

การผลิตกรดมะนาวโดย *Candida oleophila* C-73 ในระดับขยายส่วน

นางสาววาสนา แยมเกตุ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-897-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SCALE-UP OF CITRIC ACID PRODUCTION

BY *Candida oleophila* C-73

Miss Wasana Yamgate

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

Programme of Biotechnology

Graduate School

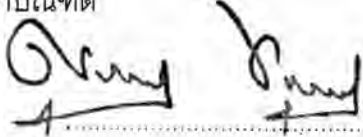
Chulalongkorn University

Academic Year 1997

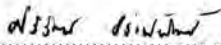
ISBN 974-638-897-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตกรดมะนาวในระดับขยายส่วน โดย *Candida oleophila* C-73
โดย นางสาววาสนา แยมเกตุ
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคส์ตฤศาสน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

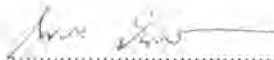

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคส์ตฤศาสน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชกร)

วาสนา แยมเกต การผลิตกรดมะนาวในระดับขยายส่วน โดย *Candida oleophila* C-73
(SCALE-UP OF CITRIC ACID PRODUCTION BY *Candida oleophila* C-73) อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร. สุรพงษ์ นวังคสัตถุศาสน์ , อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร. นลิน นิลอุบล, 184 หน้า
ISBN 974-638-897-5

งานวิจัยนี้ศึกษาเกณฑ์และปัจจัยที่สำคัญ ในการขยายส่วนการผลิตกรดมะนาวจากเชื้อ *Candida oleophila* C-73 โดยอาศัยข้อมูลเบื้องต้นจากการผลิตในถังหมัก 5 ลิตร ทำการขยายส่วนการผลิตจากถังหมัก 5 ลิตร เป็น 30 และ 300 ลิตร ตามลำดับ ซึ่งการขยายส่วนจะทำการผลิตแบบแบทช์กำหนดให้รูปร่างและสัดส่วนทางเรขาคณิตของเครื่องหมักแบบถังกวนขนาด 30 และ 300 ลิตร มีลักษณะเหมือนกัน และกำหนดให้ ค่าเรโนลด์ัมเบอร์ (N_{Re}) หรือ ความเร็วรอบของปลายใบพัด (πnD) หรือ อัตราส่วนระหว่างกำลังมอเตอร์ต่อปริมาตรน้ำหมัก (Pg/V) หรือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจน ($K_L a$) มีค่าคงที่เป็นเกณฑ์ในการขยายส่วน สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนหาด้วยวิธี Dynamic measurement ในการผลิตกรดมะนาวทำการติดตามปริมาณเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลกลูโคส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมัก ปริมาณกรดไอโซซิดริก และปริมาณกรดมะนาว และคำนวณค่าทางจลนพลศาสตร์ของการผลิต เมื่อทำการผลิตโดยกำหนดให้เกณฑ์การขยายส่วนมีค่าคงที่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำได้ในถังหมักขนาด 30 ลิตร แต่ทำการกำหนดให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักมีค่าเป็น 30 % ของปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้อิมตัวหลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง โดยใช้อัตราการกวนเริ่มต้น 600 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 1 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที ทำการเลี้ยงที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส สามารถให้ปริมาณกรดมะนาว 108.97 กรัมต่อลิตร คิดเป็นปริมาณกรดมะนาวทั้งหมดใน ถังหมักเท่ากับ 359.6 กรัมที่ระยะการหมัก 96 ชั่วโมง ของการผลิตในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร ส่วนในการผลิตในระดับถังหมักขนาด 30 ลิตร ทำการกำหนดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % ของปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้อิมตัวหลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมงเช่นกัน สามารถให้ปริมาณกรดมะนาว 91.69 กรัมต่อลิตร คิดเป็นปริมาณกรดมะนาวทั้งหมดในถังหมักเท่ากับ 2,292.25 กรัม และเมื่อทำการขยายส่วนการผลิตเป็น 300 ลิตร ทำการกำหนดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % ของปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้อิมตัวหลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง โดยทำการผลิตร่วมกับการกำหนดให้อัตราส่วนระหว่างกำลังมอเตอร์ต่อปริมาตรน้ำหมักคงที่เพื่อใช้ในการกำหนดความเร็วรอบเริ่มต้น ซึ่งใช้อัตราการกวนเริ่มต้นเป็น 300 รอบต่อนาที สามารถผลิตกรดมะนาวได้ 100.28 กรัมต่อลิตร คิดเป็นปริมาณกรดมะนาว ทั้งหมดในถังเท่ากับ 23,064 กรัม ดังนั้นในการขยายส่วนการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ *Candida oleophila* C-73 พึงกำหนดให้ค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังมอเตอร์ต่อปริมาตรน้ำหมักคงที่เป็นเกณฑ์การขยายส่วนร่วมกับการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % ของปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้อิมตัว หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง

ภาควิชา
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C727129 MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD: CITRIC ACID / *Candida oleophila* C-73 / SCALE-UP

WASANA YAMGATE SCALE-UP OF CITRIC ACID PRODUCTION BY *Candida oleophila* C-73

THESIS ADVISOR ASST.PROF. SURAPONG NAVANKASATTUSAS, Ph.D. AND THESIS-CO-

ADVISOR ASSO.PROF. NALINE NILUBOL Ph.D. 184 PP ISBN 974-638-897-5

This research investigates the criteria and the important factors for scaling up. The production of citric acid by *Candida oleophila* C-73 used preliminary data from the process in 5 l - fermenter. Scale-up was made from 5 - l fermenter to 30 - l and 300 - l fermenters , respectively. The production was batch culture, maintaining geometric similarity between 30 - l and 300 - l fermenters under either constant Reynolds number (N_{Re}) or impeller tip speed ($\pi N D_i$) or ratio of agitation power per unit volume (Pg/V) or volumetric oxygen transfer coefficient determined by dynamic measurement. The contents of cell dry weight, glucose, dissolved oxygen, isocitric acid and citric acid were determined through the course of the production. Scale - up of the production at single constant criterion in 30 l - fermenter was unsuccessful. Fermentation with controlled dissolved oxygen at 30 % saturation after 12 hrs initial agitation speed of 600 rpm and aeration rate of 1.0 vvm, at 28 °C was successful. The maximum attainable citric acid concentration was 107.10 g/l with calculated total citric acid of 359.6 g at 96 hrs in 5 - l fermenter. Scale - up of production in 30 - l fermenter was successful by maintaining dissolved oxygen at 30 % of saturation after 12 hrs of similar initial fermentation. The attainable citric acid concentration was 91.69 g/l with calculated total citric acid of 2,292.25 g. Then scale - up to 300 - l was successful by maintaining dissolved oxygen at 30% of saturated dissolved content after 12 hrs. of fermentation with constant ratio of agitation power per unit volume (Pg/V). The determined initial agitation of 300 - l fermenter was 300 rpm. The maximum attainable citric acid concentration was 100.28 g/l with calculated total citric acid of 23,046 g. Scale up of citric acid production by *Candida oleophila* C-73 should use both constant ratio of agitation power per unit volume (Pg/V) and controlled dissolved oxygen at 30 % of saturated dissolved oxygen after 12 hrs of initial fermentation.

ภาควิชา.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ.....

ปีการศึกษา 2540.....

ลายมือชื่อนิติกร.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคส์ตฤตศาสน์ ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ และให้ความดูแลช่วยเหลืออย่างดียิ่งตลอดการทำวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์ ศิษย์ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ อีกทั้งได้กรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วาสนา โตเลี้ยง ที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับงานวิจัยนี้ด้วยดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คณะผู้บริหารสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ สารเคมี ตลอดจนถึงอำนวยความสะดวกในการทำการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณอาภรณ์ ธีรมงคลรัศมี ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านคอมพิวเตอร์ คุณปรีดา ไชยฤทธิ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในส่วนของการทำงานของถังหมักและให้กำลังใจตลอดการทำงานวิจัย จนงานวิจัยนี้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณณรงค์ หอมจันทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในช่างเทคนิค และอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับเครื่องมืออุปกรณ์ พร้อมทั้งเจ้าหน้าที่ของสถาบัน ฯ ทุกท่าน

ขอขอบคุณ น้อง ๆ เพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในขั้นตอนของการทำวิจัยและทำเล่มวิทยานิพนธ์ อีกทั้งเป็นกำลังใจด้วยดีมาตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ น้อง และคนสนิท ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทั้งกำลังกาย กำลังใจ กำลังทรัพย์ ในระหว่างการศึกษามาตลอดเวลาความดีของการศึกษาและคุณค่าของวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าขออุทิศแด่บูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ฐ
สารบัญรูป		ฎ
คำย่อ		พ
บทที่		
1	บทนำ	
1.1	ประวัติความเป็นมา.....	1
1.2	การผลิตกรดมะนาวโดยยีสต์	2
1.3	ชีวเคมีของการผลิตกรดมะนาวโดยยีสต์.....	3
1.4	ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกรดมะนาวโดยยีสต์.....	7
1.5	คุณสมบัติของกรดมะนาว.....	10
1.6	มาตรฐานของกรดมะนาว.....	11
1.7	ประโยชน์ของกรดมะนาว.....	12
1.8	การขยายส่วนการผลิต.....	13
1.9	มูลเหตุจูงใจในการทำการวิจัย.....	22
1.10	วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	23
1.11	ขั้นตอนการวิจัย.....	24
2	วิธีการทดลอง	
2.1	อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	25
2.2	เชื้อจุลินทรีย์.....	28
2.3	การเก็บรักษาเชื้อและการเลี้ยงเชื้อ.....	28
2.4	วิธีวิเคราะห์.....	30
3	ผลการทดลอง	
3.1	การผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในระดับถังหมัก ขนาด 5 ลิตร เมื่อเลี้ยงในภาวะของ ประเสริฐ หาญเมืองใจ (2537).....	33

บทที่	สารบัญญ(ต่อ)	หน้า
3.2	ศึกษาความสามารถในการผลิตกรดมะนาวในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อมีการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างโดยการแบ่งเติมแคลเซียมคาร์บอเนต.....	34
3.3	ศึกษาความสามารถในการผลิตกรดมะนาวเมื่อมีการควบคุมระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	37
3.4	ศึกษาความสามารถในการผลิตกรดมะนาวเมื่อควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำหมักด้วยแคลเซียมออกไซด์ในถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	40
3.5	ศึกษาอายุของหัวเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาวในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	43
3.6	ศึกษาความสามารถในการผลิตกรดมะนาวของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 เมื่อให้น้ำหนักเซลล์แห้งเริ่มต้นต่างกันประมาณ 2 เท่า ในระดับขวดเชย้า.....	47
3.7	ศึกษาลักษณะการเจริญของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 เมื่อมีการถ่ายโอนหัวเชื้อเป็น จำนวน 9 ครั้ง.....	50
3.8	ศึกษาความสามารถในการผลิตกรดมะนาวของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นกรดทางการค้าในระดับขวดเชย้า.....	52
3.9	ศึกษาลักษณะการเจริญของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 เมื่อเลี้ยงในอาหารเตรียมหัวเชื้อที่ได้ปรับปรุงขึ้นใหม่ในระดับขวดเชย้า.....	55
3.10	ศึกษาความสามารถในการผลิตกรดมะนาวของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73เมื่อใช้อาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อเป็นสูตรอาหารที่ได้รับการปรับปรุงขึ้นใหม่เทียบกับสูตรอาหารเตรียมหัวเชื้อเดิมในระดับขวดเชย้า.....	57
3.11	ศึกษาความสามารถในการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร หลังจากที่ได้ภาวะการผลิตที่เหมาะสมในระดับขวดเชย้า.....	60
3.12	ศึกษาความสามารถในการผลิตกรดมะนาวเมื่อเปลี่ยนอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อจากอาหารเตรียมหัวเชื้อที่ปรับปรุงใหม่เป็นอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อเดิมในการผลิตกรดมะนาว โดย <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	63
3.13	การหาอายุของหัวเชื้อในถังหมักขนาด 5 ลิตร สำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร โดยเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73	64
3.14	การผลิตกรดมะนาวในระดับถังหมักขนาด 30 ลิตร ในภาวะการหมักเช่นเดียวกับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	67

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3.15	การผลิตกรดมะนาวเมื่อกำหนดเกณฑ์การขยายส่วนให้คงที่ ในถังหมักขนาด 30 ลิตร.....	71
3.15.1	การผลิตกรดมะนาวเมื่อกำหนดให้ค่าเรโนลด์นัมเบอร์ (N_{Re}) ของถังหมักขนาด 30 ลิตรเท่ากับกับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	72
3.15.2	การผลิตกรดมะนาวเมื่อกำหนดให้ค่าความเร็วรอบปลายใบพัด ($\pi n D_i$) ของถังหมักขนาด 30 ลิตรและถังหมักขนาด 5 ลิตรมีค่าเท่ากัน.....	75
3.15.3	การผลิตกรดมะนาวเมื่อกำหนดให้ค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังมอเตอร์ต่อปริมาตรของน้ำหมัก (P_g / V) ของถังหมักขนาด 30 ลิตรและ 5 ลิตร มีค่าเท่ากัน.....	79
3.15.4	การผลิตกรดมะนาวเมื่อกำหนดให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจน ($K_L a$) ของถังหมักขนาด 30 ลิตรและถังหมักขนาด 5 ลิตรมีค่าเท่ากัน.....	82
3.16	การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อกำหนดเกณฑ์การขยายส่วนในถังหมักขนาด 30 ลิตร ให้คงที่	84
3.17	การผลิตกรดมะนาวโดย <i>Candida oleophila</i> C-73 เมื่อมีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	95
3.18	การผลิตกรดมะนาวโดย <i>Candida oleophila</i> C-73 เมื่อมีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 23 % และ 15% ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	99
3.19	การเปรียบเทียบผลการทดลองเมื่อ มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนในถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	105
3.20	การผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 เมื่อมีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % ในระดับถังหมักขนาด 30 ลิตร	114
3.21	การหาอายุของเชื้อในถังหมักขนาด 30 ลิตรสำหรับการผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 300 ลิตรของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73.....	118
3.22	การผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 300 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % ..	118
4	สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	124
	รายการอ้างอิง.....	137

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	ภาคผนวก	
ก	การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	142
ข	การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	147
ค	กราฟมาตรฐาน.....	148
ง	การย่อยแป้งมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์.....	150
จ	สูตรการคำนวณค่าทางจลนพลศาสตร์	152
ฉ	การคำนวณค่าความเร็วรอบของการกวนเมื่อใช้เกณฑ์ทางกายภาพใน การกำหนดการขยายส่วนของถังหมัก	154
ช	การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทออกซิเจน (K_La) และ Parameter constant (α , β) โดยวิธี Dynamic measurement	158
	ประวัติผู้เขียน	185

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	คุณลักษณะทางเคมีตามมาตรฐานกรดมะนาว.....	11
1-2	ปัจจัยที่มีผลต่อการขยายส่วน.....	15
1-3	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้ากรดมะนาวในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2531 - 2540.....	23
3-1	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิติริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด- ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x และ Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ใน อาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร	35
3-2	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิติริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด- ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x และ Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ใน อาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร และมีการควบคุม ค่าความเป็นกรด - ด่าง โดยการแบ่งเติมแคลเซียมคาร์บอเนต.....	38
3-3	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิติริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด- ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x และ Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ใน อาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อมีการควบคุม ระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในถังหมัก.....	41
3-4	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิติริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด- ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x และ Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ใน อาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อมีการควบคุมค่า ความเป็นกรด - ด่างด้วยแคลเซียมออกไซด์แทนแคลเซียมคาร์บอเนต.....	44
3-5	น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อในระดับขวดเขย่าที่ช่วงเวลาการเพาะ เลี้ยงต่าง ๆ	46
3-6	เปรียบเทียบการผลิตกรดมะนาว กรดไอโซซิติริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่า ความเป็นกรด-ด่าง และน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida</i> <i>oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีการใช้อายุของหัว เชื้อที่ 9 ชั่วโมงและ 12 ชั่วโมงในระดับขวดเขย่า.....	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-7	น้ำนักรเซลล์แห้งของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ เมื่อมีการถ่ายโอนหัวเชื้อเป็นจำนวน 9 ครั้ง.....	51
3-8	เปรียบเทียบปริมาณและผลผลิตกรดมะนาว กรดไอโซซิเตรริก น้ำนักรเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและน้ำตาลกลูโคสที่เหลือเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่ใช้สูตรอาหารมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นเกรดทางการค้าเทียบกับเกรดทางห้องปฏิบัติการในระดับขวดเขย่า.....	53
3-9	น้ำนักรเซลล์แห้งของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว.....	56
3-10	เปรียบเทียบการผลิตกรดมะนาว กรดไอโซซิเตรริก น้ำนักรเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่ใช้มีการใช้อาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อเดิมและอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อที่ปรับปรุงใหม่.....	58
3-11	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิเตรริก น้ำนักรเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x และ Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อทำการหมักในภาวะเดียวกับการผลิตในระดับขวดเขย่าซึ่งเป็นภาวะที่เหมาะสม ตามการทดลองที่ 3.10.....	61
3-12	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิเตรริก น้ำนักรเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x และ Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อเปลี่ยนอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อจากอาหารเตรียมหัวเชื้อที่ปรับปรุงใหม่เป็นอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อเดิม.....	65
3-13	น้ำนักรเซลล์แห้ง ค่าอัตราการเจริญจำเพาะของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตรในช่วงเวลาการเพาะเลี้ยงต่างๆ.....	68
3-14	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิเตรริก น้ำนักรเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x และ Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร เมื่อใช้ภาวะการหมักเช่นเดียวกันกับถังหมักขนาด 5 ลิตร (ดังในการทดลองที่ 3.12).....	69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-15.1	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิเตริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x และ Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร กำหนดให้ค่าเรโนลด์นัมเบอร์ของถังหมักขนาด 30 ลิตรและ 5 ลิตร มีค่าเท่ากัน	73
3-15.2	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิเตริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x และ Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร กำหนดให้ค่าความเร็วรอบปลายใบพัดของถังหมักขนาด 30 ลิตรและ 5 ลิตร มีค่าเท่ากัน.....	77
3-15.3	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิเตริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x และ Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร กำหนดให้ค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังมอเตอร์ต่อปริมาตรของน้ำหมักของถังหมักขนาด 30 ลิตรและ 5 ลิตร มีค่าเท่ากัน.....	80
3-16.1	การเปรียบเทียบ น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร) เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 30 ลิตร กับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว โดยทำการผลิตที่มีการกำหนดเกณฑ์การขยายส่วนให้คงที่ และภาวะการหมักเหมือนการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร	85
3-16.2	การเปรียบเทียบ น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ (กรัมต่อลิตร) เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 30 ลิตร กับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว โดยทำการผลิตที่มีการกำหนดเกณฑ์การขยายส่วนให้คงที่ และภาวะการหมักเหมือนการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร	87
3-16.3	การเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมัก (%) เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 30 ลิตร กับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว โดยทำการผลิตที่มีการกำหนดเกณฑ์การขยายส่วนให้คงที่ และภาวะการหมักเหมือนการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร	89

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-16.4	การเปรียบเทียบ ปริมาณกรดมะนาว (กรัมต่อลิตร) เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 30 ลิตร กับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว โดยทำการผลิตที่มีการกำหนดเกณฑ์การขยายส่วนให้คงที่ และภาวะการหมักเหมือนการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	91
3-16.5	การเปรียบเทียบค่าทางจุลณพลศาสตร์ การผลิตกรดมะนาวโดย <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 30 ลิตร กับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตรเมื่อทำการผลิตที่กำหนดเกณฑ์การขยายส่วนต่าง ๆ ให้คงที่	94
3-17	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิเตริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า $Y_{p/s}$ $Y_{x/s}$ $Y_{p/x}$ และ $Y'_{p/s}$ $Y'_{x/s}$ $Y'_{p/x}$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร กำหนดให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำหมักเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง....	97
3-18.1	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิเตริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า $Y_{p/s}$ $Y_{x/s}$ $Y_{p/x}$ และ $Y'_{p/s}$ $Y'_{x/s}$ $Y'_{p/x}$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร กำหนดให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำหมักเป็น 23 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง...	101
3-18.2	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิเตริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า $Y_{p/s}$ $Y_{x/s}$ $Y_{p/x}$ และ $Y'_{p/s}$ $Y'_{x/s}$ $Y'_{p/x}$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร กำหนดให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำหมักเป็น 15 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	102
3-19.1	การเปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร) เมื่อเลี้ยง <i>Candida oleophila</i> C - 73 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว โดยมีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมัก หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง เป็น 15 % 23% และ 30% ของปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้อิ่มตัว กับภาวะที่ไม่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมัก.....	106
3-19.2	การเปรียบเทียบน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ (กรัมต่อลิตร) เมื่อเลี้ยง <i>Candida oleophila</i> C - 73 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว โดยมีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมัก หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง เป็น 15 % 23% แล 30% ของปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้อิ่มตัว กับภาวะที่ไม่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมัก.....	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-19.3	การเปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว (กรัมต่อลิตร) เมื่อเลี้ยง <i>Candida oleophila</i> C - 73 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว โดยมีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมัก หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง เป็น 15 % 23% แล 30% ของปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้อิมตัว กับภาวะที่ไม่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมัก.....	110
3-19.4	การเปรียบเทียบค่าทางจุลนพลศาสตร์ การผลิตกรดมะนาวโดย <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อทำการผลิตที่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักหลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง ที่ปริมาณต่าง ๆ กับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร ที่ไม่ควบคุมปริมาณออกซิเจน	113
3-20	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิเตริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Y_p/s Y_x/s Y_p/x และ Y^*p/s Y^*x/s Y^*p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร กำหนดให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำหมักเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง	115
3-21	ลักษณะการเจริญของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ในระดับถังหมักขนาด 30 ลิตร เพื่อหาค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด สำหรับใช้เป็นหัวเชื้อในระดับถังหมักขนาด 300 ลิตรต่อไป.....	119
3-22	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิเตริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Y_p/s Y_x/s Y_p/x และ Y^*p/s Y^*x/s Y^*p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 300 ลิตร กำหนดให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำหมักเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	121
3-23	การเปรียบเทียบค่าทางจุลนพลศาสตร์เมื่อทำการหมักในถังหมักขนาด 300 ลิตร กับการหมักในถังหมักขนาด, 30 ลิตร และ 5 ลิตร ที่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง ที่อัตราการให้อากาศ 1 ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่ออนาที ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส.....	123

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	วัฏจักรเครปส์หรือวัฏจักรไตรคาร์บอกซิลิก.....	5
1-2	ความสัมพันธ์ของวัฏจักรเครปส์ วัฏจักรไกลออกซิเลตและปฏิกิริยาทดแทนอะนาพลิโรติก.....	6
1-3	สูตรโครงสร้างทางเคมีของกรดมะนาว.....	10
1-4	ส่วนประกอบต่าง ๆ ของดั่งหมัก.....	14
1-5	สัดส่วนทางเรขาคณิตของดั่งหมักมาตรฐาน.....	14
1-6	ความสัมพันธ์ของ N_p และ N_{k0}	18
3-1	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในดั่งหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อเลี้ยงในภาวะเดียวกันกับประเสริฐ หาญเมืองใจ.....	36
3-2	ค่า $Y_{p/s}$ $Y_{x/s}$ $Y_{p/x}$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในดั่งหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อเลี้ยงในภาวะการหมักของประเสริฐ หาญเมืองใจ.....	36
3-3	ค่า $Y'_{p/s}$ $Y'_{x/s}$ $Y'_{p/x}$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในดั่งหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อเลี้ยงในภาวะการหมักของประเสริฐ หาญเมืองใจ.....	36
3-4	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในดั่งหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยการแบ่งเติมแคลเซียมคาร์บอเนต.....	39
3-5	ค่า $Y_{p/s}$ $Y_{x/s}$ $Y_{p/x}$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาว ในดั่งหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยการแบ่งเติมแคลเซียมคาร์บอเนต.....	39
3-6	ค่า $Y'_{p/s}$ $Y'_{x/s}$ $Y'_{p/x}$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาว ในดั่งหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยการแบ่งเติมแคลเซียมคาร์บอเนต.....	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-7	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมความเข้มข้นของกลูโคสไว้ประมาณ 50 กรัม ต่อลิตร.....	42
3-8	ค่า Yp/s Yx/s Yp/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมความเข้มข้นของกลูโคสไว้ประมาณ 50 กรัมต่อลิตร.....	42
3-9	ค่า Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมความเข้มข้นของกลูโคสไว้ประมาณ 50 กรัม ต่อลิตร.....	42
3-10	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยแคลเซียมออกไซด์ แทนแคลเซียมคาร์บอเนต	45
3-11	ค่า Yp/s Yx/s Yp/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยแคลเซียมออกไซด์แทนแคลเซียมคาร์บอเนต.....	45
3-12	ค่า Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยแคลเซียมออกไซด์ แทนแคลเซียมคาร์บอเนต	45
3-13	รูปแบบการเจริญของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับ เตรียมหัวเชื้อ	46
3-14	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อ เลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีการใช้อายุของหัวเชื้อที่ 9 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ในระดับขวดเขย่า	49
3-15	รูปแบบแสดงการเจริญของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับ เตรียมหัวเชื้อเมื่อมีการถ่ายโอนเชื้อเป็นจำนวน 9 ครั้ง.....	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-16	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิตริก และน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นเกรดทางการค้าเทียบกับเกรดทางห้องปฏิบัติการในระดับขวดเย่า.....	54
3-17	รูปแบบการเจริญของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อที่ได้รับการปรับปรุงแล้วในระดับขวดเย่า.....	56
3-18	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิตริก น้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีการใช้อาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อเดิมกับอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อที่ปรับปรุงใหม่.....	59
3-19	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อทำการหมักในภาวะเดียวกันกับการทดลองที่ 3.10	62
3-20	ค่า Yp/s Yx/s Yp/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อทำการหมักในภาวะเดียวกันกับการทดลองที่ 3.10.....	62
3-21	ค่า Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อทำการหมักในภาวะเดียวกันกับการทดลองที่ 3.10.....	62
3-22	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อเปลี่ยนอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อจากที่ปรับปรุงเป็นอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อเดิม.....	66
3-23	ค่า Yp/s Yx/s Yp/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อเปลี่ยนอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อจากที่ปรับปรุงเป็นอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อเดิม.....	66
3-24	ค่า Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อเปลี่ยนอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อจากที่ปรับปรุงเป็นอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อเดิม.....	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-25	รูปแบบการเจริญของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	68
3-26	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร เมื่อใช้ภาวะการหมักเช่นเดียวกันกับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร (ดังการทดลองที่ 3.12).....	70
3-27	ค่า Yp/s Yx/s Yp/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร เมื่อใช้ภาวะการหมักเช่นเดียวกันกับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร (ดังการทดลองที่ 3.12).....	70
3-28	ค่า Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร เมื่อใช้ภาวะการหมักเช่นเดียวกันกับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร (ดังการทดลองที่ 3.12).....	70
3-29	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร เมื่อกำหนดให้ค่าเรโนลันัมเบอร์ของถังหมักขนาด 30 ลิตร เท่ากันกับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	74
3-30	ค่า Yp/s Yx/s Yp/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร เมื่อกำหนดให้ค่าเรโนลันัมเบอร์ของถังหมักขนาด 30 ลิตร เท่ากันกับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	74
3-31	ค่า Y'p/s Y'x/s Y'p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร เมื่อกำหนดให้ค่าเรโนลันัมเบอร์ของถังหมักขนาด 30 ลิตร เท่ากันกับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	74

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-32	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 30 ลิตร เมื่อกำหนดให้ค่าความเร็วรอบปลายใบกวนของถังหมัก ขนาด 30 ลิตร เท่ากันกับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	78
3-33	ค่า Y _{p/s} Y _{x/s} Y _{p/x} ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 30 ลิตร เมื่อกำหนดให้ค่าความเร็วรอบปลายใบกวนของถังหมักขนาด 30 ลิตร เท่ากันกับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	78
3-34	ค่า Y' _{p/s} Y' _{x/s} Y' _{p/x} ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 30 ลิตร เมื่อกำหนดให้ค่าความเร็วรอบปลายใบกวนของถังหมัก ขนาด 30 ลิตร เท่ากันกับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	78
3-35	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวใน ถังหมักขนาด 30 ลิตร เมื่อกำหนดให้ค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังมอเตอร์ต่อปริมาตร น้ำหมักของถังหมักขนาด 30 ลิตร เท่ากันกับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	81
3-36	ค่า Y _{p/s} Y _{x/s} Y _{p/x} ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 30 ลิตร เมื่อกำหนดให้ค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังมอเตอร์ต่อ ปริมาตรของน้ำหมักของถังหมักขนาด 30 ลิตร เท่ากันกับถังหมักขนาด 5 ลิตร	81
3-37	ค่า Y' _{p/s} Y' _{x/s} Y' _{p/x} ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 30 ลิตร เมื่อกำหนดให้ค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังมอเตอร์ต่อ ปริมาตรของน้ำหมักของถังหมักขนาด 30 ลิตร เท่ากันกับถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	81
3-38	การเปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 30 ลิตร กับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิต กรดมะนาว เมื่อมีการกำหนดเกณฑ์การขยายส่วน และภาวะการผลิต เหมือนในถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	86

รูปที่	สารบัญรูป (ต่อ)	หน้า
3-39	การเปรียบเทียบน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 30 ลิตร กับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว เมื่อมีการกำหนดเกณฑ์การขยายส่วน และภาวะการผลิตเหมือนในถังหมักขนาด 5 ลิตร	88
3-40	การเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 30 ลิตร กับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว เมื่อมีการกำหนดเกณฑ์การขยายส่วน และภาวะการผลิตเหมือนในถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	90
3-41	การเปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว (กรัมต่อลิตร)เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 30 ลิตร กับการผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตรเพื่อผลิตกรดมะนาว เมื่อมีการกำหนดเกณฑ์การขยายส่วน และภาวะการผลิตเหมือนในถังหมักขนาด 5 ลิตร	92
3-42	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง	98
3-43	ค่า $Y_{p/s}$ $Y_{x/s}$ $Y_{p/x}$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง	98
3-44	ค่า $Y'_{p/s}$ $Y'_{x/s}$ $Y'_{p/x}$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	98
3-45	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 23 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง	103
3-46	ค่า $Y_{p/s}$ $Y_{x/s}$ $Y_{p/x}$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก	

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้าที่
	ขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 23 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	103
3-47	ค่า $Y'p/s$ $Y'x/s$ $Y'p/x$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 23 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	103
3-48	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 15 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง	104
3-49	ค่า Yp/s Yx/s Yp/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 15 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	104
3-50	ค่า $Y'p/s$ $Y'x/s$ $Y'p/x$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 15 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	104
3-51	การเปรียบเทียบน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว เมื่อมีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 15 % 23% และ 30 % กับการผลิตกรดมะนาวที่ไม่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจน.....	107
3-52	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว เมื่อมีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 15 % 23% และ 30 % กับการผลิตกรดมะนาวที่ไม่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจน.....	109
3-53	การเปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว(กรัมต่อลิตร) เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร เพื่อผลิตกรดมะนาว เมื่อมีการควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 15 % 23% และ 30 % กับการผลิตกรดมะนาวที่ไม่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจน.....	111

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-54	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 30 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	116
3-55	ค่า Y_p/s Y_x/s Y_p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 30 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	116
3-56	ค่า $Y'p/s$ $Y'x/s$ $Y'p/x$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 30 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	116
3-57	รูปแบบการเจริญของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิต กรดมะนาวในระดับถังหมักขนาด 30 ลิตร.....	119
3-58	ปริมาณกรดมะนาว น้ำหนักเซลล์แห้ง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักในระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 300 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	122
3-59	ค่า Y_p/s Y_x/s Y_p/x ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 300 ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30% ; หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	122
3-60	ค่า $Y'p/s$ $Y'x/s$ $Y'p/x$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการหมักเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> C-73 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวในถังหมัก ขนาด 300ลิตร เมื่อควบคุมปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำหมักเป็น 30 % หลังจากทำการหมักไป 12 ชั่วโมง.....	122
ค-1	กราฟมาตรฐานของกรดมะนาว.....	148
ค-2	กราฟมาตรฐานของกรดไอโซซิเตริก.....	149
ค-3	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส.....	149

คำย่อ

ปริมาณออกซิเจนที่ละลาย

ในน้ำหมักเป็น %	=	เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนที่ละลายได้อิมตัว
$^{\circ}\text{C}$	=	องศาเซลเซียส
rpm	=	รอบต่อนาที
VVM	=	ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรน้ำหมักต่อนาที
Y_p/s	=	สัมประสิทธิ์ของผลผลิตกรดมะนาวเมื่อเทียบกับน้ำตาลกลูโคสที่ใช้
Y_x/s	=	สัมประสิทธิ์ของผลผลิตมวลเซลล์เมื่อเทียบกับน้ำตาลกลูโคสที่ใช้
Y_p/x	=	สัมประสิทธิ์ของผลผลิตกรดมะนาวเมื่อเทียบกับมวลเซลล์