# โครงการ
# การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

| | | |
|---|---|---|
| ชื่อโครงการ | ผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วง | |
| ชื่อนิสิต | นางสาวฐิติรัตน์ เหลืองลออ | 5832524023 |
| | นางสาวณัฐชยา หาญพีรเกรียงไกร | 5832525623 |
| ภาควิชา | เทคโนโลยีทางอาหาร | |
| ปีการศึกษา | 2561 | |

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด
The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.

# ผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วง


โดย

นางสาวฐิติรัตน์ เหลืองลออ

นางสาวณัฐชยา หาญพีรเกรียงไกร


อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ อัศตรกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร


ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประจำปีการศึกษา 2561

# EFFECT OF THERMAL PROCESSING ON QUALITY AND SHELF LIFE OF PURPLE CORN MILK

Thitirat Luangla-or

Natchaya Hanprerakriengkrai

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 2018

| | |
|---|---|
| **หัวข้องานวิจัย** | ผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วง |
| **โดย** | นางสาวฐิติรัตน์ เหลืองลออ |
| | นางสาวณัฐชยา หาญพีรเกรียงไกร |
| **สาขาวิชา** | เทคโนโลยีทางอาหาร |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิติพงศ์ อัศตรกุล |
| **ปีการศึกษา** | 2561 |

---

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ประจำปีการศึกษา 2561

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา ธนานุวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ อัศตรกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

**หัวข้อโครงการ** ผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วง

**โดย** นางสาวฐิติรัตน์ เหลืองลออ

นางสาวณัฐชยา หาญพีรเกรียงไกร

**ภาควิชา** เทคโนโลยีทางอาหาร

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ อัศตรกุล

**ปีการศึกษา** 2561

---

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วง โดยแปรกระบวนการให้ความร้อน 2 วิธี (การนึ่งและการต้ม) และแปรเวลา 3 ระดับ (5, 10 และ 15 นาที) เปรียบเทียบกับการแปรรูปน้ำนมข้าวโพดม่วงโดยไม่ใช้ความร้อน และเปรียบเทียบก่อนและหลังการพาสเจอไรซ์ (72 °C 1 นาที) วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ดังนี้ ค่าสี (L*, b* และ a*) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความหนืด ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ผลการทดลองพบว่า ค่า L* และ b* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงจากทั้งสองกระบวนการมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการให้ความร้อนมากขึ้น โดยค่า L* และ b* จากตัวอย่างที่ผ่านการต้มมีค่าสูงกว่าการนึ่ง แต่ค่า a* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงจากทั้งสองกระบวนการมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการให้ความร้อนมากขึ้น และค่า a* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงจากการนึ่งมีค่าสูงกว่าการต้ม ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด และความหนืดของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ทำจากข้าวโพดที่ผ่านการต้มและการนึ่งที่เวลาเท่ากัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และเมื่อให้ความร้อนในเวลาที่มากขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังการพาสเจอไรซ์ โดยปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการนึ่งมีค่าสูงกว่าการต้ม เมื่อพิจารณาสมบัติดังกล่าวข้างต้น จึงเลือกกระบวนการให้ความร้อนด้วยการนึ่ง 5 นาทีไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป ซึ่งคือการศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่อุณหภูมิ 4 °C โดยแปรปริมาณน้ำตาล 4 ระดับ ดังนี้ 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v จากผลการทดลองพบว่า ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด และความหนืดมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุการเก็บมากขึ้น นอกจากนี้พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่ามากขึ้นเมื่ออายุการเก็บมากขึ้น แต่ไม่พบยีสต์และรา และ *E.coli* ในทุกตัวอย่างตลอดอายุการเก็บ และมีปริมาณโคลิฟอร์มน้อยกว่า 1 MPN/100 mL จากเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโพดให้มีค่าปริมาณจุลินทรีย์

ทั้งหมดไม่เกิน $10^4$ CFU/ml จึงสามารถประมาณอายุการเก็บของน้ำนมข้าวโพดม่วงได้ โดยน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% และ 2% w/v มีอายุการเก็บประมาณ 8 วัน และน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 4% และ 6% w/v มีอายุการเก็บประมาณ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °C ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาลทั้ง 4 ระดับ โดยใช้แบบทดสอบความชอบชนิด 9-point hedonic scale (ผู้ทดสอบจำนวน 54 คน) พบว่าน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 4% w/v มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น (6.11±1.30) รสชาติ (6.76±1.70) ความข้นหนืด (6.24±1.21) และความชอบโดยรวม (6.56±1.44) สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 6% w/v ($p>0.05$) จากงานวิจัยนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าข้าวโพดม่วงที่ผ่านการนึ่ง 5 นาที สามารถคงคุณภาพด้านกายภาพและเคมีได้มากที่สุด และน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 4% w/v ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และมีอายุการเก็บประมาณ 4 วัน ที่ 4 °C

**Project Title** Effect of thermal processing on quality and shelf life of purple corn milk

**Student** Miss Thitirat Luangla-or

Miss Natchaya Hanprerakriengkrai

**Study Program** Bachelor of Science in Food Technology

**Advisor** Assistant Professor Kitipong Assatarakul, Ph.D.

**Academic Year** 2018

---

**Abstract**

The objective of this study was to study the effect of thermal processing on quality and shelf life of purple corn milk. Two cooking methods (boiling and steaming) and three cooking times (5, 10 and 15 minutes) were used in this study, compared with uncooked purple corn milk and comparison between before and after pasteurization (72 °C 1 min) was performed. Physical and chemical properties including color (L*, b* and a*), pH, total soluble solid, viscosity, anthocyanin content, total phenolic content and antioxidant activity by DPPH assay were analyzed. Result showed that L* and b* increased after cooking and samples from boiling process had higher L* and b* values than from steaming. However, a* of samples from both cooking methods decreased after cooking and sample from steaming had higher a* value than from boiling. In addition, pH, total soluble solid and viscosity were not significantly different in each cooking method at the same cooking time ($p>0.05$). It was found that anthocyanin content of purple corn milk decreased as a cooking time increased. In contrast, total phenolic content and antioxidant activity by DPPH assay increased after pasteurization. Steaming of purple corn resulted in a higher retention of anthocyanin content, total phenolic content and antioxidant activity by DPPH method compared to boiling method. According to the chemical properties of purple corn milk, the condition of steaming for 5 minutes was selected for the further study of shelf life at 4 °C. Samples were prepared by addition of sugar; 0% (control), 2%, 4% and 6% (w/v). Results showed that there were no different between the mean values of color, pH, total soluble solid and viscosity during storage at 4 °C. In contrast, anthocyanin content, total phenolic content and antioxidant activity tended to decrease during storage. Moreover, total plate count increased as storage time increased in all samples. However, yeast and mold and *E. coli* were not found in all samples during the storage at 4 °C.

Coliform was found to be less than 1 MPN/100 mL in all samples during the storage at 4 °C. According to Thai Community Product Standard, the shelf life of 0 and 2% (w/v) sugar added purple corn milk was approximately 8 days while the shelf life of 4 and 6% (w/v) sugar added purple corn milk was approximately 4 days at 4 °C. When performing sensory evaluation by using 9-point hedonic scale (54 panelists), it was found that purple corn milk with 4% (w/v) added sugar received the highest score of odor (6.11±1.30), taste (6.76±1.70), viscosity (6.24±1.21) and overall acceptance (6.56±1.44) with no significant difference when compared to 6% (w/v) sugar added purple corn milk ($p>0.05$). In conclusion, the condition of steaming for 5 minutes of purple corn milk provided the most retainable in physical and chemical quality and 4% (w/v) sugar added purple corn milk was the most overall acceptance with the shelf life approximately 4 days at 4 °C.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนตามหลักสูตรในระดับปริญญาตรีของภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยได้รับเงินอุดหนุนจากงบประมาณของโครงการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2561 โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ อัศตรกุลเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

คณะผู้วิจัยสามารถดำเนินโครงการการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมประสบการณ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ อัศตรกุล เป็นอย่างสูงที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิด และคำติชมต่างๆ ในระหว่างการดำเนินการวิจัย รวมทั้งการแก้ไขตรวจทานรายงานวิจัยเล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่านที่ให้คำปรึกษา แนะนำในทุกๆด้านที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิ เจ้าของตำราทุกเล่มที่ผู้ทำการวิจัยนำมาอ้างอิงประกอบในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมีตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัย

ผู้ดำเนินงานวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ เป็นข้อมูลพื้นฐานต่อการศึกษาและพัฒนาในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับน้ำนมข้าวโพดม่วง และงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องต่อไป

ด้วยความเคารพอย่างสูง

นางสาวฐิติรัตน์ เหลืองลออ

นางสาวณัฐชยา หาญพีรเกรียงไกร

**สารบัญ**


| | หน้า |
|---|---|
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 2 |
| 1.3 ขอบเขต/ กรอบแนวคิดของการวิจัย | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย | 2 |
| บทที่ 2 วารสารปริทัศน์ | 3 |
| 2.1 ข้าวโพด | 3 |
| 2.1.1 ประวัติข้าวโพด | 3 |
| 2.1.2 ประวัติข้าวโพดในประเทศไทย | 4 |
| 2.1.3 ชนิดของข้าวโพด | 5 |
| 2.1.4 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพด | 6 |
| 2.2 ข้าวโพดม่วง | 7 |
| 2.2.1 วิธีการปลูกข้าวโพดม่วง | 7 |
| 2.2.2 สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวโพดม่วง | 8 |
| 2.2.3 ประโยชน์ของข้าวโพดม่วง | 11 |
| 2.3 การแปรรูปอาหารด้วยความร้อน (thermal processing) | 11 |
| 2.3.1 กระบวนการพาสเจอไรซ์ (pasteurization) | 12 |
| 2.3.2 กระบวนการสเตอริไลซ์ (sterilization) | 13 |
| 2.3.3 การต้ม (boiling) | 13 |
| 2.3.4 การนึ่ง (steaming) | 14 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 15 |
| สารเคมี | 15 |
| วัสดุอุปกรณ์ | 15 |

**สารบัญ (ต่อ)**


หน้า

อาหารเลี้ยงเชื้อ 16

การเตรียมตัวอย่างข้าวโพด 16

การศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำนมข้าวโพดม่วง 16

การเตรียมตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วง 16

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำนมข้าวโพดม่วง 17

การศึกษาอายุการเก็บของน้ำนมข้าวโพดม่วง 17

การทดสอบทางประสาทสัมผัส 18

การประเมินผลทางสถิติ 18

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 19

4.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิการต้มและการนึ่งข้าวโพดต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำนมข้าวโพดม่วง 19

4.2 การศึกษาอายุการเก็บของน้ำนมข้าวโพดม่วง 25

4.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวโพดม่วง 34

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 36

เอกสารอ้างอิง 37

ภาคผนวก ก 43

ภาคผนวก ข 44

ภาคผนวก ค 50

ภาคผนวก ง 55

ภาคผนวก จ 56

ประวัติผู้วิจัย 57

**สารบัญตาราง**


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ค่าสีของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการต้ม และการนึ่ง | 20 |
| 2 | ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ความหนืดและปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการต้มและการนึ่ง | 21 |
| 3 | ปริมาณโคลิฟอร์ม (MPN/100 mL) และ *E. coli* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 34 |
| 4 | คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวโพดม่วง | 35 |
| 5 | MPN value per 100 mL of sample and 95% confident limits for combinations of positive and negative results (three tubes) | 54 |

**สารบัญภาพ**


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ต้นข้าวโพดสายพันธุ์แท้ | 4 |
| 2 | ฝักข้าวโพดพันธุ์ป่า | 6 |
| 3 | โครงสร้างแอนโทไซยานิน | 9 |
| 4 | โครงสร้างกรดเฟอรูลิก | 10 |
| 5 | ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/L) ในน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการต้มและการนึ่ง | 23 |
| 6 | ปริมาณ DPPH (mg TEAC/100g ข้าวโพด) ในน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการต้มและการนึ่ง | 23 |
| 7 | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g ข้าวโพด) ในน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการต้มและการนึ่ง | 24 |
| 8 | การสลายตัวของโครงสร้างแอนโทไซยานิน | 24 |
| 9 | ค่า L* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 25 |
| 10 | ค่า a* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 26 |
| 11 | ค่า b* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 26 |
| 12 | ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 27 |
| 13 | ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 28 |
| 14 | ความหนืดของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 29 |
| 15 | ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/L) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 30 |
| 16 | ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g ข้าวโพด) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 31 |
| 17 | ปริมาณ DPPH (mg TEAC/100 g ข้าวโพด) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 32 |

**สารบัญภาพ (ต่อ)**


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 18 | ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log CFU/mL) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 33 |
| 19 | ปริมาณยีสต์และรา (Log CFU/mL) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C | 33 |
| 20 | กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน trolox | 46 |
| 21 | กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน gallic acid | 48 |
| 22 | น้ำนมข้าวโพดม่วง | 56 |

# บทที่ 1
# บทนำ

## ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในประเทศไทยได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สาเหตุมาจากผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับสุขภาพและรูปร่างมากยิ่งขึ้น โดยมุ่งหวังให้อาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเป็นตัวช่วยในการสร้างสมดุลให้แก่ร่างกายและช่วยลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคต่างๆ ซึ่งอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน มักเป็นเครื่องดื่มที่มีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและสามารถลดไขมันในเลือดได้ และจากการศึกษาเกี่ยวกับข้าวโพดม่วงนั้น ข้าวโพดม่วงเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายและนิยมบริโภคในประเทศไทยและประเทศในกลุ่มอาเซียน รวมทั้งยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย สามารถใช้เป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน ซึ่งมีราคาถูกกว่าแอนโทไซยานินที่ได้รับจากพืชชนิดอื่นๆ สามารถนำส่วนต่างๆ ของข้าวโพดม่วงไปใช้ประโยชน์ได้โดยแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารในระดับครัวเรือน และระดับอุตสาหกรรม ได้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ หรือโภชนเภสัชภัณฑ์ ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีรสชาติดี สะดวกในการรับประทานและมีความหลากหลาย สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ โดยในน้ำนมข้าวโพดม่วงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบไปด้วยสารพฤกษเคมี (phytochemical) ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ หนึ่งในสารพฤกษเคมีที่สำคัญดังกล่าวคือ สารแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำได้และไม่ทนต่อความร้อน จัดเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ เป็นสารให้สีตามธรรมชาติ อีกทั้งยังมีงานวิจัยที่นำข้าวโพดม่วงมาผลิตเป็นเครื่องดื่ม คือน้ำนมข้าวโพดม่วง ซึ่งให้คุณค่าทางโภชนาการในด้านต่างๆ เช่น การต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มมากขึ้น

ทางผู้จัดทำโครงการจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโพดม่วง เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบท้องถิ่นและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในด้านการต้านอนุมูลอิสระของข้าวโพดให้มากขึ้น เนื่องจากข้าวโพดม่วงมีปริมาณแอนโทไซยานินสูง โดยผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโพดม่วงนั้นผลิตเพื่อให้เหมาะกับผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่มีความเร่งรีบในการทำกิจกรรมต่างๆ อีกทั้งต้องการรักษาสุขภาพในขณะเดียวกัน ผู้จัดทำจึงสนใจศึกษากระบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพดม่วงที่อาจส่งผลถึงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงไป และศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภคสูงที่สุด

**วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

1. เพื่อศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำนมข้าวโพดม่วง
2. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วง
3. เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบในท้องถิ่น

**ขอบเขต/ แนวคิดของการวิจัย**

1. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพและเคมีของน้ำนมข้าวโพดม่วงเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน 2 ชนิดคือ การต้มหรือการนึ่ง โดยแปรเวลา 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 นาที
2. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วงโดยแปรปริมาณน้ำตาล 4 ระดับคือ 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v (ควบคุมปริมาณนมสดให้เท่ากันที่ 15 % v/v ที่อุณหภูมิ 4 °C)
3. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวโพดม่วง โดยแปรปริมาณน้ำตาล 4 ระดับคือ 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v (ควบคุมปริมาณนมสดให้เท่ากันที่ 15 % v/v)

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย**

1. ได้ทราบกระบวนการผลิตและอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วง
2. ได้ผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบท้องถิ่น

# บทที่ 2
# วารสารปริทัศน์

## 2.1 ข้าวโพด

### 2.1.1 ประวัติของข้าวโพด

นักภูมิศาสตร์และนักโบราณคดีหลายท่านสันนิษฐานว่า มนุษย์รู้จักปลูกข้าวโพดกันมานานมากกว่า 4,500 ปี ซึ่งจากการศึกษาข้อสันนิษฐานต่างๆ พบว่าข้าวโพดอาจมีถิ่นฐานดั้งเดิมอยู่ 2 แหล่ง โดยอาศัยหลักฐานของการเพาะปลูก (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2560) คือ (1) พื้นที่แถบที่ราบสูงซึ่งเป็นที่ตั้งของประเทศเปรู โบลิเวีย เอกวาดอร์ ชิลี อาร์เจนตินา และบราซิล ในทวีปอเมริกาใต้ เนื่องจากมีผู้พบข้าวโพดพันธุ์พื้นเมืองหลายสายพันธุ์ที่มีความปรวนแปรทางพันธุกรรม และยังพบข้าวโพดบางชนิดมีลักษณะคล้ายข้าวโพดป่าที่ขึ้นอยู่ในแถบนั้นด้วย (2) พื้นที่ทางตอนใต้ของทวีปอเมริกาแถบอเมริกากลาง ในประเทศเม็กซิโก กัวเตมาลา โคลัมโบ และเวเนซูเอลา เนื่องจากมีหญ้าพื้นเมืองของบริเวณนี้ 2 ชนิด คือ หญ้าทริพซาคัม (tripsacum) และหญ้าทิโอซินเท (teosinte) ซึ่งมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์หลายประการคล้ายคลึงกับข้าวโพด อีกทั้ง นักโบราณคดีได้ขุดพบซากซังของข้าวโพดที่ปนอยู่กับซากของโบราณวัตถุต่างๆ ซึ่งฝังอยู่ใต้ดินลึกถึง 28 m ภายในถ้ำและสุสานหลายแห่งบริเวณเมืองหลวงของประเทศเม็กซิโก จากการพิสูจน์ตามหลักวิทยาศาสตร์ทำให้ทราบว่า ซากสิ่งของเหล่านี้มีอายุนานกว่า 4,000 ปี ซึ่งแสดงว่ามีข้าวโพดปลูกอยู่ในแถบนี้เป็นเวลานานนับพันปีมาแล้ว

