

การเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมฐานถั่งเช่าสีทอง

The Enhancing Nutritional Value of Crispy Snack with Solid Medium with Mycelium Remained from *Cordyceps militaris* Culture Processing

พรพรรณ รัตนะสัจจะ¹ ดวงหทัย รัตนสัจธรรม¹ สามารต ต่ายขาว¹ สุนทรา เฟื่องฟุ้ง¹
พิชญ์ ตั้งสมบัติวิจิตร^{2*} และ อุทาน บุรณศักดิ์ศรี³

Pornpan Ruttanasutja¹, Doungthai Rattanasatchatham¹, Samart Taikhao¹, Suntara Fueangfung¹
Pitchya Tangsombatvichit^{2*} and Utharn Buranasaksee³

Received: 10 October 2021, Revised: 16 September 2022, Accepted: 19 September 2022

บทคัดย่อ

ข้าวเกรียบจัดเป็นขนมขบเคี้ยวประเภทหนึ่งเป็นที่นิยมของผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบด้วยการเสริมฐานถั่งเช่าสีทองที่เหลือจากกระบวนการเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทอง ผลการทดลองพบว่า สารคอร์ไดเซปินและอะดีโนซีนในฐานถั่งเช่าสีทองผงที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง มีค่ามากกว่าการตากแดดเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นฐานถั่งเช่าสีทองผงที่ผ่านการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนถูกนำมาตรวจสอบคุณค่าทางอาหาร พบว่า มีโปรตีน 8.95 ± 0.08 กรัมต่อ 100 กรัม และไขมัน 12.03 ± 0.04 กรัมต่อ 100 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่ามีสารปนเปื้อนของสารหนู ตะกั่ว ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ไม่พบปรอท และไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ *Escherichia coli* *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* สำหรับสูตรข้าวเกรียบเสริมฐานถั่งเช่าสีทองผงที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป ในระดับชอบมากที่สุด (คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ย เท่ากับ 7.40 ± 0.49) มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังต่อเนื้อมันฝรั่งดัมสุก (1:1) ผสมฐานถั่งเช่าสีทองผง 3% ผลการทดลองพบว่า ข้าวเกรียบสูตรนี้ มีโปรตีน 2.25 ± 0.05 กรัมต่อ 100 กรัม และไขมัน 6.48 ± 0.05 กรัมต่อ 100 กรัม ไม่พบการปนเปื้อนของโลหะหนักและเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคทางเดินอาหารตามมาตรฐาน

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

¹ Department of Science, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phranakhon Si Ayutthaya 13000, Thailand.

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

² Department of Science, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi 72130, Thailand.

³ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

³ Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi 72130, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): pitchya.t@rmutsb.ac.th Tel: 08 0459 2479

ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเข้าสู่ท้องผสุตรนี้ยังพบว่ามีสารคอร์ไดเซปิน และอะดีโนซีน เท่ากับ 26.33 ± 0.47 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ 1.40 ± 0.08 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ งานวิจัยนี้สามารถลดส่วนที่เหลือทิ้งจากกระบวนการเพาะเลี้ยงถึงเข้าสู่ท้อง และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่มีคุณค่าทางอาหารและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ: ข้าวเกรียบ, ฐานถึงเข้าสู่ท้อง, คุณค่าทางอาหาร, คอร์ไดเซปิน, อะดีโนซีน

ABSTRACT

Crispy snack is one of popular snake food of consumers. The objectives of this experiment were to develop and add nutritional value of crispy snack with solid medium with mycelium remained byproducts from *Cordyceps militaris* culture processing. The results showed that the cordycepin and adenosine of the solid medium with mycelium remained byproducts via hot air oven dried at 60°C method for 18 hours which was higher than sun dried for 3 days. After that, its nutritional value of the solid medium with mycelium remained byproducts via hot air oven and it was observed that it had protein as 8.95 ± 0.08 g/100g and dietary fiber as 12.03 ± 0.04 g/100g. Moreover, it was found that Arsenic Lead less than standard and it was not found Mercury. *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* were not found. For crispy snack treatment, it was accepted by general consumers at the most level (the average overall score as 7.40 ± 0.49) and the ingredients included tapioca starch and boiled potatoes (ratio 1:1) with 3% of solid medium with mycelium remained byproducts. The results indicated that this treatment had protein as 2.25 ± 0.05 g/100g and dietary fiber as 6.48 ± 0.05 g/100g. In addition, heavy metal contamination and food microbial pathogens were not found following The Food and Drug Administration standard. This treatment also showed cordycepin and adenosine as 26.33 ± 0.47 mg/100g and 1.40 ± 0.08 mg/100g, respectively. This research suggests that this experiment can reduce byproducts from *C. militaris* culture processing and develops crispy snack for high nutritional value and safety for consumers.

Key words: crispy snack, solid medium with mycelium remained, nutritional value, cordycepin, adenosine

บทนำ

ถึงเช่า (*Cordyceps*) เป็นฟังไจชนิดหนึ่ง ที่ได้รับความนิยมในการศึกษาค้นคว้าและวิจัยกันอย่างแพร่หลาย ในประเทศจีนมีการนำถึงเช่ามาใช้เพื่อประโยชน์ในทางการแพทย์ใช้ในการรักษาโรคต่าง ๆ ใช้เป็นยาบำรุงสุขภาพให้แข็งแรง (Huang *et al.*, 2009; Shrestha *et al.*, 2012) ด้วยความก้าวหน้า

ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับการสร้างเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์ ทำให้ทราบว่าถึงเช่ามีสารสำคัญหลายชนิด อาทิเช่น เบต้ากลูแคน โปรตีนและแร่ธาตุ พอลิแซคคาไรด์ สารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (SOD) คอร์ไดเซปิน (cordycepin) และ อะดีโนซีน

