รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์วิตามินซี (กรดแอสคอร์บิก) ในน้ำผักและผลไม้โดยใช้เทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

Comparison of Analytical Method for Vitamin C (Ascorbic acid) in Fruits and Vegetables Juices by Titration and Spectrophotometry Method

กนิษฐา สุขเกิด

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมงานวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประจำปี 2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์วิตามินซี (กรดแอสคอร์บิก) ในน้ำผักและผลไม้โดยใช้เทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

Comparison of Analytical Method for Vitamin C (Ascorbic acid) in Fruits and Vegetables Juices by Titration and Spectrophotometry Method

กนิษฐา สุขเกิด

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมงานวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ประจำปี 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ โดยใช้เทคนิคการไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี ทำการเลือกตัวอย่างน้ำผักและผลไม้สดที่พบในประเทศไทย 30 ชนิด ผลการทดลองพบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้จากการวิเคราะห์เทคนิคการไทเทรตสูงที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ (30) มะนาว (24.84 ± 0.14 mg / 100 ml) (29) มะกรูด (17.28 ± 0.14 mg / 100 ml) (25) มะนาวโห่ (16.44 ± 0.05 mg / 100 ml) ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยใช้เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี สูงที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ (30) มะนาว (22.23 ± 0.06 mg / 100 ml) (25) มะนาวโห่ (20.62± 0.35 mg /100 ml) (29) มะกรูด (20.32± 0.03 mg / 100 ml) ตามลำดับ ผลการวิจัยส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่าปริมาณวิตามินซีที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

คำสำคัญ: วิตามินซี สเปกโตรโฟโตรเมตรี การไทเทรต กรดแอสคอร์บิก ผัก น้ำผลไม้

Abstract

This research aimed to compare the methods of determining vitamin C in fruits and vegetable juices using titration and spectrophotometry techniques. 30 fruits and vegetables in Thailand were selected for vitamin C analysis. The results showed that the highest content of vitamin C in fruit and vegetable juices analyzed by titration was (30) lime (24.84 ± 0.14 mg / 100 ml), (29) kaffir lime (17.28 ± 0.14 mg / 100 ml), and (25) bengal currant (16.4 4± 0.05 mg / 100 ml), respectively. According to the results of vitamin C analysis using spectrophotometry showed the highest vitamin C content in fruit and vegetable juices; lime (30) had the highest of vitamin C content (22.23 ± 0.06 mg / 100 ml) followed by (25) bengal currant (20.62 ± 0.35 mg /100 ml) and (29) kaffir lime (20.32 ± 0.03 mg / 100 ml), respectively. Most of the results also showed that there was no statistical difference in the vitamin C content obtained from titration and spectrophotometric analyses ($p<0.05$)

Keywords: Vitamin C Spectrophotometry Titration Ascorbic acid Vegetables Fruit juices

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำหรับสถานที่ทำวิจัย และเงินสนับสนุนจากงบประมาณกองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปี 2561 อาจารย์ประจำสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

กนิษฐา สุขเกิด

กันยายน 2562

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย.....(ก)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....(ข)

กิตติกรรมประกาศ.....(ค)

สารบัญ.....(ง)

สารบัญตาราง.....(จ)

สารบัญภาพ.....(ช)

บทที่ 1 บทนำ..... 1

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง..... 17

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล..... 28

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 32

บรรณานุกรม..... 33

ภาคผนวก..... 35

ประวัตินักวิจัย..... 48

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณวิตามินซีในผักและผลไม้สดชนิดต่าง ๆ 7
ตารางที่ 2 ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรีในน้ำผักและผลไม้ ..28

สารบัญตารางผนวก

หน้า

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต.....36
ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี.....39
ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี.....43

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 โครงสร้างโมเลกุล วิตามิน ซีหรือ กรดแอสคอร์บิก 5
ภาพที่ 2 แสดงอุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรต 14
ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer 15
ภาพที่ 4 แสดงเครื่องมือการวิเคราะห์ทั้งหมด 2 เทคนิค 17
ภาพที่ 5 แสดง Flowchart การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีเทคนิคการไทเทรต 18
ภาพที่ 6 แสดง Flowchart การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี 19
ภาพที่ 7 แสดงขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างน้ำผักและน้ำผลไม้สำหรับเทคนิคไทเทรต 22
ภาพที่ 8 แสดงขั้นตอนการวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิคไทเทรต 22
ภาพที่ 9 แสดงเครื่องหมุนเหวี่ยงในการเตรียมตัวอย่างสำหรับเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี 24
ภาพที่ 10 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกสำหรับวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดย เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี 25
ภาพที่ 11 แสดงขั้นตอนการเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก 26
ภาพที่ 12 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี 26

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการทำวิจัย

เนื่องจากหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มีการจัดการเรียนการในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับผู้วิจัยซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านวิทยาศาตร์เคมี และเคมีอาหาร ในรายวิชาดังต่อไปนี้ ได้แก่ ทักษะวิชาชีพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร หลักวิเคราะห์อาหาร เคมีอาหาร วัตถุเจือปนในการแปรรูปอาหาร การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เป็นต้น ซึ่งรายวิชาดังกล่าวได้มีการนำการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีมาใช้เป็นการเรียนการสอนในการฝึกปฏิบัติของนักศึกษา อีกทั้งทางคณะเทคโนโลยีการเกษตรได้มีการบริการวิชาการเพื่อจัดหารายได้ผ่านศูนย์ปฏิบัติการทางการเกษตรเพื่อสุขภาพ (COE) โดยการรับวิเคราะห์ตัวอย่างทางการเกษตรและอาหาร โดยผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบในส่วนงานวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในอาหาร เพื่อประโยชน์ทางด้านการเรียนการสอนและวิจัยทำให้ผู้วิจัยสนใจที่ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในปัจจุบัน

กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ (Functional food) เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน รวมถึงการออกกำลังกายและการสร้างเสริมสุขภาพในด้านอื่นๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพมีความต้องการอย่างมาก จึงมีการพัฒนาผลิตและวิจัยอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะการวิจัยในส่วนแร่ธาตุและองค์ประกอบทางเคมีในอาหารหรือคุณค่าทางโภชนาการ ตัวอย่างเช่น วิตามินซี (Vitamin C) วิตามินเอ (Vitamin A) วิตามินอี (Vitamin E) สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) สารประกอบแทนนิน (Tanin) เป็นต้น โดยวิตามินซี หรือเรียกอีกอย่างว่ากรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid) จัดอยู่ในประเภทกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งพบได้มากในผักผลไม้หลายชนิด วิตามินซีมีความสำคัญและจำเป็นต่อร่างกาย ช่วยป้องกันการเกิดเลือดออกตามไรฟัน ช่วยเสริมภูมิต้านทานของร่างกาย มีการนำวิตามินซีใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มใช้เป็นสารเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซีที่พบในอาหารมี 2 รูป คือ L- Ascorbic acid และ Dehydroascorbic acid ในอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป L- Ascorbic acid แต่เมื่ออาหารผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนหรือเก็บรักษาจะอยู่ในรูป L-Dehydroascorbic acid เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ L- ascorbic acid โดยปัจจุบันมีการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในอาหารหลากหลายวิธี เช่น Spectrometry, Electrophoresis, Titration, HPLC เป็นต้น ในส่วนของวิธีมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์อาหารหรือ Official Method of Analysis of AOAC ซึ่งเป็นมาตรฐานที่

นิยมใช้มากที่สุดในโลกและประเทศไทย กำหนดวิธีการวิเคราะห์ 3 วิธี ได้แก่ 1.วิธีไทเทรต (Titration Method) เป็นการสกัดกรดแอสคอร์บิคออกมาแล้วค่อยไปวิเคราะห์หาปริมาณไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอลเกิดการรีดิวซ์ในปฏิกิริยาให้เป็น Dehydroascorbic acid จนเปลี่ยนเป็นสีชมพู 2. วิธีสเปกโตรโฟโตรเมตรี (Spectrometry method) เป็นการสกัดกรดแอสคอร์บิคออกมาแล้วค่อยไปวิเคราะห์นำไปทำปฏิกิริยาออโทฟีนิลลีนไดเอมีนในที่มืดแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง 3.วิธีการแยกวิเคราะห์สารขั้นสูง (High Performance Liquid Chromatography method) อาศัยการแยกสารด้วยคอลัมน์คำนวนค่าวิตามินซีออกมาโดยการคำนวณหาพื้นที่ใต้พีคและระยะเวลาที่พีคออกมาเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน (ฐิติรัตน์ สวัสดิ์ตยวงศ์, 2564)

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการจัดการเรียนการในรายวิชาที่เกี่ยวในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร รวมถึงการบริการวิชาการเพื่อจัดหารายได้ผ่านศูนย์ปฏิบัติการทางการเกษตรเพื่อสุขภาพ (COE) โดยการรับวิเคราะห์ตัวอย่างทางการเกษตรและอาหาร โดยศึกษาปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ โดยเลือกมา 2 เทคนิค คือ 1) การไทเทรต 2) สเปกโตรโฟโตรเมตรี เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่าง 2 เทคนิค เพื่อนำผลการทดลองที่ได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สำหรับการจัดการเรียนในภาระกิจของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลการเปรียบเทียบวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

1.2.2. เพื่อศึกษาปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ศึกษาปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ 2 เทคนิค คือ 1) การไทเทรต 2) สเปกโตรโฟโตรเมตรี

1.3.2 ตัวอย่างน้ำผักและผลไม้ 30 ชนิด (ระหว่าง สิงหาคม - กันยายน 2561) ได้แก่ 1) สตรอเบอรี่ 2) มะเขือเทศ 1 3) มะเขือเทศ 2 4) ส้มเขียวหวาน 1 5) ส้มเขียวหวาน 2 6) สับปะรด 7) มะม่วงน้ำดอกไม้ 1 8) กล้วยหอม 9) เคพกูสเบอรรี่ไทย 10) เสาวรส 1 11) ผักกาดหอม 12) ผักโขมไทย 13) ชะอม 14) ต้นอ่อนทานตะวัน 15) คะน้า 16) กวางตุ้ง 17) มังคุด 18) เสาวรส 2 19) เขียวหวาน 3 20) มะม่วงน้ำดอกไม้ 2 21) แตงล้าน 22) ส้มเช้ง 23) ฝรั่ง 24) แก้วมังกร 25) มะม่วงหาวมะนาวโห่ 26) ข้าวโพดหวาน 27) ลองกอง 28) สละ 29) มะกรูด และ 30) มะนาวแป้น

3. สถานที่การทำวิจัย : ห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์รังสิต

4. ระยะเวลาทำการวิจัย : ตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2561 – 31 สิงหาคม 2562

1.4 สมมติฐานการวิจัย

ผลการวิเคราะห์วิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ จะมีปริมาณแตกต่างกันจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน

1.5 กรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

1.5.1 ปริมาณวิตามินซีที่ได้จากการวิเคราะห์ในน้ำผักและผลไม้ 30 ชนิด ได้แก่ 1) สตรอเบอรี่ 2) มะเขือเทศ1 3) มะเขือเทศ2 4) ส้มเขียวหวาน1 5) ส้มเขียวหวาน2 6) สับปะรด 7) มะม่วงน้ำดอกไม้1 8) กล้วยหอม 9) เคพกูสเบอรรี่ไทย 10) เสาวรส1 11) ผักกาดหอม 12) ผักโขมไทย 13) ชะอม 14) ต้นอ่อนทานตะวัน 15) คะน้า 16) กวางตุ้ง 17) มังคุด 18) เสาวรส2 19) ส้มเขียวหวาน3 20) มะม่วงน้ำดอกไม้ 2 21) แตงล้าน 22) ส้มเช้ง 23) ฝรั่ง 24) แก้วมังกร 25) มะม่วงหาวมะนาวโห่ 26) ข้าวโพดหวาน 27) ลองกอง 28) สละ 29) มะกรูด และ 30) มะนาวแป้น

1.5.2 เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์วิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ ได้แก่ เทคนิคการไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

1.5.3 เปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีทางสถิติระหว่าง 2 เทคนิคด้วยวิธี t test

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ทราบผลการเปรียบเทียบวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

1.6.2 ได้ทราบปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

1.6.3 สามารถนำเทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้ง 2 เทคนิคมาทดแทนกันได้ เมื่อเกิดปัญหาขัดข้อง โดยที่ผลการวิเคราะห์และประสิทธิภาพของเทคนิคไม่แตกต่างกัน

1.6.4 เป็นการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ให้กับนักวิจัยซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในรายวิชาที่จัดการเรียนการสอน

1.6.5 สามารถถ่ายทอดผลการวิเคราะห์วิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ทั้ง 2 เทคนิคให้กับนักศึกษาในชั่วโมงเรียน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนต่อไป

1.6.6 สามารถนำทักษะการวิเคราะห์ที่ได้มาใช้ในการบริการจัดหารายได้ ในการรับวิเคราะห์ตัวอย่างเกษตรและอาหารให้แก่คณะเทคโนโลยีการเกษตร

1.7 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1.7.1 วิตามินซี หมายถึง สารอาหารกลุ่มวิตามิน หรือเรียกอีกอย่างว่า กรดแอสคอร์บิกเป็นวิตามินชนิดละลายน้ำได้ หากแต่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้เอง ต้องอาศัยจากการรับประทานอาหาร โดยเฉพาะกลุ่มผักและผลไม้มีปริมาณสูง และรับได้จากอาหารเสริมในรูปแบบเมล็ด เป็นประโยชน์ต่อร่างกายทั้งในการคงสภาพของเซลล์ ฟื้นฟู และเสริมภูมิต้านทานให้กับร่างกายอีกด้วย

1.7.2 เทคนิคการไทเทรต หมายถึง วิธีวิเคราะห์หาปริมาณ จากการใช้สารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนให้ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างโดยใช้หลักการทำปฏิกิริยาที่พอดีระหว่างกรดและเบสอาศัยจุดที่เปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ จะเรียกว่าจุดยุติ เป็นจุดที่จะหยุดการไทเทรต ทำการบันทึกผลและคำนวณจากสูตรเพื่อทราบปริมาณ

1.7.3 เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี หมายถึง เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสาร สามารถวัดได้ทั้งในรูปแบบปริมาณและคุณภาพ โดยอาศัยสมบัติการดูดกลืนแสงแต่ละชนิดที่แตกต่างกันเทียบกับสารมาตรฐานที่ทราบค่าแน่นอน นิยมใช้งานอย่างมากทางเคมี มีข้อดี สามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว แม่นยำ และวิเคราะห์สารได้ถึงระดับไมโครกรัม

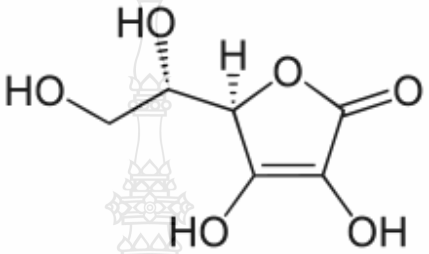
1.7.4 น้ำผักและผลไม้ หมายถึง 30 ชนิด ดังต่อไปนี้ 1) สตรอเบอรี่ 2) มะเขือเทศ1 3) มะเขือเทศ2 4) ส้มเขียวหวาน1 5) ส้มเขียวหวาน2 6) สับปะรด 7) มะม่วงน้ำดอกไม้1 8) กล้วยหอม 9) เคพกูสเบอรรี่ไทย 10) เสาวรส1 11) ผักกาดหอม 12) ผักโขมไทย 13) ชะอม 14) ต้นอ่อนทานตะวัน 15) คะน้า 16) กวางตุ้ง 17) มังคุด 18) เสาวรสสีม่วง 19) ส้มเขียวหวาน3 20) มะม่วงน้ำดอกไม้2 21) แตงล้าน 22) ส้มเช้ง 23) ฝรั่ง 24) แก้วมังกร 25) มะม่วงหาวมะนาวโห่ 26) ข้าวโพดหวาน 27) ลองกอง 28) สละ 29) มะกรูด และ 30) มะนาวแป้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะได้กล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวกับวิตามินซี มีประโยชน์ของวิตามินซี แหล่งของวิตามินซีที่พบในอาหาร เทคนิคการไทเทรต เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อในอดีตที่ผ่านมาดังต่อไปนี้

2.1 วิตามินซี



ภาพที่ 1 โครงสร้างโมเลกุล วิตามิน ซีหรือ กรดแอสคอร์บิก

ที่มา : (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2561)

สูตร: $C_6H_8O_6$

ปริมาตรเชิงโมล: 176.12 ก./โมล

รหัส IUPAC: 1,2-Dihydroxyethyl-3,4-dihydroxyfuran

ความหนาแน่น: 1.65 ก./ลบ.ซม.

จุดเดือด: 553°C

จุดหลอมเหลว: 190°C

ศิรินภา เชี่ยงหลิว (2563) กล่าวว่าวิตามินซี หรือ กรดแอสคอร์บิก หรือ กรดแอล-แอสคอร์บิก (L-ascorbic acid) หรือ แอสคอร์เบต เป็นวิตามินที่พบในอาหารและอาหารเสริมต่าง ๆ ใช้ป้องกันและรักษาโรคลักปิดลักเปิดเป็นสารอาหารจำเป็นที่ใช้ซ่อมแซมเนื้อเยื่อและผลิตสารสื่อประสาทบางอย่างโดยอาศัยเอนไซม์ จำเป็นใน

การทำงานขอเอนไซม์หลายอย่างและสำคัญต่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันและยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยเป็นสารอาหารจำเป็นสำหรับมนุษย์และสัตว์อื่นบางชนิด เป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้ แอสคอร์เบตจำเป็นในกระบวนการเมแทบอลิซึมของสัตว์และพืชทุกชนิด สิ่งมีชีวิตแทบทุกชนิดสามารถสังเคราะห์ได้ ที่สังเคราะห์ไม่ได้ต้องได้จากอาหาร วิตามินซีเป็นสารอาหารจำเป็นสำหรับสัตว์บางอย่าง รวมทั้งมนุษย์ คำว่า วิตามินซี รวมเอาสารประกอบทางเคมีที่ทั่วไปมีโครงสร้างคล้ายกันหลายชนิดที่เรียกว่า Vitamer มีฤทธิ์วิตามินซีในร่างกายสัตว์ ซึ่งรวมกรดแอสคอร์บิกและเกลือของมัน เกลือแอสคอร์เบต ดังเช่น โซเดียมแอสคอร์เบต (Sodium Ascorbate) และแคลเซียมแอสคอร์เบต (Calcium Ascorbate) มักใช้ในอาหารเสริม ซึ่งสลายเป็นแอสคอร์เบตเมื่อย่อย ทั้งแอสคอร์เบตและกรดแอสคอร์บิกมีอยู่ตามธรรมชาติในร่างกาย เพราะทั้งสองแปลงรูปเป็นกันและกันได้แล้วแต่ความเป็นกรด (pH) ส่วนรูปแบบโมเลกุลที่ออกซิไดซ์ เช่น กรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก (DHA) สามารถเปลี่ยนกลับเป็นกรดแอสคอร์บิกด้วยตัวรีดิวซ์ (Reducing agent) วิตามินซีเป็นโคแฟกเตอร์ในปฏิกิริยาอาศัยเอนไซม์ในสัตว์และมนุษย์ ซึ่งอำนวยกิจทางชีววิทยาที่จำเป็นหลายอย่างรวมทั้งการสมานแผล การป้องกันเลือดออกจากหลอดเลือดฝอย และการสังเคราะห์คอลลาเจน ในมนุษย์ การขาดวิตามินซีทำให้การสังเคราะห์คอลลาเจนบกพร่อง ซึ่งทำให้อาการโรคลักปิดลักเปิดหนักขึ้น บทบาททางเคมีชีวภาพของวิตามินซีอีกอย่างก็คือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (คือเป็นตัวรีดิวซ์) โดยจ่ายอิเล็กตรอนแก่ปฏิกิริยาเคมีทั้งที่อาศัยเอนไซม์และไม่อาศัยเอนไซม์หลายอย่าง แล้วเปลี่ยนสภาพเป็นแบบออกซิไดซ์ โดยอาจเป็นกรดเซมิดีไฮโดรแอสคอร์บิก (Semidehydroascorbic acid) หรือกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก ซึ่งสามารถรีดิวซ์ให้กลับคืนสภาพเดิมด้วยกลไกอาศัยเอนไซม์โดยใช้กลูตาไธโอนและ NADPH เป็นเมแทบอไลต์

2.1.1 แหล่งของวิตามินซีในอาหาร

ศิรินภา เชี่ยงหลิว (2563) กล่าวว่าวิตามินซีพบมากในผัก และผลไม้สดต่าง ๆ ผักที่พบมาก ได้แก่ ดอกกะหล่ำ กะปล่ำปม ขึ้นฉ่าย ต้นหอม ถั่วลันเตา ใบเผือก ใบมันสำปะหลัง ใบมะระจีน ผักกาดขาว ผักกาดเขียวปลี ผักโขม ผักคะน้า ผักชี ผักบุ้ง มะรุม ยอดมะม่วง และยอดมะละกอ เป็นต้น ผลไม้ที่มีวิตามินซีมาก ได้แก่ เชอรี ส้มต่างๆ มะนาว ฝรั่ง มะขามป้อม มะขามเทศ มะละกอ ส้มโอ และสตรอเบอรี เป็นต้น ในน้ำนมและเนื้อสัตว์ต่างๆ มีวิตามินซีน้อยมาก ในน้ำนมคนที่แม่ได้รับอาหารสมบูรณ์มีวิตามินซีมากกว่าน้ำนมวัว 4-6 เท่า

ตารางที่ 1 ปริมาณวิตามินซีในผักและผลไม้สดชนิดต่าง ๆ

ผลไม้สด	ปริมาณ (mg/100g)	ผักสด	ปริมาณ (mg/100g)
เชอรี่	15-30	หน่อไม้ฝรั่ง	15-30
กล้วย	8-16	บรอกโคลี	80-90
แอปเปิล	3-30	ถั่วต่างๆ	10-15
องุ่น	2-5	กะหล่ำปลี	30-70
กีวี	80-90	แครอท	5-10
มะมาวฝรั่ง	40-50	แตงกวา	6-10
แตงไท	9-60	ดอกกะหล่ำ	50-70
มะม่วง	10-15	มะเขือ	15-20
ส้ม	30-50	คะน้า	70-100
สับปะรด	15-25	มันฝรั่ง	4-30
สตรอเบอรี่	40-70	ฟักทอง	15
มะเขือเทศ	10-20	ปวยเล้ง	35-40
อะโวกาโด	10	ผักสลัด	10-30
มะละกอ	30-40	พาร์สเลย์	200-300
เคอร์แรนต์	50-20	พริกหวาน	150-200

ที่มา : (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2561)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Fatin N. Rabiatul N. and Azrina A. (2017) กล่าวว่าศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีในผลไม้ตระกูล โดยเทคนิคการไทเทรต (Titration method) และเทคนิคการแยกวิเคราะห์สารขั้นสูง (High performance liquid chromatography method) วิตามินซีมีความสำคัญสำหรับคนและสัตว์ โดยกลุ่มตัวอย่างใช้วิจัยคือผลไม้ตระกูลส้ม 6 ชนิด ได้แก่ ส้ม เกรปฟรุต เลมอน มะนาว มะกรูด และส้มจี๊ด ทำการเลือกวิธีการวิเคราะห์ 2 วิธี คือวิธีไทเทรตและวิธีการแยกวิเคราะห์สารขั้นสูงจากวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์ AOAC ผลการทดลองพบว่าวิธีไทเทรตพบว่าส้มมีปริมาณวิตามินซีสูงสุด (58.30 mg / 100 g) ตามด้วยเกรปฟรุต (49.15 mg / 100 g) เลมอน (43.96 mg / 100 g) มะกรูด (37.24 mg / 100 g) มะนาว (27.78 mg / 100 g) และส้มจี๊ด (18.62 mg / 100 g) ส่วนอีกวิธี HPLC พบว่าส้มมีปริมาณวิตามินซีสูงสุด (43.61 mg / 100 g) ตามด้วยเลมอน (31.33 mg / 100 g) เกรปฟรุต (26.40 mg / 100 g) มะนาว (22.36 mg / 100 g) มะกรูด (21.58 mg / 100 g) และส้มจี๊ดพบ (16.78 mg / 100 g)จากการทดลองพบว่าส้มเป็นแหล่งวิตามินซีสูงสุดในขณะที่มะกรูดและส้มจี๊ดน้อยสุดเทคนิคการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเทคนิค HPLC ก็มีความถูกต้อง ความเฉพาะเจาะจงในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ความแม่นยำมากกว่า

Kapur A. et. al (2013) กล่าวว่าศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีทั้งหมดโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี ในผลไม้และผักทำการวิเคราะห์ตัวอย่างผักและผลไม้จำนวน 20 ชนิด ทำการวิเคราห์โดยการออกซิเดชั่นกรดแอสคอร์บิคโดยน้ำโบรมีนจากนั้นก็เกิดปฏิกิริยาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนด้วย 2,4 ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีน เป็นสารสีแดงแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 521 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณวิตามินซีด้วยกราฟมาตรฐาน จากผลการทดลองพบว่าผลไม้สดค่าอยู่ในช่วง 9 - 49 mg / 100 g และผักสดในช่วง 3 - 90 mg / 100 g โดยปัจจัยที่เป็นสิ่งรบกวนการทดลองคือการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลกลูโคสฟรักโทสและซูโครสค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพันธ์ เท่ากับ 2.4 %

นันทวัน เอื้อวงศ์กูล ชนาพร รัตนมาลี และศักดา ดาดวง (2560) กล่าวว่าศึกษาการวิเคราะห์วิตามินซีในผักพื้นบ้านและผลไม้พื้นบ้านด้วยวิธีการไทเทรตกับสารไอโอดีนวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี One Way ANOVA จากการเก็บตัวอย่างผักพื้นบ้านจำนวน 77 ชนิด และผลไม้พื้นบ้านจำนวน 27 ชนิด ที่จังหวัดนครพนมระหว่างเดือนเมษายน 2014 – 2015 จากผลการทดลองพบว่าผักพื้นบ้านที่มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุดได้แก่ หวายปริมาณวิตามินซี 20.86 ± 1.70 mg / 100 g รองลงมาคือสะเดาและน้ำเต้า 20.81 ± 2.73 และ 20.18 ± 3.36 mg / 100 g ตามลำดับ ส่วนปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดได้แก่ ผักขี้หูด 3.18 ± 0.57 mg / 100 g สำหรับผลไม้พื้นบ้านที่มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุดได้แก่ มะกอกน้ำ ปริมาณวิตามินซี 29.58 ± 5.11 mg / 100 g รองลงมาคือกล้วยน้ำว้าดิบ และสมอ 23.12 ± 0.59 และ 21.44 ± 3.30 mg / 100 g ส่วนปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดได้แก่หม่อน 5.91 ± 0.69 mg / 100 g

Aroslav B. Tetiana R. and Juraj T. (2018) กล่าวว่าได้ทำการศึกษาการวัดด้วยเทคนิกสเปกโตรโฟโตรเมตรีของปริมาณวิตามินซีในอาหารโดยใช้วิธีการสกัดแบบ Vortex-Assisted Liquid-Liquid Microextraction พบว่าเป็นวิธีการใหม่ในการสกัด ทดลองได้ง่าย มีความละเอียดสูง สำหรับการการวัดด้วยเทคนิกสเปกโตรโฟโตรเมตรี อาศัยหลักการในการพัฒนาวิธีขึ้นจากปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างไอออนกรดแอสคอร์บิก และ และไตรไอโอไดด์ ภายหลังการเกิดปฏิกิริยานี้สาทมารถทำการตรวจวัดโดยเทคนิกสเปกโตรโฟโตรเมตรีที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าวิธีการสกัดแบบ Vortex-Assisted Liquid-Liquid Microextraction สามารถตรวจวัดปริมาณวิตามินซีในตัวอย่างอาหารโดยเทคนิกสเปกโตรโฟโตรเมตรีได้อย่างถูกต้อง

Da Silva T.L. et. al (2017) กล่าวว่าได้ศึกษาวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีเปรียบเทียบกันระหว่างเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี จากปัญหาที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาโดยพบว่าปกติวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีมักจะถูกใช้หลักการทางเคมี 2 อย่าง คือการไทเทรตและโครมาโตรกราฟี โดยการศึกษาที่ผ่านมามักพบว่า 2 หลักการนี้มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ซึ่งมักจะเกิดมาจากสีของตัวอย่างที่มีการรบกวนการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคการไทเทรต และเทคนิคโครมาโตรกราฟฟีที่มีการใช้จ่ายที่สูง การศึกษาในครั้งนี้จึงเปรียบเทียบกันระหว่างเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี โดยเทคนิคการไทเทรตลดการเกิด Cupric Ions ใน Cuproine Complex และลดปริมาณสาร 2,6- Dicholorophenolindophenol จากผลการทดลองพบว่า ความเป็นเชิงเส้นตรง ความถูกต้อง ความแม่นยำ ค่าขีดจำกัดในการตรวจวัด (LOD) และค่าขีดจำกัดในการหาปริมาณ (LOQ) ของวิตามินซีในตัวอย่างน้ำส้มและน้ำสับปะรดในอุตสาหกรรมอาหารมีความถูกต้องแม่นยำเป็นไปตามมาตรฐาน ในขณะที่เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรีมีความรวดเร็วมากกว่า

Samah F. et. al (2022) กล่าวว่าได้ทำการศึกษาวิธี Switch-On Spectrofluorometric ที่มีความไวสูงสำหรับการตรวจวัดปริมาณวิตามินซีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยภายหลังการเกิดสถานการณ์โควิดในปี 2019 ขึ้นปริมาณวิตามินซีถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายและปริมาณสูงขึ้น เนื่องมีบทบาทสำคัญในการช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันและกระตุ้นการทำลายเซลล์ของไวรัสโคโรน่า ในปัจจุบันวิธี Spectrofluorometric ที่ใช้ในการหาปริมาณวิตามินซีต้องใช้โพรบฟลูออเรสเซนต์ และเกิดข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้า ผลวิเคราะห์ช้า ระยะเวลาในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานนานและอุณหภูมิ เป็นต้น จากปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์สูง ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาวิธี Switch-On Spectrofluorometric โดยเปิดการเรืองแสงของซาลิไซเลตเมื่อมีธาตุเหล็ก (III) เนื่องจากการลดลงของแคตไอออนเป็นธาตุเหล็ก (II) การเติมกรดแอสคอร์บิกส่งผลให้ความเข้มของ

ฟลูออเรสเซนซ์ของธาตุเหล็ก (III)-ซาลิซิเลตเชิงซ้อนเพิ่มขึ้นที่สอดคล้องกันที่ความยาวคลื่นที่ปล่อยออกมา = 411 นาโนเมตร โดยจากผลการทดลองพบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีวิธีโครมาโตกราฟีของเหลวไม่แตกต่างกัน วิธีการง่าย รวดเร็ว และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถนำไปประยุกต์ใช้การตรวจวัดปริมาณวิตามินซีในกลุ่มยา อาหาร และชีวภาพได้

2.3 เครื่องมือทดสอบ

2.3.1วัตถุดิบ

1) สตรอเบอรี่ไทย

2) มะเขือเทศ1

3) มะเขือเทศ2

4) ส้มเขียวหวาน1

5) ส้มเขียวหวาน2

6) สับปะรด

7) มะม่วงน้ำดอกไม้1

8) กล้วยหอม

9) เคพกูสเบอรรี่ไทย

เคพกูสเบอรรี่ไทย จาก http://sk.nfe.go.th/singha06/?name=knowledge&file=Readknowledge&id=31.

10) เสาวรส1

11) ผักกาดหอม

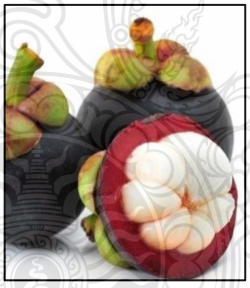
12) ผักโขมไทย

13) ชะอม

14) ต้นอ่อนทานตะวัน

15) คะน้า

16) กวางตุ้ง



17) มังคุด

18) เสาวรสสีม่วง

เสาวรส1จาก https://www.istockphoto.com/th/รูปถ่าย/เสาวรสสีเขียว-maracuya-2-gm954519486-260607636.

มังคุด จาก https://puechkaset.com/น้ำมังคุด.

19) ส้มเขียวหวาน3

20) มะม่วงน้ำดอกไม้สุก2

21. แตงล้าน

22) ส้มเช้ง

23) ฝรั่ง

24) แก้วมังกร

25. มะม่วงหาวมะนาวโห่

26. ข้าวโพด

27. ลองกอง

ส้มเช้ง จาก https://www.simummuangmarket.com/product/337

มะม่วงหาวมะนาวโห่ จาก https://www.pobpad.com/มะม่วงหาวมะนาวโห่-มีสรรพคุณ

ลองกอง จาก https://medthai.com/ลองกอง สรรพคุณและประโยชน์

28) สละ

29) มะกรูด

30) มะนาวแป้น

2.3.2 เทคนิคไทเทรต

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ (2566) กล่าวว่าการไทเทรตเป็นการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายที่ยังไม่ทราบความเข้มข้นจากสารละลายที่ทราบความเข้มข้นแล้วหรือที่เรียกกันว่าสารละลายมาตรฐาน อุปกรณ์ที่ใช้ในการไทเทรตก็คือบิวเรตต์ตามปกติจะบรรจุสารละลายที่ต้องการหาความเข้มข้นลงในบิวเรตต์ ส่วนสารละลายมาตรฐานบรรจุอยู่ในฟลาส ต่อไปนี้จะขอกล่าวถึงเทคนิคการไทเทรตเป็นข้อดังนี้

1) ล้างบิวเรตต์ให้สะอาดแล้วตั้งบิวเรตต์

2) เติมสารละลายที่ต้องการจะหาความเข้มข้นลงในบิวเรตต์ (ใช้กรวยกรอง) ให้มีปริมาตรเหนือขีดศูนย์เล็กน้อย

3) ปล่อยสารละลายออกทางปลายบิวเรตต์อย่างช้า ๆ ลงในบีกเกอร์เพื่อไล่ฟองอากาศที่ อยู่ทางปลายบิวเรตต์ออกไปให้หมด แล้วปรับระดับสารละลายในบิวเรตต์ให้อยู่ตรงขีดศูนย์พอดี

4) ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานตามปริมาตรที่ต้องการใส่ลงในฟลาส แล้วหยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยดเพื่อใช้เป็นตัวบอกจุดยุติ

5) หยดสารละลายในบิวเรตต์ลงในฟลาสอย่างช้า ๆ พร้อมทั้งแกว่งฟลาสด้วยมือขวาให้วนไปในทิศทางเดียวกัน จนกระทั่งถึงจุดยุติ

รายละเอียด

1.1) การจับบิวเรตต์เพื่อปล่อยสารละลายออกจากบิวเรตต์ ควรจัดให้ถูกวิธีคือจับบิวเรตต์ด้วยมือซ้าย จับฟลาสด้วยมือขวาขณะไทเทรตปลายบิวเรตต์จะต้องจุ่มอยู่ในปากฟลาส

1.2) ขณะไทเทรตควรใช้กระดาษสีขาววางไว้ใต้ฟลาส เพื่อให้สังเกตการเปลี่ยนแปลง สีได้อย่างชัดเจน

1.3) ในระหว่างการไทเทรตควรมีการล้างผนังด้านในของฟลาสเพื่อให้เนื้อสารที่ติดอยู่ข้าง ๆ ไหลลงไปทำปฏิกิริยากันอย่างสมบูรณ์

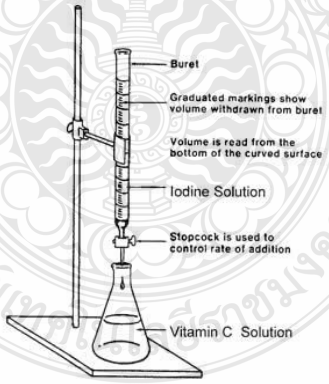
1.4) เมื่อการไทเทรตใกล้ถึงจุดยุติควรหยดสารละลายลงในบิวเรตต์ทีละหยดหรือทีละหนึ่ง หยดเพื่อป้องกันการเติมสารละลายลงไปมากเกินพอ การหยดสารละลายทีละครึ่งหยดทำได้โดยเปิดก๊อกเพียงเล็กน้อย เมื่อสารละลายเริ่มไหลมาอยู่ที่ปลายบิวเรตต์ก็ปิดก๊อกทันที แล้วเลื่อนฟลาสมาแตะที่ปลายบิวเรตต์ใช้น้ำฉีดล้างลงไปในฟลาส

1.5) เมื่ออินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี ควรตั้งสารละลายทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที หากสีไม่เปลี่ยนแปลงแสดงว่าถึงจุดยุติแล้ว

1.6) อ่านปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการไทเทรตโดยดูตรงส่วนโค้งเว้าต่ำสุดว่าตรงกับขีดบอกปริมาตรใด

ข้อแนะนำ

ตามปกติการไทเทรตจะต้องทำซ้ำ 2-3 ครั้ง ดังนั้นเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการทดลองการไทเทรตครั้งแรกอาจไขสารละลายจากบิวเรตต์ลงไปอย่างรวดเร็ว เพื่อหาจุดยุติอย่างคร่าว ๆ หรือหาปริมาตรของสารละลายโดยประมาณก่อน ในการไทเทรตครั้งที่ 2 หรือ 3 ตอนแรกอาจไขสารละลายจากบิวเรตต์เร็วได้แต่พอใกล้จะถึงจุดยุติก็หยดสารละลายลงไปทีละหยดเพื่อให้ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตมีความเที่ยงตรงและไม่มากเกินพอ

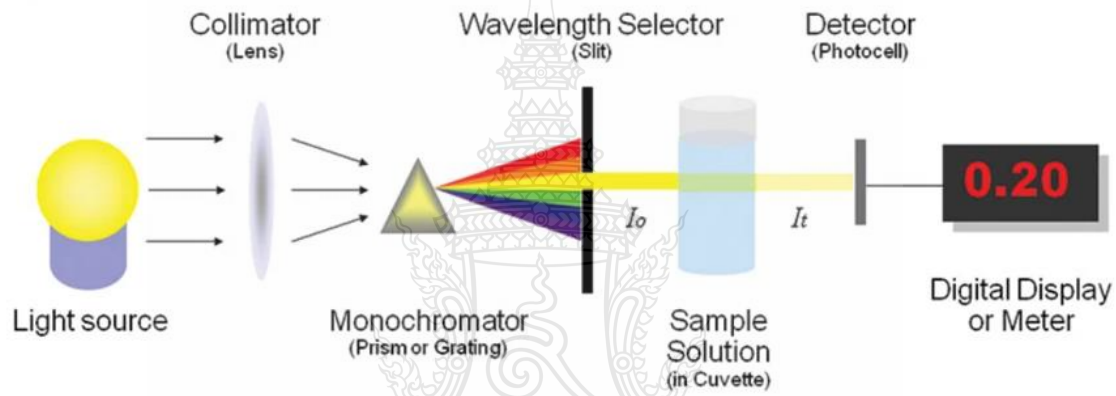


ภาพที่ 2 แสดงอุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรต

ที่มา : (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2566)

2.3.3 เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

ศูนย์นวัตกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2566) กล่าวว่าหลักการทำงาน: UV-VIS Spectrophotometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในวิเคราะห์สารโดยอาศัยหลักการดูดกลืนรังสีของสารที่อยู่ในช่วง Ultra Violet (UV) และ Visible (VIS) ความยาวคลื่นประมาณ 190-1000 nm ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยที่ความยาวคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่อยู่ในตัวอย่าง เมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านหรือสะท้อนมาจากตัวอย่างเทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่ความยาวคลื่นค่าต่างๆตามกฎของ Beer-Lambert ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารจะแปรผันกับจำนวนโมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง ดังนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคนี้ในระบุชนิดและปริมาณของสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่างได้



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

ส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

1) แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงในเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะต้องให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการอย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดเวลา รวมทั้งมีความเข้มแสงที่มากพอด้วย หลอดกำเนิดแสง มีหลายชนิดตามความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมา ซึ่งต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมกับของเหลวที่นำมาวัดค่าดูดกลืนแสง ตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสง ช่วง UV ใช้หลอด H2 and D2 lamp ให้ความยาวคลื่นอยู่ในย่าน 160-380 nm ชนิดของสเปกโทรสโกปี UV Molecular Absorption และช่วง visible ใช้หลอด Tungsten / Halogen ให้ความยาวคลื่นในช่วง 240-2,500 nm ชนิดของสเปกโทรสโกปีเป็นแบบ UV / Visible / Near-IR Molecular Absorption

2) Monochromator

ส่วนประกอบนี้เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสงโดยจะทำให้แสงที่ออกมาจากต้นกำเนิดแสง ซึ่งเป็นพอลิโครเมติก ให้เป็นแสงโมโนโครเมติก ซึ่งเป็นแถบแสงแคบๆ หรือมีความยาวคลื่นเดียว ใช้ฟิลเตอร์(กระจกสี) ปริซึม (Prism) หรือ เกรตติ้ง (Grating)

3) เซลล์ที่ใช้บรรจุสารละลายตัวอย่าง

เซลล์ที่ใส่สารตัวอย่าง (Cell Sample) บางครั้งอาจเรียกว่า คิวเวทท์ (Cuvettes) รูปแบบที่ใช้กันทั่วไปได้แก่เซลล์ที่ทำด้วยแก้วธรรมดา จะใช้ได้เฉพาะช่วงวิสิเบิล เพราะเนื้อแก้วธรรมดาถูกดูดกลืนแสงในช่วงยูวีได้ และเซลล์ที่ทำด้วยซิลิกา และควอร์ตซ์ (Quartz) ใช้ได้ทั้งช่วงยูวีและวิสิเบิล

4) Detector

ทำหน้าที่ในการวัดความเข้มของรังสีที่ถูกดูดกลืนโดยการแปลงพลังงานคลื่นรังสีเป็นพลังงานไฟฟ้าเครื่องตรวจจับสัญญาณที่ดีต้องมีสภาพไวสูง คือแม้ปริมาณแสงจะเปลี่ยนไปเล็กน้อย ก็สามารถตรวจจับสัญญาณความแตกต่างได้ เครื่องวัดแสงที่ยังนิยมกันอยู่ในปัจจุบัน คือ หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photo Multiplier Tube, PMT) และเครื่องวัดแสงชนิดซิลิกอนไดโอด (Silicon Diode Detector)

ลักษณะของผลที่ได้: ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูด กลืนแสง (Absorbance) และค่าความยาวคลื่น (Wavelength) ซึ่งเรียกว่า Spectrum

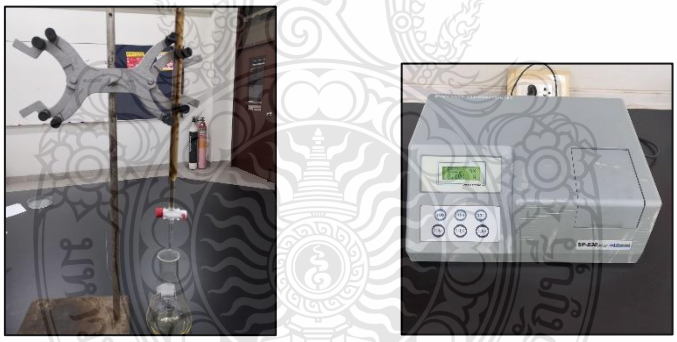
บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนวิธีดำเนินการทดลองทั้งหมด โดยเริ่มต้นจากกระบวนการวางแผนการวิเคราะห์ และกระบวนการดำเนินการวิเคราะห์ ได้แก่ การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมที่สุด การนำตัวอย่างเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ การคำนวณผลการวิเคราะห์ และการวิเคราะห์ผลโดยการใช้สถิติดังต่อไปนี้

3.1 การวางแผนการวิเคราะห์

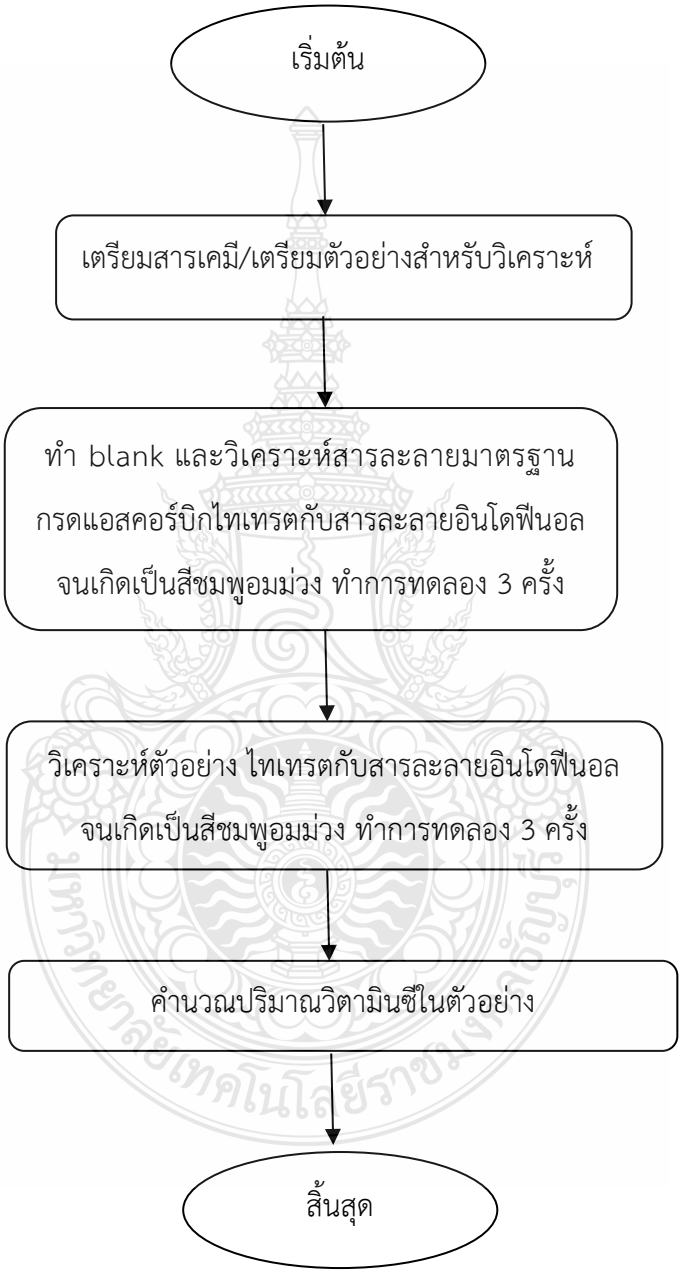
ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 2 เทคนิค คือวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคการโดยไทเทรต เทคนิค 1 กับสารละลายอินโดฟีนอล ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยและคำนวณผลปริมาณวิตามินซีในตัวอย่าง เทคนิค 2 วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคการไทเทรตโดยสเปกโตรโฟโตรเมตรี โดยทำการสร้างกราฟมาตรฐานจากสารละลายกรดแอสคอร์บิก ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 521 นาโนเมตร จากเครื่องมือสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย ตามลำดับ



ก. Titration equipment ข. Spectrophotometer

ภาพที่ 4 แสดงเครื่องมือการวิเคราะห์ทั้งหมด 2 เทคนิค

Flowchart การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคการไทเทรต



ภาพที่ 5 แสดง Flowchart การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีเทคนิคการไทเทรต

Flowchart การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีเทคนิคโดยสเปกโตรโฟโตรเมตรี

ภาพที่ 6 แสดง Flowchart การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 ผักและผลไม้ 30 ชนิด จากตลาดสี่มุมเมือง (ระหว่าง สิงหาคม -กันยายน 2561)

3.2.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

1. กระดาษกรอง เบอร์ 4 (Whatman Filter Paper No 4)
2. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ml (Erlenmeyer Flask)
3. บิวเรตต์ ขนาด 100 ml (Burette)
4. ชุดไทเทรต (Titration Set)
5. ปิเปตแบบใช้ตวง (Measuring Pipette)
6. ลูกยางสามทาง (Pipette Bulb)
7. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric Flask)
8. บีกเกอร์ (Beaker)
9. กรวยแก้ว (Glass Funnel)
10. แท่งแก้วคนสาร (Stirring Rod)
11. หลอดทดลอง (Test Tube)
12. ตระแกรงใส่หลอดทดลอง (Test Tube Rack)
13. คิวเวท (Cuvette Glass)
14. โกร่งบดสาร (Pastel and Mortar)
15. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)
16. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง (Electronic Balance)

3.2.3. สารเคมี

1. กรดเมต้าฟอสฟอริกอะซิติก (Metaphosphoric Acetic)
2. กรดแกลเซียลอะซิติก (Glacial Acetic acid)
3. กรดแอสคอร์บิค (Ascorbic acid)

4. 2,6 ไดคลอโรอินโดฟีนอลโซเดียมซอลต์ (2, 6-Dichlorophenolindophenol Sodium Salt)

5. โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Sodium Hydrogen Carbonate)

6. 2,4 ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีนเรีย (2,4-Dinitrophenylhydrazine)

7. ไทโอยูเรีย (Thiourea)

8. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid 98%)

9. 3% น้ำโบรมีน (Bromine water)

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 เทคนิคการไทเทรต กล่าวว่า กมลวรรณ แจ้งชัด (2553)

1) การเตรียมสารเคมี

1.1) สารละลายกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซิติก

ละลายกรดเมต้าฟอสฟอริก 15 กรัมในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตรและกรดแกลเซียลอะซิติก 40 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร (เก็บใส่ขวดสีชาและตู้เย็นได้ 7-10 วัน)

1.2) สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิค 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

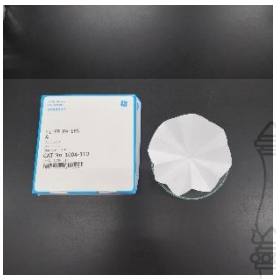
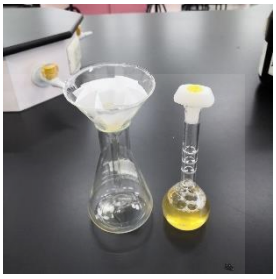
ชั่งน้ำหนักกรดแอสคอร์บิค มาตรฐาน 50 มิลลิกรัม ละลายทันทีด้วยสารละลายกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซิติก เขย่าให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

1.3) สารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล

ละลาย2,6ไดคลอโรอินโดฟีนอลโซเดียมซอลต์ 50 มิลลิกรัมในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จากนั้นเติมโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 42 มิลลิกรัมเขย่าให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร กรองสารละลายเก็บในขวดสีชา ปิดฝาและเก็บให้พ้นแสงในตู้เย็น

2) การเตรียมตัวอย่างน้ำผักและน้ำผลไม้

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 -10 กรัม บดให้ละเอียด จากนั้นเติมกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซิติก 50 มิลลิลิตรเขย่าให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4

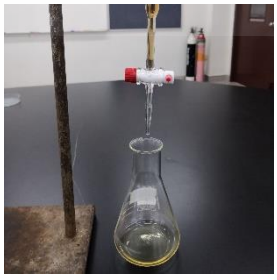
ภาพที่ 7 แสดงขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างน้ำผักและน้ำผลไม้สำหรับเทคนิคไทเทรต

3) วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.1) สำหรับ blank ปิเปตสารละลายกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซิติก 7 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล จนเกิดเป็นสารละลายสีชมพู ไทเทรต 3 ซ้ำวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.2) ปิเปตสารละลายกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซิติก 5 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน 2 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลจนเกิดเป็นสารละลายสีชมพู ไทเทรต 3 ซ้ำ บันทึกปริมาณสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

3.3) ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรจากนั้นเติมกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซิติก 7 มิลลิลิตรไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลจนเกิดเป็นสารละลายสีชมพู ไทเทรต 3 ซ้ำ บันทึกปริมาณสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)



ภาพที่ 8 แสดงขั้นตอนการวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิคไทเทรต

4) การคำนวณผลการทดลอง

โดยค่ามิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิค ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล 1 มิลลิลิตร Factor (F) ในการทดลองนี้ ชั่งกรดแอสคอร์บิคมีน้ำหนักแน่นอนเท่ากับ 50.0000 มิลลิกรัม ปริมาณสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลที่ใช้เฉลี่ยไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิคเท่ากับ 15.00 มิลลิลิตร และปริมาณสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลที่ใช้เฉลี่ยไทเทรตกับ blank เท่ากับ 0.10 มิลลิลิตร

แทนค่า Factor (F) = ((50.00/50) x 20 / (15.00 - 0.10)

= 0.1429 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

3.2.1.5.2 ปริมาณวิตามินซีในตัวอย่าง

ปริมาณวิตามินซีในตัวอย่าง (mg/100ml) = (X – B) x (F / E) x (V / Y)

กำหนด X = ปริมาณสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรตกับสารละลายตัวอย่างเฉลี่ย (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรตกับ blank (มิลลิลิตร)

F =มิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิค ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล 1 มิลลิลิตร

E = ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

V = ปริมาณของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่วิเคราะห์ (มิลลิลิตร)

Y=ปริมาณของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

5) การบันทึกผลการทดลอง

5.1) ค่าปริมาณสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

5.2). คำนวณปริมาณวิตามินซีในตัวอย่าง (mg/100ml)

3.3.2 เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี Kapur A. et. al (2013) กล่าวว่า

1) การเตรียมสารเคมี

1.1) สารละลาย 2,4 ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีน

ชั่งน้ำหนัก 2,4 ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีนเรีย 2 กรัมละลายแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วย 5 โมลลาร์สารละลายกรดซัลฟิวริก

1.2) สารละลายไทโอยูเรีย

ชั่งน้ำหนักไทโอยูเรีย 4 กรัมละลายแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วย 5 โมลลาร์ สารละลายกรดซัลฟิวริก

1.3) สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิค 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ชั่งน้ำหนักกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน 500 มิลลิกรัม ละลายทันทีด้วยสารละลายกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซิติกเขย่าให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

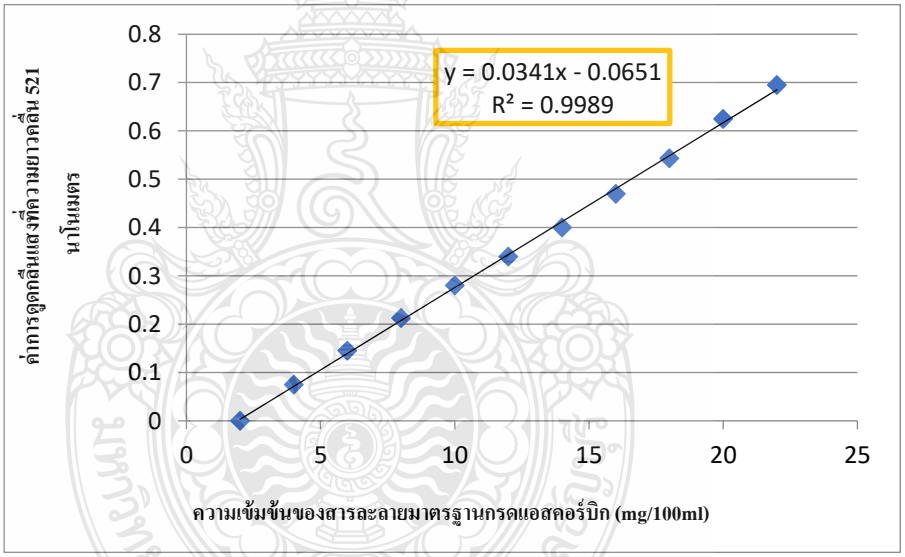
2) การเตรียมตัวอย่างน้ำผักและน้ำผลไม้

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 กรัม บดให้ละเอียด จากนั้นเติมกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซิติก ให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยงเครื่องหมุนเหวี่ยง โดยใช้ความเร็วรอบ 400 rpm เวลา 15 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4

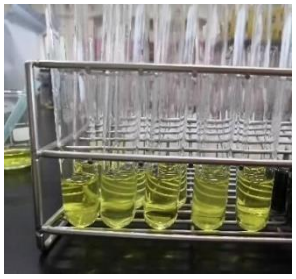
ภาพที่ 9 แสดงเครื่องหมุนเหวี่ยงในการเตรียมตัวอย่างสำหรับเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

3) การเตรียมกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิค 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิคมาตรฐาน 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยเตรียมที่ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8, 10, 12 14 16 18 20 22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิค 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามด้วย 0.23 มิลลิลิตร 3 % น้ำโบรมีน จากนั้นเติม 3 % น้ำ เติม 0.1 มิลลิลิตร สารละลายไทโอยูเรีย จากนั้นเติม 1 มิลลิลิตร สารละลาย2,4 ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศา เป็นเวลา 3 ชั่วโมงทำให้เย็นในอ่างน้ำแข็ง 30นาทีพร้อมเติม 5 มิลลิลิตร กรดซัลฟูริกเข้มข้น98เปอร์เซ็นต์ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 521 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณวิตามินซีในหน่วย100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



ภาพที่ 10 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกสำหรับวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดย เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี



ภาพที่ 11 แสดงขั้นตอนการเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก

4) วิเคราะห์ตัวอย่าง

ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 4 มิลลิลิตร แล้วปิเปต 0.23 มิลลิลิตร 3 % น้ำโบรมีน จากนั้นเติม 3 % น้ำโบรมีน เติม 0.1 มิลลิลิตร สารละลายไทโอยูเรีย จากนั้นเติม 1 มิลลิลิตร สารละลาย2,4 ไดไนโตรฟีนิลไฮดราซีน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศา เป็นเวลา 3 ชั่วโมงทำให้เย็นในอ่างน้ำแข็ง 30นาทีพร้อมเติม 5 มิลลิลิตร กรดซัลฟูริกเข้มข้น98เปอร์เซ็นต์ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 521 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณวิตามินซีในหน่วย100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ภาพที่ 12 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

5) การบันทึกผลการทดลอง

5.1) ค่าการดูดกลืนแสงที่ 521 นาโนเมตร

5.2) คำนวณผลการทดลองจากกราฟมาตฐาน

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

งานวิจัยนี้ทำการทดลอง 3 ครั้ง ข้อมูลแสดงในรูปแบบของค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ข้อมูลถูกเปรียบเทียบ ระหว่างกลุ่ม ใช้สถิติการวิเคราะห์ด้วยวิธี t- test เปรียบเทียบความแตกต่างของ แต่ละกลุ่ม แสดงความแตกต่างอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

3.5 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์รังสิต

3.6 ระยะเวลาทำการวิจัย

ตั้งแต่ 1 กรกฎาคม 2561 – 31 สิงหาคม 2562

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการทดลอง

จากการศึกษาผลการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรีในน้ำผักและผลไม้ พบว่ามีปริมาณวิตามินซี (mg / 100 ml) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรีในน้ำผักและผลไม้

ชนิดที่	Titration (mg/100ml)	Spectrometry (mg/100ml)
(1) สตรอเบอรี่	14.72 ± 0.10 [b]	15.47 ± 0.04 [a]
(2) มะเขือเทศ 1	4.19 ± 0.05[b]	6.39 ± 0.03 [a]
(3) มะเขือเทศ 2	6.35 ± 0.01 [b]	9.59 ± 0.08 [a]
(4) ส้ม 1	3.84 ± 0.03 [b]	7.66 ± 0.04 [a]
(5) ส้ม 2	5.64 ± 0.02 [b]	9.07 ± 0.02 [a]
(6) สับปะรด	7.82 ± 0.05 [b]	10.60 ± 0.04 [a]
(7) มะม่วง	2.15 ± 0.03 [b]	4.96 ± 0.05 [a]
(8) กล้วยหอม	0.63 ±0.02 [b]	3.40± 0.02 [a]

หมายเหตุ

- แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- อักษร a, b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวนอน
- อักษร a แสดงถึง ค่ามาก
- อักษร b แสดงถึง ค่าน้อย

ตารางที่ 2 ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรีในน้ำผักและผลไม้ (ต่อ)

ชนิดที่	Titration (mg/100ml)	Spectrometry (mg/100ml)
(9) เคพกูสเบอรรี่	12.63 ± 0.07 [b]	15.59 ± 0.03 [a]
(10) เสาวรส 1	10.02 ± 0.02 [b]	12.15 ± 0.18 [a]
(11) ผักกาดหอม	0.15 ± 0.03 [b]	2.95 ± 0.05 [a]
(12) ผักโขมไทย	1.19 ± 0.02 [b]	4.15 ±0.13 [a]
(13) ชะอม	3.84 ± 0.03 [b]	6.70 ±0.07 [a]
(14) ทานตะวันอ่อน	1.20 ± 0.06 [b]	5.66 ±0.04 [a]
(15) คะน้า	5.33 ± 0.01 [b]	7.21 ±0.02 [a]
(16) กวางตุ้ง	8.50 ± 0.06 [b]	10.84 ±0.24 [a]
(17) มังคุด	1.83 ± 0.02 [b]	4.91 ±0.03 [a]
(18) เสาวรส 2	11.42 ± 0.01 [b]	13.18 ±0.08 [a]
(19) ส้ม 3	4.83 ± 0.02 [b]	6.42 ±0.02 [a]
(20) มะม่วง	5.64 ± 0.01 [b]	8.98 ±0.01 [a]
(21) แตงล้าน	7.95 ± 0.04 [b]	10.59 ±0.04 [a]

หมายเหตุ

- แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- อักษร a, b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวนอน
- อักษร a แสดงถึง ค่ามาก
- อักษร b แสดงถึง ค่าน้อย

ตารางที่ 2 ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรีในน้ำผักและผลไม้ (ต่อ)

ชนิดที่	Titration (mg/100ml)	Spectrometry (mg/100ml)
(22) ส้มเช้ง	8.19 ± 0.05 [b]	11.51 ±0.04 [a]
(23) ฝรั่ง	6.48 ± 0.02 [b]	9.80 ±0.01 [a]
(24) แก้วมังกร	9.80 ± 0.01 [b]	11.68 ±0.29 [a]
(25) มะนาวโห่	16.44 ± 0.05 [b]	20.62 ±0.35 [a]
(26) ข้าวโพด	1.62 ± 0.09 [b]	4.20 ±0.02 [a]
(27) ลองกอง	1.86 ± 0.13 [b]	5.26 ±0.04 [a]
(28) สละ	2.36 ± 0.04 [b]	7.07 ±0.13 [a]
(29) มะกรูด	17.28 ± 0.05 [b]	20.32 ±0.03 [a]
(30) มะนาว	24.84 ± 0.14 [a]	22.23 ±0.06 [b]

หมายเหตุ

- แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- อักษร a, b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในแนวนอน
- อักษร a แสดงถึง ค่ามาก
- อักษร b แสดงถึง ค่าน้อย

จากตารางที่ 2 อธิบายได้ว่า จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี t-test ที่เป็น Independent ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบตามสมมุติฐานการวิจัย กล่าวว่า ผลการวิเคราะห์วิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ จะมีปริมาณแตกต่างกันจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าปริมาณวิตามินซีทั้ง 2 เทคนิคแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรีมีค่าสูงกว่า เทคนิคไทเทรตในน้ำผักและผลไม้ชนิดที่ 1-29 ขณะที่ (30) มะนาวเทคนิคไทเทรตให้ค่าการวิเคราะห์ที่สูงกว่า เมื่อนำผลการทดลองทั้ง 2 เทคนิคนำไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าส่วนใหญ่ผลการทดลองทั้ง 2 เทคนิคไม่แตกต่างกัน (ตาราง

ภาคผนวกที่ 3) ยกเว้นน้ำผักและผลไม้ 3 ชนิดนี้ ได้แก่ (16) กวางตุ้ง (24) แก้วมังกร (25) มะนาวโห่ ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต สูงที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ (30) มะนาว (24.84 ± 0.14 mg / 100 ml) (29) มะกรูด (17.28 ± 0.14 mg / 100 ml) (25) มะนาวโห่ (16.44 ± 0.05 mg / 100 ml) ตามลำดับ ส่วนน้ำผักและผลไม้ที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุด ได้แก่ (11) ผักกาดหอม (0.15 ± 0.02 mg / 100 ml) ส่วนปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี ค่าสูงที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ (30) มะนาว (22.23 ± 0.06 mg / 100 ml) (25) มะนาวโห่ (20.62 ± 0.35 mg / 100 ml) (29) มะกรูด (20.32± 0.03 mg / 100 ml) ส่วนน้ำผักและผลไม้ที่มีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุด ได้แก่ (11) ผักกาดหอม (2.95 ± 0.05 mg / 100 m) โดยผลการทดลองในครั้งนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์วิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี และเพื่อศึกษาปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี เมื่อพิจารณาจากตามสมมุติฐานการวิจัย ผลการวิเคราะห์วิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ จะมีปริมาณแตกต่างกันจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน พบว่าผลการทดลองทั้ง 2 เทคนิค เป็นไปตามสมมติฐาน หากเปรียบเทียบผลการทดลองแต่ละชนิดพบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรีมีค่าสูงกว่าเทคนิคไทเทรตในน้ำผักและผลไม้ชนิดที่ 1-29 ขณะที่ (30) มะนาวเทคนิคไทเทรตให้ค่าการวิเคราะห์ที่สูงกว่า และเมื่อนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี T-Test ที่เป็น Independent ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่าผลการทดลองทั้ง 2 เทคนิคไม่แตกต่างกัน (ตารางภาคผนวกที่ 3) ยกเว้นน้ำผักและผลไม้ 3 ชนิดนี้ ได้แก่ (16) กวางตุ้ง (24) แก้วมังกร (25) มะนาวโห่ ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษา นันทวัน เอื้อวงศ์กูล ชนาพร รัตนมาลี และศักดา ดาดวง (2560) กล่าวว่าที่ได้ศึกษาปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรตพบว่าปริมาณวิตามินซีที่พบในผักพื้นบ้านในไทยมีความใกล้เคียงกับผลการทดลอง ในขณะที่การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดนเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีพบว่าค่าปริมาณวิตามินซีที่พบในผักผลไม้อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับผลการทดลองที่พบ ปัจจัยอื่นๆที่มีผลในการวิเคราะห์ ได้แก่ การเตรียมตัวอย่าง ความไวในการวิเคราะห์ รวมไปถึงการปลูก วิธีการเก็บเกี่ยวผักผลไม้ การขนส่งการรักษา อย่างไรก็ตามในผักและผลไม้สดที่พบในประเทศไทยที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นวิตามินซีตามธรรมชาติหากเรารับประทานในปริมาณเพียงพอช่วง 75-90 mg/100 gก็จะเป็นประโยชน์ต่อร่างกายที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองจากตารางที่ 2 ในบทที่ 4 อธิบายได้ว่าผลการวิจัยปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ จะมีปริมาณแตกต่างกันจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันโดยสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต สูงที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ (30) มะนาว (24.84 ± 0.14 mg / 100 ml) (29) มะกรูด (17.28 ± 0.14 mg / 100 ml) (25) มะนาวโห่ (16.44 ± 0.05 mg / 100 ml) ตามลำดับ

5.1.2 ปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี ค่าสูงที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ (30) มะนาว (22.23 ± 0.06 mg / 100 ml) (25) มะนาวโห่ (20.62 ± 0.35 mg / 100 ml) (29) มะกรูด (20.32 ± 0.03 mg / 100 ml) ตามลำดับ

5.1.3 หากเปรียบเทียบผลการทดลองแต่ละชนิดพบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้เทคนิคเปกโตรโฟโตรเมตรีมีค่าสูงกว่า เทคนิคไทเทรตในน้ำผักและผลไม้ชนิดที่ 1-29 ขณะที่ (30) มะนาวเทคนิคไทเทรตให้ค่าการวิเคราะห์ที่สูงกว่า

5.1.4 เมื่อนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี t-test ที่เป็น Independent ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่าผลการทดลองทั้ง 2 เทคนิคไม่แตกต่างกัน (ตารางภาคผนวกที่ 3) ยกเว้นน้ำผักและผลไม้ 3 ชนิดนี้ ได้แก่ (16) กวางตุ้ง (24) แก้วมังกร (25) มะนาวโห่ ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีอื่น ๆ เพิ่มเติม ทั้งเทคนิคโครมาโตกราฟฟี และเทคนิคสเปกโตรสโกปี เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับภาระงานที่ได้รับมอบหมาย

5.2.2 ควรศึกษาคุณค่าทางโภชนาการอื่นๆ เพิ่มเติม อย่างเช่น กลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระในผักผลไม้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและการตรวจสอบคุณภาพอาหาร

5.2.3 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริการวิชาการแบบจัดหารายได้ รับตรวจวิเคราะห์อาหาร และพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้กับคณะเทคโนโลยีการเกษตร การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้ง 2 เทคนิค หากเทคนิคใดไม่สามารถทดสอบได้ สามารถใช้อีก เทคนิคทดสอบแทนได้

บรรณานุกรม

กมลวรรณ แจ้งชัด. 2553. **ปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี สำหรับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร.** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

เคพกูสเบอรรี่ไทย (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก http://sk.nfe.go.th/singha06/?name=knowledge&file=readknowledge&id=31. 25 ตุลาคม 2566.

ฐิติรัตน์ สวัสดิ์ตยวงศ์. 2564. **การศึกษาปริมาณของวิตามินซีใน fuctional drink กลุ่มวิตามินซีปริมาณสูง.** สารนิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. **เทคนิคไทเทรต**. (ออนไลน์)เข้าถึงได้จากhttps://web.ku.ac.th.schoolnet/snet5/titrate.html. 25 ตุลาคม 2566.

นันทวัน เอื้อวงศ์กูล ชนาพร รัตนมาลี และศักดา ดาดวง. 2560.**การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้พื้นบ้าน จังหวัดนครพนม**. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. ฉบับที่ 10 : 154-170.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2561. **ความสำคัญและแหล่งของวิตามินซีในอาหาร.**(ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7190/แหล่งของวิตามินซีในอาหาร. 5 มกราคม 2562.

มะม่วงหาวมะนาวโห่ (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก https://www.pobpad.com/มะม่วงหาวมะนาวโห่-มีสรรพคุณ. 25 ตุลาคม 2566.

มังคุด (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก https://puechkaset.com/น้ำมังคุด. 25 ตุลาคม 2566.

ลองกอง (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก จาก https://medthai.com/ลองกอง สรรพคุณและประโยชน์. 25 ตุลาคม 2566.

เสาวรส1 (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก https://www.istockphoto.com/th/รูปถ่าย/เสาวรสสีเขียว-maracuya-2-gm954519486-260607636. 25 ตุลาคม 2566.

ส้มเช้ง (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก https://www.simummuangmarket.com/product/337. 25 ตุลาคม 2566.

ศิรินภา เชี่ยงหลิว. 2563. วิตามินซีวิตามินที่จำเป็นยิ่งต่อร่างกาย. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก https://thaicam.go.th/wp-content/uploads/2021/07/%บทความ-วิตามิน-ซี.pdf. 5 มิถุนายน 2563.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ศูนย์นวัตกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:https://www.mic.eng.ku.ac.th/facilitiesdetail.php?id_sub=41&id=46. 25ตุลาคม 2566

Aroslav B. Tetiana R. and Juraj T. 2018. **Spectrophotometric determination of ascorbic acid in foods with the use of vortex-assisted liquid-liquid microextraction**. Microchemical Journal. 143:726-733.

Da Silva T.L. Aguiar-Oliveira E. Mazalli M.R. Kamimura E.S. and Maldonado R.R. 2017**. Comparison between titrimetric and spectrophotometric methods for quantification of vitamin C**. Food Chemistry Journal. 224 : 92-96.

Fatin Najwa Rabiatul Najwa and Azrina Azlan. 2017. **Comparison of vitamin c content in citrus fruits by titration and high performance liquid chromatography (HPLC) methods**. International Food Research Journal. 24(2) : 726-733.

Kapur A., Haskovic A., Copra-Janicijevic A., Klepo L., Topcagic A., Tahirovic I., and Sofic E. 2013. **Spectrophotometric analysis of total ascorbic acid content in various fruits and vegetables.** Bulletin of the Chemists and Technologist of Bosnia and Heregovina. 38 : 39-42.

Samah F. El-Malla Rehab H. Elattar Amira H. Kamal and Fotouh R. Mansour. 2022. **A highly sensitive switch-on spectrofluorometric method for determination of ascorbic acid using a selective eco-friendly approach .** Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 270 : 120802.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต

ชนิดที่	ปริมาณวิตามินซีเทคนิคไทเทรต (mg/100 ml)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
(1) สตรอเบอรี่	14.60	14.80	14.76
(2) มะเขือเทศ 1	4.15	4.20	4.23
(3) มะเขือเทศ 2	6.30	6.35	6.40
(4) ส้ม 1	3.84	3.82	3.85
(5) ส้ม 2	5.64	5.68	5.62
(6) สับปะรด	7.80	7.82	7.85
(7) มะม่วง	2.16	2.20	2.10
(8) กล้วยหอม	0.60	0.66	0.62
(9) เคพกูสเบอรรี่	12.61	12.64	12.65
(10) เสาวรส 1	9.97	9.99	10.10
(11) ผักกาดหอม	0.17	0.13	0.15
(12) ผักโขมไทย	1.16	1.20	1.21

ตารางผนวกที่ 1 ค่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต (ต่อ)

ชนิดที่	ปริมาณวิตามินซีเทคนิคไทเทรต (mg/100 ml)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
(13) ชะอม	3.82	3.85	3.86
(14) ทานตะวันอ่อน	1.16	1.20	1.23
(15) คะน้า	5.31	5.35	5.32
(16) กวางตุ้ง	8.46	8.48	8.57
(17) มังคุด	1.82	1.85	1.83
(18) เสาวรส 2	11.45	11.40	11.42
(19) ส้ม 3	4.81	4.85	4.82
(20) มะม่วง	5.64	5.65	5.62
(21) แตงล้าน	7.96	7.98	7.90
(22) ส้มเช้ง	8.13	8.23	8.20
(23) ฝรั่ง	6.47	6.50	6.46
(24) แก้วมังกร	9.79	9.80	9.82
(25) มะนาวโห่	16.42	16.50	16.40

ตารางผนวกที่ 1 ค่าแสดงปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต (ต่อ)

ชนิดที่	ปริมาณวิตามินซีเทคนิคไทเทรต (mg/100 ml)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
(26) ข้าวโพด	1.66	1.68	1.52
(27) ลองกอง	1.82	2.00	1.75
(28) สละ	2.32	2.40	2.35
(29) มะกรูด	17.23	17.30	17.32
(30) มะนาว	24.72	25.00	24.80

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

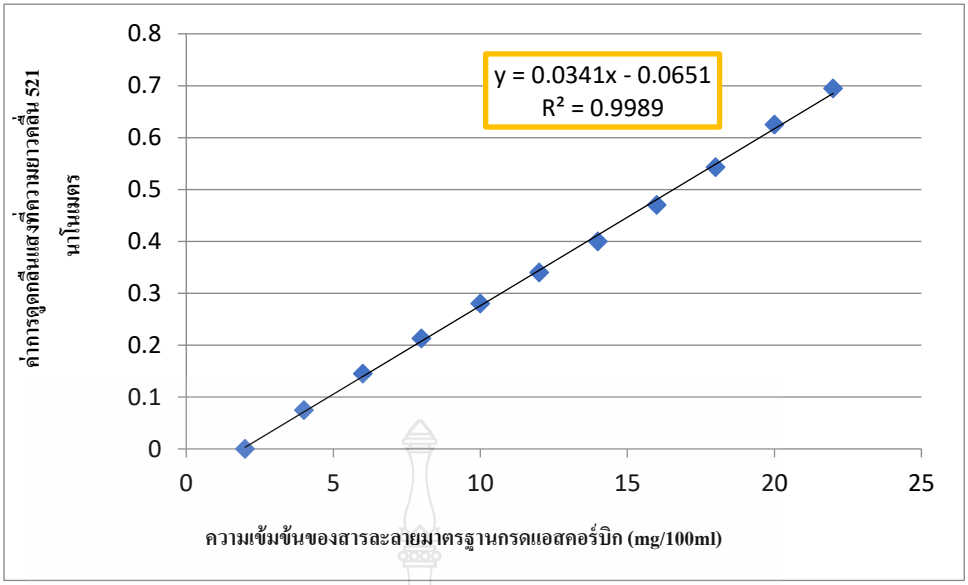
ชนิดที่	ปริมาณวิตามินซีเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี (mg/100 ml)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
(1) สตรอเบอรี่	15.48	15.43	15.50
(2) มะเขือเทศ 1	6.36	6.40	6.42
(3) มะเขือเทศ 2	9.63	9.65	9.50
(4) ส้ม 1	7.63	7.65	7.70
(5) ส้ม 2	9.07	9.06	9.10
(6) สับปะรด	10.32	10.35	10.40
(7) มะม่วง	4.94	5.02	4.92
(8) กล้วยหอม	3.38	3.40	3.42
(9) เคพกูสเบอรรี่	15.56	15.60	15.62
(10) เสาวรส 1	12.00	12.10	12.35
(11) ผักกาดหอม	2.99	2.90	2.97
(12) ผักโขมไทย	4.01	4.20	4.25

ตารางผนวกที่ 2 แสดงปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี ต่อ (2)

ชนิดที่	ปริมาณวิตามินซีเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี (mg/100 ml)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
(13) ชะอม	6.65	6.78	6.66
(14) ทานตะวันอ่อน	5.62	5.70	5.65
(15) คะน้า	7.19	7.20	7.23
(16) กวางตุ้ง	10.95	11.00	10.56
(17) มังคุด	4.89	4.90	4.95
(18) เสาวรส 2	13.20	13.10	13.25
(19) ส้ม 3	6.40	6.42	6.45
(20) มะม่วง	8.97	8.98	9.00
(21) แตงล้าน	10.54	10.60	10.62
(22) ส้มเช้ง	11.48	11.50	11.55
(23) ฝรั่ง	9.79	9.80	9.82
(24) แก้วมังกร	11.44	12.00	11.60
(25) มะนาวโห่	20.41	20.43	21.02

ตารางผนวกที่ 2 แสดงปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต ต่อ (3)

ชื่อไทย	ปริมาณวิตามินซีเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี (mg/100 ml)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
(26) ข้าวโพด	4.18	4.20	4.23
(27) ลองกอง	5.25	5.30	5.23
(28) สละ	6.99	7.00	7.23
(29) มะกรูด	20.28	20.32	20.35
(30) มะนาว	22.19	22.30	22.21



ภาพผนวกที่ 1 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกสำหรับวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดย เทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี

		Independent t-test				
Sample		F	Sig	t	df	Sig (2-tailed)
1	Equal variances assumed	4.655	0.097	-11.619	4	0.000
	Equal variances not assumed			-11.619	2.458	0.003
2	Equal variances assumed	0.232	0.655	0.655	4	0.000
	Equal variances not assumed			0.655	3.723	0.000
3	Equal variances assumed	1.509	0.287	-58.781	4	0.000
	Equal variances not assumed			-58.781	3.320	0.000
4	Equal variances assumed	4.609	0.098	-1.660	4	0.172
	Equal variances not assumed			-1.660	2.001	0.239
5	Equal variances assumed	4.496	0.101	-2.858	4	0.046
	Equal variances not assumed			-2.858	2.000	0.104
6	Equal variances assumed	4.823	0.093	-3.960	4	0.017
	Equal variances not assumed			-3.960	2.002	0.058

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี (ต่อ)

Independent t-test						
Sample		F	Sig	t	df	Sig (2-tailed)
7	Equal variances assumed	0.057	0.823	-66.566	4	0.000
	Equal variances not assumed			-66.566	3.990	0.000
8	Equal variances assumed	0.727	0.442	-131.551	4	0.000
	Equal variances not assumed			-131.551	3.448	0.000
9	Equal variances assumed	0.507	0.516	-138.682	4	0.000
	Equal variances not assumed			-138.682	3.528	0.000
10	Equal variances assumed	2.969	0.160	-19.077	4	0.000
	Equal variances not assumed			-19.077	2.590	0.001
11	Equal variances assumed	3.150	0.151	-94.620	4	0.000
	Equal variances not assumed			-94.620	2.694	0.000
12	Equal variances assumed	7.027	0.057	-39.678	4	0.000
	Equal variances not assumed			-39.678	2.174	0.000

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี (ต่อ)

Independent t-test						
Sample		F	Sig	t	df	Sig (2-tailed)
13	Equal variances assumed	7.121	0.056	-65.652	4	0.000
	Equal variances not assumed			-65.652	2.329	0.000
14	Equal variances assumed	2.165	0.215	21.738	4	0.000
	Equal variances not assumed			21.738	3.138	0.000
15	Equal variances assumed	0.000	1.000	-110.610	4	0.000
	Equal variances not assumed			-110.610	4.000	0.000
16	Equal variances assumed	7.867	0.049	-16.301	4	0.000
	Equal variances not assumed			-16.301	2.236	0.002
17	Equal variances assumed	2.880	.165	-149.893	4	0.000
	Equal variances not assumed			-149.893	2.859	0.000
18	Equal variances assumed	0.000	1.000	.000	4	1.000
	Equal variances not assumed			.000	4.000	1.000

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี (ต่อ)

Independent t-test						
Sample		F	Sig	t	df	Sig (2-tailed)
19	Equal variances assumed	0.065	0.812	-84.676	4	0.000
	Equal variances not assumed			-84.676	3.864	0.000
20	Equal variances assumed	0.000	1.000	0.000	4	1.000
	Equal variances not assumed			0.000	4.000	1.000
21	Equal variances assumed	0.000	1.000	-77.662	4	0.000
	Equal variances not assumed			-77.662	4.000	0.000
22	Equal variances assumed	0.510	0.515	-91.781	4	0.000
	Equal variances not assumed			-91.781	3.588	0.000
23	Equal variances assumed	0.500	0.519	-223.160	4	0.000
	Equal variances not assumed			-223.160	3.670	0.000
24	Equal variances assumed	8.189	0.046	-11.253	4	0.000
	Equal variances not assumed			-11.253	2.011	0.008

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตรเมตรี (ต่อ)

Independent t-test						
Sample		F	Sig	t	df	Sig (2-tailed)
25	Equal variances assumed	11.142	0.029	-20.652	4	0.000
	Equal variances not assumed			-20.652	2.093	0.002
26	Equal variances assumed	6.563	0.063	-49.312	4	0.000
	Equal variances not assumed			-49.312	2.331	0.000
27	Equal variances assumed	4.491	0.101	-44.018	4	0.000
	Equal variances not assumed			-44.018	2.311	0.000
28	Equal variances assumed	6.985	0.057	-57.671	4	0.000
	Equal variances not assumed			-57.671	2.352	0.000
29	Equal variances assumed	0.549	0.500	-89.233	4	0.000
	Equal variances not assumed			-89.233	3.693	0.000
30	Equal variances assumed	1.486	0.290	-48.596	4	0.000
	Equal variances not assumed			-48.596	3.273	0.000

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ-สกุล : นางสาวกนิษฐา สุขเกิด

2. ตำแหน่งปัจจุบัน : นักวิชาการศึกษา (ปฏิบัติการ)

3. หน่วยงานที่สังกัด : คณะเทคโนโลยีการเกษตร

4. ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ : สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์รังสิต เลขที่ 2 ถนนพหลโยธิน 87 ซอย 2 ตำบลประชาธิปัตย์ อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12130

5. โทรศัพท์ที่ทำงาน : 02-592-1955

6. โทรศัพท์มือถือ : 084-5950701

7. Email: kanittha_so@rmutt.ac.th

8. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	วุฒิการศึกษา	สาขาวิชา	มหาวิทยาลัย
2557	วท.บ.	เคมี	มหาวิทยาลัยนเรศวร
2562	วท.บ.	อาชีวอนามัยและความปลอดภัย	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
2566	วท.ม.	นวัตกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร (food science)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

9. ประสบการณ์ทำงาน :

ปี พ.ศ.	ชื่อหน่วยงาน	ตำแหน่ง
2561 - ปัจจุบัน	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	นักวิชาการศึกษา
2557 - 2560	บริษัท.ปตท.จำกัด (มหาชน)	พนักงานปฏิบัติการทดสอบ ฝ่ายวิเคราะห์คุณภาพ
2557	นักวิทยาศาสตร์	บริษัท เพรซิเดนท์ อินเตอร์ ฟาร์มา จำกัด