การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพด
ด้วยการใช้ไมโครเวฟในขั้นตอนการทำแห้ง

DEVELOPMENT OF CORN SILK TEA PRODUCT
USING MICROWAVE TECHNIQUE IN DRYING PROCESS

ปวีณ์ธิดา เขียวสง่า

PRAVEETIDA KHIEOSA - NGA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2562
KMITL-2019-AI-M-053-335

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพด
ด้วยการใช้ไมโครเวฟในขั้นตอนการทำแห้ง

DEVELOPMENT OF CORN SILK TEA PRODUCT

USING MICROWAVE TECHNIQUE IN DRYING PROCESS

ปวีณ์ธิดา เขียวสง่า

PRAVEETIDA KHIEOSA - NGA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-053-335

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพด
ด้วยการใช้ไมโครเวฟในขั้นตอนการทำแห้ง

DEVELOPMENT OF CORN SILK TEA PRODUCT

USING MICROWAVE TECHNIQUE IN DRYING PROCESS

ปวีณ์ธิดา เขียวสง่า

PRAVEETIDA KHIEOSA - NGA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-053-335

DEVELOPMENT OF CORN SILK TEA PRODUCT USING MICROWAVE TECHNIQUE IN DRYING PROCESS

PRAVEETIDA KHIEOSA - NGA

A THESIS SUBMITTED IN PATIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

KMITL-2019-AI-M-053-335

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดด้วยการใช้ไมโครเวฟในขั้นตอนการทำแห้ง

DEVELOPMENT OF CORN SILK TEA PRODUCT USING MICROWAVE TECHNIQUE IN DRYING PROCESS

ชื่อนักศึกษา นางสาวปวีณ์ธิดา เขียวสง่า

รหัสประจำตัว 59608007

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.กิตติชัย บรรจง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.กิตติชัย บรรจง	
รศ.ดร.สนธิสุข ธีระชัยชยุติ	
ดร.ระจิตร สุวพานิช	
รศ.ดร.ระติพร มูลสาร	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 10 กรกฎาคม 2562 เวลา 13.00-15.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง D 213 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 18 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2562

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดด้วยการใช้ไมโครเวฟในขั้นตอนการทำแห้ง
ชื่อนักศึกษา	นางสาวปวีณ์ธิดา เขียวสง่า
รหัสประจำตัว	59608007
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่ไหมข้าวโพดหวานที่เหลือทิ้งจากกระบวนการอุตสาหกรรมแปรรูปข้าวโพดหวานกระป๋อง โดยมีการดำเนินงานวิจัยเพื่อศึกษาขั้นตอนในการผลิตชาไหมข้าวโพดที่ผลิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธีคือ ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 1 (corn silk formula 1: CS-F1), ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 2 (corn silk formula 2: CS-F2) และชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 (corn silk formula 3: CS-F3) ตรวจวิเคราะห์คุณภาพของชาไหมข้าวโพดที่ได้ทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ พบว่าผลการวิเคราะห์ทางเคมีของชาไหมข้าวโพดทั้ง 3 แบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมที่คะแนนสูงสุด คือ CS-F3 เมื่อนำวิธีการผลิตชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 มาศึกษาขั้นตอนการทำแห้งในกระบวนการผลิตชาด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3) กับลมร้อน (HA-CS-F3) พบว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟเร็วกว่าลมร้อน และให้ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของชาไหมข้าวโพด MW-CS-F3 ด้านคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์บางประการที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี และกายภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) คุณภาพด้านจุลินทรีย์และคุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนด้านกลิ่นรสที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสผิดปกติเล็กน้อยในเดือนที่ 2 และผิดปกติชัดเจนในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา

Thesis	Development of corn silk tea product using microwave technique in drying process
Student	Miss. Praveetida Khieosa - nga
Student ID.	59608007
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2019
Thesis Advisor	Dr. Kittichai Banjong

ABSTRACT

This research aimed to increase the value of the corn silk which was left over in the canned sweet corn industry. Three different corn silk tea processing methods; corn silk formula 1 (CS-F1), corn silk formula 2 (CS-F2) and corn silk formula 3 (CS-F3) were compared and quality analysis of the tea in terms of both biological and physical properties were performed. The results indicated that there were no significant different in term of the chemical properties of the different tea processing methods ($p>0.05$). According to the sensory evaluation, CS-F3 was chosen in the study of tea drying method using microwave (MW-CS-F3) and hot air oven (HA-CS-F3). The result showed that microwave drying was faster than hot air oven drying and able to preserve chemical properties. MW-CS-F3 was then subjected to the study of the shelf life at the 30 ℃ and 55 ℃ for 3 months. It was shown that the chemical and physical properties were significantly different over time ($p\leq0.05$). In term of microorganisms and some other properties of the product, they were according to the standard. However, there was mild off-flavor when the product was stored at 55°C for 2 months and it was strong off-flavor at 3 months storage.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ทำการวิจัยในหัวข้อเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดด้วยการใช้ไมโครเวฟในขั้นตอนการทำแห้ง สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีทางผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้ความรู้ แนวคิด ข้อเสนอแนะ ความเข้าใจ และการเอาใจใส่ดูแล ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขเนื้อหาสำหรับเล่มวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ ทั้งยังขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สนธิสุข ธีระชัยชยุติ ดร.ระจิตร สุวพานิช และ รศ.ดร.ระติพร มูลสาร ที่ได้ให้เกียรติมาเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำเพิ่มเติมแก้ไขในส่วนที่บกพร่องของงานวิจัยให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือตลอดการทำงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ คุณวุฒินันท์ บรรณกิจ ที่ให้ความช่วยเหลือติดต่อจนได้ไหมข้าวโพดจากโรงงานแปรรูปข้าวโพดกระป๋อง ที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนๆ พี่ๆ ที่คอยให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจ ทางผู้จัดทำมีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดียิ่งจากทุกท่านที่ได้กล่าวมา และขอขอบพระคุณมาในโอกาสนี้

ปวีณ์ธิดา เขียวสง่า

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ขอบเขตงานวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1. ข้าวโพด 5

2.2. ประโยชน์ของไหมข้าวโพด 6

2.3. การต้านอนุมูลอิสระ 7

2.4. การทำแห้ง 8

2.5. ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล 8

2.6. ขั้นตอนการผลิตชาเขียว 9

2.7. อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร 10

2.8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย 14

3.1. อุปกรณ์และสารเคมี 14

3.1.1. วัตถุดิบ 14

3.1.2. อุปกรณ์และเครื่องมือ 14

3.1.3. สารเคมี 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2. วิธีการดำเนินงาน 16
3.2.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 16
3.2.2 การเตรียมวัตถุดิบ 16
3.2.3. การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ 18
3.2.4. ศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีการผลิตชาไหมข้าวโพด 3 วิธี 20
3.2.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี 20
3.2.4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ 22
3.2.4.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ 23
3.2.4.4 การประเมินทางประสาทสัมผัส 23
3.2.5 ศึกษาเปรียบเทียบการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ
กับการทำแห้งด้วยลมร้อน 23
3.2.5.1 การทำแห้งด้วยลมร้อน 24
3.2.5.2 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ 24
3.2.6 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา
ชาไหมข้าวโพดซองพร้อมชง 24
3.2.6.1 วิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ 25
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 26

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 27
4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของไหมข้าวโพดหวาน 27
4.2 ศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีการผลิตชาไหมข้าวโพด 3 วิธี 28
4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี 28
4.2.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ 29
4.2.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ 30
4.2.4 ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส 33
4.3 ศึกษาเปรียบเทียบการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับการทำแห้งด้วยลมร้อน 34
4.3.1. ผลการวิเคราะห์ทางเคมี 34

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.2. ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ 35

4.3.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสี 35

4.3.2.2 ผลวิเคราะห์อัตราการทำแห้ง 37

4.4 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา
ชาไหมข้าวโพดซองพร้อมชง 39

4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี 39

4.4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพกางกายภาพ 41

4.4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ 43

4.4.4 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ 44

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 48

5.1 สรุปผลการวิจัย 48

5.2 ข้อเสนอแนะ 49

บรรณานุกรม 50

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สูตรการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ 55

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์กราฟมาตราฐานกรดแกลลิค 57

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ค่าสี 60

ภาคผนวก ง รูปภาพชาไหมข้าวโพด 63

ภาคผนวก จ การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ 67

ภาคผนวก ฉ แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส 72

ประวัตินักวิจัย 74

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของไหมข้าวโพดหวานอบแห้ง 27

4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้าน
อนุมูลอิสระในน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่าง 29

4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีในน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่าง 30

4.4 ปริมาณ และชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในชาไหมข้าวโพด
ที่เตรียมได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่าง 32

4.5 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในน้ำชาไหมข้าวโพด
ที่เตรียมได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่าง 33

4.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ
ในน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้จากวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน และไมโครเวฟ 35

4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าสีในน้ำชาไหมข้าวโพดจากการทำแห้งด้วยลมร้อน และไมโครเวฟ 36

4.8 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด TPC (µg GAE/ml) ในน้ำชาไหมข้าวโพด
ที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพด ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C
และอุณหภูมิ 55 °C 40

4.9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ % inhibition of DPPH ในน้ำชาไหมข้าวโพด
ที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพด ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C
และอุณหภูมิ 55 °C 41

4.10 ผลการวิเคราะห์ค่าสีในน้ำชาไหมข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C 42

4.11 ผลการวิเคราะห์ค่าสีในชาไหมข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 °C 43

4.12 ปริมาณ และชนิดของจุลินทรีย์ (cfu/g) ในผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพด
ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C และอุณหภูมิ 55 °C 44

4.13 ผลวิเคราะห์คุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์ของชาไหมข้าวโพด
(MW-CS-F3) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C 46

4.14 ผลวิเคราะห์คุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์ของชาไหมข้าวโพด
(MW-CS-F3) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 °C 47

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แสดงส่วนประกอบของลำต้นและดอกข้าวโพด 5
2.2 ส่วนประกอบข้าวโพด 7
2.3 กระบวนการผลิตชาเขียว 10
3.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง 16
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 17
3.3 กระบวนผลิตชาไหมข้าวโพดวิธีการต่างๆ 21
4.1 แสดงค่า a* และ b* ของน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน 31
4.2 ระบบ CIE Lab มองในระนาบ2 มิติ 31
4.3 แสดงค่า a* และ b* ของน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จาก
การทำแห้งด้วยลมร้อน และไมโครเวฟ 37
4.4 แสดงค่าความสัมพันธ์อัตราการทำแห้งของชาไหมข้าวโพดที่
ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน (HA-CS-F3) 38
4.5 แสดงค่าความสัมพันธ์อัตราการทำแห้งของชาไหมข้าวโพด
ที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3) 38

ข 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิคและค่าการดูดกลืนแสง 58
ค 1 ระบบ CIE Lab มองในระนาบ2 มิติ 62
ง 1 ชาไหมข้าวโพดแบบแห้ง (MW-CS-F3) 64
ง 2 ชาไหมข้าวโพด (MW-CS-F3) บรรจุซองพร้อมชง 65
ง 3 น้ำชาไหมข้าวโพด (MW-CS-F3) 65
ง 4 น้ำชาไหมข้าวโพด (CK) 66

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ข้าวโพด เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีการส่งออกผลผลิตจากข้าวโพดรวมมูลค่าสูงถึงกว่า 2,405 ล้านบาท (กรมการค้าต่างประเทศ, 2562) อีกทั้งข้าวโพดยังเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี และพบการปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2556 ประเทศไทยมีพื้นที่ที่ถูกใช้ในการเพาะปลูกข้าวโพดหวานมากถึง 247,136 ไร่ และสามารถสร้างผลผลิตฝักสดของข้าวโพดในปี พ.ศ. 2561 ได้เป็นจำนวนสูงถึง 216,713 เมตริกตัน โดยส่วนใหญ่ข้าวโพดจะถูกนำไปแปรรูปเป็นข้าวโพดปรุงแต่งหรือข้าวโพดกระป๋อง ทำให้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยถูกจัดให้เป็นประเทศที่ส่งออกข้าวโพดหวานกระป๋องเป็นอันดับ 1 ของโลก (สมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป, 2561) และยังคงครองประเทศผู้ส่งออกข้าวโพดหวานกระป๋องอันดับ 1 ของโลกเรื่อยมาจนปัจจุบัน ซึ่งในกระบวนการแปรรูปข้าวโพด พบว่ามีส่วนประกอบอื่นๆ ของข้าวโพด เช่น ซังข้าวโพด เปลือกข้าวโพด และไหมข้าวโพดที่ไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีส่วนประกอบเหล่านี้เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก

ในส่วนของไหมข้าวโพด หรือหนวดข้าวโพดซึ่งคิดสัดส่วนเป็น 2% จากน้ำหนักฝักสดของส่วนประกอบฝักข้าวโพดทั้งหมด จัดเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต พบว่าไหมข้าวโพดประกอบไปด้วยสารอาหารที่มีคุณประโยชน์ในเชิงของสุขภาพอย่างมาก และมีศักยภาพที่จะสามารถนำไปแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าในเชิงพาณิชย์ได้ เนื่องจากมีรายงานที่กล่าวถึงสรรพคุณของไหมข้าวโพดในด้านสุขภาพมากมาย เช่น สามารถลดอาการบวมน้ำจากไตอักเสบ ลดความดันโลหิตสูง อาการเหน็บชา ดีซ่านที่เกิดจากตับอักเสบ ถุงน้ำดีอักเสบ อาเจียนเป็นโลหิต เลือดกำเดาออก และเบาหวาน (วิทิต, 2528) อีกทั้งยังมีรายงานการวิจัยในเชิงทางการแพทย์ต่างๆ อีกมากมายที่กล่าวถึงคุณสมบัติของสารประกอบที่พบในไหมข้าวโพดต่อความสามารถในการป้องกันโรคต่างๆ ทั้งในระดับหลอดทดลอง และสัตว์ทดลอง เช่น พบว่าสารสกัดจากไหมข้าวโพดมีสมบัติในการขับปัสสาวะ (Diuretic) และขับโปแทสเซียม (Kaliuretic) ได้ในสัตว์ทดลอง (Velazquez และคณะ, 2005) ในไหมข้าวโพดยังมีสารประกอบฟีนอลิกสำคัญที่มีคุณสมบัติ

เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น เมซิน ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดโรคสมองเสื่อมได้ (Choi และคณะ, 2014) และสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดในระดับสัตว์ทดลองได้ (Cha และคณะ, 2016) เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อให้ไหมข้าวโพดสดที่มีคุณประโยชน์ แต่เนื่องจากเป็นของสดจึงมีการเสื่อมเสียได้ง่าย ไม่กลายเป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปอีกต่อไป สามารถนำมาบริโภคได้สะดวกมากขึ้น และสามารถจัดเก็บไว้ได้นานขึ้น ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงสนใจนำไหมข้าวโพดสดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดพร้อมชงชนิดซอง โดยนำกระบวนการผลิตชาแบบชาเขียวมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตชาไหมข้าวโพดพร้อมชงนี้ (ดัดแปลงจาก Takeo, 1992; สัณห์, 2535 และธีรพงศ์, 2550) โดยคำนึงถึงการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อคัดเลือกขั้นตอนในกระบวนการผลิตที่เหมาะสมที่สุด พร้อมทั้งทำศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดในระหว่างการจัดเก็บรักษา นอกจากนี้ในขั้นตอนของการอบแห้งชาไหมข้าวโพด ยังได้มีการนำเทคนิคไมโครเวฟเข้ามาใช้เปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนซึ่งเป็นวิธีการทำแห้งที่นิยมใช้ทั่วไปในการผลิตชาและชาสมุนไพรต่างๆ เพื่อการพัฒนาและเป็นแนวทางในกระบวนการผลิตชาต่อไป

จากการสืบค้นรายงานการวิจัย พบว่าการนำไมโครเวฟมาใช้ในการทำแห้งได้รับความสนใจมานานหลายปีจนถึงปัจจุบัน จากรายงานของ Chandrasekaran และคณะ (2013) พบว่ากระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟจะมีอัตราการทำแห้งที่เร็ว และสามารถป้องกันการหดตัวของอาหารหรือวัตถุดิบได้ และจากรายงานของ Wang และคณะ (2018) ได้ทดลองการทำแห้งดอกเก็กฮวย (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) โดยใช้ไมโครเวฟร่วมกับลมร้อนสามารถลดเวลาการทำแห้งได้ถึง 61% เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว อีกทั้งดอกเก็กฮวยแห้งที่ได้ยังมีคุณภาพด้านปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ที่ดี นอกจากนี้ Rabeta และ Vithyia (2013) รายงานว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟสามารถรักษาปริมาณของแอนโธไซยานินในชาใบคนทีเขมา (*Vitex negundo* L.) ได้มากกว่าการทำแห้งด้วยแสงแดด และการทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Chong และ Lim (2012) ที่รายงานว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟไม่มีผลต่อคุณสมบัติของสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารฟีโนลิก กรดแอสคอบิก ในชาสมุนไพรจากพืชสกุลคนที (*Vitex*) และรายงานของ Dong และคณะ (2011) พบว่าชาดอกโต่วต๋ง (*Eucommia ulmoides*) ที่ทำแห้งด้วยวิธีการไมโครเวฟ สามารถรักษาปริมาณของฟลาโวนอยด์ กรดคลอโรเจนิก และกรดเจนิโปซิดิกไว้ได้ โดยไม่มีการสูญเสียของสารประกอบดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งด้วยวิธีการอบด้วย

กระทะ และการอบด้วยตู้อบแบบระบายอากาศ อีกทั้งการทำแห้งด้วยไมโครเวฟยังช่วยรักษารูปร่าง สี กลิ่นความสด และกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ของดอกโต่วต๋งไว้ได้ดีกว่า อีกทั้ง Lee และคณะ (2015) รายงานว่าใบชาที่ถูกทำแห้งด้วยวิธีไมโครเวฟสามารถรักษาเหล่าสารประกอบ Lipophilic ในระหว่างการทำแห้งไว้ได้ ทำให้มีปริมาณสารประกอบสูงกว่าวิธีการทำแห้งแบบอื่น Lin และคณะ (2010) รายงานว่า การทำแห้งชาเขียวด้วยไมโครเวฟ สามารถรักษาคุณค่าทางอาหารไว้ได้มาก ทำให้ชาเขียวที่ได้มีรสขมน้อย เนื่องจากทำให้เกิดกรดฟีนอลอะมิโนต่ำ สามารถรักษาโครงสร้างเซลล์ของใบชาได้ดี และยังเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านของสี รูปร่าง กลิ่น และรส มากกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อนอีกด้วย นอกจากนี้ การทำแห้งชาเขียวด้วยไมโครเวฟยังใช้เวลาน้อยกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อนถึง 90% จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า รายงานการวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคการทำแห้งด้วยไมโครเวฟสามารถช่วยลดระยะเวลา และยังสามารถคงคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพได้ด้วย จึงน่าสนใจในการนำมาศึกษาใช้ในการทำแห้งผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดพร้อมชงชนิดซอง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาถึงขั้นตอนการแปรรูปชาไหมข้าวโพดบรรจุซองตามกระบวนการผลิตชาแบบชาเขียว เพื่อหาขั้นตอนการผลิตชาไหมข้าวโพดที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
2. ศึกษากระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟในขั้นตอนของการทำแห้งในกระบวนการผลิตชา
3. ศึกษาระยะเวลาเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงของชาไหมข้าวโพดที่ได้ทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

การวิจัยนี้มีขอบเขตของการวิจัยคือ การนำไหมข้าวโพดหวานสดที่เหลือทิ้งจากกระบวนทางอุตสาหกรรมมาทำการผลิตเป็นชา โดยประยุกต์ตามขั้นตอนของกระบวนการผลิตชาเขียวด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดพร้อมชงชนิดซอง ทำการพิจาณาเปรียบเทียบถึงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของชาไหมข้าวโพดที่ได้จากวิธีผลิตที่แตกต่างกัน จากนั้นนำมาชงให้เป็นน้ำชาไหมข้าวโพดเพื่อนำมาศึกษาคุณภาพทางด้านเคมีในด้านของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และสารต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ แล้วเลือกวิธีการผลิตชาไหมข้าวโพดที่

เหมาะสมจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่ได้คะแนนมากที่สุด จากนั้นนำวิธีการผลิตชาไหมข้าวโพดที่ได้รับการคัดเลือกมาทำการศึกษาต่อ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของขั้นตอนการอบแห้งในกระบวนการผลิตชาระหว่างการอบลมร้อน และการใช้ไมโครเวฟ เพื่อปรับปรุงพร้อมทั้งพัฒนากระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้น จากนั้นจะทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ เคมี กายภาพ และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์บางประการตามมาตรฐานในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาจากไหมข้าวโพดต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ และช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งได้แก่ไหมข้าวโพด โดยการดัดแปลงใช้เทคนิคไมโครเวฟที่สามารถช่วยลดระยะเวลาและต้นทุนการผลิต

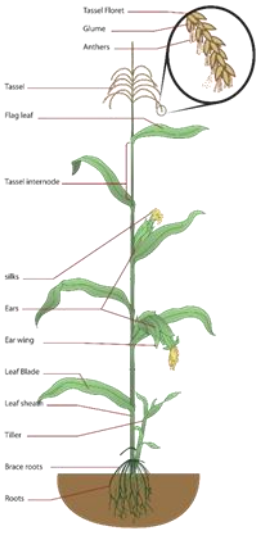
2. ทราบถึงวิธีการและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตชาจากไหมข้าวโพดที่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟินอลิกรวม สารต้านอนุมูลอิสระ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์

3. สามารถประยุกต์ใช้เทคนิคไมโครเวฟ มาช่วยในการผลิตผลิตภัณฑ์จากไหมข้าวโพดที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจจะช่วยลดระยะเวลาในการผลิต หรือให้ผลผลิตที่สูงขึ้น และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดต่อไป

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวโพด

ข้าวโพด อยู่ในวงศ์ Gramineae ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกันกับพืชจำพวกหญ้าและข้าว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* Linn.



