

เดกซ์แทรนเนสโตริงรูปบนทรายสำหรับการกำจัดเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยอย่างต่อเนื่อง

น.ส.พรทิพย์ จารุพันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-087-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEXTRANASE IMMOBILIZED ON SAND FOR CONTINUOUS REMOVAL
OF DEXTRAN IN SUGAR CANE JUICE

Miss Pronthip Jarupan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduate School


Chulalongkorn University

1992

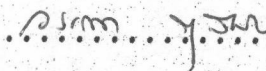
ISBN 974-581-087-8

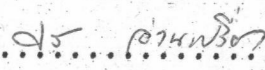
หัวข้อวิทยานิพนธ์ เดกซ์แทนเนสตริงรพบนทรายสำหรับการกำจัดเดกซ์แทน
 ในน้ำอ้อยอย่างต่อเนื่อง
โดย น.ส.พรทิพย์ จารุพันธ์
ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ปราณี อำนเป็รื่อง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ชนิยวัน

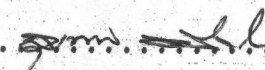
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

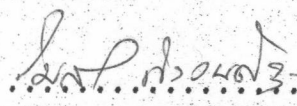

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรภักย์)

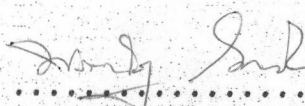
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..........ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณ ทุลยธัญ)

..........อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อำนเป็รื่อง)

..........อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ชนิยวัน)

..........กรรมการ
(อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดิกุล)

..........กรรมการ
(อาจารย์ พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เขียนแผ่นเดียว

พรทิพย์ จารุพันธ์ : เดกซ์แทรนเนสตรังรูปบนทรายสำหรับการกำจัด เดกซ์แทรนในน้ำอ้อย
อย่างต่อเนื่อง (Dextranase immobilized on sand for continuous removal of
dextran in sugar cane juice) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ปราณี อานเป็รื่อง .

ผศ.ดร.สุเทพ ธานีวัน, 214 หน้า, ISBN 974-581-187-8

ภาวะที่เหมาะสมต่อการเตรียมเดกซ์แทรนเนสตรังรูปบนทรายโดยวิธีเชื่อมพันธะโควาเลนต์ คือ
ใช้ทรายแม่น้ำขนาด 50-60 เมช เป็นตัวพุง สารละลาย APTS เข้มข้น 5% โดยปริมาตรเป็นสาร
กระตุ้น ตัวพุง สารละลายกลูตารัลดีไฮด์ เข้มข้น 1% โดยปริมาตรเป็นสารสร้างพันธะเชื่อมขวาง สาร
ละลายเดกซ์แทรนเนส เข้มข้น 5% โดยปริมาตร (788800 ยูนิต/มิลลิลิตร) ตรังรูปที่อุณหภูมิ 4 °C พีเอช
4.5 เวลาของการเขย่าทรายที่ผ่านการเติม APTS และกลูตารัลดีไฮด์กับสารละลายเดกซ์แทรนเนส 90
นาที พีเอชที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายเดกซ์แทรนของเดกซ์แทรนเนสตรังรูปและเดกซ์แทรนเนสอิสระ คือ
พีเอช 7.0 และ 5.0 ตามลำดับ เดกซ์แทรนเนสทั้งสองชนิดมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ
55 °C ค่าคงที่ไมคิลิส (K_m) ของเดกซ์แทรนเนสตรังรูปที่อุณหภูมิ 55 °C พีเอช 7.0 เท่ากับ 3.67×10^{-4}
มิลลิโมลาร์ ต่ำกว่า K_m ของเดกซ์แทรนเนสอิสระ 1.93 เท่า ค่าแอกติวิตีจำเพาะของเดกซ์แทรนเนส
ตรังรูปที่ พีเอช 5.5 อุณหภูมิ 40 °C เท่ากับ 6574.07 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน ต่ำกว่า เดกซ์แทรนเนส
อิสระ 3.09 เท่า พบว่าสารละลายซูโครส เข้มข้น 20% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ช่วยเพิ่มเสถียรภาพต่อความ
ร้อนของเดกซ์แทรนเนสอิสระ ภาวะที่เหมาะสมต่อการเก็บเดกซ์แทรนเนสตรังรูปคือ พีเอช 3.5 อุณหภูมิ
8-10 °C ค่าครึ่งชีวิตภายใต้ภาวะนี้มากกว่า 81 วัน และมีแอกติวิตี 82.6% ที่ระยะเวลาดังกล่าว ผล
ของสารปฏิริยาความเข้มข้น 6×10^{-3} โมลาร์ ต่อแอกติวิตีเดกซ์แทรนเนสพบว่าเดกซ์แทรนเนสอิสระถูก
ยับยั้งด้วย $AgNO_3$ $Ca(OH)_2$ และ $Zn(AcO)_2$ มากกว่าเดกซ์แทรนเนสตรังรูป และสำหรับ
 $K_4Fe(CN)_6$ ยับยั้งแอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสอิสระ แต่กลับกระตุ้นแอกติวิตีเดกซ์แทรนเนสตรังรูป

