ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
247631

การเกิดตะกอนฟิล์มบางและการกำจัดออกในอุตสาหกรรมน้ำมันบางชัน

นายอานท มีสุปรีดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

b00252257

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
247631

การเกิดตะกอนขี้แป้งและการกำจัดออกในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

นายอานพ มีสุปรีดิ์

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5170653821

SLUDGE FORMATION AND REMOVAL IN CONCENTRATED RUBBER LATEX INDUSTRY

Mr.Arnop Meesupree

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเกิดตะกอนขี้แป้งและการกำจัดออกในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น
โดย	นายอานพ มีสุปรีดิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศราวุธ ริมดุสิต)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สีรุ้ง ปรีชานนท์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ)

247631 ง

อานพ มีสุปรีดิ์ : การเกิดตะกอนขี้แป้งและการกำจัดออกในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น. (SLUDGE FORMATION AND REMOVAL IN CONCENTRATED RUBBER LATEX INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์ 142 หน้า.

น้ำยางพาราสดเป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นโดยใช้เครื่องเซนตริฟิวส์ ปริมาณ Mg^{2+} สูงในน้ำยางสดมีผลต่อคุณภาพน้ำยางข้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องลดปริมาณ Mg^{2+} ในน้ำยางสด ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือวิธีทั่วไปทำได้โดยใช้ DAHP(ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต) ทำปฏิกิริยากับ Mg^{2+} ในน้ำยางสดแล้วเกิดเป็นตะกอนขี้แป้งและจำเป็นต้องกำจัดออก วิธีใหม่คือกระบวนการไดอะฟิลเตรชันร่วมกับการกรองชนิดเยื่อแผ่นหมุนได้ถูกเสนอขึ้นมาแทนที่กระบวนการทั่วไปเพื่อลดค่าใช้จ่ายสารเคมีรวมทั้งลดปัญหาการกำจัดตะกอนขี้แป้ง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะหาภาวะที่เหมาะสมในการลดMg^{2+}และการเกิดตะกอนขี้แป้ง ผลการศึกษานี้จะช่วยลดพลังงานที่เครื่องเซนตริฟิวส์ใช้ในการกำจัดตะกอนขี้แป้ง การศึกษาแบบใช้วิธีทั่วไปได้ใช้ตัวกวนแบบประสิทธิภาพสูงที่คำนึงถึงการผสมได้ทั้งแนวรัศมีและแนวแกน ผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบ และเวลาในการกวนจะทำให้ความเข้มข้นของ Mg^{2+} ที่เหลืออยู่มีค่าน้อยลง ภาวะที่ดีที่สุดในการกวนคือ ที่ความเร็วรอบ 50 rpm เวลา 40 นาที ให้ความเข้มข้นของ Mg^{2+} ที่เหลือในน้ำยางน้อยที่สุด(35 ppm) เมื่อเทียบกับการใช้ตัวกวนแบบเก่าของโรงงาน(120 ppm)ในถังกวนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า นอกจากนี้ยังพบว่าได้ปริมาณสลัดจ์มากที่สุดเท่ากับ 4272.16 ppm การใช้ตัวกวนแบบใหม่สามารถลดปริมาณการใช้ DAHP ลงครึ่งหนึ่งของที่โรงงานใช้เพื่อยังคงให้ความเข้มข้นของ Mg^{2+} ที่เหลือในน้ำยางอยู่ที่ 120 ppm (ตามข้อมูลจำเพาะของโรงงาน) อีกทั้งยังพบว่าเมื่อความเร็วในการกวนเพิ่มขึ้นทำให้ได้สลัดจ์ขนาดใหญ่ขึ้นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องเซนตริฟิวส์ได้ จากการศึกษาโดยวิธีใหม่ที่ความดันคร่อมตัวกรองและอัตราป้อนคงที่ที่ 0.3 บาร์และ 36 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าภาวะที่เหมาะสมในการกรองคือที่ความเร็วรอบเยื่อแผ่น 1200 rpm ใช้ปริมาตรไดอะฟิลเตรชันเท่ากับ 1 ปริมาตรไดอะฟิลเตรชันสามารถลดความเข้มข้นของ Mg^{2+} ที่เหลือในถังป้อนให้ได้น้อยสุดเท่ากับ121.21 ppm และมีค่าการกักเก็บ 89.04 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นกระบวนการไดอะฟิลเตรชันจึงเป็นวิธีที่มีความเป็นไปได้ที่จะลด Mg^{2+} ในน้ำยางสด โดยไม่ต้องใช้ DAHP.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต อานพ

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก จิรกานต์

ปีการศึกษา 2553

5170653821 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORDS : NATURAL RUBBER / MAGNESIUM REMOVAL / SLUDGE / DAHP / CONCENTRATED RUBBER LATEX INDUSTRY

ARNOP MEESUPREE: SLUDGE FORMATION AND REMOVAL IN

CONCENTRATED RUBBER LATEX INDUSTRY.

ADVISOR: ASSOC.PROF.CHIRAKARN MUANGNAPOH, Dr.Ing., 142 pp.

247631

Fresh natural rubber is major raw material of concentrating process of natural rubber latex by centrifugation. High magnesium content in fresh natural rubber has an impact to the quality of concentrated latex. Therefore, it is necessary to remove some amount of magnesium from fresh natural rubber which can be done by two methods. The traditional method reveals on reacting magnesium with Diammonium hydrogen phosphate (DAHP) resulting in sludge formation and needs to discharge it. The novel method revealing on diafiltration process with rotating membrane filter is proposed to replace the traditional method in order to save chemical expenses including sludge discharging problem.

The aim of this research is to investigate the suitable condition of magnesium reduction and sludge formation. The results of this study should improve energy consumption of centrifuge in sludge removal process. In traditional method, high-efficiency impeller regarding to both axial and radial mixing has been used. The experimental results show that the residual magnesium concentration in fresh rubber at high impeller speed decreased when mixing time was proceeded. The suitable condition at 50 rpm and 40 minute gave the lowest residual magnesium concentration (35 ppm) comparing to the factory did (120 ppm) in non-well mixed rectangular tank. It was also found that the highest sludge was 4272.16 ppm. A half of DAHP consumption could be reduced in order to maintain magnesium concentration at 120 ppm (factory specification). Moreover, the higher speed promotes bigger sludge size which leads to increase centrifuge efficiency. In novel method, the transmembrane pressure (ΔP_{TM}) and feed flow rate were fixed at 0.3 bar and 36 L//h respectively. The suitable condition of rotating speed at 1200 rpm and one diafiltration volume can reduce the residual magnesium concentration to 121.21 ppm at rejection of 89.04%. Therefore, diafiltration is promising method to reduce magnesium concentration in fresh natural rubber without using DAHP.

Department : Chemical Engineering Student's Signature Arnop

Field of Study : Chemical Engineering Advisor's Signature C. Muangnapoh

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลือที่ดียิ่งจากหลายๆท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำวิธีการทำงานวิจัย และความช่วยเหลือในอีกหลาย ๆ ด้านตลอดจนตรวจทาน แก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศราวุธ ริมดุสิต ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สีรุ้ง ปรีชานนท์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้เสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ และแก้ไข เพิ่มเติมส่วนที่บกพร่องของงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท ไทยรับเบอร์ลาเทคซ์คอร์ปอร์เรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่สนับสนุนวัตถุดิบในงานวิจัย และ Mr. LIM CHIN HOCK ผู้จัดการฝ่ายวิจัยและพัฒนาที่ให้คำปรึกษา

ขอขอบคุณพี่ๆ ในฝ่ายวิจัยและพัฒนา และพนักงานทุกคนในบริษัท ไทยรับเบอร์ลาเทคซ์คอร์ปอร์เรชั่น (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือจนงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภายใต้โครงการสร้างกำลังคนเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมระดับปริญญาโท (สกว.-สสว.) ประจำปี 2550 ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และขอบคุณทุกๆคนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนทางการศึกษาตลอดมาจนงานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญรูป..... ฏ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3

1.3 ขอบเขตงานวิจัย..... 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

2. ทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวข้อง..... 5

2.1 น้ำยางธรรมชาติ..... 5

2.2 สมบัติทั่วไปของยางธรรมชาติ..... 6

2.3 ส่วนประกอบของน้ำยาง..... 7

2.3.1 ส่วนของเนื้อยาง 8

2.3.2 ส่วนที่ไม่ใช่ยาง..... 10

2.4 การเก็บรักษาน้ำยาง..... 15

2.4.1 ความจำเป็น..... 15

2.4.2 สาเหตุการสูญเสียสภาพของน้ำยาง..... 15

2.4.3 สมบัติของสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยาง..... 17

2.4.4 ชนิดของสารเคมีเก็บรักษาน้ำยาง..... 17

2.4.5 สารเคมีเก็บรักษาน้ำยางสดเพื่อทำน้ำยางข้น..... 18

2.5 สารเคมีที่ใช้จับตัวกับแมกนีเซียมในน้ำยาง..... 19

2.6 สารเคมีที่ทำให้อนุภาคยางจับตัวกัน..... 19

2.7 การผลิตน้ำยางข้น..... 20

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.8 การกวน	22
	2.9 การกรอง	26
	2.10การกรองด้วยเครื่องกรองชนิดเยื่อแผ่นหมุนได้	29
	2.11กระบวนการไดอะฟิลเตรชัน	30
	2.12กระบวนการคอนเซนเตรชัน	31
	2.13กระบวนการทำให้บริสุทธิ์	31
	2.14งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนแมกนีเซียม	32
	2.15งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแรงเฉือนต่อขนาดอนุภาค	32
	2.16งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เครื่องกรองชนิดเยื่อแผ่นหมุนได้	33
	2.17งานวิจัยที่เกี่ยวกับการกรองด้วยเทคนิคไดอะฟิลเตรชัน	36
3.	อุปกรณ์ เคมีภัณฑ์ และวิธีการดำเนินงานวิจัย	38
	3.1 อุปกรณ์	38
	3.2 เคมีภัณฑ์	39
	3.3 การทดลองหาคุณสมบัติทั่วไปของน้ำยางสด	39
	3.4 การทดลองหาภาวะที่เหมาะสมในกวนโดยใช้สารเคมี DAHP ในการตกตะกอนแมกนีเซียม	40
	3.5 กระบวนการกรองด้วยเครื่องกรองชนิดเยื่อแผ่นหมุนได้	43
4.	ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	47
	4.1 สมบัติทั่วไปของน้ำยางพาราสด	47
	4.2 ผลของเวลาและความเร็วรอบต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือของแต่ละตำแหน่ง	48
	4.3 ผลของเวลาและความเร็วรอบต่อปริมาณสลัดจ์ของแต่ละตำแหน่ง	52
	4.4 ผลของการตั้งน้ำยางทิ้งไว้หลังการกวนเพื่อให้สลัดจ์ตกตะกอนลงมาที่ด้านล่างของบ่อ	57
	4.5 ผลของการกวนต่อความคงตัวเชิงกล (mechanical stability) ของน้ำยางสด	58
	4.6 ผลของเวลาและความเร็วรอบต่อขนาดอนุภาค (particle size) ของสลัดจ์	59
	4.7 ผลของปริมาณDAHP ต่อการลดปริมาณแมกนีเซียมอิออนในน้ำยางสด	61

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
4.8 ผลของการเติมปริมาตรไดอะฟิลเตรชัน และความเร็วรอบต่อเพอร์มิเอชันฟลักซ์.	65
4.9 ผลของความเร็วรอบต่อค่าความต้านทานรวม ความต้านทานในเยื่อแผ่นและความต้านทานที่ผิวเยื่อแผ่น.....	66
4.10ผลของการเติมปริมาตรไดอะฟิลเตรชัน และความเร็วรอบของเยื่อแผ่นต่อเปอร์เซ็นต์การกักเก็บ (%rejection)	67
4.11ผลของการเติมปริมาตรไดอะฟิลเตรชันต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลืออยู่ในถังป้อนที่ความเร็วรอบต่างๆ.....	68
4.12ผลของความเร็วรอบต่อค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในถังป้อนหลังทำไดอะฟิลเตรชันและเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง.....	69
5. สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ.....	71
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	71
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	73
รายการอ้างอิง.....	74
ภาคผนวก.....	77
ภาคผนวก ก.....	78
ภาคผนวก ข.....	94
ภาคผนวก ค.....	126
ภาคผนวก ง.....	131
ภาคผนวก จ.....	136
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	142

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ.....	7
2.2	ส่วนประกอบของเนื้อยางแห้ง.....	10
2.3	คุณสมบัติทั่วไปของไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต.....	19
2.4	คุณสมบัติทั่วไปของโซเดียมแอลจิเนต.....	20
3.1	สภาวะควบคุมของเครื่องกรองชนิดหมุนได้.....	46
4.1	สมบัติทั่วไปของน้ำยางพาราสด.....	47
4.2	ค่าความคงตัวเชิงกล (mechanical stability time) ของน้ำยางสด.....	59
4.3	ผลของเวลาต่อขนาดอนุภาค (particle size) ของสลัดจ์ที่ความเร็วรอบ 30 rpm	60
4.4	ผลของเวลาต่อขนาดอนุภาค (particle size) ของสลัดจ์ที่ความเร็วรอบ 40 rpm	60
4.5	ผลของเวลาต่อขนาดอนุภาค (particle size) ของสลัดจ์ที่ความเร็วรอบ 50 rpm	61
4.6	ผลของความเร็วรอบต่อขนาดอนุภาค (particle size) ของสลัดจ์ที่เวลา 40 นาที	61
4.7	ผลของปริมาณDAHP ต่อความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือ.....	62
4.8	ผลเปรียบเทียบการเกิดสลัดจ์ต่อประสิทธิภาพเครื่องเหวี่ยง.....	63
4.9	เวลาและปริมาตรไดอะฟิลเตรชันที่ใช้ในการทดลองที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที.....	64
4.10	เวลาและปริมาตรไดอะฟิลเตรชันที่ใช้ในการทดลองที่ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที.....	64
4.11	เวลาและปริมาตรไดอะฟิลเตรชันที่ใช้ในการทดลองที่ความเร็วรอบ 1200 รอบต่อนาที.....	65

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ต้นยางพาราพันธุ์ฮีเวียบราซิลเลียนซิส (Hevea brasiliensis).....	6
2.2	ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ.....	8
2.3	สูตรโครงสร้างของ α-Lecithin.....	9
2.4	สูตรโครงสร้างของน้ำตาลควิบราซิทอล.....	11
2.5	การแยกส่วนประกอบของน้ำยางซึ่งปั่นด้วยความเร็วสูง.....	13
2.6	แสดงส่วนประกอบต่างๆของน้ำยางสดหลังการปั่นแยก.....	14
2.7	การไฮโดรไลซิสของฟอสโฟไลปิดชนิด α-Lecithin.....	16
2.8	แสดงขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้นในโรงงาน.....	21
2.9	แสดงโครงสร้างทางโมเลกุลของขี้แป้ง.....	22
2.10	แสดงตัวกวนชนิด High-efficiency impellers ที่เลือกใช้ในการทดลอง.....	25
2.11	ประเภทการกรองตามทิศทางการไหลของสารแขวนลอย.....	27
2.12	ทิศทางการไหลของของไหลในกระบวนการกรองด้วยเครื่องกรองชนิดเยื่อแผ่นหมุนได้.....	29
2.13	การหมุนวนแบบเทย์เลอร์ (Taylor votice).....	30
2.14	การดำเนินการแบบไดอะฟิลเตรชัน.....	30
2.15	การดำเนินงานแบบคอนเซนเตรชัน.....	31
2.16	การดำเนินงานแบบเพียวริฟิเคชัน.....	32
3.1	แผนผังวิธีการทดลองในส่วนที่ 1.....	40
3.2	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างในบ่อจำลอง.....	42
3.3	บ่อจำลอง.....	43
3.4	กระบวนการแยกอนุภาคยางออกจากน้ำยางสดด้วยเครื่องกรองชนิดเยื่อแผ่นหมุนได้.....	44
3.5	เครื่องกรองแยกอนุภาคยางออกจากน้ำยางสด.....	45
3.6	ลักษณะการวางเยื่อแผ่น.....	45
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่ความเร็วรอบ 30 rpmของแต่ละตำแหน่งโดยเปรียบเทียบระหว่างตัวกวนแบบเก่ากับแบบใหม่	49
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่ความเร็วรอบ 40 rpmของแต่ละตำแหน่งโดยเปรียบเทียบระหว่างตัวกวนแบบเก่ากับแบบใหม่	49

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่ความเร็วรอบ 50 rpmของแต่ละตำแหน่งโดยเปรียบเทียบระหว่างตัวกวนแบบเก่ากับแบบใหม่	50
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่ความเร็วรอบ 60 rpmของแต่ละตำแหน่งโดยเปรียบเทียบระหว่างตัวกวนแบบเก่ากับแบบใหม่	50
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่ความเร็วรอบต่างๆโดยเปรียบเทียบระหว่างตัวกวนแบบเก่ากับแบบใหม่.....	51
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับปริมาณสลัดจ์ ที่ความเร็วรอบ 30 rpm ของแต่ละตำแหน่งโดยเปรียบเทียบระหว่างตัวกวนแบบเก่ากับแบบใหม่.....	53
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับปริมาณสลัดจ์ ที่ความเร็วรอบ 40 rpm ของแต่ละตำแหน่งโดยเปรียบเทียบระหว่างตัวกวนแบบเก่ากับแบบใหม่.....	54
4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับปริมาณสลัดจ์ ที่ความเร็วรอบ 50 rpm ของแต่ละตำแหน่งโดยเปรียบเทียบระหว่างตัวกวนแบบเก่ากับแบบใหม่.....	54
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับปริมาณสลัดจ์ ที่ความเร็วรอบ 60 rpm ของแต่ละตำแหน่งโดยเปรียบเทียบระหว่างตัวกวนแบบเก่ากับแบบใหม่.....	55
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับปริมาณสลัดจ์ ที่ความเร็วรอบต่างๆโดยเปรียบเทียบระหว่างตัวกวนแบบเก่ากับตัวกวนแบบใหม่.....	56
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เวลา 40 นาที และ 8 ชั่วโมง.....	57
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับปริมาณสลัดจ์ที่เวลา 40 นาที และ 8 ชั่วโมง.....	58
4.13	ลักษณะสลัดจ์โดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	60
4.14	เพอร์มิเอชันฟลักซ์ของการกรองน้ำยางสดด้วยเทคนิคไดอะฟิลเตรชันที่ความเร็วรอบ ต่างๆ.....	66
4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบต่อค่าความต้านทาน.....	67
4.16	ผลของการเติมปริมาตรไดอะฟิลเตรชัน และความเร็วรอบของเยื่อแผ่นต่อเปอร์เซ็นต์การกักเก็บ.....	68

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.17	ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในถังป้อนหลังจากการกรองน้ำยางด้วยเทคนิคไดอะฟิลเตรชันที่ความเร็วรอบต่างๆ.....	69
4.18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบต่อค่าปริมาณเนื้อยางแห้งในถังป้อนหลังทำไดอะฟิลเตรชัน และเมื่อตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง.....	70