

การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากกากมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์และอัลตราฟิลเทรชัน

นางสาวสุนีย์ โชตินิรนาท



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ.2539

ISBN 974-634-476-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**REDUCING SUGAR PRODUCTION FROM CASSAVA WASTE USING
ENZYME AND ULTRAFILTRATION**

Miss Sunee Chotineeranat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technogy

Graduate School

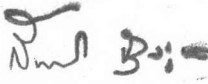
Chulalongkorn University

1996

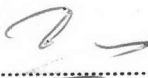
ISBN 974-634-476-5

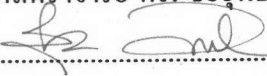
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตกลูโคสจากกากมันสำปะหลังโดยการใช้เอนไซม์และ
 อัลตราฟิลเทรชัน
โดย นางสาวสุนีย์ โชตินีรนาท
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเชียร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร. ชิตพงศ์ ประดิษฐสุวรรณ

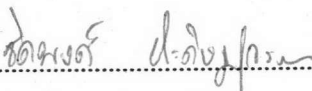
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

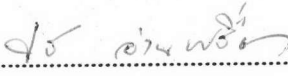

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ อึ้งสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ชัยพิทยากุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเชียร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. ชิตพงศ์ ประดิษฐสุวรรณ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปราณีย์ อำนเปื้อง)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



สุนีย์ โชตินีรนาท : การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากกากมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์และ
อัลตราฟิลเทรชัน (REDUCING SUGAR PRODUCTION FROM CASSAVA WASTE
USING ENZYME AND ULTRAFILTRATION) อ.ที่ปรึกษา : อ. ดร. สุเมธ ดันตระเชียร,
อ. ดร. ชิตพงศ์ ประดิษฐสุวรรณ, 95 หน้า. ISBN 974-634-476-5

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่คือ
คาร์โบไฮเดรตและไฟเบอร์ มีปริมาณเฉลี่ยร้อยละ 66.22 และ 15.26 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ แนวทางหนึ่งเพื่อ
เพิ่มมูลค่าให้กับกากมันสำปะหลัง คือ นำกากมันสำปะหลังมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลกลูโคส การย่อยกาก
มันสำปะหลังด้วยกรดไฮโดรคลอริกเป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 61.68 ± 0.62 งานวิจัยนี้มี
วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยกากมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส
กลูโคอะไมเลส และเซลลูเลส และเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยโดยนำอัลตราฟิลเทรชันมาประยุกต์ใช้ จากการ
ทดลองพบว่าภาวะที่เหมาะสมที่เอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด คือ แอลฟาอะไมเลส กลูโคอะไมเลส และเซลลูเลส น่าจะ
ทำงานร่วมกันได้ คือ ค่าความเป็นกรดต่าง 5.0 อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส การใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสผสม
กลูโคอะไมเลสในการย่อยกากมันสำปะหลัง พบว่าสามารถผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ได้มากกว่าการใช้เอนไซม์แอลฟา
อะไมเลสหรือกลูโคอะไมเลสเพียงชนิดเดียว อัตราส่วนของแอลฟาอะไมเลสต่อกลูโคอะไมเลสต่อกากมันสำปะหลัง
ที่เหมาะสม คือ แอลฟาอะไมเลส 285.6 MWU ต่อกรัมกากมันสำปะหลัง กลูโคอะไมเลส 0.21 DU ต่อกรัมกากมัน สำปะหลัง
ส่วนนี้ค่าความเร็วปฏิกิริยาสูงสุด (V_{max}) มีค่าเท่ากับ 0.133 มิลลิกรัมน้ำตาลรีดิวซ์ต่อมิลลิลิตรต่อนาที การย่อย
กากมันสำปะหลังเป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส 285.6 MWU ต่อกรัมกากมันผสม
กลูโคอะไมเลส 0.21 DU ต่อกรัมกากมัน และเซลลูเลส 15.48 NCU ต่อกรัมกากมัน ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ
39.02 มากกว่าการใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสผสมกลูโคอะไมเลส ซึ่งผลิตได้ร้อยละ 24.10 และพบว่าน้ำตาล
กลูโคสมีผลไปรบกวนการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสผสมกลูโคอะไมเลสและเซลลูเลส

การใช้อัลตราฟิลเทรชันในกระบวนการย่อยกากมันสำปะหลังที่ความดันเฉลี่ย 98 kPa อัตราการไหล
ผ่านผิวหน้าแผ่นกรอง 130 มิลลิลิตรต่อวินาที พื้นที่ในการกรอง 28.27 ตารางเซนติเมตร พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์
ที่ผลิตได้เมื่อใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสผสมกลูโคอะไมเลสชุดที่ผ่านการกรองมีปริมาณมากกว่าชุดที่ไม่ผ่านการ
กรอง และเมื่อใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสผสมกลูโคอะไมเลสและเซลลูเลส พบว่าการกรองไม่ทำให้ปริมาณน้ำตาล
รีดิวซ์สูงขึ้น จากผลการทดลองคำนวณหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการกรองสำหรับระบบที่ใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส
ผสมกลูโคอะไมเลสและเซลลูเลส พบว่าต้องการพื้นที่ในการกรองมากกว่าที่ใช้ในการทดลองนี้ประมาณ 27 เท่า
หรือต้องการพื้นที่ในการกรอง 0.256 ตารางเซนติเมตรต่อปริมาตรสารละลายกากมันสำปะหลัง 1 มิลลิลิตร

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....
ปีการศึกษา.....2538.....

ลายมือชื่อนิสิต.....สุนีย์ โชตินีรนาท.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....อ.ดร.สุเมธ ดันตระเชียร.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....อ.ดร.ชิตพงศ์ ประดิษฐสุวรรณ.....

C526862 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD : ULTRAFILTRATION / CASSAVA WASTE / ENZYME HYDROLYSIS / REDUCING SUGAR

SUNEE CHOTINEERANAT : REDUCING SUGAR PRODUCTION FROM CASSAVA WASTE USING ENZYME AND ULTRAFILTRATION. THESIS ADVISOR : SUMATE TANTRATAIN, Ph.D., CHIDPHONG PRADISTSUWANA, Ph.D. 95 pp.
ISBN 974-634-476-5

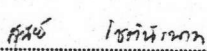
Generally, the cassava waste which mostly carbohydrate (66.22 % dried) and fiber (15.26 % dried) were used as feed. Because of high carbohydrate content, it could be used as raw material in glucose production. To hydrolyze cassava waste, it would be done by using acids or enzymes. Hydrolyzation of cassava waste by hydrochloric acid produced hydrolyzate with reducing sugar content 61.68 ± 0.62 % in 2.5 hours. This research aimed to study the hydrolyzation condition of cassava waste by using three enzymes with ultrafiltration application to enhance the efficiency. It was found that suitable condition for alpha-amylase and glucoamylase were pH 5.0 and temperature 50°C and gave hydrolyzate with higher reducing sugar content than using each enzyme alone. The amount of alpha-amylase and glucoamylase per gram of cassava waste were 285.6 MWU and 0.21 DU, respectively. At this condition, V_{max} was 0.133 mg of reducing sugar/ml.min and gave reducing sugar content in the hydrolyzate at 24.10 %. The addition of cellulase 15.48 NCU/g of cassava waste gave hydrolyzate contained a reducing sugar content at 39.02 % .


The hydrolyzation of cassava waste by alpha-amylase and glucoamylase with the ultrafiltration application using, average pressure of 98 kPa, flow rate passed membrane surface at 130 ml/sec and filtration area 28.27 cm^2 , gave higher reducing sugar content than the non- filtrated. The hydrolyzation of cassava waste with combination of three enzymes, the ultrafiltration did not enhance the efficiency of enzymes. By calculation, filtration area for three enzymes need at least $0.256\text{ cm}^2/\text{ml}$ of cassava waste solution, or 27 times of filtration area that used in this experiment to accomplish the enhancement.

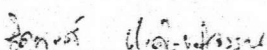
ภาควิชา..... เทคโนโลยีทางอาหาร.....

สาขาวิชา..... เทคโนโลยีทางอาหาร.....

ปีการศึกษา..... 2538.....

ลายมือชื่อนิสิต..... .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งของอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเชียร และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร. ชิตพงศ์ ประดิษฐสุวรรณ ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดจนได้กรุณาปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์มากขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ และผู้ช่วย ศาสตราจารย์ ดร.กัลยา เลหาสงคราม ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธีญพิทยากุล และรอง ศาสตราจารย์ ดร. ปราณี อ่านเปรื่อง ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำ ต่าง ๆ รวมทั้งแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกท่านที่มีส่วน ในการช่วยเหลือและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณบริษัทไทยวาจำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ถากมันสำปะหลัง ขอ ขอบคุณบริษัทชินนามอน จำกัด และบริษัทอีสต์เอเชียติก (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความ อนุเคราะห์เอ็นไซม์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในการ วิจัยนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ให้ความสะดวกต่าง ๆ

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และทุกคนในครอบครัว ที่ช่วยส่งเสริม สนับสนุน และให้โอกาสที่ดีแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญรูปภาพ.....	ฅ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	3
3. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	29
4. ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง.....	42
5. สรุปผลการทดลอง.....	74
รายการอ้างอิง.....	76
ภาคผนวก.....	80
ประวัติผู้เขียน.....	95

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีบางชนิด	7
2	องค์ประกอบของกากมันสำปะหลังที่เก็บในช่วงเดือน กรกฎาคม - สิงหาคม.....	8
3	องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง.....	42
4	ผลของความเป็นกรดต่างต่อการย่อยกากมันสำปะหลังโดยเอนไซม์.....	45
5	ผลของความเป็นกรดต่างต่อความคงทนของเอนไซม์ในการย่อยกากมันสำปะหลัง....	49
6	ผลของอุณหภูมิต่อการย่อยกากมันสำปะหลัง โดยเอนไซม์.....	53
7	ผลของอุณหภูมิต่อความคงทนของเอนไซม์ในการย่อยกากมันสำปะหลัง.....	57
8	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ผลิตได้เมื่อย่อยกากมันสำปะหลังความเข้มข้น 2 g/dl ด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสผสมกลูโคอะไมเลส อัตราส่วนต่าง ๆ กัน ที่ pH 5.0 อุณหภูมิ 50 °C.....	60
9	ความเร็วของปฏิกิริยาที่ความเข้มข้นกากมันสำปะหลังต่าง ๆ.....	62
10	ค่าสัมประสิทธิ์รีเจคชันของแผ่นกรองในการกักโปรตีนและน้ำตาลกลูโคส.....	67

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1	กรรมวิธีการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสัดแห้งหรือแป้งมันสำปะหลัง เกรดหนึ่ง (first grade tapioca starch).....4
2	กรรมวิธีการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบอึ่งไฟหรือแป้งมันสำปะหลัง เกรด (second grade tapioca starch).....6
3	โครงสร้างของอะไมโลส.....10
4	โครงสร้างของอะไมโลเพคติน.....10
5	โครงสร้างของเซลลูโลส.....11
6	ผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายแป้งด้วยเอนไซม์อะไมเลสทั้ง 3 ชนิด.....13
7	Substate Saturation curve.....17
8	Lineweaver - Burk plot.....18
9	การยับยั้งแบบ Competitive inhibition.....19
10	การยับยั้งแบบ Uncompetitive inhibition.....19
11	การยับยั้งแบบ Non-competitive inhibition.....20
12	Concentration Polarization model.....25
13	Gel Polarization model27
14	ขั้นตอนการศึกษาผลของความเป็นกรดต่างต่อการย่อยกากมันสำปะหลัง โดยเอนไซม์33
15	ผลของความเป็นกรดต่างต่อการย่อยกากมันสำปะหลังโดยเอนไซม์.....44
16	ผลของความเป็นกรดต่างต่อความคงทนของเอนไซม์ในการย่อย กากมันสำปะหลัง.....48
17	ผลของอุณหภูมิต่อการย่อยกากมันสำปะหลังโดยเอนไซม์.....52
18	ผลของอุณหภูมิต่อความคงทนของเอนไซม์ในการย่อยกากมันสำปะหลัง.....56
19	ปฏิกิริยาไซโคลเซชัน.....58
20	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ผลิตได้กับอัตราส่วนของเอนไซม์ แอลฟาอะไมเลสต่อกลูโคอะไมเลสที่ใช้ในการย่อยกากมันสำปะหลัง.....61

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
21	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วปฏิกิริยากับความเข้มข้นร้อยละของสารละลาย กากมันสำปะหลัง.....63
22	ผลของการย่อยกากมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์.....65
23	ผลการทดลองใช้อัลตราฟิลเทรชันในกระบวนการย่อยกากมันสำปะหลัง โดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสผสมกลูโคอะไมเลส.....69
24	ผลการทดลองใช้อัลตราฟิลเทรชันในกระบวนการย่อยกากมันสำปะหลัง โดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสผสมกลูโคอะไมเลสและเซลลูเลส.....71
25	อัตราการไหลของเพอมีเอท เมื่อทำการย่อยกากมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์.....72
26	อัตราการไหลของเพอมีเอท ที่ความดัน 98 kPa เมื่อทำการย่อยกากมันสำปะหลัง โดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสผสมกลูโคอะไมเลสและเซลลูเลส.....73
27	ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ผลิตได้เมื่อย่อยกากมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์ แอลฟาอะไมเลสผสมกลูโคอะไมเลสแลเซลลูเลส.....73
28	แผนภาพระบบอัลตราฟิลเทรชัน.....81
29	แผนภาพหน่วยกรองของระบบอัลตราฟิลเทรชัน.....82
30	กราฟมาตรฐานของสารละลายน้ำตาลกลูโคส ที่ความยาวคลื่น 520 nm เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Somogyi-Nelson (1952).....85
31	กราฟมาตรฐานของสารละลายโบวีน ซีรัม อัลบูมิน (Bovine Serum Albumin) ที่ ความยาวคลื่น 750 เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Lowry (Lowry และคณะ, 1951).....87