

การตรึงเซลล์ *Candida oleophila* C-73 เพื่อผลิตกรดมะนาว



นางสาว ภาณี สิมปิสุต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-260-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CELL IMMOBILIZATION OF *Candida oleophila* C-73
FOR CITRIC ACID PRODUCTION



Miss Pouranee Limpisut

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

Graduate School
Chulalongkorn University

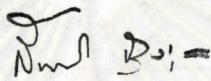
1995

ISBN 974-632-260-5

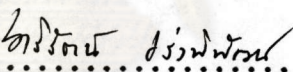
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การตรึงเซลล์ *Candida oleophila* C-73 เพื่อผลิตกรดมะนาว
โดย นางสาว ภรณี ลิ้มปิสุต
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิมล ขาววิวรรณ
ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ คารวงศ์เลิศ

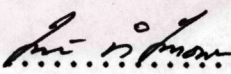



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

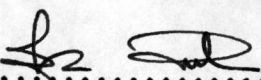

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ฤงสูวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เวงพิถัน)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิมล ขาววิวรรณ)


.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ คารวงศ์เลิศ)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเชียร)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



กรณี ลิขสิทธิ์ : การตรึงเซลล์ Candida oleophila C-73 เพื่อผลิตกรดมะนาว (CELL IMMOBILIZATION OF Candida oleophila C-73 FOR CITRIC ACID PRODUCTION)

อ.ที่ปรึกษา...: ผศ.วินิจ ขำวีวรรณ อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ.ดร.สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ 111 หน้า, ISBN 974-632-260-5

การตรึงเซลล์ Candida oleophila C-73 เพื่อผลิตกรดมะนาว ด้วยวิธีกักขัง มีสภาวะที่เหมาะสมคือ ผสมเซลล์ยีสต์ 1.0 กรัม (น้ำหนักเซลล์แห้ง) กับสารละลายไซโตมัลลิจเนตความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร หยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ ให้ได้เม็ดเซลล์ตรึงขนาดประมาณ 0.3-0.4 เซนติเมตร นำเซลล์ตรึง 10 กรัม เม็ดเซลล์ตรึงต่อลิตร เลี้ยงในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่มีกลูโคส 200 กรัมต่อลิตร เป็นแหล่งคาร์บอน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที ปริมาณกรดมะนาวที่ผลิตได้สูงสุดโดยเซลล์ตรึงและเซลล์อิสระเท่ากับ 138.76 กรัมต่อลิตร และ 128.53 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้เซลล์ตรึงยังสามารถใช้ซ้ำในการผลิตกรดมะนาวได้น้อย 12 ครั้ง

เมื่อเปรียบเทียบการเก็บเซลล์ตรึง ในสารละลายไซโตมัลลิจเนต สภาวะขึ้น สารละลายแคลเซียมคลอไรด์และน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน ปรากฏว่ามีการผลิตกรดมะนาวลดลงประมาณ 10, 12, 19 และ 24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่ออบแห้งเซลล์ตรึงและเก็บเป็นเวลา 60 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส กรดมะนาวที่ผลิตได้ลดลงประมาณ 47 เปอร์เซ็นต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ.....

ปีการศึกษา2537.....

ลายมือชื่อนิสิต หน้ ลิขสิทธิ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา หน้ 101

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม หน้ 15



C526535 MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD: CELL IMMOBILIZATION / Candida oleophila C-73 / CITRIC ACID

PRODUCTION

POURANEE LIMPISUT : CELL IMMOBILIZATION OF Candida oleophila C-73 FOR CITRIC ACID PRODUCTION. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. VINICH KHAMVIWATH., THESIS CO-ADVISOR : PROF. SOMSAK DAMRONGLERD, Ph.D. 111 pp. ISBN 974-632-260-5

The optimal condition of cell immobilization by the entrapment of Candida oleophila C-73 has been investigated for citric acid production. Yeast cells (1.0 g dry weight) were mixed with 4 % of sodium alginate (25 ml). The mixed solution of alginate was dropped into 0.25 molar of calcium chloride, beads were formed about 0.3-0.4 cm. in diameter. The immobilized cells (10 g beads per litre) were cultivated in citric acid production medium in conical flasks, at 300 rpm, 28 °C. Comparison of maximum citric acid production by immobilized cells and free cells were 138.76 g per litre and 128.53 g per litre, respectively. The immobilized cells could be reused in the citric acid production at least 12 times.

The immobilized cells were compared the stored condition, such as in sodium chloride solution, humid plate, calcium chloride solution and distilled water, at 4°C, 60 days, the citric acid production were decrease about 10 %, 12 %, 19 % and 24 %, respectively. Dried bead of immobilized cells were also kept in constant temperature at 30 °C, 60 days, the yield of citric acid production decreased about 47 %.

ภาควิชา.....

สาขาวิชา..... เทคโนโลยีทางชีวภาพ

ปีการศึกษา..... 2537

ลายมือชื่อนิสิต..... อนันต์ กิมพิศ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ



ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ขาววิวรรณ ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ คารงค์เลิศ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเชียร ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ของภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของภาควิชาชีวเคมีทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในระหว่างการทําวิจัยนี้

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และให้กำลังใจ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในการทำวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณอา และญาติพี่น้องทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือทั้งกำลังใจ และกำลังทรัพย์ ในระหว่างการศึกษาด้วยดีตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ณ
คำย่อ	ด

บทที่

1 บทนำ

ความหมายและประวัติของการตรึงเซลล์จุลินทรีย์	1
1. ความหมายของการตรึงเซลล์จุลินทรีย์	1
2. วิธีการตรึงเซลล์จุลินทรีย์	1
3. สารพาหะที่ใช้ในการตรึงเซลล์จุลินทรีย์	4
4. ประวัติของการตรึงเซลล์จุลินทรีย์	6
ประวัติความเป็นมาของการผลิตกรดอะมิโน	7
การผลิตกรดอะมิโนโดยการหมักด้วยเชื้อยีสต์	8
ชีวเคมีของการผลิตกรดอะมิโนโดยเชื้อยีสต์	10
สมบัติของกรดอะมิโน	10
ประโยชน์ของกรดอะมิโน	12
มูลเหตุจูงใจในการทำวิจัย	15
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	15
ขั้นตอนการวิจัย	17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2	วิธีการทดลอง
	อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 18
	เชื้อจุลินทรีย์ การเก็บรักษาและการเลี้ยงเชื้อ..... 20
	วิธีการตรึงเซลล์จุลินทรีย์..... 22
	วิธีการวิเคราะห์..... 23
3	ผลการทดลอง
	การศึกษาลักษณะการเจริญของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหาร
	สำหรับการเจริญเติบโต..... 25
	การคัดเลือกสารพาหะที่เหมาะสมสำหรับการตรึงเซลล์ <i>C. oleophila</i>
	C-73 เพื่อผลิตกรดอะมิโน..... 25
	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตรึงเซลล์ <i>C. oleophila</i> C-73 เพื่อ
	ผลิตกรดอะมิโน..... 30
	1. ความเข้มข้นของแคลเซียมอัลจิเนตที่เหมาะสม..... 30
	2. อัตราส่วนของเซลล์ต่อแคลเซียมอัลจิเนตที่เหมาะสม..... 30
	3. ขนาดของเซลล์ตรึงที่เหมาะสม..... 41
	4. ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสม..... 46
	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดอะมิโน โดยการใช้เซลล์ตรึง
	ของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73..... 46
	1. ปริมาณเซลล์ เริ่มต้นที่เหมาะสม..... 46
	2. ปริมาณกลูโคส เริ่มต้นที่เหมาะสม..... 55
	3. อายุของเซลล์ยีสต์ที่เหมาะสม..... 55
	การศึกษาการผลิตกรดอะมิโนโดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i>
	C-73 เปรียบเทียบกับเซลล์ยีสต์อิสระ ในระดับขวดเขย่า..... 66
	การศึกษาผลของแคลเซียมคาร์บอเนตในอาหารสำหรับการผลิตกรดอะมิโน ที่

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

มีต่อการผลิตกรดมะนาว โดยการให้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73.....	70
การศึกษาผลของสภาวะและอายุในการเก็บเซลล์ตรึง ที่มีต่อการผลิตกรดมะนาว โดยการให้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73.....	73
1. เมื่อทำเป็นเซลล์ตรึงอบแห้ง.....	73
2. เมื่อเก็บเซลล์ตรึงในสภาวะต่าง ๆ.....	77
การศึกษาความสามารถในการให้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ซ้ำ เพื่อการผลิตกรดมะนาว.....	77
4. วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง.....	83
รายการอ้างอิง.....	96
ภาคผนวก	
ก. อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อ.....	101
ข. การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย.....	103
ค. กราฟมาตรฐาน.....	104
ง. ข้อมูลการทดลอง.....	106
จ. สูตรการคำนวณ.....	110
ประวัติผู้เขียน.....	111

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1	แสดงกลไกการเกิดเจลโดยสารพาหะ เมื่อใช้วิธีการกักขัง.....	4
2	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าและส่งออกของกรรมะนาว ในประเทศไทย ระหว่างปี 2531-2537.....	16
3ก	การผลิตกรรมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วย แคลเซียมอัลจิเนต ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	27
3ข	การผลิตกรรมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วย แคปบา-คาร์ราจันน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	28
4ก	การผลิตกรรมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วย แคลเซียมอัลจิเนต ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 28 องศา เซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	31
4ข	การผลิตกรรมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วย แคลเซียมอัลจิเนต ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 28 องศา เซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	32
4ค	การผลิตกรรมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วย แคลเซียมอัลจิเนต ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 28 องศา เซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	33
4ง	การผลิตกรรมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วย แคลเซียมอัลจิเนต ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 28 องศา เซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	34
5ก	การผลิตกรรมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วย แคลเซียมอัลจิเนต ในอัตราส่วนเซลล์ต่อแคลเซียมอัลจิเนตเท่ากับ 1:15	

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

	(น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	36
5ข	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต ในอัตราส่วนเซลล์ต่อแคลเซียมอัลจิเนตเท่ากับ 1:25 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	37
5ค	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต ในอัตราส่วนเซลล์ต่อแคลเซียมอัลจิเนตเท่ากับ 1:35 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	38
5ง	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต ในอัตราส่วนเซลล์ต่อแคลเซียมอัลจิเนตเท่ากับ 1:45 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	39
6ก	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.369 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	42
6ข	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.441 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	43
6ค	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.570 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	44
7ก	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วย	

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

	แคลเซียมอัลจิเนต เมื่อใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เท่ากับ 0.25 ไมลาร์ ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชยด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	47
7ข	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต เมื่อใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เท่ากับ 0.50 ไมลาร์ ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชยด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	48
7ค	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต เมื่อใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เท่ากับ 0.75 ไมลาร์ ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชยด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	49
8ก	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ปริมาณเริ่มต้น 10 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชยด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	51
8ข	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ปริมาณเริ่มต้น 20 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชยด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	52
8ค	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ปริมาณเริ่มต้น 20 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชยด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	53
9ก	การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 เมื่อปริมาณกลูโคสเริ่มต้น 180 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชยด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

- 9ข การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ *C. oleophila* C-73 เมื่อปริมาณกลูโคสเริ่มต้น 200 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 57
- 9ค การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ *C. oleophila* C-73 เมื่อปริมาณกลูโคสเริ่มต้น 220 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 58
- 9ง การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ *C. oleophila* C-73 เมื่อปริมาณกลูโคสเริ่มต้น 250 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 59
- 10ก การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ *C. oleophila* C-73 อายุ 15 ชั่วโมง ในการตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 62
- 10ข การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ *C. oleophila* C-73 อายุ 21 ชั่วโมง ในการตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 63
- 10ค การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ *C. oleophila* C-73 อายุ 24 ชั่วโมง ในการตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 64
- 11 การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ *C. oleophila* C-73 ที่ตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 67
- 12 การผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์อิสระของเชื้อ *C. oleophila* C-73 ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 68
- 13 การผลิตกรดมะนาว เมื่อใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเกรดระดับอุตสาหกรรม

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

	และเกรตระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อความคุมความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้ เซลล์ครึ่งของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	71
14	แสดงการเปลี่ยนแปลงขนาดเซลล์ครึ่งของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ใน สภาวะต่าง ๆ.....	74
15	การผลิตกรดมะนาว เมื่อแปรผันอุณหภูมิในการอบแห้งและระยะเวลาในการ เก็บ โดยการใช้เซลล์ครึ่งที่อบแห้งของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	75
16	การผลิตกรดมะนาว เมื่อแปรผันสภาวะและระยะเวลาในการเก็บ โดยการใช้ เซลล์ครึ่งของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่อุณหภูมิ 28 องศา เซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	78
17	ผลของการใช้เซลล์ครึ่งของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ช้ำ ในการผลิต กรดมะนาว ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบ ต่อนาที.....	81
18	ข้อมูลการทดลองจากการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์ครึ่ง 3 ขนาด....	106
19	รายละเอียดของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใช้งานวิจัย.....	108

ศูนย์วิทยาศาสตร์พยากรณ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1	วิถีการผลิตกรดมะนาว โดยเชื้อยีสต์ที่ผ่านทางวัฏจักรเครปส์..... 11
2	โครงสร้างของกรดมะนาว..... 12
3	การเจริญของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหาร Yeast Malt Extract ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชย้าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 26
4	เปรียบเทียบการผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนตและแคปทา-คาร์ราจีแนน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชย้าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 29
5	เปรียบเทียบการผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนตความเข้มข้น 2, 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชย้าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 35
6	เปรียบเทียบการผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต เมื่ออัตราส่วนเซลล์ต่อแคลเซียมอัลจิเนตเป็น 1:15, 1:25, 1:35 และ 1:45 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชย้าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 40
7	เปรียบเทียบการผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.369, 0.441 และ 0.570 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชย้าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 45
8	เปรียบเทียบการผลิตกรดมะนาว โดยการใช้เชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ตรึงด้วยแคลเซียมอัลจิเนต เมื่อใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 0.25, 0.50 และ 0.75 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เชย้าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที..... 50

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่		
9	เปรียบเทียบการผลิตกรดอะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ปริมาณเริ่มต้น 10, 20 และ 30 กรัมต่อลิตร ที่ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	54
10	เปรียบเทียบการผลิตกรดอะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 เมื่อแปรผันปริมาณกลูโคสเริ่มต้นเป็น 180, 200, 220 และ 250 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	60
11	เปรียบเทียบการผลิตกรดอะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 เมื่ออายุของเชื้อที่ใช้ในการตรึงเป็น 15, 21 และ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที	65
12	เปรียบเทียบการผลิตกรดอะนาว โดยการใช้เซลล์ตรึงและเซลล์อิสระของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดอะนาว ที่ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	69
13	เปรียบเทียบปริมาณกรดอะนาว เมื่อแปรผันปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเกรด ระดับอุตสาหกรรม โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่ อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	72
14	เปรียบเทียบปริมาณกรดอะนาว เมื่อแปรผันอุณหภูมิในการอบแห้งและระยะเวลาในการเก็บ โดยการใช้เซลล์ตรึงที่อบแห้งของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.	76
15	เปรียบเทียบปริมาณกรดอะนาว เมื่อแปรผันสภาวะและระยะเวลาในการเก็บ โดยการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	80
16	ปริมาณกรดอะนาวจากการใช้เซลล์ตรึงของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ซ้ำ	

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

	ในการผลิตกรรมะนาว ที่อุณหภูมิตั้งที่ 28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที.....	82
17	กราฟมาตรฐานของกรรมะนาว.....	104
18	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวส์.....	105



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำย่อ

คำย่อ คำอธิบาย

มล. มิลลิลิตร

อง. องศาเซลเซียส



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย