

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

พริกเป็นเครื่องเทศที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ การปรุงแต่งอาหารซึ่งให้ทั้งสี กลิ่นหอมและรสเผ็ดร้อนทำให้เจริญอาหาร สารรสเผ็ดที่พบในพริกชนิดต่าง ๆ เกิดจากสารแคปไซซินมีชื่อทางเคมีว่า 8-methyl-n-vanillyl-6-noneamide เป็นสารสำคัญที่ทำให้พริกเผ็ด มีสูตรโมเลกุลดังนี้ $C_{18}H_{27}NO_3$ น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 305.46 g/mol มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 65 °C สามารถละลายในน้ำได้เล็กน้อย แต่จะละลายได้ดีในไขมัน น้ำมัน และแอลกอฮอล์ ช่วยบรรเทาอาการเจ็บปวด ไข้หวัด ลดความเสี่ยงของเกิดการโรคมะเร็ง ช่วยลดปริมาณสารคอเลสเตอรอล ใช้ในการผลิตสเปรย์ป้องกันตัว

การประเมินค่าความเผ็ดของพริกโดยวิธีดั้งเดิม เรียกว่า Scoville Heat Units (SU หรือ SHU) วิธีการนี้จะใช้ผู้ทดสอบชิมที่มีประสบการณ์ในการชิมตัวอย่าง ตัวอย่างที่ใช้เตรียมได้โดยใช้สารละลายเตรียมได้จากการปรุงระหว่างผงพริกบดกับสารละลายน้ำตาล หลังจากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำให้มีความเข้มข้นต่ำลงหลาย ๆ ความเข้มข้น จากนั้นนำค่าคงที่ของการทำให้เจือจาง(dilution factor) ของสารละลายพริกที่ผู้ทดสอบชิมสามารถชิมได้โดยที่ไม่รู้สึกเผ็ดมาคำนวณหาค่า SHU โดย 1.5 SHU มีค่าเท่ากับความเผ็ด 1 ส่วนในน้ำที่มาละลายล้านส่วน(ppm) วิธีนี้ยังคงมีการใช้ตามบริษัทเครื่องเทศและซอส แม้จะเป็นวิธีการที่ง่ายต่อการเตรียมและเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีข้อเสียและข้อจำกัด คือ พริกที่รับประทานเข้าไปจะทำให้เกิดความเผ็ดร้อนต่อผู้ทดสอบชิม ทำให้ไม่สามารถชิมตัวอย่างได้มาก และความแตกต่างของสรีระและประสาทสัมผัส ทำให้ผลที่ได้ไม่แน่นอน ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้พยายามคิดค้นแนวทางใหม่ในการประเมินความเผ็ด เช่น วิธีวิเคราะห์ด้วยเทคนิคคลอรัเมตรี(Bajaj *et al.*, 1980) โครมาโทกราฟีสมรรถนสูง(HPLC)(Batchelor *et al.*, 2000) วิธีการเหล่านี้จะตรวจวัดปริมาณแคปไซซิน โดยการกำหนดหน่วยความเผ็ดของพริกนั้น จะวัดปริมาณแคปไซซินบริสุทธิ์ 1 ส่วนในล้านส่วน(ppm) จะได้ความเผ็ด 15 – 16 ล้านหน่วย SHU และตามวิธีของ American Spice Trade Association(ASTA) ระบุไว้ว่าให้คูณปริมาณแคปไซซินด้วย 15 ก็จะได้ Scoville Heat Units ออกมา แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคคลอรัเมตรีเป็นการวัดการดูดกลืนแสงของสารละลายที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างแคปไซซินกับ Folin-Ciocalteu reagent ซึ่งพบว่าวิธีการนี้ค่อนข้าง

ตลาดเคลื่อน เนื่องจากปฏิกิริยาดังกล่าวถูกรบกวนด้วยองค์ประกอบอื่น ๆ ในพริก และวิธีวิเคราะห์โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีสมรรถนสูงยังมีค่าใช้จ่ายสูง มีวิธีการเตรียมตัวอย่างที่ยุ่งยาก ซับซ้อน ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารแคปไซซินที่แม่นยำ เที่ยงตรง และ สะดวก รวดเร็วจึงมีความสำคัญมาก จากการศึกษางานวิจัยพบว่าได้มีการนำการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าไปตรวจวัดปริมาณแคปไซซินโดยมีทั้งการนำไปใช้ร่วมกับเทคนิคโครมาโทกราฟีสมรรถนสูง(Supalkova *et al.*, 2007) และวิธีการวัดด้วยเทคนิคคิโนลแอมเมตรีโดยตรงใช้ขั้วไฟฟ้าคาร์บอนสกรีนปรินที่ปรับแปรด้วยคาร์บอนนาโนทิวป์(Kachosangi *et al.*, 2008) ซึ่งพบว่าวิธีการวัดด้วยเทคนิคคิโนลแอมเมตรีโดยตรงเป็นเทคนิคแม่นยำ เที่ยงตรง และสะดวก รวดเร็ว โดยไม่จำเป็นต้องเตรียมตัวอย่างที่ซับซ้อน แต่พบว่าในขั้นตอนการเตรียมขั้วไฟฟ้าและเครื่องตรวจวัดสัญญาณต้องมีอุปกรณ์ที่จำเพาะ เช่น เครื่องทำอิเล็กโทรดสกรีนปรินซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีราคาแพง ห้องปฏิบัติการโดยทั่วไปไม่สามารถจัดหาได้โดยง่าย

อนุภาคนาโนทอง(Gold nanoparticel; AuNP) เมื่อนำมาปรับแปรขั้วไฟฟ้าเพื่อใช้ในงานวิเคราะห์เชิงเคมีไฟฟ้าพบว่า สามารถทำให้ขั้วไฟฟ้ามีเสถียรภาพดีขึ้น ส่งผ่านอิเล็กตรอนได้ดี ช่วยเร่งปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้า(Guo *et al.*, 2010) เนื่องจากอนุภาคนาโนทองมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงมากจึงทำให้ว่องไวต่อปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้ามาวิเคราะห์หาแคปไซซินในพริกหรือตรวจวัดความเผ็ดโดยการปรับแปรขั้วไฟฟ้าคาร์บอนซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าที่หาง่าย ราคาถูก ด้วยอนุภาคนาโนทองให้ได้เทคนิคที่มีความแม่นยำ เที่ยงตรง และสะดวก รวดเร็ว

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสังเคราะห์อนุภาคนาโนทอง
2. เพื่อเตรียมขั้วไฟฟ้าคาร์บอนที่ถูกปรับแปรด้วยอนุภาคของนาโนทอง
3. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซินในพริกตัวอย่าง
4. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซินในพริกตัวอย่าง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทำการออกแบบและสร้างหัวไฟฟ้าคาร์บอนและปรับปรด้วยอนุภาคของนาโนทอง
2. ศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน
3. ศึกษาคุณลักษณะทางเคมีวิเคราะห์ต่างๆ ของวิธีการวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้น เช่น ช่วงการตอบสนองเชิงเส้น (Linear range) สภาพไว (Sensitivity) ขีดจำกัดในการตรวจวิเคราะห์ (Detection Limit) ความแม่นยำและความเที่ยงตรง (Accuracy and precision)
4. นำหัวไฟฟ้าคาร์บอนที่ทำการปรับปรด้วยอนุภาคของนาโนทองมาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณแคปไซซินในพริก

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เทคนิคการตรวจวัดความเผ็ดของพริกที่มีความแม่นยำ เที่ยงตรง สะดวก รวดเร็ว และราคาถูก
2. สามารถนำไปใช้ในกระบวนการควบคุมคุณภาพของอาหารทั้งภาคอุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ในการคัดเลือกพันธุ์พริกที่ต้องการ
3. เผยแพร่งานวิจัยในวารสารต่าง ๆ ในประเทศและหรือต่างประเทศ

1.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

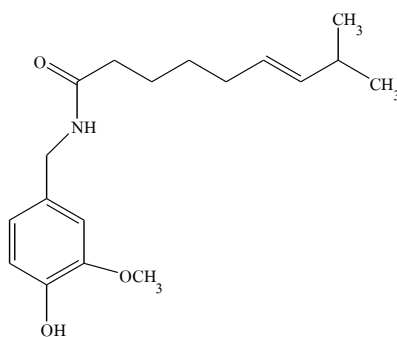
1.5.1 ความเผ็ดของพริก

ในพริกนั้นมีสารประกอบอยู่มากมายหลายชนิด หนึ่งในนั้นคือ สารที่ชื่อว่าแคปไซซิน (capsaicin) โดยสารชนิดนี้จะเป็นตัวหลักในการทำให้พริกมีคุณสมบัติเผ็ดร้อน เมื่อเรารับรู้เข้าไป ในปัจจุบันเราพบว่าสารแคปไซซิน ไม่ได้มีแต่เฉพาะความเผ็ดร้อนหากแต่ยังมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาอื่น ๆ ที่สำคัญอีกมากมายเช่น ฤทธิ์ระงับปวด, ลดการติดเชื้อ, ลดการอักเสบ และกระตุ้นการเคลื่อนตัวของระบบทางเดินอาหารได้ เป็นต้น

สารแคปไซซินจัดเป็นสารที่ทำให้เผ็ดอย่างหนึ่ง เป็นสารพวก phenolic amide ประกอบด้วย C=18, H=27, N=1, O=3 (สูตรโมเลกุล $C_{18}H_{27}NO_3$) ชื่อทางการค้าคือ 8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 305.46 มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส สารนี้พบมากที่ผนังชั้นใน(inner wall) ของผล ใส ผันกั้นระหว่างเซลล์ และรกของพริก ออกฤทธิ์โดยทำให้เกิดการปลดปล่อยของสาร ซึ่งเป็น neurotransmitter ที่ส่งผ่านความรู้สึกปวดจากเซลล์ประสาทไปยังสมอง หลังได้รับแคปไซซินซ้ำๆ จะทำให้สารหมดไปทำให้อาการปวดลดลง แคปไซซินที่พบในรอกจะมีปริมาณร้อยละ 4.72 - 32 ต่อหน่วยน้ำหนักของรอก ในพริกแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะมีแคปไซซินตั้งแต่ 0 - 360

ppm และถ้าหากพริกใดมีแคปไซซินสูงกว่า 50 ppm จะมีรสเผ็ดร้อนมาก สารนี้มีคุณสมบัติทนทานต่อการปรุง หรือการแปรรูปอาหารได้ดีอีกด้วย เมื่อละลายแคปไซซินในน้ำแม่ 1 ส่วนใน 11 ล้านส่วน จะยังคงความเผ็ดอยู่ รสเผ็ดนี้ไม่ถูกทำลายด้วยต่าง แต่ถูกทำลายโดย oxidising agent เช่น potassium dichromate หรือ potassium permanganate

ผู้ที่วัดค่าความเผ็ดแบบคนแรกเป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมนีชื่อ วิลเบอร์ สโควิลล์ (Wilbur Scoville) ใน พ.ศ.2455 โดยในช่วงนั้นเขาได้ตั้งชุดทดสอบขึ้นมาประกอบด้วยกลุ่มคนซึ่งจะทำหน้าที่ในการชิมและให้คะแนนพริก หลักการของวิธีนี้ โดยการทำให้สารละลายที่สกัดได้จากพริกเจือจางลงเรื่อยๆ จนกระทั่งสารละลายนั้นไม่มีความเผ็ดเหลืออยู่เลย พร้อมๆ กับการจดบันทึกว่าทำการเจือจางทั้งหมดกี่ครั้ง ถ้ามีการเจือจางมากครั้งก็แสดงว่าพริกนั้นเผ็ดมาก ถ้าเจือจางน้อยครั้งก็แสดงว่าเผ็ดน้อย วิธีนี้ได้รับความนิยมเรื่อยมา มีผู้พยายามประเมินคุณภาพความเผ็ดร้อนของพริก ซึ่งปัญหาในการทดสอบเกิดความแตกต่างทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ ดังนั้นจึงได้มีการคิดวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมี และพบว่าสารที่ให้ความเผ็ดในพริกมีชื่อว่า กลุ่ม Capsaicinoids โดยมีวิธีการวิเคราะห์หลายเทคนิค สำหรับเทคนิค Liquid Chromatography เป็นวิธีที่นิยมเนื่องจากมีความ Sensitivity สูง โดยมีการรายงานค่าความเผ็ดในหน่วยที่เรียกว่า Scoville Heat Unit (SHU) ซึ่งค่าดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพและราคาของผลิตภัณฑ์ประเภทพริกได้



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของ 8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide

1.6 เทคนิควิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า

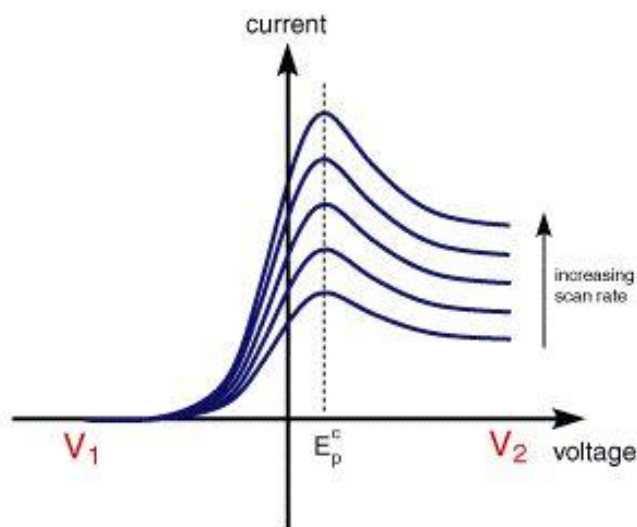
เทคนิควิธีวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้านั้นมีหลายวิธี เช่น โปเทนทีโอเมตรี (potentiometry) โวลแทมเมตรี (voltammetry) และคูโลมเมตรี (colometry) เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนให้วงจร และค่าทางไฟฟ้าที่วัดจะแตกต่างกัน

สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้เทคนิคทางโวลแทมเมตรี ซึ่งสัญญาณที่ให้ป้อนเป็นศักย์ไฟฟ้าและค่าทางไฟฟ้าที่วัดเป็นกระแส และเทคนิคทางโวลแทมเมตรีนี้ยังแบ่งออกได้หลายวิธีแต่จะกล่าวเฉพาะวิธีไซคลิก โวลแทมเมตรี (cyclic voltammetry) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น

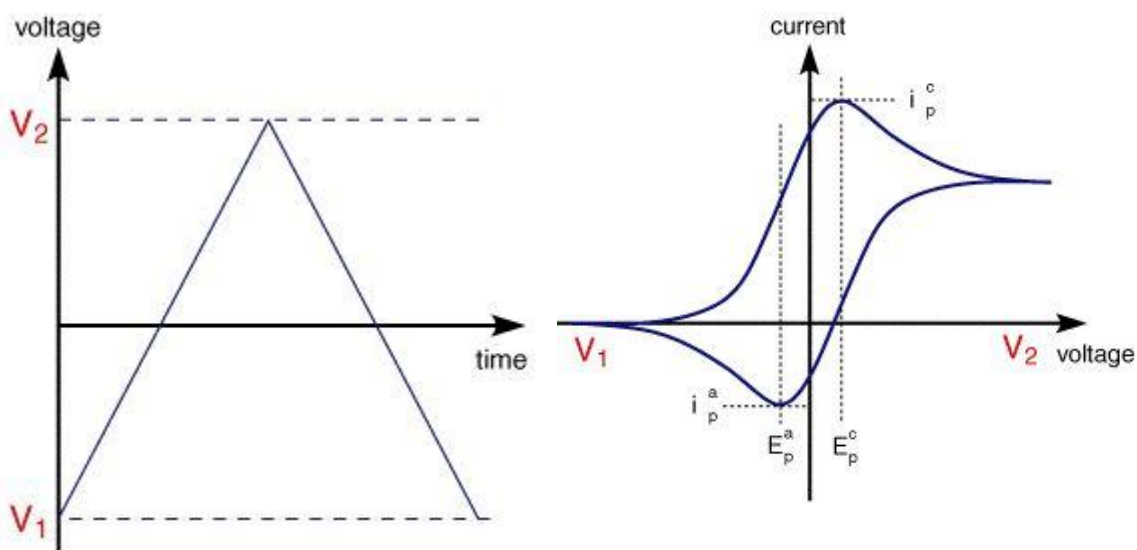
1.6.1 เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี

การใช้เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี เพื่อใช้ในการศึกษานั้นสามารถใช้ได้ทั้งการทดลองในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ กล่าวคือเทคนิคนี้สามารถบอกได้ทั้งเชิงคุณภาพ และปริมาณจากโวลแทมโมแกรม เมื่อกำหนดช่วงศักย์และอัตราศักย์ (scan rate) โวลแทมโมแกรมที่ได้จะทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในช่วงศักย์ที่กำหนด พิกที่ที่เกิดขึ้นสามารถบอกถึงการดำเนินไปของปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันอีกทั้งบอกถึงศักย์ที่ต้องการจะวัด เมื่อพิจารณาถึงโวลแทมโมแกรมจำเป็นต้องทราบปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังสมการ (1.1) เมื่อป้อนอัตราศักย์ที่มีค่าน้อย หรือป้อนศักย์ให้แก่เซลล์อิเล็กโทรดอย่างช้าๆ จะปรากฏโวลแทมโมแกรมในลักษณะที่กระแสเข้าสู่สมดุล (steady state voltammogram) และเมื่อเพิ่มอัตราศักย์โวลแทมโมแกรมจะปรากฏรูปลักษณะที่เป็นพีกและมีความสูงเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 1.2

ทั้งโวลแทมโมแกรมที่มีกระแสเข้าสู่สมดุลซึ่งป้อนอัตราศักย์อย่างช้าๆ และโวลแทมโมแกรมที่เป็นพีกซึ่งป้อนอัตราศักย์ที่มีค่าสูงนั้น สารที่ต้องการวัดในสารละลายจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าเพื่อเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้า ความแตกต่างของความเข้มข้นของสารบริเวณผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าจะเกิดขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของสารตั้งจะเริ่มลดลงและความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้น ผลที่ได้คือการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของกระแสที่เกิด จากปฏิกิริยาซึ่งขึ้นกับปฏิกิริยานั้นเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชัน ถ้าหากการป้อนอัตราศักย์เป็นไปอย่างช้าจะทำให้การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ของสารที่ต้องการวัดการเคลื่อนที่เข้าสู่สมดุลทันศักย์ที่ถูกป้อนให้กับขั้วไฟฟ้า โวลแทมโมแกรมจึงมีลักษณะที่กระแสดังในช่วงหลัง แต่เมื่อใดก็ตามที่มีการป้อนอัตราศักย์ให้ขั้วไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว จะทำให้โวลแทมโมแกรมที่ได้มีลักษณะเป็นพีกเนื่องจากช่วงหลังมีการลดของกระแส ด้วยเหตุผลที่สารที่ต้องการวัดไม่สามารถแพร่ไปทันขั้วไฟฟ้าได้ทันศักย์ที่ป้อนให้แก่ขั้วไฟฟ้า ดังแสดงในรูป 1.3



รูปที่ 1.2 โวลแทมโมแกรมที่เกิดขึ้นเมื่อแปรเปลี่ยนอัตราสัณ



รูปที่ 1.3 แสดงโวลแทมโมแกรมที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับเวลา เมื่อมีการให้ศักย์แบบรอบ

ศักย์ที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยา หรือศักย์ของปฏิกิริยานั้นมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารที่ต้องการวัด ไม่ว่าสารนั้นจะเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชันก็ตามดังสมการเนินสต์ที่ 1.2

$$E = E^\circ - \frac{0.0592}{n} \log Q \quad (1.2)$$

E = ศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าหรือเซลล์ที่ไม่ใช่สภาวะมาตรฐาน

E° = ศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าหรือเซลล์ที่สภาวะมาตรฐาน

n = จำนวนอิเล็กตรอนที่ถ่ายเท

Q = ผลคูณของความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์หารด้วยผลคูณของความเข้มข้นของสารตั้งต้นยกกำลังด้วยตัวเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเคมี

ประโยชน์ของเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี

ไซคลิกโวลแทมเมตรีเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดสำหรับการตรวจหาข้อมูลเชิงกายภาพของปฏิกิริยาเชิงเคมีไฟฟ้า ข้อดีของไซคลิกโวลแทมเมตรีเกิดจากความสามารถของวิธีที่ให้ข้อมูลที่ต้องการพิจารณาอย่างรวดเร็วเกี่ยวกับอุณหพลศาสตร์ของกระบวนการรีดอกซ์ และจลนศาสตร์ของปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนที่แตกต่างกัน และปฏิกิริยาแบบคู่หรือกระบวนการดูดซับ ซึ่งไซคลิกโวลแทมเมตรีเป็นวิธีแรกที่ถูกใช้บ่อยครั้งในการศึกษาเชิงเคมีไฟฟ้า ลักษณะสำคัญของไซคลิกโวลแทมเมตรี คือ การให้ตำแหน่งอย่างรวดเร็วของศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ สปีชีส์ที่มีฤทธิ์ทางไฟฟ้าและความสะดวกในการประเมินผลของตัวกลางที่มีต่อกระบวนการรีดอกซ์ แต่ไซคลิกโวลแทมเมตรี เป็นวิธีที่ใช้น้อยมากในการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

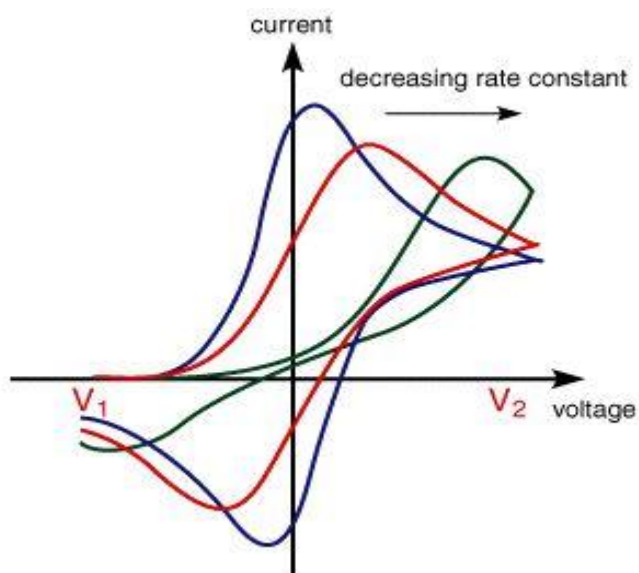
การตรวจศึกษาการเกิดปฏิกิริยาผันกลับ

ไซคลิกโวลแทมเมตรีสามารถเป็นเครื่องมือในการพิจารณาลักษณะของกระบวนการเชิงเคมีไฟฟ้าภายใต้สภาวะหลายแบบ ในระบบที่มีการผันกลับโดยสมบูรณ์ของคู่ปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ไม่มีความซับซ้อนทางจลนศาสตร์มาเกี่ยวข้องสามารถใช้สมการที่ 1.3

$$\begin{aligned} \Delta E_p &= \frac{0.0592}{n} \\ E' &= \frac{E_{pa} + E_{pc}}{2} \\ \frac{i_{pa}}{i_{pc}} &= 1 \end{aligned} \quad (1.3)$$

นั่นคือศักย์ไฟฟ้าครึ่งคลื่นมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของศักย์ไฟฟ้ายอดคาโทดิกและยอดอโนดิก และปฏิกิริยาที่มีการผันกลับอย่างสมบูรณ์ขนาดของยอดแหลมอโนดิกต้องเท่ากับของยอดแหลมคาโทดิก สำหรับปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ที่อิเล็กโทรดนั้นกระแสที่ยอดคาโทดิกและยอดอโนดิกมีค่าเท่ากันโดยประมาณ ในรูปค่าสัมบูรณ์ แต่มีเครื่องหมายตรงกันข้ามกัน และความแตกต่างระหว่างศักย์ไฟฟ้าที่ยอดคาโทดิกและอโนดิกมีค่าเท่ากับ $0.0592 / n$ โวลต์ เมื่อ n เป็นจำนวนของอิเล็กตรอนที่เกี่ยวข้องกับครึ่งปฏิกิริยา

ในระบบที่เกิดปฏิกิริยาผันกลับแบบบครึ่งๆ (quasi – reversible) หรือเกิดปฏิกิริยาแบบไม่ผันกลับมีสาเหตุจากการถ่ายโอนอิเล็กตรอนไปยังอิเล็กโทรดเกิดช้าทำให้เกิดการแยกระหว่างยอดแหลมสูงสุดมากกว่า $0.0951/n$ โวลต์ และศักย์ไฟฟ้าที่ยอดแหลมจะขึ้นกับอัตราการสแกนดังรูปที่ 1.4 เส้นแสดงเส้นโวลแทมโมแกรมของระบบไม่ผันกลับซึ่ง ΔE_p เพิ่มขึ้นมากกว่า ΔE_p ของระบบที่ผันกลับและยังผลการไม่ผันกลับเพิ่มขึ้นเท่าไรยิ่งทำให้กระแสอโนดิกของการสแกนผันกลับยิ่งเล็กลงไปอีก เนื่องจากศักย์ไฟฟ้าและเวลาในไซคลิกโวลแทมเมตรีเป็นพารามิเตอร์คู่กัน ดังนั้นยิ่งการแยกของศักย์ไฟฟ้าเพิ่มมากก็ทำให้เวลาในการแยกยอดแหลมเพิ่มขึ้นมากขึ้น



รูปที่ 1.4 เกิดปฏิกิริยาผันกลับแบบ quasi – reversible

1.6.3 เทคนิคโดยทั่วไปในการวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซิน

เครื่อง HPLC(High Performance Liquid Chromatography) เป็นเครื่องมือใช้สำหรับแยกสารประกอบที่สนใจที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง โดยกระบวนการแยกสารประกอบที่สนใจจะเกิดขึ้นระหว่างเฟส 2 เฟส คือ เฟสอยู่กับที่ (column) กับ เฟสเคลื่อนที่(mobile phase) ซึ่งสารจะถูกแยกออกมาในเวลาที่แตกต่างกัน โดยสารผสมที่อยู่ในตัวอย่างสามารถถูกแยกออกจากกันได้นั้น ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้ากันได้ดีของสารนั้นกับ mobile phase หรือ stationary phase สารประกอบตัวไหนที่สามารถเข้ากันได้ดีกับ mobile phase จะเคลื่อนที่ผ่าน column ได้เร็วสารนั้นก็จะถูกแยกออกมาก่อน ส่วนสารที่เข้ากันได้ไม่ดีกับ mobile phase หรือเข้ากันได้ดีกับ stationary phase จะเคลื่อนที่ผ่าน column ได้ช้า ก็จะถูกแยกออกมาทีหลัง โดยสารที่ถูกแยกออกมาได้นี้จะถูกตรวจวัดสัญญาณด้วยตัวตรวจวัด สัญญาณที่บันทึกได้จากตัวตรวจวัดจะมีลักษณะเป็นพีค ซึ่งจะเรียกว่า โครมาโตแกรมโดย HPLC สามารถทดสอบได้ทั้งเชิงคุณภาพและทดสอบเชิงปริมาณ โดยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน

Garceas-Claverและคณะ(2006) ได้ทำการพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์หาปริมาณแคปไซซินในพริกโดยใช้เทคนิค Liquid Chromatography-Electrospray/Time-of-Flight Mass Spectrometry ใช้คอลัมน์แบบ reversed-phase และทำการชะแบบแกรเดียนต์ด้วยสารละลายผสมระหว่างน้ำและเมทานอล ใช้ (4,5-dimethoxybenzyl)-4-methyloctamideซึ่งเป็นแคปไซซินที่ได้จากการสังเคราะห์จะไม่พบในธรรมชาติ เป็น internal standard พบว่า วิธีวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถแยกแคปไซซินได้ในเวลา 16 นาที ชัดจำกัดในการตรวจวัด เท่ากับ 20 pmol มีค่าrepeatability น้อยกว่า 0.5% สำหรับ retention time และ น้อยกว่า 12% สำหรับ peak area ให้ค่า %Recovery 86 – 93%

Manirakiza และคณะ(1999) ได้นำเสนอเทคนิค Gas Chromatography ที่มี Mass Spectrometry เป็นระบบตรวจวัด ในการหาปริมาณแคปไซซินในพริก โดยการสกัดแคปไซซินด้วย methylene chloride แยกออกจากสารรบกวนด้วย activated charcoal และทำการ clean up ด้วย Florisil cartridges และชะด้วย ethyl acetate พบว่าวิธีดังกล่าวให้ %Recovery 85-94%

1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Behpour และคณะ (2010) ได้ทำการประดิษฐ์ขั้วไฟฟ้าคาร์บอนแปสที่ปรับปรด้วยอนุภาคนาโนทองเพื่อใช้เป็นขั้วไฟฟ้าทำงานในการหาปริมาณ atenolol ในตัวอย่างยา โดยการนำผงแกรไฟต์มาผสมกับ mineral oil และเติมสารละลายอนุภาคนาโนทองลงไปผสมให้เข้ากันแล้วนำไปบรรจุในหลอดพลาสติกที่มีลวดทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้า และได้นำไปประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณ atenolol โดยใช้เทคนิค cyclic voltammetry และ differential pulse voltammetry พบว่าในช่วงการตอบสนองเชิงเส้น 1.96×10^{-6} – 9.09×10^{-4} โมลาร์ ขีดจำกัดในการตรวจวัด 7.3×10^{-8} โมลาร์ %Recovery 92-110%

Atta และคณะ (2011) ได้นำเสนอการหาปริมาณมอร์ฟินโดยเทคนิค differential pulse voltammetry ที่มี ขั้วไฟฟ้าคาร์บอนแปสที่ปรับปรด้วยอนุภาคนาโนทองเป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน ซึ่งในการปรับปรนั้นโดยการให้ศักย์ไฟฟ้าให้อิออนของทองเกิดเป็นอนุภาคนาโนทองบนผิวหน้าขั้วไฟฟ้า พบว่าเป็นวิธีที่มีความไวสูง โดยให้สัญญาณเชิงเส้นในช่วง 4.0×10^{-7} ถึง 2.0×10^{-4} โมลาร์ ขีดจำกัดในการตรวจวัด 4.21×10^{-9} โมลาร์

Ghoreishi และคณะ (2013) ได้ทำการประดิษฐ์ขั้วไฟฟ้าคาร์บอนแปสที่ปรับปรด้วยอนุภาคนาโนทอง โดยการนำผงแกรไฟต์มาผสมกับ mineral oil และเติมสารละลายอนุภาคนาโนทองลงไปผสมให้เข้ากันแล้วนำไปบรรจุในหลอดพลาสติกที่มีลวดทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้า และได้นำไปประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณ Tartrazine โดยใช้เทคนิค cyclic voltammetry, differential pulse voltammetry และ chronoamperometry พบว่าในช่วงการตอบสนองเชิงเส้น 0.05 – 1.5 โมลาร์ ขีดจำกัดในการตรวจวัด 0.017 โมลาร์ ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 4

จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นว่าการปรับปรขั้วไฟฟ้าคาร์บอนแปสด้วยอนุภาคนาโนทองเพื่อใช้เป็นขั้วไฟฟ้าทำงานนั้นเป็นวิธีการหนึ่งในการประดิษฐ์ขั้วไฟฟ้าทำงานที่มีเสถียรภาพสูง จึงเลือกใช้ในการทำวิจัยต่อไป