ภาพที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของลำต้นและดอกข้าวโพด

ที่มา : Wikipedia (2018)

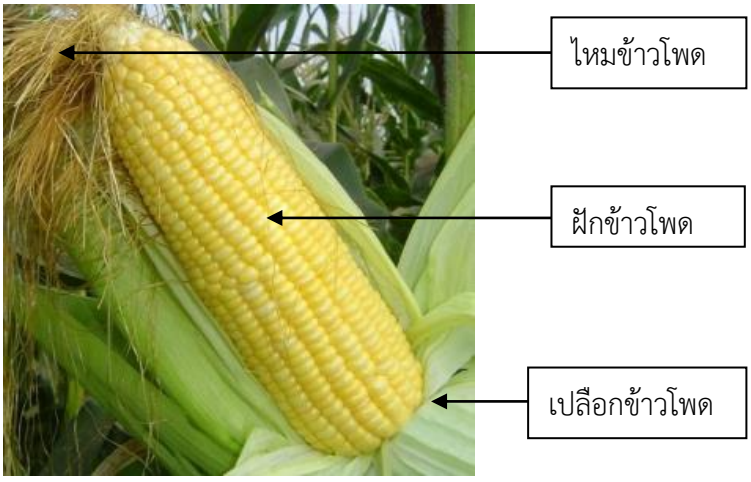
ในปี ค.ศ. 2016-2017 ทั่วโลกมีการบริโภคข้าวโพดเป็นจำนวนสูงกว่า 1,027 ล้านเมตริกตัน โดยประเทศที่มีการบริโภคสูงสุดคือ สหรัฐอเมริกา (USDA, 2017) สำหรับในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2556 พบว่ามีพื้นที่ที่ถูกใช้ในการเพาะปลูกข้าวโพดหวานถึง 247,136 ไร่ และทำให้สามารถสร้างผลผลิตฝักสดของข้าวโพดในปี พ.ศ. 2561 ได้เป็นจำนวนสูงถึง 216,713 เมตริกตัน ซึ่งผลผลิตฝักข้าวโพดดังกล่าว ส่วนใหญ่จะถูกนำไปแปรรูปเป็นข้าวโพดปรุงแต่งหรือข้าวโพดกระป๋องมากถึง 167,011 ตัน ด้วยเหตุนี้ผลผลิตข้าวโพดหวานของไทยจึงนับเป็นสินค้าแปรรูปทางการเกษตรที่สำคัญ

เนื่องจากผลผลิตฝักข้าวโพดจะถูกส่งแปรรูปเป็นข้าวโพดกระป๋องเป็นหลัก จึงทำให้จะมีเศษวัสดุจากส่วนประกอบของข้าวโพดเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ได้แก่ ซัง เปลือกข้าวโพด

และเส้นไหม โดยส่วนประกอบดังกล่าวซังข้าวโพดสามารถแปรรูปไปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง (อดิศร และวราคม, 2557) นำไปย่อยสลายแล้วหมักเพื่อผลิตเอทานอล (วรลักษณ์, 2556) หรือนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตสารให้ความหวานไซลิทอล (พิลาวรรณ, 2543) เปลือกข้าวโพดมีการพัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์กระดาษ (นุทิศ, 2553) สำหรับไหมข้าวโพดนั้น มีการศึกษาเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่างๆ (ฟารียา และคณะ, 2558)

2.2 ประโยชน์ของไหมข้าวโพด (corn silk)

จากรายงานวิจัยก่อนหน้านี้มีการกล่าวอ้างถึงสรรพคุณจากไหมข้าวโพดในเชิงสุขภาพมากมาย ได้แก่ ไหมข้าวโพดสามารถลดอาการบวมน้ำเนื่องจากไตอักเสบ เหน็บชา ดีซ่านที่เกิดจากตับอักเสบ ความดันโลหิตสูง ถุงน้ำดีอักเสบ โรคเบาหวาน อาเจียนเป็นโลหิต และเลือดกำเดาออก (วิทิต, 2528) อีกทั้งยังพบรายงานความสามารถของสารสกัดจากไหมข้าวโพด ทั้งในระดับหลอดทดลอง และในระดับสัตว์ทดลอง พบว่าสารสกัดจากไหมข้าวโพดมีสมบัติในการขับปัสสาวะ (diuretic) และขับโปแทสเซียม (kaliuretic) ได้ในสัตว์ทดลอง (Velazquez และคณะ, 2005) อีกทั้งยังมีรายงานการวิจัยพบว่าสารสกัดจากไหมข้าวโพดมีสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มฟลาโวนอยด์ในปริมาณที่สูงโดยสารสำคัญที่พบในไหมดังกล่าว คือ เมซิน (maysin) ซึ่งสารดังกล่าวมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (ทัดดาว, 2557) สามารถป้องกันการเกิดโรคสมองเสื่อมได้ เป็นต้น (Choi และคณะ, 2014) ทั้งยังสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดในระดับสัตว์ทดลองได้ เมื่อให้สารสกัดจากไหมข้าวโพดที่ประกอบด้วยเมซินปริมาณ 2,783.54 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมแก่สัตว์ทดลองทุกวันขนาด 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ (Cha และคณะ, 2016) อีกทั้งยังมีรายงานการวิจัยที่กล่าวอ้างถึงสมบัติของสารประกอบประเภทสารแอนโทไซยานินที่พบได้ในไหมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง ซึ่งมีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระได้ในระดับสูง ช่วยลดอาการเกิดมะเร็งชนิดเนื้องอก เสริมความคุ้มกันของร่างกาย ต่อต้านเชื้อโรค สมานแผล เพิ่มการทำงานของเม็ดเลือดแดง ชะลอการเกิดไขมันอุดตันในหลอดเลือด ลดภาวะการเป็นโรคหัวใจ ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลและชะลอความแก่ได้ (Zhu, 2018) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยที่กล่าวถึงคุณสมบัติของไหมข้าวโพดต่างๆ อีกมากมาย ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจที่จะนำไหมข้าวโพดมาต่อยอด เพื่อเพิ่มมูลค่าและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากไหมข้าวโพดในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป



ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบข้าวโพด

ที่มา : เกษตรพอเพียง (2562)

2.3 การต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) คือ สารเคมีที่มีความสามารถในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของเซลล์ซึ่งเป็นอันตรายกับเซลล์ โดยอนุมูลอิสระจะสามารถทำลาย DNA โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เมื่ออยู่ในภาวะปกติ ในเซลล์จะมีการรักษาสมดุลระหว่างอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ ทำให้เซลล์สามารถทำงานได้เป็นปกติ หากปริมาณอนุมูลอิสระมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระ จะทำให้เซลล์อยู่ในสภาวะเครียดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative stress) ซึ่งทำให้เซลล์เกิดความเสียหายเนื่องจากการแลกเปลี่ยนอิเล็คตรอนของอนุมูลอิสระกับสารเคมีสำคัญ ทั้งนี้การวิจัยในปัจจุบันพบว่า สภาวะเครียดออกซิเดชันเป็นสาเหตุสำคัญของโรคต่างๆ เช่น อัลไซเมอร์ พาร์กินสัน โรคมะเร็ง เป็นต้น (Badarinath และคณะ, 2010) การรับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระน้อยก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดสภาวะเครียดออกซิเดชันได้ ในปัจจุบันจึงมีอาหารเสริมหลายชนิดที่โฆษณาสรรพคุณการต้านอนุมูลอิสระ และทำให้สุขภาพดี ซึ่งการวัดสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสามารถทำได้โดยใช้สารเคมีตรวจวัด โดยวิธีการตรวจวัดทางเคมีที่นิยมกันโดยทั่วไป คือ ใช้ 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate (DPPH) (Garcia และคณะ, 2012) ซึ่งเป็นวิธีการตรวจวัดที่สะดวก รวดเร็ว ง่ายต่อการวิเคราะห์ ทั้งยังให้ความถูกต้องและแม่นยำสูง การตรวจวัดจะใช้หลักการการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 515 – 517 นาโนเมตร โดย

สารเคมี DPPH นี้เป็นสารละลายที่มีสีม่วง เมื่อเกิดการทำปฏิกิริยากับสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสีของสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ดังนั้นหากสารตัวอย่างที่ทดสอบมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงความเข้มของสารละลายสีม่วงที่วัดได้ก็จะจางลง

2.4 การทำแห้ง (drying)

การทำแห้ง (drying) เป็นหนึ่งในกระบวนการแปรรูปทางอาหารโดยการลดความชื้น (moisture) ของอาหารด้วยการระเหยน้ำออกไปจากอาหาร ปัจจัยที่สำคัญที่ใช้ในการทำแห้ง คือการให้พลังงานกับอาหาร เพื่อเร่งให้น้ำในอาหารระเหยออก แต่เนื่องจากในอดีตการทำแห้งอาหารจะทำด้วยการใช้พลังงานธรรมชาติจากแสงอาทิตย์ที่อาจต้องใช้เวลานาน และมีความไม่แน่นอน ดังนั้นเพื่อการทำแห้งที่สามารถควบคุมได้ และมีความรวดเร็วขึ้น จึงเกิดการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทำแห้งขึ้นมาอย่างหลากหลายในปัจจุบัน เช่น เครื่องอบลมร้อน เป็นต้น โดยอัตราการทำแห้งของอาหารย่อมขึ้นกับความสามารถในการให้พลังงานของเครื่อง และการถ่ายเทความร้อนที่ช่วยในการระเหยของน้ำออกจากอาหาร (สุคนธ์ชื่น, 2539) ทั้งนี้การทำแห้งอาหารก็เพื่อช่วยถนอมอาหารให้มีความคงตัวและสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น ช่วยลดน้ำหนักของอาหาร และลดต้นทุนในการขนส่งอาหารได้

2.5 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล

การเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูป และการเก็บรักษาอาหาร ที่พบในผลิตภัณฑ์อาหารมากมายหลายชนิด ซึ่งแบ่งการเกิดปฏิกิริยาได้ 2 ชนิด คือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอมไซม์ (enzymatic browning reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอมไซม์ (nonenzymatic browning reaction) ซึ่งประกอบได้ด้วย ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) กับการเกิดคาราเมไลเซชัน (caramelization) โดยการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลนี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดสี และกลิ่นขึ้น ซึ่งมีทั้งผลดี และผลเสียต่อคุณภาพของอาหารขึ้นอยู่กับอาหารแต่ละประเภท (นิธิยา, 2557)

2.6 ขั้นตอนการผลิตชาเขียว (ดัดแปลงจาก Takeo, 1992; สัณห์, 2535 และธีรพงศ์, 2550)

2.6.1 ยอดชาสด (fresh leaves)

ชาที่มีคุณภาพเริ่มตั้งแต่วิธีการเก็บเกี่ยวยอดชาที่ถูกต้อง อายุที่เก็บจะต้องมีความพอดีไม่อ่อนเกินไปหรือแก่เกินไป ทั้งยังต้องเก็บสด และขณะเก็บจะต้องไม่ถูกอัดแน่นในภาชนะจนเกิดความเสียหาย และต้องลำเลียงมาอย่างรวดเร็ว เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการทำชา

2.6.2 การผึ่ง (withering)

ยอดชาสดหลังการจากเก็บเกี่ยวจะถูกนำมาผึ่งแห้ง ซึ่งการผึ่งแห้งมี 2 วิธี คือ การผึ่งแบบธรรมชาติ (natural withering) และการผึ่งด้วยเครื่องจักร (artificial withering) โดยการผึ่งชานี้เป็นขั้นตอนเพื่อให้ความร้อนช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอมไซม์ต่างๆ ก่อให้เกิดกระบวนการหมักอย่างอ่อน กระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ทั้งยังลดปริมาณความชื้นของใบชา และช่วยประหยัดพลังงานในขั้นตอนการอบแห้ง

2.6.3 การคั่ว (panning)

นำใบชามาคั่วด้วยกระทะร้อน หรือเครื่องคั่ว กระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของใบชา ทำให้เกิดสี และกลิ่น ทั้งยังหยุดการทำงานของปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ หรือหยุดการหมัก ขั้นตอนนี้จะช่วยให้ใบชาเหี่ยว อ่อนนุ่มมากขึ้น ทำให้ใบชาม้วนตัวได้สวยงาม ง่ายต่อการทำในขั้นตอนต่อไป

2.6.4 การนวด (rolling)

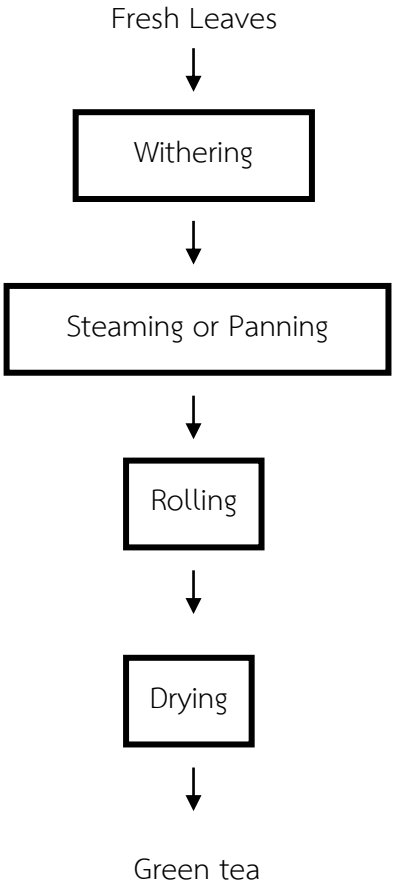
ขั้นตอนนี้เป็นการบด อัด ขยี้ เพื่อให้ใบชาช้ำ เซลล์ใบแตก เพื่อปลดปล่อยสารประกอบต่างๆ ภายในออกมาทั้งยังช่วยให้ใบชาม้วนตัวแน่นสวยงาม นอกจากนี้ยังกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอมไซม์ของใบชาด้วย

2.6.5 การอบแห้ง (drying)

เป็นการให้ความร้อนเพื่อหยุดปฏิกิริยาทางเคมีขั้นสุดท้ายของสารประกอบต่างๆ และไล่ความชื้นที่เหลือออกจนแห้ง รอการเก็บรักษาต่อไป

2.6.6 การคัดบรรจุ (sorting and packaging)

ชาแห้งจะถูกนำมาคัดแยก เพื่อแยกส่วนของก้าน ยอด และใบแก่ออกจากกัน เพื่อแบ่งชาออกเป็นเกรดต่างๆ แล้วอบแห้งรอบสุดท้าย (redrying) ลดความชื้นเพื่อการเก็บรักษา ก่อนทำการบรรจุหีบห่อ



ภาพที่ 2.3 กระบวนการผลิตชาเขียว

ที่มา : สัณห์ (2535)

2.7 อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ถือว่าเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากต่อการเก็บรักษา และคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยการประเมินอายุการเก็บรักษาจะต้องมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงกลไกต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิด องค์ประกอบ กระบวนการแปรรูป ประเภทบรรจุภัณฑ์ และสภาวะในการเก็บรักษาอาหารแต่ละชนิด และทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ทางจุลินทรีย์ เคมี และกายภาพ เพื่อตั้งค่าอายุ และประเมินอายุในการเก็บรักษา การประเมินอายุในการเก็บรักษามี 2 วิธี คือ การทดสอบในสภาวะปกติ กับการทดสอบในสภาวะเร่ง ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ คือสภาวะเร่ง โดยการใช้อุณหภูมิสูงที่ 55 องศาเซลเซียสเป็นตัวเร่ง เนื่องจาก

สะดวก และสามารถลดระยะเวลาได้มากกว่าสภาวะปกติ การเร่งการเก็บอายุผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้ Q10 หรือ Temperature Quotient คือ ตัวแปรที่ใช้แสดงผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิกปฏิกิริยา เมื่ออุณหภูมิต่างกัน 10 องศาเซลเซียส (ประมวล, 2561)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากประโยชน์ของไหมข้าวโพดที่รายงานไปก่อนหน้านี้ ยังพบรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ อีกมากมายที่กล่าวอ้างถึงความสามารถของสารสกัดไหมข้าวโพดที่มีสมบัติในการส่งเสริมสุขภาพ ช่วยลดปัญหาที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ รายงานของ Choi และคณะ (2014) ได้ทำการแยกสาร maysin ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่สำคัญของไหมข้าวโพดจากการสกัดด้วยเมทิลแอลกอฮอล์ พบว่าสารดังกล่าวมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากสภาวะเครียดออกซิเดชั่นในเซลล์สมองมนุษย์ (SK-N-MC) ทำให้สารสกัดดังกล่าวมีความสามารถในการป้องกันโรคความเสื่อมของเซลล์ประสาท อีกทั้งรายงานของ Lee และคณะ (2014) ยังพบรายงานว่า สาร maysin ที่สกัดได้จากไหมข้าวโพดสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากได้ โดยสามารถเหนี่ยวนำให้เซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากเกิดการตายของเซลล์ (apoptotic cell death) จากรายงานของ Cha และคณะ (2016) พบว่าหนูที่ได้รับอาหารไขมันสูงร่วมกับสารสกัดไหมข้าวโพด จะมีน้ำหนักตัวน้อยกว่าหนูที่ได้รับเพียงอาหารไขมันสูง นอกจากนี้เมื่อนำตัวอย่างเลือดไปตรวจสอบ พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงร่วมกับสารสกัดไหมข้าวโพดมีระดับคลอเลสเตอรอล และไขมันในเลือดน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียว โดยสารสกัดไหมข้าวโพดลดการแสดงออกของยีน adiponectin และยีน lectin ซึ่งเป็นยีนที่กระตุ้นให้ร่างกายเก็บสะสมไขมัน ในทางกลับกันสารสกัดจากไหมข้าวโพดยังเพิ่มการแสดงออกของยีน cholesterol acyltransferase (ACAT) ยีน farnesoid X receptor (FXR) และเอนไซม์ 3-hydroxy-3-methyl-glutaryl-coenzyme A (HMG-CoA) reductase ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาผลาญคลอเลสเตอรอลในตับ ทำให้สารสกัดไหมข้าวโพดมีสมบัติในการควบคุมระดับคลอเลสเตอรอลในเลือด ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจได้ ทั้งนี้งานวิจัยโดย Lee และคณะ (2017) ยังพบว่าสารสกัดเมซินความเข้มข้น 93% ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการสกัดไหมข้าวโพดโดยใช้เมธิลแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย มีคุณสมบัติต่อต้านการเกิดโรคอ้วน (obesity) โดยลดการแสดงออกของยีน C/EBP-b, C/EBP-a, PPAR-g, และ aP2 ในเซลล์เริ่มต้นของเซลล์ไขมัน (preadipocyte) 3T3-L1 ที่เกี่ยวข้องกับการสะสมไขมันและ

การเจริญไปเป็นเซลล์ไขมันที่สมบูรณ์ นอกจากนี้สารสกัดเมซินยังเหนี่ยวนำให้เกิดการตายของเซลล์เริ่มต้นของเซลล์ไขมัน นำไปสู่การลดการสะสมของเนื้อเยื่อไขมัน นอกจากนี้ Lee และคณะ (2017) ยังได้ทดลองให้สารสกัดเมซินจากไหมข้าวโพดแก่หนูที่ได้รับอาหารไขมันสูง พบว่ามีอัตราการเพิ่มของน้ำหนักตัวน้อยกว่าหนูที่ได้รับเพียงอาหารไขมันสูง เมื่อนำเลือดของหนูกลุ่มที่ได้รับเมซินไปตรวจสอบ พบว่ามีปริมาณของกลูโคสในเลือด ปริมาณคลอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และ low density lipoprotein (LDL) น้อยกว่าหนูที่ได้รับอาหารไขมันสูงเพียงอย่างเดียว จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถยืนยันถึงคุณสมบัติในการลดการสะสมของไขมันและต้านโรคอ้วนของสารสกัดเมซินจากไหมข้าวโพดได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ยังมีรายงานสารสกัดไหมข้าวโพดในเอทิลแอลกอฮอล์ยังสามารถใช้บรรเทาอาการอ่อนเพลีย (fatigue) ได้ เมื่อทำการทดลองในหนู โดยสารสกัดไหมข้าวโพดยับยั้งการสร้างกรดแลคติกในกระแสเลือดและเพิ่มปริมาณไกลโคเจนในตับระหว่างออกกำลังกาย รวมทั้งสามารถชะลอการสร้างไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen formation) หลังการออกกำลังกาย (Zhao และคณะ, 2017) จึงมีการนำสารสกัดจากไหมข้าวโพดมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมในหลากหลายรูปแบบ เช่น ไหมข้าวโพดบดละเอียดบรรจุแคปซูล และสารสกัดไหมข้าวโพดเข้มข้น เป็นต้น

นอกจากนี้กระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนที่ใช้วิธีการที่แตกต่างกัน ก็สามารถส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้แตกต่างกัน Chandrasekaran และคณะ (2013) พบว่ากระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟจะมีอัตราการทำแห้งที่เร็ว และสามารถป้องกันการหดตัวของอาหารหรือวัตถุดิบได้ งานวิจัยของ Zhang และคณะ (2006) พบว่าการทำแห้งด้วยวิธีสุญญากาศสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ สามารถรักษาคุณลักษณะด้านสี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ได้ ทั้งนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้วิธีการให้ความร้อนวิธีการต่างๆ คือ วิธีการพาความร้อน, การใช้รังสี หรือการใช้คลื่นไมโครเวฟ ร่วมกันกับการทำแห้งด้วยสุญญากาศนี้ เพื่อปรับปรุงให้ประสิทธิภาพความร้อนดีขึ้น

รายงานของ Therdthai และ Zhou (2009) ทำการศึกษาการทำแห้งใบสะระแหน่ (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen) ด้วยวิธีการไมโครเวฟสุญญากาศกับวิธีการลมร้อน พบว่าการใช้ไมโครเวฟสุญญากาศสามารถลดเวลาในการทำแห้งได้เร็วกว่า 85-90% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ลมร้อน ทั้งยังทำให้ค่าสีของใบสะระแหน่ดีกว่า มีโครงสร้างมีความเป็นรูพรุนมากกว่า มีค่าการดูดน้ำกลับดีกว่า และความต่างของการเพิ่มอุณหภูมิในการทำแห้งด้วยลมร้อน จาก 60°C เป็น 70°C ไม่ส่งผลต่ออัตราการทำแห้งของใบสะระแหน่

จากรายงานวิจัยเหล่านี้ จะเห็นได้ว่าการทำแห้งไหมข้าวโพดมีประโยชน์อย่างมาก และความแตกต่างของวิธีการแปรรูปด้วยความร้อนส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงช่วยเติมเต็มและต่อยอดสร้างเป็นมูลค่าเพิ่มในการนำวัสดุเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์ และใช้วิธีการแปรรูปที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ แต่ทั้งนี้ยังต้องทำการศึกษาการทดลองให้ได้ขั้นตอนที่เหมาะสมในการผลิตชาจากไหมข้าวโพดเพื่อให้มี สี กลิ่นรสที่ดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคสามารถนำข้อมูลนี้ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากไหมข้าวโพดต่างๆ ต่อไปในเชิงอุตสาหกรรม

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ไหมข้าวโพดหวาน สายพันธุ์ *Zea may* Linn. “Hi-brix 54” อายุ 2.5 เดือน จากโรงงานแปรรูปข้าวโพดกระป๋อง จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย ทำการเก็บไว้ที่ตู้แช่แข็งจนกว่าจะนำไปใช้การทดลอง

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Memmert (UM 400), Germany
- เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง Ohuaus (ARC 120), USA
- เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง Sartorius (ENTRIS224i-1S), Germany
- เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer Shimadzu (UV-1800), Japan
- เครื่องวัดสี Hunter Lab Colorquest XE, USA
- ตู้อบไมโครเวฟ (Microwave oven) Samsung (MG23H3125NK), Malaysia
- เครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ Aqua lab (4TE), USA
- เตาเผา (Muffle furnace) Nabertherm (LT 40), Germany
- ชุดวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet) Soxtherm (SOX 416), Germany
- ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl apparatus) Gerhardt, Germany
- ชุดวิเคราะห์ใยหยาบ (Fiber extraction) Foss (Fibertec 1020), Sweden
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 4°C Hitachi (R-T230W), Thailand
- ตู้ควบคุมอุณหภูมิ – 20°C Natural (NFT-4208), Thailand
- ตู้บ่ม (Incubator) Memmert (IN 260), Germany
- เครื่อง Vortex mixer Scientific Industries (Genie 2), USA
- เตาไฟฟ้า (hot plate) Lab Tech (LMS-100), Korea
- เครื่องซิลปิดปากถุง Impulse sealer (PFS-400), Thailand
- ชุดอุปกรณ์เพาะเลี้ยงเชื้อ

- อุปกรณ์สำหรับเตรียมไหมข้าวโพด (กะละมัง, ตะกร้า, ถาดอะลูมิเนียม, มีด, เขียง, กระชอน)
- อุปกรณ์สำหรับทำชาไหมข้าวโพด (หม้อนึ่ง, กระทะ, ไม้กวน, ถาดอะลูมิเนียม)
- กระดาษกรองเบอร์ 1 และ 4
- กระป๋องอลูมิเนียม (Aluminum can)
- โถดูดความชื้น (Desiccator)
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- เครื่องแก้ว (บีกเกอร์, ปิเปต, กระบอกตวง, แท่งแก้วคนสาร, ขวดปรับปริมาตร, กรวยแก้ว, ขวดรูปชมพู่)
- ช้อนตักสาร (spatula)
- กระบอกน้ำกลั่น
- ไมโครปิเปต (Micropipette)
- ถ้วยชิม และอุปกรณ์ชงชา
- ซองซิปล็อค และถุงชา

3.1.3 สารเคมี

- กรดซัลฟูริค (Sulfuric acid)
- กรดบอริก (Boric acid)
- กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
- กรดอะซิติก ($C_2H_4O_2$)
- คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- ปิโตรเลียม อีเทอร์ (Petroleum ether)
- โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)
- โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2SO_4)
- เมทิลเรด (Methyl red indicator)
- เมทิลีนบลู (Methylene blue indicator)
- สารป้องกันการเกิดโฟม (Antifoaming agent)
- เอทิลแอลกฮออล์ 95% (Ethyl alcohol 95%)
- อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการตรวจเชื้อจุลินทรีย์

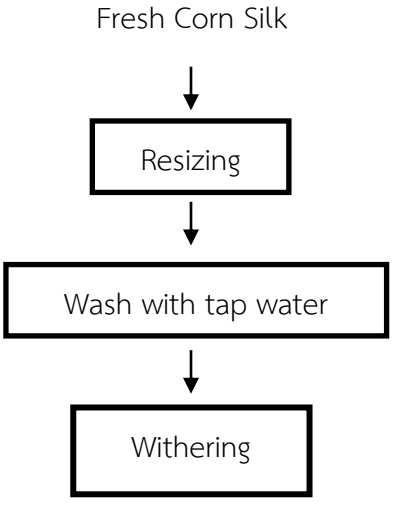
3.2 วิธีการดำเนินงาน

3.2.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

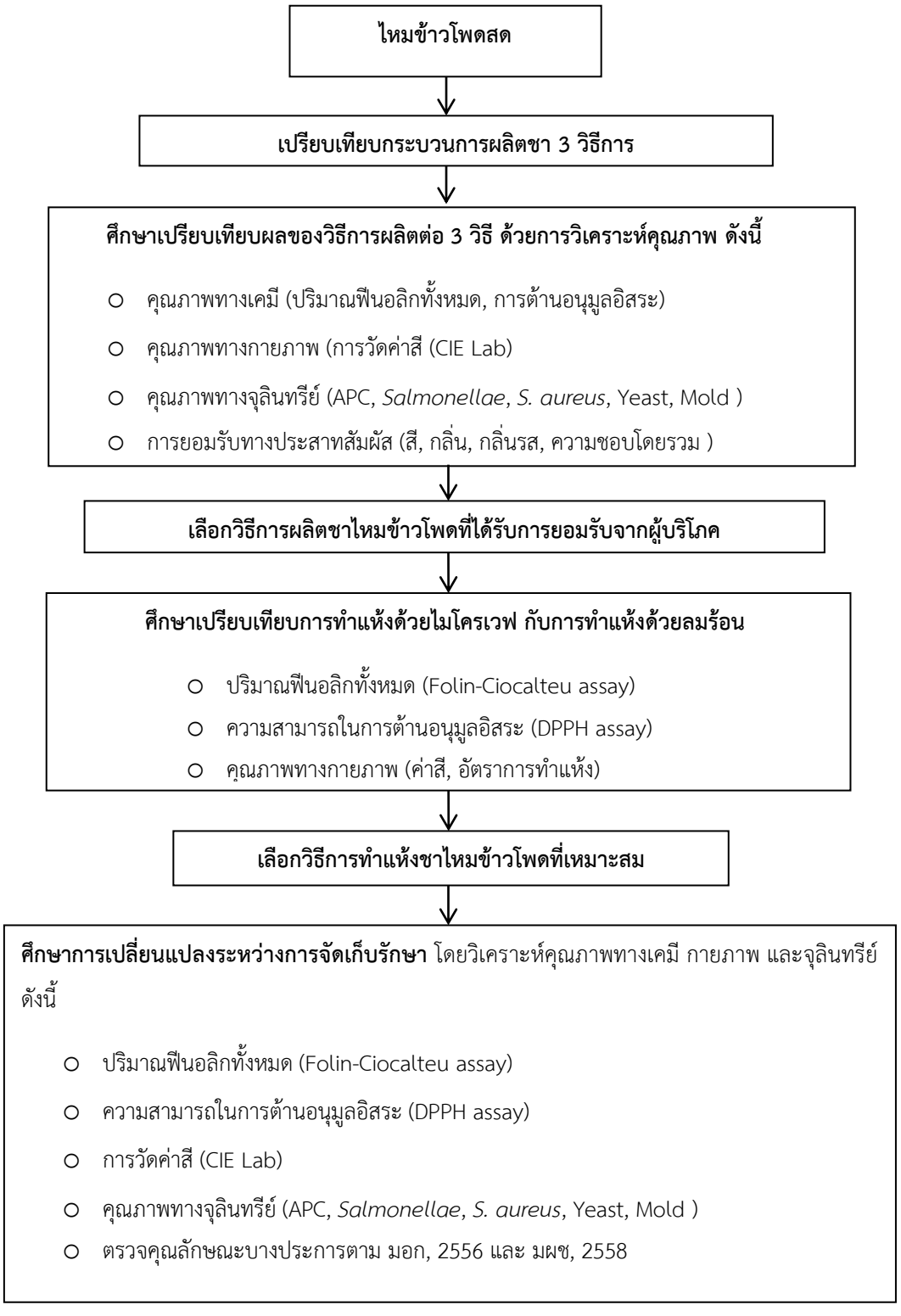
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดจากไหมข้าวโพดหวานเหลือทิ้ง ได้มีการวางแผนขั้นตอนการทดลองดำเนินงานวิจัยดังแสดงในภาพที่ 3.2

3.2.2 การเตรียมวัตถุดิบ

นำไหมข้าวโพดสดที่เหลือทิ้งจากกระบวนการอุตสาหกรรมมาบรรจุใส่ถุง เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสตลอดการทดลอง ก่อนการทดลองจะทำการหั่นเพื่อลดขนาดของเส้นไหม (resizing) ลงให้มีขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร จากนั้นล้างทำความสะอาด และผึ่งเพื่อสะเด็ดน้ำให้แห้ง (withering) (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.3 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (AOAC, 2000)

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบหลักในตัวอย่าง ซึ่งประกอบไปด้วย ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน และใยอาหาร โดยจะนำไหมสดที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างแล้ว ตามข้อที่ 3.2.2 มาทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน (hot-air dryer) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีความชื้นน้อยกว่า 10 % ก่อนการนำไปวิเคราะห์หาปริมาณต่างๆ ดังนี้

- การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

นำถ้วยอะลูมิเนียมไปอบเพื่อไล่ความชื้นออกที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ นำออกจากตู้อบใส่ลงในโถดูดความชื้น รอจนเย็น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง) จากนั้นนำตัวอย่างไหมที่บดแล้วใส่ลงถ้วยอะลูมิเนียม 3-5 กรัม บันทึกค่าน้ำหนักเริ่มต้น นำอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะนิ่ง โดยเปิดฝาถ้วยอะลูมิเนียมไว้ เมื่ออบเสร็จแล้วนำกลับไปใส่ไว้ในโถดูดความชื้น รอจนเย็น และชั่งน้ำหนักแห้งที่แน่นอนอีกครั้ง (4 ตำแหน่ง)

- การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

นำถ้วยกระเบื้องที่แห้ง สะอาดไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากเตาเผาใส่ลงในโถดูดความชื้น รอให้เย็น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง) ชั่งตัวอย่างไหมที่บดแล้ว 3-5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง จากนั้นนำไปเผาบน hot plate ในตู้ดูดควันจนควันหมด และนำกลับเตาเผาเหมือนเดิมอีกครั้ง เป็นเวลา 8 – 10 ชั่วโมง หรือจนตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีออกขาวหรือเทา รอจนอุณหภูมิเย็นลงนำกลับไปใส่ไว้ในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอนอีกครั้ง (4 ตำแหน่ง)

- การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

นำบิกเกอร์ไขมันกับ boiling chip ไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบไปใส่ลงในโถดูดความชื้น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง) ชั่งตัวอย่างไหมที่บดแล้วจำนวน 3 - 5 กรัมที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้ว ห่อด้วยกระดาษกรองใส่ในทิมเบิล ใส่ตัวทำละลาย

ปิโตรเลียมจำนวน 140 มิลลิลิตรลงในบิกเกอร์ไขมัน ทำการต่อบิกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน โดยทำตามโปรแกรมการสกัดไขมันของเครื่อง เมื่อครบเวลาถ้าพบว่ามีสารละลายเหลืออยู่ในบิกเกอร์ให้นำไปตั้งต่อบน hot plate เพื่อระเหยสารที่เหลืออยู่ออกก่อน จากนั้นนำบิกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำบิกเกอร์ไขมันใส่ลงในโถดูดความชื้น รอให้เย็น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอนอีกครั้ง (4 ตำแหน่ง)

- การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร

นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้วจำนวน 1 กรัม ใส่ในถ้วยชนิดที่ทนไฟได้ แล้วนำไปต่อกับเครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร เติมกรดซัลฟูริกที่อุ่นๆ ความเข้มข้น 0.255 N จำนวน 150 มิลลิลิตร และเติม n-Octanol 2-3 หยด เพื่อป้องกันฟองล้นขณะเดือด โดยให้ความร้อนจนเดือด แล้วลดความร้อนลง จากนั้นต้มต่อไปอีก 30 นาที แล้วกรองเอากรดออกจนแห้ง ทำการล้างกากด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 30 มิลลิลิตร และเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุ่นๆ ความเข้มข้น 0.313 N จำนวน 150 มิลลิลิตร เติม n-Octanol 2-3 หยด แล้วให้ความร้อนอีกจนเดือด โดยทำซ้ำตามเดิมเช่นเดียวกับกรดซัลฟูริก แล้วทำการล้างกากด้วยน้ำกลั่นร้อนแล้วกรองจนแห้ง แล้วเติมอะซิโตน 25 มิลลิลิตรเพื่อล้างกาก หลังจากกรองจนแห้ง นำถ้วยไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ลงในโถดูดความชื้น รอให้เย็น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน นำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ลงในโถดูดความชื้น รอให้เย็น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง)

- การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

นำตัวอย่างไหมที่บดแล้วจำนวน 1 กรัม ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน โดยระวังไม่ให้ตัวอย่างเปื้อนข้างขวดขณะใส่หลอดย่อย เติมตัวเร่งจำนวน 10 กรัม กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 2 – 3 ลูก นำหลอดย่อยโปรตีนวางลงแลค แล้วนำไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย โดยใช้อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส ทำการย่อยจนได้สารละลายใส หรือฟ้าใส พักจนเย็น และนำหลอดไปต่อกับเครื่องกลั่นโปรตีน เติมกรดบอริกเข้มข้น 2% จำนวน 60 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วหยดอินดิเคเตอร์เมทธิลกรีน และเมทธิลเรดอย่างละ 1 หยดจนได้สารละลายสีชมพูม่วง จากนั้นนำขวดรูปชมพู่วางลงในเครื่องกลั่น และต่อสายเข้ากับตัวเครื่อง ในขณะกลั่นสารละลายในหลอดย่อยโปรตีนจะเปลี่ยนเป็นสี

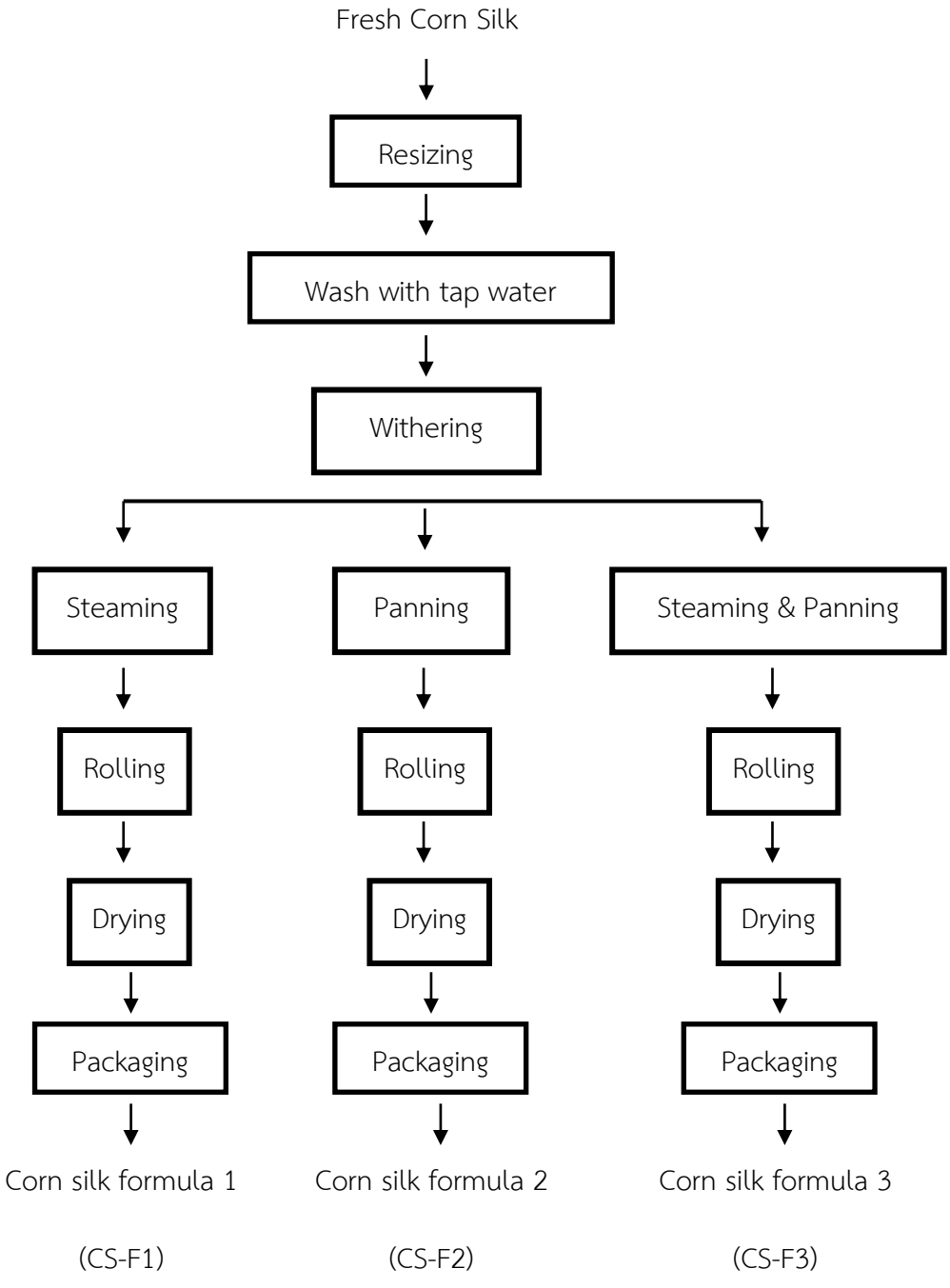
ดำ โดยเมื่อกลั่นเสร็จนำสารละลายสีเขียวที่ได้มาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N จนเปลี่ยนเป็นสีชมพูม่วง จดบันทึกปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ จากนั้นนำค่าที่คำนวนได้มาใช้หาปริมาณโปรตีน

3.2.4 ศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีการผลิตชาไหมข้าวโพด 3 วิธี

นำตัวอย่างไหมข้าวโพดสดที่เตรียมเรียบร้อยแล้วตามหัวข้อที่ 3.2.2 มาเข้าสู่ขั้นตอนการผลิตชาไหมข้าวโพดตามขั้นตอนของกระบวนการผลิตชาเขียวแบบต่างๆ 3 วิธีการ คือ ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 1 (corn silk formula 1: CS-F1) เป็นชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที, ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 2 (corn silk formula 2: CS-F2) เป็นชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการคั่วที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 (corn silk formula 3: CS-F3) เป็นชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และวิธีการคั่วที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที (ภาพที่ 3.3) โดยขั้นตอนของการทำแห้งชาไหมข้าวโพดนี้จะใช้ตู้อบลมร้อน (hot-air dryer) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีปริมาณความชื้นไม่เกิน 8 % (wb) จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพของชาไหมข้าวโพดที่ได้ทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ แล้วทำการประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อเลือกขั้นตอนการผลิตชาไหมข้าวโพดที่เหมาะสมที่สุดไปทำการทดลองในหัวข้อต่อไป

3.2.4.1. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จะทำโดยการนำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากการทดลองข้างต้นมาชงเป็นน้ำชาไหมข้าวโพด โดยเตรียมน้ำชาตามข้อ 3.2.4.4 จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวม และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์น้ำชาไหมข้าวโพด



ภาพที่ 3.3 กระบวนผลิตชาไหมข้าวโพดวิธีการต่างๆ
โดยการใช้เครื่องอบลมร้อนในขั้นตอนการทำแห้ง
ที่มา : ดัดแปลงจาก Takeo, 1992; สัณห์, 2535; ธีรพงศ์, 2550)

3.2.4.1.1 วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content: TPC) (ดัดแปลงจาก Uthai และคณะ, 2018)

นำตัวอย่างน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมเรียบร้อยแล้ว ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดทดลอง เติม 10% Folin-Ciocalteu's reagent ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และเติม 7.5% โซเดียมคาร์บอเนต ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเขย่าผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที และนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometry ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้ตัวควบคุม (blank control) เป็นน้ำกลั่น นำค่าที่วัดได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานแกลลิคแอซิคเป็นตัวอ้างอิง ซึ่งผลที่ได้จะแสดงหน่วยเป็นไมโครกรัมแกลลิคแอซิคสมมูลย์ต่อมิลลิลิตรสารสกัด (µg GAE/ ml extract)

3.2.4.1.2 วิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (ดัดแปลงจาก Sarepoua และคณะ, 2015)

ปิเปตสารละลาย DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ความเข้มข้น 0.1 mM ในเมทานอล 2.9 มิลลิลิตร และเติมตัวอย่างน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมเรียบร้อยแล้ว ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากันแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตรที่ 0 นาที จากนั้นทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงอีกครั้ง คำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเป็นร้อยละของการยับยั้ง (% inhibition) ดังสมการที่ 3.1 โดยกำหนดให้ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ที่เวลา 0 นาที และ A_{30} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ที่เวลา 30 นาที

$$\% \text{ inhibition} = \frac{A_0 - A_{30}}{A_0} \times 100 \qquad (3.1)$$

3.2.4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพจะทำการวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่องวัด Hunter lab ในตัวอย่างน้ำชาที่เตรียมเรียบร้อยแล้ว โดยรายงานผลการทดลองที่ได้ในระบบ CIE Lab แสดงผลในรูปแบบค่า L* (lightness) คือค่าความสว่าง ซึ่งมีค่า 0 = สีดำ จนไปถึงถึง 100 = สีขาว, a* คือค่าสีเขียว และสีแดง ซึ่งมีค่า - a* = สีเขียว จนไปถึง a* = สีแดง, b* คือค่าสีน้ำเงิน และสีเหลือง ซึ่งมีค่า - b* = สีน้ำ

เงิน จนไปถึง b* = สีเหลือง, H* (Hue angle) คือ ค่าสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 360 องศา และ C* (Chroma value) คือ ค่าความเข้มของสี ค่ายิ่งมากยิ่งเข้ม

3.2.4.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์สุขลักษณะ หรือการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ ทำการตรวจหาปริมาณ และชนิดของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากการทดลอง โดยมีข้อกำหนดตามมาตรฐาน (TISI, 2013a, 2015b) ดังนี้

- จุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- แซลโมเนลลา ไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม
- สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- ยีสต์ และรา ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

3.2.4.4 การประเมินทางประสาทสัมผัส (ดัดแปลงจาก TISI, 2013; Kilic และคณะ, 2017; Uthai และคณะ, 2018)

เตรียมน้ำชาจากตัวอย่างชาไหมแห้ง 2.5 กรัม (1 ซอง) ต่อน้ำ 150 มิลลิลิตร น้ำที่ใช้เป็นน้ำเดือด อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที แล้วนำตัวอย่างซองชาออก รอจนกระทั่งน้ำชามีอุณหภูมิลดลงถึง 60 องศาเซลเซียส แล้วจึงเสริฟ โดยการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสจะทำด้วยผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ซึ่งเกณฑ์การประเมินประกอบไปด้วย สี, กลิ่นหอม, กลิ่นรส และความชอบโดยรวม ซึ่งแบ่งคะแนนการประเมินออกเป็น 5-point hedonic scale คือ 5 ชอบมาก, 4 ชอบ, 3 ปานกลาง, 2 ไม่ชอบ และ 1 ไม่ชอบเลย เพื่อนำผลการทดลองมาทำการเลือกชนิดของชาไหมที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุด

3.2.5 ศึกษาเปรียบเทียบการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ กับการทำแห้งด้วยลมร้อน

เลือกวิธีการผลิตชาไหมข้าวโพดจากการทดลองที่แล้ว โดยดูจากคะแนนการประเมินผลทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคที่ได้คะแนนสูงที่สุดด้านความชอบโดยรวม เพื่อนำมาทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบกระบวนการทำแห้งในขั้นตอนการทำแห้งของการผลิตชาไหมข้าวโพด ด้วยเครื่องอบลมร้อน

และไมโครเวฟ โดยใช้ปริมาณไหมสดเริ่มต้นก่อนการทำชาไหมข้าวโพด 200 กรัมเท่าๆ กันทุกการทดลอง ทำการเปรียบเทียบกันในเรื่องของอัตราการทำแห้ง (drying rate) จากนั้นทำการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดที่ได้จากขั้นตอนการทำแห้งทั้ง 2 วิธีนี้ ทางเคมี และกายภาพตามข้อ 3.2.4.1 และ 3.2.4.2

อัตราการทำแห้ง (drying rate)

$$DR = \frac{\Delta M}{\Delta t} \qquad (3.2)$$

จากสมการที่ 3.2 ΔM คือผลต่างของปริมาณความชื้น (กรัม)

Δt คือผลต่างของเวลา (นาที)

3.2.5.1 วิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน (ดัดแปลงจาก Therdthai และ Zhou, 2009)

นำตัวอย่างชาไหมข้าวโพดที่ได้มาทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (hot-air dryer) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เก็บข้อมูลปริมาณความชื้นของตัวอย่าทุกๆ 2 ชั่วโมง จนตัวอย่างมีปริมาณความชื้นไม่เกิน 8 %

3.2.5.2 วิธีการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (ดัดแปลงจาก Lin และคณะ, 2010; Karadag และคณะ, 2016; Qu และคณะ, 2019)

นำตัวอย่างชาไหมข้าวโพดที่ได้มาทำแห้งด้วยตู้อบไมโครเวฟ (microwave oven) โดยใช้กำลังไฟ 600 วัตต์ เก็บข้อมูลปริมาณความชื้นของตัวอย่างทุกๆ 2 นาที จนตัวอย่างมีปริมาณความชื้นไม่เกิน 8 %

3.2.6 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาชาไหมข้าวโพดซองพร้อมชง (ดัดแปลงจาก TISI, 2013a, 2015b, Wangthaval และคณะ, 2014)

นำชาไหมข้าวโพดแห้งที่ได้จากวิธีการทำที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองหัวข้อที่แล้ว มาบรรจุลงซองชากระดาษ ซองละ 2.5 กรัม แล้วเรียงใส่ซองซิปล็อค และเก็บรักษาไว้ในที่แห้ง ที่อุณหภูมิห้อง คือ 30 องศาเซลเซียสโดยประมาณ และที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส โดยจะทำการวิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของตัวอย่างทุก 1 เดือน ตามข้อที่ 3.2.4.1 –

3.2.4.3 เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน

การประเมินอายุการเก็บรักษาที่สภาวะเร่ง

$$AAR = Q10^{((AAT-AT)/10)} \quad (3.3)$$

$$AATD = \frac{DRTA}{AAR} \quad (3.4)$$

จากสมการที่ 3.3 และ 3.4

AAR คือ Accelerated Aging Rate (อัตราเร่งของการเปลี่ยนแปลงของอาหาร)

AATD คือ Accelerated Aging Time Duration (อายุการเก็บของอาหารเมื่อผ่านสภาวะเร่ง)

DRTA คือ Desired Real Time Aging (อายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆ)

AAT คือ Accelerated Aging Temperature (อุณหภูมิที่ใช้เร่งในการเก็บรักษา)

AT คือ Ambient Temperature (อุณหภูมิในการเก็บรักษาโดบปกติของอาหารชนิดนั้นๆ)

Q10 คือ Temperature Quotient (มาตรฐานค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตอาหารในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2)

3.2.6.1 วิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ (ดัดแปลงวิธีการตรวจสอบตาม TISI, 2013a, 2015b)

การตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์นี้ จะทำการตรวจสอบบางประการทุก 1 เดือนในตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิปกติ เปรียบเทียบกับสภาวะเร่ง โดยจะทำการตรวจสอบบางประการตามกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดที่ได้จากการทดลอง ดังนี้

- ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นชิ้น เม็ด หรือผงแห้ง
- สี ต้องมีสีตามธรรมชาติของชาชนิดนั้นๆ
- กลิ่น ต้องมีกลิ่นธรรมชาติของชาชนิดนั้นๆ ไม่มีกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์
- กลิ่นรส สารละลายที่สกัดได้ด้วยน้ำเดือดต้องมีกลิ่นรสที่ดีตาม ธรรมชาติของชาชนิดนั้นๆ ไม่มีกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

- สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมอื่น ที่ไม่ใช่ส่วนประกอบของชา
- การเจือสี ต้องไม่พบการเจือสี โดยนำตัวอย่างชาแห้ง 0.5 – 1.0 กรัมวางบนกระดาษกรอง พับกระดาษและทำการขยี้ คลี่กระดาษกรองและเทตัวอย่าง จากนั้นพ่นน้ำลงบนกระดาษกรองพอเปียกและทำการตรวจพินิจ
- ความชื้น ต้องไม่เกิน 8.0 % โดยทำการตรวจปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่องตรวตจัดปริมาณน้ำอิสระ (Aqualab 4-TE)
- กาก ต้องไม่เกิน 16.5 %
- เถ้าที่ละลายน้ำ ต้องไม่น้อยกว่า 45.0 %
- เถ้าที่ไม่ละลายกรด ต้องไม่เกิน 1.0 %
- ความเป็นด่างของเถ้าที่ละลายน้ำ อยู่ระหว่าง 1.0 – 3.0 %
- สารที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อน ต้องไม่น้อยกว่า 32.0 %

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลการทดลองด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของไหมข้าวโพดหวาน

จากผลการทดลองการวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของไหมข้าวโพดหวานอบแห้งตามหัวข้อที่ 3.2.3 พบว่าไหมข้าวโพดหวานอบแห้งที่นำมาใช้ในการทดลองนี้มีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณประกอบไปด้วยความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณของคาร์โบไฮเดรตได้จาก (100 – (ความชื้น + เถ้า + ไขมัน + โปรตีน + ใยอาหาร) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 โดยจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าไหมข้าวโพดนี้ประกอบไปด้วยปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด รองลงมา คือ ใยอาหาร โปรตีน ความชื้น เถ้า และไขมันตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Rahman และ Rosli (2014) กล่าวว่าองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณที่ตรวจได้ย่อมแตกต่างกันไปตามชนิด สายพันธุ์ การเจริญเติบโต ระยะเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาข้าวโพดชนิดนั้นๆ

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของไหมข้าวโพดหวานอบแห้ง

Chemical composition	Amount (% wb)
Moisture	8.97 ± 0.08
Ash	3.93 ± 0.12
Fat	0.47 ± 0.16
Protein	16.35 ± 0.22
Fiber	21.27 ± 0.68
Carbohydrate	48.99 ± 0.25

หมายเหตุ : Mean ± SD

4.2 ศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีการผลิตชาไหมข้าวโพด 3 วิธี

จากการทดลองในหัวข้อที่ 3.2.4 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีการผลิตชาไหมข้าวโพด 3 วิธีการที่แตกต่างกัน และทำการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของชาไหมข้าวโพดที่ได้จากวิธีการต่างๆ ทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ตามหัวข้อที่ 3.2.4.1 – 3.2.4.3 จากนั้นทำการประเมินทางประสาทสัมผัสตามหัวข้อที่ 3.2.4.4 เพื่อเลือกวิธีการในการผลิตชาไหมข้าวโพดที่เหมาะสมที่สุดไปทำการทดลองในหัวข้อต่อไป โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพของชาไหมข้าวโพดที่ได้จากวิธีการต่างๆ เป็นดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ชาไหมข้าวโพดที่ผลิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธีคือ ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 1 (corn silk formula 1: CS-F1), ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 2 (corn silk formula 2: CS-F2) และชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 (corn silk formula 3: CS-F3) การทดลองนี้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมด้วยการชงชาชาตามหัวข้อ 3.2.4.4 ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.2 คือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน โดยการรายงานผลการทดลองในส่วนของการต้านอนุมูลอิสระ จะรายงานเป็น % การยับยั้งการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากทั้ง 3 วิธีการ พบว่าวิธีการที่ใช้ในการผลิตชาไหมข้าวโพดที่แตกต่างกันทั้ง 3 วิธีไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบ และ % การยับยั้งการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาไหมข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% แสดงถึงความแตกต่างของขั้นตอนที่ใช้ในการให้ความร้อนของกระบวนการผลิตชาทั้ง 3 วิธีไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของคุณภาพทางเคมีที่วิเคราะห์ได้จากผลิตภัณฑ์

เมื่อเปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการสกัดชาด้วยน้ำร้อน กับสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดอื่น พบว่าการสกัดชาด้วยน้ำร้อนให้ผลของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่น้อยมากกว่าการสกัดชาด้วยตัวทำละลายชนิดอื่น เช่น เมทานอล จากรายงานของ Sarepoua และคณะ (2015) แต่อย่างไรก็ตามการใช้น้ำร้อนในการสกัดนี้ ก็มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์มากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดอื่นที่อาจมีเหลือตกค้าง

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่าง

Samples	TPC (µg GAE/ ml)	% inhibition of DPPH
CS-F1	31.22 ± 0.56 ^{ns}	8.49 ± 1.57 ^{ns}
CS-F2	33.26 ± 2.25 ^{ns}	9.14 ± 0.73 ^{ns}
CS-F3	30.48 ± 2.31 ^{ns}	8.24 ± 1.26 ^{ns}

หมายเหตุ : Mean ± SD, ^{ns} หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 1 (corn silk formula 1: CS-F1)

ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 2 (corn silk formula 2: CS-F2)

ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 (corn silk formula 3: CS-F3)

4.2.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพกางกายภาพ

การทดลองนี้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้จาก CS-F1, CS-F2 และ CS-F3 ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.3 คือ ผลการวิเคราะห์ค่าสีในน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากจากวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน พบว่าน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้มีสีค่อนข้างสว่างมาก คือ 97.07 ± 0.06, 96.99 ± 0.05 และ 96.18 ± 0.16 ตามลำดับ ซึ่งแสดงผลในค่า L* ที่มีค่าที่วัดได้ใกล้ 100 และค่า a* ที่วัดได้มีค่าติดลบ บ่งบอกถึงสีของน้ำชาที่มีสีไปออกไปทางสีเขียว และค่า b* ที่เป็นบวกแสดงสีออกไปทางสีเหลือง ซึ่งผลของค่าสีของน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้เป็นไปตามภาพที่ 4.1 ซึ่งแสดงค่าสีที่ได้เปรียบเทียบจากภาพที่ 4.2 โดยจากผลการทดลองของค่า C* ที่บอกความเข้มของสี และ ค่า H* ที่แสดงค่ามุมของสีที่แท้จริงปรากฏให้เห็น พบว่าน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้มีลักษณะปรากฏเป็นน้ำชาใส ที่มีสีค่อนข้างอ่อน จากค่า L* ออกเหลืองอมเขียวเล็กน้อยจากค่า a* และ b* ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับรายงานของ Jin และคณะ (2016) จากผลการทดลองวัดค่าสีจากน้ำชาชนิดต่างๆร้อยกว่าชนิด ได้ว่า L* = 91.98 ± 6.89, a* = 0.16 ± 4.83, b* = 16.40 ± 11.93, C* = 16.40 ± 12.29 และ H* = 90.10 ± 10.70 พบว่าลักษณะสีของน้ำชาไหมข้าวโพดที่ปรากฏทั้ง 3 วิธีคือ CS-F1, CS-F2 และ CS-F3 อยู่ในช่วงสีเดียวกันกับน้ำชาชนิดอื่นๆ ทั่วไปตามรายงานของ Jin และคณะ (2016)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสีในน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่าง

Samples	Color values				
	L*	a*	b*	C*	H*
CS-F1	97.07 ± 0.06[a]	-2.25 ± 0.00[a]	13.34 ± 0.02[a]	13.53 ± 0.02[a]	99.59 ± 0.01[a]
CS-F2	96.99 ± 0.05[a]	-2.36 ± 0.01[b]	14.43 ± 0.05[b]	14.62 ± 0.05[b]	99.30 ± 0.03[b]
CS-F3	96.18 ± 0.16[b]	-2.27 ± 0.01[c]	16.34 ± 0.21[b]	16.50 ± 0.21[b]	98.08 ± 0.07[c]

หมายเหตุ : Mean ± SD, [a,b...] หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

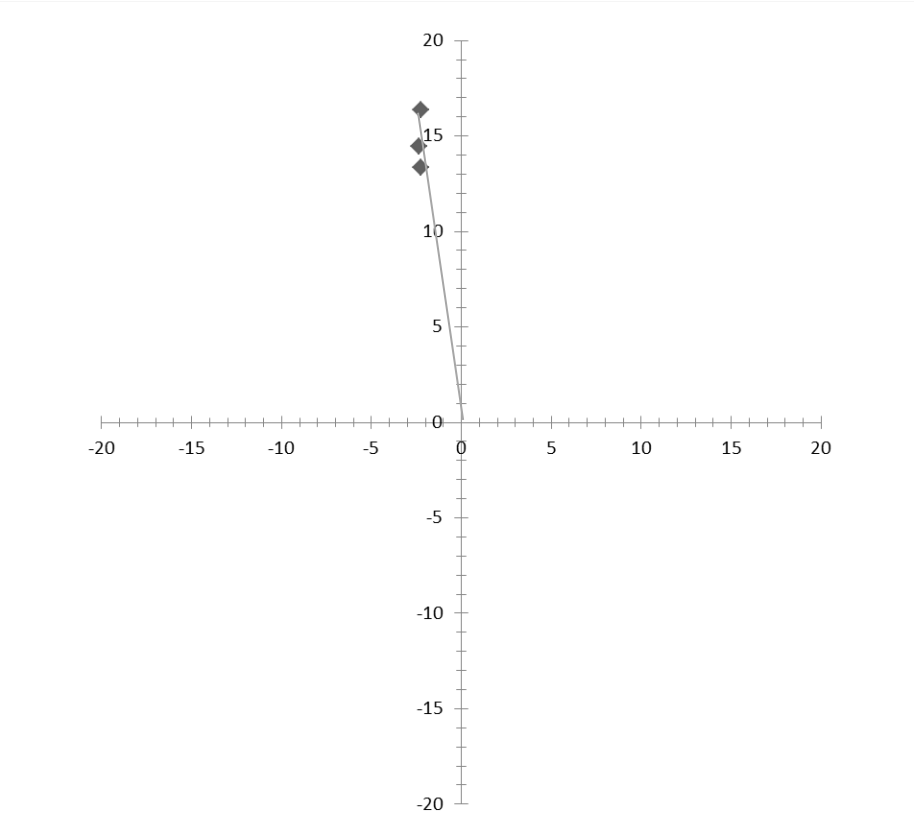
ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 1 (corn silk formula 1: CS-F1)

ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 2 (corn silk formula 2: CS-F2)

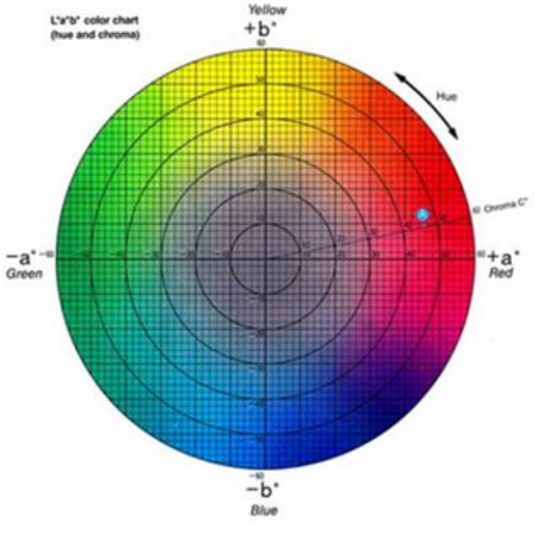
ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 (corn silk formula 3: CS-F3)

4.2.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ชาไหมข้าวโพดที่ผลิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธีคือ CS-F1, CS-F2 และ CS-F3 ซึ่งผลการทดลองนี้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยการตรวจหาปริมาณเชื้อ และชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ในชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด (APC), แซลโมเนลลา (*Salmonellae*), สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*S. aureus*), ยีสต์ (Yeast) และรา (Mold) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (TISI, 2013a, 2015b) ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 1 (CS-F1) ตรวจพบปริมาณของเชื้อ *S. aureus* 5.0 cfu/g แต่ยังคงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 2 (CS-F2) ตรวจพบปริมาณของ APC, *Salmonellae* และ *S. aureus* เกินเกณฑ์มาตรฐาน คือ 2.3×10^4, 8.0 และ 22.0 cfu/g ตามลำดับ ชาไหมข้าโพดแบบที่ 3 (CS-F3) ไม่พบปริมาณของเชื้อจุลลินทรีย์เกินเกณฑ์มาตรฐาน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธีการใช้ความร้อนเปียกมีผลในการยับยั้งปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีมากกว่าการใช้



ภาพที่ 4.1 แสดงค่า a* และ b* ของน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากจากวิธีการผลิตที่แตกต่าง



ภาพที่ 4.2 ระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ

ที่มา: Minolta (1997)

ความร้อนแห้ง ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบวิธีการผลิตที่ 1 และ 3 ที่มีการใช้ความร้อนเปียกในกระบวนการผลิตชาไหมข้าวโพด กับวิธีการผลิตที่ 2 ที่ใช้แต่ความร้อนแห้งในกระบวนการผลิต นอกจากนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนที่นานกว่า ก็มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อได้ดีมากกว่าการใช้ความร้อนที่ระยะเวลาสั้นกว่า เมื่อเปรียบเทียบวิธีการผลิตที่ 1 กับ วิธีการผลิตที่ 3 แต่อย่างไรก็ตามระยะเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผลิตนี้ก็มีประสิทธิภาพมากพอที่จะทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่พบ หากแต่ยังกลับตรวจพบเชื้อเกินมาตรฐาน โดยอาจเป็นผลได้จากหลายปัจจัย เช่น เกิดการปนเปื้อนหลังกระบวนการผลิต เป็นต้น

ตารางที่ 4.4 ปริมาณ และชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่าง

Microorganism	**Samples**		
(cfu/g)	**CS-F1**	**CS-F2**	**CS-F3**
APC	5.6×10^3	2.3×10^4	4.5×10^2
Salmonellae	ND	8.0	ND
S. aureus	5.0	22.0	<3
Yeast	ND	ND	ND
Mold	ND	ND	ND

หมายเหตุ : ตัวย่อจากตาราง คือ ND = not detected

ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 1 (corn silk formula 1: CS-F1)

ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 2 (corn silk formula 2: CS-F2)

ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 (corn silk formula 3: CS-F3)

ข้อกำหนดการตรวจพบปริมาณจุลินททรีย์ตามมาตราฐาน ดังนี้ จุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม, แซลโมเนลลา ไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม, สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม, ยีสต์ และรา ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

4.2.4 ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ชาไหมข้าวโพดที่ผลิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธีคือ CS-F1, CS-F2 และ CS-F3 ทำการตรวจวิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน โดยทำการประเมินด้านสี, กลิ่นหอม, กลิ่นรส และความชอบโดยรวม ด้วยผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยมีอายุอยู่ระหว่าง 25 – 60 ปี ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.5 พบว่าผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากจากวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน พบว่าชาไหมข้าวโพดแบบที่ 1 (CS-F1) ได้รับคะแนนการประเมินจากผู้บริโภคต่ำที่สุดในทุกด้าน ในทางกลับกันชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 (CS-F3) ได้ได้รับคะแนนการประเมินจากผู้บริโภคสูงที่สุด หากแต่ในด้านของสี และกลิ่นหอม คะแนนคงยังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% เมื่อเทียบกับชาไหมข้าวโพดแบบที่ 2 (CS-F2) แต่อย่างไรก็ตามจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสนี้ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 ก็ได้รับคะแนนสูงสุดจากผู้บริโภค และยังมีผลคะแนนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% กับชาไหมข้าวโพดแบบที่ 1 และ 2 ในด้านความชอบโดยรวม

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากวิธีการผลิตที่แตกต่าง

Samples	Sensory evaluation			
	Color	Aroma	Flavor	Overall preference
CS-F1	2.90 ± 0.55^{a}	3.13 ± 1.17^{a}	2.40 ± 0.97^{a}	2.50 ± 0.82^{a}
CS-F2	3.57 ± 0.63^{b}	4.23 ± 0.73^{b}	4.00 ± 0.69^{b}	3.97 ± 0.67^{b}
CS-F3	3.73 ± 0.58^{b}	4.40 ± 0.56^{b}	4.73 ± 0.45^{c}	4.77 ± 0.43^{c}

หมายเหตุ : Mean ± SD, $^{a,b...}$ หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 1 (corn silk formula 1: CS-F1)

ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 2 (corn silk formula 2: CS-F2)

ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 (corn silk formula 3: CS-F3)

4.3 ศึกษาเปรียบเทียบการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับการทำแห้งด้วยลมร้อน

จากผลการทดลองการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในหัวข้อที่ 4.2.4 สรุปได้ว่าวิธีการที่ใช้ในการผลิตชาไหมข้าวโพดที่เหมาะสมที่สุดคือ วิธีการที่ 3 ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 (corn silk formula 3: CS-F3) ดังนั้นจึงนำวิธีการที่ใช้ในการผลิตชาไหมข้าวโพดที่ได้รับการเลือกนี้มาทำการศึกษาต่อ ตามหัวข้อที่ 3.2.5 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ กับการทำแห้งด้วยลมร้อน จากนั้นทำการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของชาไหมข้าวโพดที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 2 วิธี ทางเคมี กายภาพ และทำการเปรียบเทียบอัตราการทำแห้ง เพื่อเลือกวิธีในการทำแห้งเพื่อใช้ในขั้นตอนการผลิตชาไหมข้าวโพดที่เหมาะสม และนำไปทำการทดลองต่อในหัวข้อต่อไป โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพของชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน เป็นดังนี้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การทดลองผลิตชาไหมข้าวโพดโดยใช้วิธีในขั้นตอนการทำแห้งที่ต่างกัน 2 วิธีคือ ชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน (HA-CS-F3) และชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3) ซึ่งการทดลองนี้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 2 วิธี ดังแสดงผลการทดลองตามตารางที่ 4.6 คือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาไหมข้าวโพดในน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้จากวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน และไมโครเวฟ ผลการทดลองพบว่าวิธีการทำแห้งที่ใช้ในการผลิตชาไหมข้าวโพดที่แตกต่างกันส่งผลต่อความแตกต่างของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% หากแต่วิธีการทำแห้งที่ใช้ในการผลิตชาไหมข้าวโพดที่แตกต่างไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของ % การยับยั้งการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาไหมข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%

จากผลการทดลองที่ได้แสดงถึงการทำแห้งด้วยไมโครเวฟสามารถรักษาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ตรวจพบได้ดีกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน ซึ่งสอดคล้องตามรายงานของ Rabeta และVithyia (2013) และไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติของสารแอนติออกซิแดนซ์ตามรายงานของ Chong และLim (2012)

ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้จากวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน และไมโครเวฟ

Samples	TPC (µg GAE/ml)	% inhibition of DPPH
HA-CS-F3	30.48 ± 2.31 [a]	8.24 ± 1.26 [ns]
MW-CS-F3	37.15 ± 2.47 [b]	9.29 ± 1.86 [ns]

หมายเหตุ : Mean ± SD

[a,b...] หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

[ns] หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน (HA-CS-F3)

ชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3)

4.3.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพกางกายภาพ

จากการทดลองผลิตชาไหมข้าวโพดโดยใช้วิธีในขั้นตอนการทำแห้งที่ต่างกัน 2 วิธีคือ ชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน (HA-CS-F3) และชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3) ซึ่งการทดลองนี้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้จากการทำแห้งทั้ง 2 วิธี ประกอบไปด้วยการวิเคราะห์ค่าสี และวิเคราะห์อัตราการทำแห้งของชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากการทำแห้งด้วยวิธีที่ต่างกัน

4.3.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้จากวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน และไมโครเวฟ

ผลการทดลองนี้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำชาไหมข้าวโพด แบบ HA-CS-F3 กับ MW-CS-F3 ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.7 พบว่าน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้จากวิธีในการทำแห้งที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าสีต่างๆ ที่ปรากฏมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% สีของน้ำชาค่อนข้างสว่างมากเข้าใกล้ 100 ซึ่งแสดงผลในค่า L* คือ 97.07 ± 0.07 และ 91.90 ±

0.01 ตามลำดับโดยสีของน้ำชาที่วัดได้จาก HA-CS-F3 มีความสว่างมากกว่า MW-CS-F3 ค่า a* ที่วัดได้มีค่าติดลลบ -2.25 ± 0.00 และ -2.46 ± 0.02 บ่งบอกถึงสีของน้ำชาที่มีสีไปออกไปทางสีเขียว และค่า b* ที่เป็นบวกแสดงสีออกไปทางสีเหลือง โดย MW-CS-F3 มีสีที่ออกเขียวและเหลืองมากว่า HA-CS-F3 แสดงผลค่าสีที่ได้เป็นไปตามภาพที่ 4.3 ซึ่งแสดงค่าสีที่ได้เปรียบเทียบจากภาพที่ 4.2 จากผลการทดลองของค่า C* ที่บอกความเข้มของสี และ ค่า H* ที่แสดงค่ามุมของสีที่แท้จริงปรากฏให้เห็น พบว่าน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้มีลักษณะปรากฏเป็นน้ำชาใส ที่มีสีค่อนข้างอ่อนออกเหลืองอมเขียวเล็กน้อย โดยน้ำชาไหมข้าวโพดแบบ MW-CS-F3 สีที่ปรากฏจะเข้มมากกว่าน้ำชาไหมข้าวโพดแบบ HA-CS-F3 ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองน้ำชากับรายงานของ Jin และคณะ (2016) จากผลการทดลองวัดค่าสีจากน้ำชาชนิดต่างๆร้อยกว่าชนิด ได้ว่า L* = 91.98 ± 6.89, a* = 0.16 ± 4.83, b* = 16.40 ± 11.93, C* = 16.40 ± 12.29 และ H* = 90.10 ± 10.70 พบว่าลักษณะสีของน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้จากการทดลองจัดอยู่ในช่วงสีเดียวกันกับสีน้ำชาชนิดอื่นๆ ทั่วไป

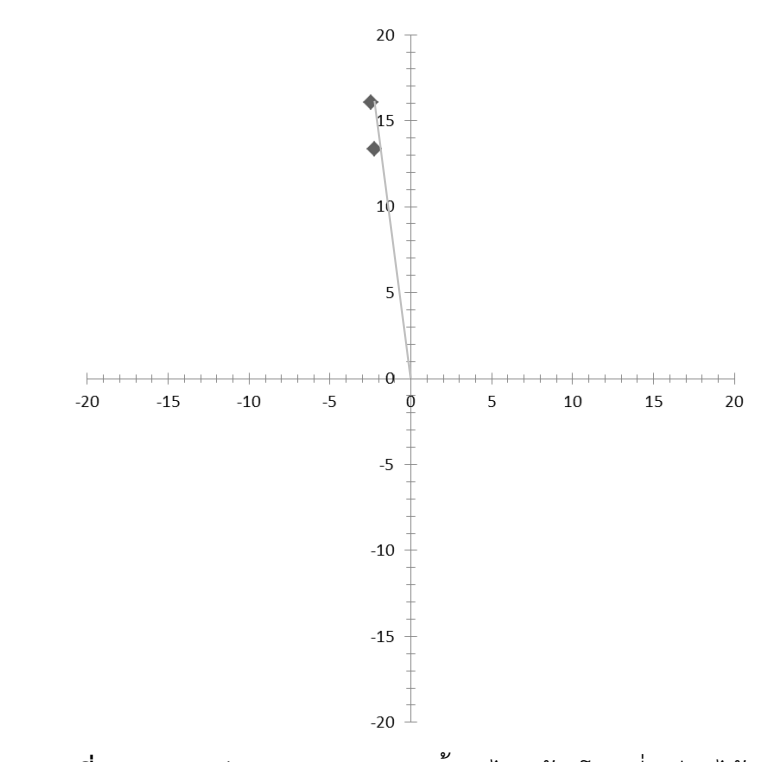
ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าสีในน้ำชาไหมข้าวโพดจากการทำแห้งด้วยลมร้อน และไมโครเวฟ

Samples	Color values				
	L*	a*	b*	C*	H*
HA-CS-F3	97.07 ± 0.07[a]	-2.25 ± 0.00[a]	13.34 ± 0.02[a]	13.53 ± 0.01[a]	99.59 ± 0.03[a]
MW-CS-F3	91.90 ± 0.01[b]	-2.46 ± 0.02[b]	16.05 ± 0.01[b]	16.24 ± 0.01[b]	98.70 ± 0.05[b]

หมายเหตุ : Mean ± SD, [a,b...] หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน (HA-CS-F3)

ชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3)

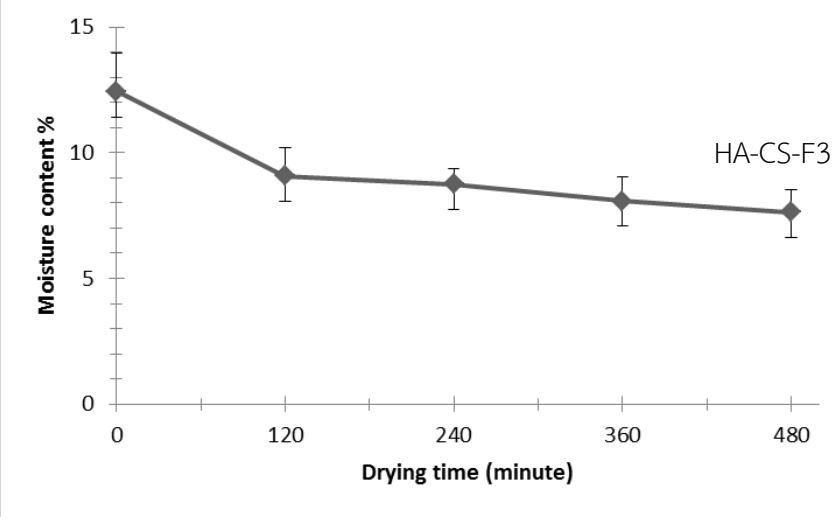


ภาพที่ 4.3 แสดงค่า a* และ b* ของน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากการทำแห้งด้วยลมร้อน และไมโครเวฟ

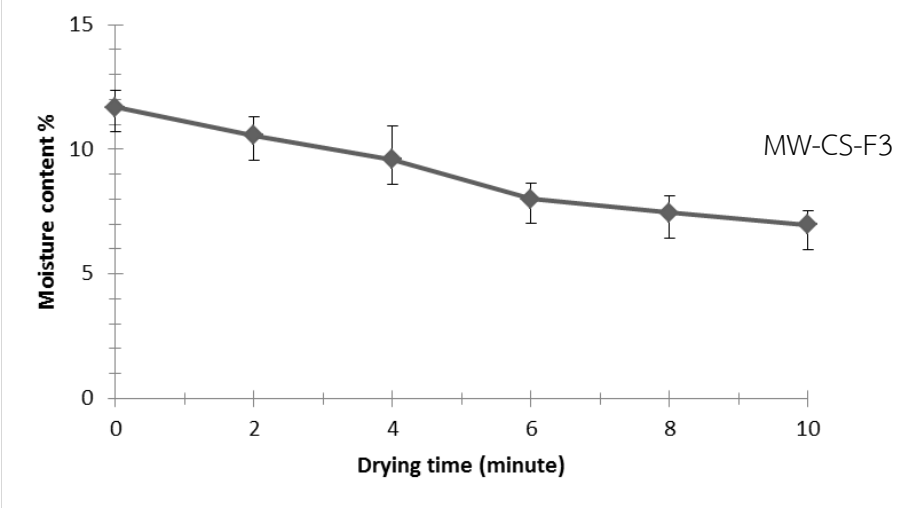
4.3.2.2 ผลการวิเคราะห์อัตราการทำแห้งของน้ำชาไหมข้าวโพดที่ได้จากวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน และไมโครเวฟ

ผลการทดลองนี้ทำการตรวจวิเคราะห์เพื่อหาอัตราการทำแห้งของการผลิตชาไหมข้าวโพดที่ได้จากวิธีในการทำแห้งที่แตกต่างกัน 2 วิธีคือ HA-CS-F3 และ MW-CS-F3 ดังแสดงผลการทดลองตามภาพที่ 4.4 และ 4.5 คือ อัตราการทำแห้งของชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน (HA-CS-F3) และอัตราการทำแห้งของชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3) ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า การทำแห้งด้วยไมโครเวฟมีประสิทธิภาพในการลดความชื้นของชาไหมข้าวโพดได้เร็วมากกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน เมื่อทำการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการลดความชื้นพบว่า การทำแห้งด้วยไมโคเวฟมีความสามารถในการลดความชื้นได้ถึง 6.98 % ใน 10 นาที หากแต่เมื่อเทียบกับการทำแห้งด้วยลมร้อนจะใช้เวลาถึง 8 ชั่วโมงต่อการลดความชื้นถึง 7.63 % จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเทคนิคการทำแห้งด้วยไมโครเวฟสามารถช่วยลดระยะเวลา และยังสามารถคงคุณลักษณะทางเคมี และ

กายภาพตามผลการทดลองข้างต้น ซึ่งสอดคล้องการรายงายการวิจัยของ Chandrasekaran และคณะ (2013)



ภาพที่ 4.4 แสดงค่าความสัมพันธ์อัตราการทำแห้งของชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน (HA-CS-F3)



ภาพที่ 4.5 แสดงค่าความสัมพันธ์อัตราการทำแห้งของชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3)

4.4 ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาชาไหมข้าวโพดซองพร้อมชง

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับการทำแห้งด้วยลมร้อน สรุปได้ว่าวิธีการทำแห้งชาไหมข้าวโพดที่เหมาะสมที่สุด คือ ชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3) ดังนั้นจึงนำวิธีการที่ใช้ในการผลิตชาไหมข้าวโพดที่ได้รับการเลือกนี้มาทำการศึกษาต่อ ตามหัวข้อที่ 3.2.6 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาชาไหมข้าวโพดซองพร้อมชง เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียสโดยประมาณ และที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ทำการวิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และคุณลักษณะบางประการของตัวอย่างทุก 1 เดือน ผลการทดลองดังนี้

4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของชาไหมข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษา แสดงผลการทดลองปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดตามตารางที่ 4.8 พบว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3) และน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดทางการค้า (commercial corn silk tea: CK) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในเดือนที่ 0 ถึง เดือนที่ 2 ไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% หากแต่มีปริมาณลดลงในเดือนที่ 3 จนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกัน และการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำชาที่เก็บรักษาไว้สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบ MW-CS-F3 และ CK มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ระยะเวลาที่นานขึ้นส่งผลต่อการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยพบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ในเดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 เช่นเดียวกัน นอกจากนั้นยังพบการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงอย่างรวดเร็วของ MW-CS-F3 ในระหว่างเดือนที่ 2 และ 3 เมื่อเทียบกับการลดลองของ CK โดยอาจเป็นผลจากหลายปัจจัย ความแตกต่างของกระบวนการผลิต และความแตกต่างของสายพันธุ์ข้าวโพด แต่อย่างไรก็ตามความแตกต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา

อุณหภูมิที่สูงมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงได้เร็วมากกว่าอุณหภูมิต่ำ หากแต่ก็ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ในเดือนที่ 3

ตารางที่ 4.8 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด TPC (μg GAE/ml) ในน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพด ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ° C และอุณหภูมิ 55 ° C

Month	Temperature			
	30 ° C		55 ° C	
	CK	MW-CS-F3	CK	MW-CS-F3
0	59.18 ± 2.87[a]	55.84 ± 1.18[a]	59.18 ± 2.87[a]	55.84 ± 1.18[a]
1	59.41 ± 0.70[a]	54.27 ± 0.08[a]	57.28 ± 0.64[a]	53.39 ± 1.05[a]
2	58.67 ± 0.64[a]	54.69 ± 4.46[a]	55.19 ± 0.28[b]	49.45 ± 0.29[b]
3	56.12 ± 1.20[b]	41.35 ± 3.40[b]	53.71 ± 0.56[c]	41.07 ± 4.25[c]

หมายเหตุ : Mean ± SD, [a,b...] หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3)

น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดทางการค้า (commercial corn silk tea: CK)

ผลการทดลองความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของชาไหมข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษา แสดงผลตามตารางที่ 4.9 พบว่า ทั้ง 2 อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาชาไหมข้าวโพด คือ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 55 องศาเซสเซียส น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมจาก MW-CS-F3 และ CK ไม่มีความแตกต่างของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนั้นความแตกต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาอุณหภูมิที่สูงมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงได้มากกว่าอุณหภูมิต่ำ หากแต่ก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ในเดือนที่ 3 ของการทดลอง

ตารางที่ 4.9 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ % inhibition of DPPH ในน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพด ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ° C และอุณหภูมิ 55 ° C

Month	Temperature			
	30 ° C		55 ° C	
	CK ^{ns}	MW-CS-F3 ^{ns}	CK ^{ns}	MW-CS-F3 ^{ns}
0	9.35 ± 1.23	9.16 ± 0.56	9.35 ± 1.23	9.16 ± 0.56
1	9.96 ± 1.26	8.97 ± 1.39	6.54 ± 4.14	6.74 ± 4.61
2	9.21 ± 0.67	8.01 ± 0.84	6.14 ± 4.98	6.05 ± 2.09
3	9.73 ± 0.54	8.28 ± 0.83	5.85 ± 1.93	6.53 ± 1.57

หมายเหตุ : Mean ± SD, ^{ns} หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3)

น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดทางการค้า (commercial corn silk tea: CK)

4.4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพกางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของชาไหมข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษา แสดงผลการทดลองค่าสีในน้ำชาไหมข้าวโพดตามตารางที่ 4.10 พบว่าผลของค่าสีที่วัดได้จากอุณหภูมิ 30 องศาเซสเซียส น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดทางการค้า (commercial corn silk tea: CK) พบว่าน้ำชาไหมข้าวโพดมีสีค่อนข้างเข้ม คือ 78.42 ± 0.02, 77.91 ± 0.01, 79.32 ± 0.01 และ 74.73 ± 0.01 ตามลำดับการเก็บรักษา ซึ่งแสดงผลในค่า L* ค่า a* ที่วัดได้มีค่าเป็นบวก บ่งบอกถึงสีของน้ำชาที่มีสีไปออกไปทางสีแดง และค่า b* ที่เป็นบวกแสดงสีออกไปทางสีเหลือง โดยผลของค่าสีทั้งหมดคือ L*, a* และ b* ที่วัดได้มีความแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษาตั้งแต่เดือนที่ 0 ถึง 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% เช่นเดียวกันกับน้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3) พบว่าน้ำชาไหมข้าวโพดมีสีค่อนข้างสว่าง คือ ค่า L* มีค่า 91.42 ± 0.01, 92.14 ± 0.01, 91.93 ± 0.01 และ 91.72 ± 0.00 ตามลำดับ ค่า a* บ่งบอกถึงสีของน้ำชาที่มีสีไปออกไปทางสีเขียว และค่า b* ที่แสดงสีออกไปทางสีเหลือง ค่า C* ที่บอกความเข้มของสี และ ค่า H* ที่แสดงค่ามุมของสีที่แท้จริงปรากฏให้เห็น ผลการทดลองพบว่าน้ำชาไหมข้าวโพดแบบ CK มีสีออกไปทางสีส้มแดงปน

เหลือง สีน้ำชาค่อนข้างเข้ม แตกต่างกันกับน้ำชาไหมข้าวโพดแบบ MW-CS-F3 ที่ได้จากการทดลองที่มีสีค่อนข้างอ่อนออกเหลืองอมเขียวเล็กน้อย และค่อนข้างใส

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ค่าสีในน้ำชาไหมข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C

Samples	Month	L*	a*	b*	C*	H*
CK	0	78.42 ± 0.02^{a}	3.29 ± 0.01^{a}	51.24 ± 0.02^{a}	51.34 ±0.02^{a}	86.33 ± 0.00^{a}
	1	77.91 ± 0.01^{b}	4.58 ± 0.02^{b}	59.90 ±0.04^{b}	60.08 ±0.04^{b}	85.63 ±0.02^{b}
	2	79.32 ± 0.01^{c}	3.36 ± 0.02^{c}	52.57 ±0.01^{c}	52.68 ±0.01^{c}	86.35 ±0.03^{a}
	3	74.73 ± 0.01^{d}	5.28 ± 0.01^{d}	57.30 ±0.06^{d}	57.54 ± 0.05^{d}	84.73 ± 0.01^{c}
MW-CS-F3	0	91.42 ± 0.01^{a}	-2.70 ± 0.02^{a}	18.97 ± 0.06^{a}	19.16 ± 0.06^{a}	98.08 ± 0.09^{a}
	1	92.14 ± 0.01^{b}	-2.45 ± 0.01^{b}	15.11 ± 0.02^{b}	15.30 ± 0.02^{b}	99.22 ± 0.02^{b}
	2	91.93 ± 0.01^{c}	-2.70 ± 0.01^{a}	17.70 ± 0.02^{c}	17.91 ± 0.01^{c}	98.66 ± 0.04^{c}
	3	91.72 ± 0.00^{d}	-2.68 ± 0.02^{a}	18.32 ± 0.01^{d}	18.51 ± 0.01^{d}	98.31 ± 0.05^{d}

หมายเหตุ : Mean ± SD, $^{a,b...}$ หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3)

น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดทางการค้า (commercial corn silk tea: CK)

โดยผลการทดลองที่ได้จากอุณหภูมิ 30 องศาเซสเซียสเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับที่ได้จากอุณหภูมิ 55 องศาเซสเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นได้ว่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของสีน้ำชาที่ปรากฏจริงจากค่า H* ที่คำนวนได้จากค่าสีที่วัดได้ a* และ b* ของน้ำชาทั้งสองชนิด

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองค่าสีที่วัดของชาไหมข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษาของน้ำชา CK กับน้ำชา MW-CS-F3 จากทั้ง 2 อุณหภูมิตามรายงานของ Jin และคณะ (2016) ที่ทำการทดลองวัดค่าสีจากน้ำชาชนิดต่างๆร้อยกว่าชนิดได้ว่า L* = 91.98 ± 6.89, a* = 0.16 ± 4.83, b* = 16.40 ± 11.93, C* = 16.40 ± 12.29 และ H* = 90.10 ± 10.70 พบว่าลักษณะสีของน้ำชาไหมข้าวโพดแบบ

MW-CS-F3 ที่ปรากฏอยู่ในช่วงสีเดียวกันกับน้ำชาชนิดอื่นๆ ทั่วไป หากแต่น้ำชาไหมข้าวโพดแบบ CK มีลักษณะสีที่ปรากฏ แตกต่างจากรายงานของ Jin และคณะ (2016)

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ค่าสีในชาไหมข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 °C

Samples	Month	L*	a*	b*	C*	H*
CK	0	78.42 ± 0.02^{a}	3.29 ± 0.01^{a}	51.24 ± 0.02^{a}	51.34 ±0.02^{a}	86.33 ± 0.00^{a}
	1	82.23 ± 0.01^{b}	1.35 ± 0.01^{b}	46.20 ± 0.04^{b}	46.22 ± 0.04^{b}	88.33 ± 0.01^{b}
	2	81.59 ± 0.01^{c}	1.84 ± 0.01^{c}	45.81 ± 0.02^{c}	45.85 ± 0.02^{c}	87.70 ± 0.01^{c}
	3	75.71 ± 0.02^{d}	4.96 ± 0.01^{d}	57.04 ± 0.02^{d}	57.26 ± 0.02^{d}	85.03 ± 0.01^{d}
MW-CS-F3	0	91.42 ± 0.01^{a}	-2.70 ± 0.02^{a}	18.97 ± 0.06^{a}	19.16 ± 0.06^{a}	98.08 ± 0.09^{a}
	1	91.75 ± 0.01^{b}	-2.53 ± 0.01^{b}	17.39 ± 0.01^{b}	17.57 ± 0.01^{b}	98.29 ± 0.01^{b}
	2	91.99 ± 0.00^{c}	-2.58 ± 0.01^{c}	17.46 ± 0.01^{c}	17.65 ± 0.01^{c}	98.40 ± 0.03^{c}
	3	91.91 ± 0.00^{d}	-2.52 ± 0.01^{b}	17.03 ± 0.01^{d}	17.21 ± 0.01^{d}	98.42 ± 0.04^{c}

หมายเหตุ : Mean ± SD, $^{a,b...}$ หมายถึง ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($P \leq 0.05$)

น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3)

น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากไหมข้าวโพดทางการค้า (commercial corn silk tea: CK)

4.4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการทดลองนี้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยการตรวจหาปริมาณเชื้อ และชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ในชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3) ในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด (APC), แซลโมเนลลา (*Salmonellae*), สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*S. aureus*), ยีสต์ (Yeast) และรา (Mold) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (TISI, 2013a, 2015b) แสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.12 พบว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 55 องศาเซสเซียส ไม่พบปริมาณของ APC เกินเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งยังไม่ตรวจพบเชื้อ *Salmonellae* , *S. aureus*, Yeast และ Mold ในชาไหมข้าวโพดเลยทั้ง 2 อุณหภูมิตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.12 ปริมาณ และชนิดของจุลินทรีย์ (cfu/g) ในผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C และอุณหภูมิ 55 °C

Temp	Month	APC	*Salmonellae*	*S. aureus*	Yeast	Mold
30	0	7.80×10^{1}	ND	<3	ND	ND
	1	8.10×10^{1}	ND	<3	ND	ND
	2	3.53×10^{2}	ND	<3	ND	ND
	3	5.52×10^{2}	ND	<3	ND	ND
55	0	7.80×10^{1}	ND	<3	ND	ND
	1	3.90×10^{2}	ND	<3	ND	ND
	2	9.50×10^{2}	ND	<3	ND	ND
	3	10.38×10^{2}	ND	<3	ND	ND

หมายเหตุ : ตัวย่อจากตาราง คือ ND = not detected

ข้อกำหนดการตรวจพบปริมาณจุลินททรีย์ตามมาตราฐาน ดังนี้ จุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน 1×104 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม, แซลโมเนลลา ไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม, สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม, ยีสต์ และรา ไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

4.4.4 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

ผลการทดลองนี้ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางคุณลักษณะบางประการโดยการตรวจพินิจและวัดปริมาณน้ำอิสระ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ตามหัวข้อที่ 3.2.6.1 ของผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3) ในระหว่างการเก็บรักษา แสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.13 และ 4.14 ซึ่งผลการทดลองพบว่าชาไหมข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซสเซียส และ 55 องศาเซสเซียส ลักษณะโดยทั่วไปของชาไหมข้าวโพดที่ตรวจได้มีลักษณะปกติของไหมข้าวโพดแห้งที่เตรียมได้หลังการผลิต และมีสีของไหมแห้งออกสีน้ำตาลเหลืองเป็นไปตามธรรมชาติของไหมข้าวโพด ทั้งยังไม่พบการเจือสี และสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบของไหมข้าวโพดปลอมปน หากแต่ในส่วนของเดือนที่ 2 และเดือนที่ 3 กลับพบความผิดปกติของกลิ่น และ กลิ่นรสของชาไหม

ข้าวโพดที่เก็บรักษาไว้ใน 55 องศาเซสเซียส นั่นแสดงถึงชาไหมข้าวโพดที่เตรียมได้จากการทดลองมีอายุการเก็บรักษาที่จำกัด นอกจากนี้ผลการทดลองในส่วนของกาก เถ้าที่ละลายน้ำ เถ้าที่ไม่ละลายกรด ความเป็นด่างของเถ้าที่ละลายน้ำ และสารที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อนของชาไหมข้าวโพดที่เก็บรักษาไว้ที่ 2 อุณหภูมิตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่าคุณลักษณะที่ตรวจพบนี้มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์ชา

ทั้งนี้เมื่อคำนวนอายุในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ตามสมการหัวข้อที่ 3.2.6 พบว่าชาไหมข้าวโพดที่เก็บในสภาวะเร่งสามารถเก็บได้ถึง 64 วัน แสดงว่าจะสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิปกติได้เป็นระยะเวลา 1 ปี

ตารางที่ 4.13 ผลวิเคราะห์คุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์ของชาไหมข้าวโพด (MW-CS-F3) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	ระยะเวลา (เดือน)			
	0	1	2	3
ลักษณะทั่วไป	เส้นไหมแห้ง	เส้นไหมแห้ง	เส้นไหมแห้ง	เส้นไหมแห้ง
สี	สีน้ำตาลเหลือง	สีน้ำตาลเหลือง	สีน้ำตาลเหลือง	สีน้ำตาลเหลือง
กลิ่น	กลิ่นข้าวโพดคั่ว	กลิ่นข้าวโพดคั่ว	กลิ่นข้าวโพดคั่ว	กลิ่นข้าวโพดคั่ว
กลิ่นรส	รสข้าวโพดคั่ว	รสข้าวโพดคั่ว	รสข้าวโพดคั่ว	รสข้าวโพดคั่ว
สิ่งแปลกปลอม	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
การเจือสี	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ปริมาณน้ำอิสระ (A_w)	0.50 ± 0.02	0.47 ± 0.07	0.42 ± 0.11	0.44 ± 0.07
กาก %	13.80 ± 0.04	13.87 ± 0.03	13.83 ± 0.01	13.90 ± 0.13
เถ้าที่ละลายน้ำ %	51.24 ±0.04	51.12 ± 0.45	50.79 ± 0.12	51.14 ± 0.12
เถ้าที่ไม่ละลายกรด %	0.43 ± 0.01	0.45 ± 0.00	0.45 ± 0.01	0.44 ± 0.01
ความเป็นด่างของเถ้าที่ละลายน้ำ %	2.45 ± 0.02	2.41 ± 0.00	2.39 ± 0.01	2.39 ± 0.01
สารที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อน%	38.20 ± 0.19	38.63 ± 0.14	38.00 ± 0.05	38.27 ± 0.04

ตารางที่ 4.14 ผลวิเคราะห์คุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์ของชาไหมข้าวโพด(MW-CS-F3) ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 °C

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์	ระยะเวลา (เดือน)			
	0	1	2	3
ลักษณะทั่วไป	เส้นไหมแห้ง	เส้นไหมแห้ง	เส้นไหมแห้ง	เส้นไหมแห้ง
สี	สีน้ำตาล เหลือง	สีน้ำตาล เหลือง	สีน้ำตาล เหลือง	สีน้ำตาล เหลือง
กลิ่น	กลิ่นข้าวโพดคั่ว	กลิ่นข้าวโพดคั่ว	กลิ่นผิดปกติเล็กน้อย	กลิ่นผิดปกติ
กลิ่นรส	รสข้าวโพดคั่ว	รสข้าวโพดคั่ว	กลิ่นรสผิดปกติเล็กน้อย	กลิ่นรสผิดปกติ
สิ่งแปลกปลอม	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
การเจือสี	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ปริมาณน้ำอิสระ (A_w)	0.50 ± 0.02	0.39 ± 0.01	0.31 ± 0.01	0.31 ± 0.02
กาก %	13.80 ± 0.04	13.94 ± 0.06	13.85 ± 0.03	13.71 ± 0.15
เถ้าที่ละลายน้ำ %	51.24 ±0.04	50.97 ± 0.03	51.15 ± 0.12	51.15 ± 0.12
เถ้าที่ไม่ละลายกรด %	0.43 ± 0.01	0.44 ± 0.00	0.45 ± 0.00	0.45 ± 0.03
ความเป็นด่างของเถ้าที่ละลายน้ำ %	2.45 ± 0.02	2.40 ± 0.01	2.41 ± 0.00	2.42 ± 0.00
สารที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อน%	38.20 ± 0.19	38.38 ± 0.33	37.94 ± 0.58	38.29 ± 0.00

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลการศึกษาเพื่อการผลิตชาไหมข้าวโพดพร้อมชงชนิดซอง 3 วิธีการที่แตกต่างกัน คือ ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 1 (corn silk formula 1: CS-F1), ชาไหมข้าวโพดแบบที่ 2 (corn silk formula 2: CS-F2) และชาไหมข้าวโพดแบบที่ 3 (corn silk formula 3: CS-F3) ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคพบว่าชาไหมข้าวโพดที่ได้รับการคัดเลือกด้วยคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด คือ CS-F3 ที่มีกระบวนการทำชาโดยใช้วิธีการนึ่งและคั่วร่วมกันในขั้นตอนของการให้ความร้อน

5.1.2 ผลการศึกษาการทำแห้งด้วยไมโครเวฟกับการทำแห้งด้วยลมร้อน พบว่าผลวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของชาไหมข้าวโพดที่ผ่านการอบแห้งด้วยไมโครเวฟ (MW-CS-F3) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่วัดได้มากกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน HA-CS-F3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% และมีอัตราการทำแห้งที่รวดเร็วมากกว่า แสดงถึงการทำแห้งด้วยไมโครเวฟมีประสิทธิภาพดีกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน

5.1.3 ในระหว่างการเก็บรักษาชาไหมข้าวโพดซองพร้อมชง ผลการทดลองพบว่าคุณภาพทางเคมีที่วัดได้มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลลดลงได้มากกว่าอุณหภูมิปกติ หากแต่ก็ไม่พบความแตกต่างนอกจากนั้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป การเพิ่มขึ้นของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก็ยังเป็นไปตามเกณฑ์มาตราฐาน แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลอง พบว่าชาไหมข้าวโพดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซสเซียส เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสที่ผิดปกติอย่างชัดเจนในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา ซึ่งแสดงถึงผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่จำกัด

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากการทดลองในครั้งนี้เป็นการใช้ไหมข้าวโพดหวานสายพันธุ์เดียวกัน ที่ได้จากแหล่งปลูกเดียวกัน และเก็บรักษาไว้ในสภาวะเดียวกันตลอดการทดลอง เพื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ภายในการทดลอง ทั้งนี้ความแตกต่างของสายพันธุ์ อายุ แหล่งเพาะปลูก การเก็บรักษา วิธีที่ใช้ในการทดลอง และระยะเวลาการเก็บของวัตถุดิบ อาจส่งผลที่แตกต่าง

5.2.2 ในระหว่างกระบวนการทำชา หากต้องการสี และกลิ่นของชาที่ชัดเจนเพิ่มขึ้น อาจเพิ่มเวลาที่ใช้ขั้นตอนของการให้ความร้อน และขั้นตอนของการนวดชา เพื่อกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ทั้งแบบปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอมไซม์ และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอมไซม์

บรรณานุกรม

กรมการค้าต่างประเทศ. (2562). **สถิติการส่งออกสินค้ามาตรฐานข้าวโพดตามรายงานการส่งสินค้ามาตรฐานออกนอกราชอาณาจักร**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://www.dft.go.th/th-th/dftservice-data-statistic/cid/602. 12 กรกฎาคม 2562.

กิตติชัย บรรจง. (2557). **Optical properties**. เอกสารประกอบการเรียนวิชาเครื่องมือการวัด. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เกษตรพอเพียง. (2562). **ฝักข้าวโพด**. [ออนไลน์]. สืบค้นจากhttp://www.kasetporpeang.com/forums/index.php?topic=121174.0. 12 กรกฎาคม 2562.

ทัดดาว ภาษีผล. (2557). **ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันและปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของเครื่องดื่มสมุนไพรจากไหมข้าวโพด**. หน้า 513-520. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฉบับพิเศษ. มหาสารคาม.มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธีรพงษ์ เทพกรณ์. (2550). **การศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดและ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (โพลิฟีนอล) ในระหว่างกระบวนการผลิตชาเขียวและชาอู่หลงของจังหวัดเชียงราย**. หน้า 1-50. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2557). **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

นุทิศ เอี่ยมใส. (2553). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษจากต้น เปลือก และซังข้าวโพด โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน**. ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร. 12(1). 1-12. พระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2511. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4553 (พ.ศ. 2556). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 130 ตอนพิเศษ 93ง. ลงวันที่ 27 พฤษภาคม 2556.

ประมวล ศรีกาหลง. (2561). **อายุเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร**. เอกสารประกอบการเรียน. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิลาวรรณ ไวถนอมสัตย์. (2543). **การผลิตน้ำตาลไซลิทอลจากน้ำตาลไซโลสของซังข้าวโพด โดยกระบวนการหมักด้วยยีสต์**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฟารียา กุลพิจิตร, อาณดี นิติธรรมยง และสมเกียรติ์ โกศัลวัฒน์. (2558). **การสกัดใยอาหารจากไหมข้าวโพดและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร**. หน้า 19-34. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.

ปีที่ 38 ฉบับที่ 1. มกราคม - มีนาคม 2558.

วรลักษณ์ คงจินดามุณี. (2556). **การผลิตเอทานอลจากแกนข้าวโพด.** หน้า 1-180. ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิทิต วัณนาวิบูล. (2528). **ข้าวโพด: อาหารสำหรับคนอ้วน.** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก https://www.doctor.or.th/article/detail/5997. 4 ตุลาคม 2560.

สมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป. (2561)**. สถานการณ์การผลิตและการแข่งขันทางการค้าข้าวโพดหวานระหว่างประเทศ**. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://www.thaifood.org/. 15 มิถุนายน 2562.

สัณห์ ละอองศรี. (2535). **ชา**. รั้วเขียว. กรุงเทพฯ.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. (2539). **กระบวนการทำแห้งอาหาร**. หน้า 164-172. คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. (2520). **ข้าวโพด**. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่ม 3. กรุงเทพมหานคร.

อดิศร ถมยา และวราคม วงศ์ชัย. (2557). **การผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากซังข้าวโพดด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชั่นโดยใช้แป้งมันและปูนขาวเป็นตัวประสาน**. การประชุมเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemistry, 16th ed**. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, Virginia.

Badarinath, A.V., Mallikarjuna, R. K., Madhu, S. C. C., Ramkanth, S., Rajan T.V.S.,Gnanaprakash, K. (2010). **A review on In-vitro antioxidant methods: Comparisions, correlations and considerations**. International Journal of PharmTech Research. 2(2):1276–85.

Cha, J.H., Kim, S.R., Kang, H.J., Kim, M.H., Ha, A.W., Kim, W.K. (2016). **Corn silk extract improves cholesterol metabolism in C57BL/6J mouse fed high-fat diets**. Nutrition Research and Practice. 10(5) :501–506.

Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. and Basak, T. (2013). **Microwave food processing-A review**. Food Research International. 52: 243–261.

Choi, D.J., Kim, S.L., Choi, J.W., Park, Y.I. (2014). **Neuroprotective effects of corn silk**

maysin via inhibition of H 2O2-induced apoptotic cell death in SK-N-MC cells. Life Sciences.109(1). 57–64.

Chong, K.L., and Lim, Y.Y. (2012). **Effects of drying on the antioxidant properties of herbal tea from selected vitex species.** Journal of Food Quality. 35. 51-59.

Dong, J., Ma, X., Fu, Z. and Guo, Y. (2011). **Effects of microwave drying on the contents of functional constituents of Eucommia ulmoides flower tea**. Industrial Crops and Products. 34. 1102–1110.

Jin, L., Li, X.B., Tian, D.Q., Fang, X.P., Yu, Y.M., Zhu, H.Q., Ge, Y.Y., Ma, G.Y., Wang, W.Y., Xiao, W.F. and Li, M. (2016). **Antioxidant properties and color parameters of herbal teas in China**. Industrial Crops and Products. 87: 198-209.

Karadag, A., Avcı, N., Kasapoglu, K.N. and Ozçelik, B. (2016). **Effect of microwave technology on some quality parameters and sensory attributes of black tea**. Czech Journal of Food Sciences. 34(5). 397–405.

Kilic, C., Can, Z., Yilmaz, A., Yilmaz, S. and Turna, H. (2017). **Antioxidant Properties of Some Herbal Teas (Green tea, Senna, Corn Silk, Rosemary) Brewed at Different Temperatures**. International Journal of Secondary Metabolite. 4:142-148

Garcia, E. J., Cadorin, O. T. L., De Alencar, S. M., Reis, A., Loguercio, A. D., and Miranda, G. R. H. (2012). **Antioxidant activity by DPPH assay of potential solutions to be applied on bleached teeth**. Brazilian Dental Journal, 23(1), 22–27.

Lee, J., Lee, S., Kim, S-L., Choi, J.W., Seo, J.Y., Choi, D.J. and Park, Y. II. (2014). **Corn silk maysin induces apoptotic cell death in PC-3 prostate cancer cells via mitochondria-dependent pathway**. Life Sciences. 119(1–2):47–55.

Lee, J., Young, S.H., In, K.K. and Myoung, G.C. (2015). **Lipophilic pigments differentially respond to drying methods in tea (Camellia sinensis L.) leaves**. LWT - Food Science and Technology. 61. 201-208.

Lee, C. W., Seo, J. Y., Kim, S. L., Lee, J., Choi, J. W., and Park, Y. II. (2017). **Corn silk maysin ameliorates obesity in vitro and in vivo via suppression of lipogenesis, differentiation, and function of adipocytes.** Biomedicine

and Pharmacotherapy. 93, 267–275.

Lin, X., Zhang, L., Lei, H., Zhang, H., Cheng, Y., Zhu, R. and Ruan, R. (2010). **Effect of drying technologies on quality of green tea**. International Agricultural Engineering Journal. 19(3):30-37.

Qu, F., Zhu, X., Ai, Z., Ai, Y., Qiu, F. and Ni, D. (2019). **Effect of different drying methods on the sensory quality and chemical components of black tea**. LWT - Food Science and Technology. 99.112–118.

Rabeta, M. S., and Vithyia, M. (2013). **Effect of different drying methods on the antioxidant properties of Vitex negundo Linn. tea**. International Food Research Journal. 20. 3171- 3176.

Rahman, N.A. and Rosli, W.I.W. (2014). **Nutritional compositions and antioxidative capacity of the silk obtained from immature and mature corn**. Journal of King Saud University – Science. 26: 119-127.

Sarepoua, E., Tangwongchai, R., Suriharn, B., and Lertrat, K. (2015). **Influence of variety and harvest maturity on phytochemical content in corn silk**. Food Chemistry. 169. 424-429.

Takeo, T. (1992). **Green and semi-fermented teas. In Tea Cultivation to consumption**. Chapman and Hall, London. 413 – 414.

Thai Community Product Standard. (2015). Available from: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0120_58(ชา).pdf (Accessed September 1, 2018)

Thai Industrial Standards Instituted (TISI).(2013). Available from:https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2556/E/093/5.PDF (Accessed September 1, 2018)

Therdthai, N. and Zhou, W. (2009). **Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (Mentha cordifolia Opiz ex Fresen).** Journal of Food Engineering. 91: 482–489.

U.S. Food and Drug Administration (FDA). (1992). **Bacteriological Analytical Manual (BAM)**. 7th **edition**. AOAC International Arlington. VA

Uthai, N., Thamakorn, P. and Nokkoul, K. (2018). **Influ Influence of Storage Time on Quality and Sensory Evaluation of Upland Rice Grass CV. Ka Ton Dam Tea**.

The 20th Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018). 105-113.

USDA, FAS Grain: World Markets and Trade, Jan. 12, (2017).

Velazquez, D. V. O., Xavier, H. S., Batista, J. E. M., and De Castro-Chaves C. (2005). **Zea mays L. extracts modify glomerular function and potassium urinary excretion in conscious rats**. Phytomedicine. 12.363–369.

Wang, Y., Li X., Chen, X., Li B., Mao, X., Miao, J., Zhao, C., Huang, L. and Gao, W. (2018). **Effects of hot air and microwave-assisted drying on drying kinetics, physicochemical properties, and energy consumption of chrysanthemum**. Chemical Engineering & Processing: Process Intensification. 129. 84–94.

Wangthaval, R., Watchararuangwit, C., Suntornsuk, W. and Tuitemwong, P. (2014). **Study of Shelf-Life Index and Prediction of Khaotan with Butter**. Agricultural Science Journal. 45: 693-696.

Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A.S., and Wang, S. (2006). **Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables**. Trends in Food Science & Technology. 17. 524–534.

Zhao, H., Zhang, Y., Liu, Z., Chen, J., Zhang, S., Yang, X. and Zhou, H. (2017). **Acute toxicity and anti-fatigue activity of polysaccharide-rich extract from corn silk**. Biomed Pharmacothe. 90:686–93.

Zhu, F. (2018). **Anthocyanins in cereals: Composition and health effects**. Food research International. 109. 232-249.

ภาคผนวก ก

สูตรการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

ภาคผนวก ก

สูตรการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ

1. ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

$$\text{ปริมาณความชื้น (\% moisture)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100 \quad \text{(ก. 1)}$$

2. ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000

$$\text{ปริมาณเถ้า (\% ash)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100 \quad \text{(ก. 2)}$$

3. ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

$$\text{ปริมาณไขมัน (\% crude fat)} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์หลังอบ} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100 \quad \text{(ก. 3)}$$

4. ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2000)

$$\text{ปริมาณใยอาหาร (\% crude fiber)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนเผา} - \text{น้ำหนักหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100 \quad \text{(ก. 4)}$$

5. ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%N)} = \frac{\text{ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรท} \times \text{ความเข้มข้นกรด} \times \mathbf{14}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times \mathbf{1000}} \times 100 \quad \text{(ก. 5)}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\% crude protein)} = \%\ N \times 6.25 \quad \text{(ก. 6)}$$

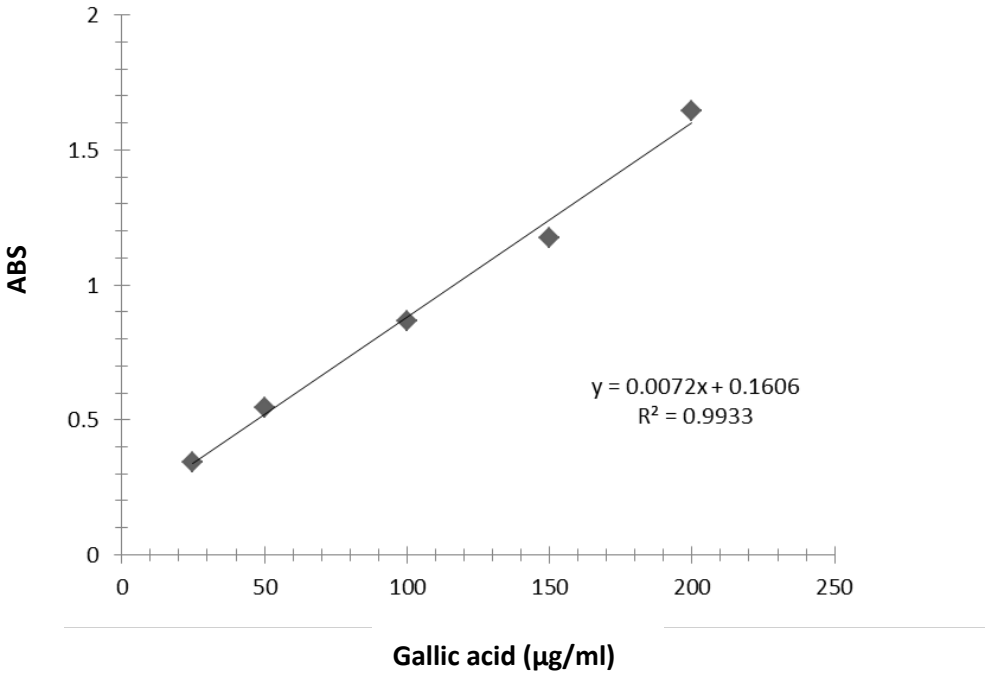
ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์กราฟมาตราฐานกรดแกลลิค

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์กราฟมาตราฐานกรดแกลลิค

กราฟมาตราฐานกรดแกลลิค



ภาพภาคผนวก ข 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิค และค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 765 นาโนเมตร

การคำนวณ

สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน y = ax + b

เมื่อ y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานหลังจากหักลบ Blank

a คือ ค่าความชันของเส้นกราฟ

x คือ ปริมาณกรดปริมาณกรดแกลลิคมีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

คำนวณค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่วัดได้ คือ นำค่า y ของตัวอย่างที่วัดได้นำไปแทนในสมการข้างต้น เพื่อคำนวณหารปริมาณกรดแกลลิคที่มีอยู่ในตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ ซึ่งจำเป็นต้องนำมาคำนวณให้อยู่ในหน่วย ไมโครกรัมของตัวอย่างเริ่มต้น

ตัวอย่างการคำนวณ

แทนค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารละลายกรดแกลลิคในสมการกราฟมาตรฐาน

$y = 0.0072x + 0.1606$

หมายเหตุ y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร

x คือ ปริมาณกรดแกลลิค (ไมโครกรัม)

ตัวอย่างการคำนวณ เมื่อค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง คือตัวอย่าง คือ 0.554

$0.554 = y = 0.0072x + 0.1606$

$x = (0.554 - 0.1606)/ 0.0072$

$x = 54.64$

ดังนั้น ตัวอย่างจะมีปริมาณกรดแกลลิค 53.28 ไมโครกรัม

จากการทดลองใช้ปริมาณตัวอย่างสารละลายที่ใช้การทดสอบ คือ 1.0 มิลลิลิตร สรุปได้ว่าในตัวอย่างสารละลายที่ใช้ทดสอบจะพบปริมาณกรดแกลลิคแอซิค เท่ากับ 54.64 µg/ml

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ค่าสี

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ค่าสี

ตรวจวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab (Colorquest XE, USA)

การวิเคราะห์ค่าสี (กิตติชัย, 2557)

วัดค่าสีของน้ำชาตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างน้ำชาที่ได้ใส่ในภาชนะโปร่งแสง ใส่ตัวอย่างให้เต็มภาชนะ ทำการวัด 3 ซ้ำ ก่อนทำการวัดทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานเครื่องวัดสีกับแผ่นสีขาวมาตรฐาน บันทึกผลเป็นค่า L* a* และ b* เมื่อ

L* เป็นค่าความสว่าง(Lightness) มีค่าอยู่ระหว่าง 0-100

L* = 0 มืดที่สุด

L* = 100 สว่างที่สุด

a* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดง หรือเขียว

a* เป็น + แสดงความเป็นสีแดง

a* เป็น - แสดงความเป็นสีเขียว

b* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง หรือน้ำเงิน

b* เป็น + แสดงความเป็นสีเหลือง

b* เป็น – แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

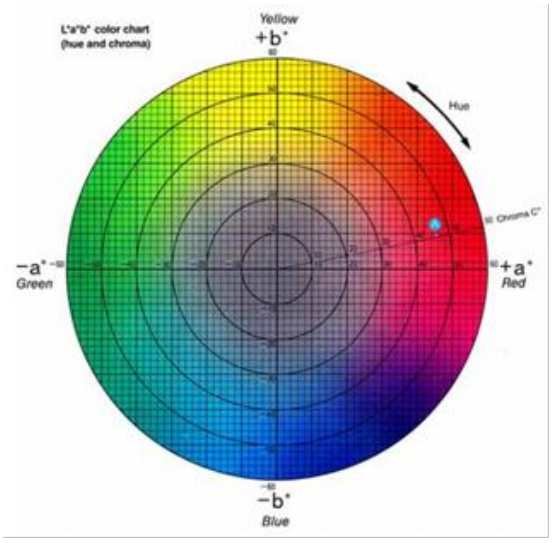
จากนั้นนำค่า L* ,a* และ b* ที่ได้มาคำนวณให้อยู่ในรูป Hue angle และ Chroma โดยค่า Chroma หรือ C* คือค่าความเข้มของสี ได้จากความยาวของเส้นตรงขากจุดกำเนิดที่ a* = b* = 0 ไปยังตำแหน่งสีของตัวอย่าง คำนวณได้จาก

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \qquad \text{(ค. 1)}$$

เมื่อค่า Chroma เป็นค่าที่แสดงความเข้มของสี

C* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุ มีสีซีดจาง (เทา)

C* มีค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึง วัตถุมีสีเข้ม



ภาพภาคผนวก ค 1 ระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ ที่มา: Minolta, 1997

ค่า Hue angle หรือ h* คือค่าที่ระบุว่าสีมีตำแหน่งที่ใดในกราฟ โดยมีหน่วยเป็นองศา คำนวณได้จาก

Hue angle = arctangent (b*/a*) เมื่อ a* >0 และb* ≥0 (ค. 2)

= arctangent (b*/a*) + 180° เมื่อ a* <0 (ค. 3)

= arctangent (b*/a*) + 360° เมื่อ a* ≥0 และb* <0 (ค. 4)

เมื่อค่า Hue angle เป็นค่าที่แสดงช่วงสีของวัตถุมีค่าอยู่ระหว่าง0-360 องศา คือ

0-45 องศา แสดงสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง 180-225 องศา แสดงสีเขียวถึงสีน้ำเงิน

45-90 องศา แสดงสีส้มแดงถึงสีเหลือง 225-270 องศา แสดงสีน้ำเงินเขียวถึงน้ำเงิน

90-135 องศา แสดงสีเหลืองถึงเหลืองเขียว270-315 องศา แสดงสีน้ำเงินถึงม่วง

35-180 องศา แสดงสีเหลืองเขียวถึงเขียว 315-360 องศา แสดงสีม่วงถึงม่วงแดง

ภาคผนวก ง
รูปภาพชาไหมข้าวโพด

ภาคผนวก ง
ภาพชาไหมข้าวโพด

1. ชาไหมข้าวโพดแบบแห้ง (MW-CS-F3) หลังการผลิต

ภาพภาคผนวก ง 1 ชาไหมข้าวโพดแบบแห้ง (MW-CS-F3)

2. ชาไหมข้าวโพด (MW-CS-F3) บรรจุซองพร้อมชง

ภาพภาคผนวก ง 2 ชาไหมข้าวโพด (MW-CS-F3) บรรจุซองพร้อมชง

3. น้ำชาไหมข้าวโพด (MW-CS-F3)

ภาพภาคผนวก ง 3 น้ำชาไหมข้าวโพด (MW-CS-F3)

4. น้ำชาไหมข้าวโพดที่เตรียมจากชาไหมข้าวโพดทางการค้า (CK)

ภาพภาคผนวก ง 4 น้ำชาไหมข้าวโพด (CK)

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ประกอบไปด้วยเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด, แซลโมเนลลา, สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส, ยีสต์ และรา โดยดัดแปลงวิธีตรวจสอบจาก FDA (1992)

1. จุลินทรีย์ทั้งหมด

- ละลายตัวอย่าง 1 g ในน้ำกลั่น 100 ml ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
- ทำการเจือเป็นลำดับๆ ละ 10 เท่า ด้วย Buffered peptone water
- ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางแล้ว ปริมาณ 0.1 ml ลงในอาหาร TSA แล้ว Spread plate
- บ่มใน Incubator ที่อุณหภูมิ 35 $\pm$ 1 °C เป็นเวลา 48 $\pm$ 2 ชม.
- สังเกตและนับจำนวนโคโลนี โดยจะนับ plate ที่พบโคโลนีตั้งแต่ 25 – 300 โคโลนีขึ้นไปแล้วจะนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยที่ได้ตามสูตร ดังนี้

สูตรคำนวณ CFU/g หรือ CFU/ml

$$\text{CFU/g หรือ CFU/ml} = \frac{\sum \mathrm{C}}{(v1n1+0.1n2)d} \qquad \text{(จ. 1)}$$

เมื่อ $\sum \mathrm{C}$ = ผลรวมของโคโลนีที่นับได้ทั้งหมดจาก plate ที่นับได้ในช่วง 25 – 300 โคโลนี

V1 = ปริมาณของ inoculum ที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์

n1 = จำนวน plate ที่นับได้ในช่วง 25 - 300 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นแรก

n2 = จำนวน plate ที่นับได้ในช่วง 25 - 300 โคโลนี ในระดับความเข้มข้นที่ 2

d = ระดับความเข้มข้นแรกที่สามารถนับเชื้อได้ในช่วง 25 - 300 โคโลนี

2. แซลโมเนลลา

- ละลายตัวอย่าง 1 g ในน้ำกลั่น 100 ml ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

- ประกอบชุดอุปกรณ์การกรอง (Membrane filtration) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วใน Biosafety cabinet จากนั้นกรองตัวอย่างโดยการเทลงกรวยกรองในปริมาณ 100 ml และเปิดปั๊มดูดอากาศเพื่อให้ตัวอย่างไหลผ่านกระดาษกรองจนหมด
- ใช้ที่คีบ (Forcept) จุ่มแอลกอฮอล์และลนไฟบริเวณปากคีบ แล้วคีบกระดาษกรองใส่ Buffered peptone water ในขวดฝาเกลียว
- บ่มใน Incubator ที่อุณหภูมิ 35 $\pm$ 1 °C เป็นเวลา 18 $\pm$ 2 ชม.
- สังเกตความขุ่นของอาหารถ้ อาหารใสดังเดิมแสดงว่าไม่พบเชื้อ ถ้าอาหารขุ่นให้ทำการถ่ายเชื้อต่อไป ดังนี้
- เขย่าตัวอย่างที่อยู่ใน Buffered peptone water เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของเชื้อ
- ปิเปตตัวอย่างใน Buffered peptone water ปริมาณ 0.1 ml ลงในหลอดอาหาร Rappaport-vassiliadis broth with soya broth (RVS) และเขย่า
- บ่มใน Water bath ที่อุณหภูมิ 41 $\pm$ 1 °c เป็นเวลา 48 $\pm$ 4 ชม.
- ปิเปตตัวอย่าง Buffered peptone water ปริมาณ 1 ml ลงในหลอดอาหาร MKTTn broth และเขย่า
- บ่มใน Incubator ที่อุณหภูมิ 35 $\pm$ 1 °c เป็นเวลา 24 $\pm$ 3 ชม.

Plating out

- เขย่าตัวอย่างจาก RVS broth และ MKTTn เพื่อให้เกิดการกระจายตัวองเชื้อ
- ปิเปตตัวอย่างใน RVS และ MKTTn ปริมาณ 0.1 ml ลงในอาหาร BGA และ XLD แล้ว Spread plate Technique
- บ่มใน Incubator ที่อุณหภูมิ 35 $\pm$ 1 °c เป็นเวลา 24 $\pm$ 3 ชม.

Confirmation

- นำอาหาร BGA และ XLD มาทำการสังเกตลักษณะของโคโลนีแล้วทำการนับจำนวนของโคโลนี โดยลักษณะโคโลนีที่อาจพบเชื้อ *Salmonella* จะมีลักษณะดังต่อไปนี้
    - โคโลนีบนอาหาร BGA จะมีลักษณะสีแดง หรือชมพูอ่อน และมีบริเวณสีแดงทึบแสงล้อมรอบโคโลนี
    - โคโลนีบนอาหาร XLD จะมีลักษณะไม่มีสี หรือมีสีแดง และมีจุดดำอยู่ตรงกลางโคโลนี ถ้าไม่เกิดโคโลนีบนอาหา BGA และ XLD ก็ไม่ต้องทำขั้นตอนต่อไป

- ถ่ายเชื้อจาก BGA และ XLD โดยคัดเลือกโคโลนีเดี่ยวที่เห็นชัดเจนอย่างอย่าง 5 โคโลนีต่อชนิดอาหารมาทำการ Streak ลงบนผิวหน้าอาหาร Nutrient agar (NA) โคโลนีละ 2 Plate
- บ่มใน Incubator ที่อุณหภูมิ 35 $\pm$ 1 °c เป็นเวลา 24 $\pm$ 3 ชม.
- ทำการวิเคราะห์ทาง Biochemical confirmation โดยการคัดเลือกโคโลนีบนอาหาร NA มาถ่ายเชื้อลงในอาหารชนิดต่างๆ
- ทำการ Streak และ Stab เชื้อลงในหลออาหาร TSI แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 $\pm$ 1 °c เป็นเวลา
  24 $\pm$ 3 ชม. ถ้าพบเชื้อ *Salmonella* ผิวอาหารบน Slant จะเกิดสีแดงพร้อมกับฟองแก๊ส และอาหารที่ Stab จะมีสะเหลือปนดำ
- ทำการ Streak เชื้อลงในหลอดอาหาร Urea agar แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 $\pm$ 1 °c เป็นเวลา 24 ชม. ถ้าพบเชื้อ *Salmonella* อาหารจะไปเปลี่ยนเป็นสีชมพู
- ทำการถ่ายเชื้อลงในอาหาร L-Lysine decarboxylase 1 Loop ต่อ 1 หลอด เขย่าแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 $\pm$ 1 °c เป็นเวลา 24 $\pm$ 3 ชม. ถ้าพบเชื้อ *Salmonella* อาหารจะเปลี่ยนเป็นสีม่วง

3. สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส

- ละลายตัวอย่าง 1 g ในน้ำกลั่น 100 ml ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
- ประกอบชุดอุปกรณ์การกรอง (Membrane filtration) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วใน Biosafety cabinet จากนั้นกรองตัวอย่างโดยการเทลงกรวยกรองในปริมาณ 100 ml และเปิดปั๊มดูดอากาศเพื่อให้ตัวอย่างไหลผ่านกระดาษกรองจนหมด
- ใช้ที่คีบ (Forcept) จุ่มแอลกอฮอล์และลนไฟบริเวณปากคีบ แล้วคีบกระดาษกรองวางบนผิวหน้าอาหาร BPA ที่ผสมกับ Egg yolk tellurite enrichment
- บ่มใน Incubator ที่อุณหภูมิ 35 $\pm$ 0.5 °C เป็นเวลา 48 $\pm$ 4 ชม.
- นำมาสังเกตลักษณะของโคโลนีที่อาจพบเชื้อ *S. aureus* จะมีลักษณะเป็นจุดกลมหรือรี มีสีเทาหรือดำ เรียบ อยู่ตรงกลางโคโลนี และ Egg yolk ที่อยู่ในอาหารจะมีสีที่ซีดลง ให้สังเกตกระดาษกรองจะยกตัวขึ้นจากผิวหน้าอาหาร
- นำตัวอย่างที่มีการเกิดโคโลนีมาทำการ Confirm ผลโดยการทำ Coagulase Production แต่ถ้าตัวอย่างไม่เกิดโคโลนีบนอาหารก็ไม่ต้องทำการ Confirm ผล

Confirmation

- นำ Loop เขี่ยโคโลนีของเชื้อ *S. aureus* จำนวน 2-3 โคโลนีบน BPA ที่ผสม Egg yolk ลงในหลอดทดลองที่บรรจุ Coagulase plasma EDTA
- บ่มที่อุณหภูมิ 35 $\pm$ 0.5 °C เป็นเวลา 4 ชม. ถ้าพบเชื้อ *Staphylococcus aureus* EDTA จะเกิดการแข็งตัว

4. ยีสต์ และรา

- ละลายตัวอย่าง 1 g ในน้ำกลั่น 100 ml ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
- ทำการเจือจางเป็นลำดับๆ ละ 10 เท่า ด้วย Buffered peptone water
- ปิเปตตัวอย่างที่เจือจางแล้ว ปริมาณ 0.1 ml ลงในอาหาร 3 ชนิด ได้แก่ Acidified PDA, Antibiotic PCA, และ MY แล้ว Spread plate
- นำไปบ่มใน Incubator ที่อุณหภูมิ 25 $\pm$ 1 °C เป็นเวลา 72 $\pm$ 2 ชม.
- สังเกตลักษณะของยีสต์ และราที่มีการเจริญบนผิวหน้าอาหารแล้วทำการนับจำนวน

ภาคผนวก ฉ

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ฉ

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การทดสอบผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพด

<u>คำแนะนำ:</u> กรุณาชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชาไหมข้าวโพด แล้วให้คะแนนความชอบตามความรู้สึกของท่าน ดังนี้

ชอบมาก	5	คะแนน
ชอบ	4	คะแนน
เฉยๆ	3	คะแนน
ไม่ชอบ	2	คะแนน
ไม่ชอบมาก	1	คะแนน

อายุของผู้ทำการทดสอบ_____ ปี เพศ __ ชาย __หญิง

เกณฑ์การประเมิน	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
สี			
กลิ่นหอม			
กลิ่นรส			
ความชอบโดยรวม			
รวม			

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวปวีณ์ธิดา เขียวสง่า
วัน เดือน ปีเกิด	1 ธันวาคม 2535
ที่อยู่	12/115 ม. 14 ต. บางแก้ว อ. บางพลี จ. สมุทรปราการ 10540 (praveetida.vee@gmail.com, โทร. 087-977-8227)
ประวัติการศึกษา	- สำเร็จการศึกษามัธยมชั้นศึกษาจากโรงเรียนราชวินิตบางแก้ว ในพระอุปถัมภ์ฯ สมุทรปราการ ปีการศึกษา 2554 - สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2558 - ศึกษาต่อปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2559
ผลงาน	- Khieosa – nga P. and Banjong K. 2019. “Bioactivity and sensory evaluation of corn silk herbal tea bag product with different tea processing methods.” **The 21st Food Innovation Asia Conference 2019 (FIAC 2019).** Future Food Innovation for Better Health and Wellness. 284-291