

## เห็ดยอเพื่อสุขภาพจากเห็ดมิลค์กี้

# Healthy Hed-Yor from Milky Mushrooms

นรินทร์ เจริญพันธ์\*

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว  
ถนนสุวรรณศร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว 27160

กฤษณา โสภี

ศูนย์ฝึกและพัฒนาอาชีพราษฎรไทยบริเวณชายแดนสระแก้ว  
ตำบลท่าเกษม อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว 27000

Narin Charoenphun\*

Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sa Kaeo Campus,  
Suwannasorn Road, Watthananakhon, Sa Kaeo 27160

Gritsana Sophe

Sa Kaeo Vocational Training and Development Center for Thai People along the Border Areas,  
Tha Kasem, Muang, Sa Kaeo 27000

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดยอจากเห็ดมิลค์กี้ โดยวางแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ซึ่งประกอบด้วยเห็ดมิลค์กี้ร้อยละ 30-70 แป้งสาลีร้อยละ 20-50 และน้ำร้อยละ 0-20 ได้ส่วนประกอบหลักของเห็ดยอจำนวน 11 สูตร ประเมินสมบัติทางกายภาพและทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบทั่วไป ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากพื้นผิวตอบสนองของกราฟคอนทัวร์พบว่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการนึ่งของเห็ดยอแปรผันตรงกับปริมาณเห็ดมิลค์กี้และปริมาณน้ำ และค่าความแข็งแปรผันตรงกับปริมาณแป้งสาลี สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดยอจากเห็ดมิลค์กี้ คือ สูตรที่มีเห็ด แป้งสาลี และน้ำร้อยละ 56, 34 และ 10 ตามลำดับ เป็นสูตรที่ได้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ ( $7.57 \pm 0.63$ ) กลิ่น ( $7.17 \pm 0.91$ ) รสชาติ ( $7.20 \pm 0.85$ ) เนื้อสัมผัส ( $7.63 \pm 0.72$ ) และความชอบรวม ( $7.63 \pm 0.96$ ) สูงที่สุด จากนั้นศึกษาการใช้แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลังทดแทนการใช้แป้งสาลี (สูตรควบคุม) ในการผลิตเห็ดยอ พบว่าสูตรที่มีใช้แป้งข้าวเจ้าได้รับคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมสูงไม่ต่างจากสูตรควบคุม ดังนั้นผลิตภัณฑ์เห็ดยอจากเห็ดมิลค์กี้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งให้กับผู้บริโภคที่ต้องการหลีกเลี่ยงอาหารที่มีส่วนผสมของเนื้อสัตว์และกลูเตนได้

**คำสำคัญ :** เห็ดมิลค์กี้; แป้ง; ความแข็ง; กลูเตน

## Abstract

This research aimed to optimize the formula to produce hed-yor from milky mushrooms. The eleven formulations of hed-yor consisting of milky mushroom (30-70 %), wheat flour (20-50 %) and water (0-20 %) were studied by using mixture designs. Physical properties and sensory test were investigated. Obviously, the mixture response surface contour plots showed that the percentages of weight loss during steam of hed-yor were directly affected by the milky mushrooms and water contents. Moreover, its hardness was increased by expanding wheat flour content. Interestingly, a suitable formulation of hed-yor was 56 % milky mushrooms, 34 % wheat flour and 10 % water. This formulation had the highest score of appearance ( $7.57\pm 0.63$ ), flavor ( $7.17\pm 0.91$ ), taste ( $7.20\pm 0.85$ ), texture ( $7.63\pm 0.72$ ) and overall liking ( $7.63\pm 0.96$ ). Furthermore, formulations with glutinous rice flour, rice flour and cassava flour to replace wheat flour (control formula) in hed-yor production were studied. The results showed that formula with rice flour had the highest average overall liking score, and it was not different from that of the control formula. In conclusion, hed-yor product has been suggested to be an alternative for consumers who want to avoid meat and gluten-containing foods.

**Keywords:** milky mushroom; flour; hardness; gluten

## 1. บทนำ

เห็ดมิลค์กี้ (milky mushroom) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Calocybe indica* (P & C) เป็นเห็ดตีนแรดสายพันธุ์หนึ่งที่น่าสนใจเข้ามาจากประเทศฟิลิปปินส์ รสชาติคล้ายเนื้อไก่ เนื้อแน่นหนุบ หวานหอม ไม่เหนียวติดฟัน มีเส้นใยอาหารสูง [1] เห็ดมิลค์กี้เป็นเห็ดขนาดใหญ่สายพันธุ์หนึ่งที่พัฒนาให้ปลูกได้ทุกภาคทั่วไทย มีอัตราการเกิดของดอกได้ง่าย ดอกใหญ่ สีขาว ข้อดีของเห็ดมิลค์กี้คือ สามารถเพาะเลี้ยงได้ในทุกภาชนะ การเพาะเลี้ยงเห็ดในภาชนะขนาดใหญ่จะทำให้ดอกเห็ดที่เพาะได้มีขนาดใหญ่ เนื่องจากดอกเล็กจะรวมตัวกันเป็นดอกใหญ่ อาจมีน้ำหนักสูงถึง 10 กิโลกรัมต่อดอก เห็ดมิลค์กี้อีกมีเนื้ออร่อย จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค นอกจากนำไปประกอบอาหาร ยังสามารถนำไปแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าได้อีกด้วย [2] การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเห็ดมิลค์กี้พบว่า มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 20.2-32.2

ของน้ำหนักแห้ง เส้นใยอาหารร้อยละ 61.1 ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด และไขมันร้อยละ 85.6, 59.9 และ 0.67 ตามลำดับ ให้พลังงาน 50.03 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม มีแร่ธาตุสำคัญ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก นอกจากนี้ยังมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูง [3]

หมุยอหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู ไขมัน เครื่องเทศ เครื่องปรุงรส เช่น พริกไทย เกลือ น้ำตาล อาจมีส่วนประกอบอื่น เช่น โปรตีนนม โปรตีนพืช แป้งมันสำปะหลัง นำมาบดและนวดผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิต่ำโดยใช้น้ำแข็งหรือวิธีอื่นที่เหมาะสม อาจเติมส่วนผสมอื่น เช่น หนังกุ้ง เห็ดหอม พริกไทยดำ สาหร่าย คลุกเคล้าให้เข้ากัน บรรจุในวัสดุห่อหุ้มหรือบรรจุในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมให้แน่น แล้วนำไปต้มหรือึ่งจนสุก [4] ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมานิยมรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพมาก

ขึ้น ซึ่งมุ่งเน้นเป้าหมายเพื่อการมีสุขภาพที่ดีและการมีอายุที่ยืนยาว ผู้บริโภคบางกลุ่มหลีกเลี่ยงอาหารบางประเภท เช่น ไขมัน เนื้อสัตว์ อาหารที่มีส่วนผสมของน้ำตาลและเกลือในปริมาณสูง รวมถึงกลุ่มผู้บริโภคอาหารเจ (vegan) ซึ่งเป็นอาหารมังสวิรัตที่บริสุทธิ์ เป็นอาหารที่ประกอบไปด้วยผักและผลไม้ไม่มีอาหารสูง มีคอลเลสเตอรอลและไขมันต่ำ ปราศจากเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ทุกชนิด แต่จะชีพืชที่ไฮโปตีนสูงหรือโปรตีนเกษตรทดแทน ปัจจุบันอาหารมังสวิรัตเป็นที่นิยมทั่วโลกมากขึ้น เนื่องจากอาหารมังสวิรัตตอบสนองผู้บริโภคที่มีความกังวลต่อสารพิษในเนื้อสัตว์ รวมทั้งผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญทางด้านโภชนาการมีประโยชน์ที่มีต่อสุขภาพ [5]

เห็ดยอ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ดัดแปลงมาจากการทำหมยอ แต่ใช้วัตถุดิบหลักเป็นเห็ด ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส อาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น แป้งสาลี เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส นำมาผสมและบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ท่อด้วยใบตองหรือบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ นำไปต้มหรือนึ่งให้สุก เห็ดยอเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่สามารถตอบโจทย์ผู้บริโภคที่ต้องการหลีกเลี่ยงการบริโภคไขมันและเนื้อสัตว์ได้เป็นอย่างดี การใช้ประโยชน์จากเห็ดมิลค์กี้ ซึ่งเป็นเห็ดที่มีปริมาณไขมันต่ำ มีโปรตีนและใยอาหารสูง ดอกเห็ดมีขนาดใหญ่ รสชาติดี นำมาประกอบอาหารได้หลากหลาย นอกจากนี้ผู้บริโภคในปัจจุบันมีอาการแพ้โปรตีนกลูเตนในแป้งสาลีเพิ่มขึ้น โดยกลูเตน (gluten) ซึ่งเป็นไกลโคโปรตีนที่พบในส่วนที่เป็นเอนโดสเปอร์มของข้าวสาลี โรคแพ้กลูเตน (celiac disease) เกิดจากการอักเสบที่ลำไส้เล็ก ทำให้ไม่สามารถดูดซึมไขมัน วิตามิน เกลือแร่ และสารอาหารอื่น ๆ อย่างเพียงพอ ส่งผลให้ลำไส้เล็กไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โรคแพ้กลูเตนจัดเป็นโรคเรื้อรังตลอดชีวิต ปัจจุบันยังไม่มียารักษาวิธีการป้องกันที่ดีที่สุด คือ หลีกเลี่ยงการรับประทาน

อาหารที่มีส่วนผสมของกลูเตน [6] ดังนั้นการแปรรูปเห็ดมิลค์กี้เป็นผลิตภัณฑ์เห็ดยอจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดยอจากเห็ดมิลค์กี้ โดยประเมินสมบัติทางกายภาพของเห็ดยอที่ผลิตได้ และประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค รวมถึงการศึกษาการใช้วัตถุดิบอื่นทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์เห็ดยอจากเห็ดมิลค์กี้ องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสู่กระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมเห็ดมิลค์กี้

เห็ดมิลค์กี้ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์ฝึกและพัฒนาอาชีพราษฎรไทยบริเวณชายแดนสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว การเตรียมเห็ดมิลค์กี้เริ่มจากเก็บดอกเห็ดสดขนาดโตเต็มที่ในช่วงเช้า ซึ่งเห็ดมีอายุ 30 วัน (นับตั้งแต่วันที่เริ่มเพาะเลี้ยงจนดอกเห็ดบานเต็มที่) นำดอกเห็ดมาตัดส่วนที่มีเศษวัสดุเพาะติดอยู่ ออก แล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด คัดเลือกส่วนที่มีตำหนิต่าง ๆ จากนั้นนำเห็ดไปนึ่ง แช่น้ำเย็นทันทีให้เย็น ตักเห็ดขึ้นมาวางในผ้าขาวบาง บีบน้ำเห็ดออกให้หมดจนเหลือส่วนที่เป็นเนื้อเห็ด ซึ่งน้ำหนักเห็ดจะหายไปร้อยละ 10 ของน้ำหนักเห็ดสดเริ่มต้น

### 2.2 การศึกษาผลของการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนของเห็ดมิลค์กี้ แป้งสาลี และน้ำตาลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เห็ดยอจากเห็ดมิลค์กี้

การทดลองหาสูตรเบื้องต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตเห็ดยอจากเห็ดมิลค์กี้ ใช้แผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ (mixture designs) โดยกำหนดปริมาณเห็ดร้อยละ 30-70 แป้งสาลีเอนกประสงค์ร้อยละ 20-50 และน้ำร้อยละ 0-20 คัดเลือกสูตรสำหรับใช้ในการ

ทดลอง โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกจุดบนพื้นที่รูปห้าเหลี่ยม แผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ที่กระจายอยู่ทุก ๆ ส่วนของบริเวณที่กำหนด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดี

ครอบคลุมสูตรในขอบเขตที่แปรผันส่วนประกอบมากที่สุดได้สูตรที่คัดเลือกมา 11 สูตร ดังแสดงใน Table 1

**Table 1** Formulations of hed-yor by mixture designs

Ingredients	Formulations										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Milky mushrooms	56	70	53	30	63	50	58	43	60	70	63
Wheat flour	34	20	42	50	32	50	27	42	20	30	27
Water	10	10	5	20	5	0	15	15	20	0	10
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ซึ่งส่วนผสมหลักซึ่งประกอบด้วยเห็ดมิลค์กี้ แป้งสาลี น้ำ และส่วนผสมอื่น ๆ คือ น้ำตาลทรายขาว 2.5 กรัม พริกไทยดำผง 0.4 กรัม เกลือ 0.7 กรัม ซอสปรุงรส 0.7 กรัม และซีอิ้วขาว 0.7 กรัม ตามลำดับ การทดลองเริ่มจากการนำเห็ดที่ผ่านการปั่นน้ำออกแล้ว ผสมกับน้ำสะอาดตามสูตร นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น (Tefal DPA 130 La Moulinette, จีน) เทเห็ดปั่นลงในชาม ใส่แป้งสาลี เติมเครื่องปรุงตามความชอบ ผสมให้เข้ากันจนเหนียวพอดี นำส่วนผสมใส่ลงในภาชนะสุญญากาศให้มีความหนาประมาณ 1 นิ้ว หรือห่อด้วยใบตอง ยกขึ้นใส่ลังถึง นึ่งด้วยไฟแรง 15 นาที สุกแล้วทิ้งไว้ให้เย็น ใช้มีดตัดเป็นชิ้นเท่า ๆ กัน เก็บในภาชนะบรรจุปิดสนิท นำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม 1 สูตร เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดยอจากเห็ดมิลค์กี้