อีกทั้งยังมีบางท่านสันนิษฐานว่า ข้าวโพดอาจมีถิ่นฐานดั้งเดิมอยู่ในเอเชีย เนื่องจากพืชพื้นเมืองหลายชนิดในแถบนี้มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์คล้ายกับข้าวโพด เช่น ลูกเดือย และอ้อน้ำ อย่างไรก็ตามรายละเอียดเหล่านี้เป็นเพียงข้อสันนิษฐาน เพราะปัจจุบันยังไม่พบหลักฐานที่แน่ชัดเกี่ยวกับถิ่นฐานดั้งเดิมของข้าวโพด นอกจากนี้นักพฤกษศาสตร์และนักพันธุศาสตร์ได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับพืชดั้งเดิมของข้าวโพดไว้หลากหลาย โดยบางท่านเชื่อว่าหญ้าทริพซาคัม และหญ้าทิโอซินเทเป็นบรรพบุรุษของข้าวโพด เนื่องจากมีส่วนใกล้เคียงกัน และบางท่านเชื่อว่าหญ้าทั้งสองชนิดนี้ไม่ได้เป็นพืชดั้งเดิมของข้าวโพด แต่ข้าวโพดที่ปลูกมีวิวัฒนาการมาจากข้าวโพดพันธุ์ป่าและหญ้าทั้งสองชนิดก็ควรเป็นพืชดั้งเดิมเดียวกับข้าวโพด แต่มีวิวัฒนาการที่แตกต่างกันจึงทำให้มีลักษณะแตกต่างกันในปัจจุบัน

สำหรับการแพร่กระจายของข้าวโพดไปยังส่วนต่างๆ ของโลก คาดว่าเกิดจากชาวอินเดียนแดง ชนพื้นถิ่นเดิมของทวีปอเมริกาเป็นผู้นำจากอเมริกากลางไปปลูกในส่วนต่างๆ ของทวีปอเมริกาและหมู่เกาะแคริบเบียน ซึ่งชาวอินเดียนแดงเป็นชนชาติที่มีส่วนสำคัญในด้านวิวัฒนาการเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพด ในปี พ.ศ. 2035 เมื่อโคลัสบัสค้นพบทวีปอเมริกา และพบว่ามีการปลูกข้าวโพดอยู่ทั่วไปในบริเวณนี้ และปีพ.ศ. 2036 ได้นำเมล็ดกลับไปปลูกในประเทศสเปน ทวีปยุโรป หลังจากนั้นจึงแพร่กระจายไปสู่ส่วนอื่นๆ ของทวีปแอฟริกา เอเชีย และออสเตรเลีย (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

### 2.1.2 ประวัติของข้าวโพดในประเทศไทย

ข้าวโพด (*Zea mays* L.) เป็นหนึ่งในแหล่งอาหารที่สำคัญของโลก มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (phytochemical) จำนวนมากที่ให้ประโยชน์ด้านสุขภาพ โดยข้าวโพดหวานถือเป็นหนึ่งในผักที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในทวีปอเมริกาเหนือและประเทศจีนและมีความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทั่วโลก (Siyuan และคณะ, 2018) ซึ่งปัจจุบันนี้ไม่มีการบ่งชี้ว่าประเทศไทยมีการปลูกข้าวโพดมาตั้งแต่เมื่อใด ถึงแม้จะมีนักค้นคว้าบางท่านกล่าวว่า ชนชาติไทยอาจรู้จักปลูกข้าวโพดกันมาก่อนที่จะอพยพมาตั้งถิ่นฐานอยู่ในแหลมทอง บางท่านสันนิษฐานว่าได้รับข้าวโพดมาจากอินเดีย แต่ทั้งนี้ไม่มีหลักฐานที่สามารถยืนยันได้แน่ชัด

ข้าวโพดในสมัยโบราณของไทย เป็นพืชหลวงหรือพืชหายาก ทำให้ราษฎรสามัญไม่สามารถปลูกได้ แต่เนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชที่มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของไทยและสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ง่าย ในระยะต่อมาจึงได้ขยายพันธุ์ออกไปในหมู่ประชาชนอย่างแพร่หลาย แต่ไม่ได้มีการปลูกอย่างแพร่หลายเนื่องจากไม่ใช่อาหารหลักเหมือนข้าวเจ้า (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, 2562)

**รูปที่ 1** ต้นข้าวโพดสายพันธุ์แท้

**ที่มา :** http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=3&chap=2&page=t3-2-infodetail04.html

### 2.1.3 ชนิดของข้าวโพด

ข้าวโพดจำแนกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

**1. <u>การจำแนกทางพฤกษศาสตร์</u>**

เป็นการจำแนกโดยใช้ลักษณะของแป้ง และเปลือกหุ้มเมล็ดเป็นหลัก โดยสามารถจำแนกออกเป็น 7 ชนิด คือ

1. ข้าวโพดหัวบุบ (dent corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays indentata*) เมล็ดตอนบนมีรอยบุ๋ม เนื่องจากตอนบนมีแป้งอ่อน และตอนข้างๆ เป็นแป้งชนิดแข็ง เมื่อตากเมล็ดให้แห้งแป้งอ่อนจะยุบหดตัวลง จึงเกิดลักษณะหัวบุบดังกล่าว ขนาดของลำต้น ความสูง เหมือนข้าวไร่ทั่วๆ ไป สีของเมล็ดอาจเป็นสีขาว สีเหลือง หรือสีอื่นๆ แล้วแต่พันธุ์ นิยมปลูกกันมากในประเทศสหรัฐอเมริกา
2. ข้าวโพดหัวแข็ง (flint corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays indurata*) เมล็ดมีแป้งแข็งห่อหุ้มโดยรอบ หัวเรียบไม่บุบเมล็ดค่อนข้างกลม มีปลูกกันมากในทวีปเอเชียและอเมริกาใต้ ข้าวโพดไร่ของคนไทย ที่นิยมปลูกกันอยู่เป็นชนิดนี้ทั้งสิ้น สีของเมล็ดอาจเป็นสีขาว สีเหลือง สีม่วง หรือสีอื่นแล้วแต่ชนิดของพันธุ์
3. ข้าวโพดหวาน (sweet corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays saccharata*) นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลาย เพื่อรับประทานฝักสดเพราะฝักมีน้ำตาลมากทำให้มีรสหวาน เมื่อแก่เต็มที่หรือแห้ง เมล็ดจะหดตัวเหี่ยวย่น
4. ข้าวโพดคั่ว (popcorn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays everta*) เมล็ดมีขนาดค่อนข้างเล็ก มีแป้งประเภทแข็งอยู่ภายใน ภายนอกห่อหุ้มด้วยเยื่อที่เหนียว และยืดตัวได้ เมล็ดมีความชื้นภายในอยู่พอสมควร เมื่อถูกความร้อน จะเกิดแรงดันภายในเมล็ดทำให้ระเบิดตัวออกมา เมล็ดอาจมีลักษณะกลมหรือหัวแหลม มีสีต่างๆ กัน เช่น เหลือง ขาว ม่วง
5. ข้าวโพดข้าวเหนียว (waxy corn) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays ceratina*) เมล็ดมีแป้งอ่อนคล้ายแป้งมันสำปะหลัง นิยมปลูกเพื่อรับประทานฝักสดคล้ายข้าวโพดหวานแม้จะไม่หวานมาก แต่เมล็ดนิ่ม รสอร่อย ไม่ติดฟัน เมล็ดมีสีต่างๆ กัน เหลือง ขาว ส้ม ม่วง หรือมีหลายสีในฝักเดียวกัน
6. ข้าวโพดแป้ง (flour corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays amylocea*) เมล็ดประกอบด้วยแป้งชนิดอ่อนมาก เมล็ดค่อนข้างกลมหัวไม่บุบ หรือบุบเล็กน้อย นิยมปลูกในทวีปอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และประเทศสหรัฐอเมริกา ชาวอินเดียนแดงนิยมปลูกไว้รับประทานเป็นอาหาร
7. ข้าวโพดป่า (pod corn) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า (*Zea mays tunica*) มีลักษณะใกล้เคียงข้าวโพดพันธุ์ป่า มีลำต้น และฝักเล็กกว่าข้าวโพดธรรมดา ขนาดเมล็ดค่อนข้างเล็กเท่าๆ กัน เมล็ดข้าวโพดมีขั้วเปลือกหุ้มทุกเมล็ด และยังมีเปลือกหุ้มฝักอีกชั้นหนึ่งเหมือนข้าวโพดธรรมดาทั่วๆ ไป เมล็ดมีลักษณะต่างๆ กัน ข้าวโพดชนิดนี้ไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ปลูกไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น

**รูปที่ 2** ฝักข้าวโพดพันธุ์ป่า

**ที่มา :** http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=3&chap=2&page=t3-2-infodetail08.html

**2. <u>การจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการปลูก</u>**

สามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. **ข้าวโพดใช้เมล็ด (grain corn)** ปลูกเพื่อเก็บเมล็ดแก่ ใช้เป็นอาหารสัตว์และมนุษย์ หรือทำอุตสาหกรรมอย่างอื่น
2. **ข้าวโพดหมัก (silage corn)** ปลูกเพื่อตัดต้นสดมาหมักใช้เป็นอาหารสัตว์
3. **ข้าวโพดอาหารสัตว์ (fodder corn)** ปลูกเพื่อตัดต้นสดไปใช้เลี้ยงสัตว์
4. **ข้าวโพดฝักอ่อน (baby corn)** ในประเทศไทยนิยมปลูกเพื่อเก็บฝักอ่อนไปใช้ในการปรุงอาหาร (สารานุกรมไทยฉบับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบามสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, 2562)

### 2.1.4 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพด

ข้าวโพดจัดเป็นอาหารจำพวกแป้งชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยสารอาหารที่สำคัญ ดังนี้

- **คาร์โบไฮเดรต** พบว่าในเมล็ดข้าวโพดที่แก่จัดมีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตอยู่ประมาณร้อยละ 72 ข้าวโพดจึงจัดเป็นอาหารจำพวกแป้งที่ให้พลังงาน โดย 1 g ให้พลังงาน 4 kcal
- **ไขมัน** เมล็ดข้าวโพดที่แก่จัดมีไขมันอยู่ประมาณร้อยละ 4 สามารถนำมาสกัดเป็นน้ำมันใช้ประกอบอาหาร น้ำมันข้าวโพดมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไลโนเลอิกซึ่งมีถึงร้อยละ 40 และมีกรดโอเลอิกร้อยละ 37
- **โปรตีน** ข้าวโพดมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 4 โดยโปรตีนในข้าวโพดมีประโยชน์ต่อร่างกายน้อย เนื่องจากขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย คือ ไลซีน และทริปโตเฟน ผู้บริโภคจึงควรรับประทานข้าวโพดร่วมกับถั่วเมล็ดแห้งต่างๆ เพื่อให้ได้คุณค่าทางโภชนาการมากยิ่งขึ้น

- **วิตามิน** ข้าวโพดมีวิตามินบี 1 และวิตามินบี 2 ในปริมาณ 0.08-0.18 mg ต่อ 100 g มีไนอาซีนในปริมาณน้อย คือ 1.1-1.5 mg ทำให้ประชากรในประเทศที่มีการบริโภคข้าวโพดเป็นอาหารหลักมักเกิด โรคเพลลากรา (Pellagra) กันมาก เนื่องจากขาดสารไนอาซีน ส่วนวิตามินเอพบเฉพาะในข้าวโพดสีเหลือง
- **เกลือแร่** ข้าวโพดมีส่วนประกอบของเกลือแร่ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ได้แก่ แคลเซียม และเหล็ก แต่พบในปริมาณน้อย
- **เส้นใยอาหาร** พบในปริมาณน้อย แต่มีประโยชน์ช่วยในการขับถ่าย(สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

## 2.2 ข้าวโพดม่วง

ข้าวโพดม่วง (*Zea mays* L.) มีสารที่มีประโยชน์คือ สารประกอบฟีนอลิกและแอนโทไซยานินที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง โดยข้าวโพดสีม่วงพบเห็นได้ทั่วไปตามท้องตลาด หาซื้อง่ายและราคาถูก จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นข้าวโพดพันธุ์ใหม่ที่มีการปลูกและจำหน่ายในท้องตลาดมาสักระยะหนึ่งแล้ว สามารถนำฝักข้าวโพดไปต้มรับประทาน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประกอบเป็นอาหารประเภทอื่นๆ ได้หลายรูปแบบ เช่น น้ำข้าวโพดสีม่วง ซีเรียล คุกกี้ข้าวโพดสีม่วง และส้มตำข้าวโพดสีม่วง เป็นต้น (ซีดไลน์, 2561)

ความโดดเด่นของข้าวโพดหวานม่วงที่ได้รับความนิยมคือ ผลผลิตฝักขนาดใหญ่ น้ำหนักชั่งทั้งเปลือกเฉลี่ย 450-500 g ทำให้ผลผลิตต่อไร่ค่อนข้างสูง ผลผลิตประมาณ 2,500-3,000 kg/ไร่ ขณะที่ผลผลิตข้าวโพดหวานทั่วไปเฉลี่ยไร่ละ 2 ตันเท่านั้น รวมทั้งคุณภาพของฝัก ซึ่งข้าวโพดหวานทั่วไปหากปลูกในสภาพดินที่ไม่ดีหรือได้รับธาตุอาหารไม่เหมาะสม จะทำให้ฝักมีเมล็ดขึ้นไม่เต็มโดยเฉพาะบริเวณปลายฝัก แต่ข้าวโพดหวานม่วงถูกพัฒนาพันธุ์ขึ้นมาให้ติดเมล็ดตลอดฝัก ทำให้ดูสวยงามน่ารับประทานและมีค่าความหวานสูงถึง 16 °brix

ประโยชน์ของข้าวโพดม่วง ในส่วนของสรรพคุณทางยาคือ เมล็ดของข้าวโพดใช้ทานเพื่อบำรุงร่างกาย หัวใจ ปอด ขับปัสสาวะ นำมาบดพอกรักษาแผล และยังสามารถช่วยส่งเสริมการทำงานของเม็ดเลือดแดง ช่วยชะลอการเกิดไขมันอุดตันในหลอดเลือด ช่วยลดโอกาสการเกิดมะเร็ง และเสริมภูมิคุ้มกันในร่างกายให้ดีขึ้น เป็นต้น (Shipp และ Abdel Aal, 2010; สุภาภรณ์ ญะเมืองมอญ และชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย, 2559)

### 2.2.1 วิธีการปลูกข้าวโพดม่วง

วิธีปลูกข้าวโพดสีม่วง มีขั้นตอนแรกการเตรียมดิน ให้เกษตรกรไถตากดินประมาณ 7-10 วัน แล้วไถแปรเพื่อย่อยดินให้ดินแตกละเอียด เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดี การปลูกข้าวโพดสีม่วงแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

1. ปลูกแบบเดี่ยว โดยเว้นระยะห่างระหว่างแถว 75 cm ระยะห่างระหว่างต้น 20-25 cm หลังจากนั้นให้ทำการปลูกหลุมละ 1 ต้น

2. ปลูกแบบคู่ ต้องยกร่องสูง โดยให้มีระยะห่างระหว่างร่อง 120 cm ปลูกเป็น 2 แถวข้างร่อง ให้เว้นช่วงห่างกัน 30 cm และมีระยะห่างระหว่างต้น 25-30 cm หลังจากนั้นให้ทำการปลูกหลุมละ 1 ต้น

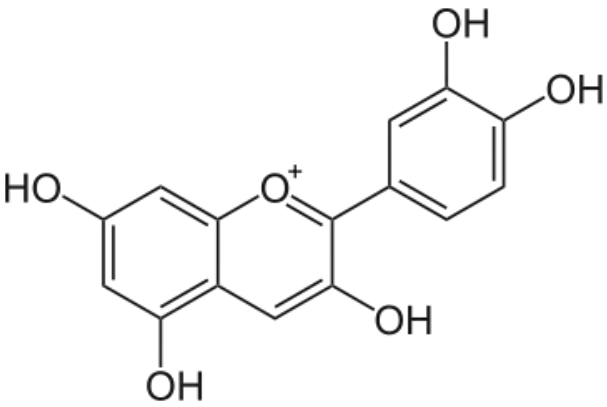
การปลูกข้าวโพดทั้ง 2 วิธีนี้จะได้จำนวนต้นประมาณ 7,000-8,500 ต้นต่อไร่ และใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 2-3 kg/ไร่ เมื่อปลูกได้ระยะเวลา 7 วัน ต้นข้าวโพดจะอยู่ในช่วงกำลังงอก เกษตรกรควรระมัดระวังเรื่องการให้น้ำเพราะถ้าขาดการให้น้ำในช่วงที่ต้นข้าวโพดกำลังงอกจะทำให้การงอกไม่สมบูรณ์และการติดเมล็ดจะไม่ดีเท่าที่ควร ฝักจะไม่เต็มเมล็ดถึงส่วนปลาย ดังนั้นในระยะแรกควรให้น้ำทุกวัน หลังจากข้าวโพดงอก ลำต้นเริ่มแข็งแรงแล้วจึงให้น้ำทุก 3-5 วันขึ้นอยู่กับสภาพต้นและสภาพอากาศ และทำการถอนให้เหลือต้นข้าวโพด 1 ต้นต่อหลุม (เกษตรกรก้าวหน้า, 2558)

**<u>ขั้นตอนการดูแลและระยะเวลาการเก็บเกี่ยว</u>**

1. เมื่อข้าวโพดอายุ 40-45 วัน มีอาการไม่สมบูรณ์หรือใบเหลืองเกษตรกรควรใส่ปุ๋ยยูเรีย 46-0-0 ในปริมาณ 25 kg/ไร่ โดยให้โรยบริเวณข้างลำต้น โดยต้องสังเกตบริเวณพื้นดินต้องมีความชื้นหรือต้องมีการให้น้ำตามหลังใส่ปุ๋ย
2. ข้าวโพดสีม่วงจะเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุประมาณ 60-70 วัน หลังข้าวโพดออกไหม ร้อยละ 50 แต่หากปลูกในช่วงของฤดูหนาว การเก็บเกี่ยวอาจยืดอายุของข้าวโพดออกไปในการเก็บผลผลิต

### 2.2.2 สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวโพดม่วง

แอนโทไซยานิน (anthocyanin) จัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) กลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenol) เป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน ใช้เป็นสารให้สี (coloring agent) ธรรมชาติในอาหาร โดยแอนโทไซยานินมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการ และจัดเป็น functional food เพราะสารนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และโรคมะเร็ง อีกทั้งสารสกัดแอนโทไซยานินยังมีสมบัติเป็นโภชนเภสัช (nutraceutical) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง โดยยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) เช่น อีโคไล (*Escherichia coli*) ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2561)



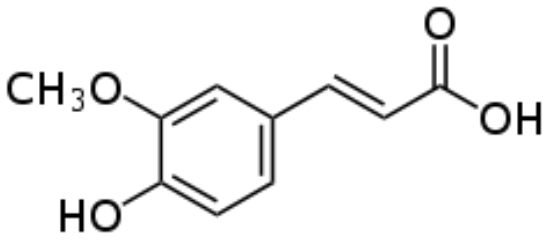

**รูปที่ 3** โครงสร้างแอนโทไซยานิน

**ที่มา:** http://www.lsherb.com/info/anthocyanin-and-procyanidins-1392765.html

สารสีในแอนโทไซยานิน สามารถพบได้ทั่วไปในดอกไม้ ผลไม้บางชนิด ใบหรือลำต้นของพืชบางชนิดที่มีสีตั้งแต่สีแดงถึงน้ำเงินเข้ม ในสภาพที่เป็นกรดหรือมีค่า pH ต่ำกว่า 3 (เป็นกรดสูง) จะทำให้แอนโทไซยานินมีสีแดง ในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกลาง หรือมีค่า pH ประมาณ 7-8 แอนโทไซยานินจะมีสีม่วง และเมื่อสภาพเป็นเบสหรือมีค่า pH มากกว่า 11 (เป็นเบสสูง) แอนโทไซยานินจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2561)

สารประกอบฟีนอลิก คือสารพฤกษเคมี (phytochemicals) หรือสารเคมีจากพืชโดยธรรมชาติที่มีประโยชน์ในการช่วยต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งในข้าวโพดนั้นมีสารประกอบฟีนอลิกหลัก คือกรดเฟอรูลิก (4-hydroxy-3-methoxycinnamic acid - ferulic acid) ซึ่งเป็นกรดฟีนอลิก (phenolic acid) ที่พบได้ทั่วไปในอาหารที่รับประทานกันทั่วไป อาทิเช่น ธัญพืช ผลไม้กลุ่มที่มีรสเปรี้ยว มะเขือยาว กาแฟ หน่อไม้ กะหล่ำปลี ผักขม บร็อคโคลี่ กล้วย บีทรูต เป็นต้น (Zhao และ Moghadasian, 2008) กรดเฟอรูลิกมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านแบคทีเรีย สารต้านการอักเสบ สารต้านการเกิดลิ่มเลือด และสารต้านมะเร็ง รวมทั้งสามารถป้องกันโรคหัวใจ โรคความเสื่อมทางระบบประสาท ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลต่ำลง และเพิ่มความสามารถในการมีชีวิตอยู่ของอสุจิ ซึ่งผลกระทบของสารนี้ต่อสุขภาพ จะขึ้นอยู่กับปริมาณที่บริโภคและคุณสมบัติทางเภสัชจลนศาสตร์ (pharmacokinetics) เราสามารถพบกรดเฟอรูลิก ปริมาณมากทั้งในรูปแบบอิสระและเชื่อมติด (bound form) ในผัก ผลไม้ ธัญพืช และกาแฟ กรดเฟอรูลิกถูกดูดซึมโดยกระเพาะอาหารและลำไส้ และถูกเผาผลาญที่ตับ ทั้งนี้การดูดซึมและการเผาผลาญขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับ ชนิดของอาหาร และลักษณะของกรดเฟอรูลิก (วิภาภรณ์ ณ ถลาง, 2557)

รายงานการวิจัยของ Dewanto และคณะ (2002) พบว่าข้าวโพดหวานดิบมีปริมาณกรดเฟอรูลิกอิสระ เท่ากับ 1.05 µg/g ข้าวโพด หลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 ºC เป็นเวลา 10, 25 และ 50 นาที ข้าวโพดหวานดิบมีปริมาณกรดเฟอรูลิกเพิ่มขึ้นเป็น 3.57, 6.85 และ 10.45 µg/g ข้าวโพด ตามลำดับ และการให้ความร้อนนาน 25 นาที ที่อุณหภูมิ 100, 115 และ 121 ºC ข้าวโพดหวานดิบจะมีกรดเฟอรูลิกอิสระในปริมาณ 2.36, 6.85 และ 10.35 µg/g ข้าวโพด ตามลำดับ ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) หลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนเมื่อเทียบกับข้าวโพดหวานดิบ ในขณะที่ปริมาณกรดเฟอรูลิกแบบเชื่อมติด ในข้าวโพดดิบมีค่าเท่ากับ 415.87 µg/g ข้าวโพด การให้ความร้อนนาน 25 นาที ที่อุณหภูมิ 100, 115 และ 121 ºC ส่งผลให้ข้าวโพดหวานดิบมีปริมาณกรดเฟอรูลิกแบบเชื่อมติด เท่ากับ 338.80, 250.14 และ 241.83 µg/g ข้าวโพด ตามลำดับ ซึ่งลดลงร้อยละ 18.5, 26.0 และ 29.6 ตามลำดับ และลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กรดเฟอรูลิกยังคงอยู่ในรูปเอสเทอร์กับน้ำตาล ความร้อนที่ 160 ºC สามารถช่วยละลาย feruloylated oligosaccharides ออกมาจากรำข้าวโพด (maize bran) ได้ ร้อยละ 80 โดยปกติจะไม่มีกรดเฟอรูลิกอิสระ ต้องมีกระบวนการย่อยต่อไปเพื่อให้มีการปลดปล่อยกรดเฟอรูลิกอิสระออกมา กรณีที่ให้ความร้อนสูงกว่า 180 ºC จึงจะพบกรดเฟอรูลิกอิสระ (Saulnier และคณะ, 2001) อีกวิธีหนึ่งที่จะปลดปล่อยกรดเฟอรูลิกจากผนังเซลล์พืชคือ การใช้เอนไซม์ feruloylesterases แต่วิธีนี้ไม่มีการนำไปใช้ทางปฏิบัติ เนื่องจากการผลิตเอนไซม์ดังกล่าวจากจุลินทรีย์มีค่าใช้จ่ายสูง และใช้ระยะเวลานานในการย่อยกรดเฟอรูลิกที่เชื่อมติด สำหรับวิธีที่รวดเร็วกว่าคือ การย่อยด้วยด่าง NaOH อ่อน ที่อุณหภูมิ 50-70 ºC (Ghatak และ Panchal, 2010)




**รูปที่ 4** โครงสร้างกรดเฟอรูลิก
**ที่มา:** http://158.108.94.117/Public/PUB0467.pdf

### 2.2.3 ประโยชน์ของข้าวโพดม่วง

เมล็ดข้าวโพดม่วงมีแป้งมากกว่าเมล็ดข้าวโพดสีเหลืองและข้าวโพดสีขาว มีปริมาณกรดอะมิโนไลซีนสูงกว่าข้าวโพดสีเหลืองหัวบุบ มีปริมาณโปรตีนและแร่ธาตุสูงกว่าข้าวโพดหัวบุบ และมีปริมาณฟลาโวนอยด์ ชนิดแอนโทไซยานินซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในอาหารที่มีประโยชน์ ข้าวโพดสีม่วงจึงเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญและมีศักยภาพสูงสำหรับอาหารที่มีคุณค่าทางยา (nutraceutical foods) ซังและเมล็ดที่มีความเข้มข้นสีสูงมาก ซึ่งเป็นสีของแอนโทไซยานิน ที่ทนต่อความร้อนในการฆ่าเชื้อ เหมาะในการทำเป็นสีผสมอาหารกระป๋อง ส่วนเมล็ดใช้ทำแป้งสำหรับทำคุกกี้และซาลาเปา (ศิริพงษ์ เทศนา และคณะ, 2540) โดยองค์ประกอบหลักของแอนโทไซยานิน ในข้าวโพดสีม่วงคือ cyanidin-3-glucoside ซึ่งในข้าวโพดสีม่วงจากเปรูมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงถึง 16.4 mg/g ซึ่งมากกว่าที่พบในบลูเบอรี่สดที่มีเพียง 1.3-3.8 mg/g และยังมีประสิทธิภาพในการจับสารอนุมูลอิสระได้ดีกว่า ภายในองค์ประกอบหลักของข้าวโพดคือแป้งและโปรตีน และสารทุติยภูมิอื่นๆ เช่น แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน สารแคโรทีนอยด์พบมากในส่วนที่เป็นสีเหลือง ส้ม และแดง สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่พบในข้าวโพด คือ oxicarotenoids หรือ xanthophylls ซึ่งประกอบด้วย lutein, zeaxanthin และ β-crytoxanthin ซึ่งแคโรทีนอยด์เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอ ส่วนแอนโทไซยานินเป็นสารสีที่ละลายน้ำได้ ทำให้เกิดสีม่วงน้ำเงิน หรือแดงในเนื้อเยื่อพืช แอนโทไซยานินในข้าวโพดได้จาก 3-hydroxyflavonoids ซึ่งสารทั้งสองเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถป้องกันการอุดตันของหลอดเลือดหัวใจ และลดการเกิดมะเร็งได้ (กิตติ บุญเลิศนิรันดร์, 2557)

## 2.3 การแปรรูปอาหารด้วยความร้อน (thermal processing)

การแปรรูปด้วยความร้อน (thermal processing) เป็นวิธีการหนึ่งในการถนอมอาหาร (food preservation) ที่นิยมกันมาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน เป็นการใช้ความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ (enzyme) ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมเสียโดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogen) สารพิษ (toxin) พยาธิ (parasite) และแมลงต่างๆ ที่ทำให้เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยอาหารที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนจะบรรจุในภาชนะปิดสนิท เพื่อป้องกันการปนเปื้อนกลับและรักษาคุณภาพของอาหาร (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2562)

### 2.3.1 กระบวนการพาสเจอไรซ์ (pasteurization)

พาสเจอไรซ์เป็นการตั้งชื่อเพื่อให้เกียรติแก่นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อ หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur) ซึ่งเป็นคนแรกที่คิดค้นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในไวน์ระหว่างปี พ.ศ. 2407-2408 โดยการใช้ความร้อนประมาณ 50-60 °C ซึ่งการค้นพบนี้ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากในการถนอมอาหาร (food preservation) โดยวัตถุประสงค์ของการพาสเจอไรส์คือ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) ทุกชนิด และเอนไซม์ (enzyme) ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยสำหรับการบริโภค เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอไรซ์ต้องเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทนต่อความร้อน เพื่อผลิตอาหารให้ปลอดภัยสำหรับการบริโภค ในระหว่างการเก็บรักษาที่กำหนด ทั้งนี้มีจุลินทรีย์ 2 กลุ่มที่อาจมีชีวิตรอดจากการทำลายด้วยการพาสเจอไรซ์คือ จุลินทรีย์ที่ทนต่อความร้อน(thermoduric microorganism) และจุลินทรีย์ที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิสูง (thermophilic microorganism) จึงต้องเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (cold storage) หรือหากต้องการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ต้องใช้วิธีการถนอมอาหารอื่นร่วมด้วย เช่น การลดค่ากิจกรรมของน้ำหรือวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity, $a_w$) ด้วยการใช้น้ำตาลหรือเกลือความเข้มข้นสูง การปรับให้เป็นกรด (acidification) หรือการใช้สารกันเสีย (preservative) เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2562)

**<u>วิธีการพาสเจอร์ไรส์</u>**

วิธีการพาสเจอร์ไรส์มี 2 วิธีคือ

1. **วิธีใช้ความร้อนต่ำ - เวลานาน (Low Temperature - Long Time, LTLT)**

เป็นกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนที่ใช้อุณหภูมิต่ำ เวลานาน อุณหภูมิที่ใช้อยู่ในช่วง 50-70 °C เวลาประมาณ 30 นาที การฆ่าเชื้อด้วยวิธี LTLT เป็นวิธีที่ทำได้ง่าย แต่คุณค่าทางโภชนาของผลิตภัณฑ์จะถูกทำลายไปมากกว่าวิธี HTST เนื่องจากการใช้ความร้อนในกระบวนการผลิตเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสออกซิเจนในอากาศและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของอาหารหรือเครื่องดื่มได้ (Pannahm, 2562)

2. **วิธีใช้ความร้อนสูง - เวลาสั้น (High Temperature - Short Time, HTST)**

เป็นวิธีการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนที่ใช้อุณหภูมิสูง เวลาสั้น อุณหภูมิที่ใช้อยู่ในช่วง 70-100 °C เวลา 15-30 วินาที โดยอาหารที่เหมาะสำหรับการฆ่าเชื้อด้วยวิธี HTST คืออาหารเหลว ซึ่งสามารถไหลได้ และให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อขณะที่กำลังไหล สามารถแบ่งอาหารได้ 2 ชนิดคือ (1) อาหารที่เป็นกรด (acid food, pH น้อยกว่า 4.6 ) เช่น น้ำผลไม้ โดยหลังการฆ่าเชื้อด้วยวิธี HTST แล้ว ต้องบรรจุแบบปลอดเชื้อ (aseptic

packaging) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาได้นานและสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้โดยไม่ต้องแช่เย็น (shelf stable) และ (2) อาหารกรดต่ำ (low acid food, pH มากกว่า 4.6) เช่น น้ำนม น้ำกะทิ การใช้วิธี HTST เป็นการฆ่าเชื้อระดับการพาสเจอไรซ์ (pasteurization) แต่ไม่เพียงพอที่จะทำลายสปอร์ของแบคทีเรีย (bacterial spore) ได้ ดังนั้นหลังการบรรจุจึงต้องเก็บรักษาอาหารนี้ที่อุณหภูมิแช่เย็น (อุณหภูมิต่ำกว่า 4 °C) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์, 2562)

### 2.3.2 กระบวนการสเตอริไลซ์ (sterilization)

กระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์เป็นการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 °C เพื่อทำลายเซลล์และสปอร์ของจุลินทรีย์ทุกชนิดที่มีอยู่ในอาหาร จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ปราศจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ทำให้อาหารมีความปลอดภัย ดังนั้นจึงสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่อุณหภูมิปกติได้ แต่ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความร้อนสูงมากจนเกินไป จะมีคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น คุณค่าทางด้านประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังสิ้นเปลืองพลังงานมาก ทำให้ไม่คุ้มค่าที่ใช้ผลิตในเชิงการค้า ดังนั้นเพื่อลดความรุนแรงของการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ลง ในอุตสาหกรรมอาหารจึงใช้กระบวนการสเตอริไลซ์ทางการค้า (commercial sterilization) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายเซลล์และสปอร์ของจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษและก่อให้เกิดโรค เช่น *Clostridium botulinum* (*Cl. botulinum*) รวมถึงจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ดังนั้นภายหลังกระบวนการสเตอริไลซ์ทางการค้า สปอร์และจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรคแต่ทนความร้อนสูง (thermophile) อาจหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ แต่ไม่สามารถเจริญภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ ทำให้อาหารเก็บรักษาได้นานที่อุณหภูมิห้อง และปลอดภัยต่อการบริโภค (กรรวี พิสันเทียะ, 2559)

### 2.3.3 การต้ม (boiling)

การต้ม คือ กิริยาที่เอาของเหลว เช่น น้ำใส่ในภาชนะแล้วทำให้ร้อน ให้เดือด ดังนั้นคำว่า ต้ม ในเชิงของการทำอาหาร คือ วิธีการทำอาหารให้สุก โดยการนำอาหาร (วัตถุดิบและเครื่องปรุง) ใส่ในภาชนะพร้อมกับน้ำ นำไปตั้งไฟให้เดือด หรือการใส่น้ำในภาชนะให้ความร้อน จากนั้นให้ความร้อนจนน้ำเดือด แล้วค่อยใส่อาหารลงไปต้ม จนอาหารสุกตามต้องการ อาจแค่พอสุก หรือต้มจนเปื่อย

อาหารไทยประเภทต้ม มีหลากหลายชนิด เช่น ต้มยำ ต้มโคล้ง ต้มข่า ต้มพะโล้ ต้มส้ม ความต่างเกิดจากสมุนไพรและเครื่องเทศที่นำมาใช้ปรุงแต่งกลิ่นและรส บางครั้งอาจเรียกต้มว่า แกง เช่น แกงเผ็ด แกงป่า แกงเทโพ แกงเขียวหวาน เป็นต้น (ThaiFoodDB, 2556)

### 2.3.4 การนึ่ง (steaming)

การนึ่ง เป็นวิธีการทำอาหารให้สุก โดยการวางอาหารบนชั้นวางของลังถึงเหนือหม้อที่มีน้ำเดือด แล้วปิดฝาครอบลังถึงไม่ให้ไอน้ำออก จะเห็นได้ว่าอาหารจะสุกโดยอาศัยความร้อนจากไอน้ำ โดยอาหารจะไม่ได้สัมผัสกับน้ำโดยตรงเหมือนกับการต้ม คุณค่าทางอาหารจะยังอยู่ในอาหารอย่างครบถ้วน หรืออาจสลายตัวไปบางส่วนในกรณีของสารอาหารที่สามารถสลายตัวได้เมื่อได้รับความร้อน อีกทั้งรสชาติของอาหารจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อาหารประเภทนึ่งจึงจัดได้ว่าเป็นอาหารสุขภาพอย่างหนึ่ง เพราะอาหารประเภทนึ่งนั้นไม่จำเป็นต้องใช้น้ำมันในการประกอบอาหาร (ThaiFoodDB, 2556)

# 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 chloride (NaCl) (Fisher Chemical, Belgium)

Kovac's reagent (Himedia, India)

gram stain reagents (Medic, Philippines)

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

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

Voges-Proskauer (VP) reagents (Hardy Diagnostics, USA)

tartaric acid (Ajax Finechem, New Zealand)

## วัสดุอุปกรณ์

เครื่อง blender (Philips, 600W, Netherland)

เครื่องวัดสี chroma meter (Minolta, Model CR-300 series, Japan)

เครื่อง pH meter (Inobab, TetraCon 325, Germany)

เครื่องวัดความหนืด (Fungilab, Spain)

hand refractometer 0-30 °brix (Atago, USA)

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)

เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Ohaus, PA214C, USA)

ตู้บ่ม (Heraeus, B5042, Germany)

หลอดดักอากาศเดอร์แฮม (Durham tube)

**อาหารเลี้ยงเชื้อ**

plate count agar (Sigma Aldrich, USA)

potato dextrose agar (Sigma Aldrich, USA)

lactose Broth (Himedia, India)

EC broth (Himedia, India)

Levine's Eosin-Methylene Blue (L-EMB) agar (Himedia, India)

tryptone (tryptophane) broth (Himedia, India)

MR-VP broth (Himedia, India)

Koser's citrate broth (Himedia, India)

Brilliant Green Lactose Bile (BGLB) broth (Himedia, India)

**1. การเตรียมตัวอย่างข้าวโพด**

ซื้อข้าวโพดม่วงจากตลาดสดในกรุงเทพ จากนั้นปอกเปลือก และล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อชะล้างดินออกจากข้าวโพด แกะเมล็ดข้าวโพดออกจากฝักใส่ลงในถุง laminated aluminum แล้วปิดผนึกด้วยเครื่อง vacuum sealer (Multivac, A300/16, Germany) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยละลายน้ำแข็งด้วยการตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีก่อนนำไปใช้

**2. การศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำนมข้าวโพดม่วง**

แปรกระบวนการให้ความร้อน 2 กระบวนการคือ การต้มและการนึ่ง ใช้ข้าวโพดม่วงตัวอย่างละ 220 g และน้ำต้มปริมาตร 2000 mL แปรเวลา 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 นาที ตามลำดับ

**3. การเตรียมตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วง**

ปั่นข้าวโพดม่วงที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างจากการทดลองข้างต้นรวมกับน้ำ อัตราส่วนน้ำต่อข้าวโพดม่วงเท่ากับ 2 ต่อ 1 เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นกรองผ่านตะแกรง และผ้าขาวบาง แบ่งน้ำนมข้าวโพดม่วงประมาณ 200 mL ไปพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 72 °C เป็นเวลา 1 นาที และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิ 30 °C

**4. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำนมข้าวโพดม่วง**

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำนมข้าวโพดม่วงก่อนและหลังพาสเจอไรซ์ดังนี้

4.1 ค่าสีโดยใช้เครื่อง chroma meter (Minolta, Model CR-300 series, Japan) ระบบ CIE LAB และบันทึกค่า L*, a* และ b* (ภาคผนวก ก.1)

4.2 ความเป็นกรด-ด่างโดยใช้เครื่อง pH meter (Inobab, TetraCon 325, Germany) (ภาคผนวก ก.2)

4.3 ค่าความหนืดโดยใช้เครื่อง fungilab (Fungilab, Spain) (ภาคผนวก ก.3)

4.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดโดยใช้ hand refractometer (Atago, USA) (ภาคผนวก ก.4)

4.5 ปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH differential method ดัดแปลงตามวิธีของ Giusti และ Wrolstad (2001) (ภาคผนวก ข.1)

4.6 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity ตามวิธีของ Brand-Williams และคณะ (1995) (ภาคผนวก ข.2)

4.7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetry ดัดแปลงตามวิธีของ Waterhouse (2002) (ภาคผนวก ข.3)

**5. การศึกษาอายุการเก็บของน้ำนมข้าวโพดม่วง**

เตรียมตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงตามขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงข้างต้น โดยเลือกวิธีที่ให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด จากนั้นเติมนมสดปริมาตร 15% v/v ในทุกตัวอย่าง และแปรปริมาณน้ำตาล 4 ระดับ คือ 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v จากนั้นพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 72 ºC เป็นเวลา 1 นาที และบรรจุใส่ขวดแก้วปริมาตร 140 mL ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิ 30 ºC

เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 ºC เป็นเวลา 12 วัน วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำนมข้าวโพดม่วงตามข้อ 4.1-4.7 และวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด ปริมาณโคลิฟอร์ม และปริมาณ *E. coli* ทุกๆ 2 วัน

**การทดสอบทางประสาทสัมผัส**

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมนมปริมาตร 15% v/v และแปรปริมาณน้ำตาล 4 ระดับ คือ 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v โดยใช้แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคชนิด 9-point hedonic scale ทดสอบความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความข้นหนืด รสชาติ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบที่เป็นกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 54 คน และใช้สเกลแบบ scoring ซึ่งกำหนดระดับคะแนน 1-9 ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| คะแนน 1 | หมายถึง | ไม่ชอบมากที่สุด |
| คะแนน 2 | หมายถึง | ไม่ชอบมาก |
| คะแนน 3 | หมายถึง | ไม่ชอบปานกลาง |
| คะแนน 4 | หมายถึง | ไม่ชอบเล็กน้อย |
| คะแนน 5 | หมายถึง | เฉยๆ |
| คะแนน 6 | หมายถึง | ชอบเล็กน้อย |
| คะแนน 7 | หมายถึง | ชอบปานกลาง |
| คะแนน 8 | หมายถึง | ชอบมาก |
| คะแนน 9 | หมายถึง | ชอบมากที่สุด |

**การประเมินผลทางสถิติ**

ออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการประเมินผลด้านสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และออกแบบการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) สำหรับประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistical Package for Social Sciences (SPSS Version 23, USA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan’s Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

## 4.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิการต้มและการนึ่งข้าวโพดต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำนมข้าวโพดม่วง

สีเป็นสมบัติทางกายภาพที่มองเห็นได้ของอาหาร และมีบทบาทสำคัญในอาหาร (Goncalves และคณะ, 2007) ที่มีผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค โดยจากการวิเคราะห์ค่าสี L* (ความสว่าง), a* (ค่าสีแดง-เขียว) และ b* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) ของตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผลิตจากข้าวโพดม่วงที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยการต้มและการนึ่ง พบว่าข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนในเวลาที่นานขึ้นในทั้ง 2 กระบวนการมีค่า L* และ b* เพิ่มมากขึ้น โดย L* มีค่าอยู่ในช่วง 42.02-60.70 และ b* มีค่าอยู่ในช่วง 3.52-18.32 ในขณะที่ a* มีค่าลดลง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.06-11.61 ดังตารางที่ 1 เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนข้าวโพดม่วงในเวลานานขึ้นส่งผลให้แอนโทไซยานินเกิดการสลายตัว โดยเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ chalcone ซึ่งไม่มีสี ทำให้ตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผลิตจากข้าวโพดม่วงที่ผ่านความร้อนนานกว่ามีความสว่างมากกว่าและมีสีไปในโทนสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น และน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผลิตจากข้าวโพดที่ผ่านการต้มจะมีค่า L* และ b* สูงกว่าการนึ่ง แต่มีค่า a* ต่ำกว่า เนื่องจากแอนโทไซยานินสามารถละลายในน้ำได้ ทำให้อาจสูญเสียไปกับน้ำที่ต้มข้าวโพดม่วง (ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์, 2547) ทำให้ข้าวโพดม่วงเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเหลืองมากกว่า ค่า L* และ b* จึงเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า a* ลดลง (ภาคผนวก จ)

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าความหนืดของตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผลิตจากข้าวโพดม่วงที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยการต้มและการนึ่ง ณ เวลาต่างๆ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำนมข้าวโพดม่วง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ ตัวอย่าง ($p>0.05$) โดยความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 5.97-6.69 (ตารางที่ 2) ปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผลิตจากข้าวโพดม่วงที่ผ่านกระบวนการแปรรูปทั้ง 2 กระบวนการมีค่าอยู่ในช่วง 5.5-6.0 °brix (ตารางที่ 2) ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ ตัวอย่าง ($p>0.05$) เนื่องจากกระบวนการให้ความร้อนไม่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือสูญเสียไปของค่าความเป็นกรด-ด่างและปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำนมข้าวโพดม่วง นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าความหนืดของน้ำนมข้าวโพดม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลานานขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 76.75-136.93 cP เทียบกับน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผลิตจากข้าวโพดม่วงที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนซึ่งมีค่าความหนืดเท่ากับ 17.10 cP (ตารางที่ 2) เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนนานขึ้น สตาร์ชในเมล็ดข้าวโพดจะเกิดการเจลาติไนซ์ ส่งผลให้ความหนืดเพิ่มสูงขึ้น และตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผลิตจากข้าวโพดม่วงที่ผ่านการต้มมีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำนมข้าวโพดม่วงผลิตจากข้าวโพดม่วงที่ผ่านการนึ่ง เนื่องจากการต้มข้าวโพดม่วงมีการสัมผัสกับน้ำโดยตรง ทำให้น้ำสามารถแทรกเข้าสู่เม็ดสตาร์ชได้ง่ายกว่าการนึ่งด้วยไอน้ำ เม็ดสตาร์ชจึงพองตัวได้ง่ายกว่า ความหนืดจึงมีค่าสูงกว่า (รัชเนศ เพ็ชรเย็น, 2561) ทั้งนี้การพาสเจอไรซ์ไม่ส่งผลให้ค่าความ

เป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด และความหนืดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ ตัวอย่าง ($p>0.05$)

**ตารางที่ 1** ค่าสีของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการต้ม และการนึ่ง

| treatment | | ค่าสี | | |
|---|---|---|---|---|
| | | L* | a* | b* |
| Raw | | $52.57^{bcd}$±7.02 | $11.61^{f}$±0.56 | $4.61^{a}$±1.24 |
| ก่อน พาสเจอไรซ์ | ต้ม 5 นาที | $56.67^{d}$±3.15 | $3.76^{bc}$±2.28 | $12.33^{b}$±0.80 |
| | ต้ม 10 นาที | $59.41^{d}$±1.74 | $2.01^{ab}$±1.88 | $15.10^{b}$±0.26 |
| | ต้ม 15 นาที | $60.70^{d}$±1.67 | $1.53^{ab}$±1.51 | $16.79^{b}$±1.30 |
| หลัง พาสเจอไรซ์ | ต้ม 5 นาที | $53.53^{cd}$±0.56 | $2.41^{a}$±0.05 | $13.77^{b}$±2.17 |
| | ต้ม 10 นาที | $56.87^{d}$±1.17 | $0.65^{ab}$±0.36 | $16.50^{b}$±1.70 |
| | ต้ม 15 นาที | $58.40^{d}$±1.71 | $0.06^{a}$±0.60 | $18.32^{b}$±0.23 |
| ก่อน พาสเจอไรซ์ | นึ่ง 5 นาที | $44.84^{abc}$±4.80 | $9.07^{ef}$±1.25 | $3.52^{a}$±2.57 |
| | นึ่ง 10 นาที | $46.46^{abc}$±6.81 | $7.99^{de}$±0.86 | $4.28^{a}$±3.26 |
| | นึ่ง 15 นาที | $45.95^{abc}$±5.71 | $7.77^{de}$±1.19 | $4.38^{a}$±2.80 |
| หลัง พาสเจอไรซ์ | นึ่ง 5 นาที | $42.02^{a}$±2.38 | $7.96^{de}$±1.09 | $5.04^{a}$±4.09 |
| | นึ่ง 10 นาที | $43.40^{ab}$±3.52 | $6.52^{cde}$±1.69 | $5.79^{a}$±4.76 |
| | นึ่ง 15 นาที | $43.33^{ab}$±3.28 | $5.98^{cd}$±0.81 | $5.71^{a}$±4.36 |

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b, ... คือตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

raw คือตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน

**ตารางที่ 2** ค่าความเป็นกรด-ด่าง, ความหนืดและปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการต้มและการนึ่ง

| treatment | | ความเป็นกรด-ด่าง | ปริมาณของแข็งทั้งหมด (°brix)$^{ns}$ | ความหนืด (cP) |
|---|---|---|---|---|
| Raw | | 6.53$^{ab}$±0.17 | 5.6±0.6 | 17.10$^{a}$±0.28 |
| ก่อน พาสเจอไรซ์ | ต้ม 5 นาที | 6.55$^{ab}$±0.01 | 5.9±0.2 | 76.80$^{b}$±2.90 |
| | ต้ม 10 นาที | 6.68$^{ab}$±0.12 | 5.5±0.4 | 88.78$^{bcd}$±17.78 |
| | ต้ม 15 นาที | 6.66$^{ab}$±0.19 | 5.6±0.6 | 105.85$^{de}$±9.55 |
| หลัง พาสเจอไรซ์ | ต้ม 5 นาที | 6.76$^{b}$±0.23 | 5.5±0.7 | 90.68$^{bcde}$±11.91 |
| | ต้ม 10 นาที | 6.69$^{ab}$±0.12 | 5.5±0.5 | 105.30$^{cde}$±4.95 |
| | ต้ม 15 นาที | 5.97$^{a}$±0.92 | 5.5±0.7 | 136.93$^{f}$±10.50 |
| ก่อน พาสเจอไรซ์ | นึ่ง 5 นาที | 6.50$^{ab}$±0.20 | 6.0±0.0 | 76.75$^{b}$±8.77 |
| | นึ่ง 10 นาที | 6.56$^{ab}$±0.14 | 6.0±0.1 | 79.25$^{bc}$±10.82 |
| | นึ่ง 15 นาที | 6.48$^{ab}$±0.08 | 6.0±0.0 | 96.00$^{bcde}$±21.71 |
| หลัง พาสเจอไรซ์ | นึ่ง 5 นาที | 6.55$^{ab}$±0.21 | 6.0±0.0 | 91.38$^{bcde}$±12.90 |
| | นึ่ง 10 นาที | 6.54$^{ab}$±0.12 | 6.0±0.1 | 100.83$^{bcde}$±20.54 |
| | นึ่ง 15 นาที | 6.55$^{ab}$±0.13 | 6.0±0.0 | 112.73$^{ef}$±3.36 |

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

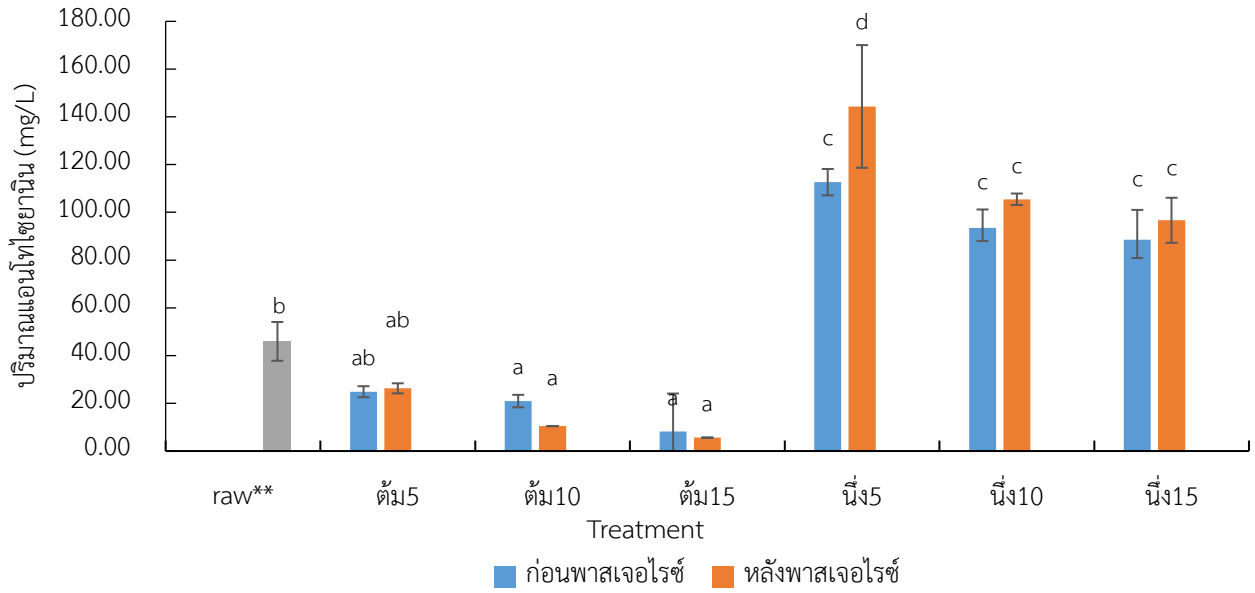
a, b, ... คือตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns คือไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

raw คือตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน

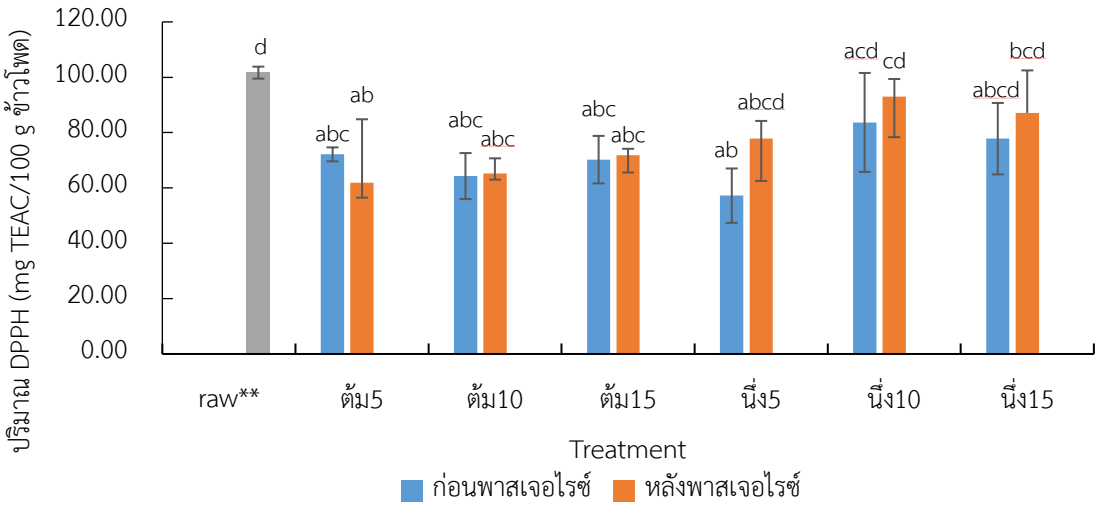
จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผลิตจากข้าวโพดม่วงที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยการต้มและการนึ่ง ณ เวลาต่างๆ พบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าอยู่ในช่วง 6.51-66.90 mg/L (รูปที่ 5) โดยปริมาณแอนโทไซยานินในน้ำนมข้าวโพดม่วงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการให้ความร้อนนานขึ้นทั้งการต้มและการนึ่ง โดยการนึ่งที่เวลา 5 นาทีส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด และการต้มที่เวลา 15 นาทีส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำที่สุด โดยจากงานวิจัยของ Patras และคณะ (2010) กล่าวว่าการให้ความร้อนโดยการนึ่งสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินไว้ได้มากกว่าการต้ม ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ จากผลที่ได้จึงแสดงให้เห็นว่า ความร้อนมีผลต่อเสถียรภาพของแอนโทไซยานิน เมื่อแอนโทไซยานินได้รับความร้อน แอนโทไซยานินจะเกิดการสลายตัว โดยวงแหวน pyrylium ในโครงสร้างของ

แอนโทไซยานินจะถูกเปิดออก และเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ chalcone ซึ่งไม่มีสี นอกจากนี้แอนโทไซยานินสามารถสูญเสียไปได้จากน้ำที่นำมาต้ม (รัตนา ม่วงรัตน์, 2558) ทำให้การต้มมีปริมาณแอนโทไซยานินต่ำกว่าการนึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรชัย หาระโคตร และคณะ (2557) ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาในการให้ความร้อนมากขึ้น ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อให้ความร้อนนานขึ้น (รูปที่ 6 และ 7) โดยสามารถอธิบายได้ว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นตัวบ่งชี้ถึงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระได้ โดยสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 62.15-137.09 mg gallic acid equivalent/100 g ข้าวโพด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่าประมาณ 57.22-101.67 mg trolox equivalent antioxidant capacity/100 g ข้าวโพด โดยการต้มที่เวลา 5 นาทีส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุด ในขณะที่การนึ่งที่เวลา 15 นาทีส่งผลให้ตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด นักวิจัยของมหาวิทยาลัยคอร์เนล สหรัฐอเมริกา (Friedlander, 2002) กล่าวว่าเมื่อให้ความร้อนข้าวโพดโดยการต้ม จะทำให้มีการปลดปล่อยสารที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระออกมามากขึ้น หนึ่งในนั้นคือกรดเฟรูลิกซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งจะถูกปลดปล่อยออกมาในปริมาณที่มากขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิหรือเวลาที่มากขึ้น โดยกรดชนิดนี้จะจับกับผนังเซลล์โพลิแซคคาร์ไรด์ด้วยพันธะโควาเลนซ์ ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างร่างแหเพื่อสร้างความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์ของเมล็ด ทำให้เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิหรือเวลาที่มากขึ้น ผนังเซลล์จะถูกทำลายและมีการปลดปล่อยกรดเฟรูลิกออกมา (Bento-Silva และคณะ, 2018) นอกจากนี้จากงานวิจัยของ Surh และ Koh (2014) รายงานว่า แอนโทไซยานินในรูปของ cyanidin-3-glucoside ซึ่งเป็นแอนโทไซยานินหลักในข้าวโพด จะเกิดการสลายตัวกลายเป็น cyanidin และกลูโคส เมื่อผ่านการให้ความร้อน โดย cyanidin จะสลายตัวต่อเป็น phloroglucinaldehyde และ protocatechuic acid ซึ่งจัดเป็นสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มหนึ่ง ดังรูปที่ 8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการให้ความร้อนที่มากขึ้นถึงแม้จะเป็นการทำให้แอนโทไซยานินสลายไป แต่ก็สามารถเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดให้มากขึ้นได้ด้วยเช่นกัน




**รูปที่ 5** ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/L) ในน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการต้มและการนึ่ง

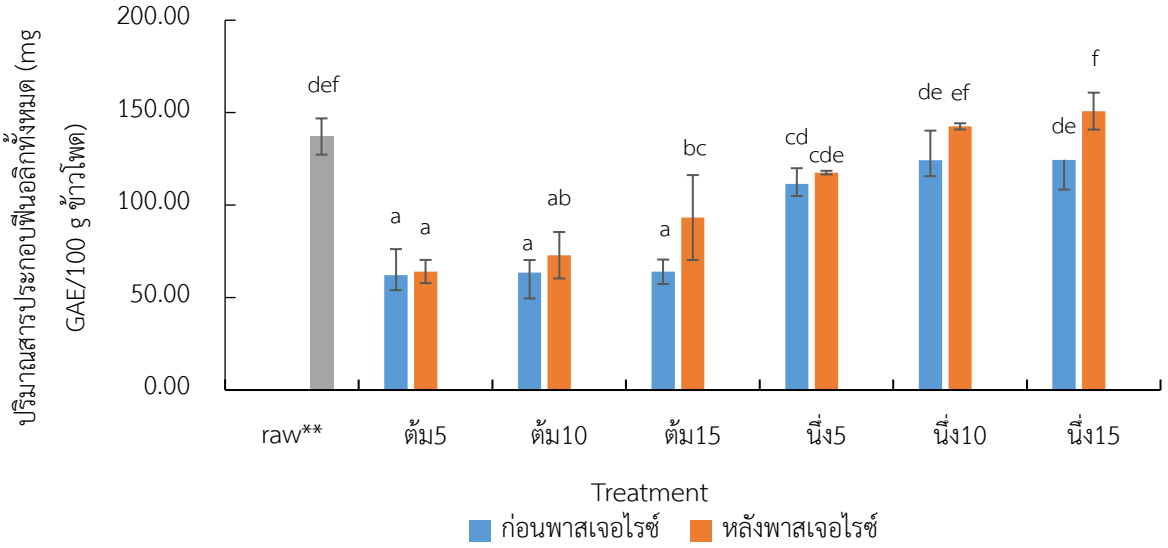
** คือตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน




**รูปที่ 6** ปริมาณ DPPH (mg TEAC/100g ข้าวโพด) ในน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการต้มและการนึ่ง

** คือตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน

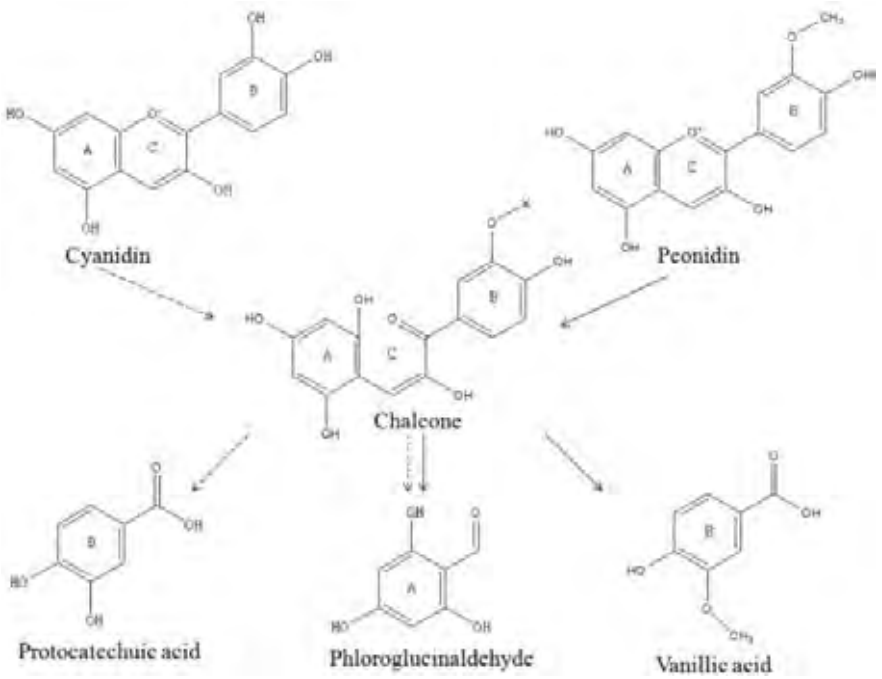
TEAC คือ trolox equivalent antioxidant capacity




**รูปที่ 7** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g ข้าวโพด) ในน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการต้มและการนึ่ง

** คือตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน

GAE คือ gallic acid equivalent

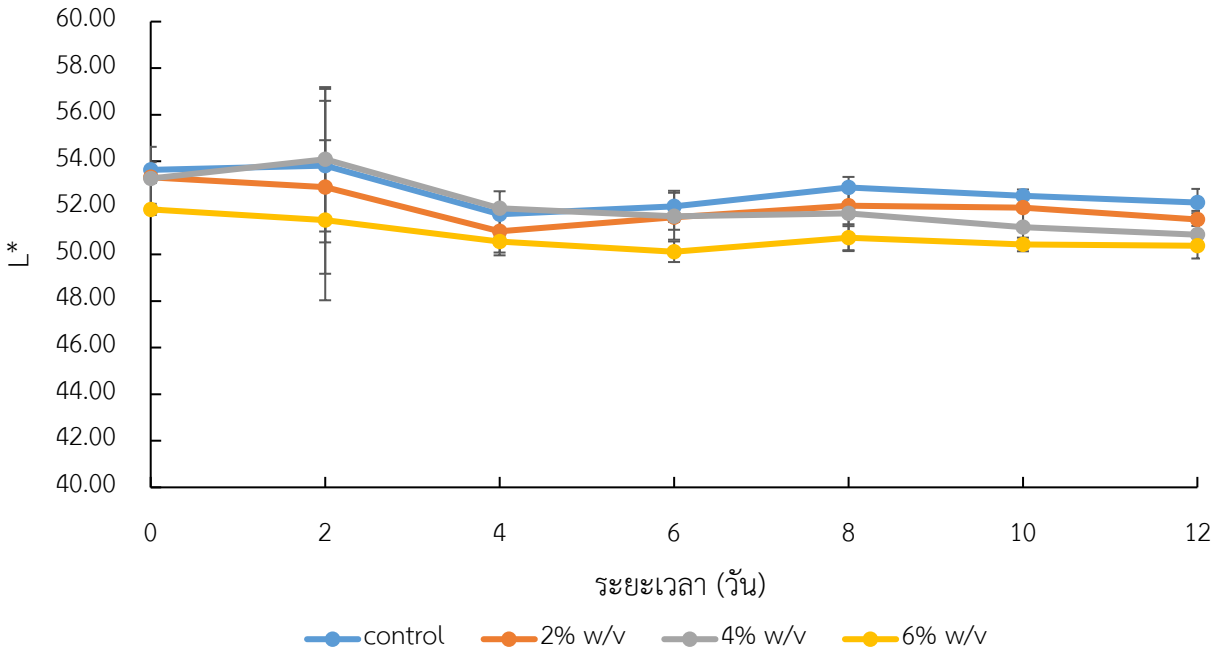



**รูปที่ 8** การสลายตัวของโครงสร้างแอนโทไซยานิน

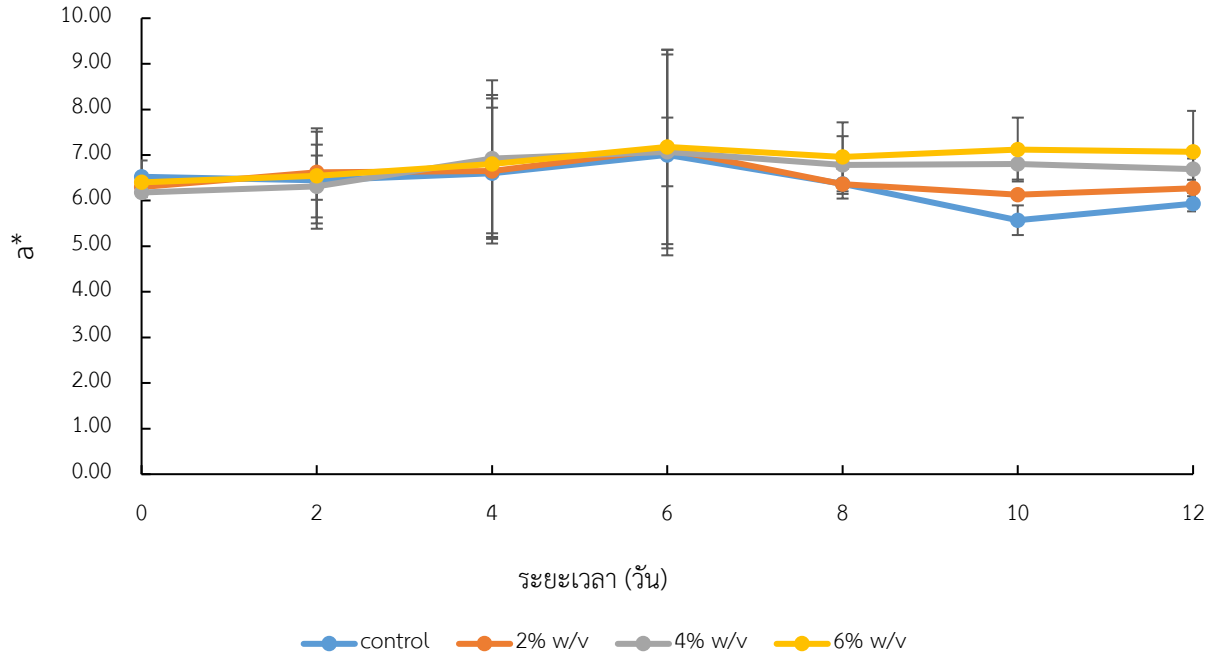
**ที่มา :** https://innovareacademics.in/journals/index.php/ijpps/article/view/9135/5691

**4.2 การศึกษาอายุการเก็บของน้ำนมข้าวโพดม่วง**

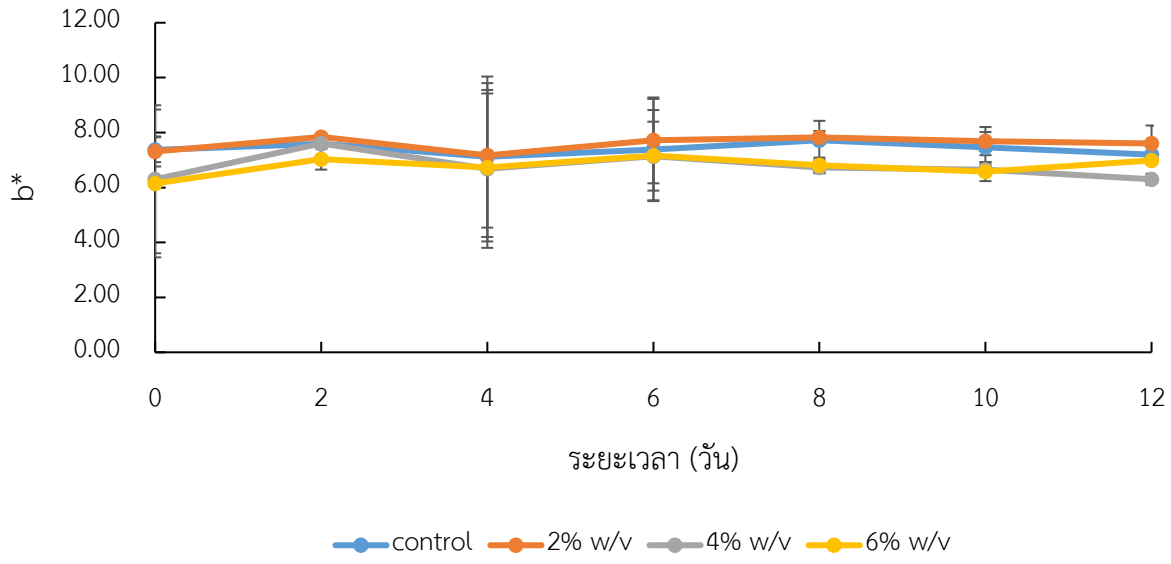
รูปที่ 9, 10 และ 11 แสดงแนวโน้มของค่าสีของน้ำนมข้าวโพดม่วงระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C โดยค่าสีเป็นสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยระบบ CIE (L* a* b*) โดยค่า L* เป็นค่าที่แสดงถึงค่าความสว่าง ในขณะที่ค่า +a* แสดงถึงค่าสีแดง และค่า +b* แสดงถึงค่าสีเหลือง ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำนมข้าวโพดม่วงระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °C ที่ผลิตจากข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการนึ่ง 5 นาที ซึ่งตัวอย่างมีการเติมนมปริมาตร 15 % v/v และแปรปริมาณน้ำตาล 4 ระดับ คือ 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v พบว่าค่า L* มีค่าอยู่ในช่วง 50.12-54.09 ค่า a* มีค่าอยู่ในช่วง 5.57-7.18 และค่า b* มีค่าอยู่ในช่วง 6.15-7.84 โดยค่าสี L* a* และ b* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงทั้ง 4 ตัวอย่างมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา




**รูปที่ 9** ค่า L* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

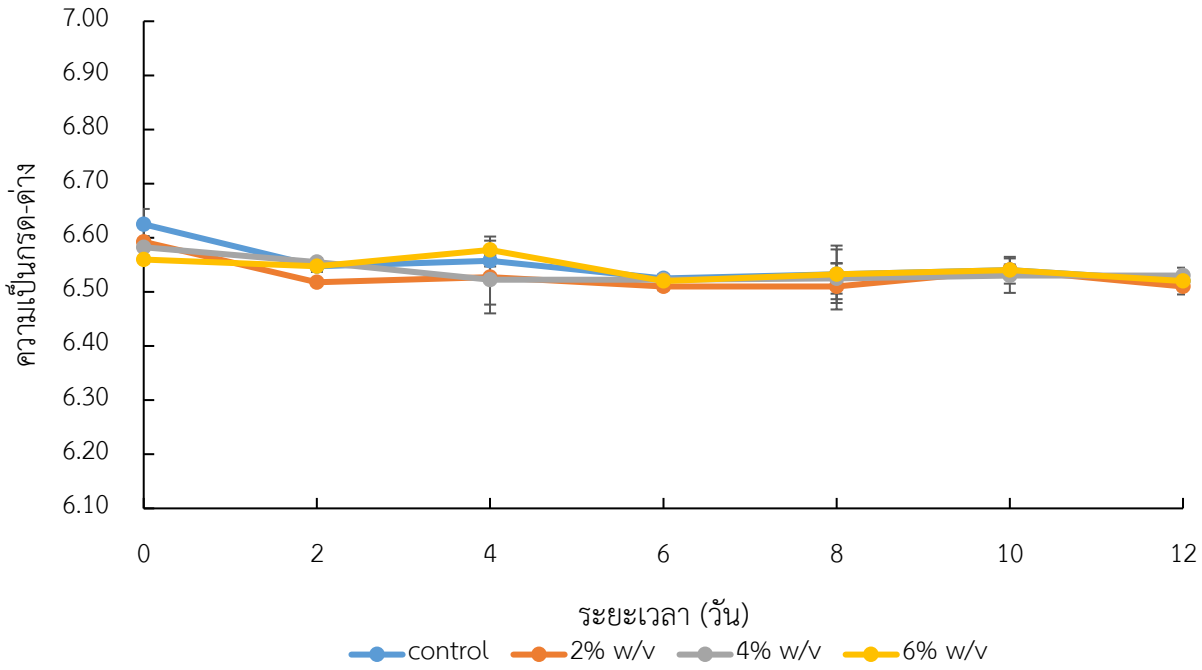



**รูปที่ 10** ค่า a* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C



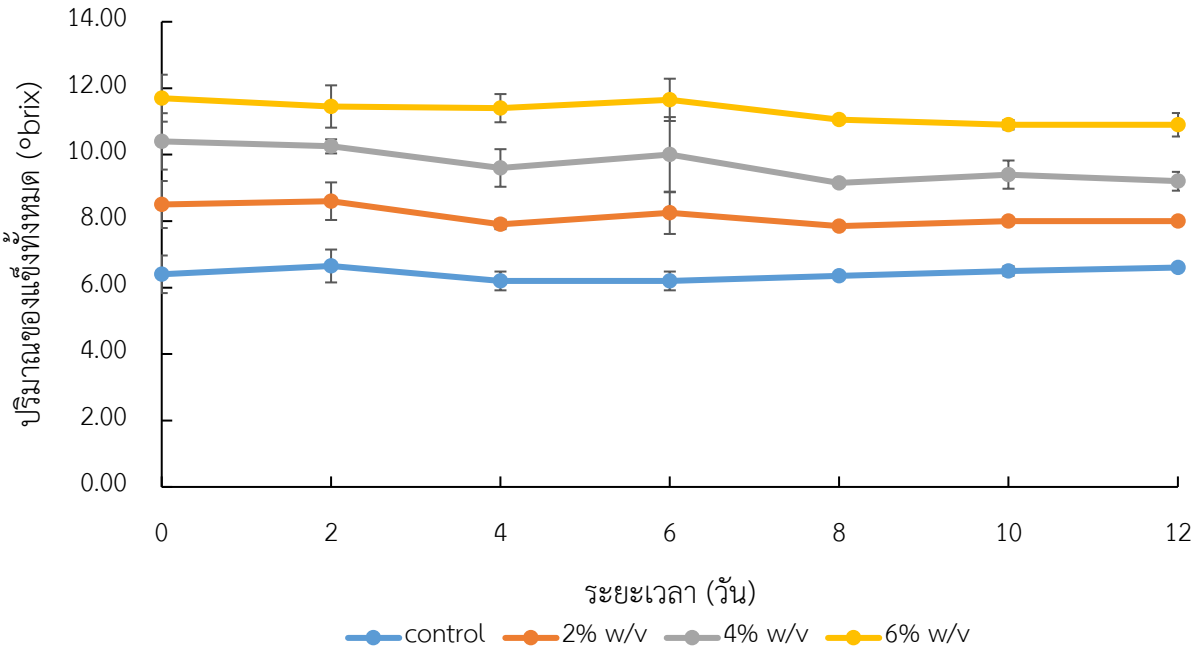

**รูปที่ 11** ค่า b* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำนมข้าวโพดม่วงทั้ง 4 ตัวอย่าง (รูปที่12) พบว่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 6.51-6.63 โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 ºC และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างที่ วันที่ 0 และวันที่ 12 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)



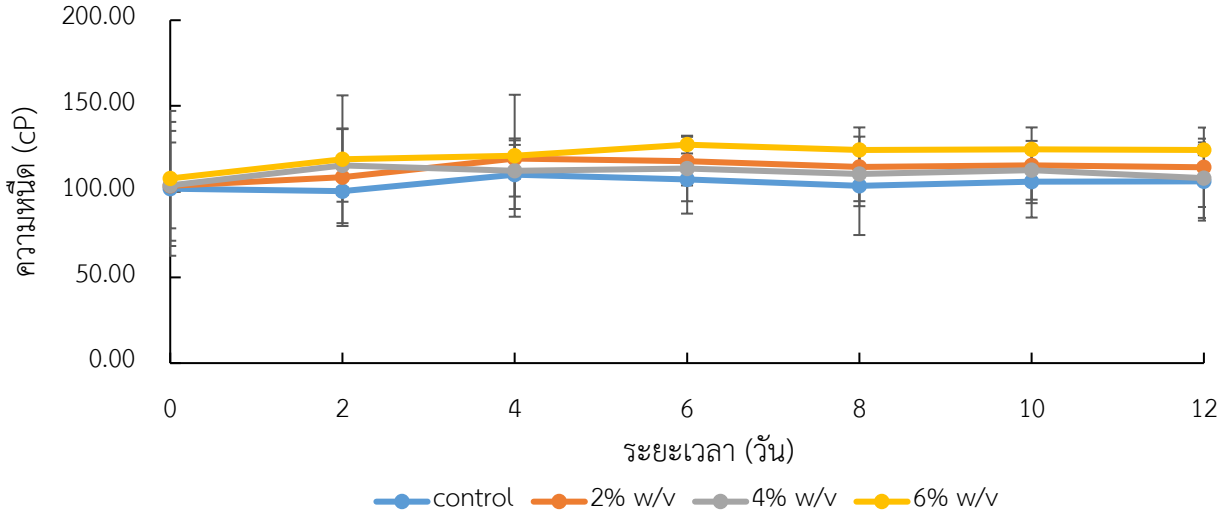

**รูปที่ 12** ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 ºC

รูปที่ 13 แสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำนมข้าวโพดม่วงทั้ง 4 ตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C และพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของทุกตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง 6.2-11.7 °brix และมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 °C โดยตัวอย่างที่เติมน้ำตาล 6% w/v มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (° brix) สูงที่สุด และตามด้วยตัวอย่างที่เติมน้ำตาล 4%, 2% w/v และ 0% w/v (control) ตามลำดับ



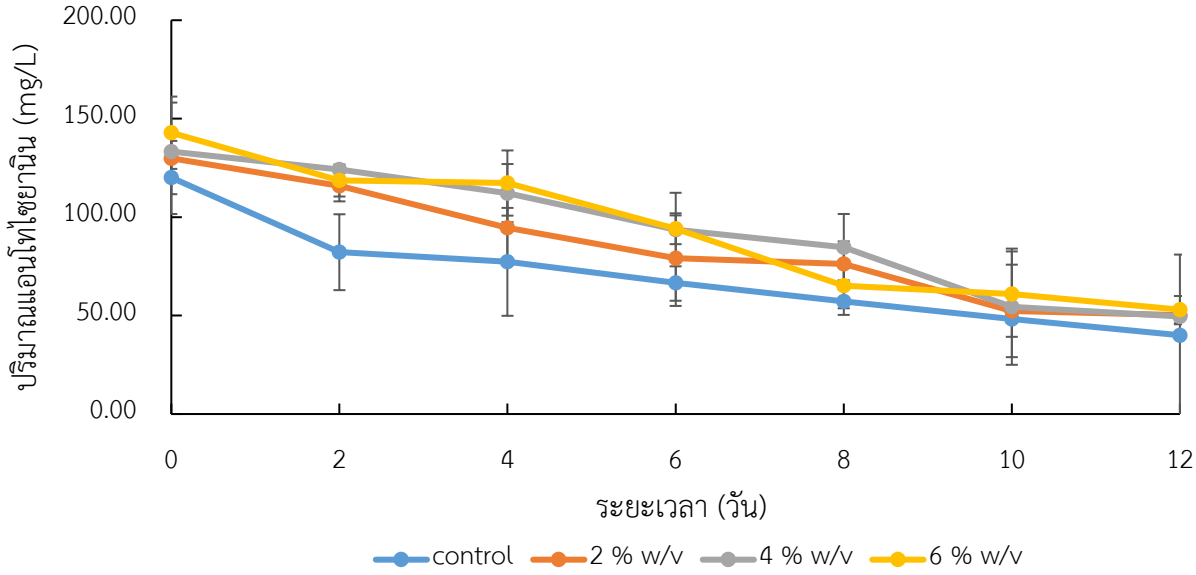

**รูปที่ 13** ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

ความหนืด (viscosity) คือการวัดความต้านทาน (resistance) ของของไหลต่อการเปลี่ยนแปลง (deformation) ภายใต้ความเค้นเฉือน (shear stress) (Whorlow, 1992) โดยผลการทดลองพบว่าความหนืดของน้ำนมข้าวโพดม่วงทั้ง 4 ตัวอย่าง ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 100.3-127.4 cP ซึ่งมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% w/v มีความหนืดต่ำที่สุด และตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 6% w/v มีความหนืดสูงที่สุด (รูปที่ 14) เนื่องจากน้ำตาลที่เติมลงในน้ำนมข้าวโพดม่วงสามารถเกิดอันตรกิริยากับน้ำในน้ำนมข้าวโพดม่วงได้ โดยน้ำตาลสามารถลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้หรือกิจกรรมของน้ำ ($a_w$) ลง ความหนืดของน้ำนมข้าวโพดม่วงจึงเพิ่มมากขึ้น เป็นสาเหตุให้น้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาลในปริมาณที่มากกว่ามีความหนืดสูงกว่า (Benítez และคณะ, 2009)



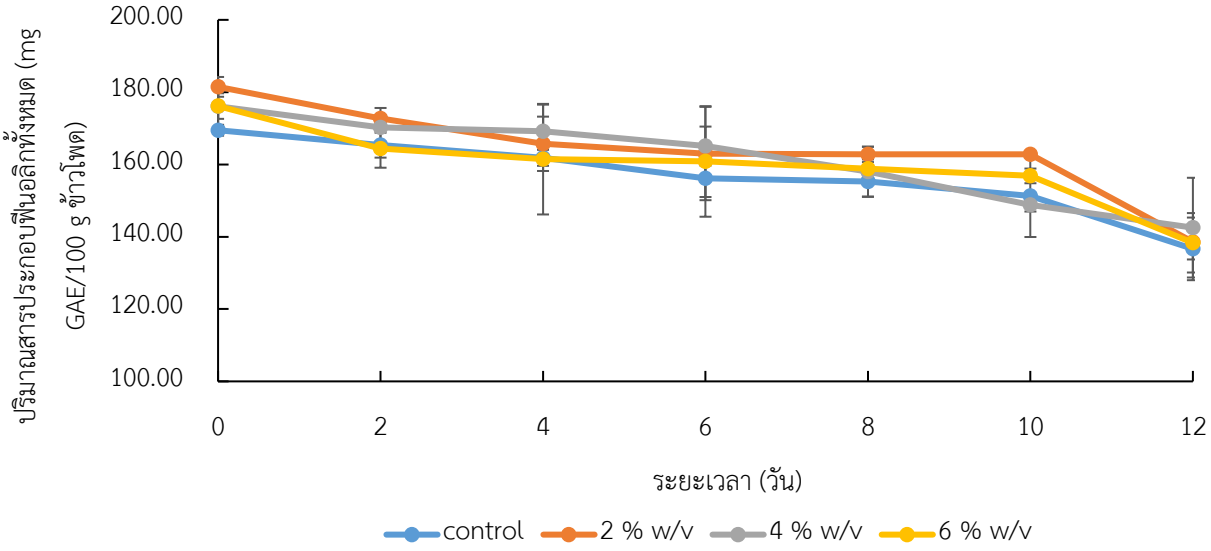

**รูปที่ 14** ความหนืดของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุหรือสารสีที่พบได้ในผัก ผลไม้ และดอกไม้บางชนิด โดยแอนโทไซยานินจัดอยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์ที่สามารถละลายน้ำได้แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว (ศศิธร อุดชาชน, 2558) จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/L) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงทั้ง 4 ตัวอย่าง ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 วัน พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าอยู่ในช่วง 40.03-146.86 mg/L และมีแนวโน้มลดลงระหว่างการเก็บรักษา (รูปที่ 15) เนื่องจากงานวิจัยนี้เก็บตัวอย่างในขวดแก้วแบบใส ทำให้แสงสามารถส่องผ่านได้ โดยแสงสามารถเป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดกลไกการสลายตัวของแอนโทไซยานิน เนื่องจากไอออนจะเข้าไปแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลของคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ในโมเลกุลแอนโทไซยานิน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานินได้ (ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์, 2547) โดยงานวิจัยนี้ให้ผลเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Jerd (1972) ที่ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์อาหาร และพบว่าอัตราการสลายตัวของแอนโทไซยานินเป็นแบบ first order kinetic เนื่องจากการขาดอิเล็กตรอนของ flavylium cation ทำให้แอนโทไซยานินมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาสูงภายใต้สภาวะของการแปรรูป และสภาวะที่เก็บผลิตภัณฑ์เหล่านี้นั้นเป็นผลให้เกิดสารประกอบซึ่งมีโครงสร้างและสีที่ไม่พึงประสงค์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล




**รูปที่ 15** ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/L) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

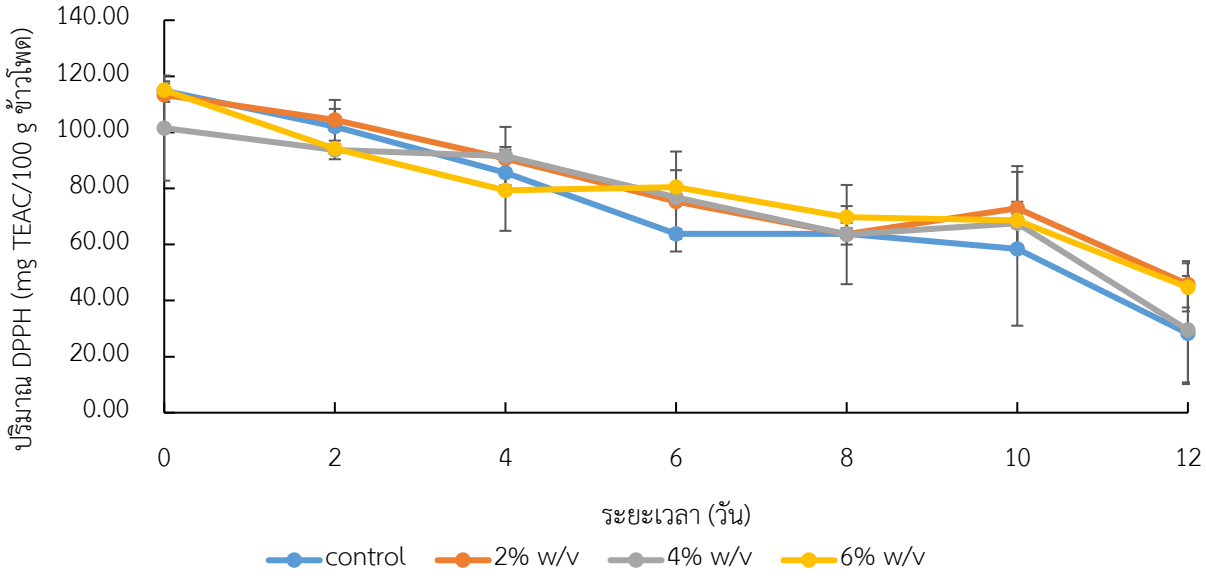
สภาวะการเกิดออกซิเดชันในร่างกายเกิดจากการที่สารโมเลกุลใหญ่ ซึ่งได้แก่ไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิกเกิดการออกซิเดชัน โดยการเกิดออกซิเดชันจากสารเหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญต่อการเกิดโรคต่างๆ ดังนั้นร่างกายจึงต้องมีการกำจัดอนุมูลอิสระที่มีมากเกินไปภายในร่างกาย โดยสารกลุ่มฟีนอลิกมีฤทธิ์สูงในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (ลือชัย บุตคุป, 2554) ซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg gallic acid equivalent/100 g ข้าวโพด) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงทั้ง 4 ตัวอย่าง ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 วัน พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกันกับปริมาณแอนโทไซยานินในระหว่างการเก็บรักษา (รูปที่ 16) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 136.65-181.46 mg gallic acid equivalent/100 g ข้าวโพด เนื่องจากแสงสามารถเป็นตัวเร่งในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก ทำให้โมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิกที่มีขนาดใหญ่สลายตัวเป็นสารโมเลกุลเล็กลงได้ โดยสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะด้านสี กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการของน้ำนมข้าวโพดม่วง โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ได้แก่ แก๊สออกซิเจน อุณหภูมิ แสง และความชื้น (Wang และ Lin, 2000)




**รูปที่ 16** ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100 g ข้าวโพด) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

*GAE คือ gallic acid equivalent

รูปที่ 17 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (mg trolox equivalent antioxidant capacity/100 g ข้าวโพด) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงทั้ง 4 ตัวอย่างระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C โดยพบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของทุกตัวอย่างมีค่าลดลงไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณแอนโทไซยานินและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH นั้น เป็นการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยใช้สารที่มีสมบัติเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งในที่นี้คือ DPPH เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่มีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระแบบดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) (Siddique และคณะ, 2010)

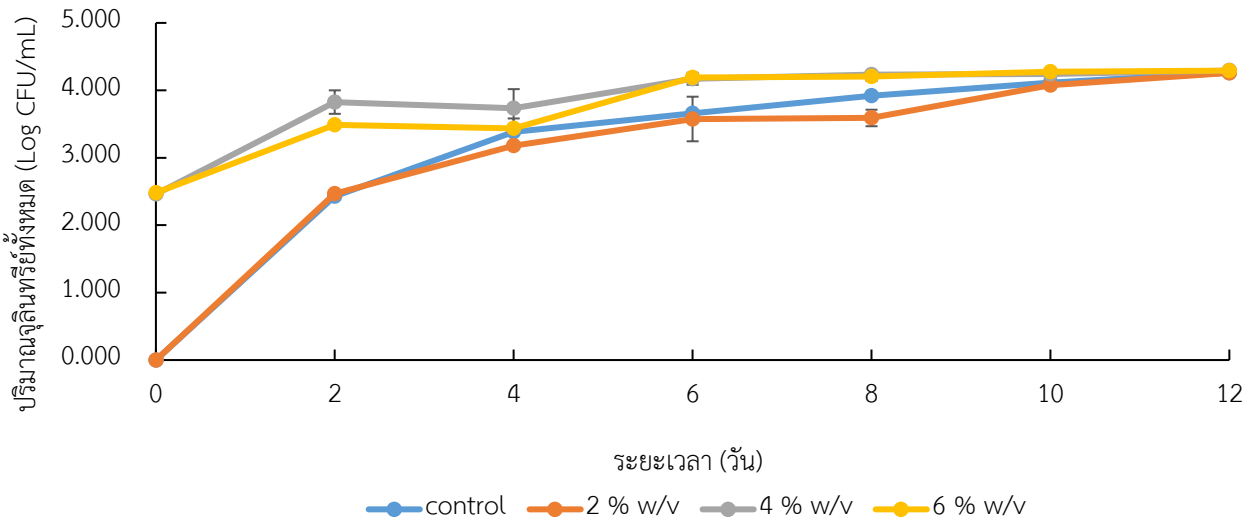



**รูปที่ 17** ปริมาณ DPPH (mg TEAC/100 g ข้าวโพด) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

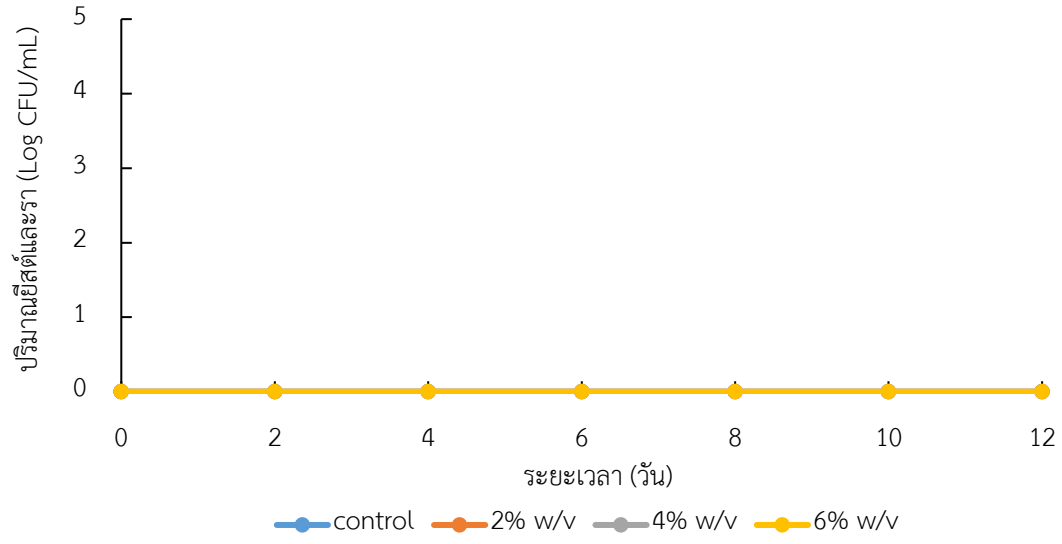
*TEAC คือ trolox equivalent antioxidant capacity

การตรวจการปนเปื้อนจุลินทรีย์ต่อคุณภาพของน้ำนมข้าวโพดม่วง เป็นการบ่งชี้ถึงมาตรฐานของกระบวนการผลิตที่อาจไม่ถูกสุขลักษณะ หรือมีการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้มีปริมาณจุลินทรีย์เกินมาตรฐาน แม้ว่าจุลินทรีย์กลุ่มนี้อาจเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรค แต่ถ้ามีจำนวนเกินมาตรฐานที่กำหนด อาจส่งผลต่อระบบทางเดินอาหารของผู้บริโภคได้ (กองสุขาภิบาล, 2537) โดยจากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ปริมาณโคลิฟอร์ม และปริมาณ *E. coli* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงทั้ง 4 ตัวอย่างที่เก็บ ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 12 วัน พบว่าไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ไม่เติมน้ำตาล (0% w/v) และที่เติมน้ำตาล 2% w/v เมื่อเริ่มต้นของการเก็บรักษา และน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 4% และ 6% w/v มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดประมาณ $3\times10^2$ CFU/mL โดยในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกๆ ตัวอย่าง (รูปที่ 18) ในขณะที่ไม่พบยีสต์และราตลอดอายุการเก็บรักษาในทุกตัวอย่าง (รูปที่ 19) นอกจากนี้พบว่าปริมาณโคลิฟอร์มมีค่าน้อยกว่า 1 MPN/100 mL และไม่พบ *E. coli* ในทุกๆ ตัวอย่างตลอดอายุการเก็บรักษาเช่นกันดังแสดงในตารางที่ 3 โดยจากเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.124/2554) ที่กำหนดให้น้ำข้าวโพดมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน $1\times10^4$ CFU/mL ยีสต์และรามีค่าไม่เกิน 100 CFU/mL โคลิฟอร์มต้องน้อยกว่า 2.2 MPN/100 mL และต้องไม่พบ *E. coli* ในตัวอย่าง 100 mL จึงสามารถประมาณอายุการเก็บรักษาของน้ำนมข้าวโพดม่วงได้ โดยน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ไม่เติมน้ำตาลและที่เติมน้ำตาล 2% w/v มีอายุการเก็บประมาณ 8 วัน ที่อุณหภูมิ 4

°C และน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 4% และ 6% w/v มีอายุการเก็บประมาณ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °C โดยหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์คือ สารอาหาร และน้ำตาลถูกจัดเป็นแหล่งคาร์บอน (carbon source) ของจุลินทรีย์ที่ดี ทำให้การไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาลในปริมาณที่แตกต่างกันส่งผลอย่างมากต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำนมข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษา (Kaiser, 2019)




**รูปที่ 18** ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Log CFU/mL) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C




**รูปที่ 19** ปริมาณยีสต์และรา (Log CFU/mL) ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

**ตารางที่ 3** ปริมาณโคลิฟอร์ม (MPN/100 mL) และ *E. coli* ของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

| | ปริมาณน้ำตาล (%w/v) | ระยะเวลา (วัน) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| Coliform (MPN/100 mL) | 0 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| | 2 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| | 4 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| | 6 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 |
| *E. coli* | 0 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 2 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 4 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 6 | - | - | - | - | - | - | - |

**หมายเหตุ:** เครื่องหมาย - แสดงถึงไม่พบ *E. coli* ใน 100 mL

### 4.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวโพดม่วง

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวโพดม่วงโดยแปรปริมาณน้ำตาลทั้ง 4 ระดับ คือ 0% (control), 2%, 4% และ 6% w/v พบว่าน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 6% w/v ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากที่สุด (6.04±1.29) และน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 2% w/v ได้รับคะแนนความชอบด้านสีมากที่สุด (5.93±1.44) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในขณะที่น้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 4% w/v ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่น ความข้นหนืด รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 6.11±1.30, 6.24±1.21, 6.76±1.7 และ 6.56±1.44 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) เนื่องจากกลุ่มผู้ทดสอบส่วนใหญ่เป็นประชากรที่มีอายุประมาณ 20-25 ปี ซึ่งนิยมบริโภคเครื่องดื่มที่มีรสชาติหวานเป็นประจำ จึงทำให้กลุ่มผู้ทดสอบชอบรสชาติหวาน แต่ชอบรสชาติของตัวอย่างที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่ไม่สูงมากจนเกินไป จะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำตาลได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติน้อยที่สุด (4.37±1.79) ในขณะที่ตัวอย่างที่เติมน้ำตาล 4% และ 6% w/v ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมน้ำตาลและที่เติมน้ำตาล 2% w/v จึงสามารถสรุปได้ว่าผู้ทดสอบให้ความชอบตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 4% (w/v) มากที่สุด

**ตารางที่ 4** คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวโพดม่วง

| ปริมาณน้ำตาล (% w/v) | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | ความข้นหนืด | รสชาติ | ความชอบโดยรวม |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 5.72$^{a}$±1.38 | 5.78$^{a}$±1.61 | 5.31$^{a}$±1.55 | 5.31$^{a}$±1.59 | 3.76$^{a}$±1.93 | 4.37$^{a}$±1.79 |
| 2 | 5.74$^{a}$±1.33 | 5.93$^{a}$±1.44 | 5.74$^{b}$±1.42 | 5.87$^{b}$±1.33 | 5.31$^{b}$±1.84 | 5.48$^{b}$±1.68 |
| 4 | 5.78$^{a}$±1.30 | 5.80$^{a}$±1.52 | 6.11$^{b}$±1.30 | 6.24$^{b}$±1.21 | 6.76$^{c}$±1.70 | 6.56$^{c}$±1.44 |
| 6 | 6.04$^{b}$±1.29 | 5.87$^{a}$±1.41 | 5.93$^{b}$±1.24 | 6.11$^{b}$±1.44 | 6.26$^{c}$±1.85 | 6.33$^{c}$±1.63 |

* ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

a, b,... คือตัวอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

# บทที่ 5
# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าข้าวโพดม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนในเวลาที่นานขึ้นในทั้ง 2 กระบวนการ (การนึ่งและการต้ม) มีค่า L* และ b* เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ a* มีค่าลดลง โดยการต้มส่งผลให้ตัวอย่างมีค่า L* และ b* สูงกว่าการนึ่ง แต่มีค่า a* ต่ำกว่า ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด และความหนืดของน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผลิตจากข้าวโพดที่ผ่านการต้มและการนึ่งที่เวลาเท่ากัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่ความหนืดจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อให้ความร้อนนานขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าลดลงเมื่อเวลาในการให้ความร้อนมากขึ้น โดยการนึ่งที่เวลา 5 นาทีสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ดีที่สุด ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อให้ความร้อนนานขึ้น และจากการศึกษาอายุการเก็บของน้ำนมข้าวโพดม่วงพบว่าอายุการเก็บของน้ำนมข้าวโพดม่วงไม่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ (ค่าสี ความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด และปริมาณของแข็งทั้งหมด) แต่ส่งผลให้สมบัติทางเคมีทั้ง 3 สมบัติ (ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH) มีค่าลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา และพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่างตลอดอายุการเก็บ ในขณะที่ไม่พบยีสต์และราในทุกตัวอย่าง นอกจากนี้พบว่าปริมาณโคลิฟอร์มมีค่าน้อยกว่า 1 MPN/100 mL และไม่พบ *E. coli* ในทุกๆ ตัวอย่างตลอดอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C โดยน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ไม่เติมน้ำตาล (0% w/v) และที่เติมน้ำตาล 2 % w/v มีอายุการเก็บประมาณ 8 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °C ในขณะที่น้ำนมข้าวโพดม่วงที่เติมน้ำตาล 4% และ 6 % w/v มีอายุการเก็บประมาณ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 4 °C และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า น้ำนมข้าวโพดที่เติมน้ำตาล 4% w/v ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้คือ ควรมีการจัดทำฉลากโภชนาการกำกับบนเครื่องดื่มเพิ่มเติม หรือนำน้ำนมข้าวโพดม่วงไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ เช่น โยเกิร์ตหรือพุดดิ้ง เป็นต้น

**เอกสารอ้างอิง**

**ภาษาไทย**

กรรวี พิสันเทียะ. (2559). การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตพร้อมบริโภคในรีทอร์ทเพาช์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กองสุขาภิบาล กระทรวงสาธารณสุข. (2537). คู่มือวิชาการอนามัยอาหาร. กรุงเทพ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.

กิตติ บุญเลิศนิรันดร์, สุชาดา บุญเลิศนิรันดร์, ระวีวรรณ สุวรรณศร และ เสน่ห์ บัวสนิท. (2557). การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเทียนเพื่อใช้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ: พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

เกษตรกรก้าวหน้า. (2558). วิธีปลูกข้าวโพดสีม่วง. ค้นเมื่อ 10 มกราคม 2562. จาก http://www.vigotech.co.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=539852055&Ntype=8.

ซีดไลน์ (2561). ข้าวโพด ความมหัศจรรย์แห่ง "สีม่วง". ค้นเมื่อ 8 มกราคม 2562. จาก http://www.seedline.co.th/index.php/th/knowledge/29-corn-anti-cancer.html.

พรชัย หาระโคตร, พลัง สุริหาร, รัชฎา ตั้งวงค์ไชย และ กมล เลิศรัตน์. (2557). ผลของอายุเก็บเกี่ยวและวิธีการทำให้สุกต่อปริมาณแอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. แก่นเกษตร 42(3): 337-346.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2561). Anthocyanin/ แอนโทไซยานิน. ค้นเมื่อ 16 กันยายน 2561, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1103/anthocyanin-แอนโทไซยานิน.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2562). High Temperature Short Time (HTST) / การใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น. ค้นเมื่อ 3 กรกฎาคม 2562, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1580/high-temperature-short-time-การใช้อุณหภูมิสูงเวลาสั้น.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2562). Pasteurization / การพาสเจอไรซ์. ค้นเมื่อ 28 มิถุนายน 2562, จาก http:// www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0428/pasteurization-การพาสเจอไรซ์.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2562). Thermal processing / การแปรรูปอาหารด้วยความร้อน. ค้นเมื่อ 28 มิถุนายน 2562, จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0528/thermal-processing-การแปรรูปอาหารด้วยความร้อน.

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2562). คู่มือปฏิบัติการรายวิชา 2314317 Food Microbiology Laboratory ในบทปฏิบัติการที่ 11 เรื่อง การวิเคราะห์แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ในตัวอย่างเครื่องดื่ม.

ยุพาพร ผลาขจรศักดิ์. (2547). การสกัดและความคงตัวของแอนโธไซยานินส์ที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

รัชเนศ เพ็ชรเย็น. (2561). พองตัวแล้วหนืด. ค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2562, จาก http://www.nsm.or.th/other-service/1757-online-science/knowless-inventory/sci-article/science-article-nsm/2848-พองตัวแล้วหนืด.html.

รัตนา ม่วงรัตน์, ศุจินทรา สุวรรณ์ และ ปนิดดา ศุทธกิจ. (2558). ผลของสภาวะต่างๆ ในการสกัดแบบอัลตราโซนิคต่อปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23(5): 783-796.

ลือชัย บุตคุป. (2554). สารประกอบฟีโนลิกและฤทธิ์ทางชีวภาพ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 31(4): 443-455.

วิภาภรณ์ ณ ถลาง. (2557). กรดเฟอรูลิก: สารธรรมชาติมากคุณค่าปลอดภัยสูง. Food. 44(1): 30-34.

ศศิธร อุดชาชน และศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย. (2558). การหาปริมาณแอนโทไซยานินในน้ำเม่าโดยสเปกโทรฟลูออโรโฟโทเมทรี. วารสารวิจัย มข. 15(2): 39-47.

ศิริพงษ์ เทศนา, ธีระ ทองเผือก, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, วิภา สุโรจนะเมธากุล และโชคชัย เอกทัศนาวรรณ. (2540). การใช้ประโยชน์ของข้าวโพดสีม่วง. รายงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรรม. (2554). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องน้ำนมข้าวโพด (มผช. 124/2554), กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้เรื่อง ข้าวโพด (corn). ค้นเมื่อ 7 มิถุนายน 2562, จาก http://siweb.dss.go.th/repack/fulltext/IR47.pdf.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. (2562). ชนิดของข้าวโพด. ค้นเมื่อ 10 มกราคม 2562, จาก http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=3&chap=2&page=t3-2-infodetail08.html.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. (2562). ประวัติของข้าวโพดในประเทศไทย. ค้นเมื่อ 10 มกราคม 2562, จาก http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=3&chap=2&page=t3-2-infodetail04.html.

สุภาภรณ์ ญะเมืองมอญ และชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย. (2559). ความแปรปรวนของปริมาณ แอนโทไซยานินและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวเก่าพันธุ์พื้นเมืองของไทย. วารสารเกษตร 32(2): 191-199.

**ภาษาอังกฤษ**

Abdel-Aal, E.M., Akhtar, H., Rabalski, I., and Bryan, M. (2014). Accelerated, microwave-assisted, and conventional solvent extraction methods affect anthocyanin composition from colored grains. Journal of Food Science. 79(2): 138-146.

AOAC, (1990). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Benitez, E.I., Genovese, D.B., and Lozano, J.E. (2009). Effect of typical sugars on the viscosity and colloidal stability of apple juice. Food Hydrocolloids. 23: 519-525.

Bento Silva, A., Patto, M.C.V., and Bronze, M.R. (2018). Relevance, structure and analysis of ferulic acid in maize cell walls. Food Chemistry. 246: 360-378.

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.

Dewanto, V., Wu X., and Liu R. (2002). Processed Sweet Corn Has Higher Antioxidant Activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50(17): 4959–4964.

Friedlander, B. (2002). Cooking sweet corn boosts its ability to fight cancer and heart disease by freeing healthful compounds, Cornell scientists find. Cornell Chronicle, Cornell University.

Ghatak, S.B., and Panchal, S.J. (2010). Ferulic Acid – An Insight Into Its Current Research and Future Prospects. Trends in Food Science and Technology. In Press Accepted Manuscript Available online 13 November 2010.

Giusti, M.M., and Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. F1.2.1-F1.2.13.

Gonçalves, E., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T., and Silva, C.L. (2007). Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching. Journal of Food Engineering. 81(4): 693-701.

Jurd, L. (1972). Anthocyanidins and related compound-XVI: The dimerization of flavylium salts in aqueous solutions. Tetrahedron. 28: 493-504.

Kaiser G. (2019). 17.2: Factors that Influence Bacterial Growth. ค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2562, จาก https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Microbiology/Book%3A_Microbiology_(Kaiser)/Unit_7%3A_Microbial_Genetics_and_Microbial_Metabolism/17%3A_Bacterial_Growth_and_Energy_Production/17.2%3A_Factors_that_Influence_Bacterial_Growth.

Pannahm. (2562). การพาสเจอร์ไรส์ (Pasteurization) รูปแบบ Low Temperature Long Time (LTLT) กับ High Temperature Short Time (HTST). ค้นเมื่อ 3 กรกฎาคม 2562, จาก http://pannahmherbaldrink.blogspot.com/2019/02/pasteurization-low-temperature-long.html.

Patras, A., Brunton, N.P., O'Donnell, C., and Tiwari, B. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. Trends in Food Science and Technology. 21(1): 3-11.

Saulnier, L., Marot, C., Elgorriaga, M., Bonnin, E., and Thibault, J.F. (2001). Thermal and enzymatic treatments for release of free ferulic acid from maize bran. Carbohydrate Polymers. 45: 269-275.

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.

Siddique, N.A., Mujeeb, M., Najmi, A.K., and Akram, M. (2010). Evaluation of antioxidant activity, quantitative estimation of phenols and flavonoids in different parts of Aegle marmelos. African Journal of Plant Science. 4(1): 001-005.

Siyuan, S., Tong, L., and Liu Corn, R. (2018). Phytochemicals and their health benefits. Food Science and Human Wellness. 7: 185-195.

Surh, J., and Koh, E. (2014). Effects of four different cooking methods on anthocyanins, total phenolics and antioxidant activity of black rice. Journal of the Science of Food and Agriculture. 94: 3296-3304.

Wang, S.Y., and Lin, H.S. (2000). Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48(2): 140-146.

Waterhouse, A.L. (2002). Determination of total phenolic compounds. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. Units I: I1.1.1-I1.1.8.

Whorlow, R.W. (1992), Rheological Techniques (2nd edition), London, Ellis Horwood.

Zhao, Z., and Moghadasian, M.H. (2008). Chemistry, natural sources, dietary intake and pharmacokinetic properties of ferulic acid. A review Food Chemistry. 109: 691–702.

# ภาคผนวก ก

# วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

## ก.1 ค่าสีของน้ำนมข้าวโพดม่วง

วัดสีของน้ำนมข้าวโพดม่วงด้วยเครื่อง chroma meter (Minolta, Model CR-300 series, Japan) ระบบ CIE LAB และบันทึกค่า L*, a* และ b* และก่อนการวัดทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง

| | | | |
|---|---|---|---|
| โดยที่ | ค่า L* | แสดงถึง | ค่าความสว่าง |
| | ค่า a* | แสดงถึง | ค่าสีแดงและเขียว |
| | ค่า a* | เป็นบวก | แสดงถึง สีแดง |
| | ค่า a* | เป็นลบ | แสดงถึง สีเขียว |
| | ค่า b* | แสดงถึง | ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน |
| | ค่า b* | เป็นบวก | แสดงถึง สีเหลือง |
| | ค่า b* | เป็นลบ | แสดงถึง สีน้ำเงิน |

## ก.2 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำนมข้าวโพดม่วง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้เครื่อง pH meter (Inobab, Germany) โดยก่อนการวัดทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่อง แล้วบันทึกผล

## ก.3 ความหนืดของน้ำนมข้าวโพดม่วง

วัดค่าความหนืดโดยใช้เครื่อง fungilab (Fungilab, Spain) โดยใช้หัว R2 และความเร็ว 200 rpm เวลา 1 นาที แล้วบันทึกผล

## ก.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำนมข้าวโพดม่วง

วัดค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดโดยใช้ hand refractometer 0-30 °brix (Atago, USA) แล้วบันทึกผล

# ภาคผนวก ข
# วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

## ข.1 ปริมาณแอนโทไซยานิน

วัดปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH differential method ดัดแปลงตามวิธีการของ Giusti และ Wrolstad (2001)

### สารเคมี

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

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

### การหาปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH different method

1. ปั่นเหวี่ยงน้ำนมข้าวโพดม่วง แล้วนำส่วนใสไปวิเคราะห์
2. ปิเปตส่วนใสที่ได้จากน้ำนมข้าวโพดม่วงปริมาตร 2 mL ผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซีเตต 8 mL ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 15 นาที
3. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 520 และ 700 nm
4. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินจากสูตร

$$\text{anthocyanins (mg/L)} = \frac{A \; x \; MW \; x \; DF \; x \; 1000}{\varepsilon \; x \; l}$$

โดยที่ A คือ $(A_{520} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH4.5}$

MW คือ 449.2 g/mol (น้ำหนักโมเลกุลของ cyanidin-3-glucoside)

DF คือ dilution factor ของสารละลายตัวอย่าง

1000 คือ แฟกเตอร์สำหรับการเปลี่ยน g ให้เป็น mg

$\varepsilon$ คือ 26,900 l/mol/cm

l คือ ความกว้างของ cuvette

**ข.2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity**

วัดฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 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)

**<u>วิธีการเตรียมสารละลาย</u>**

**สารละลายมาตรฐาน trolox**

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

**สารละลายบัฟเฟอร์โพแทสเซียมคลอไรด์ (pH 1.0) ความเข้มข้น 0.025 M**

ชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ 1.86 g ผสมในน้ำกลั่น 980 mL ในบีกเกอร์ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายด้วยกรดไฮโดรคลอลิกเข้มข้นให้มี pH เท่ากับ 1.0 จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 1000 mL ด้วยน้ำกลั่น

**สารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมอะซีเตต (pH 4.5) ความเข้มข้น 0.4 M**

ชั่งโซเดียมอะซีเตต 54.43 g ผสมในน้ำกลั่น 960 mL ในบีกเกอร์ ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นให้มี pH เท่ากับ 4.5 จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 1000 mL ด้วยน้ำกลั่น

**สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 20 % w/v**

ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 20 g ผสมในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL

**สารละลาย DPPH**

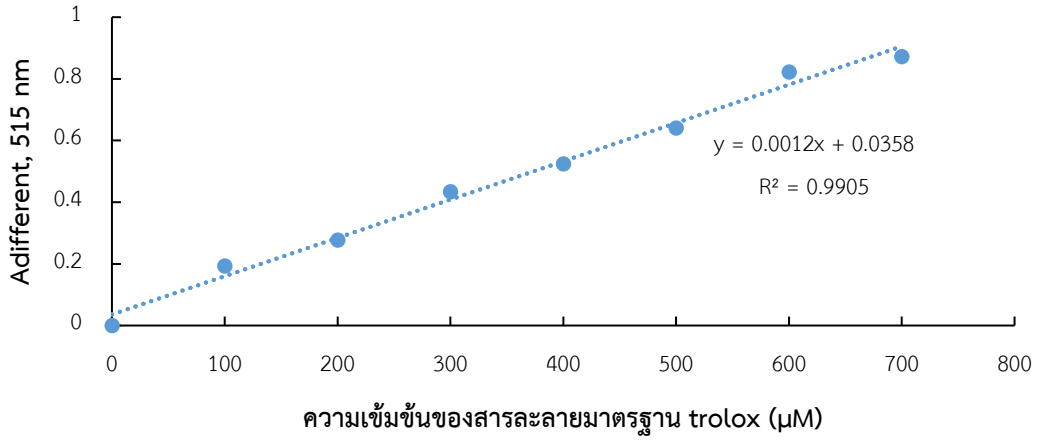
- เตรียมสารละลาย DPPH stock solution โดยนำ DPPH 0.0024 g ละลายในเมทานอลประมาณ 50 mL ปรับปริมาตรให้ได้ 100 mL ด้วยเมทานอล จะได้สารละลาย DPPH เข้มข้น 0.6 mM โดยจะเก็บไว้ในตู้เย็นได้ไม่เกิน 5 วัน
- เตรียม daily working solution โดยปิเปตสารละลาย DPPH stock solution 10 mL ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 50 mL ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเมทานอล จากนั้นนำไปวัดค่าการ

ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm ($A_{initial}$) ปรับค่าการดูดกลืนแสงให้อยู่ประมาณ 1.1 ด้วยสารละลายเมทานอลหรือสารละลาย DPPH stock solution

**<u>วิธีการทำกราฟมาตรฐาน</u>**

**กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน trolox**

3. เจือจางสารละลายมาตรฐาน trolox ที่เตรียมไว้ด้วยสารละลายเมทานอลให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 100-700 µM
4. ปิเปตสารละลายมาตรฐาน trolox ที่ความเข้มข้นต่างๆ 250 µL ผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาตร 4.75 mL ในหลอดทดลอง
5. ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 515 nm โดยใช้สารละลายเมทานอลเป็น blank
7. หักลบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ($A_{initial}$) ด้วยค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากตัวอย่าง ($A_{final}$) ได้เป็นผลต่างของค่าการดูดกลืนแสง ($A_{different}$)
8. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน trolox และผลต่างของค่าการดูดกลืนแสง ($A_{different}$) ที่ความเข้มข้นต่างๆ (รูปที่ 21)




**รูปที่ 20** กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน trolox

**การหาปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity**

1. ปั่นเหวี่ยงน้ำนมข้าวโพดม่วง แล้วนำส่วนใสไปวิเคราะห์
2. ปิเปตส่วนใสที่ได้จากน้ำนมข้าวโพดม่วง 250 µL ผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาตร 4.75 mL ในหลอดทดลอง
3. ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 515 nm โดยใช้สารละลายเมทานอลเป็น blank
5. หักลบค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ($A_{initial}$) ด้วยค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากตัวอย่าง ($A_{final}$) ได้เป็นผลต่างของค่าการดูดกลืนแสง ($A_{different}$)
6. นำผลต่างของค่าการดูดกลืนแสง ($A_{different}$) ที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน trolox และคำนวณหาปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง เป็น mg trolox equivalent antioxidant capacity/100 g ข้าวโพด

**ข.3 สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetry**

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetry ดัดแปลงตามวิธีของ Waterhouse (2005)

**สารเคมี**

gallic acid (Fluka, Spain)

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

Folin-Ciocalteu reagent (Carlo Erba, France)

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

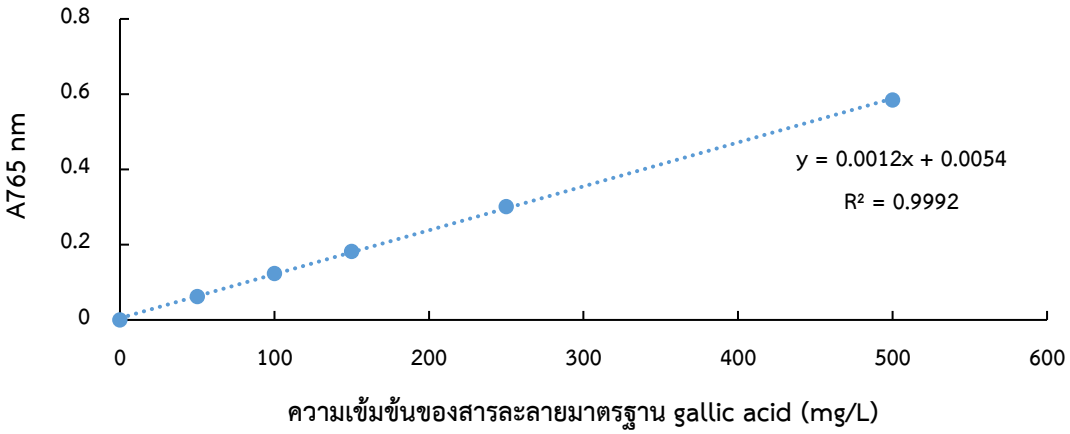
**<u>วิธีการทำกราฟมาตรฐาน</u>**

**วิธีเตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว**

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

**วิธีเตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid และการสร้างกราฟมาตรฐาน**

1. ละลาย gallic acid 0.500 g ในเอทานอล 10 mL แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายของ gallic acid ที่มีความเข้มข้น 5 g/L
2. ปิเปตสารละลาย gallic acid ที่เตรียมไว้ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 50 mL ในปริมาตรต่างๆ ดังนี้ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5 และ 5.0 mL จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลาย gallic acid ที่มีความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 250 และ 500 mg/L ตามลำดับ
3. ปิเปตสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 100 µL ใส่ในขวดกำหนดปริมาตร 10 mL เติมน้ำกลั่น 7 mL และ Folin-Ciocalteu reagent 500 µL ทิ้งไว้ 1-8 นาที
4. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 1.5 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงในที่มืด
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 765 nm แล้วสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน gallic acid กับค่าการดูดกลืนแสง (รูปที่ 22)




**รูปที่ 21** กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน gallic acid

**การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetry**

1. ปั่นเหวี่ยงน้ำนมข้าวโพดม่วง แล้วนำส่วนใสไปวิเคราะห์
2. ปิเปตส่วนใสที่ได้จากน้ำนมข้าวโพดม่วง 100 µL ลงในขวดกำหนดปริมาตรขนาด 10 ml
3. เติมน้ำกลั่น 7 mL และ Folin-Ciocalteu reagent 500 µL ทิ้งไว้ 1-8 นาที
4. เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัวปริมาตร 1.5 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงในที่มืด

5. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 765 nm จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานแล้วรายงานค่าเป็น mg gallic acid equivalent /100 g ข้าวโพด

# ภาคผนวก ค
# วิธีวิเคราะห์ทางชีวภาพ

## ค.1 ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดโดยใช้เทคนิค pour plate ตามวิธีของ AOAC 990.12 (2012)

### อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) (Sigma Aldrich, USA)

0.85% w/v NaCl water (Fisher Chemical, Belgium)

### วิธีวิเคราะห์

1. เตรียมน้ำเกลือ NaCl 0.85% w/v เพื่อใช้ในการทำเจือจาง (serial dilution) โดยการปิเปตน้ำนมข้าวโพดม่วงปริมาตร 1 mL ลงใน 0.85% w/v NaCl water ปริมาตร 9 mL ทำการเจือจางที่ $10^{-1}$ เท่า ถึง $10^{-3}$ เท่า ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เพื่อให้สามารถนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารได้
2. ปิเปตน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ระดับความเจือจาง $10^{-1}$ ถึง $10^{-3}$ อย่างละ 1 mL ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (sterile petri dish) จำนวน 2 จาน
3. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar ที่มีอุณหภูมิประมาณ 45 °C ลงบนจานอาหารที่เตรียมไว้ ผสมให้เข้ากันโดยการหมุนจานอาหารเป็นวงกลมช้าๆ ให้อาหารเลี้ยงเชื้อและน้ำนมข้าวโพดม่วงเข้ากัน ทิ้งให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35±1 °C เป็นเวลา 48±3 ชั่วโมง โดยคว่ำจานอาหารเลี้ยงเชื้อขณะบ่ม
4. นับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละระดับความเจือจาง (25-250 โคโลนี) บันทึกผล แล้วคำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์และรายงานผลในหน่วย Colony Forming Unit/gram (CFU/g)

## ค.2 ปริมาณยีสต์และราทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณยีสต์และราทั้งหมดโดยใช้เทคนิค spread plate ตามวิธีของ AOAC 997.02 (2009)

### อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) (Sigma Aldrich, USA)

10% w/v tartaric acid (Ajax Finechem, Newzealand)

0.85% w/v NaCl water (Fisher Chemical, Belgium)

**วิธีวิเคราะห์**

1. เตรียมน้ำเกลือ NaCl 0.85% w/v เพื่อใช้ในการทำเจือจาง serial dilution โดยการปิเปตน้ำนมข้าวโพดม่วงปริมาตร 1 mL ลงใน 0.85% w/v NaCl water ปริมาตร 9 mL ทำการเจือจางที่ $10^{-1}$ เท่า ถึง $10^{-3}$ เท่า ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เพื่อให้สามารถนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในอาหารได้
2. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ด้วย 10% tartaric acid (ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ) จนมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4.4-4.6 โดยทำภายหลังจากการฆ่าเชื้ออาหารเลี้ยงเชื้อ
3. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ได้จากข้อ 2 ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (sterile petri dish) ทิ้งไว้จนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว
4. ปิเปตน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ระดับความเจือจาง $10^{-1}$ ถึง $10^{-3}$ อย่างละ 0.1 mL ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้จำนวน 2 จาน เกลี่ยตัวอย่างบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่แข็งแล้วด้วย sterile spreader ให้ทั่ว ปล่อยไว้ให้แห้ง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25-27 °C โดยหงายจานอาหารเลี้ยงเชื้อ เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง
5. นับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารในแต่ละระดับความเจือจาง (10-150 โคโลนี) บันทึกผลและคำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เป็น Colony Forming Unit/gram (CFU/g)

**ค.3 ปริมาณโคลิฟอร์มและปริมาณ *E. coli***

วิเคราะห์ปริมาณโคลิฟอร์มและปริมาณ *E. coli* ดัดแปลงมาจากวิธีของ BAM (2001)

**อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี**

Brilliant Green Lactose Bile (BGLB) broth (Himedia, India)

lactose Broth (Himedia, India)

EC broth (Himedia, India)

Levine's Eosin-Methylene Blue (L-EMB) agar (Himedia, India)

tryptone (tryptophane) broth (Himedia, India)

MR-VP broth (Himedia, India)

Koser's citrate broth (Himedia, India)

Kovacs' reagent (Himedia, India)

Voges-Proskauer (VP) reagents (Hardy Diagnostics, USA)

gram stain reagents (Medic, Philippines)

**วิธีวิเคราะห์**

**1. การตรวจสอบขั้นประมาณการ (presumptive test)**

1.1 ปิเปตตัวอย่างน้ำนมข้าวโพดม่วงลงใน lactose broth หลอดละ 10, 1 และ 0.1 mL ที่ความเจือจางละ 3 หลอด

1.2 บ่มที่อุณหภูมิ 35 °C ตรวจผลที่ 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

1.3 คัดเลือกหลอดที่เกิดแก๊ส บันทึกผลแล้วนำไปอ่านค่าจากตาราง MPN/100 mL โดยค่าที่ได้เป็นค่า presumptive coliforms

**2. การตรวจสอบขั้นยืนยัน (confirmed test)**

2.1 ถ่ายเชื้อหลอดที่เกิดแก๊สจาก 10, 1 และ 0.1 mL ในขั้นตรวจสอบขั้นประมาณการลงใน BGLB ที่ระดับความเจือจางละ 3 หลอด

2.2 บ่มที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.3 คัดเลือกหลอดที่เกิดกรดและแก๊ส บันทึกผลแล้วนำไปอ่านค่าจากตาราง MPN/100 mL โดยค่าที่ได้เป็นค่า coliform และรายงานผลในหน่วย MPN/100 mL (ตารางที่ 5)

**3. การตรวจสอบขั้นสมบูรณ์ (completed test)**

3.1 ถ่ายเชื้อจากหลอดที่เกิดแก๊สโดยนำมา streak ลงบนผิวหน้า EMB agar

3.2 บ่มที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

3.3 คัดเลือก typical colony โดยลักษณะโคโลนีของ coliform บน EMB agar มี 2 แบบคือ ลักษณะโคโลนีสีเข้ม ตรงกลางมีสีม่วงหรือเกือบดำ และลักษณะโคโลนีทึบแสง เยิ้มเป็นเมือกสีชมพู

3.4 streak เชื้อลงใน NA slant และบ่มที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.5 ย้อมสีแบบแกรมโดยจะติดสีแกรมลบ

3.6 นำเชื้อจาก NA slant มาทดสอบคุณลักษณะทางชีวเคมีด้วย IMViC test ดังนี้ indole production, citrate test และ MR-VP test

<u>indole production</u>

1. ถ่ายเชื้อลงใน tryptone broth และบ่มที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. หยด Kovac's reagent 5-6 หยด
3. บันทึกผลโดยสังเกตสีวงแหวนที่เปลี่ยนไป (สีเหลืองคือผลลบ และสีแดงคือผลบวก)

<u>citrate test</u>

1. ถ่ายเชื้อลงใน Koser's citrate broth และบ่มที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 4 วัน
2. บันทึกผลโดยสังเกตความขุ่น (อาหารใสคือผลลบ และอาหารขุ่นคือผลบวก)

<u>MR-VP test</u>

1. ถ่ายเชื้อลง MR-VP broth และบ่มที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2. ปิเปต MR-VP broth ที่มีเชื้อมา 1 mL ใส่หลอดเปล่า
3. หยด α-naphthol 0.6 mL และ 40% KOH 0.2 mL เขย่าให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ไม่เกิน 2 ชั่วโมง
4. บันทึกผลโดยสังเกตสีที่เกิดขึ้น (สีเหลืองคือผลลบ และสีแดงคือผลบวก)
5. บ่ม MR-VP broth ส่วนที่เหลือ ที่อุณหภูมิ 35 °C ต่อไปอีก 48 ชั่วโมง
6. หยด methyl red 5 หยด และเขย่า
7. บันทึกผลโดยสังเกตสีที่เกิดขึ้น (สีเหลืองคือผลลบ และสีแดงคือผลบวก)

**ตารางที่ 5** MPN value per 100 mL of sample and 95% confident limits for combinations of positive and negative results (three tubes)

| No. of tubes giving positive reaction out of | | | MPN index per 100 mL | 95% confidence limits | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 of 10 mL each | 3 of 1 mL each | 3 of 0.1 mL each | | Lower | Upper |
| 0 | 0 | 0 | <1 | | |
| 0 | 0 | 1 | 3 | <0.5 | 9 |
| 0 | 1 | 0 | 3 | <0.5 | 12 |
| 1 | 0 | 0 | 4 | <0.5 | 20 |
| 1 | 0 | 1 | 7 | 1.0 | 21 |
| 1 | 1 | 0 | 7 | 1.0 | 23 |
| 1 | 1 | 1 | 11 | 3.0 | 36 |
| 1 | 1 | 0 | 11 | 3.0 | 36 |
| 2 | 0 | 0 | 9 | 1.0 | 36 |
| 2 | 0 | 1 | 14 | 3.0 | 37 |
| 2 | 1 | 0 | 15 | 3.0 | 44 |
| 2 | 1 | 1 | 20 | 7.0 | 82 |
| 2 | 2 | 0 | 21 | 4.0 | 47 |
| 2 | 2 | 1 | 28 | 10.0 | 150 |
| 3 | 0 | 0 | 23 | 4.0 | 120 |
| 3 | 0 | 1 | 39 | 7.0 | 130 |
| 3 | 0 | 2 | 64 | 15.0 | 380 |
| 3 | 1 | 0 | 43 | 7.0 | 210 |
| 3 | 1 | 1 | 75 | 14.0 | 230 |
| 3 | 1 | 2 | 120 | 30.0 | 380 |
| 3 | 2 | 0 | 93 | 15.0 | 380 |
| 3 | 2 | 1 | 150 | 30.0 | 440 |
| 3 | 2 | 2 | 210 | 35.0 | 470 |
| 3 | 3 | 0 | 240 | 36.0 | 1300 |
| 3 | 3 | 1 | 460 | 71.0 | 2400 |
| 3 | 3 | 2 | 1100 | 150.0 | 4800 |
| 3 | 3 | 3 | >2400 | | |

**ภาคผนวก ง**

**การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส**

**ง.1 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีทดสอบแบบ 9-point hedonic scale**

**Sensory Evaluation**

**เครื่องดื่มน้ำนมข้าวโพด**

วันที่ทดสอบ _____ ชื่อผู้ทดสอบ_____ เพศ_____ อายุ __

_____

**<u>คำชี้แจง</u> :** ให้ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างจำนวน 4 ตัวอย่างต่อไปนี้ตามลำดับที่นำเสนอจากซ้ายไปขวา กรุณาทดสอบและให้คะแนนความชอบ 1-9 คะแนนในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตามความรู้สึกของท่าน โดยดื่มน้ำก่อนและหลังจากการชิมตัวอย่างทุกครั้ง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก 5 = เฉยๆ 8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 9 = ชอบมากที่สุด

| **ลักษณะคุณภาพ** | **ตัวอย่าง** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **รหัส_____** | **รหัส_____** | **รหัส_____** | **รหัส_____** |
| ลักษณะปรากฏ | | | | |
| สี | | | | |
| กลิ่น | | | | |
| ความข้นหนืด | | | | |
| รสชาติ | | | | |
| ความชอบโดยรวม | | | | |

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

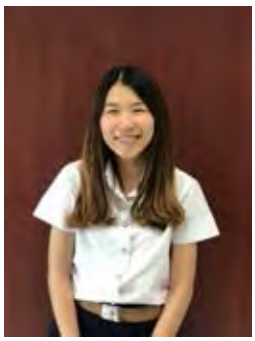
.....

**ภาคผนวก จ**

**รูปที่ 22** น้ำนมข้าวโพดม่วง

**หมายเหตุ** จากซ้ายไปขวา แสดงถึงน้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผลิตจากข้าวโพดม่วงไม่ผ่านการให้ความร้อน (raw), น้ำนมข้าวโพดม่วงที่ผลิตจากข้าวโพดม่วงที่ต้ม 5 นาที, ต้ม 10 นาที, ต้ม 15 นาที, นึ่ง 5 นาที, นึ่ง 10 นาที และ นึ่ง 15 นาที ตามลำดับ

## ประวัติผู้วิจัย



**ชื่อ-สกุล** นางสาวฐิติรัตน์ เหลืองลออ
**ตำแหน่ง** หัวหน้าโครงการ
**วุฒิการศึกษา** วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
**ภาควิชา** เทคโนโลยีทางอาหาร
**คณะ** วิทยาศาสตร์
**มหาวิทยาลัย** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
**ปีที่สำเร็จการศึกษา** 2561
**โทรศัพท์** 089-138-4280
**Email** dew-pasta@hotmail.co.th

## ประวัติผู้วิจัย

**ชื่อ-สกุล** นางสาวณัฐชยา หาญพีรเกรียงไกร
**ตำแหน่ง** ผู้ร่วมวิจัย
**วุฒิการศึกษา** วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.)
**ภาควิชา** เทคโนโลยีทางอาหาร
**คณะ** วิทยาศาสตร์
**มหาวิทยาลัย** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
**ปีที่สำเร็จการศึกษา** 2561
**โทรศัพท์** 086-782-0296
**Email** mew.hanprera@gmail.com