หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่1

บทนำ

น้ำตาลทรายจัดเป็นสินค้าทางการเกษตรที่ประเทศไทยผลิตและส่งออก ซึ่งทำรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นจำนวนมาก และยังมีบทบาทในทางเศรษฐกิจ การเมือง ทั้งในระดับประเทศและระดับโลก

วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตน้ำตาลทรายมี 2 ชนิด คือ อ้อย และหัวผักกาดหวาน (1) แต่สำหรับประเทศไทยแล้วอ้อยจัดเป็นวัตถุดิบเพียงอย่างเดียวในการผลิตน้ำตาลทราย จากสถิติที่ผ่านมาประเทศไทยได้มีการผลิตน้ำตาล และกากน้ำตาล (Molasses) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ผลผลิตและประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลและกากน้ำตาล

ฤดูการผลิต	ผลผลิต (ล้านตัน)			ผลผลิตเฉลี่ยต่ออ้อย 1 ตัน (กิโลกรัม)	
	อ้อย	น้ำตาล	กากน้ำตาล	น้ำตาล	กากน้ำตาล
2525/26	23.916	2.216	1.316	92.67	55.03
2526/27	23.087	2.213	1.230	95.89	53.29
2527/28	25.053	2.471	1.351	98.65	53.93
2528/29	23.999	2.491	1.193	103.81	49.74
2529/30	24.441	2.535	1.206	103.73	49.33

ที่มา : (2,3)

อ้อยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Saccharum officinarum ในประเทศไทยมีการปลูกอ้อยทั่วทุกภาค แต่ละภาคก็จะมีการปลูกอ้อยพันธุ์ต่างๆกันไปตามความเหมาะสม อ้อยจะให้ผลผลิตน้ำตาลสูงสุด เมื่อมีอายุ 11-16 เดือน การเก็บเกี่ยวอ้อยอาจทำได้โดยใช้แรงงานคนหรือใช้เครื่องจักร อ้อยที่ขนส่งสู่โรงงานจะต้องสะอาด มียอดอ้อยน้อย ไม่มีใบแห้งหรือสิ่งสกปรกติดไปจึงจะเหมาะต่อการหีบ มิฉะนั้นจะทำให้น้ำตาลใน

อ้อยเกิดการเสื่อมเสียเร็วกว่าปกติ จากอ้อยติบ 1 ตันสามารถผลิตเป็นน้ำตาลทรายได้เฉลี่ย 103 กิโลกรัม

องค์ประกอบและคุณสมบัติของน้ำอ้อย

องค์ประกอบและคุณสมบัติที่สำคัญได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 และ3 จะเห็นได้ว่าน้ำอ้อยประกอบด้วยน้ำตาลซูโครสและธาตุอาหารอื่น ๆ อีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้แบคทีเรียต่าง ๆ เจริญได้ดี แบคทีเรียที่ปะปนมาในน้ำอ้อยเหล่านี้จะก่อให้เกิดผลเสียหายนานับประการต่อกระบวนการผลิตน้ำตาล เช่น ปริมาณน้ำอ้อยลดลง เกิดเมือกทำให้น้ำอ้อยหนืดขึ้น เกิดปริมาณกรดเพิ่มขึ้น มีการอุดตันของท่อและรางส่งน้ำอ้อย ซึ่งล้วนแล้วแต่ทำให้ผลผลิตของน้ำตาลทรายลดลงทั้งสิ้น (3)

จากการศึกษาในประเทศจาไมก้า เมื่อกว่าสิบปีที่ผ่านมา พอประมาณได้ว่าแบคทีเรียก่อให้เกิดการสูญเสียของน้ำตาลในช่วงการตัดอ้อย และขนส่งเป็นมูลค่า 340,000 ปอนด์สเตอร์ลิงต่อปี (4) หรือประมาณ 17 ล้านบาท แต่หากประเมินค่าตามสภาพเศรษฐกิจปัจจุบันแล้วก็จะมีมูลค่าสูงกว่านี้มาก

ในประเทศไทยได้มีการศึกษาบทบาทของแบคทีเรียในน้ำอ้อยพบว่า มีเชื้อจุลินทรีย์ปะปนมาในน้ำอ้อยเป็นจำนวนมาก บุญส่ง (1) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียในน้ำอ้อย พบว่า ในน้ำอ้อยจากลูกหีบชุดที่หนึ่งมีแบคทีเรีย 1.26×10^{7} เซลล์ต่อมล. น้ำอ้อยรวมมี 1.19×10^{8} เซลล์ต่อมล. และในน้ำอ้อยพักใสมี 1.45×10^{2} เซลล์ต่อมล. แบคทีเรียเหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตน้ำตาลต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และยังก่อให้เกิดสิ่งไม่พึงประสงค์อื่น ๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำอ้อย (Sugar cane juice)

องค์ประกอบในส่วนที่กินได้ 100 กรัม		ปริมาณเฉลี่ย
pH -อ้อยปกติที่เจริญเต็มที่		5.18
pH -ที่พบเสมอ		5.3
พลังงานอาหาร (Food Energy)	Calory	55.5
ความชื้น (Moisture)	%	84.95
โปรตีน (Protein)	g.	0.345
ไขมัน (Fat)	g.	0.2
คาร์โบไฮเดรททั้งหมด (Cabohydrate total; Incl. fiber)	g.	14.3
เถ้า (Ash)	g.	0.3
แคลเซียม (Calcium)	mg.	12.5
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	mg.	8.5
เหล็ก (Iron)	mg.	0.55
โซเดียม (Sodium)	mg.	2
โปตัสเซียม (Potassium)	mg.	102
วิตามิน เอ (B-carotene Equivalent)		มีเล็กน้อย
วิตามิน บี 1 (Riboflavin)	mg.	0.01
ไนอะซีน (Niacin)	mg.	0.1
วิตามิน ซี (Ascorbic Acid)		มีเล็กน้อย

ที่มา ดัดแปลงจาก (6)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบของอ้อย และของแข็งในน้ำอ้อย

