# บทที่ 1

# บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพเพาะปลูก การปลูกอ้อยของเกษตรกรส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นเพื่อส่งเข้าโรงงานน้ำตาลเป็นสำคัญและปัจจุบันนี้ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกน้ำตาลเป็นอันดับสามของโลก (1) จากสถิติที่ผ่านมาผลผลิตอ้อยและน้ำตาลมีปริมาณสูงมากขึ้นทุกปีดังแสดงในตารางที่ 1.1 (2)

**ตารางที่ 1.1** เปรียบเทียบผลผลิตพลอยได้กับผลผลิตปี 2523-2533 (หน่วยตัน)

| ปีการผลิต | อ้อย | กากอ้อย | น้ำตาล | กากน้ำตาล | ก.ก.เฉลี่ย/อ้อย1ตัน | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | น้ำตาล | กากน้ำตาล |
| 2523/24 | 18,651,657.878 | 4,756,171 | 1,602,646.646 | 1,028,650 | 85.93 | 55.15 |
| 2524/25 | 30,263,796.722 | 7,717,268 | 2,678,179.925 | 1,736,168 | 88.49 | 57.37 |
| 2525/26 | 23,916,343.727 | 6,098,668 | 2,212,634.057 | 1,316,100 | 92.67 | 55.03 |
| | | | แดง 3,800.650 | | | |
| 2526/27 | 23,087,201.052 | 5,887,236 | 2,209,296.607 | 1,230,273 | 95.89 | 53.29 |
| | | | แดง 4,490.700 | | | |
| 2527/28 | 25,053,106.971 | 6,388,542 | 2,468,368.469 | 1,351,116 | 98.65 | 53.93 |
| | | | HTM 5,217.820 | | | |
| 2528/29 | 23,999,223.113 | 6,119,802 | 2,478,482.517 | 1,193,609 | 103.81 | 49.74 |
| | | | HTM 21,167.560 | | | |
| 2529/30 | 24,440,950.882 | 6,232,442 | 2,535,196.798 | 1,205,773 | 103.73 | 49.33 |
| 2530/31 | 27,188,820.243 | 6,933,149 | 2,591,287.972 | 1,372,020 | 95.31 | 50.46 |
| 2531/32 | 36,566,993.649 | 9,350,083 | 3,898,519.048 | 1,746,038 | 106.32 | 47.62 |
| 2531/32 | 28,922.010 | | HTM 5,456.390 | | | |
| 2532/33 | 33,560,079.014 | 8,557,820 | 3,349,108.659 | 1,718,289 | 99.79 | 51.20 |

หมายเหตุ (1) แดงหมายถึงน้ำตาลทรายแดง

(2) HTM หมายถึง กากน้ำตาลคุณภาพสูง

จากตารางที่ 1.1 พบว่าผลผลิตอ้อยมีปริมาณสูงขึ้นทุกปี เนื่องจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกและปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตซึ่งผลผลิตน้ำตาลทรายในปัจจุบันประมาณ 100 กิโลกรัมต่ออ้อย 1 ตัน และพบว่าโรงงานที่มีประสิทธิภาพทางด้านการผลิตสูงสามารถผลิตได้ถึง 122 กิโลกรัมต่ออ้อย 1 ตัน ผลผลิตสูงย่อมเป็นที่ต้องการในอุตสาหกรรม การสูญเสียน้ำตาลซูโครสเนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญที่ควรพิจารณาโดยจุลินทรีย์ใช้ซูโครสเพื่อการเจริญเติบโต สร้างกรด และเดกซ์แทรน (dextran) กรดที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นจะทำให้เกิดการผกผัน (inversion) ของน้ำตาลซูโครสไปเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ เป็นผลให้เกิดการสูญเสียน้ำตาลซูโครสร้อยละ 0.2-0.6 นอกจากนี้เดกซ์แทรนซึ่งเป็นสารโฮโมโพลีเมอร์ของกลูโคสต่อกันด้วยพันธะ α-1,6 glycosidic linkage ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ผลผลิต คุณภาพของน้ำตาลทราย และผลิตภัณฑ์ที่นำน้ำตาลทรายไปใช้เป็นส่วนประกอบเนื่องจากคุณสมบัติของเดกซ์แทรนเช่นความเหนียวหนืด ดังนั้น คุณภาพของน้ำตาลทรายดิบในต่างประเทศกำหนดให้มีเดกซ์แทรนต่ำกว่า 250 พีพีเอ็ม หากเกินกว่าปริมาณนี้จะถูกปรับจากราคาซื้อขาย (3)

สาเหตุใหญ่ของการเกิดเดกซ์แทรนในน้ำอ้อย เนื่องจากเนื้อเยื่อของลำต้นถูกทำลาย ดังนั้นจุลินทรีย์จึงเข้าไปเจริญเติบโต และใช้น้ำตาลซูโครสในการผลิตเดกซ์แทรน ซึ่งก่อนการเก็บเกี่ยวอ้อยนั้นจะต้องเผาอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว ประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อความสะดวกในการใช้เครื่องจักรกลเก็บเกี่ยว สำหรับประเทศไทยแม้จะใช้แรงงานคนก็ตามนิยมเผาไฟก่อนเช่นเดียวกันเพื่อความสะดวกในการเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะฤดูกาลปลายหีบ ซึ่งอากาศร้อนและแรงงานหายาก และเชื่อว่าการเผาทำให้อ้อยแตกลำต้นใหม่ได้ดีขึ้น ดังนั้นการเกิดเดกซ์แทรนจึงสามารถเกิดขึ้นได้ แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการประเมินว่าอ้อยในประเทศนั้นมีปริมาณเดกซ์แทรนโดยเฉลี่ยเท่าใด ในอนาคตอันใกล้นี้ประเทศไทยอาจจะเปลี่ยนระบบการเก็บเกี่ยวใหม่จากการใช้แรงงานคนมาเป็นการใช้เครื่องจักรกล เนื่องจากมีปัญหาค่าแรงงานที่สูงขึ้นทุกปี ดังนั้นปัญหาการเกิดเดกซ์แทรนในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทรายคงจะเกิดขึ้นอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ นอกจากนี้เดกซ์แทรนอาจเกิดได้ในอ้อยที่ถูกแช่แข็งด้วยความเย็นจัดเช่นเดียวกับการเผาไฟ

วิธีป้องกันและกำจัดเดกซ์แทรนสามารถกระทำได้หลายวิธีได้แก่วิธีทางกายภาพและทางเคมีแต่วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางคือ การใช้เดกซ์แทรนเนส (dextranase)

เพื่อกำจัดเดกซ์แทรน ซึ่งใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากความจำเพาะเจาะจงของเอนไซม์ต่อสับสเตรท และปฏิกิริยาของเอนไซม์ไม่ต้องการภาวะที่รุนแรง ตลอดจนไม่มีสารเคมีตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ ทำให้ลดปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากเดกซ์แทรนลงได้ แต่มีข้อคิดที่ควรพิจารณาสำหรับการใช้เอนไซม์นี้ กล่าวคือเอนไซม์มีราคาสูง เมื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิต (4) เอนไซม์ที่เติมลงในน้ำอ้อยจะถูกทำลายด้วยความร้อนในขั้นตอนการทำน้ำอ้อยบริสุทธิ์ ทำให้ไม่สามารถนำเอนไซม์กลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้เดกซ์แทรนเนสอิสระไม่สามารถกำจัดเดกซ์แทรนในระบบต่อเนื่องได้ จากข้อคิดบางประการนี้จึงชักนำเข้าสู่งานวิจัยเพื่อใช้เดกซ์แทรนเนสอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เทคนิคเอนไซม์ตรึงรูปเพื่อกำจัดเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยอย่างต่อเนื่อง

