ระดับโครงการ

กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

# รายงานโครงการวิจัย

# การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟางเชิงพาณิชย์

# Product development of straw mushrooms as commercial.

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวปาริชาติ อยู่แพทย์

Miss Parichart Yoopaet

ปี 2565

กรมวิชาการเกษตร

# บทสรุปผู้บริหาร

**1. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย**

1.1 โครงการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟางเชิงพาณิชย์

Product development of straw mushrooms as commercial.

1.2 ชื่อคณะผู้วิจัย


| | | |
|---|---|---|
| หัวหน้าโครงการ | 1. นางสาวปาริชาติ อยู่แพทย์ | กองวิจัย พัฒนาวิทยาการหลังการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร |
| | 2. นางสาวสุรีรัตน์ รักเหลือ | กองวิจัย พัฒนาวิทยาการหลังการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร |
| | 3. นางสาววิมลวรรณ วัฒนวิจิตร | กองวิจัย พัฒนาวิทยาการหลังการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร |
| | 4. นายโกเมศ สัตยาวุธ | กองวิจัย พัฒนาวิทยาการหลังการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร |
| | 5. นางสาวอกนิษฐ์ พิศาลวัชรินทร์ | กองวิจัย พัฒนาวิทยาการหลังการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร |


1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย


ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 งบประมาณที่ได้รับ 1,452,368 บาท

ระยะเวลาทำวิจัย ตั้งแต่ ตุลาคม 2561 ถึง ธันวาคม 2564


**2. สรุปโครงการวิจัย**

**สาระสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย**

เห็ดฟางเป็นเห็ดที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ของประเทศไทย โดยมีปริมาณการผลิตสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 80 ของผลผลิตเห็ดทั้งหมดและจะมีปริมาณผลผลิตสูงมากในช่วงฤดูร้อนส่งผลให้ราคาตกต่ำ นอกจากนี้เห็ดฟางยังมีการเจริญเติบโตตลอดเวลาแม้ว่าจะเก็บเกี่ยวแล้ว ทำให้เน่าเสียได้ง่ายและรวดเร็ว โดยมีระยะเวลาการเก็บรักษาสั้นเพียง 1 - 2 วัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องแปรรูปเห็ดฟางหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์ให้มีความหลากหลายมากขึ้นพร้อมทั้งสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่เห็ดฟาง

**วัตถุประสงค์การวิจัย**

เพื่อพัฒนาเพิ่มมูลค่าให้แก่เห็ดฟางเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพและเครื่องสำอางสู่เชิงพาณิชย์

**ระเบียบวิธีวิจัย**

คัดเลือกเห็ดฟางระยะดอกบานซึ่งเป็นระยะที่ขายไม่ได้ราคาเป็นวัตถุดิบในการวิจัย จากนั้นนำไปศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟาง โดยกำหนดค่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ ศึกษาปริมาณโปรตีน ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในตัวอย่างเห็ดฟางอบแห้งที่ได้ ก่อนนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหา รและเครื่องสำอาง ได้แก่ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ การผลิตโปรตีนคอนเซนเทรทเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากโปรตีน และการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทเพื่อเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ทั้งทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภค พร้อมทั้งคำนวณต้นทุนการผลิต

**ผลการวิจัย**

1. ได้สภาวะการอบแห้งเห็ดฟางที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟาง โดยเห็ดฟางอบแห้งที่ได้มีชนิดและปริมาณกรดอะมิโนที่ต้องการสูง มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานโดยเชื้อราและยีสต์ที่ทนแห้งไม่สามารถเจริญได้

กรมวิชาการเกษตร

2. ได้กระบวนการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำที่เหมาะสม โดยสามารถกำหนดอัตราส่วนที่เหมาะสมของเห็ดฟางอบแห้ง: ถั่วเหลือง: แป้งข้าวเจ้า จากนั้นหมักด้วยน้ำเกลือเป็นเวลา 3 เดือน และนำไปศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียมในซอสปรุงรสจากเห็ดฟางที่ได้ พบว่า การลดโซเดียมโดยการใช้กลิ่นเสริมรสเค็มเป็นวิธีที่เหมาะสมในการลดโซเดียมในซอสปรุงรสจากเห็ดฟางมากกว่าวิธีลดโซเดียมด้วยการตกผลึก

3. ได้กระบวนการสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางที่เหมาะสม โดยพบว่าวิธี Three-phrase partitioning (TPP) เป็นวิธีที่เหมาะสมมากกว่าวิธีละลายด้วยกรด ได้โปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางที่มีชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนอย่างน้อย 15 ชนิด และได้คุณสมบัติของโปรตีนตีนที่สกัดได้ คือ ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการเกิดฟองและความคงตัวของฟอง ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน จากนั้นนำไปพัฒนาเป็นเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

4. ได้กระบวนการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่เหมาะสม โดยใช้เอนไซม์อัลคาเลสในการย่อยเห็ดฟางอบแห้งและระยะเวลาที่เหมาะสมในการย่อย ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีปริมาณกรดอะมิโนสูง มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซีและมีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูง นำโปรตีนไฮโดรเซทที่ได้ไปพัฒนาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์โลชันเพื่อบำรุงผิว พบว่า ผลิตภัณฑ์โลชันที่ได้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก. เอส 15-2561 เรื่อง ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร สามารถเก็บรักษาได้ 3 ปีโดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและผลิตภัณฑ์ที่ได้ได้รับการยอมจากผู้บริโภค

**ข้อมูลใหม่ที่ค้นพบจากงานวิจัย**

เทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางโดยใช้เห็ดฟางเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ การผลิตซอสปรุงรส การสกัดโปรตีนเพื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอาง กระบวนการลดโซเดียมในเครื่องปรุงรส คุณสมบัติของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง ผลงานวิจัยนี้สามารถจดอนุสิทธิบัตรกระบวนการสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทและโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

**ประโยชน์ที่ได้รับจากผลงานวิจัย**

1. ได้ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางจากเห็ดฟางซึ่งสามารถช่วยสร้างมูลค่าให้แก่สินค้าเกษตร พร้อมทั้งเพิ่มศักยภาพของวัตถุดิบทางการเกษตรเพื่อเป็นแหล่งรายได้ให้กับเกษตรกร

2. ได้เทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางจากเห็ดฟางที่สามารถถ่ายทอดให้กับเกษตรกร ผู้ประกอบการและสามารถช่วยเกษตรกรและผู้ประกอบการลดปัญหาราคาเห็ดฟางตกต่ำในช่วงผลผลิตล้นตลาด ตลอดจนสร้างธุรกิจใหม่จากเห็ดฟาง เพื่อสร้างอาชีพ การจ้างงานและสร้างรายได้ให้กับประเทศ

3. ได้ทรัพย์สินทางปัญญาจำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ 1) กระบวนการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง 2) การสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟาง และ3) การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

**กลุ่มเป้าหมายที่นำผลงานไปใช้ประโยชน์**

1. เกษตรกรผู้ปลูกเห็ดฟาง จังหวัดฉะเชิงเทราและสระบุรี
2. ผู้ประกอบการอาหารและเครื่องสำอาง ได้แก่

2.1 บจก.อุดมศักดิ์ฟาร์มเซ็นเตอร์ แอนด์ เซอร์วิส มีความประสงค์รับเทคโนโลยีการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ การผลิตอาหารเสริมโปรตีนจากเห็ดฟาง การผลิตเครื่องสำอางจากเห็ดฟาง

2.2 บจก.เบล เอ็น เอ็น บริลเลี่ยนมีความประสงค์รับเทคโนโลยีการผลิตโลชันบำรุงผิวจากเห็ดฟางเพื่อไปทดลองผลิตและจำหน่ายเชิงพาณิชย์

**ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย**

1. ศึกษาทดลองใช้เห็ดชนิดอื่นในการผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้สูตรและเทคโนโลยีจากโครงการวิจัยนี้
2. ทดลองประยุกต์ใช้โปรตีนสกัดจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นได้ เช่น ซุปสำหรับผู้สูงอายุ
3. ศึกษาการลดต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟาง

กรมวิทยาศาสตร์

# บทคัดย่อ

เห็ดฟางเป็นอาชีพหลักในหลายพื้นที่ของประเทศไทย แต่เนื่องจากเห็ดฟางเป็นเห็ดที่มีการเจริญเติบโตตลอดเวลาทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย ขณะที่เห็ดฟางในระยะดอกบานที่ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดแต่ยังคงมีคุณสมบัติด้านโภชนาการและเภสัชวิทยา เช่น โปรตีน ใยอาหารสูง อีกทั้งมีวิตามินและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพและเครื่องสำอางได้ ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงเล็งเห็นศักยภาพของเห็ดฟางในการนำมาพัฒนาเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพและเครื่องสำอางสู่เชิงพาณิชย์ โดยนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสสูตรโซเดียมต่ำ การผลิตโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอาง ผลการทดลอง พบว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางฟาง อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเห็ดฟางอบแห้ง: ถั่วเหลือง: แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 40:30:30 นำไปหมักในน้ำเกลือเป็นเวลา 3 เดือน ได้ซอสที่มีปริมาณโซเดียมร้อยละ 18 โดยน้ำหนัก นำไปศึกษาวิธีการลดโซเดียม พบว่า วิธีการลดโซเดียมที่เหมาะสมคือการใช้กลิ่นซอสถั่วเหลืองเพิ่มการรับรู้รสเค็ม โดยปริมาณกลิ่นซอสซอสถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก สามารถเพิ่มการรับรู้รสเค็มของผู้บริโภคได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซอสปรุงรสสูตรโซเดียมต่ำที่ได้มีปริมาณโซเดียมคงเหลือร้อยละ 11.85 โดยน้ำหนัก มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.05 ปริมาณกรดแอสพาร์ติกและกรดกลูตามิกเท่ากับ 593.6 มิลลิกรัม/100 กรัม และ1067.8 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ผู้ทดสอบร้อยละ 80.14 ยอมรับผลิตภัณฑ์และมีต้นทุนการผลิตต่อ 100 มิลลิลิตรเท่ากับ 39.1บาท ศึกษากระบวนการผลิตโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางที่เหมาะสม โดยเปรียบเทียบวิธีการสกัด 2 วิธี คือ วิธีละลายด้วยกรดและวิธี Three-phase partitioning (TPP) ผลการทดลอง พบว่า วิธี TPP เป็นวิธีที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟาง โดยโปรตีนสกัดที่ได้มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 55.47 ศึกษาคุณภาพของโปรตีน พบว่า โปรตีนสกัดที่ได้มีสีน้ำตาลอ่อน โดยมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 57.08 ค่าสีเขียว-แดง (a*) เท่ากับ 2.41 ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) เท่ากับ 7.73 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.06 และปริมาณน้ำอิสระ 0.16มีค่าการละลายร้อยละ 68.33-99.75 มีค่าความสามารถในการเกิดฟองได้น้อย โดยมีค่าร้อยละ 2.56-9.18 มีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันอยู่ในช่วง 10.03-27.65 ตารางเมตรต่อกรัม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดโดยสามารถทดแทนโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองได้ร้อยละ 50 ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับร้อยละ 79.54 ศึกษาการผลิตสารสกัดจากเห็ดฟางและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง พบว่า การสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางโดยใช้เอนไซม์อัลคาเลสที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดย โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซีร้อยละ 30.07 มีกรดกลูตามิค ไกลซีน และอะลานีนในปริมาณสูง และพบว่าการย่อยเห็ดฟางดอกตูมที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด คือ มีค่า $IC_{50}$ = 1.72 ± 0.31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นำโปรตีนไฮโดรไลเซททั้ง 2 กรรมวิธีมาใช้ร่วมกันผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเซทที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 0.5 ไม่พบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ได้แก่ *Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Candida albicans* และ *Clostridium spp.* ผ่านการทดสอบความคงตัวแบบเร่งซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีอายุการเก็บรักษา 3 ปี โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพ ทดสอบการยอมรับกับผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 80 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

# Abstract

Straw mushroom production is a major occupation in many regions of Thailand. However, because of its easy deterioration, the straw mushroom prices decline rapidly meanwhile their nutrition and bioactivity are still in high levels, for example, protein, dietary fiber, vitamins and biochemical. Therefore, this research aims to develop new food products and cosmetics from straw mushroom, especially low-grade mushroom, and promote to the markets. There were three products; low-sodium straw mushroom soy sauce, protein concentrates from straw mushroom and food applications, straw mushroom extracts and their application in cosmetic product. The results shown that to develop low-sodium straw mushroom soy sauce, the appropriated ratio between dried straw mushrooms: soybeans: rice flours are 40:30:30. After finishing, brine fermentation process for 3 months, it contained 18% of NaCl. Flavor enhancer, 1.5% soy sauce flavor, was more effective way for reducing salt content in mushroom soy sauce. This level could induce odor-induced saltiness enhancement in consumers ($p > 0.05$). The reduced-salt mushroom soy sauce using flavor enhancer contained 11.85% of NaCl, 9.05% of protein, 593.6 mg/100g. of Aspartic acid, 1067.8 mg/100g of Glutamic acid. 80.14% of consumers accepted the reduce-salt mushroom soy sauce and the cost of production was 39.1 Baht per 100 ml. In addition, the production of protein concentrates from straw mushroom and food applications using acid-soluble extraction and Three-phase partitioning (TPP) method, it was found that Three-phase partitioning (TPP) was more effective method. The protein concentrates contained 55.54% of protein, L* 57.08, a*2.41, b*7.73. 3.06% of moisture content, aw 0.16. The percentage of solubility was ranged between 68.33%-99.75%, foam expansion was 2.56%-9.18%, Emulsifying ability index was 10.03-27.65$m^2$/g. The protein concentrates from straw mushroom could replace soy protein in protein drink for 50% and 79.65% of consumers accepted the product. For studying the production of straw mushroom extract and its application in cosmetics, the most suitable method for hydrolyzed protein when digested the opened cap straw mushrooms at 4 hours, the hydrolyzed straw mushroom protein obtained the highest antioxidant activity at 30.07% which was higher than vitamin C. It also contained high amounts of glutamic acid, glycine and alanine. In addition, at 3 hours digestion of closed cap straw mushroom, the hydrolyzed straw mushroom protein had the highest inhibition of tyrosinase, $IC_{50}$ = 1.72 ± 0.31 mg/ml. It had high amounts of glutamic acid, serine, polyline and arginine. As a results, both hydrolyzed straw mushroom were mixed for gaining the best quality protein hydrolyzate. Then applied in the skin lotion products at 0.5% of hydrolyzed straw mushroom protein. The lotion could met the TIS 15-2561 standards regarding herbal skin care products with no contaminants, namely lead, arsenic, mercury and soluble barium. Not found pathogenic microbial, including *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* and *Clostridium spp*. Moreover after the accelerated storage test, it was found that, the shelf-life was 3 years with 80% of consumer acceptance


กรมวิทยาศาสตร์บริการ

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟางเชิงพาณิชย์ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงประมาณ 2562 ภายใต้แผนงานวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของพืชและจุลินทรีย์เพื่อเพิ่มมูลค่าและพัฒนานวัตกรรม โดยเล็งเห็นประโยชน์ของการใช้ความหลากหลายทางชีวภาพจากเห็ดฟางเพื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอาง นำไปสู่การสร้างธุรกิจทางการเกษตรที่สามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่จัดสรรงบประมาณเพื่อสนับสนุนโครงการวิจัยครั้งนี้ นางขนิษฐา วงศ์วัฒนารัตน์ ผู้อำนวยการแผนงานวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของพืชและจุลินทรีย์เพื่อเพิ่มมูลค่าและพัฒนานวัตกรรมและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาในการให้ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์และแนวทางปรับปรุงแก้ไข จนสามารถดำเนินงานได้ตามวัตถุประสงค์

ขอขอบคุณ กรมวิชาการเกษตร กองวิจัยพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนงานวิจัย ทั้งครุภัณฑ์ทางด้านวิทยาศาสตร์และสาธารณูปโภคตลอดในการดำเนินการวิจัยจนลุล่วงด้วยดี

ลงชื่อ.....หัวหน้าโครงการ
(นางสาวปาริชาติ อยู่แพทย์)
วันที่ 20 / กุมภาพันธ์/ 2565

กรมวิชาการเกษตร

# สารบัญ

**เรื่อง** **หน้า**


| | |
|---|---|
| บทสรุปผู้บริหาร | 2 |
| บทคัดย่อ | 5 |
| Abstract | 6 |
| กิตติกรรมประกาศ | 7 |
| สารบัญ | 8 |
| สารบัญภาพ | 9 |
| สารบัญตาราง | 10 |
| บทที่ 1 บทนำ | 11 |
| บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน | 15 |
| บทที่ 3 ผลการศึกษา | 26 |
| บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล | 65 |
| เอกสารอ้างอิง | 74 |
| ภาคผนวก | 78 |


กรมวิชาการเกษตร

# สารบัญภาพ

**ภาพที่ 1** Trilinear coordinate system
**ภาพที่ 2** กระบวนการสกัดโปรตีนจากเห็ดฟางด้วยวิธีละลายด้วยกรด
**ภาพที่ 3** กระบวนการสกัดโปรตีนจากเห็ดฟางด้วยวิธี Three-phase partitioning (TPP)
**ภาพที่ 4** เห็ดฟางระยะดอกบานเพื่อใช้ในการอบแห้ง
**ภาพที่ 5** การอบแห้งเห็ดฟางด้วยตู้อบลมร้อน
**ภาพที่ 6** ตัวอย่างเห็ดฟางอบแห้งแต่ละสภาวะ
**ภาพที่ 7** การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA)
**ภาพที่ 8** อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA
**ภาพที่ 9** การเทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ตลับเพลท
**ภาพที่ 10** การถ่ายเชื้อ *Aspergillus oryzae* ลงตลับเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อ
**ภาพที่ 11** การตัดแบ่งเชื้อบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ
**ภาพที่ 12** การวางเชื้อบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA
**ภาพที่ 13** เชื้อ *Aspergillus oryzae* หลังจากเลี้ยงบน PDA เป็นเวลา 7 วัน
**ภาพที่ 14** การเตรียมสารละลายเชื้อ *Aspergillus oryzae*
**ภาพที่ 15** สารละลายเชื้อ *Aspergillus oryzae*
**ภาพที่ 16** การผลิตโคจิ
**ภาพที่ 17** วัตถุดิบในการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง
**ภาพที่ 18** ส่วนผสมระหว่าง ถั่วเหลือง แป้งข้าวเจ้า และเชื้อ *Aspergillus oryzae* วันที่ 0
**ภาพที่ 19** ส่วนผสมระหว่าง ถั่วเหลือง เห็ดฟาง แป้งข้าวเจ้าและเชื้อ *Aspergillus oryzae* วันที่ 0
**ภาพที่ 20** ลักษณะปรากฏของโคจิทั้ง 7 กรรมวิธีและโคจิจากถั่วเหลือง 100% วันที่ 7
**ภาพที่ 21** การหมักโคจิด้วยน้ำเกลือ
**ภาพที่ 22** ตัวอย่างการหมักโคจิในน้ำเกลือ
**ภาพที่ 23** การจัดเตรียมตัวอย่างซอสปรุงรสจากเห็ดฟางเพื่อทดสอบความชอบของผู้ทดสอบ
**ภาพที่ 24** โครมาโทแกรมการตรวจวัดปริมาณตัวทำละลาย (เทร์ท-บิวทานอล) ตกค้างในโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง
**ภาพที่ 25** โปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ก) โปรตีนสกัดจากวิธีละลายด้วยกรด (ข) โปรตีนสกัดจากวิธี TPP
**ภาพที่ 26** ตัวอย่างเห็ดฟางดอกตูมและดอกบานอบแห้งป่นละเอียด
**ภาพที่ 27** โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางระยะดอกตูมและดอกบานที่สภาวะการสกัดต่าง ๆ
**ภาพที่ 28** โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

กรมวิชาการเกษตร

# สารบัญตาราง

**ตารางที่ 1** สูตรพื้นฐานการผลิตเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัด
**ตารางที่ 2** ส่วนผสมในแต่ละกรรมวิธีการทดลองการผลิตโลชันผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง
**ตารางที่ 3** ค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเห็ดฟางอบแห้ง
**ตารางที่ 4** ลักษณะปรากฏของโคจิทั้ง 7 กรรมวิธีที่มีอัตราส่วนระหว่างเห็ดฟางอบแห้ง ถั่วเหลือง และแป้งข้าวเจ้าแตกต่างกัน และโคจิจากถั่วเหลือง 100%
**ตารางที่ 5** ค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของซอสปรุงรสจากเห็ดฟางทั้ง 7 กรรมวิธี และซอสจากโคจิถั่วเหลือง 100% อายุการหมัก 3 เดือน
**ตารางที่ 6** ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ในซอสปรุงรส 7 กรรมวิธีและซอสจากโคจิถั่วเหลือง 100% อายุการหมัก 3 เดือน
**ตารางที่ 7** ลักษณะปรากฏของซอสทั้ง 7 กรรมวิธีที่มีอัตราส่วนระหว่างเห็ดฟางอบแห้ง ถั่วเหลือง และแป้งข้าวเจ้าแตกต่างกัน และซอสจากโคจิถั่วเหลือง 100% อายุการหมัก 3 เดือน
**ตารางที่ 8** คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง 7 กรรมวิธีเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม
**ตารางที่ 9** ร้อยละความพอดีของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง 7 กรรมวิธีเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม
**ตารางที่ 10** คุณภาพทางกายภาพของซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำและสูตรควบคุม
**ตารางที่ 11** คุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเห็ดฟางอบแห้ง
**ตารางที่ 12** ค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางอบแห้ง 100 กรัมด้วยวิธีละลายด้วยกรดและวิธี Three- phase partitioning (TPP)
**ตารางที่ 13** ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้วิธีการสกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรดและวิธี TPP
**ตารางที่ 14** ร้อยละการละลายของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง
**ตารางที่ 15** ร้อยละการเกิดฟองและความคงตัวของฟอง (นาที) ของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง
**ตารางที่ 16** ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (Emulsifying ability index) และความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsion stability index) ของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง
**ตารางที่ 17** คะแนนความชอบเฉลี่ยของตัวอย่างเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางที่มีระดับการทดแทนโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองแตกต่างกัน
**ตารางที่ 18** คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ต่อ 100 กรัม)
**ตารางที่ 19** ค่าคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางระยะดอกตูมและระยะดอกบานที่ใช้กระบวนการสกัดแตกต่างกัน
**ตารางที่ 20** ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนไฮโดรเซทจากเห็ดฟางที่ใช้กรรมวิธีในการสกัดแตกต่างกัน
**ตารางที่ 21** ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางเทียบกับวิตามินซีที่ความเข้มข้น 50 ppm และฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง
**ตารางที่ 22** ค่าสีและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของโลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางกรรมวิธีที่ 1 ก่อน-หลังเก็บรักษาในสภาวะเร่ง
**ตารางที่ 23** ปริมาณสารปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง
**ตารางที่ 24** ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

กรมวิทยาศาสตร์

# บทที่ 1 บทนำ

**1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน**

**<u>วิสัยทัศน์</u>** กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

**<u>พันธกิจ</u>**

1. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตร สู่กลุ่มเป้าหมาย
2. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์
4. กำกับ ดูแล และพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

**2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน (โปรดเลือกเฉพาะยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานของท่าน)**

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง
เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับและทุกมิติ

☑ ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน
เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์
คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษและภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม
สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่างๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ
การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

**3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และโปรดระบุแผนงาน/โครงการให้สอดคล้องกับโปรแกรมของแผน ววน.**

| โปรแกรมตามแผน ววน. | งบประมาณ (บาท) |
|---|---|
| P7. โจทย์ท้าทายด้านทรัพยากรสิ่งแวดล้อม และการเกษตร | 520,448 |

กรมวิชาการเกษตร

**4. รายละเอียดโครงการ**

ยุทธศาสตร์ประเทศไทยในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน (Growth & Competitiveness) เพื่อให้หลุดพ้นจากการเป็นประเทศรายได้ปานกลาง มีกลยุทธ์ที่สำคัญคือการสร้างมูลค่าของสินค้าเกษตรเพื่อเพิ่มศักยภาพของวัตถุดิบทางการเกษตร เพราะเป็นแหล่งสร้างรายได้หลัก และการจ้างงานขนาดใหญ่ของประเทศไทย ด้วยการนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมมาใช้ในการสร้างมูลค่าเพิ่มของวัตถุดิบทางการเกษตรสู่เชิงพาณิชย์ โดยสินค้าเกษตรที่เป็นอาชีพหลักในหลายพื้นที่ของประเทศไทยคือการเพาะเห็ด จากข้อมูลในปี 2558 ประเทศไทยมีปริมาณผลผลิตเห็ดสูงถึง 15,000 ตัน คิดเป็นมูลค่ารวมกว่า 1,156 ล้านบาท เห็ดที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ของประไทยมี 7 ชนิด คือ เห็ดฟาง เห็ดนางฟ้าภูฏาน เห็ดนางรมฮังการี เห็ดหูหนู เห็ดยานางิ เห็ดแชมปิยอง และเห็ดแครง เห็ดสามารถพัฒนาไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้านจากคุณสมบัติด้านโภชนาการ และเภสัชวิทยา เห็ดมีโปรตีน ใยอาหารสูง ไขมันต่ำกว่าในเนื้อสัตว์ อีกทั้งมีวิตามิน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด ปลอดภัยจากการใช้สารเคมี สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ สมุนไพร และเครื่องสำอาง เพื่อให้เป็นทางเลือกแก่ผู้บริโภคที่มีความสนใจในคุณสมบัติพิเศษของเห็ด และเพื่อสร้างมูลค่าให้แก่เห็ดที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์สามารถพัฒนาไปสู่การผลิตในภาคอุตสาหกรรม เพื่อสร้างรายได้ให้แก่ประเทศต่อไป

เห็ดที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ชนิดหนึ่งคือเห็ดฟาง โดยเป็นเห็ดที่มีปริมาณการผลิตสูงสุดเป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 80 ของผลผลิตเห็ดทั้งหมด เนื่องจากเป็นเห็ดที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่เป็นแบบร้อนชื้น สามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี แต่ปริมาณผลผลิตจะสูงมากในช่วงฤดูร้อน เพราะสภาพอากาศเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ส่งผลให้ราคาผลผลิตตกต่ำ นอกจากนี้เห็ดฟางยังเป็นเห็ดที่มีการเจริญเติบโตตลอดเวลาแม้ว่าจะเก็บเกี่ยวแล้ว ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างการเจริญเติบโต เน่าเสียได้ง่าย และรวดเร็วกว่าผลผลิตทางการเกษตรอื่น ๆ โดยมีระยะเวลาการเก็บรักษาสั้นเพียง 1 - 2 วัน ทำให้ผู้ผลิต และผู้จำหน่ายต้องรีบขายเห็ดฟางให้หมดภายวันเดียว โดยตลาดจะให้ราคาเห็ดฟางสูงเมื่อดอกตูม และราคาจะลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งเมื่อดอกบาน ซึ่งอายุของเห็ดฟางระยะดอกตูมเมื่อเก็บรักษาที่สภาพบรรยากาศทั่วไป (อุณหภูมิประมาณ 34-35 องศาเซียลเซียส) จะสั้นเพียง 1-2 วันก็จะเริ่มบาน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องแปรรูปเห็ดฟางสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยืดอายุการใช้ประโยชน์จากเห็ดฟาง และเพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์จากเห็ดฟางให้มีความหลากหลายมากขึ้นจากเดิมที่ใช้เพื่อการบริโภคสดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เพื่อสร้างมูลค่าให้แก่เห็ดฟาง

