ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

EFFICIENCY OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT BY BIOEXTRACTS FROM PINEAPPLE RINDS

นางสาวรตาพร พิมพ์โคตร
นางสาวรัตนา พุทธชาติ
นางสาววราภรณ์ ฐงนารถ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

Efficiency of Municipal Wastewater Treatment by Bioextracts from Pineapple Rinds

นางสาวรดาพร พิมพ์โคตร

นางสาวรัตนา พุทธชาติ

นางสาววราภรณ์ สูงนารถ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

EFFICIENCY OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT BY BIOEXTRACTS FROM PINEAPPLE RINDS

MISS RADAPORN PIMKORT

MISS RATTANA PUTTACHAT

MISS WARAPORN SOONGNARTH

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด Efficiency of Municipal Wastewater Treatment by Bioextracts from Pineapple Rinds
นักศึกษา	นางสาวรดาพร พิมพ์โคตร นางสาวรัตนา พุทธชาติ นางสาววราภรณ์ สูงนารถ
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการคุมสอบ	**ลายมือชื่อ**
ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	
ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด
นักศึกษา	นางสาวรดาพร พิมพ์โคตร นางสาวรัตนา พุทธชาติ นางสาววราภรณ์ สูงนารถ
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมสารเร่ง พด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า สัดส่วนการเติมเชื้อจุลินทรีย์ในการบำบัดน้ำเสียและประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย พารามิเตอร์ที่ศึกษา ได้แก่ สี อุณหภูมิ สภาพความเป็นกรด-ด่าง ความขุ่น ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีทางเคมี จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในการเติมน้ำหมักชีวภาพและไม่เติมน้ำหมักชีวภาพ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมสารเร่ง พด.6 3% มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดีที่สุด รองลงมาเป็นน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมสารเร่ง พด.6 1%

คำสำคัญ : น้ำเสียชุมชน, เปลือกสับปะรด, น้ำหมักชีวภาพ, สารเร่งจุลินทรีย์

Special Project Title	Efficiency of Municipal Wastewater Treatment by Bioextracts from Pineapple Rinds
Student Names	Miss Radaporn Pimkort Miss Rattana Puttachat Miss Waraporn Soongnarth
Degree	Bachelor of Science
Major	Environmental Chemistry
Academic Year	2013
Advisor	Asst. Prof. Dr. Suwannee Junyapoon

Abstract

This special project studied on municipal wastewater treatment by bioextracts from pineapple rinds. Microorganisms from Land Development Department and commercial microorganisms were used as microbial catalysts. Growth rate and ratio of added microorganism and efficiency of fermentation were examined. The parameters include temperature, pH, turbidity, electrical conductivity, dissolved oxygen (DO) and chemical oxygen demand (COD). The result showed that the efficiency of municipal wastewater treatment with and without bioextracts was not significantly different. However, the bioextract with 3% of microorganisms from Land Development Department had the best efficiency, followed by the bioextract with 1% of microorganisms from Land Development Department.

Keywords: municipal wastewater, pineapple rinds, bioextract, microbial catalyst

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความเมตตาและความช่วยเหลือของบุคคลต่างๆ ดังนี้

ขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดการทำโครงงานพิเศษนี้

ขอบพระคุณ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย และ อาจารย์กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ข้อเสนอแนะและข้อมูลเพิ่มเติมในการทำโครงงานพิเศษ

ขอบพระคุณ นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ ประจำสาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และสารเคมี รวมถึงอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ

ขอบพระคุณ นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ ประจำสาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา

ขอบพระคุณ กรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเร่ง พด.6 และขอบพระคุณบริษัท เบสแคร์ อินเตอร์เนชั่นแนล ไทยแลนด์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า

ขอขอบพระคุณครอบครัวและเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้ความอนุเคราะห์ และให้กำลังใจในการทำโครงงานพิเศษนี้ด้วย

นางสาวรดาพร พิมพ์โคตร
นางสาวรัตนา พุทธชาติ
นางสาววราภรณ์ สูงนารถ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป XIII

คำย่อและสัญลักษณ์ X

บทที่ 1 บทนำ 1

- 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
- 1.2 วัตถุประสงค์ 2
- 1.3 ขอบเขตงานวิจัย 2
- 1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

- 2.1 น้ำเสีย 3
  - 2.1.1 ความหมายของน้ำเสีย 3
  - 2.1.2 ลักษณะของน้ำเสีย 3
  - 2.1.3 คุณสมบัติของน้ำเสีย 5
  - 2.1.4 การบำบัดน้ำเสีย 7
- 2.2 น้ำเสียชุมชน 12
  - 2.2.1 ความหมายของน้ำเสียชุมชน 12
  - 2.2.2 แหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน 14
  - 2.2.3 อัตราการเกิดน้ำเสีย 14
  - 2.2.4 ผลกระทบของน้ำเสียชุมชนต่อสุขภาพอนามัย 15
- 2.3 น้ำหมักชีวภาพ 16
  - 2.3.1 ความหมายของน้ำหมักชีวภาพ 16

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.2 คุณสมบัติทั่วไปของน้ำหมักชีวภาพ 17

2.3.3 บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ 19

2.3.4 ประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพด้านการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม 21

2.4 สับปะรด 23

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 23

2.4.2 การแบ่งกลุ่มพันธุ์ 27

2.4.3 พันธุ์สับปะรด 27

2.4.4 คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรด 30

2.4.5 ประโยชน์ของสับปะรด 31

2.5 จุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย 32

2.5.1 สารเร่ง พด.6 32

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 34

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน วิจัย **38**

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี 38

3.1.1 อุปกรณ์ 38

3.1.2 สารเคมี 39

3.1.3 วัตถุดิบ 40

3.1.4 แหล่งจุลินทรีย์ 40

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง **40**

3.2.1 ศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำสับปะรด 40

3.2.2 การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ 41

3.2.3 การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย 41

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล **45**

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะของน้ำหมักชีวภาพ 45

4.1.1 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ 45

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย 46

4.2.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พด.6, จุลินทรีย์ทางการค้าและชุดควบคุม 46

4.2.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พด.6 56

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน **61**

5.1 สรุปผลงานวิจัย 61

5.2 ข้อเสนอแนะ 61

เอกสารอ้างอิง **62**

ภาคผนวก ก **67**

ภาคผนวก ข **78**

ภาคผนวก ค **96**

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 กลิ่นผิดปกติที่พบในน้ำเสีย 5

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงลักษณะน้ำเสียชุมชน 12

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างลักษณะน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย 13

ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะของน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆ 13

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) คุณลักษณะของน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆ 14

ตารางที่ 2.5 ปริมาณน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆ 15

ตารางที่ 2.6 อัตราการเกิดน้ำเสียในภูมิภาคต่างๆของประเทศไทย 15

ตารางที่ 2.7 คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรด 30

ตารางที่ 2.7 (ต่อ) คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรด 31

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 สับปะรด 23

รูปที่ 2.2 สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี 28

รูปที่ 2.3 สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย 28

รูปที่ 2.4 สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตหรือสวี 29

รูปที่ 2.5 สับปะรดพันธุ์นางแลหรือน้ำผึ้ง 30

รูปที่ 2.6 บรรจุภัณฑ์สารเร่งพด.6 32

รูปที่ 2.7 ยีสต์ : *Saccharomyces*sp. 33

รูปที่ 2.8 แบคทีเรียผลิตกรดแลคติค : *Lactobacillus* sp. 34

รูปที่ 2.9 แบคทีเรียย่อยโปรตีน :*Bacillus*ssp. 34

รูปที่ 2.10 แบคทีเรียย่อยไขมัน :*Bacillus* sp. 34

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมกชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียตอนที่ 1 43

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมกชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย ตอนที่ 2 44

รูปที่ 4.1 การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ จากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6, จุลินทรีย์ทางการค้าและตัวควบคุม 45

รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า 47

รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และ จุลินทรีย์ทางการค้า 49

รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และ จุลินทรีย์ทางการค้า 50

รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6, จุลินทรีย์ทางการค้าและตัวควบคุม 52

รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และ จุลินทรีย์ทางการค้า 53

รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า 55

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดี (ก) และค่าซีโอดีละลายน้ำ (ข) ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้ สารเร่ง พ.ด.6 1% และสารเร่ง พ.ด.6 3% และตัวควบคุม 1% 56

รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (ก), ค่าการนำไฟฟ้า(ข) และค่าความขุ่น (ค)ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 1%, สารเร่ง พ.ด.6 3% และตัวควบคุม 1% 57

รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำ (ก) และค่าอุณหภูมิ (ข) ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ จากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 1% และสารเร่ง พ.ด.6 3% และตัวควบคุม 1% 58

คำย่อและสัญลักษณ์

pH = ค่าความเป็นกรด-ด่าง

˚C = องศาเซลเซียส

% = ร้อยละ

ชม. = ชั่วโมง

kg = กิโลกรัม

g = กรัม

mg/L = มิลลิกรัมต่อลิตร

mL = มิลลิลิตร

mg = มิลลิกรัม

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติสำคัญ ที่มนุษย์ใช้ในการอุปโภคและบริโภค รวมถึงการผลิตสินค้าในภาคอุตสาหกรรม การเพาะปลูกในภาคการเกษตร และการคมนาคม ปัจจุบันเศรษฐกิจของประเทศไทยมีการเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของประชากรในพื้นที่ต่างๆ ส่งผลให้มีการใช้ทรัพยากรน้ำมากขึ้นตามไปด้วย การปล่อยน้ำทิ้งหลังจากอุปโภคบริโภคลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้เกิดน้ำเน่าเสีย ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบแหล่งน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม การรักษาทรัพยากรน้ำให้มีคุณภาพและไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตจึงต้องมีการแก้ไขปัญหาน้ำเสียด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การบำบัดน้ำเสีย การแก้ปัญหาตั้งแต่ต้นเหตุด้วยการสร้างจิตสำนึกที่ดีต่อทรัพยากรน้ำ เป็นต้น

น้ำหมักชีวภาพ (Bioextract; B.E.) เป็นการนำเอาพืชผักผลไม้สัตว์ชนิดต่างๆมาหมักกับน้ำตาลหรือกากน้ำตาลโดยอาศัยจุลินทรีย์ชนิด *Lactobacillus* spp., *Streptococcus* spp. และ *Bacillus* spp. ช่วยสลายสารอินทรีย์ ทำให้คุณสมบัติของน้ำหมักชีวภาพแตกต่างกันไปขึ้นกับองค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้น้ำหมักชีวภาพนั้นถือได้ว่าเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่มีการนำเปลือกผลไม้มาทำการหมักให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ซึ่งเป็นการลดขยะอินทรีย์ภายในครัวเรือน โดยทั่วไปน้ำหมักชีวภาพนิยมนำไปใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากในน้ำหมักชีวภาพนั้นมีเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะกับการใช้บำบัดน้ำเสียและสามารถกำจัดกลิ่นเหม็น นอกจากนี้ น้ำหมักชีวภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านเกษตรกรรมคือ นำไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับต้นไม้โดยมีคุณสมบัติเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้

โครงงานพิเศษนี้ ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ สารเร่ง พด.6 จากกรมพัฒนาที่ดินกับเชื้อจุลินทรีย์ สารเร่งทางการค้าในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์สารเร่ง พด.6 จากกรมพัฒนาที่ดินกับเชื้อจุลินทรีย์ สารเร่งทางการค้า

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์สารเร่งพด.6 จากกรมพัฒนาที่ดินกับจุลินทรีย์สารเร่งทางการค้า

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. วิเคราะห์คุณสมบัติของเปลือกสับปะรด ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ค่าการนำไฟฟ้า และพีเอช

2. ศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในสารเร่ง พด.6 และจุลินทรีย์สารเร่งทางการค้า โดยหมักเชื้อจุลินทรีย์สารเร่ง พด.6 และเชื้อจุลินทรีย์สารเร่งทางการค้าในน้ำที่สกัดจากเปลือกสับปะรด และวิเคราะห์พารามิเตอร์ของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เป็นเวลา 7 วัน

3. ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์สารเร่ง พด.6 และเชื้อจุลินทรีย์สารเร่งทางการค้า 1%, 3%, 5% เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมน้ำหมักชีวภาพ โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ, ความขุ่น, ค่าการนำไฟฟ้า, ค่า DO, ค่า sCOD, ค่า COD, ค่า BOD และพีเอช

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

2. ลดปริมาณขยะอินทรีย์

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสีย

2.1.1 ความหมายของน้ำเสีย (กรมควบคุมมลพิษ, 2556)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งต่างๆเจือปนมากมาย จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไป หรือถ้าปล่อยลงสู่ลำน้ำธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสียหายได้

2.1.2 ลักษณะของน้ำเสีย (กรมควบคุมมลพิษ, 2556)

1) สารอินทรีย์

ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้ระดับออกซิเจนละลายในน้ำหรือดีโอ (DO, dissolved oxygen) ลดลงเกิดสภาพเน่าเหม็นได้ ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำนิยม วัดด้วยค่า บีโอดี (BOD, Biochemical oxygen demand) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูง แสดงว่าสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก และสภาพเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้ง่าย

2) สารอนินทรีย์

ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ทำให้เกิดสภาพน้ำปนเปื้อน หรือเป็นอุปสรรคในกระบวนการผลิตน้ำประปา ได้แก่ คลอไรด์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ เป็นต้น

3) โลหะหนักและสารพิษอื่นๆ

อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ปรอท โครเมียม ทองแดง โดยทั่วไปจะปนเปื้อนในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับน้ำเสียชุมชนอาจมีการปนเปื้อนสารพิษนี้จากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านชุบโลหะ อู่ซ่อมรถ เป็นต้น

4) น้ำมันและสารลอยน้ำต่างๆ

บดบังแสงส่งผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ และกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ นอกจากนี้ ยังทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู และอาจเกิดอันตรายจากอัคคีภัยได้ด้วย

5) ความร้อน

ทำให้เกิดการแบ่งชั้น (Stratification) ของลำน้ำ เร่งปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ และลดระดับของการละลายของออกซิเจนในน้ำ อาจทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็นขึ้นได้ อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมควรอยู่ประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส

6) ของแข็ง (Solids)

ประกอบด้วย สารแขวนลอย (SS, suspended solids), ตะกอนหนัก(settleable solids) และของแข็งละลาย (DS, dissolved solids) ซึ่งเมื่อจมตัวสู่ก้นลำน้ำ ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่ท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และการนำน้ำไปใช้ประโยชน์

7) สีและความขุ่น

มักเกิดจากอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอ กระดาษ ฟอกหนัง และโรงฆ่าสัตว์ โดยสีและความขุ่นจะขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์แสงในแหล่งน้ำ

8) กรดและด่างวัดโดยค่า pH (พีเอช)

ค่าพีเอชมากกว่า 7 หมายถึง ความเป็นด่าง ค่าพีเอชน้อยกว่า 7 หมายถึง ความเป็นกรด น้ำสะอาดจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 ค่าพีเอชมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ ค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 5 ถึง 9

9) สารก่อให้เกิดฟอง/สารซักฟอก

ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ ฟอง จะกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ และเป็นอันตรายต่อปลา

10) จุลินทรีย์ (microorganisms)

น้ำเสียจากโรงฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์ หรือโรงงานอาหารกระป๋องจะมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตทำให้สามารถลดระดับของดีโอในน้ำในระยะเวลาอันสั้นได้ ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อประชาชน เช่น จุลินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล

11) สารกัมมันตรังสี

อาจมาจากโรงพยาบาล หรือองค์กรของรัฐบางประเภท เป็นสารอันตรายเมื่อสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิต ก่อให้เกิดมะเร็งได้

12) ธาตุอาหาร

ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่าย (algae bloom) จนเกินขีดความสามารถของแหล่งน้ำนั้นซึ่งจะลดระดับออกซิเจนในน้ำในช่วงกลางคืน และทำให้เกิดวัชพืชซึ่งเป็นปัญหาแก่การคมนาคมทางน้ำและการนำน้ำไปใช้

13) กลิ่น

เกิดจากการก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบใช้อากาศ หรือกลิ่นอื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงทำปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น

ตารางที่ 2.1กลิ่นผิดปกติที่พบในน้ำเสีย

สารประกอบ	สูตรโครงสร้าง	ลักษณะของกลิ่น
Amines	CH_3NH_2 , $(CH_3)_3N$	กลิ่นคาวปลา
Ammonia	NH_3	กลิ่นแอมโมเนีย
Diamines	$NH_2(CH_2)_4NH_2$, $NH_2(CH_2)_5NH_2$	กลิ่นเนื้อเน่า
Hydrogen sulfide	H_2S	กลิ่นไข่เน่า
Mercaptans	CH_3SH, $CH_3(CH_2)_3SH$	กลิ่นสกั๊ง
Organic sulfides	$(CH_3)_2S$, CH_3SSCH_3	กลิ่นกะหล่ำปลีเน่า
Skatole	$C_8H_5NHCH_3$	กลิ่นอุจจาระ

ที่มา : Tchobanoglous (1979)

2.1.3 คุณสมบัติของน้ำเสีย (กรมควบคุมมลพิษ,2556)

2.1.3.1 คุณสมบัติทางกายภาย (Physical Characteristics)

คุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย สี กลิ่น ความขุ่น ตะกอน อุณหภูมิ และอัตราการไหลคุณสมบัติเหล่านี้นอกจากจะนำมาใช้ออกแบบและวัดความผิดปกติของระบบแล้ว ยังมีผลต่อการดำรงชีวิตของพืชน้ำ และสัตว์น้ำอีกด้วย ตัวอย่างเช่น

1) อุณหภูมิ

จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบบำบัด อุณหภูมิสูงจะช่วยเร่งให้เกิดการย่อยสลายเร็วขึ้น แต่ต้องไม่สูงเกินขีดจำกัด เช่น น้ำทิ้งมีอุณหภูมิสูงเกินกว่า 40องศาเซลเซียสจะทำให้พืชและสัตว์น้ำขนาดเล็กในแม่น้ำลำคลองตายได้ ทำให้เกิดผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหาร

2) สารแขวนลอย

ใช้เป็นดัชนีบ่งบอกว่าน้ำทิ้งได้มาตรฐานหรือไม่ ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติหากมีสารแขวนลอยคลุมผิวน้ำมากจนแสงแดดไม่สามารถส่องผ่านลงไปได้ จะขัดขวางกระบวนการ

สังเคราะห์แสงและการถ่ายเทออกซิเจนในอากาศสู่แหล่งน้ำ ทำให้เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำขนาดเล็ก

3) ภาระอินทรีย์ (Organic loading)

การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสียสู่ระบบบำบัดอาจทำให้ภาระอินทรีย์เข้าสู่ระบบเปลี่ยนแปลงเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดไม่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งตามที่กำหนดไว้ได้ จึงต้องคำนวณอัตราการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบที่เหมาะสม

2.1.3.2 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Characteristics)

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเสียเช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ ธาตุอาหาร สารพิษ และพวกโลหะหนัก

1) พีเอช (pH)

เป็นการวัดความเข้มข้นของไฮโดรเนียมอิออน (H^+) ที่มีอยู่ในน้ำเสีย น้ำเสียที่เป็นกลางจะมีพีเอชเท่ากับ 7 พีเอชมีความสำคัญมากต่อระบบบำบัดทางชีวภาพ เพราะจุลินทรีย์ในระบบจะทำงานได้ดีในช่วง pH 6.8-8 เท่านั้น น้ำเสียชุมชนจะค่อนข้างเป็นกลาง แต่น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่แปรเปลี่ยนไปตามประเภทของอุตสาหกรรม

2) บีโอดี (BOD)

เป็นการวิเคราะห์ความต้องการของออกซิเจน โดยสารอินทรีย์ (เศษอาหารและสิ่งปฏิกูล) ที่มีอยู่ในน้ำสารอินทรีย์นี้นอกจากจะเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์แล้ว ยังทำให้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำลดน้อยลงเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของพืชสัตว์หลายประเภทในน้ำ น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือนหลังจากผ่านบ่อดักไขมันจะมีค่าบีโอดีประมาณ200-250 มิลลิกรัมต่อลิตร

3) ไนโตรเจน (N)

เป็นสารอาหารที่สิ่งมีชีวิตต้องการ ในน้ำเสียมีไนโตรเจนอยู่หลายรูปแบบได้แก่ ในรูปของสารอินทรีย์ แอมโมเนีย ไนไตรท ไนเตรท์ เป็นต้น ไนโตรเจนในน้ำเสียสามารถบอกให้รู้ว่าน้ำเสียนั้นใหม่หรือเก่า น้ำเสียชุมชนที่เกิดขึ้นใหม่จะมีค่าไนโตรเจนในรูปของสารอินทรีย์ประมาณ 20-25 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าเป็นน้ำเสียเก่าจะมีค่าไนเตรทสูงเป็นต้น

4) **ฟอสฟอรัส (P)**

เป็นสารอาหารเช่นเดียวกันกับไนโตรเจน จำเป็นต่อการดำรงชีวิตด้วยเช่นกันหากน้ำผิวดินมีค่าฟอสฟอรัสสูงจะทำให้เกิดสาหร่ายขึ้นเป็นจำนวนมาก ฟอสฟอรัสมีอยู่หลายรูปแบบเช่นเดียวกับไนโตรเจน คือ ในรูปของสารอินทรีย์ โพลิฟอสเฟต และออโธฟอสเฟตในน้ำทิ้งชุมชนทั่วไปจะมีค่าฟอสฟอรัสประมาณ 2 ถึง 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.1.3.3 คุณสมบัติทางชีวภาพ (Biological Characteristics)

การวิเคราะห์จุลินทรีย์ในน้ำเสียเพื่อตรวจสอบว่าจุลินทรีย์ที่ปนมามีอันตรายหรือไม่ โคลิฟอร์มแบคทีเรียสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกการปนเปื้อนอุจจาระ เพราะมีแหล่งกำเนิดจากลำไส้ของคนและสัตว์ซึ่งอาจมีเชื้อโรคระบบทางเดินอาหารปะปนอยู่เมื่อตรวจพบว่ามีเชื้อโรคโคลิฟอร์มอยู่ในน้ำใดน้ำนั้นจะไม่มีความปลอดภัยนอกจากนี้ยังมีเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายอีกหลายชนิด เช่น พวกเชื้อรา ไวรัส สัตว์เซลเดียว และ สาหร่ายบางประเภทที่อาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของคนและสัตว์เชื้อจุลินทรีย์นอกจากจะใช้เป็นดัชนีบอกถึงความสกปรกของน้ำแล้ว ยังใช้เป็นดัชนีบอกให้ทราบว่าการทำงานของระบบบำบัดชีวภาพดีมากน้อยเพียงใดอีกด้วย

2.1.4 **การบำบัดน้ำเสีย**(กรมควบคุมมลพิษ, 2556)

การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียให้หมดไปหรือเหลือน้อยที่สุดให้ได้มาตรฐานที่กำหนดและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม น้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่างกันจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกันกระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปมี 4 วิธีคือ

2.1.4.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางกายภาพ (Physical process)

เป็นการบำบัดน้ำเสียอย่างง่ายซึ่งจะแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออก วิธีนี้จะแยกตะกอนได้ประมาณ 50-65% และสามารถลดค่าความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ (BOD_5) ประมาณ 20-30% เท่านั้น กระบวนการนี้มีหลายวิธี เช่น การดักด้วยตะแกรง (screening) เป็นการแยกสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่มากับน้ำเสีย เช่น เศษไม้ ถุงพลาสติก กระดาษ ตะแกรงมีหลายขนาด การดักด้วยตะแกรงจึงเป็นการแยกขั้นตอนแรกในการบำบัดน้ำเสีย การตัดย่อย คือ การใช้เครื่องตัดทำลายสิ่งสกปรกขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง การกวาด (skimming) เป็นการกำจัดนำมันและไขมันโดยทำการดักหรือกวาดออกจากน้ำเสีย การทำให้ลอย (floating) จะใช้กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ การตกตะกอน (sedimentation) เป็นการแยกตะกอนออกจากน้ำเสียโดยอาศัยหลักการแรงโน้มถ่วง ซึ่งจะใช้กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ

2.1.4.2 การบัดบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางเคมี (Chemical process)

เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสีย โดยการแยกสารต่างๆหรือสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย เช่น โลหะหนัก สารพิษ ความเป็นกรด ด่างสูงๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ด้วยการเติมสารเคมีต่าง ๆ ลงไปเพื่อทำปฏิกิริยา แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ เมื่อเติมสารเคมีลงในน้ำเสียแล้ว ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีค่อนข้างสูง

1) การทำให้เกิดตะกอน (Precipitation)

อาศัยหลักการเติมสารเคมีลงไปทำปฏิกิริยา ทำให้เกิดกลุ่มตะกอนตกลงมา โดยทั่วไปสารแขวนลอยจะมีประจุลบ ดังนั้น สารเคมีที่เติมลงไปจึงเป็นประจุบวกเพื่อทำให้เป็นกลาง การแยก

ด้วยวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายสูงแต่ก็มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน โดยทั่วไปสารเคมีที่ทำให้เกิดตะกอนจะละลายน้ำ เช่น เกลือของสารประกอบต่างๆ เช่น เกลือของอะลูมิเนียมซัลเฟต หรือสารส้ม ($Al_2(SO_4)$) เกลือของเหล็ก ($FeCl_3$, $FeSO_4$) และเกลือของแคลเซียม ($Ca(OH)_2$) ส่วนเกลือที่นำมาช่วยในการเกิดตะกอนได้ดียิ่งขึ้นนี้เป็นสารประกอบของ กลุ่ม Activated ของ Silica และ Polyelectrolytes

2) การเกิดออกซิเดชันทางเคมี (Chemical oxidation)

อาศัยหลักการเสียอิเล็กตรอนของอะตอมให้แก่สารเคมีที่เติมลงไปในน้ำเสีย โดยสารเคมีนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์ (oxidizing agent) วิธีนี้นิยมใช้เปลี่ยนโมเลกุลของโลหะที่เป็นพิษ เช่น การเปลี่ยน Fe^{2+} ซึ่งมีพิษมากไปเป็นสาร Fe^{3+} ซึ่งมีพิษน้อย ด้วยคลอรีน ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$2Fe^{2+} + Cl_2 \text{--->} 2\,Fe^{3+} + 2Cl^- \qquad (2.1)$$

2.1.4.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ (Biological Process)

เป็นการอาศัยหลักการใช้จุลินทรีย์ต่างๆ มาทำการย่อยสลาย เปลี่ยนอินทรีย์สารให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ดีที่สุด ในแง่ของการลดปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ แต่หลักการนี้ ต้องเลือกสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการทำงานของจุลินทรีย์ โดยสัมพันธ์กับปริมาณของจุลินทรีย์ และเวลาที่ใช้ในการย่อยสลาย แบคทีเรียที่เลือกใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบคทีเรียที่ต้องใช้ออกซิเจน (Aerobic bacteria) และแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic bacteria) ดังแสดงในสมการที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

-การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน

$$\text{สารอินทรีย์} + \text{ออกซิเจน} \longrightarrow \text{คาร์บอนไดออกไซด์} + \text{น้ำ} \qquad (2.2)$$

$$C_nH_aO_b + (n + a/4 + b/2)O_2 \longrightarrow nCO_2 + (a/2 + 3b/2)\,H_2O$$

-การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน

$$\text{สารอินทรีย์} + \text{น้ำ} \longrightarrow \text{คาร์บอนไดออกไซด์} + \text{มีเทน}$$

$$C_nH_aO_b + (n - a/4 - b/2)H_2O \rightarrow (n/2 - a/8 + b/4)\,CO_2 + (n/2 + a/8 - b/4)/CH_4 \qquad (2.3)$$

1) การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ (ประสาท, 2556)

การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพสามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการตามประเภทของจุลินทรีย์คือ

1. กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศ (Aerobic Process)

หมายถึงวิธีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพซึ่งต้องมีการเติมออกซิเจนลงไปในน้ำเสีย เพื่อให้จุลินทรีย์ได้ใช้ออกซิเจนในการทำปฏิกิริยาชีวเคมีเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียจนได้ผลผลิตสุดท้ายคือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้ำเซลล์ของจุลินทรีย์และแอมโมเนีย (ถ้าในสารอินทรีย์นั้นมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบด้วย) ดังแสดงในสมการที่ 2.4 และ 2.5

$$\text{Carbohydrate} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + \text{New Cells} \qquad (2.4)$$

$$\text{Protein} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + NH_3 + \text{New Cells} \qquad (2.5)$$

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายแบบได้แก่

- ระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge , AS) ซึ่งมีชื่อเรียกได้หลายแบบตามลักษณะของการเติมอากาศเช่น Completely mixed , Conventional step aeration , Extended aeration , Oxidation Ditch เป็นต้น
- บ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)
- บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)
- จานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contractors)

ข้อดี-ข้อเสียของระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน

ข้อดี

1. ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์(BOD)สูง
2. น้ำทิ้งที่ออกจากระบบมีสภาพไม่น่ารังเกียจ
3. สามารถกำจัดไนโตรเจนได้ดีกว่าระบบไม่ใช้อากาศ
4. ระบบบำบัดมีขนาดเล็กกว่าระบบไม่ใช้อากาศ

ข้อเสีย

1. ราคาแพงเมื่อเทียบกับระบบไม่ใช้อากาศ
2. ต้องการควบคุมดูแลรักษาระบบมากกว่าระบบไม่ใช้อากาศ
3. ต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับพลังงานไฟฟ้าและการกำจัดกากตะกอน
4. ต้องใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์มาก
5. อาจมีเสียงรบกวน

2. กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process)

หมายถึงการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ไม่ต้องเติมออกซิเจนลงไปในน้ำเสียหรืออาจเรียกกระบวนการนี้ว่าระบบไร้อากาศสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนจนได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซมีเทน

ข้อดี-ข้อเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ

ข้อดี

1. มีตะกอนที่ต้องนำไปบำบัดและกำจัดน้อย
2. พวกตะกอนที่ต้องทำไปจัดการสามารถนำไปรีดน้ำออกไปได้ง่าย
3. ไม่ต้องการธาตุอาหารมากนัก
4. ได้ผลพลอยได้เป็นก๊าซมีเทนที่สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานได้
5. สามารถรับภาระอินทรีย์ได้มาก
6. ไม่ต้องใช้พลังงาน

ข้อเสีย

1. ต้องควบคุม pH ในระบบให้ดี
2. ใช้เวลาเริ่มเดินระบบ (Start up) ค่อนข้างมาก
3. คุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดส่วนมากจะไม่ได้มาตรฐาน (BOD ≤ 20 มก./ล)
4. น้ำเสียที่ผ่านระบบไร้อากาศควรมีระบบบำบัดสุดท้ายด้วยระบบอื่นอาจเป็นระบบใช้อากาศเช่นบ่อปรับเสถียร

2) ประเภทของการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ(ประสาท, 2556)

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพที่ใช้กันอยู่ทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะความเป็นอยู่ของจุลินทรีย์คือ

1. ชนิดที่จุลินทรีย์อยู่ในลักษณะแขวนลอย (Suspended Growth)

จุลินทรีย์หรือแบคทีเรียกระจายอยู่ทั่วไปในน้ำเสียเช่นระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge) แบบต่างๆบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) บ่อเกรอะ (Septic Tank)

2. ชนิดที่จุลินทรีย์เกาะติดกับตัวกลาง (Fixed Film or Attacted Growth)

แบ่งเป็นประเภทย่อยได้2 ประเภทคือให้ตัวกลาง (Media) อยู่กับที่โดยมีจุลินทรีย์เกาะอยู่กับผิวตัวกลางเมื่อน้ำเสียไหลผ่านผิวตัวกลางไปจุลินทรีย์ที่เกาะติดผิวตัวกลางจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้นเช่นระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) ระบบถังกรองไร้อากาศ

(Anaerobic filter) และประเภทที่ให้ตัวกลางเคลื่อนที่เช่นระบบจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contractor, RBC)

3. ชนิดที่จุลินทรีย์อยู่ในลักษณะแขวนลอยและเกาะติดกับที่

คือให้จุลินทรีย์อยู่ในทั้งสองลักษณะเช่นระบบถังเกรอะ – ถังกรองไร้อากาศ (Septic Anaerabic filter)

2.1.4.4 กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางกายภาพ-เคมี (Physical-chemical process)

เป็นกระบวนการที่ต้องมีอุปกรณ์ช่วยมากกว่ากระบวนการที่กล่าวมา ซึ่งกระบวนการนี้จะใช้ในขั้นตอนสุดท้ายในการบำบัดน้ำเสีย ที่ผ่านกระบวนในขั้นตอนอื่นแล้ว

1) การดูดซับด้วยถ่าน (carbon adsorption) วิธีการนี้ใช้ผงถ่านหรือคาร์บอนเป็นตัวดูดซับสารเจือปนที่ละลายอยู่ในน้ำทิ้ง

2) การแลกเปลี่ยนประจุ วิธีการนี้อาศัยหลักการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างสารปนเปื้อนในน้ำเสียกับตัวกลางที่บรรจุซึ่งมีทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยจะมีการลำเลียงน้ำภายใน

3) การเกิดรีดักชันทางเคมี (chemical reduction)

เป็นปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน วิธีการนี้เป็นการเปลี่ยนสภาพของสารพิษไปเป็นสารที่มีอันตรายน้อยลง อะตอมหรืออิออน ของสารพิษจะรับอิเล็กตรอนจากสารเคมีที่เติมลงไปซึ่งมีสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) เช่น การเปลี่ยน Cr^{6+} ซึ่งมีพิษมากไปเป็น Cr^{3+} ด้วยเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ในสภาพที่เป็นกรด ดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 2.6

$$6FeSO_4 + 2CrO_3 + 6H_2SO_4 \text{----->} 3Fe_2(SO_4)_3 + Cr_2(SO_4)_3 + 6\,H_2O \qquad (2.6)$$

4) การสะเทิน (neutralization)

เป็นการเปลี่ยนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเสียให้มีฤทธิ์เป็นกลาง (pH = 7) ถ้าต้องการปรับค่าน้ำเสียที่มีฤทธิ์เป็นกรด (pH < 7 ในน้ำเสียให้สูงขึ้นต้องเติมสารที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เช่น แคลเซียมคาร์บอเนตหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วนกรณีถ้าต้องการปรับน้ำเสียมีฤทธิ์เป็นด่าง (pH >7) ให้มีค่า pH ต่ำลงจะต้องเติมกรด เช่น กรดซัลฟิวริก กรดไนตริก กรดเกลือ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

2.2 น้ำเสียชุมชน

2.2.1 ความหมายของน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2557)

น้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) หมายถึงน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนและกิจกรรมที่เป็นอาชีพได้แก่น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบอาหารและชำระล้างสิ่งสกปรกภายในครัวเรือนและอาคารประเภทต่างๆ เป็นต้นปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยจากบ้านเรือน อาคาร อาจจะมีค่าประมาณร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำใช้ หรืออาจคำนวณได้จากจำนวนประชากรหรือพื้นที่ใช้สอยแต่ละประเภทคุณลักษณะของน้ำเสียชุมชน คุณสมบัติของน้ำเสียชุมชนจากกิจกรรมต่างๆในครัวเรือนและอาคารประเภทต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.2, 2.3, 2.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	**หน่วย**	**ความเข้มข้น**		
		น้อย	**ปานกลาง**	**มาก**
1.ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	มก./ล.	350	720	1200
- ของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids)	มก./ล.	250	500	850
- ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	100	220	350
2.ปริมาณตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มล./ล	5	10	20
3.ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)	มก./ล.	110	220	400
4.ค่าซีโอดี (chemical Oxygen Demand; COD)	มก./ล.	250	500	1000
5.ไนโตรเจนทั้งหมด (Total as N)	มก./ล.	20	40	85
- อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic)	มก./ล.	8	15	35
- แอมโมเนีย (Free ammonia)	มก./ล.	12	25	50
- ไนโตรท์ (Nitrites)	มก./ล.	0	0	0
6.ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total as P)	มก./ล.	4	8	15
-สารอินทรีย์ (Organic)	มก./ล.	1	3	5
- สารอนินทรีย์ (Inorganic)	มก./ล.	3	5	10
7. คลอไรด์ (Chloride)(1)	มก./ล.	30	50	100
8.ซัลเฟต (Sulfate)(1)	มก./ล.	20	30	50
9.สภาพด่าง (Alkalinity as $CaCO_3$)	มก./ล.	50	100	200
10. ไขมัน (Grease)	มก./ล.	50	100	150
11.Total Coliform	MPN/100ml	10^6-10^7	10^7-10^8	10^7-10^9

ที่มา : Metcalf&Eddy (1991) **หมายเหตุ** :(1) เป็นค่าที่เพิ่มจากค่าที่ตรวจพบในน้ำใช้ปกติ

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างลักษณะน้ำเสียจากบ้านพักอาศัย

พารามิเตอร์	น้ำเสียจากชุมชน	จากห้องอาบน้ำ		จากการซักผ้า		จากครัว	
		ตักอาบ	ฝักบัว	ด้วยมือ	ด้วยเครื่อง	ผ่านตะแกรง	ไม่ผ่าน
pH	7.7	7.1	7.0	7.2	7.7	7.2	6.3
COD	1500	230	400	200	460	960	2,900
BOD	700	120	260	70	150	540	1,800
TKN	300	8	38	14	12	18	120
PO_4	24	6	1	10	24	13	90
SS	560	45	80	60	55	210	1,200
FOG	540	400	480	500	520	500	2,700

ที่มา :ธงชัย (2530)

ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะของน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆ

พารามิเตอร์	หอพัก		ภัตตาคาร		โรงพยาบาล	ตลาดสด	อาหารสำนักงาน	
	จากส้วม	จากส่วนอื่นๆ	จากส้วมบำบัดแล้ว+ครัวและอื่นๆ	จากครัว+อื่นๆ			จากส้วม	จากครัวอื่นๆ
pH	8.55	7.78	6.54	6.74	6.84	6.67	8.10	
COD(mg/l)	1,290	135	1,785	3,164	350	2,528	392	96
BOD(mg/l)	723	75	919	1,759	238	1,172	181	41
PO_4 (mg/l)	6.8	3.9	3.2	2.6	3.29	5.1	2.0	0.4
SS (mg/l)	666	29	401	913	87.06	662	158	26
FOG(mg/l)	377	411	1,136	1,570	631	897	455	527

ที่มา : ธงชัย (2530)

2.2.2 แหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2556)

1) บ้านพักอาศัย น้ำเสียจากบ้านพักอาศัยนั้นเกิดจากเศษอาหาร จากการล้างจานและภาชนะ หรือจากการปรุงอาหาร รวมถึงสารต่างๆที่เกิดจากการทำความสะอาดเสื้อผ้า สิ่งของต่างๆภายในบ้านและการอาบน้ำ

2) ภัตตาคาร มีน้ำเสียเกิดจากห้องครัวและห้องส้วม โดยเฉพาะน้ำมันและไขมันจะมีปริมาณที่สูงในน้ำเสียจากห้องอาหารหรือภัตตาคาร อันเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดการอุดตันในท่อระบายน้ำเสีย

3) โรงแรมมีน้ำเสียจากห้องน้ำและห้องส้วมจากห้องพักอาคารสำนักงานและน้ำเสียจากห้องครัวหรือภัตตาคารภายในโรงแรม

4) กิจกรรมอื่นๆเช่นสถานบริการอาคารพาณิชย์โรงเรียนอาคารชุด ตลาดสถานบริการจำหน่ายน้ำมันเป็นต้น

2.2.3 อัตราการเกิดน้ำเสีย (กรมควบคุมมลพิษ,2556)

บ้านพักอาศัยส่วนใหญ่จะมีอัตราการเกิดน้ำเสียปริมาณ 150-216 ลิตร/คน/วัน หรือประมาณ 180 ลิตร/คน/วัน อัตราการเกิดน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆและภูมิภาคต่างๆของประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.5 ปริมาณน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆ

ประเภทอาคาร	หน่วย	ลิตร/วัน-หน่วย
อาคารชุด/บ้านพัก	ยูนิต	500
โรงแรม	ห้อง	1,000
หอพัก	ห้อง	80
สถานบริการ	ห้อง	400
หมู่บ้านจัดสรร	คน	180
โรงพยาบาล	เตียง	800
ภัตตาคาร	ตารางเมตร	25
ตลาด	ตารางเมตร	70
ห้างสรรพสินค้า	ตารางเมตร	5.0
สำนักงาน	ตารางเมตร	3.0

ที่มา : สมาคมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2536)

ตารางที่ 2.6 อัตราการเกิดน้ำเสียในภูมิภาคต่างๆของประเทศไทย

ภาค	**อัตราการเกิดน้ำเสีย (ลิตร/คน-วัน)**					
	2536	**2540**	**2545**	**2550**	**2555**	**2560**
กลาง	160-214	165-242	170-288	176-242	183-406	189-482
เหนือ	180	200	225	252	282	316
ตะวันออกเฉียงเหนือ	200-253	216-263	239-277	264-291	291-306	318-322
ใต้	171	185	204	226	249	275

