รายงานการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากสารประกอบฟีนอลิกจากข่าลิงและขมิ้นชัน เป็นสารต้านออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่

Utilization of Phenolic Compound from *Alpinia onchigera* Griff. and *Curcuma longa L.* as antioxidation in Chicken Meat Products

จรีพร เชื้อเจ็ดตน	Jareeporn Chuajedton
เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ	Keatisak Soisuwan
ดวงเดือน สงฤทธิ์	Doungdeuan Songrit
วีรพงศ์ เชียรสงค์	Weerapong Chiansong

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560

การใช้ประโยชน์จากสารประกอบฟีนอลิกจากข่าลิงและขมิ้นชัน เป็นสารต้านออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่

จรีพร เชื้อเจ็ดตน[1] เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ[2] ดวงเดือน สงฤทธิ์[3] และ วีรพงศ์ เชียรสงค์[4]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี สกัดสารประกอบฟีนอลิกและวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข่าลิงและขมิ้นชัน ศึกษาผลและอิทธิพลของความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันของการใช้สารประกอบฟีนอลิกที่สกัดจากข่าลิงและขมิ้นชันในระดับที่แตกต่างกันในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ที่อุณหภูมิต่ำที่มีผลต่อคุณภาพและการเกิดออกซิเดชัน และศึกษาผลและอิทธิพลของความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพของการใช้แผ่นฟิล์มต้านการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากข่าลิงและขมิ้นชันในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ เมื่อนำข่าลิงและขมิ้นชันมาทำการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง (ความชื้นไม่เกินร้อยละ 10) มีผลได้เท่ากับร้อยละ 18.25 และ 18.92 ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ข่าลิง มีปริมาณความชื้น ไขมัน เถ้า โปรตีน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และ พีเอช ร้อยละ 11.70, 1.09, 8.26, 7.28, 19.72, 71.58 และ 4.53 ตามลำดับ ขมิ้นชันมีปริมาณความชื้น ไขมัน เถ้า โปรตีน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และ พีเอช เท่ากับร้อยละ 11.25, 0.83, 3.89, 5.20, 5.78, 78.80 และ 5.71 ตามลำดับ และเมื่อผ่านการบดและคัดร่อนขนาด 250 ไมโครเมตร เพื่อสกัดสารประกอบฟีนอลิกและวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข่าลิงและขมิ้นชัน พบว่า ข่าลิง มีค่าสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) เท่ากับ 43.33 mg vitamin C/g DW และ 3.02 mg gallic /g DW ตามลำดับ ส่วนขมิ้นชัน มีค่าสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) เท่ากับ 41.18 mg vitamin C/g DW และ 2.38 mg gallic /g DW ตามลำดับ นำสารสกัดจากข่าลิงและขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 ผสมในเนื้อไก่บด และนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นฟิล์มเพื่อใช้สำหรับห่อเนื้อไก่บด นำไปเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับเนื้อไก่บดที่เติมสาร BHT ร้อยละ 0.3 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางประสาทสัมผัสและปริมาณจุลินทรีย์ทุกวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากข่าลิงและขมิ้นชันให้ค่าสี L*, a*, b* มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อไก่บดที่เพิ่มขึ้นอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านคุณลักษณะปรากฏ สีกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของเนื้อไก่บดที่เติมสารสกัดจากข่าลิงและขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่า การยอมรับของผู้บริโภคจะลดลง ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และพบว่าระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากข่าลิงมีผลต่อ การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและสามารถลดปริมาณการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการเติม BHT

คำสำคัญ: สารประกอบฟีนอลิก การสกัด สารต้านออกซิเดชัน ข่าลิง ขมิ้นชัน

.....

[1,3,4]คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช

[2]คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช

Utilization of Phenolic Compound from *Alpinia conchigera* Griff. and *Curcuma longa L.* as antioxidation in Chicken Meat Products

Jareeporn Chuajedton[1] Keatisak Soisuwan[2] Doungdeuan Songrit[3] Weerapong Chiansong[4]

Abstract

A research was aimed to analyze the chemical composition of Joint-whip Ginger *(Alpinia conchigera* Griff) and Turmeric *(Curcuma longa L.)*. To extract phenolic compounds from Joint-whip Ginger and Turmeric. Study the effect and influence of concentration on the efficiency of being an antioxidant on the use of phenolic compounds extracted from Joint-whip Ginger and Turmeric at different levels in storage chicken products at low temperatures at affecting the quality and oxidation. To study the effect and the influence of concentration on the efficiency of the use of anti-oxidation film of phenolic compounds extracted from Joint-whip Ginger and Turmeric on chicken products. Then to analyze antioxidant capacity of Joint-whip Ginger and Turmeric. Joint-whip Ginger and Turmeric were baked at 60 °C for 14 hours with moisture not more than 10%. The yields were reported at 18.25% and 18.92%, respectively. The results of chemical composition showed that Joint-whip Ginger had the content of moisture, fat, ash, protein, fiber, carbohydrate and pH at 11.70%, 1.09%, 8.26%, 7.28%, 19.72%, 71.58% and 4.53%, respectively. Turmeric was found to contain 11.25%, 0.83%, 3.89%, 5.20%, 5.78%, 78.80% and 5.71 of moisture, fat, ash, protein, fiber, carbohydrate and pH, respectively. After grinding with screening size of 250 μm to extract the phenolic compounds and to analyze the antioxidant capacity of Joint-whip Ginger and Turmeric, it was found that Joint-whip Ginger antioxidants (DPPH) and total phenolic content (TPC) were 43.33 mg vitamin C/g DW and 3.02 mg gallic /g DW, respectively. Turmeric contained antioxidant (DPPH) and total phenolic content (TPC) of 41.18 mg vitamin C / g DW and 2.38 mg gallic / g DW, respectively. The extracts of Joint-whip Ginger and Turmeric at the concentration of 0.1%, 0.2% and 0.3% were mixed in ground meat chicken store at 4°C Compared with 0.3% ground chicken add BHT. The study of physical quality sensory and microbial counts at 0, 7, 14, 21 and 28 day. It was found that the concentration of Joint-whip Ginger and Turmeric extracts gave the color L *, a *, b * tends to decrease with increasing storage time of the grounded chicken with significant differences (P> 0.05). When studying the sensory qualities of the appearance, color, smell, texture and overall liking of ground chicken meat, which were added from Joint-whip Ginger and Turmeric extract at different concentrations. It was found that consumer acceptance decreased with increasing retention period. And found that the concentration of Joint-whip Ginger and

Turmeric extracts had an effect on the growth of all microorganisms and could reduce the amount of growth better than adding BHT

Keywords: Phenolic Compound, Extraction, Antioxidation, Joint-whip Ginger,Turmeric

.....
..... [1,3,4]Faculty of Agro-Industry, Rajamungala University of Technology Srivijaya,Nakhon Si Thammarat
[2] Faculty of Agriculture,Rajamungala University of Technology Srivijaya,Nakhon Si Thammarat

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2560 เป็นงานวิจัยประยุกต์ เพื่อก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกและวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข่าลิงและขมิ้นชันและประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชัน พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ ตลอดจนผลการวิจัยสามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมอาหาร

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทั้งความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนสถานที่ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้การช่วยเหลืออำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่อุทิศกำลังกายและกำลังใจช่วยในการวิจัยครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนครอบครัวและผองเพื่อนที่ให้ความห่วงใย เป็นกำลังใจให้เสมอมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านและหน่วยงานผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาส นี้

จรีพร เชื้อเจ็ดตน
เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ
ดวงเดือน สงฤทธิ์
วีรพงศ์ เชียรสงค์

สิงหาคม 2561

สารบัญเรื่อง

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญเรื่อง.....จ
สารบัญตาราง.....ฉ-ช
สารบัญภาพ.....ซ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....6
1.4 หลักการ ทฤษฎี ตัวแบบ แนวเหตุผล หรือสมมุติฐาน……..…6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....7
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ……..7
บทที่ 2 เนื้อเรื่องและข้อวิจารณ์.....9
2.1 วิธีดำเนินการวิจัย……9
2.2 ผลการวิจัยและวิจารณ์.....10
บทที่ 3 สรุป……35
บทที่ 4 ข้อเสนอแนะ.....36
เอกสารอ้างอิง..... 37
ภาคผนวก.....38

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ผลการเตรียมตัวอย่างขมิ้นชัน และข่าลิงคิดเป็นผลได้ทั้งหมด (yield).....12
ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของขมิ้นชันและข่าลิง.....13
ตารางที่ 3 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และปริมาณฟีโนลิก (TPC).....14
ตารางที่ 4 ค่าสีของตัวอย่างไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....16
ตารางที่ 5 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....17
ที่ 0 วัน
ตารางที่ 6 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....17
ที่ 7 วัน
ตารางที่ 7 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....18
ที่ 14 วัน
ตารางที่ 8 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....18
ที่ 21 วัน
ตารางที่ 9 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....19
ที่ 28 วัน
ตารางที่ 10 ผลการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในไก่บดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของข่าลิง.....19
ตารางที่ 11 ค่าสีตัวอย่างฟิล์มที่เติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....21
ตารางที่ 12 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 0 วัน.....22
ตารางที่ 13 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 7 วัน.....22
ตารางที่ 14 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 14 วัน.....23
ตารางที่ 15 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 21 วัน.....23
ตารางที่ 16 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 28 วัน.....24
ตารางที่ 17 ผลการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อไก่บดบดที่ห่อฟิล์มข่าลิง.....24
ตารางที่ 18 ค่าสีของตัวอย่างไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....26
ตารางที่ 19 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....27
ที่ 0 วัน
ตารางที่ 20 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....27
ที่ 7 วัน

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 21 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....28
ที่ 14 วัน
ตารางที่ 22 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....28
ที่ 21 วัน
ตารางที่ 23 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....29
ที่ 28 วัน
ตารางที่ 24 ผลการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในไก่บดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของขมิ้นชัน.....29
ตารางที่ 25 ค่าสี และความโปร่งใสของตัวอย่างฟิล์มที่เติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....31
ตารางที่ 26 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 0 วัน.....32
ตารางที่ 27 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 7 วัน.....32
ตารางที่ 28 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....33
ที่ 14 วัน
ตารางที่ 29 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....33
ที่ 21 วัน
ตารางที่ 30 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ.....34
ที่ 28 วัน
ตารางที่ 31 ผลการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อไก่บดที่ห่อฟิล์มขมิ้นชัน.....34

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 (ก) ข่าลิง (ข)ขมิ้นชัน ……...……8
ภาพที่ 2 ตัวอย่างขมิ้นชันที่ล้างทำความสะอาดและหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ……...……..12
ภาพที่ 3 การเตรียมตัวอย่างข่าลิงเพื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน……..……12
ภาพที่ 4 (ก) ตัวอย่างขมิ้นชัน ที่ผ่านการร่อนคัดขนาด 25 ไมโครเมตร…….13
(ข) ตัวอย่างข่าลิง ที่ผ่านการร่อนคัดขนาด 250 ไมโครเมตร
ภาพที่ 5 (ก) ตัวอย่างเนื้อไก่บด ……....15
(ข) ตัวอย่างเนื้อไก่บดที่มีการเติมสาร BHT
(ค) ตัวอย่างเนื้อไก่บดที่มีการเติมสารสกัดข่าลิง
ภาพที่ 6 (ก) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่ไม่มีการเติมสารสกัด……..20
(ข) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารBHT
(ค) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารสารสกัดข่าลิง
ภาพที่ 7 (ก) ตัวอย่างเนื้อไก่บดบด……25
(ข) ตัวอย่างเนื้อไก่บดที่มีการเติมสาร BHT
(ค) ตัวอย่างเนื้อไก่บดที่มีการเติมสารสกัดขมิ้นชัน
ภาพที่ 8 (ก) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่ไม่มีการเติมสารสกัด……....30
(ข) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารBHT
(ค) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารสกัดขมิ้นชัน

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การออกซิเดชันของไขมัน เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียทางเคมีของอาหาร ปัจจุบันมีการใช้สารต้านออกซิเดชันที่สกัดจากธรรมชาติแทนการสังเคราะห์ เนื่องจากมีรายงานความเป็นพิษของสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์บางชนิดในสัตว์ทดลอง ซึ่งพบว่าทำให้เซลล์ทำงานผิดปกติ และกลายเป็นมะเร็งเมื่อได้รับสารสังเคราะห์อย่างต่อเนื่องในปริมาณที่มากเกินไป สารเติมแต่งที่ใช้เป็นสารต้านออกซิเดชันในอุตสาหกรรมอาหารจะเป็นสารสังเคราะห์ เช่น พีจี (propyl gallate;PG) บีเอชเอ (butylated hydroxyanisole;BHA) และบีเอชที (butylated hydroxytoluene;BHT) แต่สารดังกล่าวเหล่านี้มีความเป็นพิษกับผู้บริโภคมากกว่าสารที่ได้จากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ จึงมีการจำกัดปริมาณการใช้และนิยมใช้สารสกัดจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมากกว่า การใช้สารต้านออกซิเดชันจากสารสังเคราะห์ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร (Madhavi and Salunkhe, 1997) ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความหลากหลายทางด้านอาหารประเทศหนึ่งของโลก โดยเฉพาะความหลากหลายของวัตถุดิบประเภทพืชผักพื้นเมืองที่คนไทยนำมาประกอบอาหารหรือใช้เป็นอาหารโดยตรง ซึ่งการมีพืชผักที่หลากหลายชนิดดังกล่าวนับเป็นข้อได้เปรียบของผู้บริโภคในการได้รับสารอาหารที่หลากหลายและตรงตามความต้องการของผู้บริโภคในแต่ละช่วงอายุและสถานะทางโภชนาการของแต่ละคน อันจะทำให้ร่างกายแข็งแรง ปราศจากโรคภัยไข้เจ็บอันเนื่องมาจากการขาดสารอาหารได้เป็นอย่างดี ซึ่งสารอาหารที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ ผู้บริโภคเลือกบริโภคผักพื้นบ้านเหล่านี้มีจุดประสงค์เพื่อจะได้รับสารต้านอนุมูลอิสระ (anti oxidants) ซึ่งเป็นสารที่มีโมเลกุลมีความสามารถในการขัดขวางการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของโมเลกุลของสารอื่น ๆ ได้ และเป็นที่ทราบกันแล้วว่าการเกิดปฏิกิริยา oxidants ขึ้นในเนื้อเยื่อใด ๆ ของร่างกายจะเป็นสาเหตุให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radicals) ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ต่าง ๆ ในทางที่เป็นผลเสียต่อร่างกายตามมา และอาจเป็นเหตุให้เซลล์ของร่างกายชำรุดเสียหาย และตายได้ และนอกจากพืชผักเหล่านี้จะมีสารต้านอนุมูลอิสระแล้ว บางชนิดยังมีคุณสมบัติในการต่อต้านการเกิดการอักเสบ (anti inflammation) ต้านแบคทีเรีย (anti bacteria) ต้านการกลายพันธุ์ (anti mutagen) และยังสามารถต้านการเกิดมะเร็ง (anti carcinogen) ได้อีกด้วย (Chanwitheesuk, 2005) พูลทรัพย์ และรัชนี (2552) กล่าวว่าการจัดกลุ่มชนิดของพืชผักที่ใช้ในการประกอบอาหารแบบดั้งเดิมของคนในภาคใต้นั้น พบว่า ขมิ้นชันจัดอยู่ในกลุ่มจังหวัดนครศรีธรรมราช นิยมนำมาแกงเผ็ด ส่วนผลข่าลิงจัดอยู่ในกลุ่มจังหวัดพัทลุงนิยมนำมาแกงคั่ว ผัดเผ็ด ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC พบว่า ขมิ้นชันมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง (26081.32 μmole TE/100 กรัม (น้ำหนักเปียก) ส่วนข่าลิง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระปานกลาง (6637.80 μmole TE/100 กรัม (น้ำหนักเปียก) และเมื่อทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่า ทั้งขมิ้นชันและข่าลิง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง คือมีค่าเท่ากับ 2806.05 และ 1908.30 μmole TE/100 กรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ ดังนั้นงานวิจัย

นี้จึงทำการศึกษาการใช้ประโยชน์จากข่าลิงและขมิ้นชันที่มีผลต่อประสิทธิภาพการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บด

1.2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 ทฤษฎี

เป็นที่ทราบดีว่าสารป้องกันการหืนหรือสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) หมายถึง สารที่สามารถชะลอจุดเริ่มต้นหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือออโตออกซิเดชัน (auto oxidant) ของไขมันอย่างช้า ๆ (นิธิยา, 2545) ซึ่งช่วยทำให้อาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบเกิดการหืนได้ช้าลง แต่ไม่สามารถทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วดีขึ้น (มณฑา ทิพย์, 2539) สารป้องกันการหืนสามารถพบได้ในอาหารโดยธรรมชาติ อีกทั้งยังสามารถเติมเข้าไปในผลิตภัณฑ์อาหารได้ หรืออาจเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตได้เช่นกัน ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีคุณภาพดีขึ้น รวมทั้งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อีกด้วย (Akoh and Min, 1998 อ้างโดย พรทวี, 2548) การเติมสารป้องกันการหืนลงในผลิตภัณฑ์อาหารควรพิจารณาถึงความสามารถในการละลายในไขมัน สารป้องกันการหืนจะต้องไม่มีผลต่อกลิ่นรสของอาหารตลอดช่วงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และจะต้องมีประสิทธิภาพอย่างน้อย 1 ปี ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นอกจากนี้จะต้องมีความคงตัวเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน รวมทั้งก่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Joseph and Anthony, 1995 อ้างโดย พรทวี, 2548) สารป้องกันการหืนที่ได้รับความนิยมกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ สารป้องกันการหืนสังเคราะห์ (synthetic antioxidant) เนื่องจากสารเหล่านี้มีความคงตัวสูง และสามารถนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายประเภท (Chi-tang et al., 1994) มีการอนุญาตให้เติมสารป้องกันการหืนลงในอาหารได้โดยได้รับการรับรองจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration, FDA) ว่าปลอดภัย ได้แก่ บีเอชเอ (butylated hydroxyanisole; BHA) บีเอชที (butylated hydroxytoluene; BHT) และ ทีบีเอชคิว (tertiary butyl hydroquinone; TBHQ) อย่างไรก็ตาม สารป้องกันการหืนสังเคราะห์ที่เติมลงไปในอาหารต้องอยู่ภายใต้การควบคุมของกฎหมาย เนื่องจากถ้าใช้ปริมาณมากกว่ามาตรฐานกำหนดไว้อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของร่างกายได้ (Hettiarachchy et al., 1996) นอกจากนี้ในหลายประเทศยังมีข้อจำกัดหรือมีการควบคุมการนำเข้าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารป้องกันการหืนสังเคราะห์ เพราะมีข้อสงสัยว่าอาจเป็นสารก่อมะเร็ง (Chen et al., 1992) จึงมีผลทำให้มีผู้บริโภคเริ่มมาสนใจสารป้องกันหืนจากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเชื่อว่ามีความปลอดภัยและมีผลดีต่อสุขภาพมากกว่าการใช้สารป้องกันการหืนสังเคราะห์ ส่งผลให้ความนิยมในการนำสารป้องกันการหืนสังเคราะห์มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารลด น้อยลง สารป้องกันการหืนจากธรรมชาติสามารถพบได้ในพืชผักพื้นบ้านโดยเฉพาะข่าลิงและขมิ้นชัน ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง (พูลทรัพย์และรัชนี, 2552) ดังนั้นแนวความคิดในการนำสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากผักพื้นบ้านเป็นสาร

ต้านออกซิเดชัน เนื่องจากมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ เพื่อช่วยสนับสนุนให้มีการใช้สารจากธรรมชาติแทนสารต้านการเกิดออกซิเดชันสังเคราะห์ได้อีกทางหนึ่ง

ผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่จะมีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบ เนื่องจากไขมันและน้ำมันมีบทบาทต่อเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์ แต่ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพได้ง่าย โดยเกิดการหืนในช่วงการเก็บรักษา เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันประเภทไม่อิ่มตัวได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านกลิ่น เช่น กลิ่นเหม็นหืน เนื่องจากสารจำพวกอัลดีไฮด์ คีโตน เป็นต้น ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ขั้นต้นในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นิธิยา, 2545) ซึ่งมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นรส ส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดการไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์นั้น เนื่องจากในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารผู้บริโภคจะตระหนักถึงความสดและกลิ่นรสเป็นปัจจัยสำคัญ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยมีการนำสารป้องกันการหืนมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร การเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันมากกว่าที่จะเกิดจากจุลินทรีย์ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่อยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ (free radical chain reaction) (นิธิยา, 2545) ปฏิกิริยานี้จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพเสื่อมลง เนื่องจากเกิดการสลายตัวของกรดไขมันจำเป็นในผลิตภัณฑ์อาหาร หรือการสลายตัวของวิตามินชนิดที่ละลายได้ในไขมัน เช่น วิตามินเอ ดี อี และเค เป็นต้น หรืออาจเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสและเนื้อสัมผัส นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะสีประเภทแคโรทีนอยด์ ไมโอโกลบิน แอนโทไซยานิน และคลอโรฟิลล์ เป็นต้น (ศิวาพร, 2546) ดังนั้นจึงทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง เพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้จึงมีวิธีการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยใช้สารป้องกันการหืนหรือสารต้านออกซิเดชันเติมในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ผลของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อผลิตภัณฑ์อาหารก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแก่อาหารหลายประการด้วยกันคือ

1). การทำลายโปรตีน

โปรตีน เปปไทด์ และกรดอะมิโน เป็นสารประกอบที่ค่อนข้างไวต่อสารเคมี และสภาวะต่าง ๆ ได้ง่าย มีผลทำให้โครงสร้างของโปรตีนเปลี่ยนไป (นิธิยา, 2545) ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีแสง รังสี โลหะไอออน เป็นตัวเร่ง จะเกิดสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์จะทำให้โปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง มีผลทำให้การทำงานเปลี่ยนไปโดยส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส สีความสามารถในการละลายน้ำของโปรตีนลดลง นอกจากนี้ยังมีผลต่อการสูญเสียคุณค่าอาหาร เนื่องจากสูญเสียกรดอะมิโนที่จำเป็น (Madhavi et al., 1996 อ้างโดย พรทวี, 2548)

2). การเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งเป็นกลิ่นที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ กลิ่นเหม็นหืนที่เกิดขึ้นจากสารจำพวกอัลดีไฮด์ หรือ คีโตน ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ตัวอย่างเช่น ในเนื้อสัตว์มักจะเกิดกลิ่นรสผิดปกติ เช่น กลิ่นเหม็นเขียว กลิ่นหืน กลิ่นไขมัน กลิ่นฉุน และกลิ่นรสผิดปกติอื่นๆ (Johnson et al., 1992 อ้างโดย พรทวี, 2548)

3) การสูญเสียวิตามิน

วิตามินที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันได้ เช่น วิตามินเอ เบต้าแคโรทีน วิตามินอี และซี เป็นต้น ซึ่งจะทำหน้าที่จับกับออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา ทำให้เกิดอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยาออกซิเดชันขั้นเริ่มต้น และเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่คงตัว ทำให้สามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ขั้นต่อเนื่องได้ ส่วนวิตามินเอ และวิตามินซี จะมีความไวต่อออกซิเจน ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงจากแสง เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการสูญเสียวิตามิน (Madhavi et al., 1996 อ้างโดย พรทวี, 2548)

4) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเม็ดสี

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์อาหาร จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากมาย โดยเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบในอาหาร เช่น เม็ดสี กรดอะมิโน เป็นต้น มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี และเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ตัวอย่างเช่น ในผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพืชจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเม็ดสี ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลเกิดขึ้น

1.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พรทวี (2548) ศึกษาปริมาณสารสกัดโรสแมรี่แห้งที่สกัดด้วยตัวทำละลายอะซิโตนในผลิตภัณฑ์กุนเชียงในปริมาณแตกต่างกัน คือ 0, 100, 200, 300 และ 400 พีพีเอ็ม โดยบรรจุในสภาวะปกติแบบเจาะรู (รูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร แต่ละด้านมี 4 รู) และสภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน การประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์กุนเชียงที่เติมสารสกัดโรสแมรี่ในปริมาณ 300 หรือ 400 ppm และบรรจุในสภาวะสุญญากาศ สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าที่บรรจุในสภาวะปกติแบบเจาะรู นอกจากนี้ผู้ทดสอบชิมมีการยอมรับรวมต่อผลิตภัณฑ์มากกว่า

Karpinska et al. (2001) พบว่าตัวอย่างลูกชิ้นไก่งวงที่มีเสจ (sage) ผสมอยู่ร้อยละ 1.5 จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ต่ำกว่าตัวอย่างลูกชิ้นไก่งวงที่มีเครื่องเทศผสมเสจ พริกไทยแดง พริกไทยดำ กระเทียม และมาร์จอแรม (marjoram) ผสมอยู่ร้อยละ 1.0 หลังจากการนำลูกชิ้นไปทอด และเก็บไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 4 วัน

บีเอชเอ เป็นวัตถุกันหืนที่นิยมใช้กันมากชนิดหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบ บีเอชเอที่มีการใช้กันส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารผสม -2- และ 3-เทอร์เชียรี-บิวทิล-4ไฮดรอกซีอะนิโซล (2-and 3-tert-butyl-4-hydroxyanisole) หรืออาจใช้ร่วมกับแกลเลต หรือบีเอชที เพื่อให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น มีการใช้บีเอชเอในอาหารประเภทที่มีไขมัน และน้ำมันเป็นส่วนผสมได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ อาหารทอดชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้ยังใช้ในนมผง มาการีน และเนย

แข็งผ่านกรรมวิธี ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้บีเอชเอในปริมาณไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร อาจใช้เพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับวัตถุกันหืนชนิดอื่นที่กำหนดไว้ โดยประสิทธิภาพของบีเอชเอจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นที่ใช้เพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพของบีเอชเอจะสูงสุดที่ประมาณความเข้มข้นร้อยละ 0.02 เท่านั้น ถึงแม้จะใช้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพก็มิได้เพิ่มขึ้นเลย ส่วนบีเอชที เป็นวัตถุกันหืนอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันเช่นเดียวกับบีเอชเอ แต่มีประสิทธิภาพดีกว่าเล็กน้อย และให้กลิ่นฟีนอล (phenol) เช่นเดียวกัน มักนิยมใช้ผสมกับวัตถุกันหืนชนิดอื่น เพื่อเสริมให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น นิยมใช้ในอาหารประเภท ไขมันสัตว์ น้ำมันพืช ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์ปลา และน้ำมันหอมระเหย (ศิวาพร, 2546)

Sung et al. (2013) ศึกษาประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันและต้านจุลินทรีย์ของการใช้สารสกัดจากผักใบเขียวในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยใช้ในปริมาณร้อยละ 0.1-0.5 น้ำหนัก/น้ำหนัก เปรียบเทียบกับการใช้บีเอชเอในปริมาณร้อยละ 0.1 และ 0.5 น้ำหนัก/น้ำหนัก พบว่า สารสกัดจากผักใบเขียวมีประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์ที่หลากหลาย แต่อย่างไรก็ตามการเติมสารสกัดจากผักใบเขียว มีผลทำให้สีของเนื้อหมูบดเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเติมสารสกัดจากผักใบเขียวในปริมาณร้อยละ 0.5 น้ำหนัก/น้ำหนัก ทำให้สีของเนื้อบดไม่พึงประสงค์

Na et al. (2012) ศึกษาประสิทธิภาพการต้านออกเดชันจากไขมันและโปรตีนของสารสกัดจากแบล็คเบอร์รีในเนื้อบดระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นโดยใช้ในปริมาณร้อยละ 0.05,0.10 และ 0.20 น้ำหนัก/น้ำหนัก พบว่าสารสกัดจากแบล็คเบอร์รีสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของโปรตีนและไขมันได้ดีตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา

Zhang et al. (2013) ศึกษาผลของการใช้เสจต่อการเกิดออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์กุนเชียงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยใช้ในปริมาณร้อยละ 0.05,0.10 และ 0.15 น้ำหนัก/น้ำหนัก พบว่าเสจสามารถช่วยลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโปรตีนและไขมันได้ โดยทำให้ค่า TBRS ลดลง

วารินทร์ (2549) กล่าวว่าเนื้อหมูที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสมาโปรตีนต้านจุลินทรีย์ประเภทเกลือของกรดอินทรีย์ ไนซิน และไลโซไซม์ มีคุณภาพของเนื้อหมูต่ำกว่า ทั้งปริมาณความชื้น purge และค่าสี (L และ ΔE) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพอลิเอทิลีน แต่เนื้อหมูที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสมาโปรตีนต้านจุลินทรีย์จะมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ดีกว่าทั้ง aerobic plate count bacteria, phycrotrophic bacteria, lactic acid ได้ดีกว่ แบคทีเรีย ยีสต์และรา เนื้อหมูที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มที่ประกอบด้วยเกลือของกรดอินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (ร้อยละ 1.5) ที่ให้ผลการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ aerobic plate count bacteria, phycrotrophic bacteria, และ yeast & mould ได้ดีที่สุดคือ โซเดียมโพรพิโอเนต ในขณะที่โพแทสเซียมซอร์เบตสามารถยับยั้งการเจริญของ lactic acid bacteria แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าประสิทธิภาพการยับยั้งจุลินทรีย์ของฟิมล์พลาสมาโปรตีนที่ประกอบด้วยเกลือของกรดอินทรีย์ต่างชนิดกัน ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

พูลทรัพย์ และ รัชนี (2552) กล่าวว่าชนิดของพืชผักที่ใช้ในการประกอบอาหารแบบดั้งเดิมของคนในภาคใต้ ขมิ้นชันจัดอยู่ในกลุ่มจังหวัดนครศรีธรรมราช นิยมนำมาแกงเผ็ด ส่วนข่าลิงจัดอยู่ในกลุ่มจังหวัดพัทลุงนิยมนำมาแกงคั่ว ผัดเผ็ด ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC พบว่า ขมิ้นชันมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง (26081.32 μmole TE/100 กรัม (น้ำหนักเปียก) ส่วนข่าลิง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระปานกลาง (6637.80 μmole TE/100 กรัม (น้ำหนักเปียก) และเมื่อทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าทั้งขมิ้นชันและข่าลิง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง คือมีค่าเท่ากับ 2806.05 และ 1908.30 μmole TE/100 กรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี สกัดสารประกอบฟีนอลิกและวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข่าลิงและขมิ้นชัน

1.3.2 ศึกษาผลและอิทธิพลของความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันของการใช้สารประกอบฟีนอลิกที่สกัดจากข่าลิงและขมิ้นชันในระดับที่แตกต่างกันในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บดที่อุณหภูมิต่ำที่มีผลต่อคุณภาพและการเกิดออกซิเดชัน

1.3.3ศึกษาผลและอิทธิพลของความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพของการใช้แผ่นฟิล์มต้านการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากข่าลิงและขมิ้นชันในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บด

1.4 หลักการ ทฤษฎี ตัวแบบ แนวเหตุผล หรือสมมุติฐาน

สารป้องกันการหืนหรือสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) หมายถึง สารที่สามารถชะลอจุดเริ่มต้นหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือออโตออกซิเดชัน (auto oxidant) ของไขมันอย่างช้า ๆ (นิธิยา , 2545) ซึ่งช่วยทำให้อาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบเกิดการหืนได้ช้าลง แต่ไม่สามารถทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วดีขึ้น (มณฑาทิพย์, 2539) สารป้องกันการหืนสามารถพบได้ในอาหารโดยธรรมชาติ อีกทั้งยังสามารถเติมเข้าไปในผลิตภัณฑ์อาหารได้หรืออาจเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตได้เช่นกัน ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีคุณภาพดีขึ้น รวมทั้งยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อีกด้วย (Akoh and Min, 1998 อ้างโดย พรทวี, 2548) การเติมสารป้องกันการหืนลงในผลิตภัณฑ์อาหารควรพิจารณาถึงความสามารถในการละลายในไขมัน สารป้องกันการหืนจะต้องไม่มีผลต่อกลิ่นรสของอาหารตลอดช่วงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และจะต้องมีประสิทธิภาพอย่างน้อย 1 ปี ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นอกจากนี้จะต้องมีความคงตัวเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน รวมทั้งก่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Joseph and Anthony, 1995 อ้างโดย พรทวี, 2548) สารป้องกันการหืนที่ได้รับความนิยมกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ สารป้องกันการหืนสังเคราะห์ (synthetic antioxidant) เนื่องจากสารเหล่านี้มีความคงตัวสูง และสามารถนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายประเภท (Chi-tang et al., 1994) มีการอนุญาตให้เติมสารป้องกันการหืนลงในอาหารได้โดยได้รับการรับรองจาก

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration, FDA) ว่าปลอดภัย ได้แก่ บีเอชเอ (butylated hydroxyanisole; BHA) บีเอชที (butylated hydroxytoluene; BHT) และ ทีบีเอชคิว (tertiary butyl hydroquinone; TBHQ) อย่างไรก็ตาม สารป้องกันการหืนสังเคราะห์ที่เติมลงไปในอาหารต้องอยู่ภายใต้การควบคุมของกฎหมาย เนื่องจากถ้าใช้ปริมาณมากกว่ามาตรฐานกำหนดไว้อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของร่างกายได้ (Hettiarachchy et al., 1996) นอกจากนี้ในหลายประเทศยังมีข้อจำกัดหรือมีการควบคุมการนำเข้าผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารป้องกันการหืนสังเคราะห์ เพราะมีข้อสงสัยว่าอาจเป็นสารก่อมะเร็ง (Chen et al., 1992) จึงมีผลทำให้มีผู้บริโภคเริ่มมาสนใจสารป้องกันหืนจากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเชื่อว่ามีความปลอดภัยและมีผลดีต่อสุขภาพมากกว่าการใช้สารป้องกันการหืนสังเคราะห์ ส่งผลให้ความนิยมในการนำสารป้องกันการหืนสังเคราะห์มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารลด น้อยลง สารป้องกันการหืนจากธรรมชาติสามารถพบได้ในพืชผักพื้นบ้าน โดยเฉพาะข่าลิงและขมิ้นชัน ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง (พูลทรัพย์ และรัชนี, 2552) ดังนั้นแนวความคิดในการนำสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากผักพื้นบ้านเป็นสารต้านออกซิเดชัน เนื่องจากมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ เพื่อช่วยสนับสนุนให้มีการใช้สารจากธรรมชาติแทนสารต้านการเกิดออกซิเดชันสังเคราะห์ได้อีกทางหนึ่ง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาและดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อการนำพืชท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์ในด้านการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ป้องกันการออกซิเดชันของไขมันซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียทางเคมีของอาหาร โดยเป็นการใช้สารต้านออกซิเดชันที่สกัดจากธรรมชาติแทนการใช้สารสังเคราะห์ นอกจากนี้ยังสามารถนำผลงานวิจัยที่สำเร็จแล้วเผยแพร่ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ พร้อมทั้งในงานประชุมวิชาการต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยสร้างชื่อเสียงแก่มหาวิทยาลัย

1.5.1 เกิดองค์ความรู้ด้านนวัตกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บด

1.5.2 เกิดการพัฒนานวัตกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บดสู่เศรษฐกิจภายนอก

1.5.3 หน่วยงานภาครัฐและผู้ประกอบการ สามารถนำผลการดำเนินงานไปเป็นข้อมูลในการขยายตลาดนวัตกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บดสู่ตลาดโลก

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 ข่าลิง

ข่าลิงเป็นพันธุ์ไม้ป่าของเมืองไทยแต่เป็นข่าขนาดเล็ก (ภาพที่ 1ก) ลำต้นขึ้นเป็นกอเกิดจากหัวหรือเหง้าจากใต้ดิน สูงประมาณ 30-50 เซนติเมตร ใบบางสีเขียวรีรูปหอก ปลายใบแหลม กว้างประมาณ 3-4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 8 เซนติเมตร ก้านใบยาว ทำหน้าที่เป็นกาบหุ้มต้น ออกใบสลับทิศทางในระนาบเดียวกัน ต้น หัว หรือใบ มีกลิ่นฉุนแรง และมีรสเย็นกว่าข่าชนิดอื่น ดอกมีขนาดเล็กออกเป็นช่อ ตรงบริเวณส่วนยอดของลำต้นเป็นสีส้มสีเหลือง มองคล้ายละอองอัญมณีพราวระยับงดงามจับตามาก ช่อดอกหนึ่งๆ ยาวประมาณ 10-20 เซนติเมตรหรือยาวกว่านั้น เมื่อดอกแก่เต็มที่หรือบานใกล้จะหมดช่อแล้ว

ช่อดอกของข่าลิงจะโค้งห้อยลง มีชื่อวิยาศาสตร์ *Alpinia conchigera* Griff. ชื่อพฤกษศาสตร์ Alpinia officinarum. ชื่อสามัญ Jewelly Ginger.อยู่ในวงศ์ ZINGIBERACEAE (The Ginger Family) ชื่ออื่น เช่น กูวะกือติง และ ชื่อไทยพื้นเมืองคือ ข่าเล็ก (www.kanchanapisek.or.th) (ภาพที่ 1)

1.6.2 ขมิ้นชัน

ขมิ้นชันเป็นพืชในวงศ์เดียวกับขิง ข่า กระวานเทศ และกระชาย (ภาพที่ 1ข) มีกำเนิดและปลูกแพร่หลายในเอเชียใต้และตะวันออกเฉียงใต้ มีการนำไปปลูกในจีน และไปไกลถึงฮาวาย และเกาะอีสเตอร์ นอกจากนำเหง้ามาทำแห้งบดเป็นขมิ้นชันผงใช้เป็นเครื่องเทศใช้แต่งกลิ่น และผสมในผงกะหรี่และมัสตาร์ดแล้ว ยังใช้เป็นสีย้อมผ้าฝ้าย ไหม และขนสัตว์ด้วย โดยนำเหง้าขมิ้นชันไปต้มในน้ำเล็กน้อย แล้วบดเปียก จะได้สีเหลือง หากต้องการสีแดงหรือน้ำตาลแดง ก็เพียงใส่น้ำปูนใส (ด่าง) ลงไป มีชื่อไทยคือขมิ้นชัน ชื่อสามัญ Turmeric และชื่อพฤกษศาสตร์ *Curcuma longa* Lอยู่ในวงศ์ ZINGIBERACEAE ลักษณะทางพฤกษศาสตร์เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นใต้ดินหรือเหง้า ประกอบด้วยแง่งหลักที่เรียกว่าแง่งแม่ แขนงที่แตกออกมาจากแง่งแม่ถ้ามีลักษณะกลมเรียกว่าหัวแต่ถ้ามีลักษณะยาวคล้ายนิ้วมือเรียกว่านิ้ว ขมิ้นชันจะมีเหง้าเล็กกว่าขมิ้นอ้อย มีกลิ่นหอม ใบเป็นใบเดี่ยวออกสลับกัน อยู่รวมกันเป็นกอ ซึ่งขึ้นมาจากเหง้า ใบมีลักษณะเรียวยาวปลายใบแหลม ขมิ้นชันมีใบยาวเรียวแหลมกว่าขมิ้นอ้อย ด้านล่างของใบมีเส้นใบเห็นได้ชัดเจน ออกดอกเป็นช่อ โดยแทงออกมาจากเหง้าบริเวณใจกลางกลุ่มใบ ลักษณะช่อดอกคล้ายทรงกระบอก ประกอบด้วยดอกย่อย ซึ่งดอกย่อยของขมิ้นชันมีสีเหลืองอ่อนถูกหุ้มด้วยกลีบเลี้ยงหรือกลีบประดับ สีเขียวอมชมพู ส่วนดอกย่อยของขมิ้นอ้อยมีสีขาว มีกลีบเลี้ยงสีชมพูอ่อนๆ พบได้ทุกภาคของประเทศไทย (www.rspg.or.th)

(ก)

(ข)

ภาพที่ 1 (ก) ข่าลิง (ข) ขมิ้นชัน

บทที่ 2 เนื้อเรื่องและข้อวิจารณ์

2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

2.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

2.1.1.1 ตัวอย่างขมิ้นชัน นำไปล้างน้ำให้สะอาด และหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ หลังจากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ชั่งน้ำหนักตัวอย่างและวิเคราะห์ค่าความชื้นด้วยเครื่องอินฟาเรด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง (ความชื้นไม่เกินร้อยละ 10)

2.1.1.2 ตัวอย่างข่าลิง โดยเลือกเอาเฉพาะผลข่าลิงที่ไม่แก่และไม่อ่อนจนเกินไป ล้างน้ำให้สะอาด ชั่งน้ำหนักตัวอย่างและวิเคราะห์ค่าความชื้นด้วยเครื่องอินฟาเรด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน (ความชื้นไม่เกินร้อยละ 10)

2.1.1.3 นำตัวอย่างขมิ้นชันและข่าลิงที่ได้จากข้อ 2.1.1.1 และ 2.1.1.2 มาบดด้วยเครื่องบดละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด mesh no.60 เก็บตัวอย่างที่ผ่านการคัดขนาดในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิห้อง ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้น และทำการสกัด

2.1.1.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข่าลิงและขมิ้นชัน

นำตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2.1.1.3 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ) ดังนี้ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า ปริมาณเยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต

2.1.1.5 การสกัดข่าลิงและขมิ้นชันด้วยวิธีการใช้อัลตราซาวด์ช่วยสกัด (สุภาษิต และฌานิกา, 2560) ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมมาแล้ว 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 โดยปริมาตรลงไป 150 มิลลิลิตร (ตัวอย่างต่อตัวทำละลายเป็น 1:30 กรัมต่อมิลลิลิตร) สกัดด้วยเครื่องอัลตร้าโซนิค (VG-1860QTD กำลัง 150 วัตต์ 40 กิโลเฮิร์ทซ์) โดยตั้งค่าอุณหภูมิเครื่องที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที แล้วนำตัวอย่างสารละลายที่ได้ไปแยกส่วนใสกับตะกอนออกโดยกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปทำแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สารสกัดที่ได้นำไปวิเคราะห์ปริมาณฟีโนลิกโดยทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

2.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Yingngam et al., 2014)

2.1.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ดัดแปลงจาก Yingngam et al., 2014)

2.1.4 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

นำเนื้อไก่บดบดที่ผสมสารสกัดจากข่าลิง และขมิ้นชันที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 มาเปรียบเทียบกับเนื้อไก่บด และเนื้อไก่บดที่เติมสาร BHT ร้อยละ 0.3 โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศา

เซลเซียส จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสทุกวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28

2.1.4.1 วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี

2.1.4.2 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

2.1.4.3 ทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบในเรื่องกลิ่นหืนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดด้วยการดมกลิ่นแบบ Multiple comparison test โดยการทดสอบจะให้ผู้ทดสอบระบุคะแนนของกลิ่นหืนที่ได้รับรู้ โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างอย่างอิง (Reference, R) ซึ่งตัวอย่างเปรียบเทียบจะใช้เนื้อไก่บดที่เติม BHT ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก เก็บที่สภาวะ และเวลาเดียวกันกับตัวอย่างที่ทดลอบ โดยแบ่งระดับคะแนนเป็น 9 ระดับ คือ 1 = มีกลิ่นหืนมากที่สุด ถึง 9 = มีกลิ่นหืนน้อยที่สุด

2.2 ผลการวิจัยและวิจารณ์

2.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี สกัดสารประกอบฟีนอลิกและวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข่าลิงและขมิ้นชัน

2.2.1.1 เก็บตัวอย่างขมิ้นชัน และข่าลิง โดยตัวอย่างขมิ้นชันซื้อจากตลาดพืชผล อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช และลงพื้นที่เก็บตัวอย่างข่าลิงจาก อำเภอนบพิตำ และอำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยการนำขมิ้นชัน ไปล้างน้ำให้สะอาด และหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ (ดังแสดงในภาพที่ 2) หลังจากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ชั่งน้ำหนักตัวอย่างและวิเคราะห์ค่าความชื้นด้วยเครื่องอินฟาเรด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง (ความชื้นไม่เกินร้อยละ 10) ส่วนข่าลิงนำไปล้างทำความสะอาด (ดังแสดงในภาพที่ 3) และชั่งน้ำหนักตัวอย่างและวิเคราะห์ค่าความชื้นด้วยเครื่องอินฟาเรด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง (ความชื้นไม่เกินร้อยละ 10) เช่นกัน ซึ่งสามารถเก็บตัวอย่างขมิ้นชัน และข่าลิงคิดเป็นผลได้ (yield) ดังแสดงในตารางที่ 1

ภาพที่ 2 ตัวอย่างขมิ้นชันที่ล้างทำความสะอาดและหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ

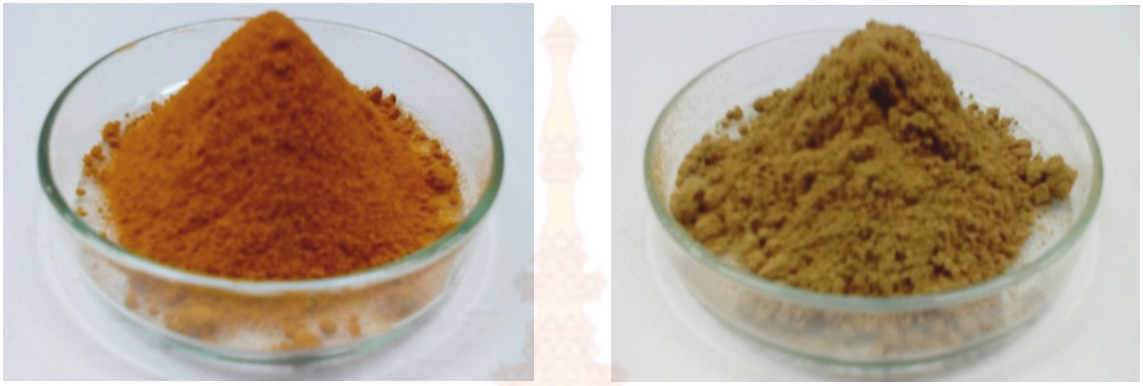
ภาพที่ 3 การเตรียมตัวอย่างข่าลิงเพื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อน

ตารางที่ 1 ผลการเตรียมตัวอย่างขมิ้นชัน และข่าลิงคิดเป็นผลได้ทั้งหมด (yield)

ตัวอย่าง	น้ำหนักสด (kg)	น้ำหนักแห้ง (kg)	ผลได้ (yield)
1. ขมิ้นชัน	27.4	5.00	18.25
2. ข่าลิง	55.7	10.54	18.92

2.2.1.2 ผลการทดลองเมื่อนำขมิ้นชัน และข่าลิงที่ผ่านการคัดร่อนขนาด 250 ไมโครเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นทางเคมีโดยนำไปวิเคราะห์หาความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้นแบบอินฟราเรด ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า ปริมาณ

โปรตีน แลเส้นใยอาหารและค่าพีเอช (AOAC, 2000) และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (การคำนวณ) (ปรีดา ภูมี, 2555) (การคำนวณ) ดังแสดงในตารางที่ 2



(ก) (ข)

ภาพที่ 4 (ก) ตัวอย่างขมิ้นชัน ที่ผ่านการร่อนคัดขนาด 250 ไมโครเมตร
(ข) ตัวอย่างข่าลิง ที่ผ่านการร่อนคัดขนาด 250 ไมโครเมตร

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของขมิ้นชันและข่าลิง

ตัวอย่าง	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)						
	ความชื้น	ไขมัน	เถ้า	โปรตีน	เยื่อใย	คาร์โบไฮเดรต	พีเอช
ขมิ้นชัน	11.25±0.17	0.83±0.19	3.89±0.03	5.20±0.07	5.78±0.37	78.80±0.08	5.71±0.01
ข่าลิง	11.70±0.35	1.09±0.13	8.26±0.14	7.28±0.02	19.72±0.87	71.58±0.57	4.53±0.01

หมายเหตุ : คาร์โบไฮเดรตคำนวณได้ดังนี้

คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = น้ำหนักแห้ง – (โปรตีน + ไขมัน + เถ้า)
หมายเหตุ : น้ำหนักแห้ง =100 – ความชื้น

2.2.1.3 ผลการหาค่าพีเอชของตัวอย่างขมิ้นชันและข่าลิงที่ผ่านการทำแห้ง ได้ค่าเป็นดังนี้ 5.48±0.01 และ 5.18±0.01 ตามลำดับ

2.2.1.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีโนลิก ของข่าลิงและขมิ้นชัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และปริมาณฟีโนลิก (TPC)

ตัวอย่าง	ค่าสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) mg vitamin C/g DW	ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด (TPC) mg gallic /g DW
ขมิ้นชัน	43.33± 0.09	3.02±0.06
ข่าลิง	41.18± 0.23	2.38±0.08

ผลการทดลองในตารางที่ 3 พบว่าขมิ้นชัน มีปริมาณปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และปริมาณฟีโนลิก (TPC) มากกว่าข่าลิง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของพูลทรัพย์ และ รัชนี (2552) ที่พบว่าผลจากการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC พบว่า ขมิ้นชันมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง (26081.32 μmole TE/100 กรัม (น้ำหนักเปียก) ส่วนข่าลิง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระปานกลาง (6637.80 μmole TE/100 กรัม (น้ำหนักเปียก) และเมื่อทำการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่า ทั้งขมิ้นชันและข่าลิง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง คือมีค่าเท่ากับ 2806.05 และ 1908.30 μmole TE/100 กรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ

2.2.2 ศึกษาผลและอิทธิพลของความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันของการใช้สารประกอบฟีนอลิกที่สกัดจากข่าลิงและขมิ้นชันในระดับที่แตกต่างกันในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บดที่อุณหภูมิต่ำที่มีผลต่อคุณภาพและการเกิดออกซิเดชัน

2.2.2.1 ผลการใช้สารประกอบฟีนอลิกที่สกัดจากข่าลิง

นำเนื้อไก่บดที่ผสมสารสกัดจากข่าลิงที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 มาเปรียบเทียบกับเนื้อไก่บด และเนื้อไก่บดที่เติมสาร BHT ร้อยละ 0.3 (ภาพที่ 5) ทำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสทุกวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-10

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5 (ก) ตัวอย่างเนื้อไก่บด
(ข) ตัวอย่างเนื้อไก่บดที่มีการเติมสาร BHT
(ค) ตัวอย่างเนื้อไก่บดที่มีการเติมสารสกัดข่าลิง

ตารางที่ 4 ค่าสีของตัวอย่างไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ระเวลา (วัน)	0			7			14			21			28		
ชื่อตัวอย่าง	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***
เนื้อไก่บด	55.49 ± 0.07^{c}	2.84 ±0.04^{d}	14.53 ±0.06^{d}	59.85 ±0.02^{a}	2.27 ±0.02^{a}	14.59 ±0.07^{ab}	55.64 ±0.03^{a}	1.95 ±1.35^{a}	15.25 ±0.05^{a}	54.29 ±0.01^{a}	0.69 ±0.02^{b}	16.07 ±0.03^{ab}	56.81 ±0.01^{b}	1.13 ± 0.03^{d}	14.14 ±0.05^{e}
เนื้อไก่บดที่+ BHT	57.39 ± 0.10^{a}	2.17 ±0.07^{e}	15.36 ±0.03^{b}	61.21 ±0.03^{a}	2.35 ±0.02^{a}	14.06 ±0.02^{a}	55.6 ±0.20^{a}	0.51 ±0.51^{a}	15.07 ±0.04^{a}	56.33 ±0.02^{a}	0.82 ±0.03^{b}	16.51 ±0.43^{a}	56.65 ±0.90^{b}	0.35 ± 0.04^{e}	15.31 ±0.04^{a}
เนื้อไก่บด+สารสกัดข่าลิง0.1%	57.32 ± 0.01^{a}	2.99 ±0.12^{c}	14.89 ±0.05^{c}	57.71 ±0.06^{a}	2.00 ±0.02^{a}	13.39 ±0.02^{c}	56.87 ±0.03^{a}	2.50 ±2.50^{a}	14.84 ±0.03^{a}	56.48 ±0.02^{a}	2.50 ±0.50^{a}	14.70 ±0.32^{c}	58.37 ±0.02^{a}	2.37 ± 0.07^{b}	14.97 ±0.05^{b}
เนื้อไก่บด+สารสกัดข่าลิง 0.2%	55.75 ± 0.05^{b}	3.90 ±0.07^{b}	14.93 ±0.03^{c}	58.73 ±0.02^{a}	3.55 ±0.05^{a}	13.99 ±0.09^{bc}	55.29 ±0.02^{a}	2.89 ±2.89^{a}	15.44 ±0.03^{a}	54.14 ±0.03^{a}	2.47 ±0.19^{a}	15.31 ±0.02^{bc}	58.40 ±0.02^{a}	2.10 ± 0.05^{c}	14.34 ±0.05^{d}
เนื้อไก่บด+สารสกัดข่าลิง 0.3%	55.52 ± 0.05^{c}	4.58 ±0.01^{a}	15.60 ±0.03^{a}	58.55 ±0.04^{a}	4.47 ±0.09^{a}	14.31 ±0.04^{ab}	57.76± 0.02^{a}	2.66 ±2.66^{a}	15.26 ±0.05^{a}	56.00 ±0.60^{a}	2.64 ±0.03^{a}	15.82 ±0.57^{b}	58.16 ±0.02^{a}	2.77 ±0.03^{a}	14.65 ±010^{c}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 0 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บด				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	8.5±0.21[a]	8.5±0.32[a]	7.5±0.20[a]	8.5±0.21[a]	8.4±0.10[a]
BHT	8.7±0.21[a]	8.2±0.10[a]	7.4±0.10[a]	8.6±0.25[a]	8.4±0.10[a]
ข่าลิง 0.1%	8.6±0.31[a]	8.0±0.31[a]	7.4±0.10[a]	8.6±0.31[a]	8.6±0.26[a]
ข่าลิง 0.2%	8.6±0.26[a]	8.0±0.40[a]	7.4±0.10[a]	8.5±0.15[a]	8.6±0.31[a]
ข่าลิง 0.3%	8.6±0.25[a]	8.4±0.36[a]	7.6±0.20[a]	8.5±0.21[a]	8.6±0.26[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 7 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บด				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	7.5±0.10[a]	7.0±0.10[c]	7.3±0.10[a]	7.1±0.10[a]	7.2±0.10[a]
BHT	7.6±0.20[a]	7.1±0.10b[c]	6.6±0.35[b]	7.2±0.72[a]	7.4±0.36[a]
ข่าลิง 0.1%	7.6±0.10[a]	7.2±0.10[b]	7.1±0.17[a]	7.3±0.10[a]	7.6±0.46[a]
ข่าลิง 0.2%	7.7±0.06[a]	7.4±0.10[a]	7.2±0.10[a]	7.4±0.40[a]	7.6±0.10[a]
ข่าลิง 0.3%	7.6±0.20[a]	7.5±0.10[a]	7.4±0.40[a]	7.4±0.06[a]	7.6±0.53[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 14 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บด				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	5.7±0.10^{c}	5.4±0.36^{a}	4.6±0.10^{b}	5.2±0.17^{b}	5.5±0.17^{b}
BHT	6.0±0.20^{bc}	5.5±0.10^{a}	4.9±0.17^{b}	5.5±0.20^{b}	5.6±0.10^{b}
ข่าลิง 0.1%	6.2±0.10^{ab}	5.6±0.40^{a}	6.2±0.26^{a}	6.2±0.17^{a}	6.2±0.26^{a}
ข่าลิง 0.2%	6.5±0.26^{a}	5.6±0.26^{a}	6.1±0.15^{a}	6.2±0.26^{a}	6.4±0.10^{a}
ข่าลิง 0.3%	6.5±0.10^{a}	5.6±0.10^{a}	6.3±0.10^{a}	6.2±0.26^{a}	6.5±0.36^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 8 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 21 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดบด				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	4.3±0.30^{b}	4.1±0.25^{d}	3.8±0.30^{b}	3.2±0.10^{c}	4.0±0.10^{c}
BHT	4.6±0.26^{ab}	4.2±0.17^{cd}	4.3±0.26^{a}	3.3±0.26^{c}	4.2±0.17^{bc}
ข่าลิง 0.1%	4.7±0.10^{ab}	4.4±0.17^{bc}	4.4±0.10^{a}	4.3±0.17^{b}	4.4±0.10^{b}
ข่าลิง 0.2%	4.8±0.26^{a}	4.6±0.10^{b}	4.6±0.10^{a}	4.7±0.10^{a}	4.9±0.26^{a}
ข่าลิง 0.3%	4.9±0.17^{a}	5.0±0.10^{a}	4.7±0.26^{a}	4.7±0.10^{a}	5.0±0.10^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 28 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดบด				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	3.4±0.26^{c}	3.3±0.36^{b}	3.4±0.40^{c}	3.0±0.20^{c}	3.0±0.17^{c}
BHT	4.2±0.10^{b}	3.4±0.30^{b}	4.0±0.10^{b}	3.2±0.17^{c}	3.3±0.10^{b}
ข่าลิง 0.1%	4.4±0.10^{ab}	3.7±0.10^{ab}	4.6±0.17^{a}	3.6±0.10^{b}	4.4±0.26^{a}
ข่าลิง 0.2%	4.6±0.17^{a}	4.1±0.10^{a}	4.6±0.20^{a}	3.6±0.30^{b}	4.2±0.10^{a}
ข่าลิง 0.3%	4.6±0.30^{a}	4.1±0.17^{a}	4.6±0.10^{a}	4.0±0.10^{a}	4.4±0.10^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 10 ผลการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในไก่บดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของข่าลิง

	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)				
เวลา (วัน)	BHT	0%	ข่าลิง 0.1%	ข่าลิง 0.2%	ข่าลิง 0.3%
0	$1.2x10^{2}$	$4.4x10^{1}$	$1.7x10^{2}$	$9.8x10^{2}$	$1.4x10^{3}$
7	$2.4x10^{3}$	$6.8x10^{4}$	$4.5x10^{2}$	$4.1x10^{3}$	$1.6x10^{3}$
14	$2.7x10^{3}$	$5.6x10^{4}$	$5.7x10^{3}$	$2.5x10^{4}$	$5.4x10^{4}$
21	$3.5x10^{4}$	$3.3x10^{6}$	$1.7x10^{4}$	$8.3x10^{4}$	$4.6x10^{5}$
28	$8.6x10^{6}$	$8.4x10^{7}$	$8.5x10^{5}$	$8.3x10^{4}$	$4.3x10^{6}$

2.2.2.2 ศึกษาผลและอิทธิพลของความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพของการใช้แผ่นฟิล์มต้านการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากข่าลิงในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บด

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ฟิล์ม(เพื่อห่อเนื้อไก่บด เปรียบเทียบกันระหว่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่ไม่มีการเติมสารสกัด (ควบคุม) ผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารBHT ร้อยละ 0.3 และผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารสกัดข่าลิงความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 (ภาพที่ 6) ทำการห่อเนื้อไก่บดด้วยผลิตภัณฑ์ฟิล์มดังกล่าว นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสทุกวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 11-17

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 6 (ก) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่ไม่มีการเติมสารสกัด
(ข) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารBHT
(ค) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารสารสกัดข่าลิง

ตารางที่ 11 ค่าสีตัวอย่างฟิล์มที่เติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ระยะเวลา (วัน)	0			7			14			21			28		
ชื่อตัวอย่าง	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***
ฟิล์ม Control	55.96 ±0.02^{c}	2.26 ±0.03^{c}	13.61 ±0.01^{c}	36.63 ±0.02^{a}	10.43 ±0.03^{b}	15.96 ±0.01^{a}	31.50 ±0.11^{d}	8.22 ± 0.01^{b}	13.01 ±0.10^{e}	38.35 ±0.04^{a}	8.71 ± 0.03^{a}	14.06 ±0.01^{a}	36.77 ±0.03^{a}	7.77 ± 0.06^{b}	15.54 ±0.09^{a}
ฟิล์มที่เติมสาร BHT	54.55 ±0.02^{c}	2.12 ±0.05^{d}	14.77 ±0.04^{a}	35.55 ±0.05^{d}	10.69 ±0.02^{a}	15.81 ±0.04^{b}	35.84 ±0.01^{b}	7.51 ± 0.03^{d}	16.25 ±0.12^{a}	34.88 ±1.77^{b}	8.38 ± 0.04^{b}	13.24 ±0.09^{b}	33.65 ±0.04^{c}	8.48 ± 0.04^{a}	12.69 ±0.09^{c}
ฟิล์มที่เติมสารสกัดข่าลิง 0.1%	55.64 ±0.04^{a}	1.83 ±0.15^{e}	13.71 ±0.02^{d}	36.44 ±0.09^{b}	10.52 ±0.01^{e}	13.17 ±0.02^{e}	41.63 ±0.04^{a}	4.78 ± 0.03^{e}	13.85 ±0.18^{b}	35.50 ±0.10^{b}	7.37 ± 0.01^{d}	11.18 ±0.05^{e}	35.24 ±0.08^{b}	7.09 ± 0.11^{d}	12.37 ±0.04^{d}
ฟิล์มที่เติมสารสกัดข่าลิง 0.2%	56.31 ±0.05^{d}	4.26 ±0.01^{a}	13.84 ±0.03^{c}	36.15 ±0.05^{c}	10.65 ±0.02^{d}	15.51 ±0.04^{c}	31.03 ±0.03^{e}	7.90 ± 0.12^{c}	13.57 ±0.02^{c}	34.92 ±0.08^{b}	8.00 ± 0.13^{c}	11.52 ±0.07^{d}	33.56 ±0.04^{d}	8.56 ± 0.03^{a}	13.86 ±0.04^{b}
ฟิล์มที่เติมสารสกัดข่าลิง 0.3%	56.50 ±0.03^{b}	3.27 ± 0.02^{b}	14.27 ±0.04^{b}	33.24 ±0.01^{e}	10.14 ±0.02^{c}	14.23 ±0.03^{d}	32.65 ±0.02^{c}	8.93 ± 0.01^{a}	13.03 ±0.03^{d}	34.54 ±0.02^{b}	6.81 ± 0.02^{e}	12.09 ±0.05^{c}	31.02 ±0.01^{e}	7.53 ± 0.09^{c}	10.48 ±0.05^{e}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

ตารางที่ 12 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 0 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของฟิล์ม				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	8.3±0.20[a]	7.8±0.21[b]	7.2±0.10[b]	7.6±0.10[b]	7.9±0.10[b]
BHT	8.4±0.15[a]	7.8±0.17[b]	7.4±0.10[b]	7.6±0.20[b]	8.0±0.35[b]
ข่าลิง 0.1%	8.4±0.12[a]	8.2±0.10[a]	8.0±0.26[a]	8.3±0.23a	8.4±0.15[a]
ข่าลิง 0.2%	8.4±0.15[a]	8.3±0.06[a]	8.1±0.26[a]	8.3±0.06[a]	8.4±0.12[a]
ข่าลิง 0.3%	8.5±0.21[a]	8.4±0.12[a]	8.2±0.10[a]	8.3±0.10[a]	8.5±0.25[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 13 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 7 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของฟิล์ม				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	7.2±0.10[b]	7.7±0.10[b]	7.4±0.10[b]	7.6±0.17[a]	7.6±0.35[a]
BHT	7.4±0.17[ab]	8.0±0.26[ab]	7.4±0.17[b]	7.6±0.20[a]	7.7±0.15[a]
ข่าลิง 0.1%	7.5±0.20[a]	8.1±0.30[a]	8.0±0.20[a]	7.8±0.15[a]	7.9±0.10[a]
ข่าลิง 0.2%	7.5±0.10[a]	8.3±0.17[a]	8.1±0.30[a]	7.9±0.20[a]	7.9±0.17[a]
ข่าลิง 0.3%	7.6±0.10[a]	8.3±0.10[a]	8.2±0.10[a]	8.0±0.40[a]	8.0±0.51[a]

ตารางที่ 14 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 14 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของฟิล์ม				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	6.8±0.10^{b}	6.5±0.50^{b}	6.5±0.10^{c}	6.5±0.10^{b}	6.6±0.10^{c}
BHT	6.9±0.15^{ab}	6.6±0.10^{b}	6.6±0.10^{c}	6.5±0.20^{b}	6.7±0.10^{bc}
ข่าลิง 0.1%	7.0±0.10^{ab}	6.7±0.17^{b}	6.8±0.12^{b}	7.3±0.10^{a}	6.9±0.17^{ab}
ข่าลิง 0.2%	7.1±0.30^{ab}	7.2±0.10^{a}	7.2±0.10^{a}	7.3±0.17^{a}	7.0±0.10^{a}
ข่าลิง 0.3%	7.2±0.10^{a}	7.2±0.20^{a}	7.3±0.17^{a}	7.4±0.10^{a}	7.0±0.25^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 15 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 21 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของฟิล์ม				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	4.8±0.10^{b}	5.5±0.10^{a}	5.0±0.10^{b}	4.3±0.15^{c}	4.5±0.10^{c}
BHT	4.9±0.30^{b}	5.0±0.26^{b}	5.4±0.10^{b}	5.0±0.10^{b}	5.6±0.30^{b}
ข่าลิง 0.1%	5.0±0.36^{b}	5.1±0.10^{b}	5.8±0.10^{a}	5.0±0.26^{b}	6.1±0.40^{a}
ข่าลิง 0.2%	5.3±0.10^{ab}	5.5±0.10^{a}	5.9±0.17^{a}	5.2±0.17^{ab}	6.2±0.10^{a}
ข่าลิง 0.3%	5.6±0.30^{a}	5.5±0.17^{a}	5.9±0.36^{a}	5.5±0.10^{a}	6.3±0.17^{a}

ตารางที่ 16 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดข่าลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 28 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของฟิล์ม				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	3.6±0.10[a]	3.5±0.10[b]	3.1±0.20[c]	3.5±0.10[a]	3.2±0.17[b]
BHT	3.8±0.30[a]	3.6±0.10[b]	3.5±0.10[b]	3.4±0.46[a]	3.4±0.40[b]
ข่าลิง 0.1%	4.0±0.40[a]	4.2±0.10[a]	4.1±0.30[a]	3.6±0.30[a]	4.2±0.10[a]
ข่าลิง 0.2%	4.1±0.50[a]	4.2±0.20[a]	4.1±0.17[a]	3.7±0.10[a]	4.2±0.46[a]
ข่าลิง 0.3%	4.2±0.20[a]	4.2±0.26[a]	4.2±0.10[a]	3.7±0.30[a]	4.1±0.40[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 17 ผลการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อไก่บดบดที่ห่อฟิล์มข่าลิง

จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)					
เวลา (วัน)	BHT	0%	ข่าลิง 0.1%	ข่าลิง 0.2%	ข่าลิง 0.3%
0	$2.9x10^2$	$4.1x10^2$	$4.3x10^2$	$3.3x10^3$	$7.2x10^3$
7	$1.7x10^3$	$2.1x10^3$	$7.9x10^3$	$6.2x10^3$	$9.5x10^3$
14	$2.3x10^3$	$5.4x10^3$	$3.3x10^4$	$4.5x10^4$	$1.7x10^4$
21	$6.4x10^4$	$3.7x10^6$	$9.1x10^4$	$8.1x10^4$	$2.6x10^4$
28	$2.0x10^5$	$3.4x10^7$	$2.3x10^5$	$3.6x10^5$	$4.8x10^5$

2.2.3 ผลการใช้สารประกอบฟีนอลิกที่สกัดจากขมิ้นชัน

2.2.3.1 ผลการใช้สารประกอบฟีนอลิกที่สกัดจากขมิ้นชันในเนื้อไก่บด นำเนื้อไก่บดที่ผสมสารสกัดจากขมิ้นชันที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 มาเปรียบเทียบกับเนื้อไก่บด และเนื้อไก่บดที่เติมสาร BHT ร้อยละ 0.3 (ภาพที่ 7) ทำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสทุกวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 18-24

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 7 (ก) ตัวอย่างเนื้อไก่บดบด
(ข) ตัวอย่างเนื้อไก่บดที่มีการเติมสาร BHT
(ค) ตัวอย่างเนื้อไก่บดที่มีการเติมสารสกัดขมิ้นชัน

ตารางที่ 18 ค่าสีของตัวอย่างไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ระเวลา (วัน)	0			7			14			21			28		
ตัวอย่าง	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***
เนื้อไก่บดบด	55.49 ±0.07^{d}	2.84 ±0.04^{d}	14.53 ±0.06^{e}	59.85 ±0.02^{a}	2.27 ±0.02^{e}	14.59 ±0.07^{d}	55.64 ±0.03^{a}	1.95 ±1.35^{c}	15.25 ±0.05^{e}	54.29 ±0.01^{b}	0.69 ±0.02^{e}	16.07 ±0.03^{d}	56.81 ±0.01^{bc}	1.13 ±0.03^{d}	14.14 ±0.05^{e}
เนื้อไก่บดบด+ BHT	57.39 ±0.10^{a}	2.17 ±0.07^{e}	15.36 ±0.03^{d}	61.21 ±0.03^{b}	2.35 ±0.02^{d}	14.06 ±0.02^{d}	55.6 ±0.20^{a}	0.51 ±0.51^{e}	15.07 ±0.04^{d}	56.33 ±0.02^{a}	0.82 ±0.03^{d}	16.51 ±0.43^{d}	56.65 ±0.90^{bc}	0.35 ±0.04^{e}	15.31 ±0.04^{d}
เนื้อไก่บดบด+ สารสกัดขมิ้นชัน 0.1%	55.83 ±0.06^{b}	3.36 ±0.09^{c}	34.38 ±0.12^{c}	55.49 ±0.08^{e}	3.59 ±0.03^{c}	29.25 ±0.06^{c}	54.64 ±0.05^{b}	1.71 ±0.04^{d}	34.59 ±0.02^{c}	54.60 ±0.04^{b}	1.57 ±0.01^{c}	34.26 ±0.11^{c}	58.27 ±0.02^{a}	1.47 ±0.17^{c}	26.58 ±0.08^{c}
เนื้อไก่บดบด+ สารสกัดขมิ้นชัน 0.2%	55.66 ±0.06^{c}	4.80 ±0.07^{b}	39.64 ±0.01^{b}	56.29 ±0.02^{d}	4.97 ±0.04^{b}	35.38 ±2.05^{b}	53.83 ±1.01^{b}	3.53 ±0.01^{b}	38.17 ±0.03^{b}	53.29 ±0.98^{c}	4.52 ±0.03^{b}	42.38 ±1.07^{b}	57.24 ±0.02^{b}	2.92 ±0.01^{b}	31.19 ±0.14^{b}
เนื้อไก่บดบด+ สารสกัดขมิ้นชัน 0.3%	53.77 ±0.03^{e}	7.23 ±0.12^{a}	45.69 ±0.09^{a}	56.88 ±0.05^{c}	8.09 ±0.02^{a}	40.31 ±0.03^{a}	51.17 ±0.04^{c}	5.78 ±0.02^{a}	42.92 ±0.03^{a}	52.54 ±0.03^{c}	6.44 ±0.03^{a}	48.12 ±0.01^{a}	56.21 ±0.02^{c}	4.59 ±0.20^{a}	35.77 ±0.01^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 19 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 0 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดบด				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	8.5±0.21[a]	8.5±0.32[ab]	7.5±0.20[b]	8.5±0.21[a]	8.4±0.10[b]
BHT	8.7±0.21[a]	8.2±0.10[b]	7.4±0.10[b]	8.6±0.25[a]	8.4±0.10[b]
ขมิ้นชัน 0.1%	8.7±0.21[a]	8.7±0.21[a]	8.0±0.40[b]	8.6±0.31[a]	8.8±0.10[a]
ขมิ้นชัน 0.2%	8.8±0.10[a]	8.7±0.21[a]	8.7±0.21[a]	8.5±0.36[a]	8.7±0.21[a]
ขมิ้นชัน 0.3%	8.7±0.20[a]	8.6±0.31[a]	5.2±0.10[d]	8.5±0.21[a]	8.7±0.21[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 20 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 7 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดบด				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	7.5±0.10[a]	7.0±0.10[b]	7.3±0.10[a]	7.1±0.10[a]	7.2±0.10[a]
BHT	7.6±0.20[a]	7.1±0.10[b]	6.6±0.35[b]	7.2±0.72[a]	7.4±0.36[a]
ขมิ้นชัน 0.1%	7.7±0.06[a]	7.6±0.20[a]	7.6±0.35[a]	7.5±0.53[a]	7.7±0.10[a]
ขมิ้นชัน 0.2%	7.7±0.10[a]	7.7±0.10[a]	7.6±0.20[a]	7.5±0.56[a]	7.7±0.75[a]
ขมิ้นชัน 0.3%	7.6±0.10[a]	7.6±0.20[a]	7.4±0.10[a]	7.5±0.50[a]	7.7±0.06[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 21 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 14 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดบด				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	5.7±0.10[b]	5.4±0.36[b]	4.6±0.10[c]	5.2±0.17[b]	5.5±0.17[c]
BHT	6.0±0.20[b]	5.5±0.10[b]	4.9±0.17[b]	5.5±0.20[b]	5.6±0.10[c]
ขมิ้นชัน 0.1%	6.6±0.40[a]	6.3±0.17[a]	6.5±0.12[a]	6.4±0.26[a]	6.6±0.35[a]
ขมิ้นชัน 0.2%	6.7±0.17[a]	6.6±0.10[a]	6.7±0.12[a]	6.4±0.10[a]	6.7±0.17[a]
ขมิ้นชัน 0.3%	6.7±0.10[a]	6.6±0.30[a]	6.7±0.17[a]	6.4±0.10[a]	6.2±0.10[b]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 22 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 21 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดบด				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	4.3±0.30[b]	4.1±0.25[b]	3.8±0.30[c]	3.2±0.10[b]	4.0±0.10[b]
BHT	4.6±0.26[b]	4.2±0.17[b]	4.3±0.26[b]	3.3±0.26[b]	4.2±0.17[b]
ขมิ้นชัน 0.1%	5.2±0.20[a]	5.4±0.36[a]	5.5±0.10[a]	5.7±0.26[a]	5.6±0.30[a]
ขมิ้นชัน 0.2%	5.3±0.10[a]	5.5±0.10[a]	5.6±0.17[a]	5.8±0.20[a]	5.7±0.20[a]
ขมิ้นชัน 0.3%	5.2±0.10[a]	5.2±0.10[a]	5.5±0.20[a]	5.7±0.17[a]	5.5±0.36[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 23 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 28 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของเนื้อไก่บดบด				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	3.4±0.26^{b}	3.3±0.36^{b}	3.4±0.40^{c}	3.0±0.20^{b}	3.0±0.17^{c}
BHT	4.2±0.10^{b}	3.4±0.30^{b}	4.0±0.10^{b}	3.2±0.17^{b}	3.3±0.10^{c}
ขมิ้นชัน 0.1%	4.7±0.10^{a}	4.5±0.10^{a}	4.6±0.26^{ab}	4.5±0.20^{a}	4.3±0.17^{ab}
ขมิ้นชัน 0.2%	4.6±0.17^{a}	4.6±0.26^{a}	4.4±0.10^{a}	4.6±0.10^{a}	4.5±0.46^{a}
ขมิ้นชัน 0.3%	4.6±0.10^{a}	4.5±0.20^{a}	4.6±0.40^{a}	4.4±0.26^{a}	4.0±0.17^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 24 ผลการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในไก่บดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของขมิ้นชัน

	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)				
เวลา (วัน)	BHT	0%	ขมิ้นชัน 0.1%	ขมิ้นชัน 0.2%	ขมิ้นชัน 0.3%
0	$1.2x10^{2}$	$4.4x10^{1}$	$3.5x10^{4}$	$2.2x10^{4}$	$6.8x10^{2}$
7	$2.4x10^{3}$	$6.8x10^{4}$	$6.7x10^{4}$	$2.4x10^{5}$	$6.3x10^{3}$
14	$2.7x10^{3}$	$5.6x10^{4}$	$4.9x10^{5}$	$3.1x10^{5}$	$3.4x10^{4}$
21	$3.5x10^{4}$	$3.3x10^{6}$	$4.7x10^{6}$	$1.8x10^{6}$	$4.5x10^{4}$
28	$8.6x10^{6}$	$8.4x10^{7}$	$7.8x10^{7}$	$1.4x10^{7}$	$8.4x10^{5}$

2.2.3.2 ศึกษาผลและอิทธิพลของความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพของการใช้แผ่นฟิล์มต้านการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากขมิ้นชันในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บด

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ฟิล์ม(เพื่อห่อเนื้อไก่บด เปรียบเทียบกันระหว่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่ไม่มีการเติมสารสกัด (ควบคุม) ผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารBHT ร้อยละ 0.3 และผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารสกัดข่าลิงความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 (ภาพที่ 8) ทำการห่อเนื้อไก่บดด้วยผลิตภัณฑ์ฟิล์มดังกล่าว นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสทุกวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 25-31

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 8 (ก) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่ไม่มีการเติมสารสกัด
(ข) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารBHT
(ค) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ฟิล์มที่มีการเติมสารสกัดขมิ้นชัน

ตารางที่ 25 ค่าสี และความโปร่งใสของตัวอย่างฟิล์มที่เติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ระยะเวลา (วัน)	0			7			14			21			28		
ชื่อตัวอย่าง	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***
ฟิล์ม Control	55.96 ±0.02^{b}	2.26 ±0.03^{d}	13.61 ±0.01^{e}	36.63 ±0.02^{d}	10.43 ±0.03^{b}	15.96 ±0.01^{d}	31.50 ±0.11^{e}	8.22 ± 0.01^{b}	13.01 ±0.10^{e}	38.35 ±0.04^{b}	8.71 ± 0.03^{d}	14.06 ±0.01^{d}	36.77 ±0.03^{c}	7.77 ± 0.06^{c}	15.54 ±0.09^{d}
ฟิล์ม+สาร BHT	54.55 ±0.02^{e}	2.12 ±0.05^{e}	14.77 ±0.04^{d}	35.55 ±0.05^{e}	10.69 ±0.02^{a}	15.81 ±0.04^{e}	35.84 ±0.01^{d}	7.51 ± 0.03^{c}	16.25 ±0.12^{d}	34.88 ±1.77^{c}	8.38 ± 0.04^{e}	13.24 ±0.09^{e}	33.65 ±0.04^{d}	8.48 ± 0.04^{b}	12.69 ±0.09^{e}
ฟิล์ม+สารสกัด ขมิ้นชัน 0.1%	55.67 ±0.10^{c}	4.91 ±0.04^{b}	32.30 ±0.03^{c}	38.31 ±0.09^{a}	6.48 ±0.01^{e}	16.83 ±0.02^{c}	49.37 ±0.03^{b}	6.56 ±0.14^{d}	24.89 ±0.01^{c}	44.04 ±0.04^{a}	8.86 ±0.03^{c}	23.87 ±0.02^{b}	55.39 ±0.05^{a}	3.41 ±0.07^{e}	23.68 ±0.04^{b}
ฟิล์ม+สารสกัด ขมิ้นชัน 0.2%	55.45 ±0.01^{d}	4.70 ±0.07^{c}	35.73 ±0.04^{b}	37.75 ±0.05^{c}	7.51 ±0.02^{d}	18.24 ±0.04^{b}	56.74 ±0.01^{a}	1.65 ±0.02^{e}	26.75 ±0.14^{b}	42.86 ±0.28^{a}	9.40 ±0.02^{b}	24.88 ±0.03^{a}	50.36 ±0.05^{b}	5.57 ±0.05^{d}	30.47 ±0.06^{a}
ฟิล์ม+สารสกัด ขมิ้นชัน 0.3%	56.57 ±0.02^{a}	5.93 ±0.01^{a}	38.65 ±0.02^{a}	38.13 ±0.01^{b}	7.69 ±0.02^{c}	18.37 ±0.03^{a}	39.12 ±0.12^{c}	9.60 ±0.19^{a}	33.76 ±0.05^{a}	33.06 ±0.03^{d}	10.82 ±0.04^{a}	18.34 ±0.05^{c}	33.15 ±0.06^{e}	9.55 ±0.04^{a}	22.94 ±0.03^{c}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 26 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 0 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของฟิล์ม				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	8.3±0.20[b]	7.8±0.21[b]	7.2±0.10[b]	7.6±0.10[b]	7.9±0.10[b]
BHT	8.4±0.15[b]	7.8±0.17[b]	7.4±0.10[b]	7.6±0.20[b]	8.0±0.35[b]
ขมิ้นชัน 0.1%	8.6±0.15[a]	8.5±0.21[a]	8.4±0.15[a]	8.5±0.21[a]	8.6±0.15[a]
ขมิ้นชัน 0.2%	8.6±0.21[a]	8.6±0.10[a]	8.5±0.21[a]	8.6±0.15[a]	8.6±0.15[a]
ขมิ้นชัน 0.3%	8.6±0.10[a]	8.7±0.10[a]	8.4±0.12[a]	8.5±0.12[a]	8.6±0.17[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 27 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 7 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของฟิล์ม				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	7.2±0.10[c]	7.7±0.10[b]	7.4±0.10[b]	7.6±0.17[c]	7.6±0.35[b]
BHT	7.4±0.17[bc]	8.0±0.26[b]	7.4±0.17[b]	7.6±0.20[c]	7.7±0.15[b]
ขมิ้นชัน 0.1%	7.7±0.06[ab]	8.4±0.10[a]	8.3±0.10[a]	8.3±0.17[b]	8.1±0.35[ab]
ขมิ้นชัน 0.2%	7.8±0.31[a]	8.5±0.21[a]	8.4±0.25[a]	8.6±0.10[ab]	8.3±0.26[a]
ขมิ้นชัน 0.3%	7.7±0.06[a]	8.5±0.15[a]	8.5±0.15[a]	8.7±0.20[a]	8.5±0.21[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 28 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 14 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของฟิล์ม				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	6.8±0.10[b]	6.5±0.50[b]	6.5±0.10[b]	6.5±0.10[b]	6.6±0.10[c]
BHT	6.9±0.15[b]	6.6±0.10[b]	6.6±0.10[b]	6.5±0.20[b]	6.7±0.10[c]
ขมิ้นชัน 0.1%	7.3±0.17[a]	7.3±0.10[a]	7.5±0.50[a]	7.4±0.40[a]	7.3±0.26[b]
ขมิ้นชัน 0.2%	7.4±0.30[a]	7.4±0.10[a]	7.6±0.10[a]	7.5±0.10[a]	7.7±0.10[a]
ขมิ้นชัน 0.3%	7.4±0.10[a]	7.4±0.17[a]	7.6±0.10[a]	7.5±0.26[a]	7.7±0.17[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 29 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 21 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของฟิล์ม				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	4.8±0.10[c]	5.5±0.10[a]	5.0±0.10[b]	4.3±0.15[c]	4.5±0.10[c]
BHT	4.9±0.30[c]	5.0±0.26[b]	5.4±0.10[b]	5.0±0.10[b]	5.6±0.30[b]
ขมิ้นชัน 0.1%	5.7±0.17[b]	5.6±0.17[a]	5.9±0.17[a]	5.6±0.20[a]	6.4±0.40[a]
ขมิ้นชัน 0.2%	6.4±0.30[a]	5.8±0.10[a]	6.0±0.35[a]	5.7±0.20[a]	6.5±0.12[a]
ขมิ้นชัน 0.3%	6.6±0.10[a]	5.7±0.15[a]	6.0±0.44[a]	5.6±0.10[a]	6.4±0.20[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 30 ผลการศึกษาทางประสาทสัมผัสของฟิล์มเติมสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ 28 วัน

ตัวอย่าง	ประสาทสัมผัสของฟิล์ม				
	คุณลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
Control	3.6±0.10[b]	3.5±0.10[b]	3.1±0.20[c]	3.5±0.10[a]	3.2±0.17[a]
BHT	3.8±0.30[b]	3.6±0.10[b]	3.5±0.10[b]	3.4±0.46[a]	3.4±0.40[a]
ขมิ้นชัน 0.1%	4.4±0.10[a]	4.3±0.10[a]	4.2±0.35[a]	3.1±0.50[a]	3.1±0.17[a]
ขมิ้นชัน 0.2%	4.7±0.30[a]	4.4±0.10[a]	4.2±0.17[a]	3.1±0.20[a]	3.3±0.10[a]
ขมิ้นชัน 0.3%	4.4±0.40[a]	4.3±0.10[a]	4.2±0.10[a]	3.1±0.56[a]	3.2±0.78[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแนวสดมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตารางที่ 31 ผลการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อไก่บดที่ห่อฟิล์มขมิ้นชัน

	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)				
เวลา (วัน)	BHT	0%	ขมิ้นชัน 0.1%	ขมิ้นชัน 0.2%	ขมิ้นชัน 0.3%
0	$2.9x10^2$	$4.1x10^2$	$6.4x10^2$	$4.4x10^2$	$3.9x10^2$
7	$1.7x10^3$	$2.1x10^3$	$5.1x10^3$	$5.3x10^3$	$4.7x10^3$
14	$2.3x10^3$	$5.4x10^3$	$7.6x10^4$	$1.9x10^4$	$4.8x10^4$
21	$6.4x10^4$	$3.7x10^6$	$5.9x10^5$	$6.2x10^5$	$1.5x10^5$
28	$2.0x10^5$	$3.4x10^7$	$8.8x10^5$	$5.8x10^6$	$6.6x10^5$

บทที่ 3 สรุป

จากการสกัดสารประกอบฟีนอลิกและวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข่าลิงและขมิ้นชัน พบว่าสารสกัดจากขมิ้นชัน มีค่าสารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) สูงกว่าสารสกัดจากข่าลิง เมื่อทำการศึกษาผลและอิทธิพลของความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันของการใช้สารประกอบฟีนอลิกที่สกัดจากข่าลิงและขมิ้นชันในระดับที่แตกต่างกันในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ที่อุณหภูมิต่ำที่มีผลต่อคุณภาพและการเกิดออกซิเดชัน และศึกษาผลและอิทธิพลของความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพของการใช้แผ่นฟิล์มต้านการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากข่าลิงและขมิ้นชันในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่ โดยนำสารสกัดจากข่าลิงและขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 ผสมในเนื้อไก่บด และนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นฟิล์มเพื่อใช้สำหรับห่อเนื้อไก่บด ก่อนนำไปเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับเนื้อไก่บดที่เติมสาร BHT ร้อยละ 0.3 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางประสาทสัมผัสและปริมาณจุลินทรีย์ทุกวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากข่าลิงและขมิ้นชันให้ค่าสี L*, a*, b* มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อไก่บดที่เพิ่มขึ้นอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของเนื้อไก่บดที่เติมสารสกัดจากข่าลิงและขมิ้นชันที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่าการยอมรับของผู้บริโภคลดลง ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้สีของขมิ้นชันทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บดมีสีเหลืองซึ่งอาจมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ประเภทอื่น ที่สีเหลืองของขมิ้นชันไม่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค และพบว่าระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากข่าลิงและขมิ้นชันมีผลต่อ การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดและสามารถลดปริมาณการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการเติม BHT

บทที่ 4 ข้อเสนอแนะ

คุณสมบัติที่สามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของทั้งขมิ้นชันและข่าลิง สามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยเป็นการใช้สารต้านออกซิเดชันที่สกัดจากธรรมชาติแทนการสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้เป็นอย่างดี แต่ลักษณะของสีเหลืองของขมิ้นชันอาจทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง และนอกจากนี้ทั้งสารสกัดจากขมิ้นชันและข่าสามารถนำไปใช้ในแผ่นฟิล์มต้านการออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้

เอกสารอ้างอิง

ปรีดา ภูมี. 2555. บทปฏิบัติการอาหารและการให้อาหารสัตว์น้ำ . คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง. 227 หน้า.

นิรนาม.มปป.ขมิ้นชัน.(ออนไลส์). สืบค้นจาก http://www.rspg.or.th[24 กันยายน 2556]

นิรนาม.มปป.ข่าลิง. (ออนไลส์). สืบค้นจาก http://www.kanchanapisek.or.th[24 กันยายน 2556]

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 487 น.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2539. กรดแอสคอร์บิค และกรดอิริทรอบิก/แอนติออกซิแดนท์. อาหาร. 26 (1): 7- 13.

พรทวี ธนสัมบัณณ์. 2548. สารสกัดจากโรสแมรี่ เสจ และทาย์ม เพื่อยับยั้งการหืน. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 145 น.

พูลทรัพย์ อินทร์สังข์ และ รัชนี คงคาฉุยฉาย.2552.รายงานการวิจัย ความหลากหลายของชนิด คุณค่าทางโภชนาการ และการใช้ประโยชน์ของผักพื้นบ้านบางชนิดซึ่งนิยมใช้ประกอบอาหารแบบดั้งเดิมของคนในภาคใต้ของไทย. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 46 น.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2546. วัตถุเจือปนอาหาร เล่ม 1. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 380 น.

สุภาษิต ชูกลิ่น และฌานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น. 2560. สารสกัดพื้นบ้านภาคใต้ต่อความคงตัวน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ในสภาวะเร่ง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55 . เรื่อง “ศาสตร์แห่งแผ่นดินสู่ประเทศไทย 4.0” ณ โถงอเนกประสงค์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ ฯ, 31 มกราคม – 3 กุมภาพันธ์ พ. ศ. 2560.

สุภาษิต ชูกลิ่น, ฌานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น, กุลนิษฐ์ มานะจิตร และสุชิตา กลับดี. 2556. การใช้อัลตร้าซาวด์เสริมในการสกัดสารประกอบฟีนิลิกจากข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุง. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 51 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 96-103.

วารินทร์ พิมพา.2549.รายงานการวิจัย อิทธิพลของฟิมล์พลาสมาโปรตีนต้านจุลินทรีย์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรสาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.97 น.

AOAC. 2000. Offificial Methods of AOAC International. 17thed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. USA.

Madhavi, D.L. and Salunkhe, D.K. 1997. Toxicological aspects of food antioxidant.Marcel Dekker, Inc., New York.

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

Chanwitheesuk A,A.Teerawutgulrag,N.Rakariyatham.2005.Scrreening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plant of Thailand.Food Chemistry. 92:491-497.

Chen, Q., Shi, H. and Ho, C.T. 1992. Effect of rosemary extract and majar constituents on lipid oxidantion and soybean lipoxygenase activity. Am. Oil. Chem. Soc. 69: 999-1002.

Hettiarachchy, N.S., Glenn, K.C., Gnanasambandam, R. and Johnson, M.G. 1996. Natural antioxidant extracts from fenugreek (*Trigonella Foenumgraecum*) for ground beef patties. Food Sci. 61: 516-519.

Hinneburg, I., Damien, H. and Hiltunen, R. 2006. Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and species. Food Chemistry. 97: 122-129.

Karpinska, M., Borowski, J. and Danowska-Oziewicz, M. 2001. The use of natural antioxidants in ready-to-serve food. Food Chemistry. 72: 519-524.

Liu, Q and Yao, H. 2007. Antioxidant activities of barley seeds extracts. Food Chemistry. 102: 732 – 737.

Na, J.,Baohua, K.,Qian, L.,Xinping., D. and Xiufand X.2012.Antioxidant activity of black currant (*Fibes nigrum* L.) extract and its inhibitory effect on lipid and protein oxidation of pork patties during chilled storage.Meat Science.91:533-539.

Sampaio, G.R.,Saldanha.T, Soares., Torres.,E.A.F.S.2012.Effect of natural antioxidation combinations on lipid oxidation in cooked chicken meat during refrigerated storage.Food Chemistry.135:1383-1390.

Sung-Jin k.,Ah Reum C. and Jaejoon H.2013.Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their applications to meat product preservation.Food Control.29:112-120.

Yingngam. B., Monschein. M. and Brantner A. 2014. "Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from Cratoxylum formosum ssp. Leaves using central composite design and evaluation of its protective ability against H_2O_2-induced cell death. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine 7: 497-505.

Zhang,L.,Lin,Y.H.,leng, X.J.,Huang, M.,and Zhou, G.H.2013.Effect of sage (Salvia officinalis) on the oxidative stability of Chinese–style sausage during refrigerated storage.Meat Science.95:145-150.

ภาคผนวก

วิธีการทดลอง

1. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยเครื่องอินฟราเรด

1.1 อุปกรณ์

เครื่องวิเคราะห์ความชื้นโดยใช้แสงอินฟาเรด (Infrared Moisture Determination) Balance ยี่ห้อ KETT รุ่น FD620

1.2 วิธีการ

เปิดเครื่อง กดปุ่ม TARE และชั่งตัวอย่างที่บดเรียบร้อยแล้วในถาดของเครื่องอินฟาเรด จำนวน 3 กรัม หลังจากนั้นกดปุ่ม Start เครื่องจะเริ่มทำงานเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นจดบันทึกค่าที่ได้ นำไปลบด้วย 100 จะได้เป็นค่าความชื้นร้อยละ

2. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

2.1 อุปกรณ์

2.2.1 ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert

2.2.2 เตาเผาอุณหภูมิสูง (Carbolite) รุ่น CSF 1100 บริษัท ไซแอนติฟิค โปรโมชันจำกัด

2.2.3 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)

2.2.4 โถดูดความชื้น (Desiccators) ยี่ห้อ Duran

2.2.5 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AB204-S ประเทศ Switzerland

2.2 วิธีการ

2.2.1 เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมงปิดสวิตซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-40 นาทีเพื่อให้อุณหภูมิภายในเผาลดลงก่อนนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้นปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก

2.2.2 เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาทีโดยทำเหมือนวิธีข้อ 2.2.1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม (W_3)

2.2.3 ชั่งตัวอย่างที่บดเรียบร้อยแล้ว ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 3 กรัม (W_1) ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วนำไปเผาในตู้ควันจนหมดควันแล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส และทำซ้ำ เช่นเดียวกับข้อ 2.2.2-2.2.3 (W_2)

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{(W_3-W_2) \times 100}{W_1}$$

เมื่อ W_3 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบและน้ำหนักของเถ้าหลังการเผา

W_2 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องหลังอบ

W_1 = น้ำหนักตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วย Soxhlet ดัดแปลงจาก (AOAC, 2000)

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน ยี่ห้อ FOSS รุ่น 2050 บริษัท สิทธิพร แอสโซซิเอสจำกัด

3.1.2 ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert

3.1.3 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AB204-S ประเทศ Switzerland

3.1.4 โถดูดความชื้น (Desiccators) ยี่ห้อ Duran

3.2 สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์

3.3 วิธีการ

3.3.1 เอาถ้วยอะลูมิเนียมมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตรอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_2)

3.3.2 นำตัวอย่างที่ผ่านการบดเรียบร้อยแล้ว ชั่งน้ำหนัก 3 กรัม ใส่ใน Thimble โดยใส่สำลีรองที่ก้น Thimble ก่อนใส่ตัวอย่างแล้วนำสำลีวางบนตัวอย่างอีกชั้นหนึ่ง (W_1)

3.3.3 นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมงใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น

3.3.4 ใส่เข้าเครื่องโดยใช้ Thimble holder แล้วกดปุ่มขึ้น-ลง โดย Thimble จะถูกดึงขึ้นไปบนสุด จัดตำแหน่ง Thimble ให้ตรงกับแม่เหล็ก

3.3.5 เอาถ้วยอะลูมิเนียมที่อบแห้งและชั่งน้ำหนักแล้ววางบน Cup holder แล้วนำเข้าเครื่อง หลังจากนั้นกดปุ่มขึ้น-ลงเติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในขวดหาไขมันประมาณ 70-90 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตากดปุ่ม Start เครื่องก็จะทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้

3.3.6 เมื่อครบ 2.15 ชั่วโมงแล้วให้กดปุ่มขึ้น-ลง เพื่อนำถ้วยออกมา หลังจากนั้นจึงเอา Thimble ออกมาตามลำดับ โดยกดปุ่มขึ้นลงเช่นเดียวกัน

3.3.7 นำถ้วยอะลูมิเนียมอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนแห้งทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (W_3)

3.3.8 ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

$$\text{คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร} = \frac{(W_3-W_2) \times 100}{W_1}$$

เมื่อ W_3 = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมรวมไขมัน

W_2 = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม

W_1 = น้ำหนักตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย ดัดแปลงจาก (AOAC, 2000)

4.1 อุปกรณ์

4.1.1 ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert

4.1.2 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AB204-S ประเทศ Switzerland

4.1.3 ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (Porcelain crucible)

4.1.4 เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย ยี่ห้อ VELP

4.1.5 Column

4.1.6 โถดูดความชื้น (Desiccator) ยี่ห้อ Duran

4.2 วิธีการ

4.2.1 อบถ้วย Crucible ในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมงนำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง

4.2.2 ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมัน 1 กรัม แล้วบันทึกน้ำหนัก (F_0)

4.2.3 นำถ้วย Crucible ที่มีตัวอย่างเข้าเครื่องวิเคราะห์เยื่อใย

4.2.4 ใส่สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ลงใน Column ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการย่อยตัวอย่าง 30 นาที

4.2.5 เมื่อครบระยะเวลาย่อยให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนจนหมดฟอง (ปรับ pH เป็นกลาง)

4.2.6 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ลงใน Column ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการย่อยตัวอย่าง 30 นาที

4.2.7 เมื่อครบระยะเวลาย่อยให้ล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนจนหมดฟอง (ปรับ pH เป็นกลาง)

4.2.8 นำถ้วย Crucible ที่มีตัวอย่างล้างด้วย Acetone ประมาณ 3 ครั้งครั้งละ 25 มิลลิลิตร

4.2.9 อบตัวอย่างที่ผ่านการย่อยในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมงนำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถอบแห้งชั่งน้ำหนัก (F_1)

4.2.10 เผาตัวอย่างที่ผ่านการอบในเครื่องเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบและปล่อยให้เย็นในโถอบแห้งชั่งน้ำหนัก (F_2)

$$\text{ปริมาณเส้นใยอาหาร (ร้อยละ)} = \frac{(F_1) - (F_2) \times 100}{(F_0)}$$

เมื่อ F_0 = น้ำหนักตัวอย่าง

F_1 = น้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่างหลังอบ

F_2 = น้ำหนักถ้วยและเถ้าหลังการเผา

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในตัวอย่าง โดยทั่วไปคำนวณจากผลต่างของน้ำหนักแห้ง กับปริมาณองค์ประกอบส่วนที่เป็นโปรตีน ไขมันและเถ้า (ปรีดา, 2555)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = น้ำหนักแห้ง – (โปรตีน + ไขมัน + เถ้า)

หมายเหตุ: น้ำหนักแห้ง =100-ความชื้น

6. การวิเคราะห์หากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (Yingngam et al., 2014)

วิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น Libra S12 โดยใช้สารละลายทำปฏิริยากับอนุมูลอิสระ DPPH โดยใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นสารมาตรฐาน

6.1 วิเคราะห์หากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของกรดแอสคอร์บิกมาตรฐานด้วยวิธี DPPH

6.1.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1) สารละลายเอทานอลร้อยละ 99.9

2) L-Ascorbic acid

3) เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Libra S12)

4) DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 0.1 มิลลิโมลาร์ (mM)

5) อุปกรณ์เครื่องแก้ว

6.1.2 วิธีวิเคราะห์

1) ปิเปตสารละลายแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร

2) ปิเปต DPPH 0.1 mM ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร (ชั่ง DPPH 0.0039 กรัม ละลายในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 99.9 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร)

3) นำมาเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 40 นาที ในที่มืด

4) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

5) นำค่าวัดการดูดกลืนแสงไปคำนวณตามสูตรร้อยละกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ดังนี้

$$\text{Inhibition (\%)} = \left[\frac{A_0-(A_1-A_2)}{A_0}\right]\times 100$$

โดยที่

A_O คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง

A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสรละลายตัวอย่างที่เติม DPPH

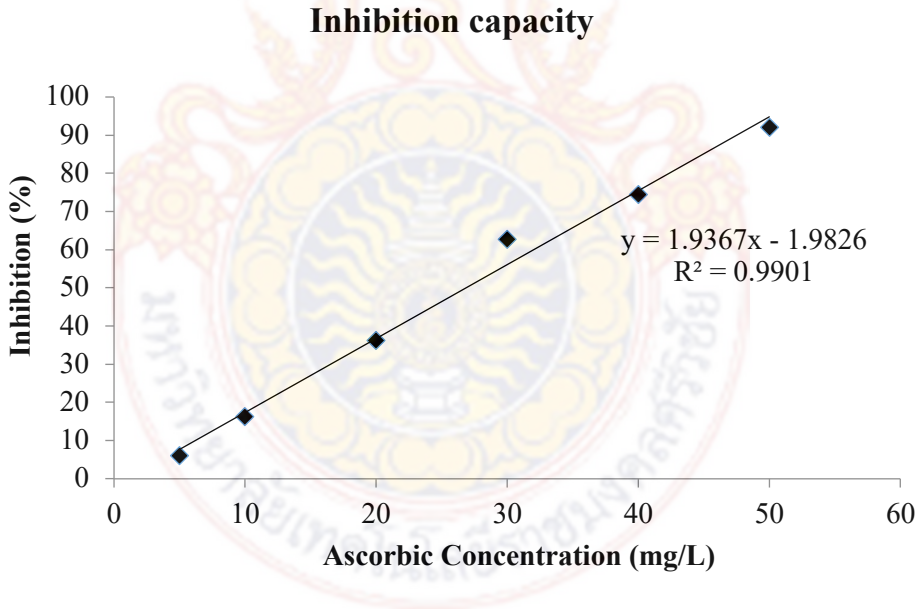
A_2 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ไม่เติม DPPH

A_o = เอทานอล 0.3 มิลลิลิตร + DPPH 1.5 มิลลิลิตร

A_1 = ตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร + DPPH 1.5 มิลลิลิตร

A_2 = ตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร + เอทานอล 1.5 มิลลิลิตร

6) นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดังภาพผนวกที่ 1



ภาพผนวกที่ 1 กราฟมาตรฐานความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของวิตามินซีที่ความเข้มข้น 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.2. วิเคราะห์หากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างด้วยวิธี DPPH

6.2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1) สารละลายเอทานอลร้อยละ 99.9

2) ตัวอย่างสารสกัด

3) เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Libra S12)

4) DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 0.1 mM

5) อุปกรณ์เครื่องแก้ว

6.2.2 วิธีวิเคราะห์

1) นำตัวอย่างที่สกัดได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 หลังจากนั้นปรับปริมาตรด้วย เอทานอลร้อยละ 40 ให้ได้ปริมาตร 30 มิลลิลิตร

2) ปิเปตตัวอย่างที่ผ่านการปรับปริมาตร (ถ้ามีสารต้านอนุมูลอิสระมากเกินไปต้องเจือจางจนกว่าจะวัดค่าได้) ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร

3) ปิเปต DPPH 0.1 mM ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร (ชั่ง DPPH 0.0039 กรัม ในสารละลาย เอทานอล 100 มิลลิลิตร)

4) นำมาเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 40 นาที ในห้องมืด

5) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

6) นำค่าวัดการดูดกลืนแสงไปคำนวณตามสูตรร้อยกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ดังนี้

$$\text{Inhibition } (\%) = \left[\frac{A_0-(A_1-A_2)}{A_0}\right]\times 100$$

โดยที่

A_O คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง = เอทานอล 0.3 มิลลิลิตร + DPPH 1.5 มิลลิลิตร

A_1 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่เติม DPPH =ตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร + DPPH 1.5 มิลลิลิตร

A_2 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ไม่เติม DPPH A_2 = ตัวอย่าง 0.3 มิลลิลิตร + เอทานอล 1.5 มิลลิลิตร

7) นำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดังนี้

การคำนวณ mg Ascorbic/g Dry weight

$$x = \frac{((\%\ Inhibition + 1.9286/1.9367) \times Dilution \times \text{ปริมาตรสารสกัด}}{1000 \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง}(g)}$$

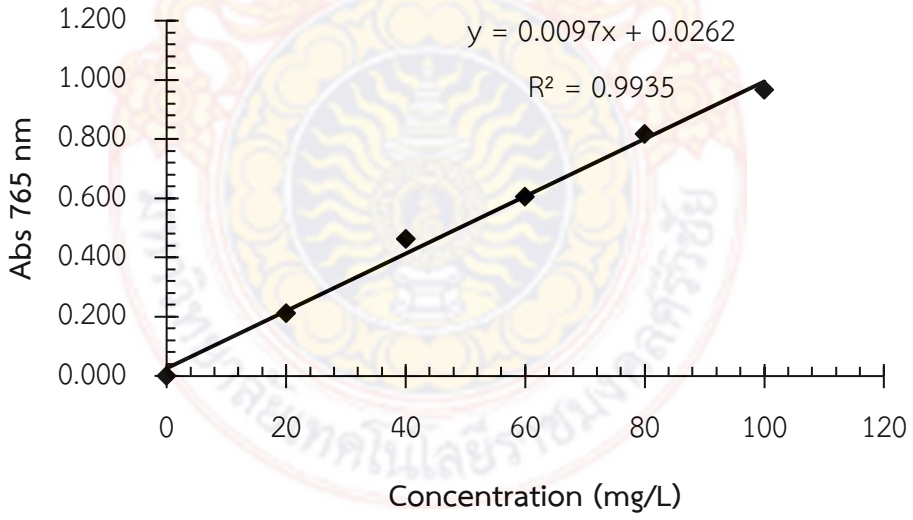
7. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณ Phenolic acid โดยใช้กรด Gallic เป็นสารมาตรฐาน ตามวิธี Folin - coagulant (ดัดแปลงจาก Yingngam et al., 2014)

7.1 การเตรียมสารมาตรฐานกรดแกลลิค

7.1.1 ชั่งสารกรดแกลลิค 0.025 กรัม ละลายในเอทานอลบริสุทธิ์ และปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

7.1.2 จากนั้นนำสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มาเจือจางด้วยเอทานอล บริสุทธิ์เพื่อให้มีความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, 80, 100 และ120 มิลลิกรัมต่อลิตร

7.1.3 นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดังภาพผนวกที่ 2



ภาพผนวกที่ 2 กราฟมาตรฐานของปริมาณฟีโนลิคทั้งหมด

7.2 ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณ Phenolic acid โดยใช้กรด Gallic เป็นสารมาตรฐาน

ภาพผนวกที่ 3 ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณ Phenolic acid โดยใช้กรด Gallic เป็นสารมาตรฐาน

สูตรการคำนวณ

mg gallic /g DW = ((Y -0.0262/0.0097)*(เจือจาง*ปริมาตรที่สกัดทั้งหมด))/(1,000*W)

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง

8. ศึกษาประสิทธิภาพในการต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดจากข่าลิง และขมิ้นชันในระดับที่แตกต่างกันในผลิตภัณฑ์เนื้อไก่บด

นำสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากข่าลิง และขมิ้นชัน โดยใช้ความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.2 และ 0.3 มาผสมกับเนื้อไก่บดบด ทำการเก็บรักษาใน วันที่ 0, 7, 17, 21 และ 28 วัน ที่
อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

8.1.ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value ; PV) (AOCS Cd 8-53, 1997)

8.1.1 อุปกรณ์และสารเคมี

1.) เครื่องแก้ว

2.) สารละลายผสมอะซิติก:คลอโรฟอร์ม(3:2)

3.) สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว

4.) สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น0.1 นอร์มอล

5.) สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น0.01 นอร์มอล

6.) สารละลายน้ำแป้งความเข้มข้น1%

8.1.2 วิธีวิเคราะห์

1.) ชั่งตัวอย่างเนื้อไก่บดบด 5±0.05 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flaskขนาด 250 มิลลิลิตร

2.) เติมสารละลายผสมอะซิติก:คลอโรฟอร์ม (3:2) 30 มิลลิลิตร

3.) เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร

4.) เขย่าสารละลายเป็นเวลา 1 นาที ในที่มืด และเติมน้ำกลั่นทันที 30 มิลลิตร

5.) ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อนและเติมสารละลายน้ำแป้งความเข้มข้น 1% 2 มิลลิลิตร และไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินจางหาย

6.) บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต

7.) ทำ blank ตามวิธีเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น แต่ไม่ใส่ตัวอย่างน้ำมัน

8.) คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์

$$\text{Peroxide Value (milliequivalents peroxide/1000 g sample)} = \frac{(S-B)\times \text{N}\times 1000}{Mass\ fo\ sample,g}$$

เมื่อ S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มอล)

8.2 การวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

8.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) หลอดเซนตริฟิวส์ ขนาด 10 ml
2) เครื่องเซนตริฟิวส์
3) เหยือกสแตนเลสสำหรับต้มน้ำ
4) Votex
5) Hotplate
6) Spectrophotometer
7) เครื่องแก้วสำหรับเตรียมสาร

8.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) TBA-TCA solution (20 mM TBA in 15% TCA (w/v) in distilled water) เตรียมโดยการชั่ง TCA 37.5 g ละลายน้ำกลั่นประมาณ 200 ml ในบิกเกอร์ เติม TBA 0.721 g ละลายจนหมด (ใช้เวลานาน) แล้วนำไปปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 250 ml ในขวดปรับปริมาตร

2) เตรียมสารมาตรฐานของมาโลนไดออลดีไฮด์จาก 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP) โดย

a. เตรียมสารละลาย TCA 15% โดยชั่ง TCA 15 g ละลายน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 ml ในขวดปรับปริมาตร

b. ดูด TEP มา 11 ul นำมาละลายในสารละลาย TCA 10 ml (กลั้วสารขึ้นลงเพื่อชะสารที่ติดใน tip) จะได้ 1,000 mg/kg TEP

c. เจือจางต่อโดยการดูด 1,000 mg/kg TEP มา 0.5 ml นำมาผสมกับสารละลาย TCA 4.5 ml จะได้ 100 mg/kg TEP (ทำในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 ml)

d. เจือจางต่อโดยการเติมสารละลาย TCA 45 ml จะได้ 10 mg/kg TEP (ปริมาตรจะครบ 50 ml)

e. นำ 10 mg/kg TEP มาเจือจางให้เป็นมีความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 mg/kg โดยให้ปริมาตรสุดท้ายของทุกความเข้มข้นเท่ากับ 10 ml (M1V1 = M2V2)

8.2.3 วิธีวิเคราะห์

1) ใส่ตัวอย่าง 1 ml ใส่ในหลอดเซนตริฟิวส์ขนาด 10 ml (ใช้น้ำกลั่นเป็น Blank)
2) เติมสารละลาย TBA 2 ml
3) ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex
4) ต้มในน้ำเดือด 15 นาที
5) อังด้วยน้ำก๊อกไหลผ่าน 15 นาที
6) นำไปเซนตริฟิวส์ที่ 25o C ที่ 4,500 rpm เป็นเวลา 15 นาที

7) ใช้ปิเปต 1 ml ดูดน้ำมันส่วนบนออก จากนั้นจึงนำส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

8.3 การวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดค่าสี (Hunter Lab Color Quest)

8.3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1) เครื่องวัดสี
2) หลอดคิวเวท (Cuvette Tube) หรือตลับตัวอย่าง

8.3.2 **วิธีวิเคราะห์**

1) การวัดสีตัวอย่าง โดยการปรับมาตรฐานเครื่อง โดยใช้แผ่นเทียบมาตรฐานสีขาวและสีดำ
2) เช็ดคิวเวตทรงกระบอกส่วนของด้านใสให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู่ โดยใช้มือจับคิวเวตส่วนของด้านทึบ
3) คิวเวตที่มีตัวอย่างเนื้อไก่บด ไปวางที่ Reflectance โดยให้ส่วนใสของคิวเวตอยู่ตรงช่องวัดค่าสี
4) ปิดฝาครอบคิวเวต เพื่อไม่ให้แสงภายนอกมีผลต่อสีของตัวอย่าง
5) คลิ๊ก Read Sample เครื่องจะทำการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างเนื้อไก่บดอัตโนมัติ

ตารางแสดงผลการทดลอง ค่า L*, a*, b*

หมายเหตุ

L* = ค่าตั้งแต่ 50-100 คือสีขาวหรือค่าความสว่างหรือความใส ยิ่งค่าสูงยิ่งมีความใสมาก ค่าตั้งแต่ 50-0 คือ สีดำหรือค่าความทึบหรือความเข้ม ยิ่งค่าต่ำใกล้เลข 0 มากยิ่งมีความเข้มหรือทึบแสงมาก

a* = ถ้าค่าเป็นเต็มบวก เช่น 1 2 3 4 คือสีแดง ตัวเลขยิ่งมาก ค่าสีแดงก็จะมากขึ้น ถ้าค่าติดลบเช่น -1,-2,-3 คือ สีเขียว ตัวเลขยิ่งติดลบมาก ค่าสีเขียวก็จะมากขึ้น

b* = ถ้าค่าเป็นเต็มบวก เช่น 1 2 3 4 คือสีเหลือง ตัวเลขยิ่งมาก ค่าสีเหลืองก็จะมากขึ้นถ้าค่าติดลบเช่น -1,-2,-3 คือ สีน้ำเงิน ตัวเลขยิ่งติดลบมาก ค่าสีน้ำเงินก็จะมากขึ้น

8.5 วิเคราะห์ไขมัน

8.5.1 วัสดุ และอุปกรณ์

1) กระดาษกรอง
2) ตู้อบ
3) ปิโตรเลียมอีเทอร์
4) โถดูดความชื้น
5) ถ้วยอะลูมิเนียม
6) Thimble

8.5.2 วิธีวิเคราะห์

1) นำถ้วยอะลูมิเนียมที่สะอาดและแห้งนำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 3ชั่วโมง แล้วนำเข้าโถดูดความชื้นก่อนการใช้งาน 12 ชั่วโมง จากนั้นนำถ้วยอะลูมิเนียมมาชั่งน้ำหนัก

2) เสียบปลั๊ก Cooling water, Auto Control Unit และ Drive Unit แล้วเปิดเครื่อง (switch on) ทั้ง 3 เครื่อง

3) กดปุ่ม Pre-Heat เพื่อให้ Heater ทำงานตามที่ตั้งอุณหภูมิไว้ (เครื่องจะยอมทำงานเมื่ออุณหภูมิที่ Hot plate มีค่าเท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งไว้5องศาเซลเซียส

4) นำตัวอย่างไก่บดชั่งน้ำหนัก 3 กรัมใส่ใน Thimble โดยใช้สำลีรองที่ก้น Thimble ก่อนใส่ตัวอย่างแล้วนำสำลีวางบนตัวอย่างอีกชั้นหนึ่ง

5) นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น

6) ใส่เข้าเครื่องโดยใช้ Thimble holder แล้วกดปุ่มขึ้น-ลงโดย Thimble จะถูกดึงขึ้นไปบนสุด จัดตำแหน่ง Thimble ให้ตรงกับแม่เหล็ก

7) นำถ้วยอะลูมิเนียมที่อบแห้งและชั่งน้ำหนักแล้ววางบน cup holder แล้วนำเข้าเครื่อง หลังจากนั้นกดปุ่มขึ้น-ลง

8) เติมตัวทำละลาย 70-90 มิลลิลิตร/ตัวอย่าง โดยใช้ Solvent addition tubing ทำการเติมบริเวณส่วนบนของเครื่อง

9) เมื่ออุณหภูมิ Cooling water ถึงตามที่ตั้งไว้ประมาณ 10-15 องศาเซลเซียสให้กดปุ่ม Start เครื่องก็จะทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้

10) เมื่อเครื่องทำงานเสร็จแล้ว (ใช้เวลาประมาณ 1.5 ชั่วโมง) ใช้กดปุ่มขึ้น-ลง เพื่อเอาถ้วยออกมา หลังจากนั้นเอา Thimble ออกมาตามลำดับ

11) นำเอาถ้วยอะลูมิเนียมที่มีไขมันจากการสกัดตัวอย่างออกจากเครื่องสกัด (ห้ามสัมผัสถ้วยอะลูมิเนียมด้วยมือ)

12) นำถ้วยจากข้อ 11 เข้าอบที่ตู้อบอุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำออกจากตู้อบ ใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก

สูตรการคำนวณหาร้อยละของไขมัน

$$\%FAT = \frac{w3-w2}{w1} \times 100$$

W1 = น้ำหนักของตัวอย่าง

W2 = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม

W3 = น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมที่มีไขมันหลังอบ

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณไขมันในเนื้อไก่บดบด

จำนวนซ้ำ	น้ำหนักถ้วย (g)	น้ำหนักเนื้อไก่บดบด (g)	น้ำหนักเนื้อไก่บดหลังอบ (g)	น้ำหนักถ้วยที่มีไขมันหลังอบ (g)	%FAT
1	45.1659	3	0.8111	45.2702	12.8591
2	44.8807	3	0.8311	44.9835	12.3692
3	44.9678	3	0.8005	45.0049	4.6346
				เฉลี่ย	9.9543

8.6 ทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบในเรื่องกลิ่นหืนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดด้วยการดมกลิ่น ใช้วิธีทดสอบแบบ multiple comparison test โดยการทดสอบจะให้ผู้ทดสอบระบุระดับคะแนนของกลิ่นหืนที่รับรู้ได้ โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง ซึ่งตัวอย่างเปรียบเทียบจะใช้ไก่ที่เติม BHT 0.01% โดยน้ำหนัก เก็บที่สภาวะและเวลาเดียวกันกับตัวอย่างที่ทดสอบ โดยแบ่งระดับคะแนนเป็น 9 ระดับ คือ 1= มีกลิ่นหืนมากที่สุด และ 9= มีกลิ่นหืนน้อยที่สุด

8.7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 1995)

8.7.1 วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่ง Plate count agar 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นร้อน 1 ลิตร บรรจุใน flask ปิดปากด้วยจุกสำลีหลังจากนั้นนำไปฆ่าเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

8.7.2 วิธีวิเคราะห์

เตรียมสารละลายเจือจางโดยชั่งตัวอย่าง 25กรัม ซึ่งใช้ช้อนสแตนเลสที่ฆ่าเชื้อแล้วตักใส่ถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วสำหรับใช้ stomacher เติม diluent (0.1% peptone water) ลงไปประมาณ 100 มิลลิลิตรตี ป่นนาน 1 นาที แล้วเติม peptone water ที่เหลืออีก 125 มิลลิลิตร ตีป่นต่อ อีก 30 วินาที จะได้dilution 1 : 10 แล้ว ทำ dilution ต่อเป็น10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3} , 10^{-4} จากนั้นปิเปตสารละลายเจือจางของผลิตภัณฑ์ที่ dilution 10^{-8}, 10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5} อย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ dilution ละ 3 จาน เท Plate count agar (ที่ 40 – 45 องศาเซลเซียส) ลงในจานเลี้ยงเชื้อประมาณจานละ 20-15 มิลลิลิตร pour plate แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำจานเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่ 35 ± 0.5 องศาเซลเซียส นาน 2-3 วัน ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ แล้วรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อผลิตภัณฑ์ 1 กรัม

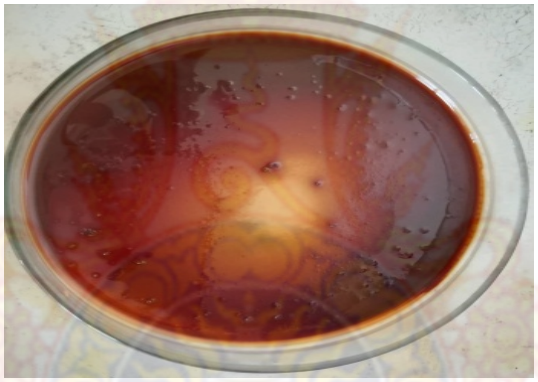
8.8 ภาพการทดลอง

ภาพผนวกที่ 4 ตัวอย่างขมิ้นชันและข่าลิงที่สกัดด้วยวิธีอัลตราซาวด์เสริม

ภาพผนวกที่ 5 ตัวอย่างขมิ้นชันที่ทำแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ

ภาพผนวกที่ 6 ตัวอย่างข่าลิงที่ทำแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ

ภาพผนวกที่ 7 ตัวอย่างขมิ้นชันที่ผ่านการทำแห้ง



ภาพผนวกที่ 8 ตัวอย่างข่าลิงที่ผ่านการทำแห้ง