รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้สารสกัดพืชพื้นเมืองไทยในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยืดอายุการเก็บรักษา และความปลอดภัยในการบริโภค

Application of Thai native plant extract in meat products as an antioxidant, extending shelf-life and consumer safety

ผศ.ดร. คมแข พิลาสมบัติ

ผศ.ดร. มณทินี ธีรารักษ์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย

จากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้สารสกัดพืชพื้นเมืองไทยในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยืดอายุการเก็บรักษา และความปลอดภัยในการบริโภค

Application of Thai native plant extract in meat products as an antioxidant, extending shelf-life and consumer safety

ผศ.ดร. คมแข พิลาสมบัติ

ผศ.ดร. มณทินี ธีรารักษ์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย

จากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การใช้สารสกัดพืชพื้นเมืองไทยในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยืดอายุการเก็บรักษา และความปลอดภัยในการบริโภค

แหล่งเงินทุน งบประมาณเงินรายได้คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 470,160 บาท

ระยะเวลาทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2556 ถึง 30 กันยายน 2557

หัวหน้าโครงการวิจัย: ผศ.ดร. คมแข พิลาสมบัติ

หน่วยงาน: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ร่วมวิจัย: ผศ.ดร. มณทินี ธีรารักษ์

หน่วยงาน: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกสารสกัดจากพืชของไทยที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และต้านเชื้อจุลินทรีย์ และนำมาใช้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มคุณภาพและความปลอดภัย การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 การทดลองได้แก่ (i) การศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของพืชพื้นเมืองไทย (ii) ศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดจากพืชในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และ (iii) การนำสารสกัดจากพืชมาใช้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มคุณภาพและความปลอดภัย

การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่การกำจัดอนุมูล DPPH ความสามารถในการจับกับโลหะไอออน การเกิดปฏิกิริยารีดักชัน การยับยั้งการเกิด lipid peroxidation และปริมาณสารฟินอลิคของสารสกัดจากพืชด้วยน้ำและเอทานอลโดยใช้พืชทดสอบจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ กระเจี๊ยบแดง ขจร มะนาวโห่ มะตูม และโสน เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระร่วมกับสารประกอบฟินอลิค พบว่า สารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงพบปริมาณสารประกอบฟินอลิกสูง และมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH การเกิดปฏิกิริยารีดักชัน การยับยั้งการเกิด lipid peroxidation สูง ดังนั้นสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงเป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติที่มีศักยภาพมากที่สุด ในการนำไปใช้ประโยชน์ในการถนอมผลิตภัณฑ์อาหารในเชิงพาณิชย์ต่อไป

การทดลองที่ 2 ศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดพืชต่อการต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและก่อโรคที่มักพบในเนื้อสัตว์ ทดสอบการยับยั้งจุลินทรีย์ทดสอบจำนวน 19 สายพันธุ์ ทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งและทำลายเชื้อจุลินทรีย์ และระยะเวลาในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงและมะนาวโห่ที่ได้จากการสกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบได้ทุกสายพันธุ์ที่ความเข้มข้น 50 mg/ml ดังนั้นจึงเลือกสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงในการศึกษาต่อไป นอกจากนี้ยังทำการศึกษาผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S.* Typhimurium และ *S. aureus* ในเนื้อสุกรบด ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 ^{o}C นาน 10 วัน ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง (50 mg/ml) สามารถยับยั้งเชื้อทดสอบ 19 สายพันธุ์ แต่ที่ความเข้มข้น 6.25 mg/ml ไม่สามารถยับยั้งเชื้อทดสอบได้ ค่าความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ยับยั้งเชื้อ *S. aureus* TISTR 118, *Escherichia coli* TISTR 780, *Listeria innocua* ATCC 33090^{T}, *Pseudomonas fluorescens* TISTR 358 และ *Lactobacillus sakei* subsp. *sakei* JCM1157^{T} มีค่า 25 mg/ml แต่กลับไม่พบการยับยั้งของ S. Typhimurium and *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* JCM 6126^{T}. ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการทำลายเชื้อ (MBC) ทดสอบดังกล่าวข้างต้นมีค่า 25, 50, 25, 50, 50 and 50 mg/ml ตามลำดับ. อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการทำลายเชื้อ *S.* Typhimurium และ *Leuconostoc mesenteroides* subsp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

mesenteroides JCM 6126^{T} มีค่า 50 mg/ml. นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบ (50 mg/ml) สามารถยบยั้งเชื้อ *S. aureus* ในเนื้อสุกรบดเมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน

การทดลองที่ 3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อการประยุกต์ใช้สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas*) ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 การศึกษาสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน การทดลองที่ 2 ศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน และการทดลองที่ 3 การศึกษาผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

ศึกษาความคงตัวและประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยมีบรรจุภัณฑ์ 2 แบบ คือ (1) บรรจุแบบสุญญากาศ (2) แบบปิดผนึกด้วยความร้อนภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจน เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส พบว่าคุณภาพทั้งทางด้านกายภาพ เคมี ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ส่วนคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์พบว่าในสัปดาห์ที่ 6 และ 8 ผลิตภัณฑ์หมูหวานที่บรรจุแบบมีอากาศพบการปนเปื้อนของเชื้อรา นอกจากนี้คุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าทุกลักษณะที่ทำการทดสอบผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับได้ไม่แตกต่างกันในทางสถิติของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบ แต่บรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศจะได้คะแนนการยอมรับสูงกว่าเล็กน้อยในทุกลักษณะ

ศึกษาผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อคุณภาพทางด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออก 6 กลุ่มดังนี้ (1) กลุ่มควบคุม (2) กลุ่มที่เติม BHT 0.02% (3) กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% (4) กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2% (5) กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.4% และ (6) กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 0, 2, 4, 6 และ 8 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส พบว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ พบว่าค่าร้อยละของผลผลิตหลังอบแห้ง ค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่น ๆ ($P > 0.05$) ส่วนค่าสีพบว่ามีค่าความสว่างสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ค่าสีแดงไม่แตกต่างกัน สำหรับค่า DPPH พบว่ากลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่า DPPH สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ๆ ถึงแม้ว่าเมื่อการเก็บรักษานานขึ้นค่า DPPH ลดลงแต่ก็ยังสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ส่วนคุณภาพทางประสาททางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับได้หมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2% ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยได้คะแนนความชอบในด้านรสชาติ และในด้านคุณภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบมาก เนื่องจากมีรสชาติขมจึงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This study was to screene antioxidant and antimicrobial properties of 5 Thai plant extracts and their application in meat and meat product. This study compose of 3 experiments as following: (i) study of antioxidation properties of Thai plant extract (ii) Determination of antimicrobial properties of Thai plant extract and (iii) application of plant extract in meat and meat product to imrove quality and safety.

The first experiment: aqueous and ethanolic extracts from dried flowers of six plant species — *Hibiscus sabdariffa* Linn. (roselle), *Telosma minor* Craib. (cowslip creeper), *Carissa carandas* L. (Karanda), *Aegle marmelos* (L.) Correa ex Roxb. (Bael) and *Sesbania javanica* Mig. (sesbania) were screened for 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical-scavenging ability, ferric-reducing antioxidant power, ferrous-ion chelating ability, anti-lipid peroxidation ability and total phenolic content. High total phenolic compound, DPPH free radical-scavenging ability, ferric-reducing antioxidant power and anti-lipid peroxidation ability were found in calyx of roselle. With promising antioxidant and antibacterial properties, calyx of roselle has great potential to be developed into natural preservatives, applicable to the food industries.

The second experiment: this study was to investigate Antibacterial activity of plant extract against pathogenic and spoilage bacteria related to meat. The *in vitro* properties of antibacterial activity using agar well diffusion technique, minimum inhibitory concentration (MIC), minimum bactericidal concentration (MBC) and killing time were performed. It was found that ethanol roselle extract and ethanol karanda extract display inhibitory activity against all 19 bacterial strains. Therefore, ethanol roselle extract and ethanol karanda extract were used for further studies. In addition, the effect of 50 mg/ml roselle extract on the survival of *Salmonella* Typhimurium and *Staphylococcus aureus* in ground pork stored at 4 ^{o}C for 0, 2, 4, 6, 8 and 10 days was demonstrated. The results showed that roselle extract (50 mg/ml) revealed antibacterial activity against all 19 strains of both pathogenic and spoilage bacteria. Antibacterial activity of the lowest concentration 6.25 mg/ml did not inhibit any tested bacterial strains. The MIC of roselle extract to inhibit *S. aureus* TISTR 118, *Escherichia coli* TISTR 780, *Listeria innocua* ATCC 33090^{T}, *Pseudomonas fluorescens* TISTR 358 and *Lactobacillus sakei* subsp. *sakei* JCM 1157^{T} was 25 mg/ml but there was not inhibit S. Typhimurium and *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* JCM 6126^{T}. The MBC of those bacteria were 25, 50, 25, 50,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50 and 50 mg/ml, respectively. However, MBC of *S.* Typhimurium and *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* JCM 6126^{T} were 50 mg/ml. *S.* Typhimurium and *S. aureus* were completely destroyed at 1 and 14 minutes exposure time by roselle extract, respectively. Moreover, roselle extract inhibited the growth of *S. aureus* ($p< 0.05$) in ground pork until 10 days of storage time.

The third experiment : the application of *Carissa carandas* L. crude extract in ready-to-eat semi-dried sweet pork was demonstrated. The study was designed in to 3 aspects, Firstly, the study of proper fat ratio on physical, chemical and microbial quality on the product. Secondly, shelf life storage on different product packages was. Thirdly, the effect of *C. carandas* crude extract on product quality.

The vacuum and heat-sealed with oxygen absorber package were compared for shelf life quality and consumer acceptance for 0 – 8 weeks. There was no difference between both packages in term of physical and chemical properties, microbial contamination and sensory evaluation. Even though fungi contamination was observed from heat-sealed package stored at 6 and 8 weeks and vacuum package was more acceptance by consumer than heat-sealed package.

The effect of *C. carandas* L. crude extract in ready-to-eat semi-dried sweet pork quality during storage time at 0 – 8 weeks. The experiments were studied in 6 treatments as follow : (1) control (no additive), (2) BHT 0.02%, (3) Potassium sorbate 0.1%, (4) crude extract at 0.2%, (5) crude extracts 0.4% and (6) crude extracts 0.6%. There was no significant difference in drying yield percentage, moisture content, water activity of treatment with different concentration of *C. carandas* crude extract compared to control. However, the lightness value was highter than control while there was no different in redness. The DPPH value increased in C. carandas crude extract treatment even with longer storage compared to other treatments. On the contrary, the lowest crude extract at 0.2% mixed in the product was rejected in both flavor and overall quality by panelists because of the bitterness.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้อย่างดีโดยได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร. ผุสดี ตังวัชรินทร์ และดร. ศุภลักษณ์ สรภักดี ที่กรุณาให้ความรู้ในเรื่องงานวิจัยและคอยให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์จาก คุณณหทัย วิจิตโรทัย และคุณจรรยา คงฤทธิ์ ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์เนื้อสัตว์จากคุณอังคณา ทุมดี และขอบคุณ รศ.ดร. จำรูญ เล้าสินวัฒนา และนักศึกษาห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสกัดสารสกัดจากพืช

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2557 ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คมแข พิลาสมบัติ
มณทินี ธีรารักษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ข

Abstract ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฒ

สารบัญภาคผนวก ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 สารต้านอนุมูลอิสระ 4

2.2 แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ 5

2.3 การใช้สารสกัดพืชเพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ 5

2.4 คุณสมบัติทั่วไปของพืชพื้นเมืองไทย 8

2.5 การเสื่อมเสียที่เกิดในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ 10

2.6 การชะลอปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน 12

2.7 กลไกของสารต้านอนุมูลอิสระในการป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน 12

2.8 การใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ 13

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลองขอบเขตงานวิจัย 15

3.1 ขอบเขตงานวิจัย 15

3.2 เชื้อแบคทีเรียทดสอบ 21

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ 22

3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี 23

3.5 ระเบียบวิธีวิจัย 24

3.6 ขั้นตอนการศึกษาและการเก็บข้อมูล 34

3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ 44

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 45

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 139

บรรณานุกรม 141

ภาคผนวก 153

ประวัตินักวิจัย 166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ 5

ตารางที่ 3.1 แบคทีเรียทดสอบ อาหารที่ใช้เลี้ยงและอุณหภูมิสำหรับการเจริญของแบคทีเรีย..... 21

ตารางที่ 3.2 ค่า Most probable numbers (MPN) ต่อตัวอย่าง 1 กรัม โดยใช้ตัวอย่าง 3 ระดับ คือ 0.1, 0.01, 0.001 กรัม 39

ตารางที่ 3.3 การจำแนกเชื้อ *E. coli* โดยวิธีทางชีวเคมี (IMViC test) 41

ตารางที่ 3.4 การตรวจผลของเชื้อ *Salmonella* spp. โดยวิธีทางชีวเคมี 42

ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (%) และค่า IC_{50} ของสารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน 46

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (%) และค่า IC_{50} ของสารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน 47

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (%) และค่า IC_{50} ของสารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน 48

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (%) และค่า IC_{50} ของสารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน 48

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน และค่า EC_{50} ของสารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ ตูม และโสน 49

ตารางที่ 4.6 ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน และค่า EC_{50} ของสารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน 50

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation และค่า IC_{50} ของสารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน 51

ตารางที่ 4.8 ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation และค่า IC_{50} ของสารสกัด เอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน 51

ตารางที่ 4.9 ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกของสารสกัดน้ำและเอทานอล จากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน 53

ตารางที่ 4.10 ผลของความร้อนต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของสารสกัดน้ำจากพืชทดสอบ 54

ตารางที่ 4.11 ผลของความร้อนต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของสารสกัดเอทานอลจากพืชทดสอบ 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.12 ผลของความร้อนต่อความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ของสารสกัดน้ำจากพืชทดสอบ 56
ตารางที่ 4.13 ผลของความร้อนต่อความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ของสารสกัดเอทานอลจากพืชทดสอบ 57
ตารางที่ 4.14 ผลของความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิกของสารสกัดจากพืชทดสอบ 58
ตารางที่ 4.15 การใช้สารสกัดกระเจี๊ยบแดงด้วยเอทานอลและน้ำ ต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean ± SD) 61
ตารางที่ 4.16 การใช้สารสกัดขจรด้วยเอทานอลและน้ำต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean ± SD) 64
ตารางที่ 4.17 การใช้สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ด้วยเอทานอลและน้ำ ต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มทีก่อให้เกิดโรค (Mean ± SD) 66
ตารางที่ 4.18 การใช้สารสกัดมะตูมด้วยเอทานอลและน้ำ ต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean ± SD) 69
ตารางที่ 4.19 การใช้สารสกัดโสนด้วยเอทานอลและน้ำต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean ± SD) 71
ตารางที่ 4.20 แสดงค่า MIC และ MBC ของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการยับยั้ง (MIC) และการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) 74
ตารางที่ 4.21 แสดงค่า MIC และ MBC ของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการยับยั้ง (MIC) และการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) 75
ตารางที่ 4.22 ระยะเวลาที่สารสกัดกระเจี๊ยบแดงสัมผัสเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมด เซลล์ไม่บาดเจ็บและเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean ± SD) 77
ตารางที่ 4.23 ระยะเวลาที่สารสกัดกระเจี๊ยบแดงสัมผัสเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมด เซลล์ไม่บาดเจ็บและเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean ± SD) 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.24 ระยะเวลาที่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สัมผัสเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมด เซลล์ไม่บาดเจ็บและเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean ± SD) 80

ตารางที่ 4.25 ระยะเวลาที่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สัมผัสเชื้อ S. Typhimurium TISTR 292 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมด เซลล์ไม่บาดเจ็บ และเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean ± SD) 81

ตารางที่ 4.26 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อค่าสีบนเนื้อสุกรบด (mean±SD) 83

ตารางที่ 4.27 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อค่าความเป็นกรดด่างบนเนื้อสุกรบด (mean±SD) 84

ตารางที่ 4.28 ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (Mean±SD) 86

ตารางที่ 4.29 ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า DPPH ของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (mean±SD) 87

ตารางที่ 4.30 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อจุลินทรีย์รวม (Total Plate Count) (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean±SD) 88

ตารางที่ 4.31 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrotrophic) (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean±SD) 89

ตารางที่ 4.32 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อยีสต์และรา (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean±SD) 90

ตารางที่ 4.33 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อ Coliform (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean±SD) 91

ตารางที่ 4.34 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อ *E. coli* (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean±SD) 91

ตารางที่ 4.35 Total Coliforms, Fecal Coliforms and *E. coli* ต่อน้ำหนักเนื้อสุกรบด 92

ตารางที่ 4.36 ผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (ผลิตภัณฑ์ดิบ) (Mean±SD) 93

ตารางที่ 4.37 ผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (ผลิตภัณฑ์สุก) (Mean±SD) 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.38 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S. aureus* (log cfu/g) ในเนื้อสุกรบด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน (mean±SD) 95

ตารางที่ 4.39 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S.* Typhimurium (log cfu/g) ในเนื้อสุกรบด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน(mean±SD) 96

ตารางที่ 4.40 ผลของกระบวนการทำให้สุกต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน 98

ตารางที่ 4.41 ผลของกระบวนการทำให้สุกต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน 99

ตารางที่ 4.42 จำนวนเชื้อ *S. aureus* ที่มีชีวิตรอดในระหว่างกระบวนการทำให้สุก 100

ตารางที่ 4.43 จำนวนเชื้อ *E. coli* ที่มีชีวิตรอดในระหว่างกระบวนการทำให้สุก 100

ตารางที่ 4.44 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD) 102

ตารางที่ 4.45 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD) 104

ตารางที่ 4.46 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD) 105

ตารางที่ 4.47 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs) (mg MDA/kg meat) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD) 106

ตารางที่ 4.48 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อเชื้อจุลินทรีย์รวม *S. aureus* และยีสต์รา ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD) 107

ตารางที่ 4.49 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อเชื้อ Coliform และ *E. coli* (MPN) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน 108

ตารางที่ 4.50 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน 110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.51 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้หลังอบแห้ง (% drying yield) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD) 111

ตารางที่ 4.52 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า Water activity (a_w) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD) 113

ตารางที่ 4.53 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความชื้น (Moisture content) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD) 115

ตารางที่ 4.54 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าสีของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD) 117

ตารางที่ 4.55 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า Chroma, Hue angle และ Browning Index ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD) 119

ตารางที่ 4.56 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD) 121

ตารางที่ 4.57 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD) 123

ตารางที่ 4.58 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD) 126

ตารางที่ 4.59 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD) 130

ตารางที่ 4.60 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า DPPH ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD) 132

ตารางที่ 4.61 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD) 135

ตารางที่ 4.62 ปริมาณเชื้อ Coliform และ *E. coli* (MPN) ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน 136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.63 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD) 137
ตารางที่ 4.64 องค์ประกอบทางเคมี และพลังงานของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD) 138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 162
ภาพที่ 2 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 163
ภาพที่ 3 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 164
ภาพที่ 4 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ*S.* Typhimurium TISTR 292 165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาคผนวก

หน้า

ภาคผนวก ก การเตรียมสารเคมี 154
ภาคผนวก ข แบบทดสอบการประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หมูบด 158
ภาคผนวก ข แบบทดสอบการประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้ง
พร้อมรับประทาน 160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์นับว่าเป็นอาหารประเภทโปรตีนและสารอาหารอื่นๆ ที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ ได้แก่ กรดอะมิโนที่จำเป็น กรดไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ เป็นต้น ในปัจจุบันพบว่าผู้บริโภคทั่วโลกมีแนวโน้มของการบริโภคเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะเห็นได้จากประเทศที่มีการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจสูง มักพบว่าประชากรมีการบริโภคอาหารประเภทโปรตีนจากเนื้อสัตว์มากขึ้น (Olmedilla-Alonso *et al*. 2013) สำหรับประเทศไทยพบว่า มีปริมาณการบริโภคเนื้อสัตว์สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน (ธำรง เมฆโหรา และพงศ์ศักดิ์ ศรีธเนศชัย. 2549) ทำให้ธุรกิจเนื้อสัตว์ในประเทศไทยมีการขยายตัวค่อนข้างเร็ว ปัญหาที่ตามมาคือทำให้มีเศษเนื้อที่เหลือจากการตัดแต่ง และชิ้นส่วนที่เหลือจากการขายมากขึ้น ส่งผลทำให้ผู้ประกอบการซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการรายย่อย เกษตรกร หรือกลุ่มสหกรณ์ หรือแม้กระทั่งผู้ประกอบการรายใหญ่ สูญเสียรายได้และผลกำไรจากเศษเหลือ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน วิธีการกำจัดชิ้นส่วนหรือเศษเหลือจากการตัดแต่งคือการนำเนื้อสัตว์ไปแปรรูปต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าของสินค้า อย่างไรก็ตามพบว่าในธุรกิจขนาดเล็ก หรือธุรกิจรายย่อยมักพบปัญหาเรื่องการเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ซึ่งนับว่าเป็นปัญหาใหญ่ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ในบ้านเรา เนื่องจากเนื้อสัตว์เป็นสินค้าที่มีมูลค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสินค้าเกษตรชนิดอื่นๆ การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์มักเกิดจากปัจจัยหลักใหญ่ๆ สองปัจจัย ได้แก่ (i) การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งนอกจากจะส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพของผู้บริโภคแล้ว ยังส่งผลเสียต่อเศรษฐกิจ เนื่องจากการเน่าเสีย หรือการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค (ii) การเสื่อมเสียเนื่องจากการเหม็นหืน และการสูญเสียคุณสมบัติทางด้านการบริโภค เนื่องจากเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ มักเป็นอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบที่ค่อนข้างสูง ทำให้เกิดการออกซิเดชันของไขมัน และโปรตีน ส่งผลให้เกิดการเหม็นหืน เกิดการเสื่อมเสียทั้งทางด้าน สี กลิ่น และรสชาติ รวมถึงการสูญเสียสารอาหารที่จำเป็นที่ผู้บริโภคควรได้รับจากการบริโภคเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์นั้นๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จากปัญหาดังกล่าว ผู้ประกอบการจึงได้มีการนำสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ เช่น Butylate hydroxytoluene (BHT), Butylate hydroxyanisole (BHA), Propylgallate และ Tertiary butyl hydroxyl quinine (TBHQ) โดยนำมาใช้ในรูปสารถนอมอาหาร เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและลดการสูญเสีย แต่ข้อเสียของการใช้สารเหล่านี้คือ เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคถ้าหากได้รับในปริมาณที่มากเกินไป ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น ทั้งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แง่ของการลดการใช้สารเคมี และการนำสารจากธรรมชาติมาใช้ทดแทนสารเคมี ซึ่งธุรกิจทางด้านอาหารเพื่อสุขภาพนับว่าเติบโตมากในช่วงที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน ดังนั้นในปัจจุบัน อุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ได้มีความพยายามคัดเลือกสารจากธรรมชาติเพื่อนำมาใช้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อชะลอการเสื่อมเสียทั้งในแง่ของการเสื่อมเสียคุณภาพการบริโภค และความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษา และลดการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ จากการศึกษาที่ผ่านมา มีการนำสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากพืช ผัก ผลไม้ สมุนไพร และเครื่องเทศมาใช้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ แต่ส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดจากต่างประเทศ ถ้าหากจะนำมาใช้ในประเทศไทย อาจมีต้นทุนที่สูงขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการคัดเลือกสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ได้จากธรรมชาติ เช่น พืช ผัก และผลไม้ โดยเฉพาะพืชที่มีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย สามารถหาได้ง่าย ราคาไม่แพง ได้แก่ กระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน มาใช้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ เพื่อพัฒนาให้เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เป็นอาหารเพื่อสุขภาพโดยได้รับสารต้านอนุมูลอิสระ และชะลอการเหม็นหืน และยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจก่อโรคและทำให้อาหารเน่าเสีย เป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ในการศึกษาครั้งนี้เลือกศึกษาในเนื้อหมูบด และหมูหวานพร้อมรับประทาน เนื่องจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ทั้งสองชนิดสามารถผลิตได้จากเศษเนื้อที่เหลือจากการตัดแต่งที่มีไขมันปน หรือชิ้นส่วนที่เหลือจากการจำหน่าย นับว่าเป็นวิธีที่สามารถสร้างสรรค์มูลค่าสินค้าได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีไขมันเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง ถ้าหากสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ข้างต้นได้นานขึ้น โดยเฉพาะหมูหวานที่ผ่านการทำให้สุกแล้วพร้อมรับประทานจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ประโยชน์อีกประการหนึ่งที่จะได้รับ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หมูหวานพร้อมรับประทานเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทานไม่ต้องทำให้สุกอีก เก็บรักษาได้นานที่อุณหภูมิห้อง วิธีผลิตไม่ยุ่งยาก เครื่องมือหรือเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตไม่แพงและไม่ซับซ้อน กลุ่มเกษตรกรสามารถลงทุนและผลิตได้เอง จึงสามารถส่งเสริมอาชีพเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ได้อย่างครบวงจร อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการส่งออกผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไปยังเพื่อนบ้าน โดยเน้นตลาดประชาคมอาเซียนได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน เพื่อนำมาเป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติที่ใช้ถนอมผลิตภัณฑ์อาหารในเชิงพาณิชย์

2. ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบนอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ศึกษาผลของสารสกัดจากสารสกัดจากพืชในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เพื่อเพิ่มคุณภาพ ยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มมูลค่าของสินค้า

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาและคัดเลือกคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผัก ผลไม้ท้องถิ่น และดอกไม้ที่รับประทานได้ ศึกษาผลของการนำสารสกัดจากพืชที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาใช้ในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย จากนั้นคัดเลือกสารสกัดจากพืชที่มีศักยภาพสูงทั้งในแง่ของการเป็นสารต้านอนุมุลอิสระ และการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์มาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อโดยศึกษาในหมูบด และหมูหวานพร้อมรับประทาน เพื่อเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ ศึกษาผลที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี ทางชีวภาพและทางประสาทสัมผัส โดยศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษา พร้อมทั้งศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการนำไปใช้

1.4 ระยะเวลาดำเนินโครงการวิจัย

2 ปี (ต.ค. 2556 - ต.ค. 2558)

1.5 ผลคาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้สารสกัดพืชที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อเพิ่มคุณภาพ ยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มมูลค่าของสินค้า

2. สามารถพัฒนาการผลิตเนื้อหมูกึ่งแห้งพร้อมรับประทานทางการค้า

3. เกษตรกรและผู้ประกอบการสามารถนำองค์ความรู้วิธีการผลิตหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน ไปใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าจากเศษเนื้อที่เหลือจากการขาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ หมายถึง ไอออนหรือโมเลกุลที่ไม่เสถียร และไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับโมเลกุลอื่น สารต้านอนุมูลอิสระจะช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ซึ่งมีทั้งสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากธรรมชาติ เช่น วิตามินอี คาเทชินจากชาเขียว เป็นต้น ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น บิวทิเลเตดไฮดรอกซีอะนิโซล (butylated hydroxyanisole, BHA) และ บิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene, BHT) เป็นต้น

กระบวนการออกซิเดชันทำให้เกิดการเสื่อมของ ไขมัน และโปรตีน (รวมถึงรงควัตถุในเนื้อ) และเป็นสาเหตุอันดับแรกของการเสื่อมของคุณภาพในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความสูญเสียของกลิ่นรส สี และ คุณค่าทางโภชนาการ และจำกัดอายุในการเก็บรักษาของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ (Kanner. 1994) การศึกษาจำนวนมากมายได้ชี้ให้เห็นว่าสามารถคบคุมการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันในเนื้อสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ (Djenane *et al*. 2004) เนื่องจากความเกี่ยวเนื่องถึงความปลอดภัยจากพิษของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ เช่น บิวทิเลเตดไฮดรอกซีอะนิโซล (BHA) และ บิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีน (BHT) การใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติจึงเป็นที่ยอมรับโดยผู้บริโภคเพราะดีกว่า และปลอดภัยกว่าสารสังเคราะห์ (Mitsumoto *et al*. 2005 ; Yen *et al*. 2002)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารที่มีสมบัติป้องกันหรือช่วยทำให้ไขมันหรือน้ำมันเกิดการหืนได้ช้าลง จึงเป็นสารที่เติมลงในไขมัน น้ำมันและผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันหรือน้ำมัน เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ไขมัน น้ำมันและผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันมีความคงตัว รักษาคุณลักษณะ กลิ่นและรสชาติไว้ได้นานขึ้นคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี ได้แก่ ต้องไม่มีโทษต่อร่างกาย ไม่ทำให้ไขมัน น้ำมัน หรืออาหารที่เติมสารต้านออกซิเดชันมีสี กลิ่น และรสชาติเปลี่ยนไป ให้ผลในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ความเข้มข้นต่ำ ละลายได้ดีในไขมันและน้ำมัน ทนต่อกระบวนการแปรรูปอาหาร นอกจากนี้ยังต้องหาซื้อได้ทั่วไปและมีราคาถูก (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ มักเกิดการออกซิเดชันของไขมัน และโปรตีนได้ง่าย ดังนั้นการใช้สารต้านอนุมูลอิสระในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จึงสามารถช่วยชะลอการเหม็นหืน และยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น (Karre *et al*. 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ

2.2.1 สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ส่วนใหญ่จะเป็นสารกลุ่มฟีนอลิก ซึ่งรวมทั้ง BHA, BHT, TBHQ, propyl, octyl และ dodecyl gallates โดยทั่วไปสารต้านออกซิเดชั่นจะถูกกำหนดให้ใช้ในระดับ 100-200 พีพีเอ็มสำหรับ BHA, BHT หรือ TBHQ หรือในระดับ 200-500 พีพีเอ็มสำหรับ gallates ซึ่งในระดับความเข้มข้นเหล่านี้จะทำให้เกิดความคงตัวของไขมันและน้ำมัน (Madhavi *et al.* 1996)

2.2.2 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร (food antioxidation) เป็นสารประกอบที่ช่วยในการยับยั้งหรือขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (free-radical autooxidation reaction) ซึ่งทำให้อนุมูลอิสระ ความสามารถในการต้านออกซิเดชันเกิดขึ้นจากโครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก ดังนั้นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหลักในอาหาร คือสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากธรรมชาติ แสดงในตารางที่ 2.1 (Sherwin. 1990)

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ

ข้อดี	ข้อเสีย
1. เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเนื่องจากพิจารณาแล้วว่ามีความปลอดภัยไม่ใช้สารเคมี	1. สารที่บริสุทธิ์จะมีราคาแพงมากและถ้าสารไม่มีความบริสุทธิ์จะทำให้มีประสิทธิภาพลดน้อยลง
2. ไม่ต้องทดสอบเรื่องความปลอดภัยตามกฎหมายถ้าเป็นสารที่ถูกพิจารณาแล้วว่าปลอดภัย (Generally Recognize as Safe; GRAS)	2. คุณสมบัติในการเตรียมสารจะแตกต่างกันถ้าสารไม่บริสุทธิ์
	3. บางทีอาจมีสี รสชาติ หรือกลิ่นรสที่เปลี่ยนไปเกิดขึ้นในอาหาร

ที่มา : ดัดแปลงจาก Madhavi *et al.* (1996)

2.3 การใช้สารสกัดจากพืชเพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาของ Juntachote *et al*. (2006) ได้นำใบโหระพาบดแห้ง ผงข่าแห้ง รวมถึงสารสกัดจากใบโหระพา และข่าด้วยเอทานอลใช้เป็นส่วนผสมในของหมูสับปรุงสุกเพื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมของสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ (กรดซิตริก 0.3% + วิตามินซี 0.5% + โทโคฟีรอล 0.02%) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ปริมาณสาร TBARS ที่เกิดขึ้นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างการเก็บรักษา เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนและเกิดการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร พบว่าประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในการชะลอการเกิด TBARS ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด คือสารต้านอนุมูลอิสระที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ รองลงคือ ผงข่าแห้ง ใบโหระพาแห้ง สารสกัดจากข่าด้วยเอทานอล และสารสกัดจากใบโหระพาด้วยเอทานอล ตามลำดับ และจากการวิจัยของ Banerjee *et al*. (2012) ได้นำผักบร็อคโคลีบดเป็นผงใช้เป็นส่วนผสมของนักเก็ตที่ทำจากเนื้อแพะในสัดส่วน 1.5 และ 2% เปรียบเทียบกับนักเก็ตที่มีส่วนผสมของสารกันบูดสังเคราะห์ BHT 100 ppm และนักเก็ตควบคุม (ไม่ใส่ผักบร็อคโคลีบดแห้งและ BHT) พบว่านักเก็ตที่ใส่ผักบร็อคโคลีบดแห้งมีการเกิด lipid peroxidation ต่ำกว่านักเก็ตควบคุมและนักเก็ตที่มีส่วนผสมของสารกันบูดสังเคราะห์ BHT ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา แสดงว่าผักบร็อคโคลีพบสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ และสามารถใช้เป็นสารกันบูดจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผัก ผลไม้ รวมทั้งดอกไม้ที่รับประทานได้หลายชนิดเป็นแหล่งของสารอาหารที่เป็นประโยชน์และดีต่อสุขภาพ และยังเป็นแหล่งของสารที่อุดมไปด้วยสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ ในการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ของสารสกัดพืชสกุลขิง 8 ชนิดที่พบในประเทศไทย พบว่าสารสกัดจากขิงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยสามารถยับยั้งอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ และอนุมูล ABTS$^{\bullet+}$ และพบว่าปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดพืชสกุลขิงอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.24 ถึง 0.85 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง (วิภาดา กันทยศ และ ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา. 2554) ในการวิจัยของ บังอร วงศ์รักษ์ และศศิลักษณ์ ปิยะสุวรรณ์ (2549) ได้ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่แยกได้ 2 ส่วนคือ ส่วนที่ละลายในน้ำ กับส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ ในผักพื้นบ้าน 6 ชนิด ได้แก่ ผักกูด ผักติ้ว ผักปลังขาว ย่านาง ผักเหมียง และผักหวานบ้าน โดยวิธี DPPH radical scavenging assay พบว่าสารสกัดจากผักติ้วแสดงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระได้มากที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดจากย่านาง และในการทดลองของ อรสุรินทร์ ฮวบบางยาง และคณะ (2553) ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในดอกไม้ที่รับประทานได้ พบว่าดอกชบามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดโดยมีปริมาณ 3.84 mg/gFW เมื่อศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH พบว่าดอกเข็มมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 0.28 mM TE/gFW ดังนั้นการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่ใส่สารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติจากพืชผัก ผลไม้และดอกไม้ที่รับประทานได้เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์อาหารในแง่ของการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร และยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารให้นานขึ้น

อนุมูลอิสระมีมากมายหลายชนิด อนุมูลที่สำคัญ ได้แก่ superoxide radical, hydroxyl radical และสารอัลดีไฮด์ต่างๆ ที่เกิดจาก lipid peroxidation เป็นกระบวนการเกิดจากปฏิกิริยาออกซิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดชั่นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว วิธีการวัดความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระในหลอดทลองมีหลายวิธีในการทดสอบด้วย ตัวอย่างเช่น

การศึกษาความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตอมด้วยวิธี DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical ในหลอดทดลองโดยใช้อนุมูล $DPPH^{\bullet}$ ในการทดสอบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชทดสอบวิธีการนี้ ทำได้ง่าย เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง และใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ (Sakanaka and Ishihara. 2008)

การศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูล Hydroxyl ($OH^{\bullet}$) ของสารทดสอบ สิ่งมีชีวิตสามารถสร้างอนุมูล $OH^{\bullet}$ โดยการเกิดจากเหล็ก Fe^{2+} ทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 ได้อนุมูล $OH^{\bullet}$ โดยเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Fenton reaction อนุมูล $OH^{\bullet}$ เป็นอนุมูลที่มีความไวสูงมากในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารชีวโมเลกุล เช่น กรดนิวคลิอิก โปรตีน และไขมันเป็นต้น (Spencer *et al*. 1994) ในการศึกษาความสามารถในการยับยั้งอนุมูล OH• ของสารทดสอบ ต้องทำการสังเคราะห์อนุมูล $OH^{\bullet}$ จากน้ำตาล deoxyribose โดยปฏิกิริยา Fenton reaction และเติมสารที่ต้องการทดสอบเพื่อศึกษาความสามารถในการยับยั้ง อนุมูล $OH^{\bullet}$

การศึกษาความสามารถในการแย่งจับกับโลหะเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารทดสอบ เพราะโลหะไอออนเป็นตัวการสำคัญในการเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระต่างๆ มากมายหลายชนิด โดยเฉพาะธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์รัส หรือ Fe^{2+} จะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นสารอนุมูล superoxide anion radical ($O_2^{-\bullet}$) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระตัวเริ่มต้นที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระตัวอื่นๆ ต่อไป กิจกรรมการแย่งจับโลหะเป็นปฏิกิริยาที่สำคัญเนื่องจากช่วยลดอัตราการเกิด lipid peroxidation สารคีเลตโลหะใช้ขจัดโลหะทรานซิชัน (metal chelator) ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนจะจับกับโลหะทรานซิชันที่ทำให้เร่งปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระ (Duh *et al*., 1999) ดังนั้นการทดสอบความสามารถในการคีเลตไอออนของโลหะ เป็นการทดสอบความสามารถของสารในการแย่งจับกับโลหะหนัก Fe^{2+} ทำให้ปริมาณอนุมูลอิสระอยู่ในสมดุลซึ่งเป็นอีกกลไกหนึ่งในการต้านอนุมูลอิสระ โดยที่สารต้านอนุมูลอิสระจับกับ Fe^{2+} ทำให้ลดการเกิดอนุมูลอิสระ (Rice-Evans *et al*. 1995)

การศึกษาความสามารถของการเป็นตัวให้อิเล็กตรอนในปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของสารทดสอบ วิธีนี้เป็นการศึกษาความสามารถในการรีดิวซ์ หรือให้อิเล็กตรอนของทดสอบแก่สารอนุมูลอิสระที่สังเคราะห์ขึ้นภายในระบบ การศึกษาความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากพืชทดสอบ lipid peroxidation เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่ออนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัว เกิดเป็น lipid peroxide วิธีนี้เป็นการวิเคราะห์การเกิด lipid peroxidation ใช้วิธีการประเมินความเข้มข้นของสารที่มีสีเรียกว่า TBARS (thiobarbituric acid reactive substances)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดจากสาร malonaldehyde (MDA) จะทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริกในสภาวะกรดเป็นสาร MDA การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้ง Lipid peroxidation โดยใช้ไข่แดงจากไข่ไก่เป็นแหล่งของไขมันไม่อิ่มตัว ไข่แดงประกอบ เลซิติน (lecithin), triacylglycerols และโปรตีน เลซิตินคือสารประกอบของไขมันและฟอสฟอรัส เรียกว่า phpospholipid เลซิตินเป็นไขมันไม่อิ่มตัวเหมาะสำหรับการทดสอบเพราะเกิด lipid peroxidation ไขมันไม่อิ่มตัวมีแนวโน้มที่จะออกซิเดชันได้ง่าย เป็นวิธีการทดสอบโดยใช้ไข่แดงเป็นแหล่งของไขมันไม่อิ่มตัวเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน (Kuppusamy *et al*. 2002)

2.4 คุณสมบัติทั่วไปของพืชพื้นเมืองไทย

2.4.1 กระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) จัดอยู่ในวงศ์ Malvaceae ชื่อสามัญ Jamaican Sorel หรือ Roselle

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ กระเจี๊ยบแดงเป็นไม้พุ่ม สูง 50-180 ซ.ม. มีหลายพันธุ์ ลำต้นสีม่วงแดง ใบ เป็นใบเดี่ยวรูปฝ่ามือ 3 หรือ 5 แฉก กว้างและยาวใกล้เคียงกัน 8-15 ซ.ม. ดอก เป็นดอกเดี่ยว ออกที่ซอกใบ กลีบดอกสีชมพูหรือเหลืองบริเวณกลางดอกสีม่วงแดง เกสรตัวผู้เชื่อมกันเป็นหลอด ผล เป็นผลแห้งแตกได้ มีกลีบเลี้ยงสีแดงฉ่ำน้ำหุ้มไว้

คุณสมบัติทางยา ขับพยาธิตัวจี๊ด ช่วยรักษาโรคกระเพาะ เป็นยาระบาย และขับปัสสาวะ (สารานุกรมสมุนไพร. 2543)

2.4.2 ขจร (*Telosma minor* Craib.) จัดอยู่ในวงศ์ Aslepiadaceae ชื่อสามัญ Cowslip Creeper

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ขจรเป็นไม้เถาเลื้อยพาดพันต้นไม้ใหญ่หรือขึ้นตามร้านต้นไม้ ใบมีรูปร่างคล้ายหัวใจปลายเรียวแหลมยาว เหมือนใบต้นข้าวสาร ใบยาว 6-11 ซ.ม. กว้าง 4-7.5 ซ.ม. มีก้านใบยาว 1.2-2 ซ.ม. ใบสีเขียวอมแดงเล็กน้อย ดอก เป็นช่อกระจุกหรือเป็นพวงๆ คล้ายพวงอุบะ ดอกแข็งมีสีเขียวอมเหลือง ออกดอกตามซอกใบ ส่งกลิ่นหอมแรงกว่าดอกชำมะนาด หรือกลิ่นของใบเตย กลีบดอกสีเหลืองหรือเขียวอมเหลือง ผลมีลักษณะกลมยาวคล้ายฝักนุ่นที่ยังเล็ก ผลแก่จะแตกออกได้ และมีเมล็ดใน ปลิวว่อนคล้ายนุ่นมีเมล็ดเกาะติดกับใยสีขาว

คุณสมบัติทางยา บำรุงตับ ปอด แก้เสมหะเป็นพิษ และถอนพิษเบื่อเมา (เอนก ว่างจิตเจริญ. 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 มะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas* Linn.) จัดอยู่ในวงศ์ Apocynaceae ชื่อสามัญ Karanda, Carunda หรือ Christ's thorn

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ มะม่วงหาวมะนาวโห่เป็นไม้พุ่มยืนต้น สูงประมาณ 2-5 เมตร สามารถเก็บผลได้ตลอดทั้งปีแต่จะมีมากในช่วงเดือนพฤษภาคม – กรกฎาคม เปลือกลำต้นมีสีน้ำตาลเข้ม ลำต้นเป็นหนามแหลม ขอบใบเรียบ ผิวใบมัน ปลายใบมน ดอกมีสีชมพูหรือแดงอ่อนจะออกเป็นช่อตามซอกใบและปลายกิ่ง ผลอ่อนจะมีสีขาว และมีการพัฒนาสีผลเป็นสีชมพูอ่อน จากนั้นจะเป็นสีแดง จนกระทั้งสุกจะมีสีดำ โดยผลแก่จะมีรสชาติเปรี้ยว ผลสุกจะมีรสหวาน (สุกัญญา ขำขาว. 2556 ; สกุนกานต์ สิมลา และคณะ. 2556 ; Maheshwari *et al.* 2012)

คุณสมบัติทางยา ช่วยป้องกันการเกิดโรค เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ รวมทั้งโรคอัลไซเมอร์ (Sharma *et al.* 2007 ; Bharkar and Balakrishnan. 2009)

2.4.4 มะตูม (*Aegle marmelos* (L.) Correa ex Roxb.) จัดอยู่ในวงศ์ Rurtaceae ชื่อสามัญ Bael Fruit Tree, Bengal Quince หรือBilak

