

การผลิตเบตา-แคโรทีน โดย *Rhodotorula* sp. Y1621

นางสาว กาญจนา มัทธนท์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาจุลชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2533

ISBN 974-579-243-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION OF β -CAROTENE BY *Rhodotorula* sp. Y1621

Miss Kanjana Mahattanatavee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Microbiology

Graduate School

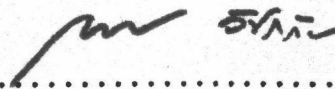
Chulalongkorn University

1990

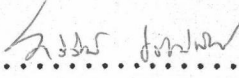
ISBN 974-579-243-8

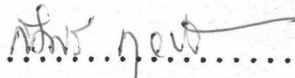
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การผลิตเบตา-แคโรทีน โดย *Rhodotorula* sp. Y1621
โดย นางสาว กาญจนา มัทธนทวี
ภาควิชา จุลชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ส่งศรี กุลปรีชา

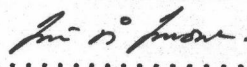
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

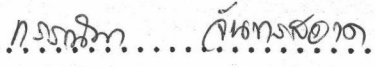

.....คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรากัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งทิพัฒน์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ส่งศรี กุลปรีชา)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ชัยวารรธน์)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ กรรณิศา จันทรสอาด)



ภาฏานา มหัทธนาทรี : การผลิตเบตา-แคโรทีน โดย *Rhodotorula* sp. Y1621
(PRODUCTION OF β -CAROTENE BY *Rhodotorula* sp. Y1621) อ.ที่ปรึกษา :
รศ.ดร.สงศรี กุลปรีชา, 115 หน้า. ISBN 974-579-243-8

ยีสต์ *Rhodotorula* sp. Y1621 เป็นจุลินทรีย์ที่คัดเลือกได้จากแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์
เชื้อรา 2 สายพันธุ์ และยีสต์ 9 สายพันธุ์ เพื่อศึกษาการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน สภาพของการ
เลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมเพื่อการผลิตเบตา-แคโรทีน ในระดับขวดเขย่าคือ แหล่งคาร์บอน และแหล่ง
ไนโตรเจนที่เหมาะสมได้แก่ แป้งไฮโดรไลส์ที่มีน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 3 (น้ำหนัก/ปริมาตร) และกาก
ถั่วเหลืองไฮโดรไลส์ ที่มีไนโตรเจนร้อยละ 0.05 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ตามลำดับ อุณหภูมิที่เหมาะสม
อยู่ในช่วง 25^o-30^o ซ. ความเป็นกรดต่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 5-6 และความเร็ว
รอบของเครื่องเขย่า 200-300 รอบ/นาที ปริมาณรงควัตถุที่ถูกสังเคราะห์เพิ่มมากขึ้นเมื่อเลี้ยงใน
อาหารเลี้ยงเชื้อที่เติม ไทอามีน 0.05 มิลลิกรัม/ลิตร FeSO₄.7H₂O 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร CuSO₄.
5H₂O 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร และ ZnSO₄.7H₂O 0.4 มิลลิกรัม/ลิตร โดยได้ปริมาณเบตา-แคโรทีน
เท่ากับ 450 ไมโครกรัม/กรัมเซลล์แห้ง การย้ายเซลล์ลงสู่สารละลายบัฟเฟอร์ ที่มีค่าความเป็นกรด
ต่าง ตั้งแต่ 2-9 ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณเบตา-แคโรทีน การเติมสารแอนติออกซิแดนท์ 0.2 กรัม/
ลิตร และการให้แสงความเข้ม 1000 ลักซ์ ตลอดเวลาการเพาะเลี้ยงเชื้อ มีผลให้ปริมาณเบตา-
แคโรทีนเพิ่มขึ้นเป็น 685.09 ไมโครกรัม/กรัมเซลล์แห้ง เมื่อเลี้ยง *Rhodotorula* sp. Y1621
ในถังหมักขนาด 5 ลิตร อัตราการให้อากาศ 1.0 ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที อัตราเร็ว
ในการกวน 450 รอบ/นาที อุณหภูมิ 28^o ซ. ควบคุมค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยง
เชื้อเท่ากับ 6.0 แล้วปรับค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเลี้ยงเชื้อให้ลดลงตามลำดับ จนมีค่าเท่ากับ
2.5 เติมแอนติออกซิแดนท์ 0.2 กรัม/ลิตร และให้แสงความเข้ม 1000 ลักซ์ ตลอดเวลาการ
เลี้ยงเชื้อ พบว่าปริมาณเบตา-แคโรทีน ที่ได้ (1612.50 ไมโครกรัม/กรัมเซลล์แห้ง) สูงกว่า และ
ใช้ระยะเวลาเลี้ยงเชื้อ (36 ชม.) ที่สั้นกว่าเมื่อเลี้ยงเชื้อในขวดเขย่า

ภาควิชาจุลชีววิทยา.....
สาขาวิชาจุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม.....
ปีการศึกษา25๕๓.....

ลายมือชื่อนิสิต

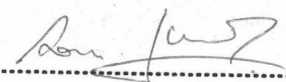
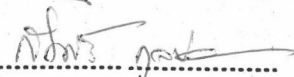
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

KANJANA MAHATTANATAVEE : PRODUCTION OF β -CAROTENE BY *Rhodotorula* sp. Y1621. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.SONGSRI KULPREECHA. 155 PP. ISBN 974-579-243-8

A yeast, *Rhodotorula* sp. Y1621 was selected from 2 strains of bacteria, 2 strains of mold, and 9 strains of yeast for the investigation of β -carotene production. Followings are the optimal conditions for β -carotene production in shaking flask culture : hydrolysed starch (3% reducing sugar) and hydrolysate of soybean meal (0.05 % N) as the suitable carbon and nitrogen source respectively; the optimal temperature of 25⁰-30⁰C; the initial pH of culture medium at 5-6; and agitation speed of the incubator shaker at 200-300 rpm. The amount of synthesized pigment increased with the addition of thiamine; 0.05 mg/L, FeSO₄.7H₂O; 0.2 mg/L, CuSO₄.5H₂O; 0.1 mg/L and ZnSO₄.7H₂O; 0.4 mg/L of which the highest yield is 450 μ g/g dried cells. No detection of the increasing amount of β -carotene when the cells were transferred to buffer solution (pH 2-9); however, addition of 0.2 g/L antioxidant to the culture medium and cultivation in illumination condition of 1000 luxes enhanced the pigment formation up to 685.09 μ g/g dried cells. Furthermore, *Rhodotorula* sp. Y1621 cultivated in a 5 L fermenter under the following conditions: temperature; 28⁰C, aeration rate; 1.0 vvm, agitation speed; 450 rpm, initial pH 6.0 and 2.5 at the end , 0.2 g/L of antioxidant, and under illumination condition of 1000 luxes, leaded to the higher amount of β -carotene (1612.50 μ g/g dried cells) and the shorter cultivation time (36 hr) than shaking flask condition.

ภาควิชา จลชีววิทยา
 สาขาวิชา จลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม
 ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต 
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาอาวุโส

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สังศรี กุลปรีชา ที่ได้กรุณาเป็นที่ปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ แนวความคิด กำลังใจ และความเข้าใจ อันมีค่ายิ่ง ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ขาวารธน์ และรองศาสตราจารย์ กรรณิกา จันทรสอาด ที่ได้กรุณารับเป็นกรรมการสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณท่านคณาจารย์ ภาควิชาจุลชีววิทยา และภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณา และคำชี้แนะต่างๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาจุลชีววิทยา และเจ้าหน้าที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวก ระหว่างการทำวิจัยเป็นอย่างดี และขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคน ที่ได้มีส่วนช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในการวิจัยนี้

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และ คุณอิทธิภูมิ บุญพิศา ตลอดจนสมาชิกในครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังใจ กำลังใจ และกำลังทรัพย์ ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสมบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
คำย่อ.....	ท
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วิธีการทดลอง.....	15
3. ผลการวิจัย.....	29
4. บทสรุป และวิจารณ์.....	91
เอกสารอ้างอิง.....	104
ภาคผนวก.....	110
ประวัติผู้เขียน.....	115

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่สามารถสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน	4
2 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารแคโรทีนอยด์ชนิดต่างๆ ในตัวทาละลาย... แต่ละชนิด	7
3 เปรียบเทียบการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนโดยจุลินทรีย์สายพันธุ์ต่างๆ....	33
4 เปรียบเทียบชนิดของอาหารที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน.. โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	35
5 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน.....	46
โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y 1621	
6 ผลของการรวมอิออนของโลหะที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์.....	54
เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> spp. Y1621	
7 การสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621.....	58
เมื่อเซลล์อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ และ เมื่อย้ายเซลล์ไปยังสารละลาย ที่มีค่าความเป็นกรดต่างต่างกัน	
8 ผลของการเติมแอนติออกซิแดนท์ที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์.....	67
เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	
9 ผลของการเติมคีโรซีนที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์.....	67
เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	
10 ผลของการเติมสารบางชนิดร่วมกัน ที่มีต่อการเติบโต และการ.....	71
สังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	
11 ผลของแสงที่ความเข้มแสงต่างๆ ที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์...	72
เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	
12 ผลของระยะเวลาการให้แสงที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์.....	75
เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	

ตารางที่		หน้า
13	ผลของสารแอนติออกซิแดนซ์ และการให้แสงที่มีต่อการเติบโต และการ... สังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	77

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	สูตรโครงสร้างของ เบตา-แคโรทีน.....	1
2	การสังเคราะห์วิตามินเอจากเบตา-แคโรทีน.....	2
3	ขั้นตอนการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ ทางชีวภาพ.....	5
4	สูตรโครงสร้างของ.....	12
	1. กรดไตรสبورิค 2. วิตามินเอ 3. กรดแอบซิลิค	
	4. เบตา-ไอโอโนน 5. แอลฟา-ไอโอโนน	
5	รูปแบบการดูดกลืนแสงของรงควัตถุที่สังเคราะห์โดย <i>Rhodotorula</i> sp. สายพันธุ์ Y1621 K0001 C0001 และ M0001	30
6	รูปแบบการดูดกลืนแสงของรงควัตถุที่สังเคราะห์โดย <i>Rhodotorula</i> sp. สายพันธุ์ T5159 C0003 Y1592 Y1585 และ C0002	31
7	รูปแบบการดูดกลืนแสงของรงควัตถุที่สังเคราะห์โดย <i>Blakeslea</i> sp.... C0004 <i>Blakeslea</i> sp. C0005 แบคทีเรียสายพันธุ์ C0006 และแบคทีเรียสายพันธุ์ C0007	32
8	ลักษณะการเติบโตของ <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ YM	34
9	ลักษณะเซลล์ของ <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621 ภายใต้วัดกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1000 เท่า	34
10	รูปแบบการดูดกลืนแสง ของสารมาตรฐานเบตา-แคโรทีน (ก) และของ.. รงควัตถุที่ได้จาก <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621 (ข)	37
11	โครมาโตแกรม (จากโครมาโตกราฟีแบบผิวบาง) ของสารมาตรฐาน.... เบตา-แคโรทีน และของรงควัตถุที่ได้จาก <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	38
12	รูปแบบการดูดกลืนแสง ของจุดบนแผ่นโครมาโตแกรม ที่มีค่า Rf=0.15... เมื่อสกัดออกจากแผ่นโครมาโตแกรม	39

รูปที่		หน้า
13	โครมาโตแกรม (จากไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี) ของสาร.. มาตรฐานเบตา-แคโรทีน <i>trans-β-apo-8'-carotenal</i> และของ รงควัตถุที่ได้จาก <i>Rhodotorula sp. Y1621</i>	40
14	การเติบโตและการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนที่เวลาต่างๆ โดย..... <i>Rhodotorula sp. Y1621</i> ในสูตรอาหาร Costa	42
15	การเติบโตและการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula sp.</i> .. Y1621 เมื่อเลี้ยงในแหล่งคาร์บอนชนิดและความเข้มข้นต่างๆกัน	43
16	การเติบโตและการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula sp.</i> .. Y1621 เมื่อเลี้ยงในแหล่งไนโตรเจนชนิดและความเข้มข้นต่างๆกัน	45
17	ผลของความเป็นกรดต่าง เริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่มีต่อการเติบโต... และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนโดย <i>Rhodotorula sp. Y1621</i>	47
18	ผลของความเร็วรอบของการเขย่าที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์.. เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula sp. Y1621</i>	49
19	ผลของการเติมผงสกัดยีสต์ที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์..... เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula sp. Y1621</i>	50
20	ผลของการเติมโทอามีนที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula sp. Y1621</i>	52
21	ผลของการเติมอีออนของโลหะที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์..... เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula sp. Y1621</i>	53
22	ผลของการรวมอีออนของโลหะที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์..... เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula sp. Y1621</i>	55
23	การเติบโตและการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน ที่เวลาต่างๆ โดย <i>Rhodotorula sp. Y1621</i> ในอาหารสูตรปรับปรุง	57
24	ผลของการเติมน้ำมันพืชที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula sp. Y1621</i>	59

สารบัญรูป (ต่อ)

ณ

รูปที่		หน้า
25	ผลของการเติมดีเทอร์เจนต์ที่มีต่อการเติบโตและการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	61
26	ผลของการเติมเบตา-ไฮโอโนนที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	62
27	ผลของการเติมกรดแกมมาอะมิโนที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	63
28	ผลของการเติมโซเดียมซัลไฟต์ที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	65
29	ผลของการเติมวิตามินเอที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	66
30	ผลของการเติมแอนติออกซิแดนท์ที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	68
31	ผลของการเติมซีโรซีนที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนโดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	69
32	ผลของแสงที่ความเข้มแสงต่างๆที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	73
33	ผลของระยะเวลาการให้แสงที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	76
34	ผลของสารแอนติออกซิแดนท์ และการให้แสงที่มีต่อการเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนโดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621	78
35	ลักษณะการเติบโตของ <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร	79
36	การเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนโดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร อัตราการให้อากาศ 0.5 ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที อัตราเร็วในการกวน 300 รอบ/นาที ควบคุมค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ	80

รูปที่	หน้า
37 การเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร อัตราการให้อากาศ 0.5 ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที ควบคุมค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ	82
38 การเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร อัตราการให้อากาศ 1.0 ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที อัตราเร็วในการกวน 300 รอบ/นาที ควบคุมค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ	83
39 การเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร อัตราการให้อากาศ 1.0 ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที ควบคุมค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ	85
40 การเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร อัตราการให้อากาศ 1.0 ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที อัตราเร็วในการกวน 600 รอบ/นาที ควบคุมค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ	86
41 การเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร อัตราการให้อากาศ 1.5 ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที อัตราเร็วในการกวน 600 รอบ/นาที ควบคุมค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ	88
42 การเติบโต และการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีน โดย <i>Rhodotorula</i> sp. Y1621 ในถังหมักขนาด 5 ลิตร เติมแอนติออกซิแดนท์ 0.2 กรัม/ลิตร และให้แสงความเข้ม 1000 ลักซ์ อัตราการให้อากาศ 1 ปริมาตรอากาศ/ปริมาตรน้ำหมัก/นาที อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที ควบคุมค่าความเป็นกรดต่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ	90

ตัวย่อ

มล. = มิลลิลิตร

°ซ. = องศาเซลเซียส

ชม. = ชั่วโมง

ซม. = เซนติเมตร