

การศึกษาเพื่อกำหนดสารที่เหมาะสมในการผลิตสารส้ม



นางสาวรศกน้อย อัครรุ่งเรืองกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-316-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

16187142

A STUDY FOR SELECTION OF SUITABLE MATERIALS IN
ALUMINIUM SULFATE MANUFACTURING

Miss. Raknoi Akararungruangkul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Industrial Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1995
ISBN 974-632-316-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเพื่อกำหนดสารที่เหมาะสมในการผลิตสารส้ม
โดย นางสาวรักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ธิจิรวิช
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. ประแส มงคลศิริ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้ เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ อุดสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ธิจิรวิช)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. ประแส มงคลศิริ)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์นี้ในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล : การศึกษาเพื่อกำหนดสารที่เหมาะสมในการผลิตสารส้ม

(A STUDY FOR SELECTION OF SUITABLE MATERIALS IN ALUMINIUM SULFATE

MANUFACTURING) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. วันชัย วิจิรวณิช อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร.ประแส

มงคลศิริ, 211 หน้า , ISBN, 974-632-316-4

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสารที่เหมาะสมในการผลิตสารส้ม และเพื่อหาต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิตหนึ่ง ๆ

การศึกษาจะ เปรียบเทียบในเชิง เศรษฐศาสตร์, ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และ คุณสมบัติของ สารส้ม ในเชิง เศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบต้นทุนการผลิต จากการวิจัยพบว่าที่กำลังการผลิตต่ำ ๆ สารส้ม ที่ผลิตจากแร่บอกไซต์ที่มีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูง เมื่อ เทียบกับต้นทุนการผลิตที่กำลังการผลิตสูง ๆ ทั้งนี้ เพราะ ต้องมีการเตรียมแร่บอกไซต์ก่อนที่จะ นำไปทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกในหม้อปฏิกรณ์ ซึ่งในส่วนนี้จะต้อง เสีย ค่าใช้จ่ายในส่วน ของ เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต และการผลิตจะ เกิดตะกอน เนื่องจากสารปนเปื้อนในแร่ บอกไซต์ ในการผลิตจึงมี เครื่องกรองสูญญากาศ ซึ่ง เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้สูงขึ้น ดังนั้นจะพบว่าสารส้มที่ ผลิตจากแร่บอกไซต์จะมีต้นทุนการผลิตสูงที่กำลังการผลิตต่ำ ๆ และจะลดลงในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นที่กำลังการผลิตสูงขึ้น ส่วนสารส้มที่ผลิตจากอลูมินาไตรไฮดรอกไซด์ ต้นทุนการผลิตที่กำลังการผลิตต่ำ ๆ จะสูง และจะลด ลงในอัตราส่วนที่ลดลง

สารส้มที่ผลิตจากอลูมินาไตรไฮดรอกไซด์ มีความบริสุทธิ์สูงกว่าสารส้มที่ผลิตจากแร่บอกไซต์และการผลิต สารส้มจากแร่บอกไซต์ที่มีความบริสุทธิ์มาก ๆ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ซึ่งไม่คุ้มกับการลงทุน สำหรับผล กระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากแร่บอกไซต์มีดังนี้ คือ ฝุ่นของแร่บอกไซต์, การผลิตต้องใช้ Boiler ทำให้อาจ เป็นอันตรายได้, การผลิตให้กากตะกอนสูง และน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตจะมีกรดซัลฟูริกปนอยู่ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับกระบวนการผลิตจากอลูมินาไตรไฮดรอกไซด์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม น้อยกว่าใช้แร่บอกไซต์

การเลือกใช้สารที่เหมาะสมในการผลิตสารส้ม พิจารณาจากระดับความบริสุทธิ์ของสารส้ม ถ้าเป้าหมายเพื่อจำหน่าย ให้อุตสาหกรรมที่ต้องการความบริสุทธิ์ ก็ควรเลือกใช้สารส้มผลิตจากอลูมินาไตร ไฮดรอกไซด์ เพราะสารส้มที่ผลิตจากแร่บอกไซต์จะมีสารปนเปื้อนสูงกว่า ซึ่งจะเหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมที่ไม่ ต้องการสารส้มที่บริสุทธิ์มาก ได้แก่ การผลิตน้ำประปา สำหรับปริมาณการผลิต ถ้าต้องการผลิตจำนวน มากการผลิตสารส้มจากแร่บอกไซต์จะคุ้มกับการลงทุนมากกว่า เพราะ โครงสร้างของต้นทุนการผลิตขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ เปลี่ยนแปลงก็จะมีผลต้นทุนการผลิตอย่างมาก และแร่บอกไซต์มีราคาต่ำกว่าอลูมินาไตรไฮดรอกไซด์ มาก

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา..... 2537

ลายมือชื่อนิติ..... รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



#C616284 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: ALUM

RAKNOI AKARARUNGRUANGKUL : A STUDY FOR SELECTION OF SUITABLE MATERIALS IN ALUMINIUM SULFATE MANUFACTURING. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. VANCHAI RIJIRAVANICH, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : PRASANG MONGKHOLSIRI Ph.D, 211 pp., ISBN. 974-632-316-4

The research has the objective to study the suitable materials in aluminium sulfate manufacturing and to study cost per unit

The material selection will consider in terms of economics, environment and alum properties. An economic comparison will be based on the cost per unit of alum. At the low capacity the cost per unit of alum from bauxite will be higher than alum from aluminohydrate because the alum from bauxite must be prepared to transfer to reactor and put in reaction with sulfuric acid. This will increase production cost because of the more investment on machine and equipment. Furthermore alum from bauxite process more sludge in process which will need filtering. Alum from bauxite will have high cost per unit at the low capacity. Cost per unit of alum from aluminohydrate is high due to the high material cost, but conversion cost per unit is lower capacity compared to alum from bauxite.

Alum from aluminohydrate has more purity than alum from bauxite. The process needs high pressure boiler which may cause hazardous effects. Moreover, the sludge from bauxite and waste from process also create environmental effects from sulfuric acid. Alum from aluminohydrate has much side effect on environmental problems.

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....

ปีการศึกษา..... 2537

ลายมือชื่อนิสิต.....*รัตนกุล มีศรีวงษ์*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*Prasang Mongkolsiri*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....*Prasang Mongkolsiri*.....



กิตติกรรมประกาศ

ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบคุณเป็นอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ประแสง มงคลศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกือกังวาน ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของการวิจัยมาด้วยดีตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นอกจากนี้ผู้ทำวิจัยขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโทวิศวกรรมอุตสาหกรรม และท่านที่มี ได้กล่าวมาไว้ ณ. ที่นี้ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ

รักน้อย วัชรรุ่งเรืองกุล



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ท
บทที่	
1 บทนำ.....	1
- ความสำคัญของปัญหา	1
- ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	2
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	10
- ขอบเขตของการวิจัย.....	10
- ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	10
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัยนี้	11
- การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
2 การศึกษาประโยชน์และคุณสมบัติของสารส้ม.....	19
- ประเภท ชนิด และชั้นคุณภาพ.....	20
- คุณลักษณะที่ต้องการ.....	20
- ประโยชน์ของสารส้ม.....	21
3 การศึกษาความต้องการการใช้สารส้ม.....	28
- การศึกษาความต้องการการใช้สารส้มของการประปานครหลวง.....	28
- การศึกษาความต้องการการใช้สารส้มของการประปาส่วนภูมิภาค.....	44
4 การประมาณความต้องการใช้สารส้ม.....	53
- ความต้องการการใช้สารส้มของการประปานครหลวง.....	53
- ความต้องการการใช้สารส้มของการประปาส่วนภูมิภาค.....	56
- ความต้องการการใช้สารส้มภาคเอกชน.....	71

	- การศึกษากำล้างการผลิตของผู้ผลิตสารส้ม.....	71
5	วัตถุประสงค์และกระบวนการผลิตสารส้ม.....	73
	- วัตถุประสงค์สำหรับกระบวนการผลิตสารส้ม.....	73
	- กระบวนการผลิตสารส้ม.....	82
6	การศึกษาเพื่อกำหนดสารที่เหมาะสม.....	98
	- การเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์.....	98
	- การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม.....	142
	- การศึกษาคุณสมบัติของสารส้ม.....	143
7	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	144
	รายการอ้างอิง.....	147
	ภาคผนวก.....	149
	ประวัติผู้เขียน.....	121

สารบัญตาราง	หน้า
ตารางที่	
2.1 คุณลักษณะทางเคมีของสารส้มชนิดเกลือซัลเฟตของอะลูมิเนียม.....	22
2.2 คุณลักษณะทางเคมีของสารส้มชนิดเกลือซัลเฟตของโปตัสเซียม.....	23
2.3 คุณลักษณะทางเคมีของสารส้มชนิดเกลือซัลเฟตของอัมโมเนียม.....	24
3.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของน้ำประปาที่ผลิตจ่ายจากโรงงานบางเขน.....	33
3.2 แสดงกำลังการผลิตและความต้องการใช้สารส้มเป็นรายเดือนของการประปานครหลวง ปีงบประมาณ 2532-2536	38
3.3 แสดงกำลังการผลิตน้ำ ปริมาณสารส้มที่ใช้และอัตราการใช้สารส้มของการประปานครหลวงปี 2532 -2536	41
3.4 แสดงสถิติการซื้อสารส้มจากบริษัทสารส้มนนทบุรี จำกัด ของการประปานครหลวง.....	42
3.5 แสดงปริมาณตะกอนแห้ง ต้น/เดือน ของปีงบประมาณ 2536	45
3.6 แสดงการคาดการณ์ปริมาณตะกอนของการประปาบางเขน.....	46
3.7 แสดงแหล่งน้ำดิบและกำลังการผลิตของการประปาส่วนภูมิภาค.....	48
3.8 แสดงกำลังการผลิตสูงสุดและปริมาณการใช้สารส้มเป็นรายเดือน.....ของการประปาส่วนภูมิภาค แยกตามเขต เป็นรายเดือน ของปีงบประมาณ 2536	50
3.9 แสดงกำลังการผลิตและปริมาณการใช้สารส้มเป็นรายปี ของการประปาส่วนภูมิภาค.....	51
3.10 แสดงสถิติการจัดซื้อสารส้มจากบริษัท โรงงานสารส้มนนทบุรี จำกัดของการประปาส่วนภูมิภาค.....	52
4.1 แสดงการพยากรณ์ (Forecast) ปริมาณน้ำผลิตของการประปานครหลวง.....	54
4.2 แสดงกำลังการผลิตของการประปานครหลวงตามแผนแม่บท. (Master Plan).....	55
4.3 แสดงการเปรียบเทียบกำลังการผลิตของการประปานครหลวงตามแผนแม่บท กับกำลังการผลิตตามการพยากรณ์.....	55

4.4 แสดงการประมาณการปริมาณน้ำผลิตและความต้องการปริมาณการใช้สารส้มของการประปานครหลวง.....	57
4.5 แสดงการสรุปการประมาณการปริมาณสารส้มที่ใช้ในการผลิตของการประปานครหลวง.....	59
4.6 แสดงการพยากรณ์ราคาสารส้มต่อตัน ที่การประปานครหลวงซื้อจากบริษัทสารส้มนนทบุรี จำกัด.....	60
4.7 แสดงการพยากรณ์ปริมาณน้ำผลิตต้องการประปาส่วนภูมิภาค.....	61
4.8 แสดงการพยากรณ์ปริมาณน้ำผลิตและความต้องการใช้สารส้มเป็นรายเดือนตามการพยากรณ์กำลังการผลิต(Forecast) ของการประปาส่วนภูมิภาค	64
4.9 แสดงสรุปประมาณการปริมาณสารส้มที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค.....	66
4.10 แสดงการพยากรณ์ราคาสารส้มต่อตัน ที่การประปาส่วนภูมิภาคซื้อจาก บริษัท สารส้มนนทบุรี จำกัด.....	67
4.11 แสดงประมาณการปริมาณสารส้มที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา ของการประปานครหลวง และการประปาส่วนภูมิภาค.....	68
4.12 แสดงกำลังการผลิตของโรงงานผลิตสารส้ม.....	72
5.1 แสดงจำนวนโรงงาน จำนวนเงินทุน และจำนวนคนงาน.....	74
5.2 แสดงคุณสมบัติทางเคมี ของกรดซัลฟูริก (98%).....	75
5.3 แสดงคุณสมบัติของอลูมินาไตรไฮดรอกไซด์.....	78
5.4 แสดงคุณสมบัติของแรบอกรีท.....	79
6.1 แสดงรายละเอียดการจัดสรรพื้นที่สำหรับโรงงานผลิตสารส้ม (ใช้อลูมินาไตรไฮดรอกไซด์).....	100
6.2 แสดงพื้นที่ใช้สำหรับกำลังการผลิตต่าง ๆ (ใช้อลูมินาไตรไฮดรอกไซด์).....	100
6.3 ประมาณการค่าใช้จ่ายลงทุนสำหรับที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง (อลูมินาไตรไฮดรอกไซด์).....	101
6.4 แสดงค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับที่ดินและสิ่งปลูกสร้างที่กำลังการผลิตต่าง ๆ (อลูมินาไตรไฮดรอกไซด์).....	101
6.5 แสดงรายละเอียดการจัดสรรพื้นที่สำหรับโรงงานผลิตสารส้ม (ใช้แรบอกรีท).....	102

6.6 แสดงพื้นที่ใช้สำหรับกำลังการผลิตต่าง ๆ (ใช้แรมบอชท์).....	102
6.7 ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง(ใช้แรมบอชท์).....	103
6.8 ประมาณการค่าใช้จ่ายลงทุนสำหรับที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง (ใช้บอชท์).....	103
6.9 แสดงค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับที่ดินและสิ่งปลูกสร้างที่กำลังการผลิตต่าง ๆ (ใช้แรมบอชท์).....	104
6.10 แสดงเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตสารส้มผลึก (ใช้ลูมินาไทโรไฮเดรท).....	105
6.11 แสดงเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตสารละลายสารส้มและค่าเสื่อม ราคาที่กำลังการผลิตต่าง ๆ (ใช้ลูมินาไทโรไฮเดรท).....	106
6.12 แสดงรายละเอียดเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนการเตรียมผงแรม บอชท์.....	107
6.13 แสดงเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตสารละลายสารส้ม(ใช้แรมบอชท์).	108
6.14 แสดงเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตสารส้มผลึก (ใช้แรมบอชท์).....	109
6.15 เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตสารละลายสารส้มและค่าเสื่อม ราคาที่กำลังการผลิตต่าง ๆ (ใช้แรมบอชท์).....	110
6.16 แสดงปริมาณวัตถุดิบที่ใช้และค่าใช้จ่ายสำหรับกำลังการผลิตสารส้มที่ ระดับต่าง ๆ.(ใช้แรมบอชท์).....	111
6.17 แสดงค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตที่กำลังการผลิตต่าง ๆ (ใช้ลูมินาไทโรไฮเดรท).....	111
6.18 แสดงปริมาณวัตถุดิบที่ใช้และค่าใช้จ่ายสำหรับกำลังการผลิตสารส้มที่ ระดับต่าง ๆ(ใช้ลูมินาไทโรไฮเดรท).....	112
6.19 แสดงค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตที่กำลังการผลิตต่าง ๆ.....	112
6.20 ค่าจ้างเงินเดือนบุคคลากรที่ใช้ในระยะก่อนการดำเนินงาน.....	113
6.21 ค่าแรงงานระยะดำเนินงานที่กำลังการผลิต 3,000 ตันปี (ใช้ลูมินาไทโรไฮเดรท).....	114
6.22 ค่าแรงงานระยะดำเนินงานที่กำลังการผลิต 30,000 ตันปี (ใช้ลูมินาไทโรไฮเดรท).....	115

6.23 ค่าจ้างแรงงานสำหรับกำลังการผลิตต่างๆ (ใช้อลูมินาไทโรไฮเดรท).....	116
6.24 ค่าแรงงานระยะดำเนินงานที่กำลังการผลิต 3,000 ตัน/ปี (ใช้แร่บอกไซต์).....	117
6.25 ค่าแรงงานระยะดำเนินงานที่กำลังการผลิต 30,000 ตัน/ปี (ใช้แร่บอกไซต์).....	118
6.26 ค่าจ้างแรงงานสำหรับกำลังการผลิตต่างๆ (ใช้แร่บอกไซต์).....	119
6.27 แสดงจำนวนเที่ยวรถบรรทุกที่ส่งการประปานครหลวง.....	121
6.28 แสดงจำนวนเที่ยวที่ต้องส่งการประปาสวนภูมิภาค.....	121
6.29 งบประมาณการลงทุนซื้อรถบรรทุกสินค้า.....	122
6.30 งบประมาณค่าน้ำมันรถ.....	122
6.31 งบประมาณการค่าขนส่งรถบรรทุกสารส้มก้อน.....	123
6.32 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 3,000 ตัน/ปี (อลูมินาไทโรไฮเดรท).....	126
6.33 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 10,000 ตัน/ปี (อลูมินาไทโรไฮเดรท).....	127
6.34 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 15,000 ตัน/ปี (อลูมินาไทโรไฮเดรท).....	128
6.35 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 20,000 ตัน/ปี (อลูมินาไทโรไฮเดรท).....	129
6.36 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 25,000 ตัน/ปี (อลูมินาไทโรไฮเดรท).....	130
6.37 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 30,000 ตัน/ปี (อลูมินาไทโรไฮเดรท).....	131
6.38 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 3,000 ตัน/ปี (แร่บอกไซต์).....	132
6.39 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 10,000 ตัน/ปี (แร่บอกไซต์).....	133

6.40 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 15,000 ตัน/ปี (แรมบอไชท์).....	134
6.41 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 20,000 ตัน/ปี (แรมบอไชท์).....	135
6.42 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 25,000 ตัน/ปี (แรมบอไชท์).....	136
6.43 ต้นทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิต 30,000 ตัน/ปี (แรมบอไชท์).....	137
6.44 การเปรียบเทียบเพื่อหาสารที่เหมาะสม.....	138
6.45 แสดงงบลงทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิตต่างๆ (ใช้อลูมินาไทรไฮเดรท).....	138
6.46 แสดงงบลงทุนการผลิตสารส้มที่กำลังการผลิตต่างๆ (ใช้แรมบอไชท์).....	140
รายการอ้างอิง.....	147
ภาคผนวก ก.....	149
ภาคผนวก ข.....	162
ประวัติผู้เขียน.....	211

สารบัญรูป

รูปที่

3.1 แสดงกระบวนการผลิตน้ำประปาของการประปานครหลวง.....	32
4.1 กราฟแสดง Growth Rate ของการผลิตน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค	62
5.1 แผนผังแสดงขบวนการผลิตสารส้มจากอลูมินา.....	84
5.2 แผนผังขบวนการผลิตสารส้มจากแร่บอกไซต์ ด้วยวิธี Alkaline Process	87
5.3 แผนผังขบวนการผลิตสารส้มจากแร่บอกไซต์ ด้วยวิธี Acid Process	88
5.4 แผนผังขบวนการผลิตสารส้มจากแร่บอกไซต์ ด้วยวิธี	89
The Dorr Process.....	
5.5 แสดงกระบวนการผลิตสารส้มจากแรดิกโคสต์.....	90
5.6 แสดงกระบวนการผลิตสารส้มจากแร่บอกไซต์.....	94
5.7 หม้อปฏิกรณ์.....	95
6.1 กราฟเปรียบเทียบต้นทุนต่อหน่วย.....	139