เห็ดฟางเป็นเห็ดที่ได้รับความนิยมในการบริโภคเนื่องจากเป็นแหล่งอาหารที่มีรสชาติดี โดยรสชาติที่เด่นชัด คือ รสอูมามิ ซึ่งเป็นรสชาติของกลูตาเมตอิสระ หนึ่งในกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีน และยังพบในเครื่องปรุงรสต่าง ๆ สารสำคัญที่ให้รสอูมามิ คือ กลูตาเมต ไอโนซิเนต และกัวไนเลต (Yong and Wood, 2004)โดยมีรายงานวิจัยศึกษาปริมาณกรดกลูตามิกในเห็ดชนิดต่าง ๆ ของไทยพบว่า เห็ดฟางเป็นเห็ดที่มีปริมาณกรดกลูตามิกสูงถึง 429 มิลลิกรัมต่อ100กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าเห็ดทุกชนิดที่ผลิตได้ในประเทศไทย และที่ระยะการเจริญเติบโตเต็มที่ สารสำคัญที่ให้รสอูมามิในเห็ดฟางจะเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเกือบ 3 เท่าของระยะเริ่มต้น (Yokotsuka, 2006) ดังนั้นเห็ดฟางจึงเหมาะสมในการนำมาเป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตเครื่องปรุงรสอาหาร เช่น ซอสปรุงรสที่เน้นรสชาติของอูมามิพร้อมทั้งช่วยลดการใช้ถั่วเหลืองในอุตสาหกรรมการผลิตซอสปรุงรส เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีปัญหาด้านการดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically Modified Organisms; GMOs) และเป็นวัตถุดิบที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งในกระบวนการหมักซอสปรุงรสควรใช้วิธีทางธรรมชาติเพื่อให้สามารถเป็นสินค้าส่งออกได้ นอกจากนี้ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสให้มีปริมาณโซเดียมต่ำ เนื่องจากซอสปรุงรสในปัจจุบันมีปริมาณโซเดียมสูงมากส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยพบว่าประชากรไทยได้รับโซเดียมสูงถึง 4,352 มิลลิกรัมต่อวัน คิดเป็น 2 เท่าของปริมาณสูงสุดของโซเดียมที่รับได้และไม่ทำให้เกิดอันตรายจากข้อกำหนดขององค์การอนามัยโลก และโคเด็กซ์กำหนดค่าปริมาณสูงสุดของโซเดียมที่รับได้ และไม่ทำให้เกิดอันตรายไว้ที่ 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งแหล่งที่มาของโซเดียมส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 71 มาจากการใช้เครื่องปรุงรส ปัจจุบันมีผู้ผลิตเครื่องปรุงรสในประเทศไทยพยายามพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสให้มีปริมาณโซเดียมต่ำ แต่พบว่า เทคนิคที่ใช้ในการลดปริมาณโซเดียมจะเป็นการทดแทนด้วยเกลือโพแทสเซียม ซึ่งจัดได้ว่าเป็นเกลือที่มีความอันตรายใกล้เคียงกับโซเดียม และไม่เหมาะแก่ผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง และโรคไตเช่นกัน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวิธีทางกายภาพ และวิธีการประเมินทางประสาทสัมผัสมาใช้ในการลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้ซอสปรุงรสโซเดียมต่ำที่ไม่กระทบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์

นอกจากรสชาติที่ดีของเห็ดฟางแล้ว เห็ดฟางยังเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบทุกชนิด ได้แก่ เมไทโอนีน ทรีโอนีน ไลซีน เวลีน ลิวซีน ไอโซลิวซีน ฟีนิวอะลานีน ทริปโรเฟน และอาร์จีนีน (สุนันท์, 2529) ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเสริมโปรตีนกำลังเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อวิถีการดำเนินชีวิตของผู้บริโภค ซึ่งแต่เดิมผลิตภัณฑ์

กรมวิทยาศาสตร์

ประเภทนี้ เช่น เวย์โปรตีนผง จะเป็นที่นิยมในหมู่นักกีฬาหรือผู้ออกกำลังกายเป็นประจำเท่านั้น แต่ปัจจุบันถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบสำหรับกลุ่มผู้รักสุขภาพทั่วไปจากแนวคิดที่ว่าคนเราทุกคนต้องการโปรตีนเพื่อสร้างเนื้อเยื่อร่างกาย และกระดูกเพื่อช่วยในการเจริญเติบโต เช่น วัยเด็ก วัยรุ่นที่ต้องการโปรตีนเพื่อการเสริมสร้างกล้ามเนื้อ การเจริญเติบโต วัยสูงอายุที่ขาดโปรตีนได้ง่าย เนื่องจากระบบการย่อยอาหารเสื่อมลง ทำให้การบริโภคเนื้อสัตว์ซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีนยากขึ้น ซึ่งหากผู้สูงอายุรับประทานโปรตีนน้อย กล้ามเนื้อจะยิ่งลีบลง ส่งผลเสียต่อการเคลื่อนไหว ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทโปรตีนสกัดจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อผู้บริโภคทุกวัยจากคุณสมบัติที่ย่อยง่าย และร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้สร้างกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็ว ปัจจุบันในท้องตลาดมีโปรตีนสกัดหลายชนิด เช่น เวย์โปรตีน โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง แต่พบว่าโปรตีนสกัดที่มีอยู่ในท้องตลาดยังเกิดปัญหาในการบริโภคกับผู้บริโภคหลายกลุ่ม โดยเวย์โปรตีนนั้นเป็นโปรตีนที่สกัดมาจากนมวัวซึ่งยังคงมีน้ำตาลแลกโตส และไขมันผสมอยู่ทำให้ผู้บริโภคที่แพ้น้ำตาลแลกโตสในนมไม่สามารถบริโภคโปรตีนสกัดชนิดนี้ได้เพราะมีผลทำให้ท้องเสีย ขณะที่โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองพบว่าจะทำให้เกิดแก๊สในกระเพาะได้ และมีกลิ่นของถั่วเหลือง (Beany) ที่ส่งผลให้รับประทานยาก ดังนั้นการหาพืชโปรตีนสูงคุณภาพดีชนิดใหม่ สามารถผลิตได้ในประเทศ เช่น เห็ดฟางจึงเหมาะสมในการเป็นทางเลือกสำหรับวัตถุดิบในการผลิตโปรตีนสกัดเพื่อมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโปรตีน นอกจากการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว เห็ดฟางยังสามารถถูกนำมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้ โดยเห็ดฟางมีสารองค์ประกอบที่เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรสซิเนส ไฮยาลูโรนิเดส คอลลาจิเนส และอิลาสเทส นอกจากนี้ยังสามารถต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และต้านจุลินทรีย์ คุณสมบัติเหล่านี้จะช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ผิวหนังรวมไปถึงความสามารถป้องกันรังสียูวีได้เหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ซึ่งผู้บริโภคในปัจจุบันมีความสนใจ และนิยมเลือกใช้เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารสกัดจากธรรมชาติหลายชนิดมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับสารเคมีที่ได้จากการสังเคราะห์และยังมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคสูงกว่า ทำให้เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากธรรมชาติเป็นที่น่าสนใจและมีแนวโน้มการเลือกซื้อเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นศักยภาพของเห็ดฟางที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์เพื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสสูตรโซเดียมต่ำ การผลิตโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางเพื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร พร้อมทั้งศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของเห็ดฟางเพื่อประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง สร้างความหลากหลายในการใช้ประโยชน์จากเห็ดฟาง

**วัตถุประสงค์**

เพื่อพัฒนาเพิ่มมูลค่าให้แก่เห็ดฟางเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ และเครื่องสำอางสู่เชิงพาณิชย์

**ขอบเขตการศึกษา**

พัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ ศึกษากระบวนการการสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทและไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่เหมาะสมเพื่อให้ได้โปรตีนที่มีคุณภาพและปริมาณสูงและนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโปรตีนและเครื่องสำอาง โดยใช้เห็ดฟางในระยะเจริญเติบโตเต็มและระยะดอกตูมเป็นวัตถุดิบ ศึกษาค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทดสอบความชอบของผู้บริโภคเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมและสูตรทางการค้า

**นิยามศัพท์**

1. ซอสปรุงรสเห็ดฟาง หมายถึง เครื่องปรุงรสที่ได้จากการหมักบ่มด้วยวิธีการตามธรรมชาติโดยมีเห็ดฟางเป็นส่วนประกอบหลัก

2. โปรตีนคอนเซนเทรท หมายถึง โปรตีนที่มีความเข้มข้นของโปรตีนร้อยละ 29-89

3. โปรตีนไฮโดรไลเซท หมายถึง โปรตีนที่นำโปรตีนคอนเซนเทรทหรือไฮโดรไลเซทมาผ่านกระบวนการไฮโดรไลซ์เพื่อให้ได้โมเลกุลขนาดเล็กที่เรียกว่าเปปไทด์

กรมวิชาการเกษตร

# บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

## 1.วิธีการดำเนินการวิจัย

**การทดลองที่ 1** การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ

**สิ่งที่ใช้ในการทดลอง**

- เห็ดฟางระยะดอกบาน
- ถั่วเหลือง
- แป้งข้าวเจ้า
- เกลือป่น
- กลิ่นซอสถั่วเหลือง
- เชื้อจุลินทรีย์ *Aspergillus oryzae*
- อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ Potato Dextrose Broth
- ผงวุ้นเลี้ยงเชื้อ

**วิธีดำเนินงาน/ขั้นตอนการวิจัย**

1. ศึกษาสภาวะการอบแห้งเห็ดฟางที่เหมาะสม

ศึกษาการอบแห้งเห็ดฟางจาก 2 แหล่ง ได้แก่ ฟาร์มเกษตรกรผู้เพาะเห็ดฟาง และจากตลาดสด โดยคัดเลือกเห็ดฟางในระยะดอกบานหรือระยะเจริญเต็มที่มาล้างทำความสะอาด วางทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำจนแห้ง หั่นตามยาว ความหนา 2.0±0.5 มิลลิเมตร นำเรียงในถาด ทำการอบแห้ง ด้วยตู้อบลมร้อน ศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาในการอบแห้งเห็ดฟาง โดยศึกษาอุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ อุณหภูมิ 50, 60 และ 70°C และศึกษาเวลาในการอบแห้ง 4 ระดับ ได้แก่ 6, 8, 10 และ 12 ชั่วโมง ได้กรรมวิธีทั้งหมด 24 กรรมวิธี นำแต่ละกรรมวิธีที่ได้ไปวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ในระบบ CIE L* a* b* และปริมาณน้ำอิสระ ค่าคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณสารให้รสอูมามิ คือ ปริมาณกรดกลูตามิกและกรดแอสพาร์ติก

กรรมวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 24 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 50°C เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 2 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 50°C เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 3 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 50°C เวลาในการอบ 10 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 4 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 50°C เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 5 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 60°C เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 6 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 60°C เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 7 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 60°C เวลาในการอบ 10 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 8 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 60°C เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 9 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 70°C เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 10 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 70°C เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 11 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 70°C เวลาในการอบ 10 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 12 เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป อุณหภูมิในการอบ 70°C เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 13 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 50°C เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 14 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 50°C เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 15 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 50°C เวลาในการอบ 10 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 16 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 50°C เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 17 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 60°C เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 18 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 60°C เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 19 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 60°C เวลาในการอบ 10 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 20 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 60°C เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง

กรมวิทยาศาสตร์

กรรมวิธีที่ 21 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 70°C เวลาในการอบ 6 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 22 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 70°C เวลาในการอบ 8 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 23 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 70°C เวลาในการอบ 10 ชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 24 เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร อุณหภูมิในการอบ 70°C เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง

คัดเลือกเห็ดฟางอบแห้งที่มีปริมาณสารสำคัญที่ให้รสอูมามิสูงที่สุด และมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ปริมาณน้ำอิสระ ไม่เกิน 0.6 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เห็ดฟางอบแห้งที่ได้สามารถเก็บรักษาได้นาน โดยเชื้อราและยีสต์ที่ทนแห้งไม่สามารถเจริญได้ (วลัยรัตน์, 2549) นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตซอสปรุงรสในข้อ 2 ต่อไป

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเห็ดฟางอบแห้ง ถั่วเหลือง และแป้งข้าวเจ้าในการผลิตซอสปรุงรส

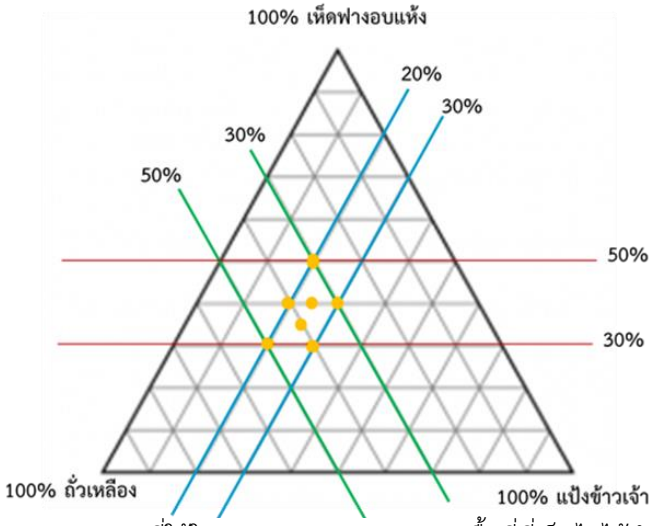
1) ศึกษาส่วนประกอบหลัก 3 ชนิดในสูตรการผลิตซอสปรุงรส ได้แก่ เห็ดฟางอบแห้งในระดับร้อยละ 30-50 ถั่วเหลืองร้อยละ 30-50 และแป้งข้าวเจ้าในระดับร้อยละ 20-30 โดยวางแผนการทดลองแบบผสม (Mixture design) ได้สูตรการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง 7 กรรมวิธี ตามแผนภาพ Trilinear coordinate system (ภาพที่ 1)

กรรมวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Mixture design

กรรมวิธีที่ 1 เห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 50:30:20
กรรมวิธีที่ 2 เห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 40:30:30
กรรมวิธีที่ 3 เห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 30:40:30
กรรมวิธีที่ 4 เห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 30:50:20
กรรมวิธีที่ 5 เห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 40:40:20
กรรมวิธีที่ 6 เห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 40:35:25
กรรมวิธีที่ 7 เห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 35:40:25
กรรมวิธีที่ 8 เห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 0 :75:25 (สูตรควบคุม)

กรมวิชาการเกษตร




**ภาพที่ 1** Trilinear coordinate system ที่ใช้ในแผนการทดลองแบบผสมพื้นที่ที่เป็นไปได้สำหรับข้อกำหนดของส่วนประกอบหลักทั้ง 3 ชนิดในสูตรการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง โดยจุดยอดของแต่ละแกนจะมีค่าเท่ากับ 1.0 หรือ 100% ส่วนปลายที่ตั้งฉากกับฐานจะมีค่าเท่ากับ 0 (อนุวัตร, 2552)

2) นำสิ่งทดลองที่ได้จากการวางแผนการทดลองมาผลิตซอสปรุงรสโดยกรรมวิธีการผลิต ดังนี้ นึ่งเห็ดฟางอบแห้งและถั่วเหลืองให้สุก ทิ้งไว้จนเย็น จากนั้นผสมกับแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการคั่วแล้ว เติมเชื้อราชนิด *Aspergillus oryzae* บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (32-35 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นตรวจดูการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus oryzae* โดยสังเกตจากสปอร์ที่มีสีเขียวแกมเหลืองคลุมทั่ววัตถุดิบ เรียกว่า โคจิ แล้วนำไปหมักต่อในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หมักเป็นเวลา 3 เดือน เมื่อครบกำหนด 3 เดือน นำซอสปรุงรสดิบไปทำการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีโดยการแช่ในน้ำแข็ง แล้วบรรจุน้ำซอสปรุงรสที่ได้ในขวดแก้ว ได้ผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรส ศึกษาค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ในระบบ CIE L* a* b* และปริมาณน้ำอิสระ คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ การประเมินความชอบด้วยวิธี Hedonic scaling test 9 points และความพอดีด้วยวิธี Just about right โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน เพื่อคัดเลือกกรรมวิธีการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์ (Balanced Incompletely Block Design; BIB) ค่า t=8, k=4, b=14, r=7, $\lambda$=3

โดย t หมายถึง จำนวนสิ่งทดลองที่ต้องการทดสอบ
k หมายถึง จำนวนสิ่งทดลองในแต่ละบล็อก
b หมายถึง จำนวนบล็อก
r หมายถึง จำนวนซ้ำของสิ่งทดลอง
$\lambda$ หมายถึง จำนวนครั้งในการปรากฏร่วมกันของคู่สิ่งทดลอง

ทำการทดลองทั้งหมด 4 รอบ เพื่อให้มีจำนวนซ้ำในแต่ละสิ่งทดลองเท่ากับ 28 ซ้ำ ดังนั้นใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 56 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Points Hedonic scale โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด ทำการทดสอบความชอบในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่นรสซอส รสเค็ม และความชอบโดยรวม นำข้อมูลมาประเมินความแตกต่างโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด3) คัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมและการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เพื่อใช้ในการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง และนำมาเป็นสูตรควบคุม สำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสโซเดียมต่ำต่อไป

3. ศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง

เปรียบเทียบกรรมวิธีการลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรส 2 วิธี ดังนี้

1) วิธีการตกผลึก นำซอสปรุงรสที่ได้จากการพัฒนาในข้อ 2 ปริมาตร 600 มิลลิลิตร ไปให้ความร้อนจนมีปริมาตรเหลือประมาณ 420 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวางไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักของผลึกเกลือทุก 2 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักผลึก

กรมวิทยาศาสตร์

คงที่ โดยทำการกรองผลึก อบ และชั่งน้ำหนักคงที่ของผลึก และวัดปริมาตรของน้ำซอสปรุงรสที่ผ่านการกรอง นำน้ำซอสปรุงรสที่ผ่านการกรอง มาปรับปริมาตรให้ได้ 600 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำไปวัดค่าคุณภาพ

2) วิธีการใช้กลิ่นช่วยเสริมรสเค็ม นำซอสที่หมักไว้ 3 เดือนมาเติมน้ำกลั่นอัตราส่วนระหว่างซอสปรุงรสเห็ดฟาง : น้ำกลั่น เท่ากับ 1 : 3 จากนั้นศึกษาระดับการเติมกลิ่นซอสถั่วเหลืองที่เหมาะสม 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 9 คน ซึ่งผ่านการฝึกฝนสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาเป็นระยะเวลา 120 ชั่วโมง และมีประสบการณ์ในการทดสอบผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ (รวมทั้งผลิตภัณฑ์ซอสต่างๆ ได้แก่ ซอสปรุงรส ซอสถั่วเหลือง ซอสหอยนางรม) ไม่น้อยกว่า 2,000 ชั่วโมง ทำการประเมินความเข้มของรสเค็มและรสอูมามิของตัวอย่างซอสปรุงรสโดยใช้หลักการของการทดสอบเชิงพรรณนา คือมีการกำหนดตัวอย่างอ้างอิงและคะแนนความเข้มของตัวอย่างอ้างอิงเป็นหลักเปรียบเทียบในการให้คะแนนตัวอย่างทดสอบ (Meilgaard *et al*., 2006) ผู้ทดสอบแต่ละคนชิมตัวอย่างแล้วให้คะแนนความเข้มของรสเค็มและรสอูมามิ โดยสเกลที่ใช้คือสเกลเส้นตรงความยาว 15 เซนติเมตร ที่มีคะแนน 0 – 15 (ไม่มี-มากที่สุด) ความละเอียดของสเกลช่องละ 0.1 คะแนน ผู้ทดสอบทานแครกเกอร์ชนิดจืด และดื่มน้ำเพื่อล้างปากก่อนทดสอบแต่ละตัวอย่าง รวมทั้งพักระหว่างตัวอย่างนาน 10 นาที เพื่อลดรสตกค้างจากตัวอย่างก่อนหน้า ทำการทดสอบตัวอย่างละ 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (Multivariate Analysis of Variance: MANOVA) ใช้ข้อมูลของผู้ทดสอบเป็นรายบุคคลในการวิเคราะห์ โดยแหล่งของความแปรปรวนมาจากตัวอย่าง (sample) ผู้ทดสอบ (panelist) ซ้ำ (replication) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ (sample x panelist, sample x replication และ panelist x replication) รายงานความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้มของลักษณะต่าง ๆ ระหว่างตัวอย่างที่ระดับนัยสำคัญ ($\alpha$) เท่ากับ 0.05 หรือระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลที่ได้จะทำให้สามารถกำหนดปริมาณของกลิ่นซอสถั่วเหลืองที่ช่วยให้การรับรู้รสเค็มของผู้บริโภคเพิ่มขึ้นได้ และนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำโดยไม่กระทบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสเค็มของผลิตภัณฑ์ นำซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำจากทั้งสองกรรมวิธีมาวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE L* a* b* และปริมาณน้ำอิสระ คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ปริมาณกรดอะมิโน ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ทำ 3 ซ้ำการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาประเมินความแตกต่างโดยวิเคราะห์ t-test : Independent two sample t-test และศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อสิ่งทดลองทั้ง 2 สูตรเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมและสูตรทางการค้า นำข้อมูลมาประเมินความแตกต่างโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

กรรมวิธีการทดลอง

เปรียบเทียบค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสสูตรโซเดียมต่ำที่ได้ 2 วิธีด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Independent two sample t-test

กรรมวิธีที่ 1 วิธีการตกผลึกเกลือโซเดียม

กรรมวิธีที่ 2 วิธีการใช้กลิ่นเสริมรสเค็ม

4. การคำนวณต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ
   คำนวณต้นทุนการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำตามวิธีของวิทยาลัยการจัดการ (2548)

**การทดลองที่ 1.2** การผลิตโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากโปรตีน

**สิ่งที่ใช้ในการทดลอง**

- เห็ดฟางระยะดอกบาน
- โซเดียมไฮดรอกไซด์
- กรดอะซิติก
- โซเดียมคลอไรด์
- เทอร์ท-บิวทานอล
- เกลือแอมโมเนียมซัลเฟต
- ไดอะไลซิสทิวบ์ ขนาด 2 กิโลดาลตัน

**วิธีดำเนินงาน/ขั้นตอนการวิจัย**

1. การเตรียมเห็ดฟางอบแห้งโดยใช้การอบแห้งแบบลมร้อน

กรมวิชาการเกษตร

คัดเลือกเห็ดฟางระยะดอกบานมาล้างทำความสะอาด วางทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำจนแห้ง หั่นตามยาวความหนา 2.0±0.5 มิลลิเมตร นำเรียงในถาดและอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำตัวอย่างเห็ดฟางอบแห้งที่ได้มาศึกษาปริมาณร้อยละผลผลิต ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตและเถ้า ทำ 3 ซ้ำการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละ

2. ศึกษาวิธีการสกัดโปรตีนจากเห็ดฟางเพื่อให้ได้กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูง

เปรียบเทียบวิธีการสกัดโปรตีนจากเห็ดฟาง 2 วิธี ดังนี้

1) วิธีละลายด้วยกรด ดัดแปลงจากกันยารัตน์ (2545) นำเห็ดฟางอบแห้งมาปั่นละเอียด เติมตัวทำละลาย 0.1 โมลาร์โซเดียมไฮดรอกไซด์ แช่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบาง ล้างด้วยน้ำเย็นจนกระทั่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง แล้วสกัดต่อด้วยกรดอะซิติก 0.54 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองของเหลว และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 rpm อุณหภูมิ 4°C นำสารละลายใสไปตกตะกอนโปรตีนโดยโซเดียมคลอไรด์ จนกระทั่งได้ความเข้มข้นสุดท้าย 3 โมลาร์ ในอ่างน้ำแข็ง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 rpm อุณหภูมิ 4°C เก็บตะกอนที่ได้ นำไปละลายด้วยกรดอะซิตริกความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาตร 10 เท่าของปริมาณตะกอนและทำการ dialysis ในกรดอะซิตริก 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 40 เท่าของตะกอน เป็นเวลา 16 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 4°C จากนั้นทำการ dialysis ในน้ำกลั่นจนกระทั่งค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง นำตะกอนที่ได้ไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (ภาพที่ 2)

2) วิธี Three-phase partitioning (TPP) ดัดแปลงจาก Suphat and Saroat (2015) นำตัวอย่างเห็ดอบแห้งแช่น้ำในอัตราส่วน 1:9 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร คั้นของเหลวผ่านผ้าขาวบาง และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8000 rpm นำสารละลายตัวอย่างผสมกับเทอร์ท-บิวทานอล ในอัตราส่วน 1:2 เติมเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ละลายส่วนผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer นำตัวอย่างไปเขย่าแล้วปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 rpm นำตะกอนโปรตีนจากชั้นกลางไปทำ dialysis เพื่อกำจัดเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตออก ก่อนนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง (ภาพที่ 3)

กรรมวิธีการทดลอง

เปรียบเทียบค่าคุณภาพของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางที่ได้จากวิธีสกัด 2 วิธีด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Independent two sample t-test

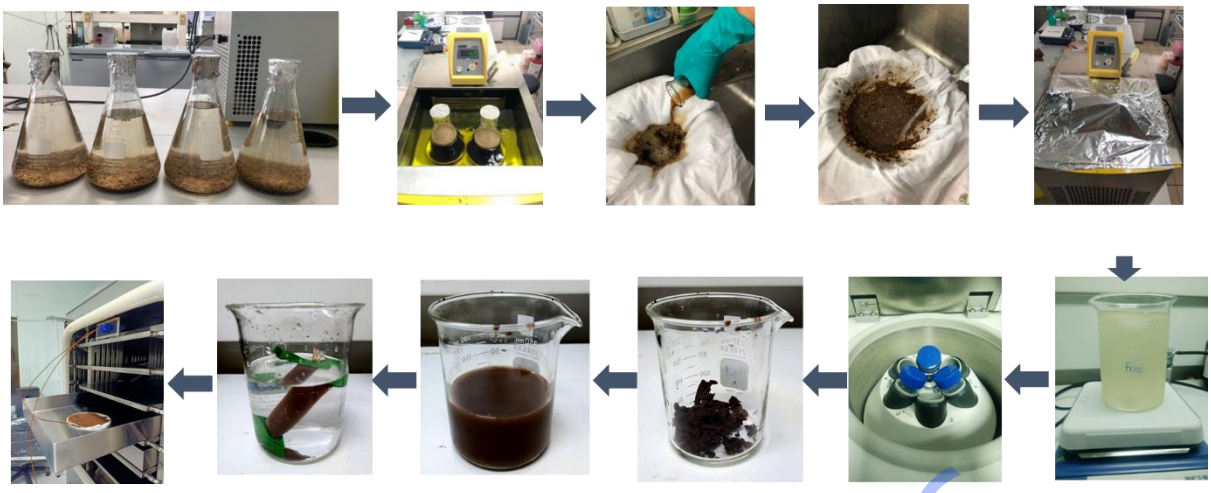
ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ กรรมวิธีการสกัดโปรตีนจากเห็ดฟาง 2 วิธี

กรรมวิธีที่ 1 วิธีละลายด้วยกรด

กรรมวิธีที่ 2 วิธี Three-phase partitioning (TPP)

นำโปรตีนสกัดที่ได้จากทั้ง 2 วิธีมาศึกษาคุณภาพ ดังนี้ คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ปริมาณน้ำอิสระและปริมาณความชื้น วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ทำ 3 ซ้ำการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาประเมินความแตกต่างด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ t-test: Independent two sample t-test เพื่อคัดเลือกวิธีการสกัดโปรตีนที่ให้ร้อยละผลผลิต ปริมาณโปรตีนรวม ปริมาณกรดอะมิโนสูง เพื่อนำมาศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน ได้แก่ ความสามารถในการละลายน้ำ (ดัดแปลงจาก Shahidi *et al*., 1995) การเกิดฟอง (ดัดแปลงจาก Shahidi *et al.,* 1995) และการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (ดัดแปลงจาก Pearce and Kinsella, 1978)

กรมวิชาการเกษตร



**ภาพที่ 2** กระบวนการสกัดโปรตีนจากเห็ดฟางด้วยวิธีละลายด้วยกรด

**ภาพที่ 3** กระบวนการสกัดโปรตีนจากเห็ดฟางด้วยวิธี Three-phase partitioning (TPP)

3. การประยุกต์ใช้โปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์อาหาร

ประยุกต์ใช้โปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางเพื่อพัฒนาเป็นเครื่องดื่มโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง ดังนี้

1) การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของเครื่องดื่มโปรตีนผสมธัญญาหาร เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ผลิตเครื่องดื่มโปรตีนผสมธัญญาหารจากสูตรพื้นฐานที่แตกต่างกัน 2 สูตร (ตารางที่ 1) จากนั้นทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์ ด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สีน้ำตาล กลิ่นรสโดยรวม รสชาติโดยรวม เนื้อสัมผัสภายในปาก กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Points Hedonic scale โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด นำข้อมูลที่ได้มาประเมินความแตกต่างด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ t-test : Pair Two Sample for Means เกณฑ์การคัดเลือกสูตรพื้นฐาน คือ คัดเลือกสูตรพื้นฐานที่มีคะแนนความชอบมากที่สุด สูตรพื้นฐานที่คัดเลือกได้จะนำมาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มโปรตีนสกัดต้นแบบ เพื่อใช้ในการศึกษาการทดแทนโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง

กรมวิทยาศาสตร์

**ตารางที่ 1** สูตรพื้นฐานการผลิตเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัด

| ส่วนผสม | สูตรที่ 1 (ร้อยละ) | สูตรที่ 2 (ร้อยละ) |
|---|---|---|
| โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง | 12.10 | 14.00 |
| ธัญญาหารรวม | 34.72 | 56.77 |
| น้ำตาลทราย | 9.40 | 5.30 |
| ครีมเทียม (transfat free) | 12.48 | 7.23 |
| นมผงขาดมันเนย | 10.00 | - |
| มอลโตเด็กซ์ตริน | 20.00 | 16.70 |
| กลิ่นวนิลา | 1.30 | - |

2) ศึกษาระดับของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีน

สูตรการผลิตเครื่องดื่มโปรตีนผสมธัญญาหารที่คัดเลือกได้ตามข้อ 1) นำมาทดแทนโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองในสูตรการผลิตด้วยโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง 4 ระดับ ได้แก่ ทดแทนที่ระดับร้อยละ 100, 75, 50 และ25 นำไปทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์ ด้านความชอบโดยรวม ลักษณะปรากฏ สีน้ำตาล กลิ่นรสโดยรวม ความข้นหนืด รสชาติโดยรวม เนื้อสัมผัสภายในปาก กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Points Hedonic scale โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และความพอดี Just about right scale วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) นำข้อมูลมาประเมินความแตกต่างโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test เกณฑ์การคัดเลือกระดับโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางที่เหมาะสม คือ คัดเลือกสูตรของเครื่องดื่มโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากที่สุด

3) ศึกษาค่าคุณภาพของเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง

ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีในระบบ CIE L* a* b* คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

**การทดลองที่ 3** การผลิตสารสกัดจากเห็ดฟางและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

**สิ่งที่ใช้ในการทดลอง**

- เห็ดฟางในระยะดอกตูม และระยะดอกบาน
- เอนไซม์อัลคาเลส
- โซเดียมไฮดรอกไซด์
- น้ำกลั่น
- สารผลิตเครื่องสำอาง ได้แก่ คาร์โบพอล ไตรเอทาโนลาไมน์ ไดโซเดียม อีดีทีเอ กลีเซอรีน วิสโคลาม ซิเทริลแอลกอฮอล์ อิมัลซิไฟอิง- แวกซ์ พีอีจี40 ไฮโดรจีเนท แคสเตอร์ออยล์ น้ำมันมะกอกสกัดเย็น ไอโซโพรพิล ไมริสเตท วิตามินอี อะซิเตท วิตามินบี 3 วิตามินบี 5 วิตามินซีเครื่องสำอาง กรดไกลคอลิค น้ำมันหอมระเหย หัวน้ำหอม สารกันเสีย

**วิธีดำเนินงาน/ขั้นตอนการวิจัย**

1. การเตรียมเห็ดฟางดอกตูม และเห็ดฟางดอกบานอบแห้งปั่นละเอียด

เตรียมเห็ดฟางทั้ง 2 ระยะ ได้แก่ ระยะดอกตูม และระยะดอกบาน โดยมานำเห็ดฟางมาล้างทำความสะอาด วางทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำจนแห้ง สำหรับเห็ดตูมนำเข้าเครื่องสไลด์เป็นแผ่น ๆ สำหรับเห็ดบานแยกส่วนหัว และส่วนขาออกจากกันส่วนหัวหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ และส่วนขาฉีกเป็นเส้นเล็ก ๆ นำไปเรียงในถาด อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60-70°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง นำเห็ดฟางที่แห้งแล้วทั้ง 2 ระยะมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น นำเห็ดฟางแห้งที่บดแล้วไปวิเคราะห์ร้อยละผลผลิตที่ได้ปริมาณความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าสี องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน 15 ชนิด

สถาบันการกีฬา

2. การสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางด้วยการย่อยโดยเอนไซม์อัลคาเลส

สกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่กรรมวิธีต่าง ๆ จากนั้นคัดเลือกกรรมวิธีการย่อยที่ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูงที่สุด ไปประยุกต์ใช้ในโลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทสกัดจากเห็ดฟาง

กรรมวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design 8 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เห็ดฟางในระยะดอกตูม สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 เห็ดฟางในระยะดอกตูม สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 เห็ดฟางในระยะดอกตูม สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 เห็ดฟางในระยะดอกตูม สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 5 เห็ดฟางในระยะดอกบาน สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 6 เห็ดฟางในระยะดอกบาน สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 7 เห็ดฟางในระยะดอกบาน สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 8 เห็ดฟางในระยะดอกบาน สกัดด้วยเอนไซม์ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง

ขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนี้ นำเห็ดฟางบดละเอียดที่เตรียมไว้มาใส่ในน้ำกลั่นที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก กวนผสมด้วยเครื่องกวนตลอดเวลา ให้ความร้อนสารละลายที่อุณหภูมิ 50°C ปรับ pH เป็น 8.0 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 mol/L เติมเอนไซม์สำหรับย่อยโปรตีน (อัลคาเลส) ในอัตราส่วนเอนไซม์ต่อวัตถุดิบเห็ดฟางแห้งคือ 1:20 ควบคุมอุณหภูมิและ pH ให้มีค่าคงที่ โดยปรับ pH ที่แบ่งเป็นช่วงเวลาคือ 15, 15, 30, 30 นาที จากนั้นขยับเป็น 60 นาที ตามลำดับ หลังจากนั้นจะปรับทุก 60 นาที กวนผสมตลอดระยะเวลาตามกรรมวิธี เนื่องจากการย่อยจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรก และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อเวลานานขึ้น นำสารละลายไปต้มในอ่างต้มน้ำที่อุณหภูมิ 85°C 15 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยาการย่อย ทำให้สารละลายเย็นลงจนมีอุณหภูมิห้อง กรองสารละลายด้วยตะแกรงขนาดละเอียดเพื่อนำกากเห็ดฟางออก นำไปเหวี่ยงทิ้งตะกอนด้วยเครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง จะได้ส่วนของเหลวใสสีน้ำตาล นำส่วนที่เป็นของเหลวใสไปทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -70°C ระยะเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อแห้งแล้วเก็บตัวอย่างใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยล์แล้วปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิ -25°C วิเคราะห์ค่าคุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณกรดอะมิโน 15 ชนิด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางโดยใช้ Kojic acid เป็นสารมาตรฐาน

3. การประยุกต์ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทสกัดจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ได้แก่ โลชันบำรุงผิว

นำโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่ผ่านการคัดเลือกจากกรรมวิธีที่ดีที่สุดมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิว โดยนำสูตรโลชันทั่วไปมาปรับสูตรเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและมีความคงตัวหลังการทดสอบความคงตัวที่สภาวะแบบเร่งร้อนสลับเย็น วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design 9 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ดังตารางที่ 2 มีขั้นตอนการเตรียมโลชัน ดังนี้

1) การเตรียมเจลสำหรับผสมในโลชัน (สำหรับกรรมวิธีที่ 4 - 9) โดยค่อยๆละลาย Carbopol 940 ในน้ำตามกรรมวิธี ปั่นด้วยหัวปั่นเอนกประสงค์จน Charbopol 940 พองตัวจนหมด

2) เติม Triethanolamine แล้วกวนผสมให้เข้ากัน จะเกิดเนื้อเจลใสขึ้น พักไว้

3) การเตรียมวัฏภาคน้ำ โดยละลายสารสารต่างๆ ที่ละลายในน้ำเข้าด้วยกัน (เฟส B ยกเว้น Viscolam at 100P) ทำให้ร้อนบนหม้ออังไอน้ำ จนถึงอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

4) การทำให้เกิดเนื้อครีม โดยค่อยๆ เติมเฟส B ที่ละลายไว้ลงใน Viscolam AT 100P กวนผสมให้เป็นเนื้อครีมด้วยหัวปั่นเอนกประสงค์ จะได้เนื้อครีมวัฏภาคน้ำ

5) การเตรียมวัฏภาคน้ำมัน โดยหลอมองค์ประกอบส่วนที่มีน้ำมันบนหม้ออังไอน้ำ (เฟส C ทั้งหมด) ทำให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิ 60°C จนของแข็งละลายหมด พักไว้ จนอุณหภูมิลงจนเหลือ 40°C

6) การทำให้เกิดอิมัลชั่น (เนื้อโลชัน) โดยเติมเฟส C ลงในของผสมเฟส B พร้อมปั่นจนเกิดเนื้อครีมขึ้น

7) (สำหรับกรรมวิธีที่ 4-9 ผสมเจลที่เตรียมจากข้อ 2) ลงใน 6) แล้วปั่นผสมให้เข้ากัน

8) ละลายโปรตีนไฮโดรไลเซท และสารในเฟส D ทั้งหมด ให้เข้ากันบนหม้ออังไอน้ำ จนถึงอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

9) สำหรับกรรมวิธี 1-3 ให้ใส่สารสำคัญจาก 8) ลงใน 6) ปั่นผสมให้เข้ากัน จะได้โลชัน

10) สำหรับ กรรมวิธี 4-9 ให้ใส่สารสำคัญจาก 8) ลงใน 7) ปั่นผสมให้เข้ากัน จะได้โลชันเนื้อกึ่งเซรั่ม

กรมวิชาการเกษตร

11) ใส่สารในเฟส E ลงใน 9) และ 10) จากนั้นปั่นผสมให้เข้ากัน

12) วิเคราะห์ค่าสี และความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์

การทดสอบความคงตัวแบบเร่ง (Accelerated Storage Test) โดยการเร่งด้วยอุณหภูมิเย็นสลับร้อนและสภาวะการเก็บ โดยการเก็บผลิตภัณฑ์ที่เตรียมเสร็จ แบ่งใส่ขวดพลาสติกใสแบบฝาปั๊มขนาด 100 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวที่ไม่เคยเปิดฝาบรรจุภัณฑ์มาก่อนที่อุณหภูมิ 4 ± 2°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 45 ± 2°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำเช่นนี้สลับกันจนครบ 4 ครั้ง จากนั้นนำมาวางไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบลักษณะทั่วไปเปรียบเทียบกับสภาพเดิมของผลิตภัณฑ์ (มอก. เอส 15-2561) ซึ่งจะได้ความคงตัวตลอดอายุเครื่องสำอาง โดยปกติปริมาณ 3 ปี ทำการบันทึกผล สี การแยกชั้น ค่าความเป็นกรดด่าง

ทดสอบเพื่อคัดเลือกความชอบด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 25 คน ด้วยวิธี 7 point hedonic scale เพื่อคัดเลือกกรรมวิธีที่ชื่นชอบที่สุด โดยทดสอบ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความเหนียวเหนอะหนะ การซึมสู่ผิว และการยอมรับผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์สารปนเปื้อนและค่าจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์สุดท้ายตาม มอก. เอส 15-2561 เรื่องผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพรได้แก่ ตะกั่ว ปรอท สารหนู และแบเรียมที่ละลายได้ (Julshamn *et al.*,2013) จุลินทรีย์ปนเปื้อน ได้แก่ Totol Aerobic Plate count, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* และ *Clostridium spp*.

4. คำนวณต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 2** ส่วนผสมในแต่ละกรรมวิธีการทดลองการผลิตโลชันผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

| เฟส | ลำดับ | ชนิดสารเคมี | กรรมวิธี | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| A | 1 | Carbopol 940 | - | - | - | 0.05 | 0.10 | 0.10 | 0.15 | 0.10 | 0.15 |
| A | 2 | Distrilled water | - | - | - | 49.45 | 49.40 | 49.40 | 49.35 | 49.40 | 49.35 |
| A | 3 | Triethanolamine | - | - | - | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| B | 4 | Distrilled water | 67.88 | 72.38 | 72.38 | 25.42 | 25.42 | 27.67 | 27.68 | 28.67 | 28.68 |
| B | 5 | Disodium EDTA | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| B | 6 | Glycerine | 3.00 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 |
| C | 7 | Viscolam at 100P | 2.00 | 2.00 | 1.50 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 0.75 | 0.75 |
| D | 8 | Cetearly alcohol | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| D | 9 | E-wax | 3.00 | 1.00 | 1.00 | 1.50 | 1.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| D | 10 | PEG 40 | 2.00 | 1.00 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 0.50 | 0.50 | 0.75 | 0.75 |
| D | 11 | Extra virgin olive oil | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| D | 12 | Isopropyl Myristate | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| D | 13 | Vitamin E Acetate | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20 |
| E | 14 | Niacinamide | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| E | 15 | Pantothenic acid | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| E | 16 | Sodium Ascorbyl Phosphate | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| E | 17 | Hydrolized mushroom | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| E | 18 | Distrilled water | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 | 7.00 |
| E | 19 | Glycolic acid | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 |
| F | 20 | Lavender Essential oil | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| F | 21 | Fragrant | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| F | 22 | Microcare (PHC) | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| | | **Total** | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

**3. การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี**

☑ ไม่มี ☐ มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่..... (โปรดแสดงหลักฐานในภาคผนวก)

☐ เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

☐ เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

กรมวิชาการเกษตร

# บทที่ 3 ผลการศึกษา

**3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ**

**การทดลองที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ**

1. ศึกษาสภาวะการอบแห้งเห็ดฟางที่เหมาะสม

ผลการศึกษาค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเห็ดฟางอบแห้งทั้ง 24 กรรมวิธี (ตารางที่ 3) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ค่าสี

จากการทดลองพบว่า ค่าสีของเห็ดฟางอบแห้งทั้ง 24 กรรมวิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิและเวลามีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว-แดง (a*) และค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) ซึ่งพบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการอบเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เห็ดฟางอบแห้งมีความสว่างและค่าสีน้ำเงิน-เหลืองมีลดลง ขณะที่ค่าสีเขียว-แดงมีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่าความสว่างของเห็ดฟางอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C มีค่าอยู่ระหว่าง 38.18-40.45 ที่อุณหภูมิ 60°C มีค่าอยู่ระหว่าง 36.08-37.26 ที่อุณหภูมิ 70°C มีค่าอยู่ระหว่าง 33.93-34.70 ค่าสีน้ำเงิน-เหลืองที่อุณหภูมิ 50°C มีค่าอยู่ระหว่าง -1.10- -0.44 ที่อุณหภูมิ 60°C มีค่าอยู่ระหว่าง -1.99- -1.65 ที่อุณหภูมิ 70°C มีค่าอยู่ระหว่าง -3.48- -2.13 ค่าสีเขียว-แดงที่อุณหภูมิ 50°C มีค่าอยู่ระหว่าง 3.25-3.90 ที่อุณหภูมิ 60°C มีค่าอยู่ระหว่าง 4.01-4.33 ที่ 70°C มีค่าอยู่ระหว่าง 4.25-4.53

2) ปริมาณน้ำอิสระ

จากการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำอิสระของเห็ดฟางอบแห้งทั้ง 24 กรรมวิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิและเวลามีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำอิสระ ซึ่งพบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการอบเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เห็ดฟางอบแห้งมีปริมาณน้ำอิสระลดลง โดยที่อุณหภูมิในการอบแห้งที่ 50°Cเวลาในการอบ 6, 8 และ10 ชั่วโมงส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระมีค่าอยู่ระหว่าง 0.68-0.84 ขณะที่เวลาในการอบ 12 ชั่วโมงส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระอยู่ระหว่าง 0.49-0.51 เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบ 60°C พบว่า ที่เวลาในการอบทั้ง 4 ระดับ ส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.60 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.24-0.47 ที่อุณหภูมิ 70°C เวลาในการอบทั้ง 4 ระดับ ปริมาณน้ำอิสระมีค่าอยู่ระหว่าง 0.23-0.62

3) ปริมาณความชื้น

จากการทดลองพบว่า ปริมาณความชื้นของเห็ดฟางอบแห้งทั้ง 24 กรรมวิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยอุณหภูมิและเวลามีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้น ซึ่งพบว่า เมื่ออุณหภูมิและเวลาในการอบเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เห็ดฟางอบแห้งมีปริมาณความชื้นลดลง ที่อุณหภูมิในการอบแห้ง 50°C ตัวอย่างเห็ดฟางอบแห้งมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 11.17-18.59 ขณะที่อุณหภูมิในการอบ 60°C ปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 5.09-12.22 และที่อุณหภูมิในการอบ 70°C ปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 11.59-4.19

จากผลการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเห็ดฟางอบแห้งที่ใช้สภาวะในการอบแห้งแตกต่างกัน พบว่า ตัวอย่างเห็ดฟางอบแห้งที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.60 และปริมาณความชื้นไม่เกิน 10%) ได้แก่ อุณห ภูมิในการอบแห้ง 60°C เวลาในการอบ 6, 8, 10 และ12 ชั่วโมง และอุณหภูมิในการอบ 70°C เวลาในการอบ 8, 10 และ12 ชั่วโมงนำตัวอย่างเห็ดฟางอบแห้งที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเบื้องต้นไปวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญที่ให้รสอูมามิต่อไป

4) ปริมาณสารสำคัญที่ให้รสอูมามิ

จากการทดลองพบว่า ตัวอย่างเห็ดฟางอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C มีปริมาณสารสำคัญที่ให้รสอูมามิ ได้แก่ กรดกลูตามิกและกรดแอสพาร์ติกสูงกว่าที่อุณหภูมิ 70°C โดยที่อุณหภูมิ 60°C มีปริมาณกรดกลูตามิกอยู่ระหว่าง 6,707-6,974 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ขณะที่อุณหภูมิ 70°C มีปริมาณอยู่ระหว่าง 6,358-6,593 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง
เมื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสพาร์ติก พบว่า ที่อุณหภูมิ 60°C มีปริมาณอยู่ระหว่าง 2,613-2,865 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง ขณะที่อุณหภูมิ 70°C มีปริมาณอยู่ระหว่าง 2,590-2,696 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง

ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งเห็ดฟางเพื่อให้มีปริมาณสารสำคัญที่ให้รสอูมามิสูงที่สุด และมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เห็ดฟางอบแห้งที่ได้สามารถเก็บรักษาได้นาน โดยเชื้อราและยีสต์ที่ทนแห้งไม่สามารถเจริญได้ (วลัยรัตน์, 2549) นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตซอสปรุงรสต่อไป คือ อุณหภูมิ 60°C เวลาในการอบแห้ง 8 ชั่วโมง

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 3** ค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเห็ดฟางอบแห้ง

| สิ่งทดลองที่ | สภาวะการอบแห้ง | คุณภาพทางกายภาพ | | | | คุณภาพทางเคมี | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ค่าสี | | | ปริมาณน้ำอิสระ | ปริมาณความชื้น | กรดกลูตามิก | กรดแอสพาร์ติก |
| | | L* | a* | b* | | (%) | (mg/100g) | (mg/100g) |
| | **เห็ดฟางจากตลาดสดทั่วไป** | | | | | | | |
| 1 | 50°C, 6 ชั่วโมง | 39.02bc | 3.25i | -0.60bc | 0.84a | 17.75b | - | - |
| 2 | 50°C, 8 ชั่วโมง | 39.54b | 3.68g | -0.70d | 0.75b | 15.17d | - | - |
| 3 | 50°C, 10 ชั่วโมง | 39.22bc | 3.90ef | -0.44a | 0.71c | 13.53e | - | - |
| 4 | 50°C, 12 ชั่วโมง | 40.45a | 3.82efg | -0.69cd | 0.49fg | 11.17fg | - | - |
| 5 | 60°C, 6 ชั่วโมง | 38.18d | 3.70fg | -1.96i | 0.46g | 11.93fg | - | - |
| 6 | 60°C, 8 ชั่วโมง | 37.39e | 4.43abc | -1.67g | 0.36hi | 6.31h | 6,974 | 2,865 |
| 7 | 60°C, 10 ชั่วโมง | 36.15g | 4.28bc | -1.99i | 0.35ij | 6.14hi | 6,788 | 2,613 |
| 8 | 60°C, 12 ชั่วโมง | 36.08g | 4.33abc | -1.65g | 0.24mn | 5.09jk | 6,707 | 2,740 |
| 9 | 70°C, 6 ชั่วโมง | 33.93i | 4.25bcd | -3.48n | 0.59e | 11.34fg | - | - |
| 10 | 70°C, 8 ชั่วโมง | 35.02h | 4.32bc | -3.02k | 0.32jk | 5.22jk | 6,451 | 2,696 |
| 11 | 70°C, 10 ชั่วโมงs | 35.00h | 4.53a | -3.02k | 0.30kl | 4.50fg | 6,389 | 2,630 |
| 12 | 70°C, 12 ชั่วโมง | 36.01g | 4.26cd | -2.13j | 0.23n | 4.21jk | 6,358 | 2,611 |

**หมายเหตุ** a-k หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 3 (ต่อ)**

| สิ่งทดลองที่ | สภาวะการอบแห้ง | คุณภาพทางกายภาพ | | | | | คุณภาพทางเคมี | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ค่าสี | | | ปริมาณน้ำอิสระ | ปริมาณความชื้น | กรดกลูตามิก | กรดแอสพาร์ติก |
| | | L* | a* | b* | | (%) | (mg/100g) | (mg/100g) |
| | **เห็ดฟางจากฟาร์มเกษตรกร** | | | | | | | |
| 13 | 50°C, 6 ชั่วโมง | 38.18d | 3.65gh | -0.92e | 0.84a | 18.59a | - | - |
| 14 | 50°C, 8 ชั่วโมง | 38.26d | 3.44hi | -0.87e | 0.76b | 16.51c | - | - |
| 15 | 50°C, 10 ชั่วโมง | 38.53cd | 3.78fg | -0.54ab | 0.68c | 13.49e | - | - |
| 16 | 50°C, 12 ชั่วโมง | 39.70b | 3.65g | -1.10f | 0.51f | 11.55fg | - | - |
| 17 | 60°C, 6 ชั่วโมง | 36.92ef | 3.75fg | -1.60g | 0.47g | 12.22f | - | - |
| 18 | 60°C, 8 ชั่วโมง | 37.26e | 4.01de | -1.66g | 0.39h | 6.39h | 6,819 | 2,735 |
| 19 | 60°C, 10 ชั่วโมง | 36.42fg | 4.26bc | -1.85h | 0.32jk | 6.17hi | 6,804 | 2,749 |
| 20 | 60°C, 12 ชั่วโมง | 36.40fg | 4.30bcd | -1.97i | 0.30kl | 5.13jk | 6,730 | 2,688 |
| 21 | 70°C, 6 ชั่วโมง | 34.09i | 4.37abc | -3.25l | 0.62d | 11.59fg | - | - |
| 22 | 70°C, 8 ชั่วโมง | 34.70hi | 4.46ab | -3.36m | 0.32jk | 5.52ij | 6,593 | 2,608 |
| 23 | 70°C, 10 ชั่วโมง | 34.69hi | 4.48ab | -3.22l | 0.33ijk | 4.72hij | 6,480 | 2,620 |
| 24 | 70°C, 12 ชั่วโมง | 34.31hi | 4.35abc | -3.40mn | 0.26lm | 4.19l | 6,390 | 2,590 |

**หมายเหตุ** a-k หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
เครื่องหมาย – หมายถึง ไม่ทำการตรวจวิเคราะห์รายการดังกล่าว

กรมวิชาการเกษตร

**ภาพที่ 4** เห็ดฟางระยะดอกบานเพื่อใช้ในการอบแห้ง

**ภาพที่ 5** การอบแห้งเห็ดฟางด้วยตู้อบลมร้อน

กรมวิชาการเกษตร

อบแห้ง 50 องศาเซลเซียส

เวลาอบ 6 ชั่วโมง

เวลาอบ 8 ชั่วโมง

เวลาอบ 10 ชั่วโมง

เวลาอบ 12 ชั่วโมง

อบแห้ง 60 องศาเซลเซียส

เวลาอบ 6 ชั่วโมง

เวลาอบ 8 ชั่วโมง

เวลาอบ 10 ชั่วโมง

เวลาอบ 12 ชั่วโมง

อบแห้ง 70 องศาเซลเซียส

เวลาอบ 6 ชั่วโมง

เวลาอบ 8 ชั่วโมง

เวลาอบ 10 ชั่วโมง

เวลาอบ 12 ชั่วโมง

กรมวิชาการเกษตร

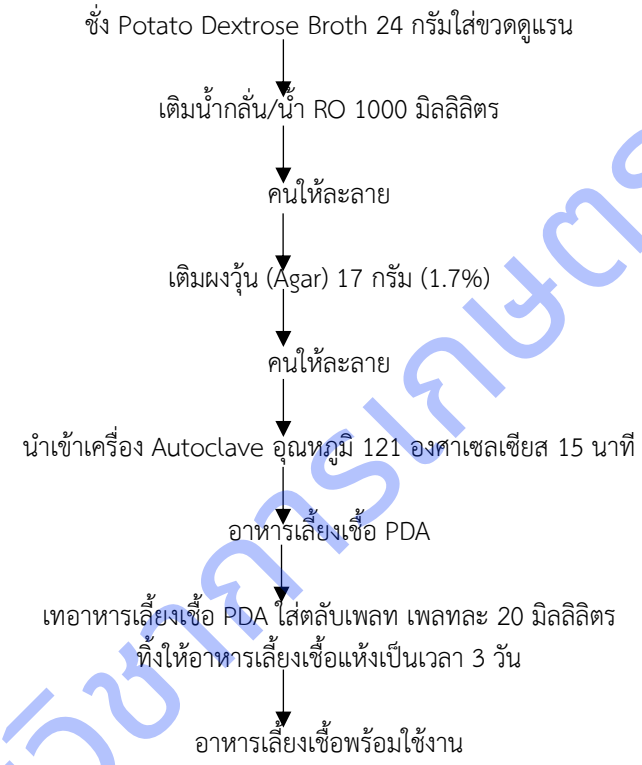
**ภาพที่ 6** ตัวอย่างเห็ดฟางอบแห้งแต่ละสภาวะ

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเห็ดฟางอบแห้ง ถั่วเหลือง และแป้งข้าวเจ้าในการผลิตซอสปรุงรส

ผลิตโคจิจากถั่วเหลือง 100% และโคจิจากถั่วเหลืองผสมเห็ดฟางอบแห้ง โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างเห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า วางแผนการทดลองแบบMixture designได้กรรมวิธีทั้งสิ้น 7 กรรมวิธีเพื่อใช้ในการหมักซอสปรุงรส จากนั้นเริ่มการผลิตซอสปรุงรสจากการเลี้ยงหัวเชื้อ *Aspergillus oryzae* การเตรียมโคจิและการหมักซอสปรุงรส ดังกระบวนการในข้อ 2.1, 2.2 และ2.3 ดังนี้

2.1 การเลี้ยงหัวเชื้อ *Aspergillus oryzae*

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) สำหรับใช้เลี้ยงเชื้อ *Aspergillus oryzae*




**ภาพที่ 7** การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA)

กรมวิชาการเกษตร

**ภาพที่ 8** อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

**ภาพที่ 9** การเทอาหารเลี้ยงเชื้อใส่ตลับเพลท

หลังจากได้อาหารเลี้ยงเชื้อทำการถ่ายเชื้อ *Aspergillus oryzae* ลงบนตลับเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อกระบวนการตามภาพที่ 10

Streak เชื้อ *Aspergillus oryzae* ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จำนวน 1 เพลท

↓

รอเป็นเวลา 3 วัน ดูการเจริญเติบโตของเชื้อและดูว่ามีการปนเปื้อนของเชื้ออื่นหรือไม่
หากไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อชนิดอื่น นำเชื้อดังกล่าวเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

↓

ตัดชิ้นวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อบริเวณที่มีการเจริญเติบโตของเชื้อ *Aspergillus oryzae*
ตรงบริเวณขอบที่มีเชื้อเจริญใหม่ๆ

↓

ถ่ายเชื้อลงเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อันใหม่วางตรงกึ่งกลางเพลท

↓

ทิ้งไว้ให้เชื้อเจริญเป็นเวลา 7 วัน

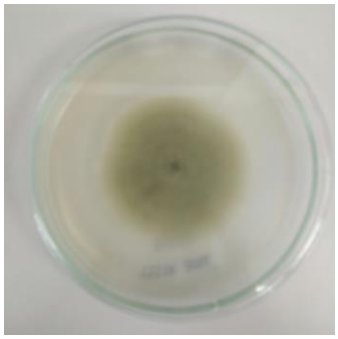
↓

ได้เชื้อ *Aspergillus oryzae* ที่พร้อมใช้งาน

**ภาพที่ 10** การถ่ายเชื้อ *Aspergillus oryzae* ลงตลับเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อ

**ภาพที่ 11** การตัดแบ่งเชื้อบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ

**ภาพที่ 12** การวางเชื้อบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA



**ภาพที่ 13** เชื้อ *Aspergillus oryzae* หลังจากเลี้ยงบน PDA เป็นเวลา 7 วัน

กรมวิชาการเกษตร

หลังจากที่เชื้อ *Aspergillus oryzae* เจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 7 วัน นำมาเตรียมสารละลายเชื้อ *Aspergillus oryzae* เพื่อนำไปผลิตโคจิ กระบวนการตามภาพที่ 14

ขูดสปอร์เชื้อ *Aspergillus oryzae* จากเพลท

↓

ใส่ขวดน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ปริมาณน้ำ 30 มิลลิลิตร

↓

สารละลายเชื้อ *Aspergillus oryzae*

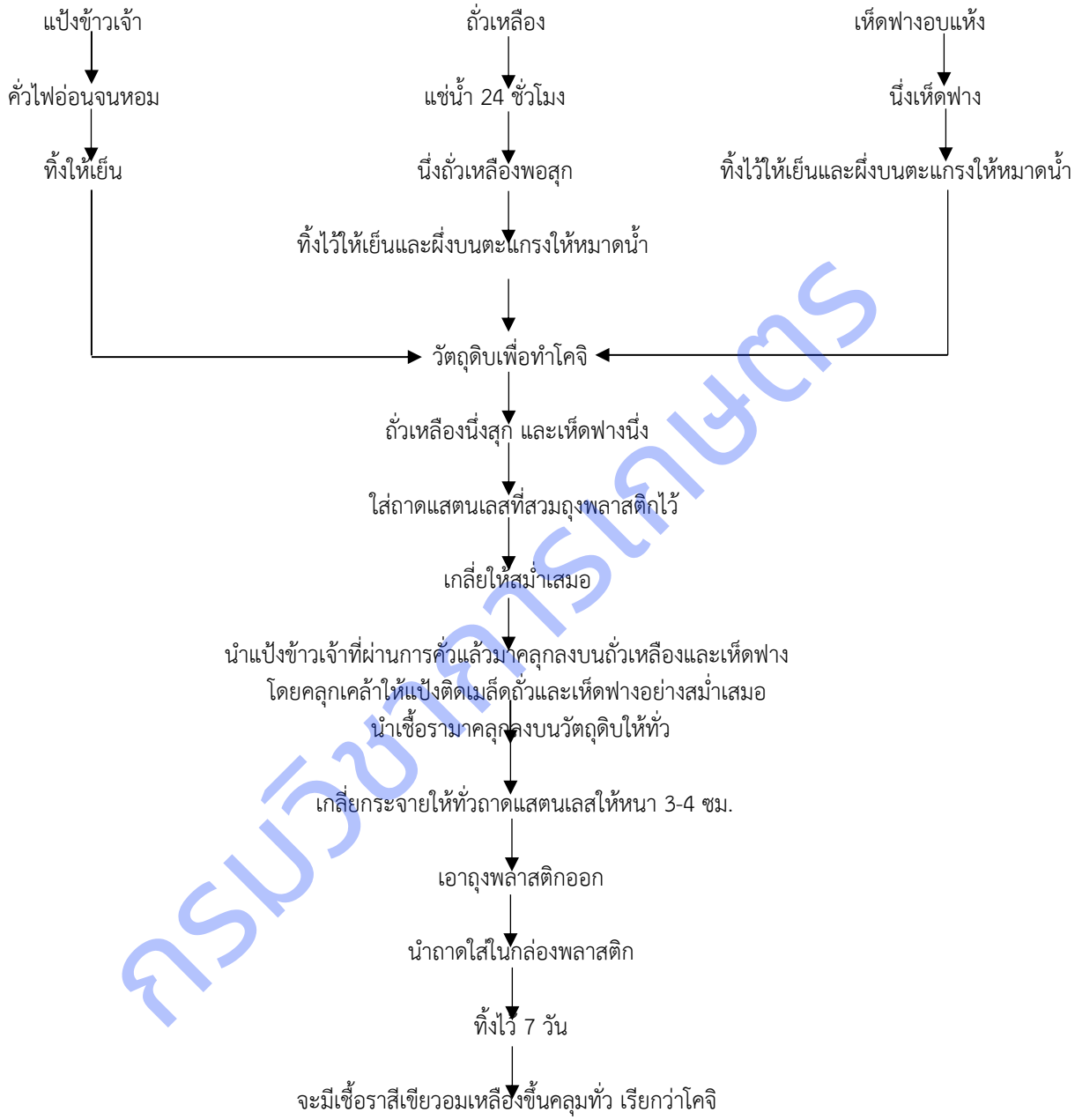
**ภาพที่ 14** การเตรียมสารละลายเชื้อ *Aspergillus oryzae*

**ภาพที่ 15** สารละลายเชื้อ *Aspergillus oryzae*

กรมวิชาการเกษตร

2.2 การเตรียมโคจิ

หลังจากได้สารละลายเชื้อ *Aspergillus oryzae* ทำการเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิตโคจิสำหรับหมักซอสปรุงรส โดยส่วนผสมได้แก่ เห็ดฟางอบแห้ง ถั่วเหลือง และแป้งข้าวเจ้า โดยผลิตโคจิจากถั่วเหลือง 100% และโคจิจากเห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า 7 กรรมวิธี กระบวนการเตรียมโคจิแสดงดังภาพที่ 16




**ภาพที่ 16** การผลิตโคจิ

กรมวิชาการเกษตร

ถั่วเหลืองนึ่งสุก

เห็ดฟางอบแห้งนึ่ง

แป้งข้าวเจ้าคั่ว

**ภาพที่ 17** วัตถุดิบในการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง

**ภาพที่ 18** ส่วนผสมระหว่าง ถั่วเหลือง แป้งข้าวเจ้า และเชื้อ *Aspergillus oryzae* วันที่ 0

**ภาพที่ 19** ส่วนผสมระหว่าง ถั่วเหลือง เห็ดฟาง แป้งข้าวเจ้า และเชื้อ *Aspergillus oryzae* วันที่ 0

กรมวิชาการเกษตร

หลังจากผลิตโคจิเป็นเวลา 7 วัน ได้ลักษณะปรากฏของกรรมวิธีการผลิตโคจิทั้ง 7 กรรมวิธี ดังนี้

โคจิจากกรรมวิธีที่ 1

โคจิจากกรรมวิธีที่ 2

โคจิจากกรรมวิธีที่ 3

โคจิจากกรรมวิธีที่ 4

โคจิจากกรรมวิธีที่ 5

โคจิจากกรรมวิธีที่ 6

โคจิจากกรรมวิธีที่ 7

โคจิจากถั่วเหลือง 100%

**ภาพที่ 20** ลักษณะปรากฏของโคจิทั้ง 7 กรรมวิธีและโคจิจากถั่วเหลือง 100% วันที่ 7

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 4** ลักษณะปรากฏของโคจิทั้ง 7 กรรมวิธีที่มีอัตราส่วนระหว่างเห็ดฟางอบแห้ง ถั่วเหลือง และแป้งข้าวเจ้าแตกต่างกัน และโคจิจากถั่วเหลือง 100%

| กรรมวิธี | อัตราส่วน<br>เห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า | ลักษณะปรากฏวันที่ 0 | ลักษณะปรากฏวันที่ 7 |
|---|---|---|---|
| 1 | 50 : 45 : 5 | ตัวอย่างมีเห็ดฟางอบแห้งมาก แป้งสามารถเกาะติดบนเห็ดฟางและถั่วเหลืองได้บาง ๆ | โคจิมีเชื้อราสีเขียวขึ้นปกคลุมถั่วเหลืองและเห็ดฟางอบแห้งบางส่วน เชื้อราไม่ปกคลุมวัตถุดิบทั้งหมด |
| 2 | 50 : 40 : 10 | ตัวอย่างมีเห็ดฟางอบแห้งมาก แป้งสามารถเกาะติดบนเห็ดฟางและถั่วเหลืองได้บาง ๆ | โคจิมีเชื้อราสีเขียวขึ้นปกคลุมถั่วเหลืองและเห็ดฟางอบแห้งบางส่วน เชื้อราไม่ปกคลุมวัตถุดิบทั้งหมด |
| 3 | 45 : 40 : 15 | ตัวอย่างมีเห็ดฟางอบแห้งมากมีแป้งสามารถเกาะติดบนเห็ดฟางและถั่วเหลืองได้ทั่วถึงทั้งเห็ดฟางและถั่วเหลือง | โคจิมีเชื้อราสีเขียวขึ้นปกคลุมถั่วเหลืองและเห็ดฟางอบแห้งบางส่วน เชื้อราไม่ปกคลุมวัตถุดิบทั้งหมด |
| 4 | 40 : 50 : 10 | ตัวอย่างมีเห็ดฟางอบแห้งมากมีแป้งสามารถเกาะติดบนเห็ดฟางและถั่วเหลืองได้ทั่วถึงทั้งเห็ดฟางและถั่วเหลือง | โคจิมีเชื้อราสีเขียวขึ้นปกคลุมถั่วเหลืองและเห็ดฟางอบแห้งบางส่วน เชื้อราไม่ปกคลุมวัตถุดิบทั้งหมด |
| 5 | 30 : 55 : 15 | ตัวอย่างมีถั่วเหลืองมากกว่าเห็ดฟางอบแห้งมาก แป้งสามารถเกาะติดได้ทั่วถึงทั้งเห็ดฟางและถั่วเหลือง | โคจิมีเชื้อราสีเขียวขึ้นปกคลุมถั่วเหลืองทั้งหมดแต่ยังเหลือเห็ดฟางเล็กน้อยที่ยังคงไม่มีเชื้อราคลุม |
| 6 | 30 : 60 : 10 | ตัวอย่างมีถั่วเหลืองมากกว่าเห็ดฟางอบแห้งมาก แป้งสามารถเกาะติดได้ทั่วถึงทั้งเห็ดฟางและถั่วเหลือง | โคจิมีเชื้อราสีเขียวขึ้นปกคลุมถั่วเหลืองและเห็ดฟางทั้งหมด |
| 7 | 35 : 65 : 5 | ตัวอย่างมีถั่วเหลืองมากกว่าเห็ดฟางอบแห้งมาก แป้งสามารถเกาะติดบนเห็ดฟางและถั่วเหลืองได้บาง ๆ | โคจิมีเชื้อราสีเขียวขึ้นปกคลุมถั่วเหลืองและเห็ดฟางทั้งหมด |
| ถั่วเหลือง 100% | - | ถั่วเหลืองมีแป้งเกาะติดอยู่อย่างทั่วถึง | โคจิมีเชื้อราสีเขียวขึ้นปกคลุมถั่วเหลืองทั้งหมด |

กรมวิชาการเกษตร

หลังจากได้โคจิอายุ 7 วันทั้ง 7 กรรมวิธีและโคจิจากถั่วเหลือง 100% นำไปเข้าสู่ขั้นตอนการหมักซอสปรุงรส ดังนี้

2.3 การหมักซอสปรุงรส

นำโคจิอายุครบ 7 วัน นำเข้าสู่กระบวนการหมักซอสปรุงรส โดยนำโคจิมาเติมน้ำเกลือความเข้มข้น 20% และหมักไว้เป็นเวลา 3 เดือน ก่อนนำมาทดสอบคุณภาพของซอสปรุงรสที่ได้ ดังกระบวนการตามภาพที่ 21

นำโคจิใส่ภาชนะปริมาณ 1 กิโลกรัม

↓

เติมน้ำเกลือต้มสุกความเข้มข้น 20% ปริมาณ 4 ลิตร

↓

หมักไว้เป็นเวลา 3 เดือน

**ภาพที่ 21** การหมักโคจิด้วยน้ำเกลือ

การนำโคจิใส่ขวดโหล

ตัวอย่างโคจิที่เติมน้ำเกลือความเข้มข้น 20%

**ภาพที่ 22** ตัวอย่างการหมักโคจิในน้ำเกลือ

หลังจากหมักซอสปรุงรสจากเห็ดฟางทั้ง 7 กรรมวิธีเป็นเวลา 3 เดือน นำไปศึกษาค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดสอบดังนี้

1) ค่าสี

วัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ของซอสปรุงรสจากเห็ดฟางทั้ง 7 สูตรเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ถั่วเหลือง 100%) (ตารางที่ 5) พบว่า ค่าสีของซอสปรุงรสจากเห็ดฟางทั้ง 7 กรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรควบคุม (ถั่วเหลือง 100%) มีความสว่าง (L*) มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 32.44 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 5, 6 และ7 โดยมีค่าเท่ากับ 29.67 29.81 และ29.70 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าความสว่างน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 27.82 27.94 28.10 และ28.22 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) พบว่า สูตรควบคุมและกรรมวิธีที่ 5, 6 และ7 มีค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 5.68 5.46 5.51 และ5.43 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่ 1, 2, 3 และ4 มีค่าน้อยกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 4.35 4.44 4.10 และ4.27 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) พบว่า สูตรควบคุม (ถั่วเหลือง 100%) มีความเป็นสีน้ำเงิน-เหลืองมากที่สุด มีค่าเท่ากับ -2.23 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 5 6 และ7 โดยมีค่าเท่ากับ -5.10 -4.98 และ-4.67 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่ 1, 2, 3 และ4 มีค่าน้อยกว่า โดยมีค่าเท่ากับ -6.52 -6.48 -6.45 และ-6.26 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของแต่ละกรรมวิธี พบว่า หากปริมาณเห็ดฟางเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง ค่าสีเขียว-แดง และค่าสีน้ำเงิน-เหลืองของซอสปรุงรสมีค่าลดลง

2) ปริมาณน้ำอิสระ

กรมวิชาการเกษตร

วัดปริมาณน้ำอิสระของซอสปรุงรส 7 กรรมวิธีและสูตรควบคุม (ถั่วเหลือง 100%) (ตารางที่ 5) พบว่า ปริมาณน้ำอิสระของซอสปรุงรสทั้ง 7 กรรมวิธีและสูตรควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีปริมาณน้ำอิสระอยู่ระหว่าง 0.80-0.82 ซึ่งปริมาณน้ำอิสระดังกล่าวจะไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ แซลโมเนลลา คลอสทริเดียม เพอร์-ฟริงเจนส์ อีโคไล แต่สามารถเกิดเชื้อราและเชื้อสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียสได้

3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของซอสปรุงรส 7 กรรมวิธีและสูตรควบคุม (ถั่วเหลือง 100%) (ตารางที่ 5) พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสปรุงรส 7 กรรมวิธีและสูตรควบคุม (ถั่วเหลือง 100%) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.60-5.63 ซึ่งเป็นค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานคุณภาพการผลิตซอสปรุงรสที่ดี

4) ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

ตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ซอสจากเห็ดฟาง 7 กรรมวิธี และซอสจากถั่วเหลือง 100% ที่หมักเป็นเวลา 3 เดือน เพื่อตรวจสอบความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ซอสที่ได้ก่อนนำไปทดสอบความชอบกับผู้ทดสอบ (ตารางที่ 6) โดยตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ตามข้อกำหนดซอสปรุงรสจำนวน 5 รายการ ได้แก่ ยีสต์และเชื้อรา โคลิฟอร์ม แซลโมเนลลา คลอส-ทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ และสแตฟิโลค็อกคัสออเรียส พบว่า ซอสจากเห็ดฟาง 7 กรรมวิธี และซอสจากถั่วเหลือง 100% มียีสต์และเชื้อราน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม โคลิฟอร์ม น้อยกว่า 3 เอ็มพีเอ็น/กรัม ไม่พบเชื้อแซลโมเนลลา และสแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส และมีคลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดความปลอดภัยของซอสปรุงรส ดังนั้นตัวอย่างซอสปรุงรสที่ได้จึงมีความปลอดภัยต่อผู้ทดสอบ

**ตารางที่ 5** ค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของซอสปรุงรสจากเห็ดฟางทั้ง 7 กรรมวิธีและซอสจากโคจิถั่วเหลือง 100%

| กรรมวิธี | อัตราส่วน | | | ค่าสี | | | ปริมาณน้ำอิสระ | ค่า pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เห็ดฟางอบแห้ง | : ถั่วเหลือง | : แป้งข้าวเจ้า | L* | a* | b* | | |
| 1 | 50 | 30 | 20 | 27.82c | 4.35b | -6.52c | 0.80a | 5.61a |
| 2 | 40 | 30 | 30 | 27.94c | 4.44b | -6.48c | 0.81a | 5.60a |
| 3 | 30 | 40 | 30 | 28.10c | 4.10c | -6.45c | 0.80a | 5.63a |
| 4 | 30 | 50 | 20 | 28.22c | 4.27bc | -6.26c | 0.80a | 5.60a |
| 5 | 40 | 40 | 20 | 29.67b | 5.46a | -5.10b | 0.82a | 5.61a |
| 6 | 40 | 35 | 25 | 29.81b | 5.51a | -4.98b | 0.80a | 5.60a |
| 7 | 35 | 40 | 25 | 29.70b | 5.43a | -4.67b | 0.80a | 5.60a |
| สูตรควบคุม | - | 75 | 25 | 32.44a | 5.68a | -2.23a | 0.80a | 5.62a |

**หมายเหตุ** a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันมีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 6** ผลการทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ในซอสปรุงรส 7 กรรมวิธีและซอสจากโคจิถั่วเหลือง 100%

| กรรมวิธี | อัตราส่วน เห็ดฟาง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า อบแห้ง | ยีสต์และเชื้อรา (โคโลนี/กรัม) | โคลิฟอร์ม (เอ็มพีเอ็น/กรัม) | แซลโมเนลลา | คลอสทริเดียมเพอร์ฟริงเจนส์ (โคโลนี/กรัม) | สแตฟิโลค็อกคัสออเรียส |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 50 : 45 : 5 | น้อยกว่า 10 | น้อยกว่า 3 | ไม่พบ | น้อยกว่า 10 | ไม่พบ |
| 2 | 50 : 40 : 10 | น้อยกว่า 10 | น้อยกว่า 3 | ไม่พบ | น้อยกว่า 10 | ไม่พบ |
| 3 | 45 : 40 : 15 | น้อยกว่า 10 | น้อยกว่า 3 | ไม่พบ | น้อยกว่า 10 | ไม่พบ |
| 4 | 40 : 50 : 10 | น้อยกว่า 10 | น้อยกว่า 3 | ไม่พบ | น้อยกว่า 10 | ไม่พบ |
| 5 | 30 : 55 : 15 | น้อยกว่า 10 | น้อยกว่า 3 | ไม่พบ | น้อยกว่า 10 | ไม่พบ |
| 6 | 30 : 60 : 10 | น้อยกว่า 10 | น้อยกว่า 3 | ไม่พบ | น้อยกว่า 10 | ไม่พบ |
| 7 | 35 : 65 : 5 | น้อยกว่า 10 | น้อยกว่า 3 | ไม่พบ | น้อยกว่า 10 | ไม่พบ |
| ถั่วเหลือง 100% | - | น้อยกว่า 10 | น้อยกว่า 3 | ไม่พบ | น้อยกว่า 10 | ไม่พบ |

5) ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของซอสปรุงรสทั้ง 7 กรรมวิธีและสูตรควบคุม (ถั่วเหลือง 100%) โดยทำการระบุคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของซอสที่ได้ในเบื้องต้น พบว่า ซอสที่มีปริมาณเห็ดฟางอบแห้งเป็นส่วนผสมในสัดส่วนสูงกว่าถั่วเหลืองจะให้สีเข้มกว่า กลิ่นเค็มฉุนมากกว่า และรสชาติเค็มจัดกว่าซอสที่มีปริมาณเห็ดฟางอบแห้งในสัดส่วนน้อยกว่าถั่วเหลือง ขณะที่ซอสจากถั่วเหลือง 100% ให้สีอ่อนที่สุด มีตะกอนขุ่น กลิ่นรสไม่ฉุนมาก (ตารางที่ 7)

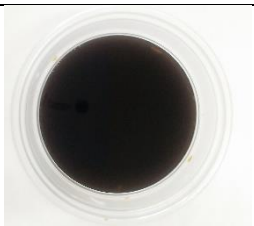
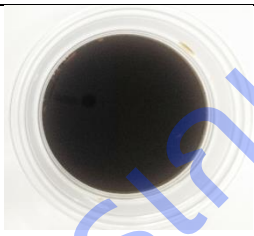
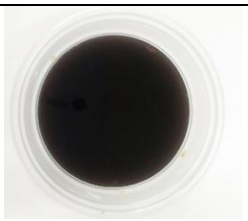
**ภาพที่ 23** การจัดเตรียมตัวอย่างซอสปรุงรสจากเห็ดฟางเพื่อทดสอบความชอบของผู้ทดสอบ

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางจำนวน 7 สิ่งทดลองเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมด้วยวิธีการประเมินความชอบ 9-points hedonic scale และ just about right (ตารางที่ 8 และ 9) พบว่า เมื่อประเมินความชอบโดยรวม กลิ่นรสซอส และรสเค็ม ผู้ทดสอบสิ่งทดลองทั้ง 7 สิ่งทดลองและสูตรควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่ความเข้มของสีซอสผู้ทดสอบชอบสูตรควบคุมน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบที่ผู้ทดสอบประเมินต่อสิ่งทดลอง พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากกว่าสิ่งทดลองอื่นโดยได้คะแนนความเข้มของสี กลิ่นรสซอส รสเค็ม และความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.04, 5.21, 4.65 และ5.48 ตามลำดับ และเมื่อประเมินความพอดีในแต่ละคุณลักษณะ พบว่า สิ่งทดลองทั้ง 7 สิ่งทดลองและสูตรควบคุมต้องปรับลดรสเค็ม และกลิ่นรสซอสฉุนมากเกินไป เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วน พบว่า การเพิ่มเห็ดฟางส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรสเพิ่มมากขึ้น ขณะที่การเพิ่มถั่วเหลืองส่งผล

กรมวิชาการเกษตร

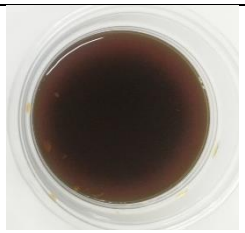
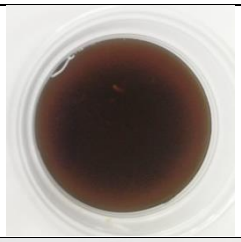
ให้คะแนนความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรสมีคะแนนลดลง ดังนั้น สิ่งทดลองที่ 2 จึงมีความเหมาะสมในการนำผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง

**ตารางที่ 7** ลักษณะปรากฏของซอสทั้ง 7 กรรมวิธีที่มีอัตราส่วนระหว่างเห็ดฟางอบแห้ง ถั่วเหลือง และแป้งข้าวเจ้าแตกต่างกันและซอสจากโคจิถั่วเหลือง 100%

| กรรมวิธี | อัตราส่วน<br>เห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า | ภาพซอสจากเห็ดฟาง | คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส |
|---|---|---|---|
| 1 | 50 : 30 : 20 |  | ลักษณะทั่วไป : สีดำเข้ม มีความใส กลิ่นเค็มฉุน รสเค็มจัด |
| 2 | 40 : 30 : 30 |  | ลักษณะทั่วไป : สีดำเข้ม มีความใส กลิ่นเค็มฉุน รสเค็มจัด |
| 3 | 30 : 40 : 30 | | ลักษณะทั่วไป : สีดำเข้ม มีความใส กลิ่นเค็มฉุน รสเค็มจัด |
| 4 | 30 : 50 : 20 |  | ลักษณะทั่วไป : สีดำเข้ม มีความใส กลิ่นเค็มฉุน รสเค็มจัด |
| 5 | 40 : 40 : 20 | | ลักษณะทั่วไป : สีน้ำตาลเข้ม มีความใส กลิ่นเค็ม รสเค็มจัด |

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 7** (ต่อ)

| กรรมวิธี | อัตราส่วน<br>เห็ดฟางอบแห้ง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า | ภาพซอสจากเห็ดฟาง | คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส |
|---|---|---|---|
| 6 | 40 : 35 : 25 |  | ลักษณะทั่วไป : สีน้ำตาล มีความใส กลิ่นเค็ม รสเค็มจัด |
| 7 | 35 : 40 : 25 |  | ลักษณะทั่วไป : สีน้ำตาล มีความใส กลิ่นเค็ม รสเค็มจัด |
| 8<br>(สูตรควบคุม) | ถั่วเหลือง 75 : แป้งข้าวเจ้า 25 | | ลักษณะทั่วไป : สีน้ำตาลอ่อน มีเศษตะกอนจากถั่วเหลือง กลิ่นเค็มอ่อน ๆ รสเค็ม |

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 8** คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง 7 กรรมวิธีเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

(N=28)

| สิ่งทดลอง | อัตราส่วน | | | ความเข้มของสี | กลิ่นรสซอส | รสเค็ม | ความชอบโดยรวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เห็ดฟางอบแห้ง | : ถั่วเหลือง | : แป้งข้าวเจ้า | | | | |
| 1 | 50 | 30 | 20 | 5.74a | 5.19a | 4.44a | 5.15a |
| 2 | 40 | 30 | 30 | 6.04a | 5.21a | 4.65a | 5.48a |
| 3 | 30 | 40 | 30 | 5.67a | 4.50a | 4.60a | 4.80a |
| 4 | 30 | 50 | 20 | 5.76a | 5.08a | 4.64a | 5.16a |
| 5 | 40 | 40 | 20 | 5.50a | 4.58a | 4.77a | 4.73a |
| 6 | 40 | 35 | 25 | 5.61a | 5.04a | 4.54a | 4.92a |
| 7 | 35 | 40 | 25 | 5.77a | 4.73a | 4.81a | 4.92a |
| 8 (สูตรควบคุม) | - | 75 | 25 | 4.61b | 4.73a | 4.50a | 5.00a |

**หมายเหตุ** a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 9** ร้อยละความพอดีของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง 7 กรรมวิธีเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

(N=28)

| สิ่งทดลอง | อัตราส่วน | | | ความเข้มของสี | | | | กลิ่นรสซอส | | | | | รสเค็ม | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | เห็ดฟางอบแห้ง | : ถั่วเหลือง | : แป้งข้าวเจ้า | น้อยเกินไปมาก | น้อยเกินไปเล็กน้อย | พอดี | มากเกินไปเล็กน้อย | มากเกินไปมาก | น้อยเกินไปมาก | น้อยเกินไปเล็กน้อย | พอดี | มากเกินไปเล็กน้อย | มากเกินไปมาก | น้อยเกินไปมาก | น้อยเกินไปเล็กน้อย | พอดี | มากเกินไปเล็กน้อย | มากเกินไปมาก |
| 1 | 50 | 30 | 20 | 0 | 11.11 | 62.96 | 25.93 | 0 | 0 | 11.11 | 40.74 | 33.33 | 14.81 | 0 | 3.70 | 44.44 | 33.33 | 18.52 |
| 2 | 40 | 30 | 30 | 0 | 13.04 | 73.91 | 8.78 | 4.35 | 0 | 17.39 | 47.83 | 34.78 | 0 | 0 | 0 | 26.09 | 43.48 | 30.43 |
| 3 | 30 | 40 | 30 | 0 | 26.67 | 53.33 | 13.33 | 6.67 | 0 | 13.33 | 43.33 | 40.00 | 3.33 | 3.33 | 0 | 26.67 | 40.00 | 30.00 |
| 4 | 30 | 50 | 20 | 4 | 24.00 | 64.00 | 4 | 4 | 4 | 16.00 | 44.00 | 28.00 | 8 | 0 | 8 | 28.00 | 48.00 | 16.00 |
| 5 | 40 | 40 | 20 | 0 | 30.77 | 50.00 | 11.54 | 7.69 | 0 | 11.54 | 50.00 | 23.08 | 15.38 | 0 | 3.85 | 38.46 | 26.92 | 30.77 |
| 6 | 40 | 35 | 25 | 0 | 23.08 | 46.15 | 23.08 | 7.69 | 3.85 | 11.54 | 38.46 | 34.62 | 11.54 | 0 | 0 | 30.77 | 42.31 | 26.92 |
| 7 | 35 | 40 | 25 | 0 | 3.85 | 69.23 | 15.38 | 11.54 | 3.85 | 15.38 | 38.46 | 30.77 | 11.54 | 0 | 3.85 | 34.62 | 50.00 | 11.54 |
| 8 (สูตรควบคุม) | - | 75 | 25 | 15.38 | 50.00 | 19.23 | 11.54 | 3.85 | 0 | 42.31 | 15.38 | 30.77 | 10.54 | 3.85 | 0 | 26.92 | 46.15 | 23.08 |

กรมวิชาการเกษตร

3. ศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง

หลังจากได้อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง นำตัวอย่างซอสปรุงรสดังกล่าวมาศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียม โดยพบว่า เริ่มต้นในการหมักใช้น้ำเกลือร้อยละ 20 เมื่อหมักเป็นเวลา 3 เดือน ซอสปรุงรสมีปริมาณโซเดียมลดลงเล็กน้อย โดยมีโซเดียมเหลือร้อยละ 18 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำซอสปรุงรสที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเกลือ (คำนวณเป็นโซเดียมคลอไรด์) ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก นำสิ่งทดลองไปศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียมด้วยการตกผลึกและใช้กลิ่นเสริมรสเค็มได้ผลการทดลองดังนี้ (ตารางที่ 10)

1) วิธีการตกผลึก

เมื่อใช้ซอสปรุงรส 600 มิลลิลิตรและต้มเพื่อลดปริมาตรลงเหลือ 420 มิลลิลิตร สามารถตกผลึกเกลือได้ทั้งสิ้น 66.28 กรัม มีปริมาณโซเดียมคงเหลือร้อยละ 14.50 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าต่ำกว่าสูตรควบคุมคิดเป็นร้อยละ 19.44 วัดค่าสีของตัวอย่างซอสปรุงรส พบว่า ซอสปรุงรสมีสีน้ำตาลเข้ม โดยมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว-แดง (a*) ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) เท่ากับ 29.62, 4.03, -6.68 ตามลำดับ มีปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.83 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.21 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 12.48 มีกรดอะมิโนที่ให้รสอูมามิ ได้แก่ กรดแอสพาร์ติกและกรดกลูตามิก เท่ากับ 967.8 มิลลิกรัม/100 กรัม และ 1433.2 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

2) วิธีใช้กลิ่นเสริมรสเค็ม

กลิ่นซอสถั่วเหลืองสามารถเพิ่มระดับการรับรู้รสเค็มของผู้บริโภคได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มกลิ่นซอสถั่วเหลืองร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ2.0 จะส่งผลให้ระดับการรับรู้รสเค็มเพิ่มขึ้นเท่ากับ 9.91, 9.97, 10.42, 10.79 และ10.98 ตามลำดับ โดยปริมาณที่เหมาะสม คือ ร้อยละ1.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งทำให้ระดับการรับรู้รสเค็มของผู้ทดสอบเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างที่ไม่เติมกลิ่นซอสถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเพิ่มจาก 9.91 เป็น 10.79 และมีรสอูมามิเท่ากับ 3.41 เมื่อศึกษาค่าคุณภาพด้านสี พบว่า ซอสปรุงรสมีสีน้ำตาลอ่อน โดยมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว-แดง (a*) และสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) เท่ากับ เท่ากับ 36.41, 3.92 และ 1.08 ตามลำดับ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.70 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.05 ปริมาณกรดแอสพาร์ติกและกรดกลูตามิก เท่ากับ 593.6 มิลลิกรัม/100 กรัม และ 1067.8 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

นำซอสปรุงรสที่ได้จากทั้งสองกรรมวิธีไปทดสอบความชอบและการยอมรับเปรียบเทียบกับตัวอย่างทางการค้า โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่า ผู้ทดสอบชอบตัวอย่างซอสปรุงรสทั้งสามตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมสูตรทางการค้ามากที่สุด (7.47) รองลงมาคือซอสปรุงรสที่ใช้กลิ่นเสริมรสเค็ม (6.33) และซอสปรุงรสที่ใช้วิธีตกผลึก (5.41) ตามลำดับ

4. การคำนวณต้นทุนของวัตถุดิบในการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ

ผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำมีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 39.17 บาทต่อ 100 กรัม ซึ่งมีราคาสูงกว่าสูตรควบคุมที่มีต้นทุนการผลิต เท่ากับ 35.61 ต่อ 100 มิลลิลิตร เนื่องจาก สูตรโซเดียมต่ำมีต้นทุนเพิ่มขึ้นจากกลิ่นซอสถั่วเหลือง

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 10** คุณภาพทางกายภาพของซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำและสูตรควบคุม

| สิ่งทดลอง | ค่าสี | | | ปริมาณน้ำอิสระ | pH | โซเดียม (%) | โปรตีน (%) | กรดกลูตามิก (mg/100g) | กรดแอสพาร์ติก (mg/100g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* | | | | | | |
| ซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง | 28.01b | 4.30b | -6.53c | 0.81b | 5.30b | 18.00a | 12.30a | 1470.10b | 945.11a |
| ซอสถั่วเหลือง | 33.32a | 5.42a | -2.09b | 0.80b | 5.22b | 17.50a | 13.13a | 1622.34a | 1008.75a |
| ซอสปรุงรสโซเดียมต่ำด้วยวิธีตกผลึก | 29.62b | 4.03b | -6.68c | 0.83b | 5.21b | 14.50b | 12.48a | 1433.20b | 967.80a |
| ซอสปรุงรสโซเดียมต่ำด้วยวิธีกลิ่นเสริมรสเค็ม | 36.41a | 3.92b | 1.08a | 0.89a | 5.70a | 11.85c | 9.05b | 1067.80c | 593.60b |

**หมายเหตุ** a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันมีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

กรมวิชาการเกษตร

**การทดลองที่ 2 การผลิตโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากโปรตีน**

1. การเตรียมเห็ดฟางอบแห้งโดยใช้การอบแห้งแบบลมร้อน

เตรียมเห็ดฟางอบแห้งโดยใช้การอบแห้งแบบลมร้อน อุณหภูมิในการอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำตัวอย่างเห็ดฟางอบแห้งที่ได้มาศึกษาปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเถ้า (ตารางที่ 11) พบว่า เห็ดฟางอบแห้งที่ได้มีร้อยละผลผลิต เท่ากับ 8.52 ปริมาณความชื้นร้อยละ 6.40 โปรตีนร้อยละ 33.10 ไขมันร้อยละ 2.57 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 52.99 และเถ้าร้อยละ 9.17

**ตารางที่ 11** คุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเห็ดฟางอบแห้ง

| ค่าคุณภาพ | ปริมาณ (ร้อยละ) |
|---|---|
| ร้อยละผลผลิต | 8.52 |
| ปริมาณความชื้น | 6.40 |
| ปริมาณโปรตีน | 33.10 |
| ปริมาณไขมัน | 2.57 |
| ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด | 52.99 |
| ปริมาณเถ้า | 9.17 |

2. ศึกษาวิธีการสกัดโปรตีนจากเห็ดฟางเพื่อให้ได้กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูง

จากการสกัดแยกโปรตีนจากเห็ดฟางอบแห้งด้วยวิธีละลายด้วยกรดและวิธี Three-phrase partitioning (TPP) แล้วทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งได้โปรตีนสกัดในรูปแบบผง นำไปวัดค่าคุณภาพ (ตารางที่ 12) พบว่า โปรตีนสกัดจากทั้งสองวิธีมีร้อยละผลผลิตและค่าสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยโปรตีนที่สกัดด้วยวิธี TPP มีร้อยละผลผลิต เท่ากับ 18.20 ขณะที่โปรตีนสกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรดมีร้อยละผลผลิต เท่ากับ 5.16 เมื่อพิจารณาค่าสีของโปรตีนสกัดที่ได้จากทั้งสองวิธี พบว่า โปรตีนสกัดด้วยวิธี TPP มีสีน้ำตาลอ่อนกว่าโปรตีนสกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรด โดยโปรตีนสกัดด้วยวิธี TPP มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 57.08 ค่าสีเขียว-แดง (a*) เท่ากับ 2.41 ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) เท่ากับ 7.73 ขณะที่โปรตีนสกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรดมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 38.00 ค่าสีเขียว-แดง (a*) เท่ากับ 4.42 ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) เท่ากับ 3.03 วิธี TPP มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 3.06 ขณะที่โปรตีนที่สกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรดมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 2.67 เมื่อวัดปริมาณน้ำอิสระของโปรตีนทั้งสองตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน โดยโปรตีนสกัดด้วยวิธี TPP มีค่า เท่ากับ 0.16 และวิธีละลายด้วยกรดมีค่า เท่ากับ 0.11

นำโปรตีนผงที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีไปวัดปริมาณโปรตีน ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน (ตารางที่ 13) พบว่า โปรตีนผงที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีมีปริมาณโปรตีนโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยโปรตีนผงที่สกัดได้จากวิธี TPP มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 55.47 ขณะที่โปรตีนที่สกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรดมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 43.11 เมื่อวัดชนิดและปริมาณกรดอะมิโน 15 ชนิด พบว่า โปรตีนที่สกัดด้วยวิธี TPP มีปริมาณกรดกลูตามิก อะลานีน แอสพาร์ติก วาลีน ทรีโอนีนและซีรีนสูง โดยมีค่าเท่ากับ 8125.3, 4047.9, 4041.6, 3527.6, 3320.3, 3240.6 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ขณะที่โปรตีนที่สกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรดมีปริมาณกรดอะมิโนเกือบทุกชนิดน้อยกว่าวิธี TPP ยกเว้น กรดกลูตามิกและฟีนิลอะลานีนที่มีปริมาณสูงกว่าวิธี TPP เล็กน้อย โดยมีปริมาณ 8930.4 และ1896.1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์กรมวิทยาศาสตร์บริการ

**ตารางที่ 12** ค่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางอบแห้ง 100 กรัมด้วยวิธีละลายด้วยกรดและวิธี Three-phase partitioning (TPP)

| ค่าคุณภาพ | วิธีละลายด้วยกรด | Three-phase partitioning (TPP) |
|---|---|---|
| ร้อยละผลผลิต | 5.16b | 18.20a |
| ค่าสี | | |
| L* | 38.00b | 57.08a |
| a* | 4.42a | 2.41b |
| b* | 3.03b | 7.73a |
| ปริมาณความชื้น | 2.67a | 3.06a |
| ปริมาณน้ำอิสระ ($a_w$) | 0.11a | 0.16a |

**หมายเหตุ** a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลอยู่ในแถวเดียวกันมีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 13** ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางที่ใช้วิธีการสกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรดและวิธี TPP

| ปริมาณกรดอะมิโน | วิธีการสกัดโปรตีน | |
|---|---|---|
| | วิธีละลายด้วยกรด (mg/100g) | Three-phase partitioning (TPP) (mg/100g) |
| กรดแอสพาร์ติก | 3532.5 | 4041.6 |
| ทรีโอนีน* | 1245.8 | 3320.3 |
| ซีริน | 1617.0 | 3240.6 |
| กรดกลูตามิก | 8930.4 | 8125.3 |
| โพรลีน | 1581.1 | 2710.0 |
| ไกลซีน | 1449.7 | 2630.1 |
| อะลานีน | 2936.9 | 4047.9 |
| วาลีน* | 2216.4 | 3527.6 |
| ไอโซลิวซีน* | 1510.2 | 2932.5 |
| ลิวซีน* | 2052.1 | 2857.4 |
| ไทโรซีน | 933.5 | 1598.7 |
| ฟีนิลอะลานีน* | 1896.1 | 1205.3 |
| ฮิสทิดีน* | 936.7 | 1081.2 |
| ไลซีน* | 2135.4 | 2593.5 |
| อาร์จีนีน | 1881.1 | 2646.2 |
| ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด | 34854.9 | 46558.2 |
| ปริมาณโปรตีนทั้งหมด | 43110.3 | 55472.1 |

**หมายเหตุ** * ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย

นำโปรตีนผงที่ได้จากวิธี TPP ไปศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน ได้แก่ ความสามารถในการละลาย การเกิดโฟมและความสามารถในการเกิดอิมัลชัน มีรายละเอียดดังนี้

<u>ความสามารถในการละลาย</u>

ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านการละลายของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ตารางที่ 14) พบว่า โปรตีนสกัดจากเห็ดฟางมีค่าการละลายอยู่ในช่วงร้อยละ 68.33-99.75 ซึ่งผันแปรไปตามค่าการละลายของความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

กรมวิชาการเกษตร

ความสามารถในการเกิดฟองและความคงตัวของฟอง

ผลการศึกษาความสามารถในการเกิดฟองของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ตารางที่ 15) ซึ่งศึกษาระดับความเข้มข้นของปริมาณโปรตีนสกัดที่ใช้เท่ากับร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ2.0 พบว่า โปรตีนสกัดจากเห็ดฟางมีค่าความสามารถในการเกิดฟองได้น้อย โดยมีค่าระหว่างร้อยละ 2.56-9.18 ซึ่งค่าความสามารถในการเกิดฟองเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้โปรตีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ผลการศึกษาความคงตัวของฟองของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ตารางที่ 14) โดยตรวจวัดค่าความคงตัวของฟองที่ช่วงเวลา 0.5, 5, 10 และ 30 นาที พบว่า ค่าความคงตัวของฟองอยู่ในระหว่างช่วงร้อยละ 1.25-9.13

ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ตารางที่ 16) โดยศึกษาระดับความเข้มข้นของปริมาณโปรตีนสกัดที่ใช้เท่ากับร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 และ2.0 พบว่า โปรตีนสกัดจากเห็ดฟางมีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (Emulsifying ability index) อยู่ในช่วง 10.03-27.65 ตารางเมตรต่อกรัม ผลศึกษาค่าความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsifying stability index) พบว่า โปรตีนสกัดจากเห็ดฟางมีค่าความคงตัวของอิมัลชันอยู่ในช่วงระหว่าง 18.67-30.15 นาที

**ตารางที่ 14** ร้อยละการละลายของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง

| pH | การละลาย (ร้อยละ) |
|---|---|
| 3 | 81.50 ± 0.19b |
| 4 | 72.41 ± 0.43c |
| 5 | 68.33 ± 0.17c |
| 6 | 84.11 ± 0.14b |
| 7 | 96.25± 0.22 a |
| 8 | 97.61 ± 0.67a |
| 9 | 99.75 ± 0.03a |

**หมายเหตุ** a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันมีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 15** ร้อยละการเกิดฟองและความคงตัวของฟอง (นาที) ของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง

| ความเข้มข้น | การเกิดฟอง | ความคงตัวของฟอง (นาที) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| (% w/v) | (ร้อยละ) | 0.5 | 5 | 10 | 30 |
| 0.5 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1.0 | 2.56 ± 1.05b | 2.54 ± 0.77a | 2.34 ± 0.96a | 1.25 ± 0.90b | 0.00 |
| 1.5 | 5.31 ± 1.33ab | 5.27 ± 0.68a | 4.86 ± 0.15a | 3.41 ± 0.59b | 2.13 ± 0.11c |
| 2.0 | 9.18 ± 0.75a | 9.13 ± 0.83a | 9.05 ± 0.14a | 8.63 ± 0.35a | 5.32 ± 0.59b |

**หมายเหตุ** a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลการเกิดฟองที่อยู่ในแนวตั้งเดียวกันมีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลความคงตัวของฟองที่อยู่ในแถวเดียวกันมีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 16** ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (Emulsifying ability index) และความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsion stability index) ของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง

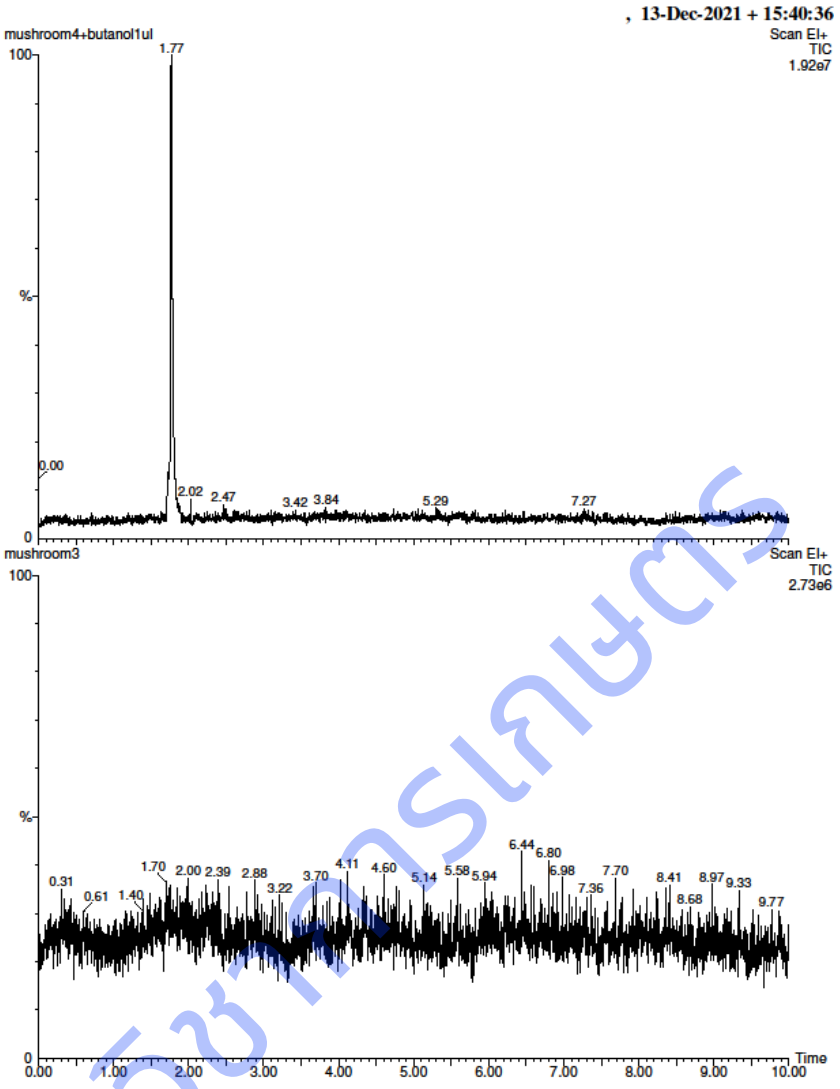
| ความเข้มข้น (%w/v) | Emulsifying ability index (ตารางเมตรต่อกรัม) | Emulsion stability index (นาที) |
|---|---|---|
| 0.5 | 27.65 ± 0.83a | 30.15 ± 2.24a |
| 1.0 | 19.21 ± 0.22b | 22.63 ± 3.45b |
| 1.5 | 11.58 ± 0.70c | 23.86 ± 1.18b |
| 2.0 | 10.03 ± 0.32c | 18.67 ± 1.55c |

**หมายเหตุ** a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลที่อยู่แนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

<u>วิเคราะห์ปริมาณตัวทำละลายคงเหลือในโปรตีนสกัด</u>

ผลจากโครมาโตแกรมการวิเคราะห์ปริมาณตัวทำละลายเทอร์ท-บิวทานอลคงเหลือที่ใช้ในการสกัดโปรตีนจากเห็ดฟาง (ภาพที่ 24) ซึ่งเทอร์ท-บิวทานอลจัดอยู่ในกลุ่มตัวทำละลายที่มีความเป็นพิษต่ำ (ICH: guideline for residual solvents) โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ (GC) โดยทดสอบที่ปริมาณสูงสุด 3,500 ppm ตามข้อกำหนด พบว่า ไม่สามารถตรวจพบตัวทำละลายเทอร์ท-บิวทานอลในตัวอย่างโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง

กรมวิชาการเกษตร




**ภาพที่ 24** โครมาโทแกรมการตรวจวัดปริมาณตัวทำละลาย (เทร์ท-บิวทานอล) ตกค้างในโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง

(ก) (ข)

**ภาพที่ 25** โปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ก) โปรตีนสกัดจากวิธีละลายด้วยกรด (ข) โปรตีนสกัดจากวิธี TPP

3. การประยุกต์ใช้โปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์อาหาร

กรมวิชาการเกษตร

1) ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของเครื่องดื่มโปรตีนผสมธัญญาหาร เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ พบว่า ผู้ทดสอบชอบให้คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของสูตรที่ 1 มากกว่าสูตรที่ 2 โดยสูตรที่ 1 มีคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวม ความข้นหนืด รสชาติโดยรวม และเนื้อสัมผัสภายในปากมากกว่าสูตรที่ 2 โดยมีค่าความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.13) ขณะที่คุณลักษณะด้านความข้นหนืด รสชาติโดยรวม และเนื้อสัมผัสภายในปากของสูตรที่ 1 มีค่าคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.30-6.67)

2) ผลการศึกษาระดับของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีน โดยนำสูตรพื้นฐานสูตรที่ 1 ซึ่งมีโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร้อยละ 12.10 มาทดแทนด้วยโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง 4 ระดับ ได้แก่ ทดแทนที่ระดับร้อยละ 100, 75, 50 และ25 ผลการทดสอบ (ตารางที่ 17) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบที่มีต่อตัวอย่างเครื่องดื่มโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชอบให้คะแนนความชอบโดยรวมเครื่องดื่มโปรตีนที่ทดแทนด้วยโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางร้อยละ 25 และ 50 มากที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยให้คะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.01 และ 6.37 ตามลำดับ) รองลงมาคือ ทดแทนที่ระดับร้อยละ 75 และ 100 ตามลำดับ โดยให้คะแนนอยู่ในระดับเฉย ๆ (5.76) และไม่ชอบเล็กน้อย (4.70) ตามลำดับ เมื่อประเมินการยอมรับ พบว่า ผู้ทดสอบยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนที่ระดับร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 เท่ากับร้อยละ 82.67, 79.54, 60.33, 40.91 ตามลำดับ ดังนั้น การใช้โปรตีนสกัดจากเห็ดฟางเพื่อทดแทนโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองในเครื่องดื่มควรใช้ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50

**ตารางที่ 17** คะแนนความชอบเฉลี่ยของตัวอย่างเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางที่มีระดับการทดแทนโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองแตกต่างกัน

| คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส | ปริมาณการทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลือง (ร้อยละ) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 25 | 50 | 75 | 100 |
| ลักษณะปรากฏ | 6.35 ± 1.36a | 6.30 ± 1.49a | 6.10 ± 1.45a | 6.05 ± 1.54a |
| สี | 5.90 ± 1.68a | 6.00 ± 1.49a | 6.03 ± 1.78a | 5.67 ± 1.36b |
| กลิ่นรสโดยรวม | 6.75 ± 1.59a | 6.48 ± 1.45a | 5.67 ± 1.46b | 4.80 ± 1.64c |
| ความหนืด | 6.33 ± 1.47a | 6.50 ± 1.36a | 5.85 ± 1.69b | 4.75 ± 1.89c |
| รสหวาน | 6.00 ± 1.35a | 6.20 ± 1.82a | 5.70 ± 1.67b | 4.20 ± 1.25c |
| ความชอบโดยรวม | 6.01 ± 1.23a | 6.37 ± 1.30a | 5.76 ± 1.57b | 4.70 ± 1.37c |
| การยอมรับ (ร้อยละ) | 82.67 | 79.54 | 60.33 | 40.91 |
| ไม่ยอมรับ (ร้อยละ) | 17.33 | 20.46 | 39.67 | 59.09 |

**หมายเหตุ** a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันมีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3) ศึกษาค่าคุณภาพของเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง นำเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางมาวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณค่าทางโภชนาการ พบว่า เครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางมีสีเหลืองอ่อน (L*= 52.70, a*= 3.99 และb*= 4.75) และมีลักษณะขุ่น มีความเป็นกรดเล็กน้อยโดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.73 มีรสชาติหวานโดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 15.10 เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละต่อน้ำหนัก 100 กรัม) (ตารางที่ 18) พบว่า มีพลังงานทั้งหมด 410.50 กิโลแคลอรี่ พลังงานจากไขมัน 29.90 กิโลแคลอรี่ โปรตีน 5.30 กรัม ไขมัน 2.85 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 83.44 กรัม น้ำตาล 80.19 กรัม ใยอาหาร 3.25 กรัม โซเดียม 80 มิลลิกรัม แคลเซียม 76.21 มิลลิกรัม วิตามินบี1 2.37 มิลลิกรัม วิตามินบี2 8.19 มิลลิกรัม เหล็ก 1.15 มิลลิกรัม

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 18** คุณค่าทางโภชนาการของเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ต่อ 100 กรัม)

| คุณค่าทางโภชนาการ | ปริมาณ |
|---|---|
| พลังงาน (กิโลแคลอรี) | 410.50 |
| พลังงานจากไขมัน (กิโลแคลอรี) | 29.90 |
| ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (กรัม) | 83.44 |
| โปรตีน (กรัม) | 5.30 |
| ไขมัน (กรัม) | 2.85 |
| ใยอาหาร (กรัม) | 3.25 |
| เถ้า (กรัม) | 2.16 |
| โซเดียม (มิลลิกรัม) | 80 |
| วิตามินบี1 (มิลลิกรัม) | 2.37 |
| วิตามินบี2 (มิลลิกรัม) | 8.19 |
| แคลเซียม (มิลลิกรัม) | 76.21 |
| เหล็ก (มิลลิกรัม) | 1.15 |

**การทดลองที่ 3 การผลิตสารสกัดจากเห็ดฟางเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง**

1. การเตรียมเตรียมเห็ดฟางดอกตูมและเห็ดฟางดอกบานอบแห้งปั่นละเอียด

การเตรียมเห็ดฟางดอกตูมปั่นละเอียด พบว่า มีค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 9.48 และมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 52.94 โปรตีนร้อยละ 32.87 ไขมันทั้งหมดร้อยละ 2.83 เถ้าร้อยละ 9.34 ปริมาณความชื้นร้อยละ 2.02 และมีปริมาณน้ำอิสระ (aw) เท่ากับ 0.139 และมีลักษณะทางกายภาพด้านสีดังนี้ ค่าความสว่าง (L*) 49.108 ค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) 3.484 และค่าความเป็นสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) 5.619 ตัวอย่างจึงมีลักษณะค่อนไปทางสีเหลืองผสมน้ำตาล ดังภาพที่ 26 การเตรียมเห็ดฟางดอกบานปั่นละเอียด พบว่า มีค่าร้อยละผลผลิตเท่ากับ 7.98 และมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 52.85 โปรตีนร้อยละ 32.05 ไขมันทั้งหมดร้อยละ 3.73 เถ้าร้อยละ 9.12 และปริมาณความชื้นร้อยละ 2.25 โดยมีปริมาณน้ำอิสระ (aw) เท่ากับ 0.137 และมีลักษณะทางกายภาพด้านสี ดังนี้ ค่าความสว่าง (L*) 42.273 ค่าความเป็นสีเขียว-แดง (a*) 4.302 และค่าความเป็นสีน้ำเงิน-เหลือง (b*) 5.775 ตัวอย่างจึงมีลักษณะค่อนไปทางสีเหลืองผสมน้ำตาล ดังภาพที่ 26

**ภาพที่ 26** ตัวอย่างเห็ดฟางดอกตูมและดอกบานอบแห้งปั่นละเอียด

2. การสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางด้วยการย่อยโดยเอนไซม์อัลคาเลส

จากการทดลองย่อยเห็ดฟางดอกตูมและเห็ดฟางดอกบานอบแห้งปั่นละเอียดด้วยเอนไซม์อัลคาเลสที่ระยะเวลา 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง (ตารางที่ 19) พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 4.29 - 6.73 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับค่าปริมาณน้ำอิสระการย่อยเห็ดฟางดอกตูมปั่นละเอียดที่ระยะเวลาการย่อย 2 ชั่วโมง มีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุดคือ 0.123 โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีค่าสีเปลี่ยนแปลงไปจากเห็ดตูมและเห็ดฟางอบแห้งปั่นละเอียด โดยมีค่าความสว่าง (L*) ต่ำลงอยู่ในช่วง 34.24 – 37.98 มีค่าความเป็นสีแดง (a*+) สูงขึ้น อยู่ในช่วง 4.54 – 5.52 มีค่าความเป็นสีเหลือง (b*+) ต่ำลง

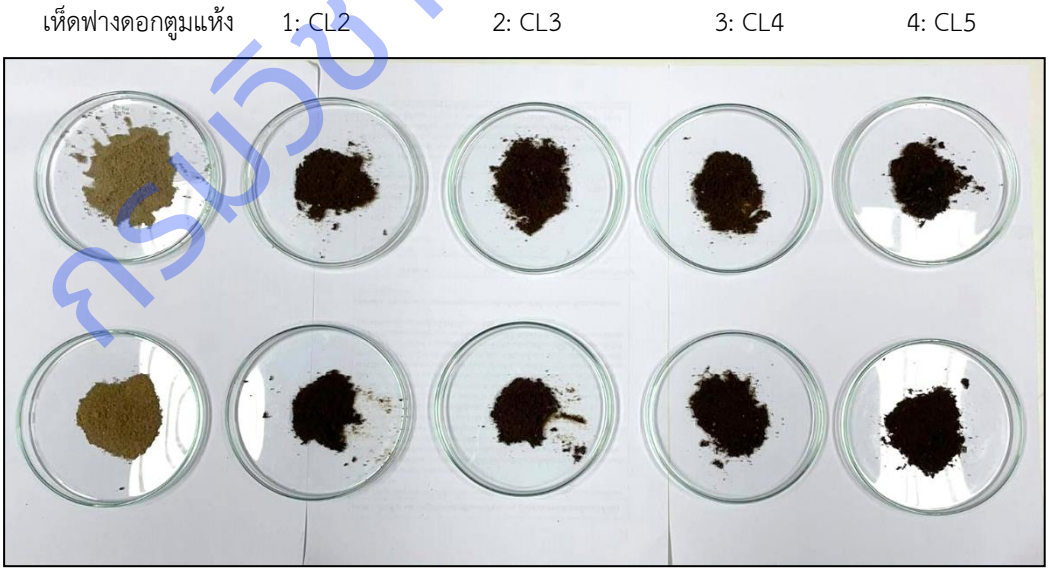
ศูนย์วิทยทรัพยากร

อยู่ในช่วง -1.58 ถึง 1.98 ทำให้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีสีคล้ำลง มีความเป็นสีแดงมากขึ้น และความเป็นสีเหลืองลดลง สีของโปรตีนไฮโดรไลเซทจาดเห็ดฟาง จึงมีสีออกน้ำตาลแดงคล้ำๆ ดังภาพที่ 27 สำหรับค่าร้อยละผลได้มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย โดยกรรมวิธีที่ 3 คือเห็ดฟางดอกตูมย่อยที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าร้อยละผลได้สูงสุดคือ 63.78 โดยน้ำหนักแห้ง และกรรมวิธีที่ 5 คือเห็ดฟางดอกบานย่อยที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงมีค่าร้อยละผลได้ต่ำสุดคือ 45.13 โดยน้ำหนักแห้ง นำโปรตีนไฮโดรไลเซทที่สกัดได้มาทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนต่อไป

**ตารางที่ 19** ค่าคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางระยะดอกตูมและระยะดอกบานที่ใช้กระบวนการสกัดแตกต่างกัน

| กรรมวิธี | รหัส | ร้อยละผลผลิต (น้ำหนักเปียก) | ร้อยละผลผลิต (น้ำหนักแห้ง) | ความชื้น (ร้อยละ) | ปริมาณน้ำอิสระ | ค่าสี | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | L* | a* | b* |
| **1** | CL2 | 55.50ab | 51.21ab | 4.29 | 0.123a | 37.98a | 5.06 | 0.67ab |
| **2** | CL3 | 61.25ab | 54.95ab | 6.30 | 0.161b | 35.84ab | 4.54 | 0.01ab |
| **3** | CL4 | 69.75a | 63.78a | 5.97 | 0.157b | 36.80ab | 5.52 | -0.77b |
| **4** | CL5 | 57.25ab | 51.30ab | 5.95 | 0.170b | 36.61ab | 5.24 | -1.22b |
| **5** | OP2 | 50.25b | 45.13b | 5.12 | 0.162b | 36.23ab | 4.82 | 0.08ab |
| **6** | OP3 | 62.00ab | 55.89ab | 6.11 | 0.171b | 34.24b | 4.84 | 1.98a |
| **7** | OP4 | 54.00ab | 47.27ab | 6.73 | 0.167b | 35.27ab | 4.77 | -0.83b |
| **8** | OP5 | 64.15ab | 57.91ab | 6.24 | 0.168b | 35.98ab | 5.44 | -1.58b |

**หมายเหตุ** a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลที่อยู่แนวตั้งเดียวกันมีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)




**ภาพที่ 27** โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางระยะดอกตูมและดอกบานที่สภาวะการสกัดต่าง ๆ

จากตารางที่ 20 พบว่า เมื่อย่อยเห็ดฟางเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซท กรดอะมิโนส่วนมากมีปริมาณเพิ่มขึ้น ได้แก่ กรดแอสปาร์ติก ทรีโอนีน ซีรีน กรดกลูตามิก โพลีน ไกลซีน อะลานีน วาลีน ไอโซลิวซีน ฮิสทีดีน เนื่องจากเอนไซม์สามารถทำปฏิกริยากับเห็ดฟางได้มากขึ้น ส่วน ลิวซีน ไทโรซีน ฟีนิลอะลานีน ไลซีน อาร์จีนีน มีแนวโน้มคงที่ หรือลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อถึงระยะเวลา

กรมวิชาการเกษตร

ย่อยหนึ่งจะมีจำนวนลดลง ระยะเวลาในการย่อยจึงมีผลต่อปริมาณกรดอะมิโนที่ได้ โดยกรรมวิธีที่ 2, 6 และ 7 มีปริมาณกรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยเห็ดฟางดอกตูมที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง เห็ดฟางดอกบานที่ระยะเวลา 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ มีปริมาณกรดอะมิโนสำคัญสำหรับผิวพรรณที่ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ

จากตารางที่ 21 จะเห็นว่าโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางทุกกรรมวิธีมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซีที่เป็นสารมาตรฐาน ซึ่งกรรมวิธีที่ 7 คือ การย่อยเห็ดฟางดอกบานที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง มีความสามารถในการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดคือ 32.20% ซึ่งมากกว่าวิตามินซี 30.07% แต่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสต่ำเพียง $IC_{50}$ = 144.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2 คือโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกตูมย่อยที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูง $IC_{50}$ = 1.72 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อวิเคราะห์ทั้ง 3 ปัจจัยร่วมกัน คือ ปริมาณกรดอะมิโนที่สำคัญต่อผิวพรรณ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ดังนั้นจึงคัดเลือกกรรมวิธีที่ 2 ร่วมกับ กรรมวิธีที่ 7 คือ โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกตูมย่อยที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ร่วมกับ โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกบานย่อยที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 เพื่อให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดทั้งต้านอนุมู ลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

3. การประยุกต์ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทสกัดจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ได้แก่ โลชันบำรุงผิว

นำโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่ผ่านการคัดเลือกจากกรรมวิธีที่ดีที่สุด คือ โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกตูมย่อยที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ร่วมกับโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกบานย่อยที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ในอัตราส่วน 1:1 มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิว โดยปรับสารเคมีต่างๆให้ได้เนื้อสัมผัสที่แตกต่างกัน จำนวน 9 วิธี พบว่า สูตรการผลิตโลชันผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางตามกรรมวิธีที่ 1 มีคุณภาพดีที่สุด เนื่องจาก เมื่อทดสอบความคงตัวที่สภาวะเร่งกรรมวิธีที่ 1 ยังคงมีความคงตัวเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ ผลิตภัณฑ์โลชันมีการแยกชั้น โดยโลชันบำรุงผิวกรรมวิธีที่ 1 มีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (+a*) ค่าความเป็นสีเหลือง (+b*) และค่าความเป็นกรดด่าง ก่อน-หลัง คือ 50.928-50.436, 1.199-1.517, 5.186-5.603 และ 6.469- 6.482 (ตารางที่ 22)

การทดสอบสารปนเปื้อนต้องห้ามตามมาตรฐาน มอก. เอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร (ตารางที่ 22) ซึ่งได้แก่ ตะกั่ว ปรอท สารหนู และแบเรียมที่ละลายได้ ตรวจพบตะกั่วในปริมาณน้อยมาก และตรว จไม่พบ ปรอท สารหนู และแบเรียมที่ละลายได้ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. เอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร สำหรับตะกั่วอาจปนเปื้อนมาจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิว เนื่องจากมีการใช้โลหะคือ เครื่องปั่นเอนกประสงค์

จากการวิเคราะห์จุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง ได้แก่ Totol Aerobic Plate count, *Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Candida albicans* และ *Clostridium spp.* (ตารางที่ 23) พบว่า ตรวจพบจำนวนรวมของแบคทีเรียที่เจริญเติบโตโดยใช้อากาศ ในปริมาณ 300 CFU/g ซึ่งน้อยกว่ามาตรฐาน มอก. เอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร คือ 1000 CFU/g และตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อโรคชนิดอื่น ดังนั้นผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจึงผ่านมาตรฐาน มอก. เอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร

กรมวิทยาศาสตร์

**ตารางที่ 20** ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนไฮโดรเซทจากเห็ดฟางที่ใช้กรรมวิธีในการสกัดแตกต่างกัน

| ลำดับที่ | ปริมาณกรดอะมิโน (mg/100g) | กรรมวิธี | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เห็ดฟางดอกตูม | เห็ดฟางดอกบาน | 1 CL2 | 2 CL3 | 3 CL4 | 4 CL5 | 5 OP2 | 6 OP3 | 7 OP4 | 8 OP5 |
| 1 | กรดแอสพาร์ติก | 2479.6 | 2302.1 | 2653 | 2740.9 | 2486.4 | 2676.3 | 2677.6 | 2701.7 | 2677.2 | 2603.7 |
| 2 | ทรีโอนีน | 1380 | 1287.5 | 1509.5 | 1545.6 | 1481.2 | 1461.9 | 1479.7 | 1487 | 1548.2 | 1464.9 |
| 3 | ซีริน | 1413.2 | 1271.9 | 1485.7 | 1509.2 | 1404.9 | 1464.5 | 1456.9 | 1473.2 | 1458.1 | 1473 |
| 4 | กรดกลูตามิก | 4774.8 | 4756.1 | 5192.5 | 5460.2 | 4937.1 | 5096.5 | 5709.9 | 5728.3 | 5594.2 | 5582.8 |
| 5 | โพรลีน | 1118.1 | 1040.9 | 1247.2 | 1386.8 | 1241.8 | 1344.1 | 1293.5 | 1312.9 | 1313.6 | 1197.3 |
| 6 | ไกลซีน | 1204 | 1139.7 | 1301.4 | 1300.9 | 1242.3 | 1275.6 | 1277.6 | 1310.9 | 1345.4 | 1311.1 |
| 7 | อะลานีน | 1992.6 | 1860.7 | 2167.6 | 2208.5 | 2155.9 | 2153.1 | 2225.1 | 2212.5 | 2299.7 | 2199.2 |
| 8 | วาลีน | 1484 | 1373.3 | 1751.6 | 1834.2 | 1754.7 | 1827.5 | 1874.5 | 1847.4 | 1801.1 | 2005.7 |
| 9 | ไอโซลิวซีน | 1190.7 | 1160.6 | 1483 | 1432.9 | 1403.6 | 1460.2 | 1421.2 | 1424.1 | 1433.1 | 1423 |
| 10 | ลิวซีน | 1472.4 | 1260.6 | 1360.3 | 1350.9 | 1171.6 | 1299.3 | 1599.7 | 1659.1 | 1590 | 1639.4 |
| 11 | ไทโรซีน | 750.8 | 729.2 | 730.7 | 768.9 | 629.2 | 778.3 | 737.4 | 804.9 | 770.9 | 813.4 |
| 12 | ฟีนิลอะลานีน | 1103.5 | 990.1 | 918.5 | 916.8 | 729.7 | 914.3 | 929.4 | 962.8 | 905.2 | 897.7 |
| 13 | ฮิสทิดีน | 454.4 | 445.6 | 490.7 | 579.9 | 503.4 | 522.5 | 580.9 | 574.9 | 547.2 | 466.9 |
| 14 | ไลซีน | 1607.4 | 1339.4 | 1608.2 | 1642.4 | 1348.1 | 1505.1 | 1401.2 | 1485.5 | 1496.8 | 1474.8 |
| 15 | อาร์จีนีน | 1420.9 | 1209.9 | 1241.1 | 1288 | 1185.8 | 1193.6 | 1177.4 | 1087.7 | 1155.2 | 1034.6 |
| ปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด | | 23846.4 | 22167.6 | 25141 | 25966.1 | 23675.7 | 24972.8 | 25842 | 26072.9 | 25935.9 | 25587.5 |
| ปริมาณโปรตีนทั้งหมด | | 32870 | 32050 | 32950 | 32900 | 32500 | 32000 | 32900 | 32600 | 31900 | 32400 |

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 21** ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางเทียบกับวิตามินซีที่ความเข้มข้น 50 ppm และฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

| กรรมวิธี | รหัส | DPPH | Dopachrome |
|---|---|---|---|
| | | % Inhibition | $IC_{50}$ (mg/mL) |
| **เห็ดฟางดอกตูม** | | 17.92d | 0.70 ± 0.04b |
| **เห็ดฟางดอกบาน** | | 25.30c | 1.71 ± 0.27c |
| **1** | CL2 | 29.10bc | 2.64 ± 0.71d |
| **2** | **CL3** | 27.41c | 1.72 ± 0.31c |
| **3** | CL4 | 28.57bc | Not detected |
| **4** | CL5 | 27.64c | Not detected |
| **5** | OP2 | 28.64bc | Not detected |
| **6** | OP3 | 29.76b | Not detected |
| **7** | OP4 | 32.20a | 144.15 ± 1.72f |
| **8** | OP5 | 32.00a | 102.72 ± 2.33e |
| **สารมาตรฐาน** | วิตามินซร | 24.70c | - |
| | Kojic acid | - | 0.02 ± 0.00a |

**หมายเหตุ** a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยข้อมูลที่อยู่แนวตั้งเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 22** ค่าสีและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของโลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางกรรมวิธีที่ 1 ก่อน-หลังเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

| กรรมวิธี | ค่าสี | | | pH |
|---|---|---|---|---|
| | L* | a* | b* | |
| **ก่อนเก็บในสภาวะเร่ง** | 50.928 | 1.199 | 5.186 | 6.469 |
| **หลังเก็บในสภาวะเร่ง** | 50.436 | 1.517 | 5.603 | 6.482 |

**ตารางที่ 23** ปริมาณสารปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

| ลำดับ | รายการ | Thai SMEs Standard 15-2561 | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|---|
| 1 | ตะกั่ว (Pb) | 20 mg/kg | 0.13 mg/kg |
| 2 | สารหนู (As) | 5 mg/kg | ไม่พบ |
| 3 | ปรอท (Hg) | 1 mg/kg | ไม่พบ |
| 4 | แบเรียมที่ละลายได้ | 0.05% | ไม่พบ |

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 24** ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

| ลำดับ | รายการ | Thai SMEs Standard 15-2561 | Results |
|---|---|---|---|
| 1 | Totol Aerobic Plate count | 1,000 CFU/g | 300 CFU/g |
| 2 | *Pseudomonas aeruginosa* | ไม่พบ | ไม่พบ |
| 3 | *Staphylococcus aureus* | ไม่พบ | ไม่พบ |
| 4 | *Candida albicans* | ไม่พบ | ไม่พบ |
| 5 | *Clostridium* spp. | ไม่พบ | ไม่พบ |

4. คำนวณต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางปริมาณ 250 กรัม โดยไม่คิดต้นทุนค่าไฟฟ้า ค่าอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ ค่าแรงงาน และค่าบรรจุภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางปริมาณ 250 กรัม มีต้นทุน ค่าวัตถุดิบ 54.28 บาท ซึ่งมีต้นทุนวัตถุดิบต่ำมาก

**ภาพที่ 28** โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

กรมวิทยาศาสตร์

**3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)**

| ผลผลิตตามคำรับรอง | จำนวน | หน่วยนับ | ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง | จำนวน | หน่วยนับ | รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน) | เชิงคุณภาพ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1. องค์ความรู้**<br>**- องค์ความรู้ใหม่** | 3 | เรื่อง | **1. องค์ความรู้ใหม่** | 3 | เรื่อง | 1. เรื่อง เทคโนโลยีการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ (ภาคผนวก 1ก)<br>2. เรื่อง เทคโนโลยีการสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทและไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง (ภาคผนวก 1ข)<br>3. เรื่อง เทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางและการผลิตโลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ภาคผนวก 1ค) | ได้เทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางโดยใช้เห็ดฟางเป็นวัตถุดิบ |
| **2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์** | | | **2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์** | | | | |
| - ระดับห้องปฏิบัติการ | 4 | ต้นแบบ | - ระดับห้องปฏิบัติการ | 4 | ต้นแบบ | 1. ผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ (ภาคผนวก 2ก)<br>2. ผลิตภัณฑ์โปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ภาคผนวก 2ข)<br>3. เครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ภาคผนวก 2ค)<br>4. ผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวจากเห็ดฟาง (ภาคผนวก 2ง) | ได้ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางที่ดีต่อสุขภาพ ที่ปลอดภัยกับผู้บริโภค |
| **3. ต้นแบบเทคโนโลยี** | | | **3. ต้นแบบเทคโนโลยี** | | | | |
| - ระดับห้องปฏิบัติการ | 3 | ต้นแบบ | - ระดับห้องปฏิบัติการ | 3 | ต้นแบบ | 1. เทคโนโลยีการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ (ภาคผนวก 3ก)<br>2. เทคโนโลยีการสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทและไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง (ภาคผนวก 3ข)<br>3. เทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางและการผลิตโลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง (ภาคผนวก 3ค) | |
| **4. กระบวนการใหม่** | 1 | กระบวนการ | **4. กระบวนการใหม่** | | | | |
| - ระดับห้องปฏิบัติการ | | | - ระดับห้องปฏิบัติการ | 1 | กระบวนการ | กระบวนการลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสด้วยวิธีการใช้กลิ่นเสริมรสเค็ม เป็นวิธีใหม่ (ภาคผนวก 4ก) | ไม่มีการใช้เกลือชนิดอื่นทดแทน เป็นวิธีที่ปลอดภัยกับผู้บริโภค |

**3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)**

กรมวิชาการเกษตร

| ผลผลิตตามคำรับรอง | จำนวน | หน่วยนับ | ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง | จำนวน | หน่วยนับ | รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน) | เชิงคุณภาพ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **5. ผลงานตีพิมพ์**<br>**- ระดับชาติ**<br>**(ระบุฐานข้อมูลที่ตีพิมพ์)** | 2 | เรื่อง | **5. ผลงานตีพิมพ์**<br>**- ระดับชาติ** | 2 | เรื่อง | 1. เรื่อง การศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียมในซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง (อยู่ระหว่างดำเนินการเนื่องจากจะสามารถตีพิมพ์ได้หลังจากได้เลขคำขอจดอนุสิทธิบัตร)<br>2. เรื่อง กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟาง (อยู่ระหว่างดำเนินการเนื่องจากจะสามารถตีพิมพ์ได้หลังจากได้เลขคำขอจดอนุสิทธิบัตร) | |
| **6. การประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนาระดับชาติ**<br>**- นำเสนอแบบโปสเตอร์** | **2** | เรื่อง | **6. การประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนาระดับชาติ**<br>**- นำเสนอแบบโปสเตอร์** | 2 | เรื่อง | 1. เรื่อง การศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียมในซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง (อยู่ระหว่างดำเนินการเนื่องจากจะสามารถเผยแพร่ได้หลังจากได้เลขคำขอจดอนุสิทธิบัตร)<br>2. เรื่อง กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟาง (อยู่ระหว่างดำเนินการเนื่องจากจะสามารถเผยแพร่ได้หลังจากได้เลขคำขอจดอนุสิทธิบัตร | |

**3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome) (ถ้ามี)**

| ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง | ปีที่เกิดผลลัพธ์ |
|---|---|
| เกษตรกรผู้ปลูกเห็ดฟางจังหวัดฉะเชิงเทาและสระบุรี | 2565 |
| บจก.อุดมศักดิ์ฟาร์มเซ็นเตอร์ แอนด์ เซอร์วิส มีความประสงค์รับเทคโนโลยีการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ การผลิตอาหารเสริมโปรตีนจากเห็ดฟาง การผลิตเครื่องสำอางจากเห็ดฟาง | 2565 |
| บจก.เบล เอ็น เอ็น บริลเลี่ยนมีความประสงค์รับเทคโนโลยีการผลิตโลชันบำรุงผิวจากเห็ดฟางเพื่อไปทดลองผลิตและจำหน่ายเชิงพาณิชย์ | 2565 |

**3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)**

| ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง | ปีที่เกิดผลกระทบ |
|---|---|
| ด้านเศรษฐกิจ :<br>1. ผู้ประกอบการสามารถแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟางเป็นอาหารและเครื่องสำอางที่ดีต่อสุขภาพ และปลอดภัยกับผู้บริโภค สร้างมูลค่าเพิ่มจากเห็ดฟางตกเกรดได้ | 2566 |

กรมวิชาการเกษตร

| | |
|---|---|
| 2. เกษตรกรผู้ปลูกเห็ดฟางมีรายได้สม่ำเสมอตลอดทั้งปี และลดความสูญเสียจากผลผลิตล้นตลาดในช่วงฤดูกาลผลผลิตสูงได้ และเห็ดฟางตกเกรด โดยสามารถนำมาแปรรูปได้ | |
| ด้านสังคม :<br>สร้างความเข้มแข็งให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกเห็ดฟางให้สามารถประกอบอาชีพในถิ่นที่อยู่ของตนเอง เกิดการพัฒนาชุมชนที่ยั่งยืน นอกจากนี้ผู้บริโภคยังได้ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางเพื่อสุขภาพที่มีความปลอดภัย เช่น ผู้บริโภคลดการเจ็บป่วยจากโรค NCDs เครื่องสำอางที่ใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากธรรมชาติ | 2566 |
| ด้านสิ่งแวดล้อม : เกษตรกรผู้ปลูกเห็ดฟางลดปริมาณขยะที่เกิดจากเห็ดฟางตกเกรด มีตำหนิ ผลผลิตล้นตลาดในช่วงฤดูกาลผลผลิตสูงได้ สามารถสร้างรายได้จากสินค้าตกเกรด มีตำหนิได้ | 2566 |

**3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์**

**วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์**

โครงการวิจัยการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟางเชิงพาณิชย์ได้กำหนดแผนการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในด้านการสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจและด้านวิชาการ ดังนี้

**ด้านเศรษฐกิจ** ดำเนินการจดอนุสิทธิบัตรกับกรมทรัพย์สินทางปัญญาภายในปี 2565 จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่

1) กระบวนการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง
2) การสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟาง
3) การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง

โดยหลังจากดำเนินการจดอนุสิทธิบัตร ทางโครงการจะถ่ายทอดองค์ความรู้ให้แก่ผู้ประกอบการ โดย บจก.อุดมศักดิ์ฟาร์มเซ็นเตอร์ แอนด์ เซอร์วิส และบจก.เบล เอ็น เอ็น บริลเลี่ยน มีความประสงค์รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟาง เพื่อนำไปจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ผลจากการนำเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้จะก่อให้เกิดธุรกิจทางการเกษตรจากวัตถุดิบทางการเกษตรชนิดใหม่ นั่นคือ เห็ดฟาง ส่งผลให้เกิดการจ้างงานในด้านต่าง ๆ ตั้งแต่ การปลูกเห็ดฟาง การจ้างโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ การกระจายสินค้าสู่ผู้บริโภค อีกทั้งทั้งผู้บริโภคจะมีทางเลือกในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ยังก่อให้เกิดความคุ้มค่าในการใช้ประโยชน์ผลผลิตทางการเกษตร นั่นคือ เห็ดฟางระยะตกเกรดหรือผลผลิตล้นตลาด สามารถช่วยให้เกษตรกรผู้ปลูกเห็ดฟางมีรายได้สม่ำเสมอและเพิ่มขึ้นได้

**ด้านวิชาการ** หลังจากดำเนินการจดอนุสิทธิบัตร ทางโครงการจะดำเนินการเผยแพร่ผลงานวิจัยเพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านวิชาการแก่นักวิจัย หน่วยงาน มหาวิทยาลัยและผู้สนใจ โดยตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารระดับชาติและนำเสนอผลงานวิจัยในรูปแบบโปสเตอร์ในงานประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนาระดับชาติภายในปี 2565 รายละเอียดดังนี้

**1. ผลงานตีพิมพ์- ระดับชาติ** ดำเนินการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารระดับชาติ จำนวน 2 เรื่อง ดังนี้

1) การศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียมในซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง
2) กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟาง

**2. การประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนาระดับชาติ- นำเสนอแบบโปสเตอร์** นำเสนอผลงานวิจัยในรูปแบบโปสเตอร์ จำนวน 2 เรื่อง ดังนี้

1) การศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียมในซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง
2) กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟาง

กรมวิชาการเกษตร

# บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

**สรุปผลและอภิปรายผล**

**สรุปผล**

โครงการวิจัย การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟางเชิงพาณิชย์ ประกอบด้วย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ การผลิตโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากโปรตีน การผลิตสารสกัดจากเห็ดฟางและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ ดังนี้

กระบวนการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำที่เหมาะสม มีขั้นตอนเริ่มจาก นำเห็ดฟางระยะดอกบานมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำไปผสมกับถั่วเหลืองนึ่งและแป้งข้าวเจ้าคั่วในอัตราส่วน 40:30:30 นำส่วนผสมที่ได้มาเติมหัวเชื้อรา *Aspegillus oryzae* และหมักไว้เป็นเวลา 7 วัน สังเกตการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus oryzae* โดยจะมีสปอร์ที่มีสีเขียวแกมเหลืองคลุมทั่ววัตถุดิบ เรียกว่า โคจิ แล้วนำไปหมักต่อในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หมักเป็นเวลา 3 เดือน เมื่อครบกำหนด 3 เดือน นำหัวเชื้อน้ำหมักซอสที่ได้มาเติมน้ำกลั่นในอัตราส่วนน้ำซอส : น้ำกลั่น เท่ากับ 1:3 จากนั้นเติมกลิ่นซอสถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก นำไปให้ความร้อนอุณหภูมิ 80-85°C เป็นเวลา 15 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีโดยการแช่ในน้ำแข็ง แล้วบรรจุน้ำซอสปรุงรสที่ได้ในขวดแก้วจะได้ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำที่มีปริมาณโซเดียมร้อยละ 11.85 โดยน้ำหนัก ซึ่งน้อยกว่าสูตรควบคุมร้อยละ 34.16 โดยน้ำหนัก มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.05 ปริมาณกรดแอสพาร์ติกและกรดกลูตามิกเท่ากับ 593.6 มิลลิกรัม/100 กรัม และ1067.8 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ผู้ทดสอบร้อยละ 80.14 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ มีต้นทุนการผลิต 39.17 บาทต่อ 100 มิลลิลิตร

การสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟาง มีขั้นตอนเริ่มจากอบแห้งเห็ดฟางในระยะดอกบานที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำเห็ดฟางอบแห้งที่ได้มาสกัดโปรตีนคอนเซนเทรท โดยใช้วิธี Three-phase partitioning (TPP) และนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะได้โปรตีนคอนเซนเทรทผงที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 55.47 มีกรดอะมิโน 15 ชนิด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดโดยสามารถทดแทนโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองได้ร้อยละ 50 โดยมีส่วนผสมประกอบด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองร้อยละ 6.05 โปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางร้อยละ 6.05 ธัญญาหารร้อยละ 34.72 น้ำตาลทรายร้อยละ 9.40 ครีมเทียมร้อยละ 12.48 นมผงขาดมันเนยร้อยละ 10 มอลโตเด็กซ์ตินร้อยละ 20 และกลิ่นวนิลาร้อยละ 1.30 ซึ่งสูตรเครื่องดื่มดังกล่าวผู้บริโภคให้การยอมรับร้อยละ 79.54

การผลิตสารสกัดจากเห็ดฟางและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง สกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางโดยใช้เอนไซม์อัลคาเลส (Alcalase enzyme) ในการย่อยเห็ดฟางระยะดอกตูมและระยะดอกบาน พบว่า การย่อยเห็ดฟางระยะดอกตูมที่ระยะเวลาการย่อย 3 ชั่วโมง ได้กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อผิวในปริมาณสูง ได้แก่ กรดกลูตามิค ซีรีน โพรลีน และอาร์จีนีน มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารมาตรฐานวิตามินซี 10.97% และมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส $IC_{50}$ = 1.72 ± 0.31 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่การย่อยเห็ดฟางระยะดอกบานที่ระยะเวลาการย่อย 4 ชั่วโมง ได้กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อผิวในปริมาณสูง ได้แก่ กรดกลูตามิค ไกลซีน และอะลานีน มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลสูงกว่าสารมาตรฐานวิตามินซีถึง 30.37 % และมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส $IC_{50}$ = 144.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางทั้ง 2 กรรมวิธีล้วนมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูงในคนละด้าน จึงใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางทั้ง 2 กรรมวิธีร่วมกัน เพื่อให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่มีคุณภาพที่เหมาะสมที่สุดและนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิว ได้ผลิตภัณฑ์โลชันที่ผ่านมาตรฐาน มอก. เอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร คือ มีค่าความเป็นกรดด่าง 6.46 ความคงตัวที่สภาวะเร่งร้อนสลับเย็น สารปนเปื้อน ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท สารหนู แบเรียมที่ละลายได้ และจุลินทรีย์ ได้แก่ Totol Aerobic Plate count, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* และ *Clostridium spp*. เมื่อทดสอบความชอบทางด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับผลิตภัณฑ์ พบว่า ได้ร้อยละการยอมรับผลิตภัณฑ์เท่ากับ 80 และได้คะแนนทางด้านประสาทสัมผัสด้านสี ความหนืด การซึมสู่ผิว ความเหนียวเหนอะหนะ กลิ่นหลังทา ความชุ่มชื่นหลังทา 5.24, 5.16, 5.08, 5.16, 3.92 และ 5.72 คะแนนจาก 7 คะแนน โดยผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทมีต้นทุนการผลิต 54.28 บาทต่อโลชัน 250 กรัม

จากการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าเห็ดฟางสามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางเพื่อเพิ่มมูลค่าได้ เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิดในปริมาณสูง

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

**อภิปรายผล**

**การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ**

1. ศึกษาสภาวะการอบแห้งเห็ดฟางที่เหมาะสม

ผลการศึกษาสภาวะการอบแห้งเห็ดฟางที่เหมาะสม พบว่า สภาวะการอบแห้งมีผลทำให้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสิ่งทดลองที่ใช้อุณหภูมิ 50°C ทุกระดับเวลาและการใช้อุณหภูมิ 60°C และ70°C ต่ำกว่า 8 ชั่วโมง ไม่สามารถทำให้ตัวอย่างแห้งเพียงพอ ตัวอย่างยังคงมีลักษณะชื้นมาก สิ่งทดลองดังกล่าวเป็นการใช้สภาวะการทำแห้งที่ระดับอุณหภูมิต่ำและใช้เวลาในการทำแห้งสั้น จึงเป็นสภาวะที่ยังไม่รุนแรงเพียงพอที่จะทำให้เกิดสภาวะอากาศร้อนและเวลาที่เหมาะสมที่จะลดความชื้นออกจากตัวอย่างได้ ขณะที่การใช้สภาวะการอบแห้งอุณหภูมิตั้งแต่ 60 °C และเวลาในการอบแห้งตั้งแต่ 8 ชั่วโมงขึ้นไป จะทำให้ได้ตัวอย่างที่แห้งและสามารถบดละเอียดได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการใช้สภาวะการอบแห้งอุณหภูมิตั้งแต่ 60°C และเวลาในการอบแห้งตั้งแต่ 8 ชั่วโมงขึ้นไป ตัวอย่างจะมีปริมาณความชื้นระหว่างร้อยละ 4.21-6.39 ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ10 ขณะที่ปริมาณน้ำอิสระมีค่าอยู่ระหว่าง 0.23-0.39 ซึ่งต่ำกว่า 0.6 โดยปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระดังกล่าวสามารถป้องกันการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ ซึ่งมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสียและความปลอดภัยของอาหาร (สมชาติ, 2540) ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระเป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร แนวทางการแปรรูปให้อาหารมีอายุการเก็บได้นานและลดโอกาสการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาเคมีที่ไม่พึงประสงค์ การลดปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระโดยทั่วไปอาหารควรมีปริมาณความชื้นต่ำแต่ก็ขึ้นอยู่กับชนิดอาหารด้วยและปริมาณน้ำอิสระต่ำสุดที่แบคทีเรียทั่วไปจะสามารถเจริญได้ คือ 0.81 (Sheikh *et al*., 2010) ทั้งนี้การใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูงจะได้ผลดีกว่าการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดอากาศร้อนที่อุณหภูมิสูงเพียงพอพัดผ่านผิวหน้าอาหารที่มีความเปียก โดยความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหารและระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ สภาวะการทำแห้งที่รุนแรงเพียงพอจะทำให้ความดันไอที่ผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าความดันไอด้านในอาหาร เป็นผลให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำ และเกิดแรงดันในการไล่น้ำออกจากอาหารได้ จึงเป็นผลให้ตัวอย่างแห้งอย่างทั่วถึงสามารถบดเป็นผงละเอียด (รัชนี, 2535) เมื่อพิจารณาสภาวะการอบแห้งต่อปริมาณกรดกลูตามิกและกรดแอสพาร์ติกซึ่งเป็นกรดอะมิโน พบว่า การใช้อุณหภูมิต่ำและเวลาในการอบแห้งสั้นมีผลทำให้ปริมาณกรดกลูตามิกและกรดแอสพาร์ติกสูงกว่าการใช้อุณหภูมิสูงเวลานาน เนื่องจากโปรตีนในอาหารอาจสูญเสียโครงสร้างในระหว่างการทำแห้งได้จากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนในภาวะที่ได้รับความร้อนสูงเป็นเวลานานทำให้เกิดครอสลิง (crosslink) ระหว่างโมเลกุลของโปรตีนและความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดอะมิโนบางชนิด ทำให้สูญเสียโครงสร้างไป จึงทำให้ปริมาณกรดอะมิโนลดลงเมื่อสภาวะการทำแห้งรุนแรงขึ้น (รัชนี, 2535) จากเหตุผลที่กล่าวมาสภาวะการอบแห้งเห็ดฟางที่เหมาะสมควรมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6 ขณะที่ต้องมีการพิจารณาปริมาณกรดกลูตามิกและกรดแอสพาร์ติกซึ่งเป็นสารสำคัญที่ให้รสอูมามิในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสด้วย ซึ่งพบว่า สิ่งทดลองที่ใช้อุณหภูมิ 60°C 8 ชั่วโมงเป็นสภาวะการอบแห้งเห็ดฟางระยะดอกบานที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีปริมาณความชื้นปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วงที่ต้องการ อีกทั้งมีปริมาณกรดกลูตามิกและกรดแอสพาร์ติกสูงที่สุด

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเห็ดฟางอบแห้ง ถั่วเหลือง และแป้งข้าวเจ้าในการผลิตซอสปรุงรส

หลังจากได้สภาวะการอบแห้งเห็ดฟางระยะดอกบานที่เหมาะสมตามข้อ 1 นำเห็ดฟางอบแห้งที่สภาวะดังกล่าวมาศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างเห็ดฟาง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า โดยใช้วิธีการหมักด้วยจุลินทรีย์ คือ หัวเชื้อราชนิด *Aspergillus oryzae* ซึ่งเป็นกระบวนการธรรมชาติที่อาศัยการทำงานของเอนไซม์ผลิตจากเชื้อราที่ใช้ในการหมักได้ผลิตภัณฑ์ หมักไว้เป็นระยะเวลา 3 เดือน จากนั้นนำไปศึกษาค่าคุณภาพเพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม พบว่า หากปริมาณเห็ดฟางเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง ค่าสีเขียว-แดง และค่าสีน้ำเงิน-เหลืองของซอสปรุงรสมีค่าลดลงและมีปริมาณน้ำอิสระอยู่ระหว่าง 0.80-0.82 ซึ่งปริมาณน้ำอิสระดังกล่าวจะไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *แซลโมเนลลา คลอสติ-เดียม เพอร์ฟริงเจนส์ อีโคไล* แต่สามารถเกิดเชื้อราและเชื้อ *สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส* ได้ ศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสปรุงรส 7 กรรมวิธีและสูตรควบคุม (ถั่วเหลือง 100%) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5.00-5.23 ซึ่งเป็นค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำซอสปรุงรสที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4.5-6.0 ศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ โดยตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ตามข้อกำหนดซอสปรุงรสจำนวน 5 รายการ ได้แก่ ยีสต์และเชื้อรา *โคลิฟอร์ม แซลโมเนลลา คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ และสแตฟิโลค็อกคัสออเรียส* พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของซอสจากเห็ดฟาง 7 กรรมวิธีและซอสจากถั่วเหลือง 100% เป็นไปตาม

ข้อกำหนดความปลอดภัยของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำซอสปรุงรส ดังนั้นตัวอย่างซอสปรุงรสที่ได้จึงมีความปลอดภัยต่อผู้ทดสอบ

ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ความชอบโดยรวม กลิ่นรสซอส และรสเค็ม ผู้ทดสอบสิ่งทดลองทั้ง 7 สิ่งทดลองและสูตรควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่ความเข้มของสีซอสผู้ทดสอบชอบสูตรควบคุมน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบที่ผู้ทดสอบประเมินต่อสิ่งทดลอง พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากกว่าสิ่งทดลองอื่นโดยได้คะแนนความเข้มของสี กลิ่นรสซอส รสเค็ม และความชอบโดยรวม เท่ากับ 6.04, 5.21, 4.65 และ5.48 ตามลำดับ และเมื่อประเมินความพอดีในแต่ละคุณลักษณะ พบว่า สิ่งทดลองทั้ง 7 สิ่งทดลองและสูตรควบคุมต้องปรับลดรสเค็ม และกลิ่นรสซอสฉุนมากเกินไป เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วน พบว่า การเพิ่มเห็ดฟางส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรสเพิ่มมากขึ้น ขณะที่การเพิ่มถั่วเหลืองส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวม สี และกลิ่นรสมีคะแนนลดลง

ดังนั้น สิ่งทดลองที่ 2 จึงมีความเหมาะสมในการนำผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง โดยมีอัตราส่วนระหว่างเห็ดฟาง : ถั่วเหลือง : แป้งข้าวเจ้า คือ 40:30:30 ซึ่งสิ่งทดลองที่ใช้เห็ดฟางสูงขึ้นจะส่งผลให้ความชอบของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น เนื่องจากเห็ดฟางมีรสชาติที่เด่นชัด คือ รสอูมามิซึ่งเป็นรสชาติของกลูตาเมตอิสระ หนึ่งในกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนพบได้ในอาหารตามธรรมชาติหลากหลายชนิด เช่น เห็ด สาหร่าย เนื้อสัตว์ ถั่วลันเตา และเครื่องปรุงรสต่าง ๆ สารสำคัญที่ให้รสอูมามิ คือ กรดกลูตามิกและกรดแอสพาร์ติก โดย Tsai *et al.* (2007) รายงานว่า เห็ดฟางในระยะดอกบานมีปริมาณสารสำคัญที่ให้รสอูมามิในเห็ดฟางเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเกือบ 3 เท่าของระยะเริ่มต้น ดังนั้นสิ่งทดลองที่ใช้ปริมาณเห็ดฟางสูงมีผลทำให้รสชาติของซอสปรุงรสที่ได้ดีกว่าสิ่งทดลองที่ใช้เห็ดฟางในปริมาณน้อย นอกจากนี้กระบวนการหมักที่ใช้วัตถุดิบที่อุดมไปด้วยโปรตีนดังเช่นเห็ดฟางมาผสมเกลือแล้วทำการหมักด้วยจุลินทรีย์ *Aspergillus oryzae* ซึ่งจะสร้างเอนไซม์โปรติเอสในระหว่างการหมักและทำหน้าที่ย่อยโปรตีนที่อยู่ในเห็ดฟางจนได้เป็นกรดอะมิโน ไนโตรเจนที่อยู่ในกรดอะมิโนนี้จะส่งผลต่อกลิ่นรสของซอสที่หมักได้ (วิเชียร, 2526) ดังนั้น การใช้เห็ดฟางในปริมาณสูงจะยิ่งเพิ่มปริมาณกรดกลูตามิกให้สูงขึ้นและรสชาติของเครื่องปรุงรสที่รสชาติดีจะเกิดจากการมีปริมาณกลูตามิกสูงกว่ากรดอะมิโนชนิดอื่น ๆ

3. ศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง

หลังจากได้อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง นำตัวอย่างซอสปรุงรสดังกล่าวมาศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียม โดยพบว่า เริ่มต้นในการหมักใช้น้ำเกลือร้อยละ 20 เมื่อหมักเป็นเวลา 3 เดือน ซอสปรุงรสมีปริมาณโซเดียมลดลงเล็กน้อย โดยมีโซเดียมเหลือร้อยละ 18 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำซอสปรุงรสที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณเกลือ (คำนวณเป็นโซเดียมคลอไรด์) ร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากเกลือโซเดียมคลอไรดมีหนาที่ยับยั้งและคัดเลือกจุลินทรีย์ในขั้นตอนการหมักน้ำเกลือ โดยจุลินทรีย์ที่สามารถทำงานได้ดีจะสร้างเอนไซม์โปรตีเอสเพื่อย่อยโปรตีนโมเลกุลใหญ่ให้เกิดเป็นกรดอะมิโน ซึ่งผลของโปรตีนที่ถูกย อยสลายจนเกิดเป็นกรดอะมิโนมีผลทำให เกิดไนโตรเจนที่ละลายได ในช่วงของการหมักเกิดขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อตรวจปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรดของสิ่งทดลองจึงมีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรดเริ่มตนที่ใชในการหมักที่ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ที่ใช้เป็นสูตรควบคุม อีกทั้งความชื้นที่อยู่ในโคจิจะเจือจางให้ความเข้มข้นของเกลือลดลงด้วยเมื่อหมักในน้ำเกลือ (เพ็ญประภา, 2551) นำสิ่งทดลองไปศึกษากรรมวิธีการลดโซเดียมด้วยวิธีการตกผลึกและวิธีใช้กลิ่นเสริมรสเค็ม พบว่า

1) วิธีการตกผลึก เป็นวิธีในการลดความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ โดยต้องมีการลดปริมาตรสารละลายให้เป็นสารละลายยิ่งยวดซึ่งสสารส่วนใหญ่ในธรรมชาติสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีอุณหภูมิสูง จากนั้นนำสารละลายอุณหภูมิสูงดังกล่าวไปทำให้เย็นตัวลงจะก่อให้เกิดการแยกตัวของสารเกิดเป็นผลึกของแข็ง ซึ่งเรียกว่า การตกผลึก (กุมุนาถ, 2546)

2) วิธีใช้กลิ่นเสริมรสเค็ม พบว่า กลิ่นซอสถั่วเหลืองสามารถเพิ่มระดับการรับรู้รสเค็มของผู้บริโภคได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เกิดขึ้นจากการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้กลิ่นและการรับรู้รส (odour-taste interaction) เป็น cross-modal perception แบบหนึ่งในการรับรู้ทางประสาทสัมผัส (Narisa *et al*. 2011 and Lawrence *et al*. 2011) โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาเจาะจงเกี่ยวกับการเพิ่มระดับความเข้มของการรับรู้ความเค็ม (saltiness) ด้วยกลิ่นที่มีความเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับรสเค็มซึ่งเรียกว่า Odour-Induced Saltiness Enhancement (OISE) โดย Godinot et al. (2009) ได้ศึกษาการเติมกลิ่นปลาซาดีนลงในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นต่ำ พบว่า การเติมกลิ่นปลาซาดีนทำให้ผู้ทดสอบรับรู้รสเค็มได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่างที่ไม่มีการเติมกลิ่นซาดีน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองการเพิ่มกลิ่นซอสถั่วเหลืองในซอสปรุงรสจากเห็ดฟาง พบว่าปริมาณกลิ่นซอสถั่วเหลืองสามารถเพิ่มการรับรู้รสเค็มได้ โดยปริมาณที่เหมาะสม คือ ร้อยละ1.5 โดยน้ำหนัก ซึ่งทำให้ระดับการรับรู้รสเค็มของผู้ทดสอบเพิ่มขึ้นจากตัวอย่างที่ไม่เติมกลิ่นซอสถั่วเหลืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ระดับการรับรู้รส

เค็มดังกล่าวน้อยกว่าซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่สูตรทางการค้ามีระดับรสเค็มมากกว่าซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำและสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อศึกษาค่าคุณภาพด้านสี พบว่า ซอสปรุงรสมีสีน้ำตาล มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.70 มีปริมาณโปรตีน ปริมาณกรดแอสพาร์ติกและกรดกลูตามิกน้อยกว่าวิธีตกผลึกเนื่องจากวิธีการใช้กลิ่นเสริมรสเค็มมีการเจือจางความเข้มข้นของซอสปรุงรสด้วยน้ำจึงส่งผลให้ปริมาณโปรตีน กรดแอสพาร์ติกและกรดกลูตามิกเจือจางลง นำซอสปรุงรสที่ได้จากทั้งสองกรรมวิธีไปทดสอบความชอบและการยอมรับเปรียบเทียบกับตัวอย่างทางการค้า พบว่า ผู้ทดสอบชอบสูตรทางการค้ามากที่สุดเนื่องจากผู้ทดสอบชอบความเข้มของสี) กลิ่น และรสเค็มของตัวอย่างทางการค้ามากที่สุด ขณะที่ชอบซอสปรุงรสที่ใช้กลิ่นเสริมรสเค็มมากกว่าวิธีตกผลึกเนื่องจากคุณลักษณะด้านกลิ่นที่ผู้ทดสอบให้คะแนนสูงกว่า ขณะที่คะแนนความชอบด้านสีของตัวอย่าง ผู้ทดสอบชอบสีของซอสปรุงรสที่ใช้วิธีตกผลึกสูงกว่าวิธีใช้กลิ่นเสริมรสเค็ม เนื่องจากมีความเข้มมากกว่า เมื่อทดสอบความชอบด้านรสเค็ม พบว่า ผู้ทดสอบชอบรสเค็มของซอสปรุงรสที่ใช้กลิ่นเสริมรสเค็มมากกว่าซอสปรุงรสที่ใช้วิธีตกผลึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อประเมินการยอมรับพบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับซอสปรุงรสสูตรทางการค้ามากที่สุด รองลงมาคือ ซอสปรุงรสให้วิธีเสริมรสเค็มและวิธีตกผลึก โดยร้อยละการยอมรับเท่ากับ 92.36, 80.14 และ 78.15 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะสูตรทางการค้ามีการปรุงแต่งทั้งรสชาติและกลิ่นโดยมีการเติมสารปรุงแต่งกลิ่นรสต่าง ๆ เช่น น้ำตาล กลิ่นซอส ขณะที่ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางยังไม่ได้ปรุงแต่งรสชาติเหมือนตัวอย่างทางการค้าจึงส่งผลต่อความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคได้

**การผลิตโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากโปรตีน**

1. การเตรียมเห็ดฟางอบแห้งโดยใช้การอบแห้งแบบลมร้อน

จากการวิเคราะห์ค่าคุณภาพของตัวอย่างเห็ดฟางอบแห้ง พบว่า เห็ดฟางอบแห้งเป็นแหล่งที่ดีในการนำมาสกัดโปรตีน เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 33.10 ต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม ขณะที่มีปริมาณไขมันน้อย แต่ยังคงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง สอดคล้องกับสุนันท์ (2529) ซึ่งรายงานว่าเห็ดเป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน

2. ศึกษาวิธีการสกัดโปรตีนจากเห็ดฟางเพื่อให้ได้กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูง

จากการสกัดแยกโปรตีนจากเห็ดฟางอบแห้งด้วยวิธีละลายด้วยกรดและวิธี Three-phrase partitioning (TPP) พบว่าโปรตีนสกัดจากทั้งสองวิธีมีร้อยละผลผลิตและค่าสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่มีปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยโปรตีนที่สกัดด้วยวิธี TPP มีร้อยละผลผลิต เท่ากับ 18.20 ขณะที่โปรตีนสกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรดมีร้อยละผลผลิต เท่ากับ 5.16 ทั้งนี้ปริมาณผลผลิตของโปรตีนผงจากวิธีละลายด้วยกรดน้อยกว่าวิธี TPP อาจเกิดจากการสูญเสียโปรตีนบางส่วนในขั้นตอนการผลิต เช่น การสูญเสียโปรตีนที่ละลายได้ในกรด (Acid-soluble solid) ที่อาจจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการสกัด การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ซึ่งจะไปลดค่า dielectric constant ของสารละลายโปรตีน ทำให้เกิดการจับรวมตัวกันเองของโปรตีนตกตะกอนได้ง่ายแต่อาจทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติได้บางส่วน (Mune *et al*., 2011) เมื่อพิจารณาค่าสีของโปรตีนสกัดที่ได้จากทั้งสองวิธี พบว่า โปรตีนสกัดด้วยวิธี TPP มีสีน้ำตาลอ่อนกว่าโปรตีนสกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรด ทั้งนี้การสกัดโปรตีนทั้ง 2 วิธีให้ปริมาณและลักษณะทางกายภาพของโปรตีนแตกต่างกันเนื่องจากสารชนิดต่าง ๆ ที่เติมเข้าไปในขณะที่ทำการสกัดแยกโปรตีนนั้นล้วนแต่มีความสำคัญต่อสภาพธรรมชาติของโปรตีนทั้งสิ้น เช่น Detergents และ Chaotropic agents ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในการกำจัดสารอื่น ๆ ที่เกาะรวมปนเปื้อนอยู่กับโปรตีน (นักสิทธิ์, 2563) ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของโปรตีนทั้งสองวิธีมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และปริมาณน้ำอิสระไม่เกิน 0.6 ดังนั้นโปรตีนสกัดสามารถเก็บรักษาได้นาน โดยเชื้อราและยีสต์ที่ทนแห้งไม่สามารถเจริญได้ (วลัยรัตน์, 2549)

นำโปรตีนผงที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีไปวัดปริมาณโปรตีน ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน พบว่า โปรตีนผงที่สกัดได้จากทั้งสองวิธีมีปริมาณโปรตีนโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยโปรตีนผงที่สกัดได้จากวิธี TPP มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 55.47 ซึ่งเป็นปริมาณโปรตีนที่สูงในระดับโปรตีนเข้มข้น (Prortein concentrate) ขณะที่โปรตีนที่สกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรดมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 43.11 ซึ่งอยู่ในระดับโปรตีนเข้มข้นเช่นกัน เมื่อวัดชนิดและปริมาณกรดอะมิโน 15 ชนิด พบว่า โปรตีนที่สกัดด้วยวิธี TPP มีปริมาณกรดกลูตามิก อะลานีน กรดแอสพาร์ติก วาลีน ทรีโอนีนและซีรีนสูง ซึ่งชนิดของกรดอะมิโนที่พบในโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางด้วยวิธี TPP มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายเป็นองค์ประกอบหลายชนิด ได้แก่ วาลีน ทรีโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ฟีนิลอะลานีน ฮิสทีดีน และไลซีน โดยพบว่า มีกรดอะมิโนจำเป็นชนิด วาลีน ทรีโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีนปริมาณมาก แต่มีปริมาณฟีนิลอะลานีนและฮิสทีดีนน้อย ขณะที่โปรตีนที่สกัดด้วยวิธีละลายด้วยกรดมีปริมาณกรดอะมิโนเกือบทุกชนิดน้อยกว่าวิธี TPP ยกเว้น กรดกลูตามิกและฟีนิลอะลานีนที่มีปริมาณสูงกว่าวิธี TPP เล็กน้อย ดังนั้น วิธี TPP จึงมี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ความเหมาะสมมากกว่าวิธีละลายด้วยกรดในการนำมาสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟาง นำโปรตีนผงที่ได้จากวิธี TPP ไปศึกษาสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน ได้แก่ ความสามารถในการละลาย การเกิดโฟม และความสามารถในการเกิดอิมัลชัน

ความสามารถในการละลาย

ผลการศึกษาคุณสมบัติด้านการละลายของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง พบว่า โปรตีนสกัดจากเห็ดฟางมีค่าการละลายผันแปรไปตามค่าการละลายของความเป็นกรด-ด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยโปรตีนสกัดมีค่าการละลายต่ำสุดเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5 ซึ่งเป็นค่ากรด-ด่างที่จุดไอโซอิเล็กทริกของโปรตีนพืชทั่วไป (4-5) (Tsumura *et al*., 2005) และพบว่าค่าการละลายของโปรตีนสกัดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน้อยกว่าหรือมากกว่า 5 และมีค่าการละลายสูงสุดที่ค่ากรด-ด่างเท่ากับ 9 โดยมีค่าการละลายเท่ากับร้อยละ 99.75 ค่าการละลายดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากระบวนการสกัดโปรตีนสามารถส่งผลให้โครงสร้างของโปรตีนเกิดการคลายตัวเอากรดอะมิโนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic amino acid) ออกมาได้มาก ส่งผลให้พื้นผิวของโมเลกุลของโปรตีนแสดงความมีขั้วได้มากขึ้น โปรตีนจึงมีความสามารถในการจับโมเลกุลของน้ำได้ดีขึ้น (พิมเพ็ญ, ม.ป.ป)

ความสามารถในการเกิดฟองและความคงตัวของฟอง

ผลการศึกษาความสามารถในการเกิดฟองของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง พบว่า โปรตีนสกัดจากเห็ดฟางมีค่าความสามารถในการเกิดฟองได้น้อย ซึ่งค่าความสามารถในการเกิดฟองเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้โปรตีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ผลการศึกษาความคงตัวของฟองของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง พบว่าค่าความคงตัวของฟองเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดเมื่อใช้โปรตีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 เมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นของโปรตีนที่ใช้เท่ากัน พบว่า ค่าความคงตัวของฟองมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาที่ทดสอบเพิ่มขึ้นในช่วงระหว่าง 0.5-30 นาที แสดงถึงความไม่คงตัวของฟองโปรตีน ทั้งนี้ความสามารถในการคงตัวของฟองโปรตีนมีค่าต่ำอาจเนื่องมาจากโปรตีนได้ผ่านกระบวนการสกัดทำให้โปรตีนได้สูญเสียประสิทธิภาพในการห่อหุ้มอากาศไว้ จึงทำให้ฟองมีลักษณะเปราะแตกได้ง่าย

ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง พบว่า โปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง จะมีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีน การใช้โปรตีนสกัดความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ให้ค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) และการใช้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ให้ค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ผลศึกษาค่าความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsifying stability index) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนความคงตัวของอิมัลชันจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คุณสมบัติด้านความสามารถในการเกิดอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนมีผลมาจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความสามารถในการละลายของโปรตีน คุณสมบัติการไม่ชอบน้ำบริเวณพื้นผิว การสูญเสียสภาพของโปรตีน ระดับการย่อยโปรตีน เป็นต้น จากการศึกษาคุณสมบัติด้านความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง พบว่า มีความสามารถในการเกิดอิมัลชันน้อยซึ่งอาจเกิดจากระดับการสกัดของโปรตีนยังอยู่แค่ในระดับโปรตีสกัดเข้มข้น (Protein concentrate) ทำให้กรดอะมิโนที่มีประจุและไม่มีประจุของโปรตีนที่ซ่อนอยู่ภายในโครงสร้างของโปรตีนยังไม่สามารถเกิดขึ้นที่ผิวของโปรตีนได้มากนัก ซึ่งมีอิทธิพลต่อการจับกับน้ำและน้ำมันของโปรตีนที่สกัดได้ (Kaewmanee *et. al*., 2015)

3. การประยุกต์ใช้โปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของเครื่องดื่มโปรตีนผสมธัญญาหารเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ พบว่า ผู้ทดสอบชอบสูตรเครื่องดื่มที่มีความหวานมัน ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวเกิดขึ้นจากส่วนผสม ได้แก่ ครีมเทียม นมผง มอลโตเด็กทรินซ์และน้ำตาลทราย และควรมีการแต่งกลิ่นให้แก่เครื่องดื่ม ซึ่งส่งผลดีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ เมื่อศึกษาระดับของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีน พบว่า ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 25 และ50 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มระดับของโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางจะส่งผลให้ความชอบของผู้บริโภคลดลง โดยผู้บริโภคเริ่มให้คะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนเป็นร้อยละ 75 และให้คะแนนความชอบน้อยที่สุดเมื่อทดแทนที่ระดับร้อยละ 100 เนื่องจากโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางจะไปส่งผลต่อความชอบในคุณลักษณะด้านความเข้มของสี กลิ่นรสโดยรวม ความข้นหนืด และรสหวานของผลิตภัณฑ์ เมื่อประเมินการยอมรับ พบว่า ผู้ทดสอบยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนที่ระดับร้อยละ 25, 50, 75 และ100 เท่ากับร้อยละ 82.67, 79.54, 60.33, 40.91 ตามลำดับ ดังนั้น การใช้โปรตีนสกัดจากเห็ดฟางเพื่อทดแทนโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองในเครื่องดื่มควรใช้ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50 เมื่อนำเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางไปศึกษาค่าคุณภาพ พบว่า เครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางมีสีเหลืองอ่อน ($L^*= 52.70$, $a^*= 3.99$ และ$b^*= 4.75$) และมี

ลักษณะขุ่น มีความเป็นกรดเล็กน้อยโดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.73 มีรสชาติหวานโดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 15.10 เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (ร้อยละต่อน้ำหนัก 100 กรัม) มีพลังงานทั้งหมด 410.50 กิโลแคลอรี่ พลังงานจากไขมัน 29.90 กิโลแคลอรี่ โปรตีน 5.30 กรัม ไขมัน 2.85 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 83.44 กรัม น้ำตาล 80.19 กรัม ใยอาหาร 3.25 กรัม โซเดียม 80 มิลลิกรัม แคลเซียม 76.21 มิลลิกรัม วิตามินบี1 2.37 มิลลิกรัม วิตามินบี2 8.19 มิลลิกรัม เหล็ก 1.15 มิลลิกรัม

**การผลิตสารสกัดจากเห็ดฟางและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง**

1. การเตรียมเห็ดฟางดอกตูมและเห็ดฟางดอกบานอบแห้งป่นละเอียด

การเตรียมเห็ดฟางอบแห้งจากเห็ดฟางดอกตูมและดอกบานเห็ดฟางให้ปริมาณและค่าคุณภาพด้านสี ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระใกล้เคียงกัน

2. การสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางด้วยการย่อยโดยเอนไซม์อัลคาเลส

จากการทดลองย่อยเห็ดฟางดอกตูมและเห็ดฟางดอกบานอบแห้งป่นละเอียดด้วยเอนไซม์อัลคาเลส พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์มีความชื้นสูงขึ้นเมื่อเทียบกับเห็ดฟางดอกตูมและเห็ดฟางดอกบานอบแห้งป่นละเอียดเนื่องจากโปรตีนไฮโดรไลเซทถูกตัดพันธะให้สั้นลง ทำให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงจึงสามารถดูดความชื้นกลับได้เร็ว (เกียรติ ศักดิ์, 2557) สำหรับค่าปริมาณน้ำอิสระ พบว่า การย่อยเห็ดฟางดอกตูมที่ระยะเวลาการย่อย 2 ชั่วโมง มีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่น้อยที่สุดทำให้มีระดับการย่อยต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ จึงได้โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ยังมีโปรตีนสายยาวอยู่ การดูดความชื้นกลับจึงน้อยกว่ากรรมวิธีที่ใช้ระยะเวลาในการย่อยมากกว่า สำหรับการย่อยในกรรมวิธีอื่น ๆปริมาณน้ำอิสระมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีค่าสีเปลี่ยนแปลงไปจากเห็ดตูมและเห็ดฟางอบแห้งป่นละเอียด โดยโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้มีสีคล้ำลง มีความเป็นสีแดงมากขึ้น และความเป็นสีเหลืองลดลง สีของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง จึงมีสีออกน้ำตาลแดงคล้ำ นอกจากนี้ค่าปริมาณความชื้นยังส่งผลต่อค่าสีด้วยโดยเมื่อปริมาณความชื้นสูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) มีค่าต่ำลง เนื่องมาจากปฏิกริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลชนิดไม่มีเอนไซม์ (Non enzymetic reaction) หรือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการย่อย เนื่องจากเห็ดฟางอบแห้งป่นละเอียดยังคงมีน้ำตาลรีดิวซ์อยู่จึงถูกออกซิไดซ์เป็นสารมีสี โดยมีน้ำ ความร้อน และระยะเวลาในการให้ความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Qinchun *et al*., 2016) สำหรับค่าร้อยละผลได้มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย โดยกรรมวิธีที่ 3 คือเห็ดฟางดอกตูมย่อยที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าร้อยละผลได้สูงสุด และกรรมวิธีที่ 5 คือเห็ดฟางดอกบานย่อยที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงมีค่าร้อยละผลได้ต่ำสุดคือ 45.13 โดยน้ำหนักแห้ง ในกรรมวิธีอื่น ๆ มีค่าร้อยละผลได้อยู่ในช่วง 51.21-57.91 โดยน้ำหนักแห้งซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อมองในภาพรวมจะเห็นว่า โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างไปจากเห็ดฟางอบแห้งป่นละเอียด แต่สำหรับโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่การย่อยตามกรรมวิธีต่างๆ มีค่าสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพอย่างเดียวไม่สามารถบอกได้ว่า กรรมวิธีใดได้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่ดีที่สุด จึงต้องทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโน และสมบัติทางชีวภาพด้วย

เมื่อศึกษาชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซทมีปริมาณกรดอะมิโนเพิ่มขึ้น ได้แก่ กรดแอสปาร์ติก ทรีโอนีน ซีรีน กรดกลูตามิก โพลีน ไกลซีน อะลานีน วาลีน ไอโซลิวซีน ฮิสทีดีน เนื่องจากเอนไซม์สามารถทำปฏิกริยากับเห็ดฟางได้มากขึ้น ส่วนลิวซีน ไทโรซีน ฟีนิลอะลานีน ไลซีน อาร์จีนีน มีแนวโน้มคงที่หรือลดลงเล็กน้อย สำหรับกรดอะมิโนที่เพิ่มขึ้นสูงมากคือ กรดกลูตามิก โดยเฉพาะในโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกบาน และมีแนวโน้มจะสูงขึ้นอีกเมื่อมีระยะเวลาในการย่อยนานขึ้น แต่เมื่อถึงระยะเวลาย่อยหนึ่งจะมีจำนวนลดลง ระยะเวลาในการย่อยจึงมีผลต่อปริมาณกรดอะมิโนที่ได้ โดยสำหรับเห็ดฟางดอกตูมกรดอะมิโนมีความสำคัญสำหรับผิว เช่น กรดกลูตามิก ไกลซีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สำคัญในการสร้างกลูต้าไธโอน ไกลซีน โพลีน อะลานีน กรดกลูตามิก ซีรีน เป็นกรดอะมิโนที่สำคัญในการสร้างคอลลาเจน ยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส ไฮยาลูโรนิเดส คอลลาจิเนส และอิลาสเทส ซึ่งช่วยคงความอ่อนเยาว์ และคงโครงสร้างผิว รักษาความชุ่มชื้น และเสริมสร้างความยืดหยุ่นแก่ผิว โดยเฉพาะกรดกลูตามิกซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็กมากซึ่งสามารถอุ้มน้ำได้ดี รักษาความชุ่มชื้นไว้ที่ผิว ไกลซีน ช่วยในการปกป้องเนื้อเยื่อ และเพิ่มอัตราการฟื้นฟูผิว อาจีนีน พบว่ามีหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการรักษาบาดแผลให้หายเร็วขึ้น (wound-healing) (Gianfranco, 2008) จากคุณสมบัติของปริมาณกรดอะมิโนที่มีความสำคัญกับผิวพรรณ กรรมวิธีที่ 2 6 และ 7 คือ กรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยเห็ดฟางดอกตูม ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง เห็ดฟางดอกบาน ที่ระยะเวลา 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ มีปริมาณกรดอะมิโนสำคัญสำหรับผิวพรรณที่ดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เมื่อศึกษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางทุกกรรมวิธีมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าวิตามินซีที่เป็นสารมาตรฐาน ซึ่งการย่อยเห็ดฟางดอกบานที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง มีความสามารถในการยับยั้งสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด แต่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสต่ำ ขณะที่การย่อยเห็ดฟางดอกตูมให้เป็นโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสสูง เมื่อวิเคราะห์ทั้ง 3 ปัจจัยร่วมกัน คือ ปริมาณกรดอะมิโนที่สำคัญต่อผิวพรรณ ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ดังนั้น กระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่เหมาะสม คือ การย่อยด้วยเอนไซม์อัลคาเลสโดยใช้เห็ดฟางดอกตูมระยะเวลา 3 ชั่วโมง ร่วมกับโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกบานย่อยที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 เพื่อให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดทั้งต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

3. การประยุกต์ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทสกัดจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ได้แก่ โลชันบำรุงผิว

นำโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกตูมย่อยที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ร่วมกับโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางดอกบานย่อยที่ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ในอัตราส่วน 1:1 มาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิว พบว่า การผลิตโลชันตามกรรมวิธีที่ 1-3 ยังมีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในค่ามาตรฐาน มอก. เอส 15-2561 เรื่อง ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร (ต้องอยู่ระหว่าง 3.5 ถึง 7.5) คือมีค่าอยู่ในช่วง 5.544 – 7.177 เนื่องจากกรรมวิธี 4 – 9 มีส่วนประกอบของเจลซึ่งขึ้นรูปเจลจาก Triethanolamine ซึ่งเป็นเบส ทำให้โลชันที่ได้มีค่าความเป็นด่าง หากพิจารณาปรับกรดให้อยู่ในช่วงต่ำกว่า 7 จะทำให้เนื้อโลชันมีการเปลี่ยนแปลงไป สำหรับค่าความสว่างของโลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยโลชันกรรมวิธีที่ 1-3 ไม่มีส่วนผสมของเจลจะมีความสว่างมากกว่า ค่าความเป็นสีแดง (a*+) แตกต่างกันเล็กน้อย ค่าความเป็นสีเหลือง (b*+) มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย ยกเว้นตัวอย่างที่ 4-5 มีค่าความเป็นสีเหลืองต่ำสุด เมื่อนำโลชันผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางมาเปรียบเทียบกับโลชันทั่วไป

นำโลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนโดรไลเซทจากเห็ดฟางไปทำการทดสอบความคงตัวที่สภาะเร่ง (Accelerated Storage Test) พบว่ากรรมวิธีที่ 1 ผ่านการทดสอบที่สภาวะเร่งเพียงกรรมวิธีเดียว ซึ่งผลิตภัณฑ์โลชันในกรรมวิธีที่ 1 ยังคงมีความคงตัวเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ ผลิตภัณฑ์โลชันมีการแยกชั้นออกเป็น 4 ชั้น ได้แก่ ชั้นของฟองอากาศซึ่งเป็นไขมันแข็ง ชั้นของแผ่นไขมัน ชั้นน้ำมัน และชั้นของน้ำร่วมกับองค์ประกอบที่ละลายน้ำ ดังนั้นจากการทดสอบที่สภาวะเร่งนี้ จึงคัดเลือกกรรมวิธีที่ 1 เป็นผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีน ไฮโดรไลเซทสกัดจากเห็ดฟาง จากนั้นวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทกรรมวิธีที่ 1 ก่อนและหลังการทดสอบด้วยสภาวะเร่งที่อุณหภูมิร้อนสลับเย็นจำนวน 4 รอบ ผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทสกัดจากเห็ดฟางไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ดังนั้นจึงเลือกกรรมวิธีที่ 1 ในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ผลการทดสอบ พบว่า ผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทสกัดจากเห็ดฟาง ผู้บริโภคชอบสี ความหนืด การซึมสู่ผิว ความเหนียวเหนอะหนะ กลิ่นหลังทา ความชุ่มชื่นหลังทา และผู้บริโภคร้อยละ 80 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่พบผู้แพ้หรือมีผื่นแดงขึ้น นำผลิตภัณฑ์โลชันไปการทดสอบสารปนเปื้อนต้องห้ามตามมาตรฐาน มอก. เอส 15-2561 พบว่า เป็นไปตามที่มาตรฐาน มอก. เอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพรกำหนด จากการวิเคราะห์จุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง พบว่า เป็นไปตามค่ามาตรฐาน มอก. เอส 15-2561 กำหนด โดยตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อโรคชนิด ดังนั้น ผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจึงผ่านมาตรฐาน มอก. เอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร เมื่อคำนวณต้นทุนการผลิต พบว่า ผลิตภัณฑ์โลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง ปริมาณ 250 กรัม มีต้นทุนค่าวัตถุดิบ 54.28 บาท

**ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป**

- ควรทดลองใช้เห็ดชนิดอื่นเพื่อศึกษาโดยใช้สูตรและเทคโนโลยีจากโครงการวิจัยนี้
- สามารถทดลองประยุกต์ใช้โปรตีนสกัดจากเห็ดฟางในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นได้ เช่น ซุปสำหรับผู้สูงอายุ
- ศึกษาการลดต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟาง

**ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน**

เกิดโรคระบาดโควิด-19 ทำให้การถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเห็ดฟางไม่สามารถทำได้ในพื้นที่ ดังนั้น จึงต้องเลื่อนระยะเวลาในการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ผู้ประกอบการ

กรมการเกษตร

# เอกสารอ้างอิง


กันยารัตน์ เรียวกลาง, สุเมธ ตันตระเธียรและเกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์. 2545. การสกัดโปรตีนจากข้าวเจ้า. วิทยานิพนธ์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กุมุทนาถ ปานหอ, สุรีย์พร กังสนันท์ และอรัญ หันพงศ์กิตติกูล. 2546. การศึกษาการลดความเค็มในซีอิ๊ว. โครงงาน ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพอุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร.

เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ และ บูรฉัตร ศรีทองแท้. 2557. การดัดแปรสมบัติของโปรตีนโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสและการประยุกต์ใช้. ว.วิทย. มข.(2557) 42(2). 274-288.

นักสิทธิ์ ปัญโญใหญ่. 2563. โปรตีนจากพืช: คุณค่าโภชนาการ โครงสร้าง คุณสมบัติเชิงหน้าที่และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. *การเกษตรราชภัฏ* 19(1): 61-69

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. ม.ป.ป. สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน. สืบค้นออนไลน์http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3692. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2564

เพ็ญประภา สุวรรณะ. 2551. การศึกษาผลของปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อกระบวนการหมักซีอิ๊วจากถั่วมะแฮะและถั่วเหลือง. สารนิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มอก. เอส 15-2561 ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร. 2561. กำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมเอส.ผลิตภัณฑ์บำรุงผิวผสมสมุนไพร. *ประกาศสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม* ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2561).

รัชนี ตัณฑะพานิชกุล. 2535. เคมีอาหาร (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

รัฐพล ศรประเสริฐ. 2538. การเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนละกรดอะมิโนในเส้นใยและดอกเห็ด. นิตยาสารอาหาร ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม-กันยายน 2538: 178-184.

วลัยรัตน์ จันทรปานนท์. 2549. หลักการแปรรูปผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. ใน: รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; น.208-220.

วิเชียร ลีลาวัชรมาศ. 2556. กลิ่นหอมซีอิ๊วมาจากไหน. วิทยาศาสตร์การอาหาร. 14(2): 40-45, (3): 33-46.

วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2548. ธุรกิจเบเกอรี่. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล :http://intranet.dip.go.th. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2564

ศรีวิชัย สิงหคเชนทร์. 2534. ความก้าวหน้างานวิจัยเครื่องมือการผลิตโปรตีนจากถั่วเขียวและซีอิ๊วจากโปรตีนถั่วเขียว. รายงานการสัมมนาเชิงวิชาการเรื่องงานวิจัยถั่วเขียวครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร.


กรมวิชาการเกษตร

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร . 2564. ต้นแบบผลิตภัณฑ์สารสกัดโปรตีนรำข้าว จากงานวิจัย. แหล่งที่มา: https://kapi.ku.ac.th/kapioku/rice-protein-extract. สืบค้นเมื่อ: 9 มกราคม 2564

สุนันท์ พงษ์สามารถ. 2529. รายงานวิจัยเรื่อง การสำรวจคุณภาพของโปรตีนในเห็ด. คณะเภสัชศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นออนไลน์ https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/35010 สืบค้นเมื่อวันที่ 20 เมษายน 2562

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. (2540). การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท (พิมพ์ครั้งที่7). กรุงเทพฯ:

อภิชญา แซ่เต๋ง ณัฏฐา เลาหกุลจิตติ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2561. การสกัดกรดกลูตามิกจากมะเขือเทศ. ว. วิทย์. กษ. 49(2) (พิเศษ): 497-500.

Ann, D., J. Claus, N. Dorthe and DHI. 2010. A guidance document on microbiological control of cosmetic products. Kobenhavn: Danish Environmental Protection Agency.

Aloglu, H.S and Z. Oner. 2011. Determination of antioxidant activity of bioactivepeptide fractions obtained from yogurt. *Journal of Dairy Sciences. 94*: 5305–5314.

Alyssa, M. 2021. Why Mushroom Skincare Is The Biggest Beauty Trend Of 2020. Available from: https://editorialist.com/beauty/mushroom-skincare/. Accessed 12th July 2021.

Chang, T.S. 2009. An update review of tyrosinase inhibitors. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(6): 2440-2475.

Chokumnoyporn, N., S. Sriwattana, Y. Phimolsiripol, D.D. Torrico, and W. Prinyawiwatkul. 2015. Soy sauce odour induces and enhances saltiness perception. *International Journal of Food Science and Technology* 50: 1-7.

Erin R.S. 2012. Aseptic Laborary Techniques: Plating Methods. *Journal of Visualized Experiments* 2012; 63(3064): 1-18.

Gianfranco Secchi. 2008. Role of protein in cosmetics. *Article in Clinics in Dermatology* · July 2008.

Godinot, N., Pelletier, C., Labbe, D., and Martin, N. 2009. Odour-taste interaction: sensory modulation or perceptual integration. *In XIX ECRO Congress*, Villasimius, Cagliari, Italy.

Julshamn, K., A. Maage, H.S. Norli, K.H. Grobecker, L. Jorhem, P. Fecher and D. Dowell.2013. Determinatoin of arsenic, cadmium, mercury and lead in foods by pressure digestion and inductively coupled plasma / mass spectrophotometry: first action 2013.06. *Journal of AOAC International. 96(5)*: 1101-1102.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Kaewmanee, T., Ngafa, L., Sumpavapol P. and Benjakul, S. 2015. Functional and antioxidative properties of Bambara groundnut (*Voandzeia subterranean*) protein hydrolysates. *International Food Research Journal* 22(4):1584-1595.

Lawrence, G., Salles, C., Palicki, O., Septier, C., Busch, J., and Thomas-Danguin, T. 2011. Using cross-modal interactions to counterbalance salt reduction in solid foods. *International Dairy Journal* 21(2): 103-110.

Manoroi, A., K. Boonpisuttinant, S. Winitchai, W. Manoroi and J. Manoroi. 2011. Free radical scavenging and tyrosinase inhibition activity of physic nut seed oil entrapped in niosomes. *Current Nanoscience,* 7(5): 825-829.

Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, B.T. 2006. Sensory Evaluation Techniques. 4th Ed. CRC Press, Boca Raton, FL. 464P.

Milca, B., Monica, R., Franco, M., Daiana, S., Giselle, C. and Ricardo, A. 2015. Evaluation of protein extraction methods for enhanced proteomic analysis of tomato leaves and roots. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 87(3): 1853-1863.

Mune, M. A. M., Minka, S. R., Lape, I. and Etoa, F. 2011. Nutritional potential of Bambara bean protein concentrate. *Journal of Nutrition* 10:112-119.

Nasri, N., Beno, N., Septier, C., Salles, C., and Thomas-Danguin, T. 2011. Cross-modal interactions between taste and smell: odour-induced saltiness enhancement depends on salt level. *Food Quality and Preference* 22(7): 678-682.

Oludemi, T., A.H. Sandrina, C.C. Ricardo, J.A. Maria, B. Lillian, M.F. Barreiro, A.M. González-Paramás, and C. Isabel, F.R. Ferreira. 2016. Development of Mushroom-Based Cosmeceutical Formulations with Anti-Inflammatory, Anti-Tyrosinase, Antioxidant, and Antibacterial Properties. *Molecules, 21, 1372*; 1-12.

Qinchun, R., A.K. Kamdar and T.P. Labuza. 2016. Storage stability of food protein hydrolysate; A review. *Critical review in Food Science and Nitrition* 56(7): 1169-1192.

Pearce, K. and Kinsella, J. E. 1978. Emulsifying properties of proteins: Evaluation of turbidimetric technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 26:716-723.

Sahidi, F., Han, X. Q. and Synowiecki, J. 1995. Production and Characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus Villosus*). *Food Chemistry* 53:285-293.

Sheikh, M.A.M., Kumar, A., Islam, M.M. and Mahomud, M.S. 2010. The effects of mushroom powder on The quality of cake. *Progressive Agriculture* 21: 205-214.

กรมวิชาการเกษตร

Suphat Phongthai and Saroat Rawdkuen. 2015. Preparation of rice bran protein isolates using three-phase partitioning and its properties. *Food and Applied Bioscience Journal* 3(2): 137–149.

Tsai, S. Y., Wu, T. P., Huang, S. J., and Mau, J. L. 2007. Nonvolatile taste components of Agaricus bisporus harvested at different stages of maturity. *Food Chemistry* 103: 1457-14564.

Tsumura, K., Saito, T., Tsuge, K., Ashida, H., Kugimiya, W. and Inouye, K. 2005. Functional properties of soy protein hydrolysates obtained by selective proteolysis. *Journal of Food Science and Technology* 38:255-261.

Yokotsuka, T. 2006. Soy sauce biochemistry. *Advances in Food and Nutritional Research* 30: 195-329.

Yong, F.M. and Wood, B.J.B. 2004. Microbiology and biochemistry of soy sauce fermentation. *Journal of Applied Microbiology* 17:157-194.

กรมวิชาการเกษตร

# ภาคผนวก

## ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

**1. องค์ความรู้- องค์ความรู้ใหม่**

(1ก) องค์ความรู้ที่ 1

(1ข) องค์ความรู้ที่ 2

(1ค) องค์ความรู้ที่ 3

**2. ต้นแบบผลิตภัณฑ์-ระดับห้องปฏิบัติการ**

(2ก) ต้นแบบผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ

กรมวิชาการเกษตร

โปรตีนคอนเซนเทรท

โปรตีนไฮโดรไลเซท

**(2ข) ต้นแบบผลิตภัณฑ์โปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง**

**(2ค) ต้นแบบเครื่องดื่มผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง**

**(2ง) ต้นแบบโลชันบำรุงผิวจากเห็ดฟาง**

กรมวิชาการเกษตร

**3. ต้นแบบเทคโนโลยี-ระดับห้องปฏิบัติการ**

ได้เทคโนโลยีการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำโดยนำเห็ดฟางอบแห้ง ถั่วเหลืองนึ่งและแป้งข้าวเจ้าคั่วในอัตราส่วน 40:30:30 นำส่วนผสมที่ได้มาเติมหัวเชื้อรา *Aspegillus oryzae* และหมักไว้เป็นเวลา 7 วัน ได้โคจิ แล้วนำไปหมักต่อในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 3 เดือน เมื่อครบกำหนดนำหัวเชื้อน้ำหมักซอสที่ได้มาเติมน้ำกลั่นในอัตราส่วนน้ำซอส :น้ำกลั่น เท่ากับ 1:3 จากนั้นเติมกลิ่นซอสถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก นำไปให้ความร้อนอุณหภูมิ 80-85°C เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นบรรจุในขวดแก้วจะได้ซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ

เห็ดฟางอบแห้ง

ถั่วเหลือง

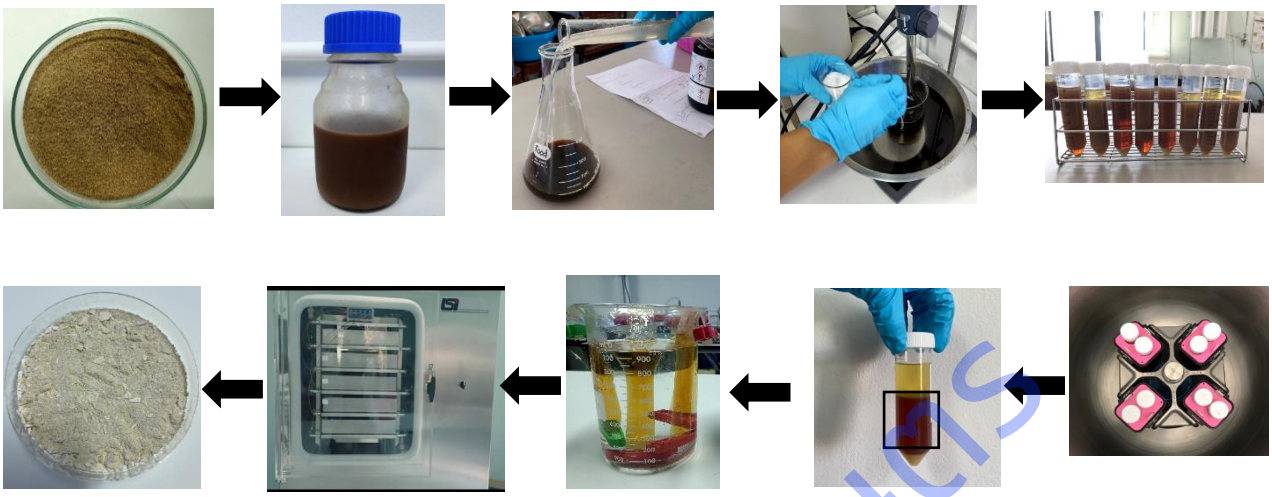
แป้งข้าวเจ้า

**(3ก) เทคโนโลยีการผลิตซอสปรุงรสจากเห็ดฟางสูตรโซเดียมต่ำ**

กรมวิชาการเกษตร

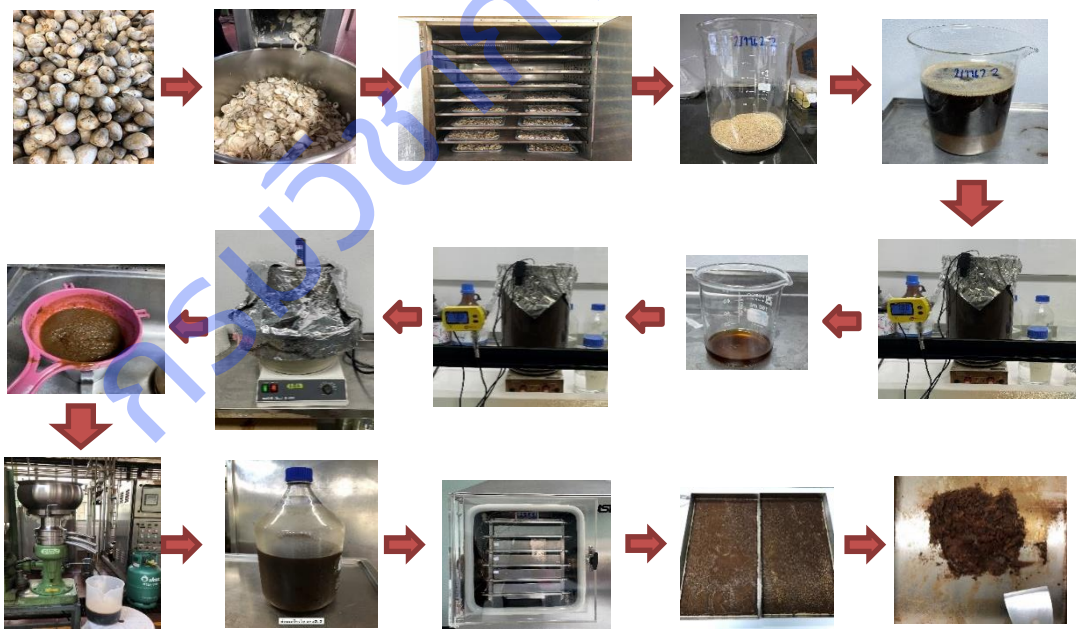
**<u>การสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟาง</u>**

สกัดโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางโดยใช้วิธี Three-phase partitioning (TPP) จากนั้นนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง



**<u>การสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง</u>**

สกัดโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางโดยใช้เอนไซม์อัลคาเลส (Alcalase enzyme) โดยใช้เห็ดฟางสองระยะ คือ เห็ดฟางดอกตูมระยะเวลาการย่อย 3 ชั่วโมงและเห็ดฟางระยะดอกบานระยะเวลาการย่อย 4 ชั่วโมง



**(3ข) เทคโนโลยีการสกัดโปรตีนคอนเซนเทรทและไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟาง**

ศูนย์วิทยทรัพยากร

**<u>การผลิตเครื่องดื่มโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง</u>**

นำโปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟางมาทดแทนโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองในสูตรต้นแบบเครื่องดื่มโปรตีนได้ร้อยละ 50 โดยสูตรเครื่องดื่มประกอบด้วย โปรตีนคอนเซนเทรทจากเห็ดฟาง โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ธัญญาหารรวม น้ำตาลทราย ครีมเทียม นมผงขาดมันเนย มอลโตเด็กซ์ทริน กลิ่นวนิลา โดยนำมาผสมให้เข้ากันในน้ำต้มสุกจากนั้นบรรจุขวดขณะร้อน

**<u>การผลิตโลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง</u>**

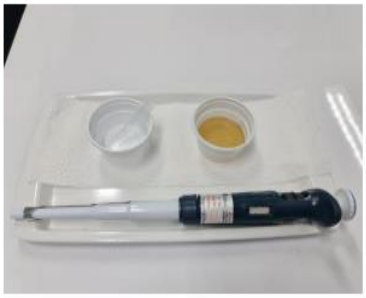
นำโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเห็ดฟางมาผสมลงในเบสการผลิตโลชันบำรุงผิวเพื่อเป็นสารออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส

กรมวิชาการเกษตร

**(3ค) เทคโนโลยีการผลิตเครื่องดื่มโปรตีนสกัดจากเห็ดฟางและการผลิตโลชันบำรุงผิวผสมโปรตีนสกัดจากเห็ดฟาง**

**4. กระบวนการใหม่-ระดับห้องปฏิบัติการ**

ได้กระบวนการการศึกษาระดับที่เหมาะสมของกลิ่นซอสถั่วเหลืองเพื่อเสริมรสเค็มในผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสโซเดียมต่ำ โดยระดับที่เหมาะสมคือ 1.5%



**(4ก) กระบวนการลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสด้วยวิธีการใช้กลิ่นเสริมรสเค็ม**

กรมวิชาการเกษตร