

ภาวะการเก็บเด็กซ์แทนเนสให้เสถียร

นางสาว พัชราวดี บุตรทา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-2323-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



4 6 7 2 3 4 7 3 2 3

CONDITIONS FOR STABLE SHELF-LIFE OF DEXTRANASE

Miss Patcharavadee Butta

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Biotechnology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-14-2323-3

481555

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ภาวะการเก็บเด็กซ์แทรนเนสให้เสถียร

โดย

นางสาว พัชราวดี บุตรทา

สาขาวิชา

เทคโนโลยีชีวภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ธนียวัน

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

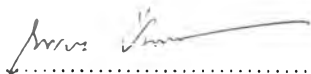
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒน์ เจริญพรวัฒนา

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

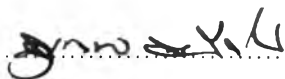


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



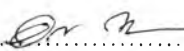
..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)



..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ธนียวัน)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัฒน์ เจริญพรวัฒนา)



..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิสรา วังโน)

พัชรารัตน์ บุตรทา : ภาวะการเก็บเดกซ์แทรนเนสให้เสถียร. (CONDITIONS FOR STABLE SHELF-LIFE OF DEXTRANASE) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุเทพ ธีรยวัน, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร. สุพัฒน์ เจริญพรวัฒนา, 120 หน้า. ISBN 974-14-2323-3

งานวิจัยนี้มุ่งที่จะหาวิธีการเก็บเดกซ์แทรนเนสจากเชื้อ *Penicillium* sp สายพันธุ์ SMCU 3-14 ให้มีความเสถียร พบว่าเดกซ์แทรนเนสหยาบและเดกซ์แทรนเนสที่ผ่านการตกตะกอนด้วยอะซีโตน เมื่อเก็บที่ -20 และ -70 องศาเซลเซียส สามารถรักษาแอกติวิตีไว้ได้ทั้งหมดเมื่อเวลาผ่านไป 240 วัน แต่เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเอนไซม์มีความเสถียรลดลงและเดกซ์แทรนเนสที่ผ่านการตกตะกอนด้วยอะซีโตน สามารถรักษาความเสถียรได้ดีกว่าเดกซ์แทรนเนสหยาบ

สำหรับการเก็บเอนไซม์ในรูปสารละลายนั้น ทำการคัดเลือกหาสารเติมแต่งที่เหมาะสมโดยกลุ่มของสารที่เลือกใช้ได้แก่ น้ำตาล, พอลิแอลกอฮอล์, เกลือ, กรด, โปรตีน, พอลิเมอร์, สารละลายอินทรีย์ และสารไบฟังกซ์นินอล พบว่าสารทุกชนิดในแต่ละกลุ่มที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลในการช่วยรักษาแอกติวิตีของเดกซ์แทรนเนส ส่วนการเก็บเอนไซม์หลังการทำแห้งโดยการไลโอไฟไลซ์นั้นพบว่าเดกซ์แทรนเนสสามารถรักษาแอกติวิตีไว้ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 90 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง, 4 และ -20 องศาเซลเซียส ในสภาพสูญญากาศร่วมกับการเติมซิลิกาเจล

เมื่อเวลาผ่านไปคุณสมบัติของเดกซ์แทรนเนสที่ผ่านการเก็บด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ ความเป็นกรดเบสและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงาน ความถี่ต่อความเป็นกรดเบสและอุณหภูมิ รวมถึงค่าคงที่ไมคิลิส(K_m) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับเดกซ์แทรนเนสหยาบ

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีชีวภาพ.....ลายมือชื่อนิสิต.....พัชรารัตน์ บุตรทา.....
ปีการศึกษา.....2548.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4672347323 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD: *Penicillium* sp. SMCU 3-14 / DEXTRANASE / PRESERVATION / STABILIZATION / LYOPHILIZATION

PATCHARAVADEE BUTTA : CONDITIONS FOR STABLE SHELF-LIFE OF DEXTRANASE. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. SUTHEP THANIVAVARN, Ph.D., THESIS COADVISOR : ASST.PROF. SUPAT CHAREONPORNWATTANA, Ph.D., 120 pp. ISBN 974-14-2323-3.