โดยสังเกตลักษณะปรากฏของเห็ดยอที่ผลิตได้ทั้ง 11 สูตร เห็ดยอที่ดีควรมีลักษณะปรากฏที่ดี คือ มีเนื้อสัมผัสละเอียด เรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แข็งหรือนิ่มเกินไป มีความยืดหยุ่น ไม่มีโพรงอากาศ

วิเคราะห์หาค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการนึ่ง เริ่มจากการชั่งน้ำหนักส่วน ผสมก่อนนึ่งด้วยเครื่องชั่ง (Zepper EPS-3001, จีน) และชั่งน้ำหนักหลังการนึ่ง นำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณเป็นร้อยละการสูญเสีย น้ำหนักตั้งสมการ คือ ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก = [(น้ำหนักก่อนนึ่ง - น้ำหนักหลังนึ่ง) ÷ น้ำหนักก่อนนึ่ง] × 100

วัดความแข็งของเห็ดยอด้วยเครื่องวัดความแข็ง (Daiichi FG 520K, Japan) ใช้ cylinder probe ชนิดหัวกรวย ค่าแรงกดที่วัดได้เป็นหน่วยนิวตัน (N)

วัดค่าสีของเห็ดยอด้วยเครื่องวัดสี (Minolta colorimeter CR-400, Japan) ด้วยระบบ CIE โดยค่า L\* หรือความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว), ค่า a\* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว), ค่า b\* (+b = สีเหลือง, -b = สีน้ำเงิน), ค่า C\* ความเข้มของสีที่ปรากฏ และ H° เข้าใกล้ 0 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีแดง ค่า H° เข้าใกล้ 90 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง ค่า H° เข้าใกล้ 180 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว ค่า H° เข้าใกล้ 270 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีน้ำเงิน

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบทั่วไป จำนวน 30 คน เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยวิธี 9-point hedonic scale คะแนน 1 ถึง 9 (9 = ชอบมากที่สุด; 8 = ชอบมาก; 7 = ชอบปานกลาง; 6 = ชอบเล็กน้อย; 5 = เฉย ๆ; 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย; 3 = ไม่ชอบปานกลาง; 2 = ไม่ชอบมาก; 1 = ไม่ชอบมากที่สุด)

ใช้วิธี one-way ANOVA โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's new multiple range test [7] ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95 เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม 1 สูตร ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ต่อไป

การคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ โดยค่าคุณภาพที่ได้ คือ ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการนึ่ง ค่าความแข็ง และค่าที่ได้จากการวัดสี มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของตัวแปรแต่ละตัว สร้างสมการถดถอยด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ คือ  $y = \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_4x_1x_2 + \beta_5x_1x_3 + \beta_6x_2x_3$  โดยที่  $y$  คือ ค่าคุณภาพที่วัดค่า;  $\beta$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรแต่ละตัวในสมการ;  $x_1$  คือ ปริมาณของเห็ดมิลค์กี้;  $x_2$  คือ ปริมาณแป้งสาลีเอนกประสงค์;  $x_3$  คือ ปริมาณของน้ำ จากนั้นคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยสร้างกราฟคอนทัวร์ (contour plot) มาซ้อนทับกันเพื่อหาจุดที่เหมาะสมของปริมาณเห็ดมิลค์กี้ ปริมาณแป้งสาลีเอนกประสงค์ และปริมาณน้ำ ร่วมกับการพิจารณาคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดของผลิตภัณฑ์

### 2.3 การศึกษาผลของแป้งต่างชนิดกันต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ที่ถูกคัดเลือกจากข้อ 2.2 มาศึกษาผลของแป้งต่างชนิดกันต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยเปรียบเทียบผลของการใช้แป้งสาลี (สูตรควบคุม) แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง ในการผลิตที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ สังเกตลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ วิเคราะห์หาค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการนึ่ง วัดความแข็ง ค่าสี และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมกับผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน ซึ่งวิธีวิเคราะห์มีรายละเอียดดังกล่าวข้างต้น โดยวิธี 9-point hedonic scale วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test [7] ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95

## 3. ผลการทดลองและวิจารณ์

### 3.1 ผลของการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนของเห็ดมิลค์กี้ แป้งสาลี และน้ำต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์

ลักษณะที่สังเกตได้ของผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน ปริมาณของเห็ดมิลค์กี้ แป้งสาลี และน้ำในอัตราส่วนที่ต่างกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ 11 สูตร มีลักษณะปรากฏที่ต่างกัน (รูปที่ 1) โดยภาพรวมสูตรที่มีปริมาณเห็ดสูง ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มออกสีน้ำตาลแดงมากขึ้น และมีกลิ่นเห็ดชัดเจนมากกว่าสูตรที่มีปริมาณเห็ดน้อย โดยสูตรที่ 1 ให้ลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด คือ มีเนื้อสัมผัสละเอียด เรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แข็งหรือนิ่มเกินไป มีความยืดหยุ่น ไม่มีโพรงอากาศ สูตรที่ 2, 7, 10 และ 11 เนื้อสัมผัสค่อนข้างนิ่ม ยุ่ย สูตรที่ 3, 4 และ 6 เนื้อสัมผัสแข็งมาก ไม่ยืดหยุ่น โพรงอากาศเล็กน้อย สูตรที่ 5 และ 8 เนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง ไม่ยืดหยุ่น และสูตรที่ 9 เนื้อสัมผัส ค่อนข้างละเอียด ยุ่ย ไม่ยืดหยุ่น

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ค่าสี b\* และ C\* ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการนึ่ง ค่าความแข็ง การเปลี่ยนแปลงค่าสี L\*, a\* และค่า H° ของเห็ดยอจากเห็ดมิลค์ก็ 11 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่าง

ปัจจัยที่ศึกษากับค่าคุณภาพดังกล่าว เมื่อนำข้อมูลมาสร้างสมการถดถอย quadratic model เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ค่าคุณภาพกับปัจจัยที่ศึกษา คือ ปริมาณเห็ดมิลค์ก็ ( $X_1$ ) ปริมาณแป้งสาลีเอนกประสงค์ ( $X_2$ ) และปริมาณน้ำ ( $X_3$ ) ผลดังแสดงในตารางที่ 2

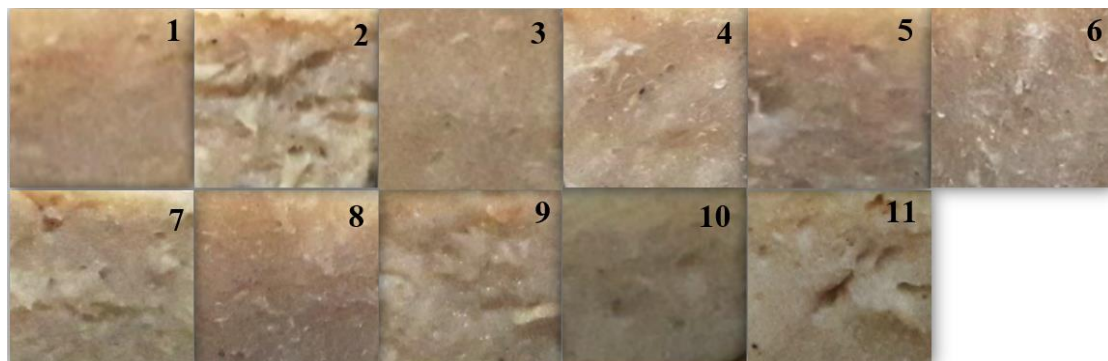


Figure 1 Appearance of various formulations of hed-yor by mixture designs

Table 2 Regression models of weight loss, hardness, L\*, a\*, b\*, C\* and H° in mixture design experiment

Parameters	Regression equation	R <sup>2</sup>	Significance level ( $p \leq 0.05$ )
Weight loss	$3.53X_1 + 3.16X_2 + 8.01X_3 - 13.07X_1X_2 - 3.18X_1X_3 - 20.09X_2X_3$	98.97	0.000
Hardness	$0.85X_1 + 48.34X_2 - 6.4X_3 - 57.3X_1X_2 + 26.3X_1X_3 - 94.0X_2X_3$	99.57	0.000
L*	$44.66X_1 + 56.8X_2 - 65.2X_3 + 80.9X_1X_2 + 113.9X_1X_3 + 208.3X_2X_3$	98.02	0.000
a*	$5.239X_1 + 1.45X_2 - 2.1X_3 - 4.63X_1X_2 + 1.3X_1X_3 - 3.2X_2X_3$	97.42	0.001
b*	$25.9X_1 + 31.8X_2 - 74X_3 - 47.5X_1X_2 + 109X_1X_3 + 14X_2X_3$	79.70	0.080
C*	$24.5X_1 + 22.0X_2 - 61X_3 - 26.1X_1X_2 + 81X_1X_3 + 29X_2X_3$	78.83	0.088
H°	$102.98X_1 + 84.8X_2 + 122.7X_3 - 54.3X_1X_2 - 71.4X_1X_3 - 147.3X_2X_3$	98.90	0.000

$X_1$  = milky mushrooms;  $X_2$  = wheat flour;  $X_3$  = water

ร้อยละการสูญเสียระหว่างการนึ่งของเห็ดยอจากพื้นผิว mixture response surface contour plots แสดงในรูปที่ 2 พบว่าเห็ดยอทั้ง 11 สูตรมีค่าร้อยละการสูญเสียระหว่างการนึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq$

0.05) แนวโน้มของค่าร้อยละการสูญเสียระหว่างการนึ่งของเห็ดยอแปรผันตรงกับปริมาณน้ำและเห็ดมิลค์ก็ ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการนึ่งของเห็ดยอเกิดจากการสูญเสียความชื้นระหว่างการนึ่ง การเติมปริมาณแป้งสาลีในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ร้อยละ

การสูญเสียน้ำหนักระหว่างกาารนึ่งของเห็ดยอมีแนวโน้มลดลง อาจเกิดจากการเจลาติไนซ์ (gelatinization) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ของน้ำแป้งเมื่อได้รับความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในภายในโมเลกุลของเม็ดแป้งเนื่องจากความร้อนทำลายพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ชในเม็ดแป้ง สายพอลิเมอร์ของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินที่อัดแน่นอยู่ในเม็ดแป้งจะคลายตัวและรวมกับน้ำที่ล้อมรอบ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏ เม็ดแป้งพองตัวและความหนืดของน้ำแป้งเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิที่สตาร์ชของแป้งสาลีเริ่มเกิดการเจลาติไนซ์อยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 80-85 องศาเซลเซียส [8] ซึ่ง

การเจลาติไนซ์ของแป้งสาลีส่งผลให้เกิดโครงข่ายที่แข็งแรงเกิดการอุ้มน้ำได้ดี ส่งผลให้เห็ดยอเกิดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างกาารนึ่งลดลง โดยปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวของแป้งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของแป้ง ความแข็งแรงและลักษณะร่างแหของการเกิดเจลของแป้งภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้ง ปริมาณน้ำในสารละลาย เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแรงและลักษณะร่างแหภายในเม็ดแป้ง ซึ่งเกิดจากหลายปัจจัยในระดับโมเลกุล ได้แก่ ส่วนประกอบและการกระจายตัวของร่างแห จำนวนกิ่งก้านสาขา และความยาวของสาขาในอะไมโลเพกทิน และอัตราส่วนระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพกทิน เป็นต้น

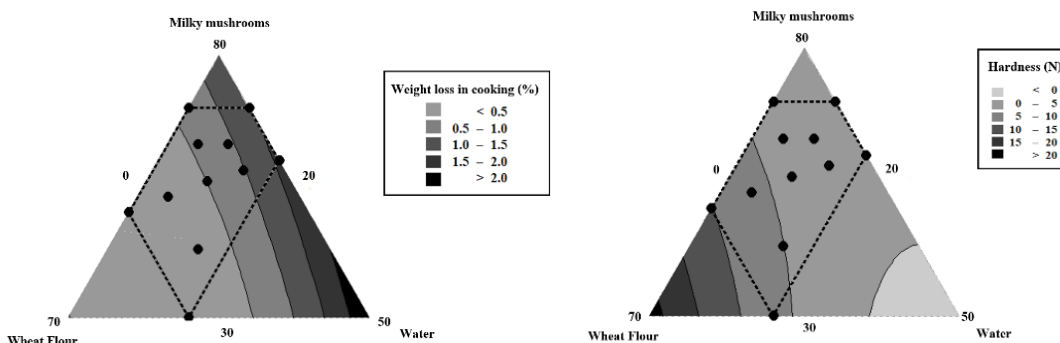


Figure 2 Mixture response surface contour plots displaying combined effects of milky mushrooms, wheat flour and water on weight loss in cooking and hardness of hed-yor formulations.

ความแข็งแรงของเห็ดยอหลังการนึ่งจากพื้นผิว mixture response surface contour plots (รูปที่ 2) พบว่าเห็ดยอทั้ง 11 สูตร มีค่าความแข็งแรงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ ) ค่าความแข็งแรงของเห็ดยอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับการเพิ่มปริมาณแป้งสาลี การเติมแป้งในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้ได้เห็ดยอที่มีเนื้อสัมผัส หากแป้งในสูตรมีปริมาณต่ำเกินไป ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง เนื้อสัมผัสของเห็ดยอจะนุ่มและ แต่ถ้ามีปริมาณแป้งในสูตรที่มากเกินไป ปริมาณน้ำในส่วนผสมที่มีอยู่อย่างจำกัดจะส่งผลให้แป้งดูดซับน้ำไม่เต็มที่เห็ดยอที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสที่แข็งมาก สอดคล้องกับการศึกษาผลของปริมาณแป้งกล้วยที่มีผลต่อความแข็งแรงของหมวยเจจากแป้งกล้วย [10] ที่พบว่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์หมวยเจที่ผลิตจากกล้วยแปรผันตรงกับปริมาณแป้งในส่วนผสมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากแป้งมีปริมาณสตาร์ชสูง เมื่อได้รับความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในโมเลกุล คลายตัว และรวมกับน้ำที่ล้อมรอบ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏ เม็ดแป้งพองตัวและทำให้ค่าความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์

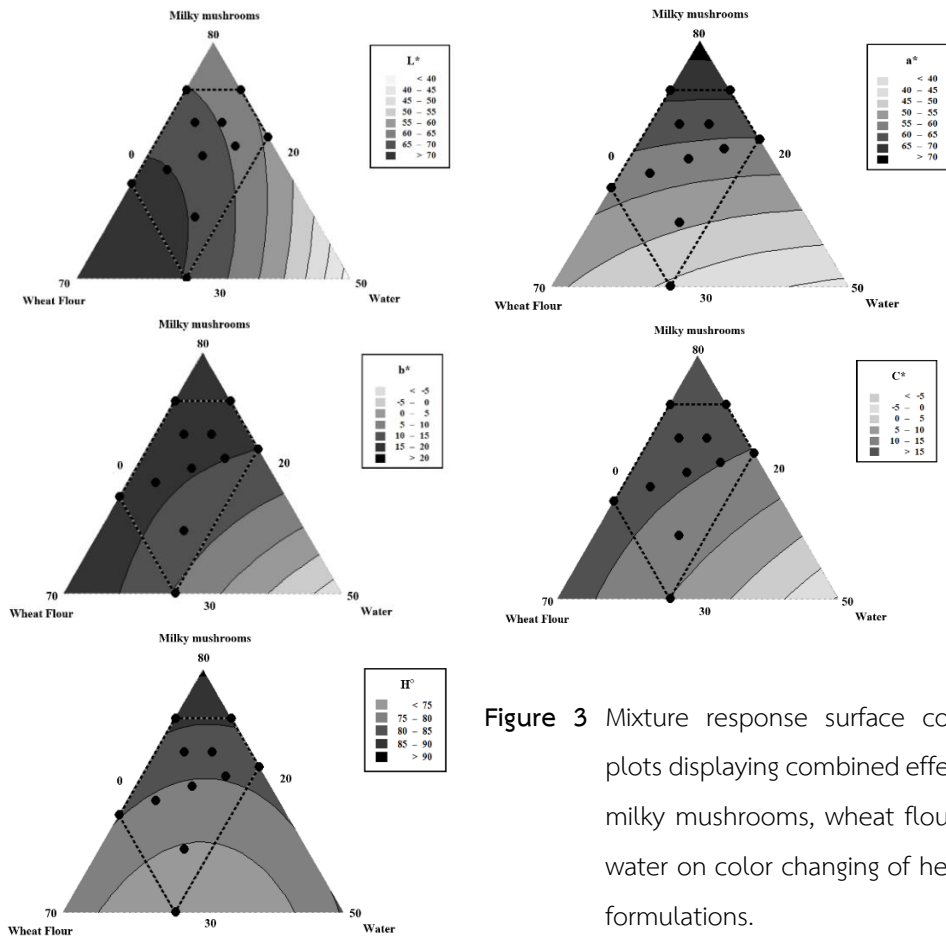


Figure 3 Mixture response surface contour plots displaying combined effects of milky mushrooms, wheat flour and water on color changing of hed-yor formulations.

ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

การเปลี่ยนแปลงสีของเห็ดยอหลังการนึ่ง จากพี นผิว mixture response surface contour plots แสดงในรูปที่ 3 พบว่าเห็ดยอทั้ง 11 สูตร มีค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  และ  $H^\circ$  แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ ) ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของเห็ดยอมีแนวโน้มแปรผันตามปริมาณแป้งสาลี เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งสาลีสีของเห็ดยอหลังนึ่งจะมีสีออกสีเข้วมมากขึ้นตามสีของแป้งสาลี ค่า  $a^*$  มีค่าเป็นบวกอยู่ในกลุ่มช่วงสีแดง และ ค่า  $b^*$  มีค่าเป็นบวกอยู่ในกลุ่มช่วงสีเหลือง ค่า  $C^*$  แสดงความเข้มของสีปรากฏ มีแนวโน้มแปรผันตรงกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณเห็ดและแป้งสาลี สอดคล้องกับค่า  $H^\circ$  เห็ดยอ

ทั้ง 11 สูตร มีค่าเฉลี่ยเข้าใกล้ 90 องศา หมายถึง วัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง ค่า  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  และ  $H^\circ$  แนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเห็ดมิลค์ก็เพิ่มขึ้น อาจเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง (enzymatic browning reaction) ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของเห็ดชำหรือฉีกขาด ทำให้สารประกอบฟีนอลิกที่มีอยู่ในเห็ดสัมผัสกับอากาศ โดยมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เป็นสารสีน้ำตาลที่เรียกว่าเมลานิน [11] ในส่วนของก้านเห็ดมิลค์ก็มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าส่วนของดอกเห็ด [3] โดยในเห็ดมิลค์ก็มีสารประกอบฟีนอลิกและมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส จึงสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเมื่อสารประกอบฟีนอลิกและ



ออกซิเจนสัมพันธ์กัน โดยมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สารโมโนฟีนอล (monophenol) ซึ่งไม่มีสี จะออกซิไดซ์เป็นไดฟีนอล (diphenol) ที่ไม่มีสี และออกซิไดซ์ต่อเป็นโอควิโนน (o-quinone) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน [8] จึงทำให้สีของเห็ดยอที่ได้มีแนวโน้มไปทางสีแดงและเหลือง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yuenyongputtakal และคณะ [11] ที่ศึกษาผลของการอบแห้งเห็ดเข็มทอง พบว่าการอบด้วยที่อุณหภูมิสูงสีของเห็ดมีแนวโน้มไปทางสีแดงและเหลืองเพิ่มขึ้น

เมื่อนำสมการถดถอยของค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักระหว่างกาบการนึ่ง ค่าความแข็ง การเปลี่ยนแปลงค่าสี  $L^*$ ,  $a^*$  และค่า  $H^\circ$  จากตารางที่ 2 มาสร้างกราฟคอนทัวร์ ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 จากนั้นนำกราฟมาซ้อนทับกันเพื่อหาพื้นที่ (รูปที่ 4) ในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยเลือกจากพื้นที่ที่มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักระหว่างกาบการนึ่งมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0-5 ค่าความแข็งมีค่าอยู่ระหว่าง 2-4 นิวตัน ค่า  $L^*$  มีค่าอยู่ระหว่าง 60-70 ค่า  $a^*$  2-3 และค่า  $H^\circ$  มีค่าอยู่ระหว่าง 70-80 เป็นเกณฑ์กำหนดในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม

รูปที่ 4 พบว่าพื้นที่ที่ทับกัน (อักษร A) เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมของส่วนผสมผลิตภัณฑ์เห็ดยอ

จากเห็ดมิลค์กี้ โดยสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่มีปริมาณอยู่ในพื้นที่ที่ทับกัน ซึ่งมีปริมาณเห็ดมิลค์กี้ในช่วงร้อยละ 56 ปริมาณแป้งสาลีเอนกประสงค์อยู่ในช่วงร้อยละ 34 และปริมาณน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 10 นำข้อมูลที่ได้ไปพิจารณาพร้อมกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบกับผู้บริโภคทั่วไป 30 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale (ตารางที่ 3) พบว่าเห็ดยอทั้ง 11 สูตร มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ ) โดยสูตรที่ 1 เป็นสูตรที่มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ (7.57±0.63) กลิ่น (7.17±0.91) รสชาติ (7.20±0.85) เนื้อสัมผัส (7.63±0.72) และความชอบรวม (7.63±0.96) สูงที่สุด ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลาง เมื่อพิจารณาจากผลของลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ ค่าลักษณะทางกายภาพ และผลจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรที่ 1 ให้ลักษณะปรากฏที่ดีที่สุด คือ มีเนื้อสัมผัสละเอียดเรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แข็งหรือนิ่มเกินไป มีความยืดหยุ่น ไม่มีโพรงอากาศ มีค่าคุณภาพอยู่ในพื้นที่ซ้อนทับ และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด สูตรนี้ประกอบด้วยเห็ดมิลค์กี้ร้อยละ 56 แป้งสาลีร้อยละ 34 และน้ำร้อยละ 10 จึงเป็นสูตรที่มีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดยอจากเห็ดมิลค์กี้ในขั้นต่อไป

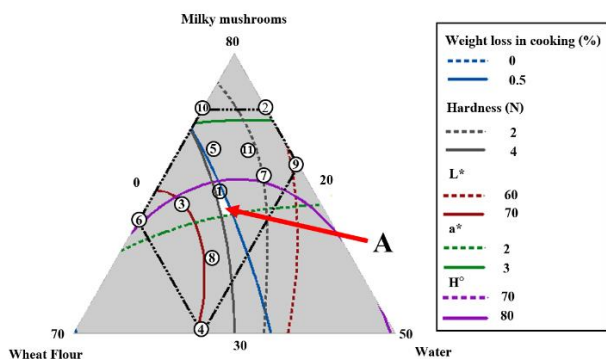


Figure 4 Contour plot for optimum overlapping (A) of hed-yor formulations

Table 3 The liking score (n = 30) for 11 formulations of hed-yor

Formulations	Attributes				
	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall liking
1	7.57±0.63 <sup>a</sup>	7.17±0.91 <sup>a</sup>	7.20±0.85 <sup>a</sup>	7.63±0.72 <sup>a</sup>	7.63±0.96 <sup>a</sup>
2	7.23±0.77 <sup>ab</sup>	6.73±1.14 <sup>b</sup>	6.93±0.87 <sup>abc</sup>	7.13±1.01 <sup>a</sup>	7.07±1.28 <sup>a</sup>
3	6.73±1.64 <sup>b</sup>	7.03±0.93 <sup>a</sup>	7.07±0.87 <sup>ab</sup>	5.37±1.81 <sup>b</sup>	4.03±2.34 <sup>b</sup>
4	5.83±2.00 <sup>c</sup>	6.90±1.03 <sup>b</sup>	6.77±1.01 <sup>abcd</sup>	3.23±2.28 <sup>c</sup>	2.63±1.52 <sup>c</sup>
5	6.70±1.64 <sup>b</sup>	7.00±0.95 <sup>a</sup>	7.03±0.89 <sup>abc</sup>	5.43±1.89 <sup>b</sup>	4.10±2.32 <sup>b</sup>
6	5.50±1.76 <sup>c</sup>	6.30±1.09 <sup>cd</sup>	6.50±1.17 <sup>bcd</sup>	2.20±1.40 <sup>d</sup>	2.33±1.45 <sup>c</sup>
7	7.30±0.79 <sup>ab</sup>	7.07±0.98 <sup>a</sup>	7.00±0.98 <sup>abc</sup>	7.23±1.14 <sup>a</sup>	7.07±1.26 <sup>a</sup>
8	7.10±0.80 <sup>ab</sup>	6.70±1.15 <sup>b</sup>	6.90±0.88 <sup>abc</sup>	7.10±1.03 <sup>a</sup>	7.00±1.29 <sup>a</sup>
9	3.63±1.33 <sup>d</sup>	5.90±1.45 <sup>d</sup>	6.23±1.45 <sup>d</sup>	2.10±1.30 <sup>d</sup>	2.23±1.43 <sup>c</sup>
10	4.03±1.38 <sup>d</sup>	5.93±1.44 <sup>d</sup>	6.43±1.17 <sup>cd</sup>	2.63±1.13 <sup>cd</sup>	2.53±1.43 <sup>c</sup>
11	4.17±1.46 <sup>d</sup>	6.97±1.47 <sup>d</sup>	6.50±1.17 <sup>bcd</sup>	2.73±1.11 <sup>cd</sup>	2.57±1.45 <sup>c</sup>

mean±SD; <sup>a-d</sup> means within each column indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ) using Duncan's multiple range test.

### 3.2 ผลของแป้งต่างชนิดกันต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เห็ดยอจากเห็ดมิลค์กี้

โดยทั่วไปแป้งสาลีเป็นแป้งที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ประกอบอาหารเนื่องจากแป้งสาลีมีสมบัติที่โดดเด่น โดยมีกลูเตนซึ่งเป็นไกลโคโปรตีนที่เกิดจากการรวมตัวของโปรตีน กลูเตนิน และไกลอะดิน โดยจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ ทำให้กลูเตนมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น ไม่ละลายในน้ำ กลูเตนนิยมใช้เป็น ส่วนประกอบแทนที่เนื้อสัตว์ในอาหารเจ และอาหารมังสวิรัต [8] อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันมีผู้ป่วยโรคจำนวนมากป่วยเป็นโรคแพ้อาหาร (coeliac disease) ซึ่งมีผลกระทบสูงถึงร้อยละ 1 ของประชากรโลก และมีแนวโน้มของจำนวนผู้ป่วยเพิ่มสูงขึ้นทุกปี [12] การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการหลีกเลี่ยงอาหารที่มีส่วนผสมของ

กลูเตนจึงเป็นสิ่งจำเป็น การสังเกตลักษณะปรากฏของเห็ดยอจากการใช้แป้ง 4 ชนิด ประกอบด้วยแป้งสาลี แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลัง (รูปที่ 5) พบว่าเห็ดยอที่ผลิตจากแป้งสาลีและแป้งข้าวเจ้าให้ลักษณะปรากฏที่ใกล้เคียงกัน คือ มีเนื้อสัมผัสละเอียด เรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แข็งหรือนิ่มเกินไป มีความยืดหยุ่น ไม่มีโพรงอากาศ เนื่องจากโครงสร้างของส่วนผสมทั้งหมดเชื่อมประสานเป็นเนื้อเดียวกัน โดยแป้งข้าวเจ้าจะให้เนื้อสัมผัสที่แน่นกว่าแป้งสาลีเล็กน้อย ส่วนเห็ดยอที่ผลิตจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง เนื้อสัมผัสเหนียวติดภาชนะ นิ่ม และโดยเห็ดยอที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังจะมีลักษณะสีที่ใส ซึ่งต่างจากที่ผลิตด้วยแป้งชนิดอื่น โดยสีจะค่อนข้างขุ่นทึบ

ผลของแป้งชนิดต่าง ๆ ต่อร้อยละการสูญเสีย

เสียดระหว่างการนึ่ง ความแข็ง และค่าสีของเห็ดยอโดยใช้สูตรการผลิตที่คัดเลือกมาข้างต้น แสดงในตารางที่ 4 พบว่าเห็ดยอที่เตรียมจากแป้งสาลีและแป้งข้าวเจ้ามีค่าร้อยละการสูญเสียระหว่างการนึ่งต่ำกว่าเห็ดยอที่เตรียมจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ ) ในส่วนของค่าความแข็งพบว่าเห็ดยอที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้ามีค่าความแข็งสูงที่สุด รองลงมา คือ แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวเหนียว เนื่องจากแป้งทั้ง 4 ชนิด มีสมบัติต่างกัน การเปลี่ยนแปลงสีของเห็ดยอพบว่าเห็ดยอจากแป้งสาลีมีค่า  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  และ  $C^*$  สูงที่สุด และมีค่า  $H^\circ$  ต่ำที่สุด ลักษณะปรากฏและสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันของเห็ดยอเกิดจากสมบัติทางเคมีกายภาพที่แตกต่างกันของแป้งแต่ละชนิด ซึ่งแป้งสาลีได้จากเมล็ดของข้าวสาลี โดยใช้ส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์ม นำมาไม่ให้เป็นผงละเอียด ลักษณะเป็นผงสีขาวนวล ประกอบด้วยโปรตีน กลูเตนิน และไกลอะดินในสัดส่วนเท่า ๆ กัน จะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ทำให้ได้กลูเตน ซึ่งมีลักษณะเหนียวและยืดหยุ่น [7] แป้งข้าวเหนียวทำมาจากเมล็ดข้าวเหนียว มีลักษณะเป็นผงสีขาว เมื่อใช้มือสัมผัสจะมีความหยาบเล็กน้อยกว่าแป้งข้าวเจ้า พอทำให้สุกแล้วตัวแป้งจะมีสีขาวขุ่นขึ้น มีความเหนียว แป้งข้าวเจ้าทำมาจากเมล็ดข้าวเจ้า จับแล้วสากมือ เมื่อใช้มือสัมผัสจะมีความหยาบเล็กน้อย แต่สากมือกว่าแป้งสาลี พอทำให้สุกแล้วตัวแป้งจะมีสีขาวขุ่น จับตัวกันเป็นก้อน แป้งสาลีและแป้งข้าวเป็นแป้งจากธัญพืช มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ชั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่ต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณผลึกและบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัวและการละลายต่ำสุด เนื่องจากมีปริมาณอะไมโลสสูง ซึ่งอะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหของเมล็ดแป้งแข็งแรง

ขึ้น ทำให้พองตัวได้ดี [9] ส่วนแป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งจากส่วนราก มีลักษณะเป็นผงสีขาว เนื้อแป้งมีความละเอียด สีนมื่อ เมื่อถูกทำให้สุกแล้วตัวแป้งจะเหนียวหนืด มีสีใส มีการพองตัวเพียงชั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเมล็ดแป้งเกี่ยวข้องกับจำนวนและชนิดของพันธะภายในเม็ดแป้ง ในระดับโมเลกุลมีหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจำนวนพันธะ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง ส่วนประกอบและการกระจายตัวของร่างแหภายในเม็ดแป้ง อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกทิน น้ำหนักโมเลกุล การกระจายตัวของโมเลกุล จำนวนกิ่งก้านสาขา การจัดเรียงตัว และความยาวของสาขาในอะไมโลเพกทิน [9]

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบกับผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale (ตารางที่ 5) พบว่าเห็ดยอสูตรที่ผลิตจากแป้งสาลีและแป้งข้าวเจ้า เป็นสูตรที่มีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมสูงกว่าสูตรที่ผลิตจากแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ ) ในส่วนของกลิ่นและรสชาติ เห็ดยอทั้ง 4 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อพิจารณาจากผลของลักษณะปรากฏที่สังเกตได้จากลักษณะปรากฏภายนอก เนื้อสัมผัส และผลจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส สูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้าให้ลักษณะปรากฏที่ดีและมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงไม่ต่างกับสูตรที่ใช้แป้งสาลี ดังนั้นสูตรที่ใช้แป้งข้าวเจ้าในการผลิตเห็ดยอจึงมีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เห็ดยอจากเห็ดมิลค์กี้ต่อไป

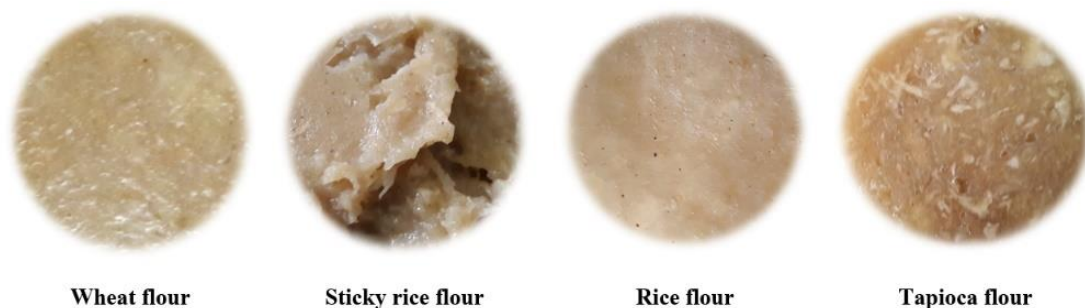


Figure 5 Appearance of hed-yor hed-yor from various flour

Table 4 Weight loss, hardness and color changing of hed-yor from various flour

Attributes	Types of flour			
	Wheat flour	Sticky rice flour	Rice flour	Tapioca flour
Weight loss (%)	0.44±0.02 <sup>b</sup>	0.55±0.05 <sup>a</sup>	0.48±0.03 <sup>b</sup>	0.58±0.03 <sup>a</sup>
Hardness (N)	3.44±0.02 <sup>b</sup>	0.45±0.01 <sup>d</sup>	4.48±0.03 <sup>a</sup>	2.00±0.01 <sup>c</sup>
L*	67.38±0.38 <sup>a</sup>	64.36±0.07 <sup>c</sup>	66.15±0.06 <sup>b</sup>	44.88±0.03 <sup>d</sup>
a*	2.31±0.34 <sup>a</sup>	2.04±0.06 <sup>ab</sup>	1.94±0.04 <sup>b</sup>	0.35±0.06 <sup>c</sup>
b*	17.82±0.11 <sup>a</sup>	15.62±0.32 <sup>b</sup>	12.80±0.27 <sup>c</sup>	8.10±0.06 <sup>d</sup>
C*	18.17±0.12 <sup>a</sup>	16.20±0.11 <sup>b</sup>	13.18±0.15 <sup>c</sup>	8.11±0.08 <sup>d</sup>
H <sup>o</sup>	78.52±0.08 <sup>d</sup>	82.84±0.04 <sup>b</sup>	81.64±0.04 <sup>c</sup>	87.28±0.15 <sup>a</sup>

mean±SD; <sup>a-d</sup> means within each column indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ) using Duncan's multiple range test.

Table 5 Means of sensory evaluation of hed-yor from various flour

Types of flour	Attribute				
	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall liking
Wheat flour	7.57±0.63 <sup>a</sup>	7.17±0.91 <sup>ns</sup>	7.20±0.85 <sup>ns</sup>	7.63±0.96 <sup>a</sup>	7.53±0.97 <sup>a</sup>
Sticky rice flour	3.57±1.04 <sup>b</sup>	7.00±0.91 <sup>ns</sup>	7.07±0.69 <sup>ns</sup>	2.23±1.76 <sup>b</sup>	2.50±1.04 <sup>b</sup>
Rice flour	7.50±0.57 <sup>a</sup>	7.03±0.93 <sup>ns</sup>	7.13±0.82 <sup>ns</sup>	7.53±0.73 <sup>a</sup>	7.53±0.97 <sup>a</sup>
Tapioca flour	3.63±0.89 <sup>b</sup>	6.70±0.88 <sup>ns</sup>	6.93±0.94 <sup>ns</sup>	2.73±1.44 <sup>b</sup>	2.97±1.10 <sup>b</sup>

mean±SD; <sup>a-b</sup> means within each column indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ) using Duncan's multiple range test.

#### 4. สรุป

สูตรที่เหมาะสมในการผลิตเห็ดดอยจากเห็ดดอยมิลค์กี้ คือ สูตรที่มีส่วนผสมของเห็ดดอยมิลค์กี้ แปะ และน้ำร้อยละ 56, 34 และ 10 ตามลำดับ นอกจากนี้การใช้แป้งข้าวเจ้าในการผลิตเห็ดดอยทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพไม่ต่างจากการใช้แป้งสาลี การผลิตเห็ดดอยจากเห็ดดอยมิลค์กี้ช่วยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ชื่นชอบการรับประทานอาหารมังสวิรัตและผู้ที่ต้องการหลีกเลี่ยงอาหารที่มีส่วนผสมของกลูเตนได้เป็นอย่างดี องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เห็ดดอยเพื่อสุขภาพที่สามารถต่อยอดการผลิตสู่ระดับอุตสาหกรรม การปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลาย เช่น การแต่งกลิ่นรส การเพิ่มสีในตัวของผลิตภัณฑ์ให้เกิดลักษณะปรากฏที่สวยงาม รวมถึงการศึกษารูปแบบของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์ฝึกและพัฒนาอาชีพราษฎรไทยบริเวณชายแดนสระแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว ที่อนุเคราะห์วัตถุดิบเห็ดดอยมิลค์กี้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

#### 6. References

[1] Veenin, K., Milky Mushroom Cultivation, Available source: <https://www.thairath.co.th>, May 5, 2018. (in Thai)

[2] Duamkhanmanee, R., King Bolete Mushroom Village Project under the Village Network of Science and Technology, Available source: <http://www.rdi.rmutsb.ac.th/2011/clinic/downlo>

ad/report/03/8.pdf, May 5, 2018. (in Thai)

[3] Subbiah, A.K. and Balan, V., 2015, A comprehensive review of tropical milky white mushroom (*Calocybe indica* P & C), Mycobiology 43: 184-194.

[4] Thai Industrial Standards Institute, Thai Community Product Standard (Prok sausages, Mu Yor) 102/255, Available source: <http://tcps.tisi.go.th>, May 5, 2018. (in Thai)

[5] Laurujisawat, P., Healthy Food, Available source: [file:///C:/Users/MAG/Downloads/HealthyFood%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/MAG/Downloads/HealthyFood%20(4).pdf), May 5, 2018. (in Thai)

[6] Marino, M., Casale, R., Borghini, R., Nardi, S. D., Donato, G., Angeloni, A., Moscaritolo, S., Grasso, L., Mazzarella, G., Tola, M. D., Rossi, M. and Picarelli, A., 2017, The effects of modified versus unmodified wheat gluten administration in patients with celiac disease, Int. Immunopharm. 47: 1-8.

[7] Duncan, D.B., 1995, Multiple range and multiple F tests, Biometrics.11: 1-42.

[8] Rattanapanone, N., 2006, Food Chemistry, Odeon Store, Bangkok, 504 p. (in Thai)

[9] Srirod, K and Piyajomkhawn K., 2003, Flour technology, Kasetsart University, Bangkok, 303 p. (in Thai)

[10] Peeraphatchara, C., Panyathitipong, W., Manarote, A. and Hiran-Akkarawong, I., 2016, Development of food products from banana for vegetarian food business,

- Research Report, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok. (in Thai)
- [11] Yuenyongputtakal, W., Limroongreungrat, K., Chaipan, P. and Srimuang, T., 2017, Effect of hot air drying temperature and time on qualities of enoki mushroom (*Flammulina velutipes*) powder produced from uncommonly consumed part, T. Sci. Technol. J. 25: 1001-1014. (in Thai)
- [12] Fitterman, L. 2018, Inside the Race for a Celiac Disease Treatment, Available Source: <https://www.allergicliving.com>, May 8, 2018.