สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสกัดและการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอีในน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มกลั่น

นายธวัชพงศ์ ศุภิกมลเสนีย์
นายพะเยาว์ ทรงพลขจรเดช
นายสถาพร ทองดาษ

วพ.
ธ3961ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107891
วัน,เดือน,ปี - 8 มิ.ย. 2553

b.12213351
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเคมีอุตสาหกรรม – เครื่องมือวิเคราะห์
ภาคเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Extraction and Determination of Vitamin E in crude Palm Oil and Palm Distillated

Tawutpong Supikamonsanee

Payao Songpolkachorndet

Sathaporn Tongdas

A Special Project Submitted fulfillment of the require for the degree of

Bachelor of Science

Major in Industrial Chemistry-Analytical Instrumentation

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การสกัดและการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอีในน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มกลั่น

นักศึกษา นายธวัชพงศ์ ศุภิกมลเสนีย์ 47050459

นายพะเยาว์ ทรงพลขจรเดช 47050471

นายสถาพร ทองดาษ 47050487

ภาควิชา เคมี **คณะ** วิทยาศาสตร์

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม – เครื่องมือวิเคราะห์

ปีการศึกษา 2550

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ดร. ณัฐวุฒิ เชิงชั้น	.....
กรรมการ อ.พรทิพย์ ศัพทอนันต์	.....
กรรมการ รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล	.....

.....

(ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การสกัดและการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอีในน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มกลั่น

นักศึกษา นายธวัชพงศ์ ศุภิกมลเสนีย์ 47050459
นายพะเยาว์ ทรงพลขจรเดช 47050471
นายสถาพร ทองดาษ 47050487

ภาควิชา เคมี **คณะ** วิทยาศาสตร์

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม – เครื่องมือวิเคราะห์

ปีการศึกษา 2550

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีวิเคราะห์วิตามินอีในน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มกลั่น โดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า โดยใช้การสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล การศึกษากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่วัดได้ของวิตามินอีโดยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์โวลเทมเมทรีในสารละลายบัฟเฟอร์0.06 M กรดซิตริก และ0.06 M เตตระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์ และ การสกัดด้วยสารละลายมาตรฐานเมทานอล ทำการวิเคราะห์วิตามินอีโดยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์โวลเทมเมทรี ที่ step potential ที่ 0.006 และ modulation amplitude ที่ 0.07 พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลจะมีค่า Horwitz equation อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลและน้ำมันปาล์มดิบจะมีค่า Horwitz equation อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (<2) และพบว่าปริมาณวิตามินอี ในน้ำมันปาล์มดิบมีปริมาณมากกว่าในน้ำมันปาล์มสกัด โดยที่ปริมาณวิตามินอีในน้ำมันปาล์มดิบเท่ากับ 0.645 ppm และปริมาณวิตามินอีในน้ำมันปาล์มกลั่นเท่ากับ 0.548 ppm ส่วนค่า % recovery เท่ากับ 84.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Extraction and Determination of Vitamin E in crude Palm Oil and Pamlm Distillatid

Name Tawutpong Supikamonsanee 47050459

Payao Songpolkachorndet 47050471

Sathaporn Tongdas 47050487

Department Chemistry

Program Industrial Chemistry – Analytical Intrumentation

Academic Year 2007

Special Project Advisor Assoc. Prof. Arunee Kongsakphaisal

ABSTRACT

This study, we aimed to determination of Vitamin E in crude plam oil and distillated oil using electrochemical analysis technique, vitamin E was extracted by methanol extraction technique. The maximum measurable current of this vitamin E solution investigate by differential pulse voltammetry in the buffer solution of 0.06 M Citric acid and 0.06 M tetrabuthylammonium perchlorate in methanol. In addition, methanol extraction vitamin E solution investigate by differential pulse voltammetry technique at 0.006 mV of step potential constant, 0.07 mV of modulation amplitude constant. The result show that the Horwitz equation value of methanol extraction is less than 2 , the methanol extraction is the high performance method for Vitamin E extraction from crude plam oil and distillated oil. This extraction give 0.645 ppm of vitamin E in crude plam oil and 0.548 ppm of vitamin E in distillated oil, respectively and % recovery were 84.96.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปได้ดีในครั้งนี้ สืบเนื่องมาจากความร่วมมือและความกรุณาของทุกๆ ท่าน ทั้งอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และคณะกรรมการ ที่กรุณาติดตามตรวจสอบดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี จนโครงงานพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องธุรการ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการห้องเคมี รวมทั้งแม่บ้านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในทุกๆด้าน

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติ พี่น้อง รวมถึงรุ่นพี่ รุ่นน้องทุกๆคนที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุกๆด้านจนโครงงานพิเศษนี้สำเร็จในที่สุด

นายธวัชพงศ์ ศุภิกมลเสนีย์

นายพะเยาว์ ทรงพลขจรเดช

นายสถาพร ทองดาษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่1 บทนำ	
- ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ	1
- วัตถุประสงค์	2
- ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
- ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีดำเนินงาน	2
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
- วิตามินอี	4
- น้ำมันปาล์ม	9
- โวลแทมเมทรี	11
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่3 วิธีดำเนินการวิจัย	
- สารเคมีและอุปกรณ์	19
- วิธีดำเนินการวิจัย	20
บทที่4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
- การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์วิตามินอีโดยเทคนิคต่างๆ	24
- การวิเคราะห์หาวิตามินอีในน้ำมันปาล์ม	27
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
- สรุปผลการทดลอง	33
- ข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม	34
ภาคผนวก. ก	35
ภาคผนวก. ข	37
ภาคผนวก. ค	39
ภาคผนวก. ง	42
ภาคผนวก. จ	49
ภาคผนวก. ช	52
ภาคผนวก. ซ	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่2.1	แสดงโครงสร้างของวิตามินอีจากธรรมชาติและรูปวิตามินอีจากการสังเคราะห์	4
รูปที่ 2.2	แสดงโครงสร้างทางเคมีของไอโซเมอร์ต่างๆของวิตามินอี	5
รูปที่ 2.3	แสดงผลของปาล์มน้ำมัน	9
รูปที่ 2.22	แสดงขั้วไฟฟ้าใช้งานแบบต่าง ๆ	12
รูปที่ 2.23	แสดงการเปิดปิดวาล์วซึ่งควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ขนาดของหยดปรอทสามารถปรับได้โดยการเปลี่ยนจำนวนของพัลส์หรือความกว้างของพัลส์ CGME	12
รูปที่ 2.24	แสดงขั้วไฟฟ้าช่วยแพลตินัม	13
รูปที่ 4.1	พลอตค่า step potential (0.001-0.008) กับค่า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์	24
รูปที่ 4.2	พลอตค่า step potential (0.001-0.006) กับค่า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์	25
รูปที่ 4.3	พลอตค่า modulation amplitude (0.01-0.0.8) กับค่า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์	26
รูปที่ 4.4	พลอตค่า modulation amplitude (0.01-0.07) กับค่า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์	26
รูปที่ 4.5	พลอตค่าความเข้มข้นสารละลายวิตามินอีมาตรฐาน (0-10 ppm) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์	27
รูปที่ 4.6	พลอตค่าความเข้มข้นสารละลายวิตามินอีมาตรฐาน standard addition (0-10 ppm) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ในน้ำมันปาล์มดิบ	29
รูปที่ 4.7	พลอตค่าความเข้มข้นสารละลายวิตามินอีมาตรฐาน standard addition (0-10 ppm) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ในน้ำมันปาล์มกลั่น	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณที่แนะนำในวัยต่างๆ 7

ตารางที่ 2.2 แสดงแหล่งที่พบวิตามินอี 7

ตารางที่ 3.1 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษา step potential ที่เหมาะสม 21

ตารางที่ 3.2 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษา modulation amplitude ที่เหมาะสม 21

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณวิตามินอีในตัวอย่างน้ำมันปาล์ม โดยใช้กราฟมาตรฐาน 28
สารละลายมาตรฐานวิตามินอี สกัดด้วยสารละลายมาตรฐานเมทานอล

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความเที่ยง (precision) แสดงค่าการยอมรับได้ของการวิเคราะห์ 32
วิตามินอีด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า สกัดด้วยสารละลายมาตรฐานเมทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ

ช่วงหลายปีที่ผ่านมานี้ สารต้านอนุมูลอิสระเริ่มเป็นที่รู้จักกันมากขึ้น มีการโฆษณาผ่านสื่อต่างๆไม่ว่าจะผ่านทางโทรทัศน์ วิทยุ อินเทอร์เนต หรือสื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ เพื่อให้ความรู้หรือจำหน่ายผลิตภัณฑ์ เนื่องมาจากประโยชน์ของสารต่อต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีมากมายและต่อสนองความต้องการของมนุษย์ เช่น การช่วยชะลอการเกิดริ้วรอยเหี่ยวย่นบนใบหน้าและส่วนอื่น ๆ ของร่างกาย ช่วยลดความเสี่ยงเกี่ยวกับโรคทางประสาท ระบบภูมิคุ้มกัน การเกิดโรคหัวใจและป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง ทั้งนี้เนื่องมาจากคนในยุคปัจจุบันมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ให้พลังงานสูงและไม่นิยมออกกำลังกาย ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุหลักของการเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆตามมาเช่น โรคหัวใจและโรคมะเร็งต่าง ๆ

ในโมเลกุลของสารเคมีจะมีอิเล็กตรอนอยู่เป็นคู่แต่เมื่อได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าต่าง ๆ ทำให้เกิดการแยกคู่ เช่น มลพิษในอากาศ แสง ความร้อน การออกกำลังกายอย่างหักโหม ยาบางชนิด ซึ่งเป็นผลทำให้อิเล็กตรอนเกิดการแยกออกจากกันนี้ทำให้โมเลกุลถูกเรียกว่า **อนุมูลอิสระ** ซึ่งมีอายุสั้นมาก มีความว่องไวต่อการดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลข้างเคียง ทำให้โมเลกุลที่ถูกดึงอิเล็กตรอนไปกลายเป็นอนุมูลอิสระ และจะไปดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงต่อ ๆ ไปกลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่

การเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ทำให้เกิดความเสียหายแก่เซลล์ของอวัยวะในร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผนังเซลล์ทำให้เซลล์ตายหรือทำงานไม่ได้ จนอาจเกิดมะเร็ง อนุมูลอิสระเป็นสารพิษต่อเซลล์ โดยจะทำลายดีเอ็นเอ เยื่อหุ้มเซลล์ แต่เซลล์เม็ดเลือดขาวจะใช้อนุมูลอิสระในการกำจัดแบคทีเรีย

ตัวอย่างอนุมูลอิสระมีดังนี้

1. Superoxide anion radical
2. Hydroxyl radical
3. Peroxide radical
4. Peroxyl radical
5. Hydrogen peroxide
6. Ozone
7. Singlet oxygen
8. Hydrogen radical
9. Methyl radical

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกายและจัดเป็นเอนไซม์ได้แก่

1. Superoxide dismutase (SOD)
2. Catalase (CAT)
3. Glutathione peroxidase (GPX)
4. Glutathione reductase (GR)
5. Glutathione S-transferase (GST)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกายและไม่จัดเป็นเอนไซม์ ได้แก่

1. Glutathione	2. Lipoic acid	3. Ceruloplasmin
4. Albumin	5. Transferrin	6. Haptoglobin
7. Hemopexin	8. Uric acid	9. Bilirubin
10. Cycteine		

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในอาหารและไม่จัดเป็นเอนไซม์

1. Tocopherols (vitamin E)	2. Carotenoids	3. Ascorbic acid
4. Steroids	5. Ubiquinones	6. Thiols
7. Inosine	8. Taurine	9. Pyruvate
10. Gallic acid	11. Flavonoids	12. Trolox
13. BHT	14. BHA	

สารต้านอนุมูลอิสระจะทำลายอนุมูลอิสระโดยการจับอนุมูลอิสระ ลดการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดตั้งต้นหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ในโครงการพิเศษนี้จะวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระที่พบได้ในน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มกลั่น ไม่จัดเป็นเอนไซม์คือ Tocopherols หรือ วิตามินอี

แหล่งที่พบวิตามินอีได้แก่ น้ำมันพืชต่าง ๆ เมล็ดพืช ข้าวโพด ถั่ว แป้งสาลี เนยเทียม เนื้อสัตว์ และนม ในน้ำมันพืชชนิดต่างๆจะมีปริมาณของวิตามินอีแตกต่างกันโดยน้ำมันพืชที่พบวิตามินอีมากที่สุด คือ น้ำมันปาล์ม

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาวิธีการสกัดวิตามินอีในน้ำมันปาล์ม
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์วิตามินอีโดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า
3. นำวิธีที่ศึกษามาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอีในผลิตภัณฑ์ต่างๆ

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์วิตามินอีโดยใช้เทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ในการตรวจวัดปริมาณวิตามินอี ได้แก่ Step potential และ Modulation amplitude ที่เหมาะสม
2. วิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในตัวอย่างน้ำมันปาล์ม

1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีดำเนินงาน

1. สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูล
2. ศึกษาข้อมูลที่ได้และวางแผนการดำเนินงาน โดยจัดเตรียมอุปกรณ์ สารเคมี สาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานและเครื่องมือที่ใช้

3. ดำเนินการทดลอง โดยการเตรียมตัวอย่างกึ่งของเหลวในอัตราที่เหมาะสมเพื่อวิเคราะห์
4. ศึกษาสภาวะและวิธีการวิเคราะห์วิตามินอีที่เหมาะสมโดยเทคนิคดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบวิธีการเตรียมตัวอย่างและเทคนิคการสกัดตัวอย่างวิตามินอีก่อนนำไปวิเคราะห์
2. ทราบวิธีการเตรียมตัวอย่างและเทคนิคการวิเคราะห์ตัวอย่างวิตามินอี
3. ทราบสภาวะที่เหมาะสมของเทคนิคที่ใช้ในการสกัดและการวิเคราะห์วิตามินอี

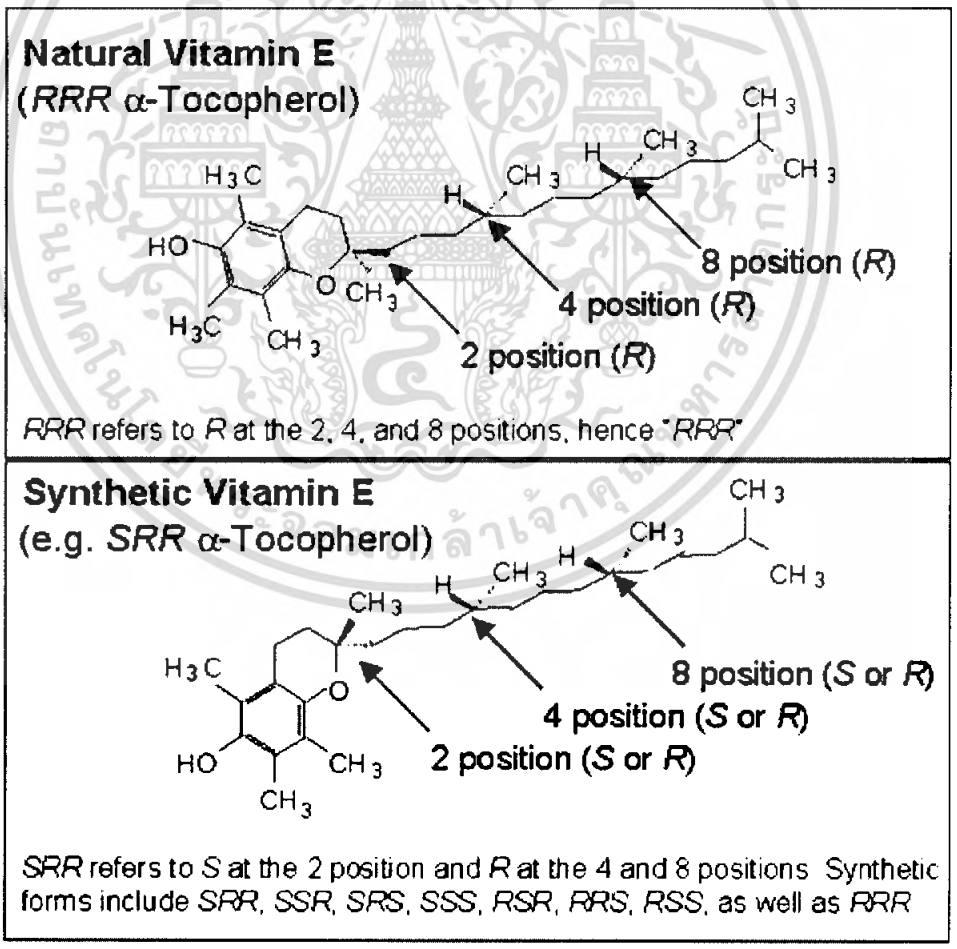
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิตามินอี

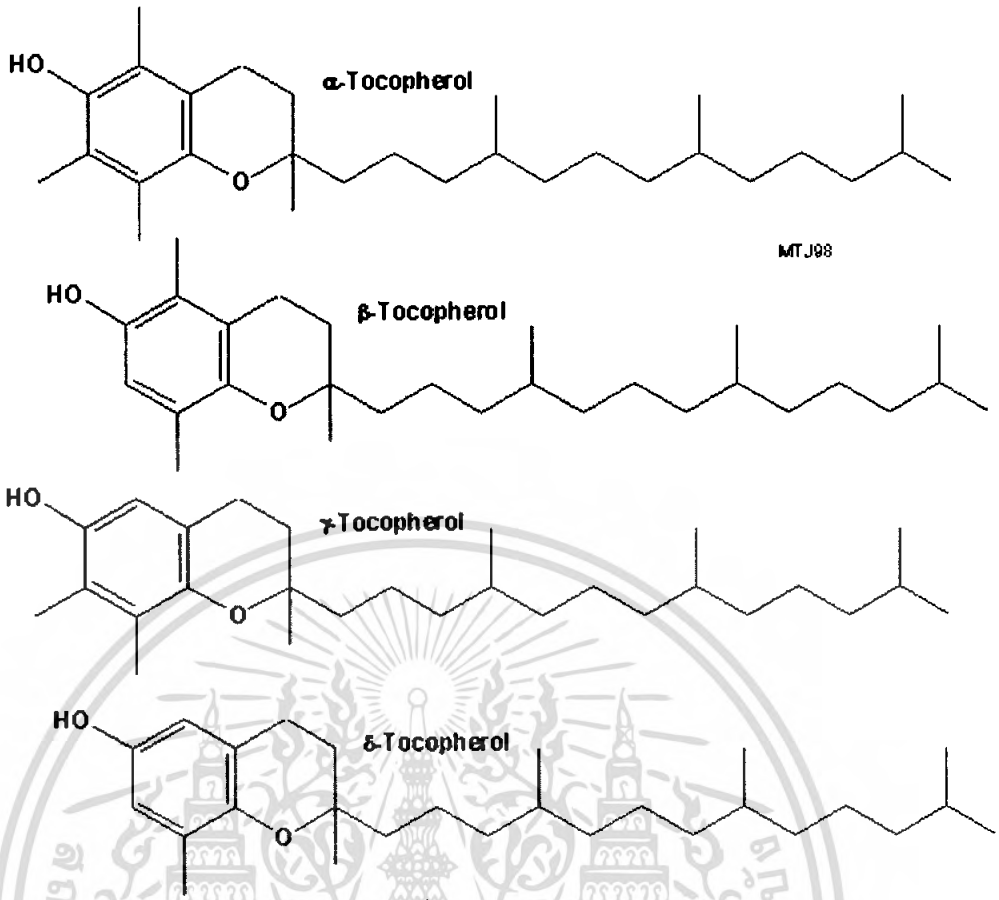
มีสูตรทั่วไปคือ $C_{29}H_{50}O_2$ มีลักษณะเป็นน้ำมันข้นสีเหลือง ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถละลายในไขมันและตัวทำละลายไขมัน สารนี้ไม่ทนต่อด่างและแสง สามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้รวดเร็ว จึงใช้เป็นสารกันการเติมออกซิเจน (antioxidant)

Tocopherol มีอยู่หลาย isomer ได้แก่ alpha, beta, gamma, และ zigma tocopherol ในกลุ่ม alpha-tocopherol มีประสิทธิภาพสูงสุด วิตามินอีธรรมชาติอยู่ในรูปของ dl-alpha-tocopherol ซึ่งเป็นรูปแบบที่จำหน่ายในชื่อ " Natural Vitamin E " ส่วนวิตามินอีที่ได้จากการสังเคราะห์คือ d-alpha-tocopherol หน่วยของวิตามินอี เรียกว่า –tocopherol equivalent [T.E.] โดยที่ 1 IU = 1 มิลลิกรัม dl-alpha-tocopheryl acetate = 0.6 มิลลิกรัม d-alpha-tocopherol



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของวิตามินอีจากธรรมชาติ (รูปบน) และรูปวิตามินอีจากการสังเคราะห์ (รูปล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างทางเคมีของไอโซเมอร์ต่างๆของวิตามินอี

2.1.1 หน้าที่ของวิตามินอี

ในปัจจุบันวิตามินอีเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นตัวจับ free radical ต่างๆ รักษาความคงทนของเนื้อเยื่อและเซลล์ของร่างกาย เนื้อเยื่อร่างกายประกอบด้วยสารจำพวก ฟอสโฟลิปิด (ไขมันชนิดหนึ่ง) กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว แรงยึดเหนี่ยวของกรดไขมันชนิดนี้ถูกออกซิเจนทำลายได้โดยง่าย ทำให้เซลล์ของร่างกายสูญเสียความคงทน และสลายตัวเป็นกรดไขมันชนิดหนึ่งซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์ร่างกาย กรดไขมันชนิดนี้เป็นสารพวกเปอร์ออกไซด์ ซึ่งจะเกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อเยื่อ

2.1.2 ประโยชน์ของวิตามินอี

วิตามินอีเป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดีเลิศ ให้ผลในการป้องกันการทำลายเซลล์ ลดความเสื่อมของอวัยวะต่างๆ ที่มีสาเหตุมาจากอนุมูลอิสระ (free radical) และปกป้องเยื่อหุ้มเซลล์ที่อวัยวะต่าง ๆ เช่น เซลล์ของผิวพรรณ ตา ตับ หน้าอก และลูกอัณฑะ ทำให้อวัยวะดังกล่าวมีประสิทธิภาพการทำงาน และอายุการใช้งานนานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดอนุมูลอิสระจากกรดไขมันดังกล่าวในร่างกายทำให้เนื้อเยื่อเกิดการระคายเคืองและโดนทำลาย ก่อให้เกิดอาการอักเสบเรื้อรังตามมา ซึ่งมักเกิดกับเซลล์ผนังหลอดเลือด มีผลทำให้เกิดภาวะผนังหลอดเลือดแข็งตัว การเกิดริ้วรอยความเหี่ยวย่น เพิ่มความยืดหยุ่นให้โครงสร้างที่ดีและความตึงของผิว ภาวะมะเร็งได้ในระยะยาว ดังนั้นการได้รับวิตามินอีในปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อภาวะดังกล่าวได้

มีรายงานเกี่ยวกับประโยชน์ของการใช้วิตามินอีเป็นอาหารเสริมในผู้ป่วยโรคเบาหวานและผลการศึกษาผลกระทบต่อปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจล้มเหลวในผู้ป่วยเป็นเบาหวาน จากผลการทดลองพบว่าผู้ป่วยจะมีโอกาสเสี่ยงของโรคลดลง ผู้ป่วยโรคเบาหวานมีแนวโน้มการสะสมอนุมูลอิสระจำนวนมาก จึงเป็นไปได้ที่วิตามินอีจะไปช่วยลดปริมาณของอนุมูลอิสระดังกล่าว วิตามินอียังมีผลในการลดการเกาะตัวกันของเกล็ดเลือด และส่งผลทำให้เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจมีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น โดยใช้ก๊าซออกซิเจนน้อยลง ซึ่งช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเป็นโรคระบบหลอดเลือดและหัวใจ

วิตามินอีมักถูกใช้ควบคู่กับวิตามินบีเสมอ ทางการแพทย์จึงเรียกว่า วิตามินพี่น้อง วิตามินอีมีส่วนช่วยป้องกันโรคโลหิตจางและอาการหลอดเลือดแข็ง ทำให้การทำงานของหัวใจและการไหลเวียนของโลหิตเป็นปกติ นอกจากนี้ยังช่วยเก็บออกซิเจนและลดคอเรสเทอรอลในโลหิตทำให้ไม่เกิดลิ่มในหลอดเลือด (thrombosis) ซึ่งเป็นอันตรายแก่ชีวิตได้ง่าย จึงกล่าวได้ว่าวิตามินอีเป็นยาอายุวัฒนะชนิดหนึ่ง

2.1.3 ปริมาณที่แนะนำต่อวัน

เนื่องจากวิตามินอีเป็นวิตามินอีที่ไม่เป็นพิษ สำหรับการแนะนำให้รับประมานคือวันละ 400-600 IU สำหรับผู้ที่ต้องการบริโภคในปริมาณที่สูงมากควรปรึกษาแพทย์ เพราะอาจทำให้เกิดภาวะความดันโลหิตสูง ผู้ที่อยู่ในมลภาวะ รับประทานอาหารประเภทไขมัน น้ำมัน ฮอร์โมนเพศหลั่งเอสโตรเจน ผู้ที่ดื่มชา กาแฟควรรับประมานวิตามินอีในปริมาณที่เพียงพอทุกวัน

การรับประทานวิตามินอีร่วมกับสารต้านอนุมูลอิสระอื่นๆ เช่น วิตามินซี บีต้าแคโรทีน กลูตาไทโอน และซีลิเนียม จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของวิตามินอีดีขึ้นหลายเท่าอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณที่แนะนำในวัยต่างๆ 32

อายุและวัย	ปริมาณทั่วไป (IU)
ทารก(infants)	30-50
เด็ก(children)	30-60
วัยรุ่น(adolescent)	50-150
ชายวัยทำงาน(adult Males)	250
หญิงวัยทำงาน(adult females)	150-200
หญิงระยะตั้งครรภ์(pregnant)	200-300
หญิงระยะให้นมบุตร(lactation)	200-300

2.1.4 แหล่งวิตามินอีจากอาหาร

วิตามินอีพบได้มากในอาหารประเภทพืชได้แก่

ตารางที่ 2.2 แสดงแหล่งที่พบวิตามินอี

ประเภทน้ำมัน	ปริมาณวิตามินอี	
	mg/kg	1 IU/15 ml (ช้อนโต๊ะ)
ปาล์มโอเลอิน	409.2	8.66
รำข้าว	262.3	5.57
ข้าวโพด	197.7	4.21
ถั่วเหลือง	168.2	3.57
มะกอก	51.0	1.09
หมู	14.8	0.31

จากตารางแสดงว่าแหล่งอาหารที่มีปริมาณวิตามินอีมากที่สุดคือปาล์มโอเลอินทั้งนี้ปริมาณวิตามินอีจะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารต่างๆในปริมาณที่เท่ากัน (ช้อนโต๊ะ)

2.1.5 การขาดวิตามินอี

สำหรับสัตว์แล้วการขาดวิตามินอีถือว่ามีอันตรายมากถึงชีวิต มีผลต่อการสืบพันธุ์ของสัตว์ ถ้าขาดจะทำให้เป็นหมันเพราะเซลล์สืบพันธุ์สลายตัว กล้ามเนื้อหลอดไตอักเสบ ขนเปลี่ยนสี มีการทำลายตับ กล้ามเนื้อฝ่อ หัวใจเสื่อม และเป็นโรคโลหิตจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่สำหรับมนุษย์อาการต่างๆไม่ปรากฏชัดเจน อาจจะเป็นเพราะว่ามีวิตามินอีอยู่ในอาหารมนุษย์อย่างหลากหลาย และร่างกายมีวิตามินอีสำรองอยู่บ้างในส่วนที่เป็นไขมันของร่างกาย

แต่สำหรับสตรีที่มีครรภ์และให้อาหารทารกแรกคลอดมีความจำเป็นต้องได้รับปริมาณวิตามินชนิดนี้อย่างเพียงพอเพื่อป้องกันการแท้งบุตร การเกิดโรคโลหิตจางและอาการบวมน้ำของทารก

ผู้ที่มีปัญหาเรื่องน้ำดี (น้ำดีมีส่วนร่วมในการดูดซึมไขมัน) มีความยากลำบากในการดูดซึมไขมัน อาการดังกล่าวจะทำให้เกิดสภาวะการขาดวิตามินอี สัญญาณการเกิดความเสียหายของประสาทจึงเริ่มปรากฏ ทำให้สูญเสียการรับสัมผัสและการสนองต่อสิ่งเร้า สูญเสียความรู้สึกทางกายกล้ามเนื้ออ่อนแรง มีปัญหาเรื่องการกลอกตาและทรงตัวได้ยาก อวัยวะทำงานไม่ประสานกัน หากสภาวะการขาดวิตามินอีไม่ได้รับการแก้ไข ความเสียหายที่เกิดขึ้นอาจไม่กลับคืนสู่สภาพเดิมได้

เนื่องจากเยื่อหุ้มเม็ดเลือดแดงมีความไวต่อการทำลายของออกซิเจนสูงมาก ผู้ที่ขาดวิตามินอีจึงอาจเกิดภาวะเม็ดเลือดแดงสลายตัวได้ ผู้ที่มีภาวะแฝงหรือพันธุกรรมที่ไวต่อการถูกทำลายด้วยออกซิเจน เป็นต้นว่าผู้ที่ขาดเอนไซม์ กลูโคส-6-ฟอสเฟต ดีไฮโดรเจเนส (G6PD) มักมีแนวโน้มขาดวิตามินอี ธาตุเหล็กเป็นสารตั้งต้นในการเดิมออกซิเจน การมีธาตุเหล็กอยู่มากจึงมีความต้องการใช้วิตามินอีที่เก็บสะสมไว้มากขึ้นตาม ผู้ที่กินผลิตภัณฑ์ที่มีธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบหรือผู้ที่มีปัญหาในการขับถ่ายหรือขจัดธาตุเหล็กออกจากร่างกาย จึงต้องกินวิตามินอีเสริม

2.1.6 พิษจากวิตามินอี

ถ้ากินวิตามินอีขนาดสูงมาก วิตามินอีจะไปชะลอการดูดซึมวิตามินเอและเคจากทางเดินอาหาร วิตามินอีสามารถขัดขวางการสร้างวิตามินเค รูปแบบที่ออกฤทธิ์ จึงขัดขวางความสามารถในการจับก้อนของเลือดตามไปด้วย นอกจากนี้วิตามินอียังสามารถขัดขวางการจับตัวกันของเกร็ดเลือด การจับตัวกันน้อยลงของเกล็ดเลือด อาจทำให้มีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคลมปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 น้ำมันปาล์ม

รูปที่ 2.3 แสดงผลของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชน้ำมันที่ให้ปริมาณน้ำมันสูงถึง 0.6 - 0.8 ตัน/ไร่/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร และใช้ในการประกอบอาหารเนื่องจากมีคุณสมบัติทนความร้อนได้สูง ไม่ทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง น้ำมันปาล์มมีราคาต่ำกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น นอกจากนี้ปาล์มน้ำมันเป็นพืช ที่ปลอดจากสารดัดแต่งพันธุกรรม (GMOs)

ผลปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้ำมัน 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์ม (Palm Oil) ได้จากการสกัดเนื้อปาล์ม และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม(Plam Kernel Oil) สกัดจากเมล็ดปาล์ม ผลปาล์ม 1 ผล จะมีน้ำมันปาล์ม 9 ส่วน และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม 1 ส่วน น้ำมันที่สกัดจากผลปาล์มสดจะมีเบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene) โปรวิตามินเอ (Pro Bitamin A) และวิตามินอี (Vitamin E) ในปริมาณสูง

น้ำมันปาล์ม ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว และกรดไขมันที่อิ่มตัวในสัดส่วนที่สมดุล และด้วยเหตุที่มีวิตามินอีสูง จึงทำให้น้ำมันปาล์มมีเสถียรภาพสูง สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวนั้นส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยว โอเลอิค (mono-unsaturated oleic acid) 40% ขณะที่กรดไขมันอิ่มตัวประกอบด้วย กรดปาล์มมิติก (palmitic acid) 44% และกรดสเตรียริค (Stearic acid) 5% ด้วยสัดส่วนของส่วนผสมดังกล่าว ทำให้น้ำมันปาล์มมีคุณสมบัติพิเศษ เหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารหลายประเภท

คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของน้ำมันปาล์มคือสามารถใช้ผลิตเป็นไขมันพืชที่มีสภาพเป็นของแข็ง (Solid-fat) โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชั่น (Hydrogenation process) เป็นการหลีกเลี่ยงการก่อตัวของกรดไขมัน ทรานซ์ (Trans fatty acids) ที่เกิดจากกระบวนการซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

คุณสมบัติพิเศษของน้ำมันปาล์มจึงนำไปใช้ในการปรุงอาหารได้หลากหลาย โดยปราศจากโคเลสเตอรอล และเป็นแหล่งพลังงานของร่างกาย นอกจากนี้ยังมีผลพลอยได้จากน้ำมันปาล์ม ในการนำไปเป็นส่วนผสมของเนยเหลือง หรือมาการีน ว่ากันว่า อาหารที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มจะกรอบอร่อยให้รสชาติที่แท้จริงของอาหารและเก็บได้นาน ผลพลอยได้อื่นๆ ยังมีอีกมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมผลิตสบู่ ผงซักฟอก เครื่องสำอาง ยา ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในครัวเรือนและอุตสาหกรรม

ในโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มดิบ มีข้อมูลระบุว่า ถ้านำทะลายเปล่า เส้นใย และกะลา ที่เป็นวัสดุเหลือจากการสกัดน้ำมันมาเผารวมกัน จะมีค่าความร้อน (Heating Value) สูงกว่าลิกไนต์ และมากพอที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้มีการใช้น้ำมันปาล์มอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ ด้วย โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติทางเคมี หรือ Oleochemical ซึ่งเป็นการสกัดสารเคมีจากไขมันพืชและสัตว์ คล้ายกับ Petrochemical ซึ่งเป็นการสกัดสารเคมีจากน้ำมันปิโตรเลียม โดยสารเคมีพื้นฐานที่สามารถสกัดได้ คือ Fatty acids Fatty ester (Metny ester) Fatty alcohol Fatty nitrogen compound (Fatty amined) และ Glycerol

มีการใช้คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำมันปาล์มกับอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นจำนวนมาก เช่น

- รถยนต์ใช้แทนน้ำมันดีเซล โดยดัดแปลงเครื่องยนต์เล็กน้อย ควันที่เกิดขึ้นจะไม่มีซัลเฟอร์ และไนโตรเจนออกไซด์ ซึ่งเป็นสารพิษต่อสิ่งแวดล้อม
- อุตสาหกรรมขุดเจาะ ใช้เป็นตัวหล่อลื่น เนื่องจามมีจุดสันดาบสูงกว่าดีเซลและไม่เป็นพิษ
- อุตสาหกรรมสบู่ เนื่องจากองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม มีคุณสมบัติในการเกิดฟอง และชำระล้างใกล้เคียงกับไขมันสัตว์ และน้ำมันมะพร้าว
- อุดสาหกรรมเคลือบผิว มีคุณสมบัติในการป้องกันรังสีอุลตราไวโอเลต และให้ความเงางาม
- อุตสาหกรรมสีทาบ้าน ทำให้สีติดทนทาน ไม่หลุดลอกง่าย
- อุตสาหกรรมยาสระผม สามารถใช้เป็นส่วนผสมของยาสระผม
- อุตสาหกรรมเหล็ก มีสารป้องกันสนิมสูงกว่าไขมันที่สกัดจากไขมันสัตว์
- อุตสาหกรรมยา เป็นตัวทำลายช่วยให้เนื้อยาเข้ากัน รวมถึงเพิ่มปริมาณเนื้อยา เนื่องจากเป็นสารไม่มีโทษ และไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆ ได้ง่าย
- อุตสาหกรรม โพลีเอสเดอร์ ใช้เป็นสารป้องกันการแข็งตัว และถ่ายเทความร้อยได้ดี และยังสามารถใช้เป็นสารหล่อลื่อในการผลิตโพลีเอสเตอร์
- เทียนไข มีระยะเวลาการติดไฟนาน มีควัน และน้ำตาลเทียนน้อยกว่าเทียนไขที่ทำจากไขปิโตรเลียม
- อุตสาหกรรมผลิดยาง ช่วยในกระบวนการผลิต นอกจากเป็นสารหล่อลื่นในกระบวนการแล้วยังทำให้สามารถขึ้นรูปได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โวลแทมเมทรี

โวลแทมเมทรีเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมีที่ให้ศักย์คงที่เข้าไปในวงจร และวัดกระแสที่เกิดขึ้น เซลล์ไฟฟ้าเคมีของเทคนิคโวลแทมเมทรีจัดเป็นเซลล์อิเล็กโทรไลต์ สำหรับขั้วไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเทคนิคนี้จะต่างจากเทคนิคโพเทนชิออเมทรี คือ มีการใช้ขั้วไฟฟ้าช่วย (auxiliary electrode) โดยส่วนมากมักเป็นขั้วไฟฟ้าช่วยแพลตินัม (platinum wire auxiliary electrode) ขั้วไฟฟ้าใช้งานสำหรับเทคนิคนี้มักเป็นขั้วไฟฟ้าจุลภาค (microelectrode) ทั้งนี้เพื่อให้เกิดโพลาไรเซชันที่ขั้วไฟฟ้าใช้งาน

2.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำโวลแทมเมทรี อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำโวลแทมเมทรีมีดังนี้

2.3.1.1 ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ได้แก่

- ขั้วไฟฟ้าคาโลเมล
- ขั้วไฟฟ้าซิลเวอร์ – ซิลเวอร์คลอไรด์

2.3.1.2 ขั้วไฟฟ้าใช้งาน ขั้วไฟฟ้าใช้งานสำหรับเทคนิคโวลแทมเมทรี นิยมใช้ขั้วไฟฟ้าจุลภาค ได้แก่

- ขั้วไฟฟ้าแบบดิสก์ (disc electrode) ขั้วไฟฟ้าชนิดนี้มีขนาดเล็กและใช้งานง่าย ซึ่งถูกสร้างไว้ในพลาสติกขนาดกว้างคูณสูง (6 มิลลิเมตร x 7.5 เซนติเมตร) และถูกตรึงไว้กับแผ่นดิสก์ของวัสดุที่ต่างกันไป เช่น ทอง แพลตินัม นิเกิล เงิน หรือ glassy carbon เส้นผ่านศูนย์กลางของขั้วไฟฟ้าแบบดิสก์มีขนาดเท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร หรือ 3.0 มิลลิเมตรขึ้นกับชนิดของวัสดุที่เลือกใช้

รูปที่ 2.22 แสดงขั้วไฟฟ้าใช้งานแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

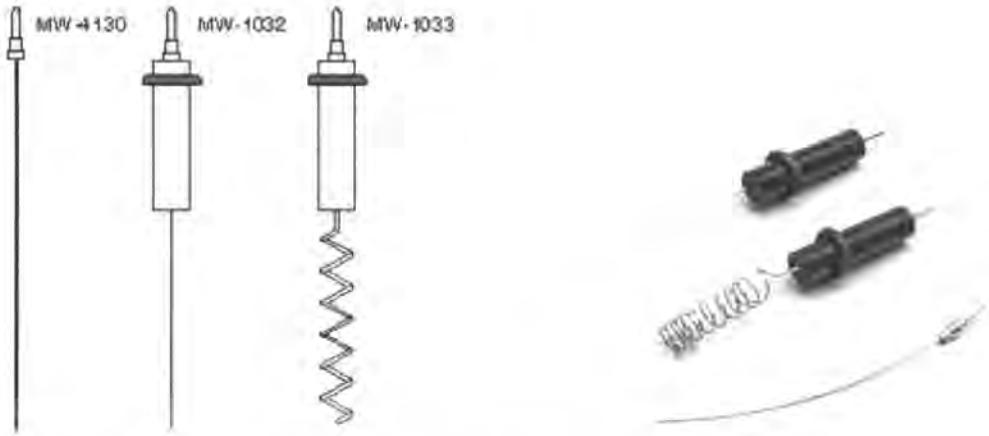
จากรูป ภายในพลาสติกจะมีแท่งโลหะเล็ก ๆ สอดเข้าไปเพื่อทำการเชื่อมขั้วไฟฟ้ากับอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น คลิปปากจระเข้ หรือ gold-plated female connector ด้านนอกของพลาสติกจะมีซิลิกอนรูปวงแหวนครอบไว้เพื่อปรับระดับความลึกที่จะจุ่มขั้วไฟฟ้าชนิดนี้ลงในเซลล์โวลแทมเมทรีได้

- ขั้วไฟฟ้าหยดปรอท (dropping mercury electrode; DME) ขั้วไฟฟ้าชนิดนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากปรอทมีศักย์เกินตัวของการเกิดรีดักชันของไอออนไฮโดรเจนค่อนข้างสูง ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้โดยไม่ถูกรบกวนจากการเกิดแก๊สไฮโดรเจน นอกจากนี้ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าใหม่อยู่ตลอดเวลาเนื่องจากมีการสร้างหยดปรอทใหม่ ๆ ตลอดเวลา และแต่ละหยดปรอทที่เกิดขึ้นใหม่มีผลต่อการเกิดกระแสไฟฟ้าโดยไม่ถูกรบกวนจากหยดปรอทเดิม ปัจจุบันมีการนำ CGME (controlled growth mercury drop electrode) มาใช้เป็นขั้วไฟฟ้าซึ่งสามารถควบคุมขนาดของหยดปรอทแต่ละหยดโดยใช้วาล์วซึ่งตอบสนองต่อการโตของหยดปรอทได้อย่างดี

รูปที่ 2.23 แสดงการเปิดปิดวาล์วซึ่งควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ขนาดของหยดปรอทสามารถปรับได้โดยการเปลี่ยนจำนวนของพัลส์หรือความกว้างของพัลส์ CGME

2.3.1.3 ขั้วไฟฟ้าช่วย ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี เป็นขั้วที่รับพลังงานไฟฟ้าจากขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ส่งต่อผ่านสารละลายไปยังขั้วไฟฟ้าใช้งานเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีกับสาร ตัวอย่างที่ขั้วไฟฟ้าจุ่มอยู่โดยขั้วไฟฟ้าร่วมนี้ไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้น ตัวอย่างขั้วไฟฟ้าช่วย เช่น ขั้วไฟฟ้าช่วยแพลตินัม ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



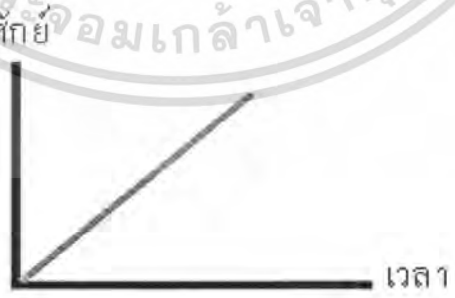
รูปที่ 2.24 แสดงขั้วไฟฟ้าช่วยแพลตินัม

2.3.1.4 Votammetric analyzer สำหรับควบคุมศักย์ไฟฟ้าและวัดกระแสไฟฟ้า

2.3.2 เทคนิคที่สำคัญในการวิเคราะห์โดยโวลแทมเมทรี ได้แก่

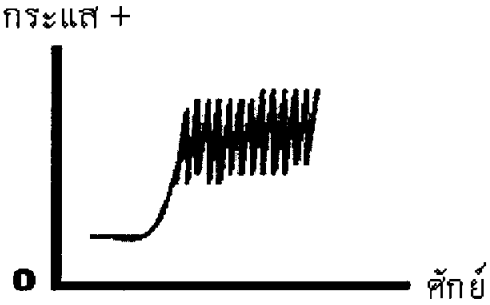
2.3.2.1 โพลาโรกราฟี (polarography) เป็นเทคนิคแรกของการวิเคราะห์ มีการใช้ขั้วไฟฟ้าแบบหยดปรอทเป็นขั้วไฟฟ้าใช้งาน เทคนิคนี้เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย และเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด

สำหรับการวิเคราะห์โดยโพลาโรกราฟีนี้ ศักย์ที่ให้กับขั้วไฟฟ้าจะเป็นแบบ linear - scan คือ ให้ศักย์กับวงจรในอัตราเร็วที่คงที่หรือเป็นการเพิ่มศักย์อย่างเป็นเส้นตรงตามเวลา ดังรูป

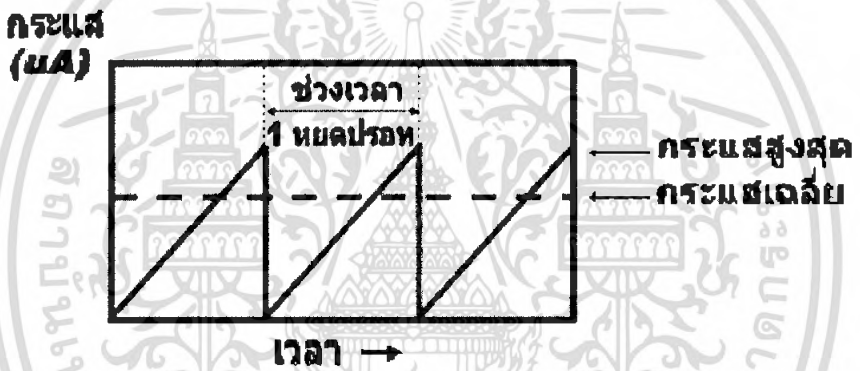


สำหรับศักย์ที่ให้กับวงจร ต้องเลือกให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมโดยใช้ votametric analyzer เป็นตัวควบคุม รวมถึงวัดกระแสที่เกิดขึ้นด้วย โพลาโรแกรมของวิธีโพลาโรกราฟี แสดงได้ดังรูป

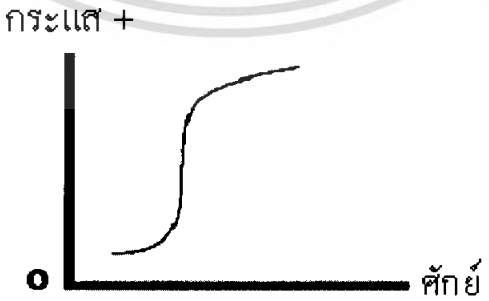
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สาเหตุที่โพลาโรแกรมที่ได้เป็นแบบฟันเลื่อย เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสระหว่างการหยดปรอทเกิดการกวัดแกว่งของกระแสขึ้น โดยกระแสเริ่มเกิดเมื่อมีการปล่อยปรอทจากปลายหลอดรูเล็กและกระแสขึ้นสูงสุด เมื่อปรอทถูกปล่อยออกมาเต็มหยด พร้อมที่จะหยดลงในสารละลาย ดังรูป

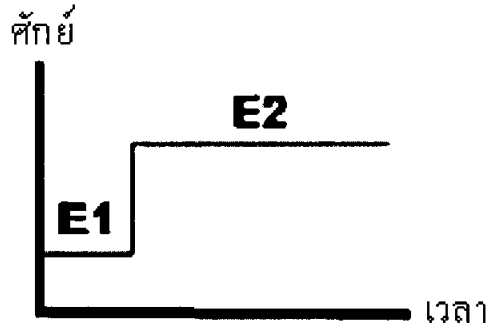


เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงมีการพัฒนาวิธีโพลาโรกราฟีแบบใหม่ที่เรียกว่า การทำแทสท์โพลาโรกราฟี โดยควบคุมบันทึกกระแส ก่อนที่จะหยดออกมาจากปลายหลอดรูเล็กในแต่ละหยด ทำให้โพลาโรแกรมที่ได้ไม่เกิดสภาพของฟันเลื่อย ดังรูป

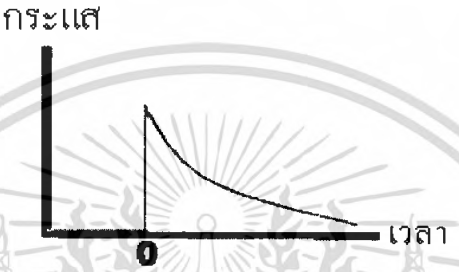


2.3.2.2 แอมแปโรเมทรี (amperometry) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์โดยให้ศักย์คงที่แก่ขั้วไฟฟ้าใช้งาน โดยค่าศักย์ที่ให้แก่วงจรนั้นต้องมีค่าเพียงพอที่จะทำให้สารตัวอย่างสามารถเกิดปฏิกิริยาที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าได้ สำหรับค่าศักย์ที่ให้แก่วงจรแสดงได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเทคนิคแอมแปโรเมทรี แสดงได้ดังรูป



จากรูป จะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปกระแสจะลดลง เนื่องจากความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง หรืออาจไม่มีสารตั้งต้นเหลืออยู่เลยก็เป็นได้ ความสัมพันธ์ของค่ากระแสที่ลดลงต่อเวลาที่เพิ่มขึ้น แสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการ

$$i(t) = kt^{-1/2}$$

เมื่อ i = กระแส

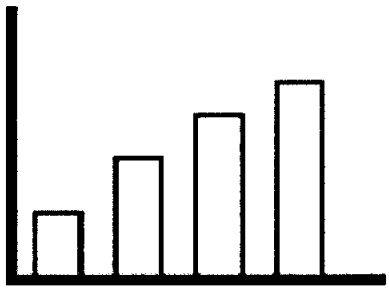
t = เวลา

k = ค่าคงที่

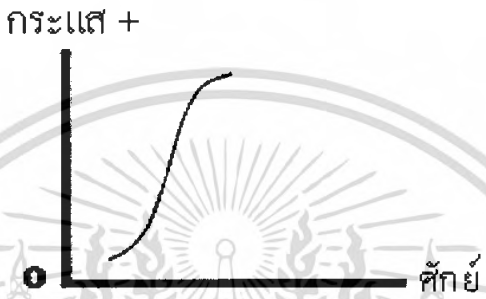
2.3.2.3 พัลส์โวลแทมเมทรี (pulse votametry) ได้แก่

2.3.2.3.1 พัลส์ปรกติ (normal pulse) เป็นการให้ศักย์กับวงจรไฟฟ้าในช่วงเวลาสั้น ๆ ต่อทุกหยดของปรอท โดยศักย์ที่ให้นี้มีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอกับเวลา สำหรับการวัดกระแสต้องวัดในช่วงเวลาที่หยดปรอทใกล้จะหยดออกจากปลายแก้ว

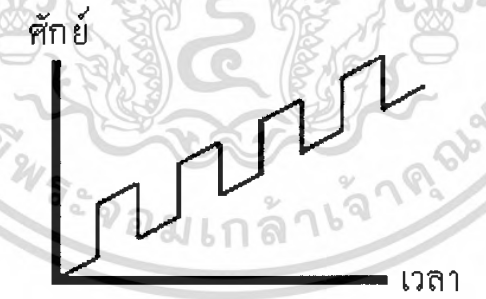
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



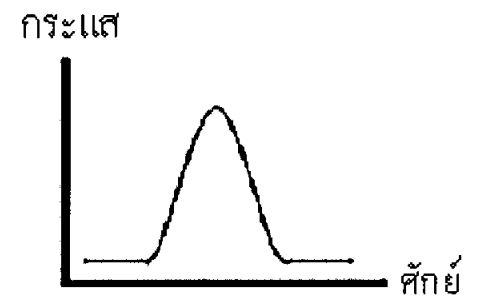
พัลส์โวลแทมโมแกรมที่ได้จะคล้ายกับโพลาโรแกรมจากวิธีแทสท์ ดังรูป



2.3.2.3.2 ดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ (differential-pulse voltametry) เป็นเทคนิคที่มีประโยชน์อย่างมากในการตรวจวัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่มีปริมาณน้อย ๆ สำหรับสัญญาณกระตุ้นในลักษณะของดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ เป็นการเพิ่มศักย์ที่คงที่ในลักษณะของพัลส์ให้กับขั้วไฟฟ้าที่รับศักย์ปกติในรูปลิเนียร์ - สแกนอยู่แล้ว ดังรูป

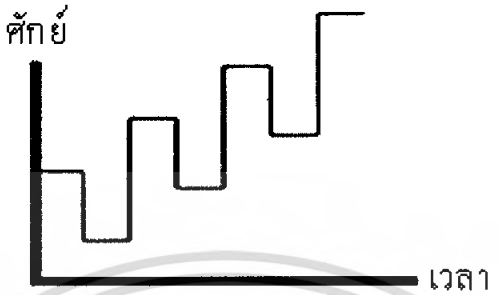


พัสส์โวลแทมโมแกรมที่ได้ มีลักษณะเป็นพีค ดังรูป

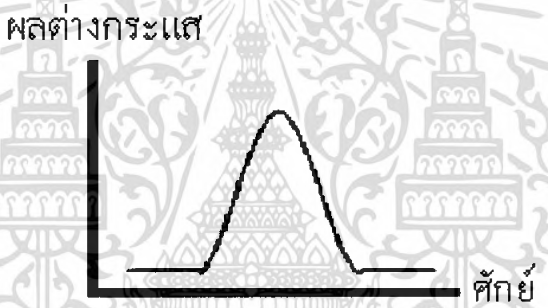


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

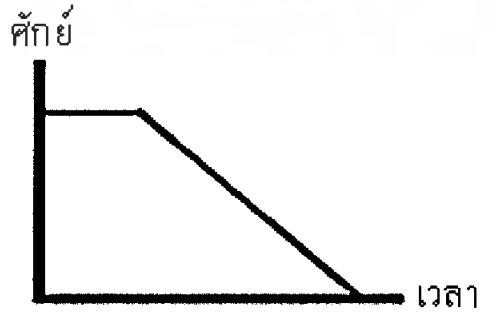
2.3.2.4 สแควร์-เวฟ (square-wave) สแควร์-เวฟโวลแทมเมทรี จะให้สัญญาณกระตุ้นศักย์ที่ต่างจากแบบพัลส์ทั้งสองแบบที่กล่าวมาคือ ให้สัญญาณกระตุ้นกับวงจรไฟฟ้าเป็นช่วง ๆ สำหรับวิธีนี้จะให้หยดปรอทแค่หนึ่งหยด เป็นขั้วไฟฟ้าใช้งาน และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นช่วงเวลาสั้น ๆ รูปแบบสัญญาณกระตุ้นแบบพัลส์สแควร์-เวฟ แสดงได้ดังรูป



โวลแทมโมแกรมที่ได้ แสดงได้ดังรูป

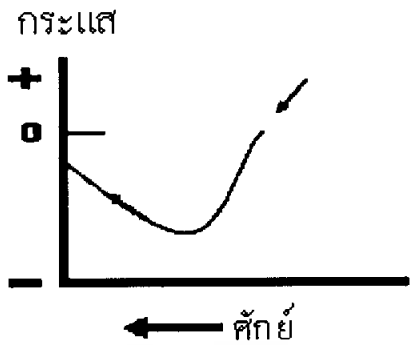


2.3.2.5 สทริปปิงโวลแทมเมตรี (stripping voltametry) เป็นเทคนิคที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าสูงมาก คือสามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างโลหะปริมาณน้อย ๆ ได้ โดยเทคนิคนี้จะเพิ่มขั้นตอนที่ทำให้สารตัวอย่างมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์โดยวิธีโวลแทมเมทรีต่อไป รูปแบบสัญญาณกระตุ้นแบบสทริปปิง แสดงได้ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
107891

โวลแทมโมแกรมที่ได้ แสดงดังรูป



เทคนิคสทริปปิงโวลแทมเมทรี ถูกนำมาประยุกต์ใช้ทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Marie Coatanea, Andre Darchen, Didier Hauchard [1] ประยุกต์ใช้เทคนิค Differential pulse voltammetry ที่ Ultramicroelectrode(UME) เพื่อหาปริมาณของวิตามินอีในน้ำมันพืชและไขมันผสมด้วยตัวทำละลายที่อุณหภูมิที่ 60 °C การใช้ UME จะใช้อัตราส่วนของตัวทำละลายน้อย ตัวทำละลายที่ใช้คือ N-methyl-pyrrolidone ที่มีความเข้มข้น quaternary ของเกลือ ammonium เพื่อใช้รองรับ electrolyte ต้องมีความเข้มข้นที่น้อยกว่า 0.01 M เพื่อป้องกันการ formation ของสอง non-miscible phases พีคออกซิเดชันเดี่ยวเท่านั้นจะถูกตรวจจับโดย differential pulse voltammetry พีคนี้เชื่อว่าเกิดจากการออกซิเดชันของ tocols ซึ่งเป็นองค์ประกอบในวิตามินอี α-tocopherol ถูกเติมสารมาตรฐานในการหาปริมาณทั้งหมดของวิตามินอี ในน้ำมันพืชและไขมันหมูเป็น electroanalysed วิธีวิเคราะห์นี้จะทำให้หาปริมาณรวมของวิตามินอีที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับผลจาก chromatographic ปริมาณที่ใช้วัดในน้ำมันอยู่ในช่วงความเข้มข้นที่ 5×10^{-5} ถึง 1×10^{-4} M

เกศณี อารีอำนาจและวิภาวี บัณฑิตเวทิตกุล [2]การพัฒนาวิธีวิเคราะห์วิตามินอีในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางโดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี

1. วิตามินอีบริสุทธิ์ ($C_{29}H_{50}O_2$) > 98 % HPLC
   - มวลโมเลกุล : 430.27
   - Test No : Lot & Filling code : 448699/1 43204172
   - d_4^{20} 0.950 ; n_D^{20} 1.506 ; 1.1 units/mg
2. น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil, CPO),น้ำมันปาล์มสกัด
3. เมทานอล (methanol, CH_3OH) HPLC grade ของบริษัท Fisher
4. กรดซิทริก (Citric Acid, $C_6H_8O_7.H_2O$) Analytical grade ของบริษัท Fisher
5. เททระบิวทิลแอมโมเนียม เปอร์คลอเรต_(tetrabuthylammonium perchlorate, $C_{16}H_{36}ClNO_4$) Analytical grade ของบริษัท Fluka
8. โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chlo, NaOH) Analytical grade ของบริษัท Fisher

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องควบคุมศักย์ไฟฟ้า และวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า (Autolab Potentiostat) รุ่น PGSTAT 20 ของบริษัท Ecochemie
2. ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน (Glassy carbon electrodes) พื้นที่ผิว 0.07 cm^2 ของ BAS
3. ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference Electrodes) รุ่น MF-2052 ของ BAS ชนิด Ag/AgCl
4. ขั้วแพลทินัมแผ่นบาง (platinum disk auxiliary electrode) ของ Metrohm 2052
5. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (analysis balance) Precisa 205A
6. เครื่องวัด pH รุ่น716 DMS Titrino ของบริษัท Methrohm
7. เครื่องแก้วที่จำเป็น
8. ชุดกลั่นแบบลดความดัน
9. เครื่องหล่อเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1.1 การเตรียม stock solution ของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี 10000 ppm

ชั่งวิตามินอีบริสุทธิ์มา 1.0000 กรัม ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ละลายและปรับปริมาตรด้วยเมทานอล เก็บไว้ในภาชนะทึบแสงในตู้เย็น

3.2.1.2 การเตรียม stock solution ของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี 1000 ppm

ปิเปตสารละลายมาตรฐานวิตามินอี 10000 ppm มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ละลาย และปรับปริมาตรด้วยเมทานอล เก็บไว้ในภาชนะทึบแสงในตู้เย็น

3.2.1.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินอี 0, 10, 20, 40, 80และ100 ppm

ปิเปตสารละลายมาตรฐานวิตามินอี 100 ppm มา 0, 0.25,0.5,1.0, 2.0 และ 2.5 มิลลิลิตรตามลำดับ ใส่ในขวดวัตปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ละลาย และปรับปริมาตรด้วยเมทานอล เก็บไว้ในภาชนะทึบแสงในตู้เย็น

3.2.1.4 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียม เปอร์คลอเรต และ 0.06 กรดซิทริกในเมทานอล ปริมาตร 250 mL

ชั่งสารมาตรฐานเททระบิวทิลแอมโมเนียม เปอร์คลอเรต 5.1286 กรัม และ ชั่งสารมาตรฐานกรดซิทริก 3.152 กรัม ผสมและละลายในเมทานอล ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนถึงปริมาตรในขวดวัตปริมาตรขนาด 250 mL

3.2.2 การศึกษาด้วยโวลแทมเมทรีแบบดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์

- ขั้วไฟฟ้าใช้งานคือ glassy carbon electrode
- ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงคือ ซิลเวอร์ – ซิลเวอร์คลอไรด์ – 3M โซเดียมคลอไรด์อิ่มตัว
- ขั้วไฟฟ้าช่วยคือ แพลทินัม

ในการศึกษาสภาวะที่ใช้ทำการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้จะเลือกศึกษาเพียงบางสภาวะเท่านั้น เนื่องจากเป็นงานวิจัยต่อเนื่องและก่อนหน้าได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ทำการทดลองนี้ ได้แก่ การศึกษากระแสพื้น การศึกษาสารละลายบัฟเฟอร์ ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์ การศึกษา scan rate ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.1 การศึกษา step potential ที่เหมาะสม

การศึกษา step potential ที่เหมาะสมโดยจะให้ค่า modulation amplitude คงที่ 0.02505 และใช้สารมาตรฐานเข้มข้นเท่าใด 10 มิลลิลิตรและสารละลายบัฟเฟอร์ 10 มิลลิลิตรจะศึกษาโดยทำการเปรียบเทียบปริมาณกระแสไฟฟ้า สภาวะที่ใช้ในการทดลองดังในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษา step potential ที่เหมาะสม

สาร	ความเข้มข้น (ppm)	Scan rate (mV/s)	สารละลายบัฟเฟอร์	Step potential (V)
วิตามินอี	5	50	0.06 M tetrabuthylammonium perchlorate + 0.06 M citric acid ในเมทานอล	0.001, 0.002 , 0.003 , 0.004 , 0.005 , 0.006 , 0.007 และ 0.008

3.2.2.2 การศึกษา modulation amplitude ที่เหมาะสม

การศึกษา modulation amplitude ที่เหมาะสมโดยจะให้ step potential คงที่ 0.006 และใช้สารมาตรฐานเข้มข้นเท่าใด 10 มิลลิลิตรและสารละลายบัฟเฟอร์ 10 มิลลิลิตรจะศึกษาโดยทำการเปรียบเทียบปริมาณกระแสไฟฟ้า สภาวะที่ใช้ในการทดลองดังในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษา modulation amplitude ที่เหมาะสม

สาร	ความเข้มข้น (ppm)	Scan rate (mV/s)	สารละลายบัฟเฟอร์	Modulation (V)
วิตามินอี	5	50	0.06 M tetrabuthylammonium perchlorate + 0.06 M citric acid ในเมทานอล	0.001 , 0.005 , 0.010 , 0.015 , 0.020 , 0.025 , 0.030 , 0.035 , 0.040 , 0.045 , 0.050 , 0.055 , 0.060 , 0.070 และ 0.080

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การวิเคราะห์หาวิตามินอีในน้ำมันปาล์ม

3.2.3.1 การวิเคราะห์หาวิตามินอีในน้ำปาล์มดิบ (crude palm oil)

3.2.3.1.1 กราฟมาตรฐานสารละลายมาตรฐานวิตามินอี

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน 10 ppm มาปริมาตร 3 มิลลิลิตรเติมด้วยเมทานอล ปริมาตร 7 มิลลิลิตร เติมสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M ปริมาตร10 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานใหม่เท่ากับ 1.5 ppm แล้วทำการตรวจวัด

ทำในลักษณะเดียวกันโดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเป็น 20, 40, 80 และ 100 ppm ตามลำดับ ซึ่งจะได้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เตรียมใหม่เป็น 3 , 6, 12 และ 15ppm ตามลำดับ แล้วนำไปตรวจวัดและไปสร้างกราฟมาตรฐาน

3.2.3.1.2 การวิเคราะห์หาวิตามินอีในน้ำมันปาล์ม

ปิเปตน้ำมันปาล์มดิบ 3 มิลลิลิตรเติมด้วยเมทานอลปริมาตร 7 มิลลิลิตร ทำการปั่นกวนเป็นเวลา 5-10 นาที แล้วทำการแยกชั้นเมทานอลออกมาทำการวิเคราะห์เติมด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M ปริมาตร10 มิลลิลิตรแล้วทำการตรวจวัด และนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.2.3.1.3 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี standard addition ของน้ำมันปาล์มดิบ

ปิเปตน้ำมันปาล์มดิบ 3 มิลลิลิตร เติมด้วยเมทานอลปริมาตร 7 มิลลิลิตรนำไปทำการปั่นกวนเป็นเวลา 5-10 นาที แล้วทำการแยกชั้นเมทานอลออกมา ทำการวิเคราะห์โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 100 ppm ปริมาณ 1 มิลลิลิตรเติมลงในสารตัวอย่างนำมันปาล์มดิบที่ละลายในเมทานอล และเติมสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M ปริมาตร 10 มิลลิลิตรแล้วทำการตรวจวัด

ทำในลักษณะเดียวกันโดยเปลี่ยนปริมาตรของสารละลายมาตรฐานเป็น 2, 4, 8 และ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับแล้วทำการตรวจวัดแล้วนำไปสร้างกราฟของ standard addition

3.2.3.2 การวิเคราะห์หาวิตามินอีในน้ำมันปาล์มที่ทำการสกัดด้วยเฮกเซน

3.2.3.2.1 การสกัดน้ำมันปาล์มด้วนเฮกเซน

ปิเปตน้ำมันปาล์มดิบ 40 มิลลิลิตร ใส่ลงในภาชนะ timble แล้วทำการสกัดด้วยซอล์กเล็ตที่มีสารละลายเฮกเซนเป็นตัวสกัดอยู่ในขวดก้นกลม ปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้วนำไประเหยเฮกเซนด้วยเครื่องลดความดัน แล้วทำ นำไปวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอี

3.2.3.2.1.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี standard addition ของน้ำมันปาล์มสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปิเปตน้ำมันปาล์มที่สกัดด้วยเฮกเซน 3 มิลลิลิตรเติมด้วยเมทานอลปริมาตร 7 มิลลิลิตรนำไปทำการปั่นกวนเป็นเวลา 5-10 นาที แล้วทำการแยกชั้นเมทานอลออกมา ทำการวิเคราะห์โดยปิเปตด้วยสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 1 มิลลิลิตร และสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M ปริมาตร10 มิลลิลิตรแล้วทำการตรวจวัด

ทำในลักษณะเดียวกันโดยเปลี่ยนปริมาตรของสารละลายมาตรฐานเป็น 2, 4, 8 และ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับแล้วทำการตรวจวัดแล้วนำไปสร้างกราฟของ standard addition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

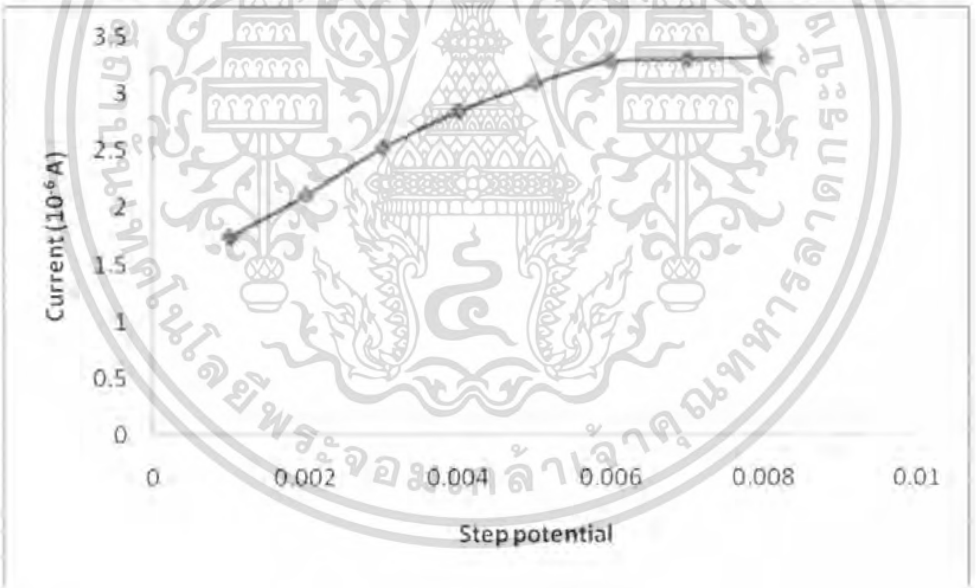
4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์วิตามินอีโดยเทคนิคต่างๆ

4.1.1 Differential pulse voltammetry

4.1.1.1 ศึกษา step potential ที่ modulation amplitude คงที่ ที่ 0.02505

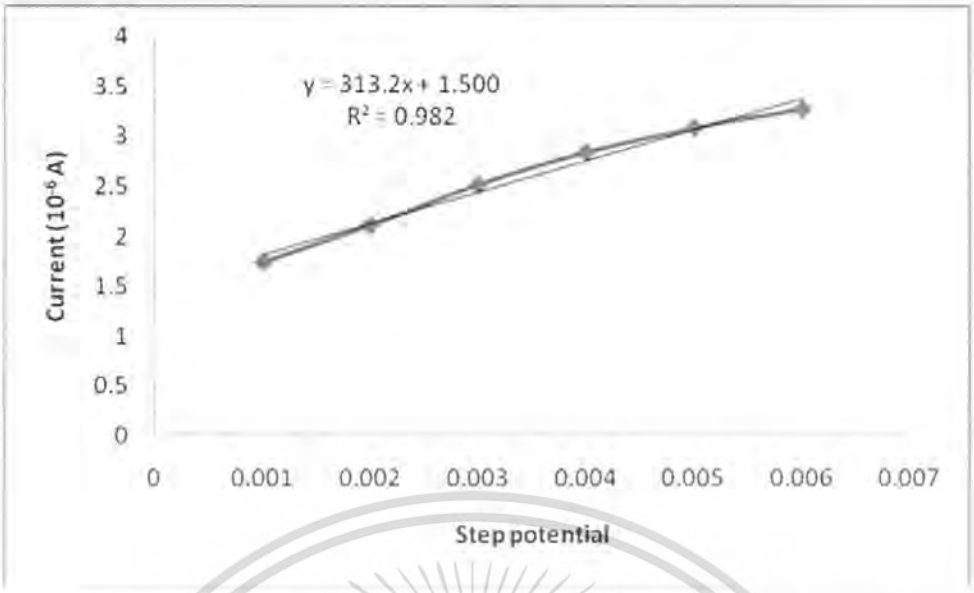
ผลการศึกษา step potential ที่ modulation amplitude คงที่ ที่ 0.02505โดยเทคนิค differential pulse voltammetry ด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอนในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียม เปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์

พบว่าเมื่อใช้ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน ผลการศึกษา step potential ที่ศึกษาอยู่ในช่วง 0.001 – 0.02 โดยค่า modulation amplitude คงที่ ที่ 0.02505 ทำการดูค่ากระแสไฟฟ้าที่สูงสุดที่ลักษณะของกราฟสมมาตร จะเห็นได้ว่า ตั้งแต่ค่าที่ 0.001 – 0.008ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 พลอตค่า step potential (0.001-0.008V) กับค่า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ที่ขั้วทำงานไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอนของสารละลายวิตามินอี 5 ppm ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต_ในเมทานอลบริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



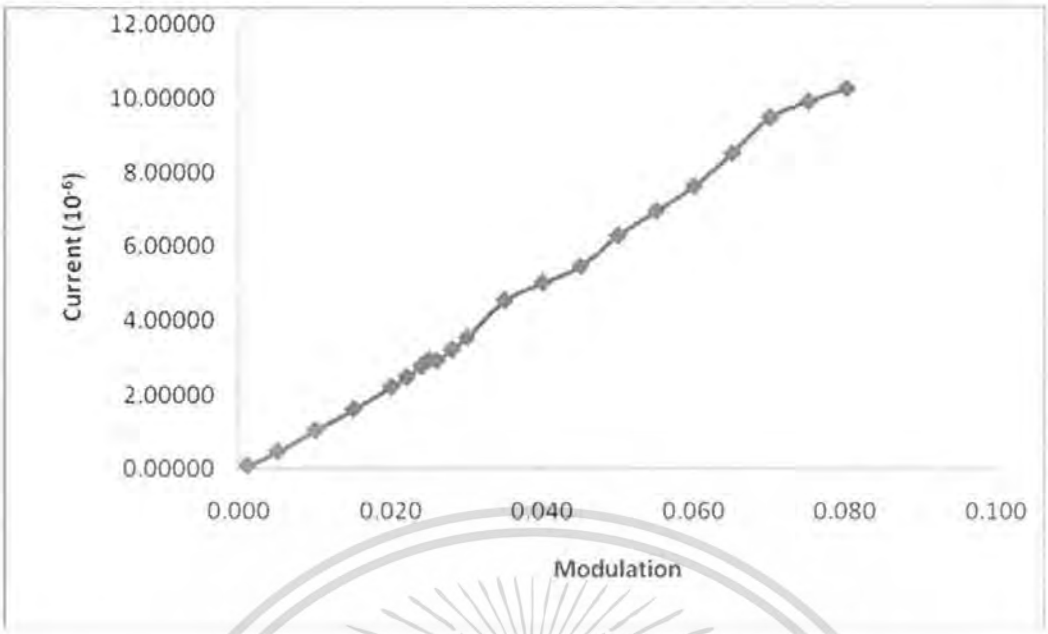
รูปที่ 4.2 พลอตค่า step potential (0.001-0.006 V) กับค่า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ที่ขั้วทำงานไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอนของสารละลายวิตามินอี 5 ppm ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์

4.1.1.2 ศึกษา modulation amplitude ที่ step potential คงที่ ที่ 0.006

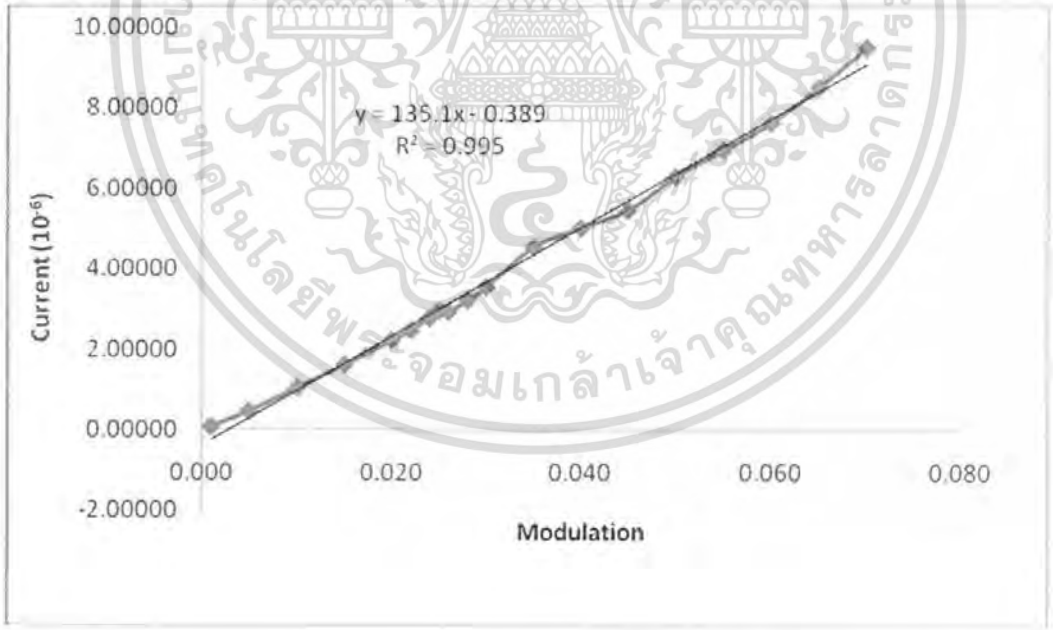
ผลการศึกษา modulation amplitude ที่ step potential คงที่ ที่ 0.006 โดยเทคนิค differential pulse voltammetry ด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอนในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์

พบว่าเมื่อใช้ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน ผลการศึกษา modulation amplitude ที่ศึกษาอยู่ในช่วง 0.001 – 0.08V โดยค่า step potential คงที่ ที่ 0.006 ทำการดูค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ลักษณะของกราฟสมมาตร จะเห็นได้ว่า ตั้งแต่ค่าที่ 0.001 – 0.08V ดังแสดงในรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 พลอตค่า modulation amplitude (0.001-0.08V) กับค่า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ที่ขั้วทำงานไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอนของสารละลายวิตามินอี 5 ppm ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์



รูปที่ 4.4 พลอตค่า modulation amplitude (0.001-0.07V) กับค่า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ที่ขั้วทำงานไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอนของสารละลายวิตามินอี 5 ppm ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์

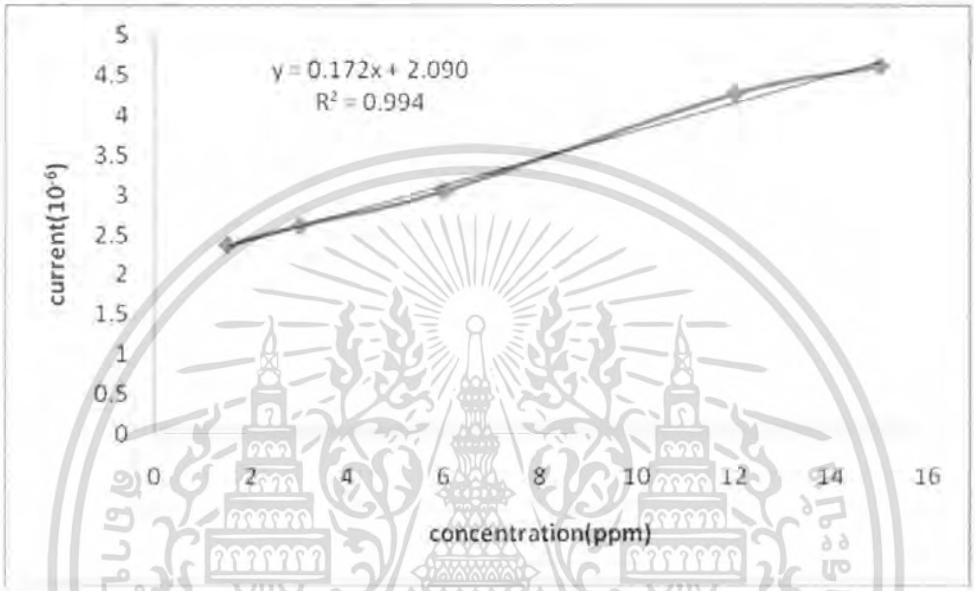
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์หาวิตามินอีในน้ำมันปาล์ม

4.2.1 สารตัวอย่างที่สกัดด้วยสารละลายมาตรฐานเมทานอล

4.2.1.1 กราฟมาตรฐานสารละลายมาตรฐานวิตามินอี

ผลการตรวจวัดปริมาณวิตามินอีในน้ำมันปาล์มดิบโดย step potentialคงที่0.006 และ modulation amplitudeคงที่ 0.07 โดยสร้างกราฟมาตรฐานสารละลายมาตรฐานวิตามินอี



รูปที่ 4.5 พลอตค่าความเข้มข้นสารละลายวิตามินอีมาตรฐาน (1.5-15 ppm)ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต_ในเมทานอลบริสุทธิ์ กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ที่ขั้วทำงานไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าวิตามินอีในตัวอย่างน้ำมันปาล์ม โดยใช้กราฟมาตรฐานสารละลายมาตรฐานวิตามินอี สกัดด้วยสารละลายมาตรฐานเมทานอล

ตัวอย่าง	ชุดตัวอย่าง	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)	ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
Crude palm oil	1	0.446 0.440 0.446	0.444±0.003	3.18 3.21 3.22	3.20±0.02
	2	0.434 0.434 0.440	0.436±0.003	3.19 3.24 3.2	3.21±0.03
	3	0.464 0.446 0.464	0.458±0.003	3.22 3.24 3.12	3.19±0.06
Extract palm oil	1	0.440 0.440 0.446	0.442±0.003	2.91 3.1 3.09	3.033±0.11
	2	0.440 0.434 0.434	0.436±0.003	2.85 3.02 3.14	3.00±0.15
	3	0.446 0.452 0.446	0.448±0.003	3.2 3.02 2.91	3.04±0.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาปริมาณวิตามินอีจากการเทียบกราฟสารละลายมาตรฐาน

จากสมการ $y= 0.172x+2.09$

$3.20= 0.172x+2.09$

$x= 6.45$

การคำนวณหาค่าความเข้มข้นเริ่มต้นจากน้ำมันที่ทำการสกัดมีปริมาตร 18.2 มิลลิลิตร

$C_1V_1=C_2V_2$

$7(C_1)=6.45(17)$

$C_1 = 15.66$ ppm

จะได้

ในน้ำมัน 3 มิลลิลิตร มีปริมาณวิตามินอี 15.66 ppm

ดังนั้น ในน้ำมัน 18.2 มิลลิลิตร มีปริมาณวิตามินอี (15.66x18.2)/3= 95.00 ppm

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า %Recovery

%Recovery=(Sample/Spike sample)x100

การคำนวณหาความเข้มข้นจากการทำ standard addition ความเข้มข้น 100 ppm

<u>ที่ปริมาตร 1 มิลลิลิตร</u>

$C_1V_1=C_2V_2$

$6.45(17)=(C_2+100)18$

$C_2 =93.9$ ppm

%Recovery

%Recovery=(95.00/93.9)x100

= 101.17

<u>ที่ปริมาตร 2 มิลลิลิตร</u>

$C_1V_1=C_2V_2$

$6.45(17)=(C_2+100)19$

$C_2 =94.22$ ppm

%Recovery

%Recovery=(95.00/94.22)x100

= 100.82

<u>ที่ปริมาตร 4 มิลลิลิตร</u>

$C_1V_1=C_2V_2$

$6.45(17)=(C_2+100)21$

$C_2 =94.77$ ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

%Recovery

$$\%Recovery=(95.00/94.77)x100$$

$$= 100.24$$

ที่ปริมาตร 8 มิลลิลิตร

$$C_1V_1=C_2V_2$$

$$6.45(17)=(C_2+100)25$$

$$C_2 =95.61 \text{ ppm}$$

%Recovery

$$\%Recovery=(95.00/95.61)x100$$

$$= 99.36$$

ที่ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

$$C_1V_1=C_2V_2$$

$$6.45(17)=(C_2+100)27$$

$$C_2 =95.93 \text{ ppm}$$

%Recovery

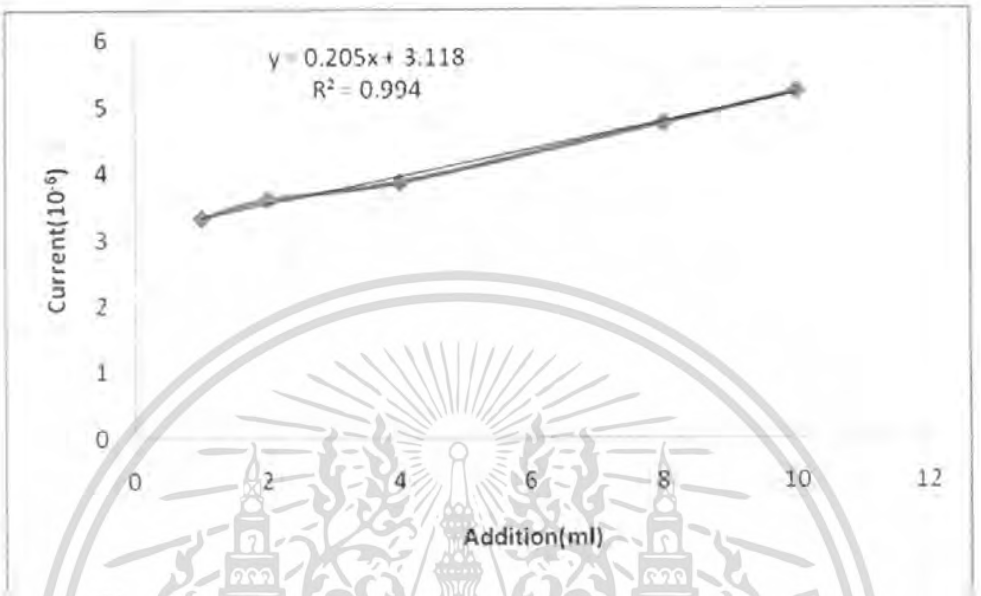
$$\%Recovery=(95.00/95.93)x100$$

$$= 99.03$$

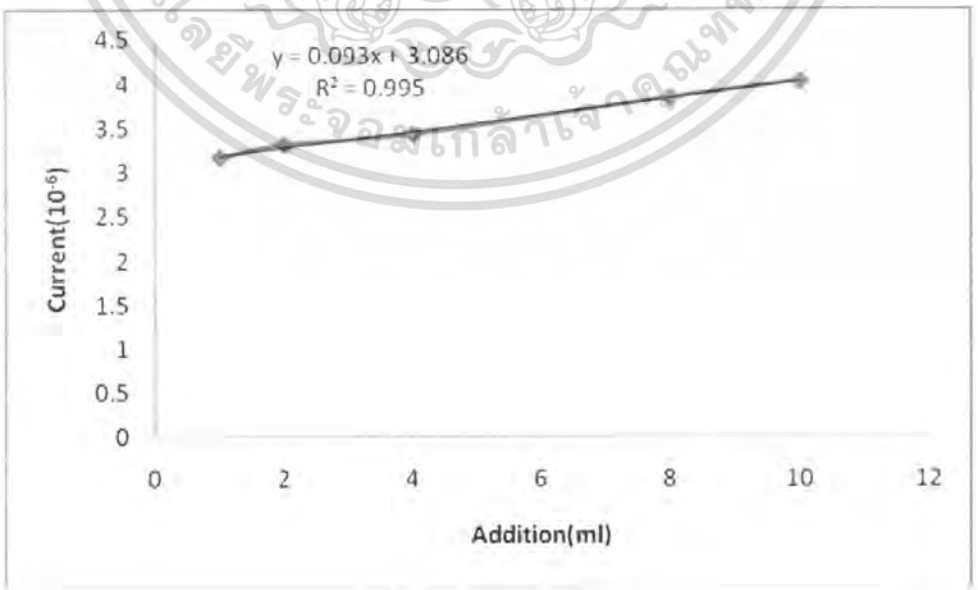
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี standard addition

ผลการตรวจวัดปริมาณวิตามินอีในน้ำมันปาล์มดิบโดย step potentialคงที่0.006และ modulation amplitude คงที่ 0.07 โดยสร้างกราฟมาตรฐาน standard addition



รูปที่ 4.6 พลอตค่าความเข้มข้นสารละลายวิตามินอีมาตรฐาน standard addition (0-100 ppm)ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์ กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ที่ขั้วทำงานไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอนในน้ำมันปาล์มดิบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 พลอตค่าความเข้มข้นสารละลายวิตามินอีมาตรฐาน standard addition (0-100 ppm)ใน สารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ใน เมทานอลบริสุทธิ์ กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ที่ขั้วทำงานไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอนในน้ำมันปาล์มสกัด

4.2.2 การศึกษาหาความเที่ยง

การศึกษาหาความเที่ยง (precision)ของการวิเคราะห์สามารถหาค่า Repeatability โดยทำการวัดซ้ำ 3 ซ้ำโดยค่าของ Repeatability ได้โดยทำการคำนวณจากค่า %RSD

4.2.3 ค่าการยอมรับได้ของการวิเคราะห์วิตามินอีด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า

การคำนวณค่าการยอมรับได้ของวิธีวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าโดยคำนวณตามสมการของ Horrat ซึ่งค่าที่ยอมรับได้เมื่อทำการคำนวณแล้วต้องมีค่า น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 โดยทำการวัดซ้ำ 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความเที่ยง (precision) แสดงค่าการยอมรับได้ของการวิเคราะห์วิตามินอีด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า สกัดด้วยสารละลายมาตรฐานเมทานอล (n=3)

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (ppm)	% RSD(การทดลอง)	% RSD(การคำนวณ)	ค่า Horrat
crude oil	6.46 6.52 6.38	1.09%	1.13%	0.967
Extraction oil	0.547 0.529 0.551	0.02%	1.16%	1.864

การคำนวณหาค่า %RSD

น้ำมันปาล์มดิบ ความเข้มข้น 6.45 ppm

$$\text{จาก } \%\ RSD_{\text{การคำนวณ}} = 0.66 \times 2 \times (C)^{-0.1505}$$

$$= 0.66 \times 2 \times (6.45 \times 10^{-6})^{-0.1505}$$

$$= 1.13\ \%$$

น้ำมันปาล์มกลั่น ความเข้มข้น 5.48 ppm

$$\text{จาก } \%\ RSD_{\text{การคำนวณ}} = 0.66 \times 2 \times (C)^{-0.1505}$$

$$= 0.66 \times 2 \times (0.542 \times 10^{-6})^{-0.1505}$$

$$= 1.16\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์วิตามินอีโดยใช้เทคนิคทางเคมีไฟฟ้าที่มีขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน ผลจากการหาสภาวะที่เหมาะสมของการใช้สารละลาย 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต_ในเมทานอล

จากการนำสภาวะที่ได้มาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์วิตามินอี เมื่อทำการสกัดด้วยสารละลายมาตรฐานเมทานอล มีปริมาณวิตามินอีในน้ำมันปาล์มดิบเท่ากับ 6.45 ppm และปริมาณวิตามินอีในน้ำมันปาล์มสกัดเท่ากับ 5.48 ppm การศึกษาหาความเที่ยง (precision) ของการวิเคราะห์สามารถพิจารณาจากค่า %RSD ซึ่งเท่ากับ 1.091 และ 0.02 ตามลำดับ โดยเมื่อทำการหาค่าการยอมรับได้ของ Horwitz equation (Horwitz trumpet) พบว่าค่า Horwitz ที่ได้จากการคำนวณจากตัวอย่าง พบว่า และเมื่อทำการสกัดด้วยสารละลายมาตรฐานเมทานอล จะมีค่าการยอมรับได้ 0.967 และ 1.864 ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวิเคราะห์ปริมาณยาโดยใช้เทคนิคทางเคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอนมีปัญหาที่สำคัญประการหนึ่ง คือมีสัญญาณรบกวนที่สูงจึงทำให้ไม่สามารตรวจวัดปริมาณวิตามินอีที่มีความเข้มข้นต่ำมากๆ ในระดับ ppb ได้

สารที่จะนำมาวิเคราะห์ในเทคนิคนี้ได้นั้นต้องเป็นสารที่เกิดปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้าเท่านั้นจึงจะสามารถนำมาวิเคราะห์ได้

การวิเคราะห์ต้องระวังสิ่งปนเปื้อนเป็นพิเศษทั้งจากเครื่องแก้วและสิ่งแวดล้อมเนื่องจากมีผลทำให้สัญญาณรบกวนสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1]Marie Coatanea, Andre Darchen, Didier Hauchard Differential pulse voltammetry ที่ Ultramicroelectrode(UME)

[2]เกศณี อารีอำนาจ,วิภาวี บัณฑิตเวทิตกุล การพัฒนาวิธีวิเคราะห์วิตามินอีในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางโดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

http://dietary-supplements.info.info.gov/factsheets/vitamine.asp

http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/vatamins/VitaminE

http://sunny.vemt.bme.hu/sfe/angol/supercritical.html

www.sciencedirect.com

http://www.iach.cz/departments/sfe/Default.asp?page=208

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
สูตรคำนวณที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1 แสดงสูตรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณ

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + ... + X_n}{n}$$ สมการ 1.1

$$SD = \sqrt{\frac{\Sigma(X_i - \overline{X})^2}{n-1}}$$ สมการ 1.2

$$\%recovery = \frac{[Sample_{spiked}] - [Sample_{blank}]}{[Concentration_{add}]} \times 100$$ สมการ 1.3

$$Horrat = \frac{\%RSD_{experimented}}{\%RSD_{predicted}}$$ สมการ 1.4

$$\%RSD = \frac{SD}{\overline{X}} \times 100$$ สมการ 1.5

$$\%RSD_{predicted} = 2^{1-0.5\log C}$$ สมการ 1.6

$$LOD = \frac{s_{y/x}}{slope}$$ สมการ 1.7

$$LOQ = 3.3LOD$$ สมการ 1.8

$$s_{y/x} = \sqrt{\frac{\Sigma(y_i - \hat{y})^2}{n-2}}$$ สมการ 1.9

หมายเหตุ 1. $\hat{y} = mx + c$ (จากสมการเส้นตรง)

2. การรายงานค่าเฉลี่ยให้รายงานเป็นค่า $\overline{X} \pm SD$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 สารละลายมาตรฐานวิตามินอีความเข้มข้น 10000 ppm ปริมาตร 100 ml

ชั่งสารมาตรฐานวิตามินอีบริสุทธิ์ (98 % HPLC) 1 กรัม ละลายในเมทานอลและปรับปริมาตรด้วยเมทานอล ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในภาชนะทึบแสงในตู้เย็น

ข.2 สารละลายมาตรฐานวิตามินอีความเข้มข้น 1000 ppm ปริมาตร 100 ml

ปิเปตสารละลายมาตรฐานวิตามินอีบริสุทธิ์ที่เตรียมได้จากข้อ ก.1 10 ml ละลายในเมทานอลและปรับปริมาตรด้วยเมทานอล ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในภาชนะทึบแสงในตู้เย็น

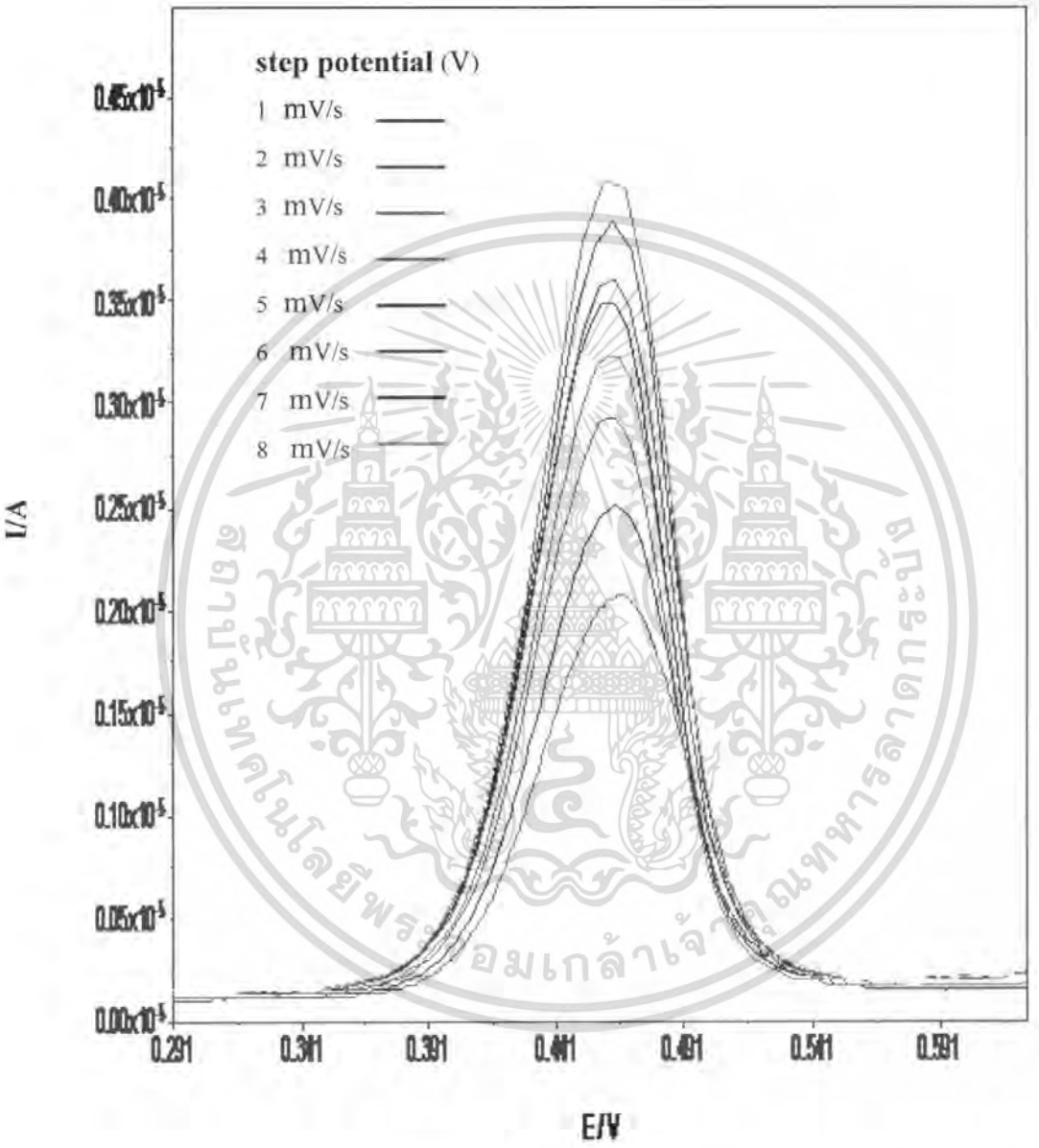
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ศึกษา step potential ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.1 ดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์และข้อมูลที่ได้จากศึกษา step potential ที่ modulation amplitude คงที่ ที่ 0.2505 สารละลายมาตรฐานวิตามินอี 10 ppm ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน



รูปที่ ข.1 ดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ที่ได้จากการศึกษา step potential ที่ modulation คงที่ ที่ 0.2505 สารละลายมาตรฐานวิตามินอี 10 ppm ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา step potential

Step potential	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
0.001	0.471	1.67
	0.470	1.77
	0.470	1.77
ค่าเฉลี่ย	0.470	1.74
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.001	0.06
0.002	0.467	2.12
	0.498	2.06
	0.484	2.15
ค่าเฉลี่ย	0.483	2.11
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.016	0.05
0.003	0.466	2.35
	0.467	2.67
	0.474	2.55
ค่าเฉลี่ย	0.469	2.52
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.004	0.16
0.004	0.467	2.87
	0.467	2.87
	0.469	2.78
ค่าเฉลี่ย	0.468	2.84
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.001	0.05
0.005	0.466	3.17
	0.460	2.96
	0.476	3.13
ค่าเฉลี่ย	0.467	3.09
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.008	0.11
0.006	0.466	3.17
	0.470	3.43
	0.468	3.24
ค่าเฉลี่ย	0.468	3.28
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.002	0.13
0.007	0.476	3.28
	0.479	3.19
	0.474	3.43
ค่าเฉลี่ย	0.476	3.30
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.003	0.12
0.008	0.474	3.35
	0.474	3.27
	0.467	3.35
ค่าเฉลี่ย	0.472	3.32
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.004	0.05

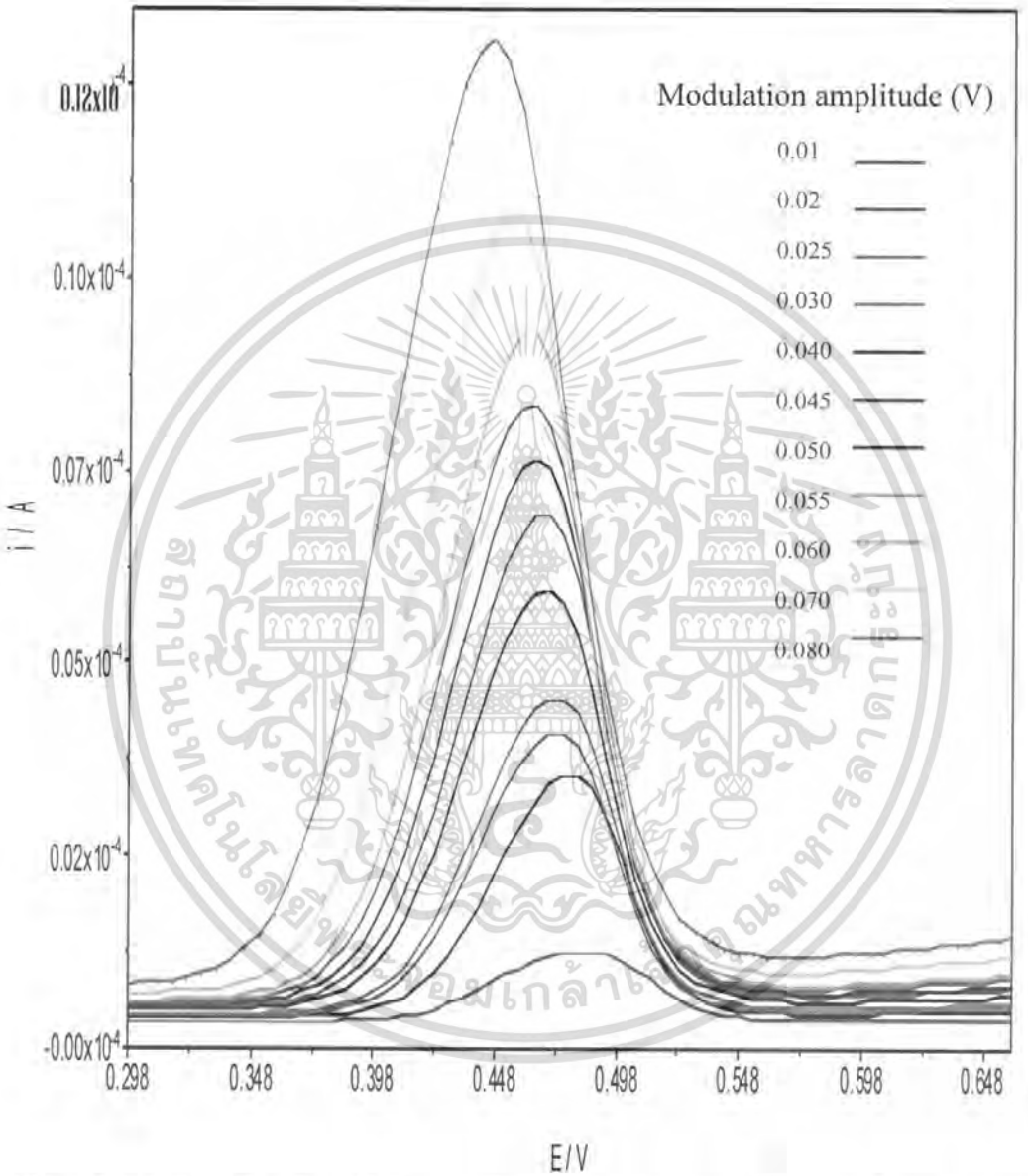
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ศึกษา modulation amplitude ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.1 ดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์และข้อมูลที่ได้จากศึกษา modulation ที่ step potential คงที่ ที่ 0.006 สารละลายมาตรฐานวิตามินอี 10 ppm ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมแปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน



รูปที่ ง.1 ดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ที่ได้จากการศึกษา modulation amplitude ที่ step potential คงที่ ที่ 0.006 สารละลายมาตรฐานวิตามินอี 10 ppm ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ข้อมูลที่ได้จากศึกษา modulation amplitude

Modulation	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6} A)
0.001	0.476	0.0821
	0.470	0.0858
	0.473	0.0838
AV	0.473	0.0839
SD	0.003	0.0019
0.005	0.476	0.4750
	0.476	0.4570
	0.474	0.4620
AV	0.475	0.4647
SD	0.001	0.0093
0.010	0.470	1.0500
	0.476	1.0400
	0.477	1.0380
AV	0.474	1.0427
SD	0.004	0.0064
0.015	0.470	1.6300
	0.470	1.6100
	0.473	1.5900
AV	0.471	1.6100
SD	0.002	0.0200
0.020	0.464	2.2500
	0.470	2.2200
	0.473	2.1800
AV	0.469	2.2167
SD	0.005	0.0351
0.022	0.469	2.5500
	0.470	2.4400
	0.474	2.4200
AV	0.471	2.4700
SD	0.003	0.0700
0.024	0.464	2.7800
	0.464	2.8100
	0.471	2.7600
AV	0.466	2.7833
SD	0.004	0.0252
0.025	0.470	2.8600
	0.464	3.0600
	0.467	2.9300
AV	0.467	2.9500
SD	0.003	0.1015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Modulation	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
0.026	0.470	2.9000
	0.470	3.0000
	0.473	2.8700
AV	0.471	2.9233
SD	0.002	0.0681
0.028	0.464	3.2400
	0.464	3.2200
	0.466	3.2000
AV	0.465	3.2200
SD	0.001	0.0200
0.030	0.464	3.4200
	0.464	3.8200
	0.467	3.3900
AV	0.465	3.5433
SD	0.002	0.2401
0.035	0.464	4.5800
	0.468	4.5600
	0.471	4.4700
AV	0.468	4.5367
SD	0.004	0.0586
0.040	0.458	5.0200
	0.458	5.0200
	0.459	5.0100
AV	0.458	5.0167
SD	0.001	0.0058
0.045	0.464	5.4200
	0.464	5.4200
	0.459	5.5300
AV	0.462	5.4567
SD	0.003	0.0635
0.050	0.463	6.28
	0.460	6.28
	0.458	6.31
AV	0.460	6.2900
SD	0.003	0.0173
0.055	0.458	6.91
	0.455	6.97
	0.456	6.97
AV	0.456	6.9500
SD	0.002	0.0346

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Modulation	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
0.060	0.451	7.57
	0.447	7.68
	0.448	7.63
AV	0.449	7.6267
SD	0.002	0.0551
0.065	0.445	8.48
	0.439	8.53
	0.438	8.53
AV	0.441	8.5133
SD	0.004	0.0289
0.070	0.440	9.42
	0.437	9.51
	0.434	9.53
AV	0.437	9.4867
SD	0.003	0.0586
0.075	0.433	9.96
	0.436	9.91
	0.438	9.9
AV	0.436	9.9233
SD	0.003	0.0321
0.080	0.431	9.57
	0.430	9.57
	0.428	9.6
AV	0.430	9.5800
SD	0.002	0.0173

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

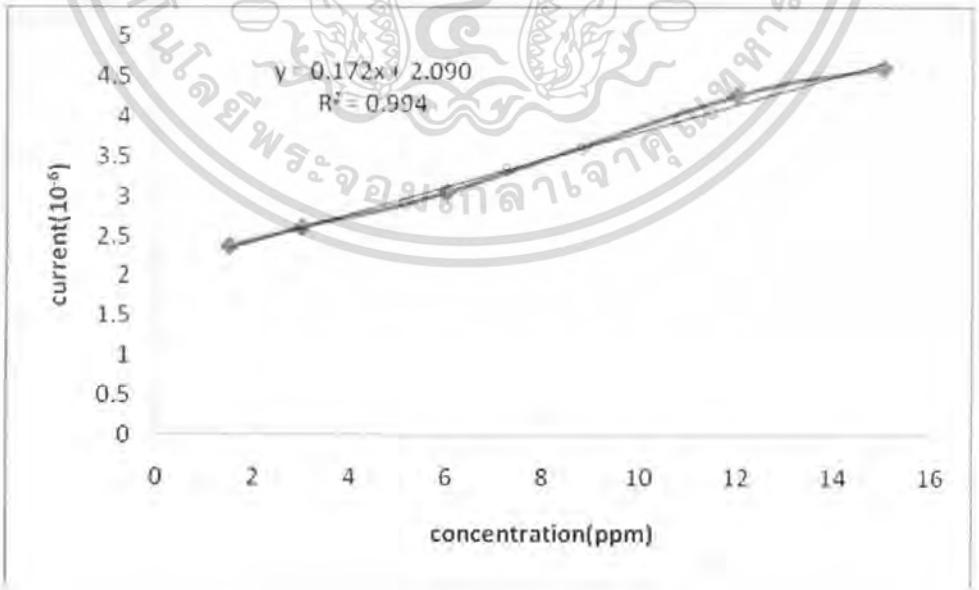
ภาคผนวก จ

ศึกษาการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน

ความเข้มข้นวิตามินอีมาตรฐาน (ppm)	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)	ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
1.5	0.434	0.432± 0.003	2.35	2.37 ± 0.04
	0.428		2.42	
	0.434		2.35	
3	0.428	0.430 ± 0.003	2.70	2.61 ± 0.09
	0.428		2.63	
	0.428		2.50	
6	0.434	0.430± 0.003	3.01	3.05 ± 0.05
	0.428		3.10	
	0.428		3.03	
12	0.423	0.430± 0.006	4.24	4.27 ± 0.03
	0.434		4.29	
	0.434		4.29	
15	0.440	0.436 ± 0.003	4.63	4.61 ± 0.04
	0.434		4.56	
	0.434		4.64	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

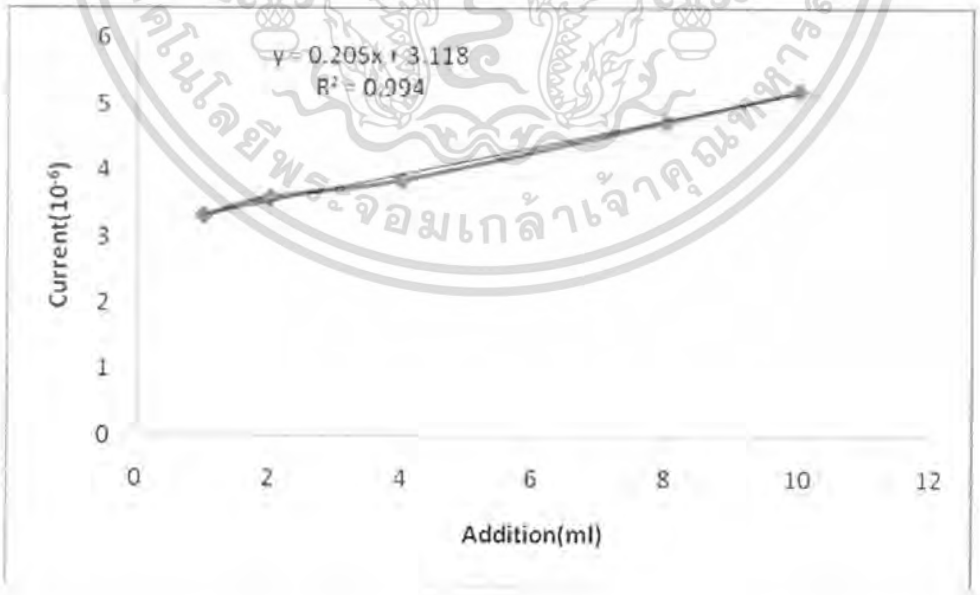
ภาคผนวก ฉ

ศึกษาการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี standard addition ในน้ำมันปาล์มดิบ

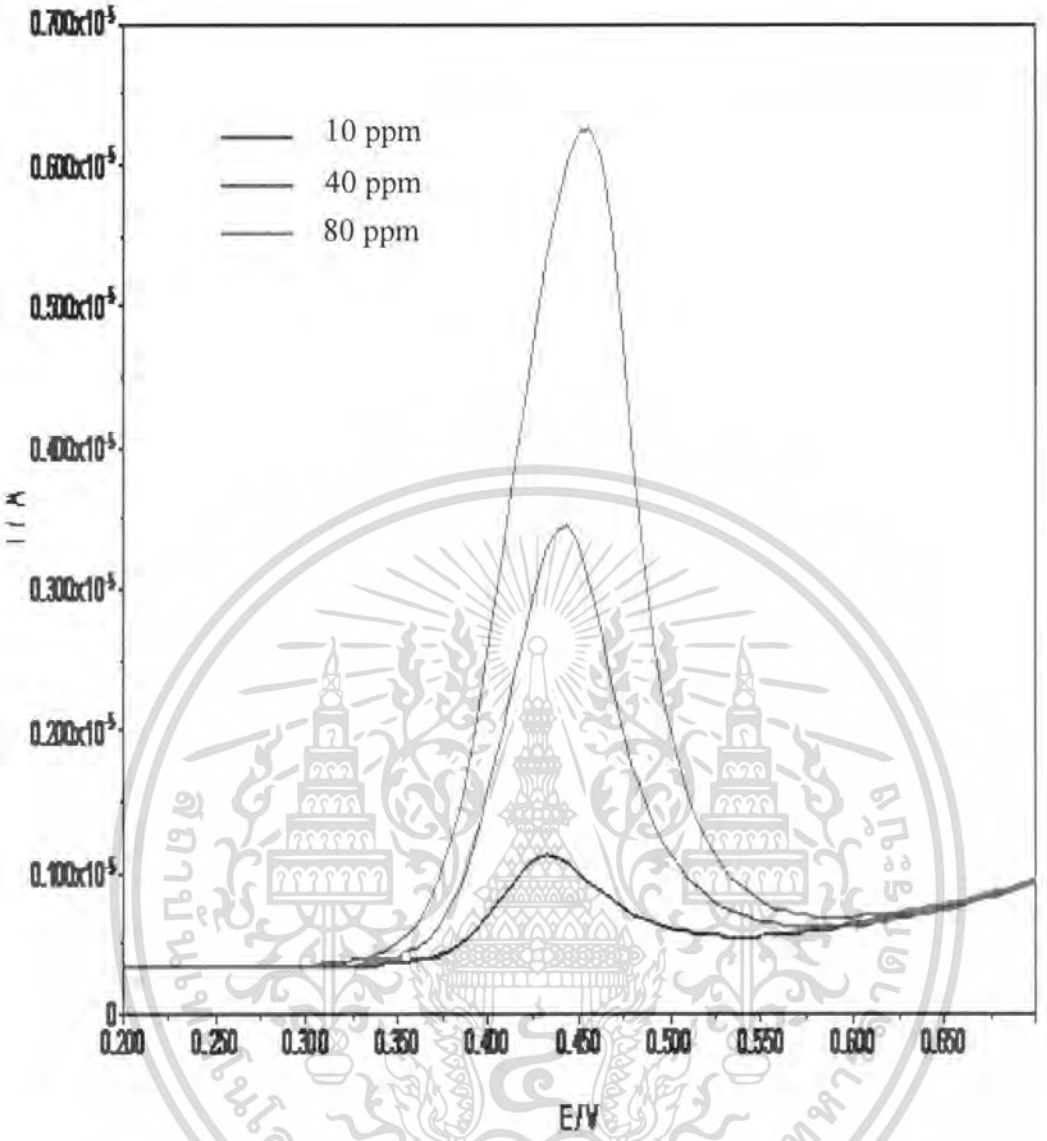
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ.1ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี standard addition ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียม เปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน

ปริมาณวิตามินอี (ml)	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ย ศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)	ค่าเฉลี่ย กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
1	0.428	0.442± 0.008	3.68	3.32 ± 0.32
	0.446		3.19	
	0.452		3.09	
2	0.434	0.448 ± 0.012	3.94	3.60 ± 0.29
	0.452		3.46	
	0.458		3.41	
4	0.446	0.448± 0.003	4.43	3.86 ± 0.55
	0.452		3.33	
	0.446		3.81	
8	0.440	0.446± 0.006	4.99	4.74 ± 0.26
	0.452		4.47	
	0.446		4.77	
10	0.440	0.448 ± 0.007	5.18	5.21 ± 0.13
	0.452		5.35	
	0.452		5.10	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ฉ.1 ดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ที่ได้จากการศึกษาการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี standard addition ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

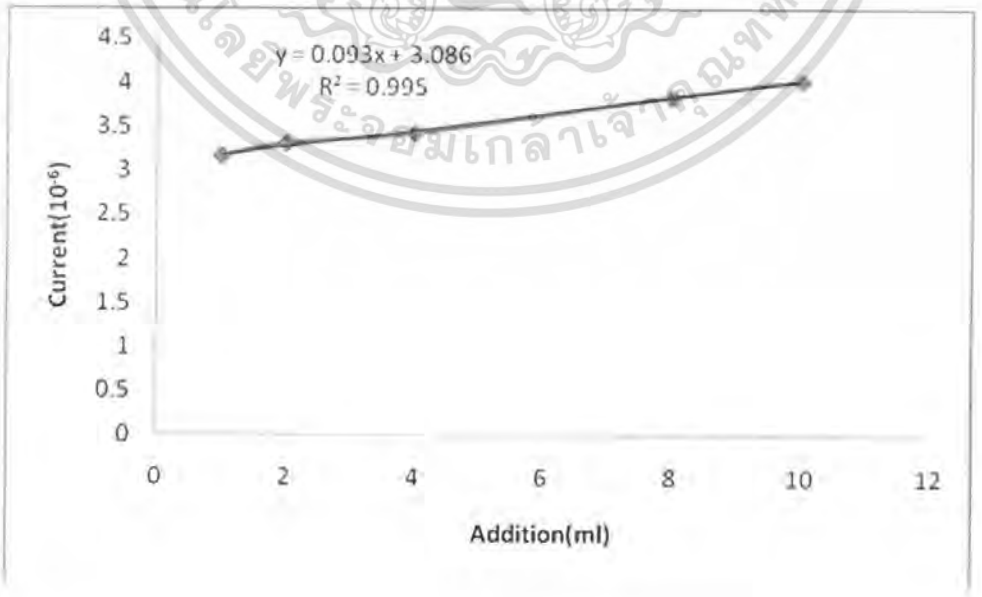
ภาคผนวก ช

ศึกษาการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี standard addition ในน้ำมันปาล์มสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช.1ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี standard addition ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียม เปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน

ปริมาณวิตามินอี (ml)	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ย ศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)	ค่าเฉลี่ย กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
1	0.434	0.436± 0.003	3.32	3.17 ± 0.29
	0.440		2.83	
	0.434		3.36	
2	0.440	0.446 ± 0.010	3.41	3.31± 0.31
	0.458		2.95	
	0.440		3.56	
4	0.470	0.468± 0.009	3.34	3.43 ± 0.32
	0.476		3.16	
	0.458		3.78	
8	0.446	0.458± 0.007	3.84	3.84 ± 0.07
	0.464		3.92	
	0.464		3.77	
10	0.470	0.476 ± 0.006	4.14	4.03 ± 0.10
	0.476		4.00	
	0.482		3.94	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

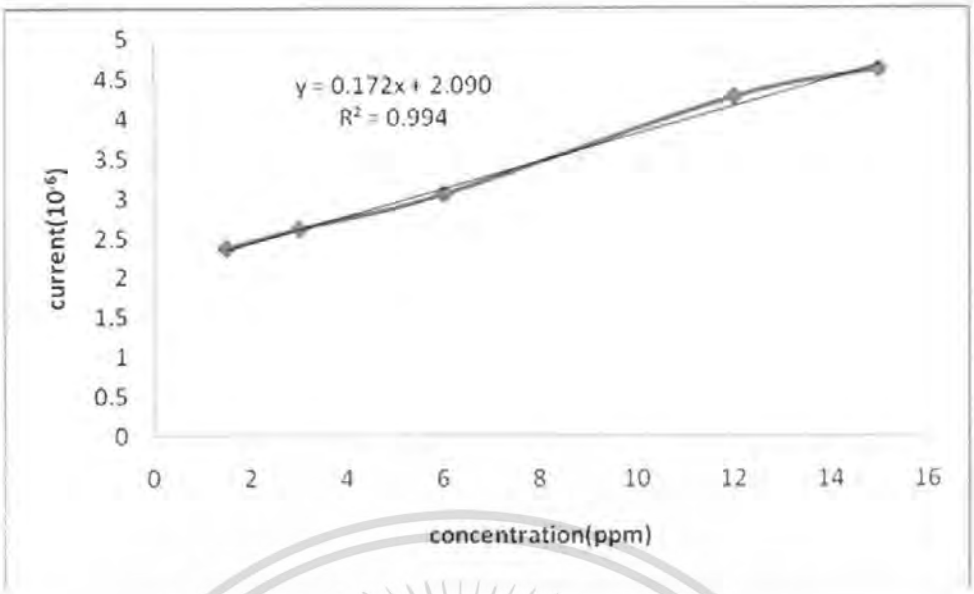
ภาคผนวก ซ
การวิเคราะห์หาวิตามินอีในน้ำมันปาล์ม โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลายเมทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซ.1 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองตัวอย่างที่สกัดได้ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรตในเมทานอลบริสุทธิ์และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน

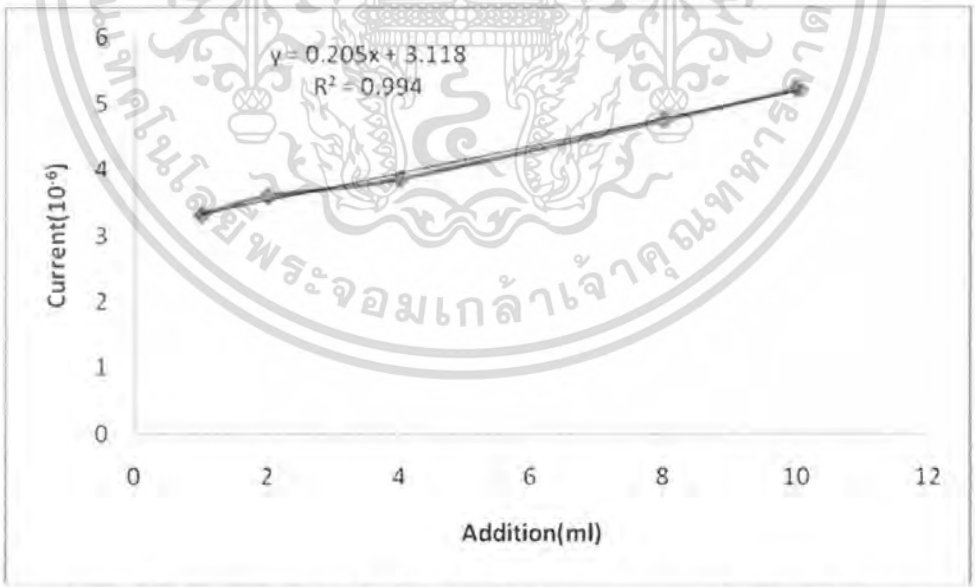
ตัวอย่าง	ชุดตัวอย่าง	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า(10^{-6}A)	ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า(10^{-6}A)
Crude palm oil	1	0.446 0.44 0.446	0.444±0.00346	3.18 3.21 3.22	3.203±0.0212
	2	0.434 0.434 0.44	0.436±0.00346	3.19 3.24 3.2	3.21±0.0265
	3	0.464 0.446 0.464	0.458±0.00346	3.22 3.24 3.12	3.19±0.0644
Extraction palm oil	1	0.44 0.44 0.446	0.442±0.00346	2.91 3.1 3.09	3.033±0.1070
	2	0.44 0.434 0.434	0.436±0.00346	2.85 3.02 3.14	3.00±0.1458
	3	0.446 0.452 0.446	0.448±0.00346	3.2 3.02 2.91	3.04±0.1465

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



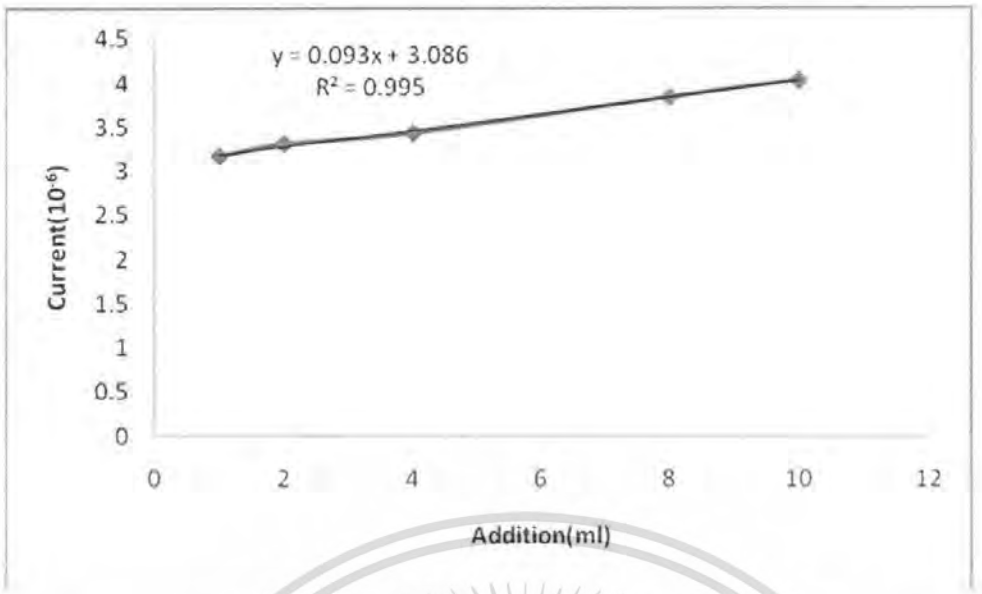
รูปที่ ซ.1 แสดงกราฟสารละลายมาตรฐานวิตามินอีช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง 1.5-15 ppm

ซ.2 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองตัวอย่างโดยเติมสารละลายมาตรฐานวิตามินอี(standard addition)นสารละลายบัฟเฟอร์ 0.06 M กรดซิทริก และ 0.06 M เททระบิวทิลแอมโมเนียมเปอร์คลอเรต ในเมทานอลบริสุทธิ์และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานคลาสสิคาร์บอน



รูปที่ ซ. 2 แสดงกราฟจากการทดลองตัวอย่างโดยเติมสารละลายมาตรฐานวิตามินอี(standard addition)น้ำมันปาล์มดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ซ.3 แสดงกราฟจากการทดลองตัวอย่างโดยเติมสารละลายมาตรฐานวิตามินอี(standard addition)ในน้ำมันปาล์มสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้