การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดผสมข้าวพันธุ์พื้นเมือง 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

Product development of fermented mushroom (Nham-Hed) with local rice varieties of three southern border provinces

วรรษมน วัฒฒนายน[1,*] จารุวรรณ แดงโรจน์[1] ปิยาภรณ์ วังศิริกุล[1] รวิวรรณ วัฒฒนายน[1] และ ตัซนีม สมวงค์[1]

Wassamon Wattanayon[1,*], Charuwan Daengrot[1], Piyaporn Wangsirikul[1], Rawiwan Wattanayon[1] and Tasneem Somwong[1]

Received: September 11, 2023

Revised: November 29, 2023

Accepted: December 6, 2023

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความใส่ใจต่อการดูแลสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะการเลือกบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดผสมข้าวพันธุ์พื้นเมือง 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (ข้าวหอมกระดังงา ข้าวเลือดปลาไหล ข้าวซีบูกันตัง และข้าวมะจานู) หลังจากผ่านการหมัก (27 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 วัน พบว่าแหนมเห็ดข้าวแต่ละสายพันธุ์ มีปริมาณจุลินทรีย์กรดแลคติก 7.74-8.01 log CFU/g มีค่าความเป็นกรดด่าง 4.04-4.07 และปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 1.05-1.09 หลังจากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าค่าความเป็นกรดด่างมีค่า 3.74-3.78 ปริมาณกรดแลคติกมีค่าร้อยละ 1.34-1.37 ค่าสี พบว่าแหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหลมีค่าความสว่างสูงสุด แหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงามีค่าสีแดงสูงสุด ในขณะที่แหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหลและแหนมเห็ดข้าวมะจานูมีค่าสีเหลืองสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงาและแหนมเห็ดข้าวซีบูกันตัง โดยแหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงาและแหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหล มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวซีบูกันตังและแหนมเห็ดข้าวมะจานู สำหรับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในแต่ละด้านของแหนมเห็ดผสมข้าวแต่ละสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันแต่ในสัปดาห์ที่ 4 คะแนนการยอมรับด้านรสชาติและความชอบโดยรวมของแหนมเห็ดทุกสูตรมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากแหนมเห็ดมีรสชาติเปรี้ยวมากขึ้น

คำสำคัญ: แหนมเห็ด อาหารหมัก จุลินทรีย์กรดแลคติก สารประกอบฟีนอลิก

Abstract

Presently, consumers are concerned about their health care and the trend of healthy food has increased the popularity. This research aims to develop the fermented mushroom with local rice varieties of three southern border provinces (Hom kradungnga rice, Lerd pla lai rice, Seebukantrang rice, and Maajanuu rice). After fermentation (27 °C) for 3 days, the fermented mushroom with each local rice was found lactic acid bacteria at 7.74-8.01 log CFU/g, pH was 4.04-4.07 and the percentage of lactic acid was 1.05-1.09. In the next step, the fermented mushroom with rice was stored at 4°C for 4 weeks, it was found that the pH was 3.74-3.78 and the percentage of lactic acid was 1.34-1.37. The result of colour properties provided the fermented mushroom with Lerd pla lai rice was the lightest while Hom kradungnga rice product had the highest redness. And Lerd pla lai and Maajanuu rice products had the higher yellowness than the Hom kradungnga and Seebukantrang rice products. The phenolic compounds and antioxidant activity were studied in this work. The measurements show the phenolic compounds and antioxidant activity of the fermented mushroom with Hom kradungnga and Lerd pla lai rice were higher than the fermented mushroom with Seebukantrang and Maajanuu rice. The sensory acceptance score was also evaluated. The score of each product was not significantly different, however the score decreased in the fourth week because of the increasing of the sourness of all products.

Keyword: Fermented mushroom, Fermented food, Lactic acid bacteria, Phenolic compound

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

บทนำ

ภาคใต้ของประเทศไทยมีข้าวพันธุ์พื้นเมืองถึง 82 สายพันธุ์ [1] โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ของไทยคือจังหวัดยะลา นราธิวาส และปัตตานี ที่เกษตรกรยังคงปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองมากถึง 80% ของพันธุ์ข้าวที่ปลูกทั้งหมด [2] โดยมีข้าวพันธุ์พื้นเมืองหลากหลายสายพันธุ์ที่นิยมปลูก เช่น ข้าวหอมกระดังงา ข้าวเลือดปลาไหล ข้าวซีบูกันตัง และข้าวมาจานู เป็นต้น [2-3] แต่พบว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย นิยมบริโภคเฉพาะคนในพื้นที่ และมูลค่าของข้าวยังต่ำเมื่อเทียบกับข้าวสายพันธุ์อื่น ๆ ตามท้องตลาดทั่วไป โดยราคาของข้าวหอมกระดังงาและข้าวเลือดปลาไหล ซึ่งเป็นข้าวกล้องมีสีน้ำตาลอมแดง ราคากิโลกรัมละ 30-50 บาท และราคาของข้าวซีบูกันตังและข้าวมะจานู ซึ่งเป็นข้าวกล้องมีสีขาว ราคากิโลกรัมละ 12-30 บาท ประกอบกับในปี พ.ศ. 2564 ที่ผ่านมา มีโครงการมหาวิทยาลัยสู่ตำบล (U2T) เพื่อยกระดับเศรษฐกิจและสังคมรายตำบลแบบบูรณาการ โดยมีมหาวิทยาลัยเป็นผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี ทางผู้วิจัยจึงได้ร่วมพัฒนาผลิตภัณฑ์รวมถึงกระบวนการผลิตให้แก่กลุ่มแม่บ้านผลิตภัณฑ์แหนมเห็ด ต.กะลุวอ อ.เมือง จ.นราธิวาส โดยการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดจากการนำข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่เป็นข้าวกล้องมีสีในพื้นที่มาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดเปรียบเทียบกับการผสมด้วยข้าวกล้องขาว ที่เดิมทางกลุ่มนิยมใช้ข้าวขาวมะจานู ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่หาได้ง่ายในพื้นที่เป็นส่วนผสมในแหนมเห็ดสูตรเดิม

แหนมเห็ดเป็นการถนอมอาหารรูปแบบหนึ่งด้วยการหมัก ทำจากเห็ดที่บริโภคได้นำมาล้างและตัดแต่งตามต้องการ เติมเกลือ ข้าวหุงสุก กระเทียม ผสมให้เข้ากัน อาจมีการเติมน้ำตาล พริกสด แล้วนำไปบรรจุลงถุงโดยมัดให้แน่น และทำการหมักจนมีรสเปรี้ยว การหมักแหนมจะเกิดกรดแลคติก โดยใช้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก (lactic acid bacteria) เช่น *Lactobacillus*, *Pediococcus* นอกจากการหมักแหนมจะเกิดกรดแลคติกเป็นหลักแล้วยังได้สารอื่นๆ ที่ให้กลิ่นรส ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมในการรับประทานคือ ประมาณวันที่ 3-4 ของการหมัก และเก็บโดยการแช่เย็นไว้ได้นาน 1-2 เดือน [4] ซึ่งแหนมเห็ดจัดเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เนื่องจากเห็ดจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี มีโปรตีนสูง มีไขมันในต่ำ มีคาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร วิตามินและแร่ธาตุหลายชนิด นอกจากนี้เห็ดยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด ที่ช่วยเพิ่มการเรียนรู้และความจำของสมอง ต้านไวรัส ต้านออกซิเดชัน และลดระดับไขมันในเลือด [5-9] อีกทั้งแหนมเห็ดยังเหมาะกับผู้ทานมังสวิรัติเนื่องจากไม่มีส่วนผสมของเนื้อสัตว์ โดยจากงานวิจัยของ Morarach, A. และHemathulin, S. (2022) [10] พบว่าแหนมเห็ดที่มีการผสมข้าวสี เช่น ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวสังข์หยด ข้าวหอมนิล และข้าวมันปูสีชมพู มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแหนมเห็ดที่ผสมข้าวขาวหอมมะลิ 105 เช่นเดียวกับ Thorasin, S. และคณะ (2018) [11] ที่พบว่าแหนมเห็ดนางรมผสมข้าวสี (ข้าวหอมนิล ข้าวสังข์หยด และข้าวไรซ์เบอรี่) มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ ร้อยละ 30.53-78.43 ซึ่งสูงกว่าแหนมเห็ดผสมข้าวขาวหอมมะลิที่มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ ร้อยละ 19.15 โดยยังไม่มีงานวิจัยที่พัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดผสมข้าวพันธุ์พื้นเมืองจังหวัดชายแดนภาคใต้ และงานวิจัยที่ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวพันธุ์พื้นเมืองเหล่านี้ยังมีน้อย และมีเพียงแค่บางสายพันธุ์ โดยจากงานวิจัยของ Rittikun et al. 2022 [12] พบว่าสารสกัดข้าวหอมกระดังงามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าและสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ ได้ดีกว่าสารสกัดข้าวซีบูกันตัง อีกทั้งงานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดและศึกษาค่าคุณภาพต่าง ๆ หลังเสร็จสิ้นกระบวนการหมักเท่านั้น แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องศึกษาค่าคุณภาพของแหนมเห็ดระหว่างการเก็บรักษาเพื่อบริโภค

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดนางรมผสมข้าวสายพันธุ์พื้นเมืองใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมัก 3 วัน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 สัปดาห์

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1.การเตรียมแหนมเห็ด

สูตรการผลิตแหนมเห็ด ดัดแปลงจากกลุ่มแม่บ้านผลิตแหนมเห็ด ต.กะลุวอ อ.เมือง จ.นราธิวาส โดยนำเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) ไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นฉีกเห็ดนางรมเป็นเส้นเล็ก ๆ นำไปนึ่งเป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด ผึ่งไว้ให้เย็น จากนั้นชั่งส่วนผสมต่าง ๆ ตาม Table 1 โดยข้าวที่ใช้ในแต่ละสูตรคือ ข้าวกล้องมีสี (สูตร 1 = ข้าวหอมกระดังงา, สูตร 2 = ข้าวเลือดปลาไหล) และข้าวกล้องขาว (สูตร 3 = ข้าวซีบูกันตัง, สูตร 4 = ข้าวมะจานู) นำส่วนผสมต่าง ๆ ผสมให้เข้ากันกับเห็ดนางรม และบรรจุใส่ถุงพลาสติก Polypropylene น้ำหนัก 20 กรัม/ถุง รีดไล่อากาศภายในถุงและมัดให้แน่น นำไปเก็บภายในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จะได้แหนมเห็ดนางรมผสมข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ แสดงตาม Figure 1

Table 1 Formulation of fermented Oyster-mushroom with rice

Ingredients	Amount (% w/w)
Oyster-mushroom	71.94
Rice	19.18
Garlic	7.19
Salt	1.69

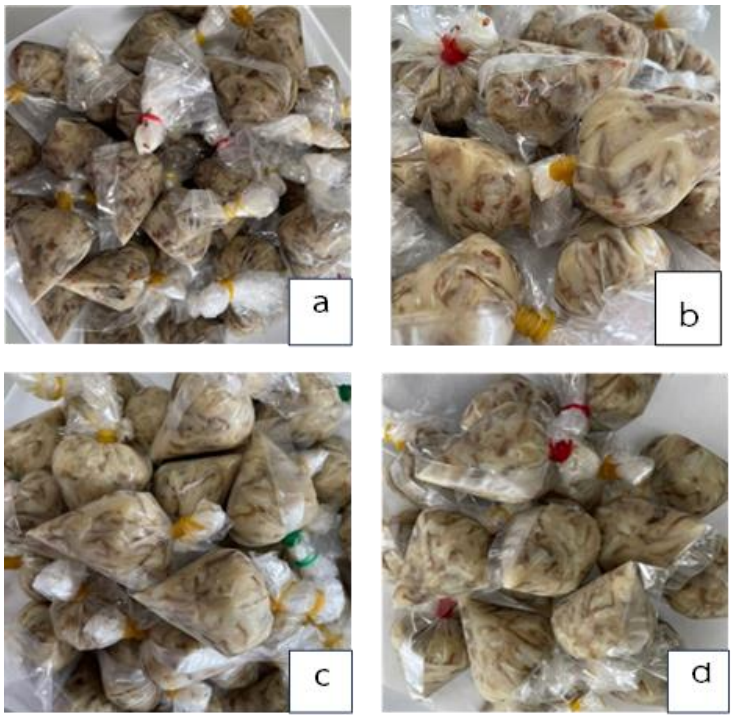

Figure 1 Fermented Oyster-mushroom with Hom kradungnga rice (a), Lerd pla lai rice (b), Seebukantrang rice (c) and Ma jah noo rice (d)

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

2. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมักแหนมเห็ดจากข้าวสายพันธุ์พื้นเมือง

2.1 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์กรดแลคติก ตามวิธีการของ BAM [13] ในระหว่างกระบวนการหมักแหนมเห็ดจากข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ทุกๆ วัน เป็นระยะเวลา 3 วัน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแหนมเห็ดแต่ละสูตร

2.2 ค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดแลคติก

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างระหว่างกระบวนการหมักแหนมเห็ดทุก ๆ วัน เป็นระยะเวลา 3 วัน ดัดแปลงจากวิธีการของ [14-16] โดยชั่งตัวอย่างแหนมเห็ดที่บดละเอียด 10 กรัม เติมน้ำปราศจากไอออน 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนสารเป็นเวลา 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที นำไปวัดค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่อง pH meter (Mettler 350, Mettler Toledo, Columbia, MD)™) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแหนมเห็ดแต่ละสูตร

การวิเคราะห์ปริมาณแลคติก ชั่งตัวอย่างแหนมเห็ดบดละเอียด 10 กรัม เติมน้ำปราศจากไอออน 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนผสมเป็นเวลา 2 นาที แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 6500 g เป็นเวลา 1 นาที กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 นำส่วนใสที่ได้จากการกรองไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 นอร์มอลน์ โดยมีฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ นำผลที่ได้วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลคติก [17] โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแหนมเห็ดแต่ละสูตร

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแหนมเห็ดระหว่างการเก็บรักษา

นำแหนมเห็ดข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 3 วัน เก็บรักษาโดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและค่าการต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ทุกๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

3.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

3.1.1 ค่าความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดแลคติก วิธีการตามข้อ 2.2

3.1.2 ค่าสี

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าสี วัดค่าสีตามหลักการ CIELAB color scale ในระบบ L*, a*, b* โดย L* (100 หมายถึง ความสว่าง; 0 หมายถึง ความมืด) a* (+ หมายถึง ค่าสีแดง; - หมายถึง ค่าสีเขียว) และ b* (+ หมายถึง ค่าสีเหลือง; - หมายถึง ค่าสีน้ำเงิน) ด้วยเครื่อง Colorimeter (Chroma meter CR-400, Konica Minolta, Inc., Japan) ทุก ๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในแหนมเห็ดแต่ละสูตร

3.2 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแหนมเห็ดผสมข้าวพันธุ์พื้นเมือง ผ่านการรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (COA No. PSU-HREC-2023-015-2-1) โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point Hedonic scale) ใช้ผู้ทดสอบ 40 คน ซึ่งเป็นบุคลากรและนักศึกษามหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

3.3 วิเคราะห์ค่าปริมาณสารฟีนอลิกและค่าการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic compound) โดยวิธี Folin–Ciocalteu method ใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารละลายมาตรฐาน โดยแสดงผลเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกในตัวอย่าง 100 กรัม (mg GAE/100g) [11]

วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity แสดงผลเป็นค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เปรียบเทียบกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของกรดแอสคอร์บิก โดยแสดงผลเป็น

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

มิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกในตัวอย่าง 100 กรัม (mg ascorbic acid/100g) [11, 18]

4.การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized, CRD) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบบลอคสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) ผลการทดลองทั้งหมดแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SPSS version 17.0 (IBM, SPSS Inc.)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมักแหนมเห็ดข้าวพันธุ์พื้นเมือง

ค่าความเป็นกรดด่างของแหนมเห็ดผสมข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ระหว่างกระบวนการหมัก (Figure 2, a) ค่าความเป็นกรดด่างก่อนกระบวนการหมัก (วันที่ 0) ของแหนมเห็ดผสมข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.57-6.59 ระหว่างการหมักในวันที่ 1-2 ค่าความเป็นกรดด่างของแหนมเห็ดข้าวซีบูกันตังและแหนมเห็ดข้าวมะจานูต่ำกว่าแหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงาและแหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหล ($p<0.05$) เมื่อหมักครบ 3 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรดด่างลดลงอยู่ในช่วง 4.04-4.07 ซึ่งค่าความเป็นกรดด่างของแหนมเห็ดผสมข้าวแต่ละสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ปริมาณกรดแลคติกของแหนมเห็ดข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ระหว่างกระบวนการหมัก (Figure 2, b) ปริมาณกรดแลคติกก่อนกระบวนการหมัก (วันที่ 0) ของแหนมเห็ดผสมข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.04-0.05% ระหว่างการหมักในวันที่ 1-2 ปริมาณกรดแลคติกของแหนมเห็ดข้าวซีบูกันตังและแหนมเห็ดข้าวมะจานูสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงาและแหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหล ($p<0.05$) เมื่อผ่านการหมักครบ 3 วัน ปริมาณกรดแลคติกในแหนมเห็ดทุก ๆ สูตรมีค่าสูงขึ้น อยู่ในช่วง 1.05-1.09% โดยปริมาณกรดแลคติกในแหนมเห็ดผสมข้าวแต่ละสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ในระหว่างการหมักวันที่ 1-2 จะสังเกตได้ว่าแหนมเห็ดที่มีส่วนผสมของข้าวขาว (ข้าวซีบูกันตังและข้าวมะจานู) มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงมากกว่าและมีปริมาณกรดเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าแหนมเห็ดที่ผสมข้าวสี (ข้าวหอมกระดังงาและข้าวเลือดปลาไหล) สอดคล้องกับงานวิจัย [10] ที่พบว่าระหว่างกระบวนการหมัก 48 ชั่วโมงแรก แหนมเห็ดข้าวขาวหอมมะลิ 105 มีปริมาณกรดแลคติกสูงกว่าแหนมเห็ดที่ข้าวไรซ์เบอรี่ซึ่งเป็นข้าวสี แต่เมื่อหมักครบ 72 ชั่วโมง แหนมเห็ดที่ผสมข้าวขาวและข้าวสีมีปริมาณกรดแลคติกที่ไม่แตกต่างกัน

ปริมาณจุลินทรีย์กรดแลคติกในแหนมเห็ดผสมข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ ระหว่างกระบวนการหมัก (Figure 2, c) โดยปริมาณจุลินทรีย์กรดแลคติกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างแหนมเห็ดผสมข้าวแต่ละสายพันธุ์ ($p \geq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการหมักจะเห็นได้ว่าปริมาณจุลินทรีย์แลคติกแอซิดแบคทีเรียเริ่มต้นในแหนมเห็ด (วันที่ 0) มีค่าอยู่ในช่วง 3.54-3.72 log CFU/g หลังจากหมักครบ 3 วัน ปริมาณจุลินทรีย์กรดแลคติกเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 7.74-8.01 log CFU/g จะเห็นได้ว่าปริมาณกรดแลคติกมีความสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณจุลินทรีย์กรดแลคติก โดยเมื่อปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างลดต่ำลง เนื่องจากกลุ่มจุลินทรีย์กรดแลคติกเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน และเกิดการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตจากข้าวให้กลายเป็นกรดแลคติก ทำให้แหนมเห็ดมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรดด่างจึงต่ำลง [10, 14, 19]

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

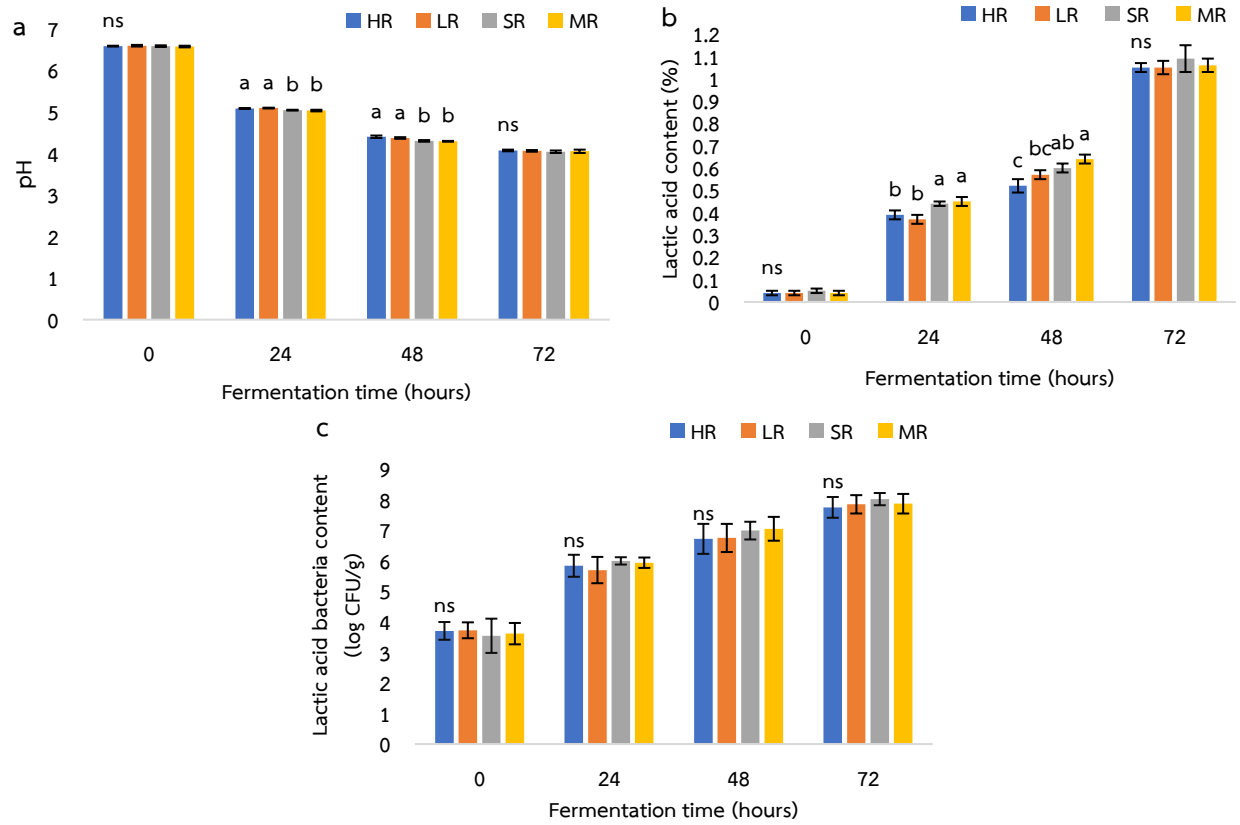

Figure 2 pH value (a), percentage of lactic acid (b) and log of lactic acid bacteria content (c) in fermented mushroom with Hom kradungnga rice (HR), Lerd pla lai rice (LR), Seebukantrang rice (SR) and Ma jah noo rice (MR) during fermentation of 27 °C.

Note: - The different letters denote significance among treatments in each fermentation time ($p < 0.05$)
- ns is non-significant among treatments in each fermentation time ($p \geq 0.05$).
- values are presented as mean ± SD (n = 3).

2. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาแหนมเห็ดผสมข้าวพันธุ์พื้นเมือง

2.1 คุณภาพทางกายภาพเคมี

ค่าความเป็นกรดด่างของแหนมเห็ดผสมข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Figure 3, a) พบว่า แหนมเห็ดทุกสูตรมีค่าความเป็นกรดด่างหลังครบกระบวนการหมัก 3 วัน (สัปดาห์ที่ 0) อยู่ในช่วง 4.04-4.07 และมีค่าความเป็นกรดด่างลดลง อยู่ในช่วง 3.74-3.78 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยค่าความเป็นกรดด่างของแหนมเห็ดที่ผสมข้าวแต่ละสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ตลอดอายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

ค่าปริมาณกรดแลคติกในแหนมเห็ดผสมข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Figure 3, b) โดยปริมาณกรดแลคติกหลังครบกระบวนการหมัก 3 วัน (สัปดาห์ที่ 0) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.05-1.09 เมื่อผ่านการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณกรดแลคติกในแหนมเห็ดทุกๆ สูตรมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.34-1.37 โดยปริมาณกรดแลคติกในแหนมเห็ดที่ผสมข้าวแต่ละสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ตลอดอายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

ค่าสีของแหนมเห็ดผสมข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (Figure 4) พบว่าในทุกๆ สัปดาห์ แหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหล มีค่าความสว่างสูงสุด

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

ตามมาด้วยแหนมเห็ดข้าวมะจานู แหนมเห็ดข้าวซีบูกันตัง และแหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงา ตามลำดับ (Figure 4, a) โดยแหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงามีค่าสีแดงสูงสุด (Figure 4, b) ในขณะที่แหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหลและแหนมเห็ดข้าวข้าวมะจานูมีค่าสีเหลืองสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงาและแหนมเห็ดข้าวซีบูกันตัง (Figure 4, c)

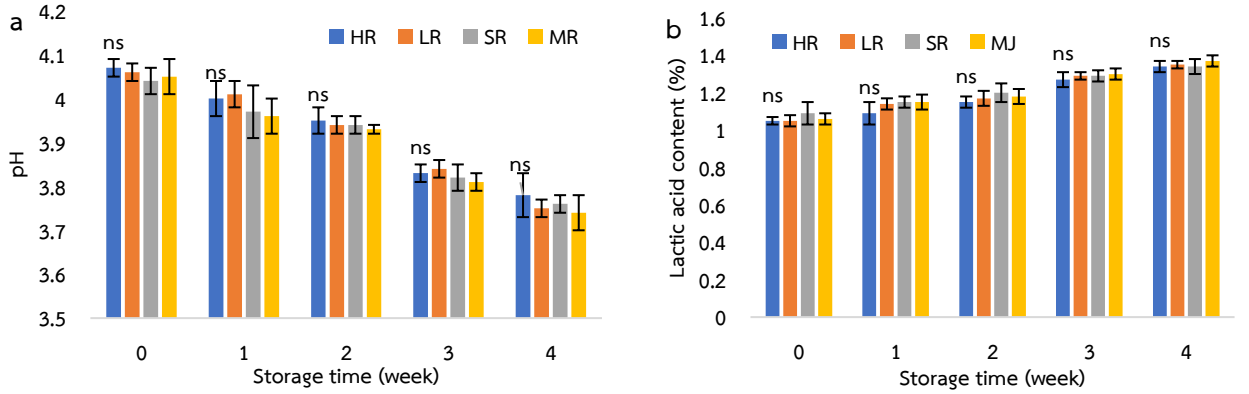

Figure 3 pH value (a) and percentage of lactic acid (b) in fermented mushroom with Hom kradungnga rice (HR), Lerd pla lai rice (LR), Seebukantrang rice (SR) and Ma jah noo rice (MR) during storage of 4°C for 4 week.

Note: - ns is non-significant among treatments in each fermentation time ($p \geq 0.05$).
- values are presented as mean ± SD (n = 3).

