การวิเคราะห์เดาโนรูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน ไอดารูบิซิน และเมทโทเทรกเซท โดยเทคนิคแคปปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส

สุปรีย์ ไชยชมภู

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2554
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.นิศากร ทองก้อน จากภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภา ตั้งเตรียมจิตมั่น กรรมการ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ นางพิสนา ไชยชมภู (มารดา) นายปานใจ ไชยชมภู (บิดา) นายไมตรี ไชยชมภู นายนที ไชยชมภู และ นายปราการ ไชยชมภู (พี่ชาย) ของผู้วิจัย ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยในทุก ๆ ด้าน

ขอขอบคุณ ดร.ศิริรัตน์ ชาญไววิทย์ ดร.อภิญญา นวคุณ ซึ่งเป็นคณาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมีวิเคราะห์ที่มีส่วนช่วยให้ความรู้และให้คำปรึกษาแก่ผู้วิจัยจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบคุณ นายอนุรักษ์ จันทร์แก้ว นายวีรพันธ์ เบญจวงศ์ นายญาณสิทธิ์ เจริญศรี และนางสาววิชุดา ทองภูสวรรค์ ที่ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณ สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้เงินทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้ที่มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

สุปรีย์ ไชยชมภู

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

49912519: สาขาวิชา: เคมี; วท.ม. (เคมี)
คำสำคัญ: เดาโนรูบิซิน/ ด็อกโซรูบิซิน/ ไอดารูบิซิน/ เมทโทเทรกเซท
แคปปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส

สุปรีย์ ไชยชมภู: การวิเคราะห์เดาโนรูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน ไอดารูบิซิน และเมทโทเทรกเซท โดยเทคนิคแคปปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส (ANALYSIS OF DAUNORUBICIN, DOXORUBICIN, IDARUBICIN AND METHOTREXATE BY CAPILLARY ELECTROPHORESIS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สมศักดิ์ ศิริไชย, Ph.D. 132 หน้า. ปี พ.ศ. 2554.

ในงานนี้ได้วิเคราะห์สารเดาโนรูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน ไอดารูบิซิน และเมทโทเทรกเซท พร้อมกันด้วยเทคนิคแคปปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส สภาวะการแยกที่เหมาะสมคือ บอเรตบัฟเฟอร์เข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์ มีอะซิโตไนไตรล์เข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 9.5 ศักย์ไฟฟ้าสำหรับแยก 15 กิโลโวลต์ อุณหภูมิสำหรับแยก 25 องศาเซลเซียส และนำสารเข้าสู่แคปปิลารีด้วยความดันที่ 50 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 3 วินาที สารทุกตัวตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ภายใต้สภาวะนี้สารทุกตัวสามารถวิเคราะห์ได้ประมาณ 5 นาที ขีดจำกัดของการตรวจวัดที่สัญญาณต่อสัญญาณรบกวนเท่ากับ 3 และขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณที่สัญญาณต่อสัญญาณรบกวนเท่ากับ 10 มีค่าอยู่ในช่วง 0.3 ถึง 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ1.0 ถึง 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กราฟมาตรฐานสำหรับสารอยู่ในช่วง 1.0 ถึง 15.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าสัมประสิทธิ์ขอความสัมพันธ์มากกว่า 0.998 ความเที่ยงของการวิเคราะห์ภายในวันเดียวกันและการวิเคราะห์ระหว่างวันให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์น้อยกว่า 4.8 และ 11.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความแม่นของการวิเคราะห์ให้ค่าร้อยละการกลับคืนอยู่ในช่วง 97.1 ถึง 108.9 วิธีนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้หาปริมาณสารในตัวอย่างปัสสาวะและตัวอย่างยา โดยไม่มีการเตรียมตัวอย่างยกเว้นการกรองและการเจือจางสาร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

49912519: MAJOR: CHEMISTRY; M.Sc. (CHEMISTRY)

KEYWORDS: DAUNORUBICIN/ DOXORUBICIN/ IDARUBICIN/ METHOTREXATE CAPILLARY ELECTROPHORESIS

SUPREE CHAICHOMPHOO: ANALYSIS OF DAUNORUBICIN, DOXORUBICIN, IDARUBICIN AND METHOTREXATE BY CAPILLARY ELECTROPHORESIS. ADVISORY COMMITTEE: SOMSAK SIRICHAI, Ph.D. 132 P. 2011.

In this work, the simultaneous analysis of daunorubicin (DNR), doxorubicin (DXR), idarubicin (IDA) and methotrexate (MTX) by Capillary Electrophoresis is presented. The optimized conditions of separation were 30 mM borate buffer containing 20% acetonitrile (ACN), pH 9.5, 15 kV for separation voltage, 25 °C for separation temperature, and 3 seconds for injection at 50 mbar. All analytes were detected at 254 nm. Under these conditions, all analytes could be analyzed in approximately 5 minutes. The limit of detection based on the signal-to-noise ratio 3 and the limit of quantification based on the signal-to-noise ratio 10 were in range of 0.3 to 1.0 mg/L, and 1.0 to 3.0 mg/L, respectively. The calibration curves of analytes were from 1.0 to 15.0 mg/L with the correlation coefficient of better than 0.998. The precision of intra-day and inter-day were expressed as relative standard deviations (%RSD) were below 4.8 and 11.1%, respectively. Accuracy in terms of the recovery was in the range of 97.1 to 108.9. The method was directly applied to the determination of analytes in urine and drug samples without any other sample pre-treatment except filtration and dilution.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 3

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ทฤษฎีแคปปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส..... 5

2.2 องค์ประกอบหลักของเครื่องแคปปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส..... 6

2.3 ประเภทของเทคนิคแคปปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส..... 7

2.4 หลักการพื้นฐานของเทคนิคแคปปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส..... 7

2.5 อิเล็กโทรฟีโรแกรมและไมเกรชั่นไทม์..... 13

2.6 การศึกษาวิธีวิเคราะห์สาร เตาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท..... 15

3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 23

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์..... 23

3.2 สารเคมี..... 23

3.3 การเตรียมสารละลาย..... 24

3.4 การทดลอง..... 35

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	3.5 ศึกษาความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์	36
4	ผลการวิจัย	39
	4.1 ผลการแยกสารละลายมาตรฐานผสม เดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท โดยเทคนิคแคปปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส	39
	4.2 ผลการศึกษาความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์	60
5	อภิปรายและสรุปผลการวิจัย	69
	5.1 ศึกษาผลของพีเอชของสารละลายบัฟเฟอร์	69
	5.2 ศึกษาผลของชนิดของสารละลายบัฟเฟอร์	70
	5.3 ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์	71
	5.4 ศึกษาผลของความเข้มข้นของอะซิโตไนไตรล์ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์	72
	5.5 ศึกษาผลของศักย์ไฟฟ้า	73
	5.6 ศึกษาผลของอุณหภูมิของแคปปิลารี	74
	5.7 ศึกษาความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์	75
บรรณานุกรม		78
ภาคผนวก		83
ภาคผนวก ก		84
ภาคผนวก ข		87
ภาคผนวก ค		114
ประวัติย่อของผู้วิจัย		116

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ขีดจำกัดของการตรวจวัดของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท (n=5).....	60
2	ขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท (n=5).....	61
3	ความเป็นเส้นตรงของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท (n=3).....	61
4	กราฟมาตรฐานของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท (n=5).....	64
5	ความเที่ยงของการวิเคราะห์พิจารณาในเทอมของร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน... สัมพัทธ์ของไมเกรชั่นไทม์และพื้นที่ใต้พีกของการวิเคราะห์สารภายในวันเดียวกัน... (n=5).....	66
6	ความเที่ยงของการวิเคราะห์พิจารณาในเทอมของร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมพัทธ์ของไมเกรชั่นไทม์และพื้นที่ใต้พีกของการวิเคราะห์สารระหว่างวัน (n=5)...	67
7	ความแม่นของการวิเคราะห์พิจารณาในเทอมของค่าร้อยละการกลับคืน ของพื้นที่ใต้พีก (n=3).....	67
8	ความเฉพาะของสารพิจารณาในเทอมของค่า peak purity ratio (n=5).....	68
9	สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซทโดยเทคนิคแคปปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส.....	75
10	สรุปผลการศึกษาความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์.....	77

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารเดาโนรูบิซินและไอดารูบิซินที่ได้จากการศึกษาผลของพีเอช (n=3).....	88
12	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารด็อกโซรูบิซินและเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการศึกษาผลของพีเอช (n=3).....	89
13	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท ที่ได้จากการศึกษาผลของชนิดของสารละลายบัฟเฟอร์ (n=3)...	90
14	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารเดาโนรูบิซินและไอดารูบิซินที่ได้จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ (n=3).....	91
15	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารด็อกโซรูบิซินและเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ (n=3).....	92
16	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารเดาโนรูบิซินที่ได้จากการศึกษาผลความเข้มข้นของอะซิโตไนไตรล์ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ (n=3).....	93
17	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารไอดารูบิซินที่ได้จากการศึกษาผลความเข้มข้นของอะซิโตไนไตรล์ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ (n=3).....	94
18	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารด็อกโซรูบิซินที่ได้จากการศึกษาผลความเข้มข้นของอะซิโตไนไตรล์ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ (n=3).....	95
19	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการศึกษาผลความเข้มข้นของอะซิโตไนไตรล์ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ (n=3).....	96
20	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการศึกษาผลของศักย์ไฟฟ้า (n=3).....	97
21	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารเดาโนรูบิซินและไอดารูบิซินที่ได้จากการศึกษาผลของอุณหภูมิของแคปปิลารี (n=3).....	98
22	ไมเกรชั่นไทม์และความสูงของพีกของสารด็อกโซรูบิซินและเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการศึกษาผลของอุณหภูมิของแคปปิลารี (n=3).....	99
23	ไมเกรชั่นไทม์และพื้นที่ใต้พีกของสารเดาโนรูบิซินที่ได้จากการทดสอบความเป็นเส้นตรง (n=3).....	100

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
24	ไมเกรชั่นไทม์และพื้นที่ใต้พีกของสารไอดารูบิซินที่ได้จากการทดสอบความเป็นเส้นตรง (n=3).....	101
25	ไมเกรชั่นไทม์และพื้นที่ใต้พีกของสารด็อกโซรูบิซินที่ได้จากการทดสอบความเป็นเส้นตรง (n=3).....	102
26	ไมเกรชั่นไทม์และพื้นที่ใต้พีกของสารเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการทดสอบความเป็นเส้นตรง (n=3).....	103
27	ไมเกรชั่นไทม์และพื้นที่ใต้พีกของสารเดาโนรูบิซินและไอดารูบิซินที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน (n=5).....	104
28	ไมเกรชั่นไทม์และพื้นที่ใต้พีกของสารด็อกโซรูบิซินและเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน (n=5).....	105
29	ไมเกรชั่นไทม์และพื้นที่ใต้พีกของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการศึกษาความเที่ยงของการวิเคราะห์ภายในวันเดียวกัน (n=5).....	106
30	ไมเกรชั่นไทม์และพื้นที่ใต้พีกของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการศึกษาความเที่ยงของการวิเคราะห์ระหว่างวัน (n=5).....	107
31	พื้นที่ใต้พีกของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการศึกษาความแม่น (n=3).....	108
32	พื้นที่ใต้พีกของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะ และพื้นที่ใต้พีกของสารเมทโทเทรกเซทที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างยาเม็ด (n=3).....	109
33	แสดงค่าการแยกของสารเดาโนรูบิซินกับไอดารูบิซินและไอดารูบิซินกับด็อกโซรูบิซิน ที่พีเอชต่างๆของสารละลายบัฟเฟอร์.....	110
34	แสดงค่าการแยกของสารเดาโนรูบิซินกับไอดารูบิซินและไอดารูบิซินกับด็อกโซรูบิซิน ที่ชนิดของสารละลายบัฟเฟอร์ต่างๆ ที่พีเอช 9.5.....	111

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
35	แสดงค่าการแยกของสารเดาโนรูบิซินกับไอดารูบิซินและไอดารูบิซินกับด็อกโซรูบิซิน ที่ความเข้มข้นของต่างๆ สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ ที่พีเอช 9.5.....	111
36	แสดงค่าการแยกของสารเดาโนรูบิซินกับไอดารูบิซินและไอดารูบิซินกับด็อกโซรูบิซิน ที่ปริมาณของอะซิโตไนไตรล์ต่างๆ ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ที่พีเอช 9.5.....	112
37	แสดงค่าการแยกของสารเดาโนรูบิซินกับไอดารูบิซินและไอดารูบิซินกับด็อกโซรูบิซิน ที่ศักย์ไฟฟ้าต่างๆ.....	113
38	แสดงค่าการแยกของสารเดาโนรูบิซินกับไอดารูบิซินและไอดารูบิซินกับด็อกโซรูบิซิน ที่อุณหภูมิของแคปปิลารีต่างๆ.....	113

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างโมเลกุลของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท	4
2	ส่วนประกอบอย่างง่ายของเครื่องแคปปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส	6
3	(a) แสดง Electric double layer และ (b) แสดงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของสารภายใต้สภาวะที่มี EOF และกรณีที่ผิวของแคปปิลารีเป็นประจุลบและใช้ขั้วไฟฟ้าปกติ $\nu_{+, net}$ = ความเร็วสุทธิของสารประจุบวก, ν_{+} = ความเร็วอิเล็กโทรโฟรีติกของสารประจุบวก, ν_{eof} = ความเร็วของการไหลอิเล็กโทรออสโมติก, $\nu_{-, net}$ = ความเร็วสุทธิของสารประจุลบ, ν_{-} = ความเร็วอิเล็กโทรโฟรีติกของสารประจุลบ	10
4	(a) ลักษณะการเคลื่อนที่ Flat profile ในเทคนิคแคปปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส และ (b) ลักษณะการเคลื่อนที่ laminar ในเทคนิคไฮเพอร์ฟอร์มานซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี	12
5	ผลของพีเอชของสารละลายบัฟเฟอร์ต่ออิเล็กโทรฟีโรแกรมของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท สภาวะของการทดลองดังนี้ สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์ ที่มีอะซิโตไนไตรล์ผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 6.5-8.0 และสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์ ที่มีอะซิโตไนไตรล์ผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 8.5-10.0 ความยาวของแคปปิลารี 36 เซนติเมตร ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ อุณหภูมิของแคปปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าสู่แคปปิลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ เวลา 3 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ความเข้มข้นของเดาโนรูบิซิน (1) ไอดารูบิซิน (2) ด็อกโซรูบิซิน (3) และเมทโทเทรกเซท(4) เท่ากับ 20.0, 5.0, 20.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ	41
6	ผลของพีเอชต่อค่าการแยกของสารเดาโนรูบิซินกับไอดารูบิซิน และไอดารูบิซินกับด็อกโซรูบิซิน	43
7	ผลของพีเอชต่อความสูงพีกของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท	43

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
8	ผลของชนิดของสารละลายบัฟเฟอร์ต่ออิเล็กโทรฟีโรแกรมของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท สภาวะของการทดลองดังนี้ สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์ ที่มีอะซิโตไนไตรล์ ผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 9.5 และสารละลายคาร์บอเนตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์ ที่มีอะซิโตไนไตรล์ผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 9.5 ความยาวของแคปปิลารี 36 เซนติเมตร ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ อุณหภูมิของแคปปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าสู่แคปปิลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ เวลา 3 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ความเข้มข้นของเดาโนรูบิซิน (1) ไอดารูบิซิน (2) ด็อกโซรูบิซิน (3) และเมทโทเทรกเซท (4) เท่ากับ 20.0, 5.0, 20.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ.....	44
9	ผลของชนิดสารละลายบัฟเฟอร์ต่อค่าการแยกของสารเดาโนรูบิซินกับไอดารูบิซิน และไอดารูบิซินกับด็อกโซรูบิซิน.....	45
10	ผลของชนิดสารละลายบัฟเฟอร์ต่อความสูงพีกของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท.....	45
11	ผลของความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์ต่ออิเล็กโทรฟีโรแกรมของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท สภาวะของการทดลองดังนี้ สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 20.0-40.0 มิลลิโมลาร์ ที่มีอะซิโตไนไตรล์ ผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 9.5 ความยาวของแคปปิลารี 36 เซนติเมตร ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ อุณหภูมิของแคปปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าสู่แคปปิลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์เวลา 3 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ความเข้มข้นของเดาโนรูบิซิน (1) ไอดารูบิซิน (2) ด็อกโซรูบิซิน (3) และเมทโทเทรกเซท (4) เท่ากับ 20.0, 5.0, 20.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ.....	46

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	ผลของความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์ต่อค่าการแยกของสารเดาโนรูบิซิน กับไอดารูบิซิน และไอดารูบิซิน กับด็อกโซรูบิซิน.....	48
13	ผลของความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์ต่อความสูงพีกของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท.....	48
14	ผลของอะซิโตไนไตรล์ในสารละลายบัฟเฟอร์ต่ออิเล็กโทรฟีโรแกรม ของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท สภาวะของการทดลองดังนี้สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์ ที่มีอะซิโตไนไตรล์ผสมอยู่ 0.0-30.0 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 9.5 ความยาวของแคปปิลารี 36 เซนติเมตร ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ อุณหภูมิของแคปปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าสู่แคปปิลารี ด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ เวลา 3 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ความเข้มข้นของ เดาโนรูบิซิน (1) ไอดารูบิซิน (2) ด็อกโซรูบิซิน (3) และเมทโทเทรกเซท (4) เท่ากับ 20.0, 5.0, 20.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ.	49
15	ผลของความเข้มข้นของอะซิโตไนไตรล์ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ต่อค่าการแยก ของสารเดาโนรูบิซิน กับไอดารูบิซิน และไอดารูบิซิน กับด็อกโซรูบิซิน.....	51
16	ผลของความเข้มข้นของอะซิโตไนไตรล์ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ต่อความสูงพีก ของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท.....	51

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	ผลของศักย์ไฟฟ้าต่ออิเล็กโทรฟีโรแกรมของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท สภาวะของการทดลองดังนี้ สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์ ที่มีอะซิโตไนไตรล์ผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 9.5 ความยาวของแคปปิลารี 36 เซนติเมตร ศักย์ไฟฟ้า 14.0-16.0 กิโลโวลต์ อุณหภูมิของแคปปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าสู่แคปปิลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ เวลา 3 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ความเข้มข้นของเดาโนรูบิซิน (1) ไอดารูบิซิน (2) ด็อกโซรูบิซิน (3) และเมทโทเทรกเซท (4) เท่ากับ 20.0, 5.0, 20.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ	52
18	ผลของศักย์ไฟฟ้าต่อค่าการแยกของสารเดาโนรูบิซิน กับไอดารูบิซิน และไอดารูบิซิน กับด็อกโซรูบิซิน	53
19	ผลของศักย์ไฟฟ้าต่อความสูงพีกของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท	53
20	ผลของอุณหภูมิของแคปปิลารีต่ออิเล็กโทรฟีโรแกรมของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท สภาวะของการทดลองดังนี้ สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์ ที่มีอะซิโตไนไตรล์ผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 9.5 ความยาวของแคปปิลารี 36 เซนติเมตร ศักย์ไฟฟ้า 15 กิโลโวลต์ อุณหภูมิของแคปปิลารี 25.0-40.0 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าสู่แคปปิลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ เวลา 3 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ความเข้มข้นของ เดาโนรูบิซิน (1) ไอดารูบิซิน (2) ด็อกโซรูบิซิน (3) และเมทโทเทรกเซท (4) เท่ากับ 20.0, 5.0, 20.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ	54
21	ผลของอุณหภูมิของแคปปิลารีต่อค่าการแยกของสารเดาโนรูบิซิน กับไอดารูบิซิน และ ไอดารูบิซิน กับด็อกโซรูบิซิน	56

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	ผลของอุณหภูมิของแคปปิลารีต่อความสูงพีกของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ดีอกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท.....	56
23	แสดงอิเล็กโทรฟีโรแกรมของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ดีอกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท สภาวะของการทดลองดังนี้ สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์ ที่มีอะซิโตไนไตรล์ผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 9.5 ความยาวของแคปปิลารี 36 เซนติเมตร ศักย์ไฟฟ้า 15.0 กิโลโวลต์ อุณหภูมิของแคปปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าสู่แคปปิลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ เวลา 3 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ความเข้มข้นของเดาโนรูบิซิน (1) ไอดารูบิซิน (2) ดีอกโซรูบิซิน (3) และเมทโทเทรกเซท (4) เท่ากับ 20.0, 5.0, 20.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ.....	57
24	แสดงอิเล็กโทรฟีโรแกรมของการวิเคราะห์สารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ดีอกโซรูบิซิน และเมทโทเทรกเซท ในน้ำปัสสาวะ สภาวะของการทดลองดังนี้ สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์ ที่มีอะซิโตไนไตรล์ผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 9.5 ความยาวของแคปปิลารี 36 เซนติเมตร ศักย์ไฟฟ้า 15.0 กิโลโวลต์ อุณหภูมิของแคปปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าสู่แคปปิลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ เวลา 3 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ความเข้มข้นของเดาโนรูบิซิน (1) ไอดารูบิซิน (2) ดีอกโซรูบิซิน (3) และเมทโทเทรกเซท (4) เท่ากับ 10.0, 2.0, 10.0 และ 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ.....	58

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	แสดงอิเล็กโทรฟีโรแกรมของการวิเคราะห์สารเมทโทเทรกเซทในตัวอย่างยาเม็ด สภาวะของการทดลองดังนี้ สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 30 มิลลิโมลาร์ ที่มีอะซิโตไนไตรล์ผสมอยู่ 20 เปอร์เซ็นต์ พีเอช 9.5 ความยาวของแคปปิลารี 36 เซนติเมตร ศักย์ไฟฟ้า 15.0 กิโลโวลต์ อุณหภูมิของแคปปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าสู่แคปปิลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ เวลา 3 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ความเข้มข้นของตัวอย่างยาเมทโทเทรกเซท 5 มิลลิกรัมต่อลิตร	59
26	ความเป็นเส้นตรงของสารเดาโนรูบิซิน	62
27	ความเป็นเส้นตรงของสารไอดารูบิซิน	62
28	ความเป็นเส้นตรงของสารด็อกโซรูบิซิน	63
29	ความเป็นเส้นตรงของสารเมทโทเทรกเซท	63
30	กราฟมาตรฐานของสารเดาโนรูบิซิน	64
31	กราฟมาตรฐานของสารไอดารูบิซิน	65
32	กราฟมาตรฐานของสารด็อกโซรูบิซิน	65
33	กราฟมาตรฐานของสารเมทโทเทรกเซท	66
34	แสดงอิเล็กโทรฟีโรแกรมขีดจำกัดของการตรวจวัดของสารของสารเดาโนรูบิซิน ไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซินและเมทโทเทรกเซท ชนิดละ 1.0, 0.3, 0.5 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ	85
35	แสดงอิเล็กโทรฟีโรแกรมขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของสารของสารเดาโนรูบิซินไอดารูบิซิน ด็อกโซรูบิซินและเมทโทเทรกเซท ชนิดละ 3.0, 1.0, 2.0 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ	86

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University