การใช้ฟิล์มไคโตซานที่มีสารสกัดจากชาเขียว (*Camellia sinensis*) ในการยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู

นางสาวสุภารัตน์ น้อยผา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

USE OF CHITOSAN FILM CONTAINING GREEN TEA (*Camellia sinensis*) EXTRACT FOR SHELF LIFE EXTENSION OF PORK SAUSAGE

Miss Suparat Noipha

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

522396

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ฟิล์มไคโตซานที่มีสารสกัดจากชาเขียว (*Camellia sinensis*) ในการยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู
โดย	นางสาวสุภารัตน์ น้อยผา
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. นินนาท ชินประหัษฐ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชื่นจิต ประกิตชัยวัฒนา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุวัสสา พงษ์อำไพ)

สุภารัตน์ น้อยผา : การใช้ฟิล์มไคโตซานที่มีสารสกัดจากชาเขียว (*Camellia sinensis*) ในการยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู (USE OF CHITOSAN FILM CONTAINING GREEN TEA (*Camellia sinensis*) EXTRACT FOR SHELF LIFE EXTENSION OF PORK SAUSAGE)
อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รศ.ดร. อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ, 89 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการใช้ฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวเพื่อยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารสกัดชาเขียวโดยศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content, TPC) พบว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมต่อการสกัดชาเขียวคือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียล ($^{\circ}$C) เวลา 20 นาที (min) ซึ่งเป็นภาวะที่ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 154.77 mg gallic acid equivalent/g sample (mg GAE/g) จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดชาเขียว โดยแปรความเข้มข้นของสารสกัดชาเขียวเป็น 2, 5, 10 และ 20 % (*w/v*) ติดตามผลโดยการหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด, ปฏิกิริยาการจับอนุมูล 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ 4 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus* TISTR 118, *Salmonella* Enteritidis DMST 17368, *Escherichia coli* TISTR 780 และ *Pseudomonas fluorescens* TISTR 358 ด้วยวิธี agar diffusion ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดชาเขียวอยู่ในช่วง 155.08-605.61 mg GAE/g sample และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดชาเขียว ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ส่วนเปอร์เซนต์การจับอนุมูล DPPH มีค่าสูงที่สุด (70.32%) เมื่อใช้สารสกัดที่ความเข้มข้น 10 % และพบว่าสารสกัดชาเขียวให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ดีที่สุดรองลงมาคือ *E. coli* อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นของสารสกัด 2, 5 และ 10 % ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *P. fluorescens* และ *S. enteritidis* แต่ยับยั้งได้เล็กน้อยที่ความเข้มข้นของสารสกัด 20% การทดลองขั้นที่สองศึกษาผลของการเติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้น 0, 2, 5, 10 และ 20% (*w/v*) ต่อสมบัติทางกายภาพ, เคมี และจุลินทรีย์ของฟิล์มไคโตซาน พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด ค่าการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability, WVP) และค่าความสว่าง(L^*) มีค่าลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความหนา, ค่าสีแดง (a^*), ค่าสีเหลือง (b^*) และ การเปลี่ยนแปลงของค่าสี (ΔE) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเทียบกับฟิล์มไคโตซานที่ไม่เติมสารสกัดชาเขียว และพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดชาเขียวไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญจุลินทรีย์ของฟิล์มไคโตซานโดยไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์บริเวณใต้แผ่นฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียว นอกจากนี้เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดชาเขียวปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และการต้านอนุมูล DPPH จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ยกเว้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดชาเขียว 20% สมบัติต้านอนุมูล DPPH มีค่าน้อยที่สุด ในขณะที่ฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้น 10 % มีสมบัติต้านอนุมูล DPPH สูงที่สุด (63.74 %) จึงเลือกฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดความเข้มข้นดังกล่าวไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป การทดลองในส่วนสุดท้ายจึงเป็นการนำฟิล์มไคโตซานที่มีความเข้มข้นของสารสกัดชาเขียว 10% มาประยุกต์ใช้ในการห่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกโดยเปรียบเทียบกับฟิล์มไคโตซานที่ไม่เติมสารสกัดชาเขียว และการไม่ใช้ฟิล์มไคโตซาน จากนั้นติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทางกายภาพ ได้แก่ ค่าทางสี (L^* a^* และ b^*) และเนื้อสัมผัส (แรงตัดขาด), ทางเคมี ได้แก่ ค่า pH และค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก (Thiobarbituric acid value, TBA) , ทางจุลินทรีย์ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ รา และแบคทีเรียแลกติก และการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณา ระดับสี, การเกิดเมือก, กลิ่นผิดปรกติ และ การยอมรับโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก พบว่าฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวมีค่า TBA ที่ต่ำกว่าตัวอย่างที่ห่อด้วยฟิล์มไคโตซานและตัวอย่างควบคุม เช่นเดียวกันกับค่าแรงตัดขาด, ค่า L^* และ ค่า b^* ที่เพิ่มขึ้นและค่า a^* ที่ลดลง และพบว่าตัวอย่างที่ห่อด้วยฟิล์มที่เติมสารสกัดชาเขียวมีการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ รา และแบคทีเรียแลกติก ช้ากว่าตัวอย่างอื่นส่งผลให้ ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสซึ่งพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ห่อด้วยฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวมีการเปลี่ยนสี, กลิ่นผิดปรกติ และการเกิดเมือกช้ากว่าตัวอย่างอื่น ทั้งนี้การใช้ฟิล์มไคโตซานที่เติมและไม่เติมสารสกัดชาเขียวจะยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ไส้กรอกได้นาน 16 วันที่อุณหภูมิ 4 $^{\circ}$C เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่เก็บรักษาได้น้อยกว่า 12 วันที่อุณหภูมิเดียวกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวสามารถรักษาคุณภาพ, ลดการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation, ชะลอการเจริญของจุลินทรีย์และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูได้

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต น.ส. สุภารัตน์ น้อยผา
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
ปีการศึกษา 2552

5072531123 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEYWORDS : Green Tea / Chitosan film / Antioxidant / Antimicrobial

SUPARAT NOIPHA : USE OF CHITOSAN FILM CONTAINING GREEN TEA (*Camellia sinensis*) EXTRACT FOR SHELF LIFE EXTENSION OF PORK SAUSAGE

THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. UBONRAT SIRIPATRAWAN, Ph.D., 89 pp.

This research purposed the use of chitosan film containing green tea extract to extend shelf life of pork sausage. The experiments were divided into 3 parts. Firstly, to determine the optimum conditions for preparing green tea extract by varying temperature (50, 60, 70 ^{0}C) and time (10, 20, 30 min) of extraction. The results showed that temperature and time suitable for green tea extraction was at 70 ^{0}C for 20 min, which giving of the highest total phenolic content (TPC) 154.77 mg gallic acid equivalent/g sample (mg GAE/g). The optimum concentration of green tea extract was then determined by 2, 5, 10 and 20% (w / v) by measuring the TPC, radicals scavenging 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and the ability to inhibit *Staphylococcus aureus* TISTR 118, *Salmonella enteritidis* DMST 17368, *Escherichia coli* TISTR 780 and *Pseudomonas fluorescens* TISTR 358 using agar diffusion method. The result showed that TPC (ranging from 155.08-605.61 mg GAE /g sample) of the extract significantly increased ($p \leq 0.05$) with increasing green tea concentration, and at 10% (w / v) the extract had the highest % DPPH (70.32%) and was able to inhibit *S. aureus* and *E. coli*. Secondly, chitosan films containing green tea extract were prepared by adding 0, 2, 5, 10 and 20% (w/v) of green tea extract into film forming solution. It was found that water vapor permeability (WVP), thickness, the color redness (a*), the yellowness (b*) and color differential (ΔE) increased but lightness (L*) decreased significantly ($p \leq 0.05$) with increasing green tea concentration. The TPC and % DPPH radicals of the films also increased significantly ($p \leq 0.05$) with increasing green tea concentration except for film containing 20% green tea extract. The results also showed that films containing green tea extract were able to inhibit bacterial growth under the film contact area, however, there was no inhibition zone. The results suggested that chitosan film containing 10% green tea extract was the optimum concentration and was then used for further experiment. Finally, the chitosan film containing 10% green tea extract was used as a wrapping film for shelf life extension of pork sausage. The results were compared with those wrapping with chitosan film (without green tea extract). Samples without chitosan film wrapping were used as control. Changes in the physical qualities including color values (L* a* and b*) and texture (cutting force), the chemical qualities including pH and thiobarbituric value (TBA), the microbiological qualites including aerobic total plate count, yeast and mould and lactic acid bacteria, and sensory qualities including color, the occurrence of mucus, odor, and overall acceptance the sausage samples were determined at 4 day intervals throughout the storage period samples wrapping with film containing green tea extract had higher cutting force, L*and b* values, but lower a* value, TBA and microbial growth than those wrapping with chitosan film and control. The results showed that control samples film had shelf life of less than 12 days. Based on microbiological property, both chitosan film and film containing green tea extract were able to extend shelf life of the sausage for up to 16 days. However, samples wrapped with film containing green tea extract had better qualities than those wrapped with chitosan film. Therefore, it was concluded that chitosan film containing green tea extract could maintain sausage qualities, reduce the lipid oxidation and extend shelf life of the pork sausage.

Department : Food Technology Student's Signature Suparat Noipha

Field of Study : Food Technology Advisor's Signature U. Sir

Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ โดยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนความเอาใจใส่ดูแลและให้ความช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดมาโดยตลอด รวมถึงกรุณาช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นินนาท ชินประหัษฐ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชื่นจิต ประกิตชัยวัฒนา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.สุวัสสา พงษ์อำไพ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก เป็นอย่างสูงที่กรุณาเสียสละเวลามาตรวจสอบ พร้อมทั้งชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบคุณพี่ น้องและเพื่อนๆ ปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจตลอดการวิจัย รวมถึงเจ้าหน้าที่ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่าน สำหรับการอำนวยความสะดวกในการวิจัย

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัวติณเวสและครอบครัวน้อยผาทุกท่าน ที่ได้สั่งสอนให้ผู้วิจัยมีความอดทน ให้กำลังใจ และความห่วงใยพร้อมทั้งสนับสนุนในด้านทุนทรัพย์ให้แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฑ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 วารสารปริทัศน์..... 3

2.1 ชาเขียว..... 3

2.1.1 สารประกอบฟีนอลิกในชาเขียว..... 4

2.1.2 การใช้ประโยชน์ของ Catechins ในชาเขียว..... 5

2.1.2 สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ..... 7

2.1.2 สมบัติการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์..... 9

2.2 ฟิล์มและสารเคลือบที่บริโภคได้..... 9

2.2.1 ประเภทของฟิล์มและสารเคลือบที่บริโภคได้..... 10

2.2.2 ข้อดีของฟิล์มและสารเคลือบที่บริโภคได้..... 11

2.3 ไคโตซาน..... 12

2.4 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกและการเสื่อมเสีย 15

2.4.1 การเสื่อมเสียจากการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส 15

2.4.2 การเสื่อมเสียเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏ..... 17

3 การดำเนินงานวิจัย..... 21

สารเคมี..... 21

วัตถุดิบ..... 21

จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง..... 21

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย..... 22

หน้า

3.1 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารสกัดชาเขียว 22
3.1.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดชาเขียว
ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด..... 22
3.1.2 การศึกษาผลของอัตราส่วนของชาเขียวต่อตัวทำละลาย..... 23
3.1.2.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด..... 23
3.1.2.2 สมบัติการต้านอนุมูล DPPH 23
3.1.2.3 สมบัติการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย..... 23
3.1.3 การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ 24
3.2 การศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากชาเขียวต่อสมบัติของฟิล์มไคโตซาน..... 24
3.2.1 สมบัติทางกายภาพ..... 25
3.2.1.1 ความหนา..... 25
3.2.1.2 ค่าทางสี (L a* b*)..... 25
3.2.1.3 ค่าการซึมผ่านของไอน้ำ (WVP) 25
3.2.2 สมบัติทางเคมี..... 26
3.2.2.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด..... 26
3.2.2.2 สมบัติการต้านอนุมูล DPPH..... 26
3.2.3 สมบัติการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย..... 26
3.2.4 การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ..... 26
3.3. การศึกษาการใช้ฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวในการยืดอายุ
ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู..... 26
3.3.1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์
ไส้กรอกหมู 27
3.3.1.1 ค่าทางสี..... 27
3.3.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส..... 27
3.3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู 28
3.3.2.1 ค่า pH..... 28
3.3.2.2 ค่า TBA 28
3.3.3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์
ไส้กรอกหมู 29

หน้า

3.3.4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู 29
3.3.5 การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ 30
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 31
4.1 การศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารสกัดชาเขียว 31
4.1.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 31
4.1.2 การศึกษาผลของอัตราส่วนของปริมาณชาเขียวต่อตัวทำละลายต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูล DPPH 32
4.1.3 การศึกษาผลของอัตราส่วนของปริมาณชาเขียวต่อตัวทำละลายต่อสมบัติการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ 34
4.2 การศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากชาเขียวต่อสมบัติของฟิล์มไคโตซาน 36
4.2.1 สมบัติทางกายภาพ 37
4.2.1.1 ความหนา 37
4.2.1.2 ค่าทางสี (L a* b*) 37
4.2.1.3. ค่าการซึมผ่านไอน้ำ 38
4.2.2 สมบัติทางเคมี 39
4.2.2.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูล DPPH 39
4.2.3 สมบัติการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ 40
4.3. การศึกษาการใช้ฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวในการยืดอายุผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู 42
4.3.1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู
4.3.1.1 ค่าทางสี 43
4.3.1.2 ลักษณะเนื้อสัมผัส 46
4.3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู 48
4.3.2.1 ค่า pH 48
4.3.2.2 ค่า TBA 50

หน้า

4.3.3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู..... 53
4.3.3.1 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดยีสต์ ราและแบคทีเรียแลกติกทั้งหมด..... 53
4.3.4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู 55
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 59
5.1 สรุปผลการทดลอง..... 59
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 59
รายการอ้างอิง..... 60
ภาคผนวก..... 70
ภาคผนวก ก แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส..... 71
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการทดลองเพิ่มเติม..... 72
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 77
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 89

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สาร catechins ในใบชา.....	6
4.1	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเมื่อใช้เวลาและอุณหภูมิในการสกัดแตกต่างกัน.....	32
4.2	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติต้านอนุมูล DPPH เมื่อแปรอัตราส่วนความเข้มข้นของชาเขียว.....	33
4.3	บริเวณที่ยับยั้ง *S. aureus*, *E. coli*, *P. fluorescens* และ S. Enteritidis เมื่อแปรอัตราส่วนความเข้มข้นของชาเขียว.....	35
4.4	ค่าความหนาของฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นต่างๆ.....	37
4.5	ค่าทางสีของฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นต่างๆ	38
4.6	ค่าการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นต่างๆ.....	39
4.7	ค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติต้านอนุมูล DPPH ของฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นระดับต่างๆ.....	40
4.8	บริเวณที่ยับยั้งแบคทีเรียที่ทดสอบด้วยฟิล์มที่เติมสารสกัดชาเขียว.....	41
4.9	ค่า L* a* b*และ ΔE ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ4^{0}C.....	45
4.10	ค่าแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^{0}C	47
4.11	ค่า pH ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^{0}C	49
4.12	ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^{0}C.....	52
4.13	ปริมาณจุลินทรีย์ชนิดต่างๆในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู (CFU/g) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^{0}C	53
ข.1	ระดับสี ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^{0}C เป็นเวลา 20 วัน	73
ข.2	การเกิดเมือก ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^{0}C เป็นเวลา 20 วัน	74

หน้า

ข.3 กลิ่นผิดปรกติของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^{0}C เป็นเวลา 20 วัน 75

ข.4 การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4^{0}C เป็นเวลา 20 วัน 76

ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลของอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด..... 77

ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยแปรอัตราส่วนปริมาณชาเขียวต่อตัวทำละลาย..... 77

ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ สมบัติต้านอนุมูล DPPH โดยแปรอัตราส่วนปริมาณชาเขียวต่อตัวทำละลาย..... 78

ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของบริเวณที่ยับยั้ง *E. coli* โดยแปรอัตราส่วนปริมาณชาเขียวต่อตัวทำละลาย..... 78

ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของบริเวณที่ยับยั้ง *S. aureus* โดยแปรอัตราส่วนปริมาณชาเขียวต่อตัวทำละลาย..... 79

ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความหนาของฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นต่างๆ..... 79

ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าทางสี (L*) ของฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นต่างๆ..... 80

ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าทางสี (a*) ของฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นต่างๆ..... 80

ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าทางสี (b*) ของฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นต่างๆ 81

ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าทางสี (ΔE) ของฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นต่างๆ..... 81

ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านไอน้ำ (wvp) ของฟิล์มไคโตซาน ที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นต่างๆ..... 82

ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นต่างๆ..... 82

ค.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติสมบัติต้านอนุมูล DPPH ของฟิล์มไคโตซานที่เติมสารสกัดชาเขียวความเข้มข้นต่างๆ..... 83

หน้า

ค.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า L* ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 วัน..... 83

ค.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า a* ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 วัน..... 84

ค.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า b* ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 วัน..... 84

ค.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า ΔE ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 20 วัน..... 85

ค.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าแรงตัดขาด (เนื้อสัมผัส) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 20 วัน..... 85

ค.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า pH ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 วัน 86

ค.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 วัน 86

ค.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของระดับสีในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 วัน 87

ค.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของกลิ่นผิดปรกติในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 วัน..... 87

ค.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการเกิดเมือกในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 วัน 88

ค.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการยอมรับโดยรวมในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 20 วัน 88

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ประเภทของชา	3
2.2	โครงสร้างของ flavanol (a) และ catechol หรือ ortho-diphenolic group(b).....	5
2.3	โครงสร้างของ catechins และ อนุพันธ์ในใบชา.....	6
2.4	โครงสร้างของ chitin และ chitosan.....	12
2.4	โครงสร้าง heme ของ myglobin โดยมี methyl group (M), propionic acid group (P) และ vinyl group (V) เกาะอยู่กับ porphyrin ring ซึ่งห่อหุ้ม Fe ไว้ภายในโครงสร้าง.....	19
4.1	แสดงโครงสร้างของ EGCG ซึ่งมี carbon-hydrogen bonds ใน D ring ที่ประกอบด้วย a bonds และ e bond	34
4.2	คะแนนระดับสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C.....	57
4.3	คะแนนการเกิดเมือกของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4^{0}C.....	57
4.4	คะแนนกลิ่นผิดปรกติของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4^{0}C	58
4.5	คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4^{0}C	58