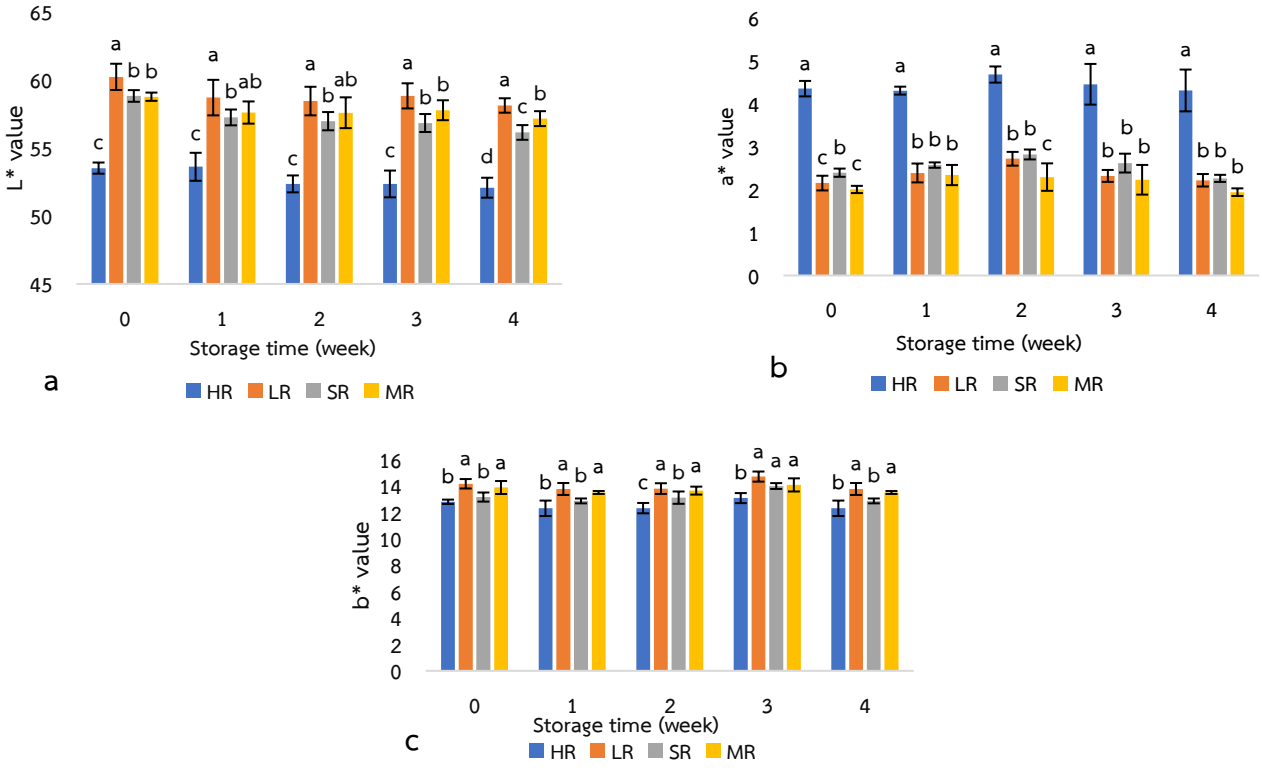

Figure 4 Color value of L* (a), a* (b) and b*(c) of fermented mushroom with Hom kradungnga rice (HR), Lerd pla lai rice (LR), Seebukantrang rice (SR) and Ma jah noo rice (MR) during storage of 4 °C for 4 week.

Note: - The different letters denote significance among treatments in each storage time ($p < 0.05$)
- values are presented as mean ± SD (n = 3).

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

2.2 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแหนมเห็ดผสมข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสในแหนมเห็ดผสมข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ ของผู้ทดสอบ แสดงใน Figure 5 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในด้านการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ระหว่างแหนมเห็ดผสมข้าวแต่ละสายพันธุ์ ($p \geq 0.05$) แต่ที่การเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าคะแนนการยอมรับด้านรสชาติ (Figure 5, c) และความชอบโดยรวม (Figure 5, e) ของแหนมเห็ดทุกสูตรมีแนวโน้มลดลง และมีข้อเสนอแนะจากผู้ทดสอบบางส่วนว่า แหนมเริ่มมีรสเปรี้ยวเกินไป เนื่องจากเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แหนมเห็ดมีปริมาณกรดแลคติกที่สูงขึ้น มีค่าความเป็นกรดด่างลดต่ำลง ทำให้แหนมเห็ดมีความเปรี้ยวมากขึ้น ซึ่งความชอบเรื่องรสชาติของผู้ทดสอบแต่ละคนไม่เท่ากัน ผู้ทดสอบจำนวนหนึ่งจึงเริ่มให้คะแนนน้อยลงเมื่อแหนมเห็ดมีรสชาติเปรี้ยวมากขึ้น ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมแก่การบริโภคคือ วันที่ 3 ของการหมักเป็นต้นไป และระยะเวลาการเก็บรักษาที่เหมาะสมในการคงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของแหนมเห็ดผสมข้าวพันธุ์พื้นเมืองทุกสูตร (รวมถึงสูตรเดิมที่ผสมข้าวขาวมะจานู) คือไม่เกิน 1 เดือน

