การออกแบบระบบที่เหมาะสมในการทำให้กากน้ำตาลใส

นายณัฐพงศ์ งามประดิษฐ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541
ISBN 974-331-205-6
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19[illegible]

DESIGN OF AN OPTIMAL MOLASSES CLARIFICATION SYSTEM

Mr.Natthapong Ngampradit

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Chemical Technology
Department of Chemical Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974-331-205-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบระบบที่เหมาะสมในการทำให้กากน้ำตาลใส
โดย	นายณัฐพงศ์ งามประดิษฐ์
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูชาติ บารมี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์)

..... กรรมการ

(นายกระวี ณ ป้อมเพ็ชร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ณัฐพงศ์ งามประดิษฐ์ : การออกแบบระบบที่เหมาะสมในการทำให้กากน้ำตาลใส (DESIGN OF AN OPTIMAL MOLASSES CLARIFICATION SYSTEM) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ.ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ ;115 หน้า.
ISBN 974-331-205-6.

กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบหลักเพื่อใช้หมักสำในกระบวนการผลิตสุราและแอลกอฮอล์ ในปัจจุบันสภาพของกากน้ำตาลมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ ปริมาณของแข็งปะปนมาในกากน้ำตาลที่ไม่ใช่น้ำตาลมีจำนวนมากขึ้น ดังเช่น Ca^{2+} = 13,000 ppm, SiO_2 = 22,000 ppm, SO_4^{2-} = 18,000 ppm และ PO_4^{3-} = 1,800 ppm โดยเฉพาะแคลเซียมซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดตะกรันจับอยู่ตามท่อของเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หอกลั่น เครื่องทำความร้อน และเครื่องระเหยกากสำ ทำให้ไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ ดังนั้นการกำจัดแคลเซียมในกากน้ำตาลก่อนนำไปสู่กระบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไป เป็นการแก้ปัญหาตั้งแต่เบื้องต้น ซึ่งน่าจะมีผลดีต่อกระบวนการที่อยู่ทางด้าน ดาวน์สตรีม (Downstream) อย่างมาก ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองการกำจัดแคลเซียมใน 3 ลักษณะ คือ วิธีการทางกล วิธีการทางเคมีและทางกล และวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน

จากผลการทดลอง วิธีการทางกลลดปริมาณแคลเซียมได้ร้อยละ 20 วิธีการทางเคมีและทางกลลดปริมาณแคลเซียมได้ร้อยละ 94 และวิธีการแลกเปลี่ยนไอออนลดปริมาณแคลเซียมได้ร้อยละ 96 ส่วนขั้นตอนสุดท้ายในการเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการลงทุนจะมีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Super Pro Designer รุ่น 2.7 พบว่ากระบวนการกำจัดแคลเซียมโดยการเติมสารเคมีและเหวี่ยงแยกเหมาะสมที่จะประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมโดยคำนึงด้านเศรษฐศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต ณัฐพงศ์ งามประดิษฐ์
สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C827759 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY
KEY WORD: MOLASSES / CLARIFICATION

NATTHAPONG NGAMPRADIT : DESIGN OF AN OPTIMAL MOLASSES CLARIFICATION SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PORNPOTE PIUMSOMBOON, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : PROF. PATTARAPHAN PRASSASARAKICH, Ph.D. 115 pp. ISBN 974-331-205-6.

Molasses are main raw material for fermentation in liquor industries. At present the quality of molasses become deteriorative. The solid quantities in molasses are high such as Ca^{2+} = 13,000 ppm, SiO_2 = 22,000 ppm, SO_4^{2-} = 18,000 ppm and PO_4^{3-} = 1,800 ppm. Calcium salts are the major contribution to the deposits of hard scale in pipelines and heating equipment such as heat exchanger, distillation column, heater, and evaporator. Consequently, the plant cannot increase the production. For molasses pretreatment, calcium removal, before feeding to the process, is considered to be beneficial for the downstream process. In this work, three approaches were investigated: mechanical method, chemical and mechanical method, and ion exchange method.

The results show that the mechanical method can remove calcium approximate 20 %, the chemical-mechanical method can remove approximate 94 %, and the ion exchange method can remove approximate 96 %. In order to make selection between the last two methods. From simulation with SuperPro Designer program version 2.7, it is shown that the chemical and mechanical is the appropriate method to be implemented in the industry.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต ณัฐพงษ์ งามประดิษฐ์

สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ.ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศ.ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ มาด้วยดีตลอด และเนื่องจากทุนการวิจัยนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัยจึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ชูชาติ บารมี ผศ.ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์ และอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ชี้แนะให้คำปรึกษาให้งานวิจัยนี้เสนอเป็นผลงานได้อย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณกระวี ณ ป้อมเพ็ชร ที่ช่วยเหลือทางด้านวัตถุดิบและให้คำปรึกษาในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่โรงงานสุราบางยี่ขัน 2 ที่ช่วยเหลือทางด้านวัตถุดิบในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คุณวนิดา หวังพงษ์สวัสดิ์ ที่ช่วยเหลือด้านการเอ็กซ์เรย์องค์ประกอบของตะกรัน

ขอขอบพระคุณ คุณอมรรัตน์ อัษฎมงคล ที่ช่วยเหลือทางด้านเรซิน

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ การเบิกจ่ายเครื่องมือ ในการทำวิจัยครั้งนี้จนสามารถดำเนินการวิจัยได้ดีมาโดยตลอด

ขอบคุณเพื่อนๆ และพี่น้องชาวเคมีเทคนิค รวมทั้งผู้อยู่เบื้องหลังทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือที่ดีเสมอมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการทำวิจัยและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1
   - 1.1 บทนำ..... 1
   - 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2
   - 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2
   - 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 2
2. ทฤษฎีและวารสารปริทรรศน์..... 3
   - 2.1 กากน้ำตาล..... 3
   - 2.2 การละลาย..... 8
   - 2.3 การตกตะกอน..... 9
   - 2.4 การแลกเปลี่ยนไอออน..... 14
   - 2.5 กระบวนการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์จากกากน้ำตาล..... 21
   - 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 21
3. เครื่องมือและวิธีการทดลอง..... 24
   - 3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง..... 24
   - 3.2 วิธีการทดลอง..... 25
   - 3.3 การหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในกากน้ำตาล..... 28
   - 3.4 การหาปริมาณแคลเซียมในกากน้ำตาล..... 29

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 31
   4.1 ข้อมูลองค์ประกอบบางชนิดในกากน้ำตาลที่ใช้ทดลอง..... 31
   4.2 ผลการทดลองการวิเคราะห์องค์ประกอบของตะกรัน..... 31
   4.3 การศึกษาการกำจัดแคลเซียมโดยการเหวี่ยงแยก..... 32
   4.4 การวิเคราะห์การกำจัดแคลเซียมโดยการเติมสารเคมีและเหวี่ยงแยก..... 35
   4.5 ผลของปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 1 โมลาร์ ความเร็วการเหวี่ยง และเวลาการเหวี่ยงต่อการลดลงของแคลเซียม..... 39
   4.6 การกำจัดแคลเซียมโดยการแลกเปลี่ยนไอออน..... 43
   4.7 การหาอายุการใช้งานเรซิน..... 45
   4.8 การจำลองภาวะการณ์การกำจัดแคลเซียมจากกากน้ำตาล..... 47
5. สรุปผลการทดลอง..... 55
   5.1 สรุปผลการทดลอง..... 55
   5.2 ข้อเสนอแนะ..... 56

รายการอ้างอิง..... 57

ภาคผนวก..... 59

ภาคผนวก ก..... 60

ภาคผนวก ข..... 63

ภาคผนวก ค..... 65

ภาคผนวก ง..... 86

ภาคผนวก จ..... 89

ภาคผนวก ฉ..... 91

ประวัติผู้วิจัย..... 115

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบของน้ำตาล..... 5

2.2 ปริมาณสารอนินทรีย์ในกากน้ำตาล..... 5

2.3 กฎ 8 ข้อของการละลายของสารอนินทรีย์..... 10

2.4 ค่าคงที่ของการละลายขององค์ประกอบของซัลเฟตในน้ำเทียบกับในสารละลายร้อยละ 50 ของเอทิลแอลกอฮอล์..... 12

4.1 องค์ประกอบต่างๆ ในกากน้ำตาลที่ใช้ในงานวิจัย..... 31

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุต่างๆ ในตะกรัน..... 31

4.3 ผลของปริมาณน้ำตาล ความเร็วการเหวี่ยง และเวลาการเหวี่ยง ต่อการลดปริมาณแคลเซียม..... 33

4.4 ข้อมูลวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเชิงเส้นของการกำจัดแคลเซียมโดยวิธีเหวี่ยงแยก..... 34

4.5 ผลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ ต่อการลดลงของแคลเซียม..... 36

4.6 ผลของปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 1 โมลาร์ ต่อการลดลงของแคลเซียม..... 36

4.7 ผลของปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 1 โมลาร์ ความเร็วการเหวี่ยง และเวลาการเหวี่ยงต่อการลดลงของแคลเซียม..... 41

4.8 ข้อมูลวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณเชิงเส้นของการกำจัดแคลเซียมโดยวิธีเติมโซเดียมคาร์บอเนตและเหวี่ยงแยก..... 42

4.9 การกำจัดแคลเซียมโดยการแลกเปลี่ยนไอออน..... 44

4.10 ปริมาณน้ำตาลที่ลดลงในการใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออน..... 44

4.11 อายุการใช้งานเรซิน..... 46

4.12 ราคาอุปกรณ์และสารเคมีจากการจำลองภาวะการณ์กำจัดแคลเซียมด้วยวิธีต่างๆ..... 52

4.13 ราคาสารเคมีที่ใช้ในการจำลองภาวะการณ์..... 53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

4.14 จำนวนครั้งที่ต้องหยุดปฏิบัติการในการทำความสะอาดหอกลั่นที่วิธีการกำจัดแคลเซียมวิธีต่างๆ 53
ค.2 ข้อมูลการทดลองการกำจัดแคลเซียมโดยการเหวี่ยงแยกที่ ปริมาณน้ำตาล ความเร็วในการเหวี่ยง และเวลาในการเหวี่ยงต่างๆ กัน 73
ค.3 ข้อมูลการทดลองเติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์และเหวี่ยงแยกเพื่อกำจัดแคลเซียมในกากน้ำตาลที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างกัน 75
ค.4 ข้อมูลการทดลองเติมสารโซเดียมคาร์บอเนตและเหวี่ยงแยกเพื่อกำจัดแคลเซียมในกากน้ำตาลที่ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตต่างกัน 76
ค.5 ข้อมูลการทดลองเติมโซเดียมและเหวี่ยงแยกเพื่อกำจัดแคลเซียมในกากน้ำตาลที่ ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต ความเร็วในการเหวี่ยง และเวลาในการเหวี่ยงต่างๆ กัน 77
ค.6 ข้อมูลการทดลองกำจัดแคลเซียมโดยใช้เรซินปริมาณ 100 มิลลิลิตร 79
ค.7 ข้อมูลการทดลองกำจัดแคลเซียมโดยใช้เรซินปริมาณ 200 มิลลิลิตร 80
ค.8 ข้อมูลการทดลองกำจัดแคลเซียมโดยใช้เรซินปริมาณ 300 มิลลิลิตร 81
ค.9 ข้อมูลการทดลองกำจัดแคลเซียมโดยใช้เรซินปริมาณ 400 มิลลิลิตร 82
ค.10ข้อมูลการทดลองกำจัดแคลเซียมโดยใช้เรซินปริมาณ 500 มิลลิลิตร 83
ค.11ข้อมูลการทดลองหาปริมาณน้ำตาลเมื่อกำจัดแคลเซียมโดยใช้เรซิน 84
ค.12ข้อมูลการทดลองหาอายุการใช้งานของเรซินที่ใช้งานกับกากน้ำตาล 85
ง.3 สารรีดิวซิงโดยวิธีของ Lane และ Eynon 88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบพื้นฐานในกากน้ำตาล	4
2.2	ผลของขนาดอนุภาคที่มีต่อการละลาย	9
2.3	เวลาการเกิดนิวคลีเอชันของแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรตกับผลต่างของอุณหภูมิของสารละลายอิ่มตัวยวดยิ่ง กับสารละลายอิ่มตัวที่ความเข้มข้นต่างๆ	13
2.4	ค่าคงที่ของการเกิดนิวคลีเอชัน	13
2.5	เวลาปฏิบัติการก่อนเกิดตะกรันจากแคลเซียมซัลเฟตในท่อที่มีความร้อน	14
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเป็นกรด-เบสกับปริมาณสารเคมีที่เติมลงในกากน้ำตาล	38
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่ลดลงกับปริมาณสารเคมี	38
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่ลดลงกับค่าความเป็นกรด-เบสเมื่อเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์	40
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่ลดลงกับค่าความเป็นกรด-เบสเมื่อเติมโซเดียมคาร์บอเนต	40
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลที่ลดลงกับความสูงเรซิน	45
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่ลดลงกับเวลาหลังกากน้ำตาลผ่านเรซิน	46
4.7	การกำจัดแคลเซียมโดยวิธีเหวี่ยงแยก	48
4.8	การกำจัดแคลเซียมโดยวิธีเติมสารเคมีและเหวี่ยงแยก	49
4.9	การกำจัดแคลเซียมโดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน	49
4.10	การกำจัดแคลเซียมโดยวิธีเติมสารเคมี เหวี่ยงแยก และแลกเปลี่ยนไอออน	50
4.11	กระบวนการผลิตเอทิลแอลกอฮอล์จากกากน้ำตาล	51