อ้อยที่หีบ (Millable Cane)	ปริมาณ %
น้ำ	73 - 76
ของแข็ง (Solids)	24 - 27
ไฟเบอร์แห้ง (Fiber dry)	11 - 16
ของแข็งที่ละลายได้ (Soluble Solids)	10 - 16
น้ำตาล (Sugar)	75 - 92
- ซูโครส (Sucrose)	70 - 88
- กลูโคส (Glucose)	2 - 4
- ฟรักโตส (Fructose)	2 - 4
เกลือ (Salts)	3.0 - 4.5
กรดอนินทรีย์ (Inorganic acid)	1.5 - 4.5
กรดอินทรีย์ (Organic acid)	1.0 - 5.5
- กรดคาร์บอกซิลิก	1.1 - 3.0
- กรดอะมิโน	0.5 - 2.5
อินทรีย์สารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่น้ำตาล	
- โปรตีน (Protein)	0.5 - 0.6
- แป้ง (Starch)	0.001 - 0.050
- กัม (Gums)	0.30 - 0.60
- แวกส์ ไขมัน ฟอสฟาไทด์ (Waxes, Fat, Phosphatides)	0.05 - 0.15
- สารอื่น ๆ	3.0 - 5.0

ที่มา (6)

โรงงานน้ำตาลในประเทศไทย

ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานน้ำตาลทั้งหมด 44 โรง ตั้งอยู่ภาคต่าง ๆ ดังนี้ คือ ภาคเหนือมีโรงงานน้ำตาล 8 โรง อยู่ในจังหวัดลำปาง อุตรดิตถ์ กำแพงเพชร จังหวัดละ 2 โรง ส่วนในจังหวัดเชียงใหม่ และนครสวรรค์ มีจังหวัดละ 1 โรง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมี 5 โรง ภาคกลางมีโรงงานน้ำตาล 20 โรง ตั้งอยู่ในจังหวัดกาญจนบุรี 11 โรง จังหวัดราชบุรี 5 โรง จังหวัดเพชรบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี และสิงห์บุรี จังหวัดละ 1 โรง ภาคตะวันออก 9 โรง ตั้งอยู่ในจังหวัดชลบุรี 6 โรง จังหวัดระยอง 3 โรง ภาคใต้มี 2 โรง ตั้งอยู่ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ทั้งหมด ในประเทศไทยมีฤดูการผลิตน้ำตาลทรายอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม - เมษายน (5)

กระบวนการผลิตน้ำตาล

1. การขนถ่ายอ้อยลงจากรถบรรทุก อ้อยที่ขนถ่ายลงบนสะพานอ้อยจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์เตรียมอ้อย เพื่อทำการตัดย่อยให้เหมาะกับลูกหีบต่อไป

2. การเตรียมอ้อยก่อนเข้าลูกหีบ จำเป็นต้องทำให้ลำอ้อยกลายเป็นชิ้นละเอียดก่อนป้อนเข้าลูกหีบ โดยอาศัยมีดสับอ้อย 2 ชุด เป็นอุปกรณ์สำคัญ

3. การหีบอ้อยเพื่อสกัดน้ำอ้อย ชิ้นอ้อยเหล่านั้นจะถูกพาไปโดยสะพานป้อนอ้อย เข้าสู่ลูกหีบชุดที่ 1 และชุดต่อ ๆ ไป โดยสะพานอ้อยระหว่างลูกหีบจนกระทั่งผ่านลูกหีบชุดสุดท้าย หลังลูกหีบชุดสุดท้ายจะมีเครื่องลำเลียงกากอ้อย เพื่อนำอ้อยไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหม้อน้ำ

4. การทำน้ำอ้อยให้ใส เมื่อได้น้ำอ้อยจากการหีบมาแล้วก็จะต้องทำให้ใส ปกติกรรมวิธีทำน้ำอ้อยให้ใสมี 3 วิธี คือ defecation method (สำหรับการผลิตน้ำตาลทรายดิบ) sulphitation method (สำหรับผลิตน้ำตาลทรายขาว) และ carbonation method (สำหรับผลิตน้ำตาลทรายขาว)

5. การต้มระเหยน้ำอ้อย เป็นการแปรสภาพน้ำอ้อยให้ใสเป็นน้ำเชื่อม ซึ่งมีการระเหย เมื่อน้ำอ้อยถูกต้มระเหยน้ำออกไป จนกระทั่งผ่านไปถึงหม้อระเหยใบสุดท้าย แล้วจึงถ่ายน้ำเชื่อมที่ได้เก็บไว้ในถังพักน้ำเชื่อม

6. การต้มเคี่ยวน้ำเชื่อม น้ำเชื่อมจากถังพักน้ำเชื่อมจะถูกนำไปต้มเคี่ยวในหม้อเคี่ยวซึ่งใช้ความร้อนต่ำภายใต้สูญญากาศ น้ำเชื่อมจะถูกเคี่ยวจนมีความเข้มข้นมากขึ้น จนกระทั่งเกิดผลึก เมื่อน้ำเชื่อมอยู่ในลักษณะที่เต็มไปด้วยผลึกน้ำตาลเรียกว่า massecuite ซึ่งจะมีน้ำเหลืออยู่ประมาณ 8 - 10 เปอร์เซ็นต์

7. การเลี้ยงผลึกน้ำตาลทรายในถังพักผลึก เนื่องจาก massecuite ที่ปล่อยออกมาจากหม้อเคี่ยวประกอบด้วยผลึกน้ำตาลทราย และน้ำเลี้ยงผลึก และในน้ำเลี้ยงผลึกจะยังคงมีปริมาณน้ำตาลละลายตัวเหลืออยู่มากพอที่จะตกผลึกออกมาอีก เมื่ออุณหภูมิของ massecuite ลดลง

8. การแยกผลึกน้ำตาลทรายในหม้อปั่นน้ำตาลทราย เมื่อได้น้ำตาลทรายดิบตามกรรมวิธีที่กล่าวมาแล้วก็จะนำออกมาเก็บ หรือบรรจุกระสอบ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ หรือจำหน่ายต่อไป

<u>การสูญเสียน้ำตาลในน้ำอ้อย</u>

การสูญเสียน้ำตาลเกิดขึ้นได้ในหลายขั้นตอน ทั้งในขณะที่อยู่ในไร่อ้อยหรือในขณะที่อยู่ในโรงงานแล้ว

