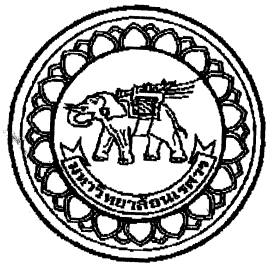

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาการผลิต Lovastatin จากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริม

(Improvement of Lovastatin Production by *Aspergillus terreus* ATCC 20542 Using Vegetable Oils as Sole and Supplement Carbon Sources)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร. พัฒนา ศรีพลากิจ และคณะ

พฤษภาคม 2555

สัญญาเลขที่ R2554B058

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาการผลิต Lovastatin จากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริม

(Improvement of Lovastatin Production by *Aspergillus terreus* ATCC 20542 Using Vegetable Oils as Sole and Supplement Carbon Sources)

คณะผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. พัฒนา ศรีพลากิจ

สังกัด ภาควิชาเภสัชเคมีและเภสัชเวท คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

รองศาสตราจารย์ ดร. อรสร สารพันโชติวิทยา

สังกัด ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สนันสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาการผลิต lovastatin จากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริม (Improvement of lovastatin production by *Aspergillus terreus* ATCC 20542 using vegetable oils as sole and supplement carbon sources)” นี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร ปี 2554 สาขาวิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้เอื้อเฟื้อเครื่องมือวิทยาศาสตร์และสถานที่ในการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย และขอขอบคุณนางสาวจรรยา รื่นเกษร ผู้ช่วยวิจัยประจำโครงการวิจัยฯ ที่ช่วยให้โครงการนี้สำเร็จลงด้วยดี

รองศาสตราจารย์ ดร. พัฒนา ศรีพลากิจ

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย	การพัฒนาการผลิต lovastatin จากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริม
ผู้วิจัย	รองศาสตราจารย์ ดร. พัฒนา ศรีพลากิจ
	รองศาสตราจารย์ ดร. อรสร สารพันโชติวิทยา
หน่วยงานที่สังกัด	คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
หมายเลขโทรศัพท์	055-961861
ได้รับทุนอุดหนุน	การวิจัยสาขาวิทยาศาสตร์เคมีและเภสัช
งบประมาณแผ่นดิน	ประจำปี 2554
จำนวนเงิน	200,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย	1 ปี (1 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึง 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2554)

การศึกษาผลของน้ำมันพืชเพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริมในการผลิต lovastatin โดย *Aspergillus terreus* ATCC 20542 ในอาหารเหลว น้ำมันพืช 11 ชนิดที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ น้ำมันเมล็ดชา น้ำมันคาโนลา น้ำมันมะพร้าว น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะกอก น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันรำข้าว น้ำมันเมล็ดดอกคำฝอย น้ำมันงา น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน โดยทำการตรวจวัดความเข้มข้นของ lovastatin และน้ำหนักเชื้อราแห้ง จากการศึกษาพบว่าการทดลองที่มีการเติมน้ำมันพืชทุกชนิดลงในอาหารเหลวจะมีปริมาณ lovastation สูงกว่าการทดลองควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันถั่วเหลืองจะให้ปริมาณ lovastatin สูง 8.2 และ 5.9 เท่า กว่าการทดลองควบคุมที่ไม่เติมน้ำมันพืช ตามลำดับ น้ำหนักเชื้อราแห้งจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าว แต่การเติมน้ำมันปริมาณสูงเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์ลดลง ทั้งการเลี้ยงเชื้อราที่มีน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งคาร์บอนหลักจะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าการทดลองควบคุมที่ใช้น้ำมันพืชทั้งสองดังกล่าวเป็นแหล่งคาร์บอนเสริม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าน้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนเสริมที่ดีสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต lovastatin

ABSTRACT

Title	Improvement of lovastatin production by *Aspergillus terreus* ATCC 20542 using vegetable oils as sole and supplement carbon sources
By	Assoc. Prof. Dr. Pattana Sripalakit
	Assoc. prof. Dr. Aurasorn Saraphanchotiwitthaya
Affiliation	Faculty of Pharmaceutical Sciences, Naresuan University
Telephone	055-961861

Financial support	National Research Council of Thailand
Budget	200,000 Baht
Duration	1 Year (1 December 2010 - 30 November 2011)

The effect of vegetable oils as sole and supplementary carbon sources during the production of lovastatin by *Aspergillus terreus* ATCC 20542 in submerged culture has been study. The eleven vegetable oils tested were camellia tea oil, canola oil, coconut oil, corn oil, olive oil, palm olein oil, rice bran oil, safflower oil, sesame oil, soya bean oil and sunflower oil. Lovastatin concentration and biomass were measured. Lovastatin productions with vegetable oil containing media were higher yield than the control medium. In particular, coconut oil and soya bean oil significantly improved lovastatin production with 8.2- and 5.9-fold higher, respectively, compared with the media without vegetable oil supplementation. Biomass was proportional to coconut oil concentration, but an excessive concentration of oil resulted in a lower yield. Both cultivations with coconut oil and soya bean oil used as a sole carbon source gave lower production than the control medium with vegetable oil supplementation. Thus, it can be concluded that vegetable oils appear to be excellent supplementary carbon sources for improving lovastatin production efficiency.

สรุปรายงานวิจัย (Executive Summary)

สัญญาเลขที่	R2554B058
โครงการวิจัย	การพัฒนาการผลิต lovastatin จากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริม
หัวหน้าโครงการ	รองศาสตราจารย์ ดร. พัฒนา ศรีพลากิจ
หน่วยงานที่สังกัด	คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
จำนวนเงิน	200,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย	1 ปี (1 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึง 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2554)

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันพบผู้ป่วยโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มขึ้น ทำให้การใช้ยารักษาโรคดังกล่าวมีความจำเป็นเพิ่มขึ้น lovastatin เป็นยาในกลุ่มลดคลอเลสเตอรอล (cholesterol-lowering drug) ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการรักษาโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด lovastatin ผลิตได้จากกระบวนการหมักโดยเชื้อรา *Aspergillus terreus* ยาดังกล่าวมีราคาค่อนข้างสูง เนื่องจากผลิตแต่ละครั้งได้ปริมาณน้อย การพัฒนาเทคโนโลยีการหมักให้มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญต่อผลผลิตเพื่อให้ได้ยาปริมาณสูงขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วชนิดของสารอาหารที่ใช้สำหรับเลี้ยงเชื้อรามีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น น้ำมันพืช เช่น น้ำมันถั่วเหลือง เป็นสารอาหารชนิดหนึ่งซึ่งมีประโยชน์ต่อกระบวนการหมักของยาหลายชนิด เช่น erythromycin tetracycline cephamycin C clavulanic acid และ gentamicin เป็นต้น การประยุกต์ใช้น้ำมันพืชต่อการพัฒนาการผลิต lovastatin จากเชื้อรา *Asperillus terreus* ATCC 20542 จึงมีความน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง

วัตถประสงค์

เพื่อศึกษาผลของน้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริมต่อการผลิต lovastatin

ผลการวิจัย

การศึกษาผลของน้ำมันพืชเพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริมในการผลิต lovastatin โดย *Aspergillus terreus* ATCC 20542 ในอาหารเหลว น้ำมันพืช 11 ชนิดที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ น้ำมันเมล็ดชา (camellia tea oil) น้ำมันคาโนลา (canola oil) น้ำมันมะพร้าว (coconut oil) น้ำมัน

ข้าวโพด (corn oil) น้ำมันมะกอก (olive oil) น้ำมันปาล์มโอเลอิน (palm olein oil) น้ำมันรำข้าว (rice bran oil) น้ำมันเมล็ดดอกคำฝอย (safflower oil) น้ำมันงา (sesame oil) น้ำมันถั่วเหลือง (soya bean oil) และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน (sunflower oil) โดยทำการตรวจวัดความเข้มข้นของ lovastatin และน้ำหนักเชื้อราแห้ง จากการศึกษาพบว่าการทดลองที่มีการเติมน้ำมันพืชทุกชนิดลงในอาหารเหลวจะมีปริมาณ lovastation สูงกว่าการทดลองควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันถั่วเหลืองจะให้ปริมาณ lovastatin สูง 8 และ 5 เท่ากว่าการทดลองควบคุมที่ไม่เติมน้ำมันพืช ตามลำดับ น้ำหนักเชื้อราแห้งจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าว แต่การเติมน้ำมันปริมาณสูงเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์ลดลง ทั้งการเลี้ยงเชื้อราที่มีน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งคาร์บอนหลักจะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าการทดลองควบคุมที่ใช้น้ำมันพืชทั้งสองดังกล่าวเป็นแหล่งคาร์บอนเสริม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าน้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนเสริมที่ดีสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต lovastatin

Output ของงานวิจัย

นำเสนอผลงานในงานประชุมวิชาการที่มีการตีพิมพ์เฉพาะ Abstract จำนวน 1 เรื่อง ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 37 (วทท 37)

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
สรุปรายงานวิจัย (Executive Summary)	จ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ฎ
1. บทนำ	1
1.1 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	1
1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	2
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.6 ทฤษฎีและแนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2. วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย	6
2.1 วิธีดำเนินการวิจัย	6
2.1.1 เชื้อรามาตรฐาน	6
2.1.2 สารเคมี	6
2.1.3 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์	9
2.1.4 การเพาะเลี้ยงเชื้อรา	10
2.1.5 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเสริมต่อการผลิต lovastatin	10
2.1.6 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชปริมาณต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเสริมต่อการผลิต lovastatin	10
2.1.7 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักต่อการผลิต lovastatin	11

หน้า

2.1.8 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริมต่อการผลิต lovastatin 11
2.2 ผลการวิจัย 11
2.2.1 การวิเคราะห์กราฟมาตรฐานของ lovastatin 11
2.2.2 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเสริมต่อการผลิต lovastatin 15
2.2.3 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชปริมาณต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเสริมต่อการผลิต lovastatin 19
2.2.4 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักต่อการผลิต lovastatin 23
2.2.5 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริมต่อการผลิต lovastatin 27
3. อภิปรายผลการวิจัย 30
3.1 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเสริมต่อการผลิต lovastatin 30
3.2 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชปริมาณต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเสริมต่อการผลิต lovastatin 33
3.3 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักต่อการผลิต lovastatin 35
3.4 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริมต่อการผลิต lovastatin 37
4. สรุปและเสนอแนะ 38
บรรณานุกรม 39
ภาคผนวก ก ตัวชี้วัดเพื่อการประเมินผลสำเร็จของโครงการ 41

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	รายละเอียดต่างๆ ของน้ำมันพืชที่ใช้ในการศึกษา	7
2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน lovastatin กับพื้นที่ใต้ peak	12
3	ค่าพื้นที่ใต้ peak ของผลิตภัณฑ์ lovastatin ที่ได้จากโครมาโตแกรมและน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันเมล็ดชา น้ำมันคาโนลา และน้ำมันมะพร้าว เป็นแหล่งคาร์บอนเสริม	16
4	การเปรียบเทียบความเข้มข้น lovastatin และน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันเมล็ดชา น้ำมันคาโนลา และน้ำมันมะพร้าว เป็นแหล่งคาร์บอนเสริม	16
5	ค่าพื้นที่ใต้ peak ของผลิตภัณฑ์ lovastatin ที่ได้จากโครมาโตแกรมและน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะกอก น้ำมันปาล์มโอเลอิน และน้ำมันรำข้าว เป็นแหล่งคาร์บอนเสริม	17
6	การเปรียบเทียบความเข้มข้น lovastatin และน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะกอก น้ำมันปาล์มโอเลอิน และน้ำมันรำข้าว เป็นแหล่งคาร์บอนเสริม	17
7	ค่าพื้นที่ใต้ peak ของผลิตภัณฑ์ lovastatin ที่ได้จากโครมาโตแกรมและน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันเมล็ดดอกคำฝอย น้ำมันงา น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน เป็นแหล่งคาร์บอนเสริม	18
8	การเปรียบเทียบความเข้มข้น lovastatin และน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันเมล็ดดอกคำฝอย น้ำมันงา น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน เป็นแหล่งคาร์บอนเสริม	18
9	ค่าพื้นที่ใต้ peak ของผลิตภัณฑ์ lovastatin ที่ได้จากโครมาโตแกรมและน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันมะพร้าวปริมาณต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเสริม	20
10	การเปรียบเทียบความเข้มข้น lovastatin และน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันมะพร้าวปริมาณต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเสริม	21

ตาราง		หน้า
11	ค่าพื้นที่ใต้ peak ของผลิตภัณฑ์ lovastatin ที่ได้จากโครมาโตแกรมและน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองปริมาณต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเสริม	22
12	การเปรียบเทียบความเข้มข้น lovastatin และน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองปริมาณต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนเสริม	23
13	ค่าพื้นที่ใต้ peak ของผลิตภัณฑ์ lovastatin ที่ได้จากโครมาโตแกรมและน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันมะพร้าวปริมาณต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนหลัก	24
14	การเปรียบเทียบความเข้มข้น lovastatin และน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันมะพร้าวปริมาณต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนหลัก	25
15	ค่าพื้นที่ใต้ peak ของผลิตภัณฑ์ lovastatin ที่ได้จากโครมาโตแกรมและน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองปริมาณต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนหลัก	26
16	การเปรียบเทียบความเข้มข้น lovastatin และน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองปริมาณต่างๆ เป็นแหล่งคาร์บอนหลัก	27
17	ค่าพื้นที่ใต้ peak ของผลิตภัณฑ์ lovastatin ที่ได้จากโครมาโตแกรมและน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริม	28
18	การเปรียบเทียบความเข้มข้น lovastatin และน้ำหนักแห้งของเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและเสริม	29

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	โครงสร้างของ lovastatin	1
2	กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน lovastatin กับพื้นที่ใต้ peak	13
3	โครมาโตแกรมจากเครื่อง HPLC ของการวิเคราะห์ lovastatin ที่ได้จากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542	13
4	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของ lovastatin และน้ำหนักเชื้อราแห้งที่ผลิตจากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้แหล่งคาร์บอนเสริมจากน้ำมันเมล็ดชา น้ำมันคาโนลา และน้ำมันมะพร้าว ความเข้มข้น 1 %w/v	31
5	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของ lovastatinและน้ำหนักเชื้อราแห้งที่ผลิตจากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้แหล่งคาร์บอนเสริมจากน้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะกอก น้ำมันปาล์มโอเลอิน และน้ำมันรำข้าว ความเข้มข้น 1 %w/v	32
6	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของ lovastatin และน้ำหนักเชื้อราแห้งที่ผลิตจากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้แหล่งคาร์บอนเสริมจากน้ำมันเมล็ดดอกคำฝอย น้ำมันงา น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน ความเข้มข้น 1 %w/v	32
7	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของ lovastatin และน้ำหนักเชื้อราแห้งที่ผลิตจากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้แหล่งคาร์บอนเสริมจากน้ำมันมะพร้าว ความเข้มข้น 1-5 %w/v	34
8	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของ lovastatin และน้ำหนักเชื้อราแห้งที่ผลิตจากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้แหล่งคาร์บอนเสริมจากน้ำมันถั่วเหลือง ความเข้มข้น 1-5 %w/v	34
9	การเปรียบเทียบความเข้มข้นของ lovastatin และน้ำหนักเชื้อราแห้งที่ผลิตจากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้แหล่งคาร์บอนหลักจากน้ำมันมะพร้าว ความเข้มข้น 1-5 %w/v	36

รูป

10 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของ lovastatin และน้ำหนักเชื้อราแห้งที่ผลิตจากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้แหล่งคาร์บอนหลักจากน้ำมันถั่วเหลือง ความเข้มข้น 1-5 %w/v 36

11 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของ lovastatin (กราฟแท่งสีขาว) และน้ำหนักเชื้อราแห้ง (กราฟแท่งสีเทา) ที่ผลิตจากเชื้อรา *Aspergillus terreus* ATCC 20542 โดยใช้แหล่งคาร์บอนหลัก (Sole) และแหล่งคาร์บอนเสริม (Sup.) จากน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันถั่วเหลือง ความเข้มข้น 1 %w/v 37