

การวิเคราะห์สารต้องห้ามบางชนิดในปัสสาวะ
โดยใช้เทคนิคทางลิวติโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรเมตรี

นาย สุริยพงศ์ กุลกิริติบุตร



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-449-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANALYSIS OF SOME DOPING SUBSTANCES IN URINE USING LIQUID
CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY TECHNIQUE

Mr. Suriyaphongse Kulkeratiyut

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Programme of Biotechnology

Graduate School


Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-632-449-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์สารต้องห้ามบางชนิดในปัสสาวะ
โดยใช้เทคนิคทางลิกวิด โครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรเมตรี
โดย นาย สุริยพงศ์ กุลกีรติยศ
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ กงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.โสภณ เริงสำราญ)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยพร ณ นคร)

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สุริยพงศ์ กุลเกียรติยศ : การวิเคราะห์สารต้องห้ามบางชนิดในปัสสาวะโดยใช้เทคนิคทางลิควิดโครมาโทกราฟี/
แมสสเปกโทรเมตรี (ANALYSIS OF SOME DOPING SUBSTANCES IN URINE USING LIQUID
CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY TECHNIQUE)
อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร. อมร เพชรสม, 199 หน้า. ISBN 974-632-449-7

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สารต้องห้ามประเภทยาปิดกั้นบีตา อะแนบอลิกสเตอรอยด์ และยาขับปัสสาวะในปัสสาวะโดยใช้เทคนิคทางลิควิดโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโทรเมตรี การวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของ cone voltage ที่มีต่อการแตกตัวของสาร รูปแบบการแตกตัว corona voltage ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจพบได้ตลอดจน ผลการสกัดกลับคืน ได้พบว่าในวัฏภาคเคลื่อนที่เป็นเมธานอล 70% ในน้ำที่อัตราการใช้ 0.8 มล./นาที และ cone voltage 30-50 โวลต์ สามารถวิเคราะห์สารต้องห้ามในกลุ่มยาปิดกั้นบีตา อะแนบอลิกสเตอรอยด์ และยาขับปัสสาวะได้ โดยที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ของยาปิดกั้นบีตา คือ 0.2-1.0 นาโนกรัม/มล. อะแนบอลิกสเตอรอยด์ 0.5-1.0 นาโนกรัม/มล. ยาขับปัสสาวะ 0.5-10.0 ไมโครกรัม/มล. สารต้องห้ามทุกชนิดที่ศึกษามีช่วงกราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงตั้งแต่ 0-50 ไมโครกรัม/มล. corona voltage ไม่มีผลต่อการแตกตัวของสาร วิธีการวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นมาในการวิจัยนี้ทำได้สะดวก รวดเร็ว ไม่ต้องเตรียมอนุพันธ์ และให้ผลการวัดที่ไวกว่าวิธีเดิมสำหรับยาปิดกั้นบีตาและอะแนบอลิกสเตอรอยด์ ส่วนยาขับปัสสาวะนั้นความเข้มข้นต่ำสุดที่วัดได้ยังสูงกว่าวิธีเดิม

ภาควิชา
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ
ปีการศึกษา 2537

ลายมือชื่อนิสิต สุริยพงศ์ กุลเกียรติยศ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ออมร เพชรสม
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C626948 : MAJOR BIOTECHNOLOGY

KEY WORD: DOPING / ANALYSIS / URINE / LIQUID CHROMATOGRAPHY / MASS SPECTROMETRY
SURIYAPHONGSE KULKERATTYUT : ANALYSIS OF SOME DOPING SUBSTANCES IN URINE
USING LIQUID CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTROMETRY TECHNIQUE.
THESIS ADVISER : ASSO. PROF. AMORN PETSOM, Ph.D. 199 pp. ISBN 974-632-449-7

The object of this study is to develop new method for the analysis of beta-blockers, anabolic steroids and diuretics in urine sample using Liquid Chromatography/ Mass Spectrometry. The effect of cone voltage fragmentation, fragmentation pattern, corona voltage, detection limit and percent recovery were studied. It was found that beta-blockers, anabolic steroids and diuretics could be analyzed by using 70% methanol in water as mobile phase at 0.8 mL/min. and 30-50 volts cone voltage. The detection limit of beta-blockers were 0.2-1.0 nanogram/mL, anabolic steroids were 0.5-1.0 nanogram/mL and diuretics were 0.5-10.0 microgram/mL. All investigated doping substances had linearity range of 0-50 microgram/mL. Corona voltage had no effect on fragmentation pattern. The method developed in this study provided very convenience and fast method of doping analysis without derivatization. The new method gave better sensitivity for beta-blockers and anabolic steroids than the previous known method. For diuretics the detection limit was higher than the methods currently in used.

ภาควิชา..... -

ลายมือชื่อนิสิต..... สุริยพงษ์ กุลกระติยุต

สาขาวิชา..... เทคโนโลยีทางชีวภาพ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... อ.อมรินทร์

ปีการศึกษา..... 2537

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... -



กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์สารต้องห้ามบางชนิดในปัสสาวะโดยใช้เทคนิคทางลิวติโครมาโทกราฟีแมสสเปกโตรเมตรี” สำเร็จลุล่วงด้วยดีจนสมบูรณ์เป็นรายงานวิจัยฉบับนี้ ก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม ที่กรุณาได้รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำแนะนำและแนวความคิด อันมีค่ายิ่งตลอดระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.โสภณ เรืองสำราญ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยพร ณ นคร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ที่กรุณาได้รับเป็นกรรมการสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณ คุณพลกฤษณ์ แสงวนิช, คุณสุรัชย์ พรภักกุล และ คุณธรรมนุญ หนูจักร พี่เพื่อน และน้องเทคโนโลยีทางชีวภาพและเคมีทุกท่าน ที่ได้มีส่วนช่วยในด้าน เครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมี คำแนะนำ สถานที่ และกำลังใจอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณทุนวิจัยประเภทเร่งด่วนจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ด
บทที่	
1 บทนำ.....	1
สารกระตุ้น.....	2
สารจำพวกออกฤทธิ์แก้ปวดและเสพติด.....	3
ฮอร์โมนอะแนบอลิกสเตอรอยด์.....	4
ยาปิดกั้นบีตา.....	4
ยาขับปัสสาวะ.....	5
ฮอร์โมนที่ประกอบด้วยสายเปปไทด์.....	6
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
2 วิธีวิเคราะห์สารต้องห้ามที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน.....	9
วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานของ IOC วิธีที่ 1.....	9
วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานของ IOC วิธีที่ 2.....	14
วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานของ IOC วิธีที่ 3.....	20
วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานของ IOC วิธีที่ 4.....	24
วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐานของ IOC วิธีที่ 5.....	31
Fluorescence Polarization Immunoassay.....	35
การวิเคราะห์ฮอร์โมน hCG.....	45
การวิเคราะห์ Growth hormone.....	50

สารบัญ (ต่อ)

การวิเคราะห์ฮอร์โมน Erythropoietin (RPO).....	50
Homogeneous Enzyme Immunoassay (EMIT).....	50
วิธีอื่น ๆ ที่ใช้การวิเคราะห์สารต้องห้าม.....	52
3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย.....	60
อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	60
1. อุปกรณ์การทดลอง.....	60
2. สารเคมี.....	61
วิธีดำเนินการทดลอง.....	64
1. การเตรียมน้ำบริสุทธิ์สำหรับใช้ในการวิเคราะห์.....	64
2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน.....	64
3. การเตรียมวัฏภาคเคลื่อนที่สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ด้วย LC/MS.....	64
4. การวิเคราะห์สารมาตรฐานโดยใช้เทคนิค	
ลิควิดโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรเมตรี.....	64
4.1. วิธีวิเคราะห์ยาปิดกั้นบีตา.....	65
4.2. วิธีวิเคราะห์ฮอร์โมนอะแนบอติสเตอร์อยด์.....	67
4.3. วิธีวิเคราะห์ยาขับปัสสาวะ.....	69
4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	72
ผลของ cone voltage ต่อการแตกตัวของสารต้องห้ามชนิดต่าง ๆ.....	72
การทำ cone voltage ที่เหมาะสม.....	105
ผลของอัตราการไหลต่อการวิเคราะห์.....	118
ผลของการเปลี่ยน corona voltage.....	120
ผลของชนิดของวัฏภาคเคลื่อนที่ต่อการวิเคราะห์.....	121
Detection limit.....	126
การวิเคราะห์ปริมาณสารต้องห้าม.....	129
1. การสร้างกราฟมาตรฐาน.....	129
2. ผลการสกัดกลับ.....	155
การวิเคราะห์ซ้ำ.....	156
ตัวอย่างการวิเคราะห์จริง.....	157

สารบัญ (ต่อ)

5 สรุปผลการทดลอง.....	159
รายการอ้างอิง.....	170
ภาคผนวก.....	174
1. สูตรโครงสร้างของสารที่วิเคราะห์.....	174
2. การวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีน.....	182
ประวัติผู้เขียน.....	184

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สรุปวิธีการตรวจหาและยืนยันสารต้องห้ามชนิดต่าง ๆ.....	7
2 %cross reactivity ของแอมเฟตามีนและเมทแอมเฟตามีน.....	40
3 %cross reactivity ของยากลุ่มบาบิทูเรท.....	41
4 %cross reactivity ของยากลุ่มเบนโซไดอะซีพีนส์.....	42
5 %cross reactivity ของยากลุ่มคานาบิโนอยด์.....	43
6 %cross reactivity ของโคเคนและเมทาบอลไลท์.....	43
7 %cross reactivity ของสารจำพวกฝิ่น.....	44
8 %cross reactivity ของสารจำพวกเฟนซัยคลิดีน.....	45
9 วิวัฒนาการของการตรวจหา Human Chorionic Gonadotropin โดยวิธี Immunoassay ที่คำนวณหาปริมาณได้และแสดงการเปรียบเทียบ ในรายละเอียดของแต่ละวิธี.....	46
10 สรุปอ็อนที่ใช้สำหรับการตรวจยืนยันยาปิดกั้นบีตาชนิดต่าง ๆ.....	73
11 สรุปการแตกตัวของยาปิดกั้นบีตา.....	74
12 อ็อนที่ใช้สำหรับการตรวจยืนยันอะแนบอลิกสเตอรอยด์ชนิดต่าง ๆ.....	83
13 สรุปการแตกตัวของอะแนบอลิกสเตอรอยด์.....	84
14 สรุปอ็อนที่ใช้สำหรับการตรวจยืนยันยาขับปัสสาวะ.....	93
15 สรุปการแตกตัวของยาขับปัสสาวะ.....	94
16 Detection limit ของยาปิดกั้นบีตา.....	126
17 Detection limit ของอะแนบอลิกสเตอรอยด์.....	127
18 Detection limit ของยาขับปัสสาวะ.....	128

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ขั้นตอนการวิเคราะห์วิธีที่ 1.....	12
2 ขั้นตอนการวิเคราะห์วิธีที่ 2.....	18
3 ขั้นตอนการวิเคราะห์วิธีที่ 3.....	22
4 ขั้นตอนการวิเคราะห์วิธีที่ 4.....	28
5 ขั้นตอนการวิเคราะห์วิธีที่ 5.....	33
6 หลักการของวิธี Competitive FPIA (Homogeneous assay).....	38
7 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ยาปิดกั้นบีตาด้วย LC/MS.....	66
8 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ยาอะเนบอลิกสเตอรอยด์ด้วย LC/MS.....	68
9 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ยาขับปัสสาวะด้วย LC/MS.....	70
10 การแตกตัวของ Acebutalol ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	75
11 การแตกตัวของ Alprenolol ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	76
12 การแตกตัวของ Atenolol ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	77
13 การแตกตัวของ Labetolol ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	78
14 การแตกตัวของ Metoprolol ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	79
15 การแตกตัวของ Nadolol ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	80
16 การแตกตัวของ Oxprenolol ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	81
17 การแตกตัวของ Propranolol ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	82
18 การแตกตัวของ Bolasterone ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	85
19 การแตกตัวของ Fluoxymesterone ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	86
20 การแตกตัวของ Mesterolone ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	87
21 การแตกตัวของ 17 alpha-Methyltestosterone ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	88
22 การแตกตัวของ Oxymetholone ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	89
23 การแตกตัวของ Stanozolol ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	90
24 การแตกตัวของ Testosterone propionate ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	91
25 การแตกตัวของ Acetazolamide ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	95
26 การแตกตัวของ Amiloride ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	96
27 การแตกตัวของ Bendroflumethazide ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	97

สารบัญภาพ (ต่อ)

28 การแตกตัวของ Benzthiazide ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	98
29 การแตกตัวของ Bumetanide ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	99
30 การแตกตัวของ Ethacrynic acid ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	100
31 การแตกตัวของ Furosemide ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	101
32 การแตกตัวของ Hydrochlorothiazide ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	102
33 การแตกตัวของ Spironolactone ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	103
34 การแตกตัวของ Triamtrene ที่ cone Voltage ต่าง ๆ.....	104
35 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Acebutalol.....	105
36 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Alprenolol.....	106
37 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Atenolol.....	106
38 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Labetolol.....	107
39 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Metoprolol.....	107
40 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Nadolol.....	108
41 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Oxprenolol.....	108
42 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Propranolol.....	109
43 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Bolasterone.....	109
44 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Fluoxymesterone.....	110
45 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Mesterolone.....	110
46 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา 17 alpha-Methyltestosterone	111
47 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Oxymetholone.....	111
48 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Stanozolol.....	112
49 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Testosterone propionate	112
50 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Acetazolamide	113
51 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Amiloride.....	113
52 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Bendroflumethazide.....	114
53 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Benzthiazide.....	114
54 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Bumetanide.....	115
55 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Ethacrynic acid	115

สารบัญภาพ (ต่อ)

56 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Furosemide.....	116
57 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Hydrochlorothiazide.....	116
58 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Spironolactone	117
59 Cone voltage ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจหา Triamtrene.....	117
60 ผลของอัตราการไหลต่อการวิเคราะห์.....	118
61 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของวัฏภาคเคลื่อนที่กับพื้นที่ใต้พีค.....	119
62 อัตราการไหลของวัฏภาคเคลื่อนที่ที่ทำให้พีคสูงสุด.....	119
63 ผลของการเปลี่ยนค่า Corona voltage.....	120
64 ผลของวัฏภาคเคลื่อนที่ต่อการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค LC/MS.....	121
65 สัญญาณที่ได้จากเครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์ขณะทดลองหาความเข้มข้นต่ำที่สุด ที่สามารถตรวจพบยาปิดกั้นบีตา.....	123
66 สัญญาณที่ได้จากเครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์ขณะทดลองหาความเข้มข้นต่ำที่สุด ที่สามารถตรวจพบอะแนบอลิกสเตอรอยด์.....	124
67 สัญญาณที่ได้จากเครื่องแมสสเปกโทรมิเตอร์ขณะทดลองหาความเข้มข้นต่ำที่สุด ที่สามารถตรวจพบยาขับปัสสาวะ.....	125
68 พื้นที่ใต้กราฟของ Acebutalol ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	130
69 กราฟมาตรฐานของ Acebutalol.....	130
70 พื้นที่ใต้กราฟของ Alprenolol ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	131
71 กราฟมาตรฐานของ Alprenolol.....	131
72 พื้นที่ใต้กราฟของ Atenolol ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	132
73 กราฟมาตรฐานของ Atenolol.....	132
74 พื้นที่ใต้กราฟของ Labetolol ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	133
75 กราฟมาตรฐานของ Labetolol.....	133
76 พื้นที่ใต้กราฟของ Metoprolol ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	134
77 กราฟมาตรฐานของ Metoprolol.....	134
78 พื้นที่ใต้กราฟของ Nadolol ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	135
79 กราฟมาตรฐานของ Nadolol.....	135
80 พื้นที่ใต้กราฟของ Oxprenolol ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	136

สารบัญญภาพ (ต่อ)

81 กราฟมาตรฐานของ Oxprenolol.....	136
82 พื้นที่ใต้กราฟของ Propranolol ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	137
83 กราฟมาตรฐานของ Propranolol.....	137
84 พื้นที่ใต้กราฟของ Bolasterone ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	138
85 กราฟมาตรฐานของ Bolasterone.....	138
86 พื้นที่ใต้กราฟของ Fluoxymesterone ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	139
87 กราฟมาตรฐานของ Fluoxymesterone.....	139
88 พื้นที่ใต้กราฟของ Mesterolone ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	140
89 กราฟมาตรฐานของ Mesterolone.....	140
90 พื้นที่ใต้กราฟของ 17 alpha-Methyltestosterone ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	141
91 กราฟมาตรฐานของ 17 alpha-Methyltestosterone	141
92 พื้นที่ใต้กราฟของ Oxymetholone ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	142
93 กราฟมาตรฐานของ Oxymetholone.....	142
94 พื้นที่ใต้กราฟของ Stanozolol ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	143
95 กราฟมาตรฐานของ Stanozolol.....	143
96 พื้นที่ใต้กราฟของ Testosterone propionate ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	144
97 กราฟมาตรฐานของ Testosterone propionate	144
98 พื้นที่ใต้กราฟของ Acetazolamide ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	145
99 กราฟมาตรฐานของ Acetazolamide.....	145
100 พื้นที่ใต้กราฟของ Amiloride ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	146
101 กราฟมาตรฐานของ Amiloride.....	146
102 พื้นที่ใต้กราฟของ Bendroflumethazide ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm....	147
103 กราฟมาตรฐานของ Bendroflumethazide.....	147
104 พื้นที่ใต้กราฟของ Benzthiazide ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	148
105 กราฟมาตรฐานของ Benzthiazide.....	148
106 พื้นที่ใต้กราฟของ Bumetanide ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	149

สารบัญญภาพ (ต่อ)

107	กราฟมาตรฐานของ Bumetanide.....	149
108	พื้นที่ใต้กราฟของ Ethacrynic acid ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	150
109	กราฟมาตรฐานของ Ethacrynic acid	150
110	พื้นที่ใต้กราฟของ Furosemide ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	151
111	กราฟมาตรฐานของ Furosemide.....	151
112	พื้นที่ใต้กราฟของ Hydrochlorothiazide ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm....	152
113	กราฟมาตรฐานของ Hydrochlorothiazide.....	152
114	พื้นที่ใต้กราฟของ Spironolactone ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	153
115	กราฟมาตรฐานของ Spironolactone.....	153
116	พื้นที่ใต้กราฟของ Triamtrene ที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm.....	154
117	กราฟมาตรฐานของ Triamtrene.....	154
118	ผลการวิเคราะห์ซ้ำ.....	157
119	ตัวอย่างการวิเคราะห์จริง.....	158
120	ขั้นตอนการวิเคราะห์ยาปิดกั้นบีตาตามวิธีของ IOC.....	161
121	ขั้นตอนการวิเคราะห์ยาปิดกั้นบีตาด้วยเทคนิค LC/MS.....	162
122	ขั้นตอนการวิเคราะห์อะนาล็อกสเตอรอยด์ตามวิธีของ IOC.....	164
123	ขั้นตอนการวิเคราะห์อะนาล็อกสเตอรอยด์ด้วยเทคนิค LC/MS.....	165
124	ขั้นตอนการวิเคราะห์ยาขับปัสสาวะตามวิธีของ IOC.....	167
125	ขั้นตอนการวิเคราะห์ยาขับปัสสาวะด้วยเทคนิค LC/MS.....	168

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ชม.	=	ชั่วโมง
°ซ	=	องศาเซลเซียส
มก.	=	มิลลิกรัม
มล.	=	มิลลิลิตร
มม.	=	มิลลิเมตร
pH	=	ค่าความเป็นกรดด่าง
%	=	เปอร์เซ็นต์
GC/MS	=	วิธีแมสสเปกโตรมิเตอร์โดยใส่ตัวอย่างผ่านเครื่องแกสโครมาโทกราฟี
LC/MS	=	วิธีแมสสเปกโตรมิเตอร์โดยใส่ตัวอย่างผ่านเครื่องลิควิดโครมาโทกราฟี
APCI	=	แอตโมสเฟอริก เพรสเซอร์ ไอออนไนเซชัน
Da.	=	ดาลตัน
IOC	=	International Olympic Committee Medical Commission