รายงานโครงการวิจัย

การแปรรูปเพื่อยืดอายุกระเทียมสดพร้อมบริโภคในภาชนะบรรจุ
Processing for Enhancing Shelf life of Fresh Garlic in Packaging

โดย
นายนฤเทพ เวชภิบาล
นภัสสร เลียบวัน

Naruthep Wechpibal
Napatsorn Leabwan

ปี พ.ศ. 2558

รายงานโครงการวิจัย

การแปรรูปเพื่อยืดอายุกระเทียมสดพร้อมบริโภคในภาชนะบรรจุ
Processing for Enhancing Shelf life of Fresh Garlic in Packaging

โดย
นายนฤเทพ เวชภิบาล
นภัสสร เลียบวัน

Naruthep Wechpibal
Napatsorn Leabwan

ปี พ.ศ. 2558

สารบัญ

หน้า

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ข
บทนำ	1
บทคัดย่อ	2
การทดลองที่ 1การพัฒนาสารเคลือบบริโภคได้เพื่อยืดอายุกระเทียมพร้อมบริโภค	4
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	16
เอกสารอ้างอิง	16

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

a_w	Water activity,
CMC	carboxymethyl cellulose
DPPH	2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl
DS	degree of substitution,
HPLC	high performance liquid chromatography

บทนำ

กระเทียมเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของเกษตรกรในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย แหล่งผลิต กระเทียม ที่สำคัญได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำพูน พะเยา ลำปาง อุตรดิตถ์ และศรีสะเกษ ผลผลิตส่วนใหญ่ นิยม บริโภคภายในประเทศ โดยประมาณร้อยละ 80 เป็นกระเทียมสด และประมาณร้อยละ 20 เป็นกระเทียมแปรรูป ทั้งในลักษณะกระเทียมดอง อบแห้ง และผง (กรมวิชาการเกษตร, 2542) ซึ่งพบว่าช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ราคากระเทียมผันผวนสูง และเกิดภาวะกระเทียมล้นตลาด ในปี 2548 พบปัญหาราคากระเทียมตกต่ำ ราคาขายต่อไร่เพียง 19.50 บาทต่อกิโลกรัม ส่งผลให้ในปี 2549 เกษตรกรลดเนื้อที่ปลูกกระเทียมจาก 105,986 ไร่ เหลือเพียง 84,178 ไร่ และเกิดปัญหาราคาตกต่ำอีกครั้งในปี 2552 โดยมีราคาต่อไร่เหลือเพียง 17.81 บาทต่อกิโลกรัม หลังจากที่ปรับขึ้นมาในช่วงปี 2549-2551 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร,2555) นอกจากนี้กระเทียมไทยได้รับผลกระทบของกระเทียมนำเข้าจากประเทศจีน และพม่า ซึ่งมีขนาดหัวกระเทียมที่ใหญ่ และราคาถูกกว่ากระเทียมไทย ส่งผลให้การผลิตของกระเทียมไทยอยู่ในภาวะน่าเป็นห่วง เป็นเหตุให้รัฐบาลต้องหามาตรการรองรับ เพื่อเพิ่มเสถียรภาพให้กับราคากระเทียม เช่น การรับจำนำ การส่งเสริมให้ปลูกพืชอื่นทดแทน เป็นต้น (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร,2555)

การแปรรูปกระเทียมเป็นอีกมาตรการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มเสถียรภาพให้แก่กระเทียมไทย ที่มีจุดเด่นด้านกลิ่นและรสชาติที่เผ็ดร้อน โดยกรมวิชาการเกษตร (2542) รายงานว่า กระเทียมไทยพันธุ์ศรีสะเกษ มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยในเนื้อกระเทียมที่สูงถึงร้อยละ 0.73 ในขณะที่กระเทียมจีนมีเพียงร้อยละ 0.33 และเมื่อผึ่งให้แห้งกระเทียมจีนจะสูญเสียน้ำหนักถึงร้อยละ 34 จากผลศึกษาพบว่ากระเทียมมีสรรพคุณทางยา จากสารสำคัญอัลลิซิน (allicin) ซึ่งถูกสังเคราะห์ขึ้น เมื่อกระเทียมสดเกิดความเครียดจากการถูกบด คั้น หรือทุบ เป็นสารไม่เสถียร สลายตัวได้ง่ายเมื่อทิ้งไว้ หรือได้รับความร้อน มีสรรพคุณลดคลอเรสเตอรอล (กรมส่งเสริมการเกษตร , 2551) นอกจากนี้กระเทียมยังมีสรรพคุณช่วยการป้องกัน และรักษาโรคเกี่ยวกับหัวใจ และหลอดเลือด (Rahman *et al.*, 2006) ยับยั้งการเจริญเนื้อร้าย (Fleischauer *et al.*, 2001) รักษาอาการอักเสบ ฆ่าเชื้อโรค และการลดระดับไขมันในเลือด (วิทิต,2528) อีกทั้งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Borek, 2001)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่ากระเทียมไทย จะมีจุดเด่นหลายประการแต่จุดด้อยที่สำคัญ คือ กลีบกระเทียม (garlic clove) ที่ขนาดเล็กกว่ากลีบกระเทียมที่นำเข้าจากจากต่างประเทศ ทำให้ยากแก่การแกะเพื่อประกอบ อาหาร อีกทั้ง ราคาที่สูงกว่าทำให้ตลาดส่งออกกระเทียมสดไม่กว้างนักและหลายครัวเรือนยอมเลือก บริโภคกระเทียมจีน ด้วยเหตุนี้การวิจัยเพื่อนำกระเทียมมาแปรรูปเป็นกระเทียมพร้อมบริโภค ที่มีอายุการเก็บที่ยาวนาน สามารถคงคุณภาพคุณลักษณะและสารสำคัญของกระเทียมให้ใกล้เคียงกับกระเทียมสด น่าจะสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าและเป็นทางเลือกแก่กระเทียมไทยยุคใหม่ที่สามารถตอบสนองผู้ที่รักสุขภาพ รวมถึงพัฒนาให้กระเทียมยังคงเป็นพืชที่ทำรายได้ให้เกษตรกรอย่างมั่งคงต่อไป

