การพัฒนากระบวนการผลิต “ข้าวหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูป” เพื่อใช้เป็นเสบียงรบประจำบุคคล
Product Development of “Instant-Jasmine Rice” as a Personal Combat Ration

พันตรี ดร. ปัญญวุฒิ จันทร์ถนอมสุข[1]
Major Dr. Panyawut Janthanomsuk[1]
พันเอก มารุต วัชระคุปต์[2]
Colonel Marut Vajcharakup[2]
พันเอกหญิง รองศาสตราจารย์ ดร. จินตนา แสนวงค์[1*]
Colonel Associate Professor Dr. Chintana Sanvong[1*]

1กองวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ส่วนการศึกษา
โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า นครนายก 26001 ประเทศไทย
1Department of Environmental Science, Academic Division,
Chulachomklao Royal Military Academy, Nakhon Nayok 26001, Thailand
2 กรมพลาธิการทหารบก นนทบุรี 11000 ประเทศไทย
2 Quartermaster Department, Nonthaburi 11000, Thailand.
**Corresponding Author. E-mai : Chintana.sa@crma.ac.th*
(Received: August 23, 2023, Revised: October 31, 2023, Accepted: November 2, 2023)

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเสบียงรบประจำบุคคลรูปแบบใหม่ให้แก่กองทัพบก โดยทำออกมาในรูปแบบของข้าวหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งมีข้อดีคือใช้เวลาในการคืนรูปหรือปรุงเป็นข้าวสวยสั้นกว่าการหุงข้าวสาร บทความนี้กล่าวถึงปัจจัยต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่ส่งผลต่อคุณภาพของข้าวหอมมะลิ (ขาวดอกมะลิ 105) กึ่งสำเร็จรูป โดยขั้นตอนการผลิตที่สำคัญประกอบด้วย 1) การแช่ข้าวและให้ความร้อนขั้นต้น 2) การทำให้สุกจนเกิดเจล และ 3) การทำให้แห้ง ผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต คือแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 70 ^{o}C เป็นเวลา 15 นาที ในสารละลาย 0.05% w/v โซเดียมฟอสเฟต จากนั้น ต้มข้าวในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาทำให้แห้งในเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 75 ^{o}C จนได้ข้าวที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 ข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ถูกพัฒนาขึ้นได้ถูกบรรจุในถุงสุญญากาศปริมาณ 150 กรัมต่อถุง ซึ่งให้พลังงาน 534 kcal ผลการทดสอบประสาทสัมผัสโดย นักเรียนนายร้อย โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จำนวน 94 นาย พบว่า ความพึงพอใจโดยเฉลี่ยต่อผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ “ชอบ” โดยค่าคะแนนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวหอมมะลิที่หุงสุกด้วยวิธีทั่วไป ($p \leq 0.05$) อีกทั้งผลการทดสอบความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในภาคสนาม พบว่า นักเรียนนายร้อย ให้คะแนนความเหมาะสมโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ “ดี”

คำสำคัญ: ข้าวกึ่งสำเร็จรูป การทำแห้ง เสบียง การทดสอบทางประสาทสัมผัส

Abstract : This research aims to develop a new type of personal combat ration for Royal Thai Army. The ration is developed as an instant Jasmine-rice (Khao Dawk Mali 105) which has several advantages over uncooked rice such as shorter cooking time. The article proposes optimum process conditions for producing the instant rice. The process composes of 3 steps i.e., 1) soaking and preheat, 2) cooking and gelatinizing, and 3) drying. The optimal conditions are soaking at 70 ^{O}C for 15 min. in 0.05%w/vsodiumphosphate solution, boiling at 100 ^{O}C for 5 min., and then drying in hot air oven at 75 ^{O}C until rice's moisture reach below 7 percent. The product is packed in vacuum seal bag at amount of 150 g./bag which gives energy of 534 kcal. Sensory evaluation is performed by 94 cadets of Chulachomklao Royal Military Academy. Result shows that average score for our product fall into "like" category. Moreover, the product's score is not significantly differed to those for conventional cooked rice ($p \leq 0.05$). The suitability in battlefield is also evaluated by the cadets with the average score fall into "good" category.

Keywords: Instant rice, Drying, Ration, Sensory evaluation

1. บทนำ

ในปัจจุบัน สภาวะเศรษฐกิจและสังคมส่งผลให้มนุษย์ต้องแข่งขันกับเวลา อาหารที่สามารถเตรียมได้สะดวกรวดเร็ว เช่น อาหารกึ่งสำเร็จรูปจึงได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากสะดวก ง่าย และใช้เวลารวดเร็วในการปรุง โดยในปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งสำเร็จรูปวางขายอย่างหลากหลาย เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ข้าว กึ่งสำเร็จรูป และอาหารกึ่งสำเร็จรูปแช่แข็ง เป็นต้น [1] สำหรับอาหารกึ่งสำเร็จรูปที่กล่าวมา ข้าวกึ่งสำเร็จรูปมีความน่าสนใจที่จะนำมาใช้ในการวิจัยและพัฒนามากที่สุด เนื่องจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจและเป็นที่นิยมบริโภคเป็นอาหารหลักของคนไทย โดยเฉพาะข้าวหอมมะลิ จัดเป็นสินค้าส่งออกซึ่งทั่วโลกให้การยอมรับในคุณภาพ ข้าวยังเป็นแหล่งอาหารสำคัญที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย มีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารอาหารหลัก รวมถึงมีวิตามินและแร่ธาตุที่จำเป็น อย่างไรก็ตาม การวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับข้าวหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูปของไทย ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาพัฒนาเป็นเสบียงรบและใช้ประโยชน์ในราชการทหารของกองทัพไทย

ในการประกอบเลี้ยงอาหารแก่ทหารในกองทัพบกมีการใช้เสบียงรบอยู่หลายประเภท เช่น เสบียง ก. คืออาหารสดหรือแห้งที่ต้องนำมาปรุงก่อนรับประทาน เช่น เนื้อสัตว์ ผัก เครื่องปรุง เป็นต้น เสบียง ข. คืออาหารกระป๋องหรืออาหารกึ่งสำเร็จรูป ส่วนเสบียง ค. คืออาหารชุดพร้อมรับประทานหรือ Meal Ready to Eat (MRE) สำหรับข้าวหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูปนั้นจัดเป็นเสบียง ข. เสบียงประเภทนี้จะใช้แทนเสบียง ก. เมื่อไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บเย็น โดยสามารถเก็บไว้ได้ในอุณหภูมิปกตินาน 1-2 ปี เสบียง ข. นั้นถือได้ว่าเป็นเสบียงที่มีราคาถูก จัดหาและผลิตได้ง่ายกว่าเสบียง ค. จึงเป็นเสบียงที่มีโอกาสใช้งานบ่อยกว่า [2]

การวิจัยนี้มุ่งหวังที่จะพัฒนาเสบียงรบประจำบุคคลประเภท ข. ชนิดใหม่ในรูปแบบของข้าวหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูปให้แก่กองทัพบก โดยนำข้าวหอมมะลิสุรินทร์ (ขาวดอกมะลิ 105) ซึ่งเป็นข้าวที่ผ่านการสีจากจากโรงสีข้าวพระราชทาน โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ในสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราช-สุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่สามารถจัดหาได้ในกองทัพบก ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย ค่าใช้จ่ายไม่สูง และไม่ซับซ้อนมาใช้ในการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีรสสัมผัสเป็นที่พึงพอใจของทหาร อีกทั้งยังมุ่งเน้นการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ให้มีความเหมาะสมและสะดวกต่อการพกพาไปใช้ในการฝึก หรือราชการสนาม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่กองทัพบก

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตข้าวหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูป และหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงที่สุด

2.2 เพื่อพัฒนาเป็นเสบียงรบประจำบุคคล (เสบียง ข.) รูปแบบใหม่ที่มีรสสัมผัสเป็นที่พึงพอใจแก่ทหาร และมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการปฏิบัติงานภาคสนามให้แก่กองทัพบก

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวกึ่งสำเร็จรูป อาจเรียกอีกอย่างว่าข้าวหุงสุกไว (Instant rice หรือ Quick-cooking rice) เป็นข้าวที่ผ่านกรรมวิธีการทำให้สุกในระดับหนึ่งก่อนนำมาทำแห้ง ซึ่งเก็บรักษาได้นานที่อุณหภูมิห้อง และยังสามารถหุงหรือคืนรูปได้รวดเร็วกว่าข้าวสารด้วยวิธีที่ไม่ยุ่งยาก การคืนรูปอาจทำโดยการเติมน้ำร้อนหรือน้ำเดือดแล้วทิ้งให้คืนรูป หรือเติมน้ำแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเตาไมโครเวฟประมาณ 5-10 นาที วิธีการแปรรูปข้าวสารเป็นข้าวกึ่งสำเร็จรูป มีมากมายหลายวิธี อาทิ 1) การแช่น้ำ-ต้มไอน้ำ-ทำแห้ง (Soak-boil steam-dry method) 2) การทำแห้งเยือกแข็ง (Freeze-drying) 3) การใช้สารเคมี (Chemical

treatment) 4) การใช้พลังงานไมโครเวฟ และ 5) การใช้เครื่องทำแห้งแบบ ฟลูอิไดซ์เบด อย่างไรก็ตามกรรมวิธีที่ 2) – 5) นั้น มีค่าใช้จ่ายและค่าอุปกรณ์เครื่องมือค่อนข้างสูง [3] ดังนั้นวิธีการแช่น้ำ-ต้มไอน้ำ-ทำแห้ง จึงน่าจะเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการผลิตเสบียงของกองทัพบก

โดยทั่วไปกระบวนการผลิตและพัฒนาข้าวกึ่งสำเร็จรูปประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การแช่ข้าวและให้ความร้อน (Soaking and preheat) การให้ความร้อนจนข้าวเกิดเจล (Cooking and gelatinization) การทำแห้ง (Drying) การคืนรูปข้าวในน้ำ (Rehydration) และการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation) [4] ศิวาพร ศิวเวช และอุดม กาญจนปกรณ์ชัย [5] ได้ศึกษาการใช้สารให้ความคงตัว ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของข้าวกึ่งสำเร็จกึ่งสำเร็จรูป พบว่า การแช่ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ในสารละลาย โซเดียมเฮกซะเมต้าฟอสเฟต 0.5 % w/v สามารถช่วยปรับปรุงการคืนรูปของข้าวกึ่งสำเร็จรูปได้ นอกจากนี้ สุธยา พิมพ์พิไล [6] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อข้าวแดงกล้องแบบสุกเร็ว พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตคือ การแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิ 50 ^{o}C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปให้ความร้อนในหม้อนึ่งความดัน ที่อุณหภูมิ 121 ^{o}C นาน 2 นาที แล้วทำให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 ^{o}C เป็นเวลา 60 นาที และ ไม่นานมานี้ Songserppong and Phukasmas [7] ได้กล่าวถึงปัญหาของการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปในระดับอุตสาหกรรม อาทิเช่นการคืนรูปที่ช้าและคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงได้นำเสนอกระบวนการผลิตด้วยเตาพลังงานไมโครเวฟ มาใช้ในระดับอุตสาหกรรม

4. วิธีดำเนินการศึกษา

4.1 การผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป

4.1.1 การแช่ข้าวและให้ความร้อนขั้นต้น ทำโดยการนำข้าวหอมมะลิสุรินทร์ (ขาวดอกมะลิ 105) จากโรงสีข้าวพระราชทาน โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า มาแช่ในน้ำ หรือสารละลายโซเดียมฟอสเฟตที่ความ เข้มข้นต่าง ๆ ในอัตราส่วนข้าวต่อน้ำ (หรือสารละลาย) 1:5 โดยน้ำหนัก แล้วนำไปให้ความร้อนเป็นเวลา 15 นาที

4.1.2 การทำให้ข้าวสุกและเกิดเจลอย่างสมบูรณ์ ตามวิธีการของ ขวัญใจ เลาหสวัสดิ์ และ วรรณดี บินไชย [4] โดยนำข้าวที่ผ่านการแช่และให้ความร้อนขั้นต้น มาต้มในสารละลายโซเดียมฟอสเฟต 0.05% w/v ให้เดือด และคงไว้ที่อุณหภูมิ 100 ^{o}C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นตักข้าวไปแช่ในน้ำเย็น 3-5 ^{o}C ทันทีเป็นเวลาประมาณ 30 วินาที

4.1.3 การทำแห้งข้าว นำข้าวที่ต้มแล้วมาวางแผ่ให้บาง บนแผ่นซิลิโคนอบอาหารซึ่งวางบนแผ่นตะแกรงเหล็ก โดยไม่ให้หนาหรือติดกันเป็นแผ่น ให้มีลักษณะเรียงเม็ด จากนั้นนำเข้าอบในตู้อบลมร้อนขนาด 1500 W จนข้าวมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 โดยมีการนำตัวอย่างข้าวมาตรวจวัดความชื้นเป็นระยะ ด้วยเครื่องวัดความชื้นอาหาร

4.2 การศึกษาปัจจัยต่างๆในกระบวนการผลิต

ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้การวางแผนการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป ทั้งสิ้น 3 ปัจจัย โดยแต่ละปัจจัยที่ศึกษามีการทำการทดลอง 3 ซ้ำ ได้แก่

4.2.1 อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ข้าว ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการแช่ข้าวในขั้นตอน 4.1.1 ได้แก่ ที่ 50, 70 และ 90 ^{o}C ตามลำดับ

4.2.2 ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้แช่ข้าว นำสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จาก 4.2.1 มาใช้ทำการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมฟอสเฟตที่เหมาะสมในการแช่ข้าวในขั้นตอน 4.1.1 โดยศึกษาที่ 0.05, 0.1 และ 0.5 % w/v ตามลำดับ

4.2.3 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งข้าว นำสภาวะอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จาก 4.2.1 และ 4.2.2 มาใช้ทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบข้าวในขั้นตอน 4.1.3

โดยศึกษาที่อุณหภูมิ 50, 65, 75, 80 และ 90 ^{o}C ตามลำดับ

4.3 การบรรจุ

นำข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านกรรมวิธีข้างต้นบรรจุลงในถุงสุญญากาศขนาด 30*20 cm ปริมาณ 150 กรัม ต่อถุง นำไปซีลด้วยเครื่องซีลสุญญากาศ และติดโลโก้บรรจุภัณฑ์

4.4 การคืนรูปข้าวกึ่งสำเร็จรูปในหม้อสนาม

ฉีกซองบรรจุภัณฑ์ นำข้าวใส่ในหม้อสนาม แล้วเติมน้ำร้อนหรือน้ำเดือดลงไปปริมาณ 2 เท่าของข้าวโดยน้ำหนัก (หรือ 300 ml.) รอประมาณ 10-15 นาที จากนั้นเทน้ำส่วนที่เหลือออกจะได้ข้าวสวยพร้อมรับประทาน

4.5 ผู้เข้าร่วมการทดสอบประสาทสัมผัสและการประเมินความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในภาคสนาม กลุ่มประชากรที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ นักเรียนนายร้อยโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (จำนวน 1,490 นาย) เพื่อเป็นตัวแทนทหารของกองทัพบก สุ่มตัวอย่างที่ระดับความคลาดเคลื่อนร้อยละ 10 ตามวิธีของ Taro Yamane เพื่อให้ผลการทดสอบสามารถสะท้อนถึงความพึงพอใจโดยรวมของนักเรียนนายร้อยทั้งหมด มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N คือ ขนาดประชากร

e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้คือ 0.10

เมื่อแทนค่าจะได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมดังนี้

$$n = \frac{1490}{1 + 1490\ (0.10)^2}$$

$$= 94 \text{ นาย}$$

4.6 การทดสอบประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส 5 ด้าน ได้แก่ 1) ลักษณะปรากฏและสี 2) กลิ่น 3) รสชาติ 4) เนื้อสัมผัส และ 5) ความชอบโดยรวม ระดับความชอบในการประเมิน 5 ระดับ คือ 1. ไม่ชอบมาก 2. ไม่ชอบ 3. เฉย ๆ 4. ชอบ และ 5. ชอบมาก [4] มีการเปรียบเทียบตัวอย่างข้าว 3 ชนิด ได้แก่ 1) ข้าวขาวดอกมะลิที่หุงสุกด้วยหม้อหุงข้าวทั่วไป และ 2) ข้าวขาวดอกมะลิกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูปโดยการเติมน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที และ 3) ข้าวขาวดอกมะลิกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูปโดยการเติมน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

4.7 การประเมินความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในภาคสนาม

ให้ผู้เข้าร่วมทดสอบประเมินคุณลักษณะ 4 ด้านดังนี้ 1) ความเหมาะสมของปริมาณข้าว 2) ความสะดวกในการพกพา 3) ความง่ายในการคืนรูปข้าว และ 4) รูปแบบบรรจุภัณฑ์ ระดับความชอบ 5 ระดับ คือ คือ 1. แย่มาก 2. แย่ 3. ปานกลาง 4. ดี และ 5. ดีมาก

4.8 การคำนวณพลังงาน

คำนวณพลังงานและสารอาหารของข้าวกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้โปรแกรมคำนวนคุณค่าสารอาหารของอาหารไทย INMUCAL V.8[3.0]

5. ผลการศึกษา

5.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการแช่ข้าวและให้ความร้อนขั้นต้น

จากการทดลองแช่ข้าวในน้ำในอัตราส่วน ข้าวต่อน้ำ 1:5 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 50, 70 และ 90 ^{o}C เป็นเวลา 15 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 70 และ 90 ^{o}C ให้ผลดีกว่าที่อุณหภูมิ 50 ^{o}C ซึ่งที่อุณภูมินี้พบว่าเมล็ดข้าวที่ได้

หลังจากผ่านการต้มและอบแห้งแล้วมีลักษณะแตกหักมากกว่า 70 % ของข้าวทั้งหมด (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตามการแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 90 ^{o}C มีผลทำให้ข้าวเปลี่ยนสี ดังนั้นการแช่ข้าวในน้ำที่อุณหภูมิ 70 ^{o}C จึงเหมาะสมที่สุด (ตารางที่ 1)

5.2 ความเข้มข้นของสารละลายที่เหมาะสมในการแช่ข้าวและให้ความร้อนขั้นต้น

ทำการศึกษาการแช่ข้าวในสารละลายโซเดียมฟอสเฟตเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5 % w/v โดยแช่ข้าวต่อสารละลายในอัตราส่วน 1:5 โดยน้ำหนัก ที่ 70 ^{o}C 15 นาที ผลการทดลองพบว่า ที่โซเดียมฟอสเฟต 0.05 % w/v ให้

ผลดีที่สุด (ตารางที่ 2) โดยที่ระดับความเข้มข้นกว่าที่สูง กว่านี้ จะทำให้สีของข้าวเปลี่ยนแปลงหลังผ่านการต้ม และอบแห้งแล้ว จึงอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ร่วมการทดสอบ

5.3 สภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งข้าว

นำข้าวที่ผ่านการแช่ในสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ แช่ใน 0.05 % w/v โซเดียมฟอสเฟต ที่อุณหภูมิ 70 ^{o}C เป็นเวลา 15 นาที มาทำให้สุกและเกิดเจลอย่างสมบูรณ์ ตามวิธีการในหัวข้อ 4.1.2 จากนั้นทำการศึกษาการอบแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้แก่ 50, 65, 75, 80 และ 90 ^{o}C โดยทำการอบจนข้าวมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 ซึ่งในระหว่างการอบมีการนำตัวอย่างข้าวมาตรวจวัดความชื้นเป็นระยะ จากการทดลองพบว่า การอบที่อุณหภูมิ 90 ^{o}C ทำให้ข้าวแห้งเร็วแต่มีผลทำให้ข้าวเปลี่ยนสี ส่วนการอบข้าวที่ 75 และ 80 ^{o}C ใช้ระยะเวลาในการทำให้ข้าวมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 ใกล้เคียงกัน คือประมาณ 3-3.5ชั่วโมง (ภาพที่ 1) และไม่ทำให้ข้าวเปลี่ยนสี ทั้งนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบยังขึ้นกับความหนาแน่นของข้าวที่วางบนถาด ถ้าข้าวกระจายตัวดีก็จะทำให้ใช้เวลาอบสั้นลง

ตารางที่ 1 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในขั้นตอนการแช่ข้าวและให้ความร้อนขั้นต้นต่อลักษณะของข้าวที่ปรากฏเมื่อแช่ข้าวในน้ำ

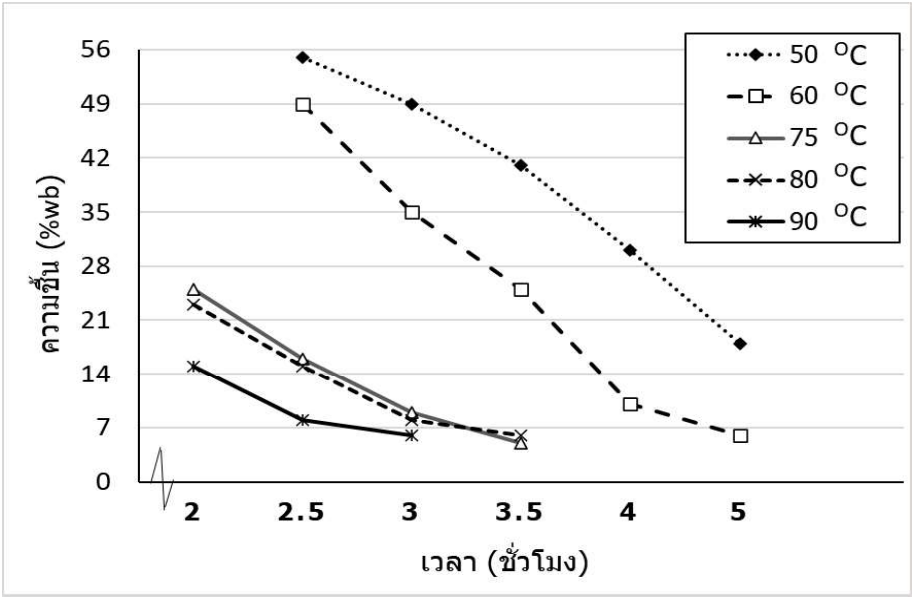
อุณหภูมิ (^{o}C)	ลักษณะของข้าวที่ได้หลังจากผ่านการต้ม 5 นาที และอบแห้งที่ 80 ^{o}C จนมีความชื้นต่ำกว่า 7 %	
	ลักษณะเมล็ดข้าว*	สีของข้าว*
50	แตกหักมาก (> 50 % ของข้าวทั้งหมด)	ปกติ (เมื่อเทียบกับข้าวที่หุงโดยวิธีปกติ)
70	แตกหักน้อย (10-30 % ของข้าวทั้งหมด)	ปกติ (เมื่อเทียบกับข้าวที่หุงโดยวิธีปกติ)
90	แตกหักน้อยมาก (< 5 % ของข้าวทั้งหมด)	เปลี่ยนแปลง (สีเหลือง-น้ำตาล)

* ผลจากการสังเกตด้วยตาเปล่า

ตารางที่ 2 ผลของสารละลายที่ใช้แช่ข้าวในขั้นตอนการแช่ข้าวและให้ความร้อนขั้นต้นต่อลักษณะของข้าวที่ปรากฏเมื่อให้ความร้อนที่ 70 ^{o}C

น้ำหรือสารละลายที่ใช้แช่	**ลักษณะของข้าวที่ได้หลังจากผ่านการต้ม 5 นาที และอบแห้งที่ 80 ^{o}C จนมีความชื้นต่ำกว่า 7 %**	
	ลักษณะเมล็ดข้าว*	**สีของข้าว***
น้ำ	แตกหักน้อย (10-30 % ของข้าวทั้งหมด)	ปกติ (เมื่อเทียบกับข้าวที่หุงโดยวิธีปกติ)
โซเดียมฟอสเฟต 0.05 % w/v	แตกหักน้อยมาก (< 5 % ของข้าวทั้งหมด)	ปกติ (เมื่อเทียบกับข้าวที่หุงโดยวิธีปกติ)
โซเดียมฟอสเฟต 0.1 % w/v	แตกหักน้อยมาก (< 5 % ของข้าวทั้งหมด)	เปลี่ยนแปลง (สีเหลืองอ่อน)
โซเดียมฟอสเฟต 0.5 % w/v	แตกหักน้อยมาก (< 5 % ของข้าวทั้งหมด)	เปลี่ยนแปลง (สีเหลืองอ่อน)

