

การพัฒนาสารเคลือบภาชนะเพื่อยืดอายุอาหารจากไลโคปีน ที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ (Carissa carandas L.)

ร่มชนนี มาตยคุณณ์, นิตธร สุขินันท์, ชนกวนันท์ เพชรสุข และ วรินดา มงคลปรานิตเลิศ

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ นครนายก

Email: Romchonnane@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาสารเคลือบภาชนะเพื่อยืดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ (Carissa carandas L.) นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของสารเคลือบภาชนะเพื่อยืดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยใช้วิธีการทดลองคือ สกัดไลโคปีนออกมาผสมเข้ากับเจลาตินเพื่อเป็นสารเคลือบฯ และนำไปทดสอบเทียบกับภาชนะที่ไม่ใช้สารเคลือบฯ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอาหารโดยทดสอบอายุในตู้แช่แข็ง

ผลการวิจัยคือ 1) สารเคลือบฯ มีความสามารถในการยืดอายุตู้แช่แข็งได้ โดยสามารถยืดอายุได้มากกว่าเดิม 1 วันหรือคิดเป็นร้อยละ 33.33 2) สารเคลือบฯ จะไม่ทำให้สีและกลิ่นของอาหารในช่วงแรกเปลี่ยน 3) ในช่วงหลัง สารเคลือบฯ ทำให้สีและกลิ่นของอาหารเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย โดยความสามารถในการยืดอายุอาหารขึ้นอยู่กับประเภทของอาหาร อุณหภูมิภายนอกและตัวแปรควบคุมอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการยืดอายุอาหารเป็นไปตามสมมติฐาน

ข้อเสนอแนะในงานวิจัยนี้คือ 1) ออกแบบการวิจัยให้มีประสิทธิภาพ เพื่อลดข้อผิดพลาดในงานวิจัย 2) เพิ่มความหลากหลายของตัวอย่างอาหารและภาชนะเพื่อให้ได้ฐานข้อมูลที่มากขึ้น 3) ปรับปรุงและยกระดับความปลอดภัยของสารเคลือบฯ 4) เปลี่ยนวิธีการทดสอบเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำมากขึ้น

คำสำคัญ : ไลโคปีน, มะม่วงหาวมะนาวโห่ , สารเคลือบภาชนะ, การยืดอายุอาหาร

บทนำ

ในปัจจุบัน ประเทศไทยในฐานะหนึ่งในประเทศกำลังพัฒนาที่เผชิญกับปัญหาขยะอาหาร โดยข้อมูลจากสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยระบุว่า ประเทศไทยมีปริมาณขยะอาหารสูงถึง 9.68 ล้านตันต่อปี (Thailand Environment Institute, 2022) ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับขยะประเภทอื่น หนึ่งในสาเหตุหลักของการเกิดขยะอาหารในประเทศไทยคือ การปล่อยให้อาหารหมดอายุโดยไม่ได้รับโรค แม้ว่าในประเทศไทยจะมีแนวทางในการจัดการและลดปริมาณขยะอาหารอยู่บ้าง เช่น การแปรรูปอาหาร แต่ก็ยังไม่ตอบโจทย์ในเรื่องของปริมาณขยะ ทำให้ผู้ผลิตจึงนิยมใช้สารกันบูดที่เป็นสารเคมีซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหาร แม้สารกันบูดจะได้รับการอนุญาตให้ใช้ภายใต้

ข้อจำกัดที่ปลอดภัยตามกฎหมายแต่การบริโภคในปริมาณที่มากและสะสมในร่างกายเป็นเวลานานอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพได้หรืออาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรัง ด้วยเหตุนี้เราจึงสนใจในการพัฒนาสารเคลือบภาชนะเพื่อยืดอายุอาหารเพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพและแนวทางการบริโภคอย่างปลอดภัยและเพื่อส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดีขึ้นในอนาคต

โดยในปัจจุบัน อุตสาหกรรมอาหารที่ใช้สารสกัดจากธรรมชาติเป็นวัตถุดิบในการผลิตมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง และได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น จากการที่ผู้บริโภคเริ่มตระหนักถึงปัญหาสุขภาพและความปลอดภัยจากสารเคมีสังเคราะห์ จึงหันมาให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมากขึ้นส่งผลให้มีการพัฒนาและออกผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารสกัดจากธรรมชาติเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดประกอบกับกระแสการส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมของภาครัฐ ยิ่งผลักดันให้อุตสาหกรรมดังกล่าวได้รับความสนใจ และมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง (ศูนย์อำนวยการเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2566)

ไลโคปีน (lycopene) เป็นสารสีแดงที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นสารประกอบที่อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) พบได้ในผักและผลไม้หลายชนิด โดยเฉพาะมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์แปรรูปมะเขือเทศ ไลโคปีนมีสมบัติสำคัญคือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุดในบรรดาแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ด้วยลักษณะโครงสร้างทางเคมีของไลโคปีนที่สามารถปรับสมดุลของกระบวนการในร่างกาย จึงทำให้ไลโคปีนมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ประโยชน์ของการบริโภคผลิตภัณฑ์หรือผักผลไม้ที่มีไลโคปีนเป็นประจำจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรัง (chronic disease) ต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ และหลอดเลือด โดยอาศัยกลไกการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทั้งยับยั้งและชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไลโคปีนละลายได้ดีในน้ำมันที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยพืชและจุลินทรีย์ที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ นอกจากจะพบมากในมะเขือเทศ ยังสามารถพบได้ในผลกุหลาบป่า แตงโม มะละกอ เกรปฟรุ๊ตสีชมพู ฝรั่ง (Rao & Ali, 2007; Friedman, 2013; Ashraf et al., 2020; Caseiro et al., 2020) และมะม่วงหาวมะนาวโห่

ผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas* L.) จัดเป็นผลไม้พื้นบ้านของไทยที่มีองค์ประกอบทางเคมีพืช (phytochemicals) หลากหลายชนิด ซึ่งมีบทบาทสำคัญในด้านฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยเฉพาะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านจุลชีพ ต้านการอักเสบ และเป็นแหล่งสารประกอบธรรมชาติที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเวชสำอาง จากการที่มะม่วงหาวมะนาวโห่มีสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้หลากหลายชนิด ทั้งนี้ เพื่อให้บรรจุภัณฑ์มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตและอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ ได้หลากหลาย ทั้งยังสามารถปรับแต่งคุณสมบัติเพิ่มเติมเพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งานในแต่ละประเภทของผลิตภัณฑ์ สารเคลือบซึ่งมีคุณสมบัติหลักคือช่วยยืดอายุอาหารและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชัน ลดการเสื่อมสภาพของอาหาร และป้องกันจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย นอกจากนี้ องค์ประกอบทางเคมีพืชในมะม่วงหาวมะนาวโห่ยังช่วยคงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร เช่น วิตามินและเอนไซม์ และยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ลดความเสี่ยงมะเร็งบางชนิด และช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ การพัฒนาสารเคลือบจากมะม่วงหาวมะนาวโห่จึงมีศักยภาพสูงในการยืดอายุอาหารซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาขยะอาหาร รวมถึงทำให้การบริโภคปลอดภัยยิ่งขึ้น และนอกจากจะสามารถยืดอายุอาหาร ช่วยเกษตรกรในประเทศ และเพิ่มขีดจำกัดของสารเคลือบได้แล้ว ยังสามารถทำให้พืชทางการเกษตรอย่างมะม่วงหาวมะนาวโห่ก้าวเข้ามาเป็นพืชทางอุตสาหกรรมได้มากขึ้นอีกด้วย (Kumar et al., 2013; Bhosale et al., 2020)

จากข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจในการพัฒนาสารเคลือบภาชนะจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ เพื่อยืดอายุอาหาร และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงยังช่วยในเรื่องการลดปริมาณขยะอาหารและเพิ่มความปลอดภัยให้ผู้บริโภคมากขึ้นอีกด้วย

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยป้องกันกระบวนการออกซิเดชัน (oxidation) โดยกระบวนการออกซิเดชันหมายถึงปฏิกิริยาเคมีที่สามารถก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) ที่ดำเนินต่อเนื่องกันเป็นลำดับ โดยที่ผลิตภัณฑ์หรือผลลัพธ์ของปฏิกิริยาแรกจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาต่อไปเรื่อย ๆ ทำให้เกิดกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นอาจก่อให้เกิดความเสียหายร้ายแรงต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (Mititelu et al, 2020; Sharif-Rad, Kumar, et al, 2020) สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการกำจัดอนุมูลอิสระภายในร่างกายมนุษย์ แม้ว่าร่างกายจะมีกลไก ป้องกันตามธรรมชาติที่สามารถควบคุมระดับอนุมูลอิสระได้อยู่แล้ว อย่างไรก็ตาม สารต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งธรรมชาติ

โดยเฉพาะจากอาหารประเภทผักและผลไม้ รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารที่มีพืชเป็นองค์ประกอบหลัก มีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างสุขภาพและช่วยป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ (Popovic-Djordjevit et al, 2022; Sharif-Rad, Dey, Koirala, et al., 2021)

1.1 การทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ได้โดยการกำจัดอนุมูลอิสระที่เป็นตัวกลางของปฏิกิริยา นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันผ่านกระบวนการออกซิเดชันของตนเอง ส่งผลให้สารเหล่านี้สามารถจัดอยู่ในกลุ่มของสารรีดิวซ์ได้ ตัวอย่างของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่ ไทออล (thiol) กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) และโพลีฟีนอล (polyphenol) (Sharifi-Rad, Quispe, Imran et al., 2021)

สารต้านอนุมูลอิสระถูกนำมาใช้เป็นสารเสริมในอาหารและได้รับการศึกษาถึงบทบาทในการป้องกันโรค เช่น โรคหัวใจและมะเร็ง สามารถแบ่งเป็นจากธรรมชาติและสังเคราะห์ โดยสารจากภายนอกร่างกาย (exogenous antioxidants) เช่น วิตามิน ฟลาโวนอยด์ แอนโธไซยานิน และแร่ธาตุบางชนิด พบได้ในอาหารหรือผลิตขึ้นใน รูปแบบสังเคราะห์ เช่น บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีล (BHA), บิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีล (BHT) และกัลเลต (Gallates) ปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระได้รับความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะสารที่มีบทบาทป้องกันอนุมูลอิสระและลดการเสื่อมสภาพของไขมันและสารอาหาร (Sharif-Rad, Rodrigues, et al, 2020) และยังพบสารเหล่านี้ในผักและผลไม้บางชนิดมีประโยชน์ต่อสุขภาพและโภชนาการ

1.2 พืชที่มีคาโรทีนอยด์สูง

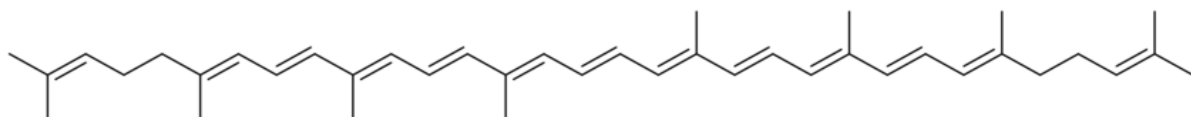
คาโรทีนอยด์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันร่างกายจากความเสียหายที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชัน นอกจากนี้ คาโรทีนอยด์ยังเป็นรงควัตถุธรรมชาติที่พบได้ทั่วไป ซึ่งในปัจจุบันมีการค้นพบมากกว่า 600 ชนิด (Olson & Krinsky, 1995) คาโรทีนอยด์ที่พบในพืช เช่น แครอท ผักโขม และมะเขือเทศ ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ (provitamin A) ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อ ร่างกาย

คาโรทีนอยด์จัดเป็นวิตามินเอประเภทหนึ่งที่สามารถพบได้ในพืช โดยผลการศึกษาทางระบาดวิทยาหลายฉบับชี้ให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณคาโรทีนอยด์ในอาหารสามารถช่วยลดความเสี่ยงของโรคต่าง ๆ คาโรที

นอยด์ยังมีบทบาทในการส่งสัญญาณของเซลล์ และอาจกระตุ้นกลไกการควบคุมที่ไวต่อปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox-sensitive regulatory mechanisms) (Stahl & Sies, 2003)

2. ไลโคปีน

ไลโคปีนเป็นสารสีแดงที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นสารประกอบที่อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoid) พบได้ในผักและผลไม้หลายชนิด โดยเฉพาะมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์แปรรูปมะเขือเทศ ไลโคปีนมีสมบัติสำคัญคือเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีที่สุดในบรรดาคาร์ทีนอยด์ทั้งหมด ด้วยลักษณะโครงสร้างทางเคมีของไลโคปีนที่สามารถปรับสมดุลของกระบวนการในร่างกาย จึงทำให้ไลโคปีนมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ประโยชน์ของการบริโภคผลิตภัณฑ์หรือผักผลไม้ที่มีไลโคปีนเป็นประจำจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเรื้อรัง (chronic disease) ต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ และหลอดเลือด โดยอาศัยกลไกการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทั้งยับยั้งและชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไลโคปีนละลายได้ดีในน้ำมันที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยพืชและจุลินทรีย์ที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ นอกจากนี้จะพบมากในมะเขือเทศ ยังสามารถพบได้ในผลกุหลาบป่า แตงโม มะละกอ เกรปฟรุตสีชมพู และฝรั่ง (Rao & Ali, 2007; Friedman, 2013; Ashraf et al., 2020; Caseiro et al., 2020) โครงสร้างทางเคมีของไลโคปีนมีโครงสร้างเป็นสายโซ่ตรงเปิดแบบไม่อิ่มตัวประกอบด้วยพันธะคู่ 13 แห่ง โดยมีพันธะคู่แบบคอนจูเกต 11 แห่ง และพันธะคู่ที่ไม่เป็นแบบคอนจูเกต 2 แห่ง ด้วยโครงสร้างนี้ทำให้ไลโคปีนเป็นโมเลกุลที่มีประสิทธิภาพที่สุดในบรรดากลุ่มสารแคโรทีนอยด์จากธรรมชาติที่สามารถจับกับอนุมูลออกซิเจนเดี่ยวได้ รูปแบบโครงสร้างไลโคปีนที่พบในมะเขือเทศส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบออล-ทรานส์ไลโคปีน (all-trans Lycopene) โดยมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 94-96 ของไลโคปีนทั้งหมด และเป็นรูปแบบที่มีความคงสภาพทางอุณหภูมิศาสตร์ที่สุด ซึ่งมีโครงสร้างดังภาพที่ 1 (Shi J. et al., 2009; Tzouganaki et al., 2002; Vertzoni et al., 2005)



all-trans lycopene

ภาพที่ 1 โครงสร้างออล-ทรานส์ไลโคปีน (all-trans Lycopene) (Valentina et al., 2021)

ไลโคปีน สามารถเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างได้ในระหว่างการเก็บรักษาหรือการสัมผัสกับแสง ความร้อน อากาศ หรือปฏิกิริยาเคมี ไลโคปีนยังสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบไอโซเมอร์ไรเซชัน (isomerization) ได้ ทำให้ตำแหน่งของพันธะคู่ในโครงสร้างเปลี่ยนไปเป็นรูปแบบต่าง ๆ รูปแบบที่มีความคงสภาพมากที่สุดคือ 5-ซิส ไลโคปีน และยังเป็นรูปแบบที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 5-ซิส ไลโคปีน ตามมาด้วย 9-ซิส, 7-ซิส, 13-ซิส, 11-ซิส และออล-ทรานส์ ไลโคปีน (Bramley, 2000; Rao A.V. & Rao L.G., 2007; Shi J. et al., 2008)

จากการวิจัยของ Shi J. et al. (2008) ศึกษาผลของความร้อนและแสงต่อความคงสภาพของไลโคปีนในมะเขือเทศ โดยพบว่า ไลโคปีนแยกออกจากเนื้อเยื่อมะเขือเทศได้ง่ายขึ้นจากการให้ความร้อนช่วย ในช่วงเริ่มต้น เมื่อให้ความร้อนที่ 60-80°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าปริมาณไลโคปีนทั้งหมดลดลงเพียงเล็กน้อย ต่อมาที่อุณหภูมิ 100-120°C เกิดการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบไอโซเมอร์ไรเซชันอย่างรวดเร็ว โดยออล-ทรานส์ ไลโคปีนจะเปลี่ยนเป็นซิส-ไลโคปีน และซิส-ไลโคปีนจะเสื่อมสลายไป อุณหภูมิที่สูงขึ้นช่วยเพิ่มอัตราการสลายไล

โคป็นจากมะเขือเทศให้มากขึ้น แต่ต้องพิจารณาการเกิดไอโซเมอร์ไรเซชันและความคงสภาพของไลโคปีนด้วย และเมื่อทดสอบภายใต้ความเข้มของแสง 3-3-7 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที (แสงภายนอกปกติ 2000 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที, แสงภายในห้อง 140 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที) พบว่าแสงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของออล-ทรานส์ ไลโคปีน แต่แสงมีผลต่อความไม่คงสภาพของซิส-ไลโคปีน ซึ่งแสงที่ใช้ทดสอบมีความเข้มอ่อนมากเมื่อเทียบกับแสงภายนอก สามารถสรุปได้ว่า ความร้อนมีผลกระทบต่อความคงสภาพของไลโคปีนอย่างชัดเจนมากกว่าแสง และต้องให้ความสำคัญกับการเกิดไอโซเมอร์ไรเซชันในการสกัดและเก็บรักษาไลโคปีนด้วย

ประโยชน์ของไลโคปีน ไลโคปีนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดของสารแคโรทีนอยด์ที่พบในผิวหนัง โดยไลโคปีนมีฤทธิ์ในการจับอนุมูลออกซิเจนเดี่ยวเป็นสองเท่าของ เบต้า-แคโรทีน และเป็นสิบเท่าของแอลฟา-โท โคฟีรอล จากการศึกษาทางระบาดวิทยา (Epidemiology) พบว่า ไลโคปีนมีบทบาทสำคัญต่อระบบภูมิคุ้มกันที่ผ่านกลไกแอนติออกซิเดชันของร่างกาย โดยกำจัดอนุมูลอิสระหรือสิ่งที่ทำลายเซลล์ในร่างกายซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งบางชนิดเช่น มะเร็งเยื่อบุผิวมะเร็งต่อมลูกหมาก เนื่องจากระบบทางเดินอาหาร ต้อกระจก โรคชราก่อนวัย และโรคหลอดเลือดหัวใจ นอกจากนี้ ไลโคปีนยังเป็นตัวช่วยป้องกันความเสียหายของไขมัน โปรตีน และดีเอ็นเอที่เกิดจากกระบวนการความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) โดยสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (จากปฏิกิริยาของออกซิเจน) แสดงให้เห็นได้ว่า ไลโคปีนมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพมากกว่าแคโรทีนอยด์ตัวอื่น ๆ ที่อยู่ในพลาสมา และมีงานวิจัยของ ทิพย์ธิดา แก้วดาทิพย์ (2021) กล่าวว่า ไลโคปีนมีความจำเพาะในการต้านการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง ในกระบวนการวัฏจักรเซลล์ (cell cycle) ที่เซลล์มะเร็งจะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็วและไม่สามารถควบคุมได้ การทำงานของไลโคปีนนั้นจะเข้าไปลดกระบวนการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็งบางชนิด ทำให้ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากได้และลดการเกิด มะเร็งเต้านมในผู้หญิง ถ้าได้รับไลโคปีนในปริมาณมากจะสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งกระเพาะอาหารได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถสรุปได้จากงานวิจัยของ นิรมล ธรรมวิริยสติและคณะ (2014) ว่าไลโคปีนยังเป็นสารที่มีสถานะเป็นของแข็งที่มีสูตรเคมี $C_{40}H_{56}$ และมีมวลโมเลกุล 536.9 กรัมต่อโมล ไลโคปีนเป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำรวมทั้งเมทานอล และเอทานอล แต่ละลายได้ดีในไขมันและตัวทำละลายอินทรีย์ การที่ไลโคปีนละลายได้ดีในน้ำมันทำให้การแปรรูปที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบสามารถเพิ่มปริมาณไลโคปีนได้ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจส่งผลดีต่อการใช้ไลโคปีนในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และเครื่องสำอาง และกระบวนการแปรรูปต่าง ๆ มีผลต่อการเพิ่มปริมาณและประสิทธิภาพของไลโคปีน โดยกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อน เช่น การฆ่าเชื้อด้วยเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า (pulsed electric field) การสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด (supercritical fluid extraction) และการลดขนาดอนุภาคด้วยแรงดันสูง (high-pressure homogenization) ช่วยเพิ่มปริมาณไลโคปีนและประสิทธิภาพทางชีวภาพที่ดีต่อร่างกาย

3. มะม่วงหาวมะนาวโห่

จากการอ่านวิจัยของ Singh (2015) สามารถสรุปได้ว่า มะม่วงหาวมะนาวโห่ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Carissa carandas* L. หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า Karonda เป็นไม้พุ่มในวงศ์ตีนเป็ด (Apocynaceae) มีความสูงโดยทั่วไปประมาณ 2-4 เมตร ลำต้นมีน้ำยางสีขาวและมีกิ่งก้านที่ประกอบด้วยหนามแหลมคม ใบมีลักษณะเป็นรูป สี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปกรวย ยาวประมาณ 4-6 นิ้ว และกว้าง 2-3 นิ้ว โดยมีสีเขียวด้านบนและสีน้ำตาลด้านล่าง ซึ่งเป็น ลักษณะเฉพาะของพืชในกลุ่มนี้ ดอกมีสีขาวหรือสีเหลือง ขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-5 เซนติเมตรและมักพบเป็นกลุ่ม เปลือกของพืชมีสีเทาเรียบและหนา พร้อมทั้งมีสีแดงจากภายใน ผลมีลักษณะคล้ายผลเบอร์รี่ที่ก่อตัวเป็นกระจุก 3-10 ลูก มีลักษณะกลมหรือรูปไข่กว้างและมีเมล็ดจำนวนมาก ผลอ่อนจะมีสีเขียวมขมพองสีแดง และเมื่อสุกจะมีสีม่วงเข้ม ซึ่งสีของผลจะขึ้นอยู่กับจีโนไทป์ของพืช การออก

ดอกมักเริ่มต้นในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ และผลจะเริ่มสุกในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน โดยทั่วไปจะเก็บเกี่ยวผลเมื่อยังไม่สุกเต็มที่ เพื่อใช้เป็นผลผลิตได้เต็มที่ ผลที่สุกสามารถบริโภคสดหรือแปรรูปได้หลากหลายรูปแบบ

มะม่วงหาวมะนาวโห่เชื่อกันว่ามีต้นกำเนิดใกล้เทือกเขาหิมาลัย นักพฤกษศาสตร์บางคนระบุต้นกำเนิดของผลไม้ไว้ที่ชาว พืชที่พบได้นั้นกระจายอยู่ในเทือกเขาหิมาลัยที่ระดับความสูง 300-1800 เมตร ในเนปาล อัฟกานิสถาน อินเดีย ศรีลังกา ชวา มาเลเซีย เมียนมาร์ ปากีสถาน ออสเตรเลีย และแอฟริกาใต้ ซึ่ง *C. dijusa*, *C. carandos* และ *C. spinarum* มีถิ่นกำเนิดในอินเดีย ในขณะที่ *C. grandijlora* มีถิ่นกำเนิดในแอฟริกาใต้ (Singh, 2015)

จากงานวิจัยของ พบว่าต้นมะม่วงหาวมะนาวโห่มีสรรพคุณทางการแพทย์ที่หลากหลาย โดยแต่ละส่วนของพืชมีคุณสมบัติในการรักษาโรคโดยขึ้นอยู่กับส่วนต่างๆ ที่ใช้ได้แก่ ราก เปลือกต้นใบ และผล โดยมีสรรพคุณดังนี้ ราก มีสรรพคุณในการขับพยาธิ ช่วยย่อยอาหาร แก้โรคลักปิดลักเปิด และรักษาอาการปวดท้อง อาทิวา เช่น กรดไหลย้อน ท้องอืด รวมถึงโรคพยาธิในลำไส้ แผลเรื้อรัง อาการคัน โรคหนองใน การมีไข้สูง อาการอาหารไม่ย่อย โรคทางเดินปัสสาวะ และยังเป็นยาขับแมลงได้อีกด้วย ในทางศาสตร์อายุรเวท ส่วนของเปลือกต้นใช้รักษาโรคผิวหนังเรื้อรัง ส่วนของใบใช้ในการรักษาไข้ ท้องเสีย ปวดหู เจ็บปากและคอ รวมถึงอาการปวดจากซิฟิลิส ส่วนของผลอ่อนมีรสขม เปรี้ยว และฝาด ซึ่งช่วยรักษาอาการเบื่ออาหาร ท้องเสีย โรคสมองไข้ที่มาเป็นพัก ๆ และอาเจียนเป็นเลือด ในขณะที่ผลสุกที่มีรสหวานช่วยแก้โรคโลหิตจาง เป็นยาขับเสมหะ และ ช่วยรักษาโรคผิวหนัง เช่น แผลเรื้อรังและอาการคัน นอกจากนี้ส่วนอื่น ๆ ของพืชยังมีสรรพคุณในการรักษาโรค บวม น้ำอาการบวม ปวดข้อ โรคลมบ้าหมู โรคเบาหวาน โรคมาลาเรีย แผลที่ไม่หาย และใช้เป็นยาป้องกันโรค ตับงานวิจัยของ Bhosale et al. (2020) สนับสนุนถึงประโยชน์ของมะม่วงหาวมะนาวโห่ในทางการแพทย์ โดยจากการทดลองแสดงให้เห็นว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงและสามารถทำลายเซลล์มะเร็งในหลอดทดลองได้สารสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ยังมีคุณสมบัติในการลดการอักเสบและลดไข้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูทดลองที่เป็นเบาหวาน ซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการใช้เป็นยารักษาเบาหวาน นอกจากนี้ยังพบว่ารากของมะม่วงหาวมะนาวโห่ยังแสดงฤทธิ์ต้านอาการชักในสัตว์ทดลอง และมีคุณสมบัติในการลดความดันโลหิตและบำรุงหัวใจ รวมถึงมีฤทธิ์ต้านเชื้อมาลาเรียที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งใบของมะม่วงหาวมะนาวโห่ยังสามารถ ส่งเสริมระบบประสาทและช่วยขับปัสสาวะได้ด้วย

จากงานวิจัยของ Arif et al. (2016) พบว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่ยังสามารถแปรรูปมาใช้ในการทำแยม เนื่องจากเนื้อของผลที่มีความเป็นกรดสูง ซึ่งเหมาะสมสำหรับการถนอมอาหารและการแช่ตัวคล้ายกับแยม ผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีสารเพคตินธรรมชาติที่ช่วยในการผลิตเจลลี่ได้ดี นิยมนำมาดองในน้ำเกลือเพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาและรสชาติ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในพื้นที่ที่มีการปลูกมะม่วงหาวมะนาวโห่ มาก น้ำจากผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่มาใช้ทำเครื่องดื่มที่มีความสดชื่นและยังมีความปลอดภัยทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะในเรื่องของวิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากมะม่วงหาวมะนาวโห่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอย่างเช่น โกลโคปิน ฟินอลิก ฟลาโวนอยด์ และวิตามินต่าง ๆ ทำให้มีศักยภาพในการพัฒนามาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ช่วยบำรุงสุขภาพ

ขอบเขตงานวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

ตัวแปรต้น คือ สารเคลือบภาชนะเพื่อยืดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่

ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพการทำงานของสารเคลือบไลโคปีนที่สกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ในต้มข้าวไก่

สมมุติฐานงานวิจัย

สารเคลือบภาชนะเพื่อยืดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่จะมีประสิทธิภาพการทำงานได้ดีและสามารถยืดอายุอาหารได้มากกว่าภาชนะปกติ

วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาสารเคลือบภาชนะเพื่อยืดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ มีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาอาหารขยะในประเทศไทยรวมถึงข้อจำกัดของวัตถุดิบอายุอาหารเดิมทำให้ทีมวิจัยต้องการพัฒนาวัตถุดิบอายุให้ตอบโจทย์ผู้บริโภค สังคมและอุตสาหกรรมมากขึ้น
2. แก้ปัญหาเรื่องการก่อโรคและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของวัตถุดิบอายุอาหารเดิมโดยการลดการใช้สารเคมีและหันมาใช้สารไลโคปีนที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยทำการสกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ซึ่งสามารถต่อยอดผลไม่ไทยต่อไป
3. สร้างรูปแบบของผลิตภัณฑ์ออกมาในรูปแบบสารเคลือบที่เป็นของเหลวแต่มีความข้นเพื่อง่ายต่อการใช้งานของผู้บริโภค เมื่อใช้งานเสร็จแล้วจะเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ เคลือบภาชนะที่ต้องการใช้อยู่
4. กระบวนการสกัดและการขึ้นรูปฟิล์มชีวภาพจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas* L.) มีกระบวนการดังนี้

4.1. การสกัดสารไลโคปีน

สารสกัดไลโคปีนถูกสกัดจากน้ำคั้นสดของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยใช้เทคนิคการสกัดแบบ liquid-liquid extraction เริ่มจากผสมตัวทำละลายเฮกเซน (hexane) และเอทานอล (ethanol) กับน้ำคั้นมะม่วงหาวมะนาวโห่ในอัตราส่วน 100:50:50 (v/v/v) จากนั้นเขย่าเป็นเวลา 15 นาที แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25–30°C) เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดการถ่ายเทมวลของสารออกฤทธิ์ระหว่างชั้น หลังจากบ่มสารผสมเรียบร้อยแล้วจึงนำไปแยกชั้นโดยใช้กรวยแยก (separatory funnel) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการสกัดสารไลโคปีน

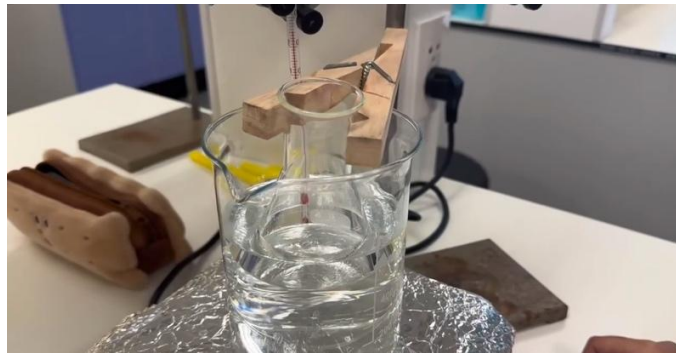
จากกระบวนการในภาพที่ 2 จะเกิดการแยกชั้น 2 ชั้น คือ ชั้นบน (ชั้นของเฮกเซน) โดยมีสารไลโคปีนละลายอยู่เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากไลโคปีนมีความสามารถในการละลายในตัวทำละลายที่ไม่ขั้วทำให้สารไลโคปีนละลายในชั้นนี้ได้ดี และชั้นล่าง (ชั้นน้ำ) ซึ่งประกอบด้วยน้ำคั้นและสารที่ละลายน้ำได้โดยชั้นล่างจะถูกแยกและนำไปทิ้ง ส่วนชั้นบนจะนำเข้าสู่กระบวนการระเหยเพื่อคงแค่สารสกัดไลโคปีนเข้มข้นดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การแยกชั้นของสารไลโคปีน

4.2. การระเหยสารสกัดให้เป็นสารละลายไลโคปีนเข้มข้น

นำชั้นเฮกเซนที่มีไลโคปีนละลายอยู่มาระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้วิธีการระเหยด้วยอ่างน้ำ (water bath evaporation) ที่ควบคุมอุณหภูมิให้น้อยกว่า 45°C เพื่อป้องกันการเสื่อมสลายของสารไลโคปีน หลังจากการระเหยจะได้สารสกัดไลโคปีนเข้มข้น (concentrated lycopene extract) เพื่อนำไปใช้ต่อสำหรับขั้นตอนการขึ้นฟิล์ม ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การระเหยสารสกัดให้เป็นสารละลายไลโคปีนเข้มข้น

4.3. การเตรียมสารละลายฟิล์ม (film-forming solution)

เริ่มจากละลายเจลาติน (food-grade gelatin) ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 60°C ให้ได้ความเข้มข้น 5–10% (v/v) พร้อมกวนต่อเนื่องเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เจลาตินละลายอย่างสมบูรณ์ จากนั้นเติมกลีเซอรอล (glycerol) ในอัตราส่วน 2–5% (v/v) ลงในสารละลายเจลาตินเพื่อทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) เพื่อช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและลดความเปราะของฟิล์มที่ได้ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การเตรียมสารละลายฟิล์ม (Film-forming solution)

4.4. การเติมสารออกฤทธิ์และขึ้นรูปฟิล์มชีวภาพ

หลังจากเตรียมสารละลายเจลาตินที่มีพลาสติกไซเซอร์เรียบร้อยแล้ว จะเติมสารสกัดไลโคปีนเข้มข้นที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการกระจายตัวของสารออกฤทธิ์ในฟิล์มที่ขึ้นอย่างสม่ำเสมอ โดยสารละลายทั้งหมดจะถูกเทลงบนผลิตภัณฑ์หรือกล่องบรรจุเพื่อทำการขึ้นรูปฟิล์ม (casting method) แล้วอบความร้อนในตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 40°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มชีวภาพที่มีการกระจายตัวของสารไลโคปีนอย่างเหมาะสมและมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ



ภาพที่ 6 การเติมสารออกฤทธิ์และขึ้นรูปฟิล์มชีวภาพ

5. ขั้นตอนการทดสอบ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

5.1 นำภาชนะ 2 อันมาใส่อาหารประเภทเดียวกัน ในที่นี้ใช้อาหารทดสอบเป็นต้มข้าวไก่ โดยที่ภาชนะหนึ่งถูกเคลือบด้วยสารเคลือบยึดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ และอีกภาชนะไม่ถูกเคลือบด้วยสารเคลือบยึดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่

5.2 นำภาชนะทั้งสองตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 4 วัน

5.3 นำภาพการเปลี่ยนแปลงมาวิเคราะห์ผล

ผลการวิจัย

ในการพัฒนาสารเคลือบภาชนะเพื่อยึดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas* L.) ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการพัฒนาสารเคลือบภาชนะเพื่อยึดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas* L.) โดยผู้วิจัยได้นำสารเคลือบภาชนะดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ภาชนะบรรจุอาหารที่เคลือบด้วยสารเคลือบภาชนะเพื่อยึดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยแสดงตามตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างภาชนะที่ทาสารเคลือบฯ และภาชนะที่ไม่ได้ทาสารเคลือบฯ

ที่	ประเด็นการประเมิน	ภาชนะที่ไม่ได้รับสารเคลือบฯ	ภาชนะที่ได้รับสารเคลือบฯ	ผลสรุป
1	ระยะเวลาของอาหาร	2 วัน	3 วัน	สารเคลือบฯ ทำให้อาหารอยู่นานขึ้นประมาณ 1 วัน
2	สีของอาหารในช่วงแรก	เหมือนกัน	เหมือนกัน	สารเคลือบฯ ไม่ได้ทำให้สีของอาหารในช่วงแรกเปลี่ยน
				
3	สีของอาหารในช่วงหลัง	มีความขุ่นกว่าเดิมมาก มีเส้นใยเกิดขึ้น	มีความขุ่นขึ้นเล็กน้อย ไม่มีเส้นใย	สารเคลือบฯ ทำให้สีของอาหารเปลี่ยนไปจากตอนแรกเพียงเล็กน้อย
				
4	กลิ่นของอาหารในช่วงแรก	เหมือนกัน	เหมือนกัน	สารเคลือบฯ ไม่ได้ทำให้กลิ่นของอาหารในช่วงแรกเปลี่ยน
5	กลิ่นของอาหารในช่วงหลัง	กลิ่นเปรี้ยวขึ้นปานกลาง กลิ่นของหน่อไม้หายไป	กลิ่นเปรี้ยวขึ้นเล็กน้อย กลิ่นของหน่อไม้ยังอยู่	สารเคลือบฯ ทำให้กลิ่นของอาหารต่างไปเพียงเล็กน้อย

จากตารางที่ 1 พบว่า สารเคลือบภาชนะเพื่อยืดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas* L.) มีความสามารถในการยืดอายุอาหารได้ โดยสามารถยืดอายุได้มากกว่าเดิม 1 วัน โดยสารเคลือบฯ จะไม่ทำให้สีและกลิ่นของอาหารในช่วงแรกเปลี่ยนและในช่วงหลัง สารเคลือบฯ ทำให้สีและกลิ่นของอาหารเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย โดยความสามารถในการยืดอายุอาหารขึ้นอยู่กับประเภทของ

อาหาร อุณหภูมิภายนอกและตัวแปรควบคุมอื่น ๆ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการยืดอายุอาหารเป็นไปตามสมมติฐาน

อภิปรายผล

จากวิจัยการพัฒนาสารเคลือบภาชนะเพื่อยืดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ (*Carissa carandas* L.) โดยใช้วิธีการสกัดไลโคปีนออกมาผสมเข้ากับเจลาตินเพื่อเป็นสารเคลือบฯ และนำไปทดสอบเทียบกับภาชนะที่ไม่ใช้สารเคลือบฯ จากผลการวิจัยพบว่า การใช้สารเคลือบฯ นี้สามารถช่วยยืดอายุอาหารได้จริง โดยสามารถยืดอายุอาหารเพิ่มขึ้นประมาณ 1 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับภาชนะที่ไม่ได้รับการเคลือบจากสารไลโคปีน สารเคลือบฯ นี้ยังสามารถป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหารได้ในบางประเด็น เช่น สีของอาหาร กลิ่น และการเกิดเส้นใยหรือความชื้นของอาหารหลังจากเก็บรักษาในระยะเวลา แต่ในบางกรณี เช่น กลิ่นยังคงอยู่ในอาหารที่เคลือบด้วยสารไลโคปีน ทำให้มีความเป็นไปได้ว่า การเคลือบสารนี้อาจจะมีผลต่อการลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกลิ่นหรือลักษณะอื่นๆ ในอาหารด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวจากไคโตซานที่ศึกษาผลของสารเคลือบผิวจากไคโตซานในการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ โดยพบว่าไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และลดการสูญเสียความชื้นของผลไม้ได้ (ดวงใจ ถิระธรรมถาวร และ นงนภัส ปิ่นฉาย, 2550) และยังสอดคล้องกับงานวิจัยประสิทธิภาพของสารเคลือบไคโตซานจากเห็ดนางฟ้าต่อการเก็บรักษาผลกล้วยน้ำว้าที่ศึกษาการใช้สารเคลือบไคโตซานจากเห็ดนางฟ้าในการยืดอายุผลกล้วยน้ำว้า โดยพบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 10 วันที่อุณหภูมิห้อง และมีคุณภาพสูงกว่ากล้วยน้ำว้าที่ไม่ผ่านการเคลือบ (นลินอร นุ่มปลอด, 2563)

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะงานวิจัย

จากวิจัยการพัฒนาสารเคลือบภาชนะเพื่อยืดอายุอาหารจากไลโคปีนที่สกัดจากมะม่วงหาวมะนาวโห่พบข้อจำกัดและข้อเสนอแนะงานวิจัย ดังนี้

1) ควรออกแบบการวิจัยให้มีประสิทธิภาพ ในช่วงแรก ผู้วิจัยวางแผนในการใช้ไลโคปีนมาตรฐานเพื่อให้ได้สารเคลือบฯ ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดแต่มีการวางแผนที่ผิดพลาด ทำให้ผู้วิจัยต้องเปลี่ยนจากการใช้ไลโคปีนมาตรฐานเป็นการสกัดสารไลโคปีนเองจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ ซึ่งถือเป็นการสนับสนุนผลไม้ไทยอีกด้วย

2) การปรับปรุงและทดสอบสารเคลือบ แม้ว่าสารเคลือบจากไลโคปีนจะสามารถยืดอายุอาหารได้ แต่ควรทำการทดลองเพิ่มเติมในประเภทอาหารที่หลากหลายขึ้นและในเงื่อนไขต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและหลากหลายมากขึ้น ซึ่งจะช่วยปรับปรุงการใช้สารเคลือบในระดับอุตสาหกรรมและเพิ่มฐานข้อมูลให้กับการศึกษาสารเคลือบภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ

3) การศึกษาเพิ่มเติมในด้านความปลอดภัยเนื่องจากการใช้สารธรรมชาติในการยืดอายุอาหารมีความเป็นไปได้ที่จะถูกใช้งานมากขึ้น ควรมีการศึกษาความปลอดภัยและผลกระทบระยะยาวของสารเหล่านี้ต่อสุขภาพของผู้บริโภค เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารเคลือบนี้ปลอดภัยต่อการบริโภคในระยะยาวและมีความสะอาดมากพอที่จะสัมผัสอาหาร

4) วิธีการทดสอบ ในการพัฒนาต่อยอดงานวิจัย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะให้เพิ่มวิธีการทดสอบโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ เช่น ใช้เครื่อง UV-visible spectrophotometer เพื่อทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของไลโคปีนในสารเคลือบฯ เพื่อจะได้ยืนยันในผลการวิจัยมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กนิษฐา สุขเกิด. (2561). การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์วิตามินซี (กรดแอสคอร์บิก) ในน้ำผักและผลไม้โดยใช้เทคนิคการไทเทรตและเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี (รายงานผลการวิจัย). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- กรกนก เอกโยธินวงศ์. (2563).ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดกะเม็ง. *Thai Journal of Science and Technology*, 9(1), 45–57.
- กาญจนาพร นนทะสุน, ชไมพร แสงพรหมขารี, อริยญา พรหมกุล, เกรียงไกร พัทธยากร และจินตนา ตั้งริยวัตร. (2022). ผลของกระบวนการให้ความร้อนต่อค่าไลโคปีน วิตามินซีและการต้านอนุมูลอิสระในน้ำมะเขือเทศ. *Naresuan Phayao Journal*, 15(2), 87-98.
- ดวงใจ ธีรธรรมถาวร และนนงนภัส ปิ่นฉาย. (2550). การยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ด้วยสารเคลือบผิวจากไคโตซาน. *วารสารอาหาร*, 37(4), 305 – 308.
- ชนานันท์ สุวรรณปิฎกกุล และมยุรีกัลยาวัฒนกุล. (2557). การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดมะม่วงหาวมะนาวโห่ (รายงานการศึกษาอิสระ). เชียงราย: มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- ทิพย์ธิดา แก้วตาทิพย์. (2564). ความลับของไลโคปีนเพื่อสุขภาพ. *วารสารอาหาร*, 51(3), 87-98.
- ธริษหรี เทพจันทร์, นกสักร ยะคะเรศ & เปรมกมล นิธิธนกุล. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวจากสารสกัดผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ (โครงการวิจัยทางเภสัชศาสตร์). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นลินอร นัยปลอด. (2563). ประสิทธิภาพของสารเคลือบไคโตซานจากเห็ดนางฟ้าต่อการเก็บรักษาผลกล้วยน้ำว้า. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ*, 5(1), 1 – 10.
- นิรมล ธรรมวิริยสดี, จิราพร จรอนันต์, & ปองรัง จันทระเจริญ. (2557). การศึกษาผลของสารสกัดมะเขือเทศราชินีต่อความสามารถในการรักษาโรคความจำเสื่อม (รายงานผลการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- เบญจมาศ โชติทอง. (ม.ป.ป.). *ลดโลกร้อน เริ่มต้นจาก “จานอาหาร” ของเรา*. Thailand Environment Institute . https://www.tei.or.th/th/article_detail.php?bid=157
- พบแพทย์. (2566). *สารกันบูด อันตรายจริงหรือ?* <https://www.pobpad.com/สารกันบูด-อันตรายจริงหรือ>
- พสุธร อุ๋นอมรมาศ, & สรณะ สมโน. (2559). การวิเคราะห์หาสาระสำคัญและฤทธิ์การต่อต้านอนุมูลอิสระของดอกไม้กินได้บางชนิด. *วารสารเกษตร*, 32(3), 435 – 445.
- พิชชาภรณ์ วันโย และคณะ. (2564). สารต้านอนุมูลอิสระจากรำข้าวสาลีมีพลังหย่อย. <https://news.msu.ac.th/msumagaz/smain/readpost.php?mid=678>
- ศุภชัยอัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. (2561). *อุตสาหกรรมสารสกัดจากธรรมชาติ*. <https://url.in.th/IPVqg>
- สุชาดา มานอก, & ปวีณา ลิ้มเจริญ. (2558). การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดย DPPH จากสารสกัดสมุนไพรในตำรับยาหอมเทพจิตร. *ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์*, 15(15), 106 – 117.
- Ashraf et al. (2020). *Technological advancement in the processing of lycopene: A Review*. *Food Rev. Int.* 1-27.
- Amaranath, S. K, Amresh, N., & Balasubramanin, K. (2020). Antioxidant analysis of Carissa carandas Linn. plant leaves. *INDO AMERICAN JOURNAL OF PHARMACEUTICAL SCIENCES*. 7(4), 980 – 985.
- Arif, Mi, Kamal, M., Jawaid, Khalid, M., Saini, K S., Kumar, A, & Ahmad, M. (2016). Carissa carandas Linn. (Karanda), an exotic minor plant fruit with immense value in nutraceutical and pharmaceutical industries. *Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 6(58), 14 - 19.

- Bhosale, S.V. Shete, R. V, Adak, V. S, & Murthy, K. (2020). A review on Carissa carandas: Traditional use, phytochemical constituents, and pharmacological properties. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*. 10(6), 145 – 150.
- Bramley. (2000). Is Lycopene beneficial to human health?. *Phytochem*, 54(3), 233 – 236.
- Buzzini, P., Arapitsas, P., Goretti, M., Branda, E., Turchetti, B., Pinelli, P., ... & Romani, A. (2008). Antimicrobial and antiviral activity of hydrolysable tannins. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 8(12), 1179–1187.
- Caseiro et al. (2020). *Lycopene in human health*. LWT – Food Sci. Technol. 127 : 109323.
- Daglia, M. (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 174–181.
- El-desoky, A. H., Abdel-Rahman, R.F., Ahmed, O.K, El-Beltagi, H. S., & Hattori, M. (2018). Anti-inflammatory and antioxidant activities of naringin isolated from Corissa carandas Invitro and in vivo evidence. *Phytomedicine*, 42, 126 – 134.
- Food Network Solution. (n.d.). *Preservative / วัตถุกันเสีย*. <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/000447/preservative-วัตถุกันเสีย>
- Friedman M. (2013). *Anticarcinogenic, cardioprotective and other health benefits of tomato compounds lycopene, α -tomatine and tomatidine in pure form and in fresh and processed tomatoes*. J. Agric. Food Chem. 61 : 9534 – 9550.
- Gyawali, R., & Ibrahim, S. A. (2014). Natural products as antimicrobial agents. *Food Control*, 46, 412–429.
- Iiyama, K., Sasaki, M., & Yamada, Y. (2023). Lignin and its antimicrobial potential: Recent findings. *Journal of Natural Products*, 11(4), 670.
- Iqbal, S.Y., Begum, S., & A, S.(2013). Simultaneous spectrophotometric determination of lycopene and beta-carotene concentrations in carotenoid mixtures of the extract of tomatoes, papaya, and orange juice. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research*, 56(2), 90 – 97.
- Kai, D., Tan, M. J., Chee, P. L., Chua, Y. K., Yap, Y. L., & Loh, X. J. (2016). Sustainable antimicrobial agents based on lignin. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(10), 5268 – 5276.
- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*, 61(1), 136 - 179.
- Konwar, A, & Kardong, D. (2019). Assessment of antioxidant activity in the fresh juice and the brew fermented from Syzygium cumini (L.) fruit. *Dibrugarh University Journal of Science & Technology*, 7(1), 144 – 149.
- Kumar, S.,Gupta, P.,& Gupta, V. K L. (2013). A crical review on Karamard (Carissa carandas Linn.). *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 4(4), 637 – 642.
- Mayne, S. T.(1996). Beta-carotene, carotenoids, and disease prevention in humans. *The FASEB Journal*, 10(7), 690 - 701.
- Mititelu et al. (2020). Inflammatory and Oxidative Stress Markers-Mirror Tools in Rheumatoid. *Arthritis.Biomedicine*, 8(5), 125

- Mishra, A., Mishra, A., Chattopadhyay, P., & Murthy, P. N. (2013). Screening of phytochemical and pharmacological activities of *Carissa carandas* Linn. *Journal of Pharmacy Research*, 6(5), 561– 567.
- Neimkhum, W., Anuchapreeda, S., Lin, W-C, Lue,S.-C., Lee, K-H, & Chaiyana, W. (2020). effects of *Carissa carandas* Linn. fruit, pulp, leaf, and seed on oxidation, inflammation, tyrosinase,matrix metalloproteinase, elastase, and hyaluronidase inhibition. *PubMed*. 10(9). 1 – 22.
- Olson, J. A., & Krinsky, I. I. (1995). Introduction, The colorful, fascinating world of the carotenoids. *The Journal of Nutrition*, 125(6), 1347.
- Pojer, E., Mattivi, F., Johnson, D., & Stockley, C. S. (2013). The case for anthocyanin consumption to promote human health: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(5), 483–508.
- Popovic-Djordjevit et al. (2022). Natural products and synthetic analogues againstHIV: A perspective to develop new potential anti-HIV drugs. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 233, 114217. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2022.114217>
- Rao AV and Ali A. (2007). Biologically active phytochemicals in human health: Lycopene. *Int. J. Food Prop.* 10(2) : 279 – 288.
- Scalbert, A. (1991). *Antimicrobial properties of tannins*, *Phytochemistry*, 30(12), 3875–3883.
- SGE Thai. (2566). สารกันบูด อันตรายจริงหรือไม่?. <https://www.sgethai.com/article/สารกันบูด-อันตรายจริงหรือไม่?>
- Sharif-Rad, Kumar, et al. (2020). Lifestyle, oxidativestress, and antioxidants: Backand forth in the pathophysiology of chronic diseases. *Frontiers inPhysiology*, 11, 21.
- Sharif-Rad, Rodrigues, et al, (2020). Diet, Lifestyle and Cardiovascular Diseases: Linking Pathophysiology to Cardioprotective Effects of Natural Bioactive Compounds. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020
- Sharif-Rad, Dey, Koirala, et al. (2021) *Cinnamomum* Species: Bridging Phytochemistry Knowledge, Pharmacological Properties and Toxicological Safety for Health Benefits. *Front Pharmacol*. 2021; 12
- Sharifi-Rad, Quispe, Imran et al., (2021)). Hyssopus Essential Oil: An Update of Its Phytochemistry, Biological Activities, and Safety Profile. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022
- Shi et al. (2009). Effects of modifier on lycopene extract profile from tomato skin using supercritical-CO2 fluid. *Journal of Food Engineering*, 93 (2009), pp. 431-436
- Singh Aand Gursimran K. U. (2015). A review on *Carissa carandas* L. phytochemistry, ethnopharmacology, and micropropagation as conservation strategy. *Asian journal of Pharmaceutical and Clinical research*, 8(3), 26 – 30.
- Stahl, W, & Sies, H. (2003). Antioxidant activity of carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine*, 24(6), 345-351.
- Thailand Environment Institute. (2022). ผ่าสถิติ 10 ล้านตัน! ขยะอาหารที่คนไทยทิ้งในแต่ละปี เฉลี่ย 146 กิโลกรัมต่อคน. https://www.tei.or.th/th/environment_news_detail.php?eid=2650

- Tzouganaki et al. (2002). Development and validation of liquid chromatographic method for the determination of lycopene in plasma. *Anal. Chim. Acta.* 467 : 115-123.
- Vertzoni et al. (2005). Simulation of fasting gastric conditions and its importance for the in vivo dissolution of lipophilic compounds. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 2005, 60 (3), 413–417.
- Vishtal, A., & Kraslawski, A. (2011). Challenges in industrial applications of technical lignins. *BioResources*, 6(3), 3547–3568.
- Xia, E., Xu, Q., Ye, X., & Yang, X. (2021). The antiviral potential and mechanisms of polyphenols from tea against COVID-19 and related human coronavirus diseases. *Food Frontiers*, 2(3), 441–458.
- Ye, X., Izawa, T., & Zhang, S. (2018). Rapid determination of lycopene content and fruit grading in tomatoes using a smart device camera. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1 – 15.