

ชื่อโครงการ การใช้สารสกัดพืชพื้นเมืองไทยในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ
ยืดอกอายุการเก็บรักษา 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 พิลาสสมบัติ

หน่วยงาน: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ร่วมวิจัย: ผศ.ดร. มณฑินี ชีรารักษ์

หน่วยงาน: ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

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

การทดลองที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่งการกำจัดอนุมูล DPPH ความสามารถในการจับกับโลหะไอออน การเกิดปฏิกิริยารีดักชัน การยับยั้งการเกิด lipid peroxidation และปริมาณสารฟีนอลิกของสารสกัดจากพืชด้วยน้ำและเอทานอลโดยใช้พืชทดสอบจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ กระเจี๊ยบแดง ขจร มะนาวโห่ มะตูม และโสน เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระร่วมกับสารประกอบฟีนอลิก พบว่า สารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูง 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 °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.

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

การทดลองที่ 3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อการศึกษาเปรียบเทียบการใช้สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*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 โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 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 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่น ๆ ($P > 0.05$) ส่วนค่าสีพบว่ามีความสว่างสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ค่าสีแดงไม่แตกต่างกัน สำหรับค่า DPPH พบว่ากลุ่มการทดลองที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่มีค่า DPPH สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ๆ ถึงแม้ว่าเมื่อการเก็บรักษานานขึ้นค่า DPPH ลดลงแต่ก็ยังสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ส่วนคุณภาพทางประสาททางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับได้หมูหวานกลุ่มที่เติมสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ 0.2% ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

โดยได้คะแนนความชอบในด้านรสชาติ และในด้านคุณภาพโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบมาก
เนื่องจากมีรสชาติขมจึงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Abstract

This study was to screen antioxidant and antimicrobial properties of 5 Thai plant extracts and their application in meat and meat product. This study composed of 3 experiments as follows: (i) study of antioxidant 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 improve 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 °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,

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 higher 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.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้อย่างดีโดยได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร. ผุสดี ตั้งวัชรินทร์ และดร. สุกัลยณ์ สรภักดี ที่กรุณาให้ความรู้ในเรื่องงานวิจัยและคอยให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์จาก คุณณัทชัย วิจิตโรทัย และคุณจรรยา คงฤทธิ์ ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์เนื้อสัตว์จากคุณอังคณา ทุมดี และขอบคุณ รศ.ดร. จำรูญ เล้าสินวัฒนา และนักศึกษาห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสกัดสารสกัดจากพืช

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2557 ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คมแข พิลาสมบัติ

มณฑินี ชีรารักษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ข
Abstract	จ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ซ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ฌ
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 การชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน	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

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 <i>E. coli</i> โดยวิธีทางชีวเคมี (IMViC test)	41
ตารางที่ 3.4	การตรวจผลของเชื้อ <i>Salmonella</i> spp. โดยวิธีทางชีวเคมี	42
ตารางที่ 4.1	ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (%) และค่า IC ₅₀ ของสารสกัดน้ำจาก กระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน	46
ตารางที่ 4.2	ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH (%) และค่า IC ₅₀ ของสารสกัดเอทานอล จากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน.....	47
ตารางที่ 4.3	ความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (%) และค่า IC ₅₀ ของสารสกัดน้ำ จากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน.....	48
ตารางที่ 4.4	ความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (%) และค่า IC ₅₀ ของสารสกัดเอทานอล จากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน	48
ตารางที่ 4.5	ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน และค่า EC ₅₀ ของสารสกัดน้ำ จากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ ตูม และโสน	49
ตารางที่ 4.6	ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน และค่า EC ₅₀ ของสารสกัดเอทานอล จากกระเจี๊ยบแดง 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	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดน้ำและเอทานอล จากกระเจี๊ยบแดง ขจร มะม่วงหาวมะนาวโห่ มะตูม และโสน	53
ตารางที่ 4.10	ผลของความร้อนต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของสารสกัดน้ำ จากพืชทดสอบ.....	54
ตารางที่ 4.11	ผลของความร้อนต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH ของสารสกัด เอทานอลจากพืชทดสอบ.....	55

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.12	ผลของความร้อนต่อความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ของสารสกัดน้ำจากพืชทดสอบ.....	56
ตารางที่ 4.13	ผลของความร้อนต่อความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยา lipid peroxidation ของสารสกัดเอทานอลจากพืชทดสอบ.....	57
ตารางที่ 4.14	ผลของความร้อนต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดจากพืชทดสอบ.....	58
ตารางที่ 4.15	การใช้สารสกัดกระเจี๊ยบแดงด้วยเอทานอลและน้ำ ต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean $\pm$ SD)	61
ตารางที่ 4.16	การใช้สารสกัดขจรด้วยเอทานอลและน้ำต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean $\pm$ SD)	64
ตารางที่ 4.17	การใช้สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ด้วยเอทานอลและน้ำ ต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean $\pm$ SD)	66
ตารางที่ 4.18	การใช้สารสกัดมะตูมด้วยเอทานอลและน้ำ ต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean $\pm$ SD)	69
ตารางที่ 4.19	การใช้สารสกัดโสนด้วยเอทานอลและน้ำต่อการยับยั้งเชื้อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มที่ทำให้อาหารเน่าเสียและกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค (Mean $\pm$ 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 <i>S. aureus</i> TISTR 118 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมด เซลล์ไม่บาดเจ็บและเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean $\pm$ SD).....	77
ตารางที่ 4.23	ระยะเวลาที่สารสกัดกระเจี๊ยบแดงสัมผัสเชื้อ <i>S. Typhimurium</i> TISTR 292 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมด เซลล์ไม่บาดเจ็บและเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean $\pm$ SD).....	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.24	ระยะเวลาที่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สัมผัสเชื้อ <i>S. aureus</i> TISTR 118 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมด เซลล์ไม่บาดเจ็บและเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean $\pm$ SD).....	80
ตารางที่ 4.25	ระยะเวลาที่สารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่สัมผัสเชื้อ <i>S. Typhimurium</i> TISTR 292 (log CFU/ml) ต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ทั้งหมด เซลล์ไม่บาดเจ็บ และเซลล์ที่บาดเจ็บ (Mean $\pm$ SD).....	81
ตารางที่ 4.26	ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อค่าสีบนเนื้อสุกรบด (mean $\pm$ SD)	83
ตารางที่ 4.27	ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อค่าความเป็นกรดต่างบนเนื้อสุกรบด (mean $\pm$ SD)	84
ตารางที่ 4.28	ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (Mean $\pm$ SD).....	86
ตารางที่ 4.29	ผลของสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดงและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า DPPH ของผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (mean $\pm$ SD)	87
ตารางที่ 4.30	ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อจุลินทรีย์รวม (Total Plate Count) (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean $\pm$ SD).....	88
ตารางที่ 4.31	ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (Psychrotrophic) (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean $\pm$ SD)	89
ตารางที่ 4.32	ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อยีสต์และรา (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean $\pm$ SD)	90
ตารางที่ 4.33	ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อ Coliform (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean $\pm$ SD)	91
ตารางที่ 4.34	ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อเชื้อ <i>E. coli</i> (log cfu/g) บนเนื้อสุกรบด (mean $\pm$ SD)	91
ตารางที่ 4.35	Total Coliforms, Fecal Coliforms and <i>E. coli</i> ต่อน้ำหนักเนื้อสุกรบด	92
ตารางที่ 4.36	ผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภค ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (ผลิตภัณฑ์ดิบ) (Mean $\pm$ SD)	93
ตารางที่ 4.37	ผลของสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภค ในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรบด (ผลิตภัณฑ์สุก) (Mean $\pm$ SD)	94

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.38	ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดของเชื้อ <i>S. aureus</i> (log cfu/g) ในเนื้อสุกรบด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน (mean±SD)	95
ตารางที่ 4.39	ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดของเชื้อ <i>S. Typhimurium</i> (log cfu/g) ในเนื้อสุกรบด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน(mean±SD)	96
ตารางที่ 4.40	ผลของกระบวนการทำให้สุกต่อคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวาน กึ่งแห้งพร้อมรับประทาน	98
ตารางที่ 4.41	ผลของกระบวนการทำให้สุกต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภค ในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน.....	99
ตารางที่ 4.42	จำนวนเชื้อ <i>S. aureus</i> ที่มีชีวิตรอดในระหว่างกระบวนการทำให้สุก	100
ตารางที่ 4.43	จำนวนเชื้อ <i>E. coli</i> ที่มีชีวิตรอดในระหว่างกระบวนการทำให้สุก.....	100
ตารางที่ 4.44	ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง ค่าวอเตอร์แอกติวิตีและค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้ง พร้อมรับประทาน (Mean ± SD).....	102
ตารางที่ 4.45	ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อม รับประทาน (Mean ± SD)	104
ตารางที่ 4.46	ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของผลิตภัณฑ์หมูหวาน กึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD)	105
ตารางที่ 4.47	ผลของอายุการเก็บรักษาต่อค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs) (mg MDA/kg meat) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD)	106
ตารางที่ 4.48	ผลของอายุการเก็บรักษาต่อเชื้อจุลินทรีย์รวม <i>S. aureus</i> และยีสต์รา ของผลิตภัณฑ์ หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD)	107
ตารางที่ 4.49	ผลของอายุการเก็บรักษาต่อเชื้อ Coliform และ <i>E. coli</i> (MPN) ของผลิตภัณฑ์ หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน	108
ตารางที่ 4.50	ผลของอายุการเก็บรักษาต่อการประเมินความชอบโดยรวมของผู้บริโภคใน ผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.51	ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้หลังอบแห้ง (% drying yield) ของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean $\pm$ SD)	111
ตารางที่ 4.52	ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า Water activity (a_w) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean $\pm$ SD).....	113
ตารางที่ 4.53	ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความชื้น (Moisture content) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean $\pm$ SD)	115
ตารางที่ 4.54	ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าสีของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean $\pm$ SD).....	117
ตารางที่ 4.55	ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า Chroma, Hue angle และ Browning Index ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean $\pm$ SD)	119
ตารางที่ 4.56	ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean $\pm$ SD)	121
ตารางที่ 4.57	ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าแรงเฉือน (shear force) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean $\pm$ SD)	123
ตารางที่ 4.58	ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean $\pm$ SD)	126
ตารางที่ 4.59	ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่าการออกซิเดชันของไขมัน (TBARs) ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean $\pm$ SD)	130
ตารางที่ 4.60	ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่และระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า DPPH ของหมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean $\pm$ SD)	132
ตารางที่ 4.61	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน (Mean $\pm$ SD)	135
ตารางที่ 4.62	ปริมาณเชื้อ Coliform และ <i>E. coli</i> (MPN) ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้งพร้อมรับประทาน.....	136

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.63 ผลของสารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการประเมินความชอบโดยรวมของ ผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแข็งพร้อมรับประทาน (Mean±SD)	137
ตารางที่ 4.64 องค์ประกอบทางเคมี และพลังงานของผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแข็งพร้อมรับประทาน (Mean ± SD)	138

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ <i>S. aureus</i> TISTR 118	162
ภาพที่ 2 ผลของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ <i>S. Typhimurium</i> TISTR 292	163
ภาพที่ 3 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ <i>S. aureus</i> TISTR 118	164
ภาพที่ 4 ผลของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อการมีชีวิตรอดต่อเชื้อ <i>S. Typhimurium</i> TISTR 292	165

สารบัญภาคผนวก

	หน้า
ภาคผนวก ก การเตรียมสารเคมี	154
ภาคผนวก ข แบบทดสอบการประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หมูปด	158
ภาคผนวก ข แบบทดสอบการประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หมูหวานกึ่งแห้ง พร้อมรับประทาน	160