ที่มา : สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2538)

2.2.4 ผลกระทบของน้ำเสียชุมชนต่อสุขภาพอนามัย (กรมควบคุมมลพิษ, 2556)

โดยทั่วไปเชื้อโรคที่พบในน้ำเสียที่ก่อให้เกิดโรคต่อมนุษย์ได้ มี 4 ชนิด คือ แบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว และพยาธิ โดยมีสาเหตุมาจากอุจจาระของมนุษย์ปนมากับน้ำเสีย โรคติดเชื้อจากสิ่งขับถ่ายสามารถติดต่อสู่คน มี 2 วิธี คือ เกิดจากเชื้อโรคที่อยู่ในสิ่งขับถ่ายของบุคคลหนึ่งแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมแล้วเข้าสู่บุคคลอื่น และเกิดจากเชื้อโรคจากสิ่งขับถ่ายเข้าทางปาก โดยที่สัตว์พาหะ เช่น หนูหรือแมลงต่าง ๆ ที่อาศัยสิ่งขับถ่ายในการขยายพันธุ์ จะรับเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย โดยเชื้ออาจอยู่ในตัว ลำไส้ หรือในเลือดของสัตว์พาหะนั้น โดยที่คนจะได้รับเชื้อผ่านสัตว์เหล่านั้นอีกทีหนึ่ง ซึ่งองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้จำแนกเชื้อโรคตามลักษณะการติดเชื้อออกเป็น 6 ประเภท

ประเภทที่ 1 การติดเชื้อไวรัสและโปรโตซัว สามารถทำให้เกิดโรคได้แม้ว่าจะได้รับเชื้อเพียงเล็กน้อย และสามารถติดต่อได้ง่าย ซึ่งการปรับปรุงระบบสุขาภิบาลเพียงอย่างเดียวยังไม่พอ จะต้องให้ความรู้เกี่ยวกับสุขภาพควบคู่กันด้วย

ประเภทที่ 2 การติดเชื้อจากแบคทีเรีย จะต้องได้รับเชื้อในปริมาณที่มากพอจึงจะทำให้เกิดโรคได้ แต่ติดต่อจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งได้ยาก เชื้อนี้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและสามารถแพร่พันธุ์ได้ดีในที่ที่เหมาะสม ซึ่งการปรับปรุงระบบสุขาภิบาลเพียงอย่างเดียวยังไม่พอ จะต้องให้ความรู้เกี่ยวกับสุขภาพควบคู่กันด้วย

ประเภทที่ 3 เชื้อชนิดนี้ทำให้เกิดโรคได้ทั้งในระยะแฝงและระยะฝังตัว ได้แก่ ไข่พยาธิ ซึ่งไม่สามารถติดต่อจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งได้โดยตรง แต่ต้องการสถานที่และสภาวะที่เหมาะสมเพื่อเจริญเติบโตเป็นตัวพยาธิและเข้าสู่ร่างกายได้ ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี จึงเป็นการป้องกันมิให้มีสิ่งขับถ่ายปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 4 พยาธิตัวตืดอาศัยอยู่ในลำไส้คน ไข่พยาธิจะปนออกมากับอุจจาระ ถ้าการกำจัดสิ่งขับถ่ายไม่เหมาะสม ก็จะทำให้สัตว์จำพวกโค กระบือ และสุกร ได้รับไข่พยาธิจากการกิน

หญ้าที่มีไข่พยาธิเข้าไป ซึ่งไข่พยาธินี้เมื่อเข้าไปในร่างกายสัตว์แล้วจะกลายเป็นซีสต์ (Cyst) และฝังตัวอยู่ตามกล้ามเนื้อ คนจะได้รับพยาธิโดยการรับประทานเนื้อสัตว์ดิบ ๆ ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี จึงเป็นการป้องกันมิให้มีสิ่งขับถ่ายปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 5 พยาธิที่มีบางระยะของวงชีวิตอยู่ในน้ำ โดยพยาธิเหล่านี้จะมีระยะติดต่อตอนที่อาศัยอยู่ในน้ำ โดยจะเข้าสู่ร่างกายคนโดยการไชเข้าทางผิวหนังหรือรับประทานสัตว์น้ำที่ไม่ได้ทำให้สุก ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี จึงเป็นการป้องกันมิให้พยาธิเหล่านี้ปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 6 การติดเชื้อโดยมีแมลงเป็นพาหะ แมลงที่เป็นพาหะที่สำคัญ ได้แก่ ยุง แมลงวัน โดยยุงพวก *Culex pipines*จะสามารถสืบพันธุ์ได้ในน้ำเสีย โดยเชื้อจะติดไปกับตัวแมลง เมื่อสัมผัสอาหารเชื้อก็จะปนเปื้อนกับอาหาร ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี จึงเป็นการป้องกันพาหะเหล่านี้

ดังนั้น การจัดระบบสุขาภิบาลตั้งแต่ระดับครัวเรือนไปจนถึงระดับชุมชนให้ถูกต้องเหมาะและควรมีระบบการจัดการและบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนที่สามารถกำจัดเชื้อโรคในน้ำทิ้งได้ก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมจึงเป็นแนวทางในการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรค

2.3 น้ำหมักชีวภาพ

2.3.1 ความหมายของน้ำหมักชีวภาพ (ศูนย์เทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2554)

น้ำหมักชีวภาพ (Bioextract; B.E.) คือการนำเอาพืชผักผลไม้สัตว์ชนิดต่างๆมาหมักกับน้ำตาลหรือกากน้ำตาลกากน้ำตาลจะทำให้เกิดกระบวนการพลาสโมไลซิส (plasmolysis) คือทำให้สารละลายภายในเซลล์พืชและสัตว์ที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่างๆไหลออกมาจากเซลล์การหมักมี 2 แบบคือแบบต้องการออกซิเจนและแบบไม่ต้องการออกซิเจนจุลินทรีย์จะใช้สารเหล่านี้เป็นอาหารในการเพิ่มจำนวนและชนิดทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่ประโยชน์จำนวนมากจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีทั้งที่ต้องการออกซิเจนและไม่ต้องการออกซิเจนมักเป็นกลุ่มแบคทีเรีย *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., *Streptococus* sp., นอกจากนี้ยังอาจพบเชื้อราได้แก่ *Aspergillus niger* และยีสต์ได้แก่*Canida* sp. ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะไปช่วยสลายธาตุอาหารต่างๆที่อยู่ในพืชมีคุณค่าในแง่ของธาตุอาหารพืชเมื่อถูกย่อยสลายโดยกระบวนการย่อยสลายของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ สารต่างๆจะถูกปลดปล่อยออกมาเช่นโปรตีนกรดอะมิโนกรดอินทรีย์ธาตุอาหารหลักธาตุอาหารรองฮอร์โมนควบคุมการเจริญเติบโตสารควบคุมแมลงสารป้องกันกำจัดโรคพืชเอนไซม์วิตามินคุณภาพของน้ำหมักชีวภาพขึ้นกับองค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้จุลินทรีย์ในกระบวนการหมักและสภาวะแวดล้อมขณะหมัก

กระบวนการหมักของน้ำหมักชีวภาพสรุปโดยสังเขปได้ดังนี้

1. ถ้าในน้ำหมักชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีสภาพเป็นกรดและมีแก๊สออกซิเจนในการหมักคือเปิดฝาเวลาหมักในสารละลายมีแบคทีเรียชนิด *Methanotrophic* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เปลี่ยนแก๊สมีเทนได้กลายเป็นเมทิลแอลกอฮอล์ (methanol) และมีธาตุเหล็กหรือไอออนเหล็ก (Fe^{2+}, Fe^{3+}) ในพืชที่ใช้หมักเช่นพวกผักขม, ผักคะน้าเป็นต้นเมทิลแอลกอฮอล์จะถูกออกซิเจนในอากาศทำให้กลายเป็นเอสเตอร์ของแอลกอฮอล์ซึ่งสารพวกเอสเตอร์จะมีกลิ่นหอมและกลิ่นเหม็นเฉพาะตัวใช้เป็นสารดึงดูดแมลงและสารไล่แมลงได้

2. กลูโคสในพืชที่ใช้หมักถ้าในขณะหมักมีแบคทีเรียชนิดแกรมบวก (gram positives) ได้แก่ Eubacterium, *Sareina ventricul i*และมีออกซิเจนคือเปิดฝาเวลาหมักพร้อมกับในสารละลายมีเอนไซม์ 3 ตัวซึ่งมีอยู่ในพืชเองคือ pyruvate dehydrogenase, phosphotran sacetylase, acetate kinase ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายกลูโคสให้กลายเป็นสารไพรูเวทและจะถูกย่อยสลายต่อไปจนสุดท้ายได้ acetic acid และ acetate เมื่ออนุมูล acetate มารวมตัวกับ minor elements เช่น Ca, Mg จะได้เป็น Calsium acetate และ Magnesium acetate ถ้ารวมตัวกับพวก major elements จะได้เป็น $NaOOCH_3$ C (Sodium acetate) หรือ $KOOCH_3$ C (potassium acetate) ซึ่งพืชพร้อมจะดูดเอาไปใช้เป็นอาหารได้เลย

3. ถ้าหมักแบบปิดฝาไม่มีออกซิเจน ethanol ซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์สุดท้ายเมื่อเจออากาศจะได้เป็นสารพวกเอสเตอร์ซึ่งมีกลิ่นเหม็นใช้เป็นสารดึงดูดแมลงและเป็นสารไล่แมลงได้

4. แบคทีเรียชนิดแกรมลบ (gram negatives) ได้แก่ Eubacterium, *Zymononas mobilis* จะได้สาร ethanol แล้วเปลี่ยนเป็นเอสเตอร์

5. กลูโคสเป็นสารที่มีอยู่ในพืชทุกชนิดในรูปน้ำตาลชนิดหนึ่งที่ถูกสะสมเอาไว้ใช้เมื่อจำเป็นต้องเปลี่ยนเป็นรูปอื่นๆที่พร้อมจะนำไปใช้เช่นพลังงาน, อาหารต่างๆฯลฯเมื่อได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็น acetic acid, lactic acid เมื่ออยู่ในสารละลายถ้ามี major elements, minor elements จะเปลี่ยนรูปเป็นสารอาหารเช่นกันซึ่งพืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที

2.3.2 คุณสมบัติทั่วไปของน้ำหมักชีวภาพ (ศูนย์เทคโนโลยีที่เหมาะสม, 2554)

2.3.2.1 น้ำหมักชีวภาพมีสมบัติทางเคมี โดยทั่วๆไปมีดังนี้

1) มีค่า pH (ความเป็นกรดเป็นด่าง) อยู่ในช่วง3.5 - 5.6 ปฏิกิริยาเป็นกรดถึงกรดแก่ ซึ่งpH ที่เหมาะสมกับพืชควรอยู่ในช่วง6 – 7

2) ความเข้มข้นของสารละลายสูงโดยค่าของการนำไฟฟ้า(Electrical Conductivity , E.C.) อยู่ระหว่าง2 - 12 desimen / meter (ds/m) ซึ่งค่าE.C. ที่เหมาะสมกับพืชควรจะอยู่ต่ำกว่า4 ds/m

3) ความสมบูรณ์ของการหมักพิจารณาจากค่าC/N ratio มีค่าระหว่าง1/2 - 70/1 ซึ่งถ้าC/N ratio สูงเมื่อนำไปฉีดพ่นบนต้นพืชอาจแสดงอาการใบเหลืองเนื่องจากขาดธาตุไนโตรเจนได้

2.3.2.2 ปริมาณธาตุอาหาร

1) ธาตุอาหารหลัก (N,P,K)

- ไนโตรเจน (% Total N) เป็นองค์ประกอบของโปรตีนคลอโรฟิลล์เอนไซม์และวิตามินหลายชนิดช่วยในการเจริญเติบโตของพืชถ้าใช้พืชในการหมักพบไนโตรเจน 0.03 - 1.66 % แต่ถ้าใช้ปลาและหอยหมักจะพบประมาณ 1.06 - 1.70 %

- ฟอสฟอรัส (% Total P_2O_5)เป็นองค์ประกอบกรดนิวคลีอิกฟอสโฟลิปิดหรือ ATP และโคเอนไซม์หลายชนิดช่วยเร่งการออกดอกและการสร้างเมล็ดในน้ำหมักจากพืชจะมีตั้งแต่ไม่พบเลยจนถึง 0.4 % แต่ในน้ำหมักจากปลาและหอยพบ 0.18 - 1.14 %

- โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (% Water Soluble K_2O) กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่ทำหน้าที่ในการสร้างแป้งน้ำตาลและโปรตีนควบคุมการปิดเปิดของปากใบส่งเสริมการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบสู่ผลน้ำหมักพืชพบ 0.05 - 3.53 % และในน้ำหมักจากปลาและหอยพบ 1.0 - 2.39 %

2) ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg, S)

- แคลเซียมเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์จำเป็นสำหรับกระบวนการแบ่งเซลล์และเพิ่มขนาดเซลล์กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิดในน้ำหมักจากพืชพบ 0.05 - 0.49 % และน้ำหมักจากปลาและหอยพบ 0.29 - 1.0%

- แมกนีเซียมและซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงในน้ำหมักจากพืชและปลาพบในปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือ 0.1- 0.37 %

3) ธาตุอาหารเสริม

- เหล็กในน้ำหมักจากพืชพบ 30 ถึง 350 ppm และน้ำหมักจากปลาและหอยพบ 500 ถึง 1,700 ppm

- คลอไรด์น้ำหมักจากพืชและปลามีปริมาณเกลือคลอไรด์สูง 2,000 ถึง 11,000 ppm

- ธาตุอาหารเสริมอื่นๆได้แก่แมงกานีสทองแดงสังกะสีโบรอนและโมลิบดินัมน้ำหมักทั้งจากพืชและปลาพบในปริมาณน้อยมีค่าตั้งแต่ตรวจไม่พบเลยถึง 130 ppm

2.3.3 บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ (อาณัฐ, 2551)

จุลินทรีย์ที่มีในน้ำหมักชีวภาพมีปลายประเภท แต่จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา โดยมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ และเกิดปฏิกิริยาทางชีวภาพเคมีต่างๆ ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพมีดังนี้

1) แบคทีเรีย แบคทีเรียที่พบในน้ำหมักชีวภาพมีหลายสายพันธุ์ มีบทบาทในการย่อยสลายวัสดุที่ใช้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์มาจากสิ่งที่มีชีวิตทั้งจากพืชและสัตว์ การย่อยสลายของแบคทีเรียย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ทำให้สารประกอบโมเลกุลขนาดใหญ่มีขนาดเล็กลงและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้แบคทีเรียที่พบและมีบทบาทมากในน้ำหมักชีวภาพมีดังนี้

ก. แบคทีเรียในสกุลบาซิลัส (*Bacillus sp.*) บทบาทของจุลินทรีย์สกุลนี้ในกระบวนการหมักคือจัดเป็นพวก Ammonifiers เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพอินทีย์ในโตรเจนให้เป็นอนินทรีย์ในโตรเจน ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวส่วนใหญ่จะแอมโมเนียและแบคทีเรียในสกุลบาซิลัส สามารถผลิตเอนไซม์โพรเทียส (Protease) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง โดยมีน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมี (Hydrolysis) แปรสภาพโปรตีนให้เป็นโพลีเปบไทด์ (Polypeptides) และแปรสภาพโอลิโกเปบไทด์(Oligopeptides) ให้เป็นกรดอะมิโน (Amino acids) เอนไซม์นี้ถ้าย่อยโปรตีนในสภาพที่มีอากาศเพียงพอ (Aerobic Proteolysis) จะได้คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ซัลเฟต และน้ำ แต่ถ้าย่อยสลายโปรตีนในสภาพที่ปราศจากอากาศจะได้แอมโมเนียอะมีน คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอินทรีย์ Indole Skatole Mercaptans และไฮโดรเจนซัลไฟด์ สารต่างๆ เหล่านี้ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่านอกจากนี้แบคทีเรียสกุลบาซิลัส ยังสามารถสังเคราะห์ฮอร์โมนพืชกลุ่มออกซินจิบเบอเรลลินและไซโตไคนินได้

ข. กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria) ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็น Gram positive asporogenous rod-shaped bacteria อยู่ใน Family Lactobacillaceae จะไม่มีการสร้างสปอร์ (Endospore) รูปร่างของเซลล์มีลักษณะเป็นท่อนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมากในการผลิตน้ำหมักชีวภาพที่กระบวนการผลิตมีน้ำตาลมาเกี่ยวข้อง แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกอาศัยอยู่ในธรรมชาติมากมายหลายแหล่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในที่ที่มีน้ำตาลชนิดต่างๆ แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสร้างกรดแลคติก กรดฟอร์มิค เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์แบคทีเรียชนิดนี้ในพวก Anaerobic หรือ Facultative bacteria ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล *Lactobacillus sp.* มีความต้องการสารอาหารพวกสารประกอบอินทรีย์มีโครงสร้างซับซ้อนพบในกระบวนการหมักมีการเจริญได้ดีในสภาพที่ไม่ออกซิเจน แต่ก็มีความสามารถเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจนด้วยน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ

ของแบคทีเรียชนิดนี้กลุ่ม Lactic acid bacteria แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่หนึ่งเรียกว่า Homofermentative bacteria จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดแลคติก (Lactic Acid) เท่านั้น สำหรับกลุ่มที่สองเรียกว่า Heterofermentative bacteria หลังจากกระบวนการหมักจะได้กรดแลคติก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กลีเซอรอล แอลกอฮอล์ และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะมีอยู่ในสภาพธรรมชาติทั้งในพืชผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์นม กรดแลคติกที่ได้นี้มีบทบาทสำคัญในการถนอมอาหารหลายชนิด เช่น ผักดองต่างๆ ผลิตภัณฑ์นมเนยแข็ง จุลินทรีย์ดังกล่าวสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดี ทนต่อสภาพความเป็นกรดสูง สภาวะความเป็นกรดสูงนี้จะมีผลกระทบต่อการยับยั้งการเพิ่มจำนวนเซลล์หรือกำจัดกลุ่มจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร ปฏิกิริยาโดยสรุปของการสร้างกรดแลคติกจากน้ำตาล โดยกลุ่มแบคทีเรีย Lactic Acid Bacteria แสดงดังปฏิกิริยาที่ 2.7

$$\underset{\text{(กลูโคส)}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\textbf{ไม่ต้องการออกซิเจน}} \underset{\text{(กรดแลกติก)}}{2CH_3.CHOH.COOH} \qquad (2.7)$$

ค. กลุ่มแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก (Acetic Acid Bacteria) ลักษณะพื้นฐานทางวิทยาของแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียรูปแท่ง(Rod) และกลม (Cocci) แกรมลบ (Gram negative aerobic bacteria) อยู่ใน Family Pseudomonadaceae รูปร่างเป็นท่อนแต่มีลักษณะ เช่น รูปรีหรือไม้กระบองโค้งมี Flagella เคลื่อนที่ได้เป็นพวกที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic bacteria) ทนทานต่อสภาพความเป็นกรดได้ดีในสภาพที่มีค่า pH ของสารละลายต่ำกว่า 5.0 และเจริญอยู่ได้ในที่ที่มีค่า pH ต่ำระหว่าง 3.0-3.5 ได้แก่ แบคทีเรียในสกุล*Acetobacter* sp. บทบาทสำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้จะทำหน้าที่แปรสภาพหรือเปลี่ยนเอทิลแอลกอฮอล์ ให้เป็นกรดอะซิติก โดยปฏิกิริยา Oxidation ในสภาพที่มีออกซิเจน ดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 2.8

$$\underset{\text{(เอทิลแอลกอฮอล์)}}{C_2H_5OH + O_2} \xrightarrow{\textbf{ไม่ต้องการออกซิเจน}} \underset{\text{(กรดอะซิติก)}}{CH_3.COOH + H_2O} \qquad (2.8)$$

2) เชื้อรา ราที่มีบทบาทในกระบวนการหมักในน้ำหมักชีวภาพส่วนใหญ่จะเป็นยีสต์และราที่มีรูปร่างเป็นเส้นใย

ก. ยีสต์ (Yeasts) เป็นราเซลล์เดี่ยว มักมีรูปร่างกลมหรือรี สามารถสืบพันธุ์ได้โดยการแตกหน่อ (Budding) ซึ่งเป็นแบบไม่อาศัยเพศ อยู่ใน Family Saccharomycetaceae เมื่ออายุยังน้อยจะมีรูปร่างค่อนข้างกลม แต่เมื่ออายุมากจะมีรูปร่างรียาวยีสต์จะทำให้เกิดกระบวนการหมักโดยเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ยีสต์มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการหมัก

จะมีการสร้าง Ascospores แบบอาศัยเพศอยู่ใน Asci ได้แก่ยีสต์สกุล *Saccharomyces* sp. และ *Candida* sp. เนื่องจากยีสต์มีคุณสมบัติในการหมักน้ำตาลได้ดี ดังนั้นในกระบวนการหมักผักและผลไม้หรือปลาสดร่วมกับกากน้ำตาล (อาจใช้น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลอ้อย) ยีสต์จะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากการหมักวัสดุอินทรีย์ด้วยน้ำตาล (1-2 วัน จะได้กลิ่นแอลกอฮอล์) ยีสต์ในธรรมชาติจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์ เนื่องจากได้แหล่งอาหารจากน้ำตาล โดยจะปรากฏอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของวัสดุหมักเป็นฟองที่ลอกเป็นฝ้าอยู่ที่ผิวของน้ำหมักอาจจะเรียกว่า Top Yeasts เมื่อการหมักลดลงจะตกตะกอนลงดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 2.9

$$\underset{\text{(กลูโคส)}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\textbf{ไม่ต้องการออกซิเจน}} \underset{\text{(เอทิลแอลกอฮอล์)}}{2C_2H_5OH + 2CO_2} \qquad (2.9)$$

นอกจากนี้จะมีผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นออกมาในปริมาณเล็กน้อย ได้แก่ Glyceral, Acetic acid, Organic acid, Amino acid, Purines, Pyrimidines และ Alcohols นอกจากนี้ยีสต์จะผลิตวิตามินและฮอร์โมนในระหว่างกระบวนการหมักด้วย ในกระบวนการหมักนั้นจะมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำมาก แต่ยีสต์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรดสูงระหว่าง 4.0-6.5 และดำรงชีพอยู่ได้ในสภาพที่มีค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักระหว่าง 1.5-3.5 จะมีจุลินทรีย์กลุ่มอื่นร่วมทำปฏิกิริยาอยู่ด้วยซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นกรดอินทรีย์เกิดขึ้นมาก ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักมีความเป็นกรดสูง สภาวะที่ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมักมีค่าต่ำนั้นมีผลดีต่อการควบคุมจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ และขณะเดียวกันแอลกอฮอล์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมคุณภาพของน้ำหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วย

ข. ราเส้นใย เป็นจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศ พบเห็นได้บริเวณผิวด้านบนของน้ำหมักชีวภาพ ดังนั้นในลักษณะของการทำน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งเป็นการหมักที่มีออกซิเจนน้อยสภาพดังกล่าวไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของราเส้นใย จึงมักพบอยู่บนบริเวณผิวหน้าของน้ำหมักชีวภาพหรือบนพื้นผิวภาชนะมีน้ำตาลติดอยู่ ส่วนใหญ่ที่มีบทบาทในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพจะอยู่ในกลุ่มราPhycomycetes ได้แก่ ราในสกุล Mucor และอื่นๆ

2.3.4 ประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพ (รัชนีกร, 2553)

1) ด้านการเกษตร

1. ช่วยปรับสภาพความเป็นกรด - ด่าง ในดินและน้ำ
2. ช่วยปรับสภาพโครงสร้างของดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำและอากาศได้ดียิ่งขึ้น
3. ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินให้เป็นธาตุอาหารแก่พืช พืชสามารถดูดซึมไปใช้ได้เลย โดยไม่

ต้องใช้พลังงานมากเหมือนการใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์

4. ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชให้สมบูรณ์ แข็งแรงตามธรรมชาติ ต้านทานโรคและแมลง
5. ช่วยสร้างฮอร์โมนพืช ทำให้ผลผลิตสูง และคุณภาพของผลผลิตดีขึ้น
6. ช่วยให้ผลผลิตคงทน เก็บรักษาไว้ได้นาน

2) ด้านปศุสัตว์

1. ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นจากฟาร์มไก่ สุกร ได้ภายใน 24 ชม.
2. ช่วยกำจัดน้ำเสียจากฟาร์มได้ภายใน 1 - 2 สัปดาห์
3. ช่วยป้องกันโรคอหิวาห์และโรคระบาดต่างๆ ในสัตว์แทนยาปฏิชีวนะ และอื่นๆได้
4. ช่วยกำจัดแมลงวันด้วยการตัดวงจรชีวิตของหนอนแมลงวัน ไม่ให้เข้าสู่ดักแด้เกิดเป็นตัวแมลงวัน
5. ช่วยเสริมสุขภาพสัตว์เลี้ยง ทำให้สัตว์แข็งแรง มีความต้านทานโรค ให้ผลผลิตสูง และอัตราการรอดชีวิตสูง

3) ด้านการประมง

1. ช่วยควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้
2. ช่วยแก้ปัญหาโรคพยาธิในน้ำ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ
3. ช่วยรักษาโรคแผลต่างๆในปลา กบ จระเข้ ฯลฯ ได้
4. ช่วยลดปริมาณขี้เลนในบ่อ ช่วยให้เลนไม่เน่าเหม็น สามารถนำไปผสมเป็นปุ๋ยหมัก ใช้กับพืชต่างๆได้ดี

4) ด้านสิ่งแวดล้อม

1. ช่วยบำบัดน้ำเสียจากการเกษตร ปศุสัตว์ การประมง โรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน และสถานประกอบการทั่วไป
2. ช่วยกำจัดกลิ่นเหม็นจากกองขยะ การเลี้ยงสัตว์ โรงงานอุตสาหกรรม และชุมชนต่างๆ
3. ปรับสภาพของเสีย เช่น เศษอาหารจากครัวเรือนให้เป็นประโยชน์ต่อการเลี้ยงสัตว์ และการเพาะปลูกพืช
4. กำจัดขยะด้วยการย่อยสลายให้มีจำนวนลดน้อยลง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
5. ช่วยปรับสภาพอากาศที่เสียให้สดชื่น และมีสภาพดีขึ้น

2.4 สับปะรด (สำนักงานวิจัยและพัฒนาทางการเกษตรเขตที่ 2, 2552)

รูปที่ 2.1 สับปะรด

ที่มา: http://board.postjung.com/714103.html

สับปะรด (ชื่อทางวิทยาศาสตร์: *Ananas comosus*) เป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดมาจากบริเวณทวีปอเมริกาใต้ ลำต้นมีขนาดสูงประมาณ 80-100 เซนติเมตร การปลูกสามารถปลูกได้ง่ายโดยการฝังกลบหน่อหรือส่วนยอดของผลที่เรียกว่า จุก เปลือกของผลสับปะรดภายนอกมีลักษณะคล้ายตาล้อมรอบผล

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (สำนักงานวิจัยและพัฒนาทางการเกษตรเขตที่ 2, 2552)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Ananas comosus* (L.) Merr.

ชื่อสามัญ: Pineapple

วงศ์: Bromeliaceae

ชื่ออื่น: แนะ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) ขนุนทอง ยานัด ย่านนัด (ใต้) บ่อนัด (เชียงใหม่) เนะซะ (กะเหรี่ยงตาก) ม้าเนื่อ (กัมพูชา) มะขะนัด มะนัด (เหนือ) หมากเก็ง (เงี้ยว-แม่ฮ่องสอน) สับปะรด (กรุงเทพมหานคร) ลิงทอง (เพชรบูรณ์)

ไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูง 90-100 เซนติเมตร ลำต้นใต้ดิน ปล้องสั้น ไม่แตกกิ่งก้านมีแต่กาบใบห่อหุ้มลำต้น ใบเป็นใบเดี่ยว ออกเรียงเวียนถี่ ไม่มีก้านใบ ใบเรียวยาว โคนใบเป็นกาบหุ้มลำต้น ปลายแหลม ขอบใบมีหนาม แผ่นใบสีเขียวเข้มและเป็นทางสีแดง ด้านล่างมีนวลแป้งสีขาว ดอกออกเป็นช่อที่ปลายยอด ดอกเรียงอัดกันแน่นรอบแกนช่อดอก ก้านช่อใหญ่แข็งแรง กลีบดอก 3 กลีบ ด้านบนสีชมพูอมม่วง ด้านล่างสีขาว เกสรเพศผู้ 6 อัน เรียงกัน 2 ชั้น ผล เป็นผลรวมรูปรี โคนกว้าง ปลายสอบ มีใบสั้นเป็นกระจุกที่ปลายผล เรียกว่าตะเกียง ผลสุกสีเหลืองสดและฉ่ำน้ำ

สับปะรดแบ่งออกตามลักษณะความเป็นอยู่ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือพวกที่มีระบบรากหาอาหารอยู่ในดิน หรือเรียกว่าไม้ดิน, พวกอาศัยอยู่ตามคาคบไม้หรือลำต้นไม้ใหญ่ ได้แก่ ไม้อากาศ

ต่าง ๆ ที่ไม่แย่งอาหารจากต้นไม้ที่มันเกาะอาศัยอยู่ พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับ, และพวกที่เจริญเติบโตบนผาหินหรือโขดหิน

1) ราก

สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีอายุหลายปีเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วพุ่มใบกว้างและสูงประมาณ100 เซนติเมตรรากเป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) ประกอบด้วยราก adventitious root เป็นจำนวนมากเกิดจากจุดกำเนิดรากซึ่งมีอยู่ทั่วไปตามมุมใบของลำต้นทั้งส่วนที่อยู่ใต้ผิวดินและส่วนที่อยู่เหนือผิวดิน

- รากดิน (soil root) คือรากที่อยู่ใต้ผิวดินรากเหล่านี้กระจายอยู่ในผิวดินตื้นๆถ้าดินมีสภาพร่วนซุยดีรากอาจหยั่งลึกลงในดินได้มากกว่า 50 เซนติเมตร

- รากมุมใบ (axillary root) คือรากที่เกิดตามมุมใบบนส่วนของลำต้นที่อยู่เหนือผิวดินมักเกิดเวียนอยู่รอบลำต้นตามมุมใบและอาจช่วยดูดน้ำและธาตุอาหารให้ต้นสับปะรดได้ในบางโอกาสที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมแต่ในสภาพปกติรากเหล่านี้จะมีสารซูเบอริน (suberin) สะสมอยู่และอยู่ในสภาพพักตัว

2) ลำต้น

ลำต้นของสับปะรดมีลักษณะสั้นและหนาคล้ายกระบองมีความยาว 20-30 เซนติเมตรส่วนที่กว้างที่สุดจะกว้างประมาณ 5 เซนติเมตรลำต้นส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินมักจะตั้งตรงส่วนที่อยู่ใต้ผิวดินจะโค้งเล็กน้อยโดยเฉพาะถ้าต้นสับปะรดนั้นขยายพันธุ์มาจากส่วนของหน่อหรือตะเกียงเนื่องจากหน่อและตะเกียงเจริญออกมาจากตาทางด้านข้างของต้นแม่จึงมีส่วนโค้งเล็กน้อยที่บริเวณโคนต้นที่ติดอยู่กับต้นแม่ต้นที่ขยายพันธุ์มาจากจุกส่วนใหญ่จะมีลำต้นตั้งตรงตามลำต้นมีลักษณะเป็นข้อและปล้องสั้นตามรอยต่อของใบที่หลุดออกไปจากลำต้น(leaf scar) ช่วงของปล้องยาว 2-5 มิลลิเมตรปล้องที่ยาวที่สุดอยู่บริเวณส่วนกลางค่อนไปทางส่วนบนของลำต้นซึ่งเป็นส่วนที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่าส่วนอื่นตามมุมใบมีตาซึ่งเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นหน่อได้หน่อข้างหรือหน่ออากาศ (shoot หรือ air sucker) คือหน่อที่เจริญมาจากตาบนลำต้นที่อยู่เหนือพื้นดินหน่อดิน (ground sucker) คือหน่อที่เจริญมาจากตาบนลำต้นที่ระดับผิวดินหรือใต้ดิน

3) ใบ

ใบสับปะรดมีลักษณะเรียวยาวและเป็นร่องโค้งช่วยให้ใบมีความแข็งแรงและทนทานต่อการหักพับได้ดีเป็นพิเศษการเรียงตัวของใบเป็นแบบเวียนรอบลำต้นมีรอบการเรียงตัว (phyllotaxy) เท่ากับ 5 /13 หรือจำนวนใบที่เกิดเวียนรอบลำต้นไปได้ 5 รอบจะมีจำนวนใบเท่ากับ 13 ใบและใบที่ 14 จะเกิดตรงกับตำแหน่งของใบที่ 1ลักษณะของใบเรียวยาวเป็นร่องโค้งและเรียงตัวเวียนรอบลำต้นสับปะรดแบบนี้มีความสำคัญในการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำน้อยละอองฝนและน้ำค้างที่ตกลงมาสัมผัสกับพุ่มใบจะถูกรวบรวมมาไว้ที่ส่วนโคนต้นให้รากในดินหรือราก

ตามมุมใบใช้ประโยชน์ได้ใบของต้นสับปะรดที่เจริญเติบโตใกล้ระยะออกดอกแล้วอาจแบ่งออกเป็นกลุ่มต่างๆตามรูปร่างตำแหน่งของใบบนลำต้นและอายุของใบได้ดังนี้คือ

A-leaves เป็นกลุ่มของใบซึ่งอยู่ล่างสุดของลำต้นมีอายุมากที่สุดส่วนของปลายใบเริ่มแห้งและไม่มีความสำคัญในด้านการสร้างอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์แสงแล้ว

B-leaves เป็นกลุ่มใบที่อยู่ถัดขึ้นมาแก่เต็มที่แล้วมีส่วนในการสร้างอาหารให้ต้นสับปะรดได้บ้างเล็กน้อย

C- leaves เป็นกลุ่มใบที่เจริญเต็มที่แล้วสามารถสร้างอาหารให้ต้นสับปะรดได้ดีกว่าในกลุ่ม B

D- leaves เป็นกลุ่มใบที่อยู่ระหว่างการเจริญเติบโตทางสรีระเต็มที่คือมีกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตสูงสุดมักเป็นกลุ่มของใบที่มีความยาวมากที่สุดและเป็นกลุ่มใบที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์สถานะทางสรีระที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของต้นสับปะรดเช่นระดับธาตุอาหารปริมาณกรดและแป้งที่สร้างขึ้นจากการสังเคราะห์แสงและปริมาณคลอโรฟิลล์

E- leaves เป็นกลุ่มใบที่ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ใบมีสีอ่อนกว่าใบกลุ่ม D

F- leaves เป็นกลุ่มใบที่อ่อนที่สุดอยู่บริเวณปลายยอดของลำต้นมีขนาดเล็กที่สุดและมีสีเขียวจาง

4) ช่อดอกและดอก

ลักษณะช่อดอกของสับปะรดในปัจจุบันมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษที่มีช่อดอกแบบ raceme มีดอกย่อยและ bract เชื่อมติดกันจนเกือบสมบูรณ์และอยู่รวมกันบนแกนกลางของช่อดอก ช่อดอกของสับปะรดแต่ละช่อดอกมีดอกย่อย 100-200 ดอกและแกนกลางของช่อดอกเป็นส่วนที่ต่อเนื่องมาจากก้านช่อดอกซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่เป็นการต่อเนื่องรูปแบบการเกิดใบอย่างไรก็ตามจะมองเห็นการเรียงตัวของดอกย่อยจากโคนผลไปสู่ปลายผลได้เป็น2 แถวแนวหนึ่งเรียงไปทางขวาอีกแนวหนึ่งเรียงไปทางซ้ายการเรียงตัวของดอกย่อยทั้งสองแนวนี้มีความเอียงไม่เท่ากันโดยแนวหนึ่งจะมีความเอียงมากกว่าอีกแนวหนึ่งในช่อดอกปกติจำนวนแถวของดอกย่อยในแต่ละแนวจะมีจำนวนคงที่แนวนอนมีจำนวน 8 แถวและแนวตั้งมีจำนวน 13 แถวลักษณะเช่นนี้ทำให้ประเมินจำนวนดอกย่อยหรือตาของผลสับปะรดได้โดยนับจำนวนดอกย่อยในแนวนอนและคูณด้วย 8 แต่จำนวนของดอกย่อยอาจจะมากหรือน้อยกว่านี้ได้เล็กน้อยเนื่องจากบางแถวอาจมีจำนวนดอกย่อยมากกว่าแถวอื่นอยู่ 1-2 ดอกดอกย่อยแต่ละดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศมีส่วนประกอบต่างๆคือ bract 1 อันกลีบเลี้ยง 3 กลีบกลีบดอก 3 กลีบเกสรตัวผู้ 6 อันเรียงเป็นสองวงๆละ 3 แฉกเกสรตัวเมียมีความยาวมากกว่าเกสรตัวผู้เล็กน้อยและมีขนาดสั้นกว่ากลีบดอกเล็กน้อยกลีบดอกมีสีขาวที่โคนและ

สีม่วงอมฟ้าที่ส่วนปลายรูปร่างของกลีบดอกเป็นแบบยาวรียาวประมาณ 1 มิลลิเมตรกว้างประมาณ 5 มิลลิเมตรกลีบดอกเจริญอยู่ชิดกันมากตั้งแต่โคนถึงปลายทำให้มีช่องเปิดเพียงเล็กน้อย

5) ผล

การพัฒนาของผลสับปะรดเกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องมีการผสมเกสร (parthenocarpy) การผสมตัวเองเกิดขึ้นไม่ได้เนื่องจากหลอดเกสรตัวผู้(pollen tube)ในดอกของสับปะรดพันธุ์เดียวกันไม่สามารถเจริญผ่านก้านเกสรตัวเมียไปจนถึงรังไข่ได้(Bartholomew และ Paull, 1986)ผลสับปะรดเป็นผลรวม (multiple fruit) เกิดจากการเชื่อมติดกันของผนังรังไข่และส่วนประกอบของดอกย่อยที่เรียงตัวอยู่ติดกันบนแกนกลางของช่อดอกที่ส่วนบนสุดของผลจะเป็นกลุ่มของใบซึ่งจะเจริญไปพร้อมๆกับผลและพัฒนาเป็นจุกต่อไปแกนกลางของจุกและผลสับปะรดเป็นส่วนที่เจริญต่อเนื่องมาจากเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดของต้นสับปะรดผลสับปะรดถ้ามีขนาดใหญ่จะมีรูปร่างเป็นแบบกรวย (conical) คือส่วนโคนผลมีความกว้างมากกว่าส่วนปลายผลถ้าผลมีขนาดปานกลางมักจะมีรูปร่างแบบทรงกระบอก(cylindrical) คือส่วนโคนส่วนกลางและส่วนปลายผลมีความกว้างใกล้เคียงกันและถ้าผลมีขนาดเล็กมักจะมีรูปร่างเป็นแบบทรงกลม(spherical) คือส่วนกลางของผลมีความกว้างมากกว่าส่วนโคนและส่วนปลายและความยาวของผลใกล้เคียงกับความกว้างบนก้านช่อดอกหรือก้านผลจะมีใบสั้นๆเกิดเวียนรอบก้านผลใบเหล่านี้จะเรียงกันอยู่ห่างๆที่บริเวณส่วนโคนของก้านผลและจะอยู่ติดกันมากขึ้นที่ส่วนบนของก้านผลโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่ติดกับโคนผลตามมุมใบจะมีตาซึ่งถ้าเจริญเติบโตขึ้นมาจะกลายเป็นส่วนที่เรียกว่าตะเกียงซึ่งมีลักษณะเป็นต้นสับปะรดเล็กๆคล้ายหน่อ Collins (1960) ได้อธิบายถึงลักษณะของตะเกียงว่าเป็นส่วนของผลที่ไม่เจริญเติบโตขึ้นมาตามปกติแต่มีส่วนของจุกที่มีขนาดใหญ่ต้นสับปะรดแต่ละต้นอาจสร้างตะเกียงได้หนึ่งหรือหลายตะเกียงหรืออาจไม่สร้างเลยก็ได้แต่ในสภาพแวดล้อมของประเทศไทยสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมักจะไม่สร้างตะเกียงในกรณีที่มีการสร้างตะเกียงและเจริญเติบโตจนถึงระยะเก็บเกี่ยวผลและอาจเจริญเติบโตต่อไปบนก้านผลได้อีกระยะหนึ่งหลังจากเก็บเกี่ยวผลสับปะรดไปแล้วผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียปกติจะไม่มีเมล็ดเนื่องจากไม่สามารถผสมตัวเองในพันธุ์เดียวกันได้ (selfincompatibility) แต่ผลอาจมีเมล็ดเกิดขึ้นได้ถ้ามีการช่วยผสมข้ามพันธุ์เมล็ดจะมีขนาดยาวประมาณ 3-5มิลลิเมตรกว้างประมาณ 1-2 มิลลิเมตรเปลือกเมล็ดแข็งหนามีสีน้ำตาลภายในมีเอนโดสเปิร์มและเอมบริโอส่วนของจุกซึ่งอยู่ที่ส่วนบนของผลจะเจริญเติบโตไปพร้อมๆกับผลจนถึงระยะที่ผลสับปะรดแก่เต็มที่จุกก็จะหยุดการเจริญเติบโตและเข้าสู่ระยะพักตัวส่วนของจุกจะมีแกนกลางเป็นลำต้นเล็กๆมีสารอาหารจำพวกแป้งสะสมอยู่และมีเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดซึ่งเป็นส่วนต่อเนื่องมาจากแกนของผลและเป็นเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดของต้นสับปะรดต้นเดิมนั่นเองเมื่อแยกจุกออกจากผลและนำไปปลูกจะสามารถเจริญเติบโตเป็นสับปะรดใหม่ได้ต่อไป

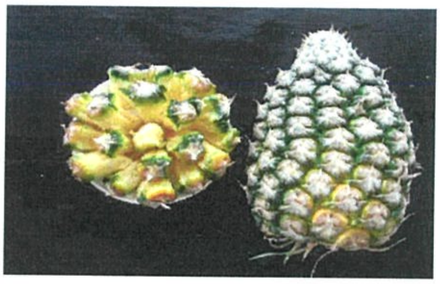
2.4.2 การแบ่งกลุ่มพันธุ์ (สำนักงานวิจัยและพัฒนาทางการเกษตรเขตที่ 2, 2552)

สับปะรดที่ปลูกกันทั่วโลกมีมากมายหลายชนิดแต่สามารถจำแนกเป็นกลุ่มพันธุ์ตามเกณฑ์การพิจารณาจากลักษณะทางด้านรูปร่างรูปทรงคุณภาพและรสชาติซึ่งเป็นรูปพรรณสัณฐานภายนอกที่สังเกตได้เป็นเกณฑ์มาตรฐานแบ่งได้เป็น 5 กลุ่มได้แก่กลุ่ม Smooth cayenne กลุ่ม Queen กลุ่ม Spanish กลุ่ม Maipure หรือPerolera และกลุ่ม Abacaxi หรือ Pernambuco สำหรับในประเทศไทยโดยอาศัยพื้นฐานด้านรูปพรรณสัณฐานเป็นเกณฑ์สามารถจำแนกสับปะรดที่ปลูกในประเทศไทยได้ประมาณ 10 พันธุ์และแบ่งเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่มพันธุ์คือ

1. กลุ่ม Smooth cayenne สับปะรดในกลุ่มนี้มีรสชาติหวานอมเปรี้ยวได้แก่พันธุ์ปัตตาเวียนางแลและลักกะตา
2. กลุ่ม Queen สับปะรดในกลุ่มนี้มีรสชาติดีมีกลิ่นหอมเนื้อกรอบมีสีทองปนส้มสม่ำเสมอได้แก่พันธุ์สวีภูเก็ตตราดสีทองสิงคโปร์ปัตตาเวียและปัตตานี
3. กลุ่ม Spanish สับปะรดในกลุ่มนี้มีรสเปรี้ยวได้แก่พันธุ์อินทรชิตแดงและอินทรชิตขาว

2.4.3 พันธุ์สับปะรด (สำนักงานวิจัยและพัฒนาทางการเกษตรเขตที่ 2, 2552)

1) พันธุ์เพชรบุรี ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สับปะรดพันธุ์เพชรบุรี

ที่มา : http://www.samrancom.com/ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของสับปะรด.pdf

สับปะรดพันธุ์ใหม่แกะตาด้วยมือรับประทานผลสดได้ทันทีเป็นพันธุ์แนะนำวันที่รับรอง 18 มีนาคม 2541 พัฒนาพันธุ์โดยศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพรและสถานีทดลองพืชสวนเพชรบุรีพันธุ์นี้มีคุณลักษณะดีเด่นในด้านรับประทานผลสดและมีการเจริญเติบโตดีลักษณะดีเด่นผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ภูเก็ตและสวีซึ่งอยู่ในกลุ่มพันธุ์เดียวกัน 17.7% และ 23.2% ตามลำดับรสชาติหวานอมเปรี้ยวปริมาณ soluble solids สูงถึง 16.9 องศา Brix และมีปริมาณกรดค่อนข้างต่ำเท่ากับ 0.45 % มีกลิ่นหอมแรงเนื้อกรอบใกล้เคียงกับพันธุ์สวีและภูเก็ตสีเนื้อเหลืองอมส้มสม่ำเสมอสามารถแกะแยกผลย่อยหรือตาออกจากกันโดยง่ายและรับประทานแกนผลได้ข้อจำกัดความต้านทานต่อโรคและแมลง

ที่สำคัญยังไม่ปรากฏหลักฐานการทำลายหรือการศึกษากับพันธุ์สับปะรดทานผลสดเพชรบุรีพื้นที่แนะนำสับปะรดพันธุ์นี้ปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทยสามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้ในสภาพอากาศค่อนข้างแห้งแล้งแต่ไม่ชอบพื้นที่ที่มีน้ำขังแฉะ

2) พันธุ์ปัตตาเวีย ดังแสดงในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

ที่มา: http://www.samrancom.com/ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของสับปะรด.pdf

เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมแหล่งปลูกที่สำคัญคือประจวบคีรีขันธ์ชลบุรีเพชรบุรีลำปางและมีการปลูกกันทั่วๆไปเพื่อขายผลสดเพราะมีรสหวานฉ่ำมีน้ำมากลักษณะทั่วๆไปคือมีใบสีเขียวเข้มและเป็นร่องตรงกลางผิวใบด้านบนเป็นมันเงาส่วนใต้ใบจะมีสีออกเทาเงินตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาลขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบกลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงินผลมีขนาดและรูปทรงต่างกันไปมีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 2-6 กิโลกรัมแต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5กิโลกรัมเปลือกผลเมื่อดิบสีเขียวคล้ำเมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง อมส้มทางด้านล่างของผลประมาณครึ่งผลก้านผลสั้นมีไส้ใหญ่เนื้อเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อนรสชาติดีลักษณะด้อยไม่พบตะเกียงไม่ทนต่อโรคเหี่ยวและต้นเน่าไม่ทนต่อโรคผลแกนรูปทรงของผลขนาดใหญ่ไม่ดี

3) พันธุ์อินทรชิต

เป็นพันธุ์พื้นเมืองที่เก่าแก่ที่สุดในประเทศไทยปลูกกันกระจัดกระจายทั่วไปแหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่จังหวัดฉะเชิงเทราลักษณะทั่วๆไปคือขอบใบจะมีหนามแหลมร่างโค้งงอสีน้ำตาลอมแดงใบสีเขียวอ่อนไม่เป็นมันขอบใบทั้ง 2 ข้างมีแถบสีแดงอมน้ำตาลตามแนวยาวใต้ใบจะมีสีเขียวออกขาวและมีวาวออกสีน้ำเงินกลีบดอกสีม่วงเข้มผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวียรสหวานอ่อนมีตะเกียงติดอยู่ที่ก้านผลเปลือกผลเหนียวแน่นทนทานต่อการขนส่งเหมาะสำหรับบริโภคสดลักษณะด้อยไม่ค่อยทนแล้งผลขนาดเล็กตาเล็กตาลึกใบหนามากเนื้อมีเยื่อใยมากมีหลายจุก

4) พันธุ์ภูเก็ตหรือสวี ดังแสดงในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 สับปะรดพันธุ์ภูเก็ตหรือสวี

ที่มา: http://www.samrancom.com/ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของสับปะรด.pdf

ปลูกกันมากในสวนยางจังหวัดภูเก็ตชุมพรนครศรีธรรมราชและตราดโดยปลูกระหว่างแถวยาวรุ่นที่ยังมีอายุน้อยเพื่อเก็บผลขายก่อนกรีดยางมีชื่ออื่นๆอีกเช่นพันธุ์ชุมพรพันธุ์สวีพันธุ์ตราดสีทองลักษณะทั่วๆไปใบสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงในตอนกลางและปลายในขอบใบมีหนามสีแดงแคบและยาวกว่าพันธุ์อินทรชิตและพันธุ์ขาวกลีบดอกสีม่วงอ่อนผลมีขนาดเล็กกว่าทุกพันธุ์ที่กล่าวมาตาลึกเปลือกหนาเนื้อหวานกรอบสีเหลืองเข้มเยื่อใยน้อยมีกลิ่นหอมเหมาะสำหรับบริโภคสดเป็นที่นิยมมากในภาคใต้ลักษณะด้อยผลดีขนาดเล็กตาลึกเนื้อมีช่องว่างเป็นโพรงใบมีหนามมากหน่อมากเกินไปจนเป็นกอ

5) พันธุ์นางแลหรือน้ำผึ้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 สับปะรดพันธุ์นางแลหรือน้ำผึ้ง

ที่มา: http://www.samrancom.com/ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของสับปะรด.pdf

ปลูกมากในจังหวัดเชียงรายลักษณะทั่วๆไปคล้ายคลึงกับพันธุ์ปัตตาเวียแต่มีรูปร่างของผลทรงกลมกว่าพันธุ์ปัตตาเวียตานูนเปลือกบางกว่าและรสหวานจัดกว่าพันธุ์ปัตตาเวียผลแก่มีเนื้อในสีเหลืองเข้มมีเยื่อใยน้อยเหมาะสำหรับบริโภคสดเป็นที่นิยมมากในภาคเหนือผลมีเปลือกบางมากขนส่งทางไกลไม่ดีนักลักษณะด้อยผลมีขนาดเล็กทรงกลมผลย่อยนูนพองขนส่งทางไกลไม่ค่อยดีพันธุ์สับปะรดที่นิยมปลูกในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างจะเป็นพันธุ์ปัตตาเวียซึ่งมีรสชาติเป็นที่นิยมในการ

บริโภคผลสุกขนาดผลใหญ่รับประทานได้ทั้งครอบครัวผลอ่อนสามารถใช้แกงส้มหรือแกงกะทิซึ่งเป็นอาหารหลักของคนส่วนใหญ่ในภาคใต้ผลที่สุกเต็มที่เกษตรกรใช้แปรรูปเป็นสับปะรดกวน

2.4.4 คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรด

คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรด แสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 คุณค่าทางโภชนาการของสับปะรด

ธาตุอาหาร	ปริมาณต่อ 100 กรัม	หน่วย
คาร์โบไฮเดรต	13.12	กรัม
พลังงาน	50	กิโลแคลอรี
น้ำตาล	9.85	กรัม
เส้นใย	1.4	กรัม
ไขมัน	0.12	กรัม
โปรตีน	0.54	กรัม
วิตามินบี1	0.079	มิลลิกรัม 7%
วิตามินบี2	0.032	มิลลิกรัม 3%
วิตามินบี3	0.5	มิลลิกรัม 3%
ธาตุแคลเซียม	13	มิลลิกรัม 1%
ธาตุเหล็ก	0.29	มิลลิกรัม 2%
ธาตุแมกนีเซียม	12	มิลลิกรัม 3%
ธาตุฟอสฟอรัส	8	มิลลิกรัม 1%
ธาตุโพแทสเซียม	109	มิลลิกรัม 2%
ธาตุโซเดียม	1	มิลลิกรัม 0%
ธาตุสังกะสี	0.12	มิลลิกรัม 1%

% ร้อยละของปริมาณแนะนำที่ร่างกายต้องการในแต่ละวันสำหรับผู้ใหญ่

ที่มา : USDA Nutrient database (2554)

2.4.5 ประโยชน์ของสับปะรด (วนิดา, 2554)

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้และมีการส่งออกในรูปของผลไม้สดซึ่งมีมูลค่าของสินค้าต่ำและเก็บไม่ได้นานจึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านอุตสาหกรรมเกษตรเช่นการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้กระป๋องมากขึ้นกระบวนการแปรรูปสับปะรดกระป๋องมีของเสียเกิดขึ้นมากได้แก่เปลือกและแกนโดยโรงงานส่วนใหญ่จะนำเปลือกหรือเศษผลไม้ไปเป็นอาหารสัตว์หรือนำไปฝังกลบแต่วิธีการฝังกลบต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงและต้องใช้พื้นที่ในการฝังกลบมากส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมดังนั้นการนำเปลือกสับปะรดมาใช้ประโยชน์ในการทำน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบำบัดน้ำเสียจึงเป็นการลดของเสียที่จะเกิดขึ้นได้อีกวิธีหนึ่ง

1) **เนื้อ**ใช้รับประทานสดหรือแปรรูปเป็นสับปะรดแช่อิ่มสับปะรดกวนสับปะรดแห้งแยมสับปะรดหรือบรรจุกระป๋องและคั้นทำน้ำสับปะรด

2) เปลือกสับปะรด

ผลพลอยได้จากเปลือกสับปะรดส่วนใหญ่จากอุตสาหกรรมบรรจุกระป๋องสามารถนำมาแปรรูปทำอย่างอื่นได้เช่นน้ำเชื่อม, แอลกอฮอล์, น้ำส้มสายชู, ไวน์, อาหารสำหรับเลี้ยงวัว

3) กรดอินทรีย์ 3 ชนิดคือกรดซิตริก, กรดมาลิกและกรดแอสคอร์บิก

4) ใบ

-เส้นใยจากใบสับปะรดนำมาทอเป็นผ้าใยสับปะรดในฟิลิปปินส์เรียกว่า "ผ้าบำรอง" ราคาแพงนิยมตัดเป็นชุดสากลประจำของชาติฟิลิปปินส์และไต้หวัน

-เยื่อกระดาษจากใยสับปะรดจะได้กระดาษที่มีคุณสมบัติพิเศษคือความบางมากมีผิวนุ่มเนียนสามารถบิดงอหรือเปลี่ยนรูปร่างได้ง่ายโดยไม่เสียหายในหลายประเทศใช้เป็นกระดาษสำหรับพิมพ์ธนบัตร

5) เปลือก

เปลือกและแกนกลางซึ่งจะมีน้ำอยู่สูงถึงร้อยละ 90 ส่วนเหลือทิ้งจะมีโปรตีนทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.7 เมื่อคิดต่อน้ำหนักสดและมีค่าโปรตีนและถึงร้อยละ 7 เมื่อคิดต่อน้ำหนักแห้งสามารถนำมาเป็นอาหารเลี้ยงวัวยิ่งเปลือกที่ทิ้งไว้ 2-3 วันสีออกเป็นน้ำตาลเทาๆมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อยวัวจะชอบกินมากกว่าเปลือกสด

2.5 จุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย

2.5.1 สารเร่ง พด.6

สารเร่ง พด. 6
สารเร่งพด.6

รูปที่ 2.6 บรรจุภัณฑ์สารเร่งพด.6

ที่มา: http://r07.ldd.go.th/nan01/amazing/pordor/pordor6.html

สารเร่งพด. 6 (รูปที่ 2.6) เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักเศษอาหารในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนเพื่อผลิตสารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นสำหรับทำความสะอาดคอกสัตว์บำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นตามท่อระบายน้ำ

2.5.1.1 น้ำหมักชีวภาพจากสารเร่ง พด.6 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

เป็นน้ำจุลินทรีย์ที่กรมพัฒนาที่ดินได้คัดเลือกจากแหล่งธรรมชาติในประเทศไทยมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ทั้งในสภาพที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนโดยเฉพาะการย่อยสลายโปรตีนและไขมันประกอบด้วยจุลินทรีย์ 4 ชนิดได้แก่ยีสต์แบคทีเรียผลิตเอนไซม์โปรติเอสย่อยสลายโปรตีนแบคทีเรียผลิตเอนไซม์ไลเปสย่อยสลายไขมันและแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเพื่อใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็น

2.5.1.2 ประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพจากสารเร่ง พด.6

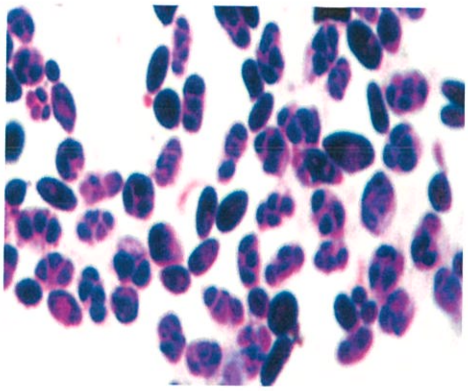
น้ำหมักชีวภาพจากสารเร่ง พด.6 สามารถช่วยในการบำบัดน้ำเสียและลดกลิ่นเหม็นตามท่อระบายน้ำและพื้นที่น้ำท่วมขังโดยมีจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียประกอบด้วยจุลินทรีย์ 4 กลุ่มมีปริมาณจุลินทรีย์ชนิดละ 1,000 ล้านเซลล์ต่อมิลลิลิตรได้แก่เชื้อยีสต์ผลิตแอลกอฮอล์และกรดอินทรีย์แบคทีเรียผลิตกรดแลคติกแบคทีเรียผลิตเอนไซม์โปรติเอสเพื่อ

ย่อยสลายโปรตีนและแบคทีเรียผลิตเอนไซม์ไลเปสเพื่อย่อยสลายไขมันโดยในน้ำหมักชีวภาพประกอบด้วยเอนไซม์โปรติเอส 312.9 มิลลิยูนิตต่อมิลลิลิตรเซลลูเลสที่ได้จากวัสดุที่ใช้ในการหมัก 32.9 มิลลิยูนิตต่อมิลลิลิตรซึ่งช่วยลดค่าบีโอดีในน้ำเสียได้ 83-87 %

2.5.1.3 ชนิดของจุลินทรีย์ในสารเร่งพด.6

จุลินทรีย์ที่เป็นอยู่ในสารเร่ง พด.6 ประกอบด้วยจุลินทรีย์ 4 ชนิดดังนี้

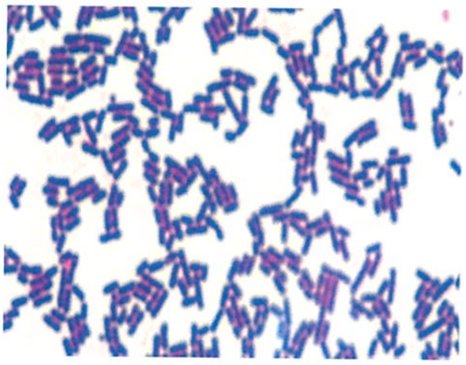
1) ยีสต์ ทำหน้าที่ผลิตแอลกอฮอล์ช่วยรักษาความสะอาด ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ยีสต์ : *Saccharomyces*sp.

ที่มา: http://www.ldd.go.th/pd6/Microorganism.htm

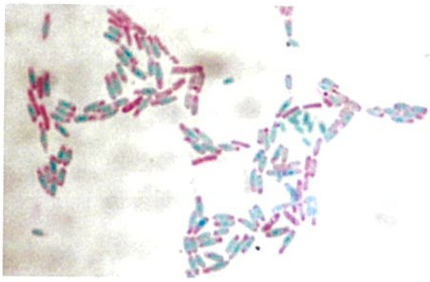
2) แลคโตบาซิลลัส ทำหน้าที่ผลิตกรดแลคติกช่วยลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในน้ำเสีย ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แบคทีเรียผลิตกรดแลคติค : *Lactobacillus* sp.

ที่มา: http://www.ldd.go.th/pd6/Microorganism.htm

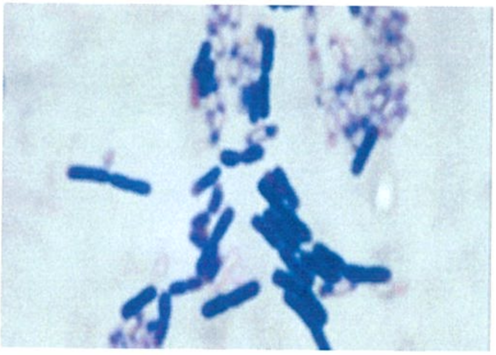
3) แบคทีเรียสลายโปรตีน ทำหน้าที่ผลิตน้ำย่อยโปรติเอสช่วยย่อยสลายซากสัตว์ได้เร็วขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แบคทีเรียย่อยโปรตีน : *Bacillus* sp.

ที่มา: http://www.ldd.go.th/pd6/Microorganism.htm

4) แบคทีเรียย่อยสลายไขมัน ทำหน้าที่ผลิตน้ำย่อยไลเปสช่วยย่อยสลายไขมันได้เร็วขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แบคทีเรียย่อยไขมัน : *Bacillus* sp.

ที่มา: http://www.ldd.go.th/pd6/Microorganism.htm

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

พชรพรรณและคณะ(2554) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากบ่อพักอาคารด้วยวิธีทางชีวภาพ:โดยใช้น้ำเสียจากอาคารจุฬาภรณวลัยลักษณ์ 2 คณะวิทยาศาสตร์สจล. และศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยการเติมจุลินทรีย์ (EM)โดยลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำทิ้งจากบ่อพักอาคารมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.58 – 7.75 ค่าบีโอดี 56 – 114 มก./ล. และซีโอดีที่ละลายน้ำได้ 70 – 166 มก./ล. ปริมาณตะกอนหนัก 15 – 18 มก./ล. ปริมาณของแข็งแขวนลอย 73 -74 มก./ล. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 817 – 898 มก./ล. ส่วนซัลไฟด์ 7 – 8.5 มก./ล. น้ำมันและไขมัน 48 – 65 มก./ล. ซึ่งเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภทขในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็นอยู่ในช่วง 0.75 – 1.68 มก./ล. ในการทดลองจะเก็บน้ำทิ้งจากบ่อพักอาคารแบบผสมนำมาใส่ถังจำนวน 5 ใบใบละ

150 ลิตรและเติมจุลินทรีย์ (EM) ในปริมาณ 0, 1, 2, 3 และ 5% เก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ที่ระยะเวลา 5, 10, 15, 20, 25, 35 และ 45 วันผลการศึกษาพบว่าที่ระยะเวลาการบำบัด 45 วันยังไม่เพียงพอต่อการบำบัดน้ำทิ้งให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของอาคารประเภทขและประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์วัดในรูปบีโอดีในถังที่เติมจุลินทรีย์ (EM) 1% มีค่าเท่ากับ 78.22% ซึ่งสูงกว่าถังที่เติม (EM) 2%, 3% และ 5% ตามลำดับปริมาณของแข็งแขวนลอยในถังทุกใบมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณการเติมจุลินทรีย์ที่เติมลงไปในถังรวมทั้งถังที่ไม่เติม EM จะมีปริมาณของแข็งแขวนลอยเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันแต่มีการเพิ่มขึ้นที่น้อยกว่านอกจากนี้พบว่าน้ำเสียหลังจากบำบัด 45 วันจะมีค่ากรดอินทรีย์ระเหยได้และสภาพด่างมากขึ้น

ตัญญูรัตน์ (2546) ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในน้ำโดยการตรวจสอบคุณภาพน้ำดังนี้การวัดค่าความเป็นกรดด่าง, การวัดผลค่าอุณหภูมิของน้ำ, การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำและปริมาณที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ทดลองโดยนำ EM มาใช้ในการบำบัดน้ำเสียณภาควิชาครุศาสตร์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำที่บำบัดโดยใช้ EM กับน้ำที่ไม่ใช้ EM โดยวิเคราะห์วันที่ 1, 3, 5, 7 และ 14 วันผลการศึกษาวันที่ 1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำที่ใช้อีเอ็มบำบัดและน้ำที่ไม่ใช้อีเอ็มบำบัดมีค่า 7.14 และ 6.96 วันที่ 3 และ 5 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ในน้ำใช้อีเอ็มบำบัดและน้ำที่ไม่ใช้อีเอ็มบำบัดมีค่า 8.33 , 8.51 และ 8.23, 8.35 ในวันที่ 7 และ 14 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำที่ใช้อีเอ็มบำบัดและน้ำที่ไม่ใช้อีเอ็มบำบัดมีค่า 8.44, 8.41 และ 8.35, 8.47 อุณหภูมิของน้ำกลุ่มที่ใช้อีเอ็มบำบัดและน้ำที่ไม่ใช้อีเอ็มของทุกวันมีค่าไม่ต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยที่ 27-28 องศาเซลเซียส วันที่ 1 ปริมาณออกซิเจนในน้ำ (DO$_1$) ในน้ำที่ใช้อีเอ็มบำบัดและน้ำที่ไม่ใช้อีเอ็มบำบัดมีค่า 7.867, 6.60 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับวันที่ 3 ปริมาณออกซิเจนในน้ำ (DO$_5$) ในน้ำที่ใช้อีเอ็มบำบัดและน้ำที่ไม่ใช้อีเอ็มบำบัดมีค่า 8.66, 7.93มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับวันที่ 5, 7, 14 ปริมาณออกซิเจนในน้ำ (DO$_1$) ในน้ำที่ใช้อีเอ็มบำบัดและน้ำที่ไม่ใช้อีเอ็มบำบัดมีค่า 8.51, 8.44, 8.41 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 8.35, 8.35, 8.47 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนในน้ำ (DO$_5$) ในวันที่ 1, 3 ในน้ำในน้ำที่ใช้อีเอ็มบำบัดและน้ำที่ไม่ใช้อีเอ็มบำบัดมีค่า5.33, 5.33มิลลิกรัมต่อลิตรและ 5.80, 5.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 5 ในน้ำที่ใช้อีเอ็มบำบัดและน้ำที่ไม่ใช้อีเอ็มบำบัดมีค่าเท่ากันปริมาณออกซิเจนในน้ำ (DO$_5$) ในวันที่ 7, 14 ในน้ำที่ใช้อีเอ็มบำบัดและน้ำที่ไม่ใช้อีเอ็มบำบัดมีค่า 5.93, 5.86 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 5.66, 5.40มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับและสุดท้ายค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ (BOD) ในน้ำที่ใช้อีเอ็มบำบัดและน้ำที่ไม่ใช้อีเอ็มบำบัดในวันที่ 1, 3, 5, 7 และ 14 วันมีค่าดังนี้ 2.43, 3.33, 2.73, 2.86, 2.66มิลลิกรัมต่อลิตรและ 0.80, 2.13, 1.53, 1.93, 2.00มิลลิกรัมต่อลิตร

กรมพัฒนาที่ดิน(2556) ศึกษากิจกรรมจุลินทรีย์สารเร่งพด.6 โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 50 ลิตรซึ่งมีปริมาณโปรตีนไขมันและไนโตรเจนที่เกินมาตรฐานนำมาบ่มในถังทดลองขนาด 100 ลิตร และทำการเติมสารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นและจุลินทรีย์สารเร่งพด.6 ขยายอัตรา 500 มิลลิลิตรต่อถังบ่มโดยไม่มีการกวนเป็นระยะเวลา 10 วันและเก็บตัวอย่างทุกวันเพื่อวิเคราะห์ค่าความเปลี่ยนต่างๆของน้ำเสียสังเคราะห์จากผลการทดลองพบว่าการใส่สารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นและจุลินทรีย์สารเร่งพด.6 สามารถช่วยลดค่า BOD ของน้ำเสียสังเคราะห์ได้อย่างรวดเร็วโดยการใส่จุลินทรีย์สารเร่งพด.6 ขยายสามารถลดค่า BOD ได้สูงสุดคือจาก 13,658 มิลลิกรัมต่อลิตรเหลือเพียง 3,570 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็น 73.90 เปอร์เซ็นต์ขณะที่การใช้สารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นสามารถลดค่า BOD ของน้ำเสียสังเคราะห์ได้เร็วในช่วง 0-2 วันหลังการบ่มแต่หลังจากนั้นการลดลงของค่า BOD ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมโดยสามารถลดค่า BOD ประมาณ 63 – 65 เปอร์เซ็นต์

กรมพัฒนาที่ดิน(2556) ศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์สารเร่ง พด.6ในการบำบัดน้ำเสียชนิดต่างๆได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์สารเร่งพด.6 ในแหล่งน้ำเสีย 4 แหล่งได้แก่น้ำเสียจากโรงงานสุราน้ำเสียจากฟาร์มสุกรน้ำเสียจากชุมชนและน้ำจากบ่อเลี้ยงปลาดุกโดยเปรียบเทียบการใช้จุลินทรีย์สารเร่งพด.6 ใน 2 รูปแบบคือรูปแบบสารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นและจุลินทรีย์สารเร่งพด.6 ขยายโดยใช้ในอัตราที่แตกต่างกัน 3 ระดับคืออัตรา 1 ลิตรต่อน้ำเสีย 5, 10 และ 15 ลูกบาศก์เมตร 1)การใช้จุลินทรีย์สารเร่งพด.6 ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรพบว่าการใช้สารเร่งพด.6 รูปแบบขยายในกากน้ำตาลมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดค่า BOD ของน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยการใช้ในอัตรา 1 ลิตรต่อน้ำเสีย 15 ลูกบาศก์เมตรสามารถลดค่า BOD จาก 435 มิลลิกรัมต่อลิตรลดลงเหลือ 30 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือคิดเป็น 93.11 เปอร์เซ็นต์ภายในระยะเวลา 30 วันอย่างไรก็ตามการใช้จุลินทรีย์สารเร่งพด.6 ในรูปแบบสารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นสามารถลดค่า BOD ได้สูงเช่นกันโดยคิดเป็นร้อยละ 90.91 เปอร์เซ็นต์ขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่ใส่จุลินทรีย์สารเร่งพด.6 ค่า BOD ลดลงเพียง 79.42 เปอร์เซ็นต์2)การใช้จุลินทรีย์สารเร่งพด.6 ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนพบว่าการใช้สารเร่งพด.6 ทั้ง 2 รูปแบบมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนและสูงกว่าชุดควบคุมโดยการใช้สารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นและจุลินทรีย์ พด.6 ขยายในกากน้ำตาลสามารถลดค่า BOD ของน้ำเสียจากชุมชนได้ถึง 71.76-83.78 เปอร์เซ็นต์ขณะที่ชุดควบคุมซึ่งไม่มีการเติมสารเร่งสามารถลดค่า BOD เพียง 43.80 เปอร์เซ็นต์สำหรับอัตราการใช้พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในการลดลงของค่า BOD ของน้ำเสียจากชุมชน3) การใช้จุลินทรีย์สารเร่งพด.6 ในการควบคุมคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกพบว่าการใช้สารเร่งพด.6 รูปแบบขยายในกากน้ำตาลมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดปริมาณการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยการใช้ในอัตรา 1 ลิตรต่อน้ำเสีย 10 ลูกบาศก์เมตรมีการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยเฉลี่ยเพียง 55.34

มิลลิกรัมต่อลิตรขณะที่ชุดที่ไม่มีการเติมสารเร่ง มีการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ถึง 72.01 มิลลิกรัมต่อลิตรแต่การใช้จุลินทรีย์สารเร่งพด.6 รูปแบบขยายอัตรา 1 ลิตรต่อน้ำเสีย 10 ลูกบาศก์การใช้สารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นอัตรา 1 ลิตรต่อน้ำเสีย 10 ลูกบาศก์เมตรทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงปลาดุกมีค่า BOD ต่ำที่สุดคือ 276.73 มิลลิกรัมต่อลิตรและผลผลิตน้ำหนักของปลาดุกสูงสุดคือ 3.90 กิโลกรัมอีกทั้งมีอัตราการตายของปลาดุกเพียง 10 เปอร์เซ็นต์

ขนิษฐาและคณะ(2556) ศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด ได้แก่ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดสูตร 1, น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดสูตร 2 และน้ำหมักชีวภาพจากน้ำตาลทรางแดงสูตร 3 โดยศึกษาอัตราส่วนของน้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย จากผลการทดลองพบว่า การใช้น้ำหมักชีวภาพสูตร 1 มาบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ชุดที่ 1 พบว่า ค่าซีโอดีละลายน้ำ (sCOD) เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีสารอินทรีย์ในน้ำหมักสูง น้ำหมักชีวภาพสูตรที่ 2 มีปริมาณสารอินทรีย์ลดลง เมื่อใช้บำบัดน้ำเสียงสังเคราะห์ชุดที่ 2 พบว่า ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำ (sCOD) และซีโอดี (COD)ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม นั่นคือจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพไม่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1) เครื่องยูวีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ Spectranic รุ่น Genesys 10 UV-Vis ประเทศสหรัฐอเมริกา
2) เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ Consort รุ่น C860 ประเทศสหรัฐอเมริกา
3) เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ยี่ห้อ Consort รุ่น C860 ประเทศสหรัฐอเมริกา
4) เครื่องวัดความขุ่น (Turbidimeter) ยี่ห้อ HACH รุ่น 2100P Turbidimeter ประเทศสหรัฐอเมริกา
5) เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO meter) ภาคสนามยี่ห้อ HACH รุ่น sensION6 ประเทศสหรัฐอเมริกา
6) เครื่องชั่งแบบละเอียด 4 ตำแหน่ง บริษัท Denver Instruments ประเทศสหรัฐอเมริกา
7) เครื่องชั่งแบบละเอียด 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Shimadzu บริษัท Shimadzu Corporation รุ่น ATX ประเทศญี่ปุ่น
8) เครื่อง Autoclave ยี่ห้อ Hirayama บริษัท Hirayama Manufacturing Corporation
9) เครื่องให้ความร้อน (Hot plate) ยี่ห้อ Fisher Hotplate บริษัท Fisher Scientific ประเทศสหราชอาณาจักร
10) เครื่องปั่นอเนกประสงค์ยี่ห้อมูลิเน็กซ์บริษัท กรุ๊ป เอสอีบี (ประเทศไทย) จำกัด ประเทศไทย
11) ตู้ลามิน่า ยี่ห้อ Issco บริษัท International Scientific Supply ประเทศไทย
12) ตู้อบความร้อน ยี่ห้อ Memmert บริษัท Memmert ประเทศเยอรมนี
13) ตู้ดูดควัน (Hood)
14) ตู้เย็น ยี่ห้อ Toshiba บริษัท ไทยโตชิบาอุตสาหกรรม ประเทศไทย
15) ไมโครเวฟ (Microwave) ยี่ห้อ Samsung บริษัท ไทยซัมซุงอิเลคทรอนิกส์ จำกัด ประเทศไทย

16) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

17) เดซิเคเตอร์

18) เครื่องแก้วต่างๆ (Glasswares)

19) ถังน้ำพลาสติก

20) ผ้าขาวบาง

21) กรวยกรองพลาสติก

22) กระดาษกรองFiltration Membrane ขนาด 0.45 ไมโครเมตรเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตรยี่ห้อVertical บริษัทVertical Chromatography,ประเทศไทย

23) กระดาษกรองใยแก้ว

24) กระบอกฉีดสาร (syringes filter)

25) ถังหมักพร้อมฝาปิดขนาด 50 ลิตร

3.1.2 สารเคมี

1) กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc.H_2SO_4)เกรดวิเคราะห์,Fisher Scientific,ประเทศสหราชอาณาจักร
2) โพแทสเซียมไดโครเมต($K_2Cr_2O_7$)เกรดวิเคราะห์, Carlo Erba, ประเทศอิตาลี
3) ซิลเวอร์ซัลเฟต(Ag_2SO_4)เกรดวิเคราะห์,Carlo Erba, ประเทศอิตาลี
4) เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต[$FeNH_4(SO_4)_2.12H_2O$]เกรดวิเคราะห์, Carlo Erba, ประเทศอิตาลี
5) 1,10–ฟีแนนโทรลีนโมโนไฮเดรต (1,10 - PhenanthrolineMonohydrate, $C_5H_3NCH:CHC_5H_3N.H_2O$)เกรดวิเคราะห์, CARLO ERBA , ประเทศอิตาลี
6) เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_{4.}$ $7H_2O$),เกรดห้องปฏิบัติการ, Asia Pacific Specially Chemical, ประเทศออสเตรเลีย
7) โปแตสเซียมไฮโดรเจนพธาเลต (Potasstium Hydrogen Phthalate หรือ KHP) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba, ประเทศอิตาลี
8) อาหารสำเร็จรูป Plate Count Agar (Standard Methods Agar) ยี่ห้อ SRL, บริษัทSisco Research Laboratories Pvt., ประเทศอินเดีย

3.1.3 วัตถุดิบ

1) เปลือกสับปะรด

2) น้ำเสียจากบ่อน้ำทิ้งโรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.4 แหล่งจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองคือ เชื้อจุลินทรีย์สารเร่ง พ.ด. 6 ได้รับความนุเคราะห์จากกรมพัฒนาที่ดินและเชื้อจุลินทรีย์สารเร่งทางการค้าได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทเบสท์แคร์ อินเตอร์เนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัดซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ประกอบด้วย *Bacillus sp., Lactobacillus spp* , Yeast

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

3.2.1 ศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำสับปะรด

1. ชั่งเปลือกสับปะรด ประมาณ 1 กิโลกรัม
2. ทำการหั่นเปลือกสับปะรด เป็นชิ้นพอประมาณ และปั่นด้วยเครื่องปั่นเอนกประสงค์แล้วคั้นเอาน้ำจากเปลือกสับปะรด จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง
3. ใส่น้ำจากเปลือกสับปะรดที่ได้จากข้อ 2. ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ลงในถังหมักขนาด 5 ลิตร จำนวน 3 ใบ
4. การทดลองชุดที่ 1ใส่สารเร่ง พด.6จำนวน 5 กรัม ลงในถังหมัก การทดลองชุดที่ 2 ใส่เชื้อจุลินทรีย์สารเร่งทางการค้า 5 กรัม ลงในถังหมักและการทดลองชุดที่ 3 (ชุดควบคุม) ไม่ต้องใส่เชื้อจุลินทรีย์ กวนให้เข้ากัน ปิดฝา ทำการกวนวันละ 1 ครั้ง
5. ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในน้ำสับปะรด ได้แก่ วัดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ โดยวิธี Optical density และการหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด โดยวิธี Phenol-Sulfuric Method ของวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก)
6. ตรวจนับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธี Total plate count ในวันที่เชื้อเจริญถึงระยะ Stationary phase

3.2.2 การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ

1. เตรียมเปลือกสับปะรดจำนวน 3 กิโลกรัม
2. ทำการหั่นเปลือกสับปะรดเป็นชิ้นพอประมาณ และนำมาบดปั่นในเครื่องปั่นอเนกประสงค์ และกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกเอาน้ำสับปะรด
3. ผสมน้ำสับปะรดกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ 2 ชนิด คือสารเร่ง พด.6 และ จุลินทรีย์สารเร่งทางการค้า โดยชั่งเชื้อจุลินทรีย์อย่างละ 5 กรัม ใส่ลงในน้ำสับปะรดปริมาณ 500 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากัน ปิดฝา คนให้เข้ากันวันละ 1 ครั้ง หมักเป็นเวลาที่เหมาะสม ที่ได้จากการทดลองที่ 3.2.1 เพื่อนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

3.2.3 การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย

3.2.3.1 การเตรียมน้ำเสีย

เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากบ่อน้ำทิ้งโรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากนั้นทำการกรองเอาเศษอาหารที่มีอนุภาคใหญ่ออกด้วยผ้าขาวบาง ทำการกวนน้ำเสียให้เข้ากัน นำไปวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในตารางที่ 3.1 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 3.1 วิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสีย

พารามิเตอร์	วิธีมาตรฐาน
ความเป็นกรดและด่าง (pH)	pH Meter
sCOD(Soluble Chemical Oxygen Demand)	Potassium Dichromate Digestion แบบ Closed Reflux
อุณหภูมิ (Temperature)	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะเก็บตัวอย่างน้ำ
ความขุ่น (Turbidity)	เครื่องวัดความขุ่น
ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO)	เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำภาคสนาม
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า

3.2.3.2 การศึกษาอัตราส่วนของน้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

สรุปขั้นตอนการทดลองดังแสดงในรูปที่3.1

1. นำน้ำเสียที่เตรียมจากข้อ 3.2.3.1 มาวิเคราะห์พารามิเตอร์น้ำเสีย ได้แก่ sCODและ COD เริ่มต้น
2. นำน้ำเสียตัวอย่างใส่ขวดพลาสติก 1.5 ลิตร
3. เติมน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยแปรค่า 1%, 3%, 5% โดยแบ่งออกเป็น9 ชุดทดลอง ดังนี้

   ชุดที่ 1 ชุดควบคุมใช้น้ำเสียตัวอย่าง1 ลิตร เติมน้ำกลั่น 1%โดยปริมาตร

   ชุดที่ 2ชุดควบคุมใช้น้ำเสียตัวอย่าง1 ลิตร เติมน้ำกลั่น 3% โดยปริมาตร

   ชุดที่ 3ชุดควบคุมใช้น้ำเสียตัวอย่าง 1 ลิตร เติมน้ำกลั่น 5% โดยปริมาตร

   ชุดที่ 4ชุดน้ำหมักชีวภาพ พ.ด. 6(3.2.3 ข้อ 3)1 % ใช้น้ำหมักชีวภาพ1% โดยปริมาตร

   ชุดที่ 5 ชุดน้ำหมักชีวภาพ พ.ด. 6 (3.2.3 ข้อ 3)3% ใช้น้ำหมักชีวภาพ3% โดยปริมาตร

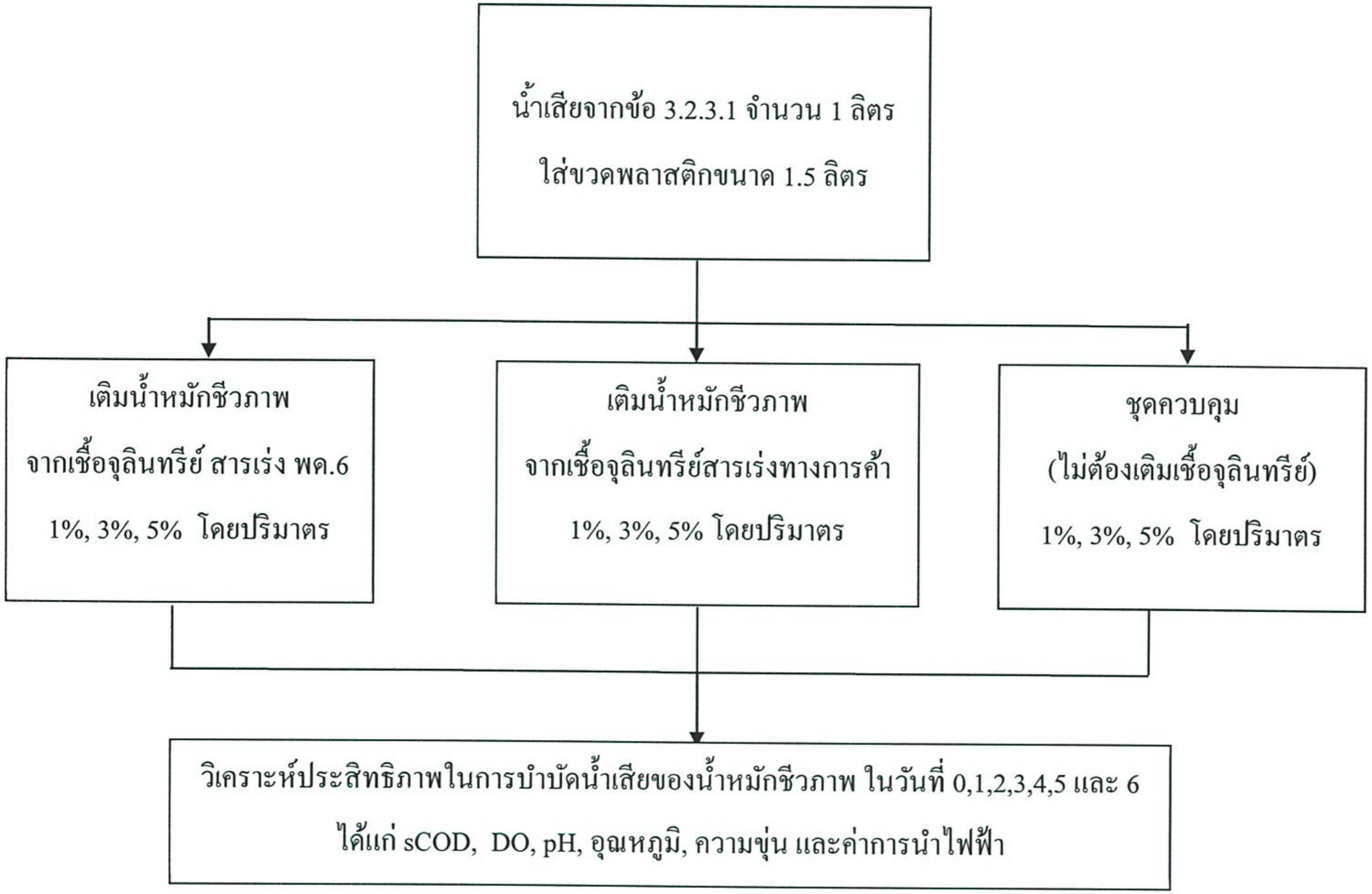
   ชุดที่ 6ชุดน้ำหมักชีวภาพ พ.ด. 6 (3.2.3 ข้อ 3) 5 % ใช้น้ำหมักชีวภาพ 5% โดยปริมาตร

   ชุดที่ 7ชุดน้ำหมักชีวภาพ จุลินทรีย์ทางการค้า (3.2.3 ข้อ 3)1 % ใช้น้ำหมักชีวภาพ 1% โดยปริมาตร

   ชุดที่8ชุดน้ำหมักชีวภาพ จุลินทรีย์ทางการค้า (3.2.3 ข้อ 3)3 % ใช้น้ำหมักชีวภาพ 3% โดยปริมาตร

   ชุดที่ 9ชุดน้ำหมักชีวภาพ จุลินทรีย์ทางการค้า (3.2.3 ข้อ 3)5 % ใช้น้ำหมักชีวภาพ 5% โดยปริมาตร

4. เก็บตัวอย่างน้ำเสียมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ ดังนี้sCOD, ความเป็นกรดด่าง, อุณหภูมิ, ความขุ่น, ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และค่าการนำไฟฟ้า(ตารางที่ 3.1) ในวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6
5. ชุดควบคุม ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-4 แต่ใช้น้ำกลั่นแทนน้ำหมักชีวภาพ

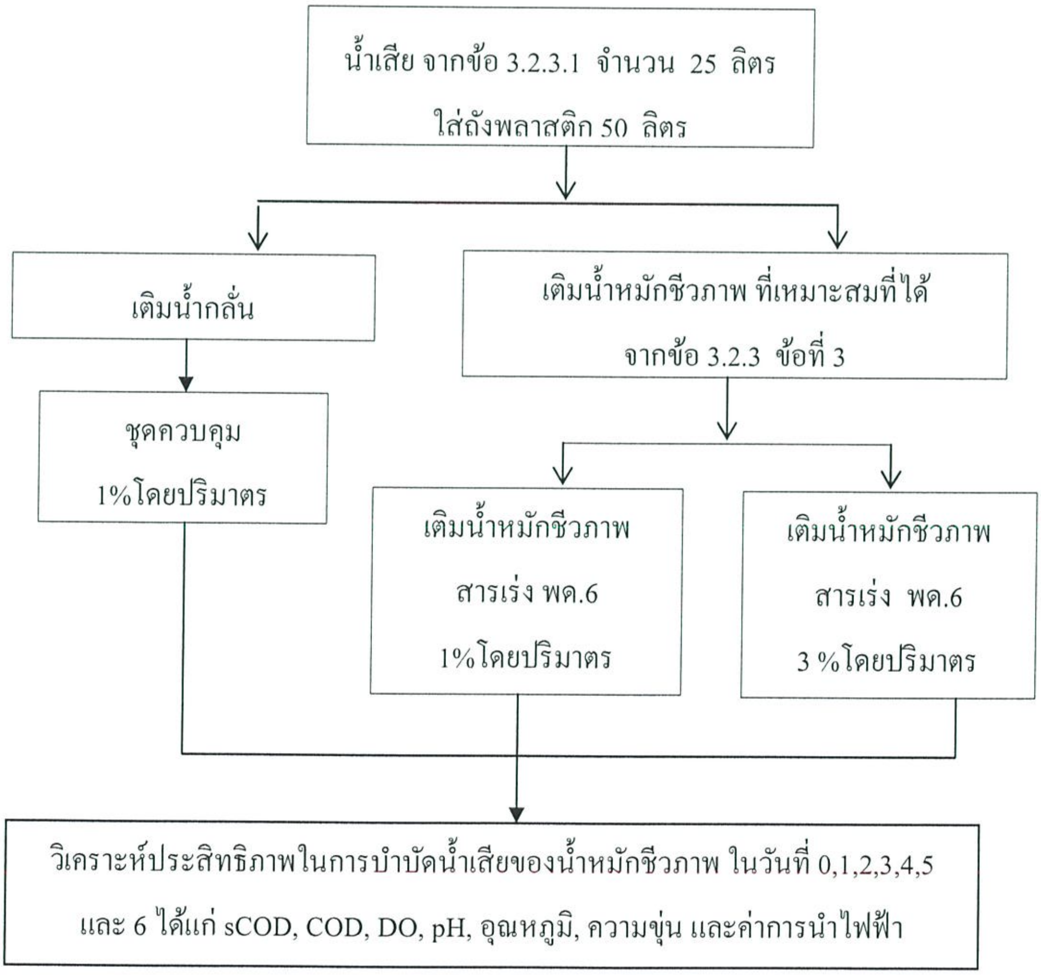

น้ำเสียจากข้อ 3.2.3.1 จำนวน 1 ลิตร
ใส่ขวดพลาสติกขนาด 1.5 ลิตร
เติมน้ำหมักชีวภาพ
จากเชื้อจุลินทรีย์ สารเร่ง พด.6
1%, 3%, 5% โดยปริมาตร
เติมน้ำหมักชีวภาพ
จากเชื้อจุลินทรีย์สารเร่งทางการค้า
1%, 3%, 5% โดยปริมาตร
ชุดควบคุม
(ไม่ต้องเติมเชื้อจุลินทรีย์)
1%, 3%, 5% โดยปริมาตร
วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของน้ำหมักชีวภาพ ในวันที่ 0,1,2,3,4,5 และ 6
ได้แก่ sCOD, DO, pH, อุณหภูมิ, ความขุ่น และค่าการนำไฟฟ้า

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาอัตราของน้ำหมักชีวภาพที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย

3.2.3.2 การนำสภาวะที่ได้จากการทดลองไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

สรุปขั้นตอนการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.2

1. นำน้ำเสียที่เตรียมจากข้อ 3.2.3.1 มาวิเคราะห์พารามิเตอร์น้ำเสียได้แก่ sCOD และ COD เริ่มต้น
2. นำน้ำเสียตัวอย่าง จำนวน 25 ลิตร ใส่ถังพลาสติก 50 ลิตร
3. เติมน้ำหมักชีวภาพในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลอง 3.2.3.2
4. เก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังนี้ sCOD, COD, ความเป็นกรดด่าง, อุณหภูมิ, ความขุ่น, ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และค่าการนำไฟฟ้า ในวันที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ6
5. ชุดควบคุมทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 - 4 แต่ใช้น้ำกลั่นแทนน้ำหมักชีวภาพ


น้ำเสีย จากข้อ 3.2.3.1 จำนวน 25 ลิตร ใส่ถังพลาสติก 50 ลิตร
เติมน้ำกลั่น
เติมน้ำหมักชีวภาพ ที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3.2.3 ข้อที่ 3
ชุดควบคุม 1%โดยปริมาตร
เติมน้ำหมักชีวภาพ สารเร่ง พด.6 1%โดยปริมาตร
เติมน้ำหมักชีวภาพ สารเร่ง พด.6 3 %โดยปริมาตร
วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของน้ำหมักชีวภาพ ในวันที่ 0,1,2,3,4,5 และ 6 ได้แก่ sCOD, COD, DO, pH, อุณหภูมิ, ความขุ่น และค่าการนำไฟฟ้า

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร

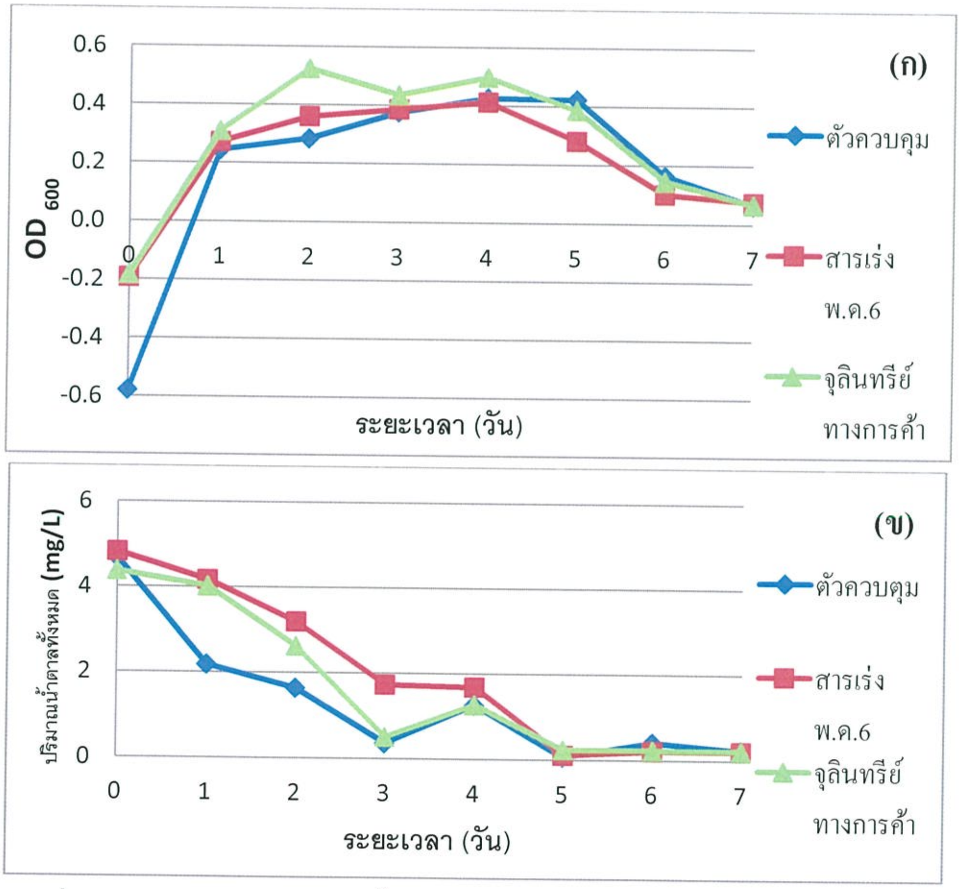
บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะของน้ำหมักชีวภาพ

4.1.1 ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้อัตราส่วนในการหมักคือน้ำจากเปลือกสับปะรด 500 มิลลิลิตร : หัวเชื้อจุลินทรีย์ 5 กรัม โดยวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Optical density (OD) และวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำตาลของเชื้อจุลินทรีย์ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-1-1 ถึง ข-1-3 ภาคผนวก ข)



รูปที่ 4.1 การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพ จากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า (ก) วัดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยวิธี Optical density (OD) (ข) ปริมาณการใช้น้ำตาลของเชื้อจุลินทรีย์

จากรูปที่ 4.1 ก (ดูรายละเอียดในตารางที่ข-1-1 ภาคผนวก ข) พบว่า ในวันที่ 0-2 เชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เข้าสู่ระยะ Log phase ในวันที่ 2-4 การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เริ่มเข้าสู่ระยะ Stationary phase จะมีจำนวนเชื้อสูงสุดและคงที่ มีอัตราการเกิดเท่ากับอัตราการตาย วันที่ 4-7 การเจริญเติบโตเชื้อจุลินทรีย์จะเข้าสู่ระยะ Death phase เป็นระยะที่แบคทีเรียจะมีการตายอย่างรวดเร็ว เนื่องมาจากสารอาหารที่ใช้เลี้ยงเซลล์หมดไป และเกิดการสะสมของเสีย และสารพิษที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึม จากผลการทดลองพบว่า เชื้อจุลินทรีย์สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์สารเร่งทางการค้ามีอัตราการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าจุลินทรีย์ในชุดควบคุมเล็กน้อย

จากรูปที่ 4.1 ข (ดูรายละเอียดในตารางที่ข-1-2 และตารางที่ ข-1-3 ภาคผนวก ข) พบว่าปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นมีการลดลงอย่างรวดเร็ว ในวันที่ 0-3 เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์มีการนำน้ำตาลไปใช้ในการเจริญเติบโต ในวันที่ 3-5 ปริมาณน้ำตาลมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในสารเร่ง พ.ด.6 ส่วนในตัวควบคุมและจุลินทรีย์ทางการค้าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และในวันที่ 5-7 ปริมาณน้ำตาลมีแนวโน้มคงที่ เนื่องจากเข้าสู่ระยะ Death phase ของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์สอดคล้องกับการลดลงของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในระบบ จากผลการทดลองการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จึงทำการเตรียมน้ำหมักชีวภาพจากน้ำปลือกสับปะรด โดยเติมสารเร่ง พด.6 1% และสารเร่งจุลินทรีย์ทางการค้า 1% หมักเป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

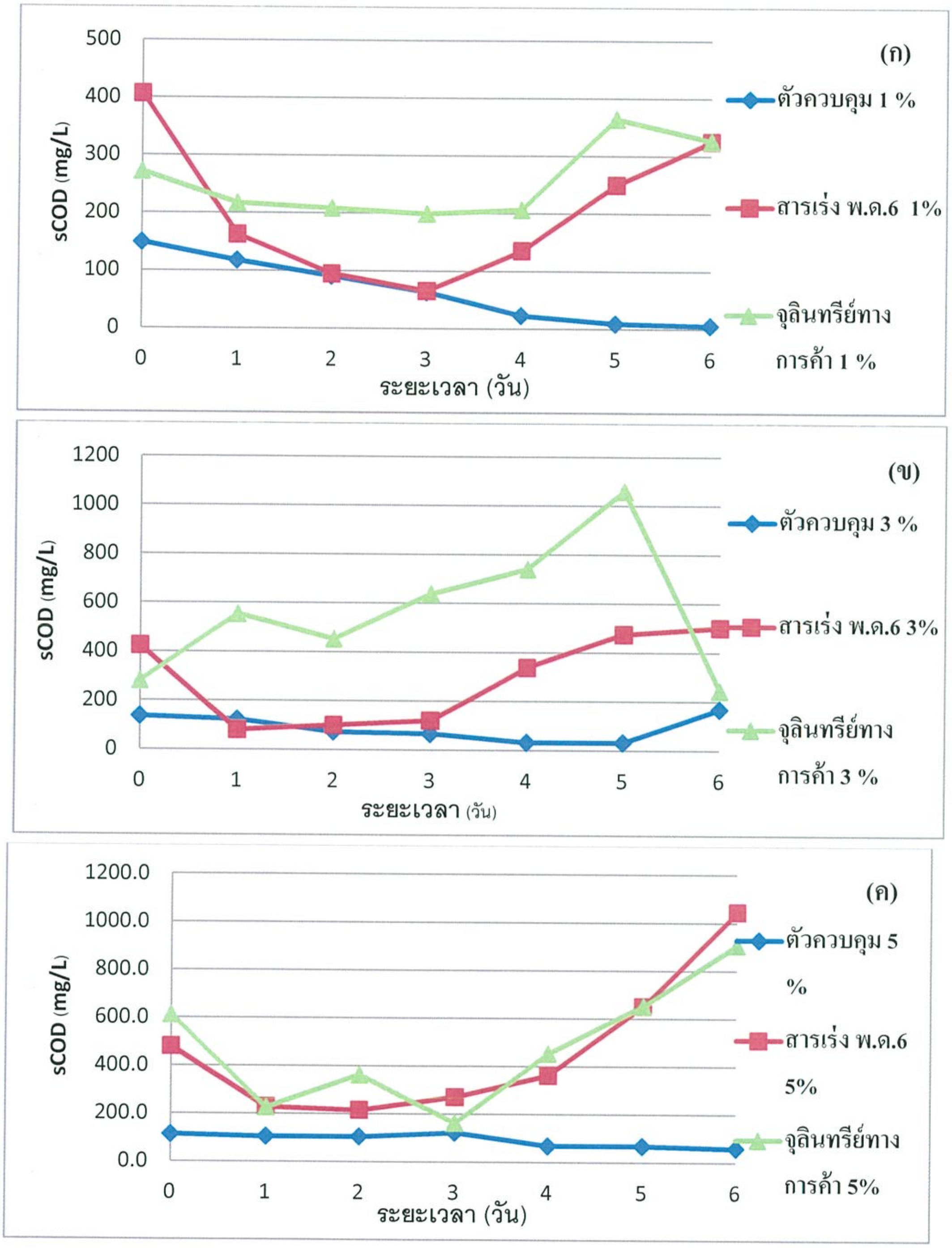
จากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อโดยวิธี Optical density (OD) ที่ระยะเวลาในการเจริญ 7 วัน พบว่าเชื้อจุลินทรีย์สารเร่ง พ.ด.6 มีปริมาณ $0.77 \pm 0.42 \times 10^5$ CFU/ml เชื้อจุลินทรีย์สารเร่งทางการค้ามีปริมาณ $11.73 \pm 0.67 \times 10^5$ CFU/ml และชุดควบคุมมีปริมาณเชื้อ $6.6 \pm 0.98 \times 10^5$ CFU/ml (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-1-4 ภาคผนวก ข)

4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการบำบัดน้ำเสีย

4.2.1 ผลของการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และ จุลินทรีย์ทางการค้า

4.2.1.1 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ในน้ำเสีย

จากรูปที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตารางที่ข-2-1 ภาคผนวก ข) พบว่าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้าค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มลดลง

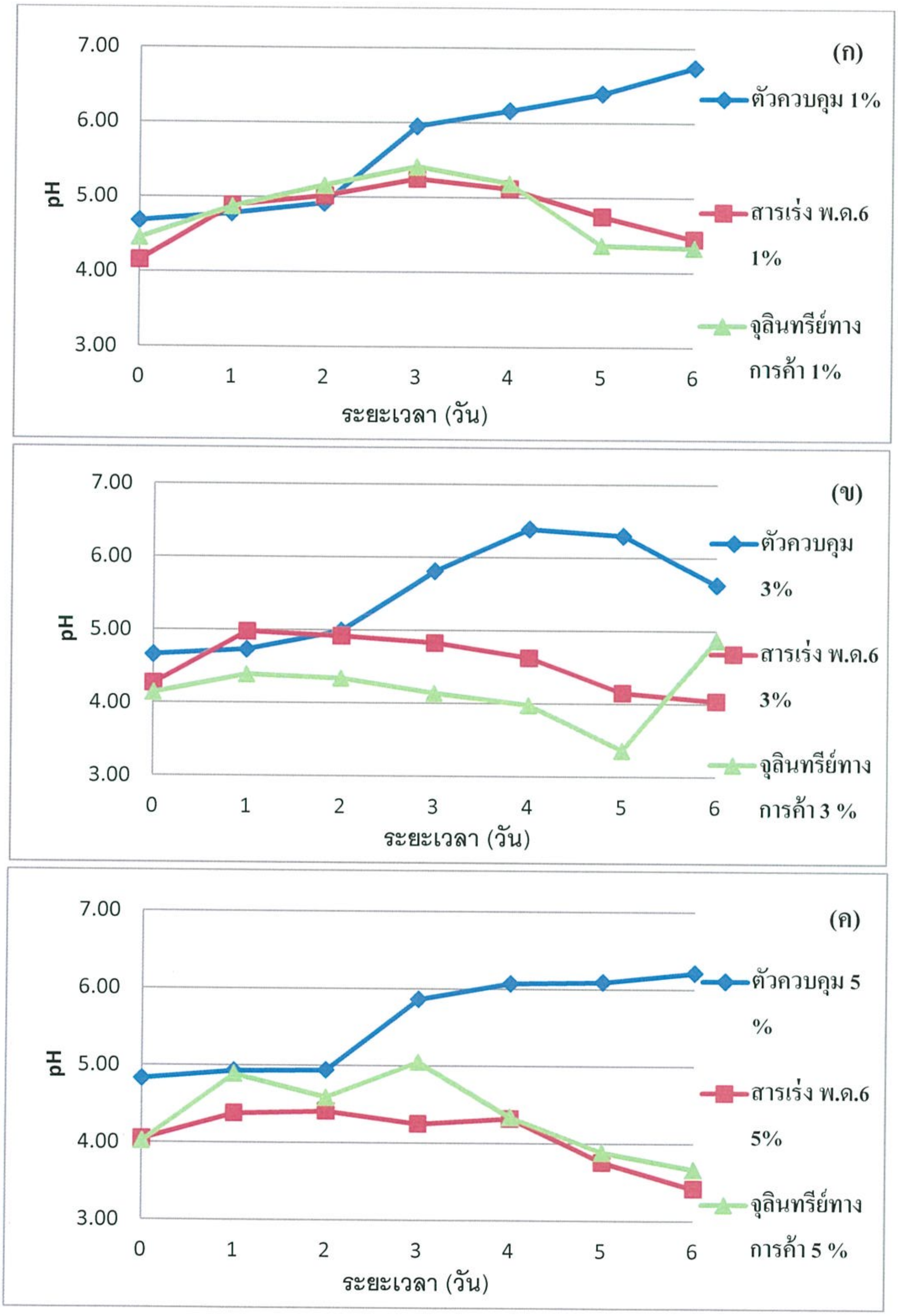


รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า (ก) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 1 % (ข) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 3 % (ค) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 5%

สำหรับน้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 1 % จะมีค่า sCOD ลดลงถึงวันที่ 3 จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนน้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 3 % และ 5% จะมีค่า sCOD ลดลงถึงวันที่ 2 จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากในช่วงแรกจุลินทรีย์ในสารเร่ง พ.ด.6 สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ค่า sCOD ลดลง ต่อมาเมื่อจุลินทรีย์มีการใช้สารอาหาร ทำให้มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้นและขาดแคลนอาหารในที่สุด ส่งผลให้ค่า sCOD เพิ่มขึ้น ดังนั้นควรมีการเพิ่มสารอินทรีย์จากน้ำเสียในวันที่ 3 เพื่อทำให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียคงที่ สำหรับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมจุลินทรีย์ทางการค้าที่ 5 % จะมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 แต่ที่ 1 % และ 3 % จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าสารเร่ง พ.ด.6 จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่า ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ในชุดควบคุม สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-2 ภาคผนวก ค)

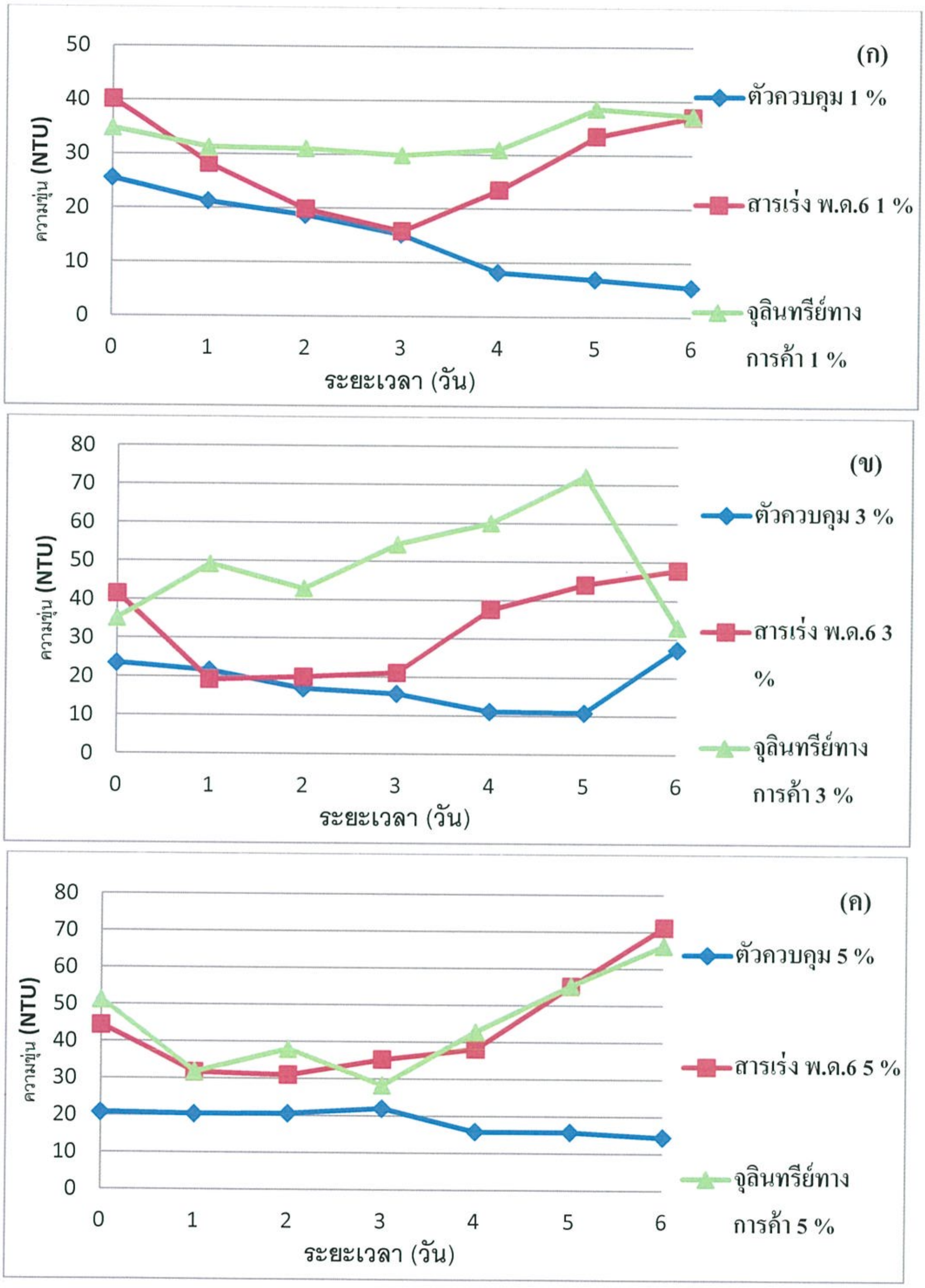
4.2.1.2 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสีย

จากรูปที่ 4.3 (ดูรายละเอียดในตารางที่ข-2-2 ภาคผนวก ข) พบว่าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้ามีแนวโน้มในค่า pH ลดลง ส่วนชุดควบคุมจะมีแนวโน้ม pH เพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ทั้งนี้อาจเนื่องจากจุลินทรีย์ในสารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้าสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ ส่งผลให้ค่า pH ลดลง ส่วนชุดควบคุมจุลินทรีย์ที่อาจย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้มีค่า pH เป็นกลาง สำหรับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมจุลินทรีย์ทางการค้าจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 ที่ 5% แต่ประสิทธิภาพของสารเร่ง พ.ด.6 จะดีกว่าที่ 1% และ 3 % กการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 กับจุลินทรีย์ทางการค้าและชุดความคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-4 ภาคผนวก ค)



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และ จุลินทรีย์ทางการค้า (ก) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 1 % (ข) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 3 % (ค) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 5%

4.2.1.3 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นในน้ำเสีย

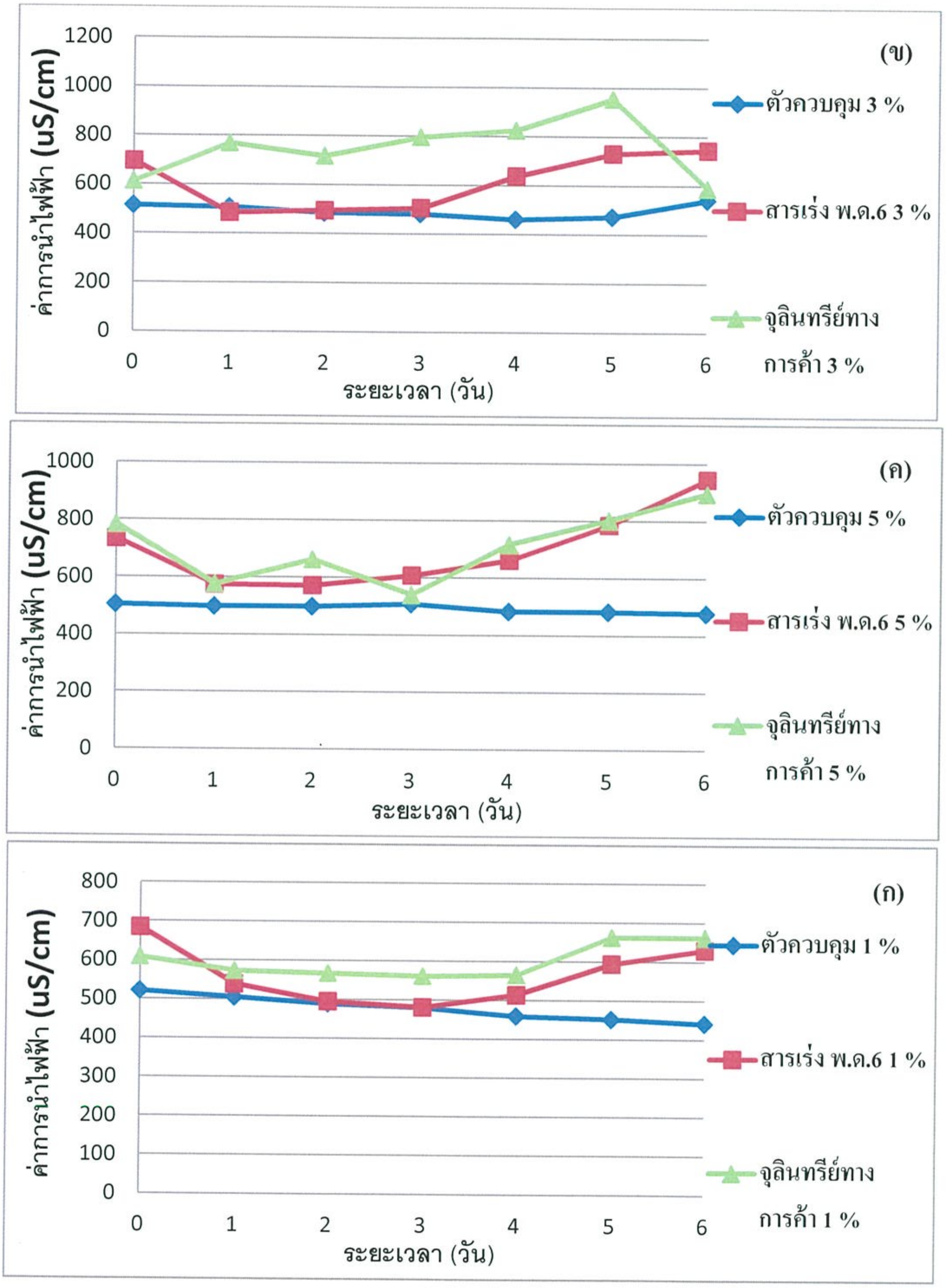


รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงค่าความขุ่นในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และ จุลินทรีย์ทางการค้า (ก) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 1 % (ข) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 3 % (ค) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 5%

จากรูปที่ 4.4 (ดูรายละเอียดในตารางที่ข-2-3 ภาคผนวก ข) พบว่าการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้ามีแนวโน้มค่าความขุ่นลดลงถึงวันที่ 3 จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นที่จุลินทรีย์ทางการค้า 3% ในวันที่ 5-6 จะมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากในช่วงแรกจุลินทรีย์ในสารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้าสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ค่าความขุ่นลดลง เมื่อจุลินทรีย์มีการใช้สารอาหารทำให้มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความขุ่นเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ สำหรับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมจุลินทรีย์ทางการค้าจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 ที่ 5% แต่ประสิทธิภาพของสารเร่ง พ.ด.6 จะดีกว่าที่ 1% และ 3% จากการวิเคราะห์ทางสภิติโดยวิธี ANOVA พบว่า ค่าความขุ่นของน้ำเสียที่บำบัดด้วยสารเร่ง พ.ด.6 กับจุลินทรีย์ทางการค้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-12 ภาคผนวก ค)

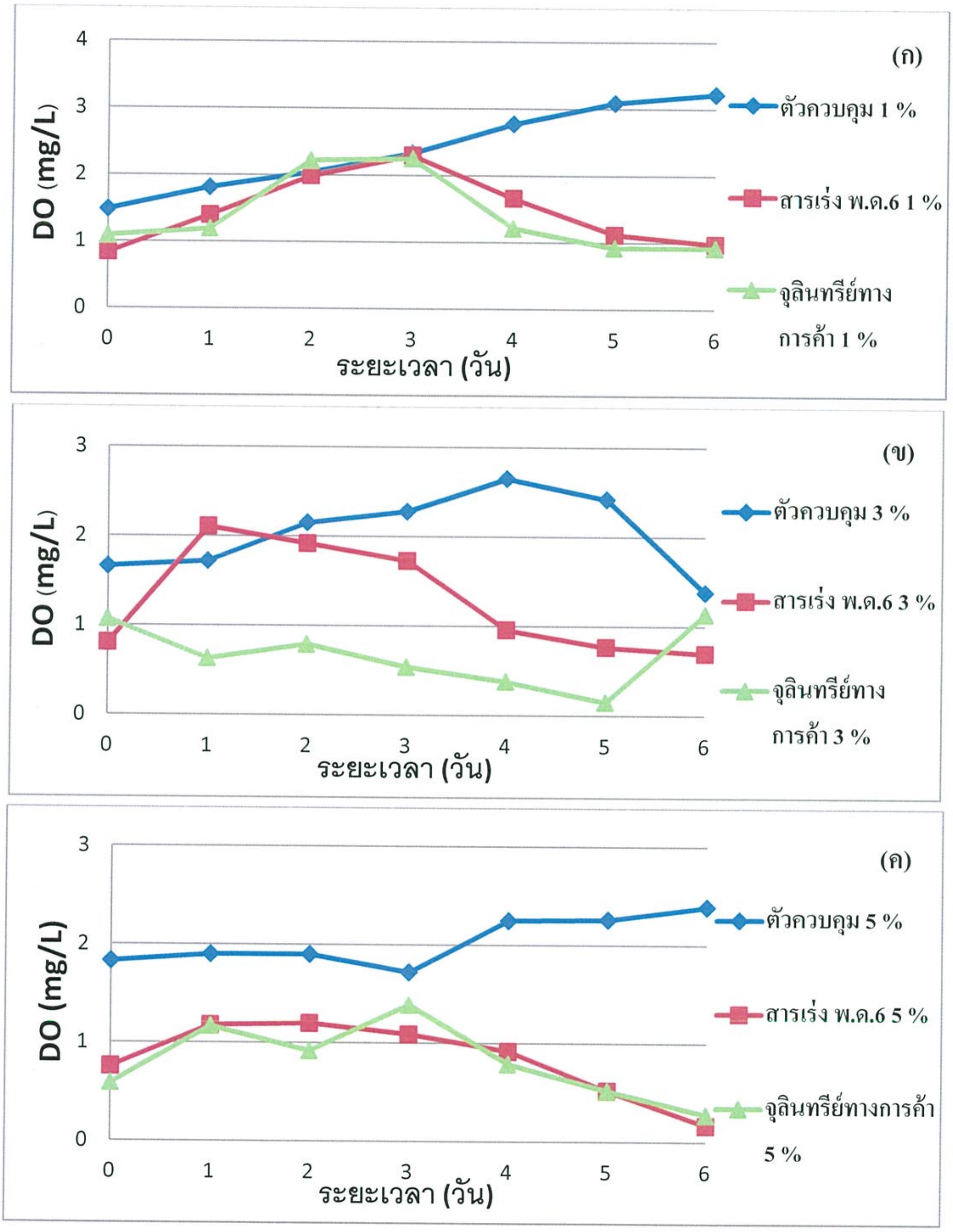
4.2.1.4 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเสีย

จากรูปที่ 4.5 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-2-4 ภาคผนวก ข) พบว่าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงในวันที่ 0-1 จากนั้นจะมีแนวโน้มคงที่ในวันที่ 1-4 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 5-6 ส่วนชุดควบคุมค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ทั้งนี้อาจเนื่องจากในช่วงแรกจุลินทรีย์ในสารเร่งพ.ด.6 สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลง เมื่อจุลินทรีย์มีการใช้สารอาหารทำให้มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองของค่าซีโอดีละลายน้ำได้ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 กับเชื้อจุลิทรีย์ทางการค้าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ดูราละเอียดในตารางที่ ค-8 ภาคผนวก ค)



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า โดยที่ (ก) ใช้น้ำหมักชีวภาพ1 % (ข) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 3 % (ค) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 5%

