บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

การผลิตเดกซ์แทรนเนสเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการอุดตันในโรงงานน้ำตาลและสุขภาพฟันนั้นต้องอาศัยการชักนำโดยเดกซ์แทรน ซึ่งเดกซ์แทรนที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์นั้นผลิตมาจาก *L. mesenteroides* มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยประมาณ 5,000,000-40,000,000 ดาลตัน (Sigma, USA) แต่มีราคาสูงมาก ค่าใช้จ่ายนี้เป็นข้อจำกัดสำหรับการผลิตเดกซ์แทรนเนสในระดับอุตสาหกรรมสำหรับแก้ปัญหาเดกซ์แทรนในโรงงานน้ำตาล ที่ต้องใช้เดกซ์แทรนเนสในปริมาณมากๆ การศึกษานี้จึงมุ่งต่อการผลิตเดกซ์แทรนโดย *L. mesenteroides* ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นเชื้อที่ก่อปัญหาเดกซ์แทรนให้แก่โรงงานน้ำตาล โดยบุญส่ง แสงอ่อน (2527) ไอโซเลต *L. mesenteroides* สายพันธุ์ 473 ได้จากน้ำอ้อยโรงงาน เมื่อศึกษาพบว่าเป็นจุลินทรีย์ที่มีความสามารถสร้างพอลิแซ็กคาไรด์ในอาหารที่มีซูโครส และสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง (28.0-30.5°ซ) และค่าความเป็นกรดเบส 5.5 และ 6.5 (Buchanan และคณะ, 1974) ทำให้มีความเป็นไปได้สำหรับการใช้จุลินทรีย์นี้ในการผลิตและหากสามารถปรับปรุงสูตรอาหารและภาวะทางกายภาพที่ใช้เลี้ยงจะสามารถเพิ่มผลผลิตได้

เป็นที่ทราบกันดีว่าการเพิ่มผลผลิตนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง อาทิ ปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเบส อุณหภูมิ การให้อากาศ ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ และตัวจุลินทรีย์เอง ซึ่งรวมไปถึงความสามารถของจุลินทรีย์ ปริมาณของกล้าเชื้อที่ใช้ ตลอดจนสภาพของจุลินทรีย์ว่าอยู่ในระยะใดของการเจริญ ดังนั้นเพื่อให้จุลินทรีย์ผลิตผลผลิตที่สูงขึ้นจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ และปรับหาภาวะที่เหมาะสมในเชิงสรีระวิทยาเพื่อให้ได้ผลผลิตเดกซ์แทรนที่สูงที่สุด

ในการศึกษาระยะแรกพบว่าภาวะที่มีการสังเคราะห์เดกซ์แทรน แบคทีเรียจะจับตัวกับเดกซ์แทรนที่เชื้อผลิตขึ้นเป็นกลุ่มก้อน (clump) ทำให้การวัดความขุ่นจากค่าการดูดกลืนแสงเพื่อหาการเจริญของเชื้อไม่สามารถทำได้ หลังจากทดลองหาวิธีต่าง ๆ พบว่าการวิเคราะห์อัตราการเจริญของเซลล์ที่เป็นไปได้ คือการนับจำนวนเซลล์มีชีวิตทั้งหมดบนจานเพาะเชื้อโดยวิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Plihon และคณะ (1995)

รูปแบบการเจริญของ *L. mesenteroides* ที่เลี้ยงในอาหารเหลวทริปโตนเสริมด้วยซูโครสที่ความเข้มข้น 10% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเป็นแหล่งคาร์บอน ที่ 30°ซ พบว่าแบคทีเรียมีการเจริญและการผลิตเดกซ์แทรนควบคู่กันไป โดยมีรูปแบบการเจริญในระยะเริ่มต้นที่ค่อนข้างสั้นซึ่งมีระยะเวลาน้อยกว่า 2 ชั่วโมง และเข้าสู่ภาวะคงที่ภายในระยะเวลา 8 ชั่วโมง และให้ผลผลิตเดกซ์แทรนสูงที่สุดปริมาณ 2.59 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรน้ำเลี้ยงเชื้อ โดยเมื่อบ่มต่อไปจนกระทั่งครบ 24 ชั่วโมง จะไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณเดกซ์แทรน ซึ่งมีผู้ศึกษาถึงการเลี้ยง *L. mesenteroides* สายพันธุ์ต่างๆ เพื่อการผลิตเดกซ์แทรน พบว่าการผลิตเดกซ์แทรนจะใช้เวลาในการบ่มเชื้อที่แตกต่างกันไปตั้งแต่ 18 ชั่วโมงถึง 20 วัน (Tarr และ Hibbert, 1931; Hassid และ Barker, 1940; Evans และคณะ, 1941 และ Sugg และ Hehre, 1942) โดย Zedan และคณะ (1983) เสนอการผลิตเดกซ์แทรนโดย *L. mesenteroides* จากอาหารที่ใช้ซูโครสเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าการผลิตเดกซ์แทรนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายในช่วงระยะเวลา 4-24 ชั่วโมง และสอดคล้องกับการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบ่มต่อไปจะไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณเดกซ์แทรน เช่นกัน Ul Qader และคณะ (2005) เลี้ยง *L. mesenteroides* สายพันธุ์ PCSIR-4 PCSIR-9 และ NRRL B-512F เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และศึกษาถึงการผลิตเดกซ์แทรน พบว่าผลผลิตเดกซ์แทรนจะมีปริมาณสูงสุดในชั่วโมงที่ 18 และจะมีปริมาณลดลงทีละน้อยจนกระทั่งครบ 72 ชั่วโมง

จากการพิจารณาองค์ประกอบของอาหารซูโครสทริปโตน พบว่าสูตรอาหารมีองค์ประกอบง่าย และมีความเหมาะสมในการผลิตเดกซ์แทรน จึงเลือกสูตรอาหารนี้เป็นสูตรเริ่มต้นเพื่อการปรับปรุงต่อไป การปรับปรุงนั้นเริ่มตั้งแต่การคัดเลือกปริมาณกล้าเชื้อเริ่มต้น ชนิดและปริมาณของส่วนประกอบสูตรอาหารทั้งแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจน และภาวะที่ใช้ในการเจริญและการสังเคราะห์เดกซ์แทรนโดย *L. mesenteroides* สายพันธุ์ 473 (Jeanes และคณะ, 1948) การทดลองเริ่มต้นจากปริมาณของจุลินทรีย์ที่ใช้ โดยใช้จุลินทรีย์จากระยะการเจริญกึ่งกลางการเจริญทวีคูณที่ 3 ชั่วโมง ซึ่งเป็นระยะที่จุลินทรีย์มีความสามารถสูงสุด และแปรผันปริมาณกล้าเชื้อที่ 5-15% โดยปริมาตร พบว่าการใช้ปริมาณกล้าเชื้อเริ่มต้น 5% โดยปริมาตรให้รูปแบบการเจริญที่มีช่วงระยะเริ่มต้นค่อนข้างยาวนานกว่า 2 ชั่วโมง ซึ่งจากเดิมจุลินทรีย์มีรูปแบบการเจริญในระยะเริ่มต้นน้อยกว่า 2 ชั่วโมง จึงทำให้การเริ่มต้นการผลิตเดกซ์แทรนใช้เวลายาวนานตามไปด้วย และเมื่อเพิ่มปริมาณกล้าเชื้อเริ่มต้นมากขึ้นจะมีรูปแบบการเจริญช่วงระยะเริ่มต้นลดลง จนกระทั่งการเจริญของจุลินทรีย์ไม่มีช่วงระยะเริ่มต้นเลยเมื่อเพิ่มปริมาณกล้าเชื้อเป็น 15% โดยปริมาตร แต่การผลิตเดกซ์แทรนจะได้ผลผลิตที่ต่ำกว่า เนื่องจากจุลินทรีย์มีการใช้กลูโคสที่ได้จากการสลายซูโครสด้วยเดกซ์แทรนซูเครส ไปเพื่อการเจริญมากกว่าการผลิตเดกซ์แทรน นอกจากนี้ในภาวะที่มี

ฟรักโทสในปริมาณมาก จะส่งผลให้เกิดการยับยั้งการทำงานของเดกซ์แทรนซูเครสแบบย้อนกลับอีกด้วย (feedback inhibition) (Kobayashi และคณะ, 1985 และ Böker และคณะ,1994) ดังนั้นเมื่อพิจารณาทั้งรูปแบบการเจริญและการผลิตเดกซ์แทรนแล้ว ปริมาณกล้าเชื้อเริ่มต้นที่เหมาะสมคือที่ 10% โดยปริมาตร

ขั้นตอนต่อไปคือการหาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตเดกซ์แทรน โดยการปรับสูตรอาหารซูโครสทริปโตนที่ครอบคลุมถึง แหล่งคาร์บอน แหล่งไนโตรเจน และแหล่งวิตามิน

เนื่องจากแหล่งคาร์บอนคือ ซูโครส มีบทบาทสำคัญสองประการ ได้แก่ การชักนำการสร้างเดกซ์แทรนซูเครสที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนซูโครสเป็นเดกซ์แทรน และเป็นแหล่งพลังงานในการสร้างเดกซ์แทรน (Forsyth และ Webley, 1950; Kim และ Robyt, 1994 และ Monsan และคณะ, 2001) วัตถุดิบที่เลือกใช้แทนซูโครสในการทดลองนี้ คือ น้ำอ้อย และกากน้ำตาล พบว่าการใช้น้ำอ้อยและกากน้ำตาลมีการเจริญได้ดีกว่าการใช้ซูโครส ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบในน้ำอ้อยและกากน้ำตาลมีสารช่วยกระตุ้นการเจริญประเภทวิตามินเป็นส่วนประกอบอยู่ (กล้าณรงค์ ศรีรอต, 2547) จึงมีผลช่วยกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียได้ดีกว่าการใช้ซูโครส แต่หากมองในแง่ของคุณภาพผลผลิตพบว่าการใช้ซูโครสนั้น เดกซ์แทรนที่ผลิตได้จะมีลักษณะทางกายภาพ คือ สีและความละเอียดของเดกซ์แทรนที่ดีกว่ากรณีที่ใช้น้ำอ้อยและกากน้ำตาล การทดลองต่อไปจึงใช้ซูโครสเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับการผลิตเดกซ์แทรน เมื่อแปรผันปริมาณของซูโครสตั้งแต่ 0.0-10.0% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรพบว่าการผลิตเดกซ์แทรนจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซูโครส แต่หากความเข้มข้นของซูโครสมากกว่า 7.0% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรแล้วจะไม่มีผลเพิ่มปริมาณเดกซ์แทรน โดยให้ผลผลิตเดกซ์แทรนสูงจากเดิมเป็น 2.71 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรน้ำเลี้ยงเชื้อ

เนื่องจากแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์จากพืชตระกูลถั่ว เช่น กากถั่วเหลืองและกากถั่วลิสง มีส่วนประกอบที่เป็นโปรตีนสูงถึง 46.9% และ 48.0% ตามลำดับ (สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2004) และเป็นวัสดุการเกษตรที่มีราคาถูกจึงคัดเลือกกากเหลือทิ้งจากการเกษตรเหล่านี้มาใช้เพื่อปรับปรุงการผลิตเดกซ์แทรน และเปรียบเทียบกับการใช้ไนโตรเจนอนินทรีย์ เช่น เกลือแอมโมเนียมชนิดต่างๆ อย่างไรก็ตามสารจำพวกถั่วมีปัญหาด้านไขมันที่พบสูงแม้จะอยู่ในรูปกาก เช่น กากถั่วเหลืองและกากถั่วลิสง ทำให้มีการปะปนในเดกซ์แทรนที่ตกตะกอน แต่ปัญหานี้แก้ไขได้โดยการสกัดไขมันด้วยตัวทำละลาย หลังการเลี้ยงพบว่าการใช้กากถั่วเหลืองและกากถั่วลิสงให้ผลผลิตเดกซ์แทรนในปริมาณสูงใกล้เคียงกันคือ 3.01 และ 3.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อตามลำดับ ซึ่งนับว่าเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ดีเนื่องจาก

กากถั่วเหลืองและกากถั่วลิสงมีสารอาหารประเภทโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตอยู่ในปริมาณมาก โดยองค์ประกอบเหล่านี้มีความสำคัญต่อการสร้างพลังงานและการผลิตองค์ประกอบต่างๆ ของจุลินทรีย์ (สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2004) แต่เนื่องจากประเทศไทยมีผลผลิตถั่วเหลืองต่ำจึงต้องมีการนำเข้าของถั่วเหลือง จึงคัดเลือกกากถั่วลิสงสำหรับการใช้งานต่อไป

การทดลองต่อไปคือการปรับปรุงการผลิตเดกซ์แทรน โดยการหาภาวะทางกายภาพที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเบส อุณหภูมิ และอัตราการเขย่าเพื่อให้อากาศ และเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาจากการสกัดไขมันจากกากถั่วลิสงด้วยตัวทำละลาย และยังเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย การทดลองจึงใช้เพียงยีสต์สกัดมาปรับปรุงภาวะการผลิตเดกซ์แทรน พบว่าค่าความเป็นกรดเบส 5.5 บ่มที่อุณหภูมิ 30°ซ ด้วยความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที มีความเหมาะสมต่อการเจริญและการผลิตเดกซ์แทรนโดยให้ปริมาณเดกซ์แทรนสูงที่สุด ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็น 3.89 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรส่วนใสที่นำมาตกตะกอน คิดเป็น 50.19% Alsop (1983); Ott และ Day (1987); Santos และคณะ (2000) และ Rodrigues และคณะ (2003) ได้ศึกษาถึงผลของค่าความเป็นกรดเบส พบว่าค่าความเป็นกรดเบสในช่วงที่เป็นกรดอ่อนจนถึงระยะที่เป็นกลาง มีส่วนช่วยในการผลิตเดกซ์แทรนซูเครสในส่วนของการควบคุมแรงขับเคลื่อนโปรตอน (proton motive force) ให้อยู่ในระดับคงที่ และช่วยรักษาความเสถียรและแอคติวิตีของเดกซ์แทรนซูเครสไว้ได้อีกด้วย (Tarr และ Hibbert, 1931 และ Evans และคณะ, 1941) สำหรับการรายงานในส่วนของอุณหภูมิที่มีผลต่อการผลิตเดกซ์แทรน พบว่าที่อุณหภูมิ 30°ซ เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเดกซ์แทรนซูเครสเช่นกัน (Remaud-Simeon และคณะ, 1994) และจากผลการทดลอง *L. mesenteroides* สายพันธุ์ 473 มีความต้องการอากาศในการเจริญและผลิตองค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์ ซึ่งโดยทั่วไปในภาวะที่มีการให้อากาศแบคทีเรียจะมีการผลิต ATP ในปริมาณสูง (Dols-Lafargue และคณะ, 1997a) ถึงแม้ว่าแบคทีเรียชนิดนี้จะมีความต้องการอากาศเพียงเล็กน้อยก็ตาม ซึ่ง Veljković และคณะ (1992) ได้ศึกษาถึงการผลิตเดกซ์แทรนซูเครสในระบบถังหมัก โดยมีการควบคุมถึงอัตราการเคลื่อนผ่านของออกซิเจน (oxygen transfer rate) พบว่าการเลี้ยงในภาวะที่มีอัตราการเคลื่อนผ่านของออกซิเจนประมาณ 1.0 มิลลิโมลออกซิเจน/ลิตร/ชั่วโมง จะมีอัตราการเจริญและผลผลิตของเดกซ์แทรนซูเครส สูงกว่าการเลี้ยงในภาวะที่ไม่มีอัตราการเคลื่อนที่ของออกซิเจน ซึ่งเพิ่มจากประมาณ 3.25 หน่วย DSU/มิลลิลิตร เป็น 8.25 หน่วย DSU/มิลลิลิตร และเช่นเดียวกัน Lazić และคณะ (1993) พบว่าการเลี้ยงในภาวะที่มีอัตราการเคลื่อนผ่านของออกซิเจนประมาณ 1.0 มิลลิโมลออกซิเจน/ลิตร/ชั่วโมง จะให้ผลผลิตเดกซ์แทรน

เพิ่มจากประมาณ 8.20 กรัมต่อลิตร เป็น 8.80 กรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในภาวะที่ไม่มีอัตราการเคลื่อนที่ของออกซิเจน

ผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น ในการศึกษาปริมาณและส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อและภาวะทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการผลิตเดกซ์แทรน มีความสอดคล้องกับการรายงานของบุญส่ง แสงอ่อน (2527) โดย *L. mesenteroides* สายพันธุ์ 473 มีความสามารถในการผลิตเดกซ์แทรนได้ในอาหารซูโครสทริปโตน ค่าความเป็นกรดเบส 5.5 ที่อุณหภูมิ 30°ซ

ต่อมาเมื่อนำกากถั่วลิสงที่ผ่านการสกัดไขมันด้วยตัวทำละลาย มาใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนร่วมกับการเสริมด้วยยีสต์สกัดปริมาณต่างๆ ตั้งแต่ 0.0-1.0% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรเป็นแหล่งวิตามิน พบว่ายีสต์สกัดที่ความเข้มข้น 0.8% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรให้ผลผลิตเดกซ์แทรนสูงที่สุด คือ 4.52 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรน้ำเลี้ยงเชื้อ โดยเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 74.52% เมื่อเทียบจากก่อนการปรับปรุงที่ 2.59 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรน้ำเลี้ยงเชื้อ ผลที่ดีนี้สอดคล้องกับรายงานที่ว่ายีสต์สกัดมีองค์ประกอบที่สามารถใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนและยังเป็นแหล่งรวมของวิตามินต่างๆ อีกด้วย เช่น วิตามินบี1 หรือไทอะมิน วิตามินบี2 หรือ ไรโบฟลาวิน วิตามินบี3 หรือไนอะซิน วิตามินบี5 วิตามินบี6 หรือไพริดอกซิน กรดโฟลิก ไบโอติน โคลิน อิโนซิทอล (inositol) และ กรดพาราอะมิโนเบนโซอิก หรือ PABA (พาราอะมิโนเบนโซอิคแอซิด) ฯลฯ (http://www.questvitamins.co.uk, Quest Vitamins, Ltd.) โดยมีการรายงานถึงการใช้ยีสต์สกัดเป็นแหล่งวิตามินเพื่อกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ (Kole และคณะ, 1983 และ Fogler, 1991) และจากการศึกษาถึงผลของการใช้ยีสต์สกัดต่อการผลิตเดกซ์แทรน โดย Daker และ Stacey (1938) ซึ่งผลิตพอลิแซ็กคาไรด์โดย *Betacoccus arabonosaceous anhaemolyticus* (หรือ *L. mesenteroides* ที่รู้จักกันในปัจจุบัน) ในอาหารซูโครสเพปโตนที่เสริมด้วยยีสต์สกัดปริมาณต่างๆ พบว่าในอาหารชนิดที่ไม่มีการเสริมซูโครสหรือยีสต์สกัดจะไม่เกิดการผลิตเดกซ์แทรนขึ้น ซึ่งซูโครสมีความสำคัญต่อจุลินทรีย์ในการใช้เป็นแหล่งคาร์บอน ส่วนยีสต์สกัดจะมีความสำคัญต่อจุลินทรีย์ทั้งการนำมาใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนและแหล่งวิตามินในการผลิตเดกซ์แทรน Carlson และ Carlson (1949) ศึกษาถึงผลของวิตามินที่มีต่อการผลิตเดกซ์แทรนโดย *L. mesenteroides* สายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ สายพันธุ์ 683 535 และ 8086 ในอาหารที่ใช้น้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น ซูโครส กลูโคส และฟรักโทส พบว่ามีเพียงอาหารที่ใช้ซูโครสเท่านั้นที่จุลินทรีย์ทั้ง 3 สายพันธุ์สามารถผลิตเดกซ์แทรน และเมื่อเสริมด้วยวิตามินชนิดต่างๆ (กรดโฟลิก กรดพาราอะมิโนเบนโซอิก ไรโบฟลาวิน ไทอะมิน ไพริดอกซิน กรดแพนโททินิก กรดนิโคทินิก และไบโอติน) ลงในอาหารซูโครส พบว่าจุลินทรีย์ทั้ง 3 สายพันธุ์มีความต้องการวิตามินชนิดไทอะมิน กรดนิโคทินิก และกรดแพนโททินิก และยังพบว่าวิตามินชนิดกรดโฟลิกมีความ

จำเป็นต่อสายพันธุ์ 683 และ 8086 ด้วย นอกจากนี้วิตามินชนิดไรโบฟลาวินก็มีความจำเป็นต่อสายพันธุ์ 8086 เช่นกัน

การศึกษาถึงชนิด และปริมาณส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตเดกซ์แทรนโดย *L. mesenteroides* สายพันธุ์ต่างๆ มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ โดยจะเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 5.1 และ 5.2 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบถึงการผลิตเดกซ์แทรนทั้งในเรื่องของปริมาณซูโครสที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอน ผลผลิตของเดกซ์แทรน และเวลา ดังนี้

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตเดกซ์แทรนของ *L. mesenteroides* สายพันธุ์ต่างๆ

จุลินทรีย์	ปริมาณซูโครสหรือยีสต์สกัดที่ใช้ (% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)	ระยะเวลาในการเลี้ยงเชื้อ (ชั่วโมง)	ปริมาณเดกซ์แทรน (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	รายการอ้างอิง
L. mesenteroides ZDRAVLJE	ซูโครส 2.0% (ในระบบถังหมัก)	18	~ 9.00	Veljkovic และคณะ, 1992
L. mesenteroides 3A	ซูโครส 10.0%	24	13.00	Cerutti de Guglielmone และคณะ, 2000
L. mesenteroides PCSIR-3	ซูโครส 2.0%	18	6.90	Ul Qader และคณะ, 2001
L. mesenteroides NRRL B-512F	ซูโครส 10.0%	18	4.08	Ul Qader และคณะ, 2005
L. mesenteroides PCSIR-4	ซูโครส 10.0%	18	4.78	Ul Qader และคณะ, 2005
L. mesenteroides PCSIR-9	ซูโครส 10.0%	18	3.79	Ul Qader และคณะ, 2005
L. mesenteroides 473	ซูโครส 10.0%	10	2.59	งานวิจัยนี้ ก่อนการปรับปรุง
***L. mesenteroides* 473**	**ซูโครส 7.0%**	**10**	**4.52**	**งานวิจัยนี้**

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตเดกซ์แทรนของ *L. mesenteroides* สายพันธุ์ต่างๆ ณ ชั่วโมงที่ 8-12

จุลินทรีย์	ปริมาณซูโครสหรือยีสต์สกัดที่ใช้ (% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร)	ระยะเวลาในการเลี้ยงเชื้อ (ชั่วโมง)	ปริมาณเดกซ์แทรน (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	รายการอ้างอิง
L. mesenteroides ZDRAVLJE	ซูโครส 2.0% (ในระบบถังหมัก)	10	~ 1.50	Veljkovic และคณะ, 1992
L. mesenteroides 3A	ซูโครส 10.0%	9	2.25	Cerutti de Guglielmone และคณะ, 2000
L. mesenteroides PCSIR-3	ซูโครส 2.0%	8 และ 12	2.20 และ 2.80	Ul Qader และคณะ, 2001
L. mesenteroides NRRL B-512F	ซูโครส 10.0%	8 และ 12	2.71 และ 3.00	Ul Qader และคณะ, 2005
L. mesenteroides PCSIR-4	ซูโครส 10.0%	8 และ 12	3.72 และ 4.12	Ul Qader และคณะ, 2005
L. mesenteroides PCSIR-9	ซูโครส 10.0%	8 และ 12	3.23 และ 3.68	Ul Qader และคณะ, 2005
L. mesenteroides 473	ซูโครส 10.0%	10	2.59	งานวิจัยนี้ ก่อนการปรับปรุง
***L. mesenteroides* 473**	**ซูโครส 7.0%**	**10**	**4.52**	**งานวิจัยนี้**

จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า *L. mesenteroides* สายพันธุ์ 473 มีความสามารถในการผลิตเดกซ์แทรนในปริมาณสูงกว่า *L. mesenteroides* สายพันธุ์ NRRL B-512F ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ใช้ในทางการค้า และนอกจากนี้ยังมีข้อได้เปรียบกว่า *L. mesenteroides* สายพันธุ์อื่นๆ ในเรื่องของปริมาณซูโครสที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนหรือระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตเดกซ์แทรน ซึ่งใช้ปริมาณซูโครสและระยะเวลาในการผลิตเดกซ์แทรนที่น้อยกว่า

เมื่อตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายเดกซ์แทรนด้วยวิธีต่างๆ ด้วยวิธีไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี หลังการย่อยสลายเดกซ์แทรนด้วยกรดซัลฟูริกพบรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่มีค่าเวลารีเทนชันเท่ากับตำแหน่งของกลูโคสมาตรฐาน จึงสรุปได้ว่าพอลิเมอร์ที่ได้นี้มีส่วนประกอบเป็นกลูโคสโดยทั้งหมดซึ่งเป็นฮอมอพอลิเมอร์ แต่หากย่อยสลายด้วยเดกซ์แทรนเนสแทนจะพบผลิตภัณฑ์หลายชนิดและมีค่าเวลารีเทนชันตรงกับตำแหน่งของกลูโคส ไอโซมอลโทไทรโอส และไอโซมอลโทเททราโอสมาตรฐาน นันทิดา วานิชวงศ์วรรณ (2545) ได้ทดลองย่อยสลายเดกซ์แทรนที-2000 ด้วยเดกซ์แทรนเนส และวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ภายหลังการย่อยโดยวิธีเดียวกัน พบผลิตภัณฑ์ที่เป็น กลูโคส ไอโซมอลโทไทรโอส และไอโซมอลโทเททราโอสเช่นเดียวกัน และ Jeanes และ Wilham (1950) ได้ศึกษาถึงการย่อยสลายเดกซ์แทรนจาก *L. mesenteroides* NRRL B512F โดยเดกซ์แทรนเนสจากรา พบผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นหน่วยย่อยของกลูโคส น้ำตาลโมเลกุลคู่ และโอลิโกแซ็กคาไรด์ ซึ่งสอดคล้องกับผู้ที่ได้รายงานไว้ว่า เดกซ์แทรนเนสที่ผลิตจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่โดยเฉพาะรา จะมีคุณสมบัติเป็นเอนไซม์ชนิดเอนโดเดกซ์แทรนเนสมากกว่า ซึ่งสามารถย่อยสลายได้เฉพาะภายในสายของเดกซ์แทรนแบบสุ่มเท่านั้น โดยแตกต่างจากเอกโซเดกซ์แทรนเนสที่ทำการตัดทีละโมเลกุลของกลูโคสที่ปลายสายของเดกซ์แทรน (Sutherland, 1996 และ Wynter และคณะ, 1997) ซึ่งเมื่อเดกซ์แทรนถูกย่อยสลายเป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์สายสั้นๆ เอนโดเดกซ์แทรนเนสจะไม่สามารถย่อยสลายโอลิโกแซ็กคาไรด์สายสั้นๆ นั้นได้อีก แต่การย่อยสลายด้วยเดกซ์แทรนเนสถือเป็นวิธีทางชีวภาพ ภาวะไม่รุนแรง และมีความเฉพาะกว่าการใช้กรดซัลฟูริกซึ่งเป็นวิธีทางเคมี

จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น ผลิตภัณฑ์ที่ตรวจพบจากการย่อยสลายเป็นเพียงโอลิโกแซ็กคาไรด์สายสั้นๆ ซึ่งโดยความจริงอาจมีพอลิแซ็กคาไรด์ขนาดใหญ่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายหากแต่ความสามารถของคอลัมน์และการกรองผ่านหัวกรอง ก่อนที่จะวิเคราะห์โดยวิธีไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี จะตรวจสอบได้เฉพาะโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีขนาดโมเลกุลต่ำๆ แม้ว่าการย่อยสลายด้วยกรดและเดกซ์แทรนเนสจะให้ผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่างประกอบด้วยหน่วยย่อยซึ่งมีกลูโคสเป็นองค์ประกอบทั้งสิ้น

สุดท้ายนำเดกซ์แทรนที่ผลิตโดย *L. mesenteroides* มาใช้เป็นสารชักนำการสร้างเดกซ์แทรนเนสเปรียบเทียบกับการใช้เดกซ์แทรนเชิงพาณิชย์ พบว่าเดกซ์แทรนเนสทั้งสองมีค่าความเป็นกรดเบสและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงาน รวมถึงความเสถียรต่อความเป็นกรดเบสและอุณหภูมิของเอนไซม์ไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาถึงความจำเพาะต่อซับสเตรต พบว่าเดกซ์แทรนเนสทั้งสองมีค่าคงที่มิเคลลิส (K_m) ใกล้เคียงกันด้วย และจากการศึกษาความสามารถของเดกซ์แทรนเนส ในการย่อยสลายซับสเตรตจากการใช้แอคติวิตีเริ่มต้นของเอนไซม์เท่ากันนั้น พบว่าการย่อยสลายซับสเตรตแต่ละชนิดไปเป็นน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าเดกซ์แทรนเนสที่ผลิตจากสารชักนำเดกซ์แทรนทั้ง 2 ชนิดมีคุณสมบัติที่ไม่แตกต่างกัน