แบบฟอร์มข้อเสนอโครงการวิจัยย่อย
เพื่อของบประมาณ ด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
โครงการริเริ่มสำคัญ (Flagship Project) ปีงบประมาณ 2563

แพลตฟอร์ม (Platform) 4. การวิจัยและสร้างนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่และลดความเหลื่อมล้ำ
โปรแกรม (Program) 13. นวัตกรรมสำหรับเศรษฐกิจฐานรากและชุมชนนวัตกรรรม
โปรแกรมย่อย (Sub Program) -
แผนงานหลัก มหาวิทยาลัยพัฒนาพื้นที่
แผนงานย่อย -
ประเด็นริเริ่มสำคัญ (Flagship) FS 21: มหาวิทยาลัยเพื่อการพัฒนาพื้นที่
เป้าหมาย (Objective) O4.13 เพิ่มขีดความสามารถของชุมชนท้องถิ่นในการพัฒนา การพึ่งตนเองและการจัดการตนเองบนฐานปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ-หลัก (Key Result) KR4.13.1 เกิดนวัตกรรรมชุมชน เพื่อยกระดับรายได้ให้กับชุมชน ปีละ 1,000 นวัตกรรม
ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ-รอง (Key Result) KR4.1 ตำบลร้อยละ 50 ของประเทศเข้าสู่กระบวนการนำเอาความรู้และนวัตกรรมไปใช้เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิต

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. ชื่อชุดโครงการวิจัย/โครงการวิจัยเดี่ยว

(ภาษาไทย) การยกระดับและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานย่านลิเภา-ขนมลา สู่การพัฒนาชุมชนนวัตกรรมอย่างยั่งยืนตามอัตลักษณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช

(ภาษาอังกฤษ) The Enhancement and Value Added in Lipao Handicraft Products-Kha Nom Lah for Communities of Innovation in Sustainable Development according to the Identity of Nakhon Si Thammarat Province

2. โครงการวิจัยย่อยภายใต้ชุดโครงการวิจัย (กรอกเฉพาะชุดโครงการวิจัย)

(ภาษาไทย) การใช้สารสกัดจากธรรมชาติเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลาในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช

(ภาษาอังกฤษ) Use of Natural Extracts for Shelf-Life Extension of Kha Nom Lah Products in Nakhon Si Thammarat Province

3. ลักษณะโครงการวิจัย

☑ โครงการใหม่ ดำเนินงานจำนวน 1 ปี

○ โครงการต่อเนื่องจำนวน .....ปี โดยเริ่มรับงบประมาณในปี.....
จำนวน.....บาท ดำเนินงานเป็นปีที่ .....

4. คำสำคัญ (Keywords)

(ภาษาไทย) สารสกัดจากธรรมชาติ ขนมลา อายุการเก็บรักษา ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด

(ภาษาอังกฤษ) Natural Extracts Kha Nom Lah Shelf-Life Lipid Oxidation

5. สาขาการวิจัย (เลือกจากฐานข้อมูลในระบบ)

6.รายละเอียดของคณะผู้วิจัย (ใช้ฐานข้อมูลจากระบบสารสนเทศกลางเพื่อบริหารงานวิจัยของประเทศ) ประกอบด้วย

- ชื่อ-สกุล นางสาวจันทิรา วงศ์วิเชียร
- ตำแหน่งในโครงการ หัวหน้าโครงการ
- สัดส่วนการดำเนินโครงการวิจัย 80%

- ชื่อ-สกุล นางสาววราศรี แสงกระจ่าง
- ตำแหน่งในโครงการ ผู้ร่วมโครงการ
- สัดส่วนการดำเนินโครงการวิจัย 20%

<u>ส่วนที่ 2 ข้อมูลโครงการวิจัย</u>

1. บทสรุปผู้บริหาร

การใช้สารสกัดจากธรรมชาติเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลาในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นโครงการวิจัยย่อยภายใต้ชุดโครงการวิจัย การยกระดับและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จักสานย่านลิเภา-ขนมลาสู่การพัฒนาชุมชนนวัตกรรมอย่างยั่งยืนตามอัตลักษณ์จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการแก้ปัญหาการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ขนมลา เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอดจึงมักประสบกับปัญหาผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนได้ง่าย ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมลามีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าอาหารแห้งชนิดอื่นๆ โดยทำการศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารสกัดจากธรรมชาติที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลา และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมลา ผลจากการศึกษาจะทำให้ทราบชนิดและปริมาณการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ขนมลารวมถึงการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และนำไปสู่การสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ขนมลาต้นแบบที่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (ไม่น้อยกว่า 30 วัน) ผู้ผลิตไม่ต้องประสบกับปัญหาขาดทุนหากจำหน่ายสินค้าไม่หมดก่อนที่สินค้าจะเสื่อมคุณภาพ ผู้บริโภคได้บริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี นอกจากนี้ยังสามารถนำไปสู่การต่อยอดโดยการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมลาในรูปแบบต่างๆ รวมถึงขนมหวานพื้นบ้านอื่นๆ ที่มีปัญหาการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์

2. หลักการและเหตุผล

การผลิตขนมลาของจังหวัดนครศรีธรรมราชนั้นมีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคขนมลาโดยทั่วไปทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ ในปัจจุบันได้มีการผลิตขนมลาเพื่อการจำหน่ายซึ่งสามารถหาซื้อได้ตลอดทั้งปี แหล่งที่มีการผลิตขนมลาเพื่อการจำหน่ายและมีชื่อเสียงมากที่สุดคือ ในพื้นที่อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ขนมลาเป็นผลิตภัณฑ์สินค้า OTOP ที่ขึ้นชื่อของจังหวัดนครศรีธรรมราช การผลิตขนมลายังเป็นอาชีพที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชุมชนในจังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นจำนวนมาก เช่น ชุมชนหอยราก (ศรีสมบูรณ์) ชุมชนท่าขึ้น และชุมชนท่าเรือ เป็นต้น นอกจากนี้ขนมลายังเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประจำท้องถิ่นที่มีความน่าสนใจเนื่องจากมีประวัติที่เกี่ยวเนื่องกับประเพณีและวัฒนธรรมที่สำคัญของคนใต้จึงทำให้มีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเพื่อการจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ

แต่อย่างไรก็ตามจากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในด้านการผลิตและการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ขนมลาในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าขนมลาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอดจึงมักประสบกับปัญหาผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนซึ่งมีสาเหตุสำคัญจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมลามีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าอาหารแห้งชนิดอื่นๆ โดยทั่วไปขนมลาชนิดแผ่นจะเก็บรักษาได้ไม่เกิน 1 เดือน เพราะเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ต่อการบริโภค ส่งผลกระทบต่อแผนการตลาดและผู้ผลิตต้องประสบกับปัญหาขาดทุนหากจำหน่ายสินค้าไม่หมดก่อนสินค้าจะเสื่อมคุณภาพ สำหรับในอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่นั้นนิยมใช้สารกันหืนชนิดสังเคราะห์ ได้แก่ butylated hydroxyanisole (BHA) butylated hydroxytoluene (BHT) และ tertiary butylated hydroquinone (TBHQ) เป็นต้น เนื่องจากสารกันหืนเหล่านี้สามารถควบคุมไม่ให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันในอาหารได้และมีความคงตัวต่อกระบวนการแปรรูปด้วยวิธีต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามสารเหล่านี้อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยมีรายงานการวิจัยพบว่าสารสังเคราะห์บางชนิดทำลายตับมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในตับ (Martin and Gilbert, 1968) จึงมีการควบคุมการใช้เนื่องจากเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง

ได้ (Branen, 1975; Ito et al., 1983; Chen et al., 1992) ด้วยเหตุนี้ ในปัจจุบันจึงมีความพยายามที่จะนำสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ (natural antioxidants) มาใช้เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร มีงานวิจัยพบว่าเครื่องเทศและสมุนไพรชนิดต่างๆ เป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติและมีการนำมาใช้ไม่เพียงแค่เป็นตัวเพิ่มรสชาติเท่านั้น แต่ยังสามารถช่วยให้อาหารมีอายุการเก็บรักษานานขึ้นได้ นอกจากนี้ยังพบว่าผักพื้นบ้านไทยทั่วทุกภาคมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน อาทิเช่น ใบรางจืด (Ratchadaporn et al., 2018) ยอดมะม่วงหิมพานต์ ใบมันปู (Kongkachuichai et al., 2015) ยอดกระถิน (เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ 2012) กระโดนบก สะเม็ก สะตัน สะคาม (เกศศิณี ตระกูลทิวากร และจันทร์เพ็ญ ศักดิ์สิทธิพิทักษ์, 2543) และพืช ผักบางชนิดมีศักยภาพในการป้องกันการเกิดการหืนของน้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง (Tangkanakul et al., 2005; Nor et al., 2008; Maisuthisakul et al., 2006) สารสกัดจากใบกะเพรา และข่า สามารถยับยั้งการเกิดการหืนในเนื้อสัตว์ (Jantachote et al., 2007) สารสกัดจากผักบุ้งก้านแดงและยอดกระถินสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ (เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ 2012)

จากปัญหาที่พบในผลิตภัณฑ์ขนมลาในปัจจุบันและข้อมูลจากงานวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันที่ได้จากสารสกัดจากธรรมชาติ พบว่าการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่มีสมบัติป้องกันหรือชะลอการเกิดอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยาออกซิเดชันมาเป็นส่วนผสมในสูตรขนมลาในปริมาณที่เหมาะสมมีความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ขนมลา ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารสกัดที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ขนมลา และศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมลา จากผลวิจัยนี้จะทำให้ทราบชนิดและปริมาณการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ขนมลารวมถึงการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และนำไปสู่การสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ขนมลาต้นแบบที่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (ไม่น้อยกว่า 30 วัน) ผู้ผลิตไม่ต้องประสบกับปัญหาขาดทุนหากจำหน่ายสินค้าไม่หมดก่อนที่สินค้าจะเสื่อมคุณภาพ ผู้บริโภคได้บริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี นอกจากนี้ยังสามารถนำไปสู่การต่อยอดโดยการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมลาในรูปแบบต่างๆ รวมถึงขนมหวานพื้นบ้านอื่นๆ ที่มีปัญหาการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์

3. คำถามการวิจัยและวัตถุประสงค์

คำถามการวิจัย

1) ชนิดและปริมาณสารสกัดจากธรรมชาติมีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลาอย่างไร

2) ผลิตภัณฑ์ขนมลาที่ผสมสารสกัดจากธรรมชาติจะมีอายุการเก็บรักษาได้นานกี่วัน

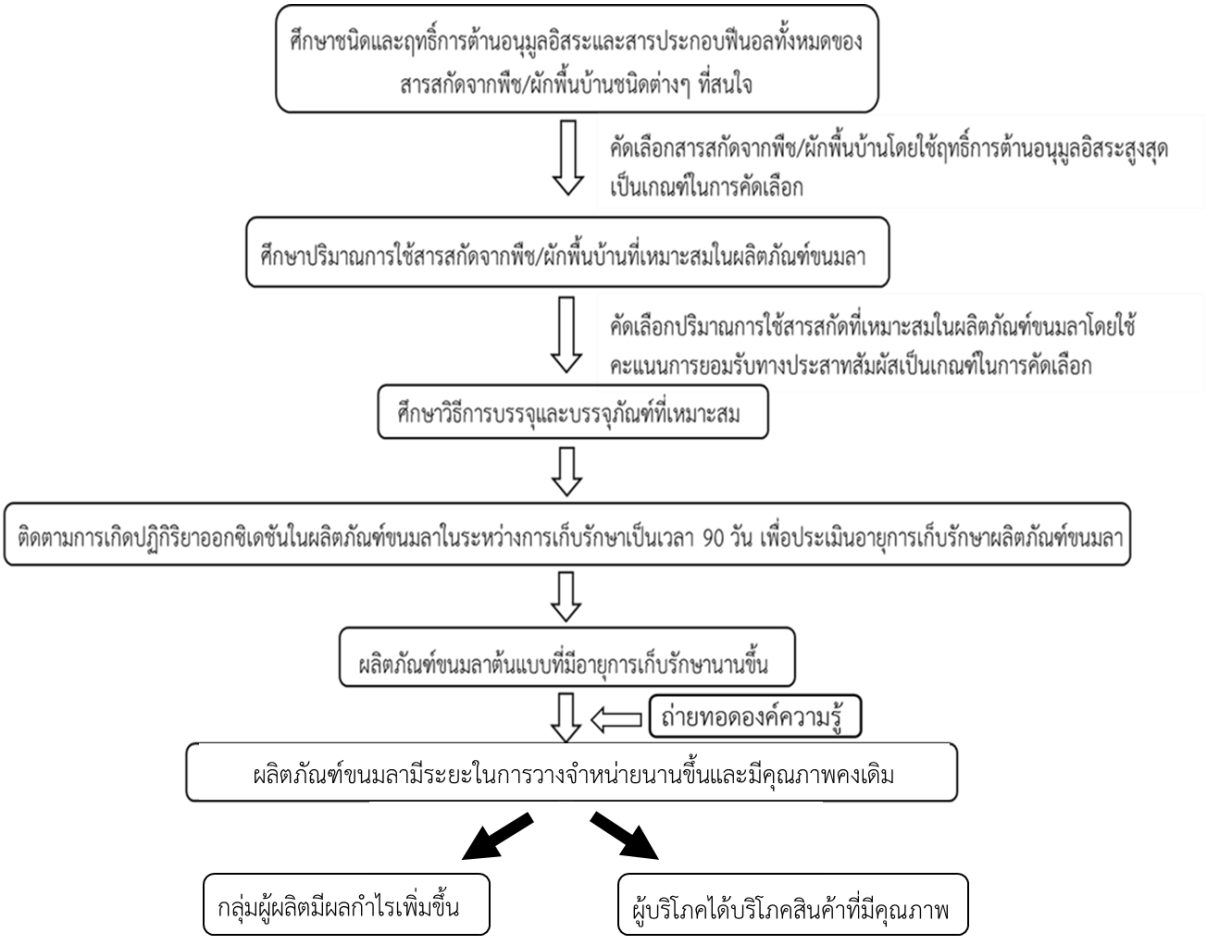
วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารสกัดจากธรรมชาติที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลา

2) เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมลา

4. กรอบการวิจัย

กรอบแนวคิดของการวิจัยในโครงการนี้มุ่งเน้นการศึกษาชนิดและปริมาณของสารสกัดจากธรรมชาติที่เหมาะสมในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมลา โดยทำการศึกษาชนิดของสารสกัดที่ได้จากพืช/ผักพื้นบ้านอย่างน้อย 3 ชนิด รวมถึงปริมาณของสารสกัดที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมลา และทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างขนมลาเป็นเวลา 90 วัน ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยครั้งนี้คือ สารสกัดจากธรรมชาติที่ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ขนมลาจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นี้ได้นานกว่า 1 เดือน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมลามีระยะเวลาในการวางจำหน่ายได้นานขึ้นโดยที่ยังมีคุณภาพในการบริโภคคงเดิม ซึ่งจะเป็นอีกแนวทางในการยกระดับรายได้ให้กับกลุ่มผู้ผลิตขนมลาในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช นอกจากนี้แล้วผู้บริโภคยังได้บริโภคสินค้าที่ดีมีคุณภาพอีกด้วย



ภาพที่ 4.1 กรอบแนวคิดของการวิจัยเรื่อง การใช้สารสกัดจากธรรมชาติเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลาในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช

5. แนวคิด ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัย

5.1 ขนมลา

ขนมลา หมายถึง ขนมที่ได้จากการนำแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง หรือแป้งชนิดอื่นๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกัน มาผสมกับน้ำตาล อาจเติมเกลือ สี และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ชาเขียว ผสมให้เข้ากันจนได้ลักษณะตามต้องการ นำไปโรยในกระทะที่ทาน้ำมันบางๆ หรือทอดในน้ำมันที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมทำให้เป็นแผ่น เป็นพับ หรือเป็นม้วน ให้ได้รูปทรงตามต้องการ อาจนำไปผึ่งแดดหรืออบจนกรอบด้วยก็ได้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ในงานประเพณีบุญสารทเดือนสิบ ขนมลาถูกนำมาใช้เพื่ออุทิศส่วนกุศลให้แก่บรรพชนที่เชื่อว่าอาจไปเกิดเป็นเปรตในยมโลก เพื่อให้เปรตบรรพชนได้นำไปใช้แทนเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มตามลักษณะของขนมลาที่เป็นเส้นๆ ซึ่งแผ่ออกได้เหมือนเสื้อผ้า (สมปราชญ์ อัมมะพันธ์, 2552) บางท้องถิ่นเชื่อว่าขนมลาทำขึ้นสำหรับเปรตจำพวกที่มีปากเล็กเท่ารูเข็ม เพื่อจะได้ดึงรับประทานทีละเส้นเพราะปากเล็กรับประทานอาหารชิ้นใหญ่ๆ เป็นคำๆ ไม่ได้ (สุมาลัย กาลวิบูลย์, 2554) ขนมลาเป็นอาหารทอด (Fried food) ซึ่งมีการทอดทั้ง 2 แบบ คือ

1) การทอดแบบน้ำมันตื้น (Shallow frying) เรียกว่า ขนมลาเช็ด (ภาพที่ 1) ซึ่งผลิตโดยการนำน้ำมันไปเช็ดบนกระทะแล้วโรยเส้นแป้งลงไปในกระทะ รอให้แป้งสุกเป็นสีเหลืองทองแล้วใช้ไม้พับ หรือเขี่ยออกมาแล้วไปวางในภาชนะ ได้ขนมลาที่มีเส้นเล็กแผ่นใหญ่และบาง มีทั้งแบบกรอบและไม่กรอบ

ภาพที่ 5.1 การทอดขนมลาแบบน้ำมันตื้นเรียกว่า ขนมลาเช็ด
ที่มา : https://www.bansuanporpeang.com/node/7455

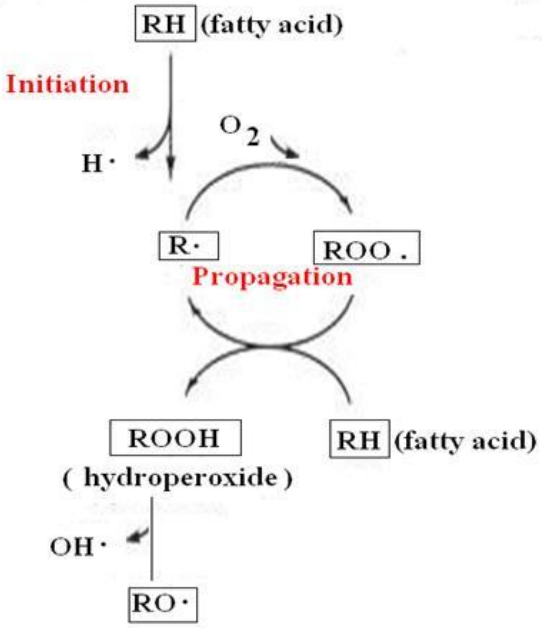
2) การทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep-fat frying) เรียกว่า ขนมลาลอย (ภาพที่ 2) ผลิตโดยการทอดแป้งขนมลาในน้ำมันที่อยู่ในกระทะในปริมาณมากเมื่อโรยเส้นแป้งลงไปในกระทะแป้งจะจมลงในน้ำมันเมื่อแป้งเริ่มสุกเส้นแป้งจะค่อยๆ ลอยขึ้นมาเมื่อแป้งทอดทั้งแผ่นแล้ว ใช้ไม้เขี่ยขนมลาออกจากกระทะมาตั้งทิ้งให้สะเด็ดน้ำมัน ผลิตภัณฑ์ขนมลาชนิดนี้มีเส้นใหญ่ สีทองหรือสีน้ำตาลและมีความกรอบ นิยมรับประทานขนมลาชนิดนี้เฉพาะตอนที่ผลิตภัณฑ์ยังกรอบอยู่เท่านั้น

ภาพที่ 5.2 การทอดขนมลาแบบน้ำมันท่วมเรียกว่า ขนมลาลอย
ที่มา : http://hsugyrb87w2.blogspot.com/2015/09/

แต่อย่างไรก็ตาม ขนมลาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอดจึงมักประสบกับปัญหาผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนซึ่งมีสาเหตุสำคัญจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมลามีอายุการเก็บรักษาสั้น เพราะเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ต่อการบริโภค ผู้ผลิตต้องประสบกับปัญหาขาดทุนหากจำหน่ายสินค้าไม่หมดก่อนสินค้าจะเสื่อมคุณภาพ

5.2 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lipid oxidation)

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันหรือน้ำมันเป็นส่วนประกอบ โดยเฉพาะอาหารที่ผ่านกระบวนการทอด ซึ่งเป็นสาเหตุที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสีกลิ่นผิดปกติ และสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ (Sung et al., 2013) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างออกซิเจนกับไขมันที่มีกรดไขมันชนิดชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ณ ตำแหน่งพันธะคู่ทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่นและรสที่ผิดปกติ เรียกว่า การหืน (rancidity) เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) เพราะอนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดขึ้นจะกระตุ้นโมเลกุลกรดไขมันที่เหลือให้เกิดปฏิกิริยาต่อไป (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 5.3 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
ที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0395/lipid-oxidation

1) กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

1.1) ขั้นเริ่มต้น (Initiation) ขั้นตอนการเริ่มเกิดอนุมูลอิสระ (free radical) เกิดกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ซึ่งไม่แข็งแรง ไวต่อปฏิกิริยา โดยเริ่มต้นที่คาร์บอนที่ตำแหน่งพันธะคู่สูญเสียไฮโดรเจนอะตอม ซึ่งเกิดจากการกระตุ้นด้วยแสง รังสี โลหะ ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ ไฮโดรคาร์บอน (R●) ซึ่งอะตอมอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น ที่เป็น unpair electron ซึ่งว่องไวต่อปฏิกิริยา

1.2) ขั้นลุกลาม (Propagation) เกิดจากออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่เกิดเป็น peroxy radical (ROO●) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากมาย โดย peroxy radical ทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวใหม่ ได้ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (ROOH)

1.3) ขั้นสุดท้าย (Termination) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมารวมตัวกันเองเกิดเป็นสารใหม่ (secondary product) เช่น แอลดีไฮด์ คีโทน แอลกอฮอล์ แอลเคน และ กรดอินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดสี กลิ่น และรส ที่ผิดปกติของน้ำมัน และไขมัน

2) ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2553)

2.1) ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากโมเลกุลของไขมันในโมเลกุลของไขมันและน้ำมันมีผลกระทบต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดเร็วมากขึ้นเมื่อมีพันธะคู่มาก ทำให้ไขมันไม่อิ่มตัวเท่านั้นที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ กรดไขมันที่อยู่ในรูปซิส (cis) ไอโซเมอร์จะเกิดการออกซิไดส์ได้เร็วกว่าทรานส์ (trans) ไอโซเมอร์และตำแหน่งที่เป็นพันธะคู่แบบคอนจูเกตจะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าพันธะคู่ที่ไม่เป็นคอนจูเกต (cis)

2.2) กรดไขมันอิสระ กรดไขมันที่อยู่ในรูปอิสระ (free fatty acid) จะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายกว่าที่อยู่ในรูปไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride)

2.3) ปริมาณออกซิเจนและพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจน ออกซิเจนเข้าร่วมในปฏิกิริยาออกซิเดชัน หากอาหารอยู่ในบรรยากาศที่มีปริมาณออกซิเจนมาก หรือมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจนได้มาก จะเกิดปฏิกิริยาได้รวดเร็ว ดังนั้นการกำจัดออกซิเจนออกจากบรรจุภัณฑ์ ด้วยการบรรจุสุญญากาศ (vacuum packaging) การ

บรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging) หรือใช้สารกำจัดออกซิเจน (oxygen scavenger) ในบรรจุภัณฑ์จะช่วยชะลอการเสื่อมเสียได้

2.4) อุณหภูมิ อุณหภูมิสูงจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าอุณหภูมิต่ำ การเก็บรักษาอาหารแช่เย็น แช่เยือกแข็ง (freezing) จะลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้

2.5) วอเตอร์แอคทิวิตี้ (water activity) ของอาหาร aw ในช่วง 0.3 – 0.8 จะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็ว

2.6) แร่ธาตุหรือโลหะ เช่น โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีส ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอาหารโดยธรรมชาติ เช่น เหล็ก ในไมโอโกลบิน (myoglobin) หรือ โลหะและแร่ธาตุที่ปนเปื้อนจากดิน หรือจากอุปกรณ์ในการแปรรูป โดยโลหะถึงแม้เพียงส่วนเล็กน้อย 0.1-5 ส่วนในล้านส่วน ก็สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ การใช้สารพวกคีเลติง (chelating agent) เช่น EDTA ซึ่งสารพวกนี้จะไปรวมตัวกับโลหะเป็นสารประกอบเชิงซ้อน เป็นการลดตัวเร่งปฏิกิริยาให้น้อยลงปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดได้ช้าลง

2.7) แสงและรังสีต่าง ๆ เช่น visible light แสงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) และการฉายรังสีอาหาร (food irradiation) มีผลเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีขึ้น

2.8) สารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) หรือสารต้านอนุมูลอิสระสารต้านออกซิเดชันที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เพื่อป้องกันปฏิกิริยา lipid oxidation มีทั้งสารธรรมชาติเช่น วิตามินซี (ascorbic acid) วิตามินอี (Vitamin E) กรดซิตริก หรือ สารสังเคราะห์ เช่น BHA (Butylated hydroxyanisole), BHT (butylated hydroxytoluene), TBHQ, propyl gallate เป็นต้น

5.3 สารต้านออกซิเดชัน

สารต้านออกซิเดชัน หมายถึง โมเลกุลสารที่สามารถออกซิไดซ์ตัวเองแทนโมเลกุลสารอื่นๆ ได้ สารต้านออกซิเดชันเป็นสารหรือระบบที่สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระและหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้ก่อนที่โมเลกุลสำคัญจะถูกทำลาย (Oroian & Escriche, 2015)

ประเทศไทยเป็นประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเฉพาะพืชผัก ผลไม้ สมุนไพร และเครื่องเทศ ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพ เนื่องจากผักและผลไม้อุดมไปด้วยวิตามิน เกลือแร่ เส้นใยอาหาร และสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกซึ่งประกอบด้วยกลุ่มของสารหลายชนิดที่พบมากในพืช คือ กรดฟีนอลิก (phenolic acids) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) โดยสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และสารต้านอนุมูลอิสระในทางชีววิทยายังสามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์อาหารโดยเฉพาะกลุ่มของอาหารที่ผ่านการปรุงสุกโดยกระบวนการทอด (ศิริวรรณ จำแนกสาร, 2562)

สารต้านออกซิเดชันมีการใช้กันอย่างแพร่หลายสาหรับเป็นสารแต่งเติมในอาหารเพื่อที่จะให้มีการปรับปรุงเสถียรภาพของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ เช่น เนื้อสัตว์ ถั่ว ขนม ฯลฯ ซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารแห้งและอาหารที่มีความอ่อนไหวต่อก๊าซออกซิเจน การใช้สารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) จะช่วยยับยั้งการเพิ่มขึ้นของอนุมูลอิสระ โดยสารต้านออกซิเดชันจะเข้ารับอนุมูลอิสระจากโมเลกุลหรืออะตอมอื่น ทำให้โมเลกุลหรืออะตอมที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยานั้นมีความเสถียร ในขณะที่สารต้านออกซิเดชันที่มีอนุมูลอิสระอยู่นั้นจะมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาต่ำจึงมีความเสถียรเช่นกัน การจำแนกชนิดของสารต้านออกซิเดชันสามารถใช้เกณฑ์ในการาจำแนกได้หลายชนิด ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การจำแนกชนิดของสารต้านอออกซิเดชัน

จำแนกตามแหล่งที่มา		
จากธรรมชาติ (natural)	วิตามิน	- vitamin C, vitamin E
	แร่ธาตุ	- zinc, selenium, copper
	กลูตาไธโอน	- glutathione
	ไขมัน	- N-acetyl cysteine, lipoic acid,
	แคโรทีนอยด์	coenzyme Q10
		- astaxanthin, alpha-carotene, beta-carotene, lutein, lycopene, zeaxanthin
	พอลิฟีนอล	- catechin, curcumin, ellagic acid, gallic acid, malvidin, quercetin, resveratrol, rosmarinic acid
	สเตียรอยด์	- cortisone, estradiol, estriol
	เอนไซม์	- catalase, glutathione peroxidase, superoxide dismutase (SOD)
สังเคราะห์ (synthetic)	ฮอร์โมน	- melatonin, oestrogen
		- butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), citric acid, ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), phosphate, propyl gallate, tertiary butylhydroquinone (TBHQ), sulphite, bisulphite
จำแนกตามชนิดเอนไซม์		
เอนไซม์ (enzyme)		- catalase, glutathione peroxidase, superoxide dismutase (SOD)
ไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzyme)		- vitamins (C and E), carotenoid, polyphenols, steroids
จำแนกตามจลนศาสตร์การออกฤทธิ์		
การกำจัดอนุมูลอิสระโดยตรง (free radical scavenger)		- vitamin E, BHA, BHT, TBHQ, propyl gallate, catechin, curcumin, ellagic acid, gallic acid, malvidin, quercetin, resveratrol, rosmarinic acid
การกำจัดออกซิเจน (oxygen scavenger)		- vitamin C, sulphite, bisulphite
คีเลต (chelating agents)		- citric acid, EDTA
จำแนกตามโครงสร้าง		
แคโรทีนอยด์ (carotenoids)		- astaxanthin, alpha-carotene, beta-carotene, lutein, lycopene, zeaxanthin
เอนไซม์ (enzymes)		- catalase, glutathione peroxidase, SOD
กลูตาไธโอน (glutathione)		- glutathione
ฮอร์โมน (hormones)		- melatonin, oestrogen
ไขมัน (lipid associated chemicals)		- N-acetyl cysteine, lipoic acid,

จำแนกตามแหล่งที่มา	
	coenzyme Q10
แร่ธาตุ (minerals)	- zinc, selenium, copper
ฟีนอลิก (phenolics)	- quercetin, catechin
ซาโปนิน สเตียรอยด์ (saponines, steroids)	- cortisone, estradiol, estriol
วิตามิน (vitamins)	- vitamin C, vitamin E

ที่มา: Costa & Santos (2017); Embuscado (2015); Flora (2009)

จากตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระข้างต้น พบว่าสารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งชนิดที่ได้จากธรรมชาติและแบบสังเคราะห์ สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ได้แก่ กลุ่มวิตามิน (vitamin C, vitamin E, quercetin) พอลิฟีนอล (resveratrol, rosmarinic acid, gallic acid, ellagic acid, catechins, curcumin) แคโรทีนอยด์ (lycopene, lutein, astaxanthin, zeaxantin, alphacarotene, beta-carotene) (Pandey & Rizvi, 2009) สารต้านอนุมูลอิสระแบบสังเคราะห์ ได้แก่ butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT) และ propyl gallate อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมเลือกสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ เนื่องจากมีรายงานว่าการบริโภคสารต้านอนุมูลอิสระแบบสังเคราะห์ในปริมาณสูงอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพผู้บริโภคมีความพอใจผลิตภัณฑ์อินทรีย์และผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติเพราะคาดว่าจะมีผลข้างเคียงน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมแบบสังเคราะห์ (Embuscado, 2015) ดังนั้น แนวโน้มความต้องการสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติคาดว่าจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

5.3.1 สารต้านออกซิเดชันที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) มี 2 กลุ่ม

1) สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์

สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันซึ่งเป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีรสชาติ กลิ่น และสีที่เปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ Propyl gallate, Tertiary butylhydroquinone (TBHQ) Butylated hydroxyl anisole (BHA), Butylated hydroxyl toluene (BHT) และ EDTA สารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดในการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค

2) สารต้านออกซิเดชันธรรมชาติ

สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติเป็นกลุ่มสารที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษาค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีความเชื่อมั่นว่าปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ สารประกอบฟีนอล (Phenolic compounds) เช่น ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) และแอนโทไซยานิน (Anthocyanins) เป็นต้น (Yen & Hsieh, 1997; Sanchez-Moreno et al., 2000; Pokorny et al., 2001) นอกจากนั้นยังมีสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) และคลอโรฟิลล์ (Chlorophylls) ที่นอกจากเป็นรงควัตถุที่จำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้ว ยังมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้ดีด้วย (Pokorny et al., 2001; Hsu et al., 2013) สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติส่วนใหญ่ได้จากการรับประทานอาหารที่มีสารต้านออกซิเดชันเป็นองค์ประกอบซึ่งพบมากในพืชผัก จึงมีการศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในพืชหลายชนิด อาทิเช่น Saenthaweesuk et al. (2012) พบว่าใบบัวบก ขี้เหล็ก ตำลึง แมงลัก และกระเพรา มีปริมาณสารประกอบฟีนอลและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูง แต่ใบบัวบกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Tharasena & Lawan (2014) ที่พบว่าใบบัวบกมีฤทธิ์การต้านออกซิเดชันสูงสุดเมื่อเทียบกับผักเคียงชนิดอื่น 28 ชนิด นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าใบชะพลูมีปริมาณสารประกอบฟีนอลและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่สูงเช่นกัน (Tharasena & Lawan, 2014)

5.3.2 กลไกการต้านอนุมูลอิสระ (Embuscado, 2015)

1) การกำจัดอนุมูลอิสระโดยตรง (Free radical scavenging)

สารต้านอนุมูลอิสระจะให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็คตรอนแก่อนุมูลอิสระและทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรมากขึ้น เมื่อสารต้านอนุมูลอิสระได้ให้ ไฮโดรเจนหรืออิเล็คตรอนไปแล้วก็จะเกิดเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ซึ่งมีความรุนแรงน้อยกว่าอนุมูลอิสระเดิม อาจจะไปรวมตัวกันกับอนุมูลอิสระอีกโมเลกุลหนึ่งเกิดผลิตภัณฑ์ที่เสถียร หรือมีสารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่นๆ มาให้อิเล็คตรอนหรือไฮโดรเจนเพื่อเกิดผลิตภัณฑ์ที่เสถียรต่อไปดังแสดงในภาพที่ 5.4 (เมื่อ A คือ สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านออกซิเดชัน H คือ ไฮโดรเจน O คือ ออกซิเจน และ R คือ อนุมูลอิสระ) สารที่มีกลไกการออกฤทธิ์ผ่านกลไกนี้ ได้แก่ กลุ่มวิตามิน (เช่น vitamin E) กลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระแบบสังเคราะห์ เช่น butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), tertiary-butyl hydroquinone (TBHQ), propyl gallate กลุ่มพอลิฟีนอล เช่น catechin, curcumin, ellagic acid, gallic acid, malvidin, quercetin, resveratrol, rosmarinic acid

$$R\cdot + AH \longrightarrow RH + A\cdot$$
$$RO\cdot + AH \longrightarrow ROH + A\cdot$$
$$ROO\cdot + AH \longrightarrow ROOH + A\cdot$$
$$R\cdot + A\cdot \longrightarrow RA$$
$$RO\cdot + A\cdot \longrightarrow ROA$$
$$ROO\cdot + A\cdot \longrightarrow ROOA$$
$$\text{Antioxidant} + O_2 \longrightarrow \text{Oxidized Antioxidant}$$

ภาพที่ 5.4 กลไกการต้านอนุมูลอิสระแบบ Free radical scavenging
ที่มา: Silvia et al. (2004)

2) การกำจัดออกซิเจน (Oxygen scavenger)

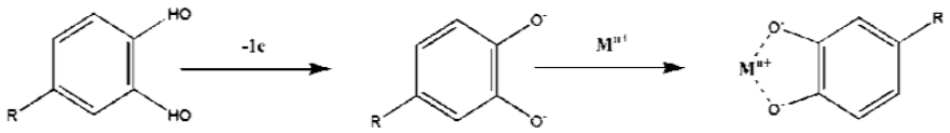
เป็นกลไกที่จะยับยั้งอนุมูลอิสระโดยทำปฏิกิริยากับซิงเกลทออกซิเจน (singlet oxygen; $^1O_2$) ให้ไปอยู่ในรูปของ triplet oxygen ($^3O_2$) เพื่อกำจัดหรือป้องกันการเกิดออกซิเจน (O_2) ที่เป็นปัจจัยหนึ่งของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มนี้ ได้แก่ vitamin C, sulphite, bisulphite, carotenoids โดย carotenoids 1 โมเลกุล สามารถทำปฏิกิริยากับ singlet oxygen ได้ 1,000 โมเลกุล ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาแสดงในภาพที่ 5.5

$$^1O_2 \xrightarrow{k\Delta} {}^3O_2$$

ภาพที่ 5.5 กลไกการต้านอนุมูลอิสระแบบ Oxygen scavenger
ที่มา: Embuscado (2015)

3) สารคีเลต (Chelating agents)

เป็นกลไกที่จะยับยั้งอนุมูลอิสระโดยการกำจัดไอออนโลหะที่เป็นปัจจัยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่า Fe^{2+} และ Cu^{2+} เป็นโลหะที่เป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในหลายกรณี ดังนั้นการกำจัดโลหะหนักเหล่านี้ออกจากระบบจึงเป็นการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทางอ้อม สารที่ออกฤทธิ์ผ่านกลไกนี้ ได้แก่ flavonoids, phosphoric acid, citric acid, ascorbic acid, EDTA และ phosphate เป็นต้น ตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาแสดงในภาพที่ 5.6



ภาพที่ 5.6 กลไกการต้านอนุมูลอิสระแบบ Chelating agents
ที่มา: Embuscado (2015)

4) ยับยั้งการทางานของเอ็นไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (enzyme inhibitor)

สารประกอบ phenolics บางชนิด เช่น flavonoids phenolic acid และ gallates สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase โดยสามารถเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็น cofactor ส่งผลให้เอนไซม์ดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้

5.4 การใช้สารสกัดจากธรรมชาติเป็นสารต้านออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์อาหาร

สารประกอบฟีนอลิก ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มของสารหลายชนิดและมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน สามารถพบได้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เมล็ด (ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้ายข้าวและงา) ผล (ได้แก่ องุ่น ส้ม และพริกไทยดา) ใบ (ได้แก่ ชาและเครื่องเทศต่างๆ) และส่วนอื่นๆ (ได้แก่ มันเทศ และหัวหอม) สารประกอบฟีนอลิก เช่น flavonoids (ได้แก่ flavones, flavonols, isoflavones, catechins, flavonones และ chalcones) และ cinnamic acid derivatives (caffeic acid, ferulic acid, chlorogenic acid และอื่นๆ) โดยสามารถพบได้ในเกือบทุกส่วนของพืชแต่จะมีความแตกต่างกันออกไปในด้านของชนิดและปริมาณ

ศิริพร โอโกโนกิ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระจากสมุนไพรไทยจำนวน 25 ชนิด เช่น ใบฝรั่ง ใบสะระแหน่ เปลือกผลทับทิม ใบทับทิม และใบรางจืด ซึ่งพืชที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นพืชสมุนไพรที่หาได้ง่าย มีปริมาณมาก หรือเป็นของเหลือใช้ หรือเป็นพืชที่มีรายงานทั้งทางวิทยาศาสตร์ หรือทางภูมิปัญญาพื้นบ้านว่าใช้เกี่ยวข้องกับฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน จากการวิจัยพบว่าสารสกัดแยกส่วนจากใบฝรั่งมีสาร quercetin ที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันมากที่สุด และไม่มีความเป็นพิษต่อเซลล์เม็ดเลือดขาวปกติ (Peripheral blood mononuclear cells, PBMC) ของคนเมื่อเปรียบเทียบกับพืชสมุนไพรอีก 25 ชนิด และมีรายงานว่าสารสกัดใบฝรั่งมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียหลายชนิด ศิริวรรณ จำแนกสาร (2562) ได้ทำการศึกษาสมบัติการต้านออกซิเดชันของสารสกัดใบฝรั่งผงในกุนเชียงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 28 วัน จากการวิจัยพบว่าการเติมสารสกัดใบฝรั่งลงในกุนเชียงที่ระดับร้อยละ 0.05 - 0.25 มีผลในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่อย่างไรก็ตามกุนเชียงที่เติมสารสกัดใบฝรั่งปริมาณร้อยละ 0.25 จะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน เนื่องจากมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีลดลง เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ (2012) ได้ทำการทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของผักบุ้งก้านแดง (Ipomoea aquatica Forsk.) และยอดกระถิน (Leucaena leucocephala de Wit) ต่อการป้องกันการเกิดการหืนในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบทอด ผลจากการศึกษาพบว่าค่า POV และค่า TBA ในข้าวเกรียบผสมน้ำสกัดผักบุ้งก้านแดง และในข้าวเกรียบผสมน้ำสกัดยอดกระถินมีค่าต่ำกว่าในข้าวเกรียบสูตรควบคุม โดยน้ำสกัดผักบุ้งก้านแดงนึ่งสามารถยืดเวลาการเกิดสารเปอร์ออกไซด์ในข้าวเกรียบทอดได้ดีกว่าน้ำสกัดยอดกระถิน

6. วิธีการดำเนินงานวิจัย (ระบุวิธีการดำเนินงานวิจัยที่สำคัญโดยสรุป)

6.1 ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของสารสกัดจากธรรมชาติชนิดต่างๆ

6.1.1) เตรียมน้ำสกัดจากผักกูด ใบมันปู ใบบัวบก ใบชะพลู และใบเตย

นำตัวอย่างพืชท้องถิ่นที่บริโภคได้ ได้แก่ ผักกูด ใบมันปู ใบบัวบก ใบชะพลู และใบเตย จากตลาดสดในเขต อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช แล้วนำมาเตรียมเป็นน้ำผักสกัด โดยหั่นผักทั้ง 5 ชนิดออกเป็นท่อนๆ นำไปสกัดด้วยน้ำ ในอัตราส่วนใบ:น้ำ เท่ากับ 2:1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปั่นให้ละเอียด กรองเอาแต่ส่วนที่

เป็นน้ำ (เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ 2012) น้ำผักตัวอย่างน้ำสกัดจากผักกูด ใบมันปู ใบบัวบก ใบชะพลู และใบเตย ไปวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญต่อการต้านออกซิเดชัน ดังนี้

6.1.2) วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำสกัดจากผักบุ้งก้านแดง ใบฝรั่ง และใบพลู

ทำการวิเคราะห์ได้โดยจากนำสารสกัดจากผักกูด ใบมันปู ใบบัวบก ใบชะพลู และใบเตย โดยดัดแปลงจากวิธีของประพันธ์ ปืนศิโรคม และ วันทนีย์ ช้างน้อย (2545) นำสารสกัดมาปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับเอทานอลร้อยละ 95 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดมา 0.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมเป็น 10 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu 0.5 มิลลิลิตร ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

6.1.3) ศึกษาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl) ของน้ำสกัดจากผักกูด ใบมันปู ใบบัวบก ใบชะพลู และใบเตย

การศึกษาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีของ Brand-Williams และคณะ (1995) สามารถทำการวิเคราห์ได้โดยปิเปตตัวอย่างสารสกัด และเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยปริมาตรรวมของตัวอย่างสารสกัด และเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 จะต้องเท่ากับ 5.4 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ 0.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เทียบกับสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ BHT และสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ คือ วิตามินซี และ Trolox

ผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาในข้อที่ 6.1.2 และ 6.1.3 จะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้ one-way analysis of variance (ANOVA) ในระดับความเชื่อมั่นที่ $p \leq 0.05$ การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง Treatment ใช้ Duncan's multiple range test เพื่อทำการคัดเลือกสารสกัดจากธรรมชาติโดยใช้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก

6.2 ศึกษาปริมาณการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ขนมลา

การศึกษาปริมาณการใช้สารสกัดจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ขนมลา สามารถทำการทดลองได้โดยเริ่มจากการเตรียมส่วนผสมหลักของขนมลาแสดงดังตารางที่ 1 (ดัดแปลงสูตรขนมลาจากกลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายขนมลาวัดพระมหาธาตุ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช) และเติมสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาจากการศึกษาในข้อที่ 6.1 ลงในส่วนผสมขนมลาที่ระดับความเข้มข้น 6 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 6.1 ส่วนผสมในการผลิตขนมลาเช็ด

ส่วนผสมในการผลิตขนมลาเช็ด	ปริมาณส่วนผสม (ร้อยละ)
แป้งข้าวเจ้า	38
น้ำตาลทราย	15
น้ำตาลโตนด	8
น้ำ	19
ไข่แดงสุก	3
น้ำมันพืช	17

6.2.1) การเตรียมตัวอย่างขนมลา

สำหรับวิธีการผลิตขนมลาเช็ดชนิดแผ่นที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้อ้างอิงวิธีการผลิตขนมลาจากกลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายขนมลาวัดพระมหาธาตุ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยเริ่มจากผสมแป้งข้าวเจ้ากับน้ำเชื่อมและสารสกัดจากพืชที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นทำการ

ทอด โดยเช็ดกระทะด้วยน้ำมันพืช และต้องระวังอย่าให้น้ำมันเยิ้มมากเกินไปแล้วนำส่วนผสมที่เตรียมไว้ไปใส่ในกระป๋องลา แล้วนำไปโรยในกระทะ รอให้แป้งสุกเป็นแผ่นขนมลามีสีเหลืองทอง ทำการพับขนมลาในกระทะโดยใช้ไม้ไผ่บางๆ พับเป็นแผ่นๆ แล้วยกขึ้นจากกระทะ นำไปใส่ในภาชนะที่มีกระดาษซับมันรองไว้ วางขนมลาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนขนมลาเย็นตัวลง นำขนมลาบรรจุไว้ในถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) ขนาดถุงละ 200 กรัม นำไปเก็บในกล่องพลาสติกที่ปิดสนิท และทึบแสงเพื่อนำไปใช้ในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบโดยวิธี 9 point hedonic scale โดยการประเมินความชอบต่อคุณลักษณะด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ (Appearance) สี (Color) กลิ่นรส (Flavor) ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture) และความชอบรวม (Overall liking) ให้คะแนนระดับ 1-9 โดยใช้ผู้ประเมินที่เป็นบุคลากร และนักศึกษามหาวิทยาลัยนครศรีธรรมราช ทั้งเพศชายและหญิง ที่มีอายุระหว่าง 19-50 ปี จำนวน 30 คน การศึกษาในข้อนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design : CRD) และใช้แผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองโดยใช้ Duncan’s multiple range test ซึ่งกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ $p \leq 0.05$ เพื่อทำการคัดเลือกปริมาณการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ขนมลาโดยใช้คะแนนความชอบเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก

6.3 ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมและติดตามการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ขนมลาในระหว่างการเก็บรักษา

ทำการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมลาที่ผสมสารสกัดที่คัดเลือกมาจากการศึกษาในข้อที่ 6.1 ในปริมาณการใช้ที่เหมาะสมจากการศึกษาในข้อที่ 6.2 เปรียบเทียบกับ BHT ร้อยละ 0.01 เติมในส่วนผสมของขนมลา ทำการบรรจุแบบสภาวะบรรยากาศปกติในถุงอลูมิเนียมฟอยด์และถุงพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) ขนาดถุงละ 200 กรัม เก็บรักษาตัวอย่างในกล่องพลาสติกสำหรับเก็บอาหารที่ปิดสนิทและทึบแสงที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 3 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 90 วัน โดยเก็บตัวอย่างในวันที่ 0 15 30 45 60 75 และ 90 มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของขนมลาในระหว่างการเก็บรักษา ดังนี้

1) ค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี Huntre Lab รุ่น ColorFlex

2) ความชื้นโดยวิธี AOAC (2012)

3) ปริมาณน้ำอิสระโดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี

4) ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) โดยวิธี AOAC (1999)

5) การเกิดกลิ่นหืน (Thiobarbituric acid : TBA) โดยวิธี AOAC (2000)

6) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธี AOAC (2000)

7) การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยการทดสอบทดสอบการเกิดกลิ่นหืนทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Multi-sample Difference Test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน บอกระดับการเกิดกลิ่นหืน 4 ระดับคือ

0 คะแนน หมายถึง ปกติ

1 คะแนน หมายถึง ไม่แน่ใจ

2 คะแนน หมายถึง หืนเล็กน้อย

3 คะแนน หมายถึง หืนมาก

8) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบความชอบ โดยวิธี 9 point hedonic scale เช่นเดียวกับการศึกษาในข้อที่ 6.2.1

การศึกษาในข้อนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design : CRD) และใช้แผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสิ่งทดลองโดยใช้ Duncan’s multiple range test ซึ่งกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ $p \leq 0.05$

7. แผนการดำเนินงานวิจัย

กิจกรรม	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการเตรียมสารสกัดจากธรรมชาติที่เหมาะสำหรับการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร												
2. ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของสารสกัดจากธรรมชาติชนิดต่างๆ												
3. ศึกษาปริมาณการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมลา												
4. ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และติดตามการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ขนมลาในระหว่างการเก็บรักษาและประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลา												
5. วิเคราะห์ผลการทดลอง												
6. รายงานความก้าวหน้า/รายงานฉบับสมบูรณ์												

8. สถานที่ทำวิจัย : โปรดระบุสถานที่ทำวิจัยจำแนกตามโครงการวิจัยโดยใช้ฐานข้อมูลจากระบบ และเพิ่มเติมชื่อเฉพาะ เช่น ชุมชน หมู่บ้าน

กลุ่มผู้ผลิตขนมลาจำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่

1) กลุ่มวิสาหกิจชุมชนขนมลา ตำบลท่าซอม อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช

2) กลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายขนมลาวัดพระมหาธาตุ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

9. แผนการใช้จ่ายงบประมาณของโครงการวิจัย

แสดงรายละเอียดประมาณการงบประมาณตลอดชุดโครงการ โดยแบ่งเป็นหมวดต่าง ๆ ดังนี้

- งบบุคลากร หมายถึง ค่าจ้างเงินเดือนลูกจ้างหรือเจ้าหน้าที่ที่โครงการจ้าง (ทั้ง Full-time และ Part-time) ในลักษณะรายวันหรือรายเดือนก็ได้
- งบดำเนินการ หมายถึง รายจ่ายที่กำหนดให้จ่ายเพื่อการบริหารงานโครงการ แบ่งเป็นหมวด (อ้างอิงจากระเบียบของ สกว.เดิม) ดังนี้

1) หมวดค่าตอบแทน หมายถึง ค่าตอบแทนนักวิจัยโดยปกติจะจ่ายเป็นรายเดือน และค่าตอบแทนที่ปรึกษา (จ่ายเป็นคน-วัน (Man-days) ตามงานที่ทำจริง ไม่รวมถึงค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เบี้ยเลี้ยง และที่พัก ฯลฯ ซึ่งโครงการจะต้องจ่ายให้ต่างหากจากหมวดค่าใช้สอย) (ไม่เกินร้อยละ 25 ของงบประมาณรวมชุดโครงการ)

2) หมวดค่าใช้สอย หมายถึง ค่าใช้จ่ายเพื่อซื้อบริการต่างๆ และค่าใช้จ่ายที่ไม่เข้าลักษณะรายจ่ายหมวดอื่นๆ เช่น ค่าเดินทาง ค่าที่พัก ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าจัดกิจกรรมต่างๆ

3) หมวดค่าวัสดุ หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ จัดหาวัสดุ อุปกรณ์ และเอกสารตำราต่างๆ สำหรับใช้ในโครงการ

- งบลงทุน แบ่งเป็น ค่าครุภัณฑ์ (หน่วย บพท. จะสนับสนุนตามความสำคัญและจำเป็นเร่งด่วน พิจารณาเป็นรายกรณี)

รายการ	งวดที่ 1	งวดที่ 2	ค่าตอบแทนงวดสุดท้าย	รวม	สัดส่วนร้อยละในแต่ละหมวด
งบบุคลากร (ค่าจ้าง)	30,000	30,000	0	60,000	11
งบดำเนินการ					
- ค่าตอบแทน	0	11,000	55,000	66,000	12
- ค่าใช้สอย	40,000	65,000	0	105,000	19
- ค่าวัสดุ	205,000	114,000	0	319,000	58
งบลงทุน (ค่าครุภัณฑ์)	-	-	-	-	-
รวม	275,000	220,000	55,000	550,000	100

รายการ	**งวดที่ 1 (1-6 ด.)**	**งวดที่ 2 (7-12 ด.)**	**ค่าตอบแทนงวดสุดท้าย**	**รวม**
งบบุคลากร				
1. ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัยระดับปริญญาตรี จำนวน 1 คน (10,000 บาท x 6 เดือน)	30,000	30,000	0	60,000
รวมงบบุคลากร	30,000	30,000	0	60,000
งบดำเนินการ				
1. ค่าตอบแทน				
1) ดร.จันทิรา วงศ์วิเชียร (3,500 บาท x 12 เดือน) (สัดส่วนงาน 80%)	0	7,000	35,000	42,000
2) ผศ.วราศรี แสงกระจ่าง (2,000 บาท x 12 เดือน) (สัดส่วนงาน 20%)	0	4,000	20,000	24,000
รวมหมวดค่าตอบแทน	0	11,000	55,000	66,000
2. ค่าใช้สอย				
1) ค่าวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของสารสกัดจากธรรมชาติ จำนวน 25 ตัวอย่างๆ ละ 2,000 บาท	40,000	10,000	0	50,000
2) ค่าเผยแพร่ผลงานวิจัย (เช่น ค่าลงทะเบียน เดินทาง ค่าที่พัก ค่าเบี้ยเลี้ยง)	0	20,000	0	20,000
3) ค่าใช้จ่ายในการจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์	0	5,000	0	5,000
4) ค่าใช้จ่ายในการจัดประชุมสัมมนาตลอดโครงการ (ถ่ายทอดเทคโนโลยี)	0	30,000	0	30,000

รายการ	งวดที่ 1 (1-6 ด.)	งวดที่ 2 (7-12 ด.)	ค่าตอบแทนงวดสุดท้าย	รวม
รวมหมวดค่าใช้สอย	40,000	65,000	0	105,000
3. ค่าวัสดุ				
1) ค่าวัสดุเครื่องแก้วและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์	50,000	30,000	0	80,000
2) ค่าวัตถุดิบและส่วนผสมสำหรับเตรียมตัวอย่าง	35,000	15,000	0	50,000
3) ค่าวัสดุเครื่องครัวสำหรับการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ตลอดระยะเวลาของการศึกษาวิจัย	10,000	10,000	0	20,000
4) ค่าวัสดุสารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการศึกษาอายุการเก็บรักษา	60,000	34,000	0	94,000
5) ค่าวัสดุสำหรับการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส	15,000	5,000	0	20,000
6) ค่าวัสดุบรรจุภัณฑ์	25,000	10,000	0	35,000
7) ค่าวัสดุสำนักงานวัสดุคอมพิวเตอร์	10,000	10,000	0	20,000
รวมหมวดค่าวัสดุ	205,000	114,000	0	319,000
งบลงทุน				
-				
รวมงบประมาณทั้งสิ้น	**275,000**	**220,000**	**55,000**	**550,000**

10. มาตรฐานการวิจัย (โปรดระบุ หากงานวิจัยที่มีการใช้สัตว์ทดลอง/มีการวิจัยในมนุษย์/มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางชีวภาพ/มีการใช้ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี)
    - มีการใช้ห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี
11. หน่วยงานร่วมดำเนินการ/ภาคเอกชนหรือชุมชนที่ร่วมลงทุนหรือดำเนินการ

ลำดับที่	ปีงบประมาณ	ชื่อหน่วยงาน/บริษัท	แนวทางร่วมดำเนินการ	การร่วมลงทุนในรูปแบบตัวเงิน (in-cash) (บาท)	การร่วมลงทุนในรูปแบบอื่น (in-kind)	รวม
1	2563	กลุ่มวิสาหกิจชุมชนขนมลาตำบลท่าซอม อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช	ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ขนมลาร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา ยอมรับ และปรับใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อการผลิตสินค้าเพื่อให้ได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์ขนมลาที่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น	-	1. เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บตัวอย่างและทำวิจัย 2. สนับสนุนหรือให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	-
2	2563	กลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายขนมลาวัดพระมหาธาตุ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช		-		-

12. ระดับความพร้อมที่มีอยู่ในปัจจุบันและศักยภาพองค์ความรู้เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่จะพัฒนา

12.1 ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL)

TRL ณ ปัจจุบัน ☐ ระบุ ☐ ไม่ระบุ

อธิบาย .....

TRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้น ☐ ระบุ ☐ ไม่ระบุ

อธิบาย .....

12.2 ระดับความพร้อมทางสังคม (Societal Readiness Level: SRL)

SRL ณ ปัจจุบัน ☐ ระบุ ☐ ไม่ระบุ

อธิบาย .....

SRL เมื่องานวิจัยเสร็จสิ้น ☐ ระบุ ☐ ไม่ระบุ

อธิบาย .....

13. ผลผลิต ผลลัพธ์ และผลกระทบจากงานวิจัยที่สอดคล้องกับ OKR (Output/Outcome/Impact)

ระยะเวลา	กิจกรรม	Output	Outcome	Impact
เดือนที่ 1-3 (3 เดือน) inception report	1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการเตรียมสารสกัดจากธรรมชาติที่เหมาะสำหรับการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร 2. ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของสารสกัดจากธรรมชาติชนิดต่างๆ 3. วิเคราะห์ผลการทดลอง	1. ข้อมูลฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของสารสกัดจากธรรมชาติชนิดต่างๆ จำนวนไม่น้อยกว่า 5 ชุดข้อมูล	1. สารสกัดจากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชั่นในผลิตภัณฑ์ขนมลา	1. ผู้ผลิตสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ขนมลาที่มีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 30 วัน
เดือนที่ 4-6 (3เดือน)	1. ศึกษาปริมาณการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมลา 2. ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และติดตามการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ขนมลาในระหว่างการเก็บรักษาและประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลา 3. วิเคราะห์ผลการทดลอง	1. ข้อมูลปริมาณการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ขนมลา จำนวนไม่น้อยกว่า 6 ชุดข้อมูล 2. ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลาที่ผสมสารสกัดจากธรรมชาติในระหว่างการเก็บรักษา จำนวนไม่น้อยกว่า 6 ชุดข้อมูล	1. ปริมาณการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชั่นในผลิตภัณฑ์ขนมลา 2. ผลิตภัณฑ์ขนมลาที่ผสมสารสกัดจากธรรมชาติมีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 30 วัน	1. ผู้ผลิตสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ขนมลาที่มีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 30 วัน

ระยะเวลา	กิจกรรม	Output	Outcome	Impact
เดือนที่ 7-12 (6เดือน)	1. ศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และติดตามการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ขนมลาในระหว่างการเก็บรักษาและประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลา 2. วิเคราะห์ผลการทดลอง 3. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	1. ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมลาที่ผสมสารสกัดจากธรรมชาติในระหว่างการเก็บรักษา จำนวนไม่น้อยกว่า 8 ชุดข้อมูล 2. ข้อมูลอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมลาที่ผสมสารสกัดจากธรรมชาติ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุดข้อมูล 3. รายงานฉบับสมบูรณ์ จำนวน 1 ฉบับ	1. ผลิตภัณฑ์ขนมลาที่ผสมสารสกัดจากธรรมชาติมีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 30 วัน 2. บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ จำนวน 1 ชื่อเรื่อง	1. ผู้ผลิตสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ขนมลาที่มีอายุการเก็บรักษาไม่น้อยกว่า 30 วัน 2. ผู้ผลิตขนมลาไม่ต้องประสบกับปัญหาขาดทุนหากจำหน่ายสินค้าไม่หมดก่อนสินค้าจะเสื่อมคุณภาพ 3. ผู้บริโภคได้บริโภคผลิตภัณฑ์ขนมลาที่มีคุณภาพในการบริโภคที่ดี

14. แนวทางการขับเคลื่อนผลงานวิจัยและนวัตกรรมไปสู่ผลลัพธ์และผลกระทบ

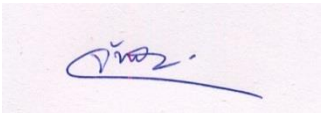
- การเชื่อมโยงกับนักวิจัยที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาที่ทำการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ (ถ้ามี) (Connections with other experts within and outside Thailand) และแผนที่จะติดต่อหรือสร้างความสัมพันธ์กับผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งการสร้างทีมงานวิจัยในอนาคตด้วย

- การเชื่อมโยงหรือความร่วมมือกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัย (Stakeholder and User Engagement) โดยระบุชื่อหน่วยงานภาครัฐ เอกชน ประชาสังคมและชุมชน โดยอธิบายกระบวนการดำเนินงานร่วมกันและการเชื่อมโยงการขับเคลื่อนผลการวิจัยไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างชัดเจน รวมถึงอธิบายกระบวนการดำเนินงานต่อเนื่องของผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัยเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

โครงการวิจัยนี้มีการดำเนินงานร่วมกันระหว่างทีมนักวิจัยและกลุ่มผู้ผลิตขนมลาในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชจำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มขนมลาบ้านท่าซอม ตำบลท่าซอม อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช 2) กลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายขนมลาวัดพระมหาธาตุ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยกลุ่มผู้ผลิตขนมลาจะเอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิจัย และให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยและร่วมมือกับทีมนักวิจัยในกันวิเคราะห์ปัญหา ยอมรับ และปรับใช้เทคโนโลยี ที่เหมาะสมต่อการผลิตสินค้าเพื่อให้ได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์ขนมลาที่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น และเมื่อโครงการวิจัยสิ้นสุดกลุ่มผู้ผลิตจะได้รับการถ่ายทอดความรู้ในการผลิตขนมลาผสมสารสกัดจากธรรมชาติซึ่งจะนำไปสู่การสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ขนมลาที่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (ไม่น้อยกว่า 30 วัน) ส่งผลให้ผู้ผลิตไม่ต้องประสบกับปัญหาขาดทุนหากจำหน่ายสินค้าไม่หมดก่อนที่สินค้าจะเสื่อมคุณภาพ ผู้บริโภคได้บริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี นอกจากนี้ยังสามารถนำไปสู่การต่อยอดโดยการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมลาในรูปแบบต่างๆ รวมถึงขนมหวานพื้นบ้านอื่นๆ ที่มีปัญหาการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ใช้ประโยชน์จากงานวิจัยนี้ ได้แก่ 1) กลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มขนมลาบ้านท่าซอม ตำบลท่าซอม อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช 2) กลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายขนมลาวัดพระมหาธาตุ

ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 3) กลุ่มผู้บริโภค 4) นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 5) กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตขนมลากลุ่มอื่นๆ ที่สนใจ

ลงนาม 

(*นางสาวจันทิรา วงศ์วิเชียร*)
หัวหน้าโครงการ