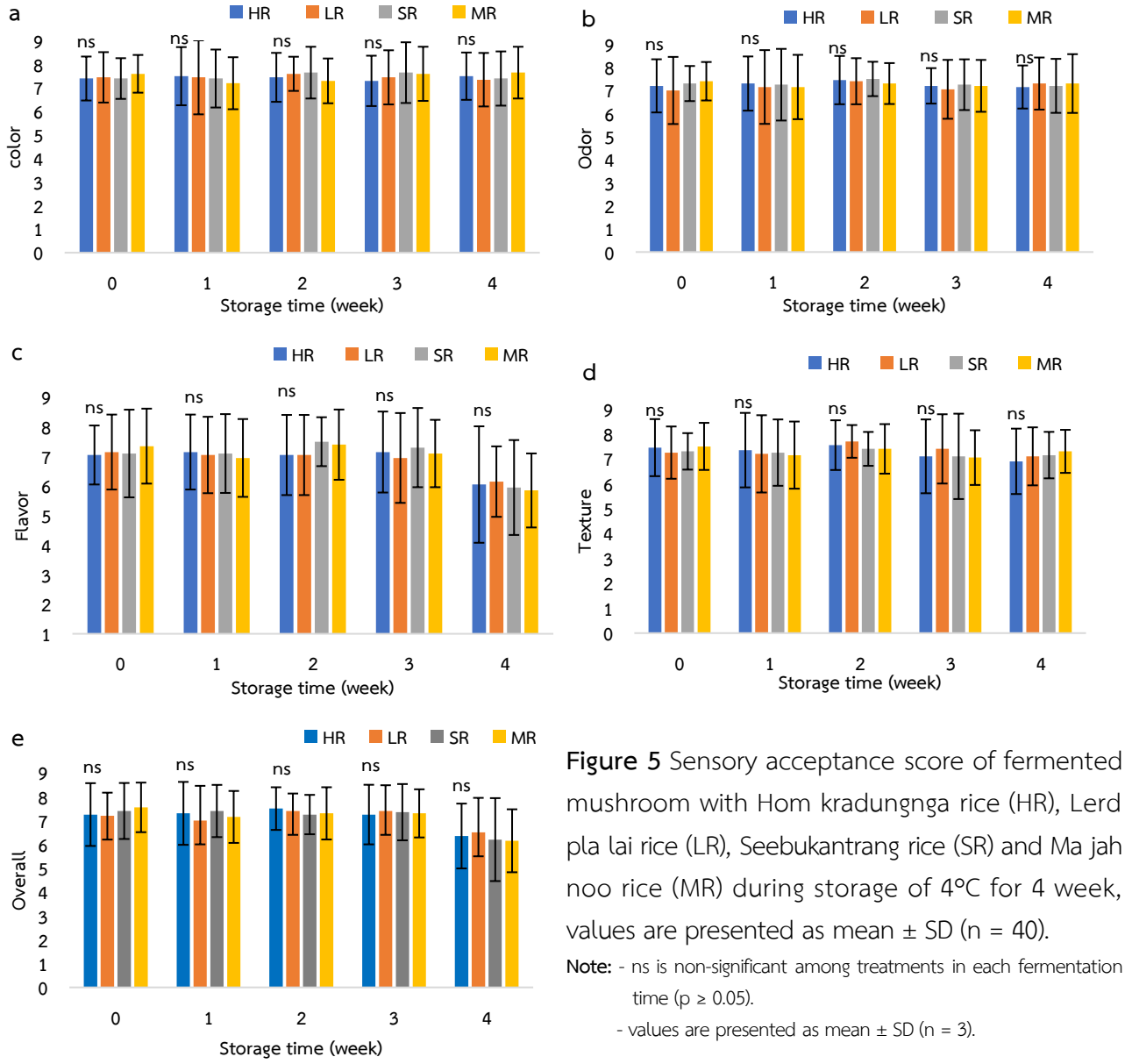

Figure 5 Sensory acceptance score of fermented mushroom with Hom kradungnga rice (HR), Lerd pla lai rice (LR), Seebukantrang rice (SR) and Ma jah noo rice (MR) during storage of 4°C for 4 week, values are presented as mean ± SD (n = 40).

Note: - ns is non-significant among treatments in each fermentation time ($p \geq 0.05$).
- values are presented as mean ± SD (n = 3).

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

2.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและค่าการต้านอนุมูลอิสระ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Figure 6, a) และค่าความสามารถกำจัดอนุมูลอิสระของ DPPH ในแหนมเห็ดผสมข้าวสายพันธุ์ต่างๆ (Figure 6, b, c) โดยตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและค่าความสามารถกำจัดอนุมูลอิสระระหว่างแหนมเห็ดผสมข้าวสายพันธุ์ต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยแหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงาและแหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวซีบูกันตังและแหนมเห็ดข้าวมะจานู ซึ่งแหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงามีค่าความสามารถกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหล ตามมาด้วยแหนมเห็ดข้าวซีบูกันตังและแหนมเห็ดข้าวมะจานู เนื่องจากการที่วัตถุดิบทางการเกษตรที่นำมาผลิตอาหารหมักมีสารประกอบฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระที่มีปริมาณแตกต่างกัน ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์อาหารแตกต่างกัน [20-22] ข้าวหอมกระดังงาและข้าวเลือดปลาไหลซึ่งเป็นข้าวที่มีสีน้ำตาลแดง โดยข้าวที่มีสีมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวขาว [23-29] สอดคล้องกับงานวิจัยของสุญาภัค [12] ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์ต้านอนูมูลอิสระของสารสกัดข้าวหอมกระดังงา พบว่าสารสกัดข้าวหอมกระดังงามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (89.75 mg GAE/g extract) สูงกว่าสารสกัดข้าวซีบูกันตัง (15.82 mg GAE/g extract) และสารสกัดข้าวหอมกระดังงาสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH IC_{50} = 122.45 µg/mL) ได้ดีกว่าสารสกัดข้าวซีบูกันตัง (DPPH IC_{50} = 1,905.23 µg/mL) เมื่อนำข้าวหอมกระดังงาและข้าวเลือดปลาไหลซึ่งเป็นข้าวกล้องสีมาเป็นส่วนผสมในแหนมเห็ด ทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแหนมเห็ดที่ผสมข้าวซีบูกันตังและข้าวมะจานูซึ่งเป็นข้าวกล้องขาว สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thorasin et al. 2018 [11] ที่พบว่าแหนมเห็ดนางรมผสมข้าวที่มีสี (ข้าวหอมนิล ข้าวสังข์หยด และข้าวไรซ์เบอรี่) มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ ร้อยละ 30.53 - 78.43 ซึ่งสูงกว่าแหนมเห็ดผสมข้าวขาวหอมมะลิ ที่มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ ร้อยละ 19.15

ในสัปดาห์ที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในแหนมเห็ดทุกสูตรมีค่าอยู่ในช่วง 67.71-77.45 mg GAE/100g มีค่าความสามารถกำจัดอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 23.62-27.80 mg ascorbic acid/100g และค่าการกำจัดอนุมูลอิสระอยู่ในช่วงร้อยละ 48.88-54.26 จะเห็นได้ว่าในสัปดาห์ที่ 3 แหนมเห็ดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและค่าความสามารถกำจัดอนุมูลอิสระที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 1 2 และ 4 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu et al. 2007 [30] ที่พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในน้ำส้มสายชูหมักเพิ่มขึ้น และ Antoniewicz et al. 2021 [31] ซึ่งพบว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในน้ำส้มสายชูหมักจากองุ่นมีค่าสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-6 เดือน ซึ่งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับค่าการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น [32-33]

จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ แหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงาและแหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหลมีค่าการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าแหนมเห็ดข้าวซีบูกันตังและแหนมเห็ดข้าวมะจานู ซึ่งการเลือกใช้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีสีมาเป็นส่วนผสมจะทำให้ต้นทุนสูงขึ้นจากเดิมที่ใช้ข้าวขาวพันธุ์พื้นเมือง 0.1 บาท/ลูก (20 กรัม) แต่มีราคาต่ำกว่าเมื่อเทียบกับราคาข้าวกล้องมีสีที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งนอกจากประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น ยังเป็นการสนับสนุนเกษตรกรที่ปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองในพื้นที่อีกด้วย

