

5. การผลิตไซลิทอลโดยการหมักด้วยยีสต์แบบเบ็ดเสร็จ (Batch culture)

5.1 การผลิตไซลิทอลจากน้ำตาลไซโลสบริสุทธิ์โดย *Candida magnolia* TISTR 5664

เมื่อนำเชื้อยีสต์ *Candida magnolia* TISTR 5664 เพาะเลี้ยงในอาหาร basal medium ที่มี ยูเรีย 2.27 กรัมต่อลิตร เป็นแหล่งไนโตรเจน และมีน้ำตาลไซโลสบริสุทธิ์เข้มข้น 26.49 กรัมต่อลิตร ที่พีเอชเริ่มต้น 4.50 บ่มโดยการเขย่า ณ อุณหภูมิห้อง พบว่า เชื้อมีการเจริญ การใช้น้ำตาลไซโลส และการผลิตไซลิทอล ที่เวลาต่างๆ ดังภาพที่ 25, 26, 27 และ 28 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การผลิตไซลิทอลจากเชื้อ *C. magnolia* TISTR 5664 ด้วยไซโลสบริสุทธิ์เข้มข้น 26.49 กรัมต่อลิตรที่พีเอชเริ่มต้น 4.50

เวลา (ชั่วโมง)	ไซโลสที่ ถูกใช้ (กรัมต่อ ลิตร)	ไซลิทอล ที่เกิด (กรัมต่อ ลิตร)	น้ำหนัก เซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	พีเอช	Yp/s* (กรัมต่อ กรัม)	Yx/s** (กรัมต่อ กรัม)	Qp*** (กรัมต่อลิตร ต่อชั่วโมง)
0	0.00	0.00	0.51	4.50	0.00	0.00	0.00
12	5.46	0.69	0.81	4.36	0.13	0.05	0.06
24	10.90	3.02	3.20	4.57	0.28	0.25	0.13
48	26.32	7.54	12.42	3.42	0.29	0.45	0.16
72	26.49	6.83	12.70	3.42	0.26	0.46	0.09

หมายเหตุ:

Yp/s* หมายถึง ผลได้ไซลิทอลที่เกิดขึ้นต่อไซโลสที่ถูกใช้ (กรัม/กรัม)

Yx/s** หมายถึง ผลได้ของเซลล์ที่เกิดขึ้นต่อน้ำตาล (ไซโลส) ที่ถูกใช้ (กรัม/กรัม)

Qp*** หมายถึง อัตราการผลิตไซลิทอลต่อเวลา (กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง)

จากการทดลอง พบว่า ที่เวลา 48 ชั่วโมง มีการผลิตไซลิทอลสูงสุด เท่ากับ 7.54 กรัมต่อลิตร ให้ปริมาณผลได้ของไซลิทอลต่อไซโลส (Yp/s) สูงสุด เท่ากับ 0.29 กรัมต่อกรัม และค่าอัตรา

การผลิตไซลิทอล (Qp) สูงสุด เท่ากับ 0.16 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ปริมาณไซโลสถูกใช้ 26.32 กรัมต่อลิตร ค่าผลได้ของเซลล์ต่อไซโลส ($Y_{x/s}$) ที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 0.45 กรัมต่อกรัม และค่าปริมาณผลได้ของไซลิทอลต่อไซโลส ($Y_{p/s}$) มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.28, 0.29 และ 0.26 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ และค่าผลได้ของเซลล์ต่อไซโลส ($Y_{x/s}$) มีค่าเพิ่มขึ้น คือ ที่ 12, 24, 48, และ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.05, 0.25, 0.45 และ 0.46 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ

ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับกัญญา สอนสนธิ (2541) ว่าจากการเลี้ยงเชื้อ *C. magnolia* TISTR 5664 ที่สภาวะเดียวกันกับการทดลองในครั้งนี้ พบว่า ที่ความเข้มข้นไซโลสบริสุทธิ์ 20 กรัมต่อลิตร ถูกใช้หมดที่เวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ และจากการทดลองในครั้งนี้ พบว่า ไซโลสบริสุทธิ์ในการหมัก 26.49 กรัมต่อลิตร มีการใช้ไซโลสหมดในช่วงเวลา 48 ถึง 72 ชั่วโมง เช่นเดียวกัน แต่มีปริมาณไซลิทอลที่เกิดขึ้นต่างกัน คือ ผลการทดลองของกัญญา สอนสนธิ (2541) มีการผลิตไซลิทอลที่ไซโลสเข้มข้น 20 กรัมต่อลิตร ได้ไซลิทอลได้สูงสุด เท่ากับ 5.18 กรัมต่อลิตร และคิดเป็นค่า $Y_{p/s}$ เท่ากับ 0.27 กรัมต่อกรัมตามลำดับ แต่การทดลองนี้ผลิตไซลิทอลได้สูงสุด เท่ากับ 7.54 กรัมต่อลิตร และค่า $Y_{p/s}$ เท่ากับ 0.29 กรัมต่อกรัม