The preservations of dextranase activity from *Penicillium* sp. SMCU 3-14 were investigated under different storage conditions. Freezing at low temperature (-20 and -70°C) was the most effective for preserving that approximately 100 % of initial activity of non-concentrated and concentrated dextranase were retained within 240 days. In contrast, storage of dextranase at higher temperature (room temperature and 4°C) affected enzyme activity by lowering dextranase activity, however concentrated dextranase showed higher stability than that of non-concentrated form.

When certain additives (i.e. sugar, polyol, salt, acid) were employed for preserving dextranase activity, none of which exerted the effect of enzyme stabilization. Moreover, the addition of polymer and cross-linking of bifunctional agent onto enzyme molecule also shown negative effect on enzyme stability. In the same way, addition of organic solvent such as acetone and ethanol led to conformational change and enzyme denaturation. In contrast, lyophilization can maintain activity of dextranase close to 100 % after 90 days of strage.

As of long term storage by the latter, no adverse effect were found on dextranase characteristics (i.e. optimal pH, optimal temperature, pH stability, temperature stability and the Michaelis constant, K_m) when compare to crude dextranase

Field of study..... Biotechnology..... Student's signature..... Patcharavadee Butta
Academic year..... 2005..... Advisor's signature..... Suthep Thanivavarn
Co-advisor's signature..... Supat Chareonpornwattana

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธานีวัน อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัฒน์ เจริญพรวัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้โอกาสทางการศึกษา และกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนความดูแลเอาใจอบรมสั่งสอนด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณในความเมตตากรุณาและการดูแลเอาใจที่ท่านอาจารย์ฯ มีให้มา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชกรที่ได้เมตตารับเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อลิสา วังโน ที่ได้เมตตาและสละเวลาอันมีค่ารับเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่ท่านอาจารย์ได้ทำให้งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่งของผู้วิจัย และครอบครัวของ ร้อยตำรวจโท ณัฐพล อินทารักษ์ ที่คอยเป็นกำลังใจในความสำเร็จ และให้กำลังใจเมื่อยามเหนื่อยล้า รวมทั้งทุกๆ ความรัก ความห่วงใยต่าง ๆ ที่มีให้เสมอมา

กราบขอบพระคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ทั้งในภาควิชาจุลชีววิทยาและหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ ตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และกำลังใจที่ดีเสมอมา

หากงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ในทางใดแล้ว ผู้วิจัยขอขอบแต่คุณบิดา คุณมารดา คุณครูบาอาจารย์ และผู้ที่มีพระคุณทุก ๆ ท่าน แต่หากงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความบกพร่องเป็นประการใดนั้น ผู้วิจัยขออภัยและแก้ไขแต่ผู้เดียว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
สัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฒ
บทที่	

1. บทนำ.....	1
2. ปรีทัศน์วรรณกรรม.....	3
3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง.....	32
3.1 การเลี้ยงและการเก็บจุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	35
3.1.1 จุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	35
3.1.2 การเก็บรักษาจุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	35
3.1.2.1 การเก็บเชื้อในระยะสั้น.....	35
3.1.2.2 การเก็บเชื้อในระยะยาว.....	35
3.2 การเลี้ยงเชื้อในขวดแก้วทรงกรวยเพื่อเตรียมเดกซ์แทรนเนสจากเชื้อ <i>Penicillium</i> sp. สายพันธุ์ SMUC 3-14.....	35
3.3 การตรวจสอบแอกติวิตีจำเพาะของเดกซ์แทรนเนสใน อาหารเลี้ยงเชื้อเหลว.....	36
3.4 การตรวจวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธีของ Somogyi.....	36
3.5 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีของ Lowry.....	37
3.6 การตรวจสอบโปรตีนในสารละลายเอนไซม์.....	37
3.7 การศึกษาความเป็นกรดเบสที่เหมาะสมในการเก็บรักษา เดกซ์แทรนเนส.....	37
3.8 การทำเดกซ์แทรนเนสให้เข้มข้น.....	37
3.8.1 การหาสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนเดกซ์แทรนเนส.....	37

บทที่

3.8.1.1 การทำเดกซ์แทรนเนสให้เข้มข้นโดยการ ตกตะกอนด้วยแอมโมเนียมซัลเฟต.....	38
3.8.1.2 การทำเดกซ์แทรนเนสให้เข้มข้นโดยการ ตกตะกอนด้วยอะซีโตน.....	38
3.8.1.3 การทำเดกซ์แทรนเนสให้เข้มข้นโดยการ ตกตะกอนด้วยเอทานอล.....	38
3.8.2 การตกตะกอนเดกซ์แทรนเนสเพื่อทำให้เดกซ์แทรนเนสเข้มข้น..	39
3.9 เปรียบเทียบผลการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสในรูปเอนไซม์หยาบ กับเอนไซม์ที่ผ่านการตกตะกอน.....	39
3.10 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนส.....	39
3.11 ผลของกลีเซอรอลและซอร์บิทอลที่มีต่อการเก็บเดกซ์แทรนเนสที่ -20 และ -70 องศาเซลเซียส.....	39
3.12 การคัดเลือกหาสารเติมแต่งที่เหมาะสมในการเก็บรักษา เดกซ์แทรนเนส.....	40
3.12.1 การคัดเลือกหาสารเติมแต่งที่ใช้ในการเก็บรักษา เดกซ์แทรนเนส.....	40
3.12.2 การหาความเข้มข้นของสารเติมแต่งที่เหมาะสม.....	40
3.13 การเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสโดยการไลโอไฟไลซ์.....	41
3.14 การศึกษาคุณสมบัติของเดกซ์แทรนเนสที่ผ่านการเก็บรักษาด้วย วิธีการที่เหมาะสมที่สุดจากผลการทดลองที่ผ่านมาเปรียบเทียบกับ เดกซ์แทรนเนสหยาบ.....	42
3.14.1 ความเป็นกรดเบสที่เหมาะสมต่อการทำงานของเดกซ์แทรนเนส ที่ผ่านการเก็บรักษาเทียบกับเดกซ์แทรนเนสหยาบ.....	42
3.14.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเดกซ์แทรนเนสที่ผ่านการ เก็บรักษาเทียบกับเดกซ์แทรนเนสหยาบ.....	42
3.14.3 ความเสถียรต่อความเป็นกรดเบสของเดกซ์แทรนเนสที่ผ่านการ เก็บรักษาเทียบกับเดกซ์แทรนเนสหยาบ.....	43

3.14.4 ความเสถียรต่ออุณหภูมิของเดกซ์แทรนเนสส์ที่ผ่านการเก็บรักษา เทียบกับเดกซ์แทรนเนสส์หยาบ.....	43
3.14.5 การหาค่าความจำเพาะต่อซับสเตรต (K_m) เดกซ์แทรน ที่-2000 ของเดกซ์แทรนเนสส์ที่ผ่านการเก็บเทียบกับ เดกซ์แทรนเนสส์หยาบ.....	44
4. ผลการทดลอง.....	45
4.1 การผลิตเดกซ์แทรนเนสส์จากรา <i>Penicillium</i> sp. SMCU 3-14.....	45
4.2 ผลการตรวจสอบโปรตีนเอสในสารละลายเอนไซม์.....	45
4.3 ความเป็นกรดเบสที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสส์.....	47
4.4 สารที่เหมาะสมในการตกตะกอนเดกซ์แทรนเนสส์.....	49
4.5 ผลการเปรียบเทียบการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสส์ในรูปเอนไซม์หยาบ กับเอนไซม์ที่ผ่านการตกตะกอนด้วยอะซีโตน.....	51
4.6 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสส์.....	52
4.7 ผลของกลีเซอรอลและซอร์บิทอลที่มีต่อการเก็บเดกซ์แทรนเนสส์ ที่ -20 และ -70 องศาเซลเซียส.....	53
4.8 คัดเลือกสารที่ใช้ร่วมในการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสส์.....	55
4.8.1 ผลของน้ำตาลที่มีต่อการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสส์.....	55
4.8.2 ผลของพอลิแอลที่มีต่อการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสส์.....	61
4.8.3 ผลของกรดที่มีต่อการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสส์.....	64
4.8.4 การใช้พอลิเมอร์เพื่อช่วยในการรักษาเดกซ์แทรนเนสส์.....	68
4.8.5 ผลของโปรตีนที่มีต่อการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสส์.....	72
4.8.6 ผลของเกลือที่มีต่อการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสส์.....	72
4.8.7 ผลของสารละลายอินทรีย์ที่มีต่อการถนอมแอกติวิตีและ เก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสส์.....	75
4.8.8 ผลของสารไบฟังก์ชันนอลที่มีต่อการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสส์.....	75
4.9 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสส์โดยการไลโอไฟไลซ์.....	78
4.9.1 ผลของสารเติมแต่งชนิดต่างๆที่มีต่อการไลโอไฟไลซ์ เดกซ์แทรนเนสส์.....	78

4.9.2 ผลของสารชนิดต่างๆที่มีต่ออายุการเก็บเด็กซ์แทรนเนส หลังจากการไลโอไฟไลซ์.....	81
4.9.3 ผลอายุการเก็บเด็กซ์แทรนเนสหลังจากการไลโอไฟไลซ์ภายใต้ ภาวะสูญญากาศและป้องกันความชื้นด้วยซิลิกาเจล.....	82
4.10 การศึกษาสมบัติของเด็กซ์แทรนเนสที่ผ่านการเก็บรักษาด้วยวิธีการ ที่เหมาะสมจากผลการทดลองที่ผ่านมาเปรียบเทียบกับ เด็กซ์แทรนเนสหยาบ.....	87
4.10.1 ความเป็นกรดเบสและชนิดของบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมต่อการ ทำงานของเด็กซ์แทรนเนสที่ผ่านการเก็บรักษาเทียบกับ เด็กซ์แทรนเนสหยาบ.....	88
4.10.2 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเด็กซ์แทรนเนสที่ผ่านการ เก็บรักษาเทียบกับเด็กซ์แทรนเนสหยาบ.....	88
4.10.3 ความเสถียรต่อความเป็นกรดเบสของเด็กซ์แทรนเนสที่ผ่านการ เก็บรักษาเทียบกับเด็กซ์แทรนเนสหยาบ.....	91
4.10.4 ความเสถียรต่ออุณหภูมิของเด็กซ์แทรนเนสที่ผ่านการเก็บรักษา เทียบกับเด็กซ์แทรนเนสหยาบ.....	91
4.10.5 การหาค่าความจำเพาะต่อซัสเตรต (K_m) เด็กซ์แทรนที่-2000 ของเด็กซ์แทรนเนสที่ผ่านการเก็บเทียบกับ เด็กซ์แทรนเนสหยาบ.....	94
5. สรุปและอภิปรายผล.....	96
5.1 การเตรียมเด็กซ์แทรนเนสก่อนการเก็บรักษา.....	96
5.2 เปรียบเทียบการเก็บเด็กซ์แทรนเนสในรูปเอนไซม์หยาบกับเอนไซม์เข้มข้นที่ ผ่านการตกตะกอนด้วยอะซีโตน.....	97
5.3 ผลของอุณหภูมิต่อการรักษาความเสถียรของเด็กซ์แทรนเนส.....	97
5.4 ผลของสารเติมแต่งที่ใช้ร่วมในการเก็บรักษาเด็กซ์แทรนเนส.....	97
5.5 การเก็บเด็กซ์แทรนเนสโดยการไลโอไฟไลซ์.....	101
5.6 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเด็กซ์แทรนเนสที่ผ่านการเก็บด้วยวิธีต่างๆ และเด็กซ์แทรนเนสหยาบ.....	103

รายการอ้างอิง.....	104
ภาคผนวก.....	114
ภาคผนวก ก.....	115
ภาคผนวก ข.....	116
ภาคผนวก ค.....	118
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	120

