โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ผลวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพชาข้าวโพด

ชื่อนิสิต นายธันวา บุญเสริม 6032526823

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพชาข้าวโพดม่วง

โดย

นายธันวา บุญเสริม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ อัศตรกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประจำปีการศึกษา 2563

Effect of drying method on quality of purple corn tea

Thunwa Boonserm

Project Advisor

Assistant Professor Kitipong Assatarakul, Ph.D.

A report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Bachelor of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of science

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

หัวข้องานวิจัย	ผลของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพชาข้าวโพดม่วง
โดย	นายธันวา บุญเสริม
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาทจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ อัศตรกุล
ปีการศึกษา	2563

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

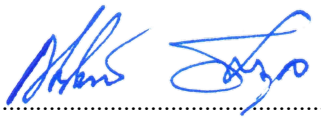
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ประจำปีการศึกษา 2563

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร



.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ อัศตรกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย ผลของวิธีการอบแห้งต่อคุณภาพชาข้าวโพดม่วง

โดย นาย ธันวา บุญเสริม

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ อัศตรกุล

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการอบแห้ง โดยแปรวิธีการอบแห้ง 2 วิธี (การอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศ) และแปรอุณหภูมิ 3 ระดับ (50, 60 และ 70 °C) และศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการชงต่อสมบัติทางเคมีของชาข้าวโพดม่วง โดยแปรอุณหภูมิ 4 ระดับ (40, 60, 80 และ 100 °C) และแปรเวลา 5 ระดับ (2, 4, 6, 8 และ 10 นาที) ต่อสมบัติทางเคมี (ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP) ของชาข้าวโพดม่วง จากผลการทดลองพบว่าการอบแห้งทั้งสองวิธีที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C ต้องใช้เวลา 8 ชั่วโมง 35 นาที, 6 ชั่วโมง 30 นาที และ 4 ชั่วโมง 40 นาที ตามลำดับ เพื่อทำแห้งตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงให้มีความชื้นไม่เกิน 2% (wb) โดยปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศเพิ่มขึ้นโดยมีค่าอยู่ในช่วง 43.14±3.38 - 53.16±9.75 mg cy-3-glu/g dry wt. ในขณะที่เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าอยู่ในช่วง 81.27±12.67 - 82.10±13.50 mg cy-3-glu/g dry wt. ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) นอกจากนี้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นในการอบแห้งทั้งสองวิธี โดยมีค่าอยู่ในช่วง 241.89±17.97 - 412.78±7.34 mM trolox/100g dry wt. และ 442.23±13.93-668.50±16.67 mM trolox/100g dry wt. ตามลำดับ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีปริมาณลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งทั้งสองวิธีเพิ่มขึ้น ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 158.35±19.76-248.35±12.75 mg GAE/100g dry wt. เมื่อพิจารณาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจึงเลือกการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ที่ภาวะสุญญากาศเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการชงต่อสมบัติทางเคมีของชาข้าวโพดม่วงพบว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการชงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (10.20±2.63 - 148.54±3.26 mg GAE/100 g dry wt) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP (31.22±5.05 - 519.67±3.71 และ 51.15±8.67 - 779.38±7.71 mM trolox/100 g dry wt ตามลำดับ) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยการชงน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 2 นาที ส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ต่ำที่สุด และการชงน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 10 นาที ส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP สูงที่สุด งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการอบ อุณหภูมิในการอบ อุณหภูมิและเวลาในการชงส่งผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของชาข้าวโพดม่วง

Project Title	Effect of drying method on quality of purple corn tea
Student	Mr. Thunwa Boonserm
Study Program	Bachelor of Science in Food Technology
Advisor	Assistant Professor Kitipong Assatarakul, Ph.D.
Academic Year	2020

Abstract

The objectives of this study were to investigate the effect of drying method (two drying methods: tray drying and vacuum drying; three drying temperatures: 50, 60 and 70 ℃) and brewing condition (four brewing temperatures: 40, 60, 80 and 100 ℃; five brewing times: 2, 4, 6, 8 and 10 min) on chemical properties (anthocyanin content, total phenolic content and antioxidant activity by DPPH and FRAP assay) of purple corn tea. Result showed that both drying methods at 50, 60 and 70 ℃ required 8 h 35 min, 6 h 30 min and 4 h 40 min, respectively, to achieve the final moisture content lower than 2% (wet basis). The anthocyanin content of purple corn tea increased when the drying temperature of tray drying increased (43.14±3.38 - 53.16±9.75 mg cy-3-glu/g dry wt.) whereas there was no significant difference ($p>0.05$) of anthocyanin content among samples when the drying temperature of vacuum drying increased (81.27±12.67 - 82.10±13.50 mg cy-3-glu/g dry wt.) In addition, the antioxidant activity by DPPH and FRAP assay of purple corn tea increased when drying temperature of both drying methods increased (241.89±17.97 - 412.78±7.34 mM trolox/100g dry wt. and 442.23±13.93 - 668.50±16.67 mM trolox/100g dry wt., respectively) and total phenolic content of purple corn tea decreased when the drying temperature of both drying methods increased (158.35±19.76 - 248.35±12.75 mg GAE/100g dry wt.). Considering the antioxidant activity, vacuum drying at 70 ℃ was selected to study the effect of brewing temperature and brewing time on the chemical properties of purple corn tea. It was found that the total phenolic content (10.20±2.63 - 148.54±3.26 mg GAE/100 g dry wt) and antioxidant activity by DPPH and FRAP assay (31.22±5.05 - 519.67±3.71 and 51.15±8.67 - 779.38±7.71 mM trolox/100 g dry wt, respectively) of purple corn tea increased when the brewing temperature and brewing time increased. Total phenolic content and antioxidant activity by DPPH and FRAP assay of purple corn tea was lowest with the condition of 40 ℃ for 2 min whereas the highest amount of all properties was obtained from the condition of 100 ℃ for 10 min. Drying method, drying temperature, brewing temperature and brewing time were critical factors on bioactive compounds of purple corn tea.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนตามหลักสูตรในระดับปริญญาตรีของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้รับเงินอุดหนุนจากงบประมาณของโครงการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2563 โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ อัศตรกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ผู้วิจัยสามารถดำเนินโครงการการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมประสบการณ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีต้องขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ อัศตรกุล เป็นอย่างสูงที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิด การแก้ไขตรวจทานรายงานวิจัยเล่มนี้ และคำติชมต่าง ๆ รวมถึงการอบรมสั่งสอนในการดำเนินงานและการทำงานให้เหมาะสมกับผู้ที่จะสำเร็จการศึกษาในอนาคต

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่านที่ให้คำปรึกษา แนะนำสำหรับสิ่งที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิ เจ้าของตำราทุกเล่มที่ผู้ทำการวิจัยนำมาอ้างอิงประกอบในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมีตลอดระยะเวลาที่ดำเนินงานวิจัย

ผู้ดำเนินงานวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ เป็นข้อมูลพื้นฐานต่อการศึกษาและพัฒนาในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชาข้าวโพดม่วง และงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

ด้วยความเคารพอย่างสูง

นายธันวา บุญเสริม

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขต/ แนวคิดของงานวิจัย	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	3
2.1 ข้าวโพดม่วง	3
2.2 สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวโพดม่วง	3
2.3 การอบแห้ง	7
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	10
สารเคมี	10
วัสดุอุปกรณ์	10
วิธีการทดลอง	10
การประเมินทางสถิติ	12
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	13
4.1 การศึกษาหาเวลาในการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ	13
4.2 การศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อสมบัติทางเคมีของชาข้าวโพดม่วง	16
4.3 การศึกษาผลของการชงต่อสมบัติทางเคมีของน้ำชาข้าวโพดม่วง	20
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	24
เอกสารอ้างอิง	25

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก ก. 29

ภาคผนวก ข. 37

ประวัติผู้วิจัย 38

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก	4
2	ชนิดและโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก	5
3	โครงสร้างของแอนโทไซยานิน	6
4	หลักการทำงานของเครื่องอบลมร้อนแบบถาด	7
5	หลักการทำงานของเครื่องอบสุญญากาศ	8
6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาในการอบแห้งชาข้าวโพดม่วง ที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C	14
7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความชื้นและเวลาในการอบแห้งชาข้าวโพดม่วง ที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C	15
8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นและอัตราการอบแห้งชาข้าวโพดม่วง ที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C	15
9	ปริมาณแอนโทไซยานินของชาข้าวโพดม่วงที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ	16
10	การสลายตัวของแอนโทไซยานินเนื่องจากเอนไซม์	17
11	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของชาข้าวโพดม่วงที่ผ่านการอบแห้ง ที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ	18
12	การสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกเนื่องจากเอนไซม์ polyphenol oxidase	19
13	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของชาข้าวโพดม่วงที่ผ่านการอบแห้ง ที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ	20

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของชาข้าวโพดม่วงที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ	20
15	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ	22
16	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ	22
17	ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ	23

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ข้าวโพดม่วง (*Zea mays* L.) เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายและนิยมบริโภคในประเทศไทยและกลุ่มอาเซียน รวมทั้งยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย เมล็ดข้าวโพดม่วงมีแป้งเป็นองค์ประกอบมากกว่าเมล็ดข้าวโพดสีเหลืองและสีขาว มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีน ปริมาณโปรตีนและแร่ธาตุสูง ข้าวโพดสีม่วงยังเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญคือ แอนโทไซยานิน ซึ่งมีราคาถูกกว่าแอนโทไซยานินที่ได้รับจากพืชชนิดอื่น แอนโทไซยานินจัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิก เป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำ เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญที่ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคบางชนิดและมีผลดีต่อสุขภาพในด้านต่าง ๆ เช่น ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ ลดความเสี่ยงของการเกิดมะเร็ง ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น อีโคไล (*Escherichia coli*) ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษด้วย เนื่องจากวิถีการดำเนินชีวิตของสังคมในปัจจุบันต้องเผชิญกับความเร่งรีบและความเสี่ยงต่อโรคภัยต่าง ๆ มากขึ้น จึงทำให้กระแสการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพเป็นที่นิยมมากขึ้น เครื่องดื่มชาก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศของชาข้าวโพดม่วง และผลของเวลาและอุณหภูมิในการชงชาข้าวโพดม่วงต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของชาข้าวโพดม่วงระหว่างการเก็บรักษา

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อสมบัติทางเคมีของชาข้าวโพดม่วง

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการแปรอุณหภูมิและเวลาในการชงต่อสมบัติทางเคมีของน้ำชาข้าวโพดม่วง

1.3 ขอบเขต/แนวคิดของงานวิจัย

1.3.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของชาข้าวโพดม่วงเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้ง 2 วิธีคือ การอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศ โดยแปรอุณหภูมิ 3 ระดับคือ 50, 60 และ 70 ℃

1.3.2 การศึกษาผลของการชงต่อชาข้าวโพดม่วง โดยแปรอุณหภูมิในการชง 4 ระดับคือ 40, 60, 80 และ 100 ℃ และแปรเวลาในการชง 5 ระดับคือ 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ทราบถึงวิธีการอบแห้งและการชงที่ส่งผลให้ชาข้าวโพดม่วงมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

1.4.2 เป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดม่วง

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าวโพดม่วง

ข้าวโพดม่วง (*Zea mays* L.) เป็นพืชที่ใช้เป็นอาหารที่สำคัญในประเทศแถบเอเชีย ได้แก่ กัมพูชา จีน ญี่ปุ่น เกาหลี พม่า เวียดนามและ ไทย (Mohamed, Lertrat และ Suriharn, 2016) คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดม่วงมีความคล้ายกับข้าวโพดเหลือง คือ แป้ง 61-78% (db), โปรตีน 6-12% (db), ไขมัน 3-6% (db) (Ai และ Jane, 2016) การปลูกข้าวโพดม่วงให้ได้ผลดีที่สุด เพื่อให้ได้อัตราผลผลิตน้ำหนักของแต่ละส่วนของข้าวโพดม่วงมีค่ามากที่สุด คือ ระยะห่างระหว่างต้น 15 cm จำนวน 2 ต้นต่อหลุม (ธนวัฒน์ เสนเผือก, สกุลกานต์ สิมลา และสุรศักดิ์ บุญแต่ง, 2558)

ข้าวโพดม่วงนอกจากมีรสชาติที่ดีแล้ว ยังมีรายงานว่าเป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน โดยมีปริมาณของแอนโทไซยานินในเมล็ดเท่ากับ 55.8 mg/100 g มีปริมาณแอนโทไซยานินในแกนฝักเท่ากับ 92.3 mg/100 g (Yang และ Zhai, 2010) นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาของอรุณทิพย์และคณะ (2556) ที่พบว่าข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงในระยะรับประทานฝักสด เมล็ด แกนฝัก ไหม และเปลือกหุ้มเมล็ด มีปริมาณแอนโทไซยานินตั้งแต่ 30.73-106.21, 138.93-266.51, 64.12-572.10 และ 2.38-97.94 mg/100 g ตามลำดับ

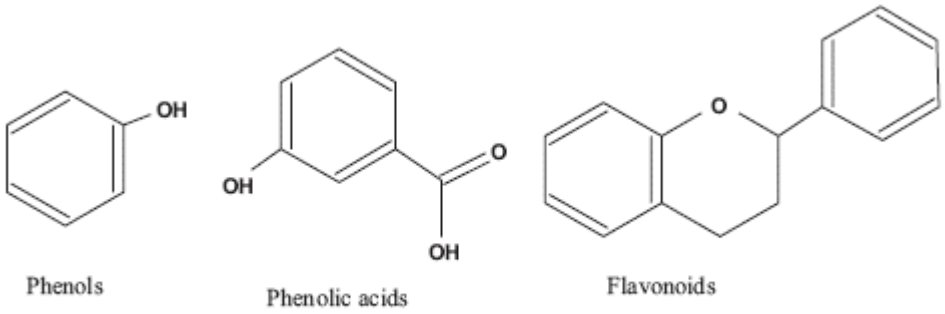
ประโยชน์ในทางสรรพคุณทางยาของข้าวโพดม่วง คือ เมล็ดใช้ทานเพื่อบำรุงร่างกาย หัวใจ ปอด ขับถ่ายปัสสาวะ นำมาบดพอกรักษาแผล และยังสามารถช่วยส่งเสริมการทำงานของเม็ดเลือดแดง ช่วยชะลอการเกิดไขมันอุดตันในหลอดเลือด ช่วยลดโอกาสการเกิดมะเร็ง และเสริมภูมิคุ้มกันในร่างกายให้ดีขึ้น เป็นต้น (Shipp และ Abdel, 2010; สุภาภรณ์ ญะเมืองมอญ และ ชนาการต์ เทโบลต์ พรมอุทัย, 2559)

2.2 สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวโพดม่วง

สารประกอบฟีนอลิกหรือสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) เป็นกลุ่มสารทุติยภูมิที่พบได้ทั่วไปในผัก ผลไม้ ไวน์ ชา น้ำ มันมะกอก เครื่องเทศ สมุนไพร ถั่วเมล็ดแห้ง เมล็ดธัญพืช และช็อคโกแลต เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่จะพบในรูปอนุพันธ์และหรือไอโซเมอร์ของฟลาโวนส์ไอโซฟลาโวนส์ ฟลาโวนอลส์คาร์ทิชิน และกรดฟีโนลิก สารเหล่านี้มีฤทธิ์หลายอย่าง เช่น ต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งต่าง ๆ เช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งหลอดอาหาร มะเร็งผิวหนัง มะเร็งลำไส้มะเร็งต่อมลูกหมาก และมะเร็งตับ เป็นต้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางยา โดยเป็นสารประกอบที่มีฤทธิ์ต้านสารก่อมะเร็ง ต้านภาวการณ์อักเสบต่างๆ และช่วยปรับระบบภูมิคุ้มกัน สามารถกำจัดอนุมูลอิสระและโครงสร้างมีความเสถียรสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และ low-density lipoprotein (LDL) ป้องกันเนื้อเยื่อและดีเอนเอ

จากการถูกทำลายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2562; ลือชัย บุตคุป, 2554)

โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่เป็นอนุพันธ์ของวงแหวนเบนซิน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ (ดังรูปที่ 1) สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีหลายชนิด และมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน (lignin) กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบคือ สารประกอบพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid) สารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก คือ น้ำตาลกลูโคส (glucose) และพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบอื่นๆ เช่น กรดอินทรีย์ (organic acid) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีน แอลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น (Fei, Monica และ Gregory, 2017; พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2562)



รูปที่ 1 โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก

ที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2585/phenolic-compounds

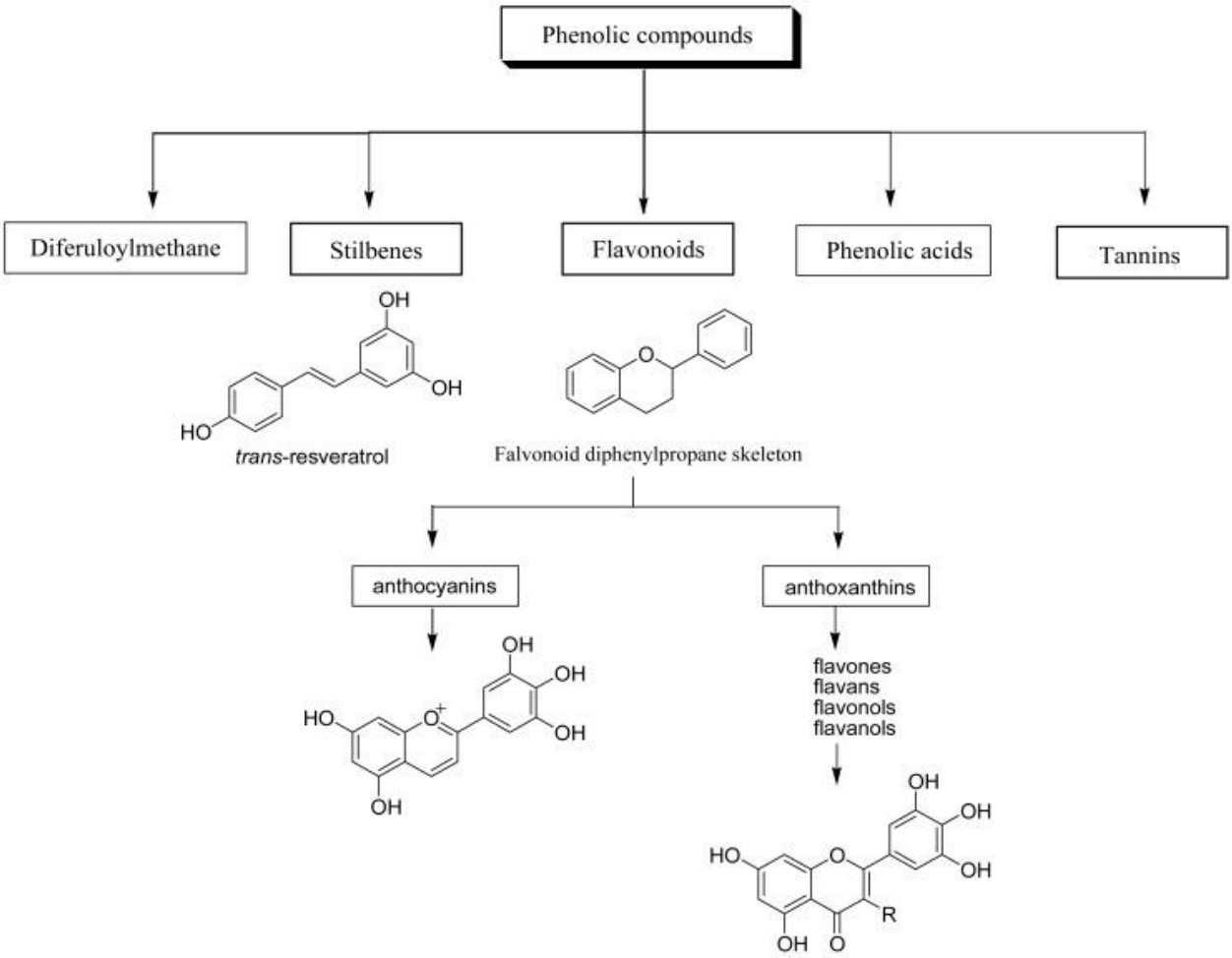
สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านออกซิเดชันที่พบมากในอาหาร ในธรรมชาติพบมากกว่า 8,000 ชนิด สามารถจำแนกชนิดของสารประกอบฟีโนลิกเป็นกลุ่มต่างๆ (รูปที่ 2) ได้แก่

(1) กลุ่มกรดฟีนอลิกที่มาจาก hydroxybenzoic acids ได้แก่ gallic acid และกรดฟีโนลิกที่มาจาก hydroxycinnamic acid ได้แก่ caffeic, ferulic และ coumaric acid

(2) กลุ่มฟลาโวนอยด์เป็นกลุ่มใหญ่ ประกอบด้วยกลุ่ม ฟลาโวนส์ ไอโซฟลาโวนส์ ฟลาโวนอลส์ แอนโธไซยานินส์ และฟลาวานอลส์

(3) กลุ่มสติลบีน (stilbenes)

(4) กลุ่มลิกนินส์และโพลีเมอร์ของลิกนินส์



รูปที่ 2 ชนิดและโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก
ที่มา: ลือชัย บุตคุป (2554)

สารประกอบฟีนอลิกพบมากในผลไม้ผัก และเครื่องดื่ม ร่างกายได้รับกรดฟีนอลิกปริมาณ 1 ใน 3 และ 2 ใน 3 จะเป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบมากในอาหารจะอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอลส์ เช่น คาร์ทิชินส์ และโปรแอนโธไซยานิดินส์ และกลุ่มแอนโธไซยานิน (ลือชัย บุตคุป, 2554)

แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นรงควัตถุธรรมชาติในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่เป็นสารประเภทหนึ่งของสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งพบได้ในส่วนที่มีสีน้ำเงิน สีม่วง สีแดง และส้ม ของผลไม้และผักจำนวนมาก แอนโทไซยานิน

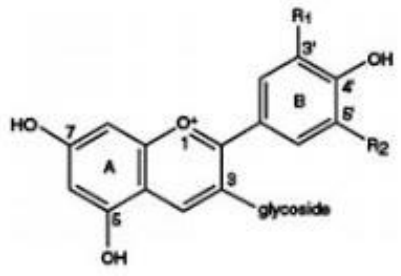
เป็นรงควัตถุที่ละลายในน้ำ แอนโทไซยานินมีสมบัติทางเภสัชวิทยาและชีววิทยาที่หลากหลายได้แก่ ลดอาการอักเสบในทางเดินปัสสาวะ มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันอิ่มตัว (อรุณทิพย์ เหมะธุลิน และคณะ, 2555)

โครงสร้างของแอนโทไซยานินประกอบด้วยสารประกอบ 2 ถึง 3 ส่วน (รูปที่ 3) ได้แก่

ส่วนที่ 1 คือ แอนโทไซยานิดินหรืออะไกลโคน โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิดิน นั้น ประกอบด้วยคาร์บอน 15 อะตอม (C6-C3-C6) ซึ่งแอนโทไซยานิดินที่พบมากจะมีอยู่ 6 ชนิด คือ เพลาโกนิดิน (pelargonidin) ไซยานิดิน (cyanidin) เดลฟินิดิน (delphinidin) พีโอนิดิน (peonidin) เพทุนิดิน (petunidin) และมอลวิดิน (malvidin) ซึ่งจะแตกต่างกันตรงคาร์บอนตำแหน่ง 3′ หรือ 5′ ว่ามี หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หรือเมธอกซิล ($-OCH_3$)

ส่วนที่ 2 คือ น้ำตาลซึ่งน้ำตาลจะเกิดพันธะกับคาร์บอน ตำแหน่งที่ 3 หรือตำแหน่งที่ 3 และ 5 โดยน้ำตาลที่เกิดพันธะได้ เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลกาแลคโตศ น้ำตาลรูติโนส น้ำตาลแรมโนส เป็นต้น

ส่วนที่ 3 คือ กรด ส่วนนี้อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ แอนโทไซยานินที่มีกรดเป็นองค์ประกอบจะเรียกว่า นอนอะซิเลตเทต แอนโทไซยานิน (non acylated anthocyanin) แต่ถ้าไม่มีกรดเป็นองค์ประกอบจะเรียกว่า อะซิเลตเทต แอนโทไซยานิน (acylated anthocyanin) โดยกรดจะเกิดการ เอสเทอริฟิเคชั่น (esterification) กับน้ำตาลที่จับกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 หรือตำแหน่งที่ 5 กรดที่เกิดพันธะเอสเทอร์กับน้ำตาล เช่น กรดคูมาริก กรดเฟอร์รูริก กรดคาร์แฟอิก เป็นต้น ซึ่งการเกิดเอซิเลชั่น (acylation) ในโครงสร้างของแอนโทไซยานินจะทำ ให้โครงสร้างแอนโทไซยานินชนิดนั้นมีความคงตัวดีขึ้น (อรุษา เชาวนลิขิต, 2554)



Anthocyanidins	ตำแหน่ง R1	ตำแหน่ง R2
Pelargonidin	H	H
Cyanidin	H	OH
Delphinidin	OH	OH
Peonidin	OCH_3	H
Petunidin	OCH_3	OH
Malvidin	OCH_3	OCH_3

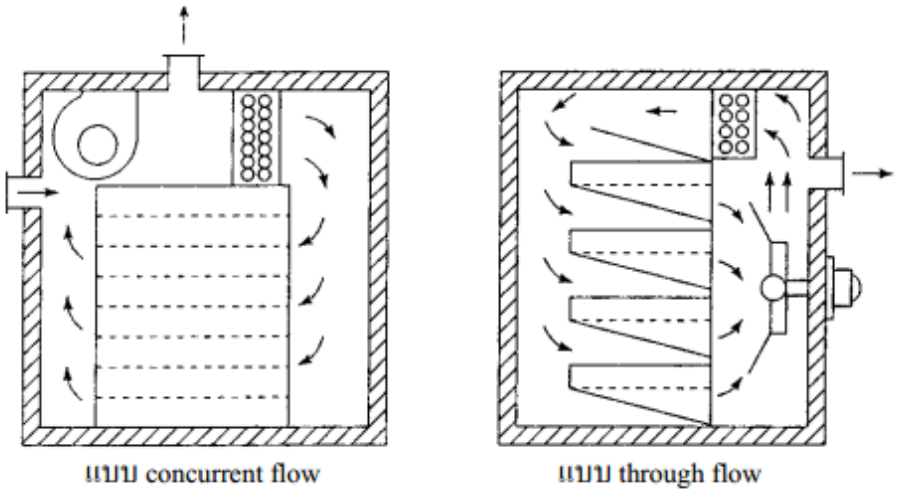
รูปที่ 3 โครงสร้างของแอนโทไซยานิน

ที่มา: González (2012)

2.3 การอบแห้ง

การอบแห้ง คือ การกำจัดน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวัสดุนั้นด้วย ในการอบเมื่อทำให้ของเหลวในวัตถุดิบระเหยเป็นไอ จะได้ผลิตภัณฑ์ของแข็งที่มีสัดส่วนของของเหลวต่ำลง ซึ่งนอกจากจะมีกรณีที่วัตถุดิบมีสภาพเป็นของแข็งที่เปียกชื้นแล้วยังมีกรณีที่อบของเหลวข้น (slurry) หรือของเหลวใสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงอีกด้วย

การอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศโดยใช้ตู้อบแบบถาด (tray drying) เป็นการวางวัตถุดิบในถาด ตะแกรง หรือแผ่นที่มีรูพรุน แล้วเป่าลมร้อนขนานไปกับผิวหน้าวัตถุดิบ หรือเป่าตั้งฉากกับก้นถาดที่ยอมให้ลมผ่านได้(ดังรูปที่ 4) ลมร้อนจะผ่านเข้าไปในชั้นวัตถุดิบเนื่องจากจะใช้ลมร้อนที่มีความเร็วไม่สูงนัก วัตถุดิบจึงยังอยู่นิ่งไม่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนหรือการกระแทกใด ๆ ไม่เกิดความเสียหายจากการแตกหัก

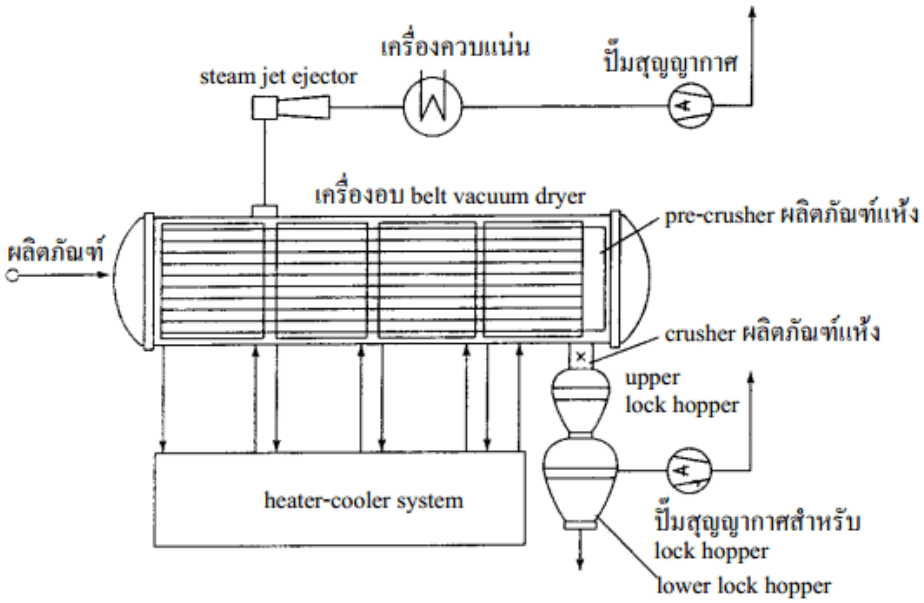


รูปที่ 4 หลักการทำงานของเครื่องอบลมร้อนแบบถาด

ที่มา: https://ienergyguru.com/2015/09/drying

การอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศ (vacuum drying) ใช้หลักการระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบโดยใช้ความร้อนต่ำภายใต้ความดันโดยจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องอบแห้งสุญญากาศเป็นเครื่องอบที่ใช้ทำแห้งอาหารที่ภาวะความดันอากาศต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ทำให้น้ำระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำลง การทำให้เกิดสุญญากาศในห้องอบจะใช้ปั๊มสุญญากาศเพื่อสูบอากาศออก การทำแห้งที่ภาวะสุญญากาศจะช่วยรักษาคุณภาพของอาหารได้ดีกว่าการทำแห้งที่ภาวะบรรยากาศ เครื่องอบแห้งสุญญากาศยังใช้สำหรับการหาความชื้นของอาหารที่ไวต่ออุณหภูมิสูง เช่น อาหารที่มีน้ำตาลสูง หรืออาหารที่มีน้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นส่วนประกอบ เพื่อหลีกเลี่ยงการอบที่อุณหภูมิสูงที่ทำ

ให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาด เครื่องอบแห้งสุญญากาศจะใช้หลักการวางวัตถุดิบที่จะอบไว้ที่ภาวะสุญญากาศ แล้วให้ความร้อน ผลต่างความดันระหว่างความดันไอของตัวทำละลายกับความดันสุญญากาศที่ผิวหน้าตัวทำละลายจะทำให้ตัวทำละลายในวัตถุดิบระเหยเป็นไอออกมา และเนื่องจากอุณหภูมิการระเหยจะขึ้นอยู่กับระดับความเป็นสุญญากาศ ดังนั้น จึงเหมาะกับวัตถุดิบที่เสื่อมสภาพง่ายต่อความร้อน จึงใช้การอบแห้งแบบนี้ในอุตสาหกรรมเวชภัณฑ์และอาหาร โดยทั่วไปอุตสาหกรรมเวชภัณฑ์จะมีการผลิตเป็นจำนวนไม่มาก จึงมักใช้เครื่องอบแบบ batch และใช้การอบบนถาด ส่วนในอุตสาหกรรมอาหารในแง่ของความคุ้มทุนจะต้องผลิตเป็นจำนวนมาก ส่วนมากจึงใช้เครื่องอบต่อเนื่องแบบลำเลียงด้วยสายพาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2004; พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2561).



รูปที่ 5 หลักการทำงานของเครื่องอบสุญญากาศ

ที่มา: https://ienergyguru.com/2015/09/drying

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฐิติรัตน์ เหลืองลออ และ ณัฐชยา หาญเกรียงไกร (2561) ศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วง โดยแปรกระบวนการให้ความร้อน 2 วิธีคือการนึ่งและการต้ม เปรียบเทียบกับการแปรรูปน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ไม่ใช้ความร้อน และเปรียบเทียบก่อนและหลังการพาสเจอไรซ์ โดยพบว่าเมื่อเวลาในการให้ความร้อนมากขึ้นปริมาณแอนโทไซนานินมีค่าลดลง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังการพาสเจอไรซ์ โดยปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณ

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการนึ่งมีค่ามากกว่าการต้ม เพราะแอนโทไซยานินสามารละลายและสูญเสียระหว่างการต้ม

วีรพล บวรวงศ์เสถียร (2553) ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.) โดยแปรอุณหภูมิในการอบแห้งเท่ากับ 55, 60, 65 และ 70 °C และพบว่ากระเจี๊ยบแดงที่ผ่านการอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) และเมื่อนำกระเจี๊ยบแห้งอบแห้งของทั้ง 4 อุณหภูมิ มาชงเป็นน้ำชากระเจี๊ยบแดงพบว่า น้ำชากระเจี๊ยบแดงที่อบที่อุณหภูมิ 60 °C มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP เท่ากับ 33±0.15 mg GAE/g dry wt., 1.39±0.01 mg cy-3-glu/g dry wt., 3.02±0.11 mg AA/g dry wt. และ 32.54±0.70 μmol trolox/g dry wt. ตามลำดับ

Sonawane และ Arya (2015) ศึกษาผลของวิธีการอบและอายุการเก็บรักษาต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะขวิดและลูกหว้า โดยอบด้วยวิธี IR drying และ tray drying แปรอุณหภูมิในการอบ 2 ระดับคือ 60 และ 80 °C จากนั้นเปรียบเทียบอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ 4 และ 25 °C พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 80 °C ส่งผลให้ลูกหว้าและมะขวิดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS, DPPH และ FRAP สูงที่สุด

Yu, Jin และ Xiao (2017) ศึกษาผลของการใช้สนามไฟฟ้าพัลส์และวิธีการอบแห้งต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของลูกเบอร์รี่ พบว่าลูกเบอร์รี่ที่ไม่ผ่านการใช้สนามไฟฟ้าพัลลส์ก่อนการอบแห้งด้วยวิธี vacuum drying ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการอบเพิ่มขึ้น (45, 60 และ 75 °C) และตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธี vacuum drying มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธี hot air drying

จากผลงานวิจัยข้างต้นชี้ให้เห็นว่า ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานิน มีแนวโน้มในการเพิ่มและลดตามอุณหภูมิและวิธีการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศของชาข้าวโพดม่วง และผลของเวลาและอุณหภูมิในการชงชาข้าวโพดม่วงต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สารเคมี

2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Fluka, USA)

6-hydroxy-2, 5, 7, 8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid (Trolox) (Fluka, Denmark)

Folin-Ciocalteu reagent (Carlo Erba, France)

gallic acid (Fluka, Spain)

methanol 99.9% (A.R. grade, Fisher Scientific, UK)

potassium chloride (KCl) (Ajax Finechem, New Zealand)

sodium acetate (CH_3COONa) (Ajax Finechem, New Zealand)

sodium carbonate (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)

ethanol 95% (A.R. grade, QRëC, New Zealand)

tartaric acid (Ajax Finechem, New Zealand)

วัสดุอุปกรณ์

เครื่อง moisture analyzer (Mettler-Toledo AG, MJ 33, Switzerland)

เครื่อง blender (Philips, 600W, Netherland)

เครื่อง centrifuge (Hettich, Universal 320R, USA)

เครื่อง UV-visible spectrophotometer (Thermo Spectronic, Genesys 10 UV, USA)

เครื่อง vacuum sealer (Multivac, A300/16, Germany)

เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, Switzerland)

เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, Switzerland)

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างข้าวโพดม่วง

   ซื้อข้าวโพดม่วงจากไร่ภูใยใสข้าวโพดนมสดฮอกไกโด จังหวัดนครราชสีมา จากนั้นปอกเปลือกและล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้งแล้วแกะเมล็ดข้าวโพดม่วงออก และบรรจุในถุง laminated aluminum ปิดผนึกด้วยเครื่อง vacuum sealer เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C เพื่อใช้ในการทดลองครั้งต่อไป โดยก่อนนำมาใช้ 1 วัน ให้ละลายน้ำแข็งตัวอย่างในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 4 °C จากนั้นก่อนใช้ 1 ชั่วโมงให้นำออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

2. การศึกษาหาเวลาในการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ

แปรวิธีการอบแห้ง 2 วิธีคือ การอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและการอบที่แห้งภาวะสุญญากาศ และแปรอุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับคือ 50, 60 และ 70 ℃ โดยศึกษาหาเวลาในการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงของแต่ละการแปรอุณหภูมิจากการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศ และใช้เวลาของการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศแต่ละอุณหภูมิสำหรับการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศ (ใช้เวลาเท่ากับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศ) โดยใช้ตัวอย่างข้าวโพดม่วง 200 g ต่อ 1 หน่วยทดลอง (treatment) และวัดค่าความชื้นก่อนอบแห้ง (รายละเอียดตามภาคผนวก ข.1) อบแห้งตัวอย่างที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 ℃ โดยสุ่มตัวอย่างระหว่างการอบแห้งทุก 1 ชั่วโมง บันทึกค่าความชื้น (% wb), เวลา และน้ำหนัก (wb) โดยพิจารณาเวลาในการอบแห้งเมื่อค่าความชื้นต่ำกว่า 2 % (wb) จึงหยุดการทดลอง สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและเวลา (drying curve) เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและเวลาในการอบแห้งของแต่ละอุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ผลต่อไป

3. การศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อสมบัติทางเคมีของชาข้าวโพดม่วง

ใช้ตัวอย่างข้าวโพดม่วง 200 g ต่อ 1 หน่วยทดลอง (treatment) แปรวิธีการอบแห้ง 2 วิธีคือ การอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและการอบที่แห้งภาวะสุญญากาศ และแปรอุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับคือ 50, 60 และ 70 ℃ ใช้เวลาในการอบแห้ง 8 ชั่วโมง 35 นาที, 6 ชั่วโมง 30 นาที และ 4 ชั่วโมง 40 นาที สำหรับการอบแห้งที่ 50, 60 และ 70 ℃ ตามลำดับ หลังการอบแห้งทั้ง 2 วิธี วัดค่าความชื้นตัวอย่าง (รายละเอียดตามภาคผนวก ข.1) และน้ำหนัก (wb) และสกัดตัวอย่างดังภาคผนวก ก.1 และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีดังต่อไปนี้

3.1 ปริมาณความชื้นโดยใช้เครื่อง moisture analyzer (Mettler-Toledo AG, MJ 33, Switzerland) (ภาคผนวก ข.1)

3.2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay ดัดแปลงจากวิธีของ Brand-Williams และคณะ (1995) (ภาคผนวก ก.3)

3.3 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ferric reducing antioxidant power (FARP) assay ดัดแปลงจากวิธีของ Benzie และ Strain, (1996) (ภาคผนวก ก.4)

3.4 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วย Folin-ciocalteu method ตามวิธีการของ Waterhouse (2005) (ภาคผนวก ก.5)

3.5 ปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH differential method ดัดแปลงตามวิธี Giusti และ Wrolstad (2001) (ภาคผนวก ก.2)

พิจารณาภาวะการอบแห้งที่ส่งผลให้ตัวอย่างมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และใช้ภาวะการอบแห้งนี้ในการทดลองขั้นต่อไป

4. การศึกษาผลของการชงต่อสมบัติทางเคมีของน้ำชาข้าวโพดม่วง
   เตรียมตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดที่ได้จากการทดลองก่อนหน้าจำนวน 30 g ปั่นให้เป็นผงด้วยเครื่องปั่นที่ระดับความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 5 วินาที และบรรจุตัวอย่าง 2.5 g ในถุงชา แช่ถุงชาในน้ำปริมาตร 150 mL โดยแปรอุณหภูมิของน้ำ 4 ระดับคือ 40, 60, 80 และ 100 °C และแปรเวลาแช่ถุงชา 5 ระดับคือ 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา นำหลอดทดลองแช่น้ำและเปิดน้ำให้ไหลผ่านเพื่อลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วและวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำชาดังต่อไปนี้
   - สมบัติตามข้อ 3.2-3.4

การประเมินทางสถิติ

ออกแบบการทดลองแบบ complete randomized design (CRD) และทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป statistical package for social science (SPSS version 23, USA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาหาเวลาในการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ โดยแปรอุณหภูมิในการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศ 3 ระดับคือ 50, 60 และ 70 ℃ จากนั้นบันทึกค่าความชื้น (% wb), เวลา และน้ำหนัก (wb) โดยพิจารณาเวลาในการอบแห้งเมื่อตัวอย่างมีความชื้นไม่เกิน 2 % (wb) จึงหยุดการทดลอง และใช้เวลาของการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศแต่ละอุณหภูมิสำหรับการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศ (ใช้เวลาเท่ากับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศ) จากนั้นสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและเวลา (drying curve) เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและเวลาในการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงของแต่ละอุณหภูมิ (รูปที่ 6) จากการศึกษาเวลาในการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าเวลาในการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงเท่ากับ 8 ชั่วโมง 35 นาที, 6ชั่วโมง 30 นาที และ 4 ชั่วโมง 40 นาที สำหรับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 ℃ ตามลำดับ เพื่ออบให้ชาข้าวโพดม่วงมีความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 2% (wb) และนำข้อมูลความชื้นมาคำนวณค่าอัตราส่วนความชื้น (moisture ratio, MR) โดยใช้สมการ 4.1 เพื่อให้แต่ละชุดการทดลองมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากัน แล้วสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้ง (รูปที่ 7)

$$MR = \frac{(M_t - M_e)}{(M_0 - M_e)} \tag{4.1}$$

เมื่อ MR = อัตราส่วนความชื้น

M_t = ปริมาณความชื้นที่เวลาใด ๆ (db)

M_0 = ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (db)

M_e = ปริมาณความชื้นที่สมดุล (db)

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้ง พบว่าการลดลงของความชื้นในชาข้าวโพดม่วงมีการลดลงไม่เป็นเส้นตรง จึงใช้แบบจำลองของนิวตัน (สมการที่ 4.2) เพื่อคำนวณค่าคงที่การอบแห้ง (ค่าคงที่ k) โดยพบว่าค่าคงที่การอบแห้งที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 ℃ มีค่าเท่ากับ 0.779, 0.811 และ 0.889 ชั่วโมง$^{-1}$ ตามลำดับ

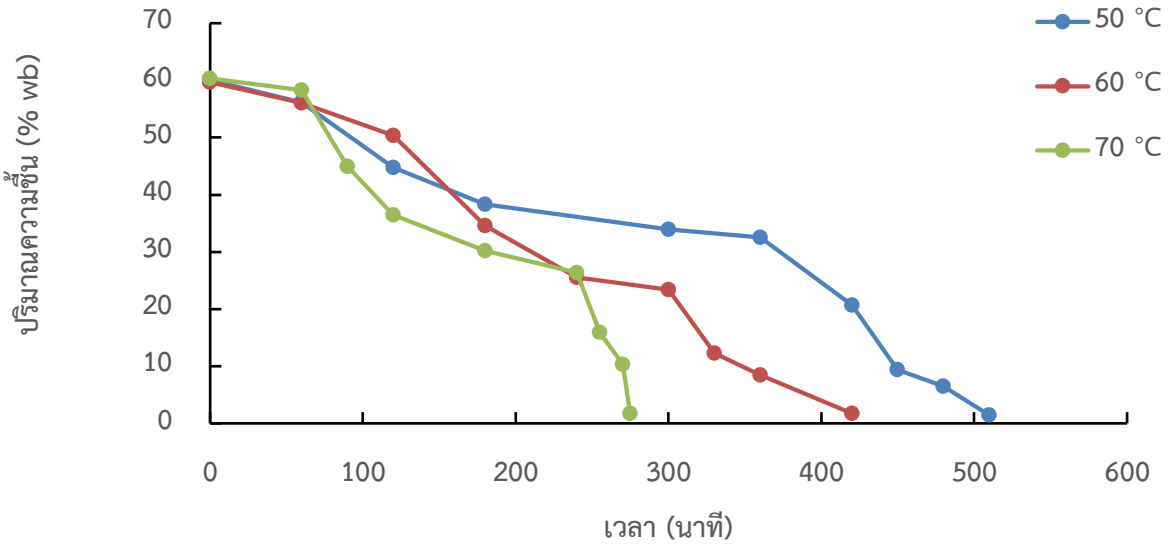
$$In\ MR = \exp(-kt) \tag{4.2}$$

เมื่อ k = ค่าคงที่การอบแห้ง (ชั่วโมง$^{-1}$)

t = เวลา (ชั่วโมง)

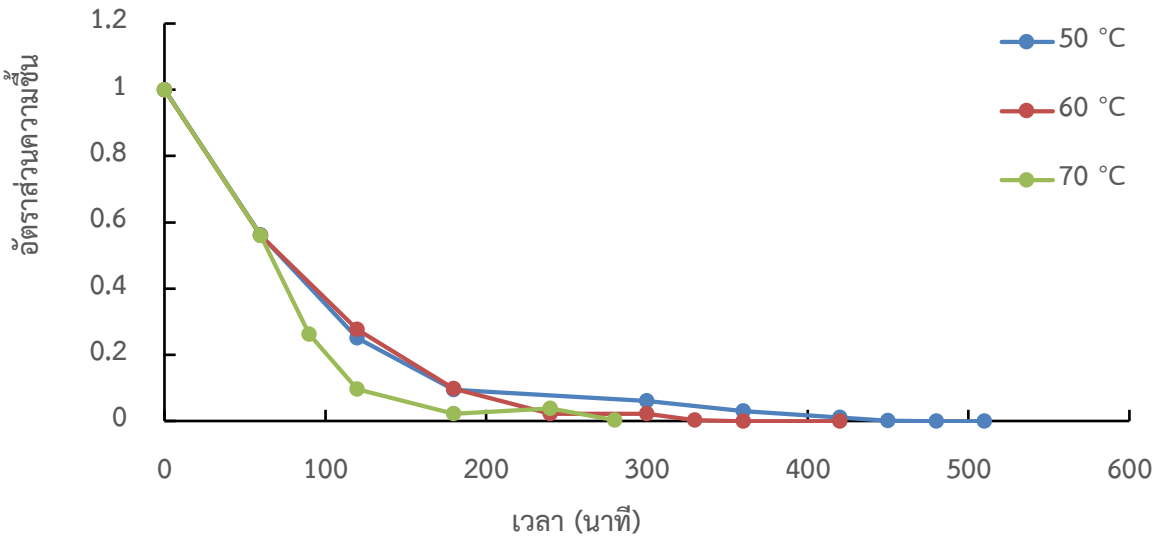
จากนั้นคำนวณอัตราการอบแห้งในรูปอนุพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นเทียบกับเวลาในการอบแห้ง โดยคำนวณจากสมการที่ (4.3)

$$Drying\ rate = -\frac{d(\mathrm{MR})}{\mathrm{dt}}\ .dry\ solid \qquad (4.3)$$

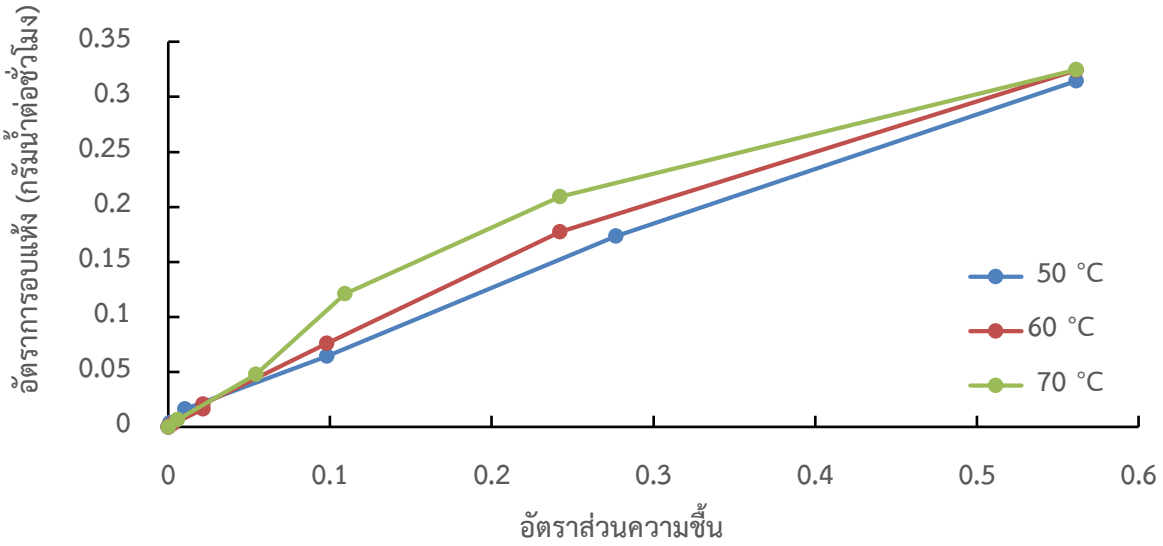


รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและเวลาในการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C

จากรูปที่ 8 พบว่าที่อุณหภูมิในการอบแห้งเท่ากับ 70 °C มีอัตราการอบแห้งเฉลี่ยสูงที่สุด จากการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Satong, Assawarachan และ Noomhorm (2011) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้งและวิธีการสกัดต่อ α-mangostin ในเปลือกมังคุด โดยแปรอุณหภูมิในการอบแห้งเท่ากับ 55, 65 และ 75 °C และพบว่าอัตราการอบแห้งสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นทั้งนี้การเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งเป็นการเพิ่มความแตกต่างระหว่างความดันไอภายในชิ้นอาหาร และความดันไอของอากาศที่ผิวอาหาร ดังนั้นอัตราการแพร่ความชื้นจากภายในชิ้นอาหารไปสู่ผิวอาหารจะเกิดเร็วขึ้น (ศิวะ อัจฉริยะวิริยะ และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2532)



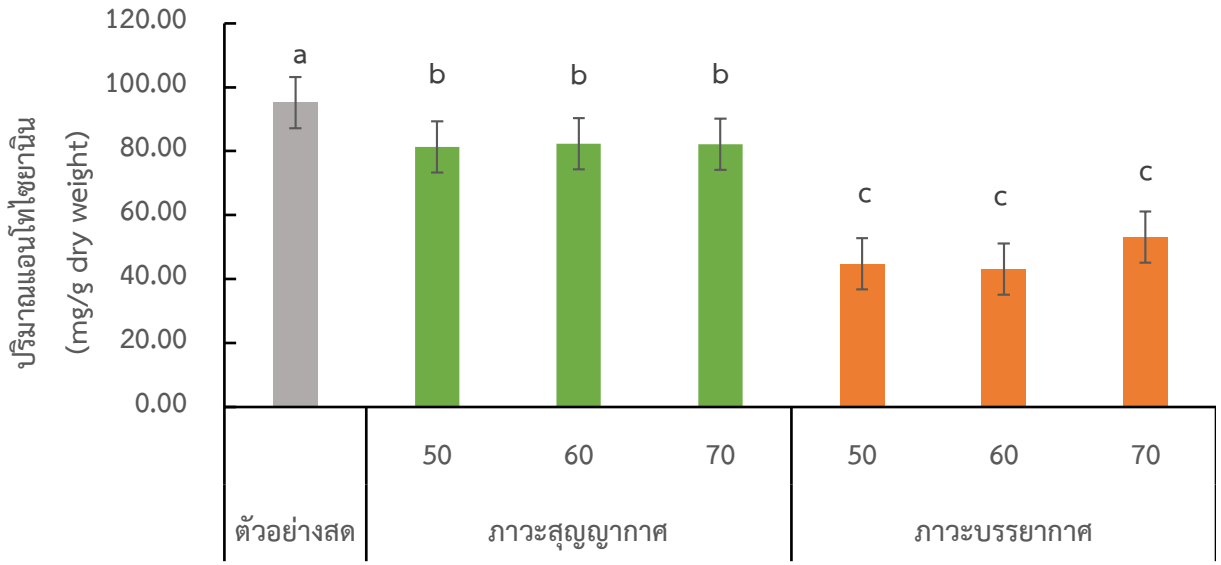
รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความชื้นและเวลาในการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C



รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นและอัตราการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C

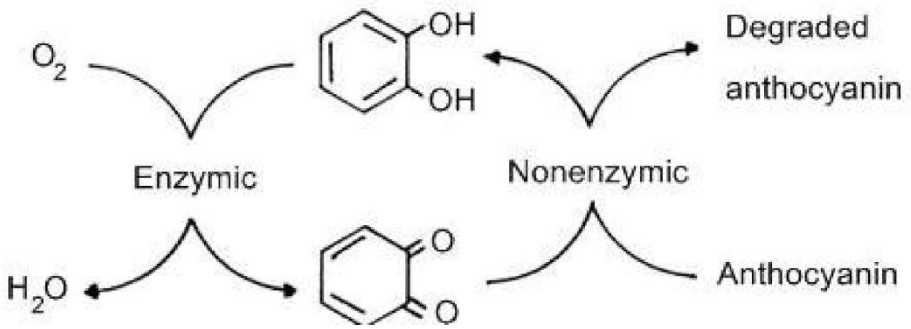
4.2 การศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อสมบัติทางเคมีของชาข้าวโพดม่วง

การอบแห้งเป็นกระบวนการลดความชื้นของอาหารภายใต้ภาวะอุณหภูมิและเวลาที่กำหนด เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงโดยแปรวิธีการอบแห้ง 2 วิธี (การอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและการอบที่แห้งภาวะสุญญากาศ แปรอุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับคือ 50, 60 และ 70 °C) ต่อปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP จากการศึกษาผลของวิธีการอบแห้งและอุณหภูมิในการอบแห้งต่อปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินของตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 43.15-82.36 mg/g dry weight (รูปที่ 9) โดยการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศที่อุณหภูมิ 60 °C ส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำที่สุด (43.15±3.38 mg/g dry weight) และการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50 °C ส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด (82.36±5.02 mg/g dry weight) ในขณะที่การอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งสูงขึ้น และการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 °C ส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณแอนโทไซยานินไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) นอกจากนี้ปริมาณแอนโทไซยานินของตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศมีปริมาณมากกว่าแอนโทไซยานินที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศอย่างมีนัยสคัญ ($p\leq0.05$)



รูปที่ 9 ปริมาณแอนโทไซยานินของชาข้าวโพดม่วงที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ

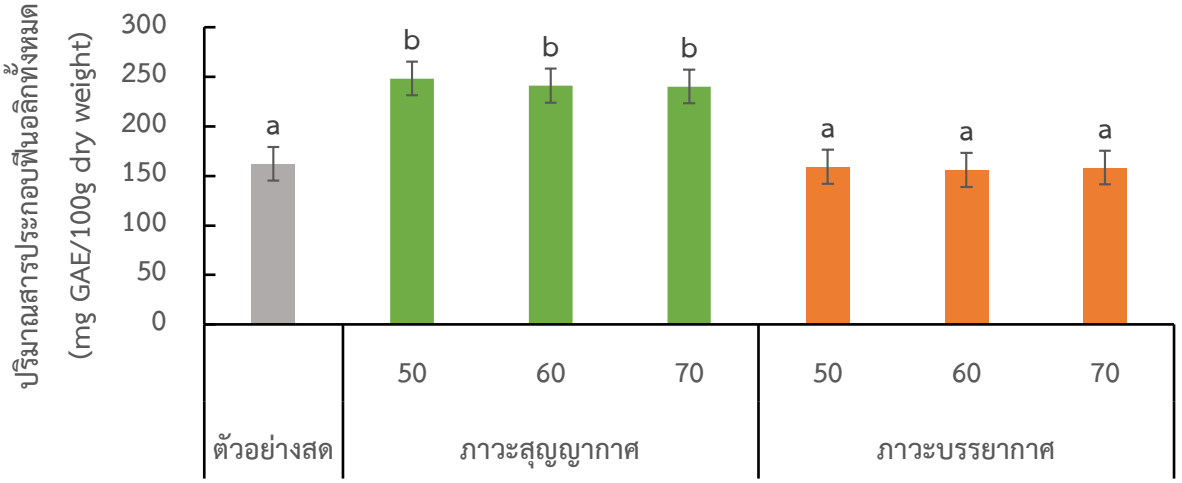
ปริมาณแอนโทไซยานินของตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณแอนโทไซยานินของตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศ และปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง (ใช้เวลาในการอบแห้งน้อยลง) โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yu, Jin และ Xiao (2017) ที่รายงานว่าปริมาณแอนโธไซยานินในตัวอย่างบลูเบอร์รี่ที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศมีปริมาณมากกว่าแอนโทไซยานินในตัวอย่างบลูเบอร์รี่ที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศ และปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างบลูเบอร์รี่อบแห้งที่ภาวะบรรยากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้ง (45, 60 และ 75 °C) ในการทดลองนี้ศึกษาอุณหภูมิของการอบแห้งในช่วงอุณหภูมิ 50-70 °C ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ต่างๆที่พบในผักและผลไม้ โดยเฉพาะเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidases (POD) มีรายงานของ Amiour และ Hambaba (2016) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการทำงานของเอนไซม์ PPO และ POD ในลูกพลัม และพบว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 80 °C สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO และ POD ได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งในช่วง 50-70 °C ในการทดลองนี้ อาจเป็นสาเหตุให้ยังคงมีการทำงานของเอนไซม์ทั้งสองชนิดในระหว่างการอบแห้ง ส่งผลให้แอนโทไซยานินของตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศ (มีการสัมผัสกับออกซิเจน) เกิดการสลาย เนื่องจากเอนไซม์ PPO หรือ POD ในระหว่างการอบแห้ง เมื่อ diphenol ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เกิดปฏิกิริยา enzymatic browning ทำให้เกิดสารควิโนนและเกิดปฏิกิริยา non-enzymatic browning กับแอนโทไซยานิน ส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง (เหมือนขวัญ กงนอก, 2557) (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 การสลายตัวของแอนโทไซยานินเนื่องจากเอนไซม์

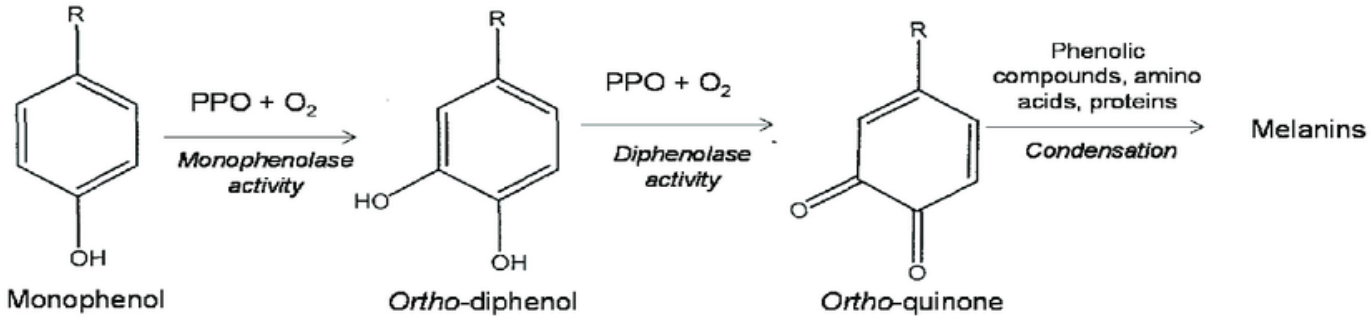
ที่มา: Cultrera (1974)

สารประกอบฟีนอลิกสามารถพบได้ในผักและผลไม้ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถแบ่งออกได้หลายประเภท เช่น กลุ่มสติลบีน กลุ่มฟลาโวนอยด์ เป็นต้น ซึ่งแอนโทไซยานินจัดอยู่ในสารประกอบฟีนอลิกประเภทกลุ่มฟลาโวนอยด์ (ลือชัย บุตคุป, 2554) จากการศึกษาผลของวิธีการอบแห้งและอุณหภูมิในการอบแห้งต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดพบว่าตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 156.13-248.35 mg GAE/100 g dry wt. (รูปที่ 11) และพบว่าตัวอย่างข้าวโพดม่วงสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (126.24 ± 15.24 mg GAE/100 g dry wt.) มากกว่าตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศ (มีค่าในช่วง 156.13-159.28 mg GAE/100 g dry wt.) และตัวอย่างสดและตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งด้วยภาวะบรรยากาศมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่าตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศ (มีค่าในช่วง 240.20-248.35 mg GAE/100 g dry wt.)



รูปที่ 11 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของชาข้าวโพดม่วงที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ

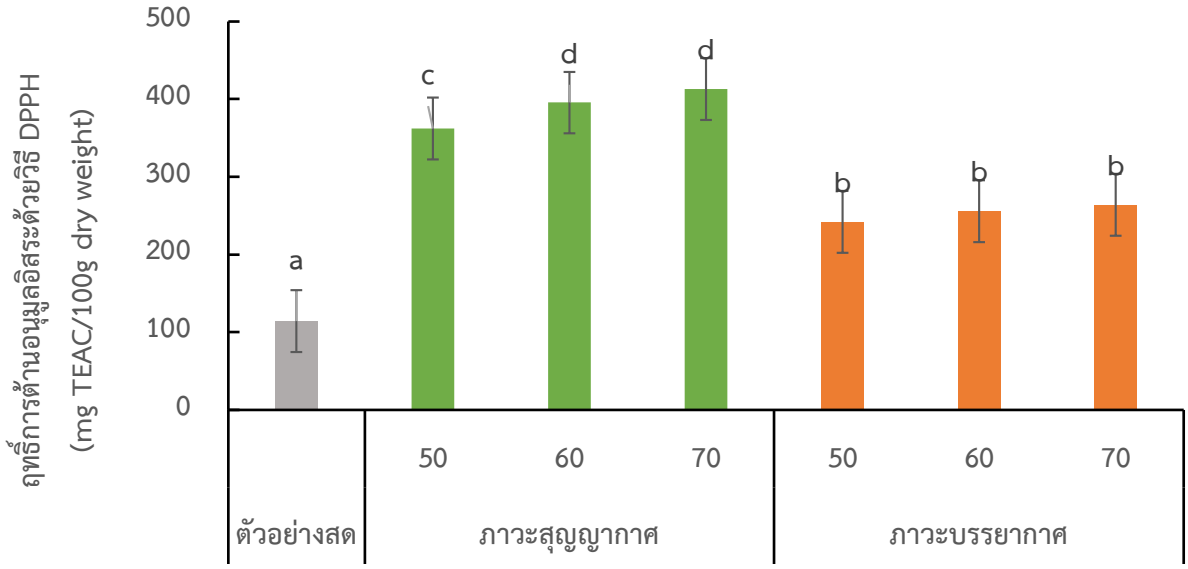
การลดลงของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศเมื่อเทียบกับตัวอย่างสด อาจมีสาเหตุจากการสลายสารประกอบฟีนอลิกด้วยความร้อน โดยความร้อนสามารถกระตุ้นปฏิกิริยาควบแน่นหรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Carmona และคณะ, 2016) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกระหว่างการอบแห้งเกิดจากสารประกอบฟีนอลิกทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและมีเอนไซม์ POD เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดย monophenol จะถูกออกซิไดซ์เป็น diphenol ซึ่งไม่มีสีและถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น o-quinone ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดอะมิโน หรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่และมีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน (รูปที่ 12)



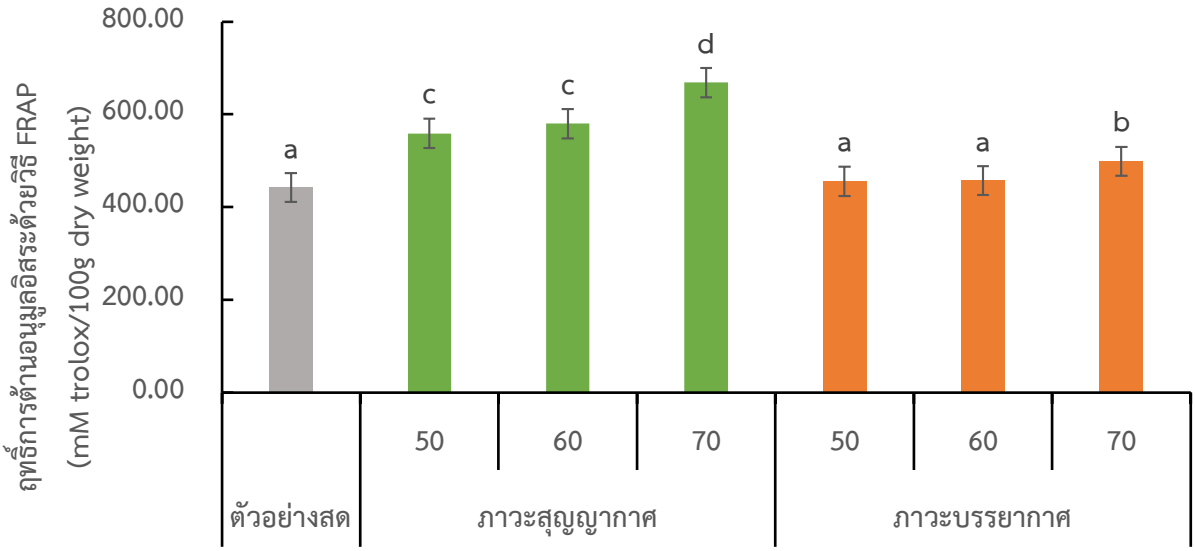
รูปที่ 12 การสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิกเนื่องจากเอนไซม์ polyphenol oxidase

ที่มา: Francesca (2017)

สารประกอบฟีนอลิกจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระประเภทหนึ่งมีหลายชนิดที่พบได้ในข้าวโพดม่วง เช่น แอน-โทไซยานิน ฟลาโวนอยด์ และกรดฟีนอลิก เป็นต้น (Fei, Monica และ Gregory, 2017) โดยประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งและจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะอยู่กับโครงสร้างหลัก ส่งผลให้กลไกในการต้านอนุมูลอิสระมีหลายรูปแบบ เช่น การดักจับอนุมูลอิสระ การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน การจับกับโลหะที่สามารถเรงปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการหยุดปฏิกิริยาการสรางอนุมูลอิสระ เป็นต้น ดังนั้นการวัดความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ (ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ) จึงมีหลายวิธี เช่น การวัดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP เป็นต้น (สุชาดา มานอก และ ปวีณา ลิ้มเจริญ, 2558) จากการศึกษาผลของวิธีการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงและอุณหภูมิในการอบแห้งต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ของตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 241.89-412.78 mM trolox/100 g dry wt. (รูปที่ 13) และ 455.66-668.50 mM trolox/100 g dry wt. (รูปที่ 14) ตามลำดับ



รูปที่ 13 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของชาข้าวโพดม่วงที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ



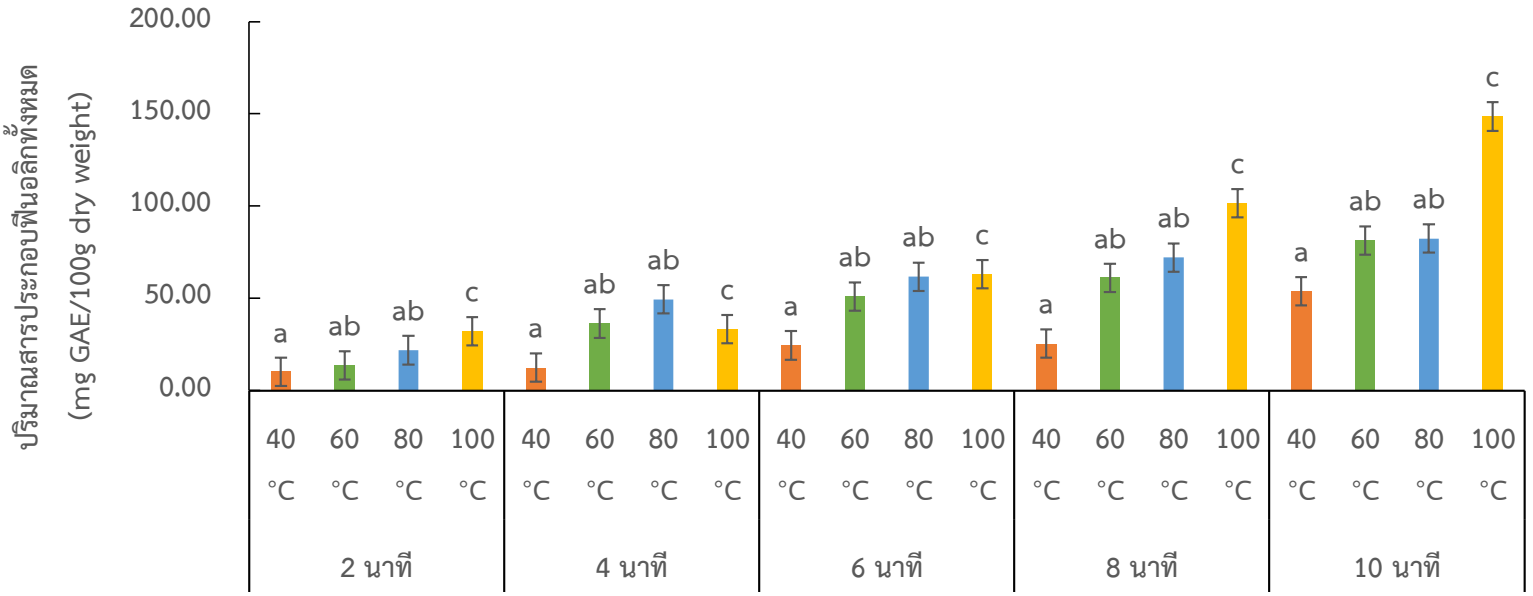
รูปที่ 14 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของชาข้าวโพดม่วงที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ

เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ตัวอย่างมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP เพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 °C มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 412.78±7.34 และ 668.50±16.67 mM trolox/100g dry wt. ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างมีค่าลดลงสำหรับการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศ ซึ่งผลการทดลองนี้ขัดแย้งกับงานวิจัยของ Yang และคณะ (2010) ที่ศึกษาผลของวิธีการอบแห้งต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของมันม่วง และพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งด้วยวิธี hot-air drying และ microwave drying ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ของตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น อาจมีสาเหตุเนื่องจากปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในการทดลองนี้วิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-ciocalteu method ซึ่งอาจวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกและสารประกอบฟลาโวนอยด์บางชนิดเท่านั้น (Papoutsis, 2017) ทั้งนี้การให้ความร้อนอาจมีส่วนช่วยส่งเสริมในการสังเคราะห์ของสารประกอบชนิดใหม่ที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Tamanna และ Mahmood, 2015) ส่งผลให้มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น

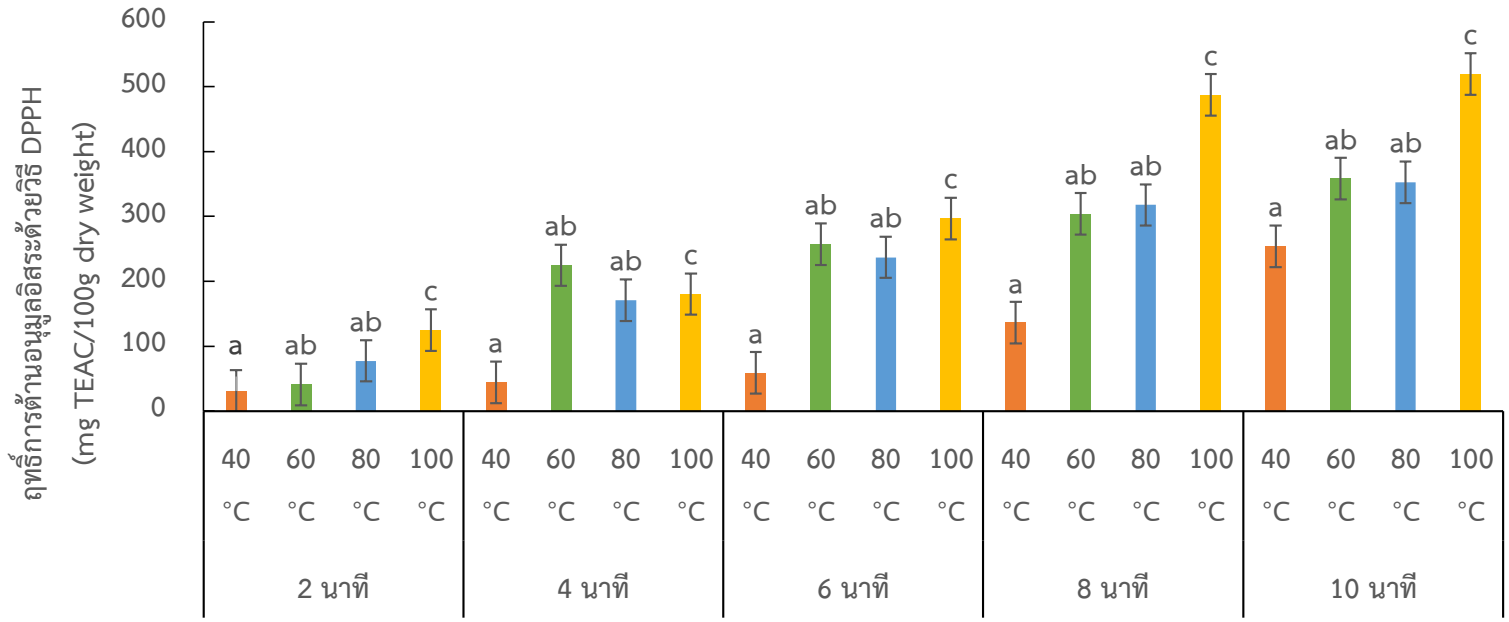
4.3 การศึกษาผลของการชงต่อสมบัติทางเคมีของน้ำชาข้าวโพดม่วง

การชงเป็นการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติละลายน้ำ (ตัวทำละลายมีขั้ว) โดยการใช้น้ำร้อนสกัดในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพออกมาได้บางส่วนเท่านั้น และตัวอย่างของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติละลายน้ำในชาข้าวโพดม่วง เช่น แอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิกบางชนิด เป็นต้น (วิภาวรรณ และคณะ, 2560; วีรพล บวรวงศ์เสถียร, 2553) งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการชงน้ำชาข้าวโพดม่วงต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยใช้ตัวอย่างผงชาข้าวโพดม่วงอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70 °C จำนวน 2.5 g ชงในน้ำปริมาตร 150 mL แปรอุณหภูมิของน้ำ 4 ระดับคือ 40, 60, 80 และ 100 °C และแปรเวลาแช่ถุงชา 5 ระดับคือ 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา นำหลอดทดลองแช่น้ำและเปิดน้ำให้ไหลผ่านเพื่อลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วและวิเคราะห์สมบัติทางเคมี คือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการชงต่อสมบัติทางเคมีของน้ำชาข้าวโพดม่วง พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 10.20-148.54 mg GAE/100 g dry wt. (รูปที่ 15) และพบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่าอยู่ในช่วง 31.22-519.67 (รูปที่ 16) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP มีค่าอยู่ในช่วง 51.15-779.38 mM trolox/100 g dry wt. (รูปที่ 17) โดยการชงน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 2 นาที ส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (10.20±2.63 mg GAE/100 g dry wt.) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ต่ำที่สุด (31.22±5.05 และ 51.15±8.67 mM trolox/100 g dry wt. ตามลำดับ) และการชงน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 10 นาที ส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (148.54±3.26 mg GAE/100 g

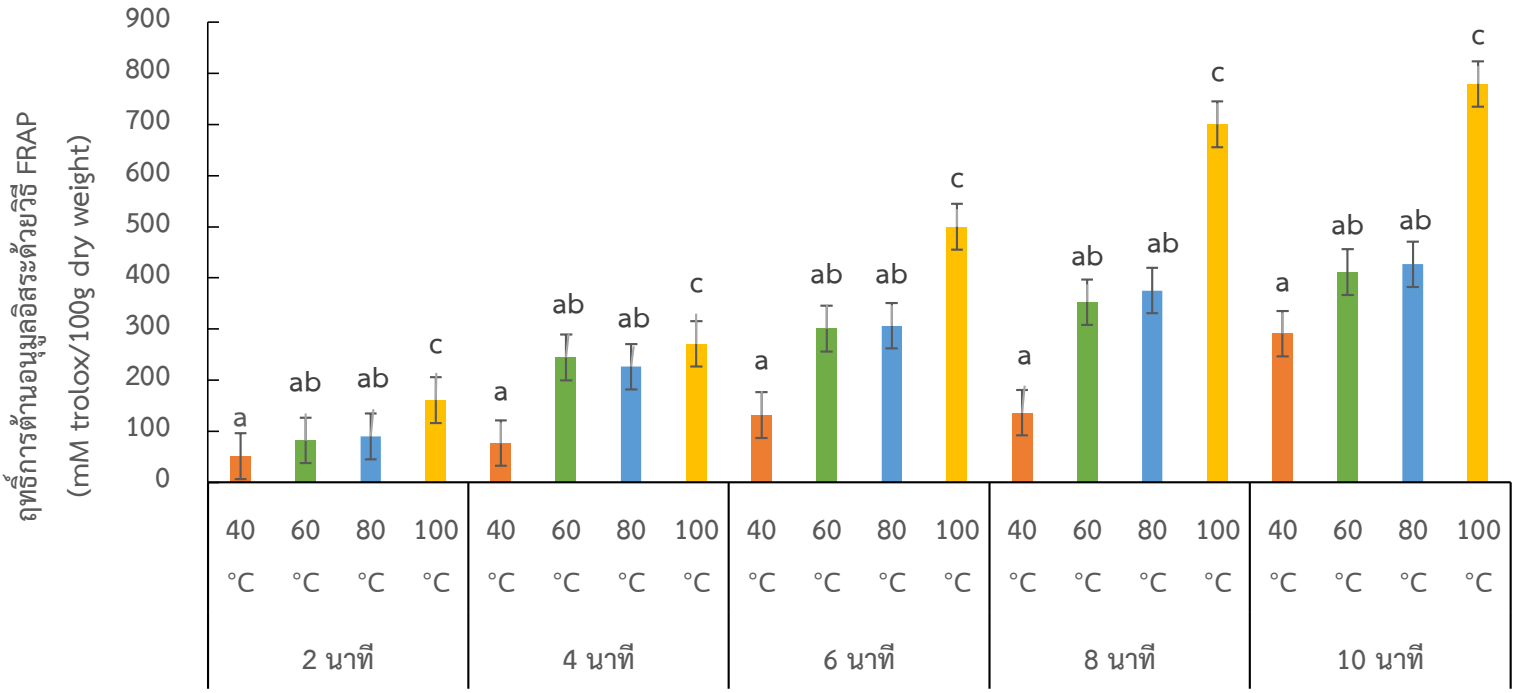
dry wt.) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP สูงที่สุด (519.67±3.71 และ 779.38±7.71 mM trolox/100 g dry wt. ตามลำดับ)



รูปที่ 15 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ



รูปที่ 16 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ



รูปที่ 17 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

เมื่ออุณหภูมิน้ำที่ชงและเวลาที่แช่ผงชาข้าวโพดม่วงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ตัวอย่างน้ำชาข้าวโพดม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP เพิ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Santos และคณะ (2016) ที่ศึกษาผลของเวลาและอุณหภูมิในการชงชารอยบอส (ชาแดง) ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ (65, 75 และ 85 °C) และเวลา (5, 7.5 และ 10 นาที) ในการชงชาแดงส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอาจมีสาเหตุเนื่องจากเมื่อให้ความร้อนกับผงชาข้าวโพดม่วง จะทำให้มีการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกออกมามากขึ้น หนึ่งในนั้นคือกรดเฟรูลิกซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มหนึ่ง โดยกรดชนิดนี้จะจับผนังเซลล์ด้วยพันธะโควาเลนซ์ เมื่อให้ความร้อนโดยใช้อุณหภูมิหรือเวลาที่มากขึ้น ผนังเซลล์จะถูกทำลายและมีการปลดปล่อยกรดเฟรูลิกออกมา (Bento, Patto และ Berest, 2018) ส่งผลให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ที่ให้ผลไปในทิศทางเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ส่งผลให้เมื่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย (โอภา วัชระคุปต, ปรีชา บุญจูง และ มาลีรักษ์ อัตต์สินทอง, 2549)

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงทั้ง 2 วิธี (ภาวะบรรยากาศและภาวะสุญญากาศ) และแปรอุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับ (50, 60 และ 70 °C) พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งทั้งสองวิธีเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ใช้เวลาในการอบแห้งชาข้าวโพดม่วงน้อยลง และพบว่าปริมาณแอนโทไซยานินมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งที่ภาวะบรรยากาศเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งที่ภาวะสุญญากาศเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณแอน-โทไซยานินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) นอกจากนี้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีปริมาณลดลงเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นในการอบแห้งทั้งสองวิธี เมื่อพิจารณาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจึงเลือกการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 °C ที่ภาวะสุญญากาศเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการชงต่อสมบัติทางเคมีของชาข้าวโพดม่วงพบว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการชงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยการชงน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 2 นาที ส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ต่ำที่สุด และการชงน้ำชาข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 10 นาที ส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP สูงที่สุด งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการอบ อุณหภูมิในการอบ อุณหภูมิและเวลาในการชงส่งผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของชาข้าวโพดม่วง

ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้

ควรมีการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของชาข้าวโพดม่วงหลังการเก็บรักษา หรือผลของวิธีการอบแห้งอื่นต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของชาข้าวโพดม่วง และการทดสอบประสาทสัมผัสของชาข้าวโพดม่วงหลังการแปรอุณหภูมิและเวลาในการชง

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2004). การอนุรักษ์พลังงานในระบบอื่นๆ. ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโส (ผอส.) ด้านความร้อน. ค้นเมื่อ 22 สิงหาคม 2563, จาก http://eng.sut.ac.th/ae/engsut/content/tray-dryer

ฐิติรัตน์ เหลืองลออ และ ณัฐชยา หาญเกรียงไกร. ผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วง. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรปริญญาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2561.

ธนวัฒน์ เสนเผือก, สกุลกานต์ สิมลา และ สุรศักดิ์ บุญแต่ง. (2558). ผลของระยะปลูกและจำนวนต้นต่อหลุมที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงในระยะรับประทานฝักสด. Thai Agricultural Research Journal. 33(1): 29-41.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2561). Vacuum drier (เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ). ค้นเมื่อ 22 สิงหาคม 2563, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2973/vacuum-drier

ลือชัย บุตคุป. (2554). สารประกอบฟีโนลิกและฤทธิ์ทางชีวภาพ. Journal of Science and Technology Mahasarakham University. 31(4): 443-56.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, ปณิดา ชัยปัน และต่อลาภ ศรีเมือง. (2560). ผลของอุณหภูมิและเวลาทำแห้งด้วยลมร้อนต่อคุณภาพของเห็ดเข็มทองผงที่ผลิตจากส่วนที่ไม่นิยมบริโภค.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 25: 1001-15.

วิภาวรรณ นีลพงษ์, บุษบา ผลโยธิน และ วันเซ็ง สิทธิกิจโยธิน. (2562). การสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรไทย: แบบผงแห้งและแบบสกัด. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 1: 157-67.

วีรพล บวรวงศ์เสถียร. ผลของอุณหภูมิในการอบแห้งต่อฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่นของกระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.).[วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต].กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2553

ศิวะ อัจฉริยะวิริยะ และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2532). การศึกษาพารามิเตอร์ที่จำเป็นต้องใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งกล้วยน้ำว้า.วิศวกรรมศาสตร์. 1: 80.

สุชาดา มานอก และ ปวีณา ลิ้มเจริญ. (2558). การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดสมุนไพรในตำรับยาหอมเทพจิตร. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 1(15): 106-18.

สุภาภรณ์ ญะเมืองมอญ และ ชนาการต์ เทโบลต์ พรมอุทัย. (2559). ความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวโพดข้าวเหนียวเก่าพันธุ์พื้นเมืองของไทย.วารสารเกษตร. 32(2): 191-99.

เหมือนขวัญ กงนอก. การใช้โคพิกเมนต์เทชั่นเพื่อเพิ่มความคงตัวของรงควัตถุจากกระเจี๊ยบแดงและดอกอัญชัน.[วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต].นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2556.

อรุณทิพย์ เหมะธุลิน, สกุลกานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแต่ง และ สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. (2555). ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีกับปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. แก่นเกษตร. 4:59-64.

อรุณทิพย์ เหมะธุลิน, สกุลกานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแต่ง และสุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. (2556). ปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่เก็บเกี่ยวในระยะรับประทานฝักสด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 32(6): 801-806.

อรุษา เชาวนลิขิต. (2554). การสกัดและวิธีการวิเคราะห์แอนโทไซยานิน. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 6(3): 26-27.

โอภา วัชระคุปต, ปรีชา บุญจูง และ มาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. 2549. สารตานอนุมูลอิสระ. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ : นิวไทยมิตรการพิมพ

ภาษาอังกฤษ

Ai, Y. and Jane, J.L. (2016). Macronutrients in Corn and Human Nutrition. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 15(13): 581-98.

Amiour, S.D. and Hambaba, L. (2016). Effect of pH, temperature and some chemicals on polyphenoloxidase and peroxidase activities in harvested Deglet Nour and Ghars dates. Postharvest Biology and Technology. 111: 77-82.

Brand-Williams, W. Cuvelier, M.E. and Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science and Technology. 28(1): 25-30.

Carmona, L.V. Cortez-García, R.M. Plazola-Jacinto, C.P. Necoechea-Mondragón, H. and Ortiz-Moreno, A. (2016). Effect of microwave drying and oven drying on the water activity, color, phenolic compounds content and antioxidant activity of coconut husk (*Cocos nucifera* L.). Journal of Food Science and Technology. 53(9): 3495-501.

Fei, L. Monica, M.G. and Gregory, T. S. (2017). Health Benefits of Purple Corn (*Zea mays* L.) Phenolic Compounds. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 16(2): 1-13.

González, C.A., Núñez, P. and Ochoa, A. (2012). Molecular Biology of Chili Pepper Anthocyanin Biosynthesis. Journal of the Mexican Chemical Society. 56(1): 93-98.

Mohamed, G. Lertrat, K. and Suriharn, B. (2016). Yield and yield components of purple waxy corn grown under different locations in Thailand. Khon Kaen Agriculture Journal. 44(1): 155-66.

Papoutsis, K. Pristijono, P. Golding, J.B. and Stathopoulos, C.E. (2017). Effect of vacuum drying, hot air drying and freeze-drying on polyphenols and antioxidant capacity of lemon (*Citrus limon*) pomace aqueous extracts. International Journal of Food science and Technology. 52: 880-7.

Santosa, J.S. Deolindo, C.T.P. Esmerino, L.A. Genovese, M.I. Fujita, A. Marquese, M.B. Rossoa, N.D. Daguer, H. Valesed, A.C. and Granato, D. (2016). Effects of time and extraction temperature on phenolic composition and functional properties of red rooibos (*Aspalathus linearis*). Food Research International. 89(1): 476-87.

Satong-aun, W., Assawarachan, R. and Noomhorm A. (2011). The Influence of Drying Temperature and Extraction Methods on α-Mangostin in Mangosteen Pericarp. Journal of Food Science and Engineering. 1: 85-92.

Shipp, J. and. Abdel-Aal, E.S.M. (2010). Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. The Open Food Science Journal. 4:7-22.

Sonawane, S.K. and Arya, S.S. (2015). Effect of drying and storage on bioactive components of jambhul and wood apple. Journal of Food Sciecnce and Technology. 52(5): 2833–41.

Tamanna, N. and Mahmood, N. (2015). Food Processing and Maillard Reaction Products: Effect on Human Health and Nutrition. International Journal of Food Science. 6: 1-7.

Wojdyło, A., Figiel, A. and Oszmiański J. (2009). Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 57(4): 1337-43.

Yang, J., Chen, J.F., Zhao, Y.Y. and MAO, L.C. (2010). Effects of Drying Processes on the Antioxidant Properties in Sweet Potatoes. Agricultural Sciences in China. 9(10): 1522-9.

Yang, Z. and Zhai, W. (2010). Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.). Innovative Food Science & Emerging Technologies. 11: 169-76.

Yu, Y. Jin, T.Z. and Xiao, G. (2017). Effects of pulsed electric fields pretreatment and drying method on drying characteristics and nutritive quality of blueberries. Journal of Food Process Preservation. 41:1-9.

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ก.1 การสกัดชาข้าวโพดม่วง

สกัดสารที่มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยดัดแปลงตามวิธีของ Padda และ Picha (2008)

สารเคมี

80% methanol

การสกัดชาข้าวโพดม่วง

1. บดตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงด้วยเครื่องปั่น กรองผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh
2. แบ่งตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงที่ผ่านตะแกรงแล้ว 1 g ใส่หลอดเซนติฟิวจ์ขนาด 50 mL
3. ใส่ 80% methanol 16 mL จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 10 นาที
4. ทำการเขย่าหลอดอย่างแรง 30 วินาที แล้วรอให้หลอดเย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง
5. ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 4500 x g เป็นเวลา 15 นาที
6. แยกส่วนชั้น supernatant แล้วปรับปริมาตรด้วย 80% methanol ให้เป็น 20 mL
7. เก็บสารสกัดที่ได้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 °C

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH different method โดยดัดแปลงตามวิธีของ Giusti และ Wrolstad (2001)

สารเคมี

potassium chloride (KCl) (Ajax Finechem, New Zealand)

sodium acetate (CH_3COONa) (Ajax Finechem, New Zealand)

hydrochloric (HCl) (Ajax Finechem, New Zealand)

วิธีการเตรียมสารละลาย

สารละลายบัฟเฟอร์โพแทสเซียมคลอไรด์ (pH 1.0± 0.5) ความเข้มข้น 0.025 M

ชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.186 g ผสมในน้ำกลั่นเพื่อละลาย ปรับค่า pH ของสารละลายด้วยกรดไฮโดรคลอลิกเข้มข้นให้มี pH 1.0± 0.5 จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 100 mL

สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซีเตด (pH 4.5± 0.5) ความเข้มข้น 0.4 M

ชั่งโซเดียมอะซิเตต 5.443 g ผสมในน้ำกลั่นเพื่อละลาย ปรับค่า pH ของสารละลายด้วยกรดไฮโดรคลอลิกเข้มข้นให้มี pH 4.5± 0.5 จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 100 mL

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH different method

1. ผสมสารสกัดจากชาข้าวโพดม่วงปริมาตร 0.1 mL กับสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซีเตตจนมีปริมาตร 5 mL ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 15 นาที
2. วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 nm
3. นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินจากสูตร

$$\text{Anthocyanin (mg/L)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l}$$

โดยที่ A = (A510 – A700)pH 1.0 - (A 510 – A700)pH 4.5

MW = ค่ามวลโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ 499.2 g/mol

DF = dilution factor

ϵ = 26,900 L/mol.cm

l = ขนาดความกว้างของคิวเวต (cm)

ก.3 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity ตามวิธีของ Brand-Williams และคณะ (1995)

สารเคมี

6-hydroxyl-2, 5, 7, 8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (trolox) (fluka, Denmark)

2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (fluka, USA)

methanol 99.9% (A. R. grade, Fisher Scientific, UK)

วิธีเตรียมสารละลาย

สารละลายมาตรฐาน trolox

ชั่ง trolox 25 mg ผสมกับสารละลายเมทานอล และปรับปริมาตรให้ได้ 10 mL จะได้สารละลาย trolox ที่มีความเข้มข้น 10000 µM

สารละลาย DPPH

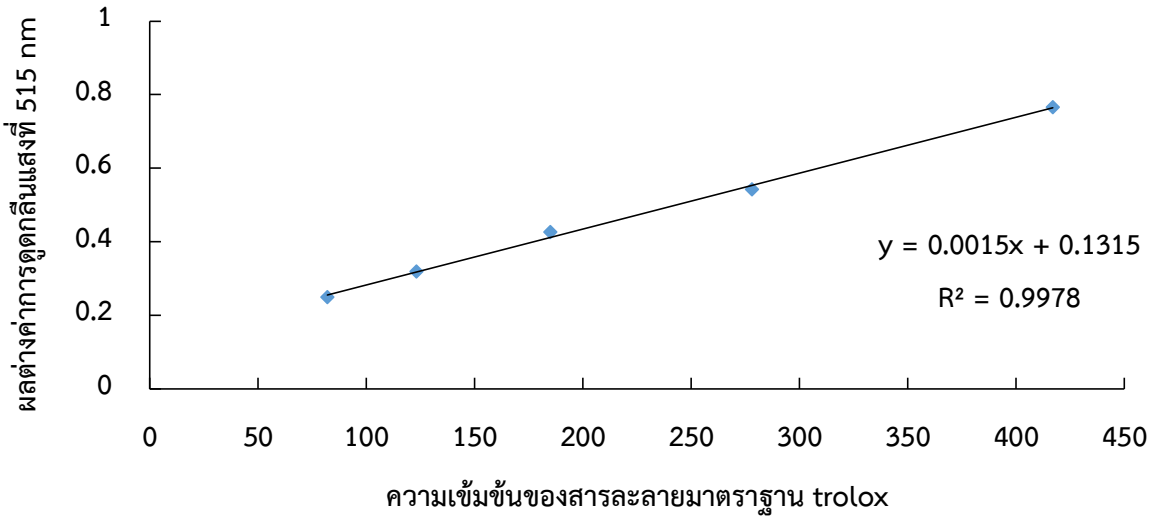
- เตรียมสารละลาย DPPH stock solution โดยชั่ง DPPH 0.0024 g ละลายในเมทานอลจากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 100 mL ด้วยเมทานอล จะได้สารละลาย DPPH เข้มข้น 0.6 mM เก็บในที่มืดและเก็บในตู้เย็นได้ไม่เกิน 7 วัน
- เตรียม DPPH daily working solution โดยปิเปต DPPH stock solution 10 mL ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 50 mL จากนั้นปรับปริมาตรด้วยเมทานอล จากนั้นวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm ($A_{initial}$) ปรับค่าดูดกลืนแสงให้มีค่าประมาณ 1.1 ด้วยเมทานอลและสารละลาย DPPH stock solution

วิธีทำกราฟมาตรฐาน

กราฟมาตราฐานของสารละลาย trolox

1. เจือจางสารละลายมาตรฐาน trolox ด้วยเมทานอลให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 100-700 µM
2. ปิเปตสารละลายมาตรฐาน trolox ที่ความเข้มข้นต่างๆปริมาตร 250 µL ผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาตร 4.75 mL

3. ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 15 นาที
4. วัดค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 515 nm โดยใช้เมทานอลเป็น Blank
5. คำนวณค่าผลต่างของค่าดูดกลืนแสง($A_{different}$) = ค่าดูดกลืนแสงสารละลาย DPPH ($A_{initial}$) - ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่าง (A_{final})
6. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน trolox และผลต่างของค่าการดูดกลืนแสง ($A_{different}$) ที่ความเข้มข้นต่างๆ



รูปที่ 18 กราฟมาตราฐานของสารละลาย trolox

ก.4 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay ดัดแปลงจากวิธีของ Benzie และ Strain (1996)

สารเคมี

6-hydroxyl-2, 5, 7, 8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (trolox) (fluka, Denmark)

sodium acetate trihydrate (Ajax Finechem, Australia)

tripyridyltriazine (TPTZ) (Merck, Germany)

ferric choride (POCH S.A., Poland)

glacial acetic acid (A.R. grade, J.T. Baker Neutrasorb, USA)

0.1 M hydrochloric acid (A.R. grade, Ajax Finechem, Australia)

methanol (CH_3OH) (Fisher Scientific, UK)

วิธีการเตรียมสาระลาย FRAP

1. เตรียมสารละลาย acetate buffer โดยผสม sodium acetate trihydrate 0.3 g และ glacial acetic acid ปริมาตร 1.6 mL แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 mL
2. เตรียมสารละลาย ferric choride โดยละลาย ferric choride 270 mL ในน้ำกลั่นปริมาตร 50 mL ในขวดปรับปริมาตร 50 mL
3. เตรียมสารละลาย TPTZ ชั่งสาร TPTZ ปริมาตร 13.2 mg ลงใน 0.4 M hydrochloric acid ในขวดปรับปริมาตร 10 mL
4. ผสมสารละลาย acetate buffer, ferric choride และ TPTZ ในอัตราส่วน 10:1:1 (v:v:v) เพื่อเตรียมสารละลาย FRAP

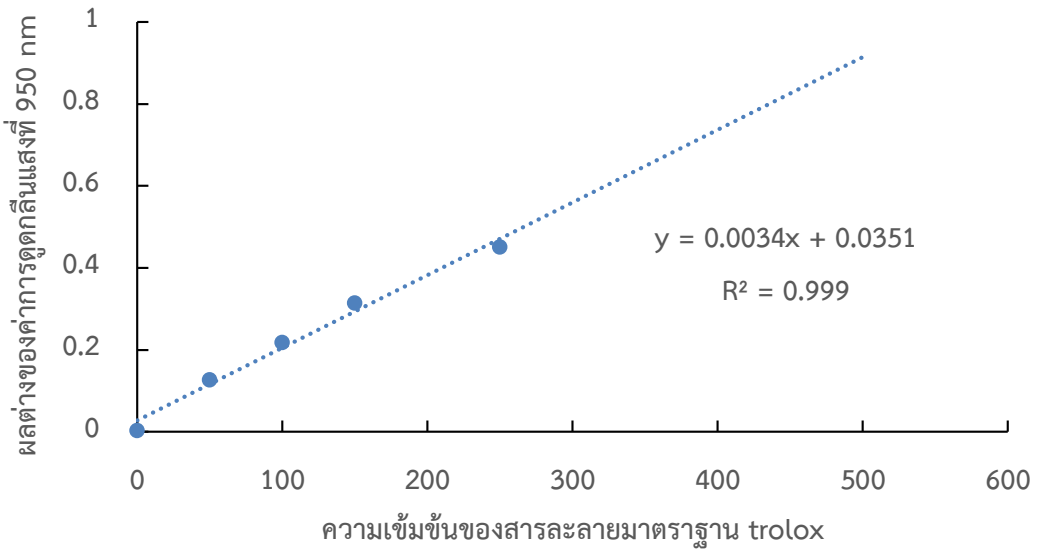
วิธีเตรียมสารละลาย trolox

เตรียมสารละลาย trolox ที่ความเข้มข้นต่างๆ ตามวิธีที่ระบุไว้ในภาคผนวก ก.3 ในการสร้างกราฟมาตรฐานที่จะใช้สารละลายมาตรฐาน trolox ที่ความเข้มข้น 82-625 μM

วิธีวิเคราะห์

1. ให้ความร้อนสารละลาย FRAP ในอ่างควบคุมความร้อนที่อุณหภูมิ 37 °C

2. ปิเปตตัวอย่าง 250 μL (ในการสร้างกราฟมาตรฐานให้ใช้ trolox แทนตัวอย่าง) ผสมกับสารละลาย FRAP 4.75 mL ในหลอดทดลอง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 4 นาที
3. วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 950 nm ใช้น้ำกลั่นเป็น Blank (เพื่อปรับค่าการดูดกลืนแสงให้เท่ากับ 0)
4. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากตัวอย่าง (A_{final}) มาหักลบกับค่าการกูดกลืนแสงของสารละลาย ($A_{initial}$) ได้ผลต่างของค่าการดูดกลืนแสง ($A_{different}$)
5. นำผลต่างของค่าการดูดกลืนแสงไปคำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของ trolox รายงานค่าเป็น μM trolox/100 g dry wt.



รูปที่ 19 กราฟมาตรฐานของสารละลาย **trolox**

ก.5 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-ciocalteu colorimetry โดยดัดแปลงตามวิธีของ Waterhouse (2005)

สารเคมี

gallic acid (Fluka, Spain)

sodium carbonate (A.R. grade, Ajax Finchem, Australia)

Folin-Ciocalteu reagent (Carlo Erba, France)

ethanol 95% (A.R. grade, Qrec, New Zealand)

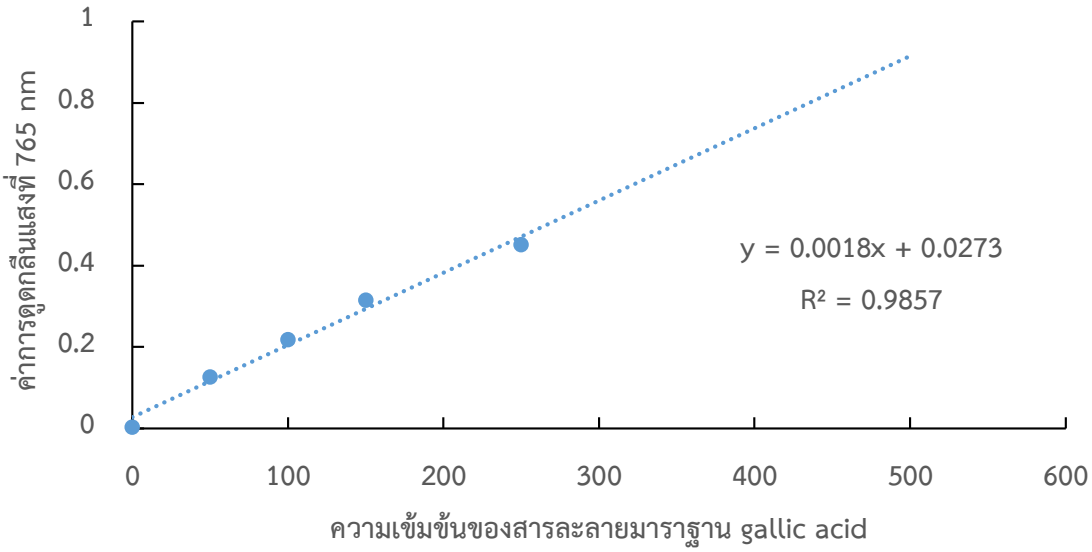
วิธีการทำกราฟมาตราฐาน

วิธีเตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว

ละลายโซเดียมคาร์บอร์เนต 200 g ในน้ำกลั่น 800 mL ให้ความร้อนจนเดือดแล้วทิ้งให้เย็น จากนั้นเติมโซเดียมคาร์บอเนตลงไปเล็กน้อย ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองสารละลายที่ได้ผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำสารละลายที่ได้มาปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำกลั่น

วิธีเตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid และกราสร้างกราฟมาตรฐาน

1. ละลาย gallic acid 0.500 g ในเอทานอล 10 mL แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่นจะได้ความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ 5 g/L
2. ปิเปตสารละลาย gallic acid จากข้อ 1 ลงในขวดกำหนวดปริมาตร 50 mL ในปริมาตรต่างๆดังนี้ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5 และ 5.0 mL จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆปริมาตร 100 μL ใส่ในขวดกำหนดปริมาตร 10 mL เติมน้ำกลั่น 7 mL และ Folin-Ciocalteu reagent 500 μL ทิ้งไว้ 8 นาที
4. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 1.5 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงในที่มืด
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่ความยาวคลื่น 765 nm แล้วสร้างกราฟมาตรฐาน



รูปที่ 20 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน gallic acid

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 100 μL ใส่ในขวดกำหนดปริมาตร 10 mL เติมน้ำกลั่น 7 mL และ Folin-ciocalteu reagent 500 μL ทิ้งไว้ 8 นาที
2. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 1.5 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงในที่มืด
3. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 nm จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แล้วรายงานค่าเป็น mg gallic acid equivalent/ 100 g dry wt.

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

ข.1 การวิเคราะห์ความชื้น

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (% wb) ของตัวอย่างชาข้าวโพดม่วงด้วยเครื่อง moisture analyzer (Mettler-Toledo AG, MJ 33, Switzerland)

วิธีวิเคราะห์

1. บรรจุถาดสำหรับวิเคราะห์ค่าความชื้นลงในเครื่องและปรับค่าเป็น 0 (set balance)
2. สุ่มตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ (ไม่ต่ำกว่า 0.5 g)
3. ใส่ตัวอย่างลงในเครื่องปิดฝาและรอจนค่าบนจอแสดงผลขึ้นแถบสีน้ำเงิน
4. บันทึกค่าความชื้น (% wb) ที่แสดงบนจอแสดงผล

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายธันวา บุญเสริม

วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 0960042008

Email tthunwaboonserm@gmail.com