

การผลิตกรดมะนาวจากแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้ว

ด้วยยีสต์ *Candida oleophila* C-73

นายประเสริฐ หาญเมืองใจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

หลักสูตรเทคโนโลยีทวงชีวภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-374-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18841697

PRODUCTION OF CITRIC ACID FROM HYDROLYSED CASSAVA STARCH

BY *Candida oleophila* C-73

Mr. Prasert Hanmoungjai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Programme of Biotechnology

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-374-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตกรดมะนาวจากแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้วด้วยยีสต์

Candida oleophila C-73

โดย นายประเสริฐ หาญเมืองใจ


ภาควิชา หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ขำวิวรรธน์

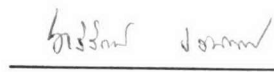
รองศาสตราจารย์ ดร.ส่งศรี กุลปรีชา

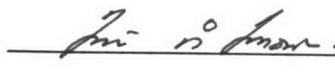
รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล

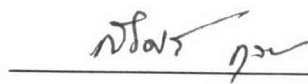
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรากัย)

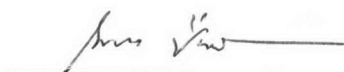
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)


อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ขำวิวรรธน์)


อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ส่งศรี กุลปรีชา)


อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล)


กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)

ประเสริฐ หาญเมืองใจ : การผลิตกรดมะนาวจากแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้วด้วย
ยีสต์ Candida oleophila C-73 (PRODUCTION OF CITRIC ACID FROM HYDROLYSED
CASSAVA STARCH BY Candida oleophila C-73) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.วินิจ
ขำวิวรรณ์, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.สังศรี กุลปรีชา และ รศ.ดร.นลิน นิลอุบล,
120 หน้า. ISBN 974-584-374-1

อาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาว โดยเชื้อ Candida oleophila C-73
ในระดับขวดเขย่าหนึ่งลิตรประกอบด้วย แป้งมันสำปะหลังที่ย่อยด้วยเอนไซม์ซึ่งมีน้ำตาลกลูโคส 200 กรัม
แอมโมเนียมคลอไรด์ 2.0 กรัม โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.2 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตา-
ไฮเดรต 0.5 กรัม แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต 0.2 กรัม สารสกัดจากยีสต์ 1.0 กรัม และแคลเซียม
คาร์บอเนต 100 กรัม สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักคือ ไซ้หัวเชื้ออายุ 15 ชั่วโมง เลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ
28 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 300 รอบต่อนาที ด้วยสภาวะดังกล่าวเชื้อสามารถผลิตกรดมะนาว
ได้ 138.36 กรัมต่อลิตร ในเวลา 120 ชั่วโมง เมื่อนำสูตรอาหารดังกล่าวมาใช้ในการผลิตกรดมะนาว
ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร เลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิเดียวกัน ใช้อัตราการกวน 600 รอบต่อนาที อัตราการให้
อากาศ 1 vvm และเพิ่มแคลเซียมคาร์บอเนตเป็น 120 กรัมต่อลิตร เชื้อสามารถผลิตกรดมะนาวได้
138.82 กรัมต่อลิตร ในเวลา 84 ชั่วโมง และการผลิตกรดมะนาวเพิ่มสูงขึ้นเป็น 149.09 กรัมต่อลิตร
ในเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อเลี้ยงเชื้อในอาหารที่มีน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้น 220 กรัมต่อลิตร

ภาควิชา หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ
สาขาวิชา หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ
ปีการศึกษา 2536

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

รศ.ดร.นลิน นิลอุบล

C426703 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD: CITRIC ACID / HYDROLYSED CASSAVA STARCH / Candida oleophila

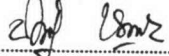
PRASERT HANMOUNGJAI : PRODUCTION OF CITRIC ACID FROM HYDROLYSED CASSAVA STARCH BY Candida oleophila C-73. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. VINICH KHAMVIWATH, THESIS CO-ADVISORS : ASSO.PROF. SONGSRI KULPREECHA, Ph.D. AND ASSO.PROF. NALINE NILUBOL, Ph.D. 120 pp. ISBN 974-584-374-1

The optimal conditions for citric acid production by Candida oleophila C-73 were determined. The suitable medium composition for the production of citric acid in shaken flask contained per litre: hydrolysed cassava starch with glucose content of 200 g, 2.0 g of ammonium chloride, 0.2 g of potassium dihydrogen phosphate, 0.5 g of magnesium sulfate heptahydrate, 0.2 g of manganese sulfate monohydrate, 1.0 g of yeast extract and 100 g of calcium carbonate. By using this medium together with 15 hours seed culture, cultivation at 28°C and 300 rpm yielded 138.36 g of citric acid per litre at 120 hours of fermentation. However, when this medium was applied for the cultivation in 5-1 fermentor, the concentration of calcium carbonate and glucose must be adjusted to 120 g and 220 g per litre respectively. With this medium, the production of citric acid under controlled temperature at 28°C, 600 rpm agitation and 1 vvm aeration yielded 138.82 g and 149.09 per litre at 84 and 96 hours of fermentation respectively.

ภาควิชา..... หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ

สาขาวิชา..... หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ

ปีการศึกษา..... 2536

ลายมือชื่อนิติ..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ขำวิวรรณ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สังศรี กุลปรีชา และรองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการทำวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชกร ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล ผู้อำนวยการสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบพระคุณ นักวิจัย ช่างเทคนิค และเจ้าหน้าที่ของสถาบันทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกในระหว่างการทำงานวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานะ ศรียุทธศักดิ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคส์ตฤศาสน์ ตลอดจนคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณสนธวรรณ สุกัทรประทีป คุณสมศักดิ์ นาคชื้อตรง พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และให้กำลังใจ จนงานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท East Asiatic(ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อตัวอย่าง เอนไซม์ ที่ใช้ในการย่อยแป้งมันสำปะหลัง

ขอขอบคุณ โครงการผลิตและพัฒนาอาจารย์(U.D.C) ทบวงมหาวิทยาลัย ที่ได้ช่วยเหลือในด้านทุนการศึกษาและทุนอุดหนุนในการทำวิจัย และขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในการทำวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณป้า และญาติพี่น้องทุกท่านที่ได้ช่วยเหลือทั้งกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์ ในระหว่างการศึกษาด้วยดีตลอดมา

สารบัญ

	หน้า	
บทคัดย่อภาษาไทย	ง	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ	
กิตติกรรมประกาศ	ฉ	
สารบัญ	ช	
สารบัญตาราง	ญ	
สารบัญรูป	ค	
คำย่อ	น	
บทที่		
1	บทนำ	
	ประวัติความเป็นมา	1
	การผลิตกรรมมะนาวโดยการหมักด้วยเชื้อยีสต์	2
	ชีวเคมีของการผลิตกรรมมะนาวโดยเชื้อยีสต์	3
	ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกรรมมะนาวโดยเชื้อยีสต์	3
	คุณสมบัติของกรรมมะนาว	9
	ประโยชน์ของกรรมมะนาว	9
	จุดมุ่งหมายของงานวิจัย	10
	วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	11
	ขั้นตอนการวิจัย	11
2	วิธีการทดลอง	
	อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	13

สารบัญ(ต่อ)

บทที่

หน้า

3

เชื้อจุลินทรีย์ การเก็บรักษาและการเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตกรดมะนาว	15
วิธีวิเคราะห์	16
ผลการทดลอง	
การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ	
<i>C. oleophila</i> C-73 ในระดับขวดเขย่า	19
-ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเจริญของหัวเชื้อ	19
-อายุของหัวเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาว	22
-ผลของปริมาณหัวเชื้อที่มีต่อการผลิตกรดมะนาว	28
-ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการผลิตกรดมะนาว	28
-ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้นที่เหมาะสม	38
-ชนิดและปริมาณของแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสม	44
-ปริมาณโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เหมาะสม	48
-ปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรตที่เหมาะสม	48
-ปริมาณแมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรตที่เหมาะสม	51
-สารสกัดจากยีสต์ที่เหมาะสม	56
-ผลของเหล็กซัลเฟต	61
-ผลของปริมาณไรอะมีนไฮโดรคลอไรด์	61
-ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสม	66
-สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ	
<i>C. oleophila</i> C-73 ในระดับขวดเขย่า	66
การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ	
<i>C. oleophila</i> C-73 ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร	71

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
-การเจริญและการผลิตกรดอะมิโนในระดับถึงหมักขนาด 5 ลิตร	71
-ผลการเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต	74
-ผลการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างในอาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้ด่างแก่ ..	74
-ผลการเพิ่มอัตราการกวนอาหารเลี้ยงเชื้อ	82
-ผลการแปรผันปริมาณน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้น	86
4 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	92
เอกสารอ้างอิง	101
ภาคผนวก	
ก อาหารที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อ	105
ข การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	112
ค การย่อยแป้งมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์	114
ง กราฟมาตรฐาน	116
จ สูตรการคำนวณ	119
ประวัติผู้เขียน	120

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้ากรดอะมิโนของประเทศไทยระหว่างปี 2531-2536 12
2	ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเจริญของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหาร สำหรับเตรียมหัวเชื้อ ที่ระยะเวลาต่างๆ 20
3ก	ปริมาณกรดอะมิโนที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดอะมิโน โดยใช้หัวเชื้ออายุ 12 ชั่วโมง ปริมาณเซลล์แห้งเริ่มต้น 0.47 กรัมต่อลิตร 23
3ข	ปริมาณกรดอะมิโนที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดอะมิโน โดยใช้หัวเชื้ออายุ 12 ชั่วโมง ปริมาณเซลล์แห้งเริ่มต้น 0.7 กรัมต่อลิตร 24
3ค	ปริมาณกรดอะมิโนที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดอะมิโน โดยใช้หัวเชื้ออายุ 15 ชั่วโมง ปริมาณเซลล์แห้งเริ่มต้น 0.7 กรัมต่อลิตร 25
3ง	ปริมาณกรดอะมิโนที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดอะมิโน โดยใช้หัวเชื้ออายุ 18 ชั่วโมง ปริมาณเซลล์แห้งเริ่มต้น 0.7 กรัมต่อลิตร 26

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4ก	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาดังๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อคิดเป็นน้ำหนัก เซลล์แห้งเริ่มต้น 0.7 กรัมต่อลิตร 29
4ข	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาดังๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อคิดเป็นน้ำหนัก เซลล์แห้งเริ่มต้น 1.4 กรัมต่อลิตร 30
4ค	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาดังๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว โดยใช้ปริมาณหัวเชื้อคิดเป็นน้ำหนัก เซลล์แห้งเริ่มต้น 2.1 กรัมต่อลิตร 31
5ก	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาดังๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ... 33
5ข	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาดังๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ... 34
5ค	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาดังๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ... 35

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5ง	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ... 36
6ก	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่ใช้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้น 180 กรัมต่อลิตร 39
6ข	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่ใช้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้น 200 กรัมต่อลิตร 40
6ค	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่ใช้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้น 220 กรัมต่อลิตร 41
6ง	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่ใช้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้น 250 กรัมต่อลิตร 42
7	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณ น้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิต กรดมะนาว ที่มีการแปรผันชนิดและปริมาณของแหล่งอนินทรีย์ไนโตรเจน 45

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
8	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 49
9	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต 52
10	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณแมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต 54
11	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณสารสกัดจากยีสต์ของ DIFCO 57
12	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณสารสกัดจากยีสต์ของ IBGE 59
13	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณเหล็กซัลเฟต 62
14	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณไรอะมีนไฮโดรคลอไรด์ 64

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
15	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณน้ำตาลที่เหลือเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต 67
16	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและผลผลิต ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาวในระดับขวดเขย่า 69
17	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและผลผลิต ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่ใช้น้ำตาลกลูโคส เริ่มต้น 200 กรัมต่อลิตร แคลเซียมคาร์บอเนต 100 กรัมต่อลิตร ควบคุมอัตราการกวน 500 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm 72
18	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและผลผลิต ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่ใช้น้ำตาลกลูโคส เริ่มต้น 200 กรัมต่อลิตร แคลเซียมคาร์บอเนต 120 กรัมต่อลิตร ควบคุมอัตราการกวน 500 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm 75
19	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้งและปริมาณน้ำตาลที่เหลือ ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่ควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.4 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 นอร์มอล อัตราการกวน 500 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm 78

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่

หน้า

20	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้งและปริมาณน้ำตาลที่เหลือในระยะเวลา ต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-7 ในอาหารสำหรับ การผลิตกรดมะนาว ที่ควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.4 ด้วยแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ อัตราการกวน 500 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm	80
21	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณ น้ำตาลที่เหลือและผลผลิต ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่ใช้ น้ำตาลกลูโคส เริ่มต้น 200 กรัมต่อลิตร ควบคุมอัตราการกวนเป็น 600 รอบต่อนาทีและอัตรา การให้อากาศ 1 vvm	83
22	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณ น้ำตาลที่เหลือและผลผลิต ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่ใช้ น้ำตาลกลูโคส เริ่มต้น 220 กรัมต่อลิตร ควบคุมอัตราการกวน 600 รอบต่อนาทีและอัตรา การให้อากาศ 1 vvm	87
23	ปริมาณกรดมะนาวที่ได้ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณ น้ำตาลที่เหลือและผลผลิต ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่ใช้ น้ำตาลกลูโคส เริ่มต้น 250 กรัมต่อลิตร ควบคุมอัตราการกวน 600 รอบต่อนาทีและอัตรา การให้อากาศ 1 vvm	89
24	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมัก	100

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	วิธีการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อยีสต์ผ่านทางวัฏจักรเครปส์	4
2	โครงสร้างของกรดมะนาว	9
3	เปรียบเทียบลักษณะการเจริญของเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหาร สำหรับเตรียมหัวเชื้อ ที่ระยะเวลาต่างๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 25, 28 และ 30 องศาเซลเซียส	21
4	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่มีการแปรผันอายุ ของหัวเชื้อเป็น 12 ชั่วโมง(น้ำหนักเซลล์แห้ง 0.47 กรัมต่อลิตร), 12 ชั่วโมง (น้ำหนักเซลล์แห้ง 0.7 กรัมต่อลิตร), 15 ชั่วโมง(น้ำหนักเซลล์แห้ง 0.7 กรัม ต่อลิตร) และ 18 ชั่วโมง(น้ำหนักเซลล์แห้ง 0.7 กรัมต่อลิตร)	27
5	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่มีการแปรผัน ปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้นเป็น 0.7, 1.4 และ 2.1 กรัมต่อลิตร	32
6	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่อุณหภูมิ 25, 28, 30 และ 33 องศาเซลเซียส	37
7	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่มีการแปรผัน ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้นเป็น 180, 200, 220 และ 250 กรัมต่อลิตร ..	43

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
8	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันชนิดและปริมาณของแหล่ง อินทรีย์ไนโตรเจน ที่ระยะเวลาการหมัก 96 และ 120 ชั่วโมง 47
9	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณโปแตสเซียมได ไฮโครเจนฟอสเฟต ที่ระยะเวลาการหมัก 96 และ 120 ชั่วโมง 50
10	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต เฮปตาไฮเดรต ที่ระยะเวลาการหมัก 96 และ 120 ชั่วโมง 53
11	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต โมโนไฮเดรต ที่ระยะเวลาการหมัก 96 และ 120 ชั่วโมง 55
12	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณสารสกัดจากยีสต์ของ DIFCO ที่ระยะเวลาการหมัก 96 และ 120 ชั่วโมง 58
13	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณสารสกัดจากยีสต์ของ IBGE ที่ระยะเวลาการหมัก 96 และ 120 ชั่วโมง 60
14	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณเหล็กซัลเฟตที่ระยะ เวลาการหมัก 96 และ 120 ชั่วโมง 63

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
15	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณไขมันไฮโดรคลอไรด์ ที่ระยะเวลาการหมัก 96 และ 120 ชั่วโมง 65
16	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่มีการแปรผันปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ระยะเวลาการหมัก 96 และ 120 ชั่วโมง 68
17	แสดงปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลรีคิวส์ ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาว ในระดับขวดเขย่า 70
18	แสดงปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลรีคิวส์ ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่ใช้ น้ำตาลกลูโคส เริ่มต้น 200 กรัมต่อลิตร แคลเซียมคาร์บอเนต 100 กรัมต่อลิตร ควบคุมอัตราการกวน 500 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm 73
19	แสดงปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลรีคิวส์ ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่ใช้ น้ำตาลกลูโคส เริ่มต้น 200 กรัมต่อลิตร แคลเซียมคาร์บอเนต 120 กรัมต่อลิตร ควบคุมอัตราการกวน 500 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm 76

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
20	แสดงปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลรีดิวซ์ ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่ควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.4 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 นอร์มอล อัตราการกวน 500 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm 79
21	แสดงปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลรีดิวซ์ ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว ที่ควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.4 ด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ อัตราการกวน 500 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm 81
22	แสดงปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลรีดิวซ์ ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่ใช้ น้ำตาลกลูโคส เริ่มต้น 200 กรัมต่อลิตร ควบคุมอัตราการกวน 600 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm 84
23	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่อัตราการกวน 500 และ 600 รอบต่อนาที ควบคุมอัตราการให้อากาศ 1 vvm ... 85
24	แสดงปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลรีดิวซ์ ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่ใช้ น้ำตาลกลูโคส เริ่มต้น 220 กรัมต่อลิตร ควบคุมอัตราการกวน 600 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm 88

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่

หน้า

25	แสดงปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลรีดิวส์ ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่ใช้น้ำตาลกลูโคส เริ่มต้น 250 กรัมต่อลิตร ความคุมอัตราการกวน 600 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm	90
26	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาวที่ได้ในระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>C. oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวที่มีการแปรผันปริมาณน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้นเป็น 200, 220 และ 250 กรัมต่อลิตร ความคุมอัตราการกวน 600 รอบต่อนาทีและอัตราการให้อากาศ 1 vvm	91
27	แสดงสมบัติต่างๆของแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์	115
28	กราฟมาตรฐานของกรดมะนาว	116
29	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวส์	117
30	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส	118

คำย่อ

คำย่อ

คำอธิบาย

๐๗

องศาเซลเซียส

vvm

ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อหน้าที่