเหตุให้เกิดสภาพอับอากาศ

8) ระยะเวลาในการหมัก

ระยะเวลาในการหมักจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุหมัก ถ้าเป็นวัสดุที่ย่อยสลายง่ายและมีชิ้นเล็กจะมีระยะเวลาหมักที่สั้นกว่าวัสดุหมักที่มีขนาดใหญ่และย่อยสลายยาก

2.1.6 คุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพ

คุณสมบัติโดยทั่วไปของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณฮอร์โมนพืช (พงษ์ พฤกษา, 2553; กรมวิชาการเกษตร, 2547; ทัณฑิกา, 2554) ดังนี้

1) ค่าพีเอช (pH)

น้ำหมักชีวภาพส่วนใหญ่จะมีสภาพเป็นกรด โดยอยู่ในช่วงประมาณ 3.5-5.6 จากการวิเคราะห์ค่า pH ของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากปลา ผัก ผลไม้ หอยเชอรรี่ และพืชชนิดต่างๆ พบว่า มีค่าเฉลี่ย pH ประมาณ 4.4 4.3 3.6 4.6 และ 3.85 ตามลำดับ ซึ่งน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลไม้จะมีค่า pH ต่ำกว่าน้ำหมักชีวภาพชนิดอื่นๆ อาจเพราะผลไม้มีปริมาณน้ำตาลสูง ทำให้ยีสต์ใช้น้ำตาลในการสร้างแอลกอฮอล์ ซึ่งแอลกอฮอล์เป็นแหล่งอาหารของแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก ส่งผลให้ค่า pH ของน้ำหมักชีวภาพมีสภาพเป็นกรด

2) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)

ค่าการนำไฟฟ้า แสดงให้เห็นถึงปริมาณความเข้มข้นของแร่ธาตุและสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ที่ละลายรวมอยู่ในน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าจะแตกต่างกันไปตามชนิดของวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้ ถ้าน้ำหมักชีวภาพมีค่าการนำไฟฟ้าสูงแสดงว่าปริมาณธาตุอาหารต่างๆ

รวมกันมาก โดยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากซากสัตว์มีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่าที่ผลิตจากเศษพืช และน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากเศษพืชมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่าผลิตจากผลไม้ น้ำหมักชีวภาพส่วนใหญ่ มีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 2-12 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (dS/m) โดยค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อการเติบโตของพืชควรต่ำกว่า 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งหากใช้ระยะเวลาในการหมัก 1-2 สัปดาห์ จะทำให้น้ำหมักชีวภาพมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2.1-2.4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร สาเหตุที่ทำให้น้ำหมักชีวภาพมีค่าการนำไฟฟ้าสูงอาจมาจากผลของวัสดุที่ใช้หมักมีแร่ธาตุที่ก่อให้เกิดค่าการนำไฟฟ้าสูง เช่น ธาตุโซเดียมหรือคลอรีน ซึ่งธาตุเหล่านี้พบเฉพาะในพลาสมาหรือของเหลวภายนอกเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

3) ปริมาณธาตุอาหาร

ปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในน้ำหมักชีวภาพจะมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุหมัก โดยทั่วไปน้ำหมักชีวภาพจากสัตว์จะมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าน้ำหมักชีวภาพจากพืช ดังแสดงในตาราง 2.1

4) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน จุลินทรีย์ใช้คาร์บอนเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน เพื่อการสังเคราะห์สารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของเซลล์และใช้ในโตรเจนเป็นองค์ประกอบของโปรตีน โดยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ที่พอเพียงกับความต้องการของจุลินทรีย์จะอยู่ในช่วง 20:1 และถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง เมื่อนำไปฉีดพ่นบนพืชอาจแสดงอาการใบเหลืองจากขาดธาตุไนโตรเจนได้

5) ปริมาณฮอร์โมน

ฮอร์โมนพืชหรือสารควบคุมการเจริญเติมโตของพืช เป็นสารอินทรีย์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช พืชต้องการฮอร์โมนในปริมาณเพียงพอเพียงเล็กน้อยในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดี ในน้ำหมักชีวภาพมีปริมาณฮอร์โมนพืช 3 กลุ่มที่สำคัญ คือ

- กลุ่มออกซิน (Indole Acetic Acid: IAA) มีคุณสมบัติควบคุมการขยายตัวของเซลล์ กระตุ้นการแบ่งเซลล์ เร่งการเกิดราก การเจริญของราก ลำต้น ควบคุมการเจริญของใบ ส่งเสริมการออกดอก ผลการตรวจฮอร์โมนในกลุ่มนี้ พบว่า มีทั้งในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากพืชและสัตว์ แต่มีในปริมาณน้อย มีค่าในช่วงตั้งแต่น้อยมากจนไม่สามารถวัดได้จนถึง 2.37 ppm.

- กลุ่มจิบเบอร์เรลลิน (Gibberellic Acid: GA_3) มีคุณสมบัติในการกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์พืชในทางยาว เร่งการเกิดดอก เพิ่มการติดดอก กระตุ้นการงอกของเมล็ดและตา ผลการตรวจฮอร์โมนในกลุ่มนี้ พบว่า ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากพืชบางชนิดในปริมาณ 18 ถึง 140 ppm. แต่ไม่พบในน้ำหมักจากปลา

- กลุ่มไซโตไคนิน (Cytokinins)) มีคุณสมบัติในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์การเจริญด้านลำต้นของพืช กระตุ้นการเจริญของตาข้างทำให้ตาข้างเจริญออกมาเป็นกิ่ง ผลการตรวจฮอร์โมนในกลุ่มนี้ พบว่าในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากพืชบางตัวอย่างในปริมาณน้อย 1 ถึง 20 ppm. และพบในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากปลาที่ใส่น้ำมะพร้าว 2 ถึง 4 ppm. และพบในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากพืชบางชนิดในปริมาณ 1 ถึง 14 ppm. แต่ไม่พบในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากปลาเพียงอย่างเดียว

จากผลการวิเคราะห์การผลิตน้ำหมักชีวภาพจากวัสดุต่างๆ พบว่า ชนิดและปริมาณฮอร์โมนจะแตกต่างกันไปตามวัสดุที่นำมาใช้ในการหมัก โดยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากผลไม้จะมีฮอร์โมนออกซิน จิบเบอร์เรลลิน และไซโตไคนินอยู่ในปริมาณสูงกว่าน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากวัสดุอื่นๆ

ตารางที่ 2.1 ปริมาณธาตุอาหารที่พบในน้ำหมักชีวภาพ

พารามิเตอร์	**น้ำหมักชีวภาพจากพืช**	**น้ำหมักชีวภาพจากสัตว์**	**มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร**
1) ธาตุอาหารหลัก			
- ไนโตรเจน (% TKN)	0.03 - 1.66	1.06 - 1.70	> 0.5 โดยปริมาตร
- ฟอสฟอรัส (% Total P_2O_5)	0 - 0.4	0.18 – 1.14	> 0.5 โดยปริมาตร
- โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (% water soluble K_2O)	0.05 – 0.49	1.0 – 2.39	> 0.5 โดยปริมาตร
2) ธาตุอาหารรอง			
- แคลเซียม (%)	0.05 - 0.49	0.29 - 1.0	
- แมกนีเซียมและซัลเฟอร์ (%)	0.1 - 0.37	0.1 - 0.37	
3) ธาตุอาหารเสริม			
- เหล็ก (ppm)	30-350	500-1,700	
- คลอไรด์ (ppm)	2,000-11,000	2,000-11,000	
- อื่นๆ ได้แก่ แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน และโลิบดินัม (ppm)	0-130	0-130	

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร, 2547

2.1.7 มาตรฐานของน้ำหมักชีวภาพ

ในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานการรองรับที่ชัดเจน โดยแต่ละหน่วยงานจะให้การรองรับคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

1) กรมพัฒนาที่ดิน

- ค่าพีเอช ไม่เกิน 4.0
- ค่าการนำไฟฟ้า ไม่เกิน 20 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร
- ปริมาณฮอร์โมน
    - ออกซิน ไม่ต่ำกว่า 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร
    - จิบเบอร์เรลลิน ไม่ต่ำกว่า 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร
    - ไซโตไคนิน ไม่ต่ำกว่า 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร
- สารพิษและโลหะหนัก
    - สารหนู (As) ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
    - แคดเมียม (Cd) ไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร
    - โครเมียม (Cr) ไม่เกิน 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร
    - ทองแดง(Cu) ไม่เกิน 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร
    - ตะกั่ว(Pb) ไม่เกิน 0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร
    - ปรอท (Hg) ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร
    - สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร
- จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคมนุษย์สัตว์ และพืช ต้องไม่พบ

2) กรมวิชาการเกษตร

- ค่าการนำไฟฟ้า ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร
- ปริมาณอินทรียวัตถุ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก
- ปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียม มีปริมาณแต่ละชนิดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักหรือมีปริมาณธาตุอาหารรวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก
- ค่าเกลือ (NaCl) ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานของการทำน้ำหมักชีวภาพของประเทศไทย

พารามิเตอร์	**มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2547**	**มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็น-ของเหลว กรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2551**
ค่าพีเอช	ไม่เกิน 4.0	-
ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 10
ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter)	-	ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 10 ของน้ำหนัก
ปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ - ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) - ปริมาณฟอสฟอรัส (Total P_2O_5) - ปริมาณโพแทสเซียม (Total K_2O)	-	มีปริมาณแต่ละชนิดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักหรือมีปริมาณธาตุอาหารรวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก
ค่าเกลือ (NaCl)	-	ไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก
ปริมาณฮอร์โมน (มิลลิกรัมต่อลิตร)	- ออกซินไม่ต่ำกว่า 0.1 - จิบเบอร์เรลลิน ไม่ต่ำกว่า 5.0 - ไซโตไคนิน ไม่ต่ำกว่า 1.0	-
สารพิษและโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อลิตร)	- สารหนู (As) ไม่เกิน 0.25 - แคดเมียม (Cd) ไม่เกิน 0.03 - โครเมียม (Cr) ไม่เกิน 0.50 - ทองแดง(Cu) ไม่เกิน 1.00 - ตะกั่ว(Pb) ไม่เกิน 0.20 - ปรอท (Hg) ไม่เกิน 0.005 - สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.00	-
จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคมนุษย์สัตว์ และพืช	ต้องไม่พบ	-

2.2 ตะกอนสลัดจ์

2.2.1 กระบวนการแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process)

กระบวนการแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจนโดยอาศัยสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ทั้งหลายในการย่อยสลายดูดซับหรือเปลี่ยนรูปของมวลสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกลดน้อยลง หลักการทำงานของระบบแอ๊คติเวทเต็ดสลัดจ์เป็นวิธีการที่เลียนแบบธรรมชาติ มวลสารที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและการเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไปโดยอินทรีย์สารต่างๆในน้ำเสียเมื่อถูกเปลี่ยนมาเป็นจุลินทรีย์จะมีน้ำหนักมากกว่าน้ำและสามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการตกตะกอนในถังตกตะกอนส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลอยขึ้นไปในอากาศ (พิสิฐ ศรีสุริยจันทร์และคณะ, 2555; สุรีย์ บุญญานุพงศ์และคณะ, 2551)

1) กลไกในการทำงานของกระบวนการแอกติเวทเต็ดสลัดจ์

มวลสาร ที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลอยขึ้นไปในอากาศ ส่วนน้ำจะผสมออกไปกับน้ำที่บำบัดแล้ว พลังงานก็จะถูกจุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีวิต แสดงดังสมการที่ 3-8

มวลสารอินทรีย์ + จุลินทรีย์ ⟶ จุลินทรีย์ตัวใหม่+ คาร์บอนไดออกไซด์ +น้ำ+ พลังงาน (3-8)

มวลสารส่วนใหญ่ ได้แก่ สารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนมาเป็นมวลของจุลินทรีย์ที่หนักกว่าน้ำสามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการตกตะกอนในถังตกตะกอนน้ำเสียที่ถูกจุลินทรีย์นำสารอินทรีย์ต่างๆ มาใช้ก็จะเป็นน้ำที่สะอาดพอที่จะปล่อยทิ้งได้โดยไม่เกิดการเน่าเหม็น

2) จุลินทรีย์ในระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

2.1) จุลินทรีย์ที่สร้างฟล๊อค จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่สามารถจับตัวกันเป็นกลุ่มฟล๊อคและตกตะกอนได้ดี

2.2) จุลินทรีย์กลุ่มย่อยเศษอินทรีย์ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์บางชนิดก็จะทำหน้าที่สร้างฟล๊อคด้วย

2.3) จุลินทรีย์ทำลาย จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ประกอบด้วยโปรโตซัว อมีบา โรติเฟอร์ ทำหน้าที่กินจุลินทรีย์ที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นอาหาร

2.4) จุลินทรีย์ก่อกวน เป็นพวกที่รบกวนการทำงานของระบบ เช่น แบคทีเรียที่เป็นเส้นใย ซึ่งทำให้เกิดลักษณะตะกอนที่ไม่จมตัว

3) การเกิดตะกอนสลัดจ์ในระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์

การเกิดตะกอนสลัดจ์จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันในถังเติมอากาศสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

3.1) ขั้นส่งถ่าย สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ดูดมาติดที่ผนังเซลล์และส่งน้ำย่อยออกมาย่อยสลายจนสารอินทรีย์เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของโมเลกุลที่เล็กพอที่จะซึมผ่านเข้าข้างในเซลล์เพื่อใช้เป็นสารอาหารได้ในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 30 นาทีน้ำย่อยหรือเอนไซม์นี้จุลินทรีย์จะผลิตขึ้นมาไว้ภายในเซลล์และในน้ำที่อยู่รอบตัวของมันสารอินทรีย์แต่ละชนิดต้องใช้เอนไซม์เฉพาะอย่างในการย่อยดังนั้นจุลินทรีย์จึงต้องปรับตัวและผลิตเอนไซม์ออกมาใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของน้ำเสียต่างๆ และควรให้เวลาที่พอเหมาะในการปรับตัวแก่เชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะในช่วงเริ่มการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

3.2) ขั้นเปลี่ยนรูป เมื่อจุลินทรีย์ถูกย่อยให้มีโมเลกุลเล็กและสามารถละลายน้ำผ่านเข้าไปในเซลล์ได้แล้วก็จะถูกจุลินทรีย์ทำการเปลี่ยนรูปโดยกระบวนการสังเคราะห์ ซึ่งหมายถึงการสร้างเซลล์ใหม่และกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งหมายถึงปฏิกิริยาที่มีการเติมออกซิเจนแล้วได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้ำและพลังงานกระบวนการทั้งสองนี้รวมกันเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในจุลินทรีย์

3.3) ขั้นรวมตะกอน เป็นการรวมตัวของตะกอนเร่งโดยจุลินทรีย์จะถูกกวนผสมกันอยู่ในถังเติมอากาศเมื่อมาชนกันก็จะจับรวมตัวกันเป็นตะกอนที่ใหญ่ขึ้น เรียกว่า ฟล๊อค หรือตะกอนสลัดจ์ ซึ่งตกตะกอนได้ดีกว่าเซลล์เดี่ยวทำให้สามารถแยกออกจากน้ำที่บำบัดแล้วได้ง่ายเมื่อตะกอนเร่งไปสัมผัสกับน้ำเสียซึ่งมีสารแขวนลอย หรือคอลลอยด์ ก็จะจับมวลสารเหล่านั้นเอาไว้ภายในและทำการย่อยสลายเป็นอาหารต่อไป

4) กระบวนการจัดการตะกอนสลัดจ์ (สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์, 2552)

กระบวนการกำจัดตะกอนสลัดจ์ หมายถึง การนำตะกอนสลัดจ์ไปทำลายหรือนำกลับไปใช้ประโยชน์หลังจากเปลี่ยนสภาพให้เหมาะสมก่อน ต้องมีการดำเนินการก่อนที่จะถึงขั้นกำจัดหรือนำไปใช้ประโยชน์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1) การทำให้เข้มข้น เป็นการทำให้ตะกอนเข้มข้นขึ้นหรือช่วยลดปริมาตรของตะกอนลงด้วยการการใช้ระบบสายพานรีดตะกอน หรือจัดให้มีการเติมสารโพลิเมอร์ ทำให้ตะกอนรวมตัวและยึดตัวกันแน่นขึ้น เป็นต้น

4.2) การทำให้ตะกอนคงตัว เป็นกรรมวิธีในการทำให้ตะกอนคงตัวไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี หรือชีวภาพระหว่างการเก็บกักหรือเก็บ วิธีที่ใช้ในการทำให้คงตัว อาทิ เช่น การใช้วิธีการทางชีวภาพหรือทางกายภาพ รวมทั้งการใช้สารเคมีบางชนิดเพื่อยับยั้งการเน่าเสียของตะกอน เป็นต้น

4.3) การดึงเอาน้ำออกจากตะกอน เป็นการแยกน้ำออกจากตะกอนเพื่อให้ได้ตะกอนแห้ง มีหลายวิธีการ เช่น ลานตากตะกอน หรือการกรองซึ่งมีอยู่หลายวิธี เช่น ระบบอัดตะกอน ระบบสายพานรีดตะกอน การกรองด้วยสุญญากาศ หรือการเหวี่ยง เมื่อตะกอนผ่านกระบวนการดังกล่าวข้างต้น น้ำจะถูกแยกออกทำให้ตะกอนมีการแห้งมากขึ้น ปริมาตรของตะกอนลดลง ความชื้นในตะกอนลดลง ซึ่งเป็นการง่ายต่อการนำไปจัดการต่อไป เช่น การทำปุ๋ย เผา ฝังกลบ เป็นต้น

4.4) การกำจัด เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการจัดการกับกากตะกอน ที่นิยมมีอยู่ 3 วิธีหลัก คือ การเผา การฝังกลบ และการทำปุ๋ย เป็นต้น

2.2.2 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของตะกอนสลัดจ์ (ปิยะ ดวงพัตรา, 2553)

สมบัติของตะกอนสลัดจ์ที่ได้จากท่อระบายของเสียในเขตเทศบาลหรือน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ผ่านการบำบัดแล้วและอยู่ในรูปที่เรียกว่า ตะกอนสลัดจ์ จะมีสมบัติทั้งทางด้านเคมี กายภาพ และทางด้านจุลชีพ ปรวนแปรแตกต่างกันไปขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ที่แตกต่างกัน รวมทั้งวิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น จากการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนสลัดจ์ในรูปตะกอนสลัดจ์ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนต่างๆ พบว่า มีคุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ซึ่งโดยภาพรวมของข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของตะกอนสลัดจ์ในรูปตะกอนสลัดจ์ จากโรงงานอุตสาหกรรมโอเลฟินส์ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

พารามิเตอร์	ตะกอนสลัดจ์โรงงาน	ตะกอนสลัดจ์ชุมชน*
ค่าพีเอช	8.2	7.08
ค่าการนำไฟฟ้า(มิลลิซีเมนส์ต่อเมตร)	3.31	2.06
ความชื้น(%)	15.45	72.50
อินทรียวัตถุ (%)	73.48	26.20
อินทรียคาร์บอน (%)	42.62	15.20
คาร์บอนต่อไนโตรเจน	8/1	4.28
ไนโตรเจน (%total N)	5.3	3.55
ฟอสฟอรัส (%total P as P_2O_5)	1.8	0.85
โพแทสเซียม (%total K as K_2O)	0.3	0.24

จะเห็นได้ว่า ตะกอนสลัดจ์ที่ได้จากชุมชนมีสมบัติที่แตกต่างจากตะกอนสลัดจ์ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม จากการวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนสลัดจ์ที่ผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์จากโรงงานบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการเลี้ยงตะกอน (digested sludge หรือ activated sludge) ในรูปของแข็งและแห้งและตะกอนน้ำหมักที่ได้จากการนำตะกอนมาหมักร่วมกับวัสดุบางชนิด พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารเสริมและรวมทั้งธาตุโลหะหนักชนิดต่างๆ แตกต่างกันดังรายละเอียดในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารเสริมและโลหะหนักในตะกอนสลัดจ์ที่ผ่านการบำบัดแล้ว และตะกอนสลัดจ์หมัก

ชนิดธาตุ	**ตะกอนสลัดจ์ที่ย่อยสลายแล้วจากโรงงานบำบัดน้ำเสีย**	**ตะกอนสลัดจ์หมัก**
ธาตุอาหารหลัก (%)		
ไนโตรเจน (N)	3.0-7.0	1.0-1.5
ฟอสฟอรัส (P)	1.0-3.0	1.2-2.0
โพแทสเซียม (K)	0.2-3.0	0.2
ธาตุอาหารเสริม/โลหะหนัก(ppm)		
เหล็ก (Fe)	17,000	<40,000
สังกะสี (Zn)	1,700	<1,250
ทองแดง (Cu)	800	<500
ตะกั่ว (Pb)	500	<500
นิคเกิ้ล (Ni)	80.0	<200
แคดเมียม (Cu)	10.0	<12.5
ปรอท (Hg)	6.0	<5.0

ที่มา : Hornick et al. (1984)

2.2.3 ผลต่อการปรับปรุงบำรุงดิน และลักษณะการใช้ประโยชน์ (ปิยะ ดวงพัตรา, 2553)

ตะกอนสลัดจ์ที่ได้จากเขตเทศบาลในชุมชนหลังจากทิ้งให้กากของแข็งตกตะกอนเองหรือบำบัดโดยวิธีการต่างๆแล้วแยกของแข็งออกมาทำให้แห้งสามารถนำไปใช้เป็นสารปรับปรุงดินหรือสารปรับปรุงบำรุงดินได้ดี ทั้งนี้เพราะโดยเฉลี่ยอาจมีของแข็งในรูปของสารอินทรีย์สูงถึงร้อยละ 80 โดยปริมาตร ซึ่งถ้านำไปใช้ประโยชน์ในรูปของสารปรับปรุงดิน จะทำให้ดินมีสมบัติที่เรียกว่า กายภาพสมบูรณ์ของดินดีขึ้น ซึ่งจะทำให้ดินมีสมบัติไถพรวนได้ดีขึ้นเหมาะที่จะใช้กับดินที่มีโครงสร้างแน่นทึบหรือดินที่เกิดแผ่นแข็งปิดผิวบนผิวหน้าดินเมื่อดินเปียกแล้วแห้งสลับกันบ่อยๆ นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มความจุในการอุ้มน้ำของดินและปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย ทั้งนี้เพราะกากตะกอนสลัดจ์โดยเฉพาะในรูปตะกอนสลัดจ์ มีธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในปริมาณมาก (ตารางที่ 2.4) เมื่อเปรียบเทียบกับสารประเภทกากตะกอนหรือสลัดจ์ชนิดอื่นๆ และรวมทั้งปุ๋ยอินทรีย์หลายชนิด เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ฯลฯ

ตะกอนสลัดจ์ไม่ว่าจะอยู่ในรูปตะกอนสลัดจ์สด สลัดจ์ในรูปตะกอนสลัดจ์ที่มีการบำบัดในวิธีการต่างๆ แล้ว เช่น โดยการใช้สารเคมีหรือในการนำน้ำเสียมาเติมจุลินทรีย์บางชนิดเพื่อย่อยสารอินทรีย์ในสภาพที่มีอากาศก่อนกรองของแข็งออกมาทำให้แห้ง หรือในรูปตะกอนสลัดจ์ในรูปตะกอนสลัดจ์ที่หมักแล้วสามารถนำมาใช้เป็นสารปรับปรุงบำรุงดินหรือเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้ดีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้เพื่อจะใช้ให้ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี หรือความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นหลัก หรือในแบบผสมผสาน อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปในต่างประเทศโดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกามีการใช้ประโยชน์ตะกอนสลัดจ์ที่ได้จากชุมชนเมืองใหญ่ในรูปที่บำบัดหรือรูปที่หมักแล้วในสามลักษณะ คือ

1) ใช้ตะกอนสลัดจ์ที่ยังไม่ได้หมักหรือที่หมักแล้วเพื่อปรับปรุงบำรุงดินเพื่อปลูกพืชอาหาร โดยเฉพาะธัญพืชเช่น ข้าวโพดข้าวสาลี ซึ่งพบว่าได้ผลดีมากทั้งนี้เพราะเมล็ดพืชประเภทนี้ไม่สะสมธาตุโลหะหนักและสารอินทรีย์สังเคราะห์ที่เป็นอันตราย เช่น สารเคมีบางชนิดจากชุมชนที่อาจมีมาปนเปื้อนในตะกอนสลัดจ์ทั้งสองรูป นอกจากนั้นการใช้สารในตะกอนสลัดจ์ทั้งสองรูปและรวมทั้งในรูปที่ยังไม่ผ่านการบำบัดหรือในรูปสลัดจ์ดิบยังเหมาะกับพืชในหลายชนิดที่ไม่ใช่พืชอาหาร เช่น หญ้าสนาม ทุ่งหญ้าที่ใช้สำหรับเป็นอาหารสัตว์ ไม้ดอกไม้ประดับและไม้ยืนต้นชนิดต่างๆ

2) ใช้ตะกอนสลัดจ์กับไม้ป่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ป่าที่มีค่าที่จะปลูกใหม่ เช่น ต้นคริสต์มาส ฯลฯ ซึ่งพบว่าได้ผลดี

3) ใช้ตะกอนสลัดจ์ในพื้นที่ที่ต้องการปรับปรุงสภาพดินโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้เพื่อฟื้นฟูสภาพที่ดินที่เป็นเมืองร้างและพื้นที่ที่เกิดการกร่อนดินง่ายและมาก เพราะจะทำให้พืชขึ้นปกคลุมพื้นที่ได้เร็วและหนาแน่นทำให้มีปัญหาการกร่อนดินและการเกิดการไหลบ่าของน้ำน้อยลง

อย่างไรก็ตามไม่ควรใช้ตะกอนสลัดจ์ในรูปตะกอนสลัดจ์กับพืชบางชนิดเช่น พืชผักกินใบและพืชหัว ทั้งนี้เพราะตะกอนสลัดจ์ชนิดดังกล่าวโดยทั่วไป ยังมีธาตุโลหะหนักที่เป็นพิษหลายชนิดปะปนอยู่ด้วย และสามารถสะสมอยู่ในใบพืชผักและรากของพืชหัวได้ ซึ่งถ้ามีปริมาณมากเกินไปอาจจะมีผลเสียหรืออันตรายต่อผู้บริโภคได้

2.3 ขยะมูลฝอย

ขยะหรือมูลฝอยหรือของเสีย เป็นเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและมีผลต่อสุขภาพอนามัยมูลฝอยหรือของเสียกำลังมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทุกปีเพราะสาเหตุจากการเพิ่มของประชากรการขยายตัวทางเศรษฐกิจและทางอุตสาหกรรมนับเป็นปัญหาที่สำคัญของชุมชนซึ่งต้องจัดการและแก้ไขปริมาณกากของเสียและสารอันตรายได้แก่ขยะมูลฝอยสิ่งปฏิกูล และสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำดินและอากาศตลอดจนบางส่วนตกค้างอยู่ในอาหารทำให้ประชาชนทั่วไปเสี่ยงต่ออันตรายจากการเป็นโรคต่างๆเช่นโรคมะเร็งและโรคผิดปกติทางพันธุกรรมเป็นต้น

ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องนับเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ต้องเร่งดำเนินการอย่างเร่งด่วน ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2548 มีจำนวนประมาณ 39,221 ตันต่อวัน และเพิ่มขึ้นเป็น 41,532 ตันต่อวัน ในปี 2553 โดยพบว่า เทศบาลรวมเมืองพัทยามีปริมาณขยะมูลฝอยสูงที่สุดประมาณ 16,620 ตันต่อวัน รองลงมาคือกรุงเทพมหานคร 8,766 ตันต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมากกว่า 38,800 ตัน/วัน มีเพียงร้อยละ 80-70 ที่ได้รับการจัดการกลุ่มและมีเพียงร้อยละ 30 ที่มีการกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล โดยทั่วไปองค์ประกอบของขยะมูลฝอยในแต่ละพื้นที่จะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.7 ร้อยละ 64 ของขยะทั้งหมดเป็นขยะที่ย่อยสลายได้ โดยที่เศษอาหารและเศษผักผลไม้คิดเป็นร้อยละ 61 ของปริมาณขยะที่ย่อยสลายได้ทั้งหมด

การพัฒนาเทคโนโลยีตลอดจนแนวคิดในการพัฒนาอย่างยั่งยืนทำให้มีการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ ซึ่งรวมถึงการนำขยะอินทรีย์มาใช้ประโยชน์ การนำขยะอินทรีย์มาใช้ประโยชน์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้เป็นอาหารสัตว์ ทำเป็นปุ๋ยหมัก ผลิตก๊าซชีวภาพ เป็นต้น ในทางปฏิบัติไม่สามารถระบุได้ว่าวิธีการนำขยะอินทรีย์มาใช้ประโยชน์ได้ดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากความหลากหลายในเรื่ององค์ประกอบของขยะอินทรีย์ ความต้องการของผู้ใช้และเทคโนโลยีสนับสนุน

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอย จากเทศบาลเมืองอ่างทอง

ประเภทขยะมูลฝอย	% ค่าโดยน้ำหนักที่ได้จากการศึกษา		% ค่าเฉลี่ยผลการศึกษา
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
เศษอาหาร พืช ผัก ผลไม้	35.8	42.5	39.15
เศษกระดาษ	16.4	12.4	14.40
พลาสติก	11.1	11.4	11.25
เศษไม้ และกิ่งไม้	10.8	10.5	10.65
เศษผ้า	8.2	8.0	8.10
เศษยาง	4.5	4.7	4.60
เศษกระจก เศษแก้ว	4.4	3.4	3.90
เศษโลหะ	3.8	3.0	3.40
เศษหิน กระเบื้อง	3.5	3.0	3.25
อื่นๆ	1.5	1.1	1.30

ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2548)

2.3.1 ความหมายของขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอย หมายถึง สิ่งที่ไม่มีคุณค่าหรือประโยชน์สำหรับใช้และจำเป็นต้องทิ้งออกไป ตามพระราชบัญญัติรักษาความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. 2435 กำหนดโดยกระทรวงมหาดไทย โดยเน้นการใช้บังคับในเขตเทศบาล สุขาภิบาล องค์การบริการส่วนจังหวัด ได้ให้ความหมายว่า ขยะมูลฝอยหมายถึง เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น และหมายถึงรวมถึง มูลฝอยติดเชื้อ มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชนหรือครัวเรือน ยกเว้นวัสดุที่ไม่ใช้แล้วของโรงงาน ซึ่งลักษณะหรือคุณสมบัติที่กำหนดไว้ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน (กัญญา คำบุญเรือง, 2552)

2.3.2 ประเภทขององค์ประกอบขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยสามารถแบ่งได้หลายประเภทตามเกณฑ์ที่ใช้แบ่ง ในที่นี้ของแบ่งประเภทขยะออกเป็น 4 ประเภท คือ (วิศัลยา สงแจ้ง, 2553)

1) ขยะทั่วไป เป็นขยะจากสำนักงาน ถนนหนทาง การก่อสร้าง ได้แก่ กระดาษ กิ่งไม้ ฟาง แก้ว กระเบื้อง กรวด ทราย และถุงพลาสติก เป็นต้น ขยะประเภทนี้ไม่เกิดการย่อยสลายและเน่าเหม็น การกำจัดขยะทั่วไปควรคัดแยกขยะที่สามารถนำไปใช้ใหม่ได้ก่อนมีการกำจัด

2) ขยะอินทรีย์ เป็นขยะจากครัวเรือน โรงอาหาร ภัตราหาร ตลาดสด และการเกษตรกรรม ได้แก่ เศษอาหาร เศษเนื้อ เศษผลไม้ เศษผัก ซากสัตว์ มูลสัตว์ ขยะประเภทนี้จะเป็นพวกที่ย่อยสลายและเน่าเปื่อยได้ง่าย เพราะว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีความชื้นค่อนข้างสูง ประกอบกับขยะประเภทนี้มีกลิ่นเหม็น การกำจัดขยะประเภทนี้จึงควรนำไปทำปุ๋ย

3) ขยะอุตสาหกรรม เปาเศษวัสดุที่เกิดจากการผลิตหรือขั้นตอนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม โดยการกำจัดควรพิจารณาแยกชิ้นส่วนที่ยังสามารถนำกลับมาใช้ได้ออกก่อน

4) ขยะติดเชื้อหรือขยะอันตราย เป็นขยะจากสถานพยาบาลหรืออื่นๆ ซึ่งต้องใช้กรรมวิธีในการทำงายเป็นพิเศษ ได้แก่ วัสดุที่ผ่านการใช้ในโรงพยาบาล แบตเตอรี่ กระป๋องสีถ่านไฟฉาย เป็นต้น การกำจัดทำโดยการเผาในเตาเผา

2.3.3 ปัญหาจากสภาพสิ่งแวดล้อมขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอยเป็นตัวการสำคัญประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเมื่อมีขยะมูลฝอยจำนวนมากแต่ชุมชนไม่สามารถเก็บขนและกำจัดขยะมูลฝอยได้อย่างหมดจดหรือจัดการขยะมูลฝอยอย่างไม่ถูกสุขลักษณะดังนั้นขยะมูลฝอยจึงเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมดังนี้ คือ

1) อากาศเสีย เกิดจากการเผาขยะมูลฝอยกลางแจ้งก่อให้เกิดควันและสารพิษทางอากาศทำให้คุณภาพอากาศเสื่อมโทรม

2) น้ำเสีย เกิดจากกองขยะมูลฝอยบนพื้นเมื่อฝนตกลงมาบนกองขยะมูลฝอยจะเกิดน้ำเสียมีความสกปรกมากซึ่งจะไหลลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดภาวะมลพิษของแหล่งน้ำ

3) แหล่งพาหะนำโรค เกิดจากการกองขยะมูลฝอยบนพื้นเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของหนูและแมลงวันเป็นต้น ซึ่งเป็นพาหะนำโรคติดต่อทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน

4) เหตุรำคาญและความไม่น่าดู เกิดจากการเก็บขนขยะมูลฝอยไม่หมดรวมทั้งการกองขยะมูลฝอยบนพื้นซึ่งจะส่งกลิ่นเหม็นรบกวนประชาชนและเกิดภาพไม่สวยงามไม่เป็นสุนทรียภาพ

2.4 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

2.4.1 ตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตโอเลฟินส์

ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานเป็นระบบที่ได้รับการออกแบบให้สามารถรองรับน้ำเสียประเภทต่างๆที่เกิดขึ้นในโรงงานทั้งหมดซึ่งสามารถรับน้ำเสียได้ถึง 70 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงดังแสดงในรูปโดยประกอบด้วยระบบต่างๆ ดังนี้

1) Spent Caustic Oxidation System สำหรับบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตคือ Spent Caustic ก่อนที่จะส่งไปบำบัดยังระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพต่อไป

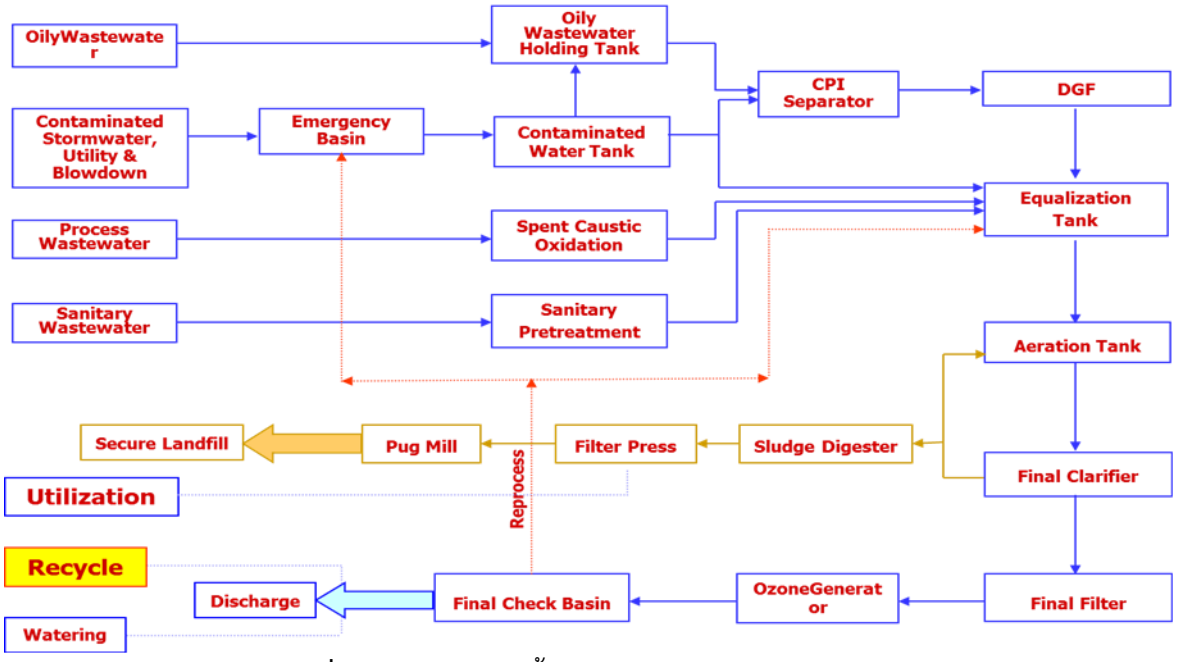
2) Oily Wastewater Treatment สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อนก่อนที่จะส่งไปบำบัดยังระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ

3) Sanitary Wastewater Pretreatment สำหรับบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการใช้น้ำภายในอาคารต่างๆจากนั้นจึงส่งไปบำบัดยังระบบบำบัดทางชีวภาพ

4) Biological Wastewater Treatment จะรับน้ำเสียจากทั้ง 3 ระบบบำบัดขั้นต้นมาบำบัดน้ำเสียโดยใช้ระบบทางชีวภาพซึ่งเป็นประเภท Completely Mixed Activated Sludge และตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนที่จะระบายออกสู่ทางระบายน้ำของนิคมฯ ต่อไป

5) Sludge Dewatering and Stabilization สำหรับจัดการตะกอนที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะนำส่งไปกำจัดยังหน่วยงานที่ได้รับอนุญาต

ปริมาณตะกอนสลัดจ์ที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสีย โดยเฉลี่ยประมาณ 1,200 ตันต่อปี ลักษณะของตะกอนสลัดจ์ที่ออกจาก Filter Press มีลักษณะเป็นสีดำ มีกลิ่น ยืดหยุ่นและค่อนข้างเหลว โดยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 92.99 และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 7.01



รูปที่ 2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตโอเลฟินส์

ที่มา : บริษัท ไทยโอเลฟินส์ จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2548

2.4.2 ตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียหนองแขม (สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ, 2551)

โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม บำบัดน้ำเสียได้ประมาณวันละ 157,000 ลูกบาศก์เมตร และสามารถบำบัดน้ำเสียได้เพิ่มขึ้นเป็นวันละ 235,500 ลูกบาศก์เมตร ครอบคลุมพื้นที่บริการประมาณ 44 ตารางกิโลเมตร โดยมีสถานีสูบน้ำเสีย 8 แห่ง ระบบท่อรวบรวมน้ำเสียความยาวรวมประมาณ 46 กิโลเมตรและระบบหมักตะกอนสลัดจ์ขนาด 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ที่ร้อยละ 20 ของ Solids Content ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียใช้ระบบบำบัดทางชีวภาพ เป็นระบบบำบัดแบบตะกอนเร่งที่สามารถกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสได้ (Activated Sludge with Recycle System)

ปริมาณตะกอนและลักษณะของกากตะกอนที่นำมาบำบัด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1) ตะกอนส่วนเกินจากระบบบำบัดน้ำเสียหนองแขมภาษีเจริญ ประกอบด้วย

- ตะกอนส่วนเกินจากถังเก็บตะกอน (Sludge Holding Tank)
- ตะกอนลอยในถังตกตะกอน (Scum)
- ตะกอนจากการจำกัดฟอสฟอรัสโดยการเติม $FeCl_3$
- ตะกอนจากการกำจัดฟอสฟอรัสโดยการตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation Unit) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1

2) ตะกอนที่มาจากภายนอกโรงบำบัด มาจากโรงบำบัดน้ำเสียต่างๆ ของกรุงเทพมหานคร รายละเอียดของการบำบัดตะกอนที่ออกแบบไว้ประกอบด้วย

-ถังเก็บตะกอน ขนาด 180 ลูกบาศก์เมตร ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ1 DS และตะกอนเคมีจากกระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสจะถูกเก็บไว้ในถังขนาด 180 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 1 ถัง โดยมีระยะเวลาเก็บกักประมาณ 1.90 ชั่วโมง ภายในถังจะถูกกวนโดยใช้หัวกระจายอากาศชนิดฟองละเอียด เพื่อป้องกันการเกิดสภาพไร้ออกซิเจน จนทำให้เกิดการปลดปล่อยของฟอสฟอรัส

-เครื่องเพิ่มความเข้มข้นของตะกอนแบบสายพาน จำนวน 2 เครื่อง ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ1 จะถูกทำให้มีความ เข้มข้นที่ร้อยละ 4 DS โดยการใช้ เครื่องเพิ่มความเข้มข้นของตะกอนแบบสายพาน ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ1 DS จะถูกผสมกับโพลีเมอร์ในท่อผสม (Static Mixing) ก่อนเข้าสู่การทำให้ตะกอนข้น ปริมาณโพลีเมอร์ที่ใช้อยู่ระหว่าง 3.5 ถึง 5.5 กิโลกรัมโพลีเมอร์ต่อตันตะกอนแห้ง ถังเก็บตะกอน ขนาด 60 ลูกบาศก์เมตรตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 4 DS จะถูกเก็บไว้ในถังขนาด 60 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 1 ถัง โดยมีระยะเวลาเก็บกักประมาณ 2 ชั่วโมง ภายในถังจะถูกกวนโดยใช้หัวกระจายอากาศชนิดฟองละเอียด เพื่อป้องกันการเกิดสภาพไร้ออกซิเจนทำให้เกิดการปลดปล่อยของฟอสฟอรัส

-ถังผสมตะกอน ตะกอนสลัดจ์จาก 2 แหล่งกำเนิด คือ ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 4 DS จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม-ภาษีเจริญ และตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 20 DS จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นของกทม. ถูกนำมาผสมกันในถังขนาด21 ลูกบาศก์เมตรจำนวน 2 ถัง โดยใช้เวลาในการผสมประมาณ 21 นาทีต่อครั้ง ตะกอนที่ผสมแล้วจะมีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 10 DS ในกรณีที่ตะกอนสลัดจ์ จากโรงควบคุมคุณภาพน้ำอื่นมีความเข้มข้นมากน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วภายในโรงงานจะถูกนำมาผสมในถังเพื่อลดความเข้มข้นจากปริมาตรของถังผสมสามารถที่จะผสมตะกอนได้วันละ 65 ครั้ง

-ถังเก็บสเลอร์รี ขนาด 80 ลูกบาศก์เมตร ตะกอนที่ถูกผสมแล้วจนมีความเข้มข้นร้อยละ 10 DS จะถูกเก็บไว้ในถังขนาด 80 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 1 ถัง ก่อนถูกส่งเข้าสู่ถังย่อย ภายในถังย่อยที่เก็บตะกอนนี้จะมีการกวนด้วยการใช้เครื่องกวนผสมจุ่ม เพื่อป้องกันการตกตะกอน

-เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ก่อนที่ตะกอนร้อยละ 10 DS จะถูกส่งเข้าถังย่อย ตะกอนจะต้องถูกทำให้ร้อนขึ้นที่อุณหภูมิ 35°C โดยการผ่านตะกอนเข้าสู่ระบบ การแลกเปลี่ยนความร้อน แหล่งพลังงานที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อนนี้สามารถใช้จากน้ำมันเชื้อเพลิง หรือ ก๊าซที่เกิดจากการหมักในถังย่อย

-ถังย่อยแบบไร้ออกซิเจน ถังหมักตะกอนแบบไร้ออกซิเจนมีจำนวน 2 ถัง แต่ละถังมีปริมาตรความจุประมาณ 12,250 ลูกบาศก์เมตรในการเดินระบบในถังหมักตะกอนทั้งสองถังสามารถเดินได้ทั้งแบบอนุกรมหรือคู่ขนานในกรณีที่เดินระบบแบบอนุกรมจะใช้ระยะเวลาในการ

หมักประมาณ 19 วัน ก๊าซที่เกิดขึ้นในถังหมักส่วนหนึ่งจะถูกน้ำไปใช้ในถังหมักเพื่อกวนตะกอนและบางส่วนนำไปใช้เป็นพลังงานในการอุ่นตะกอน ก๊าซส่วนเกินจะถูกเผาทิ้งไป ตะกอนที่ผ่านการหมักแล้วจะถูกนำมาเก็บไว้ในถัง

-ถังย่อยตะกอน ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร ตะกอนที่ผ่านการหมักแล้วจะถูกนำมาเก็บไว้ในถังย่อยตะกอน ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตรจำนวน 1 ถัง ก่อนถูกส่งไปรีดน้ำที่เครื่องรีดตะกอน

-เครื่องรีดตะกอนแบบสายพาน จะทำหน้าที่รีดน้ำออกจากตะกอนโดยตะกอนที่หมักแล้วจะถูกผสมกับโพลีเมอร์ ก่อนเข้ารีดที่เครื่องรีดตะกอน ตะกอนที่ผ่านการรีดจะมีความเข้มข้นร้อยละ 20 DS

-ระบบกำจัดกลิ่น เนื่องจากน้ำเสียที่เข้ามาบำบัดในกระบวนการ มีค่าความสกปรก มีกลิ่นเหม็นรบกวน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่อาศัยข้างเคียง จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบให้มีระบบควบคุมกลิ่นที่เกิด ณ จุดต่าง ๆ ดังนี้ สถานีสูบน้ำเสียหลัก มีระบบกำจัดกลิ่นแบบเปียก บ่อเติมอากาศ มีระบบแห้ง แบบถ่านคาร์บอน และในถังตกตะกอน มีระบบกำจัดกลิ่นแบบแห้งโดยใช้ถ่านคาร์บอนดูดกลิ่น

2.4.3 เศษอาหาร

เศษอาหารเป็นขยะประเภทที่ย่อยสลายได้ โดยปริมาณเศษอาหารที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจาก ตลาด บ้านเรือน โรงแรม โรงเรียน ร้านค้า โรงอาหาร ซึ่งองค์ประกอบของเศษอาหารส่วนใหญ่ที่พบ จะมีค่าความชื้นสูง ประมาณร้อยละ 78.05 ค่าพีเอช ประมาณ 4.20 และมีปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่ากับร้อยละ 2.20, 0.05 และ 0.31 ตามลำดับ (สุธีรา สุนทรารักษ์, 2553)

2.4.4 เศษผัก

เศษผักเป็นวัสดุเหลือใช้จากครัวเรือน โดยองค์ประกอบของเศษผักส่วนใหญ่มีความชื้นอยู่ในระดับต่ำ มีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 6.20 – 6.45 และปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ในช่วง ร้อยละ 0.02-0.41 (สุธีรา สุนทรารักษ์, 2553)

2.5 ดาวเรือง

ดาวเรือง (marigold) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Tagetes* spp. อยู่ในวงศ์ Compositae ดาวเรืองเป็นไม้ประดับที่ปลูกง่ายและเจริญเติบโตได้เร็ว ดอกมีความสวยงามและให้ดอกได้ในระยะเวลาสั้น

ประมาณ 60-70 วัน ในอดีตการปลูกดาวเรืองจะเป็นการปลูกเพื่อตัดขายดอกเพียงอย่างเดียว แต่ในปัจจุบันนี้สามารถที่จะนำดาวเรืองปลูกลงกระถางหรือถุงพลาสติก เพื่อใช้เป็นตกแต่งให้ความสวยงามตามบ้านเรือนที่พักอาศัยและตามสถานที่ต่างๆ และยังมีการปลูกเพื่อเก็บเมล็ดส่งโรงงานทำอาหารเพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้อีกด้วย (ศิวรินทร์ ดวงแก้วและเอกดนัย วุฒิ, 2552)

2.5.1 ลักษณะทั่วไปของดาวเรือง

ดาวเรือง จัดเป็นพืชล้มลุก มีความสูงโดยประมาณ 15 – 120 เซนติเมตร ใบ จัดเป็นใบประกอบ มีลักษณะเรียวยาว ดอก มีลักษณะเป็นดอกรวม มีดอกย่อยเล็ก ๆ เป็นจำนวนมากอัดซ้อนกันบนฐานดอก ดอกมีหลายสีแล้วแต่สายพันธ์ เช่น สีเหลือง สีส้ม ครีม และสีขาว ดอกมีขนาดประมาณ 1 นิ้ว หรือใหญ่สุดประมาณ 4 นิ้ว ถ้าตัดลำต้นออกกิ่งก้านออก จะมีกลิ่นเหม็น สามารถทำให้ไม่ค่อยมีแมลงรบกวน (ศิวรินทร์ ดวงแก้วและเอกดนัย วุฒิ, 2552)

2.5.2 พันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

พันธุ์ดาวเรืองที่เหมาะสำหรับการปลูกในประเทศไทย มีหลายสายพันธุ์ เช่น

1) พันธุ์ซอฟเวอร์เรน มีลักษณะดอกสีเหลือง กลีบดอกซ้อนกันแน่น ดอกมีขนาดประมาณ 10 เซนติเมตร

2) พันธุ์ทอรีดอร์ มีลักษณะดอกสีส้ม ดอกมีขนาดประมาณ 8.5-10 เซนติเมตร

3) พันธุ์ดับเบิลอีเกิล มีลักษณะดอกสีเหลือง และดอกมีขนาดประมาณ 8.5 เซนติเมตร และมีก้านดอกที่แข็งแรง

4) พันธุ์ดาวเรืองเกษตร เป็นดาวเรืองที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์นำเข้ามาทดลองปลูกและทำการคัดเลือกพันธุ์ไว้ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์สีทองเบอร์ 1 และพันธุ์สีทองเบอร์ 4 ซึ่งมีดอกสีเหลืองจะขึ้นได้ดีในสภาพของประเทศไทย (ศิวรินทร์ ดวงแก้วและเอกดนัย วุฒิ, 2552)

2.5.3 การขยายพันธุ์ดาวเรือง (ศูนย์บริการร่วมกรมส่งเสริมการเกษตร, 2555)

1) โดยใช้เมล็ด

เมล็ดดาวเรืองมีลักษณะยาวรีและมีหาง การขยายพันธุ์ทำได้โดยการหยอดเมล็ดลงแปลงปลูกที่เตรียมไว้ หรือเพาะในถุงพลาสติกที่มีการเจาะรูที่ก้นถุงเพื่อระบายน้ำ โดยการ

หยอดเมล็ดลงไปถุงละ 1 เมล็ด วางตามแนวนอนหรือปักเมล็ดลงไปในแนวตั้งจนมิดเมล็ดให้ส่วนหางชี้ขึ้นกลบด้วยดินหรือวัสดุปลูก การเพาะเมล็ดลงในถุงพลาสติก มีผลดีเพราะเมื่อเมล็ดงอกไม่

ต้องย้ายกล้า ให้เจริญเติบโตอยู่อยู่ในถุงจนกว่าจะมีใบจริง 5-6 คู่ จะใช้เวลาประมาณ 23 วัน นับจากวันเพาะเมล็ด จึงสามารถย้ายปลูกลงแปลงได้ ซึ่งสะดวกสบายและประหยัดเวลาและแรงงาน

2) โดยใช้ยอดปักชำ

การขยายพันธุ์โดยวิธีนี้โดยปกติจะไม่นิยมทำ แต่เนื่องจากบางเมล็ดพันธุ์มีราคาค่อนข้างสูง และการปลูกดาวเรืองในเขตร้อนจะเจริญได้ดีแต่มีการออกดอกช้า ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องทำการเด็ดยอดช้าลง 2-3 วัน เพื่อให้ส่วนยอดที่จะเด็ดออกมีความยาวประมาณ 3-4 เซนติเมตร นำไปปักชำได้สะดวกจะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของดอกของต้นเดิม และการขยายพันธุ์โดยการปักชำยอดไม่ควรขยายพันธุ์กับต้นดาวเรืองที่ปลูกในฤดูหนาวซึ่งจะมีการออกดอกที่เร็วจะทำให้ดอกทั้งที่ได้จากต้นเดิมและจากต้นที่ได้จากการชำยอดจะมีขนาดเล็กลงและก้านสั้นไม่ได้คุณภาพ

2.5.4 การใส่ปุ๋ย

ปุ๋ยมีความสำคัญในการเสริมสร้างความสมบูรณ์ของต้นรวมถึงคุณภาพของดอก เนื่องจากดาวเรืองถือเป็นพืชอายุสั้นใช้เวลาเพียง 60-65 วัน นับจากเพาะเมล็ดถึงขั้นตอนการตัดดอกขายจึงมีความสำคัญอย่างมากในการใส่ปุ๋ยให้ถูกต้องตรงตามจังหวะของการเจริญเติบโตของดาวเรือง การใส่ปุ๋ยเสริมหลังจากปลูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วงดังนี้

1) ช่วงเจริญเติบโตทางต้นเป็นช่วง 30 วันแรก นับจากการเพาะเมล็ด ในช่วงนี้ควรมีการใช้ปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง เพื่อเป็นการเร่งให้ดาวเรืองเจริญเติบโตทางต้นและแตกกิ่งข้างให้เร็ว โดยรดหรือพ่นต้นและใบในขณะอายุได้ประมาณ 14-15 วันและอีก 1-2 ครั้ง ทันทีหลังจากเด็ดยอดและย้ายปลูกแล้ว ทั้งนี้เพื่อเร่งให้ดาวเรืองแตกกิ่งข้างพร้อมๆ กันทั้ง 8 กิ่ง

2) ช่วงออกดอกดาวเรืองจะเริ่มเกิดตาดอกขณะอายุประมาณ 30 วัน ถ้าทำการปลูกในช่วงฤดูหนาว ดังนั้นในช่วงอายุ 30-45 วัน ควรเปลี่ยนใช้ปุ๋ยที่มีตัวกลางสูงเช่น 15-30-15 หรือ 20-20-20

3) ช่วงทำคุณภาพ

3.1) ในกรณีที่ตัดดอกติดก้านยาวเพื่อขายเป็นดอกไม้ จะทำหลังจากดาวเรืองอายุได้ 50 วัน งดการให้ปุ๋ยทุกชนิดและก่อนการตัดดอกขาย 2-3 วัน ควรมีการพ่นด้วยน้ำผสมน้ำตาลทรายพ่นต้นและใบจนโชกจะทำให้ดอกดาวเรืองบานและทนขึ้น

3.2) ในกรณีที่ปลูกเพื่อเด็ดดอกใส่ถุงสำหรับร้อยพวงมาลัย หลังจากอายุดาวเรืองครบ 50 วัน แต่จะยังไม่งดการใส่ปุ๋ยทำต่อเนื่องไปทุกๆ 10 วัน อีก 3-4 ครั้ง จนกว่าต้นจะโทรม ทั้งนี้เพราะยังสามารถตัดดอกขายได้อีกเรื่อยๆ ประมาณ 45-50 วัน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นุสรา หัวไผ่ (2544) ศึกษาผลของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพหอยเชอรี่และกากถั่วเหลืองต่อการออกดอกของดาวเรือง โดยทำการหมักหอยเชอรี่และกากถั่วเหลือง 3 กิโลกรัม ผสมกากน้ำตาลและจุลินทรีย์ 2 ลิตร หมักทิ้งไว้ 14 วัน เมื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำหมักชีวภาพหอยเชอรี่และกากถั่วเหลืองได้ผลดังนี้ ไนโตรเจนร้อยละ 0.48 0.34 ฟอสฟอรัส 0.04 0.03 และโพแทสเซียม 1.44 0.92 ตามลำดับ เมื่อศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพ 3 ชนิดที่ได้จาก หอยเชอรี่ กากถั่วเหลือง และน้ำหมักผสมระหว่างหอยเชอรี่และกากถั่วเหลือง ต่อการออกดอกของดาวเรืองพันธุ์เกษตร ซึ่งสามารถเจริญเติบโตได้เร็ว โดยนำดาวเรืองที่มีอายุได้ 28 วัน แบ่งเป็น 5 กลุ่มดังนี้ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพหอยเชอรี่ กลุ่มที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพกากถั่วเหลือง กลุ่มที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพ ผสม 2 ชนิดและกลุ่มปุ๋ยวิทยาศาสตร์ เปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของทั้ง 5 กลุ่มพบว่า ดาวเรืองที่ได้รับปุ๋ยน้ำหมักหอยเชอรี่ มีความสูงเพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ21อัตราการเพิ่มความสูงเท่ากับ 0.3 เซนติเมตรต่อวัน สามารถติดตาดอกมากที่สุดเท่ากับ 32 ตา ร้อยละการติดดอกเท่ากับ 78 และขนาดดอกเฉลี่ยเท่ากับ 6.1 เซนติเมตรต่อดอก อย่างไรก็ตามพบว่า กลุ่มที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพกากถั่วเหลือง สามารถติดตาดอกได้เร็วที่สุด คือ เมื่ออายุ 40 วัน

นายวิชาวุธ พงศ์ธำรง (2545) ศึกษาการนำกากตะกอนจากระบบบำ บัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋องมาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกต้นบานชื่นและดาวเรืองได้ โดยหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุปลูกระหว่างดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและกากตะกอนบำบัดน้ำเสียที่ทำให้ต้นบานชื่นและดาวเรืองเจริญเติบโตได้ดี การวิจัยทดลองในเรือนเพาะชำ โดยการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋อง และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจากจังหวัดระยองมาผสมในอัตราส่วนต่างๆ โดยปริมาตร มาทดลองปลูกต้นบานชื่นและดาวเรือง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์จำนวน 5 ชุดการทดลองตามอัตราส่วนต่าง ๆ 5 อัตราส่วน ได้แก่ ชุดดินที่มีกากตะกอนบำบัดน้ำเสียอย่างเดียว ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 25 ส่วนกับกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 75 ส่วนโดยปริมาตร ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 50 ส่วนกับกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 50 ส่วนโดยปริมาตร ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 75 ส่วนกับกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย 25 ส่วนโดยปริมาตร ชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์อย่างเดียว จำนวน 5 ซ้ำ แล้วทำการวัดอัตราการเจริญเติบโตในด้านความสูง ขนาดลำ ต้น จำนวนใบและจำนวนดอก โดยใช้เวอร์เนียและตลับเมตร และวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าหาความแปรปรวนทางเดียว การทดลองพบว่า กากตะกอนจากบ่อหมักสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสียสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกต้นบานชื่นและดาวเรือง กากตะกอนบำบัดน้ำเสียของ

โรงงานอาหารกระป๋องสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกต้นบานชื่นและดาวเรืองได้ตามอัตราส่วนผสมที่มีกากตะกอนบำบัดน้ำเสียมากขึ้น

อภิญญา แสงสุวรรณ (2546) ศึกษาการผลิตปุ๋ยน้ำหมักจากการหมักเศษผักกะหล่ำปลีและผักกาดขาวปลี ทำการผสมในอัตราส่วน 1:1 โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 3 การทดลอง ทำการผสมเศษผัก 1.5 กิโลกรัม กากน้ำตาล 500 มิลลิลิตร น้ำ 5 ลิตร หมักเป็นระยะเวลา 2 เดือน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เพื่อศึกษาผลของการเติมอากาศ การเติมเชื้อแบคทีเรีย และการเติมกากถั่วเหลืองหรือปลาป่นเพื่อใช้เป็นแหล่งไนโตรเจน จากการศึกษา พบว่า การหมักแบบเติมอากาศทำให้เศษผักมีการย่อยสลายร้อยละ 88.04 ของน้ำหนักแห้งซึ่งเร็วกว่าการหมักแบบไม่เติมอากาศที่มีการย่อยสลายเพียงร้อยละ 53.34 ของน้ำหนักแห้ง ในการหมักแบบเติมเชื้อแบคทีเรีย เศษผักเกิดการย่อยสลายร้อยละ 40.34 ซึ่งเร็วกว่าการหมักแบบไม่เติมเชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเพียงร้อยละ 36.39 การเติมปลาป่น 16.40 กรัม(0.65 กรัม N) เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการหมักแบบเติมอากาศ ทำให้เกิดการย่อยสลายของเศษผักสูงสุดเท่ากับร้อยละ 87.93 การศึกษาในเรือนทดลอง พบว่า การใช้ปุ๋ยน้ำหมักอัตราเจือจาง 1:500 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยรองพื้นฐานสูตร 15-15-15 และยูเรีย (46-0-0) เป็นปุ๋ยแต่งหน้า ทำให้ผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตสูงสุด และการใช้ปุ๋ยน้ำหมักอัตราเจือจาง 1:250 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 มีผลทำให้ผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงสุด

นันทวัน ฤทธิ์เดช (2549) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักปุ๋ยน้ำชีวภาพ ในถังขนาด 5 ลิตร ทำการหมักเป็นเวลา 30 วัน ในอัตราส่วนเศษผักและผลไม้ต่อน้ำตาลต่อน้ำเท่ากับ 4:1:1 เป็นชุดควบคุม และในอัตราส่วนเศษผักและผลไม้ต่อน้ำตาลต่อน้ำเท่ากับ 4:1:1 และเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (สารเร่ง พด.2 ของกรมพัฒนาที่ดิน จำนวน 25 กรัม ในน้ำ 10 ลิตร) ผลจากการวัดค่าพีเอชของน้ำหมักจากถังชุดควบคุมและถังที่ใส่หัวเชื้อ มีค่าอยู่ในช่วง 5.6-3.2 และทำการตรวจนับจุลินทรีย์ในน้ำหมักโดยวิธีต่างๆ ดังนี้ 1) Cellulolttic microorganisms โดยวิธี Spread plate technique บน cellulose agar ค่าพีเอชที่ 7 บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7-10 วัน ตรวจนับโคโลนีที่มี clear zone 2) Proteolytic microorganisms ตรวจนับจุลินทรีย์โดยวิธี Spread plate technique บน nutrient agar ที่เติม ร้อยละ 0.4 gelatin พีเอช 6 บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจนับโคโลนีที่มีความขุ่นเกิดขึ้นรอบๆ 3) Amylolytic microorganisms ตรวจนับจุลินทรีย์ย่อยแป้งโดยวิธี Spread plate technique บนnutrient agar ที่เติมร้อยละ 0.2 soluble starch ที่ค่าพีเอช เท่ากับ 6 บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นราดสารละลายไอโอดีนทิ้งไว้ 10 วินาที แล้วเทสารละลายไอโอดีนทิ้ง วัดความกว้างของเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใสรอบๆ โคโลนี 4) ราและยีสต์ ใช้วิธี Spread plate technique บน potato dextrose agar พีเอช

3.5 (หยด 10% lactic acid 1 มล./อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มล.) บ่ม 30 องศาเซลเซียส 72 ชั่วโมง 5) Lactic acid bacteria โดยวิธี Spread plate technique บน modified MRS agar บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะ microaerophilic (candle jar) เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง สังเกตโคโลนีของแลคติกแอซิดแบคทีเรีย ซึ่งจะปรากฏบริเวณใสรอบๆ โคโลนี 6) แบคทีเรียทั้งหมด โดยวิธี pour plate technique บนอาหาร plate count agar บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วตรวจนับจำนวนแบคทีเรีย 7) จุลินทรีย์ก่อโรค ตรวจหา *Salmonella* ชั่งตัวอย่างวันที่ 0 และ 30 ของการหมักปริมาณ 25 กรัม ใส่ลงในสารละลาย Ringer ปริมาตร 225 บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปิเปตสารแขวนลอยของเซลล์ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร จากนั้น streak เชื้อลงบน xylose deoxycholate agar ที่เติม rifampicin 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร บ่มที่ตู่บ่ม 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจหา Feacal coliform และ Feacal Streptococci ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร จากความเจือจาง 10^{-1}- 10^{-3}ทำ spread plate บนอาหาร VRB agar (ตรวจหา Feacal coliform) และ Slanezt agar (ตรวจหา Feacal Streptococci) จำนวน 3 ซ้ำ บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน นับจำนวนแบคทีเรียที่เจริญบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุลินทรีย์ พบว่า Amylolytic bacteria Proteolytic bacteria Cellulose bacteria Yeast&mold Lactic acid bacteria และ Total bacteria จะมีปริมาณสูงในช่วง 3 วันแรกของการหมัก โดยจะพบ แบคทีเรียทั้งหมดในปริมาณสูงสุด รองลงมาคือ Lactic acid bacteria ราและยีสต์ Cellulose bacteria Proteolytic bacteria และ Amylolytic bacteria ตามลำดับ

ปรากรม ประยูรรัตน์ และยุพา แดงหนองปาน (2549) ทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำหมักอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาว โดยใช้ความเข้มข้นของน้ำหมักอินทรีย์ 5 ระดับ คือ น้ำหมักอินทรีย์ 1 มิลลิลิตร/น้ำปริมาตร 50, 100, 500, 1000 และ 1500 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการฉีดพ้นผักกาดขาวทุกวัน ทุก 3 วัน และทุก 6 วัน ต่อครั้ง พบว่า น้ำหมักอินทรีย์ทุกระดับความเข้มข้นมีผลทำให้ผักกาดขาวมีการเจริญเติบโตสูงกว่าชุดควบคุม และผักกาดขาวที่รดด้วยน้ำหมักอินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้น 1:500 มีความสูงและน้ำหมักสดเฉลี่ยสูงที่สุด และการฉีดพ่นน้ำหมักอินทรีย์ทุกวันส่งผลให้ผักกาดขาวมีการเจริญเติบโตมากที่สุด

ศุภัชญา ชนชนะชัย (2550) ศึกษาการใช้น้ำกากส่าของโรงงานสุราในการทำน้ำสกัดชีวภาพ ได้นำน้ำกากส่ามาใช้เป็นแหล่งคาร์บอนแทนกากน้ำตาล โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 3 ชุด ได้แก่ ชุดที่1 คือชุดควบคุมซึ่งเตรียมจากกากน้ำตาลเพียงอย่างเดียว ชุดที่ 2 เตรียมจากกากน้ำตาลผสมกับน้ำกากส่า และชุดที่ 3 เตรียมจากน้ำกากส่าเพียงอย่างเดียว และได้แปรเปลี่ยนปริมาณน้ำกากส่าเป็น

1.5 2.0 2.5 และ 3.0 เท่าของกากน้ำตาล โดยใช้เวลาหมักนาน 90 วัน และในแต่ละชุดทดลองมีวัตถุดิบเป็นเศษผักบุ้งจีน เศษสับปะรด และเศษปลาจากการศึกษาการใช้น้ำกากส่าแทนกากน้ำตาล พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำน้ำสกัดชีวภาพของวัตถุดิบแต่ละประเภท ได้แก่ เศษผักบุ้งจีน 3 กก. : กากน้ำตาล 0.5 กก. : น้ำกากส่า 2.5 กก. : น้ำ 1 ลิตร : EM0.15 ลิตร ที่เวลา 30 วัน เศษสับปะรด 3 กก. : น้ำกากส่า 2.5 กก. : น้ำ 1 ลิตร : EM0.15 ลิตร ที่เวลา 30 วัน และเศษปลา 3 กก. : น้ำกากส่า 4.5 กก. : น้ำ 1.5 ลิตร : EM0.2 ลิตร ที่เวลา 60 วัน ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำสกัดชีวภาพ ศึกษาพารามิเตอร์ ดังนี้ ค่าการนำไฟฟ้า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม คาร์บอนทั้งหมด และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่า ชุดควบคุมที่เตรียมจากกากน้ำตาล มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สูงที่สุด รองลงมาคือชุดทดลองที่เตรียมจากกากน้ำตาลผสมกับน้ำกากส่า และชุดทดลองที่เตรียมจากน้ำกากส่าเพียงอย่างเดียว ตามลำดับปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมที่พบในน้ำสกัดชีวภาพ มีค่าอยู่ในช่วง 0.09-1.49 0.01-0.66 และ 0.42-1.07 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และเมื่อศึกษาปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนของน้ำสกัดชีวภาพโดยพิจารณาจากค่าซีโอดี พบว่าน้ำสกัดชีวภาพที่มีวัตถุดิบเป็นเศษผักบุ้งจีน เศษสับปะรด และเศษปลา มีค่าซีโอดีเริ่มคงที่ที่เวลา 14, 56 และ 63 วัน ตามลำดับ ดังนั้นระยะเวลาสั้นที่สุดในการหมักน้ำสกัดชีวภาพคือวันที่ค่าซีโอดีเริ่มคงที่ซึ่งเป็นเวลาที่ปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจนสมบูรณ์ และเนื่องจากน้ำสกัดชีวภาพมีค่าพีเอชค่อนข้างต่ำจึงควรเจือจางในอัตราส่วน 1:250 ก่อนนำไปใช้เพื่อมิให้เกิดผลเสียต่อพืช

พจนีย์ ไม้หอม (2552) ศึกษาผลของน้ำหมักอินทรีย์ต่อมวลชีวภาพ, กิจกรรมจุลินทรีย์ดิน และการเจริญเติบโตของคะน้า โดยเปรียบเทียบผลการรดน้ำหมักอินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้น (น้ำหมักอินทรีย์:น้ำ) 1:1000, 1:500, 1:250 จำนวน 1 ครั้งและ 2 ครั้ง และเปรียบเทียบดินที่มีการใส่ปุ๋ยคอก กับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยคอก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) พบว่า น้ำหมักอินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนและกิจกรรมอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงเริ่มการทดลอง และการรดน้ำหมักอินทรีย์สองครั้งดีกว่าการรดน้ำหมักอินทรีย์หนึ่งครั้ง พิจารณาจากจำนวนจุลินทรีย์และกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน โดยความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด คือ ความเข้มข้น 1:500 รดจำนวน 2 ครั้ง และช่วงระยะเวลาที่ดีที่สุดคือประมาณ 35 วันนับจากวันปลูก โดยทำให้ปริมาณมวลชีวภาพสูงที่สุด รองลงมาคือความเข้มข้น 1:1000 และ 1:250 ตามลำดับ

ศิวรินทร์ ดวงแก้ว และเอกดนัย วุฒิ (2552) ศึกษาการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพจากเศษพืชผักผลไม้เพื่อเร่งการเจริญเติบโตและการออกดอกของดาวเรือง การวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพจากเปลือกกล้วย และจากเศษผัก ทำการการศึกษาองค์ประกอบธาตุอาหารหลักในปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ใช้อัตราส่วนระหว่างเศษผักหรือเปลือกกล้วย : กากน้ำตาล เท่ากับ 3:1 หมักในถัง 20 ลิตร ใส่เชื้อจุลินทรีย์ พด.2 0.5 กรัมต่อถัง และในระยะที่ 2 การศึกษาอัตราส่วนของปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ต่อการเจริญเติบโต และการออกดอกของดาวเรือง โดยแบ่งชุดทดลองออกเป็น 3 ชุดดังนี้ ชุดทดลองที่ 1 ใส่ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเศษผัก ชุดทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเปลือกกล้วย ชุดทดลองที่ 3 ชุดควบคุม โดยใช้น้ำแทนปุ๋ยน้ำชีวภาพ ชุดทดลองที่ 1 และ 2 แบ่งเป็นสามระดับความเข้มข้น คือ ความเข้มข้นสูง (อัตราส่วนปุ๋ยน้ำชีวภาพ: น้ำ 1: 100) ความเข้มข้นปานกลาง (อัตราส่วนปุ๋ยน้ำชีวภาพ: น้ำ 1: 300) ความเข้มข้นต่ำ (อัตราส่วนปุ๋ยน้ำชีวภาพ: น้ำ 1: 500) ผลการทดลองพบว่า ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเปลือกกล้วยมีค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเศษผัก มีค่าร้อยละ 0.953 และ 2.600 และ 0.208 และ1.872 ตามลำดับ ขณะที่ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเศษผักมีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนสูงกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเปลือกกล้วย มีค่าร้อยละ 0.183 และ0.953 ตามลำดับ ระยะที่ 2 ปลูกดาวเรืองในดินที่มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 10.43, 17.67 และ 32.07มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ผลการทดลองพบว่า ดินภายหลังการปลูกดาวเรืองที่ใส่ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเศษผักมีค่าไนโตรเจนสูงกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเปลือกกล้วย อยู่ในช่วง 16.73-11.26 มก./กก.น้ำหนักแห้ง แต่ดินภายหลังการปลูกดาวเรืองที่ใส่ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเปลือกกล้วยมีค่าฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเศษผัก อยู่ในช่วง 16.15-9.65 และ 25.58-21.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนการเจริญเติบโตของดาวเรือง พบว่าดาวเรืองที่ได้รับปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเศษผักความเข้มข้นปานกลางมีค่าเฉลี่ยความสูง และมวลชีวภาพสูงสุด โดยในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลองมีค่าเท่ากับ 29.40 ซม. และ 13.09 กรัม ตามลำดับ ส่วนดาวเรืองที่ได้รับปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเปลือกกล้วยระดับความเข้มข้นปานกลาง มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพของดอกสูงสุด โดยในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลองมีค่าเท่ากับ 3.94 กรัม ดังนั้นหากต้องการเร่งดอกดาวเรือง ควรใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเปลือกกล้วยโดยใช้อัตราส่วน ปุ๋ยน้ำชีวภาพ: น้ำ 1:300

อุษณีย์ อุยะเสถียร และคณะ (2552) ศึกษาลักษณะสมบัติและความเป็นพิษต่อพืชของกากตะกอนสลัดจ์ชุมชนเพื่อนำไปใช้ในการเกษตร โดยทำการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางเคมีของตะกอนสลัดจ์และทดสอบการงอกของเมล็ดพืชโดยใช้ตะกอนสลัดจ์ 3 ชนิดที่ได้มาจากโรงบำบัดน้ำเสียหนองแขม ได้แก่ ตะกอนสลัดที่ไม่ได้ย่อยสลาย ตะกอนสลัดจ์ที่ย่อยสลายแล้ว และปุ๋ยหมักที่ผลิตจาก

ตะกอนสลัดจ์ พบว่า ค่าพีเอช เท่ากับ 6.79 7.08 และ 8.12 ตามลำดับ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของกากตะกอนทั้ง 3 ชนิด อยู่ในช่วง 1.49-2.06 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ซึ่งตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร 2551 ต้องมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร และปุ๋ยหมักส่วนใหญ่จะมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.0 ถึง 10.0 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ค่าความชื้นของกากตะกอนทั้ง 3 ชนิด มีค่าร้อยละ 75.41 72.50 และ 54.35 ตามลำดับ ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าร้อยละ 30.09 26.20 และ 24.97 ตามลำดับ ซึ่งตรงตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร 2551 (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของกากตะกอนทั้ง 3 ชนิดมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 14.48-17.45 และมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 4.35 4.28 และ 5.89 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร 2551 ปริมาณธาตุอาหารหลัก จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร 2551 (ไนโตรเจนไม่น้อยกว่า 1.0 และฟอสฟอรัสไม่น้อยกว่า 0.5% โดยน้ำหนัก) ปริมาณโลหะหนัก (As Cd Cr Cu Hg Ni Pb Zn) ปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในกากตะกอนทั้ง 3 ชนิด เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้ดังนี้ Cu>Zn>Cr>Pb>Cd>As พบว่า ปริมาณทองแดงและนิกเกิลสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกากตะกอนที่นำไปใช้เพื่อการเกษตร สำหรับการทดสอบการงอกของเมล็ดพบว่าการงอกของเมล็ดและความยาวรากเฉลี่ยของกวางตุ้งต้นและผักกาดขาวปลีที่เพาะในน้ำสกัดจากปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงสรุปได้ว่าปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากตะกอนสลัดจ์ชุมชนน่าจะใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ โดยต้องมีการควบคุมปริมาณปุ๋ยหมักที่ใช้หรือแก้ปัญหาเรื่องความเข้มข้นของโครเมียมและทองแดงที่สูงได้โดยอาจใช้วิธีการตรึงด้วยสารเคมีเพื่อลดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมซึ่งควรจะทำการศึกษาต่อไป

ชวนพิศ อรุณรังสิกุล และคณะ (2553) ศึกษาคุณภาพน้ำหมักชีวภาพและองค์ประกอบโดยใช้เศษวัสดุ 3 ชนิด คือ หัวปลานิล พุง และเกล็ดปลานิล และเศษผักผลไม้หลายชนิด เปรียบเทียบการหมักด้วยการเติมหัวเชื้อสับปะรดและหัวเชื้อจากแบคทีเรีย 2 ชนิด คือ *Lactobacillus plantarum* และ *L. caseii* ในปริมาณเท่าๆกันโดยมีสัดส่วนของวัสดุดิบ:กากน้ำตาล:หัวเชื้อเท่ากับ 3:3:1 ทำการหมักไว้เป็นเวลานาน 30 45 60 และ 90 วัน พบว่าองค์ประกอบต่างๆ ระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 30 45 60 และ 90 วัน มีความแปรปรวนคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สีของน้ำหมักส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ เมื่อทำการหมักนานขึ้นสีจะค่อยๆจาง โดยมีค่าพีเอชประมาณ 3.72-4.28 โดยที่วัสดุที่มาจากพืชจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชน้อยกว่าวัสดุที่มาจากปลา และค่าการนำไฟฟ้า มีค่าลดลงในทุกสูตรน้ำหมัก อยู่ในช่วง 12.00-20.28 โดยที่ค่าพีเอชและค่าการนำไฟฟ้า จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะการหมักนานขึ้น คุณสมบัติทางเคมี พบว่า ธาตุอาหารหลักมีค่าน้อยมาก โดยปริมาณ

ไนโตรเจน 1% ปริมาณฟอสฟอรัส 2% และปริมาณโพแทสเซียม น้อยกว่าร้อยละ0.2 และธาตุอาหารรอง พบว่า Ca มีประมาณร้อยละ 0.5 –1 ซึ่งมีปริมาณมากกว่า Mg, Na, Fe และ Mn ส่วน Zn และ Cu มีปริมาณต่ำมากปริมาณของธาตุอาหารพืชเหล่านี้มีความแปรปรวนระหว่างการหมักน้ำหมักชีวภาพที่ใช้เศษปลานิลจะมีปริมาณมากกว่าน้ำหมักจากเศษผักผลไม้และหัวเชื้อจาก *Lactobacillus* spp. 2 ชนิดให้ปริมาณ Na สูงกว่าการหมักด้วยหัวเชื้อสับปะรด องค์ประกอบทางชีวเคมี เช่น มีน้ำตาลหลายชนิดปริมาณลดลงจนถึงระดับคงที่ซึ่งน่าจะเป็นดัชนีชี้บอกจุดสิ้นสุดกระบวนการหมักและสารคล้ายฮอร์โมน GA_3 เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น

Adhikari และคณะ (2008) ศึกษาลักษณะของเศษอาหารและวัสดุสร้างความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการทำปุ๋ย ซึ่งงานวิจัยนี้ศึกษาลักษณะต่างๆ ของเศษอาหาร (ค่าพีเอช น้ำหนักแห้ง คาร์บอน ความหนาแน่นแบบเปียกและทีเคเอ็น) ที่ได้จากร้านอาหารและบ้านเรือนในเมือง Motreal ประเทศแคนาดา จากเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม 2004 และนำมาหมักร่วมกับวัสดุสร้างความพรุน ได้แก่ หญ้าแห้ง ขี้เลื้อย เศษไม้ กระดาษแข็ง มูลวัว และรำข้าว ในช่วงฤดูหนาวถึงฤดูร้อน พบว่าค่าความชื้น และทีเคเอ็นของเศษอาหารเพิ่มขึ้น จากเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ในขณะที่อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ลดลง และในการหมักเศษอาหารร่วมกับวัสดุสร้างความพรุน ส่วนมาก หญ้าแห้ง ขี้เลื่อย จะทำให้คุณสมบัติของปุ๋ยดีขึ้น และมีความสามารถดูดซึมน้ำมากขึ้น ค่าพีเอชมีค่าเป็นกลาง และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าประมาณ 50:1 ส่วนการใช้เศษไม้และมูลวัว จะทำให้เกิดกรดในกระบวนการหมัก ขณะที่การใช้รำข้าวและมูลวัว จะมีลักษณะที่ไม่เหมาะสมหลังจากการดูดซึมน้ำเข้าไป ส่วนการใช้กระดาษแข็ง พบว่ามีการดูดซึมที่ต่ำมากซึ่งเป็นข้อจำกัดในการดูดซึมน้ำชะขยะที่ปล่อยออกมาจากเศษอาหารในระหว่างการหมักปุ๋ย

Lu และคณะ (2009) ศึกษาการตรวจสอบของรูปแบบการเติมอากาศ สัดส่วนระหว่างขยะมูลฝอยและตะกอนสลัดจ์อัตราการเติมอากาศ และ อัตราการรีไซเคิลปุ๋ยหมักที่ได้ในลักษณะทำปุ๋ยหมักร่วม(co-compost) จากขยะมูลฝอยและตะกอนสลัดจ์จะทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์เมื่อผ่านไป 28 วันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 3 วันแรกอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นแล้วจะค่อยๆลดลง ปริมาณการใช้ออกซิเจนจะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและค่อยลดลงเช่นเดียวกับอุณหภูมิ อินทรียวัตถุ การสูญเสียคาร์บอน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ไฮโดรเจน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนพบว่า ทุกพารามิเตอร์จะมีค่าลดลงจากค่าเริ่มต้น นอกจากนี้การเติมออกซิเจนแบบต่อเนื่องจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของการย่อยสลายเป็นปุ๋ยดีกว่าการเติมๆหยุดๆโดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่มีความชื้นสูง สัดส่วนที่ดีที่สุดในการหมัก คือ ขยะมูลฝอย 3 ส่วน ตะกอนสลัดจ์ 1 ส่วน

Kim และคณะ (2010)ศึกษาการทำปุ๋ยน้ำจากเศษปลา โดยการแยกจุลินทรีย์จากอวัยวะภายในของไส้เดือน ได้แก่ *Brevibacillusparabrevis Brevibacillusagri Bacillus cereus Bacillus licheniformis* นำมาหมักรวมกับเศษปลาเป็นเวลา 84 ชั่วโมง พบว่า จุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิด ช่วยในการเปลี่ยนเศษปลาเป็นปุ๋ย และปริมาณสลัดจ์แห้งลดลงจาก 29.4 กรัม เป็น 0.2 กรัม ค่าพีเอชเปลี่ยนจาก 7.05 เป็น 5.70 อีกทั้งยังพบว่า มีค่าความเป็นพิษต่ำโดยทดสอบจากการงอกของเมล็ด ปริมาณกรดอะมิโนในน้ำปุ๋ยหมัก 100 กรัม มีค่าเท่ากับ 5.71 กรัม ปริมาณโลหะหนัก (Pb As Cd Hg Cr Cu Ni และ Zn) มีค่าความเข้มข้นต่ำปุ๋ยเชิงพาณิชย์ที่ขายตามท้องตลาด และมีค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ร้อยละ 1.57 0.31 0.45 ตามลำดับ

Zhou และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาน้ำชะปุ๋ยจากแหล่งที่มีการแยกเศษอาหาร ซึ่งได้รับการบำบัดจนสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยน้ำเพื่อการเพาะปลูก impatiens (Impatiens balsamina) โดยการบำบัดดังกล่าวสามารถทำได้โดยการปรับระยะเวลาเก็บกัก และการเจือจาง ซึ่งรวมไปถึงการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ด้วย โดยตัวอย่างแรกที่ได้ทำการบำบัดคือการใช้หัวเชื้อกับน้ำชะปุ๋ยที่เจือจาง 1:10 ตัวอย่างที่ 2 น้ำชะปุ๋ยที่เติมหัวเชื้อที่มีระยะเวลาเก็บกัก 36 สัปดาห์ และตัวอย่างที่ 3 น้ำชะปุ๋ยที่เติมหัวเชื้อที่มีระยะเก็บกัก 9 สัปดาห์ แล้วนำไปทดลองปลูกกับพืช ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการวิเคราะห์ความยาวของลำต้น จำนวนใบและดอก น้ำหนักแห้งและรงควัตถุที่ได้จากการสังเคราะห์แสงอันเนื่องมาจากปุ๋ยน้ำที่ได้ใส่ไป ผลการทดลองพบว่า น้ำชะปุ๋ยที่ผสมหัวเชื้อที่มีการเจือจาง 1:10 และที่ระยะเวลาเก็บกัก 9 สัปดาห์ สามารถทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี แต่หลังจากปลูกในระยะเวลาสั้นๆ ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของดิน พบว่า สารอินทรีย์ระเหยง่ายและโลหะหนักที่สะสมอยู่ในดินมีค่าไม่เกินมาตรฐาน

Dao และคณะ(2011) ศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงของเศษปลาไปเป็นปุ๋ยน้ำที่ได้ดำเนินการในเครื่องปฏิกรณ์ชนิด 5 ลิตร (5 L ribbon-type reactor) พบว่า พีเอชเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและจะลดลงเมื่อมีการหมักผ่านไป 96 ชั่วโมง จาก 6.92 เป็น 5.72 ปริมาณกรดอะมิโนในน้ำปุ๋ยหมัก 100 กรัม มีค่าเท่ากับ 6.91 กรัม เมื่อนับปริมาณจุลินทรีย์ พบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 5.84×10^5 CFU ต่อมิลลิลิตร เป็น 7.28×10^5 CFU ต่อมิลลิลิตร แต่หลังจากผ่านไป 96 ชั่วโมง ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบจะมีปริมาณลดลงเหลือ 6.72×10^5 CFU ต่อมิลลิลิตร จากนั้นทำการศึกษาการเก็บรักษาปุ๋ยน้ำโดยการเติมกรดแลคติก พบว่าที่กรดแลคติกความเข้มข้น1 เปอร์เซ็นต์มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเน่าเสียของจุลินทรีย์ในเวลา6 เดือนได้ดีที่สุดนอกจากนี้ยังมีการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำโดยการทดลองปลูกพืช แบบไฮโดรโปนิกส์ (ขนาด 5 x 12 x 8 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ทดสอบกับถั่วแดงและข้าวบาร์เล่ห์โดยเลือกน้ำหมักที่มีการหมักมาแล้ว 96 ชั่วโมง วัดความสูง ขนาดลำต้น จำนวน

ใบ ความยาวใบ พบว่าความสามารถในการเป็นปุ๋ยมีค่าเทียบเท่ากับปุ๋ยเชิงพาณิชย์ที่ขายตามท้องตลาด

Mahmood และคณะ (2012) ทำการศึกษาน้ำสกัดชีวภาพที่เกิดจากการผลไม้และผักที่เหลือใช้ในท้องตลาด ทำการผสมระหว่างเศษผลไม้เศษผักต่อน้ำตาลทรายในถังขนาด 2 ลิตร ภายใต้สภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน ในอัตราส่วนต่างๆ คือ 0.3:0.1, 0.3:0.2, 0.3:0.3, 0.4:0.1, 0.4:0.2, 0.4:0.3, 0.5:0.1, 0.5:0.2, 0.5:0.3 โดยศึกษาในอุณหภูมิของการหมักที่แตกต่างกัน คือ 25 35 และ 45 องศาเซลเซียส โดยศึกษาระยะการหมักที่ 10 15 และ 20 วัน พบว่า ค่าพีเอชจะขึ้นกับอัตราส่วนของเศษผลไม้เศษผักต่อน้ำตาลทรายและระยะเวลาในการหมัก โดยค่าพีเอชที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการย่อยอาหารของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกเป็นดังนี้ คือ Metabolic stage เป็นการทำให้สารละลายถูกสกัดออกมาจากเศษผลไม้เศษผัก เช่น เซลลูโลส ฮิวมิเซลลูโลส เพคติน และลิกนิน ด้วยเอนไซม์ Extracellular ก่อนที่ Acidogenic bacteria จะนำไปใช้ ในการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำให้กลายเป็น กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ ก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการวิเคราะห์ปริมาณซีโอดี เป็นตัวบ่งชี้ถึงการรักษาเสถียรภาพทางชีวภาพของสารอินทรีย์ โดยที่ความเข้มข้นของซีโอดีเพิ่มขึ้นจะขึ้นกับอัตราส่วนของเศษผลไม้เศษผักต่อน้ำตาลทรายที่ใช้หมักและระยะเวลาในการหมัก ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน โดยอัตราส่วนที่ดีที่สุด คือ 0.5:0.2 ตามด้วย 0.4:0.3 และ 0.5:0.1 เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 20 วัน ในการนับปริมาณแบคทีเรียพบว่า ปริมาณแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของเศษผลไม้เศษผักต่อน้ำตาลทรายและระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก โดยปริมาณแบคทีเรียที่นับได้จากอัตราส่วนระหว่างเศษผลไม้เศษผักต่อน้ำตาลทรายเรียงจากมากไปน้อย คือ 0.5:0.1 ตามด้วย 0.4:0.3>0.4:0.2>0.5:0.2>0.4:0.1>0.5:0.3>0.3:0.3>0.3:0.2>0.3:0.1

จากการทบทวนเอกสาร พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ โดยมีวัสดุหมักร่วมเป็น เศษอาหารและเศษผัก : กากน้ำตาล : น้ำ : หัวเชื้อจุลินทรีย์ (สารเร่งซุปเปอร์ พด. 2) คือ 3 : 1 : 1 : 1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) และทดลองปรับเปลี่ยนปริมาณตะกอนสลัดจ์ในปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีระยะเวลาในการหมัก 30 วัน และศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพเปรียบเทียบมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดินและทดสอบคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้ต่อการเจริญเติบโตและออกดอกของดาวเรืองในระยะเวลา 2 เดือน ในน้ำหมักชีวภาพที่มีระดับความเข้มข้น 1:500 และ 1:1000 (พจณีย์ ไม้หอม, 2552)

ตารางที่ 2.6 สรุปน้ำหมักชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

งานวิจัย	วัสดุที่ใช้หมัก	ระยะเวลาหมัก	อัตราส่วนหมักร่วม	คุณสมบัติ
นุสรา หัวไผ่ (2544)	-หอยเชอรี่ -กากถั่วเหลือง	14 วัน	หอยเชอรี่หรือกากถั่วเหลือง: กากน้ำตาล:พด.2 = 3:1:1	N = 0.48, 0.34 P = 0.04, 0.03 K = 1.44, 0.92 ต้นดาวเรืองที่รับน้ำหมักหอยเชอรี่ เจริญดีที่สุด
อภิญญา แสง-สุวรรณ (2546)	-ผักกะหล่ำปลี -ผักกาดขาว	60 วัน	เศษผัก:กากน้ำตาล = 1.5:0.5:5	การหมัก 30 วัน N 0.12 P 0.02 K 0.20 การหมัก 60 วัน N 0.12 P 0.10 K 0.19 ปุ๋ยน้ำหมักอัตราเจือจาง 1:500 ทำให้ผักบุ้งจีนเจริญเติบโตมากสุด
ศุภัชญา ชนชนะ-ชัย (2550)	-ผักบุ้งจีน -สับปะรด -เศษปลา	30 วัน	วัสดุหมัก: กากน้ำตาล:กากส่า:EM = 3:0.5:2.5:0.15	N = 0.09-1.49 P = 0.01-0.66 K = 0.42-1.07
ศิวรินทร์ ดวงแก้ว และเอกดนัย วุฒิ (2552)	-เปลือกกล้วย -เศษผัก	30 วัน	เศษผักหรือเปลือกกล้วย:กากน้ำตาล = 3:1	เปลือกกล้วย N = 0.95 P = 0.95 K = 2.6 เศษผัก N = 1.83 P = 0.21 K = 1.87 ปุ๋ยน้ำหมักอัตราเจือจาง 1:500 ทำให้ดาวเรืองมีความสูงและมวลชีวภาพสูงสุด

ตารางที่ 2.6 สรุปน้ำหมักชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย (ต่อ)

งานวิจัย	วัสดุที่ใช้หมัก	ระยะเวลาหมัก	อัตราส่วนหมักร่วม	คุณสมบัติ
Kim และคณะ (2010)	-เศษปลา			N = 1.57 P = 0.31 K = 0.45
Mahmood และคณะ (2012)	-ผลไม้ -เศษผัก	10 15 20 วัน	เศษผลไม้เศษผัก: น้ำตาลทราย = 0.3:0.1 0.3:0.2 0.3:0.3 0.4:0.1 0.4:0.2 0.4:0.3 0.5:0.1 0.5:0.2 0.5:0.3	อัตราส่วนที่ดีที่สุด คือ 0.5:0.1

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 แผนงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จัดทำโดยใช้ตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ของโรงงานโอเลฟินส์ที่ตั้งในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยองและจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขมในกรุงเทพมหานคร โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 10 20 และ 50 หมักรวมกับวัสดุหมักร่วม คือ เศษอาหารและเศษผัก เพื่อทำการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ โดยศึกษาการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนและการเจริญเติบโตของดาวเรือง

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- ถังหมัก
- ไม้พาย
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
- เครื่องวัดสภาพนำไฟฟ้า (Conductivity meter)
- ตู้อบ (Hot air Oven)
- โถดูดความชื้น (Desiccator)
- เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
- เตาระเหยความร้อน (Hot plate)
- เครื่องเขย่า (Shaker)
- Inductively coupled plasma emission spectrometer (ICP)
- เตาเผา (Muffle Furnace)
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
- ตู้เขี่ยเชื้อ (Laminar flow cabinet)

- ตู้บ่ม (Incubator)
- หม้อนึ่งความดันไอ (Autoclave)
- เครื่องแก้วพื้นฐานวิทยาศาสตร์
- ขวดเจลดาห์ล
- ถ้วยกระเบื้อง
- แท่งแก้วงอ
- จานอาหารเลี้ยงเชื้อ
- ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.2.2 สารเคมี

- สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (Standard buffer) พีเอช 4, 7 และ 10
- แอมโมเนียมเฟอรัสซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$)
- โพแทสเซียมไดโครเมท ($K_2Cr_2O_7$)
- กรดซัลฟุริก (H_2SO_4)
- กรดบอริค (H_2BO_3)
- คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)
- เอททิลแอลกอฮอล์ (C_2H_5OH)
- โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- โซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$)
- สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริค (HCl)
- แอมโมเนียมโมลิบเดต [$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$]
- แอมโมเนียมเมทตาวานาเดต (NH_4VO_3)
- กรดไนตริก 69-70 เปอร์เซ็นต์ (HNO_3)
- โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
- เมอร์คิวริกซัลเฟต ($HgSO_4$)
- ซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4)
- โซเดียมบอเรต ($Na_2B_4O_7$)

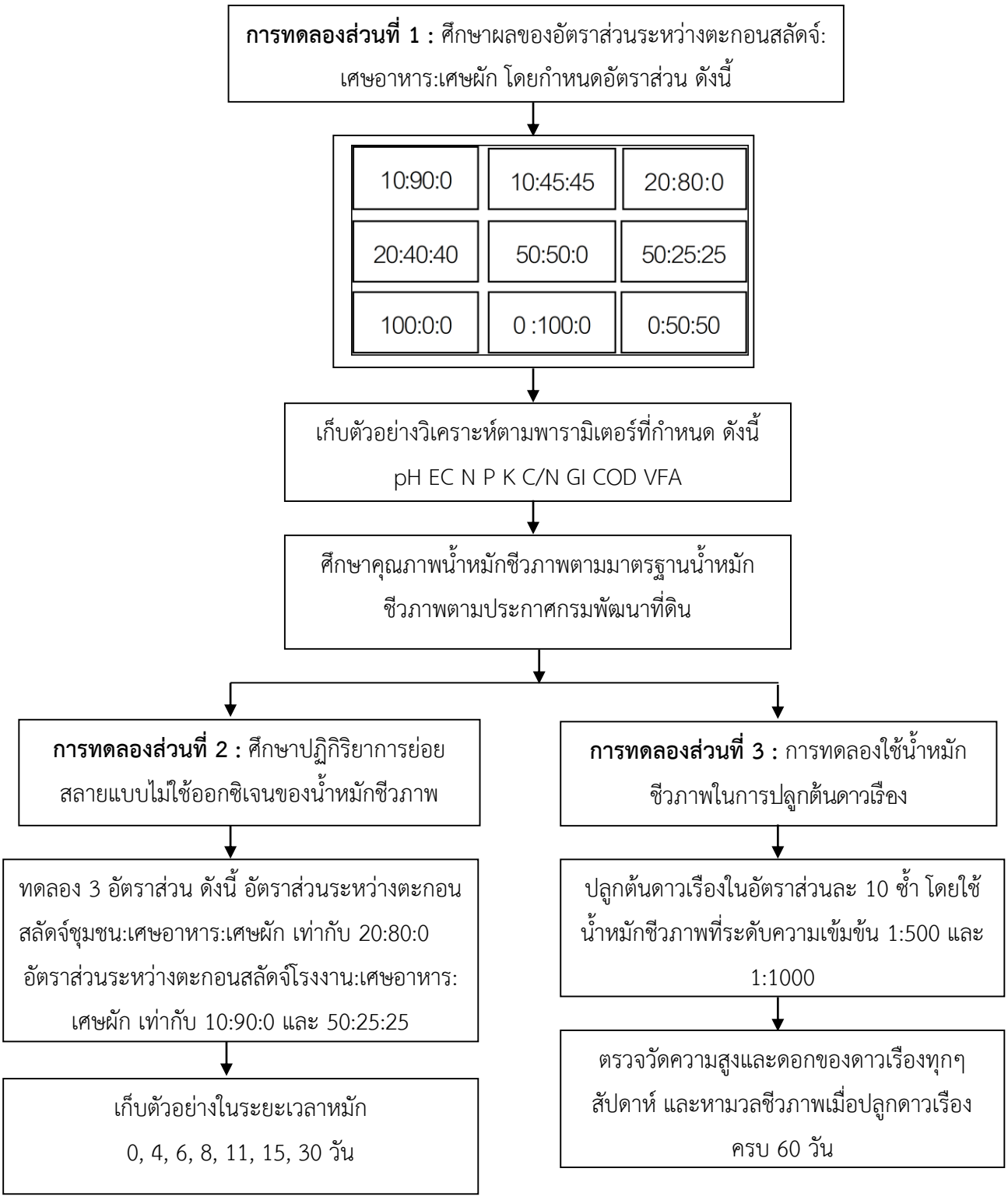
- กรดบอริก (H_3BO_3)
- สารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียม แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว ปรอท และสารหนู ความเข้มข้นชนิดละ 1000 ppm

3.2.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

- Cellulose agar
- Nutrient agar
- Potato dextrose agar
- Modified MRS agar
- Plate count agar

3.3 แนวทางการดำเนินงานวิจัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของอัตราส่วนของตะกอนสลัดจ์จากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขมและโรงงานโอเลฟินส์ โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 10 20 และ 50 ต่อวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาหารและเศษผัก เมื่อใช้อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหารต่อเศษผัก 9 ค่า คือ 10:90:0 10:45:45 20:80:0 20:40:40 50:50:0 50:25:25 100:0:0 0 :100:0 และ 0:50:50 จากนั้นศึกษาผลการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำหมักชีวภาพ และทำการเลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุดนำไปใช้ในการทดลองส่วนที่ 2 เพื่อศึกษาการการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนและใช้ในการทดลองที่ 3 ทดสอบคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากตะกอนสลัดจ์ โดยแผนผังแนวทางการดำเนินการวิจัย แสดงดังภาพที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังแนวทางการดำเนินการวิจัย

3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.4.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุหมัก

1) ทำการตรวจวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกอนสลัดจ์และวัสดุหมักรวม ได้แก่ เศษอาหาร และเศษผัก ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของตะกอนสลัดจ์และวัสดุหมักรวม

พารามิเตอร์	**วิธีวิเคราะห์**
พีเอช (pH)	เครื่องวัดพีเอช (pH meter)
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)
ความชื้น	Oven-drying method
ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN)	Kjeldahl Method
ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (Total P_2O_5)	Spectrophotometric molybdovanadophosphate Method
ปริมาณโพแทชทั้งหมด (Total K_2O)	Inductively coupled plasma emission spectrometer (ICP)
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	จากการคำนวณสัดส่วน อินทรีย์คาร์บอน กับ ไนโตรเจนทั้งหมด
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)	วิธี Walkley and Black
*ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg)	Inductively coupled plasma emission spectrometer (ICP) ยกเว้น ปรอท(Hg) ใช้ Cold Vapour AAS Method

หมายเหตุ : *ปริมาณโลหะหนัก ทำการตรวจวิเคราะห์เฉพาะตะกอนสลัดจ์

2) นำผลการตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ ความชื้น ที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาสัดส่วนปริมาณวัสดุหมัก (ภาคผนวก ก)

3.4.2 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

สารเร่งซุปเปอร์ พด.2 สำหรับการผลิตน้ำหมักชีวภาพ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติพิเศษในการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน ไขมัน ช่วยลดกลิ่นเหม็นระหว่างการหมัก และเพิ่มการละลายธาตุอาหารให้ใช้เวลาสั้นและได้คุณภาพ โดยทำการผสมสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 จำนวน 1 ซองกับกากน้ำตาล 5 กิโลกรัม ในน้ำ 50 ลิตร คนให้เข้ากันหมักทิ้งไว้ 3-5 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์เกิดการทำงาน ช่วยเร่งให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

3.4.3 การสร้างถังหมักที่ใช้ในงานวิจัย

ทำการทดลองในถังปริมาตร 40 ลิตร โดยลักษณะของถังหมักเป็นถังพลาสติกทึบมีฝาปิด ด้านล่างของถังมีการติดตั้งก๊อกน้ำเพื่อใช้เก็บตัวอย่าง และภายในถังทำการติดตั้งตะแกรงกรองน้ำช่วยในการกรองเพื่อให้ง่ายแก่การเก็บตัวอย่าง

(ก) ภายนอกถังหมัก

(ข) ภายในถังหมัก

รูปที่ 3.2 ถังหมักจริงที่ใช้ในการทดลอง

3.5 การดำเนินงานวิจัย

3.5.1 การทดลองส่วนที่ 1

การศึกษาผลของอัตราส่วนของตะกอนสลัดจ์ทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขมและโรงงานโอเลฟินส์ โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 และ 50 ต่อวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาหาร และเศษผัก มีอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 10:90:0 10:45:45 20:80:0 20:40:40 50:50:0 50:25:25 100:0:0 0 :100:0 และ 0:50:50 และทำการศึกษาปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำหมักชีวภาพในอัตราส่วนต่างๆ

3.5.1.1 การศึกษาคุณสมบัติและเปรียบเทียบน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ร่วมกับวัสดุหมักในอัตราส่วนต่างๆ

1) กำหนดอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหารต่อเศษผัก 3 รูปแบบ ดังนี้

แบบที่ 1 น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ในร้อยละ 10

ดังในชุดการทดลองที่ 1 2 7 และ 8

แบบที่ 2 น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 20

ดังในชุดการทดลองที่ 3 4 9 และ 10

แบบที่ 3 น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 50

ดังในชุดการทดลองที่ 5 6 11 และ 12

2) ทำการหมักในถังขนาด 40 ลิตร โดยกำหนดให้แต่ละชุดการทดลองมีอัตราส่วนของตะกอนสลัดจ์และวัสดุหมักร่วม:กากน้ำตาล:น้ำ คือ 3:1:1 ซึ่งดัดแปลงอัตราส่วนมาจากสูตรของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ดังแสดงในตารางที่ 3.2

3) การเลือกตะกอนสลัดจ์ ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนสลัดจ์ที่เหลือทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างตะกอน จากนั้นนำเก็บไว้ที่ตู้เย็นเก็บตัวอย่าง และทำการตรวจวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ ความถี่ และการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.5

3.1) ตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียโอเลฟินส์ ลักษณะเบื้องต้นของตะกอนสลัดจ์ มีสีดำ ค่อนข้างเหลวเนื่องจากมีความชื้นสูงและค่อนข้างมีกลิ่น

3.2) ตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียหนองแขม ลักษณะเบื้องต้นของตะกอนสลัดจ์ จะมีลักษณะคล้ายดินเหนียว มีสีค่อนข้างดำ ไม่ค่อยมีกลิ่น

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมระหว่างตะกอนสลัดจ์กับวัสดุหมักร่วมในการทดลอง

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร: เศษผัก	ปริมาณส่วนผสม						
		ตะกอนสลัดจ์ชุมชน (กก.*)	ตะกอนสลัดจ์โรงงาน (กก.*)	เศษอาหาร (กก.)	เศษผัก (กก.)	หัวเชื้อจุลินทรีย์ (มล.)	กากน้ำตาล (กก.)	น้ำ (ล.)
1	10:90:0	0.47	-	2.16	-	200	1.0	1
2	10:45:45	0.47	-	1.08	3.23	200	1.0	1
3	20:80:0	0.93	-	1.92	-	200	1.0	1
4	20:40:40	0.93	-	0.96	2.89	200	1.0	1
5	50:50:0	2.33	-	1.2	-	200	1.0	1
6	50:25:25	2.33	-	0.6	1.8	200	1.0	1
7	10:90:0	-	1.52	2.16	-	200	1.0	1
8	10:45:45	-	1.52	1.08	3.23	200	1.0	1
9	20:80:0	-	3.05	1.92	-	200	1.0	1
10	20:40:40	-	3.05	0.96	2.87	200	1.0	1
11	50:50:0	-	7.62	1.2	-	200	1.0	1
12	50:25:25	-	7.62	0.6	1.8	200	1.0	1
13	100:0:0	4.66	-	-	-	200	1.0	1
14	100:0:0	-	15.23	-	-	200	1.0	1
15	0:100:0	-	-	2.4		200	1.0	1
16	0:50:50	-	-	1.2	3.6	200	1.0	1

หมายเหตุ : * หมายถึง กิโลกรัมน้ำหนักเปียก

4) การเลือกวัสดุหมักร่วม ทำการคัดเลือกเศษอาหารที่เหลือใช้จากโรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยคัดแยกเอาส่วนที่สามารถย่อยสลายได้เร็วเพื่อใช้ในการหมัก หลีกเลี่ยงพวกเศษกระดูก ในการคัดเลือกเศษผัก จะคัดแยกเลือกเอาเฉพาะเศษผัก อาทิเช่น ผักกาดขาว กะหล่ำปลี ผักคะน้า ผักกว้างตุ้ง เป็นต้น จากนั้นหั่นหรือสับเศษผักให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1 ซม. X 1 ซม. ลงในถังหมักที่ได้จัดเตรียมไว้ ณ อุณหภูมิห้อง คนส่วนผสมในถังหมักให้เข้า

กันแล้วปิดฝาถังหมัก และเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ ความถี่ และการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.5

5) ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้ในแต่ละอัตราส่วนกับมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมนำไปศึกษาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพและการเจริญเติบโตของดาวเรือง ในการทดลองส่วนที่ 2

3.5.2 การทดลองส่วนที่ 2

ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนของจุลินทรีย์ ได้แก่ ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์และนำไปทำการทดสอบคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากตะกอนสลัดจ์

3.5.2.1 ศึกษาคุณภาพ ปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนของการใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม

1) คัดเลือกอัตราส่วนของน้ำหมักชีวภาพที่ดีที่สุดและมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานกรมพัฒนาที่ดิน ในการทดลองที่ 1

2) ทำการหมักซ้ำอีกรอบ เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำหมักที่ได้ตามพารามิเตอร์ ความถี่และการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.6 วิเคราะห์ค่าซีโอดี ค่าพีเอช โดยจะเก็บตัวอย่างในทุกๆ 7 วัน จนกระทั้งครบระยะเวลา 28 วัน

3.5.3 การทดลองส่วนที่ 3

ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองจากการใช้น้ำหมักชีวภาพจากตะกอนสลัดจ์

นำอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์และวัสดุหมักร่วมที่ได้ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเคมีและความเป็นพิษของน้ำหมักชีวภาพกับเมล็ดพืชที่ผ่านตามมาตรฐานน้ำหมักชีวภาพ ของกรมพัฒนาที่ดินและกรมวิชาการเกษตรมาศึกษาอัตราส่วนการเติบโตของต้นดาวเรือง โดยการทดลองนี้จะแบ่งตำรับทดลองตามจำนวนน้ำหมักชีวภาพที่ผ่านมาตรฐาน ทำ 10 ซ้ำ ใช้พืชทดลอง 1 ชนิด คือ ดาวเรือง

1) เตรียมต้นดาวเรือง ที่มีขนาดเท่าๆ กัน โดยปลูกในดินลักษณะเดียวกัน ทำการทดลอง 10 ซ้ำ

2) ทำการให้น้ำหมักชีวภาพแก่ดาวเรือง เตรียมสารละลายน้ำหมักที่ได้ ทำการเจือจางน้ำหมักในน้ำกลั่น ด้วยอัตราส่วน 1:500 และ 1:1000 รดน้ำในทุกๆ 7 วัน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

3) ศึกษาลักษณะการเจริญเติบโตของดาวเรือง โดยวัดจาก ความสูงของต้น จำนวนดอก และมวลชีวภาพของดาวเรืองในวันสุดท้าย

ชุมชน = ตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

โรงงาน = ตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

รูปที่ 3.3 แผนผังการทดลองปลูกต้นดาวเรืองในกระถาง

3.6 ตัวแปรที่ทำการวิจัย

ตัวแปรของการทดลองที่ 1: การศึกษาศึกษาคุณสมบัติและเปรียบเทียบของน้ำหมักชีวภาพที่เตรียมจากตะกอนสลัดจ์ร่วมกับวัสดุหมักในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในร้อยละ 10 20 และ 50 ต่อวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาหาร และเศษผัก แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 3.3

ตัวแปรของการทดลองที่ 2: การศึกษาปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์และนำไปทำการทดสอบคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรือง แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองที่ 1

ตัวแปรต้น	ตัวแปรควบคุม	ตัวแปรตาม
- ชนิดของตะกอนสลัดจ์ 1) ตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม 2) ตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตโอเลฟินส์ - อัตราส่วนร้อยละของวัสดุหมักร่วม:ตะกอนสลัดจ์ 1) 10:90:0 2) 10:45:45 3) 20:80:0 4) 20:40:40 5) 50:50:0 6) 50:25:25	- ระยะเวลาในการหมัก - อัตราส่วนวัสดุหมัก:ตะกอนสลัดจ์:น้ำ เท่ากับ 3:1:1	- ค่าพีเอช - ค่าการนำไฟฟ้า - ปริมาณไนโตรเจน - ปริมาณฟอสฟอรัส - ปริมาณโพแทสเซียม - ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจน - ปริมาณโลหะหนัก - ดัชนีการงอกของเมล็ด

ตารางที่ 3.4 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองที่ 2 และ 3

ตัวแปรต้น	ตัวแปรควบคุม	ตัวแปรตาม
- อัตราการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์	- ระยะเวลาในการหมัก - อัตราส่วนวัสดุหมัก:ตะกอนสลัดจ์:น้ำ เท่ากับ 3:1:1	- ค่าพีเอช - ค่าการนำไฟฟ้า - ซีโอดี - กรดอินทรีย์ระเหยง่าย - ปริมาณจุลินทรีย์ - การเจริญเติบโตของดาวเรือง - ปริมาณฮอร์โมนพืช

3.7 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ผล

3.7.1 การเก็บตัวอย่าง

ในการทดลองครั้งนี้จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากก๊อกน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 3.2 นำไปวิเคราะห์ตามพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องและสรุปผลตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3.7.2 การวิเคราะห์ผล

วิธีวิเคราะห์และความถี่ของการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ในการทดลองส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 แสดงดังตารางที่ 3.5 และ 3.6

ตารางที่ 3.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติทั่วไปของน้ำหมักชีวภาพ

พารามิเตอร์	หน่วย	ความถี่	วิธีการวิเคราะห์
ค่าพีเอช (pH)	-	ทุกสัปดาห์	pH Meter
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	dS/m	ทุกสัปดาห์	Conductivity Meter
ซีโอดี (COD)	mg/l	ทุกสัปดาห์	Close Reflux Method
กรดอินทรีย์ระเหยง่าย (VFA)	mg/l	ทุกสัปดาห์	Tritation
ปริมาณไนโตรเจน	%	ทุกสัปดาห์	Macro-Kjeldahl
ปริมาณฟอสฟอรัส	%	ทุกสัปดาห์	Digestion with H_2SO_4-HNO_3 และ Vanado-molybdate
ปริมาณโพแทสเซียม	%	ทุกสัปดาห์	Spectrophotometer
ดัชนีการงอกของเมล็ด	%	ทุกสัปดาห์	วิธีทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด
ธาตุโลหะหนัก (As Cd Cr Cu Pb Hg Zn)	mg/l	สัปดาห์ที่ 4	AAS/ICP

ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์คุณสมบัติทั่วไปของน้ำหมักชีวภาพ

พารามิเตอร์	หน่วย	ความถี่	วิธีการวิเคราะห์
ค่าพีเอช (pH)	-	ทุกวัน	pH Meter
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	dS/m	ทุกวัน	Conductivity Meter
ปริมาณจุลินทรีย์			
-Proteolytic microorganism	CFU/ml	ทุก 2 วัน	Spread plate technique
-ราและยีสต์	CFU/ml	ทุก 2 วัน	Spread plate technique
-Lactic acid bacteria	CFU/ml	ทุก 2 วัน	Spread plate technique
-แบคทีเรียทั้งหมด	CFU/ml	ทุก 2 วัน	Pour plate technique
จุลินทรีย์ก่อโรค			
Salmonella	CFU/ml	สัปดาห์ที่ 4	Spread plate technique
Feacal coliform	CFU/ml	สัปดาห์ที่ 4	Spread plate technique
Feacal Streptococci	CFU/ml	สัปดาห์ที่ 4	Spread plate technique
ฮอร์โมนพืช ได้แก่			
- ออกซิน	mg/l	สัปดาห์ที่ 4	Radioimmunoassay
- จิบเบอเรลลิน	mg/l	สัปดาห์ที่ 4	Radioimmunoassay
- ไซโตไคนิน	mg/l	สัปดาห์ที่ 4	Radioimmunoassay

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ จากแหล่งกำเนิด 2 แห่ง คือ จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขมและระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ ทำการหมักรวมกับวัสดุหมัก คือ เศษอาหารและเศษผัก โดยการทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

การทดลองส่วนที่ 1 การศึกษาผลของอัตราส่วนของตะกอนสลัดจ์ทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขมและโรงงานโอเลฟินส์ โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 10 20 และ 50 ต่อวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาหาร และเศษผัก มีอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 10:90:0 10:45:45 20:80:0 20:40:40 50:50:0 50:25:25 100:0:0 0 :100:0 และ 0:50:50 และทำการศึกษาปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำหมักชีวภาพในอัตราส่วนต่างๆ

การทดลองส่วนที่ 2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ โดยทดลอง 3 อัตราส่วน ดังนี้ อัตราส่วนระหว่างตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 20:80:0 อัตราส่วนระหว่างตะกอนสลัดจ์โรงงาน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 10:90:0 และ 50:25:25

การทดลองส่วนที่ 3 การทดลองใช้น้ำหมักชีวภาพในการปลูกต้นดาวเรือง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากตะกอนสลัดจ์ โดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 1:500 และ 1:1000

4.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในการหมัก

ตะกอนสลัดจ์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นตะกอนสลัดจ์ของระบบน้ำเสียชีวภาพ 2 แหล่งกำเนิด คือ ตะกอนสลัดจ์จากการบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม และตะกอนสลัดจ์จากการบำบัดน้ำเสียของโรงงานโอเลฟินส์

4.1.1 คุณลักษณะเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในการหมัก

การศึกษาผลของอัตราส่วนของตะกอนสลัดจ์ทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขมและโรงงานโอเลฟินส์ โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในร้อยละ 10 20 และ 50 ต่อวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาหารและเศษผัก มีอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 10:90:0 10:45:45 20:80:0 20:40:40 50:50:0 50:25:25 100:0:0 0 :100:0 และ 0:50:50 โดยจะนำผลการตรวจความชื้น ที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาสัดส่วนปริมาณวัสดุหมักชนิดต่างๆ (ภาคผนวก ก)

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ของชุมชนหนองแขมและโรงงานโอเลฟินส์ พบว่า มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ได้ตามมาตรฐานคุณสมบัติของปุ๋ยหมักโดยกรมพัฒนาที่ดิน ดัง ตารางที่ 4.1 โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในตะกอนสลัดจ์ของโรงงานโอเลฟินส์ พบว่า มีค่าสูงมากถึงร้อยละ 5.3 และ 1.8 ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์และปริมาณโพแทสเซียมพบว่ามีค่าต่ำกว่า มาตรฐานคุณสมบัติของปุ๋ยหมัก ดังนั้นตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์จึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นปุ๋ยหมักโดยตรง แต่เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงจึงมีศักยภาพที่จะใช้เป็นวัสดุหมักร่วมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ และค่า Germination Index พบว่ามีค่า ไม่เกินร้อยละ 80 แต่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 แสดงว่า ตะกอนสลัดจ์ที่ใช้ไม่เป็นพิษกับพืช ส่วนผลการวิเคราะห์เศษอาหาร พบว่า ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมีค่าสูงถึงร้อยละ 2.2 0.8 และ 1.1 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณสมบัติของปุ๋ยหมัก ซึ่งจากคุณสมบัติเบื้องต้น สรุปได้ว่า เศษอาหารเหมาะแก่การนำมาใช้เป็นวัสดุหมักร่วมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ และจากการผลการวิเคราะห์เศษผัก พบว่า ไม่มีค่าพารามิเตอร์ใดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณสมบัติของปุ๋ยหมัก แต่จากการทบทวนเอกสารบทที่ 2 จำเป็นที่จะต้องใช้ฮอร์โมนในพืช เพื่อให้ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้มีปริมาณฮอร์โมนพืชที่พอเหมาะ ดังนั้น การนำเศษผักมาใช้เป็นวัสดุหมักรวมจำเป็นที่จะต้องทำการผสมรวมกับเศษอาหารเพื่อใช้เป็นวัสดุหมักร่วมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์คุณลักษณะเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในการหมัก

พารามิเตอร์	วัสดุหมัก				มาตรฐานของปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน
	ตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม	ตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์	เศษอาหาร	เศษผัก	
ค่าพีเอช (pH)	6.92	8.2	5.5	5.09	5.5-8.5
ความชื้น (MC),%	78.57	90.45	58.29	93.17	$\leq$ 35
การย่อยสลายที่สมบูรณ์ (GI) ,%	57.95	62.11	82.3	-	$\geq$ 80
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	5.96/1	8/1	16/1	-	$\leq$ 20 : 1
ไนโตรเจนทั้งหมด (TKN), g/100g	0.82	5.3	2.2	0.23	$\geq$ 0.5
ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (Total P_2O_5) ,g/100g	1.06	1.8	0.8	0.28	$\geq$ 0.5
ปริมาณโพแทชทั้งหมด (Total K_2O) ,g/100g	<0.1	0.3	1.1	0.039	$\geq$ 1.0

4.1.2 การทดสอบการชะละลายของตะกอนสลัดจ์

การทดสอบการชะละลายของตะกอนสลัดจ์ ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 การทดสอบสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว เป็นการวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นทั้งหมดของสิ่งเจือปน ตามวิธี Waste Extraction Test (WET) จะทำในกรณีที่ปริมาณความเข้มข้นของสารอันตรายในหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Total Concentration) ของสารอันตรายในสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว มีค่าไม่เกิน Total Threshold Limit Concentration (TTLC) ถ้าหากเกินจะจัดเป็นของเสียอันตราย และหาปริมาณความเข้มข้นของสารอันตรายในน้ำสกัดในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร (Extractable Concentration) ถ้าความเข้มข้นของสารละลายมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับ Soluble Threshold Limit Concentration (STLC) จัดว่าของเสียนั้นเป็นของเสียอันตราย และพิจารณาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักประเภทต่างๆ ของ

ตะกอนสลัดจ์ที่นำมาใช้ในการทดลอง พบว่า มีปริมาณความเข้มข้นต่ำกว่ามาตรฐาน Total Threshold Limit Concentration (TTLC) แสดงว่า ตะกอนสลัดจ์ไม่จัดเป็นของเสียอันตราย ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และเมื่อนำมาทดสอบการชะละลายพบว่า ปริมาณโลหะหนักในน้ำชะละลายมีค่าไม่เกินมาตรฐาน Soluble Threshold Limit Concentration (STLC) ดังแสดงในตารางที่ 4.3

แต่เมื่อพิจารณาปริมาณโลหะหนักของตะกอนสลัดจ์เปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร ดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า ตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม มีค่า ปริมาณโลหะหนักผ่าน 3 ตัว คือ สารหนู แคดเมียม และตะกั่ว แต่ปรอทสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์ มีค่าปริมาณโลหะหนักผ่านทุกตัว ยกเว้น ค่าของปรอท ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองนำตะกอนสลัดจ์มาใช้เป็นวัสดุหมักร่วมในการทำน้ำหมักชีวภาพ เพื่อเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติให้เหมาะแก่การผลิตน้ำหมักชีวภาพ

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักประเภทต่างๆ ของตะกอนสลัดจ์*

ปริมาณโลหะหนัก	**ตะกอนสลัดจ์จากชุมชนหนองแขม (mg/kg)**	**ตะกอนสลัดจ์จากโรงงานโอเลฟินส์ (mg/kg)**	**มาตรฐาน TTLC (mg/kg)**	**มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (mg/kg)****
สารหนู (As)	23	6.9	500	50
แคดเมียม (Cd)	1.8	1.8	100	5
โครเมียม (Cr)	714	107	2,500 (+6) 500 (+3)	300
ทองแดง (Cu)	673	38	2,500	500
ตะกั่ว (Pb)	367	10	1,000	500
ปรอท (Hg)	3.9	7.1	20	2

หมายเหตุ : * ส่งวิเคราะห์ ที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

** ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์, 2548

ตารางที่ 4.3 ปริมาณความเข้มข้นของน้ำชะโลหะหนักประเภทต่างๆ ของตะกอนสลัดจ์*

ปริมาณ โลหะหนัก	ตะกอนสลัดจ์จาก ชุมชน (mg/kg)	ตะกอนสลัดจ์จาก โรงงาน (mg/kg)	มาตรฐาน STLC (mg/l)**
สารหนู (As)	0.0953	0.0021	5
แคดเมียม (Cd)	<0.003	<0.003	1
โครเมียม (Cr)	0.008	0.216	5
ทองแดง (Cu)	0.090	<0.003	25
ตะกั่ว (Pb)	0.070	0.030	5
ปรอท (Hg)	0.0626	<0.0005	0.2

หมายเหตุ : * ส่งวิเคราะห์ ที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

** ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2548 เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

4.2 การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของอัตราส่วนของตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขมและโรงงานโอเลฟินส์ โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 และ50 ต่อวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาหาร และเศษผัก เมื่อใช้อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหารต่อเศษผัก ดังนี้ 10:90:0 10:45:45 20:80:0 20:40:40 50:50:0 50:25:25 100:0:0 0 :100:0 และ 0:50:50 จากนั้นศึกษาปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำหมักชีวภาพ

4.2.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม

การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพในอัตราส่วนต่างๆ โดยการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช ซึ่งได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียม เทียบกับมาตรฐานน้ำหมักชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดิน

1) ค่าพีเอช

1.1) ค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำชุมชนหนองแขม

การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม แสดงในรูปที่ 4.1 พบว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงพีเอชเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าพีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 7 วันแรก เนื่องจากจุลินทรีย์ย่อย

สลายสารอินทรีย์ในระบบทำให้เกิดกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะซิติก (Mahmood *et al*., 2010) จากนั้นมีแนวโน้มค่อยๆเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จนวันสุดท้ายของการทดลอง เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายได้ถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ดังนั้นค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพของทุกชุดการทดลอง จึงมีค่าเป็นกรดอ่อน

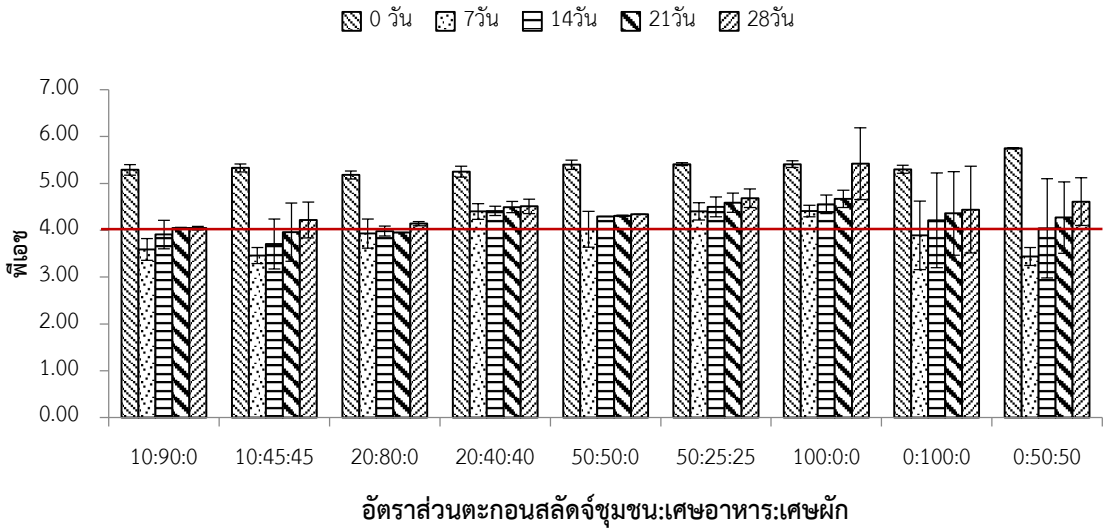
เมื่อเทียบค่ามาตรฐานน้ำหมักชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดิน ที่กำหนดให้ ค่าพีเอชต้องไม่เกิน 4 ในเบื้องต้นสรุปได้ว่าชุดทดลองที่มีอัตราส่วนเศษอาหารและเศษผักสูงจะได้น้ำหมักที่มีค่าพีเอชต่ำมากใน 7 วันแรก เนื่องจากเศษอาหารและเศษผักมีค่าพีเอชเริ่มต้นเป็นกรด (5.09-5.5) และสามารถย่อยสลายได้ง่าย ดังนั้น น้ำหมักชีวภาพที่ผ่านมาตรฐานโดยไม่เกินพีเอชกำหนด ได้แก่ อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก 10:90:0 ระยะเวลาหมัก 7 และ 14 วัน อัตราส่วน 10:45:45 ระยะเวลาหมัก 7 14 และ 21 วัน อัตราส่วน 20:80:0 ระยะเวลาหมัก 7 วัน อัตราส่วน 0 :100:0 ระยะเวลาหมัก 7 วัน และอัตราส่วน 0:50:50 ระยะเวลาหมัก 7 วัน บ่งชี้ว่าเมื่อเพิ่มตะกอนสลัดจ์ขึ้น น้ำหมักชีวภาพที่ได้จะมีค่าพีเอชสูงขึ้นด้วย ดังนั้นตะกอนสลัดจ์อัตราส่วนที่เหมาะสมไม่ควรเกินร้อยละ 45 ของส่วนผสมรวมทั้งหมด

1.2) ค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

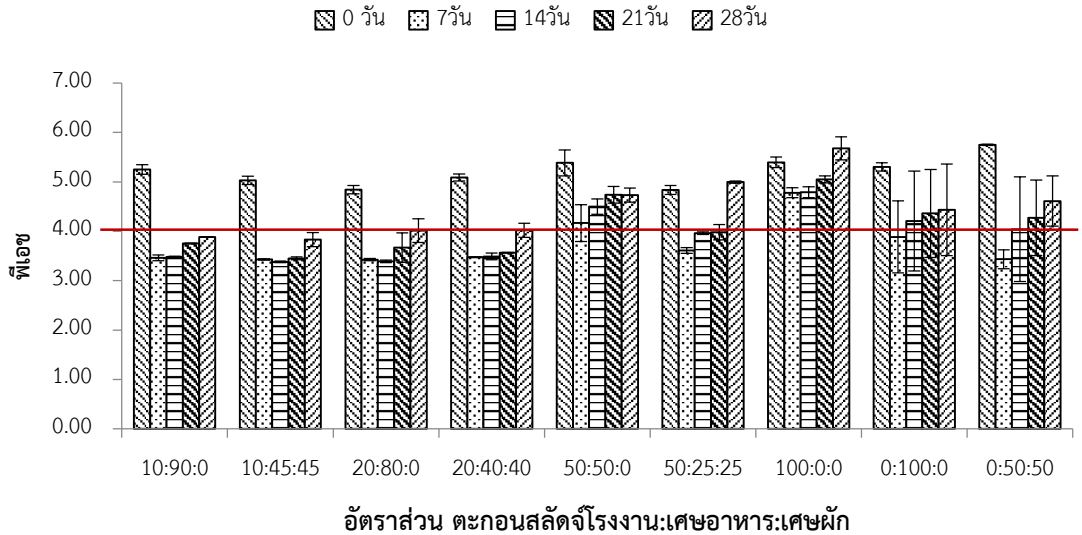
การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ แสดงในรูปที่ 4.2 พบว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงพีเอชเป็นไปในทิศทางเดียวกันในทุกชุดการทดลอง โดยค่าพีเอชจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 7 วันแรก จากนั้นมีแนวโน้มค่อยๆเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบค่ามาตรฐานน้ำหมักชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดิน ที่กำหนดให้ ค่าพีเอชต้องไม่เกิน 4 พบว่า น้ำหมักที่ได้จากตะกอนสลัดจ์โรงงานร่วมกับเศษอาหารและเศษผักในทุกอัตราส่วนผสมจะมีพีเอชได้ตามมาตรฐาน ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้ตะกอนสลัดจ์อย่างเดียว เนื่องจากตะกอนสลัดจ์มีปริมาณคาร์บอนต่ำและไนโตรเจนสูง (C/N Ratio=8/1) จึงมีสารตั้งต้นในการผลิตน้ำตาลต่ำกว่า ทำให้จุลินทรีย์ผลิตกรดอินทรีย์จากการย่อยสลายน้ำตาลได้น้อยและช้า ดังนั้นน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เพียงอย่างเดียวจึงมีค่าพีเอชที่สูงกว่า 4 (ศุภัชญา ชนชนะชัย, 2550)

จากการวิเคราะห์ค่าพีเอช สรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการทดลองใช้ตะกอนสลัดจ์ชุมชน คือ ค่าพีเอชลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 7 วันแรกของการทดลอง เนื่องจากจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบทำให้เกิดกรดอินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ กรดอะซิติก กรดซิตริก แอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นกรดอ่อน เมื่อปริมาณกรดเพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่าพีเอชของระบบลดลงเรื่อยๆ จากนั้นมีแนวโน้มค่อยๆเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จนวันสุดท้ายของการทดลอง เนื่องจาก

กรดอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายได้ถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน (ศุภัชญา ชนชนะชัย, 2550) ดังนั้น จากผลการทดลองพบว่าการใช้ตะกอนสลัดจ์โรงงานทุกอัตราส่วน มีผลทำให้ค่าพีเอชของระบบลดต่ำกว่า 4 ในวันที่ 7 ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เพียงอย่างเดียว และชุดการทดลองที่ใช้ตะกอนสลัดจ์ต่ำกว่าร้อยละ 20 จะมีค่าพีเอชต่ำกว่า 4 ตลอดการทดลอง ซึ่งค่าพีเอชที่ต่ำกว่า 4 จะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตหรือกำจัดจุลินทรีย์กลุ่มก่อโรคได้ เนื่องจากเป็นสภาวะที่จุลินทรีย์กลุ่มก่อโรคไม่สามารถเจริญได้ (ไชยวัฒน์ ไชยสุต, 2550)



