

ผงเนื้ออกไก่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและการใช้ประโยชน์

DRIED CHICKEN BREAST MEAT POWDER USING MICROWAVE
AND ITS UTILIZATION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-053-334

ผงเนื้ออกไก่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและการใช้ประโยชน์

DRIED CHICKEN BREAST MEAT POWDER USING MICROWAVE
AND ITS UTILIZATION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-053-334

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผงเนื้ออกไก่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและการใช้ประโยชน์

DRIED CHICKEN BREAST MEAT POWDER USING MICROWAVE
AND ITS UTILIZATION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-053-334

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRIED CHICKEN BREAST MEAT POWDER USING MICROWAVE
AND ITS UTILIZATION



SASIPORN KONGCHAROENNIWAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL 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-053-334

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2019

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผงเนื้ออกไก่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและการใช้ประโยชน์

DRIED CHICKEN BREAST MEAT POWDER USING MICROWAVE AND
ITS UTILIZATION

ชื่อนักศึกษา

นางสาวสสิพร คงเจริญนวัต

รหัสประจำตัว

59608006

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร.กิตติชัย บรรจง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ดร.กิตติชัย บรรจง	
รศ.ดร.สนธิสุข ชีระชัยชยุติ	
ดร.ระจิตร สุวพานิช	
รศ.ดร.ระติพร มุทสาร	

วัน / เดือน / ปีที่สอบ 10 กรกฎาคม 2562 เวลา 15.00-17.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง D 213 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรคม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

18 ก.ค. 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผงเนื้อกไก่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและการใช้ประโยชน์
ชื่อนักศึกษา	นางสาวสสิพร คงเจริญนิติ
รหัสประจำตัว	59608006
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ดำเนินการโดยมีวัตถุประสงค์ในการทำแห้งเนื้อกไก่ด้วยวิธีไมโครเวฟ เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผงเนื้อกไก่ และนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ซูปครีมเนื้อกไ้ก่สำเร็จรูป การทำแห้งเนื้อกไก่ ทำโดยใช้เนื้อกไก่ต้มและผ่านการบดแล้วมาทำแห้งด้วยวิธีไมโครเวฟที่กำลังไฟแตกต่างกัน 3 ระดับคือ 300 600 และ 800 วัตต์ ด้วยภาชนะ 2 แบบคือ จานแก้ว และปีกเกอร์แก้ว พบว่ากำลังไฟไมโครเวฟและรูปร่างภาชนะให้ผลจลนศาสตร์การทำแห้งมีความแตกต่างกัน แต่ไม่มีความแตกต่างต่อสีของเนื้อกไก่แห้งที่ได้ นำผงเนื้อกไก่ที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีไมโครเวฟที่ให้เวลาสั้นที่สุด คือ การทำแห้งด้วยด้วยภาชนะปีกเกอร์ ที่กำลังไฟ 800 วัตต์ 12 นาที แล้วบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช มาเปรียบเทียบคุณสมบัติกับผงเนื้อกไก่ที่ได้จากการทำแห้งด้วยลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่า องค์ประกอบทางเคมี ค่าการละลายน้ำ ค่าการอุ้มน้ำ ค่าสี และลักษณะผง มีความแตกต่างกันเล็กน้อย การจัดเก็บผงเนื้อกไก่ในบรรจุภัณฑ์ถุงซิปลูมิเนียมพอยล์ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าปริมาณ ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และค่ากลิ่นหืน ของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นจากวันเริ่มจัดเก็บมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่สำหรับค่าสีไม่มีความแตกต่างกัน ผงเนื้อกไก่ถูกนำมาพัฒนาเป็นซูปครีมเนื้อกไ้ก่สำเร็จรูป โดยผสมผงเนื้อกไ้ก่เข้ากับส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ ผงฟักทอง แป้งมันฝรั่ง ครีมเทียม และเครื่องปรุงรส จัดทำสูตรซูปด้วยแผนการทดลองแบบผสม (mixture design) กำหนดปัจจัยหลักที่ศึกษาคือ ผงเนื้อกไ้ก่ ผงฟักทอง และแป้งมันฝรั่ง ทำการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสซูปครีมเนื้อกไ้ก่ที่คั้นรูปแล้ว พบว่าสูตรซูปที่มีอัตราส่วนผสมของผงเนื้อกไ้ก่ร้อยละ 66.67 ผงฟักทองร้อยละ 13.33 และแป้งมันฝรั่งร้อยละ 20.00 ได้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด ซูปครีมเนื้อกไ้ก่ในแต่ละสูตร มีสีและความข้นหนืดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Dried chicken breast meat powder using microwave and its utilization
Student	Miss Sasiporn Kongcharoeniwat
Student ID.	59608006
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2019
Thesis Advisor	Dr. Kittichai Banjong

ABSTRACT

This research aimed to dry a chicken breast meat using microwave drying method for processing to chicken breast meat powder and developing to instant chicken breast meat cream soup. Boiled and ground chicken breast meat was dried by microwave drying with 3 different microwave powers; 300, 600, and 800 W and 2 different containers; glass plate and glass beaker. Both factors effect to drying characteristic but not to the color of dried chicken breast meat. The shortest drying time chicken breast meat (glass beaker with 800 W, 12 min) was pulverized to a particle size 80 mesh and compared with hot air drying and freeze-drying chicken breast meat powder. Chemical composition, water soluble, water absorption, color, and powder characteristic are a little bit different. There were a slightly increase of total microorganism, color, rancidity, and a_w for a storage chicken breast meat powder in aluminium zip-lock bag for 3 months at 4 °C, room temperature (30±1), and 55 °C. Chicken breast meat powder is mixed with the other ingredients to produce a cream soup; pumpkin powder, potato starch, non-dairy creamer, and seasoning. The soup formulas were created by mixture design that the main factors are chicken breast meat powder, pumpkin powder, and potato starch. The soup with 66.67% chicken breast meat powder 13.33% pumpkin powder and 20.00% potato starch is obtain the highest of overall score from panelists. Each of soup formulas had a significant difference of viscosity and color ($P \leq 0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ในหัวข้อเรื่องผงเนื้ออกไก่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและการใช้ประโยชน์ (Dried chicken breast meat powder using microwave and its utilization) สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณาของ ดร.กิตติชัย บรรจง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลอง รวมถึงให้ความรู้ และช่วยแก้ไขตรวจทานข้อบกพร่องของการเขียนผลงานวิจัยตีพิมพ์และวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์และความถูกต้องยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.พอใจ ถาமாகกร ที่ได้ให้เกียรติมาเป็นประธานกรรมการในการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.ระพีพร มูลสาร รศ.ดร.สนธิสุข ธีระชัยชยดี และดร.ระจิตร์ สุวพานิช ที่ได้ให้เกียรติมาเป็นประธานและคณะกรรมการในการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำการแก้ไขในส่วนที่บกพร่องของวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์และความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้ และคำแนะนำที่ดีเสมอมา และขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ที่คอยให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ในดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณครอบครัว ที่เข้าใจ และเป็นกำลังใจที่ดีที่สุดมาโดยตลอด ขอขอบคุณพี่ เพื่อนและน้องปริญญาเอกและปริญญาโทในคณะอุตสาหกรรมเกษตร สำหรับการให้คำปรึกษาและมิตรภาพที่ดีมาโดยตลอด

ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาจากใจจริง และขอรำลึกถึงความกรุณาของทุกท่านตลอดไป

สสิพร คงเจริญนวัตติ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ไก่.....	5
2.1.1 เนื้อไก่.....	5
2.1.2 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์เมื่อได้รับความร้อนและถูกทำแห้ง.....	7
2.2 การทำแห้งอาหาร.....	7
2.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง.....	9
2.2.2 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ.....	11
2.2.3 การทำแห้งด้วยลมร้อน.....	12
2.2.4 การทำแห้งแบบแช่แข็ง.....	12
2.3 การเก็บรักษาอาหารแห้ง.....	13
2.4 ซุป.....	13
2.4.1 ซุปข้น.....	14
2.4.2 ซุปใส.....	14
2.5 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
2.5.1 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ.....	15
2.5.2 จลนศาสตร์ของการทำแห้ง.....	16
2.5.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติของผง.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5.4 ชุปครีม.....	16
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	18
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี.....	18
3.1.1 วัตถุดิบ.....	18
3.1.2 สารเคมี.....	18
3.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ.....	19
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	19
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	20
3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ.....	20
3.3.2 การผลิตผงเนื้ออกไก่.....	21
3.3.3 การต้มเนื้ออกไก่.....	21
3.3.4 ศึกษาการทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟ.....	22
3.3.4.1 การทำแห้งด้วยภาชนะจานแก้ว.....	22
3.3.4.2 การทำแห้งด้วยภาชนะปีกเกอร์แก้ว.....	22
3.3.5 การทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วยลมร้อน.....	23
3.3.6 การทำแห้งเนื้ออกไก่แบบแช่เยือกแข็ง.....	23
3.3.7 จลนศาสตร์ของการทำแห้ง.....	24
3.3.8 การวิเคราะห์คุณสมบัติของผงเนื้ออกไก่.....	25
3.3.8.1 องค์ประกอบทางเคมี.....	25
3.3.8.2 ตรวจวัดค่าสี.....	25
3.3.8.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำและการละลายน้ำ.....	25
3.3.8.4 ลักษณะของผง.....	26
3.3.9 การจัดเก็บรักษาผงเนื้ออกไก่.....	26
3.3.9.1 ตรวจวัดปริมาณน้ำอิสระ.....	26
3.3.9.2 ตรวจปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด.....	26
3.3.9.3 ตรวจวัดค่าสี.....	26
3.3.9.4 ตรวจวัดค่า TBARS.....	26
3.3.9.5 การประมาณอายุการจัดเก็บที่สภาวะเร่ง.....	27
3.3.10 การนำผงเนื้ออกไก่มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุปครีมเนื้ออกไก่กึ่งสำเร็จรูป.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.10.1 สูตรซูปครีมเนื้อกไก่.....	27
3.3.10.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปครีมเนื้อกไก่.....	28
3.3.10.3 ตรวจวัดค่าสีของซูปครีมเนื้อกไก่.....	29
3.3.10.4 วิเคราะห์ค่าความหนืดของซูปครีมเนื้อกไก่.....	29
3.3.11 แผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	29
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	30
4.1 ผลของระยะเวลาการต้มต่อลักษณะเนื้อกไก่บัด.....	30
4.2 ผลของการทำแห้งเนื้อกไก่ด้วยไมโครเวฟ.....	31
4.2.1 ผลของกำลังไฟไมโครเวฟและภาชนะต่อจลนศาสตร์การทำแห้ง.....	31
4.2.2 ผลของกำลังไฟไมโครเวฟและชนิดภาชนะต่อค่าสีเนื้อกไก่แห้ง.....	36
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผงเนื้อกไก่.....	37
4.3.1 ปริมาณร้อยละผลผลิต.....	37
4.3.2 องค์ประกอบทางเคมี.....	37
4.3.3 ตรวจวัดค่าสี.....	39
4.3.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำและละลายน้ำ.....	41
4.3.5 ลักษณะผงเนื้อกไก่.....	42
4.4 ผลการจัดเก็บรักษาผงเนื้อกไก่.....	44
4.5 ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปครีมจากผงเนื้อกไก่.....	47
4.5.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปครีม.....	47
4.5.2 ค่าสีของซูปครีมเนื้อกไก่.....	49
4.5.3 ค่าความหนืดของซูป.....	50
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	53
บรรณานุกรม.....	55
ภาคผนวก.....	61
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี.....	62
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ.....	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา.....	73
ภาคผนวก ง การประมาณอายุการเก็บที่สภาวะเร่ง.....	76
ภาคผนวก จ แบบฟอร์มทดสอบทางประสาทสัมผัสสุพรรณเนื้อออกไป.....	77
ประวัตินักวิจัย.....	78



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางอาหารของเนื้อไก่ดิบแต่ละชิ้นส่วน.....	6
2.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระขั้นต่ำที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้.....	9
3.1 สภาวะการทำแห้งเนื้อไก่ด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง.....	23
3.2 ส่วนประกอบซูปครีมเนื้อไก่.....	28
3.3 สูตรซูปครีมเนื้อไก่ที่ได้จากแผนการทดลองแบบผสม.....	28
4.1 ร้อยละปริมาณความชื้นของเนื้อไก่หลังต้มที่เวลาแตกต่างกัน.....	30
4.2 ค่า k ของการทำแห้งเนื้อไก่ด้วยไมโครเวฟ.....	35
4.3 ค่าสีของเนื้อไก่หลังทำแห้งด้วยไมโครเวฟแต่ละสภาวะ.....	36
4.4 ร้อยละปริมาณผลผลิตผงเนื้อไก่.....	37
4.5 องค์ประกอบทางเคมีของผงเนื้อไก่.....	38
4.6 ค่าสีของผงเนื้อไก่ที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน.....	40
4.7 ความสามารถในการอุ้มน้ำของผงเนื้อไก่.....	41
4.8 ความสามารถในการละลายน้ำของผงเนื้อไก่.....	41
4.9 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงเนื้อไก่ที่จัดเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 เดือน.....	45
4.10 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงเนื้อไก่ที่จัดเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน.....	45
4.11 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงเนื้อไก่ที่จัดเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน.....	46
4.12 คะแนนประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของซูปครีมเนื้อไก่ทั้ง 6 สูตร.....	48
4.13 ค่าสีของซูปครีมเนื้อไก่ทั้ง 6 สูตร.....	49
4.14 ค่าความหนืดของซูปครีมเนื้อไก่ 6 สูตร.....	51

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำผงเนื้ออกไก่.....	21
4.1 ลักษณะของเนื้ออกไก่หลังต้มที่เวลา 5 นาที, 10 นาที และ 15 นาที หลังผ่านการบด.....	30
4.2 การเปลี่ยนแปลงของร้อยละปริมาณความชื้นขณะการทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟใน (ก) ภาชนะจานแก้ว (ข) ภาชนะปีกเกอร์แก้ว.....	32
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งและเวลา ในการทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟใน (ก) ภาชนะจานแก้ว (ข) ภาชนะปีกเกอร์แก้ว.....	33
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทำแห้งและปริมาณความชื้น ในการทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟใน(ก) ภาชนะจานแก้ว (ข) ภาชนะปีกเกอร์แก้ว.....	34
4.5 เนื้ออกไก่แห้งและผงเนื้ออกไก่ ที่ผลิตด้วยวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน.....	39
4.6 ลักษณะผงเนื้ออกไก่และผงเวย์โปรตีนจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด.....	43
4.7 ซุปครีมเนื้ออกไก่ทั้ง 6 สูตร.....	50
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของซุปครีม 6 สูตร.....	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

โปรตีน เป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย และยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อกลไกในร่างกาย ไม่ว่าจะเป็น ระบบภูมิคุ้มกัน เอนไซม์ สารสื่อประสาท และฮอร์โมน (Beski และคณะ, 2015) โดยปกติบุคคลทั่วไปสามารถได้รับสารอาหารประเภทโปรตีนในปริมาณที่เพียงพอต่อวันด้วยการรับประทานอาหารประเภทเนื้อสัตว์ และถั่วชนิดต่าง ๆ ในมื้ออาหาร (วันทนี และคณะ, 2559) แต่สำหรับบุคคลที่ออกกำลังกายเพื่อสร้างกล้ามเนื้อ เล่นกล้าม หรือ ผู้ที่มีปัญหาด้านการดูดซึมอย่างเด็กทารกและผู้สูงอายุ บุคคลเหล่านี้จำเป็นต้องได้รับโปรตีนเสริมภายในมื้ออาหารหรือนอกเวลามื้ออาหาร เพื่อให้ได้รับปริมาณโปรตีนมากตามที่ต้องการและเพียงพอต่อวัน ซึ่งโปรตีนเสริมนี้ควรมีลักษณะที่ง่ายต่อการบริโภค ซึ่งในปัจจุบัน ได้มีผลิตภัณฑ์โปรตีนเสริมวางจำหน่าย อาทิเช่น ผงเวย์โปรตีน ผงโปรตีนสกัดจากถั่ว ที่สามารถรับประทานได้ด้วยการขงดื่ม แต่เนื่องจากผงเวย์โปรตีนมีราคาค่อนข้างสูง ทำให้ในหมู่คนออกกำลังกายสร้างกล้ามเนื้อ ออกกำลังกายเป็นแหล่งของโปรตีน โดยการบริโภคนอกจากจะปรุงเป็นอาหารแบบปกติ ยังมีการนำเนื้ออกไก่ที่ผ่านการต้มแล้วไปปั่นให้อยู่ในรูปของเหลวเพื่อให้รับประทานง่าย ในปริมาณที่มากกว่าการรับประทานแบบปกติ และรวดเร็วมากขึ้น ซึ่งในจุดนี้ผู้วิจัยมองว่าถ้าทำให้เนื้ออกไก่อยู่ในรูปที่ใช้งานง่าย ไม่ต้องเตรียมตั้งแต่เป็นเนื้ออกไก่สดให้ยุ่งยาก ก็คงจะดีไม่น้อย

ไก่ เป็นสัตว์ปีกที่ให้เนื้อสัตว์ประเภทเนื้อขาว ประกอบไปด้วยโปรตีนที่เรียกว่าเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง และกลายเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญสำหรับการบริโภค (Brandelli และคณะ, 2015; Marangoni และคณะ, 2015) โดยเฉพาะเนื้อส่วนอก ที่มีปริมาณโปรตีนสูงและไขมันต่ำ (USDA, 2017) แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับบุคคลที่กล่าวในข้างต้น การที่จะบริโภคเนื้อไก่ที่ผ่านการปรุงเป็นอาหารแบบปกติทั่วไป และบริโภคในปริมาณมาก ๆ เพื่อให้ได้รับโปรตีนในปริมาณที่เพียงพอตามที่ต้องการนั้น เป็นไปได้ยาก อีกทั้งเนื้อไก่อังมีการเสื่อมเสียได้ง่าย เนื่องจากเป็นอาหารที่มีปริมาณความชื้นสูง และยังมีสารอาหารอื่น ๆ ซึ่งเอื้อต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Cantalejo และคณะ, 2016)

ดังนั้น เพื่อให้เนื้อออกไก่ออยู่ในรูปที่สามารถบริโภคได้ง่าย มีอายุการจัดเก็บที่นานขึ้น และสะดวกในการเตรียมใช้งาน ผู้วิจัยจึงสนใจในการแปรรูปให้ออกไก่ออยู่ในรูปแบบผง เพราะเป็นรูปแบบอาหารที่มีอายุการจัดเก็บไว้ได้นาน และสะดวกต่อการใช้งานเพื่อบริโภค นอกจากนี้ ยังช่วยทำให้ง่ายต่อการจัดการ การขนส่ง และการจัดเก็บ เนื่องจากปริมาณที่ลดลงและมีน้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับของสด

การแปรรูปอาหารผง มีขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญคือ การทำแห้ง การทำแห้งคือการดึงน้ำออกจากรวมอาหาร ทำให้อาหารมีความชื้นลดต่ำกว่าร้อยละ 15 หรือค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 จึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้ (Jay, 1998) การทำแห้งอาหารที่อยู่ในรูปของแข็งด้วยวิธีการใช้ลมร้อน เป็นวิธีการที่นิยมใช้ทั่วไป เนื่องจากทำได้ง่ายและมีต้นทุนในการดำเนินการต่ำ แต่ใช้เวลาในการทำแห้งนานเป็นเวลาหลายชั่วโมงหรือเป็นวัน เนื่องจากความชื้นจะเริ่มระเหยจากพื้นผิวของอาหารก่อนจะไปสู่ชั้นในของอาหาร การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ จึงเป็นวิธีที่น่าสนใจ และกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น เพราะใช้เวลาในการทำแห้งสั้น และสามารถปรับปรุงคุณภาพของอาหารบางชนิดได้ การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ ความร้อนจะเกิดขึ้นภายในตัวอาหาร เกิดเป็นไอน้ำแล้วผลักรวมออกสู่ภายนอกตัวอาหาร ทำให้อาหารแห้ง ส่วนอีกวิธีการทำแห้งหนึ่งที่ได้รับการสนใจมาก คือ การทำแห้งแบบแช่แข็ง เนื่องจากเป็นการทำแห้งโดยไม่เกิดความร้อน ทำให้อาหารที่ถูกทำแห้งด้วยวิธีนี้ ยังคงมีคุณภาพด้านรูปร่างและสีและองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกับของสด แต่วิธีการนี้มีต้นทุนสูง และใช้เวลาในการทำแห้งนานหลายชั่วโมง เนื่องจากเป็นการระเหิดน้ำที่อยู่ในรูปของแข็งในอาหารด้วยอุณหภูมิและความดันต่ำ (Chandrasekaran และคณะ, 2013; Michalska และคณะ, 2016; Ratti, 2001) อาหารที่ผ่านการทำแห้งแล้ว จะถูกนำไปบดแล้วร้อนด้วยตะแกรงเพื่อให้ได้ผงที่ละเอียดนำไปใช้ต่อไป

ดังนั้น งานวิจัยนี้ จึงได้นำตู้อบไมโครเวฟ มาใช้ในการทำแห้งเนื้อออกไก่อและผลิตเป็นผงเนื้อออกไก่อ และเปรียบเทียบคุณสมบัติกับผงเนื้อออกไก่อที่ได้จากการทำแห้งด้วยลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และเพื่อต่อยอดและเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร จึงนำผงเนื้อออกไก่อมาพัฒนาเป็นซูปครีมกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถรับประทานได้ง่ายสำหรับทุกวัย และมีคุณค่าทางโปรตีนจากเนื้อสัตว์

นอกจากนั้น ยังหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการนำตู้อบไมโครเวฟ มาใช้ในการทำแห้งอาหาร โดยสามารถใช้ทำในระดับครัวเรือน และธุรกิจระดับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาไม่สูงมาก สามารถจัดหาซื้อได้ง่าย และใช้พื้นที่น้อยในการติดตั้ง

สำหรับตัวผงเนื้อออกโก้ คาดว่าสามารถนำไปใช้ในการเสริมโปรตีนให้แก่อาหารและเครื่องดื่มชนิดอื่น ๆ ได้ ที่นอกเหนือจากที่ทำในงานวิจัยนี้ ซึ่งหวังว่าจะมีประโยชน์กับผู้ที่ต้องการโปรตีนในปริมาณที่มากกว่าคนปกติทั่วไปต่อวัน ผู้ไม่ชอบรับประทานเนื้อสัตว์ ที่ทำให้ได้รับโปรตีนที่ไม่เพียงพอต่อวัน และผู้ที่มีปัญหาด้านการบดเคี้ยวอย่างผู้สูงอายุ เด็กทารก และผู้มีปัญหาในช่องปาก

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาผลของกำลังไฟของไมโครเวฟและรูปร่างภาชนะต่อการทำแห้งเนื้อออกโก้
- 1.2.2 ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผงเนื้อออกโก้ที่ผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ เปรียบเทียบกับผงเนื้อออกโก้ที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง
- 1.2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงเนื้อออกโก้ในระหว่างการเก็บรักษา
- 1.2.4 ศึกษาการนำผงเนื้อออกโก้มาพัฒนาเป็นซูพริมเนื้อออกโก้สำเร็จรูปโปรตีนสูง

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ คือ การทำแห้งเนื้อออกโก้ด้วยวิธีไมโครเวฟ เพื่อนำไปแปรรูปเป็นผงเนื้อออกโก้ และนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ซูพริมเนื้อออกโก้สำเร็จรูป เนื้อออกโก้ต้มสุกจะถูกเตรียมด้วยสภาวะที่เหมาะสม จากนั้นจึงนำไปทำแห้งด้วยวิธีไมโครเวฟ โดยศึกษาถึงผลของปัจจัย ได้แก่ กำลังไฟไมโครเวฟ และรูปร่างภาชนะ ต่อลักษณะจุลศาสตร์การทำแห้ง และสีของเนื้อออกโก้หลังทำแห้ง จากนั้นจึงเลือกวิธีการทำแห้งเนื้อออกโก้ด้วยไมโครเวฟที่เหมาะสม นำไปผลิตเป็นผงเนื้อออกโก้ โดยบดเป็นผงขนาด 80 เมช ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านเคมีและกายภาพของผงเนื้อออกโก้ที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ กับผงเนื้อออกโก้ที่ทำแห้งด้วยลมร้อน และผงเนื้อออกโก้ที่ทำแห้งด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทดสอบการจัดเก็บผงเนื้อออกโก้เป็นระยะเวลา 3 เดือนที่อุณหภูมิที่แตกต่างกันในบรรจุภัณฑ์ของซิโพลูมิเนียมฟอยล์ โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี กายภาพ และชีวภาพของผงเนื้อออกโก้ นำผงเนื้อออกโก้มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ซูพริมเนื้อออกโก้สำเร็จรูปโปรตีนสูงจากผงเนื้อออกโก้ ทำการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และคุณสมบัติทางด้านกายภาพของซูพ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟ และผลของวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติของผงเนื้ออกไก่