4.2.1.5 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำเสีย

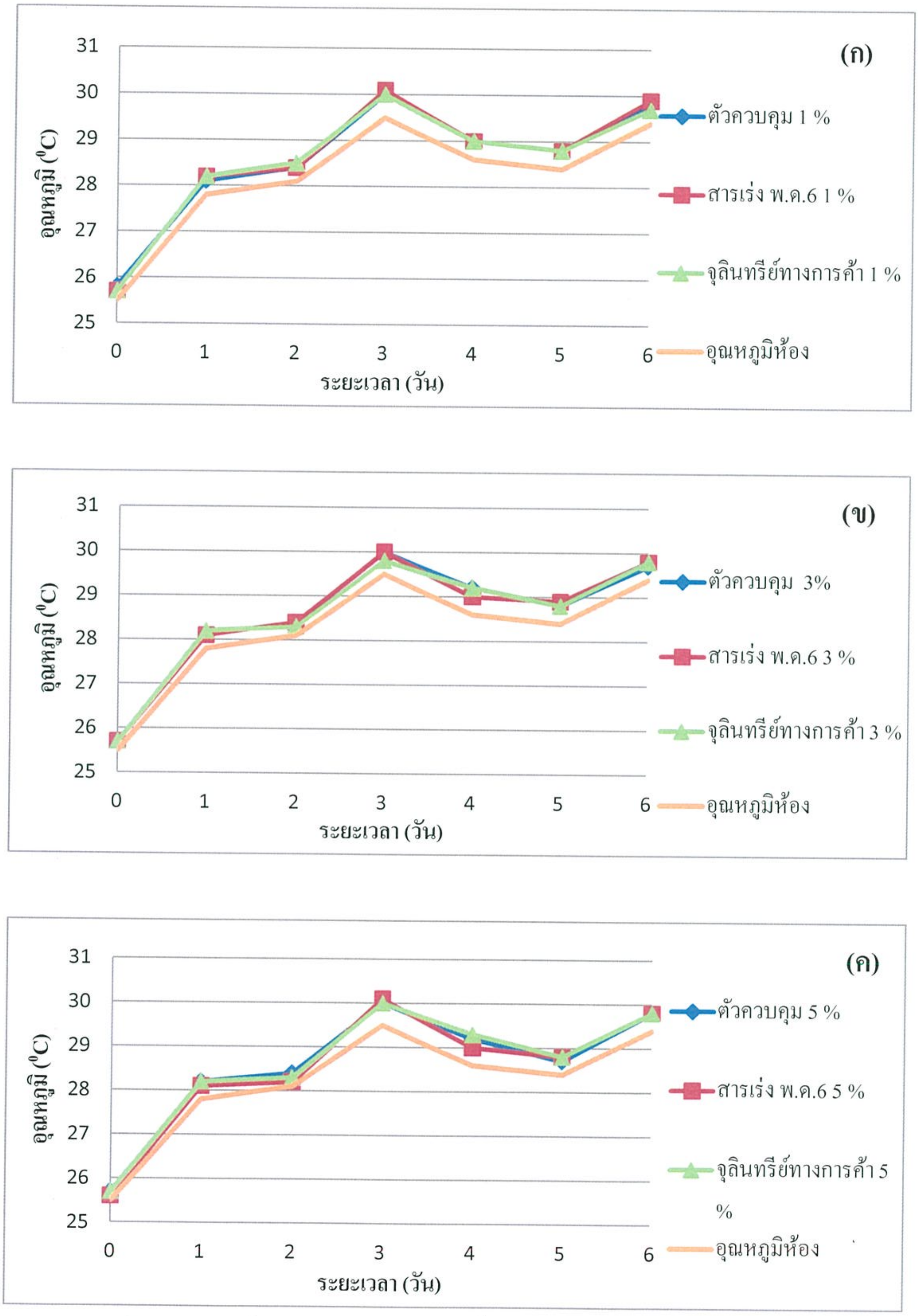


รูปที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และ จุลินทรีย์ทางการค้าโดยที่ (ก) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 1 % (ข) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 3 % (ค) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 5%

จากการทดลองรูปที่ 4.6 (ดูรายละเอียดในตารางที่ข-2-5 ภาคผนวก ข) พบว่าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้ามีแนวโน้มค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นในช่วงแรก จากนั้นค่า DO ก็จะลดลง ส่วนชุดควบคุมค่า DO จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากในช่วงแรกจุลินทรีย์ในสารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้าสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ DO มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจุลินทรีย์มีการใช้สารอาหารทำให้มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิในรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่า DO ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในบรรยากาศ สำหรับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมจุลินทรีย์ทางการค้าจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 ที่ 5 % แต่ประสิทธิภาพของสารเร่ง พ.ด.6 จะดีกว่าที่ 1% และ 3% จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่าค่า DO ของน้ำเสียที่บำบัดด้วยสารเร่ง พ.ด.6 กับเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียด ตารางที่ ค-10 ภาคผนวก ค)

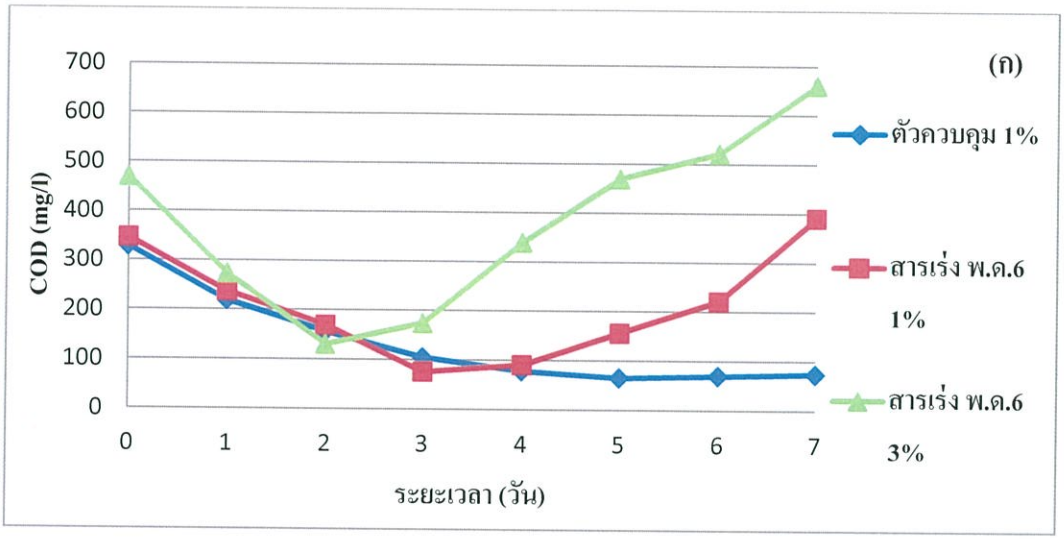
4.2.1.6 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิในน้ำเสีย

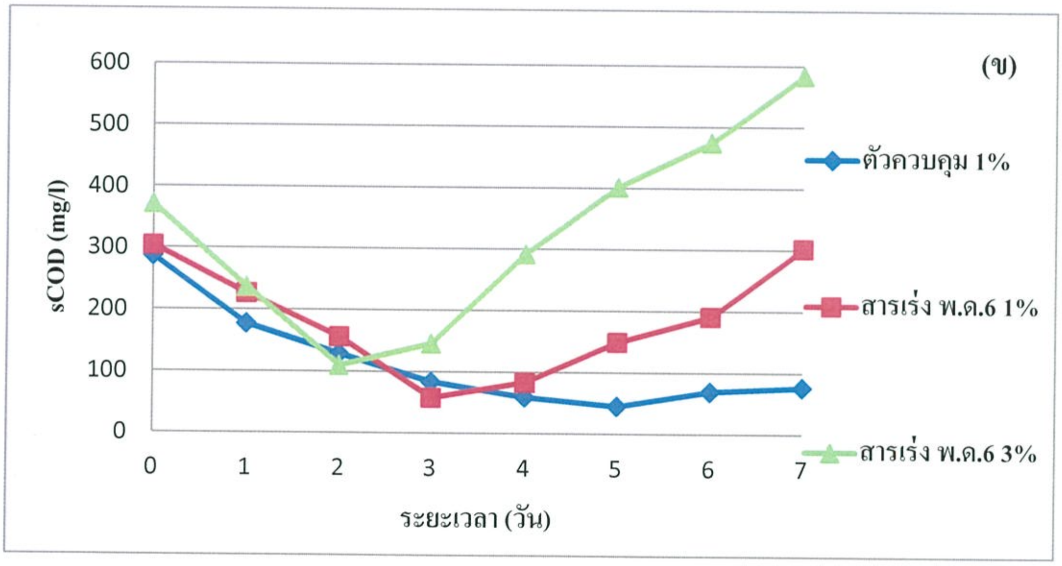
จากการทดลองรูปที่ 4.7 (ดูรายละเอียดในตารางที่ข-2-6 ภาคผนวก ข) พบว่าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6, จุลินทรีย์ทางการค้าและชุดควบคุมมีแนวโน้มใกล้เคียงกับอุณหภูมิในบรรยากาศ จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่า ค่าอุณหภูมิของน้ำเสียในการบำบัดด้วยสารเร่ง พ.ด.6 กับเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดตารางที่ ค - 6 ภาคผนวก ค)



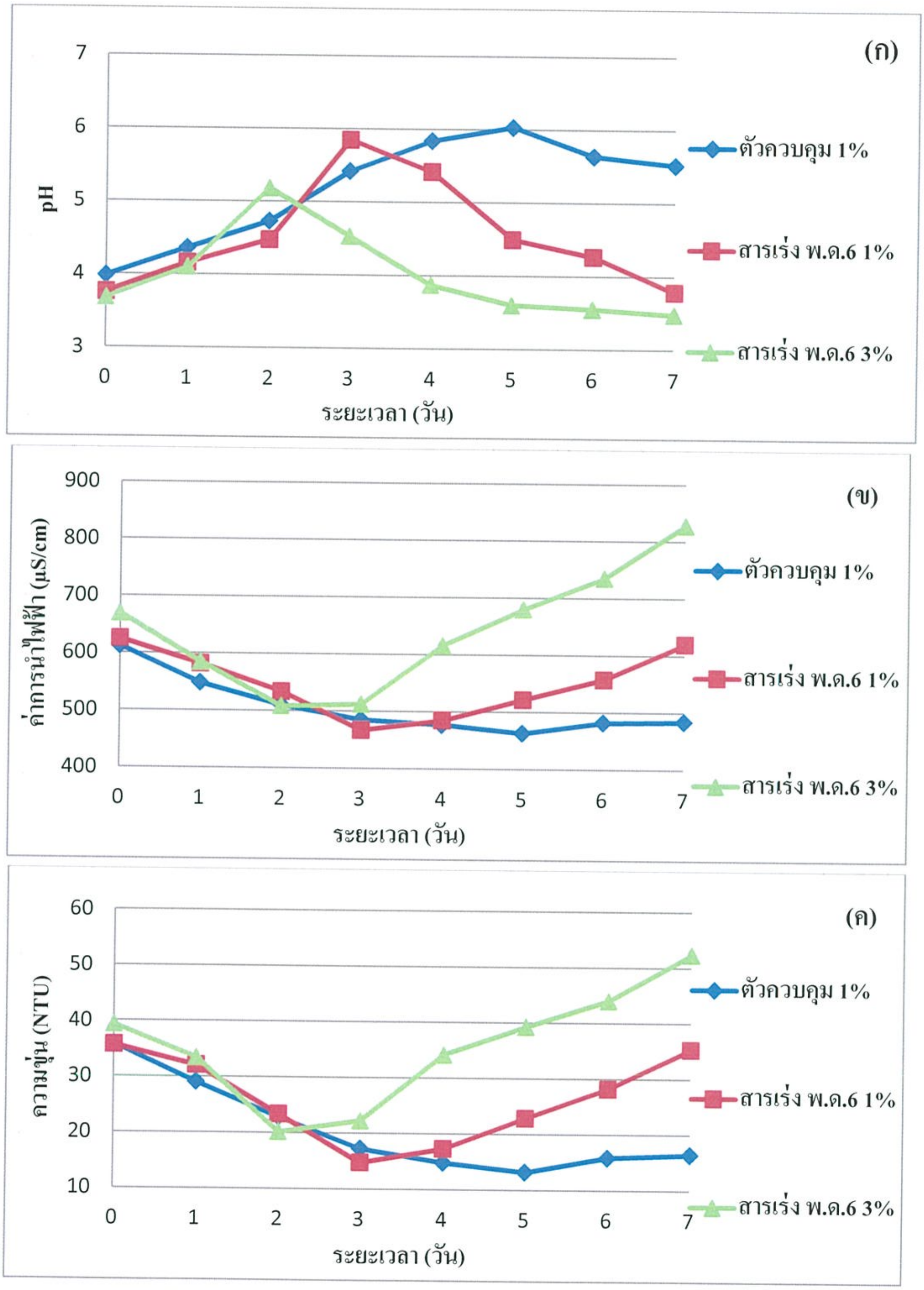
รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้าโดยที่ (ก) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 1% (ข) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 3 % (ค) ใช้น้ำหมักชีวภาพ 5%

4.2.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6

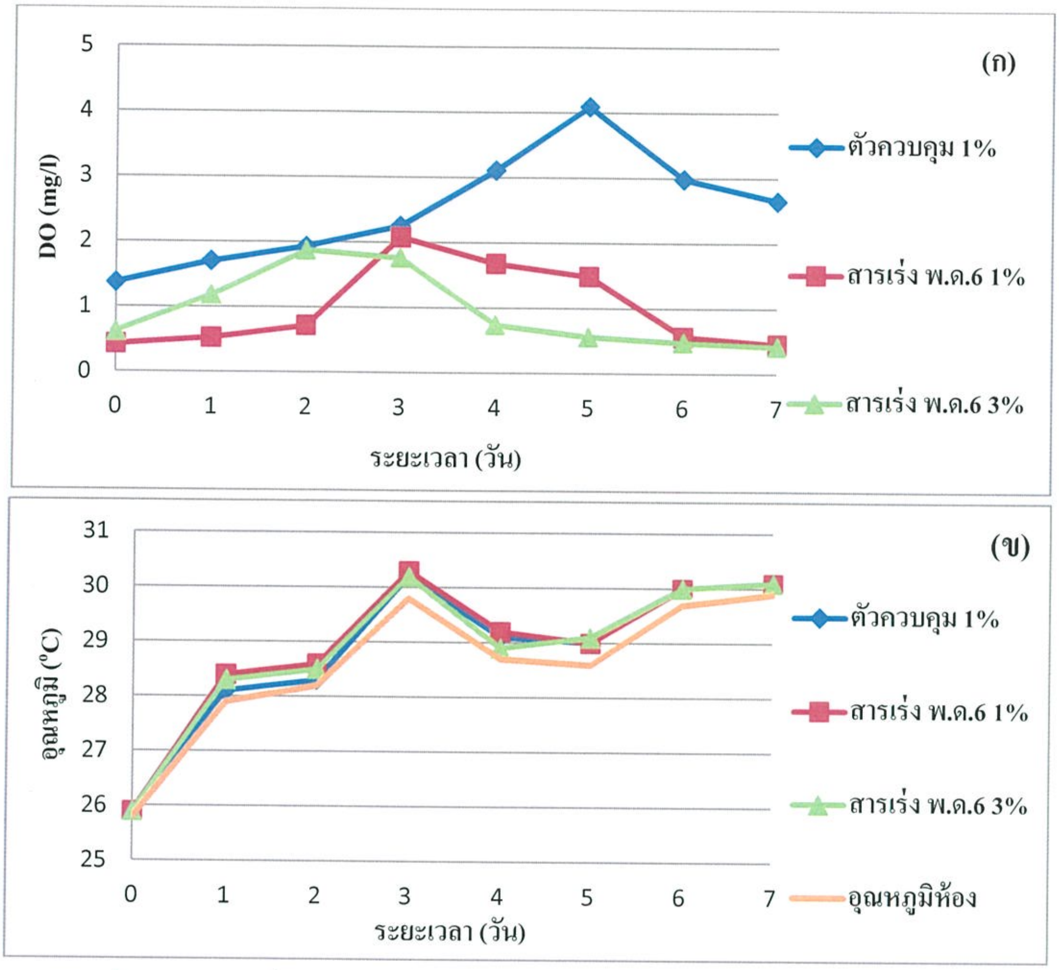




รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดี (ก) และค่าซีโอดีละลายน้ำ (ข) ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้ สารเร่ง พ.ด.6 1% และสารเร่ง พ.ด.6 3% และตัวควบคุม 1%



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (ก), ค่าการนำไฟฟ้า (ข) และค่าความขุ่น (ค)ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 1%, สารเร่ง พ.ด.6 3% และตัวควบคุม 1%



รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำ (ก) และค่าอุณหภูมิ (ข) ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพ จากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 1% และสารเร่ง พ.ด.6 3% และตัวควบคุม 1%

ผลการทดลองจากรูปที่ 4.8 (ดูรายละเอียดในตาราง ข-3-1 และ ข-3-2 ภาคผนวก ข) พบว่าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 1% ค่าซีโอดีและซีโอดีที่ละลายน้ำได้ มีแนวโน้มลดลงในช่วง 0-3 วัน จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงแรกจุลินทรีย์ในสารเร่ง พ.ด.6 สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ค่าซีโอดีและซีโอดีที่ละลายน้ำลดลง เมื่อจุลินทรีย์มีการใช้สารอาหารทำให้มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้ค่าซีโอดีและซีโอดีที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น สำหรับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 3% จะมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 1% แต่ค่าซีโอดีและซีโอดีละลายน้ำได้ จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 0 - 2 วัน แล้วหลังจากนั้น 2 วัน จะมีค่าซีโอดีและซีโอดีละลายน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 1% ในขณะที่ชุดควบคุมจะมีค่าซีโอดีและซีโอดีที่ละลายน้ำได้ลดลงในช่วง 5 วันแรก จากนั้นจะมีแนมโน้มคงที่ จาก

ผลการทดลองพบว่าน้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 3% มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ดี ซึ่งมีประสิทธิภาพกำจัด 33.9 % เนื่องจากสามารถลดค่าซีโอดีและซีโอดีที่ละลายน้ำได้ในช่วงแรก และสามารถเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์มากขึ้น แต่เนื่องจากการทดลองเป็นแบบกะไม่มีการเติมน้ำเสียเข้าสู่ระบบ ทำให้จุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นขาดอาหาร จึงทำให้ค่าซีโอดีและซีโอดีละลายน้ำเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่า ค่าซีโอดีและซีโอดีละลายน้ำได้ของน้ำเสียที่บำบัดด้วยสารเร่ง พ.ด. 6 1% และสารเร่ง พ.ด. 6 3% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-14, ค-16 ภาคผนวก ค)

ผลการทดลองจากรูปที่ 4.9 (ดูรายละเอียดในตาราง ข-3-3, ข-3-4 และข-3-5 ภาคผนวก ข) พบว่าการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 3% และน้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 1% มีแนวโน้มในช่วงแรกของค่า pH เพิ่มขึ้น ส่วนค่าการนำไฟฟ้าและค่าความขุ่นลดลงในช่วง 3 วันแรก จากนั้นค่า pH มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าการนำไฟฟ้า และค่าความขุ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงแรกจุลินทรีย์ในสารเร่ง พ.ด.6 สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ จากนั้นมีการใช้กรดอินทรีย์เปลี่ยนเป็น CO_2 ส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้น แต่หลังจาก 3 วัน มีแนวโน้มของ pH ลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นบางส่วนอาจตายเนื่องจากขาดอาหารและถูกย่อยสลายเป็นกรดอินทรีย์ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าและค่าความขุ่นลดลงในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นหลังจาก 3 วัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองค่าซีโอดีและซีโอดีละลายน้ำได้ จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง, การนำไฟฟ้าและค่าความขุ่นของน้ำเสียที่บำบัดด้วยสารเร่ง พ.ด. 6 1% และสารเร่ง พ.ด.6 3% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-18, ค-22, ค-27 ภาคผนวก ค)

ผลการทดลองจากรูปที่ 4.10 (ดูรายละเอียดในตาราง ข-3-6 และ ข-3-7 ภาคผนวก ข) พบว่าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 1% และน้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 3% มีแนวโน้มค่าออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้นในช่วง 0-3 วัน จากนั้นมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วงแรกจุลินทรีย์ในสารเร่ง พ.ด.6 สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียส่งผลให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อจุลินทรีย์มีการใช้สารอาหารทำให้มีการเพิ่มจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำลดลง จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าออกซิเจนละลายน้ำไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยของอุณหภูมิ สำหรับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 3% จะมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักที่เติมสารเร่ง พ.ด.6 1% จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี ANOVA พบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำและอุณหภูมิ

ของน้ำเสียที่บำบัดด้วยสารเร่ง พ.ด. 6 กับ เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-20, ค-24 ภาคผนวก ค)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยศึกษาอัตราส่วนของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่มีสารเร่ง พ.ด.6 และสารเร่งเชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า ที่ความเข้มข้น 1 %, 3% และ 5% ในการบำบัด จากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เหมาะสมคือ การใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่มีสารเร่ง พ.ด.6 เข้มข้น 3% โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ 33.9 % อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางเคมี โดยวิธีวิเคราะห์ทางสถิติ ANOVA พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสารเร่ง พ.ด. 6 สารเร่งจุลินทรย์ทางการค้าและชุดควบคุม เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการทดลองแบบกะ โดยมีการเติมน้ำเสียเพียงครั้งเดียว ทำให้จุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นขาดอาหารและทำให้มีจำนวนจุลินทรีย์บางส่วนตายลง เป็นผลทำให้ค่าพารามิเตอร์ทางเคมีที่วิเคราะห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียไม่ดีเท่าที่ควร ควรศึกษาการบำบัดน้ำเสียอย่างต่อเนื่องและศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดไขมันในอนาคตเพิ่มเติม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรวิเคราะห์ค่าไขมันในน้ำเสีย เพื่อดูประสิทธิภาพในการบำบัดไขมัน
2. ควรศึกษาจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพชนิดอื่นๆเพิ่มเติม
3. ควรใช้น้ำเสียที่มีค่า COD และ BOD สูงๆ เพราะจะได้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน
4. ควรมีการเติมน้ำเสียเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

กชกร ประกายพฤกษ์, ทัดดาว คุณวงศ์, อาศุ อินทรมณี. 2555. **การบำบัดน้ำเสียจากน้ำท่วมขังโดนใช้จุลินทรีย์จากอาหาร**. วิทยศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **การบำบัดน้ำเสีย**

[online]. http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html#s1

(สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **ความหมายของน้ำเสีย**

[online]. http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html#s4

(สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **ความหมายของน้ำเสียชุมชน**

[online]. Available: http://infofile.pcd.go.th/water/water_plan.pdf?CFID=17862560&CFTOKEN=15125965

(สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **คุณสมบัติของน้ำเสีย**

[online]. http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html#s4

(สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **ผลกระทบของน้ำเสียชุมชนต่อสุขภาพอนามัย**

[online]. Available: http://infofile.pcd.go.th/water/water_plan.pdf?CFID=1786763&CFTOKEN=25161002

(สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **แผนการจัดการน้ำเสียชุมชน**

[online]. Available: http://infofile.pcd.go.th/water/water_plan.pdf?CFID=17862650&CFTOKEN=15122893

(สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **ลักษณะของน้ำเสีย** [online]. http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html#s3 (สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **แหล่งกำเนิดน้ำเสียชุมชน** [online]. Available: http://infofile.pcd.go.th/water/water_plan.pdf?CFID=27862560&CFTOKEN=15342565 (สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมควบคุมมลพิษ. 2556. **อัตราการเกิดน้ำเสีย** [online]. Available: http://infofile.pcd.go.th/water/water_plan.pdf?CFID=1786760&CFTOKEN=25125965 (สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. **การบำบัดน้ำเน่าเสียและขจัดกลิ่นเหม็นโดยใช้น้ำหมักชีวภาพ พด.6 ของกรมพัฒนาที่ดิน** [online]. Available: http://www.ldd.go.th/web_ord/km/แผ่นปลิวพด6 _2.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. **การผลิตสารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นโดยสารเร่ง พด.6** [online]. Available: http://www.ldd.go.th/menu_5wonder/pd_6.html (สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. **กลุ่มจุลินทรีย์ในสารเร่งพด.6** [online]. Available: http://www.ldd.go.th/pd6/Microorganism.htm (สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. **น้ำหมักชีวภาพจากสารเร่งพด. 6** [online]. Available: http://www.ldd.go.th/pd6/Bioextracts (สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. **ประโยชน์น้ำหมักชีวภาพจากสารเร่งพด. 6** [online]. Available: http://www.ldd.go.th/pd6/useful_bio_pd6 (สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. **สารเร่ง พด.6 สำหรับผลิตสารบำบัดน้ำเสียและขจัดกลิ่นเหม็นจากเศษอาหารเหลือทิ้ง** [online]. Available: http://r07.ldd.go.th/nan01/amazing/pordor/pordor6.html (สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์. 2550. **คู่มือการปฏิบัติงานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน. หน้า 21-125

กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545. **ฮอร์โมนพืชและธาตุอาหารพืชในน้ำหมักชีวภาพ**. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. หน้า 9-133

ขนิษฐา จำนงจิตต์, จิรพร อินต๊ะพัน, ประเสริฐ จันเทพ. 2556. **การศึกประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด**. วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คู่มือนักวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2556. **สับปะรด**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร

เดช อยู่ชา. 2553. **การปลูกสับปะรด**. ประจวบคีรีขันธ์. บริษัท สับปะรดไทย จำกัดและสำนักงานเกษตรจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ตัญญูรัตน์ จันทร์สุริยศักดิ์. 2546. **การใช้อีเอ็มบำบัดน้ำเสีย.** ครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาครุศาสตร์เกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 16-26

นิตยา บุรินรัมย์. 2553. **ประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพ.** กรุงเทพฯ. หน้า 39-41

บริษัทเบสแคร์อินเตอร์แนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด.2555.**ไบโอกรีส** [online]. Available: http://www.bcithailand.com/Products/ไบโอกรีส.html (สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

ประสาท ฉัตรไชยรัตน์. 2556. **การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ**. กรุงเทพฯ. หน้า 11-13

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ประสาท ฉัตรไชยรัตน์. 2556. **ประเภทของการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ.** กรุงเทพฯ. หน้า 13-17

พชรพรรณ ตามรักษา, วรารัตน์ ทุนทรัพย์, สิรัญญา ไทยสุนทร. 2554. **การศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากบ่อพักอาคารด้วยวิธีทางชีวภาพ** : กรณีศึกษาอาคารจุฬาภรณ์วลัยลักษณ์ 2 และคณะวิทยาศาสตร์ สจล. วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 19-26

ภาวนา มีชัย. 2555. **สูตรน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้รสเปรี้ยว**. การทำน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้และผลลดโลกร้อน. หน้า 60-62

รัชนีกร คุ้มวัน. 2553. **ประโยชน์ของน้ำหมักชีวภาพ.** พอเพียงเพื่อสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. หน้า 5-12

วนิดา เมฆขาว. 2554. **ประโยชน์ของสับปะรด.** ผลไม้ในอุตสาหกรรมอาหาร. หน้า 67-72

ศูนย์เทคโนโลยีที่เหมาะสม.2556.**คุณสมบัติทั่วไปของน้ำหมักชีวภาพ.** สถาบันวิจัยและพัฒนา. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. หน้า 23-32

ศูนย์เทคโนโลยีที่เหมาะสม.2556.**น้ำหมักชีวภาพ.** สถาบันวิจัยและพัฒนา. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. หน้า 20-23

สถานีฟาร์มฝึกนักศึกษา. 2551. **การทำน้ำหมักชีวภาพและสมุนไพร**. คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 132 หน้า

สถาบันวิจัยสังคม. 2554. **การจัดการน้ำเสียชุมชน**. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 154 หน้า

สถาบันการเรียนรู้นวัตกรรม. 2551. **การบำบัดน้ำเสีย.** มหาวิทยาลัยมหิดล. 216 หน้า

สุมน โพธิ์จันทร์. 2547. **ผลพลอยได้และเศษเหลือจากการปลูกสับปะรดและจากการทำสับปะรดกระป๋อง**

[Online]. Available : http://www.dld.go.th/pvlo_uta/images/stories/report pine_ap.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2557)

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค 11. 2550. **มลพิษทางน้ำ**

[online]. Available: http://www.reo11.net/download/news/polutionwather.pdf

(สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2556)

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

สำราญ สะรุโณ. 2552. **การแบ่งกลุ่มพันธุ์และพันธุ์สับปะรด.** สำนักงานวิจัยและพัฒนาทางการเกษตรเขตที่ 2. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 13-27

สำราญ สะรุโณ. 2552. **ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสับปะรด.** สำนักงานวิจัยและพัฒนาทางการเกษตรเขตที่ 2. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 11-12

สำราญ สะรุโณ. 2552. **สับปะรด.** สำนักงานวิจัยและพัฒนาทางการเกษตรเขตที่ 2. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 10

อานัฐ ต้นโช. 2551. **บทบาทของจุลินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพ.** แนวคิด หลักการเทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย เกษตรธรรมชาติ ประยุกต์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 132 หน้า

AoAC.2000. **Official Method of Analysis of AoAC**. International.17th ed. AoAC. International. The Unitedstate of Amerixa

APHA, AWWA and WEF. 2012. **Standard Methods for the Examination of Water & Water Wastewater**. 22nd Edition United Book Press, Maryland.

Gatesara Sangsad .2556. **ประโยชน์ของสับปะรด**

[Online]. Available : http://gatsara544189105. blogspot.com

(สืบค้นเมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2557)

Ho,J.,Sung,S. 2009. **Methanogenic activities in anaerobic membrane bioreactors (AnMBR) treating synthetic municipal wastewater**. **Bioresour.Techol.**97:1640-1649

(วันที่สืบค้น 11 มีนาคม 2557)

Metcalf and Eddy. 1991. **Wastewater Engineerimg: Treatment and disposal**, 3d ed., revised by G. Tchobanoglous and F. Burton. McGrew Hill, Inc., NY.

(วันที่สืบค้น 11 มีนาคม 2557)

Richard Hunt. 2009. **Mycology**

[Online]. Available : http:pathmicro.med.sc.edu/mycology/mycology-5.htm

(วันที่สืบค้น 11 มีนาคม 2557)

Tchobanoglous.G. 1979.**Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse(2nd ed). New Delhi: TATA McGraw-Hill**.

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

ก-1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยวิธี Phenol-sulfuric Method (APHA, AWWA and WEF, 2012)

1) สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก (reagent grade 95.5%, specific gravity 1.84)

2. เตรียมฟีนอล 5% โดยน้ำหนักโดยชั่งฟีนอล 5 กรัมละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 95 มิลลิลิตรเก็บสารละลายในขวดสีชา

3. เตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐานโดยชั่งน้ำตาลกลูโคส 0.04 กรัมมาละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตรได้สารละลายกลูโคสเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

2) วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลายที่เจือจางแล้ว 1 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดทดลองเติมสารละลายฟีนอล 5% 1 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน

2. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตรลงไปอย่างรวดเร็วโดยปล่อยกรดลงไปที่ผิวหน้าของของเหลวโดยตรงจะทำให้การผสมเกิดขึ้นได้เร็วกว่าการค่อยๆปล่อยลงช้าๆ

3. ตั้งหลอดทดลองของสารผสมนี้ไว้เป็นเวลา 10 นาทีจากนั้นเขย่าแล้วนำมาบ่มในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณภูมิ 25-30 °C เป็นเวลาประมาณ 10-20 นาที

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร

5. นำค่า OD ที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นของน้ำตาลในสารละลายตัวอย่างหรือคำนวณได้จาก

$$\text{ความเข้มข้นของกลูโคส (กรัม/ลิตร)} = \frac{(\text{ค่า}OD)\text{x อัตราการเจือจาง}}{\text{ความชันของกราฟมาตรฐาน}x\ 1000}$$

3) การทำกราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส

1. เจือจางสารละลายกลูโคสให้มีระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0, 10, 20, 40, 50 และ 80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรดูดสารละลายที่เจือจางแล้ว 1 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดทดลองเติมสารละลายฟีนอล 5% 1 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน

2. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตรลงไปอย่างรวดเร็วโดยปล่อยกรดลงไปที่ผิวหน้าของของเหลวโดยตรงจะทำให้การผสมเกิดขึ้นได้เร็วกว่าการค่อยๆปล่อยลงข้างๆ

3. ตั้งหลอดทดลองของสารผสมนี้ไว้เป็นเวลา 10 นาทีจากนั้นเขย่าแล้วนำมาบ่มในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ 25-30 °C เป็นเวลาประมาณ 10-20 นาที

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร

5. นำค่าOD ที่ได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน

ก-2วิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความขุ่นแบบเนฟฟีโลมิเตอร์(APHA, AWWA and WEF, 2012)

ความขุ่นของน้ำเกิดจากการที่มีสารแขวนลอยอยู่ในน้ำทำให้ขัดขวางทางเดินของแสงที่ผ่านน้ำนั้นเมื่อแสงส่องกระทบสารแขวนลอยจะเกิดการหักเหของแสงอย่างไม่เป็นระเบียบหรือแสงนั้นอาจถูกกั้นไม่ให้ทะลุผ่านไปได้จึงทำให้มองเห็นน้ำนั้นว่าขุ่นสารแขวนลอยเหล่านี้ได้แก่ดินเหนียวอินทรียสารอนินทรียสารแพลงตอนและสิ่งมีชีวิตเล็กๆความขุ่นของน้ำขึ้นอยู่กับชนิดของพื้นท้องน้ำความเร็วของน้ำการใช้ที่ดินต้นน้ำลำธารการย่อยสลายของพืชอุณหภูมิเป็นต้นน้ำที่มีความขุ่นมากจะมีผลต่อการนำน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆเช่นการใช้บริโภคการเกษตรและการอุตสาหกรรม

1) หลักการของวิธีเนฟฟีโลเมตริค

วัดความขุ่นโดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของแสงที่กระจัดกระจายของตัวอย่างกับสารมาตรฐานภายใต้สภาวะเดียวกันความเข้มข้นของแสงที่กระจัดกระจายมากก็จะมีความขุ่นมาก สารละลายความขุ่นมาตรฐานที่ใช้คือฟอร์มาซินโพลีเมอร์ (Formazin Polymer) ประกอบด้วยสารละลาย 2 ชนิด คือสารละลายไฮดราซีนซัลเฟต (Hydrazine Sulfate)กับสารละลายเฮกซาเมธิลลีนเตตระมีน(Hexamethylenetetramine)

2) สิ่งรบกวนการวิเคราะห์

1. สิ่งเน่าเปื่อยและตกตะกอนหยาบซึ่งตกตะกอนเร็ว
2. เครื่องแก้วที่สกปรกมีรอยขีดข่วน
3. ฟองอากาศ
4. การสั่นสะเทือนที่ไปรบกวนผิวน้ำ
5. ตัวอย่างน้ำที่มีสีซึ่งเป็นสีจริงที่เกิดจากสารซึ่งละลายน้ำดูดซึมแสงทำให้ค่าความขุ่นที่วัดต่ำไป

3) การเก็บและรักษาตัวอย่าง

ในการเก็บตัวอย่างน้ำควรจะรีบวัดความขุ่นเลยแต่ถ้าไม่สามารถทำได้ให้เก็บไว้ในที่มืดและไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมงและก่อนวัดความขุ่นต้องเขย่าให้ตัวอย่างเข้ากันอย่างดีก่อน

4) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดความขุ่นแบบเนฟฟีโลมิเตอร์

เครื่องวัดต้องสามารถวัดค่าความแตกต่างของความขุ่นได้ 0.02 NTU หรือน้อยกว่าในกรณที่ความขุ่นมีค่าน้อยกว่า 1 NTU

2. หลอดวัดตัวอย่างน้ำ (Sample Tubes)

หลอดวัดตัวอย่างน้ำต้องเป็นแก้วใสไม่มีสีต้องดูแลให้สะอาดอยู่เสมอทั้งด้านนอกด้านในอย่าให้มีรอยขีดข่วน

5) สารเคมี

1. น้ำกลั่นที่ใสไม่มีความขุ่น

นำน้ำกลั่นกรองผ่านแผ่นกรองเมมเบรนขนาด 0.2 ไมครอนใช้น้ำนี้เพื่อเตรียมสารละลายความขุ่นมาตรฐานและการเจือจางตัวอย่าง

2. สารละลายสต็อกความขุ่นมาตรฐาน 4,000 NTU

2.1 ละลาย Hydrazine Sulfate ($N_2H_4H_2SO_4$) 2.50 กรัมในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร

2.2 ละลายHexamethylenetetramine 25.00 กรัมในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

2.3 นำสารละลายข้อ 2.1 และ 2.2 มาผสมกันและเติมน้ำกลั่นจนได้ 500 มิลลิลิตรนำเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20-22°C เป็นเวลา 48 ชม. (สามารถเก็บได้ 6-12 เดือน)

3. สามารถเตรียมสารละลายมาตรฐานความขุ่นต่างๆได้โดยนำสารละลายสต็อกความขุ่น 4,000 NTU มาเจือจางดังนี้

ความขุ่น (NTU)	**ปริมาตร (มิลลิลิตร) ของสารละลายสต็อก ที่เจือจางให้เป็น 100 มิลลิลิตร**
1000	25
500	12.5
100	2.5
50	1.25
10	2.5
5	1.25
1	0.25

6) วิธีวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องวัดความขุ่นและเตรียมเครื่องตามคู่มือการใช้และวัดความขุ่นของน้ำตัวอย่างตามวิธีของเครื่องนั้นๆ

2. น้ำตัวอย่างต้องเขย่าให้เข้ากันดีก่อนเทใส่หลอดวัดตัวอย่างเพื่อนำไปวัดความขุ่น

3. เครื่องวัดความขุ่นบางรุ่นจะมีสารละลายมาตรฐานความขุ่นมาให้แล้วต้องมีการตรวจเช็คว่าเสื่อมคุณภาพหรือไม่โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานความขุ่นที่เตรียมขึ้น

4. ถ้าตัวอย่างน้ำมีความขุ่นเกินที่เครื่องจะวัดได้ให้เจือจางตัวอย่างน้ำก่อน

7) ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง

หลอดวัดตัวอย่างต้องระวังอย่าให้มีรอยขีดข่วนเมื่อใช้เสร็จแล้วให้ล้างด้วยน้ำประปาก่อนแล้วนำมาแช่กรดโครมิคเพื่อแก้วจะได้ใสไม่เป็นฝ้าเมื่อจะนำมาใช้ให้ล้างด้วยน้ำประปาและฉีดล้างด้วยน้ำกลั่น

ก-3วิธีตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดโดยวิธี Pour plate technique (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count)

1) อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)*
2. หลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตรพร้อมฝาปิด* (Test tube)
3. ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร
4. ตู้บ่มเชื้อ
5. หม้อนึ่งความดัน

หมายเหตุ : * จะต้องทำการอบฆ่าเชื้อในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2) อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ปริมาณ 23.5 กรัมละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตรนำไปต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายจนหมดจากนั้นนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาทีอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.0 ± 0.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

3) วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้ปิเปตดูดน้ำตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (Vortex mixer) จะได้สารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1: 10 หรือ 10^{-1}

2. ใช้เปตตดูดสารละลายจากข้อ 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 9 มิลลิลิตรเขย่าให้เขย่ากันด้วยเครื่องปั่นผสม (Vortex mixer) จะได้สารละลายตัวอย่างที่เจือจาง 1: 100 หรือ 10^{-2}จนได้ระดับเจือจางของสารละลายตัวอย่างที่ต้องการ

3. ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างที่ระดับความเจือจางต่างๆลงในจานเพาะเชื้อจานละ 1 มิลลิลิตรโดยในแต่ละระดับความเจือจางจะทำ 2 จานโดยเริ่มจากระดับความเข้มข้นต่ำสุด

4. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่ยังเหลวอยู่ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียสลงในจานเพาะเชื้อที่มีสารละลายตัวอย่างปริมาณจานละ 15-20 มิลลิลิตรภายใน 1-5 นาที

5. ผสมสารละลายตัวอย่างและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดีวางทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัวจากนั้นคว่ำจานอาหารเลี้ยงเชื้อลงแล้วนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ± 3 ชั่วโมง

4) การตรวจนับโคโลนีและการรายงานผล

หลังจากบ่มจานเพาะเชื้อครบตามกำหนดเวลาแล้วตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนีหาค่าจำนวนโคโลนีเฉลี่ยจากทั้งสองจานเพาะเชื้อรายงานการตรวจนับในหน่วยจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (CFU/ ml)

ก-4วิธีวิเคราะห์ออกซิเจนละลายน้ำโดยวิธีเมมเบรนอิเล็คโทรด(APHA, AWWA and WEF, 2012)

1) หลักการ

ระบบเมมเบรนอิเล็กโทรดที่ใช้หาออกซิเจนละลายน้ำไม่ว่าจะเป็นแบบโพลาโรกราฟิค (polarographic) หรือแบบกัลป์วานิค (galvanic) จะประกอบด้วยอิเล็คโทรด 2 อันซึ่งทำด้วยโลหะภายในบรรจุอิเลคโทรไลท์ (electrolyte) ซึ่งแยกจากตัวอย่างน้ำด้วยเมมเบรนซึ่งยอมให้ออกซิเจนผ่านและกั้นมิให้สิ่งแปลกปลอมผ่านเข้าไปในสภาวะที่มีความสมดุลกระแสไฟฟ้าหรือศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้สามารถเทียบตามความสัมพันธ์ได้กับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายโดยกระแสไฟฟ้าที่แพร่ผ่านเข้าไปจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของโมเลกุลออกซิเจนในตัวอย่าง

2) วิธีวิเคราะห์

1. การสอบเทียบเครื่องมือ (Calibration) โดยทั่วไปจะทำการ Calibration เมมเบรนอิเลคโทรดโดยอ่านค่าออกซิเจนในอากาศหรือในตัวอย่างน้ำที่ทราบความเข้มข้นของออกซิเจนละลาย

2. การวัดออกซิเจนละลายน้ำของตัวอย่าง

2.1 เปิดเครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำก่อนใช้เครื่องเป็นเวลา 5 นาทีจากนั้นทำความสะอาดโพรบวัดออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ด้วยน้ำกลั่นใช้กระดาษทิชชูซับเบาๆบริเวณปลายโพรบ

2.2 จุ่มโพรบลงในน้ำตัวอย่างกด READ รอค่าออกซิเจนละลายน้ำนิ่งโดยสังเกตบริเวณหน้าจอของเครื่องจะขึ้นคำว่า Stability จดค่า DO ล้างโพรบด้วยน้ำกลั่นใช้กระดาษทิชชูซับเบาๆบริเวณปลายโพรบและทำการวัดน้ำตัวอย่างต่อไป

2.3 เมื่อใช้งานเสร็จล้างโพรบอีกครั้งซับด้วยกระดาษทิชชูบริเวณปลายโพรบและปิดเครื่อง

ก-5 ซีโอดีที่ละลายในน้ำ (โดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด) (APHA, AWWA and WEF, 2012)

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดย่อย (Digestion Vessels) เป็นหลอดแก้วบอโรซิลิเคท (Borosilicate) ซึ่งใช้เลี้ยงเชื้อขนาด 16x100 หรือ 20x150 หรือ 25x150 มิลลิเมตรมีฝาสลักเกลียว
2. บล็อก (Block) หรือที่ใส่หลอดแก้วแบบตันทำด้วยอลูมิเนียมความลึกของช่องใส่หลอดประมาณ 45-50 มิลลิเมตร การให้ความร้อนเพื่อต้มย่อยสลายกระทำโดยวางบล็อกบนเตาแผ่น
3. ตู้อบ (Oven) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ประมาณ 150±2 °C
4. บิวเรต
5. ขวดรูปกรวยขนาด 125 มิลลิลิตร

2) สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ชั่งสารละลายมาตรฐานปฐมภูมิ (primary standard) โพแทสเซียมไดโครเมต 4.913 กรัมซึ่งถูกทำให้แห้งในเตาอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงทิ้งให้เย็นในโถทำให้แห้งใส่ไปในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตรค่อยๆเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 167 มิลลิลิตรเติมเมอร์คิวริคซัลเฟต 33.3 กรัมคนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วเจือจางให้มีปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

2. กรดซัลฟิวริกรีเอเจนต์

ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 8.8 กรัมลงในกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 ลิตรทิ้งไว้ 1 - 2 วันเพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้ทั้งหมดก่อนนำไปใช้

3. เฟอโรอินดิเคเตอร์

ละลายไอร์ออน (II) ซัลเฟตเฮปต้าไฮเดรต($FeSO_4.7H_20$) 0.695 กรัมและ 1,10 ฟีแนนโทรลีนโมโนไฮเดรต [1,10 phenanthroline monohydrate ($C_{12}H_8H_2.N_2O$)] 1.485 กรัมในน้ำกลั่นแล้วทำให้เจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร

4. สารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต [$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$] 39.2 กรัมในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตรเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตรคนให้ละลายทิ้งให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตรสารละลายนี้ต้องเทียบมาตรฐานกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตที่ใช้ในการย่อยสลายทุกครั้งที่นำมาใช้เติมสารเคมีตามตารางที่ก-1 ในภาชนะย่อยสลายแต่ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วไทเทรตด้วย FASใช้เฟอร์โรอินดิเคเตอร์ 0.05 - 0.1 มิลลิลิตรทำประมาณ 1 - 2 หลอดไทเทรตจนถึงจุดยุติสีจะเปลี่ยนจากฟ้าอมเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

3) การคำนวณ

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS)

$$\text{โมลาริตีของFAS} = \frac{\text{ปริมาตรของ } K_2Cr_2O_7 x\ 0.1}{\text{ปริมาตรFASที่ใช้ในการไทเทรต}}$$

ตารางที่ก-1 ปริมาตรของตัวอย่างน้ำและสารเคมีสำหรับหลอดแก้วขนาดต่างๆ

ขนาดของภาชนะย่อยสลาย	**ตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)**	**สารละลายในการย่อยสลาย (มิลลิลิตร)**	**กรดซัลฟิวริกรีเอเจนต์ (มิลลิลิตร)**	**ปริมาตรทั้งหมด (มิลลิลิตร)**
16 x 100 มิลลิเมตร	2.5	1.5	3.5	7.5
20 x 150 มิลลิเมตร	5.0	3.0	7.0	15.0
25 x 150 มิลลิเมตร	10.0	6.0	14.0	30.0

5. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต

ละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ($HOOCC_6H_4COOK$) ซึ่งอบที่ 120 องศาเซลเซียสจนมีน้ำหนักคงที่ 425 มิลลิกรัมในน้ำกลั่นเจือจางจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร

4) วิธีวิเคราะห์

ต้องล้างหลอดแก้วและฝาปิดด้วยสารละลายกรดกำมะถัน 20% เสมอทุกครั้งก่อนใช้งาน

1. เลือกขนาดของหลอดแก้วสำหรับต้มซีโอดีให้เหมาะสม

ถ้าตัวอย่างน้ำมีซีโอดีต่ำให้เลือกใช้หลอดแก้วขนาด 25x150 มิลลิเมตร (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตร) ถ้าซีโอดีค่อนข้างสูงให้ใช้หลอดแก้วขนาด 20x150 มิลลิเมตร (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 5 มิลลิลิตร) และถ้าซีโอดีสูงสามารถใช้หลอดแก้วขนาด 16x100 มิลลิเมตร (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 2.5 มิลลิลิตร) ไม่จำเป็นต้องใช้หลอดหลายขนาดใช้เพียง 2 ขนาดคือ 25x150 มิลลิเมตร สำหรับหาซีโอ

ดีที่มีค่าต่ำและขนาด 20x150 มิลลิเมตรสำหรับหาซีโอดีที่มีค่าสูงถ้าตัวอย่างมีค่าสูงมากก็ให้เจือจางตัวอย่างน้ำก่อน

2. การเลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำ

ถ้าเป็นน้ำสะอาดน้ำธรรมชาติหรือน้ำที่มีค่าซีโอดีต่ำๆ (<40 มิลลิกรัมต่อลิตร) ควรใช้ตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตรโดยใช้หลอดแก้วขนาด 25x150 มิลลิเมตรแต่ถ้ามีค่าซีโอดีสูงกว่านั้นให้ใช้หลอดแก้วขนาด 20x150 มิลลิเมตรโดยเลือกใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำมากสุด 5 มิลลิลิตรหรือใช้น้อยกว่าแล้วเติมน้ำกลั่นเป็น 5 มิลลิลิตร และถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าซีโอดีสูงมากต้องเจือจางตัวอย่างน้ำก่อนนำมาใช้ควรประมาณค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำอย่างคร่าวๆก่อนเพื่อที่จะได้เลือกใช้ปริมาณตัวอย่างได้อย่างเหมาะสมการประมาณค่าซีโอดีสามารถทำได้โดยพิจารณาจากลักษณะตัวอย่างน้ำแหล่งที่มาของน้ำและจากค่า Rapid COD การเลือกขนาดตัวอย่างน้ำที่จะใช้วิเคราะห์ให้เหมาะสมในทางปฏิบัติควรเลือกใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำให้ผลต่างของ FAS ที่ใช้ในการไทเทรตแบลงค์และตัวอย่างน้ำอยู่ระหว่าง 1-5 มิลลิลิตร

3. เติมน้ำตัวอย่างลงในหลอดแก้วขนาดเหมาะสม

เติมน้ำย่อยสลายหรือโปแตสเซียมไดโครเมตตามด้วยกรดกำมะถันอย่างช้าๆถ้าใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำน้อยกว่าที่แสดงไว้ในตารางให้เติมน้ำกลั่นให้ครบตามจำนวนปิดฝาให้แน่นและเขย่าผสมกันให้ดีสำหรับแบลงค์ใช้น้ำกลั่นแล้วทำเหมือนตัวอย่างทุกอย่าง

4. วางหลอดแก้วในบล็อกแล้วใส่ตู้อบตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 150 ± 2°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5. เมื่อครบ 2 ชั่วโมงแล้วนำออกจากตู้อบปล่อยทิ้งให้เย็น

6. เทสารละลายออกจากหลอดแก้วลงในขวดรูปกรวยใช้น้ำกลั่นฉีดล้างสารละลายในหลอดแก้วให้หมดแล้วเทรวมลงในขวดรูปกรวยเติมเฟอโรอีนอินดิเคเตอร์ 2-3 หยดแล้วไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน FAS สีของสารละลายจะค่อยๆเปลี่ยนจากสีเหลืองเขียวอมเหลือง →ฟ้า → น้ำตาลแดง ซึ่งแสดงว่าถึงจุดยุติจดปริมาณ FAS ที่ใช้ไทเทรต

5) การคำนวณ

$$\text{ซีโอดี (มก.}O_2\text{/มล.)} = \frac{(A-B)xMx800}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

โดย A = มล. ของ FASที่ใช้ในการไทเทรตแบลงค์

B = มล. ของ FASที่ใช้ในกำรไทเทรตตัวอย่างน้ำ

M =โมลาริตีของFAS

ก-6 สภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) เป็นค่าที่แสดงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในน้ำ มาจากคำว่า positive potential of hydrogen ions โดยพีเอชของสารละลายคือค่าลบของ logarithm ของความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนหรือ pH = - log [H^+] ค่าที่บอกความเป็นกรดคือความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน [H^+] และค่าที่บอกความเป็นด่างคือความเข้มข้นของไฮดรอกซิลอิออน[OH^-]โดยพีเอชมีค่าตั้งแต่ 0-14 ค่าพีเอช = 7 แสดงความเป็นกลางพีเอชต่ำกว่า 7 แสดงความเป็นกรดส่วนค่าพีเอชสูงกว่า 7 แสดงความเป็นด่างค่าพีเอชมีความสำคัญต่อการคำนวณค่าคาร์บอเนต
ไบคาร์บอเนตและคาร์บอนไดออกไซด์น้ำธรรมชาติมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4-9 และส่วนใหญ่เป็นด่างอ่อนๆเพราะมีไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนต

1) หลักการ

การวัดค่าพีเอชมี 2 วิธีคือ

1. **วิธีเทียบสี (Colorimetric)**จะเปรียบเทียบกับสีของสารละลายอินดิเคเตอร์ที่รู้ค่าพีเอชหรือใช้กระดาษวัดพีเอชโดยจุ่มกระดาษลงในตัวอย่างน้ำแล้วนำมาเทียบสีกับแถบสีต่างๆที่รู้ค่าพีเอช
2. **วิธีไฟฟ้า (Electrometric)**โดยใช้หลักการ Electrochemistry โดยวัดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น (Potential) ระหว่างอิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) กับอิเล็กโทรดตรวจวัด (Sensing Electrode)ความต่างศักย์ที่ได้เกิดจากจำนวนของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ความต่างศักย์ที่เกิดจาอิออนจะถูกเปลี่ยนให้เป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้าแล้วขยายให้มีความต่างศักย์สูงขึ้นด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช (pH Meter) ซึ่งเครื่องวัดค่าพีเอชประกอบด้วยอิเล็กโทรดแก้ว (Glass Electrode) การใช้อิเล็กโทรดแก้วจะไม่มีความคลาดเคลื่อนจากค่าสีความขุ่นอนุภาคคอลลอยด์สารออกซิแดนท์สารรีดักแตนซ์หรือค่าความเค็มสูงแต่จะมีคลาดเคลื่อนจากโซเดียมเมื่อพีเอชมากกว่า 10 ซึ่งลดความคลาดเคลื่อนนี้โดยใช้อิเล็กโทรดชนิดพิเศษที่ลดความคลาดเคลื่อนจากโซเดียมแล้วการวัดค่าพีเอชควรใช้เครื่องวัดค่าพีเอชที่สามารถอ่านค่าพีเอชได้ละเอียดถึงทศนิยมหนึ่งตำแหน่งและมีการชดเชยอุณหภูมิแล้วเนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของอิเล็คโทรดทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าพีเอชดังนั้นในการวัดค่าพีเอชจึงต้องบอกค่าน้อย2 ค่าสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานนี้จะเสื่อมคุณภาพได้จากการเจริญเติบโตของเชื้อราจึงควรต้องสังเกตลักษณะของสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานก่อนที่จะนำมาใช้และอุณหภูมิขณะที่วัดค่าพีเอชด้วยก่อนที่จะใช้เครื่องวัดค่าพีเอชจะต้องเลือกสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่าพีเอชครอบคลุมค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำในการปรับเทียบเครื่องมือโดยเลือกค่าพีเอชที่ต่างกันอย่าง

2) วิธีการ

วิธีไฟฟ้า (Electrometric)

3) เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)

2. บีกเกอร์

4) สารเคมี

สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่าพีเอช 4 และ 7

5)วิธีวิเคราะห์

1. เปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาทีหรือตามที่กำหนดไว้ในคู่มือเพื่ออุ่นเครื่อง

2. ติดตั้งอิเล็คโทรดแก้ว (glass electrode) เปิดช่องระบายอากาศล้างแท่งอิเล็คโทรดให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นและซับให้แห้ง

3. จุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบเครื่องมือโดยกดปุ่มปรับเทียบ (Calibrate) แล้วจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่าพีเอช 7 กดปุ่ม READรอจนอ่านค่าพีเอช 7 เสร็จจากนั้นจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่าพีเอช 4 กดปุ่มREAD รอจนอ่านค่าพีเอช 4 เสร็จจากนั้นเครื่องจะแสดงค่า slope กดปุ่ม EXIT นำอิเล็คโทรดออกแล้วล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นและซับให้แห้ง

4. วัดค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำโดยเขย่าขวดเก็บตัวอย่างน้ำและรินตัวอย่างน้ำใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตรจากนั้นจุ่มอิเล็คโทรดลงในตัวอย่างน้ำบันทึกค่าพีเอชที่อ่านได้

ภาคผนวก ข

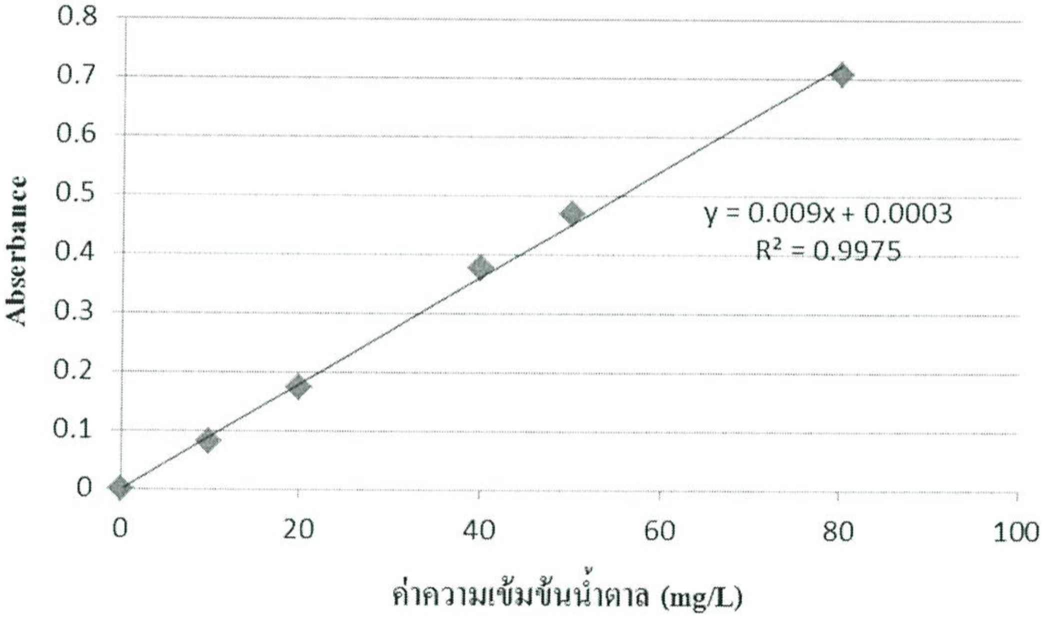
ผลการทดลอง

ตารางที่ข-1-1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Optical Density (OD)

ระยะเวลา	**ค่าความขุ่นในน้ำหมักชีวภาพวิเคราะห์ (NTU)**		
(วัน)	**ตัวควบคุม**	**สารเร่ง พ.ด.6**	**จุลินทรีย์ทางการค้า**
0	-0.587	-0.192	-0.183
	-0.582	-0.192	-0.182
	-0.569	-0.193	-0.183
$\bar{X}$	-0.579	-0.192	-0.183
S.D	0.009	0.001	0.001
1	0.245	0.273	0.312
	0.241	0.274	0.311
	0.247	0.272	0.311
$\bar{X}$	0.244	0.273	0.311
S.D	0.003	0.001	0.001
2	0.298	0.361	0.525
	0.259	0.361	0.525
	0.298	0.361	0.524
$\bar{X}$	0.285	0.361	0.525
S.D	0.023	0.000	0.001
3	0.376	0.388	0.436
	0.377	0.388	0.437
	0.376	0.387	0.437
$\bar{X}$	0.376	0.388	0.437
S.D	0.001	0.001	0.001
4	0.427	0.414	0.498
	0.427	0.413	0.498
	0.427	0.414	0.499
$\bar{X}$	0.427	0.414	0.498
S.D	0.000	0.001	0.001
5	0.424	0.282	0.387
	0.423	0.283	0.389
	0.425	0.283	0.387
$\bar{X}$	0.424	0.283	0.388
S.D	0.001	0.001	0.001
6	0.164	0.102	0.146
	0.165	0.101	0.146
	0.164	0.103	0.147
$\bar{X}$	0.164	0.102	0.146
S.D	0.001	0.001	0.001
7	0.066	0.077	0.068
	0.065	0.076	0.068
	0.065	0.076	0.067
$\bar{X}$	0.065	0.076	0.068
S.D	0.001	0.001	0.001

ตารางที่ข-1-2 กราฟมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ความเข้มข้น (mg/L)	Absorbance
10	0.082
20	0.173
40	0.377
50	0.469
80	0.708



รูปที่ข-1กราฟมาตรฐานของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

ตารางที่ข-1-3 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในน้ำหมักชีวภาพวิเคราะห์ด้วยวิธี Phenol-Sulfuric Method

ระยะเวลา	**ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (mg/L)**		
(วัน)	**ตัวควบคุม**	**สารเร่ง พ.ด.6**	**จุลินทรีย์ทางการค้า**
0	4.687	4.823	4.378
	4.688	4.822	4.377
	4.687	4.823	4.378
$\bar{X}$	4.687	4.823	4.378
S.D	0.001	0.001	0.001
1	2.184	4.172	4.022
	2.183	4.172	4.023
	2.184	4.173	4.022
$\bar{X}$	2.184	4.172	4.022
S.D	0.001	0.001	0.001
2	1.644	3.196	2.631
	1.642	3.197	2.632
	1.642	3.196	2.631
$\bar{X}$	1.643	3.196	2.631
S.D	0.001	0.001	0.001
3	0.425	1.733	0.511
	0.426	1.734	0.512
	0.245	1.734	0.511
$\bar{X}$	0.365	1.734	0.511
S.D	0.104	0.001	0.001
4	1.271	1.689	1.279
	1.271	1.687	1.278
	1.271	1.689	1.278
$\bar{X}$	1.271	1.688	1.278
S.D	0.000	0.001	0.001
5	0.068	0.108	0.243
	0.067	0.107	0.241
	0.068	0.107	0.242
$\bar{X}$	0.068	0.107	0.242
S.D	0.001	0.001	0.001
6	0.413	0.211	0.231
	0.412	0.211	0.232
	0.413	0.211	0.231
$\bar{X}$	0.413	0.211	0.231
S.D	0.001	0.000	0.001
7	0.233	0.214	0.22
	0.233	0.215	0.222
	0.231	0.215	0.222
$\bar{X}$	0.232	0.215	0.221
S.D	0.001	0.001	0.001

ตารางที่ ข-1-4 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบ					
	จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง			$\bar{X}$	**S.D.**
	1	**2**	**3**		
ตัวควบคุม	$6.3x10^5$	$5.8x10^5$	$7.7x10^5$	$6.6x10^5$	0.98
พด. 6	$1.1x10^5$	$0.9x10^5$	$0.3x10^5$	$0.77x10^5$	0.42
จุลินทรีย์ทางการค้า	$12.5x10^5$	$11.4x10^5$	$11.3x10^5$	$11.73x10^5$	0.67

ตารางที่ ข-2-1 ค่าซีโอดีละลายได้ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า

ระยะเวลา	**sCOD (mg/L)**								
(วัน)	**ตัวควบคุม**			**สารเร่ง พ.ด.6**			**จุลินทรีย์ทางการค้า**		
	1%	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**
0	148	136	110	410	421	480	272	280	609
	160	139	116	405	432	485	275	283	613
	140	132	114	408	424	474	268	280	612
$\bar{X}$	**149.3**	**135.7**	**113.3**	**407.7**	**425.7**	**479.7**	**271.7**	**281.0**	**611.3**
S.D.	**10.07**	**3.51**	**3.06**	**2.52**	**5.69**	**5.51**	**3.51**	**1.73**	**2.08**
1	120	125	102	160	80	231	220	554	228
	115	122	104	165	83	227	217	554	228
	118	120	106	164	82	228	215	555	223
$\bar{X}$	**117.7**	**122.3**	**104.0**	**163.0**	**81.7**	**228.7**	**217.3**	**554.3**	**226.3**
S.D.	**2.52**	**2.52**	**2.00**	**2.65**	**1.53**	**2.08**	**2.52**	**0.58**	**2.89**
2	92	73	108	95	103	216	210	455	360
	91	74	103	94	102	218	207	450	362
	89	70	102	96	100	213	208	453	364
$\bar{X}$	**90.7**	**72.3**	**104.3**	**95.0**	**101.7**	**215.7**	**208.3**	**452.7**	**362.0**
S.D.	**1.53**	**2.08**	**3.21**	**1.00**	**1.53**	**2.52**	**1.53**	**2.52**	**2.00**
3	65	66	125	66	122	270	200	640	165
	60	67	122	64	120	269	198	638	164
	65	65	120	67	123	274	199	638	160
$\bar{X}$	**63.3**	**66.0**	**122.3**	**65.7**	**121.7**	**271.0**	**199.0**	**638.7**	**163.0**
S.D.	**2.89**	**1.00**	**2.52**	**1.53**	**1.53**	**2.65**	**1.00**	**1.15**	**2.65**
4	25	32	70	140	337	365	206	740	455
	21	33	65	132	347	360	206	741	454
	22	30	69	135	335	362	207	742	449
$\bar{X}$	**22.7**	**31.7**	**68.0**	**135.7**	**339.7**	**362.3**	**206.3**	**741.0**	**452.7**
S.D.	**2.08**	**1.53**	**2.65**	**4.04**	**6.43**	**2.52**	**0.58**	**1.00**	**3.21**
5	10	30	71	252	481	650	365	1060	653
	9	32	64	249	472	652	363	1061	650
	9	32	68	250	473	651	364	1058	653
$\bar{X}$	**9.3**	**31.3**	**67.7**	**250.3**	**475.3**	**651.0**	**364.0**	**1059.7**	**652.0**
S.D.	**0.58**	**1.15**	**3.51**	**1.53**	**4.93**	**1.00**	**1.00**	**1.53**	**1.73**
6	6	168	61	320	501	1047	326	250	908
	6	170	58	328	503	1046	325	243	909
	4	165	57	330	504	1045	328	240	903
$\bar{X}$	**5.3**	**167.7**	**58.7**	**326.0**	**502.7**	**1046.0**	**326.3**	**244.3**	**906.7**
S.D.	**1.15**	**2.52**	**2.08**	**5.29**	**1.53**	**1.00**	**1.53**	**5.13**	**3.21**

ตารางที่ ข-2-2 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียที่บำบัดน้ำด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า

ระยะเวลา	**pH**								
(วัน)	**ตัวควบคุม**			**สารเร่ง พ.ด.6**			**จุลินทรีย์ทางการค้า**		
	1%	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**
0	4.7	4.6	5.0	4.4	4.5	3.9	4.6	4.3	3.4
	4.7	4.9	4.7	3.9	4.1	4.2	4.1	4.2	4.2
	4.6	4.5	4.8	4.2	4.2	4.1	4.8	3.9	4.5
$\bar{X}$	**4.7**	**4.7**	**4.8**	**4.2**	**4.3**	**4.1**	**4.5**	**4.1**	**4.0**
S.D.	**0.06**	**0.21**	**0.15**	**0.25**	**0.21**	**0.15**	**0.36**	**0.21**	**0.55**
1	4.8	4.7	4.7	4.8	5.1	4.3	4.7	4.4	5.0
	4.6	4.8	4.9	5.2	5.0	4.5	5.2	4.3	4.7
	4.9	4.7	5.2	4.6	4.7	4.4	4.6	4.5	4.8
$\bar{X}$	**4.8**	**4.7**	**4.9**	**4.9**	**4.9**	**4.4**	**4.8**	**4.4**	**4.8**
S.D.	**0.15**	**0.06**	**0.25**	**0.31**	**0.21**	**0.10**	**0.32**	**0.10**	**0.15**
2	4.8	4.7	4.9	4.9	4.9	4.2	5.3	4.3	4.7
	5.0	4.9	4.8	5.1	4.6	4.4	5.1	4.6	4.7
	4.9	5.3	5.1	5.1	5.2	4.5	5.1	4.1	4.4
$\bar{X}$	**4.9**	**5.0**	**4.9**	**5.0**	**4.9**	**4.4**	**5.2**	**4.3**	**4.6**
S.D.	**0.10**	**0.31**	**0.15**	**0.12**	**0.30**	**0.15**	**0.12**	**0.25**	**0.17**
3	5.8	5.5	5.6	5.2	4.8	4.3	5.2	4.3	4.8
	6.4	6.1	6.3	5.1	4.5	4.2	5.5	4.1	5.0
	5.6	5.8	5.7	5.4	5.2	4.2	5.5	4.0	5.2
$\bar{X}$	**5.9**	**5.8**	**5.9**	**5.2**	**4.8**	**4.2**	**5.4**	**4.1**	**5.0**
S.D.	**0.42**	**0.30**	**0.38**	**0.15**	**0.35**	**0.06**	**0.17**	**0.15**	**0.20**
4	6.1	6.6	6.1	5.1	4.6	4.4	5.3	3.6	4.6
	6.0	6.4	5.8	4.9	4.4	4.5	5.1	4.0	4.7
	6.4	6.2	6.3	5.3	4.9	4.0	5.2	4.3	3.7
$\bar{X}$	**6.2**	**6.4**	**6.1**	**5.1**	**4.6**	**4.3**	**5.2**	**4.0**	**4.3**
S.D.	**0.21**	**0.20**	**0.25**	**0.20**	**0.25**	**0.26**	**0.10**	**0.35**	**0.55**
5	6.5	6.1	6.5	5.1	4.0	3.3	4.5	3.4	4.2
	6.6	6.3	5.9	4.7	4.1	4.2	4.2	3.6	3.6
	6.1	6.5	5.9	4.5	4.3	3.8	4.4	3.1	3.9
$\bar{X}$	**6.4**	**6.3**	**6.1**	**4.8**	**4.1**	**3.8**	**4.4**	**3.4**	**3.9**
S.D.	**0.26**	**0.20**	**0.35**	**0.31**	**0.15**	**0.45**	**0.15**	**0.25**	**0.30**
6	7.1	5.2	6.4	4.4	4.0	3.5	4.4	4.4	3.7
	6.7	5.9	6.2	4.6	4.0	3.6	4.1	5.3	3.8
	6.4	5.8	6.0	4.3	4.1	3.1	4.5	4.9	3.5
$\bar{X}$	**6.7**	**5.6**	**6.2**	**4.4**	**4.0**	**3.4**	**4.3**	**4.9**	**3.7**
S.D.	**0.35**	**0.38**	**0.20**	**0.15**	**0.06**	**0.26**	**0.21**	**0.45**	**0.15**

ตารางที่ ข-2-3 ค่าความขุ่น (NTU) ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า

ระยะเวลา	**อุณหภูมิ (^{o}C)**									
(วัน)	**ตัวควบคุม**			**สารเร่ง พ.ด.6**			**จุลินทรีย์ทางการค้า**			**อุณหภูมิห้อง**
	1%	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	
0	25.7	25.7	25.8	25.7	25.7	25.7	25.8	25.7	25.7	25.5
	25.8	25.7	25.7	25.8	25.8	25.7	25.6	25.7	25.7	
	25.9	25.7	25.6	25.9	25.9	25.4	25.7	25.7	25.7	
$\bar{X}$	**25.8**	**25.7**	**25.7**	**25.8**	**25.8**	**25.6**	**25.7**	**25.7**	**25.7**	
S.D.	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.17**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	
1	28.1	28.1	28.2	28.1	28.2	28.1	28.2	28.2	28.2	27.8
	28.3	28.2	28.2	28	28.1	28.1	28.2	28.2	28.2	
	27.9	28	28.2	28.2	28.3	28.1	28.2	28.2	28.2	
$\bar{X}$	**28.1**	**28.1**	**28.2**	**28.1**	**28.2**	**28.1**	**28.2**	**28.2**	**28.2**	
S.D.	**0.20**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	
2	28.3	28.4	28.4	28.4	28.4	28.3	28.5	28.2	28.2	28.1
	28.4	28.4	28.5	28.4	28.4	28.3	28.5	28.3	28.3	
	28.5	28.4	28.3	28.4	28.4	28	28.5	28.4	28.4	
$\bar{X}$	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.2**	**28.5**	**28.3**	**28.3**	
S.D.	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.17**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	
3	30	30	30.1	30.1	30	30.1	30	29.8	30	29.5
	30	30	30	30.2	30	30.2	30	29.6	30	
	30	30	29.9	30	30	30	30	30	30	
$\bar{X}$	**30.0**	**30.0**	**30.0**	**30.1**	**30.0**	**30.1**	**30.0**	**29.8**	**30.0**	
S.D.	**0.00**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.00**	**0.20**	**0.00**	
4	29.2	29.2	29.2	29	29	29	29	29.2	29.2	28.6
	29	29.3	29.2	29	29	29	29	29.2	29.4	
	28.8	29.1	29.2	29	29	29	29	29.2	29.3	
$\bar{X}$	**29.0**	**29.2**	**29.2**	**29.0**	**29.0**	**29.0**	**29.0**	**29.2**	**29.3**	
S.D.	**0.20**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.10**	
5	28.7	28.8	28.7	28.8	28.9	28.8	28.8	28.8	28.8	28.4
	28.8	28.7	28.7	28.9	28.8	28.9	28.9	28.9	28.9	
	28.9	28.9	28.7	28.7	29	28.7	28.7	28.7	28.7	
$\bar{X}$	**28.8**	**28.8**	**28.7**	**28.8**	**28.9**	**28.8**	**28.8**	**28.8**	**28.8**	
S.D.	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	
6	30.2	29.7	29.8	29.9	29.9	29.9	29.6	29.9	29.8	29.4
	30.2	29.8	29.8	30	29.7	29.7	29.7	29.7	29.8	
	29	29.6	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	
$\bar{X}$	**29.8**	**29.7**	**29.8**	**29.9**	**29.8**	**29.8**	**29.7**	**29.8**	**29.8**	
S.D.	**0.69**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	

ตารางที่ ข-2-4 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า

ระยะเวลา	**ค่าการนำไฟฟ้า (μS / cm)**								
(วัน)	**ตัวควบคุม**			**สารเร่ง พ.ด.6**			**จุลินทรีย์ทางการค้า**		
	1%	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**
0	520.5	514.25	502.98	684.4	695	733.66	575.5	612.07	784.14
	521.23	514.2	504.62	683.72	695	741.23	640.43	612	783.87
	521.27	513.54	504.4	683.87	695	727.22	608	611.86	783.63
$\bar{X}$	521.00	514.00	504.00	684.00	695.00	734.04	607.98	611.98	783.88
S.D.	0.43	0.40	0.89	0.36	0.00	7.01	32.47	0.11	0.26
1	505.31	504.65	503.06	536.28	486	572.31	573	772.42	576.37
	507.04	513.14	498.09	538.8	486	575.41	572.91	764.11	576.62
	502.63	506.21	492.84	541.71	485.92	578.36	572.68	767.52	577.5
$\bar{X}$	504.99	508.00	498.00	538.93	485.97	575.36	572.86	768.02	576.83
S.D.	2.22	4.52	5.11	2.72	0.05	3.03	0.17	4.18	0.59
2	489.37	484.64	498.22	495.35	496.08	572.28	567.28	717.49	662.31
	489.43	485.19	497.79	495.33	496.52	572.16	560.88	718.26	662.12
	487.96	485.87	498.64	494.6	494.91	570.98	572.76	715.97	661.47
$\bar{X}$	**488.92**	**485.23**	**498.22**	**495.09**	**495.84**	**571.81**	**566.97**	**717.24**	**661.97**
S.D.	**0.83**	**0.62**	**0.43**	**0.43**	**0.83**	**0.72**	**5.95**	**1.17**	**0.44**
3	480.48	482.51	508.78	481.54	507.39	608.23	560.59	796.93	540.67
	481.15	480.74	506.97	481.63	507.14	608.71	561.28	795.75	540.12
	479.73	482.98	509.44	478.77	506.87	606.86	561.46	796.48	539.94
$\bar{X}$	**480.45**	**482.08**	**508.40**	**480.65**	**507.13**	**607.93**	**561.11**	**796.39**	**540.24**
S.D.	**0.71**	**1.18**	**1.28**	**1.63**	**0.26**	**0.96**	**0.46**	**0.60**	**0.38**
4	458.77	462.3	483.18	514.08	638.34	663.04	565.51	820.83	717.88
	459.14	461.39	482.85	514.28	637.82	661.49	564.94	826.39	716.82
	459.24	460.54	483.16	513.37	638.69	662.73	565.1	824.71	717.19
$\bar{X}$	**459.05**	**461.41**	**483.06**	**513.91**	**638.28**	**662.42**	**565.18**	**823.98**	**717.30**
S.D.	**0.25**	**0.88**	**0.19**	**0.48**	**0.44**	**0.82**	**0.29**	**2.85**	**0.54**
5	451.78	473.67	483.68	594.44	731.67	786.48	663.26	954.18	802.32
	452.36	473.21	482.74	593.74	731.3	785.29	661.68	955.23	803.5
	452.64	472.89	483	594.35	730.61	786.47	663.5	952.6	803
$\bar{X}$	**452.26**	**473.26**	**483.14**	**594.18**	**731.19**	**786.08**	**662.81**	**954.00**	**802.94**
S.D.	**0.44**	**0.39**	**0.49**	**0.38**	**0.54**	**0.68**	**0.99**	**1.32**	**0.59**
6	440.4	541.81	478.55	629.58	745.16	947.28	662	589.09	896.33
	442.07	540.57	478.17	630.07	743.94	944.79	662.14	589.34	895.91
	441.16	541.12	477.14	630.31	746.32	949.24	661.59	588.69	896.51
$\bar{X}$	**441.21**	**541.17**	**477.95**	**629.99**	**745.14**	**947.10**	**661.91**	**589.04**	**896.25**
S.D.	**0.84**	**0.62**	**0.73**	**0.37**	**1.19**	**2.23**	**0.29**	**0.33**	**0.31**

ตารางที่ ข-2-5 ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า

ระยะเวลา (วัน)	**ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L)**								
	ตัวควบคุม			**สารเร่ง พ.ด.6**			**จุลินทรีย์ทางการค้า**		
	1%	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**
0	1.48	1.66	1.83	0.84	0.81	0.76	1.10	1.07	0.59
	1.40	1.66	1.82	0.83	0.81	0.76	1.07	1.07	0.59
	1.45	1.66	1.83	0.84	0.82	0.76	1.09	1.08	0.58
$\bar{X}$	**1.44**	**1.66**	**1.83**	**0.84**	**0.81**	**0.76**	**1.09**	**1.07**	**0.59**
S.D.	**0.04**	**0.00**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.00**	**0.02**	**0.01**	**0.01**
1	1.81	1.12	1.90	1.40	2.10	1.16	1.19	0.63	1.16
	1.83	1.12	1.91	1.40	2.10	1.18	1.18	0.63	1.19
	1.80	1.13	1.90	1.41	2.13	1.19	1.19	0.63	1.17
$\bar{X}$	**1.81**	**1.12**	**1.90**	**1.40**	**2.11**	**1.18**	**1.19**	**0.63**	**1.17**
S.D.	**0.02**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.02**	**0.02**	**0.01**	**0.00**	**0.02**
2	2.04	2.14	1.90	1.99	1.90	1.20	2.22	0.79	0.91
	2.05	2.15	1.91	1.97	1.91	1.20	2.22	0.78	0.92
	2.04	2.15	1.90	1.99	1.94	1.21	2.21	0.79	0.92
$\bar{X}$	**2.04**	**2.15**	**1.90**	**1.98**	**1.92**	**1.20**	**2.22**	**0.79**	**0.92**
S.D.	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.02**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.01**
3	2.33	2.28	1.75	2.30	1.74	1.11	2.26	0.55	1.36
	2.30	2.28	1.72	2.30	1.74	1.09	2.25	0.54	1.39
	2.35	2.27	1.70	2.31	1.71	1.07	2.25	0.55	1.42
$\bar{X}$	**2.33**	**2.28**	**1.72**	**2.30**	**1.73**	**1.09**	**2.25**	**0.55**	**1.39**
S.D.	**0.03**	**0.01**	**0.03**	**0.01**	**0.02**	**0.02**	**0.01**	**0.01**	**0.03**
4	2.74	2.65	2.28	1.66	0.96	0.90	1.21	0.37	0.78
	2.77	2.64	2.25	1.62	0.94	0.91	1.23	0.38	0.79
	2.80	2.65	2.22	1.69	0.97	0.95	1.20	0.38	0.79
$\bar{X}$	**2.77**	**2.65**	**2.25**	**1.66**	**0.96**	**0.92**	**1.21**	**0.38**	**0.79**
S.D.	**0.03**	**0.01**	**0.03**	**0.04**	**0.02**	**0.03**	**0.02**	**0.01**	**0.01**
5	3.09	2.40	2.27	1.11	0.78	0.52	0.93	0.15	0.52
	3.09	2.45	2.21	1.12	0.75	0.52	0.92	0.16	0.55
	3.09	2.41	2.29	1.12	0.77	0.53	0.92	0.15	0.50
$\bar{X}$	**3.09**	**2.42**	**2.26**	**1.12**	**0.77**	**0.52**	**0.92**	**0.15**	**0.52**
S.D.	**0.00**	**0.03**	**0.04**	**0.01**	**0.02**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.03**
6	3.19	1.38	2.39	0.98	0.70	0.17	0.92	1.14	0.28
	3.27	1.38	2.39	0.94	0.71	0.16	0.91	1.14	0.27
	3.20	1.39	2.39	1.02	0.70	0.19	0.92	1.14	0.28
$\bar{X}$	**3.22**	**1.38**	**2.39**	**0.98**	**0.70**	**0.17**	**0.92**	**1.14**	**0.28**
S.D.	**0.04**	**0.01**	**0.00**	**0.04**	**0.01**	**0.02**	**0.01**	**0.00**	**0.01**

ตารางที่ ข-2-6 ค่าอุณหภูมิในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า

ระยะเวลา	**อุณหภูมิ (°C)**									
(วัน)	**ตัวควบคุม**			**สารเร่ง พ.ด.6**			**จุลินทรีย์ทางการค้า**			**อุณหภูมิห้อง**
	1%	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	
0	25.7	25.7	25.8	25.7	25.7	25.7	25.8	25.7	25.7	25.5
	25.8	25.7	25.7	25.8	25.8	25.7	25.6	25.7	25.7	
	25.9	25.7	25.6	25.9	25.9	25.4	25.7	25.7	25.7	
$\bar{X}$	**25.8**	**25.7**	**25.7**	**25.8**	**25.8**	**25.6**	**25.7**	**25.7**	**25.7**	
S.D.	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.17**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	
1	28.1	28.1	28.2	28.1	28.2	28.1	28.2	28.2	28.2	27.8
	28.3	28.2	28.2	28	28.1	28.1	28.2	28.2	28.2	
	27.9	28	28.2	28.2	28.3	28.1	28.2	28.2	28.2	
$\bar{X}$	**28.1**	**28.1**	**28.2**	**28.1**	**28.2**	**28.1**	**28.2**	**28.2**	**28.2**	
S.D.	**0.20**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	
2	28.3	28.4	28.4	28.4	28.4	28.3	28.5	28.2	28.2	28.1
	28.4	28.4	28.5	28.4	28.4	28.3	28.5	28.3	28.3	
	28.5	28.4	28.3	28.4	28.4	28	28.5	28.4	28.4	
$\bar{X}$	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.2**	**28.5**	**28.3**	**28.3**	
S.D.	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.17**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	
3	30	30	30.1	30.1	30	30.1	30	29.8	30	29.5
	30	30	30	30.2	30	30.2	30	29.6	30	
	30	30	29.9	30	30	30	30	30	30	
$\bar{X}$	**30.0**	**30.0**	**30.0**	**30.1**	**30.0**	**30.1**	**30.0**	**29.8**	**30.0**	
S.D.	**0.00**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.00**	**0.20**	**0.00**	
4	29.2	29.2	29.2	29	29	29	29	29.2	29.2	28.6
	29	29.3	29.2	29	29	29	29	29.2	29.4	
	28.8	29.1	29.2	29	29	29	29	29.2	29.3	
$\bar{X}$	**29.0**	**29.2**	**29.2**	**29.0**	**29.0**	**29.0**	**29.0**	**29.2**	**29.3**	
S.D.	**0.20**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.10**	
5	28.7	28.8	28.7	28.8	28.9	28.8	28.8	28.8	28.8	28.4
	28.8	28.7	28.7	28.9	28.8	28.9	28.9	28.9	28.9	
	28.9	28.9	28.7	28.7	29	28.7	28.7	28.7	28.7	
$\bar{X}$	**28.8**	**28.8**	**28.7**	**28.8**	**28.9**	**28.8**	**28.8**	**28.8**	**28.8**	
S.D.	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	
6	30.2	29.7	29.8	29.9	29.9	29.9	29.6	29.9	29.8	29.4
	30.2	29.8	29.8	30	29.7	29.7	29.7	29.7	29.8	
	29	29.6	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	
$\bar{X}$	**29.8**	**29.7**	**29.8**	**29.9**	**29.8**	**29.8**	**29.7**	**29.8**	**29.8**	
S.D.	**0.69**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	

ตารางที่ ข-3-1 ค่าซีโอดี (COD)ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 1% และ 3%

ระยะเวลา	**ค่า COD (mg/L)**				
(วัน)	**ตัวควบคุม 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	322	335	330	329	6.56
1	214	222	221	219	4.36
2	150	160	158	156	5.29
3	99	103	110	104	5.57
4	74	76	84	78	5.29
5	61	68	66	65	3.61
6	73	69	68	70	2.65
7	78	77	67	74	6.08
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	338	355	348	347	8.54
1	231	236	244	237	6.56
2	165	172	173	170	4.36
3	69	77	82	76	6.56
4	86	89	98	91	6.24
5	146	160	162	156	8.72
6	217	219	230	222	7.00
7	395	384	394	391	6.08
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 3%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	459	476	472	469	8.89
1	262	275	285	274	11.53
2	122	132	136	130	7.21
3	180	178	164	174	8.72
4	335	334	348	339	7.81
5	463	472	472	469	5.20
6	526	524	516	522	5.29
7	651	667	665	661	8.72

ตารางที่ ข-3-2 ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD)ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 1% และ 3%

ระยะเวลา	**ค่า sCOD (mg/L)**				
(วัน)	**ตัวควบคุม 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	282	285	294	287	6.24
1	168	178	185	177	8.54
2	121	130	136	129	7.55
3	76	85	88	83	6.24
4	52	59	66	59	7.00
5	39	42	54	45	7.94
6	63	70	74	69	5.57
7	75	76	80	77	2.65
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	296	310	306	304	7.21
1	222	231	228	227	4.58
2	155	161	152	156	4.58
3	52	60	62	58	5.29
4	76	88	85	83	6.24
5	145	152	153	150	4.36
6	188	185	200	191	7.94
7	300	297	312	303	7.94
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 3%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	365	378	370	371	6.56
1	234	232	245	237	7.00
2	111	111	108	110	1.73
3	152	148	138	146	7.21
4	298	286	292	292	6.00
5	399	396	411	402	7.94
6	465	478	482	475	8.89
7	578	580	594	584	8.72

ตารางที่ ข-3-3 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 1% และ 3%

ระยะเวลา	**ค่า pH**				
(วัน)	**ตัวควบคุม 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	4.02	4.06	3.86	3.98	0.11
1	4.14	4.26	4.68	4.36	0.28
2	4.68	4.64	4.87	4.73	0.12
3	5.36	5.38	5.52	5.42	0.09
4	5.78	5.82	5.92	5.84	0.07
5	6.12	6.05	5.92	6.03	0.10
6	5.54	5.72	5.66	5.64	0.09
7	5.50	5.46	5.60	5.52	0.07
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	3.84	3.72	3.72	3.76	0.07
1	4.16	4.10	4.22	4.16	0.06
2	4.50	4.52	4.42	4.48	0.05
3	5.80	5.83	5.92	5.85	0.06
4	5.38	5.40	5.48	5.42	0.05
5	4.58	4.52	4.40	4.50	0.09
6	4.24	4.26	4.31	4.27	0.04
7	3.76	3.75	3.86	3.79	0.06
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 3%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	3.72	3.70	3.62	3.68	0.05
1	4.06	4.08	4.16	4.10	0.05
2	5.16	5.12	5.26	5.18	0.07
3	4.48	4.52	4.60	4.53	0.06
4	3.82	3.84	3.94	3.87	0.06
5	3.56	3.58	3.66	3.60	0.05
6	3.50	3.53	3.62	3.55	0.06
7	3.42	3.56	3.46	3.48	0.07

ตารางที่ ข-3-4 ค่าความขุ่น (NTU) ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 1% และ 3%

ระยะเวลา	**ค่าความขุ่น (NTU)**				
(วัน)	**ตัวควบคุม 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	36.00	36.76	34.76	35.84	1.01
1	28.74	28.52	29.87	29.04	0.72
2	22.08	22.54	23.89	22.84	0.94
3	16.88	16.97	17.92	17.26	0.58
4	14.26	14.47	15.80	14.84	0.84
5	12.76	12.96	13.91	13.21	0.61
6	15.47	15.65	16.48	15.87	0.54
7	15.74	16.41	17.21	16.45	0.74
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	35.03	35.65	36.36	35.68	0.67
1	31.67	31.89	32.65	32.07	0.51
2	23.09	22.97	23.98	23.35	0.55
3	14.14	14.35	15.67	14.72	0.83
4	16.80	17.12	17.98	17.30	0.61
5	22.47	22.64	23.49	22.87	0.55
6	27.89	28.04	28.73	28.22	0.45
7	35.21	34.79	35.95	35.32	0.59
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 3%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	38.74	39.44	39.79	39.32	0.53
1	33.22	33.08	34.07	33.46	0.54
2	20.02	19.83	20.65	20.17	0.43
3	22.48	21.76	22.53	22.26	0.43
4	34.03	33.84	34.61	34.16	0.40
5	39.39	38.78	39.65	39.27	0.45
6	43.67	43.83	44.61	44.04	0.50
7	52.11	51.98	52.99	52.36	0.55

ตารางที่ ข-3-5 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 1% และ 3%

ระยะเวลา	ค่าการนำไฟฟ้า ($\mu S / cm$)				
(วัน)	**ตัวควบคุม 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	604	620	612	612	8.00
1	538	559	547	548	10.54
2	502	506	522	510	10.58
3	478	482	495	485	8.89
4	469	480	482	477	7.00
5	456	468	465	463	6.24
6	478	480	488	482	5.29
7	475	485	492	484	8.54
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	624	621	630	625	4.58
1	576	582	588	582	6.00
2	532	525	545	534	10.15
3	462	468	471	467	4.58
4	480	484	491	485	5.57
5	518	518	530	522	6.93
6	553	555	566	558	7.00
7	613	620	627	620	7.00
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 3%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	664	668	675	669	5.57
1	582	583	590	585	4.36
2	499	508	517	508	9.00
3	504	507	525	512	11.36
4	610	613	625	616	7.94
5	676	681	683	680	3.61
6	728	734	743	735	7.55
7	814	832	838	828	12.49

ตารางที่ ข-3-6 ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดโดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 1% และ 3%

ระยะเวลา	**ค่าออกซิเจนละลาย (mg/L)**				
(วัน)	**ตัวควบคุม 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	1.32	1.44	1.35	1.37	0.06
1	1.87	1.65	1.58	1.70	0.15
2	1.85	1.92	2.02	1.93	0.09
3	2.25	2.21	2.29	2.25	0.04
4	3.06	3.08	3.18	3.11	0.06
5	4.01	4.14	4.12	4.09	0.07
6	2.92	2.96	3.06	2.98	0.07
7	2.60	2.62	2.73	2.65	0.07
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 1%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	0.39	0.43	0.48	0.43	0.05
1	0.58	0.53	0.49	0.53	0.05
2	0.68	0.69	0.78	0.72	0.06
3	2.02	2.06	2.15	2.08	0.07
4	1.62	1.65	1.78	1.68	0.09
5	1.44	1.47	1.56	1.49	0.06
6	0.55	0.54	0.62	0.57	0.04
7	0.50	0.45	0.42	0.46	0.04
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 3%**			$\bar{X}$	**S.D**
	1	**2**	**3**		
0	0.56	0.66	0.64	0.62	0.05
1	1.14	1.16	1.23	1.18	0.05
2	1.81	1.95	1.86	1.87	0.07
3	1.73	1.75	1.81	1.76	0.04
4	0.69	0.74	0.78	0.74	0.05
5	0.55	0.48	0.64	0.56	0.08
6	0.45	0.45	0.54	0.48	0.05
7	0.36	0.44	0.47	0.42	0.06

ตารางที่ ข-3-7 ค่าอุณหภูมิในน้ำเสียที่บำบัดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด โดยใช้สารเร่ง พ.ด.6 1% และ 3%

ระยะเวลา	อุณหภูมิ (°C)					
(วัน)	**ตัวควบคุม 1%**			$\bar{X}$	S.D	อุณหภูมิห้อง
	1	2	3			
0	25.9	25.9	25.9	25.9	0.00	25.8
1	28.1	28.0	28.2	28.1	0.10	27.9
2	28.3	28.4	28.2	28.3	0.10	28.2
3	30.1	30.2	30.3	30.2	0.10	29.8
4	29.0	29.1	29.2	29.1	0.10	28.7
5	29.0	29.0	29.0	29	0.00	28.6
6	29.9	30.1	30.0	30	0.10	29.7
7	30.0	30.2	30.1	30.1	0.10	29.6
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 1%**			$\bar{X}$	S.D	อุณหภูมิ
	1	2	3	ห้อง		ห้อง
0	25.8	26.0	25.9	25.9	0.10	25.8
1	28.3	28.4	28.5	28.4	0.10	27.9
2	28.6	28.5	28.7	28.6	0.10	28.2
3	30.3	30.3	30.3	30.3	0.00	29.8
4	29.1	29.3	29.2	29.2	0.10	28.7
5	28.9	29.0	29.1	29	0.10	28.6
6	29.9	30.1	30.0	30	0.10	29.7
7	30.1	30.1	30.1	30.1	0.00	29.6
(วัน)	**สารเร่ง พ.ด.6 3%**			$\bar{X}$	S.D	อุณหภูมิ
	1	2	3			ห้อง
0	25.8	26.0	25.9	25.9	0.10	25.8
1	28.2	28.4	28.3	28.3	0.10	27.9
2	28.4	28.5	28.6	28.5	0.10	28.2
3	30.2	30.2	30.2	30.2	0.00	29.8
4	28.8	28.9	29.0	28.9	0.10	28.7
5	29.0	29.1	29.2	29.1	0.10	28.6
6	30.0	30.0	30.0	30	0.00	29.7
7	30.0	30.2	30.1	30.1	0.10	29.6

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตาราง ค-1 ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD) ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ระยะเวลา	sCOD (mg/L)								
(วัน)	ตัวควบคุม			สารเร่ง พ.ด.6			จุลินทรีย์ทางการค้า		
	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%
0	148	136	110	410	421	480	272	280	609
	160	139	116	405	432	485	275	283	613
	140	132	114	408	424	474	268	280	612
$\bar{X}$	**149.3**	**135.7**	**113.3**	**407.7**	**425.7**	**479.7**	**271.7**	**281.0**	**611.3**
S.D.	**10.07**	**3.51**	**3.06**	**2.52**	**5.69**	**5.51**	**3.51**	**1.73**	**2.08**
1	120	125	102	160	80	231	220	554	228
	115	122	104	165	83	227	217	554	228
	118	120	106	164	82	228	215	555	223
$\bar{X}$	**117.7**	**122.3**	**104.0**	**163.0**	**81.7**	**228.7**	**217.3**	**554.3**	**226.3**
S.D.	**2.52**	**2.52**	**2.00**	**2.65**	**1.53**	**2.08**	**2.52**	**0.58**	**2.89**
2	92	73	108	95	103	216	210	455	360
	91	74	103	94	102	218	207	450	362
	89	70	102	96	100	213	208	453	364
$\bar{X}$	**90.7**	**72.3**	**104.3**	**95.0**	**101.7**	**215.7**	**208.3**	**452.7**	**362.0**
S.D.	**1.53**	**2.08**	**3.21**	**1.00**	**1.53**	**2.52**	**1.53**	**2.52**	**2.00**
3	65	66	125	66	122	270	200	640	165
	60	67	122	64	120	269	198	638	164
	65	65	120	67	123	274	199	638	160
$\bar{X}$	**63.3**	**66.0**	**122.3**	**65.7**	**121.7**	**271.0**	**199.0**	**638.7**	**163.0**
S.D.	**2.89**	**1.00**	**2.52**	**1.53**	**1.53**	**2.65**	**1.00**	**1.15**	**2.65**
4	25	32	70	140	337	365	206	740	455
	21	33	65	132	347	360	206	741	454
	22	30	69	135	335	362	207	742	449
$\bar{X}$	**22.7**	**31.7**	**68.0**	**135.7**	**339.7**	**362.3**	**206.3**	**741.0**	**452.7**
S.D.	**2.08**	**1.53**	**2.65**	**4.04**	**6.43**	**2.52**	**0.58**	**1.00**	**3.21**
5	10	30	71	252	481	650	365	1060	653
	9	32	64	249	472	652	363	1061	650
	9	32	68	250	473	651	364	1058	653
$\bar{X}$	**9.3**	**31.3**	**67.7**	**250.3**	**475.3**	**651.0**	**364.0**	**1059.7**	**652.0**
S.D.	**0.58**	**1.15**	**3.51**	**1.53**	**4.93**	**1.00**	**1.00**	**1.53**	**1.73**
6	6	168	61	320	501	1047	326	250	908
	6	170	58	328	503	1046	325	243	909
	4	165	57	330	504	1045	328	240	903
$\bar{X}$	**5.3**	**167.7**	**58.7**	**326.0**	**502.7**	**1046.0**	**326.3**	**244.3**	**906.7**
S.D.	**1.15**	**2.52**	**2.08**	**5.29**	**1.53**	**1.00**	**1.53**	**5.13**	**3.21**

H_0 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด ที่ให้ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน

H_1 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ให้ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้แตกต่างกัน

ตาราง ค-2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD) ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ANOVA

sCOD

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1971967.407	8	246495.926	7.422	.000
Within Groups	1793309.363	54	33209.433		
Total	3765276.770	62			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: sCOD

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1%	control3%	-24.0714	97.40847	1.000	-338.7737	290.6308
	control5%	-25.7857	97.40847	1.000	-340.4880	288.9165
	พด6.1%	-140.7429	97.40847	.875	-455.4451	173.9594
	พด6.3%	-227.0286	97.40847	.343	-541.7308	87.6737
	พด6.5%	-399.5143*	97.40847	.004	-714.2165	-84.8120
	จุลินทรีย์การค้า1%	-190.7571	97.40847	.578	-505.4594	123.9451
	จุลินทรีย์การค้า3%	-501.9143*	97.40847	.000	-816.6165	-187.2120
	จุลินทรีย์การค้า5%	-416.5571*	97.40847	.002	-731.2594	-101.8549
control3%	control1%	24.0714	97.40847	1.000	-290.6308	338.7737
	control5%	-1.7143	97.40847	1.000	-316.4165	312.9880
	พด6.1%	-116.6714	97.40847	.954	-431.3737	198.0308
	พด6.3%	-202.9571	97.40847	.495	-517.6594	111.7451
	พด6.5%	-375.4429*	97.40847	.009	-690.1451	-60.7406
	จุลินทรีย์การค้า1%	-166.6857	97.40847	.737	-481.3880	148.0165
	จุลินทรีย์การค้า%	-477.8429*	97.40847	.000	-792.5451	-163.1406
	จุลินทรีย์การค้า5%	-392.4857*	97.40847	.005	-707.1880	-77.7835
control5%	control1%	25.7857	97.40847	1.000	-288.9165	340.4880

	control3%	1.7143	97.40847	1.000	-312.9880	316.4165
	พด6.1%	-114.9571	97.40847	.957	-429.6594	199.7451
	พด6.3%	-201.2429	97.40847	.506	-515.9451	113.4594
	พด6.5%	-373.7286*	97.40847	.009	-688.4308	-59.0263
	จุลินทรีย์การค้า1%	-164.9714	97.40847	.748	-479.6737	149.7308
	จุลินทรีย์การค้า3%	-476.1286*	97.40847	.000	-790.8308	-161.4263
	จุลินทรีย์การค้า5%	-390.7714*	97.40847	.005	-705.4737	-76.0692
พด6.1%	control1%	140.7429	97.40847	.875	-173.9594	455.4451
	control3%	116.6714	97.40847	.954	-198.0308	431.3737
	control5%	114.9571	97.40847	.957	-199.7451	429.6594
	พด6.3%	-86.2857	97.40847	.993	-400.9880	228.4165
	พด6.5%	-258.7714	97.40847	.188	-573.4737	55.9308
	จุลินทรีย์การค้า1%	-50.0143	97.40847	1.000	-364.7165	264.6880
	จุลินทรีย์การค้า3%	-361.1714*	97.40847	.013	-675.8737	-46.4692
	จุลินทรีย์การค้า5%	-275.8143	97.40847	.130	-590.5165	38.8880
พด6.3%	control1%	227.0286	97.40847	.343	-87.6737	541.7308
	control3%	202.9571	97.40847	.495	-111.7451	517.6594
	control5%	201.2429	97.40847	.506	-113.4594	515.9451
	พด6.1%	86.2857	97.40847	.993	-228.4165	400.9880
	พด6.5%	-172.4857	97.40847	.700	-487.1880	142.2165
	จุลินทรีย์การค้า1%	36.2714	97.40847	1.000	-278.4308	350.9737
	จุลินทรีย์การค้า3%	-274.8857	97.40847	.133	-589.5880	39.8165
	จุลินทรีย์การค้า5%	-189.5286	97.40847	.586	-504.2308	125.1737
พด6.5%	control1%	399.5143*	97.40847	.004	84.8120	714.2165
	control3%	375.4429*	97.40847	.009	60.7406	690.1451
	control5%	373.7286*	97.40847	.009	59.0263	688.4308
	พด6.1%	258.7714	97.40847	.188	-55.9308	573.4737
	พด6.3%	172.4857	97.40847	.700	-142.2165	487.1880
	จุลินทรีย์การค้า1%	208.7571	97.40847	.456	-105.9451	523.4594
	จุลินทรีย์การค้า3%	-102.4000	97.40847	.979	-417.1022	212.3022
	จุลินทรีย์การค้า5%	-17.0429	97.40847	1.000	-331.7451	297.6594
จุลินทรีย์การค้า1%	control1%	190.7571	97.40847	.578	-123.9451	505.4594
	control3%	166.6857	97.40847	.737	-148.0165	481.3880
	control5%	164.9714	97.40847	.748	-149.7308	479.6737
	พด6.1%	50.0143	97.40847	1.000	-264.6880	364.7165
	พด6.3%	-36.2714	97.40847	1.000	-350.9737	278.4308
	พด6.5%	-208.7571	97.40847	.456	-523.4594	105.9451
	จุลินทรีย์การค้า3%	-311.1571	97.40847	.055	-625.8594	3.5451
	จุลินทรีย์การค้า5%	-225.8000	97.40847	.350	-540.5022	88.9022
จุลินทรีย์การค้า3%	control1%	501.9143*	97.40847	.000	187.2120	816.6165

	control3%	477.8429*	97.40847	.000	163.1406	792.5451
	control5%	476.1286*	97.40847	.000	161.4263	790.8308
	พด6.1%	361.1714*	97.40847	.013	46.4692	675.8737
	พด6.3%	274.8857	97.40847	.133	-39.8165	589.5880
	พด6.5%	102.4000	97.40847	.979	-212.3022	417.1022
	จุลินทรีย์การค้า1%	311.1571	97.40847	.055	-3.5451	625.8594
	จุลินทรีย์การค้า5%	85.3571	97.40847	.993	-229.3451	400.0594
จุลินทรีย์การค้า5%	control1%	416.5571*	97.40847	.002	101.8549	731.2594
	control3%	392.4857*	97.40847	.005	77.7835	707.1880
	control5%	390.7714*	97.40847	.005	76.0692	705.4737
	พด6.1%	275.8143	97.40847	.130	-38.8880	590.5165
	พด6.3%	189.5286	97.40847	.586	-125.1737	504.2308
	พด6.5%	17.0429	97.40847	1.000	-297.6594	331.7451
	จุลินทรีย์การค้า1%	225.8000	97.40847	.350	-88.9022	540.5022
	จุลินทรีย์การค้า3%	-85.3571	97.40847	.993	-400.0594	229.3451

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 33209.433.

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0สรุปว่าค่า sCOD ของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% และเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Turkey ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ชนิด 1% พบว่า ทั้ง พด6 และจุลินทรีย์การค้าไม่มีความแตกต่างกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และ ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ 3% พบว่า ทั้ง พด6 ไม่มีความแตกต่างกอย่างมีนัยสำคัญ แต่จุลินทรีย์การค้า มีความแตกต่างอย่างมีนับสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมและชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ 5% พบว่า ทั้ง พด6 และจุลินทรีย์การค้า มีความแตกต่างกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

ตาราง ค-3 ค่าความเป็นกรด-ด่างในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ระยะเวลา (วัน)	**pH**								
	ตัวควบคุม			**สารเร่ง พ.ด.6**			**จุลินทรีย์ทางการค้า**		
	1%	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**
0	4.7	4.6	5.0	4.4	4.5	3.9	4.6	4.3	3.4
	4.7	4.9	4.7	3.9	4.1	4.2	4.1	4.2	4.2
	4.6	4.5	4.8	4.2	4.2	4.1	4.8	3.9	4.5
$\bar{X}$	**4.7**	**4.7**	**4.8**	**4.2**	**4.3**	**4.1**	**4.5**	**4.1**	**4.0**
S.D.	**0.06**	**0.21**	**0.15**	**0.25**	**0.21**	**0.15**	**0.36**	**0.21**	**0.55**
1	4.8	4.7	4.7	4.8	5.1	4.3	4.7	4.4	5.0
	4.6	4.8	4.9	5.2	5.0	4.5	5.2	4.3	4.7
	4.9	4.7	5.2	4.6	4.7	4.4	4.6	4.5	4.8
$\bar{X}$	**4.8**	**4.7**	**4.9**	**4.9**	**4.9**	**4.4**	**4.8**	**4.4**	**4.8**
S.D.	**0.15**	**0.06**	**0.25**	**0.31**	**0.21**	**0.10**	**0.32**	**0.10**	**0.15**
2	4.8	4.7	4.9	4.9	4.9	4.2	5.3	4.3	4.7
	5.0	4.9	4.8	5.1	4.6	4.4	5.1	4.6	4.7
	4.9	5.3	5.1	5.1	5.2	4.5	5.1	4.1	4.4
$\bar{X}$	**4.9**	**5.0**	**4.9**	**5.0**	**4.9**	**4.4**	**5.2**	**4.3**	**4.6**
S.D.	**0.10**	**0.31**	**0.15**	**0.12**	**0.30**	**0.15**	**0.12**	**0.25**	**0.17**
3	5.8	5.5	5.6	5.2	4.8	4.3	5.2	4.3	4.8
	6.4	6.1	6.3	5.1	4.5	4.2	5.5	4.1	5.0
	5.6	5.8	5.7	5.4	5.2	4.2	5.5	4.0	5.2
$\bar{X}$	**5.9**	**5.8**	**5.9**	**5.2**	**4.8**	**4.2**	**5.4**	**4.1**	**5.0**
S.D.	**0.42**	**0.30**	**0.38**	**0.15**	**0.35**	**0.06**	**0.17**	**0.15**	**0.20**
4	6.1	6.6	6.1	5.1	4.6	4.4	5.3	3.6	4.6
	6.0	6.4	5.8	4.9	4.4	4.5	5.1	4.0	4.7
	6.4	6.2	6.3	5.3	4.9	4.0	5.2	4.3	3.7
$\bar{X}$	**6.2**	**6.4**	**6.1**	**5.1**	**4.6**	**4.3**	**5.2**	**4.0**	**4.3**
S.D.	**0.21**	**0.20**	**0.25**	**0.20**	**0.25**	**0.26**	**0.10**	**0.35**	**0.55**
5	6.5	6.1	6.5	5.1	4.0	3.3	4.5	3.4	4.2
	6.6	6.3	5.9	4.7	4.1	4.2	4.2	3.6	3.6
	6.1	6.5	5.9	4.5	4.3	3.8	4.4	3.1	3.9
$\bar{X}$	**6.4**	**6.3**	**6.1**	**4.8**	**4.1**	**3.8**	**4.4**	**3.4**	**3.9**
S.D.	**0.26**	**0.20**	**0.35**	**0.31**	**0.15**	**0.45**	**0.15**	**0.25**	**0.30**
6	7.1	5.2	6.4	4.4	4.0	3.5	4.4	4.4	3.7
	6.7	5.9	6.2	4.6	4.0	3.6	4.1	5.3	3.8
	6.4	5.8	6.0	4.3	4.1	3.1	4.5	4.9	3.5
$\bar{X}$	**6.7**	**5.6**	**6.2**	**4.4**	**4.0**	**3.4**	**4.3**	**4.9**	**3.7**
S.D.	**0.35**	**0.38**	**0.20**	**0.15**	**0.06**	**0.26**	**0.21**	**0.45**	**0.15**

H_0 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ให้ค่า pH ที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน

H_1 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ให้ค่า pH ละลายน้ำได้แตกต่างกัน

ตาราง ค-4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรด-ด่าง ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.807	8	2.601	8.519	.000
Within Groups	16.487	54	.305		
Total	37.294	62			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1%	control3%	.15857	.29535	1.000	-.7956	1.1128
	control5%	.09857	.29535	1.000	-.8556	1.0528
	พด6.1%	.85429	.29535	.113	-.0999	1.8085
	พด6.3%	1.11429*	.29535	.011	.1601	2.0685
	พด6.5%	1.57571*	.29535	.000	.6215	2.5299
	จุลินทรีย์การค้า1%	.83571	.29535	.131	-.1185	1.7899
	จุลินทรีย์การค้า3%	1.48571*	.29535	.000	.5315	2.4399
	จุลินทรีย์การค้า5%	1.31000*	.29535	.001	.3558	2.2642
control3%	control1%	-.15857	.29535	1.000	-1.1128	.7956
	control5%	-.06000	.29535	1.000	-1.0142	.8942
	พด6.1%	.69571	.29535	.329	-.2585	1.6499
	พด6.3%	.95571*	.29535	.049	.0015	1.9099
	พด6.5%	1.41714*	.29535	.000	.4629	2.3714
	จุลินทรีย์การค้า1%	.67714	.29535	.365	-.2771	1.6314
	จุลินทรีย์การค้า3%	1.32714*	.29535	.001	.3729	2.2814
	จุลินทรีย์การค้า5%	1.15143*	.29535	.008	.1972	2.1056
control5%	control1%	-.09857	.29535	1.000	-1.0528	.8556
	control3%	.06000	.29535	1.000	-.8942	1.0142
	พด6.1%	.75571	.29535	.228	-.1985	1.7099
	พด6.3%	1.01571*	.29535	.029	.0615	1.9699
	พด6.5%	1.47714*	.29535	.000	.5229	2.4314
	จุลินทรีย์การค้า1%	.73714	.29535	.257	-.2171	1.6914

	จุลินทรีย์การค้า3%	1.38714*	.29535	.001	.4329	2.3414
	จุลินทรีย์การค้า5%	1.21143*	.29535	.004	.2572	2.1656
พด6.1%	control1%	-.85429	.29535	.113	-1.8085	.0999
	control3%	-.69571	.29535	.329	-1.6499	.2585
	control5%	-.75571	.29535	.228	-1.7099	.1985
	พด6.3%	.26000	.29535	.993	-.6942	1.2142
	พด6.5%	.72143	.29535	.283	-.2328	1.6756
	จุลินทรีย์การค้า1%	-.01857	.29535	1.000	-.9728	.9356
	จุลินทรีย์การค้า3%	.63143	.29535	.460	-.3228	1.5856
	จุลินทรีย์การค้า5%	.45571	.29535	.830	-.4985	1.4099
พด6.3%	control1%	-1.11429*	.29535	.011	-2.0685	-.1601
	control3%	-.95571*	.29535	.049	-1.9099	-.0015
	control5%	-1.01571*	.29535	.029	-1.9699	-.0615
	พด6.1%	-.26000	.29535	.993	-1.2142	.6942
	พด6.5%	.46143	.29535	.820	-.4928	1.4156
	จุลินทรีย์การค้า1%	-.27857	.29535	.989	-1.2328	.6756
	จุลินทรีย์การค้า3%	.37143	.29535	.939	-.5828	1.3256
	จุลินทรีย์การค้า5%	.19571	.29535	.999	-.7585	1.1499
พด6.5%	control1%	-1.57571*	.29535	.000	-2.5299	-.6215
	control3%	-1.41714*	.29535	.000	-2.3714	-.4629
	control5%	-1.47714*	.29535	.000	-2.4314	-.5229
	พด6.1%	-.72143	.29535	.283	-1.6756	.2328
	พด6.3%	-.46143	.29535	.820	-1.4156	.4928
	จุลินทรีย์การค้า1%	-.74000	.29535	.252	-1.6942	.2142
	จุลินทรีย์การค้า3%	-.09000	.29535	1.000	-1.0442	.8642
	จุลินทรีย์การค้า5%	-.26571	.29535	.992	-1.2199	.6885
จุลินทรีย์การค้า1%	control1%	-.83571	.29535	.131	-1.7899	.1185
	control3%	-.67714	.29535	.365	-1.6314	.2771
	control5%	-.73714	.29535	.257	-1.6914	.2171
	พด6.1%	.01857	.29535	1.000	-.9356	.9728
	พด6.3%	.27857	.29535	.989	-.6756	1.2328
	พด6.5%	.74000	.29535	.252	-.2142	1.6942
	จุลินทรีย์การค้า3%	.65000	.29535	.420	-.3042	1.6042
	จุลินทรีย์การค้า5%	.47429	.29535	.797	-.4799	1.4285
จุลินทรีย์การค้า3%	control1%	-1.48571*	.29535	.000	-2.4399	-.5315
	control3%	-1.32714*	.29535	.001	-2.2814	-.3729
	control5%	-1.38714*	.29535	.001	-2.3414	-.4329
	พด6.1%	-.63143	.29535	.460	-1.5856	.3228
	พด6.3%	-.37143	.29535	.939	-1.3256	.5828
	พด6.5%	.09000	.29535	1.000	-.8642	1.0442

	จุลินทรีย์การค้า1%	-.65000	.29535	.420	-1.6042	.3042
	จุลินทรีย์การค้า5%	-.17571	.29535	1.000	-1.1299	.7785
จุลินทรีย์การค้า5%	control1%	-1.31000*	.29535	.001	-2.2642	-.3558
	control3%	-1.15143*	.29535	.008	-2.1056	-.1972
	control5%	-1.21143*	.29535	.004	-2.1656	-.2572
	พด6.1%	-.45571	.29535	.830	-1.4099	.4985
	พด6.3%	-.19571	.29535	.999	-1.1499	.7585
	พด6.5%	.26571	.29535	.992	-.6885	1.2199
	จุลินทรีย์การค้า1%	-.47429	.29535	.797	-1.4285	.4799
	จุลินทรีย์การค้า3%	.17571	.29535	1.000	-.7785	1.1299

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0สรุปว่าค่า pH ของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% และเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Turkey ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ชนิด 1% พบว่า ทั้ง พด6 และจุลินทรีย์การค้า ไม่มีความแตกต่างกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และ ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ 3% พบว่า ทั้ง พด6 และจุลินทรีย์การค้า มีความแตกต่างอย่างมีนับสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และ ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ 5% พบว่า ทั้ง พด6 และจุลินทรีย์การค้า มีความแตกต่างกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

ตาราง ค-5 อุณหภูมิในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ระยะเวลา	อุณหภูมิ (°C)									
(วัน)	ตัวควบคุม			สารเร่ง พ.ด.6			จุลินทรีย์ทางการค้า			อุณหภูมิห้อง
	1%	3%	5%	1%	3%	5%	1%	3%	5%	
0	25.7	25.7	25.8	25.7	25.7	25.7	25.8	25.7	25.7	25.5
	25.8	25.7	25.7	25.8	25.8	25.7	25.6	25.7	25.7	
	25.9	25.7	25.6	25.9	25.9	25.4	25.7	25.7	25.7	
$\bar{X}$	**25.8**	**25.7**	**25.7**	**25.8**	**25.8**	**25.6**	**25.7**	**25.7**	**25.7**	
S.D.	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.17**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	
1	28.1	28.1	28.2	28.1	28.2	28.1	28.2	28.2	28.2	27.8
	28.3	28.2	28.2	28	28.1	28.1	28.2	28.2	28.2	
	27.9	28	28.2	28.2	28.3	28.1	28.2	28.2	28.2	
$\bar{X}$	**28.1**	**28.1**	**28.2**	**28.1**	**28.2**	**28.1**	**28.2**	**28.2**	**28.2**	
S.D.	**0.20**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	
2	28.3	28.4	28.4	28.4	28.4	28.3	28.5	28.2	28.2	28.1
	28.4	28.4	28.5	28.4	28.4	28.3	28.5	28.3	28.3	
	28.5	28.4	28.3	28.4	28.4	28	28.5	28.4	28.4	
$\bar{X}$	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.2**	**28.5**	**28.3**	**28.3**	
S.D.	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.17**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	
3	30	30	30.1	30.1	30	30.1	30	29.8	30	29.5
	30	30	30	30.2	30	30.2	30	29.6	30	
	30	30	29.9	30	30	30	30	30	30	
$\bar{X}$	**30.0**	**30.0**	**30.0**	**30.1**	**30.0**	**30.1**	**30.0**	**29.8**	**30.0**	
S.D.	**0.00**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.00**	**0.20**	**0.00**	
4	29.2	29.2	29.2	29	29	29	29	29.2	29.2	28.6
	29	29.3	29.2	29	29	29	29	29.2	29.4	
	28.8	29.1	29.2	29	29	29	29	29.2	29.3	
$\bar{X}$	**29.0**	**29.2**	**29.2**	**29.0**	**29.0**	**29.0**	**29.0**	**29.2**	**29.3**	
S.D.	**0.20**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.10**	
5	28.7	28.8	28.7	28.8	28.9	28.8	28.8	28.8	28.8	28.4
	28.8	28.7	28.7	28.9	28.8	28.9	28.9	28.9	28.9	
	28.9	28.9	28.7	28.7	29	28.7	28.7	28.7	28.7	
$\bar{X}$	**28.8**	**28.8**	**28.7**	**28.8**	**28.9**	**28.8**	**28.8**	**28.8**	**28.8**	
S.D.	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	
6	30.2	29.7	29.8	29.9	29.9	29.9	29.6	29.9	29.8	29.4
	30.2	29.8	29.8	30	29.7	29.7	29.7	29.7	29.8	
	29	29.6	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	
$\bar{X}$	**29.8**	**29.7**	**29.8**	**29.9**	**29.8**	**29.8**	**29.7**	**29.8**	**29.8**	
S.D.	**0.69**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	

H_0 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ให้ค่า อุณหภูมิที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน

H_1 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ให้ค่า อุณหภูมิละลายน้ำได้แตกต่างกัน

ตาราง ค-6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิที่ละลายน้ำได้ (pH)ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ANOVA

Temp

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.014	8	.002	.001	1.000
Within Groups	111.034	54	2.056		
Total	111.049	62			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Temp

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1%	control3%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	control5%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	พด6.1%	-.02857	.76647	1.000	-2.5049	2.4477
	พด6.3%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	พด6.5%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	จุลินทรีย์การค้า1%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	จุลินทรีย์การค้า3%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	จุลินทรีย์การค้า5%	-.02857	.76647	1.000	-2.5049	2.4477
control3%	control1%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	control5%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	พด6.1%	-.02857	.76647	1.000	-2.5049	2.4477
	พด6.3%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	พด6.5%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	จุลินทรีย์การค้า1%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	จุลินทรีย์การค้า3%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	จุลินทรีย์การค้า5%	-.02857	.76647	1.000	-2.5049	2.4477
control5%	control1%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	control3%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	พด6.1%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	พด6.3%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	พด6.5%	.02857	.76647	1.000	-2.4477	2.5049
	จุลินทรีย์การค้า1%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906

	จุลินทรีย์การค้า3%	.02857	.76647	1.000	-2.4477	2.5049
	จุลินทรีย์การค้า5%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
พด6.1%	control1%	.02857	.76647	1.000	-2.4477	2.5049
	control3%	.02857	.76647	1.000	-2.4477	2.5049
	control5%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	พด6.3%	.02857	.76647	1.000	-2.4477	2.5049
	พด6.5%	.04286	.76647	1.000	-2.4334	2.5191
	จุลินทรีย์การค้า1%	.02857	.76647	1.000	-2.4477	2.5049
	จุลินทรีย์การค้า3%	.04286	.76647	1.000	-2.4334	2.5191
	จุลินทรีย์การค้า5%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
พด6.3%	control1%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	control3%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	control5%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	พด6.1%	-.02857	.76647	1.000	-2.5049	2.4477
	พด6.5%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	จุลินทรีย์การค้า1%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	จุลินทรีย์การค้า3%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	จุลินทรีย์การค้า5%	-.02857	.76647	1.000	-2.5049	2.4477
พด6.5%	control1%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	control3%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	control5%	-.02857	.76647	1.000	-2.5049	2.4477
	พด6.1%	-.04286	.76647	1.000	-2.5191	2.4334
	พด6.3%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	จุลินทรีย์การค้า1%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	จุลินทรีย์การค้า3%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	จุลินทรีย์การค้า5%	-.04286	.76647	1.000	-2.5191	2.4334
จุลินทรีย์การค้า1%	control1%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	control3%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	control5%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	พด6.1%	-.02857	.76647	1.000	-2.5049	2.4477
	พด6.3%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	พด6.5%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	จุลินทรีย์การค้า3%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	จุลินทรีย์การค้า5%	-.02857	.76647	1.000	-2.5049	2.4477
จุลินทรีย์การค้า3%	control1%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	control3%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	control5%	-.02857	.76647	1.000	-2.5049	2.4477
	พด6.1%	-.04286	.76647	1.000	-2.5191	2.4334
	พด6.3%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	พด6.5%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763

	จุลินทรีย์การค้า1%	-.01429	.76647	1.000	-2.4906	2.4620
	จุลินทรีย์การค้า5%	-.04286	.76647	1.000	-2.5191	2.4334
จุลินทรีย์การค้า5%	control1%	.02857	.76647	1.000	-2.4477	2.5049
	control3%	.02857	.76647	1.000	-2.4477	2.5049
	control5%	.01429	.76647	1.000	-2.4620	2.4906
	พด6.1%	.00000	.76647	1.000	-2.4763	2.4763
	พด6.3%	.02857	.76647	1.000	-2.4477	2.5049
	พด6.5%	.04286	.76647	1.000	-2.4334	2.5191
	จุลินทรีย์การค้า1%	.02857	.76647	1.000	-2.4477	2.5049
	จุลินทรีย์การค้า3%	.04286	.76647	1.000	-2.4334	2.5191

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ 1.000 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_1สรุปว่าอุณหภูมิของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% และเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Turkey ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ชนิด 1% 2% หรือ 3% พบว่า ทั้ง พด6 และจุลินทรีย์การค้าไม่มีความแตกต่างกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตาราง ค-7 ค่าการนำไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ระยะเวลา (วัน)	**ค่าการนำไฟฟ้า (μS / cm)**								
	ตัวควบคุม			**สารเร่ง พ.ด.6**			**จุลินทรีย์ทางการค้า**		
	1%	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**
0	520.5	514.25	502.98	684.4	695	733.66	575.5	612.07	784.14
	521.23	514.2	504.62	683.72	695	741.23	640.43	612	783.87
	521.27	513.54	504.4	683.87	695	727.22	608	611.86	783.63
$\bar{X}$	521.00	514.00	504.00	684.00	695.00	734.04	607.98	611.98	783.88
S.D.	0.43	0.40	0.89	0.36	0.00	7.01	32.47	0.11	0.26
1	505.31	504.65	503.06	536.28	486	572.31	573	772.42	576.37
	507.04	513.14	498.09	538.8	486	575.41	572.91	764.11	576.62
	502.63	506.21	492.84	541.71	485.92	578.36	572.68	767.52	577.5
$\bar{X}$	504.99	508.00	498.00	538.93	485.97	575.36	572.86	768.02	576.83
S.D.	2.22	4.52	5.11	2.72	0.05	3.03	0.17	4.18	0.59
2	489.37	484.64	498.22	495.35	496.08	572.28	567.28	717.49	662.31
	489.43	485.19	497.79	495.33	496.52	572.16	560.88	718.26	662.12
	487.96	485.87	498.64	494.6	494.91	570.98	572.76	715.97	661.47
$\bar{X}$	**488.92**	**485.23**	**498.22**	**495.09**	**495.84**	**571.81**	**566.97**	**717.24**	**661.97**
S.D.	**0.83**	**0.62**	**0.43**	**0.43**	**0.83**	**0.72**	**5.95**	**1.17**	**0.44**
3	480.48	482.51	508.78	481.54	507.39	608.23	560.59	796.93	540.67
	481.15	480.74	506.97	481.63	507.14	608.71	561.28	795.75	540.12
	479.73	482.98	509.44	478.77	506.87	606.86	561.46	796.48	539.94
$\bar{X}$	**480.45**	**482.08**	**508.40**	**480.65**	**507.13**	**607.93**	**561.11**	**796.39**	**540.24**
S.D.	**0.71**	**1.18**	**1.28**	**1.63**	**0.26**	**0.96**	**0.46**	**0.60**	**0.38**
4	458.77	462.3	483.18	514.08	638.34	663.04	565.51	820.83	717.88
	459.14	461.39	482.85	514.28	637.82	661.49	564.94	826.39	716.82
	459.24	460.54	483.16	513.37	638.69	662.73	565.1	824.71	717.19
$\bar{X}$	**459.05**	**461.41**	**483.06**	**513.91**	**638.28**	**662.42**	**565.18**	**823.98**	**717.30**
S.D.	**0.25**	**0.88**	**0.19**	**0.48**	**0.44**	**0.82**	**0.29**	**2.85**	**0.54**
5	451.78	473.67	483.68	594.44	731.67	786.48	663.26	954.18	802.32
	452.36	473.21	482.74	593.74	731.3	785.29	661.68	955.23	803.5
	452.64	472.89	483	594.35	730.61	786.47	663.5	952.6	803
$\bar{X}$	**452.26**	**473.26**	**483.14**	**594.18**	**731.19**	**786.08**	**662.81**	**954.00**	**802.94**
S.D.	**0.44**	**0.39**	**0.49**	**0.38**	**0.54**	**0.68**	**0.99**	**1.32**	**0.59**
6	440.4	541.81	478.55	629.58	745.16	947.28	662	589.09	896.33
	442.07	540.57	478.17	630.07	743.94	944.79	662.14	589.34	895.91
	441.16	541.12	477.14	630.31	746.32	949.24	661.59	588.69	896.51
$\bar{X}$	**441.21**	**541.17**	**477.95**	**629.99**	**745.14**	**947.10**	**661.91**	**589.04**	**896.25**
S.D.	**0.84**	**0.62**	**0.73**	**0.37**	**1.19**	**2.23**	**0.29**	**0.33**	**0.31**

H_0 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ให้ค่าการนำไฟฟ้าที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน

H_1 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ให้ค่าการนำไฟฟ้าละลายน้ำได้แตกต่างกัน

ตาราง ค-8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้าที่ละลายน้ำได้ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ANOVA

Cunduc

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	586547.937	8	73318.492	8.963	.000
Within Groups	441747.714	54	8180.513		
Total	1028295.651	62			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Cunduc

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1%	control3%	-16.71429	48.34552	1.000	-172.9065	139.4779
	control5%	-15.00000	48.34552	1.000	-171.1922	141.1922
	พด6.1%	-84.28571	48.34552	.717	-240.4779	71.9065
	พด6.3%	-135.85714	48.34552	.136	-292.0494	20.3351
	พด6.5%	-219.57143*	48.34552	.001	-375.7636	-63.3792
	จุลินทรีย์การค้า1%	-121.71429	48.34552	.247	-277.9065	34.4779
	จุลินทรีย์การค้า3%	-273.28571*	48.34552	.000	-429.4779	-117.0935
	จุลินทรีย์การค้า5%	-233.14286*	48.34552	.000	-389.3351	-76.9506
control3%	control1%	16.71429	48.34552	1.000	-139.4779	172.9065
	control5%	1.71429	48.34552	1.000	-154.4779	157.9065
	พด6.1%	-67.57143	48.34552	.894	-223.7636	88.6208
	พด6.3%	-119.14286	48.34552	.272	-275.3351	37.0494
	พด6.5%	-202.85714*	48.34552	.003	-359.0494	-46.6649
	จุลินทรีย์การค้า1%	-105.00000	48.34552	.438	-261.1922	51.1922
	จุลินทรีย์การค้า3%	-256.57143*	48.34552	.000	-412.7636	-100.3792
	จุลินทรีย์การค้า5%	-216.42857*	48.34552	.001	-372.6208	-60.2364
control5%	control1%	15.00000	48.34552	1.000	-141.1922	171.1922
	control3%	-1.71429	48.34552	1.000	-157.9065	154.4779
	พด6.1%	-69.28571	48.34552	.880	-225.4779	86.9065
	พด6.3%	-120.85714	48.34552	.255	-277.0494	35.3351
	พด6.5%	-204.57143*	48.34552	.003	-360.7636	-48.3792
	จุลินทรีย์การค้า1%	-106.71429	48.34552	.416	-262.9065	49.4779

	จุลินทรีย์การค้า3%	-258.28571*	48.34552	.000	-414.4779	-102.0935
	จุลินทรีย์การค้า5%	-218.14286*	48.34552	.001	-374.3351	-61.9506
พด6.1%	control1%	84.28571	48.34552	.717	-71.9065	240.4779
	control3%	67.57143	48.34552	.894	-88.6208	223.7636
	control5%	69.28571	48.34552	.880	-86.9065	225.4779
	พด6.3%	-51.57143	48.34552	.977	-207.7636	104.6208
	พด6.5%	-135.28571	48.34552	.140	-291.4779	20.9065
	จุลินทรีย์การค้า1%	-37.42857	48.34552	.997	-193.6208	118.7636
	จุลินทรีย์การค้า3%	-189.00000*	48.34552	.007	-345.1922	-32.8078
	จุลินทรีย์การค้า5%	-148.85714	48.34552	.073	-305.0494	7.3351
พด6.3%	control1%	135.85714	48.34552	.136	-20.3351	292.0494
	control3%	119.14286	48.34552	.272	-37.0494	275.3351
	control5%	120.85714	48.34552	.255	-35.3351	277.0494
	พด6.1%	51.57143	48.34552	.977	-104.6208	207.7636
	พด6.5%	-83.71429	48.34552	.725	-239.9065	72.4779
	จุลินทรีย์การค้า1%	14.14286	48.34552	1.000	-142.0494	170.3351
	จุลินทรีย์การค้า3%	-137.42857	48.34552	.127	-293.6208	18.7636
	จุลินทรีย์การค้า5%	-97.28571	48.34552	.542	-253.4779	58.9065
พด6.5%	control1%	219.57143*	48.34552	.001	63.3792	375.7636
	control3%	202.85714*	48.34552	.003	46.6649	359.0494
	control5%	204.57143*	48.34552	.003	48.3792	360.7636
	พด6.1%	135.28571	48.34552	.140	-20.9065	291.4779
	พด6.3%	83.71429	48.34552	.725	-72.4779	239.9065
	จุลินทรีย์การค้า1%	97.85714	48.34552	.534	-58.3351	254.0494
	จุลินทรีย์การค้า3%	-53.71429	48.34552	.970	-209.9065	102.4779
	จุลินทรีย์การค้า5%	-13.57143	48.34552	1.000	-169.7636	142.6208
จุลินทรีย์การค้า1%	control1%	121.71429	48.34552	.247	-34.4779	277.9065
	control3%	105.00000	48.34552	.438	-51.1922	261.1922
	control5%	106.71429	48.34552	.416	-49.4779	262.9065
	พด6.1%	37.42857	48.34552	.997	-118.7636	193.6208
	พด6.3%	-14.14286	48.34552	1.000	-170.3351	142.0494
	พด6.5%	-97.85714	48.34552	.534	-254.0494	58.3351
	จุลินทรีย์การค้า3%	-151.57143	48.34552	.064	-307.7636	4.6208
	จุลินทรีย์การค้า5%	-111.42857	48.34552	.358	-267.6208	44.7636
จุลินทรีย์การค้า3%	control1%	273.28571*	48.34552	.000	117.0935	429.4779
	control3%	256.57143*	48.34552	.000	100.3792	412.7636
	control5%	258.28571*	48.34552	.000	102.0935	414.4779
	พด6.1%	189.00000*	48.34552	.007	32.8078	345.1922
	พด6.3%	137.42857	48.34552	.127	-18.7636	293.6208
	พด6.5%	53.71429	48.34552	.970	-102.4779	209.9065

	จุลินทรีย์การค้า1%	151.57143	48.34552	.064	-4.6208	307.7636
	จุลินทรีย์การค้า5%	40.14286	48.34552	.995	-116.0494	196.3351
จุลินทรีย์การค้า5%	control1%	233.14286*	48.34552	.000	76.9506	389.3351
	control3%	216.42857*	48.34552	.001	60.2364	372.6208
	control5%	218.14286*	48.34552	.001	61.9506	374.3351
	พด6.1%	148.85714	48.34552	.073	-7.3351	305.0494
	พด6.3%	97.28571	48.34552	.542	-58.9065	253.4779
	พด6.5%	13.57143	48.34552	1.000	-142.6208	169.7636
	จุลินทรีย์การค้า1%	111.42857	48.34552	.358	-44.7636	267.6208
	จุลินทรีย์การค้า3%	-40.14286	48.34552	.995	-196.3351	116.0494

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0สรุปว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% และเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Turkey ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ชนิด 1% พบว่า ทั้ง พด6 และจุลินทรีย์การค้าไม่มีความแตกต่างกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และ ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ 3% พบว่า พด6 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนับสำคัญ แต่จุลินทรีย์การค้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และ ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ 5% พบว่า ทั้ง พด6 และจุลินทรีย์การค้ามีความแตกต่างกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

ตาราง ค-9 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ระยะเวลา	**ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (mg/L)**								
(วัน)	**ตัวควบคุม**			**สารเร่ง พ.ด.6**			**จุลินทรีย์ทางการค้า**		
	1%	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**
0	1.48	1.66	1.83	0.84	0.81	0.76	1.10	1.07	0.59
	1.40	1.66	1.82	0.83	0.81	0.76	1.07	1.07	0.59
	1.45	1.66	1.83	0.84	0.82	0.76	1.09	1.08	0.58
$\bar{X}$	**1.44**	**1.66**	**1.83**	**0.84**	**0.81**	**0.76**	**1.09**	**1.07**	**0.59**
S.D.	**0.04**	**0.00**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.00**	**0.02**	**0.01**	**0.01**
1	1.81	1.12	1.90	1.40	2.10	1.16	1.19	0.63	1.16
	1.83	1.12	1.91	1.40	2.10	1.18	1.18	0.63	1.19
	1.80	1.13	1.90	1.41	2.13	1.19	1.19	0.63	1.17
$\bar{X}$	**1.81**	**1.12**	**1.90**	**1.40**	**2.11**	**1.18**	**1.19**	**0.63**	**1.17**
S.D.	**0.02**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.02**	**0.02**	**0.01**	**0.00**	**0.02**
2	2.04	2.14	1.90	1.99	1.90	1.20	2.22	0.79	0.91
	2.05	2.15	1.91	1.97	1.91	1.20	2.22	0.78	0.92
	2.04	2.15	1.90	1.99	1.94	1.21	2.21	0.79	0.92
$\bar{X}$	**2.04**	**2.15**	**1.90**	**1.98**	**1.92**	**1.20**	**2.22**	**0.79**	**0.92**
S.D.	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.02**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.01**
3	2.33	2.28	1.75	2.30	1.74	1.11	2.26	0.55	1.36
	2.30	2.28	1.72	2.30	1.74	1.09	2.25	0.54	1.39
	2.35	2.27	1.70	2.31	1.71	1.07	2.25	0.55	1.42
$\bar{X}$	**2.33**	**2.28**	**1.72**	**2.30**	**1.73**	**1.09**	**2.25**	**0.55**	**1.39**
S.D.	**0.03**	**0.01**	**0.03**	**0.01**	**0.02**	**0.02**	**0.01**	**0.01**	**0.03**
4	2.74	2.65	2.28	1.66	0.96	0.90	1.21	0.37	0.78
	2.77	2.64	2.25	1.62	0.94	0.91	1.23	0.38	0.79
	2.80	2.65	2.22	1.69	0.97	0.95	1.20	0.38	0.79
$\bar{X}$	**2.77**	**2.65**	**2.25**	**1.66**	**0.96**	**0.92**	**1.21**	**0.38**	**0.79**
S.D.	**0.03**	**0.01**	**0.03**	**0.04**	**0.02**	**0.03**	**0.02**	**0.01**	**0.01**
5	3.09	2.40	2.27	1.11	0.78	0.52	0.93	0.15	0.52
	3.09	2.45	2.21	1.12	0.75	0.52	0.92	0.16	0.55
	3.09	2.41	2.29	1.12	0.77	0.53	0.92	0.15	0.50
$\bar{X}$	**3.09**	**2.42**	**2.26**	**1.12**	**0.77**	**0.52**	**0.92**	**0.15**	**0.52**
S.D.	**0.00**	**0.03**	**0.04**	**0.01**	**0.02**	**0.01**	**0.01**	**0.01**	**0.03**
6	3.19	1.38	2.39	0.98	0.70	0.17	0.92	1.14	0.28
	3.27	1.38	2.39	0.94	0.71	0.16	0.91	1.14	0.27
	3.20	1.39	2.39	1.02	0.70	0.19	0.92	1.14	0.28
$\bar{X}$	**3.22**	**1.38**	**2.39**	**0.98**	**0.70**	**0.17**	**0.92**	**1.14**	**0.28**
S.D.	**0.04**	**0.01**	**0.00**	**0.04**	**0.01**	**0.02**	**0.01**	**0.00**	**0.01**

H_0 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ให้ค่า DO ที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน

H_1 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ให้ค่า DO ละลายน้ำได้แตกต่างกัน

ตาราง ค-10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ANOVA

DO

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19.596	8	2.449	9.347	.000
Within Groups	14.151	54	.262		
Total	33.747	62			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DO

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1%	control3%	.35429	.27363	.929	-.5298	1.2383
	control5%	.35571	.27363	.927	-.5283	1.2398
	พด6.1%	1.18714*	.27363	.002	.3031	2.0712
	พด6.3%	1.09143*	.27363	.006	.2074	1.9755
	พด6.5%	1.29286*	.27363	.001	.4088	2.1769
	จุลินทรีย์การค้า1%	.99143*	.27363	.017	.1074	1.8755
	จุลินทรีย์การค้า3%	1.72000*	.27363	.000	.8360	2.6040
	จุลินทรีย์การค้า5%	1.58286*	.27363	.000	.6988	2.4669
control3%	control1%	-.35429	.27363	.929	-1.2383	.5298
	control5%	.00143	.27363	1.000	-.8826	.8855
	พด6.1%	.83286	.27363	.080	-.0512	1.7169
	พด6.3%	.73714	.27363	.174	-.1469	1.6212
	พด6.5%	.93857*	.27363	.030	.0545	1.8226
	จุลินทรีย์การค้า1%	.63714	.27363	.344	-.2469	1.5212
	จุลินทรีย์การค้า3%	1.36571*	.27363	.000	.4817	2.2498
	จุลินทรีย์การค้า5%	1.22857*	.27363	.001	.3445	2.1126
control5%	control1%	-.35571	.27363	.927	-1.2398	.5283
	control3%	-.00143	.27363	1.000	-.8855	.8826
	พด6.1%	.83143	.27363	.081	-.0526	1.7155
	พด6.3%	.73571	.27363	.176	-.1483	1.6198
	พด6.5%	.93714*	.27363	.030	.0531	1.8212
	จุลินทรีย์การค้า1%	.63571	.27363	.347	-.2483	1.5198

	จุลินทรีย์การค้า3%	1.36429*	.27363	.000	.4802	2.2483
	จุลินทรีย์การค้า5%	1.22714*	.27363	.001	.3431	2.1112
พด6.1%	control1%	-1.18714*	.27363	.002	-2.0712	-.3031
	control3%	-.83286	.27363	.080	-1.7169	.0512
	control5%	-.83143	.27363	.081	-1.7155	.0526
	พด6.3%	-.09571	.27363	1.000	-.9798	.7883
	พด6.5%	.10571	.27363	1.000	-.7783	.9898
	จุลินทรีย์การค้า1%	-.19571	.27363	.998	-1.0798	.6883
	จุลินทรีย์การค้า3%	.53286	.27363	.585	-.3512	1.4169
	จุลินทรีย์การค้า5%	.39571	.27363	.874	-.4883	1.2798
พด6.3%	control1%	-1.09143*	.27363	.006	-1.9755	-.2074
	control3%	-.73714	.27363	.174	-1.6212	.1469
	control5%	-.73571	.27363	.176	-1.6198	.1483
	พด6.1%	.09571	.27363	1.000	-.7883	.9798
	พด6.5%	.20143	.27363	.998	-.6826	1.0855
	จุลินทรีย์การค้า1%	-.10000	.27363	1.000	-.9840	.7840
	จุลินทรีย์การค้า3%	.62857	.27363	.362	-.2555	1.5126
	จุลินทรีย์การค้า5%	.49143	.27363	.684	-.3926	1.3755
พด6.5%	control1%	-1.29286*	.27363	.001	-2.1769	-.4088
	control3%	-.93857*	.27363	.030	-1.8226	-.0545
	control5%	-.93714*	.27363	.030	-1.8212	-.0531
	พด6.1%	-.10571	.27363	1.000	-.9898	.7783
	พด6.3%	-.20143	.27363	.998	-1.0855	.6826
	จุลินทรีย์การค้า1%	-.30143	.27363	.972	-1.1855	.5826
	จุลินทรีย์การค้า3%	.42714	.27363	.821	-.4569	1.3112
	จุลินทรีย์การค้า5%	.29000	.27363	.977	-.5940	1.1740
จุลินทรีย์การค้า1%	control1%	-.99143*	.27363	.017	-1.8755	-.1074
	control3%	-.63714	.27363	.344	-1.5212	.2469
	control5%	-.63571	.27363	.347	-1.5198	.2483
	พด6.1%	.19571	.27363	.998	-.6883	1.0798
	พด6.3%	.10000	.27363	1.000	-.7840	.9840
	พด6.5%	.30143	.27363	.972	-.5826	1.1855
	จุลินทรีย์การค้า3%	.72857	.27363	.186	-.1555	1.6126
	จุลินทรีย์การค้า5%	.59143	.27363	.445	-.2926	1.4755
จุลินทรีย์การค้า3%	control1%	-1.72000*	.27363	.000	-2.6040	-.8360
	control3%	-1.36571*	.27363	.000	-2.2498	-.4817
	control5%	-1.36429*	.27363	.000	-2.2483	-.4802
	พด6.1%	-.53286	.27363	.585	-1.4169	.3512
	พด6.3%	-.62857	.27363	.362	-1.5126	.2555
	พด6.5%	-.42714	.27363	.821	-1.3112	.4569

	จุลินทรีย์การค้า1%	-.72857	.27363	.186	-1.6126	.1555
	จุลินทรีย์การค้า5%	-.13714	.27363	1.000	-1.0212	.7469
จุลินทรีย์การค้า5%	control1%	-1.58286*	.27363	.000	-2.4669	-.6988
	control3%	-1.22857*	.27363	.001	-2.1126	-.3445
	control5%	-1.22714*	.27363	.001	-2.1112	-.3431
	พด6.1%	-.39571	.27363	.874	-1.2798	.4883
	พด6.3%	-.49143	.27363	.684	-1.3755	.3926
	พด6.5%	-.29000	.27363	.977	-1.1740	.5940
	จุลินทรีย์การค้า1%	-.59143	.27363	.445	-1.4755	.2926
	จุลินทรีย์การค้า3%	.13714	.27363	1.000	-.7469	1.0212

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0สรุปว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% และเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Turkey ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ชนิด 1% พบว่า ทั้ง พด6 และจุลินทรีย์การค้า มีความแตกต่างกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และ ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ 3% พบว่า พด6 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนับสำคัญ แต่จุลินทรีย์การค้า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม และ ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ 5% พบว่า ทั้ง พด6 และจุลินทรีย์การค้า มีความแตกต่างกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

ตาราง ค-11 ค่าความขุ่นในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ระยะเวลา (วัน)	**อุณหภูมิ (°C)**									
	ตัวควบคุม			**สารเร่ง พ.ด.6**			**จุลินทรีย์ทางการค้า**			**อุณหภูมิห้อง**
	1%	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	**1%**	**3%**	**5%**	
0	25.7	25.7	25.8	25.7	25.7	25.7	25.8	25.7	25.7	25.5
	25.8	25.7	25.7	25.8	25.8	25.7	25.6	25.7	25.7	
	25.9	25.7	25.6	25.9	25.9	25.4	25.7	25.7	25.7	
$\bar{X}$	**25.8**	**25.7**	**25.7**	**25.8**	**25.8**	**25.6**	**25.7**	**25.7**	**25.7**	
S.D.	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.17**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	
1	28.1	28.1	28.2	28.1	28.2	28.1	28.2	28.2	28.2	27.8
	28.3	28.2	28.2	28	28.1	28.1	28.2	28.2	28.2	
	27.9	28	28.2	28.2	28.3	28.1	28.2	28.2	28.2	
$\bar{X}$	**28.1**	**28.1**	**28.2**	**28.1**	**28.2**	**28.1**	**28.2**	**28.2**	**28.2**	
S.D.	**0.20**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	
2	28.3	28.4	28.4	28.4	28.4	28.3	28.5	28.2	28.2	28.1
	28.4	28.4	28.5	28.4	28.4	28.3	28.5	28.3	28.3	
	28.5	28.4	28.3	28.4	28.4	28	28.5	28.4	28.4	
$\bar{X}$	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.4**	**28.2**	**28.5**	**28.3**	**28.3**	
S.D.	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.17**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	
3	30	30	30.1	30.1	30	30.1	30	29.8	30	29.5
	30	30	30	30.2	30	30.2	30	29.6	30	
	30	30	29.9	30	30	30	30	30	30	
$\bar{X}$	**30.0**	**30.0**	**30.0**	**30.1**	**30.0**	**30.1**	**30.0**	**29.8**	**30.0**	
S.D.	**0.00**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.00**	**0.20**	**0.00**	
4	29.2	29.2	29.2	29	29	29	29	29.2	29.2	28.6
	29	29.3	29.2	29	29	29	29	29.2	29.4	
	28.8	29.1	29.2	29	29	29	29	29.2	29.3	
$\bar{X}$	**29.0**	**29.2**	**29.2**	**29.0**	**29.0**	**29.0**	**29.0**	**29.2**	**29.3**	
S.D.	**0.20**	**0.10**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.10**	
5	28.7	28.8	28.7	28.8	28.9	28.8	28.8	28.8	28.8	28.4
	28.8	28.7	28.7	28.9	28.8	28.9	28.9	28.9	28.9	
	28.9	28.9	28.7	28.7	29	28.7	28.7	28.7	28.7	
$\bar{X}$	**28.8**	**28.8**	**28.7**	**28.8**	**28.9**	**28.8**	**28.8**	**28.8**	**28.8**	
S.D.	**0.10**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	
6	30.2	29.7	29.8	29.9	29.9	29.9	29.6	29.9	29.8	29.4
	30.2	29.8	29.8	30	29.7	29.7	29.7	29.7	29.8	
	29	29.6	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	
$\bar{X}$	**29.8**	**29.7**	**29.8**	**29.9**	**29.8**	**29.8**	**29.7**	**29.8**	**29.8**	
S.D.	**0.69**	**0.10**	**0.00**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**0.00**	

H_0 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ให้ค่าความขุ่นที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกัน

H_1 คือ น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ให้ค่าความขุ่นละลายน้ำได้แตกต่างกัน

ตาราง ค-12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่นที่ละลายน้ำได้ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ANOVA

Turbidity

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9161.042	8	1145.130	10.782	.000
Within Groups	5735.406	54	106.211		
Total	14896.448	62			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Turbidity

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1%	control3%	-3.69571	5.50873	.999	-21.4930	14.1016
	control5%	-4.13000	5.50873	.998	-21.9273	13.6673
	พด6.1%	-13.86000	5.50873	.248	-31.6573	3.9373
	พด6.3%	-18.64857*	5.50873	.033	-36.4459	-.8513
	พด6.5%	-29.39286*	5.50873	.000	-47.1902	-11.5955
	จุลินทรีย์การค้า1%	-18.92857*	5.50873	.029	-36.7259	-1.1313
	จุลินทรีย์การค้า3%	-35.12286*	5.50873	.000	-52.9202	-17.3255
	จุลินทรีย์การค้า5%	-30.37571*	5.50873	.000	-48.1730	-12.5784
control3%	control1%	3.69571	5.50873	.999	-14.1016	21.4930
	control5%	-.43429	5.50873	1.000	-18.2316	17.3630
	พด6.1%	-10.16429	5.50873	.653	-27.9616	7.6330
	พด6.3%	-14.95286	5.50873	.167	-32.7502	2.8445
	พด6.5%	-25.69714*	5.50873	.001	-43.4945	-7.8998
	จุลินทรีย์การค้า1%	-15.23286	5.50873	.150	-33.0302	2.5645
	จุลินทรีย์การค้า3%	-31.42714*	5.50873	.000	-49.2245	-13.6298
	จุลินทรีย์การค้า5%	-26.68000*	5.50873	.000	-44.4773	-8.8827
control5%	control1%	4.13000	5.50873	.998	-13.6673	21.9273
	control3%	.43429	5.50873	1.000	-17.3630	18.2316
	พด6.1%	-9.73000	5.50873	.703	-27.5273	8.0673
	พด6.3%	-14.51857	5.50873	.196	-32.3159	3.2787
	พด6.5%	-25.26286*	5.50873	.001	-43.0602	-7.4655
	จุลินทรีย์การค้า1%	-14.79857	5.50873	.177	-32.5959	2.9987

	จุลินทรีย์การค้า3%	-30.99286*	5.50873	.000	-48.7902	-13.1955
	จุลินทรีย์การค้า5%	-26.24571*	5.50873	.000	-44.0430	-8.4484
พด6.1%	control1%	13.86000	5.50873	.248	-3.9373	31.6573
	control3%	10.16429	5.50873	.653	-7.6330	27.9616
	control5%	9.73000	5.50873	.703	-8.0673	27.5273
	พด6.3%	-4.78857	5.50873	.994	-22.5859	13.0087
	พด6.5%	-15.53286	5.50873	.133	-33.3302	2.2645
	จุลินทรีย์การค้า1%	-5.06857	5.50873	.991	-22.8659	12.7287
	จุลินทรีย์การค้า3%	-21.26286*	5.50873	.009	-39.0602	-3.4655
	จุลินทรีย์การค้า5%	-16.51571	5.50873	.089	-34.3130	1.2816
พด6.3%	control1%	18.64857*	5.50873	.033	.8513	36.4459
	control3%	14.95286	5.50873	.167	-2.8445	32.7502
	control5%	14.51857	5.50873	.196	-3.2787	32.3159
	พด6.1%	4.78857	5.50873	.994	-13.0087	22.5859
	พด6.5%	-10.74429	5.50873	.583	-28.5416	7.0530
	จุลินทรีย์การค้า1%	-.28000	5.50873	1.000	-18.0773	17.5173
	จุลินทรีย์การค้า3%	-16.47429	5.50873	.090	-34.2716	1.3230
	จุลินทรีย์การค้า5%	-11.72714	5.50873	.465	-29.5245	6.0702
พด6.5%	control1%	29.39286*	5.50873	.000	11.5955	47.1902
	control3%	25.69714*	5.50873	.001	7.8998	43.4945
	control5%	25.26286*	5.50873	.001	7.4655	43.0602
	พด6.1%	15.53286	5.50873	.133	-2.2645	33.3302
	พด6.3%	10.74429	5.50873	.583	-7.0530	28.5416
	จุลินทรีย์การค้า1%	10.46429	5.50873	.617	-7.3330	28.2616
	จุลินทรีย์การค้า3%	-5.73000	5.50873	.980	-23.5273	12.0673
	จุลินทรีย์การค้า5%	-.98286	5.50873	1.000	-18.7802	16.8145
จุลินทรีย์การค้า1%	control1%	18.92857*	5.50873	.029	1.1313	36.7259
	control3%	15.23286	5.50873	.150	-2.5645	33.0302
	control5%	14.79857	5.50873	.177	-2.9987	32.5959
	พด6.1%	5.06857	5.50873	.991	-12.7287	22.8659
	พด6.3%	.28000	5.50873	1.000	-17.5173	18.0773
	พด6.5%	-10.46429	5.50873	.617	-28.2616	7.3330
	จุลินทรีย์การค้า3%	-16.19429	5.50873	.102	-33.9916	1.6030
	จุลินทรีย์การค้า5%	-11.44714	5.50873	.498	-29.2445	6.3502
จุลินทรีย์การค้า3%	control1%	35.12286*	5.50873	.000	17.3255	52.9202
	control3%	31.42714*	5.50873	.000	13.6298	49.2245
	control5%	30.99286*	5.50873	.000	13.1955	48.7902
	พด6.1%	21.26286*	5.50873	.009	3.4655	39.0602
	พด6.3%	16.47429	5.50873	.090	-1.3230	34.2716
	พด6.5%	5.73000	5.50873	.980	-12.0673	23.5273

	จุลินทรีย์การค้า1%	16.19429	5.50873	.102	-1.6030	33.9916
	จุลินทรีย์การค้า5%	4.74714	5.50873	.994	-13.0502	22.5445
จุลินทรีย์การค้า5%	control1%	30.37571*	5.50873	.000	12.5784	48.1730
	control3%	26.68000*	5.50873	.000	8.8827	44.4773
	control5%	26.24571*	5.50873	.000	8.4484	44.0430
	พด6.1%	16.51571	5.50873	.089	-1.2816	34.3130
	พด6.3%	11.72714	5.50873	.465	-6.0702	29.5245
	พด6.5%	.98286	5.50873	1.000	-16.8145	18.7802
	จุลินทรีย์การค้า1%	11.44714	5.50873	.498	-6.3502	29.2445
	จุลินทรีย์การค้า3%	-4.74714	5.50873	.994	-22.5445	13.0502

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0สรุปว่าค่าความขุ่นของน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95% และเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Turkey ชุดน้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ชนิด 1% พบว่า ทั้ง พด6 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่จุลินทรีย์ทางการค้ามีความแตกต่างอย่างมีนับสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมชุด

น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ 3%ทั้ง พด6 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เชื้อจุลินทรีย์ทางการค้า มีความแตกต่างอย่างมีนับสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมชุด

น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ 5% พบว่า ทั้ง พด.6 และจุลินทรีย์ทางการค้า มีความแตกต่างกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

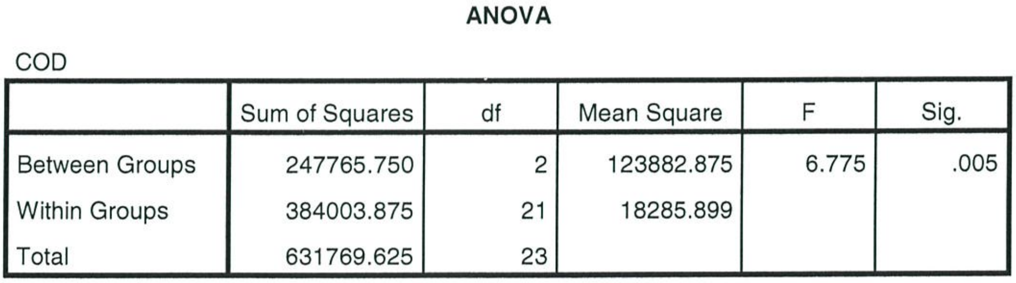
ตารางที่ ค-13 ค่าซีโอดี (COD)ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ค่า COD			
Date	**control 1%**	**พ.ด.6 1%**	**พ.ด.6 3%**
0	329	347	469
1	219	237	274
2	156	170	130
3	104	76	174
4	78	91	339
5	65	156	469
6	70	222	522
7	74	391	661

H_0 คือ ค่าซีโอดี (COD)ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ไม่แตกต่าง

H_1คือ ค่าซีโอดี (COD)ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด ที่แตกต่าง

ตารางที่ ค-14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าซีโอดี (COD)ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด



ANOVA

COD

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	247765.750	2	123882.875	6.775	.005
Within Groups	384003.875	21	18285.899		
Total	631769.625	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: COD

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1	พด61	-74.37500	67.61268	.525	-244.7975	96.0475
	พด63	-242.87500*	67.61268	.005	-413.2975	-72.4525
พด61	control1	74.37500	67.61268	.525	-96.0475	244.7975
	พด63	-168.50000	67.61268	.053	-338.9225	1.9225
พด63	control1	242.87500*	67.61268	.005	72.4525	413.2975
	พด61	168.50000	67.61268	.053	-1.9225	338.9225

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ .005 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_1 โดยเมื่อเปรียบเทียบด้วย วิธี Turkey พบว่า พด.6 1% ไม่แตกต่างกับ Control 1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ พด.6 3% แตกต่างกับ Control 1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ค-15 ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD)ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ค่า sCOD			
Date	**control 1%**	**พ.ด.6 1%**	**พ.ด.6 3%**
0	287	304	371
1	177	227	237
2	129	156	110
3	83	58	146
4	59	83	292
5	45	150	402
6	69	191	475
7	77	303	584

H_0 คือ ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD)ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่ไม่แตกต่างกัน

H_1 คือ ค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD)ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ ค-16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าซีโอดีที่ละลายน้ำได้ (sCOD)ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ANOVA

sCOD

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	186192.583	2	93096.292	6.755	.005
Within Groups	289404.375	21	13781.161		
Total	475596.958	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: sCOD

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1	พด61	-68.25000	58.69659	.488	-216.1989	79.6989
	พด63	-211.37500*	58.69659	.005	-359.3239	-63.4261
พด61	control1	68.25000	58.69659	.488	-79.6989	216.1989
	พด63	-143.12500	58.69659	.059	-291.0739	4.8239
พด63	control1	211.37500*	58.69659	.005	63.4261	359.3239
	พด61	143.12500	58.69659	.059	-4.8239	291.0739

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ .005 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_1 โดยเมื่อเปรียบเทียบด้วย วิธี Turkey พบว่า พด.6 1% ไม่แตกต่างกับ Control 1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ พด.6 3% แตกต่างกับ Control 1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ค-17 ค่าความเป็นกรด-ด่างในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

pH			
Date	**control 1%**	**พ.ด.6 1%**	**พ.ด.6 3%**
0	3.98	3.76	3.68
1	4.36	4.16	4.10
2	4.73	4.48	5.18
3	5.42	5.85	4.53
4	5.84	5.42	3.87
5	6.03	4.50	3.60
6	5.64	4.27	3.55
7	5.52	3.79	3.48

H_0คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด ไม่แตกต่างกัน

H_1คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ ค-18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.699	2	2.850	5.881	.009
Within Groups	10.175	21	.485		
Total	15.875	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: pH

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1	พค61	.66125	.34805	.163	-.2160	1.5385
	พค63	1.19125*	.34805	.007	.3140	2.0685
พค61	control1	-.66125	.34805	.163	-1.5385	.2160
	พค63	.53000	.34805	.301	-.3473	1.4073
พค63	control1	-1.19125*	.34805	.007	-2.0685	-.3140
	พค61	-.53000	.34805	.301	-1.4073	.3473

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ .009 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_1 โดยเมื่อเปรียบเทียบด้วย วิธี Turkey พบว่า พด.6 1% ไม่แตกต่างกับ Control 1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ พด.6 3% แตกต่างกับ Control 1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ค-19 ค่าอุณหภูมิในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

Temperature			
Date	**control 1%**	**พ.ด.6 1%**	**พ.ด.6 3%**
0	25.90	25.90	25.90
1	28.10	28.40	28.30
2	28.30	28.60	28.50
3	30.20	30.30	30.20
4	29.10	29.20	28.90
5	29.00	29.00	29.10
6	30.00	30.00	30.00
7	30.10	30.10	30.10

H_0คือ ค่าอุณหภูมิในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดไม่แตกต่างกัน

H_1คือ ค่าอุณหภูมิในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่แตกต่างกัน

ตารางที่ ค-20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอุณหภูมิในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ANOVA

Temp

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.041	2	.020	.010	.990
Within Groups	42.293	21	2.014		
Total	42.333	23			

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ .990 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_0

ตารางที่ ค-21 ค่าการนำไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

Conductivity			
Date	**control 1%**	**พ.ด.6 1%**	**พ.ด.6 3%**
0	612	625	669
1	548	582	585
2	510	534	508
3	485	467	512
4	477	485	616
5	463	522	680
6	482	558	735
7	484	620	828

H_0คือ ค่าการนำไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดไม่แตกต่างกัน

H_1คือ ค่าการนำไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดแตกต่างกัน

ตารางที่ ค-22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการนำไฟฟ้าในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ANOVA

Conduc

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	75292.000	2	37646.000	6.317	.007
Within Groups	125144.625	21	5959.268		
Total	200436.625	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Conduc

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1	พด61	-41.50000	38.59815	.539	-138.7893	55.7893
	พด63	-134.00000*	38.59815	.006	-231.2893	-36.7107
พด61	control1	41.50000	38.59815	.539	-55.7893	138.7893
	พด63	-92.50000	38.59815	.064	-189.7893	4.7893
พด63	control1	134.00000*	38.59815	.006	36.7107	231.2893
	พด61	92.50000	38.59815	.064	-4.7893	189.7893

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ .007 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_1 โดยเมื่อเปรียบเทียบด้วย วิธี Turkey พบว่า พด.6 1% ไม่แตกต่างกับ Control 1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ พด.6 3% แตกต่างกับ Control 1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

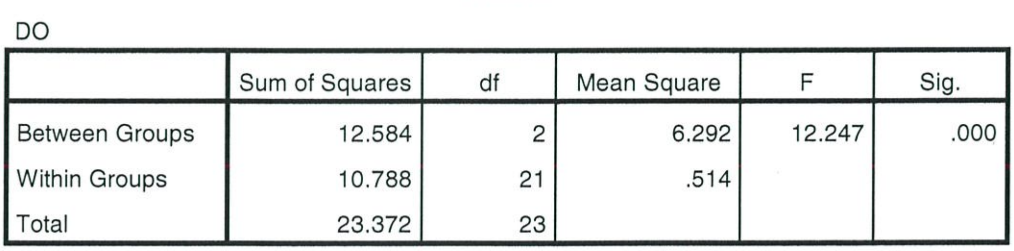
ตารางที่ ค-23 ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

DO			
Date	**control 1%**	**พ.ด.6 1%**	**พ.ด.6 3%**
0	1.37	0.43	0.62
1	1.70	0.53	1.18
2	1.93	0.72	1.87
3	2.25	2.08	1.76
4	3.11	1.68	0.74
5	4.09	1.49	0.56
6	2.98	0.57	0.48
7	2.65	0.46	0.42

H_0คือ ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดไม่แตกต่างกัน

H_1คือ ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่แตกต่างกัน

ตารางที่ ค-24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด



ANOVA

DO

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12.584	2	6.292	12.247	.000
Within Groups	10.788	21	.514		
Total	23.372	23			

ตารางที่ ค-25 เปรียบเทียบการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าออกซิเจนละลาย (DO) ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

Multiple Comparisons

Dependent Variable: DO

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1%	พด61%	1.51500*	.35837	.001	.6117	2.4183
	พด63%	1.55625*	.35837	.001	.6529	2.4596
พด61%	control1%	-1.51500*	.35837	.001	-2.4183	-.6117
	พด63%	.04125	.35837	.993	-.8621	.9446
พด63%	control1%	-1.55625*	.35837	.001	-2.4596	-.6529
	พด61%	-.04125	.35837	.993	-.9446	.8621

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ .000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_1 โดยเมื่อเปรียบเทียบด้วย วิธี Turkey พบว่า พด.6 1% และ พด.6 3% แตกต่างกับ Control 1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ค-26 ค่าความขุ่น (NTU) ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

TURBIDITY			
Date	**control 1%**	**พ.ด.6 1%**	**พ.ด.6 3%**
0	35.84	35.68	39.32
1	29.04	32.07	33.46
2	22.84	23.35	20.17
3	17.26	14.72	22.26
4	14.84	17.30	34.16
5	13.21	22.87	39.27
6	15.87	28.22	44.04
7	16.45	35.32	52.36

H_0คือ ค่าความขุ่น (NTU) ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดไม่แตกต่างกัน

H_1คือ ค่าความขุ่น (NTU) ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่แตกต่างกัน

ตารางที่ ค-27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขุ่น (NTU) ในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากเปลือกสับปะรด

ANOVA

Turbidity

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	915.805	2	457.903	5.687	.011
Within Groups	1690.930	21	80.520		
Total	2606.735	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Turbidity

Tukey HSD

(I) Formula	(J) Formula	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control1	พด61	-5.52250	4.48666	.449	-16.8314	5.7864
	พด63	-14.96125*	4.48666	.008	-26.2702	-3.6523
พด61	control1	5.52250	4.48666	.449	-5.7864	16.8314
	พด63	-9.43875	4.48666	.113	-20.7477	1.8702
พด63	control1	14.96125*	4.48666	.008	3.6523	26.2702
	พด61	9.43875	4.48666	.113	-1.8702	20.7477

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

การวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS พบว่าค่า sig. เท่ากับ .011 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_1 โดยเมื่อเปรียบเทียบด้วย วิธี Turkey พบว่า พด.6 1% และ พด.6 3%ไม่แตกต่างกับ Control 1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%