* ผลจากการสังเกตด้วยตาเปล่า



ภาพที่ 1 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งข้าวจนมีความชื้นต่ำกว่า 7% ที่อุณหภูมิการอบต่างๆ

5.4 ปริมาณและพลังงานต่อบรรจุภัณฑ์

จากผลการทดลองข้างต้น สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูปคือ การแช่ข้าวใน 0.05% w/v โซเดียมฟอสเฟต ที่อุณหูมิ 70 °C นาน 15 นาที จากนั้นทำให้ข้าวสุก แล้วนำมาทำแห้งที่อุณหภูมิ 75 °C จนความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 ผู้ทำการทดลองได้นำสภาวะนี้มาทำการผลิตเสบียงข้าวกึ่งสำเร็จรูป โดยทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่

ผลิตได้ลงในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ ปริมาณ 150 กรัมต่อถุง (ภาพที่ 2) จากการคำนวณด้วย โปรแกรม INMUCAL V.3.0 พบว่าในแต่ละถุงให้พลังงาน 534 kcal

ภาพที่ 2 เสบียงข้าวหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูปในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ

5.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสและความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ปฏิบัติงานในภาคสนาม

5.5.1 การทดสอบทางประสาทสัมผัส ทำการสุ่มคัดเลือกนักเรียนนายร้อยจำนวน 94 นาย เพื่อเป็นตัวแทนของทหารในกองทัพบก มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยมีการเปรียบเทียบตัวอย่างข้าว 3 ชนิด ผลการทดสอบประสาทสัมผัส พบว่าความพึงพอใจของผู้บริโภคในทุกด้านของเสบียงข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการคืนรูปโดยการเติมน้ำร้อน 15 นาทีนั้น อยู่ในเกณฑ์ “ชอบ” และผลคะแนนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวหุงสุกด้วยวิธีทั่วไป ($p \leq 0.05$) แต่การคืนรูปข้าวโดยการเติมน้ำร้อน 10 นาที มีผลทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวด้อยลงกว่าข้าวชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามคุณลักษณะด้านอื่น ๆ นั้นไม่พบความต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3

5.5.2 ความเหมาะสมต่อการนำเสบียงข้าวกึ่งสำเร็จรูปไปใช้ปฏิบัติงานในภาคสนาม นำสบียงข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้น ให้กลุ่มตัวอย่างประเมินความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ปฏิบัติงานในภาคสนาม โดยแบ่งเป็น 1) ด้านปริมาณของข้าวและพลังงานที่ได้ 2) ด้านน้ำหนักและความสะดวกในการพกพา 3) ด้านความง่ายและเวลาในการคืนรูปข้าวให้พร้อมทานเมื่อเทียบกับหุงข้าวสาร และ 4) ด้านรูปแบบบรรจุภัณฑ์และความน่าใช้ โดยให้ทำการคืนรูปข้าวในหม้อสนามเพื่อประเมินผลการนำไปใช้จริง ผลการประเมินพบว่า มีความเหมาะสมต่อการพกพาไปใช้ในการฝึก หรือราชการสนาม โดยคะแนนเฉลี่ยของทุกด้าน อยู่ในเกณฑ์ “ดี” (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยนักเรียนนายร้อยต่อข้าวหุงสุกโดยวิธีปกติ และข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่คืนรูปแล้ว

ลักษณะที่ทดสอบ	ข้าวหุงสุกโดยวิธีปกติ	ข้าวกึ่งสำเร็จรูป คืนรูปโดยเติมน้ำเดือด 10 นาที	ข้าวกึ่งสำเร็จรูป คืนรูปโดยเติมน้ำเดือด 15 นาที
ลักษณะปรากฏและสี	4.5 ± 0.2[a]	4.0 ± 0.6[a]	4.3 ± 0.4[a]
กลิ่น	4.5 ± 0.5[a]	4.1 ± 0.7[a]	4.3 ± 0.5[a]
รสชาติ	4.3 ± 0.4[a]	3.8 ± 0.5[a]	4.2 ± 0.6[a]
เนื้อสัมผัส	4.2 ± 0.4[a]	3.3 ± 0.4[b]	3.9 ± 0.3[a]
การยอมรับ	4.1 ± 0.5[a]	3.8 ± 0.4[a]	4.0 ± 0.6[a]
เฉลี่ย	4.3 ± 0.4[a]	3.8 ± 0.5[a]	4.1 ± 0.5[a]

* ผู้เข้าร่วมทดสอบ 94 นาย ระดับความชอบ 5 ระดับ คือ 1. ไม่ชอบมาก 2. ไม่ชอบ 3. เฉยๆ 4. ชอบ 5. ชอบมาก

** a และ b ในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการฝึก หรือราชการสนาม ของนักเรียนนายร้อย

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนนประเมิน
ความเหมาะสมของปริมาณข้าว	4.6 ± 0.3
ความสะดวกในการพกพา	4.7 ± 0.4
ความง่ายในการคืนรูปข้าว	4.1 ± 0.4
รูปแบบบรรจุภัณฑ์	4.5 ± 0.2
เฉลี่ย	4.4 ± 0.3

* ผู้ตอบแบบประเมิน 94 นาย ระดับคะแนน 5 ระดับ คือ 1. แย่มาก 2. แย่ 3. ปานกลาง 4. ดี 5. ดีมาก

6. สรุปและอภิปรายผล

จากการดำเนินโครงการวิจัยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตข้าวหอมมะลิกึ่งสำเร็จรูปคือแช่ข้าวที่อุณหภูมิ 70 °C ใน 0.05% w/v โซเดียมฟอสเฟต นาน 15 นาที จากนั้นต้มเดือด 5 นาที แล้วนำมาทำแห้งที่ 75 °C จนความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 การแช่ข้าวที่อุณหภูมิสูงให้ผลดีเนื่องจากอุณหภูมิสูงจะทำให้ข้าวเกิดการพองตัว จึงทำให้เมล็ดข้าวไม่แตกหักหลังจากผ่านการต้มและอบแห้งแล้ว อย่างไรก็ตามหากใช้อุณภูมิสูงเกินไป (90 °C) อาจทำให้ข้าวบางส่วนบริเวณก้นภาชนะไหม้และเปลี่ยนสี ทั้งยังต้องใช้พลังงานสูงขึ้นจึงไม่มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการผลิต นอกจากนี้การแช่ข้าวในสารให้ความคงตัว เช่น สารละลายโซเดียมฟอสเฟต ในความเข้มข้นที่เหมาะสม สามารถช่วยป้องกันการแตกหักของเมล็ดข้าวได้ เนื่องจากสารละลายนี้ช่วยในการจับน้ำ ทำให้ข้าวดูดซึมน้ำได้ดี [6]

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกึ่งสำเร็จรูป (มอก.) อาหารกึ่งสำเร็จรูปต้องมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 เพื่อให้สามารถเก็บรักษาอาหารให้มีคุณภาพคงเดิมในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิทได้นาน 1-2 ปี [9] งานวิจัยของสุธยา พิมพ์พิไล [6] พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบจะอยู่ในช่วง 80 °C หรือสูงกว่า โดยจะทำให้ระยะเวลาการอบสั้นลง อย่างไรก็ตามการอบที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 °C เช่นที่ 90 °C มีผลทำให้ข้าวเปลี่ยนสีอาจไม่เป็นที่น่าพึงพอใจของผู้บริโภค การอบข้าวที่อุณหภูมิไม่เกิน 80 °C จึงเหมาะสมมากกว่า จากผลการทดลอง การอบที่ 75 และ 80 °C ใช้ระยะเวลาในการทำให้ข้าวมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 7 ใกล้เคียงกัน ซึ่งตู้อบลมร้อนระดับครัวเรือนโดยทั่วไปจะสามารถปรับอุณหภูมิได้สูงสุดที่ 90 °C ดังนั้นการอบข้าวที่อุณหภูมิ 75 °C จึงเป็นการประหยัดพลังงานและถนอมการใช้งานตู้อบได้ดีกว่าอีกด้วย

เสบียงข้าวกึ่งสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นนี้นำไปบรรจุในถุงสุญญากาศ ในปริมาณ 150 กรัม ให้พลังงาน 534 kcal ต่อถุง เมื่อบริโภคเสบียงนี้ 3 มื้อ ร่วมกับเนื้อกระเทียมพริกไทยกระป๋องของกรมพลาธิการทหารบก (210 kcal ต่อกระป๋อง) จะให้พลังงาน 2,232 kcal ซึ่งมีปริมาณพลังงานที่เพียงพอต่อวัน ใกล้เคียงกับปริมาณพลังงานที่ทหารอเมริกันบริโภคต่อวันที่ 2,466 kcal [10] และตามหนังสือประกาศของกองทัพบกที่ได้กำหนดว่าอาหารที่เลี้ยงดูทหารนั้นจะต้องมีปริมาณพลังงานที่ 2,400 kcal ต่อวัน [11] นอกจากนี้ ยังออกแบบให้สะดวกต่อการพกพาและเก็บรักษา เป็นที่พึงพอใจของนักเรียนนายร้อยในด้านความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการฝึก หรือราชการสนาม

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเสบียงข้าวกึ่งสำเร็จรูปชี้ให้เห็นว่ารสสัมผัสของเสบียงนี้ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวหุงสุกด้วยวิธีทั่วไป สามารถคืนรูปเป็นข้าวสวยได้ง่ายเพียงแค่เติมน้ำเดือดลงในข้าวแล้วรอ 10-15 นาที อย่างไรก็ตามการคืนรูปโดยการเติมน้ำเดือดแล้วรอเพียง 10 นาทีนั้น เนื้อสัมผัสอาจยังแข็งอยู่บ้างเนื่องจากข้าวยังคืนตัวไม่เต็มที่จึงควรรอนานขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับความชอบด้านความแข็งหรือนุ่มของข้าวของผู้ชิมด้วย

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาเสบียงรบประจำบุคคล (เสบียง ข.) รูปแบบใหม่ โดยใช้เทคโนโลยีที่ง่าย ค่าใช้จ่ายไม่สูง สามารถผลิตโดยกรรมวิธีที่ไม่ซับซ้อนภายใต้ขีดความสามารถที่มีของกองทัพบก ซึ่งสภาวะในการผลิตที่เหมาะสมตามผลการวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ในการผลิตเสบียงข้าว (ขาวดอกมะลิ 15) กึ่งสำเร็จรูปที่มีคุณลักษณะเป็นที่พึงพอใจของกำลังพลในกองทัพบก ทั้งทางด้านรสสัมผัสและด้านความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในภาคสนาม ในอนาคตผู้วิจัยยังมีแนวคิดในการเสริมคุณค่าทางโภชนาการลงในเสบียงด้วยการเติมผักจากโครงการทหารพันธุ์ดี และพัฒนากับข้าวแบบถุงพร้อมรับประทานให้สามารถบริโภคควบคู่กับเสบียงข้าวกึ่งสำเร็จรูปได้อีกด้วย

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ กองทุนพัฒนา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ที่ได้มอบทุนสนับสนุน ทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

8. บรรณานุกรม

(1) พรพิไล นิยมเวช, ปฐมพร สรรพสิทธิ์, อติกานต์ วารี และ เพ็ญศิริ คงสิทธิ์, "การพัฒนาสูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสาเร็จรูป," วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, ปีที่ 23, ฉบับที่ 3, (2561).

(2) กรมพลาธิการทหารบก, คู่มือราชการสนามว่าด้วยการเลี้ยงดูและประกอบเลี้ยงในสนาม, (2563).

(3) อโนชา สุขสมบูรณ์ และกุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, "การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวกึ่งสาเร็จรูปลดดัชนีไกลซีมิก," รายงานการวิจัย, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, (2562).

(4) ขวัญใจ เลาหสวัสดิ์ และ วรรณดี บินไชย, "เทคโนโลยีการผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป," รายงานการวิจัย, กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, กรมวิทยาศาสตร์บริการ, (2540).

(5) ศิวาพร ศิวเวช และ อุดม กาญจนปกรณ์ชัย, "การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพข้าวกึ่งสำเร็จรูป," (ออนไลน์).http://fic.nfi.or.th/knowlegdedatabank/ Research-detail.php-756. (เข้าถึงเมื่อ 13 สิงหาคม 2563).

(6) สุธยา พิมพ์พิไล, "การศึกษากรรมวิธีการผลิตข้าวหอมมะลิแดงแบบหุงสุกเร็ว," รายงานการวิจัย, คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, (2549).

(7) S. Songserppong and P. Phukasma, "Instant Rice Process Development: Effect of Rice Cooking Methods on the Quality of Jasmine Instant Rice Dried by Industrial Microwave Oven," Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, vol. 9, no. 2, pp. 330-334, (2019).

(8) ปัณณธร ล่ำลือธรรม, พร้อมลักษณ์ สรรพ่อค้า, สุธรรม นันทมงคลชัย และ ฉัตรภา หัตถโกศล, "การพัฒนาตำรับอาหารว่างและเครื่องดื่มสำหรับเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6," วารสารวิจัยสาธารณะสุข มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ปีที่ 14, ฉบับที่ 3, กรกฎาคม-กันยายน, (2564).

(9) กฤติยา เขื่อนเพชร, รวิพร พลพืช, กนกพร ลีวาณิชยกูล และ ศิริยา กาวีเขียว. "ผลของชนิดข้าวและวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปผสมแก่นตะวัน," Thai Science and Technology Journal (TSTJ), vol. 28, no. 10, (2562).

(10) J. McAdam, K. McGinnis, R. Ory, K. Young, A. Frug, M. Roberts, and J. Sefton. "Estimation of energy balance and training volume during Army Initial Entry Training," Journal of International Society of Sports and Nutrition, vol. 15, no. 55, (2018).

(11) กรมส่งกำลังบำรุงทหารบก, หนังสือกรมส่งกำลังบำรุงทหารบกที่ กห.0404/3970 ลง 30 พ.ย. 64, เรื่อง ขอปรับปรุงและพัฒนาแนวทางการประกอบเลี้ยงแก่ทหารกองประจำการ, (2564).