

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งหาตัวหนุงที่เหมาะสมในการตรึงรูปเดกซ์แทรนเนสที่ผลิตจาก *Penicillium* sp. สายพันธุ์ 61 พบว่าคาร์บอนกัมมันต์ขนาด 8-16 เมช ให้ผลการทดลองที่น่าจะใช้ตรึงรูปเอนไซม์ชนิดนี้ได้ดี ซึ่งวัสดุชนิดนี้หาได้ง่ายในบ้านเราซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม และมีราคาถูก ตลอดจนมีข้อดีต่างๆ ดังที่กล่าวข้างต้น

ในด้านของสารกระตุ้นที่ใช้เตรียมเดกซ์แทรนเนสตรึงรูป พบว่า สารละลาย APTS มีความเหมาะสมกว่า CNBr ทั้งในแง่ของความปลอดภัย และปริมาณที่จะนำไปใช้นั้นต่ำกว่า ซึ่งเราจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยและความเป็นไปได้ที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม สำหรับภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเดกซ์แทรนเนสตรึงรูป แสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมในการเตรียมเดกซ์แทรนเนสตรึงรูป

ปัจจัย	ภาวะที่เหมาะสม
ความเข้มข้นของสารละลาย APTS	2% โดยปริมาตร
ความเข้มข้นของสารละลายกลูตารัลดีไฮด์	2.5% โดยปริมาตร
ความเข้มข้นของเอนไซม์	10 มก. โปรตีน
ความเป็นกรดต่าง	ใช้น้ำปลอดประจุ pH ประมาณ 6
เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน	
- การกระตุ้นด้วยสารกระตุ้น	3 ชั่วโมง
- การสร้างพันธะร่วม	2 ชั่วโมง
- การตรึงรูปเอนไซม์	2 ชั่วโมง

จะเห็นได้ว่ากระบวนการเตรียมเดกซ์แทรนเนสตรังรูปในงานวิจัยนี้ เป็นกระบวนการที่ง่ายและสะดวก และไม่ยุ่งยาก ยิ่งไปกว่านั้นสมบัติของเดกซ์แทรนเนสตรังรูปที่ได้ยังมีข้อได้เปรียบกว่าเอนไซม์อิสระในหลายๆด้าน ดังแสดงในตารางที่ 18 ตารางที่ 18 เปรียบเทียบสมบัติของเดกซ์แทรนเนสตรังรูปและเอนไซม์อิสระ

สมบัติของเอนไซม์	เดกซ์แทรนเนสอิสระ	เดกซ์แทรนเนสตรังรูป
แอกติวิตีจำเพาะ	50	75
pH ที่เหมาะสมต่อการทำงาน	5.5	5
อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงาน	55 °C	55 °C
ความเสถียรต่ออุณหภูมิ	50 °C	55 °C
	1 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง
ค่าครึ่งชีวิต (เมื่อเก็บที่ภาวะ 4 °C)	>45 วัน	>45 วัน
ค่าคงที่ไมคิลิส (M)	1.6×10^{-6}	9.1×10^{-7}

ค่าแอกติวิตีจำเพาะของเดกซ์แทรนเนสตรังรูปสูงกว่าเอนไซม์อิสระ ทั้งนี้เพราะว่าเอนไซม์อิสระที่นำมาใช้นั้นอยู่ในสภาพที่ยังไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ การตรึงรูปเดกซ์แทรนเนสนี้ จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้เอนไซม์บริสุทธิ์ขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนของเอนไซม์มีขนาดพอเหมาะ ซึ่งโปรตีนอื่นที่ขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าได้เพราะเกิด steric hindrance ดังนั้นแอกติวิตีจำเพาะที่ได้จึงมีค่าสูง นอกจากนี้กระบวนการตรึงรูปยังทำให้โครงสร้างของเอนไซม์ (configuration) มีการเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมต่อการแคตาลิซิสสับสเตรทได้ดีขึ้น ดังจะเห็นได้จากค่าคงที่ไมคิลิสที่มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับเอนไซม์อิสระ

