

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่อบแห้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทน แป้งข้าวเจ้าเสริมผงดักแด้

Development of dried wide strip noodles made from riceberry flour substituted
for rice flour with silkworm pupae powder

จิราพร วีณุตตรานนท์^{1*} ปัทมา หิรัญโยภาส¹ นันทยง เฟื่องขจรฟุ้ง¹ ทิดารัตน์ แสนพรม¹
กฤษณธร สาเอี่ยม¹ อสมา คำคุณ¹ และ ชัยวัฒน์ นาเซียงใต้¹

Jiraporn Weenuttranon^{1*}, Patthama Hirunyopha¹, Nunyong Fuengkajornfung¹, Tidarat Sanphom¹,
Kitsanatorn Saeiam^{1*}, Asama Kumkoon¹ and Chaiyavat Nachengtai¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ของน้ำหนักแป้งข้าวเจ้า) ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่เสริมผงดักแด้ เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้า) พบว่า เมื่อปริมาณการทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า L^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง ค่า a^* เพิ่มขึ้น คุณภาพทางเนื้อสัมผัส พบว่า ปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่น (elastic) และความต้านทานต่อการดึงขาด (tensile strength) ลดลง เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าการทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ร้อยละ 20 มีคะแนนอยู่ในช่วง 6.13-7.43 ซึ่งอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสม จากนั้นศึกษาปริมาณการเสริมผงดักแด้ (ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักของแห้งทั้งหมด) พบว่าเมื่อปริมาณผงดักแด้เพิ่มขึ้น ค่า L^* และ a^* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า b^* เพิ่มขึ้น โดยปริมาณผงดักแด้ ร้อยละ 5 มีคะแนนความชอบ อยู่ในช่วง 6.10-6.83 (ความชอบเล็กน้อย) เมื่อศึกษาอุณหภูมิการอบแห้ง 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าปริมาณความชื้นลดลง ร้อยละ 9.19±0.16, 8.21±0.18 และ 6.88±0.26 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ 100 กรัม ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เถ้า และเส้นใยอาหาร เท่ากับ 87.83, 4.01, 0.91, 0.32 และ 0.09 กรัม เบต้าแคโรทีน เท่ากับ 14.76 ไมโครกรัม และพลังงานทั้งหมด เท่ากับ 375.55 กิโลแคลอรี ดังนั้นการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่และผงดักแด้ใหม่ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่อบแห้ง สามารถช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ผงดักแด้ การอบแห้ง

Abstract

The objective of this research was to investigate the quantity of riceberry rice flour (10, 20, 30, 40 and 50% of the weight of rice flour) used as a substitute for rice flour in the wide strip noodle production with silkworm pupae

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

¹ Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

* Corresponding author. E-mail: jiraporn.we@ssru.ac.th

powder supplementation, compared to the control sample (noodles made from rice flour). It was found that as the amount of riceberry flour substitution increased, values (L^*) and (b^*) tended to decrease, while (a^*) increased. The texture analysis revealed a reduction in elastic and tensile strength. As sensory evaluation using the 9-point hedonic scale, it was found that the substitution of 20% riceberry rice flour scored in the range of 6.13 to 7.43, showing the slightly to moderately like range and considering an appropriate quantity. When studying the quantities of silkworm pupae powder supplementation (0, 5, 10 and 15% of the total weight of dry ingredients), it was found that as the amount of silkworm pupae powder increased, the values of L^* and a^* tended to decrease, while the value of b^* increased. With a 5% silkworm pupae powder supplement, the likability score ranged from 6.10 to 6.83 (slightly likable), indicating consumer acceptance. The study of drying temperatures at 50, 60 and 70 degrees Celsius for 6 hours revealed a reduction in moisture content of 9.19, 8.21 and 6.88%, respectively (wet basis). Then, the developed product was analyzed for its nutritional values per 100 grams, consisting of carbohydrates, protein, fat, ash, and fiber of 87.83, 4.01, 0.91, 0.32 and 0.09 grams. Beta-carotene and total energy were 14.76 micrograms, and 375.55 kilocalories. Therefore, the use of riceberry flour and silkworm pupae powder in dried noodle products could enhance the nutritional value of the product.

Keywords: wide strip noodles, riceberry flour, silkworm pupae powder, drying

บทนำ

ก๋วยเตี๋ยว (noodles) เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวที่ผู้บริโภคนิยมบริโภคเป็นอาหารมื้อหลัก เนื่องจากให้พลังงานต่อร่างกาย และมีรูปแบบการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่หลากหลาย ได้แก่ ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็ก ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ และก๋วยเตี๋ยวเส้นหมี่ เป็นต้น อุตสาหกรรมผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวมีกระจายตัวในแหล่งชุมชนปริมาณการส่งออกรวมมูลค่า 1,539.62 ล้านบาทในปี 2565 (Sirilert, 2010) โดยทั่วไปเส้นก๋วยเตี๋ยวผลิตจากแป้งข้าวเจ้าที่มีอะไมโลสสูงประมาณร้อยละ 25 เส้นมีสีขาวผิวเรียบ เนื้อนุ่ม และขณะรับประทานจะรู้สึกถึงความลื่น ความคงตัวดี (Juntachote, 2013) แต่ปัจจุบันแนวโน้มพฤติกรรมผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงโดยกระแสการดูแลสุขภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภคมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Singthong, 2015) แนวโน้มการเพิ่มสูงขึ้นของการบริโภคอาหารคลีน อย่างข้าวที่ผ่านกระบวนการงอก (Chung,

