

การผลิตเซตดูโลสจาก *Acetobacter xylinum* ในถังหมักที่มีระบบกวนขนาด 5 ลิตร

นายธนาวัฒน์ พุทธวิริยะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ

หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-236-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CELLULOSE PRODUCTION FROM *Acetobacter xylinum*
IN AN AGITATED 5 LITER-FERMENTOR

Mr. Thanawat Phutaviriya

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Biotechnology

Program of Biotechnology

Graduate School

Chulalongkorn University

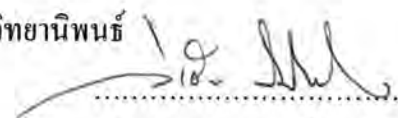
Academic Year 1998

ISBN 974-332-236-1

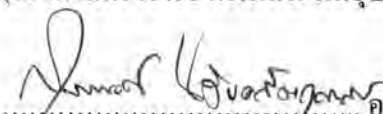
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตเซลล์โกลสจาก *Acetobacter xylinum* ในถังหมักที่มีระบบกวน
ขนาด 5 ลิตร
โดย นายธนาวัฒน์ พุทธวิริยะ
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงษ์ นวังคสัตถุศาสน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชการ

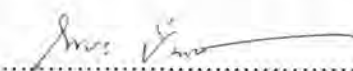
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

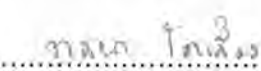

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ 
..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ริมพนิชยกิจ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงษ์ นวังคสัตถุศาสน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ วาสนา ไคเลี้ยง)

ธนาวัฒน์ พุทธิวิริยะ : การผลิตเซลลูโลสจาก *Acetobacter xylinum* ในถังหมักที่มีระบบกวนขนาด 5 ลิตร (CELLULOSE PRODUCTION FROM *Acetobacter xylinum* IN AN AGITATED 5 LITER-FERMENTOR) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร. นลิน นิลอุบล, อ.ที่ปรึกษาร่วม: รศ.ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชกร และ ผศ.ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์, 98 หน้า. ISBN 974-332-236-1

Acetobacter xylinum จะมีการเจริญไปพร้อมกับการสร้างเซลลูโลสทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเตรียม เซลล์แขวนลอยจากเชื้อที่เลี้ยงบนอาหารแข็งลาดเอียง เพราะเซลล์ส่วนมากจะเกาะติดกับแผ่นเซลลูโลส ใน งานวิจัยนี้พบว่าสามารถเลี้ยงเซลล์บนอาหารแข็งลาดเอียงโดยไม่มีการสร้างเซลลูโลสได้โดยการเลี้ยงบน อาหารที่มีกลีเซอรอล 1 เปอร์เซ็นต์(W/V)เป็นสารแหล่งคาร์บอน ส่วนการเลี้ยงเซลล์ด้วยอาหารเหลวใน ระดับขวดเขย่าเพื่อเตรียมหัวเชื้อนั้นสามารถระงับการสร้างเซลลูโลสได้โดยการเติม 0.18 หน่วยของเอนไซม์ เซลลูเลสลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ 50 มิลลิลิตร การผลิตเซลลูโลสให้อยู่ในรูปเม็ด(pellet) ต้องเลี้ยง *A.xylinum* ในถังหมักที่มีระบบการกวนเท่านั้นจะเลี้ยงในขวดเขย่าไม่ได้ จากงานวิจัยนี้พบว่าองค์ประกอบและปริมาณ ของสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเซลลูโลสในอาหาร 1 ลิตรประกอบด้วยกลูโคส 20 กรัม, สารสกัด จากยีสต์ 6 กรัม, เปปโตน 3 กรัม, แมกนีเซียมซัลเฟต 2 กรัม, แอมโมเนียมซัลเฟต 5 กรัม, โพแทสเซียมได ไฮโดรเจนฟอสเฟต 3 กรัม เมื่อเลี้ยง *A.xylinum* ด้วยอาหารดังกล่าวในถังหมัก 5 ลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส อัตราการกวน 500 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 vvm เป็นเวลา 28 ชั่วโมง จะได้เซลลูโลส 5.52 กรัมต่อลิตรหรือเมื่อเลี้ยงตามสภาวะดังกล่าวข้างต้นแต่เติมน้ำตาลเข้าไปในถังหมักในชั่วโมงที่ 24 และ รักษาระดับน้ำตาลไว้ประมาณ 8 กรัมต่อลิตร จะได้เซลลูโลส 8.15 กรัมต่อลิตรที่ชั่วโมงที่ 36 ของการหมัก