5.2 การผลิตไซลิทอลจากไฮโดรไลเสทโดย *Candida magnolia* TISTR 5664

จากการนำเชื้อยีสต์ *Candida magnolia* TISTR 5664 มาทำการเพาะเลี้ยงเช่นเดียวกับการทดลองที่ 5.1 แต่เปลี่ยนจากไซโลสบริสุทธิ์เป็นไฮโดรไลเสทที่มีความเข้มข้นไซโลสใกล้เคียงกับไซโลสที่บริสุทธิ์ คือ 24.35 กรัมต่อลิตร แต่เนื่องจากไฮโดรไลเสทที่ได้จากการระเบิดต้นปาล์มด้วยไอน้ำที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ยังคงมีสารละลายชนิดอื่นประกอบอยู่ด้วย คือ กลูโคส 13.69 กรัมต่อลิตร กรดอะซิติก 6.45 กรัมต่อลิตร เฟอร์ฟูรอล 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารประกอบฟีนอลิก 0.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสารเหล่านี้มีผลทำให้ผลิตไซลิทอลได้น้อยกว่าการใช้น้ำตาลไซโลสบริสุทธิ์เป็นสารตั้งต้น ผลการเจริญการใช้น้ำตาลไซโลส และการผลิตไซลิทอล ที่เวลาต่างๆ ดังภาพที่ 25, 26, 27 และ 28 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 13

จากผลการทดลองหมักไฮโดรไลเสท พบว่า ที่เวลา 48 ชั่วโมง มีการผลิตไซลิทอลสูงสุด เท่ากับ 1.66 กรัมต่อลิตร ให้ค่า Yp/s สูงสุด เท่ากับ 0.08 กรัมต่อลิตร ปริมาณไซโลสถูกใช้ 22.03 กรัมต่อลิตร แต่ให้ค่า Qp สูงสุดที่เวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.04 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 13 การผลิตไซลิทอลจากเชื้อ *C. magnolia* TISTR 5664 ด้วยไฮโดรไลเสทเข้มข้น 24.35 กรัมต่อลิตร และกลูโคส 13.69 กรัมต่อลิตรที่มีพีเอชเริ่มต้น 4.50

เวลา	ไซโลส ที่ถูกใช้	กลูโคส ที่ถูกใช้	ไซลิทอล ที่เกิด	น้ำหนัก เซลล์แห้ง	พีเอช	Yp/s*	Yx/s**	Qp***
(ชั่วโมง)	(กรัมต่อ ลิตร)	(กรัมต่อ ลิตร)	(กรัมต่อ ลิตร)	(กรัมต่อ ลิตร)		(กรัม ต่อ กรัม)	(กรัมต่อ กรัม)	(กรัมต่อ ลิตรต่อ ชั่วโมง)
0	0.00	0.00	0.00	0.51	4.50	0.00	0.00	0.00
12	6.13	9.26	0.33	5.17	4.54	0.05	0.30	0.03
24	16.73	10.96	0.95	10.38	4.53	0.06	0.36	0.04
48	22.03	13.60	1.66	20.81	4.54	0.08	0.57	0.03
72	23.82	13.69	1.06	17.38	4.54	0.04	0.45	0.01

หมายเหตุ:

Yp/s* หมายถึง ผลได้ไซลิทอลที่เกิดขึ้นต่อไซโลสที่ถูกใช้ (กรัม/กรัม)

Yx/s** หมายถึง ผลได้ของเซลล์ที่เกิดขึ้นต่อน้ำตาล(ไซโลสและกลูโคส)ที่ถูกใช้ (กรัม/กรัม)

Qp*** หมายถึง อัตราการผลิตไซลิทอลต่อเวลา (กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง)

เมื่อพิจารณาค่า Yp/s ที่เวลา 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 0.05, 0.06, 0.08 และ 0.04 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ นอกจากเชื้อยีสต์ *C. magnolia* TISTR 5664 มีการใช้ไซโลสแล้วยังมีการใช้กลูโคสอีกด้วยโดยหลังชั่วโมงที่ 48 ชั่วโมง มีการใช้กลูโคสหมด

5.3 การผลิตไซลิทอลจากน้ำตาลไซโลสบริสุทธิ์โดย *Candida guilliermondii* FTI 20037

เมื่อนำเชื้อยีสต์ *Candida guilliermondii* FTI 20037 มาทำการเพาะเลี้ยงในอาหาร basal

medium ที่มียูเรีย 5.0 กรัมต่อลิตร เป็นแหล่งไนโตรเจน และมีน้ำตาลไซโลสเข้มข้น 27.48 กรัมต่อลิตร ที่มีพีเอชเริ่มต้น 4.52 บ่มโดยการเขย่า ณ อุณหภูมิห้อง พบว่า มีการเจริญ การใช้น้ำตาลไซโลส และการผลิตไซลิทอล ที่เวลาต่างๆ ดังภาพที่ 25, 26, 27 และ 28 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การผลิตไซลิทอลจากเชื้อ *C. guilliermondii* FTI 20037 ด้วยไซโลสบริสุทธิ์เข้มข้น 27.48 กรัมต่อลิตร ที่มีพีเอชเริ่มต้น 4.52