Cho, & Lim, 2012) และที่ไม่ผ่านการขัดสีเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่นำมาใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวสำหรับบริโภค (Parnsakhorn, Lungapin, Chaiyaphol, & Sookpasan, 2018) เช่น ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวไรซ์เบอร์รี่ เป็นต้น เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและทางเลือกสุขภาพ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (riceberry) คือ ข้าวเจ้าที่มีสีม่วงเข้ม ซึ่งเป็นข้าวที่เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างข้าวหอมนิล และข้าวหอมมะลิ 105 ซึ่งข้าวไรซ์เบอร์รี่จะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยเบต้าแคโรทีน แอนโทไซยานิน แกมมา-โอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน สังกะสี โฟเลตสูง นอกจากนี้ยังมีใยอาหารสูงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเจ้าขัดขาว (Wanvijit, 2008; Pajareon, 2019) เป็นแหล่งของสารแอนโทไซยานินและสารโพลีฟีนอล ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Sinchaipanit, Budpong, Disnil, & Twichatwitayakul, 2017) สามารถลดความเสี่ยง

ต่อการเป็นโรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น (Kittinanon, 2016) ประโยชน์ของการรับประทานข้าวไรซ์เบอร์รี่ในผู้ป่วยโรคเบาหวาน พบว่าสามารถช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดีขึ้น โดยการรับประทานอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำจะช่วยให้เซลล์ร่างกายใช้อินซูลินได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นเซลล์จะรับน้ำตาลในเลือดไปใช้เป็นพลังงานได้มากขึ้น ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดต่ำลง (Tammatanta, & Wipasitworakul, 2016) ซึ่งข้าวไรซ์เบอร์รี่สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างหลากหลาย เช่น ซาลาเปาจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Boontun, Lomeniem, Saimo Chu, Thumthanaruk, 2015) ขนมจีนข้าวไรซ์เบอร์รี่อบแห้ง (Sornsanit, Wacharatewinkul, Ailai, Riangmoo, 2022) เต้าหู้ไข่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Panisan, 2022) ขนมปังจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Weenuttranon, & Fuengkajornfung, 2016) เป็นต้น

ดกแด่ใหม่ เป็นผลผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมผลิตผ้าไหม (Joopawang, & Sompongse, 2021) ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่มีโปรตีนสูงมีสัดส่วนมากถึง 55 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นไขมัน 25 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Longvah, Mangthya, & Ramulu, 2011) ประเทศไทยนิยมเลี้ยงในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากเป็นแหล่งผลิตผ้าไหมที่สำคัญ (Wiset, Wongkasem, Poomsa-ad, & Kampakdee, 2017) ดกแด่ใหม่ถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ดกแด่แช่แข็ง ดกแด่คั่ว ดกแด่ทอด และดกแด่สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง เป็นต้น เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาและมูลค่าสินค้า (Paengkanya, Nathakaranakule, & Soponronnarit, 2021) แนวคิดในการนำดกแด่ใหม่มาแปรรูปเป็นผงดกแด่โดยวิธีการ

อบแห้งด้วยลมร้อนเป็นการลดปริมาณน้ำในอาหาร เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทุกชนิด (Chalermisan, & Kitnork, 2016) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ เมื่อนำมาทำเป็นผง พบว่าผงดกแด่ใหม่เป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญ โดยให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดถึง 46.22-63.89 เปอร์เซ็นต์ (Hirunyophat, Chalemchaiwat, On-nom, & Prinyawiwatku, 2021) ในขณะที่เนื้อสัตว์ชนิดอื่น ๆ ให้โปรตีนได้เพียง 30-40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวมเท่านั้น (Saepae, 2020) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่จากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เสริมผงดกแด่ในรูปแบบสดและแห้ง เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค รวมถึงได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีคุณภาพทางกายภาพที่ดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นอีกทางเลือกของผู้บริโภคที่รักสุขภาพต่อไป

วิธีการศึกษา

1. การศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่

การเตรียมแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่นำเมล็ดข้าวไรซ์เบอร์รี่ใส่ถาด 300 กรัม มาอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง (Khumkhom, 2019) นำไปปั่นให้ละเอียดร่อนผ่านชั้นตะแกรงขนาด 100 เมช จะได้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้ในการทดลอง นำแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เตรียมได้มาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ดัดแปลงสูตรมาตรฐานจาก Puangraya (2017) การทดลองครั้งนี้ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งข้าวเจ้า ส่วนผสมของตัวอย่างควบคุม (control) ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า 150 กรัม แป้งมัน 50 กรัม เกลือ 3 กรัม น้ำสะอาด 450

กรัม และน้ำมัน 5 กรัม การผลิตเริ่มจากนำแป้งทั้งหมดผสมรวมกันจากนั้นให้นำคนให้ทุกอย่างละลายเข้ากันพักไว้ในอุณหภูมิห้อง 20 นาที ต่อจากนั้นนำลงใส่ในถาดขนาด 10×10 นิ้ว ตั้งไฟจนน้ำเดือดเทแป้งลงในถาด 80 กรัม ปิดฝานึ่งประมาณ 3 นาที เมื่อแผ่นแป้งพองตัวสุกใสเป็นสีขาว นำถาดออกจากลังถึงทาน้ำมันบนแผ่นแป้งที่สุก แล้วตัดแผ่นแป้งเป็นเส้น กว้าง 1 นิ้ว ยาว 6 นิ้ว ส่วนผสมและการผลิตนี้จะถูกจัดเป็นตัวอย่างควบคุม สำหรับการศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้า โดยใช้ปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ของน้ำหนักแป้งข้าวเจ้าทำการในผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเช่นเดียวกับตัวอย่างควบคุมและนำตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์คุณภาพ

