รายงานการวิจัย

ชื่อโครงการภาษาไทย: การประยุกต์ใช้สารสกัดจากสมุนไพรไทยในการยืดอายุการเก็บอาหารที่เน่าเสียง่าย

ชื่อโครงการภาษาอังกฤษ: Application of Thai medicinal plant extract to extend shelf-life of perishable food

ชื่อผู้วิจัย: นางสาวสุรีย์ นานาสมบัติ หัวหน้าโครงการวิจัย

QCH
RS
180
.T5
N4671
ค.1
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....121178
วัน, เดือน, ปี.....25 ส.ค. 2555
b.12405682
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ

พ. ศ. 2554

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การประยุกต์ใช้สารสกัดจากสมุนไพรไทยในการยืดอายุการเก็บอาหารที่เน่าเสียง่าย

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาอังกฤษ) Application of Thai medicinal plant extract to extend shelf-life of perishable food

แหล่งเงิน เงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึง กันยายน พ.ศ. 2554

หัวหน้าโครงการวิจัย: รศ .ดร .สุรีย์ นานาสมบัติ

หน่วยงานต้นสังกัด: สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อีเมลล์: knsuree@kmitl.ac.th

คำสำคัญ (Keywords): *Phyllanthus emblica*, antioxidant, antimicrobial, natural preservative, raw Pork

บทคัดย่อ

ในการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากมะขามป้อม (ร้อยละ 0.25 – 2.0) ต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการต้านออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูบดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในเนื้อหมูบดขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัดจากมะขามป้อม สารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 มีผลช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟและจำนวน *Pseudomonas* ในเนื้อหมูบดได้ดีที่สุดเมื่อเก็บรักษาครบ 12 วัน เชื้อดังกล่าวในเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 มีอัตราการรอดชีวิตเหลือเพียงร้อยละ 23.27, 136.43 และ 2.06 ตามลำดับ เนื้อหมูบดยังคงมีลักษณะปรากฏยอมรับได้มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.52 ซึ่งไม่เหมือนเนื้อหมูบดชุดควบคุมที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากมะขามป้อมมีลักษณะปรากฏที่แสดงถึงการเน่าเสีย เช่น เนื้อเละยุ่ย มีสีเขียวและมีกลิ่นเหม็นเน่าหลังจากเก็บรักษาครบ 12 วัน นอกจากนี้การเติมสารสกัดจากมะขามที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ยังมีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ดีที่สุดโดยสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า Thiobarbituric reactive substance (TBARS) ในเนื้อหมูบดแช่เย็นระหว่างการเก็บรักษาได้ดี ต่อมาได้นำเนื้อหมูบดแช่เย็นที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมร้อยละ 2.0 มาทำเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดปรุงรสพบว่าผู้ทดสอบชิมบางคนในจำนวน 12 คนไม่สามารถตรวจจับกลิ่นรสของมะขามป้อมที่เติมลงไปได้เนื่องจากไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากที่นำเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตจากเนื้อหมูบดแช่เย็นที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมร้อยละ 2.0 กับเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตจากเนื้อหมูบดสดมาทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Duo – trio test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

The effect of *Phyllanthus emblica* extract (0.25 – 2.0%) on inhibition of microbial growth and lipid oxidation in ground pork during chill storage at 4 °C was studied. It was found that capability to inhibit microbial growth in ground pork depended on concentration of *P. emblica* extract added. The *P. emblica* extract at 2.0% was the most effective to decrease the number of total bacteria, total psychotrophic bacteria and *Pseudomonas* in ground pork. After 12-day storage, total bacteria, total psychrotrophic bacteria and *Pseudomonas* in ground pork samples added with 2.0% *P. emblica* extract had survival rate of 23.27%, 136.43% and 2.06%, respectively, while these ground pork samples had acceptable appearance with 5.52 pH value. Differently, the control samples, ground pork samples without *P. emblica* extract added exhibited deterioration characteristics with soft lexture, green color surface and stinky odor after 12 days of storage. Moreover, addition of 2.0% *P. emblica* extract was the most effective to delay lipid oxidation by slowing down the increasing of thiobarbituric reactive substance (TBARS) value of chilled ground pork during storage. Then, the chilled ground pork with 2.0% *P. emblica* extract was used to produce seasoned ground pork product. Some of 12 taste panels could not detect flavor of *P. emblica* added in the product. After duo-trio testing, no significant difference was found between the seasoned ground pork samples made from chilled ground pork with 2.0% *P. emblica* extract and those made from fresh ground pork without the *P. emblica* extract.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/การทบทวนวรรณกรรม	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	15
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	23
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	42
บรรณานุกรม	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* Linn.) เป็นผลไม้ที่มีอยู่ในหลายประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มะขามป้อมเป็นไม้ผลัดใบซึ่งมีขนาดปานกลางถึงใหญ่ เป็นผลไม้ที่มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่นๆ คือให้วิตามินซี 1 กรัมต่อน้ำผลไม้ 100 มิลลิลิตร มะขามป้อมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งผลแห้ง ผลสด เมล็ด ใบ ราก เปลือกไม้ และดอก ในสมัยโบราณมีการนำมะขามป้อมมาใช้เป็นยา เช่น ยาสมุนไพรของจีนและธิเบต ยาโบราณของอินเดียที่ใช้ในการรักษาโรคหลายชนิด (Scartezzini และ Speroni, 2000) มะขามป้อมมีสมบัติต้านการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดี มีรายงานว่ามะขามป้อมมีกิจกรรมในการยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* ซึ่งมีค่า MIC เท่ากับ 13.97 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและค่า MBC เท่ากับ 13.97 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (Mayachiew และ Devahastin, 2008) กนิษฐาและคณะ (2551) ได้ทำการศึกษากิจกรรมการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผลไม้พื้นบ้านของไทยทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ พิลังกาสา มะกอกน้ำ มะขวิด มะขามป้อม มะดันและมะเฟือง พบว่ามะดัน มะขามป้อมและมะกอกน้ำ มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ได้กว้างที่สุด โดยเฉพาะสารสกัดจากมะขามป้อมสามารถยับยั้งการเจริญของ *Pseudomonas fluorescens* และ *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุดซึ่งมีค่า MIC เท่ากับ 2.56 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและยังพบว่าสารสกัดจากมะขามป้อมมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกว่ามะขามป้อมมีคุณสมบัติในการป้องกันโรคเบาหวาน บำรุงรักษาตับ รักษาโรคหัวใจ โรคโลหิตจางและโรคอื่นๆ ช่วยสร้างภูมิคุ้มกัน ช่วยบรรเทาอาการไข้ บรรเทาปวด ปกป้องเซลล์ ป้องกันโรคกระเพาะ ช่วยให้ความจำดีขึ้น รวมถึงลดระดับคลอเลสเทอรอลอีกด้วย (Khan, 2009)

เนื้อหมูแช่เย็นเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่เก็บไว้ได้ไม่นานมักจะเกิดการเน่าเสียโดยจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่เป็นสาเหตุการเน่าเสียของเนื้อสัตว์แช่เย็นได้แก่ จุลินทรีย์ไซโครโทรฟ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญจะอยู่ในช่วง 10-15 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่แนะนำสำหรับเพาะเลี้ยงให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตคืออุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า และสามารถสร้างโคโลนีให้เห็นได้ภายใน 7-10 วัน (Jay และคณะ, 2005) มีรายงานการพบเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียไซโครโทรฟในเนื้อสัตว์แช่เย็น แบคทีเรียที่พบได้แก่ *Acinetobacter*, *Enterobacter*, *Brochothix*, *Salmonella* และอื่นๆ โดยเฉพาะ *Pseudomonas* spp. (Warriss, 2000) ซึ่งพบได้ในเนื้อทุกประเภทที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เนื้อที่เน่าเสียโดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นเมือกและมีกลิ่นที่ผิดปกติและจะสลายโปรตีนหรือเมแทบอไลซ์ได้กรดอะมิโนซึ่งทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่ดี (Feiner, 2006) นอกจากนี้ไขมันในเนื้อจะเกิดออกซิเดชันอีกด้วย อาหารประเภทเนื้อสัตว์มีไขมันที่ไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะฟอสโฟลิปิดซึ่งประกอบไปด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวในอัตราส่วนที่สูงที่สุดและยังมีสาร prooxidant ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ง่าย (Monahan, 2000)

ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องหาวิธีการที่สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อหมูบดแช่เย็น ซึ่งในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมบริโภคอาหารที่ใช้วิธีการถนอมอาหารแบบธรรมชาติกันมากขึ้นการใช้สารธรรมชาติในการยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์เนื้อแช่เย็นเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้ชะลอการเสื่อมคุณภาพได้ ดังการรายงานของ Sáyago-Ayerdi และคณะ (2009) ได้รายงานว่าใบอาหารจากองุ่นมีประสิทธิภาพในการต้านการออกซิเดชันของไขมันได้ดีโดยความสามารถในการต้านออกซิเดชันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้ นอกจากนี้ Naveena และคณะ (2008) พบว่าสารสกัดจากเปลือกทับทิมสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในพายไก่ที่ปรุงสุกได้ดีกว่า BHT แต่ยังไม่เคยมีการนำมะขามป้อมมาใช้ในการยืดอายุการเก็บอาหาร ดังนั้นน่าสนใจที่จะทดลองนำมะขามป้อมมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมูบดแช่เย็นเพื่อประโยชน์และความปลอดภัยของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากมะขามป้อมต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสียและกระบวนการต้านออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูบดแช่เย็น
2. เพื่อประยุกต์ใช้เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/การทบทวนวรรณกรรม

2.1 สารถนอมอาหารจากธรรมชาติ

สำหรับสารถนอมอาหารนั้นได้มีการเริ่มใช้มาตั้งแต่สมัยโบราณและเป็นลักษณะภูมิปัญญาชาวบ้านด้วยทั้งสิ้น โดยเฉพาะการใช้เกลือและน้ำตาล เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากบางครั้งอาหารที่มีอยู่ไม่สามารถบริโภคให้หมดในคราวเดียวได้หรือบางครั้งอาจต้องการจะเก็บอาหารนั้นไว้บริโภคนอกฤดูกาล ฉะนั้นเพื่อให้สามารถเก็บอาหารได้เป็นระยะเวลานาน จึงได้มีการเก็บถนอมอาหารโดยอาศัยกรรมวิธีการแปรรูปอาหารต่างๆ เช่น กรรมวิธีการแปรรูปที่อาจใช้เป็นกรรมวิธีที่ใช้ความร้อน ความเย็น รังสี หรือการทำให้แห้งเป็นต้น แต่ผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดไม่เหมาะที่จะเก็บถนอมด้วยวิธีที่กล่าววัตถุกันเสียจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ ปัจจุบันความต้องการใช้สารถนอมอาหารในอุตสาหกรรมอาหารได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากสารถนอมอาหารมีประโยชน์ต่อวงการอุตสาหกรรมอาหารหลายประการเช่น สารถนอมอาหารจะมีส่วนช่วยในการถนอมหรือยืดอายุในการเก็บของอาหาร ช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร เป็นต้น (ศิวาพร, 2535) การที่จะสามารถเก็บถนอมอาหารไว้เป็นระยะเวลานานได้ โดยที่อาหารมีคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลงหรือเกิดการเน่าเสียนั้น อาจทำได้โดยอาศัยวิธีการทางฟิสิกส์ เช่น การใช้ความร้อนหรือความเย็นเข้าช่วยหรือใช้วิธีการลดปริมาณน้ำในอาหารหรือใช้รังสีหรืออาจจะใช้สารเคมีประเภทวัตถุกันเสียก็ได้ (ศิวาพร, 2535)

2.2 การใช้วัตถุกันเสียเป็นวัตถุเจือปนอาหาร

การใช้วัตถุกันเสียเป็นวัตถุเจือปนอาหารเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดการเน่าเสียของอาหารที่เกิดจากจุลินทรีย์ เนื่องจากการเน่าเสียของอาหารส่วนใหญ่มักจะมีสาเหตุจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอาหาร อาหารนั้นนอกจากจะเป็นอาหารสำหรับมนุษย์แล้วในขณะเดียวกันก็เป็นอาหารตามธรรมชาติของจุลินทรีย์ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารครบมีความชื้นและความเป็นกรดด่างพอเหมาะ ฉะนั้นการใช้วัตถุกันเสียในอาหาร จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการชะงักการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์เหล่านั้นเพื่อช่วยให้เก็บอาหารได้นานขึ้น สำหรับการใช้วัตถุกันเสียใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารนั้นอาจทำได้โดยการใส่ลงไปกับอาหารโดยตรงในขณะแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารนั้นหรืออาจทำให้อยู่ในรูปของสารละลายก่อนแล้วค่อยใส่ลงไป ตัวอย่างเช่น ในผลิตภัณฑ์ผลไม้ต่างๆ หรืออาจใช้วิธีพ่นหรือเคลือบบนผิวอาหารและก่อนการใช้วัตถุกันเสียทุกครั้งควรจะต้องมีการศึกษาถึงชนิดและปริมาณที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้เสียก่อน (ศิวาพร, 2535)

2.1.1 กลไกของวัตถุกันเสียในการช่วยยืดอายุการเก็บของอาหาร

วัตถุกันเสียจะช่วยยืดอายุการเก็บของอาหารได้โดยการไปควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรือไปทำลายส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทุกส่วนของเซลล์ของจุลินทรีย์ วัตถุกันเสียที่ใช้จะไปมีผลต่อสิ่งต่างๆดังนี้

ก.) ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ วัตถุกันเสียที่ใช้อาจมีผลทำให้ความสามารถในการให้อาหารแทรกซึมผ่านผนังเซลล์เสียไป หรือมีการเกิดการฉีกขาดที่ผนังเซลล์เกิดขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้จุลินทรีย์ตายได้

ข.) การทำงานของเอนไซม์ วัตถุกันเสียที่ใช้จะไปชะงักหรือทำให้ประสิทธิภาพของเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์เสียไป ทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หยุดชะงักหรือตายได้

ค.) กลไกด้านพันธุกรรม วัตถุกันเสียที่ใช้จะไปทำลายหรือมีผลต่อสารที่มีความสำคัญในด้านพันธุกรรม เช่น ดีเอ็นเอ อาร์เอ็นเอ ทำให้ขบวนการแบ่งเซลล์หยุดชะงักหรือผิดปกติไป ซึ่งเป็นวิธีการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาได้ (ศิวาพร, 2535)

2.2.2 วัตถุกันเสียที่นิยมใช้ในอาหาร

ก.) กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์และอนุพันธุ์ที่นิยมใช้เป็นวัตถุกันเสียรวมถึงกรดอะซิตริก กรดเบนโซอิก กรดโพพิออนิก กรดซอร์บิก เกลือของกรดชนิดต่างๆที่กล่าวมาแล้วและพาราเบนส์ เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมใช้มักเป็นอาหารที่เห็นกรดสูง เช่นเครื่องดื่มชนิดต่างๆ แยมและเยลลี่เป็นต้น เพราะกรดเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพสูงในรูปที่ไม่แตกตัว (ศิวาพร, 2535)

ข.) เกลือซัลไฟต์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลือซัลไฟต์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นวัตถุกันเสียที่มีการรู้จักใช้กันมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ส่วนใหญ่ใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทผักและผลไม้แห้ง เครื่องดื่มต่างๆรวมทั้งไวน์และน้ำหวานเป็นต้น เมื่อเกลือซัลไฟต์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ละลายน้ำจะได้กรดซัลฟูริกเกิดขึ้น ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการช่วยทำลายหรือชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (ศิวาพร, 2535)

ค.) สารประกอบไนไตรต์และไนเตรต

การใช้สารประกอบไนไตรต์และไนเตรตในอาหารนั้น ส่วนใหญ่มักจะใช้เพื่อช่วยให้มีการเกิดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อ แต่พบว่าการใช้สารประกอบดังกล่าวสามารถช่วยชะลอการเจริญเติบโตของ *Clostridium botulinum* และการสร้างสารพิษของเชื้อดังกล่าวในผลิตภัณฑ์เนื้อ และปลาลงได้ แต่ไม่สามารถป้องกันการงอกของสปอร์ได้ ประสิทธิภาพของสารประกอบนี้จะดีที่สภาวะความเป็นกรด-ด่างต่ำ เพราะประสิทธิภาพจะขึ้นกับปริมาณกรดไนตรัสที่มีอยู่ (ศิวาพร, 2535)

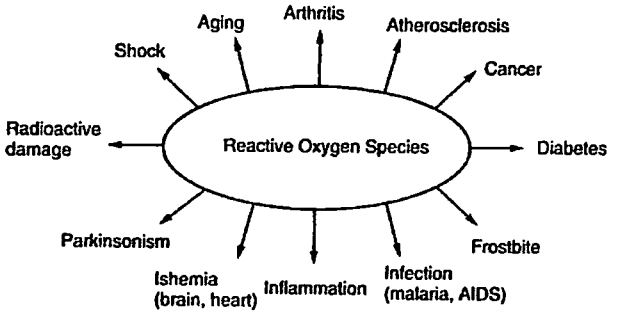
ง.) เอททีลีนและโพรไพลีนออกไซด์

เอททีลีนและโพรไพลีนออกไซด์ เป็นวัตถุกันเสียประเภทที่เป็นแก๊ส นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ เช่นพวกธัญพืชและเครื่องเทศต่างๆเป็นต้น มีประสิทธิภาพในการช่วยทำลายยีสต์ รา และแบคทีเรียได้ดี (ศิวาพร, 2535)

2.3 คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารฟีนอลิกในอาหาร (Antioxidant properties of food phenolics)

สารต้านอนุมูลอิสระจะชะลอหรือป้องกันการเกิดกฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างเห็นได้ชัด เมื่อมีอยู่ในอาหารหรือในร่างกายเพียงเล็กน้อย โรงงานผลิตอาหารจะใช้สารต้านอนุมูลอิสระชนิดที่ใช้ได้ในอาหารซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลิกจากธรรมชาติเพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์และยังคงคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้ สารต้านอนุมูลอิสระยังได้รับความสนใจจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านสุขภาพอีกด้วย เพราะสารนี้จะไปช่วยปกป้องการต่อต้านการทำลายตัวเองของร่างกายซึ่งมีสาเหตุมาจาก reactive oxygen species (ROS) รวมทั้ง reactive nitrogen species (RNS) และ reactive chlorine species (RCS) ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดโรคเมื่อร่างกายเสื่อมสภาพ แสดงดังรูปที่ 2.1 (Shahidi และ Naczk, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



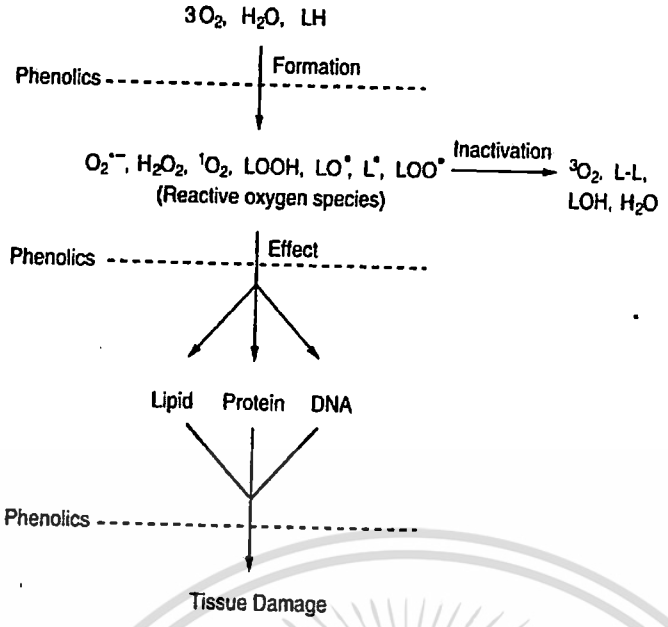
รูปที่ 2.1 โรคและความเสียหายที่เกิดจาก reactive oxygen species

ที่มา : Shahidi และ Naczk (2004)

สารต้านอนุมูลอิสระจะทำงานในขั้นตอนที่ต่างกันในลำดับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกี่ยวข้องกับโมเลกุลไขมันซึ่งอาจจะไปลดปริมาณออกซิเจน ยับยั้ง singlet oxygen ป้องกันปฏิกิริยาลูกโซ่ลำดับแรกในขั้น initiation โดยการกำจัดอนุมูลเริ่มต้น เช่นอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radicals) จับกับตัวเร่งที่เป็นไอออนของโลหะหนัก ทำลายผลิตภัณฑ์ตัวแรกของปฏิกิริยาออกซิเดชันให้อยู่ในรูป nonradical species และทำลายปฏิกิริยาลูกโซ่ในการป้องกันการดึงไฮโดรเจนออกจากสารตั้งต้นอย่างต่อเนื่อง (Shahidi และ Naczk, 2004)

สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่มาจากแหล่งอาหารรวมถึงสารประกอบฟีนอลิก กลไกที่เกิดจากการใช้สารต้านอนุมูลอิสระนี้ผันแปรขึ้นอยู่กับลักษณะองค์ประกอบอาหารรวมทั้งส่วนประกอบที่พบในปริมาณน้อย นอกจากนี้ประโยชน์ต่อสุขภาพในการบริโภคอาหารที่มาจากพืชเกี่ยวข้องกับการมีสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีความสัมพันธ์กับการต่อต้านความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็ง และต้อกระจก รวมถึงโรคอื่นๆที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของร่างกาย ซึ่งการต่อต้านนี้จะสำเร็จได้โดยการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน การเกิดพันธะข้ามของโปรตีน (protein cross linking) และการผ่าเหล่าของ DNA (DNA mutation) และการยืดระยะการทำลายเนื้อเยื่อที่ช้าลง แสดงดังรูปที่ 2.2 (Shahidi และ Naczk, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 บทบาทในการป้องกันโรคที่เกิดจาก reactive oxygen species ของสารฟีนอลิก

ที่มา : Shahidi และ Naczk (2004)

ถึงแม้ว่าสารประกอบฟีนอลิกและอนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (autoxidation) แต่ปัจจุบันมีสารประกอบฟีนอลิกเพียงสองสามชนิดเท่านั้นที่อนุญาตให้ใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระสำหรับอาหาร ข้อพิจารณาหลักในการยอมรับสารต้านออกซิเดชันนี้ ได้แก่กิจกรรมความเป็นพิษหรือความสามารถในการก่อให้เกิดมะเร็ง ได้มีการศึกษาสารต้านอนุมูลอสระฟีนอลิกที่ได้รับการรับรองอย่างกว้างขวางแต่ความเป็นพิษของผลิตภัณฑ์เสื่อมสภาพนั้นยังคงไม่ชัดเจน (Shahidi และ Naczk, 2004)

กระบวนการปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (autoxidation) ของไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsatursated lipid) ในอาหารล้วนมีสาเหตุจากปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ (a free radical chain reaction) ซึ่งโดยปกติแล้วปฏิกิริยาจะเริ่มเมื่อไขมันได้รับแสง ความร้อน รังสี ไอออนของโลหะหนัก หรือตัวเร่งการจับกันระหว่างโลหะกับโปรตีน (metalloprotein catalysts) เอนไซม์ไลพอคซีจีเนส (lipoxygenase) สามารถเริ่มปฏิกิริยาออกซิเดชันได้อีกด้วย วิถีการเกิดกระบวนการออโตออกซิเดชันประกอบด้วย ขั้นตอนเริ่มต้น (initiation) ซึ่งการผลิตอนุมูลิสระของไขมัน (lipid free radicals) ขั้นตอน propagation และขั้นตอน terminal ซึ่งมีการผลิต nonradical แสดงดังปฏิกิริยา (1) – (4) แบบแผนโดยทั่วไปสำหรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (RH) และผลที่เกิดขึ้นในการเสื่อมคุณภาพของอาหาร แสดงดังรูปที่ 2.3 (Shahidi และ Naczk, 2004)

Initiation $RH \rightarrow R^{\bullet} + H^{\bullet}$ (1)

Propagation $R\bullet + O_2 \rightarrow ROO^{\bullet}$ (2)

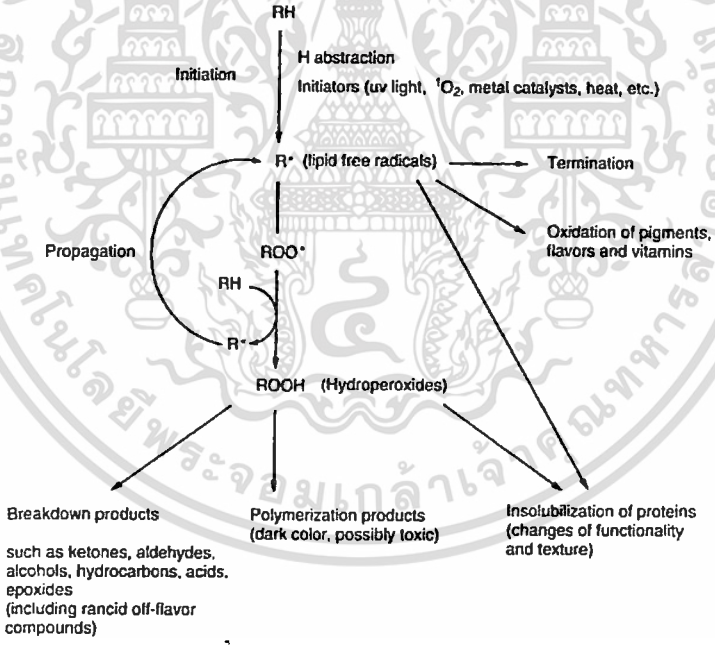
$ROO^{\bullet} + RH \rightarrow R^{\bullet} + ROOH$ (3)

Termination

$R^{\bullet} + R^{\bullet}$

$R^{\bullet} + ROO^{\bullet}$ } nonradical product (4)

$ROO^{\bullet} + ROO^{\bullet}$



รูปที่ 2.3 แบบแผนทั่วไปในการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันของไขมันซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (RH) และผลจากการเสื่อมคุณภาพของอาหาร

ที่มา : Shahidi และ Naczk (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 กลไกการต้านอนุมูลอิสระของสารฟีนอลิก (Mechanism of action of phenolic antioxidants)

การศึกษาด้านพลังงานจลน์ของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเริ่มแรกกระทำโดย Boland และ ten – Have ซึ่งได้เสนอไว้ดังปฏิกิริยาที่ (5) และ (6) สำหรับตัวยุติอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสารประกอบฟีนอลิก (AH) จะไปขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยการให้อะตอมไฮโดรเจนกับอนุมูลของไขมัน (lipid radicals) อย่างรวดเร็ว แสดงดังปฏิกิริยาที่ (5) และ (6) โดยในปฏิกิริยาที่ (6) จะเกิดแข่งกับปฏิกิริยาลูกโซ่ในขั้น propagation ในปฏิกิริยาที่ (3) และ (9) (Shahidi และ Naczk, 2004)

$$ROO^{\cdot} + AH \rightarrow ROOH + A^{\cdot} \quad (5)$$

$$RO^{\cdot} + AH \rightarrow ROH + A^{\cdot} \quad (6)$$

$$ROO^{\cdot} + A \rightarrow ROOH \quad (7)$$

$$RO^{\cdot} + A \rightarrow ROA \quad (8)$$

$$RO^{\cdot} + RH \rightarrow ROOH + R^{\cdot} \quad (9)$$

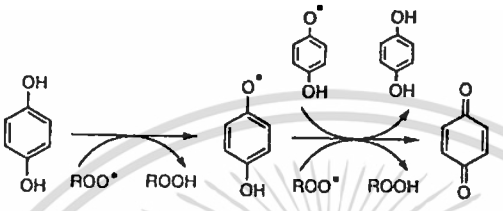
ปฏิกิริยาเหล่านี้เป็นปฏิกิริยาคายพลังงานโดยธรรมชาติ พลังงานกระตุ้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อพลังงานการสลายพันธะ A – H และ R – H เพิ่มขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระ(AH) จะเพิ่มขึ้นเมื่อความแข็งแรงของพันธะ A – H ลดลง อนุมูลฟีนอกซี (phenoxy radical) จะต้องไม่เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระตัวใหม่หรือไม่ทำให้เกิดการออกซิเดชันอย่างรวดเร็วโดยปฏิกิริยาลูกโซ่ ในเรื่องนี้สารต้านอนุมูลอิสระฟีนอลิกเป็นตัวให้ไฮโดรเจนอะตอมหรืออิเล็กตรอนที่ยอดเยี่ยม นอกจากนี้ยังมีอนุมูลตัวกลาง (radical intermediate) ที่ค่อนข้างเสถียรเนื่องจาก resonance delocalization และการที่ไม่มีจุดที่เหมาะสมสำหรับการเข้ากระทำโดยโมเลกุลของออกซิเจน (Shahidi และ Naczk, 2004)

ในร่างกายอนุมูลอิสระอาจเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคและการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ เช่น ปอด หัวใจ ระบบหลอดเลือดหัวใจ ไต ตับ ตา ผิวหนัง กล้ามเนื้อ และสมอง รวมทั้งกระบวนการเกี่ยวกับการชรา oxidants และ radicals เป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคเหล่านี้ แต่ปกติตามธรรมชาติในร่างกายของแต่ละคนจะมีเอนไซม์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตามอายุและคนแต่ละคนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจ็บป่วยด้วยโรคบางชนิด สารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายก็อาจต้องการสารต้านอนุมูลอิสระจากภายนอกที่ได้จากอาหารมาช่วย เพื่อรักษาความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์ (Shahidi และ Naczk, 2004)

อนุมูลฟีนอกซีซึ่งถูกสร้างขึ้นมาจากปฏิกิริยาของฟีนอลและอนุมูลของไขมันจะถูกทำให้เสถียรโดยให้อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยววงนอกสุดที่อยู่รอบๆวงแหวนอะโรมาติก ซึ่งแสดงได้โดยไอโซเมอร์ของพันธะวาเลนซ์ในปฏิกิริยาที่ (10) (Shahidi และ Naczk, 2004)



(10)

