

11/25

การแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอลเป็น 1,4-แอนโดรสตาไดอิน-3,17-ไดโอน  
โดย *Mycobacterium* sp. BJ-157



นางสาว จารุวรรณ วัฒน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาจุลชีววิทยา

พ.ศ. 2533

ISBN 974-577-974-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016288

BIOTRANSFORMATION OF CHOLESTEROL TO 1,4-ANDROSTADIENE-3,17-DIONE

BY *Mycobacterium* sp. BJ-157

Miss Jaruvon Wimon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Microbiology

Graduate School

Chulalongkorn University

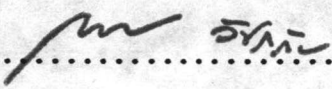
1990

ISBN 974-577-974-1

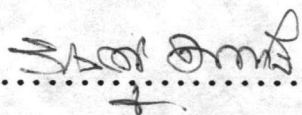
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอลเป็น 1,4-แอนโคริสตาไดอิน-  
3,17-ไดโอน โดย *Mycobacterium* sp. BJ-157  
โดย                              นางสาวจรรวรงค์ วัฒน  
ภาควิชา                              จุลชีววิทยา  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร.สังศรี กุลปรีชา  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม      รองศาสตราจารย์ ดร.สันต์ พณิชยกุล

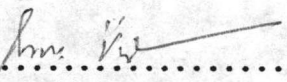


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

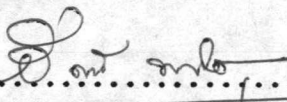
.....  ..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร ไชยรักษ์)

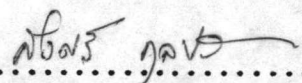
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์วีรวุฒิ มหามนตรี)

.....  ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพเราะ บินพานิชการ)

.....  ..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

.....  ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันต์ พณิชยกุล)

.....  ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สังศรี กุลปรีชา)



จารุวรรณ วิมล : การแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเตอรอลเป็น 1,4-แอนโดรสตาไดอีน-3,17-ไดโอน โดย *Mycobacterium* sp. BJ-157 (BIOTRANSFORMATION OF CHOLESTEROL TO 1,4-ANDROSTADIENE-3,17-DIONE BY *Mycobacterium* sp. BJ-157) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สังศรี กุลปรีชา, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.สันต์ พณิชยกุล, 89 หน้า, ISBN 974-577-974-1

จากการศึกษาการแปลงรูปคอเลสเตอรอลทางชีวภาพของจุลินทรีย์ 8 สายพันธุ์ โดยวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปลงรูปด้วยวิธีโครมาโตกราฟีแบบผิวนาง พบว่า มี *Mycobacterium* 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Mycobacterium* sp. BJ-153 และ *Mycobacterium* sp. BJ-157 สามารถแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเตอรอลได้เป็น 1,4-แอนโดรสตาไดอีน 3,17-ไดโอน (ADD) ในวันที่ 5 ของการเลี้ยงเชื้อ โดยมีสารไดไพริคัล เป็นสารยับยั้งเอนไซม์ 9 อัลฟา-ไฮดรอกซีเลส และเมื่อหาปริมาณสาร ADD โดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี พบว่า ที่เวลา 48 ชม. *Mycobacterium* sp. BJ-157 ให้ปริมาณสาร ADD มากกว่า *Mycobacterium* sp. BJ-153 คือ ได้ปริมาณ 0.14 มก./มล. และ 0.08 มก./มล. ตามลำดับ จึงเลือก *Mycobacterium* sp. BJ-157 สำหรับการปรับปรุงความสามารถในการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเตอรอลเป็นสาร ADD ต่อไป ได้นำสารสกัดที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเตอรอล โดย *Mycobacterium* sp. BJ-157 มาทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีคอลัมน์โครมาโตกราฟี และวิเคราะห์ผลึกที่ได้ทางเคมี โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ADD จากข้อมูลการวิเคราะห์ทางเคมี (จุดหลอมเหลว แมสสเปกตรัม อินฟราเรดสเปกตรัม คาร์บอน 13-นิวเคลียร์แมกเนติก เรโซแนนซ์สเปกตรัม และโปรตอน-นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกตรัม) พิสูจน์ว่าสารที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพ โดย *Mycobacterium* sp. BJ-157 เป็นสาร ADD

สภาวะทางกายภาพที่เหมาะสมในการแปลงรูปทางชีวภาพคือ อุณหภูมิเท่ากับ 30 °C ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 7.0-8.0 การเตรียมสารตั้งต้นให้เหมาะสมทำโดยละลายคอเลสเตอรอลด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ได้แก่ ไดออกเซน ในปริมาณร้อยละ 1 และใช้คอเลสเตอรอลในปริมาณ 1 กรัม/ลิตร โดยเติมคอเลสเตอรอลที่เตรียมดังกล่าวนี้ ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อตั้งแต่เริ่มต้น (ที่เวลา 0 ชม. ของการเลี้ยงเชื้อ) องค์ประกอบที่เหมาะสมของอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการแปลงรูปทางชีวภาพประกอบด้วย แหล่งคาร์บอน ได้แก่ คอร์นสตีฟลีเคอร์ ในปริมาณ 20 กรัม/ลิตร และแหล่งไนโตรเจน ได้แก่ ปากถั่วเหลือง ในปริมาณ 10 กรัม/ลิตร ปริมาณที่เหมาะสมของเกลือแร่ชนิดต่าง ๆ ที่ประกอบในอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตร ได้แก่ โพตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ปริมาณ 0.5 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต ปริมาณ 2.0 กรัม โซเดียมคลอไรด์ ปริมาณ 0.4 กรัม และแคลเซียมคาร์บอเนตปริมาณ 3.0 กรัม เมื่อใช้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแปลงรูปทางชีวภาพ ดังที่กล่าวมาแล้ว ความสามารถในการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเตอรอลเป็นสาร ADD โดย *Mycobacterium* sp. BJ-157 เพิ่มขึ้นจาก 0.14 เป็น 0.83 มก./มล.

ภาควิชา ..... จุลชีววิทยา  
สาขาวิชา ..... จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม  
ปีการศึกษา ..... 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
.....



JARUVON WIMON : BIOTRANSFORMATION OF CHOLESTEROL TO 1,4-ANDROSTADIENE-3,17-DIONE BY *Mycobacterium* sp. BJ-157. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SONGSRI KULPREECHA, Ph.D., CO-ADVISOR : ASSO. PROF. SANHA PANICHAJAKUL, Ph.D., 89 PP. ISBN 974-577-974-1

Eight microbial strains had been studied on cholesterol-transforming activity which their transformed products were analysed by thin layer chromatography. Only 2 *Mycobacterium* strains were able to transform cholesterol into 1,4-androstadiene-3,17 dione (ADD) in 5 days of cultivation, in the presence of  $\alpha,\alpha'$ -dipyridyl as an inducer for 9 $\alpha$ -hydroxylase. Using gas liquid chromatographic analysis, in 72 hours *Mycobacterium* sp. BJ-157 gave the higher amount of ADD than *Mycobacterium* sp. BJ-153, they are 0.4 mg/ml and 0.08 mg/ml, respectively. Therefore *Mycobacterium* sp. BJ-157 was further investigated for improving its biotransformation activity. Crude extract of the cholesterol-transformed product by *Mycobacterium* sp. BJ-157 was purified by column chromatography and the crystals were obtained. Chemical analyses of the crystals and the authentic ADD were performed. From the results of chemical analyses (m.p., mass spectra, IR spectra, <sup>13</sup>C-NMR spectra and <sup>1</sup>H-NMR spectra), the transformed product of *Mycobacterium* sp. BJ-157 was characterized to be ADD.

Optimal physical conditions for biotransformation of cholesterol to ADD by *Mycobacterium* sp. BJ-157 were as follows : the optimal temperature at 30 C, the optimal pH was in the range of 7.0-8.0. Cholesterol was dissolved in the optimal organic solvent i.e. 1% of dioxane, while the optimal concentration of cholesterol was 1 gram per liter of culture medium. The dissolved cholesterol was added into culture medium at the beginning (0 h) of cultivation. The optimal concentration of  $\alpha,\alpha'$ -dipyridyl, and inhibitor of 9 $\alpha$ -hydroxylase, was 1.0 mM. and addition was at 14 h of cultivation. The optimal culture medium for biotransformation of cholesterol to ADD by *Mycobacterium* sp. BJ-157 consisted of corn steep liquor (20 g/l) as a carbon source and soybean meal (10 g/l) as a nitrogen source. The optimal concentration of some minerals were 0.5 g of KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 2.0 g of MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0.4 g of NaCl and 3.0 g of CaCO<sub>3</sub> in 1 l. of culture medium. Under the optimal conditions, the biotransformation activity of cholesterol to ADD by *Mycobacterium* sp. BJ-157 was increased from 0.14 to 0.83 mg/ml.

ภาควิชา ..... จุลชีววิทยา  
สาขาวิชา ..... จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม  
ปีการศึกษา ..... 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
.....



## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สังศรี กุลปรีชา และ  
รองศาสตราจารย์ ดร.สัณฑ์ พงษ์ชยกุล ที่ได้กรุณาเป็นที่ปรึกษา ให้ความช่วยเหลือในแนวคิด  
กำลังใจ และความเข้าใจอันมีค่ายิ่งตลอดเวลาในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์วีรวุฒิ มหามนตรี รองศาสตราจารย์ ดร.  
ไพเราะ ปิ่นพานิชการ และ อาจารย์ ดร.อมร เพชรสม ที่ได้กรุณารับเป็นกรรมการสอบ  
แก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นลิน นิลอุบล ผู้อำนวยการสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาเชื้อเพื่อสถานที่และให้  
ความสะดวกในการใช้เครื่องแกสโครมาโตกราฟ ขอขอบคุณ คุณวาสนา โตเสียง คุณสุนันทา  
คเชษะนันท์ และเจ้าหน้าที่ของสถาบันทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการใช้  
เครื่องแกสโครมาโตกราฟ

ขอขอบพระคุณท่านคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ของภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งพี่ เพื่อน และน้องทุกคนที่ได้มีส่วนช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่  
ข้าพเจ้าตลอดการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในการวิจัยนี้  
ตลอดจนขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ให้ความสะดวกต่าง ๆ

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ คุณพ่อ และ น.พ.โกศล ศิริพรรณพร  
ตลอดจนสมาชิกในครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์  
ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ตั้งแต่ เริ่มต้นจน เสร็จสมบูรณ์



สารบัญ

ช

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญรูปภาพ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฅ
คำย่อ .....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ .....	1
2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย .....	16
3. ผลการวิจัย .....	25
4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง .....	70
รายการอ้างอิง .....	77
ภาคผนวก .....	83
ประวัติผู้เขียน .....	89



## สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1	สูตรโครงสร้างหลักของสเตียรอยด์ .....	1
2	สูตรโครงสร้างของสเตียรอยด์ชนิดต่าง ๆ .....	2
3	สูตรโครงสร้างของคอเลสเทอรอล .....	4
4	สูตรโครงสร้างของ 4-Androstene -3,17-dione (AD) และ 1,4- Androstadiene-3,17-dione (ADD) .....	4
5	การแปลงรูปทางชีวภาพของ AD เป็น 9-hydroxy-4-Androstene-3,17- dione โดย <i>Corynebacterium</i> sp. ....	5
6	การใช้สาร ADD เป็นสารตั้งต้นในการผลิตฮอร์โมนเพศ โดยใช้ปฏิกิริยาเคมี และการใช้จุลินทรีย์ .....	6
7	ค่า Rf ของสารมาตรฐานและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพของ คอเลสเทอรอล โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-153 และ BJ-157 เมื่อ วิเคราะห์ด้วยวิธีโครมาโตกราฟีแบบผิวนาง .....	26
8	แมสสเปกตรัมของสารมาตรฐาน ADD .....	30
9	แมสสเปกตรัมของสารตัวอย่าง ที่ได้จากการแปลงรูปคอเลสเทอรอล ด้วยวิธีทาง ชีวภาพ โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 .....	31
10	อินฟราเรดสเปกตรัมของสารมาตรฐาน ADD .....	33
11	อินฟราเรดสเปกตรัมของสารตัวอย่างที่ได้จากการแปลงรูปคอเลสเทอรอล ด้วย วิธีทางชีวภาพ โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 .....	34
12	NMR สเปกตรัมของสารมาตรฐาน ADD (วัดด้วย $^1\text{H-NMR}$ ) .....	36
13	NMR สเปกตรัมของสารมาตรฐาน AD (วัดด้วย $^1\text{H-NMR}$ ) .....	37
14	NMR สเปกตรัมของสารตัวอย่างที่ได้จากการแปลงรูปคอเลสเทอรอล ด้วยวิธีทาง ชีวภาพ โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 (วัดด้วย $^1\text{H-NMR}$ ) .....	38
15	NMR สเปกตรัมของสารมาตรฐาน ADD (วัดด้วย $^{13}\text{C-NMR}$ ) .....	39
16	NMR สเปกตรัมของสารมาตรฐาน AD (วัดด้วย $^{13}\text{C-NMR}$ ) .....	40