<u>การสูญเสียน้ำตาลที่เกิดขึ้นในไร่อ้อย</u> โดยอาจมีสาเหตุจาก

1. การตัดอ้อยทิ้งไว้เป็นเวลานาน จะทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำอ้อยลดต่ำลงมาจาก 5.3 เป็น 4.8 - 5.2 ได้
2. จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับ ใบ ยอด ราก หรือดิน ซึ่งเกิดจากความไม่สะอาดในการตัดอ้อยนั้น สามารถทำให้น้ำอ้อยบูดเน่าได้
3. ความไม่สมบูรณ์ของอ้อย ปกติอ้อยที่เป็นโรคจะมีน้ำตาลรีดิวซ์สูง เชื้อจุลินทรีย์ที่ติดอยู่ตามใบอ้อยที่เป็นโรคจะมีอยู่เป็น 4-5 เท่าของปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในอ้อยปกติ เมื่อนำอ้อยเหล่านี้เข้าหีบ เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ก็จะปนเปื้อนเข้าไปในน้ำอ้อยด้วย
4. ระหว่างการขนส่ง พบว่า หากใช้รถบรรทุกที่มีแผงข้างทึบจะก่อให้เกิดความร้อนในกองอ้อย ซึ่งจะทำให้น้ำตาลซูโครสในน้ำอ้อยถูกไฮโดรไลซ์กลายเป็นน้ำตาลฟรักโตสและน้ำตาลกลูโคสได้ง่ายขึ้น

<u>การสูญเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานน้ำตาล</u> มีสาเหตุสำคัญดังนี้

1. การรั่วไหลตามสะพานลูกหีบ ท่อส่ง ถังพักต่าง ๆ
2. การเปลี่ยนแปลงของซูโครส เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาจากข้างต้น โดยเฉพาะในลูกหีบชุดที่ 1 ถึงขั้นที่ได้น้ำอ้อยรวมซึ่งอาจมีผลมากถึง 2% ของความบริสุทธิ์
3. น้ำตาลรีดิวซ์ เช่น กลูโคส ฟรักโตส และเฮกโซส จะถูกทำลายถ้าความเป็นกรดด่างสูงเกินกว่า 7

4. การทำลายน้ำตาลซูโครส เช่น การไหม้ของน้ำตาลในหม้อเคี่ยว และทำให้เกิดสีของน้ำตาลด้วย การรวมตัวกับปูนเป็น calcium saccharate
5. เนื่องจากสิ่งปนเปื้อน เช่น ดิน, ทราย ที่ติดมากับอ้อยและปูนขาวที่เติมลงในน้ำอ้อยเพื่อให้ใส
6. การสูญเสียอันเนื่องจากเครื่องจักรไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

ชนิดปริมาณการแพร่กระจายและบทบาทของจุลินทรีย์ในน้ำอ้อย

น้ำอ้อยเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุดม ซึ่งประกอบด้วยซูโครสประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลรีดิวซ์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน และเกลือแร่ที่จำเป็นสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์

จากการศึกษาชนิดของจุลินทรีย์ในน้ำอ้อย พบว่าจุลินทรีย์เหล่านี้ประกอบด้วยกลุ่มเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย

รา

ได้มีรายงาน (7) ถึงเชื้อราที่ปนเปื้อนในน้ำอ้อย พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มของ Aspergillus spp., Monilia spp., Trichoderma viride Bevan และ Bond (7) ได้รายงานถึงการพบเชื้อรา Penicillium spp. ในอ้อยที่ยังไม่ได้ตัดซึ่งมีความสามารถในการทำลายเดกซ์แทรนได้ดี

ยีสต์

ส่วนใหญ่ของยีสต์ที่พบในน้ำอ้อย จัดอยู่ในกลุ่มของ Saccharomyces spp. Pichia spp., Torulopsis stellata, Rhodotorula spp., Candida spp. (5)

แบคทีเรีย

ในสมัยเริ่มแรกมีผู้พยายามศึกษาค้นคว้าการเกิดเมือกเหนียวในน้ำหวานจากรากหัวผักกาดหวาน มีผู้คาดคะเนว่า เมือกเหนียวเหล่านี้อาจเกิดขึ้นจากแบคทีเรียและในที่สุดก็พบว่า มีสาเหตุมาจากแบคทีเรียที่มีชื่อว่า Leuconostoc mesenteroides

Alford และ McClesky (8) สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียได้จำนวนมากจากน้ำอ้อย โดยได้ทำการตรวจหาจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสียทั้งหมด จากการ

ศึกษาพบว่าแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดการเสีย และพบในปริมาณมาก คือ แบคทีเรียกลุ่มแลคติค และยังพบว่าแบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วในอ้อยที่ตัดแล้ว และจะเพิ่มสูงสุดอยู่ในช่วง 10^7 - 10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ภายใน 3 - 4 วัน หลังจากนั้นปริมาณจะเริ่มลดลง เมื่อทำการเก็บน้ำอ้อยไว้เป็นเวลา 5 วัน จะพบ Leuconostoc mesenteroides หรือ L. dextranicum จากการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำอ้อยรวม (mixed juice) พบว่ามีแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง จำนวน 8×10^5 ถึง 7.5×10^7 และแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิสูง 14 - 170 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

แบคทีเรียที่พบในน้ำอ้อยตามความสำคัญทางเศรษฐกิจอุตสาหกรรมน้ำตาล(1) อาจจัดได้เป็น 3 พวก คือ พวกแรก เป็นแบคทีเรียที่ทำลายน้ำตาลซูโครสโดยปราศจากการสร้างสารที่มีคุณสมบัติเหนียว และมีความสำคัญเฉพาะในน้ำอ้อยเท่านั้น พวกที่สองเป็นแบคทีเรียที่สร้างสารพวกยางเหนียว ประกอบด้วยเดกซ์แทรน ซึ่งสร้างจาก Leuconostoc mesenteroides และลีแวน ซึ่งสร้างจากพวก Bacillus mesentricus พวกที่สาม เป็นแบคทีเรียซึ่งเป็นพวกที่ชอบอุณหภูมิสูง โดย เจริญได้ดีระหว่างอุณหภูมิ 46 - 73 องศาเซลเซียส พวกนี้สามารถเจริญในน้ำอ้อยพักใสที่ร้อนได้ ตัวที่รู้จักกันดี คือ Microspira northii สำหรับแบคทีเรียที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมน้ำตาล คือ L. mesenteroides และ L. dextranicum เนื่องจากมีความสามารถในการสร้างเดกซ์แทรนจากน้ำอ้อย

Bevan และ Bond (7) ได้ทำการสำรวจจุลินทรีย์ในไร่อ้อย และในโรงงานน้ำตาลทราย พบว่าอ้อยที่ยังไม่ได้ตัดจะมี microflora ที่แตกต่างกันไป โดย จะพบ Leuconostoc sp. จำนวนมากในส่วนใต้กาบใบอ้อย นอกจากนี้ยังพบ Bacillus cereus, Pseudomonas spp., Streptomyces spp. ที่สร้างกรด และ Actinomyces spp. กรณีของแบคทีเรียที่ตรวจพบในโรงงานปรากฏว่าเป็น Leuconostoc sp., Brevibacterium sp. และThermoactinomyces thalpophilus ในอ้อยที่เตรียมหีบ และพบ Leuconostoc mesenteroides, Brevibacterium lipolyticum, Bacillus spp. ในน้ำอ้อยรวม

บุญส่ง (1) ได้สำรวจแบคทีเรียที่พบระหว่างกระบวนการผลิตน้ำตาลในประเทศไทย โดยเก็บตัวอย่างจากโรงงานน้ำตาลจำนวน 9 โรงจากลูกหีบชุดที่ 1, น้ำอ้อยรวม และน้ำอ้อยพักใส สามารถจำแนกแบคทีเรียที่พบในช่วงต่าง ๆ ในกรรมวิธีการผลิตน้ำตาลทราย ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณและสกุลของแบคทีเรียที่พบมากในน้ำอ้อยระหว่างปี 2523-2525

ชนิดของน้ำอ้อย	จำนวนแบคทีเรียที่ตรวจพบ เซลล์/ มล.	สกุลของแบคทีเรียที่พบมาก
น้ำอ้อยจากลูกหีบชุดที่ 1 (first expressed juice)	1.26×10^7	Streptococcus sp. Lactobacillus sp. Leuconostoc sp.
น้ำอ้อยรวม (Mixed juice)	1.19×10^8	Streptococcus sp. Lactobacillus sp. Leuconostoc sp. Erwinia sp.
น้ำอ้อยพักใส (Clarified juice)	1.45×10^2	Bacillus sp. Actinomycetes sp.

นอกจากแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ที่พบมากแล้ว ยังสามารถตรวจพบเชื้อแบคทีเรียอีกหลายชนิดในน้ำอ้อย ได้แก่ Staphylococcus sp., Sarcina sp. Mycobacterium sp., Proteus sp., Klebsiella sp., Xanthomonas sp., Alcaligenes sp., Moraxella sp.

ผลกระทบของแบคทีเรียในน้ำอ้อยต่อกระบวนการผลิตน้ำตาล

จากการศึกษาบทบาทของแบคทีเรียในน้ำอ้อยพอที่จะแยกผลกระทบจากแบคทีเรียได้ดังนี้คือ

1. ทำให้ปริมาณซูโครสในน้ำอ้อยสูญเสียไป ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียจำพวก Leuconostoc sp., Lactobacillus sp., Streptococcus sp. และแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิสูง รวมทั้งแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมาในน้ำอ้อย และสามารถใช้น้ำตาลในน้ำอ้อยเป็นอาหารได้ และแบคทีเรียบางชนิดยังสามารถสร้างเมือกหรือยางเหนียว จากน้ำตาลซูโครสในน้ำอ้อย ซึ่งเป็นสาเหตุให้สูญเสียปริมาณซูโครสอีกทางหนึ่ง

แบคทีเรียพวก Leuconostoc sp. จะสร้างสารจำพวกเดกซ์แทรนจากกลูโคส ส่วน Bacillus subtilis และ B. cereus จะสร้างสารจำพวกลีแวนจากฟรัคโตส (6) จากการศึกษาของ Tilbury (5) พบว่าการสูญเสียซูโครสเกิดขึ้น 4.75% ต่อวันของซูโครสที่ได้ และความสูญเสียนี้ประมาณไว้ว่า เป็นการสูญเสียน้ำตาล 9.2% ต่อผลผลิตของน้ำตาลที่ได้ต่อปี

2. ผลกระทบต่อกรรมวิธีการผลิตน้ำตาล เมื่อเกิดน้ำตาลรีดิวซ์จากแบคทีเรียเหล่านี้ น้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้นเมื่อถูกทำลายจะก่อให้เกิดสารขึ้นมากมาย เช่น กูลโคส เมื่อถูกออกซิไดซ์จะเกิดสารอินทรีย์ขึ้นได้ถึง 116 ชนิด (4) สารเหล่านี้มีผลต่อกรรมวิธีการผลิตน้ำตาล ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น, เกิดสี, ทำให้น้ำตาลปั่นยาก เคี่ยวยาก และเกิดการสูญเสียของน้ำตาลเพิ่มขึ้น

3. ทำให้ต้องใช้ปูนขาวในการสะเทินมากขึ้น อันเป็นผลเนื่องจากความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นจากเมตาโบไลท์ของจุลชีพ

4. ทำให้มีแบคทีเรียแฝงอยู่ในผลผลิตขั้นสุดท้าย ยังผลให้เกิดปัญหาในการจำหน่ายน้ำตาล

สำหรับประเทศไทย ทางโรงงานน้ำตาลยังไม่ได้คำนึงถึงความเสียหายอันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ ในระหว่างกรรมวิธีการผลิต ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไม่ทราบถึงบทบาทของจุลินทรีย์ในอุตหสากรรมที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตต่างๆ เนื่องจากกรรมวิธีการทำให้น้ำอ้อยใสนั้น ใช้วิธีการต้มน้ำอ้อยซึ่งอาจทำให้คิดว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำอ้อยคงตายหมด แต่จากการศึกษาของบุญส่ง(1)พบว่ามีเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดปะปนมามากมาย ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียเป็นมูลค่าหลายร้อนล้านบาทต่อฤดูกาลผลิต ทั้งนี้สามารถประมาณความเสียหาย อันเนื่องมาจากแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการผลิตน้ำตาลไว้ดังนี้คือ

เชื้อ Streptoccus sp. สายพันธุ์ str1 มีบทบาทคือ

1. สามารถใช้น้ำตาลซูโครสได้ 0.08% ภายในเวลา 20 นาที หรือเป็นปริมาณน้ำตาล 1534 ตัน/ฤดูการผลิต คิดเป็นมูลค่า 95 ล้านบาทในฤดูการผลิต 2523 - 2525

2. สร้างสารเมือกขึ้นมาจับแบคทีเรียอื่น ซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้ำตาลเช่นเดียวกับเดกซ์แทรน

3. ทำให้เกิดน้ำตาลรีดิวซ์และสารอื่น ๆ

4. ทำให้ความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องเพิ่มปริมาณปูนขาวในการทำให้สะเทิน

เชื้อ Lactobacillus sp. สายพันธุ์ La-10 และ La-22 มีบทบาทคือ

1. สามารถทำลายน้ำตาลซูโครสได้ 0.09% ภายในเวลา 20 นาที คิดเป็นมูลค่า 135 ล้านบาทต่อปี

2. ทำให้ความเป็นกรดสูงขึ้น

เชื้อ Leuconostoc sp. สายพันธุ์ L-4 มีบทบาทคือ

1. สามารถทำลายน้ำตาลซูโครสลงได้ 0.06% ภายในเวลา 20 นาที หรือคิดเป็นมูลค่าประมาณ 70 ล้านบาทต่อปี

2. ทำให้ความเป็นกรดสูงขึ้น

3. สร้างสารจำพวกเดกซ์แทรนขึ้นมา

สำหรับเดกซ์แทรนที่เชื้อแบคทีเรียเหล่านี้สร้างขึ้นมานั้น จะมีบทบาทสำคัญในการทำความสูญเสียให้กับกระบวนการผลิตน้ำตาลดังนี้

เดกซ์แทรนซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำตาลนี้ เป็นสารประกอบโอโมโพลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ แอลฟา 1,6 เป็นแกนหลัก (backbone) และมีการแตกแขนงซึ่งเชื่อมต่อกับแกนหลัก ด้วยพันธะ แอลฟา 1,3 และบางส่วนพันธะแอลฟา 1,4 หรือ 1,2

โดยปกติเชื้อแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและลบหลายชนิด เช่น Aerobacter sp., Streptococcus sp., Streptobacterium sp., และ Leuconostoc sp. สามารถสร้างสารโพลิเมอร์จำพวกเดกซ์แทรนขึ้นมาได้ โดยเฉพาะ L.dextranicum และL. mesenteroides เป็นแบคทีเรียที่พบได้มากในน้ำอ้อย เป็นตัวการสำคัญในการสร้างเดกซ์แทรนขึ้นมา โดยอาศัยปฏิกิริยาของเอนไซม์เดกซ์แทรนซูเครสหรืออีกชื่อหนึ่งที่เรียกว่า กลูโคซิลทรานเฟอเรส (Glucosyltransferase, GTF) เอนไซม์นี้สามารถย่อยสลายน้ำตาลซูโครสในน้ำอ้อยให้เป็นหน่วยของน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรักโตส จากนั้นหน่วยน้ำตาลกลูโคสจะมาจับต่อกันเป็นสารโพลิเมอร์ของกลูโคสด้วยพันธะแอลฟา 1,6 เป็นแกนหลัก ดังสมการ

$$n\ \text{Sucrose} \xrightarrow{\text{dextransucrase}} n\ \text{fructose} + \text{Glucose}_n$$

ซูโครส ฟรักโตส (เดกซ์แทรน)

เดกซ์แทรนที่ถูกสร้างขึ้นนี้จะมีขนาดน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วงที่กว้างมาก คือ ตั้งแต่หลายพัน ขึ้นไปจนถึงหลายล้านหน่วย โดยน้ำหนักโมเลกุลและจำนวนแขนงย่อยนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของแบคทีเรียที่ผลิต

เดกซ์แทรนจะถูกสร้างขึ้นได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด ค่า brix ต่ำ และอุณหภูมิที่สูงกว่าปกติเล็กน้อย ดังเช่นในน้ำอ้อย เดกซ์แทรนที่สร้างขึ้นมานี้จะประกอบไปด้วยพันธะแอลฟา 1,6 ตั้งแต่ 50% ขึ้นไปจนถึง 95% แตกต่างกันไปตามชนิดของแบคทีเรีย โดยเดกซ์แทรนที่เชื้อ Leuconostoc sp. สร้างขึ้นมาในน้ำอ้อยจะมีพันธะ แอลฟา 1,6 กลูแคนสูงกว่า 90% ขึ้นไป

ในกระบวนการเก็บเกี่ยวอ้อยจากไร่สู่โรงงานผลิตน้ำตาลนั้น หากอ้อยที่ถูกไฟเผา, อ้อยที่ถูกเก็บเกี่ยวโดยเครื่องจักร และอ้อยที่ถูกแช่เย็นไว้จะทำให้เนื้อเยื่อของอ้อยเกิดความเสียหาย และง่ายต่อการติดเชื้อ Leuconostoc sp. รวมทั้งขั้นตอนการหีบอ้อยหากเกิดความล่าช้าขึ้นก็จะเป็นสาเหตุสำคัญที่จะพบเดกซ์แทรนได้ง่ายโดยเฉพาะในเขตภูมิอากาศที่ร้อนชื้น เดกซ์แทรนที่เชื้อแบคทีเรีย Leuconostoc sp. สร้างขึ้นมานี้เป็นสารที่มีคุณสมบัติหนืด สามารถจับเกาะกับพื้นผิวต่าง ๆ เช่น แก้ว หรือโลหะได้ดี เมื่อจับเกาะกับผิวของท่อส่งน้ำอ้อยในโรงงานแล้ว จะยังผลให้เกิดการอุดตันของท่อส่งน้ำอ้อยขึ้น ประสิทธิภาพในการผลิตน้ำตาลจึงลดต่ำลง รวมทั้งคุณสมบัติความหนืดของเดกซ์แทรนนี้ยังจะทำให้แบคทีเรียอื่น ๆ ที่ปะปนมาในน้ำอ้อยถูกจับ (trap) ไว้ด้วย แบคทีเรียเหล่านี้สามารถใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารได้ และปลดปล่อยกรดอินทรีย์หลายชนิดออกมา เช่น กรดแลคติก กรดบิวทิริก เป็นต้น กรดอินทรีย์เหล่านี้จะทำให้ความเป็นกรดของน้ำอ้อยเพิ่มขึ้นทำให้ความเป็นกรดของสารละลายน้ำตาลสูงขึ้น และทำให้น้ำอ้อยบูดเปรี้ยว มีกลิ่นไม่พึงประสงค์เกิดขึ้น นอกจากนี้แล้วน้ำตาลฟรักโตสที่เหลืออยู่ ก็อาจสลายตัวเป็นกรดอินทรีย์และสารประกอบที่มีสีขึ้น (4) ผลของการเกิดเดกซ์แทรนในน้ำอ้อยนี้ ยังส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลอินเวอร์ท (inverted) อีกด้วย

ความหนืดของเดกซ์แทรนนอกจากส่งผลโดยตรงต่อสารละลายน้ำตาลแล้ว ยังมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตอีกด้วย คือ มีผลต่อกรรมวิธีทำใส (clarification) ของน้ำอ้อย และน้ำเชื่อมทำให้ต้องใช้พลังงานมากกว่าปกติ โดยเฉพาะระหว่างการเคี่ยวและตกผลึกน้ำตาลเดกซ์แทรนจะทำให้เกิดผลึกน้ำตาลรูปเข็ม อันเป็นอุปสรรคต่อการปั่นแยกและทำให้ตะแกรงอุดตัน รวมทั้งอาจทำให้ต้องปิดโรงงานเพื่อทำความสะอาดอุปกรณ์ทั้งหมดอีกด้วย

จากเหตุผลดังกล่าว จะเห็นได้ว่าเดกซ์แทรนเป็นอุปสรรคที่ก่อให้เกิดความสูญเสียขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย บุญส่ง (1) ได้ทำการประเมินความเสียหายอย่างคร่าว ๆ ที่เกิดขึ้น เนื่องจากเชื้อ Leuconostoc sp. พบว่าเป็นมูลค่าถึง 70 ล้านบาทต่อหนึ่งฤดูกาลผลิต โดยมิได้คิดถึงความเสียหายอันเนื่องมาจากเดกซ์แทรน ซึ่งจะทำให้มูลค่าของความเสียหายเพิ่มสูงกว่านี้มาก ดังนั้น หากมีวิธีกำจัดเดกซ์แทรนออกจากน้ำอ้อย นอกจากเป็นการช่วยลดความเสียหายอันเนื่องมาจากเดกซ์แทรนแล้ว ยังจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการผลิตน้ำตาล และผลผลิตน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วยและวิธีขจัดเดกซ์แทรนที่มีประสิทธิภาพสูงก็คือ การใช้เอนไซม์เดกซ์แทรนเนสมาใช้ย่อยสลายเดกซ์แทรนที่พบในน้ำอ้อย

เอนไซม์เดกซ์แทรนเนส มีชื่อเรียกตามระบบว่า E.C. 3.2.1.11, α-1, 6-glucan 6-glucohydrolase มีความจำเพาะในการย่อยสลายพันธะที่เชื่อมหน่วยของกลูโคสในสายเดกซ์แทรนชนิดแอลฟา 1,6 เอนไซม์นี้สามารถย่อยพันธะที่เชื่อมโมเลกุลของกลูโคสจากปลายด้านหนึ่งของสายเดกซ์แทรนแล้วตัดทีละโมเลกุลของกลูโคสซึ่งเป็นปฏิกิริยา exo- หรือเกิดขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งบนสายเดกซ์แทรน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบ endo-จะได้น้ำตาลที่เป็นโพลิเมอร์ที่สั้นลง โดยรูปแบบของการย่อยนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์

ได้มีการค้นพบเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งในจุลินทรีย์และเนื้อเยื่อของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมบางชนิด แต่โดยส่วนมากแล้วเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสที่ได้รายงานการศึกษาจะเป็นเอนไซม์จากจุลินทรีย์กลุ่มต่าง ๆ ทั้งในรา ยีสต์ แบคทีเรีย และแอคติโนมัยซีตีส ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 5

เอนไซม์เดกซ์แทรนเนสที่ผลิตจากเชื้อรา โดยทั่วไปแล้วจะมีการย่อยสลายเป็นแบบ endo- สายเดกซ์แทรนที่ถูกย่อยแล้วนี้จะมีขนาดน้ำหนักโมเลกุลต่ำลง โดยอาจพบอยู่ในรูปของ โอลิโกเมอร์, ไดเมอร์ หรือโมโนเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส

ตารางที่ 5 แสดงเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่ผลิตเดกซ์แทรนเนส

เชื้อจุลินทรีย์	เอกสารอ้างอิง
แบคทีเรีย ได้แก่	
Achromobacter sp.	9
Bacillus subtilis , Bacillus sp.	18,19
Bacteroids sp.	20
Brevibacterium sp.	21
Brevibacterium fuscum	22
Cellvebrio fluvus	9
Cytophaga johnsonii	9
Fucobacterium fusiforme	22
Lactobacillus bifidus	9
Streptococcus mitis,	23
แอคติโนมัสซีตีส ได้แก่	
Actinomyces israelrii	24,25
Streptomyces cinamonensis	25
ยีสต์ ได้แก่	
Lipomyces starkeyi	26,27
รา ได้แก่	
Aspergillus sp.	9,28,29
A. carneus	28,30,31
A. luchvansis	32,33
Fusarium moniliforme	34,35
Chaetomium gracile	36,37
Gibberella fujukuroi	36
Penicillium funiculosum	38,42,44
P.luteum	12,39
P. lilacinum	9,12,42
P.verruculosum	12,14
P. aculeatum	40
Verticillium sp.	9,12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แต่โดยส่วนมากแล้วจะพบอยู่ในรูปของน้ำตาล isomaltose (9,10) ผลของการย่อยสลายเดกซ์แทรนนี้นอกจากจะทำให้เดกซ์แทรนมีขนาดความยาวสั้นลง แล้วยังมีผลทำให้คุณสมบัติความหนืดเหนียวลดลงสามารถละลายน้ำได้มากขึ้น ทำให้ช่วยแก้ปัญหาการอุดตันของท่อส่งน้ำอ้อย ตลอดจนปัญหาอื่น ๆ อันเนื่องมาจากเดกซ์แทรนดังกล่าวมา แล้วข้างต้นลงได้

ได้มีรายงานการศึกษาเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสจากเชื้อรากลุ่มต่าง ๆ หลายชนิด แต่เอนไซม์จากเชื้อ Penicillium sp. และ Aspergillus sp. เป็นเอนไซม์ที่ได้รับการศึกษามากที่สุด และได้มีการนำไปพัฒนาผลิตในทางการค้าบ้างแล้ว (48) ในปี ค.ศ. 1948 Norstorm และ Hultin(11)ได้รายงานว่าพบเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสในเชื้อราหลายชนิด ต่อมาในปี 1952 Tsuchiya และคณะ (12) ได้ทำการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์หลายกลุ่มและได้พบว่าเชื้อราในกลุ่ม Penicillium sp. หลายสายพันธุ์สามารถผลิตเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสออกมานอกเซลล์ จึงได้ทำการคัดเลือกเชื้อพบว่า P.funiculosum NRRL 1132 เป็นเชื้อราที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตเอนไซม์ในขณะนั้น

การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์เดกซ์แทรนเนส อาจทำได้โดยคัดเลือกเชื้อบนอาหารวุ้นแข็ง หรืออาหารเหลว การคัดเลือกเชื้อบนอาหารวุ้นแข็งอาจทำได้ใช้เดกซ์แทรนเป็นแหล่งอาหารคาร์บอน เมื่อบ่มเชื้อจนเจริญดีแล้วก็เทราดอาหารวุ้นด้วย เอธานอล 95% ถ้าหากเชื้อสามารถย่อยสลายเดกซ์แทรนได้ ก็จะทำให้เกิดบริเวณใส (clear zone) ขึ้นรอบ ๆ โคโลนี ทั้งนี้เพราะเดกซ์แทรนสามารถตกตะกอนได้ในแอลกอฮอล์ เช่น เอธานอล 95% ให้เห็นเป็นสีขาวขุ่น แต่หากเดกซ์แทรนถูกย่อยสลายเป็นหน่วยย่อยลงแล้วก็จะไม่ตกตะกอนขาวขุ่น จึงเกิดเป็นบริเวณใสได้(15) นอกจากนี้อาจทำได้โดยการใช้สีน้ำเงินจาก Blue Dextran (16,17) ถ้าหากเชื้อย่อยสลายเดกซ์แทรนได้ก็จะให้บริเวณใสเกิดขึ้นเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามเนื่องจากบลูเดกซ์-แทรนมีราคาค่อนข้างสูงจึงไม่นิยมนำมาใช้

ส่วนการคัดเลือกเชื้อด้วยอาหารเหลว(30)นั้น จะทำให้สามารถบอกถึงปริมาณเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสได้แน่นอนกว่า ทั้งนี้อาจทำได้โดยการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดจากการย่อยสลายเดกซ์แทรนโดยตรง หรือการวัดความหนืดที่ลดลงเมื่อเดกซ์แทรนถูกย่อยสลาย (36)

015781

I 10300442

<u>การนำเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสไปแก้ปัญหาในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล</u>

จากปัญหาเดกซ์แทรนที่เกิดขึ้นนี้ จึงได้มีการค้นคว้าหาวิธีกำจัดเดกซ์แทรนออกไปจากระบวนการผลิตน้ำตาลทราย โดยใช้เอนไซม์เดกซ์แทรนเนส ทั้งนี้เพราะเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสมีความจำเพาะสูง และไม่ก่อให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมาในขั้นตอนของการผลิตน้ำตาล และการนำเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสมาใช้ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตน้ำตาลให้สูงขึ้น

ในปัจจุบันได้มีการผลิตเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสในเชิงการค้าแล้ว ดังตัวอย่างเช่น

Dextranase 25 L และ 50 L ของบริษัท Novo ประเทศเดนมาร์ก (10)

Glucanase D-1 ของบริษัท Pfizer ประเทศสหรัฐอเมริกา(45,46)

Talozyme ของบริษัท Tate and Lyle ประเทศอังกฤษ(47,48)

ได้มีการทดลองนำเอนไซม์เหล่านี้ไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของโลก เช่น ในประเทศออสเตรเลีย, จาไมก้า, เปอร์โต ริโก , และบางประเทศในทวีปอเมริกาใต้

Tilbury (45) ได้รายงานถึงการใช้เอนไซม์เดกซ์แทรนเนสในหมู่เกาะ West Indies ไว้ว่าจากการทดลองใช้เอนไซม์จำนวน 3 หน่วยต่อน้ำอ้อย 100 มล. นาน 20 นาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส สามารถขจัดเดกซ์แทรนลงไปได้ถึง 68.5% และกล่าวว่า ผลของการขจัดเดกซ์แทรนลงได้ในระดับนี้ ถือเป็นความสำเร็จที่เพียงพอ