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของเดกซ์แทรนเนสตรังรูปจากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่นๆ ที่ตรึงรูปเดกซ์แทรนเนสเช่นเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 19 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการศึกษาตรึงรูปเดกซ์แทรนเนสในงานวิจัยนี้ให้ผลที่น่าพอใจ โดยจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานน้ำตาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายและลดการสูญเสีย น้ำตาลทรายในขั้นตอนการผลิตได้อีกด้วย

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบสมบัติของเชื้อแคปซูลเนสตรูปกับงานวิจัยอื่นๆ

สมบัติของเอนไซม์	เชื้อแคปซูลเนสตรูป ที่เตรียมได้ในงานวิจัยนี้	*	**	***
แอกติวิตีจำเพาะ (หน่วยต่อมก. โปรตีน)	75	-	1,000	145.8
pH ที่เหมาะสม	5	5.2-6.2	5.6	5
ต่อการทำงาน				
อุณหภูมิที่เหมาะสม (°C)	55	50	50	50
ต่อการทำงาน				
ความเสถียรต่ออุณหภูมิ (°C)	55	60	45	55
	1 ชั่วโมง	1 ชั่วโมง	20 นาที	20 นาที
ค่าครึ่งชีวิต (วัน) (เมื่อเก็บที่ภาวะ)	>60 (4 °C)	5 (37 °C)	15-20 (4 °C)	
ค่าคงที่ไม่คิลลิส	9.1×10^{-7}	-	-	-
เทียบกับเอนไซม์อิสระ	ลดลง 1.8 เท่า	ลดลง 1.5 เท่า	สูงขึ้น 1.3 เท่า	สูงขึ้น 5 เท่า

เชื้อแคปซูลเนสของงานวิจัยนี้เป็นเชื้อแคปซูลเนสจาก *Penicillium* sp. สายพันธุ์ 61 ที่ยังไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ใดๆ มีแอกติวิตีจำเพาะ 50 หน่วยต่อมก. โปรตีน

* เชื้อแคปซูลเนสตรูปที่ได้จากการศึกษาของ Ramesh และ Singh (47) ซึ่งเป็นเชื้อแคปซูลเนสจากแบคทีเรีย (ไม่ได้ระบุชื่อ)

** เชื้อแคปซูลเนสตรูปที่ได้จากการศึกษาของ Madhu และ Prabhu (48) ซึ่งเป็นเชื้อแคปซูลเนสจาก *P. aculeatum* NSI-4 ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ มีแอกติวิตีจำเพาะ 1000 หน่วยต่อมก. โปรตีน

*** เชื้อแคปซูลเนสตรูปที่ได้จากการศึกษาของ Sugiura และ Ito (27) เชื้อแคปซูลเนสจาก *P. funiculosam* IAM 7013 ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ มีแอกติวิตีจำเพาะ 428 หน่วยต่อมก. โปรตีน

ข้อเสนอแนะ

คาร์บอนกัมมันต์เป็นตัวองที่ตีในการใช้เป็นแนวทางการศึกษาตรึงรูป
เดกซ์แทรนเนส และจากที่ผ่านมายังไม่ปรากฏว่ามีกรทดลองใช้ตัวองชนิดนี้สำหรับการ
ตรึงรูปเดกซ์แทรนเนสในสภาพที่ยังไม่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ (crude enzyme) และยังเป็น
เอนไซม์ที่สามารถผลิตได้เอง ดังนั้นข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการศึกษาตรึงรูปเดกซ์แทรนเนส
นี้จะเป็ประโยชน์อย่างสูงในการนำไปออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพ (Bioreactor) ซึ่ง
อาจจะเป็ระบบต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องก็ได้ เพื่อค้นหาให้เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในระดั
อุตสาหกรรมต่อไป