การแยกกรดจิบเบอเรลลิกจากน้ำหมักโดยการใช้ตัวกลางแลกเปลี่ยนประจุภาค

นางสาวนงลักษณ์ ธนูถนัด

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-903-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SEPARATION OF GIBBERELLIC ACID FROM FERMENTATION BROTH BY ION-EXCHANGERS

Miss Nongluk Thanoothanud

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Biotechnology
Programme of Biotechnology
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1997

ISBN 974-638-903-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแยกกรดจิบเบอเรลลิกจากน้ำหมักโดยการใช้ตัวกลางแลกเปลี่ยนประจุภาค
โดย	นางสาว นงลักษณ์ ธนูถนัด
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร)

นงลักษณ์ ธนูถนัด : การแยกกรดจิบเบอเรลลิกจากน้ำหมักโดยการใช้ตัวกลางแลกเปลี่ยนประจุภาค
(SEPARATION OF GIBBERELLIC ACID FROM FERMENTATION BROTH BY ION-EXCHANGERS)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ , อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ
และ ผศ.ดร. อมร เพชรสม, 92 หน้า. ISBN 974-638-903-3

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะหาภาวะที่เหมาะสมในการแยกกรดจิบเบอเรลลิกจากน้ำหมักโดยการใช้ตัวกลางแลกเปลี่ยนประจุภาค ตัวกลางแลกเปลี่ยนประจุภาคหรือเรซินที่ใช้เป็นแอนไอออนเรซินชนิด strong มีชื่อว่า Quaron AU-808 โดยเมื่อใช้น้ำหมักที่มีความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกเริ่มต้นเท่ากับ 440.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร คิดเป็นปริมาณกรดจิบเบอเรลลิก 0.088 กรัม ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่เหมาะสมของน้ำหมักในขั้นตอนการดูดซับคือ 8.0 ผ่านน้ำหมักลงคอลัมน์เรซิน มีปริมาตรเท่ากับ 23.25 มิลลิลิตร ใช้อัตราการไหล 8.6 ซม.$^{-1}$ ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส พบว่าให้ความจุในการดูดซับของเรซินในหนึ่งคอลัมน์เท่ากับ 66.26 เปอร์เซนต์ หลังผ่านขั้นตอนการดูดซับล้างเรซินด้วยเมธานอล จากนั้นทำการชะด้วยตัวชะคือสารละลาย 91%เมธานอลที่มี 9% (น้ำหนัก/ปริมาตร) กรดไฮโดรคลอริก ด้วยอัตราการไหล 2.15 ซม.$^{-1}$ สารละลายกรดจิบเบอเรลลิกที่ผ่านขั้นตอนการแยกกรดจิบเบอเรลลิกออกจากคอลัมน์แล้ว นำสารละลายส่วนนี้มาสกัดและวิเคราะห์ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกด้วยวิธี HPLC พบว่ามีปริมาณกรดจิบเบอเรลลิก 0.019 กรัม คิดเป็นผลิตผลกลับคืนเท่ากับ 33.13 เปอร์เซนต์

ภาควิชา ..... ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C726932 : MAJOR BIOTECHNOLOGY
KEY WORD: GIBBERELLIC ACID / SEPARATION / ION-EXCHANGE

NONGLUK THANOOTHANUD : SEPARATION OF GIBBERELLIC ACID FROM FERMENTATION BROTH BY ION-EXCHANGERS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SURAPONG NAVANKASATTUSAS, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ASSO.PROF. PAIROH PINPHANICHAKARN, Ph.D. AND ASST. PROF. AMORN PECHSOM, Ph.D. 92 pp. ISBN 974-638-903-3

The objective of this study is to find the optimal condition for the separation of gibberellic acid from fermentation broth by ion-exchangers. Type of ion-exchanger or resin in this study is strongly basic anion resin namely Quaron AU-808. Highest adsorption and recovery were observed when 200 ml. of fermentation broth with gibberellic acid concentration of 440.57 mg/l. containing 0.088 g. of gibberellic acid. The optimal initial pH of broth for adsorption was 8.0. Flow rate of the filtrated fermentation broth through the column anion exchange resin was 8.6 $hr.^{-1}$ The bed volume of ion-exchange resin was 23.25 ml. The temperature of column was maintained at 25°C. Percentage of adsorption was 66.12 percent. After adsorption step, the resin was washed with methanol. The adsorbed gibberellic acid was eluated with 91% methanol and 9%(w/v) hydrochloric acid at flow rate of 2.15 $hr.^{-1}$ The gibberellic acid eluate was extracted and analyzed by HPLC. The eluated gibberellic acid contained 0.019 g. of gibberellic acid. Percentage of recovery was 33.13 percent.