บทคัดย่อ

การศึกษาพัฒนาสารเคลือบบริโภคได้เพื่อยืดอายุการเก็บกระเทียมพร้อมบริโภค มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบบริโภคได้ชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพกระเทียมแกะกลีบเพื่อยืดอายุการเก็บ ทำการทดลองที่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ในปี 2558 โดยนำกระเทียมแกะกลีบเคลือบสารเคลือบบริโภคได้ 4 ชนิด ได้แก่ แอลจิเนต อะการ์ คาร์ราจีแนน และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ด้วยวิธีการจุ่ม โดยสารละลายมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2.5 นาที ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 48 ชั่วโมงและนำมาบรรจุถุงพอลิเอทิลีน เก็บรักษาเป็นเวลา 60 วันโดยทดสอบคุณภาพได้แก่ ลักษณะปรากฏ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณฟีนอลิก ปริมาณอัลลิซินและ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH· ทุก 10 วัน เปรียบเทียบกับกระเทียมไม่เคลือบ พบว่าในระยะการเก็บ 60 วัน การเคลือบอะการ์สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนสีผิวด้านในของกระเทียมแกะกลีบได้ดีสุด ขณะที่การเคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสพบการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่าง ($P \geq 0.05$) จากกระเทียมไม่เคลือบสาร ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH· ของกระเทียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามอายุการเก็บ โดยพบว่ากระเทียมที่สูญเสียน้ำหนักมากที่สุดได้แก่ กระเทียมเคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและกระเทียมไม่เคลือบสารมีปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลิอิสระ DPPH· สูงที่สุด ขณะที่กระเทียมเคลือบอะการ์ที่สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด มีปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลิอิสระ DPPH· ต่ำที่สุด ปริมาณอัลลิซินในทุกตัวอย่างมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีความให้เกิดความแตกต่าง ($P \geq 0.05$) ของแต่ละกรรมวิธี

คำสำคัญ: กระเทียมแกะกลีบ สารเคลือบบริโภคได้ คุณภาพ อายุการเก็บ

Abstract

The objective of this research was to determine the effect of various edible coatings on quality of unpeeled garlic cloves for shelf life extension. The experiment was conducted at Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok in 2015. Four polysaccharides; alginate, agar, carrageenan and carboxymethyl cellulose, were selected as edible coatings and unpeeled garlic was served as the control. First, unpeeled garlic samples were dipped in 1% w/v edible coating solution at 60°C for 2.5 minutes and dehydrated at room temperature for 48 hours before kept in polyethylene pouch. Outer and inner appearances, weight loss, total phenolic content, allicin content and DPPH scavenging capacity were evaluated during 60 days of storage at room temperature. Agar based coated was the best treatment for prevention of weight loss and inner skin discoloration of unpeeled garlic during 60 days. The highest weight loss was observed in carboxymethy cellulose based coated but not significantly different ($P \geq 0.05$) when compared with uncoated garlic. The contents of total phenolic and DPPH scavenging capacity of coated and uncoated garlic increased ($P<0.05$) during storage. The results showed that the most weight loss and discoloration samples coated

by carboxymethyl cellulose and uncoated garlic, reached the maximum total phenolic content and DPPH scavenging capacity while the lowest weight loss of sample coated by agar reached the minimum levels. The allicin content in all treatments trended to decrease during 60 days of storage.

Key words: unpeeled garlic clove, edible coating, quality, shelf life

การทดลองที่1

การพัฒนาสารเคลือบบริโภคได้เพื่อยืดอายุกระเทียมพร้อมบริโภค
Development of Edible Coatings for Shelf Life Extension of Ready to Eat Garlic

นภัสสร เลียบวันและ นฤเทพ เวชภิบาล
Napatsorn Leabwan and Naruthep Wechpibal

บทคัดย่อ

การศึกษาพัฒนาสารเคลือบบริโภคได้เพื่อยืดอายุการเก็บกระเทียมพร้อมบริโภค มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบบริโภคได้ชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพกระเทียมแกะกลีบเพื่อยืดอายุการเก็บ ทำการทดลองที่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ในปี 2558 โดยนำกระเทียมแกะกลีบเคลือบสารเคลือบบริโภคได้ 4 ชนิด ได้แก่ แอลจิเนต อะการ์ คาร์ราจีแนน และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ด้วยวิธีการจุ่ม โดยสารละลายมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2.5 นาที ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง 48 ชั่วโมงและนำมาบรรจุถุงพอลิเอทิลีน เก็บรักษาเป็นเวลา 60 วันโดยทดสอบคุณภาพได้แก่ ลักษณะปรากฏ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณฟีนอลิก ปริมาณอัลลิซินและ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH· ทุก 10 วัน เปรียบเทียบกับกระเทียมไม่เคลือบ พบว่าในระยะการเก็บ 60 วัน การเคลือบอะการ์สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนสีผิวด้านในของกระเทียมแกะกลีบได้ดีสุด ขณะที่การเคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสพบการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่าง ($P \geq 0.05$) จากกระเทียมไม่เคลือบสาร ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH· ของกระเทียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ตามอายุการเก็บ โดยพบว่ากระเทียมที่สูญเสียน้ำหนักมากที่สุดได้แก่ กระเทียมเคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและกระเทียมไม่เคลือบสารมีปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลิอิสระ DPPH· สูงที่สุด ขณะที่กระเทียมเคลือบอะการ์ที่สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด มีปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลิอิสระ DPPH· ต่ำที่สุด ปริมาณอัลลิซินในทุกตัวอย่างมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีความให้เกิดความแตกต่าง ($P \geq 0.05$) ของแต่ละกรรมวิธี

คำสำคัญ: กระเทียมแกะกลีบ สารเคลือบบริโภคได้ คุณภาพ อายุการเก็บ

Abstract

The objective of this research was to determine the effect of various edible coatings on quality of unpeeled garlic cloves for shelf life extension. The experiment wasconducted at Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok in 2015.Four polysaccharides; alginate, agar, carrageenan and carboxymethyl cellulose,were selected as edible coatings andunpeeled garlic was served as the control. First, unpeeled garlic samples were dipped in 1% w/vedible coating solution at 60°C for 2.5 minutesand dehydrated at room temperature

for 48 hours before kept in polyethylene pouch.Outer and inner appearances, weight loss, total phenolic content, allicin content and DPPH scavenging capacity were evaluated during 60 days of storage at room temperature. Agar based coated was the best treatment for prevention of weight loss and inner skin discoloration of unpeeled garlic during 60 days. The highest weight loss was observed in carboxymethycellulose based coated but not significantly different ($P \geq 0.05$) when compared with uncoated garlic. The contents of total phenolic and DPPH scavenging capacity of coated and uncoated garlic increased ($P<0.05$) during storage. The results showed that the most weight loss and discoloration samplescoated by carboxymethylcellulose and uncoated garlic, reached the maximum total phenolic content and DPPH scavenging capacity while the lowest weight loss of sample coated by agarreached the minimum levels.The allicin content in all treatments trended to decrease during 60 days of storage.

Keywords: unpeeled garlic clove, edible coating, quality, shelf life

บทนำ

กระเทียม (garlic) เป็นพืชในวงศ์ Alliaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium sativum* Linn. ลำต้นอยู่ใต้ดิน เรียกว่า หัว (bulb) ประกอบด้วยกลีบเล็กๆ (clove) อยู่รวมกัน มีองค์ประกอบของสารสำคัญหลายชนิดทั้งสารกลุ่มพอลิฟีนอล (polyphenol) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Miller *et al*., 2000) และอัลลิอิน (alliin) ซึ่งเมื่อเกิดความเครียดจะถูกย่อยโดยเอนไซม์อัลลิอิเนส (alliinese) เปลี่ยนรูปเป็นอัลลิซิน (allicin) ซึ่งไม่เสถียรสลายตัวเมื่อทิ้งไว้ หรือถูกความร้อนมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Jone *et al*., 2007)) สามารถลดระดับโคลเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ได้ (Agarwal, 1996)

กระเทียมปลูกมาก ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีฤดูปลูกในช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน (กรมวิชาการเกษตร, 2542) เมื่อเก็บเกี่ยวกระเทียมจะถูกผึ่งแห้ง 7-10 วัน แล้วนำมาจำหน่ายตามท้องตลาดในลักษณะการมัดจุก(กรมวิชาการเกษตร, 2542) นอกจากนี้ยังมีการนำไปแปรรูปให้มีรูปแบบพร้อมบริโภค เช่น การดอง ทำแห้ง ทำเป็นผง เพื่อตอบสนอง ความต้องการของผู้บริโภคโดยเฉพาะในสังคมเมืองซึ่งมีการใช้ชีวิตที่ต้องรีบเร่ง ต้องการความสะดวกสบาย รวมถึงการตัดแต่งและแกะกลีบซึ่งสามารถนำกระเทียมเหล่านี้ไปประกอบอาหารต่อได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่ากระเทียมตัดแต่งและกระเทียมแกะกลีบสามารถเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้บริโภคที่มีพื้นที่จำกัดได้แต่การแปรรูปทั้งสองชนิดนี้ส่งผลให้กระเทียมมีอายุการเก็บสั้นลง โดยกระเทียมแกะกลีบมีอายุการเก็บที่ยาวกว่ากระเทียมตัดแต่งเนื่องจากยังมีเปลือกห่อหุ้มตามธรรมชาติทำให้สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้

การเคลือบสารบริโภคได้ (edible coating) เป็นอีกเทคนิคที่ถูกนำมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ เป็นการนำวัสดุที่บริโภคได้ ได้แก่ พอลิแซคคาไรด์ โปรตีน และไขมัน มาเคลือบผิว ลดการแลกเปลี่ยนก๊าซ การสูญเสียน้ำหนัก และปรับบรรยากาศรอบบริเวณเนื้อเยื่อ (Baldwin *et al*., 1995) โดยสารเคลือบบริโภคได้ในกลุ่มพอลิแซคคาร์ไรด์ อาทิ สตาร์ช อะการ์ แอลจิเนต คาร์ราจีแนน เพคตินและอนุพันธุ์ของเซลลูโลส นิยมนำมาเคลือบเพื่อยืดอายุการเก็บของผักและผลไม้เนื่องจากมีโครงสร้างที่เชื่อมกันด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้มีคุณสมบัติต้านทานการการผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี ช่วยลดการหายใจของผลิตผลได้ (Nisperos-Carriedo, 1994; Ribeiro *et al*., 2007) การศึกษาสารเคลือบบริโภคได้เพื่อยืดอายุส่วนใหญ่ทดลองในกระเทียมตัดแต่ง โดยใช้สารเคลือบหลายชนิด เช่น อะการ์ (Geraldine *et al*., 2008) ไฮโดรซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Sothornvitand Toangworaki, 2012)ร่วมกับวิธีการต่างๆ เช่น การจุ่มน้ำร้อน ซึ่งมีอายุการเก็บนาน 12-15 วันที่อุณหภูมิห้องจากการศึกษาโครงสร้างผิวเปลือกกระเทียมของ Hershko*et al*.(1996) พบว่ามีองค์ประกอบของแคลเซียมเป็นหลัก มีความขรุขระมากกว่าหอมหัวใหญ่ และมีรูพรุนประมาณ 25-55% เมื่อนำหัวกระเทียมมาเคลือบด้วยแอลจิเนตพบว่า สารเคลือบสามารถซึมผ่านชั้นเปลือกและอุดรูพรุนได้ ขณะที่เมื่อนำมาเคลือบไขพบว่า สารเคลือบติดไม่ทั่วผิวและและมีบางส่วนหลุดลอกออก โดย Hershko *et al*. (1998)กล่าวว่าคุณสมบัติของสารเคลือบที่ละลายน้ำได้กลุ่มพอลิแซคคาร์ไรด์กัม เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เซลลูโลสอีเทอร์ คาร์ราจีแนน แอลจิเนต และเพคติน มีความเหมาะสำหรับการเคลือบผิวกระเทียม อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการเคลือบพอลิแซคคาร์ไรด์แต่ละชนิด ต่อคุณภาพของกระเทียมสด

อะการ์ เป็นพอลิแซคคาร์ไรด์ของกาแล็กแทนซัลเฟต ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกาแล็กโทสที่ต่อกันด้วยพันธะ 1—›3 และทุกๆ พันธะที่ 10 จะต่อด้วยพันธะ 1—›4 สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง

(agarophytes) อะการ์สามารถเกิดเจลได้ที่ความเข้มข้นต่ำ มีสมบัติเปลี่ยนแปลงได้ตามอุณหภูมิ เจลที่ได้มีลักษณะเนื้อใส เปราะแตกง่าย และทนความร้อน (นิธิยา, 2553) ส่งผลให้ฟิล์มและสารเคลือบจากอะการ์มีลักษณะแข็งและกรอบเปราะทำให้มีการนำมาใช้เป็นสารเคลือบไม่มาก

แอลจิเนตเป็นพอลิแซคคาร์ไรด์ที่ได้จากการสกัดสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลในวงศ์ *Phaeophucea* ผลิตทั้งในรูปอนุพันธ์ของเกลือโซเดียม โพแทสเซียม แอมโมเนียม เป็นต้น ซึ่งทำให้ละลายน้ำได้ แอลจิเนตเป็นพอลิเมอร์ผสมชนิดสายตรงของกรดแมนูโรนิกและกรดกูลูโรนิก ทำให้มีประจุลบสูง สามารถเกิดเจลได้ดีเมื่อทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนเจลที่ได้จะมีความแข็งแรง และเสถียรต่อความร้อน (นิธิยา, 2553; Embuscado *et al*., 2009)

คาร์ราจีแนน (carrageenan) เป็นพอลิแซ็คคาไรด์ซัลเฟต อีกชนิดหนึ่ง โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลดี-กาแลคโทสและน้ำตาล 3,6- แอนไฮโดร-ดีกาแลคโทส ที่สกัดได้จากสาหร่ายสีแดง แบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่มีโครงสร้างและสมบัติการเกิดฟิล์มแตกต่างกัน ได้แก่ แคปปา ไอโอตา และแลมดา ซึ่งต่างกันที่ปริมาณของการแทนที่ของหมู่ซัลเฟตเอสเทอร์และ 3,6 แอนไฮโดร-แอลฟา-กาแลคโตไพราโนซิลในสารโซ่โพลิเมอร์ โดยแคปปา-แคร์ราจีแนนมีหมู่แทนที่ซัลเฟตเอสเทอร์น้อยที่สุด ประมาณร้อยละ 25 ละลายได้อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อเย็นตัวลงจะให้เจลที่กรอบเปราะและแตกง่าย (นิธิยา,2553; Lacroix and Tien, 2005)

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose, CMC) เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสอีเทอร์ที่อยู่ในรูปเกลือโซเดียมโดยสกัดเซลลูโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์ในธรรมชาติมาทำปฏิกิริยาทางเคมีโดยแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมที่หมู่ไฮดรอกซีด้วยคาร์บอกซีเมทิล สมบัติการละลายและการเกิดเจลของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะขึ้นกับ ระดับของการแทนที่ (degree of substitution, DS) ฟิล์มจากโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลจะมีลักษณะใสและแข็งแรง โดยไม่มีผลกระทบจากน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ (Embuscado *et al*., 2009)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารเคลือบบริโภคได้ที่เหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บกระเทียมสดพร้อมบริโภคและผลของการเคลือบต่อการเปลี่ยนแปลงสารสำคัญระหว่างการเก็บรักษากระเทียม

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. การทดสอบคุณสมบัติของสารเคลือบบริโภคได้

เตรียมฟิล์มจากสารเคลือบบริโภคได้ที่เลือก โดยชั่งสารเคลือบแต่ละชนิด 2.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าจนละลายหมด จากนั้นขึ้นรูปบนแผ่นอะคริลิคขนาด 30×30×0.4 เซนติเมตร ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ลอกแผ่นฟิล์มออกนำไปทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มดังนี้

1.1 ความหนา(Thickness) ด้วยเครื่องวัดความหนา

1.2 ปริมาณความชื้น(Moisture content) ตามข้อ 2.2.3

1.3 ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

1.4 การละลายน้ำ (Solubility)ตามวิธีของSu*et al.*(2010) และTongdeesoontorn *etal.*(2011) ดังนี้

ตัดแผ่นฟิล์มขนาด 50x50 มิลลิเมตร หรือน้ำหนักประมาณ 0.3 กรัม ตัวอย่างละ 3 ชิ้น อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักก่อนการละลาย (W_0) แช่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปิดปากบีกเกอร์ด้วยพาราฟิล์ม วางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 (กระดาษกรองที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง)นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักหลังการละลาย (W_1) นำไปคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การละลายน้ำ ดังนี้

$$\%\ Solubility = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100$$

2. การเคลือบกระเทียมด้วยสารเคลือบบริโภคได้ดัดแปลงจาก Geraldine *et al.*(2008)และ Cantwell*et al.* (2003)

วางแผนการทดลองแบบ Split plot inCRDโดย

Main plotการเคลือบบริโภคได้ 5 ชนิด ดังนี้

1. ชุดควบคุม กระทียมไม่เคลือบสาร
2. แอลจิเนต ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
3. อะการ์ ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
4. แคปปา-คาร์ราจีแนน ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
5. คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

Sub plotอายุการเก็บ 7 ระยะ ได้แก่ 0 10 20 30 40 50 และ 60 วัน

2.1 เตรียมกระเทียมโดย แกะกลีบกระทียมจากหัว (bulb) คัดเลือกกลีบกระเทียมที่สมบูรณ์ เปลือกไม่ขาด

2.2 เตรียมสารเคลือบบริโภคได้ โดยละลายสารเคลือบตามกรรมวิธี อย่างช้าๆ ในน้ำกลั่น ให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าจนละลายหมด ทิ้งให้อุณหภูมิลดเหลือ 60 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิห้อง

2.3 เคลือบกระเทียม โดยนำกระเทียมจากข้อ 1 จุ่มในสารเคลือบที่มีอุณหภูมิ60องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2.5นาที จากนั้นกรองด้วยกระชอน และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นบรรจุกระเทียมแต่ละกรรมวิธีในถุงพอลิเอทิลีนขนาด 10x15 เซนติเมตรถุงละ 50 กรัม เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน โดยตรวจสอบคุณภาพทุก 10 วัน

3. การทดสอบคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงสารสำคัญของกระเทียม

3.1. การสูญเสียน้ำหนัก

ชั่งน้ำหนักกระเทียมวันที่บรรจุเป็นน้ำหนักเริ่มต้น (A_0) น้ำหนักในวันที่ 10 20 30 40 50 และ 60 วัน (A_1) ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100$$

3.2. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin- Ciocalteuตามวิธีของ Beato*et al.* (2011)

3.2.1. เตรียมตัวอย่าง โดยปอกเปลือกกระเทียม บดละเอียดด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์

3.2.2. สกัดตัวอย่าง ตามวิธีของ Li *et al.* (2015)

โดยชั่งกระเทียมบดละเอียด 10 กรัม สกัดในสารละลายเมทานอล 80% อัตราส่วน 1:10 ด้วย waterbath อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 180 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไป sonicate เป็นเวลา 20 นาที ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยเมทานอล 80%จากนั้นกรองผ่านกระดาษ Whatman เบอร์ 42 ด้วยชุดกรองสุญญากาศ นำของเหลวส่วนใส (supernatant) ที่ได้เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.2.3. หาปริมาณความชื้น เพื่อคำนวณปริมาณน้ำหนักแห้งของสารสกัด ตามวิธี AOAC (1990)

อบถ้วยอลูมิเนียม ที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนอย่างละเอียด 0.0001 กรัม ชั่งกระเทียมบดละเอียด 5 กรัม บันทึกน้ำหนัก (A_0) นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เก็บให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังอบ บันทึกน้ำหนัก (A_1) คำนวณค่าความชื้นของตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100$$

3.2.4. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

สารสกัดกระเทียมจากข้อ 2.2.2 0.6 มิลลิลิตร เติม Folin- Ciocalteu ความเข้มข้น 0.2 M 3 มิลลิลิตรทิ้งไว้ที่อุณหูมิห้อง เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเติม Na_2CO_3ความเข้มข้น 7.5% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร 2.4 มิลลิลิตร เขย่าและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่อง UV Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของตัวอย่างเป็น มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (mg GAE/ 100 g DW) จากกราฟมาตรฐานจากสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ที่ระดับความเข้มข้น 0-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.3. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH(Scavenging of the Stable Radical DPPHassay) ดัดแปลงจาก Li *et al.* (2015)

สารสกัดจากข้อ 2.2.2 0.25 มิลลิลิตร เติม DPPH ความเข้มข้น $1x10^{-4}$ โมลาร์ 4.75 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตรคำนวณค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH· เป็น ไมโครโมลโทรลอกซ์ ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (µmolTE/ 100 g DW) จากกราฟมาตรฐานจากสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ที่ระดับความเข้มข้น 0-250 ไมโครโมลาร์

3.4. ปริมาณอัลลิซินดัดแปลงจาก Mohsen and Shahab (2010)

