Science, Technology and Social Sciences Procedia 2022; 2022(4): rspg029

https://wjst.wu.ac.th/index.php/stssp

การใช้สารสกัดหยาบจากมะหาดรูปผงเพื่อยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู†

กรรณิการ์ ห้วยแสน*, ชาญณรงค์ ชมนาวัง และ เกียรติพงษ์ เจริญจิตต์

สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

***อีเมล: kunikuni4445@gmail.com**

บทคัดย่อ

การศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารสกัดหยาบเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาดและใบมะหาด (รูปผง) และประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของแพตตี้หมูระหว่างการเก็บ (0 15 30 45 และ 60 วัน) โดยมีปัจจัยการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของมะหาด ปริมาณสารสกัดมะหาด และระเวลาการเก็บ ผลงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าสารสกัดหยาบใบมะหาด (รูปผง) ให้ค่าสีด้านความสว่าง ค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด สูงกว่าสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด แต่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS และการขจัดสาร ABTS ของสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด สูงกว่าสารสกัดหยาบจากใบมะหาด ผลการเติมสารสกัดหยาบจากใบมะหาดและแก่นมะหาดปริมาณต่างกันในผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู โดยปริมาณสารสกัดหยาบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูมีค่าความสว่างและและค่าสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น มีค่าลดลง แต่กลับส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว ค่าความเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำเงินและความเข้มของสีมีค่าเพิ่มขึ้น และระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูนานขึ้น ปริมาณความชื้นและค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลง แต่ผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู มีค่า Conjugated Dienes ค่า Conjugated Trienes และ ค่า Thiobarbituric Acid Reactive Substance มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ มะหาด, แพตตี้หมู, อายุการเก็บ,สารกันหืน, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

บทนำ

แพตตี้ (patties) เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อบดหยาบ นำไปผสมเครื่องปรุงรส ผ่านการขึ้นรูป นิยมใช้เป็นส่วนประกอบผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ด้วยเป็นอาหารที่รับประทานได้ง่ายจัดอยู่ในอาหารประเภทจานด่วน ในประเทศไทยอาหารประเภทจานด่วนมีมูลค่า 35,000 ล้านบาท โดยผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์มีส่วนแบ่งการตลาดสูงถึง 9,000 ล้านบาท (https://marketeeronline.com) จากปัจจุบันจากกระแสการรักสุขภาพ ได้มีการส่งเสริมให้เลือกบริโภคอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ แนะนำหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์อาหารที่เติมสารกันเสียหรือสารเติมแต่งที่มาจากสารเคมีในการช่วยยืดอายุการเก็บ ดังนั้นจึงมีการศึกษาและวิจัยส่วนผสมจากธรรมชาติ เช่น พืชสมุนไพร เครื่องเทศ เติมในผลิตภัณฑ์อาหาร สำหรับพืชมะหาด ชื่อวิทยาศาสตร์ *Artocarpus lacucha* Roxb. เป็นไม้ยืนต้นในตระกูล Moraceae (โชติอนันต์ อินทุใสตระกูล, 2551) ที่มีการศึกษาวิจัยพบว่าเป็นพืชที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ด้านอาหารและไม่ใช่อาหาร มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (อรพิณ โกมุติบาล, 2014; Poppy et al., 2018) สารสกัดจากแก่นมะหาด พบว่ามีสารออกซีเรสเวอราทรอล (Oxyresveratrol) เป็นสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (Likhitwitayawuid et al., 2006;Tengamnuay et al., 2006) Kim et al. (2013) ได้ศึกษาผลการเติมมะเขือเทศรูปแบบผงแห้งเพื่อเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูปรุงสุก ระหว่างการเก็บในสภาวะมืดที่อุณหภูมิ 10±1 องศาเซลเซียส พบว่ามะเขือเทศผงมีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เท่ากับ 26.22 มิลลิกรัมของกรดแกลลิคต่อ 100 กรัม และ 3.52 มิลลิกรัมของสควอทซิทินต่อ100 กรัม ตามลำดับ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay ได้ค่า EC_{50} เท่ากับ 16.76 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่ามะเขือเทศผงมีศักยภาพในการต้านการเกิดออกซิเดชัน และผลการเติมมะเขือเทศผงร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 ในผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูระหว่างการเก็บ ได้ว่าเมื่อเติมมะเขือเทศผงปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า TBARS มีค่าลดลง เช่นเดียวกับค่าการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์วิธี Total plate count ผลประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสหลังการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 3 หรือ 7 วัน สูตรที่เติมมะเขือเทศผงร้อยละ 0.75 และ 1.00 มีค่าระดับคะแนนสูงกว่าสูตรควบคุม จากการศึกษาการเติมผงติ้ว (*Cratoxylum formosum* (Jack) Dyer) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.3-0.7 เพื่อยับยั้งการหืนในแพตตี้หมูปรุงสุก ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เปนเวลา 32 วัน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคาความเปนกรด-ดางในแพตตี้หมูทุกตัวอย่าง ($p > 0.05$) แต่

†การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงาน ชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 10 (ระหว่างวันที่ 20 - 22 กันยายน 2565 ณ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์)

ระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลตอคาสีของแพตตี้หมูที่เติม BHT 100 พีพีเอ็มและตัวอยางควบคุม ($p > 0.05$) ในขณะที่แพตตี้หมูที่เติมผงติ้วไมมีการเปลี่ยนแปลงคาสี (L*, a* และ b*) ($p > 0.05$) และ นอกจากนี้การเติมผงติ้วในแพตตี้หมูทุกระดับความเขมขน สามารถยับยั้งการเกิด Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) ในระหวางการเก็บรักษา แตแพตตี้หมูที่เติม BHT และตัวอยางควบคุมมีค่า TBARS เพิ่มขึ้น ($p > 0.05$) อีกทั้งยังพบวามีคา p-anisidine value (pAv) ของแพตตี้หมูที่เติมผงติ้วเพิ่มขึ้นน้อยกว่าแพตตี้หมูที่เติม BHT และตัวอยางควบคุมจากผลการทดลองดังกลาวแสดงใหเห็นวาผงติ้วสามารถใช้เป็นแหลงสารตานการหืนจากธรรมชาติที่มีศักยภาพสูงในแพตตี้หมูปรุงสุกได (วาณี ใจวิเสน และ วริพัสย์ อารีกุล, 2554) Boruzi and Nour (2019) ศึกษาการเติมใบวอลนัทผงเพื่อต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ โดยเติมในผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูปรุงสุกร้อยละ 0.2 และ 0.5 และเปรียบเทียบกับสาร BHT ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 วัน (เก็บข้อมูลทุกๆ 5 วัน) พบว่าแพตตี้หมูเติมสาร BHT กับเติมใบวอลนัทผงร้อยละ 0.5 ให้ค่า TBARS ต่ำกว่าและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการเติมใบวอลนัทผงร้อยละ 0.5 การเติมใบวอลนัทผงส่งผลให้ค่าความสว่างและค่าความเป็นสีแดงลดลง แต่กลับให้ค่า hue angle เพิ่มขึ้น และผู้ทดสอบชิม มีความพอใจในผลิตภัณฑ์ด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรสและความชอบรับโดยรวม สุภาษิต ชูกลิ่น (2560) พบว่า สารสกัดใบมะม่วงหิมพานต์มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเกิดออกซิเดชันของไขมันในกุนเชียงดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาดและใบมะหาดหลังจากนั้นนำสารสกัดหยาบเติมในผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู เพื่อประเมินคุณภาพระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (–10 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 0 15 30 45 และ 60 วัน นำผลิตภัณฑ์ไปวิเคราะห์ค่าสี ปริมาณความชื้น วิเคราะห์ primary และ secondary lipid oxidation

วิธีดำเนินการวิจัย

1) ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดหยาบจากแก่นและใบมะหาด ล้างทำความสะอาด ชั่งตัวอย่างมะหาดต่อน้ำสะอาด 1 ต่อ 4 (w/w) สกัดหยาบได้การต้มในน้ำเดือด นาน 15 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น ปรับปริมาตรให้ครบเท่ากับน้ำหนักน้ำสะอาดที่เติม และ นำของเหลวที่สกัดได้ เติมมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ร้อยละ 20 ปั่นผสมให้เข้ากันนาน 2 นาที และนำไปผ่านการทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ นำสารสกัดรูปผงที่ได้ เก็บใส่ถุงลามิเนตป้องกันแสงและปิดผนึก นำเก็บที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส ระหว่างรอการวิเคราะห์และนำไปใช้เป็นสารช่วยยืดอายุการเก็บแพตตี้หมูต่อไป

2) ขั้นตอนการเตรียมแพตตี้หมู นำเนื้อหมูส่วนสะโพก ล้างทำความสะอาด ตัดแต่งแยกส่วนพังผืดออก หั่นเนื้อหมูเป็นชิ้นประมาณ 1 นิ้ว นำไปบดหยาบด้วยเครื่องบดผ่านหน้าแปลน 3 มิลลิเมตร แช่เย็นเนื้อหมูให้อุณหภูมิลดลง ให้ได้อุณหภูมิเนื้อประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส เติมสารสกัดหยาบจากใบหรือแก่นมะหาด (เตรียมไว้ในข้อ 1) นวดผสมให้เข้ากัน ชั่งน้ำหนัก 100 กรัมต่อชิ้น ทำรูปร่างกลม บรรจุแพตตี้ในถุงพลาสติกชนิดหนาทนเย็นและเก็บที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0 15 30 45 และ 60 วัน

3) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของสารสกัดหยาบจากแก่นและใบมะหาด (รูปผง) ได้แก่ ค่าสี (color) ระบบ CIE LAB ด้วยเครื่องวัดค่าสี รายงานผล L * a* b* C* h* ,ปริมาณความชื้น (moisture content) ตามวิธี AOAC (2000), ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้, วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compounds content) (Singleton et al., 1965) รายงานผลเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก หน่วยมิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง, วิเคราะห์ปริมาณฟลาวโวนอยด์ ดัดแปลงจากวิธีของ Zhishen et al. (1999) และ วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant assay) 3 วิธี ได้แก่ (1) DPPH Radical scavenging activity ดัดแปลงจากวิธีของ Brand-Williams et al. (1995) รายงานผลเทียบกับสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ (Trolox) หน่วยมิลลิกรัมของโทรลอกซ์ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และร้อยละการขจัดสาร DPPH (DPPH scavenging activity) จากการคำนวณ DPPH-scavenging activity (%) เท่ากับ (OD_{517} ชุดควบคุม - OD_{517} ตัวอย่าง)x100 /OD_{517} ชุดควบคุม (2) ABTS radical cation decolorization ดัดแปลงจากวิธีของ Re et al. (1999) รายงานผลเทียบกับสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ (Trolox) หน่วยมิลลิกรัมของโทรลอกซ์ต่อกรัมน้ำหนักแห้งและร้อยละการขจัดสาร ABTS จากการคำนวณ ร้อยละการขจัดสาร ABTS เท่ากับ [(ค่าวัดได้จากคอนโทรล – ค่าวัดจากตัวอย่าง) x 100]/ค่าวัดได้จากคอนโทรล และ (3) ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP ; ferric reducing antioxidant power assay) ดัดแปลงจากวิธีของ Benzie and Strain (1999) คำนวณหาความสามารถในการรีดิวซ์สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริก จากสมการของกราฟมาตรฐานสารเฟอรัสซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต รายงานหน่วยเป็น ไมโครกรัมของสารเฟอรัสซัลเฟตเฮปตะไฮเดรตต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

4) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู ได้แก่ ค่าสี (color) ระบบ CIE LAB ด้วยเครื่องวัดค่าสี รายงานผล L * a* b* C* h* ปริมาณความชื้น (moisture content) ตามวิธี AOAC (2000) ค่าพีเอช ด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการเกิดออกซิเดชันของไขมัน 3 วิธี ได้แก่ Conjugated Dienes and Trienes Value (Ronald *et al*., 2005), Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) Test และวิเคราะห์ค่าพาราอะนิซิดีน (*p*-anisidine value; *p*-AV) (Rossell, 1994)

5) การออกแบบและวิเคราะห์ทางสถิติ สารสกัดหยาบจากแก่นและใบมะหาด (รูปผง) จัดหน่วยทดลองแบบการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรอิสระ (2-Sample t -Test) และผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู จัดหน่วยทดลองแบบ 2x3x5 Factorial in Completely

Randomized Design (CRD) ปัจจัยที่ 1 ชนิดของสารสกัดหยาบ 2 ชนิด (แก่นมะหาด และ ใบมะหาด) ปัจจัยที่ 2 ปริมาณสารสกัด (รูปผง) 3 ระดับ (ร้อยละ 0 0.15 และ 0.3) ปัจจัยที่ 3 ระยะเวลาการเก็บ 5 ระดับ (0 15 30 45 และ 60 วัน) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดวิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลและอภิปรายผล

1) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของสารสกัดหยาบจากใบมะหาดและแก่นมะหาด (รูปผง)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของสารสกัดหยาบจากใบมะหาดและแก่นมะหาด (รูปผง)

การวิเคราะห์	ใบมะหาด	แก่นมะหาด	เปรียบเทียบ t-Test
ค่าสี L*	62.34±1.34	58.87±0.55	*
ค่าสี a*	8.72±0.38	8.30±0.21	*
ค่าสี b*	19.67±0.62	27.76±0.69	*
ค่าสี Chroma (C*)	21.46±0.72	28.90±0.30	*
ค่าสี hue angle (h*)	66.02±0.29	73.87±0.86	*
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	1.89±0.19	1.56±0.10	*
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	0.200±0.003	0.095±0.003	*
ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมของแกลลิคต่อกรัม)	5.92±0.42	4.76±0.76	*
ปริมาณฟลาวโวนอยด์ทั้งหมด (มิลลิกรัมของเควอเซตินต่อกรัม)	8.07±1.25	7.65±1.13	ns
ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (มิลลิกรัมของโทรลอกซ์ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	4.25±0.34	4.70±0.72	ns
การขจัดสาร DPPH (ร้อยละ)	15.32±1.04	16.67±2.23	ns
ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS (มิลลิกรัมของโทรลอกซ์ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	22.95±1.87	27.30±3.97	*
การขจัดสาร ABTS (ร้อยละ)	40.35±3.56	45.49±7.53	*
ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (ไมโครกรัมของสารเฟอรัสซัลเฟตเฮปตะไฮเดรตต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)	4.87±0.36	4.29±0.58	ns

หมายเหตุ: การเปรียบเทียบ t-Test ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามแนวนอน ค่า ns แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) และ * แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ค่าสี ปริมาณความชื้น และค่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของสารสกัดหยาบจากใบมะหาดและแก่นมะหาด (รูปผง) พบว่าสารสกัดหยาบใบมะหาดที่ผ่านการทำผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ให้ค่าสีด้านความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว (+a*) ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงกว่าสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด มีค่าเท่ากับ 62.34, 8.72, 1.89 และ 0.200 ตามลำดับ โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้สารสกัดหยาบจากแก่นมะหาดให้ค่าความเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b*) ความเข้มของสี (C*) และ ค่าสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น (h*) สูงกว่าสารสกัดหยาบใบมะหาด ($p \leq 0.05$) ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณฟลาวโวนอยด์ทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากใบมะหาดและแก่นมะหาด (รูปผง) (ตารางที่ 1) เมื่อเปรียบเทียบ ปริมาณฟลาวโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH การขจัดสาร DPPH และความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าสารสกัดหยาบจากใบมะหาดและแก่นมะหาด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่สารสกัดหยาบจากใบมะหาด มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 5.92 มิลลิกรัมของแกลลิคต่อกรัม โดยมีปริมาณมากกว่าสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS และการขจัดสาร ABTS กลับพบว่าสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS และการขจัดสาร ABTS สูงกว่าสารสกัดหยาบจากใบมะหาด เท่ากับ 27.30 มิลลิกรัมของโทรลอกซ์ต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และร้อยละ 45.49

2) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี ปริมาณความชื้นและค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู (ตารางที่ 2) จากปัจจัยศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของสารสกัดหยาบ 2 ชนิด (ใบมะหาด และ แก่นมะหาด) ปัจจัยที่ 2 ปริมาณสารสกัดหยาบ (รูปผง) 3 ระดับ (ร้อยละ 0 0.15 และ 0.30) ปัจจัยที่ 3 ระยะเวลาการเก็บ 5 ระดับ (0 15 30 45 และ 60 วัน) พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของสามปัจจัยศึกษา แต่จะมีอิทธิพลจากสองปัจจัยศึกษา (ปริมาณสารสกัดหยาบจากมะหาดและระยะเวลาการเก็บ) จึงแยกตารางรายงานผลการศึกษาดังนี้ ตารางที่ 3 ผลการเติมชนิดของสารสกัดหยาบจากมะหาดต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู พบว่าสารสกัดหยาบจากใบมะหาดและแก่นมะหาด ให้ผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูมีค่าความสว่าง อยู่ในช่วง 5.74 ถึง 51.00 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าการเติมสารสกัดหยาบจากมะหาดปริมาณต่างกันในผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่สารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด มีค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว (a*) ค่าความเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b*) ความเข้มของสี (C*) และ ค่าสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น (h*) มีค่ามากกว่าและความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี ปริมาณความชื้นและค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู

ปัจจัยการศึกษา	L*	a*	b*	C*	h*	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ค่า pH
ชนิดของสารสกัดหยาบจากมะหาด	ns	*	*	*	*	ns	*
ปริมาณของสารสกัดหยาบจากมะหาด	*	*	*	*	*	*	*
ชนิดของสารสกัดหยาบจากมะหาดx ปริมาณ	ns	ns	*	*	*	ns	*
ระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู	ns	*	*	*	*	*	*
ชนิดของสารสกัดหยาบ X ระยะเวลาการเก็บ	ns	*	ns	ns	ns	*	*
ปริมาณ X ระยะเวลาการเก็บ	*	*	*	*	*	*	*
ชนิดของสารสกัดหยาบ X ปริมาณ X ระยะเวลา	ns	ns	ns	ns	ns	*	*

หมายเหตุ: จัดหน่วยทดลองแบบ 2x3x5 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ปัจจัยที่ 1 ชนิดของสารสกัดหยาบ 2 ชนิด (ใบมะหาด และ แก่นมะหาด) ปัจจัยที่ 2 ปริมาณสารสกัด (รูปผง) 3 ระดับ (ร้อยละ 0 0.15 และ 0.30) ปัจจัยที่ 3 ระยะเวลาการเก็บ 5 ระดับ (0 15 30 45 และ 60 วัน), ns แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) และ * แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ผลค่าสีของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูเติมสารสกัดหยาบจากมะหาด

ค่าสี	ชนิดของสารสกัดหยาบจากมะหาด	
	ใบมะหาด	แก่นมะหาด
ค่าสี L* ^{ns}	50.74±2.41	51.00±4.50
ค่าสี a*	8.95±0.97^{b}	9.31±0.95^{a}
ค่าสี b*	15.57±1.31^{b}	16.93±1.95^{a}
ค่าสี Chroma (C*)	18.00±0.66^{b}	19.36±1.04^{a}
ค่าสี hue angle (h*)	60.33±2.91^{b}	61.42±2.88^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ns หมายถึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) a, b c อักษรแตกต่างกันตามแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลค่าสีของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูที่เติมสารสกัดหยาบจากมะหาดในปริมาณต่างกัน

ค่าสี	ปริมาณของสารสกัดหยาบจากมะหาด (ร้อยละ)		
	0	0.15	0.30
ค่าสี L*	54.54±1.13^{a}	50.20±0.94^{b}	47.99±1.57^{c}
ค่าสี a*	8.17±2.74^{b}	9.47±1.10^{a}	9.72±0.75^{a}
ค่าสี b*	15.20±1.75^{b}	16.65±0.98^{a}	16.93±1.20^{a}
ค่าสี Chroma (C*)	17.36±2.65^{b}	19.17±1.20^{a}	19.55±1.21^{a}
ค่าสี hue angle (h*)	62.26±5.80^{a}	60.42±2.56^{b}	60.05±2.21^{b}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน a, b c อักษรแตกต่างกันตามแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 5 ผลระยะเวลาการเก็บที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูเติมชนิดของสารสกัดหยาบมะหาด

ค่าสี	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)				
	0	15	30	45	60
ค่าสี L* ^{ns}	50.53±2.41	51.68±5.08	51.10±4.52	50.21±2.57	50.76±2.65
ค่าสี a*	8.64±1.53^{b}	8.48±1.47^{b}	8.54±2.10^{b}	10.94±1.59^{a}	8.92±1.10^{b}
ค่าสี b*	16.21±1.74^{b}	16.12±1.59^{b}	15.88±1.40^{b}	16.98±1.34^{a}	16.15±1.52^{b}
ค่าสี Chroma (C*)	18.39±1.90^{b}	18.26±1.77^{b}	18.09±2.13^{b}	20.24±1.72^{a}	18.47±1.62^{b}
ค่าสี hue angle (h*)	62.07±2.53^{a}	62.26±3.98^{a}	62.06±4.67^{a}	57.32±3.16^{b}	61.06±2.78^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ns หมายถึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) และ a, b c อักษรแตกต่างกันตามแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณความชื้นและค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูเติมชนิดของสารสกัดหยาบมะหาด

ปัจจัยศึกษา			ค่าสังเกต	
ชนิดของสารสกัดหยาบจากมะหาด	ปริมาณมะหาดรูปผง (ร้อยละ)	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ค่า pH
ใบมะหาด	0	0	72.57±0.45^{cd}	5.99±0.02^{a}
		15	73.17±0.19^{c}	5.92±0.03^{abc}
		30	71.00±0.61^{efgh}	5.88±0.06^{bcd}
		45	71.92±0.41^{de}	5.95±0.06^{ab}
		60	73.02±0.74^{c}	5.90±0.06^{bcd}
	0.15	0	71.84±0.24^{de}	5.83±0.02^{def}
		15	70.67±0.62^{fghi}	5.77±0.04^{fgh}
		30	71.10±0.59^{efg}	5.76±0.02^{gh}
		45	71.03±0.42^{efg}	5.78±0.03^{fgh}
		60	76.32±0.42^{b}	5.71±0.02^{h}
	0.30	0	69.22±0.54^{jkl}	5.86±0.01^{cde}
		15	69.06±0.67^{kl}	5.77±0.01^{fgh}
		30	68.86±0.83^{l}	5.80±0.02^{efg}
		45	70.26±0.79^{ghij}	5.80±0.01^{efg}
		60	78.49±0.55^{a}	5.78±0.07^{fgh}
แก่นมะหาด	0	0	72.57±0.45^{cd}	5.99±0.02^{a}
		15	73.17±0.19^{c}	5.92±0.03^{abc}
		30	71.00±0.61^{efgh}	5.88±0.06^{bcd}
		45	71.92±0.41^{de}	5.95±0.06^{ab}
		60	73.02±0.74^{c}	5.90±0.06^{bcd}

ปัจจัยศึกษา			ค่าสังเกต	
ชนิดของสารสกัดหยาบจากมะหาด	ปริมาณมะหาดรูปผง (ร้อยละ)	ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	ค่า pH
	0.15	0	69.79 ± 0.43^{ijkl}	5.79 ± 0.02^{fgh}
		15	71.46 ± 0.91^{ef}	5.76 ± 0.04^{fgh}
		30	71.39 ± 0.24^{ef}	5.77 ± 0.04^{fgh}
		45	70.20 ± 0.72^{ghij}	5.77 ± 0.03^{fgh}
		60	78.21 ± 0.21^{a}	5.53 ± 0.09^{j}
	0.30	0	67.86 ± 0.28^{m}	5.80 ± 0.03^{efg}
		15	69.94 ± 0.86^{hijk}	5.73 ± 0.02^{gh}
		30	69.38 ± 0.33^{jkl}	5.72 ± 0.01^{gh}
		45	69.11 ± 0.81^{kl}	5.63 ± 0.03^{i}
		60	78.16 ± 0.59^{a}	5.56 ± 0.02^{ij}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, a, b, c, d.....i, j อักษรแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากผลปริมาณสารสกัดหยาบจากมะหาดต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู ร้อยละ 0 (สิ่งควบคุม) 0.15 และ 0.30 แสดงผลในตารางที่ 4 พบว่าเมื่อปริมาณสารกัดหยาบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูมีค่าความสว่างและและค่าสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น (h*) มีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยการเติมสารสกัดหยาบร้อยละ 0.30 ส่งผลให้ค่าความสว่างต่ำสุด เท่ากับ 47.99 นอกจากนี้การเติมสารสกัดหยาบ (ร้อยละ 0.15-0.30) พบว่าผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู มีค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว (a*) ค่าความเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b*) และความเข้มของสี (C*) มีค่ามากกว่าผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูที่ไม่เติมสารสกัดหยาบ โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องจากสารสกัดหยาบที่ได้จะมีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อเติมในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้แพตตี้หมูมีความสว่างและความเป็นสีแดงลดลง

ผลระยะเวลาการเก็บต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูเติมชนิดของสารสกัดหยาบมะหาด (ตารางที่ 5) และผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2 พบว่ามีอิทธิพลจากสองปัจจัยการศึกษา (ปริมาณสารสกัดหยาบจากมะหาดและระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู) ดังนั้นในตารางที่ 5 จะได้ว่าตลอดระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู ค่าความสว่างมีค่าอยู่ในช่วง 50.21 ถึง 51.68 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูนาน 45 วัน พบว่าให้ค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว (a*) ค่าความเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b*) และความเข้มของสี (C*) สูงสุด เท่ากับ 10.94, 16.98 และ 2.24 ตามลำดับ ($p \geq 0.05$) แต่ค่าสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น (h*) มีค่าลดลงต่ำสุด เท่ากับ 57.32 ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 6 แสดงผลระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณความชื้นและค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูเติมชนิดของสารสกัดหยาบมะหาด และจากตารางที่ 2 พบว่ามีอิทธิพลของสามปัจจัยศึกษา ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของสารสกัดหยาบ 2 ชนิด (ใบมะหาด และ แก่นมะหาด) ปัจจัยที่ 2 ปริมาณสารสกัดหยาบ (รูปผง) 3 ระดับ (ร้อยละ 0 0.15 และ 0.30) ปัจจัยที่ 3 ระยะเวลาการเก็บ 5 ระดับ (0 15 30 45 และ 60 วัน) โดยการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู นาน 60 วัน ให้ค่าปริมาณความชื้นสูงสุด ($p \leq 0.05$) และการเติมสารสกัดหยาบรูปผงในปริมาณเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) และการเติมสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาดร้อยละ 0.3 ที่ 0 วัน มีค่าปริมาณความชื้นต่ำสุด เท่ากับร้อยละ 67.86 ส่วนผลของระยะเวลาการเก็บต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูเติมชนิดของสารสกัดหยาบมะหาด พบว่ามีอิทธิพลของสามปัจจัยศึกษา สองปัจจัยศึกษาและปัจจัยศึกษาหลักทั้งสามปัจจัย ($p \leq 0.05$) โดยจะเห็นว่าการเติมปริมาณสารสกัดหยาบที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูมีค่าพีเอชแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) ซึ่งการเติมสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาดร้อยละ 0.15 ที่ 60 วัน ให้ค่าพีเอชต่ำสุด เท่ากับ 5.53 ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามกลับพบว่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูเติมสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาดร้อยละ 0.3 ที่ 60 วัน

3) ผลวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการเกิดออกซิเดชันของไขมัน

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงของการเกิดออกซิเดชันของไขมัน

ปัจจัยการศึกษา	TBARS	Conjugated dienes	Conjugated trienes
ชนิดของสารสกัดหยาบจากมะหาด	ns	*	*
ปริมาณของสารสกัดหยาบจากมะหาด	*	*	*
ชนิดของสารสกัดหยาบจากมะหาดx ปริมาณ	ns	*	*
ระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู	*	*	*
ชนิดของสารสกัดหยาบ X ระยะเวลาการเก็บ	ns	*	*
ปริมาณ X ระยะเวลาการเก็บ	*	*	*
ชนิดของสารสกัดหยาบ XปริมาณXระยะเวลา	ns	*	*

หมายเหตุ: จัดหน่วยทดลองแบบ 2x3x5 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ปัจจัยที่ 1 ชนิดของสารสกัดหยาบ 2 ชนิด (ใบมะหาด และ แก่นมะหาด) ปัจจัยที่ 2 ปริมาณสารสกัด (รูปผง) 3 ระดับ (ร้อยละ 0 0.15 และ 0.30) ปัจจัยที่ 3 ระยะเวลาการเก็บ 5 ระดับ (0 15 30 45 และ 60 วัน), ns แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) และ * แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 ผลระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณความชื้นและค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูเติมสารสกัดหยาบมะหาด

ปัจจัยศึกษา			ค่าสังเกต		
ชนิดของสารสกัดหยาบจากมะหาด	**ปริมาณมะหาดรูปผง (ร้อยละ)**	**ระยะเวลาการเก็บ (วัน)**	**Conjugated dienes**	**Conjugated trienes**	**ค่า TBARS (mg malonalaldehyde/kg)**
ใบมะหาด	0	0	5.54 ± 0.19^{cdef}	0.08 ± 0.00^{l}	0.009 ± 0.001^{defghij}
		15	5.40 ± 0.15^{defg}	0.43 ± 0.05^{hij}	0.008 ± 0.001^{efghij}
		30	5.93 ± 0.11^{a}	0.66 ± 0.10^{cde}	0.013 ± 0.003^{cdef}
		45	5.62 ± 0.04^{bcd}	0.59 ± 0.11^{defg}	0.015 ± 0.004^{bc}
		60	5.40 ± 0.22^{defg}	0.40 ± 0.07^{ij}	0.024 ± 0.001^{a}
	0.15	0	5.02 ± 0.02^{ij}	0.04 ± 0.00^{l}	0.006 ± 0.002^{hij}
		15	3.66 ± 0.15^{l}	0.35 ± 0.02^{j}	0.004 ± 0.001^{j}
		30	5.77 ± 0.03^{abc}	0.59 ± 0.07^{defg}	0.011 ± 0.003^{cdefgh}
		45	5.94 ± 0.00^{a}	0.66 ± 0.03^{cde}	0.014 ± 0.004^{cde}
		60	5.20 ± 0.05^{ghi}	0.37 ± 0.03^{ij}	0.012 ± 0.002^{cdefg}
	0.30	0	4.10 ± 0.14^{k}	0.14 ± 0.00^{kl}	0.007 ± 0.002^{fghij}
		15	5.11 ± 0.02^{hij}	0.47 ± 0.04^{ghij}	0.007 ± 0.001^{ghij}
		30	5.83 ± 0.02^{ab}	0.61 ± 0.02^{def}	0.009 ± 0.001^{efghij}
		45	5.94 ± 0.00^{a}	1.34 ± 0.00^{a}	0.013 ± 0.001^{cde}
		60	5.14 ± 0.30^{ghi}	0.55 ± 0.09^{efg}	0.025 ± 0.001^{a}
แก่นมะหาด	0	0	5.54 ± 0.19^{cdef}	0.08 ± 0.00^{l}	0.009 ± 0.001^{defghij}
		15	5.40 ± 0.15^{defg}	0.43 ± 0.05^{hij}	0.008 ± 0.001^{efghij}
		30	5.93 ± 0.11^{a}	0.66 ± 0.10^{cde}	0.013 ± 0.003^{cdef}
		45	5.62 ± 0.04^{bcd}	0.59 ± 0.11^{defg}	0.015 ± 0.004^{bc}
		60	5.40 ± 0.22^{defg}	0.40 ± 0.07^{ij}	0.024 ± 0.001^{a}
	0.15	0	5.33 ± 0.05^{efgh}	0.13 ± 0.03^{kl}	0.006 ± 0.001^{hij}
		15	4.88 ± 0.27^{j}	0.48 ± 0.06^{ghi}	0.006 ± 0.001^{hij}
		30	5.71 ± 0.03^{abc}	0.70 ± 0.02^{cd}	0.015 ± 0.007^{bcd}
		45	5.90 ± 0.06^{a}	0.73 ± 0.04^{c}	0.010 ± 0.002^{cdefghi}
		60	5.30 ± 0.14^{fgh}	0.65 ± 0.04^{cde}	0.014 ± 0.001^{cde}

0.30	0	5.56±0.09^{cde}	0.21±0.03^{k}	0.007±0.003^{fghij}
	15	4.32±0.11^{k}	0.52±0.04^{fgh}	0.005±0.000^{ij}
	30	5.76±0.09^{abc}	1.00±0.08^{b}	0.011±0.002^{cdefgh}
	45	5.90±0.06^{a}	0.68±0.03^{cde}	0.020±0.016^{ab}
	60	5.77±0.16^{abc}	0.70±0.02^{cd}	0.023±0.004^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, a, b, c, d.....i, j อักษรแตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) , Conjugated dienes และ Conjugated trienes รายงาน µmol CD ต่อกรัมตัวอย่าง และ µmol TD ต่อกรัมตัวอย่าง

จากผลการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูจากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ได้แก่ ค่า Conjugated Dienes (CD value) ค่า Conjugated Trienes (TD value) บ่งชี้ถึง primary lipid oxidation และ ค่า Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลง secondary lipid oxidation เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเปลี่ยนแปลงการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (ตารางที่ 7) พบว่ามีอิทธิพลของสามปัจจัยศึกษา ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของสารสกัดหยาบ 2 ชนิด (ใบมะหาดและแก่นมะหาด) ปัจจัยที่ 2 ปริมาณสารสกัดหยาบ (รูปผง) 3 ระดับ (ร้อยละ 0 0.15 และ 0.30) ปัจจัยที่ 3 ระยะเวลาการเก็บ 5 ระดับ (0 15 30 45 และ 60 วัน) และมีอิทธิพลร่วมของสองปัจจัยและปัจจัยศึกษาหลักทั้งสามปัจจัย ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.9 เมื่อการเติมปริมาณสารสกัดหยาบเพิ่มขึ้นและระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูนานขึ้น ส่งผลให้ค่า Conjugated Dienes และค่า Conjugated Trienes มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อเติมสารสกัดหยาบจากใบมะหาด ร้อยละ 0.15 ที่ 15 วัน ให้ค่า Conjugated Dienes ต่ำสุด เท่ากับ 3.66 µmol CD ต่อกรัมตัวอย่าง ($p \leq 0.05$) และเมื่อเติมสารสกัดหยาบจากใบมะหาด ร้อยละ 0.30 ที่ 45 วัน ให้ค่า Conjugated Trienes สูงสุด เท่ากับ 1.34 µmol TD ต่อกรัมตัวอย่าง ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบสารสกัดหยาบจากใบมะหาดกับแก่นมะหาด พบว่าสารสกัดหยาบจากใบมะหาดมีค่า Conjugated Dienes และ ค่า Conjugated Trienes ต่ำกว่าสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด สำหรับค่า Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูนานขึ้น ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้น และมีสารอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้น จะเห็นได้จากผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูที่ไม่เติมสารสกัดหยาบจากใบมะหาดหรือแก่นมะหาด ที่ 60 วัน ให้ค่าสูงสุด เท่ากับ 0.024 mg malonalaldehyde ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ($p \leq 0.05$) โดยการเติมสารสกัดจากมะหาดร้อยละ 0.15 ถึง 0.30 เติมช่วยยืดอายุการเก็บแพตตี้หมู เนื่องจากสารฟีนอลลิกทั้งหมด มีผลยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (Brannan, 2008) นอกจากนี้ได้วิเคราะห์ค่าพาราอะนิซิดีน (*p*-anisidine value; *p*-AV) (ไม่แสดงผลในตาราง) เป็นการวัดผลิตภัณฑ์ขั้นที่สอง (secondary product) ที่เกิดจากปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน จากการศึกษาพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู ที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส นาน 60 วัน สามารถวัดค่าพาราอะนิซิดีนได้ต่ำมาก ที่ 60 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 1.02 ถึง 1.04

สรุปผล

จากการวิจัยครั้งนี้ สารสกัดหยาบใบมะหาดที่ผ่านการทำผงด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ ให้ค่าสีด้านความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว (+a*) ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด แต่สารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS และการขจัดสาร ABTS สูงกว่าสารสกัดหยาบจากใบมะหาด เมื่อนำสารสกัดหยาบจากใบมะหาดและแก่นมะหาดเติมในผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู ส่งผลให้ค่าความสว่างและค่าความเป็นสีแดงลดลง โดยปริมาณสารกัดหยาบเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูมีค่าความสว่างและและค่าสีแท้จริงที่ปรากฏให้เห็น (h*) มีค่าลดลง แต่กลับส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b*) และความเข้มของสี (C*) เพิ่มขึ้น การเติมสารสกัดหยาบในปริมาณเพิ่มขึ้นและระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมูนานขึ้น ส่งผลให้ค่า Conjugated Dienes, Conjugated Trienes และ Thiobarbituric Acid Reactive Substance มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ตลอดระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์แพตตี้หมู ที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส นาน 60 วัน มีค่าพาราอะนิซิดีนได้ต่ำมาก มีค่าอยู่ในช่วง 1.02 ถึง 1.04 สรุปได้ว่าสารสกัดหยาบจากใบและแก่นมะหาด ร้อยละ 0.15 ช่วยยืดอายุการเก็บแพตตี้หมูที่เกิดจากการออกซิเดชันไขมัน

ข้อเสนอแนะ

สารสกัดหยาบจากใบมะหาดและแก่นมะหาดจากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงออกซิเดชันไขมันอย่างชัดเจน ควรเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิแช่เย็น นอกจากนี้มีการศึกษาการเติมสารสกัดหยาบในผลิตภัณฑ์อาหารอื่น เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ สำหรับสนับสนุนงบประมาณการวิจัย จากงบประมาณรายจ่าย ประจำปี 2564

บรรณานุกรม

โชติอนันต์ อินทุใสตระกูล. (2551). *สมุนไพรไทย สำหรับงานสาธารณสุขมูลฐาน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ดี.เค. บุ๊ค ดิสทริบิว.

วาณี ใจวิเสน และ วริพัสย์ อารีกุล. (2554). *ความสามารถในการยับยั้งการหืนของผงติ้ว (Cratoxylum formosum) ในแพตตี้หมูปรุงสุก* (น.1414-1418). การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาศิลปากรระดับชาติ ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุภาษิต ชูกลิ่น. (2560). *ศักยภาพของสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.* รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

อรพิณ โกมุติบาล. (2014). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากแก่นมะหาด. *วารสารวิจัย มสด สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 7*(2), 33-41.

AOCS. (1992). *Official methods and recommended practices of the American oil chemists' society* (4th eds.). Illinois, United States: AOCS Press.

Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1997). Simultaneous automated measurement of total antioxidant (reducing) capacity and ascorbic acid concentration. *Redox Reports*, 3, 233-238.

Benzie, I. F. F., & Szeto, Y. T. (1999). Total antioxidant capacity of teas by the ferric reducing/antioxidant power (FRAP) assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 633-636.

Boruzi, A. L., & Nour, V. (2019). Walnut (*Juglans regia* L.) leaf powder as a natural antoxidant in cooked pork patties. *Journal of Food, 17*(1), 431-438.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, *28*(1), 25-30.

Brannan, R. G. (2008). Effect of grape seed extract on physicochemical properties of ground, salted, chicken thigh meat during refrigerated storage at different relative humidity levels, *Journal of Food Science*, 73(1), 36-40.

Kim, I. S., Jin, S. K., Yang, M. R., Chu, G. M., Park, J. H., Rashid, R. H. I., Kim, J. Y., & Kang, S. K. (2013). Efficacy of tomato powder as antioxidant in cooked pork patties. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *26*(9), 1339-1346.

Likhitwitayawuid, K., Sornsute, A., Sritularak, B., & Ploypredith, P. (2006). Chemical transformations of oxyresveratrol (trans-2,4,3',5'-tetrahydroxy-stilbene) into a potent tyrosinase inhibitor and a strong cytotoxic agent. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 16*, 5650-5653.

Nalisa. (2019). *The burger wars: Worth ten billion to compete with strategy games - taste* (*in Thai*). https://marketeeronline.co/archives/114113

Poppy, A., Zaitun, H., & Mardiana. (2018). Antioxidant activity of n-hexane, ethyl acetate and ethanol extract from Lakoocha leaves (*Artocarpus lacucha* Buch.-Ham) using DPPH method. *Indonesian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 1*(2), 40-47.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yanh, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231-1237.

Ronald, E. W., Terry, E. A., Eric, A. D., Michael, H. P., David, S. R., Steven, J. S., Charles, F. S., Denise, S., & Peter, S. (2005). *Handbook of food analytical chemistry volume 1*. New Jersey, United States: John Wiley & Son.

Rossell, J. B. (1994). *Measurement of rancidity* (pp. 22-50). In Allen, J. C., & Hamilton, R. J. (Eds.). Rancidity in food. Suffolk: Chapman and Hall.

Singleton, V. L., & Rossi, J. J. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphor tungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture, 16*, 144-158.

Tengamnuay, P., Pengrungruangwon, K., Pheansr, I., & Likhitwitayawuid, K. (2006). *Artocarpus lakoocha* heartwood extract as a novel cosmetic ingredient: Evaluation of the *in vitro* anti-tyrosinase and *in vivo* skin whitening activities. *International Journal of Cosmetic Science, 28*(4), 269-276.

Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry, 64*(4), 555-559.