การสกัดไขมันและบทบาทของไขมันต่อการเสื่อมเสียของผงจิ้งหรีดในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

Lipid extraction and the role of lipid in quality change of cricket powder in different packaging

จุลวัชร คำประเสริฐ
ชินพรรธน์ นิธิฐานวัฒน์

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การสกัดไขมันและบทบาทของไขมันต่อการเสื่อมเสียของผงจิ้งหรีดในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน

Lipid extraction and the role of lipid in quality change of cricket powder in different packaging

จัดทำโดย

จุลวัชร คำประเสริฐ รหัสนักศึกษา 58080020

ชินพรรธน์ นิธิฐานวัฒน์ รหัสนักศึกษา 54080025

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ยุพร พืชกมุทร ..... 2 / กค / 2562

(ผศ.ดร. ยุพร พืชกมุทร)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การสกัดไขมันและบทบาทของไขมันต่อการเสื่อมเสียของผงจิ้งหรีดในภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน
ชื่อนักศึกษา จุลวัชร คำประเสริฐ รหัสนักศึกษา 58080020
ชินพรรธน์ นิธิฐานวัฒน์ รหัสนักศึกษา 58080025
หลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ. 2562
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ยุพร พืชกมุทร

บทคัดย่อ

ในการทดลองครั้งนี้ได้จัดขึ้นเพื่อศึกษาการสกัดไขมันออกจากผงจิ้งหรีดทองดำ (*Gryllus Bimaculatus*) เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในผงจิ้งหรีด รวมไปถึงการวัดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผงในระหว่างการเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่ต่างกันสองชนิด คือ ถุงอลูมิเนียมฟรอย และถุงพลาสติกโพลีเอทีลีน ผลจากการสกัดไขมันพบว่าผงจิ้งหรีดที่ทำการสกัดไขมันมีค่าโปรตีนเพิ่มขึ้นและมีอัตราการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพลดลง โดยวัดจากวิธีการทางกายภาพ คือ การวัดสี และวิธีการทางเคมี คือ การวัดค่า Water Activity การวัดค่า peroxide value (PV) และการวัดค่า thiobarbituric acid value (TBA) ซึ่งทำโดยการนำผงจิ้งหรีดทองดำสกัดไขมันบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทีลีนและอลูมิเนียมฟรอย เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาหนึ่งเดือน แล้วทำการตรวจผลเปรียบเทียบทุกหนึ่งสัปดาห์ โดยแนวโน้มของผลที่ได้ คือ สีของผงจิ้งหรีดมีความเข้มขึ้นและค่า Aw มีการเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ค่า peroxide value (PV) และค่า thiobarbituric acid value (TBA) มีการเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งแล้วทำการลดลง โดยในทุกตัวอย่างที่ทำการสุ่มเปรียบเทียบพบว่าตัวอย่างที่บรรจุอยู่ในถุงอลูมิเนียมฟรอยมีการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพน้อยกว่า

คำสำคัญ: จิ้งหรีดทองดำ ผงจิ้งหรีด การสกัดไขมัน การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพ ถุงพลาสติกโพลีเอทีลีน ถุงอลูมิเนียมฟรอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Lipid extraction and the role of lipid in quality change of cricket powder in different packaging
Student name	Junlawat Kamprasert Student ID 58080020
	Chinnapat Nithitarnwat Student ID 58080025
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology
Year	2019
Advisor	Assist.Prof.Dr. Yuporn Peuchkamut

ABSTRACT

This study to find fat extraction condition for two-spotted cricket (*Gryllus Bimaculatus*) powder and its effect in quality change in two different packaging conditions (polyethylene bag, aluminum bag). It found that after fat extraction the amount of protein content became higher, and quality changes were less than that of control cricket powder. The criterion that used to determine quality change were both physical and chemical method, in physical by using color analytic, in chemical by using AW analytic, Peroxide value (PV) analytic and Thiobarbituric acid value (TBA) analytic. Quality changes studied by put two-spotted cricket powder both defatted and control in polyethylene and aluminum bag then stored in room temperature for one month and ran a test every week. Test result of color analytic showed that color parameter decreased every week in all conditions but in AW analytic parameter increased instant as well as in PV analytic and TBA analytic. However Peroxide value and Thiobarbituric acid value after second week and third week depending on sample it stared to decrease instance, and in every sample that stored in aluminum bag, its quality changes occurred less than that stored in polyethylene bag.

Keywords: Two-spotted cricket, Cricket powder, Fat extraction, Polyethylene bag, Aluminum bag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้จะสำเร็จลงไม่ได้หากไม่ได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร อาจารย์ที่ปรึกษาของปัญหาพิเศษนี้ที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดไปจนถึงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด จนเสร็จสมบูรณ์ กระผมขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ที่ทำให้ปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จไปด้วยดี

ขอบพระคุณ ดร.สุพัตรา กาญจนประทุม ที่สละเวลาของท่านมาช่วยเหลือและให้คำปรึกษาต่างๆด้านการทดลอง สนับสนุนสารเคมีบางชนิดและอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการทดลอง ตลอดจนอาหารว่างที่นำมาให้ตลอดการทำปัญหาพิเศษ

ขอบพระคุณ ดร.สุพีรยา อาษา ที่สละเวลาให้คำปรึกษา และสนับสนุนอุปกรณ์ในการทดลอง ทำให้การทดลองดำเนินการผ่านไปได้อย่างราบรื่น

ขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ บุคลากร และนักวิทยาศาสตร์ของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้ความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองต่างๆ ทำให้ผ่านไปด้วยดี

ขอบพระคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มอบความรู้และความสามารถในการทำการทดลอง ทำให้การทดลองและการทำเล่มผ่านไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ และสนับสนุนในการทำสัมมนาเล่มนี้ และขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ชาวคณะอุตสาหกรรมเกษตรที่คอยให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในด้านต่างๆของการทำสัมมนา

จุลวัชร คำประเสริฐ

ชินพรรธน์ นิธิฐานวัฒน์

28 มิถุนายน 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 แมลงกินได้	2
2.2 จิ้งหรีดทองดำ	3
2.3 การสกัดไขมัน	4
2.4 บรรจุภัณฑ์	6
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	8
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	8
3.2 อุปกรณ์	8
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	10
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	13
4.1 ผลการหาสภาวการณ์สกัดไขมัน	13
4.2 ผลการวิเคราะห์ผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน	14
4.3 ผลการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมันระหว่างการเก็บรักษา	17
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	24
บรรณานุกรม	25
ภาคผนวก	27
ภาคผนวก ก	28
ภาคผนวก ข	31
ประวัติผู้เขียน	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของแมลง	3
4.1	แสดงน้ำหนักของผงจิ้งหรีดที่เมื่อผ่านการสกัดไขมันที่สภาวะต่างๆ (Mean ± SD)	14
4.2	แสดงผลค่าสีของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน (Mean ± SD)	14
4.3	แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน (Mean ± SD)	16
4.4	แสดงค่าสีในระหว่างการเก็บรักษาของผงจิ้งหรีด (Mean ± SD)	18
4.5	แสดงค่าสีในระหว่างการเก็บรักษาของผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน (Mean ± SD)	19
4.6	แสดงค่าน้ำอิสระของผงจิ้งหรีดไม่สกัดไขมันในระหว่างการเก็บรักษา (Mean ± SD)	20
4.7	แสดงค่าน้ำอิสระของผงจิ้งหรีดสกัดไขมันในระหว่างการเก็บรักษา (Mean ± SD)	21
4.8	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมันในระหว่างการเก็บรักษา (Mean ± SD)	22
4.9	แสดงผลการวิเคราะห์ค่าไทโอบาบิทูริกของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมันในระหว่างการเก็บรักษา (Mean ± SD)	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	จิ้งหรีดทองดำ (Gryllus Bimaculatus Degeeer)	4
2.2	Anatomy of Cricket	4
4.1	ลักษณะของผงจิ้งหรีด	13
4.2	กราฟแสดงผลการวัดสีค่า (L* a* และ b*) ของผงจิ้งหรีด และผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน	15
4.3	(ก) ผงจิ้งหรีด และ (ข) ผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน	16
ข.1	กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายคูมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร	32
ข.2	กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาลอนแอลดีไฮด์กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แมลงเป็นหนึ่งในแหล่งอาหารทางเลือกของมนุษย์มานับพันปี คุณประโยชน์ของแมลงนั้นมีมากมายไม่ว่าจะเป็นคุณค่าทางโภชนาการที่สูง ความง่ายในการเพาะเลี้ยง หรือแม้แต่ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แมลงที่มนุษย์นำบริโภคนั้นมีหลายชนิดแต่แมลงที่ได้รับการยอมรับจากทั่วโลกนั้นมีอยู่เพียงไม่กี่ชนิด หนึ่งในนั้นคือจิ้งหรีด

จิ้งหรีดเป็นแมลงที่พบได้ทั่วไปทั่วโลกโดยที่พบในประเทศไทยมีด้วยกันหลักๆ 4 พันธุ์ได้แก่ จิ้งโกร่ง (Brachtrupes Portentosus Lichtenstein) จิ้งหรีดทองดำ (Gryllus Bimaculatus Degeeer) จิ้งหรีดทองแดง (Teleogryllus Testaceus Walker) และจิ้งหรีดทองลาย (Modicogryllus Confirmata Walker) ตัวจิ้งหรีดนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงไม่ว่าจะพลังงานที่ให้ถึง 120 กิโลแคลอรี่ โปรตีนที่ช่วง 23-65% ไขมันที่ 34% ก็ดี (Kouřimská และคณะ, 2016) โดยทางคณะผู้จัดทำเลือกจิ้งหรีดทองดำมาใช้ในการทดลองเนื่องจากเป็นจิ้งหรีดที่หาได้ทั่วไป

แต่ถึงแม้แมลงจะเป็นแหล่งอาหารที่มีประโยชน์มากเพียงใดก็ตามการนำไปประกอบอาหารทั้งอย่างนั้นยังคงสร้างปัญหาในแง่การยอมรับของผู้บริโภคในการรับประทานทั้งๆที่ยังเป็นตัวอยู่ ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้ลองแปรรูปจิ้งหรีดให้เป็นผงแมลงเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ประโยชน์และยืดอายุการเก็บรักษา โดยในการศึกษาครั้งนี้นั้นจัดทำขึ้นมาเพื่อดูบทบาทของไขมันต่อการเสื่อมเสียของผงจิ้งหรีด ซึ่งมีการเตรียมผงจิ้งหรีดโดยการนำตัวอย่างที่ล้างทำความสะอาดแล้วมาผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจากนั้นบดให้เป็นผงที่ขนาด 9 เมช จากนั้นนำผงไปสกัดไขมันและบรรจุลงในถุงพลาสติกทนความเย็นและถุงอลูมิเนียมฟรอยเพื่อดูความคงตัวของผงจิ้งหรีดสกัดไขมันเปรียบเทียบกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาการเตรียมผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน

1.2.2 ศึกษาผลของการบรรจุต่อการคงตัวของผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ผลจากวิจัยครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางวางแผน ปรับปรุง และพัฒนาการส่งเสริมการบริโภคผงแมลงขจัดไขมัน เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือก

1.3.2 ได้รับความรู้จากการศึกษา ค้นคว้า และทดลองวิธีการสกัดไขมัน

1.3.3 ได้รับความรู้เรื่องผลกระทบของไขมันต่อความคงตัวของผงจิ้งหรีด

1.3.4 ได้รับความรู้เกี่ยวกับผลของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ในสภาวะบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แมลงที่บริโภคได้

ปัจจุบันมีการบริโภคแมลงเพียงไม่กี่ประเทศในโลก เนื่องจากในประเทศที่มีการพัฒนาแล้วมีความเข้าใจผิดว่า การบริโภคแมลงมีสาเหตุมาจากความอดอยาก และด้วยรูปลักษณ์ของแมลงทำให้ผู้คนกลัวที่จะบริโภคแมลง ทั้งที่จริงแล้วแมลงเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยแมลงที่สามารถบริโภคได้มีประมาณ 1900 ชนิด และสามารถบริโภคได้ในช่วงวัยที่แตกต่างกัน ซึ่งในประเทศไทยได้มีการบริโภคแมลงบางชนิด เช่น แมงกินนูน แมงกุดจี่ แมงดานา ตัวอ่อนผึ้ง มดแดง ตัวอ่อนของต่อ จิ้งโกร่ง จิ้งหรีด ตั๊กแตนปาทังก้า ดักแด้และหนอนเจาะลำต้นอ้อย หนอนม้วนใบกล้วย แมลงกระชอน แมลงเหนี่ยง ด้วงติ่ง แมลงมัน (ตัวเต็มวัย) แมลงค่อมทอง หนอนและดักแด้ไหม และหนอนกินเยื่อไผ่ ตัวอ่อนด้วงสาคู เป็นต้น ซึ่งเป็นแมลงที่พบมากในประเทศไทยและแถบเอเชีย

แมลงในโลกนี้ที่กินได้ส่วนใหญ่นั้นอยู่ใน 6 ประเภทดังต่อไปนี้ Coleoptera เช่น หนอนนก ด้วง กลุ่มนี้มีสารอาหารคือ โปรตีนประมาณ 3.7-54% ไขมันประมาณ 3.7-52% แร่ธาตุประมาณ 1-3% คาร์โบไฮเดรตประมาณ 12-34% และเมื่อทานเข้าไปจะได้พลังงานประมาณ 126-574 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม Hemiptera เช่น แมงดานา จักจั่น กลุ่มนี้มีสารอาหารคือ โปรตีนประมาณ 17.5-67% ไขมันประมาณ 4.2-31% แร่ธาตุประมาณ 1.24-8% คาร์โบไฮเดรตประมาณ 8.38-23% และเมื่อทานเข้าไปจะได้พลังงานประมาณ 199-460 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม Hymenoptera เช่น มด ผึ้ง กลุ่มนี้มีสารอาหารคือ โปรตีนประมาณ 1-81% ไขมันประมาณ 1.3-62% แร่ธาตุประมาณ 0-6% คาร์โบไฮเดรตประมาณ 5-94% และเมื่อทานเข้าไปจะได้พลังงานประมาณ 234-593 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม Isoptera เช่น ปลวก กลุ่มนี้มีสารอาหารคือ โปรตีนประมาณ 33-65% ไขมันประมาณ 7-54% แร่ธาตุประมาณ 1-19% คาร์โบไฮเดรตประมาณ 7-19% และเมื่อทานเข้าไปจะได้พลังงานประมาณ 329-622 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม Lepidoptera เช่น มอธ ผีเสื้อ กลุ่มนี้มีสารอาหารคือ โปรตีนประมาณ 13.2-69.6% ไขมันประมาณ 7-77% แร่ธาตุประมาณ 2-8% คาร์โบไฮเดรตประมาณ 3-41% และเมื่อทานเข้าไปจะได้พลังงานประมาณ 126-762 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม และ Orthoptera เช่น จิ้งหรีด ตั๊กแตน กลุ่มนี้มีสารอาหารคือ โปรตีนประมาณ 13-77% ไขมันประมาณ 2.4-25.14% แร่ธาตุประมาณ 2-27% คาร์โบไฮเดรตประมาณ 16-30% และเมื่อทานเข้าไปจะได้พลังงานประมาณ 117-436 กิโลแคลอรี่ต่อ 100 กรัม (Patel และคณะ, 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของแมลง

Insect	Protein (g/100 g)	Fat (g/100 g)	Minerals (g/100 g)	Carbohydrates (g/100 g)	Energy (kcal/100 g)
Beetles	3.7-54	3.7-52	1-3	12-34	126-574
Flies	17.5-67	4.2-31	1.24-8	8.38-23	199-460
Bugs	33-65	7-54	1-19	7-19	329-622
Bee wasps sawflies and ants	1-81	1.3-62	0-6	5-94	234-593
Butterflies and moths	13.2-69.6	7-77	2-8	3-41	126-762
Grasshopper cricket and locusts	13-77	2.4-25.14	2-27	16-30	117-436

ที่มา: R.J.S. de Castro et al. (2018)

2.2 จิ้งหรีดทองดำ

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ Common black cricket

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Gryllus Bimaculatus Degeeer*

วงศ์ Gryllidae

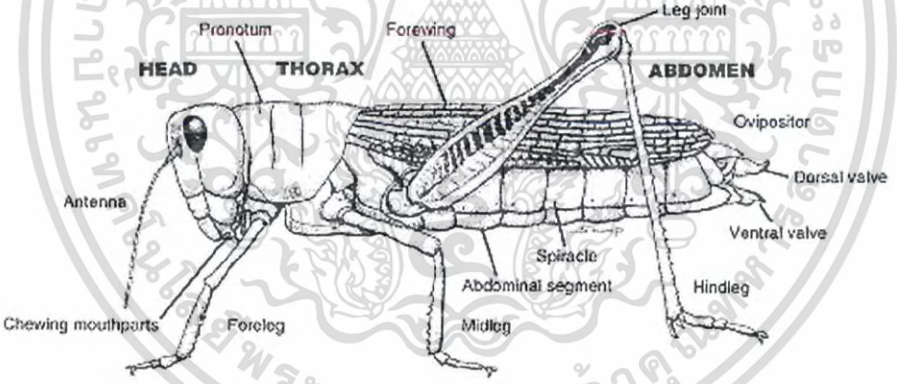
อันดับ Orthoptera

เป็นจิ้งหรีดขนาดกลาง บางพื้นที่เรียก จิโหลน ประกอบด้วยส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ลำตัว และปีกมีสีดำหรือน้ำตาลปนดำทั้งตัว โตเต็มวัยลำตัวกว้างประมาณ 0.6-0.7 ซม. ยาวประมาณ 2.8-3.0 ซม. มีหนวดยาว ตัวผู้ส่วนหัว และอกมีสีดำ ปีกคู่หน้าย่น ปีกมีสีน้ำตาลออกเหลืองเล็กน้อย โดยเฉพาะโคนปีกที่มีสีเหลืองแกม ส่วนตัวเมียส่วนหัว และอกมีสีดำ ปีกคู่หน้าเรียบ ปีกมีสีดำสนิท โคนปีกมีแต้มสีเหลือง 2 จุด ปลายปีคู่หลังทั้งตัวผู้ตัวเมียยื่นยาวมากกว่าลำตัว ปลายท้องมีแพนหางยาว 1 คู่ ชอบอาศัยตามกองไม้ กองใบไม้ ร่องดิน ออกหากินในเวลากลางคืนและไม่ขุดรูอาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.1 จิ้งหรีดทองดำ (Gryllus Bimaculatus Degeeer)

ที่มา : https://pasusat.com/จิ้งหรีด/



ภาพที่ 2.2 Anatomy of Cricket

ที่มา : https://crickiethecricket.weebly.com/anatomy-of-a-cricket.html

ซึ่งจิ้งหรีดทองดำสามารถพบได้ทั่วไปในประเทศแทบเอเชีย เช่น จีน ญี่ปุ่น เกาหลี ไทย และอื่นๆ ซึ่งในประเทศไทยนับเป็นเป็นสัตว์เศรษฐกิจเพราะ สามารถเจอตามธรรมชาติได้ในทุกภาคของประเทศ และมีการบริโภคในทุกภาค ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วคนไทยจะนิยมนำมาทอดเพื่อเป็นอาหารทานเล่น เนื่องจากตัวจิ้งหรีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทองดำมีความมันและความกรอบ หากมองในด้านคุณค่าทางโภชนาการ จิ้งหรีดทองดำมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอะมิโนจำเป็นหลายชนิด เช่น อาจีนีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของเด็ก อีกทั้งยังมีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย อาทิเช่น แคลเซียม แมงกานีส โพแทสเซียม โซเดียม เหล็ก และสังกะสี ที่มีมากกว่าการบริโภคเนื้อสัตว์และไข่ ซึ่งในจิ้งหรีดทองดำจะพบแคลเซียมและสังกะสีมากเป็นพิเศษ (Ghosh และคณะ ,2017) และยังมีการแนะนำให้บริโภคโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) และนอกจากจะนำไปทอดเพื่อเป็นอาหารทานเล่นสำหรับมนุษย์แล้วยังสามารถนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ได้อีกด้วย

2.3 การสกัดไขมัน

การสกัดไขมันมีหลากหลายวิธี แต่วิธีที่คณะวิจัยสนใจคือ วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยการสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเทคนิคในการแยกสารออกจากของผสมโดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีประโยชน์มากในเคมีอินทรีย์ เช่น การแยกสารออกจากของผสมที่ได้จากการสังเคราะห์ และแยกสารออกจากของผสมที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ทั้งในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ การสกัดด้วยตัวทำละลายมีหลายวิธี สำหรับในการทดลองนี้จะเป็นวิธีการสกัดของเหลวด้วยของเหลว (liquid-liquid extraction) โดยจะแยกสารอนินทรีย์ออกจากสารอินทรีย์ ซึ่งนิยมให้ของผสมละลายหรือแขวนลอยในน้ำ เรียกว่า ชั้นน้ำ (aqueous layer) และสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ที่ไม่ละลายน้ำ แยกชั้นอยู่เรียกว่าชั้นสารอินทรีย์ (organic layer) ตัวทำละลายนี้ได้แก่ อีเทอร์ (ether) เมทิลลีนคลอไรด์ (methylene chloride) คลอโรฟอร์ม (chloroform) คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (carbon tetrachloride) เบนซีน (benzene) และเอ็นเฮกเซน (n-hexane)

การเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสมก็เป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งเพื่อให้การสกัดมีประสิทธิภาพสูง โดยพิจารณาดังนี้

1. ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับของผสมที่จะแยก
2. ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ละลายของผสม
3. ละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี ขณะที่ละลายสารอื่นได้น้อย
4. แยกจากสารสกัดได้ง่ายหลังจากสกัดแล้ว เช่น จุดเดือดต่ำ เพื่อแยกออกโดยการกลั่นได้ง่าย
5. ราคาถูก

นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความเป็นพิษของตัวทำละลายที่ใช้ด้วย สำหรับตัวทำละลายที่ระเหยง่ายไวไฟ ควรระวังเรื่องการติดไฟ จึงต้องทำการทดลองอย่างระมัดระวัง สารประกอบอื่นๆที่ไม่ละลายจะถูกแยกออกโดยการเซนตริฟิวส์หรือกรอง

2.3.1 Peroxide Value

เพอร์ออกไซด์โดยเฉพาะไฮโดรเพอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิของการออกซิเดชั่น เป็นตัวบ่งบอกถึงการหืนของตัวอย่าง (M. Mehta และคณะ ,2015) โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการหาด้วยการวัดสีด้วยวิธีการของ International Diabetes Federation (IDF) มาดัดแปลง ทำโดยชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง เติม เอทานอล 2.35 มิลลิลิตร ใส่สารละลายเฟอร์รัสคลอไรด์ความเข้มข้น 0.02 โมลาร์ และสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต 30% ลงไป อย่างละ 50 ไมโครลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3600 g เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำส่วนของเหลวใส่ลงในคิวเวท แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่น 500 นาโนเมตร ทั้งนี้ช่วงของค่า Peroxide Value จะต่างกันไปตามตัวอย่าง อุณหภูมิที่เก็บ และระยะเวลาที่เก็บไว้ โดยหลักการของวิธีการนี้คือการวัดค่าเพอร์ออกไซด์ของตัวอย่างด้วยการเปรียบเทียบสีกับสีเพอร์ออกไซด์ของธาตุเหล็ก

2.3.2 TBARs

หลักการของวิธีการนี้คือการหาผลิตภัณฑ์ทุติยภูมิของการออกซิเดชั่นในตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์นั้นคือมาโลนาลดีไฮด์ ด้วยวิธีการวัดสี ทั้งนี้มาโลนาลดีไฮด์อาจเกิดการลดลงในระหว่างการเก็บได้หากอัตราการทำปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอนิลในตัวอย่างทำปฏิกิริยากับโปรตีนมากกว่าอัตราการเกิดมาโลนาลดีไฮด์ซึ่งเกิดจากการ cross-link ของ TBA ในโปรตีน (Fernandes และคณะ ,2017) ในการศึกษาครั้งนี้ทำโดยชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม ใส่หลอดทดลองใส่สารละลายกรดไทโอบาร์บิทิวริก 2.35 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3600 g เป็นเวลา20นาที นำส่วนของเหลวใส่ลงในคิวเวท แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ช่วงของ TBARs นั้นจะแตกต่างกันไปตามค่า pH ของสารละลาย ซึ่งเกิดจากสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมที่ต่างชนิดกัน ส่วนมากจะเกิดจากความแตกต่างที่ตัวทำปฏิกิริยาที่ใส่ลงไปในสารละลาย (Zhang และคณะ ,2019) สารละลายกรดไทโอบาร์บิทิวริกเตรียมโดยนำกรดไทโอบาร์บิทิวริก 1.875 กรัม กับกรดไตรคลอโรอะซิติก 75 กรัม มาผสมกันแล้วปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร ด้วย 0.25 M กรดไฮโดรคลอริก

2.4 บรรจุภัณฑ์

หน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์คือการเป็นภาชนะสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์และปกป้องผลิตภัณฑ์ในระหว่างการจัดเก็บและจัดจำหน่าย (Bayus และคณะ ,2016) หนึ่งในจุดประสงค์หลักของการศึกษาครั้งนี้ คือการหาความเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงจิ้งหรีดในระหว่างการเก็บรักษา และเป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาอย่างมากคือบรรจุภัณฑ์ โดยในครั้งนี้บรรจุภัณฑ์ที่เลือกมาใช้ในการทดสอบคือบรรจุภัณฑ์ที่พบเห็นได้ทั่วไปในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร คือ

2.4.1 ถุง Polyethylene

ถุง Polyethylene หรือที่รู้จักกันในนาม ถุงพลาสติกใส มีคุณสมบัติ คือ ใสแสงผ่านได้ กันน้ำได้ดี และสามารถผนึกด้วยความร้อนได้ดี แต่กันการเข้าออกของอากาศได้ไม่ดี โดยเฉพาะออกซิเจนและสารประกอบไม่มีขั้ว ตัวถุงมีความหนา 35 ไมโครเมตร เป็นแบบ polyethylene ความหนาแน่นต่ำ (Mozos และคณะ ,2019)

2.4.2 ถุงอลูมิเนียมฟรอย

ถุงอลูมิเนียมฟรอยมีคุณสมบัติคือ เป็นถุงทึบแสง กันแสงได้ กันการเข้าออกของอากาศ น้ำ และไอน้ำได้เกือบสมบูรณ์ อีกทั้งยังสามารถรวมกับออกซิเจนเกิดเป็นชั้นของออกไซด์ได้ทำให้อัตราการเกิดออกซิเดชั่นของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายในถุงลดลงได้ ตัวถุงแบ่งเป็นทั้งหมด 5 ชั้นซึ่งแบ่งได้เป็นชั้นผิว ชั้นยึด ชั้นกั้น ชั้นยึด และชั้นผนึกตามลำดับ ความหนาของชั้นกั้นจะอยู่ที่ 7-9 ไมโครเมตร และมีความหนารวมกันประมาณ 17 ไมโครเมตร ทั้งนี้คุณสมบัติอาจเปลี่ยนไปตามโครงสร้างของแต่ละชั้นได้ (Bayus และคณะ ,2016)

จากคุณสมบัติดังกล่าวของถุงทั้งสองประเภททางคณะผู้จัดทำจึงนำผลความเปลี่ยนแปลงคุณภาพมาเปรียบเทียบกันเพื่อดูความแตกต่างเพื่อหาว่าถุงชนิดไหนเหมาะแก่การเป็นบรรจุภัณฑ์ของผงแมลงมากกว่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zhao และคณะ (2016) การประเมินผลการกำจัดไขมันออกจากตัวอ่อนของหนอนนก พบว่าสัดส่วนตัวทำละลายต่อหนอนนก (5 มล. / กรัม), อุณหภูมิ (40°C), เวลา (60 นาที) ทำการสกัด 2 รอบ โดยการใช้เอทานอล (99.5 %) เป็นตัวทำละลาย เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดไขมันก่อนนำไปทำการสกัดโปรตีน

ไขมันที่พบในหนอนนกเป็นกรดไขมันโอเลอิคที่จัดเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวเกิดการออกซิเดชั่นได้ง่าย

Kouřimská, and Adámková (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับโภชนาการในแมลงหลายๆชนิดเพื่อดูความเป็นไปได้ของการนำแมลงเหล่านั้นมาแปรรูปเป็นอาหาร รวมไปถึงการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อแมลง พบว่าแมลงสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารทางเลือก อย่างไรก็ตามควรมีการนำไปแปรรูป เช่น บดให้เป็นผง เพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับมากยิ่งขึ้น

Ghosh และคณะ (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับโภชนาการในแมลงกินได้ 5 ชนิด ในเกาหลีใต้เพื่อดูคุณค่าทางโภชนาการและองค์ประกอบทางเคมีของแมลงเหล่านั้นอย่างละเอียดเพื่อดูความเป็นไปได้ในการใช้แมลงทั้ง 5 ชนิดมาเป็นอาหารทั้งทางตรงและทางอ้อม

Mehta และคณะ (2017) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ Peroxide Value 5 ชนิด เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ที่สุดรวมไปถึงข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีว่าต่างกันอย่างไรและให้ผลต่างกันแค่ไหน โดยแบ่งออกเป็นวิธีการหาด้วยการไตเตรท 3 วิธี และหาด้วยการวัดสี 2 วิธี และหาในที่ทำการเก็บไว้ที่ 80 องศาเซลเซียสเพื่อเร่งการเกิดออกซิเดชั่นในตัวอย่างในระหว่างการเก็บ

Zhang และคณะ (2019) ได้ศึกษารสชาติและความชอบต่อเนื้อวัวโดยใช้ค่า TBARs โดยทำการเปรียบเทียบค่า TBARs สองวิธีซึ่งทั้งสองวิธีนั้นเป็นวิธีการหาด้วยการวัดสีทั้งคู่ โดยทั้ง 2 วิธีไม่มีความเกี่ยวข้องกันในส่วนของผล และใช้ค่าที่ได้ในการหาความชอบและรสชาติจากการโยงเข้ากับผลการวิเคราะห์เชิงประสาทสัมผัส โดยได้ผลว่าผู้ทดลองที่ไม่ได้ทำการฝึกมาจะไม่สามารถแยกความแตกต่างได้แม้ผลของค่า TBARs จะต่างกันก็ตาม

Bayus และคณะ (2016) ได้ศึกษาเรื่องผลกระทบที่อาจเกิดกับสิ่งแวดล้อมของบรรจุภัณฑ์สามชนิด ได้แก่ อลูมิเนียมฟรอย โพลีโพรพีลีน และโพลีเอทิลีน ซึ่งรวมไปถึงคุณสมบัติในฐานะบรรจุภัณฑ์ของบรรจุภัณฑ์เหล่านี้ด้วย โดยมุ่งเน้นไปที่การดูประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ในแง่ของการใช้งานและต้นทุนเพื่อเลือกอันที่ดีที่สุดในการใช้เป็นบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อลดการใช้ทรัพยากรอย่างเสียเปล่า และช่วยลดโลกร้อนจากการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ไปกับบรรจุภัณฑ์อาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 จิ้งหรีดทองดำ (*Gryllus Bimaculatus Degeeer*) ซื้อจากตลาดคลองเตย เขตคลองเตย จังหวัดกรุงเทพมหานคร

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 เฮกเซน

3.1.2.2 เอทานอล 75%

3.1.2.3 สารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต 30%

3.1.2.4 สารละลายเฟอร์รัสคลอไรด์ความเข้มข้น 0.02 โมลาร์

3.1.2.5 สารละลายคูมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 25 ppm

3.1.2.6 กรดไตรคลอโรอะซิติก

3.1.2.7 กรดไทโอบาร์บิทิวริก

3.1.2.8 กรดไฮโดรคลอริก

3.1.2.9 สารละลายมาลอนแอลดีไฮด์ความเข้มข้น 100 ppm

3.1.2.10 คอปเปอร์ซัลเฟต

3.1.2.11 โซเดียมซัลเฟต

3.1.2.12 สารละลายกรดบอริก

3.1.2.13 กรดไฮโดรคลอริก

3.1.2.14 สารละลายฟีนอฟทาลีน

3.1.2.15 กรดซัลฟิวริก

3.1.2.16 บิโตเลียมอีเทอร์

3.1.2.17 น้ำกลั่น

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่าง

3.2.1.1 เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze-dried)

3.2.1.2 ตู้แช่แข็ง

3.2.1.3 ถุงอลูมิเนียมฟรอย

3.2.1.4 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.5 ตะแกง

3.2.1.6 เครื่องปั่นแห้ง

3.2.1.7 ตะแกรงขนาด 9 mash

3.2.2 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์หาสภาวะการสกัดไขมัน

3.2.2.1 ผ้าขาวบาง (Filter cloth)

3.2.2.2 บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.2.2.3 กระบอกตวง 50 มิลิลิตร

3.2.2.4 ตู้ดูดควัน

3.2.2.5 กะละมังพลาสติก

3.2.2.6 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.2.2.7 นาฬิกาจับเวลา

3.2.2.8 เจลเก็บความเย็น

3.2.2.9 ขวดก้นกลม (Round bottom Flask)

3.2.2.10 Magnetic stirrer

3.2.2.11 Magnetic bar ขนาด 3 เซนติเมตร

3.2.2.12 เครื่องระเหยชนิดสุญญากาศ

3.2.2.13 ตู้อบลมร้อน

3.2.3 อุปกรณ์สำหรับสกัดไขมัน

3.2.3.1 ผ้าขาวบาง

3.2.3.2 บีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร

3.2.3.3 กระบอกตวง 1000 มิลิลิตร

3.2.3.4 ตู้ดูดควัน

3.2.3.5 กะละมังพลาสติก

3.2.3.6 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.2.3.7 นาฬิกาจับเวลา

3.2.3.8 เจลเก็บความเย็น

3.2.3.9 ถาดอลูมิเนียม

3.2.3.10 Magnetic stirrer

3.2.3.11 Magnetic bar ขนาด 5 เซนติเมตร

3.2.4 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพของผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน

3.2.4.1 ชุดย่อยโปรตีน

3.2.4.2 ตู้ดูดควัน

3.2.4.3 บิวเรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.4 ขวดรูปชมพู่

3.2.4.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

3.2.4.6 เครื่องสกัดไขมัน

3.2.4.7 ทิมเบิล (Thimble)

3.2.4.8 ที่คีบ (Thong)

3.2.4.9 บีกเกอร์ไขมัน

3.2.4.10 ตัวล็อกทิมเบิล

3.2.4.11 Moisture can

3.2.4.12 ตู้อบลมร้อน

3.2.4.13 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.2.4.14 ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)

3.2.4.15 เตาเผา (Muffle Furnace)

3.2.4.16 Hot plate

3.2.4.17 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge)

3.2.4.18 เครื่อง Spectrophotometer

3.2.4.19 ขาตั้งบิวเรต

3.2.4.20 เครื่องวัดสีระบบ Hunter L.a.b.

3.2.4.21 เครื่องวัดค่าน้ำอิสระ (Water Activity)

3.2.5 อุปกรณ์สำหรับการเก็บรักษา

3.2.5.1 ถุงบรรจุทนความเย็น (PE)

3.2.5.2 ถุงอลูมิเนียมฟรอย

3.2.5.3 เครื่องปิดผนึกถุง (Seal)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างผงจิ้งหรีด

นำจิ้งหรีดทองดำ มาตัดขา ปีก หนวด แล้วล้างให้สะอาด วางบนตะแกรงสะเด็ดน้ำให้แห้ง แล้วนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze-dried) โดยใช้อุณหภูมิทำแห้งที่ -50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องปั่นแห้ง แล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 9 mash ได้เป็นผงจิ้งหรีด

3.3.2 ศึกษาสภาวะการสกัดไขมัน

นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 3.3.1 ผสมกับตัวทำละลาย (เฮกเซน) ในอัตราส่วนระหว่างตัวอย่างต่อตัวทำละลาย 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร คนให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง Magnetic stirrer ควบคุมอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียสตลอดการคนเพื่อสกัดไขมันโดยไม่ให้เกิดการเสียสภาพทางธรรมชาติของโปรตีน แล้วจึงนำมากรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยผ้าขาวบาง ระเหยเฮกเซนออกจากตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้ว โดยทำการกำหนดสภาวะการสกัดไขมันเป็นการเปลี่ยนเฮกเซนทุก 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง ทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นนำเฮกเซนที่ได้แต่ละครั้งไปเข้าเครื่องระเหยชนิดสุญญากาศ เพื่อระเหยเฮกเซนออก แล้วนำไปเข้าตู้อบลมร้อนเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ในเย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักผงจิ้งหรีดที่ได้เพื่อคำนวณหาน้ำหนักของไขมันที่สกัดออกไปและหาสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

3.3.3 ศึกษาการวิเคราะห์คุณภาพของผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน

นำผงจิ้งหรีดสกัดไขมันที่เตรียมได้จากสภาวะที่เลือกจากข้อ 3.3.2 มาทำการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบกับผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้สกัดไขมันด้วยวิธีวิเคราะห์ดังนี้

3.3.3.1 การวิเคราะห์ค่าสี

สีของผงตัวอย่างจะถูกวัดด้วยเครื่องวัดสี (CR-400 Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Americas, Inc., USA) ซึ่งใช้ระบบการวัดสีแบบ Hunter L.a.b.

3.3.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถาของผงตัวอย่างจะถูกคำนวณด้วยวิธีการ AOAC (AOAC 2000) แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากน้ำหนักของผงตัวอย่างทั้งหมด

3.3.3.3 การวิเคราะห์ค่า Aw

หาโดยใช้เครื่องวัดค่า Aw (Aqua Lab 4TE, SN S40002336, Decagon Devices, USA)

3.3.4 ศึกษาผลของภาชนะบรรจุต่อความคงตัวของผงจิ้งหรีดในระหว่างการเก็บรักษา

นำผงจิ้งหรีดที่สกัดไขมันและไม่สกัดไขมันมาบรรจุลงในถุงพลาสติกใส (Polyethylene) กับถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ แล้วเก็บเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 7 วัน เพื่อดูผลของความคงตัวของผงจิ้งหรีด โดยใช้การวิเคราะห์ดังนี้

3.3.4.1 การวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (PV)

คำนวณด้วยวิธีการ Ferric thiocyanate (Chaijan และคณะ 2006) โดยนำตัวอย่างมาผสมกับ 2.35mL ของ75% เอทานอล (ร้อยละโดยปริมาตร) 50µL ของ 30% แอมโมเนียมไทโอไซยาเนต (ร้อยละโดยมวล) และ 50 µL ของ 20 mM สารละลายเฟอรัสคลอไรด์ หลังจากตั้งทิ้งไว้ 3 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยง เพื่อเก็บส่วนของเหลว (supernatant) เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ PV ด้วยเครื่อง spectrophotometer (V-1200 spectrophotometer, Mapada Instrument Cp., Ltd., Shanghai)

3.3.4.2 การวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid value (TBA)

วิเคราะห์โดยใช้วิธีของ Takeungwongtrakul และคณะ (2013) ทำโดยนำตัวอย่างมาผสมกับ 2.5 mL ของสารละลาย 3.75% กรดไตรโอบาบิทูริก (ร้อยละโดยมวล) 15% กรดไตรคลอโลอเซติก และ 0.25M HCL. จากนั้นสารละลายจะถูกต้มในน้ำเดือด (95-100 องศาเซลเซียส)เป็นเวลา10นาทีเพื่อให้เปลี่ยนเป็นสีชมพู จากนั้นนำไปหล่อเย็นด้วยการนำไปผ่านน้ำประปา เพื่อนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3600 g ที่ 25 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วเก็บส่วนของเหลว (supernatant) เพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ TBA ด้วยเครื่อง spectrophotometer

3.3.4.3 การวิเคราะห์ค่า Aw

หาโดยใช้เครื่องวัดค่า Aw (Aqua Lab 4TE, SN S40002336, Decagon Devices, USA)

3.3.4.4 การวิเคราะห์ค่าสี

สีของผงตัวอย่างจะถูกวัดด้วยเครื่องวัดสี (CR-400 Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Americas, Inc., USA) ซึ่งใช้ระบบการวัดสีแบบ Hunter L.a.b.

การวิเคราะห์ที่กล่าวมาจะนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ เพื่อหาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะแก่การเก็บรักษาผงจิ้งหรีดมากที่สุดรวมไปถึงผลของไขมันต่อความคงตัวของผงจิ้งหรีดด้วย

3.3.5 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการหาสภาวการณ์สกัดไขมันใช้การวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) แต่ละครั้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล โดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการหาสภาวะการสกัดไขมัน

การเตรียมตัวอย่างผงจิ้งหรีด

เตรียมตัวอย่างจิ้งหรีดในรูปแบบผงละเอียด ทำโดยการนำจิ้งหรีดทองดำ มาตัดขา ปีก และหนวด แล้วล้างให้สะอาด วางบนตะแกรงสะเด็ดน้ำให้แห้ง แล้วนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze-dried) โดยใช้อุณหภูมิทำแห้งที่ -50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดด้วนเครื่องปั่นแห้ง แล้วร่อนด้วนตะแกรงขนาด 9 mash เพื่อให้ได้เป็นผงจิ้งหรีด ดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 ลักษณะของผงจิ้งหรีด

จากการทดลองหาสภาวะการสกัดไขมันจากผงจิ้งหรีด ด้วยการผสมผงจิ้งหรีดกับตัวทำละลาย (เฮกเซน) ในอัตราส่วนระหว่างตัวอย่างต่อตัวทำละลาย 1:5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยใช้เครื่อง Magnetic stirrer ในการคนตัวอย่าง เพื่อสกัดไขมันโดยไม่ให้เกิดการเสียสภาพทางธรรมชาติของโปรตีน โดยกำหนดจำนวนรอบในการเปลี่ยนเอกเซนและระยะเวลา ที่นำมาหาสภาวะการสกัดไขมัน ได้แก่ การเปลี่ยนเฮกเซนทั้งหมด 3 รอบ และกำหนดระยะเวลาเปลี่ยนเฮกเซนที่ทุก ๆ 1 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง จากน้ำหนักของผงจิ้งหรีดเริ่มต้น 10 กรัม เมื่อนำไปสกัดไขมันออกตามสภาวะที่ทดลอง พบว่าน้ำหนักของผงจิ้งหรีดลดลงแสดงดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงน้ำหนักของผงจิ้งหรีดที่เมื่อผ่านการสกัดไขมันที่สภาวะต่างๆ (Mean ± SD)

เวลา/รอบ	1^{ns}	2^{ns}	3^{ns}
1 ชั่วโมง	7.98 ± 0.03^{a}	7.66 ± 0.02^{b}	7.42 ± 0.03^{b}
2 ชั่วโมง	8.14 ± 0.03^{a}	7.78 ± 0.01^{b}	7.53 ± 0.01^{b}

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และ ns คือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

เมื่อพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการสกัด พบว่าโดยภาพรวมเมื่อเพิ่มเวลาการสกัดจาก 1 ชั่วโมงไปเป็น 2 ชั่วโมง ไม่ได้ทำให้น้ำหนักของผงจิ้งหรีดเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อจำนวนรอบที่ใช้ในการสกัดเพิ่มขึ้นจาก 1 รอบเป็น 2 รอบ จะทำให้น้ำหนักของผงจิ้งหรีดหายไปเพิ่มขึ้น หรือสะท้อนถึงปริมาณของไขมันที่สกัดออกไปได้มากขึ้น ตัวอย่างเช่น สภาวะการสกัดที่ 1 ชั่วโมง เมื่อเพิ่มรอบการสกัดจาก 1 รอบไปเป็น 2 รอบ ทำให้น้ำหนักของผงจิ้งหรีดสกัดไขมันลดลงจาก 7.98 กรัมไปเป็น 7.66 กรัม อย่างไรก็ตามการเพิ่มจำนวนรอบการสกัดจาก 2 รอบไปเป็น 3 รอบไม่ได้ทำให้น้ำหนักของผงจิ้งหรีดที่สกัดไขมันเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้สภาวะในการสกัดไขมัน คือ เวลาในการสกัด 1 ชั่วโมง และจำนวนรอบในการสกัด 2 รอบ เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป ซึ่งที่สภาวะนี้จะให้ผงจิ้งหรีดสกัดไขมันคิดเป็น 76.6% ของน้ำหนักผงจิ้งหรีดที่ใช้ในการสกัดทั้งหมด

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผงจิ้งหรีดที่สกัดไขมันและไม่สกัดไขมัน

การวิเคราะห์ผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน ประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (CR-400 Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Americas, Inc., USA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ผลการวิเคราะห์ผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีด สกัดไขมันก่อนศึกษาการเก็บรักษา มีผลดังนี้

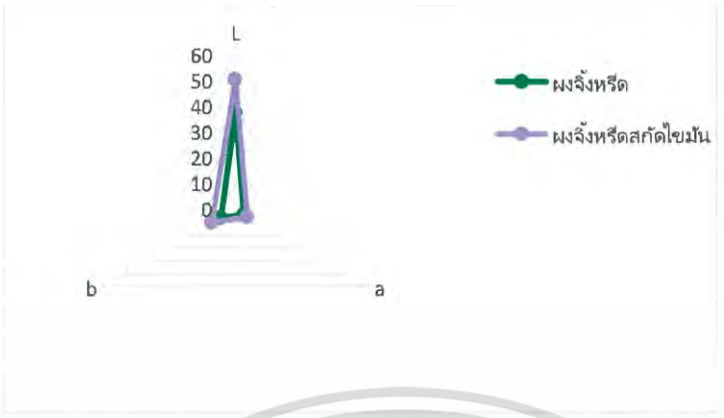
4.2.1 ค่าสีของผงจิ้งหรีด

ตารางที่ 4.2 แสดงผลค่าสีของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน (Mean ± SD)

ผงจิ้งหรีด	L	a	b
ไม่สกัดไขมัน	37.85 ± 2.34	3.89 ± 0.51	6.33 ± 0.24
สกัดไขมัน	50.71 ± 1.24	5.58 ± 0.21	10.33 ± 0.33

ในส่วนของการวิเคราะห์ลักษณะด้านค่าสี (L* a* และ b*) ของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาในลักษณะของกราฟเรดาร์ ดังแสดงในภาพที่ 4.2

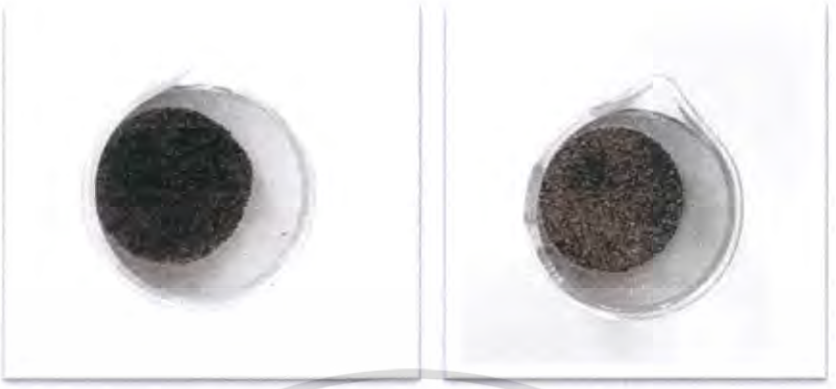
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงผลการวัดสีค่า (L* a* และ b*) ของผงจิ้งหรีด และผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน

จากตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2 การวิเคราะห์ลักษณะด้านสีด้วยค่าสี (L* a* และ b*) เป็นค่าที่นิยมในการประเมินลักษณะปรากฏของตัวอย่างที่ทำการศึกษา โดยค่า L* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างที่มีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง แต่ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ส่วนค่า a* ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีแดง แต่ค่า a* ที่เป็นลบ แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเขียว และในค่า b* ที่เป็นบวก แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำเงิน ผลวิเคราะห์ค่าสีของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน คือ มีค่าสี (L* a* และ b*) มีลักษณะไปในทางเดียวกัน มีค่าความสว่าง (L*) ของผงจิ้งหรีดสกัดไขมันมากกว่าผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้สกัดไขมัน มีค่า (a*) ที่ผงจิ้งหรีดสกัดไขมันมีความเข้าใกล้สีแดงมากกว่าผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้สกัดไขมัน และมีค่า (b*) ผงจิ้งหรีดสกัดไขมันมีความเป็นสีเหลืองมากกว่าผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้สกัดไขมัน ซึ่งการที่ผงจิ้งหรีดสกัดไขมันนั้นมีค่าสีที่สูงการผงจิ้งหรีดไม่สกัดไขมัน เนื่องจาก สารให้สี เช่น เบต้าแคโรทีน แอลฟ่าโทโคฟีรอล และลูทีน ซึ่งเป็นสารประกอบที่ให้สีแดงและเหลืองนั้นละลายในไขมัน ทำให้เมื่อสกัดไขมันออกมา จึงทำให้สารให้สีต่างๆละลายออกมากับไขมันด้วย (Blanco และคณะ ,2019) ดังนั้นเมื่อดูด้วยตาเปล่าจึงสามารถแยกระหว่างผงจิ้งหรีดสกัดไขมันและไม่สกัดไขมันได้ เนื่องจากความแตกต่างของสี ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

ภาพที่ 4.3 (ก) ผงจิ้งหรีด และ (ข) ผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน

4.2.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

เมื่อนำผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้าของผงตัวอย่างจะถูกคำนวณด้วยวิธีการ AOAC (2000) แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากน้ำหนักของผงตัวอย่างทั้งหมด พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงจิ้งหรีดไม่สกัดไขมันและสกัดไขมัน (น้ำหนักแห้ง) (Mean ± SD)

ผงจิ้งหรีด	โปรตีน	ไขมัน	แร่ธาตุ	คาร์โบไฮเดรต
ไม่สกัดไขมัน	58.76 ± 0.83	29.13 ± 0.42	4.27 ± 0.16	4.86 ± 0.47
สกัดไขมัน	70.22 ± 0.21	1.60 ± 0.02	4.41 ± 0.15	13.01 ± 0.27

ค่าองค์ประกอบทางเคมีของผงจิ้งหรีดที่ไม่สกัดไขมันที่คณะผู้วิจัยวิเคราะห์ได้ มีค่าที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของผู้อื่น (Ghosh และคณะ ,2017) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ตัวอย่างเช่น โปรตีนของคณะผู้จัดทำเป็น 58.76 และของ Ghosh เป็น 58.32 ไขมันเป็น 29.13 และ 11.88 เป็นต้น แต่เนื่องจากสภาพแวดล้อมและอาหารของตัวจิ้งหรีดทำให้ค่าขององค์ประกอบบางตัวแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ประกอบทางเคมีของผงจิ้งหรีดที่สกัดเอาไขมันออกและไม่ได้สกัดเอาไขมันออก พบว่าการสกัดเอาไขมันออกททำให้ปริมาณโปรตีน แร่ธาตุ คาร์โบไฮเดรท สูงกว่าผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้สกัดไขมัน เมื่อเทียบองค์ประกอบที่เหลืออยู่ในผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน ทำให้มีเปอร์เซ็นต์มากกว่าผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้สกัดไขมัน เนื่องจากในสภาวะการสกัดเอาไขมันออก โดยใช้สารละลายเฮกเซน ทำให้มีองค์ประกอบอื่นๆ หลุดออกไปด้วย เหลือไว้เพียงองค์ประกอบ ทางเคมีที่มีคุณประโยชน์ที่สารละลายเฮกเซนไม่สามารถชะออกไปได้ จึงสรุปได้ว่าการสกัดเอาไขมันออกจากผงจิ้งหรีดทำให้ค่าองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะโปรตีนที่เพิ่มขึ้นสูงมากอย่างเห็นได้ชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมันระหว่างการเก็บรักษา

ทำการเก็บรักษาผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน ในถุง 2 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกใส และถุงอลูมิเนียมฟรอย เป็นระยะเวลา 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลง คุณภาพของผงจิ้งหรีดที่สกัดไขมันและไม่สกัดไขมัน ทุก ๆ 1 สัปดาห์ ได้ผลดังนี้

4.3.1 ค่าสีในระหว่างการเก็บรักษาของผงจิ้งหรีด

ผลวิเคราะห์ค่าสีของผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้สกัดไขมันที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน คือ มีค่า (L*) ความสว่างของผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้สกัดไขมันลดน้อยลง มีค่า (b*) ของผงจิ้งหรีด ที่ไม่ได้สกัดไขมันมีค่าความเป็นสีเหลืองมากขึ้น และ มีค่า (a*) ผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้สกัดไขมันมีความเข้าใกล้สีแดงเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า การเก็บผงจิ้งหรีดที่ไม่ผ่านการสกัดไขมันในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน ทำให้มีลักษณะค่าสี (L* a* และ b*) ที่เปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างบรรจุภัณฑ์ พบว่า ผงจิ้งหรีดในถุงพลาสติกใสมีค่า (a*) สีแดงเพิ่มขึ้นมาก โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 จะพบว่ามีค่าสีแดงเพิ่มจาก 3.89 ไปเป็น 4.48 สีของผงจิ้งหรีดมีความเข้มขึ้น อาจกล่าวได้ว่าการเก็บในถุงอลูมิเนียมฟรอยทำให้การเปลี่ยนแปลงของค่าสีดีกว่าถุงพลาสติกใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสีในระหว่างการเก็บรักษาของผงจิ้งหรีดไม่สกัดไขมัน (Mean ± SD)

สัปดาห์	ถุงพลาสติกใส			ถุงอลูมิเนียมฟรอย		
	L	a^{ns}	b	L	a^{ns}	b
0	37.85 ± 2.34^{a}	3.89 ± 0.51	6.33 ± 0.24^{c}	37.85 ± 2.34^{a}	3.89 ± 0.51	6.33 ± 0.24^{ab}
1	37.22 ± 0.46^{ab}	4.02 ± 0.12	6.57 ± 0.05^{bc}	37.05 ± 0.46^{ab}	3.79 ± 0.20	6.11 ± 0.26^{b}
2	37.03 ± 0.19^{b}	4.18 ± 0.23	6.78 ± 0.05^{bc}	35.72 ± 0.57^{c}	4.21 ± 0.33	7.24 ± 0.44^{a}
3	37.14 ± 0.18^{b}	4.47 ± 0.10	7.15 ± 0.30^{ab}	36.95 ± 0.15^{abc}	4.12 ± 0.18	6.48 ± 0.31^{ab}
4	36.76 ± 0.71^{b}	4.48 ± 0.05	7.54 ± 0.17^{a}	36.23 ± 0.34^{bc}	3.79 ± 0.19	6.48 ± 0.22^{ab}

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าสีในระหว่างการเก็บรักษาของผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน (Mean ± SD)

สัปดาห์	ถุงพลาสติกใส			ถุงอลูมิเนียมฟรอย		
	L	a^{ns}	b	L	a^{ns}	b^{ns}
0	50.71 ± 1.24^{c}	5.58 ± 0.21	10.33 ± 0.33^{c}	50.71 ± 1.24^{b}	5.58 ± 0.21	10.33 ± 0.33
1	52.71 ± 0.61^{b}	5.93 ± 0.18	11.02 ± 0.13^{bc}	50.31 ± 1.62^{b}	5.59 ± 0.31	10.53 ± 0.80
2	52.82 ± 0.61^{b}	5.47 ± 0.46	11.52 ± 0.44^{ab}	49.89 ± 0.81^{b}	5.68 ± 0.31	11.21 ± 0.44
3	53.92 ± 0.32^{a}	5.66 ± 0.11	11.52 ± 0.33^{ab}	53.61 ± 0.92^{a}	5.31 ± 0.21	10.30 ± 0.25
4	53.08 ± 0.15^{ab}	5.52 ± 0.08	12.21 ± 0.24^{a}	53.68 ± 0.73^{a}	5.37 ± 0.10	11.55 ± 0.24

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของผงจิ้งหรีดสกัดไขมันที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน ในถุงพลาสติกใส พบว่ามีค่า (L*) ความสว่างของผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน และค่า (b*) ค่าความเป็นสีเหลือง เพิ่มมากขึ้น ส่วนค่า (a*) ผงจิ้งหรีดสกัดไขมันมีความเข้าใกล้สีแดงอย่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95% ส่วนถุงอลูมิเนียมฟรอย พบว่ามีค่า (L*) ความสว่างของผงจิ้งหรีดสกัดไขมันเพิ่มมากขึ้น ค่า (a*) ความเข้าใกล้สีแดง และค่า (b*) ค่าความเป็นสีเหลืองอย่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95% และจากค่าสีที่ได้ พบว่า ถุงพลาสติกใสมีค่าสีเพิ่มขึ้นมากกว่าถุงอลูมิเนียมฟรอย แต่เนื่องจากมีสารประกอบให้สีน้อย จึงทำให้สีจางลง จึงสรุปได้ว่าถุงอลูมิเนียมฟรอยทำการเก็บรักษาผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสี (L* a* และ b*) น้อยกว่าถุงพลาสติกใส

จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 พบว่าค่าสีของผงจิ้งหรีดสกัดไขมันจะมีค่าสีที่สูงกว่าผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้ สกัดไขมันทุกค่า เนื่องจากที่ได้กล่าวไปข้างต้นว่าสารประกอบที่ให้สีสามารถละลายได้ในไขมัน จึงทำให้ค่าสีของผงจิ้งหรีดที่สกัดไขมันได้สูงกว่าอันเนื่องมาจากการที่สีจางกว่านั้นเอง

4.3.2 ค่าน้ำอิสระ (Water activity)

ค่า water activity (aw) หรือค่าน้ำอิสระเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำ ต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ และ สามารถใช้ค่า water activity (aw) ในการประเมินว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดเป็นหรือไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้ เกิดการเสื่อมเสีย ตลอดจนใช้ในการควบคุมและป้องกัน การเสื่อมเสียที่เกิดขึ้นจากเชื้อจุลินทรีย์ ได้ เพราะเชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ภายใต้ค่า water activity (aw) ที่จำกัด ดังนั้นจึงต้องทำให้อาหาร มีค่า water activity (aw) ต่ำกว่าที่เชื้อจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ ผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำอิสระ คือ เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น จะทำให้ค่าน้ำอิสระมีค่าเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และ4.7

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าน้ำอิสระของผงจิ้งหรีดไม่สกัดไขมันในระหว่างการเก็บรักษา (Mean ± SD)

สัปดาห์	ถุงพลาสติกใส	ถุงอลูมิเนียมฟรอย
0	0.1750 ± 0.047^{a}	0.1750 ± 0.0476^{a}
1	0.4063 ± 0.001^{b}	0.2646 ± 0.0203^{ab}
2	0.5382 ± 0.0342^{c}	0.3038 ± 0.0042^{b}
3	0.5090 ± 0.0029^{bc}	0.3372 ± 0.0176^{b}
4	0.5599 ± 0.030^{c}	0.2675 ± 0.0106^{ab}

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำอิสระของผงจิ้งหรีดที่ไม่สกัดไขมัน ที่เตรียมจากจิ้งหรีดที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง จึงทำให้มีค่า Aw เริ่มต้นต่ำกว่าคือประมาณ 0.17 แต่เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25 องศาเซลเซียส ค่า Aw ของผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้นอย่างมาก อาจเป็นไปได้ว่าการเพิ่มพื้นที่ผิวของจิ้งหรีดอบแห้งโดยการบด ทำให้สามารถดูดซับน้ำจากบรรยากาศได้มาก ค่า Aw เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และการใช้ถุงพลาสติกใสทำให้ค่า Aw เพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ การที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก ถุงอลูมิเนียมฟรอยมีลามิเนต 5 ชั้น ทำให้ป้องกันน้ำได้ดีกว่าถุงพลาสติกใสที่ไม่มีลามิเนตเลย (Bayus และคณะ ,2016)

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าน้ำอิสระของผงจิ้งหรีดสกัดไขมันในระหว่างการเก็บรักษา (Mean ± SD)

สัปดาห์	ถุงพลาสติกใส	ถุงอลูมิเนียมฟรอย
0	0.5455 ± 0.03^{a}	0.5455 ± 0.03^{b}
1	0.5910 ± 0.0022^{b}	0.5740 ± 0.0206^{b}
2	0.6127 ± 0.0155^{c}	0.5962 ± 0.0002^{b}
3	0.5324 ± 0.0026^{bc}	0.4265 ± 0.0067^{a}
4	0.5466 ± 0.0028^{c}	0.4175 ± 0.0035^{a}

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำอิสระของผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน พบว่าเมื่อเก็บรักษา ผงจิ้งหรีดสกัดไขมันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ค่าน้ำอิสระมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าเช่นเดียวกับผงจิ้งหรีดที่ไม่สกัดไขมัน การใช้ถุงอลูมิเนียมฟรอยด์ ช่วยป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีกว่าถุงพลาสติกใส จึงทำให้ได้ค่า Aw ของผงจิ้งหรีดสกัดไขมันในถุงอลูมิเนียมฟรอยด์มีค่าน้อยกว่าในถุงพลาสติกใสในสัปดาห์เดียวกัน

4.3.3 ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV)

นำตัวอย่างผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมันที่อยู่ในระหว่างการเก็บรักษา มาทำการวิเคราะห์ PV ด้วยเครื่อง spectrophotometer (V-1200 spectrophotometer, Mapada Instrument Cp., Ltd., Shanghai) และใช้คำนวณด้วยวิธีการของ Ferric thiocyanate (Chaijan และคณะ 2006) มีผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมันในระหว่างการเก็บรักษา(Mean ± SD)

สัปดาห์	ผงจิ้งหรีด		ผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน	
	ถุงพลาสติกใส	ถุงอลูมิเนียมฟรอย	ถุงพลาสติกใส	ถุงอลูมิเนียมฟรอย
0	4.1657 ± 1.0763^{a}	4.1657 ± 1.0763^{a}	2.2339 ± 0.4454^{a}	2.2339 ± 0.4454^{a}
1	9.2008 ± 0.7154^{b}	7.6258 ± 1.0183^{b}	7.4758 ± 2.9029^{b}	5.7424 ± 0.4126^{b}
2	14.5341 ± 2.2954^{d}	10.8174 ± 0.7970^{c}	8.7258 ± 0.3700^{bc}	6.3091 ± 0.1665^{b}
3	11.9758 ± 0.0750^{c}	10.2758 ± 0.1750^{c}	9.9841 ± 0.2376^{c}	9.1841 ± 0.4376^{b}
4	11.1841 ± 0.2898^{c}	9.7341 ± 0.6521^{c}	8.5091 ± 0.1588^{bc}	6.6424 ± 0.2788^{c}

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 ชนิด บ่งบอกถึงปริมาณของสารเปอร์ออกไซด์ (ROOH) ที่มีอยู่เมื่อระยะเวลาผ่านไป จากการวิเคราะห์พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าเปอร์ออกไซด์ของผงจิ้งหรีดไม่สกัดไขมันมีค่าสูงขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 2 แล้วลดลง ซึ่งต่างจากผงจิ้งหรีดสกัดไขมันที่จะมีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นสูงจนถึงสัปดาห์ที่ 3 แล้วจึงจะลดลง และการที่ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มมขึ้นแล้วลดลงเนื่องจากสารเปอร์ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ปฐมภูมิของกระบวนการออกซิเดชั่น ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแอลดีไฮด์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นทุติยภูมิ จึงทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์ลดลง

ค่าเปอร์ออกไซด์ของผงจิ้งหรีดที่ไม่สกัดไขมันมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงกว่าผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน และค่าเปอร์ออกไซด์ของถุงพลาสติกใสก็มีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงกว่าถุงอลูมิเนียมฟรอย แสดงให้เห็นว่า การที่สกัดไขมันออกทำให้โอกาสในการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันลดลง นอกจากนี้ ผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน ที่เก็บไว้ในถุงพลาสติกใสที่มีแสงสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นให้เกิดมาขึ้นเป็นผลให้ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น

4.3.4 ค่า Thiobarbituric acid value (TBARs)

นำผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน ที่เก็บรักษาในถุง 2 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติกใส และถุงอลูมิเนียมฟรอย เป็นระยะเวลา 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง ในทุก ๆ 1 สัปดาห์ เก็บตัวอย่างมาทำการศึกษาวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid value (TBARs) โดยใช้วิธีของ Takeungwongtrakul และคณะ (2013) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า Thiobarbituric acid value (TBARs) ของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีด สกัดไขมันใน ระหว่างการก็บรักษา (Mean ± SD)

สัปดาห์	ผงจิ้งหรีด		ผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน	
	ถุงพลาสติกใส	ถุงอลูมิเนียมฟรอย	ถุงพลาสติกใส	ถุงอลูมิเนียมฟรอย
0	0.5224 ± 0.0825^{a}	0.5224 ± 0.0825^{bc}	0.2442 ± 0.0464^{a}	0.2442 ± 0.0464^{a}
1	0.5343 ± 0.0036^{a}	0.4448 ± 0.0080^{a}	0.3707 ± 0.0041^{b}	0.3366 ± 0.0062^{b}
2	0.6384 ± 0.0055^{b}	0.5170 ± 0.0034^{b}	0.4579 ± 0.0157^{c}	0.3607 ± 0.0061^{b}
3	0.6293 ± 0.0057^{b}	0.5897 ± 0.0078^{c}	0.3416 ± 0.0069^{b}	0.3216 ± 0.0059^{b}
4	0.6138 ± 0.0028^{b}	0.5466 ± 0.0049^{bc}	0.3180 ± 0.0044^{b}	0.2975 ± 0.0097^{ab}

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid value (TBARs) ของผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมันจะเห็นได้ว่าค่า Thiobarbituric acid value (TBARs) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษา เพิ่มขึ้นค่าแอลดีไฮด์ของผงจิ้งหรีดสกัดไขมันมีค่าสูงขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 2 แล้วลดลง ซึ่งต่างจากผงจิ้งหรีดที่ไม่ได้สกัดไขมันที่จะมีค่าแอลดีไฮด์เพิ่มขึ้นสูงจนถึงสัปดาห์ที่ 3 แล้วจึงจะลดลง โดย ค่า Thiobarbituric acid value (TBARs) ของผงจิ้งหรีดที่ไม่สกัดไขมันมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงกว่าผงจิ้งหรีดสกัดไขมัน และค่า Thiobarbituric acid value (TBARs) ของผงจิ้งหรีดทั้ง 2 แบบ ในบรรจุภัณฑ์ชนิดถุงพลาสติกใส ก็มีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดถุงอลูมิเนียมฟรอย ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบตั้งต้นของการเกิดออกซิเดชั่น ที่เกิดขึ้นในผงจิ้งหรีดและผงจิ้งหรีดสกัดไขมันในระหว่างการเก็บรักษา และลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจากแอลดีไฮด์ในขั้นทุติยภูมิไปเป็นอนุพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 ผงจิ้งหรีดมีองค์ประกอบทางเคมีคือ โปรตีน 58.76% ไขมัน 29.13% แร่ธาตุ 4.27% และคาร์โบไฮเดรต 4.86% โดยหลังจากผ่านการสกัดไขมันด้วยเฮกเซนมีองค์ประกอบทางเคมีคือ โปรตีน 70.22% ไขมัน 1.60% แร่ธาตุ 4.41% และคาโบไฮเดรต 13.01% นอกจากนี้การสกัดไขมันออกทำให้ค่าสี L, a และ b ของผงจิ้งหรีดเพิ่มขึ้นทุกค่า

5.1.2 สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไขมันด้วยตัวทำละลายเฮกเซนคือ การสกัด 1 ชั่วโมง และทำการสกัด 2 รอบ

5.1.3 การเก็บรักษาผงจิ้งหรีดในภาชนะบรรจุอลูมิเนียมฟรอยด์ช่วยเก็บรักษาคุณภาพของผงจิ้งหรีดได้ดีกว่าถุงพลาสติกใส

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการศึกษาครั้งนี้เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องตามสภาพอากาศจริงภายในประเทศไทยช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายนซึ่งเป็นช่วงหน้าร้อนผลการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพอาจมีมากกว่าอุณภูมิห้องสากลหากต้องการนำผลไปใช้ควรมีการทดลองซ้ำเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเก็บด้วย

5.2.2 การนำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ควรมีการทดลองซ้ำในเรื่องของระยะเวลาการเก็บเพื่อหาช่วงเวลาที่ผงจิ้งหรีดสกัดไขมันเกิดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพมากจนถึงจุดที่นับเป็นการเสื่อมเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กมลวรรณ สุขสวัสดิ์, 2016. ผลของวิธีการสกัดไขมันต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของไขมันและแป้งจากเมล็ดเงาะ. วิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

AOAC. (2000) Official methods of analysis of AOAC. International 17th edition; Gaithersburg, MD, USA Association of Analytical Communities

Anatomy of a cricket. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://crickiethecricket.weebly. com/anatomy-of-a-cricket.html. 20 พฤศจิกายน 2561

Bayus, J., Ge, C. and Thorn, B. 2016. A preliminary environmental assessment of foil and metallized film centered laminates. Resources, Conservation and Recycling. 115:31-41

Blanco, M., Ripoll, G., Casasús, I., Ramón Bertolin, J. and Joy, M. 2019. Carotenoids and tocopherol in plasma and subcutaneous fat colour to trace forage-feeding in growing steers. Livestock Science. 219:104-110

Castro, R.J.S., Ohara, A., Aguilar, J.G. dos S. and Domingues, M.A.F. 2018. Nutritional, functional and biological properties of insects: Processes for obtaining, consumption and future challenges. Trends in Food Science & Technology. 76: 82-89

Fernandes, R.P.P., Trindade, M.A., Tonin, F.G., Pugine, S.M.P., Lima, C.G., Lorenzo, J.M. and De Melo, M.P. 2017. Evaluation of oxidative stability of lamb burger with *Origanum vulgare* extract. Food Chemistry. 233:101-109

Ghosh, S., Min Lee, S., Jung, C. and Meyer-Rochow, V.B. 2017. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. Journal of Asia-Pacific Entomology. 20:686-694

Heras-Mozos, R., Muriel-Galet, V., López-Carballo, G., Catalá, R., Hernández-Muñoz, P. and Gavara, R. 2019. Development and optimization of antifungal packaging for sliced pan loaf based on garlic as active agent and bread aroma as aroma corrector. International Journal of Food Microbiology. 290:42-48

Kouřimská, L. and Adámková, A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. NFS Journal. 4:22-26

M.Mehta, B., Darji, V.B. and Aparnathi, K.D. 2015. Comparison of five analytical methods for the determination of peroxide value in oxidized ghee. Food Chemistry. 185:449-453

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Pasusat. 2558. จิ้งหรีด และการเลี้ยงจิ้งหรีด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:https://pasusat.com/%E0%B8%88%E0%B8%B4%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%AB%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B8%94/. 30 ตุลาคม 2561.

Patel, S., Ansar Rasul Suleria, H. and Rauf, A. 2019. Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments. Trends in Food Science & Technology. 86: 352-359

Zhang, Y., W.B.Holman, B., N.Ponnampalam, E., G.Kerr, M., L.Bailes, K., K.Kilgannon, A., Collins, D. and L.Hopkins, D. 2019. Understanding beef flavour and overall liking traits using two different methods for determination of thiobarbituric acid reactive substance (TBARS). Meat Science. 149:114-119

Zhao, X., Vázquez-Gutiérrez, J.L., Johansson, D.P., Landberg, R. and Langton, M. 2016.Yellow meal worm protein for food purposes extraction and functional properties. PLoS ONE. 11(2): e0147791.doi:10.1371/journal.pone.0147791

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลดาลห์ (AOAC, 2000)

1.สารเคมี

1.1 สารเร่งปฏิกิริยา (1 คอปเปอร์ซัลเฟต : 10 โพแทสเซียมซัลเฟต)

1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 40%

1.3 กรดซัลฟูริก

1.4 สารละลายกรดบอริกความเข้มข้น 2%

1.5 สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

1.6 อินดิเคเตอร์ (0.2% เมทิลเรด ,0.1% เมทิลลีนบลู)

2.วิธีวิเคราะห์

2.1 ชั่งตัวอย่างให้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

2.2 เติมสารเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม และกรดซัลฟูริก 10 มิลลิลิตร นำไปใส่ชุดย่อยในตู้ดูดควัน จนกระทั่งได้สารละลายสีเขียวใส ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

2.3 นำไปกลั่น โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 40% ปริมาตร 60 มิลลิลิตร

2.4 รองรับสารละลายด้วยกรดบอริกความเข้มข้น 2% ที่ใส่อินดิเคเตอร์เอาไว้แล้ว

2.5 ไทเทรตสารละลายด้วยกรดไฮโดรคอลริกความเข้มข้น 0.1นอร์มัลจนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน

2.6 ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 1-5

3.การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \frac{0.0014 \times A \times (B - C) \times 100 \times 6.25}{0.1 \times D}$$

เมื่อ A คือความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล

B คือปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

C คือปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับBlank (มิลลิลิตร)

D คือน้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

1.สารเคมี

1.1 ปิโตเลียมอีเทอร์ (40-60%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.วิธีวิเคราะห์

2.1 ชั่งน้ำหนักของฟรากต์สกัดไขมัน แล้วจดน้ำหนักที่แน่นอนไว้

2.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม (จดน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงทิมเบิล (Thimble)

2.3 ใส่ทิมเบิลลงไปในฟลาสต์สำหรับสกัดไขมันแล้วเติมปิโตเลียมอีเทอร์ 150 มิลลิลิตรลงไป

2.4 วางฟรากต์ลงในเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัด

2.5 นำฟรากต์ออกจากเครื่องสกัดไขมันแล้วนำทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างออกด้วยคีม

2.6 นำฟรากสกัดไขมันเข้าตู้อบลมร้อนเพื่อระเหยปิโตลียมอีเทอร์ ที่ 105 องศาเซลเซียส จนกว่าตัวทำละลายจะระเหยหมด จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก

3.การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{A \times 100}{B}$$

เมื่อ A คือน้ำหนักไขมัน

B คือน้ำหนักตัวอย่าง

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

1.วิธีวิเคราะห์

1.1 นำถ้วยเปล่าเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ปิดสวิตช์เตาเผา ทิ้งให้อุณหภูมิเหลือประมาณ 100 องศาเซลเซียส นำถ้วยออกมาใส่ในโถดูดความชื้นปล่อยให้เย็น แล้วชั่งน้ำหนัก

1.2 ชั่งตัวอย่างใส่ลงถ้วยที่ทราบน้ำหนักแล้วประมาณ 2 กรัม นำไฟเผาบนเตาไฟฟ้าจนหมดควัน

1.3 นำตัวอย่างที่เผาไล่ควันแล้ว ไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 7 ชั่วโมง แล้วปิดสวิตช์เตาเผา รออุณหภูมิลดเหลือประมาณ 100 องศาเซลเซียส

1.4 นำถ้วยออกมาใส่ในโถดูดความชื้น รอให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

2.การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{(A - B) \times 100}{A}$$

เมื่อ A คือน้ำหนักตัวอย่างก่อนการเผา

B คือน้ำหนักตัวอย่างหลังการเผา

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

1.วิธีวิเคราะห์

1.1 อบ Moisture can ที่ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

1.2 ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 2 กรัม

1.4 นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

1.5 ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึก

2.วิธีคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{A \times 100}{B}$$

เมื่อ A คือน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ – น้ำหนักตัวอย่างหลังอ

B คือน้ำหนักตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

วิธีการวิเคราะห์การเกิดออกซิเดชั่น

ข.1 การวิเคราะห์ Pereroxide Value (PV)

1.สารเคมี

1.1 เอทานอล 75%

1.2 สารละลายเฟอร์รัสคลอไรด์ความเข้มข้น 0.02 โมลาร์

1.3 สารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต 30%

1.4 สารละลายคูมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 25 ppm

2.การเตรียมสารมาตรฐาน

2.1 นำสารละลายคูมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 25 ppm มาเจือจางด้วยเอทานอลให้เหลือความเข้มข้นเป็น 0.025, 0.020, 0.015, 0.010, 0.005 ppm

2.2 ปิเปตสายละลายคูมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆใส่หลอดทดลองหลอดละ 0.5 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 2 หลอด

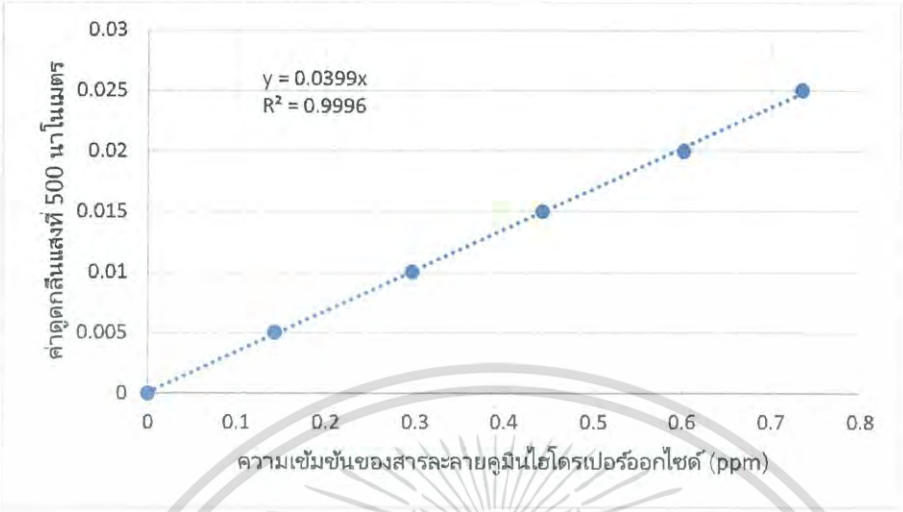
2.3 ใส่ 75% เอทานอลลงไป 2.35 มิลลิลิตร

2.4 ใส่สารละลายเฟอร์รัสคลอไรด์ความเข้มข้น 0.02 โมลาร์ และสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต 30% ลงไป อย่างละ 50 ไมโครลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้ประมาณ 3 นาที

2.5 นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

2.6 นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายคูมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ใส่เส้นแนวโน้ม หาสมการ $y = mx + c$ ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.1 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายคูมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

3.วิธีการวิเคราะห์

3.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม ใส่หลอดทดลอง

3.2 ใส่ 75% เอทานอลลงไป 2.35 มิลลิลิตร

3.3 ใส่สารละลายเฟอร์รัสคลอไรด์ความเข้มข้น 0.02 โมลาร์ และสารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต 30% ลงไป อย่างละ 50 ไมโครลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน

3.4 นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3600 g เป็นเวลา 20 นาที

3.5 นำส่วนของเหลวใส่ลงในคิวเวท แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

3.6 ทำ Standard โดยทำตามตั้งแต่ขั้นตอน 1-5 ยกเว้นขั้นตอนที่ 4 โดยใช้ สารละลายคูมินไฮโดรเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 25 ppm แทนตัวอย่างและตวง 0.5 มิลลิตรแทนการชั่ง

4.การคำนวณ

คำนวณจากสมการของกราฟมาตรฐานโดยนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้แทนค่า y ในสมการแล้วคำนวณจะได้ความเข้มข้นของสารเปอร์ออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การวิเคราะห์ Thiobarbituric acid value (TBA)

1.สารเคมี

1.1 กรดไทโอบาร์บิทิวริก

1.2 สารละลายมาลอนแอลดีไฮด์ความเข้มข้น 100 ppm

2.การเตรียมสารมาตรฐาน

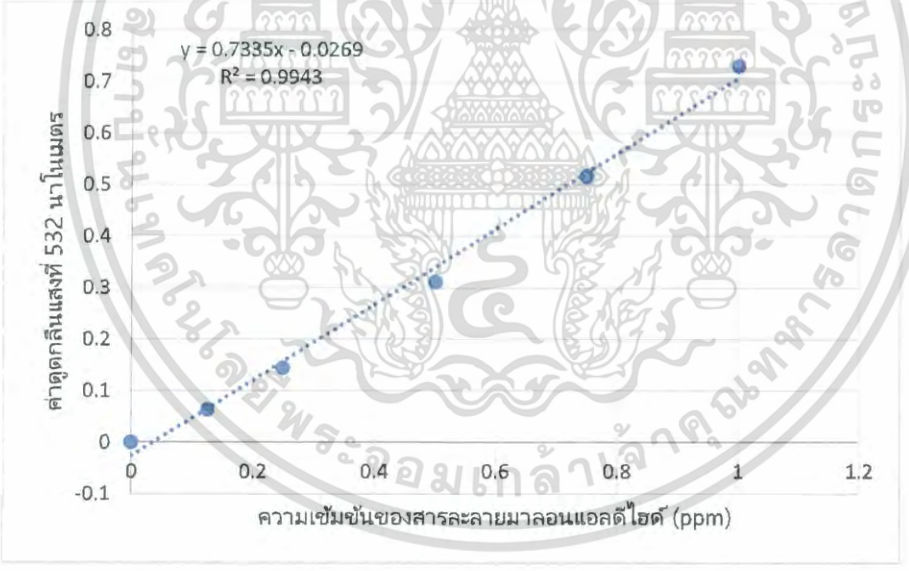
2.1 นำสารละลายมาลอนแอลดีไฮด์ความเข้มข้น 100 ppm มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เหลือความเข้มข้นเป็น 1, 0.75, 0.50, 0.25, 0.125 ppm

2.2 ปิเปตสารละลายมาลอนแอลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 2 หลอด

2.3 เติมกรดไทโอบาร์บิทิวริก 2.5 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้ประมาณ 3 นาที

2.4 นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

2.5 นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาลอนแอลดีไฮด์กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ใส่เส้นแนวโน้ม หาสมการ y = mx + c ดังภาพ



ภาพที่ ข.2 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาลอนแอลดีไฮด์กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.วิธีการวิเคราะห์

3.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม ใส่หลอดทดลอง

3.2 เติมกรดไทโอบาร์บิทิวริก 2.5 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน

3.3 นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3600 g เป็นเวลา 20 นาที

3.4 นำส่วนของเหลวใส่ลงในคิวเวท แล้ววัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

4.การคำนวณ

คำนวณจากสมการของกราฟมาตรฐานโดยนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้แทนค่า y ในสมการแล้วคำนวณจะได้ความเข้มข้นของสารเปอร์ออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	จุลวัชร คำประเสริฐ
วัน เดือน ปี เกิด	10 พฤษภาคม 2540
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 จากโรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ ปีการศึกษา พ.ศ.2557 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา พ.ศ.2558 และสำเร็จการศึกษาใน ปีการศึกษา พ.ศ.2561

ชื่อ-นามสกุล	ชินพรรธน์ นิธิฐานวัฒน์
วัน เดือน ปี เกิด	20 สิงหาคม 2539
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ ปีการศึกษา พ.ศ.2557 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา พ.ศ.2558 และสำเร็จการศึกษาใน ปีการศึกษา พ.ศ.2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้