

เพชรบุรีลจากซึ่งยาวโพด

นางสาวสันทนา พุทธารธร



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

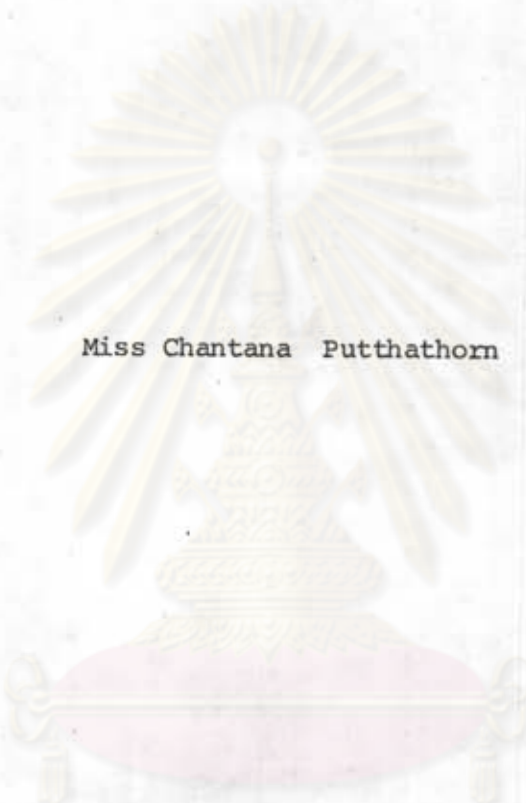
พ.ศ. 2528

ISBN 974-546-064-6

008681

I16251586

FURFURAL FROM CORN COBS



Miss Chantana Putthathorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1985

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เฟอร์ฟูรัลจากซังข้าวโพด

โดย นางสาวจันทนา พุทธธอร์

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศศิธร บุญ-หลง

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

สุประดิษฐ์ มุนนาค
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
 (รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ มุนนาค)



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ชัชวฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ
ประธานกรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัชวฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ)

ศศิธร บุญ-หลง
กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศศิธร บุญ-หลง)

เกริกชัย สุกาญจน์จัต
กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. เกริกชัย สุกาญจน์จัต)

สุวิมลนา พวงเพิกศึกษ
กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิมลนา พวงเพิกศึกษ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เฟอร์ฟูรัลจากซังข้าวโพด

ชื่อผลิต นางสาวฉันทนา พุทธอาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศศิธร บุญ-หลง

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2527

บทคัดย่อ

เฟอร์ฟูรัลเป็นสารสำคัญที่สุดในกลุ่มฟูแรน ผลิตได้จากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร ที่มีเพนโตแซนเป็นองค์ประกอบ เช่น ซังข้าวโพด กากอ้อย เปลือกถั่ว เปลือกเมล็ดฝ้าย รำข้าว เปลือกเมล็ดทานตะวัน เปลือกข้าวโอ๊ต และก้านข้าวโพด เป็นต้น

จากการทดลองผลิตเฟอร์ฟูรัลจากซังข้าวโพด ที่ความดันบรรยากาศ, อุณหภูมิในเครื่องปฏิกรณ์ 100°C พบว่าสภาวะที่ทำให้เฟอร์ฟูรัลในปริมาณที่สูงที่สุดคือ เมื่อทำปฏิกิริยาที่ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกร้อยละ 15 (โดยปริมาตร) อัตราส่วนซังข้าวโพดต่อสารละลายกรด 1 : 2 (น้ำหนักต่อปริมาตร), ระยะเวลาแยกซังข้าวโพด 1 ชั่วโมง, ขนาดของซังข้าวโพด ประมาณ 1.115 มิลลิเมตร (12-20 เมช) ซึ่งจะให้ผลผลิตเฟอร์ฟูรัลร้อยละ 9.8 (โดยน้ำหนัก) ปริมาณเฟอร์ฟูรัลในของเหลวที่กลั่นได้ร้อยละ 0.52 (น้ำหนักต่อปริมาตร) แต่ถ้าพิจารณาในกรณีที่ใช้ปริมาณกรดซัลฟูริกซึ่งเป็นวัตถุดิบในการทำปฏิกิริยาให้น้อยที่สุด พบว่า ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ต้องใช้น้อยที่สุดในการผลิตเฟอร์ฟูรัล 1 ตัน คือใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 3.3 ตัน ใช้ซังข้าวโพดจำนวน 12 ตัน ซึ่งจะได้ผลผลิตเฟอร์ฟูรัลร้อยละ 8.3 เฟอร์ฟูรัลในของเหลวที่กลั่นได้ร้อยละ 0.4 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ในกรณีนี้จะต้องทำปฏิกิริยาที่อัตราส่วนซังข้าวโพดต่อสารละลายกรด 1 : 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตัวแปรอื่น ๆ ยังคงเหมือนเดิม

จากการวิเคราะห์การลงทุนสำหรับโรงงานผลิตเฟอร์ฟูรัลในประเทศไทยที่มีกำลังการผลิต 1,500 ตันต่อปี พบว่าจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนทั้งหมดเป็นเงินประมาณ 94 ล้านบาท

ให้ผลตอบแทนปีละประมาณ 14.9) ล้านบาท หรือคิดเป็นอัตราผลตอบแทนได้ร้อยละ 15.9 มี
ระยะเวลาคืนทุน 4.4 ปี เป็นโครงการที่เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะลงทุนในชั้นอุตสาหกรรมใน
ประเทศไทย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title Furfural From Corn Cobs

Name Miss Chantana Putthathorn

Thesis Advisor Assistant Professor Sasithorn Boon-Long, Dr. 3^{eme}
Cycle

Department Chemical Engineering

Academic year 1984

ABSTRACT

Furfural is the most important chemical substance in the furan series. It is produced from agricultural wastes containing pentosan, e.g. corn cob, bagasse, nut husk, cotton seed hull, wheat, sunflower seed hull, oat bark and corn stalk etc.

Experimental studies carried out to produce furfural from corn cob at atmospheric pressure and reaction temperature of 100°C showed that the conditions for maximum yield is the reaction with 15 percent (by volume) sulphuric acid, ratio of solid to liquid 1 : 2 (weight by volume), pregation time 1 hour, corn bob size 1,115 mm. (12-20 mesh) will yield 9.8 percent furfural (by weight) and 0.52 percent furfural in the distillate. (weight by volume). However when considering the amount of concentrated sulphuric acid used in the reaction, it was found that to produce 1 ton of furfural the minimum amount of concentrated sulphuric acid needed is 3.3 tons and 12 tons corn cob, which will give 8.3 percent furfural (by weight) and 0.4 percent furfural in the distillate (weight by volume).

thus for this reaction the ratio of corn cob to acid solution is 1 : 1, (weight by volume), other variables being the same.

Investment cost for furfural plant in Thailand having a capacity of 1,500 tons per year is approximately 94 million baht, return approximately 15.3 million baht or rate of return 16.4 percent, and pay out period is 4.3 years. It is a project worth investing in Thailand.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือ แนะนำ ในด้านวิชาการและการ
ทดลอง จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศศิธร บุญ-หลง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรม-
เคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นางนิภายงค์ ลูคนธรทรัพย์ และ
นางสาวบุปผา รุ่งเวชวุฒิสกุล งานวิเคราะห์ทั่วไป กองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวง
วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน

ขอกราบขอบพระคุณท่านทั้ง 3 มา ณ ที่นี้ด้วย

ขออุทิศส่วนดีของวิทยานิพนธ์นี้ แก่ นายศิระ ศิริศิลป์วัฒนาบุญล ผู้แนะนำหัวข้อ
วิทยานิพนธ์นี้



นางสาวสันทนา ชูธาราร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	๙
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๑๑
กิตติกรรมประกาศ	๗
รายการตารางประกอบ	๘
รายการรูปประกอบ	๗



บทที่

1. บทนำ	1
1.1 เหตุจูงใจที่ทำการศึกษาวิจัยนี้	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัยนี้	5
2. เฟอร์นิเจอร์และอนุพันธ์ของเฟอร์นิเจอร์	6
2.1 ประวัติความเป็นมา	6
2.2 เฟอร์นิเจอร์และอนุพันธ์ของเฟอร์นิเจอร์	7
2.3 คุณลักษณะทางฟิสิกส์	8
2.4 คุณลักษณะทางเคมีและปฏิกิริยา	9
2.5 การเปลี่ยนเฟอร์นิเจอร์เป็นอนุพันธ์หลัก	16
2.6 ประโยชน์ของเฟอร์นิเจอร์	17
3. วัสดุที่นำไปใช้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์	21
3.1 วัสดุที่นำไปใช้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์	21
3.2 ความเป็นมาของข้าวโพด	27
3.3 ฤดูกาลผลิตข้าวโพด	27
3.4 การเพาะปลูกข้าวโพดในประเทศไทย	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. การผลิตเฟอร์ฟูรัล	41
4.1 เคมียของการผลิตเฟอร์ฟูรัล	41
4.2 ผลกระทบของตัวแปรของปฏิกิริยา	45
4.3 เทคโนโลยีการผลิตเฟอร์ฟูรัล	46
4.4 ลัรูป	52
5. การทดลองและผลการทดลอง	53
5.1 ตัวแปรสำหรับการทดลอง	53
5.2 เครื่องมือสำหรับการทดลอง	54
5.3 วิธีการทดลอง	55
5.4 วิธีวิเคราะห์ผลการทดลอง	58
5.5 ผลการทดลอง	59
5.6 ลัรูปผลการทดลอง	64
6. ปริมาณการผลิตเฟอร์ฟูรัลและตลาด	103
6.1 ก้าสั่งการผลิต	103
6.2 การบริโภคและการค้าระหว่างประเทศ	106
6.3 การเปลี่ยนแปลงราคาของเฟอร์ฟูรัล	109
7. การวิเคราะห์การลงทุน	115
7.1 การประเมินต้นทุนต่าง ๆ ในการลงทุนตั้งโรงงานผลิต เฟอร์ฟูรัล	115
7.2 การประมาณรายได้	119
7.3 การคำนวณผลตอบแทน	119
7.4 การคำนวณระยะเวลาค่าคืนทุน	120

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
8. สรุปลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	122
8.1 สรุปลการวิจัย	122
8.2 ข้อเสนอแนะ	124
สัณยลักษณ์	126
เอกสารอ้างอิง	127
ภาคผนวก ก ชื่อจังหวัดในภาคต่าง ๆ	129
ภาคผนวก ข ชื่อจังหวัดในเขตเศรษฐกิจต่าง ๆ	131
ภาคผนวก ค ภาพแสดงเขตเศรษฐกิจของประเทศไทย	132
ภาคผนวก ง แผนผังโครงสร้างการบริหารงานของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ กำลังการผลิต 1,500 ตัน	133
ประวัติผู้เขียน	134

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของ เพอร์ฟรูลและอนุพันธ์ฟรุ่ม	10
2.2	ความสามารถในการละลายซึ่งกันและกันของ เพอร์ฟรูลและน้ำ	14
2.3	ประโยชน์ของ เพอร์ฟรูล	21
3.1	แสดงองค์ประกอบพวกเพนโทแซน เซลลูโลส และลิกนิน ที่อยู่ในไม้เนื้อแข็ง, ไม้เนื้ออ่อน และวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร	24
3.2	ผลผลิตเพอร์ฟรูลที่ใช้วัตถุดิบชนิดต่าง ๆ	25
3.3	แสดงปริมาณวัตถุดิบและประมาณขนาดของ เครื่องปฏิกรณ์ที่เหมาะสมในการผลิตเพอร์ฟรูล	26
3.4	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : เนื้อที่เพาะปลูก จำนวนผลผลิตและผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ปีเพาะปลูก 2516/17-2525/26	29
3.5	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : ราคาที่เกษตรกรขายได้และเลขดัชนีราคา ปีเพาะปลูก 2516/17-2525/26	31
3.6	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : เนื้อที่เพาะปลูกเป็นรายภาค ปีเพาะปลูก 2521/22-2525/26	32
3.7	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : ผลผลิตเป็นรายภาค ปีเพาะปลูก 2521/22-2525/26	33
3.8	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : ผลผลิตต่อไร่ (กก.) เป็นรายภาค ปีเพาะปลูก 2521/22-2525/26	33
3.9	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : เนื้อที่เพาะปลูกเป็นรายเขตเศรษฐกิจ ปีเพาะปลูก 2521/22-2525/26	35
3.10	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : ผลผลิต (ตัน) เป็นรายเขตเศรษฐกิจ ปีเพาะปลูก 2521/22-2525/26	36
3.11	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : ผลผลิตต่อไร่ (กก.) เป็นรายเขตเศรษฐกิจ ปีเพาะปลูก 2521/22-2525/26	37

รายการตารางประกอบ.. (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3.12 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : เนื้อที่เพาะปลูกเฉพาะจังหวัดที่นำสนใจ ปีเพาะปลูก 2521/22-2525/26	38
3.13 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : ผลผลิต (ตัน) เฉพาะจังหวัดที่นำสนใจ ปีเพาะปลูก 2521/22-2525/26	38
3.14 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : ผลผลิตต่อไร่ (กก.) เฉพาะจังหวัดที่นำสนใจ ปีเพาะปลูก 2521/22-2525/26	39
5.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 1	66
5.2.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 2.1	67
5.2.2 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 2.2	68
5.3 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 3.....	69
5.4.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 4.1	70
5.4.2 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 4.2	71
5.4.3 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 4.3	72
5.4.4 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 4.4	73
5.5.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 5.1	74
5.5.2 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 5.2	75
5.5.3 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 5.3	76
5.5.4 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 5.4	77
5.6.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 6 : ขนาดขังข้าวโพด, ปริมาณความชื้น, น้ำหนักจافةเพาะ	78
5.6.2 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 6	79
5.7.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 7	80
5.8 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 8	81

รายการตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.1 แสดงกำลังการผลิตของโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ในบางประเทศ ปี 1976	104,
6.2 ปริมาณนำเข้าเฟอร์นิเจอร์ของประเทศในกลุ่ม EEC ปี 1972-1976	107
6.3 สํารัฐบาลโตมิกัน : ปริมาณการส่งออกเฟอร์นิเจอร์ในปี 1972- 1976	108
6.4 EEC : ปริมาณนำเข้าเฟอร์นิเจอร์จากประเทศจีน ปี 1972-1976	108
6.5 ราคาเฟอร์นิเจอร์ในสหรัฐอเมริกา ในปี 1974-1984	112
6.6 ราคาต่อหน่วยของเฟอร์นิเจอร์ที่ส่งออกจากสํารัฐบาลโตมิกันในปี 1972-1976	113
6.7 ราคาต่อหน่วยของเฟอร์นิเจอร์ที่ส่งออกจาก EEC ในปี 1972-1976	113
7.1 แสดงดัชนีราคาสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเคมี	116

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงองค์ประกอบของไอ-ของเหลวสำหรับเฟอร์รูรัล-น้ำ ที่ความดัน บรรยากาศ	13
3.1	แสดงสิ่งที่สามารถผลิตได้จากเศษวัสดุเหลือใช้จากพืชโดยการ- ไฮโดรไลซิส	23
3.2	เนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิตและผลได้เฉลี่ยต่อไร่ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปีเพาะปลูก 2516/17-2524/25	30
4.1	แสดงการแตกตัวของโมเลกุลเพนโตแซนให้เฟอร์รูรัล	42
4.2	การเกิดเฟอร์รูรัล	43
4.3	แสดงค่าคงที่ของความเร็วของปฏิกิริยา k ของการแตกตัวของ เพนโตแซน, การละลายเพนโตส, การรวมตัวของเฟอร์รูรัล และการ กลายเป็นเรซินของเฟอร์รูรัล	44
4.4	แผนภาพแสดงโรงงานแบบต่อเนื่อง สำหรับเฟอร์รูรัลและกรดอะซิติก	48
4.5	แผนภาพแสดงโรงงานผลิตเฟอร์รูรัลแบบต่อเนื่อง แบบโรเชมลิว	51
5.1	แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ชุดที่ 1	56
5.2	แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ชุดที่ 2	57
5.3	ความเข้มข้นของสารละลายเฟอร์รูรัลกับการดูดกลืนแสงจูลตราไวโอเล็ต	52
5.1.1	แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 1 : เฟอร์รูรัลกับความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก	83
5.1.2	แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 1 : เฟอร์รูรัลในของเหลวที่กลั่นได้ กับ ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก	84
5.2.1	แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 2 : เฟอร์รูรัลกับอัตราส่วนเชิงข้าวโพดต่อ สารละลายกรด	85
5.2.2	แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 2 : เฟอร์รูรัลในของเหลวที่กลั่นได้กับ อัตราส่วนเชิงข้าวโพดต่อสารละลายกรด	86

รายการรูปภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.3.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 3 : เพอร์ฟูรัลกับเวลาก่อนผ่านไอน้ำ	87
5.3.2 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 3 : เพอร์ฟูรัลในของเหลวที่กลั่นได้กับเวลาก่อนผ่านไอน้ำ	88
5.4.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 4.1-4.4 : เพอร์ฟูรัลกับความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก	89
5.4.2 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 4.1-4.4 : เพอร์ฟูรัลในของเหลวที่กลั่นได้กับความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก	90
5.4.3 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 4.1-4.4 : ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ต่อต้นเพอร์ฟูรัลกับความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก	91
5.4.4 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 4.1-4.4 : ปริมาณเชิงยาวโพดที่ใช้ต่อต้นเพอร์ฟูรัลกับความเข้มข้น	92
5.5.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 5.1-5.4 : เพอร์ฟูรัลกับอัตราส่วนเชิงยาวโพดต่อสารละลายกรด	93
5.5.2 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 5.1-5.4 : เพอร์ฟูรัลในของเหลวที่กลั่นได้กับอัตราส่วนเชิงยาวโพดต่อสารละลายกรด	94
5.5.3 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 5.1-5.4 : ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้กับอัตราส่วนเชิงยาวโพดต่อสารละลายกรด	95
5.5.4 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 5.1-5.4 : ปริมาณเชิงยาวโพดที่ใช้กับอัตราส่วนเชิงยาวโพดต่อสารละลายกรด	96
5.6.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 6 : เพอร์ฟูรัลกับขนาดหน้าตัดโดยเฉลี่ย ..	97
5.6.2 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 6 : เพอร์ฟูรัลในของเหลวที่กลั่นได้กับขนาดหน้าตัดโดยเฉลี่ย	98
5.7.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 7 : เพอร์ฟูรัลกับอัตราส่วนเชิงยาวโพดต่อสารละลายกรด	99

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.7.2 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 7 : เพอร์ฟูรัลในของเหลวที่กลั่นได้กับ อัตราส่วนซึ่งยาวโพดต่อสารละลายกรด	100
5.8.1 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 8 : เพอร์ฟูรัลกับเวลาก่อนผ่านไอน้ำ ...	101
5.8.2 แสดงผลการทดลอง ชุดที่ 8 : เพอร์ฟูรัลในของเหลวที่กลั่นได้กับเวลา ก่อนผ่านไอน้ำ	102



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย