



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์วิตามินซี (กรดแอสคอร์บิก) ในน้ำผักและผลไม้โดย  
ใช้เทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

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) ในน้ำผักและผลไม้โดย  
ใช้เทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

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 ผลการทดลองพบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้จากการวิเคราะห์เทคนิคการไทเทรตสูงสุด 3 อันดับแรกได้แก่ (30) มะนาว ( $24.84 \pm 0.14$  mg / 100 ml) (29) มะกรูด ( $17.28 \pm 0.14$  mg / 100 ml) (25) มะนาวโห่ ( $16.44 \pm 0.05$  mg / 100 ml) ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยใช้เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี สูงที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ (30) มะนาว ( $22.23 \pm 0.06$  mg / 100 ml) (25) มะนาวโห่ ( $20.62 \pm 0.35$  mg / 100 ml) (29) มะกรูด ( $20.32 \pm 0.03$  mg / 100 ml) ตามลำดับ หากเปรียบเทียบผลการทดลองแต่ละชนิดพบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ส่วนใหญ่ที่วิเคราะห์เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคไทเทรตในน้ำผักและผลไม้ชนิดที่ 1-29 ชนิดที่ (30) มะนาวมีค่าปริมาณวิตามินซีสูงกว่าเมื่อวิเคราะห์โดยเทคนิคไทเทรต ผลการวิจัยส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่าปริมาณวิตามินซีที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ยกเว้น (4) ส้มเขียวหวานสีทอง (18) เสาวรสสีม่วงและ (20) มะม่วงน้ำดอกไม้มันมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**คำสำคัญ:** วิตามินซี สเปกโตรโฟโตเมตรี การไทเทรต กรดแอสคอร์บิก ผัก น้ำผลไม้

## Abstract

The objective of this study was to compare the methods of analyzing vitamin C content in fruit 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 ( $24.84 \pm 0.14$  mg / 100 ml), (29) kaffir lime ( $17.28 \pm 0.14$  mg / 100 ml), and (25) bengal currant ( $16.44 \pm 0.05$  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 ( $22.23 \pm 0.06$  mg / 100 ml) followed by (25) bengal currant ( $20.62 \pm 0.35$  mg / 100 ml) and (29) kaffir lime ( $20.32 \pm 0.03$  mg / 100 ml), Comparing the results of individual experiments, it was found that the vitamin C content in most fruit and vegetable juices analyzed by the spectrophotometry technique was higher compared to the titration technique in fruit and vegetable juices type 1-29, while (30) lemons had higher vitamin C content when analyzed by titration technique. Most results show that the amount of vitamin C obtained by titration and spectrophotometry analysis was statistically significantly different. ( $p \leq 0.05$ ) Except for (4) oranges, (18) passion fruit and (20) mango, it had no statistically significant difference

**Keywords:** Vitamin C Spectrophotometry Titration Ascorbic acid Vegetables Fruit juices

## กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สำหรับสถานที่ทำวิจัย และเงินสนับสนุนจากงบประมาณ กองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปี 2561 อาจารย์ประจำสาขา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ 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 และเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีในน้ำผักและผลไม้ ..	28



## สารบัญตารางผนวก

หน้า

ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต.....	36
ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี.....	39
ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี.....	43

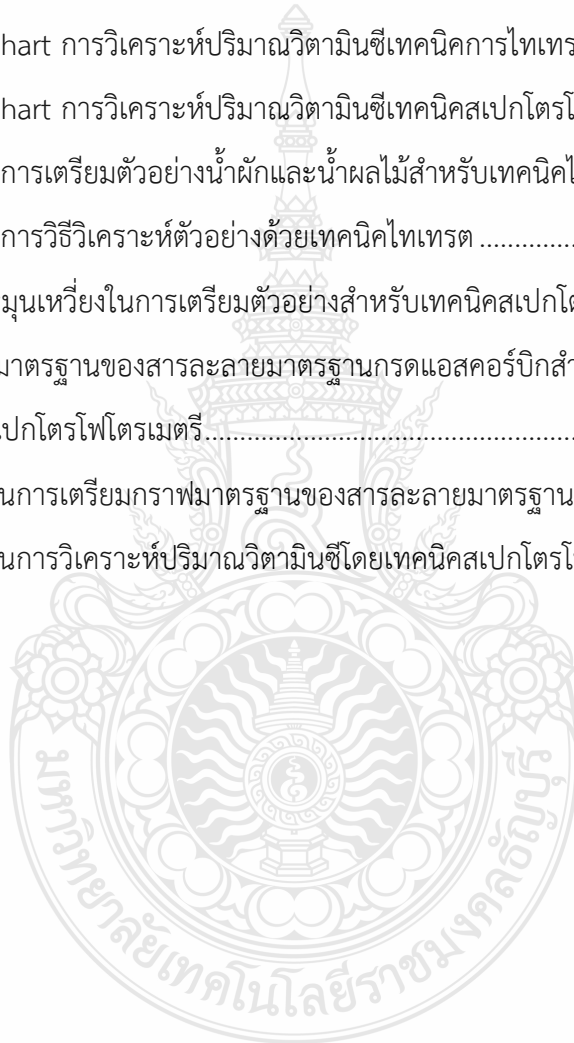




# สารบัญภาพ

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 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี .....	19
ภาพที่ 7 แสดงขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างน้ำผักและน้ำผลไม้สำหรับเทคนิคไทเทรต.....	22
ภาพที่ 8 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิคไทเทรต .....	22
ภาพที่ 9 แสดงเครื่องมือหยุ่งในการเตรียมตัวอย่างสำหรับเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี.....	24
ภาพที่ 10 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกสำหรับวิเคราะห์ปริมาณ วิตามินซีโดย เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี.....	25
ภาพที่ 11 แสดงขั้นตอนการเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก.....	26
ภาพที่ 12 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี.....	26



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการทำวิจัย

เนื่องจากหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มีการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับผู้วิจัยซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมการเรียนการสอนในภาคปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เคมี และเคมีอาหาร ในรายวิชาดังต่อไปนี้ ได้แก่ ทักษะวิชาชีพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร หลักวิเคราะห์อาหาร เคมีอาหาร วัตถุประสงค์ในการแปรรูปอาหาร การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ปัญหาพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เป็นต้น ซึ่งรายวิชาดังกล่าวได้มีการนำการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีมาใช้ในการเรียนการสอนในการฝึกปฏิบัติของนักศึกษา อีกทั้งทางคณะเทคโนโลยีการเกษตรได้มีการบริการวิชาการเพื่อจัดหารายได้ผ่านศูนย์ปฏิบัติการทางการเกษตรเพื่อสุขภาพ (COE) โดยการรับวิเคราะห์ตัวอย่างทางการเกษตรและอาหาร โดยผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบในส่วนงานวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีในอาหาร เพื่อประโยชน์ทางการเรียนการสอนและวิจัยทำให้ผู้วิจัยสนใจที่ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในปัจจุบัน

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 หรือเรียกอีกอย่างว่ากรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) จัดอยู่ในประเภทกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งพบได้มากในผักผลไม้หลายชนิด วิตามินซีมีความสำคัญและจำเป็นต่อร่างกาย ช่วยป้องกันการเกิดเลือดออกตามไรฟัน ช่วยเสริมภูมิคุ้มกันของร่างกาย 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) เป็นการสกัดกรดแอสคอร์บิกออกมาแล้วค่อยไปวิเคราะห์หาปริมาณไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอลเกิดการรีดิวซ์ในปฏิกิริยาให้เป็น Dehydroascorbic acid จนเปลี่ยนเป็นสีชมพู 2. วิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี (Spectrometry method) เป็นการสกัดกรดแอสคอร์บิกออกมาแล้วค่อยไปวิเคราะห์นำไปทำปฏิกิริยาออร์โทฟีนอลีนไดเอมีนในที่มืดแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง 3.วิธีการแยกวิเคราะห์สารชั้นสูง (High Performance Liquid Chromatography method) อาศัยการแยกสารด้วยคอลัมน์คำนวณค่าวิตามินซีออกมาโดยการคำนวณหาพื้นที่ใต้พีคและระยะเวลาที่พีคออกมาเมื่อเทียบกับสารมาตรฐาน (กมลวรรณ แจ่มชัด, 2553)

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร รวมถึงการบริการวิชาการเพื่อจัดหารายได้ผ่านศูนย์ปฏิบัติการทางการเกษตรเพื่อสุขภาพ (COE) โดยการรับวิเคราะห์ตัวอย่างทางการเกษตรและอาหาร โดยศึกษาปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ โดยเลือกมา 2 เทคนิค คือ 1) การไทเทรต 2) สเปกโตรโฟโตเมตรี เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่าง 2 เทคนิค เพื่อนำผลการทดลองที่ได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สำหรับการจัดการเรียนในภารกิจของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลการเปรียบเทียบวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

1.2.2 เพื่อศึกษาปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ศึกษาปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ 2 เทคนิค คือ 1) การไทเทรต 2) สเปกโตรโฟโตเมตรี

1.3.2 ตัวอย่างน้ำผักและผลไม้ 30 ชนิด (ระหว่าง สิงหาคม - กันยายน 2561 ) ได้แก่ 1) สตรอเบอร์รี่ 2) มะเขือเทศท้อ 3) มะเขือเทศราชินี 4) ส้มเขียวหวานสีทอง 5) ส้มเขียวหวานบางมด 6) สับปะรด 7) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง 1 8) กัลยหอม 9) เคนทูกูเบอร์รี่ไทย 10) เสาวรสสีเขียว 11) ผักกาดหอม 12) ผักโขมไทย 13) ชะอม 14) ต้นอ่อนทานตะวัน 15) ค่ะน้า 16) กวางตุ้ง 17) มังคุด 18) เสาวรสสีม่วง 19) ส้มเขียวหวานสายน้ำผึ้ง 3 20) มะม่วงน้ำดอกไม้มัน 2 21) แตงร้าน 22) ส้มเซ้ง 23) ฝรั่ง 24) แก้วมังกร 25) มะนาวโท่ 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 (ระหว่าง สิงหาคม - กันยายน 2561 ) ได้แก่ 1) สตรอเบอร์รี่ 2) มะเขือเทศท้อ 3) มะเขือเทศราชินี 4) ส้มเขียวหวานสีทอง 5) ส้มเขียวหวานบางมด 6) สับปะรด 7) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง 1 8) กล้วยหอม 9) เคนทูกัสเบอร์รี่ไทย 10) เสาวรสสีเขียว 11) ผักกาดหอม 12) ผักโขมไทย 13) ชะอม 14) ต้นอ่อนทานตะวัน 15) คენัว 16) กวางตุ้ง 17) มังคุด 18) เสาวรสสีม่วง 19) ส้มเขียวหวานสายน้ำผึ้ง 3 20) มะม่วงน้ำดอกไม้มัน 2 21) แตงร้าน 22) ส้มแขก 23) ฝรั่ง 24) แก้วมังกร 25) มะนาวโห่ 26) ข้าวโพดหวาน 27) ลองกอง 28) สลัด 29) มะกรูด และ 30) มะนาวแป้น

1.5.2 เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์วิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ ได้แก่ เทคนิคการไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

1.5.3 เปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีทางสถิติระหว่าง 2 เทคนิคด้วยวิธี t-test

#### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ทราบผลการเปรียบเทียบวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

1.6.2 ได้ทราบปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

1.6.3 สามารถนำเทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้ง 2 เทคนิคมาทดแทนกันได้ เมื่อเกิดปัญหาขัดข้อง โดยที่ผลการวิเคราะห์และประสิทธิภาพของเทคนิคไม่แตกต่างกัน

1.6.4 เป็นการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ให้กับนักวิจัยซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในรายวิชาที่จัดการเรียนการสอน

1.6.5 สามารถถ่ายทอดผลการวิเคราะห์วิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ทั้ง 2 เทคนิคให้กับนักศึกษาในชั่วโมงเรียน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนต่อไป

1.6.6 สามารถนำทักษะการวิเคราะห์ที่ได้มาใช้ในการบริการจัดการรายได้ ในการรับวิเคราะห์ ตัวอย่างเกษตรและอาหารให้แก่คณะเทคโนโลยีการเกษตร

## 1.7 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1.7.1 วิตามินซี หมายถึง สารอาหารกลุ่มวิตามิน หรือเรียกอีกอย่างว่า กรดแอสคอร์บิกเป็นวิตามินชนิดละลายน้ำได้ หากแต่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นได้เอง ต้องอาศัยจากการรับประทานอาหาร โดยเฉพาะกลุ่มผักและผลไม้ที่มีปริมาณสูง และรับได้จากอาหารเสริมในรูปแบบเม็ด เป็นประโยชน์ต่อร่างกายทั้งในการคงสภาพของเซลล์ ฟันฟุ และเสริมภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายอีกด้วย

1.7.2 เทคนิคการไทเทรต หมายถึง วิธีวิเคราะห์หาปริมาณ จากการใช้สารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนให้ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างโดยใช้หลักการทำปฏิกิริยาที่พอดีระหว่างกรดและเบสอาศัยจุดที่เปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ จะเรียกว่าจุดยุติ เป็นจุดที่จะหยุดการไทเทรต ทำการบันทึกผลและคำนวณจากสูตรเพื่อทราบปริมาณ

1.7.3 เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี หมายถึง เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสาร สามารถวัดได้ทั้งในรูปแบบปริมาณและคุณภาพ โดยอาศัยสมบัติการดูดกลืนแสงแต่ละชนิดที่แตกต่างกันเทียบกับสารมาตรฐานที่ทราบค่าแน่นอน นิยมใช้งานอย่างมากทางเคมี มีข้อดี สามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว แม่นยำ และวิเคราะห์สารได้ถึงระดับไมโครกรัม

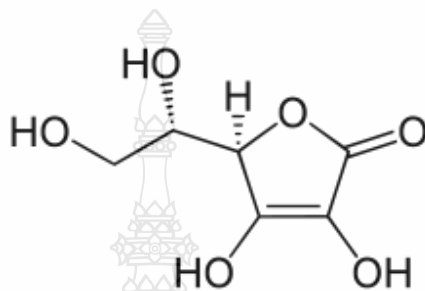
1.7.4 น้ำผักและผลไม้ 30 ชนิด (ระหว่าง สิงหาคม - กันยายน 2561 ) ได้แก่ 1) สตรอเบอร์รี่ 2) มะเขือเทศท้อ 3) มะเขือเทศราชินี 4) ส้มเขียวหวานสีทอง 5) ส้มเขียวหวานบางมด 6) สับปะรด 7) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง 1 8) กัลยหอม 9) เคนทูกูสเบอร์รี่ไทย 10) เสาวรสสีเขียว 11) ผักกาดหอม 12) ผักโขมไทย 13) ชะอม 14) ต้นอ่อนทานตะวัน 15) คენัว 16) กวางตุ้ง 17) มังคุด 18) เสาวรสสีม่วง 19) ส้มเขียวหวานสายน้ำผึ้ง 3 20) มะม่วงน้ำดอกไม้มัน 2 21) แตงร้าน 22) ส้มเขียว 23) ฝรั่ง 24) แก้วมังกร 25) มะนาวโท่ 26) ข้าวโพดหวาน 27) ลองกอง 28) สละ 29) มะกรูด และ 30) มะนาวแป้น

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะได้กล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับวิตามินซี มีประโยชน์ของวิตามินซี แหล่งของวิตามินซีที่พบในอาหาร เทคนิคการไทเทรต เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีตที่ผ่านมาดังต่อไปนี้

#### 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 เชียงหลิว (2561) กล่าวว่าวิตามินซี หรือ กรดแอสคอร์บิก หรือ กรดแอล-แอสคอร์บิก (L-ascorbic acid) หรือ แอสคอร์เบต เป็นวิตามินที่พบในอาหารและอาหารเสริมต่าง ๆ ใช้ป้องกันและรักษาโรคลักปิดลักเปิดเป็นสารอาหารจำเป็นที่ใช้ซ่อมแซมเนื้อเยื่อและผลิตสารสื่อประสาทบางอย่างโดยอาศัยเอนไซม์ จำเป็นใน

การทำงานของเอนไซม์หลายอย่างและสำคัญต่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันและยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยเป็นสารอาหารจำเป็นสำหรับมนุษย์และสัตว์อื่นบางชนิด เป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้ แอสคอร์เบตจำเป็นในกระบวนการเมแทบอลิซึมของสัตว์และพืชทุกชนิด สิ่งมีชีวิตแทบทุกชนิดสามารถสังเคราะห์ได้ ที่สังเคราะห์ไม่ได้ต้องได้จากอาหาร วิตามินซีเป็นสารอาหารจำเป็นสำหรับสัตว์บางอย่างรวมทั้งมนุษย์ 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 ซึ่งอำนวยความสะดวกทางชีววิทยาที่จำเป็นหลายอย่างรวมทั้งการสมานแผล การป้องกันเลือดออกจากหลอดเลือดฝอย และการสังเคราะห์คอลลาเจน ในมนุษย์ การขาดวิตามินซีทำให้การสังเคราะห์คอลลาเจนบกพร่อง ซึ่งทำให้อาการโรคกระดูกเปราะเกิดขึ้น บทบาททางเคมีชีวภาพของวิตามินซีอีกอย่างก็คือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (คือเป็นตัวรีดิวซ์) โดยจ่ายอิเล็กตรอนแก่ปฏิกิริยาเคมีทั้งที่อาศัยเอนไซม์และไม่อาศัยเอนไซม์หลายอย่าง แล้วเปลี่ยนสภาพเป็นแบบออกซิไดซ์ โดยอาจเป็นกรดเซมิดีไฮโดรแอสคอร์บิก (Semidehydroascorbic acid) หรือกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก ซึ่งสามารถรีดิวซ์ให้กลับคืนสภาพเดิมด้วยกลไกอาศัยเอนไซม์โดยใช้กลูตาไธโอนและ NADPH เป็นเมแทบอลไลต์ (ศิริณา เชียงหลิว, 2561)

### 2.1.1 แหล่งของวิตามินซีในอาหาร

ศิริณา เชียงหลิว (2561) กล่าวว่าวิตามินซีพบมากในผัก และผลไม้สดต่าง ๆ ผักที่พบมากได้แก่ ดอกกะหล่ำ กะปล่ำปม ขึ้นฉ่าย ต้นหอม ถั่วลิสงเตา ใบเฟือก ใบมันสำปะหลัง ใบมะระจีน ผักกาดขาว ผักกาดเขียวปลี ผักโขม ผักคะน้า ผักชี ผักบุ้ง มะรุม ยอดมะม่วง และยอดมะละกอ เป็นต้น ผลไม้ที่มีวิตามินซีมาก ได้แก่ เชอร์รี่ ส้มต่างๆ มะนาว ฝรั่ง มะขามป้อม มะขามเทศ มะละกอ ส้มโอ และสตอเบอรี่ เป็นต้น ในน้ำนมและเนื้อสัตว์ต่างๆ มีวิตามินซีน้อยมาก ในน้ำนมคนที่แม่ได้รับอาหารสมบูรณ์มีวิตามินซีมากกว่าน้ำนมวัว 4-6 เท่า

ตารางที่ 1 ปริมาณวิตามินซีในผักและผลไม้สดชนิดต่าง ๆ

ผลไม้สด	ปริมาณ (mg/100g)	ผักสด	ปริมาณ (mg/100g)
เซอรั	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
มะนาวฝรั่ง	40-50	แตงกวา	6-10
แตงไทย	9-60	ดอกกะหล่ำ	50-70
มะม่วง	10-15	มะเขือ	15-20
ส้ม	30-50	คะน้า	70-100
สับปะรด	15-25	มันฝรั่ง	4-30
สตอเบอรี่	40-70	ฟักทอง	15
มะเขือเทศ	10-20	ปวยเล้ง	35-40
อะโวคาโด	10	ผักสลัด	10-30
มะละกอ	30-40	พาร์สเลย์	200-300
เคอร์แรนต์	50-20	พริกหวาน	150-200

ที่มา : (นิธิยา รัตนานนท์, 2561)



## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tee E. S. et. al (1990) ได้ทำการศึกษาวิจัยวิตามินซีในผลไม้และผักโดยใช้เทคนิคการไทเทรต (Titration method) และเทคนิคการใช้แสง (Microfluorometric method) โดยทำการอ้างอิงจากวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์ AOAC (1984) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ผลไม้สด 19 ชนิด ผักสด 24 ชนิด จากผลการทดลองพบว่าปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid) ที่ได้รับจากวิธีการทดลองขึ้นอยู่กับการศึกษา Dehydroascorbic acid (DHAA) ที่เกิดขึ้นภายหลังการทำปฏิกิริยาจะให้รูปในสารละลายใสเมื่อทำการวิเคราะห์ได้โดยวิธีการไทเทรต จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีค่าที่ได้มีความแตกต่างกันมากปัจจัยมาจากความเข้มข้นของ DHAA ในตัวอย่างผักที่มีอยู่แล้ว เมื่อหาค่าการกลับคืนโดยวิธีการไทเทรตมีค่าสูงกว่าวิธีการใช้แสง ค่าความสามารถในการทำซ้ำในการทดลองพบว่าทั้ง 2 วิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ สรุปผลได้ว่าวิธีการไทเทรตให้ผลการทดลองที่ดีกว่าและการดำเนินการทดสอบได้อย่างรวดเร็วใช้เพียงอุปกรณ์พื้นฐานในห้องปฏิบัติการ ส่วนวิธีการใช้แสงสามารถเหมาะสำหรับการหาวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีรวม เป็นวิธีที่มีประโยชน์มากสำหรับการวิเคราะห์ทางโภชนาการ

Masamba K. G. et. al (2008) ได้ทำการศึกษาวิจัยและเปรียบเทียบผลของวิตามินซีแคลเซียม และโพแทสเซียมใน 4 ชนิดที่ปลูกโดยวิธีปกติและวิธีอินทรีย์ของผักและผลไม้ ตัวอย่างที่ใช้ทดลองเลือกมาจากซุเปอร์มาเก็ตใน New South Wales ใน Australia การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid) โดยใช้วิธีการไทเทรต (Titration method) โดยทำการอ้างอิงจากวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์ AOAC (1995) ส่วนของแร่ธาตุแคลเซียมและโพแทสเซียมวิเคราะห์หาโดยเทคนิค Atomic absorption spectrometry (AAS) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้วิเคราะห์ในส่วนองแร่ธาตุ จากผลการศึกษาพบว่าทั้งผักและผลไม้ที่ปลูกโดยวิธีปกติและกลุ่มอินทรีย์ ได้แก่ กะหล่ำปลี แครอท และผักกาดหวาน มีผลของปริมาณวิตามินซี แคลเซียมและโพแทสเซียมไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ส้มวาเลนเซียมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าส้มวาเลนเซียกลุ่มอินทรีย์คือ 51.8 ต่อ 43.4 mg/100g น้ำหนักส้มสด ส่วนแคลเซียมและโพแทสเซียมสูงกว่ากลุ่มอินทรีย์เช่นกันคือ 54.5 และ 192.0 mg 51.8 และ 189.5/100 g ตามลำดับ

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

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

Fatin N. Rabiatal N. และ Azrina A. (2017) ได้ทำการศึกษาวิจัยปริมาณวิตามินซีในผลไม้ตระกูล โดยเทคนิคการไทเทรต (Titration method) และเทคนิคการแยกวิเคราะห์สารชั้นสูง (High performance liquid chromatography method) วิตามินซีมีความสำคัญสำหรับคนและสัตว์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัยคือผลไม้ตระกูลส้ม 6 ชนิด ได้แก่ ส้ม เกรปฟรุ้ต เลมอน มะนาว มะกรูด และส้มจี๊ด ทำการเลือกวิธีการวิเคราะห์ 2 วิธี คือวิธีไทเทรตและวิธีการแยกวิเคราะห์สารชั้นสูง จากวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์ AOAC ผลการทดลองพบว่าวิธีไทเทรตพบว่าส้มมีปริมาณวิตามินซีสูงสุด ( $58.30$  mg / 100 g) ตามด้วยเกรปฟรุ้ต ( $49.15$  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) เกรปฟรุ้ต ( $26.40$  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

Da Silva T.L. et. al (2017) ได้ทำการศึกษาวิจัยปริมาณวิตามินซีเปรียบเทียบกันระหว่างเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี จากปัญหาที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาโดยพบว่าปกติวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีมักจะถูกใช้หลักการทางเคมี 2 อย่าง คือการไทเทรตและโครมาโตกราฟี โดยการศึกษาที่ผ่านมามักพบว่า 2 หลักการนี้มีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ซึ่งมักเกิดมาจากสีของตัวอย่างที่มีการรบกวนการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคการไทเทรต และเทคนิคโครมาโตกราฟีที่มีการใช้จ่ายที่สูง การศึกษาในครั้งนี้จึงเปรียบเทียบกันระหว่างเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี โดยเทคนิคการไทเทรตลดการเกิด Cupric Ions ใน Cuproine Complex และลดปริมาณสาร 2,6- Dichlorophenolindophenol จากผลการทดลองพบว่า ความเป็นเชิงเส้นตรง ความถูกต้อง ความแม่นยำ ค่าขีดจำกัดในการตรวจวัด (LOD) และค่าขีดจำกัดในการหาปริมาณ (LOQ)

ของวิตามินซีในตัวอย่างน้ำส้มและน้ำสับประรดในอุตสาหกรรมอาหารมีความถูกต้องแม่นยำเป็นไปตามมาตรฐาน ในขณะที่เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีมีความรวดเร็วมากกว่า

## 2.3 เครื่องมือทดสอบ

### 2.3.1 วัสดุุดิบ



1) สตรอเบอร์รี่ไทย



2) มะเขือเทศท้อ



3) มะเขือเทศราชินี



4) ส้มเขียวหวานสีทอง



5) ส้มเขียวหวานบางมด



6) สับประรด



7) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง



8) กล้วยหอม



9) เควปูกัสเบอร์รี่ไทย

ที่มา : เควปูกัสเบอร์รี่ไทย จาก <http://sk.nfe.go.th/singha06/?name=knowledge&file=Readknowledge&id=31>.



10) เสาวรสสีเขียว



11) ผักกาดหอม



12) ผักโขมไทย



13) ช่อม



14) ต้นอ่อนทานตะวัน



15) คะน้า



16) กวาดต้ง



17) มังคุด



18) เสาวรสีม่วง

ที่มา : เสาวรสีเขียว จาก <https://www.istockphoto.com/th/รูปถ่าย/เสาวรสีเขียว-maracuya-2-gm954519486-260607636>.

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



20) ส้มเขียวหวานสายน้ำผึ้ง

20) มะม่วงน้ำดอกไม้มัน

21. แดงล้าน



22) ส้มเขียว

23) ฝรั่ง

24) แก้วมังกร



25. มะนาวโห่

26. ข้าวโพด

27. ลองกอง

ที่มา : ส้มเขียว จาก <https://www.simummuangmarket.com/product/337>

มะนาวโห่ จาก <https://www.pobpad.com/มะม่วงหวานมะนาวโห่-มีสรรพคุณ>

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



28) สละ



29) มะกรูด



30) มะนาวแป้น

### 2.3.2 เทคนิคไทเทรต

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ (2561) กล่าวว่า การไทเทรตเป็นการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายที่ยังไม่ทราบความเข้มข้นจากสารละลายที่ทราบความเข้มข้นแล้วหรือที่เรียกกันว่าสารละลายมาตรฐาน อุปกรณ์ที่ใช้ในการไทเทรตก็คือบิวเรตต์ตามปกติจะบรรจุสารละลายที่ต้องการหาความเข้มข้นลงในบิวเรตต์ ส่วนสารละลายมาตรฐานบรรจุอยู่ในฟลาส ต่อไปนี้จะขอกล่าวถึงเทคนิคการไทเทรตเป็นข้อดังนี้

- 1) ล้างบิวเรตต์ให้สะอาดแล้วตั้งบิวเรตต์
  - 2) เติมสารละลายที่ต้องการจะหาความเข้มข้นลงในบิวเรตต์ (ใช้กรวยกรอง) ให้มีปริมาตรเหนือขีดศูนย์เล็กน้อย
  - 3) ปล่อยสารละลายออกทางปลายบิวเรตต์อย่างช้า ๆ ลงในบีกเกอร์เพื่อไล่ฟองอากาศที่อยู่ทางปลายบิวเรตต์ออกไปให้หมด แล้วปรับระดับสารละลายในบิวเรตต์ให้อยู่ตรงขีดศูนย์พอดี
  - 4) ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายมาตรฐานตามปริมาตรที่ต้องการใส่ลงในฟลาส แล้วหยดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยดเพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้จุดยุติ
  - 5) หยดสารละลายในบิวเรตต์ลงในฟลาสอย่างช้า ๆ พร้อมทั้งแกว่งฟลาสด้วยมือขวาให้วนไปในทิศทางเดียวกัน จนกระทั่งถึงจุดยุติ
- รายละเอียด

1.1) การจับบิวเรตต์เพื่อปล่อยสารละลายออกจากบิวเรตต์ ควรจัดให้ถูกวิธีคือจับบิวเรตต์ด้วยมือซ้าย จับฟลาสด้วยมือขวาขณะไทเทรตปลายบิวเรตต์จะต้องจุ่มอยู่ในปากฟลาส

1.2) ขณะไทเทรตควรใช้กระดาษสีขาววางไว้ใต้ฟลาส เพื่อให้สังเกตการเปลี่ยนแปลง สีได้อย่างชัดเจน

1.3) ในระหว่างการไทเทรตควรมีการล้างผนังด้านในของฟลาสเพื่อให้เนื้อสารที่ติดอยู่ข้าง ๆ ไหลลงไปทำปฏิกิริยากันอย่างสมบูรณ์

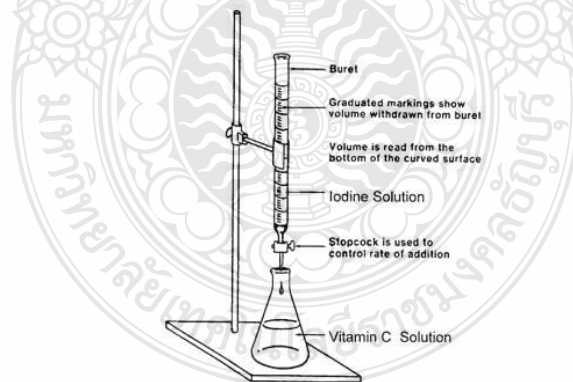
1.4) เมื่อการไทเทรตใกล้ถึงจุดยุติควรหยดสารละลายลงในบิวเรตต์ทีละหยดหรือทีละหนึ่ง หยด เพื่อป้องกันการเติมสารละลายลงไปมากเกินไป การหยดสารละลายทีละครั้งหยดทำได้โดยเปิดก๊อกเพียงเล็กน้อย เมื่อสารละลายเริ่มไหลมาอยู่ที่ปลายบิวเรตต์ก็ปิดก๊อกทันที แล้วเลื่อนฟลาสมาแตะที่ปลายบิวเรตต์ใช้น้ำฉีดล้างลงไปในฟลาส

1.5) เมื่ออินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี ควรตั้งสารละลายทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที หากสีไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าถึงจุดยุติแล้ว

1.6) อ่านปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการไทเทรตโดยดูตรงส่วนโค้งเว้าต่ำสุดว่าตรงกับขีดบอกปริมาตรใด

ข้อแนะนำ

ตามปกติการไทเทรตจะต้องทำซ้ำ 2-3 ครั้ง ดังนั้นเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการทดลอง การไทเทรตครั้งแรกอาจใช้สารละลายจากบิวเรตต์ลงไปอย่างรวดเร็ว เพื่อหาจุดยุติอย่างคร่าว ๆ หรือหาปริมาตรของสารละลายโดยประมาณก่อน ในการไทเทรตครั้งที่ 2 หรือ 3 ตอนแรกอาจใช้สารละลายจากบิวเรตต์เร็วได้แต่พอใกล้จะถึงจุดยุติก็หยดสารละลายลงไปทีละหยดเพื่อให้ปริมาตรที่ใช้ในการไทเทรตมีความเที่ยงตรงและไม่มากเกินไป

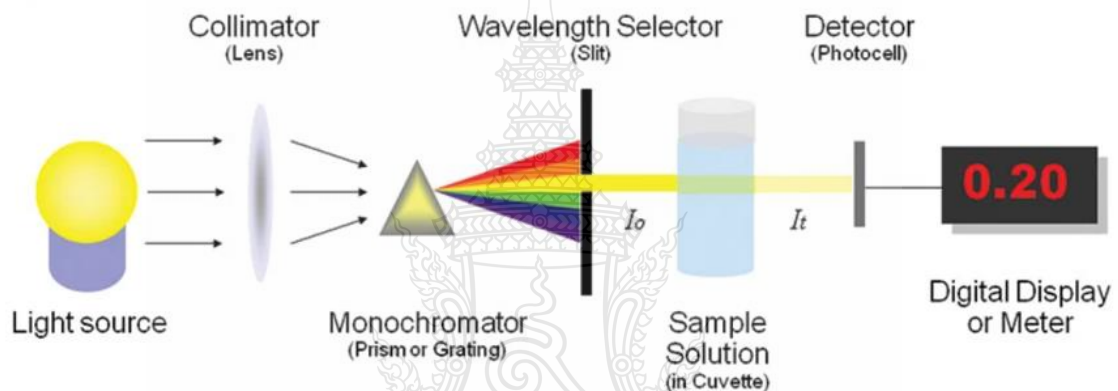


ภาพที่ 2 แสดงอุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรต

ที่มา : (ประเสริฐ ศรีไพโรจน์, 2561)

### 2.3.3 เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

ศูนย์นวัตกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2561) กล่าวว่าหลักการ  
ทำงาน: UV-VIS Spectrophotometer เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์สารโดยอาศัยหลักการดูดกลืน  
รังสีของสารที่อยู่ในช่วง Ultra Violet (UV) และ Visible (VIS) ความยาวคลื่นประมาณ 190-1000 nm  
ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยที่ความยาวคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่อยู่ใน  
ตัวอย่าง เมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านหรือสะท้อนมาจากตัวอย่างเทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่  
ความยาวคลื่นค่าต่างๆตามกฎของ Beer-Lambert ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารจะแปร  
ผันกับจำนวนโมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง ดังนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคนี้ในระบุชนิดและปริมาณของสาร  
ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่างได้



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

ที่มา : (ศูนย์นวัตกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2561)

ส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

#### 1) แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงในเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์จะต้องให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการ  
อย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดเวลา รวมทั้งมีความเข้มแสงที่มากพอด้วย หลอดกำเนิดแสง มีหลายชนิด  
ตามความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมา ซึ่งต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมกับของเหลวที่นำมาวัดค่า  
ดูดกลืนแสง ตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสง ช่วง UV ใช้หลอด H<sub>2</sub> and D<sub>2</sub> lamp ให้ความยาวคลื่นอยู่ใน  
ย่าน 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 ให้เป็นแสงโมนโครเมติก ซึ่งเป็นแถบแสงแคบๆ หรือมีความยาวคลื่นเดียว ใช้ฟิลเตอร์(กระจกสี) ปริซึม (Prism) หรือ เกรตติ้ง (Grating)

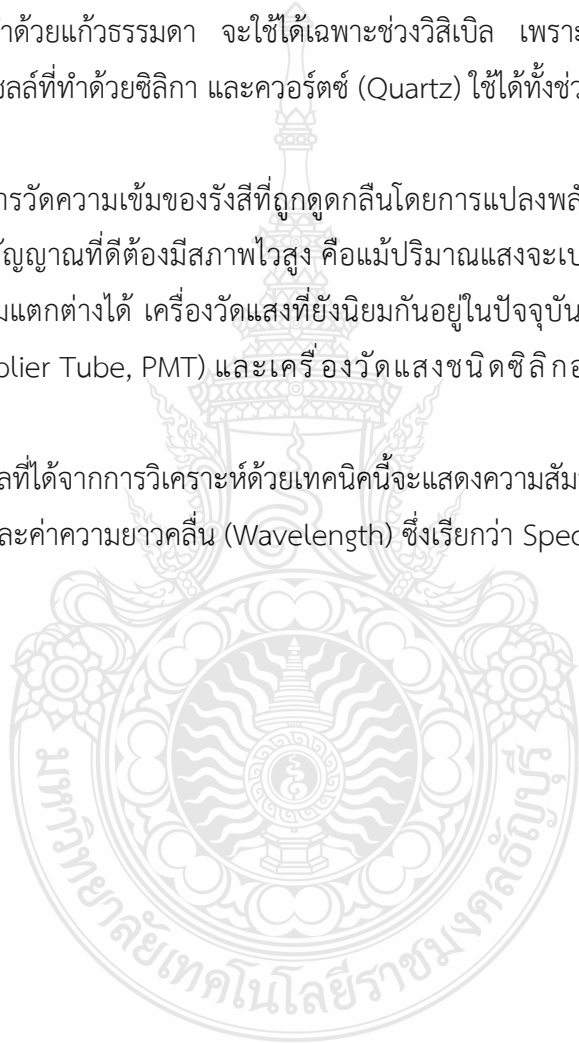
## 3) เซลล์ที่ใช้บรรจุสารละลายตัวอย่าง

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

## 4) Detector

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

ลักษณะของผลที่ได้: ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) และค่าความยาวคลื่น (Wavelength) ซึ่งเรียกว่า Spectrum



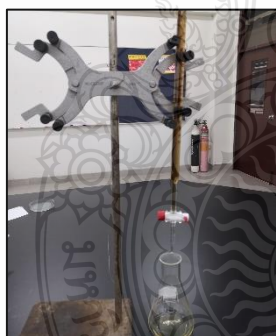
## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนวิธีดำเนินการทดลองทั้งหมด โดยเริ่มต้นจากกระบวนการวางแผนการวิเคราะห์ และกระบวนการดำเนินการวิเคราะห์ ได้แก่ การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมที่สุด การนำตัวอย่างเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ การคำนวณผลการวิเคราะห์ และการวิเคราะห์ผลโดยการใช้สถิติดังต่อไปนี้

#### 3.1 การวางแผนการวิเคราะห์

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



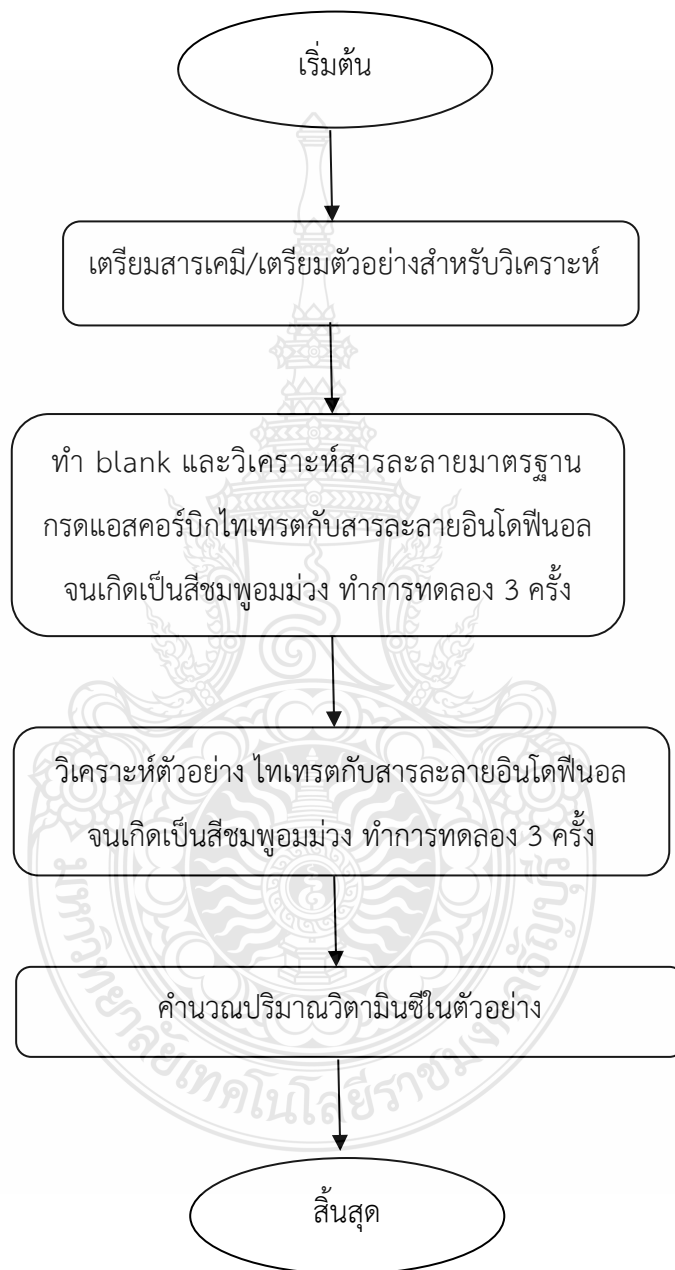
ก. Titration equipment



ข. Spectrophotometer

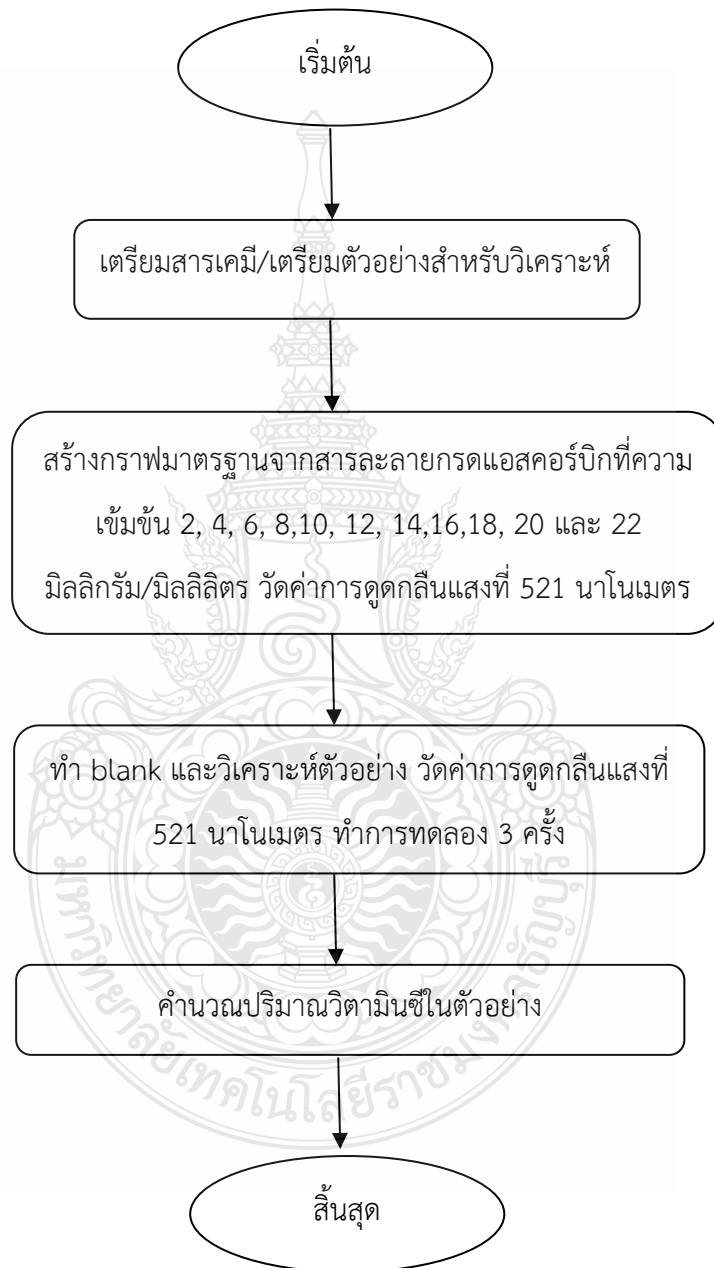
ภาพที่ 4 แสดงเครื่องมือการวิเคราะห์ทั้งหมด 2 เทคนิค

## Flowchart การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคการไทเทรต



ภาพที่ 5 แสดง Flowchart การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีเทคนิคการไทเทรต

## Flowchart การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีเทคนิคโดยสเปกโตรโฟโตเมตรี



ภาพที่ 6 แสดง Flowchart การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

### 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. ปีกเกอร์ (Beaker)
9. กรวยแก้ว (Glass Funnel)
10. แท่งแก้วคนสาร (Stirring Rod)
11. หลอดทดลอง (Test Tube)
12. ตระแกรงใส่หลอดทดลอง (Test Tube Rack)
13. คิวเวท (Cuvette Glass)
14. โกร่งบดสาร (Pestle 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. กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid)

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

5. โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Sodium Hydrogen Carbonate)

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

7. ไทโอยูเรีย (Thiourea)

8. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid 98%)

9. 3% น้ำโบรมีน (Bromine water)

### 3.3 วิธีการทดลอง

#### 3.3.1 เทคนิคการไทเทรต กล่าวว่ กมลวรรณ แจ้งซัด (2553)

##### 1) การเตรียมสารเคมี

##### 1.1) สารละลายกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซีติก

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

##### 1.2) สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

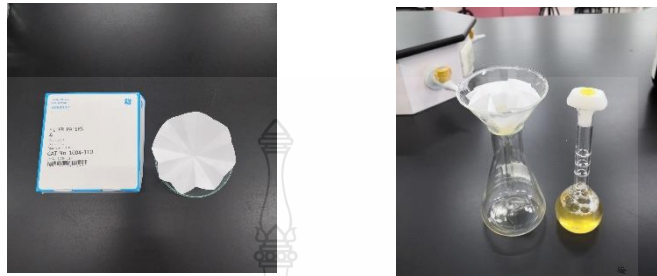
ชั่งน้ำหนักกรดแอสคอร์บิก มาตรฐาน 50 มิลลิกรัม ละลายทันทีด้วยสารละลายกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซีติก เขย่าให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

##### 1.3) สารละลายมาตรฐานอินโดฟินอล

ละลาย 2,6 ไดคลอโรอินโดฟินอลโซเดียมซอลต์ 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 ซ้ำ วิเคราะห์ตัวอย่าง

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

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



ภาพที่ 8 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิคไทเทรต

#### 4) การคำนวณผลการทดลอง

โดยค่ามิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิก ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอล 1 มิลลิลิตร Factor (F) ในการทดลองนี้ ซึ่งกรดแอสคอร์บิกมีน้ำหนักแน่นอนเท่ากับ 50.0000 มิลลิกรัม ปริมาณสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลที่ใช้เฉลี่ยไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกเท่ากับ 15.00 มิลลิลิตร และปริมาณสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลที่ใช้เฉลี่ยไทเทรตกับ blank เท่ากับ 0.10 มิลลิลิตร

$$\text{แทนค่า Factor (F)} = (50.00/50) \times 20 / (15.00 - 0.10)$$

$$= 0.1429 \text{ มิลลิกรัม/มิลลิลิตร}$$

#### 3.2.1.5.2 ปริมาณวิตามินซีในตัวอย่าง

$$\text{ปริมาณวิตามินซีในตัวอย่าง (mg/100ml)} = (X - B) \times (F / E) \times (V / Y)$$

กำหนด X = ปริมาณสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรตกับสารละลายตัวอย่างเฉลี่ย (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณสารละลายมาตรฐานอินโดฟีนอลที่ใช้ไทเทรตกับ blank (มิลลิลิตร)

F = มิลลิกรัมของกรดแอสคอร์บิก 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 เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี Kapur A. et. al (2013) กล่าวว่า

#### 1) การเตรียมสารเคมี

##### 1.1) สารละลาย 2,4 ไดไนโตรฟินิลไฮดราซีน

ชั่งน้ำหนัก 2,4 ไดไนโตรฟินิลไฮดราซีนเรียว 2 กรัมละลายแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วย 5 โมลลาร์สารละลายกรดซัลฟิวริก

##### 1.2) สารละลายไทโอยูเรียว

ชั่งน้ำหนักไทโอยูเรียว 4 กรัมละลายแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วย 5 โมลลาร์ สารละลายกรดซัลฟิวริก

##### 1.3) สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ชั่งน้ำหนักกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน 500 มิลลิกรัม ละลายทันทีด้วยสารละลายกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซิติกเขย่าให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

#### 2) การเตรียมตัวอย่างน้ำผักและน้ำผลไม้

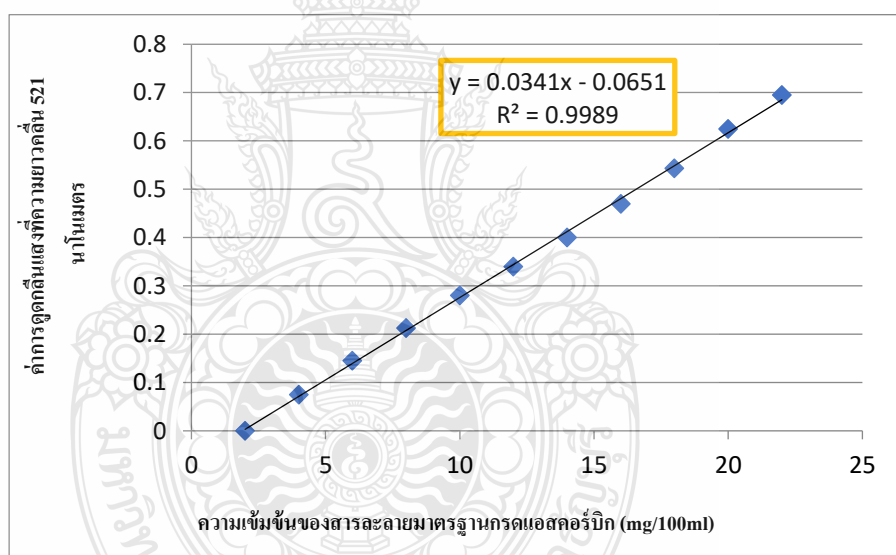
ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 กรัม บดให้ละเอียด จากนั้นเติมกรดเมต้าฟอสฟอริกอะซิติก ให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยงเครื่องหมุนเหวี่ยง โดยใช้ความเร็วรอบ 400 rpm เวลา 15 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4



ภาพที่ 9 แสดงเครื่องหมุนเหวี่ยงในการเตรียมตัวอย่างสำหรับเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

### 3) การเตรียมกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยเตรียมที่ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8, 10, 12 14 16 18 20 22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นเปิดสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามด้วย 0.23 มิลลิลิตร 3 % น้ำโบรมีน จากนั้นเติม 3 % น้ำ เติม 0.1 มิลลิลิตร สารละลายไทโอยูเรีย จากนั้นเติม 1 มิลลิลิตร สารละลาย 2,4 ไดไนโตรฟินิลไฮดราซีน ที่งัวที่อุณหภูมิ 37 องศา เป็นเวลา 3 ชั่วโมงทำให้เย็นในอ่างน้ำแข็ง 30 นาทีพร้อมเติม 5 มิลลิลิตร กรดซัลฟูริกเข้มข้น 98 เปอร์เซ็นต์ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 521 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณวิตามินซีในหน่วย 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



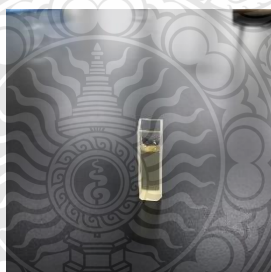
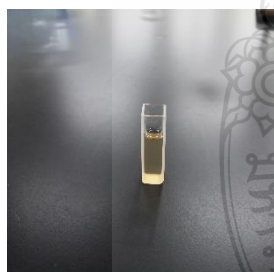
ภาพที่ 10 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกสำหรับวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดย เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี



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 สารละลาย 2,4 ไดไนโตรฟินิลไฮดราซีน ที่ไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศา เป็นเวลา 3 ชั่วโมงทำให้เย็นในอ่างน้ำแข็ง 30 นาทีพร้อมเติม 5 มิลลิลิตร กรดซัลฟูริกเข้มข้น 98 เปอร์เซ็นต์ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 521 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณวิตามินซีในหน่วย 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



ภาพที่ 12 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

#### 5) การบันทึกผลการทดลอง

5.1) ค่าการดูดกลืนแสงที่ 521 นาโนเมตร

5.2) คำนวณผลการทดลองจากกราฟมาตรฐาน

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

### 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 และเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีในน้ำผักและผลไม้ พบว่ามีปริมาณวิตามินซี ( mg / 100 ml ) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีในน้ำผักและผลไม้

ชนิดที่	Titration (mg/100ml)	Spectrometry (mg/100ml)
(1) สตรอเบอร์รี่	14.72 ± 0.10 <sup>b</sup>	15.47 ± 0.04 <sup>a</sup>
(2) มะเขือเทศห่อ	4.19 ± 0.05 <sup>b</sup>	6.39 ± 0.03 <sup>a</sup>
(3) มะเขือเทศราชินี	6.35 ± 0.01 <sup>b</sup>	9.59 ± 0.08 <sup>a</sup>
(4) ส้มเขียวหวานสีทอง	3.84 ± 0.03 <sup>b</sup>	7.66 ± 0.04 <sup>a</sup>
(5) ส้มเขียวหวานบางมด	5.64 ± 0.02 <sup>b</sup>	9.07 ± 0.02 <sup>a</sup>
(6) สับปะรด	7.82 ± 0.05 <sup>b</sup>	10.60 ± 0.04 <sup>a</sup>
(7) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	2.15 ± 0.03 <sup>b</sup>	4.96 ± 0.05 <sup>a</sup>
(8) กล้วยหอม	0.63 ± 0.02 <sup>b</sup>	3.40 ± 0.02 <sup>a</sup>

หมายเหตุ

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

ตารางที่ 2 ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีในน้ำผักและผลไม้ (ต่อ)

ชนิดที่	Titration (mg/100ml)	Spectrometry (mg/100ml)
(9) เคนทอสเบอร์รี่	12.63 ± 0.07 <sup>b</sup>	15.59 ± 0.03 <sup>a</sup>
(10) เสาวรสสีเขียว	10.02 ± 0.02 <sup>b</sup>	12.15 ± 0.18 <sup>a</sup>
(11) ผักกาดหอม	0.15 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.95 ± 0.05 <sup>a</sup>
(12) ผักโขมไทย	1.19 ± 0.02 <sup>b</sup>	4.15 ± 0.13 <sup>a</sup>
(13) ชะอม	3.84 ± 0.03 <sup>b</sup>	6.70 ± 0.07 <sup>a</sup>
(14) ทานตะวันอ่อน	1.20 ± 0.06 <sup>b</sup>	5.66 ± 0.04 <sup>a</sup>
(15) คื่นช่าย	5.33 ± 0.01 <sup>b</sup>	7.21 ± 0.02 <sup>a</sup>
(16) กวางตุ้ง	8.50 ± 0.06 <sup>b</sup>	10.84 ± 0.24 <sup>a</sup>
(17) มังคุด	1.83 ± 0.02 <sup>b</sup>	4.91 ± 0.03 <sup>a</sup>
(18) เสาวรสสีม่วง	11.42 ± 0.01 <sup>b</sup>	13.18 ± 0.08 <sup>a</sup>
(19) ส้มเขียวหวานสายน้ำผึ้ง	4.83 ± 0.02 <sup>b</sup>	6.42 ± 0.02 <sup>a</sup>
(20) มะม่วงน้ำดอกไม้มัน	5.64 ± 0.01 <sup>b</sup>	8.98 ± 0.01 <sup>a</sup>
(21) แดงร้าน	7.95 ± 0.04 <sup>b</sup>	10.59 ± 0.04 <sup>a</sup>

หมายเหตุ

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

ตารางที่ 2 ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีในน้ำผักและผลไม้ (ต่อ)

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

หมายเหตุ

- แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- อักษร a, b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) 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 นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีมีค่าสูงกว่า เทคนิคไทเทรตในน้ำผักและผลไม้ ชนิดที่ 1-29 ขณะที่ (30) มะนาวเทคนิคไทเทรตให้ค่าการวิเคราะห์ที่สูงกว่า เมื่อนำผลการทดลองทั้ง 2 เทคนิคนำไปวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าส่วนใหญ่ผลการทดลองทั้ง 2 เทคนิคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (ตารางภาคผนวกที่ 3) ยกเว้นน้ำผักและผลไม้ 2 ชนิดนี้ ยกเว้น (4) ส้มเขียวหวานสีทองและ (20) มะม่วงน้ำดอกไม้มัน

#### 4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต สูงที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ (30) มะนาว ( $24.84 \pm 0.14$  mg / 100 ml) (29) มะกรูด ( $17.28 \pm 0.14$  mg / 100 ml) (25) มะนาวโห่ ( $16.44 \pm 0.05$  mg / 100 ml) ตามลำดับ ส่วนน้ำผักและผลไม้ที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุด ได้แก่ (11) ผักกาดหอม ( $0.15 \pm 0.02$  mg / 100 ml) ส่วนปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี ค่าสูงที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ (30) มะนาว ( $22.23 \pm 0.06$  mg / 100 ml) (25) มะนาวโห่ ( $20.62 \pm 0.35$  mg / 100 ml) (29) มะกรูด ( $20.32 \pm 0.03$  mg / 100 ml) ส่วนน้ำผักและผลไม้ที่มีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุด ได้แก่ (11) ผักกาดหอม ( $2.95 \pm 0.05$  mg / 100 ml) โดยผลการทดลองในครั้งนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์วิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี และเพื่อศึกษาปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี เมื่อพิจารณาจากตามสมมุติฐานการวิจัย ผลการวิเคราะห์วิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ จะมีปริมาณแตกต่างกันจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน หากเปรียบเทียบผลการทดลองแต่ละชนิดพบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ส่วนใหญ่ที่วิเคราะห์เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคไทเทรตในน้ำผักและผลไม้ชนิดที่ 1-29 ขณะที่ (30) มะนาวมีค่าปริมาณวิตามินซีสูงกว่าเมื่อวิเคราะห์โดยเทคนิคไทเทรต เมื่อนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี t-test ที่เป็น Independent ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบการวิเคราะห์ 2 เทคนิคพบว่าค่าส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ยกเว้น (4) ส้มเขียวหวานสีทอง (18) เสาวรสสีม่วงและ (20) มะม่วงน้ำดอกไม้มันมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษา นันทวัน เอื้อวงศ์กุล ชนาพร รัตนมาลี และศักดา ดาดวง (2560) กล่าวว่าที่ได้ศึกษาปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคไทเทรตพบว่าปริมาณวิตามินซีที่พบในผักพื้นบ้านในไทยมีความใกล้เคียงกับผลการทดลอง ในขณะที่การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีพบว่าค่าปริมาณวิตามินซีที่พบในผักผลไม้อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับผลการทดลองที่พบ ปัจจัยอื่นๆที่มีผลในการวิเคราะห์ ได้แก่ การเตรียมตัวอย่าง ความไวในการวิเคราะห์ รวมไปถึงการปลูก วิธีการเก็บเกี่ยวผักผลไม้ การขนส่งการรักษา อย่างไรก็ตามในผักและผลไม้สดที่พบในประเทศไทยที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นวิตามินซีตามธรรมชาติหากเรารับประทานในปริมาณเพียงพอช่วง 75-90 mg/100 g ก็จะเป็นประโยชน์ต่อร่างกายที่สุด



## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลการทดลองจากตารางที่ 2 ในบทที่ 4 อธิบายได้ว่าผลการวิจัยปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยใช้ 2 เทคนิควิเคราะห์ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

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

5.1.2 ปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี ค่าสูงที่สุด 3 อันดับแรกได้แก่ (30) มะนาว ( $22.23 \pm 0.06$  mg / 100 ml) (25) มะนาวโห่ ( $20.62 \pm 0.35$  mg / 100 ml) (29) มะกรูด ( $20.32 \pm 0.03$  mg / 100 ml) ตามลำดับ

5.1.3 หากเปรียบเทียบผลการทดลองแต่ละชนิดพบว่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้ส่วนใหญ่ที่วิเคราะห์เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรีมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคไทเทรตในน้ำผักและผลไม้ชนิดที่ 1-29 ขณะที่ (30) มะนาวมีค่าปริมาณวิตามินซีสูงกว่าเมื่อวิเคราะห์โดยเทคนิคไทเทรต

5.1.4 เมื่อนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี t-test ที่เป็น Independent ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบการวิเคราะห์ 2 เทคนิคพบว่าค่าส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ยกเว้น (4) ส้มเขียวหวานสีทอง (18) เสาวรสสีม่วงและ (20) มะม่วงน้ำดอกไม้มันมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีอื่น ๆ เพิ่มเติม ทั้งเทคนิคโครมาโตกราฟี และเทคนิคสเปกโตรสโกปี เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับภาระงานที่ได้รับมอบหมาย

5.2.2 ควรศึกษาคุณค่าทางโภชนาการอื่นๆ เพิ่มเติม อย่างเช่น กลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระในผักผลไม้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร และการตรวจสอบคุณภาพอาหาร

5.2.3 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริการวิชาการแบบจัดหารายได้ รับผิดชอบวิเคราะห์อาหาร และพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้กับคณะเทคโนโลยีการเกษตร การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้ง 2 เทคนิค หากเทคนิคใดไม่สามารถทดสอบได้ สามารถใช้อีก เทคนิคทดสอบแทนได้

## บรรณานุกรม

- กมลวรรณ แจ่มชัด. 2553. **ปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี สำหรับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม**  
**เกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 2** กรุงเทพฯ โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.
- เคพกูสเบอร์รี่ไทย** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <http://sk.nfe.go.th/singha06/?name=knowledge&file=readknowledge&id=31>. 25 ตุลาคม 2561.
- ประเสริฐ ศรีไพโรจน์. **เทคนิคไทเทรต**. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <https://web.ku.ac.th.schoolnet/snet5/titrate.html>. 25 ตุลาคม 2561.
- นันทวัน เอื้อวงศ์กุล ชนาพร รัตนมาลี และศักดา ดาดวง. 2560. **การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีใน**  
**น้ำผักและผลไม้พื้นบ้าน จังหวัดนครพนม**. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยสวนดุสิต. ฉบับที่  
10 : 154-170.
- นิธิยา รัตนาปนนท์. 2561. **ความสำคัญและแหล่งของวิตามินซีในอาหาร**. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก  
<https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7190/แหล่งของวิตามินซีในอาหาร>.  
25 ตุลาคม 2561.
- มะนาวโห่** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <https://www.pobpad.com/มะม่วงหาวมะนาวโห่-มีสรรพคุณ>.  
25 ตุลาคม 2561.
- มังคุด** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <https://puechkaset.com/น้ำมังคุด>. 25 ตุลาคม 2561.
- ลองกอง** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก จาก <https://medthai.com/ลองกอง สรรพคุณและประโยชน์>. 25  
ตุลาคม 2561.
- เสาวรสีเขียว** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <https://www.istockphoto.com/th/รูปถ่าย/เสาวรสีเขียว-maracuya-2-gm954519486-260607636>. 25 ตุลาคม 2561.
- ส้มแขก** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <https://www.simummuangmarket.com/product/337>. 25  
ตุลาคม 2566.
- ศิริรณา เชียงหลิว. 2561. **วิตามินซีวิตามินที่จำเป็นยิ่งต่อร่างกาย**. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <https://thaicam.go.th/wp-content/uploads/2021/07/%bтความ-วิตามิน-ซี.pdf>. 5 มิถุนายน  
2561.

## บรรณานุกรม (ต่อ)

ศูนย์นวัตกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ยูวี สเปกโตรโฟโตมิเตอร์.

(ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:[https://www.mic.eng.ku.ac.th/facilitiesdetail.php?id\\_sub=41&id=46](https://www.mic.eng.ku.ac.th/facilitiesdetail.php?id_sub=41&id=46). 25 ตุลาคม 2561

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.

Masamba K.G., and Nguyen M. 2008. **Determination and comparison of vitamin c**

**calcium and potassium in four selected conventionally and organically grown fruits and vegetables.** African Journal of Biotechnology. 7 : 2915-2919.

Tee E.S., Young S.I., Ho S.K., and Siti M.S. 199). **Determination of vitamin c in fruits**

**and vegetables using the dye-titration and microfluorometric methods.** Journal of Science and Technology. 11 : 39-44.



ตารางภาคผนวกที่ 1 ปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต

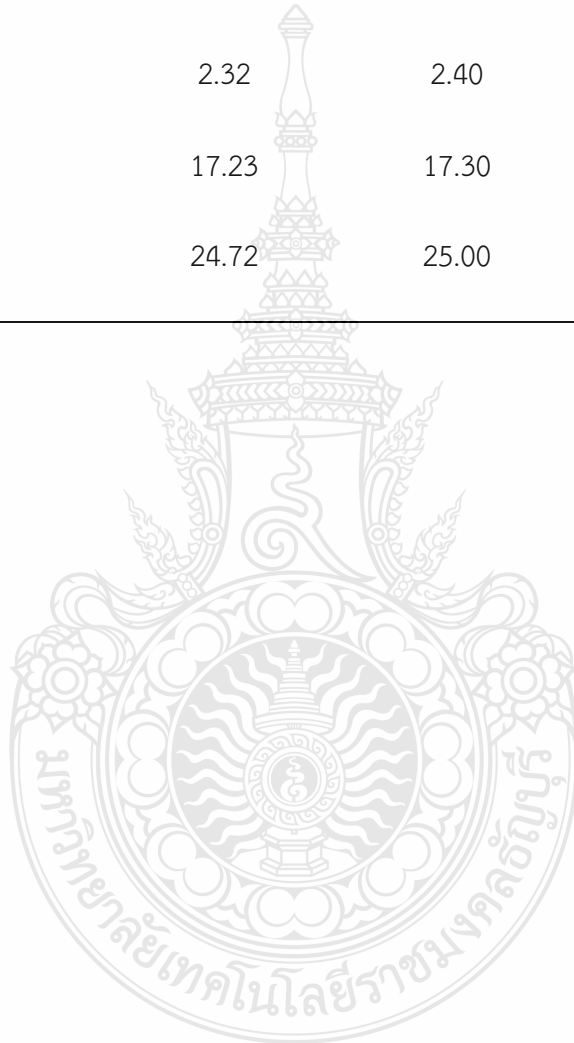
ชนิดที่	ปริมาณวิตามินซีเทคนิคไทเทรต (mg/100 ml)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
(1) สตรอเบอร์รี่	14.60	14.80	14.76
(2) มะเขือเทศห่อ	4.15	4.20	4.23
(3) มะเขือเทศราชินี	6.30	6.35	6.40
(4) ส้มเขียวหวานสีทอง	3.84	3.82	3.85
(5) ส้มเขียวหวานบางมด	5.64	5.68	5.62
(6) สับปะรด	7.80	7.82	7.85
(7) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	2.16	2.20	2.10
(8) กล้วยหอม	0.60	0.66	0.62
(9) เคนทอสเบอร์รี่	12.61	12.64	12.65
(10) เสาวรสสีเขียว	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) คื่นช่าย	5.31	5.35	5.32
(16) กวางตุ้ง	8.46	8.48	8.57
(17) มังคุด	1.82	1.85	1.83
(18) เสาวรสสีม่วง	11.45	11.40	11.42
(19) ส้มเขียวหวานสายน้ำผึ้ง	4.81	4.85	4.82
(20) มะม่วงน้ำดอกไม้มัน	5.64	5.65	5.62
(21) แตงร้าน	7.96	7.98	7.90
(22) ส้มเขียว	8.13	8.23	8.20
(23) ฝรั่ง	6.47	6.50	6.46
(24) แก้วมังกร	9.79	9.80	9.82
(25) มะนาวโท	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) สลละ	2.32	2.40	2.35
(29) มะกรูด	17.23	17.30	17.32
(30) มะนาว	24.72	25.00	24.80



ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

ชนิดที่	ปริมาณวิตามินซีเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี (mg/100 ml)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1) สตรอเบอร์รี่	15.48	15.43	15.50
(2) มะเขือเทศห่อ	6.36	6.40	6.42
(3) มะเขือเทศราชินี	9.63	9.65	9.50
(4) ส้มเขียวหวานสีทอง	7.63	7.65	7.70
(5) ส้มเขียวหวานบางมด	9.07	9.06	9.10
(6) สับปะรด	10.32	10.35	10.40
(7) มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง	4.94	5.02	4.92
(8) กล้วยหอม	3.38	3.40	3.42
(9) เคนทอสเบอร์รี่	15.56	15.60	15.62
(10) เสาวรสสีเขียว	12.00	12.10	12.35
(11) ผักกาดหอม	2.99	2.90	2.97
(12) ผักโขมไทย	4.01	4.20	4.25



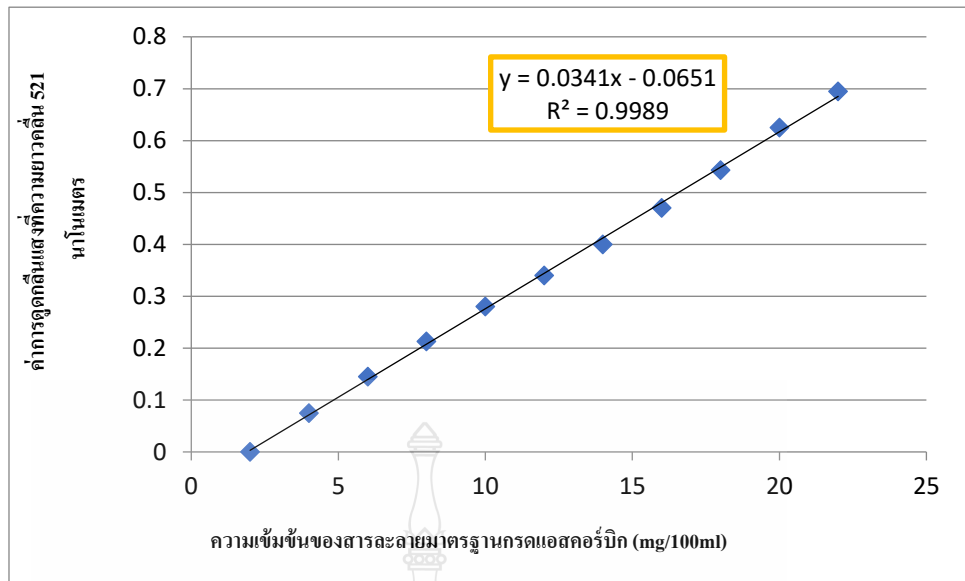
ตารางผนวกที่ 2 แสดงปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี ต่อ (2)

ชนิดที่	ปริมาณวิตามินซีเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี (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) คื่นช่าย	7.19	7.20	7.23
(16) กวางตุ้ง	10.95	11.00	10.56
(17) มังคุด	4.89	4.90	4.95
(18) เสาวรสสีม่วง	13.20	13.10	13.25
(19) ส้มเขียวหวานสายน้ำผึ้ง	6.40	6.42	6.45
(20) มะม่วงน้ำดอกไม้มัน	8.97	8.98	9.00
(21) แตงร้าน	10.54	10.60	10.62
(22) ส้มเขียว	11.48	11.50	11.55
(23) ฝรั่ง	9.79	9.80	9.82
(24) แก้วมังกร	11.44	12.00	11.60
(25) มะนาวโท	20.41	20.43	21.02

ตารางผนวกที่ 2 แสดงปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต ต่อ (3)

ชื่อไทย	ปริมาณวิตามินซีเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี (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) สลละ	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 เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี



การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรต และเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี

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 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี (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 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี (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	-	4	0.000
	Equal variances not assumed			-	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	-	4	0.000
	Equal variances not assumed			-	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 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี (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	-	4	0.000
	Equal variances not assumed			-	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 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและผลไม้โดยเทคนิคไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี (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 : นักวิชาการการศึกษา (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	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
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 เพอร์ซิเดนท อินเตอร์ ฟาร์มา จำกัด