ต่อมา Tilbury (46) ได้รายงานเพิ่มเติมอีกว่าอัตราการใช้เอนไซม์เดกซ์-แทรนเนสนี้จะขึ้นอยู่กับแต่ละสถานที่ เพราะขึ้นอยู่กับปริมาณเดกซ์แทรนที่ตรวจพบในแต่ละสถานที่แต่ในกรณีที่มีเดกซ์แทรนปริมาณปานกลางถึงมากนั้นควรใช้เอนไซม์ 6-7 หน่วยต่อน้ำอ้อย 100 มล. และใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แทนจะทำให้การขจัดเดกซ์แทรนได้ดี ซึ่งปริมาณเดกซ์แทรนที่ถูกขจัดจะเป็น 66% โดยเสียค่าใช้จ่ายเพียง 1.0-1.5 เหรียญสหรัฐอเมริกา ต่อการผลิตน้ำตาล 1 ตัน นอกจากนี้ยังได้รายงานอีกด้วยว่าการใช้เดกซ์แทรนเนสใน เปอร์โต ริโก และ จาไมกา ในระดับที่มีปริมาณเดกซ์แทรนสูงปานกลางถึงมาก โดยใช้เอนไซม์ 6-11 หน่วยต่อน้ำอ้อย 100 มล. จะใช้เงิน 0.45-0.86 ปอนด์สเตอริง ต่ออ้อย 1 ตัน ซึ่งค่าใช้จ่ายนี้คิดเป็นปริมาณเพียง 1% ของรายจ่ายที่จะเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับความสูญเสียถึง 10% ที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากปัญหาเดกซ์แทรนที่เกิดขึ้น (47)

จากเอกสารแนะนำการใช้เอนไซม์เดกซ์แทรนเนสของบริษัท Novo(10) ได้เสนอแนะว่า ควรจะใช้เอนไซม์ไปขจัดเดกซ์แทรนในช่วงแรกของการผลิต โดยเฉพาะ

การเติมเอนไซม์ลงในน้ำอ้อยดิบ หรือระหว่างการหีบ หรือหลังจากการหีบแล้ว จะเป็นช่วงที่ดีที่สุด แต่การเติมเอนไซม์ก็อาจจะทำได้ในช่วงการทำใส (clarification) หรือในช่วงต้มระเหยน้ำอ้อย โดยการใช้เอนไซม์เดกซ์แทรนเนส 5 กรัม ต่อตันของอ้อย ภายใต้สภาวะที่มีเดกซ์แทรน 10,000 ppm. น้ำตาล 20° Brix ความเป็นกรดด่าง 5.0 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที จะลดปริมาณเดกซ์แทรนลงได้ 70% และถ้าใช้เวลานาน 60 นาที จะลดปริมาณเดกซ์แทรนลงได้ถึง 90% ส่วนสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์เดกซ์แทรนเนส คือ ช่วงอุณหภูมิ 50 - 55 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่างช่วง 5.0 - 5.5 และระยะเวลาการทำงานของเอนไซม์ไม่ควรมากกว่า 30 นาที

Fulcher และ Inkerman (47) ได้รายงานถึงการใช้เอนไซม์เดกซ์แทรนเนสจากเชื้อ Penicillium sp. ในรัฐ Queensland ประเทศออสเตรเลียว่า ถ้าเพิ่มการใช้เอนไซม์เป็น 8 หน่วยต่อมล. แทน 3 หน่วยของเอนไซม์ในรายงานของ Tilbury จะช่วยเพิ่มปริมาณและคุณภาพของน้ำตาลได้ โดยเสียค่าใช้จ่าย 1.5 เหรียญต่อ 1 ตัน และยังได้รายงานเพิ่มเติมอีกว่า การใช้เอนไซม์เดกซ์แทรนเนสทางการค้า 2 ชนิดคือ Glucanase D-1 และ Novo Dextranase กับ เดกซ์แทรน T-2000 อัตราการย่อยสลายเดกซ์แทรนจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีเดกซ์แทรนเกินกว่า 4,000 ppm. แต่เนื่องจากเอนไซม์ในเชิงการค้าทั้ง 2 ชนิดนี้มีคุณสมบัติแตกต่างกันในแง่ของความเป็นกรด-ด่าง, อุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ จึงเป็นปัจจัยที่จะต้องคำนึงถึงในการใช้เอนไซม์แต่ละชนิด

Inkerman (48) ได้รายงานถึงการใช้เอนไซม์เดกซ์แทรนเนส ในประเทศออสเตรเลีย ว่าการใช้เอนไซม์นี้จะมีประโยชน์ต่อโรงงานน้ำตาลมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่อ้อยได้รับความเสียหายก่อนจะนำเข้าหีบ โดยใช้เอนไซม์ 5-10 หน่วยในสภาวะการผลิตปกติ และเมื่อสามารถย่อยสลายเดกซ์แทรนให้มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 10,000 แล้วก็ถือว่า เป็นการเพียงพอที่จะขจัดความเสียหายเนื่องจากเดกซ์แทรนได้โดยไม่ต้องรอให้การย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งการย่อยสลายในระดับนี้ก็เพียงพอที่จะลดผลึกน้ำตาลรูปเข็มลงได้ อย่างไรก็ตาม เขาได้เสนอแนะว่าถ้ามีเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสที่สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงก็จะดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะเอนไซม์ที่สามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสเชิงการค้าในปัจจุบันนี้จะเกิดการสลายตัว(denature)เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 65 องศาเซลเซียส สำหรับค่าใช้จ่ายของเอนไซม์นั้นเมื่อคิดถึงปริมาณน้ำตาลที่ต้องสูญเสียไปในรูปเดกซ์แทรนและกากน้ำตาลแล้ว เอนไซม์เดกซ์แทรนเนสก็จะให้ผลกำไรที่คุ้มในทางเศรษฐกิจ

Jolly และ Prakash (49) ได้ทดลองขจัดเดกซ์แทรนโดยใช้เอนไซม์เดกซ์แทรนเนส (Novo 25 L) ในประเทศอินเดีย โดยใช้ปริมาณเอนไซม์ 100 ppm ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสนาน 15 นาที สามารถขจัดเดกซ์แทรนลงได้ 48-52% แต่การนำไปใช้ทางอุตสาหกรรมยังประสบกับปัญหาเรื่องราคาสูงของเดกซ์แทรนเนส

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาถึงการคัดเลือกรา ที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์เดกซ์แทรนเนสได้ในปริมาณที่สูง หาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิต และหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์เดกซ์แทรนเนส ตลอดจนศึกษาสมบัติทางวิทยาเอนไซม์บางประการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย