

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกอย่างง่ายในพืชสมุนไพร ด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี

A SIMPLE METHOD FOR THE DETERMINATION OF GALLIC ACID IN THAI HERBS BY CYCLIC VOLTAMMETRY

ยุทธศักดิ์ ชำม่มุย* อัญชนา ปรีชาวรพันธ์ และกุลวดี ปิ่นวัฒนะ

Yuttasak Chammui* Anchana Preechaworapun and Kulwadee Pinwattana

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

*corresponding author e-mail: chammui@hotmail.com

(Received: 24 October 2018; Revised: 26 October 2018 ; Accepted: 28 October 2018)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกในพืชสมุนไพรอย่างง่าย โดยใช้เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าจะประกอบไปด้วย 3 ขั้วไฟฟ้า คือ กลาสคาร์บอนเป็นขั้วไฟฟ้าใช้งาน ซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง และสแตนเลสสตีลเป็นขั้วไฟฟ้าช่วย การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกจะวิเคราะห์หาในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี พบพีคของปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแกลลิกขึ้นที่ค่าศักย์ไฟฟ้า 0.45 และ 0.70 โวลต์ ที่อัตราสแกน 0.1 โวลต์ต่อวินาที และได้ช่วงความเป็นเส้นตรงของการตรวจวัดที่ความเข้มข้น 0.10 ถึง 1.07 มิลลิโมลาร์ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้วิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกในตัวอย่างจริง คือ ใบเตย ชาอู่หลง และใบโหระพา ได้เป็นอย่างดี และมีค่าร้อยละการคืนกลับอยู่ในช่วง 80.22 – 96.38

คำสำคัญ: กรดแกลลิก เคมีไฟฟ้า สมุนไพร

Abstract

The present work aims to determine the amount of gallic acid in the herbs using cyclic voltammetry. For electrochemical analysis, the system consists of three electrodes, including a glassy carbon electrode as the working electrode, an Ag/AgCl electrode as reference electrode, a stainless steel as the counter electrode. The quantitative

determination of gallic acid was carried out in phosphate buffer solution. Electrochemical behavior of gallic acid has been studied, the anodic peak current of gallic acid was observed at the potential of 0.45 and 0.70 V, at scan rate of 0.1 V/s. Cyclic voltammograms of gallic acid showed the linear response in the range of 0.10 to 1.07 mM. Moreover, the proposed method was successfully applied to analyze gallic acid in *Pandanus amaryllifolius* Roxb., *Camellia sinensis* var. *sinensis* and *Ocimum basilicum* Linn and the percentage recovery was in the range 80.22 – 96.38%.

Keywords: gallic acid, electrochemistry, herbs

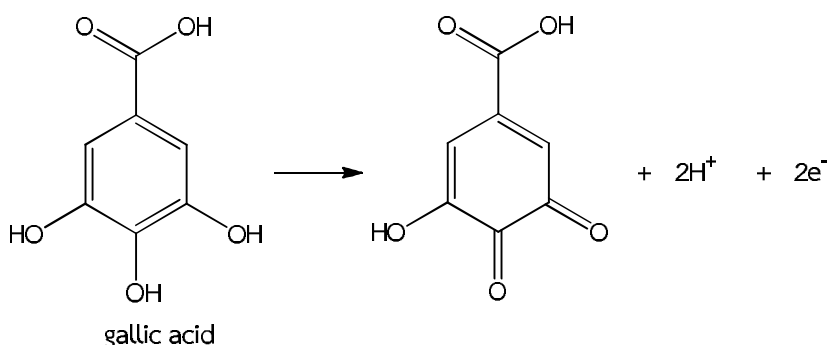
บทนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริโภคอาหารที่มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระ เพราะอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคอัลไซเมอร์ โรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น เนื่องจากอนุมูลอิสระนี้เป็นสารที่มีอิเล็กตรอนไม่ครบคู่อยู่ในวงรอบของอะตอม ทำให้เกิดเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียร และว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นจึงทำให้เกิดการทำลายโมเลกุลอื่นๆ ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ (Yuan and Walsh, 2006)

หนึ่งในอาหารสุขภาพที่นิยมบริโภค คือ สมุนไพร ซึ่งจัดเป็นอาหารที่ถือเป็นภูมิปัญญาพื้นบ้านที่มีการสืบทอดกันมา มีทั้งคุณค่าทางอาหารและสมบัติในด้านการป้องกันและรักษาโรค โดยเฉพาะความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่ที่พบในสมุนไพร คือ สารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ และวิตามินต่างๆ สำหรับกรดแกลลิก (3,4,5-Trihydroxybenzoic acid) เป็นสารประกอบฟีนอลที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ดังภาพ 1 จึงจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระชนิดหนึ่ง พบมากในพืชที่มีสีเขียวและชาบางชนิด สามารถป้องกันเซลล์มะเร็งได้ และยังสามารถนำมาสกัดเพื่อใช้ในการรักษาโรคผิวหนังที่มีลักษณะแดงเป็นวง และอาการที่มีเลือดไหลไม่หยุดได้

การวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด คือ วิธี Folin-Ciocalteu หรือ วานิลลิน (Vanillin) โดยการนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (UV-vis spectroscopy) เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Lu et al., 2011) หรืออาจจะใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง (High performance liquid chromatography; HPLC) ร่วมกับยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี และ แมสสเปกโตรเมตรี (Mass spectrometry) (Denderz and

Lehotay, 2014) เพื่อการระบุชนิดและการวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ และนอกจากนี้ยังมีเทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า (Tashkhourian and Nami-Ana, 2015) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากสามารถวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกได้โดยตรง ซึ่งไม่เหมือนวิธี Folin-Ciocalteu ที่ต้องรอให้เกิดเป็นสารประกอบก่อนจึงจะวิเคราะห์ได้ รวมทั้งสามารถทำได้ง่าย ต้นทุนต่ำ และยังไม่ต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญพิเศษก็สามารถทำการวิเคราะห์ได้



ภาพที่ 1 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแกลลิก

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกในสมุนไพรไทยโดยใช้เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรีด้วยขั้วไฟฟ้ากลาสลิคาร์บอน

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ เครื่องโพเทนชิโอสแตต (Potentiostat) : รุ่น PGSTAT204, Netherland เครื่องกวนสารด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic stirrer) ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสลิคาร์บอน (เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร) ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ (3 M KCl) ขั้วไฟฟ้าช่วยเป็นสแตนเลสสตีล เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) : ยี่ห้อ HERMLE รุ่น Z206A จากประเทศเยอรมัน และเครื่องเขย่าสาร (Vortex)

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง กรดแกลลิก และโซเดียมฟอสเฟตไดเบสิก ไดดีเคไฮเดรต (Sodium phosphate dibasic dodecahydrate; $\text{HNaPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) จากบริษัท Sigma ฟอสเฟตโมโนเบสิกไดไฮเดรต (Sodium phosphate monobasic dehydrate; $\text{H}_2\text{NaPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) จากบริษัท Fluka น้ำปราศจากไอออน (DI water) ผลิตจากเครื่อง Ultrapure water (ยี่ห้อ: Adrona รุ่น: Cystal EX จากประเทศสวีเดน)

วิธีการเตรียมตัวอย่าง ตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ใบเตย โหระพา และชาอู่หลง โดยตัวอย่างชาอู่หลงได้ซื้อมาจากร้านขายของ ส่วนตัวอย่างใบเตยและโหระพาได้ทำการสุ่มเก็บ

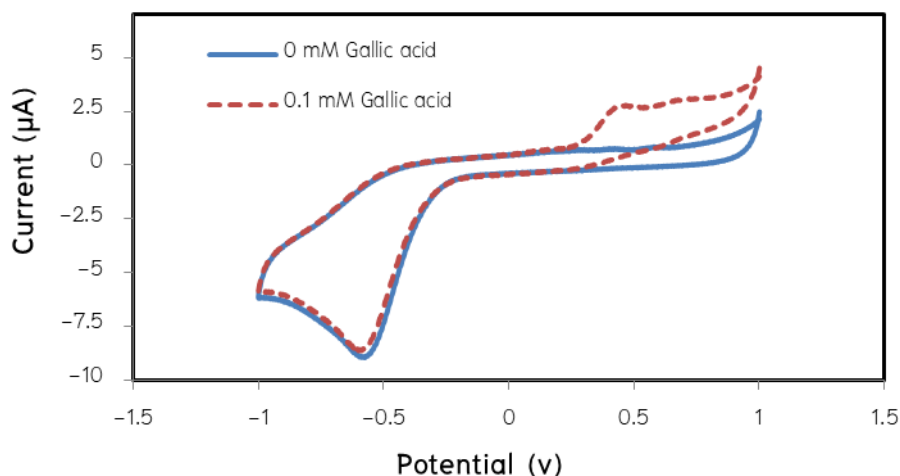
ตัวอย่าง จากตำบลบ้านคลอง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก หลังจากนั้น นำตัวอย่างที่ได้ทั้ง 3 ชนิด มาทำความสะอาด ชับน้ำและตากผึ่งลมให้แห้ง และตัดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วจึงนำไปปั่นให้ละเอียด จากนั้นชั่งตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2.0 กรัม นำมาทำการสกัดโดยวิธีการสกัดประยุคต์มาจากเทคนิคการสกัดด้วยการใช้อัลตราโซนิก (Conde-Hernández and Guerrero-Beltrán, 2014) ร่วมกับตัวทำละลายที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้เอทานอลซึ่งเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vallverdu-Queralt และคณะ (Vallverdu-Queralt et al., 2014) ในงานวิจัยนี้จึงใช้การสกัดด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่ละลายในร้อยละ 20 โดยปริมาตรของเอทานอลปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร เมื่อสารเริ่มผสมกันนำไปเซนตริฟิวจ์ ด้วยอัตราเร็ว 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเก็บส่วนที่ใสใส่ขวดวัดปริมาตร และทำการสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง ปรับปริมาตรให้ครบ 10 มิลลิลิตร และทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า ประกอบไปด้วยขั้วไฟฟ้า 3 ขั้ว คือ ขั้วไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอนเป็นขั้วไฟฟ้าใช้งาน ขั้วไฟฟ้าซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง และสแตนเลสสตีลเป็นขั้วไฟฟ้าช่วย โดยก่อนการใช้งานจะขัดขั้วไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอนด้วยผงอะลูมินาขนาด 0.05 ไมครอน จากนั้นนำไปโซนิเคตด้วยเอทานอลและน้ำ ตามลำดับ สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกละลายในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ที่ละลายในร้อยละ 20 โดยปริมาตรของเอทานอล ซึ่งใช้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี ที่อัตราการสแกนเท่ากับ 0.1 โวลต์ต่อวินาที ในช่วงศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 1.0 ถึง 1.0 โวลต์

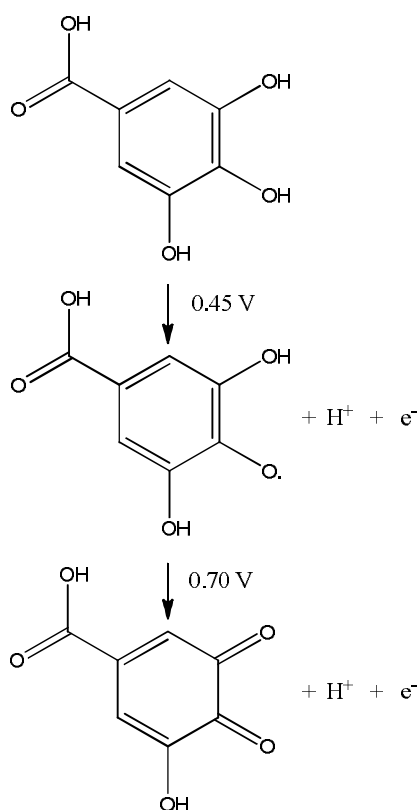
ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณกรดแกลลิกด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ในสารละลายเอทานอลร้อยละ 20 โดยปริมาตร ด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี พบว่าเมื่อใช้ขั้วไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอนเป็นขั้วไฟฟ้าใช้งานพบว่ากรดแกลลิกสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ศักย์ไฟฟ้า 0.45 และ 0.70 โวลต์ ได้โวลแทมโมแกรมดัง ภาพที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Luo และ คณะ (2013) ที่อธิบายว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแกลลิกจะเกิดขึ้น 2 ตำแหน่ง โดยตำแหน่งแรกจากการดักจับเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เป็นอนุมูลเซมิควิโนนอิสระ (Semiquinoneradical) และตำแหน่งที่สองจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เป็นควิโนน (Quinone) ดังแสดงในภาพที่ 3

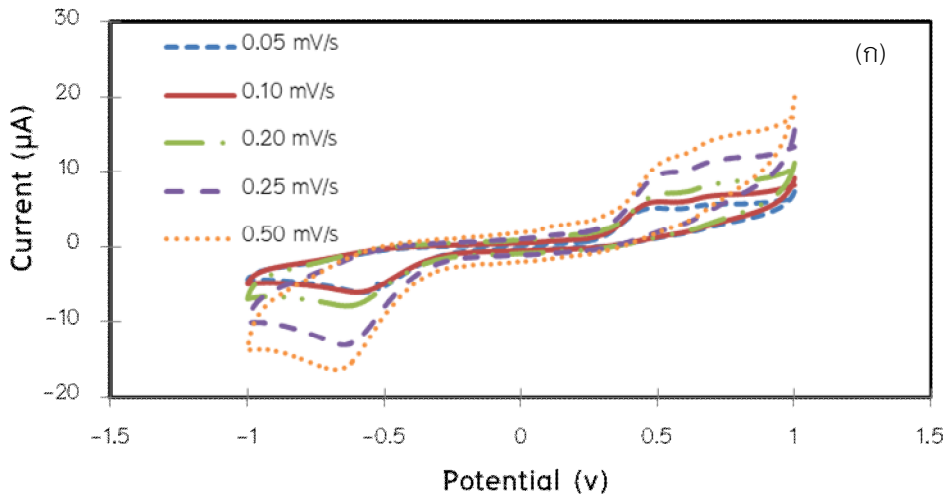


ภาพที่ 2 โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์สารละลายกรดแกลลิกความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ 0.1 โมลาร์ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7) บนขั้วไฟฟ้ากาสสิคาร์บอนวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรีที่อัตราการสแกน 0.1 โวลต์ต่อวินาที



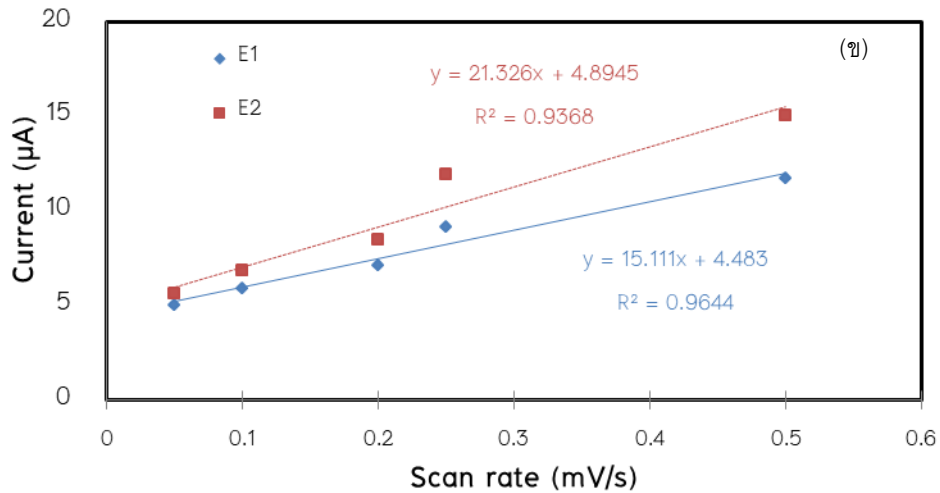
ภาพที่ 3 แสดงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแกลลิกเมื่อวิเคราะห์ด้วยขั้วไฟฟ้ากาสสิคาร์บอน

การศึกษาลักษณะการเกิดปฏิกิริยาที่ผิวหน้าขั้วไฟฟ้ากลาสลิคาร์บอนด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรี โดยวิเคราะห์สารละลายกรดกลีโคลิกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ โดยใช้อัตราการสแกนต่างๆ คือ 0.05 0.10 0.20 0.25 และ 0.50 โวลต์ต่อวินาที ได้ผลแสดงดังภาพ 4(ก) จากภาพจะเห็นว่า เมื่ออัตราการสแกนเพิ่มมากขึ้น ค่ากระแสก็จะเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ และนำค่ากระแสที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างอัตราการสแกนกับค่ากระแสออกซิเดชัน จะได้ผลดังภาพ 4(ข) พบว่า มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงดังภาพ แสดงให้เห็นว่าการเกิดปฏิกิริยาเป็นการดูดซับ (Adsorption) กระแสจะถูกควบคุมด้วยการเคลื่อนที่ของกรดกลีโคลิกเป็นหลัก

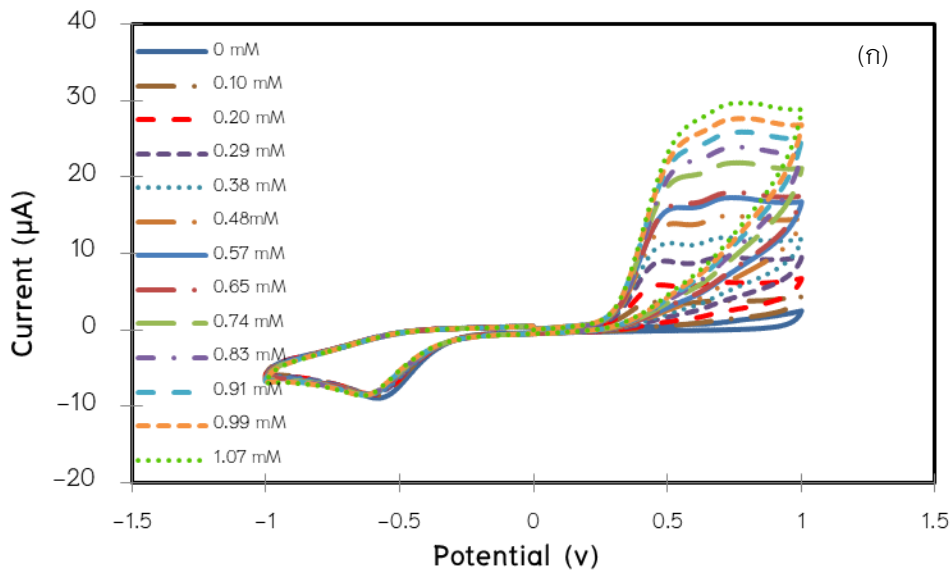


ภาพที่ 4 (ก) ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายมาตรฐานกรดกลีโคลิกที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ 0.1 โมลาร์ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7) ด้วยขั้วไฟฟ้ากลาสลิคาร์บอนด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรีที่อัตราการสแกนต่างๆ

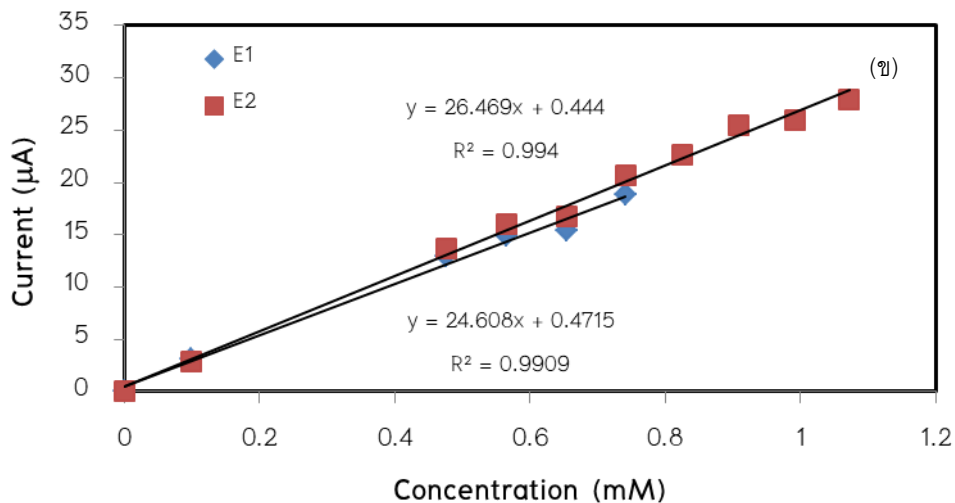
งานวิจัยนี้ใช้เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรีในการวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อวิเคราะห์หากรดกลีโคลิก โดยศึกษาความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดกลีโคลิก เท่ากับ 0.10 – 1.07 มิลลิโมลาร์ ที่อัตราการสแกน 0.1 โวลต์ต่อวินาที ได้ผลดังภาพที่ 5(ก)



ภาพที่ 4 (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสแกนกับกระแสออกซิเดชันของกรดแกลลิก (E1 = 0.45 V, E2 = 0.70 V)



ภาพที่ 5 (ก) โวลต์แกรมโมแกรมของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.10 – 1.07 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ 0.1 โมลาร์ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH 7) ด้วยขั้วไฟฟ้ากลาสคาร์บอนด้วยเทคนิคโวลต์แกรมเมตรีที่อัตราการสแกน 0.1 โวลต์ต่อวินาที

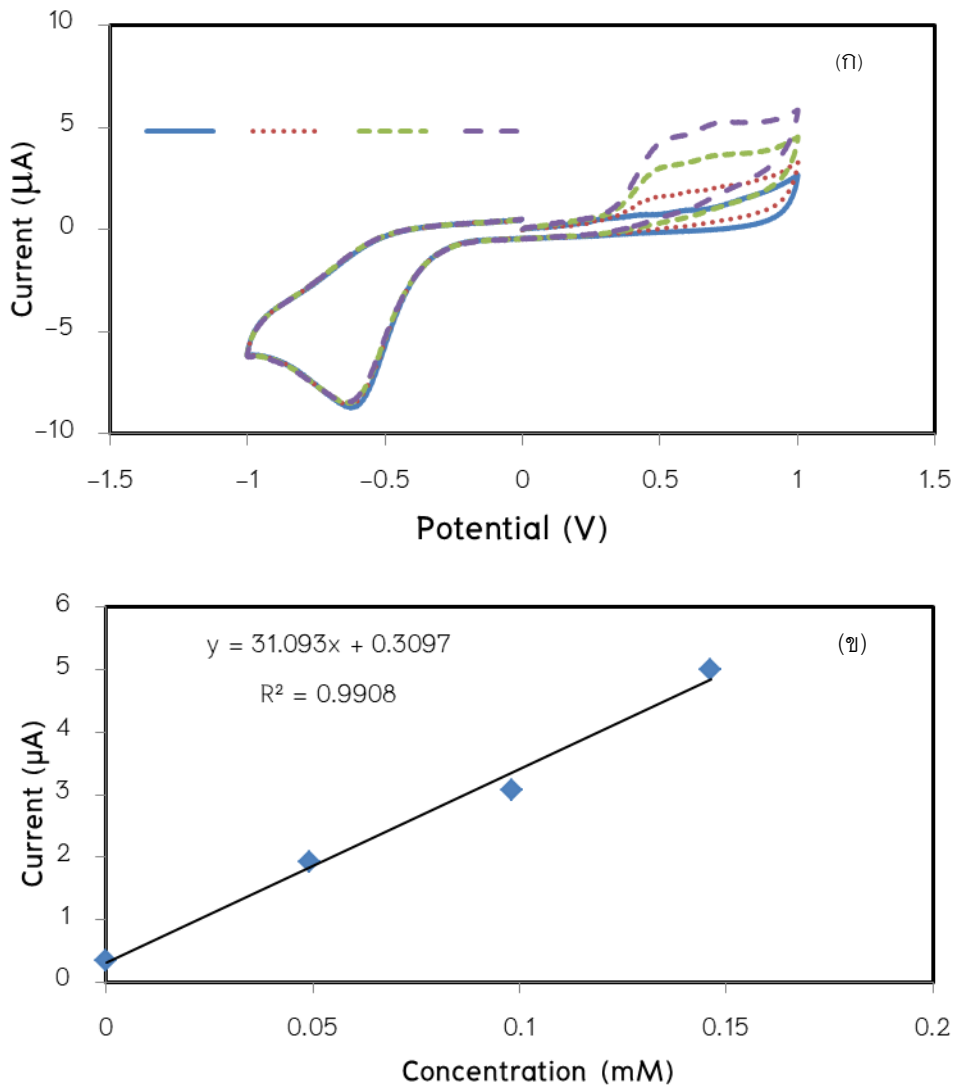


ภาพที่ 5 (ข) แสดงเส้นกราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์กรดแกลลิก E1 = 0.45 V, E2 = 0.70 V

จากนั้นจึงนำค่ากระแสออกซิเดชันของแต่ละความเข้มข้นไปสร้างกราฟมาตรฐานได้ดังภาพ 5(ข) โดยนำค่ากระแสจากค่าศักย์ไฟฟ้าทั้ง 2 ตำแหน่ง พบว่า ได้ช่วงความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงทั้งสองค่าศักย์ไฟฟ้า โดยที่ตำแหน่งค่าศักย์ไฟฟ้า 0.45 โวลต์ (E1) ได้ความสัมพันธ์ในช่วงความเข้มข้น 0.48 – 0.74 มิลลิโมลาร์ ได้สมการเส้นตรง คือ $y = 24.608x + 0.4715$ และเมื่อวิเคราะห์ที่ตำแหน่งค่าศักย์ไฟฟ้า 0.70 โวลต์ (E2) ได้ความสัมพันธ์ในช่วงความเข้มข้น 0.10 – 1.01 มิลลิโมลาร์ ได้สมการเส้นตรง คือ $y = 26.469x + 0.444$ ดังนั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกในตัวอย่าง จึงเลือกที่ค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 0.70 โวลต์ เนื่องจากมีความไวในการตรวจวิเคราะห์สูงกว่า และมีช่วงความเป็นเส้นตรงที่สามารถตรวจวัดได้กว้างกว่า

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดแกลลิกในตัวอย่างด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี

สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างสมุนไพรนั้น เลือกวิเคราะห์ในโหระพา ชาอู่หลงและ ใบเตย และใช้เทคนิคการเติมสารมาตรฐาน (standard addition) ภาพ 6(ก) เป็นไซคลิกโวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกในตัวอย่างสารสกัดโหระพา จากนั้นนำมาสร้างกราฟมาตรฐานแบบเติมสารมาตรฐานได้ดังภาพ 6(ข) ได้สมการเส้นตรง คือ $y = 31.093x + 0.3097$ และสามารถนำไปคำนวณหาปริมาณกรดแกลลิกได้เท่ากับ 0.0099 มิลลิโมลาร์ ตาราง 2 แสดงผลการวิเคราะห์กรดแกลลิกในตัวอย่างใบเตย ชาอู่หลง และโหระพา พบว่ามีปริมาณกรดแกลลิกในชาอู่หลงมากที่สุด คือ ร้อยละ 0.025 รองลงมาคือ ใบเตย 0.0035 และในโหระพาพบปริมาณน้อยที่สุด คือ 0.0011 โดยน้ำหนัก (%w/w) และสำหรับตาราง 2 เป็นการหาร้อยละการคืนกลับของตัวอย่าง โดยการเติมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกลงไปในตัวอย่างไม่ถึง 3 ชนิด พบว่าร้อยละการคืนกลับอยู่ในช่วง 80.22 – 96.38 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้



ภาพที่ 6 (ก) โวลแทมโมแกรมของการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกในตัวอย่างโหระพา โดยการเติมสารมาตรฐานลงในตัวอย่างตรวจวัดด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี ที่ อัตราสแกน 0.1 โวลต์ต่อวินาทีและ (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับกระแสที่ได้จากกราฟ (ก)

ตารางที่ 1 ปริมาณกรดแกลลิกในตัวอย่างใบเตย ชาอู่หลง และโหระพา

ชนิดสมุนไพร	%w/w ของ Gallic acid ที่พบ
ใบเตย	0.0035
ชาอู่หลง	0.0250
โหระพา	0.0011

ตารางที่ 2 ร้อยละการคืนกลับของตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของ Gallic acid ในตัวอย่าง (mM)	ความเข้มข้นของ สารมาตรฐานที่เติม (mM)	ความเข้มข้นที่วัดได้ เมื่อเติมในตัวอย่าง (mM)	%Recovery
ใบเตย	0.0326	0.146	0.150	80.22
ชาอู่หลง	0.2360	0.146	0.361	85.62
โหระพา	0.0099	0.146	0.151	96.38

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี โดยใช้ ขั้วไฟฟ้ากลาสลิคาร์บอนเป็นขั้วตรวจวัด ซึ่งกรดแกลลิกสามารถเกิดปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้าได้ 2 ตำแหน่งด้วยกัน คือ ที่ศักย์ไฟฟ้า เท่ากับ 0.45 และ 0.70 โวลต์ เมื่อวิเคราะห์ที่ตำแหน่งค่า ศักย์ไฟฟ้า 0.70 โวลต์ได้ความสัมพันธ์ในช่วงความเข้มข้น 0.10 – 1.01 มิลลิโมลาร์ และสามารถ วิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิกในตัวอย่าง ชาอู่หลง ใบเตยและโหระพาได้ร้อยละโดยน้ำหนัก เท่ากับ 0.025 0.0035 และ 0.0011 ตามลำดับ และมีค่าร้อยละการคืนกลับอยู่ในช่วง 80.22 – 96.38 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ นอกจากนี้วิธีการนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้หาปริมาณกรด แกลลิกในตัวอย่างอื่นๆ ได้

จากผลการวิจัยนี้ได้ทำการตรวจวัดกรดแกลลิกด้วยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี ซึ่งเป็น วิธีทางเคมีไฟฟ้าที่ง่าย ใช้สารปริมาณน้อย และสามารถประยุกต์วิเคราะห์หาปริมาณกรดแกลลิก ในสมุนไพรไทยได้ร้อยละการคืนกลับอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน วช. ปี 61 (RDI-1-61-6-5) และ ขอขอบคุณสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Conde-Hernández, L. A. and Guerrero-Beltrán, J. Á. (2014). Total phenolics and antioxidant activity of *Piper auritum* and *Porophyllum ruderale*. **Food Chemistry**, 142, 455–460. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.078>

- Denderz, N. and Lehotay, J. (2014). Using of molecularly imprinted polymers for determination of gallic and protocatechuic acids in red wines by high performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography A**, 1372, 72–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.10.070>
- Lu, X., Wang, J., Al-Qadiri, H. M., Ross, C. F., Powers, J. R., Tang, J. and Rasco, B. A. (2011). Determination of total phenolic content and antioxidant capacity of onion (*Allium cepa*) and shallot (*Allium oschaninii*) using infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, 129(2), 637–644. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.105>
- Luo, J. H., Li, B. L., Li, N. B. and Luo, H. Q. (2013). Sensitive detection of gallic acid based on polyethyleneimine-functionalized graphene modified glassy carbon electrode. **Sensors and Actuators B: Chemical**, 186, 84–89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.05.074>
- Tashkhourian, J. and Nami-Ana, S. F. (2015). A sensitive electrochemical sensor for determination of gallic acid based on SiO₂ nanoparticle modified carbon paste electrode. **Materials Science and Engineering: C**, 52, 103–110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.03.017>
- Vallverdú-Queralt, A., Regueiro, J., Martínez-Huélamo, M., Rinaldi Alvarenga, J. F., Leal, L. N., & Lamuela-Raventos, R. M. (2014). A comprehensive study on the phenolic profile of widely used culinary herbs and spices: Rosemary, thyme, oregano, cinnamon, cumin and bay. **Food Chemistry**, 154, 299–307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.106>
- Yuan, Y. V. and Walsh, N. A. (2006). Antioxidant and antiproliferative activities of extracts from a variety of edible seaweeds. **Food and Chemical Toxicology**, 44(7), 1144–1150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.02.002>