จากการศึกษาการย่อยสลายเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยรวมที่ พีเอช 5.0 โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์
เดกซ์แทรนเนสตรังรูป แบบฟลูอิดไชเบต ขนาด 1.4x60 cm ค่า space velocity (SV)
ที่เหมาะสมคือ 1.62 (นาท)⁻¹ ระดับการย่อยสลายเดกซ์แทรน ที่อุณหภูมิ 55 °C สูงกว่าที่อุณหภูมิห้อง
ระดับการย่อยสลายเดกซ์แทรนค่อนข้างสมบูรณ์ เมื่อนำน้ำอ้อยรวมผ่านเครื่องปฏิกรณ์ 2 รอบ การสลาย
แอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสในคอลัมน์ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 55 °C มีลักษณะคล้ายกัน

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร
ปีการศึกษา 2534

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C326702 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD : IMMOBILIZED DEXTRANASE/SUGAR CANE JUICE

PRONTHIP JARUPAN : Dextranase immobilized on sand for continuous removal of dextran in sugar cane juice, THESIS ADVISOR: ASSO.PROF. PRANEE ANPRUNG, Ph.D.ASSIST. PROF. SUTHEP THANİYAVARN, Ph.D. 214PP., ISBN 974-581-087-8

The optimum condition for preparation of immobilized dextranase by covalently binding method were : 50-60 mesh river-bed sand as carrier, 5% by volume of APTS solution as carrier activator, 1% by volume of glutaraldehyde solution as intermolecular cross-linker, and 5% by volume of dextranase solution (788800 unit/ml) at 4°C, pH 4.5 for 90 min with shaking. The optimum pH for dextran hydrolysis of the immobilized dextranase and the free dextranase were 7.0 and 5.0, respectively. Both free and immobilized dextranase had optimum temperature for dextran hydrolysis at 55°C. The Michaelis constant, K_m of the immobilized dextranase at 55°C and pH 7.0 was 3.67×10^{-4} mM which was 1.93 times lower than that of free dextranase. The specific activity of immobilized dextranase at pH 5.5, 40°C was 6574.07 unit/mg protine which was 3.09 times lower than that of free dextranase. Moreover, in the presence of 20% sucrose, the thermal stability of the immobilized and free dextranase was high. The optimum condition for storage stability of immobilized dextranase was pH 3.5 at 8-10°C and the half life under this condition was > 81 days and the retained activity was 82.6%. In the enzyme reaction studies with inorganic salt and chelating agent (6×10^{-3} M), it was found that the immobilized form was less inactivated in the presence of $AgNO_3$, $Ca(OH)_2$ and $Zn(AcO)_2$. Furthermore, $K_3Fe(CN)_6$ inactivated free dextranase but activated the immobilized dextranase.

The hydrolysis of dextran in mixed juice at pH 5.0 using the immobilized dextranase in fluidized bed reactor 1.4×60 cm was studied. The optimum space velocity (SV) was 1.62 (min)^{-1} . The degree of hydrolysis of dextran at 55°C was higher than at room temperature. The degree of hydrolysis was up to nearly complete when only 2 cycles of cane juice was passed. Moreover, it was found that the decay of activity of the column for dextran hydrolysis at 55°C and at room temperature showed the same decay profile.

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร
ปีการศึกษา 2534

ลายมือชื่อนิสิต *W*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *ดร. อานพรุ่ง*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม *สม. อ. ชล.*

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อานเป็รื่อง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาแนะนำและให้คำปรึกษาต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยของข้าพเจ้า จนงานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ธนียวัน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณดา ตัญญู ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล และอาจารย์ พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บริษัท อีสต์เอเซียติก (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ เอนไซม์เดกซ์แทรนเนสตลอดงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ โรงงานน้ำตาลสุพรรณบุรี กรมโรงงานอุตสาหกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำอ้อยรวมตลอดงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้เงินอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้เขียน

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ทุกท่านที่ให้ความสะดวกแก่งานวิจัยของข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคน ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้เขียนจนประสบความสำเร็จในการศึกษาตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฏ
สารบัญรูป	ณ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	5
2.1 อุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทราย	5
2.1.1 การผลิตน้ำตาลทรายดิบ	5
2.1.2 การผลิตน้ำตาลทรายบริสุทธิ์	12
2.2 การสูญเสียซูโครสในกระบวนการผลิต	14
2.3 การเกิดเดกซ์แทรน	22
2.4 ผลกระทบของเดกซ์แทรนต่อกระบวนการผลิต	26
2.5 การป้องกันและกำจัดเดกซ์แทรนออกจากกระบวนการผลิต	29
2.6 แหล่งของเดกซ์แทรนเนส	32
2.7 ลักษณะการย่อยสลายของเดกซ์แทรนเนส	33
2.8 การใช้เดกซ์แทรนเนสอิสระแก้ปัญหาเดกซ์แทรน	34
2.9 เดกซ์แทรนเนสตรึงรูป	39
2.10 เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไรซ์เบด	48
3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย	52
3.1 อุปกรณ์	52
3.2 วัสดุและสารเคมี	53

3.3	วิธีดำเนินงานวิจัย	64
3.3.1	ศึกษาภาวะที่เหมาะสมต่อการเตรียมเดกซ์แทรนเนส ตริงรูปบนทราย	64
3.3.2	ศึกษาโครงสร้างของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทราย...	68
3.3.3	ศึกษาสมบัติทางด้านจลนพลศาสตร์ของเดกซ์แทรนเนส อิสระและตริงรูป.....	70
3.3.4	ศึกษาการย่อยสลายเดกซ์แทรนด้วยเดกซ์แทรนเนส ตริงรูป.....	74
3.3.5	ศึกษาการย่อยสลายเดกซ์แทรนด้วยเดกซ์แทรนเนส ตริงรูปโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดซ์เบด.....	75
4.	ผลงานวิจัย	78
4.1	การเตรียมเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทราย.....	78
4.1.1	กำหนดอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการตริงรูป เดกซ์แทรนเนส	78
4.1.2	กำหนดความเร็วรอบและเวลาที่เหมาะสมต่อการ ตริงรูป	81
4.1.3	กำหนดความเข้มข้นของสารละลายเอพิจีเอสและ กลูตารัลดีไฮด์ที่เหมาะสมต่อการตริงรูป	85
4.1.4	กำหนดความเข้มข้นของเดกซ์แทรนเนสที่เหมาะสม ต่อการตริงรูป	96
4.1.5	กำหนดพีเอชที่เหมาะสมต่อการตริงรูป	98
4.2	ศึกษาโครงสร้างของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทรายเปรียบเทียบกับ โครงสร้างของผิวทรายสะอาดขนาด 50-60 เมช	99
4.3	ศึกษาสมบัติทางด้านจลนพลศาสตร์ของเดกซ์แทรนเนสอิสระเปรียบ เทียบกับเดกซ์แทรนเนสตริงรูป	106

4.3.1	เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของ เดกซ์แทรนเนสอีสและตรึงรูป	106
4.3.2	เปรียบเทียบพีเอชที่ที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของ เดกซ์แทรนเนสอีสและตรึงรูป	107
4.3.3	ศึกษาเสถียรภาพต่อความร้อนของเดกซ์แทรนเนสอีส และเดกซ์แทรนเนสตรึงรูป.....	112
4.3.4	ศึกษาเสถียรภาพต่อพีเอชของเดกซ์แทรนเนสอีสและ เดกซ์แทรนเนสตรึงรูป	113
4.3.5	ค่าคงที่ไม่คิลิส (K_m)	118
4.3.6	ค่าแอดวิตีจำเพาะของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูป เปรียบเทียบกับเดกซ์แทรนเนสอีส	118
4.3.7	ค่าครึ่งชีวิต.....	118
4.3.8	ศึกษาผลของสารปฏิชีวนะต่อแอดวิตีของเดกซ์แทรนเนส อีสและตรึงรูป	124
4.4	การย่อยสลายเดกซ์แทรนในน้ำอ้อย	126
4.4.1	การย่อยสลายเดกซ์แทรนในน้ำอ้อย	126
4.4.2	การลดความหนืดของน้ำอ้อยด้วยเดกซ์แทรนเนสตรึงรูป..	126
4.5	การย่อยสลายเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยด้วยเครื่องปฏิกรณ์เดกซ์แทรนเนส ตรึงรูปแบบฟลูอิดไธซ์เบด	131
4.5.1	หาความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไธซ์เซชัน	131
4.5.2	ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการย่อยสลายเดกซ์แทรน ในน้ำอ้อยรวม	133
4.5.3	ศึกษาจำนวนรอบที่เหมาะสมต่อการย่อยสลาย เดกซ์แทรนในน้ำอ้อย	134
4.5.4	ศึกษาการสูญเสียแอดวิตีของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูป ในคอลัมน์	136

5. อภิปรายผลการทดลอง	139
5.1 กำหนดภาวะที่เหมาะสมต่อการเตรียมเดกซ์แทรนเนสตรังรูป	139
5.1.1 กำหนดอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการตรังรูป เดกซ์แทรนเนส	139
5.1.2 กำหนดความเร็วรอบและเวลาที่เหมาะสมต่อการตรังรูป	140
5.1.3 กำหนดความเข้มข้นของสารละลายเอพิตีเอสและ กลูตารัลดีไฮด์ที่เหมาะสมต่อการตรังรูป	141
5.1.4 กำหนดความเข้มข้นของเดกซ์แทรนเนสที่เหมาะสมต่อ การตรังรูป	143
5.1.5 กำหนดพีเอชที่เหมาะสมต่อการตรังรูป	143
5.2 ศึกษาโครงสร้างของเดกซ์แทรนเนสตรังรูปบนทรายเปรียบเทียบกับ โครงสร้างของผิวทรายสะอาด	144
5.3 ศึกษาสมบัติทางด้านจลนพลศาสตร์ของเดกซ์แทรนเนสตรังรูป เปรียบเทียบกับเดกซ์แทรนเนสอิสระ	145
5.3.1 เปรียบเทียบช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยา ของเดกซ์แทรนเนสอิสระ	145
5.3.2 เปรียบเทียบช่วงพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของ เดกซ์แทรนเนสอิสระและตรังรูป	146
5.3.3 เสถียรภาพต่อความร้อนของเดกซ์แทรนเนส	146
5.3.4 เสถียรภาพต่อพีเอชของเดกซ์แทรนเนส	148
5.3.5 ค่า K_m ของเดกซ์แทรนเนสอิสระและตรังรูป	148
5.3.6 ค่าแอกติวิตีจำเพาะของเดกซ์แทรนเนส	149
5.3.7 ค่าครึ่งชีวิตของเดกซ์แทรนเนส	150
5.3.8 เปรียบเทียบผลของสารปฏิกิริยาต่อแอกติวิตีของ เดกซ์แทรนเนส	150
5.4 การย่อยสลายน้ำอ้อยรวมด้วยเดกซ์แทรนเนสตรังรูป	151