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ มะตูมเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูงถึง 15 เมตร ตามลำต้นและกิ่งมีหนามแข็งแหลมคมอยู่มากมาย เรือนยอดกลม เปลือกลำต้นเรียบ สีน้ำตาล ใบ เป็นใบประกอบชนิดมีใบย่อย 3 ใบ ออกเวียนเป็นเกลียวรอบกิ่ง ใบย่อยรูปไข่หรือรูปหอกแกมรูปไข่ ปลายใบเรียวแหลม กว้าง 1.75-7.5 ซ.ม. ยาว 4-13.5 ซ.ม. ขอบใบหยักเป็นฟันเลื่อย ฐานใบมน ก้านใบยาว ใบมีกลิ่นหอม หากนำไปส่องแดดจะเห็นเนื้อใบมีต่อมน้ำมันเป็นจุดใสๆ กระจายอยู่ ดอก เป็นดอกช่อ ออกตรงปลายกิ่งหรือซอกใบ ดอกย่อยสีขาว หรือขาวปนเขียว มีกลิ่นหอมไกล กลีบเลี้ยง 5 กลีบ กลีบดอก 4-5 กลีบ ผล เป็นรูปไข่หรือรูปกลม เปลือกผลจะหนาแข็ง ผลอ่อนมีเปลือกสีเขียว เมื่อแก่กลายเป็นสีเขียวอมเหลือง ภายในผลมีเนื้อสีส้มปนเหลือง เนื้อนิ่มมีเมล็ดจำนวนมากแทรกอยู่ในเนื้อผล

คุณสมบัติทางยา ช่วยขับลม ช่วยเจริญอาหาร แก้กระหายน้ำ แก้พิษฝี แก้โรคลำไส้ แก้ท้องเดิน แก้หวัด แก้ปวดศีรษะ ตาลายและลดความดันโลหิตสูง (สารานุกรมสมุนไพร, 2543)

2.4.5 โสน (*Sesbania javanica* Mig.) จัดอยู่ในวงศ์ Leguminosae ชื่อสามัญ Sesbania

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ โสนเป็นไม้พุ่มขนาดเล็กลำต้นสูง 2-4 เมตร ไม้เปราะหักง่ายไม่มีแก่นผิวสีน้ำตาล ลำต้นแตกกิ่งก้านตอนบนหนาเป็นพุ่ม กิ่งก้านสีเขียวอ่อน ใบ เป็นใบประกอบแบบขนนก ก้านใบสั้น ใบย่อยออกเป็นคู่ๆ 10-30 คู่ ใบสีเขียวรูปร่างรีและกลม ปลายใบมนหรือมีขนาดเล็ก คล้ายใบมะขามหรือใบกระถิน ใบยาว 1.2–2.5 ซ.ม. กว้าง 2.4 ซ.ม. ออกตรงข้ามกิ่งสลับรูปขอบขนาน ขนาด 2x4 ม.ม. ดอก เป็นช่อดอกคล้ายดอกถั่วมีสีเหลืองออกสลับตามซอกใบปลายกิ่ง ช่อละ 10-15 ดอก ช่อดอกยาว 10 ซ.ม. กลีบดอก 5 กลีบ คล้ายผีเสื้อ ดอกย่อยยาว 2.5 ซ.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางครั้งกลีบนอกมีจุดกระสีน้ำตาลหรือสีม่วงแดงกระจายอยู่ทั่วไป ผล เป็นฝักคล้ายฝักถั่วเขียวแต่ยาวกว่า ยาว 18-20 ซ.ม. กว้าง 4 ม.ม. ฝักอ่อนสีเขียว เมื่อแก่กลายเป็นสีม่วงและสีน้ำตาล เมล็ดขนาดเล็กกลมเป็นเงามัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ม.ม. เรียงอยู่ภายในฝักมีจำนวนมาก

2.5 การเสื่อมเสียที่เกิดในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า การเสื่อมเสียเบื้องต้นของอาหารมีสาเหตุหลักมาจากปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ได้แก่ การเสื่อมเสียที่มีสาเหตุมาจากเชื้อจุลินทรีย์ และการเสื่อมเสียเนื่องมาจากการออกซิเดชันของไขมันและโปรตีน (lipid and protein oxidation) ซึ่งการเสื่อมเสียมักส่งผลโดยตรงในทางที่ไม่ดี ต่อการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รสชาติ และคุณค่าทางอาหาร ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ในที่สุดทำให้การยอมรับของผู้บริโภคในตัวสินค้าลดลง (Mc Carthy *et al*. 2001) นอกจากนี้ การออกซิเดชันของไขมันยังส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ ทำให้โครงสร้างของกล้ามเนื้อถูกทำลาย มีผลต่อการสูญเสียคุณสมบัติในการอุ้มน้ำของเนื้อ และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ

2.5.1 การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ช่วยขยายให้เห็นรูปร่าง จุลินทรีย์จำแนกออกได้ 6 ชนิด คือ แบคทีเรีย ยีสต์ รา โปรโตซัว สาหร่าย และไวรัส ยากที่จะหลีกเลี่ยงจากจุลินทรีย์ แม้กระทั่งในร่างกายมนุษย์และสัตว์ก็ยังมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหาร โดยมีทั้งชนิดที่เป็นประโยชน์และเป็นโทษ สำหรับการมีจุลินทรีย์แปลกปลอมปนเปื้อนเข้ามาในอาหารถือว่าเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา จุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์สามารถแบ่งได้เป็นประเภทต่างๆตามความสำคัญได้ดังนี้

2.5.1.1 จุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic microorganisms) ประมาณ 1 ใน 3 ของโรคที่เกิดขึ้นมาจากการบริโภคเนื้อสัตว์ที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์อยู่ ได้แก่ โรคที่เกิดจากการบริโภคเนื้อสัตว์ที่ป่วยเป็นโรคติดต่อซึ่งสามารถถ่ายทอดถึงคนได้ (zoonosis) เช่น โรค Brucellosis, Tuberculosis และ วัวบ้า (BSE) เป็นต้น โรคอาหารเป็นพิษ (food poisoning) ที่เกิดจากการบริโภคเนื้อสัตว์ที่มีเชื้อแบคทีเรียเข้าไป ซึ่งเชื้อจะไปเจริญในทางเดินอาหารและเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ ได้แก่ *Salmonella* spp., *Yersinia* spp., *Clostridium* spp. และ *Campylobacter* spp. และโรคอาหารเป็นพิษที่เกิดจากการได้รับสารพิษที่แบคทีเรียสร้างขึ้น ได้แก่ *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus* spp. ซึ่ง *S. aureus* เป็นแบคทีเรียสร้างสารพิษประเภทเอนเทอโรทอกซิน (enterotoxin) ที่มีผลต่อระบบทางเดินอาหารของผู้บริโภค *C. botulinum* เป็นแบคทีเรียสร้างสารพิษประเภทนิวโรทอกซิน (neurotoxin) ที่มีผลต่อระบบประสาท (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2545) จุลินทรีย์ในอาหารไม่เพียงทำให้อาหารเน่าเสียหรือเสื่อมคุณภาพลงเท่านั้น จุลินทรีย์หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ โดยเฉพาะแบคทีเรีย จากบันทึกหรือรายงานการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษ ปรากฏว่าแบคทีเรียเป็นตัวการสำคัญและเป็นความเสี่ยงสูงสุดที่ผู้ผลิตอาหารจะต้องกำจัดออกไปจากห่วงโซ่อาหารเป็นอันดับแรก (สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545)

2.5.1.2 จุลินทรีย์ทำให้เกิดการเน่าเสีย (Spoilage microorganisms) เนื้อสัตว์จัดได้ว่าเป็นอาหารที่ดีที่สุดต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ทำให้เกิดการเน่าเสีย (Spoilage microorganisms) เนื้อสัตว์จัดได้ว่าเป็นอาหารที่ดีที่สุดต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนซากสัตว์ภายหลังการฆ่ามีจุดเริ่มต้นจากผิวหนังสัตว์ สำไส้ และสภาพแวดล้อมภายในโรงฆ่าสัตว์ เช่น อากาศ น้ำ อุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงจากผู้ปฏิบัติงานเอง ดังนั้นจึงสามารถพบเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด เช่น แบคทีเรียแกรมบวก แบคทีเรียแกรมลบ ยีสต์ และรา ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถกลายเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคหรือเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย เชื้อจุลินทรีย์ที่มักพบการปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ *Micrococcus, Pseudomonas, Moraxella Acinetobater, Lactobacillus, Flavobacterium,* coryneforms, yeasts, Enterobacteriaceae, *Staphylococcus, Kurthia, Bacillus* และ *Brochothrix thermosphacta* (Dainty *et al.* 1992) จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่พบปนเปื้อนบนซากสัตว์แต่ละบริเวณจะมีจำนวนการปนเปื้อนเชื้อที่แตกต่างกันไป ตัวอย่างบริเวณที่พบว่ามีการปนเปื้อนสูง คือ หน้าอก สะโพกและคอ (Mackey and Roberts. 1993)

2.5.2 การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น

ปัจจัยหลักของการเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์มักมีสาเหตุเนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ แต่การเปลี่ยนแปลงทางเคมีก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เพราะสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันจัดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ (Mc Carthy *et al*., 2001) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) เป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจน กับกรดไขมันไม่อิ่มตัวอิสระ ซึ่งจะพบได้มากในอาหารที่มีไขมัน หรือน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่สูง เช่น เนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เป็นต้น ปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารเกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดออโตออกซิเดชัน (autoxidation) โฟโตออกซิเดชัน (photoxidation) และไฮโดรไลซิสออกซิเดชัน (hydrolysis oxidation) ซึ่งทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radical) จำนวนมากจนทำให้มีสีที่เปลี่ยนไป สูญเสียกลิ่นรส คุณค่าทางอาหาร ทำให้เกิดการหืน และมีอายุการเก็บสั้นลง ซึ่งทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545)

เนื้อสดและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้ว การเปลี่ยนแปลงสีก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค นอกเหนือจากกลิ่นหืนที่เกิดขึ้นแล้ว โดยปกติสีของเนื้อสัตว์จะประกอบด้วยรงควัตถุไมโอโกลบินและฮีโมโกลบิน เมื่อรงควัตถุไมโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โกลบินเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างช้าๆและต่อเนื่องได้เป็นเมทไมโอโกลบิน ทำให้สีของเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้น (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2546)

ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเนื้อสัตว์รวมถึงผลิตภัณฑ์จากหมู วัว ไก่ เป็นต้น ทั้งในรูปที่ยังไม่ได้มีการทำให้สุกหรือสุกแล้ว มักจะมีการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากพบว่านอกจากจะเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์แล้วยังมีปัจจัยที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเร็วขึ้นคือ รงควัตถุในเนื้อ เกลือ กรรมวิธีการแปรรูป และภาชนะในการบรรจุ เป็นต้น (สุรีย์ นานาสมบัติ. 2551)

2.6 การชะลอปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (autoxidation) เป็นปฏิกิริยาแบบผันกลับได้ เราไม่สามารถจะป้องกันไม่ให้เกิดได้ แต่สามารถชะลอให้เกิดช้าลงได้ ซึ่งทำได้โดย

2.6.1. ลดปริมาณความร้อน และแสงลง โดยการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในที่เย็น และมืด

2.6.2. อย่าให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักต่าง ๆ เนื่องจากหากมีโลหะหนักปนเปื้อนมา แม้ในปริมาณที่ต่ำมาก เพียงแค่ 0.1-1 ส่วนในล้านส่วน ก็สามารถเร่งให้มีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เร็วขึ้น

2.6.3. ป้องกันมิให้สัมผัสออกซิเจน โดยการเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท

2.6.4. การใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ เพื่อหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะเกิดขึ้นแบบลูกโซ่ (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545)

2.7 กลไกของสารต้านอนุมูลอิสระในการป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน

สารต้านอนุมูลอิสระที่เติมลงไปนั้นจะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นแบบลูกโซ่หยุดชะงักไป เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระที่เติมลงไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะเหลืออนุมูลของสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่าอนุมูลอิสระมาก และจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่คงตัว จึงสามารถช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในน้ำมันหรือไขมัน หรืออาหารที่มีน้ำมันและไขมันเป็นส่วนประกอบได้ (นิพัฒน์ ลิ้มสงวน. 2547)

2.8 การใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์

มีการศึกษามากมายในการนำสารต้านอนุมูลอิสระมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ทั้งในแง่ของการใช้สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ และสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญในการบริโภคอาหารที่ดีต่อสุขภาพ ลดการใช้สารเคมี และนำสารที่ได้จากธรรมชาติมาทดแทนการใช้สารเคมี ทำให้ในปัจจุบันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ได้มีความพยายามคัดเลือกสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ เพื่อมาใช้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อชะลอการเหม็นหืน ยืดอายุการเก็บรักษา และเพื่อทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ เป็นที่ทราบกันดีว่าผลิตภัณฑ์เนื้อส่วนใหญ่มักมีการใช้สารต้านอนุมูลอิสระ หรือสารกันหืนสังเคราะห์ (synthesis antioxidant) เช่น ไนไตรท์ มักใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ที่ผ่านการหมักบ่ม (cured meat) ส่วนผลิตภัณฑ์เนื้อที่ไม่ผ่านการหมักบ่ม มักมีการใช้สาร บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีอะนิซอล หรือบีเอชเอ (Butylated hydroxyanisole, BHA) บิวทิลเลเทตไฮดรอกซีโทลูอีน หรือบีเอชที (Butylated hydroxytoluene, BHT) (Sebranek *et al*. 2005) และ Benzoate (Soubra *et al*. 2007) ซึ่งใช้กันมากในผลิตภัณฑ์เนื้อทั้งแบบสดและแบบแห้ง อย่างไรก็ตามในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้คำนึงถึงความปลอดภัยต่อสุขภาพในการใช้สารกันหืนสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหาร (Sebranek *et al*. 2005) การใส่สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหารทำให้เกิดคำถาม และทัศนคติในแง่ลบมากกว่าแง่บวกของผู้บริโภคในด้านความปลอดภัยของอาหาร เมื่อบริโภคต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน (Yu *et al*. 2002) เนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์มีผลโดยตรงต่อสุขภาพ มีรายงานว่า BHA ส่งผลทำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารของหนู นอกจากนี้ยังพบว่า ในปริมาณที่สูง ทำให้หนูตาย (McCarthy *et al*. 2001) Bensoates มีผลต่อสุขภาพคือ ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ (allergic) หอบหืด (asthma) เป็นแผลในกระเพาะ (local gastric irritation) ส่วน BHT ส่งผลทำให้เกิดโรคไทรอยด์ พบการไหลออกของเลือด (haematological) ภายในระยะเวลาการกินสาร 90 วัน และมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในตับ ในหนูที่กินสารดังกล่าวภายในระยะเวลา 22 เดือน ดังนั้น FAO/WHO จึงได้มีการกำหนดค่าการยอมรับการบริโภคต่อวัน หรือ Acceptance Dairy Intake (ADI) ของสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ เช่น Benzoates ควรบริโภคในปริมาณ 0-0.7 mg/ kg น้ำหนักตัว ต่อวัน BHA 0-0.5 mg/ kg น้ำหนักตัว ต่อวัน (Soubra *et al*., 2007) นอกจากนี้ USDA ได้อนุญาติให้ใช้ BHA และ BHT ได้ไม่เกิน 0.01% (base on fat content) ในผลิตภัณฑ์เนื้อแบบสด และไม่เกิน 0.003% (base on total weight) ในผลิตภัณฑ์เนื้อแบบแห้ง (Sebranek *et al*., 2005)

จากเหตุผลดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้ผลิตจึงได้หันมาสนใจในการนำสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติมาใช้มากขึ้น (natural antioxidant) เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการทดแทนการใช้สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากแหล่งของพืชชนิดต่างๆ นอกจากจะมีคุณสมบัติต้านการเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์แล้วยังเพิ่มคุณภาพ ทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติของผลิตภัณฑ์ และยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์อีกด้วย (Sebranek *et al*., 2005) นอกจากนี้ การใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ยังเป็นอีกทางหนึ่งที่ผู้บริโภคจะเข้าถึงอาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) มีการศึกษามากมายในการใช้พืช หรือสารสกัดจากพืช เติมลงในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เพื่อวัตถุประสงค์ในการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ลดความเสี่ยงของการเกิดโรค และเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ถั่ววอลนัท จมูกข้าวสาลี น้ำผึ้ง หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิตามิน ในไส้กรอกอิมัลชั่น เนื้อบด เป็นต้น มีรายงานการใช้สารแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ที่ได้จากพืชในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เนื่องจากสารแคโรทีนอยด์มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และต้านมะเร็ง มีรายงานการใช้เปลือกมะเขือเทศแห้ง หรือน้ำมะเขือเทศ ซึ่งอุดมไปด้วย สารไลโคปีน (Lycopene) และลูเทอีน (Lutein) แครอท และมันเทศหวาน (sweet potato) ซึ่งอุดมไปด้วยวิตามิน A ผักขมซึ่งอุดมไปด้วยสารลูเทอีน และ ซีแซนทิน (Zeaxanthin) นอกจากนี้ยังได้มีการนำพืชบางชนิดที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอย (Flavonoid) และ สารลุ่มฟีโนลิก (Phynolic compound) ที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ ได้แก่ สารสกัดจากผลองุ่นขาว สารสกัดจากผลไม้กลุ่มเบอร์รี่ สมุนไพรต่างๆ และเครื่องเทศ เช่น Melissa, Rosemary, Nutmeg, Cardamon, oregano และชาเขียว เป็นต้น โดยเติมลงไปในสูตรเป็นส่วนผสมผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ (Nissen *et al*. 2004 ; Olmedilla-Alonso *et al*. 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 ขอบเขตงานวิจัย

วัตถุประสงค์	กิจกรรม
<u>การทดลองที่ 1</u> ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน เพื่อนำมาใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติที่ใช้ถนอมผลิตภัณฑ์อาหารในเชิงพาณิชย์	สกัดสารจากพืชทดสอบด้วยเอทานอลและน้ำ 1.1 ทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีไฮโดรเจนอะตอม 1.2 ทดสอบความสามารถในการแย่งจับกับโลหะ Fe^{2+} (Metal chelating activity) ของสารสกัดพืชทดสอบ 1.3 ทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ของสารสกัดพืชทดสอบ 1.4 ทดสอบความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation จากพืชทดสอบ 1.5 ทดสอบปริมาณกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดจากพืชทดสอบ 1.6 ทดสอบผลของความร้อนต่อประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทดสอบ
<u>การทดลองที่ 2</u> ศึกษาความสามารถของสารสกัดจาก กระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบนอาหาร	2.1 ทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และกลุ่มที่ก่อให้โรค โดยวิธี Agar well Diffusion Method (19 สายพันธุ์) 2.2 ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากพืชที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อเป้าหมาย โดยศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ (MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าเชื้อ (MBC) 2.3 ศึกษาระยะเวลาที่สารสกัดสัมผัสเชื้อต่อการลดลงของจำนวนเชื้อเป้าหมาย โดยศึกษาจำนวนเชื้อที่มีชีวิตรอดและจำนวนเซลล์ที่บาดเจ็บ (Cell stress) ของเชื้อบริสุทธิ์ (*In vitro*)
<u>การทดลองที่ 3</u> ศึกษาการใช้สารสกัดพืช	เลือกพืชที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่สูง และสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (จากการทดลองที่ 1 และ 2) มา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นบ้านในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยทำการศึกษาในผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดคือ 1. ผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด และ 2. ผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน	ใช้ในการเติมในผลิตภัณฑ์ โดยศึกษา 3.1 ผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด 3.1.1 ศึกษาผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบดที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน โดยศึกษาคุณสมบัติดังนี้ (1) คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ - ค่าสี (L*, a* และ b*) - ค่าความเป็นกรด-ด่าง (2) คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ - การออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) - ค่าการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) (3) คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ - ตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์รวม - ตรวจหาจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrotrophic) - ตรวจหายีสต์และรา - ตรวจหา Coliforms และ *E. coli* (4) การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทดสอบทั้งผลิตภัณฑ์ดิบ และผลิตภัณฑ์ปรุงสุก ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ดิบได้แก่ ดูลักษณะของสี กลิ่น ลักษณะความน่าซื้อ และการยอมรับโดยรวมในผลิตภัณฑ์ปรุงสุกได้แก่ การทดสอบการชิม โดยทดสอบการยอมรับ ด้านสี กลิ่น รสชาติ และความพึงพอใจโดยรวม 3.1.2 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อสุกรบดโดยการเติมเชื้อก่อโรค *S. aureus* และ *Salmonella* Typhimurium เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน โดยศึกษาคุณสมบัติดังนี้ จากนั้นตรวจสอบการมีชีวิตรอดของเชื้อดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	3.2 ผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน 3.2.1 ศึกษากระบวนการทำให้สุกเพื่อผลิตหมูหวานพร้อมรับประทาน 2 วิธีได้แก่ 3.2.1.1 อบให้มีอุณหภูมิใจกลางผลิตภัณฑ์หมูหวาน 71 °C ด้วยอุณหภูมิ 85 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 30 นาที 3.2.1.2 อบให้มีอุณหภูมิใจกลางผลิตภัณฑ์หมูหวาน 71 °C ด้วยอุณหภูมิ 85 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 30 นาที และนำไปย่างด้วยอุณหภูมิ 180 °C เป็นเวลา 6 นาที โดยติดตามวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้ (1) คุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่ - เปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% Drying yield) - ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity measurement) - ค่าความชื้น (Moisture content) - ค่าสี (CIE L*a*b*) - ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force) - ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis (2) คุณภาพทางประสาทสัมผัส (3) ศึกษาความอยู่รอดของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ในเนื้อกึ่งแห้งพร้อมรับประทานเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	3.2.2 ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพด้านกายภาพและด้านเคมีของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน โดยวิเคราะห์ด้านต่างๆ ดังนี้ (1) คุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่ - เปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% Drying yield) - ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity measurement) - ค่าความชื้น (Moisture content) - ค่าสี (CIE L*a*b*) - ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force) - การออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) (2) คุณภาพด้านจุลินทรีย์ได้แก่ - จำนวนจุลินทรีย์รวม - *S. aureus* - ยีสต์และรา - Coliforms และ *E. coli* (3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส 3.2.3 ศึกษาผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน แปรรูปผลิตภัณฑ์ตามกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม (จากการทดลองที่ 3.2.1) และเติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ระดับความเข้มข้น 0.2, 0.4 และ 0.6% ตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์หมูหวานพร้อมรับประทานเป็นเวลา 2 เดือน วิเคราะห์ตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ โดยศึกษาคุณสมบัติดังนี้ (1) คุณภาพทางกายภาพ - เปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	แห้ง (% Drying yield) - ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity measurement) - ค่าความชื้น (Moisture content) - ค่าสี (CIE L*a*b*) - การเปลี่ยนแปลงค่าสีน้ำตาล (Browning Index) - ค่าความเป็นกรด-ด่าง - ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force) - ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรง Texture Profile Analysis (TPA) (2) คุณภาพทางเคมี - การออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) - ค่าการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) (3) คุณภาพด้านจุลินทรีย์ - จำนวนจุลินทรีย์รวม - *S. aureus* - ยีสต์และรา - Coliforms และ *E. coli* (4) คุณภาพทางประสาทสัมผัส 3.2.4 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน หลังจากได้ผลิตภัณฑ์หมูหวานพร้อมรับประทานที่มีคุณภาพทางด้านการบริโภค (สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส) และมีความปลอดภัยทางด้านการบริโภครวมทั้งมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาที่เหมาะสมแล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) ในด้านต่าง ๆ ดังนี้ - ความชื้น - ไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	- โปรตีน - คาร์โบไฮเดรต - เถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เชื้อแบคทีเรียทดสอบ

ตารางที่ 3.1 แบคทีเรียทดสอบ อาหารที่ใช้เลี้ยง และอุณหภูมิสำหรับการเจริญของแบคทีเรีย

Microorganisms	Media	Temp. (^{o}C)
Meat pathogenic bacteria		
Salmonella Typhimurium TISTR 292	TSB-YE	37
Staphylococcus aureus TISTR 118	TSB-YE	37
Escherichia coli TISTR 780	TSB-YE	37
Listeria innocua ATCC 33090^{T}	TSB-YE	37
Aeromonas hydrophila TISTR 1321	TSB-YE	30
Meat spoilage bacteria		
Pseudomonas fluorescens JCM 5963^{T}	TSB-YE	26
Pseudomonas fluorescens TISTR 358	TSB-YE	26
Lactobacillus plantarum 1149	MRS	30
Lactobacillus sakei subsp. *sakei* JCM1157^{T}	MRS	30
Lactobacillus sakei TISTR 890	MRS	37
Lactobacillus plantarum ATCC 14947	MRS	30
Lactococcus cremoris TISTR 1344	MRS	30
Lactococcus lactis 19435	MRS	30
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* JCM 6124^{T}	MRS	30
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* TISTR 942	MRS	30
Enterococcus faecalis TISTR 888	MRS	37
Streptococcus sp. TISTR 1030	MRS	30
Other bacteria found in food		
Bacillus coagulans TISTR 1447	TSB-YE	37
Bacillus subtilis JCM 1465	TSB-YE	37

ATCC = American Type Culture Collection, Rockville, Md

JCM = Japanese Culture of Microorganism, Wako, Japan

TISTR = Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) เครื่องบดเนื้อรูบดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร
2) เครื่องสับผสม (Seydelmann, Germany)
3) ตู้อบลมร้อน (Binder, USA)
4) เตาย่างควบคุมอุณหภูมิ
5) เครื่องชั่งชนิดหยาบ (Tanita model 1144, Tanita Corporation, Japan)
6) เครื่องชั่งชนิดละเอียด (Sartorius, Basic, Germany)
7) ตู้เขี่ยเชื้อ Laminar Flow (Dwyer model merk II, USA)
8) ตู้บ่มเพาะเชื้อจุลินทรีย์ (WTB Binder model BD, Germany)
9) ตู้อบเครื่องแก้ว (Hot-air oven, Memmert model CM500, Germany)
10) หม้อนึ่งความดันสำหรับฆ่าเชื้อ (Auto clave, Hirayama model HVE 50, Japan)
11) อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath, Memmert, Germany)
12) เครื่องผสมสารละลาย (Vortex Mixer KMC-1300V, Korea)
13) เครื่องตีป่นไฟฟ้า (Stomacher Bag Mixer 400 model VW, France)
14) ไมโครเวฟ (Toshiba)
15) เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น
16) ไมโครปิเปต ขนาด 100, 200 และ 1000 ไมโครลิตร
17) เครื่องวิเคราะห์ค่า Water activity (Novasina, Switzerland)
18) เครื่องวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler, Instron Model 1011)
19) เครื่องวัดค่าสีของเนื้อ (Hunterlab Mini Scan EZ, USA)
20) เครื่อง Homogenizer (Ultra tarrax, Germany)
21) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Shimadzu model UV – 1601, Japan)
22) เครื่องบรรจุสุญญากาศ (Ramon, Germany)
23) ถุงสุญญากาศชนิด K-Nylon/LLDPE
24) เจอร์กี้กัน (LEM, USA)
25) Spectrophotometer (Shimadzu model UV-1601, Japan)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1) Agar	(Criterion, USA)
2) Baird-Parker agar	(Merck, Germany)
3) Chromocult	(Merck, Germany)
4) DEV Tryptophan broth	(Merck, Germany)
5) EC broth	(Merck, Germany)
6) Eosin Methylene Blue (EMB) agar	(Merck, Germany)
7) Brilliant Green Lactose Bile (BGLB)	(Merck, Germany)
8) Hekoten-Entero-Agar	(Merck, Germany)
9) Lauryl Sulfate broth	(Merck, Germany)
10) Malt extract	(Merck, Germany)
11) Lysine-Indole-Motility (LIM) medium	(Difco, USA)
12) MRS broth	(Merck, Germany)
13) Methyl red-Voges Proskauer (MR-VP) broth	(Merck, Germany)
14) Plate count agar	(Merck, Germany)
15) Simmons citrate agar	(Merck, Germany)
16) Tryptic Soy Broth (TSB)	(Merck, Germany)
17) Tetrathionate broth (TTB)	(Merck, Germany)
18) Selenite cysteine broth (SCB)	(Merck, Germany)
19) Salmonella-Shigella (SS) agar	(Merck, Germany)
20) Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) agar	(Merck, Germany)
21) Triple sugar iron (TSI) agar	(Merck, Germany)
22) Yeast extract granulated	(Merck, Germany)
23) Mueller Hinton Broth (MHB)	(Merck, Germany)
24) Potassium tellurite-hydrate	(Merck, Germany)
25) 2 – Thiobarbituric acid (TBA)	(Sigma, Germany)
26) Trichloroacetic acid	(Merck, Germany)
27) 1,1,3,3 – Tetraethoxypropane	(Sigma, Germany)
28) 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)	(Sigma, Germany)
29) 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (Trolox)	(Sigma, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30) Hydrochloric acid fuming 37% (Merck, Germany)

31) Ethanol 99% (Merck, Germany)

32) Methanol (Merck, Germany)

33) Dipotassium hydrogen orthophosphate (K_2HPO_4) (Univer, New Zealand)

34) Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4) (Univer, New Zealand)

3.5 ระเบียบวิธีวิจัย การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน เพื่อนำมาใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติที่ใช้ถนอมผลิตภัณฑ์อาหารในเชิงพาณิชย์ แบ่งออกเป็น 6 การทดลองย่อย ดังนี้

ขั้นตอนการสกัด

การสกัดสารจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และ โสน โดยนำพืช 5 ชนิด ได้แก่ กระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูมและ โสนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน แบ่งพืชทดสอบเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งสกัดด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน ในขณะที่กลุ่มที่ 2 สกัดด้วยเอทานอลที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน ทำการแยกสารสกัดจากพืชด้วยน้ำและเอทานอลโดยการกรองผ่านกรวยโดยการใช้กระดาษกรองเบอร์ 1 แยกส่วนกากเอาแต่ส่วนที่เป็นของเหลว กรองซ้ำ 2 รอบ เพื่อลดการตกค้างของเศษพืช

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีไฮโดรเจนอะตอม

การศึกษาความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีให้ไฮโดรเจน อะตอม นำสารสกัดจากพืชทดสอบที่ความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 2 มิลลิลิตรทำปฏิกิริยาในหลอดทดลองกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 100 μM จำนวน 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทันที บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จึงนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Miliauskas *et al*. 2004) ทำการทดสอบอย่างละ 3 ซ้ำบันทึกค่าการดูดกลืนแสง และนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (Scavenging capacity) คำนวณค่า IC_{50} จากกราฟระหว่างค่า log ของความเข้มข้น และเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เพื่อหาความสัมพันธ์และสมการเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดกับเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและค่า regression

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 1.2 ทดสอบความสามารถในการแย่งจับกับโลหะ Fe^{2+} (Metal chelating activity) ของสารสกัดพืชทดสอบ

การวิเคราะห์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะ Fe^{2+} (metal chelating activity) ของสารสกัดจากพืชทดสอบ นำสารสกัดจากพืชทดสอบที่ความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 1 มิลลิลิตรทำปฏิกิริยากับสารละลายเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$) ความเข้มข้น 2 mM ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและเติมสารละลาย Ferrozine ความเข้มข้น 5 mM ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 562 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Singh and Rajini, 2004) ทำการทดสอบอย่างละ 3 ซ้ำบันทึกค่าการดูดกลืนแสงและนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการแย่งจับกับโลหะ Fe^{2+}

การทดลองที่ 1.3 ทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ของสารสกัดพืชทดสอบ

การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์ของสารสกัดจากพืชทดสอบ นำสารสกัดจากพืชทดสอบ 5 ชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 1 มิลลิลิตรผสมกับสารละลายโพแทสเซียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.2 M ที่ pH 6.6 ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และสารละลาย $K_3Fe(CN)_6$ 1% ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและนำไปบ่มที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติม 10% TCA ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปหมุนเหวี่ยงนาน10 นาที เก็บสารละลายส่วนบนปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร และสารละลาย 0.1% $FeCl_3$ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง นำไปคำนวณความสามารถในการรีดิวซ์ในรูปมิลลิกรัมของกรดแกลลิก (Gallic acid: GAE) ต่อกรัมของสารสกัด โดยคำนวณจากกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Chan *et al.* 2007)

การทดลองที่ 1.4 ทดสอบความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation จากพืชทดสอบ

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation ของสารสกัดจากพืชทดสอบ เติมสารละลายไข่แดงเข้มข้น 25 กรัมต่อลิตรในสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต จำนวน 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารสกัดจากพืชทดสอบที่ความเข้มข้นต่างๆ จำนวน 1 มิลลิลิตรแล้วตามด้วยสาร $FeSO_4$ เข้มข้น 1000 µM จำนวน 100 ไมโครลิตรนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นแบ่งสารละลายที่ได้จำนวน 1 มิลลิลิตร เติมสาร Thiobarbituric acid (ละลายใน trichloracetic acid 20%) เข้มข้น 0.5 % จำนวน 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปต้มในน้ำอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาแช่ในน้ำแข็งทันที นำไปหมุนเหวี่ยง 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

532 nm ส่วนหลอดควบคุมเติมสารละลายไข่แดงและสาร $FeSO_4$ นำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิด lipid peroxidation (Kuppusamy *et al*. 2002)

การทดลองที่ 1.5 ทดสอบปริมาณกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดจากพืชทดสอบ

การวิเคราะห์ปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ในสารสกัดจากพืชทดสอบ นำสารสกัดจากพืชทดสอบ ที่ความเข้มข้น 5000 ppm จำนวน 1 มิลลิลิตรทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7.5 %ปริมาตร 4 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที จากนั้นจึงนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Kahkonen *et al*. 1999) ทำการทดสอบอย่างละ 3 ซ้ำ และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยเปรียบเทียบจากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

การทดลองที่ 1.6 ทดสอบผลของความร้อนต่อประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทดสอบ

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูล Hydroxyl ($OH^{\bullet}$) ของสารสกัดจากพืชทดสอบ นำสารสกัดจากพืชทดสอบ 5 ชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ ทำปฏิกิริยากับ deoxyribose เข้มข้น 3.75 mM H_2O_2 เข้มข้น 1 mM potassium phosphate buffer เข้มข้น 20 mM ที่ pH 7.4 $FeCl_3$ เข้มข้น 0.1 mM EDTA เข้มข้น 0.1 mM และวิตามินซี เข้มข้น 0.1 mM ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติม 1% thiobarbituric acid จำนวน 1 มิลลิลิตร และ 2.8% (w/v) trichloroacetic acid จำนวน 1 มิลลิลิตร นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 20 นาที ทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำแข็ง จึงนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตรทำการทดสอบอย่างละ 3 ซ้ำบันทึกค่าการดูดกลืนแสงและนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ฤทธิ์ต้านการกำจัดอนุมูล hydroxyl (Halliwell *et al*. 1987)

การทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจาก กระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบนอาหาร แบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย ดังนี้

วิธีการเตรียมเชื้อจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาแสดงในตารางที่ 3.1 ได้จากห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ โดยทำการจัดเก็บ stock culture ไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เมื่อต้องการทำการทดลอง นำ stock culture มาละลายน้ำแข็ง และทำการเจริญบนอาหารที่เหมาะสมกับเชื้อแต่ละชนิด เป็นเวลา 22-24 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้ออยู่ในสภาวะ late log phase (non-stressed cells) ตามวิธีของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tangwatcharin *et al.* (2006) จากนั้นเตรียมสารละลายแบคทีเรียให้มีความเข้มข้นแบคทีเรีย 10^8 cfu/มิลลิลิตร (McFarland standard of 0.5) เพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

การทดลองที่ 2.1 ศึกษาการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และกลุ่มก่อโรค ของสารสกัด ด้วยวิธี Agar well diffusion ตามวิธีของ Perez (1990) ทำการเจือจางสารสกัดแบบ two fold dilution โดยมีระดับความเข้มข้นของสารสกัด 4 ระดับ ได้แก่ 50, 25, 12.5 และ 6.25 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เตรียมสารละลายแบคทีเรียที่มีความเข้มข้นสุดท้ายในจานอาหาร 5×10^5 cfu/มิลลิลิตร นำ sterile cotton จุ่มในสารละลายแบคทีเรียและ swab บนจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ เจาะหลุมด้วย cork-borer (เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร) ปิเปตสารสกัดลงในหลุมปริมาตร 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิเหมาะสมของเชื้อทดสอบ (ตารางที่ 3.1) เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของ inhibition zone หน่วยมิลลิเมตร (รวมกับเส้นผ่าศูนย์กลางของหลุม)

การทดลองที่ 2.2 ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากพืชที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อเป้าหมาย โดยศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ (Minimum inhibition concentration, MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าเชื้อ (Minimum bactericidal concentration) ด้วยวิธี broth microdilution method ตามวิธีของ CLSI M7-A4 (2002) นำเชื้อแบคทีเรียก่อโรคชนิดที่ถูกยับยั้งจากการทดลองที่ 2.1 มาทำการศึกษา ทำการเตรียมสารปิเปตลงในหลุมของ micro plate โดยมีลำดับการใส่ ดังนี้

- ใส่สารสกัดความเข้มข้นแต่ละระดับลงในหลุมปริมาตร 20 ไมโครลิตร
- ใส่อาหาร 2x TSB ปริมาตร 20 ไมโครลิตร
- ใส่อาหาร 1x TSB ปริมาตร 120 ไมโครลิตร
- ใส่เชื้อแบคทีเรียก่อโรคจากการทดลองที่ 2.1 ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ให้มีระดับความเข้มข้นสุดท้ายใน microplate 5×10^5 cfu/มิลลิลิตร โดยเตรียมกลุ่มควบคุมตัวอย่างละ 3 แบบ ดังนี้

1) growth control คือ อาหารเลี้ยงเชื้อ TSB + แบคทีเรีย
2) negative control คือ ตัวทำละลาย + อาหารเลี้ยงเชื้อ TSB + แบคทีเรีย
3) sterile control คือใส่เฉพาะอาหารเลี้ยงเชื้อ

ปิดฝา microplate เขย่าเบาๆ ให้อาหารและเชื้อผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แล้วทำการวัดความขุ่น จากนั้นทำการวิเคราะห์หาค่า MIC, MIC_{90} และ MBC โดยนำสารละลายในหลุมของ microplate ที่ใส ปริมาตร 10 ไมโครลิตร เพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ TSA แล้วทำการบันทึกระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัด โดยถ้าพบการเจริญมากกว่า 500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคโลนี เป็นค่า MIC หากพบการเจริญอยู่ในช่วง 5-500 โคโลนี เป็นค่า MIC_{90} และถ้าพบการเจริญไม่เกิน 5 โคโลนี เป็นค่า MBC ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถทำลายแบคทีเรียได้ไม่น้อยกว่า 99.9% ของจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้น

การทดลองที่ 2.3 ศึกษาระยะเวลาที่สารสกัดสัมผัสเชื้อต่อการลดลงของจำนวนเชื้อเป้าหมาย โดยศึกษาจำนวนเชื้อที่มีชีวิจรอดและจำนวนเซลล์ที่บาดเจ็บ (Cell stress) ของเชื้อบริสุทธิ์ (*In vitro*) โดยศึกษาจำนวนเชื้อที่มีชีวิตรอดและจำนวนเซลล์ที่บาดเจ็บ (Cell stress) ของเชื้อบริสุทธิ์ (*In vitro*) ตามวิธีของ Tangwatcharin *et. al.* (2006) โดยเลือกระดับความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถทำลายแบคทีเรียได้ (MBC) จากการทดลองที่ 2.2 ทำการวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียที่เหลืออยู่ภายหลังสัมผัสสารสกัดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MHA ที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 นาที สำหรับเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 และที่ระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 นาที สำหรับเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 (สารสกัดกระเจี๊ยบแดง) ที่ระยะเวลา 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที สำหรับเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 และที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที สำหรับเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 (สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่) เพื่อหาปริมาณ total culturable cells ของแบคทีเรียทุกชนิดและจุลินทรีย์ทั้งหมด และเพาะเลี้ยงบนอาหารที่จำเพาะกับเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนั้น เพื่อหาปริมาณ culturable cells โดยทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง บันทึกปริมาณแบคทีเรียที่เหลืออยู่ภายหลังสัมผัสสารสกัด นำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลและนำเสนอเป็นค่า log cfu เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาวะของเซลล์ในการศึกษาผลการตอบสนองทางสัณฐานวิทยาและกายภาพของเซลล์แบคทีเรียเหล่านี้เนื่องจากสภาวะเครียด (Morphological and physiological responses of pathogenic bacteria to stress) โดยนำข้อมูลไปประมวลผล Population density estimate หาค่า non-stressed และ stressed cells ของแบคทีเรียแต่ละชนิด ดังสมการ

stressed cells = total culturable – culturable

non-stressed cells = culturabl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 3 ศึกษาการใช้สารสกัดเพื่อพื้นบ้านในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์คือ ผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด และผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

การทดลองที่ 3.1 ศึกษาการใช้สารสกัดดอกกระเจี๊ยบแดงในผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด

3.1.1 ศึกษาผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านจุลินทรีย์ ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบดที่อุณหภูมิ 4 ^{o}C เป็นระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้มาคลุกกับสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงที่เตรียมไว้ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มการทดลองคือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติมสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงที่ระดับ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรลดขนาดแบ่งบรรจุถาดโฟม ถาดละ 150 กรัม ใช้ฟิล์มพลาสติกปิดทับ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน โดยวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

3.1.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่

- ค่าสี (L*, a* และ b*)
- ค่าความเป็นกรดด่าง

3.1.1.2 คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่

- การออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS)
- ค่าการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH)

3.1.1.3 คุณสมบัติทางชีวภาพ ได้แก่

- ตรวจหาเชื้อจุลินทรีย์รวม
- ตรวจหาจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrotrophic)
- ตรวจหายีสต์และรา
- ตรวจหา Coliforms และ *E. coli*

3.1.1.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทดสอบทั้งผลิตภัณฑ์ดิบ และผลิตภัณฑ์ปรุงสุก ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ดิบได้แก่ ดูลักษณะของสี กลิ่น ลักษณะความน่าซื้อ และการยอมรับโดยรวมในผลิตภัณฑ์ปรุงสุกได้แก่ การทดสอบการชิมโดยทดสอบการยอมรับ ด้านสี กลิ่น รสชาติ และความพึงพอใจโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อสุกรบด โดยการเติมเชื้อก่อโรค *S. aureus* และ *S.* Typhimurium เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน จากนั้นตรวจสอบการมีชีวิตรอดของเชื้อดังกล่าว

3.1.2.1 ความสามารถของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อสุกรบด โดยการเติมเชื้อก่อโรค *S. aureus*

วิธีการเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้มาคลุกกับสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงที่เตรียมไว้ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มการทดลองคือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติมสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงที่ระดับ 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรลดขนาดแบ่งบรรจุถาดโฟม ถาดละ 150 กรัม ใช้ฟิล์มพลาสติกปิดทับ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน

วิธีการเตรียมเชื้อทดสอบ

นำ stock culture มาละลายน้ำแข็ง และทำการเจริญบนอาหาร TSA สำหรับเชื้อ *S. aureus* เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อให้เชื้ออยู่ในสภาวะ late log phase (non-stressed cells) ตามวิธีของ Tangwatcharin *et. al*. (2006) จากนั้นเตรียมสารละลายแบคทีเรียให้มีความเข้มข้นแบคทีเรีย 10^8 cfu/มิลลิลิตร เทียบความขุ่นกับ 0.5 McFarland standard

โดยทำการศึกษาการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด ตามวิธีของ BAM (2001) โดยทำการเติมสารละลายเชื้อบริสุทธิ์ที่ระดับความเข้มข้นสุดท้าย 10^3 cfu/g ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรลดขนาด จากนั้นเติมสารสกัดที่ระดับความเข้มข้นที่สรุปได้จากการทดลองที่ 1.2 ลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรลดขนาดเข้มข้นต่างๆ นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 เก็บรักษา 10 วัน วิเคราะห์หาจำนวนการมีชีวิตรอดของ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรลดขนาดที่เติมสารสกัดแล้วก่อนเติมเชื้อและหลังเติมเชื้อ โดยสุ่มตัวอย่างหมูบดน้ำหนัก 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในถุงพลาสติก ละลายในสารละลายเกลือโซเดียวคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ตีปั่นให้เข้ากันด้วยเครื่อง Stomacher จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่าง จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ลงจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Baird-Parker agar (BP) ที่ผสมไข่แดง ปริมาตร 15 - 20 มิลลิลิตร โดยวิธี Spread plate รอจนอาหารแข็งแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำจานเพาะเชื้อทั้งหมดไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่มีลักษณะกลมนูน สีดำเป็นมัน ผิวเรียบ ขอบขาว มีตะกอนขุ่นรอบ ๆ โคโลนี รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30 – 300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/กรัม จากนั้นสุ่มเลือกโคโลนีที่สงสัยมาวิเคราะห์การสร้างเอนไซม์ Couagulase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

test โดยดูด Rabbit plasma ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรลงบนสไลด์ที่ทำความสะอาดแล้ว ถ่ายเชื้อลงบนสไลด์ที่มีการหยด Rabbit plasma แล้ว ทำการ smear สังเกตการเกิดเส้นใยบนสไลด์

3.1.2.1 ความสามารถของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อสุกรบด โดยการเติมเชื้อก่อโรค *S.* Typhimurium

โดยทำการศึกษาการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S.* Typhimurium ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด ตามวิธีของ BAM (2014) โดยทำการเติมสารละลายเชื้อบริสุทธิ์ที่ระดับความเข้มข้นสุดท้าย 10^3 cfu/g ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรลดขนาด จากนั้นเติมสารสกัดที่ระดับความเข้มข้นที่สรุปได้จากการทดลองที่ 1.2 ลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรลดขนาดเข้มข้นต่างๆ นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 เก็บรักษา 10 วัน วิเคราะห์หาจำนวนการมีชีวิตรอดของ *S.* Typhimurium ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรลดขนาดที่เติมสารสกัดแล้วก่อนเติมเชื้อและหลังเติมเชื้อ โดยสุ่มตัวอย่างหมูบดน้ำหนัก 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในถุงพลาสติก ละลายในสารละลายเกลือโซเดียวคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ตีปั่นให้เข้ากันด้วยเครื่อง Stomacher จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่าง จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ลงจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Hektoen enteric agar (HE) ที่มีการเติมยาปฏิชีวนะ novomyocin บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตโคโลนีสีน้ำเงินเขียว และตรงกลางมีสีดำ กลม นูน ผิวเรียบเป็นมัน อาจพบหรือไม่พบจุดตรงกลาง นำโคโลนีไปทำการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีโดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อโคโลนีที่สงสัยไปเพาะลงในอาหาร lysine iron agar (LIA) และ triple sugar iron agar slant (TSI) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดูผลปฏิกิริยาทางชีวเคมีในหลอด TSI agar slant และ LIA agar เชื้อ *Salmonella* spp โดยผลการทดสอบดังตารางที่ 3.4

การทดลองที่ 3.2 ศึกษาการใช้สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

3.2.1 ศึกษากระบวนการทำให้สุกเพื่อผลิตหมูหวานพร้อมรับประทาน 2 วิธีได้แก่

3.2.1.1 อบให้มีอุณหภูมิใจกลางผลิตภัณฑ์หมูหวาน 71 °C ด้วยอุณหภูมิ 85 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 30 นาที

3.2.1.2 อบให้มีอุณหภูมิใจกลางผลิตภัณฑ์หมูหวาน 71 °C ด้วยอุณหภูมิ 85 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 30 นาที และนำไปย่างด้วยอุณหภูมิ 180 °C เป็นเวลา 6 นาที

โดยติดตามวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) คุณภาพด้านกายภาพ ได้แก่

- เปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% Drying yield)
- ค่าสี (CIE L*a*b*)
- ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force)
- ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis

(2) คุณภาพด้านเคมี ได้แก่

- ค่าความชื้น (Moisture content)
- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity measurement)

(3) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

(4) ศึกษาความอยู่รอดของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ในเนื้อกึ่งแห้งพร้อมรับประทานเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งที่แตกต่างกัน

3.2.2 ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพด้านกายภาพ และด้านเคมีของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

เลือกสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมและผู้บริโภคให้การยอมรับจากการทดลองที่ 1 มาทำการ ศึกษาในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่

3.2.2.1 บรรจุแบบสุญญากาศ (Vacuum pack)

3.2.2.2 บรรจุแบบมีอากาศภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจน (aerobic pack)

โดยศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานเป็นระยะเวลา 2 เดือน สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาทุก ๆ 2 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ซึ่งผลการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

(1) คุณภาพทางกายภาพ

- เปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% Drying yield)
- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity measurement)
- ค่าความชื้น (Moisture content)
- ค่าสี (CIE L*a*b*)
- ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS)

(2) คุณภาพด้านจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์รวม
- *S. aureus*
- ยีสต์และรา
- Coliforms และ *E. coli*

(3) คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

3.2.3 ศึกษาผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

แปรรูปผลิตภัณฑ์ตามกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม (จากการทดลองที่ 3.2.1) และเติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ระดับความเข้มข้น 0.2, 0.4 และ 0.6% ตรวจวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์หมูหวานพร้อมรับประทานเป็นเวลา 2 เดือน วิเคราะห์ตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ โดยศึกษาคุณสมบัติดังนี้

3.2.3.1 คุณภาพทางกายภาพ

- เปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังทำแห้ง (% Drying yield)
- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity measurement)
- ค่าความชื้น (Moisture content)
- ค่าสี (CIE L*a*b*)
- การเปลี่ยนแปลงค่าสีน้ำตาล (Browning Index)
- ค่าความเป็นกรด-ด่าง
- ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force)
- ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรง Texture Profile Analysis (TPA)

3.2.3.2 คุณภาพทางเคมี

- การออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS)
- ค่าการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.3 คุณภาพด้านจุลินทรีย์

- จำนวนจุลินทรีย์รวม
- *S. aureus*
- ยีสต์และรา
- Coliforms และ *E. coli*

3.2.3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.2.4 เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

หลังจากได้ผลิตภัณฑ์หมูหวานพร้อมรับประทานที่มีคุณภาพทางด้านการบริโภค (สี, กลิ่น, รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส) และมีความปลอดภัยทางด้านการบริโภค รวมทั้งมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมแล้ว ผลิตภัณฑ์ เนื้อขึ้นรูปที่ได้จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- ความชื้น
- ไขมัน
- โปรตีน
- คาร์โบไฮเดรต
- เถ้า

3.6 ขั้นตอนการศึกษาและการเก็บข้อมูล

3.6.1 การวิเคราะห์ด้านกายภาพ

3.6.1.1 คำนวณเปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังการทำแห้ง (% Drying yield) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

ทำการผสมเนื้อหมูบดกับเครื่องปรุงให้เข้ากัน จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนผ่านกระบวนการอบ และหลังจากผ่านกระบวนการอบเสร็จ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานตามวิธีของ Murphy *et al*. (2001) ด้วยสูตร

$$\% \text{ Drying yield} = \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1.2 การวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity measurement, a_w)

การวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity measurement, a_w) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานด้วยเครื่องวัดค่า a_w (Novasina, Switzerland) ตัดตัวอย่างหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานเป็นชิ้นเล็ก ๆ ปริมาณ 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะสำหรับใช้วิเคราะห์ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.6.1.3 การวัดค่าความชื้น (Moisture content)

การหาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานตามวิธีของ AOAC (2000) โดยอบภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำภาชนะอะลูมิเนียมใส่ในโถดูดความชื้น และทำการชั่งน้ำหนักของภาชนะอะลูมิเนียม ปั่นตัวอย่างให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ชั่งตัวอย่าง 2-3 กรัม ใส่ในภาชนะอะลูมิเนียมและนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ทำการอบข้ามคืน โดยทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เมื่อครบกำหนดเวลานำออกมาใส่ในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นชั่งน้ำหนักหลังอบ คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้นคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{(a - b) \times 100}{a}$$

a = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

b = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

3.6.1.4 การวัดค่าสี (CIE L*a*b*) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

สุ่มหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานกลุ่มทดลองละ 3 ชิ้น มาวัดค่าสีด้วยระบบ CIE (L*a*b*) ชิ้นละ 3 จุด ด้วยเครื่องวัดสี HunterLab Mini Scan EZ 4000L (Hunter Lab Inc., Reston, USA) เมื่อ L* คือ ค่าความสว่าง a* คือ ค่าสีแดง และ b* คือ ค่าสีเหลือง

3.6.1.5 การวิเคราะห์ค่าความสดใส (Chroma) Hue angle และ Browning index

การวิเคราะห์ค่าความสดใส (Chroma) Hue angle และ Browning index ตามวิธีการอ้างอิงจาก Saricoban et al. (2010) โดยนำค่า L* (Lightness), a* (Redness) และ b* (Yellowness) ที่ทำการวัดด้วยเครื่องวัดสี ColorimeterMiniScan EZ 4000L (Hunter Lab Inc, Reston, VA, USA) นำมาใช้สำหรับคำนวณหาค่าความสดใส (Chroma) (1) Hue angle (2) และ Browning index (3) จากสูตร ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Chroma} = \sqrt{a* + b*} \quad (1)$$

$$\text{Hue angle} = \arctan(b^*/a^*) \quad (2)$$

$$\text{Browning index} = \frac{[100 \times (X - 0.31)]}{0.17} \quad (3)$$

$$\text{โดย } X = \frac{(a^* + 1.75 \times L^*)}{(5.645 \times L^* + a^* - 3.012 \times b^*)}$$

3.6.1.6 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธีของ Carpenter *et al* (2007) โดยชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่น้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่องโฮโมจีไนซ์ จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่องวัด pH meter บันทึกผล กลุ่มการทดลองละ 3 ซ้ำ

3.6.1.7 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานด้วยรูปแบบค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force)

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานด้วยรูปแบบค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) โดยใช้หัววัด Warner-Bratzler shear ด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA) ตัดตัวอย่างเป็นชิ้น ขนาด 1 x 3 x 0.5 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ

3.6.1.8 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis (TPA)

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis โดยใช้หัววัด Compression ด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA) ตัดตัวอย่างเป็นชิ้น ขนาด 1 x 3 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ

3.6.2 การวิเคราะห์ด้านเคมี

3.6.2.1 การหาการออกซิเดชั่นของไขมันในผลิตภัณฑ์ โดยวิธี 2-Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS)

การศึกษาการออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) ในเนื้อสุกรบดตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีของ Buege and Aust (1987) โดยการชั่งตัวอย่างจำนวน 2 g ใส่ในหลอด 50 ml centrifugal tube และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นใส่สารละลาย TBA ปริมาณ 10 ml นำไป Homogenize ที่ความเร็วรอบ 9500 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นให้ความร้อนในน้ำเดือด (95-100 °C) เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นโดยการเปิดน้ำไหลผ่าน และนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง ด้วยความเร็ว 5500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C เก็บสารละลายส่วนใสไปทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Blank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นคำนวณค่าความเข้มข้นของ TBARS ที่ได้โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร 1,1,3,3 tetra-ethoxypropane และคำนวณค่า TBARS ที่แสดงในหน่วย mg MDA/kg meat

3.6.2.2 การวิเคราะห์ความสามารถของสารสกัดในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีให้ไฮโดรเจนอะตาม (1,1-Diphenyl-2 picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay) ตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีของ Qwele *et al.* 2013 : Tongnuanchan *et al.* 2012) โดยชั่งตัวอย่างจำนวน 0.5 กรัม ละลายในเอทานอลความเข้มข้น 75% ปริมาตร 20 มิลลิลิตรนำไปโฮโมจีไนซ์ที่ความเร็วรอบ 9500 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 12,000 รอบต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที และนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บสารละลายส่วนใส (ตัวอย่าง) โดยดูดสารละลายส่วนใสปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.2 mM DPPH ที่ละลายด้วยเมทานอล ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นอกจากนี้เตรียมหลอดควบคุมโดยใช้เมทานอลปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ปริมาณ มิลลิลิตร และเตรียมหลอด blank ดูดสารละลายส่วนใสปริมาณ 1 มิลลิลิตร ผสมกับเมทานอล 1 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (Shimadzu model UV-1601, Japan) ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระจากสูตร

$$\% \text{ Inhibition of DPPH} = 1 - \frac{(\text{absorbance of sample} - \text{absorbance of blank})}{\text{absorbance of control}} \times 100$$

3.6.3 การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

3.6.3.1 การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์รวมทั้งหมด

การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์รวมทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ ตามวิธีของ AOAC (2006) โดยสุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นนำมาเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นปิเปตตัวอย่างและ dilution ที่เตรียมไว้จำนวน 1 มิลลิลิตร เพื่อการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยวิธี pour plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA หลังจากนั้นนำจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานอาหารเพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่มีจำนวนระหว่าง 30 – 300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3.2 การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrotrophic)

การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด ตามวิธีการของ Diliello (1982) โดยสุ่มตัวอย่างน้ำหนัก 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในถุงพลาสติก ละลายในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ตีปั่นให้เข้ากันด้วยเครื่อง Stomacher จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่าง จนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นดูดสารละลายเจือจาง 1 มิลลิลิตร ลงจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Plate Count Agar ปริมาตร 15 - 20 มิลลิลิตร โดยวิธี Pour plate ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ รอจนอาหารแข็งแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำจานเพาะเชื้อทั้งหมดไปบ่มที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน จากนั้นนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30 – 300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

3.6.3.3 การวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อยีสต์และรา

การวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ ตามวิธีของ AOAC (2005) โดยสุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นนำมาเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นปิเปตตัวอย่างและ dilution ที่เตรียมไว้จำนวน 1 มิลลิลิตร เพื่อการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยวิธี pour plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt agar หลังจากนั้นนำจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนับจำนวนเชื้อยีสต์และราทั้งหมด รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานอาหารเพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่มีจำนวนระหว่าง 30 – 300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

3.6.3.4 การวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *S. aureus*

การวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *S. aureus* ในผลิตภัณฑ์ ตามวิธีของ BAM (2001) โดยสุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นนำมาเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นปิเปตตัวอย่างและ dilution ที่เตรียมไว้จำนวน 0.1 มิลลิลิตร เพื่อการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Baird-Parker agar (BP) หลังจากนั้นนำจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำมานับจำนวนโคโลนีที่มีลักษณะกลมนูน สีดำเป็นมัน ผิวเรียบ ขอบขาว มีตะกอนขุ่นรอบ ๆ โคโลนี รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30 – 300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g จากนั้นสุ่มเลือกโคโลนีที่สงสัยมาวิเคราะห์การสร้างเอนไซม์ Couagulase test โดยดูด Rabbit plasma ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรลงบนสไลด์ที่ทำความสะอาดแล้ว ถ่ายเชื้อลงบนสไลด์ที่มีการหยด Rabbit plasma แล้วทำการ smear สังเกตการเกิดเส้นใยบนสไลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3.5 การวิเคราะห์หาจำนวนปริมาณเชื้อ Coliforms และ *E. coli*

การวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ Coliforms ในผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี Most Probable Number (MPN) ตามวิธีของ AOAC (2005) โดยสุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นนำมาเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นปิเปตตัวอย่างและ dilution ที่เตรียมไว้จำนวน 1 มิลลิลิตร แต่ละระดับความเจือจางใส่ในอาหาร Lautryl sulfate tryptose broth (LST) (มีหลอด fermentation tube คว่ำอยู่ภายใน) ระดับความเจือจางละ 3 หลอด บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เมื่อบ่มตามจำนวนเวลาแล้วสังเกตหลอดอาหาร LST ที่เกิดฟองแก๊ส ถ่ายเชื้อเฉพาะหลอดที่เกิดฟองแก๊ส โดยใช้ loop ใส่ในอาหาร Brillian green lactose bile (BGLB) broth บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจผลหลอด BGLB ที่มีฟองแก๊สเกิดขึ้น นำค่าไปเปิดตาราง MPN รายงานผลเป็น MPN Coliform bacteria/กรัม ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่า Most probable numbers (MPN) ต่อตัวอย่าง 1 กรัม โดยใช้ตัวอย่าง 3 ระดับ คือ 0.1, 0.01, 0.001 กรัม

Combination of Positive	MPN	Combination of Positive	MPN	Combination of Positive	MPN
0-0-0	<3	1-1-2	15	2-2-3	42
0-0-1	3	1-1-3	19	2-3-0	29
0-0-2	6	1-2-0	11	2-3-1	36
0-0-3	9	1-2-1	15	2-3-2	44
0-1-0	3	1-2-2	20	2-3-3	53
0-1-1	6	1-2-3	24	3-0-0	23
0-1-2	9	1-3-0	16	3-0-1	39
0-1-3	1	1-3-1	20	3-0-2	64
0-2-0	6	1-3-2	24	3-0-3	95
0-2-1	9	1-3-3	29	3-1-0	43
0-2-2	1	2-0-0	9	3-1-1	75
0-2-3	1	2-0-1	14	3-1-2	120
0-3-0	9	2-0-2	20	3-1-3	160
0-3-1	1	2-0-3	26	3-2-0	93
0-3-2	1	2-1-0	15	3-2-1	150
0-3-3	1	2-1-1	20	3-2-2	210
1-0-0	3	2-1-2	27	3-2-3	290
1-0-1	7	2-1-3	34	3-3-0	240
1-0-2	1	2-2-0	21	3-3-1	460
1-0-3	1	2-2-1	28	3-3-2	1,100
1-1-0	7	2-2-2	35	3-3-3	>2,400
1-1-1	1				

ที่มา : ดัดแปลงจาก AOAC (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *E. coli* โดยถ่ายเชื้อ 1 loop จากหลอด LST ที่มีฟองแก๊สลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ EC broth บ่มที่อุณหภูมิ 45.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อบ่มตามจำนวนเวลาแล้วสังเกตหลอดอาหาร EC broth ที่เกิดฟองแก๊ส เขี่ยเชื้อ 1 loop จากหลอด EC broth ที่เกิดแก๊ส เพื่อการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Levine's eosin methylene blue (EMB) agar หลังจากนั้นนำจานอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24ชั่วโมงประเมินค่า MPN ของ *E. coli* จากจำนวนหลอดของ EC broth ที่มีโคโลนีให้ผลเป็น ++-- หรือ -+-- เพื่อเก็บไปจัดจำแนกโดย Biochem test เลือกโคโลนีที่มีสีเขียวคล้ายปีกแมลงทับ (Metallic Sheen) บนผิวหน้าอาหาร EMB agar มา streak บนอาหาร PCA บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง และทำการทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี (IMViC test) ดังนี้

1) การทดสอบ Indole โดยการถ่ายเชื้อจากอาหาร Plate Count Agar slant ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptophan broth แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลาย Kovac จำนวน 0.20-0.30 มิลลิลิตร ถ้าให้ผลบวกจะปรากฏสีแดงที่ส่วนบนของ Tryptophan broth

2) การทดสอบ Methyl red และ Acetoin (MR-VP) โดยการถ่ายเชื้อจากอาหารใน Plate Count Agar slant ลงในอาหรเลี้ยงเชื้อ MR-VP บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.1 ทดสอบ methy red reaction (MR) โดยเติมสารละลาย methyl red 5 หยด ลงในสารละลายเชื้อโดยผลบวกจะให้สีแดง ผลลบจะให้สีเหลือง

2.2 ทดสอบ VP โดยถ่ายเชื้อ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองแล้วเติม 5% alcoholic-naphthol (w/v) ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร และ 40% KOH ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ผลบวกจะให้สีชมพูแดง

3) การทดสอบ Citrate ทำการถ่ายเชื้อใส่อาหาร Simmon's citrate agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ผลบวกจะให้สีน้ำเงิน

จากนั้นทำการแปลผลการทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี ดังตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การจำแนกเชื้อ *E. coli* โดยวิธีทางชีวเคมี (IMViC test)

Type	Indole	MR	VP	Citrate
Typical *E. coli*	+	+	-	-
Atypical *E. coli*	-	+	-	-
Typical Intermediate	+	+	-	+
Atypical Intermediate	-	+	-	+
Typical Enterobacter aerogenes	-	-	+	+
Atypical Enterobacter aerogenes	+	-	+	+

ที่มา : ดัดแปลงจาก AOAC (2005)

3.6.3.6 การวิเคราะห์หา *E. coli* ในผลิตภัณฑ์ ตามวิธีของ AOAC (2006) โดยสุ่มตัวอย่างน้ำหนัก 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในสารละลาย เกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.85% ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher เป็นเวลา 60 วินาที จากนั้นนำมาเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) จากนั้นปิเปตตัวอย่างและ dilution ที่เตรียมไว้จำนวน 0.1 มิลลิลิตร เพื่อการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Chromocult agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดบนจานอาหารเพาะเชื้อ รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานอาหารเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g จากนั้นยืนยันผลโดยวิธีทางชีวเคมี

3.6.3.7 การวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *Salmonella* sp.

การวิเคราะห์หาจำนวนเชื้อ *Salmonella* sp. ในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน ตามวิธีของ AOAC (1995) สุ่มตัวอย่าง 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อใส่ในอาหาร Tryptic Soy Broth (TSB) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองที่มีอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อ Tetrathionate broth (TTB) + Iodine solution และ Selenite cysteine broth (SCB) นำหลอดเพาะเลี้ยงเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อลงในอาหาร Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) agar และ Salmonella-Shigella (SS) agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตลักษณะโคโลนีสีน้ำเงินเขียว และตรงกลางมีสีดำ กลมนูน ผิวเรียบเป็นมัน อาจพบหรือไม่พบจุดตรงกลาง นำโคโลนีไปทำการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมี โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อโคโลนีที่สงสัยไปเพาะลงในอาหาร Triple Sugar Iron (TSI) Agar slant และ Lysine-Indole-Motility (LIM) medium บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดูผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาทางชีวเคมีในหลอด TSI agar slant และ LIM medium เชื้อ *Salmonella* sp.จะให้คุณสมบัติทางชีวเคมีดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การตรวจผลของเชื้อ *Salmonella* spp.โดยวิธีทางชีวเคมี

TSI				LIM		
Slant	Butt	H_2S	Gas	Lysine	Indole	Motile
K	A	+/-	+/-	+	-	+/-

K = การเกิด alkaline โดยบริเวณปลายหลอด (slant) ของอาหาร TSI จะมีสีชมพู บานเย็น-แดง

A = การเกิด Acid บริเวณก้นหลอด (butt) ของ TSI จะมีสีเหลือง

H_2S (+) = ภายในหลอดอาหาร TSI เกิดตะกอนสีดำของไฮโดรเจนซัลไฟต์ ซึ่ง *Salmonella* spp. ส่วนใหญ่จะให้ผล +

H_2S (-) = ภายในหลอดอาหาร TSI ไม่เกิดตะกอนสีดำของไฮโดรเจนซัลไฟต์

Gas (+) = มีฟองอากาศดันวุ้นของอาหาร TSI เนื่องจาก *Salmonella* spp. ส่วนใหญ่สามารถหมักย่อยน้ำตาลกลูโคสแล้วได้กรดและแก๊สเพียงเล็กน้อย

Gas (-) = ภายในหลอดอาหารไม่มีฟองอากาศดันวุ้นของ TSI

Lysine (+) = หลอดอาหารจะมีสีม่วงทั้งหลอดเนื่องจากเชื้อ *Salmonella* spp. มีเอนไซม์ Lysine decarboxylase ไปย่อย Lysine ทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวมีความเป็นด่างมากขึ้น มีผลทำให้ Brom cresol purple ซึ่งใช้เป็น Indicator ในอาหารดังกล่าวและมีค่าความเป็นกรดด่างต่ำเป็นกลาง มีสีม่วงเข้มขึ้นซึ่ง *Salmonella* spp. จะมีเอนไซม์นี้

Lysine (-) = หลอดอาหารจะมีสีเหลืองเนื่องจากเชื้อ *Salmonella* spp. มีเอนไซม์ Lysine decarboxylase ไปย่อย Lysine ทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวมีความเป็นด่างต่ำมากขึ้น มีผลทำให้ Brom cresol purple เปลี่ยนเป็นสีเหลือง

Indole (+) = อาหารเลี้ยงเชื้อจะมีสีแดงบนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อหลังหยดน้ำยา Kovac ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ

Indole (-) = อาหารเลี้ยงเชื้อไม่เกิดสีแดงบนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อหลังหยดน้ำยา Kovac ซึ่ง *Salmonella* spp. ไม่มีเอนไซม์ tryptophanase จึงไม่เกิดปฏิกิริยากับ Kovac

Motile (+) = หลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ LIM จะขุ่นทั้งหลอด ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อ *Salmonella* spp. ส่วนมากจะมีแฟลกเจลลาในการเคลื่อนที่ดังนั้น เมื่อทำการ Stab เชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อจะเกิดการเคลื่อนที่จากรอย Stab ไปทุกทิศทุกทางจึงทำให้หลอดขุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motile (-) = หลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ LIM จะมีการเจริญบริเวณรอย Stab เท่านั้น ส่วนบริเวณอาหารรอบรอย Stab จะใสทั้งนี้เนื่องจากเชื้อไม่มีแฟลกเจลลาในการเคลื่อนที่ เชื้อจึงเจริญบริเวณรอย Stab เท่านั้น

3.6.4 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

วิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน โดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามวิธีของ Meilgaard *et al.* (1987) โดยทดสอบ 7 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏโดยรวม สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ความหวาน และคุณภาพโดยรวม ประเมินโดยวิธี Consumer test และได้แนบตัวอย่างแบบประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน โดยใช้ผู้ทดสอบชิมซึ่งเป็นกลุ่มนักศึกษา อาจารย์ และผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 60 คนขึ้นไป โดยมีช่วงการให้คะแนนความพึงพอใจ 7 ระดับ (7 – Point Hedonic Scale) ตั้งแต่ 1 – 7 ดังต่อไปนี้

1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด
2 หมายถึง ไม่ชอบมาก
3 หมายถึง ไม่ชอบ
4 หมายถึง เฉยๆ
5 หมายถึง ชอบ
6 หมายถึง ชอบมาก
7 หมายถึง ชอบมากที่สุด

3.6.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

หลังจากได้ผลิตภัณฑ์หมูหวานพร้อมรับประทานที่มีคุณภาพทางด้านการบริโภค (สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส) และมีความปลอดภัยทางด้านการบริโภครวมทั้งมีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาที่เหมาะสมแล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) โดยนำตัวอย่าง โปรตีน น้ำ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ความชื้น และเถ้า ตามวิธีการของ (AOAC. 2005) ปริมาณคาร์โบไฮเดรต หาได้จากการคำนวณ = 100 - ผลรวมองค์ประกอบเคมีทั้งหมด และประเมินค่าพลังงานจาก โปนตีน (x 4 kcal/g) ไขมัน (x 9 kcal/g) และคาร์โบไฮเดรต (x 4 kcal/g) ของผลิตภัณฑ์ที่หาได้จากกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้น วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเชิงพรรณนา แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ± SD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) ยกเว้นการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มไม่สมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 11.5 : SPSS Inc.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน เพื่อนำมาใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติที่ใช้ถนอมผลิตภัณฑ์อาหารในเชิงพาณิชย์

1.1 ผลของการทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีไฮโดรเจนอะตอม

จากผลการศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชด้วยน้ำและเอทานอลในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH โดยใช้พืชทดสอบ จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ กระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน เมื่อศึกษาความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH และนำค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ไปคำนวณค่า IC_{50} คือความเข้มข้นของสารทดสอบที่กำจัดยั้งอนุมูลอิสระได้ครึ่งหนึ่ง ถ้าค่า IC_{50} ต่ำ แสดงว่ามีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูง ผลการศึกษาพบว่า ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด เพิ่มขึ้นตามความเข้มของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดด้วยน้ำ กับเอทานอลพบว่า สารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดง ขจร และมะตูม ยกเว้นสารสกัดน้ำจากโสน มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงกว่าสารสกัดจากเอทานอลในพืชชนิดเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบ ค่า IC_{50} พบว่าสารสกัดน้ำจากมะตูมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดคือเท่ากับ 125.25 ppm รองลงมาคือ สารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดง เท่ากับ 282.05 ppm และ สารสกัดเอทานอลจากโสน เท่ากับ 404.90 ppm ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ได้มาจากเครื่องเทศ องุ่น และสมุนไพร รวมถึงพืชผัก ได้รับความสนใจและศึกษากันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เนื่องจากความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ ในการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH เป็นวิธีการการนำสารสกัดมาทำการทดสอบฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH ซึ่งอนุมูล DPPH เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วงอยู่ในรูปอนุมูล (โอภา วัชระคุปต์ และคณะ. 2550) อนุมูล DPPH เมื่ออยู่ในสารละลายจะมีสีม่วง และเมื่อมีสารต้านอนุมูลอิสระให้หรือรับอิเล็กตรอนแก่อนุมูล DPPH จะได้เป็นสาร diphenyl picrylhydrazyl (DPPH:H) ที่ไม่เป็นอนุมูลอีกต่อไป สีที่เกิดขึ้นมีสีเหลือง ในการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของพืชทดสอบ 5 ชนิดได้แก่ กระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน พบว่าฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH แปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น และพบว่าสารสกัดน้ำจากมะตูมและกระเจี๊ยบแดงมีความสามารถในกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุมูล DPPH มากที่สุด มีค่าความเข้มข้นที่สามารถทำให้อนุมูลอิสระลดลงร้อยละ 50 (IC_{50}) เท่ากับ 125.25 และ 282.05 ppm ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Youwei *et al.* (2007) ที่ได้ทำการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระในดอกไม้ของประเทศจีน พบว่าดอกไม้ในกลุ่มสีแดง-ส้ม มีสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลสูงกว่ากลุ่มสีอื่นๆ จากงานวิจัยของ Nanjo *et al.* (1996) พบว่าฟลาโวนอยด์เป็นสารที่ให้ฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุดโดยจะไปยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ ดังนั้นเนื่องจากดอกไม้ในกลุ่มสีแดงมีรงควัตถุในกลุ่มฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน และเบต้าแคโรทีนเป็นองค์ประกอบจึงทำให้ดอกไม้ในกลุ่มสีแดงมีคุณค่าทางอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากลุ่มสีขาว และชุติกาญจน์ ศักดิ์สิงห์ (2551) ศึกษาความสามารถต้านอนุมูลอิสระ และหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผักพื้นบ้านจำนวน 23 ชนิด โดยสกัดสารจากตัวอย่างผักด้วยเมทานอล และศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระใช้วิธี DPPH พบว่าผักเม็กมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด และใบยอมีความสามารถต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด กลไกในการต้านอนุมู DPPH เกิดจากการให้หรือรับอิเล็กตรอนแก่อนุมูล อิสระ DPPH ของสารจำพวกฟีนอล ซึ่งจะได้เป็นสาร DPPH ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระอีกต่อไป ส่วน phenoxy radical ที่เกิดขึ้นจะจับกันเอง ทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระหยุดลง (ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ และ ทรงพร จึงมั่นคง. 2549)

ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (%) และค่า IC_{50} ของสารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน

ความเข้มข้นของสารสกัดน้ำ (ppm)	ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (%)				
	กระเจี๊ยบแดง	ขจร	มะม่วงหาวมะนาวโห่	มะตูม	โสน
100	16.67	13.58	0	23.14	9.54
250	37.16	20.16	12.99	69.75	15.80
500	73.27	31.87	33.62	85.14	24.70
750	88.89	60.57	48.49	87.15	48.41
1000	95.50	64.47	59.7	87.90	72.03
2500	98.95	86.91	-	89.07	85.74
5000	> 100	87.07	-	89.70	87.28
ค่า IC_{50} (ppm)	282.05	669.85	828.90	125.25	766.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (%) และค่า IC_{50} ของสารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน

ความเข้มข้นของสารสกัดเอทานอล (ppm)	ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (%)				
	กระเจี๊ยบแดง	ขจร	มะม่วงหาวมะนาวโห่	มะตูม	โสน
100	8.23	0.00	27.35	2.68	17.41
250	13.11	0.00	35.23	10.01	26.98
500	26.99	11.28	51.9	13.58	52.59
750	32.19	16.89	62.47	15.66	65.95
1000	52.18	35.69	70.58	19.02	93.39
2500	76.50	64.68	-	49.51	94.96
5000	100.00	90.71	-	77.54	96.27
ค่า IC_{50} (ppm)	932.25	1743.50	422.73	2598.81	404.90

1.2 ผลของการทดสอบความสามารถในการแย่งจับกับโลหะ Fe^{2+} (Metal chelating activity) ของสารสกัดพืชทดสอบ

การทดสอบความสามารถในการคีเลทไอออนโลหะ เป็นการทดสอบความสามารถของสกัดจากพืชทดสอบในการคีเลท หรือการจับกับไอออน Fe^{2+} พบว่าในสารสกัดน้ำและเอทานอลจากพืชทั้ง 5 ชนิดที่ความเข้มข้น 1,000 – 50,000 ppm มีความสามารถในการคีเลทไอออนโลหะ Fe^{2+} เพิ่มขึ้นเมื่อมีความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น สารสกัดน้ำและเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดงและมะตูม มีเปอร์เซ็นต์การคีเลทไอออนโลหะต่ำที่ความเข้มข้น 5000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การคีเลทของไอออนโลหะน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (ยกเว้นสารสกัดเอทานอลจากมะตูมมีความสามารถในการคีเลทไอออนโลหะเพียง 55.59%) และเมื่อเปรียบเทียบ ค่า IC_{50} พบว่าสารสกัดเอทานอลจากขจรมีความสามารถในการคีเลท หรือการจับกับไอออน Fe^{2+} มากที่สุดเท่ากับ 7,166.45 ppm ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

การทดสอบการคีเลทโลหะไอออนเป็นการทดสอบความสามารถในการจับโลหะไอออน Fe^{2+}ทำให้ปริมาณอนุมูลอิสระอยู่ในสมดุลซึ่งเป็นอีกกลไกหนึ่งในการต้านออกซิเดชัน โดยที่สารต้านออกซิเดชันจับกับ Fe^{2+} ทำให้ลดการเกิดอนุมูลอิสระโดยปฏิกิริยาเฟนตัน (Halliwell and Gutteridge. 2007) ธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์รัส (Fe^{2+}) เป็นตัวการสำคัญในการเร่งปฏิกิริยา lipid peroxidation การทดสอบความสามารถในการคีเลตไอออนของโลหะ เป็นการทดสอบความสามารถของสารในการแย่งจับกับโลหะหนัก Fe^{2+} ทำให้ปริมาณอนุมูลอิสระอยู่ในสมดุลซึ่งเป็นอีกกลไกหนึ่งในการต้านอนุมูลอิสระ โดยที่สารต้านอนุมูลอิสระจับกับ Fe^{2+} ทำให้ลดการเกิดอนุมูลอิสระ (Rice-Evans

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

et al. 1995) ซึ่งความสามารถในการคีเลทไอออนของโลหะจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารสกัด ความสามารถของสารสกัดในการเป็นคีเลท Fe^{2+} ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาล ไกลโคไซด์ สารประกอบฟีนอล และโปรตีน หรือเบสของกรดนิวคลีอิก (Halliwell and Gutteridge. 2007)

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (%) และค่า IC_{50} ของสารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน

ความเข้มข้นของสารสกัดน้ำ (ppm)	ความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (%)				
	กระเจี๊ยบแดง	ขจร	มะม่วงหาวมะนาวโห่	มะตูม	โสน
100	0.00	0.00	0	0.00	0.00
250	0.00	0.00	0	0.00	0.00
500	0.00	10.45	0	2.32	8.08
750	0.22	21.05	0	4.61	13.82
1000	0.54	23.20	0	4.89	15.95
2500	1.65	41.63	0	15.79	30.95
5000	13.03	60.96	7.74	31.68	46.14
ค่า IC_{50} (ppm)	>50,000	32,609.72	ไม่มีฤทธิ์	>50,000	>50,000

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (%) และค่า IC_{50} ของสารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน

ความเข้มข้นของสารสกัดเอทานอล (ppm)	ความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (%)				
	กระเจี๊ยบแดง	ขจร	มะม่วงหาวมะนาวโห่	มะตูม	โสน
100	0.00	2.27	0	0.00	0.00
250	0.00	17.01	0	0.00	0.00
500	1.51	34.01	0	7.07	18.43
750	2.90	51.77	0	9.50	25.94
1000	7.60	64.64	2.86	14.75	32.12
2500	18.01	83.32	3	30.39	64.86
5000	27.66	101.71	23.29	55.59	89.71
ค่า IC_{50} (ppm)	>50,000	7,166.45	>50,000	48,522.16	15,324.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ผลการทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์ของสารสกัดพืชทดสอบ

เมื่อทดสอบความสามารถในการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน พบว่าในสารสกัดน้ำและเอทานอลจากพืชทั้ง 5 ชนิดที่ความเข้มข้น 100 – 5,000 ppm มีความสามารถในการเกิดปฏิกิริยารีดักชันเพิ่มขึ้นเมื่อมีความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบ ค่า EC_{50} พบว่าสารสกัดน้ำจากโสนและสารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดงมีความสามารถเกิดปฏิกิริยารีดักชันมากที่สุดคือเท่ากับ 564.17 และ 937.20 ppm ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6

ผลการทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์หรือความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของสารสกัดจากพืชทดสอบ 5 ชนิด พบว่า ความสามารถในการให้อิเล็กตรอนของสารสกัดจากพืชมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sudta *et al.* (2013) แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจาก Paederia linearis Hook. f. มีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น และจากผลการทดลองยังพบว่าสารสกัดน้ำจากโสนและสารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดงมีความสามารถในการรีดิวซ์สูง แสดงว่า สารสกัดจากโสนและกระเจี๊ยบแดงมีคุณสมบัติเป็นตัวให้อิเล็กตรอนสามารถทำให้อนุมูลอิสระเปลี่ยนเป็นอนุมูลที่เสถียร จึงส่งผลให้หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระได้ โดยศึกษากลไกการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของ Fe3+(CN)6 ไปเป็น Fe2+(CN)6 (Dehpour *et al.* 2009) แสดงว่าสารสกัดจากโสนและกระเจี๊ยบแดงมีกลไกการต้านอนุมูลอิสระ โดยอาจจะลดการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation และลดการเกิดอนุมูลอิสระ เนื่องจากธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปเฟอร์รัส (Fe2+) เป็นตัวการสำคัญในการเร่งปฏิกิริยา lipid peroxidation

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน และค่า EC_{50} ของสารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ ตูม และโสน

ความเข้มข้นของสารสกัดน้ำ (ppm)	ค่าดูดกลืนแสง				
	กระเจี๊ยบแดง	ขจร	มะม่วงหาวมะนาวโห่	มะตูม	โสน
100	0.082	0.039	-	0.040	0.376
250	0.159	0.089	-	0.060	0.419
500	0.260	0.116	-	0.140	0.459
750	0.298	0.158	-	0.233	0.515
1000	0.361	0.215	0.133	0.342	0.559
2500	0.558	0.266	0.249	0.534	0.654
5000	0.813	0.468	0.478	0.917	0.731
ค่า EC_{50} (ppm)	1,588.39	>5,000	4636.25	>5,000	546.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน และค่า EC_{50} ของสารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน

ความเข้มข้นของสารสกัดเอทานอล (ppm)	ค่าดูดกลืนแสง				
	กระเจี๊ยบแดง	ขจร	มะม่วงหาวมะนาวโห่	มะตูม	โสน
100	0.218	0.077	-	0.027	0.026
250	0.273	0.126	-	0.091	0.041
500	0.369	0.168	-	0.213	0.085
750	0.447	0.247	-	0.287	0.129
1000	0.516	0.321	0.125	0.391	0.162
2500	0.578	0.482	0.212	0.516	0.201
5000	0.852	0.665	0.414	0.671	0.293
ค่า EC_{50} (ppm)	937.20	2,782.56	4786.3	2,218.48	>5,000

1.4 ผลของการทดสอบความสามารถในการยับยั้ง lipid peroxidation จากพืชทดสอบ

ในการศึกษาฤทธิ์การต้านการเกิด lipid peroxidation ด้วยวิธี TBARS พบว่าในสารสกัดน้ำและเอทานอลจากพืชทั้ง 5 ชนิดที่ความเข้มข้น 100 – 5,000 ppm มีความสามารถการต้านการเกิด lipid peroxidation เพิ่มขึ้นเมื่อมีความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น สารสกัดเอทานอลจากดาหลา มะตูม และโสน มีฤทธิ์ในการต้านการเกิดปฏิริยา lipid peroxidation ต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบ ค่า IC_{50} พบว่าสารสกัดน้ำและเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง มีฤทธิ์ในการต้านการเกิดปฏิริยา lipid peroxidation มากที่สุด รองลงมา คือสารสกัดน้ำจากขจร ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และ 4.8

เมื่อศึกษาฤทธิ์การต้านการเกิด lipid Peroxida¬tion ด้วยวิธี TBARS พบว่า สารสกัดน้ำและเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง มีฤทธิ์การต้านการเกิด lipid Peroxida¬tion มากที่สุด มีค่า IC_{50} เท่ากับ 147.92 และ 217.07 ppm ตามลำดับ งานวิจัยของ Foti *et al.* (1996) พบว่าอนุมูลอิสระจะเข้ากับปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมันจะไปดึงไฮโดรเจนออกได้หลายตำแหน่งจากหมู่ฟังก์ชันที่เป็น conjugated dienes ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการต่อต้านทางปฏิกิริยาได้หลากหลาย จึงทำให้ผลที่ได้การทดสอบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง และงานวิจัยของ Antolovich *et al.* (2002) พบว่าสารสกัดของพืชบางชนิดมีโครงสร้างเป็น conjugated dienes ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันที่มีอิเล็กตรอนหนาแน่นมาก และพร้อมทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดจาก lipid Peroxidation การทดสอบฤทธิ์การต้านการเกิด lipid peroxida¬tion นั้นก่อนที่จะได้ MDA ในระบบจะเกิด Radicals มากมายหลายชนิด เช่น lipid peroxy radical, alkoxyl radical เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation และค่า IC_{50} ของสารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน

ความเข้มข้นของสารสกัดน้ำ (ppm)	ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation (%)				
	กระเจี๊ยบแดง	ขจร	มะม่วงหาวมะนาวโห่	มะตูม	โสน
100	46.13	6.65	0.00	0.00	0.00
250	56.92	14.17	0.00	0.38	8.20
500	64.49	18.48	0.00	13.38	16.94
750	71.80	21.21	0.00	16.41	28.26
1000	80.42	37.54	31.62	26.39	38.95
2500	91.38	59.63	40.81	46.34	51.83
5000	117.49	79.28	46.79	57.83	65.96
ค่า IC_{50} (ppm)	147.92	1,721.04	>5000	3,451.42	2,275.57

ตารางที่ 4.8 ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation และค่า IC_{50} ของสารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน

ความเข้มข้นของสารสกัดเอทานอล (ppm)	ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation (%)				
	กระเจี๊ยบแดง	ขจร	มะม่วงหาวมะนาวโห่	มะตูม	โสน
100	11.98	0.00	0.00	0.00	0.00
250	59.97	0.00	0.00	5.40	4.28
500	78.92	5.83	0.00	10.25	7.02
750	87.88	14.20	0.00	19.54	14.04
1000	89.16	25.04	-43.45	21.93	28.65
2500	91.23	37.22	64.48	31.35	33.49
5000	94.24	54.33	171.43	41.87	46.33
ค่า IC_{50} (ppm)	217.07	4,161.13	858.77	> 5,000	> 5,000

1.5 ผลของการทดสอบปริมาณกลุ่มฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดจากพืชทดสอบ

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดน้ำและเอทานอลจากพืชทั้ง 5 ชนิด จากเปรียบเทียบวิธีการสกัดด้วยน้ำและเอทานอล พบว่า สารสกัดน้ำของพืชทดสอบทั้ง 5 ชนิดมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าสารสกัดจากเอทานอลในพืชชนิดเดียวกัน และพบสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดน้ำจากมะตูมมากที่สุด เท่ากับ7,915.68 มิลลิกรัมสมมูลของแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม รองลงมาสารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบ พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 1,262.60 มิลลิกรัมสมมูลของแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.9