2. การศึกษาปริมาณการเสริมผงดักแด้ใหม่ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่แป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้า

การเตรียมผงดักแด้ใหม่ โดยการนำดักแด้ใหม่มาคัดแยกสิ่งสกปรกออกแล้วลวกน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที ต่อจากนั้นนำดักแด้ไปอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง (Jomduang, 2021) บดเป็นผงด้วยเครื่องบดละเอียด แล้วผ่านตะแกรงร่อนความละเอียด 80 เมช จะได้ผงดักแด้ จากนั้นนำไปบรรจุสุญญากาศ เพื่อรอการผลิตนำเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้าในปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 1 มาเสริมปริมาณผงดักแด้ทั้งหมด 3 ระดับ คือ 5, 10, และ 15 ต่อน้ำหนักของแห้งทั้งหมด เปรียบกับตัวอย่างที่ไม่เติมผงดักแด้ใหม่ (ร้อยละ 0) โดยส่วนผสมและวิธีการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่เช่นเดียวกับการทดลองข้อที่ 1 แล้วนำตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี นำเส้นก๋วยเตี๋ยวหนึ่งสุก มาวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab โดยบดตัวอย่างให้ละเอียด นำไปวัดค่า L* (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 คือ วัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 คือ วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+ คือ วัตถุที่มีสีแดง, - คือ วัตถุที่มีสีเขียว) และ b* (+ คือ วัตถุที่มีสีเหลือง, คือ วัตถุที่มีสีน้ำเงิน) จำนวน 5 ซ้ำ

- คุณภาพทางเนื้อสัมผัส วัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer) รุ่น TA-XT2 โดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวต้มสุกขนาดตัวอย่าง กว้าง 1 นิ้ว ยาว 6 นิ้ว มาวัดค่าความยืดหยุ่น (elastic) และค่าต้านทานต่อการดึงขาด (tensile strength) ใช้หัววัด spaghetti tensile grip (A/SPR) (Palasuwan, Suwannarat, & Janchoo, 2019) จำนวน 10 ซ้ำ

2.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) โดยการให้คะแนนความชอบจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) กับผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน เกณฑ์การคัดเลือกคือ มีอายุระหว่าง 15-60 ปี เคยรับประทานผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวและดักแด้ใหม่ เป็นผู้ที่ไม่มีประวัติในการแพ้อาหารประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม (Meilgaard, Carr, & Civille 1999)

3. การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่แป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้าเสริมผงดักแด้

นำเส้นก๋วยเตี๋ยวแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้าเสริมผงดักแด้ในปริมาณที่เหมาะสม ตัดเส้น

ให้มีขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร มาศึกษาคุณสมบัติในการอบแห้งเส้นก๋วยเตี๋ยวทั้งหมด 3 ระดับ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียสระยะเวลาในการทำแห้งนาน 6 ชั่วโมง นำตัวอย่างเข้าตู้อบลมร้อน (Pamsakhorn, Lungapin, Chaiyaphol, & Sookpasan, 2018) บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเส้นก๋วยเตี๋ยว และปริมาณความชื้นของตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาในการอบแห้ง ช่วงแรกทุก 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นเก็บข้อมูลทุก 20 นาที จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองนำตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความชื้น สี คุณภาพทางเนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่อบแห้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้าเสริมผงผักดก

นำผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่อบแห้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้าเสริมผงผักดกมาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้แบบเส้นสด ประกอบด้วยพลังงานทั้งหมด (total energy) ความชื้น (moisture) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) โปรตีน (protein) ไขมันทั้งหมด (total fat) เส้นใยอาหาร (dietary fiber) และเถ้า (ash) ตามวิธีของ AOAC (2019) สำหรับเบต้าแคโรทีน (β -carotene) วิเคราะห์โดยการสกัดแคโรทีนอยด์จากตัวอย่าง จากนั้นหาปริมาณเบต้าแคโรทีน โดยวิเคราะห์การดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม) กับค่าการดูดกลืนแสง ตามวิธีของ AOAC (2019)

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized Design, CRD) และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่

ผลการศึกษาปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้าในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ 5 ระดับ ร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ผลการทดสอบคุณภาพทางกายภาพและเนื้อสัมผัส (Table 1) พบว่า ปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (เส้นก๋วยเตี๋ยวจากแป้งข้าวเจ้า) อยู่ระหว่างร้อยละ 39.27-61.84 โดยน้ำหนักเปียกเนื่องจากการใช้แป้งข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียว ทำให้เม็ดแป้งมีการเกิดเจลในชั้นในระหว่างการให้ความร้อนได้สมบูรณ์กว่าการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รีร่วมด้วย (Srisom, Boontaganon, Sopanangkul, & Terapatponchai, 2020) ซึ่งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี เป็นข้าวกล้องที่มีองค์ประกอบของสารอาหารต่าง ๆ เช่น ไขมัน โปรตีน และเส้นใยอาหาร เป็นต้น

จึงสามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (protein-lipid- starch matrix) ขัดขวางการดูดซึมของน้ำ (Li, Li, Fox, Gidley, & Dhital, 2021) ทำให้ปริมาณความชื้นลดลง ในขณะที่ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มลดลงและค่าสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น เนื่องจากการทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่มากขึ้นทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมียูนิต์ที่เพิ่มขึ้นไปในทางสีม่วงแดง ดัง (Figure 1) Khumkhom (2019) รายงานว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน (anthocyanins) สารพฤกษเคมีในผักผลไม้ซึ่งเป็นรงควัตถุกลุ่มสีม่วง สีแดง และสีน้ำเงิน ทำให้มีอิทธิพลต่อสีของผลิตภัณฑ์อาหาร เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัสปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ส่งผลต่อค่าความยืดหยุ่น และค่าแรงดึงขาดลดลง เนื่องจากการทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมียูนิต์ที่เนื้อสัมผัสความเหนียวนุ่มลดลงและขาดง่ายขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Van Beynum, & Roles (1985) พบว่าการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้โครงสร้างของเส้นก๋วยเตี๋ยวไม่แข็งแรง ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นควรใช้ข้าวที่มีอะไมโลสสูงเพื่อให้เกิดเจลที่ดีในเส้นก๋วยเตี๋ยว จึงทำให้เส้นเหนียวนุ่ม และไม่ขาดง่าย (Bainak, Wongpakdee, & Suksomboon, 2015); Thiranusornkij, Thamnarathip,

Chandrachai, Kuakpetoon, & Adisakwattana (2019) รายงานว่าแป้งข้าวเจ้าขัดสี (พันธุ์ขาวดอกมะลิ) มีปริมาณอะไมโลสอยู่ที่ 21.30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณอะไมโลสอยู่ที่ 15.30 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามการใช้ปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เหมาะสม ทำให้สามารถผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดัง (Table 2) พบว่าปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งข้าวเจ้า 10-20 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของคะแนนความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม เมื่อทดแทนแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ 30 เปอร์เซ็นต์ คะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนั้นจากผลการทดลองปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 20 เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เสริมผงผักดกได้ใหม่ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น เนื่องจากเพื่อประโยชน์ต่อการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์ และมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.13-7.43 คะแนน ระดับความชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง แสดงถึงผู้บริโภคยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

Table 1 Physical characteristics of the different amounts of riceberry flour substituted for rice flour in noodle products.

treatments	physical characteristics					
	moisture (%)	L^*	a^*	b^*	elastic (mm)	tensile strength (N)
control	61.84±2.09 ^a	30.70±1.04 ^a	-0.84±0.07 ^d	1.19±0.15 ^a	32.82±3.92 ^a	57.61±8.15 ^a
10%	55.19±5.78 ^c	21.83±0.37 ^b	1.88±0.14 ^c	1.08±0.42 ^{ab}	32.37±5.47 ^{ab}	39.68±6.57 ^b
20%	53.88±1.75 ^c	20.75±0.51 ^c	2.68±0.26 ^b	1.02±0.28 ^{ab}	29.03±6.02 ^{ab}	37.10±11.51 ^b
30%	51.67±4.93 ^b	16.60±0.97 ^d	3.08±0.36 ^a	0.97±0.27 ^{ab}	27.52±7.12 ^{bc}	36.93±4.73 ^b

Table 1 Physical characteristics of the different amounts of riceberry flour substituted for rice flour in noodle products (continue).

treatments	physical characteristics					
	moisture (%)	L [*]	a [*]	b [*]	elastic (mm)	tensile strength (N)
40%	45.95±3.49 ^b	15.24±0.31 ^e	3.22±0.29 ^a	0.83±0.26 ^{ab}	22.87±5.30 ^{cd}	34.69±5.02 ^b
50%	39.27±1.55 ^c	14.39±0.17 ^e	3.16±0.22 ^a	0.69±0.28 ^b	21.61±3.04 ^d	34.37±6.91 ^b

note: mean±standard deviation

L^{*}: lightness. a^{*}: red to green. b^{*}: yellow to blue

^{a,b,c,e} means with the different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

^{*} control is noodles made from 100% rice flour.

Table 2 Sensory characteristics of the different amounts of riceberry flour substituted for rice flour in noodle products.

treatments	sensory characteristics					
	appearance	color	odor	taste	texture	overall liking
control [*]	7.60±1.16 ^a	7.73±1.20 ^a	6.90±1.24 ^a	7.10±1.37 ^a	7.50±1.27 ^a	7.60±1.19 ^a
10%	7.20±0.84 ^{ab}	6.90±1.56 ^b	6.50±1.45 ^{ab}	6.83±1.48 ^{ab}	7.06±1.68 ^{ab}	7.30±1.14 ^a
20%	7.43±1.07 ^{ab}	6.86±1.52 ^b	6.13±1.40 ^{abc}	6.60±1.52 ^{ab}	6.86±1.47 ^{ab}	6.96±1.18 ^{ab}
30%	6.80±1.29 ^b	6.66±1.54 ^b	5.76±1.71 ^{bc}	6.03±1.49 ^b	6.26±1.61 ^{bc}	6.33±1.34 ^{bc}
40%	7.00±1.36 ^{ab}	6.66±1.82 ^b	6.03±1.58 ^{bc}	6.33±1.76 ^{ab}	6.46±1.65 ^{bc}	6.20±1.73 ^{bc}
50%	6.80±1.82 ^b	6.30±1.64 ^b	5.36±1.93 ^c	6.06±1.79 ^b	5.83±1.94 ^c	5.90±1.97 ^c

note: mean±standard deviation

^{a,b,c} means with the different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

^{*} control is noodles made from 100% rice flour.

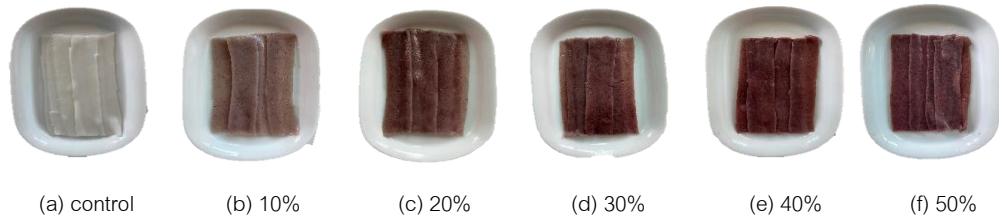


Figure 1 Appearance of noodles made from riceberry flour as a substitute for rice flour.