(adenosine) เป็นต้น สารสำคัญเหล่านี้มีสรรพคุณส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน ลดอาการภูมิแพ้ เพิ่มสมรรถนะทางเพศ กระตุ้นการทำงานของ sexual potentiator ส่งเสริมการสร้างฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (testosterone) ทำให้ผลิตสเปิร์มที่แข็งแรง ส่งเสริมการไหลเวียนเลือดในร่างกาย ลดอัตราการเกิดเนื้องอก หรือยับยั้งการเกิดมะเร็ง (anti-cancer) รวมทั้งช่วยต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant) ช่วยชะลอความชรา (anti-aging) และยังมีฤทธิ์ที่ยับยั้งการอักเสบ (anti-inflammatory) อีกด้วย (Huang *et al.*, 2009; Shrestha *et al.*, 2012) ปัจจุบันถั่งเช่าที่นิยมเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายมี 3 สายพันธุ์ คือ ถั่งเช่าทิเบต (*Cordyceps sinensis*) มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพคุณภาพดีในประเทศจีน ถั่งเช่าหิมะ (*Isaria japonica*) และถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) สำหรับในประเทศไทยนิยมเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทอง เพราะถั่งเช่าชนิดนี้เพาะเลี้ยงง่ายในห้องปฏิบัติการ หรือห้องเพาะเลี้ยงที่สร้างสภาพแวดล้อมเลียนแบบธรรมชาติ การเจริญของถั่งเช่าได้ ควบคุมกระบวนการผลิตได้ง่าย และมีสารสำคัญเช่นเดียวกับถั่งเช่าที่เจริญในธรรมชาติ รวมทั้งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับถั่งเช่าทิเบต ด้วยคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายของถั่งเช่าสีทอง ทำให้ถั่งเช่าสายพันธุ์นี้ถูกนำมาเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ และออกวางจำหน่ายในรูปแบบผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ในประเทศไทยการผลิตและจำหน่ายถั่งเช่าสีทองในรูปแบบผลิตภัณฑ์อบแห้ง และแคปซูลสกัด มีราคาอยู่ที่ประมาณกิโลกรัมละ 4-6 หมื่นบาท (Tapingkae, 2012) ในขั้นตอนการเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทอง หลังการเก็บเกี่ยวบริเวณส่วนดอกไปผ่านกระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์ด้วยกรรมวิธีที่ปลอดภัยแล้ว คงเหลือส่วนที่ไม่ใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ เนื้อมันฝรั่งต้มที่ถูกใช้ในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทอง ฐานถั่งเช่าสีทอง

ที่มีส่วนของถั่งเช่าติดกับส่วนอาหารแข็ง เหลือทิ้งในกระบวนการในปริมาณมาก วิธีการกำจัดของเหลือเหล่านี้ โดยทั่วไปมันฝรั่งต้มจะถูกนำไปหมักทำปุ๋ย ผักกาดหรือทิ้ง ส่วนฐานถั่งเช่าสีทองสามารถขายได้แต่ราคาต่ำ ซึ่งของเหลือในกระบวนการเหล่านี้ สร้างภาระให้กับเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทอง และหน่วยงานภาครัฐในการกำจัดขยะอินทรีย์ หากกำจัดไม่ถูกวิธีมีโอกาสส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ มีงานวิจัยของ Tangsombatvichit *et al.* (2021) ได้นำเนื้อมันฝรั่งต้มสุกที่ถูกใช้ในการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทองมาแปรรูปพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นข้าวเกรียบ โดยใช้เนื้อมันฝรั่งต้มสุกทดแทนแป้งมันสำปะหลังหรือแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ เพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับข้าวเกรียบ พบว่า ข้าวเกรียบที่ผลิตจากเนื้อมันฝรั่งต้มสุก มีโปรตีน 1.9% และมีไขมันที่ละลายน้ำได้ 4% นอกจากนี้เนื้อมันฝรั่งต้มสุกใช้ทดแทนแป้งสาลี ทำให้ผู้ที่แพ้แป้งสาลีสามารถทานข้าวเกรียบสูตรนี้ได้ รวมทั้งแป้งในมันฝรั่ง ยังเป็นแป้งที่มีคุณสมบัติทนการย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารและไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็กของมนุษย์ (resistant starch) แป้งชนิดนี้มีคุณสมบัติเป็น 프리ไบโอติก (prebiotic) อาหารของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ ช่วยระบบการขับถ่าย มันฝรั่งยังมีคุณค่าทางอาหารหลากหลาย คือ มีใยอาหารสูง มีวิตามินซี วิตามินบี 6 แคลเซียม และฟอสเฟตสูง (Beals, 2018) วิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มคุณสมบัติของแป้งทนย่อยในมันฝรั่งคือการต้มให้สุกแล้วนำมาพักไว้ให้เย็น จากนั้นทำให้เย็นที่ 0-5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่งผลให้โครงสร้างแป้งที่ถูกทำลายด้วยความร้อนขึ้นจากการต้มแล้ว เปลี่ยนโครงสร้างเป็นโครงสร้างที่ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในกระบวนการย่อยปกติในร่างกายจนผ่านไปถึงลำไส้ใหญ่ได้ (Sawicka and Gupta 2018) สำหรับฐานถั่งเช่าสีทองมีเพียงงานวิจัยของ Ni *et al.* (2009)

ได้นำฐานถึงเข้าสู่ห้องมาศึกษาตรวจสอบสารสำคัญ ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่า สารออกฤทธิ์ยังตรวจพบอยู่ คือคอร์โคเซปิน ถึงจะเป็นส่วนเหลือทิ้ง แต่ก็มีความเป็นไปได้ที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น

ข้าวเกรียบจัดเป็นอาหารว่างที่คนทั่วไปนิยมบริโภค ข้าวเกรียบผลิตจากแป้งผสมกับวัตถุดิบอื่นที่ให้สี กลิ่นรส เพื่อเพิ่มความน่ารับประทานมากขึ้น มีการเรียกข้าวเกรียบต่าง ๆ กันไปตามชนิดของวัตถุดิบที่ให้สีหรือกลิ่น เช่น ข้าวเกรียบกุ้ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกุ้งเป็นส่วนผสม ข้าวเกรียบเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีกรรมวิธีผลิตไม่ยุ่งยาก ขนมอบเคี้ยวชนิดนี้เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย ข้าวเกรียบจัดเป็นอาหารว่าง (snack food) ที่รับประทานได้ทุกช่วงเวลา และสามารถซื้อเป็นของฝากได้อีกด้วย ข้าวเกรียบมีวัตถุดิบหลักในส่วนผสมคือแป้งมันสำปะหลังผสมกับเครื่องปรุงรสผสมให้เข้ากัน แล้วทำให้สุกด้วยการนึ่ง จากนั้นนำมาหั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก แล้วนำไปตากหรืออบให้แห้ง อาจทอดหรือไม่ทอดก่อนบรรจุก็ได้ (Thai community product standard, 2011) ไม่ว่าเศรษฐกิจของประเทศหรือเศรษฐกิจของโลกจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ขนมอบเคี้ยวก็ยังคงมีการแข่งขันทางการตลาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกปี ตลาดขนมอบเคี้ยวในประเทศไทยก็มีการเติบโตอย่างต่อเนื่องทุกปี เช่นกัน ตั้งแต่ปี 2560 จนถึงปี 2562 ตลาดขนมอบเคี้ยวมีมูลค่าเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2,000 ล้านบาทต่อปี และมีผลิตภัณฑ์ใหม่จากหลายบริษัทออกวางจำหน่ายอย่างต่อเนื่อง มีการคาดการณ์ว่าตลาดนี้ยังมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องในอนาคต ข้าวเกรียบก็เป็นขนมอบเคี้ยวที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค มีส่วนแบ่งการตลาดอยู่ไม่น้อย โดยมีมูลค่าทางการตลาดสูง เท่ากับ 1,333 ล้านบาท (Marketeer, 2019) ในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาใส่ใจเรื่องสุขภาพมากขึ้นโดยเฉพาะการเลือกรับประทานอาหาร ผู้บริโภคจะเลือกรับประทานอาหารที่มีไขมันต่ำและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

ข้าวเกรียบเป็นอาหารที่มีแป้ง คาร์โบไฮเดรต และไขมันสูง ทำให้ปัจจุบันมีการคัดเลือกวัตถุดิบอื่นทดแทนส่วนประกอบหลักของข้าวเกรียบ เช่น ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ทดแทนน้ำมันปาล์ม เป็นต้น ในขณะเดียวกันก็ศึกษาและวิจัยส่วนผสมอื่นเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับข้าวเกรียบ เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทุสรอบใบถั่วดาวอินคา การใช้เนื้อปลา ปรุงข้าวเหนียว และใบถั่วดาวอินคาเสริมในข้าวเกรียบทำให้ข้าวเกรียบมีโปรตีนเพิ่มเป็น 5% เพิ่มแคลเซียม มีสารต้านอนุมูลอิสระ และมีไขมันน้อยลง เมื่อเทียบกับข้าวเกรียบปลาสูตรทั่วไป รวมทั้งลดปริมาณแป้งมันสำปะหลังลง แต่อย่างไรก็ตาม ข้าวเกรียบสูตรนี้มีใยอาหาร 0.8% (Mekarat *et al.*, 2018) ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคโดยวัตถุดิบที่นำมาทดแทนนั้นจะเป็นวัตถุดิบที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและหาได้ง่ายในท้องถิ่น

เนื่องจากเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงถึงเข้าสู่ห้องได้ให้ข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์แบบมีส่วนร่วมว่า การเพาะเลี้ยงถึงเข้าสู่ห้อง 150 ขวด จะมีฐานถึงเข้าสู่ห้องเหลือทิ้ง 5 กิโลกรัม ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของเนื้อมันฝรั่งต้มสุกที่เหลือในกระบวนการเพาะเลี้ยงถึงเข้าสู่ห้อง ด้วยการเสริมฐานถึงเข้าสู่ห้องที่เหลือในกระบวนการเพาะเลี้ยงถึงเข้าสู่ห้อง เริ่มต้นจากการแปรรูปฐานถึงเข้าสู่ห้องให้มีลักษณะเหมาะสมในการผสมลงในอาหาร โดยการทำแห้ง 2 วิธี คือ การอบแห้งและการตากแดดให้แห้ง จากนั้นทำให้เป็นผง แล้วจึงทำการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญของฐานถึงเข้าสู่ห้องผง จากนั้นตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค และโลหะหนักที่มีโอกาสปนเปื้อนในฐานถึงเข้าสู่ห้องผง เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ขั้นตอนต่อมา กำหนดสูตรข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเข้าสู่ห้องผง จากนั้นนำข้าวเกรียบมา

ตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร การปนเปื้อนของ เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค โลหะหนักที่มีโอกาสปนเปื้อน ในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ และวิเคราะห์ปริมาณสาร ออกฤทธิ์สำคัญของข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเข้าสู่ท้องผ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวเกรียบ ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และ สำนักงานคณะกรรมการ อาหารและยา เพื่อเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ เสริมฐานถึงเข้าสู่ท้อง ที่มีคุณค่าทางอาหารต่อ ผู้บริโภค เพิ่มมูลค่าสินค้าของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ ลดปริมาณของเหลือทิ้งประเภทขยะอินทรีย์ใน กระบวนการเพาะเลี้ยงถึงเข้าสู่ท้องตามวิถีเปลี่ยนขยะ ให้เป็นศูนย์ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมฐานถึงเข้าสู่ท้อง และการตรวจสอบ ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญของฐานถึงเข้าสู่ท้องผ

นำฐานถึงเข้าสู่ท้องจากฟาร์มเกษตรกร เพาะเลี้ยงถึงเข้าสู่ท้อง สมาร์ทคอร์ดี ฟาร์ม ปริมาณ 2 กิโลกรัม มาแบ่งเป็น 2 ส่วนเท่ากัน ส่วนแรก 1 กิโลกรัม ทำให้แห้งด้วยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ส่วน ที่สอง 1 กิโลกรัม ทำให้แห้งด้วยการตากแดดเป็น ระยะเวลา 3 วัน ช่วงเวลา 8.00 - 16.30 น. จากนั้น นำมาปั่นให้ละเอียดเป็นผง ขั้นตอนการตรวจสอบ ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของฐานถึงเข้าสู่ท้อง ผ ทำโดยนำตัวอย่างฐานถึงเข้าสู่ท้องผปริมาณ 1 กรัม เติมน้ำกลั่นหรือน้ำ (1:1) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปสกัดสารคอร์ไดเซปิน และ อะดีโนซีน ด้วย เครื่องอัลตราโซนิกที่มีคลื่นความถี่สูง 75 วัตต์ เป็น เวลา 30 นาที นำสารละลายตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงที่ ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ทำการกรองสารละลายด้วยตัว กรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร จากนั้นนำสารละลาย

กรองแล้วไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีเหลว สมรรถนะสูง (HPLC) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบ กับกราฟมาตรฐานของสารสารคอร์ไดเซปิน และ อะดีโนซีนที่บริสุทธิ์ ในหน่วย 100 กรัม คัดแปลงจาก Huang *et al.* (2009)

2. การตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของฐานถึงเข้าสู่ ท้องผ

นำฐานถึงเข้าสู่ท้องผที่ผ่านการทำให้แห้ง ด้วยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง มาตรวจวิเคราะห์คุณค่า ทางอาหาร ดังนี้ คือ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และ ใยอาหาร คัดแปลงวิธีของ AOAC (2019) คาร์โบไฮเดรต พลังงานจากไขมัน และพลังงานทั้งหมด คัดแปลง จากวิธีของ Sullivan and Carpenter (1993)

3. การตรวจสอบสารปนเปื้อนและเชื้อจุลินทรีย์ก่อ โรคของฐานถึงเข้าสู่ท้องผ

นำฐานถึงเข้าสู่ท้องผที่ผ่านการทำให้แห้ง ด้วยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง มาตรวจสอบโลหะ หนัก คือ สารหนู ตะกั่วปรอท คัดแปลงวิธีของ AOAC (2019) สำหรับการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ก่อ โรค ทำโดยนำฐานถึงเข้าสู่ท้องผ 25 กรัมมาใส่ใน 0.85% สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 225 กรัม การตรวจสอบ *Escherichia coli* ด้วยวิธี MPN คัดแปลง จาก FDA BAM online (2017) ทดสอบด้วยอาหาร เหลวเลี้ยงเชื้อ LST broth ที่บรรจุหลอดดักก๊าซ (Durham tube) นำหลอดทดลองเข้าตู้อบลมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำออกมา พิจารณามีหลอดใดที่มีก๊าซเกิดขึ้น ใช้ลูปตะ ของเหลวมาใส่ในหลอดอาหารเหลวเลี้ยงเชื้อ BGLB broth นำหลอดเข้าตู้อบลมที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตหลอดใดที่มีก๊าซเกิดขึ้น ใช้ลูปตะของเหลวมาใส่ในหลอดอาหารเหลวเลี้ยง เชื้อ EC broth นำหลอดเข้าตู้อบลมที่อุณหภูมิ 45 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตหลอดใดที่มีก๊าซเกิดขึ้น ใช้ลูปตะขวงเหลว มา spread บนอาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ EMB agar นำเข้าตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจสอบผลการทดลองสำหรับ *Salmonella* spp. ตรวจสอบบนอาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ Brilliant green agar *Staphylococcus aureus* ตรวจสอบบนอาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ Baird-Parker agar วิธีการดัดแปลงจาก AOAC (2019)

4. การกำหนดสูตรข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเข้าสู่ท้องผิงและการตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

สูตรข้าวเกรียบดัดแปลงจาก Tangsombatvichit *et al.* (2021) มีส่วนผสมแสดงดัง Table 1 แต่ละสูตรทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิธีการทำข้าวเกรียบผสม

ส่วนผสมต่าง ๆ นวดให้เข้ากัน จากนั้นปั้นเป็นก้อนตามยาวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ห่อด้วยฟิล์มใสสำหรับห่ออาหารทนความร้อน แล้วนำไปนึ่งด้วยลังถึง เป็นเวลา 40 นาที นำมาพักไว้ให้เย็น ทำการหั่นเป็นแผ่น อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง เก็บใส่ถุงพลาสติกใสสะอาดและที่ไม่มีความชื้น จากนั้นนำข้าวเกรียบแต่ละสูตรมาตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ดังนี้ คือ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และใยอาหาร ดัดแปลงวิธีของ AOAC (2019) คาร์โบไฮเดรต พลังงานจากไขมัน และพลังงานทั้งหมด ดัดแปลงจากวิธีของ Sullivan and Carpenter (1993)

Table 1 Ingredients of crispy snack 3 treatments in this experiment

Ingredients	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
Tapioca flour (g)	500	500	500
Boiled potato (g)	500	500	500
Sugar (g)	15	15	15
Iodine salt (g)	15	15	15
Pepper (g)	5	5	5
Rice bran oil (ml)	40	40	40
Water (ml)	200	200	200
dried solid medium with mycelium remained byproducts powder (g)	0	30	50

5. การตรวจสอบสารปนเปื้อนและเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเข้าสู่ท้องผิง

นำข้าวเกรียบแต่ละสูตรปริมาณ 25 กรัม มาใส่ใน 0.85% สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ 225 กรัม บรรจุในถุงพลาสติกสะอาด นำไปต้บด้วยเครื่อง stomacher 1 นาที จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างข้าวเกรียบแต่ละสูตรมาตรวจสอบโลหะหนัก คือ สารหนู ตะกั่วปรอทดัดแปลงวิธีการของ AOAC (2019)

สำหรับการตรวจสอบ *Escherichia coli* ด้วยวิธี MPN ดัดแปลงจาก FDA BAM online (2017) ตรวจสอบบนอาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ EMB agar นำเข้าตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบการทดลอง สำหรับ *Bacillus cereus* ตรวจสอบบนอาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ Mannitol egg yolk polymyxin agar วิธีการดัดแปลงจาก FDA BAM online (2019) *Salmonella* spp. ตรวจสอบบนอาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ Brilliant green agar

Staphylococcus aureus ตรวจสอบบนอาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ Baird-Parker agar สำหรับ yeast and mold ตรวจสอบบนอาหารแข็งเลี้ยงเชื้อ Dichloran rose Bengal chloramphenicol (DRBC) agar วิธีการดัดแปลงจาก AOAC (2019)

6. การตรวจสอบปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเข้าสู่ท้องผอง

นำข้าวเกรียบแต่ละสูตรมาทำให้เป็นผง จากนั้นนำข้าวเกรียบผงปริมาณ 1 กรัม เติมน้ำตาลคือน้ำ (1:1) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปสกัดสารคอร์โคเซปิน และอะดีโนซีน ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกที่มีคลื่นความถี่สูง 75 วัตต์ เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง แล้วเปิดสารละลายใส่ด้านบนมาใส่ในหลอดทดลองอันใหม่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ทำการกรองสารละลายใส่ด้วยตัวกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร จากนั้นนำสารละลายกรองแล้วไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารสารคอร์โคเซปิน และ อะดีโนซีนที่บริสุทธิ์ในหน่วย 100 กรัม ดัดแปลงจาก Huang *et al.* (2009)

7. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป

นำข้าวเกรียบทอดแต่ละสูตร มาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเข้าสู่ท้องผองเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบที่ไม่เสริมฐานถึงเข้าสู่ท้องผอง ใช้แบบสอบถามประเมินระดับความชอบผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน เพื่อประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส รสชาติ กลิ่น ความกรอบ และความชอบโดยรวม ตามวิธีของ Naviglio *et al.* (2014)

8. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง มีการวิเคราะห์ผลในรูปแบบค่าเฉลี่ย $\pm$ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน วิเคราะห์ผลความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองด้วยโปรแกรม one-way analysis of variance (ANOVA) SPSS 23.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

เมื่อนำฐานถึงเข้าสู่ท้องผอง มาทำให้แห้งด้วยการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการตากแดดในเดือนตุลาคม 2563 เวลา 8.00 - 16.30 น. เป็นเวลา 3 วัน ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักแห้งของฐานถึงเข้าสู่ท้องผองที่ผ่านการอบ เท่ากับ 43.76% ส่วนน้ำหนักแห้งของฐานถึงเข้าสู่ท้องผองที่ผ่านการตากแดด เท่ากับ 40.00% เมื่อนำฐานถึงเข้าสู่ท้องผองแห้งทั้ง 2 แบบไปวิเคราะห์สารออกฤทธิ์สำคัญ คือ คอร์โคเซปินและอะดีโนซีน ผลการทดลองพบว่า ฐานถึงเข้าสู่ท้องผองแบบอบด้วยตู้อบลมร้อน มีสารออกฤทธิ์สำคัญทั้ง 2 ชนิด มากกว่าฐานถึงเข้าสู่ท้องผองแบบตากแดด (Table 2) เนื่องจากการตากแดดเป็นเวลานาน 3 วัน ไม่สามารถควบคุมความร้อนจากรังสียูวีให้คงที่ได้และความร้อนแต่ละช่วงเวลาของการตากแดดทั้งวัน มีค่าไม่เท่ากัน หากช่วงเวลากากแดดที่มีความร้อนสูง อาจส่งผลทำให้สารออกฤทธิ์สำคัญทั้ง 2 ชนิด เสียสภาพได้ จึงทำให้การวัดค่าคอร์โคเซปินและอะดีโนซีน น้อยกว่าการอบด้วยตู้อบลมร้อน มิงานวิจัยที่ทำการศึกษากการทำให้เข้าสู่ท้องผองให้แห้งด้วยวิธีการ infrared freeze drying ที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่า การทำแห้งที่อุณหภูมิ 50 หรือ 60 องศาเซลเซียส สารออกฤทธิ์สำคัญ คอร์โคเซปินและอะดีโนซีน รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระ ยังคงอยู่ในปริมาณมากกว่า ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

เป็นไปได้ว่าอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส มีผลต่อการทำลายโครงสร้างทางชีวเคมีของสารสำคัญที่ทำการตรวจวิเคราะห์ (Wu *et al.*, 2019) ในขณะที่ Que *et al.* (2008) ได้เปรียบเทียบวิธีการทำแห้งผักทองให้แห้งด้วยการอบแห้งและการแช่เยือกแข็ง พบว่า การทำแห้งด้วยการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ทำให้คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ สารต้านอนุมูลอิสระ คุณภาพดีกว่าการแช่เยือกแข็ง เช่นเดียวกันกับ Paramanandam

et al. (2021) ได้รายงานผลการวิจัยว่า การทำผลมะเดื่อหั่นชิ้นให้แห้งด้วยวิธีการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ส่งผลให้คุณค่าทางอาหารที่ตรวจสอบมีมากกว่าการตากแดด เนื่องจากการอบแห้งด้วยลมร้อนใช้ระยะเวลาสั้นในการดึงน้ำออกจากเซลล์ การเสียดสภาพของโครงสร้างสารชีวเคมีจึงเกิดได้น้อยกว่าการตากแดดที่ใช้ระยะเวลา

Table 2 Measurement of cordycepin and adenosine of solid medium with mycelium remained byproducts under two dried conditions

active ingredient of solid medium with mycelium remained byproducts	dried conditions	
	hot air oven at 60°C	exposed to the sun (3 days)
cordycepin (mg/100g)	583.00 ^a ±1.63	407.00 ^b ±0.82
adenosine (mg/100g)	47.67 ^a ±0.47	14.00 ^b ±0.82

Mean value of 3 replicate measurements ± standard deviation

^{ab} different letters in row are significantly different level ($p<0.05$) according to Duncan's multiple range test

Table 3 The nutritional value of solid medium with mycelium remained byproducts under dried condition via hot air oven at 60°C

Nutrient content	solid medium with mycelium remained byproducts
moisture (g/100g)	6.58±0.13
ash (g/100g)	0.45±0.01
protein(g/100g)	8.95±0.08
carbohydrate(g/100g)	82.87±0.11
fat(g/100g)	1.25±0.05
Calories from fat (Kcal/100g)	11.38±0.15
Calories (Kcal/100g)	378.40±0.50
dietary fiber(g/100g)	12.03±0.04

Mean value of 3 replicate measurements ± standard deviation

จากนั้นเลือกฐานถั่งเช่าสีทองผงแบบอบด้วยตู้อบลมร้อน มาตรวจวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ผลการทดลองพบว่า มีโปรตีนเท่ากับ 8.95 ± 0.08 กรัมต่อ 100 กรัม มีคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 82.87 ± 0.11 กรัมต่อ 100 กรัม มีไขมันอาหารละลายน้ำได้เท่ากับ 12.03 ± 0.04 กรัมต่อ 100 กรัม ในขณะที่มีไขมันเท่ากับ 1.25 ± 0.05 กรัมต่อ 100 กรัม (Table 3) เนื่องจากฐานถั่งเช่าสีทองมีส่วนของเส้นใยถั่งเช่าและอาหารสังเคราะห์เลียนแบบสภาพธรรมชาติในการเจริญของถั่งเช่าสีทอง สูตรอาหารสังเคราะห์ทั่วไปมีส่วนประกอบของ ข้าว ธัญพืชต่าง ๆ น้ำตาล น้ำดื่มจากมันฝรั่ง เปปโตน ยีสต์สกัด ไข่ไก่ ดักแด้ไหม และวิตามินบี 1 มีรายงานวิจัยพบว่า ดักแด้ไหมเป็นแหล่งโปรตีนที่ดี มีโปรตีนประมาณ 39% (Sihamala *et al.*, 2018) ส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาหารสังเคราะห์สำหรับเพาะเลี้ยงถั่งเช่า ไม่มีสารอาหารที่อยู่ในกลุ่มไขมัน จึงทำให้การตรวจวิเคราะห์ไขมันของฐานถั่งเช่าสีทองผงมีปริมาณต่ำ สำหรับการตรวจวิเคราะห์ไขมันอาหารของฐานถั่งเช่าสีทองผงมีปริมาณสูงนั้นมาจากธัญพืชต่าง ๆ คือ พืชตระกูลถั่วที่เป็นส่วนประกอบของอาหารสังเคราะห์ (Mahidol University, 2017) สำหรับการตรวจสอบโลหะหนักที่อาจปนเปื้อนมากับฐานถั่งเช่าสีทอง ผลการทดลองพบว่า ฐานถั่งเช่าสีทองผงในการทดลองครั้งนี้ตรวจพบ สารหนู ตะกั่ว เท่ากับ 0.1 และ น้อยกว่า 0.012 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตามลำดับ แต่ตรวจไม่พบปรอท อย่างไรก็ตามการตรวจพบสารหนู และ ตะกั่ว ไม่เกินเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานที่กำหนด (สารหนู ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตะกั่ว ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปรอท ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Food and Drug Administration, 2019) รวมทั้งเมื่อนำฐานถั่งเช่าสีทองผงมาตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค คือ *E. coli* *Salmonella* spp. และ *S. aureus* ผลการทดลองพบว่า ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ผลการทดลองฐานถั่งเช่าสีทองผงมีความปลอดภัยสามารถนำมาเป็นส่วนประกอบในอาหารได้ ตามแนวการพิจารณาอนุญาตของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (data not shown) (Food and Drug Administration, 2019)

เมื่อพิจารณาประเมินความปลอดภัยของฐานถั่งเช่าสีทองผงตามคุณภาพมาตรฐานที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กำหนดเรียบร้อยแล้ว เริ่มทำการผลิตข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของมันฝรั่งต้มสุก และเสริมฐานถั่งเช่าสีทองผงปริมาณ 0% 3% และ 5% ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ข้าวเกรียบแต่ละสูตรเมื่อผ่านการทอดด้วยน้ำมันปาล์มแล้วมีลักษณะปรากฏดัง Figure 1 คือ ข้าวเกรียบที่ไม่ได้เสริมฐานถั่งเช่าสีทอง (Figure 1A) ข้าวเกรียบที่เสริมฐานถั่งเช่าสีทอง 3% (Figure 1B) และ ข้าวเกรียบที่เสริมฐานถั่งเช่าสีทอง 5% (Figure 1C)

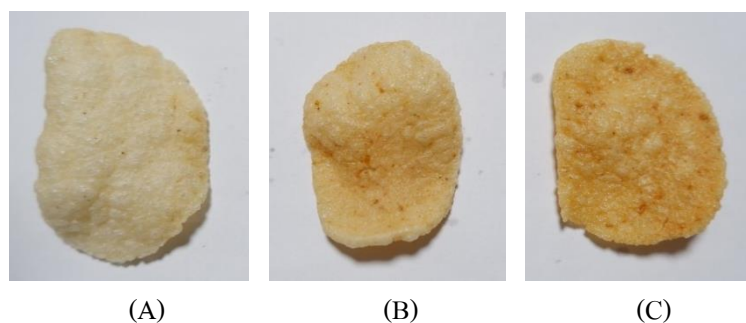


Figure 1 Fried crispy snack 3 treatments included (A) crispy snack, (B) crispy snack added 3% of dried solid medium with mycelium remained byproducts powder and (C) crispy snack added 5% of dried solid medium with mycelium remained byproducts powder

ข้าวเกรียบสูตรที่เสริมธัญธำชังเข้าสีทองผง 5% มีปริมาณโปรตีนและใยอาหารละลายน้ำได้มากที่สุด คือ 2.56 ± 0.04 กรัมต่อ 100 กรัม และ 7.32 ± 0.08 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ ข้าวเกรียบสูตรที่เสริมธัญธำชังเข้าสีทองผง 3% และ ข้าวเกรียบที่ไม่ได้เสริมธัญธำชังเข้าสีทองผง ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$ (Table 4) เมื่อข้าวเกรียบเสริมธัญธำชังเข้าสีทองผงเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณโปรตีนและใยอาหารเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากส่วนประกอบในธัญธำชังเข้าสีทองผง มีผักแค้ใหม่เป็นแหล่งโปรตีน มีพืชตระกูลถั่วและธัญพืชต่าง ๆ เป็นแหล่งใยอาหาร อยู่ในอาหารสังเคราะห์ที่ใช้เพาะเลี้ยงธัญธำชังเข้าสีทอง (Mahidol

University, 2017) ในขณะที่ข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตร มีความชื้น เถ้า คาร์โบไฮเดรต ไขมัน พลังงานทั้งหมด พลังงานจากไขมัน และค่าออกเอดซ์แอคทีวิตี (aw) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$ (Table 4) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Kanokmedhakul *et al.* (2021) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบด้วยการใช้แป้งกล้วยผสมแป้งมันสำปะหลัง ลดปริมาณแป้งมันสำปะหลังลง พบว่าข้าวเกรียบจากงานวิจัยนี้มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าข้าวเกรียบสูตรที่เสริมธัญธำชังเข้าสีทองผง 5% เกือบ 20 เท่า มีใยอาหารละลายน้ำได้น้อยกว่า เกือบ 73 เท่า ในขณะที่มีไขมันเพิ่มขึ้นเกือบ 3 เท่า

Table 4 The nutritional value of crispy snack 3 treatments compared with other research of crispy snack

Nutrient content	Crispy snack added dried solid medium with mycelium remained byproducts powder			Tangsombatvichit <i>et al.</i> (2021)
	0%	3%	5%	
moisture (g/100g)	9.86 ^a ±0.45	9.87 ^a ±0.26	9.81 ^a ±0.04	11.78±0.14
ash (g/100g)	3.21 ^a ±0.04	3.16 ^a ±0.06	3.15 ^a ±0.07	3.56±0.15
protein (g/100g)	1.89 ^c ±0.02	2.25 ^b ±0.05	2.56 ^a ±0.04	1.91±0.14
carbohydrate (g/100g)	74.33 ^a ±0.34	73.84 ^a ±0.20	73.85 ^a ±0.31	76.79±0.34
fat (g/100g)	5.85 ^a ±0.10	5.88 ^a ±0.07	5.88 ^a ±0.02	5.84±0.08
calories from fat (Kcal/100g)	53.04 ^a ±0.57	52.89 ^a ±0.60	52.61 ^a ±0.14	53.06±0.36
calories (Kcal/100g)	354.86 ^a ±0.58	354.73 ^a ±0.40	355.75 ^a ±0.31	357.53±2.72
dietary fiber(g/100g)	3.96 ^c ±0.12	6.48 ^b ±0.05	7.32 ^a ±0.08	4.02±0.24
water activity (25°C)	0.36 ^a ±0.01	0.35 ^a ±0.02	0.34 ^a ±0.01	0.53±0.04

Mean value of 3 replicate measurements ± standard deviation

^{abc} different letters in row are significantly different level ($p<0.05$) according to Duncan's multiple range test

เมื่อนำข้าวเกรียบแต่ละสูตรมาตรวจสอบ
โลหะหนักที่อาจปนเปื้อน ผลการทดลองพบว่า ข้าว
เกรียบทั้ง 3 สูตรไม่พบสารหนู ตะกั่ว และปรอท
จากนั้นนำข้าวเกรียบแต่ละสูตรมาตรวจสอบการ

ปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค คือ *S. aureus* *B.*
cereus *E. coli* *Salmonella* spp. และ ราและยีสต์ ผล
การทดลองพบว่า ข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตรตรวจไม่พบ
การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Table 5)

Table 5 Microbiological testing of crispy snack 3 treatments

Microorganisms	Crispy snack added dried solid medium with mycelium remained byproducts powder			Standard level of crispy snack (Thai community product standard, 2011)
	0%	3%	5%	
<i>Staphylococcus aureus</i> (cfu/g)	none	none	none	<100
<i>Bacillus cereus</i> (cfu/g)	none	none	none	<1×10 ³
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	<3.0	<3.0	<3.0	<100
<i>Salmonella</i> spp. (per 25 g)	ND	ND	ND	Not detected in 25 g
Yeasts and Molds (cfu/g)	none	none	none	<100

none mean not detectable at dilution 1:10

ND mean not detected

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผลึกภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเข้าสีทองผงที่พัฒนาขึ้นมามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ตามข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐานการผลิตข้าวเกรียบประเภทข้าวเกรียบดิบ (Thai community product standard, 2011) และแนวการพิจารณาอนุญาตของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (Food and Drug Administration, 2019) จากนั้นนำข้าวเกรียบแต่ละสูตรมาตรวจสอบปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ คือ คอรัโดเซปินและอะดีโนซีน ผลการทดลองพบว่า ข้าวเกรียบสูตรที่เสริมฐานถึงเข้าสีทองผง 5% พบคอรัโดเซปินและอะดีโนซีนมากที่สุด คือ 43.00 ± 0.00 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ 2.37 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ ข้าวเกรียบสูตรที่เสริมฐานถึงเข้าสีทองผง 3% ข้าว

เกรียบทั้ง 3 สูตร มีคอรัโดเซปินและอะดีโนซีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$ (Table 6) อย่างไรก็ตาม การผลิตข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเข้าสีทองผง ต้องเป็นไปตามแนวการพิจารณาอนุญาตของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา คือ มีปริมาณคอรัโดเซปิน ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และมีปริมาณอะดีโนซีน ไม่เกิน 170 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Food and Drug Administration, 2019) ดังนั้นข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเข้าสีทองผง สูตรที่เหมาะสมและปลอดภัยต่อผู้บริโภค คือ ข้าวเกรียบสูตรที่เสริมฐานถึงเข้าสีทองผง 3% มีคอรัโดเซปินและอะดีโนซีน อยู่ในเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานกำหนด (Table 6)

Table 6 Measurement of cordycepin and adenosine of crispy snack 3 treatments

Bioactive compounds of solid medium with mycelium remained byproducts	Crispy snack added dried solid medium with mycelium remained byproducts powder			Standard level (Food and Drug Administration, 2019)
	0%	3%	5%	
cordycepin (mg/100g)	$0.00^c \pm 0.00$	$26.33^b \pm 0.47$	$43.00^a \pm 0.00$	<30
adenosine (mg/100g)	$1.13^c \pm 0.05$	$1.40^b \pm 0.08$	$2.37^a \pm 0.03$	<170

Mean value of 3 replicate measurements $\pm$ standard deviation

^{abc} different letters in row are significantly different level ($p < 0.05$) according to Duncan's multiple range test

เมื่อนำข้าวเกรียบทอดทั้ง 3 สูตร มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดสอบพบว่า ข้าวเกรียบทั้ง 3 สูตรมีคะแนนความชอบในแต่ละด้านแตกต่างกัน ($p < 0.05$) ข้าวเกรียบสูตรที่เสริมฐานถึงเข้าสีทองผง 3% มีคะแนนความชอบเฉลี่ยของลักษณะปรากฏ สีของข้าวเกรียบ เนื้อสัมผัส รสชาติและกลิ่น ความกรอบ และความชอบโดยรวมมากที่สุด รองมาคือ ข้าวเกรียบสูตรที่ไม่เสริมฐานถึงเข้าสีทองผง ในขณะที่ข้าวเกรียบสูตรที่เสริมฐานถึงเข้าสีทองผง 5% มี

คะแนนความชอบเฉลี่ยของลักษณะปรากฏ สีของข้าวเกรียบ และความชอบโดยรวมน้อยที่สุด (Table 7) เนื่องจากฐานถึงเข้าสีทองผงมีสีน้ำตาลเมื่อเสริมเข้าไปในข้าวเกรียบแล้วนำไปทอด จะเห็นเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้น (Figure 1) ส่งผลให้ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยของลักษณะปรากฏ สีของข้าวเกรียบ และความชอบโดยรวมน้อยกว่าข้าวเกรียบอีก 2 สูตร

Table 7 Sensory evaluation of crispy snack 3 treatments

Sensory characteristics	crispy snack added dried solid medium with mycelium remained byproducts powder		
	0%	3%	5%
appearance	7.57 ^b ±0.62	8.00 ^a ±0.45	6.80 ^c ±0.60
color	7.30 ^b ±0.59	7.80 ^a ±0.40	6.17 ^c ±0.69
texture	7.50 ^{ab} ±0.50	7.70 ^a ±0.59	7.23 ^b ±0.56
taste	7.57 ^a ±0.62	7.67 ^a ±0.65	7.47 ^a ±0.56
smell	6.77 ^a ±0.50	6.77 ^a ±0.56	6.73 ^a ±0.63
factorability	7.30 ^a ±0.46	7.37 ^a ±0.60	7.23 ^a ±0.67
Overall acceptability	7.23 ^a ±0.56	7.40 ^a ±0.49	6.60 ^b ±0.66

Mean value of 30 replicate measurements ± standard deviation

^{abc} different letters in row are significantly different level ($p < 0.05$) according to Duncan's multiple range test

ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาใส่ใจเรื่องสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะการเลือกรับประทานอาหาร ผู้บริโภคจะเลือกรับประทานอาหารที่มีไขมันต่ำและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจึงมีงานวิจัยมาอย่างต่อเนื่อง มีการคัดเลือกวัตถุดิบอื่นทดแทนส่วนประกอบหลักของข้าวเกรียบ เช่น ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ทดแทนน้ำมันปาล์ม เป็นต้น ในขณะที่เดียวกันก็ศึกษาและวิจัยส่วนผสมอื่นเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับข้าวเกรียบ และเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น มีงานวิจัยที่ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบจากธัญพืชผสมงาดำใน จ.ปทุมธานี ธัญพืชที่ใช้มี ข้าวเหนียวขาว ข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้อง ลูกเดือย ถั่วแดง เมล็ดทานตะวัน เผือก หรือกล้วยน้ำว้า เปรียบเทียบกับข้าวเกรียบผสมงาดำ สูตรพื้นฐานที่ใช้แป้งข้าวเจ้า พบว่า ข้าวเกรียบงาดำผสมข้าวเหนียวขาวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด สามารถผลิตจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าต่อไปได้ (Yimtoe *et al.*, 2012) ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทะเลผสมแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาเก อัตราส่วน 1:1:4 เสริมด้วยสมุนไพรผงได้แก่ ข่า

ตะไคร้ ใบมะกรูด และพริก อัตราส่วน 1:2:2:1 ตามลำดับ ในจังหวัดนราธิวาส ข้าวเกรียบสูตรที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีโปรตีน 8.15% มีไขมัน 6.87% แต่อย่างไรก็ตาม ข้าวเกรียบสูตรนี้มีไขมันถึง 25.69% (Kheeree, 2015) ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบมันเทศที่ปลูกในชุมชนทับน้ำ บางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา งานวิจัยนี้ใช้มันเทศหนึ่งทดแทนแป้งมันสำปะหลัง โดยสูตรข้าวเกรียบที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดคือ แป้งมันสำปะหลัง 300 กรัม มันเทศหนึ่ง 500 กรัม รายงานว่า ข้าวเกรียบมันเทศ มีแอนโทไซยานิน 125.90 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และ เบต้าแคโรทีน 97.80 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (Thongrak *et al.*, 2016) รวมทั้งผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาทุเรียนใบถั่วดาวอินคาที่เลือกใช้เนื้อปลาทุเรียน ข้าวเหนียว และใบถั่วดาวอินคา เสริมในข้าวเกรียบทำให้มีโปรตีนถึง 5% เพิ่มแคลเซียม มีสารต้านอนุมูลอิสระ และมีไขมันน้อยลงเมื่อเทียบกับข้าวเกรียบปลาสูตรทั่วไป รวมทั้งลดปริมาณแป้งมันสำปะหลังลง (Mekarat *et al.*, 2018)

สรุป

จากการพัฒนาข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของมันฝรั่งต้มสุกและเสริมฐานถึงเช่าสีทองที่เหลือทิ้งจากกระบวนการเพาะเลี้ยง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าข้าวเกรียบที่มีส่วนผสมของเนื้อมันฝรั่งต้มสุกผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 1:1 และเสริมฐานถึงเช่าสีทองผง 3% เป็นสูตรที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป ซึ่งมีคะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 7.40 ± 0.49 จึงเหมาะสมต่อการผลิตเป็นข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเช่าสีทอง ที่มีโปรตีนเท่ากับ 2.25 ± 0.05 กรัมต่อ 100 กรัม มีใยอาหารละลายน้ำได้เท่ากับ 6.48 ± 0.05 กรัมต่อ 100 กรัม ข้าวเกรียบสูตรนี้ตรวจไม่พบสารหนู ตะกั่ว และปรอท และไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค คือ *S. aureus* *B. cereus* *E. coli* *Salmonella* spp. และ ราและยีสต์ จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมฐานถึงเช่าสีทองผงที่พัฒนาขึ้นมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ตามข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐานการผลิตข้าวเกรียบประเภทข้าวเกรียบคิบ รวมทั้งข้าวเกรียบสูตรนี้มีคอรัไคเซปิน 26.33 ± 0.47 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และอะดีโนซีน 1.40 ± 0.08 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากำหนด งานวิจัยนี้เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาและเพิ่มคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบ ด้วยการใช้น้ำมันฝรั่งต้มสุก ทดแทนแป้งมันสำปะหลัง และเสริมฐานถึงเช่าสีทองผง นอกจากคุณค่าทางอาหารแล้ว กระบวนการผลิต การเลือกใช้วัตถุดิบในส่วนผสม ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสำคัญด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัย จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม จาก

สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ผ่านทุนงบประมาณการวิจัยและนวัตกรรมปี 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2019. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21st ed. Gaithersburg. AOAC International.
- Beals, KA. 2018. **A review of potatoes and their role in global health**. Available Source: <https://www.potatogoodness.com/wp-content/uploads/2016/09/Potato-nutrition-white-paper.pdf>, April 3, 2018.
- FDA BAM online. 2017. **BAM Chapter 4: Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform bacteria**. Available Source: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria>, October 6, 2021.
- FDA BAM online. 2019. **BAM Chapter 14: *Bacillus cereus***. Available Source: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-14-bacillus-cereus>, October 6, 2021.
- Food and Drug Administration. 2019. **Guidelines for considering the permission of the *Cordyceps militaris* as an ingredient in food**. Available Source: <https://www.fda.moph.go.th/sites/food/Permission/GoldenBucket.pdf>, September 10, 2021. (in Thai)
- Huang, L., Li, Q., Chen, Y., Wang, X. and Zhou, X. 2009. Determination and analysis of cordycepin and adenosine in the products of *Cordyceps* spp.

- African Journal of Microbiology Research** 3(12): 957-961.
- Kanokmedhakul, T., Fuangpaiboon, N. and Tangwongchai, R. 2021. Development of Crispy Snack from Banana (*Musa sapientum* L. cv. Namwa), pp. 512-524. In Wongratanacheewin, S. ed. **The 22nd National Graduate Research Conference**. Khon Kaen University, Thailand. (in Thai)
- Kheeree, N. 2015. Study on the Chemical Properties of Fried Fish Chip with Mixed Herbs, Galangal, Lemon Grass, Kaffir Lime Leaves and Chili. **Princess of Naradhiwas University Journal** 7(2): 129-136. (in Thai)
- Mahidol University. 2017. **Cultivation of *Cordyceps militaris* media**. Available Source: https://patentpub.ipthailand.go.th/_AppPublic/PublicAttach.aspx?id=11705500075, October 6, 2021. (in Thai)
- Marketeer. 2019. **Market share of snack**. Available Source: <https://marketeeronline.co/archives/125874>, October 6, 2021. (in Thai)
- Mekarat, S., Chedoloh, R., Puwaphut, R. and Hilae, A. 2018. The development on formulation of fish cracker supplemented with sachu peanut leaf. **Princess of Naradhiwas University Journal** 11(1): 125-134. (in Thai)
- Naviglio, D., Ferrara, L., Formato, A. and Gallo, M. 2014. Efficiency of conventional extraction technique compared to rapid- solid liquid dynamic extraction (RSLDE) in the preparation of bitter liquors and elixirs. **IOSR Journal of Pharmacy** 4(5): 14-22.
- Ni, H., Zhou, X., Li, H. and Huang, W. 2009. Column chromatographic extraction and preparation of cordycepin from *Cordyceps militaris* waster medium. **Journal of Chromatography B** 877: 2135-2141.
- Paramanandam, V., Jagadeesan, G., Muniyandi, K., Manoharan, A.L., Nataraj, G., Sathyanarayanan, S. and Thangaraj, P. 2021. Comparative and variability analysis of different drying methods on phytochemical, antioxidant and phenolic contents of *Ficus auriculata* Lour. Fruit. **Phytomedicine Plus** 1(3): 1-9.
- Que, F., Mao, L., Fang, X. and Wu, T. 2008. Comparison of hot air- drying and freeze- drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. **International Journal of Food Science & Technology** 43(7): 1195-1201.
- Sawicka, B. and Gupta, P.D. 2018. Resistant starch in potato. **Acta Scientiarum Polonorum Agricultura** 17(3): 1-17.
- Shrestha, B., Zhang, W., Zhang, Y. and Liu, X. 2012. The medicinal fungus *Cordyceps militaris*: research and development. **Mycological Progress** 11(3): 599-614.
- Sihamala, O., Saraboot, N., Chunthanom, P. and Bhulaidok, S. 2018. Nutritional value of Edible insects in Kalasin Province. **King Mongkut's Agricultural Journal** 36(2): 98-105. (in Thai)
- Sullivan, D.M. and Carpenter, D.E. 1993. **Method of Analysis for Nutrition Labeling**. AOAC International, Arlington.
- Tangsombatvichit, P., Nochai, K., Robmuang, D. and Buranasaksee, U. 2021. The development

of crispy snack from boiled potatoes remain
in *Cordyceps militalis* culture processing.

**The Journal of Science and Technology
RMUTSB 5(1): 60-67. (in Thai)**

Tapingkae, T. 2012. Know about *Cordyceps* mushrooms.

Khakaset Magazine 36(4): 113-117. (in Thai)

Thai community product standard. 2011. **Crispy snack,**

khaogriab. Available Source: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps107_54.pdf, October 6, 2021.
(in Thai)

Thongrak, P. , Rawdsiri, S. , Wongsangthum, W. ,
Khunthachai, W. and Thaisom, R. 2016.

**Research Report on The knowledge
management project for further development
of food products from sweet potatoes of
the community standard communities,
Ban-tubnum, Bang Pahan district Ayutthaya.**
Rajamangala University of Technology
Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya.
(in Thai)

Wu, X., Zhang, M. and Bhandari, B. 2019. A novel
infrared freeze drying (IRFD) technology to
lower the energy consumption and keep the
quality of *Cordyceps militaris*. **Innovative
Food Science & Emerging Technologies**
54(4): 34-42.

Yimtoe, S., Phuksuksakul, A. and Puengksam, O. 2012.

**Research Report on Development of cereals
cracker product.** Food and Nutrition Program,
Faculty of Home Economics Technology,
Rajamangala University of Technology
Thanyaburi. (in Thai)