5.4.1	การย่อยสลายเดกซ์แทรนในน้ำอ้อย	151
5.4.2	การลดความหนืดของน้ำอ้อยรวมและน้ำเชื่อม.....	153
5.5	การย่อยสลายเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยด้วยเครื่องปฏิกรณ์ตรึงรูป	
	แบบฟลูอิดไคซ์เบด.....	154
5.5.1	หาอัตราเร็วการไหลต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไคซ์เซชัน..	154
5.5.2	การย่อยสลายเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยรวมที่อุณหภูมิห้อง และ 55 องศาเซลเซียส.....	155
5.5.3	จำนวนรอบที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายเดกซ์แทรนใน น้ำอ้อยรวม	156
5.5.4	การสูญเสียแอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูปในคอลัมน์	156
6.	สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	158
6.1	สรุปผลงานวิจัย	158
6.2	ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ	160
	เอกสารอ้างอิง.....	164
	ภาคผนวก.....	169
	ประวัติผู้เขียน.....	214

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 เปรียบเทียบผลผลิตพลอยได้กับผลผลิตปี 2523-2533 (หน่วย ต้น).....	1
2.1 สมบัติทางเคมีของน้ำตาลทรายดิบ.....	12
2.2 สมบัติทางเคมีของน้ำตาลทรายทรายบริสุทธิ์.....	14
2.3 องค์ประกอบของอ้อยที่นำมาหีบเพื่อผลิตน้ำตาลทราย.....	15
2.4 สมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพของน้ำอ้อยชนิดต่างๆในกระบวนการผลิต น้ำตาลทราย.....	16
2.5 ปริมาณเดกซ์แทรนและการสูญเสียน้ำตาลซูโครสในน้ำตาลทรายดิบ.....	18
2.6 เปรียบเทียบ การเจริญเติบโตของ <i>Leuconostoc</i> sp และสภาวะใน น้ำอ้อย.....	24
2.7 ปริมาณเดกซ์แทรนเฉลี่ยแต่ละเดือนในน้ำอ้อยสกัดขั้นแรก และน้ำอ้อยสกัดขั้น ที่สอง ฤดูกาลผลิตปี 2526/27 และ ปี 2527/28 (มิลลิกรัม/ลิตร/100 องศาบrix).....	25
2.8 ความเข้มข้นของเดกซ์แทรนที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้ำตาล ทรายดิบ น้ำตาลทรายบริสุทธิ์ และผลิตภัณฑ์บางชนิด.....	29
4.1 แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทรายที่อุณหภูมิและเวลาในการตริงรูป ต่าง ๆ.....	75
4.2 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทรายที่ อุณหภูมิ และเวลาต่าง ๆ กัน.....	80
4.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทราย ที่ อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ กัน โดยวิธี Duncan's new multiple range test.....	81
4.4 แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทรายที่ความเร็วรอบของเครื่องเขย่า และเวลาในการตริงรูปต่าง ๆ กัน.....	83
4.5 วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทรายที่ ความเร็วรอบ และเวลาในการตริงรูปต่าง ๆ กัน.....	84

ตารางที่	หน้า
4.6	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทรายที่ความเร็วรอบของเครื่องเขย่า และเวลาในการตรึงรูปต่าง ๆ กัน โดยวิธี Duncan's new multiple range test..... 85
4.7	แอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทรายที่ความเข้มข้นของสารละลาย เอพิตีเอสและกลูตารัลดีไฮด์ต่าง ๆ กัน..... 87
4.8	วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าแอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทรายที่ความเข้มข้น เอพิตีเอส และกลูตารัลดีไฮด์ต่าง ๆ กัน..... 88
4.9	เปรียบเทียบแอกติวิตีเฉลี่ยของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทราย ที่ความเข้มข้นของสารละลาย เอพิตีเอส และกลูตารัลดีไฮด์ต่าง ๆ กันโดยวิธี Duncan's New multiple range Test..... 89
4.10	แอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทรายที่ความเข้มข้นของสารละลาย เอพิตีเอส และกลูตารัลดีไฮด์ต่าง ๆ กัน..... 91
4.11	วิเคราะห์ความแปรปรวนค่าแอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทรายที่ความเข้มข้นของเอพิตีเอส และกลูตารัลดีไฮด์ ต่างกัน..... 92
4.12	เปรียบเทียบแอกติวิตีเฉลี่ยของเดกซ์แทรนเนสตริงรูป บนทรายที่ความเข้มข้นของสารละลายเอพิตีเอส และกลูตารัลดีไฮด์ต่าง ๆ กัน โดยวิธี Duncan's new multiple range test..... 93
4.13	เปรียบเทียบแอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทราย ที่เอพิตีเอสและกลูตารัลดีไฮด์ร้อยละ 0 และ เอพิตีเอสร้อยละ 5 กลูตารัลดีไฮด์ร้อยละ 1 โดยพิจารณาการหลุดของเดกซ์แทรนเนสจากตัวพวงเมื่อทำปฏิกิริยา..... 95
4.14	แอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทรายเมื่อใช้สารละลาย เดกซ์แทรนเนส ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน..... 97
4.15	แอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตริงรูปบนทราย เมื่อใช้สารละลาย เดกซ์แทรนเนสพีเอชต่าง ๆ กัน..... 98
4.16	แอกติวิตีสัมพันธ์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเดกซ์แทรนเนสอิสระและตรึงรูป..... 106
4.17	แอกติวิตีสัมพันธ์ที่พีเอชต่าง ๆ ของเดกซ์แทรนเนสอิสระและตรึงรูป..... 108

ตารางที่	หน้า
4.18 เสถียรภาพต่อความร้อนของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูป ในสารละลาย บัฟเฟอร์พีเอช 5.5 และสารละลายซูโครสความเข้มข้น ร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นเวลา 15 นาที.....	110
4.19 เสถียรภาพต่อความร้อนของเดกซ์แทรนเนสอิสระในสารละลายบัฟเฟอร์ พีเอช 5.5 และสารละลายซูโครสความเข้มข้น ร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิ ต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 15 นาที.....	112
4.20 เสถียรภาพต่อพีเอชของเดกซ์แทรนเนสอิสระและตรึงรูป ในสารละลาย บัฟเฟอร์พีเอชต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ช.ม.	114
4.21 การหาค่า K_m ของเดกซ์แทรนเนสอิสระและตรึงรูป ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พีเอช 5 และ 7.....	116
4.22 ค่า K_m ของเดกซ์แทรนเนสอิสระและตรึงรูป ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จากการเขียนกราฟแบบ Lineweaver Burk Plot.....	117
4.23 เปรียบเทียบแอคติวิตีจำเพาะของเดกซ์แทรนเนสอิสระและตรึงรูป.....	118
4.24 แอคติวิตีสัมพัทธ์ของเดกซ์แทรนเนสอิสระและเดกซ์แทรนเนส ตรึงรูป เมื่อเก็บในบัฟเฟอร์พีเอชต่างๆ คือ ฮีเตรทบัฟเฟอร์ พีเอช 3.5 อะซีเตทบัฟเฟอร์พีเอช 4.5-5.5 ฟอสเฟตบัฟเฟอร์พีเอช 6.0-7.0 ที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิห้องเย็น (8-10 องศาเซลเซียส).....	119
4.25 ค่าครึ่งชีวิตของเดกซ์แทรนเนสอิสระและตรึงรูป เมื่อเก็บในบัฟเฟอร์ พีเอชต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิห้องเย็น (8-10 องศาเซลเซียส)	124
4.26 ผลของสารปฏิกิริยาต่อแอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสอิสระและตรึงรูป.....	125
4.27 ร้อยละของการย่อยสลายเดกซ์แทรนที่เวลาต่าง ๆ ที่พีเอช 5.23.....	126
4.28 การลดความหนืดของน้ำอ้อยรวมและระดับการย่อยสลายเมื่อใช้เดกซ์แทรนเนส ตรึงรูปที่เวลาต่าง ๆ กัน.....	127
4.29 การลดความหนืดของน้ำอ้อยรวมและจากอ้อยเผาไฟและทิ้งไว้ 3-5 วันและ ระดับการย่อยสลายเมื่อใช้เดกซ์แทรนเนสตรึงรูปที่เวลาต่าง ๆ กัน.....	128

4.30	การลดความหนืดของน้ำเชื่อมด้วยเดกซ์แทรนเนสโตริงรูปและระดับการย่อยสลาย ที่เวลาต่าง ๆ กัน.....	129
4.31	การลดความหนืดของน้ำอ้อยรวมที่ผ่านการสะเทินด้วยด่าง ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ด้วยเดกซ์แทรนเนสโตริงรูปและระดับการย่อยสลายที่เวลาต่าง ๆ กัน.....	130
4.32	ความหนืดของน้ำอ้อยรวมและระดับการย่อยสลายเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยที่อุณหภูมิ ห้องและอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส.....	133
4.33	ความหนืดของน้ำอ้อยรวมและระดับการย่อยสลายเดกซ์แทรนโดยวนซ้ำ รอบต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส.....	135
4.34	ความหนืดของน้ำอ้อยรวมและระดับการย่อยสลายเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยที่ระยะ เวลาต่าง ๆ เมื่อใช้คอลัมน์อย่างต่อเนื่อง.....	137
6.1	สมบัติทางด้านจลนพลศาสตร์ของเดกซ์แทรนเนสโตริสรและเดกซ์แทรนเนสโตริงรูป บนทราย.....	159
6.2	เปรียบเทียบสมบัติทางด้านจลนพลศาสตร์ของเดกซ์แทรนเนสโตริงรูปบนแก้วพรุน และบนเบนโทไนท์.....	159

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 โครงสร้างของเดกซ์แทรนเนสตรังรูปบนทราย.....	4
2.1 ลักษณะการบนถ่ายอ้อยลงบนและพานป้อนอ้อย.....	5
2.2 ลักษณะของลูกหีบ.....	7
2.3 ลักษณะของชุดลูกหีบ.....	7
2.4 การเก็บน้ำตาลในโกดังโดยวางกองกับพื้น.....	11
2.5 การเก็บน้ำตาลโดยบรรจุกระสอบก่อนเก็บ.....	11
2.6 รถยนต์ 10 ล้อบรรทุกอ้อยมารอที่ลานพักอ้อย.....	20
2.7 การสังเคราะห์เดกซ์แทรนจากซูโครส.....	23
2.8 ลักษณะของผลึกน้ำตาลที่ผลิตจากอ้อยเผาไฟ และเก็บด้วยเครื่องมือกล.....	27
2.9 ลักษณะของผลึกน้ำตาล-ซี ที่ผลิตจากกากน้ำตาล-บี.....	34
2.10 ความเข้มข้นของซูโครสต่อแอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนสและ ความหนืดของสารละลาย.....	36
3.1 เครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไธซ์ เบด สำหรับกำจัดเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยพร้อมชุด อุปกรณ์ประกอบ.....	60
3.2 แผนภูมิแสดงเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไธซ์ เบด และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ.....	60
3.3 แผนภูมิการตรึงรูปเดกซ์แทรนเนสบนทราย.....	63
3.4 แผนภูมิการทดสอบประสิทธิภาพการเกาะเกี่ยวของเดกซ์แทรนเนสบน ตัวผง.....	67
3.5 แผนภูมิการเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาโครงสร้างของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูป..	69
4.1 ประสิทธิภาพการเกาะเกี่ยวของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูปบนทราย.....	96
4.2 แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูป ที่ความเข้มข้นของ เดกซ์แทรนเนสต่าง ๆ กัน.....	97
4.3 แอคติวิตีของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูปที่พีเอชของเดกซ์แทรนเนสต่างกัน.....	99
4.4 ลักษณะโครงสร้างของผิวทรายสะอาดที่กำลังขยาย 3,500 เท่า.....	100
4.5 ลักษณะโครงสร้างของผิวทรายสะอาดที่กำลังขยาย 10,000 เท่า.....	100

รูปที่	หน้า
4.6 ลักษณะโครงสร้างของผิวทรายสะอาดที่ผ่านการเติมเอพิตีเอสและกลูตารัลดีไฮด์ ที่กำลังขยาย 3,500 เท่า.....	101
4.7 ลักษณะโครงสร้างของผิวทรายสะอาดที่ผ่านการเติมเอพิตีเอสและกลูตารัลดีไฮด์ ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า.....	102
4.8 ลักษณะโครงสร้างของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูปที่กำลังขยาย 5,000 เท่า....	103
4.9 ลักษณะโครงสร้างของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูปที่กำลังขยาย 15,000 เท่า... 103	103
4.10 ลักษณะโครงสร้างของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูปแบบทรายที่ผ่านการใช้งานแล้วที่ กำลังขยาย 5,000 เท่า.....	104
4.11 อุณหภูมิเหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของเดกซ์แทรนเนสอีสระและตรึงรูป....	107
4.12 พีเอชเหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของเดกซ์แทรนเนสอีสระและตรึงรูป.....	109
4.13 ผลของอุณหภูมิต่อความเสถียรของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูปในอะซีเตทบัฟเฟอร์ พีเอช 5.5 และในสารละลายซูโครสเข้มข้น 20 %.....	111
4.14 ผลของอุณหภูมิต่อความเสถียรของเดกซ์แทรนเนสอีสระในอะซีเตทบัฟเฟอร์ พีเอช 5.5 และในสารละลายซูโครสเข้มข้น 20 %.....	113
4.15 ผลของพีเอชต่อความเสถียรของเดกซ์แทรนเนสอีสระและตรึงรูป.....	115
4.16 Lineweaver Burk Plot ของเดกซ์แทรนเนสอีสระและตรึงรูปที่พีเอช 5.0 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส.....	116
4.17 Lineweaver Burk Plot ของเดกซ์แทรนเนสอีสระและตรึงรูปที่ พีเอช 7.0 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส.....	117
4.18 เปรียบเทียบแอคติวิตีสัมพัทธ์ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ ของเดกซ์แทรนเนส ตรึงรูปในบัฟเฟอร์พีเอชต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง.....	120
4.19 เปรียบเทียบแอคติวิตีสัมพัทธ์ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ ของเดกซ์แทรนเนส ตรึงรูปในบัฟเฟอร์พีเอชต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง.....	121
4.20 เปรียบเทียบแอคติวิตีสัมพัทธ์ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ ของเดกซ์แทรนเนส อีสระในบัฟเฟอร์พีเอชต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง.....	122

รูปที่	หน้า	
4.21	เปรียบเทียบแอกติวิตีสัมพัทธ์ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ ของเดกซ์แทรนเนส อิสระในบัฟเฟอร์พีเอชต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง.....	129
4.22	ระดับการย่อยสลายของเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยชนิดต่าง ๆ ที่ระยะเวลาใด ๆ	131
4.23	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกและอัตราการไหล.....	132
4.24	ระดับการย่อยสลายของน้ำอ้อยรวมที่อุณหภูมิห้องและ 55 องศาเซลเซียส...	134
4.25	ระดับการย่อยสลายของเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยเมื่อวนซ้ำรอบต่าง ๆ กันที่ อุณหภูมิห้องและ 55 องศาเซลเซียส.....	136
4.26	ระดับการย่อยสลายของเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยเมื่อใช้งานน้ำอ้อยระยะ เวลาต่าง ๆ.....	138
5.1	gel permeation chromatography ของเดกซ์แทรน.....	152
6.1	กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายและหน่วยการย่อยสลายเดกซ์แทรน.....	162