สารต้านอนุมูลอิสระพบได้ทั้งในจุลินทรีย์ สัตว์ และพืช ซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (non-nutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิค โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) เช่น แซนโธน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่ง ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชั่น (functional group) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้น หรือก่อให้เกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชันได้ โดยการให้อนุมูล H• แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอลที่มี โครงสร้างของ ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุลยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล OH• ใน ปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชัน คือ Fe2+ และ Cu2+ เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex) (Sanchez-Moreno *et al.* 2000) สารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอล ซึ่งพบในพืชหลากหลายชนิด สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีทั้งในห้องปฏิบัติการ (in vitro) และจากการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสารสกัดจากน้ำและเอทานอลจากพืชทดสอบ 6 ชนิด โดยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก พบว่า สารสกัดน้ำและเอทานอลจากมะตูมพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 7,115.68 และ 969.46 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ ระดับของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ชนิดพืช วิธีการที่ใช้ในการทดลอง อย่างไรก็ตามผลที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกับสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (Huda *et al.* 2009) ซึ่งก็คือ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะแปรผันตรงต่อกัน (ระวิวรรณ และทรงพร, 2549) การศึกษาของผู้วิจัยหลายคณะ พบว่า สารจากพืชที่แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง คือ กลุ่มสารประกอบฟีนอล (Rice-Evans *et al.* 1995 ; Marja *et al*. 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกของสารสกัดน้ำและเอทานอล จากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน

ชนิดพืช	ปริมาณสารประกอบฟีโนลิก (มิลลิกรัมสมมูลของแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม)	
	สารสกัดน้ำ	สารสกัดเอทานอล
กระเจี๊ยบแดง	1,262.60	675.80
ขจร	693.07	338.16
มะม่วงหาวมะนาวโห่	686.97	1499.39
มะตูม	7,115.68	969.46
โสน	1,181.65	879.31

1.6 ผลการทดสอบผลของความร้อนต่อประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทดสอบ

ศึกษาผลของความร้อนต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH การยับยั้งการเกิด lipid peroxidation และปริมารสารประกอบฟินอลิก ในการทดสอบผลของความร้อนโดยวิธีการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 และ 30 นาทีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลด้วยวิธี DPPH ความสามารถในการยับยังการเกิด lipid peroxidation และการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟินอลิค มีผลการทดลองดังต่อไปนี้ เมื่อทดสอบผลของความร้อนโดยวิธีการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 และ 30 นาทีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลด้วยวิธี DPPH พบว่า สารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะตูม และโสนมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ต่ำลง สารสกัดน้ำจากพืชที่ต้มในน้ำเดือดนาน 30 นาที พบว่าความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ต่ำกว่าสารสกัดจากพืชที่ต้มในน้ำเดือด 15 นาที โดยเฉพาะสารสกัดน้ำจากขจรความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ลดลงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบสารสกัดน้ำจากขจรที่ไม่ต้มค่า IC_{50} เท่ากับ 245.97 ppm และนำไปต้มเป็นเวลา 30 นาที มีค่า IC_{50} เท่ากับ 494.45 ppm ดังแสดงในตารางที่ 4.10 ส่วนสารสกัดเอทานอลจากขจร มะตูม โสนที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ต่ำลง แต่สารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดงที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เพิ่มขึ้น พบว่าสารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดงที่ไม่ต้มค่า IC_{50} เท่ากับ 517.35 ppm เมื่อนำไปต้มเป็นเวลา 30 นาที มีค่า IC_{50} เท่ากับ 398 ppm ดังแสดงในตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลของความร้อนต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของสารสกัดน้ำจากพืชทดสอบ

ชนิดพืช	การให้ความร้อน	ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของสารสกัดน้ำ							ค่า IC_{50} (ppm)
		100 ppm	250 ppm	500 ppm	750 ppm	1000 ppm	2500 ppm	5000 ppm	
กระเจี๊ยบแดง	ไม่ต้ม	50.92	71.72	91.32	98.22	102.36	114.94	122.18	93.55
	ต้ม 15 นาที	35.8	70.52	96.03	100.63	103.51	108.85	121.09	140.06
	ต้ม 30 นาที	33.56	65.57	93.74	99.14	101.95	109.6	117.3	155.33
ขจร	ไม่ต้ม	26.43	54.05	68.12	70.33	76.73	82.61	93.86	245.97
	ต้ม 15 นาที	14.5	44.44	73.11	78.63	83.55	86.85	91.35	296.32
	ต้ม 30 นาที	10.53	37.47	51.36	64.02	68.22	85.4	90.96	494.45
มะตูม	ไม่ต้ม	27.07	54.47	87.15	92.56	93.54	93.67	94.13	144.70
	ต้ม 15 นาที	23.48	53.62	79.65	88.26	90.61	91.13	92.63	181.83
	ต้ม 30 นาที	21.15	53.09	73.8	84.41	91.35	93.69	93.69	212.40
โสน	ไม่ต้ม	15.05	27.9	40.43	66.9	74.23	92.12	94.25	503.30
	ต้ม 15 นาที	13.59	23.46	45.51	61.6	67.76	87.56	95.32	556.53
	ต้ม 30 นาที	11.63	21.51	42.96	60.08	76.16	88.89	90.25	569.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลของความร้อนต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของสารสกัดเอทานอลจากพืชทดสอบ

ชนิดพืช	การให้ความร้อน	ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของสารสกัดเอทานอล							ค่า IC_{50} (ppm)
		100 ppm	250 ppm	500 ppm	750 ppm	1000 ppm	2500 ppm	5000 ppm	
กระเจี๊ยบแดง	ไม่ต้ม	15.45	25.81	39.6	57.29	69.37	100.33	106.6	517.35
	ต้ม 15 นาที	17.47	30.37	52.75	64.3	76.2	100.65	105.86	419.60
	ต้ม 30 นาที	19.72	32.39	53.46	68.21	75.67	98.64	102.37	398.00
ขจร	ไม่ต้ม	7.12	18.11	26.46	35.24	53.84	91.34	94.35	839.47
	ต้ม 15 นาที	8.33	16.9	20.72	27.58	57.81	88.5	94.66	900.79
	ต้ม 30 นาที	7.21	12.16	17.7	29.34	32.18	75.93	91.63	1232.07
มะตูม	ไม่ต้ม	8.56	14.56	26.68	33	42.95	77.47	95.13	1006.85
	ต้ม 15 นาที	0.00	0.00	3.02	8.76	20.75	52.98	84.77	2329.22
	ต้ม 30 นาที	0.00	0.00	1.87	6.33	19.6	52.6	84.13	2421.68
โสน	ไม่ต้ม	8.02	17.1	27.5	41.88	56.53	93.64	95.23	777.84
	ต้ม 15 นาที	0.00	9.75	16.5	38.24	52.15	92.09	95.36	937.16
	ต้ม 30 นาที	0.00	10.52	25.34	29.83	44.96	85.98	94.9	1015.6

เมื่อทดสอบผลของความร้อนโดยวิธีการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 และ 30 นาทีต่อประสิทธิภาพความสามารถในการยับยังการเกิด lipid peroxidation พบว่า สารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบ มะตูม และโสนมีความสามารถในการยับยังการเกิด lipid peroxidation ต่ำลง สารสกัดน้ำจากพืชที่ต้มในน้ำเดือดนาน 30 นาที มีความสามารถในการยับยังการเกิด lipid peroxidation ต่ำกว่าสารสกัดจากพืชที่ต้มในน้ำเดือด 15 นาที ส่วนสารสกัดน้ำจากขจรและคำฝอยที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดมีความสามารถในในการยับยังการเกิด lipid peroxidation ลดต่ำลงเล็กน้อย ส่วนสารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะตูม และโสนที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดมีความสามารถในการยับยังการเกิด lipid peroxidation ต่ำลง ดังแสดงในตารางที่ 4.12 เมื่อทดสอบผลของความร้อนโดยวิธีการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 และ 30 นาทีต่อปริมาณสารประกอบฟินอลิก พบว่า สารสกัดน้ำและเอทานอลจากกระเจี๊ยบ ขจร มะตูม และโสน มีปริมาณสารประกอบฟินอลิกต่ำลง สารสกัดจากพืชที่ต้มในน้ำเดือดนาน 30 นาทีพบปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟินอลิกต่ำกว่าสารสกัดจากพืชที่ต้มในน้ำเดือด 15 นาที แต่สารสกัดจากน้ำและเอทานอลจากกระเจี๊ยบและโสนพบปริมาณสารประกอบฟินอลลิกลดต่ำลงเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.12 ผลของความร้อนต่อความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ของสารสกัดน้ำจากพืชทดสอบ

ชนิดพืช	การให้ความร้อน	ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ของสารสกัดน้ำ							ค่า IC_{50} (ppm)
		100 ppm	250 ppm	500 ppm	750 ppm	1000 ppm	2500 ppm	5000 ppm	
กระเจี๊ยบแดง	ไม่ต้ม	52.11	66.31	73.71	77.35	83.33	106.92	150.35	145.14
	ต้ม 15 นาที	0.00	0.00	33.04	55.36	66.07	124.11	186.31	567.56
	ต้ม 30 นาที	0.00	0.00	0.00	40.62	58.54	103.64	173.95	907.84
ขจร	ไม่ต้ม	12.91	14.94	23.37	31.3	46.65	59.45	73.98	1539.93
	ต้ม 15 นาที	1.22	7.5	19.55	31.41	47.32	57.35	72.75	1681.62
	ต้ม 30 นาที	0.00	6.53	19.14	27.36	41.22	56.64	78.27	1697.62
มะตูม	ไม่ต้ม	3.78	9.39	11.23	17.41	23.02	44.67	57.62	4611.26
	ต้ม 15 นาที	3.76	8.15	11.83	18.82	22.58	42.29	54.57	5387.97
	ต้ม 30 นาที	2.13	4.61	9.22	14.54	27.84	42.55	51.06	5709.57
โสน	ไม่ต้ม	0.00	9.99	15.75	26.8	45.24	51.97	66.38	2152.83
	ต้ม 15 นาที	0.00	5.83	17.13	20.86	44.41	53.61	62.59	2329.60
	ต้ม 30 นาที	0.00	9.47	15.95	26.14	39.33	44.24	59.47	3043.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลของความร้อนต่อความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ของสารสกัดเอทานอลจากพืชทดสอบ

ชนิดพืช	การให้ความร้อน	ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ของสารสกัดเอทานอล							ค่า IC_{50} (ppm)
		100 ppm	250 ppm	500 ppm	750 ppm	1000 ppm	2500 ppm	5000 ppm	
กระเจี๊ยบแดง	ไม่ต้ม	0.00	16.19	31.5	46.73	54.69	70.07	82.11	1091.38
	ต้ม 15 นาที	0.00	10.46	22.75	39.76	46.48	69.11	79.27	1334.08
	ต้ม 30 นาที	0.00	0.00	24.92	45.21	52.43	63.25	74.94	1334.08
ขจร	ไม่ต้ม	0.00	0.00	18.33	29.64	35.12	45.12	69.52	2157.26
	ต้ม 15 นาที	0.00	0.00	10.25	17.88	32.65	44.95	55.3	3025.63
	ต้ม 30 นาที	0.00	0.00	5.8	13.13	26.51	38.03	53.88	4133.76
มะตูม	ไม่ต้ม	0.00	0.00	8.47	17.25	25.97	33.95	50.46	3749.1
	ต้ม 15 นาที	0.00	0.00	0.00	13.7	22.32	28.25	36.94	> 5000
	ต้ม 30 นาที	0.00	0.00	0.00	11.97	21.09	28.32	35.84	> 5000
โสน	ไม่ต้ม	0.00	0.00	8.55	13.72	21.98	40.01	57.18	3141.94
	ต้ม 15 นาที	0.00	0.00	9.13	10.66	19.67	33.42	51.46	4199.91
	ต้ม 30 นาที	0.00	0.00	6.16	8.08	16.29	30.53	48.53	> 5000

เมื่อทดสอบผลของความร้อนโดยวิธีการต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 และ 30 นาทีต่อปริมาณสารประกอบฟินอลิก พบว่า สารสกัดน้ำและเอทานอลจากกระเจี๊ยบ ขจร มะตูม และโสน มีปริมาณสารประกอบฟินอลิกต่ำลง สารสกัดจากพืชที่ต้มในน้ำเดือดนาน 30 นาทีพบปริมาณฟินอลิกต่ำกว่าสารสกัดจากพืชที่ต้มในน้ำเดือด 15 นาที แต่สารสกัดจากน้ำและเอทานอลจากกระเจี๊ยบและโสนพบปริมาณสารประกอบฟินอลลิกลดต่ำลงเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลของความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีโนลิกของสารสกัดจากพืชทดสอบ

ชนิดพืช	การให้ความร้อน	ปริมาณสารประกอบฟีโนลิก (mg GAE / 100g DW)	
		สารสกัดน้ำ	สารสกัดเอทานอล
กระเจี๊ยบแดง	ไม่ต้ม	1641.83	1360.32
	ต้ม 15 นาที	1624.96	1183.50
	ต้ม 30 นาที	1606.93	1143.37
ขจร	ไม่ต้ม	911.30	889.20
	ต้ม 15 นาที	839.18	564.07
	ต้ม 30 นาที	785.09	552.43
มะม่วงหาวมะนาวโห่	ไม่ต้ม	3211.54	1523.64
	ต้ม 15 นาที	3018.44	771.01
	ต้ม 30 นาที	2978.89	644.22
มะตูม	ไม่ต้ม	7293.08	3108.01
	ต้ม 15 นาที	7141.86	1374.75
	ต้ม 30 นาที	6813.24	1303.79
โสน	ไม่ต้ม	847.90	641.42
	ต้ม 15 นาที	776.94	621.07
	ต้ม 30 นาที	757.17	579.19

เมื่อศึกษาผลของความร้อนต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH การยับยั้งการเกิด lipid peroxidation และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่าสารสกัดน้ำและเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะตูม และโสน มีกิจกรรมการต้านอนุมูลและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง เนื่องจากความร้อนทำให้เกิดการสลายตัวของสารบางชนิดที่คุณสมบัติในการต้านอนุมูล รวมถึงสารประกอบฟีนอลิก (Miglio *et al.* 2008 ; Miranda *et al.* 2010 ; Ramírez-Anaya *et al.* 2015) ยกเว้นสารสกัดเอทานอลจากกระเจี๊ยบแดงพบว่าการต้มสารสกัดในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 และ 30 นาที ทำให้ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH เพิ่มขึ้น อาจจะเนื่องจากกระบวนการให้ความร้อนสามารถทำให้เกิดสารประกอบที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่เรียกว่า Maillard reaction products เป็นผลิตผลที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นสารประกอบหลายชนิด ที่ให้สีน้ำตาลและกลิ่นรสต่างๆ สารประกอบที่เกิดจาก Maillard reaction มีผลทำให้เพิ่มความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (Kaur and Kapoor. 2001) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Arabshahi-Delouee *et al.* (2007) พบการเพิ่มกิจกรรมการกำจัดอนุมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DPPH ของมิ้นท์ เพิ่มขึ้น 15 % เมื่อได้รับความร้อน 100 °C เป็นเวลา 15 นาที สารประกอบหลักของสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดอาจมีสารประกอบที่แตกต่างกันทำให้สารสกัดมีกลไกในการการจำกัดอนุมูลอิสระที่มากน้อยแตกต่างกันไป รวมถึงความทนความร้อน อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้ทำการศึกษานี้เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง ขจร คำฝอย ดาหลา มะตูม และโสนซึ่งอาจนำไปใช้ประโยชน์ในส่วนประกอบอาหารเสริมสุขภาพเพื่อป้องกันโรคต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระ และนำไปพัฒนาใช้ในเป็นสารกันบูดจากธรรมชาติในทางอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

การทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจาก กระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบนอาหาร

2.1 ทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค โดยวิธี Agar Well Diffusion Method

2.1.1 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค

จากการศึกษาผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่สกัดด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 50, 25, 12.5 และ 6.25 mg/ml พบว่าสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/ml สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทดสอบได้ทุกสายพันธุ์ โดยมีค่าเฉลี่ยโซนยับยั้ง 11.00 – 23.33 มิลลิเมตร สารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 25 mg/ml สามารถยับยั้งเชื้อได้เกือบทุกสายพันธุ์ ยกเว้นเชื้อ *L. cremoris* TISTR 1344, *Leu. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* JCM 6124^{T} และ *Streptococcus* sp. TISTR 1030 โดยมีค่าเฉลี่ยโซนยับยั้ง 8.00 – 22.00 มิลลิเมตร สารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 12.5 mg/ml สามารถยับยั้งเชื้อได้เพียง 4 ชนิด คือ *S. aureus* TISTR 118, *B. subtilis* JCM 1465, *S.* Typhimurium TISTR 292 และ *A. hydrophila* TISTR 1321 โดยมีค่าเฉลี่ยโซนยับยั้ง 11.00 - 12.50 มิลลิเมตร และสารสกัดที่ระดับความเข้มข้น 6.25 mg/ml พบว่าไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ ขณะที่สารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่สกัดด้วยน้ำไม่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.15

จากการศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง Fullerton *et al.* (2011) ศึกษาคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อ *E. coli* O157:H7 ที่แยกได้จากอาหารของกระเจี๊ยบที่สกัดด้วยเอทานอล 80% ที่ความเข้มข้น 2.5%, 5% และ 10% ด้วยวิธี Agar Disk Diffusion พบว่าที่ความเข้มข้น 10% มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* O157:H7 ได้สูงที่สุด เนื่องจากสารประกอบ ฟลาโวนอยด์ในกระเจี๊ยบที่มีโครงสร้างที่สามารถรวมกับผนังเซลล์ของแบคทีเรียได้ และการเพิ่มขึ้นของจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลในวงแหวนของโครงสร้างที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Khalaphallah and Soliman (2014) ได้ทำการศึกษาผลของสารสกัดเฮนน่าและกระเจี๊ยบเพื่อยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค โดยสกัดด้วยน้ำและเอทานอล ที่ความเข้มข้น 2.5%, 5% และ 10% ด้วยวิธี Agar Disk Diffusion พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วยเอทานอลให้ผลยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคได้ดีกว่าสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำ เนื่องจากฤทธิ์ทางชีวภาพของสารพฤกษเคมี และที่ความเข้มข้น 10% พบว่ากระเจี๊ยบที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งเชื้อ *B. subtilis*, *E. coli* และ *P. aeruginosa* ได้ เนื่องจากไอออนไฮดรอกซิลอิสระที่มีอยู่ในสารละลายที่มีความสามารถในการรวมตัวกับคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้ไปเกาะติดอยู่กับเอนไซม์ เอนไซม์ที่เร่งการเจริญเติบโตไม่สามารถทำงานได้ จึงชี้ให้เห็นได้ว่ากระเจี๊ยบที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถนำไปใช้เพื่อยืดอายุในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้

Morales-Cabrera *et al.* (2013) ทำการศึกษาอิทธิพลของสายพันธุ์และการสกัดด้วยตัวทำละลายที่ต่างกันจากกลีบดอกกระเจี๊ยบต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ด้วยวิธี Agar Disk Diffusion โดยทำการสกัดด้วยน้ำ เอทานอลและเมทานอลของกลีบกระเจี๊ยบ 5 สายพันธุ์ คือ Alma blanca, Criolla de Oaxaca, Huajicori, Chiautla และ Tecoanapa โดยศึกษาเชื้อทดสอบคือ *S.* Typhimurium, *S.* Choleraesuis พบว่าสายพันธุ์ Alma blanca ที่สกัดด้วยน้ำ เอทานอลและเมทานอล ปริมาตร 10 µL มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *S.* Typhimurium และ *S.* Choleraesuis ได้มากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ

นอกจากนี้ยังพบว่าในกลีบกระเจี๊ยบมีสารแอนโธไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่พบมากในกระเจี๊ยบ มีสมบัติในการต้านการเจริญของจุลินทรีย์ได้นั้นเนื่องจากโครงสร้างที่เป็น double-ring benzopyran มีประจุบวกทำให้ว่องไวต่อการเกิดคีเลท (chelate) ของโลหะไอออนไปรวมกับหมู่ซัลไฟดริล (sulfydryl) ของเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการสร้างพลังงานของแบคทีเรีย เมื่อเอนไซม์ถูกยับยั้งการทำงานจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตทำให้เกิดการยับยั้งและตายไปในที่สุด (Sommaatmadja *et al.* 1964 อ้างโดยศุภร อังสุจินดา. 2549)

สำหรับสารสกัดที่สกัดด้วยน้ำให้ผลขัดแย้งกับ Hussein *et al.* (2007) ทำการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดยี่หร่าและกระเจี๊ยบแดงที่สกัดด้วยน้ำ ทดสอบเชื้อ *Streptococcus faecalis* , *S. aureus*, *P. pyogens, E. coli* และ *Klebsiella pneumonia* ที่ระดับความเข้มข้น 1%, 5%, 10% และ 20% โดยวิธี Agar well diffusion พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 1% ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อที่ทดสอบทุกสายพันธุ์ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 5% และ 10% พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อได้ทุกสายพันธุ์ ซึ่งยับยั้ง *S. aureus* ได้มากที่สุด (24 mm) และที่ 20% สามารถยับยั้ง *P. pyogens* ได้มากที่สุด (26 mm) เนื่องจากแบคทีเรียแกรมลบมีส่วนประกอบทางเคมีและโครงสร้างของผนังเซลล์ที่ซับซ้อนกว่าผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวก ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบมีสารประกอบพวก phospholipid lipopolysaccharide และ lipoprotein c และชั้นของ peptidoglycan จึงส่งผลให้สารสกัดเข้าไปทำลายหรือรบกวนการทำงานบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบได้ยากกว่าแบคทีเรียแกรมบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 การใช้สารสกัดกระเจี๊ยบแดงด้วยเอทานอลและน้ำ ต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค

(Mean ± SD)

เชื้อทดสอบ	กระเจี๊ยบแดง ความเข้มข้น (mg/ml)				
	สกัดด้วยเอทานอล				สกัดด้วยน้ำ
	50	25	12.5	6.25	100
Meat pathogenic bacteria					
Salmonella Typhimurium TISTR 292	21.33 ± 0.58	15.00 ± 1.15	12.00 ± 2.31	NI	NI
Staphylococcus aureus TISTR 118	22.66 ± 2.08	15.00 ± 2.52	12.50 ± 2.89	NI	NI
Escherichia coli TISTR 780	20.66 ± 1.15	13.00 ± 1.53	NI	NI	NI
Listeria innocua ATCC 33090^{T}	20.66 ± 0.58	15.00 ± 2.08	NI	NI	NI
Aeromonas hydrophila TISTR 1321	23.33 ± 1.73	16.00 ± 1.15	12.00 ± 1.00	NI	NI
Meat spoilage bacteria					
Pseudomonas fluorescens JCM 5963^{T}	20.66 ± 0.58	15.00 ± 0.58	NI	NI	NI
Pseudomonas fluorescens TISTR 358	21.00 ± 1.73	12.00 ± 2.00	NI	NI	NI
Lactobacillus plantarum 1149	11.66 ± 2.08	9.00 ± 0.58	NI	NI	NI
Lactobacillus sakei subsp. *sakei* JCM1157^{T}	13.00 ± 0.58	9.00 ± 0.58	NI	NI	NI
Lactobacillus. sakei TISTR 890	14.33 ± 2.89	10.00 ± 1.00	NI	NI	NI

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

เชื้อทดสอบ	กระเจี๊ยบแดง ความเข้มข้น (mg/ml)				
	สกัดด้วยเอทานอล				สกัดด้วยน้ำ
	50	25	12.5	6.25	100
Lactobacillus.plantarum ATCC 14947	11.00 ± 2.83	9.00 ± 0.58	NI	NI	NI
Lactococcus cremoris TISTR 1344	22.33 ± 2.03	14.00 ± 1.00	NI	NI	NI
Lactococcus lactis 19435	12.00 ± 0.58	8.00 ± 0.58	NI	NI	NI
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* JCM 6124^{T}	11.50 ± 0.71	NI	NI	NI	NI
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* TISTR 942	13.00 ± 1.00	10.00 ± 1.00	NI	NI	NI
Enterococcus faecalis TISTR 888	22.00 ± 0.58	12.33 ± 0.58	NI	NI	NI
Streptococcus sp. TISTR 1030	12.00 ± 1.00	NI	NI	NI	NI
Other bacteria found in food					
Bacillus coagulans TISTR 1447	19.66 ± 0.58	15.00 ± 1.15	NI	NI	NI
Bacillus subtilis JCM 1465	21.00 ± 0.58	15.00 ± 0.58	11.50 ± 0.58	NI	NI

NI = No inhibition

ATCC = American Type Culture Collection, Rockville, Md

JCM = Japanese Culture of Microorganism, Wako, Japan

TISTR = Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Thailand

2.1.2 ผลของสารสกัดขจรในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค

จากการวิเคราะห์ผลของสารสกัดขจรทั้งสกัดด้วยเอทานอลและสกัดด้วยน้ำในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติก เชื้อจุลินทรีย์กลุ่มทำให้อาหารเน่าเสีย และกลุ่มก่อโรค โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กกลางของเคลียร์โซนการยับยั้ง พบว่าสารสกัดดอกขจรที่สกัดด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/ml มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 (11.00 มิลลิเมตร) และ *E. faecalis* TISTR 888 (10.66 มิลลิเมตร) ขณะที่สารสกัดขจรที่สกัดด้วยน้ำไม่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.16

2.1.3 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค

จากผลการทดลองวิเคราะห์ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ทั้งสกัดด้วยเอทานอลและสกัดด้วยน้ำในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติก เชื้อจุลินทรีย์กลุ่มทำให้อาหารเน่าเสีย และกลุ่มก่อโรค โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเคลียร์โซนการยับยั้ง พบว่าสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 50, 25 และ 12.5 mg/ml มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มก่อโรคและทำให้อาหารเน่าเสียได้ โดยมีขนาดของเคลียร์โซนอยู่ในช่วง 10 – 24 มิลลิเมตร โดยสามารถยับยั้งเชื้อ *E.coli* TISTR 780, *B. coagulans* TISTR 1447, *S. aureus* TISTR 118, *B. subtilis* JCM 1465, *P. fluorescens* JCM 5963^{T}, *P. fluorescens* TISTR 358, *S.* Typhimurium TISTR 292 และ *A. hydrophila* TISTR 1321 ได้สูง ได้แก่ 20.33, 20.33, 22.00, 21.66, 24.66, 22.00, 23.66 และ 23.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยน้ำไม่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.17 จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gupta *et al.* (2012) ได้ทำการวิเคราะห์ผลการต้านจุลินทรีย์ของผลไม้ 6 ชนิดในอินเดียที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ พืชทั้ง 6 ชนิดจะสกัดด้วยสารละลาย น้ำ : อะซิโตน น้ำ : เมทานอล และ เอทานอล : เฮกเซน : น้ำ ประเมินผลการต้านจุลินทรีย์ด้วยวิธี Agar well diffusion โดยมีเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ พบว่า *A. lachoocha* > *Ananas comous* > *Carrasia carandas* > *Beta vulgaris* > *Grewia asiatica* > *Litchi sinensis* โดยเชื้อที่ถูกยับยั้งมากที่สุดคือ *L. monocytogenes, S. aureus* และ *S. typhimurium* (มากกว่า 20 มิลลิเมตร) ส่วน *B. subtilis* และ *B. cereus* (น้อยกว่า 7 มิลลิเมตร) ฤทธิ์ต้านจุลชีพที่แตกต่างกันอาจเนื่องจากความแตกต่างทางพฤกษเคมีต่างๆ เช่น อัลคาลอยด์ แทนนิน ซาโปนินและ flavonoids นอกจากนี้ Singh and Sangwan. (2011) รายงานว่า มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยเมทานอลสามารถยับยั้งเชื้อ *B. macerans*, *B. subtilis*, *S. aureus* และ *P. aeruginosan* ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 การใช้สารสกัดขจรด้วยเอทานอลและน้ำต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean ± SD)

เชื้อทดสอบ	ขจร ความเข้มข้น (mg/ml)				
	สกัดด้วยเอทานอล				สกัดด้วยน้ำ
	50	25	12.5	6.25	100
Meat pathogenic bacteria					
Salmonella Typhimurium TISTR 292	NI	NI	NI	NI	NI
Staphylococcus aureus TISTR 118	11.00 ± 1.00	NI	NI	NI	NI
Escherichia coli TISTR 780	NI	NI	NI	NI	NI
Listeria innocua ATCC 33090^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Aeromonas hydrophila TISTR 1321	NI	NI	NI	NI	NI
Meat spoilage bacteria					
Pseudomonas fluorescens JCM 5963^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Pseudomonas fluorescens TISTR 358	NI	NI	NI	NI	NI
Lactobacillus plantarum 1149	NI	NI	NI	NI	NI
Lactobacillus sakei subsp. *sakei* JCM1157^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Lactobacillus. sakei TISTR 890	NI	NI	NI	NI	NI

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

เชื้อทดสอบ	ขจร ความเข้มข้น (mg/ml)				
	สกัดด้วยเอทานอล				สกัดด้วยน้ำ
	50	25	12.5	6.25	100
Lactobacillus plantarum ATCC 14947	NI	NI	NI	NI	NI
Lactococcus cremoris TISTR 1344	NI	NI	NI	NI	NI
Lactococcus lactis 19435	NI	NI	NI	NI	NI
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* JCM 6124^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* TISTR 942	NI	NI	NI	NI	NI
Enterococcus faecalis TISTR 888	10.66 ± 0.57	NI	NI	NI	NI
Streptococcus sp. TISTR 1030	NI	NI	NI	NI	NI
Other bacteria found in food					
Bacillus coagulans TISTR 1447	NI	NI	NI	NI	NI
Bacillus subtilis JCM 1465	NI	NI	NI	NI	NI

NI = No inhibition

ATCC = American Type Culture Collection, Rockville, Md

JCM = Japanese Culture of Microorganism, Wako, Japan

TISTR = Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Thailand

ตารางที่ 4.17 การใช้สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ด้วยเอทานอลและน้ำ ต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean ± SD)

เชื้อทดสอบ	มะม่วงหาวมะนาวโห่ ความเข้มข้น (mg/ml)				
	สกัดด้วยเอทานอล				สกัดด้วยน้ำ
	50	25	12.5	6.25	100
Meat pathogenic bacteria					
Salmonella Typhimurium TISTR 292	23.66 ± 0.58	14.00 ± 0.00	10.00 ± 0.00	NI	NI
Staphylococcus aureus TISTR 118	22.00 ± 0.73	14.00 ± 0.89	10.00 ± 0.53	10.00 ± 0.00	NI
Escherichia coli TISTR 780	20.33 ± 0.58	10.00 ± 1.00	11.00 ± 0.00	NI	NI
Listeria innocua ATCC 33090^{T}	19.33 ± 0.58	14.33 ± 0.58	NI	NI	NI
Aeromonas hydrophila TISTR 1321	23.00 ± 0.73	15.00 ± 1.00	10.33 ± 0.58	NI	NI
Meat spoilage bacteria					
Pseudomonas fluorescens JCM 5963^{T}	24.66 ± 0.58	15.00 ± 1.00	9.50 ± 0.71	NI	NI
Pseudomonas fluorescens TISTR 358	22.00 ± 0.78	14.33 ± 0.58	10.00 ± 0.00	NI	NI
Lactobacillus plantarum 1149	10.66 ± 0.58	NI	NI	NI	NI
Lactobacillus sakei subsp. *sakei* JCM1157^{T}	12.00 ± 0.00	NI	NI	NI	NI
Lactobacillus sakei TISTR 890	17.00 ± 0.00	NI	NI	NI	NI

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

เชื้อทดสอบ	มะม่วงหาวมะนาวโห่ ความเข้มข้น (mg/ml)				
	สกัดด้วยเอทานอล				สกัดด้วยน้ำ
	50	25	12.5	6.25	100
Lactobacillus plantarum ATCC 14947	13.00 ± 0.41	NI	NI	NI	NI
Lactococcus cremoris TISTR 1344	NI	NI	NI	NI	NI
Lactococcus lactis 19435	NI	NI	NI	NI	NI
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* JCM 6124^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* TISTR 942	14.00 ± 0.00	NI	NI	NI	NI
Enterococcus faecalis TISTR 888	NI	NI	NI	NI	NI
Streptococcus sp. TISTR 1030	NI	NI	NI	NI	NI
Other bacteria found in food					
Bacillus coagulans TISTR 1447	20.33 ± 0.58	11.00 ± 0.73	12.00 ± 0.00	NI	NI
Bacillus subtilis JCM 1465	21.66 ± 0.53	13.33 ± 0.89	12.50 ± 0.73	NI	NI

NI = No inhibition

ATCC = American Type Culture Collection, Rockville, Md

JCM = Japanese Culture of Microorganism, Wako, Japan

TISTR = Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Thailand

2.1.4 ผลของสารสกัดมะตูมในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค

จากการศึกษาผลของสารสกัดมะตูมทั้งสกัดด้วยเอทานอลและสกัดด้วยน้ำในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเคลียร์โซนการยับยั้ง พบว่าสารสกัดมะตูมที่สกัดด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/ml มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* TISTR 118, *P. fluorescens* TISTR 358, *L. sakei* subsp. *sakei* JCM 1157^{T} และ *E. faecalis* TISTR 888 เท่ากับ 13.00, 12.00, 9.00 และ 14.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ สารสกัดมะตูมที่สกัดด้วยน้ำไม่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.18

2.1.5 ผลของสารสกัดโสนในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค

จากการวิเคราะห์ผลของสารสกัดโสนทั้งสกัดด้วยเอทานอลและสกัดด้วยน้ำในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียกรดแลกติก เชื้อจุลินทรีย์กลุ่มทำให้อาหารเน่าเสีย และกลุ่มก่อโรค โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเคลียร์โซนการยับยั้ง พบว่า สารสกัดโสนที่สกัดด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/ml มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ *E. faecalis* TISTR 888 (12.00 มิลลิเมตร) ขณะที่สารสกัดโสนที่สกัดด้วยน้ำไม่สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 การใช้สารสกัดมะตูมด้วยเอทานอลและน้ำ ต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean ± SD)

เชื้อทดสอบ	มะตูม ความเข้มข้น (mg/ml)				
	สกัดด้วยเอทานอล				สกัดด้วยน้ำ
	50	25	12.5	6.25	100
Meat pathogenic bacteria					
Salmonella Typhimurium TISTR 292	NI	NI	NI	NI	NI
Staphylococcus aureus TISTR 118	13.00 ± 0.00	10.50 ± 0.71	NI	NI	NI
Escherichia coli TISTR 780	NI	NI	NI	NI	NI
Listeria innocua ATCC 33090^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Aeromonas hydrophila TISTR 1321	NI	NI	NI	NI	NI
Meat spoilage bacteria					
Pseudomonas fluorescens JCM 5963^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Pseudomonas fluorescens TISTR 358	12.00 ± 0.00	6.00 ± 0.00	NI	NI	NI
Lactobacillus plantarum 1149	NI	NI	NI	NI	NI
Lactobacillus sakei subsp. *sakei* JCM1157^{T}	9.66 ± 0.58	NI	NI	NI	NI
Lactobacillus sakei TISTR 890	NI	NI	NI	NI	NI

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

เชื้อทดสอบ	มะตูม ความเข้มข้น (mg/ml)				
	สกัดด้วยเอทานอล				สกัดด้วยน้ำ
	50	25	12.5	6.25	100
Lactobacillus plantarum ATCC 14947	NI	NI	NI	NI	NI
Lactococcus cremoris TISTR 1344	NI	NI	NI	NI	NI
Lactococcus lactis 19435	NI	NI	NI	NI	NI
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* JCM 6124^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* TISTR 942	NI	NI	NI	NI	NI
Enterococcus faecalis TISTR 888	14.00 ± 0.01	9.00 ± 0.00	NI	NI	NI
Streptococcus sp. TISTR 1030	NI	NI	NI	NI	NI
Other bacteria found in food					
Bacillus coagulans TISTR 1447	NI	NI	NI	NI	NI
Bacillus subtilis JCM 1465	NI	NI	NI	NI	NI

NI = No inhibition

ATCC = American Type Culture Collection, Rockville, Md

JCM = Japanese Culture of Microorganism, Wako, Japan

TISTR = Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Thailand

ตารางที่ 4.19 การใช้สารสกัดโสนด้วยเอทานอลและน้ำต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean ± SD)

เชื้อทดสอบ	โสน ความเข้มข้น (mg/ml)				
	สกัดด้วยเอทานอล				สกัดด้วยน้ำ
	50	25	12.5	6.25	100
Meat pathogenic bacteria					
Salmonella Typhimurium TISTR 292	NI	NI	NI	NI	NI
Staphylococcus aureus TISTR 118	NI	NI	NI	NI	NI
Escherichia coli TISTR 780	NI	NI	NI	NI	NI
Listeria innocua ATCC 33090^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Aeromonas hydrophila TISTR 1321	NI	NI	NI	NI	NI
Meat spoilage bacteria					
Pseudomonas fluorescens JCM 5963^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Pseudomonas fluorescens TISTR 358	NI	NI	NI	NI	NI
Lactobacillus plantarum 1149	NI	NI	NI	NI	NI
Lactobacillus sakei subsp. *sakei* JCM1157^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Lactobacillus sakei TISTR 890	NI	NI	NI	NI	NI

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

เชื้อทดสอบ	โสน ความเข้มข้น (mg/ml)				
	สกัดด้วยเอทานอล				สกัดด้วยน้ำ
	50	25	12.5	6.25	100
Lactobacillus plantarum ATCC 14947	NI	NI	NI	NI	NI
Lactococcus cremoris TISTR 1344	NI	NI	NI	NI	NI
Lactococcus lactis 19435	NI	NI	NI	NI	NI
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* JCM 6124^{T}	NI	NI	NI	NI	NI
Leuconostoc mesenteroides subsp.*mesenteroides* TISTR 942	NI	NI	NI	NI	NI
Enterococcus faecalis TISTR 888	12.00 ± 0.00	NI	NI	NI	NI
Streptococcus sp. TISTR 1030	NI	NI	NI	NI	NI
Other bacteria found in food					
Bacillus coagulans TISTR 1447	NI	NI	NI	NI	NI
Bacillus subtilis JCM 1465	NI	NI	NI	NI	NI

NI = No inhibition

ATCC = American Type Culture Collection, Rockville, Md

JCM = Japanese Culture of Microorganism, Wako, Japan

TISTR = Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Thailand

พืชโดยทั่วไปจะมีรงควัตถุที่สำคัญที่เรียกว่าสารประกอบฟีโนลิก ซึ่งสารเหล่านี้พบได้ในพืชเกือบทุกชนิด อีกทั้งสารเหล่านี้ยังมีคุณสมบัติในการต้านจุลินทรีย์อีกด้วย (หนึ่งฤทัย ศรีทองทิม. 2552) โดยยับยั้งได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรวมลบ แต่พบว่าแบคทีเรียแกรมบวกจะถูกยับยั้งได้มากกว่าแบคทีเรียแกรมลบเนื่องจากลักษณะทางโครงสร้างของแบคทีเรียแกรมบวกประกอบด้วยเพปทิโดไกลแคน 60-100% ส่วนแบคทีเรียแกรมลบประกอบด้วยเพปทิโดไกลแคนเพียง 5-20% นอกนั้นเป็นสารประกอบไขมัน พอลีแซ็กคาไรด์ และโปรตีนซึ่งเป็นส่วนที่อยู่นอกชั้นเพปทิโดไกลแคน ทำให้การเข้าทำลายแบคทีเรียแกรมลบยากกว่า โดยสารสกัดจะหันข้างที่มีขั้วเข้าจับกับแบคทีเรียโดยเริ่มทำลายบริเวณผนังเซลล์ทำให้คุณสมบัติของผนังเซลล์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้ความสามารถในการให้สารต่าง ๆ แทรกซึมผ่านผนังเซลล์เปลี่ยนไปทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หยุดชะงักและตายในที่สุด และหากสารสกัดแทรกซึมเข้าสู่เซลล์จะส่งผลให้เยื่อบุเซลล์แตกเนื่องจากมีการทำลายไขมันที่อยู่บนเยื่อบุเซลล์ และยังทำให้ไซโตพลาสซึมตกตะกอน นอกจากนี้อาจจะมีการรวมกับไรโบโซมและส่งผลต่อการยับยั้งการสร้างโปรตีน หรืออาจจะมีการรบกวนการใช้ L-alanine หรือกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต (Nychas. 1999)

2.1.6 คัดเลือกสารสกัดที่เหมาะสมเพื่อทำการศึกษาต่อไป

จากการศึกษาดังได้รายงานผลข้างต้น พบว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงและสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียบนอาหาร มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากมะตูม ขจร และโสน ดังนั้นนักวิจัยจึงเลือกสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่เพื่อทำการศึกษาในการทดลองต่อไป

2.2 ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อเป้าหมาย โดยศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (Minimum inhibition concentration, MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรีย (Minimum bactericidal concentration, MBC)

2.2.1 ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงที่สกัดด้วยเอทานอลที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อเป้าหมาย โดยศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (Minimum inhibition concentration, MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรีย (Minimum bactericidal concentration, MBC)

จากการทดสอบการหาความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (MIC) และการฆ่าแบคทีเรีย (MBC) ของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่สกัดด้วยเอทานอลต่อเชื้อ *S. aureus* TISTR 118, *P. fluorescens* TISTR 358, *S.* Typhimurium TISTR 292 และ *E. coli* TISTR 780 พบว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (MIC) เท่ากับ 25 mg/ml ยกเว้นเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 ที่ไม่สามารถหาค่า MIC ได้ ค่า MIC_{90} คือค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งแบคทีเรียได้ 90 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 25 mg/ml เช่นกัน ยกเว้นเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 เท่ากับ 12.5 mg/ml และค่าความสามารถต่ำสุดในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (MBC) เท่ากับ 50 mg/ml ยกเว้นเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 ที่มีค่าเท่ากับ 25 mg/ml ดังแสดงในตารางที่ 4.20

Bokaeian *et al.* (2014) ศึกษาผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่สกัดด้วยเอทานอลต่อการยับยั้งเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ ผลการทดลองพบว่า ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (MIC) ที่สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ที่แยกได้ 2 สายพันธุ์ คือ 20 mg/ml และค่าที่สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ที่แยกได้ 3 สายพันธุ์ คือ 1.25 mg/ml นอกจากนี้ Eskandary *et al.* (2015) ศึกษาค่า MIC และ MBC จากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อการยับยั้ง *Acinetobacter baumannii* ที่แยกได้จำนวน 12 สายพันธุ์ พบว่าค่า MIC มีค่าเท่ากับ 6.25 – 25 ppm และค่า MBC มีค่าเท่ากับ 12.5 – 50 ppm Nwachukwn *et al.* (2009) รายงานว่าค่า MIC ในช่วง 5 – 15 % (v/v) และ 15 – 50 % (v/v) สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ได้ตามลำดับ

ตารางที่ 4.20 แสดงค่า MIC และ MBC ของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการยับยั้ง (MIC) และการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC)

เชื้อทดสอบ	ความเข้มข้น (mg/ml)		
	MBC	MIC_{90}	MIC
Staphylococcus aureus TISTR 118	25	25	25
Pseudomonas fluorescens TISTR 358	50	25	25
Salmonella Typhimurium TISTR 292	50	12.5	NI
Escherichia coli TISTR 780	50	25	25

MIC = Minimum inhibition concentration ; MBC = Minimum bactericidal concentration ; NI = No inhibition

2.2.2 ศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยเอทานอลที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อเป้าหมาย โดยศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (Minimum inhibition concentration, MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรีย (Minimum bactericidal concentration, MBC)

จากการวิเคราะห์ระดับความเข้มข้นของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ พบว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ(MIC) *P. fluorescens* TISTR 358 และ *S. aureus* TISTR 118 คือ ที่ระดับความเข้มข้น 25 mg/ml ขณะที่ *S.* Typhimurium TISTR 292 และ *E. coli* TISTR 780 คือระดับความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้น 50 mg/ml ส่วนค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ 90 เปอร์เซ็นต์ (MIC_{90}) คือ *P. fluorescens* TISTR 358 ที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/ml ขณะที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (MBC) ได้แก่ *P. fluorescens* และ *E. coli* TISTR 780 คือ ที่ระดับความเข้มข้น 100 mg/ml ส่วน *S.* Typhimurium TISTR 292 และ *S. aureus* TISTR 118 คือ ที่ระดับความเข้มข้น 50 และ 25 mg/ml ตามลำดับ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.21 จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gupta *et al.* (2012) ได้ทำการวิเคราะห์ผลการต้านจุลินทรีย์ของผลไม้ 6 ชนิดในอินเดียที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรคกับมนุษย์ พืชทั้ง 6 ชนิดจะสกัดด้วยสารละลาย น้ำ : อะซิโตน น้ำ : เมทานอล และ เอทานอล : เฮกเซน : น้ำ พบว่า ค่า MIC ของสารสกัดที่ทดสอบกับเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดอยู่ในช่วงระหว่าง 4.1 - 6.9 mg/ml^{-1} โดยเชื้อ *L. monocytogenes* และ *S. aureus* พบว่ามีความเสี่ยงมาก โดยสารสกัดจากน้ำ : เมทานอลและสารผสมมีประสิทธิภาพการเป็นยาต้านจุลชีพมากที่สุด ผลแสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกจะไวต่อปฏิกิริยามากกว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมลบอาจจะเป็นเพราะความแตกต่างของโครงสร้างในผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งผนังเซลล์แกรมลบเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนซึ่งจะทำให้เป็นอุปสรรคต่อการซึมผ่านของสารสกัดส่วนในแบคทีเรียแกรมบวกมีผนังเซลล์ชั้นเดียวทำให้สารสกัดซึมผ่านได้ง่ายกว่า นอกจากนี้ Singh and Sangwan. (2011) รายงานว่า มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่สกัดด้วยเมทานอลสามารถยับยั้งเชื้อ *B. macerans*, *B. subtilis*, *S. aureus* และ *P. aeruginosan* ได้

ตารางที่ 4.21 แสดงค่า MIC และ MBC ของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการยับยั้ง (MIC) และการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC)

เชื้อทดสอบ	มะม่วงหาวมะนาวโห่ ความเข้มข้น mg/ml		
	MBC	MIC_{90}	MIC
Staphylococcus aureus TISTR 118	25	NI	25
Pseudomonas fluorescens TISTR 358	100	50	25
Salmonella Typhimurium TISTR 292	50	NI	50
Escherichia coli TISTR 780	100	NI	50

MIC = Minimum inhibition concentration ; MBC = Minimum bactericidal concentration ; NI = No inhibition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ศึกษาระยะเวลาที่สารสกัดสัมผัสเชื้อต่อการลดลงของจำนวนเชื้อเป้าหมาย โดยศึกษาจำนวนเชื้อที่มีชีวิตรอดและจำนวนเซลล์ที่บาดเจ็บ (Cell stress) ของเชื้อบริสุทธิ์ (*In vitro*)

2.3.1 ศึกษาระยะเวลาที่สารสกัดกระเจี๊ยบแดงสัมผัสเชื้อต่อการลดลงของจำนวนเชื้อเป้าหมาย โดยศึกษาจำนวนเชื้อที่มีชีวิตรอดและจำนวนเซลล์ที่บาดเจ็บ (Cell stress) ของเชื้อบริสุทธิ์ (*In vitro*)

2.3.1.1 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการรอดชีวิตของเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 (log CFU/ml)

จากการศึกษาการรอดชีวิตของเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 (log CFU/ml) ทดสอบกับสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้น 1 เท่า (25 mg/ml) ของค่า MBC ที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 และ 20 นาที โดยศึกษาประชากรเซลล์ของจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total culturable cells) จำนวนเซลล์ที่ไม่บาดเจ็บ (non-stressed cells) และเซลล์ที่บาดเจ็บ (stressed cells) พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่สภาวะต่างๆ เมื่อระยะเวลาสัมผัส 2 นาที ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนเซลล์ที่ไม่บาดเจ็บ และจำนวนเซลล์ที่บาดเจ็บลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ลดลงจาก 5.79±0.37, 5.84±0.45 และ 5.11±0.50 log cfu/ml ตามลำดับ เหลือเพียง 2.97±0.20, 3.08±0.16 และ 1.96±1.09 ตามลำดับ และหลังจากนั้นจุลินทรีย์ทั้ง 3 สภาวะมีปริมาณลดลงอย่างช้าๆ และทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ภายหลังสัมผัสสารสกัดเป็นเวลา 14 นาที ดังแสดงในตารางที่ 4.22 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อ *S. aureus* อีกทั้งประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์ของสารสกัดจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้นได้ (ผุสดี ตังวัชรินทร์ และอรุณพร อิฐรัตน์. 2552) โดยปกติแบคทีเรียจะมีอยู่ในสภาวะ non-stressed cells แต่เมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม แบคทีเรียจะมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่รอดได้ โดยแบคทีเรียจะมีการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาค สรีระวิทยา และระบบ metabolism ทำให้แบคทีเรียอยู่ในสภาวะ stressed cells เพื่ออยู่รอดในสภาวะนั้นๆ ได้ ซึ่งการปรับเปลี่ยนสภาวะนี้อาจส่งผลให้แบคทีเรียมีความสามารถทนต่อสารเคมี และสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมอื่นๆ มากขึ้น stressed cells ทำให้แบคทีเรียบาดเจ็บ และหากยังอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมนั้นต่อจะทำให้แบคทีเรียตายในที่สุด นอกจากนี้ผลการศึกษายังพบว่าประสิทธิภาพการทำลายแบคทีเรียของสารสกัดจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารสกัดที่เพิ่มขึ้น (Griffihts. 2005 อ้างโดยผุสดี ตังวัชรินทร์ และอรุณพร อิฐรัตน์. 2552) การบาดเจ็บหรือเซลล์ที่บาดเจ็บของจุลินทรีย์นั้น สามารถเกิดขึ้นได้โดยทั่วไปทางกายภาพ เคมีหรือในสภาวะที่มีสารอาหารที่ไม่เพียงพอ ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บของจุลินทรีย์ อีกทั้งยังสามารถเกิดขึ้นได้ในระหว่างการเก็บรักษาหรือเมื่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ไม่เหมาะสม เช่น ได้รับความร้อน แช่แข็งหรือทำละลาย เป็นต้น ซึ่งจำนวนจุลินทรีย์ที่บาดเจ็บนี้มีความสำคัญในอาหารอย่างมากและเกี่ยวข้องกับสุขภาพของประชาชนอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ระยะเวลาที่สารสกัดกระเจี๊ยบแดงสัมผัสเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมด เซลล์ไม่บาดเจ็บและเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean ± SD)

Treatment		ระยะเวลา (นาที)										
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Total culturable cells	กลุ่มควบคุม	6.48±0.29	5.21±0.11	5.32±0.23	5.23±0.24	5.28±0.19	5.08±0.46	5.57±0.27	5.13±0.33	5.15±0.35	5.19±0.14	5.05±0.02
	กระเจี๊ยบแดง	5.79±0.37	2.97±0.20	2.55±0.67	1.87±0.48	1.60±0.23	1.00±0.86	0.81±0.72	0.00±0.00	0.00±.0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Non-stressed cells	กลุ่มควบคุม	6.03±0.10	5.42±0.05	5.25±0.21	5.13±0.30	5.15±0.10	5.27±0.07	5.48±0.46	5.07±0.36	5.08±0.15	5.16±0.16	5.00±0.08
	กระเจี๊ยบแดง	5.84±0.45	3.08±0.16	2.82±0.27	2.39±0.59	2.20±0.61	1.13±0.98	1.03±0.90	0.00±0.00	0.00±.0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Stressed cells	กลุ่มควบคุม	5.88±1.58	4.90±0.37	4.47±0.57	4.51±0.20	4.57±0.51	4.86±0.40	5.08±0.34	4.64±0.34	4.73±0.29	3.80±0.17	4.28±0.17
	กระเจี๊ยบแดง	5.11±0.50	1.96±1.09	2.04±0.34	2.15±0.74	1.97±0.87	0.85±0.74	0.84±0.74	0.00±0.00	0.00±.0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

2.3.1.2 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการรอดชีวิตของเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 (log CFU/ml)

จากการศึกษาการรอดชีวิตของเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 (log CFU/ml) ทดสอบสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้น 1 เท่า (50 mg/ml) ของค่า MBC ที่ระยะเวลาที่สารสัมผัสเชื้อนาน 0, 1, 2 และ 3 นาที โดยศึกษาประชากรเซลล์ของจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total culturable cells) จำนวนเซลล์ที่ไม่บาดเจ็บ (non-stressed cells) และเซลล์ที่บาดเจ็บ (stressed cells) พบว่าความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่สภาวะต่างๆ สามารถทำลายเชื้อ *S.* Typhimurium ได้ภายหลังสัมผัสสารสกัดเป็นเวลา 1 นาที ดังแสดงในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ระยะเวลาที่สารสกัดกระเจี๊ยบแดงสัมผัสเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมด เซลล์ไม่บาดเจ็บและเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean ± SD)

Treatment		ระยะเวลา (นาที)			
		0	1	2	3
Total culturable cells	กลุ่มควบคุม	5.96 ± 0.16	5.39 ± 0.16	5.35 ± 0.25	5.30 ± 0.12
	กระเจี๊ยบแดง	5.86 ± 0.36	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Non-stressed cells	กลุ่มควบคุม	6.07 ± 0.10	5.35 ± 0.25	5.31 ± 0.11	5.32 ± 0.10
	กระเจี๊ยบแดง	6.05 ± 0.21	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Stressed cells	กลุ่มควบคุม	5.34 ± 0.41	4.36 ± 0.33	4.26 ± 0.54	4.66 ± 0.23
	กระเจี๊ยบแดง	5.27 ± 0.64	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

2.3.2 ศึกษาระยะเวลาที่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สัมผัสเชื้อต่อการลดลงของจำนวนเชื้อเป้าหมาย โดยศึกษาจำนวนเชื้อที่มีชีวิตรอดและจำนวนเซลล์ที่บาดเจ็บ (Cell stress) ของเชื้อบริสุทธิ์ (*In vitro*)

2.3.2.1 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการรอดชีวิตของเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 (log CFU/ml)

จากการทดลองวิเคราะห์ระยะเวลาที่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สัมผัสเชื้อ *S. aureus* ต่อจำนวนเชื้อที่มีชีวิตรอดและจำนวนเซลล์ที่บาดเจ็บ ที่ระยะเวลา 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 นาที พบว่าจำนวนเชื้อลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที เชื้อ *S. aureus* ไม่สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ Gupta *et al*. 2012 กล่าวว่าแบคทีเรียแกรมบวกมีความไวต่อสิ่งรบกวนได้ไวกว่าแบคทีเรียแกรมลบอาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันของโครงสร้างผนังเซลล์ แบคทีเรียแกรมลบจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังเซลล์ที่ซับซ้อนและมีโครงสร้างหลายชั้นประกอบด้วย ชั้นที่เป็นฟอสโฟลิปิด (phospholipids) และลิโพลีแซคคาไรด์ (lipolysacchride) ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการผ่านเข้าออกเซลล์ของสสารรวมถึงยาปฏิชีวนะกลุ่มสังเคราะห์ และจากธรรมชาติ ส่วนแบคทีเรียแกรมบวกมีผนังเพียงชั้นเดียวที่เป็นเปปทิโดไกลแคน (peptidoglycan) ซึ่งไม่เป็นอุปสรรคต่อการซึมผ่านของสาร ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.24

2.3.2.2 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการรอดชีวิตของเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 (log CFU/ml)

จากการทดลองวิเคราะห์ระยะเวลาที่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สัมผัสเชื้อ *S.* Typhimurium ต่อจำนวนเชื้อที่มีชีวิตรอดและจำนวนเซลล์ที่บาดเจ็บ ที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที พบว่าจำนวนเชื้อลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาผ่านไป 6 นาที เชื้อ *S.* Typhimurium ไม่สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับทฤษฎีที่ Gupta et al. 2012 กล่าวไว้ว่า แบคทีเรียแกรมลบจะมีผนังเซลล์ที่ซับซ้อนและมีโครงสร้างหลายชั้นประกอบด้วย ชั้นที่เป็นฟอสโฟลิปิด (phospholipids) และลิโพลีแซคคาไรด์ (lipolysacchride) ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการผ่านเข้าออกเซลล์ของสสารรวมถึงยาปฏิชีวนะกลุ่มสังเคราะห์ และจากธรรมชาติ จึงใช้เวลานานเพื่อยับยั้งและฆ่าเชื้อ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ระยะเวลาที่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สัมผัสเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมด เซลล์ไม่บาดเจ็บและเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean ± SD)

Treatment		ระยะเวลา (นาที)					
		0	5	10	15	20	25
Total culturable cells	กลุ่มควบคุม	6.26 ± 0.07	5.52 ± 0.00	5.40 ± 0.07	5.33 ± 0.14	5.36 ± 0.07	5.15 ± 0.27
	มะม่วงหาวมะนาวโห่	6.24 ± 0.04	5.21 ± 0.83	2.45 ± 0.40	1.73 ± 0.09	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Non-stressed cells	กลุ่มควบคุม	6.16 ± 0.04	5.46 ± 0.02	5.25 ± 0.11	5.25 ± 0.18	5.19 ± 0.16	5.01 ± 0.27
	มะม่วงหาวมะนาวโห่	6.16 ± 0.08	5.06 ± 0.79	2.35 ± 0.43	1.54 ± 0.09	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Stressed cells	กลุ่มควบคุม	5.57 ± 0.20	4.60 ± 017	4.83 ± 0.26	4.54 ± 0.10	4.82 ± 0.19	4.60 ± 0.27
	มะม่วงหาวมะนาวโห่	5.40 ± 0.33	4.55 ± 0.93	1.62 ± 0.43	1.37 ± 0.08	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

ตารางที่ 4.25 ระยะเวลาที่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สัมผัสเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมดเซลล์ไม่บาดเจ็บและเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean ± SD)

	Treatment	ระยะเวลา (นาที)					
		0	2	4	6	8	10
Total culturable cells	กลุ่มควบคุม	6.21 ± 0.07	5.37 ± 0.17	5.38 ± 0.39	5.34 ± 0.32	5.31 ± 0.41	5.27 ± 0.35
	มะม่วงหาวมะนาวโห่	6.18 ± 0.12	4.33 ± 0.11	2.51 ± 0.23	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Non-stressed cells	กลุ่มควบคุม	6.15 ± 0.11	5.26 ± 0.19	5.06 ± 0.51	5.21 ± 0.32	5.17 ± 0.34	5.19 ± 0.33
	มะม่วงหาวมะนาวโห่	6.13 ± 0.10	4.25 ± 0.11	2.40 ± 0.21	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Stressed cells	กลุ่มควบคุม	5.24 ± 0.25	4.72 ± 0.18	5.06 ± 0.33	4.60 ± 0.56	4.69 ± 0.63	4.47 ± 0.44
	มะม่วงหาวมะนาวโห่	5.15 ± 0.33	3.51 ± 0.16	1.86 ± 0.32	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

การทดลองที่ 3 ศึกษาการใช้สารสกัดเพื่อพื้นบ้านในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์คือ ผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบดและผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

3.1 ศึกษาการใช้สารสกัดดอกกระเจี๊ยบแดงในผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด

3.1.1 ศึกษาผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบดที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน

3.1.1.1 คุณภาพด้านกายภาพ

(1) ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด

ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L*) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลอง กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเก็บรักษา พบว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง มีแนวโน้มค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ค่าสีแดง (a*) เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่ถ้าเปรียบเทียบระหว่างการเก็บรักษา พบว่าทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง ค่าสีแดงมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่วันที่ 2 ค่าสีเหลือง (b*) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการเก็บรักษา กลุ่มที่เติมสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง ค่าสีเหลืองมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.26

จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ (2546) ทำการศึกษาการใช้สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง เปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวานเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในหมูแผ่น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติม BHT 0.01% กลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง 0.05, 0.1, 0.2, และ 0.3% สำหรับเปลือกส้มก็ใช้กลุ่มการทดลองเช่นเดียวกันและระดับความเข้มข้นของสารสกัดก็เช่นเดียวกับสารสกัดกระเจี๊ยบแดง เก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 28 วัน พบว่าหมูแผ่นดิบและสุกที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ระดับ 0.05 – 0.1% โดยน้ำหนัก มีค่า a* ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ส่วนค่า L* และ b* มีค่าการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยซึ่งไม่ได้รายงานค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อค่าสีบนเนื้อสุกรบด (mean±SD)

Treatment	0	2	4	6	8	10
*L** (Lightness)						
ควบคุม	46.62±0.81 ^{a,A}	46.83±1.30 ^{a,A}	45.93±1.40 ^{a,A}	47.94±1.32 ^{a,A}	48.37±2.85 ^{a,A}	46.94±3.44 ^{a,A}
กระเจี๊ยบ 50 mg/ml	45.86±0.78 ^{a,B}	47.03±1.69 ^{a,AB}	46.37±0.93 ^{a,B}	47.21±0.81 ^{a,AB}	49.12±1.45 ^{a,A}	47.50±2.19 ^{a,AB}
*a** (Redness)						
ควบคุม	6.06±1.08 ^{a,AB}	7.42±1.97 ^{a,A}	6.90±2.40 ^{a,AB}	5.48±2.00 ^{a,AB}	3.92±0.54 ^{a,B}	4.52±0.78 ^{a,AB}
กระเจี๊ยบ 50 mg/ml	6.80±0.51 ^{a,A}	6.18±0.32 ^{a,AB}	6.02±0.93 ^{a,AB}	5.13±0.83 ^{a,BC}	4.17±1.29 ^{a,C}	4.23±0.29 ^{a,C}
*b** (Yellowness)						
ควบคุม	13.03±1.30 ^{a,A}	14.16±0.87 ^{a,A}	13.86±1.65 ^{a,A}	13.60±0.81 ^{a,A}	12.81±1.36 ^{a,A}	12.30±0.11 ^{a,A}
กระเจี๊ยบ 50 mg/ml	13.39±0.57 ^{a,A}	12.59±0.17 ^{a,AB}	12.87±0.60 ^{a,AB}	12.37±0.60 ^{a,AB}	12.37±0.99 ^{a,AB}	11.99±0.39 ^{a,B}

อักษร ^{abc} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อักษร ^{ABC} ที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

(2) ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหมูบดลดทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง 50 mg/ml พบว่าในทั้ง 2 กลุ่มการทดลองในระหว่างการเก็บรักษาเดียวกัน ไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา (P>0.05) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 วัน พบว่าไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 4.27 ซึ่งค่าความเป็นกรดด่างไม่ได้รับอิทธิพลจากสารสกัดกระเจี๊ยบที่เติมเข้าไป เช่นเดียวกับการศึกษาของ สุภาพ นนทะสันต์ (2556) ที่ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ 0.2%, 0.4% และ 0.6% พบว่าไม่มีผลกระทบต่อค่าความเป็นกรดด่าง

ตารางที่ 4.27 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อค่าความเป็นกรดด่างบนเนื้อสุกรบด (mean±SD)

วัน	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml
0	5.70±0.26 ^{a,A}	5.49±0.29 ^{a,A}
2	5.73±0.20 ^{a,A}	5.55±0.14 ^{a,A}
4	5.83±0.28 ^{a,A}	5.58±0.25 ^{a,A}
6	5.76±0.20 ^{a,A}	5.51±0.24 ^{a,A}
8	5.85±0.12 ^{a,A}	5.51±0.18 ^{a,A}
10	6.10±0.26 ^{a,A}	5.69±0.35 ^{a,A}

อักษร ^{abc} ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

อักษร ^{ABC} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 คุณสมบัติทางด้านเคมี

(1) ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงการออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) ต่อผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด

การวิเคราะห์ค่าการออกซิเดชันของไขมันของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบดโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติมสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง 50 mg/ml โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบปิดผนึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน โดยทำการวัดค่าการออกซิเดชันของไขมันทุก ๆ 1 เดือน พบว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันในกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมสารสกัดมีค่าการออกซิเดชัน 6.35 และ 4.99 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาเนื้อสุกรบดนานขึ้นเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าที่ระยะเวลา 2 เดือน ค่าการเปลี่ยนแปลงการออกซิเดชันกลุ่มควบคุมคือ 5.36 เป็น 6.98 ในขณะที่กลุ่มที่เติมสารสกัดมีค่าการออกซิเดชันลดลงจาก 5.33 เป็น 4.73 ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.28 ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Mohd-Esa *et al.* (2010) ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส่วนต่างๆของกระเจี๊ยบแดง (กลีบดอก ใบ เมล็ดและลำต้น) สกัดด้วยน้ำและเอทานอล 80% โดยทำการศึกษาสารประกอบฟีโนลิก ค่า DPPH และนำผลที่ได้ไปศึกษาการต้านออกซิเดชันของไขมันในเนื้อวัวบด (Lipid oxidation) เมื่อเก็บรักษาที่ 4 °C นาน 14 วัน ผลการศึกษาพบว่า ส่วนของเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล 80 % มีค่าฟีโนลิกสูงที่สุด (2.97 ± 0.17 mg GAE /g และ 4.87 ± 0.14 mg GAE /g) มีค่า DPPH สูงที่สุด (65.1 ± 2.58 % และ 91.8 ± 1.05 %) เนื่องจากในส่วนของเมล็ดมีปริมาณค่าฟีโนลิกและการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าทุกๆส่วน จึงนำไปเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเนื้อวัวบด โดยศึกษาค่า Lipid oxidation ด้วยวิธี TBARS ของสารสกัดเมล็ดกระเจี๊ยบปริมาณการใช้คือที่ความเข้มข้น 7.5 กรัม/กิโลกรัม พบว่าสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมคือ BHT และ α-tocopherol ทั้งนี้เนื่องมาจากในส่วนของสารสกัดจากเมล็ดนั้นมีค่าฟีโนลิกและค่า DPPH ที่สูงกว่า BHT และ α-tocopherol จึงนำไปใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติในผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (Mean±SD)

เดือน	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml
0	6.35±0.17 ^{a,AB}	4.99±0.06 ^{b,A}
1	2.47±0.58 ^{a,C}	2.82±1.26 ^{a,B}
2	5.36±1.24 ^{a,B}	5.33±0.63 ^{a,A}
3	6.98±0.68 ^{a,A}	4.73±0.55 ^{b,A}

อักษร ^{abc} ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

อักษร ^{ABC} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

(2) ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อค่าการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด

การวิเคราะห์ค่าการกำจัดอนุมูลอิสระ (DPPH) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบดโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติมสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง 50 mg/ml โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบปิดผนึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน โดยทำการวัดค่าการออกซิเดชันของไขมันทุก ๆ 1 เดือน พบว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันในกลุ่มที่เติมสารสกัดมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงและกลุ่มควบคุมมีค่า DPPH 76.85 และ 15.85 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาเนื้อสุกรบดนานขึ้นเป็นเวลา 3 เดือนพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่า DPPH ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ในขณะที่กลุ่มที่เติมสารสกัดมีค่า DPPH สูงขึ้น ($P<0.05$) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบดกลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงสามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ดี ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.29

สุภาพ นนทะสันต์ (2556) ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเพื่อศึกษาผลของการเติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่สกัดด้วย เอทานอล ปริมาณต่างๆ ได้แก่ 0.2%, 0.4% และ 0.6% และศึกษาผลต่อคุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณแอนโทไซยานิน ค่า DPPH (2,2-Diphenyl-I-Picrylhydrazyl, ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ) ผลการศึกษาพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้น ปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นเป็น 4.34, 8.90 และ 14.64 mg/kg และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 12.57, 24.24 และ 31.24 ตามลำดับ เนื่องจากคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูงของแอนโธไซยานินซึ่งมีอยู่ในสารสกัดที่เติมลงไป Mohd-Esa *et al.* (2010) ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระในส่วนต่างๆของกระเจี๊ยบแดง (กลีบดอก ใบ เมล็ดและลำต้น) สกัดด้วยน้ำและเอทานอล 80% โดยทำการศึกษาสารประกอบฟีโนลิก ค่า DPPH และนำผลที่ได้ไปศึกษาการต้านออกซิเดชันของไขมันในเนื้อวัวบด (Lipid oxidation) เมื่อเก็บรักษาที่ 4 °C นาน 14 วัน ผลการศึกษาพบว่า ส่วนของเมล็ดที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล 80 % มีค่าฟีโนลิกสูงที่สุด (2.97 ± 0.17 mg GAE /g และ 4.87 ± 0.14 mg GAE /g) มีค่า DPPH สูงที่สุด (65.1 ± 2.58 % และ 91.8 ± 1.05 %) เนื่องจากในส่วนของเมล็ดมีปริมาณค่าฟีโนลิกและการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าทุกๆส่วน อีกทั้ง Christian and Jackson (2009) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของกระเจี๊ยบ 3 ช่วงการเจริญเติบโตตลอดระยะเวลา 35 วัน (traditional bearing red:TRED, early bearing red:ERED และ white:WHTE) โดยศึกษาสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณแอนโธไซยานินและการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) พบว่าในกระเจี๊ยบในช่วง ERED มีความสามารถต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุด (79%) เนื่องมาจากสารประกอบพวกฟีนอลิก รวมทั้งสารแอนโธไซยานินและสารที่ไม่ใช่แอนโธไซยานิน และหากนำไปใช้ร่วมกับ BHA จะทำให้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากถึง 86%

ตารางที่ 4.29 ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า DPPH ของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (mean±SD)

เดือน	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml
0	15.85±1.05 ^{a,A}	76.85±0.13 ^{b,B}
1	15.29±1.59 ^{a,A}	92.70±1.92 ^{b,A}
2	14.74±0.64 ^{a,A}	93.21±1.44 ^{b,A}
3	11.65±0.38 ^{a,B}	93.74±1.62 ^{b,A}

อักษร ^{ab} ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

อักษร ^{AB} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

3.1.1.3 คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์

(1) ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อจำนวนจุลินทรีย์รวมของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด

จากการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์รวม (Total Plate Count) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 2 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ในวันที่ 8 กลุ่มที่เติมสารสกัดพบว่ามีจำนวนเชื้อน้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่า 6.24 log cfu/g และกลุ่มควบคุมมีค่า 7.31 log cfu/g แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกลุ่มที่เติม และมีปริมาณเชื้อมากที่สุดในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.30 จากการสุ่มตัวอย่างชี้ให้เห็นว่า เนื้อสุกรมีสุขลักษณะในการผลิตที่ดี เนื่องจากจำนวนจุลินทรีย์รวมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ 6000-2547) เนื้อสุกร. 2547) ซึ่งกำหนดไว้ว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 5 x 10^5 โคโลนี (CFU) ต่อตัวอย่าง 1 กรัม เมื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ พบว่าไม่สามารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์รวมได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ที่พบในเนื้อสัตว์มีหลายชนิด บางชนิดสามารถยับยั้งได้ บางชนิดไม่สามารถยับยั้งได้ และหากมีปริมาณที่สารสกัดไม่สามารถยับยั้งได้มากกว่า จึงทำให้ไม่พบการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้ และชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ (นิพัฒน์ ลิ้มสงวน. 2547) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการทดลองของ Babatunde and Adewumi (2015) ทำการศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงที่สกัดด้วยเอทานอลในแพตตี้ไก่ พบว่าจำนวนจุลินทรีย์รวมทั้งหมดเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 14 วัน มีจำนวนเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.30 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อจุลินทรีย์รวม (Total Plate Count) (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean±SD)

วัน	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml	จำนวนเชื้อที่ลดลง (log reduction)
0	4.99±0.31 ^{a,B}	4.79±0.01 ^{a,B}	0.2
2	5.19±0.41 ^{a,B}	4.90±0.11 ^{a,B}	0.29
4	5.20±0.42 ^{a,B}	5.44±0.13 ^{a,B}	-
6	5.86±0.40 ^{a,B}	5.82±0.34 ^{a,AB}	0.04
8	7.31±0.65 ^{a,A}	6.24±0.71 ^{a,AB}	1.07
10	7.92±0.54 ^{a,A}	7.36±1.28 ^{a,A}	0.56

อักษร ^{abc} ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

อักษร ^{ABC} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

(2) ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrotrophic) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด

จากการศึกษาจำนวนเชื้อที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrotrophic) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลองทั้ง 2 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา กลุ่มที่เติมสารสกัดมีแนวโน้มเชื้อที่ชอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิต่ำ (Psychrotrophic) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่า 6.49 log cfu/g และ 7.01 log cfu/g ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrotrophic) (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean±SD)

วัน	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml	จำนวนเชื้อที่ลดลง (log reduction)
0	4.23±0.33 ^{a,C}	3.90±0.57 ^{a,C}	0.33
2	4.51±0.71 ^{a,C}	3.95±0.77 ^{a,C}	0.56
4	5.38±0.79 ^{a,BC}	5.05±0.86 ^{a,BC}	0.33
6	7.01±0.39 ^{a,AB}	6.49±0.92 ^{a,AB}	0.52
8	8.00±0.74 ^{a,A}	7.62±0.53 ^{a,A}	0.38
10	8.87±1.19 ^{a,A}	8.36±0.86 ^{a,A}	0.51

อักษร ^{abc} ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
อักษร ^{ABC} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

(3) ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อจำนวนยีสต์และราของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด

จากการศึกษาจำนวนยีสต์รา สารสกัดไม่มีผลต่อจำนวนยีสต์และรา จำนวนยีสต์และราจึงไม่แตกต่างกันในทางสถิติทุกกลุ่มการทดลอง (P>0.05) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา 10 วัน พบว่า ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา จำนวนเชื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกกลุ่มการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และมีปริมาณเชื้อมากที่สุดในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อยีสต์และรา (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean±SD)

วัน	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml	จำนวนเชื้อที่ลดลง (log reduction)
0	3.54±0.03 ^{a,D}	3.54±0.32 ^{a,BC}	-
2	3.85±0.10 ^{a,BCD}	3.49±0.36 ^{a,B}	0.36
4	3.75±0.05 ^{a,CD}	3.55±0.05 ^{a,BC}	0.2
6	4.06±0.14 ^{a,BC}	3.92±0.12 ^{a,BC}	0.14
8	4.21±0.37 ^{a,B}	4.15±0.31 ^{a,B}	0.06
10	4.96±0.09 ^{a,A}	5.21±0.06 ^{a,A}	-

อักษร ^{abc} ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
อักษร ^{ABC} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

(4) ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อจำนวน Coliforms และ *E. coli* ของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด

จากผลการศึกษาจำนวนเชื้อ Coliform เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มการทดลอง กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง 50 mg/ml ทั้ง 2 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) เมื่อเก็บนาน 10 วัน วันที่ 6, 8 และ 10 กลุ่มที่เติมสารสกัดมีแนวโน้มจำนวนเชื้อต่ำกว่ากลุ่มทดลอง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มควบคุมในวันที่ 6, 8 และ 10 มีจำนวนเชื้อ 4.94±0.48, 5.92±0.39 และ 6.82±0.31 และกลุ่มที่เติมสารสกัดมีจำนวนเชื้อ 4.54±0.67, 5.15±0.49 และ 5.99±0.65 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในวันที่ 8 และ 10 กลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีแนวโน้มเชื้อน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.33 เมื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ พบว่าไม่สามารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ Coliform ได้ ผลดังกล่าวอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของสารสกัด เนื่องจากในเนื้อสัตว์มีปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารสกัด เช่น สารอินทรีย์ต่างๆ ไขมัน หรือเชื้อชนิดอื่นๆ ทำให้สิ่งเหล่านี้ไปขัดขวางการทำงานของสารสกัด ทำให้สารสกัดออกฤทธิ์ได้ไม่เต็มที่ อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์และความเข้มข้นของสารสกัด (นิพัฒน์ ลิ้มสงวน. 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.33 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อ Coliform (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean±SD)

วัน	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml	จำนวนเชื้อที่ลดลง (log reduction)
0	3.90±0.34 ^{a,C}	3.91±0.18 ^{a,C}	-
2	4.18±0.37 ^{a,BC}	3.95±0.15 ^{a,BC}	0.23
4	4.28±0.35 ^{a,BC}	4.30±0.37 ^{a,BC}	-
6	4.94±0.48 ^{a,B}	4.54±0.67 ^{a,BC}	0.4
8	5.92±0.39 ^{a,A}	5.15±0.49 ^{a,AB}	0.77
10	6.82±0.31 ^{a,A}	5.99±0.65 ^{a,A}	0.83

อักษร ^{abc} ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
อักษร ^{ABC} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* ทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.34 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อ *E. coli* (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean±SD)

วัน	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml
0	<10*	<10*
2	<10*	<10*
4	<10*	<10*
6	<10*	<10*
8	<10*	<10*
10	<10*	<10*

* น้อยกว่า 10 cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

จากการศึกษาจำนวน เชื้อ Total Coliforms, Fecal Coliforms และ *E. coli* ต่อน้ำหนักเนื้อสุกรบด พบว่า จำนวน Total Coliforms และ Fecal Coliforms สามารถตรวจพบได้จากกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมสารสกัด แต่พบว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดมีปริมาณเชื้อน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และทั้งสองกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน สำหรับเชื้อ *E. coli* ตรวจไม่พบทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมสารสกัด ดังแสดงในตารางที่ 4.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.35 Total Coliforms, Fecal Coliforms and *E. coli* ต่อน้ำหนักเนื้อสุกรบด

วัน	Total Coliforms (MPN/g)		Fecal Coliforms (MPN/g)		*E. coli* (MPN/g)	
	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml
0	43-93	43-93	43-93	43-93	<3	<3
2	29-460	43-93	43-460	93-240	<3	<3
4	43-150	23-43	150	23-43	<3	<3
6	23-460	9.1-240	23-460	9.1-240	<3	<3
8	23-460	39-460	23-240	39-460	<3	<3
10	23-1100	23-460	23-1100	23-460	<3	<3

(4) การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบดลดขนาดแบบดิบ พบว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีคะแนนความชอบด้านสีและด้านลักษณะโดยรวมแตกต่างจากกลุ่มควบคุมเพียงอย่างเดียว ($P<0.05$) ส่วนผลการประเมินในด้านลักษณะปรากฏและกลิ่นรสไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อีกทั้งคะแนนในทุกลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบดแบบดิบในกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดเพียงเล็กน้อย อาจกล่าวได้ว่าผลการประเมินทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ที่เป็นกลุ่มควบคุมมากกว่ากลุ่มที่เติมสารสกัด ดังแสดงในตารางที่ 4.36 และผลการประเมินทางประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบดลดขนาดแบบสุกนั้น พบว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีคะแนนความชอบด้านสีที่ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมเพียงอย่างเดียว ($P>0.05$) ส่วนผลการประเมินในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติและลักษณะโดยรวมแตกต่างกัน ($P<0.05$) อีกทั้งคะแนนในทุกลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบดแบบสุกในกลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เติมสารสกัด อาจกล่าวได้ว่าผลการประเมินทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ที่เป็นกลุ่มควบคุมมากกว่ากลุ่มที่เติมสารสกัด ดังแสดงในตารางที่ 4.37

ตารางที่ 4.36 ผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (ผลิตภัณฑ์ดิบ) (Mean±SD)

คุณลักษณะ	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml
ลักษณะปรากฏ	5.00 ± 1.00^{a}	4.32 ± 1.11^{a}
สี	5.47 ± 1.17^{a}	4.11 ± 1.05^{b}
กลิ่นรส	4.84 ± 1.26^{a}	4.42 ± 1.17^{a}
ลักษณะโดยรวม	5.32 ± 1.20^{a}	4.16 ± 1.17^{b}

[ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบ, 4 = เฉย ๆ, 5 = ชอบ, 6 = ชอบมาก, 7 = ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.37 ผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (ผลิตภัณฑ์สุก) (Mean±SD)

คุณลักษณะ	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml
ลักษณะปรากฏ	4.74 ± 1.05^{a}	3.95 ± 1.22^{b}
สี	5.16 ± 0.09^{a}	4.89 ± 0.94^{a}
กลิ่นรส	4.74 ± 1.05^{a}	4.00 ± 1.15^{b}
เนื้อสัมผัส	4.95 ± 0.78^{a}	3.53 ± 1.02^{b}
รสชาติ	4.74 ± 1.10^{a}	1.11 ± 0.32^{b}
ลักษณะโดยรวม	4.89 ± 0.99^{a}	1.63 ± 0.05^{b}

[ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบ, 4 = เฉย ๆ, 5 = ชอบ, 6 = ชอบมาก, 7 = ชอบมากที่สุด

3.1.2 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อสุกรบด โดยการเติมเชื้อก่อโรค *S. aureus* และ *S.* Typhimurium เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน โดยศึกษาคุณสมบัติดังนี้ จากนั้นตรวจสอบการมีชีวิตรอดของเชื้อดังกล่าว

3.1.2.1 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อสุกรบด โดยการเติมเชื้อก่อโรค *S. aureus*

ศึกษาผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงความเข้มข้น 50 mg/ml ต่อการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S. aureus* ในเนื้อสุกรบด โดยการเติมเชื้อ *S. aureus* บริสุทธิ์จำนวน 10^{3} cfu/g ลงในเนื้อสุกรบด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) ผลการทดลองพบว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมสารสกัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) มีค่า 3.26 และ 3.20 ตามลำดับ ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา กลุ่มที่เติมสารสกัดมีแนวโน้มจำนวนเชื้อต่ำกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่มควบคุมมีจำนวนเชื้อ 4.16, 4.53, 4.86, 5.07 และ 6.42 และกลุ่มที่เติมสารสกัดมีจำนวนเชื้อ 3.35, 3.64, 3.73, 4.17 และ 4.43 ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.38 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S. aureus* (log cfu/g) ในเนื้อสุกรบด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน (mean±SD)

วัน	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml	จำนวนเชื้อที่ลดลง (log reduction)
0	3.26±0.08 ^{a,E}	3.20±0.11 ^{a,B}	0.06
2	4.16±0.37 ^{a,D}	3.35±0.05 ^{b,B}	0.81
4	4.53±0.18 ^{a,C}	3.64±0.20 ^{b,AB}	0.89
6	4.86±0.03 ^{a,B}	3.73±0.23 ^{b,AB}	1.13
8	5.07±0.16 ^{a,B}	4.17±0.74 ^{b,A}	0.9
10	6.42±0.06 ^{a,A}	4.43±0.65 ^{b,A}	1.99

อักษร $^{A-E}$ ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
อักษร $^{a-b}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

3.1.2.2 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อสุกรบด โดยการเติมเชื้อก่อโรค *S.* Typhimurium

ศึกษาผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงความเข้มข้น 50 mg/ml ต่อการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S.* Typhimurium ในเนื้อสุกรบด โดยการเติมเชื้อ *S.* Typhimurium บริสุทธิ์จำนวน 10^3 cfu/g ลงในเนื้อสุกรบด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) ผลการทดลองพบว่าการเติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงไม่มีผลต่อการลดลงของเชื้อ *S.* Typhimurium ในเนื้อสุกรบด โดยพบว่าจำนวนเชื้อไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมเมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลานานขึ้น ($P>0.05$) ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา กลุ่มที่เติมสารสกัดมีแนวโน้มจำนวนเชื้อต่ำกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่มควบคุมมีจำนวนเชื้อ 6.98 และ 7.41 และกลุ่มที่เติมสารสกัดมีจำนวนเชื้อ 6.38 และ 7.17 ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.39

เนื้อสัตว์ที่เน่าเสียง่ายผลิตภัณฑ์อาหารสูงและเป็นอันตรายเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ Salmonella spp และ *S. aureus* เป็นปัญหาสำคัญของการเกิดโรคที่เกิดจากอาหาร Salmonella spp พบมากที่สุดในอาหารพวกสัตว์ปีกและเนื้อหมู เชื้อ *S. aureus* ถือเป็นที่สองหรือที่สามการติดเชื้อที่พบมากที่สุดที่ก่อให้เกิดการระบาดของ poinsoning ในอาหาร มีรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวกับการแพร่ระบาดของโรคเชื้อ Salmonella ในประเทศในยุโรปในปี 2013 จำนวน 9 ความตายและ 82,694 ป่วยเนื่องจากการบริโภคเนื้อสัตว์ที่ถูกปนเปื้อนด้วย S. Typhimurium

ตารางที่ 4.39 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดของเชื้อ *S.* Typhimurium (log cfu/g) ในเนื้อสุกรบด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน (mean±SD)

วัน	ควบคุม	กระเจี๊ยบ 50 mg/ml	จำนวนเชื้อที่ลดลง (log reduction)
0	3.12±0.17 ^{a,D}	3.07±0.08 ^{a,E}	0.05
2	4.14±0.11 ^{a,C}	4.25±0.25 ^{a,D}	-
4	5.20±0.10 ^{a,B}	5.13±0.01 ^{a,C}	0.07
6	5.64±0.06 ^{a,B}	5.59±0.01 ^{a,C}	0.05
8	6.98±0.38 ^{a,A}	6.38±0.57 ^{a,B}	0.6
10	7.41±0.68 ^{a,A}	7.17±0.57 ^{a,A}	0.24

อักษร $^{a-b}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)
อักษร $^{A-E}$ ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

3.2 ศึกษาการใช้สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

3.2.1 ศึกษาผลของกระบวนการทำให้สุกต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน ศึกษากระบวนการทำให้สุกเพื่อผลิตหมูหวานพร้อมรับประทาน 2 วิธี ได้แก่ (1) อบให้มีอุณหภูมิใจกลางผลิตภัณฑ์หมูหวาน 71 °C ด้วยอุณหภูมิ 85 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 30 นาที (2) อบให้มีอุณหภูมิใจกลางผลิตภัณฑ์หมูหวาน 71 °C ด้วยอุณหภูมิ 85 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 30 นาที และนำไปย่างด้วยอุณหภูมิ 180 °C เป็นเวลา 6 นาที

1. คุณภาพทางด้านกายภาพและด้านเคมี

เมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง (% drying yield) พบว่ากลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่อบแล้วนำไปย่างมีค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้เท่ากับ 49.17% และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

47.50% ตามลำดับ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ากลุ่มที่อบแล้วนำไปย่างมีเปอร์เซ็นต์ผลได้ที่ต่ำกว่ากลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียวเล็กน้อย และไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบทั้งสองแบบมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยกลุ่มที่อบแล้วนำไปย่างมีแนวโน้มมีค่า a_w ต่ำกว่ากลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียว ส่วนค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ภายหลังผ่านกระบวนการทำให้สุก พบว่าค่าความชื้นของทั้งสองกลุ่มการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน($P > 0.05$) แต่จะเห็นว่ากลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียวมีค่าความชื้นสูงกว่ากลุ่มที่นำไปอบแล้วย่าง ซึ่งผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ จากผลการทดลองกระบวนการทำให้สุกโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งที่ใช้ความร้อนในการทำให้สุกโดยตรงจะมีการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์สูง โดยทั่วไปอาหารกึ่งแห้งจะมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.60-0.85 และมีความชื้นอยู่ในช่วง 15-35% (นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545 ; Yang *et al.* 2009 ; Chen *et al*. 2000) ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มที่อบแล้วนำไปย่างมีค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้หลังอบแห้ง ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และความชื้นต่ำ เนื่องจากการย่างที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาทีนี้เองทำให้ผลิตภัณฑ์มีการระเหยของน้ำออกเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียว ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.40

ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์จากการทดสอบ Texture Profile Analysis ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) พบว่ากลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียวมีค่าความแข็ง (hardness) ต่ำกว่ากลุ่มที่อบแล้วนำไปย่าง ($P < 0.05$) ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness) ส่วนค่าความเหนียวเป็นกาวหรือยาง (gumminess) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) และค่าการเคี้ยวได้ (chewiness) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนการวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ พบว่ากลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียวมีค่าแรงเฉือนต่ำกว่ากลุ่มที่อบแล้วนำไปย่าง ($P < 0.05$) จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการอบแล้วนำไปย่างส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ในด้านความแข็งและค่าแรงเฉือน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.40

ในคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ พบว่าค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4.40) จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการย่างส่งผลต่อค่าความสว่างลดลง ถึงแม้ว่าทั้งสองกลุ่มการทดลองค่าความสว่างจะไม่แตกต่างกัน เนื่องจากความร้อนในการย่างทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่เข้มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.40 ผลของกระบวนการทำให้สุกต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

ลักษณะที่ศึกษา	อบ	อบแล้วนำไปย่าง
Drying yield (%)	49.17 ± 0.44[a]	47.50 ± 0.32[a]
Water activity (%)	0.70 ± 0.01[a]	0.69 ± 0.03[a]
Moisture (% wet basis)	17.33 ± 0.91[a]	15.59 ± 0.41[a]
Colour		
- Lightness (L*)	26.40 ± 0.65[a]	25.36 ± 0.37[a]
- Redness (a*)	10.04 ± 0.61[a]	10.34 ± 0.87[a]
-Yellowness (b*)	8.54 ± 0.51[a]	8.68 ± 0.04[a]
Shear force	10.94 ± 0.64[b]	14.65 ± 0.66[a]
Texture Profile Analysis		
- Hardness (N)	4.88 ± 0.26[b]	6.12 ± 0.16[a]
- Cohesiveness (ratio)	0.72 ± 0.01[a]	0.66 ± 0.02[a]
- Gumminess (N)	3.49 ± 0.13[a]	4.06 ± 0.17[a]
- Springiness (ratio)	1.15 ± 0.02[a]	1.23 ± 0.03[a]
- Chewiness (N)	3.50 ± 0.14[a]	4.07 ± 0.17[a]

[ab] ที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2. คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

จากผลการประเมินผลทางประสาทสัมผัส พบว่ากลุ่มที่อบแล้วนำไปย่างมีคะแนนความชอบด้านสี และด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างจากกลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียว ($P < 0.05$) ส่วนผลการประเมินในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ ความหวาน และลักษณะโดยรวมไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่คะแนนในทุกลักษณะของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มที่อบแล้วนำไปย่างมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียวเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.41 ผลของกระบวนการทำให้สุกต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

ลักษณะของผลิตภัณฑ์	อบ	อบแล้วนำไปย่าง
ลักษณะปรากฏ	5.38[a]	5.58[a]
สี	5.17[b]	5.40[a]
กลิ่นรส	5.00[a]	5.42[a]
เนื้อสัมผัส	5.58[b]	6.04[a]
รสชาติ	5.67[a]	5.83[a]
ความหวาน	5.04[a]	5.13[a]
ลักษณะโดยรวม	5.46[a]	5.54[a]

[ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบ, 4 = เฉย ๆ, 5 = ชอบ, 6 = ชอบมาก, 7 = ชอบมากที่สุด

3. ผลของกระบวนการทำให้สุกต่อการอยู่รอดของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานเมื่อผ่านกระบวนการทำให้สุก

จากการศึกษาการอยู่รอดของเชื้อ *S. aureus* ที่มีชีวิตรอดภายหลังผ่านกระบวนการทำให้สุกโดยการเติมเชื้อ *S. aur*eus ลงไปในผลิตภัณฑ์หมูหวานแล้วนำไปผ่านกระบวนการทำให้สุกทั้ง 2 แบบ คือ กลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่อบแล้วนำไปย่าง พบว่าเชื้อ *S. aureus* ก่อนการเติมเชื้อในกลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียวและกลุ่มที่อบแล้วนำไปย่าง มีจำนวน 1.64 และ 1.19 log cfu/g ตามลำดับ และภายหลังจากการเติมเชื้อที่ 10^5 cfu/g พบว่ากลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียวและกลุ่มที่อบแล้วนำไปย่าง มีจำนวนเชื้อ 5.20 และ 5.21 log cfu/g ตามลำดับ ภายหลังจากผ่านกระบวนการทำให้สุกทั้ง 2 แบบ ไม่พบจำนวนเชื้อ *S. aureus* โดยค่าการตรวจพบต่ำกว่าระดับที่กำหนดที่สามารถตรวจนับได้ (<10 cfu/g) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.42 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 2549) ได้กำหนดว่าในผลิตภัณฑ์ สามารถพบเชื้อ *S. aureus* ต้องน้อยกว่า 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม เชื้อ *S. aureus* สามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 6 – 45 ^{o}C ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 46 ^{o}C เชื้อจะไม่สามารถเจริญได้ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545) แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเจริญที่สุดอยู่ระหว่าง 35 – 37 ^{o}C (Concon. 1988) ดังนั้นในกระบวนการทำให้สุกทั้ง 2 แบบ ซึ่งใช้ความร้อนอุณหภูมิ 85 ^{o}C ทำให้เชื้อ *S. aureus* ไม่สามารถเจริญได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์หมูหวานมีความปลอดภัยในด้านการบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.42 จำนวนเชื้อ *S. aureus* ที่มีชีวิตรอดในระหว่างกระบวนการทำให้สุก

การตรวจวิเคราะห์	จำนวนเชื้อ *S. aureus* (log cfu/g)	
	อบ	อบแล้วนำไปย่าง
ก่อนการเติมเชื้อ	1.64 ± 0.30	1.19 ± 0.40
หลังการเติมเชื้อ	5.20 ± 0.09	5.21 ± 0.10
หลังกระบวนการทำให้สุก	<10*	<10*

* น้อยกว่า 10 cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

การศึกษาความอยู่รอดของเชื้อ *E. coli* มีชีวิตรอดภายหลังผ่านกระบวนการทำให้สุกโดยการเติมเชื้อ *E. coli* ลงไปในผลิตภัณฑ์หมูหวานแล้วนำไปผ่านกระบวนการทำให้สุกทั้ง 2 แบบ คือ กลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่อบแล้วนำไปย่าง พบว่าก่อนการเติมเชื้อทุกกลุ่มการทดลองค่าที่ตรวจพบต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (<10 cfu/g) และภายหลังจากการเติมเชื้อที่ 10^5 cfu/g พบว่ากลุ่มที่อบเพียงอย่างเดียวและกลุ่มที่อบแล้วนำไปย่าง มีจำนวนเชื้อ 5.22 และ 5.20 log cfu/g ตามลำดับ ภายหลังจากผ่านกระบวนการทำให้สุกทั้ง 2 แบบ ไม่พบจำนวนเชื้อ *E.coli* โดยค่าการตรวจพบต่ำกว่าระดับที่กำหนดที่สามารถตรวจนับได้ (<10 cfu/g) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.43 Zottola and Smith. (1990) กล่าวว่าเชื้อ *E. coli* สามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 30 – 42 ^{o}C นอกจากนี้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 2549) ได้กำหนดว่าในผลิตภัณฑ์ สามารถพบเชื้อ *E. coli* โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 50 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ตารางที่ 4.43 จำนวนเชื้อ *E. coli* ที่มีชีวิตรอดในระหว่างกระบวนการทำให้สุก

การตรวจวิเคราะห์	จำนวนเชื้อ *E. coli* (log cfu/g)	
	อบ	อบแล้วนำไปย่าง
ก่อนการเติมเชื้อ	<10*	<10*
หลังการเติมเชื้อ	5.22 ± 0.07	5.20 ± 0.08
หลังกระบวนการทำให้สุก	<10*	<10*

* น้อยกว่า 10 cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อคุณภาพด้านกายภาพ และด้านเคมีของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

เลือกสัดส่วนไขมันที่เหมาะสมและผู้บริโภคให้การยอมรับจากการทดลองที่ 1 มาทำการ ศึกษาในบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด ได้แก่ (1) บรรจุแบบสุญญากาศ (Vacuum pack) (2) บรรจุแบบมีอากาศภายในมีวัตถุดูดซับออกซิเจน (aerobic pack) โดยศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานเป็นระยะเวลา 2 เดือน สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาทุก ๆ 2 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ซึ่งผลการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

1. คุณภาพด้านกายภาพ

1.1 ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

เมื่อคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง (% drying yield) ดังแสดงในตารางที่ 4.44 พบว่าผลิตภัณฑ์หลังผ่านกระบวนการทำให้สุกมีค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้อยู่ที่ 60.67% มีค่า aw เริ่มต้นเท่ากับ 0.69 การเปลี่ยนแปลงของค่า aw ต่อรูปแบบการบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ พบว่าค่า aw ณ สัปดาห์เดียวกันทั้งสองแบบการบรรจุภัณฑ์ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า aw มากนัก แต่เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่า aw เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทั้งสองแบบบรรจุภัณฑ์ พบว่าค่า aw มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P>0.05$)

1.2 ค่าความชื้น

ผลการเปลี่ยนแปลงของความชื้นต่อบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันพบว่า ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าความชื้นมากกว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศเล็กน้อย ($P>0.05$) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานนานขึ้น พบว่าค่าความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) ในบรรจุภัณฑ์ทั้งในแบบบรรจุสุญญากาศ และบรรจุภัณฑ์แบบมีอากาศ โดยมีค่าความชื้นระหว่าง 16.75-17.70 และ 16.75-17.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.44 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ*
Drying yield (%)	60.67 ± 0.25	60.67 ± 0.25
Water activity (a_w)		
สัปดาห์ที่ 0	$0.69 \pm 0.03^{A,a}$	$0.69 \pm 0.07^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 2	$0.69 \pm 0.07^{A,a}$	$0.70 \pm 0.05^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 4	$0.70 \pm 0.05^{A,a}$	$0.70 \pm 0.03^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 6	$0.70 \pm 0.05^{A,a}$	$0.70 \pm 0.05^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 8	$0.70 \pm 0.06^{A,a}$	$0.71 \pm 0.06^{A,a}$
Moisture (% wet basis)		
สัปดาห์ที่ 0	$16.75 \pm 0.16^{A,a}$	$16.75 \pm 0.16^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 2	$17.59 \pm 0.90^{A,a}$	$17.37 \pm 0.79^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 4	$17.19 \pm 0.91^{A,a}$	$17.03 \pm 0.18^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 6	$17.54 \pm 0.68^{A,a}$	$17.37 \pm 0.05^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 8	$17.70 \pm 0.31^{A,a}$	$17.66 \pm 0.39^{A,a}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดหลังจากการย่าง

$^{A-E}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

1.3 ค่าสี

ค่าความสว่าง (Lightness, L*) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบบรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 26.40 และการบรรจุแบบมีอากาศมีค่าเท่ากับ 25.36 เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานนานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($P>0.05$) โดยมีค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 29.1 – 31.34 (บรรจุแบบสุญญากาศ) และ 28.64 – 30.92 (บรรจุแบบมีอากาศ) ซึ่งจะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่าความสว่างสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสีแดง (Redness, a*) ดังแสดงในตารางที่ 4.45 ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบบรรจุสุญญากาศและบรรจุแบบมีอากาศพบว่า ค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานทั้งสองแบบบรรจุภัณฑ์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นสัปดาห์ที่ 2 พบว่าค่าสีแดงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการบรรจุทั้งสองแบบ และเมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานนานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศและบรรจุแบบมีอากาศมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าระหว่าง 10.04 – 5.89 (บรรจุสุญญากาศ) และ10.34 – 6.85 (บรรจุแบบมีอากาศ)

ค่าสีเหลือง (Yellowness, b*) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์แบบบรรจุสุญญากาศและบรรจุแบบมีอากาศพบว่า ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันมีค่าสีเหลืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าสีเหลืองเท่ากับ 8.54 และ 8.68 ตามลำดับ ค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น 8 สัปดาห์ ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบมีอากาศ (8.54, 8.86, 9.36, 9.92 และ 12.57) ค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเร็วกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศ (8.68, 9.35, 10.01, 10.75 และ 12.64) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.45 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD)

ค่าสี	ระยะเวลาการเก็บรักษา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ*
Lightness (L*)	สัปดาห์ที่ 0	$26.40 \pm 0.65^{B,a}$	$25.36 \pm 0.37^{B,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$29.10 \pm 2.26^{A,a}$	$28.64 \pm 0.08^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$30.38 \pm 0.33^{A,a}$	$29.35 \pm 0.68^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 6	$30.90 \pm 0.57^{A,a}$	$29.40 \pm 1.88^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 8	$31.34 \pm 0.07^{A,a}$	$30.92 \pm 0.78^{A,a}$
Redness (a*)	สัปดาห์ที่ 0	$10.04 \pm 0.61^{A,a}$	$10.34 \pm 0.87^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$7.71 \pm 0.50^{B,b}$	$9.67 \pm 0.25^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$6.51 \pm 0.16^{C,a}$	$7.56 \pm 1.40^{B,a}$
	สัปดาห์ที่ 6	$6.25 \pm 0.10^{C,a}$	$7.18 \pm 0.84^{B,a}$
	สัปดาห์ที่ 8	$5.89 \pm 0.73^{C,a}$	$6.85 \pm 0.55^{B,a}$
Yellowness (b*)	สัปดาห์ที่ 0	$8.54 \pm 0.51^{B,a}$	$8.68 \pm 0.04^{C,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$8.86 \pm 0.52^{B,a}$	$9.35 \pm 0.46^{BC,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$9.36 \pm 0.54^{B,a}$	$10.01 \pm 0.52^{B,a}$
	สัปดาห์ที่ 6	$9.92 \pm 0.81^{B,a}$	$10.75 \pm 1.10^{B,a}$
	สัปดาห์ที่ 8	$12.57 \pm 1.07^{A,a}$	$12.64 \pm 1.35^{A,a}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดหลังจากการย่าง

$^{A-C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

1.4 ค่าแรงเฉือน (Shear force)

การวิเคราะห์ค่าแรงเฉือน (ตารางที่ 4.46) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน พบว่าค่าแรงเฉือนของบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศและแบบมีอากาศมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานนานขึ้น ค่าแรงเฉือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบ โดยค่าแรงเฉือนในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ (19.43 – 20.78) มีค่าสูงกว่าในบรรจุภัณฑ์แบบไม่มีอากาศ (19.43 – 20.69) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.46 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD)

ระยะเวลาการเก็บรักษา	ค่าแรงเฉือน (N)	
	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ*
สัปดาห์ที่ 0	$19.43 \pm 1.05^{A,a}$	$19.43 \pm 1.05^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 2	$19.66 \pm 0.87^{A,a}$	$19.52 \pm 0.81^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 4	$20.57 \pm 0.76^{A,a}$	$19.87 \pm 1.11^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 6	$20.34 \pm 0.62^{A,a}$	$20.13 \pm 0.73^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 8	$20.78 \pm 0.80^{A,a}$	$20.69 \pm 1.24^{A,a}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดหลังจากการย่าง

$^{A-E}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

1.5 ค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs)

จากตารางที่ 4.47 แสดงการเปลี่ยนแปลงการออกซิเดชันของไขมันของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานนานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ค่าการออกซิเดชันของไขมันของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเพิ่มสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 8 มีค่าเท่ากับ 64.54 mg MDA/kg meat (บรรจุสุญญากาศ) และ64.21 mg MDA/kg meat (บรรจุแบบมีอากาศ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.47 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs) (mg MDA/kg meat) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD)

ระยะเวลาการเก็บรักษา	การออกซิเดชันของไขมัน	
	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ*
สัปดาห์ที่ 0	$15.35 \pm 0.12^{A,a}$	$15.35 \pm 0.12^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 2	$23.83 \pm 0.12^{B,a}$	$21.34 \pm 0.66^{B,b}$
สัปดาห์ที่ 4	$36.31 \pm 0.43^{C,b}$	$38.86 \pm 0.42^{C,a}$
สัปดาห์ที่ 6	$47.21 \pm 0.26^{D,a}$	$47.62 \pm 0.09^{D,a}$
สัปดาห์ที่ 8	$64.54 \pm 0.38^{E,a}$	$64.21 \pm 0.64^{E,a}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดหลังจากการย่าง

$^{A-E}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

* การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

2. คุณภาพด้านจุลินทรีย์

จากตารางที่ 4.48 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อเชื้อจุลินทรีย์รวม เชื้อ *S. aureus* และเชื้อยีสต์รา พบว่าในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งแบบสุญญากาศและแบบมีอากาศมีค่าจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าระดับค่าที่สามารถตรวจนับได้ (<10 cfu/g) และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ค่าจำนวนจุลินทรีย์รวม และเชื้อ *S. aureus* ต่ำกว่าระดับค่าที่สามารถตรวจนับได้ แต่ผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์แบบมีอากาศตรวจพบเชื้อยีสต์ราในสัปดาห์ที่ 6 และสัปดาห์ที่ 8 จำนวน 2.76 และ 3.15 log cfu/g ตามลำดับ

ในส่วนของเชื้อ Coliform และ *E. coli* ที่ทำการตรวจผลแบบ MPN ก็แสดงผลไม่แตกต่างจากผลจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ พบว่าในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้งแบบสุญญากาศและแบบมีอากาศมีค่าจำนวน Total Coliform, Fecal Coliform และ *E. coli* น้อยกว่า 3 MPN/g ถึงแม้ว่าจะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานนานขึ้นเป็นระยะเวลานาน 8 สัปดาห์ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.48 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อเชื้อจุลินทรีย์รวม *S. aureus* และยีสต์รา ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD)

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	จำนวนจุลินทรีย์ log cfu/g	
		บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ**
จุลินทรีย์รวม	สัปดาห์ที่ 0	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 2	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 4	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 6	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 8	<10*	<10*
S. aureus	สัปดาห์ที่ 0	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 2	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 4	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 6	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 8	<10*	<10*
Yeast/Mold	สัปดาห์ที่ 0	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 2	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 4	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 6	<10*	2.76 ± 0.50
	สัปดาห์ที่ 8	<10*	3.15 ± 0.06

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดภายหลังการย่างวันแรก

* น้อยกว่า 10 cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

** การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.49 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อเชื้อ Coliform และ *E. coli* (MPN) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	จำนวนจุลินทรีย์ (MPN/g)	
		บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ*
Total Coliform	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 6	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 8	<3	<3
Fecal Colifrom	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 6	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 8	<3	<3
E. coli	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 6	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 8	<3	<3

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดหลังจากการอบแล้วย่าง

* การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

3. คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันคือบรรจุสุญญากาศ และบรรจุแบบมีอากาศ พบว่าความชอบโดยรวมของผู้บริโภคมีค่าลดลงในทุก ๆ คุณลักษณะเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($P<0.05$) ในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบ และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างการบรรจุทั้งสองแบบพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันในทุก ๆ คุณลักษณะ ($P>0.05$) ยกเว้นลักษณะปรากฏ และค่าสีของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานในสัปดาห์ที่ 2 พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบ เมื่อพิจารณาในทุก ๆ ลักษณะพบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศในทุก ๆ คุณลักษณะมีค่าลดลงแต่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และระดับคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบในทุกคุณลักษณะ ส่วนการบรรจุแบบมีอากาศพบว่า คุณลักษณะในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส และรสชาติ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งระดับคะแนนความชอบจากสัปดาห์ที่ 0 อยู่ในระดับคะแนนชอบ ลดลงเหลือระดับคะแนนเฉย ๆ ในสัปดาห์ที่ 4 ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.50 ผลของอายุการเก็บรักษาต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

คุณลักษณะ	ระยะเวลาการเก็บรักษา	บรรจุสุญญากาศ	บรรจุแบบมีอากาศ*
ลักษณะปรากฏ	สัปดาห์ที่ 0	$5.56 \pm 0.65^{A,a}$	$5.56 \pm 0.65^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$5.17 \pm 0.80^{A,a}$	$4.71 \pm 0.61^{AB,b}$
	สัปดาห์ที่ 4	$4.97 \pm 0.75^{A,a}$	$4.13 \pm 0.58^{B,a}$
สี	สัปดาห์ที่ 0	$5.42 \pm 0.72^{A,a}$	$5.42 \pm 0.72^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$5.33 \pm 0.82^{A,a}$	$4.79 \pm 0.66^{B,b}$
	สัปดาห์ที่ 4	$5.01 \pm 0.68^{A,a}$	$4.64 \pm 0.64^{B,b}$
กลิ่นรส	สัปดาห์ที่ 0	$5.42 \pm 0.50^{A,a}$	$5.42 \pm 0.50^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$5.04 \pm 0.84^{A,a}$	$4.76 \pm 0.66^{AB,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$4.89 \pm 0.61^{A,a}$	$4.55 \pm 0.63^{B,a}$
เนื้อสัมผัส	สัปดาห์ที่ 0	$5.63 \pm 0.84^{A,a}$	$5.63 \pm 0.84^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$5.44 \pm 0.58^{A,a}$	$5.08 \pm 0.86^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$5.23 \pm 0.93^{A,a}$	$4.89 \pm 0.84^{A,a}$
รสชาติ	สัปดาห์ที่ 0	$5.83 \pm 0.70^{A,a}$	$5.83 \pm 0.70^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$5.24 \pm 0.97^{A,a}$	$4.96 \pm 0.73^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$5.05 \pm 0.91^{A,a}$	$4.87 \pm 0.88^{B,a}$
ความหวาน	สัปดาห์ที่ 0	$5.13 \pm 0.68^{A,a}$	$5.13 \pm 0.68^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$5.12 \pm 0.78^{A,a}$	$4.96 \pm 0.45^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$5.03 \pm 0.84^{A,a}$	$4.76 \pm 0.81^{A,a}$
ลักษณะโดยรวม	สัปดาห์ที่ 0	$5.54 \pm 0.51^{A,a}$	$5.54 \pm 0.51^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$5.32 \pm 0.56^{A,a}$	$5.08 \pm 0.57^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$5.18 \pm 0.45^{A,a}$	$4.95 \pm 0.65^{A,a}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดหลังจากการอบแล้วย่างวันแรก

$^{A-E}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

* การบรรจุแบบมีอากาศ และใส่วัตถุดูดซับออกซิเจน 1 ซอง ต่อตัวอย่างน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัม

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบ, 4 = เฉย ๆ, 5 = ชอบ, 6 = ชอบมาก, 7 = ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ศึกษาผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

คุณภาพด้านกายภาพ

1. ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้หลังอบแห้ง (% Drying yield) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

การวิเคราะห์ค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้หลังอบแห้งของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT 0.02% กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% พบว่าค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้หลังอบแห้งทุกกลุ่มการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 58.79 – 60.34% โดยทุกกลุ่มการทดลองมีค่าผลผลิตไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.30 จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าหมูหวานที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ไม่มีผลต่อค่าร้อยละของผลิผลิตที่ได้หลังอบแห้งของผลิตภัณฑ์ซึ่งยังไม่มีผู้รายงานผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้หลังอบแห้ง

ตารางที่ 4.51 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้หลังอบแห้ง (% drying yield) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD)

กลุ่มการทดลอง	% drying yield
Control	60.29 ± 1.78^{A}
BHT 0.02%	59.92 ± 1.31^{A}
Potassium sorbate 0.1%	59.06 ± 0.51^{A}
C. carandas 0.2%	59.47 ± 1.21^{A}
C. carandas 0.4%	60.34 ± 1.49^{A}
C. carandas 0.6%	58.79 ± 1.71^{A}

$^{A-E}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2. ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w, water activity) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w, water activity) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT 0.02% กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a_w < 0.85 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.66 – 0.69 (P > 0.05) เมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มของค่า a_w เพิ่มขึ้น (P > 0.05) ซึ่งจะเห็นได้ว่าหมูหวานทุกกลุ่มการทดลองมีค่า a_w อยู่ในเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้งซึ่งกำหนดไว้ว่าค่า a_w อยู่ในช่วง 0.65 – 0.85 ตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (หมูแผ่น) (2553) ซึ่งค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กึ่งแห้ง ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับ นอกจากนี้ Calicioglu *et al.* (2003) กล่าวว่าถ้า a_w ของผลิตภัณฑ์เจอร์กี้ต่ำกว่า 0.70 จะสามารถควบคุมการเจริญของราได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เจอกี้ค่า a_w ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปมากนัก ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.52 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า Water activity (a_w) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD)

ระยะเวลาการเก็บรักษา	Water activity					
	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2 %	*C. carandas* 0.4 %	*C. carandas* 0.6 %
สัปดาห์ที่ 0	$0.67 \pm 0.01^{A,a}$	$0.66 \pm 0.03^{B,a}$	$0.67 \pm 0.01^{A,a}$	$0.66 \pm 0.01^{A,a}$	$0.67 \pm 0.01^{A,a}$	$0.66 \pm 0.02^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 2	$0.68 \pm 0.02^{A,a}$	$0.67 \pm 0.02^{B,a}$	$0.68 \pm 0.01^{A,a}$	$0.66 \pm 0.01^{A,a}$	$0.67 \pm 0.03^{A,a}$	$0.67 \pm 0.01^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 4	$0.68 \pm 0.01^{A,a}$	$0.68 \pm 0.01^{A,a}$	$0.68 \pm 0.02^{A,a}$	$0.68 \pm 0.02^{A,a}$	$0.68 \pm 0.01^{A,a}$	$0.68 \pm 0.01^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 6	$0.68 \pm 0.01^{A,a}$	$0.69 \pm 0.03^{A,a}$	$0.69 \pm 0.01^{A,a}$	$0.69 \pm 0.02^{A,a}$	$0.69 \pm 0.05^{A,a}$	$0.68 \pm 0.01^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 8	$0.69 \pm 0.01^{A,a}$	$0.70 \pm 0.04^{A,a}$	$0.69 \pm 0.00^{A,a}$	$0.69 \pm 0.01^{A,a}$	$0.69 \pm 0.04^{A,a}$	$0.69 \pm 0.04^{A,a}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดภายหลังการย่างวันแรก

$^{A-B}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3. ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าความชื้น (Moisture content) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

การวิเคราะห์ค่าความชื้น (Moisture content) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT 0.02% กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าความชื้นทุก ๆ 2 สัปดาห์ ภายหลังการย่าง (สัปดาห์ที่ 0) พบว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าความชื้นต่ำกว่ากลุ่มทดลอง ($P > 0.05$) แต่สูงกว่ากลุ่มที่เติม BHT 0.02% และ กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% ($P > 0.05$) แต่พอเก็บรักษานาน 8 สัปดาห์พบว่าค่าความชื้นทุกกลุ่มการทดลองค่าความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.53

ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของกัลยภัทร แก้วมีแสง และคณะ (2556) ได้ศึกษาการใช้ผงมะนาวโห่เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยืดอายุการเก็บรักษาในหมูหวาน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (หมูหวานไม่เติมผงมะนาวโห่) และกลุ่มหมูหวานที่เติมผงมะนาวโห่ 10 กรัม/กิโลกรัม จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0 และ 1 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่เติมผงมะนาวโห่มีค่าความชื้นต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และเมื่อเก็บรักษานาน 1 สัปดาห์ค่าความชื้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ($P > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.53 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความชื้น (Moisture content) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD)

ระยะเวลาการเก็บรักษา	เปอร์เซ็นต์ความชื้น					
	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2%	*C. carandas* 0.4%	*C. carandas* 0.6%
สัปดาห์ที่ 0	$14.57 \pm 0.45^{A,a}$	$12.01 \pm 0.97^{A,a}$	$11.70 \pm 0.78^{A,a}$	$12.78 \pm 0.60^{A,a}$	$13.66 \pm 0.99^{A,a}$	$13.80 \pm 0.90^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 2	$14.31 \pm 0.91^{A,a}$	$14.73 \pm 0.22^{A,a}$	$12.62 \pm 0.96^{A,a}$	$13.52 \pm 0.82^{A,a}$	$14.72 \pm 0.64^{A,a}$	$14.39 \pm 0.79^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 4	$13.81 \pm 0.43^{A,a}$	$14.39 \pm 0.91^{A,a}$	$12.19 \pm 0.61^{A,a}$	$13.59 \pm 0.91^{A,a}$	$14.57 \pm 0.98^{A,a}$	$13.96 \pm 0.87^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 6	$13.69 \pm 0.69^{A,a}$	$13.40 \pm 0.95^{A,a}$	$12.39 \pm 0.30^{A,a}$	$12.81 \pm 0.67^{A,a}$	$13.85 \pm 0.87^{A,a}$	$14.23 \pm 0.91^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 8	$13.52 \pm 0.68^{A,a}$	$13.45 \pm 0.92^{A,a}$	$12.18 \pm 0.70^{A,a}$	$13.37 \pm 0.75^{A,a}$	$14.18 \pm 0.78^{A,a}$	$13.71 \pm 0.85^{A,a}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดภายหลังการย่างวันแรก

$^{A-B}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4. ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

การวิเคราะห์คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT 0.02% กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าสีทุก ๆ 2 สัปดาห์ ภายหลังการย่าง (สัปดาห์ที่ 0) พบว่ากลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ มีค่าความสว่าง (Lightness, L*) ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) โดยกลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ระดับ 0.6% มีค่าความสว่างสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ คือ 24.23 และเมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าความสว่างของทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสีแดง (Redness, a*) ภายหลังการย่าง (สัปดาห์ที่ 0) พบว่ากลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% มีค่าสีแดงสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น ๆ กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีแนวโน้มค่าสีแดงสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2, 0.4, และ 0.6% มีค่าสีแดง คือ 9.13, 9.38, และ 9.72 ตามลำดับ ($P > 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าสีแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกลุ่มการทดลอง ($P > 0.05$) และค่าสีเหลือง (Yellowness, b*) กลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2, 0.4, และ 0.6% มีค่าสีเหลือง คือ 7.27, 7.73, และ 8.38 ตามลำดับ ($P < 0.05$) ยกเว้นกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% แตกต่างจากกลุ่มการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าสีเหลืองของทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มค่าเพิ่มขึ้น ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.54

จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. (2546) ทำการศึกษาการใช้สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง เปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวานเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นธรรมชาติในหมูแผ่น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติม BHT 0.01% กลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง 0.05, 0.1, 0.2, และ 0.3% สำหรับเปลือกส้มก็ใช้กลุ่มการทดลองเช่นเดียวกันและระดับความเข้มข้นของสารสกัดก็เช่นเดียวกับสารสกัดกระเจี๊ยบแดง เก็บรักษาผลิตภัณฑ์นาน 28 วัน พบว่าหมูแผ่นดิบและสุกที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ระดับ 0.05 – 0.1% โดยน้ำหนัก มีค่า a* ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่เติม BHT 0.01% สำหรับหมูแผ่นที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงที่ระดับ 0.2 – 0.3% โดยน้ำหนัก ค่า a* แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมและที่เติม BHT 0.01% ($P < 0.05$) จากผลการทดลองตรงนี้ขัดแย้งกับผลการทดลองที่เราได้ทำการศึกษา ส่วนค่า L* และ b* มีค่าการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยซึ่งไม่ได้รายงานค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.54 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าสีของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประ

ค่าสี	ระยะเวลาการเก็บรักษา	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2%
ความสว่าง (L*)	สัปดาห์ที่ 0	$23.27 \pm 0.70^{A,ab}$	$23.78 \pm 0.38^{A,a}$	$23.92 \pm 0.99^{A,a}$	$22.64 \pm 0.57^{A,b}$
	สัปดาห์ที่ 2	$22.06 \pm 0.97^{A,a}$	$21.88 \pm 0.66^{B,a}$	$21.84 \pm 0.85^{B,a}$	$22.12 \pm 0.76^{AB,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$20.07 \pm 0.75^{B,b}$	$20.33 \pm 0.73^{C,b}$	$21.67 \pm 0.80^{B,a}$	$21.32 \pm 0.24^{BC,ab}$
	สัปดาห์ที่ 6	$20.16 \pm 0.69^{A,b}$	$20.00 \pm 0.77^{C,b}$	$22.30 \pm 0.85^{B,a}$	$21.06 \pm 0.78^{BC,ab}$
	สัปดาห์ที่ 8	$21.91 \pm 0.46^{A,a}$	$20.23 \pm 0.70^{C,b}$	$22.31 \pm 0.69^{B,a}$	$20.30 \pm 0.30^{C,b}$
ค่าสีแดง (a*)	สัปดาห์ที่ 0	$8.22 \pm 0.50^{B,b}$	$8.69 \pm 0.79^{ABC,ab}$	$8.94 \pm 0.80^{A,ab}$	$9.13 \pm 0.65^{A,ab}$
	สัปดาห์ที่ 2	$9.65 \pm 0.83^{A,a}$	$9.53 \pm 0.60^{A,a}$	$9.96 \pm 0.95^{A,a}$	$9.37 \pm 0.89^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$9.05 \pm 0.62^{AB,b}$	$8.98 \pm 0.41^{AB,b}$	$9.46 \pm 0.83^{A,ab}$	$9.75 \pm 0.51^{A,ab}$
	สัปดาห์ที่ 6	$8.93 \pm 0.73^{AB,ab}$	$7.93 \pm 0.57^{BC,b}$	$8.98 \pm 0.55^{A,a}$	$9.30 \pm 0.79^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 8	$9.04 \pm 0.36^{AB,a}$	$7.73 \pm 0.21^{C,b}$	$8.98 \pm 0.55^{A,a}$	$8.75 \pm 0.90^{A,ab}$
ค่าสีเหลือง (b*)	สัปดาห์ที่ 0	$6.60 \pm 0.76^{B,b}$	$6.77 \pm 0.50^{B,b}$	$7.14 \pm 0.36^{B,ab}$	$7.27 \pm 0.48^{B,ab}$
	สัปดาห์ที่ 2	$7.31 \pm 0.30^{AB,b}$	$6.78 \pm 0.58^{B,b}$	$8.18 \pm 0.25^{A,ab}$	$7.41 \pm 0.39^{B,b}$
	สัปดาห์ที่ 4	$8.10 \pm 0.78^{A,cd}$	$7.82 \pm 0.70^{AB,d}$	$8.74 \pm 0.34^{A,bcd}$	$9.43 \pm 0.62^{A,b}$
	สัปดาห์ที่ 6	$7.85 \pm 0.72^{A,b}$	$7.96 \pm 0.84^{AB,b}$	$8.41 \pm 0.30^{A,ab}$	$9.02 \pm 0.88^{A,ab}$
	สัปดาห์ที่ 8	$8.14 \pm 0.06^{A,c}$	$8.30 \pm 0.49^{A,c}$	$8.67 \pm 0.46^{A,bc}$	$8.83 \pm 0.87^{A,abc}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดภายหลังการย่างวันแรก

$^{A-E}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีน้ำตาล (BI, Browning Index) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

การวิเคราะห์ค่า Chroma, Hue angle และ Browning Index ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT 0.02% กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าความสดใสของสี (Chroma), ค่าองศาของสี (Hue angle) และ ค่าดัชนีค่าสีน้ำตาล (BI, Browning Index) ทุก ๆ 2 สัปดาห์ ภายหลังการย่าง (สัปดาห์ที่ 0) พบว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% มีค่าความสดใสของสีสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติม BHT 0.02% ($P < 0.05$) แต่มีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่น ๆ ($P > 0.05$) แต่ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าความสดใสของสีในทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 4 แต่หลังจากนั้นค่ากลับมีแนวโน้มลดลง โดยกลุ่มที่เติม BHT 0.02% กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% และกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.4% ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($P > 0.05$) ส่วนค่าองศาของสี (Hue angle) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 360 ^{o}C โดยแต่ละช่วงองศาแสดงสีแตกต่างกัน พบว่าภายหลังการย่างกลุ่มกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นในช่วง 4 สัปดาห์ ทุกกลุ่มการทดลองค่าองศาของสีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) โดยมีค่ามุมในช่วง 45 – 60 ซึ่งทำให้โทนสีของหมูหวานเปลี่ยนจากสีแดงไปเป็นสีส้มแดง (Mcguire. 1992) ซึ่งผลการทดลองก็เป็นไปในแนวกัน คือเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีความสดใสลดลงคือมีค่า Hue angle ที่สูงขึ้นนั่นเอง ดัชนีค่าสีน้ำตาล (Browning index) พบว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% มีดัชนีค่าสีน้ำตาลไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่น ๆ ($P > 0.05$) ยกเว้นกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น 8 สัปดาห์ พบว่า ทุกกลุ่มการทดลองมีค่าดัชนีค่าสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโนในโปรตีนหรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2557) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.55 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า Chroma, Hue angle และ Browning Index ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD)

Parameter	ระยะเวลาการเก็บรักษา	กลุ่มการทดลอง					
		Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2%	*C. carandas* 0.4%	*C. carandas* 0.6%
Chroma	สัปดาห์ที่ 0	$10.55 \pm 0.85^{B,b}$	$11.01 \pm 0.92^{A,b}$	$11.45 \pm 0.84^{A,ab}$	$11.68 \pm 0.71^{B,ab}$	$12.16 \pm 0.92^{A,ab}$	$12.84 \pm 1.11^{B,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$12.11 \pm 0.79^{A,ab}$	$11.69 \pm 0.79^{A,b}$	$12.89 \pm 0.79^{A,ab}$	$11.96 \pm 0.86^{B,b}$	$12.31 \pm 0.76^{A,ab}$	$13.47 \pm 0.31^{AB,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$11.77 \pm 0.68^{AB,c}$	$11.91 \pm 0.77^{A,c}$	$12.88 \pm 0.83^{A,bc}$	$13.57 \pm 0.37^{A,b}$	$12.99 \pm 0.88^{A,bc}$	$15.12 \pm 1.16^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 6	$11.89 \pm 1.03^{AB,ab}$	$11.25 \pm 0.96^{A,b}$	$12.48 \pm 0.64^{A,ab}$	$13.13 \pm 0.91^{AB,a}$	$12.60 \pm 1.14^{A,ab}$	$13.59 \pm 0.85^{AB,a}$
	สัปดาห์ที่ 8	$12.17 \pm 0.24^{A,ab}$	$11.51 \pm 0.89^{A,a}$	$12.49 \pm 0.67^{A,ab}$	$12.44 \pm 0.93^{AB,ab}$	$12.76 \pm 0.58^{A,ab}$	$13.46 \pm 0.83^{AB,a}$
Hue angle	สัปดาห์ที่ 0	$38.68 \pm 1.75^{BC,a}$	$37.92 \pm 0.89^{C,a}$	$38.67 \pm 1.12^{D,a}$	$38.56 \pm 1.84^{B,a}$	$39.45 \pm 1.64^{C,a}$	$40.70 \pm 1.73^{B,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$37.20 \pm 1.98^{C,ab}$	$35.41 \pm 1.20^{D,b}$	$39.49 \pm 2.63^{BC,a}$	$38.41 \pm 2.23^{B,ab}$	$40.03 \pm 1.98^{C,a}$	$40.67 \pm 1.16^{B,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$42.53 \pm 2.04^{A,ab}$	$41.00 \pm 1.20^{B,b}$	$42.79 \pm 1.47^{A,ab}$	$44.04 \pm 3.04^{A,ab}$	$44.88 \pm 0.37^{AB,a}$	$45.46 \pm 1.20^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 6	$41.31 \pm 0.38^{AB,b}$	$45.04 \pm 1.71^{A,a}$	$42.45 \pm 1.64^{AB,ab}$	$43.35 \pm 1.70^{AB,ab}$	$42.94 \pm 1.36^{B,ab}$	$44.44 \pm 0.60^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 8	$42.03 \pm 1.31^{A,b}$	$45.81 \pm 1.60^{A,ab}$	$43.99 \pm 1.16^{A,ab}$	$45.26 \pm 3.92^{A,ab}$	$47.47 \pm 1.84^{A,a}$	$46.49 \pm 2.03^{A,a}$
Browning index	สัปดาห์ที่ 0	$60.84 \pm 5.36^{B,b}$	$61.74 \pm 4.58^{B,ab}$	$64.51 \pm 2.91^{B,ab}$	$70.21 \pm 5.99^{B,ab}$	$71.65 \pm 8.12^{C,ab}$	$74.22 \pm 9.36^{C,a}$
	สัปดาห์ที่ 2	$74.11 \pm 4.36^{AB,bc}$	$70.62 \pm 8.14^{AB,c}$	$82.73 \pm 7.63^{A,ab}$	$73.73 \pm 3.56^{B,bc}$	$79.48 \pm 6.89^{BC,abc}$	$87.18 \pm 4.95^{BC,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$86.96 \pm 10.17^{A,b}$	$83.83 \pm 11.23^{A,b}$	$86.61 \pm 8.91^{A,b}$	$95.04 \pm 5.38^{A,ab}$	$97.54 \pm 8.02^{A,ab}$	$105.44 \pm 11.64^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 6	$84.69 \pm 11.50^{A,a}$	$83.19 \pm 11.46^{A,a}$	$80.31 \pm 6.64^{A,a}$	$92.58 \pm 12.30^{A,a}$	$87.80 \pm 13.96^{ABC,a}$	$92.69 \pm 9.45^{AB,a}$
	สัปดาห์ที่ 8	$79.20 \pm 1.45^{A,b}$	$85.41 \pm 10.13^{A,ab}$	$81.62 \pm 7.51^{A,ab}$	$91.93 \pm 8.68^{A,a}$	$89.73 \pm 0.08^{AB,ab}$	$93.31 \pm 3.45^{AB,a}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดภายหลังการย่างวันแรก

$^{A\,A-E}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

6. ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT 0.02% กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่า pH ทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่า pH ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติม BHT 0.02% และ กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่า pH สูงที่สุด ($P < 0.05$) คือ 5.73 แต่เมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่า pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกลุ่มการทดลอง ($P > 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.56 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD)

ระยะเวลาการเก็บรักษา	ความเป็นกรด-ด่าง					
	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2 %	*C. carandas* 0.4 %	*C. carandas* 0.6 %
สัปดาห์ที่ 0	$6.13 \pm 0.11^{A,a}$	$6.20 \pm 0.12^{A,a}$	$6.23 \pm 0.12^{A,a}$	$6.05 \pm 0.13^{A,ab}$	$5.88 \pm 0.07^{A,bc}$	$5.73 \pm 0.08^{A,c}$
สัปดาห์ที่ 2	$6.19 \pm 0.08^{A,ab}$	$6.23 \pm 0.14^{A,ab}$	$6.26 \pm 0.13^{A,a}$	$6.11 \pm 0.18^{A,ab}$	$5.96 \pm 0.19^{A,bc}$	$5.76 \pm 0.13^{A,c}$
สัปดาห์ที่ 4	$6.16 \pm 0.08^{A,ab}$	$6.20 \pm 0.14^{A,a}$	$6.17 \pm 0.13^{A,ab}$	$6.04 \pm 0.15^{A,abc}$	$5.93 \pm 0.13^{A,bc}$	$5.80 \pm 0.14^{A,c}$
สัปดาห์ที่ 6	$6.17 \pm 0.11^{A,ab}$	$6.18 \pm 0.14^{A,a}$	$6.19 \pm 0.15^{A,a}$	$6.06 \pm 0.15^{A,ab}$	$5.90 \pm 0.14^{A,bc}$	$5.77 \pm 0.16^{A,c}$
สัปดาห์ที่ 8	$6.27 \pm 0.20^{A,a}$	$6.24 \pm 0.14^{A,a}$	$6.28 \pm 0.10^{A,a}$	$6.18 \pm 0.16^{A,a}$	$6.04 \pm 0.16^{A,ab}$	$5.84 \pm 0.15^{A,b}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดภายหลังการย่างวันแรก

[A] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

[a-c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

7. ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าแรงเฉือน (Shear force) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

การวิเคราะห์ค่าแรงเฉือน ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT 0.02% กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าแรงเฉือนทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าแรงเฉือนต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% อย่างมีนัยสำคัญทาสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% มีค่าแรงเฉือนต่ำที่สุด คือ 15.80 และเมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ค่าแรงเฉือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษาแต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.57 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD)

ระยะเวลาการเก็บรักษา	Shearforce (N)					
	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2 %	*C. carandas* 0.4 %	*C. carandas* 0.6 %
สัปดาห์ที่ 0	$21.60 \pm 1.15^{A,a}$	$19.17 \pm 0.85^{A,b}$	$21.96 \pm 1.12^{A,a}$	$19.37 \pm 1.95^{A,b}$	$15.87 \pm 1.28^{A,c}$	$15.80 \pm 0.75^{A,c}$
สัปดาห์ที่ 2	$21.79 \pm 0.58^{A,b}$	$21.74 \pm 1.79^{A,b}$	$25.01 \pm 1.00^{A,a}$	$22.38 \pm 0.99^{A,b}$	$20.39 \pm 1.91^{A,b}$	$21.82 \pm 1.19^{A,b}$
สัปดาห์ที่ 4	$26.60 \pm 0.30^{A,a}$	$25.54 \pm 1.23^{A,a}$	$27.88 \pm 0.34^{A,a}$	$22.20 \pm 0.52^{A,a}$	$24.73 \pm 0.66^{A,a}$	$21.50 \pm 1.79^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 6	$26.38 \pm 0.99^{A,b}$	$26.73 \pm 1.75^{A,b}$	$28.53 \pm 0.94^{A,a}$	$24.44 \pm 0.43^{A,c}$	$22.80 \pm 0.42^{A,c}$	$24.25 \pm 0.90^{A,c}$
สัปดาห์ที่ 8	$25.27 \pm 0.80^{A,bc}$	$26.34 \pm 1.63^{A,b}$	$28.53 \pm 0.96^{A,a}$	$23.29 \pm 1.76^{A,cd}$	$22.54 \pm 0.71^{A,d}$	$21.85 \pm 0.95^{A,d}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดภายหลังการย่างวันแรก

$^{A-C}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

$^{a-c}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

8. ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

การวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT 0.02% กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมมีค่าความแข็ง (Hardness) สูงกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติม BHT 0.02% และกลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% ($P < 0.05$) โดยหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าความแข็งหลังทำให้สุกสูงที่สุด คือ 11.45 เมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่าความแข็งของทุกกลุ่มการทดลองมีค่าขึ้น ๆ ลง ๆ แต่มีแนวโน้มค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($P < 0.05$) ค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (Cohesiveness) พบว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าความสามารถในการเกาะรวมตัวกันต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติม BHT 0.02% ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% มีค่าต่ำที่สุดรองลงมาคือกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.4 และ 0.2% ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าหมูหวานทุกกลุ่มการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าความเหนียว (Gumminess) พบว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% มีค่าความเหนียวต่ำที่สุด คือ 5.10 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ ($P < 0.05$) ส่วนกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.4% มีค่าความเหนียวไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติม BHT 0.02% ($P > 0.05$) และกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2% มีค่าความเหนียวแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ ยกเว้นกลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1%และเมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองค่าความเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.4 และ 0.6% มีค่าความเหนียวไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) พบว่าหลังทำให้สุกกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าความยืดหยุ่นต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% มีค่าความยืดหยุ่นต่ำที่สุด คือ 0.78 และเมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการเคี้ยวได้ (Chewiness) พบว่ามีแนวโน้มไปทางเดียวกันกับค่าความยืดหยุ่น คือหลังจากทำให้สุก (สัปดาห์ที่ 0) หมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าการเคี้ยวได้ต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% มีค่าการเคี้ยวได้ต่ำที่สุด คือ 0.78 และเมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสัปดาห์ที่ 2 ค่าการเคี้ยวได้ทุกกลุ่มการทดลองแนวโน้มค่าการเคี้ยวได้ลดลง ยกเว้นกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.4 และ 0.6% มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P > 0.05$) จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมดีที่สุด รองลงมาคือ 0.4 และ 0.2% ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.58 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD)

Parameter	ระยะเวลาการเก็บรักษา	Texture Profile analysis					
		Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2%	*C. carandas* 0.4%	*C. carandas* 0.6%
Hardness (N)	สัปดาห์ที่ 0	$8.96 \pm 0.04^{D,e}$	$8.47 \pm 0.15^{D,f}$	$10.82 \pm 0.25^{D,b}$	$11.45 \pm 0.26^{D,a}$	$10.42 \pm 0.10^{D,c}$	$9.53 \pm 0.08^{C,c}$
	สัปดาห์ที่ 2	$20.12 \pm 0.77^{B,a}$	$13.98 \pm 0.51^{BC,d}$	$13.94 \pm 1.37^{C,d}$	$18.11 \pm 1.29^{B,bc}$	$17.27 \pm 0.95^{B,c}$	$19.75 \pm 1.18^{A,ab}$
	สัปดาห์ที่ 4	$13.45 \pm 1.79^{C,bc}$	$12.60 \pm 1.06^{C,c}$	$16.12 \pm 1.16^{B,a}$	$14.63 \pm 1.58^{C,abc}$	$14.64 \pm 0.89^{C,abc}$	$15.51 \pm 0.97^{B,ab}$
	สัปดาห์ที่ 6	$18.34 \pm 0.95^{B,ab}$	$14.89 \pm 1.92^{B,cd}$	$16.86 \pm 0.47^{AB,bc}$	$14.00 \pm 1.09^{C,d}$	$19.94 \pm 1.17^{A,a}$	$17.86 \pm 1.35^{A,ab}$
	สัปดาห์ที่ 8	$23.47 \pm 1.10^{A,a}$	$18.47 \pm 0.39^{A,c}$	$18.60 \pm 1.45^{A,c}$	$21.36 \pm 1.36^{A,ab}$	$17.95 \pm 1.93^{AB,c}$	$19.99 \pm 1.78^{A,bc}$
Cohesiveness (ratio)	สัปดาห์ที่ 0	$0.63 \pm 0.01^{A,b}$	$0.65 \pm 0.01^{A,a}$	$0.63 \pm 0.00^{A,b}$	$0.59 \pm 0.00^{A,c}$	$0.55 \pm 0.00^{A,d}$	$0.53 \pm 0.00^{A,e}$
	สัปดาห์ที่ 2	$0.66 \pm 0.02^{A,ab}$	$0.67 \pm 0.02^{A,a}$	$0.64 \pm 0.05^{A,ab}$	$0.65 \pm 0.06^{A,ab}$	$0.60 \pm 0.06^{A,ab}$	$0.56 \pm 0.09^{A,b}$
	สัปดาห์ที่ 4	$0.67 \pm 0.01^{A,ab}$	$0.66 \pm 0.02^{A,ab}$	$0.69 \pm 0.03^{A,a}$	$0.66 \pm 0.03^{A,ab}$	$0.62 \pm 0.05^{A,bc}$	$0.59 \pm 0.03^{A,c}$
	สัปดาห์ที่ 6	$0.66 \pm 0.06^{A,a}$	$0.69 \pm 0.03^{A,a}$	$0.66 \pm 0.06^{A,a}$	$0.65 \pm 0.07^{A,a}$	$0.62 \pm 0.08^{A,a}$	$0.60 \pm 0.08^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 8	$0.64 \pm 0.02^{A,ab}$	$0.68 \pm 0.08^{A,a}$	$0.66 \pm 0.01^{A,ab}$	$0.62 \pm 0.04^{A,ab}$	$0.61 \pm 0.05^{A,ab}$	$0.57 \pm 0.08^{A,b}$
Gumminess (N)	สัปดาห์ที่ 0	$5.66 \pm 0.10^{C,b}$	$5.68 \pm 0.19^{D,b}$	$6.82 \pm 0.26^{D,a}$	$6.89 \pm 0.13^{C,a}$	$5.74 \pm 0.07^{B,b}$	$5.10 \pm 0.02^{B,c}$
	สัปดาห์ที่ 2	$11.34 \pm 0.50^{B,a}$	$9,4 \pm 0.37^{C,a}$	$9.78 \pm 1.17^{C,a}$	$10.43 \pm 1.45^{AB,a}$	$9.59 \pm 1.02^{A,a}$	$9.51 \pm 1.13^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$11.11 \pm 1.09^{B,a}$	$8.41 \pm 0.58^{C,b}$	$10.20 \pm 1.13^{BC,ab}$	$9.55 \pm 0.93^{B,ab}$	$9.12 \pm 0.68^{A,b}$	$9.55 \pm 1.45^{A,ab}$
	สัปดาห์ที่ 6	$10.74 \pm 1.42^{B,ab}$	$10.94 \pm 0.59^{B,ab}$	$11.76 \pm 0.84^{AB,a}$	$11.67 \pm 1.83^{AB,ab}$	$9.37 \pm 1.22^{A,ab}$	$9.21 \pm 1.36^{A,b}$
	สัปดาห์ที่ 8	$13.59 \pm 1.53^{A,a}$	$11.18 \pm 1.13^{A,ab}$	$12.19 \pm 1.15^{A,ab}$	$12.52 \pm 0.73^{A,ab}$	$11.02 \pm 1.71^{A,b}$	$10.90 \pm 1.30^{A,b}$

ตารางที่ 4.58 (ต่อ)

Parameter	ระยะเวลาการเก็บรักษา	Texture Profile analysis					
		Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2%	*C. carandas* 0.4%	*C. carandas* 0.6%
Springiness (ratio)	สัปดาห์ที่ 0	$0.82 \pm 0.01^{B,a}$	$0.83 \pm 0.01^{D,a}$	$0.82 \pm 0.02^{A,a}$	$0.79 \pm 0.00^{B,b}$	$0.79 \pm 0.01^{B,b}$	$0.78 \pm 0.00^{A,b}$
	สัปดาห์ที่ 2	$0.86 \pm 0.00^{A,a}$	$0.87 \pm 0.01^{A,a}$	$0.85 \pm 0.05^{A,a}$	$0.86 \pm 0.03^{A,a}$	$0.83 \pm 0.03^{AB,a}$	$0.80 \pm 0.06^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 4	$0.85 \pm 0.01^{A,a}$	$0.85 \pm 0.01^{AB,a}$	$0.84 \pm 0.01^{A,a}$	$0.85 \pm 0.02^{A,a}$	$0.84 \pm 0.02^{A,a}$	$0.81 \pm 0.02^{A,b}$
	สัปดาห์ที่ 6	$0.84 \pm 0.01^{A,a}$	$0.84 \pm 0.01^{BC,a}$	$0.85 \pm 0.02^{A,a}$	$0.84 \pm 0.02^{A,a}$	$0.84 \pm 0.02^{AB,a}$	$0.82 \pm 0.03^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 8	$0.85 \pm 0.01^{A,a}$	$0.84 \pm 0.01^{BC,a}$	$0.84 \pm 0.01^{A,a}$	$0.82 \pm 0.02^{AB,a}$	$0.81 \pm 0.03^{AB,a}$	$0.80 \pm 0.06^{A,a}$
Chewiness (N)	สัปดาห์ที่ 0	$0.82 \pm 0.01^{B,a}$	$0.83 \pm 0.01^{D,a}$	$0.82 \pm 0.02A,a$	$0.79 \pm 0.00^{B,b}$	$0.79 \pm 0.01^{B,b}$	$0.78 \pm 0.00^{A,b}$
	สัปดาห์ที่ 2	$0.86 \pm 0.00^{A,a}$	$0.87 \pm 0.01^{A,a}$	$0.85 \pm 0.05^{A,a}$	$0.86 \pm 0.03^{A,a}$	$0.83 \pm 0.03^{AB,a}$	$0.80 \pm 0.06A,a$
	สัปดาห์ที่ 4	$0.85 \pm 0.01^{A,a}$	$0.85 \pm 0.01^{AB,a}$	$0.84 \pm 0.01^{A,a}$	$0.85 \pm 0.02^{A,a}$	$0.84 \pm 0.02^{A,a}$	$0.81 \pm 0.02^{A,b}$
	สัปดาห์ที่ 6	$0.84 \pm 0.01^{A,a}$	$0.84 \pm 0.01^{BC,a}$	$0.85 \pm 0.02A,a$	$0.84 \pm 0.02^{A,a}$	$0.84 \pm 0.02^{AB,a}$	$0.82 \pm 0.03^{A,a}$
	สัปดาห์ที่ 8	$0.85 \pm 0.01^{A,a}$	$0.84 \pm 0.01^{BC,a}$	$0.84 \pm 0.01^{A,a}$	$0.82 \pm 0.02^{AB,a}$	$0.81 \pm 0.03^{AB,a}$	$0.80 \pm 0.06^{A,a}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดภายหลังการย่างวันแรก

$^{A\ A-E}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

$^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันของแต่ละพารามิเตอร์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.2.3.2 คุณภาพทางด้านเคมี

1. ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าการออกซิเดชันของไขมันโดยการวัดปริมาณ Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

การวิเคราะห์ค่าการออกซิเดชันของไขมันของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT 0.02%กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1%กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าการออกซิเดชันของไขมันทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าค่าการออกซิเดชันของไขมันในกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติม BHT 0.02%และกลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% มีค่าการออกซิเดชันของไขมันสูงที่สุดรองลงมาคือกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.4 และ 0.2% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ที่ 35.51, 35.43 และ 30.03 ตามลำดับ และกลุ่มที่เติม BHT 0.02%มีค่าการออกซิเดชันของไขมันต่ำที่สุด คือ 12.89 เมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($P < 0.05$) โดยกลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่จะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าการออกซิเดชันของไขมันสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ และกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% เกิดการออกซิเดชันของไขมันสูงที่สุด ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.59

จากผลการทดลองดังกล่าวมีความขัดแย้งกับการศึกษาของ กัลยภัทร แก้วมีแสง และคณะ. (2556) ได้ศึกษาการใช้ผงมะนาวโห่เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยืดอายุการเก็บรักษาในหมูหวาน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (หมูหวานไม่เติมผงมะนาวโห่) และกลุ่มหมูหวานที่เติมผงมะนาวโห่ 10 กรัม/กิโลกรัม จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0 และ 1 สัปดาห์ พบว่า ที่ระยะเวลา 0 สัปดาห์ หมูหวานกลุ่มที่เติมมะนาวโห่มีค่าการออกซิเดชันของไขมันเท่ากับ 93.92 ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 278.81 และเมื่อเก็บรักษานาน 1 สัปดาห์พบว่ากลุ่มที่เติมมะนาวโห่มีค่าการออกซิเดชันของไขมันเท่ากับ 112.20 และกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 317.47 ถึงแม้ว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ค่าการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น แต่มะม่วงหาวมะนาวโห่ก็มีปะสิทธิภาพในการต้านการออกซิเดชันของไขมันต่ำกว่ากลุ่มควบคุมทั้งที่ระยะเวลา 0 และ 1 สัปดาห์ นอกจากนี้ สุภามาศ มูสิกะ (2550) ทำการศึกษาผลของน้ำตาลซูโครสต่อประสิทธิภาพการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยเตรียมกุนเชียงและหมูแผ่นดิบที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงระดับความเข้มข้น 0.3% และแบ่งการทดลองออกเป็น 5 กลุ่มการทดลองที่มีระดับน้ำตาลซูโครส 0, 7, 13, 16, และ 20% บรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิห้องวิเคราะห์ค่า TBARs ทุก ๆ 7 วัน เป็นระยะเวลา 28 วัน พบว่าน้ำตาลซูโครสมีผลต่อค่า TBARs ของกุนเชียงและหมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นดิบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจะเห็นได้ชัดว่าเมื่อระดับของน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า TBARs เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาและสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เติมน้ำตาลซูโครสและจะสูงสุดเมื่อระดับน้ำตาลซูโครสเท่ากับ 20% อาจเนื่องมาจากน้ำตาลซูโครสไปทำให้เกิดกลไกการสลายตัวของแอนโธไซนานินที่เป็นองค์ประกอบหลักในสารสกัดกระเจี๊ยบแดง จากเหตุผลดังกล่าวสามารถยืนยันได้จากงานวิจัยของ Tinley และ Bockian. (1959) อ้างโดย สุภามาศ มูสิกะ (2550) พบว่าน้ำตาลซูโครสมีผลในการเร่งการสลายตัวของแอนโธไซยานิน และที่ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงขึ้นก็จะมีผลต่อการทำลายแอนโธไซยานินได้เร็วขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.59 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD)

ระยะเวลาการเก็บรักษา	TBARs (mg MDA/kg meat)					
	Control	BHT 0.02%	Potassium Sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2 %	*C. carandas* 0.4 %	*C. carandas* 0.6 %
สัปดาห์ที่ 0	$15.71 \pm 0.32^{E,c}$	$12.89 \pm 0.09^{D,d}$	$16.52 \pm 0.81^{E,c}$	$30.03 \pm 0.74^{E,b}$	$35.43 \pm 0.90^{E,a}$	$35.51 \pm 0.90^{E,a}$
สัปดาห์ที่ 2	$23.08 \pm 0.75^{D,e}$	$16.21 \pm 0.65^{C,f}$	$24.58 \pm 0.20^{D,d}$	$39.37 \pm 0.88^{D,c}$	$66.33 \pm 0.47^{D,a}$	$61.17 \pm 0.82^{D,b}$
สัปดาห์ที่ 4	$27.74 \pm 0.48^{C,e}$	$16.71 \pm 0.47^{C,f}$	$29.37 \pm 0.88^{C,d}$	$78.84 \pm 0.66^{C,b}$	$76.22 \pm 0.64^{C,c}$	$103.20 \pm 0.84^{C,a}$
สัปดาห์ที่ 6	$50.49 \pm 0.97^{B,e}$	$24.84 \pm 0.61^{B,f}$	$53.60 \pm 0.60^{B,d}$	$73.58 \pm 0.81^{B,c}$	$120.79 \pm 0.41^{B,b}$	$139.36 \pm 0.64^{B,a}$
สัปดาห์ที่ 8	$66.75 \pm 0.39^{A,e}$	$41.84 \pm 0.58^{A,f}$	$74.87 \pm 0.83^{A,d}$	$116.99 \pm 0.68^{A,c}$	$143.13 \pm 0.44^{A,b}$	$153.62 \pm 0.95^{A,a}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดภายหลังการย่างวันแรก

$^{A-E}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

$^{a-f}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2. ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าการกำจัดอนุมูลอิสระด้วย DPPH ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

การวิเคราะห์ค่าการกำจัดอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานโดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) กลุ่มที่เติม BHT 0.02% กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดค่าการกำจัดอนุมูลอิสระทุก ๆ 2 สัปดาห์ พบว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% มีค่า DPPH สูงที่สุด คือ 57.03 รองลงมาคือ กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2 และ 0.4% โดยมีค่าสูงกว่าหมูหวานกลุ่มควบคุม คือ 38.06 ($P < 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาหมูหวานนานขึ้นเป็นเวลา 8 สัปดาห์พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีแนวโน้มค่า DPPH ลดลงตามการเก็บรักษา แต่ยังพบว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ยังมีค่า DPPH สูงกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่เติม BHT 0.02% และ กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1% ($P < 0.05$) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ดี ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.60

ผลการทดลองดังกล่าวยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ กัลยภัทร แก้วมีแสง และคณะ (2556) ได้ศึกษาการใช้ผงมะนาวโห่เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยืดอายุการเก็บรักษาในหมูหวาน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (หมูหวานไม่เติมผงมะนาวโห่) และกลุ่มหมูหวานที่เติมผงมะนาวโห่ 10 กรัม/กิโลกรัม จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 0 และ 1 สัปดาห์ พบว่าที่ระยะเวลา 0 สัปดาห์ กลุ่มที่เติมผงมะนาวโห่มีค่า DPPH คือ 54.24 และ กลุ่มควบคุมมีค่า DPPH คือ 54.76 เมื่อเก็บรักษาหมูหวานาน 1 สัปดาห์ พบว่าค่า DPPH ลดลงทั้ง 2 กลุ่ม แต่กลุ่มที่เติมผงมะนาวโห่มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wetwitapaklung *et al*. (2012) กล่าวว่า ในผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีทั้งสารประกอบฟีนอลและสาร flavonoid ซึ่งสารทั้ง 2 ชนิด เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.60 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า DPPH ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD)

ระยะเวลาการเก็บรักษา	% Inhibition of DPPH					
	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2 %	*C. carandas* 0.4 %	*C. carandas* 0.6 %
สัปดาห์ที่ 0	$38.06 \pm 0.53^{A,d}$	$48.06 \pm 0.89^{A,c}$	$51.58 \pm 0.56^{A,b}$	$55.84 \pm 0.59^{A,a}$	$48.37 \pm 0.94^{A,c}$	$57.03 \pm 0.91^{A,a}$
สัปดาห์ที่ 2	$31.72 \pm 0.77^{C,d}$	$46.17 \pm 0.70^{B,b}$	$43.96 \pm 0.72^{B,c}$	$46.07 \pm 0.60^{C,b}$	$48.46 \pm 0.94^{A,a}$	$46.18 \pm 0.71^{C,b}$
สัปดาห์ที่ 4	$33.31 \pm 0.68^{B,e}$	$45.65 \pm 0.59^{B,b}$	$38.30 \pm 0.86^{C,d}$	$48.88 \pm 0.73^{B,a}$	$43.27 \pm 0.77^{B,c}$	$48.93 \pm 0.52^{B,a}$
สัปดาห์ที่ 6	$29.38 \pm 0.37^{D,f}$	$35.00 \pm 0.30^{C,d}$	$33.93 \pm 0.48^{D,e}$	$37.14 \pm 0.59^{D,b}$	$35.84 \pm 0.34^{C,c}$	$42.63 \pm 0.54^{D,a}$
สัปดาห์ที่ 8	$26.94 \pm 0.76^{E,d}$	$32.44 \pm 0.28^{D,c}$	$27.47 \pm 0.50^{E,d}$	$36.08 \pm 0.48^{D,b}$	$36.73 \pm 0.70^{C,b}$	$42.57 \pm 0.51^{D,a}$

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดภายหลังการย่างวันแรก

$^{A-E}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

$^{a-f}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.2.3.3 คุณภาพด้านจุลินทรีย์

การวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์รวมในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวานก่อนทำการอบแล้วย่าง โดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ 1. กลุ่มควบคุม 2. กลุ่มที่เติม BHT 0.02%, 3. กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1%, 4. กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% แล้วเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์พบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์รวม 5.24, 5.33, 5.32, 5.22, 5.29 และ 5.28 log cfu/g และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<10 cfu/g) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.61

การวิเคราะห์หาเชื้อ *S. aureus* ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวานก่อนทำการอบแล้วย่างโดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ 1. กลุ่มควบคุม 2. กลุ่มที่เติม BHT 0.02%, 3. กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1%, 4. กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% แล้วเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* ในส่วนผสมของกลุ่มการทดลองจำนวน 1.75, 1.56, 1.38, 1.46, 1.65 และ 1.54 log cfu/g ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวน *S. aureus* ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<10 cfu/g) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.61

การวิเคราะห์หาเชื้อยีสต์ราในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวานก่อนทำการอบแล้วย่างโดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ 1. กลุ่มควบคุม 2. กลุ่มที่เติม BHT 0.02%, 3. กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1%, 4. กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2, 0.4, และ 0.6% แล้วเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 8 สัปดาห์พบการปนเปื้อนเชื้อยีสต์และรา จำนวน 4.16, 4.23, 4.15, 4.13, 4.16 และ 4.13 log cfu/g ตามลำดับ ภายหลังการอบแล้วย่างเก็บรักษานานขึ้นเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนเชื้อยีสต์ราต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<10 cfu/g) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.61

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของไขมันไม่มีผลต่อปริมาณของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เพราะหลังจากผ่านกระบวนการอบพบว่า ทุกกลุ่มการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าค่าที่สามารถตรวจพบได้ (<10 cfu/g) ตรงตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2549) กำหนดว่า จำนวนจุลินทรีย์รวม ต้องไม่เกิน $1x10^6$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *S. aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.01 กรัม *E. coli* โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และยีสต์/รา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม แสดงให้เห็นว่ากระบวนการอบสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้

การวิเคราะห์หาเชื้อ Coliform และ *E. coli* ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมูหวานก่อนทำการอบแล้วย่างพบการปนเปื้อน Coliform และ Fecal Coliform ในส่วนผสมของกลุ่มการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ 1) กลุ่มควบคุม 2) กลุ่มที่เติม BHT 0.02%, 3) กลุ่มที่เติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Potassium sorbate 0.1%, 4) กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) ความเข้มข้น 0.2, 0.4, และ 0.6% จำนวน 93-460, 240, 240-460, 150-460, 93-460 และ 150 MPN/g ตามลำดับ แต่ตรวจไม่พบเชื้อ *E. coli* อย่างไรก็ตามภายหลังการอบแล้วย่างและทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทุกกลุ่มการทดลองตรวจไม่พบ Coliform และ *E. coli* ดังแสดงในตารางที่ 4.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.61 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD)

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	จำนวนจุลินทรีย์ log cfu/g					
		Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2 %	*C. carandas* 0.4 %	*C. carandas* 0.6 %
จุลินทรีย์รวม	สัปดาห์ที่ 0	5.24 ± 0.12	5.33 ± 0.09	5.32 ± 0.18	5.22 ± 0.17	5.29 ± 0.12	5.28 ± 0.11
	สัปดาห์ที่ 2	<0*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 4	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 6	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 8	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
S. aureus	สัปดาห์ที่ 0	1.75 ± 0.16	1.56 ± 0.35	1.38 ± 0.20	1.46 ± 0.23	1.65 ± 0.24	1.54 ± 0.32
	สัปดาห์ที่ 2	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 4	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 6	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 8	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
Yeast/Mold	สัปดาห์ที่ 0	4.16 ± 0.40	4.23 ± 0.49	4.15 ± 0.36	4.13 ± 0.42	4.16 ± 0.32	4.13 ± 0.40
	สัปดาห์ที่ 2	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 4	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 6	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*
	สัปดาห์ที่ 8	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*	<10*

* น้อยกว่า 10 cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

ตารางที่ 4.62 ปริมาณเชื้อ Coliform และ *E. coli* (MPN) ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

เชื้อที่ศึกษา	ระยะเวลาการเก็บรักษา	จำนวนจุลินทรีย์ (MPN/g)					
		Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C.carandas* 0.2%	*C. carandas* 0.4%	*C. carandas* 0.6%
Total Coliform	ก่อนการอบแล้วย่าง	93-460	240	240-460	150-460	93-460	150
	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 6	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 8	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Fecal Coliform	ก่อนการอบแล้วย่าง	93-210	240	240-290	150-460	93-460	150
	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 6	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 8	<3	<3	<3	<3	<3	<3
E. coli	ก่อนการอบแล้วย่าง	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 0	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 2	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 4	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 6	<3	<3	<3	<3	<3	<3
	สัปดาห์ที่ 8	<3	<3	<3	<3	<3	<3

สัปดาห์ที่ 0 คือ วัดหลังจากการอบแล้วย่าง

3.2.3.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานหลังผ่านการอบแล้วย่าง โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง ดังนี้ 1. กลุ่มควบคุม 2. กลุ่มที่เติม BHT 0.02%, 3. กลุ่มที่เติม Potassium sorbate 0.1%, และ 4. กลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*C. carandas*) 0.2% พบว่าคะแนนการยอมรับได้ของผู้บริโภคด้านลักษณะปรากฏ ด้านสี ด้านกลิ่นรส ด้านรสชาติ และด้านลักษณะโดยรวมของหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ได้คะแนนการยอมรับได้น้อยที่สุด คือ 4.97, 4.66, 4.44, 1.38, และ 2.03 ตามลำดับ ($P < 0.05$) ซึ่งจากผลดังกล่าวเห็นได้ว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2% ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยได้คะแนนความชอบ 1 ในด้านรสชาติ และได้คะแนนความชอบ 2 ในด้านลักษณะโดยรวม ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.63 จากผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ เยาวลักษณ์ สุรพันธศิษฐ์ (2549) ได้ทำการศึกษาการใช้สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงและเปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวานเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นธรรมชาติในหมูแผ่น พบว่าหมูแผ่นที่เติมสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวานมีรสชาติขม นั่นเป็นผลมาจากความขมของสารประกอบในกลุ่มของลิโมนอยด์ (limonoids) และโนมิลิน (nomilin) ซึ่งมีอยู่ในสารสกัดเมื่อนำมาเติมในส่วนผสมของหมูหวานจึงทำให้หมูแผ่นมีรสชาติขม

ตารางที่ 4.63 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean±SD)

คุณลักษณะ	Control	BHT 0.02%	Potassium sorbate 0.1%	*C. carandas* 0.2%
ลักษณะปรากฏ	5.56 ± 0.76^{a}	5.50 ± 0.84^{a}	5.28 ± 0.73^{ab}	4.97 ± 0.74^{b}
สี	5.47 ± 0.95^{a}	5.38 ± 1.04^{a}	4.78 ± 1.18^{b}	4.66 ± 1.15^{b}
กลิ่นรส	5.16 ± 1.19^{a}	4.84 ± 0.95^{ab}	4.63 ± 1.18^{ab}	4.44 ± 1.13^{b}
เนื้อสัมผัส	4.53 ± 1.05^{a}	4.50 ± 1.05^{a}	4.69 ± 0.97^{a}	4.38 ± 1.24^{a}
รสชาติ	5.16 ± 0.95^{a}	5.06 ± 1.01^{a}	4.88 ± 1.21^{a}	1.38 ± 0.61^{b}
ลักษณะโดยรวม	5.13 ± 0.98^{a}	5.03 ± 1.00^{a}	5.00 ± 1.05^{a}	2.03 ± 0.78^{b}

[ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

คะแนนความชอบ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 = ไม่ชอบมาก, 3 = ไม่ชอบ, 4 = เฉย ๆ, 5 = ชอบ, 6 = ชอบมาก, 7 = ชอบมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ของกลุ่มที่ควบคุม และกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.64

เมื่อคำนวณค่าพลังงานทั้งหมดของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (ตารางที่ 4.64) พบว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยกลุ่มควบคุมมีค่าพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 442.21 kcal/100g เป็นพลังที่ได้จากโปรตีน 91.52 kcal/100g, คาร์โบไฮเดรต 157.86 kcal/100g และไขมัน 192.83 kcal/100g ซึ่งคิดเป็น 20.70%, 35.70% และ 43.61% ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2% มีค่าพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 424.01 kcal/100g เป็นพลังที่ได้จากโปรตีน 90.10 kcal/100g, คาร์โบไฮเดรต 154.58 kcal/100g และไขมัน 179.33 kcal/100g ซึ่งคิดเป็น 21.25%, 36.46% และ 42.29% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.64 องค์ประกอบทางเคมี และพลังงานของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กลุ่มทดลอง	
	กลุ่มควบคุม	มะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2%
ความชื้น (%)	13.04 ± 0.07[a]	15.79 ± 0.06[a]
ไขมัน (%)	21.43 ± 0.12[a]	19.93 ± 0.06[a]
โปรตีน (%)	22.88 ± 0.14[a]	22.53 ± 0.05[a]
คาร์โบไฮเดรต (%)	39.47 ± 0.12[a]	38.65 ± 0.12[a]
เถ้า (%)	3.18 ± 0.04[a]	3.10 ± 0.04[a]
Energy value (kcal/100 g)	442.21 ± 1.00[a]	424.01 ± 0.86[a]
- Calories from Protein	91.52 ± 0.57[a]	90.10 ± 0.20[a]
- Calories from Carbohydrate	157.86 ± 0.48[a]	154.58 ± 0.48[a]
- Calories from Fat	192.83 ± 1.08[a]	179.33 ± 0.57[a]
- Calories from Protein (%)	20.70 ± 0.17[a]	21.25 ± 0.09[a]
- Calories from Carbohydrate (%)	35.70 ± 0.03[a]	36.46 ± 0.04[a]
- Calories from Fat (%)	43.61 ± 0.15[a]	42.29 ± 0.05[a]

[ab] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระจำนวน 4 วิธี ได้แก่การกำจัดอนุมูล DPPH ความสามารถในการจับกับโลหะไอออน การเกิดปฏิกิริยารีดักชัน การยับยั้งการเกิด lipid peroxidation และปริมาณสารฟินอลิกจากสารสกัดจากพืชทดสอบ ร่วมกับผลของความร้อนต่อประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลและการเปลี่ยนแปลงสารประกอบฟินอลิก พบว่าสารสกัดจากระเจี๊ยบเป็นสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติที่มีศักยภาพมากที่สุด ในการนำไปใช้ประโยชน์ในการถนอมผลิตภัณฑ์อาหารในเชิงพาณิชย์ต่อไป เนื่องจากสารสกัดน้ำจากกระเจี๊ยบมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH การยับยั้งการเกิด lipid peroxidation สูง ยังพบว่า ทนต่อความร้อน และเป็นผลทำให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลดลงเพียงเล็กน้อย และปริมาณสารฟินอลิกลดลงเล็กน้อย เมื่อนำสารสกัดไปผ่านการให้ความร้อน

จากการศึกษาความสามารถของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มก่อโรคและกลุ่มที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย สรุปได้ว่า สารสกัดกระเจี๊ยบแดงและมะม่วงหาวมะนาวโห่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองกลุ่ม แต่จะสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์แกรมลบ และแกรมบวกได้

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อเป้าหมายของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงและมะม่วงหาวมะนาวโห่ศึกษา โดยศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (Minimum inhibition concentration, MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าแบคทีเรีย (Minimum bactericidal concentration, MBC) สรุปได้ว่า สารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ (MIC) ที่ 25 mg/ml และมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) ที่ 50 mg/ml เมื่อทำการศึกษาการอยู่รอดของเชื้อ *S. sureus* TISTR 118 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 14 นาที เชื้อ *S. sureus* TISTR 118 ไม่สามารถมีชีวิตรอดได้ และ *S.* Typhimurium TISTR 292 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที เชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 ไม่สามารถมีชีวิตรอดได้ นั่นแสดงให้เห็นว่าสารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ นอกจากนั้นสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อ (MIC) ที่ 50 mg/ml และมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (MBC) ที่ 100 mg/ml เมื่อทำการศึกษาการอยู่รอดของเชื้อ *S. aureus* พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที เชื้อ *S. sureus* ไม่สามารถมีชีวิตรอดได้ และ *S.* Typhimurium พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที เชื้อ *S.* Typhimurium ไม่สามารถมีชีวิตรอดได้ นั่นแสดงให้เห็นว่าสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้

จากการศึกษาผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงต่อคุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านเคมีและด้านจุลินทรีย์ในเนื้อสุกรบด โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มการทดลองคือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง 50 mg/ml เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน วิเคราะห์ทางด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กายภาพโดยวิเคราะห์ค่าสีและค่าความเป็นกรดด่าง ผลการทดลองพบว่า ค่าความสว่าง (L*) ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่กลุ่มที่เติมสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยเริ่มเปลี่ยนแปลงในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา วิเคราะห์ทางด้านเคมี ค่าการออกซิเดชันของไขมันพบว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดมีค่าการออกซิเดชันต่ำกว่ากลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (P<0.05) ค่า DPPH ในกลุ่มที่เติมสารสกัดมีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (P<0.05) และเมื่อวิเคราะห์ทางด้านชีวภาพโดยวิเคราะห์จำนวนเชื้อ Coliforms และ *E. coli*, จำนวนเชื้อจุลินทรีย์รวม (Total Plate Count), จำนวนยีสต์และรา และจำนวนจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrotrophic) ผลการทดลองพบว่า จำนวนเชื้อที่ทำการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แม้ว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงจะมีจำนวนเชื้อที่น้อยกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังตรวจ Total Coliforms และ Fecal Coliforms พบว่า พบจำนวนเชื้อทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เติมสารสกัด แต่กลุ่มที่เติมสารสกัดมีปริมาณเชื้อน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนคุณภาพทางด้านประสารทสัมผัสด้านการยอมรับได้ในกลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดงทั้งแบบดิบและแบบสุก ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากรสชาติโดยรวมมีรสขม จึงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

จากการการศึกษาผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีผลต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานพบว่าหมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ พบว่าค่าร้อยละของผลผลิตหลังอบแห้ง ค่าความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่น ๆ ($P > 0.05$) ส่วนค่าสีพบว่ามีค่าความสว่างสูงกว่ากลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกันต่อค่าสีแดง และค่าสีเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สำหรับผลการทดลองที่เห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนคือค่าการออกซิเดชันของไขมัน พบว่ากลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวมีค่าการออกซิเดชันของไขมันสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ($P < 0.05$) โดยกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.6% พบการเกิดการออกซิเดชันของไขมันสูงที่สุด ส่วนค่า DPPH พบว่ากลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่า DPPH สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ๆ ถึงแม้ว่าเมื่อการเก็บรักษานานขึ้นค่า DPPH ลดลงแต่ก็ยังสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ส่วนคุณภาพทางประสาททางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับได้หมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2% ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยได้คะแนนความชอบ 1 ในด้านรสชาติ และได้คะแนนความชอบ 2 ในด้านลักษณะโดยรวม เนื่องจากมีรสชาติขมจึงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กระทรวงสาธารณะสุข. 2543. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 205 (พ.ศ. 2543) เรื่อง น้ำมันและไขมัน. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : www.elib.fda.moph.go.th/.../ประกาศกระทรวงสาธารณสุข/47_No205.doc. [สืบค้นวันที่ 3 ตุลาคม 2557]

กัลยภัทร แก้วมีแสง จุรีพร จันทร์เหลือง และ บุษราคัม โชครัมย์. 2556. **การใช้มะนาวโห่เพื่อต้านอนุมูลอิสระในหมูหวาน**. ปัญหาพิเศษ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2545. การจัดการโรงฆ่าสัตว์. กรุงเทพมหานคร : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เจนจิรา จิรัมย์ และ ประสงค์ สีหานาม. 2554. “อนุมูลอิสระสารต้านอนุมูลอิสระ แหล่งที่มาและกลไกการเกิดปฏิกิริยา Oxidants and antioxidants : Sources and mechanism.” **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์**. 1 : 59-70.

ชุติกาญจน์ ศักดิ์สิงห์. 2551. **การศึกษาสมบัติต้านอนุมูลอิสระในผักพื้นบ้าน.** การศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสำหรับครู คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณัฐนันท์ มณีนิล. 2554. **ผลของสารสกัดชาเขียวต่อคุณภาพเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** รายงานการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

ธำรง เมฆโหรา และ พงศ์ศักดิ์ ศรีธเนศชัย. 2549. “การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างและการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียของเนื้อสุกรที่วางจำหน่ายในตลาดสดถาวร กรุงเทพมหานคร.” **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**. 24 : 32-46.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร.** กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน.** กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.

นิพัฒน์ ลิ้มสงวน. 2547. **การศึกษากระบวนการสกัด คุณสมบัติในการเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์และสารต้านอนุมูลอิสระของคาเทชินจากชาเขียวของไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพมหานคร.

บังอร วงศ์รักษ์ และศศิลักษณ์ ปิยะสุวรรณ์. 2549. **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้าน.** ปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต คณะเภสัชสาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพมหานคร

บุษกร อุตรภิชาติ. 2552. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2545. **ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดพืชตระกูลส้มที่ปลูกในประเทศไทย.** รายงานการวิจัย. สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

ผุสดี ตังวัชรินทร์ และ อรุณพร อิฐรัตน์. 2552. **คุณสมบัติความคงตัวและการต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุดต่อจุลินทีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารที่แยกได้จากเนื้อสุกร.** รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. Non enzymatic browning reaction / ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์. [ออนไลน์] สืบค้นจาก http://www.foodnetworksolution.com/ wiki/word/0 9 1 5 / non-enzymatic-browning-reaction [สืบค้นวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2558]

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 296/2549). 2549. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (หมูแดดเดียว).** กรุงเทพมหานคร. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

มาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ 6000-2547). 2547. **เนื้อสุกร.** สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2546. **การใช้สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง เปลือกและเมล็ดส้มเขียวหวานเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติในหมูแผ่น.** รายงานการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ และทรงพร จึงมั่นคง. 2549. "ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดพืชสมุนไพรบางชนิด." **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.** 82 : 76-88.

วชิราภรณ์ ผิวล่อง, สุรศักดิ์ สัจจบุตร, ศิริลักษณ์ สิงห์เพชร และ จารุรัตน์ เอี่ยมศิริ. 2556. "อิทธิพลของระยะเวลาสุกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่." **วิทยาศาสตร์เกษตร**. 44 : 337-340.

วาณี ใจวิเสน. 2554. **การประเมินการต้านการหืนของพืชพื้นบ้านที่บริโภคได้ในแพตตี้หมู.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิชชุดา สังข์แก้ว. 2552. "ลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เส้นใยสูงเสริมด้วยแบคทีเรียเซลลูโลส." **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.** 29 : 112-123.

วิภาดา กันทยศ และ ยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา. 2554. "ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมในพืชสกุลขิงที่พบในประเทศไทย." หน้า 37-44.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 : สาขาพืช วันที่ 1-4 กุมภาพันธ์ 2554.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. **วัตถุเจือปนในผลิตภัณฑ์อาหาร.** นครปฐม : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภร อังศุจินดา. 2549. **สมบัติการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดง เปลือก และเมล็ดส้มเขียวหวาน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สารานุกรมสมุนไพร. 2543. **สมุนไพรสวนสิรีรุกขชาติ**. ภาควิชาเภสัชพฤกศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพมหานคร : อมรินทร์พริ้นพับลิชชิ่ง.

สกุนกานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแต่ง และ พัชรี สิริตระกูลศักดิ์. 2556. **"**การประเมินปริมาณ สารพฤษเคมีบางประการและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระใน *Carissa carandas* L." **แก่นเกษตร.** 41 : 602-606.

สุกัญญา ขำขาว. 2556. "มะม่วงหาวมะนาวโห่ไม้ผลรสเปรี้ยวรสจี๊ดเด่นด้วยสรรพคุณและคุณค่าทางโภชนาการ." **เกษตรโฟกัส.** 2 : 10-11.

สุภาพ นนทะสันต์. 2556. "การประยุกต์ใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดกระเจี๊ยบแดงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต." วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. หน้า 627-636. ใน **การประชุมทางวิชาการ "มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ครั้งที่ 9.** มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2549. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** กรุงเทพฯ : จามจุรีโปรดักท์.

สุรีย์ นานาสมบัติ. 2551. **การประยุกต์ใช้สารสกัดจากผักพื้นบ้านเพื่อใช้เป็นสารต้านออกซิเดชันและสารต้านจุลินทรีย์จากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.** รายงานการวิจัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

หนึ่งฤทัย ศรีทองทิม. 2552. **ผลของสารสกัดจากเปลือกมะม่วงต่อการยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ที่พบในขนมลูกชุบ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรสุรินทร์ ฮวบบางยาง, มัณฑนา บัวหนอง, เฉลิมชัย วงษ์อารี, ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร และ วาริช ศรีละออง. 2553. "การศึกษาคุณค่าทางอาหารและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในดอกไม้ที่รับประทานได้." **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41(3/1)(พิเศษ)** : 381-384.

เอนก ว่างจิตเจริญ. 2555. ทรัพยากรชีวภาพพืชจากขจร[ออนไลน์]: http://www.bedo.or.th/lcdb/biodiversity / view.aspx?id=12288 (สืบค้นวันที่ 24 ธันวาคม 2555).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอภา วัชระคุปต์, ปรีชา บุญจง, จันทนา บุญยะรัตน์ และ มาลีรักษ์ อัตต์สินทอง. 2550. **สารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติ. สารต้านอนุมูลอิสระ.** กรุงเทพฯ : พี.เอส.พริ้นท์.

Agarwal, T., Singh, R., Shukla, A.D. and Waris, I. 2012. "*In vitro* study of antibacterial activity of *Carissa Carandas* leaf extracts." **Asian J. Plant Sci. Res**. 2 : 36-40.

AOAC. 2005. Chapter 17 AOAC Official Method 940. 36b. p. 2. In Horwitz, W. and Latimer, G.W. **Official methods of analysis of AOAC International**. Maryland.

AOAC. 2006. Chapter 17 AOAC Official Method 966. 23c-24. p.5-6. In Horwitz, W. and Latimer, G.W. **Official methods of analysis of AOAC International.** Maryland.

Arabshahi-Delouee, S., Devi, D.V. and Urooj, A. 2007. "Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their heat, pH and storage stability." **Food Chem.** 100 : 1100–1105.

Babatunde, O. A. and Adewumi, A. O. 2015. "Effects of ethanolic extract of garlic, roselle and ginger on quality attributes of chicken patties." **Afr. J. Biotechnol.** Vol. 14(8) : 688-694.

BAM. 2001. Bacteriological Analytical Manual online, Chapter 12 on *Staphylococcus aureus.* U.S. Food and Drug Administration. [Online]. Available: http://www.fda.gov/Food/ FoodScience Research/ Laboratory Methods/ucm 071429.html. [สืบค้นวันที่ 9 ธันวาคม 2556]

BAM. 2014. Bacteriological Analytic Manual Online *Salmonella*. U.S. Food and Drug Administration. [Online]. Available: http://www.fda.gov/Food/Food ScienceResearch/ Laboratory Methods/ucm070149.htm. [สืบค้นวันที่ 29 พฤษภาคม 2557]

Banerjee, R., Verma, A.K., Das, A.K., Rajkumar, V., Shewalkar, A.A. and Narkhede, H.P. 2012. "Antioxidant effects of broccoli powder extract in goat meat nuggets." **Meat Sci**. 91 : 179-184.

Bauer, A.W., Kieby, W.M.M., Sherris, J.C. and Turck M. 1966. "Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disc method." **J. Clin. Pathol.** 45 : 493-496.

Bhaskar, V.H. and Balakrishnan, N. 2009. "Analgesic, anti-inflammatory and antipyretic activities of *Pergularia daemia* and *Carissa carandas*." **J. Pharm. Sci.** 17 : 168-174

Bint-e-Sadek, Y., Choudhry, N. and Shahriar, M. 2013. "Biological Investigations of the leaf extracts of *Carissa Carandas*." **Res. Sci. Press.** 5 : 97-105.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bokaeian, M., Sheikh, M., Shahi, Z. and Saeidi, S. 2014. "Antimicrobial activity of *Hibiscus sabdariffal* extract against pathogen." **Int. Adv. Biol. Biom. Res.** 2(2) : 433-439.

Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. "Microsomal lipid peroxidation." **Methods Enzymol**. 52 : 302-310.

Campos, C.A., Rodriguez, O., Calo-Mata, P., Prado M. and Barrops-Velazquez, J. 2006. "Preliminary characterization of bacteriocin from *Lactococcus lactis*, *Enterococcus faecium* and *Enterococcus munditii* strains isolated from turbot (Psetta maxima)." **Int. Food Res.** 39 : 356-364.

Calicioglu, M., Sofos, J.N. and Kendall, P.A. 2003. "Fate of acid adapted and non adapted *E. coli* O157:H7 inoculated post-drying on beef jerky treated with marinades before drying." **Food Microbiol.** 20 : 169-177.

Carpenter, R., O'Grady, M.N., O'Callaghan, Y.C., O'Brien, M.N. and Kerry, J.P. 2007. "Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork." **Meat Sci.** 76(4) : 604-610

Castellini, C., Mugnai, C. and Bosco, A.D. 2002. "Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality." **Meat Sci**. 60 : 219-225.

Cengiz, K. and Gokiglu, N. 2007. "Effects of fat reduction and fat replacer addition on some quality characteristics of frankfurter-type sausages." **Int. J. Food Sci. Tech**. 42 : 366-372

Chattopadhyay, K. and Chattopadhyay, B. D. 2008. "Effect of nicotine on lipid profile, peroxidation and antioxidant enzymes in female rats with restricted dietary protein." **Indian J. Med. Res.** 127 : 571-576.

Chan, E.W.C., Lim, Y.Y. and Mohammed, O. 2007. "Antioxidant and antibacterial activity of leaves of *Etlingera* species (Zingiberaceae) in Penisular Malaysia." **Food Chem.** 104 : 1586–1593.

Chen, W.S., Liu, D.C., Chen, M. T. and Ockerman, H. W. 2000. Improving texture and storage stability of Chinese-sytle pork jerky by the addition of humectants. **J. Anim. Sci.** 13 : 1455-1460.

Christian, K.R. and Jackson, J.C. 2009. "Changes in total phenolic and monomeric anthocyanin composition andantioxidant activity of three varieties of sorrel (*Hibiscus sabdariffa*) during maturity." **J. Food Compos. Analy.** 22(7-8) : 663-667.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLSI. 2002. **Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically.** 7th Ed. Villanova, PA : NCCLS, Approved standard. M7-A7.

Concon, J.M. 1988. **Food toxicology**. Marecel Dakker, New York. 1371 p.

Cosenza, G.H., Williams, S.K., Johnson, D.D., Sims, C. and McGowan, C.H. 2003. "Development and evalution of a cabrito smoked sausage product." **Meat Sci.** 64: 119-124

Dainty, R.W. and Mackey., B.M. 1992. "The relationship between the phenol typic properties of bacteria from chill- stored meat and spoilage processes." **J. Appl. Microbiol.** 73 : 103-114.

Dehpour, A.A., Ebrahimzadeh, M.A., Fazel, N.S. and Mohammad, N.S. 2009. "Antioxidant activity of the methanol extract of *Ferula assafoetida* and its essential oil composition." **Grasas y Aceites.** 60(4) : 405-412.

Diliello, L.R. 1982. **Method in food and dairy microbiology**. The Avi Pubish Company. Connecticut.

Djenane, D., Martínes, L., Sànchez-Escalante, A., Beltràn, J.A. and Roncalés, P. 2004. "Antioxidant effect of carnosine and cartinine in fresh beef steaks stored under modified atmosphere." **Food Chem.** 85 : 453-459.

Duh, P.D., Tu, Y.Y. and Yen, G.C. 1999. "Antioxidant activity of water extract of Harng Jyur (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). **Lebensmittel-Wissenschaft und Tech.** 32 : 269–277.

Fullerton, M., Khatiwada, J., Johnson, J.U., Davis, S. and Williams, L.L. 2011. "Determination of Antimicrobial Activity of Sorrel (*Hibiscus sabdariffa*) on *Escherichia coli* O157:H7

Esen, N., Wagoner, G. and Philips, N. 2010. "Evaluation of capsular strains of *S.aureus* in an experimental brain abscess model." **J. Clin. Microbiol.** 218 : 83-93.

Eskandary, N., Saeidi, S., Baigi, G. S. and Javadian, F. 2015. "Antimicrobial impact of Hibiscus Sabdariffal extract against Acinetobacterbaumannii." **Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.** 3(2) : 172-175

Gupta, P., Sharma, A. and Verma, A.K. 2012. "GC/MS profiling and antimicrobial effect of six Indian tropical fruit residues against clinically pathogenic bacterial strain." **Int. J. Adv. Pharm. Res.** 3 : 1229-1235.

Halliwell, B. 2009. "The wanderings of a free radical." **Free Radical Biol. Med**. 46 : 531-542.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. and Aruoma, O.I. 1987. "The deoxyribose method : a simple test tube assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals." **Analy. Biochem.** 165 : 215–219.

Halliwell, B. and Gutteridge. J. 2007. **Free Radicals in Biology and Medicine, 4th ed.** New York : Oxford University Press.

He, C., Pan, Y., Ji, X. and Wang, H., Cirillo, G. and Iemma, F., editor. 2013. **Antioxidant polymers synthesis, properties, and applications.** USA : Scrivener Publishing LLC.

Huda, F.N., Noriham, A., Norrakiah, A.S. and Babji, A.S. 2009. "Antioxidant Activity of Plants Methanolic Extracts Containing Phenolic Compounds." **J. Biotech.** 8 : 484-489.

Jo, C., Lee, J.I. and Ahn, D.U. 1999. "Lipid oxidation, color changes and volatiles production in irradiated pork sausage with different fat content and packaging during storage." **Meat Sci.** 51 : 355-361.

Juntachote, T., Berghofer, E., Siebenhandl, S. and Bauer, F. 2006. "The antioxidative properties of Holy basil and Galangal in cooked ground pork." **Meat Sci.** 72 : 446-456.

Kahkonen, M.P., Hopia., A.I., Vuorela., H.J., Rauha., J.P., Pihlaja., K., Kujala, T.S. and Heinonen, M. 1999. "Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds." **J. Agric. Food Chem.** 47 : 3954–3962.

Kanner, J. 1994. "Oxidative processes in meat and meat products : quality implication." **Meat Sci.** 36 : 169-189.

Karre, L., Lopez, K. and Getty, K. J.K. 2013. "Natural antioxidants in meat and poultry products." **Meat Sci.** 94 : 220-227.

Kaur, C. and Kapoor, H.C. 2001. "Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health." **Int. J. Food Sci. Tech.** 36 : 703–725.

Khalaphallah, R. and Soliman, W. S. 2014. "Effect of henna and roselle extracts on pathogenic bacteria." **Asian. Pac. J. Trop. Dis.** 4(4) : 292-296.

Kuppusamy, U. R., Indran, M. and Balraj, B.R.S. 2002. "Antioxidant effects of local fruits and vegetable extracts." **J. Trop. Med. Plants.** 3 : 47–53.

Lawrie, R.A. 2006. **Lawrie's meatscience**. Boca Raton : CRC Press.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lund, M.N., Hviid, M.S. and Skibsted, L.H. 2007. "The combined effect of antioxidants and modified atmosphere packaging on protein and lipid oxidation in beef patties during chill storage." **Meat Sci.** 76 : 226-233.

Madhavi, D.L., Deshpande, S.S. and Salunkhe, D.K. 1996. **Food Antioxidant : Techonological Toxicological and Health Perspectives.** New York. Marcel Dekker, Inc.

Mc Carthy, T.L., Kerry, J.P., Kerry, J.F., Lynch, P.B. and Buckley, D.J. 2001. "Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties." **Meat Sci.** 58 : 45-52.

Mackey, B. M. and Roberts., T.A. 1993. "Improving slaughter hygiene using HACCP and Monitoring." **Fleischwirtschaft.** 73 : 58–61.

Maheshwari, R., Sharma, A. and Verma, D. 2012. "Phyto-therapeutic significance of Karaunda." **Bull. Env. Phamacol. Life Sci**. 1 : 34-36.

Marja, P.K., Anu, I.H., Heikki, J.V., Jussi-Pekka, R., Kalevi, P., Tytti, S. and Marina, H. 1999. "Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds." **J. Agri. Food Chem.** 47 : 3954-3962.

Mcguire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. **Hort-Sci.** 27: 1254-1255.

Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 1987. **Sensory evaluation techniques**. Florida. CRC Press.

Miglio, C., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V. and Pellegrini, N. 2008. "Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables." **J. Agri. Food Chem.** 56: 139–147.

Miliauskas, G., Venskutonis, P.R. and Beek, T.A.V. 2004. "Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromtic plant extracts." **Food Chem.** 85 : 231–237.

Miranda, J. M., Martínez, B., Pérez, B., Antón, X., Vázquez, B.I., Fente, C.A. and Cepeda, A. 2010. "The effects of industrial pre-frying and domestic cooking methods on the nutritional compositions and fatty acid profiles of two different frozen breaded foods." **LWT – Food Sci. Tech.** 43(8) : 1271–1276.

Mitsomoto, M., O'Grady, M.N., Kerry, J.P. and Buckley, D.J. 2005. "Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation colour and lipid stability during chilled storage in cooked or row beef and chicken patties." **Meat Sci.** 69 : 773-779.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mohd-Esa, N., Hern, F.S., Ismail, A. and Yee, C.L. 2010. "Antioxidant activity in different parts of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extractsand potential exploitation of the seeds." **Food Chem.** 122(4) : 1055–1060.

Morales-Cabrera, M., Hernández-Morales, J., Leyva-Rúelas, G., Salinas-Moreno, Y., Soto-Rojas, L. and Castro-Rosas, J. 2013. "Influence of variety and extraction solvent on antibacterial activity of roselle (*Hibiscus abdariffa* L.) calyxes." **J. Med. Plants Res.** 7(31) : 2319-2322.

Murphy, R.Y., Johnson, E.R., Duncan, L.K., Clausen, E.C., Davis, M.D. and March, J.A. 2001. "Heat transfer properties, moisture loss, product yield, and soluble proteins in chicken breast patties during air convection cooking." **Poultry Sci.** 80 : 508-514.

Nanjo, F., Goto, K., Seto, R., Suzuki, M., Sakai, M. and Hara, Y. 1996. "Scavenging Effects of Tea Catechins and Their Derivatives on 1,1- Diphenyl-2-picrylhydrazyl Radical." **Free Radical Biol. Med.** 21(6) : 895-902.

Naveena, B., Sen, A., Vaithiyanathan, R., Babja, S., Babja, Y. and Kondiah, N. 2008. "Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties." **Meat Sci**. 80 : 1304-1308.

Nissen, L.R., Byrne, D.V., Bertelsen, G. and Skibsted, L.H. 2004. "The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis." **Meat Sci**. 68 : 485–495.

Nychas, G.J.E. 1990. Natural antimocrobials from plant : **New method of food preservation.** Ed Gould, G.W. Gaithersburg. Maryland. Aspen Publishers, Inc.

Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F. and Sánchez-Muniz, F.J. 2013. "Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods." **Meat Sci**. 95 : 919-930.

Prenesti, E., Berto, S., Daniele, P.G. and Toso, S. 2007. "Antioxidant power quantification of decoction and cold infusions of *Hibiscus sabdariffa* flowers." **Food Chem**. 100 : 433-438.

Perez, C., Paul, M. and Bazerque, P. 1990. "Antibiotic assay by agar-well diffusion method." **Acta Biol Med Exp.** 15 : 113-115

Qwele, K., Hugo, A., Oyedemi, S.O., Moyo, B., Masika, P.J. and Muchenje, V. 2013. "Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

supplemented with Moringa (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay." **Meat Sci**. 93 : 455-462.

Ramírez-Anaya, J. D. P., Samaniego-Sánchez, C., Castañeda-Saucedo, M.C., Villalón- Mir, M. and de la Serrana., H.L. 2015. "Phenols and the antioxidant capacity of mediterranean vegetables prepared with extra virgin olive oil using different domestic cooking techniques." **Food Chem.** 188 : 430–438.

Ray, B. 2004. **Fundamental food microbiology**. London : CRC Press.

Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Bolwell., P.G., Bramley, P.M. and Pridham, J.B. 1995. "The relative antioxidant activities of plant derived polyphenolic flavonoids." **Free Radical Res.** 22 : 375-383.

Sakanaka, S. and Ishihara, Y. 2008. "Comparison of antioxidant properties of persimmon vinegar and some other commercial vinegars in radical-scavenging assays and on lipid oxidation in tuna homogenates." **Food Chem.** 107 : 739-744.

Salar, R.K. and Dhall, A. 2010. "Antimicrobial and free radical scavenging activity of extracts of some Indian medicinal plants." **J. Med. Plant Res.** 4 : 2313-1320.

Sanchez-Moreno, C., Jimenez-Escria, A. and Saura-Calixto. J. 2000. "Study of low-density lipoprotein oxidizability indexes to measure the antioxidant activity of dietary polyphenols." **Nutr. Res**. 20 : 941-953.

Saricoban, C. and Yilmaz M.T. 2010. Modelling the effects of processing factors on the changes in colour parameters of cooked meatballs using response surface methodology. World Applied Sciences Journal. 9 (1): 14-22.

Sebranek, S.G., Sewalt, V.J.H., Robbins, K.L. and Houser, T.A. 2005. "Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage." **Meat Sci.** 69 : 289–296.

Sharma, A., Reddy, G.D., Kaushik, A., Shanker, K., Tiwari, R.K., Mukherjee, A. and Rao, C.V. 2007. "Analgesic and anti-inflammatory activity of *Carissa carandas* L. fruits and microstylis wallichill lindl tubers." **Nat. Prod. Sci.** 13 : 6-10.

Sherwin, E.R. 1990. "Antioxidant." In Branen, A.L., Davidson, P.M. and Salminen, S. Food Additive (pp 139-183). New York. Marcel Dekker, Inc.

Siddiqi, R., Naz, S., Ahmad, S. and Sayeed, S.A. 2011. "Antimicrobial activity of the polyphenolic fractions derived from *Grewia asiatica, Eugenia jambolana* and *Carissa carandas*." **Int. J. Food Sci.** 46 : 250-256.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Siddiqi, R., Naz, S., Sayeed, S.A., Ishteyaque, S., Haider, M.S., Tarar, O.M. and Jamil, K. 2013. "Antioxidant potential of the polyphenolics in *Grewia asiatica, Eugenia jambolana* and *Carissa carandas.*" **J. Agric. Sci.** 5 : 217-223.

Singh, B. and Sangwan, P. 2011. "Taxonomy, ethnobotany and antimicrobial activity of Alstonia scholaris (L.) R.Br., Carissa carandas L. and Catharanthus roseus (L.) G. Don." **Int. J. Biotechnol. Bio. Sci**. 1 : 102-112.

Soubra, L., Sarkis, D. Hilan, C. and Verger, P.H.. 2007. "Dietary exposure of children and teenagers to benzoates, sulphites, butylhydroxyanisol (BHA) and butylhydroxytoluen (BHT) in Beirut (Lebanon)." **Regul. Toxicol. Pharm.** 47 : 68–77.

Spencer, J.P., Jenner, A., Aruoma, O.I., Evans, P.J., Kaur, H., Dexter, D.T., Jenner, P., Lees, A.J., Marsden, D.C. and Halliwell, B. 1994. "Intense oxidative DNA damage promoted by L-DOPA and its metabolites, implications for neurodegenerative disease. **FEBS Letters.** 353(3) : 246-250.

Sudta, P., Sabyjai, C. and Wanirat, K. 2013. "Phytochemical analysis, In vitro antioxidant and cytotoxic activity of extracts of *Paederia linearis* Hook. F. root." **The Science Journal of Phetchaburi Rajabhat University**. 10(1) : 5-18.

Tangwatcharin, P., Chanthachum, S., Khopaibool, P. and Griffiths, M.W. 2006. "Morphological and physiological responses of *Campylobacter jejuni* to stress." **J. Food Prot**. 69 : 2747-2753.

Tongnuanchan, P., Benjakul, S. and Prodpran, T. 2012. "Properties and antioxidant activity of fish skin gelatin film incorporated with citrus essential oils." **Food Chem.** 134 : 1571-1579.

Trate, R. editor. 2009. **Ingredients in meat products properties, functionality and applications.** USA : Springer science and Business media, LLC.

Tobin, B.D., O'Sullivan, M.G., Hamill, R.M. and Kerry, J.P. 2012. "Effect of varying salt and fat levels on the sensory and physiochemical quality of frankfurters**.**" **Meat Sci**. 92 : 659-666.

Tobin, B.D., O'Sullivan, M.G., Hamill, R.M. and Kerry, J.P. 2013. "The impact of salt and fat level variation on the physiochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages." **Meat Sci**. 93 : 145-152.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Varnam, A.H. and Sutherland, J.P. 1995. **Meat and meat products : technology, chemistry and microbiology**. London : Chapman and Hall.

Wetwitayaklung, P. Charoenteeraboon, J. Limmatvapirat, C. and Phaechamud, T. 2012. "Antioxidant activities of some Thai and exotic fruits cultivated in Thailand." **Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.** 3 : 12-21.

Yang, H.-S, Hwang, Y.-H., Joo, S.-T., and Park, Gu-Boo. 2009. The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. **Meat Sci.** 82: 289-294.

Yanishieva-Maslarova, N.V. 2001. Inhibiting oxidation. Pp. 22-57. In : **Antioxidants in food : practical applications.** Ed. Pokorny, J., Yanishlieva, N.V. and Gordon, M. New York : CRC Press.

Yen, W.J., Change, L.W., Lee, C.P. and Duh, P.D. 2002. "Inhibition of lipid peroxidation and nonlipid oxidative damage by carnosine." **J. Amer. Oil Chem. Soc.** 79 : 329-333.

Youwei, Z., Jinlian, Z. and Yonghong, P. 2007. "A comparative study on the free radical scavenging activities of some fresh flowers in Southern China." **Food Sci. Tech.** 41 : 1586-1591.

Yu, L., Haley, S., Perret, J., Harris, J.M., Wilson, J. and Qian, M. 2002. "Free radical scavenging properties of wheat extracts." **J. Agri. Food Chem.** 50 : 1619–1624.

Zottola, E.A. and Smith, L.B. 1990. Pathogenic bacteria in meat and meat products, pp. 157-177. *In* Pearson, A.M. and Dutson, T.R. (ed). **Meat and Health, Advances in Meat Research Volumn 6**. Elsevier Science Publishing, New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

1. การเตรียมสารละลายสำหรับการสกัด malonaldehyde ในหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

1.1 0.069 M 2-Thiobarbituric acid (1000 มิลลิลิตร)

2-Thiobarbituric acid	10.00	กรัม
conc. HCL	20.00	มิลลิกรัม
90% Acetic acid	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย 2-Thiobarbituric acid 10.00 กรัม ใน 90% Acetic acid 600 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยให้ความร้อนพร้อมทั้งใช้แท่ง magnetic เพื่อช่วยในการกระจายตัวของสาร จากนั้นเติม conc. HCL 20.00 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย 90% Acetic acid ให้ครบ 1000 มิลลิลิตรด้วยขวดปรับปริมาตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.2 1 M Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4) (100 มิลลิลิตร)

Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4)	13.609	กรัม
Distilled water	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย KH_2PO_4 13.609 กรัม ใน Distilled water 70 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรด้วย Distilled water ให้ครบ 100 มิลลิลิตร เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3 50 mM Potassium phosphate (1000 มิลลิลิตร)

Dipotassium hydrogen orthophosphate (K_2HPO_4)	7.05	กรัม
Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4)	1.30	กรัม
Distilled water	1000	มิลลิลิตร

ทำการละลาย K_2HPO_4 7.05 กรัม และ KH_2PO_4 1.30 กรัม ใน Distilled water 970 มิลลิลิตร จากนั้นปรับ pH ให้เป็น 7.4 ด้วย 1 M KH_2PO_4 แล้วปรับปริมาตรด้วย Distilled water ให้ครบ 1000 มิลลิลิตร เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.4 4 N Hydrochloric acid (HCL) (250 มิลลิลิตร)

Hydrochloric acid	82.81	มิลลิลิตร
Distilled water		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท Distilled water ลงในขวดปรับปริมาตร จากนั้นค่อยๆ เติม HCL 82.81 มิลลิลิตร ลงไป แล้วปรับปริมาตรด้วย Distilled water ให้ครบ 250 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.5 0.2% Butylated hydroxytoluene (BHT) (100 มิลลิลิตร)

Butylated hydroxytoluene	0.2	กรัม
Ethanol	100	มิลลิลิตร

ทำการละลาย Butylated hydroxytoluene 0.2 กรัม ใน Ethanol 70 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย Ethanol ให้ครบ 100 มิลลิลิตร ควรเตรียมใหม่ทุกครั้งเมื่อใช้งาน

1.6 Stock MDA 100 mM 1,1,3,3-Tetraethoxypropane (TEP) (1000 มิลลิลิตร)

1,1,3,3-Tetraethoxypropane	24.47	ไมโครลิตร
HCL		
Distilled water		

ทำการผสม 1,1,3,3-Tetraethoxypropane 24.47 ไมโครลิตร ใน Distilled water 950 มิลลิลิตร แล้วเติม HCL 5-6 หยด แล้วปรับปริมาตรด้วย Distilled water ให้ครบ 1000 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การวิเคราะห์หาความเข้มข้น malonadehyde ในหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

2.1 วิธีการสกัด malonadehyde ในหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน ด้วยเทคนิค TBARs test

1) นำตัวอย่างหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทานมาบดให้ละเอียด จากนั้นสุ่มชั่งตัวอย่าง ละ 10 กรัม

2) เติม 50 mM Potassium phosphate 9 มิลลิลิตร BHT 1 มิลลิลิตรและน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง จากนั้นนำมา homogenized ด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 1 นาที ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน

3) นำ stock MDA มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 ไมโครโมลต่อไมโครลิตร มาเป็นตัวเปรียบเทียบกราฟมาตรฐาน (standard curve) จากนั้นนำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นโปรตีน

4) ก่อนกลั่นจะเติม 4N HCL 1.25 มิลลิลิตรและ anti-foaming agent 5-6 หยด

5) นำหลอดย่อยโปรตีนต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน กลั่นจนได้ของเหลวในขวดลูกชมพู่ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) นำสารละลายที่กลั่นได้มาปริมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเกลียวแล้วเติม 0.069 M TBA 5 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร

7) นำมาต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 55 นาที โดยเขย่าทุก ๆ 5 นาที เพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์

8) เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดแล้ว นำออกจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ แล้วนำไปทำให้เย็นลงทันทีในน้ำแข็ง แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 10 นาที

9) นำตัวอย่างไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร

10) คำนวณค่า TBARs Value

3. การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ malonaldehyde (MDA)

ทำกราฟมาตรฐานของสารละลาย MDA ในหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน โดยนำ stock MDA มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 ไมโครโมลต่อไมโครลิตร จากนั้นนำสารละลาย stock MDA ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานและคำนวณสมการถดถอย $y = ax + b$ โดยค่า y เป็นค่าการดูดกลืนแสง และค่า x เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลาย stock MDA แล้วนำไปคำนวณค่า TBARs Value จากสูตร

$$\text{TBARs Value (mg MDA/ kg sample)} = \frac{(X \times 10 \times 72)}{\text{น้ำหนักเนื้อตัวอย่าง}}$$

เมื่อ X = ค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

10 = dilution

72 = น้ำหนักโมเลกุลของ MDA

4. การเตรียมสารสำหรับวิเคราะห์ DPPH

4.1 สารละลายมาตรฐาน 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman- 2-carboxylic acid (Trolox)

ชั่ง Trolox 0.0015 กรัม ละลายด้วยเอทานอล 95% 10 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐาน Trolox ความเข้มข้น 60 μM

4.2 สารละลาย 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

ชั่ง DPPH 0.0078 กรัม ละลายในเมทานอล ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย DPPH ที่มีความเข้มข้น 0.2 มิลิโมลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การเตรียมสารสำหรับวิเคราะห์การออกซิเดชันของไขมัน

5.1 เตรียมสารละลาย TCA-TBA-HCL

ชั่ง Trichloroacetic acid 15 กรัม และ 2 – Thiobarbituric acid (TBA) 0.375 กรัม ละลายด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ จากนั้นผสมสารละลายให้เข้ากัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์

หมูบด

วันที่.....

ลำดับที่.....

<u>ตอนที่ 1</u> รายละเอียดของผู้ประเมิน

1.1 เพศ O ชาย O หญิง

1.2 กรุณาระบุช่วงอายุของท่าน

O ต่ำกว่า 20 ปี O 20 - 35 ปี O 36 - 50 ปี O สูงกว่า 50 ปี

1.3 รายได้ของท่านต่อเดือน O น้อยกว่า 5,000 บาท O 5,001 - 15,000 บาท

O 15,001 - 25,000 บาท O มากกว่า 25,000 บาท

1.4 อาชีพ O นักเรียน นักศึกษา O รับราชการ พนักงานของรัฐ

O บริษัทเอกชน O ทำงานส่วนตัว

O อื่น ๆ โปรดระบุ.....

คุณชอบรับประทานหมูบดหรือไม่

O ไม่ชอบมาก O ไม่ชอบ O ไม่ค่อยชอบ O เฉยๆ

O ค่อนข้างชอบ O ชอบ O ชอบมาก

คุณชอบรับประทานแฮมเบอร์เกอร์หรือไม่

O ไม่ชอบมาก O ไม่ชอบ O ไม่ค่อยชอบ O เฉยๆ

O ค่อนข้างชอบ O ชอบ O ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

🍸 กรุณากลั้วปากด้วยน้ำดื่มก่อนชิมตัวอย่างแรก

🍸 ก่อนชิมตัวอย่างถัดไป กรุณาทานแครกเกอร์เล็กน้อย ตามด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มอีกเล็กน้อย (ท่านสามารถบ้วนทิ้งลงในถ้วยสูงที่เตรียมไว้ให้)

<u>ตอนที่ 2</u> กรุณาให้คะแนนระดับความชอบของท่าน (จาก 1 ถึง 7 คะแนน) ที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ท่านกำลังทดสอบชิมทีละตัวอย่าง โดยกรอกคะแนนลงให้ตรงกับรหัสตัวอย่างในตารางด้านล่าง

คะแนน		ระดับความชอบ
7	=	ชอบมากที่สุด
6	=	ชอบมาก
5	=	ชอบ
4	=	เฉยๆ
3	=	ไม่ชอบ
2	=	ไม่ชอบมาก
1	=	ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะของผลิตภัณฑ์	รหัสผลิตภัณฑ์		
สี			
กลิ่น			
เนื้อสัมผัส			
รสชาติ			
ความชอบโดยรวม			

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

……

……

……ขอบคุณที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า ☺

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์
หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน

วันที่.....

ลำดับที่.....

<u>ตอนที่ 1</u> รายละเอียดของผู้ประเมิน

1.1 เพศ O ชาย O หญิง

1.2 กรุณาระบุช่วงอายุของท่าน

O ต่ำกว่า 20 ปี O 20-35 ปี O 36-50 ปี O สูงกว่า 50 ปี

1.3 รายได้ของท่านต่อเดือน O น้อยกว่า 5,000 บาท O 5,001-15,000 บาท

O 15,001-25,000 บาท O มากกว่า 25,000 บาท

1.4 อาชีพ O นักเรียน นักศึกษา O รับราชการ พนักงานของรัฐ

O บริษัทเอกชน O ทำงานส่วนตัว

O อื่น ๆ โปรดระบุ.....

คุณชอบรับประทานหมูหวานหรือไม่

O ไม่ชอบมาก O ไม่ชอบ O ไม่ค่อยชอบ O เฉยๆ

O ค่อนข้างชอบ O ชอบ O ชอบมาก

คุณชอบรับประทานหมูแดดเดียวหรือไม่

O ไม่ชอบมาก O ไม่ชอบ O ไม่ค่อยชอบ O เฉยๆ

O ค่อนข้างชอบ O ชอบ O ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Y กรุณากลั้วปากด้วยน้ำดื่มก่อนชิมตัวอย่างแรก

Y ก่อนชิมตัวอย่างถัดไป กรุณาทานแครกเกอร์เล็กน้อย ตามด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มอีกเล็กน้อย (ท่านสามารถบ้วนทิ้งลงในถ้วยสูงที่เตรียมไว้ให้)

<u>ตอนที่ 2</u> กรุณาให้คะแนนระดับความชอบของท่าน (จาก 1 ถึง 7 คะแนน) ที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ท่านกำลังทดสอบชิมทีละตัวอย่าง โดยกรอกคะแนนลงให้ตรงกับรหัสตัวอย่างในตารางด้านล่าง

คะแนน		ระดับความชอบ
7	=	ชอบมากที่สุด
6	=	ชอบมาก
5	=	ชอบ
4	=	เฉยๆ
3	=	ไม่ชอบ
2	=	ไม่ชอบมาก
1	=	ไม่ชอบมากที่สุด

ลักษณะของผลิตภัณฑ์	**รหัสผลิตภัณฑ์**					
ลักษณะปรากฏโดยรวม						
สี						
กลิ่น						
เนื้อสัมผัส (ความยากง่ายในการกัดและเคี้ยวเพื่อกลืน)						
รสชาติ						
ความหวาน						
คุณภาพโดยรวม						

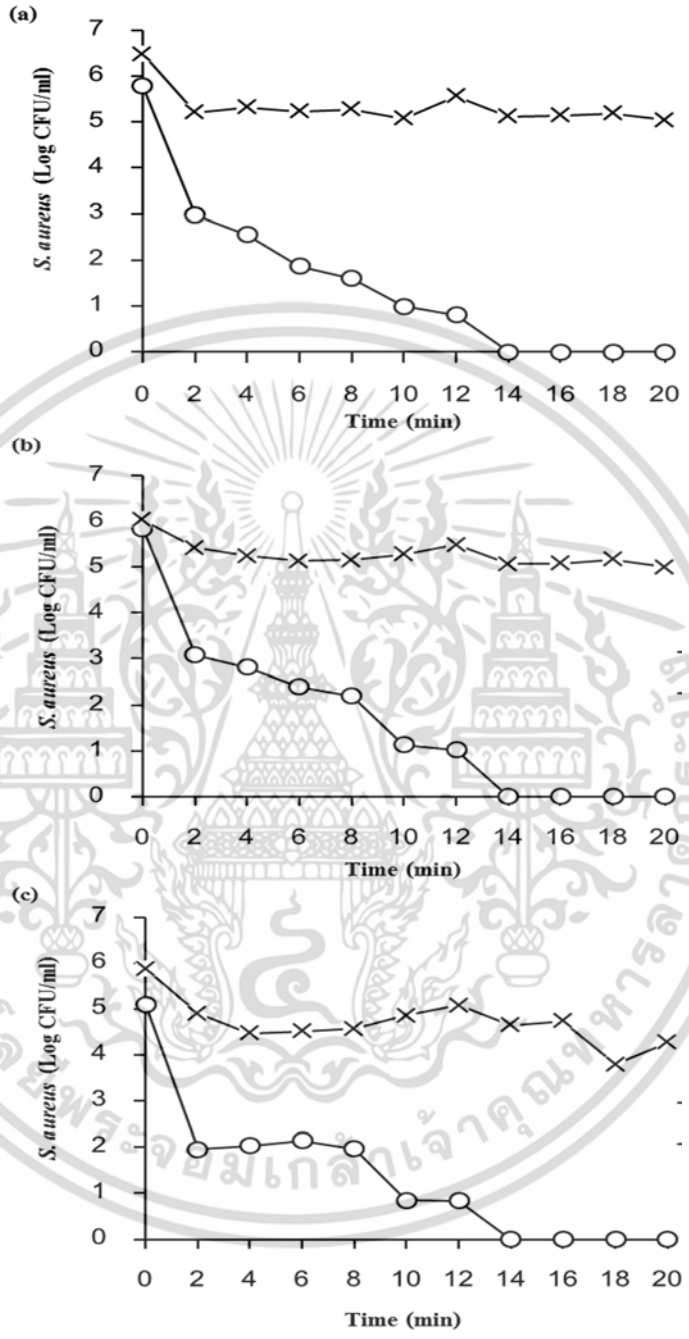
ความคิดเห็นเพิ่มเติม

……

……ขอบคุณที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า ☺

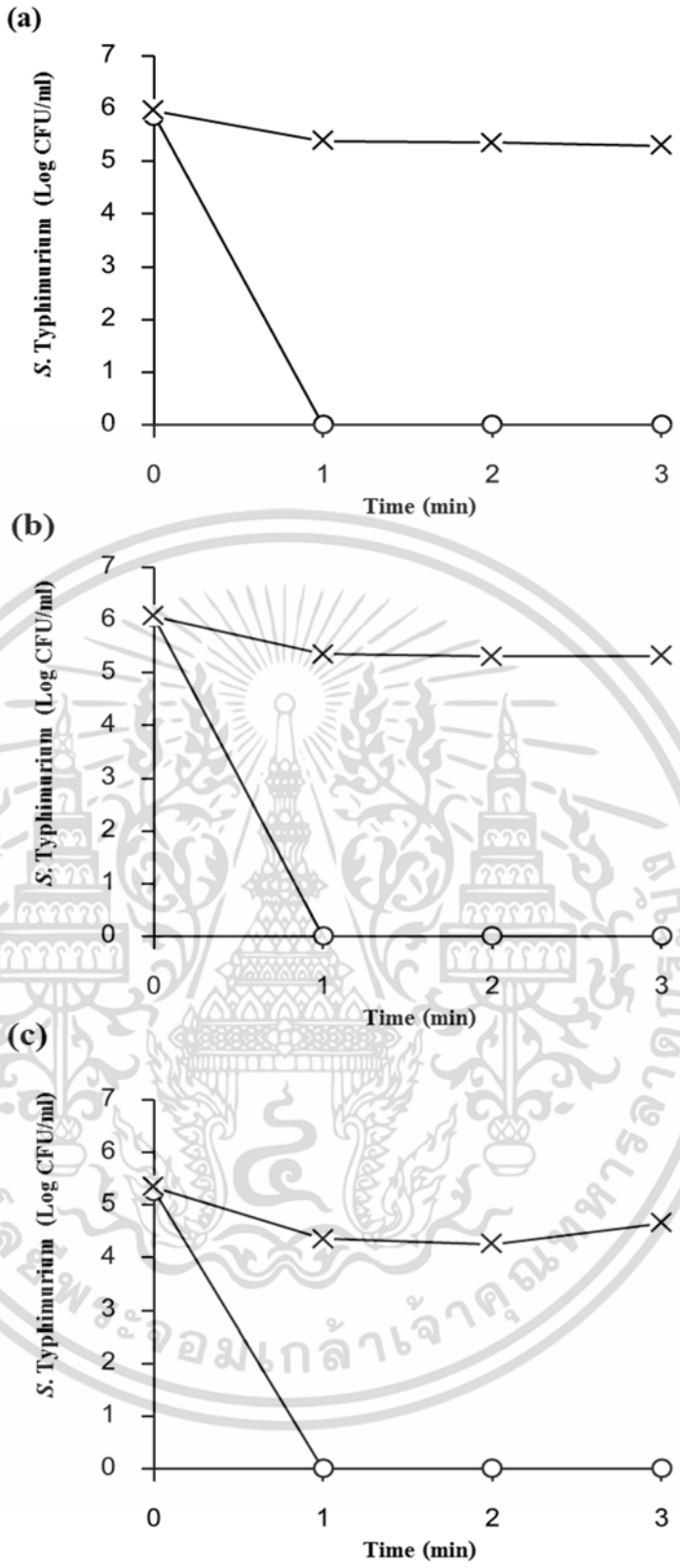
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค



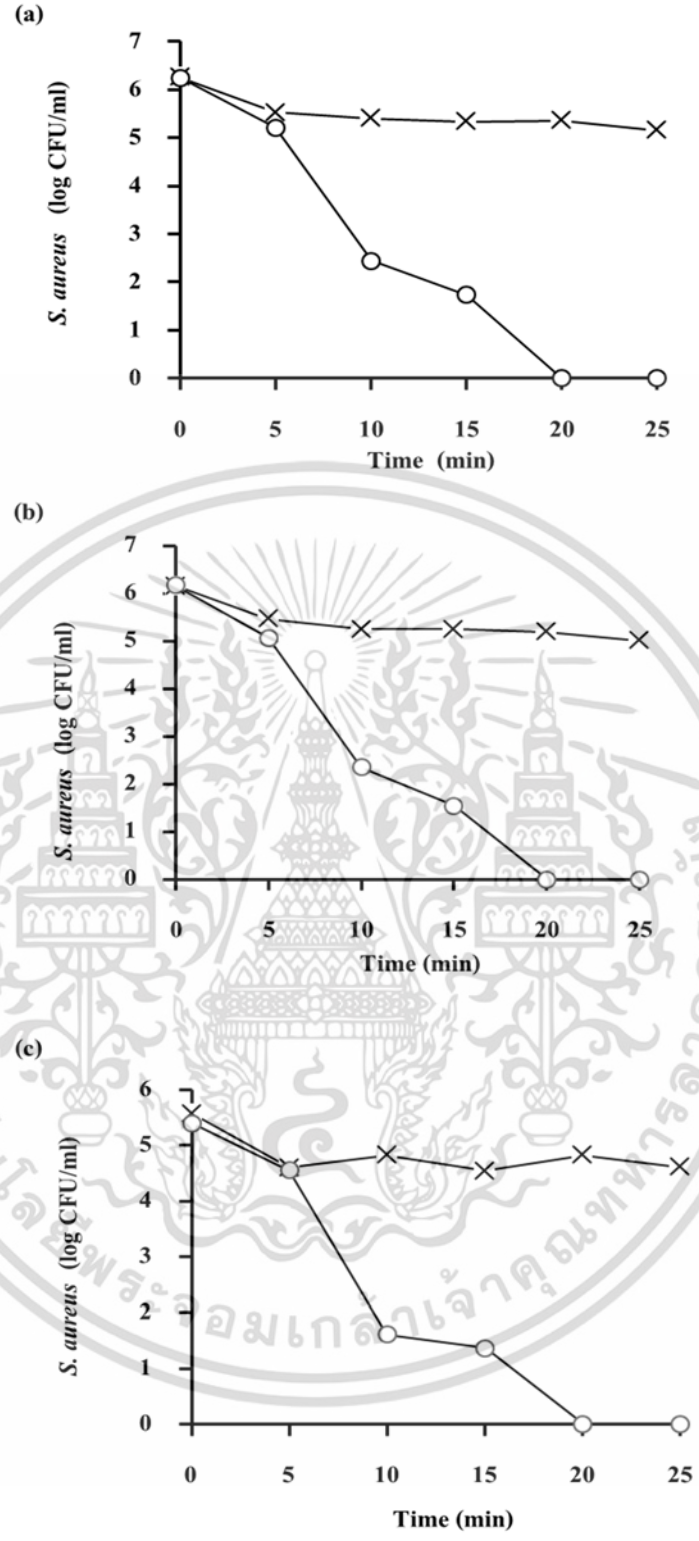
ภาพที่ 1 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 (a) จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total culturable cells) (b) จำนวนเซลล์ที่ไม่บาดเจ็บ (Non-stressed cell) (c) เซลล์ที่บาดเจ็บ (Sressed cell) เมื่อ × แทนกลุ่มควบคุม (0 mg/ml) และ O แทนกลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง (50 mg/ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



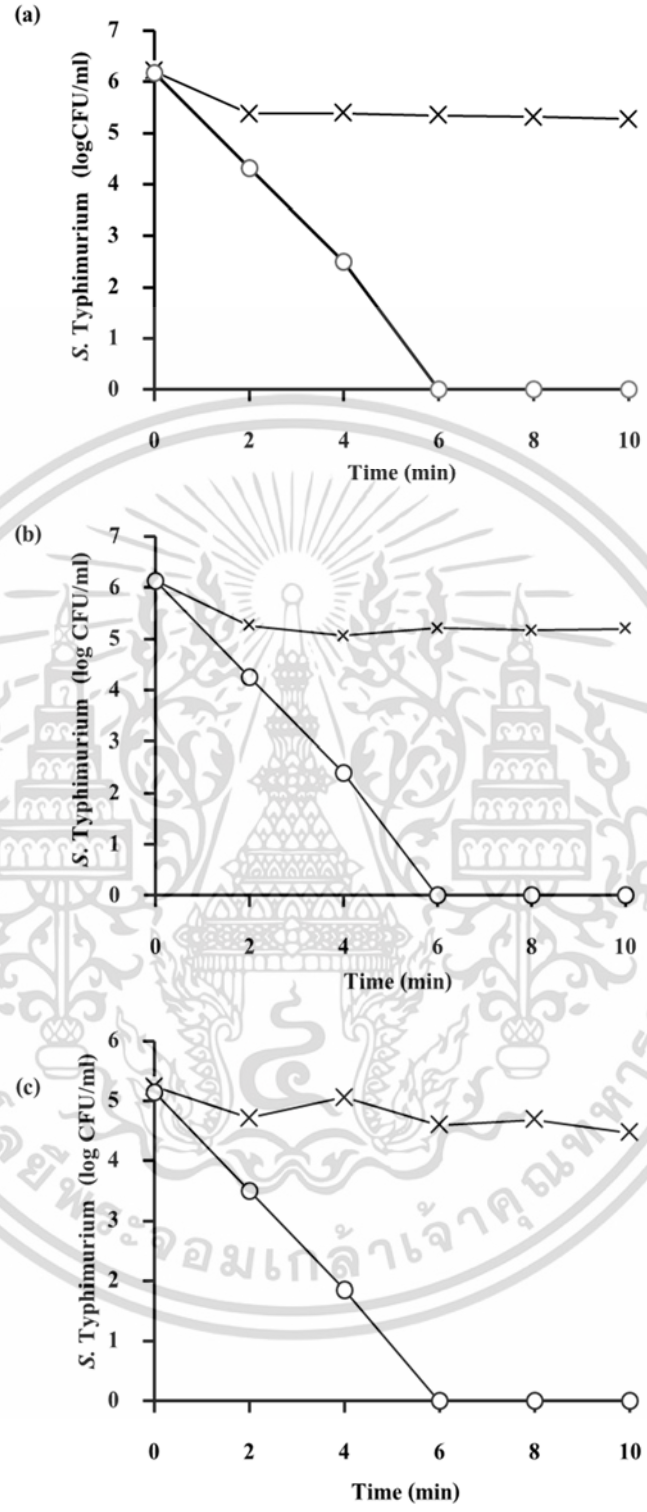
ภาพที่ 2 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 (a) จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total culturable cells) (b) จำนวนเซลล์ที่ไม่บาดเจ็บ (Non-stressed cell) (c) เซลล์ที่บาดเจ็บ (Sressed cell) เมื่อ × แทนกลุ่มควบคุม (0 mg/ml) และ **O** แทนกลุ่มที่เติมสารสกัดกระเจี๊ยบแดง (50 mg/ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ *S. aureus* TISTR 118 (a) จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total culturable cells) (b) จำนวนเซลล์ที่ไม่บาดเจ็บ (Non-stressed cell) (c) เซลล์ที่บาดเจ็บ (Sressed cell) เมื่อ × แทนกลุ่มควบคุม (0 mg/ml) และ O แทนกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (25 mg/ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ *S.* Typhimurium TISTR 292 (a) จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total culturable cells) (b) จำนวนเซลล์ที่ไม่บาดเจ็บ (Non-stressed cell) (c) เซลล์ที่บาดเจ็บ (Sressed cell) เมื่อ × แทนกลุ่มควบคุม (0 mg/ml) และ **O** แทนกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (50 mg/ml)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักวิจัย

<u>หัวหน้าโครงการ</u>

1. ชื่อ - นามสกุล ดร. คมแข พิลาสมบัติ
Dr. Komkhae Pilasombut
2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
3. สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

4. ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานศึกษาและประเทศ
วท.บ. (เกษตรศาสตร์/สัตวศาสตร์)	2534	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประเทศไทย
วท.ม. (สัตวศาสตร์)	2540	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประเทศไทย
ปร.ด. (เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร)	2549	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย

5. ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2540 - ปัจจุบัน อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

6. สาขาที่มีความชำนาญ

จุลชีววิทยาเนื้อสัตว์

<u>ผู้ร่วมวิจัย</u>

1. ชื่อ - นามสกุล ดร. มณทินี ธีรารักษ์
Dr. Montinee Teerarak
2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
3. สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานศึกษาและประเทศ
วท.บ. (เกษตรศาสตร์)	2536	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย
วท.ม. (พันธุวิศวกรรม)	2544	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย
Ph.D (Horticulture)	2556	Ehime University ประเทศญี่ปุ่น

5. ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2544 - ปัจจุบัน อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.

6. สาขาที่มีความชำนาญ

เซลล์พันธุศาสตร์ สรีรวิทยาพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T145146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้