ภาควิชา..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ โดยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ ที่ได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ และ ให้ความดูแลช่วยเหลืออย่างดียิ่งตลอดการทำวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์ ศิษย์ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม ที่ได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆในการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ คณะผู้บริหารสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมี ตลอดจนสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำการวิจัย

ขอขอบคุณ นักวิจัย ช่างเทคนิค เจ้าหน้าที่ของสถาบันฯ ทุกท่าน และน้องๆ เพื่อนๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ และเป็นกำลังใจด้วยดีมาตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ น้อง และคนสนิท ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนทั้งกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์ ในระหว่างการศึกษาด้วยดีตลอดมา

ความดีของการศึกษาและคุณค่าของวิทยานิพนธ์นี้ ข้าพเจ้าขออุทิศแด่บูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ด
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ประวัติความเป็นมา	1
1.2 ชนิดและโครงสร้างของจิบเบอเรลลิน	2
1.3 การถูกทำลายหรือทำให้สูญเสียฤทธิ์ทางชีวภาพของกรดจิบเบอเรลลิก	4
1.4 แหล่งที่มาของจิบเบอเรลลิน	7
1.5 การสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน	8
1.6 การวิเคราะห์ปริมาณจิบเบอเรลลิน	13
1.7 การแยกจิบเบอเรลลินและการทำให้บริสุทธิ์	19
1.8 มูลเหตุจูงใจในการทำวิจัย	22
1.9 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	24
บทที่	
2. อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย	25
2.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	25
2.2 น้ำหมักกรดจิบเบอเรลลิกที่ได้จากกระบวนการหมัก (fermentation broth)	27
2.3 วิธีเก็บรักษาน้ำหมักกรดจิบเบอเรลลิกที่ได้จากกระบวนการหมัก	28
2.4 วิธีการวิเคราะห์	28
2.4.1 การหาค่าความเป็นกรด-ด่าง	28

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกโดยวิธีไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี(HPLC).....	28
	2.5 การเตรียมแอนไอออนเรซิน.....	29
	2.6 การทดลองในระบบแบทช์.....	29
	2.7 การทดลองในระบบคอลัมน์.....	32
	3. ผลการทดลอง.....	33
	3.1 การศึกษาภาวะในระบบแบทช์.....	33
	3.1.1 การหาเวลาที่ถึงจุดอิ่มตัวของเรซินในขั้นตอนการดูดซับและการชะกรดจิบเบอเรลลิก.....	33
	3.1.2 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการดูดซับและการชะ	44
	3.1.2.1 การศึกษาปัจจัย pH เริ่มต้น.....	44
	3.1.2.2 ปัจจัยของตัวชะ.....	48
	3.1.2.3 การศึกษาปัจจัยอุณหภูมิต่อการดูดซับและการชะ.....	51
	3.1.2.4 ค่า selectivity coefficient ของกรดจิบเบอเรลลิก....	54
	3.2 การศึกษาภาวะในระบบคอลัมน์.....	55
	3.2.1 การวัด Breakthrough curve.....	55
	3.2.2 การศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิในขั้นตอนการดูดซับและการชะ...	60
	3.2.3 การศึกษาปัจจัยของอัตราการไหล.....	62
	4. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	64
รายการอ้างอิง.....		70
ภาคผนวก.....		75
	ก. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ	76
	ข. การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย.....	77
	ค. กราฟมาตรฐานและโครมาโตแกรม.....	80
ประวัติผู้เขียน.....		92

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	ค่าครึ่งชีวิตของสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกในน้ำ ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	4
1-2	เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย ของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณจิบเบอเรลลินวิธีต่างๆ.....	18
3-1	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ไม่ถูกดูดซับที่เรซินในขั้นตอนการดูดซับ ที่เวลาทุก 1 ชั่วโมง.....	33
3-2	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกดูดซับที่เรซินในขั้นตอนการดูดซับ ที่เวลาทุก 10 นาที.....	35
3-3	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะออกจากเรซินในขั้นตอนการชะ ที่เวลาทุก 0.5 ชั่วโมง.....	37
3-4	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะออกจากเรซินในขั้นตอนการชะ ที่เวลาทุก 10 นาที.....	38
3-5	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ไม่ถูกทำลาย และเปอร์เซนต์กรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกทำลาย เมื่อกรดจิบเบอเรลลิกอยู่ในอาหารเหลวสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลิน หรือในแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์	40
3-6	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะด้วยสารละลาย 93%เมธานอลที่มี 7%กรดไฮโดรคลอริก ในขั้นตอนการชะ ที่เวลาทุก 10 นาที.....	43
3-7	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ไม่ถูกทำลาย และเปอร์เซนต์กรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกทำลาย เมื่ออยู่ในสารละลายของอาหารเหลวสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลินที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆกัน.....	45
3-8	ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกเริ่มต้น ที่ถูกดูดซับในขั้นตอนการดูดซับ และที่ชะได้จากขั้นตอนการชะ เปอร์เซนต์การดูดซับ เปอร์เซนต์การชะ และเปอร์เซนต์ผลิตผลกลับคืน เมื่อแปรสัดส่วนของส่วนประกอบในสารละลายตัวชะ.....	49
3-9	ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิก และเปอร์เซนต์กรดจิบเบอเรลลิกในขั้นตอนการดูดซับและการชะต่างๆ เมื่อแปรอุณหภูมิระหว่างทำการแลกเปลี่ยนประจุภาคเท่ากับ 25 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ.....	52
3-10	ค่า selectivity coefficient ของกรดจิบเบอเรลลิก.....	54

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-11	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิก และ pH ในแต่ละลำดับส่วน (fraction) ของขั้นตอนการดูดซับจาก breakthrough curve.....	56
3-12	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิก และ pH ในแต่ละลำดับส่วน (fraction) ของขั้นตอนการชะ จาก breakthrough curve.....	58
3-13	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกเริ่มต้นในน้ำหมัก ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ load เข้าคอลัมน์และที่ถูกดูดซับในขั้นตอนการดูดซับ ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ชะได้ทั้งหมดในขั้นตอนการชะ เปอร์เซนต์การดูดซับ และเปอร์เซนต์ผลิตผลกลับคืน เมื่อแปรอุณหภูมิของระบบ.....	60
3-14	เปอร์เซนต์การดูดซับและเปอร์เซนต์ผลิตผลกลับคืน จากการแปรอัตราการไหล...	62
4-1	เปรียบเทียบความคล้ายคลึงและข้อแตกต่างของรายละเอียดในการแยกกรดจิบเบอเรลลิก ระหว่างงานวิจัยนี้กับของ Merck & Co.....	68
ข-1	การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดจิบเบอเรลลิก ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC.....	78
ค-1	ค่าสัดส่วนของพื้นที่ใต้กราฟของ สารละลายมาตรฐานกรดจิบเบอเรลลิกและสารละลายมาตรฐานเปรียบเทียบภายใน ที่แต่ละความเข้มข้นของกรดจิบเบอเรลลิก	80

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	โครงสร้างของ ent-gibberellane	3
1-2	สูตรโครงสร้างของ GA_3	3
1-3	การเปลี่ยนแปลงจากกรดจิบเบอเรลลิก ไปเป็นกรดจิบเบอเรลลีนิก	5
1-4	โครงสร้างของกรดแอลโลจิบเบอลิก	5
1-5	โครงสร้างของไอโซเมอร์ของกรดจิบเบอเรลลิก	6
1-6	การเกิดไอโซเมอไรเซชัน (isomerization) ของกรดจิบเบอเรลลิกในภาวะที่เป็นด่าง แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่ ring A	6
1-7	ขั้นตอนการสังเคราะห์ไอโซเพนทีนิลไพโรฟอสเฟต	8
1-8	ขั้นตอนการสังเคราะห์สารประกอบเทอร์พีนและเทอร์พีนอยด์	9
1-9	ขั้นตอนการสังเคราะห์ เอนท์-คอรีน	10
1-10	ขั้นตอนการสังเคราะห์ GA_{12}-อัลดีไฮน์	11
1-11	ขั้นตอนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินชนิดต่างๆ	12
3-1	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ไม่ถูกดูดซับในขั้นตอนการดูดซับที่เวลาทุก 1 ชั่วโมง	34
3-2	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกดูดซับในขั้นตอนการดูดซับที่เวลาทุก 10 นาที	36
3-3	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะออกจากเรซินในขั้นตอนการชะทุก 0.5 ชั่วโมง	37
3-4	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะออกจากเรซินในขั้นตอนการชะทุก 10 นาที	38
3-5	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ไม่ถูกทำลายในสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ที่เวลาทุก 20 นาที	41
3-6	เปอร์เซนต์กรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกทำลายในสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ ที่เวลาทุก 20 นาที	41
3-7	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะออกจากเรซินในขั้นตอนการชะที่เวลาทุก 10 นาที	44
3-8	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่วิเคราะห์ได้ (โดย HPLC) เมื่อกรดจิบเบอเรลลิกเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในสารละลายที่มีค่า pH ต่างๆ	46

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-9	เปอร์เซนต์ของกรดจิบเบอเรลลิกที่หายไป เมื่อกรดจิบเบอเรลลิกอยู่ในสารละลายที่มีค่า pH ต่างๆกัน สกัดและวิเคราะห์ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกโดยวิธี HPLC.	47
3-10	เปอร์เซนต์การชะกรดจิบเบอเรลลิก และเปอร์เซนต์ผลิตผลกลับคืน จากการแปรสารละลายตัวชะที่ใช้ในขั้นตอนการชะ.....	50
3-11	เปอร์เซนต์การดูดซับกรดจิบเบอเรลลิก เปอร์เซนต์การชะกรดจิบเบอเรลลิกและเปอร์เซนต์ผลิตผลกลับคืน เมื่อแปรอุณหภูมิในระหว่างขั้นตอนการดูดซับและการชะเป็น 25 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ.....	53
3-12	Breakthrough curve ของกรดจิบเบอเรลลิก จากแต่ละลำดับส่วนของขั้นตอนการดูดซับและการชะ.....	58
3-13	pH profile ของ breakthrough curve กรดจิบเบอเรลลิกในขั้นตอนการดูดซับ	59
3-14	เปอร์เซนต์การดูดซับกรดจิบเบอเรลลิก และเปอร์เซนต์ผลิตผลกลับคืน เมื่อแปรอุณหภูมิของระบบ.....	61
3-15	เปอร์เซนต์การดูดซับจากการแปรอัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับ 5 - 9 ซม.$^{-1}$	63
3-16	เปอร์เซนต์ผลิตผลกลับคืนจากการแปรอัตราการไหลในขั้นตอนการชะ 1.72 - 4 ซม.$^{-1}$.....	63
ค-1	กราฟมาตรฐานของกรดจิบเบอเรลลิกในช่วงความเข้มข้น 0-1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยวิธี HPLC.....	82
ค-2	โครมาโตแกรมของกรดจิบเบอเรลลิกมาตรฐาน เมื่อใช้พาราเซตามอลเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบภายใน วิเคราะห์โดยวิธี HPLC.....	83
ค-3	โครมาโตแกรมของกรดจิบเบอเรลลิกในน้ำหมัก เมื่อใช้พาราเซตามอลเป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบภายใน วิเคราะห์โดยวิธี HPLC.....	84
ค-4	โครมาโตแกรม HPLC ของกรดจิบเบอเรลลิกในขั้นตอนการดูดซับและชะ เมื่ออุณหภูมิของระบบเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส.....	85
ค-5	โครมาโตแกรม HPLC ของกรดจิบเบอเรลลิกในขั้นตอนการดูดซับและชะ เมื่ออุณหภูมิของระบบเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส.....	86
ค-6	โครมาโตแกรม HPLC ของกรดจิบเบอเรลลิกในขั้นตอนการดูดซับและชะ เมื่ออุณหภูมิของระบบเท่ากับ 35 องศาเซลเซียส.....	87

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
ค-7	โครมาโตแกรม HPLC ของกรดจิบเบอเรลลิกในขั้นตอนการดูดซับและชะ เมื่ออุณหภูมิของระบบเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส.....	88
ค-8	โครมาโตแกรม HPLC ของลำดับส่วนที่ 6 ในขั้นตอนการดูดซับ จาก breakthrough curve.....	89
ค-9	โครมาโตแกรม HPLC ของลำดับส่วนที่ 36 ในขั้นตอนการดูดซับ จาก breakthrough curve.....	90
ค-10	โครมาโตแกรม HPLC ของลำดับส่วนที่ 72 ในขั้นตอนการชะ จาก breakthrough curve.....	91

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

GA_3	=	กรดจิบเบอเรลลิก
HPLC	=	ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโตกราฟี
°ซ	=	องศาเซลเซียส
ชม.	=	ชั่วโมง
มล.	=	มิลลิลิตร
มก.	=	มิลลิกรัม
pH	=	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
M	=	โมลาร์
%	=	เปอร์เซนต์
%w/v	=	เปอร์เซนต์น้ำหนักต่อปริมาตร