การประยุกต์ใช้เทคนิคเอนไซม์ตรึงรูป ในงานวิจัยนี้คือ เตรียมเดกซ์แทรนเนสโดยวิธีเชื่อมพันธะโควาเลนท์ บนทรายแม่น้ำขนาด 50-60 เมช ซึ่งใช้เป็นตัวพยุงทั้งนี้เนื่องจากทรายแม่น้ำเป็นวัสดุตามธรรมชาติที่หาได้ง่ายราคาถูก ทนต่อการทำลายเชิงกลและการทำลายโดยจุลินทรีย์ รวมทั้งมีหลายขนาดให้เลือกได้ตามความต้องการ เพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ อีกทั้งหากเกิดภาวะที่ไม่สามารถควบคุมได้เช่นการหลุดของทรายเข้าไปในน้ำอ้อยยังสามารถแก้ไขได้โดยนำน้ำอ้อยส่วนนี้เข้าสู่ระบบกำจัดทรายซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยจำนวนมากที่สนับสนุนว่าทรายเป็นตัวพยุงที่เหมาะสมสำหรับการตรึงรูปเอนไซม์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (30,31,32,33) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทดลองศึกษาการตรึงรูปเดกซ์แทรนเนสบนทรายโดยหาภาวะที่เหมาะสมต่อการตรึงรูปเดกซ์แทรนเนสบนทราย ศึกษาสมบัติทางด้านจลนพลศาสตร์ของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูปที่ผลิตได้ และนำเอนไซม์ตรึงรูปที่ผลิตได้ไปใช้กำจัดเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบด

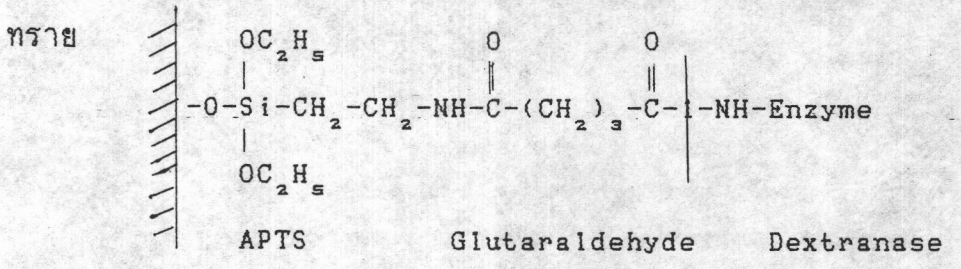
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้

1. เป็นฐานข้อมูลการวิจัยเทคโนโลยีเอนไซม์ตรึงรูปที่มีความเป็นไปได้สูง สำหรับการแก้ปัญหาในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย
2. เป็นเครื่องปฏิกรณ์เอนไซม์ตรึงรูปต้นแบบ เพื่อแก้ปัญหาเดกซ์แทรนในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย

3. พัฒนาเสริมสร้างรูปแบบการใช้เอนไซม์ตรึงรูป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และลดปัญหาการสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย

สำหรับงานวิจัยนี้ทดลองตรึงรูปเดกซ์แทรนเนสบนตัวพยุงทรายแม่น้ำ ขนาด 50-60 เมช เอนไซม์ที่ใช้ศึกษาคือ Dextranase 50 L ผลิตโดยบริษัท Novo Industri A/S Copenhagen, Denmark สารกระตุ้นตัวพยุงคือ -aminopropyltriethoxysilane (APTS) สารสร้างพันธะร่วมคือ กลูตารัลดีไฮด์ และใช้เดกซ์แทรนเนสตรึงรูปสำหรับกำจัดเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยอย่างต่อเนื่องโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบฟลูอิไดซ์เบด

โครงสร้างของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูปบนทรายเป็นดังรูปที่ 1.1




**รูปที่** 1.1 โครงสร้างของเดกซ์แทรนเนสตรึงรูปบนทราย