รูปที่ 4.1 ค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม



รูปที่ 4.2 ค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

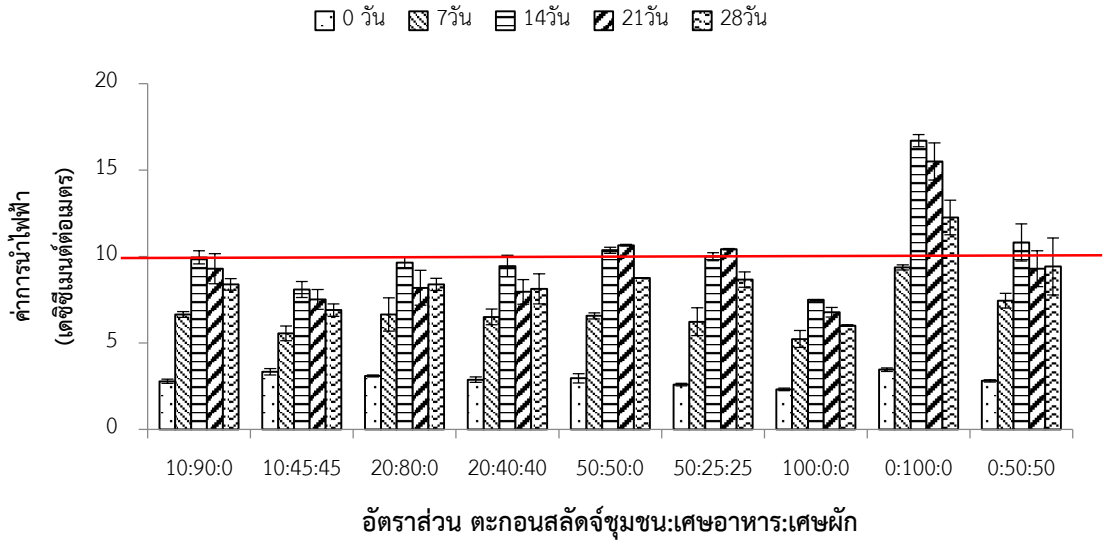
2) ค่าการนำไฟฟ้า

2.1) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

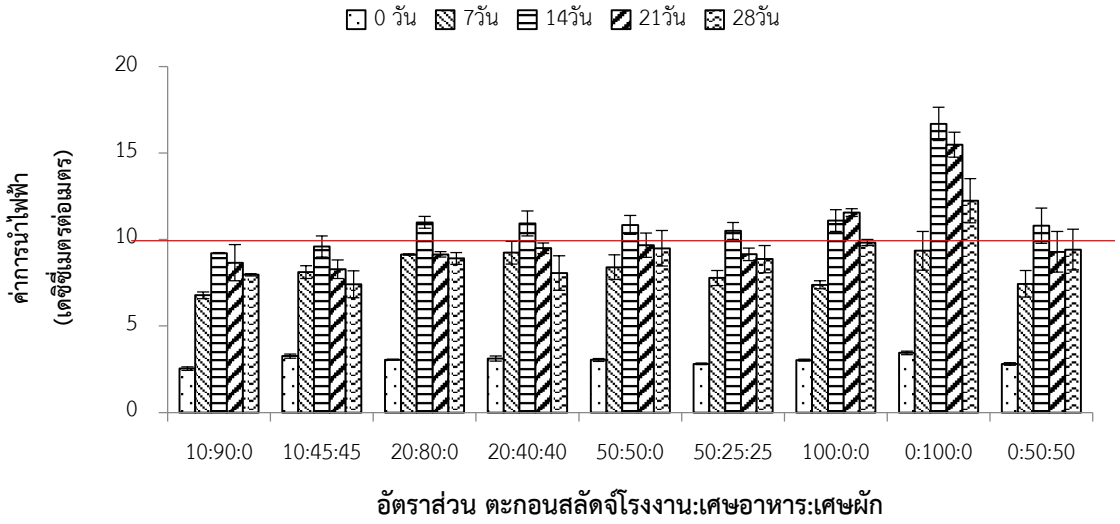
ในการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 14 วันแรก และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในสัปดาห์สุดท้าย จากรูปที่ 4.3 พบว่า น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตในอัตราส่วน ตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 0:100:0 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด และน้ำหมักชีวภาพทุกอัตราส่วนมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตลอดการทดลอง คือ มีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าเกิดจากการแตกตัวของประจุไฟฟ้าของสารประกอบทางชีวภาพและทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างขบวนการหมักละลายอยู่ในของเหลว โดยเฉพาะธาตุโซเดียม (Na) หรือคลอรีน (Cl) โดยถ้ามีค่าการนำไฟฟ้าสูงจะทำให้รากพืชดูดน้ำได้ยากขึ้น ทำให้พืชเกิดอาการขาดน้ำ (อุษณีย์ อุยะเสถียร, 2552)

2.2) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

ในการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน 14 วันแรก อาจเป็นผลจากการย่อยสลายของวัสดุหมักที่ถูกชะออกมาหลังจากนั้นจะลดลงในวันที่ 21-28 เนื่องจากในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจะมีการปลดปล่อยสารที่มีสมบัติเป็นกรดอ่อน เช่น กรดอะซิติกหรือด่างอ่อน เช่น แอมโมเนียไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น กรดอ่อนหรือด่างอ่อนจะเกิดการแตกตัวเป็นอิออน ส่งผลให้ความเป็นอิเล็กโทรไลต์ของน้ำหมักชีวภาพลดลง และการที่ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงหลังวันที่ 14 เนื่องจากกรดอินทรีย์ถูกย่อยสลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระเหยออกไปจากระบบและก๊าซบางส่วนเป็นบัฟเปอร์ของระบบ ดังรูปที่ 4.4 โดยน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตในอัตราส่วน ตะกอนสลัดจ์โรงงาน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 0:100:0 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดเช่นเดียวกับน้ำหมักที่ผลิตจากคะกอนสลัจ์ชุมชน โดยน้ำหมักชีวภาพทุกอัตราส่วนมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ มีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 4.3 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

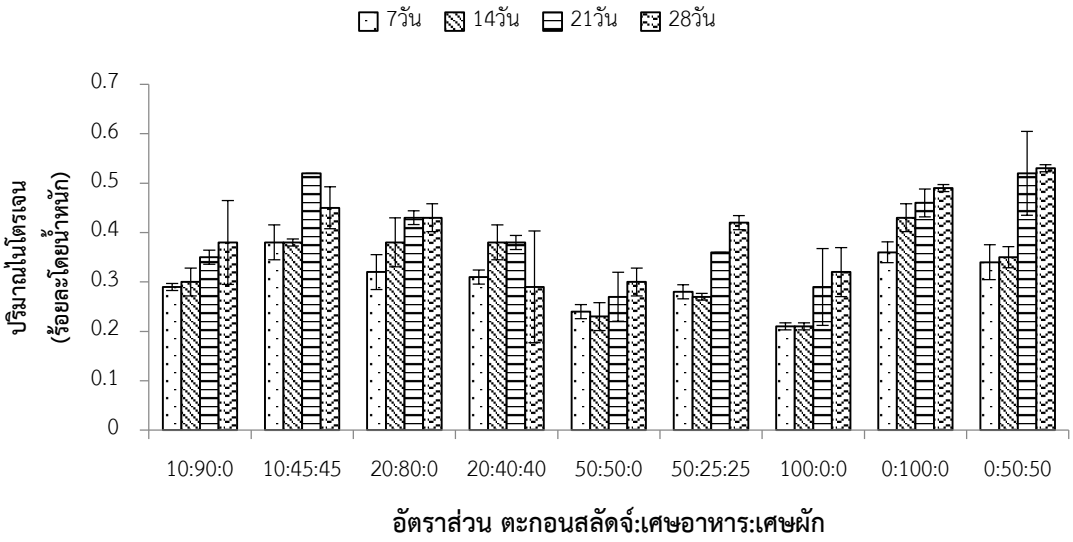


รูปที่ 4.4 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

3) ปริมาณธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

3.1) ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

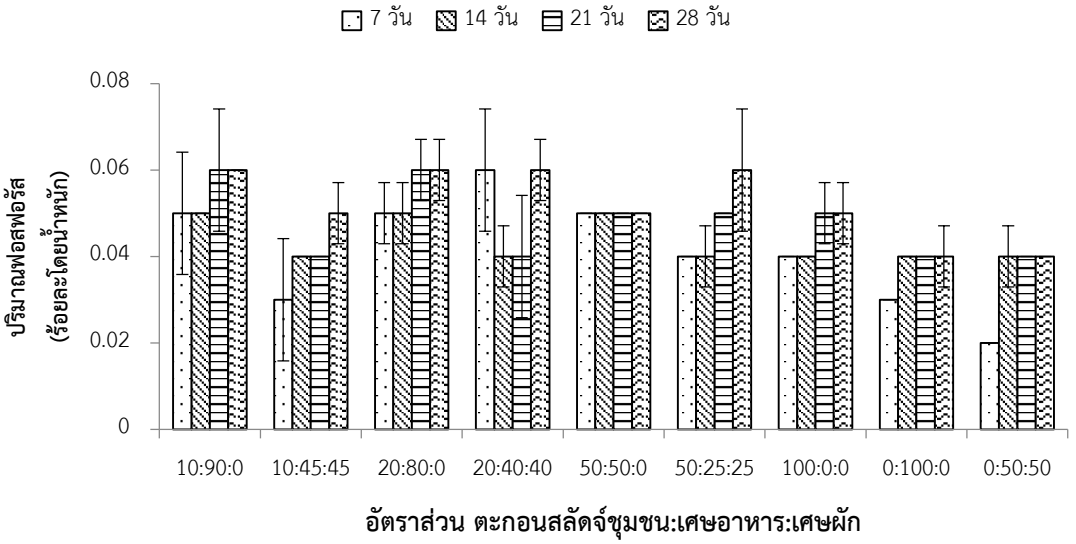
จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (ทีเคเอ็น) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพในทุกชุดการทดลอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้น โดยภาพรวมพบว่า ปริมาณทีเคเอ็นในน้ำหมักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้วัตถุดิบที่มีอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ลดลงหรือเศษอาหารและเศษผักสูงขึ้น เนื่องจากเศษอาหารมีองค์ประกอบของไนโตรเจนสูงกว่าตะกอนสลัดจ์ชุมชนมาก (ร้อยละ 2.2 และ 0.82 ตามลำดับ) จากผลการทดลองสรุปได้ว่า น้ำหมักชีวภาพที่มีค่าไนโตรเจนสูงมาจากอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ ไม่เกินร้อยละ 10 ของทุกชุดการทดลอง



รูปที่ 4.5 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

3.2) ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำชุมชนหนองแขม

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส ในตะกอนสลัดจ์ชุมชนและเศษอาหารมีค่าใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 1.06 และ 0.8) ส่วนเศษผักมีค่าต่ำมาก (ร้อยละ 0.28) แต่ฟอสฟอรัสในทุกชุดการทดลองของวัตถุดิบตะกอนสลัดจ์ชุมชน พบว่า ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่สะสมอยู่ในวัตถุดิบและจุลชีพในระบบ ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำหมักของทุกอัตราส่วนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ ดังรูปที่ 4.6



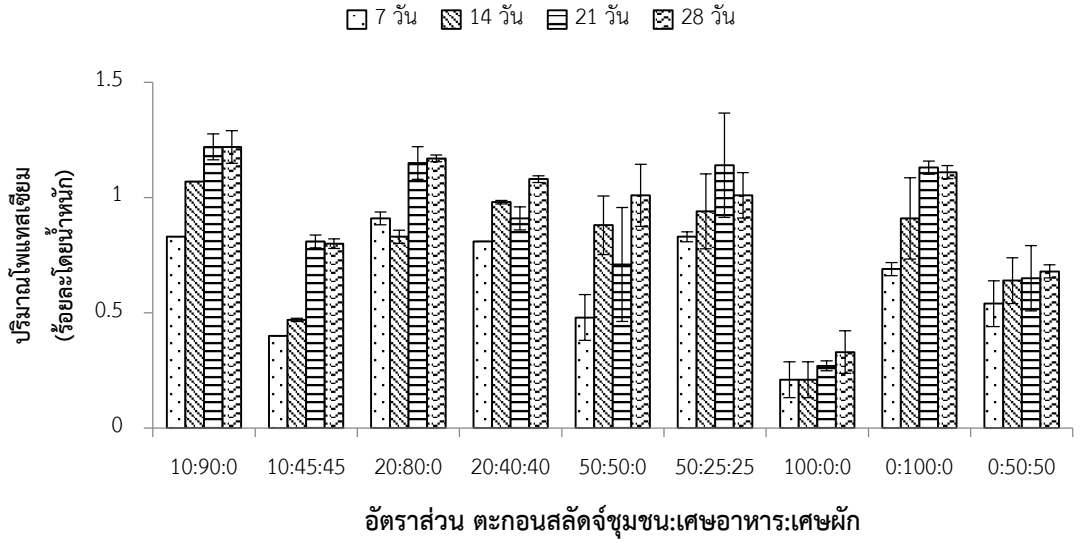
รูปที่ 4.6 ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

3.3) ปริมาณโพแทสเซียมของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

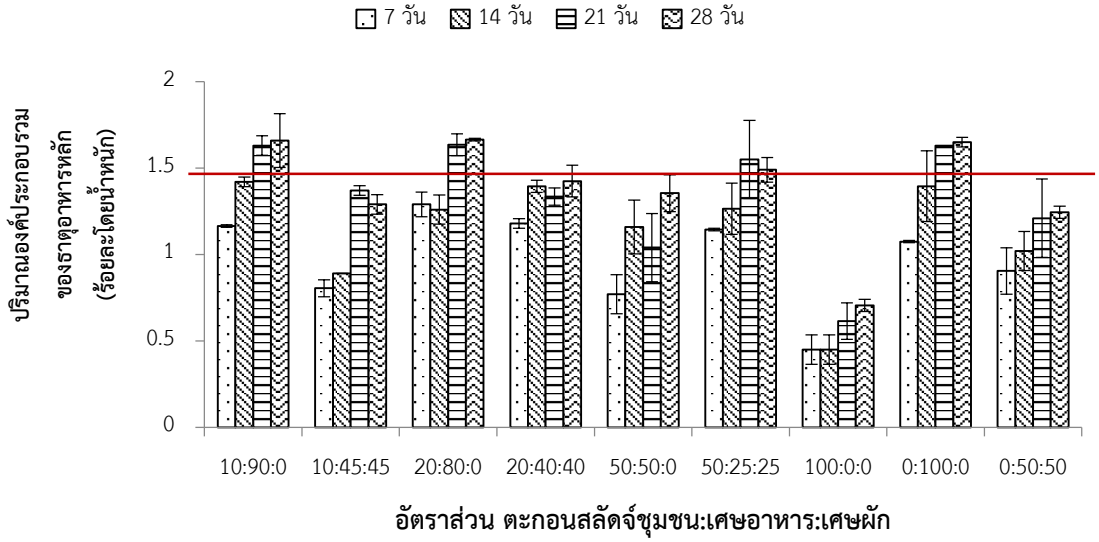
เนื่องจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของวัสดุหมักร่วม พบว่า เศษอาหารมีค่าโพแทสเซียมสูงสุดร้อยละ 1.1 ส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชนและเศษผักมีองค์ประกอบของโพแทสเซียมต่ำมาก (<0.1% และ 0.04% ตามลำดับ) ดังนั้น น้ำหมักที่ได้จากชุดการทดลองที่ใช้ในอัตราส่วนสูงกว่าร้อยละ 80 เศษอาหารจึงมีค่าโพแทสเซียมสูงด้วย คือ น้ำหมักจากการหมักตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 0:100:0 และ 10:90:0 รองลงมา คือ 20:80:0 และ 20:40:40 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในน้ำหมักจะที่มีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาการหมักนานขึ้น

3.4) ปริมาณองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

จากองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักที่พบในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม เปรียบเทียบกับน้ำหมักที่ได้จากการใช้วัตถุดิบที่เป็นเศษอาหารเพียงอย่างเดียวและวัตถุดิบที่เป็นวัสดุหมักร่วมตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 10:90:0 20:80:0 และ 50:25:25 ตามละดับ ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำหมักชีวภาพของกรมวิชาการเกษตรที่กำหนดให้องค์ประกอบรวมกันของธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมรวมกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 ปริมาณโพแทสเซียมของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม



รูปที่ 4.8 ปริมาณองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพ ที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

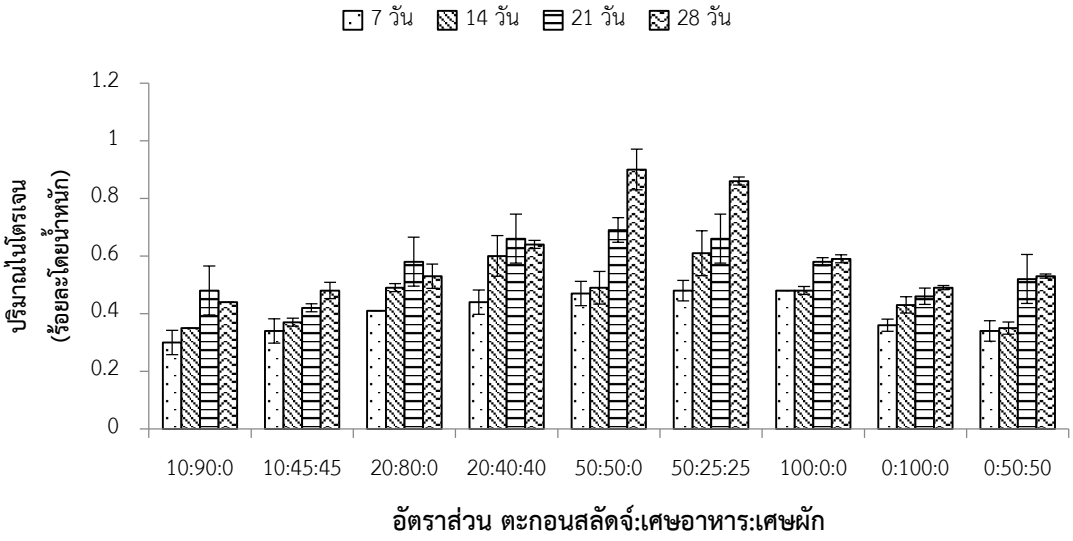
โดยทุกอัตราส่วนจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาการหมักนานถึง 21 วันขึ้นไปจึงจะได้ค่าองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักสูงกว่าร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก

4) ปริมาณธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

4.1) ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (ทีเคเอ็น) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพในทุกชุดการทดลอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์เป็นร้อยละ 50 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำหมักจะมีค่าสูงสุดเพราะตะกอนสลัดจ์โรงงานมีค่าไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงสุด ร้อยละ 5.3 ซึ่งสูงกว่าในเศษอาหารและเศษผักถึง 2.4 และ 23 เท่า ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชน พบว่าน้ำหมักที่ผลิตจากตะกอนโรงงานมีค่าไนโตรเจนสูงกว่าเกือบ 2 เท่า เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนตั้งต้นของตะกอนสลัดจ์โรงงานมีมากกว่าตะกอนสลัดจ์ชุมชน (5.3 และ 0.82 ตามลำดับ) ทำให้การปลดปล่อยของปริมาณไนโตรเจนออกมามากด้วยเช่นกัน



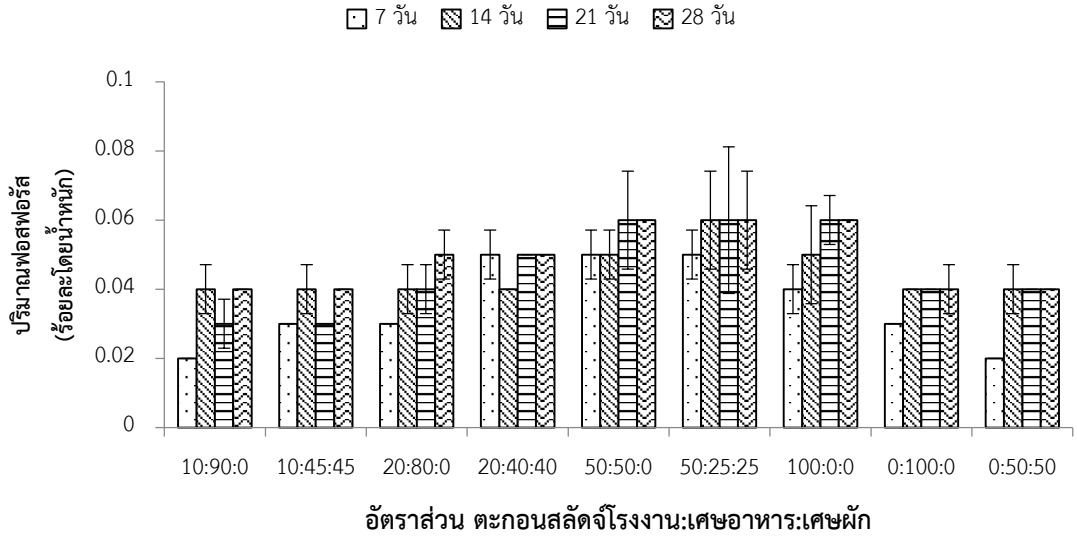
รูปที่ 4.9 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

4.2) ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพที่พบในทุกชุดการทดลอง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมัก โดยภาพรวมพบว่า เมื่อ

เพิ่มอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์เพิ่มขึ้น ฟอสฟอรัสในน้ำหมักมีค่าฟอสฟอรัสมากขึ้น เนื่องจากตะกอนสลัดจ์มีค่าฟอสฟอรัสสูงถึงร้อยละ 1.8 ซึ่งสูงกว่าเศษอาหารและเศษผักถึง 2.3 และ 6.4 เท่า ตามลำดับ

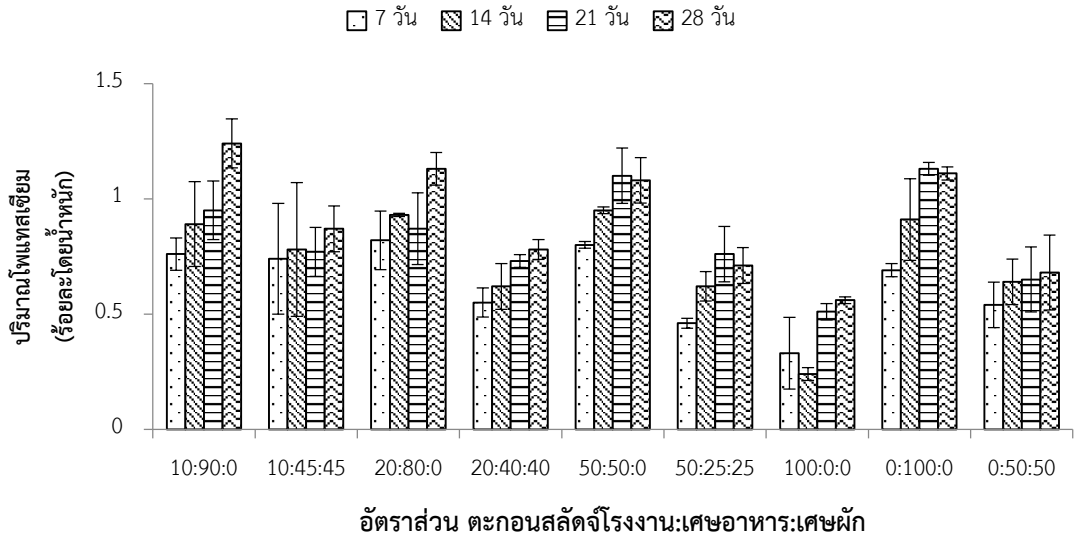
เมื่อเปรียบเทียบน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนและโรงงาน พบว่า น้ำหมักที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์จะมีการปลดปล่อยปริมาณฟอสฟอรัสในค่าที่ต่ำ



รูปที่ 4.10 ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

4.3) ปริมาณโพแทสเซียมของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

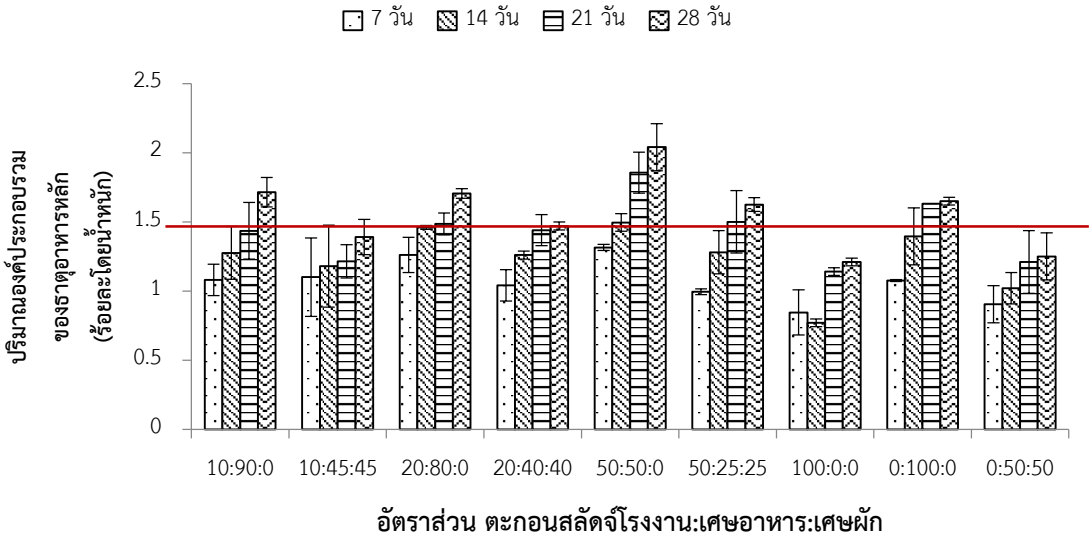
จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของวัสดุหมักร่วม พบว่า เศษอาหารมีค่าโพแทสเซียมสูงสุดร้อยละ 1.1 ส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชนและเศษผักมีองค์ประกอบของโพแทสเซียมต่ำ (0.3% และ 0.04% ตามลำดับ) ดังนั้น น้ำหมักที่ได้จากการหมักเศษอาหารเพียงอย่างเดียวจึงมีค่าโพแทสเซียมที่สูงสุด คือ น้ำหมักจากการหมักตะกอนสลัดจ์โรงงาน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 10:90:0 รองลงมา คือ 20:80:0 และ 50:50:0 ตามลำดับ และโดยภาพรวม พบว่าปริมาณโพแทสเซียมในน้ำหมักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.11 ปริมาณโพแทสเซียมของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

4.4) ปริมาณองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียม พบว่า ปริมาณองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารในน้ำหมักมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาการหมักนานขึ้น โดยอัตราส่วนที่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำหมักชีวภาพของกรมวิชาการเกษตรที่กำหนดให้องค์ประกอบรวมกันของธาตุอาหารหลักไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก ได้แก่ อัตราส่วน 10:90:0 และ 20:80:0 ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน มีปริมาณธาตุอาหารรวมร้อยละ 1.71 และ 1.72 ตามลำดับ อัตราส่วน 50:50:0 ที่ระยะเวลาหมัก 21-28 วัน มีปริมาณธาตุอาหารรวมร้อยละ 1.84-2.04 อัตราส่วน 50:25:25 ที่ระยะเวลาหมัก 21-28 วัน มีปริมาณธาตุอาหารรวมร้อยละ 1.50-1.63 และอัตราส่วน 0:100:0 ที่ระยะเวลาหมัก 21-28 วัน มีปริมาณธาตุอาหารรวมร้อยละ 1.63-1.65 ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ปริมาณองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

5) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจน โดยจุลินทรีย์ใช้คาร์บอนเพื่อสังเคราะห์สารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของเซลล์และใช้ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน

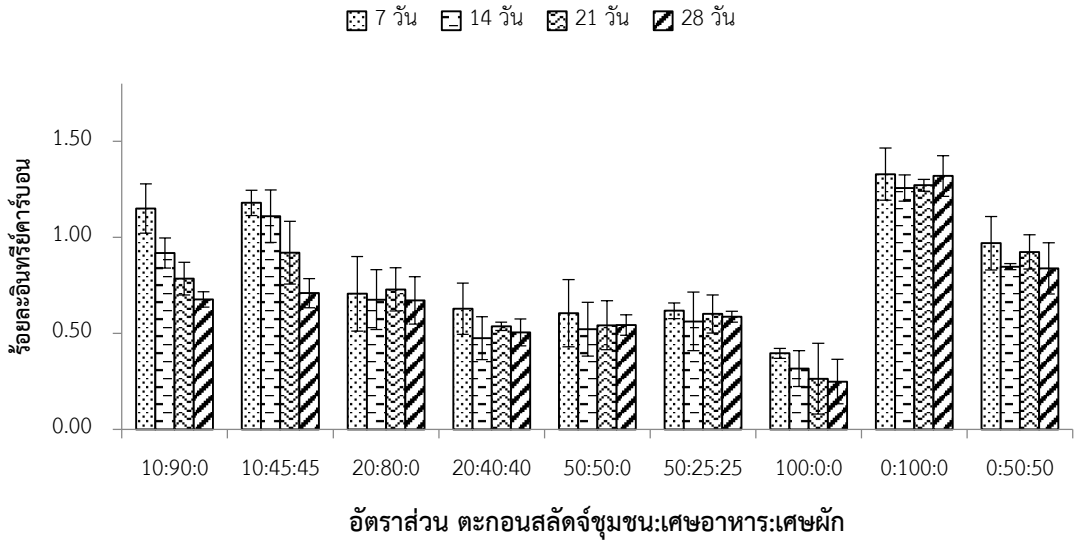
5.1) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

จากการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของน้ำหมักชีวภาพที่พบในทุกชุดการทดลอง มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาหมัก เนื่องจากจุลินทรีย์มีการใช้คาร์บอนเพื่อนำไปสังเคราะห์สารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของเซลล์ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) และจะเห็นว่าชุดการทดลองที่ใช้วัสดุหมักร่วมจากเศษอาหารและเศษผักในปริมาณที่สูง จะส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงตามไปด้วย โดยที่ระยะเวลาหมัก 7 วัน น้ำหมักในอัตราส่วน 0:100:0 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด รองลงมา คือ อัตราส่วน 10:45:45 ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน น้ำหมักในอัตราส่วน 0:100:0 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด รองลงมา คือ อัตราส่วน 0:50:50

5.2) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

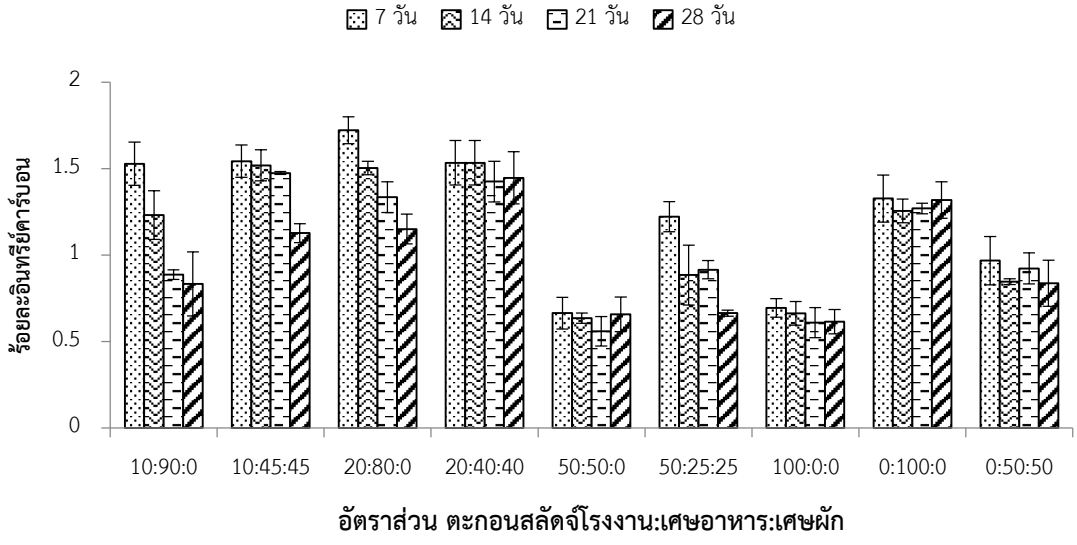
จากการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของน้ำหมักชีวภาพที่พบในทุกชุดการทดลอง มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาหมัก เนื่องจากจุลินทรีย์มีการใช้คาร์บอนเพื่อนำไปสังเคราะห์สารประกอบที่เป็นโครงสร้างหลักของเซลล์ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) และจะเห็นว่าชุดการทดลองที่ใช้วัสดุหมักร่วมจากเศษอาหารและเศษผักในปริมาณที่สูง เนื่องจากมีการย่อยสลายได้ง่ายกว่าตะกอนสลัดจ์ จึงส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงตามไปด้วย โดยที่ระยะเวลาหมัก 7 วัน น้ำหมักในอัตราส่วน 20:80:0 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด รองลงมา คือ อัตราส่วน 20:40:40 ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน น้ำหมักในอัตราส่วน 20:40:40 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด รองลงมา คือ อัตราส่วน 0:100:0

จากรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 จะพบว่าน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงาน จะส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในน้ำหมักมากกว่าในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนชุมชน โดยจะเห็นได้ว่า เมื่อมีการเพิ่มปริมาณตะกอนสลัดจ์โรงงานมากขึ้น ค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนก็จะมีแนวโน้มเพิ่มตามไปด้วย อาจเนื่องมาจาก ตะกอนสลัดจ์โรงงานมีปริมาณร้อยละอินทรีย์คาร์บอนที่สูงกว่าตะกอนสลัดจ์ชุมชนเกือบ 10 เท่า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 42.4 และ 4.89 ตามลำดับ



รูปที่ 4.13 ปริมาณร้อยละอินทรีย์คาร์บอนของน้ำหมักชีวภาพ

ที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม



รูปที่ 4.14 ปริมาณร้อยละอินทรีย์คาร์บอนของน้ำหมักชีวภาพ

ที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

6) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

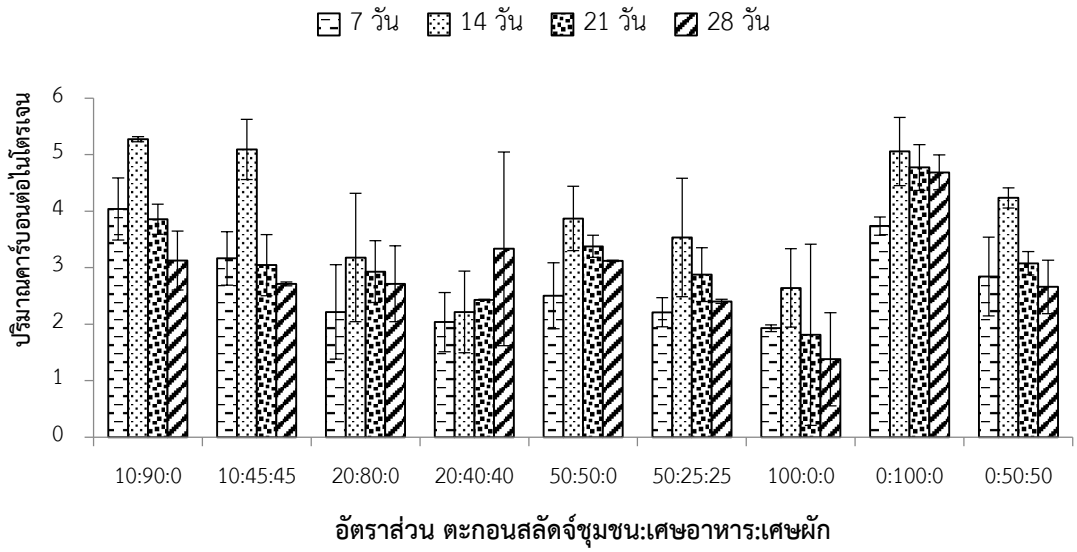
6.1) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

จากผลการทดลอง พบว่า อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีแนวโนมเพิ่มขึ้นในช่วง 7-14 วันแรก และจะค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาหมัก เนื่องจากในช่วงแรกของการหมักค่าพีเอชจะต่ำลง เพราะวัตถุดิบถูกย่อยสลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่ายทำให้ค่าคาร์บอนในน้ำหมักมีค่าสูงขึ้น รวมทั้งโปรตีนก็ถูกย่อยสลายปล่อยแอมโมเนีย (NH_3) ทำให้ปริมาณไนโตรเจน (ทีเคเอ็น) ลดลง ส่งผลให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน มีค่าสูงขึ้น แต่เมื่อเวลาผ่านไปกรดอินทรีย์ถูกย่อยสลายเป็น $CO_2 + H_2O$ อินทรีย์คาร์บอนมีแนวโน้มลดต่ำลง ขณะที่แอมโมเนีย (NH_3) ทั้งหมดจะอยู่ในรูป แอมโมเนียม (NH_4^+) เพราะพีเอชในน้ำหมักต่ำกว่า 6 จะยังคงละลายอยู่ในน้ำหมักทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีค่าลดลง โดยมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 2:1-5:1 ซึ่งพบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมทำให้การหมักมีความสมบูรณ์ โดยมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20:1 ดังตารางที่ 4.1 ที่ได้ตามมาตรฐานมาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน ได้กำหนดไว้ว่าปุ๋ยหมักควรมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ไม่เกิน 20:1 ดังตารางที่ 4.15 แสดงว่าปุ๋ยหมักทุกการทดลองเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ซึ่งถ้าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง เมื่อนำไปฉีดพ่นบนต้นพืชอาจแสดงอาการใบเหลืองเนื่องจากขาดธาตุไนโตรเจนได้

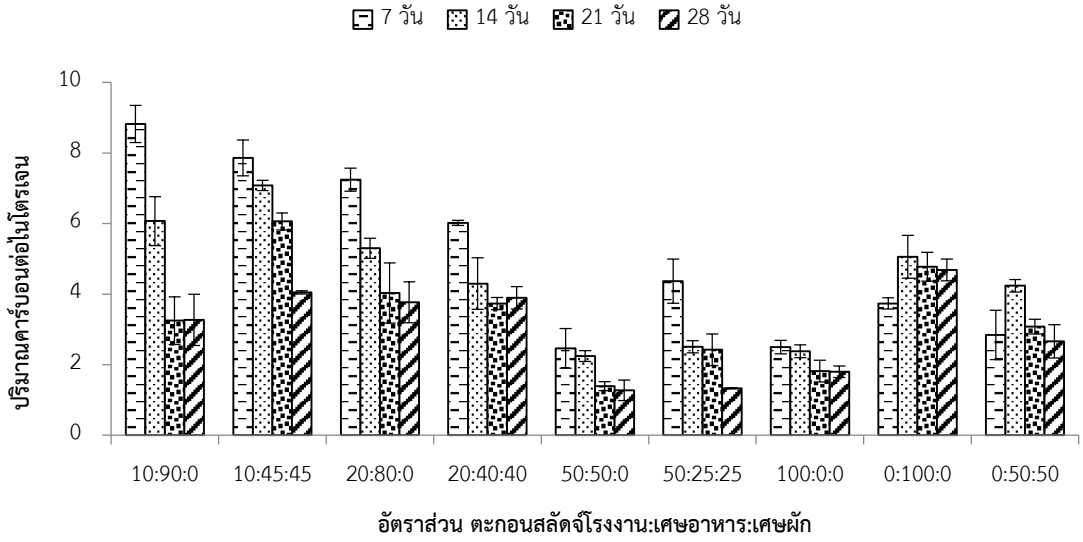
6.2) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

จากผลการทดลองหาอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในน้ำหมักชีวภาพ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาหมัก เช่นเดียวกับการทดลองใช้ตะกอนสลัดจ์ชุมชน เนื่องจากคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ทำให้มีค่าลดลง จึงส่งผลทำให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงเช่นกัน โดยพบว่า ในทุกชุดการทดลองจะมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในช่วง 2:1-9:1 ซึ่งพบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมทำให้การหมักมีความสมบูรณ์ตามมาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน ได้กำหนดไว้ว่าปุ๋ยหมักควรมีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อ

ไนโตรเจน ไม่เกิน 20:1 ดังตารางที่ 4.16 แสดงว่าปุ๋ยหมักทุกการทดลองเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด



รูปที่ 4.15 ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม



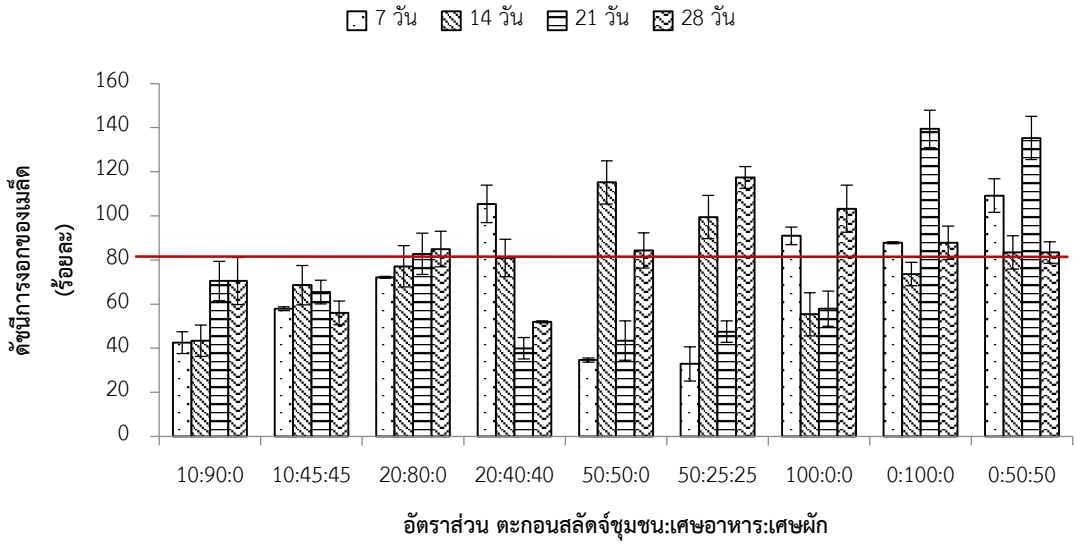
รูปที่ 4.16 ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

7) การทดสอบความเป็นพิษของน้ำหมักชีวภาพกับเมล็ดพืช โดยวิธีทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ดพืช (Germination Index)

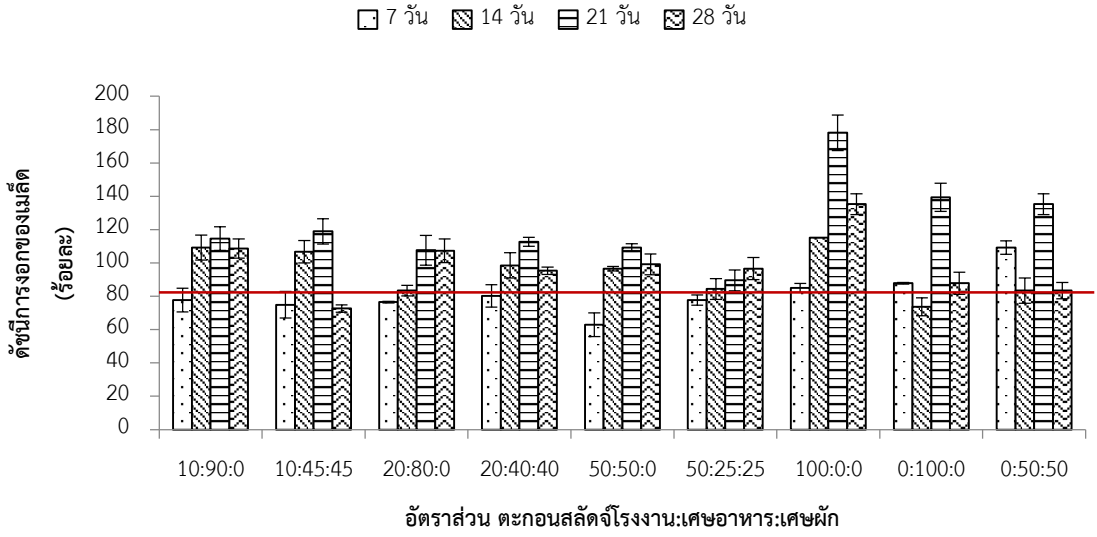
การทดสอบความเป็นพิษต่อพืช ทำได้โดยวัดค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์ด้วยการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) เป็นวิธีที่สามารถวัดสารที่เป็นพิษต่อพืชที่ตกค้างอยู่ในปุ๋ยได้ โดยการนำเมล็ดพันธุ์ผัก เช่น เมล็ดผักกวางตุ้ง เมล็ดถั่วเขียว เพาะในจานเพาะเมล็ด แล้วนับจำนวนเมล็ดที่เจริญเติบโต ด้วยการวัดความยาวรากที่งอก ค่าที่ได้จะนำมาคำนวณหาค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืช กำหนดว่าค่าดัชนีการงอกของเมล็ดควรมากกว่าร้อยละ 80 จึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศกรมวิชาการเกษตร และถ้าค่าดัชนีการงอกของเมล็ดมีค่ามากกว่า ร้อยละ 50 แสดงว่าไม่มีความเป็นพิษต่อพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

7.1) การทดสอบความเป็นพิษของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบน้ำเสียชุมชนหนองแขม

การทดสอบความเป็นพิษของน้ำหมักชีวภาพทำได้ โดยการวัดค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์ ด้วยวิธีการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) พบว่า ทุกชุดการทดลองมีดัชนีการงอกที่มากกว่าร้อยละ 50 แสดงว่าน้ำหมักทุกชุดการทดลองไม่มีความเป็นพิษต่อพืช และน้ำหมักชีวภาพที่มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดมากกว่าร้อยละ 80 ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพที่ระยะเวลาหมัก 7 วัน ได้แก่ อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 20:40:40 100:0:0 0:100:0 และ 0:50:50 น้ำหมักชีวภาพที่ระยะเวลาหมัก 14 วัน ได้แก่ อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 20:40:40 50:50:0 50:25:25 และ 0:50:50 น้ำหมักชีวภาพที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน ได้แก่ อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 10:45:45 0:100:0 และ 0:50:50 น้ำหมักชีวภาพที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน ได้แก่ อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 10:45:45 50:50:0 50:25:25 100:0:0 และ 0:50:50



รูปที่ 4.17 ดัชนีการงอกของเมล็ดของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม



รูปที่ 4.18 ดัชนีการงอกของเมล็ดของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

จากผลการทดลอง สรุปได้ว่า การใช้ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 10 มีดัชนีการงอกที่เกินร้อยละ 80 ที่ระยะเวลาหมัก 21 และ 28 วัน ที่อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 10:45:45 การใช้ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 20 มีดัชนีการงอกที่เกินร้อยละ 80 ที่ระยะเวลาหมัก 7 และ 14 วัน ที่อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 20:40:40 การใช้

ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 50 ที่ระยะเวลาหมัก 14 วัน ที่อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 50:50:0 และ 50:25:25 ดังรูปที่ 4.17

7.2) การทดสอบความเป็นพิษของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

การทดสอบความเป็นพิษของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงาน โดยการทำการวัดค่าการย่อยสลายที่สมบูรณ์ ด้วยวิธีการทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index) พบว่า ค่าดัชนีการงอกที่มากกว่าร้อยละ 80 มีทุกอัตราส่วน ที่ระยะเวลาการหมัก 14 วันเป็นต้นไป ดังรูปที่ 4.18 โดยเฉพาะการใช้ตะกอนสลัดจ์และเศษอาหารเพียงอย่างเดียวจะได้น้ำหมักที่มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ตะกอนสลัดจ์ชุมชน พบว่าวัสดุหมักร่วมตะกอนสลัดจ์โรงงานจะได้น้ำหมักที่มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดสูงกว่าในทุกอัตราส่วนผสม

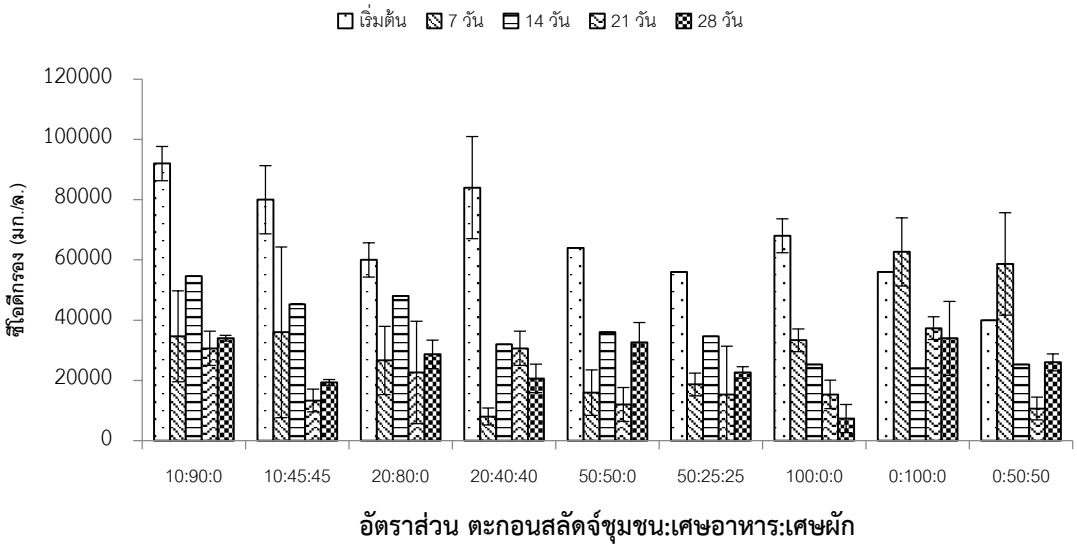
4.2.2 ศึกษาปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม

1) ค่าซีโอดีกรอง

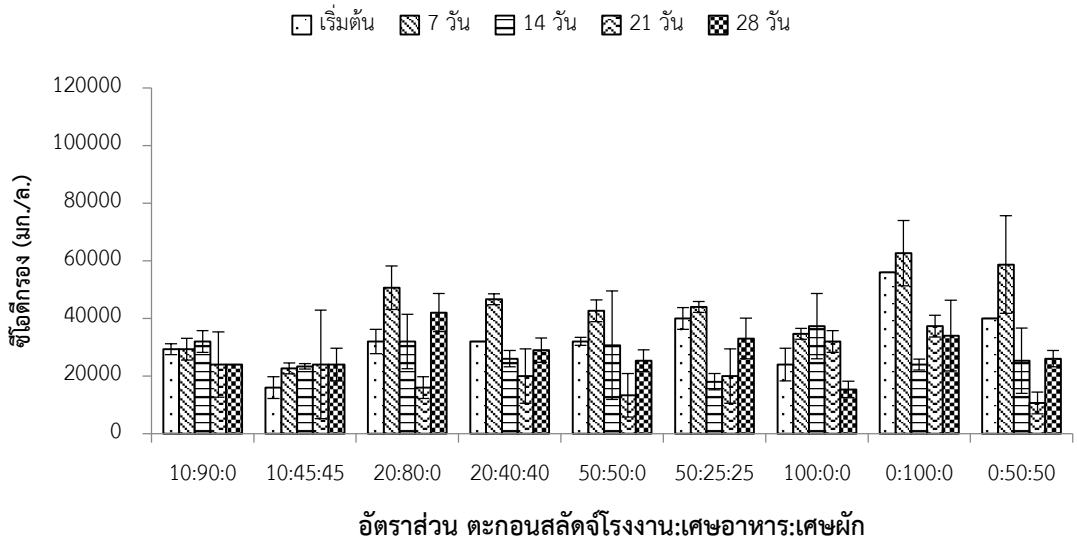
1.1) ค่าซีโอดีกรองของน้ำหมักที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

การเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอดีกรองในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม พบว่า แนวโน้มค่าซีโอดีกรองในทุกชุดการทดลอง มีแนวโน้มความเข้มข้นของซีโอดีกรองเพิ่มขึ้น สูงสุดในช่วง 7-14 วันแรกของการหมัก และจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อหมักครบ 28 วัน น้ำหมักที่มีเฉพาะเศษอาหารอย่างเดียว ที่อัตราส่วน 0:100:0 และ ที่มีการหมักรวมเฉพาะเศษอาหารและเศษผัก 0:50:50 พบว่าค่าซีโอดีกรองเริ่มต้นสูงสุดเนื่องจากเศษอาหารมีองค์ประกอบของสารคาร์บอนสูงสุด ทำให้เกิดการย่อยสลายได้กรดอินทรีย์สูงสุดในวันที่ 7 ทำให้ค่าซีโอดีกรองสูงสุดด้วยและพีเอชต่ำสุดเช่นกัน

ส่วนการหมักร่วมของตะกอนสลัดจ์และเศษอาหารพบว่าค่าซีโอดีกรองของน้ำหมักมีแนวโน้มลดลงตามอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ที่เพิ่มขึ้น (เศษอาหารลดลง) โดยอัตราส่วน 10:90:0 มีค่าซีโอดีกรอง ประมาณ 54,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองหมักร่วมอัตราส่วนอื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ค่าซีโอดีกรองในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม



รูปที่ 4.20 ค่าซีโอดีกรองในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

1.2) ค่าซีโอดีกรองของน้ำหมักที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

การเปลี่ยนแปลงของค่าซีโอดีกรอง ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดโรงงานโอเลฟินส์ พบว่า แนวโน้มค่าซีโอดีกรองมีแนวโน้มความเข้มข้นสูงสุดในช่วง 7 วันแรกของการหมัก และจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อหมักครบ 28 วัน โดยอัตราส่วน 50:50:0 มีค่าซีโอดีกรอง ประมาณ 138,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าชุดการทดลองอื่น รองลงมา อัตราส่วน 20:40:40 คือ มีค่าซีโอดีกรอง ประมาณ 124,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากจุลินทรีย์ประเภทสร้างกรดจะเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำหมักให้เป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย ซึ่งในขั้นตอนการวิเคราะห์ซีโอดีกรดอินทรีย์ระเหยง่ายเหล่านี้ จะถูกออกซิไดซ์ไม่หมดโดยจะถูกออกซิไดซ์จนถึงระดับหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากกรดอินทรีย์ระเหยง่ายจะลอยตัวอยู่ในบริเวณช่องว่างเหนือชั้นของสารละลายทีเกิดปฏิกิริยาทำให้ไม่ถูกออกซิไดซ์ได้ทั้งหมด อีกทั้งจุลินทรีย์สามารถใช้อาหารจากกากน้ำตาลและเพิ่มจำนวนเซลล์มากขึ้นทำให้สามารถย่อยสลายเศษอาหารได้ดี ทำให้ค่าซีโอดีลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.20

2) กรดอินทรีย์ระเหยง่าย

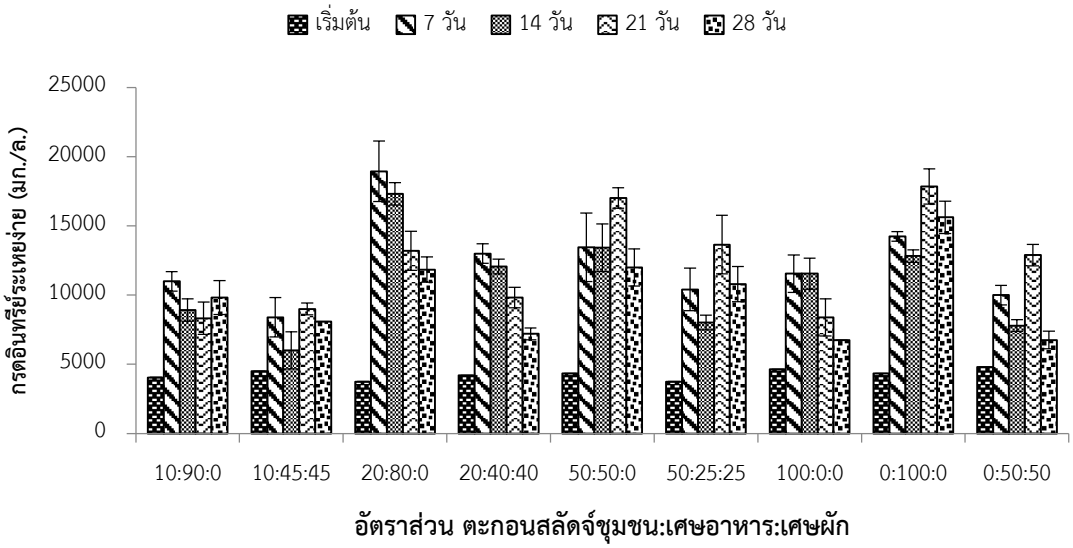
2.1) กรดอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำหมักที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

การเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงสุดในวันที่ 14 ของการหมัก โดยที่อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์สูงขึ้นจะมีผลให้ค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำหมักสูงขึ้นด้วย เนื่องจากเกิดการย่อยสลายเกิดกรดแลคติก กรดอะซิติก กรดโพรพิออนิกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ทำให้ค่าพีเอชลดลงตามไปด้วย (มาลินี จงเจริญใจ, 2540) ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า ที่อัตราส่วน 20:80:0 มีค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายสูงสุด เท่ากับ 18,950 มก./ล. รองลงมา ได้แก่ อัตราส่วน 50:50:0 เท่ากับ 17,000 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 4.21

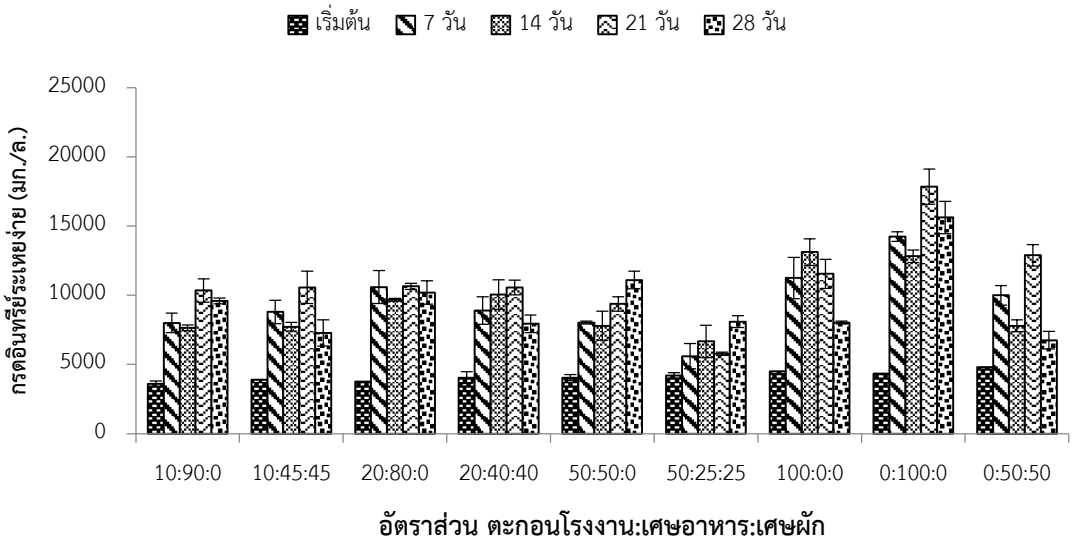
2.2) กรดอินทรีย์ระเหยง่ายของน้ำหมักที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

การเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ พบว่า ทุกอัตราส่วนมีค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่ายในน้ำหมักใกล้เคียงกัน และทุกอัตราส่วนจะมีค่าต่ำกว่าการใช้เศษอาหารเป็นวัสดุหมักร้อยละ 100 และ

ต่ำกว่าการใช้ตะกอนสลัดจ์ชุมชนในทุกอัตราส่วนผสมที่เท่ากัน ดังรูปที่ 4.22 ซึ่งจะสังเกตุว่ากรดอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดขึ้นจะมีค่าคงที่ แตกต่างกับน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนชุมชนที่มีค่าลดลง เนื่องจาก ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำหมักที่ผลิตจากตะกอนชุมชนมีปริมาณมากกว่าในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากโรงงาน



รูปที่ 4.21 กรดอินทรีย์ระเหยง่ายของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชมหนองแขม



รูปที่ 4.22 กรดอินทรีย์ระเหยง่ายของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกรอง กรดอินทรีย์ระเหยง่าย และพีเอช พบว่า เมื่อระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้น น้ำหมักชีวภาพจะมีค่าซีโอดีกรองเพิ่มขึ้นใน 14 วันแรก และมีแนวโน้มลดลงหลังจากวันที่ 14 ส่วนกรดอินทรีย์ระเหยง่ายมีค่าเพิ่มขึ้นใน 14 วันแรกและค่อนข้างคงที่หลังจากวันที่ 14 แต่จะมีค่าพีเอชสูงขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ประเภทสร้างกรดจะเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำหมักให้เป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย ซึ่งส่งผลให้ค่าซีโอดีกรองลดลง ในขณะเดียวกันจุลินทรีย์ก็มีการนำกรดอินทรีย์ระเหยง่ายไปใช้ส่งผลทำให้ค่าพีเอชเพิ่มขึ้น ดังนั้นระยะเวลาในการผลิตน้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 14-21 วัน เพราะถ้าระยะเวลาหมักนานขึ้นอาจจะทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่มผลิตมีเทนสามารถนำกรดอินทรีย์ระเหยง่ายไปใช้ในการผลิตก๊าซมีเทน (มาลินี จงเจริญใจ, 2540)

4.2.3 สรุปอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ

เนื่องจากปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานของน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ในการเกษตรที่แน่ชัด มีเพียงมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมพัฒนาที่ดินและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลวของกรมวิชาการเกษตรที่สามารถใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตได้จากงานวิจัย ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่ได้กับทั้ง 2 มาตรฐาน โดยพบว่าน้ำหมักชีวภาพที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กรมพัฒนาที่ดินและกรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้ ในหัวข้อพารามิเตอร์ คือ พีเอช ค่าการนำไฟฟ้า และองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลัก พิจารณารวมกับค่าดัชนีการงอกของเมล็ด จะเห็นว่าค่าพีเอช และปริมาณองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพเป็นพารามิเตอรที่สำคัญในการพิจารณาคัดเลือกอัตราส่วนของตะกอนสลัดจ์ เศษอาหารและเศษผัก มีรายละเอียดดังแสดงสรุปในตารางที่ 4.4 และสรุปดังนี้

- น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์เพียงอย่างเดียวไม่ผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมพัฒนาที่ดินเนื่องจากค่าพีเอชน้ำหมักสูงเกิน 4 และมีปริมาณองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักต่ำกว่าร้อยละ 1.5 ทั้งหมดไม่ผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลวของกรมวิชาการเกษตร

- น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากเศษอาหารเพียงอย่างเดียวและเศษอาหารผสมเศษผักจะมีค่าพีเอชต่ำกว่า 4 ในช่วงสัปดาห์แรก แต่น้ำหมักยังมีปริมาณองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักต่ำกว่าร้อยละ 1.5 จึงไม่ผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลวของกรมวิชาการเกษตร

- น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากการหมักร่วมของตะกอนสลัดจ์ระบบน้ำเสียชุมชนหนองแขม เศษอาหาร และเศษผักพบว่ามีเพียงอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 20:80:0 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน เท่านั้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมพัฒนาที่ดินและมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลวของกรมวิชาการเกษตร ส่วนที่อัตราส่วนผสมอื่นๆ พบว่าได้น้ำหมักที่มีค่าพีเอชมากกว่า 4 และองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักต่ำกว่าร้อยละ 1.5

- น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากการหมักร่วมของตะกอนสลัดจ์ระบบน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าน้ำหมักที่ได้ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมพัฒนาที่ดินและมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลวของกรมวิชาการเกษตร คือที่อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงาน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 10:90:0 และ 50:25:25 ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน และ 21 วัน ตามลำดับ

ซึ่งจะเห็นว่าการหมักร่วมของตะกอนสลัดจ์และเศษอาหารจะผลิตน้ำหมักที่ได้ตามมาตรฐานโดยทุกอัตราส่วนจะมีระยะการหมักที่ 21 วันขึ้นไป น้ำหมักชีวภาพที่ได้จึงจะอยู่ในช่วงมาตรฐานในการนำไปใช้ในการปลูกพืชต่อไป เป็นที่สังเกตว่าองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักจะมีค่าได้ตามมาตรฐานในวันที่ 21 เป็นต้นไป

ตารางที่ 4.4 สรุปอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ

พารามิเตอร์	ระยะเวลา (วัน)	อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก								
		10:90:0	10:45:45	20:80:0	20:40:40	50:50:0	50:25:25	100:0:0	0:100:0	0:50:50
pH[3] (<4)	7	X	X	X					X	X
	14	X	X	X						
	21		X	X						
	28									
EC[1] (<10)	7	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	14	X	X	X	X		X	X	X	
	21	X	X	X	X			X		X
	28	X	X	X	X	X	X	X		X
NPK[1] (>1.5%)	7									
	14									
	21	X		X					X	
	28	X		X					X	
GI[2] (>80%)	7				X			X	X	X
	14				X	X	X			X
	21			X					X	X
	28			X		X	X	X	X	X
NaCl[1*] (<1%)	7	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	14	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	21	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	28	X	X	X	X	X	X	X	X	X

หมายเหตุ [1] มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลวของกรมวิชาการเกษตร

[2] มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร

[3] มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมพัฒนาที่ดิน

* แสดงค่าในภาคผนวก ข

X แสดงถึงค่าที่ผ่านตามพารามิเตอร์ที่กำหนด

ตารางที่ 4.4 สรุปอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ (ต่อ)

พารามิเตอร์	ระยะเวลา (วัน)	อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงาน:เศษอาหาร:เศษผัก								
		10:90:0	10:45:45	20:80:0	20:40:40	50:50:0	50:25:25	100:0:0	0:100:0	0:50:50
pH[3] (<4)	7	X	X	X	X		X		X	X
	14	X	X	X	X		X			
	21	X	X	X	X		X			
	28	X	X							
EC[1] (<10)	7	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	14	X	X							
	21	X	X	X	X	X	X			X
	28	X	X	X	X	X	X	X		X
NPK[1] (>1.5	7									
	14					X				
	21					X	X		X	
	28	X		X		X	X		X	
GI[2] (>80	7				X			X	X	X
	14	X	X	X	X	X	X	X		X
	21	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	28	X		×	X	X	X	X	X	X
NaCl[1*] (<1%	7	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	14	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	21	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	28	X	X	×	X	X	X	X	X	X

หมายเหตุ [1] มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลวของกรมวิชาการเกษตร

[2] มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร

[3] มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมพัฒนาที่ดิน

* แสดงค่าในภาคผนวก ข

X แสดงถึงค่าที่ผ่านตามพารามิเตอร์ที่กำหนด

4.3 การทดลองที่ 2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ โดยทดลอง 3 อัตราส่วน ดังนี้ อัตราส่วนระหว่างตะกอนสลัดจ์ชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 20:80:0 อัตราส่วนระหว่างตะกอนสลัดจ์โรงงาน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 10:90:0 และ 50:25:25

4.3.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม

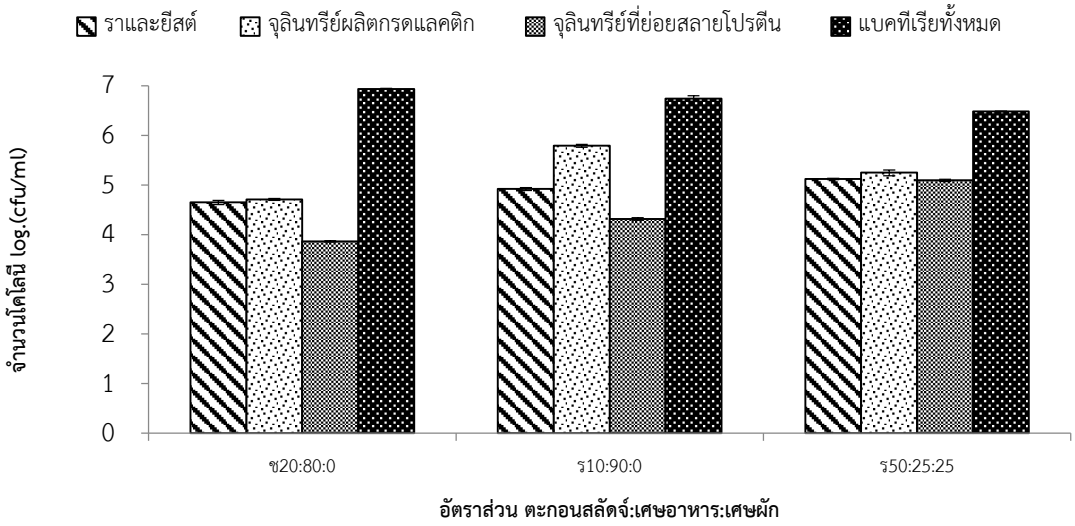
จากผลการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพในส่วนที่ 1 พบว่า อัตราส่วนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศของกรมพัฒนาที่ดิน ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม คือ อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 20:80:0 หมัก 21 วัน และน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ ในอัตราส่วน 10:90:0 หมัก 28 วัน และ 50:25:25 หมัก 21 วัน จากนั้นทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ ดังนี้

4.3.1.1 การวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่เป็นกลุ่มเด่นในน้ำหมักชีวภาพ

จากการทบทวนเอกสารมีรายงานกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินกิจกรรมการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์เพื่อผลิตน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ ยีสต์ จุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติก และจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายแป้ง โปรตีน และไขมัน ดังนั้นการทดลองนี้จึงทำการวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรีย จุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติก จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน และกลุ่มราและยีสต์ โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างที่ 0, 2, 4, 6, 8, 11, 15, 30 วัน ได้ผลดังนี้

1) ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพเริ่มต้น

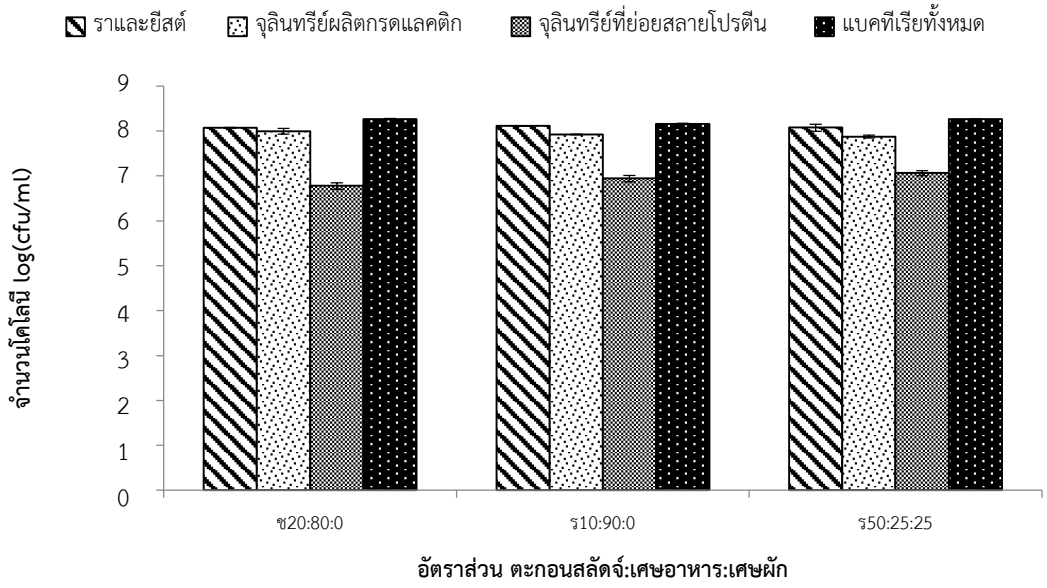
จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น พบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิดที่ตรวจวิเคราะห์มีค่าเริ่มต้นใกล้เคียงกัน เนื่องจากหัวเชื้อที่เติมลงไปเท่ากันทุกชุดการทดลอง และพบว่าแบคทีเรียทั้งหมดมีปริมาณสูงสุดในทุกชุดการทดลอง โดยมีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง $3 \times 10^6 - 9 \times 10^6$ CFU/ml ในขณะที่อัตราส่วน 50:25:25 จะมีปริมาณต่ำสุด อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงการเจริญเติบโตเริ่มต้น จุลินทรีย์ต้องมีการปรับตัวให้เข้ากับระบบ จึงมีจำนวนโคโลนีที่น้อย รองลงมา คือ จุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติก ราและยีสต์ และจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน โดยมีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง 0.1×10^4-1.0×10^4 CFU/ml สอดคล้องกับงานวิจัยของนันทวัน ฤทธิ์เดช, 2549 ดังแสดงในรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพเริ่มต้น

2) ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพวันที่ 6

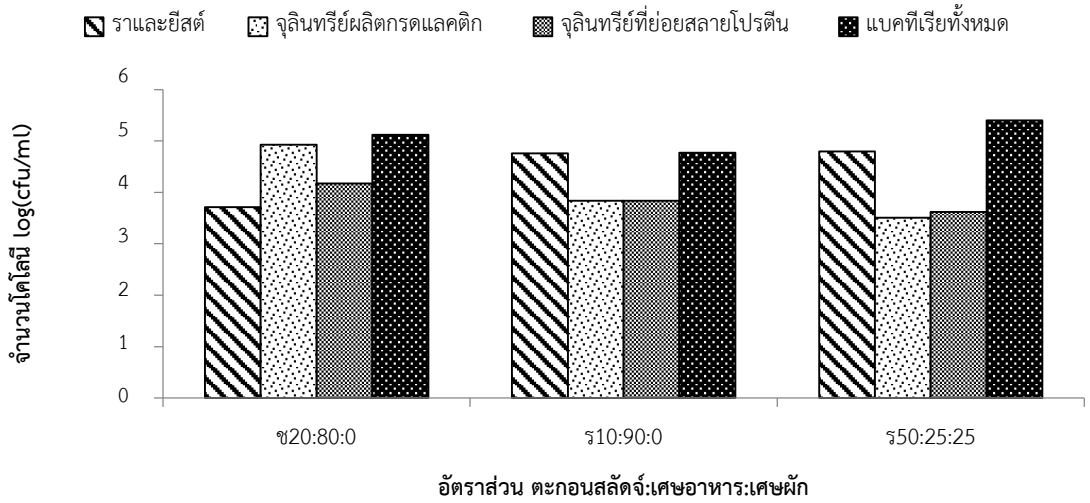
จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในระยะการหมักที่ 6 วัน พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลอง และจุลินทรีย์ทั้ง 4 ชนิดมีจำนวนโคโลนีใกล้เคียงกัน โดยแบคทีเรียทั้งหมดมีโคโลนีอยู่ในช่วงประมาณ $1.4x10^8$- $1.7x10^8$ CFU/ml รองลงมา คือ ราและยีสต์มีโคโลนีอยู่ในช่วงประมาณ $1.2x10^8$- $1.4x10^8$ CFU/ml และแบคทีเรียผลิตแลคติก มีโคโลนีอยู่ในช่วงประมาณ $0.8x10^8$- $1.0x10^8$ CFU/ml และจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน มีโคโลนีอยู่ในช่วงประมาณ $0.2x10^8$ CFU/ml ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของนันทวัน ฤทธิ์เดช, 2549 ดังแสดงในรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพที่ระยะเวลาหมัก 6 วัน

3) ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพวันที่ 30

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในระยะการหมักที่ 30 วัน พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทุกชุดการทดลองมีจำนวนโคโลนีลดลง อาจเนื่องจากอาหารตั้งต้นที่ใส่ในระบบลดลงมีผลทำให้จุลชีพในระบบขาดอาหารและลดจำนวนลง นอกจากนี้ปริมาณของกรดอินทรีย์ที่ถูกสร้างขึ้นมาในช่วงแรกยังมีผลไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ ดังนั้นปริมาณของจุลินทรีย์จึงลดต่ำลง (สมชาย เชื้อวัชรินทร์, 2542) อีกทั้งอาจเกิดจากสภาวะในการหมักที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากปริมาณเอทานอลที่เพิ่มสูงขึ้นในระบบสามารถที่จะส่งผลยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ได้ (Wang และคณะ, 2009)



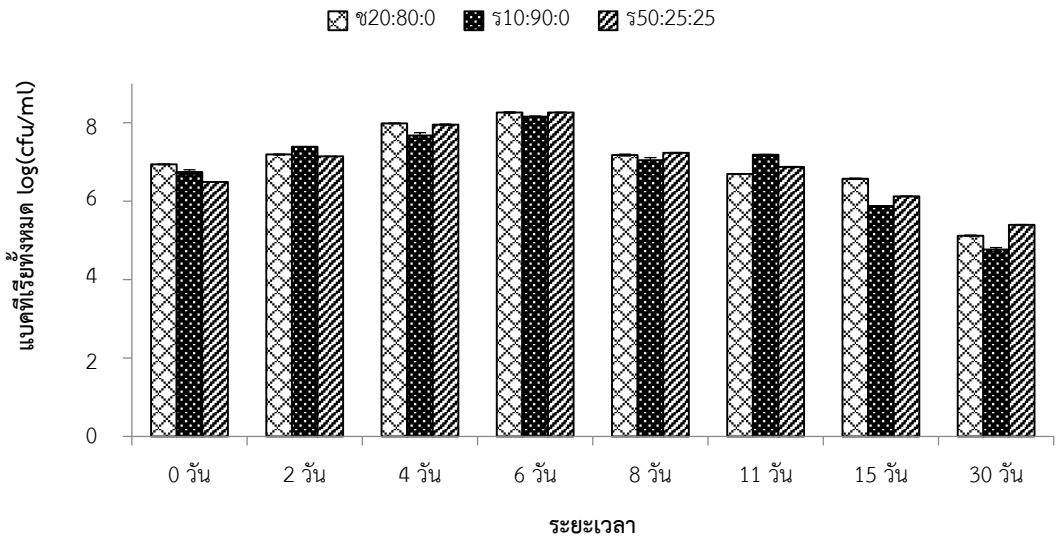
รูปที่ 4.25 ปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพที่ระยะเวลาหมัก 30 วัน

4.3.1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ

1) การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำหมักชีวภาพ

จากการทดลอง พบว่า จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำหมักชีวภาพ มีปริมาณค่อยๆ เพิ่มขึ้นในช่วง 1-6 วันแรกของการหมัก เนื่องจากแบคทีเรียมีระยะการแบ่งตัวไม่พร้อมกัน ในช่วงที่มีการเจริญมากที่สุด แบคทีเรียจะนำสารอาหารไปใช้มาก ระยะต่อมาแบคทีเรียจะมีจำนวนคงที่ ไม่มีการเพิ่มจำนวน อาจเพราะการแบ่งตัวเท่ากับอัตราการตาย หลังจากนั้นจำนวนแบคทีเรียจึงค่อยๆลดลง (อภิญญา แสงสุวรรณ, 2546) ดังแสดงในรูปที่ 4.26

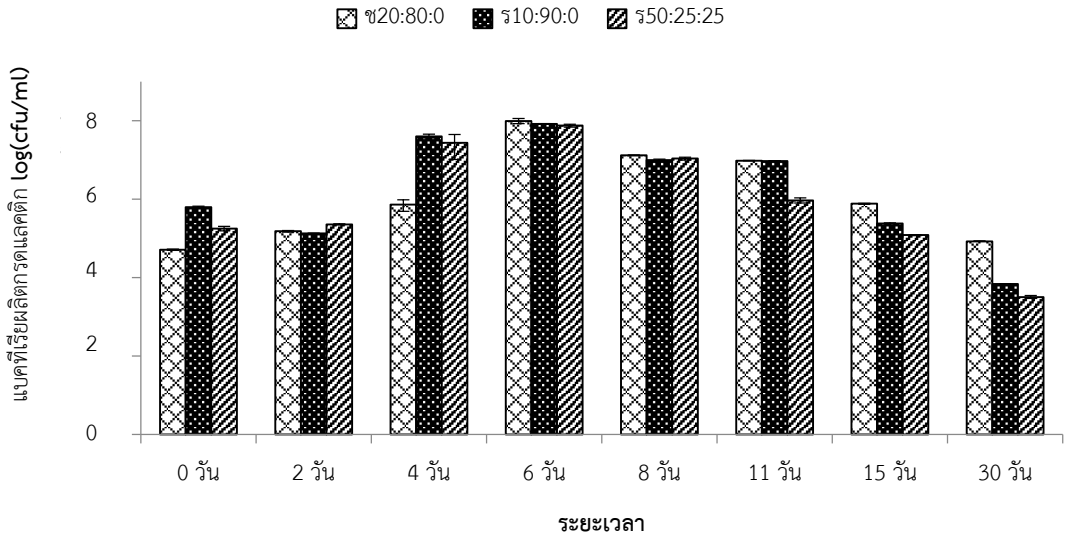
เมื่อพิจารณาค่าซีโอดีกรองในน้ำหมัก พบว่า น้ำหมักที่ผลิตในอัตราส่วนตะกอนชุมชน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 20:80:0 มีค่าซีโอดีกรองสูงที่สุด 48,000 มก./ล. ซึ่งหมายถึงมีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำหมักสูงและเป็นอาหารสำหรับจุลินทรีย์ในระบบสอดคล้องกับปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดสูงถึง 1.83×10^8 CFU/ml ในวันที่ 6 รองลงมา คือ น้ำหมักที่ผลิตในอัตราส่วนตะกอนโรงงาน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 50:25:25 มีค่าซีโอดีกรอง 42,000 มก./ล. ให้มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ 1.82×10^8 CFU/ml



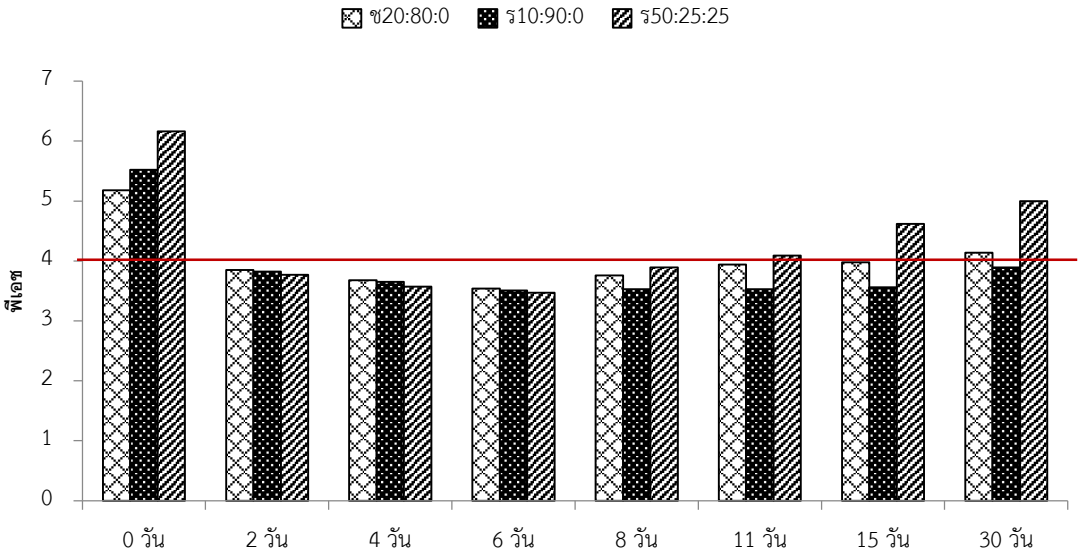
รูปที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์

2) การเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียผลิตแลคติก

จากการทดลอง พบว่า จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียผลิตแลคติกของน้ำหมักชีวภาพ มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วง 4-6 วันแรกของการหมัก และลดจำนวนลงเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 11 ของการหมัก จนเริ่มคงที่จนสิ้นสุดระยะเวลาในการหมัก เนื่องจากในช่วงแรกแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก จะสามารถใช้สารอินทรีย์ในการเจริญทำให้มีการสร้างกรดแลคติกขึ้นในน้ำหมัก (นวรัตน์ รัตนดิลก ณ ภูเก็ต) อีกทั้งในการย่อยสลายกรดแลคติกทำให้เกิดกรดโพรไพออนิก และกรดอะซิติก ซึ่งส่งผลให้มีกรดอินทรีย์ระเหยง่ายในปริมาณที่สูงในระยะเวลาหมักช่วงแรก แต่เมื่อระยะเวลาหมักเพิ่มขึ้นสารอินทรีย์ลดลง จำนวนแบคทีเรียผลิตแลคติกลดลง ดังนั้น ส่งผลให้ปริมาณกรดอินทรีย์ระเหยง่ายลดลงตามไปด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.27 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอช ในรูปที่ 4.28 จะพบว่า มีแนวโน้มสอดคล้องกันคือที่ค่าพีเอชต่ำจะมีจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียผลิตแลคติก ในปริมาณมากตามไปด้วย



รูปที่ 4.27 การเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์

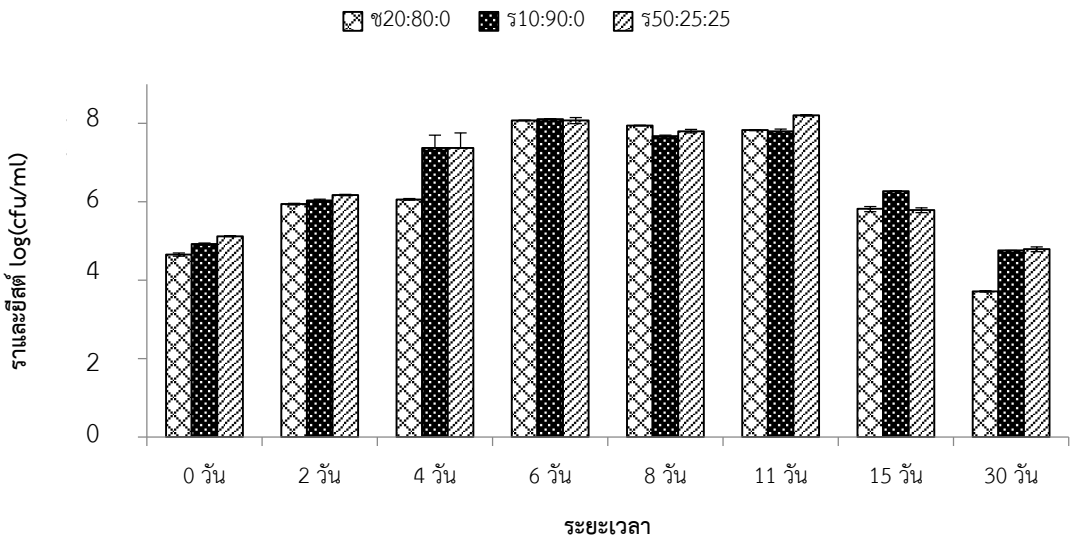


รูปที่ 4.28 การเปลี่ยนแปลงของพีเอชในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์

3) การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และรา

จากการทดลอง พบว่า น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบน้ำเสียชุมชน ที่อัตราส่วน 20:80:0 มีปริมาณยีสต์และรามากที่สุด เพราะวัสดุหมักที่ใช้ไม่มีส่วนผสมของเซลลูโลส ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ โดยจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตั้งแต่ใน

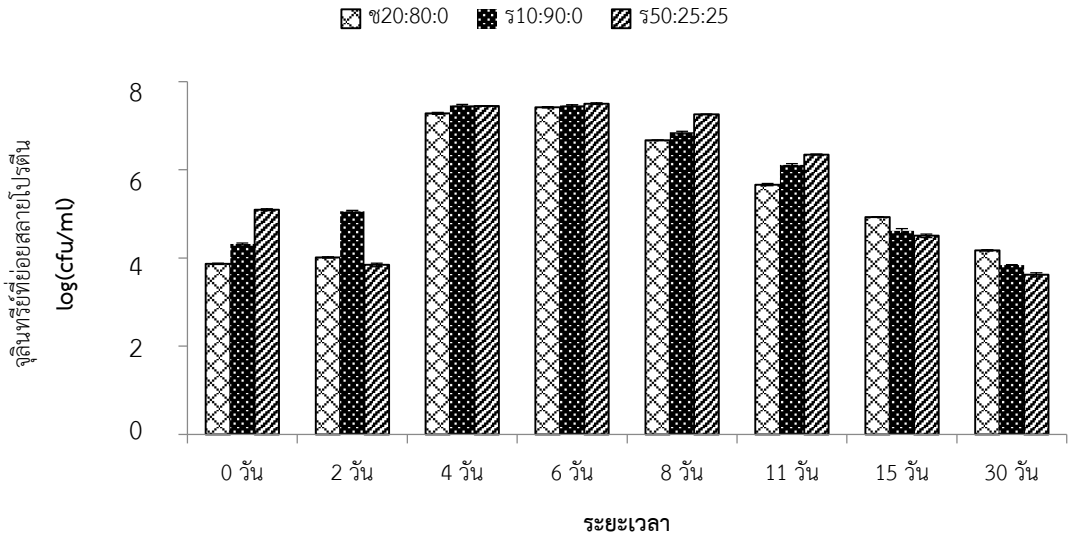
ระยะหมักวันแรก และจะคงที่อยู่ในน้ำหมักยาวนานถึง 15 วันจึงค่อยๆ ลดลง อาจเนื่องจากในสถาวะการหมักไม่เหมาะสม เพราะในระยะเวลาหมักในช่วงแรกกิจกรรมการย่อยของยีสต์และราจะปลดปล่อยกรดอินทรีย์ออกมาทำให้พีเอชต่ำ แต่เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นผลพลอยได้จากเมตาบอลิซึมของยีสต์จะเปลี่ยนพวกน้ำตาลให้เป็นเอทานอล (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2528) โดยจากงานวิจัยของ Wang และคณะ (2009) พบว่า ความเข้มข้นของเอทานอลที่สูงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 การเปลี่ยนแปลงของราและยีสต์ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์

4) จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน

จากการทดลอง พบว่า จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วง 1-6 วันแรกของการหมัก และลดจำนวนลดลงเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 11 ของการหมัก จนเริ่มคงที่จนสิ้นสุดระยะเวลาในการหมัก โดยพบว่า น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบน้ำเสียโรงงาน ในอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงาน:เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 50:25:25 มีปริมาณสูงที่สุด เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน มีการย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ทำให้เกิดแอมโมเนีย ส่งผลให้น้ำหมักมีปริมาณไนโตรเจนที่สูงตามไปด้วย อีกทั้งในน้ำหมักมีปริมาณแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่เกิดขึ้นในระบบมีค่อนข้างมาก จึงส่งผลให้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ย่อยโปรตีนได้ จึงทำให้น้ำหมักมีจำนวนจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน ในปริมาณที่ค่อนข้างน้อย (สุมาลี เหลืองสกุล, 2527) ดังแสดงในรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 การเปลี่ยนแปลงของ จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีน ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์

4.3.1.3 สรุปการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพกับคุณภาพน้ำหมัก

จากผลการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชุดการทดลอง เห็นได้ว่ามีแนวโน้มและจำนวนจุลินทรีย์ใกล้เคียงกัน เพราะจากการเลือกชุดการทดลองที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 4 เหมือนกัน จึงส่งผลให้จุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพมีการทำงานที่เหมือนกันในทุกชุดการทดลอง โดยที่ระยะเวลาการหมัก 15-30 วัน ปฏิกิริยาจะสิ้นสุดลง เนื่องจากจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจะลดจำนวนลงจนใกล้เคียงกับตอนเริ่มต้นการทดลอง

4.4 การทดลองที่ 3 การทดลองใช้น้ำหมักชีวภาพในการปลูกต้นดาวเรือง เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากตะกอนสลัดจ์ โดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 1:500 และ 1:1000

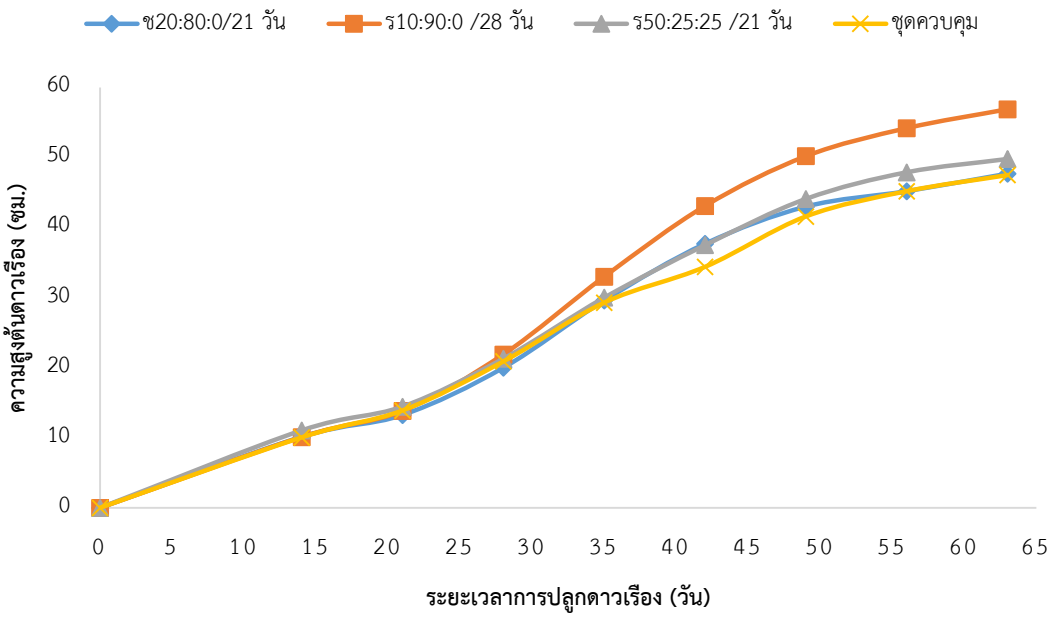
4.4.1 การศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพและการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง

จากผลการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพในส่วนที่ 1 พบว่า อัตราส่วนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศของกรมพัฒนาที่ดิน ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม คือ อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์:เศษอาหาร:เศษผักเท่ากับ 20:80:0 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน และน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบน้ำเสีย

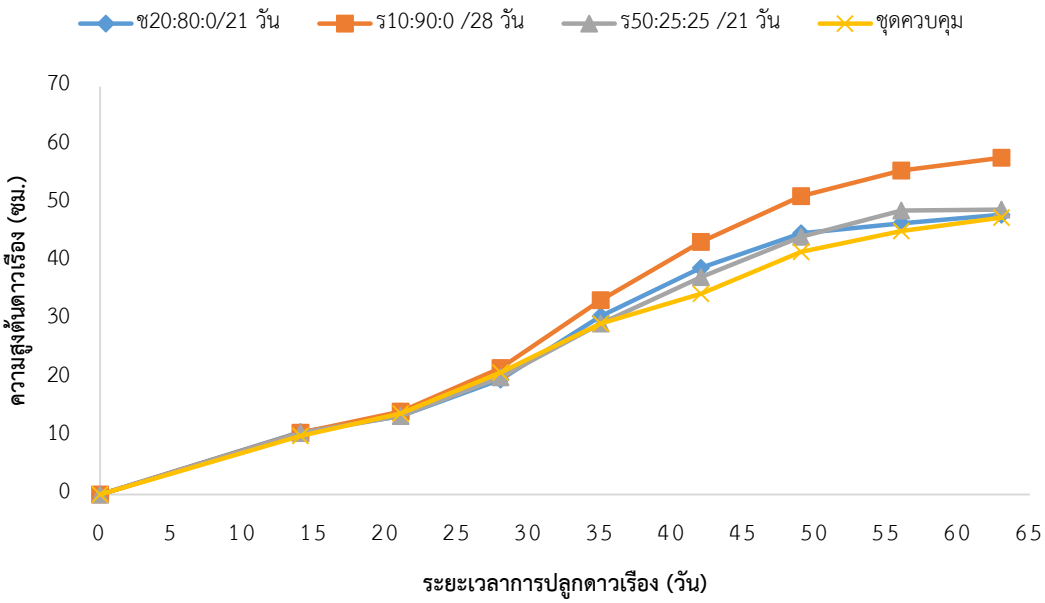
โรงงานโอเลฟินส์ ในอัตราส่วน 10:90:0 และ 50:25:25 ที่ระยะเวลาหมัก 28และ 21 วัน ตามลำดับ จากนั้นนำน้ำหมักชีวภาพที่ได้ไปทดสอบการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง

1) ผลการเจริญเติบโตของดาวเรืองด้านความสูง

จากการทดลองความสูงของต้นดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ที่ความเข้มข้น 1:500 และ 1:1000 พบว่า ความสูงของต้นดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ในอัตราส่วน 10:90:0 ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน มีแนวโน้มความสูงกว่าน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ในอัตราส่วนต่างๆ โดยที่ระดับความเข้มข้น 1:500 และ 1:1000 มีความสูงเฉลี่ยที่ 56.9 และ 57.8 เซนติเมตร รองลงมา คือ น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ในอัตราส่วน 50:25:25 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน โดยที่ระดับความเข้มข้น 1:500 และ 1:1000 มีความสูงเฉลี่ยที่ 49.8 และ 48.9 เซนติเมตร และตะกอนสลัดจ์ชุมชนในอัตราส่วน 20:80:0 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน ซึ่งมีความสูงใกล้เคียงกับชุดควบคุม โดยที่ระดับความเข้มข้น 1:500 และ 1:1000 มีความสูงเฉลี่ยที่ 47.7 และ 48 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.31 และ 4.32



รูปที่ 4.31 ความสูงของดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้น 1:500



รูปที่ 4.32 ความสูงของดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้น 1:1000

2) ผลการเจริญเติบโตของดาวเรืองด้านจำนวนดอก

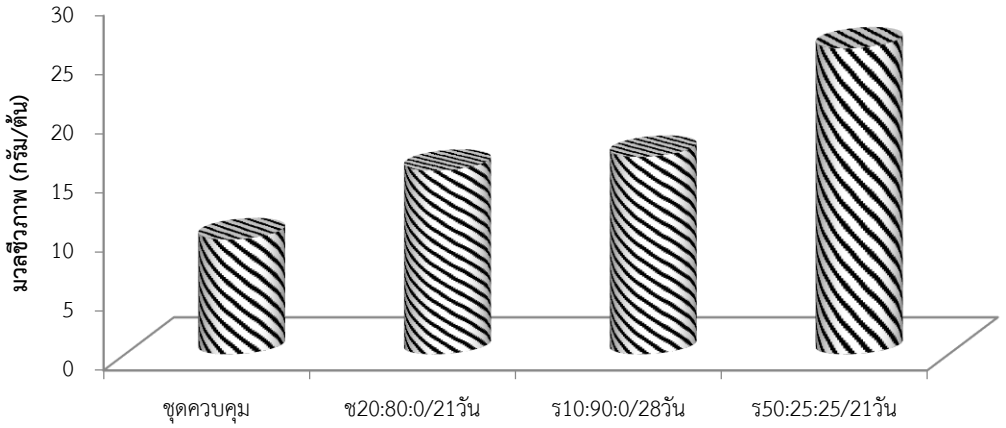
จากตารางที่ 4.5 พบว่า ดาวเรืองอายุ 5 สัปดาห์ ในชุดควบคุมมีการออกดอกเร็ว แต่ดาวเรืองที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์น้ำเสียชุมชนหนองแขมอัตราส่วน 20:80:0 และน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์อัตราส่วน 10:90:0 และ 50:25:25 จะออกดอกเมื่อดาวเรืองอายุ 6 สัปดาห์ เนื่องจากในชุดควบคุมมีปริมาณธาตุอาหารน้อย ซึ่งไม่เพียงพอที่ดาวเรืองจะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ดาวเรืองจึงหยุดการเจริญเติบโตและเข้าสู่กระบวนการออกดอก แต่เมื่อพิจารณาจำนวนดอกดาวเรืองจะพบว่า น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์น้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์อัตราส่วน 50:25:25 ที่ระดับความเข้มข้น 1:500 จะให้จำนวนปริมาณดอกสูงสุด อาจเพราะนอกจากธาตุอาหารที่เพียงพอแล้ว ดาวเรืองยังต้องการฮอร์โมนพืชในการช่วยผลิตดอกอีกด้วย ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.5 ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเพิ่มจำนวนของดอกดาวเรือง

อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์:เศษอาหาร:เศษผัก	จำนวนดอกดาวเรือง/ต้น					
	ความเข้มข้น	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	รวม
ชุดควบคุม		1	0.4	0.7	0	2.1
ช20:80:0	1:500	-	1.8	1.2	0.3	3.3
	1:1000	-	2.8	1.4	0.3	4.5
ร10:90:0	1:500	-	2.4	1.2	0.6	4.2
	1:1000	-	1.6	1.6	0.3	3.5
ร50:25:25	1:500	-	2.6	1.6	0.5	4.7
	1:1000	-	1.6	2.2	0.5	4.3

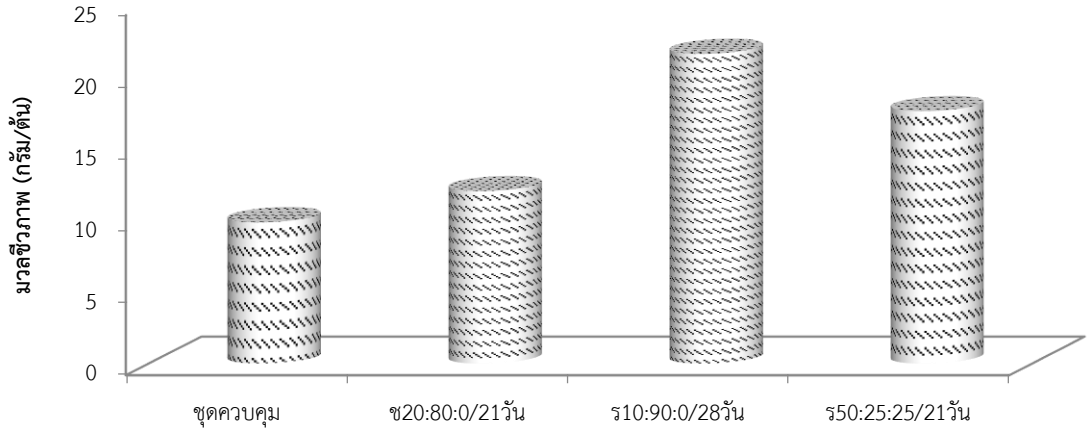
3) มวลชีวภาพของดาวเรือง

จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านชีวมวล หลังจากปลูกดาวเรืองครบ 8 สัปดาห์ โดยใส่น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ที่ความเข้มข้น 1:500 พบว่า มวลชีวภาพของต้นดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ในอัตราส่วน 50:25:25 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน มีมวลชีวภาพที่สูงที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 มวลชีวภาพของดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้น 1:500

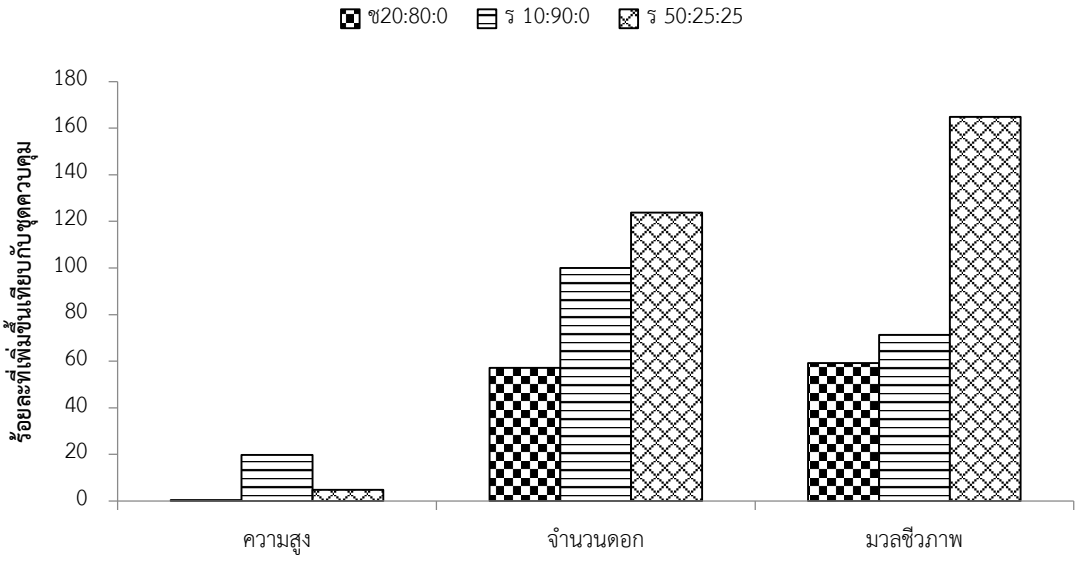
จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านชีวมวล หลังจากปลูกดาวเรืองครบ 8 สัปดาห์ โดยใส่น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ที่ความเข้มข้น 1:1000 พบว่า มวลชีวภาพของต้นดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ในอัตราส่วน 10:90:0 ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน มีมวลชีวภาพที่สูงที่สุด



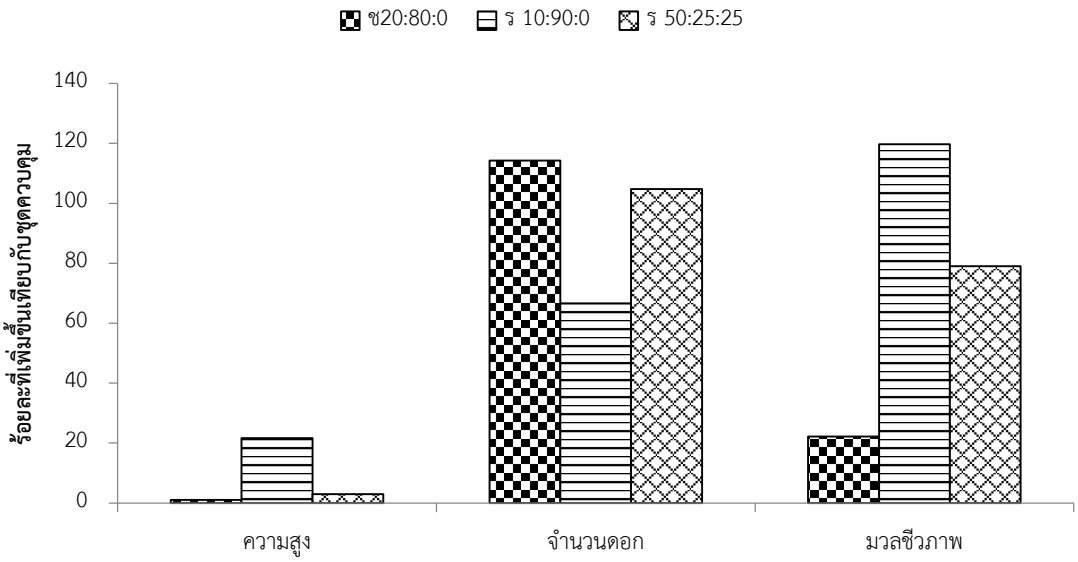
รูปที่ 4.34 มวลชีวภาพของดาวเรืองที่ใส่น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้น 1:1000

3) สรุปผลการใช้น้ำหมักชีวภาพในการปลูกดาวเรือง

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองในด้านความสูง จำนวนดอกและมวลชีวภาพจากการใช้น้ำหมักชีวภาพจากตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม พบว่า น้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 ชุดการทดลองช่วยเพิ่มมวลชีวภาพของดาวเรืองได้ดี โดยนำไปเจือจางที่ 1:500 ก่อนใช้ พบว่า ชุดการทดลอง ร 10:90:0 ต้นดาวเรืองมีความสูงและมวลชีวภาพสูงกว่าชุดควบคุมร้อยละ 19.78 และ 164.77 ตามลำดับ โดยมีจำนวนดอกสูงกว่าชุดควบคุมร้อยละ 100 ส่วนในชุดการทดลอง ร 50:25:25 และ ช 20:80:0 แม้ความสูงจะไม่เพิ่มขึ้นแต่จำนวนดอกเพิ่มขึ้นและมวลชีวภาพมีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 4.35 เช่นเดียวกับในการนำไปเจือจางที่ 1:1000 ก่อนใช้ พบว่า ชุดการทดลอง ร 10:90:0 ต้นดาวเรืองมีความสูงและมวลชีวภาพสูงกว่าชุดควบคุมร้อยละ 21.68 และ 119.71 ตามลำดับ โดยมีจำนวนดอกสูงกว่าชุดควบคุมร้อยละ 66.67 ดอก ส่วนในชุดการทดลอง ร 50:25:25 และ ช 20:80:0 แม้ความสูงจะไม่เพิ่มขึ้นแต่จำนวนดอกเพิ่มขึ้นและมวลชีวภาพมีค่าสูงขึ้น ดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.35 ความสูง จำนวนดอก และมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นเทียบกับชุดควบคุมเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้น 1:500



รูปที่ 4.36 ความสูง จำนวนดอก และมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นเทียบกับชุดควบคุมเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้น 1:1000

(**ก**) ต้นกล้าดาวเรืองก่อนลงปลูก อายุ 2 สัปดาห์

(ข) ต้นดาวเรืองอายุ 2 สัปดาห์

(ค) ต้นดาวเรืองอายุ 4 สัปดาห์

(ง) ต้นดาวเรืองอายุ 3 สัปดาห์

(จ) ต้นดาวเรืองอายุ 7 สัปดาห์

(ฉ) ต้นดาวเรืองอายุ 6 สัปดาห์

รูปที่ 4.37 การเจริญเติบโตของดาวเรือง

4.4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำหมักชีวภาพ

1) จุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรค

จากการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่เป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ในอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงานต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 50:25:25 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน พบว่า ไม่พบจุลินทรีย์บ่งชี้การปนเปื้อน ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรค

ตัวอย่าง	จุลินทรีย์บ่งชี้การปนเปื้อน	ผล (หน่วย)
อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงาน: เศษอาหาร:เศษผัก เท่ากับ 50:25:25	1. *Salmonella* spp	Not detected
	2. Coliform	< 0.3 MPN/ml
	3. Fecal Streptococcus	< 0.3 MPN/ml

2) ปริมาณฮอร์โมนพืช

จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืช ได้แก่ ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ในอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงานต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 50:25:25 ที่ระยะเวลาหมัก 7 21 และ28 วัน พบว่า ชนิดฮอร์โมนที่เกินมาตรฐานตามกรมพัฒนาที่ดินกำหนด คือ ปริมาณไซโตไคนิน ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฮอร์โมนพืชในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงานต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 50:25:25

ฮอร์โมนพืช (มก./ล.)	7 วัน	21 วัน	28 วัน	มาตรฐาน กรมพัฒนาที่ดิน
ออกซิน	Not detected	0.012	0.025	> 0.1
จิบเบอเรลลิน	Not detected	Not detected	0.09	> 5.00
ไซโตไคนิน	0.315	0.69	1.667	> 1.00

4.5 การเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

ในปัจจุบันน้ำหมักชีวภาพนับว่าเริ่มเป็นที่ได้รับความนิยมทางการเกษตร เนื่องจากทำได้ง่าย ลงทุนน้อยและสามารถใช้วัสดุได้หลากหลายชนิดตามที่มีอยู่ในแต่ละท้องถิ่นนั้นๆ แต่มาตรฐานน้ำหมักชีวภาพยังไม่มีหน่วยงานใดกำหนดค่ามาตรฐานที่แน่ชัด มีเพียงมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำชนิดของเหลวเท่านั้น ที่เพียงพอจะนำมาเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพ เพื่อที่จะสามารถนำน้ำหมักชีวภาพไปใช้ในทางการเกษตรต่อไป ดังนั้น ในงานวิจัยต่างๆ จึงได้ทำการวิเคราะห์เพียงบางพารามิเตอร์ที่จำเป็นเท่านั้นเน้นธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โดยงานวิจัยส่วนใหญ่คุณภาพของน้ำหมักชีวภาพจะไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากไม่เคยมีมาตรฐานกำหนดไว้เกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพ มีเพียงมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลวเท่านั้นซึ่งส่วนใหญ่พารามิเตอร์ที่ไม่ได้ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำ คือ พีเอช และบางงานวิจัยไม่มีการตรวจสอบดัชนีการงอกของเมล็ด

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพ

งานวิจัย	วัสดุหมัก	pH[3] (<4)	EC[1] (<10)	C:N[2] (<20:1)	N	P	K	NPK[1] (1.5%)	GI[2] (>80%)
อภิญญา แสงสุวรรณ (2546)	เศษผัก	4.54	-	-	0.12	0.02	0.20	0.34	-
รวมพร มูลจันทร์ (2547)	เศษผัก	-		-	0.31	0.04	2.86	3.21	-
	เศษปลา	-		-	0.77	0.27	3.35	4.39	-
	เศษอาหาร	-		-	0.37	0.07	2.64	3.08	-
ศุภัชญา ชนชนะชัย (2550)	ผักบุ้ง	4.35	4.71	7.16	0.57	0.13	0.47	1.17	94.1
	สับปะรด	4.51	3.02	11.99	0.34	0.10	0.46	0.90	100
	เศษปลา	6.45	5.75	2.64	1.29	0.44	0.50	2.23	100
Sudarut และคณะ (2010)	เศษปลา	4.98	5.37	57.41	0.92	0.90	5.46	7.28	113
	สับปะรด	3.57	0.36	445.97	0.12	0.31	2.73	3.16	97
กรมพัฒนาที่ดิน (2547)	เศษปลา	4.4	21.60	-	0.38	1.12	1.03	2.53	-
	เศษผัก	4.3	15.93	-	0.14	0.30	0.04	0.48	-
	เศษผลไม้	3.6	3.78	-	0.27	0.05	0.67	0.99	-
	หอยเชอรี่	4.6	29.18	-	0.35	0.25	0.85	1.45	-

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพ (ต่อ)

งานวิจัย	วัสดุหมัก	pH[3] (<4)	EC[1] (<10)	C:N[2] (<20:1)	N	P	K	NPK[1] (1.5%)	GI[2] (>80%)
กรมวิชาการเกษตร (2547)	พืช	3.3-5.1	0.12-8.54	-	0.05-1.65	0.01-0.59	0.02-1.89	-	-
	ปลา	3.6-6.2	3.1-33.8	-	0.32-2.0	0.01-3.74	0.38-1.72	-	-
	หอย	3.4-8.4	0.24-10.92	-	0.28-1.29	0.003-0.35	0.04-1.53	-	-
	ผสม	3.7-9.0	0.63-12.52	-	0.06-1.82	0.01-3.41	0.02-4.93	-	-
งานวิจัยนี้	ช20:80:0	3.95	8.19	2.93	0.43	0.06	1.15	1.64	82.76
	ร10:90:0	3.89	7.17	3.27	0.44	0.04	1.24	1.72	108.57
	ร50:25:25	3.98	9.16	2.42	0.66	0.07	0.78	1.51	89.55
	ร 20:80:0	4.01	8.91	3.77	0.53	0.05	1.13	1.71	107.62

หมายเหตุ [1] มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลวของกรมวิชาการเกษตร

[2] มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร

[3] มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมพัฒนาที่ดิน

เมื่อนำผลการทดลองที่ดีที่สุด 4 อัตราส่วนที่ได้จากงานวิจัยมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ จะเห็นว่าวัสดุหมักที่ใช้เศษผักจะมีปริมาณธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ชนิดค่อนข้างต่ำ ส่วนวัสดุหมักที่ใช้เศษปลา หอย และเศษอาหาร มีปริมาณธาตุอาหารหลักที่สูงกว่าผัก อีกทั้งในการวิจัยนี้พบว่า ที่อัตราส่วนที่ดีที่สุด 4 อัตราส่วนเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ จะเห็นว่าตะกอนสลัดจ์สามารรถช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้สูงขึ้นส่วนปริมาณฟอสฟอรัสกับโพแทสเซียมมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยคนอื่นๆ

4.6 การนำไปใช้งานจริง

ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพโดยการใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม พบว่า มี 3 อัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ เพื่อใช้ในการเกษตร ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์น้ำเสียชุมชนหนองแขม โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 20 มีอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 20:80:0 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน พิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ ร้อยละ 0.43 0.06 และ 1.15 ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักรวมเป็นร้อยละ 1.64 ดัชนีการงอกที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 80 และเมื่อทดสอบการนำไปปลูกดาวเรือง พบว่า ที่น้ำหมักระดับความเข้มข้น 1:500 มีมวลชีวภาพของต้นดาวเรืองสูงกว่าชุดควบคุมร้อยละ 59.23 และจำนวนออกดอกสูงกว่าชุดควบคุมร้อยละ 57.14

2) น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์น้ำเสียโรงงานโดยใช้ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 10 มีอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 10:90:0 ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน พิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ ร้อยละ 0.44 0.04 และ 1.24 ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักรวมเป็นร้อยละ 1.72 ดัชนีการงอกที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 80 และเมื่อทดสอบการนำไปปลูกดาวเรือง พบว่า ที่น้ำหมักระดับความเข้มข้น 1:500 มีความสูงมวลชีวภาพและจำนวนดอกของต้นดาวเรืองสูงกว่าชุดควบคุมร้อยละ 19.78 100 และ 71.23 ตามลำดับ

3) น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์น้ำเสียโรงงานโดยใช้ตะกอนสลัดจ์ร้อยละ 50 มีอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 50:25:25 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน พิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ ร้อยละ 0.66 0.07 และ 0.78 ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักรวมเป็นร้อยละ 1.51 ดัชนีการงอกที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งถือได้ว่าได้ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่เป็นของเหลว และเมื่อทดสอบการนำไปปลูกดาวเรือง พบว่า ที่น้ำหมักระดับความเข้มข้น 1:500 มีความสูงมวลชีวภาพและจำนวนดอกของต้นดาวเรืองสูงกว่าชุดควบคุมร้อยละ 4.84 164.77 และ 123.81 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการผลิตน้ำหมักในอัตราส่วนนี้เป็นการผลิตน้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากเป็นการกำจัดตะกอนสลัดจ์ที่ได้ปริมาณมากและยังสามารถนำไปใช้ในทางการเกษตรได้จริง อีกทั้งยังมีการตรวจพบฮอร์โมนพืช ได้แก่ ออกซิน และไซโตไคนิน และไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค 3 ชนิด คือ *Salmonella* spp. Coliform และ Fecal Streptococcus เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของน้ำชะโลหะหนักของตะกอนสลัดจ์โรงงานยังพบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์น้ำของกรมพัฒนาที่ดิน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำตะกอนสลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพระบบแอกติเวทเต็ดสลัดจ์ จากแหล่งกำเนิด 2 แห่ง คือ จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขมและระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ ทำการหมักรวมกับวัสดุหมัก คือ เศษอาหารและเศษผัก โดยศึกษาปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของกระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากตะกอนสลัดจ์ของระบบบำบัดน้ำเสียและคุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพที่ได้เปรียบเทียบกับมาตรฐานกรมพัฒนาที่ดิน

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. การศึกษาผลของอัตราส่วนของตะกอนสลัดจ์ของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขมโดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในร้อยละ 10 20 และ 50 ต่อวัสดุหมัก คือ เศษอาหาร และเศษผัก พบว่า อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหารต่อเศษผัก ที่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำหมักชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดินที่กำหนด คือ น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตในอัตราส่วน 20:80:0 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน โดยมีค่าพีเอช 3.95 ค่าการนำไฟฟ้า 8.19 เดซิซีเมนส์/เมตร ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ ร้อยละ 0.43 0.06 และ 1.15 ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักรวมเป็นร้อยละ 1.64

2. การศึกษาผลของอัตราส่วนของตะกอนสลัดจ์ของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในร้อยละ 10 20 และ 50 ต่อวัสดุหมัก คือ เศษอาหารและเศษผัก พบว่า อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ต่อเศษอาหารต่อเศษผัก ที่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำหมักชีวภาพของกรมพัฒนาที่ดินที่กำหนด คือ น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตในอัตราส่วน 10:90:0 ที่ระยะเวลาหมัก 28 วัน โดยมีค่าพีเอช 3.89 ค่าการนำไฟฟ้า 7.17 เดซิซีเมนส์/เมตร ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ ร้อยละ 0.44 0.04 และ 1.24 ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักรวมเป็นร้อยละ 1.72 และน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตในอัตราส่วน 50:25:25 ที่ระยะเวลาหมัก 21 วัน โดยมีค่าพีเอช 4.00 ค่าการนำไฟฟ้า 9.16 เดซิซีเมนส์/เมตร ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ ร้อยละ 0.66 0.07 และ 0.78 ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบรวมของธาตุอาหารหลักรวมเป็นร้อยละ 1.51

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โดยวิเคราะห์หาจุลินทรีย์ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรีย จุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติก จุลินทรีย์ที่ย่อยสลาย

แป้ง โปรตีน และกลุ่มยีสต์ พบว่า ในชุดการทดลองทั้ง 3 อัตราส่วน มีปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำหมักจะมีปริมาณสูงที่ช่วงเวลา 4-8 วันของการหมัก และจะค่อยๆลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาหมัก โดยในวันแรกของการหมักและวันสุดท้ายจะมีปริมาณจุลินทรีย์ในระบบใกล้เคียงกัน

4. การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง ในด้านความสูง จำนวนดอกและมวลชีวภาพจากการใช้น้ำหมักชีวภาพจากตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม พบว่า อัตราส่วนที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพได้ทั้ง 3 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชนต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 20:80:0 และอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงานต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 10:90:0 และ 50:25:25 เนื่องจากช่วยเพิ่มมวลชีวภาพให้แก่ต้นดาวเรือง

5. ไม่พบจุลินทรียที่ก่อให้เกิดโรคแต่มีปริมาณฮอร์โมนพืชต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ในการนำตะกอนสลัดล์จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์มาใช้เป็นวัสดุหมักร่วมในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งการกำจัดตะกอนสลัดจ์โดยนำมาใช้เป็นวัสดุในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ จัดเป็นอีกหนึ่งวิธีที่จะช่วยลดปริมาณของเสีย อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในการช่วยการปลูกพืชดอกได้อีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การทดลองผลิตน้ำหมักชีวภาพ ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายที่เกิดขึ้นภายในถังหมัก

2. ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดของกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในน้ำหมักชีวภาพระหว่างช่วงระยะเวลาการในการหมัก

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัญญา คำบุญเรือง. 2552. การมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะมูลฝอย : กรณีศึกษาเทศบาลเทศบาลตำบลแม่ขะจาน อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. ปริมาณมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ปี พ.ศ.2548-2553 [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_wastethai48_53.html [2555. 20 มีนาคม]

ชวนพิศ อรุณรังสิกุล, ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล, รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์กุล และธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์. 2553.คุณภาพน้ำหมักและองค์ประกอบ. สถาบันวิจัยและพัฒนาฯ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ไชยวัฒน์ ไชยสุต. 2550. น้ำหมักชีวภาพ เทคโนโลยีเพื่อความพอเพียง สู่นวัตกรรมเพื่อสุขภาพชุมชนที่ยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ปทุมธานี.

นันทวัน ฤทธิ์เดช. 2549. การเปลี่ยนแปลงกลุ่มของจุลินทรีย์ในระหว่างการหมักปุ๋ยน้ำชีวภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นุสรา หัวไผ่. 2544. ผลของน้ำหมักชีวภาพจากหอยเชรี่และกากถั่วเหลืองต่อการเจริญเติบโตและออกดอกของดาวเรือง. ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต. ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บริษัท ไทยโอเลฟินส์ จำกัด (มหาชน). 2548. รายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการลดผลกระทบและมาตรการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม. บริษัท ปตท. เคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขาถนนไอ-สี่. ระยอง.

ประริญารำไพ. 2546. การศึกษาศักยภาพกากตะกอนน้ำเสียอุตสาหกรรมประเภทอนินทรียสารเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต.สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปรากรม ประยูรรัตน์ และยุพา แดงหนองแปน. 2549. ผลความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาว. ฉบับที่ 1. หน้าที่ 78-85. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 11.

ปิยะ ดวงพัตรา.2553.สารปรับปรุงดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์. 2528. จุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์เกษตร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พัฒนาที่ดิน.กรม. 2547.การประเมินผลปุ๋ยอินทรีย์น้ำโดยใช้สารเร่ง พด.2 ของเกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้ พ.ศ. 2547.(พิมพ์ดีด). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

พัฒนาที่ดิน. กรม. 2554. ผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีชีวภาพกรมพัฒนาที่ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.กรุงเทพฯ.

พงษ์ พฤกษา.2553. ปุ๋ยและน้ำสกัดชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 5.สำนักพิมพ์นีออนบุ๊คมีเดีย. กรุงเทพฯ.

พจณีย์ ไม้หอม. 2552. ผลของน้ำหมักอินทรีย์ต่อมวลชีวภาพ กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและการเจริญเติบโตของคะน้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิสิฐ ศรีสุริยจันทร์, สร้อยสอางค์ ก๋าเปา, นริศรา จึงพัฒนา, ดารุณี กาติ๊บ, ภุชงค์ อังศธรรมรัตน์ และ สุรธีร์ เฟื่องฟุ้ง. 2555.การบำบัดของเสียที่เป็นของเหลวจากอุตสาหกรรมเกษตร [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.agro.cmu.ac.th/e_books/602472/E-learningPdf/phisit1.pdf. [10 มีนาคม 2555].

รวมพร มูลจันทร์. 2546. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมัก (ปุ๋ยน้ำชีวภาพ) จากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม้โจ้.

วิชาการเกษตร. กรม. 2547. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ น้ำหมักชีวภาพ. ตอนที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.

วิชาวุธ พงศ์ธำรง. 2545. การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาหารกระป๋องเป็นวัสดุปลูกต้นบานชื่นและดาวเรือง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วิมลวรรณ หวังรุ่งทรัพย์. 2551. การบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยน้ำหมักชีวภาพ. ปริญญาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิศัลยา สงแจ้ง. 2553. กระบวนการกำจัดขยะอินทรีย์ของเทศบาลตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่. รายงานการศึกษาอิสระปริญญารัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศิวรินทร์ ดวงแก้ว และ เอกดนัย วุฒิ. 2552. การผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพจากเศษพืชผักผลไม้เพื่อเร่งการเจริญเติบโตและการออกดอกของดาวเรือง. ปริญญาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภัชญาชนชนะชัย. 2550. การใช้น้ำกากส่าของโรงงานสุราในการทำน้ำสกัดชีวภาพ.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต.ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์บริการร่วมกรมส่งเสริมการเกษตร. ดาวเรือง[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.servicelink.doae.go.th/webpage/book%20PDF/flower/f005.pdf. [10 มีนาคม 2555]

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2548. การผลิตพลังงานทดแทนจากของเหลือทิ้งชีวมวล(การผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะชุมชน).(พิมพ์ดีด). สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์.2552. ระบบบบำบัดน้ำเสีย : การเลือกใช้ การออกแบบ การควบคุม และการแก้ปัญหา. สำนักพิมพ์ท้อป. กรุงเทพฯ

สมชาย เชื้อวัชรินทร์. 2542. การพัฒนาการเลี้ยง LACtic acid bacteria ที่ความเข้มข้นสูงโดยเทคนิคการควบคุมเมตาบอลิสม. สำนักงานกองทุนวิจัย. กรุงเทพฯ.

สุธีรา สุนทรารักษ์.2553.การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักจากเศษอาหารร่วมกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. ครั้งที่ 48. หน้าที่ 173-180. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

สุมารี เหลืองสกุล. 2527. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. กรุงเทพฯ.

สุรีย์ บุญญานุพงศ์ และณัษฐพงศ์ วรรณวิจิตร. 2551. คู่มือการจัดการน้ำเสีย.[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.sri.cmu.ac.th/~srilocal/water/mainpage.htm.[13 กุมภาพันธ์ 2555]

สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ. 2551. โรงควบคุมคุณภาพน้ำหนองแขม [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://dds.bangkok.go.th/nong_k.htm.[18 มีนาคม2555]

อภิญญา แสงสุวรรณ. 2546. การผลิตปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุษณีย์ อุยะเสถียร, สิริพร เอกวรานุกูลศิริ และ ปพิชญา ศรีเทพ. 2552. การศึกษาลักษณะสมบัติและความเป็นพิษต่อพืชของกากตะกอนน้ำเสียชุมชนเพื่อนำไปใช้ในการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ภาษาอังกฤษ

Adhikari, K. B., Barrington, S., Martinez, J. and King, S. 2008. Characterization of food waste and bulking agents for composting. Waste management. 28: 795-804.

Dao, V. T.and Kim, J. K. 2011. Scaled-up bioconversion of fish waste to liquid fertilizer using a 5 L ribbon-type reator. Journal of Environmental Management. 92: 2441-2446.

Hornick, S. B., L. J. Sikora, S.B. Sterrett, J. J. Murray, P. D. Millner, W. D. Burge, D. Colacicco, J. F. Parr, R. L. Chaney and G. B. Willson. 1984. Utilization of sewage sludge compost as a soil conditioner and fertilizer for plant growth. Agric.Info. Bull. No.464. U.S.D.A, Beltsvile, Maryland, 32 pp.

Kim, J. K., Dao, V. D., Kong, I. S.and Lee, H. H. 2010. Identification and characterization of microorganisms from earthworm viscera for the conversion of fish wastes into liquid fertilizer. Bioresource Technology. 101: 5131-5136.

Lu, Y., Wu, X.and Guo, J. 2009. Characteristics of municipal solid waste and sewage sludge co-compostiong. Waste Management. 29: 1152-1157.

Mahmood, T., Ur Rehman, S. M., Cheema, U. I.and Bangash, N. 2012. Biosynthesis of Enzyme Ionic Plasma for Wastewater Treatment using Fruit and Vegetable Waste. International journal of agriculture & biology. 12 2:194–198.

Piadang. S. and N. Suddhapreda. 1992. Evaluation of components in sludge. Paper presented at the 4th steering committee meeting between OAEP and JAERI, 8-10 July, 1992. Office of Atomic Energy for Peace. 19 p.

Tripetchkul, S., Kusuwanwichid, S., Koonsrisuk, S., & Akeprathumchai, S. (2010). Utilization of wastewater originated from naturally fermented virgin coconut oil manufacturing process for bioextract production: Physico-chemical and microbial evolution. Bioresource Technology, 101(16), 6345-6353.

Zhou, C., Wang, R. and Zhang, Y. 2010. Fertilizer efficiency and environment risk of irrigating lmpatiens with composting leachate in decentralized solid waste management. Waste management. 30: 1000-1005

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การคำนวณวัสดุหมัก

ภาคผนวก ก.1 การคำนวณหาการวิเคราะห์ความชื้นของวัสดุหมัก

วิธีการ

1. นำถ้วยอบตัวอย่างเข้าตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 103-105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำออกใส่โถดูดความชื้นและทิ้งให้เย็นอย่างน้อย 2 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผล
2. ชั่งตัวอย่างน้ำหมักชีวภาพ จำนวน 5.xxxx ในถ้วยอบ แล้วบันทึกผลน้ำหนัก
3. นำไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 103 – 105 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่
4. นำตัวอย่างที่อบแล้วใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

การคำนวณ

ร้อยละความชื้น

$$= \frac{\left((\text{น้ำหนักถ้วยอบ}+\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ})-(\text{น้ำหนักถ้วยอบ}+\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})\right)\times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

การคำนวณหาปริมาณวัสดุหมัก

1. ปริมาณวัสดุหมักของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

1.1 โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในร้อยละ 10 รวมกับวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาการ และเศษผัก

1.1.1 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.1 กก.นน.แห้ง และใช้เศษอาหาร 0.9 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม ร้อยละ 78.57
น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-78.57 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก
น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 4.67 กก.น้ำหนักเปียก
ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.1 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 0.47 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29
น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก
น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก
ดังนั้น จะใช้ 0.9 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 2.16 กก.น้ำหนักเปียก

1.1.2 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.1 กก.นน.แห้ง ใช้เศษอาหาร 0.45 กก.นน.แห้ง และใช้เศษผัก 0.45 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม ร้อยละ 78.57

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-78.57 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 4.67 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.1 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 0.47 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษอาหาร 0.45 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 1.08 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษผัก ร้อยละ 93.17

น้ำหนักเศษผัก 100-93.17 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษผัก 1 กก. จากเศษอาหารจริง 14.64 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษผัก 0.45 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 6.59 กก.น้ำหนักเปียก

1.2 โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในร้อยละ 20 รวมกับวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาการ และเศษผัก

1.2.1 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.2 กก.นน.แห้ง และใช้เศษอาหาร 0.8 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม ร้อยละ 78.57

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-78.57 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 4.67 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.2 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 0.93 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้ 0.8 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 1.92 กก.น้ำหนักเปียก

1.2.2 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.2 กก.นน.แห้ง ใช้เศษอาหาร 0.40 กก.นน.แห้ง และใช้เศษผัก 0.40 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม ร้อยละ 78.57

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-78.57 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 4.67 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.2 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 0.93 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษอาหาร 0.40 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 0.96 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษผัก ร้อยละ 93.17

น้ำหนักเศษผัก 100-93.17 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษผัก 1 กก. จากเศษอาหารจริง 14.64 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษผัก 0.40 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 5.86 กก.น้ำหนักเปียก

1.3 โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในร้อยละ 50 รวมกับวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาการ และเศษผัก

1.3.1 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.5 กก.นน.แห้ง และใช้เศษอาหาร 0.5 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม ร้อยละ 78.57

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-78.57 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 4.67 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.5 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 2.34 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้ 0.5 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 1.2 กก.น้ำหนักเปียก

1.3.2 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.5 กก.นน.แห้ง ใช้เศษอาหาร 0.25 กก.นน.แห้ง และใช้เศษผัก 0.25 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม ร้อยละ 78.57

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-78.57 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 4.67 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.25 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 1.17 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษอาหาร 0.25 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 0.6 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษผัก ร้อยละ 93.17

น้ำหนักเศษผัก 100-93.17 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษผัก 1 กก. จากเศษอาหารจริง 14.64 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษผัก 0.25 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 3.66 กก.น้ำหนักเปียก

2. ปริมาณวัสดุหมักของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์

2.1 โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในร้อยละ 10 รวมกับวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาการ และเศษผัก

2.1.1 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.1 กก.นน.แห้ง และใช้เศษอาหาร 0.9 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ ร้อยละ 93.43

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-93.43 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 15.2 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.1 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 1.52 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้ 0.9 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 2.16 กก.น้ำหนักเปียก

2.1.2 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.1 กก.นน.แห้ง ใช้เศษอาหาร 0.45 กก.นน.แห้ง และใช้เศษผัก 0.45 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ ร้อยละ 93.43

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-93.43 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 15.2 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.1 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 1.52 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษอาหาร 0.45 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 1.08 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษผัก ร้อยละ 93.17

น้ำหนักเศษผัก 100-93.17 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษผัก 1 กก. จากเศษอาหารจริง 14.64 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษผัก 0.45 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 6.59 กก.น้ำหนักเปียก

2.2 โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในร้อยละ 20 รวมกับวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาการ และเศษผัก

2.2.1 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.2 กก.นน.แห้ง และใช้เศษอาหาร 0.8 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ ร้อยละ 93.43

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-93.43 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 15.2 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.2 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 3.04 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้ 0.8 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 1.92 กก.น้ำหนักเปียก

2.2.2 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.2 กก.นน.แห้ง ใช้เศษอาหาร 0.40 กก.นน.แห้ง และใช้เศษผัก 0.40 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ ร้อยละ 93.43

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-93.43 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 15.2 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.2 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 3.04 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษอาหาร 0.40 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 0.96 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษผัก ร้อยละ 93.17

น้ำหนักเศษผัก 100-93.17 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษผัก 1 กก. จากเศษอาหารจริง 14.64 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษผัก 0.40 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 5.86 กก.น้ำหนักเปียก

2.3 โดยใช้ตะกอนสลัดจ์ในร้อยละ 50 รวมกับวัสดุหมัก ได้แก่ เศษอาการ และเศษผัก

2.3.1 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.5 กก.นน.แห้ง และใช้เศษอาหาร 0.5 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ ร้อยละ 93.43

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-93.43 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 15.2 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.5 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 7.6 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้ 0.5 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 1.2 กก.น้ำหนักเปียก

2.3.2 กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง ใช้ตะกอน 0.5 กก.นน.แห้ง ใช้เศษอาหาร 0.25 กก.นน.แห้ง และใช้เศษผัก 0.25 กก.นน.แห้ง

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ ร้อยละ 93.43

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-93.43 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 15.2 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 0.5 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 7.6 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษอาหาร 0.25 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 0.6 กก.น้ำหนักเปียก

จากความชื้นเศษผัก ร้อยละ 93.17

น้ำหนักเศษผัก 100-93.17 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษผัก 1 กก. จากเศษอาหารจริง 14.64 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษผัก 0.25 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 3.66 กก.น้ำหนักเปียก

3. ปริมาณวัสดุหมักของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตในชุดควบคุม

กำหนดปริมาณวัสดุหมัก 1 กก.น้ำหนักแห้ง

3.1 ตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม ร้อยละ 78.57

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-78.57 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 4.67 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 1 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 4.67 กก.น้ำหนักเปียก

3.2 ตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนหนองแขม

จากความชื้นตะกอนสลัดจ์ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานโอเลฟินส์ ร้อยละ 93.43

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 100-93.43 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักตะกอนสลัดจ์ 1 กก. จากตะกอนสลัดจ์จริง 15.2 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น ใช้ตะกอนสลัดจ์ 1 กก.นน.แห้ง จากตะกอนสลัดจ์จริง 15.2 กก.น้ำหนักเปียก

3.3 เศษอาหาร

จากความชื้นเศษอาหาร ร้อยละ 58.29

น้ำหนักเศษอาหาร 100-58.29 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษอาหาร 1 กก. จากเศษอาหารจริง 2.40 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษอาหาร 1 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 2.4 กก.น้ำหนักเปียก

3.3 เศษผัก

จากความชื้นเศษผัก ร้อยละ 93.17

น้ำหนักเศษผัก 100-93.17 กก. จากเศษอาหารจริง 100 กก.น้ำหนักเปียก

น้ำหนักเศษผัก 1 กก. จากเศษอาหารจริง 14.64 กก.น้ำหนักเปียก

ดังนั้น จะใช้เศษผัก 1 กก.นน.แห้ง จากเศษอาหารจริง 14.64 กก.น้ำหนักเปียก

ภาคผนวก ข.

ผลการวิเคราะห์น้ำหมักชีวภาพ

ภาคผนวก ข.1 ค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	พีเอช				
		เริ่มต้น	7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	5.21	3.42	3.69	4.06	4.07
	2	5.37	3.75	4.12	4.04	4.02
	เฉลี่ย	5.29	3.59	3.91	4.05	4.05
	SD	0.11	0.23	0.30	0.01	0.04
10:45:45	1	5.39	3.34	3.33	3.52	3.95
	2	5.27	3.58	4.08	4.40	4.49
	เฉลี่ย	5.33	3.46	3.71	3.96	4.22
	SD	0.08	0.17	0.53	0.62	0.38
20:80:0	1	5.24	4.15	4.02	4.11	4.11
	2	5.12	3.71	4.17	4.11	4.17
	เฉลี่ย	5.18	3.93	4.10	4.11	4.14
	SD	0.08	0.31	0.11	0.00	0.04
20:40:40	1	5.17	4.28	4.34	4.41	4.40
	2	5.33	4.52	4.48	4.58	4.62
	เฉลี่ย	5.25	4.40	4.41	4.50	4.51
	SD	0.11	0.17	0.10	0.12	0.16
50:50:0	1	5.47	4.29	4.29	4.30	4.34
	2	5.33	3.75	4.29	4.32	4.34
	เฉลี่ย	5.40	4.02	4.29	4.31	4.34
	SD	0.10	0.38	0.00	0.01	0.00
50:25:25	1	5.43	4.27	4.35	4.44	4.54
	2	5.39	4.53	4.65	4.73	4.82
	เฉลี่ย	5.41	4.40	4.50	4.59	4.68
	SD	0.03	0.18	0.21	0.21	0.20

ภาคผนวก ข.2 ค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	พีเอช				
		เริ่มต้น	7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	5.18	3.42	3.47	3.75	3.88
	2	5.32	3.50	3.49	3.76	3.89
	เฉลี่ย	5.25	3.46	3.48	3.76	3.89
	SD	0.10	0.06	0.01	0.01	0.01
10:45:45	1	4.97	3.42	3.37	3.43	3.73
	2	5.09	3.44	3.39	3.47	3.93
	เฉลี่ย	5.03	3.43	3.38	3.45	3.83
	SD	0.08	0.01	0.01	0.03	0.14
20:80:0	1	4.78	3.41	3.37	3.46	3.84
	2	4.90	3.44	3.41	3.88	4.18
	เฉลี่ย	4.84	3.43	3.39	3.67	4.01
	SD	0.08	0.02	0.03	0.30	0.24
20:40:40	1	5.04	3.48	3.44	3.57	3.92
	2	5.14	3.47	3.54	3.56	4.12
	เฉลี่ย	5.09	3.48	3.49	3.57	4.02
	SD	0.07	0.01	0.07	0.01	0.14
50:50:0	1	5.57	4.43	4.61	4.62	4.63
	2	5.20	3.90	4.39	4.86	4.83
	เฉลี่ย	5.39	4.17	4.50	4.74	4.73
	SD	0.26	0.37	0.16	0.17	0.14
50:25:25	1	4.90	3.65	3.94	3.87	5.01
	2	4.77	3.57	3.98	4.09	4.98
	เฉลี่ย	4.84	3.61	3.96	3.98	5.00
	SD	0.09	0.06	0.03	0.16	0.02

ภาคผนวก ข.3 ค่าพีเอชของน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**พีเอช**				
		เริ่มต้น	**7วัน**	**14วัน**	**21วัน**	**28วัน**
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์ชุมชน)	1	5.36	4.49	4.69	4.80	4.88
	2	5.46	4.32	4.41	4.54	5.96
	เฉลี่ย	5.41	4.41	4.55	4.67	5.42
	SD	0.07	0.12	0.20	0.18	0.76
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์โรงงาน)	1	5.47	4.71	4.71	5.10	5.84
	2	5.32	4.85	4.87	5.00	5.51
	เฉลี่ย	5.40	4.78	4.79	5.05	5.68
	SD	0.11	0.10	0.11	0.07	0.23
0:100:0	1	5.24	4.40	4.92	4.99	5.09
	2	5.36	3.37	3.49	3.73	3.78
	เฉลี่ย	5.30	3.89	4.21	4.36	4.44
	SD	0.08	0.73	1.01	0.89	0.93
0:50:50	1	5.76	3.57	4.79	4.81	4.97
	2	5.74	3.30	3.29	3.73	4.25
	เฉลี่ย	5.75	3.44	4.04	4.27	4.61
	SD	0.01	0.19	1.06	0.76	0.51

ภาคผนวก ข.4 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนส์/เมตร)				
		เริ่มต้น	7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1.00	2.70	6.52	9.68	9.91	8.15
	2.00	2.86	6.76	10.21	8.68	8.62
	เฉลี่ย	2.78	6.64	9.95	9.30	8.39
	SD	0.11	0.17	0.37	0.87	0.33
10:45:45	1.00	3.45	5.25	7.76	7.91	6.64
	2.00	3.19	5.85	8.42	7.10	7.15
	เฉลี่ย	3.32	5.55	8.09	7.51	6.90
	SD	0.18	0.42	0.47	0.57	0.36
20:80:0	1.00	3.12	7.33	9.42	8.90	8.13
	2.00	3.04	5.96	9.88	7.47	8.63
	เฉลี่ย	3.08	6.65	9.65	8.19	8.38
	SD	0.06	0.97	0.33	1.01	0.35
20:40:40	1.00	2.98	6.18	9.00	7.45	7.50
	2.00	2.76	6.82	9.88	8.45	8.73
	เฉลี่ย	2.87	6.50	9.44	7.95	8.12
	SD	0.16	0.45	0.62	0.71	0.87
50:50:0	1.00	2.76	6.44	10.23	10.62	8.75
	2.00	3.14	6.69	10.48	10.68	8.76
	เฉลี่ย	2.95	6.57	10.36	10.65	8.76
	SD	0.27	0.18	0.18	0.04	0.01
50:25:25	1.00	2.54	6.79	10.15	10.45	8.97
	2.00	2.64	5.66	9.82	10.40	8.34
	เฉลี่ย	2.59	6.23	9.99	10.43	8.66
	SD	0.07	0.80	0.23	0.04	0.45

ภาคผนวก ข.5 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนส์/เมตร)				
		เริ่มต้น	7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	2.61	6.64	9.20	9.41	7.92
	2	2.47	6.92	9.24	7.92	8.01
	เฉลี่ย	2.54	6.78	9.22	8.67	7.97
	SD	0.10	0.20	0.03	1.05	0.06
10:45:45	1	3.34	7.86	9.17	7.90	7.96
	2	3.18	8.38	10.03	8.67	6.86
	เฉลี่ย	3.26	8.12	9.60	8.29	7.41
	SD	0.11	0.37	0.61	0.54	0.78
20:80:0	1	3.07	9.17	10.75	9.03	8.67
	2	3.03	9.11	11.24	9.25	9.15
	เฉลี่ย	3.05	9.14	11.00	9.14	8.91
	SD	0.03	0.04	0.35	0.16	0.34
20:40:40	1	3.22	8.78	10.43	9.29	8.77
	2	3.02	9.71	11.45	9.72	7.35
	เฉลี่ย	3.12	9.25	10.94	9.51	8.06
	SD	0.14	0.66	0.72	0.30	1.00
50:50:0	1	2.98	7.90	10.46	9.18	8.77
	2	3.10	8.91	11.23	10.18	10.22
	เฉลี่ย	3.04	8.41	10.85	9.68	9.50
	SD	0.08	0.71	0.54	0.71	1.03
50:25:25	1	2.84	8.09	10.85	9.41	9.43
	2	2.78	7.47	10.15	8.90	8.32
	เฉลี่ย	2.81	7.78	10.50	9.16	8.88
	SD	0.04	0.44	0.49	0.36	0.78

ภาคผนวก ข.6 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนส์/เมตร)**				
		เริ่มต้น	**7วัน**	**14วัน**	**21วัน**	**28วัน**
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์ชุมชน)	1	2.36	4.88	7.49	6.97	6.03
	2	2.26	5.57	7.48	6.58	5.97
	เฉลี่ย	2.31	5.23	7.49	6.78	6.00
	SD	0.07	0.49	0.01	0.28	0.04
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์โรงงาน)	1	2.98	7.55	10.65	11.41	9.95
	2	3.06	7.22	11.54	11.72	9.71
	เฉลี่ย	3.02	7.39	11.10	11.57	9.83
	SD	0.06	0.23	0.63	0.22	0.17
0:100:0	1	3.38	9.25	16.45	14.73	12.96
	2	3.52	9.46	16.95	16.25	11.54
	เฉลี่ย	3.45	9.36	16.70	15.49	12.25
	SD	0.10	0.15	0.35	1.07	1.00
0:50:50	1	2.75	7.74	11.56	10.02	10.58
	2	2.85	7.14	10.05	8.56	8.26
	เฉลี่ย	2.80	7.44	10.81	9.29	9.42
	SD	0.07	0.42	1.07	1.03	1.64

ภาคผนวก ข.7 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
		7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
10:90:0	1	0.29	0.32	0.36	0.44
	2	0.28	0.28	0.34	0.32
	เฉลี่ย	0.29	0.30	0.35	0.38
	SD	0.01	0.03	0.01	0.08
10:45:45	1	0.35	0.37	0.52	0.48
	2	0.40	0.38	0.52	0.42
	เฉลี่ย	0.38	0.38	0.52	0.45
	SD	0.04	0.01	0.00	0.04
20:80:0	1	0.30	0.34	0.44	0.45
	2	0.35	0.41	0.42	0.41
	เฉลี่ย	0.32	0.38	0.43	0.43
	SD	0.04	0.05	0.01	0.03
20:40:40	1	0.30	0.35	0.37	0.37
	2	0.32	0.40	0.39	0.21
	เฉลี่ย	0.31	0.38	0.38	0.29
	SD	0.01	0.04	0.01	0.11
50:50:0	1	0.25	0.21	0.24	0.28
	2	0.23	0.25	0.31	0.32
	เฉลี่ย	0.24	0.23	0.27	0.30
	SD	0.01	0.03	0.05	0.03
50:25:25	1	0.29	0.28	0.36	0.41
	2	0.27	0.27	0.36	0.43
	เฉลี่ย	0.28	0.27	0.36	0.42
	SD	0.01	0.01	0.00	0.01

ภาคผนวก ข.8 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**			
		7วัน	**14วัน**	**21วัน**	**28วัน**
10:90:0	1	0.33	0.35	0.42	0.44
	2	0.27	0.35	0.54	0.44
	เฉลี่ย	0.30	0.35	0.48	0.44
	SD	0.04	0.00	0.08	0.00
10:45:45	1	0.31	0.36	0.41	0.46
	2	0.37	0.38	0.43	0.50
	เฉลี่ย	0.34	0.37	0.42	0.48
	SD	0.04	0.01	0.01	0.03
20:80:0	1	0.41	0.48	0.52	0.56
	2	0.41	0.50	0.64	0.50
	เฉลี่ย	0.41	0.49	0.58	0.53
	SD	0.00	0.01	0.08	0.04
20:40:40	1	0.41	0.55	0.60	0.63
	2	0.47	0.65	0.72	0.65
	เฉลี่ย	0.44	0.60	0.66	0.64
	SD	0.04	0.07	0.08	0.01
50:50:0	1	0.44	0.45	0.66	0.85
	2	0.50	0.53	0.72	0.95
	เฉลี่ย	0.47	0.49	0.69	0.90
	SD	0.04	0.06	0.04	0.07
50:25:25	1	0.46	0.55	0.60	0.85
	2	0.51	0.66	0.72	0.87
	เฉลี่ย	0.48	0.61	0.66	0.86
	SD	0.04	0.08	0.08	0.01

ภาคผนวก ข.9 ปริมาณไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**			
		7วัน	**14วัน**	**21วัน**	**28วัน**
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์ชุมชน)	1	0.21	0.21	0.23	0.29
	2	0.20	0.20	0.34	0.36
	เฉลี่ย	0.21	0.21	0.29	0.32
	SD	0.01	0.01	0.08	0.05
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์โรงงาน)	1	0.48	0.49	0.59	0.60
	2	0.48	0.47	0.57	0.58
	เฉลี่ย	0.48	0.48	0.58	0.59
	SD	0.00	0.01	0.01	0.01
0:100:0	1	0.34	0.41	0.48	0.48
	2	0.37	0.45	0.44	0.49
	เฉลี่ย	0.36	0.43	0.46	0.49
	SD	0.02	0.03	0.03	0.01
0:50:50	1	0.32	0.33	0.46	0.52
	2	0.37	0.36	0.58	0.53
	เฉลี่ย	0.34	0.35	0.52	0.53
	SD	0.04	0.02	0.08	0.01

ภาคผนวก ข.10 ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณฟอสฟอรัส (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
		7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	0.04	0.05	0.05	0.06
	2	0.06	0.05	0.07	0.06
	เฉลี่ย	0.05	0.05	0.06	0.06
	SD	0.01	0.00	0.01	0.00
10:45:45	1	0.02	0.04	0.04	0.04
	2	0.04	0.04	0.04	0.05
	เฉลี่ย	0.03	0.04	0.04	0.05
	SD	0.01	0.00	0.00	0.01
20:80:0	1	0.05	0.05	0.05	0.06
	2	0.06	0.06	0.06	0.07
	เฉลี่ย	0.05	0.05	0.06	0.06
	SD	0.01	0.01	0.01	0.01
20:40:40	1	0.05	0.05	0.05	0.05
	2	0.07	0.04	0.03	0.06
	เฉลี่ย	0.06	0.04	0.04	0.06
	SD	0.01	0.01	0.01	0.01
50:50:0	1	0.05	0.05	0.05	0.05
	2	0.05	0.05	0.05	0.05
	เฉลี่ย	0.05	0.05	0.05	0.05
	SD	0.00	0.00	0.00	0.00
50:25:25	1	0.04	0.05	0.05	0.05
	2	0.04	0.04	0.05	0.07
	เฉลี่ย	0.04	0.04	0.05	0.06
	SD	0.00	0.01	0.00	0.01

ภาคผนวก ข.11 ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณฟอสฟอรัส (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
		7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	0.02	0.03	0.04	0.04
	2	0.02	0.04	0.03	0.04
	เฉลี่ย	0.02	0.04	0.03	0.04
	SD	0.00	0.01	0.01	0.00
10:45:45	1	0.02	0.04	0.03	0.04
	2	0.02	0.03	0.03	0.04
	เฉลี่ย	0.03	0.04	0.03	0.04
	SD	0.00	0.01	0.00	0.00
20:80:0	1	0.03	0.03	0.04	0.04
	2	0.03	0.04	0.03	0.05
	เฉลี่ย	0.03	0.04	0.04	0.05
	SD	0.00	0.01	0.01	0.01
20:40:40	1	0.04	0.04	0.05	0.05
	2	0.05	0.04	0.05	0.05
	เฉลี่ย	0.05	0.04	0.05	0.05
	SD	0.01	0.00	0.00	0.00
50:50:0	1	0.05	0.06	0.07	0.06
	2	0.04	0.05	0.05	0.06
	เฉลี่ย	0.05	0.05	0.06	0.06
	SD	0.01	0.01	0.01	0.00
50:25:25	1	0.04	0.05	0.05	0.05
	2	0.05	0.07	0.08	0.07
	เฉลี่ย	0.05	0.06	0.06	0.06
	SD	0.01	0.01	0.02	0.01

ภาคผนวก ข.12 ปริมาณฟอสฟอรัสของน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**ปริมาณฟอสฟอรัส (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**			
		7วัน	**14วัน**	**21วัน**	**28วัน**
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์ชุมชน)	1	0.04	0.04	0.04	0.05
	2	0.04	0.04	0.05	0.06
	เฉลี่ย	0.04	0.04	0.05	0.05
	SD	0.00	0.00	0.01	0.01
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์โรงงาน)	1	0.03	0.04	0.05	0.06
	2	0.04	0.06	0.06	0.06
	เฉลี่ย	0.04	0.05	0.06	0.06
	SD	0.01	0.01	0.01	0.00
0:100:0	1	0.03	0.04	0.04	0.05
	2	0.03	0.04	0.04	0.04
	เฉลี่ย	0.03	0.04	0.04	0.04
	SD	0.00	0.00	0.00	0.01
0:50:50	1	0.02	0.04	0.04	0.04
	2	0.02	0.03	0.04	0.04
	เฉลี่ย	0.02	0.04	0.04	0.04
	SD	0.00	0.01	0.00	0.00

ภาคผนวก ข.13 ปริมาณโพแทสเซียมของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณโพแทสเซียม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
		7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	0.83	1.07	1.18	1.27
	2	0.83	1.07	1.26	1.17
	เฉลี่ย	0.83	1.07	1.22	1.22
	SD	0.00	0.00	0.06	0.07
10:45:45	1	0.40	0.48	0.83	0.81
	2	0.40	0.47	0.79	0.78
	เฉลี่ย	0.40	0.47	0.81	0.80
	SD	0.00	0.01	0.03	0.02
20:80:0	1	0.89	0.81	1.10	1.16
	2	0.93	0.85	1.20	1.18
	เฉลี่ย	0.91	0.83	1.15	1.17
	SD	0.03	0.03	0.07	0.01
20:40:40	1	0.81	0.97	0.95	1.07
	2	0.81	0.98	0.88	1.09
	เฉลี่ย	0.81	0.98	0.91	1.08
	SD	0.00	0.01	0.05	0.01
50:50:0	1	0.55	0.79	0.89	1.10
	2	0.41	0.97	0.54	0.91
	เฉลี่ย	0.48	0.88	0.71	1.01
	SD	0.10	0.13	0.25	0.13
50:25:25	1	0.81	0.83	0.98	1.08
	2	0.84	1.06	1.30	0.94
	เฉลี่ย	0.83	0.94	1.14	1.01
	SD	0.02	0.16	0.23	0.10

ภาคผนวก ข.14 ปริมาณโพแทสเซียมของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณโพแทสเซียม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
		7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	0.71	0.76	0.83	1.16
	2	0.81	1.02	1.01	1.31
	เฉลี่ย	0.76	0.89	0.95	1.24
	SD	0.07	0.18	0.13	0.11
10:45:45	1	0.57	0.57	0.69	0.80
	2	0.91	0.98	0.84	0.94
	เฉลี่ย	0.74	0.78	0.77	0.87
	SD	0.24	0.29	0.11	0.10
20:80:0	1	0.91	0.94	0.98	1.08
	2	0.73	0.93	0.76	1.18
	เฉลี่ย	0.82	0.93	0.87	1.13
	SD	0.13	0.01	0.16	0.07
20:40:40	1	0.51	0.69	0.71	0.81
	2	0.60	0.55	0.75	0.75
	เฉลี่ย	0.55	0.62	0.73	0.78
	SD	0.06	0.10	0.03	0.04
50:50:0	1	0.81	0.94	1.02	1.01
	2	0.79	0.96	1.19	1.15
	เฉลี่ย	0.80	0.95	1.10	1.08
	SD	0.01	0.01	0.12	0.10
50:25:25	1	0.48	0.57	0.69	0.76
	2	0.45	0.66	0.86	0.65
	เฉลี่ย	0.46	0.62	0.76	0.71
	SD	0.02	0.06	0.12	0.08

ภาคผนวก ข.15 ปริมาณโพแทสเซียมของน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**ปริมาณโพแทสเซียม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**			
		7วัน	**14วัน**	**21วัน**	**28วัน**
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์ชุมชน)	1	0.26	0.27	0.27	0.39
	2	0.15	0.15	0.30	0.26
	เฉลี่ย	0.21	0.21	0.27	0.33
	SD	0.08	0.08	0.02	0.09
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์โรงงาน)	1	0.22	0.26	0.48	0.57
	2	0.44	0.22	0.53	0.55
	เฉลี่ย	0.33	0.24	0.51	0.56
	SD	0.16	0.03	0.04	0.01
0:100:0	1	0.71	0.80	1.11	1.14
	2	0.67	1.05	1.15	1.10
	เฉลี่ย	0.69	0.91	1.13	1.11
	SD	0.03	0.18	0.03	0.03
0:50:50	1	0.47	0.57	0.55	0.66
	2	0.61	0.71	0.75	0.70
	เฉลี่ย	0.54	0.64	0.65	0.68
	SD	0.10	0.10	0.14	0.03

ภาคผนวก ข.16 ปริมาณรวมธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณรวมของธาตุอาหารหลัก NPK (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
		7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	1.16	1.44	1.59	1.77
	2	1.17	1.40	1.67	1.55
	เฉลี่ย	1.17	1.42	1.63	1.66
	SD	0.01	0.03	0.06	0.16
10:45:45	1	0.77	0.89	1.39	1.33
	2	0.84	0.89	1.35	1.25
	เฉลี่ย	0.81	0.89	1.37	1.29
	SD	0.05	0.00	0.03	0.06
20:80:0	1	1.24	1.20	1.59	1.67
	2	1.34	1.32	1.68	1.66
	เฉลี่ย	1.29	1.26	1.64	1.67
	SD	0.07	0.08	0.06	0.01
20:40:40	1	1.16	1.37	1.37	1.49
	2	1.20	1.42	1.30	1.36
	เฉลี่ย	1.18	1.40	1.34	1.43
	SD	0.03	0.04	0.05	0.09
50:50:0	1	0.85	1.05	1.18	1.43
	2	0.69	1.27	0.90	1.28
	เฉลี่ย	0.77	1.16	1.04	1.36
	SD	0.11	0.16	0.20	0.11
50:25:25	1	1.14	1.16	1.39	1.54
	2	1.15	1.37	1.71	1.44
	เฉลี่ย	1.15	1.27	1.55	1.49
	SD	0.01	0.15	0.23	0.07

ภาคผนวก ข.17 ปริมาณรวมธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณรวมของธาตุอาหารหลัก NPK (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
		7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	1.00	1.14	1.29	1.64
	2	1.16	1.41	1.58	1.79
	เฉลี่ย	1.08	1.28	1.44	1.72
	SD	0.11	0.19	0.21	0.11
10:45:45	1	0.90	0.97	1.13	1.30
	2	1.30	1.39	1.30	1.48
	เฉลี่ย	1.10	1.18	1.22	1.39
	SD	0.28	0.30	0.12	0.13
20:80:0	1	1.35	1.45	1.54	1.68
	2	1.17	1.47	1.43	1.73
	เฉลี่ย	1.26	1.46	1.49	1.71
	SD	0.13	0.01	0.08	0.04
20:40:40	1	0.96	1.28	1.36	1.49
	2	1.12	1.24	1.52	1.45
	เฉลี่ย	1.04	1.26	1.44	1.47
	SD	0.11	0.03	0.11	0.03
50:50:0	1	1.30	1.45	1.75	1.92
	2	1.33	1.54	1.96	2.16
	เฉลี่ย	1.32	1.50	1.86	2.04
	SD	0.02	0.06	0.15	0.17
50:25:25	1	0.98	1.17	1.34	1.66
	2	1.01	1.39	1.66	1.59
	เฉลี่ย	1.00	1.28	1.50	1.63
	SD	0.02	0.16	0.23	0.05

ภาคผนวก ข.18 ปริมาณรวมธาตุอาหารหลักของน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**ปริมาณรวมของธาตุอาหารหลัก NPK (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**			
		7วัน	**14วัน**	**21วัน**	**28วัน**
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์ชุมชน)	1	0.51	0.51	0.54	0.73
	2	0.39	0.39	0.69	0.68
	เฉลี่ย	0.45	0.45	0.62	0.71
	SD	0.08	0.08	0.11	0.04
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์โรงงาน)	1	0.73	0.79	1.12	1.23
	2	0.96	0.75	1.16	1.19
	เฉลี่ย	0.85	0.77	1.14	1.21
	SD	0.16	0.03	0.03	0.03
0:100:0	1	1.08	1.25	1.63	1.67
	2	1.07	1.54	1.63	1.63
	เฉลี่ย	1.08	1.40	1.63	1.65
	SD	0.01	0.21	0.00	0.03
0:50:50	1	0.81	0.94	1.05	1.22
	2	1.00	1.10	1.37	1.27
	เฉลี่ย	0.91	1.02	1.21	1.25
	SD	0.13	0.11	0.23	0.04

ภาคผนวก ข.19 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
		7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	1.06	0.97	0.84	0.70
	2	1.24	0.86	0.72	0.65
	เฉลี่ย	1.15	0.92	0.78	0.68
	SD	0.13	0.08	0.09	0.04
10:45:45	1	1.22	1.01	0.80	0.76
	2	1.13	1.21	1.03	0.66
	เฉลี่ย	1.18	1.11	0.92	0.71
	SD	0.07	0.14	0.16	0.08
20:80:0	1	0.84	0.79	0.65	0.58
	2	0.57	0.56	0.81	0.76
	เฉลี่ย	0.71	0.68	0.73	0.67
	SD	0.19	0.16	0.11	0.12
20:40:40	1	0.72	0.55	0.52	0.46
	2	0.53	0.40	0.55	0.55
	เฉลี่ย	0.63	0.47	0.54	0.50
	SD	0.13	0.11	0.02	0.07
50:50:0	1	0.73	0.42	0.45	0.51
	2	0.48	0.62	0.63	0.58
	เฉลี่ย	0.60	0.52	0.54	0.54
	SD	0.18	0.14	0.13	0.05
50:25:25	1	0.59	0.45	0.67	0.57
	2	0.65	0.67	0.53	0.61
	เฉลี่ย	0.62	0.56	0.60	0.59
	SD	0.04	0.15	0.10	0.03

ภาคผนวก ข.20 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
		7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	1.62	1.33	0.91	0.70
	2	1.44	1.13	0.87	0.97
	เฉลี่ย	1.53	1.23	0.89	0.83
	SD	0.13	0.14	0.03	0.19
10:45:45	1	1.48	1.46	1.48	1.09
	2	1.61	1.58	1.47	1.17
	เฉลี่ย	1.54	1.52	1.48	1.13
	SD	0.09	0.09	0.01	0.05
20:80:0	1	1.67	1.53	1.40	1.09
	2	1.78	1.48	1.27	1.21
	เฉลี่ย	1.72	1.50	1.34	1.15
	SD	0.08	0.04	0.09	0.09
20:40:40	1	1.44	1.54	1.34	1.34
	2	1.63	1.43	1.51	1.55
	เฉลี่ย	1.53	1.48	1.43	1.45
	SD	0.13	0.08	0.12	0.15
50:50:0	1	0.73	0.61	0.50	0.73
	2	0.60	0.66	0.62	0.59
	เฉลี่ย	0.66	0.64	0.56	0.66
	SD	0.09	0.03	0.09	0.10
50:25:25	1	1.28	0.76	0.95	0.65
	2	1.16	1.01	0.88	0.68
	เฉลี่ย	1.22	0.89	0.92	0.66
	SD	0.09	0.17	0.05	0.02

ภาคผนวก ข.21 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**			
		7วัน	**14วัน**	**21วัน**	**28วัน**
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์ชุมชน)	1	0.41	0.38	0.39	0.33
	2	0.38	0.25	0.13	0.17
	เฉลี่ย	0.40	0.32	0.26	0.25
	SD	0.03	0.09	0.18	0.12
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์โรงงาน)	1	0.73	0.71	0.55	0.67
	2	0.66	0.61	0.67	0.57
	เฉลี่ย	0.69	0.66	0.61	0.62
	SD	0.05	0.07	0.09	0.07
0:100:0	1	1.23	1.30	1.25	1.24
	2	1.42	1.21	1.29	1.39
	เฉลี่ย	1.33	1.26	1.27	1.32
	SD	0.14	0.07	0.03	0.11
0:50:50	1	1.07	0.84	0.86	0.90
	2	0.87	0.86	0.99	0.72
	เฉลี่ย	0.97	0.85	0.92	0.81
	SD	0.14	0.02	0.09	0.13

ภาคผนวก ข.22 ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
		7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	3.65	5.24	4.04	2.76
	2	4.43	5.31	3.67	3.49
	เฉลี่ย	4.04	5.28	3.86	3.13
	SD	0.55	0.04	0.26	0.52
10:45:45	1	3.50	4.72	2.66	2.74
	2	2.83	5.47	3.43	2.69
	เฉลี่ย	3.17	5.09	3.05	2.71
	SD	0.47	0.53	0.54	0.03
20:80:0	1	2.81	3.98	2.54	2.24
	2	1.62	2.38	3.32	3.19
	เฉลี่ย	2.22	3.18	2.93	2.72
	SD	0.84	1.14	0.55	0.67
20:40:40	1	2.41	2.73	2.42	2.12
	2	1.67	1.71	2.44	4.55
	เฉลี่ย	2.04	2.22	2.43	3.33
	SD	0.52	0.72	0.01	1.72
50:50:0	1	2.91	3.47	3.24	3.11
	2	2.09	4.27	3.52	3.13
	เฉลี่ย	2.50	3.87	3.38	3.12
	SD	0.58	0.57	0.19	0.01
50:25:25	1	2.03	2.79	3.21	2.38
	2	2.39	4.27	2.54	2.43
	เฉลี่ย	2.21	3.53	2.88	2.40
	SD	0.26	1.05	0.48	0.04

ภาคผนวก ข.23 ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
		7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	8.45	6.56	3.72	2.75
	2	9.20	5.58	2.77	3.78
	เฉลี่ย	8.82	6.07	3.25	3.27
	SD	0.53	0.69	0.67	0.73
10:45:45	1	8.22	6.98	6.23	4.08
	2	7.50	7.18	5.89	4.02
	เฉลี่ย	7.86	7.08	6.06	4.05
	SD	0.51	0.15	0.24	0.04
20:80:0	1	7.01	5.50	4.64	3.36
	2	7.48	5.09	3.43	4.18
	เฉลี่ย	7.24	5.30	4.03	3.77
	SD	0.33	0.29	0.85	0.58
20:40:40	1	6.07	4.81	3.86	3.67
	2	5.96	3.78	3.61	4.12
	เฉลี่ย	6.02	4.30	3.74	3.90
	SD	0.08	0.73	0.17	0.32
50:50:0	1	2.86	2.36	1.31	1.48
	2	2.07	2.14	1.49	1.07
	เฉลี่ย	2.46	2.25	1.40	1.27
	SD	0.56	0.16	0.13	0.29
50:25:25	1	4.81	2.39	2.74	1.32
	2	3.93	2.63	2.10	1.34
	เฉลี่ย	4.37	2.51	2.42	1.33
	SD	0.63	0.17	0.45	0.01

ภาคผนวก ข.24 ปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนของน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่อไนโตรเจน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**			
		7วัน	**14วัน**	**21วัน**	**28วัน**
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์ชุมชน)	1	1.97	3.13	2.95	1.96
	2	1.89	2.15	0.68	0.80
	เฉลี่ย	1.93	2.64	1.81	1.38
	SD	0.06	0.70	1.61	0.82
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์โรงงาน)	1	2.63	2.51	1.60	1.91
	2	2.36	2.26	2.03	1.68
	เฉลี่ย	2.50	2.38	1.82	1.80
	SD	0.19	0.18	0.31	0.16
0:100:0	1	3.62	5.49	4.49	4.47
	2	3.85	4.63	5.06	4.90
	เฉลี่ย	3.74	5.06	4.77	4.69
	SD	0.16	0.61	0.41	0.31
0:50:50	1	3.34	4.36	3.22	3.00
	2	2.35	4.11	2.93	2.33
	เฉลี่ย	2.84	4.24	3.08	2.66
	SD	0.70	0.18	0.21	0.47

ภาคผนวก ข.25 ค่าซีโอดีของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	COD มก./ล.				
		เริ่มต้น	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
10:90:0	1	96000	24000	66667	34667	33333
	2	88000	45333	42667	26667	34667
	เฉลี่ย	92000	34667	54667	30667	34000
	SD	5657	15085	16971	5657	943
10:45:45	1	88000	16000	56000	10667	20000
	2	72000	56000	34667	16000	18667
	เฉลี่ย	80000	36000	45333	13333	19333
	SD	11314	28284	15085	3771	943
20:80:0	1	64000	18667	58667	34667	25333
	2	56000	34667	37333	10667	32000
	เฉลี่ย	60000	26667	48000	22667	28667
	SD	5657	11314	15085	16971	4714
20:40:40	1	96000	10000	24000	34667	17333
	2	72000	6000	40000	26667	24000
	เฉลี่ย	84000	8000	32000	30667	20667
	SD	16971	2828	11314	5657	4714
50:50:0	1	64000	21333	40000	16000	37333
	2	64000	10667	32000	8000	28000
	เฉลี่ย	64000	16000	36000	12000	32667
	SD	0	7542	5657	5657	6600
50:25:25	1	56000	16000	37333	4000	24000
	2	56000	21333	32000	26667	21333
	เฉลี่ย	56000	18667	34667	15333	22667
	SD	0	3771	3771	16028	1886

ภาคผนวก ข.26 ค่าซีโอดีของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**COD มก./ล.**				
		เริ่มต้น	**7 วัน**	**14 วัน**	**21 วัน**	**28 วัน**
10:90:0	1	28000	32000	25333	16000	24000
	2	30667	26667	30667	32000	24000
	เฉลี่ย	29333	29333	28000	24000	24000
	SD	1886	3771	3771	11314	0
10:45:45	1	13333	21333	24000	37333	28000
	2	18667	24000	22667	10667	20000
	เฉลี่ย	16000	22667	23333	24000	24000
	SD	3771	1886	943	18856	5657
20:80:0	1	29000	45333	25333	13333	37333
	2	35000	56000	38667	18667	46667
	เฉลี่ย	32000	50667	32000	16000	42000
	SD	4243	7542	9428	3771	6600
20:40:40	1	32000	48000	28000	26667	26000
	2	32000	45333	24000	13333	32000
	เฉลี่ย	32000	46667	26000	20000	29000
	SD	0	1886	2828	9428	4243
50:50:0	1	33000	45333	17333	8001	28000
	2	31000	40000	44000	18667	22667
	เฉลี่ย	32000	42667	30667	13334	25333.33
	SD	1414	3771	18856	7542	3771
50:25:25	1	37333	42667	16000	13333	38000
	2	42667	45333	20000	26667	28000
	เฉลี่ย	40000	44000	18000	20000	33000
	SD	3771	1886	2828	9428	7071

ภาคผนวก ข.27 ค่าซีโอดีของน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**COD มก./ล.**				
		เริ่มต้น	**7 วัน**	**14 วัน**	**21 วัน**	**28 วัน**
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์ชุมชน)	1	64000	36000	21333	12000	4000
	2	72000	30667	29333	18667	10667
	เฉลี่ย	68000	33333	25333	15333	7333
	SD	5657	3771	5657	4714	4714
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์โรงงาน)	1	20000	36000	45333	29333	17333
	2	28000	33333	29333	34667	13333
	เฉลี่ย	24000	34667	37333	32000	15333
	SD	5657	1886	11314	3771	2828
0:100:0	1	56000	70667	22667	40000	25333
	2	56000	54667	25333	34667	42667
	เฉลี่ย	56000	62667	24000	37333	34000
	SD	0	11314	1886	3771	12257
0:50:50	1	40000	70667	33333	13333	28000
	2	40000	46667	17333	8000	24000
	เฉลี่ย	40000	58667	25333	10667	26000
	SD	0	16971	11314	3771	2828

ภาคผนวก ข.28 ค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่ายของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่าย มก./ล.				
		เริ่มต้น	7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	3900	11500	8350	9150	10700
	2	4200	10500	9500	7500	8950
	เฉลี่ย	4050	11000	8925	8325	9825
	SD	212	707	813	1167	1237
10:45:45	1	4650	9400	5050	9300	8100
	2	4350	7400	6950	8700	8100
	เฉลี่ย	4500	8400	6000	9000	8100
	SD	212	1414	1344	424	0
20:80:0	1	3750	20500	17900	14200	11200
	2	3750	17400	16750	12200	12500
	เฉลี่ย	3750	18950	17325	13200	11850
	SD	0	2192	813	1414	919
20:40:40	1	4200	13500	12450	9300	6900
	2	4200	12500	11700	10350	7500
	เฉลี่ย	4200	13000	12075	9825	7200
	SD	0	707	530	742	424
50:50:0	1	4200	11700	12200	16500	11050
	2	4500	15200	14650	17550	12950
	เฉลี่ย	4350	13450	13425	17025	12000
	SD	212	2475	1732	742	1344
50:25:25	1	3300	9330	8400	15150	9900
	2	4200	11500	7650	12150	11700
	เฉลี่ย	3750	10415	8025	13650	10800
	SD	636	1534	530	2121	1273

ภาคผนวก ข.29 ค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่ายของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่าย มก./ล.				
		เริ่มต้น	7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	3450	8500	7500	10950	9450
	2	3750	7500	7800	9750	9750
	เฉลี่ย	3600	8000	7650	10350	9600
	SD	212	707	212	849	212
10:45:45	1	3900	9400	7500	9750	6600
	2	3900	8200	7950	11400	7950
	เฉลี่ย	3900	8800	7725	10575	7275
	SD	0	849	318	1167	955
20:80:0	1	3750	11450	9750	10800	9600
	2	3750	9750	9600	10500	10800
	เฉลี่ย	3750	10600	9675	10650	10200
	SD	0	1202	106	212	849
20:40:40	1	4350	8200	9300	10200	8400
	2	3750	9600	10800	10950	7500
	เฉลี่ย	4050	8900	10050	10575	7950
	SD	424	990	1061	530	636
50:50:0	1	4200	8100	8550	9000	11550
	2	3900	7950	7050	9750	10650
	เฉลี่ย	4050	8025	7800	9375	11100
	SD	212	106	1061	530	636
50:25:25	1	4350	6250	5850	5850	8400
	2	4050	4950	7500	5700	7800
	เฉลี่ย	4200	5600	6675	5775	8100
	SD	212	919	1167	106	424

ภาคผนวก ข.30 ค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่ายของน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	**ครั้งที่**	**ค่ากรดอินทรีย์ระเหยง่าย มก./ล.**				
		เริ่มต้น	**7วัน**	**14วัน**	**21วัน**	**28วัน**
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์ชุมชน)	1	4650	10600	10750	7450	6750
	2	4650	12500	12350	9350	6750
	เฉลี่ย	4650	11550	11550	8400	6750
	SD	0	1344	1131	1344	0
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์โรงงาน)	1	4500	10200	12450	10800	8100
	2	4500	12300	13800	12300	7950
	เฉลี่ย	4500	11250	13125	11550	8025
	SD	0	1485	955	1061	106
0:100:0	1	4350	14000	12500	18750	14800
	2	4350	14500	13150	16950	16450
	เฉลี่ย	4350	14250	12825	17850	15625
	SD	0	354	460	1273	1167
0:50:50	1	4800	10500	8100	13450	6300
	2	4800	9500	7500	12350	7200
	เฉลี่ย	4800	10000	7800	12900	6750
	SD	0	707	424	778	636

ภาคผนวก ข.31 ปริมาณ NaCl ของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชนหนองแขม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณร้อยละ NaCl				
		เริ่มต้น	7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	0.135	0.347	0.521	0.534	0.437
	2	0.144	0.360	0.551	0.466	0.463
	เฉลี่ย	0.140	0.353	0.536	0.500	0.450
	SD	0.006	0.009	0.021	0.048	0.018
10:45:45	1	0.177	0.276	0.415	0.423	0.353
	2	0.162	0.310	0.452	0.379	0.381
	เฉลี่ย	0.170	0.293	0.433	0.401	0.367
	SD	0.010	0.023	0.026	0.032	0.020
20:80:0	1	0.159	0.391	0.507	0.478	0.436
	2	0.154	0.316	0.532	0.399	0.463
	เฉลี่ย	0.156	0.353	0.520	0.439	0.449
	SD	0.003	0.054	0.018	0.056	0.020
20:40:40	1	0.151	0.328	0.484	0.398	0.401
	2	0.139	0.363	0.532	0.453	0.469
	เฉลี่ย	0.145	0.345	0.508	0.426	0.435
	SD	0.009	0.025	0.034	0.039	0.048
50:50:00	1	0.139	0.342	0.552	0.573	0.470
	2	0.160	0.356	0.566	0.577	0.470
	เฉลี่ย	0.149	0.349	0.559	0.575	0.470
	SD	0.015	0.010	0.010	0.002	0.000
50:25:25	1	0.126	0.361	0.547	0.564	0.482
	2	0.132	0.299	0.529	0.561	0.447
	เฉลี่ย	0.129	0.330	0.538	0.563	0.465
	SD	0.004	0.044	0.013	0.002	0.025

ภาคผนวก ข.32 ปริมาณ NaCl ของน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงานโอเลฟินส์

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณร้อยละ NaCl				
		เริ่มต้น	7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
10:90:0	1	0.130	0.353	0.495	0.506	0.424
	2	0.123	0.369	0.497	0.424	0.429
	เฉลี่ย	0.126	0.361	0.496	0.465	0.426
	SD	0.005	0.011	0.002	0.058	0.004
10:45:45	1	0.171	0.421	0.493	0.423	0.426
	2	0.162	0.449	0.541	0.465	0.365
	เฉลี่ย	0.166	0.435	0.517	0.444	0.396
	SD	0.006	0.020	0.034	0.030	0.043
20:80:0	1	0.156	0.493	0.580	0.485	0.465
	2	0.154	0.490	0.608	0.498	0.492
	เฉลี่ย	0.155	0.491	0.594	0.491	0.479
	SD	0.002	0.002	0.019	0.009	0.019
20:40:40	1	0.164	0.472	0.563	0.500	0.471
	2	0.153	0.523	0.619	0.524	0.392
	เฉลี่ย	0.159	0.497	0.591	0.512	0.432
	SD	0.008	0.036	0.040	0.017	0.056
50:50:0	1	0.151	0.423	0.564	0.494	0.471
	2	0.157	0.479	0.607	0.549	0.551
	เฉลี่ย	0.154	0.451	0.586	0.521	0.511
	SD	0.005	0.039	0.030	0.039	0.057
50:25:25	1	0.143	0.433	0.586	0.506	0.507
	2	0.140	0.399	0.547	0.478	0.446
	เฉลี่ย	0.141	0.416	0.567	0.492	0.477
	SD	0.002	0.024	0.027	0.020	0.043

ภาคผนวก ข.33 ปริมาณ NaCl ของน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม

ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	ครั้งที่	ปริมาณร้อยละ NaCl				
		เริ่มต้น	7วัน	14วัน	21วัน	28วัน
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์ชุมชน)	1	0.117	0.256	0.400	0.371	0.319
	2	0.111	0.294	0.400	0.350	0.316
	เฉลี่ย	0.114	0.275	0.400	0.361	0.318
	SD	0.004	0.027	0.000	0.015	0.002
100:0:0 (ตะกอนสลัดจ์โรงงาน)	1	0.151	0.404	0.575	0.617	0.536
	2	0.155	0.385	0.624	0.634	0.523
	เฉลี่ย	0.153	0.394	0.600	0.626	0.530
	SD	0.003	0.013	0.035	0.012	0.009
0:100:0	1	0.173	0.547	0.947	0.871	0.713
	2	0.181	0.459	0.872	0.814	0.614
	เฉลี่ย	0.177	0.503	0.910	0.843	0.663
	SD	0.005	0.062	0.053	0.040	0.070
0:50:50	1	0.138	0.427	0.624	0.546	0.553
	2	0.144	0.368	0.543	0.454	0.461
	เฉลี่ย	0.141	0.397	0.584	0.500	0.507
	SD	0.004	0.042	0.057	0.065	0.065

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ดัชนีการงอกของเมล็ด

ภาคผนวก ค.1 การทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (Germination Index)

วิธีการ

1. นำน้ำหมักชีวภาพที่ได้ไปปรับความเข้มข้นในน้ำกลั่น อัตราส่วน 1:10
2. ตีตารางบนกระดาษกรอง จำนวน 10 ช่อง วางเมล็ดพืชช่องละ 1 เมล็ด รวม 10 เมล็ดต่อจานเพาะ โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ
3. ใส่น้ำหมักในจานเพาะ จานละ 3 มิลลิลิตร
4. ใส่น้ำกลั่นในจานตำรับควบคุมจานละ 3 มิลลิลิตร
5. บ่มจานเพาะเมล็ดไว้ในที่มืดอุณหภูมิระหว่าง 28-30°C นาน 48 ชั่วโมง
6. เก็บรวมรวมข้อมูล ดังนี้
    - จำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมดต่อจาน
    - วัดความยาวรากของรากเมล็ดที่งอกทั้งหมดแล้วหาค่าเฉลี่ย (หน่วยเป็น ซม.)

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละการงอกสัมพัทธ์ของเมล็ด} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมดในน้ำสกัดปุ๋ยหมัก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมดในน้ำกลั่น}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละความยาวรากสัมพัทธ์} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยความยาวรากในน้ำสกัดปุ๋ยหมัก}}{\text{ค่าเฉลี่ยความยาวรากในน้ำกลั่น}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละดัชนีการงอกของเมล็ด} = \frac{\text{ร้อยละการงอกสัมพัทธ์ของเมล็ด} \times \text{ร้อยละความยาวรากสัมพัทธ์}}{\mathbf{100}}$$

ภาคผนวก ค.1 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชน ที่อัตราส่วน 10:90:**0**

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยาวรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	0.5	1.2	0.5	0.6	0.2						0.60	50	18.88
	1.2	1.2	1.3	1	1.1	1.1	0.6				1.07	80	53.95
14	1	0.5	1	0.5	0.8	0.5	0.8	0.6			0.71	80	35.87
	1	0.7	0.9	1	1.2	1	0.9	0.8	0.6		0.90	90	50.98
21	1.9	1.5	2.1	1.4	0.7	0.7	0.9	2.1	2	1	1.43	100	90.00
	1	1.7	0.7	1	1.3	0.6	1.1	0.7			1.01	80	50.98
28	1	0.9	0.9	1.3	1.2	1.1	1.2				1.09	70	47.83
	1.9	2	1.2	1.7	0.9	1	1.2	2.7	1	1.2	1.48	100	93.15

ภาคผนวก ค.2 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชน ที่อัตราส่วน 10:45:45

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยาวรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	0.7	1.8	1.1	1.5	0.6	1	0.9	1.2	1.9	0.7	1.14	100	71.75
	1.5	2.5	0.7	1	1	1.5	0.2	1.8	0.4	0.9	1.15	100	72.38
14	2.5	0.7	1.9	0.8	2.7	2.1	1.6	2	0.7	2	1.70	100	106.99
	0.9	0.8	0.8	1.4	0.7	0.6	0.7	0.8			0.84	80	42.17
21	1.2	3	1.1	1.9	1.4	0.8	1	0.5			1.36	80	68.60
	0.6	1.7	2.8	2.6	2.1	1.6	1	1.5	0.7	0.8	1.54	100	96.92
28	2.2	2.7	1.7	2.4	1.2	1.8	0.9	1.6	0.9	0.8	1.62	100	101.96
	0.9	0.8	1.2	1	1.5	0.6	1.2	1.8	0.8	1	1.08	100	67.97

ภาคผนวก ค.3 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชน ที่อัตราส่วน 20:80:0

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยาวรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	0.7	1	0.9	1.2	1.1	1	0.1	0.5	1.8	0.8	0.91	100	57.27
	1	1.2	0.7	0.7	0.8	0.5	1	1.2	1.5	0.7	0.93	100	58.53
14	0.9	1.1	0.6	1.2	1	1.5	0.6	0.5	0.5	1.2	0.91	100	57.27
	1	0.7	1.3	1	1.2	0.7	1.1	1.6	1.9	2.2	1.27	100	79.93
21	2.7	0.9	0.9	1.2	1.6	1	0.6	0.7	0.9	0.5	1.10	100	69.23
	1.7	0.5	1	0.6	1	1.5	1	0.7	0.9	0.9	0.98	100	61.68
28	0.8	0.5	1.5	1	0.7	1.5	0.8	0.9	0.8	1	0.95	100	59.79
	0.8	0.5	0.8	0.8	0.5	1	1.2	1.2	0.7	0.8	0.83	100	52.24

ภาคผนวก ค.4 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชน ที่อัตราส่วน 20:40:40

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยาวรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	1.5	2.5	3	1	1.3	1.5	3.2	1.5	1.7	0.8	1.80	100	113.29
	4.3	2.5	1.8	1.2	1.5	1.1	1.1	1.2	0.8		1.72	90	97.55
14	1.5	1.6	1	1.1	1.3	1.1	1.3	1.4	0.9	0.7	1.19	100	74.90
	0.6	2.2	1.8	1.8	0.7	1.3	1.7	1.2	1.1	1.4	1.38	100	86.85
21	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	1	0.5	0.9	0.8		0.77	90	43.43
	0.6	0.8	1	1	1.2	1.2					0.97	60	36.50
28	1.1	0.6	0.5	0.8	0.6	0.9	0.5	0.9	1.2	1.2	0.83	100	52.24
	1	1	1	1	0.6	1.1	0.5	0.5	0.7	0.8	0.82	100	51.61

ภาคผนวก ค.5 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชน ที่อัตราส่วน 50:50:0

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยาวรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	0.6	1	0.9	1.2	0.9	0.8					0.90	60	33.99
	0.9	1.1	0.7	0.7	0.7	0.9	0.6				0.80	70	35.24
14	3.3	1.9	1.7	1.7	2.2	1.2	1.8	2.5	2.6	2.3	2.12	100	133.43
	1.2	1.6	1.4	2.1	1.6	2.4	1.3	1.1	1.2	1.5	1.54	100	96.92
21	0.6	1.5	1.2	0.6	1.2	0.8	0.8	0.5	0.7		0.88	90	49.72
	1.2	0.8	1.1	0.9	0.7	0.6	0.6				0.84	70	37.13
28	1.3	1	1.8	2	2.2	0.8	1	1.4	2.4	1.1	1.50	100	94.41
	1.2	1.3	0.7	1.3	1.6	1.2	0.5	1.3	1.9	0.8	1.18	100	74.27

ภาคผนวก ค.6 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชน ที่อัตราส่วน 50:25:25

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยาวรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	0.6	1	1.1	0.6	0.9	1.2	0.8				0.89	70	39.02
	1.4	0.6	0.7	0.6	0.6						0.78	50	24.55
14	2	0.7	3.6	2.6	3	2.5	1.2	1.1	1.6	0.9	1.92	100	120.84
	1.7	1.7	1.8	1.1	1.4	1.4	1.1	0.8	1.4		1.38	90	78.04
21	0.9	0.9	0.7	1.3	0.5						0.86	50	27.06
	1.3	1	1.1	1.7	1.7	1	2.3	0.7			1.35	80	67.97
28	2.1	3	1.1	2.8	3	4	1.2	2	2.2	1.1	2.25	100	141.61
	1.6	0.6	0.5	2.7	1.4	3.6	1.4	1.2	1.8		1.64	90	93.15

ภาคผนวก ค.7 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงาน ที่อัตราส่วน 10:90:0

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยาวรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	1.2	1.5	1.4	1.5	1.2	1.3	1.6	1.8	1.2	2	1.47	100	92.52
	1	0.9	1.1	0.7	1.1	0.7	0.7	1.2	1.6	1	1.00	100	62.94
14	1.3	3.2	1.4	3	2.2	1.2	1.7	1.4	1.5	1.3	1.82	100	114.55
	3.3	1.5	1.2	1.6	2.4	1.5	1.1	1.6	0.8	1.5	1.65	100	103.85
21	2.2	2.1	2.7	1.6	3.1	2.5	1.8	2	1.4	1.1	2.05	100	129.02
	0.6	1.3	1.2	1.4	2.6	2.6	2.1	1.3	0.8	2	1.59	100	100.07
28	1.2	1.4	1.6	2.8	1.8	1.7	1.7	1.8	1.6	2.3	1.79	100	112.66
	2.6	3	1	2.2	1	2.5	1.4	0.5	0.7	1.7	1.66	100	104.48

ภาคผนวก ค.8 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงาน ที่อัตราส่วน 10:45:45

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยาวรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	1.1	1.2	1.1	1.2	2.3	2.3	1.3	2.1	1.1	1.7	1.54	100	96.92
	1.1	1.4	1	0.9	0.7	1	0.6	0.5	0	1.2	0.84	100	52.87
14	2.5	1.5	1	1	1.6	1.4	0.9	1.5	1.4	1	1.38	100	86.85
	1.5	3.1	2	2.2	1.6	1.6	2.2	1.5	2.4	2	2.01	100	126.50
21	2.2	2.3	2.7	2.7	2.7	1.8	1.8	1.6	1.2	1.4	2.04	100	128.39
	1.3	1.8	2.2	2.2	2	2.6	1.1	2.4	1.1	0.7	1.74	100	109.51
28	1	1.4	1.6	1.2	1.1	1.3	1	1	0.8	1.4	1.18	100	74.27
	1.4	1.5	0.8	0.9	1	1.6	1	1.1	1	1	1.13	100	71.12

ภาคผนวก ค.9 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงาน ที่อัตราส่วน 20:80:0

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยามรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	1.1	1	0.9	1.3	1.3	1.2	0.9	1.2	2	1.3	1.22	100	76.78
	0.9	1.8	1.1	1.5	1.4	1.3	0.7	1.1	1.2	1.1	1.21	100	76.15
14	1.9	1.3	0.8	2.3	1	3	1	1.2	0	1.1	1.36	100	85.59
	1.2	0.9	1.6	1.8	0.9	1.6	1.6	1.1	1.2	1	1.29	100	81.19
21	2.8	3.3	2.2	2.1	1.7	1.6	0.7	1.4	2.4	1.3	1.95	100	122.73
	2	1.4	1.8	1.5	0.7	2	2.5	1.1	0.7	1	1.47	100	92.52
28	2	1.5	1.4	3	2	1.6	1.9	1.7	1.8	2	1.89	100	118.95
	2.5	1.3	1.1	1.4	1.3	0.8	1.5	3	1	1.3	1.52	100	95.66

ภาคผนวก ค.10 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงาน ที่อัตราส่วน 20:40:40

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยามรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	1.1	1.4	0.9	1.3	1.1	1.2	2.3	0.9	1	2.3	1.35	100	84.97
	0.9	1	1.8	1.1	1.2	1.3	1.1	1.1	1.5	1	1.2	100	75.52
14	1.2	2	1.8	2.8	1.8	1.7	1.8	1.5	1.5	1.1	1.72	100	108.25
	1.8	1.2	1.4	1.2	2	1.4	1.1	1.2	1.3	1.5	1.41	100	88.74
21	2	2.2	2	2.2	1.2	1.9	2.1	1.5	1.6	1.5	1.82	100	114.55
	2.3	1.8	1.6	1.1	1.4	1.7	3.1	1.5	2	1.1	1.76	100	110.77
28	1.6	1.2	1.1	1.1	1	1.4	2.4	1.2	2.5	1.4	1.49	100	93.78
	1.5	1.5	2.2	2	2.2	1	1.5	1.2	1.3	1	1.54	100	96.92

ภาคผนวก ค.11 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงาน ที่อัตราส่วน 50:50:0

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยามรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	1.3	1.3	1.1	1.1	0.6	1.2	1.2	1.1			1.11	80	56.01
	0.9	2.2	0.5	1.2	1	0.9	1.7	2.1	0.6		1.23	90	69.86
14	1.2	1.1	1.8	1.7	1.2	1.3	2	2.5	1.1	1.3	1.52	100	95.66
	1.8	1.7	1.7	1.6	1.2	1.2	1.8	1.7	1.8	1	1.55	100	97.55
21	2.2	3.7	1.4	1.2	1.2	1.6	2.6	0.9	1.4	0.9	1.71	100	107.62
	1.8	2.2	1.2	1.5	0.8	3.3	1.7	2	1.3	1.8	1.76	100	110.77
28	1.1	0.9	1.2	1	1.4	1.2	1.5	1.2	1.5	2	1.30	100	81.82
	2.8	1.6	1.2	3	2	1.8	1.6	1.2	1.7	1.6	1.85	100	116.43

ภาคผนวก ค.12 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงาน ที่อัตราส่วน 100:0:0

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยามรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	1.2	1.3	1.3	1.2	1.4	1	1.3	1.3	1.4	1.3	1.27	100	79.93
	1.3	1.8	1	1.1	0.5	1.2	1.9	1.2	1	1	1.20	100	75.52
14	1.1	0.7	0.7	1.1	1.2	0.9	1	1	1	1	0.97	100	61.05
	0.8	1.1	1.9	1.1	0.9	2.4	1.5	0.7	1	1	1.24	100	78.04
21	2.7	2	1.4	0.8	0.8	1.1	0.7	0.6	1	1.6	1.27	100	79.93
	1.3	1.3	1.1	2.6	0.9	2.2	1.1	1.4	1.2	1	1.41	100	88.74
28	2.3	2.3	1.9	1.4	1.7	1.6	1	2.2	1.8	1.2	1.74	100	109.51
	1.3	1.1	1.2	1.2	2.2	1.8	1	1.6	1.3	0.6	1.33	100	83.71

ภาคผนวก ค.13 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์ชุมชน ที่อัตราส่วน 100:0:0

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยาวรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	1.2	2.3	1.8	1	2.4	0.9	1.5	0.8	1.4	1.6	1.49	100	93.78
	1.5	1.9	1.6	3	0.9	0.5	1.2	1.2	2.2		1.56	90	88.11
14	1	2.4	1.8	1.3	1	1	1.1	0.8	0.8	1	1.22	100	76.78
	1.2	0.8	0.8	1.3	1.3						1.08	50	33.99
21	2.2	1.2	2	2.6	0.8	1	1.1	0.9	0.6		1.38	90	78.04
	0.8	1.2	2.2	0.6	0.5	0.7					1.00	60	37.76
28	0.8	2.8	4	1.7	3	0.7	1				2.00	70	88.11
	1.8	2.5	2.6	4.1	3.2	1	1.1	0.7	1.3	0.5	1.88	100	118.32

ภาคผนวก ค.14 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุมที่ผลิตจากตะกอนสลัดจ์โรงงาน ที่อัตราส่วน 100:0:0

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยาวรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	1.7	2	0.9	1.3	1.3	1.7	0.8	1.9	1.1	1.1	1.38	100	86.85
	0.9	1.2	2	1.4	1.4	1.2	0.9	1.7	1.2	1.3	1.32	100	83.08
14	2.1	2.1	2.9	1.2	2.5	1.5	2.4	1.8	1.2	0.6	1.83	100	115.17
	1.6	1.1	2.4	3.6	0.6	2	1.9	1.5	1.1	2.5	1.83	100	115.17
21	2.1	1.1	1.6	2.2	2.1	1.6	1.8	2	2.2	2.2	1.89	100	118.95
	2.9	3.9	3.5	5.5	4.1	3.2	2	3.2	4.7	4.7	3.77	100	237.27
28	2.2	3.1	3.2	1.9	3	1.7	3.2	2.4	2.2	2.6	2.55	100	160.49
	1.3	2.1	1.6	1.2	2	1.6	1.2	1.8	2.3	2.4	1.75	100	110.14

ภาคผนวก ค.15 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม ที่อัตราส่วน 0:100:0

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยามรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	1	1.2	1.1	2.2	1	1	1.4	1	2.7	1.4	1.40	100	88.11
	2.1	0.7	1.1	1.8	1.1	1.8	2	1.1	1.3	0.9	1.39	100	87.48
14	0.8	1.5	2.7	0.8	1.8	1.3	1.3	1.3	0.8		1.37	90	77.41
	1.2	1.4	1.1	1.9	1.1	1.3	1.1	1	1		1.23	90	69.86
21	1.7	1.5	1	1.6	0.8	1.3	1.7	1.5	1.1	1.3	1.35	100	84.97
	3	3.3	3.2	3.2	4.2	2.3	2.7	3.6	1.2	4.1	3.08	100	193.85
28	3.3	2	1	1.7	1.6	1.2	1.2	1.2	1	1.1	1.53	100	96.29
	1	0.7	1.1	2	1.5	1.4	1.4	1.4	0.7	1.4	1.26	100	79.30

ภาคผนวก ค.16 ดัชนีการงอกของเมล็ด ในน้ำหมักชีวภาพชุดควบคุม ที่อัตราส่วน 0:25:25

เวลา (วัน)	ความยาวราก (ซม.)										ความยามรากเฉลี่ย (ซม.)	จำนวนการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)	ดัชนีการงอกของเมล็ด (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
7	1.6	2.1	1	1	0.7	2.7	2.3	2	0.7	1	1.51	100	95.03
	2.9	2.1	4.2	1.3	1.3	1.5	1.7	1.7	1.3	1.6	1.96	100	123.36
14	1.8	1.2	0.7	1.1	1.2	1.6	1.7	1.7	1.9	1.2	1.41	100	88.74
	1.1	1	1.1	1.1	1.8	1.1	1.8	1.2	1	1.2	1.24	100	78.04
21	3.5	2.5	3.2	3.5	2.2	2.5	0.7	0.5	2.4	3.7	2.47	100	155.45
	2.7	2.7	1.8	1.6	1.8	1.8	1.6	1.2	1.3	1.8	1.83	100	115.17
28	2.5	0.9	1.2	1.2	1.6	1.6	1.4	1.1	1.1	1.2	1.38	100	86.85
	0.7	1.6	1.2	3.3	1.4	0.6	1.2	0.7	1.1	0.9	1.27	100	79.93

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ

วิธีการวิเคราะห์

1. วิธีการเตรียมตัวอย่าง

ทำการผสมผสมกับน้ำกลั่นปลอดเชื้อ โดยเจือจางสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 10^{-1} – 10^{-8} ตาม serial dilutions จากนั้นนำไปทดลองต่อไปในการเพาะเชื้อแบบ Spread Plate

การเจือจางแบบ 10 serial dilutions

1. ปิเปตน้ำหมักชีวภาพ 1 มิลลิลิตร (10^0) ใส่หลอดที่มีน้ำกลั่นปลอดเชื้อปริมาตร 9 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เขย่าให้เข้ากัน จะได้เป็นน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-1}

2. ปิเปตน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-1} 1 ใส่หลอดที่มีน้ำกลั่นปลอดเชื้อปริมาตร 9 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เขย่าให้เข้ากัน จะได้เป็นน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-2}

3. ปิเปตน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-2} 1 ใส่หลอดที่มีน้ำกลั่นปลอดเชื้อปริมาตร 9 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เขย่าให้เข้ากัน จะได้เป็นน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-3}

4. ปิเปตน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-3} 1 ใส่หลอดที่มีน้ำกลั่นปลอดเชื้อปริมาตร 9 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เขย่าให้เข้ากัน จะได้เป็นน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-4}

5. ปิเปตน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-4} 1 ใส่หลอดที่มีน้ำกลั่นปลอดเชื้อปริมาตร 9 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เขย่าให้เข้ากัน จะได้เป็นน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-5}

6. ปิเปตน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-5} 1 ใส่หลอดที่มีน้ำกลั่นปลอดเชื้อปริมาตร 9 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เขย่าให้เข้ากัน จะได้เป็นน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-6}

7. ปิเปตน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-6} 1 ใส่หลอดที่มีน้ำกลั่นปลอดเชื้อปริมาตร 9 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เขย่าให้เข้ากัน จะได้เป็นน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-7}

7. ปิเปตน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-7} 1 ใส่หลอดที่มีน้ำกลั่นปลอดเชื้อปริมาตร 9 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เขย่าให้เข้ากัน จะได้เป็นน้ำหมักที่มีความเข้มข้นเชื้อที่ 10^{-8}

2. Spread Plate

ทำการละลายอาหารและเทอาหารลงบนจานเพาะเชื้อที่ปราศจากเชื้อโรคจานละ 15-20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้จนวุ้นแข็งตัว เตรียมเจือจางตัวอย่าง โดยการใช้ปิเปตดูดตัวอย่างจากหลอดที่เจือจางแล้วที่ความเข้มข้น10^{-1} – 10^{-8} มาตัวอย่างละ 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงบนอาหารที่เตรียมไว้ ทำ 2 ซ้ำ (2 จาน) แล้วใช้แท่งแก้วงอรูปสามเหลี่ยมค่อยๆ เกลี่ยส่วนผสมให้ทั่วทุกทิศทางบนผิวของอาหาร หรือจนกระทั่งส่วนผสมของน้ำหมักที่เจือจางแล้วถูกดูดซับเข้าไปในวุ้นจนหมด ตั้งจานอาหารที่ผ่านการเพาะเชื้อเรียบร้อยแล้วในอุณหภูมิตามแต่ละชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนี้

2.1 Proteolytic microorganism ตรวจนับบนอาหาร nutrient agar ที่มีการเติม 0.4% เจลาติน จะมีพีเอช 6 ทำการบ่มที่อุณภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ทำการตรวจนับโคโลนีที่มีความขุ่นเกิดขึ้นรอบๆ

2.2 ราและยีสต์ ตรวจนับบนอาหาร potato dextrose agar พีเอช 3.5 (หยด 10% lactic scid 1 มิลลิลิตร/อาหารเลี้ยงเชื้อ 100 มิลลิลิตร) บ่มที่อุณภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง

2.3 Lactic acid bacteria ตรวจนับบนอาหาร MRS agar บ่มที่อุณภูมิ 30 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะ microaerophilic (Candle jar) เป็นระยะเวลา 48-72 ชั่วโมง

2.4 แบคทีเรียทั้งหมด ตรวจนับบนอาหาร plate count agar บ่มที่อุณภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง

3. การคำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

คัดเลือกจานเพาะเชื้อที่เพาะจากการเจือจางที่มีเชื้อจุลินทรีย์ขึ้นระหว่าง 30-300 โคโลนี นับจำนวนเชื้อที่ขึ้นทั้ง 2 จาน รวมจำนวนที่นับได้ทั้ง 2 จานแล้วหาค่าเฉลี่ย จำนวนที่เฉลี่ยได้คูณด้วยส่วนกลับของการเจือจาง เมื่อคูณด้วยส่วนกลับของการเจือจางแล้วจะต้องคูณด้วย 10 อีกครั้ง เนื่องจากปริมาณที่นำเพาะ 0.1 มิลลิลิตร จำนวนที่ได้รายงานเป็นจำนวนเชื้อที่ได้ต่อมิลลิลิตร

ภาคผนวก ง.1 ปริมาณ Proteolytic microorganism ที่พบในน้ำหมักชีวภาพ

ระยะเวลาหมัก	ตะกอนสลัดจ์:เศษอาหาร:เศษผัก	1	2	เฉลี่ย	จำนวนโคโลนี CFU/ml
0 วัน	ช20:80:0	75	72	73.67	7367
	ร10:90:0	200	217	208.33	20833
	ร50:25:25	129	120	124.67	124667
2 วัน	ช20:80:0	105	101	103.00	10300
	ร10:90:0	118	111	114.33	114333
	ร50:25:25	74	65	69.67	6967
4 วัน	ช20:80:0	67	53	60.00	6000000
	ร10:90:0	278	298	288.00	28800000
	ร50:25:25	178	183	180.33	18033333
6 วัน	ช20:80:0	67	53	60.00	6000000
	ร10:90:0	98	78	88.00	8800000
	ร50:25:25	105	126	115.67	11566667
8 วัน	ช20:80:0	47	46	46.67	4666667
	ร10:90:0	67	74	70.33	7033333
	ร50:25:25	178	183	180.33	18033333
11 วัน	ช20:80:0	44	48	46.00	460000
	ร10:90:0	123	136	129.33	1293333
	ร50:25:25	224	217	220.33	2203333
15 วัน	ช20:80:0	83	86	84.33	84333
	ร10:90:0	45	38	41.33	41333
	ร50:25:25	30	34	32.00	32000
30 วัน	ช20:80:0	145	152	148.33	14833
	ร10:90:0	68	70	69.00	6900
	ร50:25:25	45	38	41.67	4167

ภาคผนวก ง.2 ปริมาณราและยีสต์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพ

ระยะเวลาหมัก	ตะกอนสลัดจ์:เศษอาหาร:เศษผัก	1	2	เฉลี่ย	จำนวนโคโลนี CFU/ml
0 วัน	ช20:80:0	48	42	45	45000
	ร10:90:0	88	80	84	84000
	ร50:25:25	135	130	132.33	132330
2 วัน	ช20:80:0	85	91	88	880000
	ร10:90:0	100	114	107.33	1073333.3
	ร50:25:25	153	145	149	1490000
4 วัน	ช20:80:0	119	112	115.33	115333333
	ร10:90:0	51	43	46.67	46666667
	ร50:25:25	46	47	46.67	46666667
6 วัน	ช20:80:0	120	117	118.67	118666667
	ร10:90:0	130	128	129	129000000
	ร50:25:25	135	105	120	120000000
8 วัน	ช20:80:0	87	89	88	88000000
	ร10:90:0	46	49	47.67	47666667
	ร50:25:25	68	59	63.33	63333333
11 วัน	ช20:80:0	69	65	67.33	67333333
	ร10:90:0	56	69	62.33	62333333
	ร50:25:25	156	166	161	161000000
15 วัน	ช20:80:0	59	73	66	660000
	ร10:90:0	189	185	187	1870000
	ร50:25:25	56	68	62	620000
30 วัน	ช20:80:0	53	50	51.67	5167
	ร10:90:0	58	57	57.67	57667
	ร50:25:25	56	68	62	62000

ภาคผนวก ง.3 ปริมาณ Lactic acid bacteria ที่พบในน้ำหมักชีวภาพ

ระยะเวลาหมัก	ตะกอนสลัดจ์: เศษอาหาร:เศษผัก	1	2	เฉลี่ย	จำนวนโคโลนี CFU/ml
0 วัน	ช20:80:0	50	53	51.5	51500
	ร10:90:0	65	59	62	620000
	ร50:25:25	195	162	178.5	178500
2 วัน	ช20:80:0	147	156	151.5	151500
	ร10:90:0	136	133	134.5	134500
	ร50:25:25	233	223	228	228000
4 วัน	ช20:80:0	74	71	72.33	7233333
	ร10:90:0	44	36	40	40000000
	ร50:25:25	279	271	275	27500000
6 วัน	ช20:80:0	89	109	99	99000000
	ร10:90:0	82	84	83	83000000
	ร50:25:25	79	71	75	75000000
8 วัน	ช20:80:0	134	131	132.33	13233333
	ร10:90:0	96	103	99.67	9966667
	ร50:25:25	102	115	108.33	10833333
11 วัน	ช20:80:0	100	87	93.33	933333.3
	ร10:90:0	95	97	96	9600000
	ร50:25:25	96	94	95	9500000
15 วัน	ช20:80:0	75	78	76.67	766667
	ร10:90:0	245	238	241.33	241333
	ร50:25:25	119	122	120.67	120667
30 วัน	ช20:80:0	85	83	84.33	84333
	ร10:90:0	68	70	69	6900
	ร50:25:25	30	34	32	3200

ภาคผนวก ง.4 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่พบในน้ำหมักชีวภาพ

ระยะเวลาหมัก	ตะกอนสลัดจ์:เศษอาหาร:เศษผัก	1	2	เฉลี่ย	จำนวนโคโลนี CFU/ml
0 วัน	ช20:80:0	88	86	87	8700000
	ร10:90:0	61	50	55.67	5566667
	ร50:25:25	31	30	30.67	3066667
2 วัน	ช20:80:0	158	152	155	15500000
	ร10:90:0	244	242	243	24300000
	ร50:25:25	137	139	138	13800000
4 วัน	ช20:80:0	98	95	96.33	96333333
	ร10:90:0	53	41	47	47000000
	ร50:25:25	92	87	89.33	89333333
6 วัน	ช20:80:0	179	187	183	183000000
	ร10:90:0	147	140	143.67	143666667
	ร50:25:25	275	237	256	182666667
8 วัน	ช20:80:0	156	143	149.67	14966667
	ร10:90:0	123	98	110.33	11033333
	ร50:25:25	174	169	171.67	17166667
11 วัน	ช20:80:0	49	49	49	4900000
	ร10:90:0	155	148	151.33	15133333
	ร50:25:25	76	73	74.33	7433333
15 วัน	ช20:80:0	38	36	37	3700000
	ร10:90:0	75	76	75.67	756667
	ร50:25:25	132	135	133.67	1336667
30 วัน	ช20:80:0	129	134	131.67	131667
	ร10:90:0	54	64	59	59000
	ร50:25:25	253	249	251	251000

ภาคผนวก จ.

การเจริญเติบโตของดาวเรือง

ภาคผนวก จ.1 ความสูงของต้นดาวเรืองเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชนต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 20:80:0 ระยะเวลาหมัก 21 วัน ที่ความเข้มข้น 1:500

ต้นที่	ความสูงของต้นดาวเรือง (เซนติเมตร)							
	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 9
1	10.5	14	22	33	39	46	44	46
2	11.5	14	19	25	35	39	40	45
3	9.5	14	21	32	41	45	48	50
4	9.3	10	14	21	27	32	36	40
5	10	13	18	26	33	37	38	40
6	9.5	12	18	28	35	44	48	50
7	10.5	15	24	34	40	46	48	48
8	10.5	13	22	33	43	50	52	54
9	10	13	21	32	43	46	49	52
10	10	14.5	21	32	41	45	49	52
เฉลี่ย	10.13	13.25	20.00	29.60	37.70	43.00	45.20	47.70
SD	0.65	1.44	2.83	4.35	5.12	5.35	5.41	4.90

ภาคผนวก จ.2 ความสูงของต้นดาวเรืองเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงานต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 10:90:0 ระยะเวลาหมัก 28 วัน ที่ความเข้มข้น 1:500

ต้นที่	ความสูงของต้นดาวเรือง (เซนติเมตร)							
	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 9
1	8.5	13	22	33	42	51	57	57
2	10	13	22	34	45	51	57	60
3	11	14.5	23	36	49	57	58	59
4	10.5	13	23	33	46	56	58	60
5	10.8	15	24	33	45	52	57	60
6	8	11	19	30	43	53	58	64
7	10.5	15	22	35	44	53	54	55
8	10	14	18	25	33	43	50	50
9	11.3	16	24	35	42	46	46	51
10	10.5	14	22	36	42	40	47	53
เฉลี่ย	10.11	13.85	21.90	33.00	43.10	50.20	54.20	56.90
SD	1.07	1.42	1.97	3.33	4.18	5.51	4.76	4.53

ภาคผนวก จ.3 ความสูงของต้นดาวเรืองเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชนต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 50:25:25 ระยะเวลาหมัก 21 วัน ที่ความเข้มข้น 1:500

ต้นที่	ความสูงของต้นดาวเรือง (เซนติเมตร)							
	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 9
1	10.5	14	20	32	35	40	42	43
2	11	14	17	20	27	39	44	45
3	8	12	17	22	29	36	41	42
4	10.5	11.5	15	24	30	39	40	40
5	13.5	17	24	33	39	42	45	46
6	12.5	17	27	35	44	48	51	55
7	12.5	18	28	37	48	51	60	64
8	11.5	15	24	35	46	50	54	56
9	9.5	12	17	27	33	47	52	54
10	11	14	24	35	44	49	50	53
เฉลี่ย	11.05	14.45	21.30	30.00	37.50	44.10	47.90	49.80
SD	1.59	2.29	4.67	6.20	7.71	5.47	6.52	7.71

ภาคผนวก จ.4 ความสูงของต้นดาวเรืองเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชนต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 20:80:0 ระยะเวลาหมัก 21 วัน ที่ความเข้มข้น 1:1000

ต้นที่	ความสูงของต้นดาวเรือง (เซนติเมตร)							
	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 9
1	11.5	14	19	25	30	39	36	40
2	11.5	13	16	25	26	32	32	35
3	11	14.5	20	27	34	37	38	39
4	11	11.1	16	25	31	37	38	39
5	11	12	16	25	28	35	32	33
6	11	13	24	34	45	47	53	57
7	9	13	22	35	48	56	58	59
8	10.5	15	23	38	46	53	60	60
9	11	15	16	35	47	52	53	54
10	9.5	14	25	37	54	60	65	64
เฉลี่ย	10.7	13.46	19.7	30.6	38.9	44.8	46.5	48
SD	0.82	1.28	3.62	5.62	10.08	9.98	12.55	11.82

ภาคผนวก จ.5 ความสูงของต้นดาวเรืองเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงานต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 10:90:0 ระยะเวลาหมัก 28 วัน ที่ความเข้มข้น 1:1000

ต้นที่	ความสูงของต้นดาวเรือง (เซนติเมตร)							
	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 9
1	10.5	15	25	38	49	55	65	68
2	11	15	25	37	48	62	65	66
3	9	12	19	29	43	54	61	66
4	9.5	12.5	19	29	40	45	52	53
5	11.5	14.5	19	29	40	49	54	55
6	10.3	14.5	20	30	40	44	48	50
7	10.5	14	20	32	35	44	46	53
8	12	15	23	36	50	55	57	58
9	11	15.5	26	39	42	50	53	53
10	10.7	14	21	34	46	54	55	56
เฉลี่ย	10.6	14.2	21.7	33.3	43.3	51.2	55.6	57.8
SD	0.88	1.14	2.79	4.00	4.83	5.87	6.50	6.49

ภาคผนวก จ.6 ความสูงของต้นดาวเรืองเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชนต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 50:25:25 ระยะเวลาหมัก 21 วัน ที่ความเข้มข้น 1:1000

ต้นที่	ความสูงของต้นดาวเรือง (เซนติเมตร)							
	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 9
1	10.5	13	18	25	31	41	45	46
2	10	13	19	31	39	43	48	48
3	10.5	13.5	17	24	29	34	36	38
4	10	12	17	26	34	40	45	47
5	9.5	11.5	18	27	35	43	46	48
6	13	17	26	33	40	44	49	49
7	10.5	14	21	30	39	48	53	49
8	10.5	14	22	33	42	50	56	57
9	11	14.5	23	35	46	53	56	54
10	9.5	12	20	29	38	46	53	53
เฉลี่ย	10.5	13.45	20.1	29.3	37.3	44.2	48.7	48.9
SD	1.00	1.59	2.92	3.74	5.12	5.41	6.15	5.17

ภาคผนวก จ.7 ความสูงของต้นดาวเรืองชุดควบคุม

ต้นที่	ความสูงของต้นดาวเรือง (เซนติเมตร)							
	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 9
1	11.5	13	20	29	37	48	47	49
2	11.5	13	20	29	37	47	46	49
3	11.5	13	20	28	35	38	40	49
4	9	14	21	28	33	39	44	44
5	8.5	15.5	24	33	38	46	50	50
6	9.5	14	20	29	35	44	53	53
7	11	15.5	24	33	34	39	40	42
8	8.5	15	19	23	23	26	32	35
9	10	12	19	28	35	49	52	51
10	9.5	14	22	33	37	40	48	53
เฉลี่ย	10.05	13.90	20.90	29.30	34.40	41.60	45.20	47.50
SD	1.23	1.17	1.85	3.09	4.30	6.85	6.43	5.62

ภาคผนวก จ.8 มวลชีวภาพของต้นดาวเรืองเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพ ที่ความเข้มข้น 1:500

ต้นที่	มวลชีวภาพ กรัม/ต้น			
	ชุดควบคุม	ช20:80:0/21 วัน	ร10:90:0 /28 วัน	ร50:25:25 /21 วัน
1	14.06	16.87	20.05	24.49
2	7.80	19.32	21.03	21.78
3	13.04	21.62	16.93	26.97
4	8.71	16.33	15.44	41.30
5	6.32	21.07	15.09	25.05
6	8.94	20.97	16.34	22.45
7	11.43	6.48	12.20	23.61
8	10.54	8.30	20.23	27.07
9	6.91	14.07	16.40	22.25
10	10.08	10.74	13.80	24.05
เฉลี่ย	9.78	15.58	16.75	25.90
SD	2.55	5.51	2.90	5.71

ภาคผนวก จ.9 มวลชีวภาพของต้นดาวเรืองเมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพ ที่ความเข้มข้น 1:1000

ต้นที่	มวลชีวภาพ กรัม/ต้น			
	ชุดควบคุม	ช20:80:0/21 วัน	ร10:90:0 /28 วัน	ร50:25:25 /21 วัน
1	14.06	12.87	27.21	16.83
2	7.80	14.75	26.43	16.89
3	13.04	6.02	28.15	25.89
4	8.71	23.74	20.62	18.79
5	6.32	10.94	23.37	10.27
6	8.94	10.03	17.09	17.73
7	11.43	9.83	15.21	17.91
8	10.54	11.74	19.33	18.12
9	6.91	8.42	13.93	16.57
10	10.08	11.17	17.96	16.12
เฉลี่ย	9.78	11.95	21.49	17.51
SD	2.55	4.77	5.12	3.78

ภาคผนวก จ.10 จำนวนดอกดาวเรืองในแต่ละสัปดาห์ เมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชนต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 20:80:0 ระยะเวลาหมัก 21 วัน ที่ความเข้มข้น 1:500

ต้นที่	จำนวนดอกดาวเรือง			
	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	รวม
1	3	0	0	3
2	1	1	0	2
3	3	1	1	5
4	4	1	0	5
5	2	0	0	2
6	1	2	0	3
7	1	1	1	3
8	1	2	1	4
9	1	2	0	3
10	1	2	0	3
เฉลี่ย	1.8	1.2	0.3	3.3

ภาคผนวก จ.11 จำนวนดอกดาวเรืองในแต่ละสัปดาห์ เมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงานต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 10:90:0 ระยะเวลาหมัก 28 วัน ที่ความเข้มข้น 1:500

ต้นที่	จำนวนดอกดาวเรือง/ต้น			
	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	รวม
1	2	2	1	5
2	1	3	1	5
3	3	1	1	5
4	2	1	1	4
5	3	2	0	5
6	3	0	0	3
7	2	0	0	2
8	3	1	0	4
9	2	1	1	4
10	3	1	1	5
เฉลี่ย	2.4	1.2	0.6	4.2

ภาคผนวก จ.12 จำนวนดอกดาวเรืองในแต่ละสัปดาห์ เมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชนต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 50:25:25 ระยะเวลาหมัก 21 วัน ที่ความเข้มข้น 1:500

ต้นที่	จำนวนดอกดาวเรือง/ต้น			
	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	รวม
1	1	3	0	4
2	5	1	1	7
3	1	3	0	4
4	1	4	0	5
5	5	1	0	6
6	2	1	1	4
7	2	2	1	5
8	5	0	1	6
9	3	1	0	4
10	1	0	1	2
เฉลี่ย	2.6	1.6	0.5	4.7

ภาคผนวก จ.13 จำนวนดอกดาวเรืองในแต่ละสัปดาห์ เมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชนต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 20:80:0 ระยะเวลาหมัก 21 วัน ที่ความเข้มข้น 1:1000

ต้นที่	จำนวนดอกดาวเรือง/ต้น			
	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	รวม
1	4	0	0	4
2	1	3	1	5
3	3	2	0	5
4	3	2	0	5
5	2	1	0	3
6	3	1	1	5
7	2	2	0	4
8	3	1	1	5
9	3	2	0	5
10	4	0	0	4
เฉลี่ย	2.8	1.4	0.3	4.5

ภาคผนวก จ.14 จำนวนดอกดาวเรืองในแต่ละสัปดาห์ เมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์โรงงานต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 10:90:0 ระยะเวลาหมัก 28 วัน ที่ความเข้มข้น 1:1000

ต้นที่	จำนวนดอกดาวเรือง/ต้น			
	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	รวม
1	0	2	2	4
2	5	0	0	5
3	1	1	0	2
4	1	1	0	2
5	1	3	0	4
6	0	2	0	2
7	4	2	0	6
8	2	1	0	3
9	1	2	1	4
10	1	2	0	3
เฉลี่ย	1.6	1.6	0.3	3.5

ภาคผนวก จ.15 จำนวนดอกดาวเรืองในแต่ละสัปดาห์ เมื่อใส่น้ำหมักชีวภาพอัตราส่วนตะกอนสลัดจ์ชุมชนต่อเศษอาหารต่อเศษผัก เท่ากับ 50:25:25 ระยะเวลาหมัก 21 วัน ที่ความเข้มข้น 1:1000

ต้นที่	จำนวนดอกดาวเรือง/ต้น			
	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	สัปดาห์ที่ 8	รวม
1	1	3	1	5
2	1	2	1	4
3	3	2	0	5
4	1	3	0	4
5	2	3	0	5
6	2	2	0	4
7	1	3	0	4
8	3	1	0	4
9	1	1	2	4
10	1	2	1	4
เฉลี่ย	1.6	2.2	0.5	4.3

ภาคผนวก จ.16 จำนวนดอกดาวเรืองในแต่ละสัปดาห์ ของชุดควบคุม

ต้นที่	จำนวนดอกดาวเรือง/ต้น			
	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7	รวม
1	1	1	0	2
2	1	0	1	2
3	1	1	0	2
4	1	0	1	2
5	1	1	0	2
6	1	1	1	3
7	1	0	1	2
8	1	0	1	2
9	1	0	1	2
10	1	0	1	2
เฉลี่ย	1	0.4	0.7	2.1

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวเบญจวรรณ คำศรี เกิดเมื่อวันที่ 3 กันยายน พ.ศ.2530 สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553

นำเสนอบทความในหัวข้อ การผลิตน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม ในงานประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ระหว่างวันที่ 6-7 ธันวาคม 2555