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิตอ้อยและน้ำตาลของไทย ตั้งแต่ปีการผลิต 2541/42 - 2547/48.....	9
2.2 ปริมาณการผลิตน้ำตาลของประเทศที่สำคัญ.....	10
2.3 ปริมาณการส่งออกน้ำตาลของประเทศผู้ส่งออกน้ำตาลที่สำคัญ.....	10
2.4 เปรียบเทียบปริมาณอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ที่เข้าหีบ ตั้งแต่ปีการผลิต 2542/43 – 2547/48.....	11
2.5 เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่สร้างเดกซ์แทรนเนส.....	18
2.6 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการหีบอ้อยของแต่ละภูมิภาคทั่วประเทศไทย ปีการผลิต 2546/47.....	22
2.7 ตัวอย่างปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์.....	27
2.8 ตัวอย่างรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิศวกรรมโปรตีน.....	28
4.1 ผลการตกตะกอนเดกซ์แทรนเนสด้วยสารชนิดต่างๆ.....	49
4.2 ผลของสารเติมแต่งชนิดต่างๆต่อการทำเดกซ์แทรนเนสให้แห้งโดยวิธีไลโอไฟไลซ์.....	78

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย.....	8
2.2 แสดงส่วนประกอบของสารต่างๆในน้ำอ้อย.....	13
4.1 ผลของการตรวจสอบโปรตีนในสารละลายเดกซ์แทรนเนสโดยบ่มที่อุณหภูมิต่างๆ.....	46
4.2 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในบัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรดเบสต่างๆ ที่ อุณหภูมิห้อง.....	48
4.3 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในบัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรดเบสต่างๆ ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	48
4.4 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในรูปเอนไซม์หยาบและเอนไซม์ที่ผ่านการตกตะกอน.....	51
4.5 ผลการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนสเข้มข้น ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	52
4.6 ผลของกลีเซอรอลและซอร์บิทอลที่มีต่อการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนส ที่ -20 องศาเซลเซียส.....	52
4.7 ผลของกลีเซอรอลและซอร์บิทอลที่มีต่อการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนส ที่ -70 องศาเซลเซียส.....	52
4.8 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในน้ำตาลชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง.....	56
4.9 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในน้ำตาลชนิดต่างๆ ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	56
4.10 ผลการแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนส ที่อุณหภูมิห้อง.....	57
4.11 ผลการแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนส ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	57
4.12 ผลการแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลแลคโทสในการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนส ที่อุณหภูมิห้อง.....	58
4.13 ผลการแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลแลคโทสในการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนส ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	58
4.14 ผลการแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนส ที่อุณหภูมิห้อง.....	59
4.15 ผลการแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสในการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนส ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	59
4.16 ผลการแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลมอลโทสในการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนส ที่อุณหภูมิห้อง.....	60

ภาพประกอบ

หน้า

4.17 ผลการแปรผันความเข้มข้นของน้ำตาลมอลโทสในการเก็บรักษาเดกซ์แทรนเนส ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	60
4.18 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในพอลิออลชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง.....	62
4.19 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในพอลิออลชนิดต่างๆ ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	62
4.20 ผลการแปรผันความเข้มข้นของกลีเซอรอลในการเก็บเดกซ์แทรนเนส ที่อุณหภูมิห้อง.....	63
4.21 ผลการแปรผันความเข้มข้นของกลีเซอรอลในการเก็บเดกซ์แทรนเนส ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	63
4.22 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในกรดชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง.....	65
4.23 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในกรดชนิดต่างๆ ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	65
4.24 ผลการแปรผันความเข้มข้นของกรดเบนโซอิกในการเก็บเดกซ์แทรนเนส ที่อุณหภูมิห้อง.....	66
4.25 ผลการแปรผันความเข้มข้นของกรดเบนโซอิกในการเก็บเดกซ์แทรนเนส ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	66
4.26 ผลการแปรผันความเข้มข้นของกรดซอร์บิกในการเก็บเดกซ์แทรนเนส ที่อุณหภูมิห้อง.....	67
4.27 ผลการแปรผันความเข้มข้นของกรดซอร์บิกในการเก็บเดกซ์แทรนเนส ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	67
4.28 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง.....	69
4.29 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	69
4.30 ผลการแปรผันความเข้มข้นของเดกซ์แทรนในการเก็บเดกซ์แทรนเนส ที่อุณหภูมิห้อง.....	70
4.31 ผลการแปรผันความเข้มข้นของเดกซ์แทรนในการเก็บเดกซ์แทรนเนส ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	70
4.32 ผลการแปรผันความเข้มข้นของโคโคซานในการเก็บเดกซ์แทรนเนส ที่อุณหภูมิห้อง.....	71
4.33 ผลการแปรผันความเข้มข้นของกรดโคโคซานในการเก็บเดกซ์แทรนเนส ที่ 4 องศาเซลเซียส.....	71

ภาพประกอบ

หน้า

4.34 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในอัลบูมิน ที่อุณหภูมิห้อง..... 73

4.35 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในอัลบูมิน ที่ 4 องศาเซลเซียส..... 73

4.36 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในเกล็ดชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง..... 74

4.37 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในเกล็ดชนิดต่างๆ ที่ 4 องศาเซลเซียส..... 74

4.38 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในสารละลายอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง..... 76

4.39 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในสารละลายอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่ 4 องศาเซลเซียส..... 76

4.40 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสในกลูตาไรต์ไฮด์ ที่อุณหภูมิห้อง..... 77

4.41 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสหลังการไลโอไฟไลซ์ ที่อุณหภูมิห้อง..... 83

4.42 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสหลังการไลโอไฟไลซ์ ที่อุณหภูมิห้อง
ภายใต้ภาวะป้องกันความชื้นด้วยซิลิกาเจล..... 83

4.43 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสหลังการไลโอไฟไลซ์ ที่ 4 องศาเซลเซียส..... 84

4.44 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสหลังการไลโอไฟไลซ์ ที่ 4 องศาเซลเซียส
ภายใต้ภาวะป้องกันความชื้นด้วยซิลิกาเจล..... 84

4.45 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสหลังการไลโอไฟไลซ์ ที่ -20 องศาเซลเซียส..... 85

4.46 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสหลังการไลโอไฟไลซ์ ที่ -20 องศาเซลเซียส
ภายใต้ภาวะป้องกันความชื้นด้วยซิลิกาเจล..... 85

4.47 ผลการเก็บเดกซ์แทรนเนสหลังการทำไลโอไฟไลซ์ ที่อุณหภูมิต่างๆ ภายใต้ภาวะสุญญากาศ
และป้องกันความชื้นด้วยซิลิกาเจล..... 86

4.48 ความเป็นกรดเบสที่เหมาะสมต่อการทำงานของเดกซ์แทรนเนสที่ผ่านการเก็บ
และเดกซ์แทรนเนสหยาบ..... 89

4.49 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเดกซ์แทรนเนสที่ผ่านการเก็บ
และเดกซ์แทรนเนสหยาบ..... 90

4.50 ความเสถียรต่อความเป็นกรดเบสของเดกซ์แทรนเนสที่ผ่านการเก็บ
และเดกซ์แทรนเนสหยาบ..... 92

4.51 ความเสถียรต่ออุณหภูมิของเดกซ์แทรนเนสที่ผ่านการเก็บและเดกซ์แทรนเนสหยาบ..... 93

4.52 การประมาณค่า K_m โดยวิธีไลน์วีเวอร์ - เบิร์ก (Lineweaver – Burk plot) ของเดกซ์แทรนเนส
ที่ผ่านการเก็บเทียบกับเดกซ์แทรนเนสหยาบเมื่อใช้เดกซ์แทรน ที่ - 2000 เป็นซับสเตรต..... 95

สัญลักษณ์และคำย่อ

มล.	=	มิลลิลิตร
มก.	=	มิลลิกรัม
°ซ	=	องศาเซลเซียส
%	=	เปอร์เซ็นต์