



เทมเป้งาซีม่อนป๊อป

คณะผู้จัดทำ

1. ชื่อ-สกุล นางสาวกัญญาพัชร โก่งสายเงิน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. ชื่อ-สกุล นางสาวศุภรากร มหาวรรณ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. ชื่อ-สกุล นางสาวสุทธิมา คำจันทร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

คุณครู สุทธิพร พลพยัคฆ์กุล
คุณครู สุดารัตน์ มีทรัพย์กว้าง

อาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษ

ผศ.ดร.มาลัยพร วงศ์แก้ว

โรงเรียนนวมวิทย์

ร่วมส่งผลงานนวัตกรรมอาหาร “โครงการนวัตกรรมอาหารยั่งยืน”

พัฒนาความรู้ ทักษะ และกระบวนการคิดเพื่อสร้างสรรค์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ภายใต้มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ร่วมกับ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1.1 ชื่อโครงการ

เทมเป้งาขี้ม่อนป๊อป

Pop Sesame Tempeh

1.2 คำสำคัญ (Keywords)

ถั่วเหลือง, งาขี้ม่อน, เทมเป้

Soybean, Perilla frutescens, Tempeh

ส่วนที่ 2 ข้อมูลโครงการ

2.1 แผนการดำเนินงาน

2.1.1 หลักการและเหตุผล

ถั่วเหลือง (*Glycine max*) เป็นพืชที่ปลูกได้ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนโดยเฉพาะการปลูกถั่วเหลือง ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีสภาพดินร่วนซุยและมีการชลประทานที่ดี ถั่วเหลืองในแม่ฮ่องสอนจะปลูกในฤดูกาลฝน ทำให้ผลผลิตมีความสดใหม่และมีคุณภาพสูง และยังเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่ถูกนำมาแปรรูปอย่างสร้างสรรค์ ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองในแม่ฮ่องสอนมักจะนำมาแปรรูปเป็น เต้าหู้, นมถั่วเหลือง, น้ำมันถั่วเหลือง, ถั่วเหลืองคั่ว ซึ่งเป็นสินค้า OTOP ที่ได้รับความนิยมและสร้างสรรค์อาหารเพื่อสุขภาพ เมื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการพบว่า ถั่วเหลือง ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีส่วนช่วยในการส่งเสริมสุขภาพที่ดี เนื่องจากมันอุดมไปด้วย โปรตีน เกลือในถั่วเหลือง 38% ไขมันดี ไฟเบอร์ และ วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ ที่สำคัญต่อร่างกาย นอกจากนี้ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งและปัญหาสุขภาพอื่นๆ อีกด้วย

งาขี้ม่อน (*Perilla frutescens*) งาขี้ม่อนเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญที่ปลูกอย่างแพร่หลายในพื้นที่สูงของภาคเหนือโดยเฉพาะจังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งนิยมปลูกในอำเภอ ปาย และ ขุนยวม ที่มีสภาพอากาศเย็นและดินเหมาะสมสำหรับพืชชนิดนี้ พืชชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มี อุณหภูมิเฉลี่ย 15–25 องศาเซลเซียส ซึ่งตรงกับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่สูงในแม่ฮ่องสอน ผลิตภัณฑ์งาขี้ม่อนที่ในแม่ฮ่องสอนมักจะนำมาแปรรูปเป็น ข้าวनुกกา งาขี้ม่อนคั่ว และงาขี้ม่อนคั่วปั่น เมื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการพบว่างาขี้ม่อน เป็นแหล่งโปรตีนและกรดไขมันดีจากพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยโปรตีนในงาขี้ม่อนมีปริมาณเฉลี่ย ประมาณ 15–20% และมีกรดไขมันโอเมก้า 3 สูง ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นที่ช่วยบำรุงสมองและหัวใจ นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยไฟเบอร์ วิตามิน และแร่ธาตุต่างๆ ที่สำคัญต่อร่างกายอีกทั้งยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลดความเสี่ยงของโรคมะเร็งและปัญหาสุขภาพอื่นๆ ทำให้งาขี้ม่อนเป็นวัตถุดิบที่ดีต่อสุขภาพและเหมาะกับการบริโภคในชีวิตประจำวัน

เทมเป้ (Tempeh) เป็นอาหารสุขภาพที่มีถิ่นกำเนิดจากประเทศอินโดนีเซีย ทำจากถั่วเหลืองหมักด้วยเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* จนเกิดเป็นแผ่นถั่วที่มีเนื้อแน่น สีขาว และกลิ่นหอมเฉพาะตัวใช้ทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ จึงเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้นับถือศาสนาอิสลามที่ต้องการกินทดแทนเนื้อหมู โดยเมนูในร้านอาหารจะปรากฏคำว่าเทมเป้ในหลากหลายเมนู ในเทมเป้ 100 กรัม ให้พลังงาน 192 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยสารอาหารคือ โปรตีน: 20.3 กรัม ไขมัน 10.8 กรัม คาร์โบไฮเดรต 7.64 กรัม โซเดียม 9 มิลลิกรัม เหล็ก 2.7 มิลลิกรัม แคลเซียม 111 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 81 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 266 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 412 มิลลิกรัม สังกะสี 1.14 มิลลิกรัม ทองแดง 0.56 มิลลิกรัม แมงกานีส 1.3 มิลลิกรัม วิตามินบี 1 0.078 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.358 มิลลิกรัม วิตามินบี 3 2.64 มิลลิกรัม วิตามินบี 5 0.278 มิลลิกรัม วิตามินบี 6 0.215 มิลลิกรัม โฟเลต 24 ไมโครกรัม และวิตามินบี 12 0.08 ไมโครกรัม

เทมเป้มีกระบวนการหมักช่วยย่อยสลายโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตบางส่วน ทำให้ร่างกายย่อยง่ายขึ้น และยังเพิ่มสารอาหารที่เป็นประโยชน์ เช่น กรดอะมิโนจำเป็น วิตามินบี และสารต้านอนุมูลอิสระ เทมเป้เป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีใยอาหารและไขมันดี ช่วยเสริมสร้างกล้ามเนื้อ ดูแลระบบขับถ่าย และบำรุงหัวใจ อีกทั้งยังมีไอโซฟลาโวนซึ่งเป็นสารธรรมชาติที่ช่วยปรับสมดุลฮอร์โมนและลดความเสี่ยงโรคกระดูกพรุน โปรตีนที่เกิดขึ้นในเทมเป้จะถูกย่อยเป็นโปรตีนที่มีขนาดเล็กลง และส่วนหนึ่งจะเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน ซึ่งเป็นโปรตีนหน่วยเล็กที่สุดที่ร่างกายดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ผู้คนเริ่มหันมาบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพและอาหารจากพืช เพราะกระบวนการผลิตเนื้อสัตว์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โปรตีนทางเลือกจากพืชจึงได้รับความสนใจมากขึ้น นอกจากนี้พฤติกรรมของผู้คนยุคใหม่โดยเฉพาะกลุ่มคนเมืองและวัยทำงานหันมาเลือกบริโภคอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูงแต่บริโภคสะดวก เช่น อาหารขบเคี้ยวที่สามารถบริโภคได้ทันที แต่ยังคงคุณค่าประโยชน์ต่อร่างกาย จากปัญหาดังกล่าวกลุ่มของพวกเราจึงสนใจที่จะนำงาขึ้นมาพัฒนาเป็นขนมขบเคี้ยวเทมเป้เพื่อสุขภาพจากถั่วเหลืองและงาขึ้นมาสามารถรับประทานเทมเป้ได้ง่ายขึ้น พกพาสะดวก รับประทานได้ทุกเวลา สามารถเข้าถึงได้ทุกเพศทุกวัย อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับถั่วเหลืองและงาขึ้นมา และส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมอาหารในชุมชนและโรงเรียน

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของการเติมงาขึ้นมาในรูปแบบเมล็ดและแบบผงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เทมเป้และเพื่อหาปริมาณงาขึ้นมาที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเทมเป้ให้ได้รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมรวมถึงเพื่อหาระยะเวลาในการอบกรอบที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเทมเป้เพื่อสุขภาพจากถั่วเหลืองและงาขึ้นมา ให้มีลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.1.2 โครงการนี้ตอบโจทย์ความความยั่งยืนและ/หรือ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านใด

☐ การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

☒ การลดระยะทางและคาร์บอนฟุตพริ้นต์

การใช้วัตถุดิบจากท้องถิ่นช่วยลดการขนส่งจากระยะไกลที่เป็นหนึ่งในสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทำให้เกิดภาวะโลกร้อน อีกทั้งการผลิตเนื้อสัตว์ยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงทำให้โปรตีนจากพืชถูกมองว่าเป็นทางเลือกที่ดีกว่าและได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน

☐ การใช้เทคโนโลยีสะอาดในการผลิต

☒ การอนุรักษ์พันธุ์พืชหรือวัตถุดิบในพื้นที่

การใช้ถั่วเหลืองและงาขี้ม่อนซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น มาพัฒนาและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์นมแปรรูปขี้ม่อน เป็นการช่วยส่งเสริมการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด และสร้างผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเอกลักษณ์เฉพาะของท้องถิ่น

☒ การสร้างอาชีพและเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy)

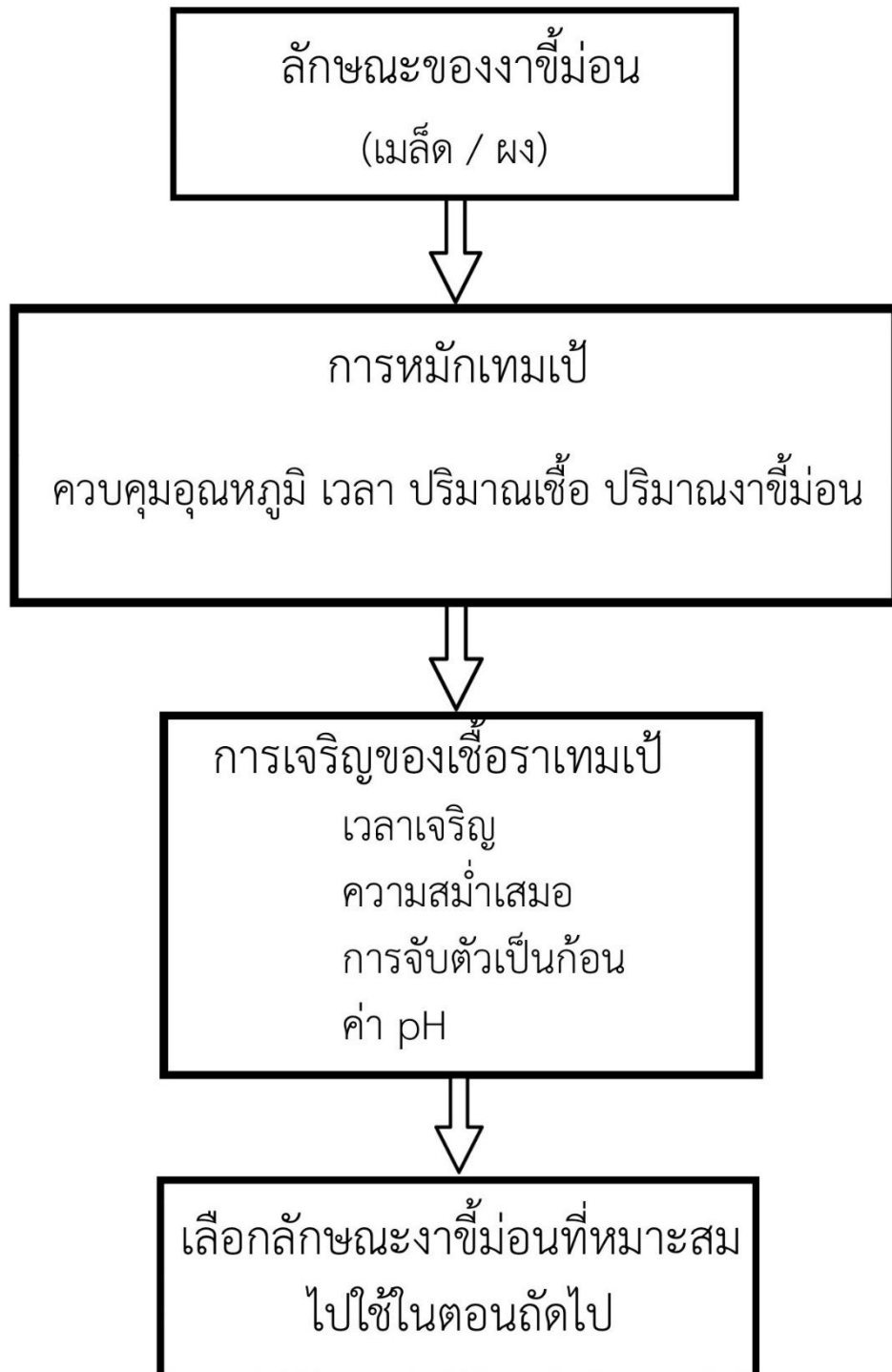
การนำถั่วเหลืองและงาขี้ม่อนซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์นมแปรรูปขี้ม่อน ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและชุมชนในท้องถิ่น ทำให้เกิดการหมุนเวียนทางเศรษฐกิจภายในชุมชน ลดการพึ่งพาวัตถุดิบนำเข้า อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นอย่างคุ้มค่า ควบคู่ไปกับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการขนส่งทางไกล

2.1.3 วัตถุประสงค์

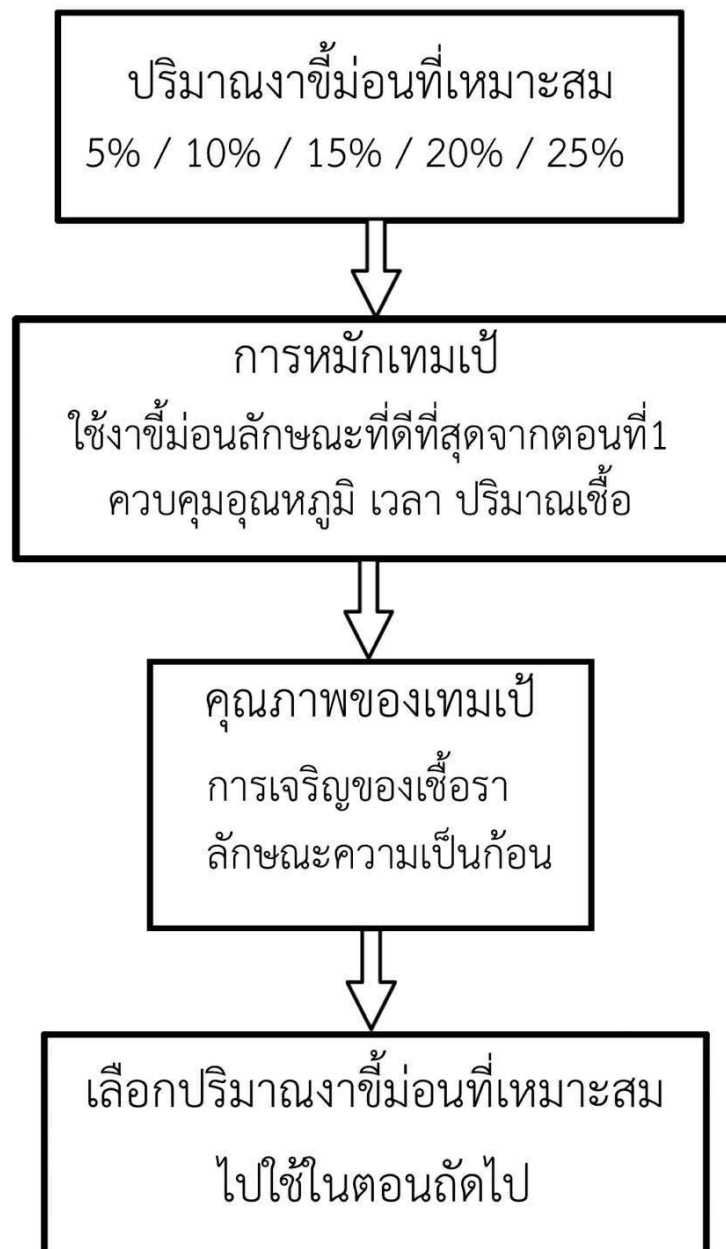
1. เพื่อศึกษาผลของลักษณะงาขี้ม่อนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราในผลิตภัณฑ์นมแปรรูป
2. เพื่อศึกษาปริมาณงาขี้ม่อนที่เหมาะสมต่อการผลิตนมแปรรูป
3. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการอบกรอบต่อคุณภาพของนมแปรรูปกรอบ
4. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์นมแปรรูปขี้ม่อนให้มีคุณภาพเหมาะสมต่อการบริโภค

2.1.4 กรอบการทดลอง

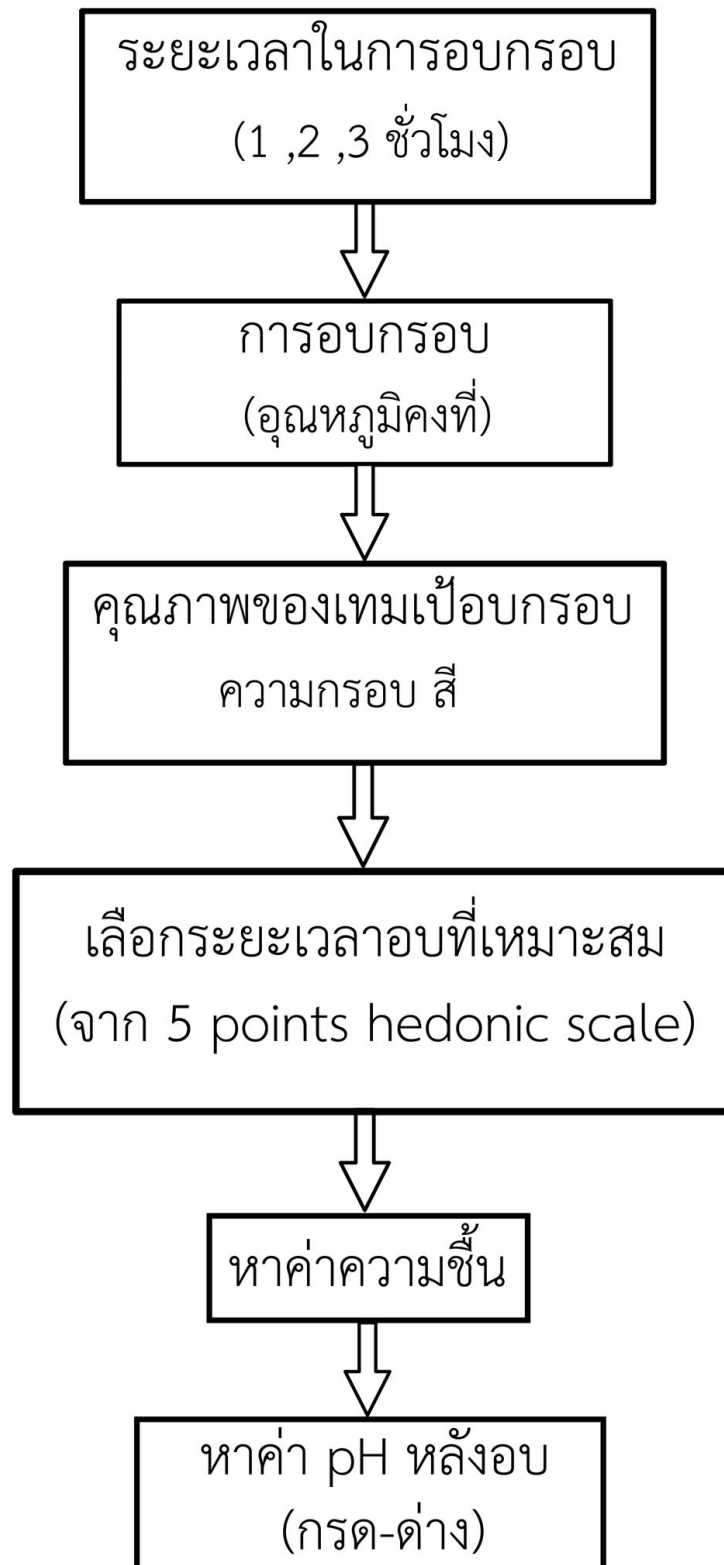
ตอนที่ 1 ศึกษาการเปรียบเทียบลักษณะของงาช้างม่อนแบบเมล็ดและแบบผงต่อผลิตภัณฑ์เทมเป้



ตอนที่ 2 ศึกษาปริมาณของงาช้างที่ผสมที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์แทมเป้งาช้างบด



ตอนที่ 3 ศึกษาระยะเวลาในการรอบรอบเหมปิ้งาขึ้นม่อนป้อป



2.1.5 แนวคิด ทฤษฎี และสมมุติฐานที่เกี่ยวข้อง

1.แนวคิด

เห็บเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากถั่วเหลืองซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าอาหารจากโปรตีนสัตว์ จังหวัดแม่ฮ่องสอนเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกถั่วเหลืองและงาขี้ม่อน ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของเกษตรกรในท้องถิ่น การนำวัตถุดิบดังกล่าวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร และสร้างช่องทางรายได้เพิ่มเติมให้แก่เกษตรกรในชุมชน

นอกจากนี้ การใช้วัตถุดิบจากแหล่งผลิตในท้องถิ่นช่วยลดระยะทางการขนส่ง ลดการใช้พลังงาน และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อีกทั้งการส่งเสริมการบริโภคอาหารโปรตีนจากพืชยังช่วยลดการพึ่งพาอาหารจากสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน ดังนั้นโครงการนี้จึงมุ่งศึกษาการพัฒนาเห็บจากถั่วเหลืองและงาขี้ม่อนในจังหวัดแม่ฮ่องสอน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ พร้อมทั้งสนับสนุนเศรษฐกิจชุมชนและการลดการปล่อยคาร์บอน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การหมักเห็บด้วยเชื้อรา

การผลิตเห็บเป็นกระบวนการหมักแบบใช้อากาศ โดยเชื้อราในสกุล *Rhizopus* จะเจริญและสร้างเส้นใยแผ่กระจายเชื่อมเมล็ดถั่วเหลืองเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดเป็นก้อนเห็บที่มีลักษณะแน่น การเจริญของเชื้อราขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ชนิดและปริมาณของอาหาร ความชื้น อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่าง

2.2 ผลของลักษณะวัตถุดิบต่อการเจริญของจุลินทรีย์

ลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ เช่น ขนาดและรูปแบบของวัตถุดิบ มีผลต่อการระบายอากาศและการเข้าถึงสารอาหารของเชื้อรา วัตถุดิบที่มีลักษณะแตกต่างกันอาจส่งผลต่อความเร็วและความสม่ำเสมอของการเจริญของเส้นใยเชื้อรา

2.3 ปริมาณสารอาหารที่เหมาะสม

การใช้วัตถุดิบในปริมาณที่เหมาะสมมีผลต่อการเจริญของเชื้อรา หากมีปริมาณมากเกินไปอาจทำให้การระบายอากาศลดลง แต่หากมีปริมาณน้อยเกินไปอาจทำให้เชื้อราได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ ส่งผลต่อคุณภาพของเห็บ

2.4 การอบและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาหาร

การอบเป็นกระบวนการให้ความร้อนเพื่อลดความชื้นในอาหาร ซึ่งมีผลต่อสี กลิ่น และความกรอบของผลิตภัณฑ์ ระยะเวลาในการอบที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเห็บอบกรอบ

2.5 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดหรือเบส (pH PAPER pH 1-14)

pH และความเป็นกรดที่ไต่เตรทได้ ซึ่งแต่ละอย่างนั้นส่งผลต่อคุณภาพอาหารต่างกัน การวัดความเป็นกรดที่ไต่เตรทได้จะวัดความเข้มข้นของกรดทั้งหมดในอาหาร (หรือที่เรียกว่าปริมาณกรดทั้งหมด) ส่วนค่า pH จะวัดความเป็นกรดจากไฮโดรเจนไอออนที่พบ

2.6 วิเคราะห์ความชื้น

การวิเคราะห์ความชื้นมีผลต่อความปลอดภัยคุณภาพ อายุการเก็บ และต้นทุนของอาหาร จึงจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการผลิตและควบคุมคุณภาพอาหาร

2.7 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อการยอมรับผลิตภัณฑ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์มีบทบาทสำคัญอย่างมากต่ออุตสาหกรรมอาหารและขนม เพื่อที่จะผลิตผลิตภัณฑ์สนองความต้องการผู้บริโภคให้มากที่สุด การทดสอบผู้บริโภคจึงมีความสำคัญมากต่อบริษัทผู้ผลิต ก่อนที่จะตัดสินใจผลิตสินค้าสู่ตลาด การทดสอบผู้บริโภคเป็นการเสนอผลิตภัณฑ์ต่อกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายเพื่อสรุปความคิดเห็นและปฏิกิริยาของผู้บริโภคต่อการงวิธีทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคมี 2 ระดับ ได้แก่ การทดสอบการตอบสนองเบื้องต้น และการทดสอบการยอมรับแบบเจาะจงเฉพาะด้าน การค้นคว้าอิสระครั้งนี้จะทำการทดสอบการยอมรับ (acceptance test) โดยการใช้สเกลความพอใจ (hedonic scale) ซึ่งเป็นการทดสอบการตอบสนองเบื้องต้น ของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยการทดสอบการยอมรับ (acceptance) และการทดสอบความชอบกว่า (preference) รายละเอียดมีดังนี้ การทดสอบความชอบ (preference tests) การเลือกตัวอย่างที่ชอบกว่าหรือตัวอย่างที่ยอมรับกว่า เป็นรูปแบบของการทดสอบการตอบสนองของผู้บริโภค (consumer response) เมื่อต้องการเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างตั้งแต่ 2 ตัวอย่างขึ้นไป ลักษณะการใช้งานมักจะใช้กับงานการควบคุมคุณภาพ การปรับปรุงคุณภาพมากกว่าการทำผลิตภัณฑ์ใหม่ รูปแบบการทดสอบที่ อาศัยหลักการทดสอบความชอบ การทดสอบการยอมรับ

3. สมมุติฐานการทดลอง

1. ลักษณะของงาขี้ม่อนที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการเจริญของเชื้อราเห็บแตกต่างกัน
2. ปริมาณงาขี้ม่อนที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเจริญของเชื้อราเห็บ และมีปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตเห็บ
3. ระยะเวลาในการอบกรอบที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณภาพของเห็บอบกรอบ โดยจะมีระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการอบ

2.1.6 ผลผลิตและผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผลผลิต-ผลที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรม

1. ได้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากถั่วเหลืองและงาขี้ม่อนจำนวน1ผลิตภัณฑ์
2. ได้กระบวนการต้นแบบสำหรับการผลิตขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากถั่วเหลืองและงาขี้ม่อนจำนวน1กระบวนการ
3. ได้นักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์จำนวน3คน

2. ผลลัพธ์-ผลที่เกิดจากการนำผลผลิตไปใช้ให้เกิดประโยชน์

1. ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากถั่วเหลืองและงาขี้ม่อนสามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ลำดับของท้องถิ่นหรือโรงเรียนเพื่อ จำหน่าย เพิ่มรายได้ให้กับท้องถิ่นโรงเรียนและนักเรียน
2. สร้างรายได้ให้ผู้ผลิตและเกษตรกรที่ปลูกงาขี้ม่อนและถั่วเหลือง
3. ได้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากถั่วเหลืองและงาขี้ม่อนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค สามารถเพิ่มทางเลือกขนมเพื่อสุขภาพให้แก่ผู้บริโภคเกิดการรับรู้และความสนใจในวัตถุดิบท้องถิ่นของแม่ฮ่องสอน

2.2 วิธีดำเนินการทดลอง

2.2.1 วัสดุ-อุปกรณ์

- | | |
|---|----------------------------|
| 1. ถั่วเหลืองซีก | 8. กระซอน |
| 2. งาขี้ม่อน | 9. หม้ออบลมร้อน |
| 3. เชื้อราแบบผง <i>Rhizopus oligosporus</i> | 10. กระดาษไข / กระดาษรองอบ |
| 4. น้ำสะอาด | 11. ถุงซิปล็อค |
| 5. หม้อต้มถั่ว | 12. ตะแกรงพักเทมเป้ |
| 6. หม้อแช่ถั่ว | 13. พิมพ์ตัดเทมเป้ |
| 7. มีด | |

2.2.2 วิธีดำเนินการทดลอง

คำถามการทดลอง	ระเบียบวิธีทดลอง	กิจกรรม
งาขี้ม่อนแบบเมล็ดและแบบผง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราเห็บแตกต่างกันหรือไม่	ทำการทดลองผลิตเห็บเป็ดโดยใช้งาขี้ม่อนแบบเมล็ดและงาขี้ม่อนแบบผง	1.เตรียมถั่วสำหรับทำเห็บเป็ดให้สุกและแห้งหมาด 2. เตรียมการทดลอง 3 ชุด ชุดควบคุม = เห็บเป็ดใส่ถั่วเหลืองล้วน ชุดทดลอง = เห็บเป็ดใส่งาขี้ม่อนแบบเมล็ด ชุดทดลอง = เห็บเป็ดใส่งาขี้ม่อนแบบผง 3. ใส่หัวเชื้อราเห็บและงาขี้ม่อนในปริมาณเท่ากัน 4. หมักเห็บเป็ดในสภาพแวดล้อมเดียวกัน 5. สังเกตการเจริญของเชื้อรา 6. วัดค่า pH หลังการหมัก
ปริมาณงาขี้ม่อนที่ระดับใดทำให้เชื้อราเจริญสม่ำเสมอและจับตัวเป็นก้อนได้ดีที่สุด	นำเห็บเป็ดสูตรที่เหมาะสมจากตอนที่ 1 มาทำการทดลองผลิตเห็บเป็ดโดยใช้งาขี้ม่อนในปริมาณที่แตกต่างกัน	1. เตรียมถั่วสำหรับทำเห็บเป็ดให้สุกและแห้งหมาด 2. เตรียมการทดลอง 3 ชุด ชุดควบคุม = เห็บเป็ดใส่ถั่วเหลืองล้วน ชุดทดลองที่ 1 = เห็บเป็ดใส่งาขี้ม่อน 5% ชุดทดลองที่ 2 = เห็บเป็ดใส่งาขี้ม่อน 10% ชุดทดลองที่ 3 = เห็บเป็ดใส่งาขี้ม่อน 15% ชุดทดลองที่ 4 = เห็บเป็ดใส่งาขี้ม่อน 20% ชุดทดลองที่ 5 = เห็บเป็ดใส่งาขี้ม่อน 25% 3. ใส่หัวเชื้อราเห็บในอัตราส่วนเท่ากัน 4. หมักเห็บเป็ดในสภาพแวดล้อมเดียวกัน 5. สังเกตการเจริญของเชื้อรา 6. หาความชื้นหลังการหมัก 7. บันทึกลักษณะเส้นใย ความสม่ำเสมอ และการจับตัวเป็นก้อน

คำถามการทดลอง	ระเบียบวิธีทดลอง	กิจกรรม
ระยะเวลาอบแบบใดทำให้เทมเป้ อบกรอบแต่ไม่ไหม้	นำเทมเป้สูตรที่ เหมาะสมจากตอนที่ 2 มาอบกรอบใน ระยะเวลาที่แตกต่างกัน	- เตรียมเทมเป้สูตรที่ได้จากตอนที่ 2 - ตัดเป็นสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 1.5 cm ยาว 1.5 cm หน้า 1.5 cm - เตรียมการทดลอง 3 ชุด ชุดทดลองที่ 1 = อบเทมเป้ 1 ชั่วโมง ชุดทดลองที่ 2 = อบเทมเป้ 2 ชั่วโมง ชุดทดลองที่ 3 = อบเทมเป้ 3 ชั่วโมง - อบเทมเป้ที่อุณหภูมิเดียวกัน (70 องศาเซลเซียส) - สังเกตลักษณะสี กลิ่น และความกรอบ - บันทึกผลและเปรียบเทียบคุณภาพของเทมเป้อบกรอบ - ทดสอบ ทดสอบประสาทสัมผัส (5-Point Hedonic scale) - วัดค่า pH หลังการอบสูตรที่ดีที่สุด - วัดค่าความชื้นสูตรที่ดีที่สุด

2.3 ผลการทดลอง

2.3.1 ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาการเปรียบเทียบลักษณะของงาขี้ม่อนแบบเมล็ดและแบบผงต่อผลิตภัณฑ์เทมเป้
งาขี้ม่อนป๊อป

การทดลองตอนที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบลักษณะของงาขี้ม่อนแบบเมล็ดและแบบ
ผงต่อการเจริญของเชื้อราเทมเป้ในผลิตภัณฑ์เทมเป้ งาขี้ม่อนป๊อป โดยทำการผลิตเทมเป้จากงาขี้ม่อนที่มี
ลักษณะแตกต่างกันภายใต้กระบวนการหมักด้วยเชื้อราเทมเป้ และควบคุมปัจจัยอื่นให้คงที่ เพื่อประเมินผล
ของลักษณะงาขี้ม่อนต่อการเจริญของเชื้อราและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ การประเมินผลการทดลอง
พิจารณาจากเวลาเริ่มเห็นการเจริญของเชื้อรา (ชั่วโมง) ความหนาแน่นของเส้นใยเชื้อรา (น้อย ปานกลาง และ
มาก) ลักษณะการจับตัวเป็นก้อนของเทมเป้ และค่า pH ของผลิตภัณฑ์หลังการหมัก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มา
บันทึกและเปรียบเทียบผลระหว่างชุดการทดลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลของการศึกษาลักษณะงาขี้ม่อนต่อการเจริญของเชื้อราเทมเป้ งาขี้ม่อนป๊อป

ชุดการ ทดลอง	ลักษณะงาขี้ม่อน	เวลาเริ่ม เห็นเชื้อ รา (ชม.)	ความหนาแน่นของเส้นใย (น้อย/ปานกลาง/มาก)	การจับตัวของ ก้อนเทมเป้	ค่า pH
Ctrl I	ไม่มีงาขี้ม่อน	35	ระดับที่3	ระดับที่3	7
T1	งาขี้ม่อนแบบเมล็ด	40	ระดับที่2	ระดับที่2	7
T2	งาขี้ม่อนแบบผง	44	ระดับที่2	ระดับที่2	7

หมายเหตุ : ลักษณะงาขี้ม่อนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราในเทมเป้

ระดับที่1 = ความหนาแน่นของเส้นใยน้อย / การจับตัวของก้อนของเทมเป้น้อย

ระดับที่2 = ความหนาแน่นของเส้นใยปานกลาง / การจับตัวของก้อนของเทมเป้ปานกลาง

ระดับที่3 = ความหนาแน่นของเส้นใยมาก / การจับตัวของก้อนของเทมเป้มาก

ตอนที่ 2 ศึกษาปริมาณของงาขี้ม่อนที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เทมเป้งาขี้ม่อนป๊อป

การทดลองตอนที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณงาขี้ม่อนที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราเทมเป้ในผลิตภัณฑ์เทมเป้งาขี้ม่อนป๊อป โดยทำการปรับเปลี่ยนปริมาณงาขี้ม่อนในชุดการทดลองต่าง ๆ ภายใต้กระบวนการหมักด้วยเชื้อราเทมเป้ และควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ให้คงที่ เพื่อประเมินผลของปริมาณงาขี้ม่อนที่แตกต่างกันต่อการเจริญของเชื้อรา การวัดผลการทดลองพิจารณาจากเวลาเริ่มเห็นการเจริญของเชื้อรา (ชั่วโมง) ความสม่ำเสมอของเส้นใยเชื้อรา และลักษณะการจับตัวเป็นก้อนของเทมเป้หลังการหมัก จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาบันทึกและเปรียบเทียบผลระหว่างชุดการทดลอง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลของการศึกษาปริมาณงาขี้ม่อนต่อการเจริญของเชื้อราเทมเป้งาขี้ม่อนป๊อป

ชุดการทดลอง	ปริมาณงาขี้ม่อน	เวลาเริ่มเห็นเชื้อรา (ชม.)	ความสม่ำเสมอของเส้นใย	การจับตัวของก้อนเทมเป้
Ctrl I	0%	35	ระดับที่3	ระดับที่3
T1	5%	35	ระดับที่3	ระดับที่3
T2	10%	40	ระดับที่3	ระดับที่3
T3	15%	40	ระดับที่3	ระดับที่3
T4	20%	47	ระดับที่3	ระดับที่2
T5	25%	47	ระดับที่1	ระดับที่1

หมายเหตุ : ปริมาณงาขี้ม่อนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราในเทมเป้

ระดับที่1 = ความหนาแน่นของเส้นใยน้อย / การจับตัวของก้อนเทมเป้น้อย

ระดับที่2 = ความหนาแน่นของเส้นใยปานกลาง / การจับตัวของก้อนเทมเป้ปานกลาง

ระดับที่3 = ความหนาแน่นของเส้นใยมาก / การจับตัวของก้อนเทมเป้มาก

ตอนที่ 3 ศึกษาระยะเวลาในการอบกรอบเทมเป้งาขี้ม่อนป๊อป

การทดลองตอนที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการอบกรอบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เทมเป้งาขี้ม่อนป๊อป โดยทำการอบด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อประเมินผล สี และความกรอบของผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาของเทมเป้งาขี้ม่อนป๊อปที่ผ่านการอบด้วยระยะเวลาต่างกัน ลักษณะด้านสีและความกรอบ แสดงดัง ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการศึกษาทดสอบค่า pH ของระยะเวลาในการอบที่ต่างกัน

ชุดการทดลอง	ความกรอบ	สี
T/1	นุ่ม	สีเหลืองอ่อน
T/2	กรอบแค่ด้านนอก	สีน้ำตาลทอง
T/3	กรอบพอดี	สีน้ำตาลทอง

หมายเหตุ : T/1 = ใช้ระยะเวลาในการอบเทมเป้ป๊อปงาขี้ม่อน 1 ชั่วโมง

T/2 = ใช้ระยะเวลาในการอบเทมเป้ป๊อปงาขี้ม่อน 2 ชั่วโมง

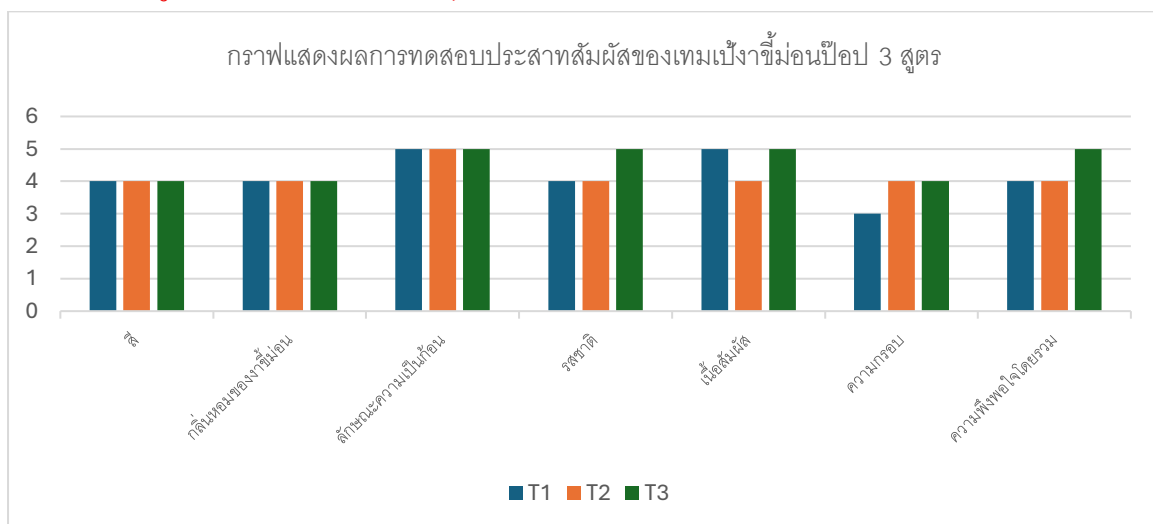
T/3 = ใช้ระยะเวลาในการอบเทมเป้ป๊อปงาขี้ม่อน 3 ชั่วโมง

จากนั้นได้นำเหมเป้งาขึ้นม้อนป๊อปทั้ง 3 สูตรไปทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ตอนที่ 4) โดยใช้วิธี 5-Point Hedonic scale เพื่อประเมินระดับการยอมรับและคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดัง ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบประสาทสัมผัสของเหมเป้งาขึ้นม้อนป๊อปทั้งสามสูตร

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ผลการทดสอบเหมเป้งาขึ้นม้อนป๊อป		
	T1	T2	T3
สี (ความเป็นสีเหลือง)	3.57±0.97 ^{ns}	3.50±0.78 ^{ns}	3.63±0.72 ^{ns}
กลิ่นหอมของงาขึ้นม้อน	3.60±0.89 ^{ns}	3.80±0.66 ^{ns}	3.73±0.74 ^{ns}
ลักษณะความเป็นก้อน	4.07±0.94 ^{ns}	3.83±0.83 ^{ns}	3.73±0.83 ^{ns}
รสชาติ	3.10±1.16 ^b	3.93±0.78 ^a	4.13±0.97 ^a
เนื้อสัมผัส	3.07±1.08 ^b	3.73±0.64 ^a	3.83±0.99 ^a
ความกรอบ	2.60±1.10 ^b	4.00±0.74 ^a	3.90±0.99 ^a
ความพึงพอใจโดยรวม	3.07±1.01 ^b	3.93±0.74 ^a	4.13±0.82 ^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์โดย One-way ANOVA



กราฟแสดงการเปรียบเทียบการยอมรับจากผู้บริโภคเหมเป้งาขึ้นม้อนป๊อป โดยวิธี 5-Point Hedonic scale

สูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุดถูกนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีเพิ่มเติม ได้แก่ การวิเคราะห์คุณสมบัติความชื้นของผลิตภัณฑ์ (ตอนที่ 5) และการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ตอนที่ 6) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติความชื้นและค่าความเป็นกรด-ด่างของเหมเป้งาซีม่อนป๊อปสูตรที่ดีที่สุดแสดงดัง ตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 แสดงผลของข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติความชื้นในเหมเป้งาซีม่อนป๊อปสูตรที่ดีที่สุด

ตัวอย่าง(ทำ 3 ซ้ำ)	มวลผลิตภัณฑ์ (กรัม)	มวลแห้ง (กรัม)	ร้อยละความชื้น
รอบที่ 1	2.005	1.991	0.69 %
รอบที่ 2	2.005	1.990	0.74 %
รอบที่ 3	2.010	1.999	0.56 %

ตารางที่ 6 แสดงผลของข้อมูลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ในสูตรเหมเป้งาซีม่อนสูตรที่ดีที่สุด

ตัวอย่าง(ทำ 3 ซ้ำ)	ค่า pH
รอบที่ 1	7
รอบที่ 2	7
รอบที่ 3	7

2.3.2 สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง

การศึกษาการพัฒนาเหมเป้งาซีม่อนป๊อปแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ การศึกษาลักษณะงาซีม่อนที่เหมาะสม การศึกษาปริมาณงาซีม่อนที่เหมาะสม และการศึกษาระยะเวลาในการอบกรอบเหมเป้งาซีม่อน ผลการทดลองตอนที่ 1 พบว่างาซีม่อนในรูปแบบต่าง ๆ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราเหมเป้งาซีม่อน โดยสูตรที่ไม่เติมงาซีม่อนมีการเจริญของเชื้อราเร็วที่สุด รองลงมาคือสูตรที่เติมงาซีม่อนแบบเม็ด และสูตรที่เติมงาซีม่อนแบบผง ซึ่งเชื้อราเจริญเติบโตช้าที่สุด อย่างไรก็ตาม สูตรที่เติมงาซีม่อนแบบเม็ดยังให้การเจริญของเชื้อราอยู่ในระดับดีและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองตอนที่ 2 พบว่าปริมาณงาซีม่อนมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราและลักษณะของเหมเป้งาซีม่อน โดยสูตรที่มีการเติมงาซีม่อนร้อยละ 15 ให้การเจริญของเชื้อราดี เส้นใยมีความสม่ำเสมอ และเหมเป้งาซีม่อนสามารถจับตัวเป็นก้อนได้ดีมากที่สุด ผลการทดลองตอนที่ 3 พบว่าระยะเวลาในการอบกรอบมีผลต่อคุณภาพของเหมเป้งาซีม่อน โดยการอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมงให้คุณภาพด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส ความกรอบ และความพึงพอใจโดยรวมสูงที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาเหมเป้งาซีม่อนป๊อปคือ การใช้งาซีม่อนแบบเม็ดในปริมาณร้อยละ 15 และอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง อภิปรายผลการทดลอง ผลการทดลองตอนที่ 1 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบของงาซีม่อนมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราเหมเป้งาซีม่อน โดยงาซีม่อนแบบผงทำให้เชื้อราเจริญเติบโตช้าลง อาจเนื่องมาจากลักษณะของผงที่ปลดปล่อยว่างระหว่างเม็ดแล้ว ส่งผลต่อการไหลเวียนของอากาศและการเกาะยึดของเส้นใยเชื้อรา ขณะที่งาซีม่อนแบบเม็ดมีโครงสร้างที่เอื้อต่อการกระจายตัวของเชื้อรา ทำให้การเจริญเติบโตยังคงอยู่ในระดับที่

เหมาะสม ผลการทดลองตอนที่ 2 พบว่าการเพิ่มปริมาณงาขี้ม่อนในระดับสูงส่งผลให้เชื้อราใช้เวลาในการเจริญนานขึ้น และลดความสามารถในการจับตัวของก้อนเห็บ ซึ่งอาจเกิดจากสัดส่วนวัตถุดิบที่ไม่เหมาะสม ส่งผลต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์และการแทรกตัวของเส้นใยเชื้อรา ดังนั้นปริมาณงาขี้ม่อนร้อยละ 15 จึงเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถรักษาสสมดุลระหว่างคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางกายภาพของเห็บได้ สำหรับผลการทดลองตอนที่ 3 ระยะเวลาในการอบกรอบมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเห็บแป้นอย่างชัดเจน โดยการอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมงช่วยเพิ่มความกรอบและเนื้อสัมผัสที่ดี ส่งผลให้ผู้บริโภคมีความพึงพอใจมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การอบเป็นเวลานานเกินไปอาจส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการในอนาคต ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในงานวิจัยต่อไป โดยสรุป ผลการทดลองทั้งสามตอนชี้ให้เห็นว่าการควบคุมรูปแบบและปริมาณของงาขี้ม่อน รวมถึงระยะเวลาในการอบ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของเห็บแป้นงาขี้ม่อนแป้น และสามารถนำผลการศึกษานี้ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปเพื่อสุขภาพได้อย่างเหมาะสม

อภิปรายผลการทดลอง ผลการทดลองตอนที่ 1 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบของงาขี้ม่อนมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราเห็บ โดยงาขี้ม่อนแบบผงทำให้เชื้อราเจริญเติบโตช้าลง อาจเนื่องมาจากลักษณะของผงที่ปลดปล่อยว่างระหว่างเมล็ดตัว ส่งผลต่อการไหลเวียนของอากาศและการเกาะยึดของเส้นใยเชื้อรา ขณะที่งาขี้ม่อนแบบเมล็ดมีโครงสร้างที่เอื้อต่อการกระจายตัวของเชื้อรา ทำให้การเจริญเติบโตยังคงอยู่ในระดับที่เหมาะสม ผลการทดลองตอนที่ 2 พบว่าการเพิ่มปริมาณงาขี้ม่อนในระดับสูงส่งผลให้เชื้อราใช้เวลาในการเจริญนานขึ้น และลดความสามารถในการจับตัวของก้อนเห็บ ซึ่งอาจเกิดจากสัดส่วนวัตถุดิบที่ไม่เหมาะสม ส่งผลต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์และการแทรกตัวของเส้นใยเชื้อรา ดังนั้นปริมาณงาขี้ม่อนร้อยละ 15 จึงเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถรักษาสสมดุลระหว่างคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางกายภาพของเห็บได้ สำหรับผลการทดลองตอนที่ 3 ระยะเวลาในการอบกรอบมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเห็บแป้นอย่างชัดเจน โดยการอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมงช่วยเพิ่มความกรอบและเนื้อสัมผัสที่ดี ส่งผลให้ผู้บริโภคมีความพึงพอใจมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การอบเป็นเวลานานเกินไปอาจส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการในอนาคต ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในงานวิจัยต่อไป โดยสรุป ผลการทดลองทั้งสามตอนแสดงให้เห็นว่า รูปแบบและปริมาณของงาขี้ม่อน รวมถึงระยะเวลาในการอบกรอบ มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา คุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเห็บแป้นงาขี้ม่อนแป้นอย่างชัดเจน จากผลการศึกษาพบว่า การใช้งาขี้ม่อนแบบเมล็ดในปริมาณร้อยละ 15 และการอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเหมาะสมที่สุด ทั้งในด้านการเจริญของเชื้อรา ลักษณะเนื้อสัมผัส ความกรอบ และความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภค ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงเลือกสูตรที่ใช้งาขี้ม่อนแบบเมล็ดในปริมาณร้อยละ 15 และอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง มาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบของเห็บแป้นงาขี้ม่อนแป้น

สรุปโดยรวม

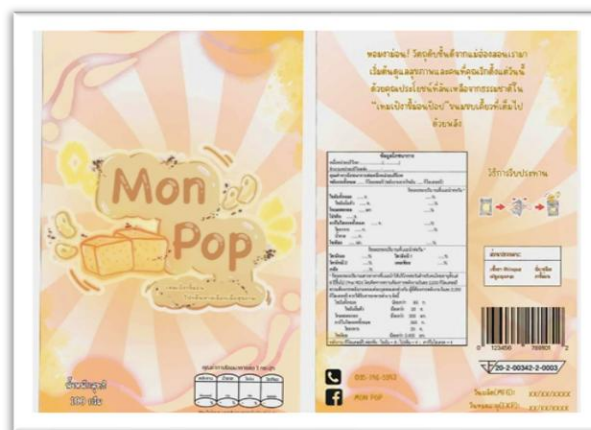
1. โครงการการพัฒนาเหมเป้งงาขี้ม่อนป๊อแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน คือ การศึกษารูปแบบของงาขี้ม่อน ปริมาณงาขี้ม่อน และระยะเวลาในการอบกรอบ ซึ่งแต่ละปัจจัยส่งผลต่อคุณภาพของเหมเป้งป๊อ
2. จากการทดลองพบว่า รูปแบบของงาขี้ม่อนมีผลต่อการเจริญของเชื้อราเหมเป้ง โดยงาขี้ม่อนแบบเมล็ดช่วยให้เชื้อราเจริญได้ดี เหมาะกับการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์มากที่สุด
3. ปริมาณงาขี้ม่อนก็มีผลต่อการยืดเกาะของเชื้อรากับถั่วเหลืองโดยการเติมงาขี้ม่อนร้อยละ 15 ทำให้เหมเป้งจับตัวเป็นก้อนได้ดี เส้นใยสม่ำเสมอ และไม่แตกง่าย
4. ระยะเวลาในการอบกรอบมีผลต่อรสชาติและความกรอบของเหมเป้งป๊อ โดยการอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมงให้เนื้อสัมผัสดี กรอบพอดี และเป็นที่ชอบของผู้ทดลองชิมมากที่สุด
5. สรุปได้ว่าสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ การใช้งาขี้ม่อนแบบเมล็ดในปริมาณร้อยละ 15 และอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งได้เหมเป้งงาขี้ม่อนป๊อที่มีคุณภาพดี ความชื้นที่เหมาะสม เนื้อสัมผัสและความพึงพอใจโดยรวมที่ดี
6. ผลจากโครงการนี้แสดงให้เห็นว่างาขี้ม่อนสามารถนำมาพัฒนาเป็นขนมเพื่อสุขภาพได้ และสามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารในอนาคตได้

2.4 คุณค่าของผลิตภัณฑ์ต่อสิ่งแวดล้อม/สังคม/ชุมชน



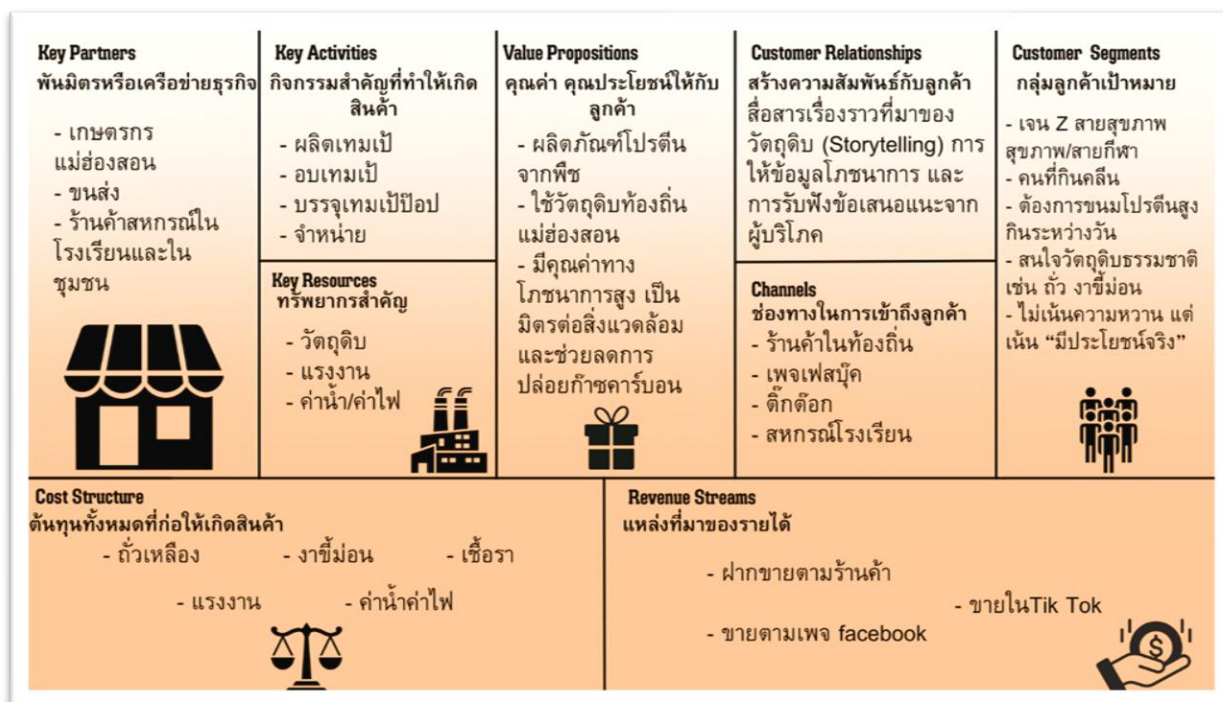
ภาพวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ เหมเป้งงาขี้ม่อนป๊อ

การได้มาซึ่งวัตถุดิบ	การผลิต	การจำหน่าย	การใช้งาน	การจัดการซาก
- ถั่วเหลืองและงาขี้ม่อน (ขนส่งปลูกโดยเกษตรกรในจังหวัดแม่ฮ่องสอน) - เชื้อราแบบผง <i>Rhizopus oligosporus</i> (ขนส่ง) - บรรจุภัณฑ์(ขนส่ง)	- รับส่วนผสมและจัดเก็บ - เตรียมส่วนผสม - เตรียมถั่วเหลือง (ล้างแช่น้ำไว้ ต้มถั่ว) - เตรียมงา (ล้างงา คั่วงา) - การหมัก(คลุกเคล้าส่วนผสมใส่เชื้อรา และนำไปหมักในถุงซิปล็อค) - นำเทมเป้ไปอบ	จำหน่ายผลิตภัณฑ์ให้ผู้บริโภคโดยตรง (B2C) ผ่าน - สหกรณ์โรงเรียน - สร้างเพจขาย - ขายในท้องถิ่น	ผู้บริโภคบริโภคเป็นอาหารโปรตีนจากพืช สามารถรับประทานได้ทันทีหรือเป็นของว่าง ช่วยลดการบริโภคเนื้อสัตว์และลดก๊าซเรือนกระจก	เศษอาหารสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ส่วนบรรจุภัณฑ์สามารถนำไปรีไซเคิลหรือกำจัดอย่างถูกวิธี ลดปริมาณขยะตกค้าง



ภาพผลิตภัณฑ์ และบรรจุภัณฑ์ของเทมเป้งาขี้ม่อนป๊อป

2.5 แนวทางการขยายผล การต่อยอด แผนพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคต



ภาพตาราง Business Model Canvas

2.6 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

2.6.1 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ

- ในรอบแรกขนาดของเทมเป้ 1 * 1 เซนติเมตรงาชิม่อนกับไข่ขาวไม่เกาะตัวกันแทบทุกสูตรที่ทำ เพราะปริมาณงาชิม่อนเยอะเกินไปทำให้ไข่ขาวเดินไม่เต็มที่ และเทมเป้ที่ได้ไม่เป็นทรงอย่างที่ตั้งใจไว้ไม่น่ารับประทาน
- รอบที่ 2 ต้องมีการปรับสูตรปรับขนาดเทมเป้ใหม่ในขั้นตอนหมักไข่ขาวเนื่องจากอุณหภูมิไม่คงที่ทำให้ไข่ขาวเจริญเติบโตช้าไข่ขาวเดินไม่เต็มที่ เทมเป้ไม่แน่นและขึ้นช้าไม่ทั่วถึงซึ่งส่งผลให้ได้เทมเป้ที่พร้อมจะอบล่าช้า
- หาเวลาอบที่เหมาะสมยังไม่ได้ทดลอง อุณหภูมิ 120 องศา อบครั้งละ 30 นาทีเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆเมื่อครบ 2 ชั่วโมงเทมเป้ข้างนอกเริ่มไหม้เมื่อชิมแล้วมีความขมข้างนอกกรอบข้างในนุ่มยังไม่กรอบ

ส่วนที่ 3 เอกสารอ้างอิง

DISTHAI. (ไม่ระบุปี). ข้อมูลงาขี้ม่อนและการใช้ประโยชน์ทางอาหาร. สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2568.

จาก <https://www.disthai.com/17339443/งาขี้ม่อน>

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). (ไม่ระบุปี). ข้อมูลเกี่ยวกับ Highland Research and Development Institute. สืบค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2568

จาก <https://www.hrdi.or.th/>

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2562). *เอกสารการเรียนรู้เรื่องการผลิตเทมเป้*. สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2568.

จาก <https://en.wikipedia.org/wiki/Tempeh>

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2563). *ข้อมูลอาหารจากพืช (Plant-based food)*. สืบค้นเมื่อ 21 ตุลาคม 2568.

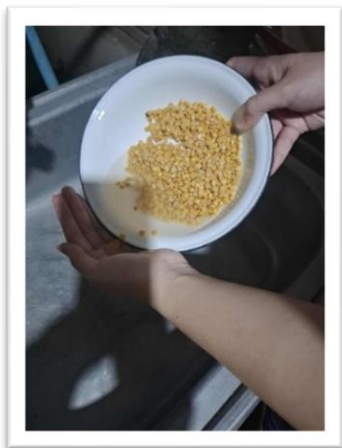
จาก <https://li04.tci-thaijo.org/index.php/IJAT/article/view/7338>

ประวัติย่อของคณะผู้จัดทำโครงการ

	ชื่อ-สกุล นางสาวสุทธิมา คำจันทร์ หัวหน้ากลุ่ม วันเดือนปีเกิด 11 เมษายน 2552 อายุ 16 ปี ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 217/1 ซอยสันป่าตึง ตำบลแม่เงา อำเภอนายูง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ 0951465943 การศึกษาปัจจุบัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สาขาวิชา/แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ สถานศึกษา โรงเรียนขุนยวมวิทยา
	ชื่อ-สกุล นางสาวกัญญาพัชร โกงสายเงิน สมาชิกกลุ่ม วันเดือนปีเกิด 21 พฤษภาคม 2552 อายุ 16 ปี ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 82 ตำบลขุนยวม อำเภอนายูง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ 0980019453 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สาขาวิชา/แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ สถานศึกษา โรงเรียนขุนยวมวิทยา
	ชื่อ-สกุล นางสาวศุภรากร มหาวรรณ สมาชิกกลุ่ม วันเดือนปีเกิด วันที่ 1 พฤษภาคม 2551 อายุ 17 ปี ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 69/1 ตำบลแม่อุคอ อำเภอนายูง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ 0962594824 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สาขาวิชา/แผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ สถานศึกษา โรงเรียนขุนยวมวิทยา

ภาคผนวก

ตอนที่ 1 การเตรียมถั่ว (การล้างถั่วและการแช่ถั่ว)



รูปที่ 1.1 ล้างถั่วเหลืองให้สะอาดจนน้ำเป็นสีใส



รูปที่ 1.2 แช่ถั่วในน้ำสะอาดจนครบ 24 ชั่วโมง

ตอนที่ 2 การเตรียมงา (การล้างงาและการคั่วงา)



รูปที่ 1.3 ล้างงาขี้ม่อนให้สะอาดไม่เห็นเศษฝุ่นที่ติดมากับงาขี้ม่อน



รูปที่ 1.4 คั่วงาขี้ม่อนจนมีกลิ่นหอม

ตอนที่ 3 ก่อนเริ่มกระบวนการหมักเหมาแป้



รูปที่ 1.5 ล้างน้ำให้สะอาดอีกครั้งจนกลืน
เปรี้ยวที่เกิดจากการหมักหายไป



รูปที่ 1.6 ต้มด้วยไฟอ่อนเป็นเวลา 30 นาที

ตอนที่ 4 การเริ่มกระบวนการหมักเหมาแป้



รูปที่ 1.7 นำถั่วที่ต้มแล้วมาผสมกับงาขี้ม่อน
และเชื้อรา *Rhizopus oligosporus*
จากนั้นคลุกเคล้าให้เข้ากัน



รูปที่ 1.8 ใส่ไว้ในถุงซิปล็อคที่เจาะรูเอาไว้แล้ว
นำไปหมักในสถานที่ที่อุณหภูมิ
เหมาะสมกับเหมาแป้ขี้ม่อน



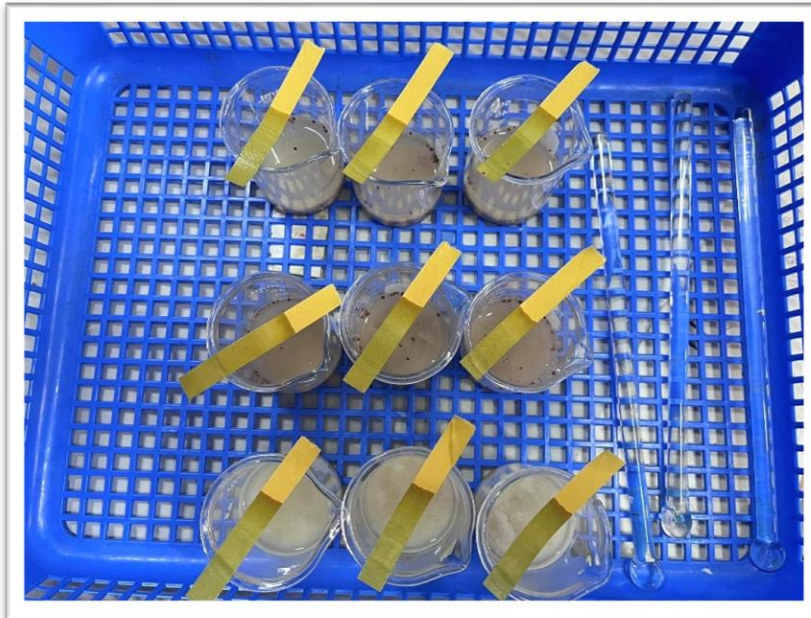
รูปที่ 1.9 ภาพเทมเป้งาขี้ม่อนแต่ละสูตร (โดยเรียงจากงาขี้ม่อน 0% ,5% ,10% ,15% ,20% ,25%)

ตอนที่ 5 ขั้นตอนการอบเทมเป้



รูปที่ 1.10 อบเทมเป้ในตู้อบลมร้อนในอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ตอนที่ 6 ขั้นตอนการหาค่า pH



รูปที่ 1.11 ค่า pH ของเหมป่ง่าซึ่ม่อนแบบผงและเมล็ดตอนที่ยังไม่อบ



รูปที่ 1.12 ค่า pH ของเหมป่ง่าซึ่ม่อนแบบเมล็ดตอนที่อบเสร็จแล้ว

ตอนที่ 7 การทดสอบประสาทสัมผัส (5-Point Hedonic scale)



รูปที่ 1.13 ผู้ทดสอบ 5-Point Hedonic scale



รูปที่ 1.14 ผู้ทดสอบ 5-Point Hedonic scale



รูปที่ 1.15 ผู้ทดสอบ 5-Point Hedonic scale



รูปที่ 1.16 ผู้ทดสอบ 5-Point Hedonic scale

ตอนที่ 8 แบบประเมินความพึงพอใจ

แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ

เรื่อง เหมเป้งาซึ่มอนป๊อป

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (โปรดทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องว่างที่กำหนดตามความเป็นจริง)

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 อายุ ☐ 11-15 ปี ☐ 16-20 ปี ☐ 21-25 ปี ☐ 26-30 ปี
☐ 31-35 ปี ☐ 36-40 ปี ☐ 41-45 ปี ☐ มากกว่า 45 ปี

1.3 ระดับการศึกษา ☐ ต่ำกว่าระดับปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ อื่นๆระบุ _____

1.4 อาชีพ (ระบุ) _____

ส่วนที่ 2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความพึงพอใจของผู้บริโภค

แบบทดสอบทางประสาททางประสาทสัมผัสด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ผู้ทดสอบหมายเลขที่ _____ วันที่ _____

คำชี้แจง ผู้ทดสอบจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์สำหรับการทดลองทั้งหมด 3 ตัวอย่าง ให้ผู้ทดสอบทำการตมึน้ำเปล่าล้างปากก่อนเริ่มทำการทดสอบและระหว่างเปลี่ยนตัวอย่าง จากนั้นให้ผู้ทดสอบใส่ตัวเลข (1-5) ลงในช่องตามที่กำหนด ตามระดับความพึงพอใจของท่านที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่างตามลักษณะด้านต่าง ๆ โดยมีระดับคะแนนพึงพอใจ ต่อไปนี้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 3 = เฉยๆ 5 = ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ชอบปานกลาง

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง _____	รหัสตัวอย่าง _____	รหัสตัวอย่าง _____
ลักษณะปรากฏโดยรวม			
สี (ความเป็นสีเหลือง)			
กลิ่นของงาซึ่มอนในเหมเป้ง			
ลักษณะความเป็นก้อน			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
ความกรอบ			
ความพึงพอใจโดยรวม			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

รูปที่ 1.17 แบบประเมินความพึงพอใจเหมเป้งาซึ่มอนป๊อป