อย่างไรก็ตามสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในรูปฟีนอลนั้นไม่ทำงาน การแทนที่ของไฮโดรเจนอะตอมในตำแหน่ง ortho และ para ด้วยหมู่แอลคิล (alkyl group) ช่วยเพิ่มความหนาแน่นของอิเล็กตรอนของหมู่ไฮดรอกซิล (OH) โดยผลในด้าน inductive และดังนั้นจึงช่วยส่งเสริมให้อยู่ในรูปที่ทำงานที่พร้อมเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลของไขมัน การเข้าแทนที่ของตำแหน่ง para ให้กับหมู่เอทิลหรือหมู่ n – butyl แทนที่จะเป็นหมู่เมทิลจะช่วยปรับปรุงกิจกรรมของสารต้านออกซิเดชันที่เป็นสารประกอบฟีนอลิก อย่างไรก็ตามการที่ในตำแหน่งนี้มีหมู่อัลคิลลูกโซ่หรือแตกแขนงจะช่วยทำให้กิจกรรมการต้านออกซิเดชันลดลง (Shahidi และ Naczk, 2004)

เสถียรภาพของอนุมูลฟีนอกซีจะเพิ่มขึ้นโดยหมู่ต่างๆที่สำคัญที่ตำแหน่ง ortho ดังเช่นใน 2, 6 – di – tertiary – butyl, 4 – methoxyphenol หรือ butylated hydroxyanisole (BHA) และหมู่ที่เข้าแทนที่จะไปช่วยเพิ่ม steric hindrance ในบริเวณตำแหน่งของอนุมูลอิสระ ต่อจากนั้นจะไปลดอัตราเร็วของขั้น propagation ที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งแสดงในปฏิกิริยาที่ (11) ถึง (13) ซึ่งเกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระของสารต้านออกซิเดชัน (Shahidi และ Naczk, 2004)

$$A^{\cdot} + O2 \rightarrow AOO^{\cdot} \quad (11)$$

$$AOO^{\cdot} + RH \rightarrow AOOH + R^{\cdot} \quad (12)$$

$$A^{\cdot} + RH \rightarrow AH + R^{\cdot} \quad (13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระจากสารสกัดผลไม้

สารต้านอนุมูลอิสระคือสารที่มีหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในที่นี้รวมถึงสารที่สามารถยับยั้งและควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ให้ทำลายองค์ประกอบเซลล์ สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งที่เป็นสารจากธรรมชาติ เช่น กรดอะมิโน กรดแอสคอร์บิก แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน โทโคฟีนอยด์ เป็นต้น โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระแบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

2.4.1 Primary antioxidant

สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ ได้แก่สารประกอบฟีนอลิค ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของมัน นอกจากนี้ยังรวมถึงสารโทโคฟีรอลธรรมชาติและสังเคราะห์ (Natural and synthetic tocopherol) alkyl, gallate, BHA, BHT, TBHQ และอื่นๆ ซึ่งสารในกลุ่มดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเลคตรอน

2.4.2 Oxygen scavenger

สารในกลุ่มนี้ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก หรือวิตามินซี เป็นต้น สารในกลุ่มนี้เข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จึงเป็นการช่วยกำจัดออกซิเจนในระบบปิด

2.4.3 Secondary antioxidant

สารในกลุ่มได้แก่ dilaury thiopropionate และ thiopropionic acid ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของ lipid hydroperoxide ให้เป็นสารที่มีความเสถียร

2.4.4 Enzymic antioxidant

สารในกลุ่มนี้ได้แก่ เอนไซม์ต่างๆ ซึ่งแบ่งเป็น primary antioxidant enzyme และ auxiliary antioxidant enzyme สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจนหรืออนุพันธ์ของออกซิเจน โดยเฉพาะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

2.4.5 Chelating agent หรือ sequestrant

สารในกลุ่มนี้ เช่น กรดซิตริค กรดอะมิโน เป็นต้น สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่ไปจับกับไอออนของโลหะ เช่น เหล็ก และทองแดง ซึ่งไอออนเหล่านี้เป็นไอออนที่ส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียร (ปรียา, 2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ผลไม้ที่ใช้ในการทดลอง (มะขามป้อม)

รูปที่ 2.4 มะขามป้อม

ที่มา : นิรนาม (http://www.stou.ac.th/Schools/Shs/thaimedical/herb/new/makampom1.jpg)

มะขามป้อมมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Phyllanthus emblica* Linn. อยู่ในวงศ์ EUPHORBIACEAE มะขามป้อมเป็นพรรณไม้ยืนต้น สูง 7-15 เมตร ลำต้นมีเปลือกเรียบเกลี้ยง ใบเดี่ยวเรียงชิดติดกันคล้ายขนนก ปลายใบยาวรีมีสีเขียวแก่ ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ออกดอกเป็นช่อสีเหลืองอมเขียว ผลมีรูปร่างกลม ผิวเกลี้ยง มีรสฝาด ภายในมีเมล็ดสีน้ำตาลอยู่ 6 เมล็ด คุณค่าทางยาสมุนไพร รากแห้งของมะขามป้อม ใช้ต้มดื่มแก้ร้อนใน แก้ท้องเสีย แก้โรคเรื้อน ลดความดันโลหิต รากสดของมะขามป้อมนำมาพอกแผลเมื่อโดนตะขาบกัดสามารถแก้พิษได้ เปลือกลำต้นมะขามป้อม ใช้เปลือกแห้งบดเป็นผงโรยบาดแผลหรือต้มน้ำแก้โรคบิดและฟกช้ำ ปมก้านใช้เป็นน้ำยาบ้วนปาก แก้ปวดฟัน ผลมะขามป้อมสดใช้รับประทานเป็นผลไม้ แก้กระหายน้ำได้ดี นอกจากนี้ยังเป็นยาบำรุง แก้หวัด แก้ไอ ละลายเสมหะ ขับปัสสาวะ เป็นยาระบาย รักษาคอตีบ รักษาเลือดออกตามไรฟัน ผลมะขามป้อมแห้งนำมาบดชงน้ำร้อนแบบชาแก้ท้องเสีย โรคหนองในบำรุงธาตุ รักษาโรคบิด ใช้ล้างตาแก้ตาแดง เยื่อบุอักเสบ แก้ตกเลือด ใช้เป็นยาล้างตา หรือจะผสมกับน้ำสนิมเหล็ก แก้โรคดีซ่าน โลหิตจาง เมล็ดนำมาเผาไฟจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลายเป็นเถ้าผสมกับน้ำมันพืชทาแก้ตุ่มคัน มะขามป้อมมีรสชาติถึง 5 รส คือ เปรี้ยว หวาน เผ็ดร้อน ขม ฝาด ในมะขามป้อม 1 ผล จะมีวิตามินซีสูงถึง 700-100 มิลลิกรัม (กนิษฐา และคณะ, 2551)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Naveena และคณะ (2008)ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากน้ำทับทิม สารสกัดจากเปลือกทับทิมและ BHT ในพายไก่ที่ปรุงสุก ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ คือ ชุดควบคุม (ไม่เติมสารสกัด) เติมน้ำทับทิม 10 มิลลิกรัมต่อเนื้อ 100 กรัม เติมสารสกัดจากเปลือกทับทิม 10 มิลลิกรัมต่อเนื้อ 100 กรัม และเติม BHT 10 มิลลิกรัมต่อเนื้อ 100 กรัม นำพายไปทำให้สุกแล้วเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน จะพบว่าปริมาณฟีนอลทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและค่า TBARS ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ พบว่าสารสกัดจากเปลือกทับทิมสามารถยับยั้งการออกซิเดชันของไขมันในพายไก่ที่ปรุงสุกมากกว่า BHT น้ำทับทิมและสารสกัดจากเปลือกทับทิมที่ระดับ 10 มิลลิกรัมต่อเนื้อ 100 กรัม เป็นปริมาณที่เพียงพอสำหรับการป้องกันการออกซีเดทีฟในพายไก่เป็นเวลานาน ซึ่งดีกว่าการใช้สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์โดยทั่วไป เช่น BHT

Suja และคณะ (2005)ได้ทำการสกัดงาด้วยเมทานอลได้เป็นสารสกัดหยาบที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การวิเคราะห์ทางคุณภาพและปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระจะแสดงโดย reverse phase high performance liquid chromatography (HPLC) โดยในการศึกษานี้ได้นำสารสกัดงามาทำให้บริสุทธิ์โดยการแยกด้วยประจุไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้ได้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าและมีกิจกรรมที่ดีกว่า การประเมินกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระใช้วิธี β – carotene bleaching, linoleic acid peroxidation และการวิเคราะห์การกำจัดอนุมูลอิสระ 2,2 –diphenyl –l –pricrl hydrazyl radical (DPPH) ผลแสดงว่า สารสกัดหยาบที่ระดับ 100 และ 200 ppm จะได้มีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับ butylated hydroxyl toluene (BHT) ที่ 200 ppm แต่สารสกัดบริสุทธิ์จะมีกิจกรรมที่ดีกว่าที่ระดับ 5, 10, 50, 100 และ 200 ppm

Sanchez และคณะ (2005)ได้ทำการศึกษาผลของใยอาหารต้านอนุมูลอิสระในองุ่น (GADF) เพื่อป้องกันการออกซิเดชันในเนื้อปลา เพื่อศึกษาความคงตัวของไขมันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็งเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าหลังจากการเติม GADF จะทำให้การออกซิเดชันไขมันจะล่าช้ามากในกล้ามเนื้อปลาทูน่าบด ระหว่าง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง

Sebranek และคณะ (2005)ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบสารสกัดโรสแมรี่จากธรรมชาติ กับ BHT และ BHA ของผลการต้านอนุมูลอิสระในไส้กรอกหมู พบว่าสารสกัดโรสแมรี่จะมีผลในการต้านอนุมูลอิสระในไส้กรอกหมูที่แช่เยือกแข็งและที่อุณหภูมิตู้เย็น โดยจะวัดการออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี TBARS และจะวัดค่าสีและคะแนนทางคุณภาพประสาทสัมผัส สำหรับไส้กรอกที่อุณหภูมิตู้เย็น อย่างไรก็ตามสารสกัดโรสแมรี่จะมีประสิทธิภาพมากกว่า BHA และ BHT สำหรับการป้องกันการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS หรือ ทำให้ไส้กรอกหมูดิบแช่แข็งมีความเป็นสีแดงลดลง

กนิษฐา และคณะ (2551) ได้ศึกษากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผลไม้พื้นบ้านไทย ได้แก่ พิลังกาสา (*Ardisia polycephala Wall.*) มะกอกน้ำ (Elaeocarpus *hygrophilus Kurz.*) มะขวิด (*Limonia acidissima Linn.*) มะขามป้อม (*Phyllamphus emblica Linn.*) มะดัน (*Garcinia schomburgkiana Pierrec.*) และมะเฟือง (*Averrhoa carambola Linn.*) ด้วยเมทานอล และนำสารสกัดมาหาฤทธิ์มาต้านแบคทีเรียและยีสต์ พบว่า สารสกัดจากมะกอกน้ำ มะขามป้อม และมะดันที่มีการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดี และสารสกัดจากมะดันมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ได้กว้างที่สุด รองลงมาคือสารสกัดจากมะขามป้อมและมะกอกน้ำ แบคทีเรียที่ถูกยับยั้งจากมะดันได้ดีที่สุดคือ *Listeria monocytogenes* และ*Salmonella Typhimurium* ส่วนแบคทีเรียที่ไวต่อสารสกัดจากมะขามป้อมมากที่สุดคือ *Pseudomonas fluorescens* และ *Staphylococus aureus* ส่วนยีสต์ที่ถูกยับยั้งจากสารสกัดจากมะดันคือ *Rhodotorula glutimis* และการศึกษาถึงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ พบว่า สารสกัดจากมะขามป้อมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด รองลงมาเป็นสารสกัดจากพิลังกาสา มะกอกน้ำ มะดัน มะเฟืองและมะขวิด เมื่อวัดจากวิธี DPPH และวิธี FRAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica* L.) ได้รับจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพฯ จังหวัดนครราชสีมา โรงเรียนบ้านหนองประโยชน์ จังหวัดฉะเชิงเทรา และตัวแทนจำหน่ายสมุนไพรเจริญสุขโอสถ จังหวัดนครปฐม และส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเนื้อหมูบดปรุงรสได้แก่ เนื้อหมู มันหมู น้ำตาลทราย ซีอิ๊วขาว ซอสปรุงรส เกลือ นมสด น้ำมันหอย กระเทียม พริกไทยบด น้ำมันมะกอกและแป้งมัน

3.1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อในการดำเนินงานได้แก่ Nutrient agar, Nutrient broth, Plate Count Agar (PCA; Bacto™ บริษัท Becton, Dickinson and company ประเทศฝรั่งเศส) *Pseudomonas* Isolation Agar (PIA; Difco™ บริษัท Becton, Dickinson and company ประเทศฝรั่งเศส) และสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (Bacto™ บริษัท Becton, Dickinson and company ประเทศฝรั่งเศส)

3.1.3 เชื้อจุลินทรีย์

เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ *Pseudomonas fluorescens* DMST 20076 ได้มาจากศูนย์เก็บรักษาและรวบรวมสายพันธุ์จุลินทรีย์ทางการแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข (DMST Culture Collection : Medical Microbial Culture Collection, Department of Medical Science, Ministry of Public Health, Thailand)

3.1.4 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เมทานอล (j.T.Baker บริษัท Baker analyzed ประเทศสหรัฐอเมริกา) สารละลายกรดไทโอบาบิทูริก (2-thiobarbituric acid,TBA;Fluka ประเทศเยอรมนี) ปิโตรเลียมอีเทอร์ สารละลายกรดซัลฟูริก สารออกซิเดชันสังเคราะห์บิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(butylated hydroxytoluene, BHT) โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดบอริก และกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (AnalaR NORMAPUR, European conformity ประเทศฝรั่งเศส)

3.1.5 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เครื่องทำแห้งด้วยความเย็น (freeze dry; Heto รุ่น 3000 บริษัท ไซแอนติฟิคโปรโมชั่นจำกัด ประเทศไทย) เครื่องจ่ายตัวอย่างลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้ออัตโนมัติ (Automated Spiral plater รุ่น Autoplate 4000 บริษัท Spiral Biotech ประเทศสหรัฐอเมริกา) ตู้ปลอดเชื้อ (laminar air flow; BossTach รุ่น VT-90 บริษัท BossTech ประเทศไทย จำกัด) ตู้บ่มเชื้อ (Memmert บริษัท Memmert Gmblt+co.KG ประเทศญี่ปุ่น) หม้อนึ่งอัดไอ (autoclave; ToMy รุ่น ES-315 บริษัท ToMy kogyo ประเทศญี่ปุ่น) เครื่องระเหยสุญญากาศ(Rotary evaporator; BÜCHI รุ่น V-500 บริษัท BÜCHI ประเทศสวิสเซอร์แลนด์) เครื่องตีป่น (Stomacher, Masticator รุ่น V220 บริษัท IUL Instruments Masticator) เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Shimadzu รุ่น UV-1601 บริษัท SHIMADZU CORPORATION ประเทศญี่ปุ่น) ชุดอุปกรณ์เครื่องกลั่น เครื่องสกัดไขมัน(Soxhlet Apparatus; BÜCHI รุ่น 810 บริษัท BÜCHI ประเทศสวิสเซอร์แลนด์) เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Gerhardt; Kjeldatberm บริษัท Sciencetific promotion ประเทศเยอรมนี) เครื่องวัดพีเอช (Testo รุ่น 205 ประเทศเยอรมนี) เครื่องวัดสี (Minolta รุ่น CR-300 ประเทศญี่ปุ่น) เครื่องวัด a_w (AquaLAB รุ่น 3TE ประเทศสหรัฐอเมริการ) และเครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษาผลการใช้สารสกัดจากมะขามป้อมต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการต้านออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูบด

3.2.1.1 การเตรียมสารสกัดจากมะขามป้อมด้วยเมทานอล

นำมะขามป้อมสดมาล้างให้สะอาดแล้วนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆเพื่อแยกเมล็ดออก จากนั้นนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่อง Freeze dry (รุ่น LABCONCO, BIO.31/02) เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง และนำไปบดให้เป็นผงละเอียด จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาทดลอง ในการเตรียมสารสกัดหยาบทำได้โดย ชั่งตัวอย่างผงมะขามป้อม 10 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม เมทานอลลงไปปริมาตร 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าในเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 จากนั้นนำสารสกัดที่กรองได้ไประเหยเพื่อเอาเมทานอลออกโดยเครื่องระเหยสุญญากาศ จนได้สารสกัดเข้มข้น ทิ้งไว้ให้แห้งและนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เมื่อจะนำมาทดสอบชั่งสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25, 1.0 1.5 และ 2.0 ไว้ใช้ในขั้นต่อไป

3.2.1.2 การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย

การเตรียมเชื้อ *Pseudomonas fluorescens* DMST 20076 เตรียมได้โดยเขี่ยเชื้อ *Pseudomonas fluorescens* จากหลอดทนความเย็นที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส ลงในหลอดอาหาร NB จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อจากอาหาร NB ลงในอาหาร NA slant นำไปบ่มที่อุณหภูมิและเวลาเช่นเดียวกับข้างต้น แล้วทำการถ่ายเชื้อจาก NA slant ลงในอาหาร NA นำไปบ่มที่อุณหภูมิและเวลาตามเดิม จากนั้นทำการเขี่ยเชื้อชนิดนี้ใส่ลงในอาหาร NB แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิและเวลาตามเดิม จากนั้นทำการแยกเซลล์ออกจากอาหาร NB โดยนำเชื้อที่เจริญแล้วในอาหาร NB ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสทิ้งไป แล้วทำการล้างเซลล์โดยเติมสารละลายเปปโตนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร นำไปผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสทิ้งไป เป็นการสิ้นสุดการล้างเซลล์ 1 ครั้ง จากนั้นทำการล้างเซลล์ตามวิธีเดียวกันอีก 1 ครั้ง นำเซลล์ที่ได้มาทำให้เป็นสารแขวนลอยเซลล์ โดยเติมสารละลายเปปโตนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วนำสารแขวนลอยนี้มาปรับความขุ่นให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland standard เบอร์ 2 จะได้เชื้อเริ่มต้นที่มีความเข้มข้นของเซลล์ประมาณ 10^7 CFU ต่อมิลลิลิตร ซึ่งนำไปใช้ในขั้นต่อไป

3.2.1.3 การศึกษาผลของความเข้มข้นสารสกัดมะขามป้อมในการยืดอายุการเก็บเนื้อหมูบดที่อุณหภูมิต่ำ

ทำการผลิตเนื้อหมูบดที่ประกอบด้วย เนื้อหมูร้อยละ 80 มันหมูร้อยละ 20 ซึ่งมีวิธีการทำได้ดังนี้ นำเนื้อหมูและมันหมูมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำมาบดให้เข้ากันด้วยเครื่องบด เมื่อได้เนื้อหมูบดแล้ว นำมาแบ่งออกเป็น 6 ชุดเท่าๆกัน ชุดที่ 1 ไม่เติมสารสกัดมะขามป้อม (ชุดควบคุม) ชุดที่ 2 เติมสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
121178

ออกซิเดชันสังเคราะห์บิวทิเลเตดไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene, BHT) ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 ชุดที่ 3 เติมสารสกัดมะขามป้อมร้อยละ 0.25 ชุดที่ 4 เติมสารสกัดมะขามป้อมร้อยละ 1.0 ชุดที่ 5 เติมสารสกัดมะขามป้อมร้อยละ 1.5 และชุดที่ 6 เติมสารสกัดมะขามป้อมร้อยละ 2.0 จากนั้นนำเนื้อหมูบดแต่ละชุดมาเติมสารแขวนลอยของ *Pseudomonas fluorescens* ที่เตรียมไว้ในข้อ 3.2.1.2 ปริมาณ 10 ไมโครลิตร ต่อเนื้อหมูบด 25 กรัม จะได้ความเข้มข้นของเซลล์ *Pseudomonas fluorescens* ในเนื้อหมูบดเท่ากับ 10^7 CFU ต่อกรัม นำตัวอย่าง เนื้อหมูบดทั้งหมดไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างในวันที่ 0, 1, 3, 7 และ 12 วัน ของการเก็บรักษาเพื่อนำมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟ และจำนวนจุลินทรีย์ *Pseudomonas fluorescens* พร้อมทั้งวิเคราะห์หาค่า TBARS ทำการวัดค่า pH และวัดสี โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ซึ่งรายละเอียดของวิธีการวิเคราะห์ทั้งหมดมีดังนี้

ก) การวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟ และจำนวนจุลินทรีย์ *Pseudomonas fluorescens*

ทำการวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟและจำนวนจุลินทรีย์ *Pseudomonas fluorescens* ด้วยเทคนิค Spiral plating ดังนี้ ขั้นแรกจะชั่งตัวอย่างเนื้อหมูบดปริมาณ 25 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ตัวอย่างลงในถุงพลาสติกปลอดเชื้อ แล้วเติมสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ทำการตีป่นโดยเครื่องตีป่น เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาทำการเจือจางจนกระทั่งได้ระดับความเจือจาง 10^{-4} จากนั้นจ่ายตัวอย่างที่เจือจางแล้วด้วยเครื่องจ่ายตัวอย่างลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้ออัตโนมัติ (Spiral plater) สำหรับการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จะจ่ายตัวอย่างลงบนจานอาหาร plate count agar (PCA) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟ จะจ่ายตัวอย่างลงบนจานอาหาร PCA เช่นเดียวกัน แต่จะนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน และการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ *Pseudomonas fluorescens* จ่ายตัวอย่างลงบนจานอาหาร *Pseudomonas* isolation agar (PIA) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อบ่มจนครบระยะเวลาตามกำหนดแล้ว ทำการตรวจนับจำนวนโคโลนี และคำนวณหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟ และจำนวนจุลินทรีย์ *Pseudomonas fluorescens* ในตัวอย่างที่วิเคราะห์ โดยคำนวณในรูป CFU ต่อกรัมของตัวอย่าง

ข) วิธีวิเคราะห์หาค่าไทโอบาบิทูริก

การหาค่ากรดไทโอบาบิทูริก (Thiobarbituric acid number) ทำได้โดย ชั่งเนื้อหมูบด 10 กรัม ผสม กับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในถุงพลาสติก ทำการตีป่นให้เป็นเนื้อเดียวกันเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเทลงในฟลาสก์สำหรับกลั่น แล้วล้างถุงตีป่นด้วยน้ำอีก 47.5 มิลลิลิตร เทลงใน ฟลาสก์สำหรับกลั่นและเติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4 โมลาร์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เพื่อให้มีค่าพีเอช 1.5 เติมลูกแก้วเล็กน้อยเพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ ให้ความร้อนกับฟลาสก์เพื่อกลั่น โดยจะเก็บสารละลายที่ได้จากการกลั่น 50 มิลลิลิตรภายในเวลา 10 นาทีหลังจากที่สารใน ฟลาสก์เริ่มเดือด จากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้จากการกลั่นมา 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิด เติมสาร TBA 5 มิลลิลิตร เตรียมได้โดยชั่งสาร TBA 0.2883 กรัม ใส่ในสารละลายกรดแอซิติกความเข้มข้นร้อยละ 90 ปิดฝาแล้วผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที การเตรียมแบลงค์ (blank) มีวิธีการเตรียมเหมือนกันเพียงแต่ใช้น้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร แทนสารละลายที่ได้จากการกลั่น จากนั้นนำหลอดทดลองมาทำให้เย็นในน้ำเย็นเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (D) ที่ 538 นาโนเมตร

TBA no. (มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง) = 7.8D

ค) การวัดค่าพีเอช

ทำการวัดค่าพีเอชของเนื้อหมูบด โดยใช้เครื่องวัดพีเอช Testo 205 โดยทำการวัดตัวอย่างตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

ง) การวัดสี

ทำการวัดสีของเนื้อหมูบด โดยใช้เครื่องวัดสี Konica Minolta รุ่น CR – 300 โดยวัดค่าสีด้วยระบบ CIE ค่าสีที่วัดได้แสดงในรูปของค่า L*, a* และ b* ซึ่งค่า L* บ่งบอกถึงความสว่าง a* บ่งบอกถึงสีแดง (+) หรือสีเขียว (-) และค่า b* บ่งบอกถึงสีเหลือง (+) หรือสีน้ำเงิน (-)

3.2.1.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

การทดลองในข้อ 3.2.1.3 วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) และนำผลการทดลองทั้ง 3 ซ้ำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Duncan Multiple Range Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การผลิตเนื้อหมูบดปรุงรสจากเนื้อหมูบดแช่เย็นที่ผสมสารสกัดจากมะขามป้อม

3.2.2.1 การเตรียมผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดปรุงรส

ในการทดลองนี้ได้เตรียมเนื้อหมูบดปรุงรส โดยมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตจากเนื้อหมูบดที่ไม่เติมสารสกัดจากมะขามป้อม (ชุดควบคุม) และเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตโดยใช้เนื้อหมูบดแช่เย็นที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ซึ่งได้คัดเลือกจากผลการทดลองข้อ 1.2.1 ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 3 และ 7 วัน เนื้อหมูบดปรุงรสมีส่วนผสมดังนี้ เนื้อหมูบดหรือเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมร้อยละ 87.97 น้ำตาลทรายร้อยละ 0.44 ซีอิ๊วขาวร้อยละ 4.10 ซอสปรุงรสร้อยละ 0.88 เกลือร้อยละ 0.15 นมสดร้อยละ 1.47 น้ำมันหอยร้อยละ 2.35 กระเทียมพริกไทยบดร้อยละ 1.47 น้ำมันมะกอกร้อยละ 0.95 และแป้งมันร้อยละ 0.59 ในการผลิตจะผสมส่วนผสมทุกชนิดให้เข้ากันดีด้วยเครื่องปั่นผสม (kitchen aid รุ่น 5-K-5SS) จากนั้นนำเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตโดยใช้เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสที่แต่ละช่วงเวลามาทดสอบความแตกต่าง (difference testing) กับเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตจากเนื้อหมูที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากมะขามป้อม ด้วยวิธี Duo-trio test นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์หา cooking loss และคุณภาพโดยทั่วไปทางเคมีของหมูบดปรุงรสที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากมะขามป้อม (ชุดควบคุม) และหมูปรุงรสที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อม โดยวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ค่า a_w ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และค่า pH รายละเอียดของการใช้วิเคราะห์มีดังนี้

3.2.2.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory Evalution)

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการทดสอบความแตกต่าง (difference testing) ด้วยวิธี Duo-trio test ซึ่งเป็นการทดสอบหาความแตกต่างทางประสาทสัมผัส ในการทดสอบจะให้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนมาก่อนจำนวน 12 คน ทำการประเมินผลิตภัณฑ์ 3 ตัวอย่าง โดยจะมีตัวอย่างหนึ่งเป็นตัวอย่างควบคุมที่ใส่รหัสเป็น “R” ส่วนอีก 2 ตัวอย่างให้ใส่รหัสเป็นตัวเลข 3 หลัก หลังจากนั้นผู้ทดสอบชิมจะถูกถามว่าตัวอย่างใดใน 2 ตัวอย่างที่เหมือนกับตัวอย่างควบคุม “R” ก่อนที่จะเสิร์ฟตัวอย่างให้กับผู้ทดสอบชิมและผู้ทำการทดลองจะทำการเตรียมตัวอย่างดังนี้ เนื้อหมูบดหรือเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมร้อยละ 87.97 น้ำตาลทรายร้อยละ 0.44 ซีอิ๊วขาวร้อยละ 4.10 ซอสปรุงรสร้อยละ 0.88 เกลือร้อยละ 0.15 นมสดร้อยละ 1.47 น้ำมันหอยร้อยละ 2.35 กระเทียมพริกไทยบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 1.47 น้ำมันมะกอกร้อยละ 0.95 และแป้งมันร้อยละ 0.59 จากนั้นชั่งให้ได้น้ำหนักประมาณ 15 กรัมต่อชิ้น ทำให้มีลักษณะเป็นชิ้นกลมแบนโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคือ 5 ซม. และความหนาขนาด 1 ซม. จากนั้นนำไปทอดโดยใช้น้ำมันปาล์ม ที่อุณหภูมิ 160-170 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 10 นาทีหรือจนกว่าเนื้อหมูจะสุก จากนั้นนำเนื้อหมูที่สุกแล้วไปวางในถาดโฟมและนำไปเสิร์ฟให้แก่ผู้ทดสอบชิม

3.2.2.3 การวิเคราะห์หาค่า cooking loss

การวิเคราะห์หาค่า cooking loss ทำได้โดยนำเนื้อหมูปรุงรสมาชั่งน้ำหนักก่อนทอด จากนั้นนำเนื้อหมูปรุงรสที่ชั่งหาน้ำหนักก่อนทอดแล้วนำมาทอดในกระทะที่มีอุณหภูมิของน้ำมันเท่ากับ 160-170 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 10 นาที หรือจนกว่าเนื้อหมูจะสุก ทิ้งให้สะเด็ดน้ำมัน แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักหลังทอด จากนั้นคำนวณหาร้อยละของการสูญเสียน้ำหนักหลังจากการทำให้สุก (% cooking loss) ตามสูตรดังนี้

$$\text{cooking loss (ร้อยละ)} = [(W_b - W_a)/W_b] \times 100$$

เมื่อ W_b คือน้ำหนักของหมูบดปรุงรสก่อนการทำให้สุก

W_a คือน้ำหนักของเนื้อหมูบดปรุงรสหลังการทำให้สุก

3.2.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

การวิเคราะห์หารปริมาณความชื้น ทำได้โดยการนำ moisture can ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งหาปริมาณน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นทำการตักตัวอย่างมา 1 กรัม ใส่ลง moisture can แล้วนำไปชั่งหาปริมาณน้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาหาปริมาณความชื้นตามสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = [100(A-B)]/C$$

เมื่อ A คือ น้ำหนัก moisture can กับน้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ

B คือ น้ำหนัก moisture can กับน้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

3.2.2.5 การวัดค่า a_w และค่า pH

ทำการวัดค่า a_w โดยเครื่องวัด a_w โดยหั่นตัวอย่างหมูปรุงรส 3 กรัม แล้วบดให้ละเอียดใส่ในตลับวัด นำไปเข้าเครื่องวัดแล้วรอให้เครื่องอ่านค่า (สังเกตจากลูกศรที่แสดงบนเครื่องครบทุกตัวอย่าง) และการวัดค่า pH โดยใช้เครื่องวัดพีเอช testo รุ่น 205 โดยใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์ประมาณ 10 กรัม จากนั้นจุ่มโพรพลงไปในตัวอย่าง แล้วรอให้เครื่องอ่านค่าจะดังติ๊ด ได้ค่า pH (ทำการวัดตัวอย่างละ 2 ซ้ำ)