**2. ผลการศึกษาปริมาณการเสริมผงดักแด้
ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่**

ผลการศึกษาปริมาณการเสริมผงดักแด้ (ร้อยละ 0, 5, 10 และ 15 ของน้ำหนักของแห้งทั้งหมด) ดัง (Figure 2)

ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่จากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้าดัง (Table 3) พบว่าปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากผงดักแด้ใหม่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น (Hirunyophat, Chalermchaiwat, On-nom, & Prinyawiwatku, 2021) โดยปริมาณความชื้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 58.65-64.95 โดยน้ำหนักเปียก ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น จึงมีความจำเป็นต้องลดปริมาณน้ำในอาหารโดยการทำแห้ง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิห้อง สำหรับค่า L^* , ค่า a^* มีแนวโน้มลดลง และค่า b^* เพิ่มขึ้น เนื่องจากผงดักแด้มีสีเหลืองอมน้ำตาล จึงทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีสีที่เข้มขึ้น คือ สีเหลืองน้ำตาลเข้ม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย

ของ Hirunyophat, Chalermchaiwat, & On-nom (2020) พบว่าปริมาณผงดักแด้ใหม่ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเข้าจากแป้งข้าว มีค่าความสว่างลดลง ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น ผลทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดัง (Table 4) พบว่าปริมาณการเสริมผงดักแด้ในระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของคะแนนความชอบมากกว่า 10-15 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม การใช้ผงดักแด้ใหม่ 10 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปทำให้คะแนนความชอบลดลงต่ำกว่า 6 คะแนน อาจเป็นผลมาจากการที่ผงดักแด้ใหม่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ทำให้ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่มีความนุ่มเหนียวลดลง อีกทั้งกลิ่นรสเฉพาะตัวของผงดักแด้ใหม่อาจส่งผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ได้

Table 3 Physical characteristics of silkworm pupae powder-supplemented noodles with riceberry substituted for rice flour.

treatments	physical characteristics					
	moisture (%)	L^*	a^*	b^*	elastic (mm.)	tensile strength (N)
0%	45.95±3.49 ^c	16.79±0.94 ^a	2.08±0.26 ^{ab}	0.47±0.60 ^c	32.37±5.47 ^a	39.68 ±6.578 ^a
5%	64.95±0.65 ^a	17.06±0.68 ^a	2.25±0.37 ^a	2.45±0.89 ^b	29.03±6.02 ^{ab}	35.93±5.25 ^a
10%	62.75±0.03 ^a	15.75±0.55 ^b	1.81±0.50 ^{ab}	2.47±0.29 ^b	25.02±5.34 ^{bc}	36.42±7.59 ^a
15%	58.65±0.53 ^b	14.77±0.52 ^c	1.64±0.15 ^b	3.59±0.45 ^a	22.35±2.32 ^c	36.05±7.45 ^a

note: mean±standard deviation.

L^* : lightness, a^* : red to green, b^* : yellow to blue.

^{a,b,c} means with the different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Table 4 Sensory characteristics of silkworm pupae powder-supplemented noodles with riceberry substituted for rice flour.

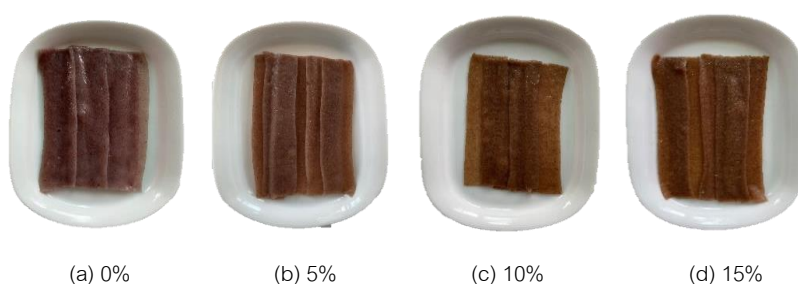
treatments	sensory characteristics					
	appearance	color	odor	taste	texture	overall liking
0%	7.76±1.16 ^a	7.66±1.49 ^a	6.73±1.59 ^a	6.23±1.86 ^a	7.06±1.41 ^a	7.33±1.21 ^a
5%	6.83±1.36 ^b	6.56±1.52 ^b	6.26±1.68 ^{ab}	6.10±1.84 ^{ab}	6.36±1.69 ^{ab}	6.53±1.45 ^b

Table 4 Sensory characteristics of silkworm pupae powder-supplemented noodles with riceberry substituted for rice flour (continue).

treatments	sensory characteristics					
	appearance	color	odor	taste	texture	overall liking
10%	6.43±1.45 ^b	5.90±1.53 ^b	5.36±1.70 ^{bc}	5.63±1.82 ^{ab}	6.13±1.59 ^{bc}	5.96±1.79 ^{bc}
15%	6.23±1.59 ^b	5.86±1.88 ^b	4.93±1.58 ^c	5.16±1.85 ^b	5.40±1.73 ^c	5.30±1.68 ^c

note: mean±standard deviation.

^{a,b,c} means with the different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

**Figure 2** The appearance of noodles made from riceberry flour as a substitute for rice flour supplemented with silkworm pupae powder.

3. ผลการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทน แป้งข้าวเจ้าเสริมผงดักแด้

จากการศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้งเส้น ก๋วยเตี๋ยวแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 20 เสริมผงดักแด้ ร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ดัง (Figure 3) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ดัง (Table 5) พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณ ความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ความชื้นมีค่าเท่ากับ 9.19 ± 0.16 , 8.21 ± 0.18 และ 6.88 ± 0.26 ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก ตามลำดับ อุณหภูมิสูงจากการ อบแห้งทำให้มีอัตราการระเหยของน้ำในอาหารออกจาก

ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ได้เร็วขึ้น โดยปริมาณ ความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการอบแห้งทุกอุณหภูมิ เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง(มพช.730/2548)กำหนดให้มีความชื้น ไม่เกินร้อยละ 13 (Thai Industrial Standards Institute, 2005) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น Pamsakhorn, Lungapin, Chaiyaphol, & Sookpasan (2018) ศึกษาผลของการอบแห้งด้วยลมร้อน (50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส) ต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว ผลิตจากแป้งข้าวกล้องหอมนิลนี้ร่วมกับแป้งข้าวผสม พบว่าการอบแห้งอุณหภูมิสูง (70 องศาเซลเซียส) ทำให้ อัตราการอบแห้งสูงสุด

Table 5 The moisture content as affected by drying temperature of noodles with riceberry flour as a substitute for rice flour supplemented with silkworm pupae powder.

physical characteristics	drying temperature		
	50°C	60°C	70°C
moisture (%)	9.19±0.16 ^a	8.21±0.18 ^b	6.88±0.26 ^c

note: mean ± standard deviation

^{a,b} means with the different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

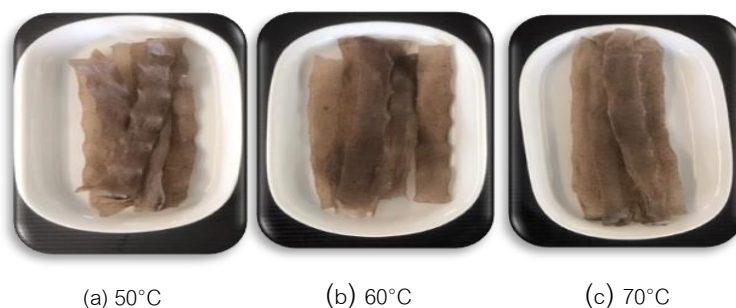


Figure 3 Characteristics of the product dried noodles with riceberry flour substituted for rice flour, supplemented with silkworm pupae powder.

4. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่อบแห้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้าเสริมผงดักแด้ไหม

ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้า ระดับร้อยละ 20 เสริมผงดักแด้ระดับร้อยละ 5 ดัง (Table 6) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (เส้นก๋วยเตี๋ยวแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้า ร้อยละ 20 เสริมผงดักแด้ร้อยละ 5 ที่ไม่ผ่านการอบแห้ง) ดัง (Table 6) พบว่าผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่อบแห้งแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีเสริมผงดักแด้ไหม มีปริมาณความชื้นไม่เกินความชื้นของก๋วยเตี๋ยวเส้นจันท์แห้ง ในตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการอาหารไทย

พ.ศ.2561 ของสำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (ร้อยละ 12.70) (Ministry of Public Health, 2018) และเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: เส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง (มผช.730/2548) (ร้อยละ 13) (Thai Industrial Standards Institute, 2005) ข้อมูลด้านโภชนาการของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่อบแห้งที่พัฒนาได้มีปริมาณโปรตีน เส้นใยอาหาร และเบต้าแคโรทีน สูงกว่าตัวอย่างควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 4.01 ± 0.05 , 0.09 ± 0.01 กรัม และ 14.76 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณความชื้นลดลง ส่งผลให้สารอาหารมีค่าเพิ่มขึ้น อีกทั้งวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว ประกอบด้วย แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี ซึ่งเป็นแหล่งของเส้นใยอาหาร และ

สารต้านอนุมูลอิสระ (Wanvijit, 2008) และผงดักแด้ไหม เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพ (Saepae, 2020) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์นี้ยังมีเบต้าแคโรทีน เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และผงดักแด้ไหมเป็นวัตถุดิบหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Renuka, Mathure, Zanan, Thengane, & 2016; Akande, Jolayemi, Adelugba, & Akande, 2020) สำหรับพลังงานทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 375.55 กิโลแคลอรี ซึ่งค่าพลังงานที่เพิ่มขึ้นเกิดจากปริมาณของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น โดยค่าพลังงานทั้งหมดที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับพลังงานเส้นหมี่อบแห้งที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ และก่วยเดี่ยวเส้นจันทร์แห้งในตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการอาหารไทย พ.ศ. 2561 ของสำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 350-380 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม (Health Benefits, 2018;

Ministry of Public Health, 2018) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wamak, Chuayruang, & Chaicharoen (2018) พบว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่มีปริมาณเถ้าและเส้นใยสูงกว่าแป้งสาลี นอกจากนี้ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ยังเป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน เป็นรงควัตถุที่ให้สีม่วงที่พบได้ทีบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Sinhaipanit, Budpong, Disnil, & Twichatwitayakul, 2017); Zhou, Zhou, Duan, Wang, & Yan (2022) รายงานว่าการประยุกต์ใช้ผงดักแด้ไหมลงในผลิตภัณฑ์อาหารแล้วทำให้คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะโปรตีนและกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยพบว่าเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential amino acids) ตรงตามข้อกำหนดของคำแนะนำของ WHO/FAO/UNU แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคเนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น

Table 6 Nutritional values of dried noodles from riceberry flour substituted for rice flour supplemented with silkworm pupae powder compared with the control based on 100 g.

nutritional values	fresh developed noodles	dried developed noodles
moisture (g)	45.95±3.49	6.84±0.21
total energy (kcal)	216.12±11.72	375.55±2.53
protein (g)	2.00±0.10	4.01±0.05
total fat (g)	0.12±0.03	0.91±0.01
ash (g)	0.11±0.01	0.32±0.04
dietary fiber (g)	0.06±0.03	0.09±0.01
carbohydrate (g)	51.76±0.31	87.83±0.21
β-carotene (μg)	N/A	14.76

remark: N/A, product's nutrition fact label is not found.

สรุป

การใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้า ในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่เสริมผงผักดกแด่ใหม่ เพื่อพัฒนาเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวเพื่อสุขภาพ พบว่าเมื่อใช้ แป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้งข้าวเจ้าเพิ่มขึ้น ส่งผล ต่อค่า L^* , ค่า b^* มีแนวโน้มลดลง และค่า a^* เพิ่มขึ้น ค่าความยืดหยุ่นและค่าแรงดึงขาดลดลง โดยผลิตภัณฑ์ ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่จากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รีทดแทนแป้ง ข้าวเจ้าร้อยละ 20 เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการผลิต เส้นก๋วยเตี๋ยวซึ่งมีคะแนนอยู่ในช่วงขอบเล็กน้อยถึง ขอบปานกลาง เมื่อศึกษาปริมาณการเสริมผงผักดกแด่ พบว่าปริมาณผงผักดกแด่ ร้อยละ 5 มีคะแนนความชอบ อยู่ในช่วง 6.10-6.83 ซึ่งอยู่ในช่วงขอบเล็กน้อย แสดง ให้เห็นถึงการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาดูหนุมการอบแห้ง 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง พบว่าทำให้ ปริมาณความชื้นลดลงเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชนเส้นก๋วยเตี๋ยวแห้ง นอกจากนั้น ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ยังมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะทางด้านโปรตีน เส้นใยอาหาร และเบต้าแคโรทีน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความเป็นได้ในการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ให้มีคุณค่าทาง โภชนาการเพิ่มขึ้นจากการใช้วัตถุดิบภายในประเทศ สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะข้าวและผักดกแด่ใหม่

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ

สวนสุนันทาที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Akande, A. O., Jolayemi, O. S., Adelugba, V. A., & Akande, S. T. (2020). Silkworm pupae (*Bombyx mori*) and locusts as alternative protein sources for high-energy biscuits. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 23(1), 234-241.
- AOAC. (2019). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. (21st ed.). USA: Association of Analytical Communities.
- Bainak, J., Wongpakdee, R., & Suksomboon, A. (2015). Development of dried rice noodle (Kanom-geen) from riceberry. *Agricultural Science Journal*, 46(suppl.3), 361-364. (in Thai)
- Boontun, C., Lomeniem, T., Saimo Chu, J., & Thumthanaruk, B. (2015). Comparison of rice berry flour and sweeteners affecting quality of custard cream stuffed rice berry Chinese bun. *Agricultural Science Journal*, 46(suppl.3), 525-528. (in Thai)
- Chalermman, P., & Kitnork, A. (2016). Drying rice noodles (khanom jeen) (master's thesis). Maha Sarakham University. Maha Sarakham. (in Thai)
- Chung, H. J., Cho, A., & Lim, S. T. (2012). Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodles. *LWT - Food Science and Technology*, 47(2), 342-347.
- Health Benefits. (2018). *Noodles facts and benefits*. Retrieved 31 May 2024, from <https://www.healthbenefitstimes.com/noodles/>
- Hirunyophat, P., Chalermchaiwat, P., & On-nom, N. (2020). Optimization of ratio of silkworm pupae powder

- to broken rice flour and of barrel temperature to develop high protein breakfast cereal using response surface methodology. *Agriculture and Natural Resources*, 54, 609-616.
- Hirunyophat, P., Chalermchaiwat, P., On-nom, N., & Prinyawiwatku, W. (2021). Selected nutritional quality and physicochemical properties of silkworm pupae (frozen or powdered) from two species. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(7), 3578-3587.
- Jomduang, S. (2021). *Insect protein innovation and processing*. Retrieved January 2022, from https://www.nstda.or.th/regional/north2020/wp-content/uploads/2020/02/sec_2_4_protien-from-insect-innovation.pdf. (in Thai)
- Joopawang, P. & Sompongse, W. (2021) Physicochemical and functional properties of silkworm pupae protein extract. *Thai Journal of Science and Technology*, 10(3), 364-378. (in Thai)
- Juntachote, T. (2013). *Development of Sang Yod germinated brown rice noodles substituted with egg white*. (research report). Songkhla: Thaksin University. (in Thai)
- Khumkhom, S. (2019). Effect of riceberry flour on physicochemical properties and antioxidant activities of steamed bun. *Thai Science and Technology Journal (TSTJ)*, 28(11), 2025-2038. (in Thai)
- Kittinanon, P. (2016). *Consumers acceptance of riceberry and Hom-nil rice in Mueang Chiang Mai district*. (master's thesis). Chiang Mai University. Chiang Mai. (in Thai)
- Li, H-T., Li, Z., Fox, G. P., Gidley, M. J., & Dhital, S. (2021). Protein-starch matrix plays a key role in enzymic digestion of high-amylose wheat noodle. *Food Chemistry*, 336, 127719.
- Longvah, T., Mangthya, K., & Ramulu P. (2011). Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. *Food Chemistry*, 128(2), 400-403.
- Meilgaard, M. C., Thomas Carr, B., & Civille, G. V. (1999). *Sensory Evaluation Techniques* (3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Ministry of Public Health. (2018). *Food composition table of Thai foods*. Retrieved 9 April 2024, from <https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/thai-food-composition-table>
- Paengkanya, S., Nathakaranakule, A., & Soponronnarit, S. (2021). Production of crispy pupae silkworm using drying of microwave combined with hot air. *Burapha science journal*, 26(3), 1479-1489. (in Thai)
- Pajareon S. (2019). Stability of anthocyanin extract from riceberry rice bran encapsulated with rice bran protein concentrate under different pH and heating conditions. *RMUTSB Academic Journal*, 7(2), 205-215. (in Thai)
- Palasuwan, S., Suwannarat, S., & Janchoo, N. (2019). Development of fresh alkaline noodle from baegu (Liang). *Rajabhat Rambhai Bami Research Journal*, 14(1), 167-170. (in Thai)
- Panisan, T. (2022). *Nutrition improvement of riceberry tofu supplemented with vegetable noodles using molecular gastronomy technique for elderly*. (master' s thesis). Rajamangala University of Technology Thanyaburi. Pathum Thani. (in Thai)
- Parnsakhorn, S., Lungapin, J., Chaiyaphol, A. & Sookpasan, A. (2018). Effect of drying on physicochemical properties of noodles made

- from parboiled Hom-Nin brown rice flour with mixed rice flour. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 46(1), 117-128. (in Thai)
- Puangraya, K. (2017). *Product development of noodles by partially substituting rice flour with job's tears flour* (master's thesis). Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. Bangkok. (in Thai)
- Renuka, N., Mathure, S. V., Zanan, R. L., Thengane, R. J., & Nadaf, A. B. (2016). Determination of some minerals and β -carotene contents in aromatic indica rice (*Oryza sativa* L.) gemplasm. *Food Chemistry*, 191, 2-6.
- Saepae, P. (2020). *Produce protein powder from insects through cooperation with various institutions to develop local products with international quality standards*. Retrieved April 2022, from <https://science.mahidol.ac.th/simple-science/2020/04/13/edible-insects/> (in Thai)
- Sinchaipanit, P., Budpong, K., Disnil, S., & Twichatwitayakul, R. (2017). Influences of rice berry flour as a wheat flour substitute in Brownie: textural and quality attributes. *SDU Research Journal Science and Technology*, 10(2), 69-79. (in Thai)
- Singthong, J. (2015). *Instant ubon noodle as functional food from sunchoke flour*. (research report). Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University. (in Thai)
- Sirilert, T. (2010). Development of rice noodle: texture and quick blanching time. *Journal of Food Technology Siam University*, 5(1), 18-25. (in Thai)
- Srisorn, P., Boontaganon, P., Sopanangkul, A., & Terapatponchai, Y. (2020). The optimum condition of pre-gelatinized Hom Nil rice flour production by using double drum dryer. *RMUTSB Academic Journal*, 8(2), 199-214. (in Thai)
- Somsanit, K., Wacharatwinkul, Y., Arlai, A., & Riangmoo, A. (2022). Development of dried riceberry vermicelli and green curry paste recipe. In *Proceeding of the 14th NPRU National Academic Conference Nakhon Pathom Rajabhat University* (pp.165-175). Nakhon Pathom: Nakhon Pathom Rajabhat University.
- Tammatanta, N., & Wipasitworakul, B. (2016). *Product development of reduced energy - salad dressing from broken riceberry* (bachelor's thesis). Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. Bangkok. (in Thai)
- Thai Industrial Standards Institute. (2005). *Thai industrial standard TIS 832-2548: Instant rice noodle*. Retrieved March 2022, from http://www.fio.co.th/web/tisi_fio/fulltext/TIS832-2548.pdf
- Thiranusornkij, L., Thamnarathip, P., Chandrachai, A., Kuakpetoon, D., Adisakwattana, S. (2019). Comparative studies on physicochemical properties, starch hydrolysis, predicted glycemic index of Hom Mali rice and riceberry rice flour and their applications in bread. *Food Chemistry*, 283, 224-231.
- Van Beynum, G. M. A., & Roles, J. A. (1985). *Starch conversion technology*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Wamak, S., Chuayruang, W., & Chaicharoen, T. (2018). Effect of partial substitution of wheat flour with riceberry flour on quality of mantou. In *Proceeding of Phibunsongkhram research national academic conference 4th Thailand 4.0 Innovation and research for sustainable development* (pp.61-64). Phitsanulok: Pibulsongkram Rajabhat University. (in Thai)
- Wanvijit, A. (2008). *The integrated biotechnology project in creating strains of rice for value added and rich in nutrition* (research report). Bangkok: Kasetsart University and Mahidol University.
- Weenuttranon, J., & Fuengkajornfung, N. (2016). *Study of consumer acceptance on bread from rice berry flour*. In *Proceeding of 8th World Conference on*

Educational Sciences. Madrid, Spain: University of Alcala.

- Wiset, L., Wongkasem, K., Poomsa-ad, N., & Kampakdee, M. (2017). Silkworm pupae drying using microwave combined with hot air. *International Food Research Journal*, 24(4), 1460-1463.
- Yondan, S. (2018). *Development of dried silkworm pupae products, silkworm pupae powder, silkworm pupae powder, and fat extract powder protein hydrolyzate from silkworm pupae and its application in food products* (master's thesis). Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)
- Zhou, Y., Zhou, S., Duan, H., Wang, J., & Yan, W. (2022). Silkworm pupae: a functional food with health Benefits for humans. *Foods*, 11(11), 1594.