

การผลิตกรดมะนาวจากกากมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้ว
โดย *Candida oleophila* UNN33-3 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

นายคงศักดิ์ ตั้งปณิธานดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ

หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-238-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CITRIC ACID PRODUCTION FROM HYDROLYSED CASSAVA PULP BY
Candida oleophila UNN33-3 AT 30 DEGREE CELSIUS

Mr. Kongsak Thonpanitandee

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 974-332-238-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตกรดมะนาวจากกากมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้ว
โดย *Candida oleophila* UNN33-3 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
โดย นายคงศักดิ์ ตั้งปนิธานดี
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. นลินี นิลอุบล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ วาสนา ไตเลี้ยง

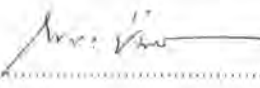
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)


คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์


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


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. นลินี นิลอุบล)


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


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ วาสนา ไตเลี้ยง)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคส์ตฤศาสน์)

คงศักดิ์ ตั้งปณิธานดี : การผลิตกรดมะนาวจากกากมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้ว โดย *Candida oleophila* UNN33-3 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (CITRIC ACID PRODUCTION FROM HYDROLYSED CASSAVA PULP BY *Candida oleophila* UNN33-3 AT 30 DEGREE CELSIUS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. นลิน นิลอุบล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.ไพเราะ ปิ่นพานิชการ และอาจารย์ วาสนา โตเลี้ยง, 89 หน้า, ISBN 974-332-238-8.

การผลิตกรดมะนาวจากกากมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้ว โดย *Candida oleophila* UNN33-3 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยกากมันสำปะหลังสดที่ผ่านการล้างน้ำ เป็นแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมกว่าสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยกากมันสำปะหลังแห้งที่ผ่านการล้างน้ำ และสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดมะนาวประกอบด้วย สารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยกากมันสำปะหลังสดที่ผ่านการล้างน้ำ มีปริมาณกลูโคสเท่ากับ 220 กรัมต่อลิตร สารสกัดจากยีสต์ 1.0 กรัมต่อลิตร แอมโมเนียมคลอไรด์ 1.15 กรัมต่อลิตร โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.40 กรัมต่อลิตร แมกนีเซียมซัลเฟต 0.40 กรัมต่อลิตร แมงกานีสซัลเฟต 0.45 กรัมต่อลิตร และแคลเซียมคาร์บอเนต 120 กรัมต่อลิตร เมื่อนำสูตรอาหารที่เหมาะสมนี้มาทำการผลิตในระดับขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ได้ผลผลิตกรดมะนาวเท่ากับ 109.71 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง การผลิตในถังหมักขนาด 5 ลิตร โดยใช้สูตรอาหารดังกล่าว ได้ปริมาณกรดมะนาว 115.91 และ 136.81 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลาการหมัก 96 ชั่วโมงและ 120 ชั่วโมง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของผลผลิต (Yp/s) เท่ากับ 0.60 และ 0.64 ตามลำดับ เมื่อให้ความเข้มข้นเริ่มต้นของกลูโคสเป็น 100 กรัมต่อลิตรและควบคุมระดับความเข้มข้นของกลูโคสเป็น 50 กรัมต่อลิตรจนมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 220 กรัมต่อลิตร ได้ปริมาณกรดมะนาว 139.68 และ 154.96 กรัมต่อลิตร ที่เวลาการหมัก 96 ชั่วโมงและ 120 ชั่วโมง มีค่าสัมประสิทธิ์ของผลผลิต เท่ากับ 0.70 และ 0.71 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าการหมักโดยใช้สารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยกากมันสำปะหลัง น้ำหมักไม่มีความหนืดเหมือนที่พบในการหมักโดยใช้สารละลายน้ำตาลจากการย่อยแป้งมันสำปะหลัง

ภาควิชา
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ.....
ปีการศึกษา2541.....

ลายมือชื่อนิสิตคงศักดิ์ ตั้งปณิธานดี.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.วาสนา โตเลี้ยง

C827069 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD: CITRIC ACID /HYDROLYSED CASSAVA PULP / *Candida oleophila* MUTANT

KONGSAK THONPANITANDEE : CITRIC ACID PRODUCTION FROM HYDROLYSED CASSAVA

PULP BY *Candida oleophila* UNN33-3 AT 30 DEGREE CELSIUS. THESIS ADVISOR: ASSO.PROF.

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

Ph.D. AND VASANA TOLEING, M.Sc. 89 pp. ISBN 974-332-238-8

Citric acid production from hydrolysed cassava pulp by *Candida oleophila* UNN33-3 cultivated at 30 degree celsius was studied. Acid hydrolysate of washed fresh cassava pulp was more suitable as a carbon source than that of the washed dry cassava pulp. Suitable medium composition contained per litre: acid hydrolysate of washed fresh cassava pulp equivalent to 220 g of glucose, 1.0 g yeast extract, 1.15 g ammonium chloride, 0.40 g potassium dihydrogenphosphate, 0.40 g magnesium sulfate, 0.45 g manganese sulfate and 120 g calcium carbonate. Cultivation by using this medium in a shaking flask at 30 degree celsius yielded 109.71 g of citric acid per litre at 96 h. Cultivation in a 5 litre-fermentor using the same medium yielded citric acid of 115.91 g/l and 136.81 g/l at 96 h and 120 h with yield coefficients (Y_p/s) of 0.60 and 0.64, respectively. When the initial glucose concentration was 100 g/l and then maintained at 50 g/l until total amount of 220 g/l was reached, citric acid concentrations of 139.68 g/l and 154.96 g/l were obtained at 96 h and 120 h of cultivation with yield coefficients of 0.70 and 0.71, respectively. Furthermore, no viscosity was observed in the fermentation broth by using hydrolysate of cassava pulp when compared to that by hydrolysate from cassava starch.

ภาควิชา.....

สาขาวิชา..... เทคโนโลยีทางชีวภาพ

ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิสิต..... กงศักดิ์ ทรัพย์ปานดี

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

สาขา..... สาขาวิชา.....

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาระดับปริญญาโทมหาบัณฑิตและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. นลินี นิลอุบล รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ และอาจารย์วาสนา ไตเลี้ยง ที่รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมตลอดจนแนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร ริมพณิขยกิจ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวัจนศาสตร์ ที่กรุณาเป็นประธานและกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะบุคลากรทุกท่านในสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ความสะดวกในด้านอุปกรณ์ เครื่องมือและการจัดซื้อสารเคมีในระหว่างการทำวิจัย

ขอขอบคุณทพวงมหาวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนพัฒนาอาจารย์ให้ในการศึกษาครั้งนี้

กราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้เลี้ยงดูและส่งเสริมสำเร็จการศึกษา

ประโยชน์อันเกิดจากการศึกษาในครั้งนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา คุณครูบาอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจมาตลอด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฅ
คำย่อ.....	ด
บทที่	
1	บทนำ
1.1	ประวัติความเป็นมา..... 1
1.2	การผลิตกรดมะนาวโดยยีสต์..... 2
1.3	ชีวเคมีของการผลิตกรดมะนาวโดยยีสต์..... 3
1.4	ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกรดมะนาวโดยยีสต์..... 6
1.5	คุณสมบัติของกรดมะนาว..... 9
1.6	มาตรฐานของกรดมะนาว..... 10
1.7	ประโยชน์ของกรดมะนาว..... 11
1.8	การใช้ประโยชน์จากกากมันสำปะหลัง..... 12
1.9	มูลเหตุจูงใจในการทำวิจัย..... 13
1.10	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 13
2	วิธีการทดลอง
2.1	อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง..... 15
2.2	เชื้อจุลินทรีย์..... 17
2.3	การเก็บรักษาและการเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตกรดมะนาว..... 17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.4 วิถีวิเคราะห์.....	18
3	ผลการทดลอง	
	3.1 การคัดเลือก <i>Candida oleophila</i> สายพันธุ์กลาย จำนวน 5 สายพันธุ์ที่ผลิตกรดมะนาวได้ดีจากสารละลายน้ำตาลที่ได้ จากการย่อยกากมันสำปะหลัง ที่อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส	21
	3.1.1 การคัดเลือก <i>Candida oleophila</i> สายพันธุ์กลายที่มี ประสิทธิภาพการผลิตกรดมะนาวสูงสุด.....	21
	3.1.2 ลักษณะการเจริญของ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ใน อาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ.....	22
	3.1.3 ลักษณะการเจริญ การผลิตกรดมะนาว กรดไอโซซีตริก และการใช้น้ำตาลของ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ใน อาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวซึ่งใช้สารละลายน้ำตาล จากการย่อยกากมันสำปะหลังด้วยกรดซัลฟิวริก.....	28
	3.2 ผลของสารตกค้างในกากมันสำปะหลังที่มีต่อการผลิต กรดมะนาวในระดับขวดเขย่า.....	31
	3.2.1 ปริมาณกรดมะนาวที่ผลิตได้จากสารละลายน้ำตาลที่ ได้จากการย่อยกากมันสำปะหลังสดที่ผ่านการล้างน้ำ และไม่ล้างน้ำ.....	31
	3.2.2 ปริมาณกรดมะนาวที่ผลิตได้จากสารละลายน้ำตาลที่ ได้จากการย่อยกากมันสำปะหลังแห้งที่ผ่านการล้าง น้ำและไม่ล้างน้ำ.....	31
	3.2.3 เปรียบเทียบการผลิตกรดมะนาวของ <i>Candida</i> <i>oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิต กรดมะนาว โดยใช้สารละลายน้ำตาลจากกากมันสำปะหลังแบบ ต่าง ๆ.....	34

สารบัญ(ต่อ)

บทที่

หน้า

3.3	ภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดมะนาวโดย <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่ใช้สารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยกากมันสำปะหลังสดที่ผ่านการล้างน้ำ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระดับขวดเขย่า.....	37
3.3.1	ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยกากมันสำปะหลังสดที่ผ่านการล้างน้ำ ที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดมะนาว.....	37
3.3.2	ปริมาณสารสกัดจากยีสต์ที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดมะนาว.....	42
3.3.3	ปริมาณไนโตรเจนในแอมโมเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดมะนาว.....	43
3.3.4	ปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดมะนาว.....	46
3.3.5	ปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตและแมงกานีสซัลเฟตที่เหมาะสมต่อการผลิตกรดมะนาว.....	49
3.3.6	การผลิตกรดมะนาวในอาหารที่ได้ปรับปรุงปริมาณองค์ประกอบแล้วเทียบกับอาหารที่มีปริมาณองค์ประกอบเท่าเดิม (สินีนารถ, 2539).....	54
3.4	การผลิตกรดมะนาวในถังหมักขนาด 5 ลิตร เมื่อใช้สารละลายน้ำตาลจากการย่อยกากมันสำปะหลังสดที่ผ่านการล้างน้ำและมีปริมาณองค์ประกอบในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวตามที่ได้ปรับปรุงแล้ว.....	57
3.4.1	การเจริญและการผลิตกรดมะนาวโดย <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	57

สารบัญ(ต่อ)		
บทที่		หน้า
	3.4.2 ผลการควบคุมระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในตั้ง หมักต่อการผลิตกรดมะนาว.....	61
4	สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	65
รายการอ้างอิง.....		68
ภาคผนวก		
	ก การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	74
	ข การย่อยแป้งมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์และการย่อยกากมัน สำปะหลังด้วยกรดซัลฟิวริก.....	78
	ค การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย.....	85
	ง กราฟมาตรฐาน.....	86
	จ สูตรการคำนวณ.....	88
ประวัติผู้เขียน.....		89

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	คุณลักษณะทางเคมีตามมาตรฐานของกรดมะนาว.....	10
1-2	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้ากรดมะนาวของประเทศไทย ระหว่างปี 2531 - 2542.....	14
3-1	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ระดับความหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกลูโคสที่เหลือ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> สายพันธุ์กลาย 5 สายพันธุ์ ในอาหาร สำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีกากมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยด้วยกรด เป็นแหล่งคาร์บอน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	23
3-2	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ระดับความหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกลูโคสที่เหลือ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> สายพันธุ์กลาย 5 สายพันธุ์ ในอาหาร สำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีกากมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยด้วยกรด เป็นแหล่งคาร์บอน เป็นเวลา 120 ชั่วโมง.....	25
3-3	น้ำหนักเซลล์แห้งของ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 เมื่อเลี้ยงในอาหาร สำหรับเตรียมหัวเชื้อ ในระยะเวลาต่างๆ.....	27
3-4	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวซึ่งมีสารละลาย น้ำตาลที่ได้จากการย่อยกากมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอน ที่ระยะเวลาต่างๆ.....	29
3-5	เปรียบเทียบการผลิตกรดมะนาว กรดไอโซซีทริกและน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 โดยใช้สารละลายน้ำตาลจาก กากมันสำปะหลังสดที่ผ่านการล้างน้ำและไม่ผ่านการล้างน้ำ ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	32

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-6	เปรียบเทียบการผลิตกรดมะนาว กรดไอโซซีทริกและน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 โดยใช้สารละลายน้ำตาลจากกากมันสำปะหลังแห่งที่ผ่านการล้างน้ำและไม่ผ่านการล้างน้ำ ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	33
3-7	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่ใช้สารละลายน้ำตาลจากกากมันสำปะหลังแบบต่างๆ ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	35
3-8	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีการแปรผันปริมาณน้ำตาลกลูโคส ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	38
3-9	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ระดับความหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่างและน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีการแปรผันปริมาณเริ่มต้นของสารสกัดจากยีสต์ ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	41
3-10	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ระดับความหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่างและน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ซึ่งได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีการแปรผันปริมาณไนโตรเจนในแอมโมเนียมคลอไรด์ ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	44

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-11	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ระดับความหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่างและน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ซึ่งได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีการแปรผันปริมาณเริ่มต้นของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	47
3-12	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ระดับความหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่างและน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ซึ่งได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีการแปรผันปริมาณเริ่มต้นของแมกนีเซียมซัลเฟต ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	50
3-13	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ระดับความหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่างและน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ซึ่งได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีการแปรผันปริมาณเริ่มต้นของแมงกานีสซัลเฟต ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	52
3-14	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ระดับความหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่างและน้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ซึ่งได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่ใช้สารละลายน้ำตาลจากการย่อยแป้งมันสำปะหลัง อาหารที่ใช้สารละลายน้ำตาลจากการย่อยกากมันสำปะหลังและอาหารที่มีการปรับปรุงองค์ประกอบแล้ว ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	55
3-15	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ระดับความหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x ที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาว ในถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	58

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-16	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซีทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ระดับความหนืด ค่าความเป็นกรด-ด่าง น้ำตาลกลูโคสที่เหลือ ค่า Yp/s Yx/s Yp/x ที่ระยะเวลาต่างๆของการหมัก เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาว ในถังหมักขนาด 5 ลิตร โดยควบคุมความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสได้ประมาณ 50 กรัมต่อลิตร.....	62

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	ปฏิกิริยาต่างๆของวิธีไกลโคลิซิส.....	4
1-2	วัฏจักรเครปส์หรือวัฏจักรกรดมะนาว.....	5
1-3	โครงสร้างของกรดมะนาว.....	9
3-1	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิทริกและน้ำหนักรเซลล์แห้งที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> สายพันธุ์กลาย 5 สายพันธุ์ ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาว ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	24
3-2	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิทริกและน้ำหนักรเซลล์แห้งที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> สายพันธุ์กลาย 5 สายพันธุ์ ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาว ที่ระยะเวลาในการหมัก 120 ชั่วโมง.....	26
3-3	รูปแบบการเจริญของเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ.....	27
3-4	ลักษณะการเจริญ การผลิตกรดมะนาว กรดไอโซซิทริก น้ำหนักรเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่าง และการใช้น้ำตาลกลูโคสของ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวซึ่งมีสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยกากมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอนที่ระยะเวลาต่างๆ.....	30
3-5	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิทริกและน้ำหนักรเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่ใช้สารละลายน้ำตาลจากกากมันสำปะหลังแบบต่างๆ.....	36
3-6	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิทริกและน้ำหนักรเซลล์แห้งเมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรดมะนาวที่มีการแปรผันปริมาณน้ำตาลกลูโคส ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	39

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-7	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซชิทริกและน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรด มะนาวที่มีการแปรผันปริมาณเริ่มต้นของสารสกัดจากยีสต์ ที่ระยะเวลา ในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	42
3-8	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซชิทริกและน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรด มะนาวที่มีการแปรผันปริมาณไนโตรเจนในแอมโมเนียมคลอไรด์ ที่ระยะ เวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	45
3-9	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซชิทริกและน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรด มะนาวที่มีการแปรผันปริมาณเริ่มต้นของโพแทสเซียมไดไฮโดรเจน ฟอสเฟต ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	48
3-10	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซชิทริกและน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรด มะนาวที่มีการแปรผันปริมาณเริ่มต้นของแมกนีเซียมซัลเฟต ที่ระยะ เวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	51
3-11	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซชิทริกและน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรด มะนาวที่มีการแปรผันปริมาณเริ่มต้นของแมงกานีสซัลเฟต ที่ระยะเวลา ในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	53
3-12	เปรียบเทียบปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซชิทริกและน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยงเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในอาหารสำหรับผลิตกรด มะนาวที่ใช้สารละลายน้ำตาลจากการย่อยแป้งมันสำปะหลัง อาหารที่ ใช้สารละลายน้ำตาลจากการย่อยกากมันสำปะหลังและอาหารที่มีการ ปรับปรุงองค์ประกอบแล้ว ที่ระยะเวลาในการหมัก 96 ชั่วโมง.....	56

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-13	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและการใช้น้ำตาลกลูโคสในระยะเวลาต่างๆของการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในสูตรอาหารซึ่งใช้สารละลายน้ำตาลจากการย่อยกากมันสำปะหลังสดที่ผ่านการล้างน้ำและมีการปรับปรุงองค์ประกอบแล้ว ในถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	59
3-14	ค่า Y p/s , Y x/s และ Y p/x ในระยะต่างๆของการผลิตกรดมะนาวโดย <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร.....	60
3-15	ปริมาณกรดมะนาว กรดไอโซซิทริก น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรด-ด่างและการใช้น้ำตาลกลูโคสในระยะเวลาต่างๆของการผลิตกรดมะนาวโดยเชื้อ <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในสูตรอาหารที่มีการปรับปรุงองค์ประกอบแล้ว และควบคุมความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสไว้ประมาณ 50 กรัมต่อลิตร.....	63
3-16	ค่า Y p/s , Y x/s และ Y p/x ในระยะต่างๆของการผลิตกรดมะนาวโดย <i>Candida oleophila</i> UNN33-3 ในถังหมักขนาด 5 ลิตรโดยควบคุมความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสไว้ประมาณ 50 กรัมต่อลิตร.....	64
ง-1	กราฟมาตรฐานของกรดมะนาวในช่วงความเข้มข้น 0.0 - 5.0 กรัมต่อลิตร.....	87
ง-2	กราฟมาตรฐานของกรดมะนาวในช่วงความเข้มข้น 0.0 - 1.0 กรัมต่อลิตร.....	87
ง-3	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซ์ ในช่วงความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส 0.0 - 1.0 กรัมต่อลิตร.....	88
ง-4	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคสในช่วงความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส 0.0 - 0.2 กรัมต่อลิตร.....	88

คำย่อ

คำย่อ	คำอธิบาย
vvm	= ปริมาณอากาศต่อปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อต่อนาที่
Yp/s	= สัมประสิทธิ์ของผลผลิตกรดมะนาวเมื่อเทียบกับน้ำตาลกลูโคสที่ใช้
Yx/s	= สัมประสิทธิ์ของมวลเซลล์เมื่อเทียบกับน้ำตาลกลูโคสที่ใช้
Yp/x	= สัมประสิทธิ์ของผลผลิตกรดมะนาวเมื่อเทียบกับมวลเซลล์