

ผลกระทบของการใช้พอลิเมอร์ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติต่อคุณภาพน้ำทิ้ง



นางสาวจุไรรัตน์ นิตยพัฒน์

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม(สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**EFFECT OF USING POLYMERS IN CREAMING PROCESS OF SKIMNATURAL RUBBER LATEX  
ON QUALITY OF WASTEWATER**



**Miss Jurairat Nitayapat**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science  
(Interdisciplinary Program)**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 2008**

**Copyright of Chulalongkorn University**

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลกระทบของการใช้พอลิเมอร์ในการครีมหางน้ำอย่างธรรมชาติต่อ  
คุณภาพน้ำทิ้ง

โดย

นางสาวจุไรรัตน์ นิตยพัฒน์

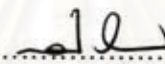
สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

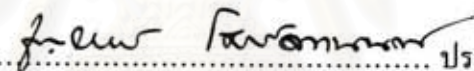
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

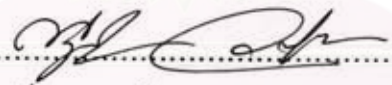
อาจารย์ ดร. พุทธรักษา วรานุศุภากุล

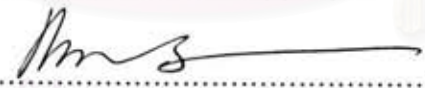
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

.....  ..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบุญ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฉมจิตานนท์)

.....  ..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(อาจารย์ ดร.พุทธรักษา วรานุศุภากุล)

.....  ..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.กนกทิพย์ บุญเกิด)

.....  ..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ดร.สุรพิชญ ลอยกุลนันท)

จุไรรัตน์ นิตยพัฒน์: ผลกระทบของการใช้พอลิเมอร์ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติต่อคุณภาพน้ำทิ้ง (Effect of using polymers in creaming process of skim natural rubber latex on quality of wastewater.) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ.ดร. พุทธรักษา วรานุกุล, 113 หน้า.

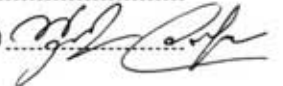
งานวิจัยนี้ได้ศึกษาน้ำทิ้งจากกระบวนการรวบรวมเนื้อยางจากหางน้ำยางธรรมชาติโดยการใช้ hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) และ hydroxypropyl cellulose (HPC) แทนการใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น โดยศึกษาน้ำทิ้งทั้งแบบที่แยกพอลิเมอร์ HPMC และ HPC ออกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่และแบบที่ไม่แยกพอลิเมอร์ HPMC และ HPC ออกเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งจากการใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น จากการศึกษาพบว่า มลพิษของน้ำทิ้งลดลงเมื่อใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในกระบวนการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ โดยค่าความเป็นกรด การนำไฟฟ้า ซัลเฟต ทีเคเอ็น และแอมโมเนีย ที่ได้้น้อยกว่าน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้น แต่ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำทิ้งที่ได้จะมากกว่า นอกจากนี้ระยะเวลาที่กักน้ำมีผลต่อความเป็นมลพิษของน้ำทิ้งจากกระบวนการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบที่แยกและไม่แยก HPMC และ HPC ออก โดยค่าความเป็นกรด ค่าทีเคเอ็น ค่าแอมโมเนียและค่าไขมันและไขมันจะลดลงเมื่อระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น แต่ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ค่าซัลเฟต ค่าซัลไฟด์ ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดี ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีที่เพิ่มขึ้นนี้อาจมีประโยชน์ในการผลิตแก๊สชีวภาพให้เพิ่มขึ้นในระบบบำบัดน้ำแบบไร้อากาศ

## สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม  
ปีการศึกษา 2551.

ลายมือชื่อผู้พิมพ์ จุไรรัตน์ นิตยพัฒน์

ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก



# # 4989069020: MAJOR INTERDISCIPLINARY PROGRAM OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORDS: CREAMING PROCESS / HYDROXYPROPYL CELLULOSE / HYDROXYPROPYL METHYLCELLULOSE / EFFLUENT RETENTION TIME / SKIM NATURAL RUBBER LATEX

JURAIKAT NITAYAPAT: EFFECT OF USING POLYMERS IN CREAMING PROCESS OF SKIM NATURAL RUBBER LATEX ON QUALITY OF WASTEWATER. ADVISOR: PUTTARUKSA VARANUSUPAKUL, Ph.D., 113 pp.

In this study, hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and hydroxypropyl cellulose (HPC) were used instead of concentrated sulfuric acid in the creaming process of skim natural rubber latex. The effluents from creaming process using HPMC and HPC as well as those with recovery of the polymer were compared to the use of concentrated sulfuric acid. In overall, the pollution of the effluent from creaming process was improved using recovered HPMC and HPC process. The effluent acidity, conductivity, sulfate ion, total kjeldahl nitrogen (TKN) and ammonia values were significantly lower but total dissolved solids (TDS), biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) were slightly higher. Moreover, the effluents retention time affected the pollution of the effluent from HPMC and HPC process as well as recovered HPMC and recovered HPC process. The acidity, total kjeldahl nitrogen (TKN), ammonia and Fat Oil and Grease (FOG) values of the effluent were decreased as increasing the effluent retention time. In contrast, suspended solids (SS), total dissolved solid (TDS), sulfate ion, sulfide as H<sub>2</sub>S, biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) were increased. However, the high values of BOD and COD were valuable for wastewater by anaerobic system.

Field of Study : Environmental Science.....

Student's Signature

Jurairat Nitayapat

Academic Year : 2008.....

Advisor's Signature

Puttara V.



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณา ความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลาย ๆ ท่าน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ดร. พุทธิรักษา วรานุศุภากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือและตรวจทานรายละเอียดต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสองท่านมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. ชาญวิทย์ โฉมิตานนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.สุรพิชญ ลอยกุลนันท์ และ ดร.กนกทิพย์ บุญเกิด ที่กรุณาใช้เวลาอันมีค่ายิ่งในการเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมให้ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นที่มีส่วนสำคัญในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งคณาจารย์ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาในการให้ความรู้ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ รวมทั้งคำแนะนำต่างๆ

นอกจากนั้น ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ยังได้รับการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ขอขอบคุณนักวิจัย เจ้าหน้าที่ และนิสิต ที่ปฏิบัติงานในหน่วยวิจัยการวิเคราะห์เชิงสถานะแวดล้อม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมีต่างๆในการวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัย

ขอขอบคุณ ศูนย์โลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ให้ความช่วยเหลือในการให้ตัวอย่างในการศึกษา อุปกรณ์ และสารเคมีต่างๆด้วย

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่สาว ที่ให้ความรัก ความห่วงใยและคอยให้การสนับสนุนเงินทุน คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
<b>1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b> ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	<b>1</b>
<b>1.2</b> วัตถุประสงค์.....	<b>3</b>
<b>1.3</b> ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	<b>3</b>
<b>2</b> เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	<b>4</b>
<b>2.1</b> ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยางธรรมชาติ.....	<b>4</b>
<b>2.1.1</b> ประวัติความเป็นมา.....	<b>4</b>
<b>2.1.2</b> โครงสร้างของยางธรรมชาติ.....	<b>4</b>
<b>2.1.3</b> สมบัติและส่วนประกอบของหางน้ำยาง.....	<b>6</b>
<b>2.2</b> น้ำยางข้น.....	<b>8</b>
<b>2.2.1</b> วิธีทำให้เกิดคริม.....	<b>9</b>
<b>2.2.2</b> วิธีทำให้ระเหย.....	<b>9</b>
<b>2.2.3</b> วิธีแยกด้วยไฟฟ้า.....	<b>10</b>
<b>2.2.4</b> วิธีใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง.....	<b>10</b>
<b>2.3</b> หางน้ำยาง.....	<b>11</b>
<b>2.4</b> เซลลูโลสอีเทอร์.....	<b>11</b>
<b>2.4.1</b> Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC).....	<b>12</b>
<b>2.4.2</b> Hydroxypropyl cellulose (HPC).....	<b>13</b>
<b>2.4.3</b> ประโยชน์ของ HPMC และ HPC ที่ใช้ในทางอุตสาหกรรม.....	<b>14</b>
<b>2.5</b> การรวบรวมเนื้อยางโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC.....	<b>14</b>
<b>2.5.1</b> กลไกในการคริมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	<b>14</b>
<b>2.5.2</b> การคริมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC.....	<b>15</b>

บทที่	
26 ระบบบำบัดน้ำเสีย.....	16
26.1 ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน.....	16
26.2 ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน.....	17
27 สารจอกเอกสาร.....	18
3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง.....	20
31 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง.....	20
32 การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ HPMC และ HPC.....	20
33 การครีมหาน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และการรวบรวมเนื้อยาง โดยใช้ กรดซัลฟิวริก.....	20
34 การแยกพอลิเมอร์ HPMC และ HPC เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่.....	21
35 ศึกษาระยะเวลาที่กักน้ำของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหาน้ำยางธรรมชาติโดย ใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC.....	22
36 วิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหาน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	22
37 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล.....	23
4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	24
41 ศึกษาและเปรียบเทียบน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ความเข้มข้น 0.4 0.5 0.6 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในการครีมหาน้ำยางธรรมชาติและการ รวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก (commercial grade).....	24
42 ศึกษาและเปรียบเทียบน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ความเข้มข้น 0.4 0.5 0.6 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในการครีมหาน้ำยางธรรมชาติทั้งแบบที่แยก พอลิเมอร์ออกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่และแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกมา.....	35
43 ศึกษาและเปรียบเทียบน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ความเข้มข้น 0.4 0.5 0.6 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในการครีมหาน้ำยางธรรมชาติแบบบำบัดทันที และแบบทิ้งไว้ก่อนแล้วค่อยบำบัด.....	48
44 การบำบัดน้ำทิ้งที่เหมาะสมจากการครีมหาน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์.....	79
5 สรุปผลการทดลอง.....	81
เอกสารอ้างอิง.....	83



บทที่	
ภาคผนวก.....	86
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	113



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ <b>1.1</b> การผลิต การส่งออก การใช้ยางธรรมชาติของประเทศไทย ปี 2545-2550.....	1
ตารางที่ <b>31</b> ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งและวิธีการวิเคราะห์.....	22



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 21 โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ.....	4
รูปที่ 22 โครงสร้างของ Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC).....	12
รูปที่ 23 โครงสร้างของ Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC).....	13
รูปที่ 24 กลไกของ mechanism depletion flocculation.....	14
รูปที่ 25 การแยกชั้นของหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC .....	15
รูปที่ 31 ตัวอย่างการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC .....	21
รูปที่ 32 การครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้กรดซัลฟิวริก (เกรดโรงงาน).....	21
รูปที่ 41 ค่าความกรด-เบสของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	25
รูปที่ 42 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติและการรวบรวมเนือยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	25
รูปที่ 43 ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติและการรวบรวมเนือยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	26
รูปที่ 44 ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติและการรวบรวมเนือยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	27
รูปที่ 45 ค่าซัลเฟตของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	28
รูปที่ 46 ค่าซัลไฟด์ของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติและการรวบรวมเนือยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	28
รูปที่ 47 ค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติและการรวบรวมเนือยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	30
รูปที่ 48 ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติและการรวบรวมเนือยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	30
รูปที่ 49 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติและการรวบรวมเนือยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	31
รูปที่ 410 ค่าทีเคเอ็นของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติและการรวบรวมเนือยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	32

รูปที่ 411 ค่าแอมโมเนียของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยาง ธรรมชาติและการรวบรวมเนื้อเยื่อโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	33
รูปที่ 412 ค่าไนโตรเจนของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ และการรวบรวมเนื้อเยื่อโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	33
รูปที่ 413 ค่าไนเตรตของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ และการรวบรวมเนื้อเยื่อโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	34
รูปที่ 414 ค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC ในการครีมหางน้ำยาง ธรรมชาติและการรวบรวมเนื้อเยื่อโดยใช้กรดซัลฟิวริก.....	35
รูปที่ 415 ค่าความกรด-เบสของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบ ที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	36
รูปที่ 416 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	37
รูปที่ 417 ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและ แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	38
รูปที่ 418 ค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและ แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	39
รูปที่ 419 ค่าซัลเฟตของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้ แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	40
รูปที่ 420 ค่าซัลไฟด์ของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้ แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	40
รูปที่ 421 ค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและ แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	41
รูปที่ 422 ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้ แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	42
รูปที่ 423 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้ แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	43
รูปที่ 424 ค่าทีเคเอ็นของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้ แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	44
รูปที่ 425 ค่าแอมโมเนียของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ.....	44

รูปที่ 4.26 ค่าไนโตรเจนของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมน้ำยารักษา.....	45
รูปที่ 4.27 ค่าไนเตรตของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมน้ำยารักษา.....	45
รูปที่ 4.28 ค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมน้ำยารักษา.....	47
รูปที่ 4.29 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าความกระด-เบสของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	48
รูปที่ 4.30 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	50
รูปที่ 4.31 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	53
รูปที่ 4.32 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าของแข็งละลายน้ำของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	55
รูปที่ 4.33 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าซัลเฟตของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	57
รูปที่ 4.34 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าซัลไฟด์ของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	59
รูปที่ 4.35 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	62
รูปที่ 4.36 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าบีโอดีของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	64
รูปที่ 4.37 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	66
รูปที่ 4.38 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าทีเคเอ็นของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	68
รูปที่ 4.39 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าแอมโมเนียของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	70
รูปที่ 4.40 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าไนโตรเจนของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ในการครีมน้ำยารักษา.....	72



- รูปที่ 4.41 ผลของระยะเวลาที่สกัดน้ำทิ้งต่อค่าไนเตรตของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ในการครีมน้ำอย่างธรรมชาติ.....74
- รูปที่ 4.42 ผลของระยะเวลาที่สกัดน้ำทิ้งต่อค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ในการครีมน้ำอย่างธรรมชาติ.....77



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติอันดับ 1 ของโลก มีสัดส่วนการส่งออกยางประมาณร้อยละ 40 ของการส่งออกยางทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่ส่งไปยังจีน ญี่ปุ่น มาเลเซีย และสหรัฐอเมริกา ปัจจุบันมีศักยภาพการผลิต 3.05 ล้านตันต่อปี การส่งออกมี 2.70 ล้านตัน และใช้ภายในประเทศ 0.37 ล้านตัน (ตารางที่ 1.1)

#### ตารางที่ 1.1 การผลิต การส่งออก การใช้ยางธรรมชาติของประเทศไทย ปี 2545-2550

หน่วยปริมาณ : ตัน

ปี	การผลิต	การส่งออก	ใช้ในประเทศ	สต็อก
2545	2,615,104	2,354,416	278,355	196,680
2546	2,876,005	2,573,450	298,699	202,240
2547	2,984,293	2,637,096	318,649	232,560
2548	2,937,158	2,632,398	334,649	204,256
2549	3,136,993	2,771,673	320,885	249,895
2550	3,056,005	2,703,762	373,659	230,390

ที่มา : สถาบันวิจัยยาง (2551)

ผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติที่ประเทศไทยมีการส่งออกได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่งเอสทีอาร์ ยางแผ่นผึ่งแห้ง น้ำยางข้น น้ำยางสกิม ยางแท่งไม่ระบุงขึ้น ยางเครพ และยางแผ่นยางดิบ เป็นต้น การส่งออกผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมน้ำยางข้นซึ่งเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ

กระบวนการผลิตน้ำยางข้นเริ่มจากน้ำยางที่กรี๊ดได้จากต้นยางพาราเรียกว่า น้ำยางสด จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยงให้ได้น้ำยางข้น ซึ่งน้ำยางข้นส่วนใหญ่จะถูกส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศ ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมยางเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางที่มีมูลค่าสูงขึ้น เช่น กุ้งมือยาง กุ้งยางอนามัย และยางยืด เป็นต้น

กระบวนการปั่นเหวี่ยงให้ได้น้ำยางชั้นที่ใช้ในปัจจุบันนั้น จะได้หางน้ำยางออกมาปริมาณมาก โดยหางน้ำยางที่ได้จะมีเนื้อยางอยู่ 3-8 เปอร์เซ็นต์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) โดยอนุภาคยางที่เหลืออยู่ในหางน้ำยางจะมีขนาดค่อนข้างเล็กทำให้การเก็บรวบรวมเนื้อยางทำได้ยาก ปัจจุบันนิยมใช้กรดซัลฟิวริกเข้มข้นในการเก็บรวบรวมเนื้อยาง ทำให้ได้เนื้อยางที่มีสีคล้ำและด้อยคุณภาพ นอกจากนี้ น้ำที่เหลือภายหลังจากจับเนื้อยางจะมีค่าความเป็นกรดสูง มีการปนเปื้อนของกรดซัลฟิวริกสูงซึ่งสามารถแปรสภาพเป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่น้ำทิ้งค่อนข้างสูง ด้วยเหตุนี้การพัฒนากระบวนการใหม่ที่จะช่วยลดมลภาวะและเพิ่มมูลค่าของเนื้อยางจึงเป็นสิ่งสำคัญ งานวิจัยจึงสนใจศึกษาการครีมนางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ในการรวบรวมเนื้อยางซึ่งเป็นการอาศัยกระบวนการ **Creaming** ในการแยกอนุภาคยางที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าออกจากส่วนที่เป็นน้ำ ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่า ส่วนอนุภาคยางจะลอยตัวขึ้นสู่ผิวบน ประสิทธิภาพการทำงานของกระบวนการ **Creaming** จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ถ้าอนุภาคยางมีขนาดใหญ่ขึ้น มีการเคลื่อนไหวแบบบราวเนียนลดลง ก็จะทำให้อัตราเร็วในการเกิด **Creaming** เพิ่มขึ้น (Robert, 1988) กระบวนการ **Creaming** นี้จะดำเนินการไปอย่างช้าๆ น้ำยางจะแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นน้ำซึ่งมีส่วนที่เป็นเนื้อยางเพียงเล็กน้อย ชั้นบนเป็นครีมที่มีเนื้อยางสูงมีเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมดประมาณ 61.5 เปอร์เซ็นต์และมีเนื้อยางอยู่ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ (เสาวรศ, 2538) กระบวนการ **Creaming** นับว่าเป็นวิธีที่ง่าย ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน และได้คุณภาพเนื้อยางที่ดีกว่าเดิม

งานวิจัยนี้สนใจพอลิเมอร์ 2 ชนิดในการศึกษาครีมนางน้ำยางคือ **Hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC)** และ **Hydroxypropyl cellulose (HPC)** พอลิเมอร์ทั้ง 2 ชนิดนี้นิยมใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเครื่องเคลือบวัสดุ อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ อุตสาหกรรมกาว อุตสาหกรรมหมึกพิมพ์ เป็นต้น พอลิเมอร์ทั้ง 2 ชนิดสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์และน้ำเพื่อเปลี่ยนสภาพเป็นคอลลอยด์ แต่ไม่สามารถละลายได้ที่อุณหภูมิสูง (Furia, 1972) ทำให้สามารถแยกออกจากน้ำทิ้งและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดย HPMC มีค่า **Lower Critical Solution Temperature (LCST)** ประมาณ 70-90 °C (Kita and others, 1999) ส่วน HPC มีค่า LCST ประมาณ 41-45 °C (Lee and Lawandy, 2002) ซึ่งถือได้ว่าเป็นอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นในการทำให้พอลิเมอร์ทั้ง 2 ชนิดนี้เปลี่ยนจากละลายน้ำเป็นไม่ละลายจึงใช้พลังงานเพียงเล็กน้อย หรืออีกนัยหนึ่งคือในการแยกพอลิเมอร์ออกและนำกลับมาใช้ใหม่จะใช้พลังงานเพียงเล็กน้อย ทำให้ต้นทุนในการนำกลับต่า นอกจากนี้การครีมนางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ยังอาศัยกระบวนการ **Depletion Flocculation** ทำให้อนุภาคยางถูกดันให้ชนกันและรวมตัวแยกออกมาเป็นชั้นครีมเท่านั้น ยังไม่

รวมตัวกันเป็นก้อนจนแยกตัวออกมา ดังนั้นจึงต้องทำให้เกิดกระบวนการ **Coagulation** อีกครั้งโดยใช้กรดซัลฟิวริกเจือจาง ซึ่งการรวบรวมเนื้อเยื่อจากชั้นคริม โดยใช้ภาวะที่ไม่รุนแรงจะได้เนื้อเยื่อที่มีคุณภาพที่ดีกว่าการใช้ภาวะที่รุนแรงในการรวบรวมเนื้อเยื่อจากหางน้ำยางโดยตรง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์แทนกรดซัลฟิวริกในการรวบรวมเนื้อเยื่อจากหางน้ำยางธรรมชาติและจัดทำข้อเสนอแนะในการบำบัดน้ำทิ้งให้เหมาะสมกับน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการคริมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบข้อมูลคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการคริมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ และได้ข้อเสนอแนะในการบำบัดน้ำทิ้งให้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่นำพอลิเมอร์ไปใช้ในกระบวนการคริมหางน้ำยางธรรมชาติ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

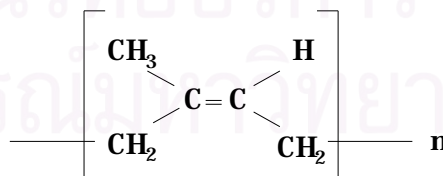
## 21 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำยางธรรมชาติ (Natural Rubber Latex, NRL)

### 21.1 ประวัติความเป็นมา

ยางพาราเป็นไม้ประเภทยืนต้น มีถิ่นกำเนิดในกลุ่มน้ำอเมซอน ประเทศบราซิล ชอบอากาศร้อนชื้น ในปี พ.ศ. 2419- พ.ศ. 2420 Henry Wickham ส่งกล้ายางไปปลูกที่ประเทศศรีลังกา และ สิงคโปร์ ต่อมาในปี พ.ศ. 2420 ประเทศมาเลเซียได้มีการนำมาปลูกในสวนหลังบ้านข้าหลวงใหญ่อังกฤษ ส่วนประเทศไทยยังไม่มีหลักฐานยืนยันแน่นอนว่า เริ่มมีการนำเข้ามาปลูกเมื่อไร สันนิษฐานว่า ในปี พ.ศ. 2443 พระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี (คอซิมบี๊ ณ ระนอง) นำยางจากมลายูมาปลูกที่ อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เป็นครั้งแรก ต่อมาปีพ.ศ.2451 หลวงราชไมตรี (ปุม ปุณศรี) ได้นำไปปลูกที่จังหวัดจันทบุรี ในภาคตะวันออก ต่อมา ขยายอย่างกว้างขวางใน 14 จังหวัดภาคใต้ และ 3 จังหวัดภาคตะวันออก คือ ระยอง จันทบุรี และตราด

### 21.2 โครงสร้างของยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมีคือ ซิส-1,4-พอลิไอโซพรีน (cis-1,4-polyisoprene) กล่าวคือในโมเลกุลของ 1 โมเลกุลจะประกอบด้วยหน่วยของไอโซพรีน ( $C_5H_8$ ) มาต่อกันเป็นสายยาวแบบเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 21



รูปที่ 21 โครงสร้างทางเคมีของยางธรรมชาติ (พงษ์ธร, 2548)



โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง **200,000 ถึง 400,000** และมีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลที่กว้างมาก ยางธรรมชาติมีความหนาแน่นเท่ากับ **0.93** กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ **20** องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (**glass transition temperature, T<sub>g</sub>**) ประมาณ **-72** องศาเซลเซียส นั่นหมายความว่าหากนำยางธรรมชาติไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า **-72** องศาเซลเซียส สมบัติของยางธรรมชาติจะเปลี่ยนจากที่เคยยืดหยุ่น ไปเป็นของแข็งเช่นเดียวกับแก้ว

หนึ่งหน่วยของไอโซพรีนจะมีพันธะคู่และมีหมู่แอลฟาเมทิลีน ( **$\alpha$ -methylene**) ที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาการคงรูปด้วยกัมมันต์อยู่ ดังนั้น พันธะคู่ที่มีอยู่ในโมเลกุลของยางจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการคงรูปด้วยกัมมันต์ อย่างไรก็ตาม พันธะคู่เหล่านี้ยังสามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ได้อีก เช่น ออกซิเจน หรือ โอโซน ทำให้ยางเกิดการเสียหาย หรืออาจทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจน คลอรีน ไฮโดรเจนคลอไรด์ เป็นต้น ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างยาง (ที่ตำแหน่งพันธะคู่) กับสารเคมีต่างๆ เหล่านี้จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

โดยทั่วไปยางธรรมชาตินี้มีโครงสร้างการจัดเรียงของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (**amorphous**) แต่ในบางสถานะ เช่น ที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อยางถูกยืด โมเลกุลของยางบางส่วนสามารถจัดเรียงตัวได้อย่างค่อนข้างเป็นระเบียบ ยางจึงสามารถเกิดผลึก (**crystallize**) ได้ การเกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำหรือที่เรียกว่า **“low temperature crystallization”** จะพบในกรณีที่เก็บยางไว้ที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน โดยยางจะมีอัตราเร็วในการเกิดตกผลึกสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำประมาณ **-26** องศาเซลเซียส การตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำนี้จะทำให้ยางแข็งมากขึ้น ทำให้ไม่สามารถนำไปผสมให้เข้ากับสารเคมีหรือสารตัวเติมอื่นๆ ได้ แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ผลึกที่เกิดขึ้นจะถูกทำลาย ยางจะอ่อนตัวลงและกลับสู่สภาพเดิม ด้วยเหตุนี้ ประเทศในเมืองหนาวจึงต้องนำยางธรรมชาติมาอบที่อุณหภูมิต่ำประมาณ **50-70** องศาเซลเซียส เพื่อให้ยางอ่อนก่อนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป ส่วนการเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัวหรือที่เรียกว่า **“strain-induced crystallization”** จะพบเมื่อยางถูกยืดจนมีความยาวมากกว่าความยาวตั้งต้นประมาณ **2-3** เท่า การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัวของยางจะทำให้ยางมีสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจน กล่าวคือ ยางจะเปลี่ยนจากสภาพโปร่งแสง (**transparent**) ไปเป็นทึบแสง (**opaque**) ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ง่ายในยางคงรูปที่ไม่มีการเติมสารตัวเติม นอกจากนี้ การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัวยังทำให้ยางคงรูปมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น นั่นคือ ยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการขูดถูสูงขึ้น

## 21.3 สมบัติและส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางธรรมชาติที่กรี๊ดได้จากต้นยางพาราเรียกว่า น้ำยางสด ลักษณะเป็นของเหลวสีขาวขุ่นข้นคล้ายน้ำมันหรือสีครีมเล็กน้อย มีกลิ่นหอม มีความหนาแน่นระหว่าง **0.975-0.98** กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่า **pH 6.5-7.0** ความหนืดและส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำยางจะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุของต้นยาง ฤดูกาลกรีดยาง และวิธีการกรีดยาง เป็นต้น น้ำยางประกอบด้วยอนุภาคยางขนาดต่างๆ กันแขวนลอย หรือกระจัดกระจาย (**disperse**) อยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลว อาจเรียกตัวกลางนี้ที่เป็นน้ำว่า ซีรัม (**Serum**)

น้ำยางมีลักษณะเป็นสารละลายคอลลอยด์ (**colloid**) ชนิดไฮโดรโซล (**hydrosol**) ซึ่งเป็นสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย แต่มีลักษณะพิเศษกว่าไฮโดรโซลทั่วไป คือน้ำยางมีลักษณะกึ่งชอบน้ำ (**hydrophilic**) นั่นคือมีลักษณะเป็นสารที่ละลายได้ง่ายเมื่อน้ำเป็นตัวทำละลาย และมีลักษณะไม่ชอบน้ำ (**hydrophobic**) คือมีลักษณะที่ไม่ยอมรวมกับน้ำ ดังนั้นสารเหล่านี้จึงเป็นสารที่ละลายได้ยากเมื่อนำมาใช้เป็นตัวทำละลายเพราะในยางนั้นมีลักษณะไม่ชอบน้ำเด่นกว่าลักษณะชอบน้ำ นอกจากนี้ น้ำยางยังประกอบด้วยส่วนที่ไม่ใช่ยาง เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และอนุผลของโลหะ เป็นต้น

ส่วนประกอบของน้ำยางโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง **35** เปอร์เซ็นต์และส่วนที่ไม่ใช่ยาง **65** เปอร์เซ็นต์ (น้ำ **55** เปอร์เซ็นต์กับลูทอยด์และสารอื่น **10** เปอร์เซ็นต์)

### 1) ส่วนที่เป็นเนื้อยาง

#### ก. อนุภาคยาง

อนุภาคยางเป็นสารไฮโดรคาร์บอนที่ประกอบกันเป็นหน่วยไอโซพรีน (**isoprene**) เชื่อมต่อกัน แขนงลอยอยู่ในซีรัม ได้น้ำยางที่มีความหนาแน่นประมาณ **0.92** กรัมต่อมิลลิลิตร อนุภาคยางมีรูปร่างทั้งทรงกลมและทรงรีคล้ายลูกแพร์ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง **0.02-0.03** ไมครอน โมเลกุลมีขนาดใหญ่ไม่ละลายน้ำ และเมื่ออยู่ในสภาพน้ำยางสด ผิวรอบอนุภาคจะถูกห่อหุ้มด้วยชั้นของสารพวกโปรตีน และไขมัน นอกจากนี้ยังมีโลหะบางชนิด เช่น แมกนีเซียม โปตัสเซียม และทองแดง ปนอยู่ในส่วนของยางประมาณ **0.05** เปอร์เซ็นต์

## ข. โปรตีน

ส่วนของสารพวกโปรตีนที่ห่อหุ้มอยู่ตรงบริเวณผิวรอบนอกของอนุภาค ยางมีประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมดที่มีอยู่ในยาง ส่วนที่เหลือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ในชั้นน้ำ และอีก 25 เปอร์เซ็นต์จะปะปนอยู่ในส่วนของสารลูทอยด์ โปรตีนบนผิวของอนุภาค ยางนี้มีส่วนประกอบของกำมะถัน (Cystine disulphide linkage) อยู่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ขณะที่น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพ จะเกิดการบวมเน่าโดยโปรตีนส่วนนี้จะสลายตัวให้สารประกอบ พวกไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสารเมอร์แคปแทน (Mercaptan) ทำให้มีกลิ่นเหม็น

## ค. ไขมัน

ไขมันซึ่งอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีน ส่วนใหญ่เป็นสารพวก ฟอสโฟไลปิด ชนิด -Lecithin เชื่อว่าทำหน้าที่ยึด โปรตีน ให้เกาะอยู่บนผิวของอนุภาคยาง น้ำยาง ในสถานะที่เป็นคาง เช่น มีแอมโมเนียอยู่ประมาณ 0.6 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ฟอสโฟไลปิดจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว (Long chain fatty acid) ซึ่งจะรวมตัวกับแอมโมเนียกลายเป็นสบู่ ทำให้น้ำยางมีความเสถียรมากขึ้น กรณีที่แอมโมเนียมีปริมาณน้อยประมาณ 0.2 เปอร์เซ็นต์ในน้ำ ยาง การเพิ่มไฮโดรไลซิสจะเกิดขึ้นน้อย การเพิ่มความเสถียรของน้ำยางจึงจำเป็นต้องเพิ่มสบู่ หรือ สารอื่นที่ช่วยในการเก็บรักษาน้ำยางเพิ่มลงไป

## 2) ส่วนที่ไม่ใช่ยาง

### ก. ส่วนที่เป็นน้ำหรือซีรัม

ส่วนที่ไม่ใช่ยางที่อยู่ในน้ำ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและกรดอะมิโน โดยคาร์โบไฮเดรตจะเป็นพวกแป้งและน้ำตาลที่มีอยู่ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำตาลส่วนใหญ่ เป็นชนิดคิวบาซิทอล (quebrachitol) และมีน้ำตาลชนิดกลูโคส ซูโครส และฟรุกโตสอีกเล็กน้อย น้ำตาลเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียใช้เป็นอาหาร เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายกลายเป็นกรดไขมันที่มี โมเลกุลขนาดเล็กๆ (short chain fatty acid) ทำให้ยางเกิดการเสียสภาพและรวมตัวกันเป็นก้อน กรด ไขมันที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายจัดเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย เรียกว่า VFA (volatile fatty acid)

ซึ่ง **VFA** ประกอบด้วยกรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรไพโอนิก ดังนั้น **VFA** จึงเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการรักษาสภาพของน้ำยาง ควรมีค่าต่ำประมาณ **0.01-0.02**

สำหรับโปรตีนและกรดอะมิโนในซีรัมของน้ำยางมีหลายชนิด ซึ่งโปรตีนมีค่า **isoelectric point** หลายค่า โดยถ้าโปรตีนมีค่า **isoelectric point** สูงจะสลายตัวให้ประจุบวกได้ จึงเป็นสาเหตุของการสูญเสียของน้ำยาง โปรตีนที่พบในน้ำยางส่วนใหญ่เป็นโปรตีนประเภทอัลฟาไกลูโบลิน

#### ข. ส่วนของลูทอยด์และสารอื่นๆ

ลูทอยด์เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ **0.5-3.0** ไมครอน มีลักษณะค่อนข้างกลม ห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ ภายในจะมีทั้งสารละลายและสารที่แขวนลอย ส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีน เนื่องจากถูกห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อชั้นเดียวสามารถเกิดการออสโมซิสได้ง่าย ดังนั้นการเติมน้ำลงในน้ำยางสด จะทำให้ลูทอยด์บวมและแตกง่าย ขณะที่ลูทอยด์เกิดการพองตัวมีผลทำให้น้ำยางมีความหนืดมากขึ้น และเมื่อลูทอยด์แตกความหนืดจะลดลง

อนุภาคเฟรย์-วิสลิง (**Frey Wyssling**) มีลักษณะกลม สีเหลืองเข้ม มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าอนุภาคของยางและมีความหนาแน่นมากกว่าเล็กน้อย มีสารคาโรติโนออยด์ (**carotimid**) ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดสีเหลือง สีจะเหลืองเข้มมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณของสารคาโรติโนออยด์นี้ การที่ชั้นล่างของน้ำยางมีสีเหลืองนั้น จะเนื่องจากอนุภาคเฟรย์-วิสลิงมากกว่าลูทอยด์ น้ำยางชั้นที่ผ่านการหมุนเหวี่ยงโดยการเติมแอมโมเนียจะไม่พบอนุภาคเฟรย์-วิสลิงอยู่ด้วย อาจเพราะอนุภาคเหล่านี้ถูกแยกออกจากยางและละลายอยู่ในส่วนของซีรัม

## 2.2 น้ำยางข้น (Concentrated Latex)

น้ำยางข้น คือ น้ำยางที่ผ่านการไล่น้ำออกไปบางส่วนเพื่อให้มีเนื้อยางแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำยางสดจากต้นยางยังไม่เหมาะจะนำไปใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมเพราะมีเปอร์เซ็นต์เนื้อยางต่ำ ปัจจุบันความต้องการน้ำยางข้นในอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำยางข้นเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แบบหล่อ (**casting**) แบบจุ่ม (**dipping**) แบบพ่น (**spraying**) แบบใช้แม่แบบ (**molding**) และแบบทา (**spreading**) เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำยางข้น ได้แก่ ตุ๊กตาที่กลวง กาว สีทา ถูมือ ถูโป่ง ยางพองน้ำ และที่นอน เป็นต้น

## วิธีการผลิตน้ำยางข้นมี 4 วิธี

### 221 การทำให้เกิดครีม

วิธีนี้เป็นวิธีเก่าแก่ที่สุดในการผลิตน้ำยางข้น โดยเติมสารที่ทำให้เกิดครีม (creaming agent) หรือทำให้ส่วนที่เป็นยางลอยตัวแยกออกจากน้ำในน้ำยางสด (ที่ผสมแอมโมเนีย เหลวหรือสารประกอบแอมโมเนียเพื่อป้องกันไม่ให้ยางจับตัวเป็นก้อน) สารพวกนี้ได้แก่ โซเดียม หรือแอมโมเนียอัลจิเนต (sodium or ammonium alginate) แล้วกวนให้เข้ากับยาง ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10-12 วัน ส่วนที่เป็นยางจะลอยตัวขึ้นมารวมกันอยู่ตอนบนของส่วนที่เป็นน้ำ ดังนั้นน้ำยางจะแยก ออกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นน้ำซึ่งมีส่วนที่เป็นยางเพียงเล็กน้อย ชั้นบนเป็นครีมซึ่งมีเนื้อยางสูง ประกอบด้วยปริมาณของแข็ง (% total solid content : %TSC) ประมาณ 61.5 เปอร์เซ็นต์และมีเนื้อ ยางประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ น้ำที่อยู่ตอนล่างสามารถระบายออกโดยเหลือน้ำยางตอนบนไว้ หลังจากนั้นให้เติมแอมโมเนียเหลวหรือสารประกอบแอมโมเนียลงไปอีกครั้งเพื่อรักษาสภาพน้ำยาง ข้น วิธีนี้ไม่นิยมทำกันเพราะยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลา

### 222 การระเหย

วิธีนี้ทำการระเหยเอาน้ำออกจากน้ำยางสดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น โดยเติมสารที่ทำให้ ยางคงตัวและไม่ระเหิดลงไป ได้แก่ โปแตสเซียมหรือสบู่ และป้องกันไม่ให้น้ำยางที่ผิวหน้าหรือ บริเวณที่มีการระเหยนํ้าออกเกิดการจับตัว การผลิตทำโดยการกรองน้ำยางตามปกติ พร้อมทั้ง เติมสารที่ทำให้คงตัวลงไป เช่น สบู่โปแตสเซียมจากน้ำมันมะพร้าว (potassium coconut oil soap) ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้น ทำให้น้ำระเหยด้วยความร้อน โดยผ่านน้ำร้อนเข้าไปในถัง 2 ชั้น ที่มีน้ำยางอยู่ภายใน ขณะที่ถังบรรจุน้ำยางหมุนไปรอบๆนั้น อากาศภายในถังจะถูกดูดออกไป พร้อมกับพาน้ำที่ระเหยจากน้ำยางออกไปให้เร็วที่สุด วิธีนี้ได้น้ำยางข้นที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 70-75 เปอร์เซ็นต์ น้ำยางข้นที่ได้มีความคงตัวสูง สามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยการผสมกับสารที่ มีความหนืดสูง เช่น การทำกาว ซีเมนต์ราดถนน เป็นต้น



## 223 การแยกด้วยไฟฟ้า

น้ำยางสดเป็นของเหลวประเภทคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยสารแขวนลอยหรืออิมัลชันของอนุภาคยางลอยตัวอยู่ในของเหลวที่เป็นตัวกลาง การเคลื่อนไหวของอนุภาคเหล่านี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตามประจุไฟฟ้าที่มีอยู่อนุภาคของยาง จึงวิ่งเข้าหาขั้วบวกตลอดเวลา ดังนั้นการแยกด้วยไฟฟ้าจึงทำโดยการผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในน้ำยาง ทำให้เกิดความต่างศักย์ภายในเซลล์อนุภาคของยางเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวกที่เป็นขั้วบวกที่อยู่ใกล้ที่สุด ทำให้อนุภาคยางอยู่รวมตัวกันหนาแน่นจนเกิดเป็นน้ำยางข้นขึ้น อนุภาคยางจะลอยตัวอยู่ข้างบน จนสามารถช้อนเอาน้ำยางข้นส่วนนี้ออกจากถังได้ วิธีนี้จะได้น้ำยางข้นที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 62-63 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อยางแห้ง 60 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นทำการเก็บรักษาโดยเติมแอมโมเนีย 0.7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำยางลง ไป

## 224 การหมุนเหวี่ยง

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากในปัจจุบัน น้ำยางข้นที่ได้สามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูปได้แทบทุกชนิด เครื่องหมุนเหวี่ยงที่ใช้เรียกว่า **latex separator** หรือ **latex concentrator** เป็นการหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกยางที่เบากว่า (ความถ่วงจำเพาะ 0.92) ออกจากของเหลวที่หนักกว่า (ความถ่วงจำเพาะ 1.02) โดยน้ำยางสดที่ใส่แอมโมเนียมาแล้วจะไหลผ่านท่อเข้าไปในถ้วยปั่นแยก และถูกเหวี่ยงโดยการหมุนด้วยความเร็ว 7,000-8,000 รอบต่อนาที ยางจะถูกเหวี่ยงขึ้นด้านบนและไหลออกตามช่องทางท่อตอนบนของเครื่อง ส่วนนี้เรียกว่า “น้ำยางข้น” น้ำยางข้นที่ได้จะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณ 61 เปอร์เซ็นต์และเนื้อยางแห้ง 60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของเหลวที่เหลือรวมทั้งของแข็งที่ไม่ใช่ยาง จะถูกแยกออกทางช่องซึ่งอยู่ด้านล่าง ของเหลวที่ผ่านช่องนี้เรียกว่า “หางน้ำยาง” หางน้ำยางที่ได้จะมียางแห้งปนอยู่ 3-8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประกอบของเครื่องหมุนเหวี่ยงจะสัมผัสกับน้ำยางโดยตรง จึงต้องมีความต้านทานการกัดกร่อนแอมโมเนีย ควรทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) ไม่ควรใช้โลหะทองแดง ทองเหลือง ทองสัมฤทธิ์ และแมงกานีส เพราะมีผลทำให้น้ำยางเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น

## 23 หางน้ำยาง (Skim Latex)

หางน้ำยาง คือ น้ำยางที่เป็นผลพลอยได้จากการหมุนเหวียงเพื่อผลิตน้ำยางข้น โดยหางน้ำยางมีส่วนประกอบเนื้อยางแห้งเพียง 3-8 เปอร์เซ็นต์และมีพวกไม่ใช่อยางปะปนอยู่มาก หางน้ำยางมีพวกไม่ใช่อยางปะปนอยู่มากเนื่องจาก

- ส่วนของน้ำและซีรัม (serum) ในหางน้ำยางประกอบด้วยโปรตีนและสารอื่นๆ ละลายอยู่ในปริมาณที่เท่ากับในน้ำยางสดก่อนการปั่นเป็นน้ำยางข้น แต่ปริมาณของเนื้อยางแห้งมีน้อยกว่ามาก จึงทำให้ปริมาณของสารที่ไม่ใช่อยางสูงขึ้น

- อนุภาคของยางในหางน้ำยางมีขนาดเล็ก ทำให้มีพื้นผิวในการดูดซับสารที่ไม่ใช่อยาง โดยเฉพาะโปรตีนได้มากกว่าอนุภาคยางที่มีขนาดใหญ่ และโปรตีนมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าอนุภาคยาง จึงเกิดการเคลื่อนย้ายเข้าไปในส่วนของหางน้ำยางในระหว่างการปั่นแยกได้ดีกว่า

ปัจจุบันการแยกเนื้อยางออกจากหางน้ำยางจะใช้วิธีเดิมกรดกำมะถันชนิดเข้มข้นลงไปลงในหางน้ำยาง ยางก็จะจับตัวกันเป็นก้อน เรียกว่า ยางskim (skim rubber) ยางskim ที่ได้นี้จะมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี และมีกลิ่นเหม็น ทำให้ราคาต่ำมาก ใช้สำหรับงานที่ไม่ต้องการคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีนัก เช่น ยางปูรองพื้น นอกจากนี้ ด้วยวิธีการที่ต้องใช้กรดแก่เป็นจำนวนมากยังก่อให้เกิดมลภาวะตามมาด้วย

## 24 เซลลูโลสอีเทอร์ (Cellulose Ethers)

เซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากผนังเซลล์พืชและสัตว์บางชนิด เซลลูโลสสามารถพบได้มากในธรรมชาติ เนื่องจากเซลลูโลสมีปริมาณมากจึงพยายามดัดแปรเซลลูโลสเพื่อให้เซลลูโลสถูกนำไปใช้มากขึ้น การเกิดอีเทอร์ฟิเคชัน (etherification) ของเซลลูโลส ทำให้ได้เซลลูโลสอีเทอร์ที่มีปริมาณการแทนที่ของหมู่อีเทอร์แตกต่างกันไป ตัวอย่างเซลลูโลสอีเทอร์ ได้แก่ เมทิลเซลลูโลส (MC) ไฮดรอกซีเอทิลเมทิลเซลลูโลส (HEMC) ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส (HPC) และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) เป็นต้น (Coffey and Bell, 1995)

โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลสอีเทอร์มีสายโซ่หลัก (backbone) เหมือนกับเซลลูโลส ประกอบด้วยหน่วยซ้ำๆ กันของ anhydroglucose มาเรียงต่อกัน และมีการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) บางหมู่ในเซลลูโลสด้วยหมู่อีเทอร์ (-OR เมื่อ R เป็นหมู่อัลคิล)

## 2.41 Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC)

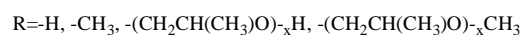
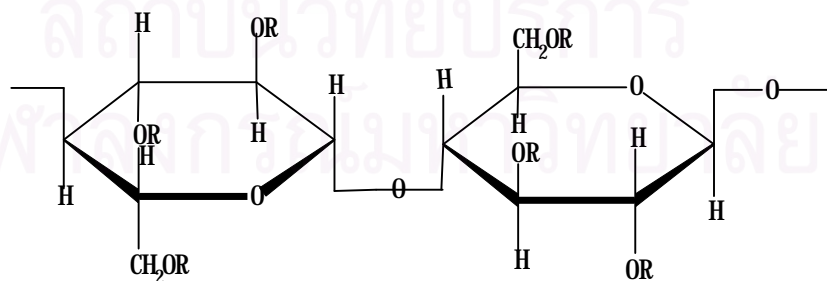
### 2.41.1 ลักษณะทั่วไปของ Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC)

เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสชนิดไม่มีประจุ คงตัวที่ pH 2.0-12.0 เป็นเทอร์โมพลาสติก มีสถานะเป็นของแข็ง มักพบเป็นผง HPMC สามารถละลายได้ดีในสารละลายอินทรีย์และน้ำที่อุณหภูมิห้องและเย็น แต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ เมื่อละลายน้ำจะให้สารละลายใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส สารละลายจะมีความหนืดและไหลได้เป็นสายต่อเนื่องกัน ในทางการค้า HPMC มีหลายความหนืดให้เลือกใช้ เช่น HPMC 20, HPMC 50, HPMC 125, HPMC 450, HPMC 1500, HPMC 4500 และ HPMC 15,000 เป็นต้น HPMC จะไม่สามารถละลายเมื่อได้รับความร้อนและเมื่อปล่อยให้เย็นจะกลับเป็นสารละลายที่มีความหนืดคงเดิม โดยมีค่า Lower Critical Solution Temperature (LCST) ประมาณ 70-90 °C (Kita and others, 1999) ซึ่งถือว่าอุณหภูมิที่ไม่สามารถละลายได้นั้นเป็นอุณหภูมิต่ำจึงใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยในการนำกลับมาใช้ใหม่

ในการเตรียม HPMC จะต้องบั่นๆเบาเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ เนื่องจากมีคุณสมบัติลดแรงตึงผิว

### 2.41.2 ส่วนประกอบทางเคมีของ Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC)

Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC) เป็นอนุพันธ์ของเมทิลเซลลูโลสชนิดหนึ่ง มีโครงสร้างทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC)

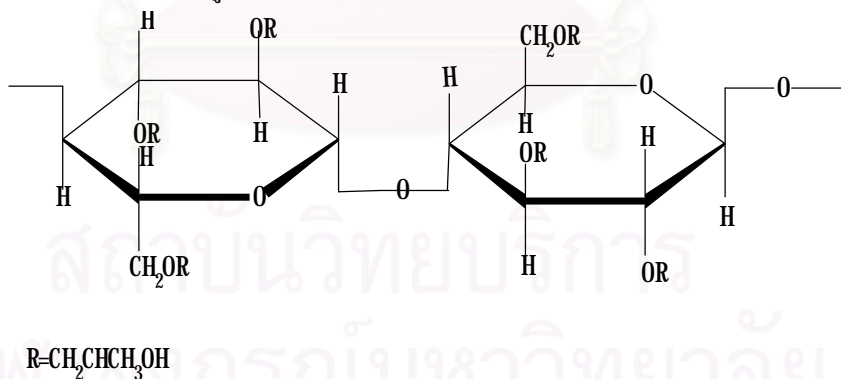
## 242 Hydroxypropyl Cellulose (HPC)

### 2421 ลักษณะทั่วไปของ Hydroxypropyl Cellulose (HPC)

เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสชนิดไม่มีประจุ คงตัวที่ pH 3.0-10.0 มีสถานะเป็นของแข็ง มักบดเป็นผง HPC สามารถละลายได้ดีในสารละลายอินทรีย์และน้ำที่อุณหภูมิห้องและเย็น เมื่อละลายน้ำจะให้สารละลายใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส สารละลายจะมีความหนืดและไหลได้เป็นสายต่อเนื่องกัน HPC จะไม่สามารถละลายเมื่อได้รับความร้อนและเมื่อปล่อยให้เย็นจะกลับเป็นสารละลายที่มีความหนืดคงเดิม โดยมีค่า Lower Critical Solution Temperature (LCST) ประมาณ 45 °C (Kita and others, 1999) ซึ่งถือว่าอุณหภูมิที่ไม่สามารถละลายได้นั้นเป็นอุณหภูมิต่ำจึงใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยในการนำกลับมาใช้ใหม่ ในการเตรียม HPC จะต้องปั่นๆเบาเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ เนื่องจากมีคุณสมบัติลดแรงตึงผิว

### 2422 ส่วนประกอบทางเคมีของ Hydroxypropyl Cellulose (HPC)

Hydroxypropyl Cellulose (HPC) เป็นอนุพันธ์ของเมทิลเซลลูโลสชนิดหนึ่ง มีโครงสร้างทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 23



รูปที่ 23 โครงสร้างของ Hydroxypropyl Cellulose (HPC)

## 243 ประโยชน์ของ Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC) และ Hydroxypropyl Cellulose (HPC) ที่ใช้ในทางอุตสาหกรรม

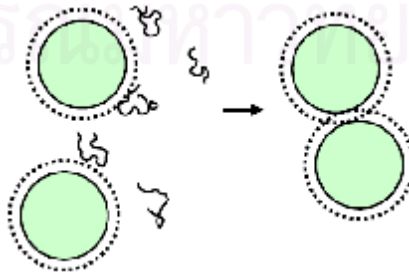
Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC) และ Hydroxypropyl Cellulose (HPC) เป็นพอลิเมอร์ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น

- อุตสาหกรรมผลิต PVC เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและการทำงาน
- อุตสาหกรรมผลิตน้ำมัน กาว หมึก สี และเครื่องสำอางค์เพื่อใช้ในการเพิ่มความเข้มข้น
- อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของปูนซีเมนต์
- อุตสาหกรรมโลหะ กระเบื้อง ถ้วยชาม และกระดาษ เพื่อใช้ในการเคลือบ
- อุตสาหกรรมอาหารเพื่อรักษาความสดของผัก ผลไม้ และอาหาร เป็นต้น

## 2.5 การรวบรวมเนื้อเยื่อโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC

### 2.5.1 กลไกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC

การครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC อาศัยกระบวนการ **Creaming** โดยผ่านกลไกของ **mechanism depletion flocculation** (รูปที่ 24) คือ อนุภาคยางเคลื่อนที่ไปมา พอลิเมอร์อยู่ระหว่างอนุภาคยางแล้ว อนุภาคยางเข้าใกล้กันมากกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของพอลิเมอร์ทำให้พอลิเมอร์หลุดออกไป ตำแหน่งของพอลิเมอร์จะเป็นช่องว่างเกิดความดันรอบอนุภาคและความดันระหว่างอนุภาค ความดันรอบอนุภาคจะมีมากกว่า ทำให้เกิด **osmotic pressure** อนุภาคยางจะถูกดันให้ชนกันรวมตัวแยกออกมาเป็นชั้นครีม



รูปที่ 24 กลไกของ mechanism depletion flocculation (B. Dobias, 2005)



จากนั้นทำให้เกิดกระบวนการ **Coagulation** อีกครั้งโดยเติมกรดซัลฟิวริกเจือจาง กรดซัลฟิวริกที่มีประจุบวกจะสะเทินประจุลบของอนุภาคยางทำให้เป็นกลาง อนุภาคยางจะรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่และแยกตัวออกมา หลังกระบวนการ **Creaming** พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** จะอยู่ในชั้นของน้ำทิ้ง ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่

## 2.5.2 การครีมน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC**



(ก) การแยกชั้นของหางน้ำธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC**



(ข) การแยกชั้นของหางน้ำธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPC**

### รูปที่ 25 การแยกชั้นของหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC**

จากรูปที่ 25 จะเป็นการศึกษาการครีมน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** โดยมีความเข้มข้น 0.1 ถึง 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (ถวิวรรณ, 2551) จากการศึกษา พบว่าความเข้มข้นของพอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ที่เหมาะสมในการศึกษามากที่สุดคือ ความเข้มข้น 0.4 ถึง 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งจะให้ปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 14-37 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปริมาณเนื้อยางที่เก็บรวบรวมได้ประมาณ 78-98 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และปริมาณของแข็ง



ทั้งหมดประมาณ 31-40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากผลการศึกษาดังกล่าวในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาคูณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมน้ำยารวมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ที่ความเข้มข้น 0.4 ถึง 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเท่านั้น

## 2.6 ระบบบำบัดน้ำเสีย

น้ำเสียที่ได้จากโรงงานผลิตน้ำยางข้น จะมีคุณลักษณะที่สำคัญ คือ มีกลิ่นเหม็นจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ และ แอมโมเนีย มีค่าความเป็นกรด บีโอดี ซีโอดีและซัลเฟตสูง ระบบบำบัดที่ใช้ในโรงงานผลิตน้ำยางข้นจะมี 2 ระบบหลักๆคือ ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน และระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน

### 2.6.1 ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจน

#### 2.6.1.1 ระบบเอเอส (Activated Sludge)

ระบบเอเอสเป็นระบบที่โรงงานผลิตน้ำยางข้นนิยมใช้บำบัดระบบหนึ่ง เนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายไม่มากนักและประสิทธิภาพในการบำบัดค่อนข้างดี โดยระบบเอเอสจะประกอบด้วยถังตกตะกอน และถังเติมอากาศ การเติมอากาศจะใช้เครื่องเติมอากาศแบบใบพัดหรือแบบฟองอากาศก็ได้ โดยปกติระบบจะมีเวลากักตะกอน (Sludge Retention Time, SRT) ประมาณ 5-10 วัน ทำให้ต้องมีการกำจัดสลัดจ์ที่ระบายทิ้ง ในอดีตระบบนี้มักเป็นระบบที่มีการกวนแบบไหลตามกัน (Plug Flow) แต่ปัจจุบันการกวนจะเป็นแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed) ก็ได้ การกวนแบบไหลตามกันจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแบบเส้นใยได้ดีกว่าการกวนสมบูรณ์ เนื่องจากการกวนแบบไหลตามกันจะทำให้เกิด Concentration Gradient ซึ่งเป็นปัจจัยที่ช่วยให้แบคทีเรียแบบสร้างฟล็อกเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบบเส้นใย ในทางตรงกันข้ามการกวนแบบสมบูรณ์นี้สามารถใช้ได้ดีกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆซึ่งอาจมีสารพิษเจือปนอยู่ เนื่องจากการเจือจางจะเกิดขึ้นทันทีทำให้สารพิษมีความเข้มข้นลดน้อยลง

### 261.2 บ่อหรือสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

บ่อหรือสระเติมอากาศ เป็นระบบที่ได้รับความนิยมมากในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นเนื่องจากต้นทุนต่ำ และผู้ควบคุมระบบไม่ต้องมีความรู้สูง บ่อหรือสระเติมอากาศเป็นระบบเอเอสแบบไม่มีการหมุนเวียนสลัดจ์ มีลักษณะเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ที่มีเวลากักน้ำหลายวันและมีการเติมอากาศด้วย เครื่องเติมอากาศจะเป็นแบบลอยน้ำแต่ไม่มีถังตกตะกอน ด้วยเหตุนี้ น้ำที่จึงมีจุลชีพติดออกไปด้วยทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำกว่าระบบเอเอสแบบอื่นๆ และเนื่องจากระบบไม่มีการหมุนเวียนสลัดจ์ ความเข้มข้น MLSS ในบ่อเติมอากาศจึงมีระดับต่ำกว่าระบบอื่นๆ (น้อยกว่า 1,000 มก./ล.)

## 262 ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจน

### 2621 บ่อแอนแอโรบิกหรือบ่อเหม็น (Anaerobic Ponds)

บ่อเหม็นเป็นระบบบำบัดแบบที่ง่ายที่สุด มักเป็นบ่อดินขนาดใหญ่ที่มีความลึก 3-4 เมตร และไม่มีฝาปิด มีเวลากักน้ำนานหลายวัน ภายในระยะเวลาดังกล่าว น้ำเสียจะถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาแบบไร้ออกซิเจน บ่อเหม็นมักมีขนาดใหญ่และใช้ที่ดินจำนวนมากในการสร้าง นอกจากนั้นยังอาจมีกลิ่นไม่ดี จึงเหมาะสำหรับใช้ในชนบทหรือชานเมืองซึ่งราคาไม่สูงมากนัก

### 2622 ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB)

ระบบยูเอเอสบีเป็นระบบบำบัดแบบไร้อากาศที่นิยมใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นมากที่สุด เป็นระบบที่มีทิศทางการไหลของน้ำเสียจากด้านล่างขึ้นด้านบน โดยไม่มีตัวกลาง แต่แบคทีเรียจะถูกเลี้ยงให้จับตัวกันเป็นขนาดใหญ่ จนกระทั่งมีน้ำหนักมากและสามารถตกตะกอนได้ดี น้ำเสียที่ไหลเข้าถังปฏิกิริยาจะทำให้เม็ดแบคทีเรียลอยตัวอยู่เป็นชั้นสลัดจ์ไม่จมลงก้นถัง การเลี้ยงแบคทีเรียไร้อากาศให้เป็นเม็ดใหญ่นั้นเป็นเรื่องยาก ผู้ใช้ระบบนี้จึงมีเทคนิคต่างๆ ในการทำให้เกิดชั้นสลัดจ์ภายในถังปฏิกิริยาและถือเป็นการรู้เฉพาะด้วย

## 2.7 ตำราเอกสาร

สุรพิชญ ลอยกุลนันท์ และฉวีวรรณ คงแก้ว (2005) การศึกษาการใช้คาร์บอกซิเมทิล โคลโตซานในการเก็บรวบรวมเนื้อเยื่อออกจากหางน้ำยางธรรมชาติ พบว่า ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของยางในชั้นครีมีมีขนาดลดลงตามความเข้มข้นของคาร์บอกซิเมทิล โคลโตซานและมีขนาดคงที่เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอกซิเมทิล โคลโตซานมากขึ้น ปริมาณเนื้อเยื่อที่อยู่ในชั้นครีมีสามารถเก็บรวบรวมได้ถึง 90-100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเนื้อเยื่อที่เก็บรวบรวมมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของคาร์บอกซิเมทิล โคลโตซานที่เพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดเมื่อความเข้มข้นของคาร์บอกซิเมทิล โคลโตซานมีค่าอยู่ระหว่าง 7.34-10.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของแสงในชั้นครีมีมีค่ามากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอกซิเมทิล โคลโตซานมีค่ามากกว่า 7.34 มิลลิกรัมต่อลิตร

Devaraj and Nik (2003) ศึกษาการแยกน้ำยางชั้นธรรมชาติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้แผ่นเยื่อบาง พบว่า น้ำยางชั้นและชีรั่มที่ได้ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและไม่มีการปนเปื้อนของซัลเฟต น้ำยางชั้นที่ได้สามารถให้ปริมาณยางแห้ง (dry rubber content, DRC) เพิ่มขึ้น 30 ถึง 46 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่า trans membrane pressure (TMP) คือ 2.5 บาร์ นอกจากนี้แผ่นเยื่อบางยังสามารถทำความสะอาดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกด้วยเทคนิค cleaning-in-place (CIP)

K. Jayachandran and M. Chandrasekaran (1998) ศึกษาการแยกเนื้อเยื่อออกจากหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันแบบชีวภาพซึ่งใช้แบคทีเรียชื่อว่า *Acinetobacter sp* พบว่า *Acinetobacter sp* สามารถแยกเนื้อเยื่อออกจากหางน้ำยางได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เวลาในการตกตะกอน 48 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่า หางน้ำยางอัตราเจือจางที่ 1:10 (ปริมาตรต่อปริมาตร) และความเข้มข้นของเชื้อที่เพาะ 6.4 มิลลิกรัมเซลล์แห้งต่อมิลลิลิตร เป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการรวบรวมเนื้อเยื่อมากที่สุด ซึ่งจะได้ปริมาณเนื้อเยื่อ 8% น้ำหนักต่อปริมาตร และชีโอดี 0.4 กรัมต่อลิตร ส่วนการตกตะกอนทางเคมีโดยใช้กรดซัลฟิวริกที่อัตราเจือจางของหางน้ำยางเท่ากัน พบว่า จะได้ปริมาณเนื้อเยื่อ 7% น้ำหนักต่อปริมาตร และชีโอดี 2.2 กรัมต่อลิตร

S.Chaiapat and S. Scoodee (2007) ศึกษาผลของน้ำทิ้งที่ได้จากการผลิตยางแผ่นรมควัน นำกลับมาใช้ใหม่ในอุตสาหกรรมยางพาราภาคใต้ของประเทศไทย พบว่า ระบบบำบัดน้ำทิ้งที่ใช้กันโดยทั่วไปในอุตสาหกรรมผลิตยางแผ่นรมควันนั้นไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งให้ตรงตามเกณฑ์มาตรฐานได้ ผักกวางตุ้งและแตงกวาที่ได้จากการใช้น้ำทิ้งจะให้ผลผลิตในรูปของน้ำหนักสูงกว่า ผักกวางตุ้งและแตงกวาที่ได้จากการใช้น้ำประปาสดเพียงอย่างเดียว การศึกษาน้ำทิ้งที่ใช้เลี้ยงต้นข้าว พบว่า น้ำทิ้งที่ใช้เลี้ยงต้นข้าวในระยะแตกกอจะเหมาะสมที่สุด และควรหลีกเลี่ยงใช้น้ำทิ้งเลี้ยงต้นข้าวในระยะออกดอกและระยะเต็มเต็มเมล็ด นอกจากนี้ผู้วิจัยยังบอกอีกว่า การใช้น้ำทิ้งอาจ

มีผลกระทบยาวต่อดินและพืชที่จะปลูกในรุ่นต่อไปซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาต่อไป ก่อนที่จะแนะนำให้โรงงานนำไปใช้ได้จริง

ไพบูลย์ อินนาจิตร และคณะ (2005) ศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นทางน้ำยางด้วยกระบวนการเยื่อแผ่น ในการทดลองใช้กระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน การทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการทดลองแบบ **dead end** โดยใช้ เมมเบรนชนิดแผ่น (**flat sheet**) ต่างๆ ได้แก่ **cellulose acetate (CA) 0.2  $\mu\text{m}$  (Sartorius) ETNA modified PVDF MWC0 10,000 (DSS) polysulfone (PSU) MWC0 50,000 และ 100,000 (DSS) polycarbonate (PC) MWC0 20,000 (GE Osmonics)** เพื่อหาเมมเบรนชนิดที่เหมาะสม โดยการพิจารณาจากประสิทธิภาพการให้ค่า **flux** และเปอร์เซ็นต์การแยกที่สูง ที่ความดันไม่สูงเกินไป ซึ่งพบว่าเมมเบรนที่เหมาะสมคือ **polysulfone (PSU) 0.1  $\mu\text{m}$**  ในขั้นตอนการทดลองแบบ **cross flow** จึงใช้เมมเบรนชนิดนี้และเมมเบรนชนิดอื่นที่มีขนาดรูพรุนใกล้เคียงกันคือ **polyacrylonitrile (PAN) Ultrafolic 0.1  $\mu\text{m}$  (GE Osmonics)** และ **ceramic 0.3  $\mu\text{m}$  (British Portacel)** ทำการทดลองที่ความดันและอัตราไหลขวางต่างๆ และวัดค่า **flux, %TSC** ในสารละลายโปรตีน ผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่ให้ประสิทธิภาพการกรองที่ดีที่สุดที่ความดันไม่สูง คือ การกรองด้วยเมมเบรนชนิด **polysulfone 0.1  $\mu\text{m}$**  ที่ความดัน **50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว** ซึ่งให้ค่าการแยกเนื้อเยื่อ **63.3** เปอร์เซ็นต์และพบว่า การชะล้างเมมเบรนชนิดนี้ด้วย **NaOH 0.2** เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สามารถลดความต้านทานได้มากกว่า **99** เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมมเบรนที่ผ่านการล้างแล้วมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเมมเบรนใหม่ แต่ค่า **flux** ที่ได้มีค่าค่อนข้างต่ำคือมีค่าประมาณ **1.3-3.02 ลิตรต่อตารางเมตรชั่วโมง**

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

#### 3.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

พอลิเมอร์ **Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC)** และพอลิเมอร์ **Hydroxypropyl Cellulose (HPC) (Analysis Grade** บริษัท **Hercules Incorporated)** ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตัวอย่างหางน้ำยางได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัททดลองอุตสาหกรรมน้ำยางขึ้น จำกัด จังหวัดสงขลา

#### 3.2 การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ **Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC)** และ **Hydroxypropyl Cellulose (HPC)**

ชั่งพอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** มา **1.00, 1.25, 1.50** และ **1.75** กรัม ละลายในน้ำให้ได้ **50** กรัม เพื่อได้ความเข้มข้น **0.4, 0.5, 0.6** และ **0.7** เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในสารละลายสุดท้ายในการครีมหางน้ำยาง จากนั้นทิ้งไว้ **1** คืน เพื่อให้พอลิเมอร์ละลาย

#### 3.3 การครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้ **Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC)** **Hydroxypropyl Cellulose (HPC)** และการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก

นำสารละลายพอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กันที่ทิ้งไว้ **1** คืนมาทวนจนกระทั่งสารละลายพอลิเมอร์เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำหางน้ำยางมา **200** กรัม ใส่ลงไปนในสารละลายพอลิเมอร์แล้วทวนต่ออีก **1** ชั่วโมง เมื่อครบ **1** ชั่วโมงแล้ว นำมาใส่ในคอลัมน์ แล้วทิ้งไว้ **1** คืน ชั้นยางจะแยกออกจากชั้นซีรัม (น้ำทิ้ง) อย่างชัดเจนดังรูปที่ **3.1** ทำการแยกชั้นยางออกจากชั้นซีรัม (น้ำทิ้ง)

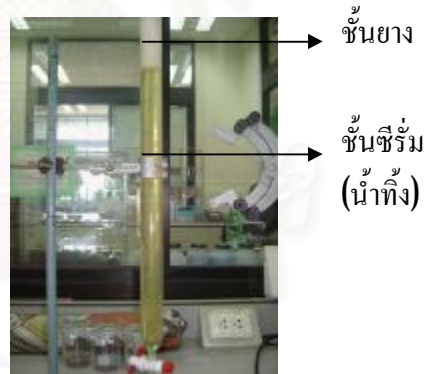




(ก) HPMC 0.7เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (ข) HPC 0.7เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

รูปที่ 31 ตัวอย่างการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC

ส่วนการใช้กรดซัลฟิวริก นำหางน้ำยางมา 200 กรัม ใส่กรดซัลฟิวริก (เกรดโรงงาน) จนได้ pH ประมาณ 4.5 จากนั้นใส่ในคอลัมน์ ยางจะค่อยๆ แยกชั้นออกมาน้ำทิ้งดังรูปที่ 3.2 ทำการแยกยางออกจากน้ำทิ้ง



รูปที่ 3.2 การรวบรวมเนื้อยางจากหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้ กรดซัลฟิวริก

3.4 การแยกพอลิเมอร์ Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC) และ Hydroxypropyl Cellulose (HPC) ออกจากน้ำซีรัม (น้ำทิ้ง) เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

นำน้ำทิ้งจากกระบวนการครีมหางน้ำยางธรรมชาติด้วยพอลิเมอร์ HPMC มาให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส พอลิเมอร์จะตกตะกอนแยกออกจากซีรัม (น้ำทิ้ง)



ส่วนน้ำทิ้งจากกระบวนการครีมหางน้ำยางธรรมชาติด้วยพอลิเมอร์ HPC นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พอลิเมอร์จะตกตะกอนแยกออกจากซีรัม (น้ำทิ้ง) เช่นกัน

### 3.5 ศึกษาระยะเวลาพักของน้ำซีรัม (น้ำทิ้ง) ที่ได้จากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC) และ Hydroxypropyl Cellulose (HPC)

นำน้ำซีรัม (น้ำทิ้ง) ที่ได้จากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งที่ทำการแยกพอลิเมอร์ออกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่และไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก ทุกความเข้มข้น มาทำการทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0 วัน 1 วัน 3 วัน และ 5 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้ง

### 3.6 วิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ Hydroxypropylmethyl Cellulose (HPMC) และ Hydroxypropyl Cellulose (HPC) และการรวบรวมเนื้อเยื่อโดยใช้กรดซัลฟิวริก

นำน้ำซีรัม (น้ำทิ้ง) ที่ได้จากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งที่แยกและไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกทุกความเข้มข้น และน้ำทิ้งที่ได้จากการรวบรวมเนื้อเยื่อโดยใช้กรดซัลฟิวริก ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0 วัน 1 วัน 3 วัน และ 5 วัน มาทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีคุณภาพน้ำตามมาตรฐานของ American Public Health Association ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งและวิธีการวิเคราะห์

ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้ง	วิธีวิเคราะห์
ความเป็นกรด-เบส (pH value)	Electrometric Method
การนำไฟฟ้า (Conductivity)	Electrometric Method
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids)	Total Dissolved Solids Dried at 103-105°C
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	Total Suspended Solid Dried at 103-105°C
ซัลไฟด์ (Sulfide as H <sub>2</sub> S)	Methylene Blue Method
ซัลเฟต (Sulfate)	Turbidimetric Method

ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้ง	วิธีวิเคราะห์
ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen)	Membrane Electrode Method
บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)	5-Day BOD Test
ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)	Closed Reflux Method
ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen)	Kjeldahl and Titration Method
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia Nitrogen)	Titration Method
ไนไตรต์-ไนโตรเจน (Nitrite Nitrogen)	Colorimetric Method
ไนเตรต-ไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen)	Brucine Method
น้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease)	Soxhlet Method

### 3.7 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการคริมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** และค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งได้จากการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (**One-Way ANOVA**) เพื่อทดสอบว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการคริมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทุกความเข้มข้นและค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งได้จากการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริกแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้สถิติ **F-test** เป็นตัวทดสอบ หากมีความแตกต่างจะใช้ **Least-Significance Difference (LSD)** เพื่อทดสอบว่าพอลิเมอร์ใด ความเข้มข้นใดที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าที่ระดับความเชื่อมั่น **95%**

นอกจากนี้ทำการเปรียบเทียบค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการคริมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (**One-Way ANOVA**) เพื่อทดสอบว่าค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการคริมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกทุกความเข้มข้นแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้สถิติ **F-test** เป็นตัวทดสอบ หากมีความแตกต่างจะใช้ **Least-Significance Difference (LSD)** เพื่อทดสอบว่าพอลิเมอร์ใด แบบใด ความเข้มข้นใดที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าที่ระดับความเชื่อมั่น **95%**

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

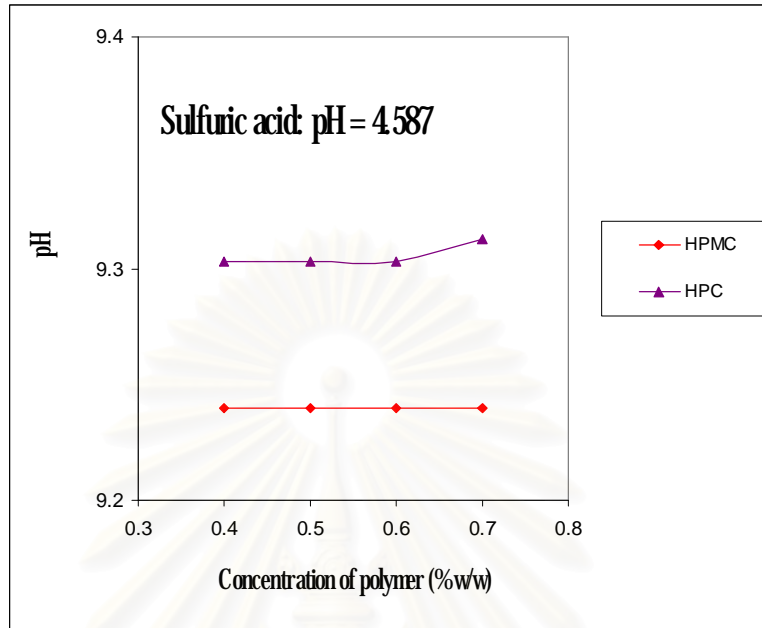
งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC HPC** และการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก โดยตรวจสอบค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งดังนี้ ความเป็นกรด-เบส (**pH value**) การนำไฟฟ้า (**Conductivity**) ของแข็งแขวนลอย (**Suspended Solids**) ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (**Total Dissolved Solids**) ซัลเฟต (**Sulfate**) ซัลไฟด์ (**Sulfide as H<sub>2</sub>S**) ออกซิเจนละลาย (**Dissolved Oxygen**) บีโอดี (**Biochemical Oxygen Demand**) ซีโอดี (**Chemical Oxygen Demand**) ทีเคเอ็น (**Total Kjeldahl Nitrogen**) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (**Ammonia Nitrogen**) ไนไตรต์-ไนโตรเจน (**Nitrite Nitrogen**) ไนเตรต-ไนโตรเจน (**Nitrate Nitrogen**) น้ำมันและไขมัน (**Fat Oil and Grease**)

**41** คุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ความเข้มข้น **0.40.50.6** และ **0.7** เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติและการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก

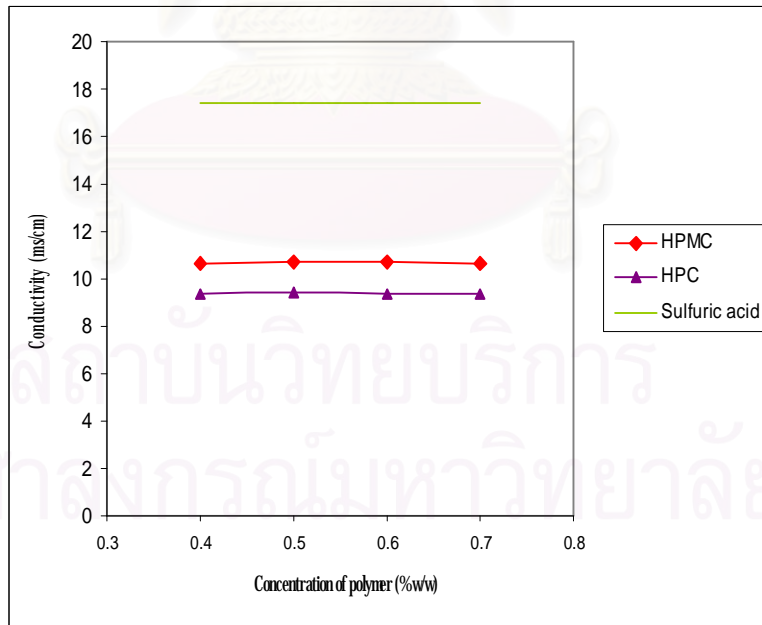
#### 41.1 ค่าความเป็นกรด-เบส (**pH Value**) และค่าการนำไฟฟ้า (**Conductivity Value**)

จากรูปที่ **41** พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบสน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกจะมีค่าความเป็นกรด เนื่องจากการแยกยางออกจากหางน้ำยางด้วยกรดซัลฟิวริกจะใช้กลไกการเสียสภาพของยางที่สภาวะกรด ส่วนน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการใช้พอลิเมอร์จะมีค่าเป็นเบส (ช่วง **9.0-9.5**) และมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเป็นกรด-เบส ของหางน้ำยางเดิมเนื่องจากการแยกเนื้อยางด้วยพอลิเมอร์นั้นจะใช้กลไก **depletion flocculation** ซึ่งไม่ได้ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายเดิมเปลี่ยนแปลง (**Dobias, 2008**)

จากรูปที่ **42** พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกมีค่ามากกว่าน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์เนื่องจากกรดซัลฟิวริกที่เติมไปในหางน้ำยางมีไอออนซัลเฟต (**SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>**) มาก ทำให้น้ำทิ้งที่ได้มีค่าการนำไฟฟ้ามาก แต่พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ไม่มีส่วนของไอออนที่ทำให้เกิดการนำไฟฟ้า จึงไม่ส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการครีมหางน้ำยาง



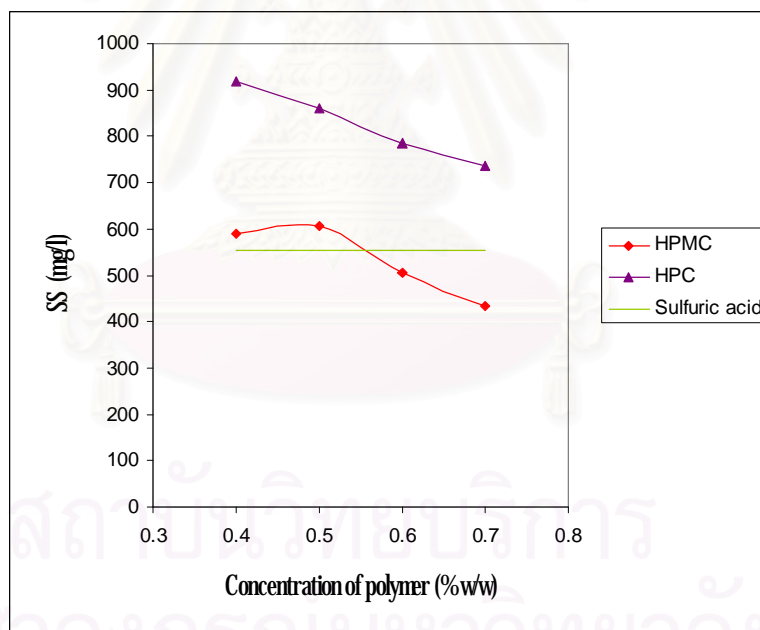
รูปที่ 41 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC



รูปที่ 42 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก

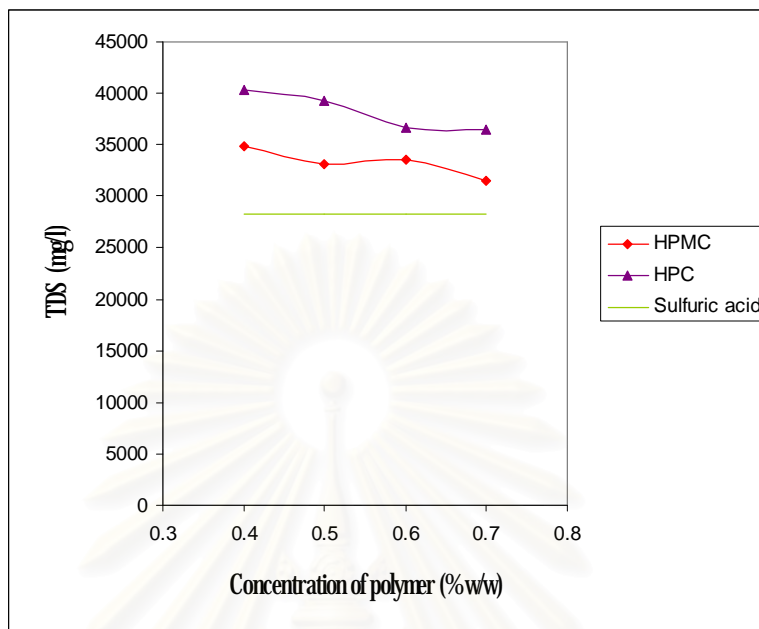
## 41.2 ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS) และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS)

จากรูปที่ 43 และ 44 พบว่า ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกและพอลิเมอร์ **HPMC** ทุกความเข้มข้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างจากน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ **HPC** ทุกความเข้มข้น ส่วนค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกแตกต่างจากน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทุกความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก) โดยน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์จะมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมากกว่าน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกเนื่องจากพอลิเมอร์จะละลายอยู่ในน้ำทิ้งทำให้ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำทิ้งมีค่ามาก แต่เมื่อนำพอลิเมอร์กลับไปใช้ใหม่แล้วค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่ได้จะลดลง



รูปที่ 43 ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมน้ำยารักษาธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์

**HPMC HPC** และการรวบรวมเนื้อเยื่อโดยใช้กรดซัลฟิวริก

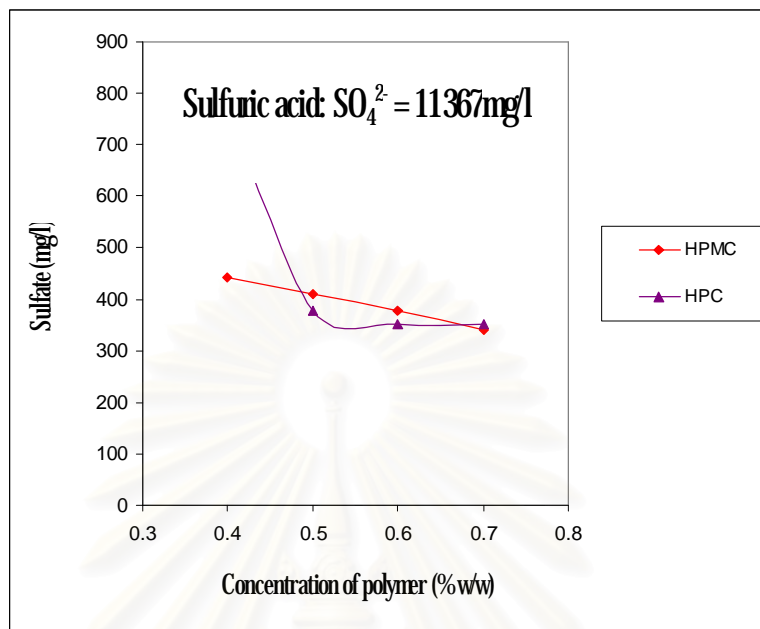


รูปที่ 44 ค่าของแข็งละลายทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก

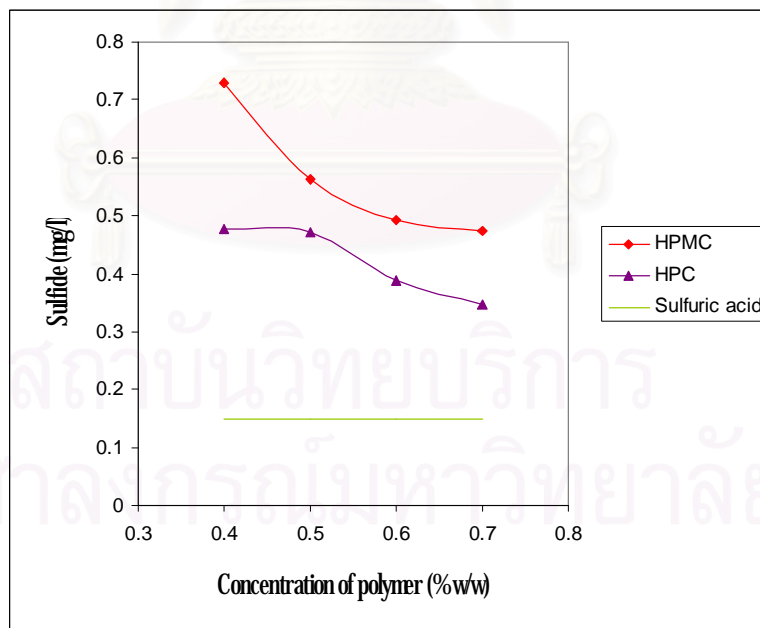
### 41.3 ค่าซัลเฟต (Sulfate Value) และค่าซัลไฟด์ (Sulfide Value)

จากรูปที่ 45 และ 46 พบว่า ค่าซัลเฟตของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกมีค่าสูงมากเนื่องจากไอออนซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นจากกรดซัลฟิวริกที่เติมในการรวบรวมเนื้อยางปริมาณซัลเฟตที่มีมากนั้นเป็นสาเหตุของการเกิดเป็นสารประกอบไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นซึ่งเป็นปัญหาของโรงงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ส่วนค่าซัลเฟตของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์นั้น มาจากสารประกอบกำมะถันของโปรตีนที่ผิวของอนุภาคยางเกิดสลายตัว (พงษ์ธร, 2548) ซึ่งมีค่าไม่มากนัก ส่วนค่าซัลไฟด์ พบว่าปริมาณซัลไฟด์ในน้ำทิ้งจากการใช้กรดซัลฟิวริกและพอลิเมอร์มีค่าน้อยมาก โดยค่าซัลไฟด์ของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกมีค่าน้อยกว่าน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์เนื่องจากการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริกจะมีซัลไฟด์ส่วนหนึ่งเกิดเป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ทันที ดังนั้นเมื่อนำน้ำทิ้งไปวิเคราะห์ค่าซัลไฟด์ในน้ำทิ้งจึงมีค่าน้อย





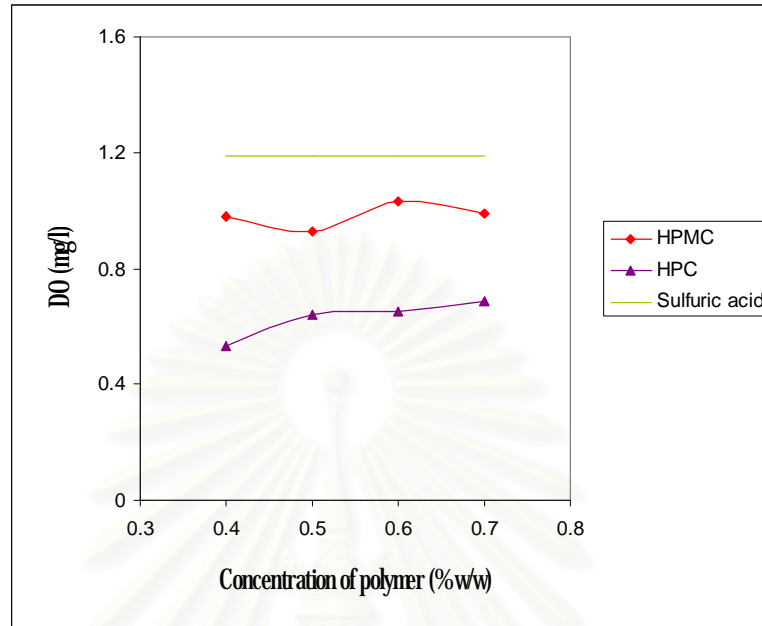
รูปที่ 45 ค่าซัลเฟตของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำนางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC**



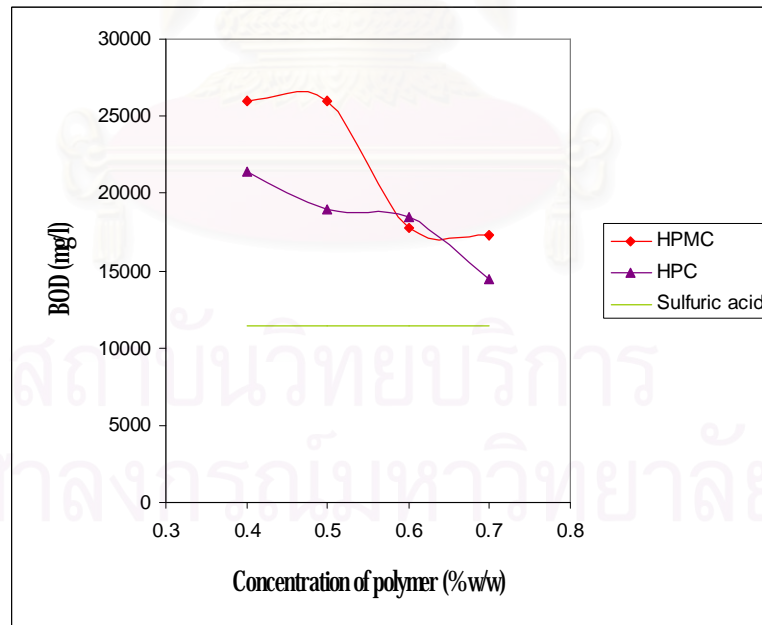
รูปที่ 46 ค่าซัลไฟด์ของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำนางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** **HPC** และการรวบรวมเนื้อเยื่อโดยใช้กรดซัลฟิวริก

#### 41.4 ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) และค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

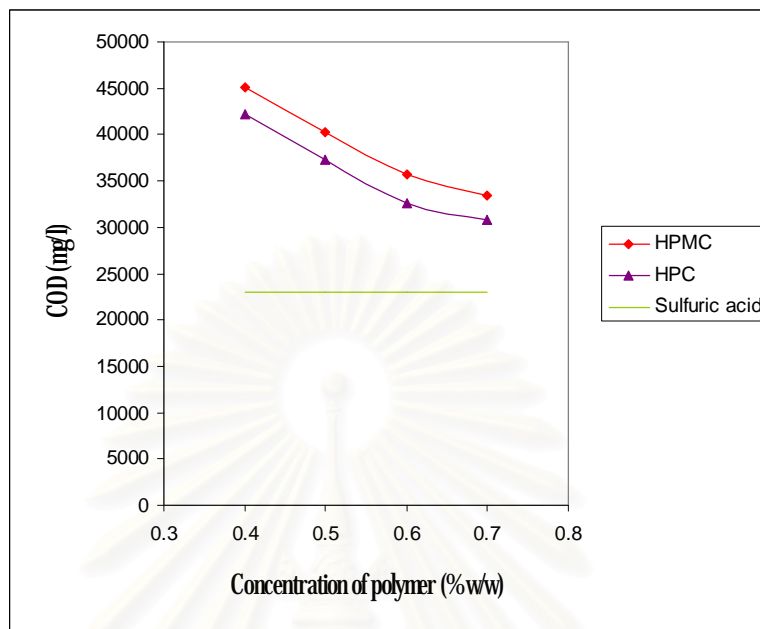
จากรูปที่ 47-49 พบว่า ค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกแตกต่างจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC เกือบทุกความเข้มข้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก) โดยน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกและพอลิเมอร์มีค่าออกซิเจนละลายน้อยมากเมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินซึ่งควรอยู่ในช่วง 2-6 มิลลิกรัมต่อลิตรตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ส่วนค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์จะมีค่ามากกว่าน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริก เนื่องจากการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้พอลิเมอร์นั้นจะได้เนื้อยางที่มีปริมาณของส่วนที่ไม่ใช่อนุภาคยาง (non rubber) น้อยกว่าการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก (ฉวีวรรณ และคณะ, 2551) ทำให้น้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์มีสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำยางที่ไม่ใช่อนุภาคยาง (non rubber) มากกว่าน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริก ดังนั้นน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC จึงเป็นแหล่งที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีที่ได้มีค่าสูง แต่ค่าบีโอดีและซีโอดีจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นเนื่องจากประสิทธิภาพการรวบรวมเนื้อยางที่ดีขึ้น ทำให้มีอนุภาคยางที่เหลือในน้ำทิ้งลดลง อย่างไรก็ตามค่าบีโอดีและซีโอดีของน้ำทิ้งที่สูงจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC นี้อาจเป็นประโยชน์ต่อการนำน้ำทิ้งที่ได้ไปผลิตเป็นแก๊สชีวภาพในระบบบำบัดแบบไร้อากาศได้



รูปที่ 47 ค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำ양ธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก



รูปที่ 48 ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำ양ธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก



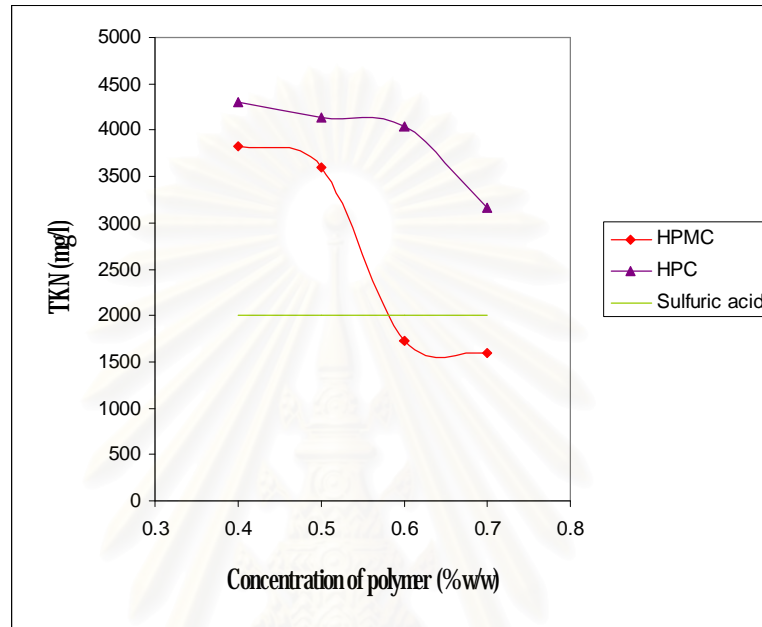
รูปที่ 49 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และการรวบรวมเนื้อยาง โดยใช้กรดซัลฟิวริก

#### 41.5 ค่าทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN) ค่าแอมโมเนีย (Ammonia Nitrogen) ค่าไนไตรต์ (Nitrite Nitrogen) และค่าไนเตรต (Nitrate Nitrogen)

จากรูปที่ 410 และ 411 พบว่า ค่าทีเคเอ็นและค่าแอมโมเนียของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ที่มีความเข้มข้นต่ำจะมีค่ามากกว่าน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกเนื่องจากน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ที่มีความเข้มข้นต่ำจะมีอนุภาคยางและสารอินทรีย์ที่อยู่ในส่วนที่ไม่ใช่อนุภาคยาง (non-rubber) ปะปนมาในน้ำทิ้งมากกว่าน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริก ทำให้ค่าทีเคเอ็นและค่าแอมโมเนียที่ได้มีค่ามาก

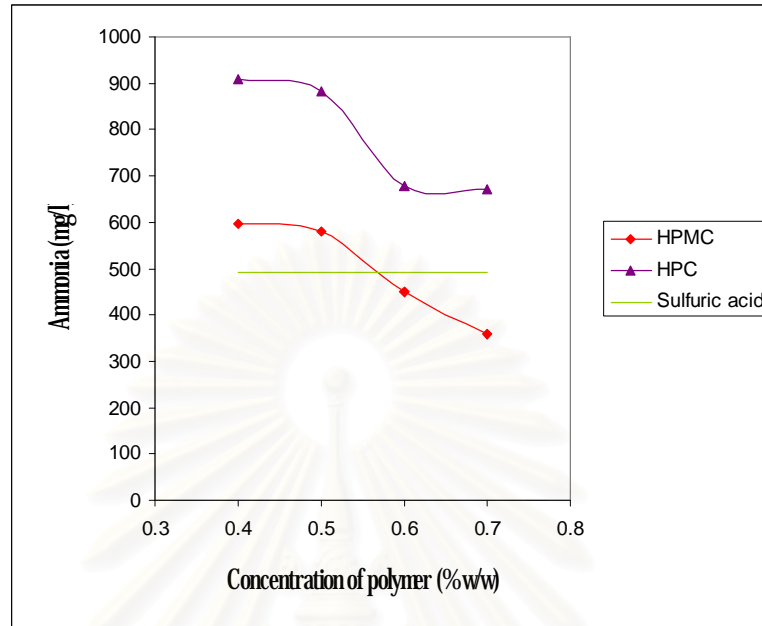
จากรูปที่ 412 และ 413 พบว่าค่าไนไตรต์ของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกแตกต่างจากการใช้พอลิเมอร์ HPC ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าไนเตรตของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกแตกต่างจากการใช้พอลิเมอร์ HPC ความเข้มข้น 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก) โดยค่าไนไตรต์และค่าไนเตรตของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกและพอลิเมอร์มีค่าน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินซึ่งกำหนดค่าไนเตรตเท่ากับ 5 มิลลิกรัมต่อลิตรตาม

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ส่วนค่าไนโตรเจนจะไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

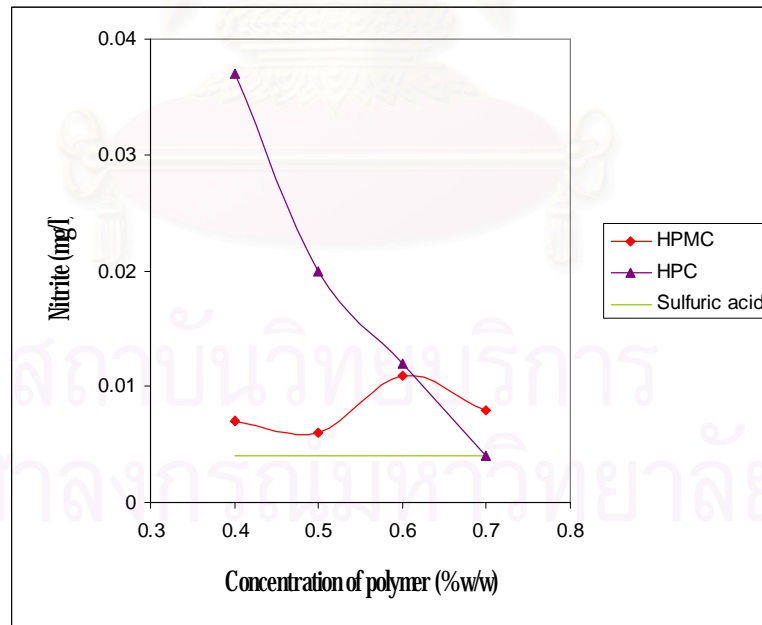


รูปที่ 410 ค่าที่เคเอ็นของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

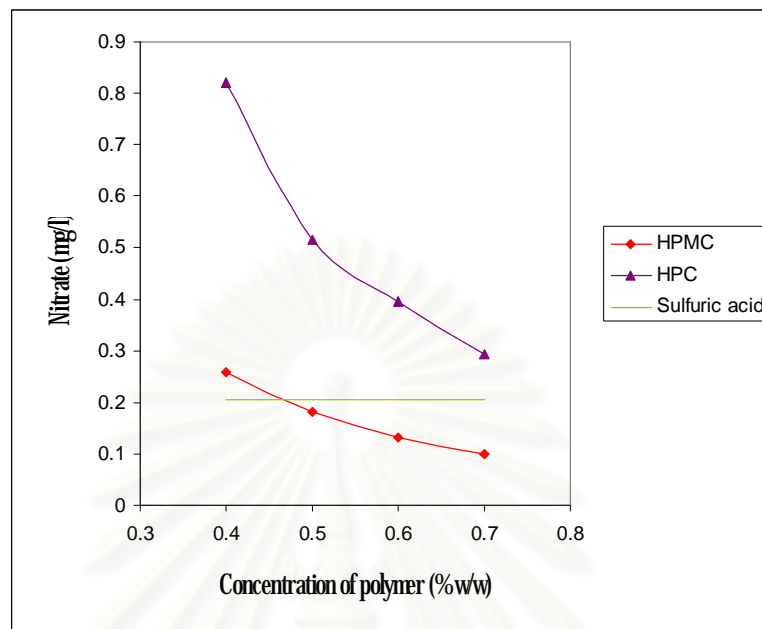


รูปที่ 411 ค่าแอมโมเนียของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำนางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** **HPC** และการรวบรวมเนื้อเยื่อโดยใช้กรดซัลฟิวริก



รูปที่ 412 ค่าไนไตรต์ของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำนางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** **HPC** และการรวบรวมเนื้อเยื่อโดยใช้กรดซัลฟิวริก

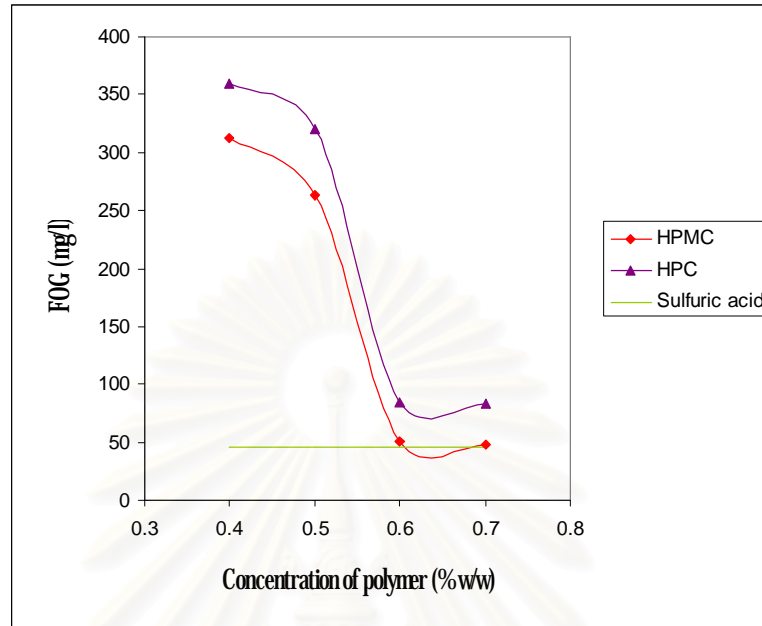




รูปที่ 413 ค่าไนเตรดของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และการรวบรวมเนื้อยาง โดยใช้กรดซัลฟิวริก

#### 41.6 ค่าน้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease, FOG)

จากรูปที่ 414 พบว่า ค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริก แตกต่างจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC เกือบทุกความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก) โดยค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นต่ำจะมากกว่าน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกเนื่องจากน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นต่ำจะมีปริมาณไขมันที่ไม่ได้อยู่ในส่วนอนุภาคยาง (non rubber) ปะปนในน้ำทิ้งมากกว่าน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริก ทำให้น้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นต่ำมีค่าน้ำมันและไขมันมาก นอกจากนี้จากการทดลองยังพบว่า อนุภาคยางที่อยู่ในหางน้ำยางนั้นก็ยังมีปริมาณไขมันอยู่ด้วยเช่นกัน ซึ่งน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นต่ำจะมีปริมาณอนุภาคยางปะปนในน้ำทิ้งมากกว่าการใช้พอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นสูง จึงทำให้น้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ที่ความเข้มข้นต่ำมีค่าน้ำมันและไขมันมากกว่า



รูปที่ 414 ค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และการรวบรวมเนื้องานโดยใช้กรดซัลฟิวริก

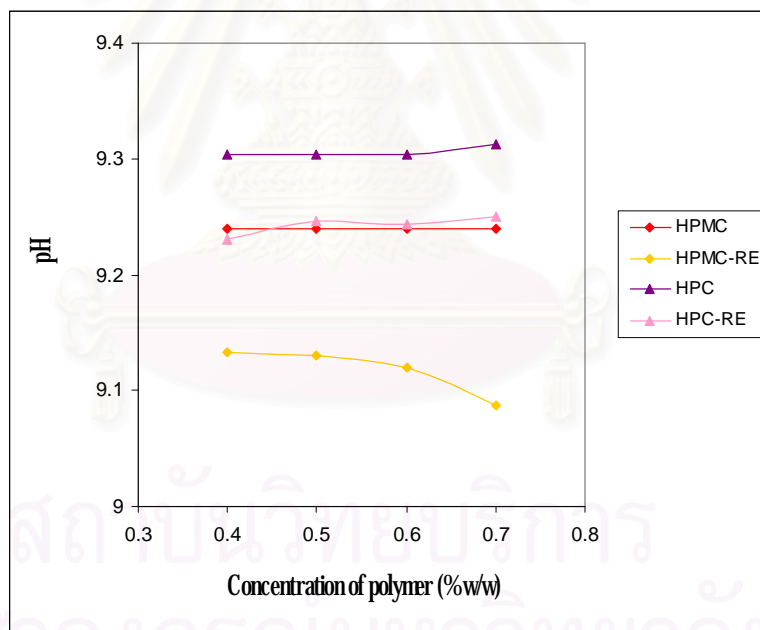
จากการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ความเข้มข้นต่างๆและกรดซัลฟิวริกในการรวบรวมเนื้องานในหางน้ำยางธรรมชาติ สามารถสรุปได้ว่าการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์จะได้ค่าความเป็นกรด การนำไฟฟ้า ซัลเฟต ทีเคเอ็น และแอมโมเนีย น้อยกว่าการใช้กรดซัลฟิวริก ส่วนค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด บีโอดี และซีโอดีจะมากกว่าการใช้กรดซัลฟิวริก อย่างไรก็ตามค่าบีโอดีและค่าซีโอดีที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นประโยชน์ต่อการนำน้ำทิ้งที่ได้ไปผลิตเป็นแก๊สชีวภาพในระบบบำบัดแบบไร้อากาศได้

42 ศึกษาและเปรียบเทียบน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ความเข้มข้น 0.4 0.5 0.6 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติทั้งแบบที่แยกพอลิเมอร์ออกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่และแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกมา

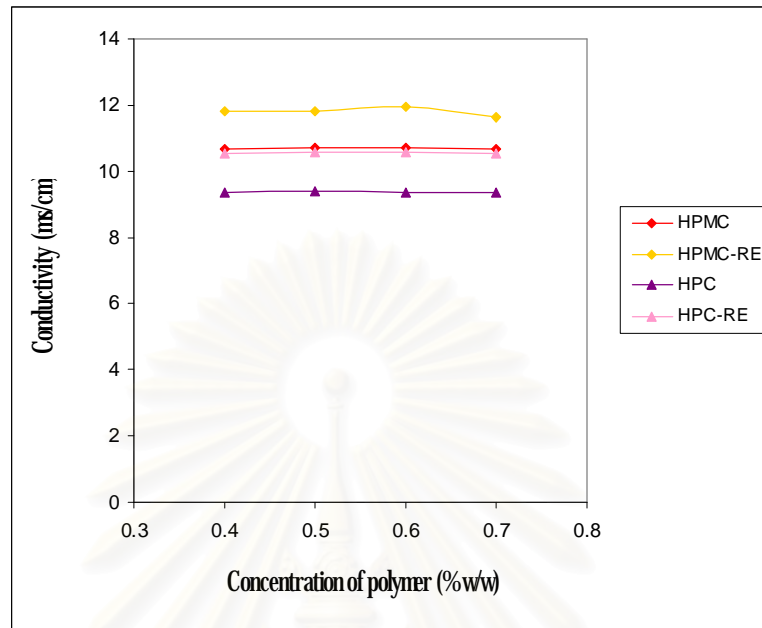
#### 4.2.1 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH Value) และค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Value)

จากรูปที่ 415 พบว่าค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกทุกความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก) โดยค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเป็นกรด-เบส ของหางน้ำยางเดิม เนื่องจากการแยกเนื้ออย่างด้วยพอลิเมอร์นั้นจะใช้กลไก **depletion flocculation** ซึ่งไม่ได้ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายเดิมไม่เปลี่ยนแปลง (Dobias, 2008) ส่วนค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ที่มีการแยกพอลิเมอร์ออกจะมีค่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากขั้นตอนในการแยกพอลิเมอร์ออกต้องนำน้ำทิ้งที่ได้ไปให้ความร้อน ทำให้แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ซึ่งเป็นสารรักษาสภาพน้ำยางสดมีการระเหยออกไป (Jung-Hoon Kim and others, 2008) น้ำทิ้งที่เหลือจึงมีค่าความเป็นกรด-เบสลดลง ดังนั้นการครีมนางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออกนอกจากจะได้พอลิเมอร์กลับมาใช้ใหม่เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายแล้ว ยังได้น้ำทิ้งที่มีค่าความเป็นกรด-เบสลดลงกว่าเดิมด้วย ซึ่งทำให้น้ำทิ้งที่ได้มีค่าใกล้เคียงค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่โรงงานอุตสาหกรรมกำหนดคือ 5.5-9.0 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545)



รูปที่ 415 ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยก (HPMC-RE และ HPC-RE) และแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (HPMC และ HPC) ในการครีมนางน้ำยางธรรมชาติ



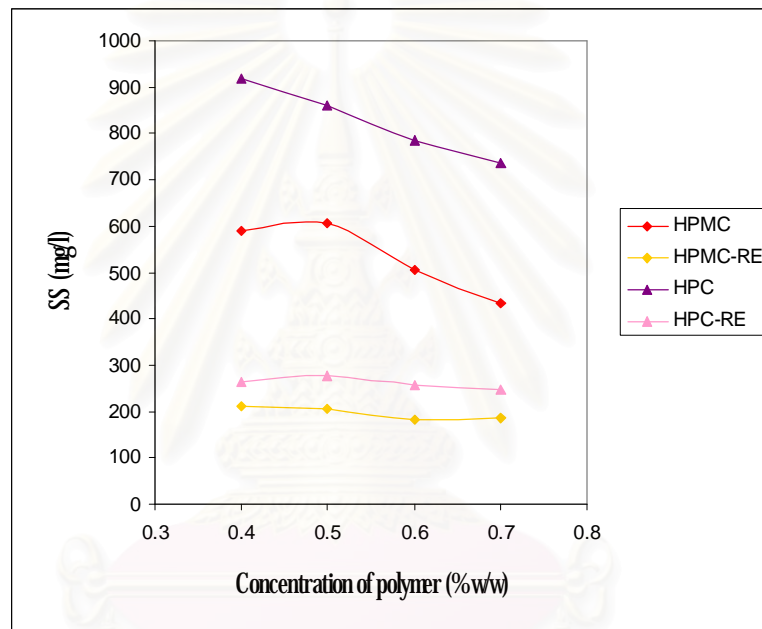
รูปที่ 416 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมนางน้ำยารักษา

จากรูปที่ 416 พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก) โดยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออกมากกว่าแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก เนื่องจากการแยกพอลิเมอร์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่นั้นจะได้นำน้ำทิ้งไปให้ความร้อน ทำให้เกิดการแตกตัวของสารประกอบในน้ำทิ้ง เช่น สารประกอบกำมะถัน และไนโตรเจน เป็นต้น ค่าการนำไฟฟ้าจึงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่า ความเข้มข้นของพอลิเมอร์ HPMC และ HPC ไม่มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าเนื่องจากพอลิเมอร์ HPMC และ HPC เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่มีประจุ

#### 4.2.2 ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS) และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS)

จากรูปที่ 417 พบว่า ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก) โดยค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์

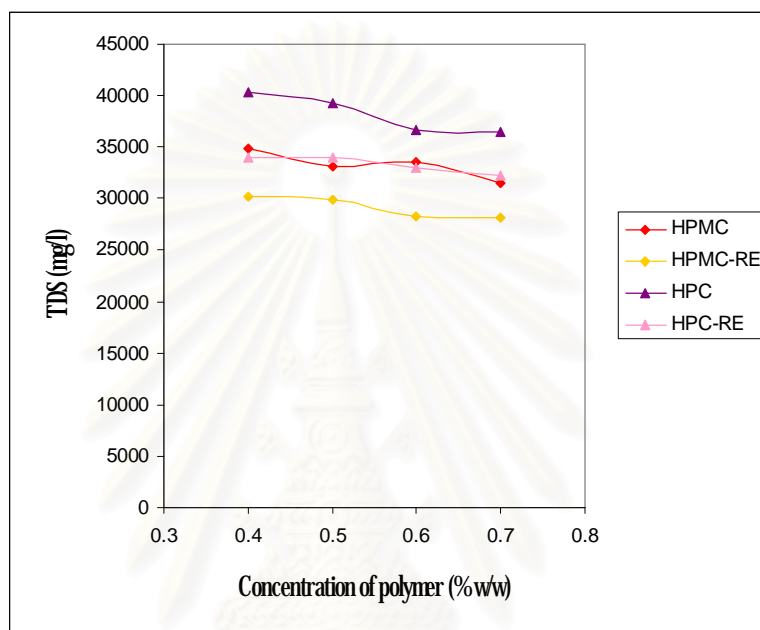
**HPMC** และ **HPC** แบบที่แยกพอลิเมอร์ออกน้อยกว่าแบบที่ไม่แยกพอลิเมอร์ออก เนื่องจากการนำพอลิเมอร์ออกมาจากน้ำทิ้งอาจทำให้อนุภาคขนาดเล็กบางส่วนติดออกมากับพอลิเมอร์ด้วย ทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยลดลง ดังนั้น การใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ในการครีมหางน้ำยางแล้วทำการนำพอลิเมอร์กลับมาใช้ใหม่จะช่วยทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าลดลง นอกจากนี้ น้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** เมื่อความเข้มข้นมากขึ้นจะได้ค่าของแข็งแขวนลอยลดลงเนื่องจากน้ำทิ้งที่ได้มีอนุภาคของปะปนลดน้อยลงจากประสิทธิภาพการครีมหางน้ำยางที่ดีขึ้น



รูปที่ 417 ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ

จากรูปที่ 418 พบว่า ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกส่วนใหญ่แตกต่างกันเล็กน้อยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก) โดยค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกมากกว่าแบบที่แยกพอลิเมอร์ออก เนื่องจากพอลิเมอร์จะละลายอยู่ในชั้นน้ำทิ้งไม่ติดออกไปกับชั้นขางที่แยกออกมา จึงเป็นการเพิ่มค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้ง นอกจากนี้ น้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ความเข้มข้นมากขึ้นจะได้ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดลดลงเนื่องจากน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ความเข้มข้นมากจะมีอนุภาคของปะปนอยู่ในชั้นน้ำทิ้งน้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ความเข้มข้นน้อย ค่า

ของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจึงน้อย ซึ่งอนุภาคยางที่ปะปนอยู่ในน้ำที่นั่นจะเป็นอนุภาคยางที่มีขนาดเล็ก โดยจะมีขนาดเล็กกว่าช่องของกระดาษกรอง GF/C (เส้นผ่านศูนย์กลางของช่อง 1.2 ไมครอน) ที่ใช้กรองของแข็งแขวนลอยออกไป

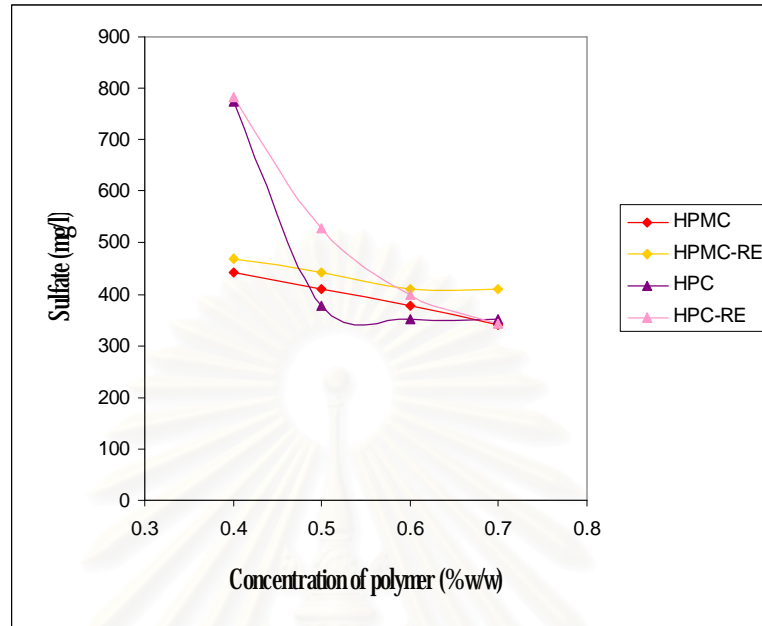


รูปที่ 418 ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำที่งอกจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ

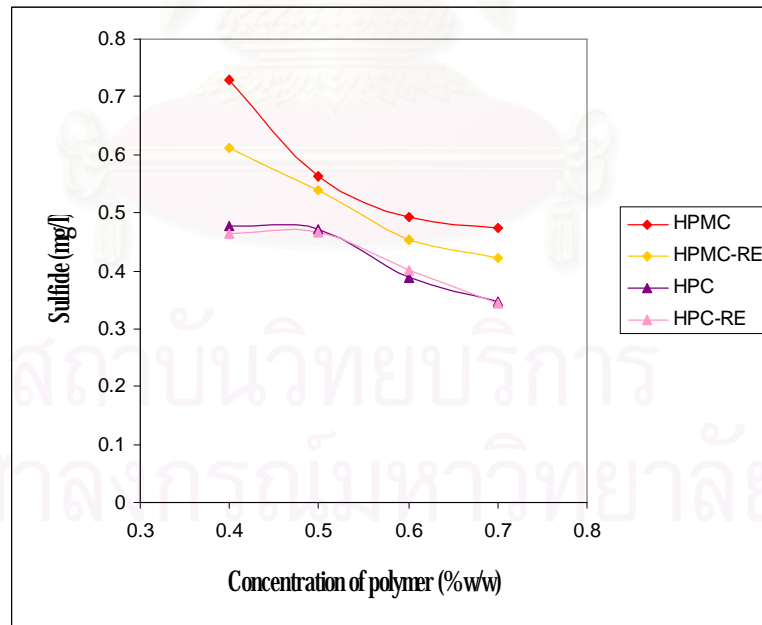
#### 4.2.3 ค่าซัลเฟต (Sulfate Value) และค่าซัลไฟด์ (Sulfide Value)

จากรูปที่ 419 และ 420 พบว่า ค่าซัลเฟตและค่าซัลไฟด์ของน้ำที่งอกจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกทุกความเข้มข้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก) โดยค่าซัลเฟตของน้ำที่งอกจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออกจะมากกว่าแบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกเนื่องจากการแยกพอลิเมอร์นั้นจะต้องนำน้ำทิ้งไปให้ความร้อน เกิดการแตกตัวของไอออนซัลเฟตมากขึ้นจึงทำให้ได้ค่าซัลเฟตมากขึ้นด้วย แต่ค่าซัลไฟด์จะลดลงเนื่องจากความร้อนจะทำให้ไฮโดรเจนซัลไฟด์ระเหยมากขึ้น นอกจากนี้ น้ำที่งอกจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC เมื่อความเข้มข้นมากขึ้นจะได้ค่าซัลเฟตและค่าซัลไฟด์ลดลงเนื่องจากน้ำที่งอกจากการใช้พอลิเมอร์ความเข้มข้นมากจะมีอนุภาคยางปะปนอยู่ในชั้นน้ำที่น้อย ค่าซัลเฟตและค่าซัลไฟด์จึงน้อย





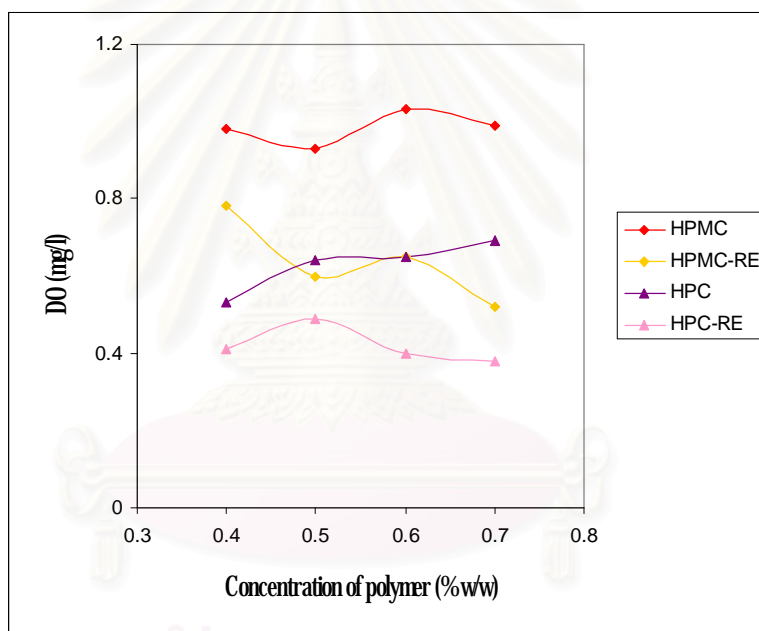
รูปที่ 419 ค่าซัลเฟตของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมทางน้ำยาธรรมชาติ



รูปที่ 420 ค่าซัลไฟด์ของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมทางน้ำยาธรรมชาติ

#### 4.2.4 ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) และค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

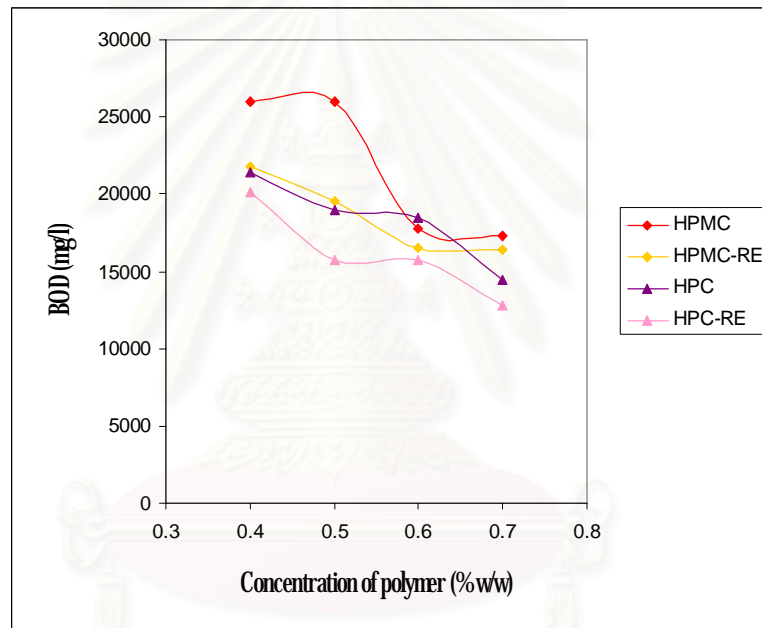
จากรูปที่ 4.21 พบว่า ค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก) โดยน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์แบบแยกพอลิเมอร์ออกจะมีค่าออกซิเจนละลายน้อยกว่าแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกเนื่องจากการแยกพอลิเมอร์ออกนั้นจะต้องนำน้ำทิ้งไปให้ความร้อน จึงเป็นการไล่ออกซิเจนออกไปด้วย ค่าออกซิเจนละลายจึงลดลง



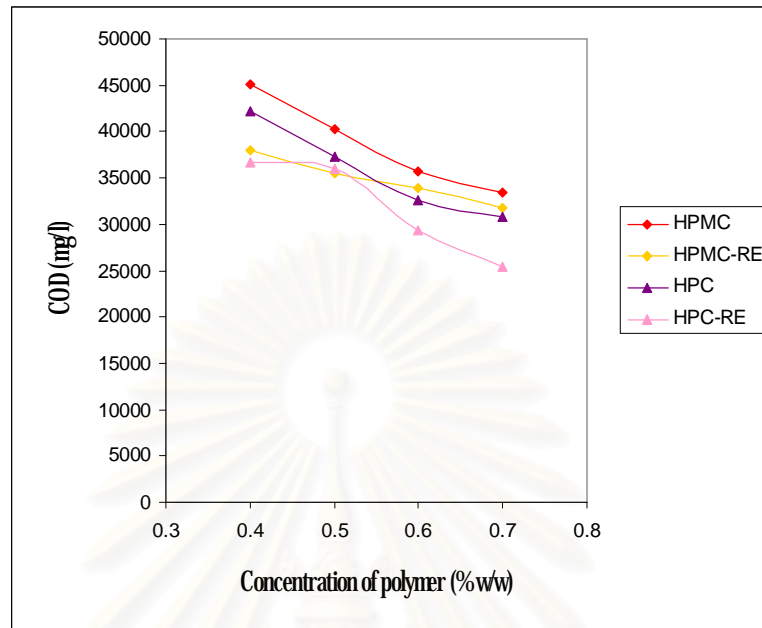
รูปที่ 4.21 ค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ

จากรูปที่ 4.22 และ 4.23 พบว่า ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าซีโอดีของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก) โดยค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์แบบที่แยกพอลิเมอร์ออกจะมีค่าน้อยกว่าแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกเนื่องจากกระบวนการในการแยกพอลิเมอร์ กลับมาใช้ใหม่

นั่นจะทำให้อนุภาคยางและสารอินทรีย์ที่อยู่ในส่วนที่ไม่ใช่อนุภาคยางบางส่วนออกไปด้วย จึงทำให้น้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์แบบที่แยกพอลิเมอร์ออกมีค่าบีโอดีและค่าซีโอดีลดลงนอกจากนี้ น้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์เมื่อความเข้มข้นลดลงจะได้ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ความเข้มข้นต่ำจะมีอนุภาคยางปะปนอยู่ในชั้นน้ำทิ้งมาก ซึ่งสารอินทรีย์และอนุภาคยางที่ปะปนนั้นมีส่วนประกอบเหมาะแก่การเป็นอาหารของจุลินทรีย์ จึงทำให้ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าของบีโอดีและซีโอดีที่เพิ่มขึ้นนี้อาจเป็นประโยชน์ต่อการนำน้ำทิ้งที่ได้ไปผลิตเป็นแก๊สชีวภาพในระบบบำบัดแบบไร้อากาศได้



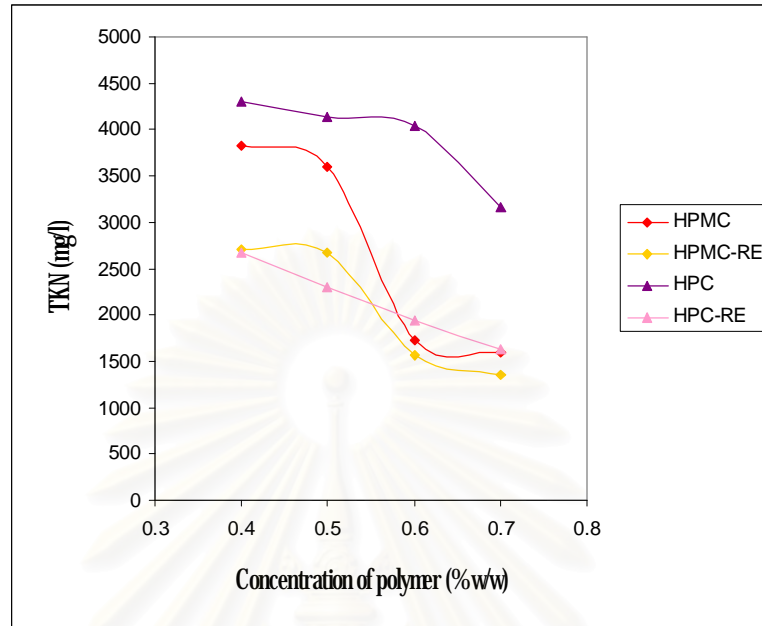
รูปที่ 4.22 ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยางธรรมชาติ



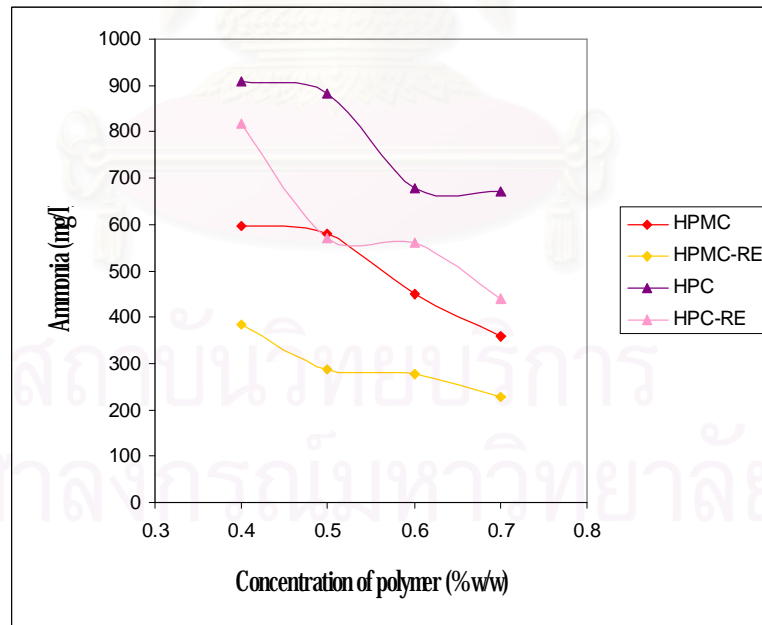
รูปที่ 4.23 ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยาธรรมชาติ

#### 4.25 ค่าทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN) ค่าแอมโมเนีย (Ammonia Nitrogen) ค่าไนไตรต์ (Nitrite Nitrogen) และค่าไนเตรต (Nitrate Nitrogen)

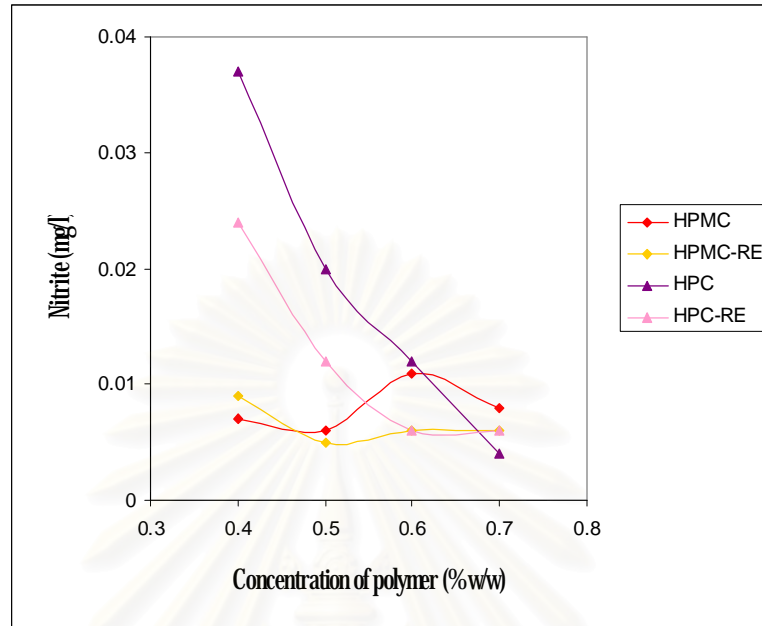
จากรูปที่ 4.24 และ 4.25 พบว่า ค่าทีเคเอ็นและค่าแอมโมเนียของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก ส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก.2) โดยน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์แบบแยกพอลิเมอร์ออกจะมีค่าทีเคเอ็นและค่าแอมโมเนียต่ำกว่าแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกเนื่องจากการแยกพอลิเมอร์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่นั้นจะต้องนำน้ำทิ้งไปให้ความร้อน จึงเป็นการไล่แอมโมเนียออกไป ค่าทีเคเอ็นและค่าแอมโมเนียจึงลดลง นอกจากนี้ น้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC เมื่อความเข้มข้นลดลงจะได้ค่าทีเคเอ็นและค่าแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ความเข้มข้นน้อยจะมีอนุภาคยางและสารอินทรีย์ที่อยู่ในส่วนที่ไม่ใช่อนุภาคยาง (non rubber) ปะปนอยู่ในชั้นน้ำทิ้งมาก จึงทำให้ค่าทีเคเอ็นและค่าแอมโมเนียเพิ่มขึ้น



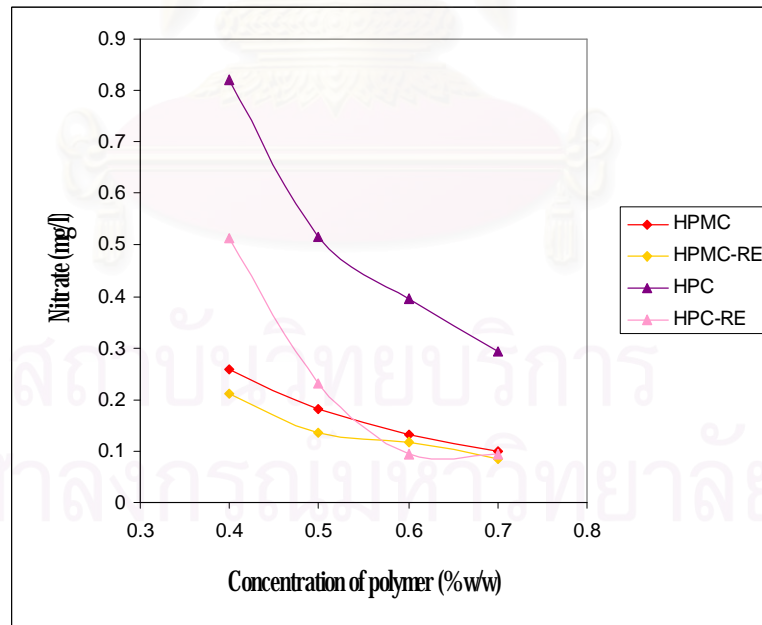
รูปที่ 4.24 ค่าที่เคเอ็นของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยาธรรมชาติ



รูปที่ 4.25 ค่าแอมโมเนียของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยาธรรมชาติ



รูปที่ 4.26 ค่าไนไตรต์ของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยาธรรมชาติ



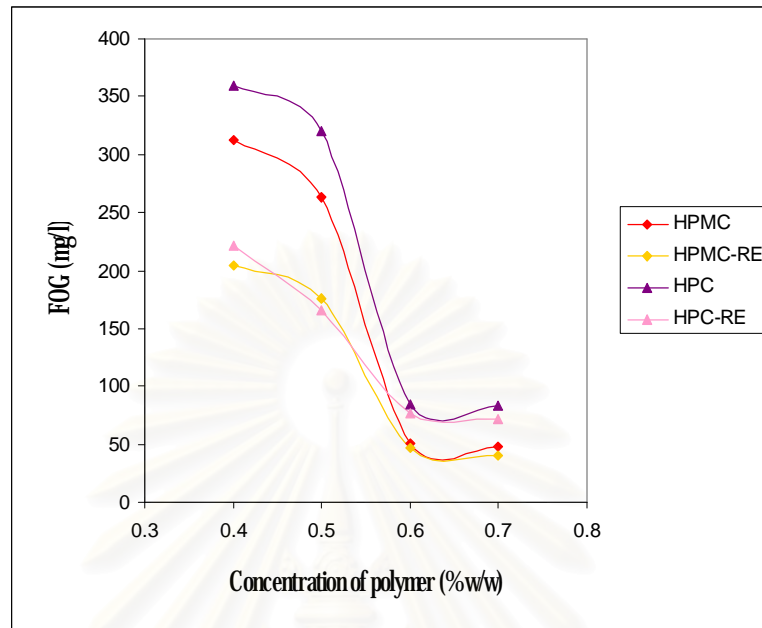
รูปที่ 4.27 ค่าไนเตรตของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยาธรรมชาติ



จากรูปที่ 4.26 และ 4.27 พบว่า ค่าไนโตรเจนและไนเตรตของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก.2) โดยค่าไนโตรเจนและค่าไนเตรตของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC มีค่าน้อยมาก และเมื่อทำการนำพอลิเมอร์กลับมาใช้ใหม่ ค่าไนโตรเจนและค่าไนเตรตมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

#### 4.26 ค่าน้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease, FOG)

จากรูปที่ 4.28 พบว่า ค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาคผนวก ก.2) โดยค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกจะมีค่ามากกว่าแบบที่แยกพอลิเมอร์ออกเนื่องจากการแยกพอลิเมอร์ออกนั้นจะมีอนุภาคขยงที่ปะปนในน้ำทิ้ง บางส่วนอาจติดไปกับพอลิเมอร์ด้วย ทำให้ค่าน้ำมันและไขมันที่ได้จึงลดลง นอกจากนี้ น้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC เมื่อความเข้มข้นลดลงจะได้ค่าน้ำมันและไขมันเพิ่มขึ้นเนื่องจากน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ความเข้มข้นน้อยจะมีอนุภาคขยงปะปนอยู่ในชั้นน้ำทิ้งมาก ซึ่งอนุภาคขยงปะปนอยู่ในชั้นน้ำทิ้งนั้น จากการทดลองหาค่าน้ำมันและไขมันของหางน้ำยาง พบว่า อนุภาคมีค่าน้ำมันและไขมันด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ค่าน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น



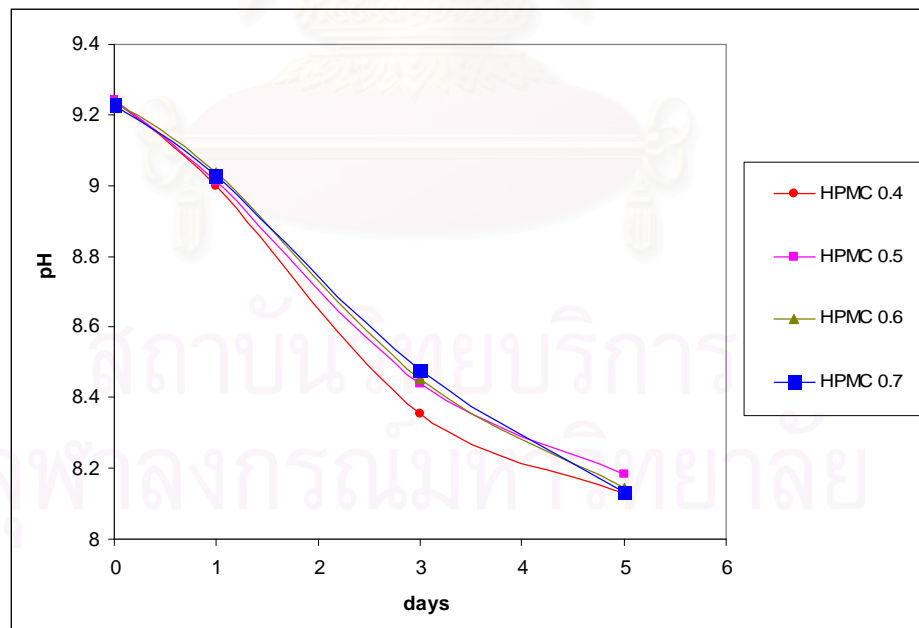
รูปที่ 4.28 ค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบแยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยาธรรมชาติ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออกในการครีมหางน้ำยาธรรมชาติ สามารถสรุปได้ว่าการครีมหางน้ำยาธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** แบบที่แยกพอลิเมอร์ออกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่จะทำให้ค่าการนำไฟฟ้า และซัลเฟตเพิ่มขึ้นกว่าแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก แต่ค่าความเป็นกรดของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ซัลไฟด์ ออกซิเจนละลาย บีโอดี ซีโอดี ทีเคเอ็น แอมโมเนีย ไนไตรต์ ไนเตรต และน้ำมันและไขมันลดลงกว่าแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก ซึ่งค่าที่ลดลงเหล่านี้ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการนำน้ำทิ้งไปบำบัดต่อไป

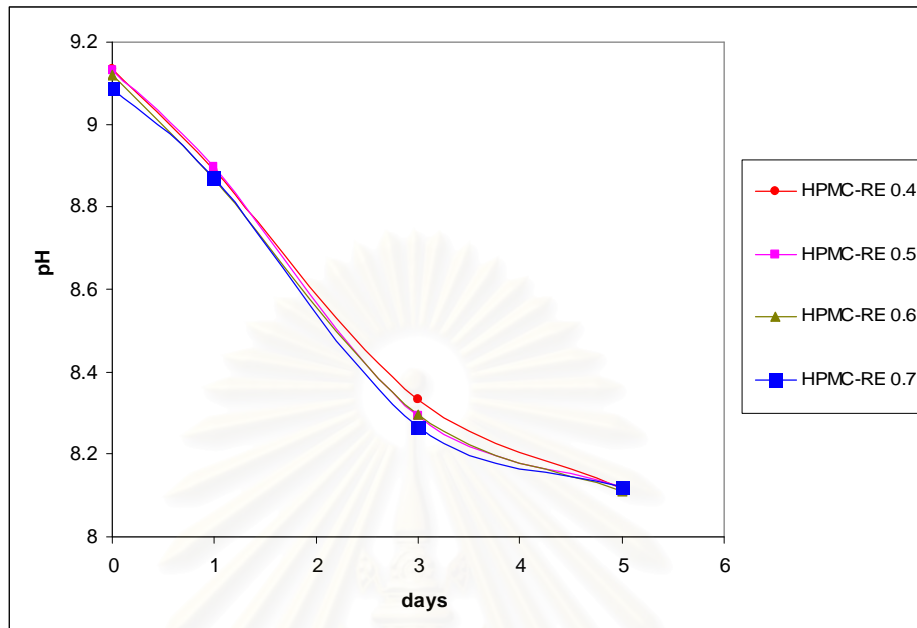
43 ศึกษาและเปรียบเทียบน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC ความเข้มข้น 0.4 0.5 0.6 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในการครีมน้ำยาล้างจานแบบบับบัตทันทีและแบบทิ้งไว้ก่อนแล้วค่อยบับบัต

#### 4.3.1 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH Value) และค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Value)

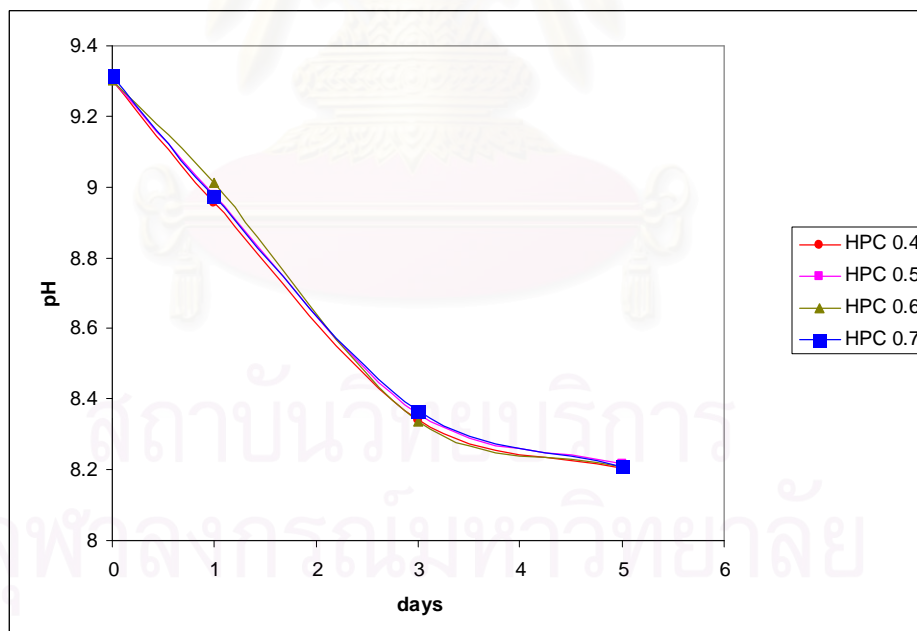
จากรูปที่ 4.29 และ 4.30 พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทิ้งจะลดลงตามระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้น โดยค่าความเป็นกรด-เบสที่ลดลงนั้นเกิดจากการสลายตัวของแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ในกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification Process) โดยแบคทีเรียที่ใช้อากาศ และการระเหยของแอมโมเนียสู่บรรยากาศ ค่าความเป็นกรด-เบสที่ลดลงนั้นจะเป็นประโยชน์ต่อการบำบัดมาก โดยเฉพาะน้ำทิ้งที่มีระยะกักน้ำ 1 3 และ 5 วัน เพราะค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของโรงงานอุตสาหกรรม (ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.5-9.0) ส่วนค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากการสลายตัวของสารแตกตัวเป็นไอออนเพิ่มขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าจึงเพิ่มขึ้นด้วย



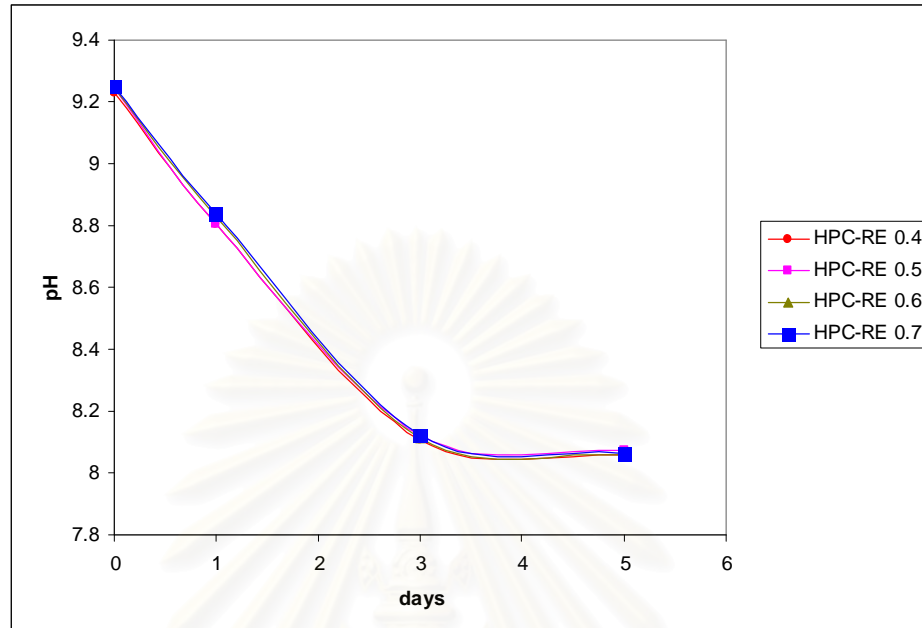
(ก) ค่าความเป็นกรด-เบสของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



(ข) ค่าความเป็นกรด-เบสของ HPMC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

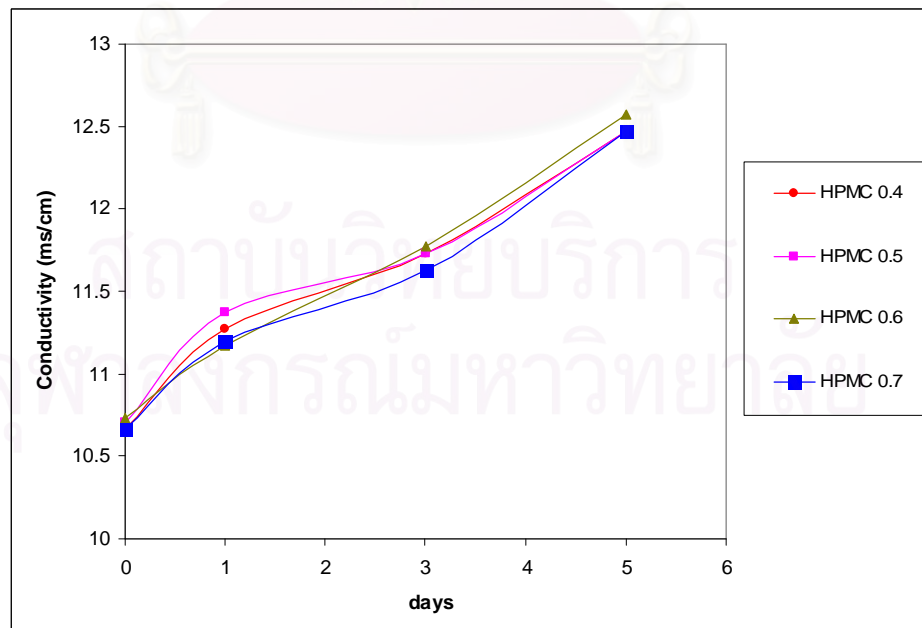


(ค) ค่าความเป็นกรด-เบสของ HPC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

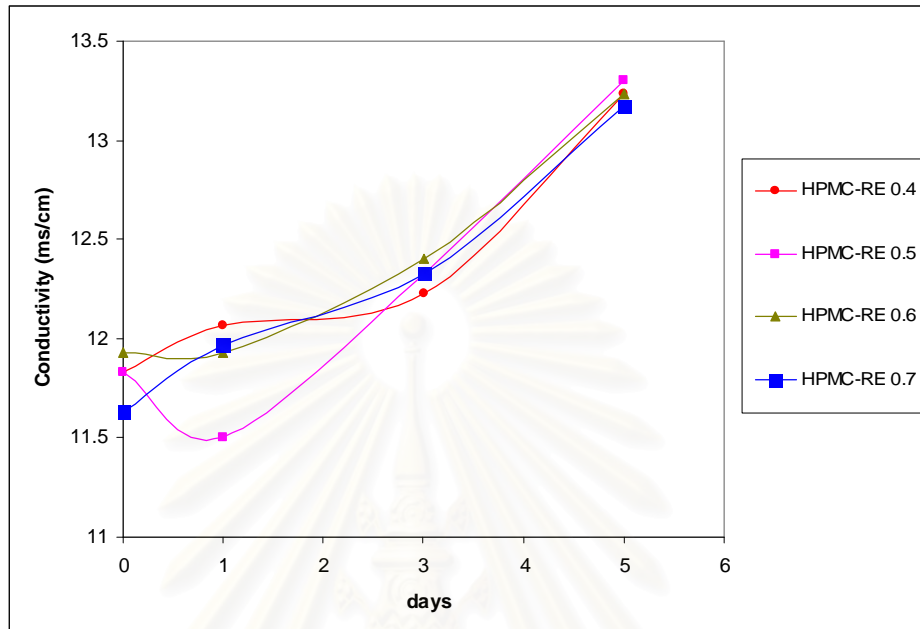


(ง) ค่าความเป็นกรด-เบสของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

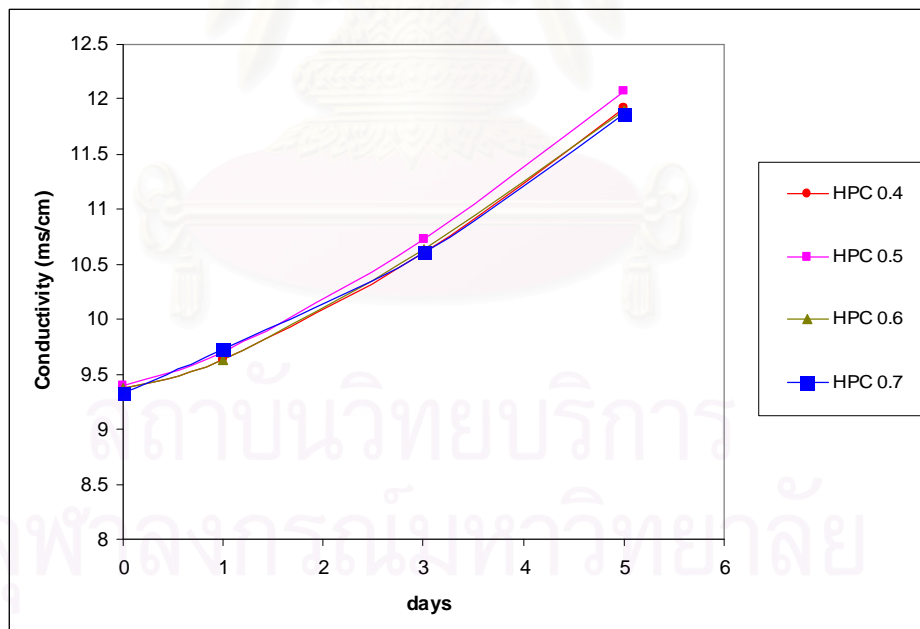
รูปที่ 429 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์  
 (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้  
 แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก



(ก) ค่าการนำไฟฟ้าของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

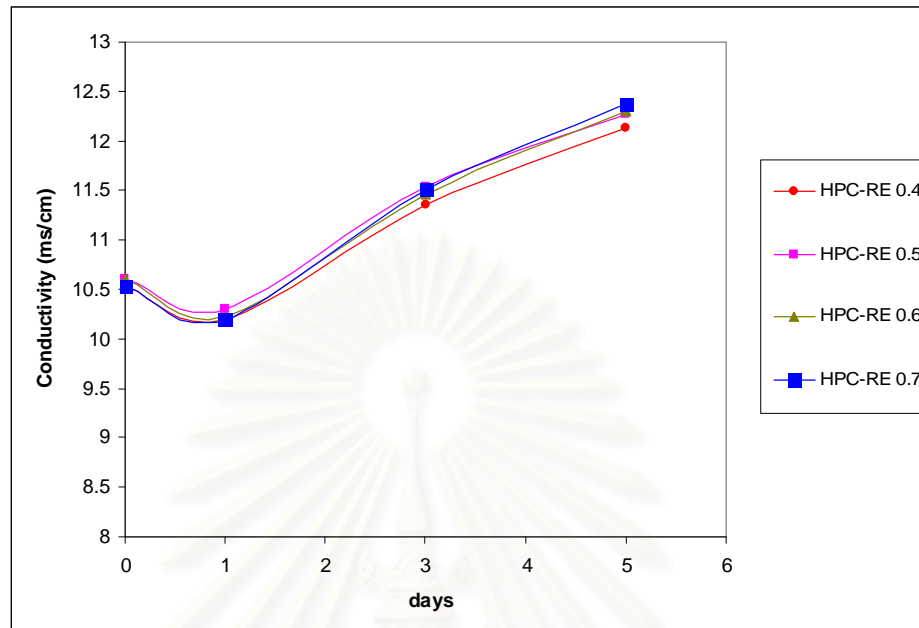


(ข) ค่าการนำไฟฟ้าของ HPMC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก



(ค) ค่าการนำไฟฟ้าของ HPC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก





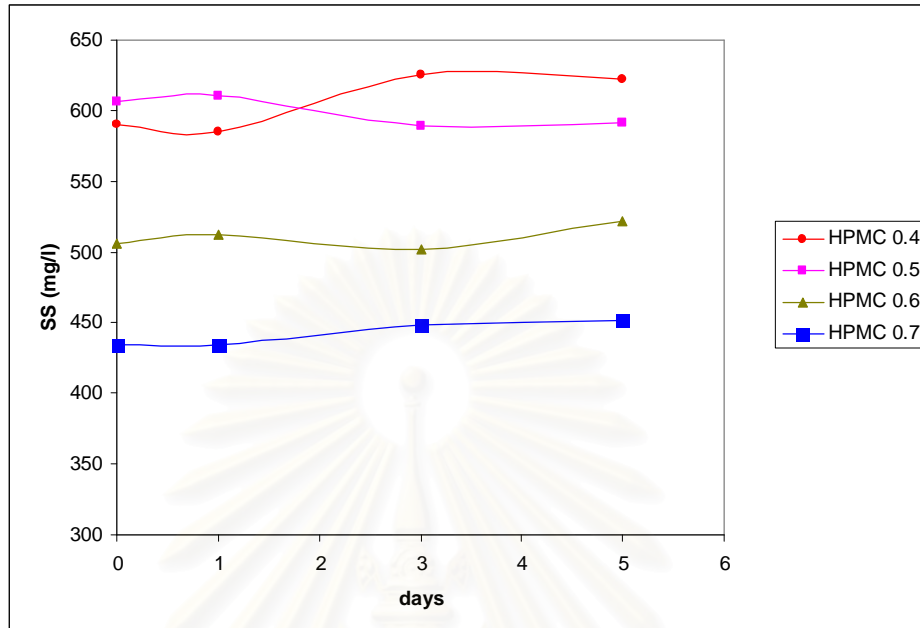
(ง) ค่าการนำไฟฟ้าของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

รูปที่ 4.30 ผลของระยะเวลาพักน้ำทิ้งต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์

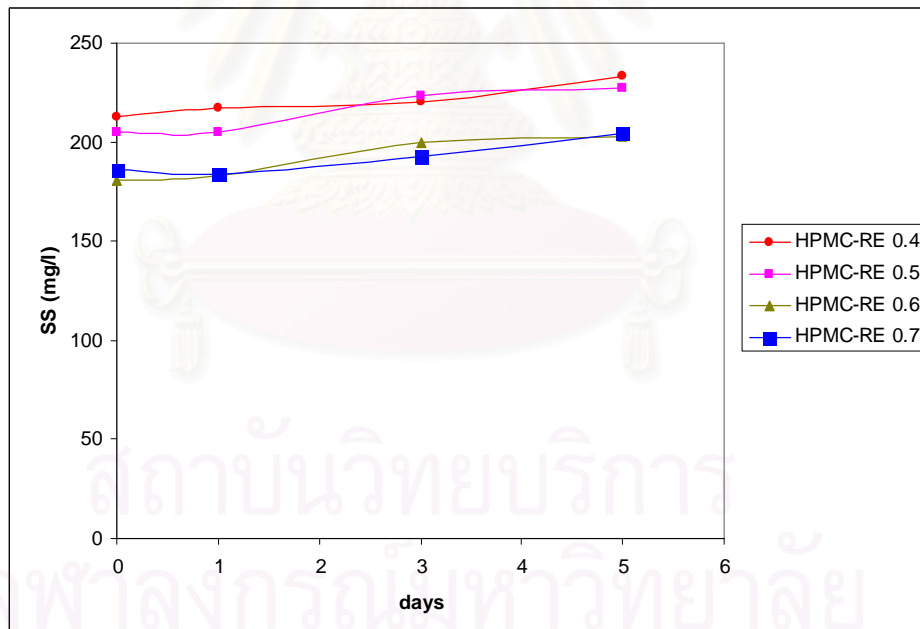
(ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก

#### 4.3.2 ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS) และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids, TDS)

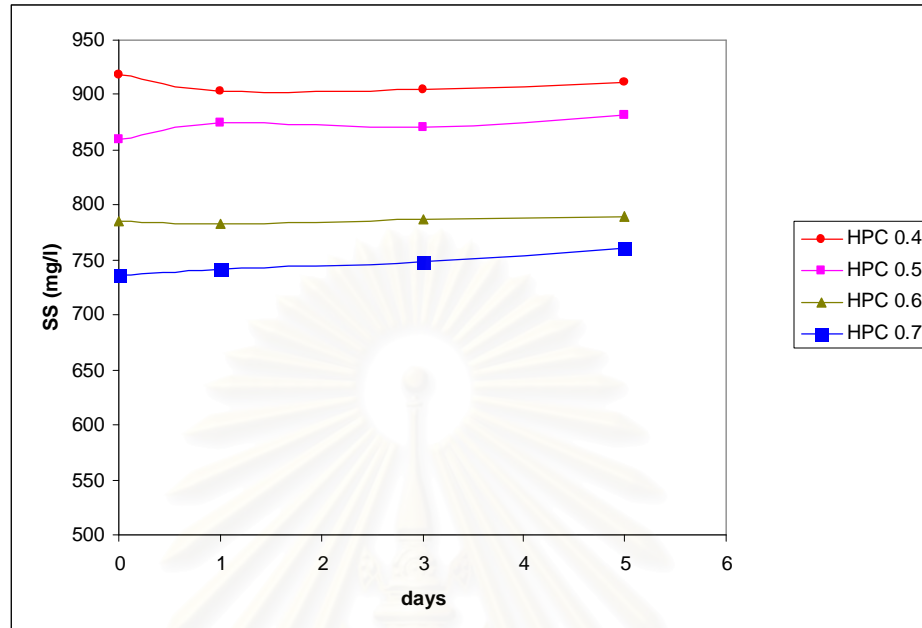
จากรูปที่ 4.31 และ 4.32 พบว่า ค่าของแข็งแขวนลอยและค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำทิ้งเพิ่มตามระยะเวลาพักน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและค่าของแข็งแขวนลอยที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจเกิดจากปริมาตรของน้ำทิ้งที่ลดลง และเมื่อนำปริมาตรน้ำทิ้งที่ลดลงมาทำการคำนวณพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยและค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกับค่าเดิม



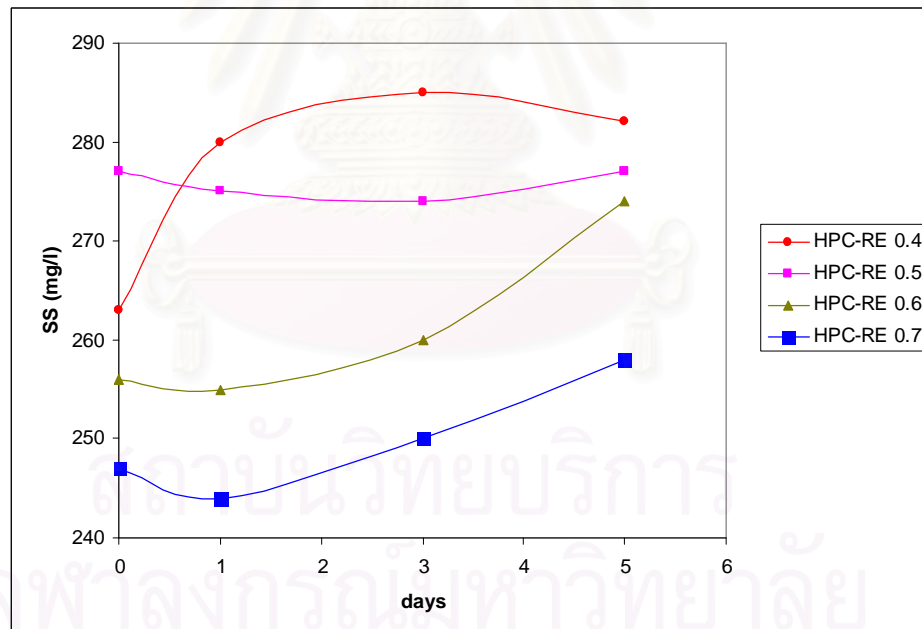
(ก) ค่าของแข็งแขวนลอยของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



(ข) ค่าของแข็งแขวนลอยของ HPMC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

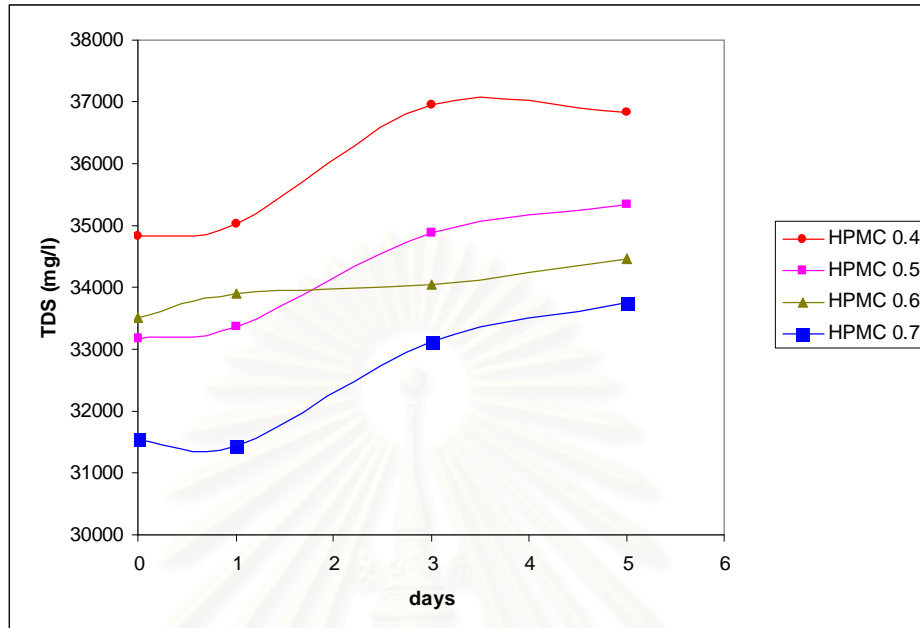


(ค) ค่าของแข็งแขวนลอยของ HPC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

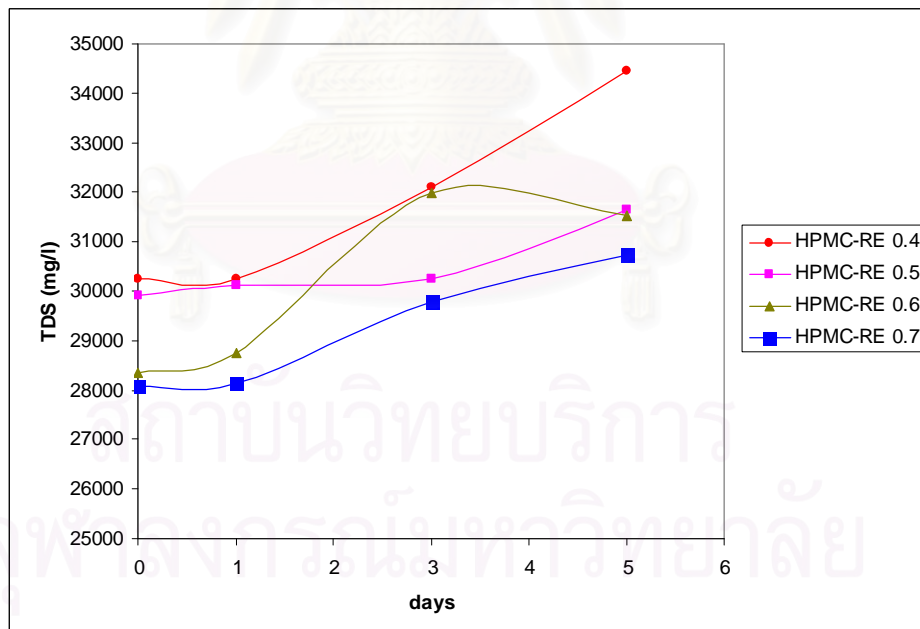


(ง) ค่าของแข็งแขวนลอยของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

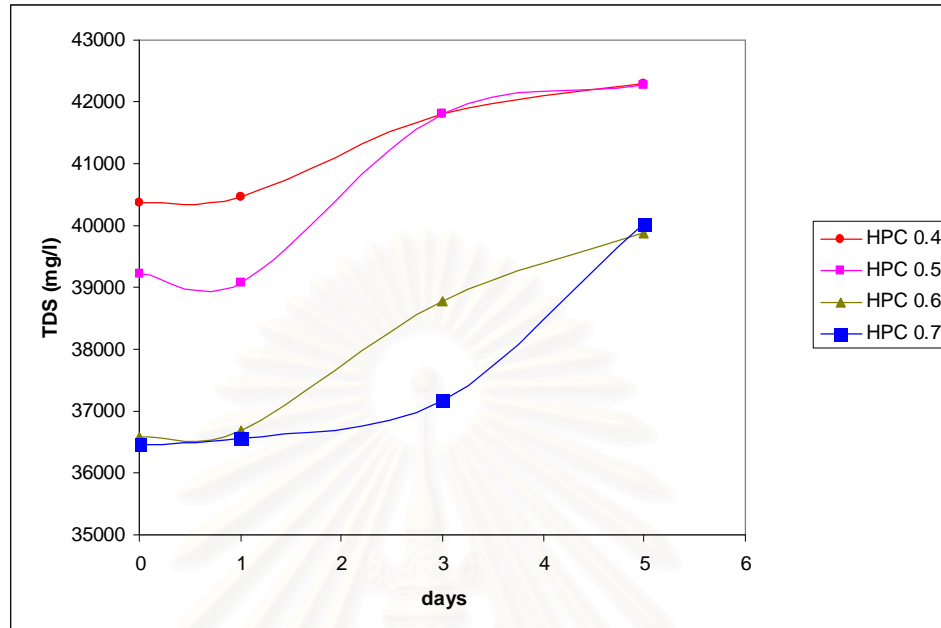
รูปที่ 4.31 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์  
 (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้  
 แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก



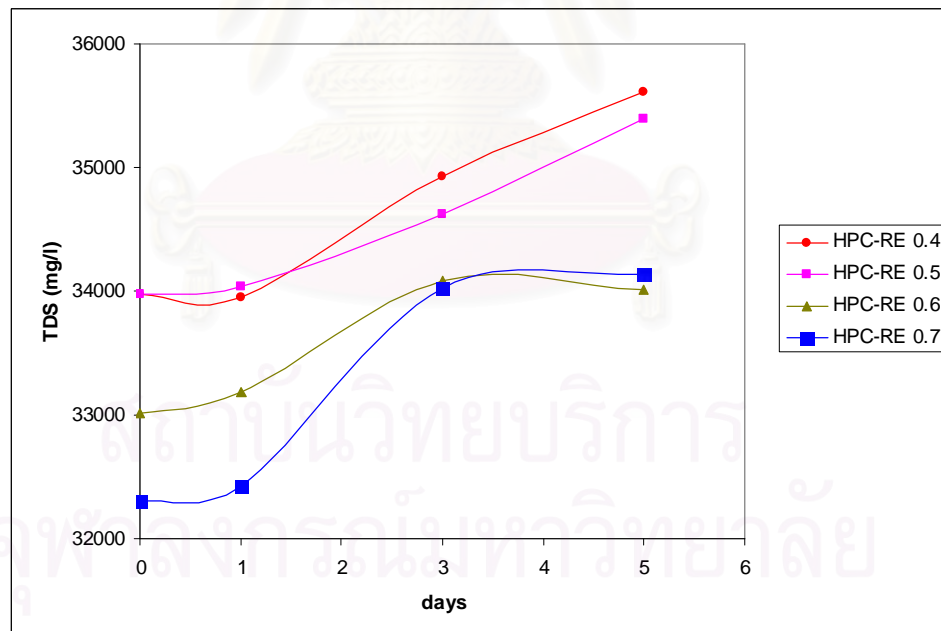
(ก) ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



(ข) ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของ HPMC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก



(ค) ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของ HPC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

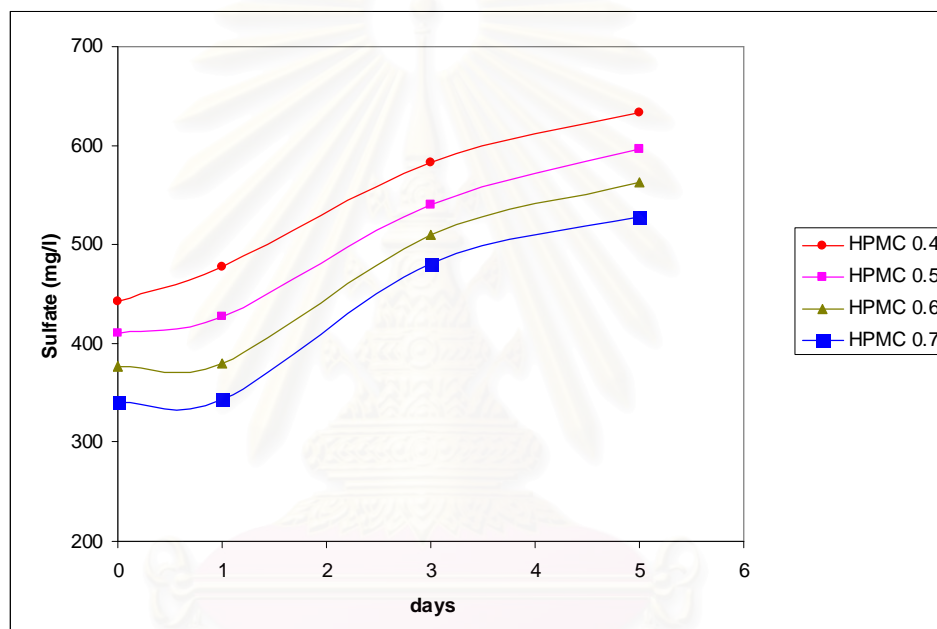


(ง) ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

รูปที่ 432 ผลของระยะเวลาพักน้ำทิ้งต่อค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก

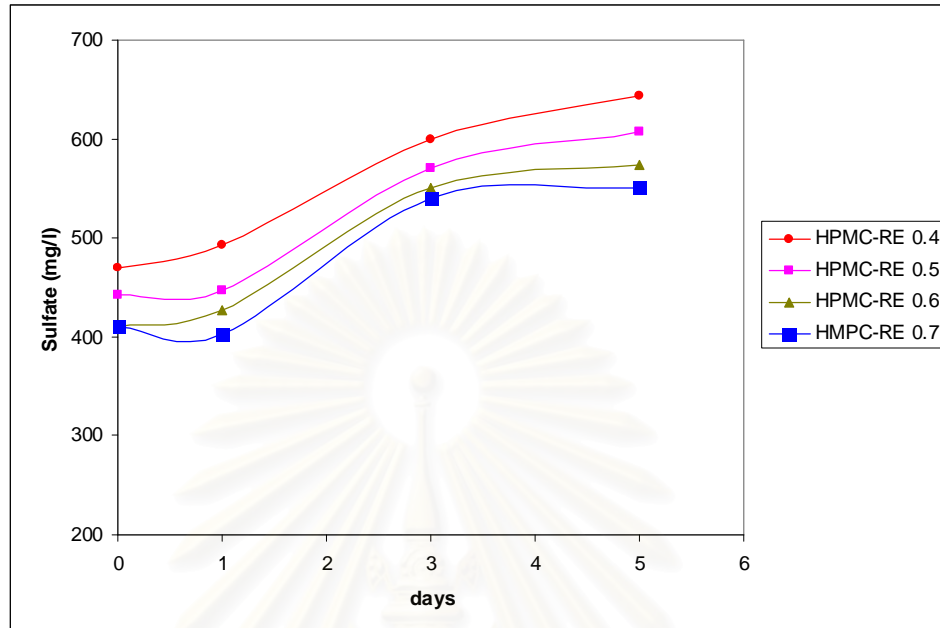
### 4.3.3 ค่าซัลเฟต (Sulfate Value) และค่าซัลไฟด์ (Sulfide Value)

จากรูปที่ 4.33 และ 4.34 พบว่า ค่าซัลเฟตและค่าซัลไฟด์ของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้น โดยค่าซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากการสลายตัวของสารประกอบซัลเฟอร์เป็นซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ส่วนค่าซัลไฟด์ที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการสลายตัวของซัลเฟตบางส่วนไปเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) จึงทำให้ซัลเฟตและซัลไฟด์เพิ่มขึ้น

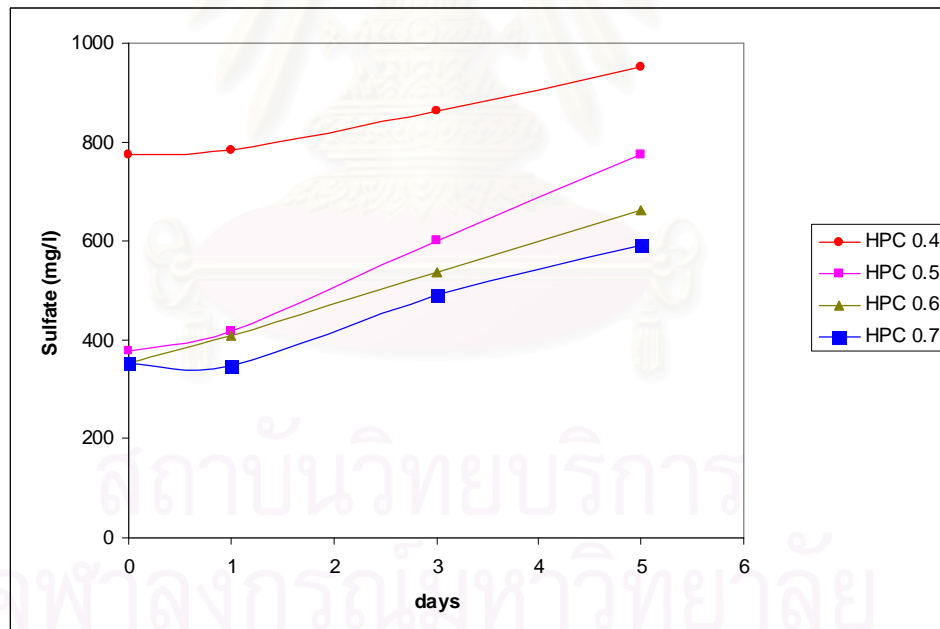


(ก) ค่าซัลเฟตของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

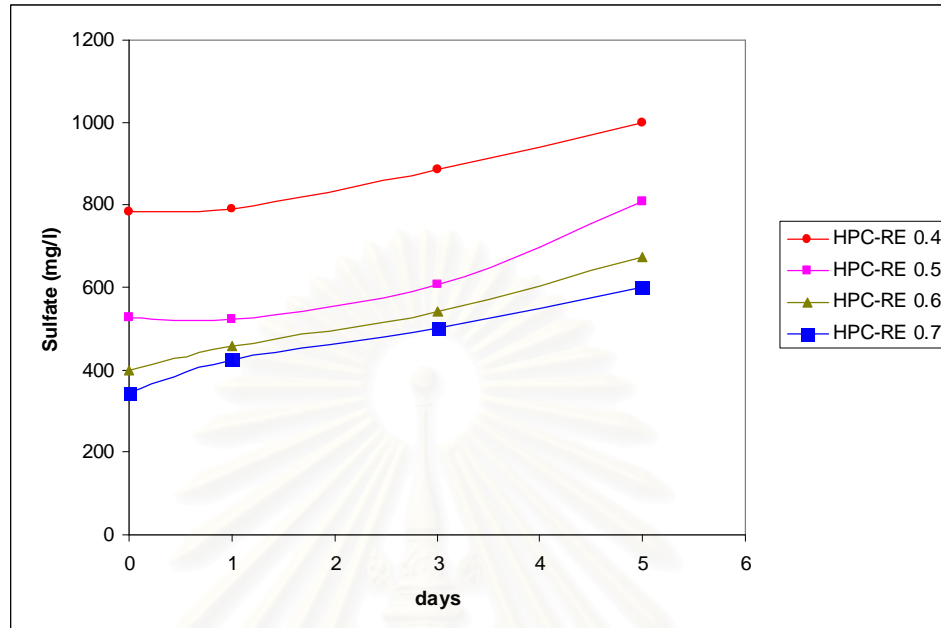




(ข) ค่าซัลเฟตของ **HPMC** แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

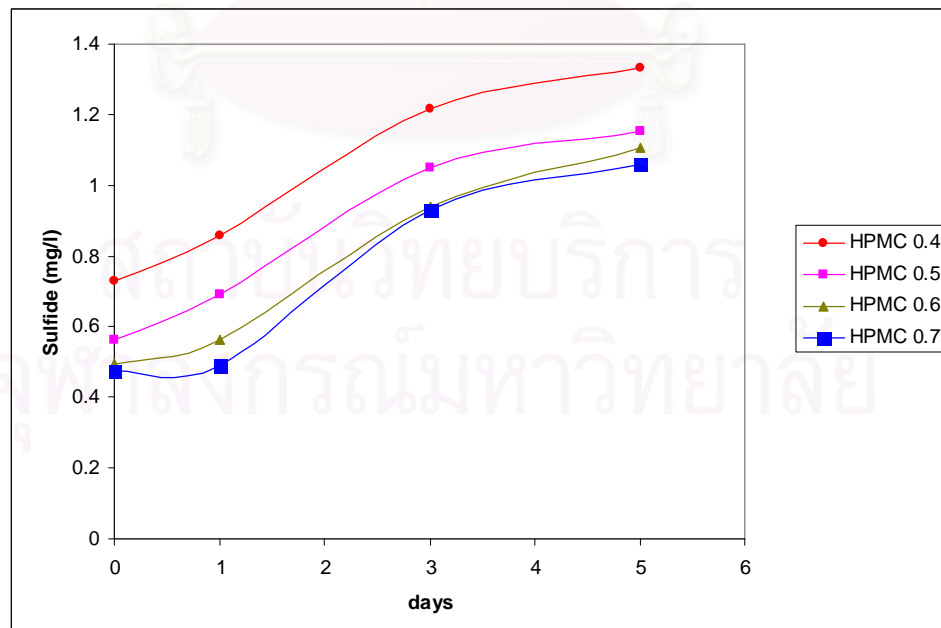


(ค) ค่าซัลเฟตของ **HPC** แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

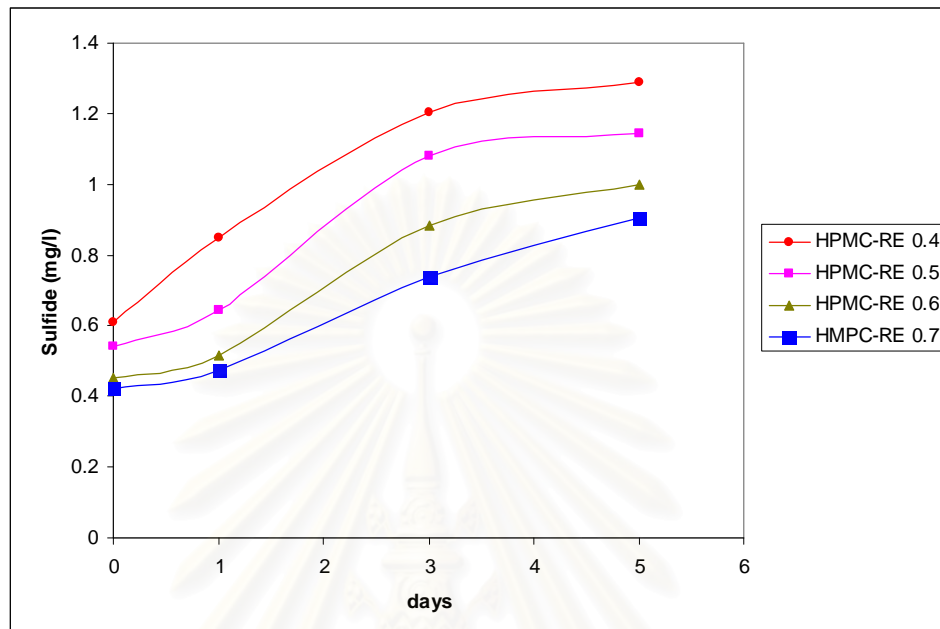


(ง) ค่าซัลเฟตของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

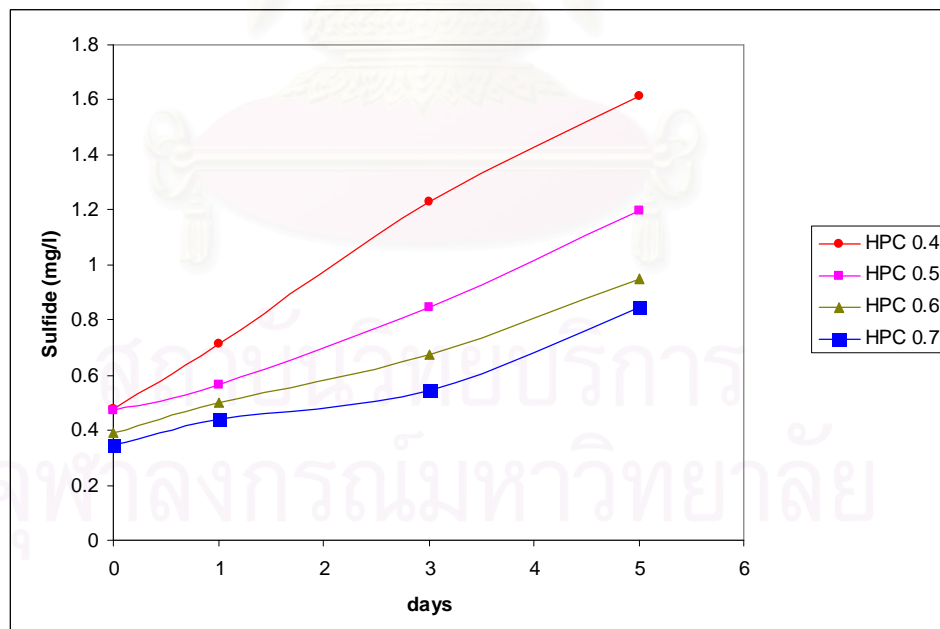
รูปที่ 4.33 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าซัลเฟตของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก



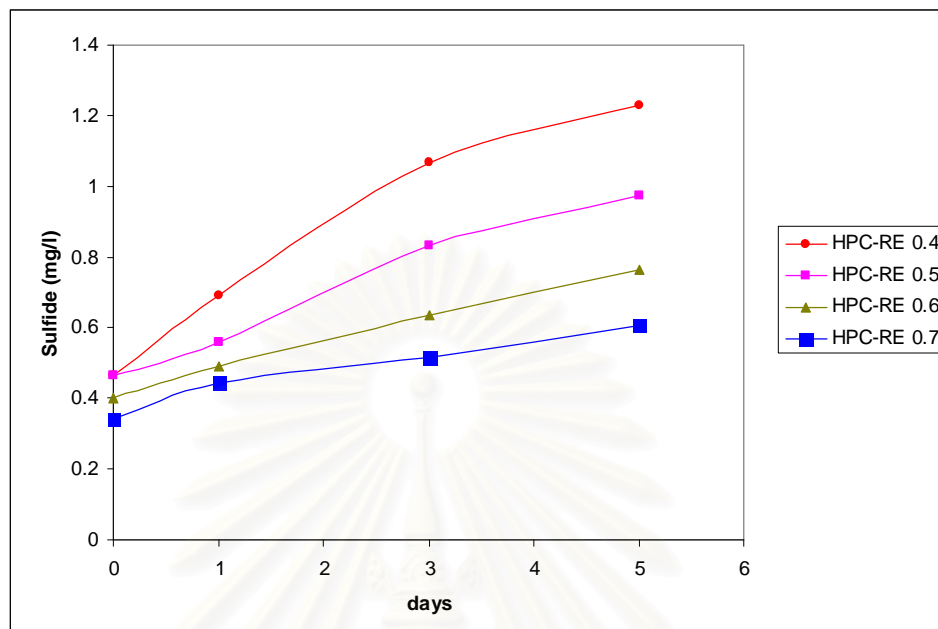
(ก) ค่าซัลไฟด์ของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



(ข) ค่าซัลไฟด์ของ **HPMC** แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก



(ค) ค่าซัลไฟด์ของ **HPC** แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

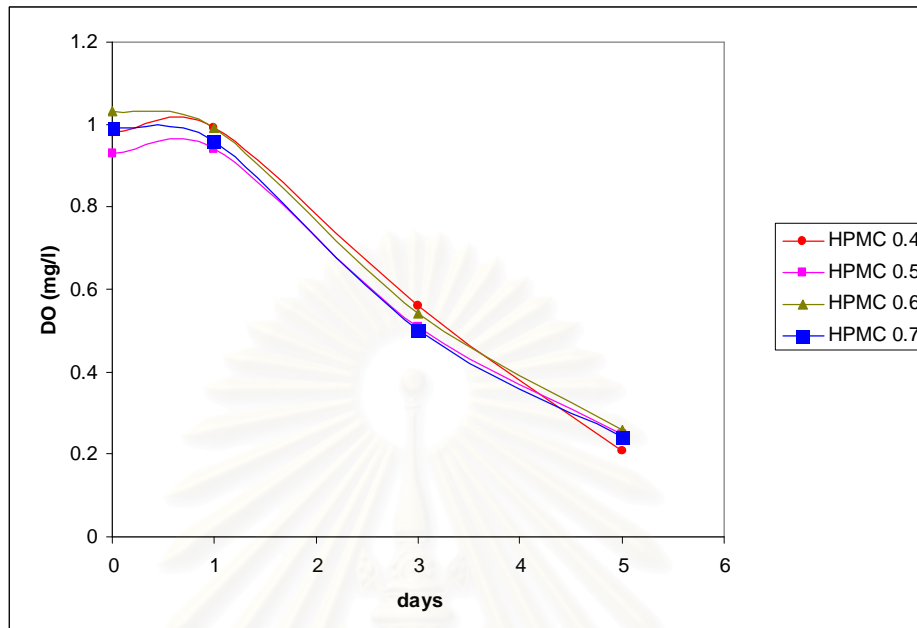


(ง) ค่าซัลไฟด์ของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

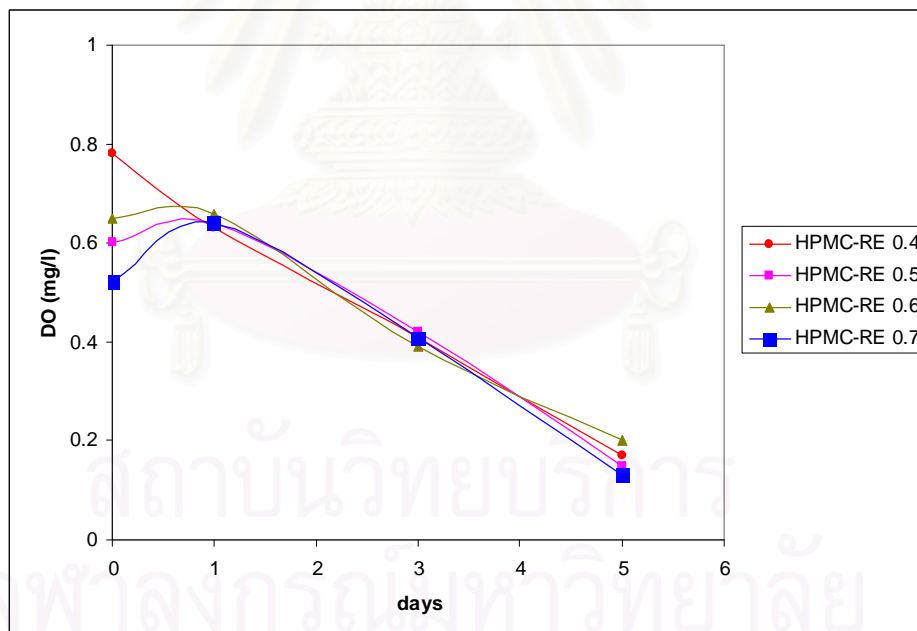
รูปที่ 4.34 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าซัลไฟด์ของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก

#### 4.3.4 ค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen, DO) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) และค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD)

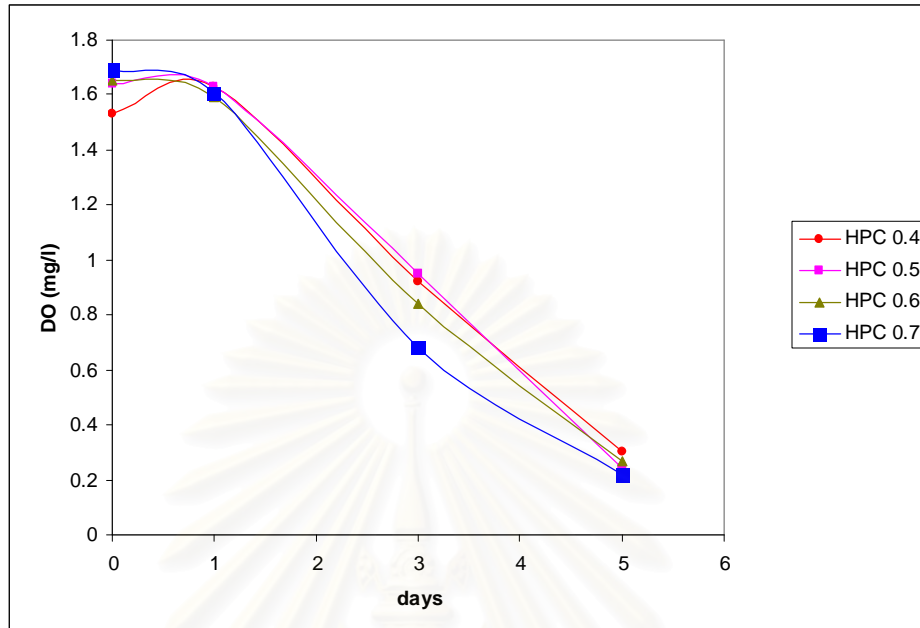
จากรูปที่ 4.35-4.37 พบว่า ค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งจะลดลงตามระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้น โดยค่าออกซิเจนละลายที่ลดลง ค่าบีโอดีที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากการใช้พอลิเมอร์ในการครีมน้ำยางจะได้น้ำทิ้งที่มีปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในส่วนที่ไม่ใช่ออนุภาคยาง (non rubber) มากโดยสารอินทรีย์เหล่านี้เหมาะแก่การเป็นอาหารในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์มีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้ในการย่อยสลายอาหารมาก ค่าออกซิเจนละลายจึงลดลงและค่าบีโอดีของน้ำทิ้งที่ได้จึงมีค่าสูง ส่วนค่าซีโอดีที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจเกิดจากระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นอาจมีสารประกอบที่เหมาะสมแก่การเป็นอาหารจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ค่าซีโอดีจึงเพิ่มขึ้นแต่อย่างไรก็ตาม ค่าบีโอดีและซีโอดีที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจมีประโยชน์ในการผลิตแก๊สชีวภาพให้เพิ่มขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศได้



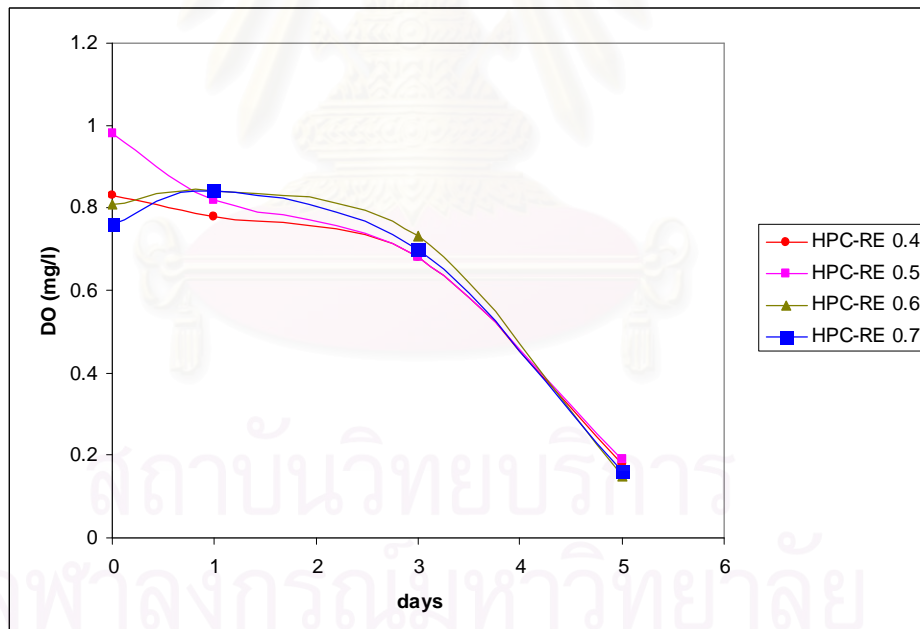
(ก) ค่าออกซิเจนละลายของ **HPMC** แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



(ข) ค่าออกซิเจนละลายของ **HPMC** แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก



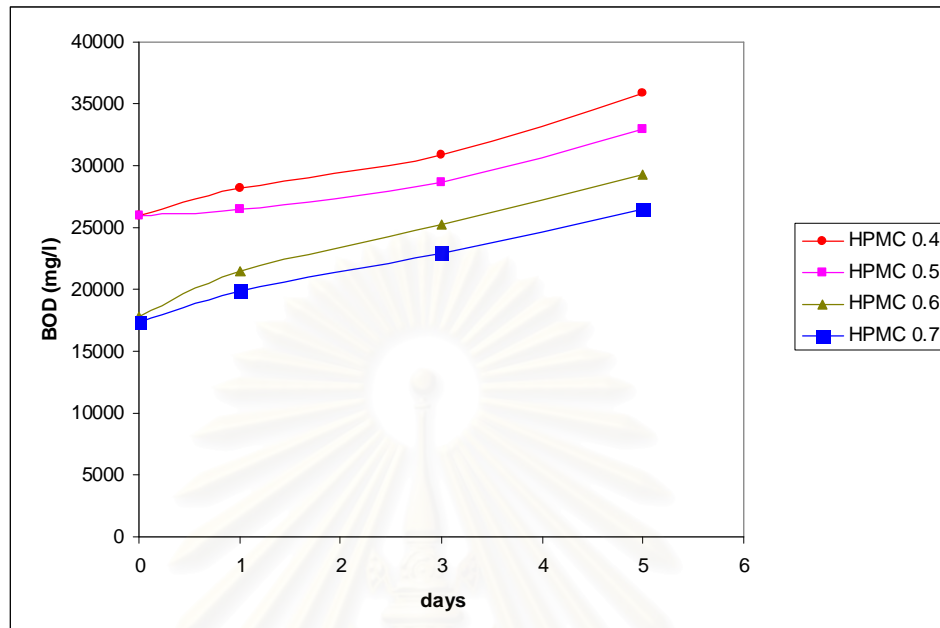
(ค) ค่าออกซิเจนละลายของ HPC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



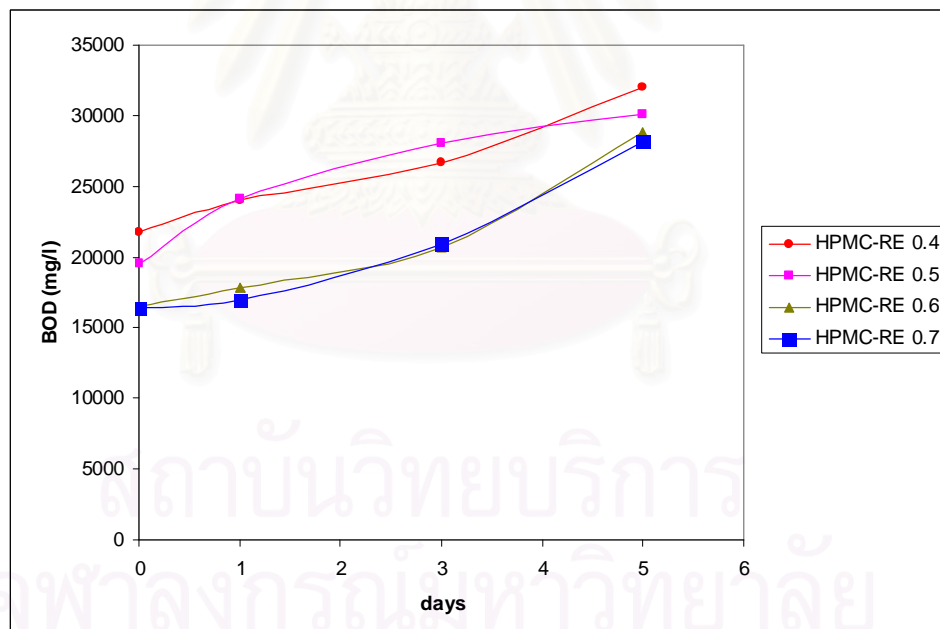
(ง) ค่าออกซิเจนละลายของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

รูปที่ 4.35 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าออกซิเจนละลายของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์  
 (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้  
 แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก

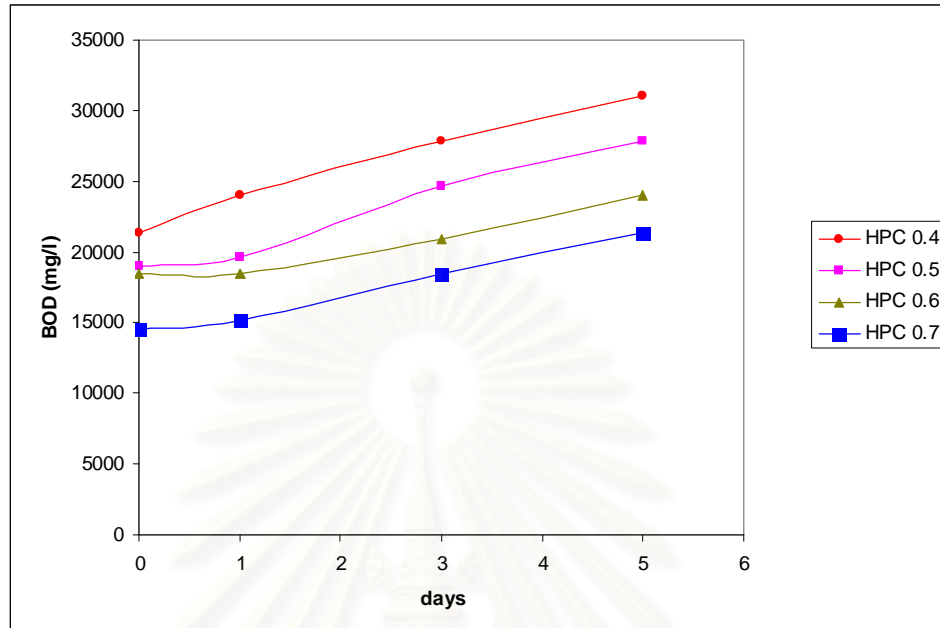




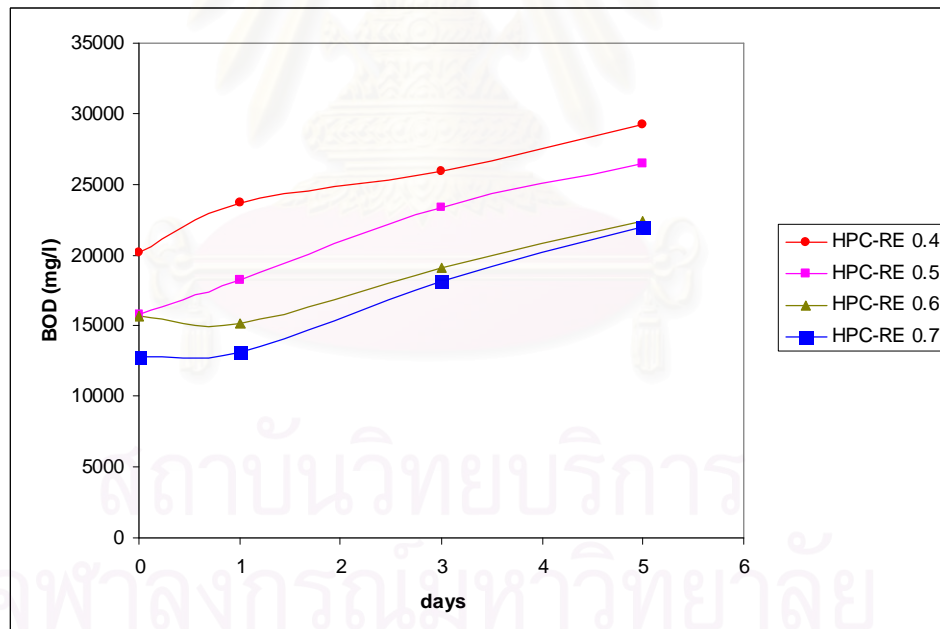
(ก) ค่าบีโอดีของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



(ข) ค่าบีโอดีของ HPMC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

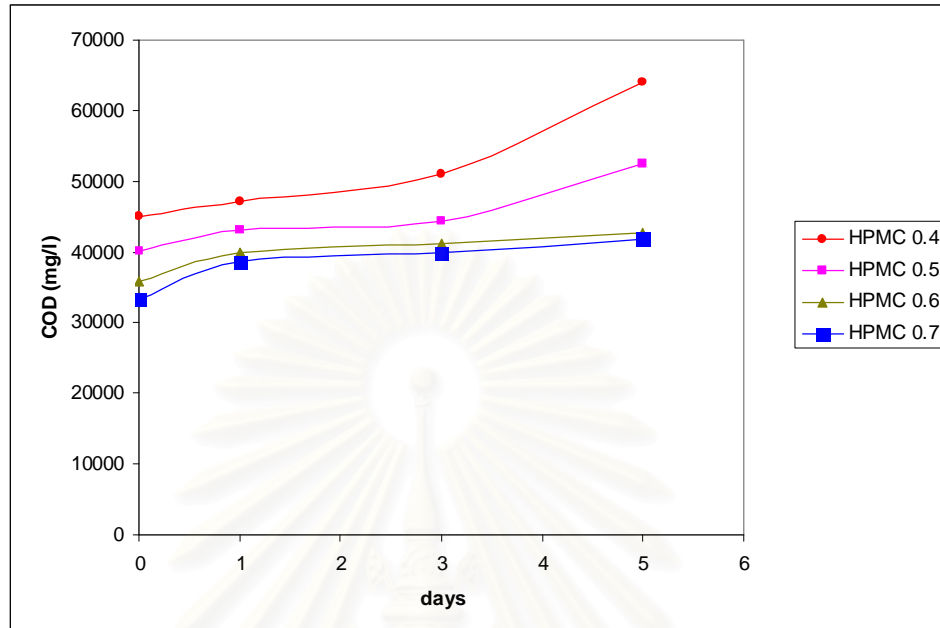


(ค) ค่าบีโอดีของ HPC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

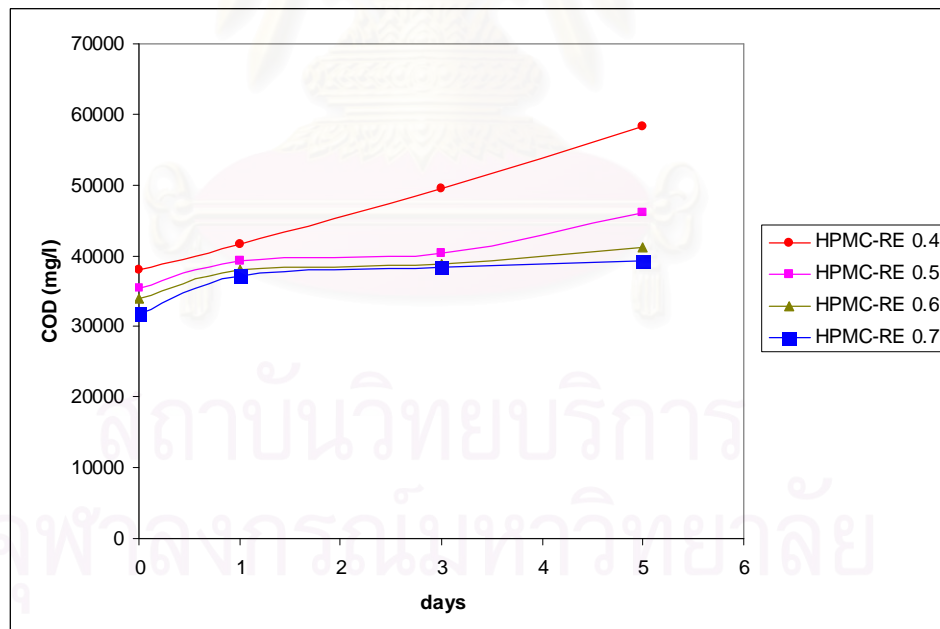


(ง) ค่าบีโอดีของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

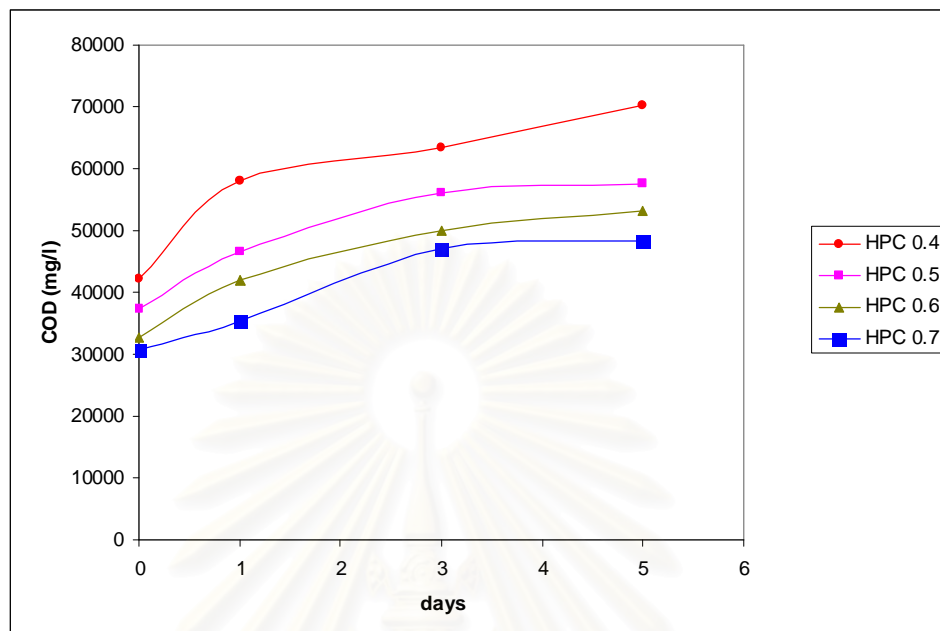
รูปที่ 436 ผลของระยะเวลาพักน้ำทิ้งต่อค่าบีโอดีของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก



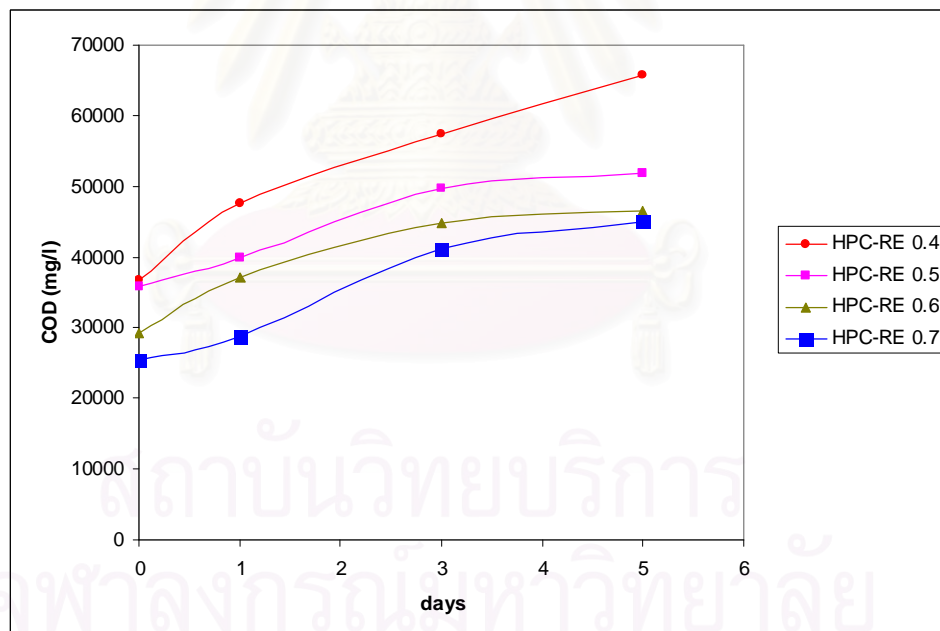
(ก) ค่าซีโอดีของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



(ข) ค่าซีโอดีของ HPMC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก



(ค) ค่าซีโอดีของ HPC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

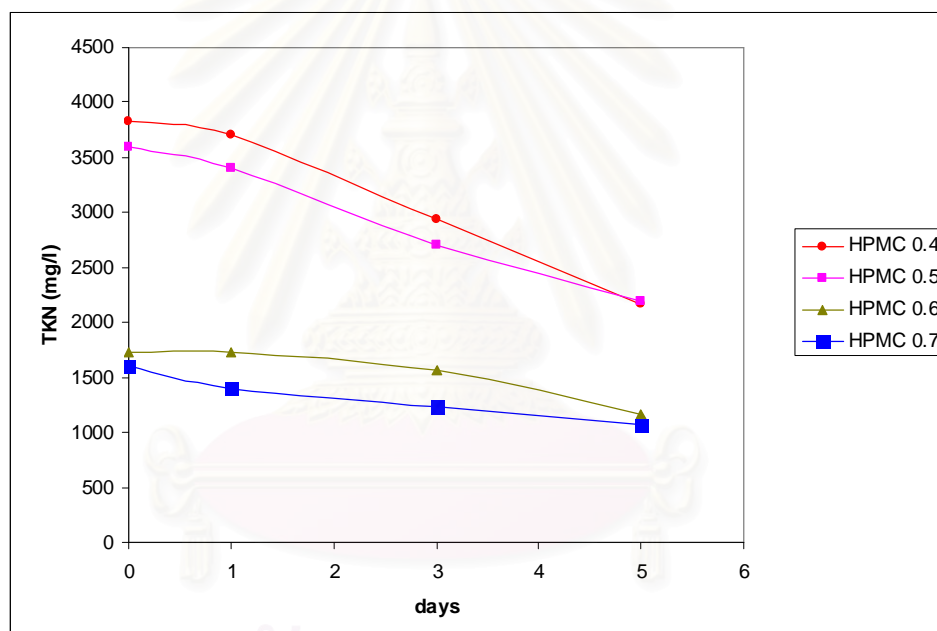


(ง) ค่าซีโอดีของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

รูปที่ 437 ผลของระยะเวลาพักน้ำทิ้งต่อค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก

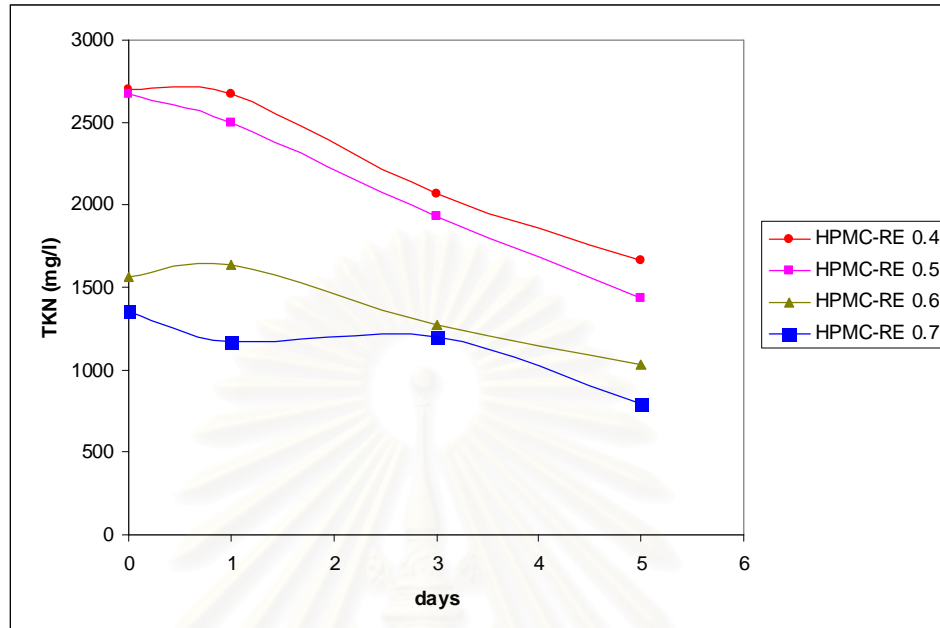
### 4.3.5 ค่าทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN) ค่าแอมโมเนีย (Ammonia Nitrogen) ค่าไนไตรต์ (Nitrite Nitrogen) และค่าไนเตรต (Nitrate Nitrogen)

จากรูปที่ 4.38-4.41 พบว่า ค่าทีเคเอ็นและค่าแอมโมเนียของน้ำทิ้งจะลดลงตามระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าไนไตรต์และค่าไนเตรตของน้ำทิ้งจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้น โดยค่าทีเคเอ็นและค่าแอมโมเนียที่ลดลงเกิดจากการสลายตัวของแอมโมเนียไปเป็น ไนไตรต์ และไนเตรตในกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification Process) โดยแบคทีเรียที่ใช้อากาศ ทำให้ค่าทีเคเอ็นและค่าแอมโมเนียลดลง ส่วนไนไตรต์และไนเตรตจะเพิ่มขึ้น

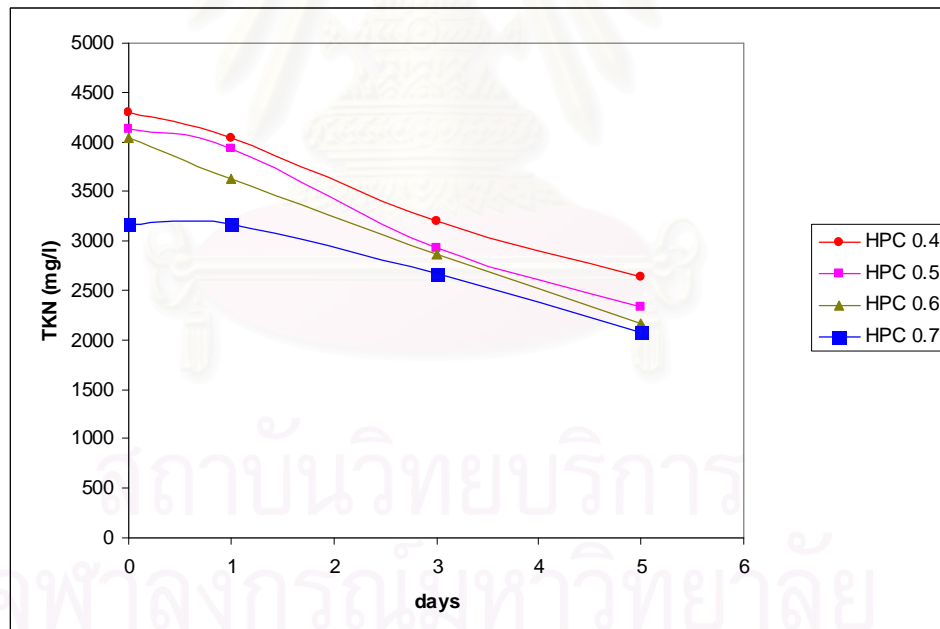


(ก) ค่าทีเคเอ็นของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

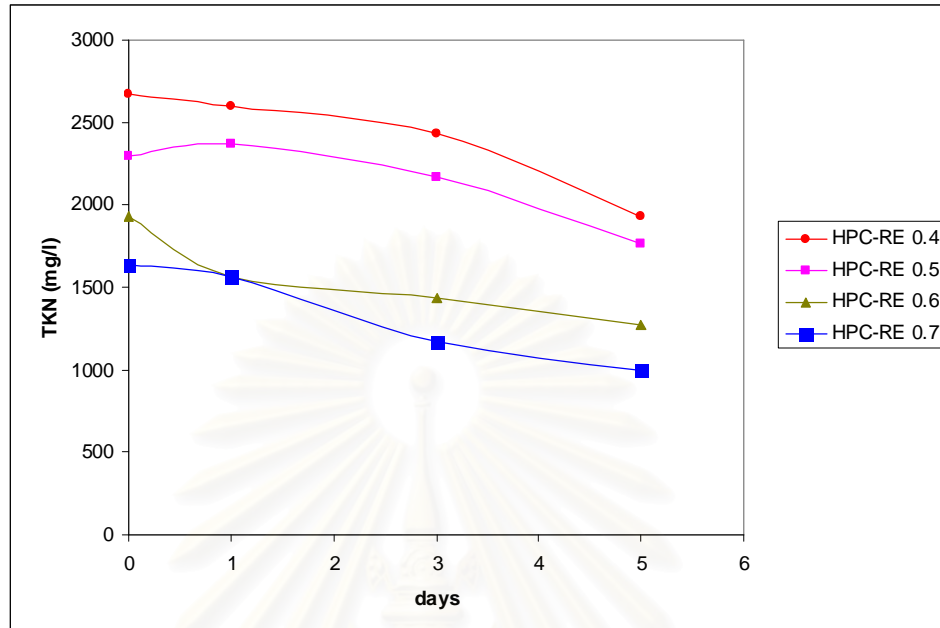


(บ) ค่าที่เคเอ็นของ **HPMC** แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก



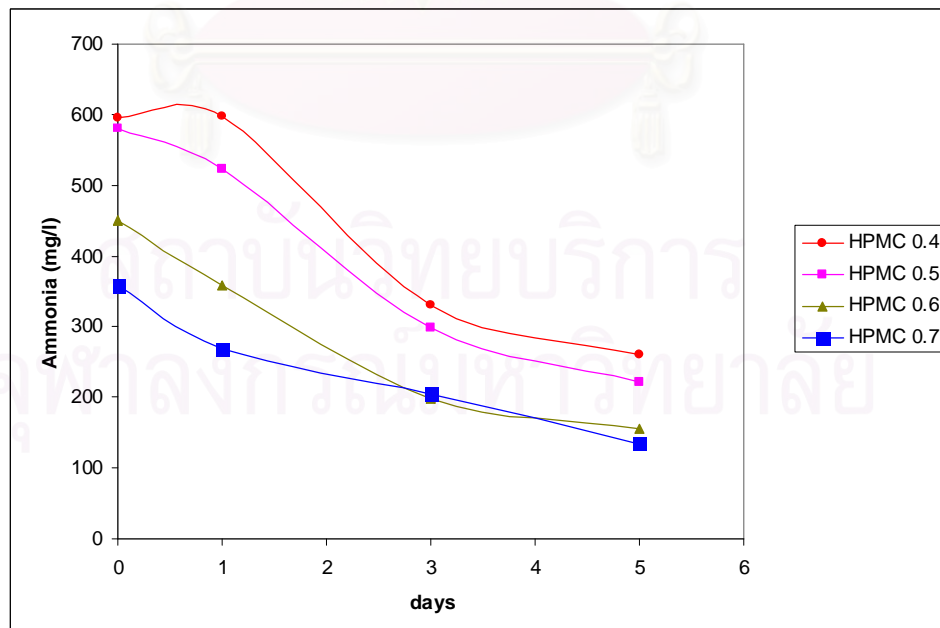
(ค) ค่าที่เคเอ็นของ **HPC** แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



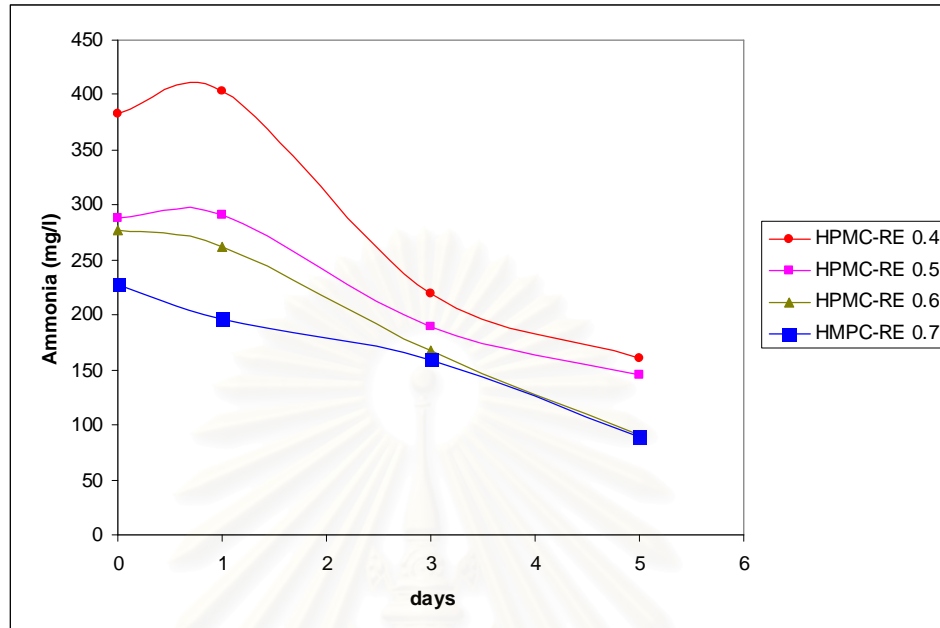


(ง) ค่าที่เคเอ็นของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

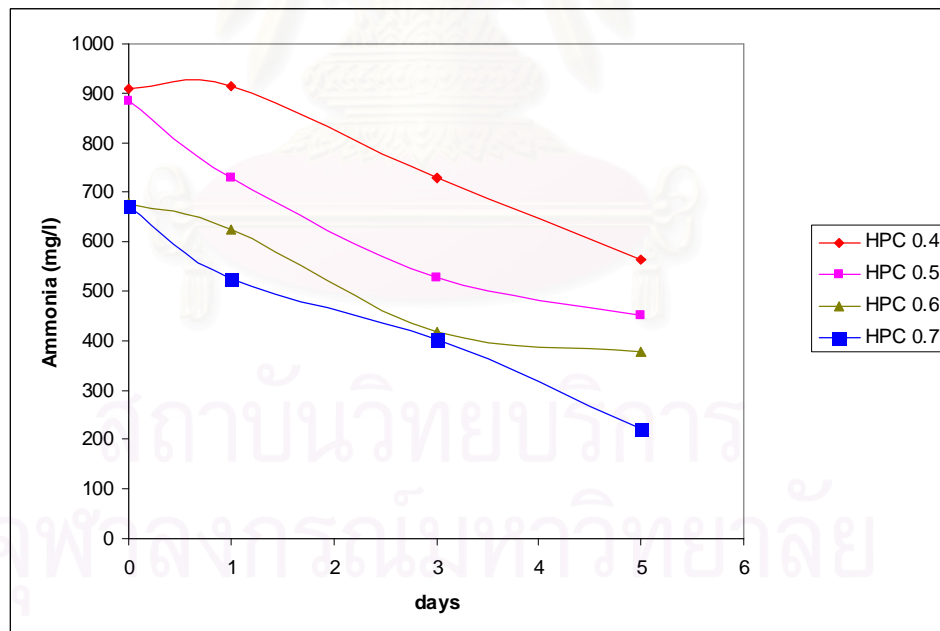
รูปที่ 4.38 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าที่เคเอ็นของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก



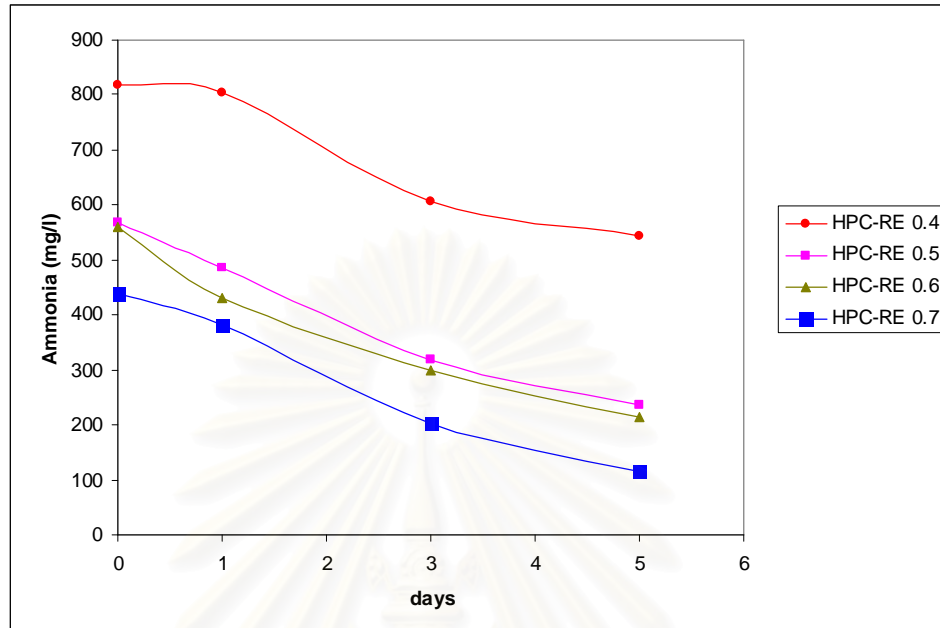
(ก) ค่าแอมโมเนียของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



(จ) ค่าแอมโมเนียของ **HPMC** แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

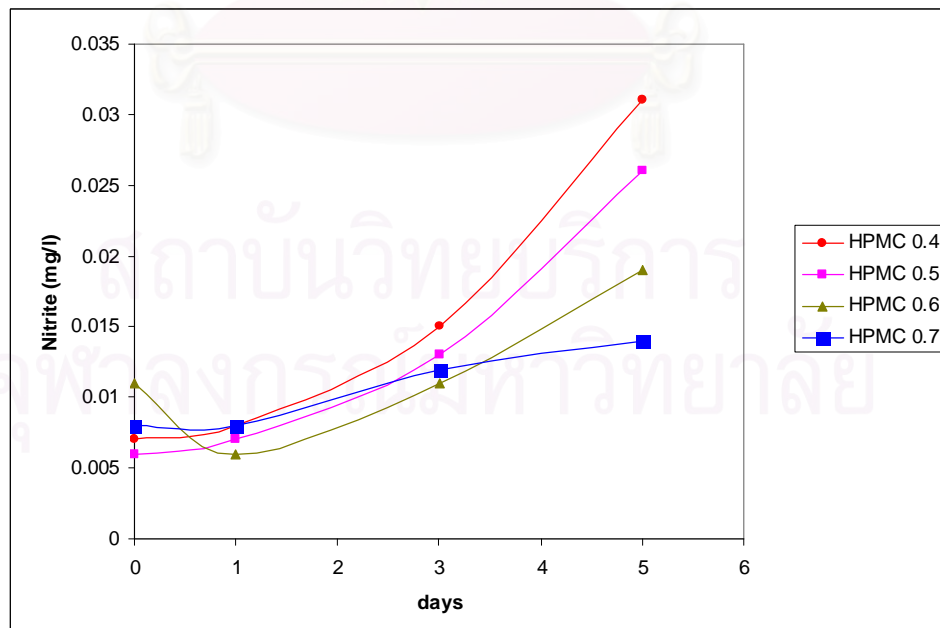


(ค) ค่าแอมโมเนียของ **HPC** แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

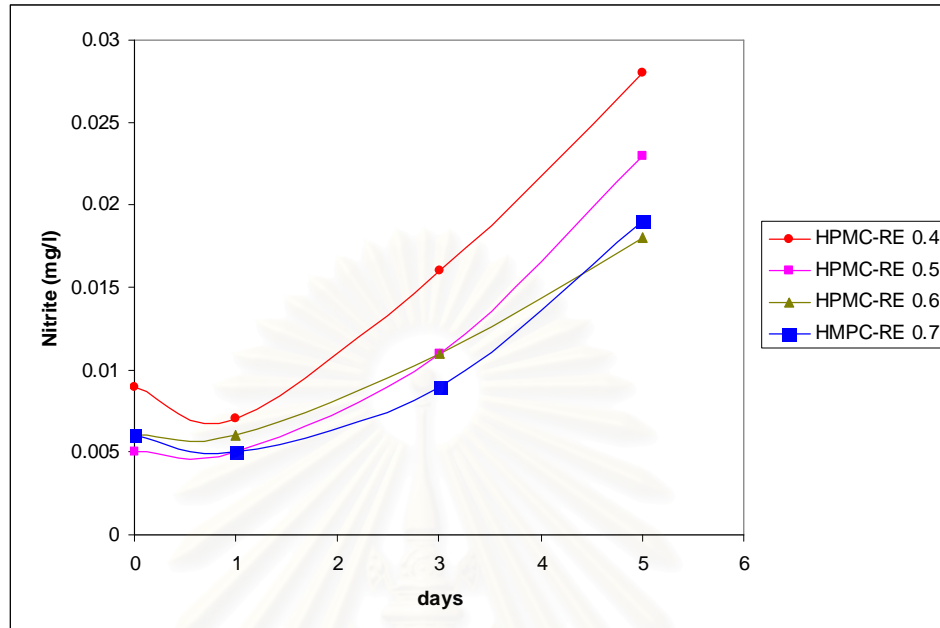


(ง) ค่าแอมโมเนียของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

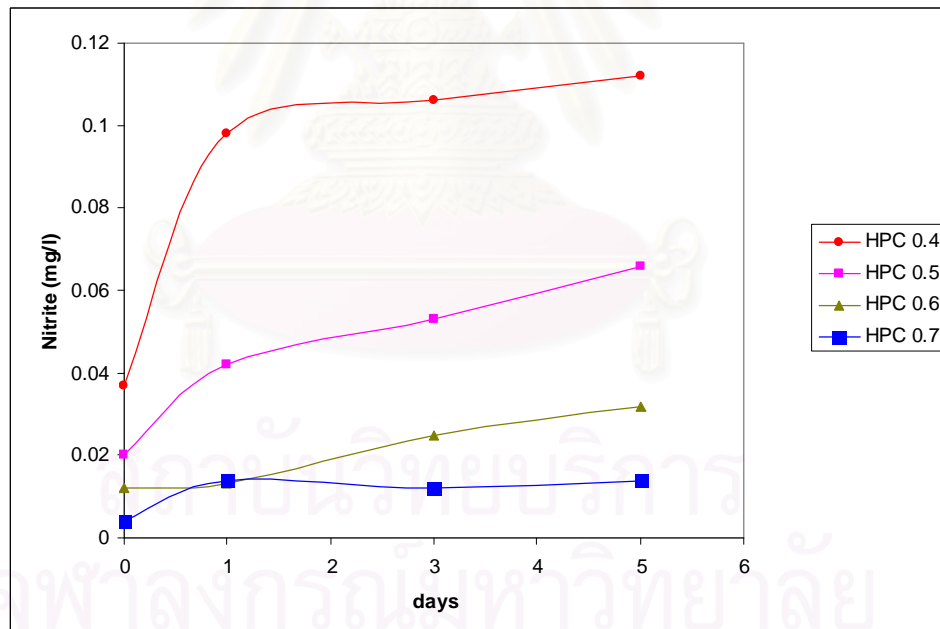
รูปที่ 4.39 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าแอมโมเนียของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก



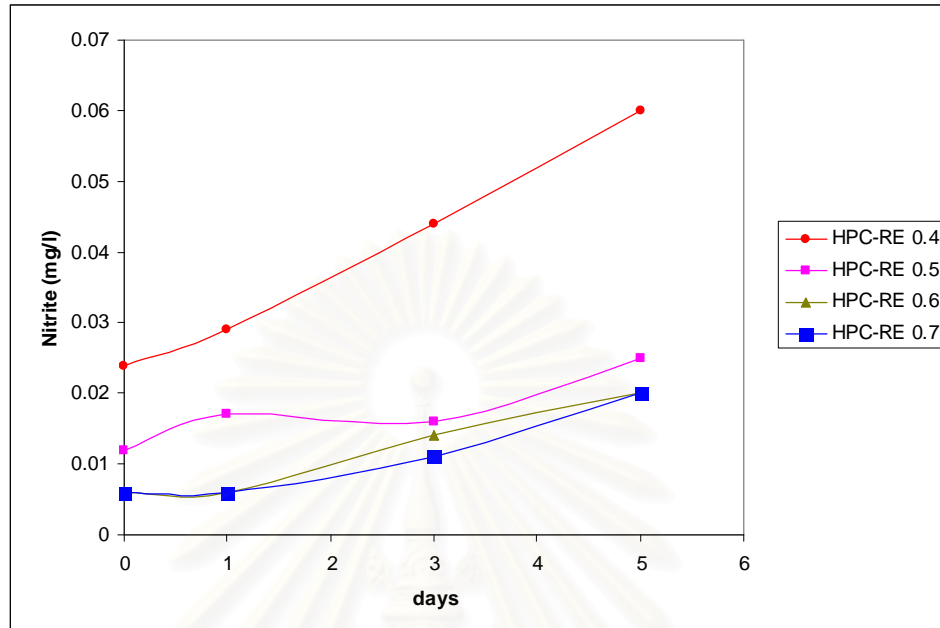
(ก) ค่าไนไตรต์ของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



(ข) ค่าไนไตรต์ของ HPMC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

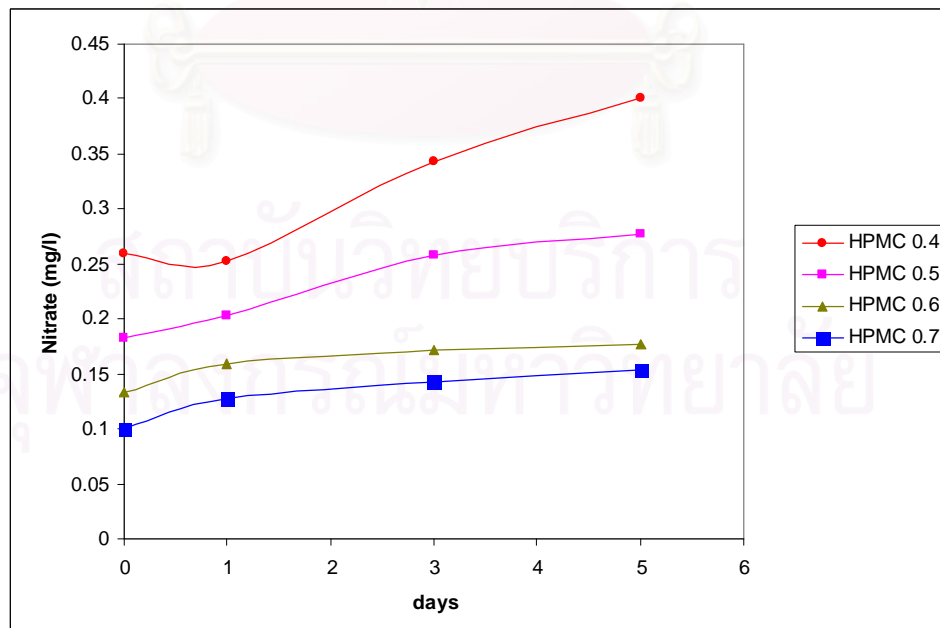


(ค) ค่าไนไตรต์ของ HPC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

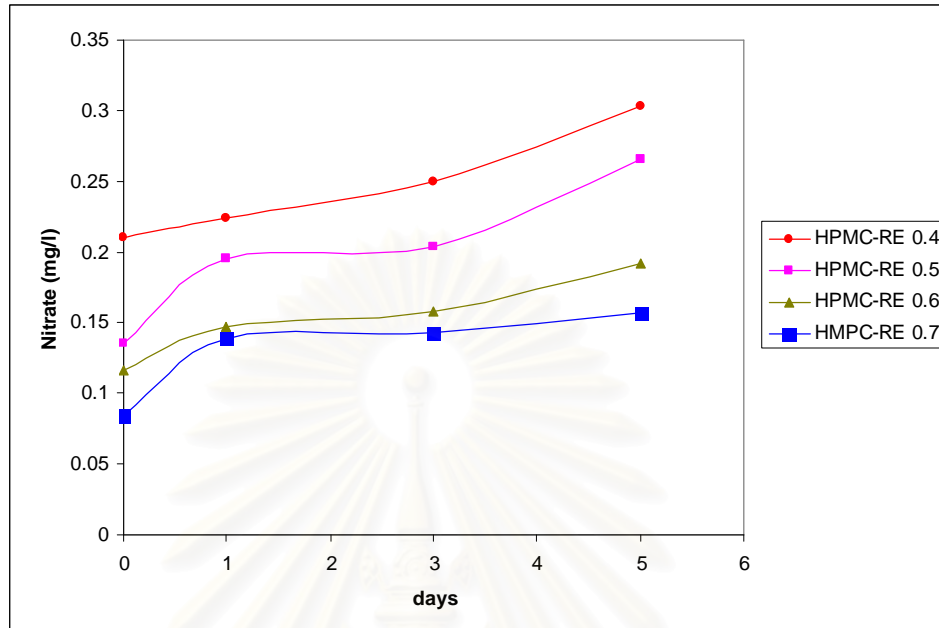


(ง) ค่าไนไตรต์ของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

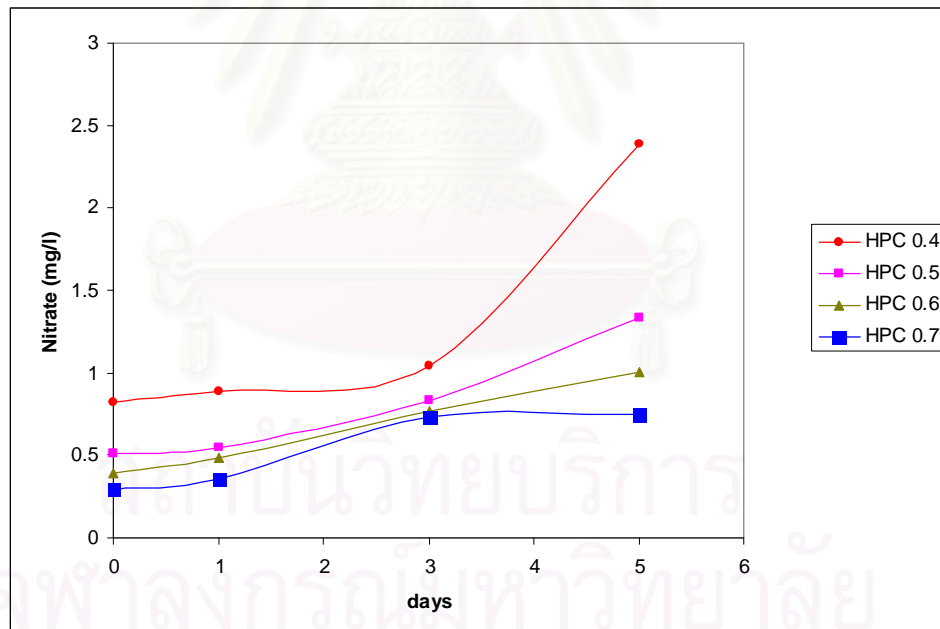
รูปที่ 440 ผลของระยะเวลาที่กักน้ำทิ้งต่อค่าไนไตรต์ของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก



(ก) ค่าไนเตรตของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก

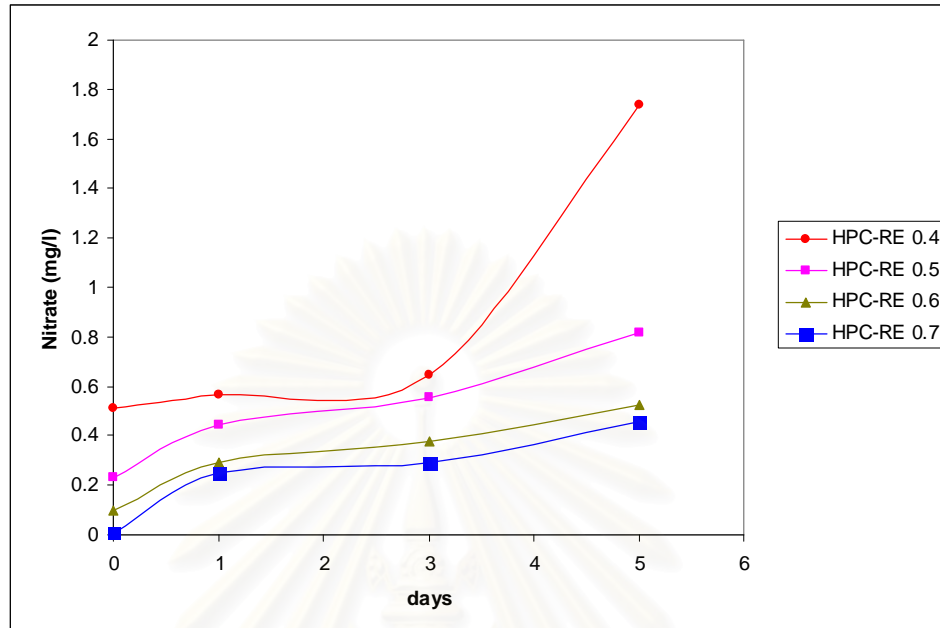


(ข) ค่าไนเตรตของ HPMC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก



(ค) ค่าไนเตรตของ HPC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก





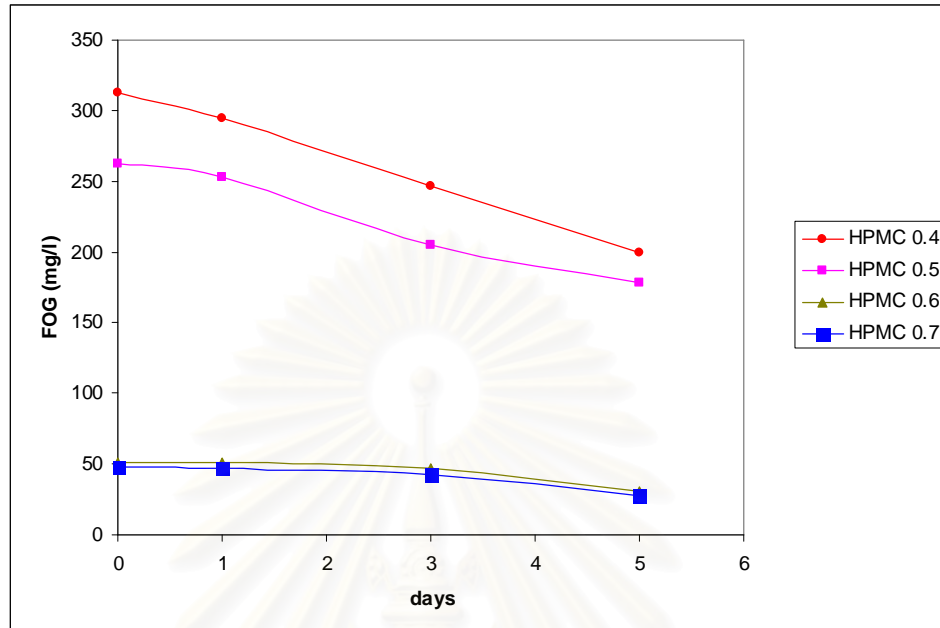
(ง) ค่าไนเตรตของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

รูปที่ 441 ผลของระยะเวลาพักน้ำทิ้งต่อค่าไนเตรตของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก

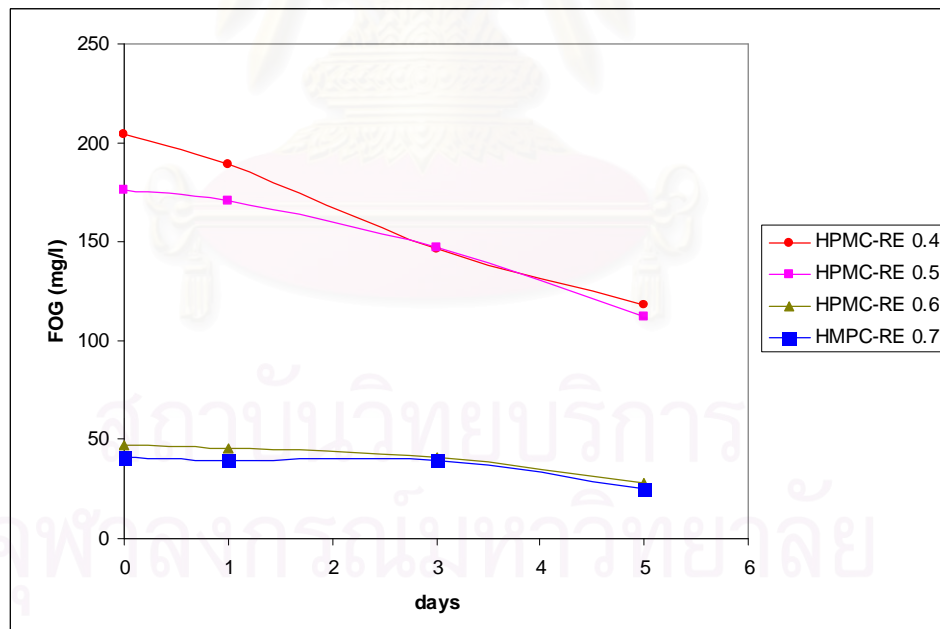
### 436 ค่าน้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease, FOG)

จากรูปที่ 442 พบว่า ค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งจะลดลงตามระยะเวลาพักน้ำทิ้งที่เพิ่มขึ้น โดยค่าน้ำมันและไขมันลดลงนั้นเกิดจากน้ำมันและไขมันถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ทำให้ค่าน้ำมันและไขมันลดลง

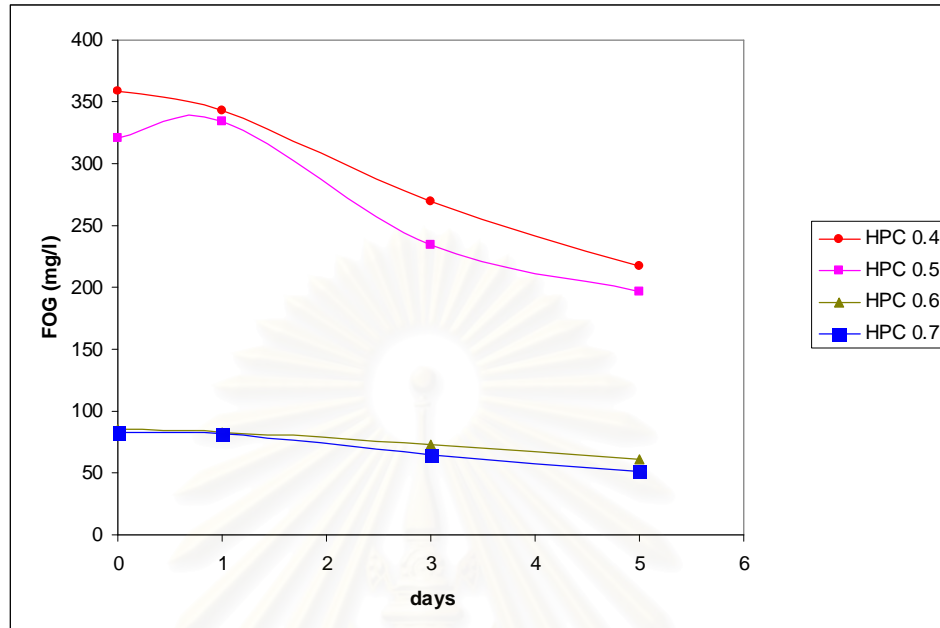
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



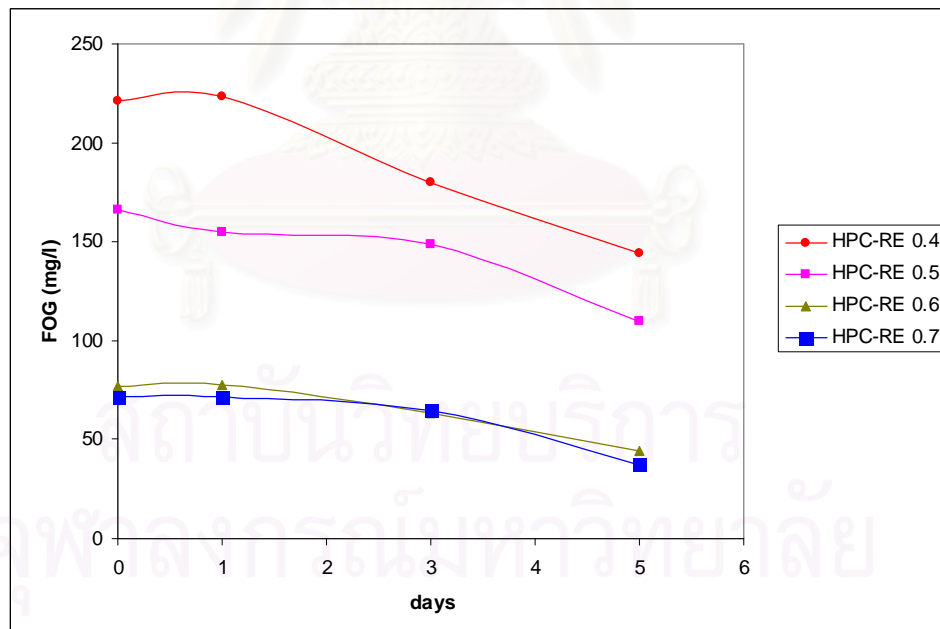
(ก) ค่าน้ำมันและไขมันของ HPMC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



(ข) ค่าน้ำมันและไขมันของ HPMC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก



(ค) ค่าน้ำมันและไขมันของ HPC แบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก



(ง) ค่าน้ำมันและไขมันของ HPC แบบที่แยกพอลิเมอร์ออก

รูปที่ 442 ผลของระยะเวลาพักน้ำทิ้งต่อค่าน้ำมันและไขมันของน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ (ก) HPMC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ข) HPMC แบบแยกพอลิเมอร์ออก (ค) HPC แบบไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก (ง) HPC แบบแยกพอลิเมอร์ออก

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบที่แยกและแบบที่ไม่ได้แยกพอลิเมอร์ออก โดยทำการกักพักน้ำทิ้งไว้เป็นระยะเวลา **0 1 3** และ **5** วัน สามารถสรุปได้ว่า ค่าของแข็งแขวนลอย ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ซัลเฟต ซัลไฟด์ บีโอดี ซีโอดี ไนไตรต์ และไนเตรด มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการกักพักน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น แต่ค่าความเป็นกรด การนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลาย ทีเคเอ็น และแอมโมเนียลดลง

#### 44 การบำบัดน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ความเข้มข้นต่างๆ ในการครีมนำยางธรรมชาติและการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก (**commercial grade**) พบว่า การครีมนำยางธรรมชาติด้วยพอลิเมอร์จะ ได้ค่าความเป็นกรด การนำไฟฟ้า ซัลเฟต ทีเคเอ็น และแอมโมเนีย น้อยกว่าการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก ส่วนค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด บีโอดี และซีโอดีจะมากกว่าการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก ค่าเหล่านี้สามารถลดลงได้อีกเมื่อทำการนำพอลิเมอร์กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งการนำพอลิเมอร์กลับมาใช้ใหม่ยังเป็นการลดต้นทุนอีกด้วย ส่วนคุณภาพยางที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์จะมีคุณภาพที่ดีกว่าการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริก ทำให้สามารถขายได้ในราคาที่สูง นอกจากนี้ เมื่อทำการกักพักน้ำทิ้งจากกระบวนการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบที่แยกพอลิเมอร์ออกและแบบไม่แยกพอลิเมอร์ออก พบว่า ค่าทีเคเอ็น ค่าแอมโมเนีย ค่าน้ำมัน และไขมัน และค่าความเป็นกรดของน้ำทิ้งลดลง แต่ค่าของแข็งแขวนลอย ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ค่าซัลเฟต ค่าซัลไฟด์ ค่าบีโอดี และค่าซีโอดีของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น

จากคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ข้างต้น ควรใช้ทั้งระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนและแบบไม่ใช้ออกซิเจนควบคู่กัน โดยโรงงานที่ใช้ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียวควรมีระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนด้วยเนื่องจากระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะสามารถบำบัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงๆ (**20,000** มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป) ได้ดีกว่า (สุบันชิต, **2548**) และนอกจากนี้ยังได้แก๊สชีวภาพเป็นผลพลอยได้ ทำให้อลดต้นทุนในการผลิตด้วย ซึ่งระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่นิยมใช้ทั่วไป ได้แก่ ระบบบ่อหมัก (**Anaerobic Pond**) ถังเกรอะ (**Septic Tank**) ถังกรองไร้อากาศ (**Anaerobic Filter**) เอเอสบีอาร์ (**Anaerobic Sequencing Batch Reactor**) ถังหมักไร้อากาศ (**Anaerobic Digester**) ถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบไหลขึ้นหรือยูเอเอสบี (**Upflow Anaerobic Blanket**) เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบยูเอเอสบีซึ่งเป็นระบบที่โรงงานอุตสาหกรรมที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น

โรงงานปาล์มน้ำมัน สุรา น้ำตาลทราย บะหมี่ เป็นต้น ในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางชั้นที่มีการใช้กรดซัลฟิวริกในการรวบรวมเนื้อยางในทางน้ำยาง ก็มีการใช้ระบบยูเอสบีควบคู่กับการใช้ระบบเติมอากาศเช่นกัน โดยสามารถลดปริมาณการใช้ก๊าซแอลพีจีได้ **55,926** กิโลกรัม และเมื่อคิดเป็นจำนวนเงิน ณ ราคาก๊าซแอลพีจีที่ **22.50** บาท สามารถประหยัดได้ **1,258,335** บาท (ผลลดอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น, 2551) และเมื่อนำน้ำทิ้งที่ได้จากการคริมทางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** แบบแยกพอลิเมอร์ออกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ มาทดลองบำบัดโดยใช้ระบบบำบัดยูเอสบี (สุเมธ, 2551) พบว่าสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้มากถึง **1500-1800** มิลลิเมตรต่อปริมาณน้ำทิ้ง **500** มิลลิเมตร โดยผลิตก๊าซมีเทนได้มากถึง **56.76** เปอร์เซ็นต์ของก๊าซชีวภาพทั้งหมด ในขณะที่น้ำทิ้งที่ได้จากการใช้กรดซัลฟิวริกจะได้ก๊าซมีเทนเพียง **46.94** เปอร์เซ็นต์ของก๊าซชีวภาพทั้งหมด ส่วนโรงงานที่ใช้ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียวควรเพิ่มระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้ง ซึ่งระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนที่นิยมใช้ทั่วไป ได้แก่ ระบบบ่อเติมอากาศ (**Aerated Lagoon**) ระบบเอเอส (**Activated Sludge**) และระบบคลองวนเวียน (**Oxidation Ditch**) เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

น้ำทิ้งจากกระบวนการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ได้ค่าความเป็นกรด ค่าซัลเฟต ค่าทีเคเอ็น และค่าแอมโมเนียต่ำกว่าน้ำทิ้งจากการใช้กรดซัลฟิวริก แต่ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ค่าบีโอดีและค่าซีโอดีของน้ำทิ้งมากกว่าการใช้กรดซัลฟิวริก ซึ่งค่าเหล่านี้มีค่าน้อยลงเมื่อทำการแยกพอลิเมอร์ออกจากน้ำทิ้งเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งการนำพอลิเมอร์กลับมาใช้ใหม่นอกจากทำให้ได้น้ำทิ้งที่มีคุณภาพดีขึ้นแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนอีกด้วย นอกจากนี้ เมื่อทำการกักพักน้ำทิ้งจากกระบวนการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบที่แยกพอลิเมอร์ออกและแบบไม่แยกพอลิเมอร์ออก พบว่า ค่าทีเคเอ็น ค่าแอมโมเนีย ค่าน้ำมันและไขมัน ค่าซัลเฟต และค่าความเป็นกรดของน้ำทิ้งลดลง ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรม แต่ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ค่าซัลไฟด์ ค่าบีโอดี และค่าซีโอดีของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าบีโอดีและค่าซีโอดีที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจมีประโยชน์ในระบบการบำบัดแบบไร้อากาศ

ในการบำบัดน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ **HPMC** และ **HPC** ทั้งแบบที่แยกพอลิเมอร์ออกและแบบไม่แยกพอลิเมอร์ออกนั้น ควรใช้ทั้งระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนควบคู่กัน โดยโรงงานที่ใช้ระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียวควรมีระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนก่อนแล้วจึงนำน้ำทิ้งเข้าระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนเพื่อจะได้แก๊สชีวภาพเป็นผลพลอยได้ ทำให้ลดต้นทุนในการผลิต ส่วนโรงงานที่ใช้ระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียวควรมีระบบบำบัดแบบใช้ออกซิเจนด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้ง

อย่างไรก็ตาม กระบวนการครีมหางน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์นั้นจะมีต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าการใช้กรดซัลฟิวริก โดยพอลิเมอร์ **HPMC** ต้นทุนจะสูงกว่ากระบวนการเดิมที่ใช้กรดซัลฟิวริก **3** บาท และพอลิเมอร์ **HPC** ต้นทุนจะสูงกว่ากระบวนการเดิมที่ใช้กรดซัลฟิวริกเดิม **13** บาท แต่อย่างที่ได้ออกมาจากการใช้พอลิเมอร์จะมีคุณภาพดีกว่าอย่างที่ได้ออกมาจากการใช้กรดซัลฟิวริก จึงสามารถขายในราคาที่สูงกว่าการใช้กรดซัลฟิวริก (ฉวีวรรณ, 2551) และน้ำทิ้งที่ได้จากการใช้พอลิเมอร์เมื่อนำไปผลิตแก๊สชีวภาพในระบบไร้อากาศจะให้ปริมาณก๊าซมีเทนมากกว่าการใช้กรดซัลฟิวริกด้วย (สุเมธ, 2551) ซึ่งแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้นี้จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ ในวิจัยนี้จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงต้นทุน ผลผลิต และกำไรของการนำพอลิเมอร์มาใช้ในการรวบรวมเนื้อยาง



ตลอดกระบวนการ เพื่อนำมาใช้ในการประกอบในการตัดสินใจ และควรมีการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการครีมน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากกระบวนการครีมน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ในห้องปฏิบัติการ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- ควบคุมมลพิษ, กรม. **2546** แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมยางขึ้น.กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ
- ฉวีวรรณ คงแก้ว. **2551**. การศึกษาผลของชนิดและน้ำหนักโมเลกุลของสารคริมที่มีต่อกระบวนการเอกสารงานวิจัย เรื่องการพัฒนาระบวนการเก็บรวบรวมเนื้อยางสกิมและการแปรรูป. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี
- พงษ์ธร แซ่ฮ้อย. **2548** ยาง : ชนิด สมบัติ และการใช้งาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี
- ไพบุลย์ อินนาจิตร และคณะ. **2548** การทำหาน้ำยางให้เข้มข้นโดยการใช้เมมเบรน. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสงขลา, สงขลา
- มันสิน ตันจุลเทศ. **2542**. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ
- โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. **2545**. ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ
- สถาบันวิจัยยาง. **2551**. การผลิต การส่งออก การใช้ยางธรรมชาติของประเทศไทย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.rubberthai.com/information/Wichakan/1.pdf> [4มกราคม 2551]
- สุบันจิต นิมรัตน์. **2548** จุลชีววิทยาของน้ำเสีย. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ
- สุเมธ ไชยประพัทธ์. **2551**. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำเสียจากกระบวนการที่พัฒนาขึ้นผลิตเป็นไบโอแก๊สกลับมาใช้ในโรงงาน. เอกสารงานวิจัย เรื่องการพัฒนาระบวนการเก็บรวบรวมเนื้อยางสกิมและการแปรรูป. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี
- สุรพิชญ ลอยกุลนันท์ และฉวีวรรณ คงแก้ว. **2548** การใช้คาร์บอกซิเมทิลไคโตซานในการเก็บรวบรวมเนื้อเยื่อออกจากหางน้ำยางธรรมชาติ. อนุสิทธิบัตรไทยหมายเลข 1722 กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์, กรุงเทพฯ

เสาวรส ช่วยจุดจิตร. 2538 เทคโนโลยียาง. เอกสารประกอบการเรียนการสอน ภาควิชาวัสดุศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

ภาษาอังกฤษ

- American Public Health Association. 1998. American Water Association and Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20<sup>th</sup> ed. New York: APHA
- Chaiapat, S. and Sdoodee, S. 2007. Effect of wastewater recycling from natural rubber smoked sheet production on economic crops in southern Thailand. Resources, Conservation and Recycling 51:577-590
- Coffey, P. G. and Bell, D. A. 1995. Cellulose and Cellulose Derivatives. In M. A. Stephen, M.A. (ed) Food Polysaccharide and Their Application P. 123-138. New York : Marcell Dekker
- Dobias, B. 2005. Coagulation and Flocculation 2<sup>nd</sup> ed. United State: Chemical Rubber Company Press
- Furia, T.E. 1972. handbook of food additive. 2<sup>nd</sup> ed. United State: Chemical Rubber Company Press
- Jayachandran, K. and Chandrasekaran, M. 1998. Biological Coagulation of skim latex using *Acinetobacter sp.* Isolated from natural rubber latex centrifugation effluent. Biotechnology Letters. 20:161-164
- Jung-Hoon Kim, Xuejun Guo and Hung-Suck Park. 2008. Comparison study of temperature and free ammonia concentration on nitrification and nitrite accumulation. Process Biochemistry. 43:154-160
- Kita, R. Kaku, T. Kubota, K. and Dobashi, T. 1999. Pining of phase separation of aqueous solution of hydroxypropylmethylcellulose by gelation. Physics Letters. 259:302-307
- Lee, K. and Lawandy, M. N. 2002. Laser action in temperature-controlled scattering media. Optics Communications. 203:169-174

- Rauscher, A. Kutsan, G. and Lukaces, Z. 2003. Effects of hydrogen sulphide and temperature on passivation behaviour of titanium Corrosion Science. 31:255-260
- Roberts, A.D. (ed). 1988. Natural rubber science and technology. Oxford University Press  
Oxford Science Publications
- Veerasamy Devaraj, Sulaiman Nik Meriam, Nambiar J., and Aziz Yusof. 2003. Environment Friendly Natural Rubber Latex Concentration by Membrane Separation Technology. Journal of Rubber Research 6:12-35



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และกรดซัลฟิวริกโดยมีระยะเวลาพักน้ำทิ้ง 0 วัน

ค่าดัชนี คุณภาพน้ำทิ้ง	HPMC (%w/w)				HPC (%w/w)				Sulfuric acid
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.4	0.5	0.6	0.7	
ความเป็นกรด-เบส	9.240 <sup>a</sup>	9.243 <sup>a</sup>	9.237 <sup>a</sup>	9.230 <sup>a</sup>	9.303 <sup>a</sup>	9.303 <sup>a</sup>	9.303 <sup>a</sup>	9.313 <sup>a</sup>	4.587 <sup>b</sup>
การนำไฟฟ้า	10.67 <sup>a</sup>	10.70 <sup>a</sup>	10.73 <sup>a</sup>	10.67 <sup>a</sup>	9.37 <sup>b</sup>	9.40 <sup>b</sup>	9.37 <sup>b</sup>	9.33 <sup>b</sup>	17.40 <sup>f</sup>
ข อง แ ช้ ง แขวนลอย	590 <sup>a</sup>	606 <sup>a</sup>	506 <sup>ab</sup>	434 <sup>bc</sup>	919 <sup>d</sup>	860 <sup>de</sup>	786 <sup>ef</sup>	736 <sup>f</sup>	554 <sup>ac</sup>
ข อง แ ช้ ง ละลายน้ำ ทั้งหมด	34841 <sup>bc</sup>	33176 <sup>cd</sup>	33521 <sup>cd</sup>	31531 <sup>d</sup>	40365 <sup>a</sup>	39220 <sup>a</sup>	36596 <sup>b</sup>	36457 <sup>b</sup>	28287 <sup>e</sup>
ซัลเฟต	443 <sup>a</sup>	410 <sup>a</sup>	377 <sup>a</sup>	340 <sup>a</sup>	773 <sup>a</sup>	377 <sup>a</sup>	353 <sup>a</sup>	353 <sup>a</sup>	11367 <sup>b</sup>
ซัลไฟด์	0.730 <sup>a</sup>	0.563 <sup>b</sup>	0.493 <sup>bc</sup>	0.474 <sup>bd</sup>	0.478 <sup>be</sup>	0.472 <sup>be</sup>	0.387 <sup>cd</sup>	0.347 <sup>d</sup>	0.149 <sup>f</sup>

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมน้ำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC HPC และกรดซัลฟิวริกโดยมีระยะเวลาพักน้ำทิ้ง 0 วัน (ต่อ)

ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้ง	HPMC				HPC				Sulfuric acid
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.4	0.5	0.6	0.7	
ออกซิเจนละลาย	0.98 <sup>d</sup>	0.93 <sup>ac</sup>	1.03 <sup>a</sup>	0.99 <sup>ab</sup>	0.53 <sup>e</sup>	0.64 <sup>e</sup>	0.65 <sup>e</sup>	0.69 <sup>e</sup>	1.19 <sup>a</sup>
บีโอดี	26030 <sup>a</sup>	26020 <sup>b</sup>	17767 <sup>cd</sup>	17260 <sup>c</sup>	21357 <sup>e</sup>	18943 <sup>df</sup>	18510 <sup>f</sup>	14497 <sup>g</sup>	11430 <sup>h</sup>
ซีโอดี	45083 <sup>a</sup>	40168 <sup>ab</sup>	35747 <sup>bd</sup>	33340 <sup>bc</sup>	42210 <sup>a</sup>	37233 <sup>b</sup>	32625 <sup>cd</sup>	30705 <sup>c</sup>	22917 <sup>e</sup>
ทีเคเอ็น	3833 <sup>ad</sup>	3600 <sup>bde</sup>	1733 <sup>c</sup>	1600 <sup>c</sup>	4300 <sup>a</sup>	4133 <sup>a</sup>	4033 <sup>ae</sup>	3167 <sup>b</sup>	2000 <sup>f</sup>
แอมโมเนีย	596 <sup>d</sup>	580 <sup>d</sup>	450 <sup>e</sup>	358 <sup>f</sup>	909 <sup>a</sup>	883 <sup>ab</sup>	678 <sup>c</sup>	672 <sup>c</sup>	493 <sup>e</sup>
ไนโตรเจน	0.007 <sup>a</sup>	0.006 <sup>a</sup>	0.011 <sup>ab</sup>	0.008 <sup>ab</sup>	0.037 <sup>a</sup>	0.020 <sup>ab</sup>	0.012 <sup>ab</sup>	0.004 <sup>a</sup>	0.004 <sup>a</sup>
ไนเตรต	0.259 <sup>abe</sup>	0.182 <sup>a</sup>	0.133 <sup>a</sup>	0.100 <sup>a</sup>	0.820 <sup>f</sup>	0.516 <sup>d</sup>	0.395 <sup>bde</sup>	0.292 <sup>ae</sup>	0.205 <sup>ab</sup>
น้ำมันและไขมัน	313 <sup>a</sup>	263 <sup>b</sup>	51 <sup>c</sup>	48 <sup>c</sup>	359 <sup>e</sup>	321 <sup>a</sup>	85 <sup>d</sup>	83 <sup>d</sup>	46 <sup>c</sup>

หมายเหตุ abcdefg และ h ถ้าตัวอักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น (1- $\alpha$ ) เท่ากับร้อยละ 95 ถ้าตัวอักษรต่างกัน แสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น (1- $\alpha$ ) เท่ากับร้อยละ 95



ตารางที่ ก.2 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC และมีการนำกลับโดยมีระยะเวลาพักน้ำทิ้ง 0 วัน

ค่าดัชนี คุณภาพน้ำ ทิ้ง	HPMC				HPMC-RE				HPC				HPC-RE			
	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07
ความเป็น กรด-เบส	9.240 <sub>a</sub>	9.243 <sub>a</sub>	9.237 <sub>a</sub>	9.230 <sup>a</sup>	9.133 <sub>a</sub>	9.130 <sub>a</sub>	9.120 <sub>a</sub>	9.087 <sub>a</sub>	9.303 <sub>a</sub>	9.303 <sub>a</sub>	9.303 <sub>a</sub>	9.313 <sub>a</sub>	9.230 <sub>a</sub>	9.246 <sub>a</sub>	9.243 <sub>a</sub>	9.250 <sub>a</sub>
การนำ ไฟฟ้า	10.67 <sub>a</sub>	10.70 <sub>a</sub>	10.73 <sub>ab</sub>	10.67 <sup>a</sup>	11.83 <sub>c</sub>	11.83 <sub>c</sub>	11.93 <sub>c</sub>	11.63 <sub>bc</sub>	9.37 <sup>d</sup>	9.40 <sup>d</sup>	9.37 <sup>d</sup>	9.33 <sup>d</sup>	10.53 <sub>a</sub>	10.60 <sub>a</sub>	10.60 <sub>a</sub>	10.53 <sub>a</sub>
ของแข็ง แขวนลอย	590 <sup>a</sup>	606 <sup>a</sup>	506 <sup>ab</sup>	434 <sup>bc</sup>	213 <sup>d</sup>	205 <sup>d</sup>	181 <sup>d</sup>	186 <sup>d</sup>	919 <sup>e</sup>	860 <sup>ef</sup>	786 <sup>fg</sup>	736 <sup>g</sup>	263 <sup>d</sup>	277 <sup>d</sup>	256 <sup>d</sup>	247 <sup>d</sup>
ของแข็ง ละลายน้ำ	3484 <sub>1<sup>bc</sup></sub>	3317 <sub>6<sup>cf</sup></sub>	3352 <sub>1<sup>cf</sup></sub>	31531 <sub>defg</sub>	3024 <sub>0<sup>gh</sup></sub>	2992 <sub>0<sup>gh</sup></sub>	2835 <sub>7<sup>h</sup></sub>	2809 <sub>0<sup>h</sup></sub>	4036 <sub>5<sup>a</sup></sub>	3922 <sub>0<sup>a</sup></sub>	3659 <sub>6<sup>b</sup></sub>	3645 <sub>7<sup>b</sup></sub>	3397 <sub>3<sup>c</sup></sub>	3397 <sub>5<sup>c</sup></sub>	3301 <sub>2<sup>cd</sup></sub>	3230 <sub>4<sup>ce</sup></sub>
ซัลเฟต	443 <sup>a</sup>	410 <sup>a</sup>	377 <sup>a</sup>	340 <sup>a</sup>	470 <sup>a</sup>	443 <sup>a</sup>	410 <sup>a</sup>	410 <sup>a</sup>	773 <sup>a</sup>	377 <sup>a</sup>	353 <sup>a</sup>	353 <sup>a</sup>	783 <sup>a</sup>	527 <sup>a</sup>	400 <sup>a</sup>	343 <sup>a</sup>
ซัลไฟด์	0.730 <sub>a</sub>	0.563 <sub>b</sub>	0.493 <sub>bc</sub>	0.474 <sub>d</sub>	0.612 <sub>ai</sub>	0.540 <sub>be</sub>	0.453 <sub>bf</sub>	0.423 <sub>bf</sub>	0.478 <sub>bghi</sub>	0.472 <sub>bghi</sub>	0.387 <sub>cdij</sub>	0.347 <sub>dfik</sub>	0.464 <sub>bgijk</sub>	0.466 <sub>bljk</sub>	0.401 <sub>cdefi</sub>	0.343 <sub>dfh</sub>
ออกซิเจน ละลาย	0.98 <sup>ad</sup>	0.93 <sup>ac</sup>	1.03 <sup>a</sup>	0.99 <sup>b</sup>	0.78 <sup>ae</sup>	0.60 <sup>ce</sup>	0.65 <sup>bc</sup>	0.52 <sup>eh</sup>	0.53 <sup>ji</sup>	0.64 <sup>f</sup>	0.65 <sup>f</sup>	0.69 <sup>i</sup>	0.41 <sup>af</sup>	0.49 <sup>ag</sup>	0.40 <sup>af</sup>	0.38 <sup>af</sup>

ตารางที่ ก.2 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC โดยมีระยะเวลาพักน้ำทิ้ง 0 วัน (ต่อ)

ค่าดัชนี คุณภาพ น้ำทิ้ง	HPMC				HPMC-RE				HPC				HPC-RE			
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.4	0.5	0.6	0.7	0.4	0.5	0.6	0.7	0.4	0.5	0.6	0.7
บีโอดี	2603 0 <sup>a</sup>	2602 0 <sup>b</sup>	1776 7 <sup>cd</sup>	1726 0 <sup>c</sup>	21783 be	1953 0 <sup>f</sup>	1652 7 <sup>h</sup>	1644 0 <sup>i</sup>	2135 7 <sup>g</sup>	1894 3 <sup>if</sup>	1851 0 <sup>h</sup>	1449 7 <sup>i</sup>	2015 7 <sup>g</sup>	1577 0 <sup>i</sup>	1571 0 <sup>i</sup>	1281 7 <sup>i</sup>
ซีโอดี	4508 3 <sup>a</sup>	4016 8 <sup>ab</sup>	3574 7 <sup>def</sup>	3334 0 <sup>bc</sup>	37993 b	3549 0 <sup>bdg</sup>	3384 7 <sup>bc</sup>	3170 7 <sup>fg</sup>	4221 0 <sup>a</sup>	3723 3 <sup>b</sup>	3262 5 <sup>cd</sup>	3070 5 <sup>c</sup>	3666 8 <sup>bd</sup>	3594 3 <sup>bd</sup>	2929 7 <sup>ce</sup>	2544 3 <sup>e</sup>
ทีเคเอ็น	3833 <sup>a</sup> g	3600 <sup>b</sup> gh	1733 <sup>c</sup>	1600 e	2700 <sup>b</sup> d	2667 <sup>b</sup> d	1567 <sup>c</sup>	1357 <sup>f</sup>	4300 <sup>a</sup>	4133 <sup>a</sup>	4033 <sup>a</sup> h	3167 <sup>b</sup>	2667 <sup>b</sup> c	2300 <sup>c</sup> d	1933 <sup>d</sup> e	1633 <sup>e</sup> f
แอมโมเนีย	596 <sup>d</sup>	580 <sup>d</sup>	450 <sup>f</sup>	358 <sup>g</sup>	383 <sup>g</sup>	288 <sup>h</sup>	277 <sup>h</sup>	228 <sup>h</sup>	909 <sup>a</sup>	883 <sup>ab</sup>	678 <sup>c</sup>	672 <sup>c</sup>	819 <sup>b</sup>	569 <sup>d</sup>	560 <sup>de</sup>	440 <sup>f</sup>
ไนไตรต์	0.007 a	0.006 a	0.011 ab	0.00 8 <sup>ab</sup>	0.009 <sup>a</sup> b	0.005 a	0.006 a	0.006 a	0.037 a	0.020 ab	0.012 ab	0.004 a	0.024 bc	0.012 ab	0.006 a	0.006 a
ไนเตรด	0.259 abe	0.182 a	0.133 a	0.10 0 <sup>a</sup>	0.210 <sup>a</sup> be	0.135 abe	0.116 a	0.084 a	0.820 c	0.516 d	0.395 bde	0.292 ae	0.513 d	0.231 ae	0.095 a	0.095 a
น้ำมัน ไขมัน	313 <sup>a</sup>	263 <sup>b</sup>	51 <sup>c</sup>	48 <sup>c</sup>	204 <sup>d</sup>	176 <sup>e</sup>	47 <sup>c</sup>	41 <sup>c</sup>	359 <sup>f</sup>	321 <sup>a</sup>	85 <sup>g</sup>	83 <sup>g</sup>	221 <sup>d</sup>	166 <sup>e</sup>	77 <sup>g</sup>	72 <sup>g</sup>

ตารางที่ ก.3 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์แบบไม่นำกลับ (HPMC และ HPC) และแบบนำกลับ (HPMC-RE และ HPC-RE) โดยมีระยะเวลาพักก้นน้ำทิ้ง 1 วัน

ค่าดัชนี คุณภาพน้ำ ทิ้ง	HPMC				HPMC-RE				HPC				HPC-RE			
	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07
ความเป็น กรด-เบส	8.997	9.010	9.03	9.027	8.890	8.897	8.867	8.870	8.957	8.977	9.013	8.973	8.803	8.807	8.830	8.837
การนำ ไฟฟ้า	11.27	11.37	11.17	11.20	12.07	11.50	11.93	11.97	9.63	9.70	9.63	9.73	10.20	10.30	10.23	10.20
ของแข็ง แขวนลอย	585	611	512	434	217	205	183	184	904	874	782	742	280	275	255	244
ของแข็ง ละลายน้ำ	3502 2	3337 3	3389 9	3143 7	3025 7	3013 1	2876 4	2812 9	4046 8	3906 7	3669 1	3655 2	3395 4	3403 7	3318 5	3243 1
ซัลเฟต	477	427	380	343	493	447	427	403	783	417	410	347	790	523	457	423
ซัลไฟด์	0.859	0.693	0.563	0.491	0.848	0.645	0.515	0.474	0.713	0.565	0.499	0.439	0.691	0.561	0.492	0.442

ตารางที่ ก.3 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC โดยมีระยะเวลาพักน้ำทิ้ง 1 วัน (ต่อ)

ค่าดัชนี คุณภาพน้ำ ทิ้ง	HPMC				HPMC-RE				HPC				HPC-RE			
	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07
ออกซิเจน ละลาย	0.99	0.94	0.99	0.9	0.63	0.64	0.66	0.64	0.53	0.63	0.59	0.59	0.39	0.42	0.40	0.35
บีโอดี	2817 0	2650 7	2148 3	1985 7	2398 7	2407 7	1781 3	1699 0	2402 7	1964 3	1848 0	1520 0	2363 7	1823 7	1511	1315 7
ซีโอดี	4708 5	4317 7	3990 8	3871 7	4159 3	3917 0	3799 8	3712 5	5808 0	4653 3	4183 8	3536 0	4760 0	3992 0	3717 3	2885 3
ทีเคเอ็น	3700	3400	1733	1400	2667	2500	1633	1167	4033	3933	3633	3166	2600	2367	1567	1567
แอมโมเนีย	598	523	358	269	403	291	262	196	915	728	625	523	803	486	430	382
ไนโตรต์	0.008	0.007	0.006	0.008	0.007	0.005	0.006	0.005	0.098	0.042	0.013	0.014	0.029	0.017	0.006	0.006
ไนเตรต	0.252	0.203	0.159	0.128	0.224	0.195	0.147	0.139	0.891	0.553	0.482	0.357	0.570	0.448	0.293	0.252
น้ำมันและ ไขมัน	295	253	51	47	189	171	46	40	343	334	83	82	223	155	78	72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC โดยมีระยะเวลาพักน้ำทิ้ง 3 วัน

ค่า ดัชนี คุณภาพน้ำ ทิ้ง	HPMC				HPMC-RE				HPC				HPC-RE			
	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07
ความเป็น กรด-เบส	8.353	8.440	8.457	8.477	8.333	8.293	8.297	8.267	8.343	8.357	8.337	8.365	8.107	8.120	8.113	8.120
การนำ ไฟฟ้า	11.73	11.73	11.77	11.63	12.23	12.33	12.40	12.33	10.60	10.73	10.63	10.60	11.36	11.53	11.46	11.50
ของแข็ง แขวนลอย	625	589	502	448	220	223	200	193	905	871	787	749	285	274	260	250
ของแข็ง ละลายน้ำ	3695 5	3488 7	3406 0	3311 1	3210 8	3024 4	3199 1	2979 5	4181 1	4191 4	3878 8	3716 6	3492 9	3461 7	3408 5	3402 5
ซัลเฟต	583	540	510	480	600	570	550	540	863	600	537	490	887	607	543	503
ซัลไฟด์	1.218	1.052	0.938	0.932	1.202	1.081	0.882	0.738	1.231	0.843	0.674	0.544	1.067	0.832	0.638	0.515

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC โดยมีระยะเวลาพักน้ำทิ้ง 3 วัน (ต่อ)

ค่าดัชนี คุณภาพน้ำ ทิ้ง	HPMC				HPMC-RE				HPC				HPC-RE			
	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07
ออกซิเจน ละลาย	056	051	054	050	041	042	039	041	046	047	042	044	034	034	037	030
บีโอดี	3087 7	2867 7	2524 7	2295 0	2673 0	2809 0	2074 5	2087 7	2782 7	2461 7	2090 7	1848 0	2590 3	2336 0	1905 7	1814 3
ซีโอดี	5103 0	4434 7	4114 2	3981 9	4961 2	4043 2	3888 0	3844 5	6346 7	5606 3	4997 7	4698 7	5737 6	4975 0	4479 0	4124 3
ทีเคเอ็น	2933	2700	1567	1233	2067	1933	1267	1200	3200	2933	2867	2667	2433	2167	1433	1167
แอมโมเนีย	330	298	198	205	219	189	167	159	729	538	418	402	607	319	299	203
ไนโตรต์	0.015	0.013	0.011	0.012	0.016	0.011	0.011	0.009	0.106	0.053	0.025	0.012	0.044	0.016	0.014	0.011
ไนเตรต	0.343	0.258	0.171	0.143	0.250	0.204	0.158	0.143	1.046	0.833	0.722	0.733	0.644	0.554	0.380	0.294
น้ำมันและ ไขมัน	246	205	47	43	146	147	41	40	269	234	73	65	180	149	63	65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.5 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC โดยมีระยะเวลาพักน้ำทิ้ง 5 วัน

ค่าดัชนี คุณภาพน้ำ ทิ้ง	HPMC				HPMC-RE				HPC				HPC-RE			
	Q4	Q5	Q6	Q7	Q4	Q5	Q6	Q7	Q4	Q5	Q6	Q7	Q4	Q5	Q6	Q7
ความเป็น กรด-เบส	8127	8183	8143	8133	8177	8120	8110	8120	8207	8217	8210	8210	8060	8073	8060	8063
การนำ ไฟฟ้า	12.47	12.47	12.57	12.47	13.23	13.30	13.23	13.17	11.93	12.07	11.90	11.87	12.13	12.27	12.30	12.37
ของแข็ง แขวนลอย	622	591	522	451	233	227	203	204	911	881	790	761	282	277	274	258
ของแข็ง ละลายน้ำ ทั้งหมด	3683 2	3533 5	3446 6	3376 4	34463	3165 2	3153 8	30733	4229 0	4226 5	3987 2	4002 8	2921 0	2643 7	2239 2	2201 3
ซัลเฟต	633	597	563	527	643	607	573	550	950	773	663	593	997	807	673	600
ซัลไฟด์	1.333	1.154	1.105	1.057	1.290	1.145	0.998	0.904	1.613	1.197	0.947	0.844	1.230	0.972	0.756	0.605



ตารางที่ ก.5 ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมนำยางธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC และ HPC โดยมีระยะเวลาพักน้ำทิ้ง 5 วัน (ต่อ)

ค่าดัชนี คุณภาพน้ำ ทิ้ง	HPMC				HPMC-RE				HPC				HPC-RE			
	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07	04	05	06	07
ออกซิเจน ละลาย	021	025	026	024	017	015	020	013	015	012	013	011	009	010	013	014
บีโอดี	3587 0	3291 0	2921 7	2643 0	3202 0	3013 1	2876 4	2812 9	3107 3	2783 0	2403 6	2133 3	2921 0	2643 7	2239 2	2201 3
ซีโอดี	6401 3	5254 5	4259 8	4190 6	5833 1	4619 8	4126 3	3919 2	7027 0	5745 7	5321 0	4841 3	6563 7	5194 0	4651 7	4495 3
ทีเคเอ็น	2167	2200	1167	1067	1667	1433	1033	800	2633	2333	2167	2067	1933	1767	1267	1000
แอมโมเนีย	261	222	156	134	161	145	91	89	565	451	379	224	544	236	213	115
ไนโตรต์	0.031	0.026	0.019	0.014	0.028	0.023	0.018	0.019	0.112	0.066	0.032	0.014	0.060	0.025	0.020	0.020
ไนเตรต	0.400	0.277	0.177	0.153	0.303	0.266	0.192	0.157	2.389	1.335	1.007	0.754	1.740	0.816	0.523	0.457
น้ำมันและ ไขมัน	200	178	31	28	118	112	28	25	217	196	61	51	144	110	44	37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 ผลวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความเป็นกรดเบสของน้ำทิ้งที่ได้จากการครีมน้ำย  
 ายธรรมชาติโดยใช้พอลิเมอร์ HPMC, HPC และการรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดซัลฟิวริกโดยวิธี  
 Least-Significance Difference (LSD)

Oneway

## ANOVA

Ans

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	61.869	16	3.867	202.824	.000
Within Groups	.648	34	.019		
Total	62.517	50			

Post Hoc Tests

## Multiple Comparisons

Dependent Variable: Ans

LSD

(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
HPMC 0.4	HPC 0.4	-.063333	.112738	.578	-.29244	.16578
	HPC 0.5	-.063333	.112738	.578	-.29244	.16578
	HPC 0.6	-.063333	.112738	.578	-.29244	.16578
	HPC 0.7	-.073333	.112738	.520	-.30244	.15578
	HPC-RE 0.4	.010000	.112738	.930	-.21911	.23911
	HPC-RE 0.5	-.006667	.112738	.953	-.23578	.22244
	HPC-RE 0.6	-.003333	.112738	.977	-.23244	.22578

(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
	HPC-RE 0.7	-.010000	.112738	.930	-.23911	.21911
	HPMC 0.5	-.003333	.112738	.977	-.23244	.22578
	HPMC 0.6	.003333	.112738	.977	-.22578	.23244
	HPMC 0.7	.010000	.112738	.930	-.21911	.23911
	HPMC-RE 0.4	.106667	.112738	.351	-.12244	.33578
	HPMC-RE 0.5	.110000	.112738	.336	-.11911	.33911
	HPMC-RE 0.6	.123333	.112738	.282	-.10578	.35244
	HPMC-RE 0.7	.153333	.112738	.183	-.07578	.38244
	Sulfuric acid	4.686667(*)	.112738	.000	4.45756	4.91578
HPMC 0.5	HPC 0.4	-.060000	.112738	.598	-.28911	.16911
	HPC 0.5	-.060000	.112738	.598	-.28911	.16911
	HPC 0.6	-.060000	.112738	.598	-.28911	.16911
	HPC 0.7	-.070000	.112738	.539	-.29911	.15911
	HPC-RE 0.4	.013333	.112738	.907	-.21578	.24244
	HPC-RE 0.5	-.003333	.112738	.977	-.23244	.22578
	HPC-RE 0.6	.000000	.112738	1.000	-.22911	.22911
	HPC-RE 0.7	-.006667	.112738	.953	-.23578	.22244
	HPMC 0.4	.003333	.112738	.977	-.22578	.23244
	HPMC 0.6	.006667	.112738	.953	-.22244	.23578
	HPMC 0.7	.013333	.112738	.907	-.21578	.24244
	HPMC-RE 0.4	.110000	.112738	.336	-.11911	.33911
	HPMC-RE 0.5	.113333	.112738	.322	-.11578	.34244
	HPMC-RE 0.6	.126667	.112738	.269	-.10244	.35578
	HPMC-RE 0.7	.156667	.112738	.174	-.07244	.38578
	Sulfuric acid	4.690000(*)	.112738	.000	4.46089	4.91911
HPMC 0.6	HPC 0.4	-.066667	.112738	.558	-.29578	.16244
	HPC 0.5	-.066667	.112738	.558	-.29578	.16244

(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
	HPC Q6	-.066667	.112738	.558	-.29578	.16244
	HPC Q7	-.076667	.112738	.501	-.30578	.15244
	HPC-RE Q4	.006667	.112738	.953	-.22244	.23578
	HPC-RE Q5	-.010000	.112738	.930	-.23911	.21911
	HPC-RE Q6	-.006667	.112738	.953	-.23578	.22244
	HPC-RE Q7	-.013333	.112738	.907	-.24244	.21578
	HPMC Q4	-.003333	.112738	.977	-.23244	.22578
	HPMC Q5	-.006667	.112738	.953	-.23578	.22244
	HPMC Q7	.006667	.112738	.953	-.22244	.23578
	HPMC-RE Q4	.103333	.112738	.366	-.12578	.33244
	HPMC-RE Q5	.106667	.112738	.351	-.12244	.33578
	HPMC-RE Q6	.120000	.112738	.295	-.10911	.34911
	HPMC-RE Q7	.150000	.112738	.192	-.07911	.37911
	Sulfuric acid	4.683333(*)	.112738	.000	4.45422	4.91244
HPMC Q7	HPC Q4	-.073333	.112738	.520	-.30244	.15578
	HPC Q5	-.073333	.112738	.520	-.30244	.15578
	HPC Q6	-.073333	.112738	.520	-.30244	.15578
	HPC Q7	-.083333	.112738	.465	-.31244	.14578
	HPC-RE Q4	.000000	.112738	1.000	-.22911	.22911
	HPC-RE Q5	-.016667	.112738	.883	-.24578	.21244
	HPC-RE Q6	-.013333	.112738	.907	-.24244	.21578
	HPC-RE Q7	-.020000	.112738	.860	-.24911	.20911
	HPMC Q4	-.010000	.112738	.930	-.23911	.21911
	HPMC Q5	-.013333	.112738	.907	-.24244	.21578
	HPMC Q6	-.006667	.112738	.953	-.23578	.22244
	HPMC-RE Q4	.096667	.112738	.397	-.13244	.32578
	HPMC-RE Q5	.100000	.112738	.381	-.12911	.32911

(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
	HPMC-RE 0.6	.113333	.112738	.322	-.11578	.34244
	HPMC-RE 0.7	.143333	.112738	.212	-.08578	.37244
	Sulfuric acid	4.676667(*)	.112738	.000	4.44756	4.90578
HPMC-RE 0.4	HPC 0.4	-.170000	.112738	.141	-.39911	.05911
	HPC 0.5	-.170000	.112738	.141	-.39911	.05911
	HPC 0.6	-.170000	.112738	.141	-.39911	.05911
	HPC 0.7	-.180000	.112738	.120	-.40911	.04911
	HPC-RE 0.4	-.096667	.112738	.397	-.32578	.13244
	HPC-RE 0.5	-.113333	.112738	.322	-.34244	.11578
	HPC-RE 0.6	-.110000	.112738	.336	-.33911	.11911
	HPC-RE 0.7	-.116667	.112738	.308	-.34578	.11244
	HPMC 0.4	-.106667	.112738	.351	-.33578	.12244
	HPMC 0.5	-.110000	.112738	.336	-.33911	.11911
	HPMC 0.6	-.103333	.112738	.366	-.33244	.12578
	HPMC 0.7	-.096667	.112738	.397	-.32578	.13244
	HPMC-RE 0.5	.003333	.112738	.977	-.22578	.23244
	HPMC-RE 0.6	.016667	.112738	.883	-.21244	.24578
	HPMC-RE 0.7	.046667	.112738	.682	-.18244	.27578
	Sulfuric acid	4.580000(*)	.112738	.000	4.35089	4.80911
HPMC-RE 0.5	HPC 0.4	-.173333	.112738	.133	-.40244	.05578
	HPC 0.5	-.173333	.112738	.133	-.40244	.05578
	HPC 0.6	-.173333	.112738	.133	-.40244	.05578
	HPC 0.7	-.183333	.112738	.113	-.41244	.04578
	HPC-RE 0.4	-.100000	.112738	.381	-.32911	.12911
	HPC-RE 0.5	-.116667	.112738	.308	-.34578	.11244



(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
	HPC-RE 0.6	-.113333	.112738	.322	-.34244	.11578
	HPC-RE 0.7	-.120000	.112738	.295	-.34911	.10911
	HPMC 0.4	-.110000	.112738	.336	-.33911	.11911
	HPMC 0.5	-.113333	.112738	.322	-.34244	.11578
	HPMC 0.6	-.106667	.112738	.351	-.33578	.12244
	HPMC 0.7	-.100000	.112738	.381	-.32911	.12911
	HPMC-RE 0.4	-.003333	.112738	.977	-.23244	.22578
	HPMC-RE 0.6	.013333	.112738	.907	-.21578	.24244
	HPMC-RE 0.7	.043333	.112738	.703	-.18578	.27244
	Sulfuric acid	4.576667(*)	.112738	.000	4.34756	4.80578
HPMC-RE 0.6	HPC 0.4	-.186667	.112738	.107	-.41578	.04244
	HPC 0.5	-.186667	.112738	.107	-.41578	.04244
	HPC 0.6	-.186667	.112738	.107	-.41578	.04244
	HPC 0.7	-.196667	.112738	.090	-.42578	.03244
	HPC-RE 0.4	-.113333	.112738	.322	-.34244	.11578
	HPC-RE 0.5	-.130000	.112738	.257	-.35911	.09911
	HPC-RE 0.6	-.126667	.112738	.269	-.35578	.10244
	HPC-RE 0.7	-.133333	.112738	.245	-.36244	.09578
	HPMC 0.4	-.123333	.112738	.282	-.35244	.10578
	HPMC 0.5	-.126667	.112738	.269	-.35578	.10244
	HPMC 0.6	-.120000	.112738	.295	-.34911	.10911
	HPMC 0.7	-.113333	.112738	.322	-.34244	.11578
	HPMC-RE 0.4	-.016667	.112738	.883	-.24578	.21244
	HPMC-RE 0.5	-.013333	.112738	.907	-.24244	.21578
	HPMC-RE 0.7	.030000	.112738	.792	-.19911	.25911
	Sulfuric acid	4.563333(*)	.112738	.000	4.33422	4.79244

(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
HPMC-RE Q7	HPC Q4	-.216667	.112738	.063	-.44578	.01244
	HPC Q5	-.216667	.112738	.063	-.44578	.01244
	HPC Q6	-.216667	.112738	.063	-.44578	.01244
	HPC Q7	-.226667	.112738	.052	-.45578	.00244
	HPC-RE Q4	-.143333	.112738	.212	-.37244	.08578
	HPC-RE Q5	-.160000	.112738	.165	-.38911	.06911
	HPC-RE Q6	-.156667	.112738	.174	-.38578	.07244
	HPC-RE Q7	-.163333	.112738	.157	-.39244	.06578
	HPMC Q4	-.153333	.112738	.183	-.38244	.07578
	HPMC Q5	-.156667	.112738	.174	-.38578	.07244
	HPMC Q6	-.150000	.112738	.192	-.37911	.07911
	HPMC Q7	-.143333	.112738	.212	-.37244	.08578
	HPMC-RE Q4	-.046667	.112738	.682	-.27578	.18244
	HPMC-RE Q5	-.043333	.112738	.703	-.27244	.18578
	HPMC-RE Q6	-.030000	.112738	.792	-.25911	.19911
	Sulfuric acid	4.533333(*)	.112738	.000	4.30422	4.76244
HPC Q4	HPC Q5	.000000	.112738	1.000	-.22911	.22911
	HPC Q6	.000000	.112738	1.000	-.22911	.22911
	HPC Q7	-.010000	.112738	.930	-.23911	.21911
	HPC-RE Q4	.073333	.112738	.520	-.15578	.30244
	HPC-RE Q5	.056667	.112738	.618	-.17244	.28578
	HPC-RE Q6	.060000	.112738	.598	-.16911	.28911
	HPC-RE Q7	.053333	.112738	.639	-.17578	.28244
	HPMC Q4	.063333	.112738	.578	-.16578	.29244
	HPMC Q5	.060000	.112738	.598	-.16911	.28911
	HPMC Q6	.066667	.112738	.558	-.16244	.29578



(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
	HPMC 0.7	.073333	.112738	.520	-.15578	.30244
	HPMC-RE 0.4	.170000	.112738	.141	-.05911	.39911
	HPMC-RE 0.5	.173333	.112738	.133	-.05578	.40244
	HPMC-RE 0.6	.186667	.112738	.107	-.04244	.41578
	HPMC-RE 0.7	.216667	.112738	.063	-.01244	.44578
	Sulfuric acid	4.750000(*)	.112738	.000	4.52089	4.97911
HPC 0.5	HPC 0.4	.000000	.112738	1.000	-.22911	.22911
	HPC 0.6	.000000	.112738	1.000	-.22911	.22911
	HPC 0.7	-.010000	.112738	.930	-.23911	.21911
	HPC-RE 0.4	.073333	.112738	.520	-.15578	.30244
	HPC-RE 0.5	.056667	.112738	.618	-.17244	.28578
	HPC-RE 0.6	.060000	.112738	.598	-.16911	.28911
	HPC-RE 0.7	.053333	.112738	.639	-.17578	.28244
	HPMC 0.4	.063333	.112738	.578	-.16578	.29244
	HPMC 0.5	.060000	.112738	.598	-.16911	.28911
	HPMC 0.6	.066667	.112738	.558	-.16244	.29578
	HPMC 0.7	.073333	.112738	.520	-.15578	.30244
	HPMC-RE 0.4	.170000	.112738	.141	-.05911	.39911
	HPMC-RE 0.5	.173333	.112738	.133	-.05578	.40244
	HPMC-RE 0.6	.186667	.112738	.107	-.04244	.41578
	HPMC-RE 0.7	.216667	.112738	.063	-.01244	.44578
	Sulfuric acid	4.750000(*)	.112738	.000	4.52089	4.97911
HPC 0.6	HPC 0.4	.000000	.112738	1.000	-.22911	.22911
	HPC 0.5	.000000	.112738	1.000	-.22911	.22911
	HPC 0.7	-.010000	.112738	.930	-.23911	.21911
	HPC-RE 0.4	.073333	.112738	.520	-.15578	.30244
	HPC-RE 0.5	.056667	.112738	.618	-.17244	.28578

(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
	HPC-RE 0.6	.060000	.112738	.598	-.16911	.28911
	HPC-RE 0.7	.053333	.112738	.639	-.17578	.28244
	HPMC 0.4	.063333	.112738	.578	-.16578	.29244
	HPMC 0.5	.060000	.112738	.598	-.16911	.28911
	HPMC 0.6	.066667	.112738	.558	-.16244	.29578
	HPMC 0.7	.073333	.112738	.520	-.15578	.30244
	HPMC-RE 0.4	.170000	.112738	.141	-.05911	.39911
	HPMC-RE 0.5	.173333	.112738	.133	-.05578	.40244
	HPMC-RE 0.6	.186667	.112738	.107	-.04244	.41578
	HPMC-RE 0.7	.216667	.112738	.063	-.01244	.44578
	Sulfuric acid	4.750000(*)	.112738	.000	4.52089	4.97911
HPC 0.7	HPC 0.4	.010000	.112738	.930	-.21911	.23911
	HPC 0.5	.010000	.112738	.930	-.21911	.23911
	HPC 0.6	.010000	.112738	.930	-.21911	.23911
	HPC-RE 0.4	.083333	.112738	.465	-.14578	.31244
	HPC-RE 0.5	.066667	.112738	.558	-.16244	.29578
	HPC-RE 0.6	.070000	.112738	.539	-.15911	.29911
	HPC-RE 0.7	.063333	.112738	.578	-.16578	.29244
	HPMC 0.4	.073333	.112738	.520	-.15578	.30244
	HPMC 0.5	.070000	.112738	.539	-.15911	.29911
	HPMC 0.6	.076667	.112738	.501	-.15244	.30578
	HPMC 0.7	.083333	.112738	.465	-.14578	.31244
	HPMC-RE 0.4	.180000	.112738	.120	-.04911	.40911
	HPMC-RE 0.5	.183333	.112738	.113	-.04578	.41244
	HPMC-RE 0.6	.196667	.112738	.090	-.03244	.42578
	HPMC-RE 0.7	.226667	.112738	.052	-.00244	.45578
	Sulfuric acid	4.760000(*)	.112738	.000	4.53089	4.98911

(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
HPC-RE Q4	HPC Q4	-.073333	.112738	.520	-.30244	.15578
	HPC Q5	-.073333	.112738	.520	-.30244	.15578
	HPC Q6	-.073333	.112738	.520	-.30244	.15578
	HPC Q7	-.083333	.112738	.465	-.31244	.14578
	HPC-RE Q5	-.016667	.112738	.883	-.24578	.21244
	HPC-RE Q6	-.013333	.112738	.907	-.24244	.21578
	HPC-RE Q7	-.020000	.112738	.860	-.24911	.20911
	HPMC Q4	-.010000	.112738	.930	-.23911	.21911
	HPMC Q5	-.013333	.112738	.907	-.24244	.21578
	HPMC Q6	-.006667	.112738	.953	-.23578	.22244
	HPMC Q7	.000000	.112738	1.000	-.22911	.22911
	HPMC-RE Q4	.096667	.112738	.397	-.13244	.32578
	HPMC-RE Q5	.100000	.112738	.381	-.12911	.32911
	HPMC-RE Q6	.113333	.112738	.322	-.11578	.34244
	HPMC-RE Q7	.143333	.112738	.212	-.08578	.37244
	Sulfuric acid	4.676667(*)	.112738	.000	4.44756	4.90578
HPC-RE Q5	HPC Q4	-.056667	.112738	.618	-.28578	.17244
	HPC Q5	-.056667	.112738	.618	-.28578	.17244
	HPC Q6	-.056667	.112738	.618	-.28578	.17244
	HPC Q7	-.066667	.112738	.558	-.29578	.16244
	HPC-RE Q4	.016667	.112738	.883	-.21244	.24578
	HPC-RE Q6	.003333	.112738	.977	-.22578	.23244
	HPC-RE Q7	-.003333	.112738	.977	-.23244	.22578
	HPMC Q4	.006667	.112738	.953	-.22244	.23578
	HPMC Q5	.003333	.112738	.977	-.22578	.23244

(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
	HPMC 0.6	.010000	.112738	.930	-.21911	.23911
	HPMC 0.7	.016667	.112738	.883	-.21244	.24578
	HPMC-RE 0.4	.113333	.112738	.322	-.11578	.34244
	HPMC-RE 0.5	.116667	.112738	.308	-.11244	.34578
	HPMC-RE 0.6	.130000	.112738	.257	-.09911	.35911
	HPMC-RE 0.7	.160000	.112738	.165	-.06911	.38911
	Sulfuric acid	4.693333(*)	.112738	.000	4.46422	4.92244
HPC-RE 0.6	HPC 0.4	-.060000	.112738	.598	-.28911	.16911
	HPC 0.5	-.060000	.112738	.598	-.28911	.16911
	HPC 0.6	-.060000	.112738	.598	-.28911	.16911
	HPC 0.7	-.070000	.112738	.539	-.29911	.15911
	HPC-RE 0.4	.013333	.112738	.907	-.21578	.24244
	HPC-RE 0.5	-.003333	.112738	.977	-.23244	.22578
	HPC-RE 0.7	-.006667	.112738	.953	-.23578	.22244
	HPMC 0.4	.003333	.112738	.977	-.22578	.23244
	HPMC 0.5	.000000	.112738	1.000	-.22911	.22911
	HPMC 0.6	.006667	.112738	.953	-.22244	.23578
	HPMC 0.7	.013333	.112738	.907	-.21578	.24244
	HPMC-RE 0.4	.110000	.112738	.336	-.11911	.33911
	HPMC-RE 0.5	.113333	.112738	.322	-.11578	.34244
	HPMC-RE 0.6	.126667	.112738	.269	-.10244	.35578
	HPMC-RE 0.7	.156667	.112738	.174	-.07244	.38578
	Sulfuric acid	4.690000(*)	.112738	.000	4.46089	4.91911
HPC-RE 0.7	HPC 0.4	-.053333	.112738	.639	-.28244	.17578
	HPC 0.5	-.053333	.112738	.639	-.28244	.17578

(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
	HPC Q6	-.053333	.112738	.639	-.28244	.17578
	HPC Q7	-.063333	.112738	.578	-.29244	.16578
	HPC-RE Q4	.020000	.112738	.860	-.20911	.24911
	HPC-RE Q5	.003333	.112738	.977	-.22578	.23244
	HPC-RE Q6	.006667	.112738	.953	-.22244	.23578
	HPMC Q4	.010000	.112738	.930	-.21911	.23911
	HPMC Q5	.006667	.112738	.953	-.22244	.23578
	HPMC Q6	.013333	.112738	.907	-.21578	.24244
	HPMC Q7	.020000	.112738	.860	-.20911	.24911
	HPMC-RE Q4	.116667	.112738	.308	-.11244	.34578
	HPMC-RE Q5	.120000	.112738	.295	-.10911	.34911
	HPMC-RE Q6	.133333	.112738	.245	-.09578	.36244
	HPMC-RE Q7	.163333	.112738	.157	-.06578	.39244
	Sulfuric acid	4.696667(*)	.112738	.000	4.46756	4.92578
Sulfuric acid	HPC Q4	-4.750000(*)	.112738	.000	-4.97911	-4.52089
	HPC Q5	-4.750000(*)	.112738	.000	-4.97911	-4.52089
	HPC Q6	-4.750000(*)	.112738	.000	-4.97911	-4.52089
	HPC Q7	-4.760000(*)	.112738	.000	-4.98911	-4.53089
	HPC-RE Q4	-4.676667(*)	.112738	.000	-4.90578	-4.44756
	HPC-RE Q5	-4.693333(*)	.112738	.000	-4.92244	-4.46422
	HPC-RE Q6	-4.690000(*)	.112738	.000	-4.91911	-4.46089
	HPC-RE Q7	-4.696667(*)	.112738	.000	-4.92578	-4.46756
	HPMC Q4	-4.686667(*)	.112738	.000	-4.91578	-4.45756
	HPMC Q5	-4.690000(*)	.112738	.000	-4.91911	-4.46089
	HPMC Q6	-4.683333(*)	.112738	.000	-4.91244	-4.45422
	HPMC Q7	-4.676667(*)	.112738	.000	-4.90578	-4.44756



(I) Sample	(J) Sample	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
	HPMC-RE 0.4	-4.58000(*)	.112738	.000	-4.80911	-4.35089
	HPMC-RE 0.5	-4.576667(*)	.112738	.000	-4.80578	-4.34756
	HPMC-RE 0.6	-4.563333(*)	.112738	.000	-4.79244	-4.33422
	HPMC-RE 0.7	-4.533333(*)	.112738	.000	-4.76244	-4.30422

\*The mean difference is significant at the .05 level



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดสำหรับแหล่งน้ำประเภทที่				
			1	2	3	4	5
1	สี กลิ่น รส	-	ธรรมชาติ	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	-
2	อุณหภูมิ	°ซ	ธรรมชาติ	สูงกว่า ธรรมชาติ ไม่เกิน 3 ซ	สูงกว่า ธรรมชาติ ไม่เกิน 3 ซ	สูงกว่า ธรรมชาติ ไม่เกิน 3 ซ	-
3	พีเอช	-	ธรรมชาติ	5-9	5-9	5-9	-
4	ออกซิเจน ละลาย	มก./ล.	ธรรมชาติ	มากกว่า หรือ เท่ากับ 6	มากกว่า หรือ เท่ากับ 4	มากกว่า หรือ เท่ากับ 2	-
5	บีโอดี	มก./ล.	ธรรมชาติ	1.5	20	40	-
6	โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย ทั้งหมด	MPN/100 มล.	ธรรมชาติ	5,000	20,000	-	-
7	โคลิฟอร์ม แบคทีเรียกลุ่มฟี คอล	MPN/100 มล.	ธรรมชาติ	1,000	4,000	-	-
8	ไนเตรต	มก./ล.	ธรรมชาติ	5	5	5	-
9	แอมโมเนีย	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.5	0.5	0.5	-
10	ฟีนอล	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.005	0.005	0.005	-
11	ทองแดง	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.1	0.1	0.1	-
12	นิกเกิล	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.1	0.1	0.1	-
13	แมงกานีส	มก./ล.	ธรรมชาติ	1.0	1.0	1.0	-
14	สังกะสี	มก./ล.	ธรรมชาติ	1.0	1.0	1.0	-
15	แคดเมียม	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.005	0.005	0.005	-
16	โครเมียม	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.05	0.05	0.05	-



ลำดับ	คุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดสำหรับแหล่งน้ำประเภทที่				
			1	2	3	4	5
17	ตะกั่ว	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.05	0.05	0.05	-
18	ปรอท	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.002	0.002	0.002	-
19	สารหนู	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.01	0.01	0.01	-
20	ไซยาไนด์	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.005	0.005	0.005	-
21	กัมมันตภาพรังสี	เบคเคอ เรล/ล.	ธรรมชาติ	0.1	0.1	0.1	-
		เบคเคอ เรล/ล.	ธรรมชาติ	1.0	1.0	1.0	-
22	ยาปราบศัตรูพืช ที่มีคลอรีน ทั้งหมด	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.05	0.05	0.05	-
23	ดีดีที	มก./ล.	ธรรมชาติ	1.0	1.0	1.0	-
24	Alpha-BHC	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.02	0.02	0.02	-
25	Dieldrin	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.1	0.1	0.1	-
26	Aldrin	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.1	0.1	0.1	-
27	Heptachlor & Heptachlor Epoxide	มก./ล.	ธรรมชาติ	0.2	0.2	0.2	-
28	Endrin	มก./ล.	ธรรมชาติ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการ ตรวจสอบที่กำหนด			-

หมายเหตุ:

1. แหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่สามารถกำหนดค่ามาตรฐาน (หมายถึงคุณภาพน้ำที่แหล่งน้ำประเภทที่ 4)
2. เฉพาะค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen = DO) เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด นอกนั้นเป็นเกณฑ์มาตรฐานสูงสุด
3. MPN = Most Probable Number (ค่าที่ใช้ในการวัดปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำ)
4. มก./ล. = ไมโครกรัมต่อลิตร มก./ล. = มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ ค.2 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม  
ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2538)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	หมายเหตุ
1. พีเอช (pH)	5.5-9.0	
2. ทีดีเอส (TDS)	- ไม่เกิน 3,000 มก./ล. - ถ้าเป็นแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่า ความเค็มมากกว่า 2,000 มก./ล. หรือเป็นน้ำทะเลให้ค่าทีดีเอส ในน้ำทิ้งมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอส ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเล ได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษ อาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ ไม่เกิน 5,000 มก./ล. (ขึ้นกับ แหล่งรับน้ำทิ้งหรือประเภท อุตสาหกรรม)
3. สารแขวนลอย (SS)	ไม่เกิน 50 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษ อาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ ไม่เกิน 150 มก./ล. (ขึ้นกับ แหล่งรับน้ำทิ้งหรือประเภท อุตสาหกรรม)
4. อุณหภูมิ	ไม่เกิน 40°C	
5. สีและกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	
6. ไขมัน	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
7. ไซยาไนต์	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
8. โลหะหนัก		
81 สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
82 โครเมียม (Cr <sup>6+</sup> )	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
83 โครเมียม (Cr <sup>3+</sup> )	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
84 อาร์เซนิก (AS)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
85 ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
86ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	
87 แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	
88 เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	
89 แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
810 ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	หมายเหตุ
<b>811</b> นิกเกิล (Ni) <b>812</b> แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล. ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
<b>9</b> น้ำมันและไขมัน	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษ อาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ไม่เกิน 15 มก./ล. (ขึ้นกับแหล่งรับน้ำทิ้งหรือประเภทอุตสาหกรรม)
<b>10</b> ฟอรัมาดิไฮด์	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
<b>11.</b> สารประกอบฟีนอล	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
<b>12</b> คลอรีนอิสระ	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
<b>13</b> สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัด ศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	
<b>14</b> บีโอดี (BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษ อาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ไม่เกิน 60 มก./ล. (ขึ้นกับแหล่งรับน้ำทิ้งหรือประเภทอุตสาหกรรม)
<b>15.</b> ทีเคเอ็น (TKN)	ไม่เกิน 100 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษ อาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ไม่เกิน 200 มก./ล. (ขึ้นกับแหล่งรับน้ำทิ้งหรือประเภทอุตสาหกรรม)
<b>16</b> ซีโอดี (COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษ อาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ไม่เกิน 400 มก./ล. (ขึ้นกับแหล่งรับน้ำทิ้งหรือประเภทอุตสาหกรรม)

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวจุไรรัตน์ นิตยพัฒน์ เกิดเมื่อวันที่ 24 มกราคม 2527 ที่จังหวัดสระบุรี สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ในปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี การศึกษา 2549 ในระหว่างการศึกษาได้เสนอผลงานแบบโปสเตอร์ในการประชุมวิชาการ การ ประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 34(วทท. 34) ระหว่างวันที่ 31 ตุลาคมถึง 2 พฤศจิกายน 2551 ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ จัดโดย สมาคมวิทยาศาสตร์แห่ง ประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกับ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า คุนทหารลาดกระบัง



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย