

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ โดยเทคนิคคาปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารละลายผสมของฟีนอล โดยเทคนิคคาปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยสภาวะของการทดลองคือความยาวของคาปิลลารี 68.0 เซนติเมตร ความยาวของคาปิลลารีที่ใช้ในการแยก 59.5 เซนติเมตร ความแรงของสนามไฟฟ้า 294 โวลต์ต่อเซนติเมตร นำสารตัวอย่างเข้าคาปิลลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร

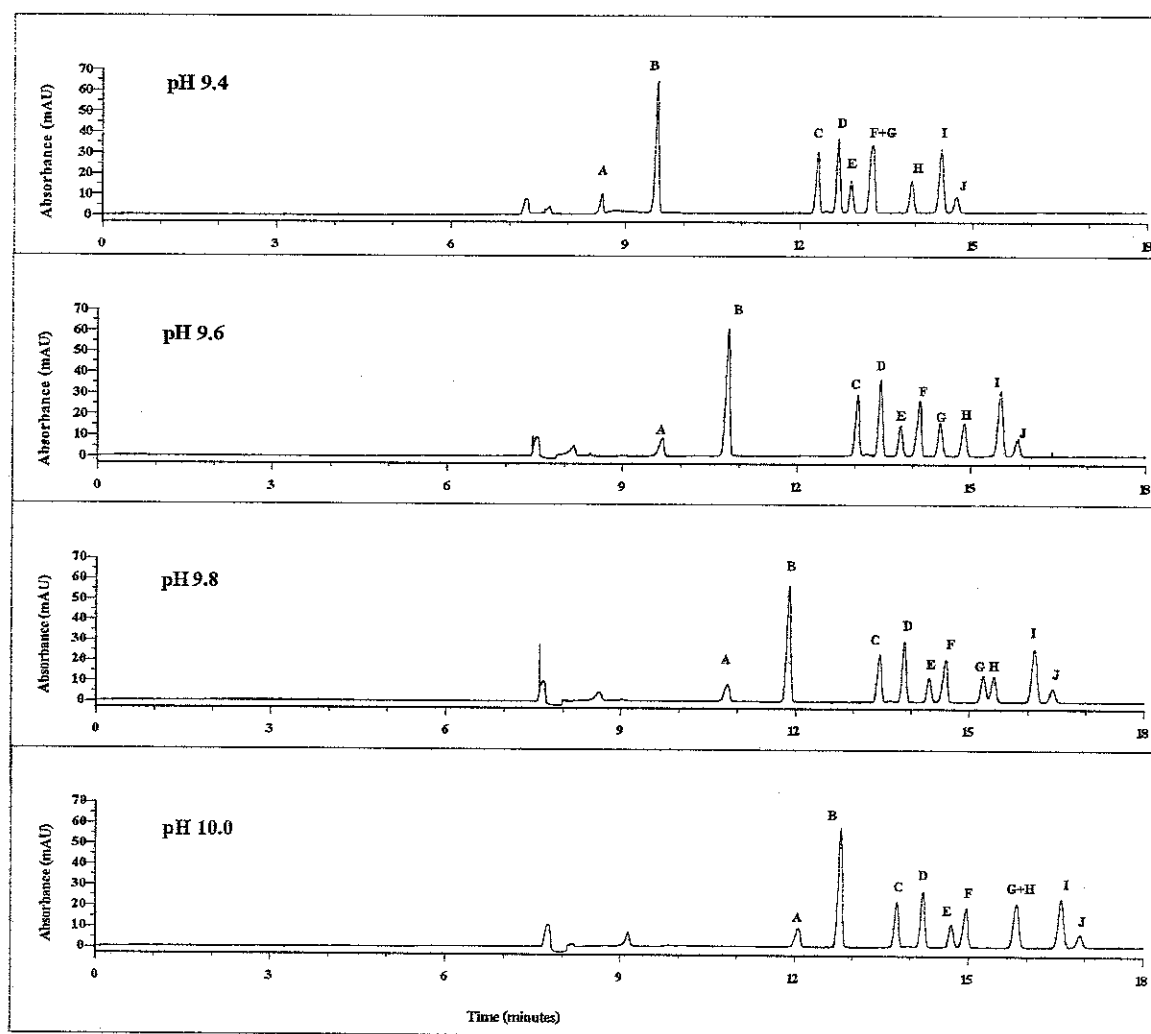
1. ผลการศึกษา pH ของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต จากการศึกษาผลของ pH ของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตที่ pH ต่าง ๆ ต่อการวิเคราะห์สารละลายผสมของฟีนอล ในเทอมของไมเกรชันไทม์และค่าการแยก ได้ผลแสดงดังภาพ 8 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต pH 9.6

2. ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการวิเคราะห์สารละลายผสมของฟีนอล ในเทอมของไมเกรชันไทม์และค่าการแยก ได้ผลแสดงดังภาพ 9 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต 20 มิลลิโมลต่อลิตร

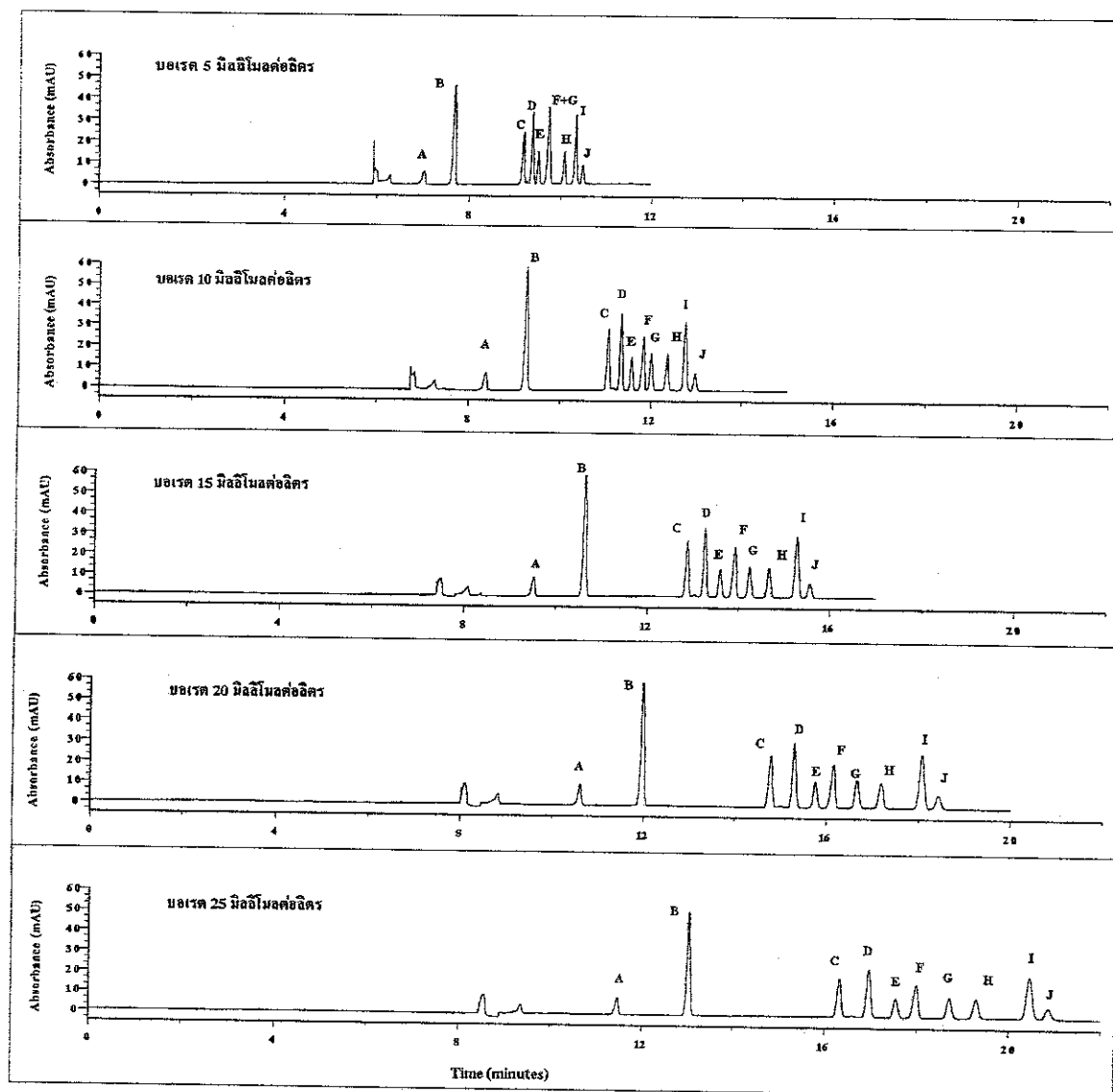
จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง S/N ของความสูงพีคกับความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตที่ 15 และ 20 มิลลิโมลต่อลิตร ได้ผลแสดงดังภาพ 10

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต ได้ผลแสดงดังภาพ 11

3. ผลการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการแยก จากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่อุณหภูมิต่าง ๆ ต่อการวิเคราะห์สารละลายผสมของฟีนอล ในเทอมของไมเกรชันไทม์และค่าการแยก ได้ผลแสดงดังภาพ 12 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคืออุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

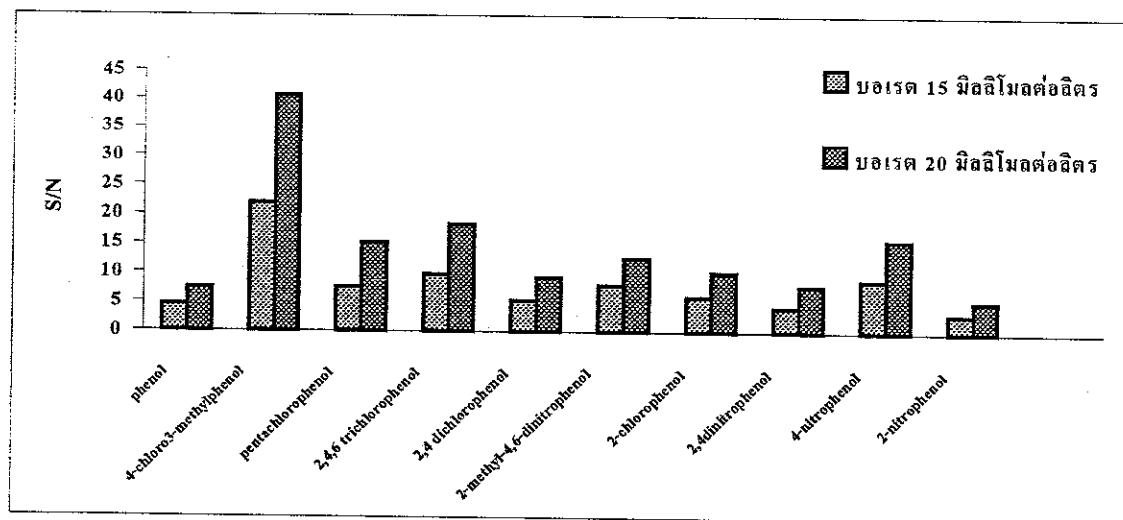


ภาพที่ 8 ผลของ pH ของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตต่ออิเล็กโทรเฟอโรแกรมของสารกลุ่มฟีนอล สภาวะของการทดลองคือสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต 15 มิลลิโมลต่อลิตร ความยาวของคาบิลลารี 68.0 เซนติเมตร ความยาวของคาบิลลารีที่ใช้ในการแยก 59.5 เซนติเมตร ความแรงของสนามไฟฟ้า 294 โวลต์ต่อเซนติเมตร อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าคาบิลลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ นาน 1 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร A=Phenol B=4-chloro-3-methylphenol C=Pentachlorophenol D=2,4,6-trichlorophenol E=2,4-dichlorophenol F=2-Methyl-4,6-dinitrophenol G=2-chlorophenol H=2,4-dinitrophenol I=4-nitrophenol J=2-nitrophenol ความเข้มข้นช่วง 24.95-125.05 มิลลิกรัมต่อลิตร



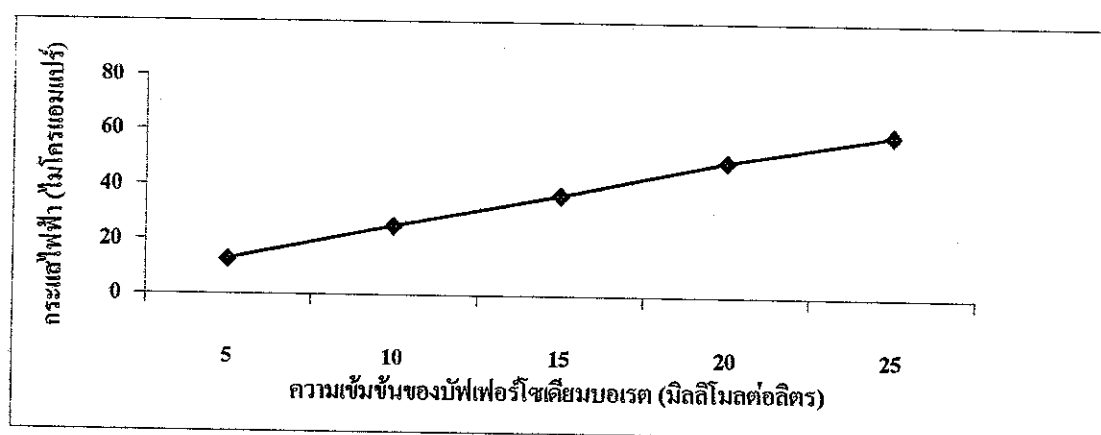
ภาพที่ 9 ผลของความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตต่ออิเล็กโทรเฟอโรแกรมของสารกลุ่มฟีนอล สภาวะของการทดลองคือสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต pH 9.6 ความยาวของคาบิลลารี 68.0 เซนติเมตร ความยาวของคาบิลลารีที่ใช้ในการแยก 59.5 เซนติเมตร ความแรงของสนามไฟฟ้า 294 โวลต์ต่อเซนติเมตร อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าคาบิลลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ นาน 1 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร A=Phenol B=4-chloro-3-methyl phenol C=Pentachlorophenol D=2,4,6-trichlorophenol E=2,4-dichlorophenol F=2-Methyl-4,6-dinitrophenol G=2-chlorophenol H=2,4-dinitrophenol I=4-nitrophenol J= 2-nitrophenol ความเข้มข้นช่วง 24.95-125.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตที่มีต่อสภาพไว
ได้ผลดังภาพ 10

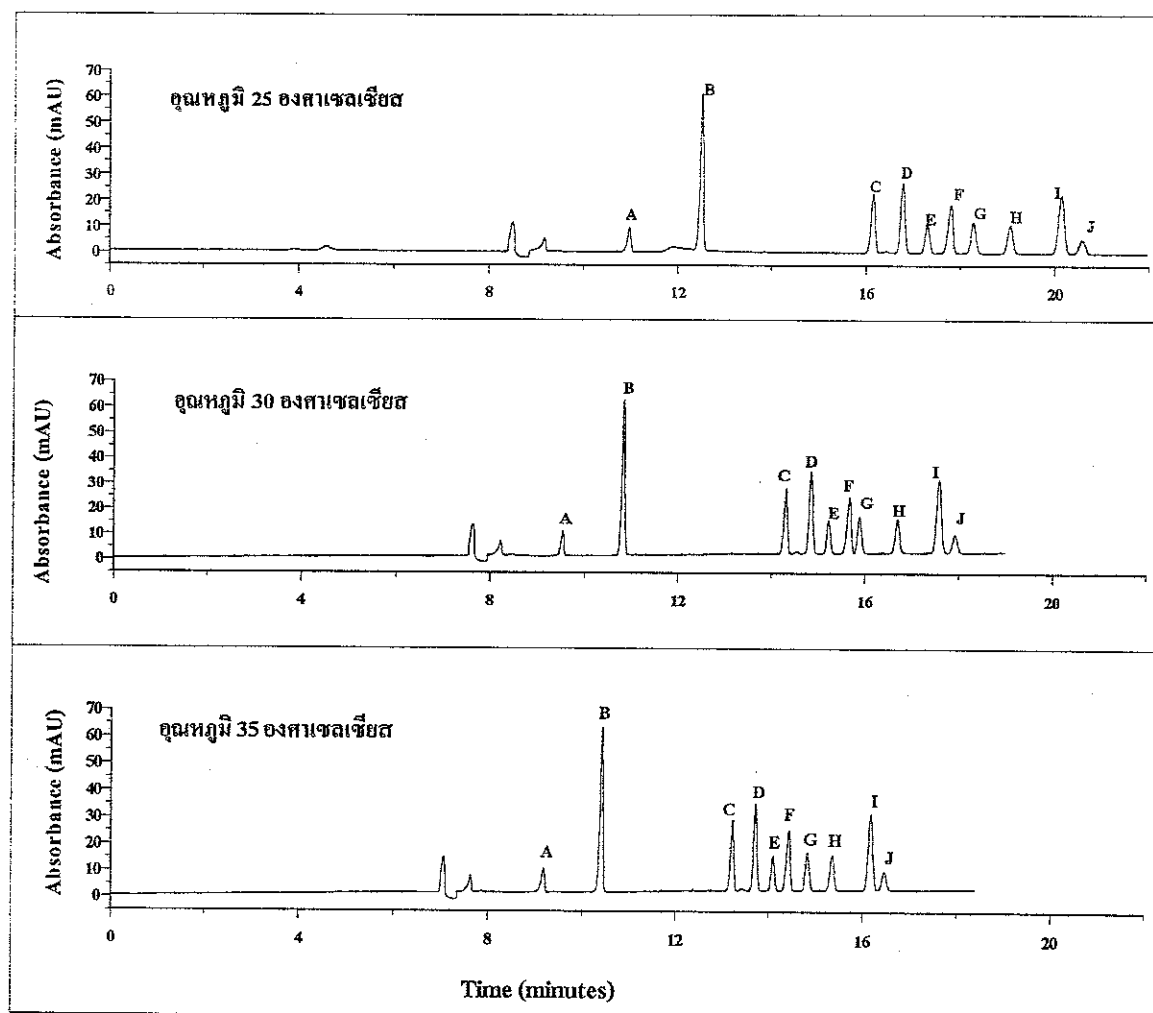


ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง S/N ของความสูงพีคกับความเข้มข้นของสารละลาย
บัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตที่ 15 และ 20 มิลลิโมลต่อลิตร

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตกับ
ค่าของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในคาปิลลารีได้ดังผลภาพ 11



ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์
โซเดียมบอเรต



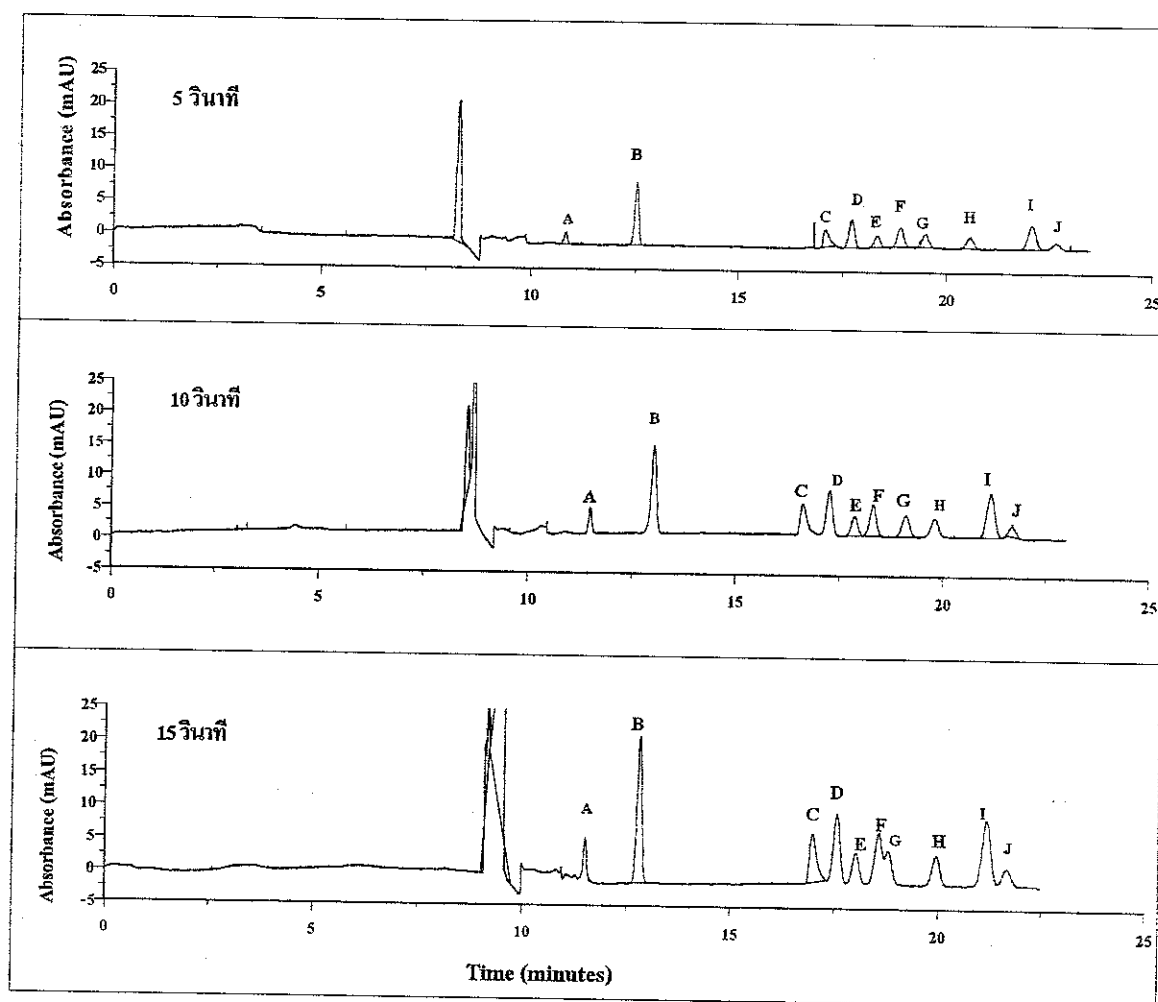
ภาพที่ 12 ผลของอุณหภูมิต่ออิเล็กโทรเฟอร์โรแกรมของสารกลุ่มฟีนอล สภาวะของการทดลองคือ สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต 20 มิลลิโมลต่อลิตร pH 9.6 ความยาวของคาบิลลารี 68.0 เซนติเมตร ความยาวของคาบิลลารีที่ใช้ในการแยก 59.5 เซนติเมตร ความแรงของสนามไฟฟ้า 294 โวลต์ต่อเซนติเมตร นำสารตัวอย่างเข้าคาบิลลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ นาน 1 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร A=Phenol B=4-chloro-3-methylphenol C =Pentachlorophenol D=2,4,6-trichlorophenol E=2,4-dichlorophenol F=2-Methyl-4,6-dinitrophenol G=2-chlorophenol H=2,4-dinitrophenol I=4-nitrophenol J=2-nitrophenol ความเข้มข้นช่วง 24.95-125.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

4. ผลการศึกษาเวลาในการนำสารตัวอย่างเข้าคาปิลลารี จากการศึกษผลของเวลาในการนำสารตัวอย่างเข้าคาปิลลารี ต่อการวิเคราะห์สารละลายผสมฟีนอล ในเทอมของไมเกรชั่นไทม์ และค่าการแยก ได้ผลแสดงดังภาพ 13 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือใช้เวลาในการนำสารตัวอย่างเข้าคาปิลลารี นาน 10 วินาที

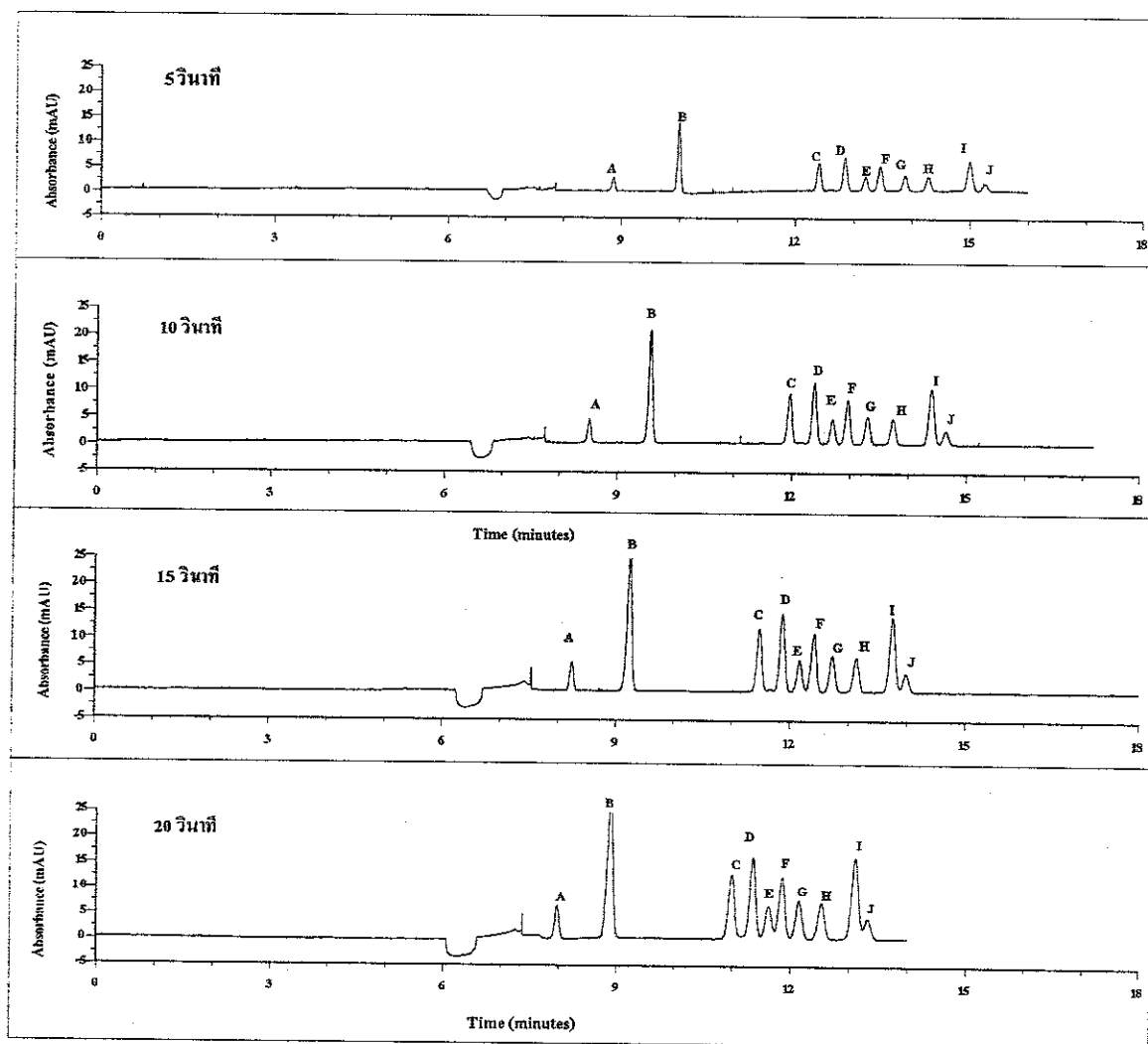
5. ผลการศึกษาการเพิ่มสภาพไว จากการศึกษผลของการเพิ่มสภาพไว โดยการใช้เทคนิค stacking ต่อการวิเคราะห์สารละลายผสมฟีนอล ในเทอมของไมเกรชั่นไทม์และค่าการแยก ได้ผลแสดงดังภาพ 14 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการใช้เทคนิค stacking คือใช้เวลาในการนำสารตัวอย่างเข้าคาปิลลารี นาน 15 วินาที

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงพีคกับเวลาในการนำสารตัวอย่างเข้าคาปิลลารีของเทคนิค stacking ได้ผลแสดงดังภาพ 15

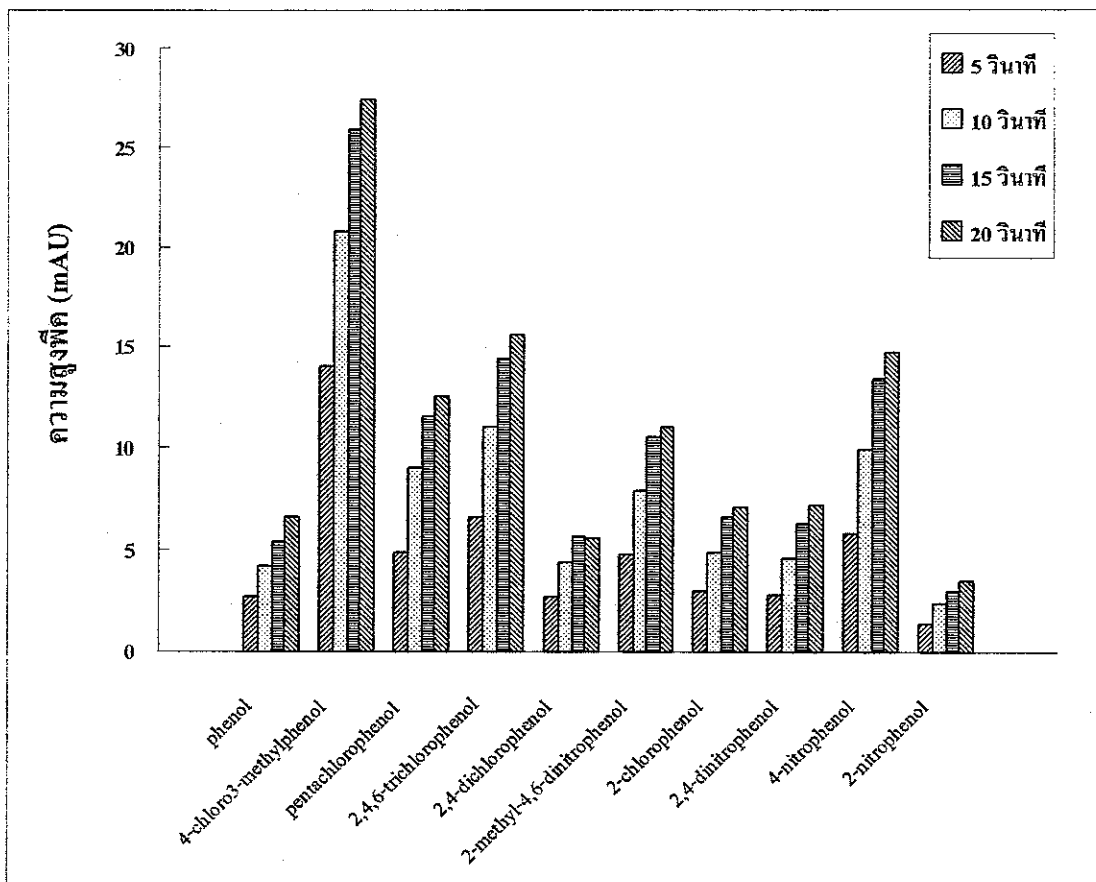
6. ผลการศึกษองค์ประกอบของสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตในสารละลายเมธานอลและอะซิโตนไตร์ จากการศึกษผลของเมธานอลและอะซิโตนไตร์ในสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตที่เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ ต่อการวิเคราะห์สารละลายผสมฟีนอลได้ผลแสดงดังภาพ 16 - 17



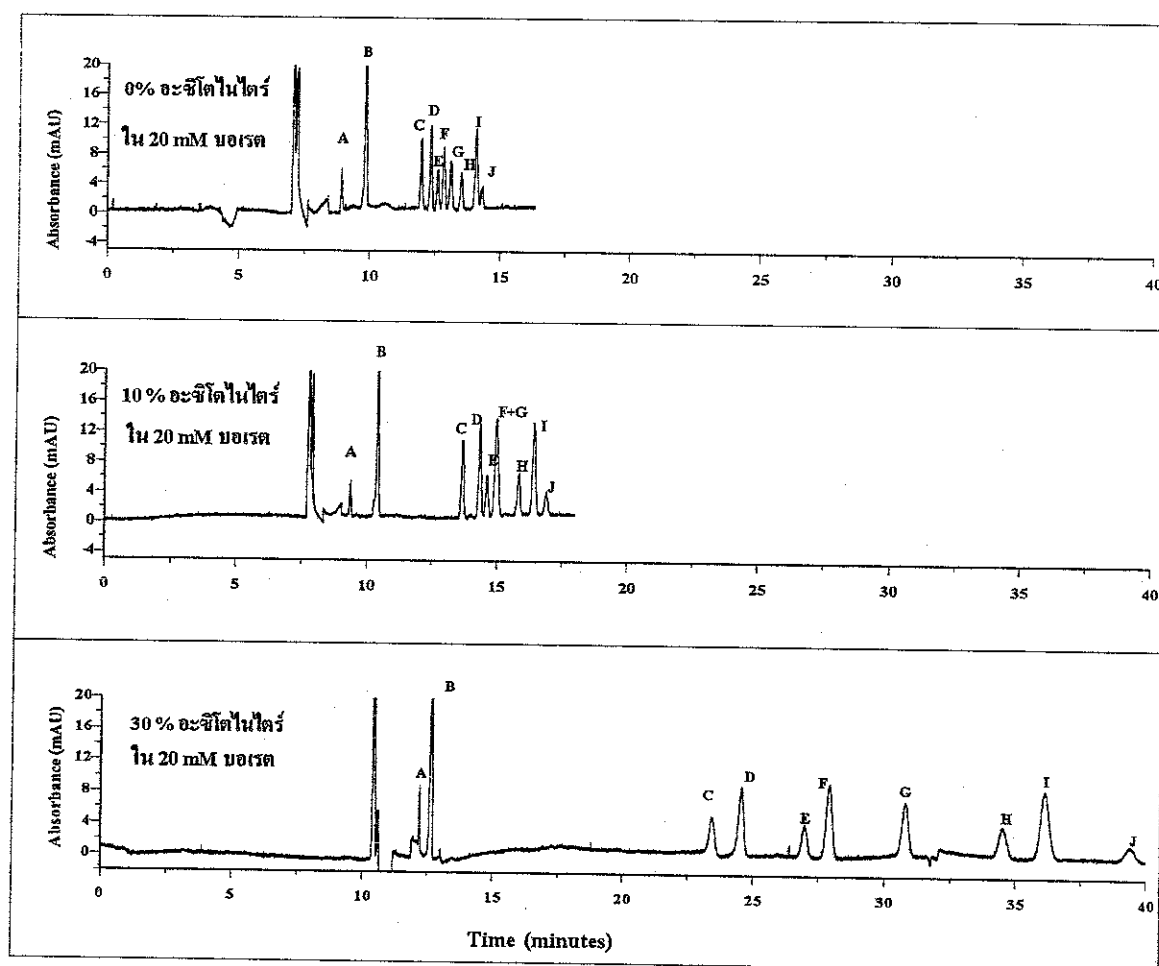
ภาพที่ 13 ผลของเวลาในการนำสารตัวอย่างเข้าคานาปิลลารีต่ออิเล็กโทรเฟอร์โรแกรมของสารกลุ่มฟีนอล สภาวะของการทดลองคือสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต 20 มิลลิโมลต่อลิตร pH 9.6 ความยาวของคานาปิลลารี 68.0 เซนติเมตร ความยาวของคานาปิลลารีที่ใช้ในการแยก 59.5 เซนติเมตร ความแรงของสนามไฟฟ้า 294 โวลต์ต่อเซนติเมตร อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าคานาปิลลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร A=Phenol B=4-chloro-3-methylphenol C=Pentachlorophenol D=2,4,6-trichlorophenol E=2,4-dichlorophenol F=2-Methyl-4,6-dinitrophenol G=2-chlorophenol H=2,4-dinitrophenol I=4-nitrophenol J=2-nitrophenol ความเข้มข้นช่วง 1.00 – 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร



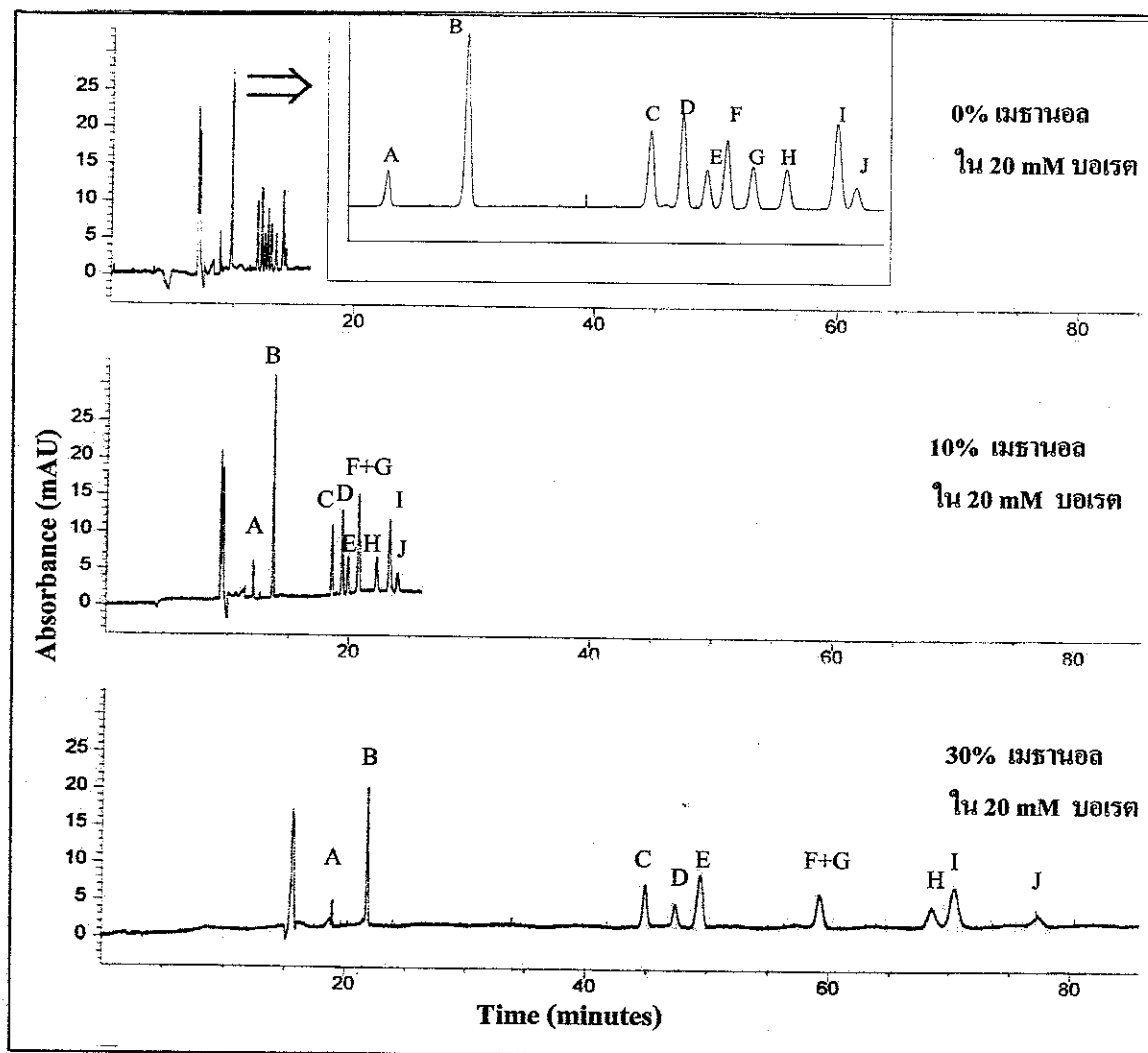
ภาพที่ 14 ผลของการใช้เทคนิค stacking ในการเพิ่มสภาพไว ค่ออิเล็กโทรฟอเรแกรมของสารกลุ่มฟีนอล สภาวะของการทดลองคือสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต 20 มิลลิโมล ต่อลิตร pH 9.6 ความยาวของคาบิลลารี 68.0 เซนติเมตร ความยาวของคาบิลลารีที่ใช้ในการแยก 59.5 เซนติเมตร ความแรงของสนามไฟฟ้า 294 โวลต์ต่อเซนติเมตร อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าคาบิลลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร A=Phenol B=4-chloro-3-methylphenol C=Pentachlorophenol D=2,4,6-trichlorophenol E=2,4-dichlorophenol F=2-Methyl-4,6-dinitrophenol G=2-chlorophenol H=2,4-dinitrophenol I=4-nitrophenol J=2-nitrophenol ความเข้มข้นช่วง 1.00 – 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 15 ความสูงพีคของสารกลุ่มฟีนอลเมื่อนำสารตัวอย่างเข้าคอลัมน์ที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้เทคนิค stacking



ภาพที่ 16 ผลของอะซิโตนไตร์ในสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตต่ออิเล็กโตรโครมาโตกราฟีของสารกลุ่มฟีนอล สภาวะของการทดลองคือสารละลายบัฟเฟอร์ประกอบด้วยโซเดียมบอเรต 20 มิลลิโมลต่อลิตร pH 9.6 ที่เปอร์เซ็นต์อะซิโตนไตร์ 0, 10 และ 30 ความยาวของคาบิลลารี 68.0 เซนติเมตร ความยาวของคาบิลลารีที่ใช้ในการแยก 59.5 เซนติเมตร ความแรงของสนามไฟฟ้า 294 โวลต์ต่อเซนติเมตร อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าคาบิลลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ นาน 10 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร A=Phenol B=4-chloro-3-methylphenol C=Pentachlorophenol D=2,4,6-trichlorophenol E=2,4-dichlorophenol F=2-Methyl-4,6-dinitrophenol G=2-chlorophenol H=2,4-dinitrophenol I=4-nitrophenol J=2-nitrophenol ความเข้มข้นช่วง 1.00 – 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 17 ผลของเมธานอลในสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตต่ออิเล็กโทรเฟอโรแกรมของสารกลุ่มฟีนอล สภาวะของการทดลองคือสารละลายบัฟเฟอร์ประกอบด้วยโซเดียมบอเรต 20 มิลลิโมลต่อลิตร pH 9.6 ที่เปอร์เซ็นต์เมธานอล 0, 10 และ 30 ความยาวของคาบิตลารี 68.0 เซนติเมตร ความยาวของคาบิตลารีที่ใช้ในการแยก 59.5 เซนติเมตร ความแรงของสนามไฟฟ้า 294 โวลต์ต่อเซนติเมตร อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าคาบิตลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ นาน 10 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร A=Phenol B=4-chloro-3-methylphenol C=Pentachlorophenol D=2,4,6-trichlorophenol E=2,4-dichlorophenol F=2-Methyl-4,6-dinitrophenol G=2-chlorophenol H=2,4-dinitrophenol I=4-nitrophenol J=2-nitrophenol ความเข้มข้นช่วง 1.00 - 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการศึกษาความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์

สภาวะที่ใช้ในการทดลองคือสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรตความเข้มข้น 20 มิลลิโมลต่อลิตร pH 9.6 ความยาวของคาบิลลารี 68.0 เซนติเมตร ความยาวของคาบิลลารีที่ใช้ในการแยก 59.5 เซนติเมตร ความแรงของสนามไฟฟ้า 294 โวลต์ต่อเซนติเมตร อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าคาบิลลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ นาน 10 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร

1. ผลการหาขีดจำกัดของการตรวจวัด

จากการหาขีดจำกัดของการตรวจวัด พบว่าความเข้มข้นของสารที่ทำการวิเคราะห์ซึ่งให้สัญญาณเป็น 3 เท่าของสัญญาณรบกวน ได้ผลแสดงดังตาราง 4

ตารางที่ 4 ขีดจำกัดของการตรวจวัดของสารกลุ่มฟีนอล ($n = 5$)

สาร	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Phenol	0.10
4-chloro-3-methylphenol	0.25
Pentachlorophenol	0.25
2,4,6-trichlorophenol	0.15
2,4-dichlorophenol	0.30
2-methyl-4,6-dinitrophenol	0.25
2-chlorophenol	0.10
2,4-dinitrophenol	0.30
4-nitrophenol	0.25
2-nitrophenol	0.25

2. ผลการหาขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณ

จากการหาขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณ พบว่าความเข้มข้นของสารที่ทำการวิเคราะห์ซึ่งให้สัญญาณเป็น 6 เท่าของสัญญาณรบกวน ได้ผลแสดงดังตาราง 5

ตารางที่ 5 ขีดจำกัดของการวิเคราะห์ปริมาณของสารกลุ่มฟีนอล ($n = 5$)

สาร	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Phenol	0.25
4-chloro-3-methylphenol	0.50
Pentachlorophenol	1.25
2,4,6-trichlorophenol	0.30
2,4-dichlorophenol	0.75
2-methyl-4,6-dinitrophenol	1.25
2-chlorophenol	0.30
2,4-dinitrophenol	0.75
4-nitrophenol	0.50
2-nitrophenol	0.50

3. ผลการสร้างกราฟมาตรฐาน

จากการสร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้ค่าพื้นที่ที่พลได้ผลแสดงดังตาราง 6

ตารางที่ 6 กราฟมาตรฐานของสารกลุ่มฟีนอล ($n = 5$)

สาร	ช่วงความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	สัมประสิทธิ์ของความ สัมพันธ์ (r^2)	สมการ
Phenol	0.25 - 4.01	0.9992	$y = 18.34x + 0.67$
4-chloro-3-methylphenol	1.25 - 20.01	0.9998	$y = 22.02x + 4.45$
Pentachlorophenol	1.25 - 20.00	0.9990	$y = 11.45x - 0.50$
2,4,6-trichlorophenol	0.75 - 12.01	0.9993	$y = 24.22x - 1.25$
2,4-dichlorophenol	0.25 - 4.00	0.9997	$y = 31.09x + 0.78$
2-methyl-4,6-dinitrophenol	1.25 - 20.01	0.9981	$y = 11.23x - 3.70$
2-chlorophenol	0.25 - 2.00	0.9994	$y = 36.56x + 1.49$
2,4-dinitrophenol	0.75 - 12.01	0.9995	$y = 11.08x + 0.34$
4-nitrophenol	1.25 - 20.00	0.9994	$y = 17.17x - 1.86$
2-nitrophenol	0.50 - 4.00	0.9996	$y = 23.00x - 0.43$

4. ผลการหาช่วงการเป็นเส้นตรง

จากการหาความเข้มข้นของสารที่ให้กราฟเป็นเส้นตรงได้ผลแสดงดังตาราง 7

ตารางที่ 7 ช่วงการเป็นเส้นตรงของสารกลุ่มฟีนอล ($n = 5$)

สาร	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Phenol	0.25 – 4.01
4-chloro-3-methylphenol	1.25 – 20.01
Pentachlorophenol	1.25 – 20.00
2,4,6-trichlorophenol	0.75 – 12.01
2,4-dichlorophenol	0.25 – 4.00
2-methyl-4,6-dinitrophenol	1.25 – 20.01
2-chlorophenol	0.25 – 2.00
2,4-dinitrophenol	0.75 – 12.01
4-nitrophenol	1.25 – 20.00
2-nitrophenol	0.50 – 4.00

5. ผลการหาความเที่ยง

จากการวิเคราะห์สารผสมพีนอลช่วงความเข้มข้น 2.99 - 15.01 (ดูตาราง 2 แถว F) มิลลิกรัมต่อลิตร มาวิเคราะห์ 10 ข้าง ได้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่พีค ความสูงพีคและไมเกรชันไทม์ แสดงดังตาราง 8

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยของพื้นที่พีค ความสูงพีคและไมเกรชันไทม์ ของสารมาตรฐานผสมพีนอล ความเข้มข้นช่วง 2.99 - 15.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ($n = 10$)

สาร	พื้นที่พีค ($\pm$ SD) (mAU)	ความสูงพีค ($\pm$ SD) (mAU)	ไมเกรชันไทม์ ($\pm$ SD) (นาที)
Phenol	58.44 $\pm$ 3.55	13.69 $\pm$ 0.62	10.21 $\pm$ 0.15
4-chloro-3-methylphenol	364.24 $\pm$ 13.77	56.17 $\pm$ 3.14	11.35 $\pm$ 0.17
Pentachlorophenol	173.21 $\pm$ 8.90	20.83 $\pm$ 1.84	14.11 $\pm$ 0.30
2,4,6-trichlorophenol	219.26 $\pm$ 9.68	27.77 $\pm$ 2.04	14.59 $\pm$ 0.32
2,4-dichlorophenol	96.52 $\pm$ 2.94	11.97 $\pm$ 0.63	14.97 $\pm$ 0.33
2-methyl-4,6-dinitrophenol	161.72 $\pm$ 7.92	19.03 $\pm$ 1.42	15.32 $\pm$ 0.36
2-chlorophenol	117.33 $\pm$ 4.06	13.06 $\pm$ 0.75	15.72 $\pm$ 0.33
2,4-dinitrophenol	102.73 $\pm$ 4.25	11.12 $\pm$ 0.77	16.27 $\pm$ 0.41
4-nitrophenol	256.80 $\pm$ 7.99	25.70 $\pm$ 1.49	17.12 $\pm$ 0.45
2-nitrophenol	68.53 $\pm$ 1.69	6.83 $\pm$ 0.31	17.43 $\pm$ 0.48

ผลการหาความเที่ยง สามารถหาค่าความเที่ยงโดยนำมาคำนวณ % RSD ได้ผลดังตาราง 9

ตารางที่ 9 ความเที่ยงของพื้นที่พีค ความสูงพีคและไมเกรชันไทม์ (n=10)

สาร	% RSD		
	พื้นที่พีค (mAU)	ความสูงพีค (mAU)	ไมเกรชันไทม์ (นาที)
Phenol	6.07	4.55	1.50
4-chloro-3-methylphenol	3.78	5.59	1.51
Pentachlorophenol	5.14	8.84	2.11
2,4,6-trichlorophenol	4.41	7.35	2.19
2,4-dichlorophenol	3.05	5.31	2.17
2-methyl-4,6-dinitrophenol	4.90	7.44	2.34
2-chlorophenol	3.46	5.78	2.11
2,4-dinitrophenol	4.14	6.92	2.53
4-nitrophenol	3.11	5.81	2.65
2-nitrophenol	2.46	4.59	2.72

6. ผลการหาความแม่นยำ

จากการศึกษาความแม่นยำของการนำสารตัวอย่างเข้าตาปิลารี โดยนำสารละลายผสม ฟีนอลช่วงความเข้มข้น 2.99 - 15.01 (ดูตาราง 2 แถว F) มีลิกรัมต่อลิตร มาวิเคราะห์ 10 ซ้ำ ได้ค่าพื้นที่ฟิค แล้วนำมาคำนวณหาความเข้มข้นที่เครื่องตรวจวัดได้โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานว่ามีความเบี่ยงเบนไปจากค่าจริงเท่าไร โดยรายงานผลเป็นร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ แสดงดังตาราง 10

ตารางที่ 10 ความแม่นยำในเทอมค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ ($n=10$)

สาร	ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์
Phenol	4.46
4-chloro-3-methylphenol	8.92
Pentachlorophenol	1.11
2,4,6-trichlorophenol	1.07
2,4-dichlorophenol	2.53
2-methyl-4,6-dinitrophenol	1.80
2-chlorophenol	5.81
2,4-dinitrophenol	2.64
4-nitrophenol	0.45
2-nitrophenol	0.02

ผลการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างน้ำโดย solid-phase extraction (SPE)

1. ผลการศึกษา pH ของสารละลายผสมฟีนอล

จากการนำสารละลายผสมฟีนอล ช่วงความเข้มข้น 0.10 – 0.50 (ดูตาราง 3 แถว C) มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ pH 2.0 และ 5.0 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ไปผ่านคอลัมน์ที่บรรจุด้วยเรซิน Amberite XAD-4 0.40 กรัม แล้วชะด้วยเมธานอลปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องคาปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ได้ร้อยละการกลับคืนแสดงดังตาราง 11

ตารางที่ 11 ร้อยละการกลับคืนของสารละลายผสมฟีนอลที่ pH 2.0 และ 5.0 ($n=3$)

สาร	% การกลับคืน ($\pm$ SD)	
	pH 2.0	pH 5.0
Phenol	84.3 ± 5.1	85.7 ± 5.2
4-chloro-3-methylphenol	95.4 ± 6.2	92.8 ± 4.3
Pentachlorophenol	82.9 ± 5.2	88.6 ± 1.8
2,4,6-trichlorophenol	85.9 ± 6.7	89.0 ± 3.9
2,4-dichlorophenol	82.2 ± 6.2	84.9 ± 4.8
2-methyl-4,6-dinitrophenol	94.6 ± 5.4	93.4 ± 6.7
2-chlorophenol	87.1 ± 3.6	86.5 ± 4.7
2,4-dinitrophenol	83.3 ± 6.2	34.8 ± 8.5
4-nitrophenol	88.6 ± 5.7	89.2 ± 3.5
2-nitrophenol	82.2 ± 8.6	81.6 ± 0.8

2. ผลการศึกษาชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ในการชะ

จากการนำสารละลายผสมพีนอล ช่วงความเข้มข้น 0.10 – 0.50 (ดูตาราง 3 แถว C) มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ pH 2.0 ปริมาตร 50 มิลลิตร ไปผ่านคอลัมน์ที่บรรจุด้วยเรซิน Amberite XAD-4 0.4 กรัม แล้วชะด้วยเมธานอลและอะซิโตนไตร์ ปริมาตร 5 มิลลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องคัลลารี่อิเล็กโทรโฟรีซิส ได้ร้อยละการกลับคืนแสดงดังตาราง 12

ตารางที่ 12 ร้อยละการกลับคืนของการชะด้วยเมธานอลและอะซิโตนไตร์ ($n=3$)

สาร	% การกลับคืน ($\pm$ SD)	
	เมธานอล	อะซิโตนไตร์
Phenol	87.6 ± 9.9	94.7 ± 8.3
4-chloro-3-methylphenol	84.8 ± 1.3	101.5 ± 5.5
Pentachlorophenol	73.2 ± 5.2	84.2 ± 4.5
2,4,6-trichlorophenol	80.9 ± 4.6	92.7 ± 5.5
2,4-dichlorophenol	76.3 ± 3.4	97.5 ± 4.0
2-methyl-4,6-dinitrophenol	82.3 ± 4.2	92.3 ± 6.1
2-chlorophenol	83.4 ± 8.3	107.5 ± 6.9
2,4-dinitrophenol	93.4 ± 6.5	91.3 ± 5.6
4-nitrophenol	78.5 ± 2.1	100.4 ± 4.2
2-nitrophenol	51.7 ± 4.7	96.0 ± 7.5

จากการนำสารละลายผสมฟีนอล ปริมาตร 50 มิลลิลิตร 3 ความเข้มข้นคือ 0.15 – 0.75, 0.10 – 0.50 และ 0.05 – 0.25 (ดูตาราง 3 แถว B C D) มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ pH 2.0 ไปผ่านคอลัมน์ที่บรรจุด้วยเรซิน Amberite XAD-4 0.4 กรัม แล้วชะด้วยอะซิโตนไนไตร์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องคาปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ได้ร้อยละการกลับคืนแสดงดังตาราง 13

ตารางที่ 13 ร้อยละการกลับคืนของสารละลายผสมฟีนอล ความเข้มข้นช่วง 0.05 – 0.25, 0.10 – 0.50 และ 0.15 – 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร (n=3)

สาร	% การกลับคืน ($\pm$ SD)		
	0.05- 0.25 (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.10 – 0.50 (มิลลิกรัมต่อลิตร)	0.15 – 0.75 (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Phenol	99.7 $\pm$ 8.7	94.7 $\pm$ 8.3	91.3 $\pm$ 6.3
4-chloro-3-methylphenol	103.5 $\pm$ 7.1	101.5 $\pm$ 5.5	90.5 $\pm$ 4.9
Pentachlorophenol	80.2 $\pm$ 3.0	84.2 $\pm$ 4.5	80.8 $\pm$ 5.0
2,4,6-trichlorophenol	92.0 $\pm$ 1.8	92.7 $\pm$ 5.5	86.5 $\pm$ 7.0
2,4-dichlorophenol	98.6 $\pm$ 1.8	97.5 $\pm$ 4.0	88.4 $\pm$ 7.3
2-methyl-4,6-dinitrophenol	92.3 $\pm$ 9.5	92.3 $\pm$ 6.1	87.4 $\pm$ 5.9
2-chlorophenol	105.4 $\pm$ 19.3	107.5 $\pm$ 6.9	91.8 $\pm$ 3.0
2,4-dinitrophenol	95.2 $\pm$ 6.3	91.3 $\pm$ 5.6	92.4 $\pm$ 5.6
4-nitrophenol	104.9 $\pm$ 1.0	100.4 $\pm$ 4.2	87.4 $\pm$ 7.0
2-nitrophenol	101.5 $\pm$ 5.7	96.0 $\pm$ 7.5	82.8 $\pm$ 7.4

การเปรียบเทียบชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการชะ โดยใช้ค่าทางสถิติ F-test และ t-test

นำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากตาราง 12 มาคำนวณ F-test เพื่อทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลที่ได้จากการชะด้วยเมธานอลและอะซิโตนไตร์ แสดงดังตาราง 14

ตารางที่ 14 ค่า F-test ของการชะด้วยเมธานอลและอะซิโตนไตร์

สาร	ค่า F- test
Phenol	1.44
4-chloro-3-methylphenol	17.37
Pentachlorophenol	1.30
2,4,6-trichlorophenol	1.41
2,4-dichlorophenol	1.40
2-methyl-4,6-dinitrophenol	2.11
2-chlorophenol	1.44
2,4-dinitrophenol	1.34
4-nitrophenol	3.90
2-nitrophenol	2.56

จากตาราง 14 เป็นค่า F-test จากการทดลอง เมื่อเทียบกับค่า F-test ในตารางอ้างอิงที่ความเชื่อมั่น 95 % ถ้าค่า F-test จากการทดลองน้อยกว่าค่า F-test จากตาราง แสดงข้อมูลของวิธีการทั้งสองมีความแปรปรวนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

F-test ในตาราง ระหว่างการชะด้วยเมธานอลและอะซิโตนไตร์ $F(2, 2) = 19.0$

เมื่อตรวจสอบความแปรปรวนของข้อมูล ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของการชะด้วยเมธานอลและอะซิโตนไตร์ โดยคำนวณค่า t-test ผลแสดงดังตาราง 15

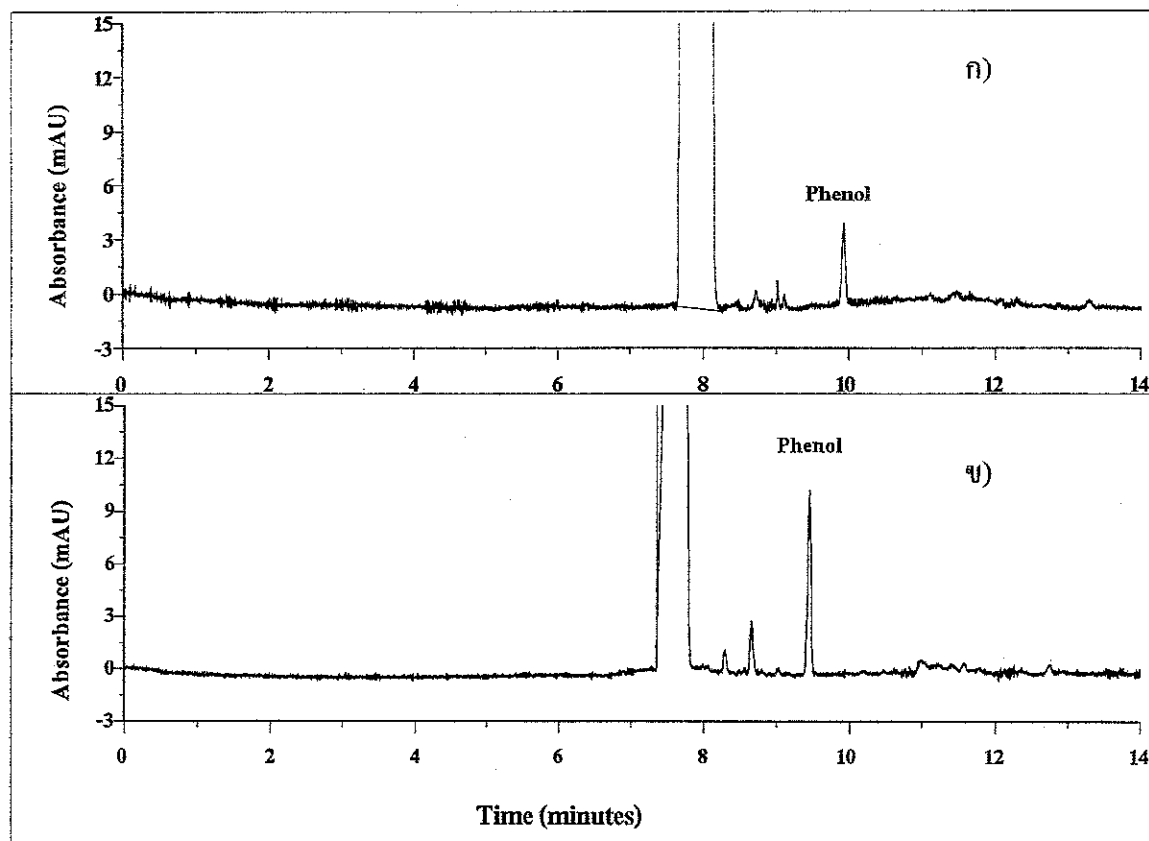
ตารางที่ 15 ค่า t-test ของการชะด้วยเมธานอลและอะซิโตนไคร้

สาร	ค่า t-test
Phenol	0.96
4-chloro-3-methylphenol	5.18
Pentachlorophenol	2.80
2,4,6-trichlorophenol	2.86
2,4-dichlorophenol	6.56
2-methyl-4,6-dinitrophenol	2.53
2-chlorophenol	3.86
2,4-dinitrophenol	0.19
4-nitrophenol	7.56
2-nitrophenol	8.12

DF = 2 ที่ความเชื่อมั่น 95 % , t ตาราง = 4.30

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลในตัวอย่างน้ำโดยใช้กราฟมาตรฐาน

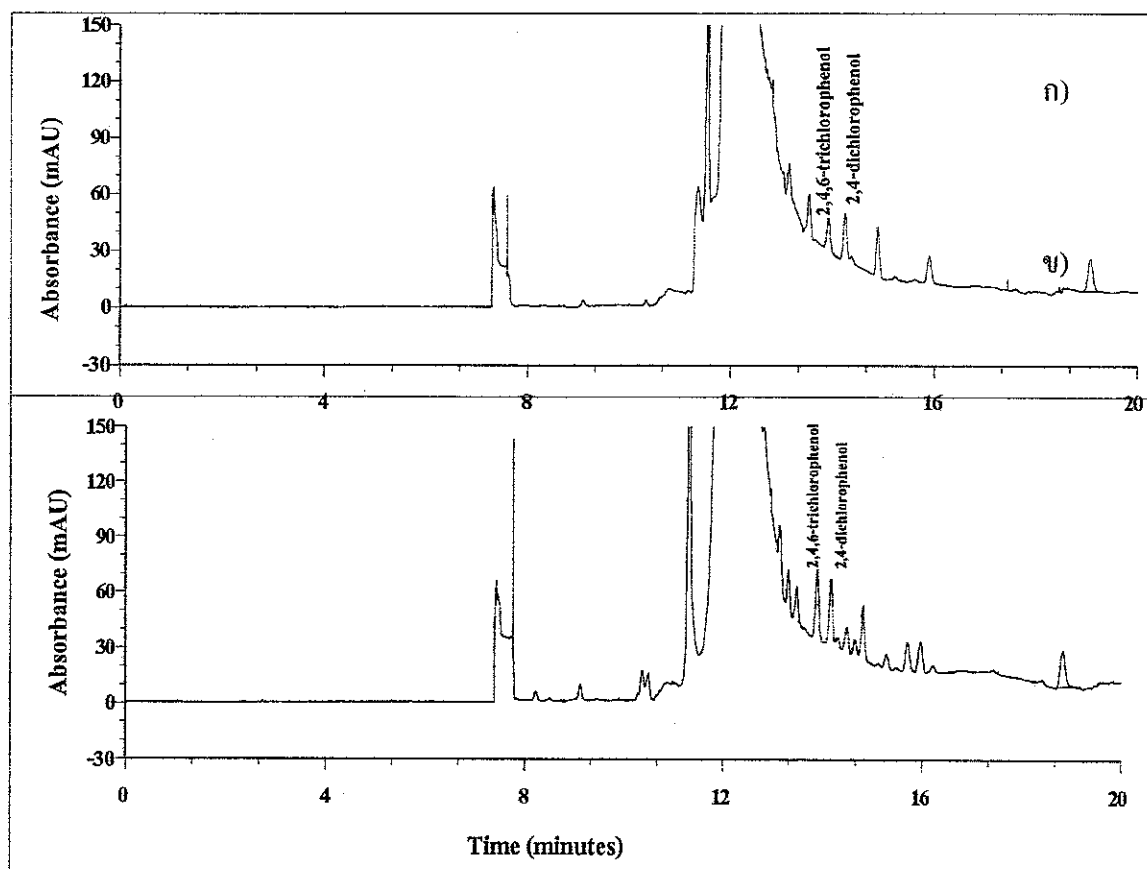
เก็บตัวอย่างน้ำทั้งจากโรงกลั่นน้ำมัน โรงงานกระดาษ โรงงานผลิตเรซินและฟาร์มไก่ ทำการสกัดด้วยวิธี solid-phase extraction วิธีการดำเนินตามข้อ 5.2 ในบทที่ 3 แล้วนำไปวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณโดยใช้เครื่องคาปิลารีอิเล็กโตรโฟรีสภายใต้สภาวะที่ได้จากการทดลองข้อ 1 และข้อ 3 ได้อิเลคโตรเฟอร์โรแกรมของตัวอย่างน้ำจากโรงงานผลิตเรซินแสดงดังภาพ 18 และอิเล็กโตรเฟอร์โรแกรมของตัวอย่างน้ำจากฟาร์มไกดังภาพ 19 หาปริมาณด้วยวิธีกราฟมาตรฐานแสดงดังตาราง 16



ภาพที่ 18 ก) อิเล็กโทรเฟอร์โรแกรมของตัวอย่างน้ำจากโรงงานผลิตเรซิน

ข) อิเล็กโทรเฟอร์โรแกรมของตัวอย่างน้ำจากโรงงานผลิตเรซินเติมฟีนอล

สภาวะของการทดลองคือสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต 20 มิลลิโมลต่อลิตร
 pH 9.6 ความยาวของคาบิลารี 68.0 เซนติเมตร ความยาวของคาบิลารีที่ใช้ในการ
 แยก 59.5 เซนติเมตร ความแรงของสนามไฟฟ้า 294 โวลต์ต่อเซนติเมตร
 อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าคาบิลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์
 นาน 10 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ความกว้างของ
 ช่องแสง 20 นาโนเมตร



ภาพที่ 19 ก) อิเล็กโทรเฟอร์โรแกรมของตัวอย่างน้ำจากฟาร์มไก่

ข) อิเล็กโทรเฟอร์โรแกรมของตัวอย่างน้ำจากฟาร์มไก่เติมสารละลายมาตรฐานผสมฟีนอล

สภาวะของการทดลองคือสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมบอเรต 20 มิลลิโมลต่อลิตร pH 9.6 ความยาวของคาบิลลารี 68.0 เซนติเมตร ความยาวของคาบิลลารีที่ใช้ในการแยก 59.5 เซนติเมตร ความแรงของสนามไฟฟ้า 294 โวลต์ต่อเซนติเมตร อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นำสารตัวอย่างเข้าคาบิลลารีด้วยความดัน 50 มิลลิบาร์ นาน 10 วินาที ตรวจวัดสัญญาณที่ความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร ความกว้างของช่องแสง 20 นาโนเมตร

ตารางที่ 16 ปริมาณของสารกลุ่มฟีนอลที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่าง ๆ

สาร	ความเข้มข้น (ไมโครกรัมต่อลิตร) ($\pm$ SD)			
	โรงกลั่นน้ำมัน	โรงงานกระดาษ	โรงงานผลิตเรซิน	ฟาร์มไก่
Phenol	ND	ND	42.3 ± 2.9	ND
4-chloro-3-methylphenol	ND	ND	ND	ND
Pentachlorophenol	ND	ND	ND	ND
2,4,6-trichlorophenol	ND	ND	ND	44.8 ± 2.4
2,4-dichlorophenol	ND	ND	ND	49.2 ± 2.1
2-methyl-4,6-dinitrophenol	ND	ND	ND	ND
2-chlorophenol	ND	ND	ND	ND
2,4-dinitrophenol	ND	ND	ND	ND
4-nitrophenol	ND	ND	ND	ND
2-nitrophenol	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ ND หมายถึง not detected