การศึกษาปริมาณของวิตามินซีใน functional drink กลุ่มวิตามินซีปริมาณสูง

ฐิติรัตน์ สวัสดิ์ตยวงศ์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ.2564

DETERMINATION OF VITAMIN C IN HIGH VITAMIN C LABELED FUNCTIONAL DRINKS

THITIRAT SAWADTAYAWONG

A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Anti-aging and Regenerative Medicine

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University

2021

ใบรับรองสารนิพนธ์

วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อสารนิพนธ์ การศึกษาปริมาณของวิตามินซีใน Functional Drink กลุ่มวิตามินซีปริมาณสูง

เสนอโดย ฐิติรัตน์ สวัสดิ์ตยวงศ์

สาขาวิชา วิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

กลุ่มวิชา วิทยาศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์มาศ ไม้ประเสริฐ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์แล้ว

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์ชนพงษ์ โรจนวรฤทธิ์)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์มาศ ไม้ประเสริฐ)

..... กรรมการ

(ดร.นายแพทย์ ภาวิต หน่อไชย)

วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ รับรองแล้ว

..... คณบดีวิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์พัฒนา เต็งอำนวย)

วันที่ 14 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564

หัวข้อสารนิพนธ์ การศึกษาปริมาณของวิตามินซีใน functional drink กลุ่มวิตามินซีปริมาณสูง
ชื่อผู้เขียน ฐิติรัตน์ สวัสดิ์ตยวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.มาศ ไม้ประเสริฐ
สาขาวิชา วิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ
ปีการศึกษา 2564

บทคัดย่อ

วิตามินซี เป็นสารประกอบที่ละลายในน้ำ จัดอยู่ในกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติที่มนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ จึงต้องได้รับจากการรับประทานเท่านั้น วิตามินซีมีผลในการส่งเสริมสุขภาพในหลายๆด้าน ทำให้เป็นที่นิยมในหมู่ประชาชนทั่วไป ปัจจุบันเครื่องดื่มวิตามินซีก็เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก มีเครื่องดื่มที่ระบุว่าผสมวิตามินซี 120 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นปริมาณ 200% ของ Thai RDI เกิดขึ้นหลายยี่ห้อหลายรสชาติ อย่างไรก็ตามในงานวิจัยก่อนหน้านี้ ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการสลายตัวของวิตามินซี พบว่าวิตามินซีสามารถสลายตัวได้ง่าย และยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการเติมสารเพิ่มความคงตัวให้วิตามินซีในเครื่องดื่ม แต่ก็ยังไม่สามารถรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกเมื่อเวลาผ่านไปได้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาว่าปริมาณของวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ในเครื่องดื่มวิตามินซี 200% เมื่อถึงมือผู้บริโภค จะมีปริมาณวิตามินซีคงเหลือตรงตามที่ฉลากระบุหรือไม่ โดยนำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มวิตามินซีที่มีในท้องตลาดจำนวน 16 ตัวอย่างมาศึกษาหาปริมาณวิตามินซี (L-ascorbic acid) ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของวิตามินซีที่มีอยู่ในเครื่องดื่ม functional drink กลุ่มวิตามินซีสูงยี่ห้อต่างๆที่วางขายทั่วไป

ผลการศึกษาพบว่าเครื่องดื่มผสมวิตามินซีทั้ง 16 ชนิดที่มีการระบุข้างฉลากว่ามีปริมาณวิตามินซี 200% Thai RDI (120 มก.), 50% ของเครื่องดื่มที่ศึกษามีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าที่ฉลากระบุ(< 120 มก.)โดยมีเครื่องดื่มวิตามินวอเตอร์ 2 ชนิดที่ตรวจไม่พบปริมาณวิตามินซีในบรรจุภัณฑ์ และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มแบบช็อตและกลุ่มวิตามินวอเตอร์ พบกว่ากลุ่มเครื่องดื่มแบบช็อต มีราคาต่อ 1 มิลลิตร และปริมาณวิตามินซีที่สูงกว่า ผลการศึกษาพบว่า

เครื่องดื่มวิตามินซีที่จัดเก็บและจำหน่ายในตู้แช่เย็น และผลิตได้ไม่นาน มักจะมีปริมาณวิตามินซีที่สูงกว่าที่ฉลากระบุ

Thematic Paper Title DETERMINATION OF VITAMIN C IN HIGH VITAMIN C LABELED FUNCTIONAL DRINKS

Author Thitirat Sawadtayawong
Thematic Paper Adviser Assist. Prof. Dr. Mart Maiprasert
Department Anti-aging and Regenerative Medicine
Academic Year 2021

ABSTRACT

Vitamin C is a compound that dissolves in water. It is a natural antioxidant that humans cannot synthesize. Must be obtained from intakes only. It has many health-promoting effects. Nowadays Vitamin C drinks are also very popular. There are many brands and flavors of Vitamin C drinks labeled containing 120 mg of vitamin C, which is 200% of the Thai RDI. However, in previous research we found that vitamin C is easily degraded. And there are also studies on adding a stabilizer to vitamin C in beverages. But it still cannot maintain the ascorbic acid content over time. The researcher then studied that the amount of vitamin C remaining in the vitamin C drink 200% when it reaches the consumer. Will there be remaining vitamin C content as labeled on the package? By taking 16 samples of commercial vitamin C drinks to study the amount of vitamin C (L-ascorbic acid) using high performance liquid chromatography technique. To study changes in the amount of vitamin C contained in various available commercial brands of high vitamin C functional drinks.

The results of the study showed that 16 vitamin C drink samples that were labeled as having Vitamin C 200% Thai RDI (120 mg), 50% of the samples had the amount of vitamin C less than the label (<120 mg) There are 2 types of vitamin water drinks that do not detect the amount of vitamin C in the package . And when comparing between the shot drink group and the vitamin water group found that the price per 1 ml and the vitamin C content of the shot drink

group is higher. The results showed that vitamin C drinks stored and sold in the refrigerator and have longer remaining shelf life tend to contain higher amounts of vitamin C than labeled.

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก ผศ.นพ.มาศ ไม้ประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษา, ดร.นพ.ภาวิต หน่อไชย, ผศ.ดร.เอกราช บำรุงพืชน์ และพ.ท.ผศ. พิชา สุวรรณหิตาทร ที่ได้ให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ ความช่วยเหลือในการปรับปรุงแก้ไขมาโดยตลอดตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นกระบวนการงานวิจัย ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัยจนทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ นำมาสู่สารนิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณคณะวิทยาการชะลอวัย และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ช่วยประสานงานทำให้สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างราบรื่น

และที่ขาดไม่ได้ ขอขอบคุณครอบครัว และ พี่ๆกัลยาณมิตรทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือเกื้อกูล สนับสนุน รวมถึงเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดมา นับเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ฐิติรัตน์ สวัสดิ์ตยวงศ์

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง……. ญ

สารบัญภาพ…… ฎ

บทที่

1. บทนำ……... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา…… 1

1.2 คำถามการวิจัย…….. 2

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย…….....…… 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ……... 3

2. แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……...…… 4

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....……..…… 4

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

3. ระเบียบวิธีวิจัย……..…….... 14

3.1 การเก็บตัวอย่าง.....……..... 14

3.2 ขั้นตอนทดสอบการวิจัย..... 16

3.3 หลักการ…… 16

3.4 เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ……...……... 16

3.5 การเตรียมตัวอย่าง..... 17

3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์…… 17

3.7 การคำนวนและการรายงานผล…….. 17

3.8 สถานที่ทำการทดลอง…….. 18

3.9 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย…….. 18

3.10 การวิเคราะห์ข้อมูล…… 19

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล…….. 20

4.1 ข้อมูลตัวอย่างเครื่องดื่มที่ทำการวิเคราะห์…….. 20

บทที่ หน้า

4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในตัวอย่างเครื่องดื่ม…..……... 23
4.3 ความสัมพันธ์ของบรรจุภัณฑ์กับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม…… 28
4.4 ความสัมพันธ์ของช่องทางจำหน่ายการจัดเก็บเครื่องดื่มขณะวางจำหน่ายกับ/ปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม…… 30
4.5 ความสัมพันธ์ของอายุของเครื่องดื่มที่เหลืออยู่กับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม… 31
4.6 ความสัมพันธ์ของราคาเครื่องดื่มกับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม……. 32
5. อภิปรายผลการทดลองและสรุปผลการวิจัย…… 34
5.1 อภิปรายผลการทดลอง…….. 34
5.2 สรุปผลการวิจัย……. 39
5.3 ข้อเสนอแนะ……. 40
บรรณานุกรม……..... 42
ประวัติผู้เขียน……. 49

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ตาราง แสดงรายชื่อเครื่องดื่มวิตามินซีในท้องตลาด……...……. 15

4.1 ตารางบันทึกข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างเครื่องดื่มที่ศึกษาในงานวิจัยทั้งหมด 16 ตัวอย่าง……...……...... 21

4.2 ตารางบันทึกผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี หรือ L-Ascorbic acid ในตัวอย่างเครื่องดื่มที่ศึกษาในงานวิจัยทั้งหมด 16 ตัวอย่าง…….....……..... 23

4.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มประเภทช็อต กับกลุ่มเครื่องดื่มประเภทวิตามินวอเตอร์ โดยใช้ independent t-Test (unequal variances)…….. 27

4.4 ตารางแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลอายุของเครื่องดื่มที่เหลืออยู่ในหน่วยเปอร์เซ็นต์ ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลาก โดยใช้ independent t-Test (unequal variances)……. 31

4.5 ตารางแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลราคาจำหน่ายเครื่องดื่มระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลากโดยใช้ independent t-Test (unequal variances) …… 32

5.1 ตารางแสดงปริมาณวิตามินซีที่ตรวจในเครื่องดื่มผสมวิตามินซีในงานวิจัย นี้เปรียบเทียบกับปริมาณวิตามินซีที่ได้จากนิตยสารฉลาดซื้อ, %วิตามินซีเมื่อเทียบกับบนฉลาก รวมถึงวันผลิตของเครื่องดื่มแต่ละชนิด…… 36

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างทางเคมี ascorbic acid…….....	4
2.2 กลไกการสลายตัวของวิตามินซีแบบ aerobic degradation…….	7
4.1 แผนภูมิแสดงปริมาณวิตามินซีต่อ 1 บรรจุภัณฑ์เทียบกับบนฉลาก……	25
4.2 แผนภูมิแสดงปริมาณวิตามินซี และลักษณะบรรจุภัณฑ์ของเครื่องดื่มที่ใช้แต่ละชนิด……	28
4.3 แผนภูมิแสดงปริมาณวิตามินซี และช่องทางจำหน่าย/การจัดเก็บเครื่องดื่มขณะวางจำหน่ายโดยเรียงจากรูปแบบการวางจำหน่าย……..	30

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

วิตามินซี หรือ Ascorbic acid หรือ Ascorbate เป็นสารประกอบที่ละลายในน้ำ จัดอยู่ในกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ ที่มนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ จึงต้องได้รับจากการรับประทานเท่านั้น ออกฤทธิ์โดยการกำจัด Reactive oxygen species (ROS) และ reactive nitrogen species (RNS) ในสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำ นอกจากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแล้ว วิตามินซียังช่วยในกระบวนการสังเคราะห์คอลลาเจน การขาดวิตามินซีจึงทำให้เป็นโรคลักปิดลักเปิด ปัจจุบันโรคลักปิดลักเปิดพบได้น้อยมากในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว แต่ในประเทศไทยเมื่อปี 2003 พบว่าประชากรมีระดับวิตามินซีค่อนข้างต่ำ และเมื่อปี 2019 ก็ยังมีรายงานผู้ป่วยโรคลักปิดลักเปิด เนื่องจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสม การรับประทานวิตามินซี นอกจากจะป้องกันโรคลักปิดลักเปิดแล้ว ยังถูกใช้ในการส่งเสริมสุขภาพ ไม่ว่าจะเป็นการลดความเสี่ยงโรคมะเร็ง ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจโรคจอประสาทตาเสื่อมในผู้สูงอายุ (AMD) โรคต้อกระจก รวมถึงไข้หวัดทั่วไป การมีระดับวิตามินซีต่ำ ยังเป็นสาเหตุและผลพวงของโรคติดต่อและโรคไม่ติดต่อต่างๆ มักพบในคนไข้ก่อนเป็นเบาหวานและเมตาบอลิกซินโดรม ไม่ใช่เพียงป้องกันโรคในบุคคลทั่วไป แต่ยังมีประโยชน์ต่อสตรีมีครรภ์ การรับประทานวิตามินซีในช่วงตั้งครรภ์สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ ป้องกันภาวะตัวเหลือง ลดอาการหอบหืดของลูก สตรีมีครรภ์ที่มีระดับวิตามินซีต่ำมีความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานเพิ่มขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่อาการแทรกซ้อนอื่นๆตามมา หรือแม้แต่ในแง่ความงาม ก็มีการศึกษามากมายชี้ว่าวิตามินซีก็มีผลดีต่อสุขภาพผิว

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าวิตามินซีมีประโยชน์ต่อสุขภาพในหลายๆด้าน จึงมีการศึกษาและถูกหยิบยกขึ้นมาพูดถึงบ่อย ทำให้เป็นที่นิยมในหมู่ประชาชนทั่วไป โดยเฉพาะหลังการ

แพร่ระบาดของ COVID-19 (SARS-2-Cov) ผู้คนหันมารักษาสุขภาพมากขึ้น มีการนิยมบริโภควิตามินอาหารเสริมมากขึ้น วิตามินซี ก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก มีการศึกษาว่าการรับประทานวิตามินซีอย่างน้อย 200 mg/วัน อาจป้องกันโรคติดเชื้อได้หลายชนิด ลดความรุนแรงของโรคติดเชื้อได้ และยังมีการใช้วิตามินซีปริมาณสูงในการรักษา COVID-19 อีกด้วย จึงทำให้ผู้คนสนใจรับประทานวิตามินซีกันมากขึ้น

ทางเลือกในการบริโภควิตามินซียุคปัจจุบัน นอกจากจะได้จากอาหารตามธรรมชาติแล้ว ยังมีวิตามินซีในรูปแบบเม็ด และที่น่าสนใจคือรูปแบบเครื่องดื่ม ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในช่วงปีที่ผ่านมา เนื่องจากราคาถูก หาซื้อสะดวก ดื่มง่าย สามารถบริโภคได้ทุกวัน ในปัจจุบัน เครื่องดื่มที่ระบุว่าผสมวิตามินซี 120 มิลลิกรัม ซึ่งเป็นปริมาณ 200% ของ Thai RDI มีหลายยี่ห้อหลายรสชาติ ในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ทั้งขวดแก้ว ขวด PET และกล่อง UHT หากอ้างอิงจากรายได้ 4 เดือนแรกของปี 2020 เครื่องดื่มวิตามินซีมีมูลค่าทางการตลาดสูงถึง 1,375 ล้านบาท เติบโตขึ้นจากปีที่แล้วถึง 47%

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยก่อนหน้านี้ ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการสลายตัวของวิตามินซี พบว่าอุณหภูมิ, แสง และลักษณะบรรจุภัณฑ์ มีผลต่อการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิค และยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการเติมสารเพิ่มความคงตัวให้วิตามินซีในเครื่องดื่ม แต่ก็ยังไม่สามารถรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกเมื่อเวลาผ่านไปได้ การศึกษาที่ผ่านมามักศึกษาในนมและน้ำผลไม้ แต่ในกรณีของเครื่องดื่ม functional drink ที่ระบุว่าเป็นเครื่องดื่มวิตามินซีสูงโดยเฉพาะ ยังไม่ค่อยมีการศึกษา ผู้ศึกษาจึงตั้งข้อสังเกตว่า ปริมาณของวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ในเครื่องดื่ม เมื่อถึงมือผู้บริโภคจะมีปริมาณวิตามินซีตรงตามที่บรรจุภัณฑ์แจ้งไว้หรือไม่

1.2 คำถามงานวิจัย

ปริมาณของวิตามินซีที่คงเหลืออยู่ในเครื่องดื่มวิตามินซี 200% เมื่อถึงมือผู้บริโภค จะมีปริมาณวิตามินซีคงเหลือตรงตามที่ระบุไว้ข้างฉลากบรรจุภัณฑ์หรือไม่

