การหาปริมาณคาเฟอีนและวิตามินละลายในน้ำบางชนิดด้วยเทคนิคไมเซลลาร์อิเล็กโทรไคเนติก โครมาโทกราฟี

สมทบ สันติเบ็ญจกุล

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤศจิกายน 2548

ISBN 974-502-658-1

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ สมทบ สันติเบ็ญจกุล ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ศิริไชย)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรุณี เทอดเทพพิทักษ์)

..... กรรมการ

(ดร. นวศิษฎ์ รักษ์บำรุง)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ศิริไชย)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรุณี เทอดเทพพิทักษ์)

.....กรรมการ

(ดร. นวศิษฎ์ รักษ์บำรุง)

.....กรรมการ

(ดร. ชุลีพร พุฒนวล)

.....กรรมการ

(ดร. อรสา สุริยาพันธ์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)

วันที่ 11 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2548

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษา และช่วยแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย ซึ่งเป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณี เทอดเทพพิทักษ์ และ ดร.นวศิษฏ์ รักษ์บำรุง กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้รับแนวทางในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้และประสบการณ์อย่างกว้างขวางในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จึงกราบขอบพระคุณอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.ชุลีพร พุฒนวล และ ดร.อรสา สุริยาพันธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี

ขอขอบพระคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี

คุณประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา และครูอาจารย์ที่กรุณาอบรมสั่งสอนให้ความรู้และสิ่งดีงามแก่ผู้วิจัย

สมทบ สันติเบ็ญจกุล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

43910634: สาขาวิชา: เคมี; วท.ม. (เคมี)
คำสำคัญ: ไมเซลลาร์อิเล็กโทรไคเนติกโครมาโทกราฟี/ คาเฟอีน/ วิตามินละลายในน้ำ

สมทบ สันติเบ็ญจกุล: การหาปริมาณคาเฟอีนและวิตามินละลายในน้ำบางชนิดด้วยเทคนิคไมเซลลาร์อิเล็กโทรไคเนติกโครมาโทกราฟี (DETERMINATION OF CAFFEINE AND SOME WATER-SOLUBLE VITAMINS BY MICELLAR ELECTROKINETIC CHROMATOGRAPHY) อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์: ผศ.ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย, Ph.D., รศ.ดร.อรุณี เทอดเทพพิทักษ์, Ph.D., ดร.นวศิษฏ์ รักษ์บำรุง, Ph.D. 86 หน้า. ปี พ.ศ. 2548.
ISBN 974-502 -658 -1

ในงานนี้ อธิบายถึงเทคนิคไมเซลลาร์อิเล็กโทรไคเนติกโครมาโทกราฟีและใช้ตัวตรวจวัดยูวี ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วในการหาปริมาณพร้อมกันของนิโคตินาไมด์ คาเฟอีน วิตามินบีหก วิตามินบีสอง วิตามินบีหนึ่ง และวิตามินซี สภาวะการทดลองที่เหมาะสมคือ บอเรตบัฟเฟอร์เข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟตเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ศักย์ไฟฟ้าสำหรับการแยก 10 กิโลโวลท์ อุณหภูมิสำหรับการแยก 40 องศาเซลเซียส และนำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดันที่ 50 มิลลิบาร์เป็นเวลา 3 วินาที สารทุกตัวตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร ยกเว้นวิตามินซีตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 265 นาโนเมตร ภายใต้สภาวะการทดลองนี้ สามารถวิเคราะห์ได้ภายในเวลา 8 นาที ขีดจำกัดของการตรวจวัดที่สัญญาณต่อสัญญาณรบกวนเท่ากับ 3 และขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณที่สัญญาณต่อสัญญาณรบกวนเท่ากับ 10 มีค่าอยู่ในช่วง 0.3 ถึง 1.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.5 ถึง 3.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กราฟมาตรฐานสำหรับสารอยู่ในช่วง 5.0 ถึง 30.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์มากกว่า 0.995 เปอร์เซ็นต์ เบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของพื้นที่พีกและไมเกรชันไทม์ น้อยกว่า 4.0 และ 1.7 ตามลำดับ วิธีนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้หาปริมาณสารในเครื่องดื่มชูกำลัง โดยไม่ต้องมีการเตรียมตัวอย่าง ยกเว้นการกรองและการเจือจางสาร ผลการวิเคราะห์ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

43910634: MAJOR: CHEMISTRY; M.Sc. (CHEMISTRY)
KEYWORDS: MICELLAR ELECTROKINETIC CHROMATOGRAPHY/ CAFFEINE/ WATER-SOLUBLE VITAMIN

SOMTOP SANTIBENCHAKUL: DETERMINATION OF CAFFEINE AND SOME WATER-SOLUBLE VITAMINS BY MICELLAR ELECTROKINETIC CHROMATOGRAPHY. THESIS ADVISORS: SOMSAK SIRICHAI, Ph.D., ARUNEE THERDTEPPITAK, Ph.D., NAWASIT RAKBAMRUNG, Ph.D. 86 P. 2005
ISBN 974-502-658-1

In this work, a rapid and simple micellar electrokinetic chromatography with UV detector for simultaneous determination of nicotinamide, caffeine, vitamin B_6, vitamin B_2, vitaminB_1, and vitamin C is described. The optimized conditions of separation were 10 mM borate buffer containing 25 mM SDS, pH 9.0, 10 kV for separation voltage, 40 ^{0}C for separation temperature, and 3 seconds for injection at 50 mbar. All analytes were detected at 220 nm except vitamin C was detected at 265 nm. Under these conditions, all analytes could be analyzed within 8 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 the range of 0.3 to 1.2 mg/L, and 1.5 to 3.5 mg/L, respectively. The calibration curves of analytes were from 5.0 to 30.0 mg/L with the correlation coefficient of better than 0.995. The percent relative standard deviations of peak area and migration time were less than 4.0, and 1.7, respectively. The method was directly applied to the determination of analytes in vitamin-enriched drinks without any other sample pre-treatment except filtration and dilution, and the assay results were satisfactory.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
สถานที่ทำงานวิจัย	6
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
ทฤษฎีหลักการพื้นฐานของเทคนิคไมเซลลาร์อิเล็กโทรไคเนติกโครมาโทกราฟี (Micellar Electrokinetic Chromatography)	7
ระบบเครื่องมือที่ใช้ในเทคนิคไมเซลลาร์อิเล็กโทรไคเนติกโครมาโทกราฟี	12
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
อุปกรณ์และเครื่องมือ	27
สารเคมี	27
วิธีดำเนินการ	28
การเตรียมสารละลายเคมี	28
การตั้งสภาวะเครื่องแคปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส เพื่อใช้ในการวิเคราะห์	32
ศึกษาผลของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการแยกสารละลายมาตรฐานผสม (Optimized Condition)	32
ศึกษาความถูกต้องของวิธีที่ทำการวิเคราะห์ (Method Validation)	33

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	การวิเคราะห์ตัวอย่าง	34
	การคำนวณ	35
4	ผลการทดลอง	37
	ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โดยเทคนิคไมเซลลาร์อิเล็กโทรไคเนติกโครมาโทกราฟี	37
	ผลการศึกษาความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ในการวิเคราะห์โดยเทคนิคไมเซลลาร์อิเล็กโทรไคเนติกโครมาโทกราฟี	46
	ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารคาเฟอีนและวิตามินละลายในน้ำ 5 ชนิดในตัวอย่างเครื่องดื่มชูกำลัง	54
5	สรุปและอภิปรายผล	60
บรรณานุกรม		68
ภาคผนวก		72
ประวัติย่อของผู้วิจัย		86

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ขีดจำกัดของการตรวจวัดของสารคาเฟอีนและกลุ่มวิตามินละลายน้ำ 5 ชนิด (n = 5)	46
2	ขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของสารคาเฟอีนและกลุ่มวิตามินละลายน้ำ 5 ชนิด (n = 5)	48
3	ข้อมูลกราฟมาตรฐานของสารคาเฟอีนและกลุ่มวิตามินละลายในน้ำ 5 ชนิด (n = 5)	48
4	ผลการวิเคราะห์หาความเที่ยงของพื้นที่พีก และค่าไมเกรชันไทม์ (n = 5).....	53
5	ผลการวิเคราะห์หาความแม่น รายงานในรูปค่าร้อยละการกลับคืน (n = 5)	53
6	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารคาเฟอีน และวิตามินละลายน้ำ 5 ชนิด ในเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 1 (n = 5)	54
7	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารคาเฟอีน และวิตามินละลายน้ำ 5 ชนิด ในเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 2 (n = 5)	55
8	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารคาเฟอีน และวิตามินละลายน้ำ 5 ชนิด ในเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 3 (n = 5)	55
9	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารคาเฟอีน และวิตามินละลายน้ำ 5 ชนิด ในเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 4 (n = 5)	56
10	ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารคาเฟอีน และวิตามินละลายน้ำ 5 ชนิด ในเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 5 (n = 5)	56
11	แสดงสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารกลุ่มคาเฟอีนและวิตามินละลายน้ำ 5 ชนิด โดยวิธีไมเซลลาร์อิเล็กโทรไคเนติกโครมาโทกราฟี	65
12	ค่าพื้นที่พีกของสารละลายมาตรฐานนิโคตินาไมด์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ (n = 5)	78
13	ค่าพื้นที่พีกของสารละลายมาตรฐานคาเฟอีน ที่ความเข้มข้นต่างๆ (n = 5)	78
14	ค่าพื้นที่พีกของสารละลายมาตรฐานวิตามินบีสอง ที่ความเข้มข้นต่างๆ (n = 5)	79
15	ค่าพื้นที่พีกของสารละลายมาตรฐานวิตามินบีหก ที่ความเข้มข้นต่างๆ (n = 5)	79
16	ค่าพื้นที่พีกของสารละลายมาตรฐานวิตามินซี ที่ความเข้มข้นต่างๆ (n = 5)	80
17	ค่าพื้นที่พีกของสารละลายมาตรฐานวิตามินบีหนึ่ง ที่ความเข้มข้นต่างๆ (n = 5)	80
18	ค่าพื้นที่พีกของนิโคตินาไมด์ คาเฟอีน และวิตามินบีหก ในสารละลายเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 1 (n = 5)	84

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

19 ค่าพื้นที่พีกของนิโคตินาไมด์ คาเฟอีน และวิตามินบีหก ในสารละลายเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 2 (n = 5) 84

20 ค่าพื้นที่พีกของนิโคตินาไมด์ คาเฟอีน และวิตามินบีหก ในสารละลายเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 3 (n = 5) 84

21 ค่าพื้นที่พีกของนิโคตินาไมด์ คาเฟอีน และวิตามินบีหก ในสารละลายเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 4 (n = 5) 85

22 ค่าพื้นที่พีกของนิโคตินาไมด์ คาเฟอีน และวิตามินบีหก ในสารละลายเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 5 (n = 5) 85

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างโมเลกุลของคาเฟอีนและวิตามินละลายน้ำบางชนิดในเครื่องดื่มชูกำลัง.....	2
2	โครงสร้างโมเลกุลของโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (Sodium Dodecyl Sulfate).....	7
3	หลักการพื้นฐานของเทคนิคไมเซลลาร์อิเล็กโทรไคเนติกโครมาโทกราฟี.....	8
4	ระบบของแคปิลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส.....	13
5	ผลของค่าพีเอชของสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ต่ออิเลคโทรเฟอร์โรแกรมของสารกลุ่มคาเฟอีนและวิตามินละลายในน้ำ 5 ชนิด สภาวะของการทดลองคือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ ความยาวของแคปิลารี 42.0 เซนติเมตร ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 5 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร B1 = ไธอามิน ไฮโดรคลอไรด์ (วิตามินบีหนึ่ง) Ni = นิโคตินาไมด์ Caf = คาเฟอีน B2 = ไรโบฟลาวิน (วิตามินบีสอง) B6 = ไพริด๊อกซิน ไฮโดรคลอไรด์ (วิตามินบีหก) C = กรดแอสคอร์บิค (วิตามินซี) ความเข้มข้น 50.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	39
6	ผลของความเข้มข้นของโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (SDS) ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ต่ออิเลคโทรเฟอร์โรแกรมของสารกลุ่มคาเฟอีนและวิตามินละลายในน้ำ 5 ชนิด สภาวะของการทดลองคือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 5 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร	40

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

7 ผลของความเข้มข้นของบอเรต (Borate) ในสารละลายบัฟเฟอร์ต่ออิเลคโทรเฟอร์โรแกรมของสารกลุ่มคาเฟอีนและวิตามินละลายในน้ำ 5 ชนิด สภาวะของการทดลองคือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 25.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 5 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร 41

8 ผลของอะซิโตไนไตร์ (ACN) ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ต่ออิเลคโทรเฟอร์โรแกรมของสารกลุ่มคาเฟอีนและวิตามินละลายในน้ำ 5 ชนิด สภาวะของการทดลองคือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 25.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารี 42.0 เซนติเมตร ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 25 องศาเซลเซียส นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 5 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร 42

9 ผลของอุณหภูมิของแคปิลารีต่ออิเลคโทรเฟอร์โรแกรมของสารกลุ่มคาเฟอีนและวิตามินละลายในน้ำ 5 ชนิด สภาวะของการทดลองคือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 25.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารี 42.0 เซนติเมตร ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 5 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร 43

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

10 ผลของเวลาที่ใช้ในการนำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดันคงที่ที่ 50.0 มิลลิบาร์ ต่ออิเลคโทรเฟอร์โรแกรมของสารกลุ่มคาเฟอีนและวิตามินละลายในน้ำ 5 ชนิด สภาวะของการทดลองคือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 25.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารี 42.0 เซนติเมตร ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 40 องศาเซลเซียส ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร..... 44

11 อิเลคโทรเฟอร์โรแกรมของสารกลุ่มคาเฟอีนและวิตามินละลายในน้ำ 5 ชนิด ในสภาวะการทดลองที่เหมาะสมที่สุด คือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 25.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารี 42.0 เซนติเมตร ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 40 องศาเซลเซียส นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 3 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร 45

12 อิเลคโทรเฟอร์โรแกรมแสดงขีดจำกัดของการตรวจวัดของสารกลุ่มคาเฟอีนและวิตามินละลายในน้ำ 5 ชนิด สภาวะของการทดลองคือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 25.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารี 42.0 เซนติเมตร ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 40 องศาเซลเซียส นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 3 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร (ยกเว้นวิตามินซี ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 265นาโนเมตร)..... 47

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

13 อิเลคโทรเฟอร์โรแกรมแสดงขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของสารคาเฟอีนและกลุ่มวิตามินละลายในน้ำ 5 ชนิด สภาวะของการทดลองคือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 25.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารี 42.0 เซนติเมตร ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 40 องศาเซลเซียส นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 3 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร (ยกเว้นวิตามินซี ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 265 นาโนเมตร) 49

14 กราฟมาตรฐานของนิโคตินาไมด์..... 50

15 กราฟมาตรฐานของคาเฟอีน..... 50

16 กราฟมาตรฐานของวิตามินบีสอง..... 51

17 กราฟมาตรฐานของวิตามินบีหก..... 51

18 กราฟมาตรฐานของวิตามินซี..... 52

19 กราฟมาตรฐานของวิตามินบีหนึ่ง..... 52

20 อิเลคโทรเฟอร์โรแกรมแสดงการเปรียบเทียบเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 1 เมื่อไม่มีการ Spike และเมื่อมีการ Spike วิตามินบีสองและวิตามินบีหนึ่ง สภาวะของการทดลองคือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 25.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารี 42.0 เซนติเมตร ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 40 องศาเซลเซียส นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 3 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร..... 57

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

21 อิเลคโทรเฟอร์โรแกรมแสดงการเปรียบเทียบเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 5 เมื่อไม่มีการ Spike และเมื่อมีการ Spike วิตามินซี สภาวะของการทดลองคือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 25.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารี 42.0 เซนติเมตร ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 40 องศาเซลเซียส นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 3 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 265 นาโนเมตร..... 58

22 อิเลคโทรเฟอร์โรแกรมแสดงการเปรียบเทียบเครื่องดื่มชูกำลังตัวอย่างที่ 5 เมื่อไม่มีการ Spike และเมื่อมีการ Spike วิตามินซี สภาวะของการทดลองคือสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 25.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารี 42.0 เซนติเมตร ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 40 องศาเซลเซียส นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 3 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร..... 59

23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์กับค่ากระแสที่ได้รับ..... 73

24 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (SDS) ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์กับค่ากระแสที่ได้รับ..... 73

25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (SDS) ในสารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ กับค่าการแยกระหว่างนิโคตินาไมด์กับคาเฟอีน และวิตามินบีสองกับวิตามินบีหก 74

26 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของบอเรตในสารละลายบัฟเฟอร์ กับค่ากระแสที่ได้รับ..... 74

27 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแคปิลารี กับค่ากระแสที่ได้รับ..... 75

28 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแคปิลารี กับค่าการแยกระหว่างนิโคตินาไมด์กับคาเฟอีน และวิตามินบีสองกับวิตามินบีหก 75

29 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการฉีดสาร กับค่าการแยกระหว่างนิโคตินาไมด์กับคาเฟอีน และวิตามินบีสองกับวิตามินบีหก 76

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

30 อิเลคโทรเฟอร์โรแกรมของสารละลาย Blank ในสภาวะการทดลองที่เหมาะที่สุด คือ สารละลายบอเรตบัฟเฟอร์ 10.0 มิลลิโมลาร์ มีโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต 25.0 มิลลิโมลาร์ พีเอช 9.0 ความยาวของแคปิลารี 42.0 เซนติเมตร ความยาวของแคปิลารีที่ใช้ในการแยก 33.5 เซนติเมตร อุณหภูมิของแคปิลารี 40 องศาเซลเซียส นำสารเข้าสู่แคปิลารีด้วยความดัน 50.0 มิลลิบาร์เป็นเวลา 3 วินาที ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 10 กิโลโวลท์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร และ 265 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร 77

31 สเปกตรัมของนิโคตินาไมด์ 81

32 สเปกตรัมของคาเฟอีน 81

33 สเปกตรัมของวิตามินบีสอง 81

34 สเปกตรัมของวิตามินบีหก 82

35 สเปกตรัมของวิตามินซี 82

36 สเปกตรัมของวิตามินบีหนึ่ง 82

37 สเปกตรัมของนิโคตินาไมด์ในตัวอย่างเครื่องดื่มชูกำลัง 83

38 สเปกตรัมของคาเฟอีนในตัวอย่างเครื่องดื่มชูกำลัง 83

39 สเปกตรัมของวิตามินบีหกในตัวอย่างเครื่องดื่มชูกำลัง 83

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University