การผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทสจากแป้งมันสำปะหลังในฟลูอิไดซ์เบด

นายนัฐพงษ์ บวรเรืองโรจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2535

ISBN 974-581-698-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018743 1171998355

PRODUCTION OF HIGH FRUCTOSE SYRUP FROM TAPIOCA STARCH IN FLUIDIZED BED

MR. NUTTAPONG BOVORNREANGROJ

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Biotechnology Program

Graduate School

Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-581-698-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทสจากแป้งมันสำปะหลังในฟลูอิไดซ์เบด
โดย	นายณัฐพงษ์ บวรเรืองโรจน์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ชำวิวรรธน์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ชำวิวรรธน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธนียวัน)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ณัฐพงษ์ บวรเรืองโรจน์ : การผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทสจากแป้งมันสำปะหลังในฟลูอิไดซ์เบด (PRODUCTION OF HIGH FRUCTOSE SYRUP FROM TAPIOCA STARCH IN FLUIDIZED BED) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.วินิจ ขำวิวรรธน์. 142 หน้า. ISBN 974-581-698-1

จากการไฮโดรไลซ์สารละลายแป้งมันสำปะหลัง ด้วย Termamyl 1.2 กรัม (ต่อ 1,000 กรัม แป้งมันสำปะหลัง) ที่พีเอช 6.0-6.5 อุณหภูมิ 105°ซ เป็นเวลา 2 ชม. ได้น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดเท่ากับ 78.55 มก./มล. และให้ค่าสมมูลเดกซ์โทรสเท่ากับ 20 เมื่อไฮโดรไลซ์ต่อในขวดเขย่า และหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ AMG 1.5 มล. (ต่อ 1,000 กรัม แป้งมันสำปะหลัง)ที่พีเอช 4.0-4.5 อุณหภูมิ 60°ซ ได้น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดเท่ากับ 372.52 และ 371.69 มก./มล. ตามลำดับ ค่าสมมูลเดกซ์โทรสเท่ากับ 93 ในขณะที่ใช้ AMG 1.3 มล. ร่วมกับ Promozyme 0.6 กรัม (ต่อ 1,000 กรัมแป้งมันสำปะหลัง) ได้น้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดเท่ากับ 386.30 และ 391.88 มก./มล. ตามลำดับ ค่าสมมูลเดกซ์โทรสอยู่ในช่วง 96-98

Sweetzyme T สามารถเร่งปฏิกิริยาการผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทสทั้งในหอปฏิกรณ์แพคเบดและฟลูอิไดซ์เบด โดยสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตใช้ความเข้มข้นสารละลายกลูโคส 45 % (โดยน้ำหนัก) ที่มีแมกนีเซียมซัลเฟต 0.2 % (น้ำหนักต่อปริมาตร) เสริมด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ 0.04 % (น้ำหนักต่อปริมาตร) ในหอปฏิกรณ์แพคเบด ใช้ Sweetzyme T น้ำหนัก 16 กรัม (น้ำหนักแห้ง) อัตราการป้อนสารละลายกลูโคส 0.3 มล./นาที ส่วนในหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดใช้ Sweetzyme T น้ำหนัก 125 กรัม (น้ำหนักแห้ง) อัตราการป้อนสารละลายกลูโคส 60-120 มล./ชม. อัตราการให้อากาศ 1.5-2.0 ลิตร/นาที ควบคุมพีเอชที่ 7.5-8.0 อุณหภูมิ 60°ซ ได้ผลผลิตฟรักโทส 42-45 % จากการตรวจสอบคุณลักษณะทางเคมี วัตถุเจือปนในอาหาร และสารปนเปื้อน ตามวิธีของ มอก.268-2521 พบว่าอยู่ในเกณฑ์กำหนดที่ยอมให้มีได้

ภาควิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ลายมือชื่อนิสิต ณัฐพงษ์ บวรเรืองโรจน์

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

CO 26116 : MAJOR BIOTECHNOLOGY
KEY WORD : HIGH FRUCTOSE SYRUP/TAPIOCA STARCH/FLUIDIZED BED
NUTTAPONG BOVORNREANGROJ : PRODUCTION OF HIGH FRUCTOSE SYRUP FROM TAPIOCA STARCH IN FLUIDIZED BED. THESIS ADVISOR : PROF. SOMSAK DAMRONGLERD, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : ASST. PROF. VINICH KHAMVIWATH. 142 pp. ISBN 974-581-698-1

Hydrolysis tapioca starch via Termamyl 1.2 g (per 1,000 g DS.) pH 6.0-6.5 at 105°C for 2 hrs. yielded a maximum reducing sugar of 78.55 mg/ml with a DE. of approximately 20. A subsequent hydrolysis in shake flask as well as batchwise fluidized bed reactor using AMG 1.5 ml (per 1,000 g DS.) pH 4.0-4.5 at 60°C for 48 hrs. yielded maximum reducing sugar of 372.52 and 371.69 mg/ml respectively with a DE. of approximately 93. While using AMG 1.3 ml and Promozyme 0.6 g (per 1,000 g DS.) yielded maximum reducing sugar of 386.30 and 391.88 mg/ml consecutively with a DE. in the range of 96-98.

High fructose Syrup (HFS) was achieved in packed bed and fluidized bed reactors with the optimized conditions of glucose solution from saccharification liquefied tapioca starch 45 % (w/w), magnesium sulphate 0.2 % (w/v) and sodium metabisulphite 0.04 % (w/v). In packed bed reactor using Sweetzyme T. 16 g (dry. wt.) with addition of substrate at the feed rate of 0.3 ml/min. Whereas, in the fluidized bed reactor using Sweetzyme T. 125 g (dry. wt.) with addition of substrate at the feed rate of 60-120 ml/hr and aeration rate 1.5-2.0 L/min were performed. The pH of both processes were controlled at 7.5-8.0 with the operating temperature was 60°C. Interestingly in both reactors under these conditions showed the production of 42-45 % high fructose syrup. Moreover, after chemical examination by the method of UDC 664. 162. 79 food additive and contamination were found under accepted limitation.

ภาควิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ..... ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2534 ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ขำวิวรรธน์ ที่ได้กรุณาเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ แนวความคิด ควบคุมการวิจัย ตลอดจนช่วยเอื้อเฟื้อให้ทุนบางส่วนซื้อเอนไซม์และสร้างหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สัณห์ พณิชยกุล ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแนวความคิดในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธนียวัน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ที่รับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณวิรัตน์ ทัตติพงศ์ และคุณอรทัย สุขอุดม บริษัทอีสต์เอเชียติ๊กประเทศไทย จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อเอนไซม์บางส่วน รวมทั้งเอกสารการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณนิวดี นิติธรรม ห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ได้เอื้อเฟื้อสารเคมีในการตรวจสอบวิเคราะห์ในการวิจัย

ขอขอบคุณ ภาควิชาชีวเคมี ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ สารเคมี ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้าด้วยดีตลอด

ขอขอบคุณ ภาควิชาเคมีเทคนิค และศูนย์พัฒนาเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อเครื่องมือในการสร้างหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด

ขอขอบคุณ คุณปรียานุช ไวยมัย พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ร่วมหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ และภาควิชาชีวเคมี ที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดเวลาหลายปีของงานวิจัย

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนดำเนินการวิจัย

ท้ายสุดนี้ของกราบขอบพระคุณแม่ พ่อ และญาติพี่น้อง ที่ให้การสนับสนุนทุน และกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ต้นจนเสร็จสมบูรณ์

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบาญตาราง..... ช
สารบาญรูป..... ฌ
คำย่อและสัญญลักษณ์..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานทดลอง..... 23
3. ผลการทดลอง..... 40
4. บทสรุปและวิจารณ์..... 82

เอกสารอ้างอิง..... 99
ภาคผนวก.....108
ประวัติผู้เขียน.....142

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ส่วนประกอบและการใช้งานของน้ำเชื่อมฟรักโทส	3
1.2	แสดงการใช้น้ำเชื่อมฟรักโทสแทนน้ำตาลทรายในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ	3
1.3	ลักษณะการเจลาติไนเซชั่นของแป้งชนิดต่าง ๆ	7
1.4	กลูโคสไอโซเมอเรสที่ผลิตในเชิงการค้า	17
3.1	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังที่ใช้	41
3.2	ผลกระทบของการทำลายและไม่ทำลายแอคติวิตี Termamyl ต่อการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังหลังไฮโดรไลเซทด้วย AMG	51
3.3	คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเชื่อมฟรักโทส	81
3.4	ปริมาณวัตถุเจือปนและสารปนเปื้อนในน้ำเชื่อมฟรักโทส	81

สารบาญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	5
1.2	การเปลี่ยนกลูโคสเป็นฟรักโทส ด้วยกลูโคสไอโซเมอเรสในปฏิกิริยาที่เป็นด่าง	10
2.1	แสดงภาพตัดสัดส่วนต่าง ๆ ของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดที่ออกแบบและสร้างขึ้น	33
2.2	แผนภาพแสดงส่วนประกอบของหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด	37
2.3	หอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดขนาด 1.5 ลิตร ที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทส	38
2.4	การผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทสจากแป้ง	39
3.1	ผลกระทบของปริมาณ Termamyl ต่อการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลัง	42
3.2	ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการไฮโดรไลท์แป้งมันสำปะหลังด้วย Termamyl	44
3.3	ระยะเวลาที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลัง	45
3.4	ผลกระทบของปริมาณ AMG ต่อการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังไฮโดรไลเซท	47
3.5	ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังไฮโดรไลเซทด้วย AMG	48
3.6	ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังไฮโดรไลเซทด้วย AMG	50
3.7	ผลกระทบของการใช้ Promozyme ร่วมกับ AMG ต่อการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังไฮโดรไลเซท	53
3.8	ผลกระทบของแมกนีเซียมซัลเฟต ต่อการเร่งปฏิกิริยาของ Sweetzyme T	54
3.9	ผลกระทบของโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ต่อการเร่งปฏิกิริยาของ Sweetzyme T	56
3.10	ผลกระทบของอุณหภูมิต่อแอคติวิตีของ Sweetzyme T	57
3.11	ผลกระทบของอุณหภูมิต่อความเสถียรของ Sweetzyme T	59
3.12	ผลกระทบของความเข้มข้นกลูโคสต่ออัตราเร็วของการเร่งปฏิกิริยากลูโคสไอโซเมอไรเซชั่น ด้วย Sweetzyme T	60

สารบาญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.13	ผลกระทบของความเข้มข้นกลูโคส ต่อการเร่งปฏิกิริยากลูโคสไอโซเมอไรเซชั่นด้วย Sweetzyme T ในถังกวนแบบไม่ต่อเนื่องขนาด 250 มิลลิลิตร	62
3.14	ความสัมพันธ์ของ conversion กับอัตราการป้อนสารละลายกลูโคสในหอปฏิกรณ์แบบแพคเบด	63
3.15	ความสัมพันธ์ของ conversion กับเวลาสเปซในหอปฏิกรณ์แบบแพคเบด	64
3.16	ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเร่งปฏิกิริยากลูโคสไอโซเมอไรเซชั่นเพื่อใช้ผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทส ในหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดแบบไม่ต่อเนื่อง	66
3.17	ผลกระทบของปริมาณ Sweetzyme T ต่อการผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทสในหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด	68
3.18	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาและปริมาณฟรักโทสกับปริมาณของ Sweetzyme T ในหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด	69
3.19	ผลกระทบของความเข้มข้นกลูโคสต่อการผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทสในหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด	71
3.20	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของปฏิกิริยาและปริมาณฟรักโทสกับความเข้มข้นของกลูโคสในหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด	72
3.21	ผลกระทบของอัตราการป้อนกลูโคส เข้าสู่หอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดต่อผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทส	73
3.22	ผลกระทบของอัตราการให้อากาศเข้าสู่หอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดต่อผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทส	75
3.23	แสดงความเสถียรของการผลิตน้ำเชื่อมฟรักโทสในหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด	76
3.24	ผลกระทบของปริมาณ AMG ต่อการไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลังไฮโดรไลเซท ในหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดแบบไม่ต่อเนื่อง	78
3.25	ผลกระทบของการใช้ Promozyme ร่วมกับ AMG ต่อการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์แป้งมันสำปะหลัง ในหอปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดแบบไม่ต่อเนื่อง	80

สารบาญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟรักโทส [Y] กับปริมาณ Sweetzyme T [E] เมื่อตัวแปรอื่น ๆ คงที่	90
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟรักโทส [Y] กับความเข้มข้นกลูโคส [S] เมื่อตัวแปรอื่น ๆ คงที่	92
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟรักโทส [Y] กับอัตราการป้อนสารละลายกลูโคส [F] เมื่อตัวแปรอื่น ๆ คงที่	93
4.4	แนวความคิดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการถ่ายเทมวลของของเหลว/อนุภาค และระหว่างอนุภาค	95

คำย่อและสัญญลักษณ์

มก.	=	มิลลิกรัม
มล.	=	มิลลิลิตร
ซม.	=	เซนติเมตร
ชม.	=	ชั่วโมง
°ซ	=	องศาเซลเซียส
นน.	=	น้ำหนัก