การวิเคราะห์เชิงปริมาณของเปลาโนทอลในพลาสมาโดยใช้แก๊สโครมาโทกราฟี

นายกิจติศักดิ์ ยศอินทร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6969-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 19098433

QUANTITATIVE ANALYSIS OF PLAUNOTOL IN PLASMA USING GAS CHROMATOGRAPHY

Mr. Kijtisak Yos-In

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Biotechnology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6969-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์เชิงปริมาณของเปลาโนทอลในพลาสมาโดยใช้แก๊สโครมาโทกราฟี
โดย	นายกิจติศักดิ์ ยศอินทร์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ หนูจักร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....รักษาราชการแทนคณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธราพงษ์ วิทิตศานต์)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัฒน์ เจริญพรวัฒนา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ หนูจักร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ วาสนา โตเลี้ยง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พลกฤษณ์ แสงวณิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิจติศักดิ์ ยศอินทร์: การวิเคราะห์เชิงปริมาณของเปลาโนทอลในพลาสมาโดยใช้แก๊สโครมาโทกราฟี (QUANTITATIVE ANALYSIS OF PLAUNOTOL IN PLASMA USING GAS CHROMATOGRAPHY) อาจารย์ที่ปรึกษา: รศ. ดร. อมร เพชรสม, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม: ผศ. ดร. ธรรมนูญ หนูจักร, 81 หน้า. ISBN 974-17-6969-5

ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์เปลาโนทอลในพลาสมาโดยการสกัดด้วยวัฏภาคของแข็งและวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี โดยนำตัวอย่างพลาสมา 0.5 มิลลิลิตร มาตกตะกอนโปรตีนด้วยแอซีโตรไนไตรล์ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร แล้วนำสารละลายมาผ่าน Sep-pak C18 cartridge ที่ปรับภาวะสมดุลด้วยแอซีโตรไนไตรล์ 40 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นล้างด้วย 3.0 มิลลิลิตรของ 10 เปอร์เซ็นต์เอทานอลในน้ำ ใช้ 2.0 มิลลิลิตรของเอทานอลสัมบูรณ์ชะเปลาโนทอล นำสารละลายที่ได้ไประเหยให้แห้งและเติม 0.5 มิลลิลิตรของเฮกเซนที่ประกอบด้วยนอร์มอลออกตาโคเซน 2.5 พีพีเอ็ม นำสารละลายเปลาโนทอลที่ถูกชะมาวิเคราะห์ต่อด้วยแก๊สโครมาโทกราฟีโดยใช้แคปปิลลารีคอลัมน์และนอร์มอลออกตาโคเซนที่ความเข้มข้น 2.5 พีพีเอ็ม เป็นอินเทอร์นอลแสตนดาร์ด พบว่าขีดจำกัดของการตรวจวัดและขีดจำกัดของปริมาณวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 2.0 และ 3.0 พีพีเอ็ม ตามลำดับ จากการเติมเปลาโนทอลที่ความเข้มข้น 5.0 ถึง 20.0 พีพีเอ็มลงไปในพลาสมา การสกัดด้วยวัฏภาคของแข็งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของการคืนกลับของเปลาโนทอลอยู่ในช่วง 89.2 ถึง 104.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการวิเคราะห์ภายในวันเดียวกัน (จำนวน 5 ตัวอย่าง) และ 87.4 ถึง 100.3 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการวิเคราะห์ระหว่างวัน (เวลา 5 วัน) ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้ระหว่าง 80.0 ถึง 110.0 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานสากลของ AOAC เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสูงสุดของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง 6.3 ถึง 8.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับที่ความเข้มข้น 5.0 ถึง 20.0 พีพีเอ็ม ของเปลาโนทอลที่ได้เติมลงไป ค่าความเที่ยงของวิธีการสกัดด้วย วัฏภาคของแข็งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้สำหรับการวิเคราะห์ภายในวันเดียวกัน (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 1.1 ถึง 5.0 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่ความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์ระหว่างวันมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 0.5 ถึง 8.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าค่าที่ยอมรับเพียงเล็กน้อย ดังนั้นแก๊สโครมาโท กราฟีและการสกัดด้วยวัฏภาคของแข็งน่าจะสามารถนำมาใช้หาปริมาณเปลาโนทอลในพลาสมาได้

สาขาวิชา....เทคโนโลยีชีวภาพ..... ลายมือชื่อนิสิต....กิจติศักดิ์ ยศอินทร์.....

ปีการศึกษา.....2547..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4472215023 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEYWORDS: PLAUNOTOL/ PLASMA/ GAS CHROMATOGRAPHY/

SOLID PHASE EXTRACTION//

KIJTISAK YOS-IN: QUANTITATIVE ANALYSIS OF PLAUNOTOL IN PLASMA USING GAS CHROMATOGRAPHY. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. AMORN PETSOM, Ph.D., THESIS COADVISOR: ASST. PROF. THUMNOON NHUJAK, Ph.D., 81 pp. ISBN 974-17-6969-5

An analytical method was developed for determination of plaunotol in human plasma using solid phase extraction (SPE) and gas chromatography (GC). The plasma proteins in a 0.5 ml plasma sample were precipitated with 1.0 ml acetonitrile. The resulting solution was subjected to a Sep-pak C18 cartridge equilibrated with 40 % acetonitrile, and then washed with 3.0 ml of 10 % ethanol in water. 2.0 ml of absolute ethanol was used to elute plaunotol. The obtained solution was evaporated, and 0.5 ml of hexane containing 2.5 ppm n-octacosane was added. Plaunotol in the eluted solution was analyzed by GC using a cappillary column and 2.5 ppm n-octacosane as internal standard. The limit of detection and limit of quantition were found to be 2.0 ppm and 3.0 ppm, respectively. By spiking 5.0 to 20.0 ppm plaunotol into the plasma sample, SPE gave the plaunotol recoveries of 89.2 to 104.2 % for the intra-day (five samples) and 87.4 to 100.3 % for the inter-day (five days), which are in the acceptable range of 80.0 to 110.0 % for AOAC international standard. In comparison with the maximum acceptable range of 6.3 to 8.2 % relative standard deviation for 5.0-20.0 ppm spiked plaunotol, the precision values of SPE were obtained to be acceptable for the intra-day (1.1 to 5.0 % RSD), while the inter-day precision values of 0.5 to 8.5 % RSD were found to be slightly higher than the acceptable range. Therefore, GC with SPE could be used for determination of plaunotol in plasma.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Field of study……Biotechnology……..

Academic year……...2004……

Student's signature…Kijtisak Yos-In…

Advisor's signature……

Co-Advisor's signature……

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธรรมนูญ หนูจักร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของการศึกษาวิจัยตลอดจนให้ความรู้และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ วาสนา โตเลี้ยง, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พลกฤษณ์ แสงวณิช และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัฒน์ เจริญพรวัฒนา ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขให้วิทยานิพนธ์เรื่องนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอบคุณเพื่อน ๆ ปริญญาโทและเจ้าหน้าที่สถาบันเทคโนโลยีทางชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำและให้กำลังใจกันมาตลอดการวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสนับสนุนบางส่วนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญ		ช
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญภาพ		ฎ
คำย่อและสัญลักษณ์ที่ใช้		ฒ
บทที่		
1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	2.1 ประวัติความเป็นมา	4
	2.2 เปล้าน้อย	5
	2.3 เปลาโนทอล	10
	2.4 การวิเคราะห์ปริมาณยาในพลาสมา	16
3	วิธีการทดลอง	28
	3.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	28
	3.2 การดำเนินงานวิจัย	29
	3.3 ขั้นตอนการวิจัย	29
4	ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	34
	4.1 การหาภาวะการทดลองทางแก๊สโครมาโทกราฟีที่เหมาะสมของเปลาโนทอล	34
	4.2 การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณเปลาโนทอลในพลาสมาโดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยวัฏภาคของแข็ง	36

หน้า

4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์เปลาโนทอลในพลาสมาที่ได้พัฒนาขึ้น 37
5 สรุปผลการทดลอง 49
รายการอ้างอิง 51
ภาคผนวก 60
ภาคผนวก ก 61
ภาคผนวก ข 62
ภาคผนวก ค 67
ภาคผนวก ง 79
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	Elutropic series สำหรับอะลูมินา.....	25
4.1	ขีดจำกัดของการวัดได้ (LOD) และขีดจำกัดของการหาปริมาณ (LOQ).....	39
4.2	สมการเส้นตรง ($y = mx + c$) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่ได้จากการเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลในเฮกเซนในแต่ละวันที่ทำการทดลอง.....	45
4.3	ความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณเปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาเมื่อทำการวิเคราะห์ใน 1 วันของการทดลองวันที่ 1.....	46
4.4	ความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณเปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาเมื่อทำการวิเคราะห์ระหว่างวัน	47
ค.1	ค่าอัตราส่วนสัญญาณของเปลาโนทอลต่อสัญญาณรบกวน (S/N) เพื่อหาขีดจำกัดของการวัดได้ (LOD) ของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลความเข้มข้น 2.0 ppm ในเฮกเซน.....	67
ค.2	ค่าอัตราส่วนสัญญาณของเปลาโนทอลต่อสัญญาณรบกวน (S/N) เพื่อหาขีดจำกัดของการวัดได้ (LOD) ของสารละลายเปลาโนทอลความเข้มข้น 2.0 ppm ที่เติมลงในพลาสมา.....	67
ค.3	ค่าอัตราส่วนสัญญาณของเปลาโนทอลต่อสัญญาณรบกวน (S/N) เพื่อหาขีดจำกัดของการหาปริมาณ (LOQ) ของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลความเข้มข้น 3.0 ppm ในเฮกเซน.....	68
ค.4	ค่าอัตราส่วนสัญญาณของเปลาโนทอลต่อสัญญาณรบกวน (S/N) เพื่อหาขีดจำกัดของการหาปริมาณ (LOQ) ของสารละลายเปลาโนทอลความเข้มข้น 3.0 ppm ที่เติมลงในพลาสมา.....	68
ค.5	พื้นที่ใต้พีกของสารละลายเปลาโนทอลทั้ง 5 ความเข้มข้น และพื้นที่ใต้พีกของนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm ในเมทริกซ์ที่เป็นพลาสมาเพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรง.....	69
ค.6	พื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลทั้ง 5 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีกของนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm ในเฮกเซนเพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงของการทดลองในวันที่ 1.....	70

ตารางที่		หน้า
ค.7	พื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลทั้ง 5 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีกของนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm ในเฮกเซนเพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงของการทดลองในวันที่ 2.....	71
ค.8	พื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลทั้ง 5 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีกของนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm ในเฮกเซนเพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงของการทดลองในวันที่ 3	72
ค.9	พื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลทั้ง 5 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีกของนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm ในเฮกเซนเพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงของการทดลองในวันที่ 4.....	73
ค.10	พื้นที่ใต้พีกของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลทั้ง 5 ความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีกของนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm ในเฮกเซนเพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงของการทดลองในวันที่ 5.....	74
ค.11	พื้นที่ใต้พีกของสารละลายเปลาโนทอลทั้ง 5 ความเข้มข้นที่ผ่านการสกัดออกจากพลาสมาตามวิธีที่พัฒนาขึ้นและพื้นที่ใต้พีกของนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm ของการทดลองวันที่ 1 เพื่อหาค่าความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ใน 1 วัน.....	75
ค.12	พื้นที่ใต้พีกของสารละลายเปลาโนทอลทั้ง 5 ความเข้มข้นที่ผ่านการสกัดออกจากพลาสมาตามวิธีที่พัฒนาขึ้นและพื้นที่ใต้พีกของนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm เพื่อหาค่าความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ระหว่างวัน.....	77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างทางเคมีของ plaunol A	7
2.2	โครงสร้างทางเคมีของ plaunol B	7
2.3	โครงสร้างทางเคมีของ plaunol C	7
2.4	โครงสร้างทางเคมีของ plaunol D	7
2.5	โครงสร้างทางเคมีของ plaunol E	7
2.6	โครงสร้างทางเคมีของ plaunolide	8
2.7	โครงสร้างทางเคมีของ ent-13α- hydroxyl -13-epimanool	8
2.8	โครงสร้างทางเคมีของ ent-16β, 17-dihydroxykaurane	8
2.9	โครงสร้างทางเคมีของ stearic acid	9
2.10	โครงสร้างทางเคมีของ oleic acid	9
2.11	โครงสร้างทางเคมีของ caprylic acid-palmitic acid	9
2.12	โครงสร้างทางเคมีของ caprylic acid-oleic acid	9
2.13	โครงสร้างทางเคมีของ 2-palmitic-oleic acid	9
2.14	โครงสร้างทางเคมีของ linoeic acid	9
2.15	โครงสร้างทางเคมีของเปลาโนทอล	10
2.16	สมมติฐานการเกิดเปลาโนทอลจากเจอรานิลเจอรานิออล	11
2.17	กระบวนการสังเคราะห์เปลาโนทอลด้วยกระบวนการชีวสังเคราะห์	12
2.18	ขั้นตอนการสกัดเปลาโนทอลของบริษัทซังเกียว	13
2.19	การสกัดสารด้วยเทคนิค LSE ในลักษณะ retentive และ non-retentive	20
2.20	โครงสร้างของผงซิลิกาซึ่งแสดงให้เห็นพันธะต่างๆ และหมู่ซิลานอล	21
2.21	การคลอบคลุม (surface coverage)	23
2.22	เฟสที่อยู่กับที่ในลักษณะ uncapped column	23
2.23	TMSCl ที่เกิดพันธะเคมีกับพื้นผิวของผงซิลิกา	23
2.24	เฟสที่อยู่กับที่ในลักษณะ end-capped column	23
2.25	กลไกการแยกสารเมื่อใช้ normal phase เป็นเฟสที่อยู่กับที่	26
2.25	กลไกการแยกสารเมื่อใช้ normal phase เป็นเฟสที่อยู่กับที่	26
2.26	กลไกการแยกสารเมื่อใช้ reserve phase เป็นเฟสที่อยู่กับที่	26

รูปที่		หน้า
2.27	กลไกการแยกสารเมื่อใช้ ion-exchange resin เป็นเฟสที่อยู่กับที่.....	27
4.1	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลในเฮกเซน ความเข้มข้น 15 ppm.....	35
4.2	โครมาโทแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์เปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายสำหรับชะเปลาโนทอลออกจากพลาสมา.....	38
4.3	โครมาโทแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์เปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาโดยใช้เอทิลอะซีเตต : เฮกเซน ในอัตราส่วน 3 : 2 เป็นตัวทำละลายสำหรับชะเปลาโนทอลออกจากพลาสมา.....	38
4.4	โครมาโทแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์เปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาโดยใช้เอทานอลสัมบูรณ์เป็นตัวทำละลายสำหรับชะเปลาโนทอลออกจากพลาสมา.....	38
4.5	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลในเฮกเซนที่ให้ค่าอัตราส่วนของสัญญาณของเปลาโนทอลต่อสัญญาณรบกวนเป็น 3:1 เพื่อหาค่า LOD.....	40
4.6	ความเข้มข้นของสารละลายเปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาซึ่งผ่านการสกัดมาแล้วตามวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นที่ให้ค่าอัตราส่วนของสัญญาณของเปลาโนทอลต่อสัญญาณรบกวนเป็น 3:1 เพื่อหาค่า LOD.....	40
4.7	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลในเฮกเซนที่ให้ค่าอัตราส่วนของสัญญาณของเปลาโนทอลต่อสัญญาณรบกวนเป็น 10:1 เพื่อหาค่า LOQ.....	41
4.8	ความเข้มข้นของสารละลายเปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาซึ่งผ่านการสกัดมาแล้วตามวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นที่ให้ค่าอัตราส่วนของสัญญาณของเปลาโนทอลต่อสัญญาณรบกวนเป็น 10:1 เพื่อหาค่า LOQ.....	41
4.9	โครมาโทแกรมของพลาสมา (blank) เทียบกับโครมาโทแกรมของพลาสมาที่เติมเปลาโนทอลความเข้มข้น 15.0 ppm	42
4.10	โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลความเข้มข้น 10.0 ppm ในเฮกเซนโดยมีนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm เป็นอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด.....	43
4.11	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกเปลาโนทอลต่อนอร์มอลออกตาโคเซน 2.5 ppm ในเมทริกซ์ที่เป็นเฮกเซนของการทดลองวันที่ 1.....	43

รูปที่		หน้า
4.12	โครมาโทแกรมของสารละลายเปลาโนทอลความเข้มข้น 10.0 ppm ที่เติมลงในพลาสมาโดยมีนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm เป็นอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด.....	44
4.13	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกเปลาโนทอลต่อนอร์มอลออกตาโคเซน 2.5 ppm ในเมทริกซ์ที่เป็นพลาสมา.....	44
ข.1	เปรียบเทียบโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลที่ความเข้มข้น 20.0 ppmในเฮกเซน (บน) และโครมาโทแกรมของสารละลายเปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาซึ่งผ่านการสกัดตามวิธีที่พัฒนาขึ้น (ล่าง)โดยมีนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm เป็นอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด.....	62
ข.2	เปรียบเทียบโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลที่ความเข้มข้น 15.0 ppmในเฮกเซน (บน) และโครมาโทแกรมของสารละลายเปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาซึ่งผ่านการสกัดตามวิธีที่พัฒนาขึ้น (ล่าง)โดยมีนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm เป็นอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด.....	63
ข.3	เปรียบเทียบโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลที่ความเข้มข้น 12.5 ppmในเฮกเซน (บน) และโครมาโทแกรมของสารละลายเปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาซึ่งผ่านการสกัดตามวิธีที่พัฒนาขึ้น (ล่าง)โดยมีนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm เป็นอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด.....	64
ข.4	เปรียบเทียบโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลที่ความเข้มข้น 10.0 ppmในเฮกเซน (บน) และโครมาโทแกรมของสารละลายเปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาซึ่งผ่านการสกัดตามวิธีที่พัฒนาขึ้น (ล่าง)โดยมีนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm เป็นอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด.....	65
ข.5	เปรียบเทียบโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานเปลาโนทอลที่ความเข้มข้น 5.0 ppmในเฮกเซน (บน) และโครมาโทแกรมของสารละลายเปลาโนทอลที่เติมลงในพลาสมาซึ่งผ่านการสกัดตามวิธีที่พัฒนาขึ้น (ล่าง)โดยมีนอร์มอลออกตาโคเซนความเข้มข้น 2.5 ppm เป็นอินเทอร์นอลสแตนดาร์ด.....	66
ง.1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกเปลาโนทอลต่อนอร์มอลออกตาโคเซน 2.5 ppm ในเมทริกซ์ที่เป็นเฮกเซนของการทดลองวันที่ 2.....	79
ง.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกเปลาโนทอลต่อนอร์มอลออกตาโคเซน 2.5 ppm ในเมทริกซ์ที่เป็นเฮกเซนของการทดลองวันที่ 3.....	79

รูปที่		หน้า
ง.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกเปลาโนทอลต่อนอร์มอลออกตาโคเซน 2.5 ppm ในเมทริกซ์ที่เป็นเฮกเซนของการทดลองวันที่ 4.....	80
ง.4	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้พีกเปลาโนทอลต่อนอร์มอลออกตาโคเซน 2.5 ppm ในเมทริกซ์ที่เป็นเฮกเซนของการทดลองวันที่ 5.....	80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำย่อและสัญลักษณ์ที่ใช้

%	เปอร์เซ็นต์
ml	millilitre
ppm	พีพีเอ็ม
ppb	พีพีบี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย