

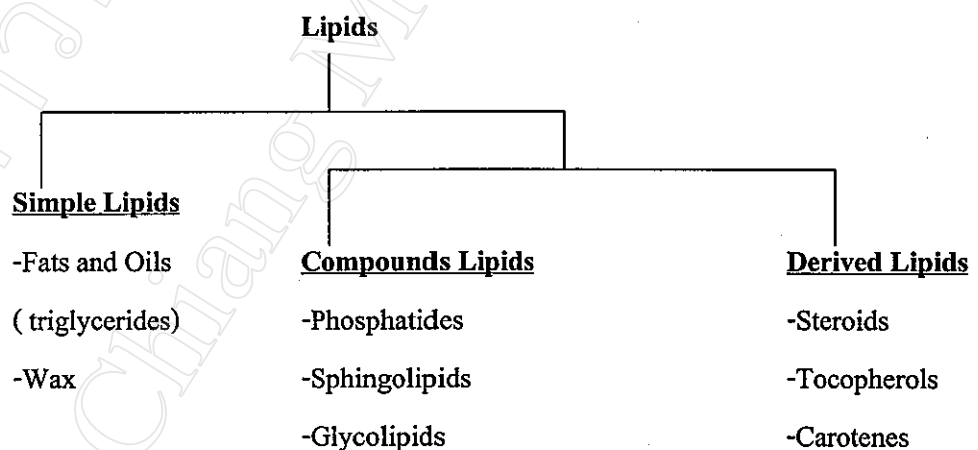
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ไขมัน (Fats and Oils) [1]

ไขมัน อาจเรียกว่า lipids หรือ lipoids เป็นสารที่ไม่ละลายน้ำมีแหล่งกำเนิดที่มาจากพืชและสัตว์ ไขมันในที่นี้จะหมายถึงน้ำมัน(oils) ด้วย ซึ่งน้ำมันนี้ไม่ใช่ไขมันหอมระเหย (essential oil) หรือน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันมีลักษณะทางเคมีเหมือนกับไขมัน แต่แตกต่างกันที่ลักษณะทางกายภาพ (จุดหลอมเหลว) นั่นคือถ้ามีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องเรียกว่า ไขมัน แต่ถ้าเป็นของเหลวเรียกว่า น้ำมัน

Lipids จำแนกชนิดออกดังรูป 1.1



รูป 1.1 การจำแนกชนิดของ Lipids

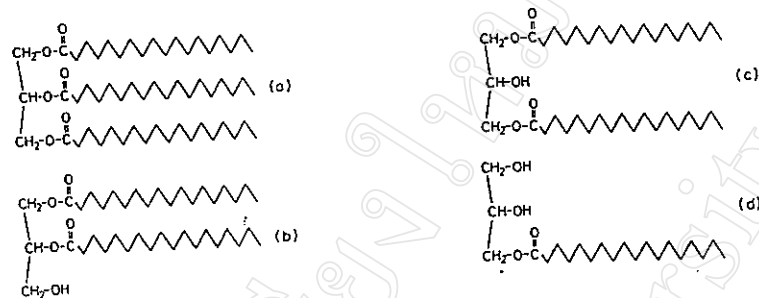
ไขมันดิบที่แยกได้จากพืชและสัตว์ประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ดังแสดงข้างต้น โดยมี ไตรกลีเซอไรด์ เป็นองค์ประกอบหลัก

ไตรกลีเซอไรด์เป็นเอสเทอร์ที่เกิดจากการรวมตัวระหว่างกลีเซอรอล 1 โมเลกุล กับ กรดไขมัน (fatty acid) 3 โมเลกุล กรดไขมันเป็นกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) ที่มีอะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นสายยาวๆ เช่น กรดปาล์มิติก (palmitic acid: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$) เป็นต้น ตัวอย่างของกรดไขมันชนิดต่างๆ แสดงดังตาราง 1.1

ตาราง 1.1 ตัวอย่างกรดไขมัน [2]

ชื่อสามัญ	สูตร โมเลกุล
ประเภทอิ่มตัว	
Lauric acid	$\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$
Palmitic acid	$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$
Stearic acid	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$
ประเภทไม่อิ่มตัว	
Palmitoleic acid	$\text{C}_{16}\text{H}_{30}\text{O}_2$
Oleic acid	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$
Linoleic acid	$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$
Linolenic acid	$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$

ไตรกลีเซอไรด์อาจเกิดจากกรดไขมันที่เหมือนกันหมดทั้ง 3 โมเลกุลหรือไม่ก็ได้ ดังแสดงในรูป 1.2



รูป 1.2 โมเลกุลของ acylglycerols(glycerides) : a คือ triacylglycerol ; b คือ 1,2-diacylglycerol ; c คือ 1,3 diacylglycerol ; d คือ 3(1)-monoacylglycerol [3]

ในไขมันธรรมชาติประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์มากกว่า 90 % โดยน้ำหนัก ไขมันที่ได้จากสัตว์มักเป็นของแข็ง ที่อุณหภูมิปกติ ส่วนไขมันที่ได้จากพืชมีลักษณะเป็นน้ำมัน (เป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ) ความแตกต่างทางกายภาพนี้มีสาเหตุมาจากไตรกลีเซอไรด์ ประกอบด้วยกรดไขมัน 2 ชนิด ในอัตราส่วนที่ต่างกันกล่าวคือ ไตรกลีเซอไรด์ในไขมันพืชมักจะมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว(unsaturated fatty acids) มากกว่าที่มีอยู่ในไตรกลีเซอไรด์ในไขมันจากสัตว์ หรือไตรกลีเซอไรด์ในไขมันจากสัตว์ มักจะมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว(saturated fatty acids) มากกว่าที่มีอยู่ในไตรกลีเซอไรด์ในไขมันจากพืช

กรดไขมันในไขมันธรรมชาติ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเอสเทอร์(acyl glycerol) แต่จะมีบางส่วนที่อยู่ในรูปของกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ในไขมันดิบทั่วๆ ไป จะมีกรดไขมันอิสระอยู่ 1-2% ปริมาณของกรดไขมันอิสระนี้มักจะเพิ่มขึ้นตามอายุของไขมันอันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอย่างช้าๆ ของไตรกลีเซอไรด์ด้วยน้ำปริมาณเล็กน้อยที่ปนอยู่ในไขมัน นอกจากจะมีกรดไขมันอิสระแล้วยังจะมี monoglyceride diglyceride ปนอยู่ในไขมันด้วย อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ของไตรกลีเซอไรด์

ปัจจุบันน้ำมันพืชที่ใช้บริโภคผู้ผลิตจะรายงานที่ฉลากบอกถึงความไม่อิ่มตัวของน้ำมัน การที่น้ำมันมีความไม่อิ่มตัวสูงสามารถบอกได้ว่าน้ำมันนั้นมีองค์ประกอบที่เป็นกรดไขมันที่มีความไม่อิ่มตัว (อาจจะเป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่ 1 ตำแหน่ง หรือ หลายตำแหน่ง) อยู่ในปริมาณสูง

ดัชนีที่ใช้บอกถึงความไม่อิ่มตัวของน้ำมันคือค่าไอโอดีน (Iodine Number หรือ Iodine Value) ซึ่งโดยนิยามจะเป็นปริมาณไอโอดีนเป็นกรัมที่ถูกเติมเข้าไปที่พันธะคู่ของน้ำมันต่อตัวอย่างน้ำมัน 100 กรัม น้ำมันที่มีค่าไอโอดีนสูงจะมีความไม่อิ่มตัวสูงด้วย นอกจากนี้ยังได้มีการประยุกต์นำเอาค่าไอโอดีนไปใช้สำหรับการติดตามกระบวนการไฮโดรจีเนชันของน้ำมัน หรือนำไปใช้ในการบอกลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ของน้ำมัน เช่น น้ำมันที่มีค่าไอโอดีนสูงๆ มักจะมีกรดไลโนลินิกในปริมาณที่สูง ตัวอย่างเช่น น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น

ได้มีรายงานการหาค่าไอโอดีนดังนี้

AOAC Official Method of Analysis [4] เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับหาค่าไอโอดีนของน้ำมัน โดยใช้เทคนิคการไทเทรต รีเอเจนต์ที่ใช้คือสารละลายฮานัส (Hanus solution) (ไอโอดีน โมโนโบรไมด์ ในกรดคลอโรอะซิติก) โดยละลายตัวอย่างน้ำมันที่ทราบปริมาณด้วยคลอโรฟอร์ม จากนั้นเติมสารละลายฮานัสแล้วเก็บไว้ในที่มืดนาน 30 นาที นำออกมาเติมสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ แล้วไทเทรตหาปริมาณไอโอดีนที่เหลือด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตโดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ เมื่อหักลบกับการไทเทรตกับเบลงค์แล้วจะได้ปริมาณไอโอดีนที่ถูกเติมที่พันธะคู่ของน้ำมัน ซึ่งนำไปคำนวณค่าไอโอดีนได้ วิธีการนี้จะใช้เวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างมาก คลอโรฟอร์มที่เป็นของเสียมีสูง และยังใช้ปริมาณสารเคมีมากด้วย

Lee and Pollard [5] ได้รายงานการหาค่าไอโอดีนของกรดไขมันโดยใช้เทคนิคโฟลโอดิเมตริกอะนาไลซิส วิธีนี้จะผ่านสารละลายรีเอเจนต์คือ ไอโอดีน โมโนคลอไรด์ในกลาเซียอะซิติก (Wij's solution) ไหลอย่างต่อเนื่องเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน ไอโอดีนจะถูกเติมที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมัน ปริมาณไอโอดีน โมโนคลอไรด์จะลดลงซึ่งจะตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายรีเอเจนต์ ที่เหลือจากปฏิกิริยาที่ความยาวคลื่น 360 นาโนเมตร หรือตรวจวัดไอโอดีน โมโนคลอไรด์ที่เหลือจากปฏิกิริยาโดยใช้ระบบตรวจวัดแบบ potentiometric detection ซึ่งใช้ iodine-selective electrode ระบบนี้สามารถวิเคราะห์ได้ 12 ตัวอย่างต่อชั่วโมง

Thomaidis และ Georgiou [6] ได้ทำการหาค่าไอโอดีนของน้ำมันมะกอกโดยวิธี parallel multichannel flow injection ตัวอย่างน้ำมันจะถูกเจือจางโดยโพรพานอล จากนั้นฉีดเข้าสู่กระแสตัวพาที่

เป็นสารละลายขุ่นซึ่งจะผสมกันขณะที่เคลื่อนผ่าน mixing และถูกเก็บใน storage coil เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นตัวอย่างจะถูกดันกลับมาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 392 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างเมื่อทำปฏิกิริยากับตัวอย่างจะลดลงซึ่งวัดออกมาในรูปของ negative peak

วิธีการหาค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชโดยวิธีมาตรฐาน [4] จะใช้เทคนิคการไทเทรตซึ่งใช้เวลาในการวิเคราะห์มาก ใช้ปริมาณสารเคมีมากและของเสียภายหลังการวิเคราะห์มีสูง

การนำเทคนิคโฟลอินเจกชันซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์แบบต่อเนื่อง และเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมตรี มาประยุกต์ในการวิเคราะห์จะทำให้สามารถวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนได้ประหยัดและรวดเร็วขึ้น

ในงานวิจัยนี้สนใจที่จะพัฒนาวิธีสเปกโทรโฟโตเมตรีโฟลอินเจกชันเพื่อหาค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชบริโภค

1.2 น้ำผลไม้

น้ำผลไม้ เป็นเครื่องดื่มอีกประเภทหนึ่งที่มีผู้นิยมบริโภค ซึ่งในปัจจุบันมีน้ำผลไม้บรรจุภาชนะออกจำหน่ายอยู่หลากหลายชนิด เช่น น้ำฝรั่ง น้ำส้ม น้ำสับปะรด เป็นต้น เพื่อเก็บรักษาและถนอมคุณค่าของน้ำผลไม้ได้นานๆ จึงมีการป้องกันหรือกำจัดแบคทีเรียและจุลินทรีย์อื่นๆ แบคทีเรียและจุลินทรีย์จะถูกทำลายได้ง่ายมากในตัวอย่างที่เป็นกรด [7] การเติมกรดลงไปเพื่อปรับ pH จะทำให้ลดเวลาในการทำปลอดเชื้อ (sterilization) ของน้ำผลไม้ทำให้ไม่ทำลายโครงสร้างตามธรรมชาติ แต่ก็ลดคุณค่าทางโภชนาการไปบ้าง

ในน้ำผลไม้โดยธรรมชาติมักจะพบกรดต่างๆ ที่ทำหน้าที่เป็นแอนติออกซิแดนท์หรือเป็นตัวเสริมฤทธิ์ (synergist) ของแอนติออกซิแดนท์อื่นๆ ตัวอย่างเช่น กรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก และกรดฟumaric เป็นต้น

กรดซิตริก เป็นแอนติออกซิแดนท์ในธรรมชาติตัวหนึ่งซึ่งจะไปทำให้โลหะปริมาณน้อย (trace metal) เชื้อต่อปฏิกิริยากับกรดแอสคอร์บิกเพื่อรักษากรดแอสคอร์บิก บางครั้งทำปฏิกิริยากับเบสที่เหลือจากขั้นตอนการปอกเปลือกซึ่งจะไปทำลายแอสคอร์เบท กรดฟumaricนำมาใช้แทนกรดซิตริกเป็นแอนติออกซิแดนท์ในเครื่องดื่มผลไม้

ได้มีการรายงานการหาปริมาณกรดซิตริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก และกรดฟumaric ในน้ำผลไม้โดยใช้เทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี [8] และเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี [9] ซึ่งมีความไม่สะดวกในการวิเคราะห์งานประจำ อีกทั้งยังใช้เวลาในการวิเคราะห์มาก ในงานวิจัยนี้จะได้นำเอาเทคนิคดีฟฟิอเรนเชียลพัลส์โวลแทมเมตรี ซึ่งเป็นเทคนิคที่วิเคราะห์ได้รวดเร็ว ไม่เปลืองสารเคมี ให้ความไวใน

การวิเคราะห์สูง มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์แอนติออกซิแดนซ์บางตัวในน้ำผลไม้ ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์สะดวกและรวดเร็วขึ้น

กรดฟูมาริกสามารถพบได้ในธรรมชาติ เป็นสาร intermediate metabolite ในวัฏจักรของกรดซิตริก (citric acid cycle) [10] กรดฟูมาริกเป็นสารที่ไม่มีพิษ แต่อาจมีการระคายเคืองของตาและผิวหนัง กรดฟูมาริกเมื่อเกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วไฟฟ้าทำงาน (working electrode) จะได้กรดซักซินิก (succinic acid) [11]

ในงานวิจัยนี้จะได้ทำการหาปริมาณกรดฟูมาริกในน้ำผลไม้เนื่องจากเราได้มีการศึกษาการหาปริมาณกรดแอสคอร์บิกในน้ำผลไม้และพบว่ากรดฟูมาริกไปเป็นตัวป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิกกับรีเอเจนต์ [12]

ได้มีรายงานการหาปริมาณแอนติออกซิแดนซ์ในน้ำผลไม้ดังนี้

Saccani *et.al* [8] ได้รายงานการหาปริมาณกรดซิตริก กรดมาลิก และกรดทาร์ทาริกในน้ำผลไม้โดยใช้เทคนิคไฮออนโครมาโทกราฟี ไฮออนลบของกรดอินทรีย์ดังกล่าวจะถูกแยกในคอลัมน์และถูกชะโดยการทำให้ ternary gradient elution ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และถูกตรวจวัดโดยใช้เครื่องตรวจวัดการนำไฟฟ้า และฉีดจำกัดในการวิเคราะห์กรดทั้งสามตัวเป็น 10 µg/ml

Barden *et.al* [9] ได้รายงานการหาปริมาณกรดฟูมาริก กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก กรดซิตริก และกรดอื่นๆ ในน้ำผลไม้ ไฮออนลบของสารที่จะวิเคราะห์จะถูกจับโดยเรซินแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange resin) จากนั้นจะถูกเมทิลเลท (methylate) พร้อมๆ กับถูกชะโดยใช้เมทิลไอโอไดด์ในคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด (supercritical carbon dioxide) เมทิลเอสเทอร์ของกรดเหล่านี้จะถูกแยกโดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีและถูกตรวจวัดโดยใช้เครื่องตรวจวัดแบบเฟลมไอออนไนเซชัน (FID)

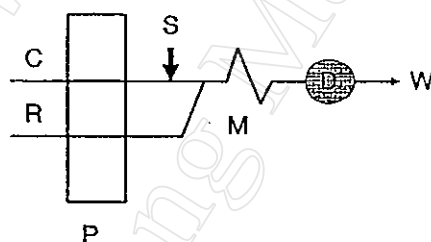
AOAC Official Method of Analysis [13] ได้หาปริมาณกรดฟูมาริกโดยใช้เทคนิค voltammetry หรือ polarography ซึ่ง working electrode ที่ใช้จะเป็นขั้วไฟฟ้าหยดปรอท (mercury drop electrode) สารละลาย supporting electrolyte ที่ใช้เป็นสารละลายผสมของ tetramethylammonium bromide และ lithium chloride ณ สถานะดังกล่าวค่า peak potential ของกรดฟูมาริกจะเกิดขึ้นที่ประมาณ -1150 mV

1.3 โฟลวอินเจกชันอะนาไลซิส (Flow Injection Analysis) [14-17]

โฟลวอินเจกชันอะนาไลซิส หรือ เรียกว่า เอฟ ไอ เอ (FIA) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมีอย่างต่อเนื่อง มีความรวดเร็ว แม่นยำในการวิเคราะห์ และประหยัดสารเคมี

เอฟ ไอ เอ เป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการฉีดสารตัวอย่างที่เป็นของเหลวเข้าสู่กระแสตัวพา (อาจจะเป็นรีเอเจนต์) ที่เป็นของเหลวซึ่งไหลอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างที่ฉีดเข้าสู่กระแสตัวพาจะเกิดเป็นโซน (zone) ซึ่งจะเกิดการแพร่ (dispersion) หรือเกิดปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ และมีการแพร่ตลอดเวลาที่เคลื่อนที่ไปยังระบบตรวจวัดซึ่งจะบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องของโซนตัวอย่าง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเช่น การดูดกลืนแสง ศักย์ไฟฟ้า การเรืองแสงฟลูออเรสเซนซ์ การนำไฟฟ้า เป็นต้น

ระบบ เอฟ ไอ เอ อย่างง่ายแสดงดังรูป 1.3



รูป 1.3 ระบบ FIA อย่างง่าย (P, C, R, S, D, W คือ pump, carrier, reagent, sample injector, flow through detector และ waste ตามลำดับ [14])

หลักการของ เอฟ ไอ เอ เกิดจากการรวมกันของหลัก 3 อย่าง คือ

1.การฉีดสารตัวอย่าง (Sample Injection)

เป็นการนำสารตัวอย่างเข้าสู่กระแสตัวพาที่ไหลอย่างต่อเนื่องให้มีปริมาตรของตัวอย่างที่แม่นยำ เท่ากันทุกครั้ง

2. Reproducible residence time

เวลาตั้งแต่ที่สารตัวอย่างถูกฉีดเข้าสู่ระบบจนถึงระบบตรวจวัด ที่มีค่าคงที่ เหมือนกันทุกครั้ง

3.การแพร่ที่ถูกรควบคุม (Controlled dispersion)

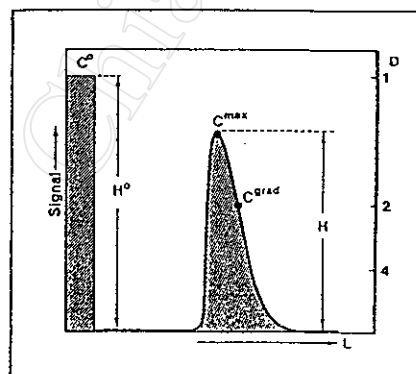
ลักษณะการแพร่ของโซนของตัวอย่างในกระแสตัวพาตั้งแต่ถูกฉีดเข้าสู่ระบบจนถึงระบบตรวจวัดจะเป็นการแพร่ที่ควบคุมได้ (controllable dispersion) เหมือนกันทุกครั้ง

Dispersion (D) คือ อัตราส่วนของความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างในขณะฉีด (C_0) ต่อความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างในขณะทำการตรวจวัด (C_{max}) ในระบบ เอฟ ไอ เอ

$$D = C_0 / C_{max} = H_0 / H_{max}$$

ค่า H_0 และ H_{max} คือ ความสูงของพีคเมื่อไม่มีการแพร่และมีการแพร่ของโซนของตัวอย่างตามลำดับ

ค่า C_0 , C_{max} , H_0 , H_{max} แสดงดังรูป 1.4



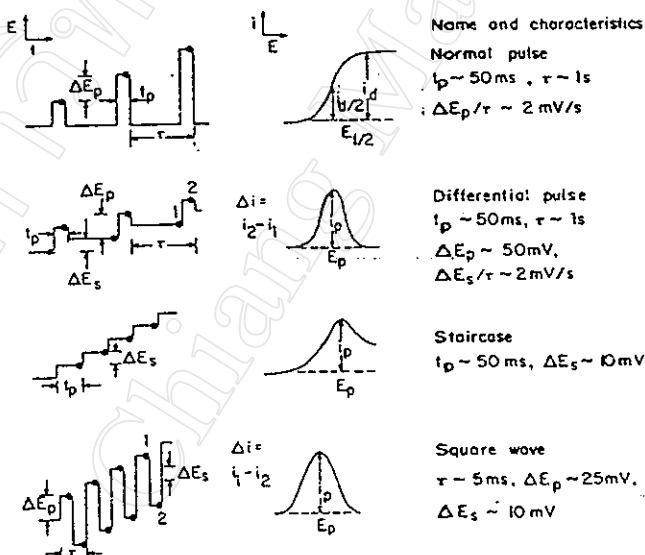
รูป 1.4 ค่า C_0 , C_{max} , H_0 , H_{max} [15]

ค่า D ในระบบเอฟ ไอ เอ จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของกระแสตัวพา ขนาดตัวอย่างที่ฉีด ระยะระหว่างจุดฉีดสารตัวอย่างกับจุดตรวจวัด เป็นต้น [16]

1.4 โวลแทมเมตรี (Voltammetry) [18]

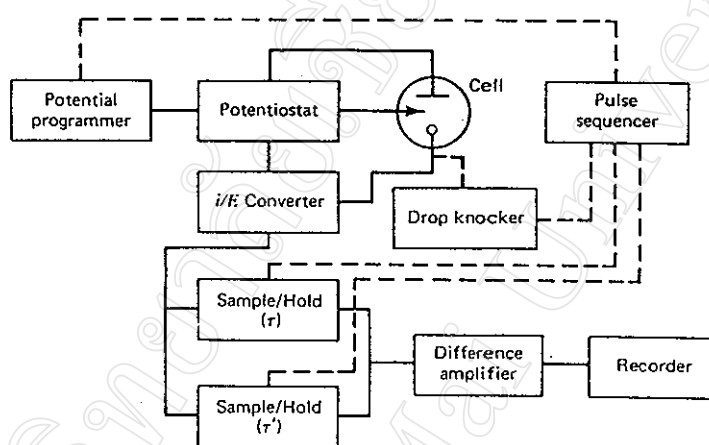
เทคนิคโวลแทมเมตรี เป็นเทคนิคที่มีการวัดกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยารีดอกซ์ของสารตัวอย่างเมื่อศักย์ไฟฟ้าที่ให้กับขั้วไฟฟ้าทำงาน (working electrode) เปลี่ยนไป สัญญาณที่ได้จะแสดงเป็นลักษณะเส้นกราฟเรียกว่า voltammogram

สารที่ทำการวิเคราะห์จะมีค่าศักย์ไฟฟ้าเฉพาะตัวที่จะเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ขั้วไฟฟ้า เทคนิคการให้ศักย์ไฟฟ้าและการวัดกระแสในเทคนิคโวลแทมเมตรีมีหลายแบบทำให้เกิดเทคนิคโวลแทมเมตรีในหลายๆ เทคนิค ดังแสดงในรูป 1.5



รูป 1.5 เทคนิคโวลแทมเมตรีต่างๆ และรูปแบบการให้ศักย์ไฟฟ้า [19]

ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในเทคนิคโวลแทมเมตรีจะเป็นระบบที่ใช้ขั้วไฟฟ้า 3 ชนิดด้วยกันคือ ขั้วไฟฟ้าทำงานที่เป็น HMDE (Hanging Mercury Drop Electrode) ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference Electrode) ซึ่งมักใช้ Ag/AgCl electrode และ ขั้วไฟฟ้าช่วย (Auxiliary Electrode) ซึ่งจะใช้ Platinum Electrode ในรูป 1.6 จะเป็นแผนภาพแสดงองค์ประกอบของเครื่องโพลารोगราฟ (polarograph)



รูป 1.6 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของเครื่อง โพลารोगราฟ [20]

1.4.1 เทคนิคคิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ โวลแทมเมตรี (Differential Pulse Voltammetry Technique)

เป็นเทคนิคหนึ่งของโวลแทมเมตรี โดยจะมีการให้ศักย์ไฟฟ้าที่เป็นพัลส์บนการเพิ่มศักย์ไฟฟ้าแบบเส้นตรง (ramp rate) ที่มีอยู่แล้ว การวัดกระแสจะทำการวัดกระแสก่อนและหลังการให้พัลส์ จะได้ค่ากระแสสองค่าและจะวัดความแตกต่างของกระแสทั้งสองค่านี้ทำให้ได้โวลแทมโมแกรมที่มีลักษณะเป็นพีค (peak)

ได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคคิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ โวลแทมเมตรี อย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์สารอินทรีย์ และ สารอนินทรีย์

AOAC Official Method of Analysis [13] เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับหาปริมาณกรดฟูมาริกโดยใช้เทคนิคโวลแทมเมตรี หรือ โพลารोगราฟี กรดฟูมาริกในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ช่วยที่ประกอบด้วยลิเทียมคลอไรด์ และเตตระเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ เกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วไฟฟ้าหยาบปรอทที่ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน และใช้ขั้วซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ณ สถานะดังกล่าว ศักย์ไฟฟ้าของฟลักของกรดฟูมาริกเท่ากับ -1150 มิลลิโวลต์

สำหรับในงานวิจัยนี้สนใจนำเอาเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมตรี มาวิเคราะห์ปริมาณกรดฟูมาริกในน้ำผลไม้ โดยจะทำการวัดค่ากระแสที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของกรดฟูมาริกที่ขั้วไฟฟ้าทำงาน จากค่ากระแสที่ได้นำไปคำนวณหาปริมาณกรดฟูมาริกโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

1.5 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาค่าไอโอไดนของน้ำมันพืชบริโภคโดยวิธีโพลีอินเจกชันและเพื่อพัฒนาวิธีหาปริมาณกรดฟูมาริกซึ่งเป็นแอนติออกซิแดนท์ในน้ำผลไม้โดยโวลแทมเมตรี