เวลา	ไซโลสที่ ถูกใช้	ไซลิทอล ที่เกิด	น้ำหนัก เซลล์แห้ง	พีเอช	Yp/s*	Yx/s**	Qp***
(ชั่วโมง)	(กรัมต่อ ลิตร)	(กรัมต่อ ลิตร)	(กรัมต่อลิตร)		(กรัมต่อ กรัม)	(กรัมต่อ กรัม)	(กรัมต่อลิตร ต่อชั่วโมง)
0	0.00	0.00	0.51	4.52	0.00	0.00	0.00
12	8.38	2.23	1.83	5.02	0.27	0.16	0.19
24	22.19	6.60	2.71	4.77	0.30	0.10	0.28
48	27.48	6.27	13.96	5.55	0.23	0.49	0.13
72	27.48	6.21	11.52	6.19	0.23	0.40	0.09

หมายเหตุ:

Yp/s* หมายถึง ผลได้ไซลิทอลที่เกิดขึ้นต่อไซโลสที่ถูกใช้ (กรัม/กรัม)

Yx/s** หมายถึง ผลได้ของเซลล์ที่เกิดขึ้นต่อน้ำตาล (ไซโลส) ที่ถูกใช้ (กรัม/กรัม)

Qp*** หมายถึง อัตราการผลิตไซลิทอลต่อเวลา (กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง)

จากการทดลอง พบว่า ที่เวลา 24 ชั่วโมง มีการผลิตไซลิทอลสูงสุด เท่ากับ 6.60 กรัมต่อลิตร ให้ปริมาณผลได้ของไซลิทอลต่อไซโลส (Yp/s) สูงสุด เท่ากับ 0.30 กรัมต่อกรัม และค่าอัตราการผลิตไซลิทอล (Qp) สูงสุด เท่ากับ 0.28 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ปริมาณไซโลสถูกใช้ 22.19 กรัมต่อลิตร ค่าผลได้ของเซลล์ต่อไซโลส (Yx/s) ที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 0.10 กรัมต่อกรัม และหลังจากเวลาที่ 24 ชั่วโมง ปริมาณไซลิทอลค่อยๆลดลง พร้อมกับปริมาณไซโลสที่ถูกใช้หมด และค่าปริมาณผลได้ของไซลิทอลต่อไซโลส (Yp/s) ที่ 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.27, 0.30, 0.23 และ

0.23 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ และค่าผลได้ของเซลล์ต่อไซโลส ($Y_{x/s}$) มีค่าเพิ่มขึ้น คือที่ 12, 24, 48, และ 72 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.16, 0.10, 0.49 และ 0.40 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ

5.4 การผลิตไซลิทอลจากไฮโดรไลเสทโดย *Candida guilliermondii* FTI 20037

จากการนำเชื้อยีสต์ *Candida guilliermondii* FTI 20037 มาทำการเพาะเลี้ยงเช่นเดียวกับการทดลองที่ 5.3 แต่เปลี่ยนจากไซโลสบริสุทธิ์เป็นไฮโดรไลเสทที่มีความเข้มข้นไซโลสที่ใกล้เคียงกัน คือ 26.10 กรัมต่อลิตร พีเอชเริ่มต้นในการหมักเท่ากับ 4.52 นอกจากนี้ไฮโดรไลเสทที่ได้จากการระบิดต้นปาล์มด้วยไอน้ำที่ผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ยังคงมีสารละลายชนิดอื่นประกอบอยู่ด้วย คือ กลูโคส 13.87 กรัมต่อลิตร กรดอะซิติก 6.60 กรัมต่อลิตร เฟอร์ฟูรอล 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอล 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารประกอบฟีนอลิก 0.83 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสารละลายเหล่านี้มีผลทำให้การผลิตไซลิทอลน้อยกว่าการใช้น้ำตาลไซโลสบริสุทธิ์ ผลการเจริญการใช้น้ำตาลไซโลส และการผลิตไซลิทอล ที่เวลาต่างๆ ดังภาพที่ 25, 26, 27 และ 28 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การผลิตไซลิทอลจากเชื้อ *C. guilliermondii* FTI 20037 ด้วยไฮโดรไลเสทที่มีไซโลสเข้มข้น 26.10 กรัมต่อลิตร และกลูโคส 13.87 กรัมต่อลิตร ที่มีพีเอชเริ่มต้น 4.52

เวลา	ไซโลส ที่ถูกใช้	กลูโคส ที่ถูกใช้	ไซลิทอล ที่เกิด	น้ำหนัก เซลล์แห้ง	พีเอช	$Y_{p/s}$ *	$Y_{x/s}$ **	Q_p ***
(ชั่วโมง)	(กรัมต่อ ลิตร)	(กรัมต่อ ลิตร)	(กรัมต่อ ลิตร)	(กรัมต่อ ลิตร)		(กรัม ต่อ กรัม)	(กรัมต่อ กรัม)	(กรัมต่อ ชั่วโมง)
0	0.00	0.00	0.00	0.51	4.52	0.00	0.00	0.00
12	10.50	9.57	1.13	10.68	4.57	0.11	0.51	0.09
24	20.77	12.51	2.17	15.23	4.55	0.10	0.44	0.09
48	24.94	13.87	2.98	25.40	4.87	0.12	0.64	0.06
72	25.56	13.87	2.04	22.32	4.95	0.08	0.55	0.03

หมายเหตุ:

$Y_{p/s}$ * หมายถึง ผลได้ไซลิทอลที่เกิดขึ้นต่อไซโลสที่ถูกใช้ (กรัม/กรัม)

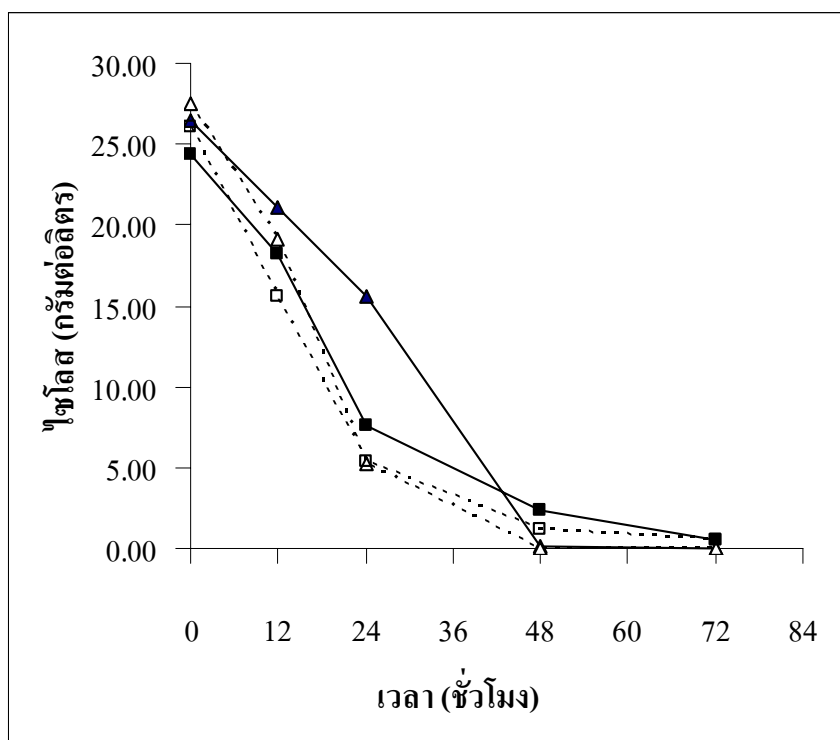
Yx/s** หมายถึง ผลได้ของเซลล์ที่เกิดขึ้นต่อน้ำตาล(ไซโลสและกลูโคส)ที่ถูกใช้ (กรัม/กรัม)

Qp*** หมายถึง อัตราการผลิตไซลิทอลต่อเวลา (กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง)

จากผลการทดลองการหมักไฮโดรไลเซส พบว่า ที่เวลา 48 ชั่วโมง มีการผลิตไซลิทอลสูงสุด เท่ากับ 2.98 กรัมต่อลิตร ให้ค่า Yp/s สูงสุด เท่ากับ 0.12 กรัมต่อลิตร ปริมาณไซโลสถูกใช้ 24.94 กรัมต่อลิตร แต่ให้ค่า Qp สูงสุดที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.06 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง เมื่อพิจารณาค่า Yp/s ที่เวลา 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 0.11, 0.10, 0.12 และ 0.08 กรัมต่อกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้เชื้อยีสต์ *C. guilliermondii* FTI 20037 มีการไซโลสแล้วยังมีการใช้กลูโคส ซึ่งพบว่า หลังชั่วโมงที่ 24 มีการใช้กลูโคสหมด

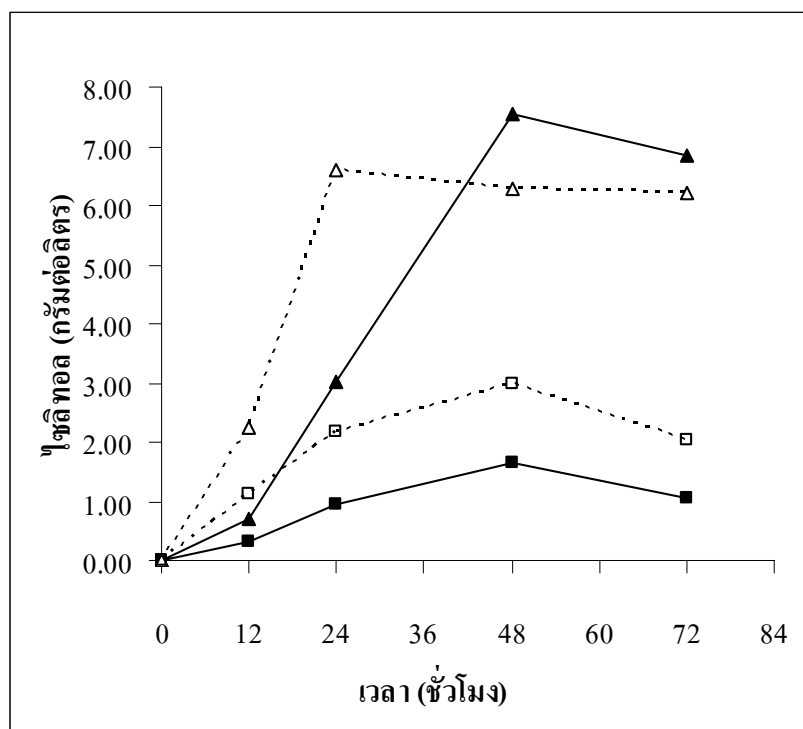
จากการเปรียบเทียบการผลิตไซลิทอลโดยการหมักด้วยเชื้อยีสต์ *C. magnolia* TISTR 5664 และ *C. guilliermondii* FTI 20037 จากน้ำตาลไซโลสบริสุทธิ์และไฮโดรไลเซสที่ผลิตได้จากต้นปาล์มน้ำมัน ที่มีปริมาณไซโลสใกล้เคียงกัน พบว่า การผลิตไซลิทอลจากไซโลสบริสุทธิ์มีค่ามากกว่าไซโลสจากไฮโดรไลเซส เนื่องจากไฮโดรไลเซสที่ได้จากต้นปาล์มน้ำมันมีสารอื่นปนเปื้อน โดยเฉพาะกลูโคสซึ่งมีผลยับยั้งต่อการผลิตไซลิทอล นอกจากนี้การมีน้ำตาลกลูโคสอยู่ในสารอาหารมีผลทำให้กลไกการผลิตไซลิทอลเปลี่ยนไปด้วยเนื่องจากน้ำตาลกลูโคสมีผลต่อการสร้างเอนไซม์ที่จะมาเปลี่ยนน้ำตาลไซโลสเป็นน้ำตาลไซลิทอล ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Webb and Lee (1990) ว่า น้ำตาลเฮกโซส โดยเฉพาะน้ำตาลกลูโคส มีผลต่อความสามารถของเมทาบอลิซึมของไซโลส โดยไปมีส่วนกดดันหรือยับยั้งระบบการขนส่ง หรือ การเปลี่ยนแปลงกลไกของเอนไซม์

อย่างไรก็ตามปริมาณการเติบโตของเซลล์ในไฮโดรไลเซสมีค่ามากกว่าในไซโลสบริสุทธิ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในไฮโดรไลเซสมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสประกอบอยู่ ซึ่งน้ำตาลกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่ง่ายที่สุดในการนำมาใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จึงทำให้มีการผลิตเซลล์มากกว่าแหล่งที่มีน้ำตาลไซโลสชนิดเดียว ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Tochampa *et al.* (2002) ว่า เชื้อ *Candida mogii* ที่เจริญในอาหารผสมที่มีกลูโคสและไซโลส พบว่า ยีสต์มีการใช้กลูโคสเร็วกว่าและง่ายกว่าไซโลส และยังพบอีกว่า ที่อัตราส่วนกลูโคสต่อไซโลสสูงขึ้น ค่าผลได้ของเซลล์ยีสต์ (Biomass Yield) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ตามลำดับ



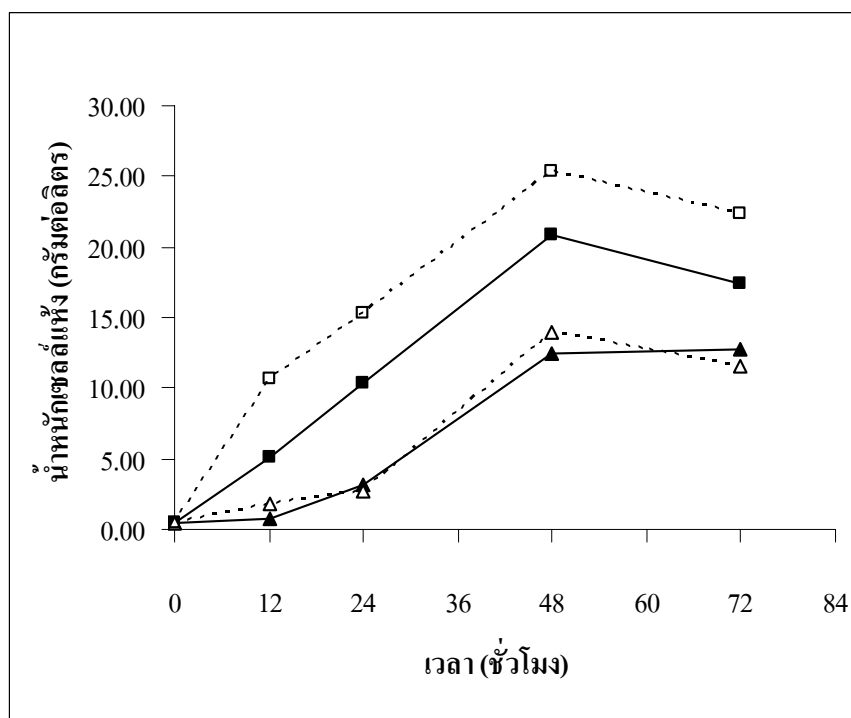
- ▲— ไชลิทอลจากไชโลสบริสุทธิโดย *C. magnolia* TISTR 5664
- ไชลิทอลจากไฮโดรไลเซตโดย *C. magnolia* TISTR 5664
- △-- ไชลิทอลจากไชโลสบริสุทธิโดย *C. guilliermondii* FTI 20037
- ไชลิทอลจากไฮโดรไลเซตโดย *C. guilliermondii* FTI 20037

ภาพที่ 25 แสดงผลของน้ำตาลไชโลสบริสุทธิและไชโลสในไฮโดรไลเซตที่เหลือกับเวลาในการหมักด้วยเชื้อยีสต์ *C. magnolia* TISTR 5664 และ *C. guilliermondii* FTI 20037



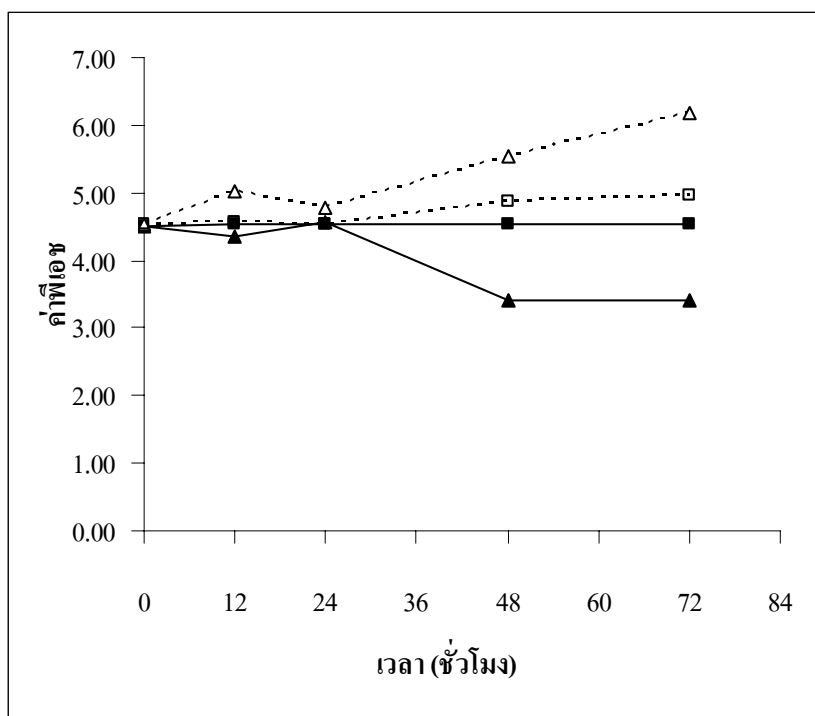
- ▲— ไซลิทอลจากไซโลสบริสุทธิโดย *C. magnolia* TISTR 5664
- ไซลิทอลจากไฮโดรไลเสทโดย *C. magnolia* TISTR 5664
- △-- ไซลิทอลจากไซโลสบริสุทธิโดย *C. guilliermondii* FTI 20037
- ไซลิทอลจากไฮโดรไลเสทโดย *C. guilliermondii* FTI 20037

ภาพที่ 26 แสดงผลของน้ำตาลไซลิทอลที่เกิดขึ้นกับเวลาในการหมักด้วยเชื้อยีสต์ *C. magnolia* TISTR 5664 และ *C. guilliermondii* FTI 20037 ในน้ำตาลไซโลสบริสุทธิและไฮโดรไลเสท



- ▲— ไชลิทอลจากไชโลสบริสุทธิ์โดย *C. magnolia* WT 5664
 —■— ไชลิทอลจากไฮโดรไลเซตโดย *C. magnolia* WT 5664
 ---△--- ไชลิทอลจากไชโลสบริสุทธิ์โดย *C. guilliermondii* FTI 20037
 ---□--- ไชลิทอลจาก ไฮโดรไลเซตโดย *C. guilliermondii* FTI 20037

ภาพที่ 27 แสดงผลของน้ำนักเซลล์แห้งในน้ำหมักของน้ำตาลไชโลสบริสุทธิ์และไฮโดรไลเซต
 โดยการหมักด้วยเชื้อยีสต์ *C. magnolia* WT 5664 และ *C. guilliermondii* FTI 20037



- ▲— ซาลิไซลิกแอซิดจากไซโลสบริสซูทรีโดย *C. magnolia* WT 5664
- ซาลิไซลิกแอซิดจากไฮโดรไลเซตโดย *C. magnolia* WT 5664
- △-- ซาลิไซลิกแอซิดจากไซโลสบริสซูทรีโดย *C. guilliermondii* FTI 20037
- ซาลิไซลิกแอซิดจากไฮโดรไลเซตโดย *C. guilliermondii* FTI 20037

ภาพที่ 28 แสดงผลของพีเอชในน้ำหมักของน้ำตาลไซโลสบริสซูทรีและไฮโดรไลเซตโดยการหมักด้วยเชื้อยีสต์ *C. magnolia* WT 5664 และ *C. guilliermondii* FTI 20037 ที่มีผลต่อการเจริญและผลิตซาลิไซลิกแอซิด

สรุปผลการทดลอง

การผลิตไซลิทอลจากสารละลายที่ได้จากการระเบิดต้นปาล์มน้ำมันด้วยไอน้ำ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ คือ ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของต้นปาล์มน้ำมัน ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำตาลไซโลสจากต้นปาล์มน้ำมันด้วยการระเบิดด้วยไอน้ำ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยน้ำตาลโอลิโกเมอร์ของไซโลสในน้ำล้างที่ได้จากการระเบิดต้นปาล์มน้ำมันด้วยไอน้ำ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำไฮโดรไลเซสให้กับริสซูธิ์ด้วยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ และศึกษาการผลิตไซลิทอลจากไฮโดรไลเซสที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยถ่านกัมมันต์มาหมักด้วยเชื้อยีสต์แบบเบ็ดเสร็จ สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

1. องค์ประกอบทางเคมีของต้นปาล์มน้ำมัน ซึ่งประกอบด้วย โสไลเซลลูโลส 68.87 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนของ แอลฟาเซลลูโลส 37.14 เปอร์เซ็นต์ และเพนโตแซน 30.59 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 22.32 เปอร์เซ็นต์ สารแทรกที่ละลายในเอทานอล/เบนซิน 8.07 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 8.56 เปอร์เซ็นต์โดยอ้างอิงน้ำหนักแห้งไม้ต้นปาล์มน้ำมัน

2. ผลของสภาวะที่เหมาะสมในการแยกน้ำตาลไซโลสจากต้นปาล์มน้ำมันด้วยการระเบิดไอน้ำที่สภาวะต่างๆ พบว่า ที่สภาวะ Log Ro เท่ากับ 3.65 หรือสภาวะการระเบิดด้วยไอน้ำที่ความดัน 21 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (214 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการแยกองค์ประกอบทางเคมีของต้นปาล์มน้ำมัน คือ ให้ปริมาณน้ำตาลไซโลสในน้ำล้างสูง พร้อมกับให้ค่าเชื้อเพลิงระเบิดที่มีปริมาณน้ำตาลกลูโคสสูง ซึ่งจะให้ปริมาณน้ำตาลไซโลสในน้ำล้างเมื่อใช้สภาวะการย่อยน้ำตาลโอลิโกเมอร์ของไซโลสด้วย 3% w/v H_2SO_4 โดยการนึ่งด้วยความดันไอน้ำที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เท่ากับ 7.50 กรัมต่อการระเบิดต้นปาล์มน้ำมันด้วยไอน้ำ 100 กรัม และปริมาณเชื้อเพลิงระเบิดสูงเท่ากับ 58.39 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งในการระเบิดต้นปาล์มน้ำมัน 100 กรัม ซึ่งมีน้ำตาลกลูโคสเป็นองค์ประกอบอยู่ในเชื้อเพลิงระเบิดเท่ากับ 38.07 กรัมต่อเชื้อเพลิงระเบิด 100 กรัม

3. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยน้ำตาลโอลิโกเมอร์ของไซโลสในน้ำล้าง พบว่า ในน้ำล้างที่ได้จากการระเบิดต้นปาล์มน้ำมันด้วยไอน้ำที่สภาวะ Log Ro เท่ากับ 3.65 น้ำตาลส่วนใหญ่อยู่ในรูปของน้ำตาลโอลิโกเมอร์ของไซโลส จึงต้องศึกษาสภาวะการย่อยเพื่อเปลี่ยนน้ำตาลโอลิโกเมอร์ของไซโลสให้เป็นน้ำตาลไซโลสโมเลกุลเดี่ยวด้วยความเข้มข้นกรดและเวลา

ต่างๆ โดยการนึ่งด้วยความดันไอน้ำที่ 120 องศาเซลเซียส พบว่า ที่ความเข้มข้นกรดและเวลาที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้นกรด 1%w/v H_2SO_4 เป็นเวลา 30 นาที ให้ปริมาณไซโลสในน้ำล้างสูงสุดเท่ากับ 8.15 กรัมต่อการระเบิดต้นปาล์มน้ำมัน 100 กรัม

4. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสารผลพลอยได้ในไฮโดรไลสเพื่อให้บริสุทธิ์ด้วยถ่านกัมมันต์ พบว่า สภาวะที่เหมาะสม คือ การใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดซับสาร 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ใช้ถ่านกัมมันต์ 5%w/v เวลา 30 นาที และครั้งที่ 2 ใช้ถ่านกัมมันต์ 2%w/v เวลา 60 นาที ซึ่งสามารถลดค่า สารประกอบฟีนอลิก เฟอร์ฟูรอล และ 5-ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรอลได้เท่ากับ 99.96, 99.15, 100 และ 99.94 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบก่อนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ตามลำดับ

5. ผลการศึกษาการผลิตน้ำตาลไซลิทอลโดยกระบวนการหมักด้วยยีสต์แบบเบ็ดเสร็จ ในสภาวะที่เหมาะสมสำหรับยีสต์แต่ละสายพันธุ์ที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4.5 พบว่า เชื้อยีสต์ *Candida magnolia* TISTR 5664 หมักด้วยน้ำตาลไซโลสบริสุทธิ์เข้มข้น 26.49 กรัมต่อลิตร พบว่า สามารถผลิตไซลิทอลได้ 7.54 กรัมต่อลิตร คิดเป็นค่า Yp/s เท่ากับ 0.29 กรัมไซลิทอลต่อกรัมไซโลส แต่เมื่อนำมาหมักในไฮโดรไลสที่เตรียมได้จากสภาวะข้างต้นจากต้นปาล์มน้ำมันที่ความเข้มข้นไซโลส 24.35 กรัมต่อลิตร พบว่า สามารถผลิตไซลิทอลได้ 1.66 กรัมต่อลิตร คิดเป็นค่า Yp/s เท่ากับ 0.08 กรัมไซลิทอลต่อกรัมไซโลส และเมื่อนำเชื้อยีสต์ *Candida guilliermondii* FTI 20037 หมักในน้ำตาลไซโลสบริสุทธิ์เข้มข้น 27.48 กรัมต่อลิตร พบว่า สามารถผลิตไซลิทอลได้ 6.60 กรัมต่อลิตร คิดเป็นค่า Yp/s เท่ากับ 0.30 กรัมไซลิทอลต่อกรัมไซโลส แต่เมื่อนำมาหมักในไฮโดรไลสที่เตรียมได้จากสภาวะข้างต้นจากต้นปาล์มน้ำมันที่ความเข้มข้นไซโลส 26.10 กรัมต่อลิตร พบว่า สามารถผลิตไซลิทอลได้ 2.98 กรัมต่อลิตร คิดเป็นค่า Yp/s เท่ากับ 0.12 กรัมไซลิทอลต่อกรัมไซโลส ซึ่งการผลิตไซลิทอลจากไซโลสในไฮโดรไลสที่เตรียมได้จากสภาวะข้างต้นจากต้นปาล์มน้ำมันน้อยกว่าน้ำตาลไซโลสบริสุทธิ์ เนื่องจากไฮโดรไลสที่ได้จากต้นปาล์มน้ำมันมีสารอินปนเปื้อนโดยเฉพาะกลูโคสซึ่งมีผลยับยั้งในการผลิตไซลิทอล

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาในการทดลองนี้ พบว่า ไฮโดรไลเซสที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ที่ได้ไม่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นไซลิทอล ควรทำการศึกษาต่อไปในการนำมาเป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเอทานอลหรือโปรตีนเซลล์เดียว
2. ควรมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซลิทอลจากไฮโดรไลเซสที่ได้จากต้นปาล์มน้ำมันจากกระบวนการในการทดลองครั้งนี้ โดยการหาสายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมและสามารถผลิตไซลิทอลได้ดีในไซโลสที่มีกลูโคสผสมอยู่
3. ควรมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไซลิทอลจากไฮโดรไลเซสที่ได้จากต้นปาล์มน้ำมันจากกระบวนการในการทดลองครั้งนี้เพิ่มเติม เช่น การกำจัดกลูโคสออกไป
4. ส่วนที่เป็นเชื้อหลังระเบิดต้นปาล์มน้ำมันด้วยไอน้ำสามารถนำไปผลิตสารมูลค่าเพิ่มอื่นได้ เช่น เอทานอล