ภาควิชา
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต ธนาวัฒน์ พุทธิวิริยะ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C827287 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD: CELLULOSE /AGITATED CULTURE /*Acetobacter xylinum*

THANAWAT PHUTAVIRIYA : CELLULOSE PRODUCTION FROM *Acetobacter xylinum*

IN AN AGITATED 5 LITER- FERMENTOR. THESIS ADVISOR: ASSO.PROF. NALIN

NILUBOL, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR: ASSO.PROF. PAIROH PINPHANICHAKARN,

Ph.D. ASSIST. PROF. SURAPONG NAVANKASATTUSAS, Ph.D.98 pp.ISBN 974-332-236-1

Cellulose production by *Acetobacter xylinum* is growth associate forming cellulose-reticulated cells. This condition causes difficulty in the preparation of cell suspension. The present work reported that the suitable agar slant medium for cell suspension preparation was by using 1% (W/V) glycerol as a carbon source. The suitable liquid medium for an inoculum preparation was by adding 0.18 unit of cellulase to 50 ml of the medium. To produce cellulose in the form of pellets, cultivation must be performed in a fermentor not in a shaken flask. The suitable medium composition for cellulose production contained per liter: 20 g glucose, 6 g yeast extract, 2 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 5 g $(NH_4)_2SO_4$ and 3 g KH_2PO_4 , pH 5.0. Cultivation of *A.xylinum* in this medium in a 5 l-fermentor at 30°C with agitation speed of 500 rpm and aeration rate of 1 vvm, 5.52 g of cellulose per liter was produced at 28 h. When glucose concentration was maintained at 8 g/l after 24 h. of cultivation the maximum cellulose yield of 8.15 g/l was obtained at 36 h.

ภาควิชา.....

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.....

ปีการศึกษา.....2541.....

ลายมือชื่อนิสิต.....สุพจน์ พทธรักษ์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. นลินี โฉมกุล ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงษ์ นวังคสัตถุศาสน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งได้ให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะ รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงขอกราบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ริมพนิชชกิจ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ วาสนา โดเลียง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำอันมีคุณค่ายิ่ง

ขอขอบพระคุณ บริษัท อีสต์เอเชียติก(ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหา เอนไซม์สำหรับทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายช่างเทคนิคที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดีตลอดเวลาในการทำวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการที่ให้ความช่วยเหลือตลอดจนอำนวยความสะดวกในระหว่างการทำวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้ความรัก ความเอาใจใส่ ความเข้าใจ ทุนทรัพย์ ตลอดจนเป็นกำลังใจจนมีวันนี้

ขอบขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ Biotech ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ
คำย่อ.....	ถ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมา.....	1
1.2 แหล่งเชลลูโลส.....	1
1.3 การผลิตเชลลูโลสจากแบคทีเรีย <i>Acetobacter xylinum</i>	2
1.4 ลักษณะโดยทั่วไปของ <i>A. xylinum</i>	4
1.5 ชีวเคมีของการสังเคราะห์เชลลูโลสจาก <i>A. xylinum</i>	5
1.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเชลลูโลส.....	5
1.7 คุณสมบัติและลักษณะของเชลลูโลสจากแบคทีเรีย.....	7
1.8 ประโยชน์ของเชลลูโลส.....	7
1.9 มุลเหตุจูงใจในการทำวิจัย.....	8
1.10 ขั้นตอนการวิจัย.....	8

2 วิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	9
2.2 เชื้อจุลินทรีย์.....	10
2.3 การเก็บรักษาและเลี้ยงเชื้อ.....	11
2.4 วิธีวิเคราะห์.....	12

3 ผลการทดลอง

3.1 การคัดเลือก <i>Acetobacter xylinum</i> เพื่อใช้ผลิตเชลลูโลสในภาวะที่มีการกวน....	14
--	----

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 การเลือกแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงเชื้อบนอาหารแข็งลาด เอียง.....	15
3.3 การหาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมหัวเชื้อในระดับขวดเขย่า.....	16
3.4 รูปแบบการเจริญของ <i>A. xylinum</i> สายพันธุ์ ATCC 53263 ในอาหารเหลว S-2 ที่ เติมเซลลูโลส.....	20
3.5 องค์ประกอบที่เหมาะสมของอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ.....	23
3.6 การผลิตเซลลูโลสในถังหมักที่มีระบบการกวน.....	25
4 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	84
รายการอ้างอิง.....	87
ภาคผนวก	
ก การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	89
ข การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย.....	94
ค การวิเคราะห์แอสคิวติจำเพาะของเอนไซม์.....	95
ง กราฟมาตรฐาน.....	97
ประวัติผู้เขียน.....	98

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	แสดงการเจริญของเชื้อ <i>A. xylinum</i> สายพันธุ์ ATCC 53263 ในอาหารเหลว S-2 ที่เติมเอนไซม์เซลลูเลส 0.18 หน่วยต่อ 50 มิลลิลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ระยะเวลาการหมัก 0-72 ชั่วโมง.....	21
3-2	เปรียบเทียบการเจริญของเชื้อ <i>A. xylinum</i> สายพันธุ์ ATCC 53263 เมื่อเลี้ยงในอาหาร S-2, F-1, F-2, F-3, F-4 และ F-5 บนเครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0, 14 และ 28 ชั่วโมง.....	23
3-3	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร S-2 ที่ระยะเวลาดังกล่าวในระดับถึงหมัก 5 ลิตร	25
3-4	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่ระยะเวลาดังกล่าวในระดับถึงหมัก 5 ลิตร	26
3-5	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 และอัตราการกวน 250 รอบต่อนาทีที่ระยะเวลาดังกล่าวในระดับถึงหมัก 5 ลิตร.....	30
3-6	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.4 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ในถึงหมักที่ระยะเวลาดังกล่าวของการหมัก.....	32
3-7	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ในถึงหมักที่ระยะเวลาดังกล่าวของการหมัก.....	33
3-8	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ในถึงหมักที่ระยะเวลาดังกล่าวของการหมัก.....	33
3-9	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V) และปริมาณเพปไทน์ 0.2 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	40

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-10	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V) และปริมาณเพปโทน 0.3 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	41
3-11	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V) และปริมาณเพปโทน 0.4 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	41
3-12	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์และเพปโทน 0.6, 0.3เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0.1 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	48
3-13	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์และเพปโทน 0.6, 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	49
3-14	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์และเพปโทน 0.6,0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	49
3-15	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทนและแมกนีเซียมซัลเฟต 0.6,0.3 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V).....	56
3-16	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทนและแมกนีเซียมซัลเฟต 0.6,0.3 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 เปอร์เซ็นต์(W/V).....	57

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-17	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปไทน์และแมกนีเซียมซัลเฟต 0.6, 0.3 และ 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V)ตามลำดับ และปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.6 เปอร์เซ็นต์(W/V).....	57
3-18	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปไทน์, แมกนีเซียมซัลเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต 0.6, 0.3, 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (W/V)ตามลำดับ และปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	64
3-19	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปไทน์, แมกนีเซียมซัลเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต 0.6, 0.3, 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (W/V)ตามลำดับ และปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.3 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	65
3-20	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปไทน์, แมกนีเซียมซัลเฟต และแอมโมเนียมซัลเฟต 0.6, 0.3, 0.2 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (W/V)ตามลำดับ และปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.4 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	66
3-21	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร CSL-1 ที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก.....	72
3-22	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร CSL-2 ที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก.....	73
3-23	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-6 ควบคุมระดับน้ำตาลไว้ประมาณ 8 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก.....	78

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-24	ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ด้วยอาหาร F-6 ควบคุมระดับน้ำตาลไว้ประมาณ 10 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก.....	79

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
3-1	ปริมาณเซลล์โกลด์ของ <i>A. xylinum</i> สายพันธุ์ ATCC 23747, 23769, 23770 และ 53263 ในอาหาร R20-2 บ่มที่ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน ด้วยเครื่องเขย่าแบบหมุนที่ 300 รอบต่อนาที.....	15
3-2	ลักษณะเซลล์แขวนลอยในอาหารแข็งลาดเอียง S-1 ที่แปรผันชนิดของแหล่งคาร์บอน.....	16
3-3	ลักษณะการเจริญในอาหารเหลว S-2 เมื่อใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีและแบบ reciprocal ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน.....	17
3-4	ลักษณะการเจริญในอาหารเหลว S-2 เมื่อใช้กุกูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนและใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน.....	18
3-5	ลักษณะการเจริญในอาหารเหลว S-2 เมื่อใช้ กาแลกโทส แล็กโทส เป็นแหล่งคาร์บอนและใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน.....	18
3-6	ลักษณะการเจริญในอาหาร S-2 ในขวดรูปชมพู่ที่มีขดลวดสปริง ใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีและแบบ reciprocal ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน.....	19
3-7	ลักษณะการเจริญในอาหาร S-2 ในขวดรูปชมพู่แบบ baffle และใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีและแบบ reciprocal ที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน.....	19
3-8	ลักษณะการเจริญเป็นเซลล์แขวนลอยในขวดรูปชมพู่เมื่อเลี้ยงด้วยอาหาร S-2 ที่เติมเอนไซม์เซลลูเลส 0.18 หน่วยต่อ 50 มิลลิลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อและใช้เครื่องเขย่าแบบหมุนที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาทีบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน.....	20
3-9	รูปแบบการเจริญของ <i>A. xylinum</i> สายพันธุ์ ATCC 53263 ในอาหาร S-2 ที่เติมเอนไซม์เซลลูเลส 0.18 หน่วยต่อ 50 มิลลิลิตรอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส บนเครื่องเขย่าแบบหมุนที่ 300 รอบต่อนาที.....	22

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า	
3-10	การเจริญของ <i>A. xylinum</i> สายพันธุ์ ATCC 53263 เมื่อเลี้ยงในอาหาร S-2,F-1,F-2, F-3,F-4,F-5 ที่ระยะเวลา 0, 14 และ 28 ชั่วโมง บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส บนเครื่องเขย่าแบบหมุนที่ 300 รอบต่อนาที.....	24
3-11	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในถังหมัก 5 ลิตร สูตรอาหาร S-2 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 500 รอบต่อนาที.....	27
3-12	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในถังหมัก 5 ลิตร สูตรอาหาร F-4 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 500 รอบต่อนาที.....	28
3-13	ลักษณะเม็ดเซลลูโลส(pellet).....	29
3-14	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้สูตรอาหาร F-4 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 250 รอบต่อนาที.....	31
3-15	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.4 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	35
3-16	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหารที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	36
3-17	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส.....	37
3-18	เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่แปรผันปริมาณสารสกัดจากยีสต์ 0.4,0.5,0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร.....	38
3-19	เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่แปรผันปริมาณสารสกัดจากยีสต์ 0.4,0.5,0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร.....	39

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-20	43
น้ำหนักรเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6เปอร์เซ็นต์ (W/V) และ เพปโทน 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร.....	
3-21	44
น้ำหนักรเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6เปอร์เซ็นต์ (W/V) และ เพปโทน 0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร.....	
3-22	45
น้ำหนักรเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6เปอร์เซ็นต์ (W/V) และ เพปโทน 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร.....	
3-23	46
เปรียบเทียบน้ำหนักรเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 และแปรผันปริมาณเพปโทน 0.2,0.3,0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร.....	
3-24	47
เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์ 0.6 และแปรผันปริมาณเพปโทน 0.2,0.3,0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร.....	
3-25	51
น้ำหนักรเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต 0.6,0.3, 0.1 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร.....	
3-26	52
น้ำหนักรเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต 0.6,0.3, 0.2 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร.....	
3-27	53
น้ำหนักรเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต 0.6,0.3, 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ในถังหมัก 5 ลิตร.....	
3-28	54
เปรียบเทียบน้ำหนักรเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4ที่มีสารสกัดจากยีสต์,เพปโทน 0.6, 0.4เปอร์เซ็นต์(W/V) และแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0.1,0.2,0.3 เปอร์เซ็นต์(W/V).....	

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-29	เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน 0.6, 0.4 เปอร์เซ็นต์ (W/V) และแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0.1, 0.2, 0.3 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	55
3-30	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต, แอมโมเนียมซัลเฟต 0.6, 0.3, 0.2, 0.4 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ตามลำดับ.....	59
3-31	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, น้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต, แอมโมเนียมซัลเฟต 0.6, 0.3, 0.2, 0.5 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ตามลำดับ.....	60
3-32	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต, แอมโมเนียมซัลเฟต เป็น 0.6, 0.3, 0.2, 0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ตามลำดับ.....	61
3-33	เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต 0.6, 0.3, 0.2 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ตามลำดับ และแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.4, 0.5, 0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	62
3-34	เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต 0.6, 0.3, 0.2 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ตามลำดับ และแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต 0.4, 0.5, 0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V).....	63
3-35	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต, แอมโมเนียมซัลเฟต, โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.6, 0.3, 0.2, 0.5, 0.2 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ตามลำดับ.....	67
3-36	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต, แอมโมเนียมซัลเฟต, โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.6, 0.3, 0.2, 0.5, 0.3 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ตามลำดับ.....	68

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-37	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยง <i>A.xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต, แอมโมเนียมซัลเฟต, โพลีแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.6,0.3,0.2,0.5, 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V) ตามลำดับ.....	69
3-38	เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต, แอมโมเนียมซัลเฟต 0.6,0.3,0.2,0.5 เปอร์เซ็นต์ (W/V)ตามลำดับ และแปรผันปริมาณโพลีแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.2, 0.3, 0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V).....	70
3-39	เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร F-4 ที่มีสารสกัดจากยีสต์, เพปโทน, แมกนีเซียมซัลเฟต, แอมโมเนียมซัลเฟต 0.6,0.3,0.2,0.5 เปอร์เซ็นต์ (W/V)ตามลำดับ และแปรผันปริมาณโพลีแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.2,0.3,0.4 เปอร์เซ็นต์(W/V).....	71
3-40	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้สูตรอาหาร CSL-1.....	74
3-41	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้สูตรอาหาร CSL-2.....	75
3-42	เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร CSL-1 และ CSL-2 ในถังหมัก 5 ลิตร.....	76
3-43	เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลส เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในอาหาร CSL-1 และ CSL-2 ในถังหมัก 5 ลิตร.....	77
3-44	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้อาหารสูตร F-6 ควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสที่ 8 กรัมต่อลิตร.....	80
3-45	น้ำหนักเซลล์แห้ง, ปริมาณเซลลูโลส, ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและค่าความเป็นกรด-ด่างเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้อาหารสูตร F-6 ควบคุมระดับน้ำตาลที่ 10 กรัมต่อลิตร.....	81
3-46	เปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้อาหารสูตร F-6 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสที่ 8 และ 10 กรัมต่อลิตร.....	82

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-47	เปรียบเทียบปริมาณเซลลูโลสเมื่อเลี้ยง <i>A. xylinum</i> ในถังหมัก 5 ลิตร โดยใช้อาหาร สูตร F-6 ที่ควบคุมระดับน้ำตาลกลูโคสที่ 8 และ 10 กรัมต่อลิตร.....	83
ง-1	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลในช่วงความเข้มข้น 0.0-1.0 กรัมต่อลิตร.....	97

คำย่อ

vvm = ปริมาตรอากาศต่อปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อต่อนาที

w/v = น้ำหนักต่อปริมาตร

v/v = ปริมาตรต่อปริมาตร