

การผลิตแปงและน้ำตาลเหลวจากข้าวโพคที่ปลูกในประเทศ



นางสาวอรพร เต็มวาณิชย์

007612

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-560-703-7

ราคา 60

118238506

PRODUCTION OF STARCH AND SYRUP FROM LOCALLY GROWN CORN

MISS ORAPORN TEMVANISH

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตแป้งและน้ำตาลเหลวจากข้าวโพดที่ปลูกในประเทศ
โดย นางสาวอรพร เต็มวาณิชย์
ภาควิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ เอื้ออำไพ สุวรรณยืน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต
.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประติษฐ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธีรพิทยากุล)
..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ)
..... กรรมการ
(อาจารย์ เอื้ออำไพ สุวรรณยืน)
..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พันธุ์พา จันทวัฒน์)
..... กรรมการ
(ดร.พงษ์ วนานวัธ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตแป้งและน้ำตาลเหลวจากข้าวโพดที่ปลูกในประเทศ
ชื่อนิสิต	นางสาวอรพร เต็มวาณิชย์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา	2524

บทคัดย่อ

การแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพดด้วยขบวนการ Wet milling ได้ผลดี เพราะเมล็ดข้าวโพดอ่อนนุ่ม ต้นอ่อนแยกออกได้ง่ายโดยไม่แตกหัก และมีส่วนแบ่งปนกับส่วนต้นอ่อนในปริมาณน้อย เวลาในการแช่, อุณหภูมิ และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของน้ำที่ใช้ในการแช่เมล็ดข้าวโพด เป็นตัวแปรที่สำคัญในขบวนการนี้ สภาวะที่เหมาะสมในการแช่คือ เวลา 48 ชั่วโมง, อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.2% น้ำหนัก/ปริมาตร แป้งที่แยกได้มีความบริสุทธิ์ 97.7% คุณภาพของแป้งอยู่ในเกณฑ์ที่ทัดเทียมกับเกณฑ์ของ Corn Industries Research Foundation

การย่อยแป้งข้าวโพดให้เป็นน้ำตาลเหลวได้ใช้ขบวนการย่อยด้วยกรด และการย่อยด้วยกรดกับเอ็นไซม์ ปริมาณกรดเกลือเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการย่อยแป้งในวิธีแรกคือ 1.5% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง, ความเข้มข้นของสารละลายแป้ง 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร, เวลาที่ใช้ย่อย 35 นาที, อุณหภูมิและความดัน 121 องศาเซลเซียส และ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว ตามลำดับ น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดที่ได้มีค่าสมมูลย์เดกโตรอสอยู่ในช่วง 50-55 สำหรับวิธีหลัง ปริมาณกรดเกลือเข้มข้นในขั้นตอนที่ย่อยด้วยกรดเกลือใช้เพียง 0.25% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง ในขั้นตอนการย่อยด้วยเอ็นไซม์กลูโคมิเลส ความเข้มข้นของสารละลายแป้งที่เหมาะสมเท่ากับวิธีแรกคือ 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร ปริมาณเอ็นไซม์กลูโคมิเลสคือ 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง, เวลาที่ใช้ในการย่อย 30 ชั่วโมง, อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความดัน 4.0 ปริมาณน้ำตาลที่ได้มีสมมูลย์เดกโตรอสสูงถึง 90-95 คุณภาพของน้ำตาลเหลวที่ได้จากทั้ง 2 วิธีอยู่ในเกณฑ์ที่ทัดเทียมกับเกณฑ์มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

Thesis Title	Production of Starch and Syrup from Locally Grown Corn
Name	Miss Oraporn Temvanish
Thesis Advisor	Associate Professor Somsakdi Damronglerd; Ph.D.
Department	Chemical Technology
Academic Year	1981

ABSTRACT

Good quality starch was separated from corn kernel by using wet milling process. The efficient separation resulted from the appropriate softness of the kernel, the unbroken and readily separated germ and the small amount of germ contamination, provided by the wet milling process. Steeping time, temperature and sulfurdioxide concentration in steeping water were important variable in this process. Optimum condition for steeping was 48 hours maceration at 50°C and 0.2% w/v sulfurdioxide. The purity of the separated starch is as high as 97.7% and its quality is comparable to that defined by the Corn Industries Research Foundation.

Production of corn syrup from corn starch was carried out with acid and acid-enzyme hydrolysis. The optimum concentration of concentrated hydrochloric acid used in the first process was 1.5% v/w (dry basis), with concentration of starch slurry 30% w/v (dry basis), time 35 minutes, temperature and pressure 121°C and 15 psi respectively. Acid hydrolysed corn syrup could be obtained 50-55 dextrose equivalent. For the latter process, the amounts of concentrated hydrochloric acid

used in liquefaction period was only 0.25% v/w (dry basis). The optimum concentration of starch slurry was 30% w/v (dry basis), the amounts of glucoamylase enzyme was 0.125 ml/100 gm dry starch, time 30 hours, temperature 60°C and pH 4.0. The amount of dextrose from the latter process could be obtained 90-95 dextrose equivalent. The quality of the corn syrup from both processes was comparable to that defined by the Thai Industrial Standard Institute.

กิตติกรรมประกาศ



ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศำรงดีเลิศ และ
อาจารย์ เอื้ออำไพ สุวรรณยืน ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือ
ทางด้านวิชาการเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณภาควิชาเคมีเทคนิค กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
ที่ได้ให้ความช่วยเหลือจนกระทั่งการวิจัยนี้ผ่านไปด้วยความเรียบร้อย

สารบัญ



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ข
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการรูปประกอบ	ช
บทที่	
1 บทนำ	1
2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของ เมล็ดข้าวโพด	2
2.2 ประโยชน์ของข้าวโพดเมล็ด	8
2.3 การแยกแ่่งจากเมล็ดข้าวโพดโดยขบวนการ wet milling	8
2.4 ผลของอุณหภูมิ, เวลา และปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ ในการแยกแ่่งจากเมล็ดข้าวโพด	16
2.5 คุณสมบัติคานต่าง ๆ ของแ่่งข้าวโพด	18
2.6 การใช้ประโยชน์ของแ่่งข้าวโพด	24
2.7 น้ำตาลเหลวจากข้าวโพด	26
2.8 การยอยแ่่งข้าวโพดโดยวิธีการใช้กรด	27
2.9 การยอยแ่่งข้าวโพดโดยวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์	33
2.10 คุณสมบัติของน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด	37
2.11 การใช้ประโยชน์ของน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด	40
3 การทดลอง	42
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	42



บทที่ (ต่อ)

3.2	วัตถุประสงค์และสารเคมี	46
3.3	การแยกแ่งจาก เมล็ดข้าวโพดโดยขบวนการ Wet milling .	48
3.4	การศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ในกรแยกแ่งจากเมล็ด ข้าวโพดโดยขบวนการ Wet milling	48
3.4.1	ศึกษาผลของ เวลาในการแยกแ่งจากเมล็ดข้าวโพด ..	49
3.4.2	ศึกษาผลของอุณหภูมิในการแยกแ่งจากเมล็ดข้าวโพด .	49
3.4.3	ศึกษาผลของปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ในการ แยกแ่งจากเมล็ดข้าวโพด	49
3.5	การแยกแ่งจากเมล็ดข้าวโพดโดยขบวนการ Wet milling ด้วยสภาวะที่เหมาะสม	50
3.6	การย่อยสารละลายแ่งข้าวโพดเป็นน้ำตาลเหลวโดยวิธีการใช้ กรดและวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์	50
3.7	การศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ในการย่อยสารละลายแ่งข้าวโพด เป็นน้ำตาลเหลวโดยวิธีการใช้กรด	51
3.7.1	ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายแ่ง เทียบกับเวลา	51
3.7.2	ศึกษาผลของปริมาณกรดและเวลาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส	51
3.7.3	ศึกษาผลของปริมาณกรดและเวลาที่อุณหภูมิ 121 องศา เซลเซียส, ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว	52
3.8	การศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ในการย่อยสารละลายแ่งข้าวโพด เป็นน้ำตาลเหลว โดยวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์	52
3.8.1	ศึกษาผลของปริมาณกรดที่ใช้ในช่วงการย่อยแ่งด้วยกรด และติดตามด้วยการย่อยด้วยเอ็นไซม์	52



3.8.2	ศึกษาผลของปริมาณเอ็นไซม์กลูโคมิเลสและเวลา	52
3.8.3	ศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อการทำงานของเอ็นไซม์	53
3.8.4	ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการทำงานของเอ็นไซม์	53
3.9	สมภาวะการทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดบริสุทธิ์ด้วยผงถ่าน	53
3.10	การย่อยแป้งข้าวโพดเป็นน้ำตาลเหลวด้วยสภาวะที่เหมาะสม	54
3.11	วิธีวิเคราะห์	55
4	ผลการทดลอง	57
4.1	ผลของตัวแปรต่าง ๆ ในการแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพดโดย ขบวนการ Wet milling	57
4.1.1	ผลของเวลาในการแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพด	57
4.1.2	ผลของอุณหภูมิในการแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพด	60
4.1.3	ผลของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการแยกแป้งจาก เมล็ดข้าวโพด	63
4.2	ผลการแยกแป้งจากเมล็ดข้าวโพดโดยขบวนการ Wet milling ด้วยสภาวะที่เหมาะสม	66
4.3	ผลการวิเคราะห์ปริมาณและคุณภาพของแป้งข้าวโพด	67
4.4	ผลของตัวแปรต่าง ๆ ในการย่อยสารละลายแป้งข้าวโพดเป็น น้ำตาลเหลวโดยวิธีการใช้กรด	68
4.4.1	ผลของความเข้มข้นของสารละลายแป้งข้าวโพด เทียบกับเวลา	68
4.4.2	ผลของปริมาณกรดและเวลาที่อุณหภูมิ 100 องศา เซลเซียส	70
4.4.3	ผลของปริมาณกรดและเวลาที่อุณหภูมิ 121 องศา เซลเซียส, ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว	72



4.5	ผลของตัวแปรต่าง ๆ ในการย่อยสารละลายแป้งข้าวโพด เป็นน้ำตาลเหลวโดยวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์	74
4.5.1	ผลของปริมาณกรดที่ใช้ในช่วงการย่อยแป้งด้วยกรด แล้วติดตามด้วยการย่อยด้วย เอ็นไซม์	74
4.5.2	ผลของปริมาณเอ็นไซม์และเวลา	76
4.5.3	ผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อการทำงาน ของ เอ็นไซม์	78
4.5.4	ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการทำงานของ เอ็นไซม์	80
4.6	ผลการทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าวโพดบริสุทธิ์ด้วยผงถ่าน	82
4.7	ผลการย่อยแป้งข้าวโพดเป็นน้ำตาลเหลวจากข้าวโพดด้วย สภาวะที่เหมาะสม โดยวิธีการใช้กรดและวิธีการใช้กรด กับเอ็นไซม์	88
4.8	ผลการวิเคราะห์ปริมาณและคุณภาพของน้ำตาลเหลวจาก ข้าวโพด	89
5	วิจารณ์ผลการทดลอง	90
6	สรุปผล	100
	เอกสารอ้างอิง	105
	ภาคผนวก	110
	ประวัติ	122

รายการตารางประกอบ



ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเมล็ดข้าว โภคทั้ง เมล็ดและปริมาณต่าง ๆ ที่กระจายในแต่ละส่วน	4
2.2	ผลวิเคราะห์ส่วนประกอบต่าง ๆ ของข้าว โภคพันธุ์หัวบวบ	5
2.3	ปริมาณโปรตีนชนิดต่าง ๆ ที่กระจายในส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าว โภค	6
2.4	ปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ ในเมล็ดข้าว โภค	7
2.5	ส่วนประกอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ได้จากกระบวนการ wet milling	12
2.6	แสดงจุดสมมูลของการผันกลับของกลูโคสที่ 100 องศาเซลเซียส	32
4.1	ลักษณะน้ำหลังแช่, เมล็ดข้าว โภคหลังแช่ และลักษณะการแยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าว โภคในกระบวนการแยกแป้งข้าว โภคที่เวลาต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาตร	58
4.2	ความชื้นของ เมล็ดข้าว โภคหลังแช่, เปอร์ เซนต์ผลผลิต และเปอร์ เซนต์แป้งในการแยกแป้งที่เวลาต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาตร	59
4.3	ลักษณะน้ำหลังแช่, เมล็ดข้าว โภคหลังแช่ และลักษณะการแยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าว โภคในกระบวนการแยกแป้งข้าว โภคที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน, เวลาในการแช่ 48 ชั่วโมง และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาตร	61
4.4	ความชื้นของ เมล็ดข้าว โภคหลังแช่, เปอร์ เซนต์ผลผลิต และเปอร์ เซนต์แป้งในการแยกแป้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน, เวลาในการแช่ 48 ชั่วโมง และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.3% น้ำหนัก/ปริมาตร	62
4.5	ลักษณะน้ำหลังแช่, เมล็ดข้าว โภคหลังแช่ และลักษณะการแยกต้นอ่อนจากเมล็ดข้าว โภคในกระบวนการแยกแป้งข้าว โภคที่ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่าง ๆ กัน,	

ตารางที่ (ต่อ)	หน้า
4.6 เวลาในการแช่ 48 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความชื้นของ เมล็ดข้าว โปดหลังแช่, เปอร์ เซนต์ผลผลิต และเปอร์ เซนต์แป้ง ในการแยกแป้งที่ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่าง ๆ กัน, เวลาในการแช่ 48 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	64 68
4.7 ปริมาณความชื้น และเปอร์ เซนต์ผลผลิตของแป้ง, ต้นอ่อน และกากที่เหลือ	66
4.8 ปริมาณและคุณภาพของแป้งข้าว โปดชนิดต่าง ๆ	67
4.9 สมมูลย์ เดกโตรสที่ความเข้มข้นของแป้งและเวลาต่าง ๆ กัน ที่ 100 องศา เซลเซียส และปริมาณกรดเกลือเข้มข้น 2.5% ปริมาตร/น้ำหนักแป้งแห้ง	68
4.10 สมมูลย์ เดกโตรสที่ปริมาณกรด และเวลาต่าง ๆ กัน ที่ 100 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของสารละลายแป้ง 30% น้ำหนักแป้งแห้ง/ปริมาตร	70
4.11 สมมูลย์ที่ปริมาณกรดและเวลาต่าง ๆ กัน ที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และความเข้มข้นของสารละลายแป้ง 30% น้ำหนัก แป้งแห้ง /ปริมาตร	72
4.12 สมมูลย์ เดกโตรสที่ปริมาณกรดและปริมาณเอ็นไซม์ต่าง ๆ กัน ที่ 60 องศา เซลเซียส และความเป็นกรด-ด่าง 4.5	74
4.13 สมมูลย์ เดกโตรสที่ปริมาณเอ็นไซม์ และเวลาต่าง ๆ กัน ที่ 60 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 4.5	76
4.14 สมมูลย์ เดกโตรสที่ความเป็นกรด-ด่าง ต่าง ๆ กัน โดยใช้ปริมาณเอ็นไซม์ 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแป้งแห้ง เวลา 30 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	78
4.15 สมมูลย์ เดกโตรสที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน โดยใช้ปริมาณเอ็นไซม์ 0.125 มิลลิลิตร/ 100 กรัมแป้งแห้ง เวลา 30 ชั่วโมง และความเป็นกรด-ด่าง 4.0	80
4.16 ค่า % Absorbance ที่ปริมาณผงต่าง ๆ กัน ในการทำให้น้ำตาลเหลว จากข้าวโพดบริสุทธิ์ โดยใช้เวลา 20 นาที วัดค่า % Absorbance ที่ 330 นาโนมิเตอร์	82

ตารางที่ (ต่อ)	หน้า
4. 17 ค่า % Absorbance ที่เวลาต่าง ๆ กันในการใช้ผงถ่านทำให้น้ำตาล เหลวจากข้าวโพดบริสุทธิ์ โดยใช้ปริมาณผงถ่าน 2.0% น้ำหนัก/น้ำหนัก วัดค่า % Absorbance ที่ 330 นาโนมิเตอร์	85
4. 18 เปรียบเทียบผลผลิตของน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด และกากที่เหลือ จาก การผลิตด้วยสภาวะที่เหมาะสม	88
4. 19 คุณลักษณะทั่วไป และคุณลักษณะทางเคมีของน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด	89
4. 20 สิ่งเจือปนและสารปนเปื้อนในน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด	89
ก-1 ปริมาณและคุณภาพของแป้งข้าวโพด	110
ก-2 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด	111
ก-3 วัตถุเจือปนในอาหารในน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด	112
ก-4 สารปนเปื้อนในน้ำตาลเหลวจากข้าวโพด	112
ข-1 Ratio factors for estimating capital-investment items based on delivered equipment cost	121

รายการรูปประกอบ



รูปที่		หน้า
2.1	ส่วนสำคัญต่าง ๆ ของ เมล็ดข้าวโพด	3
2.2-2.3	ขั้นตอนการผลิตแป้งข้าวโพดโดยขบวนการ Wet milling	10-11
2.4	ลักษณะของ เม็ดแป้งข้าวโพด	19
2.5	ลักษณะของ เม็ดแป้งข้าวโพดเมื่อใช้แสงโพลาไรซ์	19
2.6	โครงสร้าง โมเลกุลของแป้งข้าวโพดแสดงส่วนอมิโลสและอมิโลเพกติน	21
2.7	โครงสร้างในลักษณะเป็นชั้นของ เม็ดแป้ง	22
2.8	การ เปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งชนิดต่าง ๆ	23
2.9	ส่วนประกอบของน้ำตาลเหลวจากข้าวโพดที่ได้จากการย่อยโดยใช้กรด และมีค่าสมมูลย์เดกโตรสต่าง ๆ กัน	28
2.10	ขั้นตอนในการผลิตน้ำตาลเหลวจากข้าวโพดโดยวิธีการใช้กรด	29
2.11	ปฏิกิริยาทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระหว่างการย่อยแป้งด้วยกรด	30
2.12	ส่วนประกอบของน้ำตาลเหลวจากข้าวโพดที่ได้จากการย่อยโดยวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์ และมีค่าสมมูลย์เดกโตรสต่าง ๆ กัน	34
2.13	ขั้นตอนในการผลิตน้ำตาลเหลวจากข้าวโพดโดยวิธีการใช้กรดกับเอ็นไซม์	35
3.1	ดั่งแซ เมล็ดข้าวโพด	42
3.2	เครื่องแยกต้นอ่อน	43
3.3	ดั่งกวนแยกต้นอ่อน	44
3.4	โมทีบคแห่งแบบ Ball mill	45
4.1	ผลของความเข้มข้นของสารละลายแป้ง เทียบกับเวลาในการย่อยสารละลายแป้งด้วยกรดเกลือเข้มข้นที่ 100 องศาเซลเซียส และปริมาณกรดเกลือเข้มข้น 2.5% ปริมาตร / น้ำหนักแป้งแห้ง	69
4.2	ผลของปริมาณกรดเกลือเข้มข้น เทียบกับเวลาในการย่อยสารละลายแป้งที่	

รูปที่ (ต่อ)	หน้า
/ 100 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายแห้ง 30% น้ำหนักแห้ง/ปริมาตร	71
4.3 ผลของปริมาณกรดเกลือ เข้มข้นเทียบกับเวลาในการย่อยสารละลายแห้ง ที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความเข้มข้นของสารละลายแห้ง 30% น้ำหนักแห้ง/ปริมาตร	73
4.4 ผลของปริมาณกรดเกลือ เข้มข้นที่ใช้ในช่วงการย่อยแห้ง ค่ายกรด และติดตามค่ายการย่อยด้วยเอ็นไซม์ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และความเป็นกรด-ด่าง 4.5	75
4.5 ผลของปริมาณเอ็นไซม์กลูโคมิเลสเทียบกับเวลา ในการย่อยสารละลายแห้ง ที่ 60 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 4.5	77
4.6 ผลความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อการทำงานของ เอ็นไซม์ในการย่อยสารละลายแห้ง โดยใช้เอ็นไซม์กลูโคมิเลส 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแห้งแห้ง เวลา 30 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	79
4.7 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการทำงานของ เอ็นไซม์ในการย่อยสารละลายแห้ง โดยใช้ปริมาณเอ็นไซม์ 0.125 มิลลิลิตร/100 กรัมแห้งแห้ง เวลา 30 ชั่วโมง และความเป็นกรด-ด่าง 4.0	81
4.8 ผลของปริมาณผงदानที่ทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าว โปด (จากวิธีการใช้กรด) บริสุทธิ์ โดยใช้เวลา 20 นาที วัดค่า % Absorbance ที่ 330 นาโนมิเตอร์	83
4.9 ผลของปริมาณผงदानที่ทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าว โปด (จากวิธีการใช้กรดกับ เอ็นไซม์) บริสุทธิ์ โดยใช้เวลา 20 นาที วัดค่า % Absorbance ที่ 330 นาโนมิเตอร์	84
4.10 ผลของ เวลาในการใช้ผงदानทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าว โปด (จากวิธีการใช้กรด) บริสุทธิ์ โดยใช้ปริมาณผงदान 2.0% น้ำหนัก/น้ำหนัก วัดค่า	

รูปที่ (ต่อ)

ก

ข
ทมา

	% Absorbance ที่ 330 นาโนมิเตอร์	86
4.11	ผลของเวลาในการใช้ผงถ่านทำให้น้ำตาลเหลวจากข้าวโพด (จากวิธี การใช้กรดกับเอ็นไซม์) บริสุทธิ์ โดยใช้ปริมาณผงถ่าน 1.0% น้ำหนัก/ น้ำหนัก วัดค่า % Absorbance ที่ 330 นาโนมิเตอร์	87