



## การสร้างและพัฒนาชุดปฏิบัติการเคมียอส่วนที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณวิตามินซี Creation and Development of Small-Scale Chemistry used to examine the amount of vitamin C

อัจฉราภรณ์ เจริญสุข<sup>1</sup>, หทัยกานต์ มาสา<sup>1</sup>, ชณิดา สุ่มอุดม<sup>1</sup>, นิรมล ศรีชนะ<sup>2</sup>, และปิยะนุช เหลืองงาม<sup>3</sup>

E-mail: Sb6440148209@lru.ac.th, Sb6440148206@lru.ac.th, Sb6440148226@lru.ac.th

โทรศัพท์: 0803134767, 0644915662, 0956401210

### บทคัดย่อ

การสร้างและพัฒนาชุดปฏิบัติการเคมียอส่วนที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณวิตามินซี 6 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บตัวอย่างในจังหวัดเลย แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องไมโครเพลทรีดเดอร์ (Microplate Reader) ที่ความยาวคลื่น 727 Nm โดยใช้เทคนิคสเปกโตรโฟโตเมทรีด้วยวิธี Molybdenum blue method ภายใต้กราฟมาตรฐานความเข้มข้น 1-24 ppm ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณวิตามินซีอยู่ในช่วงความเข้มข้น 14.149 – 29.397 mg/L โดยพบวิตามินซีสูงสุดในตัวอย่างเงาะ ที่ 29.397 mg/L สำหรับผลการวิเคราะห์หาค่าขีดจำกัดต่ำสุด (LOD) และค่าขีดจำกัดสูงสุด (LOQ) มีค่าเท่ากับ 0.6819 และ 0.9108 ตามลำดับ การหาค่าร้อยละการกลับคืนโดยใช้สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก 4 ppm ปริมาตร 0.2 mL ในตัวอย่างเงาะ ปริมาตร 2.5 mL พบค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืน เท่ากับ 97.36 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ โดยอยู่ในช่วง 80 - 110% จากการพัฒนาทำให้ได้ชุดเคมียอส่วนในการตรวจสอบปริมาณวิตามินซี

**คำสำคัญ:** เคมียอส่วน, วิตามินซี

### Abstract

Creation and Development of Small-Scale Chemistry used to Examine the Amount of Vitamin C in 6 samples of common fruits and vegetables, which were collected in Loei Province. Then take it to measure the absorbance value with a machine. Microplate Reader at a wavelength of 727 nm using spectrophotometry using the molybdenum blue method under a standard curve with a concentration of 1-24 ppm. The analysis results found that The amount of vitamin C was in the concentration range of 14.149 - 29.397 mg/L, with the highest vitamin C found in the rambutan sample at 29.397 mg/L. For the analysis results, the lower limit (LOD) and upper limit (LOQ) values were equal to 0.6819 and 0.9108, respectively. Determination of percentage recovery using a standard solution of 4 ppm ascorbic acid, volume 0.2 mL, in a 2.5 mL rambutan sample, found the average percentage recovery was equal to 97.36, which is an acceptable value. which is in the range of 80 - 110%. From the development, there was a miniaturized chemical kit for testing the Amount of Vitamin C

**Keywords:** Small-Scale Chemistry, Vitamin C

<sup>1</sup>นักศึกษานิพนธ์ปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

<sup>2</sup>อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

<sup>3</sup>อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

## ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันบางโรงเรียนในประเทศไทย มีจำนวนอุปกรณ์ในการทดลองไม่เพียงพอกับจำนวนนักเรียน และนักเรียนได้รับประสบการณ์ในการทำการทดลองเคมีน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดลองเคมีแบบสืบเสาะ ซึ่งมีสาเหตุมาจากโรงเรียนขนาดเล็กขาดอุปกรณ์ในการทดลองเลยทำให้ทางโรงเรียนเน้นการสอนภาคบรรยายทำให้นักเรียนขาดประสบการณ์ด้านปฏิบัติการหรือด้านการทดลอง นักเรียนส่วนใหญ่จึงมีโอกาสดำเนินการทดลองด้วยตนเองค่อนข้างน้อย ขาดโอกาสในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะขั้นบูรณาการทักษะทางด้านเนื้อหาในบทเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา ซึ่งเป็นสิ่งที่สามารถต่อยอดไปจนถึงในระดับอุดมศึกษา เป็นทักษะที่ติดตัวไปตลอด

การทดลองเคมีแบบย่อส่วน (Small-scale chemistry experiment) เป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยสูง ช่วยให้การทดลองทางเคมีเป็นเรื่องที่เข้าถึงได้ง่าย โดยอุปกรณ์ และวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์พลาสติกที่ใช้กัน อย่างแพร่หลาย และมีราคาถูกเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลองเคมีทั่วไป อีกทั้งยัง สามารถนำวัสดุขนาดเล็กอื่น ๆ ที่เป็นของใช้ในชีวิตประจำวันมาดัดแปลงใช้ได้ด้วย การทดลองแบบนี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในระดับ นานาชาติ และนำไปใช้กับโรงเรียนในหลายประเทศ ซึ่งเป็นความมุ่งมั่นที่ต้องการผลักดันให้เกิดนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ โดยลดข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ราคา แพงและสารเคมีในปริมาณมาก ค่าใช้จ่ายในการจัดการกับของเสียที่เกิดจากการทดลอง และลดเวลาในการทำปฏิบัติการนอกจากนี้ยังเป็นการทดลองเคมีอย่างปลอดภัยมากขึ้นและยังช่วยลดภาระให้ครูในการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีด้วย (Chemical Society of Thailand, 2015)

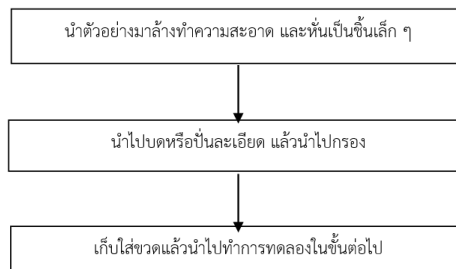
ทางคณะผู้จัดทำจึงเล็งเห็นปัญหา จึงได้สนใจที่จะสร้างและพัฒนาชุดปฏิบัติการเคมีย่อส่วน เพื่อเป็นสื่อการสอนให้นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ชื่อว่า “การสร้างและพัฒนาชุดปฏิบัติการเคมีย่อส่วนที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณวิตามินซี (Creation and Development of small-scale chemistry used to examine the amount of vitamin C)” โดยหัวข้อการหาวิตามินซีในผักผลไม้จัดเป็นหัวข้อที่น่าสนใจและมีความสำคัญต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งภายในวิตามินซีเป็นหนึ่งในวิตามินที่ถูกพูดถึงกันเป็นอันดับต้น ๆ มีประโยชน์ต่อร่างกายในทุกเพศ ทุกวัย มีผลิตภัณฑ์มากมายรอบตัวที่มีส่วนผสมของวิตามินซีในระดับที่เหมาะสม และมีอาหารหลายอย่างที่มีวิตามินซี แต่การใช้วิตามินซีของแต่ละคนแตกต่างกันไป การจะทานให้มากถึงในระดับที่ต้องการเป็นไปได้ยาก แต่มีผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหลายอย่างที่มีกรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซีมากเพียงพอต่อร่างกาย ทั้งนี้การทดลองทางด้านวิทยาศาสตร์ในการทดสอบหาวิตามินซีก็เป็นการทดลองที่สำคัญ ซึ่งสามารถสังเกตเห็นผลการทดลองได้ชัดเจนแม้จะย่อส่วนหรือลดปริมาณของสารที่ใช้ในการทดลอง ดังนั้นการทดลองเคมีแบบย่อส่วนที่พัฒนาขึ้นต้องมีลักษณะสำคัญ คือ ใช้วิธีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายได้และเหมาะสมกับพัฒนาการของผู้เรียน เน้นให้เป็นการทดลองแบบย่อส่วน เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการทดลอง โดยประยุกต์ใช้สารเคมีที่นักเรียนคุ้นเคยและใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กย่อส่วนที่ทำได้ง่ายและราคาไม่แพง เน้นให้เป็นการทดลองที่ปลอดภัยและเป็นเคมีรักษ์สิ่งแวดล้อม หรือเคมีสีเขียว (Green chemistry) เพื่อลดปริมาณสารที่ใช้ในการทดลอง ลดปริมาณของเสียจากการทดลอง และประหยัดเวลาในการทดลอง นอกจากนี้ยังปลูกฝังค่านิยมเกี่ยวกับเคมีสีเขียว (Green chemistry) ให้กับนักเรียนด้วย

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและพัฒนาชุดการทดลองเคมีย่อส่วน ให้สามารถทดลองได้จริงในพื้นที่จำกัด และสะดวกต่อการพกพา
2. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและน้ำผลไม้

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. วิธีการเตรียมตัวอย่าง

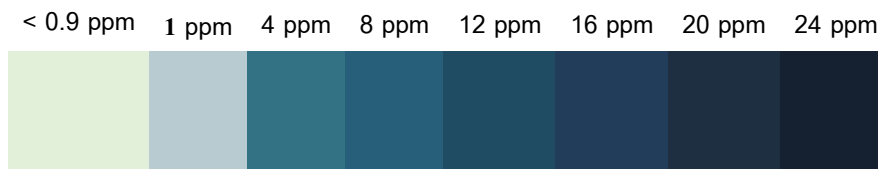


ภาพประกอบที่ 1 แผงผังขั้นตอนการวิเคราะห์การเตรียมตัวอย่าง

#### 1.1 การสร้างกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิก

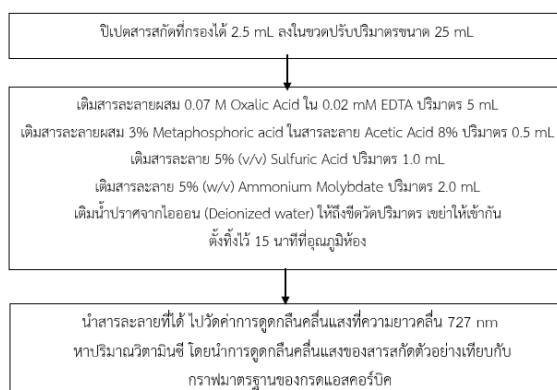
ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1000 ppm ปริมาตรต่าง ๆ สารละลายผสม Oxalic Acid 0.07 M ในสารละลาย EDTA 0.02 mM จากนั้นเติมสารละลายผสม 3% Metaphosphoric Acid ในสารละลาย 8% Acetic Acid, Sulfuric Acid 5% (v/v) และ Ammonium Molybdate 5% (w/v) ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที ได้สารละลายที่มีสีน้ำเงินเข้ม วัดค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 727 nm และสร้างกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิกตามความเข้มข้น 1-24 ppm

จะได้ตารางสีเพื่อใช้เทียบปริมาณวิตามินซี



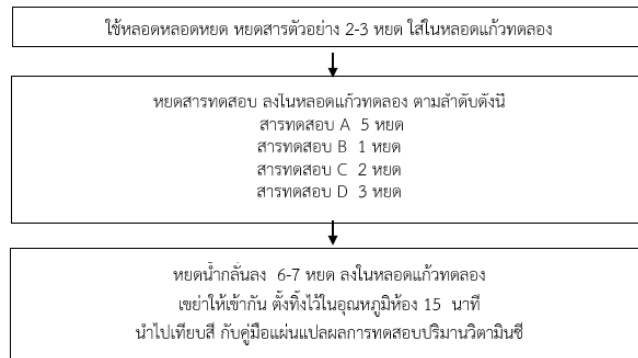
ภาพประกอบที่ 2 แถบเทียบสีความเข้มข้นของวิตามินซี

### 2. ขั้นตอนการหาปริมาณวิตามินซีด้วยเทคนิค Molybdenum blue method



ภาพประกอบที่ 3 แผงผังขั้นตอนการวิเคราะห์วิตามินซี

### 3. วิธีการทดสอบชุดเคมีมีส่วนในการตรวจสอบวิตามินซี



### ภาพประกอบที่ 4 แผนผังขั้นตอนวิธีการทดสอบชุดเคมีมีส่วนในการตรวจสอบวิตามินซี

#### 4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

##### 4.1 การวิเคราะห์หาร้อยละการกลับคืน (% Recovery)

การวิเคราะห์ความถูกต้อง (Accuracy) และเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อน (% Error) ทำได้โดยการนำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาเติมสารละลายมาตรฐานของวิตามินซี ที่มีความเข้มข้นที่แน่นอนลงไปความเข้มข้นเดียว จากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปวัดซ้ำ 5 ครั้ง แล้วคำนวณหาร้อยละการกลับคืนของสารละลายมาตรฐานของวิตามินซีแต่ละชนิด

จากสูตร

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{ปริมาณที่วิเคราะห์ได้} \times 100}{\text{ปริมาณสารที่ได้ตามทฤษฎี}}$$

##### 4.2 การวิเคราะห์หาความแม่นยำ (Precision)

ทำได้โดยการวิเคราะห์แต่ละครั้งมาหาค่า Standard Deviation (S.D.) และค่า % Recovery Standard Deviation (% R.S.D.) ซึ่งคำนวณได้จากค่าต่าง ๆ ดังสมการต่อไปนี้

จากสูตร

$$\text{Mean } \bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

##### 4.3 การวิเคราะห์หาค่า Limit of Detection (LOD)

LOD ความเข้มข้นต่ำสุดที่วิธีทดสอบนั้น ๆ สามารถทำการทดสอบได้โดยการนำสารละลายมาตรฐานแต่ละขวดไปวัดซ้ำ ความเข้มข้นละ 5 ซ้ำ แล้วนำแต่ละความเข้มข้นมาคำนวณหา ค่า S.D. ที่ได้ไปทำกราฟ กำหนดให้แกน Y เป็นค่า S.D. และแกน X เป็นค่าความเข้มข้น ของสารละลายมาตรฐานมาคำนวณหา ค่า LOD

จากสูตร

$$\text{LOD} = \bar{X} + 3 \text{ S.D.}$$

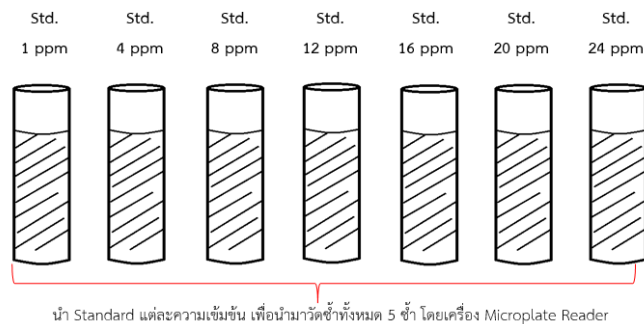
##### 4.4 การวิเคราะห์หาค่า Limit of Quantitation (LOQ)

LOQ เป็นความเข้มข้นที่ใช้ขีดจำกัดล่างสุดในการหาปริมาณ ซึ่ง LOQ เป็นปริมาณสารที่ให้สัญญาณเป็น 10 เท่าของสัญญาณรบกวน ทำได้โดยการทำเช่นเดียวกับการหา LOD แต่จะนำค่าที่ได้จากจุดตัดแกน Y มาคำนวณ

จากสูตร

$$\text{LOQ} = \bar{X} + 10 \text{ S.D.}$$

โดยแสดงการวิเคราะห์หาค่า Limit of Detection (LOD) และค่า Limit of Quantitation (LOQ) ดังแผนภาพประกอบที่ 5



ภาพประกอบที่ 5 แสดงการวิเคราะห์หาค่า LOD และค่า LOQ

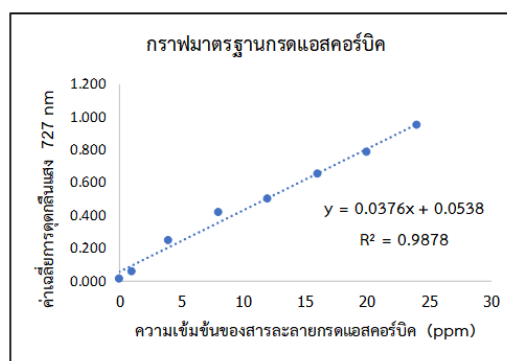
นำ Standard แต่ละความเข้มข้นมาวัดซ้ำทั้งหมด 5 ซ้ำ โดยเครื่อง Microplate Reader เพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้น เพื่อนำมาสร้างกราฟ 2 กราฟดังนี้ กราฟที่ 1 สร้างระหว่าง S.D. กับ  $\bar{X}$  และกราฟที่ 2 สร้างระหว่าง  $\bar{X}$  กับ ppm หลังจากได้ทั้ง 2 กราฟ ก็นำไปแทนค่าเพื่อหา LOD และ LOQ

$$\text{LOD} = \bar{X} + 3 \text{ S.D.}, \quad \text{LOQ} = \bar{X} + 10 \text{ S.D.}$$

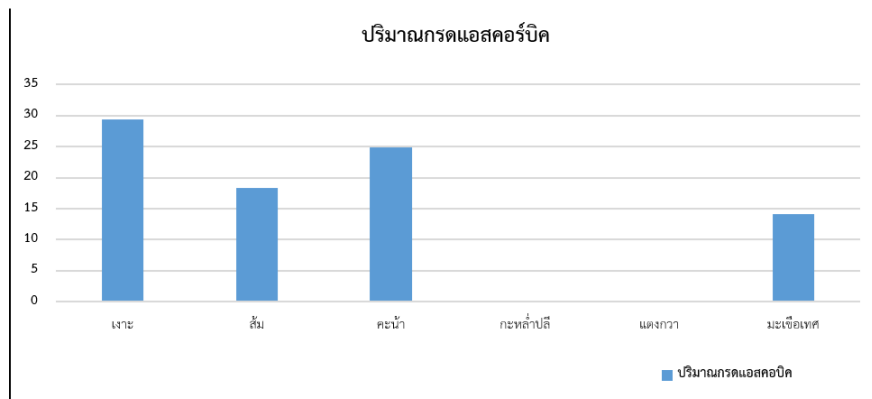
### ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก ในน้ำผักและน้ำผลไม้ทั่วไป โดยเครื่อง Microplate Reader

การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี โดยเครื่อง Microplate Reader ที่ยาวคลื่น 727 nm ได้กราฟสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก (ภาคผนวก ข) มีความสัมพันธ์เชิงเส้นเท่ากับ 0.9878 ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำผักและน้ำผลไม้ทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 5 ซ้ำ และเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก พบว่า น้ำผักและน้ำผลไม้ตัวอย่างทั้ง 6 ชนิดมีวิตามินซีทั้งหมด ซึ่งตัวอย่างน้ำผักและน้ำผลไม้ที่พบ ปริมาณวิตามินซีมากที่สุด คือ เงาะ มีปริมาณวิตามินซี เท่ากับ 29.397 mg/L และตัวอย่างที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดคือ กะหล่ำปลีและแตงกวา ซึ่งไม่สามารถอ่านค่าวิตามินซีได้เพราะมีค่าน้อยมาก



ภาพประกอบที่ 6 กราฟมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก



ภาพประกอบที่ 7 กราฟแสดงปริมาณวิตามินซีในน้ำผักและน้ำผลไม้

#### 1. การวิเคราะห์การกลับคืนของวิตามินซีในน้ำผักและน้ำผลไม้โดยเครื่อง Microplate Reader

คำนวณหาร้อยละการได้กลับคืนของกรดแอสคอร์บิก จากการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีปริมาณของ กรดแอสคอร์บิก ตัวอย่างมาเติมสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก 4 mg/L ปริมาตร 0.2 mL จากนั้นนำไปวิเคราะห์ขั้นตอนเดียวกับตัวอย่าง ได้ผลการวิเคราะห์ ซึ่งผลการวิเคราะห์มีค่าร้อยละการกลับคืน เท่ากับ 97.36 เป็นค่าที่ยอมรับได้ในช่วง 80 - 110% ผลการวิเคราะห์ หา Limit of Detection (LOD) มีค่าเท่ากับ 0.6819 และ Limit of Quantitation (LOQ) มีค่า เท่ากับ 0.9108

#### อภิปรายผล

ผลการสร้างกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิก ในการสร้างกราฟมาตรฐาน ของกรดแอสคอร์บิก สำหรับวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดในตัวอย่างผักและผลไม้ จากสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 1,000 ppm โดยสร้างกราฟมาตรฐานของกรดแอสคอร์บิก ในช่วง 1-24 ppm ทำทั้งหมด 5 ซ้ำ (1-5) ใช้เทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี ด้วยวิธี Molybdenum blue method ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอสเฟตกับแอมโมเนียมโมลิบเดต ในสภาวะกรด ได้แอมโมเนียมฟอสโฟโมลิบเดตซึ่งจะถูกรีดิวซ์ด้วยกรดแอสคอร์บิก ได้ผลิตภัณฑ์ คือ โมลิบดินับ บลูและกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก วัดค่าดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ที่ความยาวคลื่น 727 nm ได้ค่าการดูดกลืนแสง ดังแสดงในกราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี ในตัวอย่างผักและผลไม้ทั่วไปจำนวน 6 ตัวอย่าง พบอยู่ในช่วงความเข้มข้น 14.149 – 29.397 mg/L ดังภาพประกอบที่ 7 พบปริมาณวิตามินซีในตัวอย่างน้ำผักและน้ำผลไม้ทุกตัวอย่าง ได้แก่ เงาะ ส้ม กล้วย มะขาม แตงกวา มะเขือเทศ พบปริมาณความเข้มข้นของวิตามินซีสูงสุดในตัวอย่างคือ เงาะ ที่ 29.397 mg/L การหาร้อยละการกลับคืนโดยใช้สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก 4 ppm ปริมาตร 0.2 mL เติมลงในตัวอย่างเงาะ ปริมาตร 2.5 mL จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Microplate Reader พบค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืน เท่ากับ 97.36 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ โดยอยู่ในช่วง 80 - 110%

จากการวิจัยการสร้างและพัฒนาชุดปฏิบัติการเคมียอส่วนที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณวิตามินซี ทำให้ทราบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริวรรณ ตี๋ภู, อมร ไชยสัตย์ และปรีชา มั่นสลาย (2557) ได้พัฒนาชุดทดสอบวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี โดยใช้หลักการเกิดสีของ Prussian blue วิตามินซีจะทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์  $Fe^{3+}$  ให้กลายเป็น  $Fe^{2+}$  เพื่อทำปฏิกิริยากับ  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  ได้เป็นสารละลาย Prussian blue ซึ่งเป็นสารละลายสีน้ำเงิน และมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 709 นาโนเมตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการวิจัยชุดทดสอบที่พัฒนาขึ้นไปวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในตัวอย่างน้ำผลไม้คั้นสดและน้ำผลไม้พร้อมดื่ม ผลการทดลองที่ได้พบว่าให้ผลสอดคล้องกัน โดยที่ชุดทดสอบมีข้อดีคือใช้เวลาในการวิเคราะห์เพียง 15 นาที ไม่ต้องมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ยุ่งยาก ใช้สารเคมีน้อยและสามารถนำไปหาปริมาณวิตามินซีในภาคสนามได้นำไปใช้ได้จริงในโรงเรียน และเป็นประโยชน์ต่อการนำไปสอนในโรงเรียนได้

## สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินในน้ำผักและน้ำผลไม้ ทั้ง 6 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณวิตามินซีอยู่ในผักทุกตัวอย่าง ได้แก่ เงาะ ส้ม คะน้า กะหล่ำปลี แตงกวา มะเขือเทศ ตัวอย่างผักและผลไม้ที่มีปริมาณความเข้มข้นของวิตามินซีสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ เงาะ ที่ 29.397 mg/L คะน้า ที่ 24.876 mg/L และ ส้ม ที่ 18.316 mg/L ตามลำดับ ตัวอย่างที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดคือ 3 ลำดับ คือ กะหล่ำปลีและแตงกวา ที่ ND และมะเขือเทศ ที่ 14.149 mg/L ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ร้อยละการกลับคืนของ กรดแอสคอร์บิก คือ 97.36 ผลการวิเคราะห์หาค่าขีดจำกัดต่ำสุด (LOD) และค่าขีดจำกัดสูงสุด (LOQ) มีค่าเท่ากับ 0.6819 และ 0.9108 ตามลำดับ

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาหาสารอาหารตัวอื่นนอกเหนือจากซีตามีนซี
2. ควรศึกษาการหาปริมาณวิตามินซีด้วยเทคนิควิธีอื่น ๆ
3. ควรศึกษาการหาปริมาณวิตามินซีในผักและผลไม้ชนิดอื่น ๆ นอกเหนือจากผักและผลไม้ 6 ชนิด

## เอกสารอ้างอิง

- กลไกการสลายตัวของวิตามินซีแบบ anaerobic degradation. (2017). สืบค้นเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2566. (ออนไลน์).  
จาก : <https://libdoc.dpu.ac.th/thesis/Thitirat.Saw.pdf>.
- กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซี. 2008. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2566. (ออนไลน์). จาก : <https://shorturl.asia/OGUlw>.
- ผ่องใส เพ็ชรรักษ์ (2555). รายงานการวิจัยการศึกษาพฤติกรรมของนักเรียน. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2566. (ออนไลน์).  
จาก : <https://www.abpk.ac.th/pe/images/doc/2.pdf>.
- พรพรรณ อุดมกาญจนันท์. (2560). เปิดโลกเคมี : ปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วนสำหรับมัธยมศึกษาตอนปลาย. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2556). ความรู้เกี่ยวกับผักและผลไม้. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 2566. (ออนไลน์). จาก : <https://shorturl.asia/8AB3e>.
- มานะธร กอบน้ำเพชร และ จิโรภาส โชติฉัตรชัย. (2563). ความรู้เกี่ยวกับผลไม้. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 2566. (ออนไลน์).  
จาก : <https://shorturl.asia/84rbX>.
- เมดไทย. ลักปิดลักเปิด หรือ โรคขาดวิตามินซี. (2022). สืบค้นเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2566. (ออนไลน์). จาก <https://medthai.com/ลักปิดลักเปิด/>
- วนิดา สวนดอกไม้. ความเข้มข้น. สืบค้นเมื่อ 19 มิถุนายน 2566. จาก : [http://www.sysp.ac.th/files/20140001\\_18072512125446.pdf](http://www.sysp.ac.th/files/20140001_18072512125446.pdf).
- ธีรวิทย์ วรารักษ์. (2557). พฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2566. (ออนไลน์). จาก : <https://searchlib.utcc.ac.th/301327.pdf>.
- นพวัฒน์ เพ็งคำสร. (2560). การวิเคราะห์ข้อมูลและประสิทธิภาพการวิเคราะห์. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2566. (ออนไลน์). จาก : <file:///C:/Users/HP/Downloads/Method.pdf>.
- นริศรา มิตนนท์. (2551). การหาปริมาณวิตามินซีของเห็ดพื้นบ้านในจังหวัดเลย. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2566. (ออนไลน์). จาก : <https://shorturl.asia/9EjSG>.
- นิภาภรณ์ ลักษณะสมยา. (2558). การศึกษาปริมาณของวิตามินซีใน Functional Drink. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2566. (ออนไลน์). จาก : <https://shorturl.asia/pYGil>.





- ศิริวรรณ ตี๋ภู, อมร ไชยสัตย์ และปรีชา มั่นสลาย (2557). การพัฒนาชุดตรวจสอบวิตามินซีในน้ำผลไม้. (ออนไลน์). จาก : [https://sci1.rmutt.ac.th/?wpfb\\_dl=340](https://sci1.rmutt.ac.th/?wpfb_dl=340).
- ศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี. เครื่องอ่านปฏิกิริยาบนไมโครเพลท. (2023). สืบค้นเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2566. (ออนไลน์). จาก : <https://shorturl.asia/LqXbA>.
- สมาคมเคมีแห่งประเทศไทย. 2558. การปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วน. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2566. (ออนไลน์). จาก : <https://shorturl.asia/EPzsH>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2551). หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551. กรุงเทพฯ : กรุงเทพมหานคร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2560). หนังสือตัวชี้วัดและสาระแกนกลางกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ : กรุงเทพมหานคร.
- คิตะธรา. (2558). ประโยชน์ของผักและผลไม้. (ออนไลน์). จาก [https://www.mebmarket.com/index.php?action=BookDetails&book\\_id=28258](https://www.mebmarket.com/index.php?action=BookDetails&book_id=28258)
- Bissett and Berry. (2561). การศึกษาปริมาณของวิตามินซี. สืบค้นเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม 2566. (ออนไลน์). จาก : <https://libdoc.dpu.ac.th/thesis/Thitirat.Saw.pdf>.
- D.M. Gresswell. Vitamin C in soft drinks and fruit juices. Food Sci. & Technol. Abstr. (1978). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/>.
- Iqbal & Khattak. (2004). ประโยชน์ของวิตามินซี . สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 2566. (ออนไลน์). จาก : <https://www.mdpi.com/2079-9284/6/4/58>
- Kelly, O., & Finlayson, O. E. “Small-scale chemistry in the school laboratory - ‘small is beautiful, green is more beautiful’”. [jcsience.slss.ie/resources/.../se\\_microscale\\_ChemEd2002.pdf](https://www.jcsience.slss.ie/resources/.../se_microscale_ChemEd2002.pdf).
- Nermin M. Yussif. Vitamin C. 2018. <https://shorturl.asia/f0q8j>.
- Ravetti, S.; Clemente, C.; Brignone, S.; Hergert, L.; Allemanni, D.; Palma, S. Ascorbic Acid in Skin Health. (2561). โครงสร้างทางเคมีของวิตามินซี. สืบค้นเมื่อวันที่ 19 กรกฎาคม 2566. (ออนไลน์). จาก : <https://www.mdpi.com/2079-9284/6/4/58>