สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทดลองผลิตหัวเชื้อแบคทีเรียสำหรับกำจัดคราบน้ำมัน

นาย ชนะรัฐ ภาระอังกูร

โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

ปว.
ชีแผล
2538
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....25412
วัน, เดือน, ปี.....9 ก.ค. 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Propagation of bacteria as the seed culture for industrial waste - water treatment.

Mr. Chanarat Para-angkul

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang

1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	**การทดลองผลิตหัวเชื้อแบคทีเรียสำหรับกำจัดคราบน้ำมัน**
นักศึกษา	**นาย ชนะรัฐ ภาระอังกูร**
อาจารย์ที่ปรึกษา	**ดร. จิราภรณ์ สุขุมาวาสี**
	อาจารย์ อรไท สุขเจริญ

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....

(ดร. อุ่นเรือน ศิริวานิชกุล) หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ

.....

(ดร. อุ่นเรือน ศิริวานิชกุล) ประธานกรรมการ

.....

(อาจารย์ วันชัย สุทธินุ่น) กรรมการ

.....

(อาจารย์ อรไท สุขเจริญ) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะ ความช่วยเหลืออนุเคราะห์ของ ท่านผู้มีอุปการะคุณหลายท่านได้แก่ ดร. จิราภรณ์ สุขุมาวาสี อาจารย์ที่ปรึกษาจาก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วท.) และอาจารย์ อรไท สุขเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่คอยชี้แนะ และแก้ไข การทำโครงงานวิจัย ตลอดจนดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด นอกจากนั้นขอขอบคุณเป็นพิเศษแก่ พี่ ๆ ที่วท. ทุกคน โดยเฉพาะ คุณนิทัศน์ เพราแก้ว คุณพรเทพ ถนนแก้ว และคุณมาลี ลิขิตชัยกุล ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจที่อบอุ่นเป็นอย่างยิ่ง ตลอดจนท่านประธานคณะกรรมการการสอบโครงงานพิเศษทุกท่าน พี่ ๆ เพื่อน ๆ ทุกคน และเหนืออื่นใดขอขอบคุณเธอ ผู้ไม่สามารถเอ่ยนามได้ ที่คอยให้กำลังใจและรอยยิ้ม ทำให้ผู้เขียน มุมานะทำงานวิจัยชิ้นนี้จนสำเร็จ

นาย ชนะรัฐ ภาระอังกูร

25 มีนาคม 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การทดลองผลิตหัวเชื้อแบคทีเรียสำหรับกำจัดคราบน้ำมัน
นักศึกษา	นาย ชนะรัฐ ภาระอังกูร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. จิราภรณ์ สุขุมาวาสี
	อาจารย์ อรไท สุขเจริญ
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์
ปีการศึกษา	2538

บทคัดย่อ

จากการที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วท.) ได้ค้นพบจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายคราบน้ำมันได้จำนวน 8 สายพันธุ์ ซึ่งพบว่าเป็นแบคทีเรีย 5 สายพันธุ์ ยีสต์ 2 สายพันธุ์ และ รา 1 สายพันธุ์ ดังนั้นเพื่อเป็นการใช้ประโยชน์สูงสุดจากกลุ่มจุลินทรีย์ดังกล่าว วท. จึงทำการศึกษาเพื่อผลิตจุลินทรีย์ที่ค้นพบให้ได้ปริมาณมาก งานวิจัยชิ้นนี้เป็นโครงการย่อยในการศึกษาโครงการ "การใช้จุลินทรีย์กำจัดคราบน้ำมัน" ของวท. โดยเริ่มจากทำการทดลองผลิตหัวเชื้อแบคทีเรียที่มีชื่อว่า Acinetobacter sp. (TISTR 985) ในถังหมักขนาด 12 ลิตร และ 300 ลิตร ตามลำดับโดยเลี้ยงในอาหารเหลวซึ่งประกอบด้วยธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสและมีเฉพาะน้ำมันดิบเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการเลี้ยงเพื่อทำเป็นหัวเชื้อแบคทีเรีย (seed culture) อยู่ในช่วง ชั่วโมงที่48 ถึงชั่วโมงที่ 72 โดยแบคทีเรียสามารถย่อยสลายทำลายน้ำมันได้ประมาณร้อยละ 70 ในเวลา 2 ถึง3 วันและจะสามารถย่อยน้ำมันได้ถึงร้อยล 90 ในเวลา 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Propagation of bacteria as the seed culture for industrial waste - water treatmant.
Name	Mr. Chanarat Para - aungkul
Advisor Special Project	Dr. Jiraporn Sukhumavasi
	Miss. Orathai Sukjaroen
Department	Applied Biology
Academic Year	1995

Abstract

This reseach is the sub-project of the project on "The degradation of petrolium waste by local microorganisms" set up by TISTR reseached team. Eight strains enable to degrade petrolium were isolated and identified . Five strains are bacteria , two strains are yeasts and one strain is fungus . The most potent bacterial strain named TISTR 985 is classified as Acinetobacter sp. . The trials on production of TISTR 985 to be used as seed culture for crude oil degradation were respectively performed in 12 litre and 300 litre fermenter . This strain was grown on a liquid medium containing crude oil as a sole carbon source supplementary with nitrogen and phosphate salts. A maximal yield of bacterial cells was obtained within 2-3 days while 70 % of crude oil was deagraded and within 5 days of fermentation 90 % of crude oil was degraded.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ ภาษาไทย	ข
บทคัดย่อ ภาษาอังกฤษ	ค
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ ที่มา และ วัตถุประสงค์ของปัญหา	1
1.2 ขอบเขตของปัญหา	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2. บทตรวจเอกสาร	4
2.1 ผลกระทบจากการรั่วไหลของน้ำมันต่อสภาพแวดล้อม	5
2.1.1 ผลกระทบทางด้านกายภาพ	6
2.1.2 ผลกระทบทางด้านชีวภาพ	6
2.1.3 ผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสังคม	7
2.2 วิธีการกำจัดการปนเปื้อนคราบน้ำมันในแหล่งน้ำ	7
2.2.1 วิธีทางกายภาพ	7
2.2.2 วิธีทางเคมี	11
2.2.3 วิธีทางชีวภาพ	12
2.3 แนวทางการนำจุลินทรีย์กำจัดคราบน้ำมันไปใช้งาน	13
2.4 กระบวนการเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์	13
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	15
3.1 วัสดุอุปกรณ์	15
3.2 วิธีการทดลอง	16
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	18
4.1 ผลการทดลองที่ 1ผลการทดลองในถังหมัก 12 ลิตร	19
4.2 อธิบายผลการทดลองจากรูปที่ 2	20
4.3 วิจารณ์ผลการทดลองในถังหมัก 12 ลิตร	21
4.4 ผลการทดลองที่ 2 ผลการทดลองในถังหมัก 300 ลิตร	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.5 อธิบายผลการทดลองจากรูปที่ 3	23
4.6 วิจารณ์ผลการทดลองในถังหมัก 300 ลิตร	23
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	25
5.1 สรุปผลการทดลอง	25
5.2 ข้อเสนอแนะ	25
ภาคผนวก	26
เอกสารอ้างอิง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 สถิติการเกิดน้ำมันรั่วไหลภายในประเทศ	4
1.2 สถิติการเกิดน้ำมันรั่วไหลในต่างประเทศ	5
4.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหมักในถังหมัก 12 ลิตร	18
4.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหมักในถังหมัก 300 ลิตร	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของทุ่นกักน้ำมัน	8
4.1. ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหมักในถังหมัก 12 ลิตร	19
4.3 ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหมักในถังหมัก 300 ลิตร	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ ที่มา และ วัตถุประสงค์ของปัญหา

ในปัจจุบันนี้เป็นที่ทราบดีอยู่แล้วว่า ปัญหามลพิษของสภาวะแวดล้อม ได้แก่ มลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางดิน ฯลฯ เป็นปัญหาที่ต้องรีบเร่งแก้ไขโดยเร็วที่สุด จากการศึกษาปัญหาดังกล่าวทำให้ทราบถึงปัญหามลพิษทางน้ำที่เร่งด่วนคือ การกำจัดการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในแหล่งน้ำ เช่น ลำคลอง ท้องทะเล และมหาสมุทร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเกิดอุบัติเหตุ ชน ล่ม รั่ว ของเรือบรรทุกน้ำมันปิโตรเลียมอันเป็นเหตุที่ทำให้มีน้ำมันรั่วไหลลงปกคลุมผิวหน้าน้ำทะเลปริมาณมาก ในกรณีดังกล่าวจะเกิดการทำลายระบบนิเวศวิทยาอย่างรุนแรงในบริเวณที่น้ำมัน แพร่ปกคลุมไปถึง และต้องใช้เวลานานมากกว่าจะฟื้นคืนสภาพได้เหมือนเดิม

ประเทศไทยมีการใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงถึงประมาณร้อยละ 70 ของการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด น้ำมันในจำนวนนี้มีทั้งที่สั่งซื้อจากต่างประเทศประมาณปีละ 1.6 ล้านตัน และขุดขึ้นมาได้จากภายในประเทศ น้ำมันที่สั่งมาจากต่างประเทศจะขนส่งมาทางเรือและนำมากลั่นที่โรงกลั่นน้ำมันภายในประเทศ เพื่อส่งไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ต่อไป โดยปกติแล้วน้ำมันเชื้อเพลิงที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในอุตสาหกรรมและเครื่องจักรกลคือ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา น้ำมันเหล่านี้มีความถ่วงจำเพาะ ความหนืด และจุดวาบไฟที่ต่างกัน กล่าวคือน้ำมันเบนซินจะมีจุดวาบไฟต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าน้ำมันเตา และน้ำมันหล่อลื่น แต่ขณะเดียวกันก็ระเหยได้มากกว่าน้ำมันทั้งสองชนิด ดังนั้นจึงมีปัญหาในด้านมาตรการป้องกันการเกิดอัคคีภัยมากกว่า สำหรับกรณีที่เกิดอุบัติเหตุการรั่วไหลของน้ำมัน น้ำมันเตาจะมีปัญหาในด้านการกำจัดทั้งทางด้านกายภาพและทางเคมี ตลอดจนระยะเวลาที่จะก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม (ในกรณีปล่อยน้ำทิ้งไว้) มากกว่าน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซิน เพราะน้ำมันเตามีความหนืดสูง และมีอัตราการระเหยช้ากว่าน้ำมันทั้งสองชนิด อีกทั้งยังมีสีเข้มซึ่งดูดซับความร้อนได้ดีกว่าน้ำมันชนิดอื่น

ในอดีตได้เกิดอุบัติเหตุการรั่วไหลของคราบน้ำมันหลายครั้งเช่นกรณีอุบัติเหตุประวัติศาสตร์ของการรั่วไหลของน้ำมันดิบลงสู่ทะเลปริมาณมากกว่า 11 ล้านแกลลอน จากเรือเอ็กซอนวัลเดซ (Exxon Valdez) ที่ชายฝั่งทะเลอลาสก้า ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อปลายปี พศ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2532 มีผลทำให้น้ำมันปนเปื้อนชายหาดเป็นระยะทางกว่า 2,000 กิโลเมตร นกทะเลตายไปกว่า 3 หมื่นตัว แมวน้ำตายไปกว่า 1 พันตัวและผลกระทบด้านอื่น ๆ อย่างประเมินค่าไม่ได้ ทางบริษัทจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นเงินจำนวนหลายร้อยล้านบาท ในการเก็บเกี่ยวและกำจัดคราบน้ำมันดังกล่าว หรือแม้แต่กรณีของประเทศไทย เมื่อวันที่ 25 เมษายน 2535 เรือบรรทุกน้ำมันเตา ฉัฐพรนาวี 8 จมลงในแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณปากคลองลัดหลวง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ทำให้น้ำมันกว่า 10,000 ลิตรรั่วไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา เป็นระยะทางกว่า 6 กิโลเมตร การรั่วไหลของน้ำมันในครั้งนี้ นอกจากจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำแล้ว ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนผู้ใช้น้ำเพื่อการอุปโภค และสภาพความสกปรก จากคราบน้ำมันที่เกาะติดตามชายฝั่ง ประเทศไทยมีทรัพยากรชายฝั่งทะเลที่สมบูรณ์ ตลอดแนวชายฝั่งทั้งฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามัน ได้แก่ ป่าชายเลนซึ่งถือเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์วัยอ่อน แหล่งท่องเที่ยวชายทะเลประเภทชายหาดต่างๆ แหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและแหล่งปะการัง เป็นต้น ถ้าเกิดปัญหาการรั่วไหลของคราบน้ำมันในทะเลแล้วทรัพยากรเหล่านี้จะได้รับผลกระทบอย่างแน่นอน และความสูญเสียทางเศรษฐกิจก็จะตามมา ผลกระทบที่คาดคะเนว่าจะเกิดขึ้นนั้น มีมากมายเหลือเกิน เนื่องจากบริเวณนี้กระแสน้ำในอ่าวจะมีการไหลวนและไม่ค่อยถ่ายเท สถานที่ท่องเที่ยวที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบเมื่อเกิดการรั่วไหลของน้ำมันได้แก่ หาดบางแสน หาดพัทยา เกาะล้าน หาดชะอำ หาดหัวหิน เป็นต้น

ด้วยสภาพปัญหาดังที่กล่าวมานี้ จึงทำให้สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ทำการค้นคว้าวิจัยเรื่อง " การใช้จุลินทรีย์กำจัดคราบน้ำมัน " ขึ้น เพื่อเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถเสริมวิธีการกำจัดคราบน้ำมันที่มีอยู่เดิม โดยขณะนี้สามารถค้นพบจุลินทรีย์ดังกล่าวแล้วเป็น แบคทีเรีย 5 สายพันธุ์ ยีสต์ 2 สายพันธุ์ และรา 1สายพันธุ์ แต่จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถย่อยสลายคราบน้ำมันได้เร็วเป็นแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ชื่อ Acinetobacter sp. และ Pseudomonas sp. ขั้นตอนต่อไปคือ การนำจุลินทรีย์เหล่านี้มาเพาะเลี้ยงให้ได้ปริมาณมากๆ เพื่อประโยชน์ในการใช้งานและค้นคว้าวิจัย ดังนั้นการทดลองผลิตหัวเชื้อแบคทีเรีย Acinetobacter sp. ในถังหมัก 300 ลิตร ซึ่งเป็นหัวข้อย่อยหัวข้อหนึ่งของงานวิจัยของ วท.และนอกจากนี้ยังศึกษาถึงแนวโน้มการผลิตหัวเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวในระดับอุตสาหกรรมอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ขอบเขตของปัญหา

ศึกษากระบวนการเตรียมหัวเชื้อ และติดตามการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ตั้งแต่ระดับหลอดแก้ว ระดับฟลาสก์ 500 มิลลิลิตร ระดับถังหมัก 10 ลิตร , 300 ลิตร พร้อมทั้งสรุปผลเพื่อดูแนวทาง ความเป็นไปได้ที่จะผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้หัวเชื้อแบคทีเรียกำจัดคราบน้ำมัน
2. ได้ทราบกระบวนการผลิต และการเจริญเติบโตของของเชื้อในระหว่างการผลิต
3. ได้ศึกษาถึงตัวแปรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการหมัก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

บทตรวจเอกสาร

เนื่องจากความเจริญในสมัยปัจจุบัน ทำให้โลกต้องการแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อให้พลังงานในปริมาณสูง น้ำมันดิบคือแหล่งเชื้อเพลิงอย่างหนึ่งที่มีการนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง วิธีการหลักในการขนถ่ายน้ำมันดิบ คือทางเรือ จากการสำรวจเหตุการณ์ที่ผ่านมาในอดีต พบว่าเรือบรรทุกน้ำมัน ได้เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง ดังแสดง อุบัติเหตุที่เกิดในช่วง พศ. 2516 ถึง พศ. 2537 ได้ดังนี้

ตารางที่ 1.1 สถิติการเกิดน้ำมันรั่วไหลภายในประเทศ

วันที่เกิดเหตุ	อุบัติเหตุที่เกิด	ปริมาณน้ำมันที่รั่วไหล (ลิตร)
10 เมษายน 2516	เรือบรรทุกน้ำมันวิสาหกิจชนกับเรือบรรทุกสินค้าตาลูก้าบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา	2,234,000
29 พฤษภาคม 2520	เรือบรรทุกน้ำมัน วชิระชนกับเรือบรรทุกสินค้าของญี่ปุ่นบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา	300,000
5 กรกฎาคม 2524	เรือสินค้าไตตากาชนน้ำมันรั่วไหล	ไม่ทราบจำนวน
8 กรกฎาคม 2531	เรือบรรทุกสารเคมี Shiantank ชนกับเรือบรรทุกสินค้า Huan - Jiang ในแม่น้ำเจ้าพระยา	10,000
25 เมษายน 2536	เรือณัฐพรนาวี 8 ล่ม ที่ปากคลองลัดหลวง ในแม่น้ำเจ้าพระยาตรงข้ามปั๊ม ปตท.	200,000
6 มีนาคม 2516	เรือมงคลสมุทร 1 ที่ท่าสองเอพระนครใต้ จ.สมุทรปราการ สาเหตุเพราะท้องเรือรั่ว	2,200,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 ต่อ

วันที่เกิดเหตุ	อุบัติเหตุที่เกิด	ปริมาณน้ำมันที่รั่วไหล (ลิตร)
6 มีนาคม 2537	เรือไทยวิสาหกิจ 5 บรรทุกน้ำมันดีเซล 5 ล้านลิตร ชนกับเรือบรรทุกสินค้าปานามา ชื่อ โบเวนดิง ที่บริเวณใกล้เกาะช้าง อ. ศรีราชา จ. ชลบุรี	500,000

ตารางที่ 1.2 สถิติการเกิดน้ำมันรั่วไหลในต่างประเทศ

วันที่เกิดเหตุ	อุบัติเหตุที่เกิด	ปริมาณน้ำมันที่รั่วไหล (ลิตร)
พศ . 2521	น้ำมันรั่วจากเรือ Amoco Cadizsuper tank	1900,00,000
พศ. 2532	น้ำมันรั่วจากเรือ Exxon Valdez ที่ทะเลเหนืออลาสก้า	220,000,000
ธันวาคม 2533	น้ำมันรั่วจากเรือ Beare	930,00,000
มกราคม 2536	น้ำมันรั่วจากเรือ Meark ที่ช่องแคบมะละกา	2,000,000
20กันยายน2536	เรือ Nagasaki Spirit ของญี่ปุ่น ชนเรือ คอนเนนอรี่ของปานามา ล่มที่ช่องแคบมะละกา	40,000,000

2.1 ผลกระทบจากการรั่วไหลของน้ำมันต่อสภาพแวดล้อม

กรณีที่เกิดการรั่วไหลของน้ำมันทั้งจากเรือหรือขั้นตอนการขนถ่ายน้ำมันลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติแล้ว ย่อมจะก่อให้เกิดผลกระทบหรือก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ โดยระดับความรุนแรงจะมากน้อยเพียงไรขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปริมาณของน้ำมันที่รั่วไหลออกมา ชนิดของน้ำมัน ระยะเวลาที่น้ำมันลอยอยู่ในน้ำ ชนิดและความสมบูรณ์ของทรัพยากรสิ่งแวดล้อม สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ สภาพอุทกวิทยาและสมุทรศาสตร์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งน้ำ สภาพอุตุนิยมวิทยาเป็นต้น อย่างไรก็ตามผลกระทบของน้ำมันที่มีต่อสภาพแวดล้อมกล่าวได้อย่างกว้าง ๆ ดังนี้

2.1.1 ผลกระทบทางด้านกายภาพ

กรณีที่เกิดน้ำมันรั่วไหลลงแหล่งน้ำ น้ำมันจะลอยอยู่ที่ผิวหน้าของน้ำทำให้เกิด

2.1.1.ก. ความสกปรก น้ำมันจะก่อให้เกิดความสกปรก ทุกบริเวณที่มันแผ่ขยายไปถึง เช่น บริเวณผิวหน้าน้ำทะเล บ้านราษฎรที่ชายฝั่ง อีกทั้งยังทำลายสุนทรียภาพและความงดงามของชายหาดที่มีการปนเปื้อนด้วย

2.1.1.ข. แสงส่องผ่านลงสู่ท้องน้ำไม่ได้ เพราะน้ำมันที่ลอยอยู่เหนือผิวน้ำจะบดบังหรือกั้นแสงอาทิตย์ไม่ให้ส่องผ่านลงไปในน้ำได้สะดวก จึงทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชใต้น้ำไม่ต่อเนื่อง จนอาจทำให้พืชใต้น้ำหยุดการเจริญเติบโตและตายในที่สุด นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เช่นแพลงตอน ทำให้สมดุลของห่วงโซ่อาหารเสียไป

2.1.1.ค. ความร้อนสูงขึ้น ถ้าน้ำมันที่รั่วไหลมีสีทึบ เช่นน้ำมันเตา น้ำมันดิบ น้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น น้ำมันเหล่านี้จะสามารถดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน แผ่ขยายลงสู่ท้องน้ำได้ ดังนั้นกรณีที่น้ำมันจำนวนมากรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติขนาดเล็ก และตื้น อาจทำให้สัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ ที่เคลื่อนไหวได้ช้าตายได้ เพราะปรับตัวไม่ทันหรือหนีไม่พ้น

2.1.1.ง. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดน้อยลง น้ำมันที่ลอยอยู่เหนือผิวน้ำนอกจากจะบดบังแสงที่จะส่องผ่านลงสู่ท้องน้ำแล้ว ยังทำหน้าที่คล้ายกับแผ่นหรือเกราะกำบังมิให้การละลายของออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำได้ ลักษณะเช่นนี้จะมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งนี้เนื่องจากจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำสำหรับการหายใจ

2.1.2 ผลกระทบทางด้านชีวภาพ

น้ำมันเชื้อเพลิงทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นน้ำมันเตา น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันหล่อลื่น จะมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอยู่ด้วย ซึ่งไฮโดรคาร์บอนนี้เมื่อละลายลงสู่แหล่งน้ำแล้ว ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพและชีวภาพ โดยเฉพาะในส่วนของผลกระทบทางด้านชีวภาพนั้นจะมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ กล่าวคือไฮโดรคาร์บอนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายในปริมาณที่มากจะทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช จำพวกสาหร่ายลดลงประมาณร้อยละ 50 และทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ (cellular membrane) สูญเสียธาตุโพแทสเซียมและแมงกานีส สำหรับสัตว์น้ำเศรษฐกิจจำพวกปลาผิวน้ำและกุ้ง ถ้าได้รับสารนี้ระหว่าง 1 - 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เกินกว่า 96 ชั่วโมง จะเป็นอันตรายถึงตายได้ ส่วนสัตว์หน้าดินจำพวกปลาขนาดเล็กและหอยแครง หากได้รับระหว่าง 3 - 8 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิน 96 ชั่วโมง จะเป็นอันตรายถึงตายได้เช่นกัน นอกจากนี้ ไฮโดรคาร์บอน ยังมีผลทำให้คุณภาพของน้ำต่ำลง จนอาจไม่เหมาะสมต่อการอุปโภคและบริโภค ของมนุษย์ รวมทั้งการเป็นแหล่งอาหารและวางไข่ของสัตว์น้ำด้วย

2.1.3 ผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสังคม

เป็นผลกระทบที่ต่อเนื่องมาจากผลกระทบทางด้านกายภาพและชีวภาพ โดยผลกระทบด้านนี้ได้แก่ ผลกระทบต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ความเดือดร้อน รำคาญจากความสกปรกของคราบน้ำมัน การสูญเสียสุนทรียภาพ ความงดงามตามชายหาดจากคราบน้ำมันและตะกอนน้ำมัน (Tar ball) เป็นต้น

เมื่อมีการปนเปื้อนของคราบน้ำมันไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตามหนทางในการกำจัดมีอยู่ 3 วิธีคือ

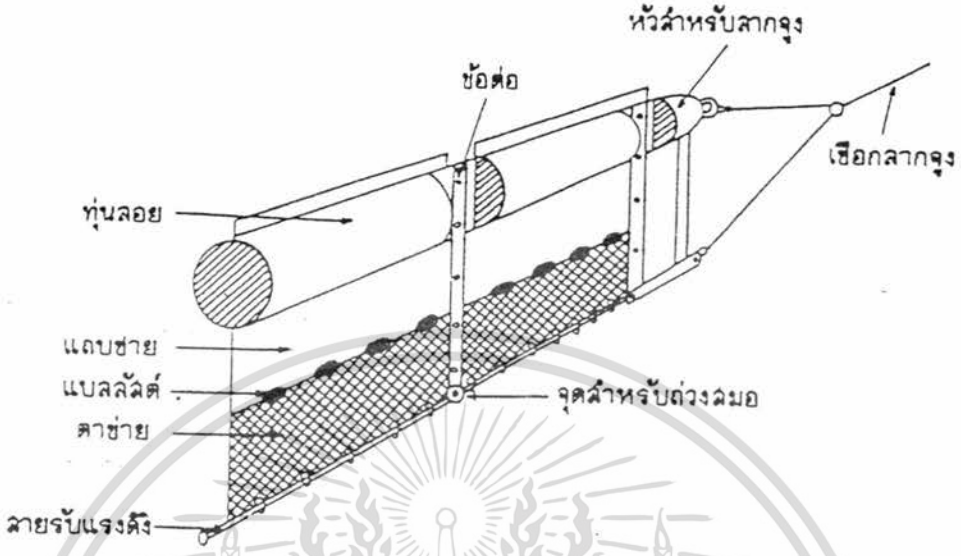
2.2 วิธีการกำจัดการปนเปื้อนคราบน้ำมันในแหล่งน้ำ

2.2.1.วิธีทางกายภาพ

เป็นวิธีการควบคุมกำจัด และกวาดน้ำมันด้วยกลวิธี หรือใช้อุปกรณ์เครื่องมือ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดมีหลักการและประสิทธิภาพในการทำงานแตกต่างกัน ในบางครั้งอาจจำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการทำงานมากกว่า 1 ชนิด ปฏิบัติงานในลักษณะต่อเนื่อง หรือผสมผสานกันดังต่อไปนี้

ก. ทุ่นกักน้ำมัน (Boom) คือเครื่องมือที่ใช้สำหรับควบคุม หรือกักน้ำมันให้อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่กำหนด ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของทุ่นกักน้ำมันแสดงได้ดังรูปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 ลักษณะโดยทั่วไปของทุ่นกักน้ำมัน

ก.1 ทุ่นลอย (Flotation) หรือที่เรียกว่า Buoyancy จะทำหน้าที่ให้ทุ่นกักน้ำมันลอยอยู่ได้ในน้ำ ตัวทุ่นลอยอาจบรรจุด้วยก๊าซ ซึ่งทำให้มีน้ำหนักเบาและมีคุณสมบัติในการลอยตามคลื่นได้ดี หรือตัวทุ่นอาจบรรจุด้วยโฟม ซึ่งทำให้ตัวทุ่นมีความแข็งแรง คงทน และสะดวกต่อการใช้งาน

ก.2 แถบชาย (Skirt) เป็นแผ่นที่อยู่ใต้น้ำ ทำหน้าที่ป้องกันมิให้น้ำมันไหลลอดใต้ทุ่นกักน้ำมันออกไป แถบชายนี้อาจทำด้วยแผ่นใยสังเคราะห์หรือแผ่นพลาสติก โดยปกติวัสดุที่ใช้ทำแถบชายนี้จะเป็นชนิดเดียวกับที่ใช้ทำทุ่นลอย

ก.3 ตาข่าย (Netting) มีลักษณะเหมือนตาข่ายทั่วไป ยึดระหว่างแถบชายกับสายรับแรงดึง ช่วยทำให้ทุ่นกักน้ำมันที่มีขนาดใหญ่ตั้งอยู่ได้ในแนวตั้ง และช่วยลดแรงปะทะของกระแสน้ำ ที่กระทำต่อทุ่นกักน้ำมัน มักพบในทุ่นกักน้ำมันที่ใช้ในทะเลเปิด (open sea) ซึ่งมีคลื่นขนาดใหญ่และรุนแรง

ก. 4 แบลลัสต์ (Ballast) เป็นน้ำหนักที่ถ่วงทุ่นกักน้ำมันให้ตั้งอยู่แนวตั้งได้ในน้ำ มักทำด้วยตะกั่วหรือโซ่เหล็ก โดยแบลลัสต์จะถูกยึดติดอยู่ที่ปลายของแถบชาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5 สายรับแรงดึง (Tension membert) ทำหน้าที่รับแรงที่กระทำต่อตัวทุ่นกักน้ำมัน มักทำให้สั้นหรือยืดหยุ่นน้อยกว่าตัวทุ่นกักน้ำมันเล็กน้อย บางครั้งติดไว้กับแถบชายที่ผิวน้ำ

ก.6 ข้อต่อ (Connector) เป็นส่วนที่ยึดทุ่นกักน้ำมันเข้าด้วยกัน ซึ่งตามปกติทุ่นกักน้ำมันจะประกอบด้วยท่อนสั้น ๆ เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้ายและเก็บรักษา ข้อต่อนี้จะได้รับการออกแบบให้มีความแข็งแรง น้ำหนักเบาและง่ายต่อการใช้

ก.7 จุดถ่วงสมอ (Anchor point) เป็นจุดที่ใช้ในการถ่วงสมอให้ทุ่นกักน้ำมันอยู่ในตำแหน่งที่คงที่ หรือใช้ที่ปลายทุ่นกักน้ำมันด้านใดด้านหนึ่ง เมื่อจะมีการลากจูงทุ่นกักน้ำมันไปในทิศทางที่ต้องการ

ก.8 หัวสำหรับลากจูง (Towing head) ถึงแม้ว่าจะไม่เป็นส่วนหนึ่งของทุ่นกักน้ำมัน แต่ก็เป็นอุปกรณ์จำเป็นสำหรับการลากจูงทุ่นกักน้ำมัน เพราะป้องกันมิให้ทุ่นกักน้ำมันบิดเบี้ยว หรือเสียหายในขณะลากจูงด้วยเรือ

ขนาดของทุ่นกักน้ำมันในการใช้งานมักพิจารณาจากลักษณะการลอยตัวอยู่ในน้ำ นั่นคือกำหนดตามความสูงของทุ่นกักน้ำมัน ส่วนที่อยู่เหนือน้ำ ซึ่งเรียกว่า ฟรีบอร์ด (Freeboard) กับความลึกของทุ่นกักน้ำมันส่วนที่จมอยู่ใต้น้ำซึ่งรวมทั้งแถบชายจะเรียกว่าดราฟต์(Draft)

ความสูงของฟรีบอร์ดทำหน้าที่ป้องกันมิให้น้ำมันกระเซ็นหรือไหลข้ามส่วนบนของทุ่นกักน้ำมันออกไปได้ในขณะที่ความลึกของดราฟท์ จะป้องกันมิให้น้ำมันไหลลอดผ่านใต้ทุ่นกักน้ำมันออกไปได้เช่นเดียวกัน

สำหรับวัสดุที่ใช้ทำทุ่นกักน้ำมัน โดยทั่วไปจะมีความคงทนต่อสภาวะการใช้งาน นั่นคือ ความคงทนต่อน้ำมัน น้ำทะเล โอโซนและแสงอัลตราไวโอเลต วัสดุที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันจะเป็นประเภทพลาสติกหรือแผ่นใยสังเคราะห์ เช่น ไนล่อน โพลีเอสเทอร์ พีวีซีชนิดที่ทนน้ำมัน โพลียูรีเทน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช. เครื่องกวาดน้ำมัน (Oil Spill Recovery Skimmer)

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับกวาดและดูดน้ำมัน โดยอาศัยหลักความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะระหว่างน้ำมันกับน้ำ ซึ่งปกติเครื่องกวาดน้ำมัน จะลอยอยู่บนผิวน้ำและมีช่องทางเปิดเชื่อมติดต่อกับช่องทางเปิดของเครื่องกักน้ำมัน (suction pump) เพื่อให้น้ำมันลอยเข้าสู่ช่องทางได้สะดวก โดยที่ปลายช่องทางในเครื่องจะมีทำนบ (weir) ขวางกั้นเพื่อทำหน้าที่แยกน้ำมันออกจากน้ำ ให้ไหลเข้าสู่เครื่องกักน้ำมัน ส่วนน้ำจะถูกบังคับให้ไหลออกกจากเครื่องกวาดน้ำมัน อย่างไรก็ตามเครื่องกวาดน้ำมันบางชนิดอาจใช้หลักการให้วัสดุสังเคราะห์ดูดซับหรือจับยึดน้ำมันแล้วนำขึ้นมารีดด้วยแผ่นรีดน้ำมันก่อนส่งเข้าถังเก็บต่อไป

ค. วัสดุดูดซับ (Sorbents)

เป็นวัสดุที่พัฒนามาจากสารสังเคราะห์ หรือเส้นใยพืช เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการซับน้ำมันที่ลอยอยู่บนผิวหน้าแหล่งน้ำ มีวิธีการใช้ที่ง่าย สะดวกรวดเร็วในการเคลื่อนย้ายน้ำมันออกจากที่เกิดเหตุ และมีหลักการทำงานไม่ซับซ้อนเหมือนเครื่องมือชนิดอื่น วิธีการใช้ เพียงแต่ขุ่มหรือหย่อนวัสดุซับลงบนผิวน้ำมัน น้ำมันจะแทรกซึมเข้าไปอยู่ระหว่างช่องว่างภายในเส้นใยหรือถูกดูดซับติดกับผิวของเส้นใยวัสดุ

ง. การใช้วัสดุที่ทำให้จมลง (Sinking)

เป็นการใช้วัสดุพิเศษที่มีอนุภาคขนาดเล็กโปรยหรือ ฉีดลงบนผิวน้ำมัน ทำให้เกิดเกาะติดหรือยึดกับฆวลน้ำมัน แล้วจมตัวลงสู่พื้นท้องน้ำ ซึ่งวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีพอ หากนำมาใช้กับน้ำมันที่มีความหนืดต่ำและมีปริมาณน้อย หรือชั้นน้ำมันที่มีความหนามาก วัสดุที่สามารถนำมาใช้กับวิธีการนี้มีหลายชนิด เช่น ทรายละเอียด ผงปูนขาว ขี้เถ้า ยิปซัม เป็นต้น

จ. การใช้วัสดุดักจับ (Netting)

เป็นวิธีที่ใช้ตาข่ายหรือเน็ต (nets) ดักจับคราบน้ำมันที่ลอยที่ผิวน้ำ วิธีนี้ใช้ได้กับน้ำมันที่ความหนืดสูงหรือที่เป็นตะกอนน้ำมัน บางครั้งเราอาจเรียกวิธีนี้ว่า surfactants ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 วิธีทางเคมี

การควบคุมและกำจัดคราบน้ำมันด้วยวิธีการทางเคมี มักนิยมใช้เมื่อการควบคุม (containment) และการเคลื่อนย้าย (removal) ด้วยวิธีกล หรือทางกายภาพใช้ไม่ได้ผล ดังนั้นจะต้องคอยติดตามคราบน้ำมันและ พิจารณาว่าจะถูกพัดพาเข้าสู่ชายฝั่ง แหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลน ปะการัง แหล่งท่องเที่ยว หรือทรัพยากร สิ่งแวดล้อมที่มีคุณค่าอื่นๆ หรือไม่ หากประเมินผลแล้วเห็นว่าคราบน้ำมันจะถูกพัดพาเข้าสู่แหล่งดังกล่าวก็จำเป็นต้องใช้วิธีทางเคมี ดังนี้

ก) การใช้สารเคมีที่ทำให้น้ำมันแตกตัว (Chemical dispersant)

การที่น้ำมันเกาะรวมตัวอยู่ในน้ำได้ เนื่องจากน้ำมันส่วนที่หนืดมีแรงตึงผิวมากกว่าน้ำ การทำให้น้ำมันแตกกระจายตัวออกไป จึงทำได้โดยลดความแตกต่างของแรงตึงผิวนี้ด้วยการใช้สารเคมีชนิด dispersant

Dispersant เป็นสารเคมีที่มีส่วนผสมของสารลดแรงตึงผิว (surfactant) สารละลายปิโตรเลียมเบส (petroleum - base solvent) และบางชนิดยังมีส่วนผสมของสารบางตัวที่สามารถควบคุมการแพร่กระจายของน้ำมันในท้องทะเลได้ ซึ่งส่วนประกอบของสารที่มีอยู่ใน dispersant แต่ละชนิดจะไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับการผลิตและการพัฒนา ของแต่ละบริษัท อย่างไรก็ตามคุณสมบัติโดยทั่วไปของ dispersant แต่ละชนิดจะคล้ายคลึงกัน

การใช้ dispersant ทำลายคราบน้ำมันทำได้โดยการฉีด dispersant ที่ผสมน้ำตามอัตราส่วนความเข้มข้นลงไปที่ผิวหน้าของน้ำมัน จะทำให้แรงตึงผิวของน้ำมีค่าใกล้เคียงกับแรงตึงผิวของน้ำมัน คราบน้ำมันก็จะถูกคลื่นตีแตกกระจายกลายเป็นหยดเล็กๆ แยกออกจากกัน นอกจากนี้ dispersant ยังมีคุณสมบัติป้องกันมิให้หยดน้ำมันเล็กๆ ที่แตกกระจายไปรวมตัวกันขึ้นมาอีก อย่างไรก็ตามการใช้ dispersant ก็มีข้อจำกัด เนื่องจากก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำได้

ข.) การใช้สารเคมีทำให้น้ำมันรวมตัวกัน (Chemical solidified)

เป็นการใช้สารเคมีที่เรียกว่า solidify สารเคมีชนิดนี้เมื่อฉีดลงบนคราบน้ำมันจะทำให้น้ำมันเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เกิดการรวมตัวเป็นก้อนตกลงสู่ท้องน้ำ อย่างไรก็ดีแนวความคิดนี้เป็นสิ่งใหม่ เริ่มมีการใช้ solidify ในบางประเทศเท่านั้น เนื่องจากมีราคาแพง ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบทางเคมีของ solidify จึงยังไม่มีการเปิดเผย สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการนำ solidify มาใช้แต่อย่างใด

ค.) การเผา (Burning)

ปกติการกำจัดคราบน้ำมันโดยวิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดแต่มักไม่นิยมและไม่แนะนำให้ใช้ในเขตร้อนชื้นเช่น ประเทศไทย เนื่องจากอาจก่อให้เกิดผลเสียหายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและทรัพย์สินของมนุษย์ได้ หากไม่สามารถควบคุมคราบน้ำมันที่จะเผาให้อยู่ในบริเวณที่กำหนด นอกจากนี้การเผาน้ำมันจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น และสารที่เหลือหลังจากการเผาไหม้ก็อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและสิ่งมีชีวิตได้เช่นเดียวกัน

2.2.3 วิธีทางชีวภาพ

เป็นวิธีการหรือกระบวนการที่ใช้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กต่างๆ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ รา เข้าย่อยสลาย ขบวนการนี้จะใช้เวลาในการย่อยสลายคราบน้ำมันนาน แต่จะก่อให้เกิดผลกระบทต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าวิธีอื่นหรือไม่เกิดเลย

สำหรับในประเทศไทย การศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดคราบน้ำมัน ได้มุ่งเน้นไปที่การหาสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายคราบน้ำมัน ดังจะเห็นได้จากผลงานการค้นคว้าวิจัยของทีมนักวิจัยจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยซึ่งนำโดย ดร. จิราภรณ์ สุขุมมาสี ขณะนี้ได้ค้นพบจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติดังกล่าวคือ แบคทีเรีย 5 สายพันธุ์ ยีสต์ 2 สายพันธุ์ รา 1 สายพันธุ์และนำมาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น จนสามารถย่อยสลายน้ำที่มีการปนเปื้อนน้ำมันเข้มข้นร้อยละ1 (ปริมาตรน้ำมันต่อปริมาตรน้ำ) ได้หมดภายใน 7 วัน ลักษณะน้ำมันที่ย่อยได้จะหายไปส่วนหนึ่งเนื่องจากถูกกินโดยจุลินทรีย์ที่เหลือจะแตกตัวกลายเป็นเม็ดเล็ก ๆ รวมกับน้ำได้

โครงการต่อไปของงานวิจัย คือการนำเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายคราบน้ำมันไปใช้ให้เกิดผลประโยชน์มากที่สุด โดยแนวทางในการนำไปใช้มีอยู่ 2 รูปแบบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 แนวทางการนำจุลินทรีย์กำจัดคราบน้ำมันไปใช้งาน

1) การนำเชื้อแบคทีเรียย่อยสลายคราบน้ำมันไปใช้โดยตรง วิธีการนี้สามารถใช้ได้กับระบบกำจัดน้ำมันที่มีพื้นที่จำกัดหรือในถังที่จะบำบัดหรือที่เรียกว่าระบบปิด

2) การนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเลี้ยงแบคทีเรียไปใช้งาน ผลิตภัณฑ์อาจอยู่ในสภาพสารละลายข้นข้น หรือสภาพเป็นผง ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอาจจะมีเชื้อแบคทีเรียอยู่แต่ว่าไม่มีชีวิตแล้ว หรืออาจเป็นสารละลายที่ได้แยกเอาส่วนของเชื้อแบคทีเรียออกไปแล้วก็ได้ นำไปพ่นลงบนผิวหน้าของคราบน้ำมันโดยตรงซึ่งสามารถใช้ในสภาพที่มีการปนเปื้อนของคราบน้ำมันในสถานที่ต่างๆได้ ซึ่งเป็นระบบเปิด หรืออาจใช้ในระบบปิดได้เช่นกัน การที่จะนำเชื้อแบคทีเรียไปใช้ในงานดังกล่าวนี้ต้องมีการเพิ่มปริมาณเชื้อขึ้นมาก่อนดังนี้

2.4. กระบวนการเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

เริ่มต้นจากการนำ master culture (stock culture) มาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งในจานเพาะเลี้ยง แล้วทำการคัดเลือกเชื้อที่มีสัณฐานวิทยาตามแบบที่เคยให้ผลผลิตสูง มาประมาณ 10 โคโลนี นำไปเลี้ยงไว้บนอาหารรุ้นเอียงเพื่อใช้เป็นsub - master culture ซึ่งจะใช้ในกระบวนการผลิตแต่ละครั้ง และในขั้นตอนนี้อาจนำเชื้อมาเพาะเลี้ยงในฟลาสก์ เขย่าให้อากาศเพื่อนำมาทดสอบความสามารถในการผลิตสารที่ต้องการ ซึ่งควรจะทราบผลก่อนที่จะนำเชื้อเริ่มต้นที่ผลิตเสร็จในขั้นตอนสุดท้าย ไปใช้ในกระบวนการหมักในถังหมักขนาดใหญ่ จากนั้นนำ sub - master culture ไปเพาะเลี้ยงต่อในฟลาสก์ขนาด 250 หรือ 500 มิลลิลิตร และเพิ่มปริมาณต่อไปในฟลาสก์ขนาดใหญ่ขึ้น หรือในถังหมักในห้องปฏิบัติการ จนกระทั่งถึงถังหมักในระดับนำร่อง(pilot plant scale) ในแต่ละขั้นตอนนี้ควรมีการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเชื้อด้วย แม้ว่าผลการทดสอบอาจทราบผลหลังจากใส่เชื้อเริ่มต้นลงในถังหมักในกระบวนการผลิตแล้วก็ตาม เพราะอย่างน้อยจะทำให้ทราบว่า มีการปนเปื้อนเกิดขึ้นหรือไม่ ในขั้นตอนใด เพื่อที่จะได้หาทางแก้ไขปัญหาต่อไป

ในปี คศ. 1960 Lincoln ได้แนะนำวิธีการเตรียมเชื้อเริ่มต้นของแบคทีเรียสำหรับใช้ในกระบวนการหมัก ซึ่งถ้าดัดแปลงเพียงเล็กน้อยก็สามารถใช้กับเชื้อชนิดอื่นได้ด้วย โดยนำโคโลนีเด่นที่ได้จาก sub - master culture ไปเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวจนกระทั่งมีการเจริญในระยะสูงสุด ของระยะการเจริญแบบเร่ง(log phase) ถ่ายเชื้อเหล่านี้ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่ซึ่งมีปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19 เท่าของปริมาตรเดิม (ใช้เชื้อเริ่มต้นร้อยละ 5) บ่มต่อจนกระทั่งเชื้อเจริญสูงสุดถึงระยะการเจริญแบบเร่งอีกครั้ง ทำซ้ำเช่นนี้อีกจนกระทั่งได้เชื้อเริ่มต้นในปริมาณมาก และในแต่ละขั้นตอนมีการเก็บตัวอย่างอย่างน้อยร้อยละ 3 นำไปทดสอบความบริสุทธิ์และความสามารถในการผลิตสารที่ต้องการ ส่วนที่เหลือแบ่งเป็นส่วนละ 20 มิลลิลิตร เก็บแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเก็บไว้ใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นได้เป็นเวลาหลายเดือน เมื่อต้องการจึงนำมาละลายเพื่อเตรียมเชื้อเริ่มต้นในปริมาณที่ต้องการต่อไป วิธีนี้ทำให้มั่นใจได้ว่าเชื้อที่ใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นในขั้นรองสุดท้ายเป็นเชื้อที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพมาเรียบร้อยแล้ว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1. วัสดุอุปกรณ์

ก. เชื้อจุลินทรีย์

Acinetobacter sp. (TISTR 985) จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ซึ่งเก็บรักษาในหลอด คะปิลารี่ปลายปิด แช่ไว้ในไนโตรเจนเหลว

ข. อุปกรณ์

ข.1 ถังหมัก 5 ลิตร

รุ่น MD 125 , L.E Marubishi Co,Ltd . Japan

ข.2 ถังหมัก 10 ลิตร

บริษัท New Brunswick Scientific Co, Inc . New Brunswick

ข.3 ถังหมัก 300 ลิตร

รุ่น 1 P F-U L.E Marubishi Co,Ltd . Japan

ข.4 pH meter

รุ่น Chemtrix type 60 A

ข.5 เตาอบความร้อนชื้น (Autoclave)

รุ่น LS 51 Serial no. 830 Rexall IndustrialCo,Ltd .

ข.6 เตาไมโครเวฟ

รุ่น MR 6400 , HITACHI

ข.7 ตู้บ่ม (Incubator) Hotpack philu PA.USA.

รุ่น 3512000 serial 57088

ข.8 เครื่องเขย่าหมุนวงกลม (Rotary shaker)

รุ่น G 10 Gyrotary shaker New Brunswick Scientific Co, Inc .

ข.9 เครื่องระเหยกลายเป็นไอ (Rotavaper)

ข.10 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

3.2 วิธีการทดลอง.

ก. วิธีการทดลอง

ก.1. เพาะเชื้อจากหลอด คะปิลารี่ปลายปิด ลงเลี้ยงในอาหารเหลวสำหรับเลี้ยงเชื้อในหลอดแก้ว (tube)

ก.2. ถ่ายเชื้อจากหลอดแก้วมาเลี้ยงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เขย่าให้อากาศที่ 180 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 2 ถึง 3 ชั่วโมง เลือกฟลาสก์ที่ย่อยน้ำมันได้ดีมาทำขั้นตอนต่อไป

ก.3. ถ่ายเชื้อในข้อ 2 เป็นหัวเชื้อในถังหมักขนาด 10 ลิตร ใช้เชื้อเริ่มต้นร้อยละ 1 ปริมาตรอาหาร 8 ลิตร อัตราการให้อากาศ 1 ส่วนปริมาตรอากาศต่อส่วนปริมาตรอาหาร (vvm) ความ เร็วใบพัด 180 รอบต่อนาที ทำการวิเคราะห์หาค่าต่างๆทุกๆ 24 ชั่วโมง

ก.4. ถ่ายเชื้อในข้อ 3 เป็นหัวเชื้อในถังหมักขนาด 300 ลิตร , ใช้เชื้อเริ่มต้นร้อยละ 1 ปริมาตรอาหาร 200 ลิตรอัตราการให้อากาศ 0.5 ส่วนปริมาตรอากาศต่อส่วนปริมาตรอาหาร (vvm)ความเร็วใบ พัด 120 รอบต่อนาที ทำการวิเคราะห์หาค่าต่างๆทุกๆ 24 ชั่วโมง

ข. ค่าที่วิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำหมัก

ข.1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

วัดโดยใช้ pH meter และ pH paper

ข.2. ค่าความขุ่นของน้ำหมัก (Turbidity)

วัดโดยหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

ข.3. ค่าปริมาณเซลล์ที่มีชีวิต (Cell count)

โดยเลี้ยงเชื้อจากตัวอย่างน้ำหมักบน PCA agar

ข.4. ปริมาณน้ำมันและไข (Oil and Grease) วิเคราะห์โดย

ข.4.1. อบถ้วยกระเบื้องที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนัก

ข.4.2. กลั้วอุปกรณ์เครื่องแก้วที่จะใช้ทุกชิ้นด้วย ปิโตรเลียมอีเทอร์

ข.4.3. นำน้ำหมักมา 100 มิลลิลิตร ใส่ในกรวยแยก เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.4.4. เขย่ากรวยแยกเบาๆประมาณ 80 รอบ ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นประมาณ 5 นาที

ข.4.5. จะเห็นชั้นน้ำและน้ำมันแยกกันชัดเจน แยกชั้นน้ำซึ่งอยู่ด้านล่างทิ้ง แยกชั้นน้ำมันลงถ้วยกระเบื้อง (ทำซ้ำข้อ ข.4.4 และ ข.4.5 อีกครั้งโดยตัวอย่างน้ำหมักที่ใช้ได้จากข้อ ข.4.3)

ข.4.6 นำชั้นน้ำมันไปอบที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนัก

ข.4.7.นำค่าน้ำหนักถ้วยกระเบื้องครั้งหลังลบด้วย น้ำหนักถ้วยกระเบื้องครั้งแรก จะได้เป็นปริมาณน้ำมันของน้ำหมักตัวอย่างนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มาเขียนกราฟที่เวลาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25412

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการทดลองที่1. ผลการทดลองในถังหมัก 12 ลิตร

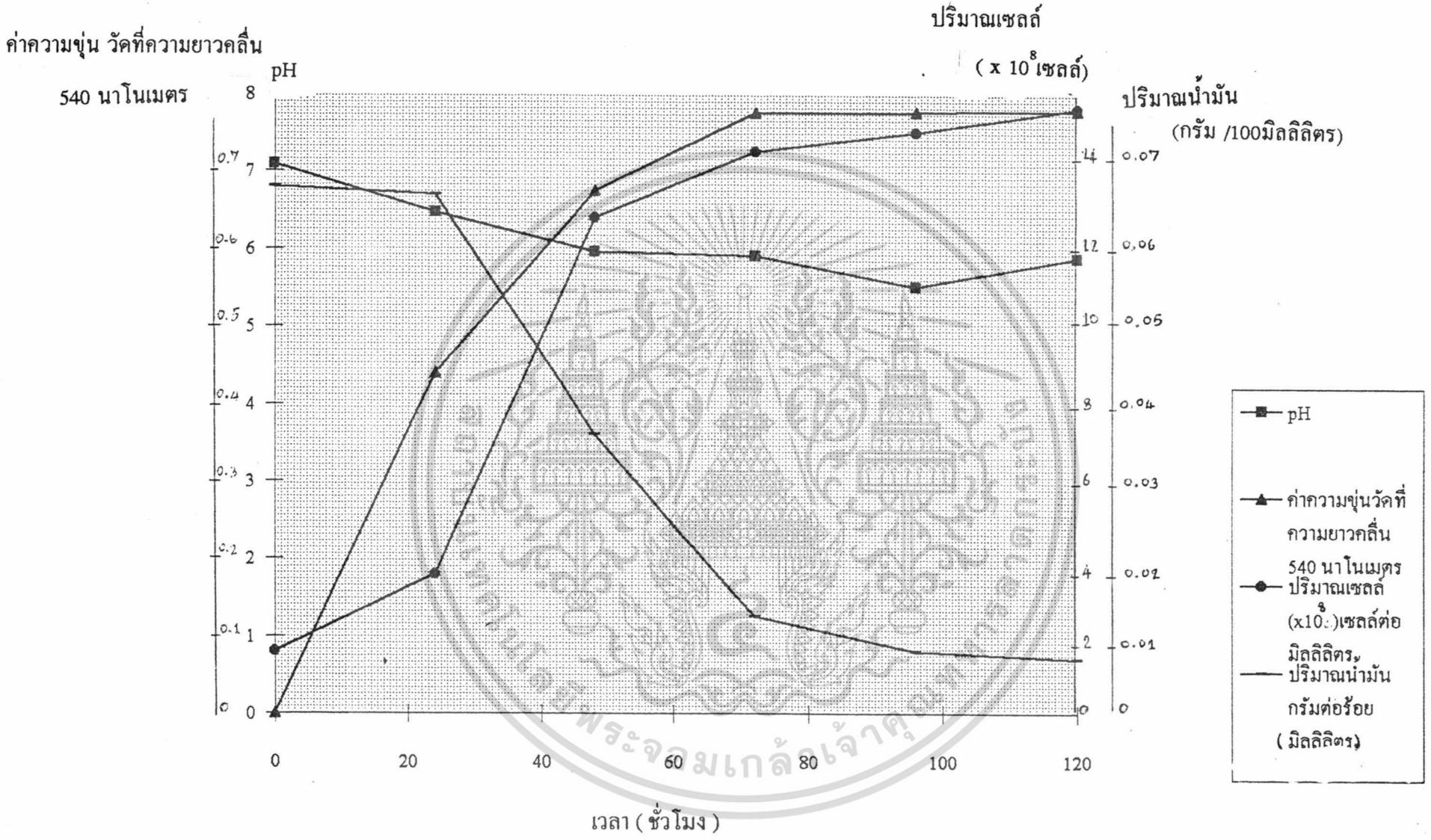
เมื่อนำเชื้อแบคทีเรีย Acinetobacter sp. (TISTR 985) จากฟลาสก์ที่มีประสิทธิภาพการย่อยสลายคราบน้ำมันได้ดี มาเป็นหัวเชื้อในการเลี้ยงในถังหมัก 12 ลิตรโดยใช้อาหารเหลวซึ่งประกอบด้วยธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสและมีเฉพาะน้ำมันดิบเป็นแหล่งคาร์บอน แล้วทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆจากตัวอย่างน้ำหมัก ณ.เวลาต่างๆได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหมักในถังหมัก 12 ลิตร

เวลา (ชั่วโมง)	pH	ค่าความขุ่น (วัดที่540นาโนเมตร)	ปริมาณเซลล์ (x 10^{1}เซลล์)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม/100มิลลิลิตร)
0	7.09	0.077	1.70	0.069
24	6.47	0.540	3.65	0.066
48	5.96	0.773	12.60	0.038
72	5.91	0.875	14.30	0.012
96	5.50	0.885	15.00	0.008
120	5.87	0.894	15.75	0.007

เมื่อนำค่าจากตารางที่ 4.1 มาเขียนกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหมักในถังหมัก 12 ลิตร

4.2 อธิบายผลการทดลองจากรูปที่ 4.1

4.2.ก. เส้นแสดงปริมาณเซลล์ (cell count)

ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 ถึง ชั่วโมงที่ 12 เชื้อเข้าสู่ระยะการปรับตัว (lag phase) หลังจากนั้น ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 13 ถึงชั่วโมงที่ 48 เชื้อจะเข้าสู่การเจริญแบบเร่งในช่วงนี้เชื้อมีค่าอัตราการเจริญเท่ากับ 0.373×10^{8} เซลล์/ชั่วโมง ค่าอัตราการเจริญจำเพาะ(μ)เท่ากับ 0.046 ชั่วโมง $^{-1}$ (วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.) จากนั้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 48 ถึง ชั่วโมงที่ 120 การเจริญของเชื้อจะเข้าสู่ช่วงคงที่ (stationary phase)

4.2.ข. เส้นแสดงค่า pH

ในชั่วโมงที่ 0 pH ของน้ำหมักมีค่าเท่ากับ 7.09 หลังจากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป pH จะเริ่มลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งถึง ชั่วโมงที่ 24 pH จะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว จนถึงค่า pH ต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 5.50 หลังจากนั้น pH จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง จากงานวิจัยของ วท. ครั้งก่อน ในช่วงนี้ถ้า pH เพิ่มขึ้นอีกครั้งในครั้งหลังให้เก็บเกี่ยวน้ำหมักทันที ดังนั้นการหมักจึงสิ้นสุดที่ชั่วโมงที่ 120

4.2.ค. เส้นแสดงค่าปริมาณน้ำมันและไข (Oil and Grease)

ช่วง 24 ชั่วโมงแรก ค่าปริมาณน้ำมันและไขมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิมมากนัก แต่หลังจากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยในช่วงชั่วโมงที่ 24 ถึง ชั่วโมงที่ 72 จะมีอัตราการลดลงมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.125×10^{-5} กรัม/มิลลิลิตรต่อชั่วโมง (วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ข.) จนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 72 อัตราการลดลงจึงค่อยๆช้าลงอีกครั้งหนึ่ง โดยเชื้อสามารถย่อยสลายคราบน้ำมันได้ร้อยละ 89.8 จากปริมาณเริ่มต้นทั้งหมด ภายในระยะเวลา 5 วัน เป็นที่น่าสังเกตว่า ช่วงที่น้ำมันมีอัตราการลดลงสูง ๆ เชื้อจะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิจารณ์ผลการทดลองในถังหมัก 12 ลิตร

จากการดำเนินไปของเส้นแสดงปริมาณเซลล์ แสดงว่าเชื้อสามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนในอาหารที่มีน้ำมันเป็นแหล่งคาร์บอนอย่างเดียวได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการดำเนินไปของเส้นแสดงค่าปริมาณน้ำมันที่มีค่าลดลงเรื่อย ๆ โดยเฉพาะเมื่อเชื้ออยู่ในช่วงการเจริญแบบเร่งปริมาณน้ำมันจะถูกใช้ไปเร็วมาก โดยระหว่างการย่อยน้ำมันจะมีการผลิตสารซึ่งมีสภาพเป็นกรดด้วยสารดังกล่าวนี้น่าจะมีผลต่อการย่อยสลายคราบน้ำมัน เช่น เป็นสารเร่งทางชีวภาพ (Biosurfactant)ที่มีสภาพเป็นกรด

4.4 ผลการทดลองที่ 2 ผลการทดลองถังหมัก 300 ลิตร

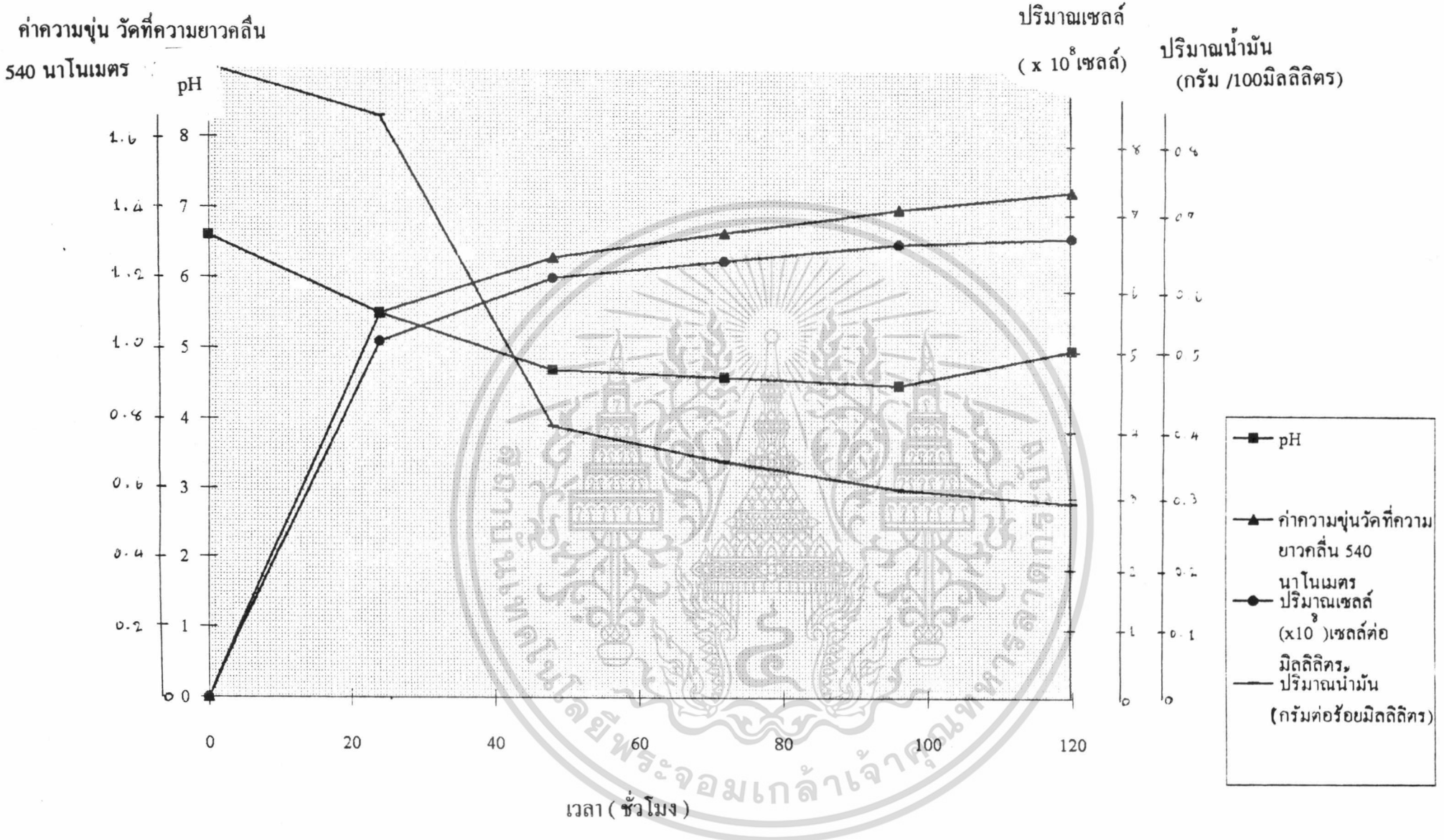
เมื่อนำเชื้อส่วนหนึ่งจากถังหมัก 12 ลิตรมาเป็นเชื้อเริ่มต้นในการหมักในถัง 300 ลิตร โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเดียวกันกับการหมักในถังหมัก 12 ลิตร และทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆจากตัวอย่างน้ำหมัก ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหมัก ในถังหมัก 300 ลิตร

เวลา (ชั่วโมง)	pH	ค่าความขุ่น (วัดที่540นาโนเมตร)	ปริมาณเซลล์ ($\times 10^3$เซลล์)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม /100มิลลิลิตร)
0	6.6	0.032	0.02	0.09
24	5.5	1.202	5.55	0.083
48	4.7	1.475	6.5	0.033
72	4.6	1.655	6.75	0.030
96	4.5	1.802	7.0	0.028
120	5.0	1.902	7.25	0.027

ซึ่งเมื่อนำมาเขียนกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหมักในถังหมัก 300 ลิตร

4.5 อธิบายผลการทดลองจากรูปที่4.3 ได้ดังนี้

4.5.ก. เส้นแสดงปริมาณเซลล์ (cell count)

ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 ถึง ชั่วโมงที่ 2 เชื้อเข้าสู่ระยะการปรับตัว หลังจากนั้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 48 เชื้อจะเข้าสู่การเจริญแบบเร่ง ในช่วงนี้เชื้อมีค่าอัตราการเจริญเท่ากับ 0.228×10^{8} เซลล์/ชั่วโมง ค่าอัตราการเจริญจำเพาะเท่ากับ 0.083 ชั่วโมง $^{-1}$ จากนั้นตั้งแต่ชั่วโมงที่ 48 ถึง 120 การเจริญของเชื้อจะเข้าสู่ช่วงคงที่

4.5.ข.เส้นแสดงค่า pH

ในชั่วโมงที่ 0 pH ของน้ำหมักมีค่าเท่ากับ 6.6 หลังจากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป pH จะเริ่มลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งถึง ชั่วโมงที่ 24 pH จะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว จนถึงค่า pH ต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 4.5 หลังจากนั้น pH จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นการหมักจึงสิ้นสุดที่ชั่วโมงที่120

4.5.ค.เส้นแสดงค่าปริมาณน้ำมันและไข (Oil and Grease)

ช่วง 24 ชั่วโมงแรกค่าปริมาณน้ำมันและไขมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิมมากนัก แต่หลังจากนั้นปริมาณน้ำมันจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยในช่วงชั่วโมงที่ 24 ถึง ชั่วโมงที่ 48 จะมีอัตราการลดลงมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 2×10^{-3} กรัม/ 100มิลลิลิตรต่อชั่วโมง จนกระทั่งถึงชั่วโมงที่ 72 อัตราการลดลงจึงค่อยๆช้าลงอีกครั้งหนึ่ง โดยเชื้อสามารถย่อยสลายคราบน้ำมันได้ร้อยละ 70 จากปริมาณเริ่มต้นทั้งหมด เป็นที่น่าสังเกตอีกเช่นกันว่า ช่วงที่น้ำมันมีอัตราการลดลงสูงๆ จะตรงกับช่วงที่เชื้อมีอัตราการเจริญเติบโตสูงเช่นกัน

4.6 วิจารณ์ผลการทดลองในถังหมัก300 ลิตร

จากการวิเคราะห์ปริมาณเซลล์ในน้ำหมัก แสดงให้เห็นว่าเชื้อสามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนในอาหารที่มีน้ำมันเป็นแหล่งคาร์บอนอย่างเดียวได้ ซึ่งตรงข้ามกับผลปริมาณน้ำมันและไขซึ่งมีค่าลดลงเรื่อยๆเมื่อเวลาผ่านไป โดยเฉพาะเมื่อเชื้ออยู่ในช่วงการเจริญแบบเร่งปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันจะถูกใช้ไปเร็วมาก ในระหว่างการย่อยน้ำมันจะมีการผลิตสารซึ่งมีสภาพเป็นกรดมาด้วย สารดังกล่าวนี้น่าจะมีผลต่อการย่อยสลายคราบน้ำมัน เช่น เป็นสารเร่งทางชีวภาพ (Biosurfactant) ที่มีสภาพเป็นกรด เป็นที่น่าสังเกตว่า ปริมาณของเซลล์ที่ได้ในระดับถัง 300 ลิตร จะน้อยกว่าในระดับถัง 10 ลิตร และประสิทธิภาพการย่อยน้ำมันก็ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในถังหมักขนาดใหญ่ การกวน หรือ การให้อากาศให้ทั่วถึงทำได้ยากกว่าถังหมักขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1สรุปผลการทดลอง

ในการผลิตหัวเชื้อ Acinetobacter sp. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการ เลี้ยงเชื้อเพื่อทำเป็นหัวเชื้อในถังหมักขนาด 12 ลิตร และ 300 ลิตร คือ ชั่วโมงที่ 48 ถึง ชั่วโมงที่ 72 และช่วงระยะเวลาดังกล่าวก็เป็นช่วงที่เหมาะสมในการนำเชื้อไปใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนคราบน้ำมัน เพราะเชื้อมีอัตราการเจริญสูงสุดและอัตราการกำจัดคราบน้ำมันมากที่สุด โดยควรมีระยะเวลาที่เชื้อได้สัมผัสกับน้ำมันนาน 2 ถึง 3 วันเป็นอย่างน้อย และหากมีระยะเวลาสัมผัสนานขึ้นถึงประมาณ 5 วันเชื้อจะย่อยสลายคราบน้ำมันได้เกือบหมด นอกจากนี้เชื้อยังมีแนวโน้มว่าสามารถผลิตได้ในปริมาณมาก ๆ โดยที่ยังคงความสามารถในการกำจัดคราบน้ำมันได้เหมือนเดิมหรืออาจดีกว่าเดิมถ้ามีระบบการให้อากาศที่ดีพอ

5.2.ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยขั้นต่อไป วท. จะทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ สารลดแรงตึงผิวทางชีวภาพ (Biosurfactant) ซึ่งแยกได้จากจุลินทรีย์ชนิดนี้ โดยศึกษาถึงคุณสมบัติ โครงสร้าง กลไกการทำปฏิกิริยากับน้ำมัน ฯลฯ ซึ่งหากนักศึกษาระดับปริญญาตรี หรือ ปริญญาโท คนใดสนใจที่จะทำเป็นโครงงานพิเศษสามารถติดต่อสอบถามกับ วท .ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

สูตรอาหารอย่างละเอียดที่ใช้เลี้ยงเชื้อ Acinetobacter sp. (TISTR 985) ในฟลาสก์ , ถังหมัก 5 ลิตร และถังหมัก 10 ลิตร (ก่อนจะเปิดเผยต้องซื้อสิทธิบัตรจาก วท . ก่อนจึงยังไม่สามารถพิมพ์ได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช.

วิธีการคำนวณ

อัตราการเจริญเติบโต = จำนวนเซลล์ที่เพิ่มขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลามีหน่วยเป็น
จำนวนเซลล์ต่อเวลา

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ = อัตราการเจริญเติบโตต่อจำนวนเซลล์ทั้งหมด

จากรูปที่ 4.1

สามารถหา **อัตราการเจริญเติบโต** ได้ดังนี้
ที่ชั่วโมงที่ 24 มีจำนวนเซลล์ทั้งหมดเท่ากับ 3.65×10^8 เซลล์
ที่ชั่วโมงที่ 48 มีจำนวนเซลล์ทั้งหมดเท่ากับ 12.60×10^8 เซลล์
ดังนั้นอัตราการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ $((12.60 - 3.65) \times 10^8) / 24$
$= 0.373 \times 10^8$ เซลล์ /ชั่วโมง

หาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ได้ดังนี้

ที่ชั่วโมงที่ 24 มีจำนวนเซลล์ทั้งหมดเท่ากับ 3.65×10^8 เซลล์
ที่ชั่วโมงที่ 48 มีจำนวนเซลล์ทั้งหมดเท่ากับ 12.60×10^8 เซลล์
จำนวนเซลล์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $((3.65 + 12.60)/2) \times 10^8$ เซลล์
$= 8.125 \times 10^8$ เซลล์
อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ $= (0.373 \times 10^8) / 8.125 \times 10^8$ เซลล์
$= 0.0459$ ชั่วโมง $^{-1}$

หาอัตราการย่อยคราบน้ำมันสูงสุดได้ดังนี้

พบว่าจากรูปกราฟที่ 2 ชั่วโมงที่ 24 ถึงชั่วโมงที่ 72 เส้นกราฟมีความชันมากที่สุด ซึ่งแสดงว่าอัตราการย่อยน้ำมันที่สูงที่สุดจะอยู่ในช่วงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ชั่วโมงที่ 24 มีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 0.066 กรัม /100 มิลลิลิตร

ที่ชั่วโมงที่ 72 มีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 0.012 กรัม /100 มิลลิลิตร

หาอัตราการย่อยคราบน้ำมันได้เท่ากับ (0.066 - 0.012) / 48

= 0.001125 กรัม /100 มิลลิลิตร/ชั่วโมง

= 1.125×10^{-3} กรัม /100 มิลลิลิตร /ชั่วโมง

หาเปอร์เซ็นต์การย่อยคราบน้ำมันได้ดังนี้

ที่ชั่วโมงที่ 0 มีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 0.00069 กรัม /มิลลิลิตร

ที่ชั่วโมงที่ 120 มีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 0.00007 กรัม /มิลลิลิตร

หาเปอร์เซ็นต์การย่อยคราบน้ำมันได้เท่ากับ ((0.00069 - 0.00007)x 100) / 0.0069 กรัม /มิลลิลิตร

= 89.8 %

จากรูปที่ 4.2

สามารถหา **อัตราการเจริญเติบโต** ได้ดังนี้

ที่ชั่วโมงที่ 24 มีจำนวนเซลล์ทั้งหมดเท่ากับ 0.02×10^8 เซลล์

ที่ชั่วโมงที่ 48 มีจำนวนเซลล์ทั้งหมดเท่ากับ 5.5×10^8 เซลล์

ดังนั้นอัตราการเจริญเติบโต มีค่าเท่ากับ ((5.5 -0.02) x 10^8)/ 24

= 0.228×10^8 เซลล์ /ชั่วโมง

ที่ชั่วโมงที่ 0 มีจำนวนเซลล์ทั้งหมดเท่ากับ 0.02×10^8 เซลล์

ที่ชั่วโมงที่ 24 มีจำนวนเซลล์ทั้งหมดเท่ากับ 5.5×10^8 เซลล์

ดังนั้น จำนวนเซลล์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ ((5.5 + 0.02)/2) x 10^8 เซลล์

= 2.76×10^8 เซลล์

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ = $(0.228 \times 10^8)/ 2.76 \times 10^8$

=0.083 ชั่วโมง $^{-1}$

หาอัตราการย่อยคราบน้ำมันสูงสุดได้ดังนี้

พบว่าจากรูปกราฟที่ 2 ชั่วโมงที่ 24 ถึงชั่วโมงที่ 48 เส้นกราฟมีความชันมากที่สุด ซึ่งแสดงว่าอัตราการย่อยน้ำมันที่สูงที่สุดจะอยู่ในช่วงนี้

ที่ชั่วโมงที่ 24 มีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 0.083 กรัม /100 มิลลิลิตร

ที่ชั่วโมงที่ 48 มีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 0.033 กรัม /100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาอัตราการย่อยคราบน้ำมันได้เท่ากับ (0.083 - 0.033) / 24

= 0.002 กรัม /100 มิลลิลิตร /ชั่วโมง

= 2×10^{-3} กรัม /100 มิลลิลิตร /ชั่วโมง

หาเปอร์เซ็นต์การย่อยคราบน้ำมันได้ดังนี้

ที่ชั่วโมงที่ 0 มีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 0.0009 กรัม /มิลลิลิตร

ที่ชั่วโมงที่ 120 มีปริมาณน้ำมันเท่ากับ 0.00027 กรัม /มิลลิลิตร

หาเปอร์เซ็นต์การย่อยคราบน้ำมันได้เท่ากับ ((0.0009 - 0.00027)x 100) / 0.0009 กรัม /มิลลิลิตร

= 70 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์ , 2532 , "ปัญหามลพิษจากการปนเปื้อนของน้ำมัน และการจัดแก้ไข ", กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำนักคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ , ฉบับที่ 15 หน้า 84-96 .
2. วิจารย์ สิมาฉายา , 2533 , " มลพิษจากน้ำมัน ", สิ่งแวดล้อม 33 , หนังสือพิมพ์เดลินิวส์ ฉบับวันที่ 17 มิถุนายน .
3. วิจารย์ สิมาฉายา , 2535 , " มลพิษเนื่องจากการรั่วไหลของน้ำมัน ", วารสารเทคโนโลยี , ฉบับที่ 25 หน้า 56 - 59.
4. ประพันธ์ บุญกลิ่นขจร , 2535 , " เปิดอกคนวท.เรื่องจุลินทรีย์กำจัดคราบน้ำมัน " , วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ฉบับเดือนมิถุนายน , หน้า 11- 15 .
5. สมรัตน์ ยินดีพิธ , 2536 , " การกำจัดคราบน้ำมันด้วยวิธีทางชีวภาพ ", วารสารความรู้คือประทีป , เล่มที่ 10 / 35 , หน้า 13 - 15.
6. สมรัตน์ ยินดีพิธ , 2536 " เมื่อเกิดน้ำมันรั่วไหล ", วารสารความรู้คือประทีป , เล่มที่ 3 / 34 , หน้า 26 - 51.
7. A. Jobson , F.D. Cook , and D.W.S Westlake Microbial Utilization of crude oil . Applied Microbiology , June 1972 , 1082 - 1089 .
8. A.Mikam Horowitz and Ronald M. Atlas .Continuous open flow - througs system as a model for oil biodegradation in the Arctic Ocean . Applied and Enviromental Microbiology , Mar.1977, p. 647-653.
9. D.G. Cooper and J.E. Zajic . Surface - Active compounds from Microorganisms. Advance in Applied in Microbiology v 36 1960 , p. 229-253.
10. I.MBanat , N.Samarah M. Murad, R.Horne, and S. Banajee. 1991 Biosurfactant production and use in oil tank clean - up . World Journal Microbiology and Biolotechnology 7 , 80 - 88 .
11. Joseph G. Leahy and Rita R. Collwell Microbial degradation of hydrocarbon environmental . Mobil oil corporation 1967, p. 1-21.
12. J.T. Dibble and Bartha . Effect of environmental Parameters on the Biodegradation of oil sludge . Applied and Environmental Microbiology , APR 1979 , p. 729-739.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Philip S.Stewart ,Dante J. Tedaldi , Aaron R. Lewis Eugene Goldman . Biodegradation rate of crude oil in seawater .Water Environment Research , v. 65 Number 7 1987, p. 845-848.

14. Lysette Plant and Martin Jeff . Hydrocarbon peroxide : Apotent force to destroy organics in wastewater. Chemical Engineering ,Sept 1994, pEE-16 - EE20.

15. Ronald M. Atlas . Microbial degradation of petroleum hydrocarbon : an Environmental perspective Microbial review March 1981, p. 180- 209.

16. S.A. Churchill , R.A.Griffin , L.P. Jones ,and P.E. Churchill . Biodegradation and Bioremementation :Biodegradation rate enhancement of hydrocarbon by an oleophilic fertilizer and rhamnolipid Biosurfactant Journal of Environmental Quality, v 24 , Jan - Feb 1995 , p. 19-28.

17. Thommas C.Hutchinson , " Relationship of Hydrocarbon Solubility to toxicity in Algae and cellular Membrain ", 1979.

18. Yimin Zhang and Raina M. Miller . Enchanceed octadecane Dispersion and Biodegradation by Pseudomonas Rhamnolipid Surfactant (Biosurfactant) .Applied and Environmental Microbiology , Oct 1992 ,p. 3276 - 3282.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้