3.2.2.6 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

นำผลการทดลองทั้ง 3 ซ้ำ มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ analysis variance (ANOVA) และ Duncan's multiple range test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย±ค่าความผิดพลาดของข้อมูลแต่ละทรีตเมนต์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS version 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ผลของสารสกัดจากมะขามป้อมต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการต้านออกซิเดชันของไขมัน ในเนื้อหมูบด

4.1.1 การเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหมูบดระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาผลของสารสกัดมะขามป้อมต่อการยับยั้งการเจริญของจำนวนจุลินทรีย์ในเนื้อหมูบดที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อทำการสุ่มตัวอย่างเนื้อหมูบดมาตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ในวันที่ 0, 1, 3, 7 และ 12 วัน พบว่าหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และ 2.0 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 0.25 และร้อยละ 1.0 รวมทั้งเนื้อหมูบดที่เติม BHT มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ก่อนที่จะลดจำนวนลงเรื่อยๆ (รูปที่ 4.1a) และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน พบว่าหมูบดที่เติมสารสกัดมะขามป้อมที่ความเข้มข้นสูง (ร้อยละ 1.5-2.0) จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้มากกว่าหมูบดที่เติมสารสกัดมะขามป้อมที่ความเข้มข้นน้อยกว่า (ร้อยละ 0.25-1.0) โดยพบว่าหมูบดที่เติมสารสกัดมะขามป้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และ 2.0 มีการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์มากที่สุดคือมีอัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์น้อยที่สุด (ร้อยละ 29-36) เมื่อเปรียบเทียบกับหมูบดชุดควบคุมและหมูบดที่เติม BHT พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์เท่ากับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น (7.0×10^7 CFU ต่อกรัม)

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงของจำนวน *Pseudomonas* ในเนื้อหมูบดระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากมะขามป้อมในการยับยั้งการเจริญของ*Pseudomonas* โดยทำการเปรียบเทียบกับเนื้อหมูบดที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากมะขามป้อมและสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์คือ BHT ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน โดยในแต่ละทรีตเมนต์มีการเติมเชื้อ *Pseudomonas* 10^7 CFU ต่อกรัม พบว่าหลังจากเก็บรักษาเนื้อหมูบดเป็นเวลา 1 วัน จำนวน *Pseudomonas* ในเนื้อหมูบดทุกชุดมีอัตราการรอดชีวิตลดลงอย่างรวดเร็ว (ลดลง 0.44-1.07 log CFU ต่อกรัม) และหลังจากนั้นจำนวน *Pseudomonas* ในเนื้อหมูบดทุกชุดการทดลองลดลงอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

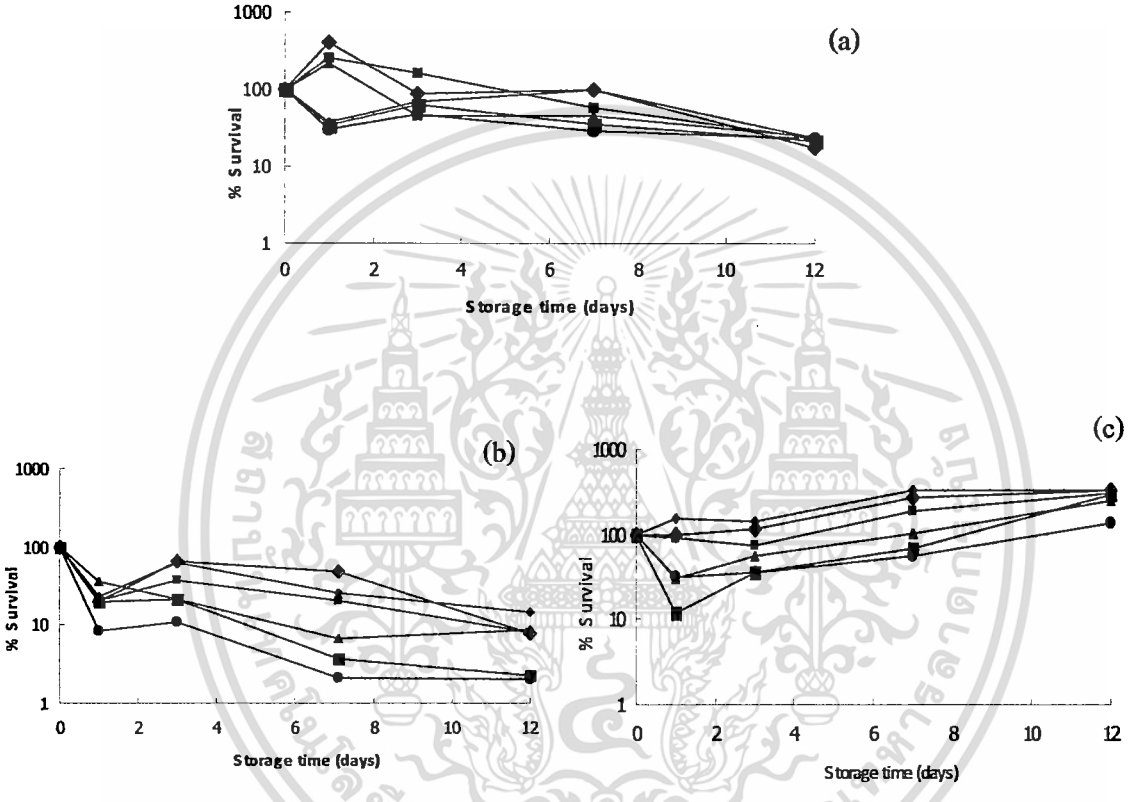
ต่อเนื่องจนกระทั่งเก็บรักษาครบ 12 วัน (รูปที่ 4.1b) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ทุกระดับความเข้มข้น พบว่าเมื่อเก็บรักษาครบ 12 วัน อัตราการรอดชีวิตของ *Pseudomonas* ในเนื้อหมูบดน้อยที่สุด (ร้อยละ 2.06-8.67) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อหมูบดชุดควบคุม ซึ่งมีอัตราการรอดชีวิตของ *Pseudomonas* มากที่สุด (ร้อยละ 14.5) และเมื่อพิจารณาถึงผลของระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากมะขามป้อมที่เติม พบว่าเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นสูงสามารถยับยั้งการเจริญของ *Pseudomonas* ได้ดีกว่า คือพบว่าเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 2.0 สามารถยับยั้งการเจริญของ *Pseudomonas* ได้ดีที่สุด เนื่องจากมีการลดจำนวนของ *Pseudomonas* มากที่สุดถึง 1.65 log CFUต่อกรัม หรือมีอัตราการรอดชีวิตน้อยที่สุด (ร้อยละ 2.06)

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟในเนื้อหมูบดระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากมะขามป้อมที่ความเข้มข้นแตกต่างกันคือความเข้มข้นร้อยละ 0.25, 1.0, 1.5 และ 2.0 ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ไซโครโทรฟระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน โดยทำการเปรียบเทียบกับเนื้อหมูบดที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากมะขามป้อม (ชุดควบคุม) และสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์คือ BHT ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 พบว่าจุลินทรีย์ไซโครโทรฟในเนื้อหมูบดชุดที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากมะขามป้อม (ชุดควบคุม) และชุดที่เติม BHT มีอัตราการรอดชีวิตเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยเฉพาะเนื้อหมูบดชุดควบคุมมีการเจริญของจุลินทรีย์ไซโครโทรฟมากที่สุด หลังจากเก็บรักษาครบ 12 วัน โดยเพิ่มขึ้น 0.51 log CFU ต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนเชื้อเริ่มต้น 1.4×10^7 CFU ต่อกรัม ส่วนเนื้อหมูบดชุดที่เติม BHT พบว่าเมื่อเก็บรักษาครบ 1 วัน จำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟลดลงเล็กน้อย หลังจากนั้นจึงเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.1c) ในทางตรงกันข้ามเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมมีจำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟลดลง โดยเฉพาะเนื้อหมูบดชุดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และ 2.0 มีอัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ไซโครโทรฟลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรักษาครบ 1 วันและเมื่อเก็บรักษาครบ 7 วัน อัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ไซโครโทรฟลดลงเหลือ ร้อยละ 54.78-68.36 โดยเฉพาะเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 มีจำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟลดลง 0.27 log CFU ต่อกรัม ซึ่งลดลงมากกว่าจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ไซโครโทรฟในเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาครบ 12 วัน พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟในเนื้อหมูบดทุกชุดมีจำนวนเพิ่มขึ้น 0.13-0.51 log CFU ต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนจุลินทรีย์ไซโครโทรฟเริ่มต้น



รูปที่ 4.1 อัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ทั้งหมด (รูป a) อัตราการรอดชีวิตของซูโดโมแนส (รูป b) และอัตราการรอดชีวิตของไซโครโทรฟ (รูป c) ในเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Symbol: ×, control (no preservative added); ■, 0.25% makampom extract; ▲, 1.0% makampom extract; ◆, 1.5% makampom extract; ●, 2.0% makampom extract, and ◊, 0.02% BHT)

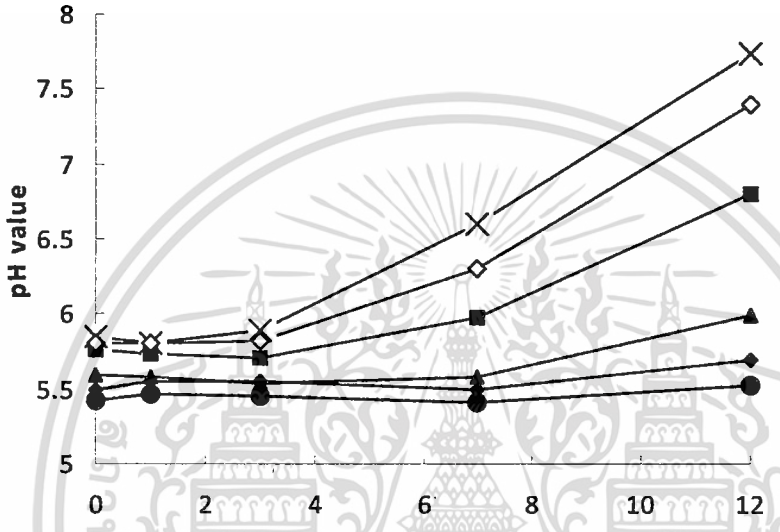
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในเนื้อหมูบดระหว่างการเก็บรักษา

จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25, 1.0, 1.5 และ 2.0 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 วัน เปรียบเทียบกับเนื้อหมูบดที่เติมสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์คือ BHT และเนื้อหมูบดชุดควบคุมที่ไม่เติมสารต้านออกซิเดชันใดๆ ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชในเนื้อหมูบดระหว่าง การเก็บรักษาแสดงดังรูปที่ 4.2 พบว่า ในวันแรกของการเก็บรักษาค่าพีเอชของเนื้อหมูบดชุดควบคุมและเนื้อหมูบดที่เติม BHT มีค่าพีเอชสูงที่สุดเท่ากับ 5.84 และ 5.81 ตามลำดับ ส่วนค่าพีเอชของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25, 1.0, 1.5 และ 2.0 มีค่าพีเอชต่ำกว่า ซึ่งค่าพีเอชของเนื้อหมูที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมต่ำลงตามความเข้มข้นของสารสกัดจากมะขามป้อมที่เพิ่มขึ้น คือมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.76, 5.59, 5.50 และ 5.43 ตามลำดับ โดยในช่วงการเก็บรักษา 0 - 3 วัน พบว่าเนื้อหมูบดชุดควบคุม เนื้อหมูบดที่เติม BHT และเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ทุกระดับความเข้มข้นมีค่าพีเอชค่อนข้างคงที่ แต่หลังจากวันที่ 3 ของการเก็บรักษาพบว่าค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะเนื้อหมูบดชุดควบคุม และเนื้อหมูบดที่เติม BHT มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นมากที่สุด ซึ่งมีระดับพีเอชเป็นกลางคือเท่ากับ 7.73 และ 7.40 ตามลำดับ หลังจากเก็บรักษาครบ 12 วัน และเมื่อพิจารณาค่าพีเอชของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าการเติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และ 2.0 ช่วยรักษาระดับพีเอชให้ยังคงอยู่ในระดับต่ำได้ดีที่สุด คือหลังเก็บรักษา 7 วัน มีค่าพีเอช 5.49 และ 5.42 เมื่อเก็บรักษาครบ 12 วัน มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเป็น 5.68 และ 5.52 ตามลำดับ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชนี้เพิ่มขึ้นน้อยกว่าค่าพีเอชของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 และ 1.0 ซึ่งเพิ่มขึ้นเป็น 6.8 และ 6.0 หลังจากเก็บรักษาครบ 12 วันตามลำดับ การที่เนื้อหมูบดชุดควบคุม เนื้อหมูบดที่เติม BHT และเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 0.25 มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นถึงระดับค่อนข้างเป็นกลางนี้มีความสัมพันธ์กับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดซึ่งมีจำนวนสูงมาก ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่าเนื้อหมูบดเกิดการเน่าเสีย ซึ่งจะสังเกตได้จากลักษณะปรากฏของเนื้อหมูบด คือเกิดกลิ่นเหม็นเน่า ผิวของเนื้อหมูกลายเป็นสีเขียวและมีลักษณะเนื้อเละยุ่ย ส่วนเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.0 มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเล็กน้อยคือมีค่าเท่ากับ 6.0 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 12 วัน สัมพันธ์กับจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์ทั้งหมดและลักษณะภายนอกที่ปรากฏคือ เริ่มมีกลิ่นเหม็นเน่า เนื้อหมูเริ่มกลายเป็นสีเขียวและเนื้อสัมผัสเริ่มเละ ส่วนเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และ 2.0 มีค่าพีเอชค่อนข้างคงที่เท่ากับ 5.68 และ 5.52 ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและลักษณะภายนอกที่ปรากฏคือเนื้อหมูยังคงมีลักษณะใกล้เคียงกับเนื้อหมูสด ไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า เนื้อหมูไม่กลายเป็นสีเขียวและเนื้อสัมผัสไม่เละยุ่ย



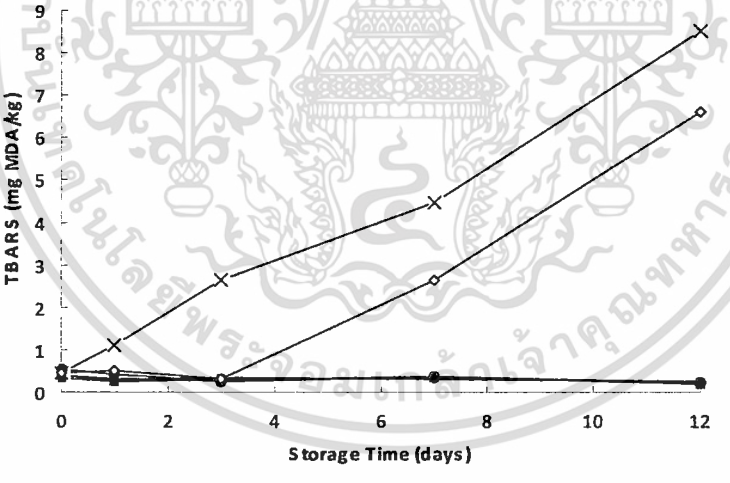
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Symbol: ×, control (no preservative added); ■, 0.25% makampom extract; ▲, 1.0% makampom extract; ♦ , 1.5% makampom extract; ●, 2.0% makampom extract, and ◊, 0.02% BHT)

4.1.5 การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ในเนื้อหมูบด

จากการศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25, 1.0, 1.5 และ 2.0 ต่อการต้านออกซิเดชันไขมันในเนื้อหมูบดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 12 วัน เปรียบเทียบกับสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์คือ BHT และเนื้อหมูบดที่ไม่เติมสารต้านออกซิเดชันใดๆ ได้ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื้อหมูบดชุดควบคุมมีค่า TBARS สูงขึ้นเรื่อยๆตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยมีค่า TBARS ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษาเท่ากับ 0.44 mg MDA/kg และเมื่อเก็บรักษาจนครบ 12 วัน ค่า TBARS เพิ่มขึ้นเป็น 8.73 mg MDA/kg โดยค่า TBARS ของเนื้อหมูบดชุดควบคุมมีค่าสูงกว่าค่า TBARS ของเนื้อหมูบดที่เติม BHT และเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ทุกระดับความเข้มข้นที่ระยะเวลาของการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 1 จนถึงวันที่ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อม ที่แต่ละระดับความเข้มข้นพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า TBARS มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและที่แต่ละช่วงเวลาของการเก็บรักษาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างค่า TBARS ของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่แต่ละระดับความเข้มข้นและเมื่อเก็บรักษาจนครบ 12 วัน พบว่าค่า TBARS ของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมทุกระดับความเข้มข้นมีค่า TBARS ค่อนข้างต่ำ (0.20 – 0.26 mg MDA/kg) และเมื่อพิจารณาค่า TBARS ของเนื้อหมูบดที่เติม BHT พบว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในช่วง 0 -3 วัน ของการเก็บรักษา (0.46 – 0.32 mg MDA/kg) เช่นเดียวกับเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อม และหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 -12 วัน ค่า TBARS ของเนื้อหมูบดชุดควบคุมและเนื้อหมูบดที่เติม BHT สูงขึ้นมากกว่าค่า TBARS ของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)



รูปที่ 4.3 ผลของสารสกัดของจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆต่อการต้านออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูบดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Symbol: ×, control (no preservative added); ■, 0.25% makampom extract; ▲ , 1.0% makampom extract; ◆ , 1.5% makampom extract; ●, 2.0% makampom extract, and ◊, 0.02% BHT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าสีในเนื้อหมูบดระหว่างการเก็บรักษา

จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเนื้อหมูบดในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน (ตารางที่ 4.1) พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อหมูบดทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากเก็บรักษา 1 วัน หลังจากนั้นค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื้อหมูที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และ 2.0 มีค่าความสว่างสูงกว่าเนื้อหมูบดชุดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ทุกช่วงเวลาของการเก็บรักษา ($P<0.05$) และเมื่อเก็บรักษาจนครบ 12 วัน พบว่าค่าความสว่างของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดมะขามป้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 มีค่าความสว่างเท่ากับ 71.11 ซึ่งสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาค่าสีแดง (a^*) พบว่าที่ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษาเนื้อหมูบดชุดควบคุม เนื้อหมูที่เติมสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ (BHT) และเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 0.25 มีค่า a^* ใกล้เคียงกันในช่วง 8.54-8.62 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า a^* ของเนื้อหมูบดชุดอื่น แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น พบว่าค่า a^* ของเนื้อหมูบดทุกชุดมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเนื้อหมูบดที่ไม่เติมสารสกัดจากมะขามป้อม เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 มีการเปลี่ยนแปลงค่า a^* ในระหว่างการเก็บรักษามากที่สุดจาก 8.56, 7.78 และ 6.82 เป็น 5.98, 4.74 และ 4.33 ตามลำดับ แต่ค่า a^* ของเนื้อหมูบดทุกทรีตเมนต์ที่เก็บรักษาจนถึงวันที่ 12 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าสีเหลือง (b^*) พบว่าที่ระยะเวลาของการเก็บรักษาเริ่มต้น เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.0-2.0 มีค่า b^* ใกล้เคียงกัน (9.4-10.6) ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่า b^* ของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 0.25 และเนื้อหมูที่เติมสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ (BHT) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลปรากฏว่าเมื่อเก็บรักษาจนกระทั่งครบ 12 วัน ค่า b^* ของเนื้อหมูบดทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้น และเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 มีค่า b^* อยู่ระหว่าง 10.19-10.68 ซึ่งสูงกว่าค่า b^* ของเนื้อบดชุดควบคุม เนื้อหมูบดที่เติม BHT และเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 0.25 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าสีในเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ทรีตเมนต์	ค่าสี[a] ± SD				
	0 วัน	1 วัน	3 วัน	7 วัน	12 วัน
L* **- value**					
Control[b]	66.27±2.62D	66.52±2.95D	67.23±3.05D	64.93±4.15D	66.64±4.03D
0.25% PE[c]	66.53±3.00CD	67.83±3.98CD	68.81±1.13CD	66.27±4.46CD	66.06±3.14CD
1.0% PE[d]	68.48±1.07BC	70.3±2.35BC	69.14±2.71BC	69.43±3.24BC	68.18±3.88BC
1.5% PE[e]	70.42±1.05AB	71.13±1.17AB	71.25±1.22AB	71.04±1.53AB	70.04±2.50AB
2.0% PE[f]	71.70±2.70A	74.36±1.70A	72.09±3.85A	70.91±4.10A	71.11±2.53A
0.02%BHT[g]	65.85±2.90D	67.36±2.43D	66.82±3.28D	63.98±4.42D	63.97±5.03D
a* **- value**					
control	8.56±1.45ABC	8.31±0.96ABC	5.51±2.00ABC	4.23±0.26ABC	5.98±2.32ABC
0.25% PE	8.54±1.16A	9.12±1.75AB	8.26±1.92ABC	5.43±1.31AD	6.81±2.86ACD
1.0% PE	7.78±0.90ABCD	7.21±0.90ABCD	6.72±1.41BCD	3.53±0.60BCD	4.74±1.80BCD
1.5% PE	6.82±0.87ACD	6.72±0.81ACD	5.95±1.64BCD	3.97±0.61CD	4.33±1.15CD
2.0% PE	6.01±1.53AD	4.99±1.23ABD	5.83±2.83BCD	4.11±1.22D	4.48±1.97CD
0.02%BHT	8.62±1.82AB	8.81±1.55AB	6.54±0.80ABC	5.42±0.74ABD	6.71±2.96ABCD
b* **- value**					
control	6.98±0.27BC	7.73±0.73BC	6.98±1.03BC	8.14±2.45BC	8.87±2.27BC
0.25% PE	8.16±0.90B	8.53±1.87B	8.24±1.71B	8.6±0.34B	8.65±0.86B
1.0% PE	9.40±1.31A	9.91±1.00A	9.52±1.35A	10.47±0.94A	10.19±2.10A
1.5% PE	9.83±1.54A	10.4±1.04A	9.91±1.75A	10.1±1.49A	10.45±1.97A
2.0% PE	10.60±1.74A	10.81±1.70A	10.70±2.57A	10.31±2.21A	10.68±0.64A
0.02%BHT	6.79±0.63C	7.82±1.15C	6.66±1.45C	6.69±1.08C	7.05±1.76C

[a]ค่าเฉลี่ยผลการทดลอง 3 ซ้ำ

[b]control คือตัวอย่างเนื้อหมูบดชุดควบคุมซึ่งไม่เติมสารสกัดใดๆ

[c]0.25% PE คือตัวอย่างเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 0.25

[d]1.0%PEคือตัวอย่างเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 1.0

[e]1.5%PE คือตัวอย่างเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 1.5

[f]2.0%PE คือตัวอย่างเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 2.0

[g]0.02%BHT คือตัวอย่างเนื้อหมูบดที่เติมสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ความเข้มข้นร้อยละ 0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การใช้ประโยชน์ของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมในการทำผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดปรุงรส

จากการศึกษาผลของสารสกัดจากมะขามป้อมต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการต้านออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูบดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการยืดอายุการเก็บเนื้อหมูบดแช่เย็น ดังนั้นจึงได้ทดลองนำเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 3 และ 7 วัน มาผลิตเป็นเนื้อหมูบดปรุงรส เปรียบเทียบกับเนื้อหมูบดปรุงรสชุดควบคุมซึ่งผลิตจากเนื้อหมูบดสดที่ไม่เติมสารต้านออกซิเดชันใดๆ โดยได้วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของเนื้อหมูบดชุดควบคุมและเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 2.0 พบว่าเนื้อหมูบดปรุงรสชุดควบคุมมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.67 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าพีเอชของเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตจากเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 5.58 ตามลำดับ แต่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 53.35 ซึ่งน้อยกว่าและมีค่า a_w เท่ากัน (a_w 0.97) ดังตารางที่ 4.2 จากนั้นจึงได้ทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตจากเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 3 และ 7 วัน เปรียบเทียบกับเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตจากเนื้อหมูบดที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากมะขามป้อมด้วยวิธี Duo-trio test โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 12 คน นำผลการทดสอบชิมมาเปรียบเทียบกับตารางของ Roessler และคณะ (1978) ซึ่งเป็นตารางที่บ่งบอกถึงจำนวนผู้ทดสอบชิมจำนวนน้อยที่สุดที่ตอบถูกที่จะทำให้สรุปได้ว่า ตัวอย่างหมูบดปรุงรสชุดควบคุมและตัวอย่างเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตจากเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ที่ทดสอบนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจากผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่าไม่มีความแตกต่างทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ระหว่างเนื้อหมูบดปรุงรสชุดควบคุมและเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตจากเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 3 และ 7 วัน นั่นคือผู้ทดสอบชิมไม่สามารถตรวจจับกลิ่นรสของสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ที่เติมลงในเนื้อหมูบดปรุงรสได้ ดังนั้นกลิ่นรสของสารสกัดจากมะขามป้อมที่มีในเนื้อหมูบดแช่เย็นที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 2.0 จึงไม่น่าจะเป็นปัญหาที่จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูที่ผลิตขึ้นจากเนื้อหมูบดแช่เย็นที่เติมสารสกัดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะขามป้อมไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ดังนั้นสารสกัดจากมะขามป้อมจึงเป็นสารธรรมชาติอาจนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บเนื้อหมูบดแช่เย็น

ตารางที่ 4.2 คุณภาพทางเคมีของเนื้อหมูบดปรุงรส

สมบัติทางเคมี[a]	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ ± SD	
	หมูบดปรุงรสที่ไม่เติมสารสกัดจากมะขามป้อม	หมูบดปรุงรสที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0
ปริมาณความชื้น(%)	53.35±4.62	57.53±1.15
ค่า a_w (25°C)	0.97±0.01	0.97±0.001
ค่า pH	5.67±0.04	5.58±0.01

[a] ค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Duo – trio test ระหว่างเนื้อหมูบดปรุงรสชุดควบคุมที่ผลิตจากเนื้อหมูบดสดที่ไม่เติมสารต้านออกซิเดชันใดๆ และเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตจากเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 3 และ 7 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (4°C) ของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ที่นำมาใช้ (วัน)	Duo –Trio test	
	ผู้ทดสอบชิมที่ตอบถูก	Significant level
0	5	NS[a]
3	4	NS
7	8	NS

[a] NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 น้ำหนักที่สูญเสียไปหลังการทำให้สุกของเนื้อหมูบดปรุงรสชุดควบคุมที่ผลิตจากเนื้อหมูบดสดที่ไม่เติมสารต้านออกซิเดชันใดๆ และเนื้อหมูบดปรุงรสที่ผลิตจากเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 3 และ 7 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (4°C) ของเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ที่นำมาใช้ (วัน)	การสูญเสียหลังการทำให้สุก (ร้อยละ)	
	หมูบดชุดควบคุม	หมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมร้อยละ 2.0
0	5.44	9.70
3	4.21	7.26
7	4.26	6.31

4.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหมูบดระหว่างการเก็บรักษา

การที่เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีรวมทั้ง *Pseudomonas* และจุลินทรีย์ไซโครโทรฟทั้งหมด โดยเฉพาะเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5-2.0 อาจเนื่องมาจากในมะขามป้อมมีสารต้านจุลินทรีย์ ซึ่งกนิษฐา และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษากิจกรรมการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผลไม้พื้นบ้านของไทย ทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ พิลังกาสา มะกอกน้ำ มะขวิด มะขามป้อม มะดัน และมะเฟือง พบว่ามะดัน มะขามป้อม และมะกอกน้ำ มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ได้กว้างที่สุด โดยเฉพาะมะขามป้อมสามารถยับยั้งการเจริญของ *Pseudomonas fluorescens* และ *Staphylococcus aureus* ได้ดีที่สุด ซึ่งมีค่า MIC เท่ากับ 2.56 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ Mayachiew และ Devahastin (2007) ได้ทำการศึกษากิจกรรมการยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* โดยสารสกัดจากมะขามป้อมและสารสกัดจากข่า พบว่าค่า MIC ของสารสกัดหยาบจากมะขามป้อมและสารสกัดจากข่าเท่ากับ 13.97 และ 0.78 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และค่า MBC เท่ากับ 13.97 และ 2.34 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ Mehmood และคณะ (2011) ได้ทำการศึกษาส่วนประกอบของสารสกัดหยาบของมะขามป้อม พบว่าสารสกัดจากมะขามป้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สกัดด้วยปิโตรเลียม คลอโรฟอร์ม เอทิล แอซิเตท และน้ำ ประกอบด้วย อัลคาลอยด์ (alkaloids) แทนนิน (tannins) เทอร์พีน (terpenes) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) สเตอรอล (sterols) และซาโพนิน (saponins) และได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางยาของสารสกัดจากมะขามป้อมต่ออาการท้องร่วง พบว่าสารสกัดหยาบจากมะขามป้อมมีฤทธิ์ยับยั้งอาการท้องร่วงได้และพบว่าสารสกัดมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นจะสามารถตอบสนองต่ออาการท้องร่วงได้ดี

การที่เนื้อหมูบดทุกตัวอย่างที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด รวมทั้งจุลินทรีย์ไซโครโทรฟสูงถึง 10^7 CFU ต่อกรัม อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์ที่ติดอยู่กับอุปกรณ์ เช่น มีด เขียง ภาชนะที่ใส่ หรือจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม ซึ่ง Jay และคณะ (2005) ได้กล่าวว่าแหล่งของการปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์อันดับแรกมาจากขั้นตอนการฆ่าสัตว์โดยมีการปนเปื้อนจากสิ่งต่างๆ ได้แก่ มีด หนังสัตว์ กระเพาะหรือลำไส้ของสัตว์ มือของผู้ปฏิบัติการ ภาชนะที่ใส่ รวมทั้งสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวสัตว์ และต่อมน้ำเหลือง สำหรับชนิดของแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ Samelis (2006) ได้กล่าวว่าแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียโดยทั่วไปที่พบในเนื้อสัตว์ ได้แก่ *Pseudomonas*, *Acinetobacter* หรือ *Moraxella, Psychrobacter, Aeromonas, Shewanella putrefaciens, Enterobacteriaceae, Brochothrix thermosphacta, Micrococcaceae, Clostridium* และ *lactic acid bacteria* ซึ่งแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากที่สุดคือ *Pseudomonas* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน จำนวนเริ่มต้นของจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสียเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บของเนื้อสดและเนื้อสัตว์ปีกสด ตัวอย่างเช่น ที่ผิวของซากวัวอาจมีจำนวนจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญอยู่ในช่วง 10^1 ถึง 10^7 CFU ต่อตารางเซนติเมตร แต่ปกติมักจะมีน้อยกว่า 10^4 CFU ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียไซโครโทรฟ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ทำการเติมแบคทีเรีย *Pseudomonas* ซึ่งเป็นแบคทีเรียประเภทไซโครโทรฟ เพื่อศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดนี้ของสารสกัดจากมะขามป้อม แบคทีเรียไซโครโทรฟ คือแบคทีเรียที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 10-15 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่แนะนำสำหรับเพาะเลี้ยงให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตคือที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า และสามารถสร้างโคโลนีให้เห็นได้ภายใน 7-10 วัน (Jay และคณะ, 2005) ดังเช่นจากผลการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าจุลินทรีย์ไซโครโทรฟในเนื้อหมูบดชุดควบคุมและในเนื้อหมูบดที่เติมสารออกซิเดชันสังเคราะห์ (BHT) เพิ่มจำนวนมากขึ้น อาจเนื่องมาจากจุลินทรีย์เหล่านี้ไม่ได้เผชิญกับสารยับยั้งดังเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อม จึงทำให้สามารถแบ่งตัวเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆที่อุณหภูมิแช่เย็นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในทางตรงกันข้ามเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อม จะมีการลดจำนวนลงของจุลินทรีย์ไซโครโทรฟและจุลินทรีย์ *Pseudomonas* ในช่วงแรกหลังจากเก็บรักษาครบ 1 วัน และหลังจากนั้นจุลินทรีย์ไซโครโทรฟค่อยๆเพิ่มจำนวนขึ้น การที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นไปได้ว่าจุลินทรีย์มีการปรับตัวจากสภาพที่มีสารยับยั้ง แต่จุลินทรีย์ *Pseudomonas* ค่อยๆ ลดจำนวนลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสารสกัดจากมะขามป้อมสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ *Pseudomonas* ได้ดี แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ไซโครโทรฟทุกชนิดที่ปนเปื้อนในเนื้อหมูบดได้ ซึ่งอาจมีอยู่หลายชนิด Jay และคณะ (2005) กล่าวว่าแบคทีเรียสกุลที่สำคัญเป็นแบคทีเรียไซโครโทรฟ ได้แก่ *Acinetobacter, Aeromonas, Enterobacter, Shewanella, Enterococcus, Pseudomonas, Brochothrix, Vibrio,Carnobacterium* และอื่นๆ

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อหมูบดแช่เย็นได้นานถึง 7 วัน โดยที่ไม่เน่าเสีย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อหมูบดที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากมะขามป้อมพบว่าสามารถเก็บรักษาได้เพียง 3 วัน เท่านั้น ซึ่งจะเริ่มมีการเน่าเสียคือมีลักษณะสีซีดลงเริ่มมีกลิ่นเหม็นและลักษณะสัมผัสของเนื้อหมูบดเปลี่ยนไปดังนั้นการเติมสารสกัดจากมะขามป้อมสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าเนื้อหมูบดที่ไม่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมอย่างน้อย 4 วัน

4.3.2ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชของเนื้อหมูบดต่อการเก็บรักษาของเนื้อหมูบด

การที่ค่าพีเอชเริ่มต้นของเนื้อหมูบดชุดควบคุมซึ่งไม่ได้เติมสารสกัดจากมะขามป้อมมีค่าเป็นกรดเล็กน้อย (พีเอช 5.84) Jay และคณะ (2005) ได้กล่าวว่า เนื้อสัตว์ที่เหนื่อยก่อนฆ่าจะเกิดการเน่าเสียเร็วกว่าเนื้อสัตว์ที่ได้รับการพักผ่อนอย่างเพียงพอก่อนฆ่า ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลโดยตรงที่เกี่ยวข้องกับค่าพีเอชสุดท้ายของเนื้อสัตว์ หลังจากที่ผ่านระยะการเกร็งตัว (rigor mortis) โดยสมบูรณ์ ในกรณีของสัตว์ที่พักผ่อนอย่างเพียงพอก่อนฆ่า ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อซึ่งปกติมีอยู่ประมาณร้อยละ 1 จะเปลี่ยนไปเป็นกรดแลกติกซึ่งมีผลโดยตรงต่อการลดลงของค่าพีเอชจาก 7.4 เหลือ 5.6 Callow (1949) ได้รายงานว่าค่าพีเอชต่ำสุดและสูงสุดของเนื้อหมูเท่ากับ 5.3 และ 6.9 ตามลำดับ และ Briskey (1964) ได้รายงานว่าค่าพีเอชของเนื้อหมูบดอาจมีค่าต่ำถึง 5.0 Jay และคณะ (2005) ได้กล่าวว่า เนื้อวัวและเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเริ่มเกิดการเน่าเสียค่าพีเอชของเนื้อจะสูงขึ้นขณะเดียวกันแบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนมากขึ้น และมีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการจับกับน้ำของโปรตีนในเนื้อสัตว์ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ในเนื้อวัวบดเมื่อเกิดการเน่าเสียค่าพีเอชอาจสูงขึ้นถึง 8.5 ถึงแม้ว่าที่เวลาของการเริ่มต้นของการเน่าเสีย อาจพบว่าค่าพีเอชของเนื้อโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 6.5 การที่ค่าพีเอชของเนื้อสดแช่เย็นค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นขณะที่เนื้อหมูเกิดการเน่าเสียอาจเป็นไปได้ว่า มีผลิตภัณฑ์บางอย่างเกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบของเนื้อสัตว์ ซึ่งอาจมีผลทำให้ค่าพีเอชของเนื้อหมูบดเพิ่มขึ้น Samelis (2006) ได้กล่าวว่า กลูโคสซึ่งพบในกล้ามเนื้อเป็นสารประกอบชนิดแรกที่แบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียส่วนใหญ่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน เนื่องจากมีมวลโมเลกุลต่ำตามด้วยการใช้กรดอะมิโน ซึ่งพบว่าหลังจากที่กลูโคสในเนื้อถูกใช้ไปหมดแล้ว เนื้อจะมีค่าพีเอชประมาณ 5.5 ถึง 5.8 จากนั้นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย คือ *Pseudomonas* และพวกแบคทีเรียแกรมบวกจะใช้กรดอะมิโนเป็นผลให้เกิดการสร้างสารประกอบซัลไฟด์ที่ระเหยได้ เอสเทอร์และเอมีน จึงเป็นสาเหตุทำให้เนื้อเกิดการเน่าเสีย Vatten และ Shetty (2003) กล่าวว่าสารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติเป็นกรดจึงมีค่าพีเอชที่ต่ำและนอกจากจะแสดงคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันได้อย่างดีเยี่ยมแล้ว ยังแสดงคุณสมบัติในการต้านจุลินทรีย์ได้อีกด้วย ดังนั้นการที่เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมมีค่าพีเอชต่ำกว่าเนื้อหมูชุดควบคุมเนื่องมาจากสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดสามารถต้านทานการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและมีกลิ่นเหม็นหืน จึงเป็นเหตุผลของการที่เนื้อหมูที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมยังคงมีสภาพสดไม่มีกลิ่นเหม็นเน่า และมีค่าพีเอชต่ำค่อนข้างคงที่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

4.3.3 สมบัติการต้านออกซิเดชันในเนื้อหมูบดของสารสกัดจากมะขามป้อม

จากการที่เนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 – 2.0 มีผลในการต้านออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูบดได้ดี โดยค่า TBARS เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยนั้น อาจเป็นเพราะผลของสารสำคัญที่มีอยู่ในมะขามป้อม ดังเช่นการวิจัยของ Luo และคณะ (2009) ซึ่งได้ทำการจำแนกและศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบทางชีวภาพที่พบในมะขามป้อมโดยนำมะขามป้อมอบแห้งมาสกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 แล้วแยกเอาเฉพาะส่วนที่เป็น ethyl acetate มาทำให้บริสุทธิ์โดยวิธี silica gel column และ thin layer chromatography พบสารสำคัญ 6 ชนิด ได้แก่ กรดซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นา มิก (cinnamic acid) ควอซีทีน (quercetin) 5-ไฮดรอกซีเมทิล เฟอฟูรอล (5-hydroxymethylfurfural) กรดแกลลิก (gallic acid) β-ดอลโคสเตอรอล (β-daucosterol) และ กรดอีลาจิก (ellagic acid) พบว่า กรดแกลลิกและกรดอีลาจิก มีกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 3.18 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และค่า TEAC เท่ากับ 3.19 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DPPH และ ABTS ตามลำดับ โดยสารสำคัญเหล่านี้ที่พบในมะขามป้อมอาจเป็นสารที่มีสมบัติในการต้านออกซิเดชันได้ดี Hayes และคณะ (2009) ได้ศึกษากิจกรรมการต้านออกซิเดชันของลูติน (lutein) เซซามอล (sesamol) กรดอีลาจิกและสารสกัดจากใบมะกอกโดยใช้วิธี DPPH พบว่ากรดอีลาจิกมีกิจกรรมการต้านอนุมูล DPPH ได้ดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้ยังคาดว่าเป็นผลมาจากกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกที่พบในมะขามป้อมอีกด้วย ซึ่งจากการศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์โดยสารสกัดจากผลไม้พื้นบ้านของไทย โดยกนิษฐาและคณะ (2551) พบว่าสารสกัดจากมะขามป้อมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 4,200 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัมของสารสกัด รองลงมาเป็นพิลังกาสา มะกอกน้ำ มะดัน มะเฟือง และมะขวิด ซึ่งสัมพันธ์กับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยมะขามป้อมมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดมีค่า E_{50} เท่ากับ 501.71 ไมโครกรัมของสารสกัดต่อมิลลิกรัมของ DPPH และมีความสามารถในการรีดิวซ์เท่ากับ 4.86 มิลลิโมลต่อลิตร นอกจากนี้ Liu และคณะ (2008) ได้ทำการจำแนกและศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบ ฟีนอลิกที่พบในมะขามป้อมโดยการแยกและทำบริสุทธิ์ด้วยวิธี Sephadex LH-20 chromatography และ reverse-phase HPLC ตามลำดับ พบสารสำคัญ 6 ชนิด ได้แก่ เจอรานีอิน (geraniin) ควอซีทิน-3-β-กลูโคไพราโนไซด์ (quercetin 3-β-glucopyranoside) แคมเฟอรอล-3-β-กลูโคไพราโนไซด์ (kaempferol 3-β-glucopyranoside) ไอโซคอริลาจิน (isocorilagin) ควอซิทิน และแคมเฟอรอล พบว่าสารประกอบในมะขามป้อมทั้ง 6 ชนิด มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูง ในบรรดาสารประกอบทั้ง 6 ชนิดนี้ พบว่าเจอรานีอินมีกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.7 ไมโครโมลาร์และ 65.7 ไมโครโมลาร์เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DPPH และวิธี lipid peroxidation ตามลำดับ โดย Lin และคณะ(2008) ได้ศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของเจอรานีอินที่แยกได้จากลูกใต้ใบ *(Phyllanthus urinaria)* พบว่า geraniin มีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.27 ไมโครโมลาร์ที่พีเอช 7.9 และ 0.92 ไมโครโมลาร์ที่พีเอช 4.5 ซึ่งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของ BHT และกรดแอสคอบิกถึง 14.5 และ 10.3 เท่าที่พีเอช 7.9 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DPPH การที่สารสกัดจากมะขามป้อมมีผลในการต้านออกซิเดชันในเนื้อหมูบด อาจเป็นเพราะฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในมะขามป้อมดังกล่าว ซึ่งมีผลชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ในเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อม Kaur และ Kapoor (2001) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก เนื่องจากฟีนอลิกมีคุณสมบัติในการรีดอกซ์ คือทำหน้าที่เป็น reducing agents เป็นตัวให้ไฮโดรเจนและเป็นตัวยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ โดยสารประกอบโพลีฟีนอลจะแสดงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลิสระได้ 2 ทาง โดยทางแรกเมื่อสารตั้งต้นที่ถูกออกซิไดซ์มีความเข้มข้นต่ำ โดยจะไปชะลอหรือป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชันระหว่างอนุมูลอิสระกับสารตั้งต้น ทางที่สองโดยการทำให้ อนุมูลอิสระเกิดความเสถียร ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกนอกจากจะทำหน้าที่เป็นตัวให้ไฮโดรเจนแล้ว ยังสามารถเป็น chelator ในการรวมตัวกับอิออนของโลหะ เพื่อช่วยป้องกันการเข้าจับของอนุมูลอิสระได้อีกด้วย ในทางตรงกันข้ามกับเนื้อหมูบดชุดควบคุมที่มีการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS อย่างรวดเร็ว Calkins และ Hodgen (2007) กล่าวว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของฟอสโฟลิปิด ปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ความเข้มข้นของอิออนโลหะ ออกซิเจน เกลือ และสารโปรออกซิแดนท์อื่นๆ เปอร์ออกไซด์ถูกสร้างขึ้นจากกลไกของปฏิกิริยาลูกโซ่ระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อสัตว์กับออกซิเจน ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถพบได้หลายรูปแบบ ได้แก่ อัลดีไฮด์ (aldehyde) แลคโตน (lactones) ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) ฟูแรน (furans) และคีโตน ketones ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติ เช่น เกิดกลิ่นเหม็นหืน

4.3.4 การเปลี่ยนแปลงค่าสีในเนื้อหมูบดระหว่างการเก็บรักษา

การที่พบว่าค่า a^* (ค่าสีแดง) ในเนื้อหมูบดชุดควบคุม เนื้อหมูบดที่เติมสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ (BHT) และเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด (ร้อยละ 0.25) มีค่าความเป็นสีแดงสูงกว่าเนื้อหมูบดชุดอื่นที่ระยะเวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษา ซึ่งค่าความเป็นสีแดงนี้อาจเกี่ยวข้องกับเม็ดสีที่อยู่ในเนื้อหมู ซึ่งก็คือไมโอโกลบิน (myoglobin) ไมโอโกลบินเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยโปรตีนรูปร่างกลม ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 153 ชนิด (มีน้ำหนักโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17,000 กรัมต่อโมล) โปรตีนเป็นที่อยู่ของโครงสร้างของวงแหวน porphyrin อยู่ภายในกลุ่มของโมเลกุลโปรตีน เมื่อนำเนื้อหมูบดมาบดด้วยเครื่องบดจึงทำให้ออกซิเจนผสมลงไปในเนื้อหมูบด ทำให้เนื้อหมูบดที่เวลาเริ่มต้นของการเก็บรักษามีค่าสีแดงสูงที่สุด ซึ่งอาจเป็นเพราะเม็ดสีไมโอโกลบินได้รับออกซิเจนจึงเปลี่ยนสภาพเป็นออกซิไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ซึ่งมีสีแดงสด (Young และ West, 1999) ในเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 มีค่าความเป็นสีแดงต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากการเติมสารสกัดจากมะขามป้อมลงไปจึงทำให้ค่าความเป็นสีแดงลดลง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าสีแดงในเนื้อหมูบดทุกตัวอย่างค่อยๆลดลง อาจเนื่องมาจากไมโอโกลบินสามารถจับหรือปล่อยออกซิเจนเฉพาะเมื่อเหล็กของฮีมซึ่งอยู่ในรูป Fe^{+2} โมเลกุลไมโอโกลบินเช่นนี้อาจจะมีอยู่ในรูปของ oxygenated คือมีการจับกันอย่างหลวมๆของโมเลกุลออกซิเจน หรืออยู่ในรูป unoxygenated ที่ไม่ได้จับกับโมเลกุลของออกซิเจน สีของเนื้อที่มีไมโอโกลบินในรูปที่มีการจับกับออกซิเจนจะมีสีแดงสดเหมือนผลเชอรี่สุก แต่ในเวลาต่อมาสีจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มถ้าเหล็กถูกออกซิไดส์กลายเป็น Fe^{+3} สารประกอบเชิงซ้อนของฮีมจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ สีก็จะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลและไม่จับอยู่กับออกซิเจน ซึ่งไมโอโกลบินในรูปที่ถูกออกซิไดส์นี้ คือเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) (Miller, 2000)

ส่วนค่า b^*-value (ค่าสีเหลือง) พบว่าเนื้อหมูบดชุดควบคุม เนื้อหมูบดที่เติมสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ (BHT) และเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดร้อยละ 0.25 มีค่าความเป็นสีเหลืองใกล้เคียงกันซึ่งในเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารสกัดจากมะขามป้อมมากขึ้นจะมีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง ซึ่งจะทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และในเนื้อหมูบดที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากมะขามป้อม เนื้อหมูบดที่เติม BHT จะพบว่าค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยตลอดระยะการเก็บรักษาด้วยเช่นกันแต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งค่าความสีเหลืองที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการเติมสารสกัดจากมะขามป้อมลงไปในเนื้อหมูบด ซึ่งทำให้เกิดการผสมกันระหว่างสีของสารสกัดจากมะขามป้อม (สีเขียว) กับเม็ดสีไมโอโกลบินในเนื้อหมูบดทำให้สีแดงของเนื้อหมูบดจางลง (ค่า b* สูงขึ้น) โดยพบว่าค่า b* จะสูงที่สุดในเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนค่า L^*-value (ค่าความสว่าง) พบว่าในเนื้อหมูบดทุกชุดการทดลองมีค่า L^* เริ่มต้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และพบว่าค่า L^* ของเนื้อหมูบดชุดควบคุม เนื้อหมูบดที่เติม BHT และเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้น พบว่ามีค่าความสว่างสูงกว่าค่าความสว่างของเนื้อหมูบดชุดควบคุม เนื้อหมูบดที่เติม BHT และเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 โดยเฉพาะเนื้อหมูบดที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 มีความ สว่างมากที่สุด การที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากในมะขามป้อมมีสารแทนนินสูง ดังการรายงานของ Akhund และคณะ (2010) ได้กล่าวว่าในผลมะขามป้อมจะประกอบไปด้วยสารจากธรรมชาติ และวิตามินซี ซึ่งการมีวิตามินซีและแร่ธาตุนี้จะประกอบไปด้วย แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส แคโรทีน ไทอะมีน ไรโบฟลาวิน ไนอะซิน วิตามินซี และแทนนิน ในสารธรรมชาตินี้อาจมีส่วนช่วยส่งเสริมค่าความสว่าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Luciano และคณะ (2009) ที่ได้ศึกษาเรื่องสารแทนนินในการพัฒนาความสามารถในการคงสภาพสีของเนื้อแกะ โดยพบว่าการเติมแทนนินจากพืชที่เรียกว่า quebracho (*Aspidosperma quebracho*) ในอาหารที่ให้แกะกินมีผลช่วยปรับปรุงความคงตัวของสีเนื้อแกะสดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิของการแช่เย็น

จากความสำเร็จในการประยุกต์ใช้สารสกัดจากมะขามป้อมเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และต้านออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูบดแช่เย็นนี้ อาจเป็นผลมาจากสารสำคัญที่มีอยู่ในมะขามป้อมดังกล่าวซึ่งจะช่วยในการถนอมอาหาร นักวิจัยท่านอื่นก็ได้ประสบความสำเร็จเช่นกันในการประยุกต์ใช้สารสกัดที่ได้จากผลไม้ชนิดอื่น ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อ ดังเช่นการรายงานของ Blastida และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาผลของการเติม condensed tannins ที่ได้จากการสกัดผลไม้ carob เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูปรุงสุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง พบว่าสารสกัดจากผลไม้ carob สามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของไขมันในเนื้อหมูปรุงสุกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น และอุณหภูมิแช่แข็งได้เป็นผลสำเร็จ นอกจากนี้ Sáyago-Ayerdi และคณะ (2009) ได้ศึกษาผลของการเติมใยอาหารจากองุ่น (ร้อยละ 0.5-2.0) ต่อการต้านออกซิเดชันของไขมันในแฮมเบอร์เกอร์ไก่ดิบและแฮมเบอร์เกอร์ไก่ที่ปรุงสุก ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 3, 5 และ 13 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งผลที่ได้คือ ใยอาหารจากองุ่นมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการต้านออกซิเดชันของไขมันได้ดี โดยความสามารถในการต้านออกซิเดชันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้ นอกจากนี้ Ganhão และคณะ (2010) ได้ทำการศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากผลไม้ได้แก่ ต้นสตรอเบอรี่ (Arbutus unedo L., AU), common hawthorns (Crataegus monogyna L., CM), dog roses (Rosa canina L., RC) และ elm-leaf blackberries (Rubus ulmifolius Schott., RU) ต่อการออกซิเดชันของโปรตีนในแฮมเบอร์เกอร์ปรุงสุกที่เติมสารสกัดจากผลไม้ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่าในระหว่างการเก็บรักษา แฮมเบอร์เกอร์ชุดควบคุมซึ่งไม่ได้เติมสารสกัดจากผลไม้มีการเพิ่มขึ้นอย่างมากของโปรตีนคาร์บอนิล (protein carbonyls) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อโดยปฏิกิริยาออกซิเดทีฟ ส่วนตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากผลไม้มีผลช่วยลดการเกิดโปรตีนคาร์บอนิล (protein carbonyls) อย่างมีนัยสำคัญและช่วยยับยั้งการเสื่อมสภาพของสีในเนื้อ และลักษณะเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาผลของสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25-2.0 ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการต้านออกซิเดชันของไขมันในเนื้อหมูบดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัดจากมะขามป้อมที่เติม โดยสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเนื้อหมูบดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้ดีที่สุด โดยจุลินทรีย์ทุกชนิดที่ตรวจสอบลดจำนวนลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาเนื้อหมูบดแช่เย็นเป็นเวลา 12 วัน จุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหมูบดมีการรอดชีวิตน้อยที่สุด (ร้อยละ 23.27) เช่นเดียวกับจุลินทรีย์ไซโครโทรฟ และ *Pseudomonas* ซึ่งลดจำนวนลงมากที่สุด (ร้อยละ 2.06) ซึ่งสอดคล้องกับค่าพีเอชที่มีระดับต่ำ นอกจากนี้ยังช่วยรักษาค่าสีของเนื้อหมูบดให้คงความสดไม่แสดงออกถึงการเน่าเสีย และมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันของไขมันได้ โดยมีค่า TBARS ในระดับต่ำ จากนั้นทำการทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมูบดปรุงรสที่เติมสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 พบว่าผู้ทดสอบชิมไม่สามารถตรวจจับกลิ่นรสของสารสกัดจากมะขามป้อมที่เติมลงในเนื้อหมูบดปรุงรสได้ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากมะขามป้อมมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อหมูบด โดยสามารถใช้แทนสารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ในการยืดอายุอาหารเพื่อประโยชน์และความปลอดภัยของผู้บริโภคได้ ในการวิจัยครั้งนี้พบว่าสารสกัดจากมะขามป้อมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2.0 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมูบดได้อย่างน้อย 4 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุมซึ่งอาจเป็นเวลาที่น้อยเกินไป ดังนั้นหากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมูบดแช่เย็นเป็นเวลาที่มากขึ้นอาจใช้สารสกัดจากมะขามป้อมร่วมกับวิธีการถนอมอาหารวิธีอื่น เช่น ใช้ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศหรือการเติมน้ำมันหอมระเหยลงบนแผ่นฟิล์มที่ใช้บรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กนิษฐา ขันฮะ จิราพร พันธ์อิ่ม และ จุฑาทิพย์ จิตรเอียด. (2551). กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งจุลินทรีย์ของสารสกัดจากผลไม้พื้นบ้านไทย. โครงงานพิเศษสาขาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. (2539). วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ชั้นสูง. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ

นิรนาม. มะขามป้อม. http:// www.stou.ac.th/Schools/Shs/thaimedical/herb/new/makampom1.jpg

ปรียา ไตรรัตน์ณรงค์. (2550). คัมภีร์แพทย์สมุนไพร ผลไม้ สมุนไพรและพืชผักสมุนไพร. ครั้งที่ 6. สำนักพิมพ์ One World. กรุงเทพฯ

ศิวาพร ศิวเวชช. (2535). วัตถุเจือปนอาหาร. เล่ม1. สำนักศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. กรุงเทพฯ.

Akhund, S., Suhail, M., Rani, I., Memon, F., & Abro, H. (2010). Fruit borne mycoflora of Amla (*Phyllanthus emblica* L.). *Pakistan Journal of Botany., 42(6)*, 4229-4233.

Bastida, S., Sanchez – Muniz, F. J., Olivero, R., Perez – Ollesros, L., Ruiz – Roso, B., & Jimenez – Colmenoro, F. (2009). Antioxidant activity of carob fruit extracts in cooked pork meat systems during chilled and frozen storage. *Food Chemistry, 116* , 748 - 754.

Borch, E., Kant-Muermans, M. L., & Blixt, Y. (1996). Bacterial spoilage of meat and cured meat products. *Food Microbiology*, *33*, 103-120.

Briskey, E. J. (1964). Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Advances in Food Research. 13*, 89 – 178.

Calkins, C. R., & Hodgen, J. M. (2007). A fresh look at meat flavor. *Meat Science, 77,* 63 - 80.

Callow, E. H. (1949). Science in imported meat industry. *Journal of The Royal Sanitary Institute*, *69*, 35 - 39.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Feiner, G. (2006). *Meat products handbook practical science and technology.* (1st ed.). Boca Raton : CRC Press LLC. (Chapter 39).

Ganhão, R., Morcuende, D., & Estévez, M. (2010). Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat Science*, *85*, 402-409.

Hamilton, R.J. (1994). The chemistry of rancidity in food. In J.C. Allen, & R.J. Hamilton (Eds.), *Rancidity in foods* (pp. 1-21). London: Chapman and Hall.

Hayes, J. E., Stepanyan, V., Allen, P., O'Gragy, M. N., O'Brien, N. M., & Kerry, J. P. (2009). The effect of lutein, sesamol, ellagic acid and olive leaf extract on lipid oxidation and oxymyoglobin oxidation in bovine and porcine muscle model systems. *Meat Science*, *83,* 201 - 208.

Jay, I. M., loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern food microbiology.* (7th ed). New York : Springer Science + Business Media, Inc.

Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology*, *36*, 703 - 725.

Khan, K. H. (2009). Role of *Emblica officinalis* in medicine – A Review. *Botany Research International*, *2(4)*, 218-228.

Lin, S – Y., Wang, C – C., Lu, Y – L., Wu, W – C., & Hou, W – C. (2008). Antioxidant, anti – semicarbarzide – sensitive amide oxidase, and anti – hypertensive activities of geraniin isolated from *Phyllanthus urinaria*. *Food and Chemical Toxicology*, *46,* 2485 – 2492.

Liu, X., Cui, C., Zhao, M., Wang, J., Luo, W., Yang, B., & Jiang, Y. (2008). Identification of phenolics in fruit of emblica (*Phyllanthus emblic*a L.) and their antioxidant activities. *Food Chemistry, 109,* 909 – 915.

Luciano, G., Monahan, F. J., Vasta, V., Biondi, L., Lanza, M., & Priolo, A. (2009). Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat* science, *81*, 120-125.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Luo, W., Zhao, M., Yang, B., Shen, G., & Rao, G. (2009). Identification of bioactive compounds in *Phyllanthus emblica* L. fruit and their free radical scavenging activities. *Food Chemistry, 114,* 499 – 504.

Mayachiew, P., & Devahastin, S. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of Indian gooseberry and galangal extracts. *LWT- Food Science and Technology, 41*, 115 – 1159.

Mehmood, M. H., Siddigi, H. S., & Gilani, A. H. (2011). The antidiarrheal and spasmolytic activities of *Phyllanthus emblica* are mediated through dual blockade of muscarinic receptor and ca^{2+} channels. *Journal of Ethnopharmacology, 133,* 856-865.

Naveena, B. M., Sen, A. R., Vaithiyanathan, S., Babja, Y. & Kondaiah, N. (2008). Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties. *Meat Science, 80,* 1304-1308.

Roessler, E. B., Panborn, R.M., Sidel, J. L., & Stone, H. (1978). Expand statistical table for estimating significance in paired – preference, paired – difference, duo – trio and triangle tests. *Journal of Food Science, 43*, 940 – 943.

Samelis, J. (2006). Managing microbial spoilage in the meat industry. In C. Blackburn, & W. De (Eds.) *Food spoilage microorganisms* (pp. 213-286). Cambridge, England : Woodhead Publishing Limited.

Sanchez-Alonso, I., Jimenez-Escrig, A., Saura-Calixto, F., & Borderia, A. J. (2005). Effect of grape antioxidant dietary fibre on the prevention of lipid oxidation in minced fish: Evaluation by different methodologies. *Food Chemistry, 101*, 372-378.

Sáyago - Ayerdi, S. G., Brenes, A. & Goni, I. (2009). Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. *LWT - Food Science and Technology, 42,* 971-976.

Scartezzini, P., & Speroni, E. (2000). Review on some plants of Indian traditional medicine with antioxidant activity. *Journal of Ethnopharmacology, 71*, 23-43.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sebranek, J. G., Sewalt, V. J. H., Robbins, K. L., & House, T. A. (2005). Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage, *Meat Science, 69*, 289–296

Shahidi, F., & Naczk, M. (2004). *Phenolics in food and nutraceuticals.* (1st ed.). Boca Raton: CRC Press LLC, (Chapter 8).

Suja, P. K., Jayalekshmy, A., & Arumughan, C. (2005). Antioxidant activity of sesame cake extract. *Food Chemistry*, *91*, 213-219.

Vattem, D. A., & Shetty, K. (2003). Ellagic acid production and phenolic antioxidant activity in cranberry pomace (*Vaccinium macrocarpon*) mediated by *Lentinus edodes* using a solid – state system. *Process Biochemistry, 39*, 367 – 379.

Warriss, P. D. (2000). *Meat science: an Introductory text.* (1st ed.). New York : CABI Publising. (Chapter 9).

Young, O. A., & West, J. (1999). Meat color. In Y. H. Hoi, W. K. Nip, R.W. Rogers, & O. A. Young (Eds.), *Meat Science and applications* (pp. 39 - 66). New York : Marcel Dekker Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้