

ผลการกระตุ้นของกรดอะมิโน กรดไขมัน และกรดอินทรีย์บางชนิดต่อการสังเคราะห์
พอลิ (3-ไฮดรอกซีบิวทีเรต) โดย *Alcaligenes sp. A-04*

นายศิริวิทย์ ลิตปรีชา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาจุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ภาควิชาจุลชีววิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-208-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**STIMULATORY EFFECTS OF SOME AMINO ACIDS, FATTY ACIDS AND
ORGANIC ACIDS ON SYNTHESIS OF POLY-(3-HYDROXYBUTYRATE)**

BY *Alcaligenes sp.* A-04

Mr. SIRAVIT SITPRIJA

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of Master of Science in Industrial Microbiology**

Department of Microbiology

Graduate School

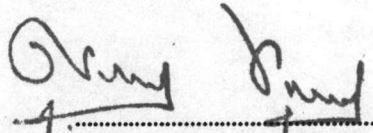
Chulalongkorn University

Academic Year 1998

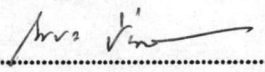
ISBN 974-332-208-6

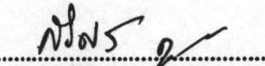
หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการกระตุ้นของกรดอะมิโน กรดไขมัน และกรดอินทรีย์ บางชนิดต่อการสังเคราะห์ พอลิ(3-ไฮดรอกซีบีวทีเรต) โดย <i>Alcaligenes</i> sp. A-04
โดย	นายศิริวิทย์ ลิตปรีชา
ภาควิชา	จุลชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ส่งศรี กุลปรีชา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

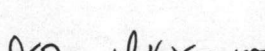

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุตินวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)


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


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรษา ปุณณะพยัคฆ์)

ศิริวิทย์ ลิตปรีชา : ผลการกระตุ้นของกรดอะมิโน กรดไขมัน และกรดอินทรีย์บางชนิดต่อการสังเคราะห์ พอลิ (3-ไฮดรอกซีบิวทีเรต) โดย *Alcaligenes sp. A-04* (STIMULATORY EFFECTS OF SOME AMINO ACIDS, FATTY ACIDS AND ORGANIC ACIDS ON SYNTHESIS OF POLY-(3-HYDROXYBUTYRATE) BY *Alcaligenes sp. A-04*)
อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ส่งศรี กุลปรีชา. 166 หน้า. ISBN 974-332-208-6

ในการศึกษาผลการกระตุ้นของกรดอะมิโน กรดไขมัน และกรดอินทรีย์บางชนิดต่อการสังเคราะห์พอลิ (3-ไฮดรอกซีบิวทีเรต) (PHB) โดย *Alcaligenes sp. A-04* ในอาหาร MSM ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลฟรักโตส 20.0 กรัมต่อลิตร เป็นแหล่งคาร์บอน และแอมโมเนียมซัลเฟต 0.1 กรัมต่อลิตร เป็นแหล่งไนโตรเจน โดยใช้กล้าเชื้ออายุ 24 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับผลการทดลองในชุดควบคุมซึ่ง *Alcaligenes sp. A-04* สังเคราะห์ PHB ได้สูงสุดมีค่าเท่ากับ 68.96 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเซลล์แห้ง และมีค่าน้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดเท่ากับ 0.87 กรัมต่อลิตร จากการศึกษาพบว่าเมื่อเติมกรดกลูตามิก กลูตามีน กรดแอสปาร์ติก แอสปาราจีน โพรลีน โลซีน ทรีโอนีน และซิสเตอีน ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ *Alcaligenes sp. A-04* สังเคราะห์ PHB ได้ปริมาณลดลง แต่น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นในทุกการทดลอง ซึ่งแตกต่างจากเมื่อใช้ลิวซีน 125 มิลลิกรัมต่อลิตร ไอโซลิวซีน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร อาร์จินีน 75 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมทไธโอนีน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จะกระตุ้นให้ *Alcaligenes sp. A-04* สามารถสังเคราะห์ PHB เพิ่มขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 80.00 75.00 76.27 และ 76.61 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักเซลล์แห้ง ตามลำดับ และพบว่าในทุกการทดลองน้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้กรดอะมิโนทั้ง 4 ชนิดในความเข้มข้นดังกล่าว เมื่อศึกษาผลของกรดไขมันและกรดอินทรีย์บางชนิดต่อการสังเคราะห์ PHB โดย *Alcaligenes sp. A-04* พบว่าเมื่อใช้กรดโพธิ์โอนิก กรดบิวทีริก และกรดมาโลนิก เป็นซัพพลีเมนต์ทำให้ *Alcaligenes sp. A-04* สังเคราะห์ PHB ได้ปริมาณลดลงจากชุดควบคุม และค่าน้ำหนักเซลล์แห้งก็มีค่าต่ำกว่าการทดลองชุดควบคุม แต่เมื่อใช้กรดโอเลอิก 10.0 มิลลิโมลาร์ และกรดกลูโคนิก 0.75 กรัมต่อลิตร จะกระตุ้นให้ *Alcaligenes sp. A-04* สังเคราะห์ PHB ได้ปริมาณเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเท่ากับ 78.09 และ 81.63 ตามลำดับ แต่น้ำหนักเซลล์แห้งสูงสุดของทั้งสองการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุม

ภาควิชา จุลชีววิทยา
สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม

C826587 : MAJOR INDUSTRIAL MICROBIOLOGY

KEY WORD: *Alcaligenes sp.* / POLY-(3-HYDROXYBUTYRATE)

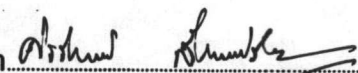
SIRAVIT SITPRIJA : STIMULATORY EFFECTS OF SOME AMINO ACIDS, FATTY ACIDS AND ORGANIC ACIDS ON SYNTHESIS OF POLY (3- HYDROXYBUTYRATE) BY *Alcaligenes sp.* A-04. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SONGSRI KULPREECHA, Ph.D. 166 pp. ISBN 974-332-208-6

The stimulatory effects of certain amino acids, fatty acids and organic acids on the synthesis of poly (3-hydroxybutyrate) (PHB) by *Alcaligenes sp.* A-04 in MSM medium containing 20.0 g/l of fructose as carbon source and 0.1 g/l of ammonium sulfate as source of nitrogen using 24 hours seed culture of *Alcaligenes sp.* A-04 were investigated. In comparison to the control in which the maximum amount of PHB synthesized was 68.96 percents of cell dry weight and the maximum cell dry weight was 0.87 g/l, it was found that addition of glutamic acid, glutamine, aspartic acid, asparagine, proline, lysine, threonine and cysteine at the concentration of 50 mg/l reduced the synthesis of PHB by *Alcaligenes sp.* A-04. Maximum cell dry weight obtained in every treatment was higher than that of the control. However 125 mg/l of leucine 50 mg/l of isoleucine 75 mg/l of arginine and 50 mg/l of methionine stimulated the synthesis of PHB by *Alcaligenes sp.* A-04 to the levels of 80.00, 75.00, 76.27 and 76.61 percents of cell dry weight respectively. When each of the four amino acids mentioned above was used at the indicated concentration, increase in cell dry weight was also found in every treatment. In the study of the effects of certain fatty acids and organic acids on the synthesis of PHB by *Alcaligenes sp.* A-04, 10.0 mM of oleic acid and 0.75 g/l of gluconic acid stimulated the synthesis of PHB by *Alcaligenes sp.* A-04 to level of 78.09 and 81.63 percents of cell dry weight respectively but cell dry weight of both treatment were comparable to that of the control. When propionic acid, butyric acid and malonic acid were used as supplement, the amounts of PHB synthesized by *Alcaligenes sp.* A-04 and cell dry weight of the treated group were lower in comparison to the values of the control.

ภาควิชา..... จุลชีววิทยา

สาขาวิชา..... จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิสิต..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.สงครี กุลปรีชา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ อันมีค่า ตลอดจนข้อคิดเห็นต่าง ๆ รวมทั้งได้ช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ศิษย์ ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชกร ที่กรุณารับเป็นประธาน กรรมการสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ھرรษา ปุณณะพยัคฆ์ ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยงยุทธ และผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตราภรณ์ เจียมไชยศรี ที่กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยตลอดมา งานวิจัยนี้ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย ดังนั้นจึงขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาจุลชีววิทยาทุกท่าน ตลอดจนพี่ เพื่อน และน้อง ในภาค วิชาทุกคน ที่ได้ให้กำลังใจ ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยด้วยดี ตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณสุพัตรา ธรรมฉวี คุณวิชชุดา ทองพันชั่ง และคุณอรวรรณ ละอองคำ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านการพิมพ์วิทยานิพนธ์และการทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์นายแพทย์วิศิษฎ์ คุณหญิงทิพาพร สิตปรีชา คุณพ่อ คุณแม่ ที่เคารพรักอย่างสูงสุดของผู้วิจัย ที่คอยเป็นกำลังใจและกำลังทรัพย์อย่างดียิ่ง และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์แพทย์หญิงศรีสุดา สิตปรีชา และรองศาสตราจารย์ ไพโรจน์ คุณสุตารัตน์ สิตปรีชา คุณอาที่เคารพรักที่คอยเป็นกำลังใจและกำลังทรัพย์ให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
2 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย.....	24
3 ผลการวิจัย.....	36
4 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย.....	135
รายการอ้างอิง.....	144
ภาคผนวก.....	152
ประวัติผู้เขียน.....	166

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การสร้างและสะสม PHA โดยจุลินทรีย์.....	5
2	ตัวอย่างจีโนมของจุลินทรีย์ที่สร้างและสะสม PHB.....	7
3	คุณสมบัติและลักษณะที่สำคัญของ PHB.....	9
4	คุณสมบัติทางกายภาพของ PHA และ PHB.....	11
5	คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของ PP และ PHB.....	12
6	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณน้ำตาลฟรักโทสเมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหารเลี้ยงกล้าเชื้อ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง.....	37
7	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM (การทดลองชุดควบคุม) ...	40
8	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมกรดกลูตามิก 50 mg/l	42
9	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมกลูตามีน 50 mg/l	45
10	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมกรดแอสปาดิก 50 mg/l	48
11	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมแอสปาราจีน 50 mg/l	51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโตส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมโปรตีน 50 mg/l ...	54
13	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโตส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมไลซีน 50 mg/l	57
14	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโตส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมทรีโอนีน 50 mg/l	60
15	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโตส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมซิสเตอีน 50 mg/l	63
16	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโตส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมลิวซีน 50 mg/l	66
17	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโตส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมไอโซลิวซีน 50 mg/l	69
18	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโตส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมอาร์จินีน 50 mg/l	72
19	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโตส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมเมทไทโอนีน 50 mg/l	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
20	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมลิวซีน 50 100 125 และ 150 mg/l	80
21	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมไอโซลิวซีน 25 50 75 และ 100 mg/l	86
22	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมอาร์จีนีน 25 50 75 100 และ 125 mg/l	92
23	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมเมทโฮอินีน 25 50 75 และ 100 mg/l	99
24	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมกรดโอเลอิก 1 2.5 5 10 และ 15 mM	105
25	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมกรดกลูโคนิก 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 g/l	113
26	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมกรดมาโลนิก 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 g/l	119

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
27	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมกรดโพรพิโอนิก 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 g/l	125
28	ปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติมกรดบิวทีริก 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 g/l	131

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 วัฏจักรของ PHA	4
2 สูตรโครงสร้างของ PHA	6
3 ภาพตัดของเซลล์ <i>A. eutrophus</i> จากกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแสดง PHB แกรนูลภายในเซลล์	8
4 สูตรโครงสร้างของ PHB	9
5 โครงสร้างของ Single operon ที่ควบคุมการสังเคราะห์ PHA ใน <i>A. eutrophus</i>	15
6 วิธีการสังเคราะห์ PHB โดย <i>Alcaligenes sp.</i> เมื่อใช้แหล่ง คาร์บอนต่างชนิดกัน	17
7 น้ำหนักเซลล์แห้งและปริมาณน้ำตาลฟรักโทส เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 ในอาหารเลี้ยงกล้าเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง	37
8 ปริมาณ PHB สูงสุดที่สังเคราะห์และสะสมโดย <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 เมื่อแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต มีค่าเท่ากับ 0.1 0.5 และ 1.0 g/l	39
9 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 ในอาหาร MSM ที่เติมกรด กลูตามิก 50 mg/l	43
10 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 ในอาหาร MSM ที่เติม กลูตามีน 50 mg/l	46
11 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 ในอาหาร MSM ที่เติมกรด แอสปาดิก 50 mg/l	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
12 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp. A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติม แอสปาราจिन 50 mg/l	52
13 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp. A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติม โปรีลีน 50 mg/l	55
14 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp. A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติม ไลซีน 50 mg/l	58
15 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp. A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติม ทรีโอนีน 50 mg/l	61
16 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp. A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติม ซีสเตอีน 50 mg/l	64
17 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp. A-04</i> ในอาหาร MSM ที่เติม ลิวซีน 50 mg/l	67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

- 18 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง *Alcaligenes sp. A-04* ในอาหาร MSM ที่เติม ไอโซลิวซีน 50 mg/l 70
- 19 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง *Alcaligenes sp. A-04* ในอาหาร MSM ที่เติม อาร์จินีน 50 mg/l 73
- 20 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง *Alcaligenes sp. A-04* ในอาหาร MSM ที่เติม เมทไธโอนีน 50 mg/l..... 76
- 21 เปรียบเทียบปริมาณ PHB ในอาหาร MSM ที่เติมกรดอะมิโน ต่างชนิดกันความเข้มข้น 50 mg/l..... 77
- 22 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง *Alcaligenes sp. A-04* ในอาหาร MSM ที่เติม ลิวซีน 50 100 125 และ 150 mg/l..... 82
- 23 เปรียบเทียบปริมาณ PHB สูงสุดในการเลี้ยง *Alcaligenes sp. A-04* โดยใช้ความเข้มข้นของลิวซีน 50 100 125 และ 150 mg/l ก็กับการทดลองชุดควบคุม 83
- 24 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง *Alcaligenes sp. A-04* ในอาหาร MSM ที่เติม ไอโซลิวซีน 25 50 75 และ 100 mg/l 88

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
25 เปรียบเทียบปริมาณ PHB สูงสุดในการเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 โดยใช้ความเข้มข้นของไอโซลิวซีน 25 50 75 และ 100 mg/l กับการทดลองชุดควบคุม.....	89
26 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 ในอาหาร MSM ที่เติม อาร์จินีน 25 50 75 100 และ 125 mg/l	95
27 เปรียบเทียบปริมาณ PHB สูงสุดในการเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 โดยใช้ความเข้มข้นของอาร์จินีน 25 50 75 100 และ 125 mg/l กับการทดลองชุดควบคุม.....	96
28 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 ในอาหาร MSM ที่เติม เมทาไธโอนีน 25 50 75 และ 100 mg/l	101
29 เปรียบเทียบปริมาณ PHB สูงสุดในการเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 โดยใช้ความเข้มข้นของเมทาไธโอนีน 25 50 75 และ 100 mg/l กับการทดลองชุดควบคุม.....	102
30 เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 ในอาหาร MSM ที่เติมกรด โอเลอิก 1 2.5 5 10 และ 15 mM	108
31 เปรียบเทียบปริมาณ PHB สูงสุดในการเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 โดยใช้ความเข้มข้นของกรดโอเลอิก 1 2.5 5 10 และ 15 mM กับการทดลองชุดควบคุม.....	109

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

32	เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 ในอาหาร MSM ที่เติมกรด กลูโคนิก 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 g/l.....	115
33	เปรียบเทียบปริมาณ PHB สูงสุดในการเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 โดยใช้ความเข้มข้นของกรดกลูโคนิก 0.25 0.50 0.75 และ 1.0 g/l กับการทดลองชุดควบคุม	116
34	เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 ในอาหาร MSM ที่เติมกรด มาโลนิก 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 g/l.....	121
35	เปรียบเทียบปริมาณ PHB สูงสุดในการเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 โดยใช้ความเข้มข้นของกรดมาโลนิก 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 g/l กับการทดลองชุดควบคุม	122
36	เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 ในอาหาร MSM ที่เติมกรด โพรพิโอนิก 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 g/l.....	127
37	เปรียบเทียบปริมาณ PHB สูงสุดในการเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 โดยใช้ความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิก 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 g/l กับการทดลองชุดควบคุม	128
38	เปรียบเทียบการเจริญของเซลล์ มวลเซลล์ที่ไม่รวม PHB ปริมาณ PHB ปริมาณน้ำตาลฟรักโทสและปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต เมื่อเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 ในอาหาร MSM ที่เติมกรด บิวทีริก 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 g/l.....	133
39	เปรียบเทียบปริมาณ PHB สูงสุดในการเลี้ยง <i>Alcaligenes sp.</i> A-04 โดยใช้ความเข้มข้นของกรดบิวทีริก 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 g/l กับการทดลองชุดควบคุม	134
40	คาตาโบลิสมของลิวซีน.....	139