รูปที่	หน้า
17	41
<p>NMR สเปกตรัมของสารตัวอย่างที่ได้จากการแปลงรูปคอเลสเทอรอล ด้วยวิธี ทางชีวภาพ โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 .....</p>	
18	43
<p>ผลของความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ ต่อการแปลงรูปทาง ชีวภาพของคอเลสเทอรอลเป็นสาร ADD โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 ที่อุณหภูมิ 30<sup>o</sup>ซ .....</p>	
19	44
<p>ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงเชื้อต่อการแปลงรูปทางชีวภาพของ คอเลสเทอรอลเป็นสาร ADD โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อความ เป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ เท่ากับ 7.0 .....</p>	
20	47
<p>เปรียบเทียบปริมาณสาร ADD ที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อแปรผันปริมาณของโคออกเซน ...</p>	
21	51
<p>เปรียบเทียบปริมาณสาร ADD ที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อใช้คอเลสเทอรอล 0.5 1.0 และ 1.5 กรัม/ลิตร เป็นสารตั้งต้น และใช้เวลาการแปลงรูปทางชีวภาพต่าง ๆ กัน</p>	
22	53
<p>ปริมาณสาร ADD ที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อเติมคอเลสเทอรอลที่เวลาต่าง ๆ กัน .</p>	
23	55
<p>ปริมาณสาร ADD ที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อแปรผันปริมาณของโคไทรซิลตั้งแต่ 0.1- 2.0 มิลลิโมลาร์ .....</p>	
24	57
<p>ปริมาณสาร ADD ที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อเติมโคไทรซิลที่เวลาต่าง ๆ กัน .....</p>	
25	59
<p>ผลของแหล่งอาหารคาร์บอนชนิดต่าง ๆ ต่อการแปลงรูปทางชีวภาพของ คอเลสเทอรอลเป็นสาร ADD โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 ที่ใช้ แอมโมเนียมคลอไรด์ ไคแอมโมเนียมซัลเฟต และยูเรีย ปริมาณรวม 5 กรัม/ ลิตร เป็นแหล่งไนโตรเจน .....</p>	
26	61
<p>ผลของการแปรผันปริมาณของคอร์นสตีพิลเคอร์ ที่มีต่อการแปลงรูปทางชีวภาพ ของคอเลสเทอรอล โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 .....</p>	

รูปที่	หน้า
27	ผลของแหล่งไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่อการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล เป็นสาร ADD โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อใช้คอร์นสตีพิลเคอร์ ปริมาณ 20 กรัม/ลิตร เป็นแหล่งคาร์บอน ..... 63
28	ผลของการแปรผันปริมาณของกากหัวเหลืองที่มีต่อการแปลงรูปทางชีวภาพของ คอเลสเทอรอล เป็นสาร ADD โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 ..... 65
29	ผลของสารบางชนิดต่อการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล เป็นสาร ADD โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะเลี้ยงเชื้อที่ ไม่เติมสารดังกล่าว ..... 69



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล เป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยจุลินทรีย์ .....	7
2	ตัวอย่างการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการแปลงรูปทางชีวภาพของสารตั้งต้นชนิดต่าง ๆ โดยจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ AD และ ADD .....	9
3	ตัวอย่างการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการแปลงรูปทางชีวภาพของสารตั้งต้นชนิดต่าง ๆ เป็น ADD โดย <i>Arthrobacter simplex</i> .....	12
4	ตัวอย่างการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการแปลงรูปทางชีวภาพของสารตั้งต้นชนิดต่าง ๆ เป็น AD และ ADD โดย <i>Pseudomonas</i> sp. NCIB 10590 ....	13
5	เปรียบเทียบความสามารถในการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอลโดยจุลินทรีย์จำนวน 8 สายพันธุ์ ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรต่าง ๆ กัน มีการเติมและไม่เติมไดโพรซิลลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ สกัดสารด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 2 ชนิด แล้ววิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีโครมาโตกราฟีแบบผิวบาง .....	27
6	เปรียบเทียบปริมาณสาร ADD ที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล โดยเชื้อ <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-153 และ <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อเก็บตัวอย่างที่เวลาต่าง ๆ กัน.....	28
7	เปรียบเทียบปริมาณสาร ADD ที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อละลายคอเลสเทอรอลด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ กัน .....	46
8	เปรียบเทียบปริมาณสาร ADD ที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อแปรผันปริมาณของคอเลสเทอรอล เก็บตัวอย่างที่เวลา 48 ชม. ของการเลี้ยงเชื้อหลังจากเติมไดโพรซิล .....	50
9	เปรียบเทียบปริมาณสาร ADD ที่ได้จากการแปลงรูปทางชีวภาพของคอเลสเทอรอล โดย <i>Mycobacterium</i> sp. BJ-157 เมื่อแปรผันปริมาณเกลือแร่แต่ละชนิดให้มีความเข้มข้น 0.5-3.0 กรัม/ลิตร โดยให้ปริมาณของเกลือแร่ชนิดอื่น ๆ เท่ากับชุดควบคุม (สูตรอาหารการแปลงรูปทางชีวภาพสูตรที่ 2) .	66



## คำย่อ

- AD = 4-แอนโดรสทีน-3,17-ไดโอน (4-Androstene-3,17-dione)  
ADD = 1,4-แอนโดรสตาไดเอน 3,17-ไดโอน (1,4-Androstadiene-3, 17-dione)  
DMSO = ไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (dimethylsulfoxide)  
°ซ = องศาเซลเซียส  
มล. = มิลลิลิตร  
ชม. = ชั่วโมง  
กก. = กิโลกรัม  
ซม. = เซนติเมตร