1.4.2 ได้ผลิตภัณฑ์ซูพริ์มที่มีเนื้ออกไก่เป็นแหล่งของโปรตีน ซึ่งเป็นซุ่ยอยู่ในรูปแบบผงแห้ง จึงสามารถจัดเก็บได้ง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน

1.4.3 เป็นการแปรรูปเนื้ออกไก่ ซึ่งเป็นอาหารสดที่เสื่อมเสียได้ง่าย ให้สามารถจัดเก็บได้นานขึ้น และอยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาหารอื่นได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไก่

ไก่ เป็นสัตว์ปีกที่นิยมเลี้ยงเพื่อบริโภคเนื้อ จากข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ระดับประเทศ (ประเทศไทย) โดยกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สถิติในปี 2560 พบว่ามีการเพาะเลี้ยงไก่ จำนวน 429,979,458 ตัว ซึ่งมากกว่าหมูที่มีการเพาะเลี้ยงจำนวน 10,191,784 ตัว และมากกว่าโค เนื้อที่มีการเพาะเลี้ยงจำนวน 4,876,228 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2560) เนื่องจากมีการเจริญเติบโตไว ทำให้สามารถผลิตเนื้อได้ไวมากกว่าเนื้อสัตว์อื่น ทำให้เนื้อไก่มีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์อื่นอย่างเนื้อหมูและเนื้อวัว และมีการบริโภคที่สูงกว่า (Hu และคณะ, 2018)

2.1.1 เนื้อไก่

เนื้อไก่ เป็นเนื้อสัตว์ประเภทเนื้อขาว เนื่องจากมีปริมาณธาตุเหล็กต่ำ เพียง 0.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักเนื้อ 100 กรัม ซึ่งแตกต่างจากเนื้อสัตว์อื่นอย่างเนื้อวัวและเนื้อแกะ ที่มีปริมาณธาตุเหล็กสูงถึง 2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักเนื้อ 100 กรัม ปริมาณไขมันของไก่ที่ผ่านการปรุงสุกเพื่อบริโภค จะขึ้นอยู่กับว่าปรุงสุกร่วมกับการมีหนังไก่หรือไม่หนังไก่ (Farrell, 2013) และเนื้อไก่แต่ละชิ้นส่วนก็จะมียิ่งค์ประกอบทางอาหาร ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และอื่น ๆ ต่อน้ำหนักเนื้อ 100 กรัม ที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งจะเห็นได้ว่า เนื้อไก่ส่วนอกจะมีปริมาณไขมันต่ำ และมีปริมาณโปรตีนมากกว่าเนื้อไก่ส่วนอื่น ไขมันของเนื้อไก่ประมาณครึ่งหนึ่งเป็นไขมันประเภทไม่อิ่มตัว และมีเพียงหนึ่งในสามที่เป็นไขมันประเภทอิ่มตัว ซึ่งในเนื้อสัตว์ประเภทเนื้อแดง จะมีสัดส่วนของไขมันประเภทอิ่มตัวที่สูงกว่าและมากขึ้นตามจำนวนปริมาณไขมันทั้งหมด เนื้อไก่ไม่มีไขมันประเภททรานส์ ซึ่งเป็นไขมันที่ส่งเสริมต่อการเกิดโรคหัวใจ และเป็นประเภทไขมันที่พบมากในเนื้อวัวและเนื้อแกะ (Farrell, 2013) ดังนั้นเนื้อไก่จึงเป็นเนื้อสัตว์ที่เป็นมิตรต่อสุขภาพ อีกทั้งเนื้อไก่อังเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพดี คือ มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนตามความต้องการของร่างกาย (วันทนีย์ และคณะ, 2559) เนื้อไก่มีการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย เนื่องจากเนื้อไก่มีองค์ประกอบของน้ำอยู่ถึงประมาณร้อยละ 72 (Milicevic และคณะ, 2015) และยังอุดมไปด้วยสารอาหาร ซึ่งเอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เป็นอย่างดี (Cantalejo และคณะ, 2016)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางอาหารของเนื้อไก่ดิบแต่ละชิ้นส่วน

สารอาหาร	ค่าสารอาหารของเนื้อไก่แต่ละชิ้นส่วน							
	อกไก่ ไม่มีหนัง ไม่มีกระดูก	อกไก่ มีหนัง มีกระดูก	น่องไม่มีหนัง	น่องมีหนัง	สะโพก ไม่มีหนัง	สะโพกมีหนัง	ปีกไม่มีหนัง	ปีกมีหนัง
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	114	172	119	161	119	211	126	222
โปรตีน (กรัม)	21.2	20.8	20.6	19.3	19.7	17.3	22	18.3
ไขมันรวม (กรัม)	2.6	9.3	3.4	8.7	3.9	15.3	3.5	16
ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	0.6	2.7	0.9	2.4	1	4.3	0.9	4.5
ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (กรัม)	0.8	3.8	1.1	3.4	1.2	6.3	0.8	6.4
ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (กรัม)	0.4	2	0.8	1.9	1	3.3	0.8	3.4
คอเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	64	64	77	81	83	84	57	77
โซเดียม (มิลลิกรัม)	116	63	88	83	86	76	81	73
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.4	0.7	1	1	1	1	0.9	0.9

ที่มา: USDA (2017)

2.1.2 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์เมื่อได้รับความร้อนและถูกทำแห้ง

เนื้อสัตว์มีองค์ประกอบทางอาหารหลัก คือ โปรตีน โปรตีนในเนื้อสัตว์แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

2.1.2.1. ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน (myofibrillar protein) เป็นโปรตีนที่พบมากที่สุดประมาณร้อยละ 55 ของโปรตีนทั้งหมด โปรตีนกลุ่มนี้สามารถละลายได้ในสารละลายเกลือ

2.1.2.2. ซาร์โคพลาสมิคโปรตีน (sarcoplasmic protein) เป็นโปรตีนที่พบประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด โปรตีนกลุ่มนี้สามารถละลายได้ในน้ำและสารละลายน้ำเกลืออ่อนๆ

2.1.2.3. สโตรมาโปรตีน (stroma protein) เป็นโปรตีนที่พบประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด โปรตีนกลุ่มนี้สามารถละลายได้บ้างในสารละลายเข้มข้นของกรดและด่าง (เกษม, 2526)

การสุกของเนื้อสัตว์เนื่องจากการให้ความร้อน จะทำให้โปรตีนไมโอซิน (myosin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อ (myofibril) เกิดการคลายตัว และตกตะกอน ทำให้เนื้อสัตว์มีสีและเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไป โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างสายพอลิเพปไทด์ถูกโปรตีนกับโปรตีนหรือโปรตีนกับน้ำ เกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติด้วยความร้อน (thermal denaturation)

เนื้อสัตว์ที่ผ่านการทำแห้งจะมีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพเดิมมาก และหลังการคืนรูป (rehydration) ผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็มีลักษณะแตกต่างออกไปจากของสด ดังนั้นจึงไม่นิยมนำผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผ่านการทำแห้งมาทำการคืนรูป แต่การทำแห้งทำให้เก็บผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไว้ได้นาน

2.2 การทำแห้งอาหาร

การทำแห้ง เป็นวิธีการถนอมอาหารที่นิยมใช้มานานและเก่าแก่ที่สุดที่มนุษย์รู้จัก โดยให้ความร้อนในการระเหยน้ำออกจากอาหาร เพื่อลดความชื้นของอาหาร วิธีการทำแห้งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 การทำแห้งโดยอาศัยธรรมชาติ เช่น การตากแดด ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศที่กำลังพัฒนาและมีแสงแดดเพียงพอ การทำแห้งด้วยวิธีนี้มีต้นทุนต่ำ ทำได้ง่าย โดยไม่มีเทคนิคและหลักวิชาการเข้าไปเกี่ยวข้อง แต่อาจจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมอัตราการทำแห้งและความต่อเนื่องของการทำแห้งได้ ทำให้ระหว่างกระบวนการทำแห้งอาหารเกิดการเน่าเสีย สูญเสียคุณค่าทางอาหารมาก และผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ค่อยสะอาดเนื่องจากต้องทำในระบบเปิด

กลุ่มที่ 2 การทำแห้งโดยอาศัยวิธีการกลเข้าสู่ช่วย คือ การใช้เครื่องในการทำแห้งอาหาร เช่น เครื่องทำแห้งแบบคาบิเนต เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย เครื่องทำแห้งแบบอุโมงค์ เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง เป็นต้น การทำแห้งด้วยวิธีนี้สามารถควบคุมสภาวะในการทำแห้ง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การหมุนเวียนของอากาศ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีคุณภาพที่สม่ำเสมอ และใช้เวลาในการทำแห้งน้อยกว่าการทำแห้งโดยอาศัยธรรมชาติ (อรวินท์, 2539)

การกำจัดน้ำนอกจากการใช้ความร้อนเพื่อระเหยน้ำออกจากอาหารแล้วยังสามารถใช้วิธีการทอด และการระเหิดน้ำออกจากอาหารได้ การทำแห้งจะกำจัดน้ำส่วนใหญ่ออกไป แต่จะยังคงเหลือน้ำส่วนที่ยึดอยู่กับองค์ประกอบของอาหาร (bound water) อยู่ในโครงสร้างหรือในเซลล์ของอาหาร การกำจัดน้ำในอาหารโดยการทำแห้ง จะทำให้อาหารมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีหรือปริมาณน้ำอิสระ (a_w) น้อยกว่า 0.6 หรือมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 15 ซึ่งเป็นค่าปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.2 จึงสามารถช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เชลลการทำงานของเอนไซม์ และเชลลอปฏิกิริยาต่าง ๆ ทั้งทางเคมีและทางชีวเคมี ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ทำให้อาหารปลอดภัยจากจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) รวมทั้งยับยั้งการสร้างสารพิษของเชื้อรา (mycotoxin) เช่น aflatoxin ได้ ดังนั้น การทำแห้งจึงจัดเป็นการถนอมอาหาร เนื่องจากช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้เสื่อมเสียได้ยากขึ้น สามารถเก็บได้นานขึ้นที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ ยังทำให้อาหารมีน้ำหนักและปริมาตรลดลง ทำให้สะดวกและช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เป็นการแปรรูปอาหารให้สะดวกแก่การนำไปใช้ และยังเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นทางเลือกของผู้บริโภคมากขึ้นอีกด้วย (อาทิตยาและอมรชัย, 2557)

ตารางที่ 2.2 ค่าปริมาณน้ำอิสระขั้นต่ำที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้

ชนิดจุลินทรีย์	ค่าปริมาณน้ำอิสระ
เชื้อแบคทีเรียทั่วไป	มากกว่า 0.90
Clostridia	0.98-0.95
Escherichia coli	0.95
Pseudomonas	0.96
Lactobacilli	0.95-0.91
Salmonella	0.95
Staphylococci	0.88
Halophilic varieties	0.75
เชื้อราทั่วไป	มากกว่า 0.75
Alternaria	0.84
Aspergillus niger	0.90-0.87
Aspergillus อื่นๆ	0.70-0.84
Mucor	0.93
Penicillium	1.0-0.9
Xeromyces และชนิดอื่นๆ	0.62-0.60
เชื้อยีสต์ทั่วไป	0.87-0.95
ชนิด Osmotolerant	0.6

ที่มา: ไพบูลย์ (2532)

2.2.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

2.2.1.1 ลักษณะสภาพธรรมชาติของอาหาร

ลักษณะสภาพธรรมชาติของอาหารจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของอาหาร สภาพของน้ำในอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร อาหารที่โครงสร้างมีลักษณะเป็นรูพรุน มีความพรุนมาก จะมีอัตราการอบแห้งเร็วเนื่องจากเอื้อต่อการให้น้ำในอาหารสามารถเคลื่อนจากภายในออกมาภายนอกได้ง่าย อาหารประเภทที่มีรูพรุนมากได้แก่ อาหารที่มีเยื่อใยสูง เช่น ผักใบต่าง ๆ เป็นต้น อาหารที่มีน้ำอยู่ในรูปน้ำอิสระจะสามารถดึงออกจากอาหารได้ง่าย ทำให้มีอัตราการอบแห้งเร็วกว่าอาหารที่มีน้ำอยู่ในรูปน้ำอิสระในรูปยึดเกาะกับอาหาร ตัวอย่างเช่น การอบแห้งผักใบโดยทั่วไปจะแห้งเร็วกว่าผลไม้ เนื่องจากน้ำในผลไม้จะอยู่ในรูปที่ยึดเกาะอยู่กับน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ อาหารที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของแป้งมาก เช่น มันเทศ เมื่อนำมาทำแห้งจะเกิดเจลเหนียวซึ่งจะไปอุดตันช่องว่างของชิ้นอาหารทำให้อัตราการทำแห้งช้าลงเนื่องจากน้ำเคลื่อนที่ออกสู่นอกชิ้นอาหารได้ยาก

2.2.1.2 ขนาด รูปร่าง ปริมาตร และพื้นที่ผิวของอาหาร

การตัดแต่งชิ้นอาหารให้มีรูปร่างต่าง ๆ มีผลต่ออัตราการทำแห้งอาหาร อาหารที่มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรอาหารมาก จะมีพื้นที่ระเหยน้ำมากทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น กล่าวคือ อาหารที่มีความหนามากอัตราการอบแห้งจะช้ากว่าอาหารที่มีความหนาน้อยกว่าเนื่องจากอัตราการทำแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร อาหารที่มีพื้นที่ผิวมาก อัตราการอบแห้งสามารถเกิดได้เร็วเช่นกัน ทั้งนี้ก็เนื่องจากพื้นที่การระเหยของน้ำในวัสดุเพิ่มขึ้นมากขึ้นนั่นเอง เช่น การหั่นสับปะรดเป็นแว่นก่อนการอบแห้ง สำหรับอาหารเหลว การทำแห้งแบบพ่นฝอยก็เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับของเหลว ทำให้อัตราการทำแห้งเร็วขึ้น

2.2.1.3 ปริมาณของอาหารที่นำมาอบแห้ง

อาหารที่นำมาอบแห้งในปริมาณมาก ๆ จะม้อัตราการอบแห้งที่ช้าเนื่องจากอากาศร้อนไม่สามารถสัมผัสกับอาหารที่นำมาอบแห้งได้อย่างทั่วถึง จึงไม่สามารถถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารได้ จึงทำให้อัตราการอบแห้งช้าลง ตัวอย่างเช่น การจัดเรียงอาหารซ้อนกันหลายๆชั้นในถาดของการทำแห้งด้วยตู้คาบิเนต จะทำให้อาหารที่อยู่ชั้นกลางมีอัตราการทำแห้งช้ากว่าเพราะได้รับความร้อนยากและไม่ทั่วถึง

2.2.1.4 สภาพในการทำแห้งอาหาร

เป็นปัจจัยที่สำคัญมากของการทำแห้ง การมีสภาวะการทำแห้งที่เอื้ออำนวยต่อการส่งความร้อนสู่น้ำในอาหาร และเอื้อต่อการให้น้ำเคลื่อนที่ออกจากอาหาร จะส่งผลให้อัตราการทำแห้งที่เร็วขึ้น ปัจจัยที่สำคัญต่อสภาวะการทำแห้ง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ และความเร็วม โดยทั่วไปการทำแห้งยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการทำแห้งจะเร็วขึ้นตามเนื่องจากมีผลทำให้อุณหภูมิของอากาศร้อนกับอุณหภูมิของน้ำในอาหารมีความแตกต่างกันมาก ทำให้ความร้อนส่งผ่านให้น้ำในอาหารได้ดี และน้ำในอาหารสามารถระเหยออกจากอาหารได้ง่าย แต่ทั้งนี้การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงมากเกินไปจะมีผลเสียต่อคุณภาพอาหาร ทำให้อาหารดูไม่น่าบริโภค การที่ระบบภายในเครื่องที่ใช้ทำแห้งมีความชื้นสัมพัทธ์สูง กล่าวคือ อากาศภายในระบบมีความชื้นสูง จะทำให้น้ำจากชิ้นอาหารเคลื่อนที่และระเหยออกสู่นอกชิ้นอาหารได้ยากขึ้น อัตราการทำแห้งจึงลดลง การลดความดันในระบบการทำแห้ง ทำให้น้ำในอาหารมีจุดเดือดต่ำลง ทำให้น้ำในอาหารสามารถระเหย

ออกมาจากอาหารได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ลมช่วยทำให้น้ำที่อยู่บนผิวอาหารระเหยออกไปได้ง่ายขึ้น จึงช่วยเพิ่มอัตราการทำแห้งได้ (ไซคซัย, 2539)

2.2.2 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เนื่องจากความต้องการทั้ง 4 ด้านของการทำแห้งอาหาร ได้แก่ ความเร็วในการทำแห้ง พลังงานที่ใช้ ค่าใช้จ่ายในกระบวนการ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทำแห้ง (Zhang และคณะ, 2015) วัสดุอาหารจะมีองค์ประกอบเป็นน้ำอยู่ถึง 52–99% ทำให้เหมาะที่จะดูดซับพลังงานไมโครเวฟ แล้วเกิดจากการเสียดสีกันของโมเลกุลน้ำที่อยู่ภายในอาหาร และการสั่นเมื่อเกิดการแลกเปลี่ยนประจุทำให้เกิดความร้อน ทำให้อุณหภูมิของน้ำเกิดขึ้นภายในตัวอาหาร เกิดความต่างกันของแรงดันที่อยู่ภายใน จึงทำให้เกิดการผลัดดันไอน้ำออกสู่ภายนอกอาหาร ทำให้อาหารมีปริมาณความชื้นลดลง (Chandrasekaran และคณะ, 2013; Kumar, 2015) การทำแห้งด้วยไมโครเวฟมีประโยชน์ในเรื่องของการให้อัตราการทำแห้งที่เร็ว และสามารถปรับปรุงคุณภาพในบางผลิตภัณฑ์ การใช้ไมโครเวฟในการทำแห้ง สามารถป้องกันการเกิดการหดตัวของอาหารซึ่งทำให้ลดการแพร่ออกของน้ำได้เนื่องจากการเป็นการผลัดดันไอน้ำออกจากตัวอาหาร (Chandrasekaran และคณะ, 2013)

ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ได้แก่

2.2.2.1 อุณหภูมิเริ่มต้นของอาหาร

อาหารที่มีอุณหภูมิสูง ต้องการพลังงานไมโครเวฟน้อยกว่าอาหารที่มีอุณหภูมิต่ำ

2.2.2.2 ขนาดของอาหาร

อาหารที่มีขนาดใหญ่ต้องการพลังงานไมโครเวฟมากกว่าอาหารที่มีขนาดเล็ก

2.2.2.3 รูปร่างของอาหาร

ชิ้นอาหารที่มีรูปร่างกลมมนมีแนวโน้มที่ความร้อนเกิดขึ้นสม่ำเสมอมากกว่าชิ้นอาหารที่มีมุมแหลมหรือมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ เช่น อาหารที่มีทั้งส่วนหนาส่วนบางในชิ้นเดียวกัน

2.2.2.4 ความหนาแน่นและความเป็นเนื้อเดียวกันของอาหาร

โดยทั่วไป อาหารมักจะมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันแต่มีความไม่สม่ำเสมอ อาหารที่มีความหนาแน่นจะใช้เวลาในการให้ความร้อนมากกว่าอาหารที่มีองค์ประกอบที่เป็ดและเป็นรูพรุนมากกว่า

2.2.2.5 ความร้อนจำเพาะของอาหาร

ความร้อนจำเพาะ คือ ปริมาณความร้อนที่อาหารต้องการเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของมวลหนึ่งหน่วยขึ้น 1 องศาเซลเซียส อาหารที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น อาหารแช่แข็ง จะมีค่าความร้อนจำเพาะสูง เนื่องจากมีความร้อนแฝงและการเปลี่ยนแปลงของจุดเยือกแข็งอาหาร จึงต้องใช้พลังงานไมโครเวฟมากขึ้น เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ

2.2.2.6 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนอาหาร

การให้ความร้อนที่เหมาะสมด้วยไมโครเวฟต้องสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอาหาร ถึงจะเกิดสมดุลของการให้ความร้อนและการนำความร้อน อาหารที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ เมื่อให้ความร้อนที่สูงเกินไป จะทำให้ภายนอกชิ้นอาหารร้อนแต่ข้างในอาหารยังเย็นอยู่ จึงควรให้ความร้อนเกิดขึ้นอย่างช้า เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนไปภายในอาหารเกิดขึ้นอย่างเหมาะสม

2.2.2.7 สมบัติทางไดอิเล็กทริกของอาหาร

อาหารแต่ละชนิดมีสมบัติไดอิเล็กทริกแตกต่างกัน เนื่องจากสมบัติไดอิเล็กทริกจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอาหาร และองค์ประกอบของอาหาร ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต น้ำ และเกลือ (รุ่งนภา, 2539)

2.2.3 การทำแห้งด้วยลมร้อน

การทำแห้งด้วยลมร้อน เป็นการระเหยน้ำออกจากอาหาร ด้วยการใช้ลมที่มีอุณหภูมิสูง ความร้อนจะส่งผ่านเข้าไปในชิ้นอาหารจนเท่ากับความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ จะทำให้น้ำที่ผิวหน้าของอาหารระเหยออกไป และน้ำจากภายในชิ้นอาหารจะเคลื่อนที่มาที่ผิวหน้าอาหารก่อนจะระเหยออกไปจนกระทั่งอาหารแห้ง แต่การใช้อุณหภูมิที่สูงและความเร็วลมที่เร็วมากเกินไป จะทำผิวหน้าของอาหารแห้งแข็งและเกิดการหดตัวทำการแพร่ออกของน้ำถูกจำกัดได้ (ยุพร, 2555)

2.2.4 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง หมายถึง การทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็งก่อน แล้วจึงลดความดันเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งระเหิดเป็นไอ ด้วยการลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศปกติ ขณะควบคุมให้อุณหภูมิต่ำ (ที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส น้ำแข็ง

ระเหิดที่ความดันเท่ากับ 4.7 มิลลิเมตรปรอทหรือต่ำกว่า) ข้อดีของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง คือเป็นการทำแห้งขณะที่อาหารมีอุณหภูมิต่ำจึงลดการสูญเสียคุณภาพของอาหารเนื่องจากความร้อน ลดการทำลายเนื้อเยื่อและโครงสร้างอาหาร ทำให้ได้อาหารแห้งที่มีคุณภาพสูง มีการคืนตัวที่ดี รักษาคุณภาพอาหารเช่น สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งแบบอื่น เช่น การทำแห้งแบบพ่นละออง การทำแห้งด้วยลมร้อน เช่น ตู้อบลมร้อน แต่มีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งที่ใช้ลมร้อนทั่วไป (โชคชัย, 2539)

2.3 การเก็บรักษาอาหารแห้ง

เนื้อ สัตว์ปีก และอาหารทะเลอบแห้ง อาหารประเภทนี้มีลักษณะการเสื่อมเสียเหมือนกับอาหารอื่น ๆ กล่าวคือ จะเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาเอนไซม์ ผลลัพธ์เหล่านี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในระหว่างการเก็บ ปฏิกิริยาการเสื่อมเสียจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ การสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัส การสูญเสียกลิ่นรส ตลอดจนการสูญเสียคุณสมบัติการคืนตัว ปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ได้เกิดจากเอนไซม์เป็นปฏิกิริยาเสื่อมเสียที่สำคัญ อัตราของปฏิกิริยาจะช้าลงเมื่อค่าพีเอช อุณหภูมิ และความชื้นมีค่าต่ำสำหรับออกซิเดชันของไขมันโดยออกซิเจนจะทำให้เกิดกลิ่นหืน กลิ่นใหม่ การเปลี่ยนสี และการสูญเสียวิตามิน การป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันอาจทำได้โดยการกำจัดออกซิเจนหรือใช้อุณหภูมิต่ำและ/หรือการใช้วัตถุกันหืน ปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นกับปริมาณความชื้น ปฏิกิริยาจะลดลงที่ชั้นโมโน แต่ปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความชื้นมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าชั้นโมโน เนื้อที่ผ่านการทำให้สุกก่อนจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายกว่าเนื้อวัวดิบ แม้ว่าเนื้อสัตว์อื่น ๆ จะมีลักษณะตรงกันข้ามกับปรากฏการณ์ดังกล่าวก็ตาม การเสื่อมเสียของโปรตีนและวิตามินเกิดขึ้นในเนื้อสดได้ดีกว่าเนื้อที่ผ่านการทำให้สุกและอบแห้งแล้ว (ไพบูลย์, 2532)

2.4 ซุป

ซุป (soup) เป็นอาหารเหลวที่มีส่วนของน้ำมากกว่าเนื้อ เหมาะที่จะเป็นอาหารจานแรกใช้เรียกน้ำย่อย ช่วยบรรเทาความหิวก่อนการรับประทานอาหารหลักในคนปกติ หากในกรณีเจ็บป่วยก็จัดเป็นอาหารมื้อแรกที่เสิร์ฟ และใช้สำหรับการประเมินว่าผู้ป่วยมีแนวโน้มที่ดีต่อการตอบสนองต่อการรักษา เพราะเมื่อผู้ป่วยรับประทานอาหารประเภทซุปประมาณ 1-2 วัน จึงค่อย

ปรับเป็นอาหารอ่อนที่ง่ายขึ้น และอาหารปกติตามลำดับ ชุปเป็นอาหารที่ง่าย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงเหมาะกับทุกเพศทุกวัย อาหารประเภทชุบสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.4.1 ชุปชั้น

ชุบชั้นหรือชุบครีม มีลักษณะชั้นด้วยแป้งและนม ถ้าต้องการให้มีเนื้อสัตว์หรือผักด้วย ก็หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ลงไป หรือปั่นผสมให้ละเอียด เรียกชื่อตามเนื้อสัตว์หรือผักที่ใส่ เช่น ชุปข้าวโพด ชุปเห็ด ชุปครีมไก่ ซีฟู้ดครีมชุบ ชุปแครอท ชุปผักโขม ชุปเต้าหู้ ชุปฟักทอง ชุปมะเขือเทศ ชุปหัวหอม ชุปหอยลาย เป็นต้น ลักษณะของชุบมีความชื้นพอดี ทดสอบด้วยการใช้ไม้พายคนแล้วยกขึ้นให้ไหลช้า ๆ ถ้าข้นเกินไปให้เติมน้ำหรือนม ส่วนผสมที่ใส่ครีมหรือนมให้ระวังการแตกมัน เพราะจะทำให้เกิดไขมันเป็นหยดใหญ่ลอยอยู่บนหน้าชุบ

2.4.2 ชุปใส

ชุบใส จะเตรียมได้จากการนำเนื้อสัตว์ต่าง ๆ มาตุ๋น ปิ้งรสใส่ผักในน้ำต้มเนื้อสัตว์ ส่วนใหญ่จะใช้ผักอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อให้มีกลิ่นเฉพาะเท่านั้น คอนซอมเม่เป็นชุบใสที่ใสจนเห็นกัน ถ้วย เตรียมได้จากการใช้เนื้อไก่ หรือปลา กับผักต่าง ๆ เครื่องปรุงแต่ละอย่างต้องสอดคล้องกัน เช่น น้ำชุบใสเนื้อวัวก็ต้องใช้น้ำสต็อกจากเนื้อวัว น้ำชุบไก่ใช้น้ำสต็อกจากไก่ ในการต้มน้ำชุบต้องใช้เวลาค่อนข้างนาน ใช้ไฟอ่อนๆ โดยที่น้ำชุบไม่เดือด เคี่ยวประมาณ 4-5 ชั่วโมง แล้วกรองเอาแต่น้ำ เมื่อกรองได้น้ำชุบแล้วต้องต้มอีกครั้งโดยใส่ไข่ขาวตีให้แตกลงในหม้อน้ำชุบ พอไข่ขาวแข็งตัวก็กรองอีกครั้ง เพื่อให้ได้น้ำชุบที่ใส การกรองต้องกรองด้วยผ้าขาวบาง เพื่อไม่ให้มีเศษต่าง ๆ ปนมากับน้ำชุบ จะได้ชุบที่ใสจริง ๆ เวลาเสิร์ฟปรุงรสด้วยเกลือ โรยพริกไทยเล็กน้อย

ตามกระทรวงอุตสาหกรรม (มอก. 462-2548) ชุปกึ่งสำเร็จรูป หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยเนื้อสัตว์ หรือพืช เช่น เนื้อสัตว์ ัญชาติ ผัก ถั่ว เต้าหู้ ผสมกับเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส และอาจมีการผสมส่วนประกอบอื่น เช่น แป้ง เส้นบะหมี่ พาสต้า ผ่านกรรมวิธีทำให้แห้ง หรือใช้ส่วนผสมที่ทำให้แห้งแล้วมาผสมกัน โดยรักษาคุณภาพและกลิ่นรสของส่วนประกอบไว้ นำมาทำให้สุกตามวิธีที่ระบุไว้ที่ฉลาก รับประทานได้ในเวลาไม่เกิน 10 นาที ชุปกึ่งสำเร็จรูปต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก

2.5 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้สนใจในการนำไมโครเวฟมาใช้ในขั้นตอนการทำแห้งเนื้ออกไก่ โดยทำการศึกษาถึงสถานะที่เหมาะสมของการทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟ และนำผงเนื้ออกไก่ที่ได้ไปพัฒนาเป็นซูปครีม จึงได้ทำการสืบค้นรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการนำมาใช้กับการทำแห้งเนื้ออกไก่และการทำซูปครีม โดยรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่นำข้อมูลองค์ความรู้ วิธีการ และผลการทดลองที่ได้ มาใช้อ้างอิงและอภิปรายในงานวิจัยนี้ มีดังต่อไปนี้

2.5.1 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟ

ในกระบวนการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการทำแห้ง คือ กำลังไฟของไมโครเวฟ ซึ่งมีหน่วยเรียกว่า วัตต์ (watt) กำลังไฟไมโครเวฟที่ใช้มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง และคุณลักษณะของวัตถุดิบหลังผ่านการทำแห้ง ดังแสดงในงานวิจัยของ Darvishi และคณะ (2013) ได้ทดลองทำแห้งปลาสดด้วยไมโครเวฟ โดยกำหนดกำลังไฟไมโครเวฟที่ 200, 300, 400 และ 500 วัตต์ พบว่าการใช้กำลังไฟที่มากขึ้น เวลาที่ใช้ในการทำแห้งจะลดลง จาก 9.5 นาที (200 วัตต์) ลดลงเหลือ 4.25 นาที (500 วัตต์) Valadez-Carmona และคณะ (2017) ใช้เวลาในการทำแห้งฝักโกโก้ด้วยไมโครเวฟ ที่กำลังไฟ 595 วัตต์ เป็นเวลา 11.5 นาที จากการทดลองพบว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ สามารถรักษาโครงสร้างของฝักโกโก้ไว้ได้เหมือนกับการทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง Wu และ Mao (2008) ทำเนื้อปลาเฉาแห้ง ด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 400 วัตต์ เป็นเวลา 8 นาที จากการทดลองพบว่าเนื้อปลาเฉาแห้งที่ได้จากการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ มีการสูญเสียองค์ประกอบไขมันน้อยกว่าและมีปริมาณโปรตีนที่ละลายได้มากกว่าและมีค่าแอนิซิดินต่ำกว่าเนื้อปลาเฉาแห้งที่ได้จากการทำแห้งด้วยลมร้อน Michalska และคณะ (2016) ทำแห้งลูกพรุนด้วยวิธีการไมโครเวฟ สูญญากาศ ใช้กำลังไฟ 480 วัตต์

จากงานวิจัยข้างต้น พบว่าการทำแห้งอาหารด้วยไมโครเวฟ จะทำด้วยกำลังไฟไมโครเวฟไม่เกิน 600 วัตต์ สำหรับงานวิจัยนี้ จึงกำหนดกำลังไฟของไมโครเวฟอยู่ในช่วงกำลังไฟไมโครเวฟ 300-800 วัตต์ ในการทดลองทำแห้งเนื้ออกไก่ และจากรายงานวิจัยของ Bhattacharya และ Basak (2017) ที่ได้ทำการทดลองผลของรูปร่างวัตถุดิบอาหารต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ พบว่าลักษณะรูปร่างของวัตถุดิบ มีผลต่อการกระจายและการสะสมของความร้อน และ Chandrasekaran และคณะ (2013) ได้รายงานว่าลักษณะรูปร่างของวัตถุดิบ มีผลต่อการกระจายและการสะสมของความร้อนเช่นกัน จึงได้กำหนดปัจจัยในการทดลองที่สองคือ ภาชนะที่ใช้ในการทำแห้ง กำหนดเป็น 2 แบบ คือ จานแก้ว และบีกเกอร์แก้ว ซึ่งทำให้เนื้ออกไก่มีรูปร่างเป็นลักษณะกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ กับทรงกระบอก ผลการทดลอง ได้แก่ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง และค่าสีของเนื้ออกไก่หลัง ทำแห้ง จะใช้ประกอบกันในการพิจารณาเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วย ไมโครเวฟ

2.5.2 จลศาสตร์ของการทำแห้ง

จากการสืบค้นหลายรายงานวิจัย (Michalska และคณะ, 2016; Zielinska และคณะ, 2016; Darvishi และคณะ, 2013; Therdthai และ Zhou, 2009) มีการอธิบายจลศาสตร์ การทำแห้งที่เกิดขึ้นด้วยการคำนวณปริมาณความชื้น อัตราส่วนความชื้น อัตราการทำแห้ง แล้วนำมา พล็อตกราฟระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลา อัตราการทำแห้งกับเวลาหรือปริมาณความชื้น ปริมาณความชื้นฐานเปียกหรือฐานแห้งกับเวลา เพื่ออธิบายถึงปรากฏการณ์จลศาสตร์ที่เกิดขึ้น ระหว่างการทำแห้ง และค่าคงที่การทำแห้งจากการคำนวณความชื้น รวมถึงมีการสร้างแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการทำนายการทำแห้ง

2.5.3 การทดสอบคุณสมบัติของอาหารผง

จากรายงานส่วนใหญ่ (Suwanangul และคณะ, 2017; Wongkantarakorn และคณะ, 2017; Azizpour และคณะ, 2016; Michalska และคณะ, 2016; Park และคณะ, 2016) มีการตรวจสอบคุณสมบัติของอาหารผง ได้แก่ ค่าสี ความสามารถในการการอุ้มน้ำ ความสามารถในการ ละลายน้ำ องค์ประกอบทางอาหาร ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เกลือ โยอาหาร คาร์โบไฮเดรต คุณลักษณะสัมพันธ์ของอนุภาคผงด้วยวิธีการ SEM ตรวจวัดค่าความหนาแน่นจริง และค่าปริมาณน้ำ อิสระ จากงานวิจัยของ Park และคณะ (2016) รายงานว่าผงกิมจิที่ผ่านการทำแห้งด้วยลมร้อน จะมี คุณภาพด้านการอุ้มน้ำ การละลายน้ำ ค่าสี และการยอมรับทางประสาทสัมผัส ที่ดีกว่ากิมจิที่ผ่าน การทำแห้งด้วยการแช่เยือกแข็ง

2.5.4 ชูปครีม

สำหรับชูปครีมในงานวิจัยนี้ ต้องการทำให้เป็นชูปครีมที่เน้นให้โภชนาการด้านโปรตีน สูง โดยในชูปต้องการให้มีส่วนประกอบหลักเป็นผงเนื้ออกไก่ที่เป็นแหล่งของโปรตีน และผงฟักทอง เพื่อเพิ่มโยอาหาร จากการสืบค้นงานวิจัยและผลิตภัณฑ์ชูปครีมสำเร็จรูปที่วางขายตามท้องตลาด พบว่าชูปครีมจะมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ครีมเทียม แป้งข้าวโพดหรือแป้งมันฝรั่ง นมผง และ เครื่องปรุงรส งานวิจัยผลิตภัณฑ์ชูปครีมกึ่งสำเร็จรูปจากโรน้านางฟ้า ของสุภกาญจน์และศุภฤชญา (2557) ผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบได้แก่ โรน้านางฟ้าอบแห้ง แป้งมันฝรั่ง ครีมเทียม นมผง น้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราย เกลือ ซีสมง และผงปรุงรส ออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture design) โดยศึกษา 3 ปัจจัยคือ ไร่น้ำนางฟ้าอบแห้ง แป้งมันฝรั่ง และครีมเทียม จากการศึกษาพบว่าซูปครีมที่ได้มีความชื้นหนืดอยู่ในช่วง 704-815 เซ็นติพอยต์ จากการสำรวจผลิตภัณฑ์ซูปครีมสำเร็จรูปที่ขายทั่วไป ซูปครีมรสฟักทองก็่งสำเร็จรูป ตราเลดี้แอนนา มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ครีมเทียม แป้งมันฝรั่ง ฟักทองผง นมผง โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ยีสต์ผงสกัด ซีสมง และน้ำมันพืช



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัสดุดิบ

เนื้ออกไก่สด จาก ซูเปอร์มาร์เก็ต
 ผงเวย์โปรตีน WPI ตรา โปรเฟลคซ์
 ผงฟักทอง ตรา ม่อนทิพย์
 แป้งมันฮ่องกง (แป้งมันฝรั่ง) ตรา แมกกาแรต
 ผงหัวหอม ตรา สไปซ์สตอรี่
 ผงชีส ตรา โดนต์
 ครีมเทียม ตรา คอฟฟี่ครีมมี
 พริกไทยดำป่น ตรา มือ
 เกลือป่น ตรา ปรงทิพย์
 น้ำตาลทรายขาว ตรา มิตรผล

3.1.2 สารเคมี

กรดซัลฟิวริกเข้มข้น 96%
 กรดบอริก
 กรดไฮโดรคลอริก
 กรดอะซีติก
 คอปเปอร์ซัลเฟต
 โซเดียมไฮดรอกไซด์
 ปีโตรเลียม อีเทอร์
 โพลีเอทิลีนซัลเฟต
 โพลีเอทิลีนไฮโดรเจนฟอสเฟต
 เมทิลเรด
 เมทิลีนบลู
 สารป้องกันการเกิดโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอทิลแอลกอฮอล์ 95%

กรดไทโอบาร์บิทูริก (2-thiobarbituric acid)

3.1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

Plate count agar (PCA)

Merck, Germany

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์เครื่องครัว ได้แก่ มีด กะละมังสแตนเลส กระจกชอนสะอาด น้ำ ภาชนะอลูมิเนียม ทัพพี	
จานแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร	Arcuisine, France
บีกเกอร์แก้ว ขนาด 600 มิลลิลิตร	Duran, Germany
เครื่องบดผสม	Panasonic (MX-AC-400),
ตู้อบลมร้อน	Memmert (U15), Germany
ตู้อบไมโครเวฟ	Samsung (ME711K),
เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	Scanvac FD8 CoolSafe,
เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง	Ohaus (ARC 120), USA
เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง	Sartorius (Entris224i-1S), Germany
เครื่องวัดสี	Minolta (CR 400), Japan
เครื่องวัดสี	Hunter lab, ColorQuest XE
ตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช	Fritsh Laborgeratebau, Germany
ชุดวิเคราะห์ปริมาณเถ้า	Nabertherm (LT 40), Germany
ชุดวิเคราะห์ปริมาณไขมัน	Gerhardt Soxtherm (S306AK), Germany
ชุดวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน	Gerhardt (vap 30S), Germany
ชุดเครื่องหมุนเหวี่ยง	Hettich (UNIVERSAL 320), Germany
ชุดเครื่องวัดความหนืด	Brookfield (DV-III), USA
ชุดเครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ	Aqualab (4-TE), USA
ชุดเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer	Shimadzu (UV-1601), Japan
เครื่องกวนสารแบบให้ความร้อน	Lab Tech (LMS-100), Korea
เครื่องซีลความร้อนปิดปากถุง	Impulse sealer (PFS-400), Thailand
เครื่องตีบดผสมตัวอย่างอาหาร	Interscience (VAR.SPEED 050715738), France
เครื่องตรวจนับโคโลนี	Funke Gerber (Colony-Star), Germany

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)	Tomy (SS-245), Japan
เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer)	Scientific Industry (Genie2), USA
ตู้ปลอดเชื้อ	Boss tech, USA
ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)	Heraeus Kendro, Germany
อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)	Memmert, Germany
ตู้ควบคุมอุณหภูมิ	
เตาหลอม	
กระป๋องอลูมิเนียม (Aluminium can)	
โถดูดความชื้น	
กระบอกน้ำกลั่น	
ช้อนตักสาร	
ช่องซีปอลูมิเนียมฟอยล์ขนาด 13 x 18 เซนติเมตร	
ถ้วยซิมพร้อมฝาปิด ช้อนพลาสติก แก้วน้ำดื่มพลาสติก	
เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท	
น้ำแข็งแห้ง	
เครื่องแก้ว ได้แก่ ปีกเกอร์, ขวดปรับปริมาตร, ปิเปต, บิวเรต, กระบอกตวง, งานเพาะเชื้อ, ขวดรูปชมพู่, แท่งแก้วคนสาร	

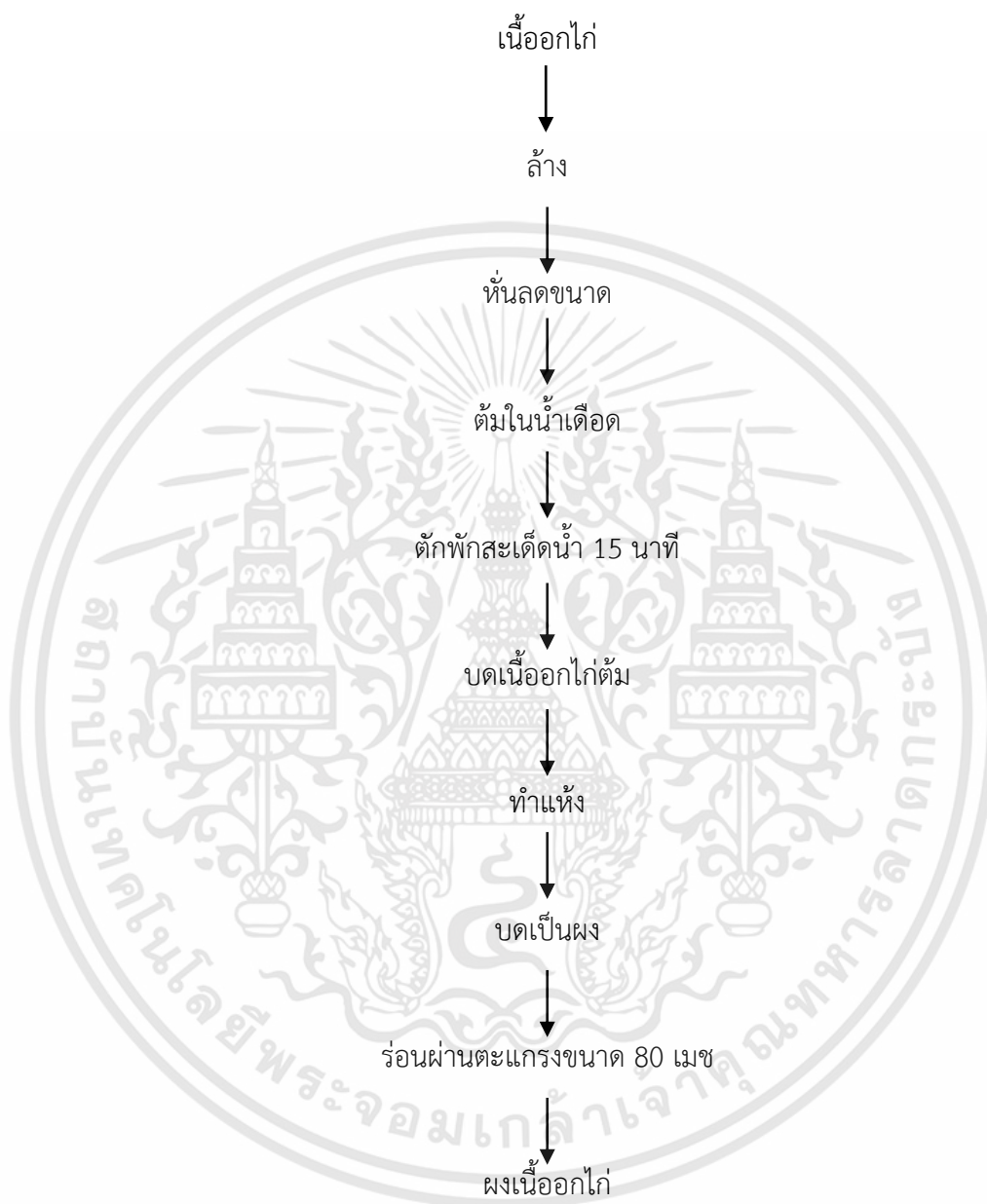
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมวัสดุ

ใช้ออกไก่สดเฉพาะส่วนเนื้อไม่มีหนัง เนื้อมีสีชมพูอ่อนก่อนไปทางซีต นำมาล้างด้วยน้ำสะอาด และหั่นให้มีขนาดประมาณ 1.5 x 1.5 เซนติเมตร หนาประมาณ 1 เซนติเมตร บรรจุใส่กล่องพลาสติกที่มีฝาปิดมิดชิด แล้วจัดเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ตลอดเวลาการใช้งาน โดยจัดเก็บไม่เกิน 2 วัน

3.3.2 การผลิตผงเนื้ออกไก่

กระบวนการผลิตผงเนื้ออกไก่ มีขั้นตอนดังแสดงในแผนภาพ



ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทำผงเนื้ออกไก่

3.3.3 การต้มเนื้ออกไก่

เนื้ออกไก่ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเรียบร้อยแล้ว นำมาต้มด้วยน้ำเดือด

อุณหภูมิ 98-99 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราส่วนเนื้ออกไก่ต่อน้ำสะอาด 1.2 : 1 w/w หลังใส่เนื้ออกไก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงในหม้อแล้ว จะเริ่มจับเวลาหลังน้ำเดือดอีกครั้ง เก็บตัวอย่างเนื้อมะพร้าวที่เวลา 5 , 10 และ 15 นาที นำเนื้อมะพร้าวที่แช่ให้สะเด็ดน้ำและเย็นตัวลงเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดผสมที่ความเร็ว 19,000 รอบต่อนาทีต่อเนื้อมะพร้าวที่ปริมาณ 200 กรัม เป็นเวลา 20 วินาที แล้วนำเนื้อมะพร้าวที่บดที่ได้ไปหาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) และสังเกตลักษณะหลังบดละเอียดด้วยตาเปล่า เพื่อศึกษาถึงผลของระยะเวลาการต้มต่อลักษณะเนื้อมะพร้าวที่ได้ พิจารณาเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการต้มเนื้อมะพร้าวจากปริมาณความชื้นและลักษณะรูปร่างของเนื้อมะพร้าวที่บด เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการทำแห้งต่อไป

3.3.4 ศึกษาการทำแห้งเนื้อมะพร้าวด้วยไมโครเวฟ

นำเนื้อมะพร้าวที่ต้มและบดแล้วจากข้อที่ 3.3.3 มาผ่านวิธีการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ โดยทำการทดลองทำแห้งเนื้อมะพร้าวที่กำลังไฟ 3 ระดับ ด้วยภาชนะ 2 แบบ เพื่อศึกษาถึงผลของลักษณะรูปร่างของภาชนะและกำลังไฟต่อจลนศาสตร์การทำแห้ง มีรายละเอียดการดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

3.3.4.1 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟด้วยภาชนะจานแก้ว

นำเนื้อมะพร้าวที่บดปริมาณ 200 กรัม ใส่ลงในภาชนะจานแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร ลึก 5 เซนติเมตร แล้วเกลี่ยให้ตัวอย่างเรียบเสมอกัน จะได้ตัวอย่างที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร หนาประมาณ 2 เซนติเมตร จากนั้นนำไปทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 300 วัตต์, 600 วัตต์ และ 800 วัตต์ บันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่ กำลังไฟ 300 วัตต์ ทุก ๆ 4 นาที ส่วนที่กำลังไฟ 600 วัตต์ และ 800 วัตต์ บันทึกทุกๆ 2 นาที จนกระทั่งน้ำหนักตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลง

3.3.4.2 การทำแห้งด้วยไมโครเวฟด้วยภาชนะปิกเกอร์แก้ว

นำเนื้อมะพร้าวที่บดปริมาณ 200 กรัม ใส่ลงในภาชนะปิกเกอร์แก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ลึก 12 เซนติเมตร แล้วเกลี่ยให้ตัวอย่างเรียบเสมอกัน จะได้ตัวอย่างที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ความหนาประมาณ 9 เซนติเมตร จากนั้นนำไปทำแห้งด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟแตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 300 วัตต์, 600 วัตต์ และ 800 วัตต์ บันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่ กำลังไฟ 300 วัตต์ ทุก ๆ 4 นาที ส่วนที่กำลังไฟ 600 วัตต์ และ 800 วัตต์ บันทึกทุก ๆ 2 นาที จนกระทั่งน้ำหนักตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลง

เลือกสภาวะที่เหมาะสมของการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ ด้วยการพิจารณาจากระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง และสีของเนื้อออกไก่แห้ง นำสภาวะที่เหมาะสมนี้ ไปใช้ในการผลิตผงเนื้อออกไก่ด้วยวิธีทำแห้งด้วยไมโครเวฟ แล้วนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติเปรียบเทียบกับผงเนื้อออกไก่ที่ได้จากวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

3.3.5 การทำแห้งเนื้อออกไก่ด้วยลมร้อน

นำเนื้อออกไก่ต้มบดไปทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักเนื้อออกไก่แห้งไม่เปลี่ยนแปลง นำเนื้อออกไก่แห้งไปทำเป็นผงเนื้อออกไก่ แล้วนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติเปรียบเทียบกับผงเนื้อออกไก่ที่ได้จากวิธีการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ, การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งต่อไป

3.3.6 การทำแห้งเนื้อออกไก่ด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

นำเนื้อออกไก่ต้มบดปริมาณใส่ลงในถาดอะลูมิเนียม แล้วเกลี่ยให้เนื้อออกไก่ให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำตัวอย่างไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dryer) ที่สภาวะดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สภาวะการทำแห้งเนื้อออกไก่ด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ชั่วโมง)
-30	1
-20	1
-10	1
0	3
2	6
4	6
8	10
12	10
15	10

ผงเนื้อออกไถ่ที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่แข็งจะนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติเปรียบเทียบกับผงเนื้อออกไถ่ที่ได้จากวิธีการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ และการทำแห้งด้วยลมร้อนต่อไป

3.3.7 จลนศาสตร์ของการทำแห้ง

นำข้อมูลน้ำหนักที่ได้จากการทดลองในข้อที่ 3.3.4 มาคำนวณหาปริมาณความชื้นทั้งในรูปฐานเปียกและฐานแห้ง, อัตราส่วนความชื้น, อัตราการทำแห้ง และค่าคงที่การทำแห้ง (k) โดยมีสมการที่ใช้คำนวณดังต่อไปนี้

ร้อยละปริมาณความชื้น (ฐานเปียก)

$$\%MC_{wb} = \frac{W_t - W_e}{W_t} \times 100 \quad (3.1)$$

ปริมาณความชื้น (ฐานแห้ง)

$$MC_{db} = \frac{W_t - W_e}{W_e} \quad (3.2)$$

อัตราส่วนความชื้น

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_i - M_e} \quad (3.3)$$

อัตราการทำแห้ง

$$DR = \frac{\Delta M}{\Delta t} \quad (3.4)$$

ค่าคงที่การทำแห้ง

$$\ln MR = -kt \quad (3.5)$$

โดย W_t คือน้ำหนักที่เวลาทำแห้งใด ๆ (กรัม), W_e คือน้ำหนักที่จุดสมดุล (กรัม), M_t คือปริมาณความชื้นที่เวลาทำแห้งใด ๆ (กรัมน้ำ/กรัมของแห้ง), M_e คือปริมาณความชื้นที่จุดสมดุล (กรัมน้ำ/กรัมของแห้ง), M_i คือปริมาณความชื้นเริ่มต้น (กรัมน้ำ/กรัมของแห้ง), ΔM คือผลต่างของปริมาณความชื้น (กรัมน้ำ/กรัมของแห้ง), Δt คือผลต่างของเวลา (นาทื), k คือค่าคงที่การทำแห้ง และ t คือเวลาการทำแห้ง (นาทื)

3.3.8 การวิเคราะห์คุณสมบัติของผงเนื้อออกไก่

ตัวอย่างผงเนื้อออกไก่ที่ได้จากการทดลองในหัวข้อ 3.3.4, 3.3.5 และ 3.3.6 ได้แก่ ผงเนื้อออกไก่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ, ผงเนื้อออกไก่ทำแห้งด้วยลมร้อน และผงเนื้อออกไก่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ตัวอย่างผงเนื้อออกไก่ทั้งหมดที่ได้จากการผลิตที่กล่าวในข้างต้น และผงเวย์โปรตีน ที่สนใจนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับ เนื่องจากเป็นโปรตีนเสริมที่กำลังเป็นที่นิยม จะถูกนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี (ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์โบไฮเดรต) ค่าสี ค่าการอุ้มน้ำ ค่าการละลายน้ำ และลักษณะอนุภาคผง ทำการเปรียบเทียบผลระหว่างตัวอย่างผงเนื้อออกไก่ที่ทำแห้งด้วยวิธีการทำแห้งทั้ง 3 วิธี และผงเวย์โปรตีน มีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

3.3.8.1 องค์ประกอบทางเคมี

นำตัวอย่างเนื้อออกไก่สด ผงเนื้อออกไก่ และผงเวย์โปรตีน มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยวิธีการอบด้วยความร้อน, วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีเจลดาทาล, วิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยวิธีสกัดแบบซอกซ์ເລต และวิเคราะห์ปริมาณเถ้าด้วยวิธีเผา (AOAC, 2000) แสดงผลในรูปแบบร้อยละฐานเปียก และฐานแห้ง วิธีการวิเคราะห์และคำนวณแสดงในภาคผนวก ก

3.3.8.2 ตรวจวัดค่าสี

นำตัวอย่างผงเนื้อออกไก่มาตรวจวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta Chroma meter ระบบ CIE $L^* a^* b^*$ วิธีการวัดแสดงในภาคผนวก ข แสดงผลในรูปแบบค่าความสว่าง (L^*) (ค่าความสว่างมีค่า 0 = มืดที่สุด ถึง 100 = สว่างที่สุด) ค่าโครมา (chroma) (ค่าความเข้มของสี) ค่ายิ่งมามากยิ่งเข้ม และค่ามุมของฮิว (hue angle) (สีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 360 องศา) (McGuire, 1992)

3.3.8.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการละลาย

นำตัวอย่างผงเนื้อออกไก่มาหาค่าดัชนีการอุ้มน้ำและค่าดัชนีการละลายน้ำด้วยวิธีการที่ดัดแปลงจาก Park และคณะ (2016) วิธีการวัดแสดงในภาคผนวก ข โดยทำการทดสอบในน้ำ 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 4 องศาเซลเซียส, 30 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส

3.3.8.4 ลักษณะของผง

นำตัวอย่างผงเนื้อออกไก่ และผงเวย์โปรตีน มาตรวจดูลักษณะของผงด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) เพื่อดูลักษณะของผงและพื้นผิวของผงเนื้อออกไก่ที่ผ่านการทำแห้งแตกต่างกัน

3.3.9 การจัดเก็บรักษาผงเนื้อออกไก่

ผงเนื้อออกไก่ที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีไมโครเวฟที่เหมาะสม จะถูกบรรจุลงในซองซิปลูมิเนียมพอยล์ขนาด 13 x 18 เซนติเมตร ปริมาณซองละ 100 กรัม แล้วถูกจัดเก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ได้แก่ อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาถึงผลของอุณหภูมิต่ออายุการจัดเก็บผงเนื้อออกไก่ ทำการทดลองจัดเก็บเป็นระยะเวลา 3 เดือน และตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของผงเนื้อออกไก่ทุก ๆ 1 เดือน ดังต่อไปนี้

3.3.9.1 ตรวจวัดปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

นำตัวอย่างผงเนื้อออกไก่ มาตรวจปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง AquaLab 4-TE ซึ่งวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก

3.3.9.2 ตรวจปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000)

นำตัวอย่างผงเนื้อออกไก่ มาตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธีการ Total plate count ซึ่งวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ค รายงานผลเป็นหน่วยจำนวนโคโลนีต่อกรัม (cfu/g)

3.3.9.3 ตรวจวัดค่าสี

นำตัวอย่างผงเนื้อออกไก่ มาตรวจวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta Chroma meter ซึ่งวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ข

3.3.9.4 ตรวจวัดค่าไทโอบาร์บิฟูริกแอซิดครีแอคทีฟแซตนท์ (TBARS)

นำตัวอย่างผงเนื้อออกไก่ มาตรวจวัดค่าไทโอบาร์บิฟูริกแอซิดครีแอคทีฟแซตนท์ (TBARS) ด้วยวิธีการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก

3.3.9.5 การประมาณอายุการจัดเก็บที่สภาวะเร่ง

ทำการประมาณอายุการจัดเก็บที่สภาวะเร่ง ด้วยการคำนวณตามวิธีการ temperature quotient (Q10) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้แสดงผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่ออุณหภูมิต่างกัน 10 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาคผนวก ง

3.3.10 การนำผงเนื้อมะพร้าวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ซูปครีมเนื้อมะพร้าวสำเร็จรูป

ซูปครีมสำเร็จรูป เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นผงแห้ง สามารถรับประทานได้ ด้วยการผสมให้เข้ากันกับน้ำร้อนตามอัตราส่วนที่กำหนด ผงเนื้อมะพร้าวที่ผลิตโดยวิธีการทำแห้งด้วยไมโครเวฟด้วยสภาวะที่เหมาะสม จะถูกนำมาผสมรวมกับวัตถุดิบอื่น ที่ดัดแปลงจากสูตรมาตรฐานซูปครีมรสฟักทองสำเร็จรูป ตรา เลดี้แอนนา ได้แก่ ผงฟักทอง แป้งมันฝรั่ง ครีมเทียม ผงหัวหอม ผงชีส เกลือ น้ำตาล และผงพริกไทยดำ โดยใช้แผนการทดลองแบบผสม (mixture design) กำหนดปัจจัยที่ศึกษาผล คือ ผงเนื้อมะพร้าว ผงฟักทอง และแป้งมันฝรั่ง ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส คุณลักษณะด้านสีและความหนืด สูตรซูปสำหรับการทดลองและการวิเคราะห์คุณลักษณะ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.10.1 สูตรซูปครีมเนื้อมะพร้าว

จัดสิ่งทดลองด้วยแผนการทดลองแบบผสม (mixture design) โดยกำหนดส่วนประกอบหลักที่ศึกษา คือ ผงเนื้อมะพร้าว ผงฟักทอง และแป้งมันฝรั่ง สำหรับครีมเทียม และผงปรุงรส (ผงหัวหอม ผงชีส ผงพริกไทยดำ เกลือป่น และน้ำตาล) จะกำหนดให้มีค่าคงที่เท่ากันในทุกสูตร ดังแสดงในตารางที่ 3.2 จะสามารถจัดสิ่งทดลองได้ทั้งหมด 6 สูตร โดยมีอัตราส่วนผงเนื้อมะพร้าวอยู่ร้อยละ 53.33–66.67 ผงฟักทองร้อยละ 13.33–26.67 และแป้งมันฝรั่งร้อยละ 20.00–33.33 ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ซูปในแต่ละสูตรจะถูกชงด้วยน้ำอุณหภูมิประมาณ 97-98 องศาเซลเซียสในอัตราส่วนผงซูป 11 กรัม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร แล้วคนให้เข้ากัน นำซูปครีมทั้ง 6 สูตรไปวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบซูปครีมเนื้ออกไก่ (ดัดแปลงจาก ซูปครีมรสฟักทองกิ่งสำเร็จรูป ตรา เลดี้ แอนนา)

ส่วนประกอบ	ปริมาณร้อยละ
ผงเนื้ออกไก่	36.36 – 45.45
ผงฟักทอง	9.09 - 18.18
แป้งมันฝรั่ง	13.64 – 22.73
ครีมเทียม	27.27
เครื่องปรุงรส	4.55
- ผงหัวหอม	
- ผงชีส	
- ผงพริกไทยดำ	
- เกลือป่น	
- น้ำตาลทรายขาว	

ตารางที่ 3.3 สูตรซูปครีมเนื้ออกไก่ที่ได้จากแผนการทดลองแบบผสม

สูตรซูป	ปัจจัยที่ศึกษา		
	ผงเนื้ออกไก่ (%)	ผงฟักทอง (%)	แป้งมันฝรั่ง (%)
1	53.33	13.33	33.33
2	53.33	20.00	26.67
3	53.33	26.67	20.00
4	60.00	13.33	26.67
5	60.00	20.00	20.00
6	66.67	13.33	20.00

3.3.10.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปครีมเนื้ออกไก่

ทำการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 40 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 5-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมาก, 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = เฉยๆ, 4 = ชอบเล็กน้อย, 5 = ชอบมาก) แบบฟอร์มทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในภาคผนวก จ ใช้ตัวเลขแบบสุ่ม 3 หลัก ในการบ่งชี้ตัวอย่าง คุณลักษณะทางประสาท

สัมผัสที่ทำการประเมิน ได้แก่ สี กลิ่น ความข้นหนืด ความเนียนเมื่อทาน รสชาติ และความชอบโดยรวม

3.3.10.3 ตรวจวัดค่าสีของซูปครีมเนื้อมะพร้าว

วัดค่าสีของซูปด้วยเครื่องวัดสี hunter lab colorquest XE ทำการบันทึกค่า L^* a^* b^* C^* และ h^* ที่อ่านได้จากเครื่องวัด วิธีการวัดแสดงในภาคผนวก ข

3.3.10.4 วิเคราะห์ความหนืดของซูปครีมเนื้อมะพร้าว

วัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด brookfield viscometer โดยทำการวัดที่ซูปอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่นิยมในการจัดเสิร์ฟ ทำการวัดความหนืดด้วยหัววัดเบอร์ 31 ที่ความเร็วรอบ (RPM) 50 100 200 และ 250 ทำการบันทึกค่าความหนืด (cPs), ค่า shear rate และค่า shear stress ที่อ่านได้จากเครื่องวัด วิธีการวัดแสดงในภาคผนวก ข

3.3.11 แผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองหัวข้อ 3.3.3 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกแบบสมบูรณ์ (RCBD) การทดลองหัวข้อ 3.3.4 วางแผนการทดลองแบบแฟคตอเรียลสุ่มในบล็อกแบบสมบูรณ์ (factorial in RCBD) การทดลองหัวข้อ 3.3.8, 3.3.9, 3.3.10.3 และ 3.3.10.4 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) การทดลองหัวข้อ 3.3.10.1 วางแผนการทดลองแบบผสม (mixture design) และ 3.3.10.2 ใช้แผนการทดลองแบบบล็อกไม่สมบูรณ์แบบสมดุล (BIB) โดย $t=6$ $k=3$ $r=10$ $b=20$ $\lambda=4$ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี New Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำ และรายงานผลการทดลองในรูปของค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

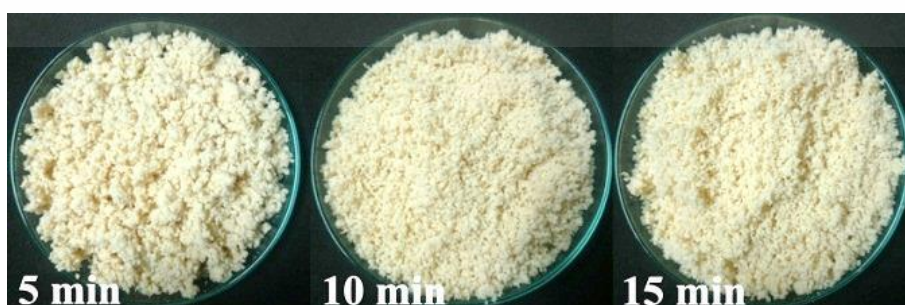
4.1 ผลของระยะเวลาการต้มต่อลักษณะเนื้ออกไก่บด

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเนื้ออกไก่ต้มบด เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการทำแห้งต่อไป โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ ระยะเวลาการต้ม เนื้ออกไก่สดที่ถูกล้างและหั่นให้มีขนาดประมาณ 1.5×1.5 เซนติเมตร หนาประมาณ 1 เซนติเมตร จะถูกต้มในน้ำเดือด โดยใช้อัตราส่วนเนื้ออกไก่ต่อน้ำเป็น 1.2 : 1 กำหนดระยะเวลาการต้ม 5 นาที 10 นาที และ 15 นาที เนื้ออกไก่ต้มทั้ง 3 เวลา จะถูกบดด้วยเครื่องบดผสม และถูกนำไปตรวจวิเคราะห์หาความชื้นและสังเกตลักษณะของเนื้ออกไก่หลังบดด้วยตาเปล่า เพื่อพิจารณาเลือกเวลาที่เหมาะสมสำหรับการต้มเนื้ออกไก่ ซึ่งจะนำไปใช้ในขั้นตอนการทำแห้งต่อไป จากการทดลองได้ผลค่าความชื้นดังแสดงในตารางที่ 4.1 และลักษณะของเนื้ออกไก่หลังบดดังแสดงในภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ร้อยละปริมาณความชื้นของเนื้ออกไก่หลังต้มที่เวลาแตกต่างกัน

เวลาในการต้ม (นาที)	ร้อยละปริมาณความชื้น
0 (เนื้ออกไก่สด)	75.54 ± 0.07^a
5	67.42 ± 0.05^b
10	62.42 ± 0.02^c
15	62.39 ± 0.04^c

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.1 ลักษณะของเนื้ออกไก่หลังต้มที่เวลา 5 นาที, 10 นาที และ 15 นาที หลังผ่านการบด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่า การนำเนื้อออกไก่สดไปต้มในน้ำเดือด ทำให้เนื้อออกไก่มีปริมาณความชื้นลดลง เนื่องจากเกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อออกไก่ ทำให้เกิดการคายน้ำออกมา โดยการต้ม 5 นาที จะทำให้เนื้อออกไก่มีความชื้นลดลงประมาณร้อยละ 10.75 และการต้มที่ 10 นาที และ 15 นาที จะทำให้เนื้อออกไก่มีความชื้นลดลงประมาณร้อยละ 17.37 และ 17.41 ตามลำดับ ซึ่งการต้มที่เวลา 10 นาที และ 15 นาที ให้ร้อยละปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าการต้มที่เวลา 5 นาที

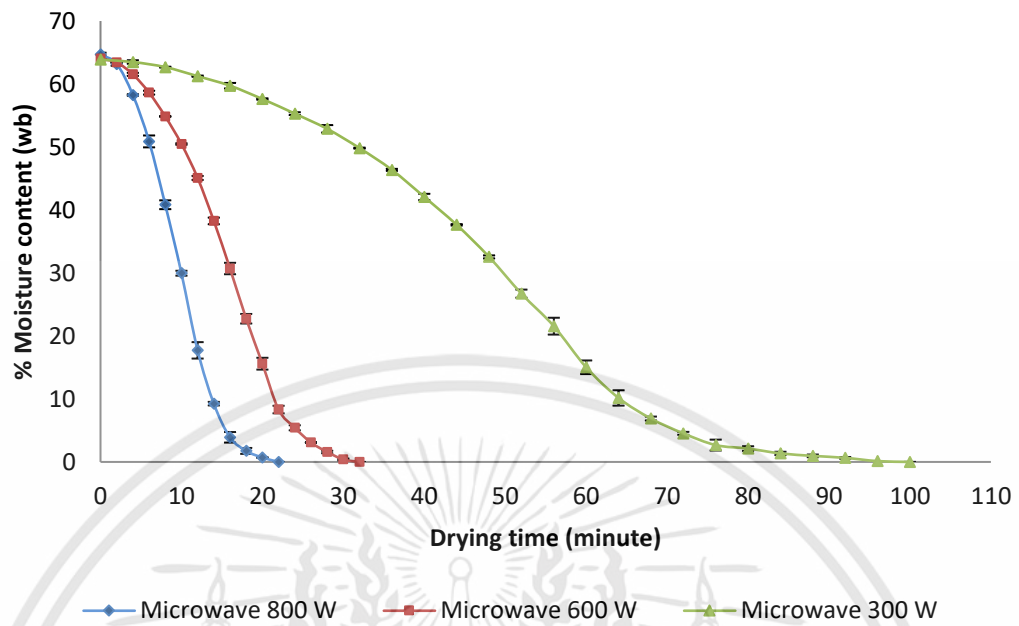
เมื่อนำเนื้อออกไก่ต้มที่แต่ละเวลา มาบดลดขนาดด้วยเครื่องบดผสม พบว่าเนื้อออกไก่ที่เวลาต้ม 10 นาที และ 15 นาที มีลักษณะของเนื้อออกไก่ที่ละเอียดและร่วนฟูมากกว่าเนื้อออกไก่ที่เวลาต้ม 5 นาที มีลักษณะเกาะเป็นกลุ่มก้อนนิ่มละและรวมกันเป็นแผ่นติดข้างเครื่องบดผสม ดังแสดงในภาพที่ 4.1 สาเหตุที่ต้องนำเนื้อออกไก่ไปบด เพราะจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าการใช้เนื้อออกไก่ต้มแบบที่ยังไม่ได้บดนำไปทำแห้งด้วยไมโครเวฟทั้งในภาชนะจานแก้วและปิกเกอร์แก้ว พบว่าการแห้งที่ไม่สม่ำเสมอ การบดช่วยทำให้วัตถุดิบมีความเป็นรูพรุนเพิ่มขึ้น จึงเอื้อให้น้ำเคลื่อนที่ระเหยออกไปได้ง่าย ทำให้แห้งออกไก่แห้งสม่ำเสมอมากกว่า จากผลการทดลอง สำหรับขั้นตอนนี้จึงเลือกการต้มเนื้อออกไก่เป็นเวลา 10 นาที แล้วบดด้วยเครื่องบดผสมที่ความเร็ว 19,000 รอบต่อนาทีต่อเนื้อออกไก่ต้มปริมาณ 200 กรัม เป็นเวลา 20 วินาที ไปใช้ในการเตรียมเนื้อออกไก่เพื่อใช้ในการทดลองทำแห้งต่อไป

4.2 ผลของการทำแห้งเนื้อออกไก่ด้วยไมโครเวฟ

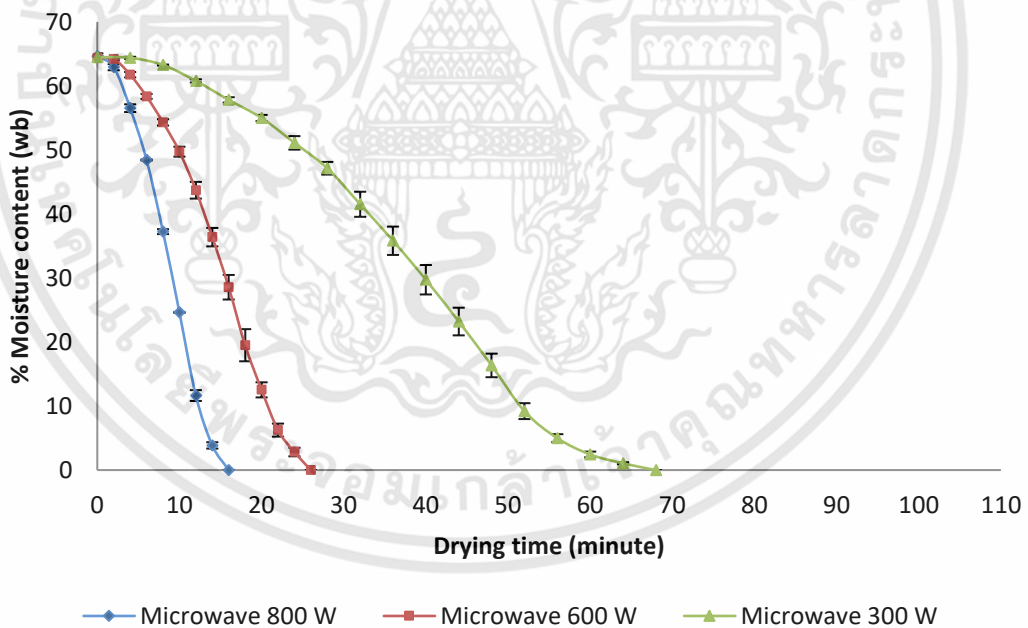
4.2.1 ผลของกำลังไฟไมโครเวฟและรูปร่างของภาชนะต่อจลศาสตร์การทำแห้ง

นำเนื้อออกไก่ที่เตรียมด้วยวิธีการในหัวข้อที่ 4.1 มาผ่านวิธีการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ โดยมีปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ กำลังไฟของไมโครเวฟที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 300 วัตต์, 600 วัตต์ และ 800 วัตต์ และรูปร่างของภาชนะที่แตกต่างกัน 2 รูปร่าง คือ จานแก้ว และปิกเกอร์แก้ว ทำการทดลองตามวิธีที่อธิบายในหัวข้อที่ 3.3.4 ได้ผลการทดลองดังแสดงต่อไปนี้

(ก)



(ข)

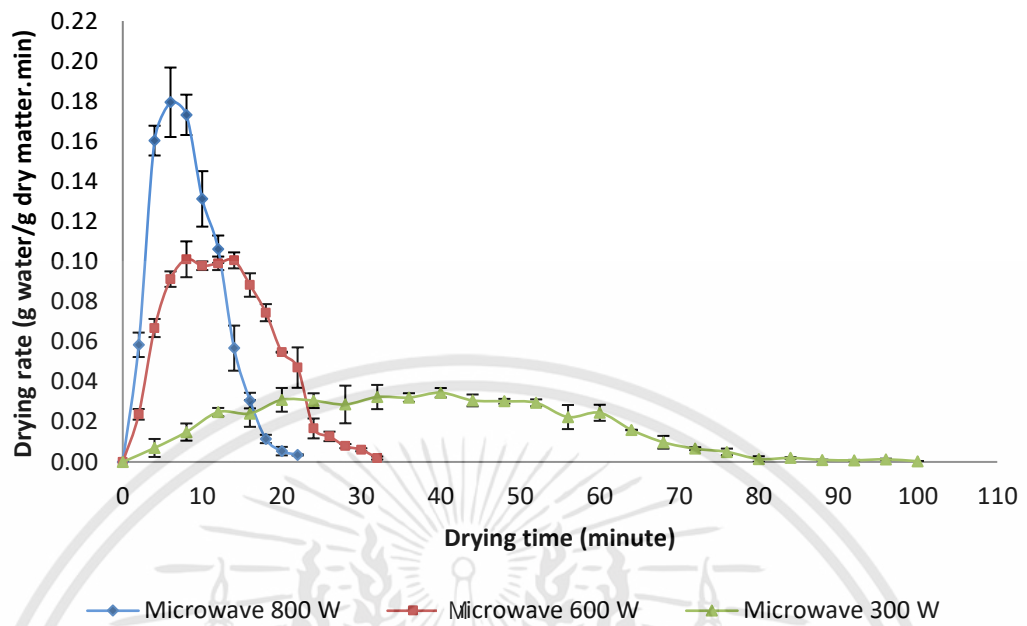


ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงของร้อยละปริมาณความชื้นขณะการทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟใน

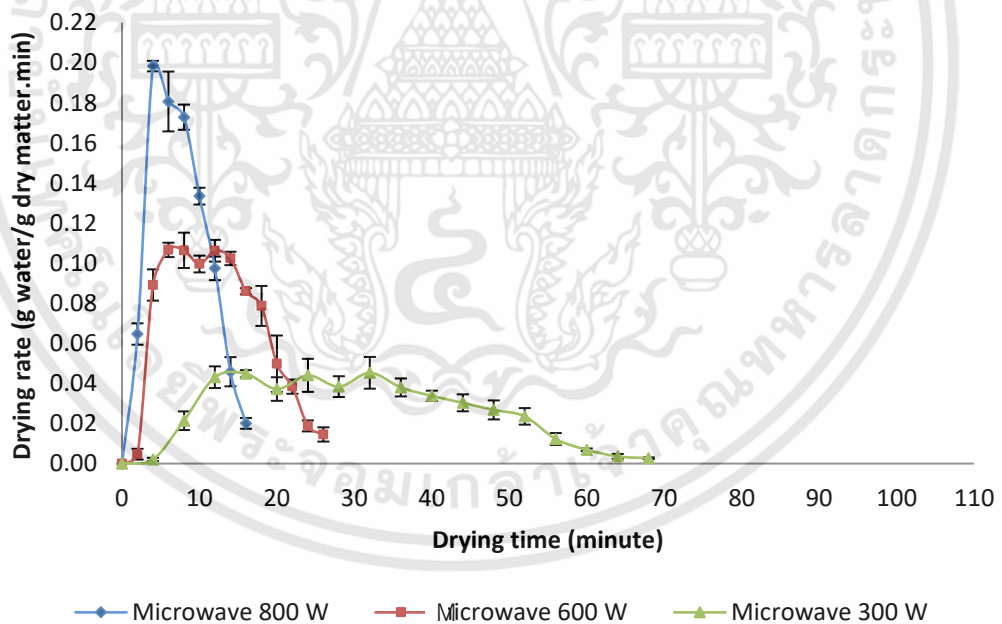
(ก) ภาชนะจานแก้ว (ข) ภาชนะปีกเกอร์แก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก)



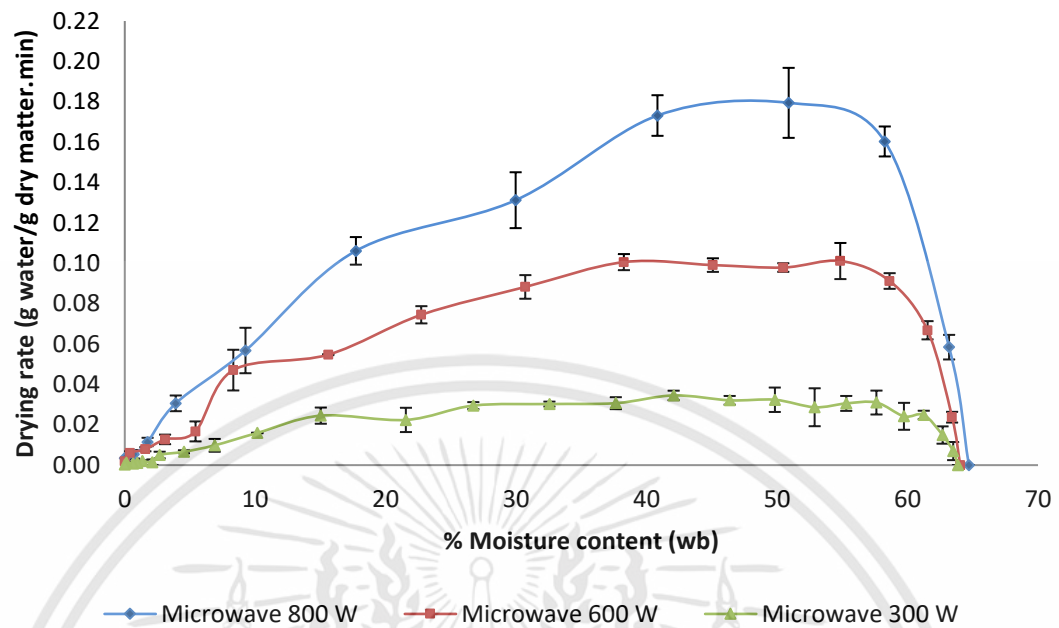
(ข)



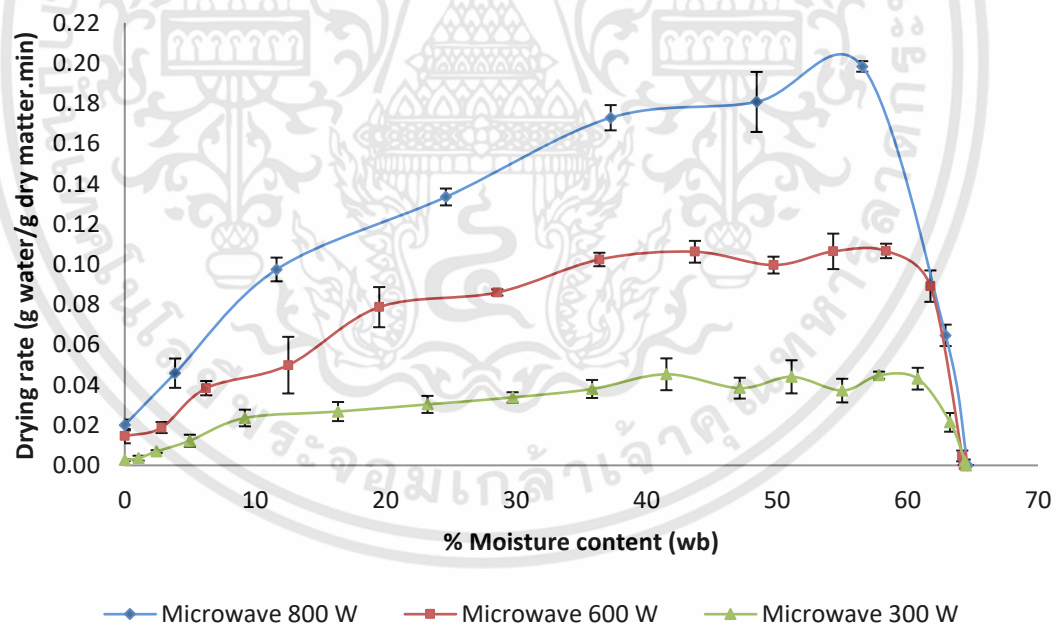
ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแห้งและเวลา ในการแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟใน

(ก) ภาชนะจานแก้ว (ข) ภาชนะปีกเกอร์แก้ว

(ก)



(ข)



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแห้งและปริมาณความชื้น ในการแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟใน(ก) ภาชนะจานแก้ว (ข) ภาชนะปีกเกอร์แก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่า k ที่ได้จากสมการเส้นตรงของกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ln moisture ratio กับระยะเวลาในการทำแห้ง ของการทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟ

ภาชนะ	กำลังไฟไมโครเวฟ (วัตต์)	ค่า k (min ⁻¹)
จานแก้ว	800	-0.41 ± 0.004
	600	-0.19 ± 0.08
	300	-0.07 ± 0.002
ปีกเกอร์	800	-0.29 ± 0.01
	600	-0.16 ± 0.01
	300	-0.07 ± 0.002

จากภาพที่ 4.2 จะเห็นว่าเนื้ออกไก่มีปริมาณความชื้นลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเวลาการทำแห้งนานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบในเรื่องของกำลังไฟไมโครเวฟ การเพิ่มขึ้นของกำลังไฟไมโครเวฟจาก 300 วัตต์ ถึง 800 วัตต์ มีผลทำให้เวลาในการทำแห้งสั้นลง สอดคล้องกับภาพที่ 4.3 ที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อกำลังไฟไมโครเวฟเพิ่มมากขึ้น อัตราการทำแห้งจะยิ่งสูง ทำให้เนื้ออกไก่ที่ทำแห้งด้วยกำลังไฟไมโครเวฟ 800 วัตต์ แห้งในเวลาเร็วกว่าที่กำลังไฟไมโครเวฟ 600 และ 300 วัตต์ ตามลำดับ ปริมาณน้ำในเนื้ออกไก่เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง จากภาพที่ 4.4 จะเห็นว่าเมื่อปริมาณความชื้นลดลง อัตราการทำแห้งจะลดลง นั่นเป็นเพราะเนื้ออกไก่มีการดูดซับพลังงานไมโครเวฟลดลง ผลจลศาสตร์ของการทำแห้งเนื้ออกไก่นี้เป็นไปตามทฤษฎี และมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Darvishi และคณะ (2013) ที่ทำแห้งปลาซาตินด้วยไมโครเวฟ งานวิจัยของ Wang และคณะ (2012) ที่ทำแห้งหิมน้ำมันด้วยไมโครเวฟ และงานวิจัยของ Moghanaki และคณะ (2013) ที่ใช้ไมโครเวฟในการทำแห้งผลไม้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจากภาชนะที่ใช้ทำแห้ง พบว่าภาชนะปีกเกอร์แก้วใช้เวลาในการทำแห้งสั้นกว่าภาชนะจานแก้ว ซึ่งที่กำลังไฟไมโครเวฟ 600–800 วัตต์มีผลแตกต่างกันไม่มากนัก แต่มีผลแตกต่างกันมากในกำลังไฟไมโครเวฟ 300 วัตต์ เมื่อพิจารณาจากการทำแห้งที่ทำให้เนื้ออกไก่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 เวลาที่ใช้ทำแห้งของแต่ละสภาวะมีดังนี้ ที่ภาชนะจานแก้วที่กำลังไฟ 300 600 และ 800 วัตต์ ใช้เวลาในการทำแห้ง 64 นาที 22 นาที และ 14 นาที ตามลำดับ สำหรับภาชนะปีกเกอร์แก้วที่กำลังไฟ 300 600 และ 800 วัตต์ ใช้เวลาในการทำแห้ง 52 นาที 22 นาที และ 12 นาที ตามลำดับ และจากค่า k ที่แสดงในตารางที่ 4.2 ค่า k คือค่าคงที่การทำแห้ง ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าความลาดชันของเส้นกราฟที่พล็อตระหว่าง ln moisture ratio กับเวลาในการอบแห้ง เส้นกราฟจะเป็นเส้นตรงที่มีความลาดชันเป็นลบ ค่า k ยังมีค่ามากแสดงว่าการอบแห้งใช้เวลาสั้น (สุนทรและฤทธิชัย, 2554) ซึ่งค่า k ที่มากที่สุดคือของภาชนะปีกเกอร์ที่กำลังไฟ ไมโครเวฟ 800 วัตต์ มีระยะเวลาการทำแห้งสั้นที่สุด สาเหตุที่การทำแห้งด้วยปีกเกอร์แก้วมีเวลาทำแห้งที่สั้นกว่า อาจเป็นเพราะมีการสะสมความร้อนที่อาหารมากกว่าการแห้งด้วยจานแก้ว (Chandrasekaran et al., 2013) อีกทั้งอาจเกิดจากการที่ภาชนะปีกเกอร์ช่วยให้เนื้ออกไก่ได้รับรังสีไมโครเวฟที่สะท้อนอยู่ภายในตู้ไมโครเวฟได้มากกว่าภาชนะจานแก้ว

4.2.2 ผลของกำลังไฟไมโครเวฟและรูปร่างของภาชนะต่อสีของเนื้ออกไก่แห้ง

เนื้ออกไก่แห้งทุกสภาวะ จะถูกวัดค่าสี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าที่ทุกสภาวะการทำแห้ง ให้เนื้ออกไก่ที่มีสีไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าความสว่าง (L^*) ในช่วง 64–66 และค่าฮิว (h^*) ในช่วง 80–82 บ่งบอกว่าเนื้ออกไก่แห้งมีสีเหลือง

ตารางที่ 4.3 ค่าสีของเนื้ออกไก่หลังผ่านการทำแห้งด้วยไมโครเวฟแต่ละสภาวะ

รูปร่าง	กำลังไฟไมโครเวฟ (วัตต์)	ค่าสี		
		L^*	C^*	H^*
จานแก้ว	800	66.35 ± 0.86^b	27.95 ± 0.12^b	80.34 ± 0.10^{ab}
	600	65.87 ± 0.62^{ab}	28.10 ± 0.43^{bc}	$82.32 \pm 0.84c$
	300	66.41 ± 0.56^b	30.35 ± 0.79^d	82.38 ± 0.92^c
ปีกเกอร์	800	64.81 ± 1.24^{ab}	26.35 ± 0.64^a	79.24 ± 0.68^a
	600	63.66 ± 1.53^a	26.06 ± 0.47^a	81.37 ± 0.61^{bc}
	300	65.06 ± 1.69^{ab}	29.03 ± 0.75^c	81.35 ± 0.67^{bc}

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c...} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการพิจารณาผลการทดลองการทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟที่กล่าวในข้างต้น สำหรับสภาวะที่เหมาะสมที่เลือกเพื่อไปใช้ผลิตเป็นผงเนื้ออกไก่ด้วยวิธีไมโครเวฟ คือ ภาชนะปีกเกอร์ที่กำลังไฟไมโครเวฟ 800 วัตต์ เวลา 12 นาที เนื่องจากมีระยะเวลาในการทำแห้งสั้นที่สุดที่ทำให้เนื้ออกไก่มีความชื้นลดลงต่ำกว่าร้อยละ 10

4.3 ปริมาณร้อยละผลผลิตและผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีและกายภาพของผงเนื้ออกไก่

เนื้ออกไก่ที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีไมโครเวฟ วิธีลมร้อน และวิธีแบบแช่เยือกแข็ง จะถูกบดเป็นผงให้มีขนาด 80 เมช แล้วนำมาวิเคราะห์ดังแสดงต่อไปนี้

4.3.1 ปริมาณร้อยละผลผลิต

ปริมาณร้อยละผลผลิตของผงเนื้ออกไก่ที่ทำแห้งด้วยวิธีไมโครเวฟ วิธีลมร้อน และวิธีทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เปรียบเทียบจากเนื้ออกไก่สด ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าผงเนื้ออกไก่ที่ผลิตได้จากทั้ง 3 วิธีการทำแห้ง มีปริมาณผลผลิตแตกต่างกันทางสถิติ คาดว่าเนื่องมาจากในขั้นตอนการบดเป็นผง ผงเนื้ออกไถ่มีการฟุ้งกระจายและติดตามใบมีดของเครื่องบด แต่เมื่อดูโดยรวมแล้ว ทั้ง 3 วิธีมีปริมาณร้อยละผลผลิตประมาณ 20 นั้นหมายถึง ถ้าใช้เนื้ออกไก่สด 1 กิโลกรัม จะผลิตผงเนื้ออกไก่ได้ 200 กรัม

ตารางที่ 4.4 ร้อยละปริมาณผลผลิตผงเนื้ออกไก่

วิธีการทำแห้ง	ปริมาณร้อยละผลผลิต
เนื้ออกไก่สด	100.0 ± 0.00
ไมโครเวฟ	19.71 ± 0.09 ^a
ลมร้อน	20.35 ± 0.18 ^b
แช่แข็ง	20.09 ± 0.32 ^{ab}

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c...} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3.2 องค์ประกอบทางเคมีของผงเนื้ออกไก่

นำเนื้ออกไก่สด, ผงเนื้ออกไก่ และผงเวย์โปรตีน มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร (proximate analysis) ตามวิธีการของ AOAC (2000) ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผงเนื้ออกไก่ที่ผ่านการทำแห้งทั้ง 3 วิธี มีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกัน โดยปริมาณความชื้นร้อยละ 4-6 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของอาหารแห้งที่ต้องมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 87-88 มีปริมาณไขมันร้อยละ 5-6 และมีปริมาณเถ้าร้อยละ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับเวย์โปรตีน ซึ่งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของผงเนื้อไก่

วัตถุดิบ	องค์ประกอบทางเคมี (%wb)				
	ปริมาณความชื้น	ปริมาณโปรตีน	ปริมาณไขมัน	ปริมาณเถ้า	
เนื้อไก่สด	77.03 ± 0.40	20.35 ± 0.58	1.81 ± 0.18	1.04 ± 0.03	
เนื้อไก่ต้ม	62.89 ± 0.56	-	-	-	
วิธีการทำแห้ง	เนื้อไก่หลังทำแห้ง		ผงเนื้อไก่		
ไมโครเวฟ	3.30 ± 0.40	4.06 ± 0.36 ^a	88.58 ± 0.10 ^c	5.44 ± 0.35 ^b	1.88 ± 0.10 ^{ab}
ลมร้อน	5.53 ± 0.16	6.35 ± 0.44 ^b	86.55 ± 0.36 ^a	5.33 ± 0.04 ^b	1.72 ± 0.16 ^a
แช่เยือกแข็ง	1.02 ± 0.34	4.37 ± 0.10 ^a	87.65 ± 0.25 ^b	5.98 ± 0.28 ^c	1.95 ± 0.05 ^b
ผงเวย์โปรตีน	-	3.82 ± 0.07 ^a	88.07 ± 0.29 ^b	0.96 ± 0.03 ^a	2.21 ± 0.04 ^c

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c...} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

ปัจจุบันได้รับความนิยมในการรับประทานเป็นเครื่องดื่มเพื่อเสริมสร้างกล้ามเนื้อในหมู่คนที่ออกกำลังกาย พบว่ามีปริมาณโปรตีนเท่ากัน แต่เวย์โปรตีนมีปริมาณไขมันร้อยละ 1 ซึ่งน้อยกว่าผงเนื้ออกไก่

4.3.3 ตรวจวัดค่าสี

เนื้ออกไก่แห้ง ผงเวย์โปรตีน และผงเนื้ออกไก่จากวิธีการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ ลมร้อน และแบบแช่เยือกแข็ง ถูกนำมาตรวจวัดค่าสี ได้ผลค่าวัดสีดังแสดงในภาพที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 จะเห็นว่า ผงเนื้ออกไก่ทั้ง 3 วิธี ค่าความสว่างมีค่าเพิ่มมากขึ้น จาก 67–83 เป็น 90–91 ค่าโครมาลดลงจาก 18–31 เป็น 14–15 และค่าอิวเพิ่มขึ้นจาก 75–85 เป็น 87–91 บ่งบอกได้ว่าผงเนื้ออกไรมีสีออกขาวครีม การบดเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว จึงทำให้เห็นผงเนื้ออกไกดุสว่างขาวมากขึ้นกว่าเดิม วิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน มีผลทำให้เนื้ออกไก่แห้งที่ได้มีความสว่างที่แตกต่างกัน โดยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เนื้ออกไก่แห้งที่ได้จะมีความสว่างอ่อนมากที่สุด รองลงมาคือวิธีลมร้อน และสุดท้ายคือวิธีไมโครเวฟ ทั้งนี้เป็นเพราะอุณหภูมิของการทำแห้ง วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้เนื้ออกไรมีสีเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าการทำแห้งด้วยไมโครเวฟและลมร้อน ซึ่งมีการเกิดความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียสสำหรับไมโครเวฟ (จากการวัดระหว่างการทำทดลอง) และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสสำหรับการทำแห้งด้วยลมร้อน ความร้อนทำให้เกิดกระบวนการเกิดสีน้ำตาลแบบไมใช่เอนไซม์ต่ออาหาร ทำให้อาหารมีสีเข้มและเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (โชคชัย, 2539)



ภาพที่ 4.5 เนื้ออกไก่แห้งและผงเนื้ออกไก่ ที่ผลิตด้วยวิธีการทำแห้งที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าสีของเนื้ออกไก่หลังผ่านการทำแห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน, ผงเนื้ออกไก่ และผงเวย์โปรตีน

วิธีการทำแห้ง	ค่าสี					
	เนื้ออกไก่หลังทำแห้ง			ผงเนื้ออกไก่		
	L*	C*	h*	L*	C*	h*
ไมโครเวฟ	65.99 ± 0.58 ^a	27.82 ± 0.92 ^b	79.76 ± 0.79 ^a	87.43 ± 0.70 ^a	15.35 ± 0.63 ^b	86.81 ± 1.16 ^a
ลมร้อน	72.87 ± 0.19 ^b	31.16 ± 0.60 ^c	85.43 ± 0.47 ^c	90.11 ± 0.12 ^b	15.07 ± 0.41 ^b	91.04 ± 0.17 ^b
แช่เยือกแข็ง	83.32 ± 0.61 ^c	18.70 ± 1.23 ^a	82.58 ± 1.39 ^b	90.59 ± 0.28 ^b	13.83 ± 0.18 ^a	87.24 ± 0.20 ^a
ผงเวย์โปรตีน	-	-	-	92.39 ± 0.02 ^c	13.62 ± 0.08 ^a	93.84 ± 0.07 ^c

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c...} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ (P≤0.05)

4.3.4 ความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการละลายน้ำ

ความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการละลายน้ำ เป็นคุณสมบัติที่ช่วยบอกถึงความสามารถในการคืนรูปของอาหาร ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการการอุ้มน้ำของฟองเนื้ออกไก่และฟองเวย์โปรตีน

วิธีการทำแห้ง	ค่าดัชนีการอุ้มน้ำ		
	4 °C	30 °C	65 °C
ไมโครเวฟ	3.208 ± 0.063 ^{Ab}	3.239 ± 0.056 ^{Ab}	3.166 ± 0.087 ^{Ab}
ลมร้อน	3.270 ± 0.138 ^{Ab}	3.404 ± 0.086 ^{Ac}	3.572 ± 0.209 ^{Ac}
แช่เยือกแข็ง	4.174 ± 0.066 ^{Bc}	4.081 ± 0.063 ^{Bd}	3.604 ± 0.159 ^{Ac}
ฟองเวย์โปรตีน	0.428 ± 0.074 ^{Aa}	0.377 ± 0.029 ^{Aa}	0.386 ± 0.053 ^{Aa}

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{A,B,C...} ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{a,b,c...} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.8 ความสามารถในการละลายของฟองเนื้ออกไก่และฟองเวย์โปรตีน

วิธีการทำแห้ง	ค่าดัชนีการละลายน้ำ		
	4 °C	30 °C	65 °C
ไมโครเวฟ	0.059 ± 0.005 ^{Ba}	0.050 ± 0.004 ^{Aa}	0.064 ± 0.005 ^{Ba}
ลมร้อน	0.048 ± 0.017 ^{Aa}	0.047 ± 0.001 ^{Aa}	0.062 ± 0.008 ^{Aa}
แช่เยือกแข็ง	0.054 ± 0.002 ^{Ba}	0.048 ± 0.003 ^{Aa}	0.060 ± 0.002 ^{Ca}
ฟองเวย์โปรตีน	0.925 ± 0.021 ^{Ab}	0.901 ± 0.004 ^{Ab}	0.916 ± 0.017 ^{Ab}

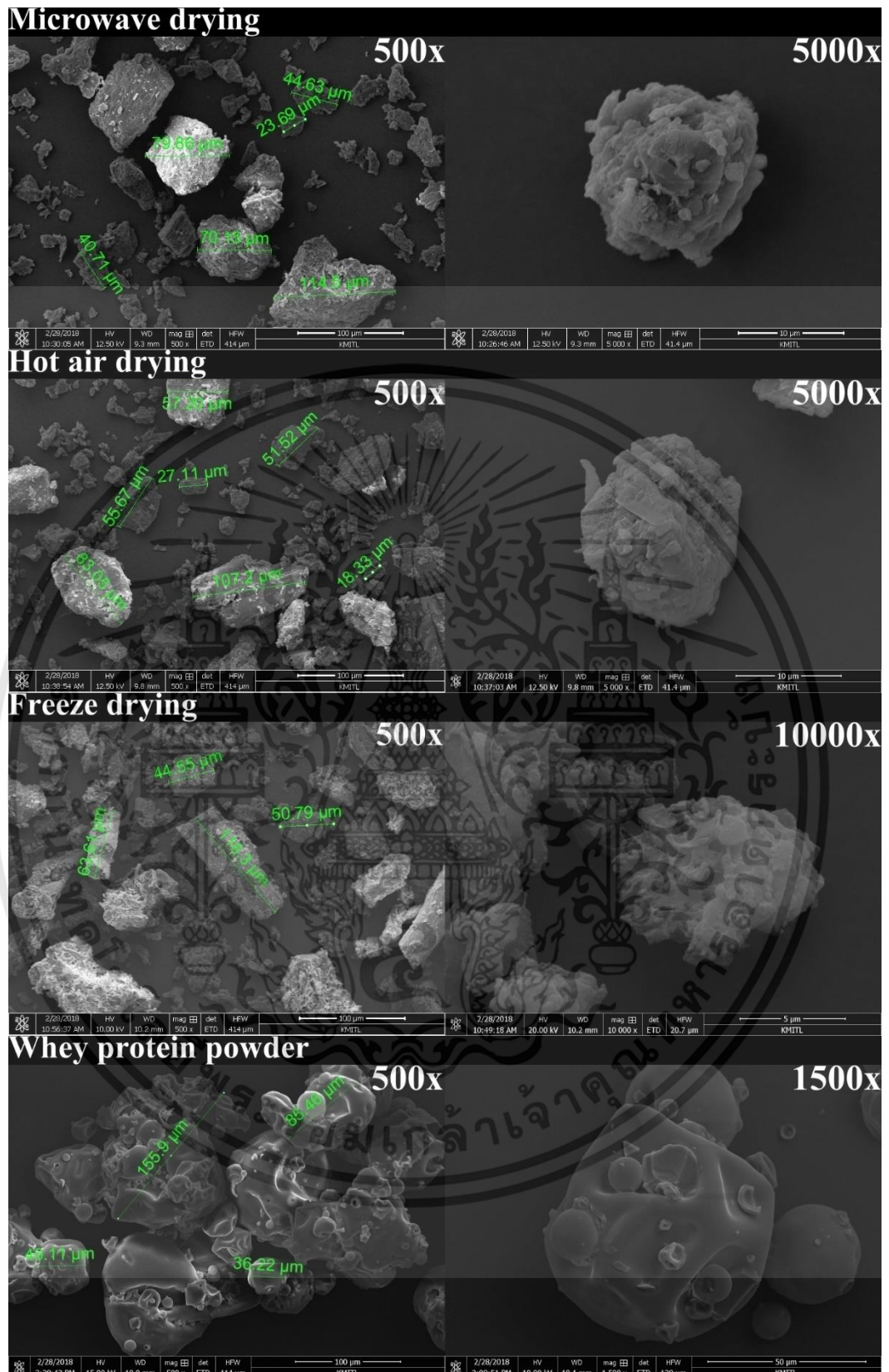
หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{A,B,C...} ต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตัวอักษร ^{a,b,c...} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 และ 4.8 จะเห็นว่าผงเนื้อออกไก่อมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงและมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ ผงเนื้อออกไก่อที่ได้จากทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าการอุ้มน้ำมากกว่าผงเนื้อออกไก่อที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและลมร้อนที่น้ำทั้ง 3 อุณหภูมิ แต่ผงเนื้อออกไก่อทั้ง 3 วิธีการมีค่าการละลายน้ำไม่แตกต่างกัน การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมีแนวโน้มทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วก็มีความแตกต่างกันไม่มากนัก จากผลการวิเคราะห์จึงบ่งบอกว่าผงเนื้อออกไก่อมีการตกตะกอนได้ง่าย จึงอาจเป็นข้อจำกัดของการนำเนื้อออกไก่อไปใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่ม หรือต้องใช้สารจำพวกไฮโดรคอลลอยด์มาช่วยให้เกิดการแขวนลอย ซึ่งต่างจากผงเวย์โปรตีน ซึ่งแต่เดิมเป็นของเหลวอยู่แล้ว จึงมีการละลายน้ำที่ดี

4.3.5 ลักษณะผงเนื้อออกไก่อ

ผงเนื้อออกไก่อถูกนำไปส่องเพื่อดูลักษณะอนุภาคผง ด้วยวิธีการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) ได้ผลภาพดังแสดงในภาพที่ 4.6 ผงเนื้อออกไก่อที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและลมร้อน จะมีลักษณะพื้นผิวที่ดูเป็นชั้นผลึกแข็งเรียบ และไม่ค่อยมีรูพรุน ลักษณะผงส่วนใหญ่จะมีรูปร่างไม่แน่นอนออกไปทางทรงกลม ส่วนผงเนื้อออกไก่อที่ทำแห้งแบบแช่แข็งจะพบว่าบางอนุภาคที่มีพื้นผิวที่เว้าและมีรูพรุนมาก แต่ส่วนใหญ่ก็มีลักษณะพื้นผิวเป็นผลึกแข็งคล้ายกับผงเนื้อออกไก่อที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและลมร้อน และพบอนุภาคผงที่มีลักษณะเป็นแท่งยาวจำนวนมาก ผลการส่องดูลักษณะผงมีความสอดคล้องกับผลความสามารถในการอุ้มน้ำและละลายน้ำในข้อที่ 4.3.4 คือ ผงเนื้อออกไก่อที่ทำแห้งแบบแช่แข็ง มีแนวโน้มค่าการอุ้มน้ำมากกว่าผงเนื้อออกไก่อที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟและลมร้อน อาจเนื่องมาจากมีอนุภาคผงบางส่วนที่มีพื้นผิวที่เว้าและมีรูพรุนมาก แต่ในแง่ของการละลายน้ำไม่มีความแตกต่างกัน ผงเวย์โปรตีน มีลักษณะอนุภาคทรงกลมพื้นผิวมีส่วนที่เว้ามาก และมีลักษณะผิวเรียบไม่เป็นผลึกแข็งเหมือนกับผงเนื้อออกไก่อ ซึ่งเป็นลักษณะของเวย์โปรตีนที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย (Nishanthi และคณะ, 2018)



ภาพที่ 4.6 ลักษณะผงเนื้อออกไก่ที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ ทำแห้งด้วยลมร้อน ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และผงเวย์โปรตีน จากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการจัดเก็บรักษาผงเนื้ออกไก่

การจัดเก็บรักษาผงเนื้ออกไก่ที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีไมโครเวฟเป็นระยะเวลา 3 เดือน ในช่องซีปอลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการตรวจสอบคุณลักษณะของผงเนื้ออกไก่ทุก ๆ 1 เดือน ได้ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพได้ผลดัง แสดงในตารางที่ 4.9 4.10 และ 4.11

น้ำอิสระ (a_w) เป็นน้ำส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ การเสื่อมเสีย และการเน่าเสียของอาหาร ดังนั้น น้ำอิสระจึงเป็นปริมาณน้ำที่มีความสำคัญและต้องคำนึงถึงในการแปรรูปอาหารด้วยการทำแห้ง ปริมาณน้ำอิสระ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1.0 สำหรับอาหารแห้งต้องมีปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 จึงจะสามารถยับยั้งกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ได้ การจัดเก็บเป็นระยะเวลานานขึ้น ปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำอิสระ เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระมีการเปลี่ยนแปลงน้อย จึงมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยตามไปด้วย และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินข้อกำหนดของศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร (2546) ของสถาบันอาหาร สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม โดยเทียบเคียงกับผลิตภัณฑ์ไข่ขาวผง ซึ่งระบุไว้ว่าจะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบไม่เกิน 10^4

ค่าสีของผงเนื้ออกไก่ไม่มีความแตกต่างจากวันเริ่มจัดเก็บรักษาที่ทุกอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงของสีในระหว่างการเก็บรักษา สามารถเกิดได้จากอุณหภูมิขณะเก็บรักษา เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้อาหารแห้งมีสีซีดลงหรือเกิดสีน้ำตาลได้ (โชคชัย, 2539)

การวิเคราะห์ค่า TBARS เป็นวิธีการในการตรวจสอบสารมาลอนไดอัลดีไฮด์ ซึ่งมีเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือไฮโดรไลซิสของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจน ทำให้เกิดสารประกอบเปอร์ออกไซด์ที่ไม่เสถียร และสามารถสลายตัวเป็นสารประกอบกลุ่มอัลดีไฮด์ สารมาลอนไดอัลดีไฮด์พบมากในอาหารที่มีกลิ่นเหม็นหืน (Chaudhary et al., 1994) ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของสารมาลอนไดอัลดีไฮด์ มีผลทำให้อาหารเกิดกลิ่นหืนได้ จึงมักพบว่ากลิ่นหืนมักเกิดกับอาหารพวกไขมันและน้ำมัน รวมทั้งอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบ การเกิดกลิ่นหืนของอาหารทำให้อาหารมีกลิ่นรสที่เปลี่ยนไปจากเดิมและอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ (อรวินท์, 2539) ค่า TBARS จะรายงานผลเป็น มิลลิกรัมของมาลอนไดอัลดีไฮด์ ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (MDA mg/kg) จากการผลการวิเคราะห์พบว่าค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TBARS มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการจัดเก็บนานมากขึ้น แต่จากการดมกลิ่นไม่พบกลิ่นผิดปกติแต่อย่างใด

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงเนื้อไก่ที่จัดเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 เดือน

เดือน	ปริมาณน้ำอิสระ (a _w)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	อุณหภูมิจัดเก็บ			TBARS (MDA/kg)
			ห้อง			
			L*	C*	h*	
0	0.37 ± 0.01	9.7 × 10 ²	88.77 ± 0.61	15.75 ± 0.96	87.48 ± 0.55	0.19 ± 0.02 ^a
1	0.39 ± 0.01	1.0 × 10 ³	89.11 ± 0.38	15.93 ± 0.43	88.16 ± 0.26	0.25 ± 0.01 ^b
2	0.42 ± 0.02	1.1 × 10 ³	89.00 ± 0.73	15.62 ± 1.05	87.71 ± 0.63	0.28 ± 0.00 ^b
3	0.42 ± 0.05	1.1 × 10 ³	89.10 ± 0.47	15.94 ± 0.12	87.63 ± 0.66	0.30 ± 0.01 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c...} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงเนื้อไก่ที่จัดเก็บที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน

เดือน	ปริมาณน้ำอิสระ (a _w)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	อุณหภูมิจัดเก็บ			TBARS (MDA/kg)
			55 องศาเซลเซียส			
			L*	C*	h*	
0	0.37 ± 0.01 ^a	9.7 × 10 ²	88.77 ± 0.61 ^{ab}	15.75 ± 0.96	87.48 ± 0.55 ^{ab}	0.19 ± 0.02 ^a
1	0.42 ± 0.03 ^b	1.2 × 10 ³	88.64 ± 0.54 ^a	15.31 ± 0.58	88.19 ± 0.62 ^b	0.27 ± 0.00 ^b
2	0.42 ± 0.01 ^b	1.1 × 10 ³	88.46 ± 0.63 ^a	14.97 ± 0.50	86.88 ± 0.27 ^a	0.28 ± 0.00 ^b
3	0.45 ± 0.02 ^b	1.2 × 10 ³	89.37 ± 0.31 ^b	15.45 ± 0.39	87.81 ± 0.74 ^{ab}	0.31 ± 0.04 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c...} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงเนื้ออกไก่ที่จัดเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 เดือน

เดือน	ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	สี			TBARS (MDA/kg)
			L*	C*	h*	
			0	0.37 ± 0.01^a	9.7×10^2	
1	0.39 ± 0.00^b	1.1×10^3	89.40 ± 0.11	15.15 ± 0.64	86.59 ± 0.44^a	0.24 ± 0.02^b
2	0.40 ± 0.01^b	1.1×10^3	88.46 ± 0.95	15.89 ± 0.24	88.10 ± 0.59^b	0.27 ± 0.00^{bc}
3	0.41 ± 0.01^b	1.2×10^3	89.37 ± 0.24	16.01 ± 0.29	87.90 ± 0.38^b	0.29 ± 0.01^c

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c...} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากผลการทดลองข้างต้น เห็นได้ว่าผงเนื้ออกไก่มีการเปลี่ยนแปลงจากวันแรกที่เริ่มเก็บไม่มากนัก และตัวผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการจัดเก็บ 3 เดือนที่ทุกอุณหภูมิการจัดเก็บยังคงมีสภาพดี ซึ่งจากกระบวนการเก็บรักษาแบบเร่ง คือการเก็บที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส สามารถนำมาคำนวณตามวิธีการ temperature quotient (Q10) ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวก ง เพื่อประมาณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผงเนื้ออกไก่ได้ว่า ถ้าจะให้เก็บผงเนื้ออกไก่ให้ได้ 1 ปีที่อุณหภูมิห้อง ต้องเก็บได้ 9 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองที่การจัดเก็บผงเนื้ออกไก่ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่า 4, 8 และ 12 สัปดาห์ (3 เดือน) ก็ยังไม่เสื่อมคุณภาพ ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ผงเนื้ออกไก่สามารถจัดเก็บที่อุณหภูมิห้องได้เกิน 1 ปี เพราะจัดเก็บนานกว่า 9 สัปดาห์แล้ว ผงเนื้ออกไอยังไม่เสื่อมเสีย และไม่จำเป็นต้องจัดเก็บในตู้เย็น

4.5 ผลของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปครีมจากผงเนื้ออกไก่

ผงเนื้ออกไก่ที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีไมโครเวฟ ถูกนำมาพัฒนาเป็นซูปครีมเนื้ออกไก่กึ่งสำเร็จรูป ด้วยการผสมเข้ากับวัตถุดิบอื่น ๆ ตามตารางที่ 3.2 ใช้แผนการทดลองแบบผสม (mixture design) เพื่อศึกษาถึงผลของวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ผงเนื้ออกไก่ ผงฟักทอง และแป้งมันฝรั่ง ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของซูป ความหนืด และสี จากการออกแบบการทดลองแบบผสมจะได้สูตรซูปทั้งหมด 6 สูตร ตามตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์แสดงดังต่อไปนี้

4.5.1 ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของซูปครีม

ซูปครีมเนื้ออกไก่ทั้ง 6 สูตร ถูกประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น ความข้นหนืด ความเนียนเมื่อทาน รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนความชอบด้วย 5-point hedonic scale จากการประเมินได้ผลแสดงดังในตารางที่ 4.12 จะเห็นได้ว่า ซูปครีมเนื้ออกไก่ทั้ง 6 สูตร มีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะประสาทสัมผัสใกล้เคียงกัน โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 3-4 เป็นเกณฑ์เฉยๆถึงชอบเล็กน้อย โดยด้านกลิ่น ความข้นหนืด และความเนียนเมื่อทาน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงกล่าวได้ว่า ซูปทุกสูตรในการทดลองนี้ สามารถเลือกนำไปผลิตหรือวิจัยต่อได้ทุกสูตร แต่เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการพัฒนาซูปครีมของงานวิจัยนี้ มีความมุ่งเป้าไปซูปครีมที่มีปริมาณโปรตีนสูง ดังนั้น สำหรับงานวิจัยนี้ จึงเลือกซูปสูตรที่ 6 เป็นซูปที่มีสูตรที่เหมาะสม

ซูปสูตรที่ 6 เมื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ซูปขึ้นกึ่งสำเร็จรูปแล้ว จะมีส่วนประกอบของผงเนื้ออกไกร้อยละ 45.45 ซึ่งเมื่อบริโภคในขนาด 22 กรัม/น้ำ 200 มิลลิลิตร จะได้รับโปรตีนประมาณ 9 กรัม อ้างอิงจากเอกสารองค์ความรู้ด้านอาหารและโภชนาการสำหรับทุกช่วงวัย (วันทนีย์ และคณะ, 2559) ได้แนะนำปริมาณโปรตีนที่ควรบริโภคต่อวันของวัยรุ่น วัยทำงาน และวัยสูงอายุ เท่ากับ 1 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.12 คะแนนประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของซูปครีมเน้ออกไก่ทั้ง 6 สูตร

สูตรซูป	คะแนนการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	สี	กลิ่น ^{ns}	ความข้นหนืด ^{ns}	ความเนียนเมื่อทาน ^{ns}	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
1	4.05 ± 0.83 ^b	3.35 ± 1.09	3.75 ± 0.85	3.20 ± 1.24	3.60 ± 1.05 ^{ab}	3.65 ± 1.04 ^b
2	3.80 ± 0.95 ^{ab}	3.35 ± 1.09	3.35 ± 1.14	2.80 ± 1.01	3.05 ± 1.15 ^a	3.40 ± 0.82 ^{ab}
3	3.20 ± 1.01 ^a	3.05 ± 1.23	3.40 ± 1.10	2.90 ± 1.48	3.05 ± 1.10 ^a	3.00 ± 1.17 ^a
4	3.80 ± 0.77 ^{ab}	3.30 ± 0.73	3.50 ± 0.76	3.45 ± 1.10	3.55 ± 0.94 ^{ab}	3.60 ± 0.68 ^{ab}
5	3.75 ± 0.97 ^{ab}	3.30 ± 1.17	3.65 ± 0.93	3.35 ± 1.14	3.45 ± 0.83 ^{ab}	3.50 ± 0.95 ^{ab}
6	3.30 ± 0.98 ^a	3.25 ± 1.16	3.55 ± 1.00	3.65 ± 1.18	3.80 ± 0.98 ^b	3.65 ± 0.67 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c....} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

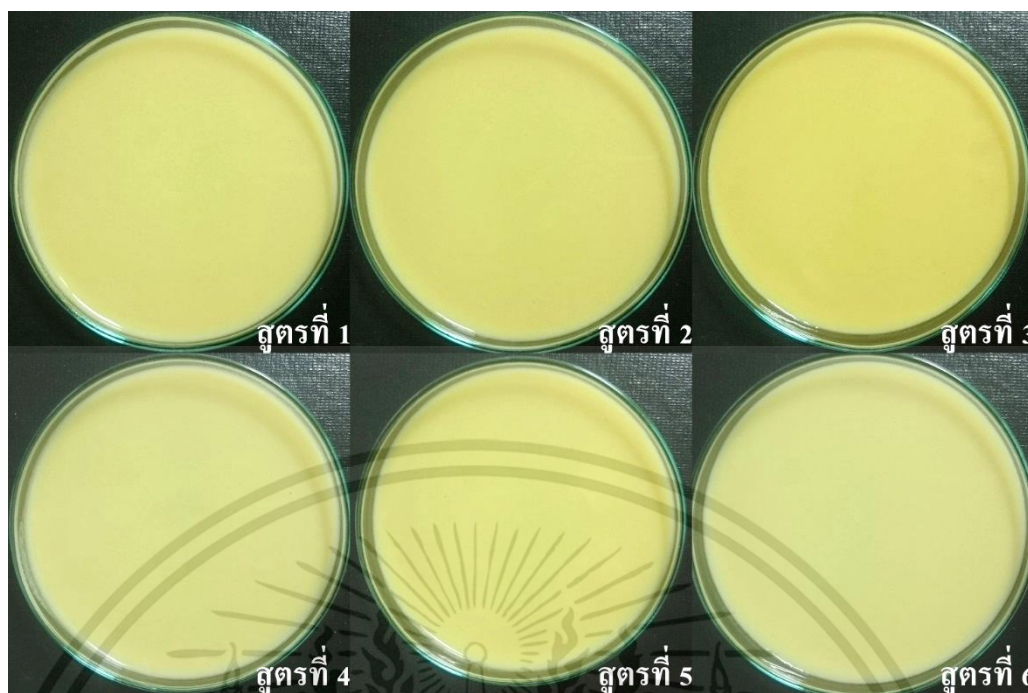
4.5.2 ค่าสีของซูปครีมเนื้อมาก

ตารางที่ 4.13 ค่าสีของซูปครีมเนื้อมากทั้ง 6 สูตร

สูตรซูป	ค่าสี		
	L*	C*	h*
1	71.80 ± 0.01 ^d	29.22 ± 0.11 ^a	83.92 ± 0.24 ^c
2	70.60 ± 0.09 ^c	33.25 ± 0.12 ^e	82.91 ± 0.30 ^b
3	66.29 ± 0.11 ^a	32.39 ± 0.47 ^d	81.76 ± 0.40 ^a
4	72.40 ± 0.58 ^{de}	30.49 ± 0.07 ^b	83.49 ± 0.18 ^{b^c}
5	69.53 ± 0.10 ^b	31.31 ± 0.20 ^c	82.93 ± 0.29 ^b
6	72.98 ± 0.085 ^e	29.39 ± 0.27 ^a	84.09 ± 0.28 ^c

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.13 พบว่าซูปแต่ละสูตรมีค่าสีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อิทธิพลของค่าสีคาดว่ามาจากผงฟักทองเป็นหลัก เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากซูปสูตรที่ 1 สูตรที่ 4 และสูตรที่ 6 นั้น มีค่าสีใกล้เคียงกัน โดยซูปสูตรที่ 1 มีปริมาณผงเนื้อมาก 53.33 และแป้งมันฝรั่ง ร้อยละ 33.33 ซูปสูตรที่ 4 มีปริมาณผงเนื้อมาก 60.00 และแป้งมันฝรั่ง ร้อยละ 26.67 และซูปสูตรที่ 6 มีปริมาณผงเนื้อมาก 66.67 และแป้งมันฝรั่ง ร้อยละ 20.00 ส่วนปริมาณผงฟักทองมีเท่ากันคือร้อยละ 13.33 และเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบซูปสูตรที่ 2 กับซูปสูตรที่ 5 ที่มีปริมาณผงฟักทองเท่ากันคือร้อยละ 20.00 แต่ปริมาณผงเนื้อมากและแป้งมันฝรั่งแตกต่างกันก็มีค่าสีที่ใกล้เคียงกัน ส่วนซูปสูตรที่ 3 ที่มีค่าสีแตกต่างจากซูปสูตรอื่น ๆ ก็มีสัดส่วนประกอบของผงฟักทองที่มากที่สุด คือร้อยละ 26.67 ทำให้ซูปสูตรที่ 3 มีสีเข้มกว่าซูปสูตรอื่น ๆ ค่าฮิว (h*) ของซูปทุกสูตรบ่งบอกว่าซูปมีสีอยู่ในช่วงสีเหลือง ซูปครีมเนื้อมากมีลักษณะเป็นสีเหลืองนวลดังแสดงในภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ชูปครีมเนื้ออกไ้ทั้ง 6 สูตร

4.5.3 ค่าความหนืดของชูป

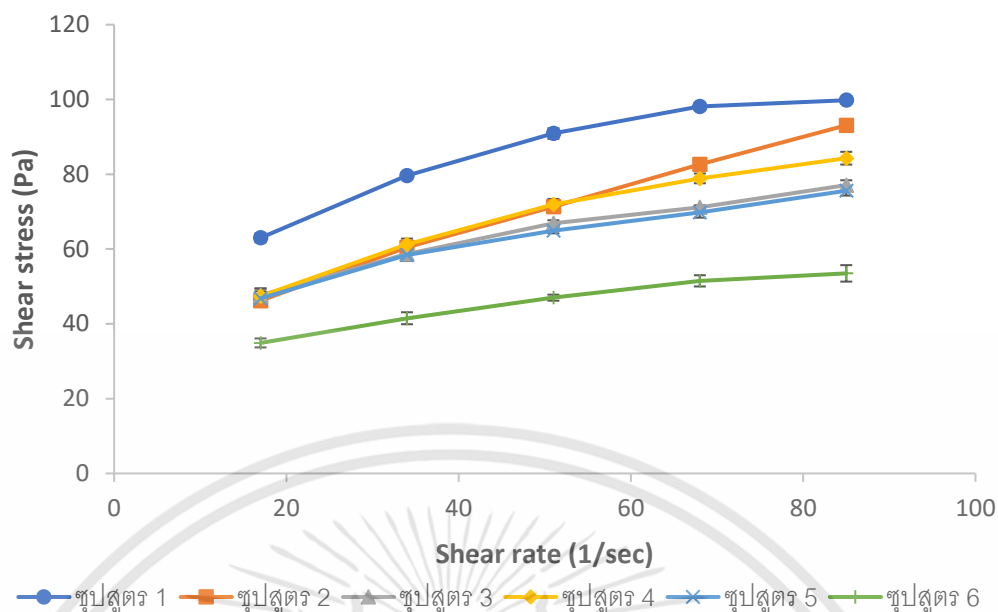
ความข้นหนืดของอาหารสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ คือ 1.ความข้นหนืดต่ำ (thin) มีค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 1-50 เซนติพอยส์ (cPs) อาหารที่มีความข้นหนืดระดับต่ำจะเป็นอาหารประเภทเครื่องดื่ม ได้แก่ น้ำ น้ำผลไม้ กาแฟดำ 2.ความข้นหนืดระดับน้ำเชื่อม (nectar-like) มีค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 51-350 เซนติพอยส์ อาหารที่มีความข้นหนืดระดับน้ำเชื่อม ได้แก่ ชูปครีม น้ำมะเขือเทศ เอคนอก (eggnog) อาหารที่มี 3.ความข้นหนืดระดับน้ำผึ้ง (honey-like) มีค่าความหนืดอยู่ระหว่าง 351-1,750 เซนติพอยส์ อาหารที่มีความข้นหนืดระดับน้ำผึ้ง ได้แก่ ชูปครีม 4.ความข้นหนืดระดับพุดดิ้ง (pudding-like) มีค่าความหนืดมากกว่า 1,750 เซนติพอยส์ อาหารที่มีความข้นหนืดระดับน้ำผึ้ง ได้แก่ โยเกิร์ต พุดดิ้งนม (Steele et al., 2015; Dahl, 2013; ปิยะดา, 2554; Garcia et al., 2005) ชูปครีมเนื้ออกไ้ ถูกวิเคราะห์ความข้นหนืดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่นิยมใช้ในการจัดเสิร์ฟชูป ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ค่าความหนืดของซูปครีมเนื้ออกไก่ 6 สูตร

สูตรซูป	ค่าความหนืด (cPs)
1	370.7 ± 0.9 ^d
2	281.7 ± 1.0 ^c
3	280.1 ± 1.1 ^c
4	279.5 ± 0.7 ^c
5	275.9 ± 1.7 ^b
6	205.8 ± 1.8 ^a

หมายเหตุ: ตัวอักษร ^{a,b,c,...} ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ซูปครีมเนื้ออกไก่ทั้ง 6 สูตร มีความข้นหนืดระดับน้ำเชื่อม (nectar-like) ถึงระดับน้ำผึ้ง (honey-like) ซึ่งอาหารที่มีความข้นหนืดระดับน้ำเชื่อม สามารถรับประทานได้ด้วยการจิบด้วยหลอดดูดน้ำ อาหารมีการเคลือบและหยดช้า ๆ จากช้อนได้เมื่อตัก และอาหารที่มีความข้นหนืดระดับน้ำผึ้งสามารถตักได้ด้วยช้อนและรับประทานด้วยการจิบจากถ้วยได้ (Dahl, 2013) ปริมาณผงเนื้ออกไก่และแป้งมันฝรั่งมีผลต่อความหนืดของซูป ซูปสูตรที่ 1 มีปริมาณเนื้ออกไคน้อยที่สุด (ร้อยละ 53.33) และมีปริมาณแป้งมันฝรั่งมากที่สุด (ร้อยละ 33.33) มีค่าความหนืดสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับซูปสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 ที่มีปริมาณเนื้ออกไก่เท่ากัน (ร้อยละ 53.33) แต่มีปริมาณแป้งมันฝรั่งน้อยกว่า (ร้อยละ 26.67 และ 20.00 ตามลำดับ) ทั้งคู่มีค่าความหนืดน้อยกว่าซูปสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีค่าความหนืดมากกว่าสูตรที่ 3 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของซูปครีม 6 สูตร

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของซูปครีม ทั้ง 6 สูตร ในภาพที่ 4.8 พบว่าซูปครีมทุกสูตรมีลักษณะการไหลแบบ non-newtonian ชนิด pseudoplastic คือค่าความหนืดลดลงเมื่อเพิ่มอัตราเฉือน (shear rate) หรือหมายถึงยิ่งกวนเร็วยิ่งไหลง่าย พฤติกรรมแบบนี้แสดงสมบัติเป็น shear thinning อาหารเหลวส่วนใหญ่จะมีพฤติกรรมการไหลแบบ pseudoplastic เนื่องจากมีสารอื่นแขวนลอยอยู่ ได้แก่ สารจำพวกพอลิแซ็กคาไรด์ ซึ่งเป็นทำหน้าที่เป็นไฮโดรคอลลอยด์ เช่น แป้ง กัม และยังมีโปรตีน ไขมัน ที่ประกอบกันอยู่ในอาหารเหลว (สายัณห์ และวีรัตน์, 2549)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การต้มเนื้ออกไก่ขนาดประมาณ 1.5×1.5 เซนติเมตร หนาประมาณ 1 เซนติเมตร ในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที เมื่อนำไปทอดแล้ว จะได้เนื้ออกไก่ต้มที่มีลักษณะร่วนซุยและฟู จากการศึกษาระยะเวลาการต้มเนื้ออกไก่พบว่าการต้มเนื้ออกไก่ที่นานมากกว่า 10 นาที ไม่ได้ทำให้ปริมาณความชื้นลดลงเพิ่มขึ้น และการต้มเนื้ออกไก่ที่เวลาน้อยกว่า 10 นาที เนื้ออกไก่ต้มที่ได้จะยังมีปริมาณความชื้นสูง เมื่อนำไปทอด จะได้เนื้ออกไก่ต้มบดที่มีลักษณะเกาะกันเป็นก้อน บางส่วนรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งในกระบวนการทำแห้ง วัตถุดิบที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมาก จะให้อัตราการอบแห้งเร็ว เนื่องจากเอื้อต่อการให้น้ำในอาหารสามารถเคลื่อนจากภายในออกมาภายนอกได้ง่าย สำหรับขั้นตอนการต้มเนื้ออกไก่ จึงเลือกต้มที่เวลา 10 นาที

จากการศึกษาผลของกำลังไฟไมโครเวฟ และรูปทรงภาชนะ ต่อการทำแห้งเนื้ออกไก่ด้วยไมโครเวฟ พบว่า การทำแห้งด้วยภาชนะปีกเกอร์แก้ว มีเวลาการทำแห้งสั้นกว่าการทำแห้งด้วยภาชนะจานแก้ว และที่ กำลังไฟไมโครเวฟ 800 วัตต์ มีเวลาการทำแห้งสั้นกว่าการทำแห้งที่ กำลังไฟไมโครเวฟ 300 และ 600 วัตต์ ในทั้งภาชนะทั้ง 2 แบบ แต่ทุกสภาวะการทำแห้งไม่ทำให้เนื้ออกไก่แห้งมีสีแตกต่างกัน กำลังไฟไมโครเวฟยิ่งสูงยิ่งทำให้มีอัตราการแห้งสูง ดังนั้น สำหรับการทำแห้งด้วยไมโครเวฟ จึงเลือกสภาวะที่มีเวลาการทำแห้งสั้นที่สุดคือ กำลังไฟไมโครเวฟ 800 วัตต์ ภาชนะปีกเกอร์แก้วที่เวลา 12 นาที

ผงเนื้ออกไก่ที่ทำแห้งด้วยไมโครเวฟ มีคุณสมบัติองค์ประกอบทางเคมี ค่าสี ค่าการอุ้มน้ำ และการละลายน้ำ ไม่แตกต่างจากผงเนื้ออกไก่ที่ทำแห้งด้วยลมร้อน และทำแห้งแบบแช่แข็ง ดังนั้น ผงเนื้ออกไก่จึงสามารถใช้วิธีการทำแห้งด้วยไมโครเวฟแทนการทำแห้งด้วยวิธีลมร้อน และไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการทำแห้งแบบแช่แข็งซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง และทุกวิธีการทำให้แห้งได้ปริมาณผลผลิตประมาณร้อยละ 20

ผงเนื้ออกไก่ที่จัดเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีและกายภาพเป็นไปอย่างช้า ๆ มีความแตกต่างเล็กน้อยจากวันแรกที่เริ่มเก็บ และยังคงมีปริมาณน้ำอิสระจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ ที่อยู่ในเกณฑ์ และไม่มีการปนเปื้อนผิวดิน ผงเนื้ออกไก่ในบรรจุภัณฑ์ของอลูมิเนียมซีป ล็อค สามารถมีอายุการจัดเก็บได้น้อยกว่า 1 ปี ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุปครีมเนื้อมะพร้าวสำเร็จรูปทั้ง 6 สูตร ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน มีความข้นหนืดที่อยู่ในเกณฑ์ของชุปครีม และชุปมีสีเหลืองนวล ดังนั้น การเลือกสูตรชุปเพื่อนำไปผลิตสามารถใช้ได้ทุกสูตร สำหรับงานวิจัยนี้เลือกชุปครีมสูตรที่ 6 เป็นสูตรที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นชุปที่มีปริมาณผงเนื้อมะพร้าวมากที่สุด ทำให้มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการพัฒนาชุปครีมที่มีโปรตีนสูงจากผงเนื้อมะพร้าว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2560). **ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ระดับประเทศ ปี 2560**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://ict.dld.go.th/th2/index.php/th/report/529-report-thailand-livestock/reportservey2560/1241-2560-1-country>. 10 เมษายน 2561.
- เกษม นันทชัย. (2526). **เอกสารประกอบการสอนเรื่องกล้ามเนื้อและเนื้อสัตว์**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- โชคชัย ธีรกุลเกียรติ. (2539). **เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและการแปรรูปอาหาร**. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ปิยะดา อาชายุทธการ. (2554). **การศึกษาการใช้แปรงข้าวเจ้าเพิ่มความข้นหนืดในน้ำส้มและน้ำสับประดที่เหมะสมสำหรับผู้สูงอายุ**. รายงานการวิจัย, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาสิก. (2532). **กรรมวิธีการแปรรูป**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ยุพร พีชกมูทร. (2555). **การถนอมอาหารและการแปรรูปอาหารด้วยการทำแห้ง**. ในเอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีการถนอมและแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สาขาวิชามนุษยนิเวศวิทยา. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- รุ่งนภา วิสิษฐอุดรการ. (2539). **เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและการแปรรูปอาหาร**. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- วันทนี เกียงสินยศ, กิตติพร พันธุ์จิตรศิริ, อุรุวรรณ แยมบริสุทธิ์, ญัฐวรรณ เขาวนัลลิตกุล, กุลพร สุขุมาลตระกูล, ชนิพรรณ บุตรยี่, รัชพล ตั้งสุภูมิ, สุปราณี แจ้งบำรุง, สติมา จิตตินันทน์, สุรศักดิ์ กันตชูเวสศิริ, วรวรรณ ชัยลิมปมนตรี, ปราธนา ตปนี, ทิวาพร มณีรัตนศุภร และ วรณีนินิยานันท์. (2559). **องค์ความรู้ด้านอาหารและโภชนาการสำหรับทุกช่วงวัย**. คณะอนุกรรมการสังเคราะห์องค์ความรู้ด้านอาหารและโภชนาการสำหรับผู้บริโภค.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหาร. 2546. **ข้อบังคับทางด้านเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://fic.nfi.or.th/law/law_level_list.php?id=8&lid=2. 30 มิถุนายน 2562.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สายัณห์ สุขพงษ์พันธ์ และ วิรัตน์ ปฐมชัยอัมพร. (2549). **ความหนืดคุณลักษณะเฉพาะของของไหล**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.dss.go.th/images/st-article/pep_9_2549_viscosity.pdf. 30 มิถุนายน 2562.
- สุนทร สืบคำ และ ฤทธิชัย อัครราชันย์. (2554). **แบบจำลองทางคณิตศาสตร์การอบแห้งสำหรับวัสดุพอรุน**.วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 17: 59–66.
- สุภกาญจน์ พรหมจันทร์ และ ศุภฤชชญา เหมะธูลิน. (2557). **ผลิตภัณฑ์ซูพรีมกึ่งสำเร็จรูปจากไร่น้ำนางฟ้า**. แก่นเกษตร. 42 ฉบับพิเศษ 1: 810–815.
- อาทิตยา พัฒนิบูลย์ และ อมรชัย อารมณ์วิชานพ. (2557). **เทคโนโลยีการอบแห้ง**. วารสาร Techonology promotion (สสท). 41: 64–67.
- อรวินท์ เลาหรัชตน์นัท. (2539). **เอกสารการสอนชุดวิชาการถนอมและการแปรรูปอาหาร**. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- Azizpour, M., Mohebbi, M. and Khodaparast, M.H.H. (2016). **Effects of foam-mat drying temperature on physico-chemical and microstructural properties of shrimp powder**. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 34: 122–126.
- Beski, S.S.M., Swick, R.A., and Iji, P.A. (2015). **Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review**. Animal Nutrition. 1 (2): 47–53.
- Bhattacharya, M. and Basak, T. (2017). **A comprehensive analysis on the effect of shape on the microwave heating dynamics of food materials**. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 39 (2017): 247–266.
- Brandelli, A., Sala, L. and Kalil. S.J. (2015). **Microbial enzymes for bioconversion of poultry waste into added-value products**. Food Research International. 73: 3–12.
- Cantalejo, M. J., Zouaghi, F., and Pérez-Arnedo, I. (2016). **Combined effects of ozone and freeze-drying on the shelf-life of Broiler chicken meat**. LWT - Food Science and Technology. 68: 400–407.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. and Basak, T. (2013). **Microwave food processing —A review**. Food Research International. 52: 243–261.
- Chaudhary, A.K., Nokubo, M., Reddy, G.R., Yeola, S.N., Morow, J.D. Blair, I.A. and Marnett, L.H. (1994). **Detection of endogenous malondialdehyde-deoxyguanosine adducts in human livers**. Science. 265: 1580–1584.
- Dahl, W.J. (2013). **Puréed foods, thickened beverages, and water needs**. [Online]. Available: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FS/FS21800.pdf>. 29 June 2019.
- Darvishi, H., Azadbakht, M., Rezaeiasl, A. and Farhang, A. (2013). **Drying characteristics of sardine fish dried with microwave heating**. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 12: 121–127.
- Farrell, D. (2013). **Poultry Development Review. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**. [Online]. Available: <http://www.fao.org/docrep/019/i3531e/i3531e.pdf>. December 2017.
- Garcia, J.M. and Chambers, E. IV. (2012). **Perspectives of registered dietitians about thickened beverages in nutrition management of dysphagia**. Topics in Clinical Nutrition. 27: 105–113.
- Hu, Y., Zhang, W., Chen, G., Cheng, H. and Tao, S. (2018). **Public health risk of trace metals in fresh chicken meat products on the food markets of a major production region in southern China**. Environmental Pollution. 234: 667–676.
- Jay, M.J. (1998). **Modern food microbiology**. Aspen Publishers.
- Kumar Y. (2015). **Application of Microwave in Food Drying**. International Journal of Engineering studies and Technical Approach. Vol.1. No.6. 9–24.
- Nishanthi, M., Chandrapala, J. and Vasiljevic, T. (2018). **Physical properties of selected spray dried whey protein concentrate powders during storage**. Journal of Food Engineering. 219: 111–120.

- Marangoni, F., Corsello, G., Cricelli, C., Ferrara, N., Ghiselli, A., Lucchin, L. and Poli, A. (2015). **Role of poultry meat in a balanced diet aimed at maintaining health and wellbeing: an Italian consensus document.** Food and Nutrition Research. 59: 27606.
- McGuire, R.G. (1992). **Reporting of objective color measurements.** HortScience. 27: 1254–1255.
- Michalska, A., Wojdyto, A., Lech, K., Łysiak, G.P. and Figiel, A. (2016). **Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies.** Food Chemistry. 207: 223–232.
- Milicevic, D., Trbovic, D., Petrovic, Z., Jakovac-Strajn, B., Nastasijevic, I. and Koricanac, V. (2015). **Physicochemical and functional properties of chicken meat.** Procedia Food Science. 5: 191–194.
- Moghanaki, S.K., Khoshandam, B. and Mirhaj, M.H. (2013). **Calculation of Moisture Content and Drying Rate during Microwave Drying.** Applied Mechanics and Materials. 423-426 (2013): 746–749.
- Park, H.J., Lee, Y. and Eun, J.B. (2016). **Physicochemical characteristics of kimchi powder manufactured by hot air drying and freeze drying.** Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 5: 193–198.
- Ratti, C. (2001). **Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review.** Journal of Food Engineering. 49: 311–319.
- Steele, C.M., Alsanei, W.A., Ayanikalath, S., Barbon, C.E.A., Chen, J., Cichero, J.A.Y., Coutts, K., Dantas, R.O., Duivesteyn, J., Giosa, L., Hanson, B., Lam, P., Lecko, C., Leigh, C., Nagy, A., Namasivayam, A.M., Nascimento, W.V., Odendaal, I., Smith, C.H. and Wang, H. (2015). **The Influence of food texture and liquid consistency modification on swallowing physiology and function: a systematic review.** Dysphagia. 30(1): 2–26.

- Suwanangul, S., Jittripoch, N. and Ruttarattanamongkol, K. (2017). **Effects of Extrusion Process on Functionalities and Antioxidant Activities of Sacha Inchi Protein Meal Powder.** In Proceedings of The19th Food Innovation Asia Conference 2017. 577–584.
- 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. Department of Agriculture, Food Composition Database. (2017). **USDA food composition database.** [Online]. Available: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>. December 2017.
- Valadez-Carmona, L., Plazola-Jacinto, C.P., Hernández-Ortega, M., Hernández-Navarro, M.D., Villarreal, F., Necochea-Mondragón, H., Ortiz-Moreno, A. and Ceballos-Reyes, G. (2017). **Effects of microwaves, hot air and freeze-drying on the phenolic compounds, antioxidant capacity, enzyme activity and microstructure of cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.).** Innovative Food Science and Emerging Technologies. 41: 378–386.
- Wang, Q., Gu, Z., Bai, J., Liu, J. and Liu, H. (2012). **Comparative Study of the Characteristics of Oil Shale with Hot Air Drying and Microwave Drying.** Energy Procedia. 17: 884–891.
- Wongkantarakorn, W., Kittiphong Huangrak, K. and Puttongsiri, T. (2017). **Factors Affecting Qualities of Spray Drying Yanang Leaves Powder.** In Proceedings of The19th Food Innovation Asia Conference 2017. 577–584.
- Wu, T. and Mao, L. (2008). **Influences of hot air drying and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets.** Food Chemistry. 110: 647–653.
- Zheng, M., Xia, Q. and Lu, S. (2015). **Study on drying methods and their influences on effective components of loquat flower tea.** LWT-Food Science and Technology. 63: 14–20.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zielinska, M. and Michalska, A. (2016). Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits: Drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity, colour and texture. Food Chemistry. 212: 671–680.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

ก.1 วิเคราะห์ความชื้น โดยวิธีการระเหยน้ำ (AOAC,2000)

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
2. ถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝา (aluminium can)
3. โถดูดความชื้น (desiccator)
4. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
5. ที่คีบถ้วยอะลูมิเนียม (tong)

วิธีการวิเคราะห์

1. นำถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาล้างด้วยถ้วยอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำออกจากตู้อบลมร้อน แล้วเก็บใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งถ้วยอะลูมิเนียมและฝาล้างไว้ให้เย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก จดบันทึกน้ำหนักถ้วยและฝาเปล่า เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารที่บดแล้ว 3.0000 – 5.0000 กรัม (ทำ 3 ซ้ำ) จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป
3. นำถ้วยอะลูมิเนียมที่มีตัวอย่างและฝาล้าง ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาล้างอะลูมิเนียม ในกรณีตัวอย่างที่มีน้ำตาลสูงควรใช้อุณหภูมิต่ำ 70 - 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 - 18 ชั่วโมง
4. เมื่อครบเวลา นำออกจากตู้อบลมร้อน โดยปิดฝาล้างเข้ากับถ้วยอะลูมิเนียม แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป
5. ให้ตัวอย่างที่อบแห้งแล้วไว้ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมันต่อไป

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100 \quad (\text{ก.1})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ใช้วิธีเจลดดาห์ล (AOAC,2000)

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน (kjeldahl flask) ขนาด 250 - 300 มิลลิลิตร
2. เครื่องย่อยและเครื่องกลั่นไนโตรเจน
3. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 - 450 มิลลิลิตร
4. บิวเรตขนาด 25 และ 50 มิลลิลิตร
5. ลูกแก้ว (boiling chip)
6. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น
2. กรดบอริก 2 %
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 หรือ 0.01 นอร์มอล
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 %
5. ตัวเร่ง (catalyst) (เตรียมจาก 1:8 ของ $\text{CuSO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$)
6. สารละลายอินดิเคเตอร์

นำ 0.1 % bromocresol green ใน alcohol 95% จำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.1 % methyl red ใน alcohol 95% จำนวน 1 มิลลิลิตร สารละลายอินดิเคเตอร์ที่ผสมกันแล้วจะมีสีออกชมพูม่วง

7. สารลดการเกิดฟอง (antifoam)

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 0.1000 – 5.0000 กรัม ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน (ขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนของตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างมีปริมาณโปรตีนน้อย ให้ใช้ตัวอย่างมาก) เติมตัวเร่ง 7 - 10 กรัม เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15 - 25 มิลลิลิตร (ปริมาณตัวเร่งและกรดซัลฟิวริกที่ใช้ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องย่อยที่ใช้) ใส่ลูกแก้ว 2 - 3 ลูก และหยดสารลดการเกิดฟองลงไป 2 - 3 หยด

2. นำหลอดย่อยโปรตีนที่ใส่ตัวอย่าง สารเคมี และลูกแก้วแล้วตามข้อ 1 ไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อยโปรตีน ทำการย่อยโปรตีนโดยค่อยๆเพิ่มความร้อนของเตา โดยเริ่มต้นย่อยที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แล้วค่อยๆปรับเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อยๆ จนสูงสุดที่อุณหภูมิ 325 องศาเซลเซียส (ระหว่างการย่อย ให้ระวังฟองที่เกิดขึ้น อย่าให้ฟองขึ้นสูงจนล้นไปถึงหัวหลอดคว้น การใช้อุณหภูมิสูงเกินไปตั้งแต่เริ่มการย่อย จะทำให้เกิดฟองอย่างรวดเร็วและปริมาณฟองมาก การเกิดฟอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากนัก จะขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ด้วย) ทำการย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใสหรือเขียวใส และไม่มีตะกอนใดๆเหลืออยู่ ปิดเตาที่ให้ความร้อน ปล่อยให้เครื่องดูดควันภายในหลอดย่อยจนหมด แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

3. นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้ว มาต่อเข้าเครื่องกลั่นโปรตีน เมื่อเครื่องเริ่มทำงาน โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32% กับน้ำกลั่น จะถูกเติมลงในหลอดย่อยโปรตีนตามปริมาณที่เครื่องกลั่นแต่ละเครื่องกำหนด ระหว่างการกลั่น แอมโมเนียจะถูกดักจับโดยกรดบอริก ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ซึ่งเตรียมได้ด้วยการตวงกรดบอริก 2% ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ จากนั้นหยดอินดิเคเตอร์ที่ผสมแล้วลงไป 2 - 3 หยด จะได้สารละลายที่มีสีชมพู่ม่วง รอกลั่นจนเสร็จ สารละลายในขวดรูปชมพู่ที่ได้จะมีสีฟ้าใส

4. นำขวดรูปชมพู่ที่มีสารละลายกรดบอริกกับแอมโมเนียซึ่งมีสีฟ้าใส มาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 หรือ 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไป

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times N \text{ HCl} \times 14}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง} \times 1000} \times 100 \quad (\text{ก.2})$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \text{ร้อยละไนโตรเจน} \times 6.25$$

โดยที่ A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

*วิธีการทำ blank ให้ทำตามขั้นตอนเดิมทุกอย่าง แต่ใช้น้ำกลั่นแทน

ตัวอย่าง

N HCl = ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท

ก.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน โดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย (AOAC,2000)

อุปกรณ์

1. เครื่องสกัดซอกซ์เล็ท (soxhlet apparatus)
2. หลอดทิมเบิล (thimble)
3. ปีกเกอร์ไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
5. โถดูดความชื้น (desiccator)
6. ที่คีบบีกเกอร์ไขมัน (tong)
7. ลูกแก้ว (boiling chip)
8. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40 - 60 องศาเซลเซียส

วิธีการวิเคราะห์

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับลูกแก้วด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง) เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป
2. ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้ว (ได้จากข้อ ก.1) ประมาณ 5.0000 - 10.0000 กรัม จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ห่อตัวอย่างด้วยกระดาษกรองแล้วใส่ลงในในหลอดทิมเบิล ตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ จำนวน 140 - 180 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมัน ต่อทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างและบีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง เมื่อครบเวลา นำบีกเกอร์ไขมันหลังผ่านการสกัดไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออกไป เมื่อระเหยจนหมดแล้ว นำบีกเกอร์ไขมันทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ไขมัน จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์ไขมันหลังสกัด} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์ก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100 \quad (\text{ก.3})$$

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า โดยวิธีการหาเถ้าแบบแห้ง (AOAC,2000)

อุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)
2. เตาเผา (Muffle furnace)
3. เตาไฟฟ้า (Hot plate)
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)
5. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
6. ที่คีบล้วยกระเบื้องเคลือบ (Tong)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แท่งแก้วคนสาร

วิธีการวิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น จดบันทึกน้ำหนักถ้วยกระเบื้องที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง) เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป

2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 3.0000 – 5.0000 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง

3. เผาตัวอย่างบน Hot plate (ทำในตู้ดูดควัน) จนหมดควัน ตัวอย่างที่ถูกเผาจะมีสีดำหรือเทาอยู่ที่ก้นถ้วยกระเบื้อง

4. นำถ้วยกระเบื้องที่มีตัวอย่างที่เผาจนหมดควันแล้ว ไปเผาด้วยเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 – 4 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทา

5. คีบถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา เพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป

*หลังการเผาตัวอย่างในเตาเผา ไม่ควรเปิดฝาตู้เตาเผาโดยทันที เนื่องจากมีอันตรายจากความร้อนสูง และจะทำให้เตาเผาจะมีอายุการใช้งานสั้นลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่รวดเร็ว ควรปล่อยให้เย็นตัวลง แล้วจึงค่อยเปิดเอาตัวอย่างออกจากเตาเผา

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังเผา} - \text{น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเปล่า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100 \quad (\text{ก.4})$$

ก.5 การวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS)

อุปกรณ์

1. ชุดเครื่องกลั่น
2. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
3. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พร้อม glass cell ขนาด 1 มิลลิเมตร
4. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิเมตร
5. ปิเปต ขนาด 5 มิลลิเมตร
6. หลอดทดลองขนาด 16x150 มิลลิเมตร

สารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. TBA reagent: เตรียมได้จากการละลาย 2-thiobarbituric acid 0.2883 กรัม ในกรดอะซิติก 90% จำนวน 100 มิลลิลิตร ทั้งสารละลายนี้ไว้ข้ามคืน นำมากรองเพื่อเอาส่วนที่ไม่ละลายออก แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตรด้วยกรดอะซิติก 90%

2. HCl acid 4 N: ปิเปต 37% กรดไฮโดรคลอริก 33.06 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร

3. Antifoaming agent: เจือจาง antifoaming agent ด้วยน้ำ ในอัตราส่วน antifoaming agent:น้ำ เท่ากับ 1:5

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักที่บดละเอียด 10 กรัม ลงในขวดกลั่น เติมน้ำกลั่น 97.5 มิลลิลิตร และเติมกรดไฮโดรคลอริก 4 N ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร (ในกรณีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการเติมไนไตรท์ ให้เติมกรดไฮโดรคลอริก 4 N ปริมาณ 1.0 มิลลิลิตร และเติมสารละลายซัลฟานิลลาไมด์ 0.5% ที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก 20% จำนวน 1.5 มิลลิลิตร)

2. เติม glass bead 2-3 เม็ด และ antifoaming agent 0.5 มิลลิลิตร นำขวดกลั่นไปต่อเข้ากับชุดกลั่น กลั่นให้ได้ส่วนใส (distillate) จำนวน 20 มิลลิลิตร

3. ปิเปตสารละลายส่วนใสที่ได้จากข้อที่ 2 จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติม TBA reagent จำนวน 5 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดทดลอง นำไปผสมให้เข้ากันดีด้วยเครื่อง vortex mixer

4. นำหลอดทดลองจุ่มลงในอ่างน้ำเดือดประมาณ 35 นาที

5. ทำให้เย็น โดยการแช่ในอ่างน้ำเย็นประมาณ 10 นาที

6. นำไปวัดค่าดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank (ใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตรแทนตัวอย่าง)

การคำนวณ

$$\text{TBARS} = 7.8 \times A_{532} \quad (\text{ก.5})$$

(มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมสมมูลของมาโลนอัลดีไฮด์ ต่อตัวอย่าง 1000 กรัม, MDA mg/kg)

โดยที่ A = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

7.8 = ค่า conversion factor ในการคำนวณค่า TBARS

ก.6 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ยี่ห้อ Aqua lab รุ่น 4TE
2. ตลับใส่ตัวอย่างของเครื่อง Aqua lab 4TE
3. ชุดทำความสะอาดเครื่อง

สารเคมี

น้ำ DI

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดสวิทซ์เครื่องทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อเป็นการวอร์มเครื่อง
2. เปิดฝาเครื่อง นำตลับที่บรรจุน้ำ DI (ไม่ต้องปิดฝาตลับ) ใส่ลงในช่อง chamber เพื่อทำการ calibrate ค่าที่ calibrate ได้จะอยู่ที่ช่วงประมาณ 0.997 – 1.000
3. นำตลับที่บรรจุตัวอย่าง (ไม่ต้องปิดฝาตลับ) ใส่ลงในช่อง chamber ทำการปิดฝาเครื่อง เครื่องจะทำการวัดค่าโดยอัตโนมัติ
4. รอจนเครื่องทำการวัดได้ค่าคงที่เรียบร้อย อ่านและจดบันทึกค่าที่ได้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

ข.1 การตรวจวัดค่าสี

ข.1.1 ตรวจวัดค่าสี

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี chroma meter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-400 และชุด calibration
2. ภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์

1. ทำการต่อเครื่อง Measurement head: CR-400 เข้ากับ Data processor: DP-400 ให้เรียบร้อย จากนั้นทำการเปิดสวิตซ์เครื่อง
2. ก่อนทำการวัดสีทุกครั้งต้องทำการปรับมาตรฐานของเครื่อง (calibration) โดยทำการสอบเทียบกับแผ่น white plate ซึ่งเครื่องวัดสีจะบันทึกข้อมูลค่าสีขาวของแผ่นสำหรับ calibrate ไว้ คือ $Y = 93.70$, $x = 0.3156$ และ $y = 0.3319$ การวัดทำได้โดยกดปุ่ม calibrate แล้วนำหัววัดวางบนแผ่น white plate จากนั้นกดปุ่มวัด 1 ครั้ง เครื่องจะแฟลชไฟอัตโนมัติให้ 3 ครั้ง เสร็จแล้วเครื่องจะเข้าสู่หน้าจอพร้อมวัด
3. ทำการวัดสีของตัวอย่างที่ถูกต้องเตรียมให้มีลักษณะแบนเรียบและมีความหนาพอสมควร จดบันทึกค่า L^* a^* b^* C^* h^* ที่วัดได้จากเครื่อง

ข.1.2 ตรวจวัดค่าสี

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี spectrophotometer ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE และชุด calibration
2. ขวดใสสำหรับใส่ตัวอย่างของเครื่องวัดสี

วิธีการวิเคราะห์

1. เสียบปลั๊กแล้วแต่เครื่องวัดสี พร้อมทั้งเปิดคอมพิวเตอร์
2. เปิดโปรแกรม Universe ในคอมพิวเตอร์
3. ทำการ STANDADIZE ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 คลิกที่ Menu bar เลือก STANDADIZE

3.2 ตั้งค่าใน STANDADIZE MODE เลือกวัดแบบ RSIN mode

4. ทำการ calibration ด้วยชุด calibration ตามขั้นตอนที่โปรแกรมกำหนด

4.1 นำแผ่นเทียบสีดำมาตรฐาน วางที่ transmittance port กด OK

เมื่อทำการ standardize เสร็จสมบูรณ์แล้ว นำแผ่นเทียบสีดำมาตรฐานออก

4.2 นำแผ่นเทียบสีขาวมาตรฐาน วางที่ reflectance port กด OK

เมื่อทำการ standardize เสร็จสมบูรณ์แล้ว นำแผ่นเทียบสีขาวมาตรฐานวางไว้ตลอดการวัด

4.3 นำ cell blank วางที่ transmittance port แล้ววัดค่า จะได้ค่า

$L^*=100$ ค่า a^* และค่า $b^*=0$

5. ทำการวัดตัวอย่าง บันทึกค่า L^* a^* b^* C^* h^* ที่วัดได้จากเครื่อง

ความหมายของค่าสีที่วัดได้

1. ค่า L^* (lightness) คือ ค่าความสว่างของสี เมื่อมีค่าใกล้ 100 แสดงว่า ตัวอย่างมีสีขาว และเมื่อค่าใกล้ 0 แสดงว่า ตัวอย่างมีสีดำ

2. ค่า a^* (redness/greenness) คือ ค่าสีแดง/สีเขียว เมื่อมีค่าเป็นบวก (+1 ถึง +100) แสดงว่า ตัวอย่างมีสีแดง และเมื่อมีค่าเป็นลบ (-1 ถึง -100) แสดงว่า ตัวอย่างมีสีเขียว

3. ค่า b^* (yellowness/blueness) คือ ค่าสีเหลือง/สีน้ำเงิน เมื่อมีค่าเป็นบวก (+1 ถึง +100) แสดงว่า ตัวอย่างมีสีเหลือง และเมื่อมีค่าเป็นลบ (-1 ถึง -100) แสดงว่า ตัวอย่างมีสีน้ำเงิน

4. ค่า chroma เป็นค่าแสดงความบริสุทธิ์ของสีหรือสีที่ปรากฏให้เห็น

5. ค่า hue angle เป็นค่ามุม (องศา) ที่ทำกับแกน a^* โดยค่ามุม 0° = สีแดง ค่ามุม 90° = สีเหลือง ค่า 180° = สีเขียว และค่า 270° = สีน้ำเงิน

6. ค่า hue angle และ chroma สามารถคำนวณ จากค่า L^* a^* b^* ที่วัดได้

ดังนี้

$$\text{Chroma } (C^*) = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (\text{ข.1})$$

$$\text{Hue angle} = \arctangent \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad \text{เมื่อ } a^* > 0 \text{ และ } b^* \geq 0 \quad (\text{ข.2})$$

$$= \arctangent \left(\frac{b^*}{a^*} \right) + 180^\circ \quad \text{เมื่อ } a^* < 0 \quad (\text{ข.3})$$

$$= \arctangent \left(\frac{b^*}{a^*} \right) + 360^\circ \quad \text{เมื่อ } a^* > 0 \text{ และ } b^* < 0 \quad (\text{ข.4})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการละลาย (ดัดแปลงจาก Park et al., 2016)

อุปกรณ์

1. เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)
2. หลอดหมุนเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร (centrifuge tube)
3. ตะแกรงใส่หลอดหมุนเหวี่ยง (centrifuge tube rack)
4. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
5. เครื่องเขย่าสาร (vortex mixer)
6. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (shaking water bath)

วิธีการวิเคราะห์

1. ทำการชั่งน้ำหนักหลอดหมุนเหวี่ยงเปล่าพร้อมฝา (X_1) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม (X_2) ใส่ลงในหลอดหมุนเหวี่ยง เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร แล้วปิดฝาลอดให้สนิท
2. ผสมตัวอย่างกับน้ำกลั่นที่อยู่ในหลอดหมุนเหวี่ยงให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสารเป็นเวลา 1 นาที
3. นำตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดีแล้ว มาจุ่มลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า ที่อุณหภูมิ 4, 30 และ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที
4. นำไปหมุนเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ที่ความเร็ว 3,000 g เป็นเวลา 15 นาที
5. ตัวอย่างจะเกิดการแยกเป็น 2 ส่วน ให้รินเฉพาะส่วนใสใสในถ้วยอะลูมิเนียมที่ทำ การอบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว (X_3) แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท ทำการชั่ง น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมหลังอบ (X_4) ส่วนหลอดหมุนเหวี่ยงที่มีตะกอนอยู่ ให้ทำการชั่งน้ำหนัก (X_5)

การคำนวณ

$$\text{ค่าการอุ้มน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{X_5 - X_1}{X_2} \times 100 \quad (\text{ข.5})$$

$$\text{ค่าการละลายน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{X_4 - X_3}{X_2} \times 100 \quad (\text{ข.6})$$

ข.3 การวิเคราะห์ค่าความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดความหนืด ยี่ห้อ Brookfield รุ่น LVD-III
2. ชุด small sample
3. Thermometer ของเครื่องวัดความหนืด
4. ชุดหัววัดเบอร์ 31
5. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิและสายยางสำหรับต่อเข้ากับชุด small sample

วิธีวิเคราะห์

1. ติดตั้งชุดอุปกรณ์ small sample และ thermometer เข้ากับเครื่องวัดความหนืด
2. ติดตั้งชุดอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิเข้ากับอุปกรณ์ small sample
3. เปิดเครื่อง ทำการ Autozero แล้วประกอบหัววัดเข้ากับเครื่อง
4. ตั้งค่าหัววัด (spindle) และค่าความเร็วรอบ (rpm)
5. ทำการวัดตัวอย่าง โดยควบคุมให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสตลอดการวัด

ค่า จดบันทึกค่า %Torque ค่าความหนืด (cPs) ค่า Shear rate และค่า Shear stress

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

ค.1 การหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
2. หลอดทดลอง พร้อมฝา และตะแกรงใส่หลอดทดลอง
3. ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร และ 10 มิลลิลิตร พร้อมกระบอกใส่ปิเปต
4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
5. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)
6. หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)
7. แท่งแก้วคนสาร
8. ซ้อนตักสาร
9. เครื่องนับจำนวนโคโลนี (Colony counter)
10. เครื่องเขย่าสาร (Vortex mixer)
11. ตะเกียงแอลกอฮอล์
12. บีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร

สารเคมี

1. แอลกอฮอล์ 60%
2. แอลกอฮอล์ 70%

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA)

วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA น้ำหนัก 23.5 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร คนผสมให้เข้ากัน
2. ต้มอาหารเลี้ยงเชื้อให้ละลายจนหมด จะได้อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส ไม่มีตะกอน และไม่มี

ผงลักษณะคล้ายเม็ดทรายติดกับแท่งแก้วคนสาร

3. บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อที่ละลายดีแล้วลงในขวดแก้วที่สามารถจับได้ถนัดมือเวลาเท pour plate นำไปฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน ที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
4. อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ จะมีค่าความเป็นกรดต่างสุดท้ายเท่ากับ 7.0 ± 0.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
2. เติมน้ำเปปโตเนน 0.1% ปริมาณ 225 มิลลิลิตร ลงไป นำไปตีปั่นด้วยเครื่อง stomacher เป็นเวลา 1 นาที จะได้สารละลายตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10 (10⁻¹)
3. ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างอาหารเป็น 10⁻², 10⁻³, 10⁻⁴ โดยการดูดสารละลาย ตัวอย่าง 10⁻¹ มาจำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลายเปปโตเนน 0.1% ปริมาณ 9 มิลลิลิตร ก็จะได้ สารละลายตัวอย่างที่มีความเจือจาง 10⁻²
4. ดูดสารละลายตัวอย่างปริมาณ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงตรงกลางของจานเพาะเชื้อ จากนั้น เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่มีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ด้วยวิธี Pour plate technique แล้วทิ้งให้ อาหารเลี้ยงเชื้อในจานเพาะเชื้อแข็งตัว
5. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา ทำ การตรวจนับจำนวนโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ระดับความเจือจาง ที่มีจำนวนโคโลนีน้อยกว่า 300 โคโลนี

การคำนวณ

คำนวณจำนวนโคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม (N) ตามสูตรดังนี้

$$N = \frac{C}{V \times (n_1 + 0.1n_2) d} \quad (\text{ค.1})$$

โดยที่ C คือ ผลรวมของจำนวนโคโลนีที่นับได้ในจานเพาะเชื้อทั้งหมด

V คือ ปริมาตร (ml) ของอาหารที่ใส่ลงไปในการเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน

n_1 คือ จำนวนจานที่ระดับเจือจางแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี

n_2 คือ จำนวนจานที่ระดับเจือจางที่สอง ที่นำมานับจำนวนโคโลนี

d คือ ระดับเจือจางระดับแรก ที่นำมานับจำนวนโคโลนี

รายงานผลการคำนวณเป็นจำนวนที่มีเลขระหว่าง 1.0 – 9.9 คูณด้วย 10^x เมื่อ x คือ เลขยกกำลัง ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง จำนวนโคโลนีที่นับได้ที่ระดับเจือจางระดับแรก (10^{-3}) = 171 และ 194

จำนวนโคโลนีที่นับได้ที่ระดับเจือจางระดับสอง (10^{-4}) = 14 และ 20

ปริมาตรของอาหารที่ใส่ลงไปในการเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน = 1 มิลลิลิตร

$$N = \frac{171+194+14+20}{1 \times (2+(0.1 \times 2)) \times 10^{-3}} = \frac{399}{0.0022} = 181,363$$

ดังนั้น จึงรายงานผลการตรวจนับได้เป็น 1.8×10^5 โคโลนีต่อกรัม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การประมาณอายุการเก็บที่สภาวะเร่ง

ง.1 การประมาณอายุการเก็บที่สภาวะเร่ง

การศึกษาการเร่งอายุการเก็บ โดยใช้อุณหภูมิเป็นตัวเร่ง เป็นที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากง่ายในการปฏิบัติ ต้นทุนในการศึกษาต่ำกว่าวิธีอื่น ทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ และค่าวัสดุที่ใช้ การเร่งการเก็บอายุผลิตภัณฑ์นิยมใช้ Q10 หรือ temperature quotient เป็นตัวแปรที่ใช้แสดงผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เมื่ออุณหภูมิต่างกัน 10 องศาเซลเซียส

วิธีการประมาณอายุการเก็บที่สภาวะเร่ง

$$\text{ขั้นตอนที่ 1: } AAR = Q10^{\frac{AAT-AT}{10}} \quad (\text{ง.1})$$

$$\text{ขั้นตอนที่ 2: } AATD = \frac{DRTA}{AAR} \quad (\text{ง.2})$$

โดยที่: AAR = อัตราเร่งของการเปลี่ยนแปลงของอาหาร

AATD = อายุการเก็บของอาหารเมื่อผ่านสภาวะเร่ง

DRTA = อายุการจัดเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

AAT = อุณหภูมิที่ใช้เร่งในการเก็บรักษา

AT = อุณหภูมิในการเก็บรักษาโดยปกติของอาหารชนิดนั้น ๆ)

Q10 = 2 (มาตรฐานค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตอาหารในระดับอุตสาหกรรม)

การคำนวณจากผลการทดลอง

$$AAR = 2^{\frac{55-30}{10}} = 5.66$$

$$AATD = \frac{365}{5.66} = 65 \text{ วัน (9 สัปดาห์ 1 วัน)}$$

ดังนั้น ถ้าสามารถจัดเก็บผงเนื้อออกไปที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสได้นาน 9 สัปดาห์ แสดงว่าสามารถจัดเก็บที่อุณหภูมิห้องได้นานกว่า 1 ปี

ภาคผนวก จ

แบบฟอร์มทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ซูปครีมเน้ออกไก่

แบบประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสซูป

ชื่อผู้ทดสอบ:..... เพศ: ชาย หญิง อายุผู้ทดสอบ:ปี

คำอธิบาย: ท่านจะได้รับตัวอย่างซูป 3 ตัวอย่าง กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง โดยกำหนดให้

1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = เฉยๆ 4 = ชอบเล็กน้อย 5 = ชอบมาก

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	รหัสตัวอย่าง		
สี			
กลิ่น			
ความข้นหนืด			
ความเนียนเมื่อทาน			
รสชาติ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะจากท่าน ต่อตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้ทดสอบ:

.....

.....

ชุดที่.....

ขอบคุณค่ะ😊

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสสิพร คงเจริญวัตติ
วัน เดือน ปีเกิด	13 กันยายน 2534
ที่อยู่	1/67 หมู่บ้านเลคการ์เด็นโฮม โครงการ 2 หมู่ 2 ซอย 5 ถนนชุมชน ทอง-ลำต้อยตั้ง ตำบลคลองหลวงแพ่ง อำเภอเมือง จังหวัด ฉะเชิงเทรา 24000 sasi.kongcha@gmail.com
ประวัติการศึกษา	2562 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า คุณทหารลาดกระบัง 2559 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
ผลงานวิจัย	Kongcharoeniwat, S. and Banjong, K. (2018). Effect of different drying methods on drying characteristics and the properties of chicken breast meat powder. In Proceedings of The19 th Food Innovation Asia Conference 2018. 181–188.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้