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของวิตามินซีที่มีอยู่ในเครื่องดื่ม functional drink กลุ่มวิตามินซีสูงยี่ห้อต่างๆที่วางขายทั่วไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์วิตามินซีแก่ผู้บริโภค
2. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ผลิตในการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพต่อไป

DPU

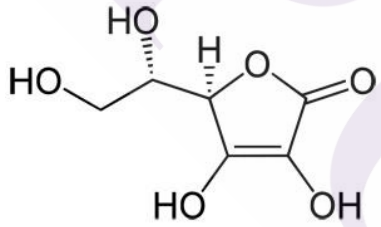
บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 คุณสมบัติของวิตามินซี

วิตามินซี (Ascorbic acid) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายในน้ำ เป็นโคแฟคเตอร์ของเอนไซม์หลายชนิด เป็นกรดที่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย สลายตัวเมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิสูง อัลคาไลน์ และออกซิเจน กรดแอสคอบิคที่เป็นผงผลึกสีขาว มักพบในรูปของ L-xylo-ascorbic acid และ D-xylo-ascorbate (Santosh & David, 2017) โครงสร้างทางเคมีของวิตามินซีคือ $C_6H_8O_6$ มีน้ำหนักโมเลกุล 176.13 กรัมต่อโมล



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมี ascorbic acid

2.1.2 ประโยชน์ของวิตามินซี

หน้าที่ของวิตามินซีที่มีต่อร่างกาย มีหลายอย่าง ได้แก่ มีส่วนในเมตาบอลิซึมของ ไทโรซีน กรดโฟลิค และทริปโตแฟน, สังเคราะห์กรดอะมิโน เช่น คาร์นีทีน และแคทตาโคลามีนที่มีผลต่อระบบประสาท, ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ช่วยดูดซึมธาตุเหล็ก และสลายฮีสตามีน, ช่วยในการสังเคราะห์ซีโรโทนินและนอร์อิพริเนฟรินซึ่งเป็นสารสื่อประสาท, ช่วยในการสร้างคอลลาเจน โดยการเพิ่ม procollagen messenger RNA , เป็นโคเอนไซม์ในการเปลี่ยนโพรลีน

และไลซีนให้เป็นไฮดรอกซีโพรลีนและไฮดรอกซีไลซีน, ส่งเสริมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของร่างกายช่วยบำรุงรักษา เซลล์ออสทิโอบลาสและชะลอการเกิดโรคกระดูกพรุน, มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยวิตามินซีจะจับกับhydroxyl และ superoxide radical, วิตามินซีสามารถฟื้นฟูวิตามินอีได้ โดยการป้องกันไม่ให้ออกซิไดซ์เป็น tocopherol radical ซึ่งมีความเป็นพิษ, วิตามินซีช่วยปกป้องสเปิร์มจากอนุมูลอิสระ ช่วยในกระบวนการกำจัดสารพิษที่ได้รับจากสิ่งแวดล้อมออกจากร่างกาย เช่นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน, วิตามินซีช่วยเพิ่มการทำงานของลิมโฟไซต์และลดกิจกรรมแบคทีเรีย (Iqbal & Khattak, 2004)

2.1.3 ปริมาณของวิตามินซีที่ควรได้รับ

สำหรับปริมาณของวิตามินซีที่ควรได้รับในแต่ละวัน Thai RDI (Thai Recomended Daily Intakes) หรือสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป แนะนำให้รับประทานวิตามินซี 60 มิลลิกรัมต่อวัน (อ้างอิงจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่182) ในขณะที่ Thai DRI (Dietary Reference Intakes For Thais 2020) หรือปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ.2563 แนะนำว่า ในผู้ใหญ่ ผู้ชายควรรับประทานวิตามินซี 100 มิลลิกรัมต่อวัน ผู้หญิงควรได้รับ 85 มิลลิกรัมต่อวัน หญิงตั้งครรภ์ควรได้รับเพิ่มขึ้นอีก 10 มิลลิกรัมต่อวัน ส่วนหญิงให้นมบุตรควรได้รับวิตามินซี เพิ่มอีก 60 มิลลิกรัมต่อวัน ผู้สูบบุหรี่ควรได้รับวิตามินซีเพิ่มอีก 35 มิลลิกรัมต่อวัน ในผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดจะมีความต้องการวิตามินซีเพิ่มขึ้น ปริมาณที่ให้อยู่ระหว่าง 200-500 มิลลิกรัมต่อวัน

แม้ว่าวิตามินซีจะมีความเป็นพิษน้อย แต่ก็มีการกำหนดดปริมาณสูงสุดของวิตามินซีที่รับได้ในแต่ละวัน ซึ่งไม่ควรเกิน 2,000 มิลลิกรัม ผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์จะขึ้นอยู่กับปริมาณวิตามินซีที่บริโภค เช่น อาการคลื่นไส้ ปวดเกร็งในช่องท้อง และท้องเสีย เป็นต้น

2.1.4 อุตสาหกรรมเครื่องดื่มวิตามินซี

ปัจจุบันผู้คนหันมาใส่ใจเรื่องสุขภาพและความงามมากขึ้น ด้วยสรรพคุณของวิตามินซีที่ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และช่วยเรื่องผิวพรรณ จึงทำให้เครื่องดื่มวิตามินซีเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ได้รับความนิยมมากขึ้น ในปี 2563 ตลาดฟังก์ชันนัลดริงก์เติบโต 19.3% ปัจจุบันตลาดฟังก์ชันนัลดริงก์มีมูลค่า 5,000 - 6,000 ล้านบาท โดยกลุ่มที่โดดเด่นในช่วงสถานการณ์การ แพร่ระบาด COVID-19 (SARS-2-Cov) คือกลุ่มเครื่องดื่มวิตามินซี ซึ่งมีมูลค่าทางการตลาดเพิ่มขึ้น 20% จากปี 2562 ในกลุ่มเครื่องดื่มวิตามินซี 200% แบรนด์ที่มีส่วนแบ่งทาง

การตลาดเป็นอันดับหนึ่ง มีส่วนแบ่งทางการตลาดคิดเป็น 31.1% (Nalisa, 2020) โดยมีกำไรสุทธิในไตรมาส 2/2563 อยู่ที่ 804 ล้านบาท ทำสถิติยอดขายสูงสุดอยู่ที่ 99 ล้านขวด (ไทยรัฐ, 2020)

การใส่สารที่มาจาก ascorbic acid เพิ่มเติมในอาหารหรือเครื่องดื่มถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นวัตถุเจือปนอาหารเพื่อประโยชน์ทางเทคโนโลยีการผลิตโดยไม่ได้มีผลต่อคุณค่าทางโภชณาการได้แก่ E300 กรดแอสคอร์บิก, E301โซเดียมแอสคอร์เบต, E302 แคลเซียมแอสคอร์เบต, E303 โพแทสเซียมแอสคอร์เบต, E304 เอสเทอร์กรดไขมันของกรดแอสคอร์บิก (Varvara, Bozzo, Celano, Disanto, Pagliarone & Celano, 2016) การใช้เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชณาการในอาหารและเครื่องดื่มพบว่านิยมใช้ในรูปของ L-ascorbic acid และอาจพบ dehydroascorbic acid ได้ในผลิตภัณฑ์ซึ่งเกิดจากการออกซิไดซ์ของ ascorbic acid แม้ว่า dehydroascorbic acid จะสามารถรีดิวซ์กลับมาเป็นรูป ascorbic acidได้ในร่างกาย แต่จากการทดลองใน vivo พบว่า dehydroascorbic acid เป็นฟอร์มที่ไม่พร้อมดูดซึมผ่านเยื่อบุลำไส้ และมีฤทธิ์ต้านลักปิดลักเปิดเพียงเล็กน้อยจึงไม่พิจารณาว่าเป็นแหล่งวิตามินซี (Johnston & Bowling, 2002)

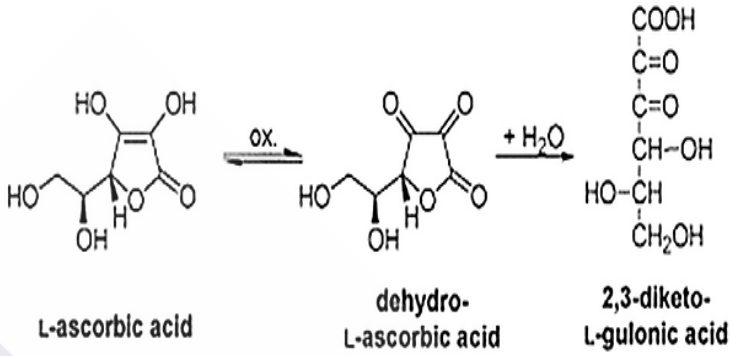
2.1.5 การสลายตัวและปัจจัยเร่งการสลายตัวของวิตามินซี

2.1.5.1 กระบวนการสลายตัวของวิตามินซี

วิตามินซีที่เติมลงไปในเครื่องดื่ม ปกติมีคุณสมบัติในการละลายน้ำและสลายตัวได้ง่าย โดยกลไกการสลายตัวของวิตามินซีมี 2 ประเภทคือ aerobic degradation และ anaerobic degradation ซึ่งกลไกการสลายตัวของวิตามินซีแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic degradation) มีความซับซ้อนและยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจน (Wang, Law, & Mujumdar, 2017)

กลไกการสลายตัวของวิตามินซีแบบใช้ออกซิเจน (aerobic degradation) เกิดจากการที่วิตามินซี หรือ ascorbic acid (อยู่ในรูป Reduced form) ถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจนในอากาศได้เป็น dehydroascorbic acid (อยู่ในรูป Oxidized form) ซึ่งเป็นรูปแบบที่ไม่มีฤทธิ์ในการเป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ แต่อย่างไรก็ตาม กระบวนการของ glutathione (GSH) ในร่างกายสามารถรีไซเคิลให้กลับมาเป็น ascorbic acid ได้ (Azzi, 2019) แต่ถ้าหาก dehydroascorbic acid ถูกน้ำในสิ่งแวดล้อมไฮโดรไลซิสจะกลายเป็น 2,3-diketogulonic acid ซึ่งจะสูญเสียคุณสมบัติในการเป็นวิตามินไป หากอยู่ในสภาวะที่เป็นด่างและมีธาตุทองแดงหรือธาตุเหล็กร่วมด้วยก็จะช่วยเร่งปฏิกิริยานี้ สาร oxalic acid, threonic acid และสารอื่น ๆ จะถูกขับออกทางปัสสาวะร่วมกับ ascorbic acid (Herbig, Renard, 2017) ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งกระบวนการการสลายตัวของวิตามินซีที่กล่าวมานี้ เป็น

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบในเครื่องดื่ม ไม่ตรงกับปริมาณที่ระบุไว้บนฉลาก หรืออาจจะตรวจไม่พบปริมาณวิตามินซีในขวดก็ได้



ภาพที่ 2.2 กลไกการสลายตัวของวิตามินซีแบบ aerobic degradation

2.1.5.2 ปัจจัยที่เร่งการสลายตัวของวิตามินซี

จากข้อมูลข้างต้น ทำให้ทราบถึงกระบวนการการสลายตัวของวิตามินซีที่เกิดขึ้น ซึ่งมีปัจจัยเร่งการสลายตัวของวิตามินซีให้เกิดได้เร็วขึ้น กล่าวคือ

1) ปัจจัยภายนอกอันได้แก่ อุณหภูมิความร้อน, แสงสว่าง, ปริมาณก๊าซออกซิเจน, ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity), Metallic catalysts เช่น Cu^{2+}, Fe^{3+}, และ Ag^{+} และ ความเป็นกรดด่างของสภาวะแวดล้อม (Wang, Law, Mujumdar, 2017) รวมถึงระยะเวลาในการสัมผัสแสงสว่างอีกด้วย (Rohan, Ramaswamy, Luke, 2011)

2) ปัจจัยภายในซึ่งหมายถึง ส่วนผสมต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องดื่ม อันได้แก่ ประเภทของน้ำตาล เช่น น้ำตาลฟรุกโตส น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลซูโครส, ค่าความเป็นกรดด่างของเครื่องดื่มโดยวิตามินซีจะคงตัวได้ดีในสภาวะที่เป็นกรดและสลายตัวง่ายในสภาวะที่เป็นด่าง โดยเฉพาะส่วนผสมที่มีฤทธิ์เป็นด่าง จะเร่งการสลายตัวของวิตามินซีได้เร็วมาก (Rohan, Ramaswamy, Luke, 2011), เอนไซม์ต่าง ๆ ที่มีในเครื่องดื่ม เช่น ascorbic acid oxidase (AAO), polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD) (Wang, Law, Mujumdar, 2017)

ปัจจัยต่างๆข้างต้น ทั้งปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน สามารถพบได้ทั้งในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยเรื่องอุณหภูมิในการจัดเก็บ จัดส่ง จัดจำหน่ายเครื่องดื่ม ปัจจัยเรื่องแสงสว่าง ที่โดยปกติบรรจุภัณฑ์

จะต้องดึงดูดผู้บริโภคจึงนิยมทำเป็นบรรจุภัณฑ์หลากสี ลักษณะใส แต่ประสิทธิภาพการป้องกันอาจไม่ดีเท่าบรรจุภัณฑ์ทึบแสงสีเข้ม หรือขวดใสสีเข้ม ปัจจัยเรื่องก๊าซออกซิเจน, ปัจจัยเรื่องปริมาณน้ำอิสระซึ่งมีสูงเพราะเครื่องดื่มผสมวิตามินซีมีส่วนประกอบหลักเป็นน้ำ หรือปัจจัยที่อาจปนเปื้อน โลหะเหล็ก ทองแดง จากเครื่องจักรที่ใช้ในการผสม, บรรจุ หรือแม้แต่บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ ที่ส่งผลเร่งการสลายตัวของวิตามินซีได้ (กองสุขศึกษา, สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2564) รวมถึงส่วนผสมต่าง ๆ ของเครื่องดื่มแต่ละชนิดที่อาจมีผลต่อการสลายตัวของวิตามินซี เช่น ประเภทของน้ำตาล หรือไซรัปที่ใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องดื่มดังที่ได้กล่าวมาแล้วเป็นต้น

ทั้งนี้ข้อมูลจากคณะอนุกรรมการพิจารณาการแสดงคุณค่าทางโภชนาการบนฉลากของอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข พฤศจิกายน 2538 ได้ระบุไว้ว่า การเติมวิตามินเพิ่มเติมในอาหารปกติ เพื่อทดแทนปริมาณวิตามินที่สูญเสียไประหว่างการผลิต หรือเพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้า ต้องอยู่ภายใต้หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับ Nutrification สำหรับอาหารที่ใช้บริโภคโดยบุคคลทั่วไป ที่กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ซึ่งระบุไว้ว่า “ปริมาณสูงสุดที่อนุญาต โดยคำนึงถึงความปลอดภัยและต้องไม่เกินค่าสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป + 20% difference ของค่าสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป กับค่าปลอดภัยที่ต่ำสุด ที่มีข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงที่มีอยู่” ซึ่งวิตามินที่ละลายน้ำได้ ถูกกำหนดไว้ที่ 200% RDI โดยปริมาณในที่นี้หมายถึงปริมาณวิตามินสุทธิในผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค โดยคิดต่อการบริโภคต่อวัน จำนวน 3 มื้อในหนึ่งวัน มื้อละหนึ่งหน่วยบริโภค (ยกเว้นที่ระบุชัดเจนว่า เฉพาะมื้อเช่น breakfast cereal คิดวันละ 1 มื้อ)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประโยชน์ของวิตามินซี

วิตามินซีเป็นที่รู้กันว่าใช้ในการป้องกันโรคลักปิดลักเปิด (scurvy) เนื่องจากวิตามินซีใช้ในการสังเคราะห์คอลลาเจน เสริมสร้างความแข็งแรงให้หลอดเลือด มีการรายงานว่า วิตามินซีมีผลดีต่อสุขภาพหัวใจ สามารถลดการออกซิเดชั่นของ LDL-protein ได้ จึงช่วยลดภาวะหลอดเลือดแข็ง(atherosclerosis) มีผลในการลดความดัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเชิงสังเกตหลายชิ้นได้ยืนยันว่า ความเสี่ยงโรคหลอดเลือดหัวใจ (CVD) และอัตราการเสียชีวิตจะสูงขึ้นในผู้ที่มีระดับวิตามินซีในพลาสม่าต่ำแม้ว่าจะไม่ได้จัดเป็นผู้ขาดวิตามินซีก็ตาม (Moser & Chun, 2016)

นอกจากจะมีผลดีต่อหลอดเลือดแล้ว ก็ยังประโยชน์ในการเสริมสร้างความแข็งแรงของผิว ด้วยผลจากการสร้างคอลลาเจนและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีงานวิจัยรายงานว่าการสังเคราะห์คอลลาเจน โดยเซลล์ไฟโบรบลาสที่ผิวหนัง และการควบคุมสมดุลของคอลลาเจนและอิลาสตินที่ชั้นหนังแท้(dermis) จะขึ้นอยู่กับระดับวิตามินซี, keratinocytes ที่ผิวหนังสามารถสะสมวิตามินซีได้ในปริมาณสูงและเมื่อร่วมกันกับวิตามินอีแล้ว จะสามารถป้องกันการทำร้ายจากรังสี UV ได้, มีการวิเคราะห์โดยเพาะเลี้ยงเซลล์ keratinocytes พบว่าวิตามินซีมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของยีนเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ การจัดเรียงตัวและการสะสมของฟอสโฟลิปิด ช่วยส่งเสริมการก่อตัวของชั้น corneum และการเจริญของเยื่อบุผิว, มีงานวิจัยในมนุษย์บางรายงาน พบว่าการให้วิตามินซีทางผิวหนังผ่านการทา จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันรังสี UV ได้มากที่สุด สูตรที่ทาแล้วที่มีประสิทธิภาพสูงประกอบด้วย วิตามิน C และ E เสริมด้วยตัวพา (delivery vehicle), มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งให้การสนับสนุนว่าวิตามินซีสามารถแก้ไขสัญญาณแห่งวัยในผิวหนังของมนุษย์ได้ โดยวัดผลจากการเรียงตัวของคอลลาเจน และความลึกของริ้วรอย, การให้วิตามินซีทางผิวหนังสามารถลดการเกิดแผลเป็นนูนได้ (Pullar, Carr, & Vissers, 2017)

ในส่วนของสตรีมีครรภ์ ก็มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งให้การสนับสนุนถึงประโยชน์ของวิตามินซี (Juhl, Lauszus, & Lykkesfeldt, 2019) พบว่าระดับ HbA1c ในสตรีมีครรภ์ มีความสัมพันธ์กับระดับวิตามินซีในเลือด โดยกลุ่มสตรีมีครรภ์ที่มีภาวะเบาหวานชนิดที่ 1 มักจะมีระดับวิตามินซีที่ต่ำในช่วงปลายของการตั้งครรภ์ (Merritt, 2018) จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง และทารกในครรภ์มารดาที่สูบบุหรี่ พบว่านิโคตินยับยั้งการเจริญของปอดทารกในครรภ์ แต่การรับประทานอาหารเสริมวิตามินซี 500 มิลลิกรัมในทุกวันระหว่างตั้งครรภ์ จะสามารถลดการทำงานของปอดที่ผิดปกติในทารกแรกเกิด และลดความเสี่ยงต่อการหายใจที่มีเสียงหวีด (wheezing) ในช่วงอายุ 1 ปี ลงได้ 56% Jang, Kim, Lee, & Chang (2018) ได้ทำการติดตามผลในกลุ่มสตรีมีครรภ์ประเทศเกาหลีใต้จำนวน 1,138 ราย วัดผลโดยวิธี ultrasonographyในช่วงการตั้งครรภ์ตอนปลาย วัดน้ำหนัก ส่วนสูงทารกเมื่อแรกเกิดและ 6 เดือน พบว่าการรับประทานผัก ผลไม้ หรือวิตามินซี ระหว่างตั้งครรภ์ มีผลดีต่อการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ จนเด็กอายุ 6 เดือน Khadem, et al. (2020) ได้ศึกษาวัดระดับบิลลิรูบิลของทารกแรกเกิดโดยเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มที่มารดาได้รับอาหารเสริมวิตามินซี 500 มิลลิกรัม กับกลุ่มมารดาที่ได้รับยาหลอกในช่วงตั้งครรภ์เดือนสุดท้าย พบว่าวิตามินซีสามารถลดระดับของบิลลิรูบิลในทารกแรกเกิดได้อย่างมีนัยยะสำคัญ

วิตามินซีมีส่วนช่วยในเรื่องการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย มีการทำวิจัย RCT ในกลุ่มทหารในกองทัพประเทศเกาหลีใต้ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการป้องกันโรคหวัดของวิตามิน

ซี พบว่าวิตามินซีสามารถป้องกันโรคหวัดได้ โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่รับประทานวิตามินซี 6,000 มิลลิกรัมต่อวัน และกลุ่มยาหลอก พบว่า กลุ่มที่รับประทานวิตามินซีจะเป็นหวัดน้อยกว่ากลุ่มที่ รับประทานยาหลอก (Kim, Lim, & Byun, 2020)

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงตัวของกรดแอสคอร์บิกในเครื่องดื่ม

Bissett and Berry (1975) ได้ทำการศึกษาในน้ำส้มคั้นสด และน้ำส้มจากหัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็ง ที่บรรจุไว้ในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาในกลุ่มน้ำส้มจากหัวเชื้อเข้มข้นแช่แข็ง (เก็บข้อมูลเป็นเวลา 12 เดือน) ในบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษฟอยล์ foil-lined fiberboard carton และบรรจุภัณฑ์กระป๋อง polyethylene lined fiberboard can เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20.5°C, -6.7°C และ 1.1°C พบว่าการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกในสองบรรจุภัณฑ์มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ที่ -20.5°C เมื่อผ่านไป 1ปี น้ำส้มในกล่องกระดาษฟอยล์ที่มีกรดแอสคอร์บิกเหลืออยู่ที่ 93.5% น้ำส้มในบรรจุภัณฑ์กระป๋องเหลือกรดแอสคอร์บิกอยู่ 91.5% ผลจะแตกต่างกันมากกว่าที่อุณหภูมิ -6.7°C เมื่อผ่านไป 8 เดือน น้ำส้มในกล่องเหลือกรดแอสคอร์บิก 79% น้ำส้มในกระป๋องเหลือกรดแอสคอร์บิก 43% ที่อุณหภูมิ 1.1° C เมื่อผ่านไป 3 เดือน น้ำส้มในกล่องเหลือกรดแอสคอร์บิก 79% ในขณะที่น้ำส้มในกระป๋องเหลือกรดแอสคอร์บิก 44% สรุปผลคือบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษฟอยล์สามารถเก็บรักษากรดแอสคอร์บิกได้ดีกว่าในทุกอุณหภูมิ และอุณหภูมิก็มีผลต่อการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกเป็นอย่างมาก

Burdurlu, Koca, and Karadeniz (2006) ศึกษาการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกในน้ำผลไม้กลุ่มซิตรัส 4 ชนิด ได้แก่ orange, lemon, grapefruit และ tangerine โดยเก็บรักษาน้ำผลไม้ทั้ง 4 ชนิด ไว้ที่อุณหภูมิ 28°C, 37°C และ 45 °C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ วัดการสลายของกรดแอสคอร์บิก พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8 ที่อุณหภูมิ 28°C ปริมาณกรดแอสคอร์บิกจะลดลงเหลือประมาณ 54% - 83% จากสัปดาห์ที่ 0 ที่ 37°C ลดลงเหลือประมาณ 22% - 26% จากสัปดาห์ที่ 0 ที่อุณหภูมิ 45°C ลดลงเหลือประมาณ 15%-20% จากสัปดาห์ที่ 0 เมื่อวัดปริมาณการเกิด Hydoxymethylfurfural (HMF) ซึ่งเป็นผลิตผลจากการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก พบว่า อุณหภูมิยิ่งสูง ยิ่งมีการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกมาก พบว่าที่อุณหภูมิ 45 °C มีการเพิ่มขึ้นของ HMF มากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 37°C ประมาณ 2.7 เท่า และยังพบอีกว่า HMF จะเกิดขึ้นมากกว่าในน้ำผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง

Johnston and Bowling (2002) ได้ศึกษาความคงตัวของกรดแอสคอร์บิกในน้ำส้มพร้อมดื่มจากหัวเชื้อน้ำส้มแช่แข็งที่มีวางจำหน่ายทั่วไป เก็บในอุณหภูมิ 4°C วิเคราะห์ข้อมูลจากปริมาณ reduced และ oxidized ascorbic acid สัปดาห์ละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ก่อนวันหมดอายุ โดยไม่

เปิดผนึกจนกว่าจะตรวจวิเคราะห์ พบว่าในทุกตัวอย่างมี total ascorbic acid มากกว่าที่ฉลากระบุไว้ แต่หากดูปริมาณ reduced ascorbic acid ที่เป็นรูป active น้ำส้มในภาชนะฝาเกลียว ช่วง 4 และ 3 สัปดาห์ก่อนวันหมดอายุ มีปริมาณ reduced ascorbic acid 75% - 108% ของที่ระบุไว้ข้างฉลาก เมื่อ 1 สัปดาห์ก่อนวันหมดอายุ พบว่าเหลือเพียง 63% - 68% ของที่ระบุไว้ข้างฉลาก และเหลือ 39% เมื่อถึงวันหมดอายุ

Maeda and Mussa (1986) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ L-cysteine และ Sodium metabisulphite ที่ช่วยเพิ่มความคงตัวให้ ascorbic acid โดยบรรจุในขวดแก้วใสปิดฝาเกลียวเก็บในอุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบประสิทธิภาพความคงตัวกับน้ำส้มบรรจุกระป๋องทั้งแช่เย็นและเก็บในอุณหภูมิห้อง โดยมีปริมาณascorbic acid ในน้ำส้มตั้งต้นที่ 44 มิลลิกรัมต่อน้ำส้ม 100 มิลลิลิตร พบว่าการเติมสารเพิ่มความคงตัวให้ผลดีในช่วง 3 สัปดาห์แรกโดยเฉพาะ 400 ppm cysteine แต่ผลลัพธ์ก็ไม่ดีเท่ากับการเก็บในกระป๋องแช่ตู้เย็น

Jeney-Nagymate and Fodor (2008) ศึกษาการเพิ่มความคงตัวของวิตามินซี ด้วยการเติมวิตามินอี ทดลองโดยการเก็บรักษาเบียร์ที่เติมวิตามินอีไว้ที่อุณภูมิ 4°C และ 20°C เป็นเวลา 8 วัน แล้ววัดปริมาณวิตามินซีด้วยวิธี HPLC พบว่าวิตามินอีช่วยชะลอการสลายตัวของวิตามินซีได้ ที่อุณหภูมิ 4°Cวิตามินซีจะสลายตัวช้ากว่าในอุณหภูมิห้อง (20°C) แต่เมื่อเทียบกับการไม่ใส่วิตามินอีเลย การใส่วิตามินอีที่อุณหภูมิห้องก็ยังให้ผลที่ดีกว่า เมื่อทดลองในไวน์และน้ำส้มที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าการใส่วิตามินอีก็ยังคงมีการสลายตัวของวิตามินซีแต่ก็ยังน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ใส่วิตามินอี ถึงแม้ว่าวิตามินอีจะชะลอการสลายตัวได้ แต่ ascorbic acid ก็ยังคงมี half life ที่สั้นกว่า shelf life ของเบียร์ และไวน์อยู่มาก

วัฒนา วิริวุฒิกร (2011) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อวิตามินซีในผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศผสมส้มเขียวหวาน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์และไม่พาสเจอร์ไรส์ มีปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (Total ascorbic acid) ที่ต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์จะมีปริมาณวิตามินซีสูงสุดคือ 7.11มก. /100 มล. ในขณะที่กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพาสเจอไรส์ที่อุณหภูมิ 65°C, 70°C และ 75 °C เป็นเวลา 30, 15 และ 1 นาที ตามลำดับ ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 4.99 ,4.69 และ 6.65 มก. /100มล. ตามลำดับ หมายความว่า การใช้อุณภูมิและเวลาที่ต่างกันในการพาสเจอร์ไรส์ มีผลทำให้ปริมาณวิตามินซีที่สูญเสียมีค่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากวิตามินซีมีความไวต่อความร้อนจึงสลายตัวได้ง่าย ในธรรมชาติวิตามินซีจะอยู่ในรูปของ L-form มากกว่า D-form ซึ่งถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายไม่เสถียรเมื่อได้รับความร้อนจึงสลายตัวได้ง่าย

จากงานวิจัยทั้งหมดข้างต้นพบว่าการศึกษาปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่มมักศึกษาจากปริมาณวิตามินซีที่มีอยู่ในเครื่องดื่มตามธรรมชาติ ในส่วนของเครื่องดื่มฟังก์ชันนัลดริงค์ที่ระบุว่ามีวิตามินซีสูง (200% Thai RDI) ที่กำลังเป็นที่นิยมในประเทศไทยนั้น ยังไม่เคยมีการศึกษา จากงานวิจัยที่กล่าวมาทำให้ทราบว่ากรดแอสคอร์บิกสามารถสลายตัวได้ง่าย อุณหภูมิมีผลต่อการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิกเป็นอย่างมาก แต่ก็มีความพยายามในการศึกษาเกี่ยวกับสารที่ช่วยเพิ่มความคงตัวในกับกรดแอสคอร์บิกซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพที่จำกัด มีความเป็นไปได้ที่ผู้ผลิตจะใส่วิตามินซีในผลิตภัณฑ์มากกว่าที่ฉลากระบุเพื่อรองรับการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก จึงเป็นที่น่าสนใจว่าปริมาณวิตามินซีที่ผู้บริโภคจะได้รับจากเครื่องดื่มกลุ่มนี้จะมีอยู่ครบถ้วนตามที่ฉลากระบุไว้หรือไม่

2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการตรวจหาวิตามินซีในเครื่องดื่ม

วิธีในการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี ในเครื่องดื่มนั้นมีหลายวิธีได้แก่ titrimetric, fluorometric, complexometric methods, liquid chromatography, high-performance liquid chromatography (HPLC), spectrophotometric, amperometric และ enzymatic (Okiei, et al., 2009) ปัจจุบันวิธีที่ได้รับความนิยมในการใช้ตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีคือวิธี titration ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้มาอย่างยาวนานและเป็นวิธีการที่ใช้อย่างเป็นทางการสำหรับห้องปฏิบัติการทางสาธารณสุขประเทศบราซิล ใช้เวลาประมาณ 3 นาทีต่อการตรวจหนึ่งครั้ง และวิธี HPLC ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกพัฒนาขึ้นในช่วง 10ปีที่ผ่านมา สะดวก แม่นยำ แต่มีราคาแพงใช้เวลาประมาณ 25 นาทีต่อการตรวจหนึ่งครั้ง การศึกษาทดลองเปรียบเทียบทั้งสองวิธีในการวิเคราะห์อาหารเสริมวิตามิน 22 ชนิดจากยี่ห้อต่างๆ พบว่าทั้งสองวิธีมีความแม่นยำในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีไม่ต่างกันทางสถิติ แต่เนื่องจากวิธีการ titration เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้มีสารประกอบอื่นร่วมด้วย เพราะอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ หากในสารตัวอย่างมีสารประกอบที่ละลายในน้ำได้ชนิดอื่นปนอยู่ (Abe-Matsumoto, Sampaio, & Bastos, 2020) ในที่นี้ผู้ศึกษาจึงเลือกใช้วิธี HPLC เพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากสารอื่น และเป็นวิธีที่ได้มาตรฐาน สามารถตรวจวิเคราะห์หา ascorbic acid ได้อย่างเฉพาะเจาะจง

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นงานวิจัยขั้นปฐมภูมิ (Primary Research) โดยเป็นการศึกษาวิจัยทางห้องปฏิบัติการ (Laboratory Research) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic Acid) ในเครื่องดื่มฟังก์ชันนอลดริงค์กลุ่มวิตามินซีสูง ที่วางจำหน่ายทั่วไป

3.1 การเก็บตัวอย่าง

เนื่องจากการศึกษานี้ มีจุดประสงค์ต้องการสำรวจหาปริมาณวิตามินซี ในเครื่องดื่มฟังก์ชันนอลดริงค์ กลุ่มวิตามินซีสูงที่กำลังเป็นที่นิยมในปัจจุบันเมื่อถึงมือผู้บริโภค โดยเจาะจงที่กลุ่มเครื่องดื่มที่ระบุในฉลากว่ามีวิตามินซี 120 มิลลิกรัม หรือ 200% ของ Thai RDI (THAI RECOMMENDED DAILY INTAKES) หรือสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป ซึ่งจากการสำรวจตลาดฟังก์ชันนอลดริงค์ที่มีการระบุข้างฉลากว่ามีปริมาณวิตามินซี 200% โดยตัดกลุ่มที่เป็นเครื่องดื่มเกลือแร่ และ น้ำผลไม้ออกไป เนื่องจากไม่ใช่กลุ่มที่ต้องการศึกษา พบว่าสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่เป็นรูปแบบช็อต ปริมาตร 100-280 มิลลิลิตร มีการใส่สารให้ความหวานเพื่อแต่งรสชาติ พบในบรรจุภัณฑ์แบบขวดจำนวน 10 ยี่ห้อ และบรรจุภัณฑ์แบบกล่องUHT จำนวน 2 ยี่ห้อ (มี 1 ยี่ห้อที่มีทั้งบรรจุภัณฑ์แบบขวดและแบบกล่อง) ยี่ห้อละ 2-4 รสชาติ และกลุ่มที่เป็นน้ำดื่มผสมวิตามิน (วิตามินวอเตอร์) มีลักษณะเป็นน้ำสีใส ไม่มีการใส่สารให้ความหวาน แต่อาจมีการแต่งกลิ่นให้รับประทานง่าย ปริมาตร 350-550 มิลลิลิตร จำนวน 5 ยี่ห้อ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงเครื่องดื่มวิตามินซีในท้องตลาด

ยี่ห้อ	บรรณจุภัณฑ์	รส/กลิ่น	ปริมาตร(มล.)	ราคา (บาท)
<u>กลุ่มที่ 1 รูปแบบช็อต</u>				
ผลิตภัณฑ์ที่ 1	ขวดแก้วใส	3	140	16
ผลิตภัณฑ์ที่ 2	ขวดแก้วใส	4	160	15
ผลิตภัณฑ์ที่ 3	ขวดแก้วใส	2	150	15
ผลิตภัณฑ์ที่ 4	ขวดแก้วสีเขียว	2	140	15
ผลิตภัณฑ์ที่ 5	ขวดแก้วใส	2	150	15
ผลิตภัณฑ์ที่ 6	ขวดแก้วใส	3	155	15
ผลิตภัณฑ์ที่ 7	ขวดแก้วหุ้มพลาสติกขาวขุ่น	4	100	20
ผลิตภัณฑ์ที่ 8	ขวดพลาสติกสีเขียว	2	280	15
ผลิตภัณฑ์ที่ 9	ขวดพลาสติกสีขาวขุ่น	2	150	15
ผลิตภัณฑ์ที่ 10	ขวดแก้วใส	2	150	15
ผลิตภัณฑ์ที่ 11 (ยี่ห้อเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่1)	กล่องUHT	2	125	12
ผลิตภัณฑ์ที่ 12	กล่องUHT	2	100	10
<u>กลุ่มที่ 2 วิตามินวอเตอร์</u>				
วิตามินวอเตอร์ 1	ขวดพลาสติกสีเขียว	1	350,550	10,20
วิตามินวอเตอร์ 2	ขวดพลาสติกสีฟ้า	2	480	17
วิตามินวอเตอร์ 3	ขวดพลาสติกสีฟ้า	1	460	17
วิตามินวอเตอร์ 4	ขวดพลาสติกสีฟ้า	1	500	17
วิตามินวอเตอร์ 5	ขวดพลาสติกใส	1	500	18

ที่มา: จากงานวิจัย (ข้อมูลวันที่ 3 พ.ย. 2563)

แม้ว่าเครื่องดื่มบางยี่ห้อจะมีหลากหลายรสชาติ แต่มาจากผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่ายเดียวกันจึงเลือกเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมาเพียงยี่ห้อละ 1 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างกลุ่มเครื่องดื่มรูปแบบช็อตยี่ห้อละ 1 ตัวอย่าง รวม 12 ตัวอย่าง และตัวอย่างผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากกลุ่มวิตามินวอเตอร์ยี่ห้อละ 1 ตัวอย่าง รวม 5 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 17 ตัวอย่าง ขนส่งตัวอย่างด้วยวิธีตามปกติของผู้บริโภค ทำการบันทึกวันที่ผลิต วันหมดอายุ และสภาพแวดล้อมในที่วางจำหน่ายของ

แต่ละตัวอย่างลงในตารางบันทึกข้อมูลตัวอย่างเครื่องดื่มโดยตัวอย่างเครื่องดื่มจะไม่ถูกเปิดผนึกจนกว่าจะถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.2 ขั้นตอนทดสอบวิจัย

3.2.1 นำส่งตัวอย่างเครื่องดื่ม 17 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 1 - 4 ขวด (ขึ้นอยู่กับปริมาตรบรรจุ) ไปยังห้องปฏิบัติการ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด เพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ L-Ascorbic Acid โดยตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC ตามมาตรฐานห้องปฏิบัติการ

3.3.2 รอผลการตรวจวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นจึงนำผลที่ได้มาสรุปวิเคราะห์ข้อมูล

3.3 หลักการวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

เครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) เป็นเครื่องมือสำหรับแยกสารประกอบที่สนใจที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง โดยกระบวนการแยกสารประกอบที่สนใจจะเกิดขึ้นระหว่างเฟส 2 เฟส คือเฟสอยู่กับที่ (column) กับ เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ซึ่งสารจะถูกแยกออกมาในเวลาที่ต่างกัน โดยสารผสมที่อยู่ในตัวอย่างสามารถถูกแยกออกจากกันได้นั้น ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้ากันได้ดีของสารนั้นกับ mobile phase หรือ stationary phase สารประกอบตัวไหนที่สามารถเข้ากันได้ดีกับ mobile phase จะเคลื่อนที่ผ่าน column ได้เร็ว สารนั้นก็จะถูกแยกออกมาก่อน ส่วนสารที่เข้ากันได้ไม่ดีกับ mobile phase หรือเข้ากันได้ดีกับ stationary phase จะเคลื่อนที่ผ่าน column ได้ช้า ก็จะถูกแยกออกมาทีหลัง โดยสารที่ถูกแยกออกมาได้นี้ จะถูกตรวจวัดสัญญาณด้วยตัวตรวจวัดสัญญาณที่บันทึกได้จากตัวตรวจวัด จะมีลักษณะเป็นพีค ซึ่งจะเรียกว่า โครมาโตแกรม โดย HPLC สามารถทดสอบได้ทั้งเชิงคุณภาพและทดสอบเชิงปริมาณ โดยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน (Songsuda Promthong, 2008)

3.4 เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 เครื่องมือ

1) เครื่องมือ HPLC ยี่ห้อ Agilent รุ่น 1100

2) ultrasonic bath

3.4.2 สารเคมี

1) 3% Meta-Phosphoric acid

2) ตัวอย่างเครื่องดื่ม

3.5 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างเครื่องดื่มจะถูกส่งไปทั้งขวดโดยไม่มีการเปิดผนึกจนกว่าจะทำการตรวจวิเคราะห์

3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์

วิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิก โดยดัดแปลงจากวิธีการของ (นิภาภรณ์ ลักษณ์สมยา, 1998)

1) ปิเปตตัวอย่างเครื่องดื่ม ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
2) ละลายตัวอย่างด้วย 3% Meta-Phosphoric acid
3) ถ่ายตัวอย่างที่ละลายแล้วลงใน volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร
4) นำไปตั้ง sonicate ใน ultrasonic bath นาน 10 นาที
5) นำมาปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วย 3% Meta-Phosphoric acid
6) นำมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1
7) นำสารละลายส่วนใสที่กรองได้ มากรองผ่าน syringe membrane filter ขนาด 0.45um ใส่ลงใน vial ขนาด 2 มิลลิลิตร
8) นำไปฉีดเข้าเครื่อง HPLC/UV ความยาวคลื่น 248 นาโนเมตร

HPLC : Agilent 1100 series

Column : Reversed phase , Hypersil ODS (4.0*250mm, 5um)

Detector : DAD ที่ความยาวคลื่น 248 nm

Mobile phase : Buffer (KH_2PO_4 + phosphoric acid)

Flow rate : 0.8 mL/min

3.7 การคำนวนและการรายงานผล

3.7.1 การคำนวนปริมาณวิตามินซี

$$\text{Vitamin C (mg/100g)} = \frac{C_{sample} \times \text{Dilution} \times 100}{\text{Weigh sample}}$$

เมื่อ C_{sample} = Conc. ของตัวอย่างที่อ่านได้จาก calibration curve

รายงานผลปริมาณวิตามินซีเป็น หน่วยมิลลิกรัม / ตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

3.7.2 การคำนวนขีดจำกัดการตรวจหาหรือ limit of quantitation (LOQ)

ขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ หมายถึง ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดปริมาณได้โดยมีความแม่นและความเที่ยงตามที่กำหนด ซึ่งง ICH ได้กำหนดไว้คือ

$LOQ = 10\sigma/S$

เมื่อ σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณ

S คือ ความชันของกราฟมาตรฐาน

วิธีการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณ (σ) ทำได้ โดย คำนวณจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ blank หรือ noise เมื่อทดสอบ sample blank โดยคำนวณ จากค่า root mean square ของสัญญาณ noise

3.8 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง(ประเทศไทย) จำกัด Central Laboratory (Thailand)ได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 Accreditation on Food Testing โดย the National Bureau of Laboratory Quality Standards (BLQS), DMSc , ISO/IEC 17065 : 2012 Accreditation on Good Aquaculture Practices (Marine Shrimp) โดยNational Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards Ministry of Agriculture and Cooperatives Thailand (ACFS) , ISO/IEC 17021 : 2011 Accreditation on GMP/HACCP Certification System, Manufa cture of Food Products and Beverages (ISIC Code15) โดย National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards Ministry of Agriculture and Cooperatives Thailand และ ISO/IEC 17020 : 2012 Accreditation on Good Aquaculture Practices (Marine Shrimp) โดย National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards Ministry of Agriculture and Cooperatives Thailand (ACFS)

3.9 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1) ทำการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) ดำเนินการเขียนโครงร่างงานวิจัย

3) เก็บตัวอย่างเครื่องดื่มวิตามินซีสูง 200% ที่จำหน่ายทั่วไป

4) ทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเครื่องดื่ม

5) รวบรวม บันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษา

6) เขียนรายงาน และจัดทำรูปเล่มรายงาน

3.10 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลผลการทดลองที่ได้มาบันทึกในตารางบันทึกผล เปรียบเทียบผลการตรวจปริมาณกรดแอสคอร์บิกในเครื่องดื่มแต่ละตัวอย่าง โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistic) โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตามินซี และ ลักษณะบรรจุภัณฑ์, ราคา, ปริมาตรเครื่องดื่ม เปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีของเครื่องดื่มกลุ่มรูปแบบช็อท และรูปแบบ วิตามินวอเตอร์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่มผสมวิตามินซีทั้งหมด 16 ตัวอย่าง (มีเครื่องดื่มผสมวิตามินซีในรูปแบบช็อต 1 ตัวอย่างที่ไม่มีการทดสอบเนื่องจากผู้ผลิตเลิกจำหน่ายเครื่องดื่มชนิดนั้น จำนวนตัวอย่างเครื่องดื่มผสมวิตามินซีที่ทำการศึกษาจากที่เสนอไว้ตามเอกสารการวิจัยบทที่ 3 ในส่วนของตารางที่ 3.1 จึงลดลงจาก 17 เป็น 16 ตัวอย่าง)

4.1 ข้อมูลตัวอย่างเครื่องดื่มที่ทำการวิเคราะห์

ผู้ศึกษาได้ทำการบันทึกลักษณะข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างเครื่องดื่มที่นำมาศึกษาแต่ละชนิด รวมทั้งข้อมูลการเก็บตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ ชนิดของเครื่องดื่ม โดยใช้รหัสแทนเครื่องดื่ม รหัส “S-ตัวเลข” แทนกลุ่มเครื่องดื่มวิตามินซีในรูปแบบช็อต และรหัส “W-ตัวเลข” แทนเครื่องดื่มวิตามินซีในกลุ่มวิตามินวอเตอร์, ปริมาตรบรรจุขวด/กล่อง, ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้, ลักษณะการจัดเก็บและการจัดจำหน่าย, อายุของเครื่องดื่มที่เหลืออยู่ (นับจากวันที่ส่งตรวจตัวอย่างจนถึงวันที่เครื่องดื่มหมดอายุ) และราคาขายต่อหน่วยมิลลิลิตรของเครื่องดื่มแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างเครื่องดื่มที่ศึกษาในงานวิจัยทั้งหมด 16 ตัวอย่าง

ตัวอย่างเครื่องดื่ม	ปริมาตรบรรจุขวด (มล.)	บรรจุภัณฑ์	การจัดเก็บ / การจำหน่าย	อายุเครื่องดื่มที่เหลือ (%)	ราคาต่อ 1 หน่วย มล . (บาท)
S-01	140	ขวดแก้วใส ฝาเกลียวปิดสนิท	จัดเก็บและจำหน่ายในตู้ทำความเย็น	92	0.11
S-02	160	ขวดแก้วใส ฝาเกลียวปิดสนิท	จัดเก็บและจำหน่ายในตู้ทำความเย็น	92	0.09
S-03	150	ขวดแก้วใส ฝาเกลียวปิดสนิท	จัดเก็บและจำหน่ายในตู้ทำความเย็น	92	0.10
S-04	140	ขวดแก้วใส สีเขียวเข้ม ฝาเกลียวปิดสนิท	จัดเก็บและจำหน่ายในตู้ทำความเย็น	92	0.11
S-05	150	ขวดแก้วใส ฝาเกลียวปิดสนิท	จัดเก็บและจำหน่ายในตู้ทำความเย็น	83	0.10
S-06	155	ขวดแก้วใส ฝาเกลียวปิดสนิท	สั่งซื้อออนไลน์ ผ่านการขนส่ง	42	0.10
S-07	N/A (เลิกผลิต)				
S-08	280	ขวดพลาสติกใส สีอ่อน ฝาเกลียวปิดสนิท (พลาสติก)	สั่งซื้อออนไลน์ ผ่านการขนส่ง	67	0.05
S-09	150	ขวดพลาสติกขุ่น สีขาว ฝาเกลียวปิดสนิท (พลาสติก)	สั่งซื้อออนไลน์ ผ่านการขนส่ง	58	0.10

(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ตารางบันทึกข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างเครื่องดื่มที่ศึกษาในงานวิจัยทั้งหมด 16 ตัวอย่าง

ตัวอย่างเครื่องดื่ม	ปริมาตรบรรจุขวด (มล.)	บรรจุภัณฑ์	การจัดเก็บ / การจำหน่าย	อายุเครื่องดื่มที่เหลือ (%)	ราคาต่อ 1 หน่วย มล . (บาท)
S-10	150	ขวดแก้วใส ฝาเกลียวปิดสนิท	จัดเก็บและจำหน่ายในตู้ทำความเย็น	83	0.10
S-11	125	กล่อง UHT	จัดเก็บและวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง	67	0.10
S-12	100	กล่อง UHT	สั่งซื้อออนไลน์ ผ่านการขนส่ง	22	0.10
W-1	550	ขวดพลาสติกใส สีอ่อน ฝาเกลียวปิดสนิท	จัดเก็บและจำหน่ายในตู้ทำความเย็น	75	0.04
W-2	480	ขวดพลาสติกใส สีอ่อน ฝาเกลียวปิดสนิท	จัดเก็บและจำหน่ายในตู้ทำความเย็น	92	0.04
W-3	460	ขวดพลาสติกใส สีอ่อน ฝาเกลียวปิดสนิท	สั่งซื้อออนไลน์ ผ่านการขนส่ง	75	0.04
W-4	500	ขวดพลาสติกใส สีอ่อน ฝาเกลียวปิดสนิท	จัดเก็บและจำหน่ายในตู้ทำความเย็น	75	0.03
W-5	500	ขวดพลาสติกใส ฝาเกลียวปิดสนิท	จัดเก็บและจำหน่ายในตู้ทำความเย็น	92	0.04

4.2 ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในตัวอย่างเครื่องดื่ม

สำหรับการตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในตัวอย่างเครื่องดื่ม ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) โดยใช้วิธี In-house method TE-CH-120 based on Bull. Dept. Med. Sci. Vol.40, No.3 (1998) p. 347-357 เป็นวิธีทดสอบอ้างอิง และมีค่าขีดจำกัดการตรวจหาของวิธีการวิเคราะห์ หรือ Limit of Detection (LOD) ซึ่งหมายถึง ปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดได้ แต่ไม่ยืนยันว่าสามารถวัดเชิงปริมาณได้อย่างถูกต้อง เท่ากับ 0.07 มก./100มล. และค่าขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณของวิธีการวิเคราะห์ หรือ Limit of Quantitation (LOQ) ซึ่งหมายถึงปริมาณต่ำสุดที่สามารถวัดปริมาณได้โดยมีความแม่นและความเที่ยงตรงตามที่กำหนด เท่ากับ 0.15มก./100 มล. ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี หรือ L-Ascorbic acid ต่อปริมาตรเครื่องดื่ม 100 มล. และ % วิตามินซีที่ตรวจพบเมื่อเทียบกับฉลาก ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี หรือ L-Ascorbic acid ในตัวอย่างเครื่องดื่มที่ศึกษาในงานวิจัยทั้งหมด 16 ตัวอย่าง

ตัวอย่างเครื่องดื่ม	ปริมาณวิตามินซี หรือ L-Ascorbic acid		
	ปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบ (มก./100มล.)	ปริมาณวิตามินซีใน 1 บรรจุภัณฑ์ (มก.)	% วิตามินซีที่ตรวจพบเมื่อเทียบกับฉลาก (%)
S-01	239.2	334.9	279
S-02	88.1	140.9	117
S-03	145.9	233.5	195
S-04	436.4	610.9	509
S-05	160.2	240.2	200

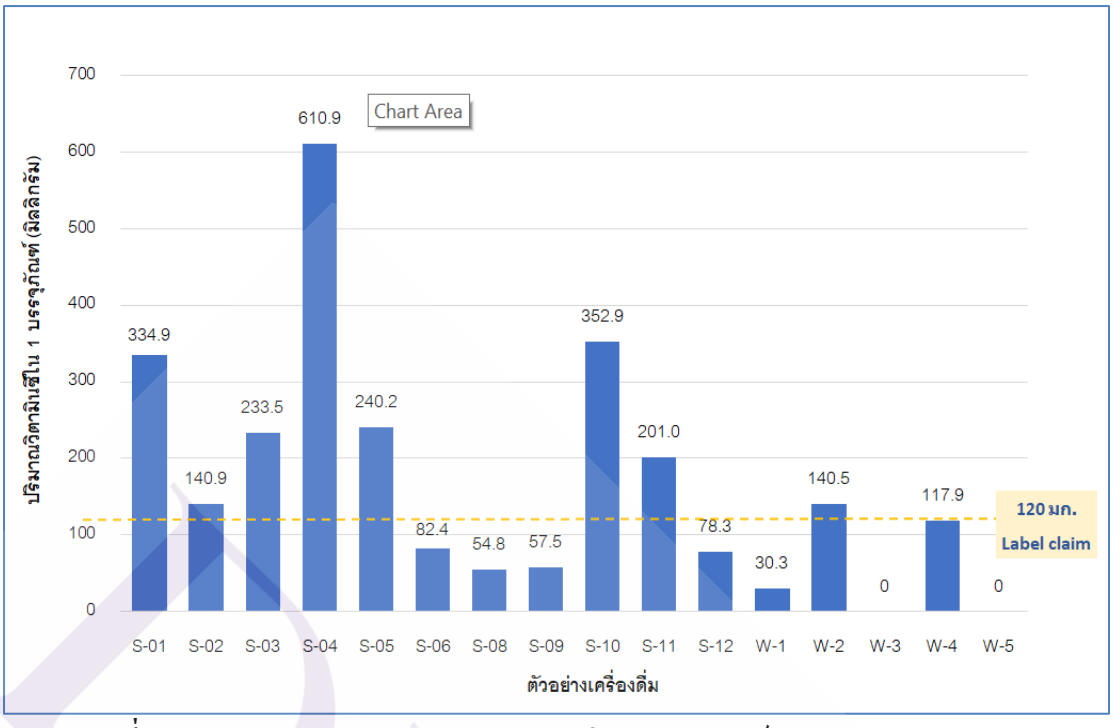
(ตารางมีต่อ)

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ตารางบันทึกผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี หรือ L-Ascorbic acid ในตัวอย่าง

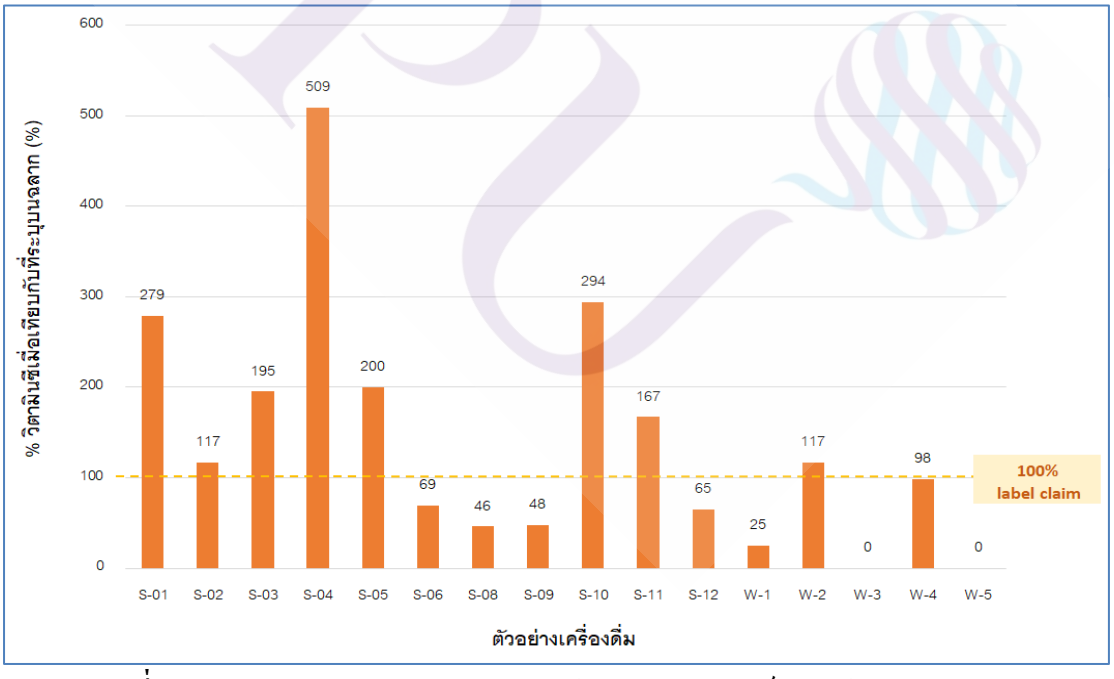
เครื่องดื่มที่ศึกษาในงานวิจัยทั้งหมด 16 ตัวอย่าง

ตัวอย่างเครื่องดื่ม	ปริมาณวิตามินซี หรือ L-Ascorbic acid		
	ปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบ (มก./100มล.)	ปริมาณวิตามินซีใน 1 บรรจุภัณฑ์ (มก.)	% วิตามินซีที่ตรวจพบเมื่อเทียบกับฉลาก (%)
S-06	53.2	82.4	69
S-07	N/A (เลิกผลิต)		
S-08	19.6	54.8	46
S-09	38.3	57.5	48
S-10	235.3	352.9	294
S-11	160.8	201.0	167
S-12	78.3	78.3	65
W-1	5.5	30.3	25
W-2	29.3	140.5	117
W-3	ต่ำกว่า LOD (< 0.07 มก./100มล.)		
W-4	23.6	117.9	98
W-5	ต่ำกว่า LOD (< 0.07 มก./100มล.)		

จากข้อมูลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก ในตัวอย่างเครื่องดื่มที่ผสมวิตามินซี 200 % (ปริมาณวิตามินซีที่ระบุบนฉลากของเครื่องดื่มเท่ากับ 120 มิลลิกรัม) ทั้ง 16 ชนิดที่แสดงในตาราง 4.2 พบว่าตัวอย่างข้างต้นจำนวน 14 รายการ มีปริมาณวิตามินซีที่แตกต่างกัน และมี 2 ตัวอย่างที่ตรวจไม่พบปริมาณวิตามินซี ได้แก่ ตัวอย่าง w-3 และ w-5 จึงได้นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาแสดงเป็นแผนภูมิแท่งได้ดังดังแสดงในภาพที่ 4.1 (ก) และ (ข)



ภาพที่ 4.1 (ก) แผนภูมิแสดงปริมาณวิตามินซีต่อ 1 บรรจุภัณฑ์ (มก.) เทียบกับบนฉลาก



ภาพที่ 4.1 (ข) แผนภูมิแสดงปริมาณวิตามินซีต่อ 1 บรรจุภัณฑ์ (%) เทียบกับบนฉลาก

จากแผนภูมิภาพที่ 4.1 (ก) แสดงปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่มที่ศึกษาใน 1 บรรจุภัณฑ์ พบว่า เครื่องดื่มผสมวิตามินซีทั้ง 16 ชนิด มีปริมาณวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิก ดังนี้ กลุ่มที่เป็นเครื่องดื่มรูปแบบช็อตทั้งหมด 11 ชนิด ปริมาณวิตามินซีพบมากที่สุดในเครื่องดื่ม S-04 (610.9 มก.) รองลงมา คือ เครื่องดื่ม S-10 (352.9 มก.) , เครื่องดื่ม S-01 (334.9 มก.) , เครื่องดื่ม S-05 (240.2 มก.) , เครื่องดื่ม S-03 (233.5 มก.), เครื่องดื่ม S-011 (201.0 มก.) , เครื่องดื่ม S-02 (140.9 มก.) , เครื่องดื่ม S-06 (82.4 มก.), เครื่องดื่ม S-12 (78.3 มก.) , เครื่องดื่ม S-09 (57.5 มก.) และพบปริมาณวิตามินซีต่ำสุดในเครื่องดื่มรูปแบบช็อตชนิด S-08 (54.8 มก.) กลุ่มที่เป็นน้ำดื่มผสมวิตามิน(วิตามินวอเตอร์) จำนวน 5 ชนิด ปริมาณวิตามินซีพบมากที่สุดในเครื่องดื่ม W-02 (140.5 มก.) รองลงมา คือ เครื่องดื่ม W-4 (117.9 มก.), W-1(30.3 มก.) และพบในปริมาณที่ต่ำกว่าค่า LOD ของวิธีการวัด ในเครื่องดื่ม W-3 และ W-5 (ต่ำกว่า 0.07 มก/100มล.) ซึ่งจะเห็นว่า จากเครื่องดื่มที่ศึกษาทั้งหมด 16 ชนิด มีเครื่องดื่มทั้งหมด 8 ชนิด (ในรูปแบบช็อต 4 ชนิดคือ S-06, S-08, S-09, S-12 และในรูปแบบวิตามินวอเตอร์ 4 ชนิดคือ W-1, W-3, W-4, W-5) ที่มีปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบใน 1 บรรจุภัณฑ์ ต่ำกว่าค่าที่ระบุบนฉลากที่ 120 มก. (200% Thai RDI)

เมื่อพิจารณาวิตามินซีที่ตรวจพบเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับวิตามินซีที่ระบุบนฉลาก จากแผนภูมิภาพที่ 4.1 (ข) พบว่า เครื่องดื่มจำนวน 8 ชนิดที่มี เปอร์เซ็นต์วิตามินซีสูงกว่าวิตามินซีที่ระบุบนฉลาก (มีเปอร์เซ็นต์วิตามินซีมากกว่า 100%) เรียงจากมากไปน้อยได้แก่ S-04 มีวิตามินซีอยู่ที่ 509% เมื่อเทียบกับบนฉลาก, S-10 : 294%, S-01 : 279%, S-05 : 200%, S-03 : 195%, S-11 : 167% และ S-02, W-02 อยู่ที่ 117% สำหรับเครื่องดื่มจำนวน 8 ชนิดที่มี % วิตามินซีต่ำกว่าวิตามินซีที่ระบุบนฉลาก เรียงจากมากไปน้อยได้แก่ W-4 อยู่ที่ 98% , S-06 : 69%, S-12 : 65%, S-09 : 48%, S-08 : 46%, W-1 : 25% และ W-3, W-5 วิตามินซีต่ำกว่า LOD

นอกจากนี้เมื่อนำข้อมูลปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มประเภทช็อต กับกลุ่มเครื่องดื่มประเภทวิตามินวอเตอร์ โดยใช้การเปรียบเทียบพหุคูณ)Multiple Comparison) ด้วย independent t-Test (unequal variances) และได้ผลการเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มประเภทช็อต กับกลุ่มเครื่องดื่มประเภทวิตามินวอเตอร์ โดยใช้ independent t-Test (unequal variances)

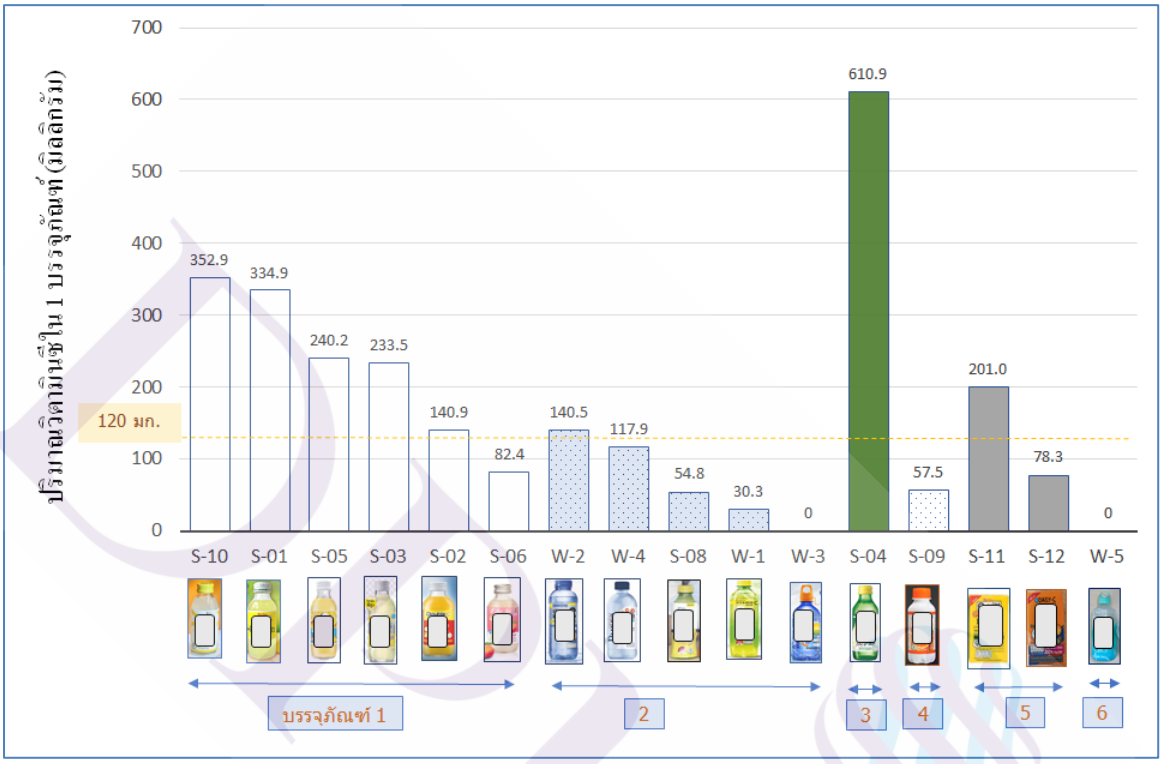
t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances	*ปริมาณวิตามินซีเครื่องดื่มแบบช็อต*	*ปริมาณวิตามินซีเครื่องดื่มแบบวิตามินวอเตอร์*
Mean	217 มก.	58 มก.
Variance	28349	4472
Observations	11	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	14	
t Stat	2.70	
P(T<=t) one-tail	0.01	
t Critical one-tail	1.76	
P(T<=t) two-tail	0.02	
t Critical two-tail	2.14	

จากตารางที่ 4.3 ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มประเภทช็อต กับกลุ่มเครื่องดื่มประเภทวิตามิน วอเตอร์ พบว่า

- ค่าเฉลี่ยของข้อมูล (Mean) ปริมาณวิตามินซีเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มประเภทช็อต กับกลุ่มเครื่องดื่มประเภทวิตามินวอเตอร์เท่ากับ 217 มก. และ 58 มก. ตามลำดับ
- P-Value (P-Value of two-tail) ของข้อมูลปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มประเภทช็อต กับกลุ่มเครื่องดื่มประเภทวิตามินวอเตอร์ มีค่าเท่ากับ 0 02 (P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05) หมายความว่าปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่มรูปแบบช็อตและกลุ่มรูปแบบวิตามินวอเตอร์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3 ความสัมพันธ์ของบรรจุภัณฑ์กับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม

ข้อมูลลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ เปรียบเทียบกับปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบในเครื่องดื่ม ที่ศึกษาแต่ละชนิด ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แผนภูมิแสดงปริมาณวิตามินซี และลักษณะบรรจุภัณฑ์ของเครื่องดื่มแต่ละชนิด โดยเรียง

จากชนิดบรรจุภัณฑ์ของเครื่องดื่ม

บรรจุภัณฑ์ 1: ขวดแก้วใสไม่มีสี ฝาเกลียวปิดสนิท

บรรจุภัณฑ์ 2: ขวดพลาสติกใสสีอ่อน ฝาเกลียวปิดสนิท

บรรจุภัณฑ์ 3: ขวดแก้วใสสีเขียวเข้ม ฝาเกลียวปิดสนิท

บรรจุภัณฑ์ 4: ขวดพลาสติกขุ่นสีขาว ฝาเกลียวปิดสนิท

บรรจุภัณฑ์ 5: กล่อง UHT

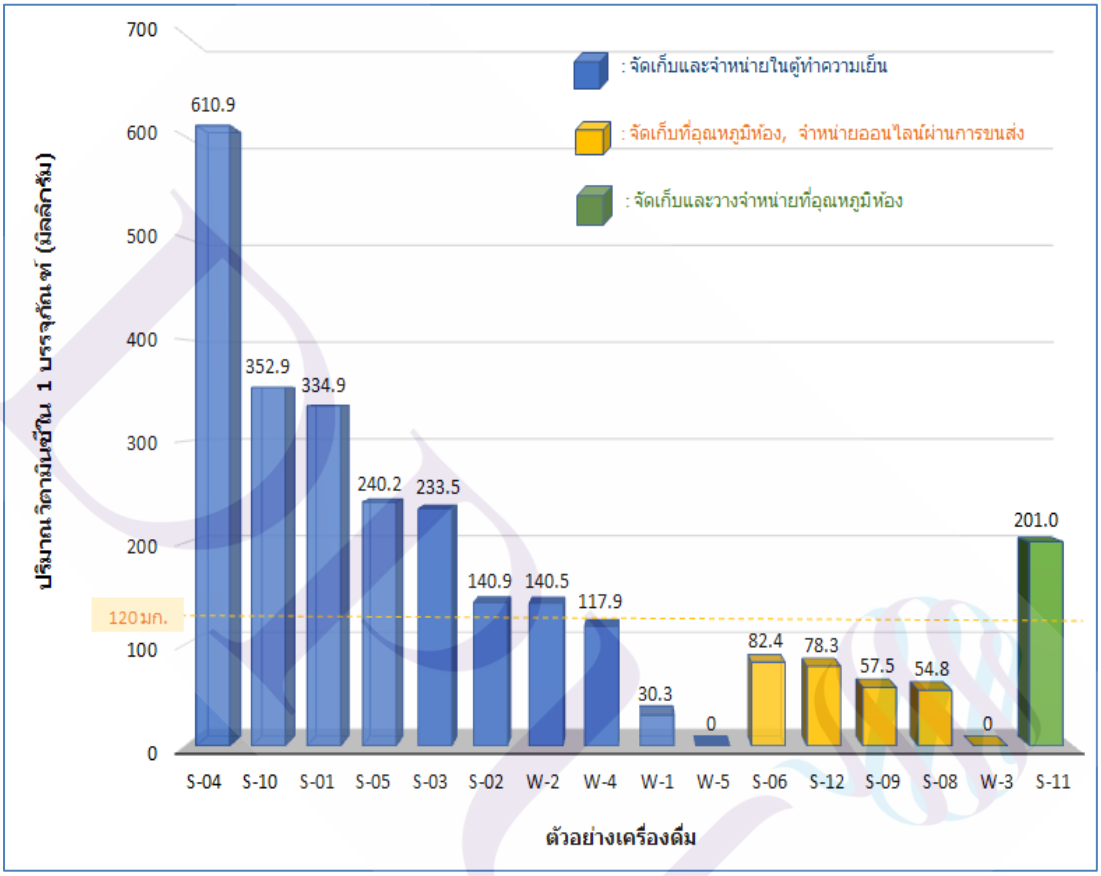
บรรจุภัณฑ์ 6: ขวดพลาสติกใสไม่มีสี ฝาเกลียวปิดสนิท

จากแผนภูมิภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม 1 บรรจุภัณฑ์ และความสัมพันธ์กับลักษณะบรรจุภัณฑ์ของเครื่องดื่มแต่ละชนิด พบว่า

- เครื่องดื่มที่ผสมวิตามินซีที่ใช้บรรจุภัณฑ์ขวดแก้วใส ไม่มีสี ฝาเกลียวปิดสนิท ที่ตรวจพบปริมาณวิตามินซีสูงกว่าค่าที่ระบุบนฉลากที่ 120 มก. (200% Thai RDI) ได้แก่เครื่องดื่มชนิด S-01, S-02, S-03, S-05 , S-10 และที่ตรวจพบปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าค่าที่ระบุบนฉลาก ได้แก่เครื่องดื่มชนิด S-06
- เครื่องดื่มผสมวิตามินซีในขวดแก้วใส สีเขียวเข้ม ฝาเกลียวปิดสนิท ที่ใช้ศึกษามีเพียงชนิดเดียว และเป็นตัวอย่างที่ตรวจพบปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด ได้แก่ เครื่องดื่มชนิด S-04
- เครื่องดื่มผสมวิตามินซีในขวดพลาสติกใส สีอ่อน ฝาเกลียวปิดสนิท ที่ตรวจพบปริมาณวิตามินซีสูงกว่าที่ฉลากระบุ ได้แก่ เครื่องดื่มชนิด W-2 และที่ตรวจพบปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าที่ฉลากระบุ ได้แก่เครื่องดื่มชนิด S-08, W-1, W-3, W-4 (เครื่องดื่ม W-3 ตรวจพบปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าค่า LOD)
- เครื่องดื่มผสมวิตามินซีในขวดพลาสติกขุ่น สีขาว ฝาเกลียวปิดสนิท ที่ใช้ศึกษามีเพียงชนิดเดียว และตรวจพบปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าที่ฉลากระบุ ได้แก่เครื่องดื่มชนิด S-09
- เครื่องดื่มผสมวิตามินซีในขวดพลาสติกใส ไม่มีสี ฝาเกลียวปิดสนิท ที่ใช้ศึกษามีเพียงชนิดเดียว และตรวจพบปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าที่ฉลากระบุ ได้แก่เครื่องดื่มชนิด W-5 (ตรวจพบปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าค่า LOD)
- เครื่องดื่มผสมวิตามินซีในบรรจุภัณฑ์กล่อง UHT ที่ตรวจพบปริมาณวิตามินซีสูงกว่าที่ฉลากระบุ ได้แก่เครื่องดื่มชนิด S-11 และที่ตรวจพบปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าที่ฉลากระบุ ได้แก่เครื่องดื่มชนิด S-12

4.4 ความสัมพันธ์ของช่องทางจำหน่าย/การจัดเก็บเครื่องดื่มขณะวางจำหน่ายกับปริมาณวิตามินซี ใน เครื่องดื่ม

ข้อมูลช่องทางจำหน่าย/การจัดเก็บเครื่องดื่มขณะวางจำหน่ายเปรียบเทียบกับปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบในเครื่องดื่ม ดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แผนภูมิแสดงปริมาณวิตามินซี และช่องทางจำหน่าย/การจัดเก็บเครื่องดื่มขณะวางจำหน่ายโดยเรียงจากรูปแบบการวางจำหน่าย

จากแผนภูมิภาพที่ 4.3 แสดงปริมาณวิตามินซีใน 1 บรรจุภัณฑ์ และความสัมพันธ์กับช่องทางจำหน่าย/การจัดเก็บเครื่องดื่มขณะวางจำหน่าย พบว่า

- เครื่องดื่มที่ผสมวิตามินซีที่จัดเก็บและวางจำหน่ายในตู้ทำความเย็น ที่ตรวจพบปริมาณวิตามินซีสูงกว่าค่าที่ฉลากระบุ มี 7 ชนิด ได้แก่เครื่องดื่มชนิด S-01 ,S-02 ,S-03 ,S-04, S-05 ,

S-10, W-2 และที่ตรวจพบปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าค่าที่ฉลากระบุ มี 3 ชนิด ได้แก่เครื่องดื่มชนิด W-1, W-4 และ W-5

- เครื่องดื่มที่ผสมวิตามินซีที่จัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง และจำหน่ายผ่านการขนส่งออนไลน์ มีทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ เครื่องดื่มชนิด S-06, S-08, S-09, S-12, W-3 พบว่า ปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าค่าที่ฉลากระบุทุกชนิด
- เครื่องดื่มที่ผสมวิตามินซีที่จัดเก็บและวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง มีเพียง 1 ชนิดเท่านั้นได้แก่ เครื่องดื่มชนิด S-11 และปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบว่าสูงกว่าค่าที่ระบุบนฉลาก

4.5 ความสัมพันธ์ของอายุของเครื่องดื่มที่เหลืออยู่กับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม

ข้อมูลความแตกต่างของอายุเครื่องดื่มที่เหลืออยู่เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลาก โดยใช้การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) ด้วย independent t-Test (unequal variances) และได้ผลการเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลอายุของเครื่องดื่มที่เหลืออยู่ในหน่วยเปอร์เซ็นต์ระหว่าง กลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซี น้อยกว่าฉลาก โดยใช้ independent t-Test (unequal variances)

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances	Shelf life ของเครื่องดื่มที่มีวิตามินซีมากกว่าฉลากระบุ	Shelf life ของเครื่องดื่มที่มีวิตามินซีน้อยกว่าฉลากระบุ
Mean(%)	87	63
Variance	79	491
Observations	8	8
Hypothesized Mean Difference	0	
df	9	
t Stat	2.77	
P(T<=t) one tail	0.01	
t Critical one tail	1.83	
P(T<=t) two tail	0.02	
t Critical two tail	2.26	

จากตารางที่ 4.4 ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลอายุของเครื่องดื่มที่เหลืออยู่ในหน่วยเปอร์เซ็นต์ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลาก พบว่า

- ค่าเฉลี่ยของข้อมูล (Mean) อายุของเครื่องดื่มเหลืออยู่ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลาก เท่ากับ 87% และ 63% ตามลำดับ

- P-Value (P-Value of two-tail) ของข้อมูลอายุของเครื่องดื่มเหลืออยู่ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลาก มีค่าเท่ากับ 0.02 (P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05) หมายความว่า อายุของเครื่องดื่มเหลืออยู่ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.6 ความสัมพันธ์ของราคาของเครื่องดื่มกับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม

ข้อมูลความแตกต่างของราคาจำหน่ายเครื่องดื่มเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลาก โดยใช้การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) ด้วย independent t-Test (unequal variances) และได้ผลการเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลราคาจำหน่ายเครื่องดื่มระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณ วิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลาก โดยใช้ independent t-Test (unequal variances)

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances	*ราคาขายต่อ 1 หน่วยมล.ของเครื่องดื่มที่มีวิตามินซีมากกว่าฉลาก*	*ราคาขายต่อ 1 หน่วยมล.ของเครื่องดื่มที่มีวิตามินซีน้อยกว่าฉลาก*
Mean	0.09 บาท/มล.	0.06 บาท/มล.
Variance	0.0005	0.001
Observations	8	8
Hypothesized Mean Difference	0	
df	14	
t Stat	2.28	
P(T<=t) one-tail	0.02	
t Critical one-tail	1.76	
P(T<=t) two-tail	0.04	
t Critical two-tail	2.15	

จากตารางที่ 4.5 ที่แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของราคาจำหน่ายเครื่องดื่มระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามิยซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลากพบว่า

ค่าเฉลี่ยของข้อมูล (Mean) ราคาจำหน่ายเครื่องดื่มระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลาก เท่ากับ 0.09 บาท / 1 มล. และ 0.06 บาท / 1 มล. ตามลำดับ

P-Value (P-Value of two-tail) มีค่าเท่ากับ 0. 04 (P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05) หมายความว่า ราคาจำหน่ายเครื่องดื่มระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลากกับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 5
อภิปรายผลการทดลองและสรุปผลการวิจัย

5.1 อภิปรายผลการทดลอง

5.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีเมื่อเทียบกับปริมาณวิตามินซีที่ระบุบนฉลาก

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิกในเครื่องดื่มผสมวิตามินซีที่ทำการศึกษาทั้ง 16 ชนิดในแผนภูมิภาพที่ 4.1 (ก) พบว่า

เครื่องดื่ม**รูปแบบช็อตทั้งหมด 11 ชนิด** ปริมาณวิตามินซีพบมากที่สุดในเครื่องดื่ม S-04 (610.9 มก.) รองลงมา คือ เครื่องดื่ม S-10 (352.9 มก.) , เครื่องดื่ม S-01 (334.9 มก.) , เครื่องดื่ม S-05 (240.2 มก.) , เครื่องดื่ม S-03 (233.5 มก.) , เครื่องดื่ม S-11 (201.0 มก.) , เครื่องดื่ม S-02 (140.9 มก.) , เครื่องดื่ม S-06 (82.4 มก.) , เครื่องดื่ม S-12 (78.3 มก.) , เครื่องดื่ม S-09 (57.5 มก.) และพบปริมาณวิตามินซีต่ำสุดในเครื่องดื่มรูปแบบช็อตชนิด S-08 (54.8 มก.)

กลุ่มที่เป็นน้ำดื่มผสมวิตามิน (วิตามินวอเตอร์) จำนวน 5 ชนิด ปริมาณวิตามินซีพบมากที่สุดในเครื่องดื่ม W-02 (140.5 มก.) รองลงมา คือ เครื่องดื่ม W-4 (117.9 มก.) , W-1 (30.3 มก.) และพบในปริมาณที่ต่ำกว่าค่า LOD ของวิธีการวัด ในเครื่องดื่ม W-3 และ W-5 (ต่ำกว่า LOD) โดยปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบมากที่สุดในเครื่องดื่มชนิด S-04 (610.9 มก.) มีค่าไม่เกินปริมาณสูงสุดของวิตามินซีที่ควรได้รับในแต่ละวัน (2,000 มก.)

จากผลปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบในเครื่องดื่มที่ศึกษาทั้ง 16 ชนิด จะเห็นว่า

- เครื่องดื่มผสมวิตามินซีจำนวน 14 ชนิดที่**ตรวจพบ**ปริมาณวิตามินซีในบรรจุภัณฑ์โดยเป็นเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีที่**ตรงกับปริมาณวิตามินซีที่ระบุบนฉลากไว้ที่ 200% Thai RDI** หรือมีปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบสูงกว่า 120 มก. จำนวน 8 ชนิด (เป็นเครื่องดื่มในรูปแบบช็อต 7 ชนิดคือ S-01, S-02, S-03, S-04, S-05, S-10, S-11 และในรูปแบบวิตามินวอเตอร์ 1 ชนิดคือ W-2) และเป็นเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีที่**ไม่ตรงกับปริมาณวิตามินซีที่ระบุบนฉลาก** จำนวน 6 ชนิด (เป็นเครื่องดื่มในรูปแบบช็อต 4 ชนิดคือ S-06, S-08, S-09, S-12 และในรูปแบบวิตามินวอเตอร์ 2 ชนิดคือ W-1, W-4)

- เครื่องดื่มผสมวิตามินซีจำนวน 2 ชนิดที่**ตรวจไม่พบ**ปริมาณวิตามินซีในบรรจุภัณฑ์ (ปริมาณวิตามินซีที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าต่ำกว่า LOD ของวิธีการทดสอบ ซึ่งอยู่ที่ 0.07 มก./มล.) โดยเป็นเครื่องดื่มผสมวิตามินซีในรูปแบบวิตามินวอเตอร์ทั้ง 2 ชนิด (W-3, W-5) ซึ่งอาจเกิดจากการที่ผู้ผลิตผสมวิตามินซีในปริมาณที่ต่ำ ตั้งแต่กระบวนการผลิต หรืออาจเกิดจากวิตามินซีในเครื่องดื่มเกิดการสลายตัวตามกลไกและปัจจัยการเร่งการสลายตัวของวิตามินซีที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.1.5

นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มประเภทช็อต กับกลุ่มเครื่องดื่มประเภทวิตามินวอเตอร์ ด้วย t-test analysis ตามผลที่แสดงในตารางที่ 4.3 พบว่า เครื่องดื่มประเภทช็อตมีปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยสูงกว่าปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยในเครื่องดื่มประเภทวิตามินวอเตอร์ และปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยของเครื่องดื่มประเภทช็อตกับประเภทวิตามินวอเตอร์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

โดยเมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่มแต่ละชนิดที่จำหน่ายอยู่ในตลาดทั้ง 16 ชนิด ซึ่งผู้ศึกษาเก็บและส่งตัวอย่างตรวจในเดือนมกราคม 2564 ที่วิเคราะห์ได้จากงานวิจัยนี้ กับ ข้อมูลที่ได้จากนิตยสารฉลาดซื้อ (นิตยสารฉลาดซื้อ มูลนิธิเพื่อผู้บริโภค, 15 ธันวาคม 2563) ที่ทำการทดสอบเครื่องดื่มวิตามินซีที่วางจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาดจำนวน 47 ตัวอย่าง และเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบก่อนงานวิจัยนี้ในเดือนพฤศจิกายน 2563 และพบว่าเครื่องดื่มผสมวิตามินซีส่วนใหญ่จำนวน 33 ตัวอย่างที่ทำการทดสอบ มีปริมาณวิตามินซีไม่ตรงกับที่ระบุไว้บนฉลาก และมีถึง 8 ตัวอย่างที่ตรวจไม่พบปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม ซึ่งผลการตรวจสอบและข้อมูลที่ได้จากนิตยสารฉลาดซื้อดังกล่าว มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ผู้ศึกษาทำครั้งนี้ กล่าวคือ มีเครื่องดื่มที่ทำการตรวจหาวิตามินซีตรงกัน 11 ชนิด ได้แก่ เครื่องดื่ม S-01, S-02, S-03, S-04, S-05, S-11, W-1, W-2, W-3, W-4 และ W-5 และตรวจพบปริมาณวิตามินซีแสดงดังตารางที่ 5.1 ซึ่งพบว่า เครื่องดื่มผสมวิตามินซีของทั้ง 2 การศึกษาจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ เครื่องดื่ม S-01, S-02, S-03, S-04, S-05, S-11, W-1, W-2 และ W-4 ตรวจพบปริมาณวิตามินซีอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน มีแนวโน้มปริมาณวิตามินซีของตัวอย่างจากนิตยสารฉลาดซื้อมีค่าต่ำกว่าปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่มจากการศึกษาครั้งนี้เล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นเพราะตัวอย่างเครื่องดื่มของนิตยสารฉลาดซื้อมีวันผลิตก่อนเครื่องดื่มจากงานวิจัยของผู้ศึกษา (ต่างกันสูงสุดไม่เกิน 4 เดือน) นอกจากนั้นยังพบว่าเครื่องดื่มอีก 2 ชนิดที่ถูกตรวจตรงกันทั้ง 2 การศึกษา ได้แก่ เครื่องดื่ม W-3 และ W-5 ตรวจไม่พบปริมาณวิตามินซีในบรรจุภัณฑ์เหมือนกัน โดยเครื่องดื่ม W-3 จากนิตยสารฉลาดซื้อมีวันผลิตก่อนตัวอย่างจากการศึกษาครั้งนี้ เพียง 1 วัน และ เครื่องดื่ม W-5 จากนิตยสารฉลาดซื้อมีวันผลิตก่อนตัวอย่างจากการศึกษาครั้งนี้ 1.5 เดือน ซึ่งจากผลการตรวจสอบปริมาณวิตามินซีของทั้ง 2 การศึกษา

ที่มีค่าสอดคล้องกันดังที่ได้กล่าวมานั้น ทำให้ผู้ศึกษาสามารถอนุมานได้ว่า ผลปริมาณวิตามินซีในส่วนของเครื่องดื่มผสมวิตามินซีใน**งานวิจัยครั้งนี้อีก 5 ชนิด**ที่นิตยสารฉลาดซื้อไม่ได้ทำการทดสอบ ได้แก่ เครื่องดื่ม S-06, S-08, S-09, S-10 และ S-12 อีกทั้งผลปริมาณวิตามินซีในส่วนของเครื่องดื่ม**ตัวอย่างจากนิตยสารฉลาดซื้อ**ที่ไม่ได้ทำการทวนสอบด้วยผลจากงานวิจัยครั้งนี้ **อีกจำนวน 36 ชนิด** มีความเป็นไปได้ที่ผลของปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่มในส่วนที่เหลืออยู่ดังกล่าวจากงานวิจัยทั้ง 2 การศึกษา มีความน่าเชื่อถือของผลทดสอบเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบข้อมูลจากงานวิจัยครั้งนี้กับนิตยสารฉลาดซื้อ

ตัวอย่างเครื่องดื่ม	งานวิจัยนี้ (เก็บตัวอย่าง ม.ค. 64)			นิตยสารฉลาดซื้อ (เก็บตัวอย่าง พ.ย. 63)		
	ปริมาณวิตามินซี (มก.)	% วิตามินซีเมื่อเทียบกับบนฉลาก (%)	วันผลิต	ปริมาณวิตามินซี (มก.)	% วิตามินซีเมื่อเทียบกับบนฉลาก (%)	วันผลิต
S-01	334.9	279	20 ธค .2020	239.9	200	01 สค 2020
S-02	140.9	117	18 ธค .2020	77.0	64	01กย .2020
S-03	233.5	195	09 ธค .2020	166.1	138	04 สค .2020
S-04	610.9	509	23 ธค .2020	502.4	419	05 สค .2020
S-05	240.2	200	11 พย .2020	212.2	177	13กย .2020
S-11	201.0	167	21 ตค .2020	186.2	155	13 สค .2020
W-1	30.3	25	17 ตค .2020	38.8	32	09กย .2020
W-2	140.5	117	15 ธค .2020	79.0	66	06 ตค .2020
W-3	<LOD	0	08 ตค .2020	ตรวจไม่พบ	0	07 ตค .2020
W-4	117.9	98	20 ตค .2020	135.4	113	25กย .2020
W-5	<LOD	0	24 ธค .2020	ตรวจไม่พบ	0	09พย .2020

5.1.2 ความสัมพันธ์ของบรรจุภัณฑ์กับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่เร่งการสลายตัวของวิตามินซีที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.1.5 การสลายตัวและปัจจัยเร่งการสลายตัวของวิตามินซี บรรจุภัณฑ์เป็นหนึ่งปัจจัยที่มีส่วนช่วยป้องกันการสลายตัวของวิตามินซีในเครื่องดื่ม อันมีสาเหตุมาจากแสงได้ จากผลการศึกษาในภาพที่

4.2 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบ พบว่าเครื่องดื่มผสมวิตามินซีชนิด S-04 ใช้บรรจุภัณฑ์ขวดแก้วใส สีเขียวเข้ม และพบว่ามีปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบมีค่าสูงที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลของบรรจุภัณฑ์สีเข้มที่ช่วยป้องกันการสลายตัวของวิตามินซีอันเนื่องมาจากแสงได้ส่วนหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Burch ที่พบว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ทึบแสงที่สามารถลดการส่องผ่านของแสง (light transmission) เช่น บรรจุภัณฑ์สีเข้ม ทึบแสง จะช่วยลดการสลายตัวของวิตามินที่มีความไวต่อแสงได้ (Burch, R., 2011) สำหรับเครื่องดื่มผสมวิตามินซีชนิด S-08 ที่ใช้บรรจุภัณฑ์ขวดพลาสติกขุ่น สีขาว ซึ่งควรจะลดผลกระทบการเร่งการสลายตัวของวิตามินซีจากแสงได้ในระดับหนึ่ง แต่ผลการวิเคราะห์วิตามินซีพบว่าปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบมีค่าต่ำกว่าที่ระบุไว้บนฉลาก อันอาจเกิดจากปัจจัยการสลายตัวของวิตามินซีในส่วนของการจัดเก็บ/การจำหน่าย (เครื่องดื่ม S-08 ถูกจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง และจำหน่ายผ่านการขนส่งออนไลน์ ซึ่งมีโอกาสที่อุณหภูมิในการจัดเก็บและจำหน่ายผ่านการขนส่งออนไลน์จะสูงกว่าอุณหภูมิปกติ) และปัจจัยการสลายตัวของวิตามินซีในส่วนของอายุเครื่องดื่มที่เหลืออยู่ค่อนข้างต่ำ (เครื่องดื่ม S-08 มีอายุของเครื่องดื่มที่เหลืออยู่ 58%) ร่วมด้วย

5.1.3 ความสัมพันธ์ของช่องทางจำหน่าย/การจัดเก็บเครื่องดื่มขณะวางจำหน่ายกับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม

ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างช่องทางการจำหน่าย/การจัดเก็บเครื่องดื่มขณะวางจำหน่ายกับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่มที่ได้จากผลการศึกษานี้ ที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.3 พบว่าเครื่องดื่มที่นำมาตรวจสอบปริมาณวิตามินซีที่ถูกจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง และจำหน่ายผ่านการขนส่งออนไลน์ทุกชนิด (เครื่องดื่มชนิด S-06, S-08, S-09, S-12 และ W-3) มีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าที่ระบุไว้บนฉลากทุก ๆ ชนิด ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าเป็นผลมาจากการเร่งการสลายตัวของวิตามินซีที่เกิดจากอุณหภูมิในการจัดเก็บและจำหน่ายผ่านการขนส่งออนไลน์ที่สูงกว่าอุณหภูมิปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang และคณะที่พบว่าอุณหภูมิในการจัดเก็บ / ขนส่งผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งต่อการสลายตัวของวิตามินซีในผัก, ผลไม้, น้ำผัก และ น้ำผลไม้ต่าง ๆ และยังสามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ประเภทต่าง ๆ (Mathematical modeling) ในการวิเคราะห์และประมาณค่าการเสื่อมสภาพของวิตามินซีที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ได้อีกด้วย (Wang, J., Law, C., Mujumdar, A., 2017)

5.1.4 ความสัมพันธ์ของอายุเครื่องดื่มที่เหลืออยู่กับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม

ความสัมพันธ์ของอายุเครื่องดื่มที่เหลืออยู่กับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม

จากผลการเปรียบเทียบอายุของเครื่องดื่มที่เหลืออยู่ในหน่วยเปอร์เซ็นต์ระหว่างกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าฉลาก กับกลุ่มเครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าฉลาก ด้วย t-test analysis ในตารางที่ 4.4 พบว่า เครื่องดื่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าที่ระบุไว้บนฉลากจะมีค่าเฉลี่ยของอายุเครื่องดื่มที่เหลืออยู่สูงกว่าเครื่องดื่มที่มีวิตามินซีน้อยกว่าฉลาก และอายุเฉลี่ยเครื่องดื่มที่เหลืออยู่ของกลุ่มที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่า และน้อยกว่าที่ระบุไว้บนฉลาก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอายุของเครื่องดื่มผสมวิตามินซีมีผลต่อปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม เป็นเพราะผลิตภัณฑ์วิตามินซีที่ผสมในน้ำเป็นเวลานานมีการสลายตัวไปมากกว่าและมีปริมาณวิตามินซีเหลืออยู่น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่เพิ่งผลิต อันเนื่องมาจาก ปริมาณก๊าซออกซิเจน และปริมาณน้ำอิสระในเครื่องดื่มที่เร่งการสลายตัวของวิตามินซี ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 (Wang, J., Law, C., Mujumdar, A., 2017)

5.1.5 ความสัมพันธ์ราคาขายของเครื่องดื่มกับปริมาณวิตามินซีในเครื่องดื่ม

จากผลการศึกษานี้พบว่า เครื่องดื่มประเภทช็อตมีราคาสูงกว่าเครื่องดื่มในกลุ่มวิตามินวอเตอร์ และจากผลในตารางที่ 4.5 (เปรียบเทียบ t-test) พบว่าปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบในเครื่องดื่มประเภทช็อตมีค่าเฉลี่ย (mean) สูงกว่าปริมาณวิตามินซีที่ฉลากระบุ ในขณะที่วิตามินซีที่ตรวจพบในเครื่องดื่มประเภทวิตามินวอเตอร์มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าปริมาณวิตามินซีที่ฉลากระบุ และปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยของเครื่องดื่มประเภทช็อตกับประเภทวิตามินวอเตอร์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05) ข้อมูลในส่วนนี้อาจเป็นประโยชน์ในการเลือกซื้อเครื่องดื่มผสมวิตามินซีของผู้บริโภค โดยการพิจารณาจากประเภทของเครื่องดื่มและราคาจำหน่ายได้เช่นกัน

5.2 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยนี้ พบว่า เครื่องดื่มผสมวิตามินซีทั้ง 16 ชนิด ที่มีการระบุข้างฉลากว่ามีปริมาณวิตามินซี 200% Thai RDI (120 มิลลิกรัม) , 50% ของเครื่องดื่มที่ศึกษามีปริมาณวิตามินซีต่ำกว่าที่ฉลากระบุ (มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่า 120 มิลลิกรัม) โดยมีเครื่องดื่มวิตามินวอเตอร์ 2 ชนิดที่ตรวจไม่พบปริมาณวิตามินซีในบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นการเลือกซื้อเครื่องดื่มผสมวิตามินซีที่วางจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาดจากการพิจารณาในส่วนของปัจจัยเร่งการสลายตัวของวิตามินซีที่ได้จากงานวิจัยนี้ จึงเป็นแนวทางเพื่อให้ผู้บริโภคเลือกซื้อเครื่องดื่มผสมวิตามินซีที่มีปริมาณวิตามินซีตรงหรือใกล้เคียงตามที่ระบุไว้บนฉลาก โดยพิจารณาเลือกซื้อเบื้องต้นจาก

- เครื่องดื่มผสมวิตามินซีที่บรรจุภัณฑ์มีสีเข้ม ทึบแสง มีฝาปิดสนิท เพื่อลดผลกระทบจากแสงซึ่งเร่งการสลายตัวของวิตามินซี (Burch, 2011)
- หลีกเลี่ยงการซื้อเครื่องดื่มผสมวิตามินซีที่มีช่องทางการจำหน่าย/การจัดเก็บเครื่องดื่มขณะวางจำหน่ายในที่ที่มีอุณหภูมิสูง และมีโอกาสถูกความร้อน ซึ่งเป็นการเร่งให้เกิดการสลายตัวของวิตามินซี (Wang, Law, Mujumdar, 2017)
- ผู้บริโภคควรพิจารณาซื้อเครื่องดื่มผสมวิตามินซีที่เพิ่งผลิต เพราะผลิตภัณฑ์วิตามินซีที่ผสมในน้ำเป็นเวลานานจะมีโอกาสสลายตัวไปมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่เพิ่งผลิต อันเนื่องมาจากปริมาณ ก๊าซออกซิเจน และปริมาณน้ำอิสระในเครื่องดื่มมีผลต่อการเร่งการสลายตัวของวิตามินซี (Wang, Law, Mujumdar, 2017)
- ผู้บริโภคควรตระหนักรู้ถึงอันตรายของการบริโภควิตามินซีเกินปริมาณสูงสุดของวิตามินซีที่ควรได้รับในแต่ละวัน 2,000 มก. ปัจจุบันการแก้ปัญหาการสลายตัวของวิตามินซีในเครื่องดื่มของผู้ประกอบการบางราย ใช้วิธีการใส่วิตามินซีให้สูงกว่าปริมาณที่ระบุไว้บนฉลาก (มากกว่า 120 มก.) เพื่อให้เมื่อเครื่องดื่มถึงมือผู้บริโภคยังคงมีปริมาณวิตามินซีไม่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้บนฉลาก ซึ่งจากผลการศึกษา ในภาพที่ 4.1 (ข) พบว่าเครื่องดื่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ 8 ชนิดที่มีปริมาณวิตามินซีมากกว่า 100% เมื่อเทียบกับที่ระบุบนฉลาก ถึงแม้ปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบไม่อยู่ในระดับที่เป็นอันตรายสำหรับการบริโภคก็ตาม การบริโภควิตามินซีในปริมาณสูงเป็นประจำอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดนิ่วในไตได้ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2563)

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ประกอบการผลิตเครื่องดื่ม

ผู้ศึกษามีข้อเสนอแนะสำหรับผู้ผลิตเครื่องดื่ม ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อเป็นการป้องกันปริมาณวิตามินซีในบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่มไม่ตรงกับปริมาณที่ระบุไว้บนฉลาก ดังต่อไปนี้

- การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ออกซิเจนสามารถละลายหรือซึมผ่านได้น้อย เช่นบรรจุภัณฑ์แก้วสีเข้ม ทึบแสง, พลาสติกเคลือบ (coated plastic) สีเข้ม, การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ multi-layer PET แทน mono-layer PET รวมทั้งการออกแบบระดับการบรรจุเครื่องดื่มลงบรรจุภัณฑ์เพื่อให้มี head space เหนือระดับเครื่องดื่มภายในบรรจุภัณฑ์น้อยที่สุด เป็นการช่วยลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถเร่งให้เกิดการสลายตัวของวิตามินซี (Burch, R., 2011)

- ระหว่างกระบวนการผลิตเครื่องดื่มควรมีการกำจัดอากาศ (deaeration) ออกจากผลิตภัณฑ์ เช่นการใช้ vacuum pump หรือการใช้ inert gas heat pump dryer เพื่อดูดหรือไล่อากาศออกจากกระบวนการผลิตเครื่องดื่ม ซึ่งช่วยลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในเครื่องดื่มได้ดี (Wang, J., Law, C., Mujumdar, A., 2017)
- การเลือกรูปแบบของวิตามินซีที่ใช้เติมลงในเครื่องดื่ม เช่น วิตามินซีในรูป L-ascorbate 2-polyphosphate จะมีการสลายตัวช้ากว่า L-ascorbate 2-monophosphate และ L-ascorbic acid เป็นต้น รวมทั้งการนำเทคนิคการเคลือบหรือห่อหุ้ม (encapsulation) วิตามินซีมาใช้ เพื่อลดโอกาสการสัมผัสกับก๊าซออกซิเจนในเครื่องดื่ม ซึ่งช่วยลดการสลายตัวของวิตามินซีในเครื่องดื่มได้ (กองสุขศึกษา, สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2564)
- พิจารณาถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการสลายตัวของวิตามินซี เช่น ค่าความเป็นกรดด่างของเครื่องดื่มโดยวิตามินซีจะคงตัวได้ดีในสภาวะที่เป็นกรดและสลายตัวง่ายในสภาวะที่เป็นด่าง (Rohan, V. T., Ramaswamy C., Luke F. L., 2011), เอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเครื่องดื่ม เช่น ascorbic acid oxidase (AAO), polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD) ที่ส่งผลให้เกิดการสลายตัวของวิตามินซีจากปฏิกิริยา redox หรือควรหลีกเลี่ยงการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากเหล็กและทองแดง ซึ่งมีโอกาสเกิดการปนเปื้อนของ Metallic catalysts คือ Cu^{2+}, Fe^{3+} ที่เร่งการสลายตัวของวิตามินซีได้เช่นกัน (Wang, J., Law, C., Mujumdar, A., 2017)
- ตระหนักถึงอันตรายของการบริโภควิตามินซีเกินปริมาณสูงสุดของวิตามินซีที่ควรได้รับในแต่ละวัน หรือการบริโภควิตามินซีในปริมาณสูงเป็นประจำ จะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดนิ่วที่ไตในผู้บริโภคได้ เพื่อหาแนวทางแก้ไขและป้องกันการสลายตัวของวิตามินซีในเครื่องดื่ม โดยไม่ใช้วิธีการใส่วิตามินซีให้สูงกว่าปริมาณที่ระบุไว้บนฉลากมากเกินมาตรฐานที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้กำหนดไว้

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากเครื่องดื่มประเภทช็อตและวิตามินวอเตอร์ที่ได้นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ทั้ง 16 ชนิดมีส่วนผสมที่เป็นสารกันเสีย (preservative) แตกต่างกัน ได้แก่ โพแทสเซียมซอร์เบต, กรดเบนโซอิก และ โซเดียมเบนโซเอต มีการใส่สารควบคุมความเป็นกรด (acidity regulator) ได้แก่ กรดซิตริก, กรดดีแอล-มาลิก และ ไตรโซเดียมซิเตรต และสารเจือปนอาหารอื่นๆ ในตัวอย่างบางชนิดผู้ประกอบการไม่ได้ระบุสารที่นำมาใช้ ในบางชนิดระบุว่าไม่มีสารกันเสีย ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ควรหาเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของสารดังกล่าวที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันมาศึกษาถึงปริมาณสารที่ใส่ และความสัมพันธ์ของปริมาณวิตามินซีที่ตรวจพบ เพื่อประโยชน์ในการต่อยอด

องค์ความรู้จากการวิจัยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายในที่มีผลต่อการสลายตัวของวิตามินซี ที่เกิดจากส่วนผสมของสารดังกล่าวในเครื่องดื่มได้ในอนาคต

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ฉัตรชัย ยมศรีเคน. (2019). การวินิจฉัย และ การรักษาภาวะอ่อน แรงผู้ป่วยโรคขาดวิตามินซี (โรคลักปิดลักเปิด): รายงานผู้ป่วย 2 รายในโรงพยาบาลมหาสารคาม. *วารสารโรงพยาบาลมหาสารคาม*, *16*(2), 62-71

นารถ พรหมรังสรรค์. (2015). การหาค่าขีดจำกัดการตรวจหาและขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณจากกราฟมาตรฐานสำหรับเทคนิคโครมาโทกราฟ. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

นาลิสา. (2020). เครื่องดื่มวิตามินซี200%มาแรงมีวางเต็มเชลฟ์. สืบค้น 31 สิงหาคม 2020, จาก https://marketeeronline.co/archives/167254

นิตยสารฉลาดซื้อ. (2021). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.chaladsue.com/article/3559 (วันที่ค้นข้อมูล : 17 ธันวาคม 2563)

นิภาภรณ์ ลักษณ์สมยา. (2541). การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในอาหารบางชนิดโดยวิธี *HPLC*. Determination on *Vitamin C* in Some kinds of Food by *HPLC*. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.

วัฒนา วิริวุฒิกร. (2011). ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณวิตามินซีและไลโคปีนในผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศผสมน้ำส้มเขียวหวาน/Effect of Temperature on Ascorbic acid and Lycopene contents in Tomato Mixed with Mandarine Orange Juice Products. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*.

สิรีรัตน์ ลิศนันท์, และสรรนีย์ สีหาพงษ์. (2015). อัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปีสำหรับการวัดกรดแอสคอบิกในเม็ดยาและผลมะเฟืองด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต.

อรวรรณ ภู่ชัยวัฒนานนท์, และ เอกราช บำรุงพืชน์. (2020). ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ.2563.

ภาษาต่างประเทศ

Abe-Matsumoto, L. T., Sampaio, G. R., & Bastos, D. H. M. (2020). Is Titration as Accurate as HPLC for Determination of Vitamin C in Supplements—Titration versus HPLC for Vitamin C Analysis. *American Journal of Analytical Chemistry*, *11*(7), 269-279.

Adams, K. K., Baker, W. L., & Sobieraj, D. M. (2020). <covid19> Myth Busters: Dietary Supplements and COVID-19. *Annals of Pharmacotherapy*, 1060028020928052.

Al Majidi, M. I. H., & Al Qubury, H. Y. (2016). Determination of vitamin C (ascorbic acid) contents in various fruit and vegetable by UV-spectrophotometry and titration methods. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, *9*(4), 2972-2974.

Azzi, A. (2019). Tocopherols, tocotrienols and tocomonoenols: Many similar molecules but only one vitamin E. *Redox biology*, *26*, 101259.

BISSETT, O. W., & BERRY, R. E. (1975). Ascorbic acid retention in orange juice as related to container type. *Journal of Food Science*, *40*(1), 178-180.

Burch, R. (2011). The stability and shelf life of vitamin-fortified foods. In *Food and Beverage Stability and Shelf Life* (pp. 743-754). Woodhead Publishing.

Burdurlu, H. S., Koca, N., & Karadeniz, F. (2006). Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of food engineering*, *74*(2), 211-216.

Carr, A. C., & Lykkesfeldt, J. (2020). Discrepancies in global vitamin C recommendations: a review of RDA criteria and underlying health perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-14.

Carr, A. C., & Vissers, M. (2013). Synthetic or food-derived vitamin C—are they equally bioavailable?. *Nutrients*, *5*(11), 4284-4304.

Cheng, R. Z. (2020). Can early and high intravenous dose of vitamin C prevent and treat coronavirus disease 2019 (COVID-19)?. *Medicine in Drug Discovery*, *5*, 100028.

Findik, R. B., Ilkaya, F., Guresci, S., Guzel, H., Karabulut, S., & Karakaya, J. A. L. E. (2016). Effect of vitamin C on collagen structure of cardinal and uterosacral ligaments during pregnancy. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, *201*, 31-35.

Hashimoto, S. and Yamafuji, K., 2001. The determination of diketo-l-gulonic acid, dehydro-L-ascorbic acid, and L-ascorbic acid in the same tissue extract by 2, 4-dinitrophenol hydrazine method, *The Journal of Biological Chemistry*. 147, 201-208.

Herbig, A. L., & Renard, C. M. (2017). Factors that impact the stability of vitamin C at intermediate temperatures in a food matrix. *Food Chemistry*, *220*, 444-451.

Iqbal, K., Khan, A., & Khattak, M. M. A. K. (2004). Biological significance of ascorbic acid (vitamin C) in human health-a review. *Pakistan Journal of Nutrition*, *3*(1), 5-13.

Jang, W., Kim, H., Lee, B. E., & Chang, N. (2018). Maternal fruit and vegetable or vitamin C consumption during pregnancy is associated with fetal growth and infant growth up to 6 months: results from the Korean Mothers and Children's Environmental Health (MOCEH) cohort study. *Nutrition journal*, *17*(1), 105.

Jeney‐Nagymate, E., & Fodor, P. (2008). The stability of vitamin C in different beverages. *British food journal*.

Johnston, C. S., & Bowling, D. L. (2002). Stability of ascorbic acid in commercially available orange juices. *Journal of the American Dietetic Association*, *102*(4), 525-529.

Juhl, B., Lauszus, F. F., & Lykkesfeldt, J. (2017). Poor vitamin C status late in pregnancy is associated with increased risk of complications in type 1 diabetic women: A cross-sectional study. *Nutrients*, *9*(3), 186.

Juhl, B., Lauszus, F. F., & Lykkesfeldt, J. (2019). Glycemic Control during Pregnancy—A Predictor of Vitamin C Status at Labor in Type 1 Diabetic Women?. *Antioxidants*, *8*(6), 153.

Khadem al-hosseini, M., Rahideh, S. T., Saadati, A., Rahmati, N., Azadeh, F., Janani, L., & Shidfar, F. (2020). The effect of vitamin C supplementation in the last month of pregnancy on neonatal bilirubin levels; A double-blind randomized clinical trial. *Complementary Therapies in Medicine*, *50*, 102359.

Kim, T. K., Lim, H. R., & Byun, J. S. (2020). Vitamin C supplementation reduces the odds of developing a common cold in Republic of Korea Army recruits: randomised controlled trial. *BMJ Mil Health*.

Lavoie, J. C., Chessex, P., Rouleau, T., Migneault, D., & Comte, B. (2004). Light-induced byproducts of vitamin C in multivitamin solutions. *Clinical chemistry*, *50*(1), 135-140.

Lozano-Sánchez, J., Borrás-Linares, I., Sass-Kiss, A., & Segura-Carretero, A. (2018). Chromatographic Technique: High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). In *Modern Techniques for Food Authentication* (pp. 459–526). Elsevier. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814264-6.00013-x

Maeda, E. E., & Mussa, D. M. D. N. (1986). The stability of vitamin C (L-ascorbic acid) in bottled and canned orange juice. *Food chemistry*, *22*(1), 51-58.

Merritt, T. A. (2018). Improving fetal lung development with vitamin C and reducing asthma in children.

Monsen, E. R. (2000). Dietary reference intakes for the antioxidant nutrients: vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, *100*(6), 637.

Moser, M. A., & Chun, O. K. (2016). Vitamin C and heart health: a review based on findings from epidemiologic studies. *International journal of molecular sciences*, *17*(8), 1328.

NIH Office of Dietary Supplements. (2018). Vitamin C: Fact sheet for health professionals.

Nkwocha, A. C., Ekeke, I. C., Kamalu, C. I. O., Oghome, P. I., Osoka, E. C., & Nkuzinna, O. C. (2018). Kinetic Modelling of Vitamin C Degradation in selected fruits under market storage conditions. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, *3*(5).

Nweze, C. C., Abdulganiyu, M. G., & Erhabor, O. G. (2015). Comparative analysis of vitamin C in fresh fruits juice of Malus domestica, Citrus sinensi, Ananas comosus and Citrullus lanatus by iodometric titration. *Int. J. Sci. Environ. Technol*, *4*(1), 17-22.

Okiei, W. O., Ogunlesi, M., Azeez, L., Obakachi, V., Osunsanmi, M., & Nkenchor, G. (2009). The voltammetric and titrimetric determination of ascorbic acid levels in tropical fruit samples.

Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D. & Bitto, A. (2017). Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxidative medicine and cellular longevity*, *2017*.

Pullar, J. M., Carr, A. C., & Vissers, M. (2017). The roles of vitamin C in skin health. *Nutrients*, *9*(8), 866.

Rowe, S., & Carr, A. C. (2020). Global Vitamin C Status and Prevalence of Deficiency: A Cause for Concern?.

Santosh, H. N., & David, C. M. (2017). Role of ascorbic acid in diabetes mellitus: a comprehensive review. *Journal of Medicine, Radiology, Pathology and Surgery*, *4*(1), 1-3.

Singh, R. R., & Harshal, A. (2016). Effects of cooking on content of vitamin C in green leafy vegetables. *Scholars Journal of Agricltural and Veterinary Sciences*, *3*(6), 416-423.

Sulayman, L. A., Alaoheshe, H. I., Ali, S. A., & Elhefian, E. A. (2018). Comparison of vitamin c in various fresh and commercial fruit juices commonly consumed in the northwestern region of libya. *Explor. Publ*, *7*(1), 1-4.

Tikekar, R. V., Anantheswaran, R. C., & LaBorde, L. F. (2011). Ascorbic acid degradation in a model apple juice system and in apple juice during ultraviolet processing and storage. *Journal of Food Science*, *76*(2), H62-H71.

Varvara, M., Bozzo, G., Celano, G., Disanto, C., Pagliarone, C. N., & Celano, G. V. (2016). The Use of Ascorbic Acid as a Food Additive: Technical-Legal Issues. *Italian journal of food safety*, *5*(1), 4313. https://doi.org/10.4081/ijfs.2016.4313

Wang, J., Law, C. L., Mujumdar, A. S., & Xiao, H. W. (2017). The degradation mechanism and kinetics of vitamin c in fruits and vegetables during thermal processing. *Drying Technologies for Foods, Fundamentals and Applications*, 275-301.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวฐิติรัตน์ สวัสดิ์ตยวงศ์
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2560 ปริญาตรีแพทย์จีนบัณฑิต คณะการแพทย์แผนจีน สาขาการแพทย์แผนจีน มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ และมหาวิทยาลัยแพทย์แผนจีนเซี่ยงไฮ้ SHANGHAI UNIVERSITY OF TCM
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	แพทย์แผนจีน ประจำคลินิก ชัยณรงค์สหคลินิก การแพทย์แผนไทย-จีน

DPU