ชั่งตัวอย่างกระเทียมที่บดละเอียดหนัก 0.50 กรัมในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นที่แช่เย็น 20 มิลลิลิตรนำหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตรที่มีสารละลายตัวอย่างดังกล่าว มาวางในภาชนะที่มีน้ำแข็งบรรจุไว้ภายในเพื่อรักษาอุณหภูมิให้เย็นคงที่ 4 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างไปปั่นให้ละเอียดอีกครั้งด้วยเครื่องฮอโมจีไนซ์ (homogenizer) เป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,500รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีแยกของเหลวส่วนใส เทลงในหลอดปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตรหลอดใหม่ ปิดฝาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ภายใน 2 ชั่วโมงโดยก่อนฉีด HPLC ให้กรองสารละลายตัวอย่างผ่านกระดาษกรองชนิดเซลลูโลสอะซิเตท ขนาด 0.45 ไมโครเมตร

วิเคราะห์หาปริมาณอัลลิซินด้วยระบบของ HPLC คอลัมน์เป็นชนิดreverse phaseZORBAX Eclipse XDB-C18 ขนาด 4.6 x 150 มิลลิเมตร ขนาดอนุภาค 3.5 ไมครอนวัฏภาคไหล (mobile phase) น้ำ/เมทานอล(50/50 โดยปริมาตร) อัตราการไหล 0.7 มิลลิลิตรต่อนาที ตัวตรวจวัดยูวีที่ 210 นาโนเมตร ควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 25 องศาเซลเซียส ฉีดตัวอย่างสารละลายปริมาตร 1 ไมโครลิตร และใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน 15 นาทีต่อตัวอย่าง

ระยะเวลา ตุลาคม 2557 – กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตร

ผลการทดลองและอภิปราย

1. การทดสอบคุณสมบัติของสารเคลือบบริโภคได้

ทดสอบคุณสมบัติของสารเคลือบบริโภคได้ 4 ชนิดได้แก่ แอลจิเนต อะการ์ คาร์ราจีแนน และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสโดย ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม พบว่าฟิล์มจากอะการ์และ คาร์ราจีแนน มีลักษณะกรอบเปราะ เซ็ตตัวเร็ว และความชื้นของฟิล์มต่ำใกล้เคียงกัน โดยอาการ์มีความใสมากกว่าและมีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุดคือ 0.46 ขณะที่แคปปา-คาร์ราจีแนนให้ฟิล์มที่ขุ่นและมีค่าปริมาณน้ำอิสระสูงที่สุด คือ 0.57 ฟิล์มแอลจิเนตและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสให้ฟิล์มที่มีลักษณะใกล้เคียงกันคือ ใส เซ็ตตัวช้ามีค่าปริมาณน้ำอิสระและความชื้นของฟิล์มใกล้เคียงกัน ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 1

Table 1 Edible coating properties

Edible coating	Thickness (mm.)	a_w	Moisture content (%)
Alginate	0.20	0.52 ±0.006	18.71 ±0.673
Agar	0.20	0.46 ±0.018	15.47 ±1.086
Carrageenan	0.20	0.57 ±0.023	14.23 ±1.013
CMC	0.20	0.53 ±0.028	17.63 ±0.345

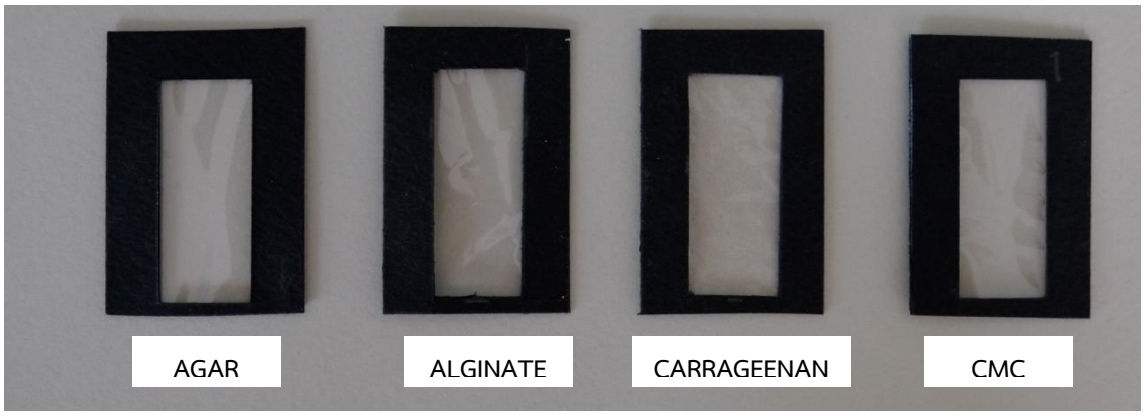

Figure 1 Appearance of edible film

2. การเคลือบกระเทียมด้วยสารเคลือบบริโภคได้

การเตรียมสารเคลือบบริโภคได้ตาม Geraldine *et al.* (2008) ใช้ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักและปรับอุณหภูมิการเคลือบเป็น 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2. 5 นาทีตามการศึกษาการจุ่มน้ำร้อนเพื่อยับยั้งการแตกหน่อและการงอกรากกระเทียมของ Cantwell *et al*. (2003) เปรียบเทียบกับกระเทียมแกะกลีบไม่เคลือบสาร พบว่าเปลือกกระเทียมหลังเคลือบแอลจิเนต อะการ์และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีลักษณะมันวาวขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะปรากฏของสารเคลือบ ขณะที่การเคลือบ คาร์ราจีแนนมีลักษณะปรากฏใกล้เคียงกับชุดควบคุม (Figure 2) เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เปลือกกระเทียมทุกตัวอย่างมีลักษณะแห้ง สามารถบรรจุได้

Figure 2 Garlic clove with different edible coatings

3. ทดสอบคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงสารสำคัญของกระเทียม

กระเทียมทุกตัวอย่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏภายนอกระหว่างการเก็บ 60 วันที่อุณหภูมิห้อง แต่พบการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบภายในเป็นสีน้ำตาลเมื่อระยะการเก็บนานขึ้น โดยกระเทียมไม่เคลือบสาร เริ่มเกิดสีน้ำตาลในวันที่ 30 ของการเก็บรักษาและพบการฝ่อ ผิวแห้งย่น เมื่อเก็บเป็นเวลา 50 วัน กระเทียมที่เคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเริ่มเกิดสีน้ำตาลในวันที่ 40 และกระเทียมเคลือบแอลจิเนตและคาร์ราจีแนนเริ่มพบการเปลี่ยนแปลงในวันที่ 50 ของการเก็บ ขณะที่กระเทียมเคลือบอะการ์ไม่พบการเกิดสีน้ำตาลในระยะเวลา 60 วันของการเก็บรักษา (Figure 3)

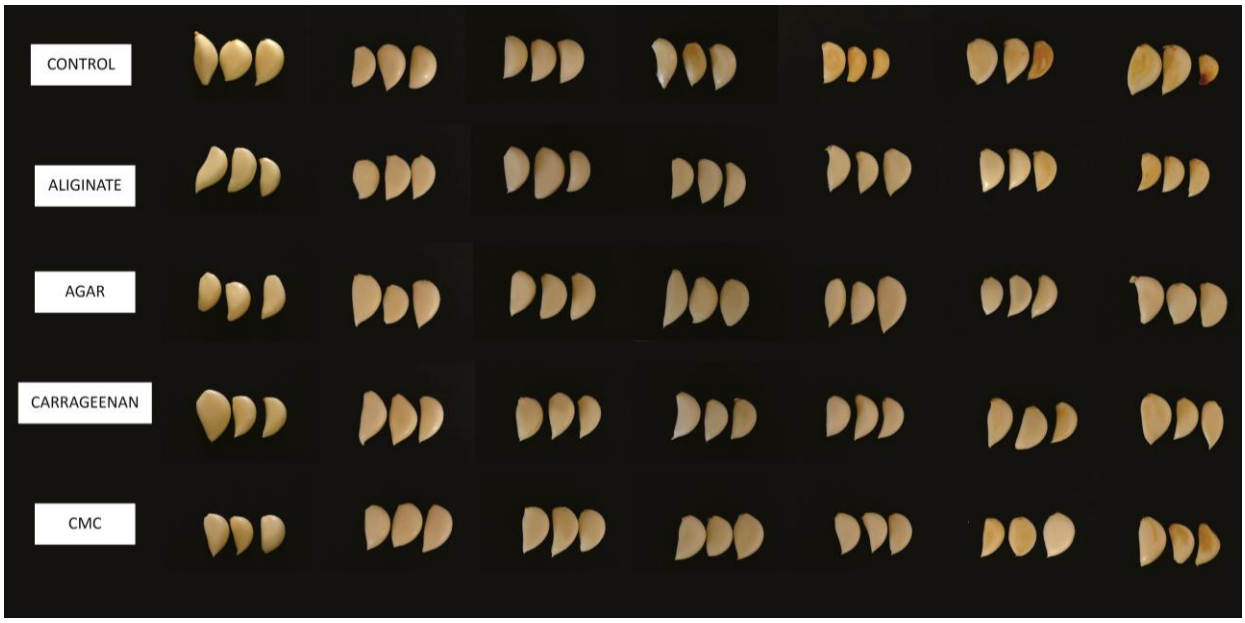

Figure 3 Inner appearance of garlic clove for 60days storage in different edible coatings (left to right: 0, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 days).

กระเทียมทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงใน Table 2 และ Figure 4 โดยสารเคลือบต่างชนิดกันส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของกระเทียมแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกระเทียมเคลือบอะการ์มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด คือ 4.43% ที่ระยะเก็บ 60 วัน ขณะที่กระเทียมที่เคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ 9.09% แต่ไม่แตกต่าง ($P\geq0.05$) กับกระเทียมที่ไม่เคลือบสารซึ่งมีสูญเสียน้ำหนัก 8.56% อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการสูญเสียน้ำหนักในช่วงระยะเก็บ 40 วันแรก พบว่ากระเทียมไม่เคลือบสารเป็นกรรมวิธีที่เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ($P<0.05$) โดยพบว่าการสูญเสียน้ำหนักมีความสอดคล้องกับลักษณะปรากฏของกระเทียม เมื่อ

กระเทียมมีการสูญเสียน้ำหนักถึงจุดหนึ่ง กลีบในของกระเทียมจะเริ่มแห้งและเกิดสีน้ำตาล (Figure 3) ส่งผลให้พบการเกิดสีน้ำตาลในกระเทียมที่ไม่เคลือบสารเร็วที่สุด คือ ระยะเก็บ 30 วัน เมื่อมีการสูญเสียน้ำหนัก 3.88% รองลงมาคือกระเทียมเคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ระยะเก็บ 40 วัน การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 4.62% และกระเทียมเคลือบแอลจิเนตและคาร์ราจีแนนซึ่งพบการเกิดสีน้ำตาลที่ระยะเก็บเดียวกันคือ 50 วันมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) คือ 4.63% และ 4.33% ตามลำดับ

การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลเกิดจากการคายน้ำเพื่อระบายความร้อนของพืช ซึ่งจะส่งผลให้ผิวเหี่ยวย่น และอาจเป็นสาเหตุให้ผลิตผลเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากการสูญเสียน้ำทำให้ความเข้มข้นของสารภายในเซลล์เพิ่มมากขึ้น จนส่งผลให้เซลล์เกิดการฉีกขาดหรือเสียสภาพ ทำให้เอนไซม์และสารตั้งต้นเกิดปฏิกิริยากันและเกิดเป็นสีน้ำตาล (จริงแท้, 2541) การเคลือบสารบริโภคได้เป็นการเพิ่มชั้นป้องกันให้กับผลิตผลทำให้น้ำผ่านได้ยากขึ้น จึงช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลได้ (Pérez-Gago*et al*., 2010)

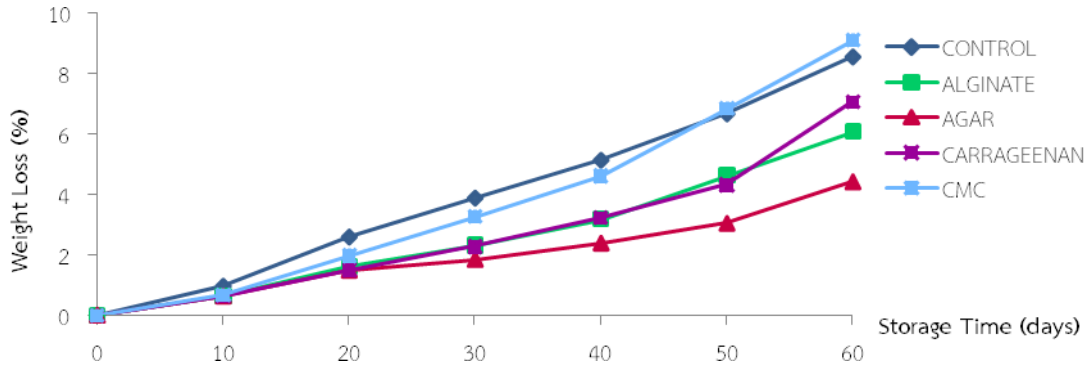

Figure 4 Effect of different coating on weight loss of garlic clove during Storage

จากการศึกษาพบว่าปริมาณฟีนอลิกของกระเทียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยช่วง 30 วันแรกการเปลี่ยนแปลงเป็นไปอย่างช้าๆ และไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี ($P \geq 0.05$) แต่เมื่อมีระยะเก็บ 40 วัน กระเทียมแต่ละกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกระเทียมที่ไม่เคลือบสารและเคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกอย่างรวดเร็วในระหว่างวันที่ 30-50 โดยฟีนอลิกของกระเทียมที่ไม่เคลือบสารมีปริมาณสูงสุดระยะเก็บ 50 วัน คือ 370.48 mg GAE/100g dry weight และมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 60 ดังแสดงใน Table 3 และ Figure 5 ขณะที่ปริมาณฟีนอลิกของกระเทียมเคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่กระเทียมคลือบอะการ์มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟีนอลิกน้อยที่สุด (Figure 5) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Li *et al.* (2015) ซึ่งพบว่าปริมาณฟีนอลิกจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในสัปดาห์ที่ 6 (วันที่ 42) ภายหลังที่แกะกลีบกระเทียมออกจากหัว และลดลงในสัปดาห์ที่ 8 (วันที่ 56)

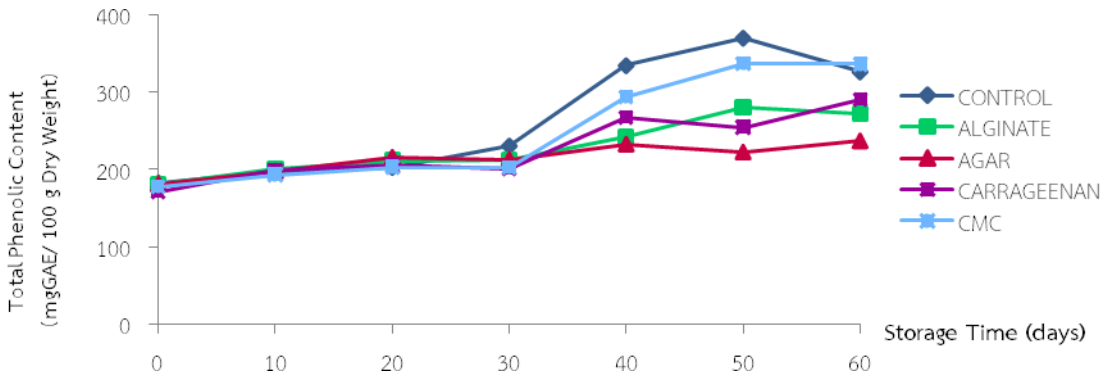

Figure 5 Effect of different coating on Total phenolic content of garlic clove during storage

สารประกอบฟีนอลิกถูกสังเคราะห์ใน shikimate pathway โดยการเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ Phenylalanine ammonialyse (PAL) ซึ่งเมื่อเนื้อเยื่อของกระเทียมเกิดการฉีกขาด จากการสูญเสียน้ำและความเครียดจากความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นภายในเซลล์ ทำให้ PALสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับ เนื้อเยื่อเปลี่ยนให้สารประกอบฟีนอลิก ที่ถูกตรึงไว้ (bound phenolic form) เปลี่ยนมาอยู่ในรูปอิสระซึ่งออกฤทธิ์ทางชีวภาพมากกว่าและสามารถตรวจพบได้ (Fan, 2005, Shiri *et al.,* 2011)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH· ของกระเทียมทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับปริมาณฟีนอลิก คือไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) ในช่วงระยะเก็บ 30 วันและเพิ่มแตกต่างกัน ($P < 0.05$) ในช่วงวันที่ 30-60(Figure 6)โดยกระเทียมไม่เคลือบ เคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและคาร์ราจีแนน มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH·ไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) โดยพบว่ากระเทียมเคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH· สูงที่สุดคือ 576.01µmol/100g dry weightขณะที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH· ของกระเทียมเคลือบอะการ์มีค่าน้อยที่สุด คือ 343.79µmol/100g dry weight ที่ระยะเก็บ 60 วันซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Li *et al.* (2015) ที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH· ของกระเทียมเพิ่มมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 8 (วันที่ 56) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกระเทียมได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบเคมีอื่นๆ นอกจากสารประกอบฟีนอลิกตามการศึกษาของ Nencini *et al.* (2011)(Bozin *et al*., 2008) เช่น อัลลิซิน ส่งผลให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH· ในวันที่ 60 เพิ่มขึ้น

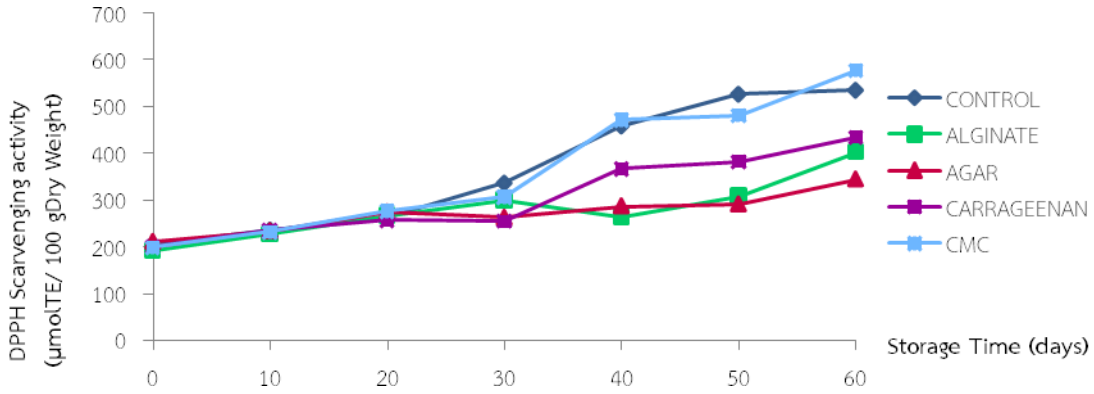

Figure 6 Effect of different coating on DPPH Scavenging activity of garlic clove during Storage

จากทดสอบพบว่าปริมาณอัลลิซินของกระเทียมไม่แตกต่างกัน (P≥0.05) ในแต่ละกรรมวิธีดังแสดงใน Table 5 ซึ่งมีค่าในช่วง มีค่า 2,373.05 – 3,222.54 mg/100 g Fresh weight และขณะที่การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บมีความแตกต่างกัน (P<0.05) มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่ชัดเจนดังแสดงใน (Figure 7)อาจเป็นเพราะอัลลิซินเป็นสารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นเมื่อเกิดความเครียดจากการเฉือน หั่น หรือสับ ทำให้อัลลิอินซึ่งเป็นสารตั้งต้นถูกย่อยโดยเอนไซม์ Alliinase ที่ถูกปลดปล่อยมาจากแวคิวโอล (Jone *et al*., 2007) ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาในแต่ละครั้งอาจไม่เท่ากัน ทำให้ปริมาณอัลลิซินที่ตรวจได้มีแนวโน้มไม่ชัดเจน ดังนั้นการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงสารสำคัญชนิดนี้อาจต้องทดสอบปริมาณอัลลิอินซึ่งเป็นสารตั้งต้นร่วมด้วย

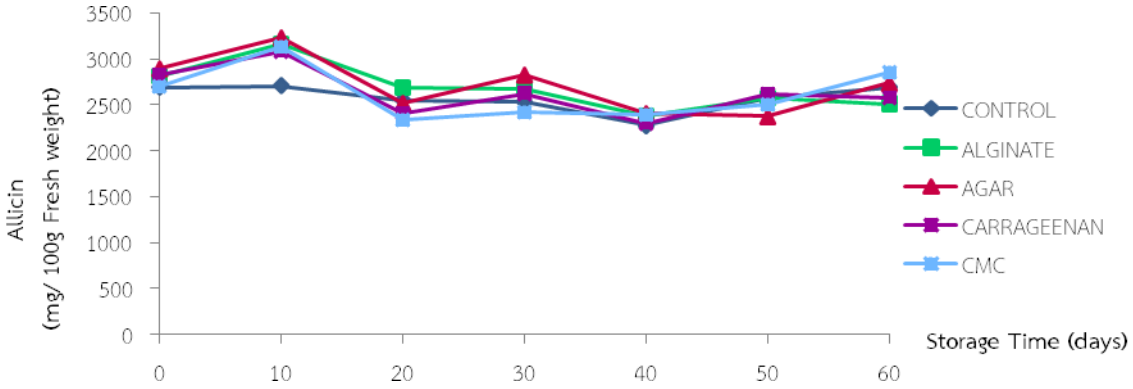

Figure 7 Effect of different coating on Allicin content of garlic clove during Storage

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สารเคลือบบริโภคได้ต่างชนิดกัน ส่งผลต่อคุณภาพและสารสำคัญของกระเทียมแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยการเคลือบอะการ์ความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักของกระเทียมได้ดีที่สุด ส่งผลให้ผิวของกระเทียมไม่เกิดสีน้ำตาลที่อายุการเก็บ 6 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง ขณะที่การเคลือบคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนักต่อปริมาตรมีการสูญเสียน้ำหนักที่อายุการเก็บ 60 วัน ไม่แตกต่าง ($P\geq0.05$) กับกระเทียมไม่เคลือบสาร

การสูญเสียน้ำ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยกระเทียมที่มีการสูญเสียน้ำมาก มีปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดยกระเทียมไม่เคลือบสารเป็นกรรมวิธีที่พบปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลิอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นมากที่สุดและกระเทียมเคลือบอะการ์ซึ่งสูญเสียน้ำน้อย พบการลดลงของปริมาณฟีนอลิกและการต้านอนุมูลอิสระ DPPH· น้อยที่สุด การเปลี่ยนแปลงของอัลลิซินในของกระเทียมระหว่างการเก็บมีแนวโน้มลดลงในทุกกรรมวิธีโดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดช่วงอายุการเก็บรักษานาน 60 วัน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2542. การจำแนกลักษณะความแตกต่างของกระเทียมที่ลักลอบนำเข้าและที่ผลิตในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

จริงแท้ ศิริพานิช.2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.396 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 487 หน้า.

Agarwal, KC. 1996. Therapeutic actions of garlic constituents. Med. Res. Rev. 16: 111-124.

AOAC. 1990. Association of Official Chemists, Official Methods of Analysis.15th ed. Washington, D.C.

Beato, V.M., F. Orgaz, F. Mansilla nd A. Montaño. 2011. Changes in Phenolic Compounds in Garlic (Allium sativum L.) Owing to the Cultivar and Location of Growth. Plant Food Hum Nutr 66:218-223.

Bozin, B., N. Mimica-Dukic, I. Samojlik, A. Goran and R. Igic. 2008. Phenolic as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). Food Chemistry. 111: 925-929.

Cantwell, M.I., J. Kang and G. Hong. 2003. Heat treatment control spouting and rooting of garlic cloves. Postharvest Biology and Technology. 30: 57-65.

Geraldine, Robson Maia, Nilda de Fátima Ferreira Soares, Diego Alcarenga Botrel, Letícia de Almeida Goncaçalves. 2008. Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality. Carbohydrate Polymers 72: 403-409.

Embuscado, E. Milda and Kerry C. Huber. 2009. Edible Films and Coatings for Food Applications. Springer. United State of America.

Fan X. 2005. Antioxidant capacity of fresh-cut vegetables exposed to ionizing radiation. Journal Science Food Agriculture. 85: 995-1000.

Geraldine R.M., N.F.F. Soare, D.A. Botrel and L.A. Gonçalves. 2008. Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality.Carbohydrate Polymers 72: 403-409.

Hershko, V., E. Klein and A. Nussinovitch. 1996. Relationships Between Edible Coatings and Garlic Skin. Journal of Food Science. 61(4):769-777.

Hershko, V., D. Weisman and A.Nussinovitch. 1998. Method for Studying Surface Topography and Roughness of Onion and Garlic Skins For Coating Purposes. Journal of Food Science. 63(2):317-321.

Jones, M.G.,H.A.Collin, A. Tregova, L. Trueman, L. Brown, R. Cosstick, J. Hughes, J. Milne, M.C. Wilkinson, A.B. Tomsett and B. Thomas. 2007. The biochemical and physiological genesis of alliin in garlic. Med. Aromat. Plant Sci. Biotechnol. 1:21-24

Li, F.M., T. Li, W. Li and L.D. Yang. 2015. Changes in antioxidant capacity, levels of soluble sugar, total polyphenol, oraganosulfer compound and constituents in garlic clove during storage. Industrial Crops and Products 69: 137-142.

Miller, H.E., F. Rigelhof, L. Marquart, A. Prakash and M. Kantar. 2000. Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables. Journal of the American College of Nutrition. 19:1-8.

Mohsen, A. and B. Shahab. 2010. Introducing of green garlic plant as a new source of allicin.Food Chemistry120: 179-183.

Nencini, C., A. Menchiari, G.G. Franchi and L. Micheli. 2011. In vitro antioxidant activity of aged extracts of some Italian *Allium* species. Plant Foods for Human Nutrition. 66(1):11-16

Nisperos-carriedo, M. O. 1994. Edible coatings and films based on polysaccharides, pp. 305-335. In J. M. Krochta, E. A. Baldwin and M. O. Nisperos-Carriedo, eds. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Technomic Publishing Co., Lancaster,Pennsylvania.

Pérez-Gago, M.B., G.A. González-Aguilar and G.I. Olivas. 2010. Edible coatings for fruits and vegetables. Stewart Postharvest Review. 6:1-14.

Ribeiro, C., A.A. Vicente, J.A. Teixeira and C. Miranda. 2007. Optimization of edible coating compostition to retard strawberry fruit senescence. Postharvest Biology Technology. 44(1): 63-70

Shiri, M.A., M. Ghasemnezhad, D. Bakhshi and M. Dadi. 2011. Change in phenolic compounds and antioxidant capacity of fresh cut table grape (*Vitis cinitera*) cultivar ‘Shahaneh’ as influence by fruit preparation methods and packagings. Australian Journal of Crop Science. 5(12): 1515-1520.

Sothornvit, R. and P. Toangworakit. 2012. Effect of Edible Coating on Qualities of Minimally Processed Garlic. In : Valencia Conference Centre. July. 8-12, 2012. Spain.

Su, J.F., Huang, Z., Yuan, X.Y., Wang, X.Y. and Li, M. 2010. Structure and properties of carboxymethyl cellulose/soy protein isolate blend edible films crosslinked by Maillard reactions. *Carbohydrate Polymers*. 79:145-153.

Tongdeesoontorn, W., Mauer, L.J., Wongruong, S., Sriburi, P. and Rachtanapun, P. 2011. Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films.*Chemistry Central Journal*. 5:6. (Online). Available: http://journal.chemistrycentral.com/content/pdf/1752-153X-5-6.pdf (1 September 2014)