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

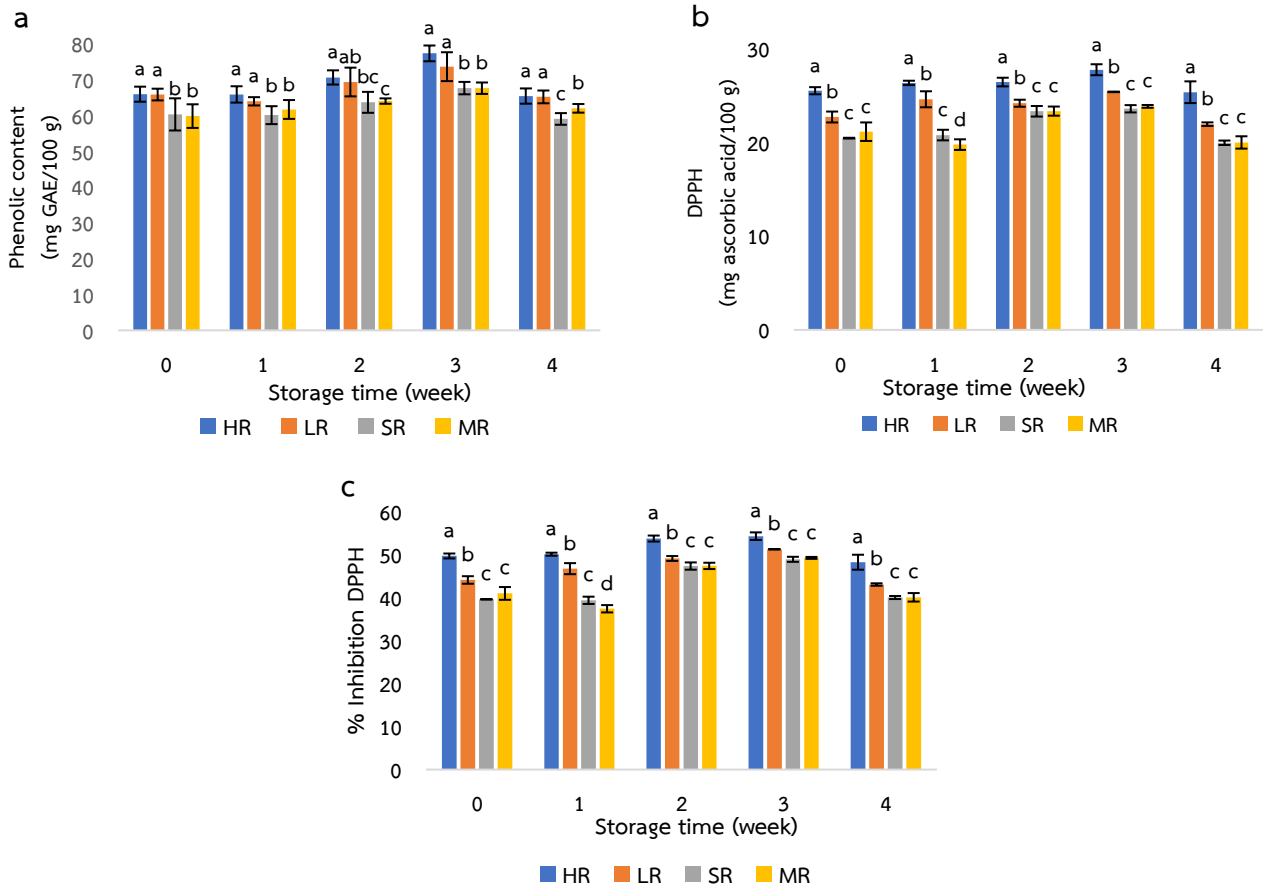

Figure 6 Phenolic content (a), DPPH (b) and % inhibition DPPH (c) of fermented mushroom with Hom kradungnga rice (HR), Lerd pla lai rice (LR), Seebukantrang rice (SR) and Ma jah noo rice (MR) during storage of 4 ºC for 4 week.

Note: - The different letters denote significance among treatments in each storage time ($p < 0.05$)
- values are presented as mean ± SD (n = 3).

สรุปผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมเห็ดผสมข้าวพันธุ์พื้นเมือง 3 จังหวัดชายแดนใต้ พบว่าหลังจากกระบวนการหมัก 3 วัน ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แหนมเห็ดทุกสูตรมีปริมาณจุลินทรีย์กรดแลคติกเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรดด่างลดลง และปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า แหนมเห็ดทุกสูตรมีค่าความเป็นกรดด่างลดลง ค่าสีพบว่าแหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหลมีค่าความสว่างสูงสุด แหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงามีค่าสีแดงสูงที่สุด แหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหลและแหนมเห็ดข้าวมะจานูมีค่าสีเหลืองสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงาและแหนมเห็ดข้าวซีบูกันตัง โดยที่แหนมเห็ดข้าวหอมกระดังงาและแหนมเห็ดข้าวเลือดปลาไหลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแหนมเห็ดข้าวข้าวซีบูกันตังและแหนมเห็ดข้าวมะจานู ซึ่งในการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและค่าการต้านอนุมูลอิสระของแหนมเห็ดทุกสูตรมีแนวโน้มสูงกว่าการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 0 1 2 และ 4 โดยแหนมเห็ดแต่ละสูตรมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในแต่ละด้านที่ไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ คะแนนการยอมรับด้านรสชาติและความชอบโดยรวมของแหนมเห็ดทุกสูตรมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากแหนมเห็ดมีรสชาติเปรี้ยวมากขึ้น ดังนั้นระยะเวลาการเก็บรักษาที่เหมาะสมในการคงคุณลักษณะทางประสาท

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th
[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

สัมผัสของแหนมเห็ดผสมข้าวพันธุ์พื้นเมืองทุกสูตรคือไม่เกิน 1 เดือน ซึ่งการเลือกใช้ข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีสีมาเป็นส่วนผสมจะทำให้ต้นทุนสูงขึ้นจากเดิมที่ใช้ข้าวขาวพันธุ์พื้นเมืองเล็กน้อย แต่มีราคาต่ำกว่าเมื่อเทียบกับราคาข้าวกล้องมีสีที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งนอกจากประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น ยังเป็นการสนับสนุนเกษตรกรที่ปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองในพื้นที่อีกด้วย แนวทางการศึกษาในอนาคต คือ การศึกษาสายพันธุ์และปริมาณจุลินทรีย์กรดแลคติกในแหนมเห็ดระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งอาจมีความสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

[1] Saeton, S., Preecha, R., Khotchaphakdi, K., Wewsak A. and Sae-tan, B. (2010). Native rice in southern Thailand. Volume 2. Phatthalung Rice Research Center, Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Bangkok (Thailand). (in Thai).

[2] Mookdarat, A., Mokmoor, B., Nookong, B., Choodoung, K., Putsakun, K., Sirirat, K., et al. (2021). Ma Jah Noo 69, a non-glutinous rice variety. Thai Rice Research Journal. 12(1): 44-61. (in Thai).

[3] Khaopakro, S. and Krainara, P. (2018). The physical properties and nutritional values of 8 native rice varieties at Narathiwat and Yala province. Burapha Science Journal. 23(2): 1123-1134. (in Thai).

[4] Vangpikul, S. and Kansandee, W. (2014). Screening of lactic acid bacteria from Nham het for production of Nham het adding prebiotics. Retrieved August 12, 2023 from https://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2556/2556239509698.pdf. (in Thai).

[5] Aramsirirujiwet, Y., Nawabut, P. and Suwanarit, P. (2016). Mushrooms extract and their efficiency to inhibit some plant pathogenic fungi and bacteria. Khon Kaen Agriculture Journal. 4(44): 595-604. (in Thai).

[6] Kongkaew, T. and Wattanakosol, A. (2021). Profit alternative material: The Manila grass ration of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated materials. Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University. 23(2): 74-80. (in Thai).

[7] Guer, P., Akata, I. and Kutluer, F. (2009). Antifungal activities of *Fomitopsis pinicola* (Sw.:Fr) Karst and *Lactarius vellereus* (Pers.) Fr. Journal of Biotechnology. 8(16): 3811-3813.

[8] Aramsirirujiwet, Y., Nawabut, P. and Suwanarit, P. (2016). Effect of medicinal plant extracts and edible mushroom extracts in controlling leaf spot disease (*Alternaria brassicicola*) of cabbage seedling. Khon Kaen Agriculture Journal. 44 (4): 595-604. (in Thai).

[9] Balakumar, R., Sivaprakasam, E., Kavitha, D., Sridhar, S. and Kumar, J. S. (2011). Antibacterial and antifungal activity of fruit bodies of Phellinus mushroom extract. International Journal of Biosciences. 1: 72-77.

[10] Morarach, A. and Hemathulin, S. (2022). Development of healthy fermented mushroom products with colored rice. Journal of Science and Technology,

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

Ubon Ratchathani University. 24(1): 40-53. (in Thai).

[11] Thorasin, S., Chaiphat, S. and Srionnual, S. (2018). The study of fermented mushroom (*Pleurotus sajor-caju*) production and their properties. Retrieved August 22, 2023 from http://www.repository.rmutsv.ac.th/handle/123456789/2472. (in Thai).

[12] Rittikun, S., Konglee, A., Panomwan, P. and Mahasawat, P. (2022). Antioxidant and lipase inhibitory activities of Hawm Gra Dang Ngah 59 and Se Bu Kan Tang rice crude extracts. In J. Rakmanee, (ed). The 4th National Conference on Science, Technology and Innovation 2022 (NCST 2022), pp 629-638. April 8, 2022. Loei. Thailand.

[13] BAM. (2023). Bacteriological Analytical Manual (BAM). Retrieved March 14, 2023 from https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam.

[14] Meengoenlad, P., Soemphol, W., Oonmettaaree, J. and Tanamool, V. (2021). Increasing of gamma-aminobutyric acid (GABA) content in fermented mushroom (Nham-Hed) by using high potential lactic acid bacteria as a starter. Burapha Science Journal. 26(1): 168-179 (in Thai).

[15] Sanchart, C., Rattanaporn, O., Haltrich, D., Phukpattaranont, P. and Maneerat, S. (2017). *Lactobacillus futsaii* CS3, a new GABA-producing strain isolated from Thai fermented shrimp (Kung-Som). Indian Journal of Microbiology, 57: 211–217.

[16] Siripongvutikorn, S., Pengseng, N., Ayusuk, S. and Usawakesmanee, W. (2008). Development of green curry paste marinade for white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Songklanakarin journal of science and technology. 30(1): 35-40.

[17] AOAC. (2000). Offical method of analysis of association of official analysis chemistry international (17th ed.). Virginia: The Association of Official Analytical Chemists.

[18] Tangsombatvichit, P., Khuenson, N. and Matthayom, W. 2022. The nutritional value and antioxidant activities of the developed Thai fermented Bhutan oyster mushroom (*Pleur eous*). Naresuan University Journal: Science and Technology. 30(1): 120-129. (in Thai).

[19] Srisuk, N. and Jirasatid, S. (2021). The pork products (Naem-Moo) produced by local wisdom Chachoengsao province and effect of heating on fermented and quality change during fermentation. Journal of Rajanagarindra. (2): 23-28. (in Thai).

[20] Biadata, A. and Adzahan, N. M. (2021). Storage stability of antioxidant in milk products fermented with selected kefir grain microflora. Molecules. 26: 3307.

[21] Agata, L. and Jan, P. (2012). Production of fermented goat beverage using a mixed starter culture of lactic acid bacteria and yeast. Engineering in Life Sciences. 12(4): 486–493.

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University

[22] Izquierdo-Gonzalez, J. J., Amil-Ruiz, F., Zazzu, S., Sanchez-Lucas, R., Fuentes-Almagro, C. A. and Rogriguez-Ortego, M. J. (2019). Proteomic analysis of goat milk kefir: profiling the fermentation-time dependent protein digestion and identification of potential peptides with biological activity. Food Chemistry. 295: 456–465.

[23] Petchlert, C. and Sangprathum, T. (2020). Comparison of phenolic and anthocyanin content among four differences of raw and cooked rice. Naresuan Phayao Journal. 13(2): 36-41. (in Thai).

[24] Tian, S., Nakamura, K. and Kayahara, H. (2004). Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52(15): 4808-4813.

[25] Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C. (2004). The distribution of phenolic acids in rice. Food Chemistry. 87(3) :401-406.

[26] Goffman, F. D. and Bergman C J. (2004). Rice kernel phenolic content and its relationship with antiradical efficiency. Journal of the Science of Food and Agriculture. 84: 1235-1240.

[27] Oki, T., Masuda, M., Kobayashi, M., Nishiba, Y., Furuta, S., Suda, I., et al. (2002). Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. Journal Agriculture of Food Chemistry. 50: 7524-7529.

[28] Sueaman, K. Paksee, S., Arpsuwan, A., Chalongsuppunyoo, R., Sam-ang, P., Jannoey, P., et al. (2019). Determination of antioxidant capacity of Rice berry and Khao Dok Mali 105 cultivars. PSRU Journal of Science and Technology. 4(3): 95-108. (in Thai).

[29] Saenjum, C., Chaiyasut, C., Chansakaow, S., Suttajit, M. and Sirithunyalug, B. (2012). Antioxidant and anti-infammatory activities of gamma-oryzanol rich extracts from Thai purple rice bran. Journal Medical Plants Research. 6: 1070-1077.

[30] Xu, Q., Tao, W. and Ao, Z. (2007). Antioxidant activity of vinegar melanoidins. Food Chemistry. 102: 841–849.

[31] Antoniewicz, J., Kochman, J., Jakubczyk, K. and Janda-Milczarek, K. (2021). The Influence of time and storage conditions on the antioxidant potential and total phenolic content in homemade grape vinegars. Molecules. 26: 7616.

[32] Davalos, A., Bartolome, B. and Gomez-Cordoves, C. (2005). Antioxidant properties of commercial grape juices and vinegars. Food Chemistry. 93: 325–330.

[33] Liu, Q., Tang, G. Y., Zhao, C. N., Feng, X. L., Xu, X. Y., Cao, S. Y., et al. (2018). Comparison of antioxidant activities of different grape varieties. Molecules. 23: 2432.

*Corresponding author: wassamon.w@pnu.ac.th

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

[1]Faculty of Science and Technology, Princess of Narathiwas University