การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและประสาทสัมผัสของสาโทข้าวเหนียว

The Study of Chemical Properties and Sensory Test of Sato (Glutinous Rice Wine)

ประภาพันธ์ ศิริขันธ์แสง วรรณวิสา งามทวี และ พนิชา บุญโกมล

Prapaparn Sirikhansaeng*, Wanwisa Ngamtavee and Panicha Boonkomol

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Biology Program, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University

**E-mail: prapaparn.sk@bru.ac.th โทร. 044-611221 ต่อ 6222*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและประสาทสัมผัสของสาโทข้าวเหนียว 3 ชนิด คือ ข้าวเหนียว กข.6 ข้าวเหนียวนางนวล และข้าวเหนียวลืมผัว โดยใช้ลูกแป้ง 10 กรัม ต่อข้าว 3 กิโลกรัม และผ่านน้ำโดยการเติมน้ำต้มสุกที่เย็นแล้ว ปริมาตร 1.50 ลิตรต่อข้าว 1 กิโลกรัม จากการศึกษาการหมักสาโทเป็นเวลา 7 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด คือ 2.00-28.30 องศาบริกซ์ ปริมาณแอลกอฮอล์ 0.85-7.90 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร น้ำตาลรีดิวซ์ 0.19±0.03-1.79±0.16 กรัมต่อลิตร น้ำตาลทั้งหมด 0.06±0.01-1.65±0.01 กรัมต่อลิตร ปริมาณกรดทั้งหมด 1.50±0.00-11.50±0.57 กรัมต่อลิตร จากการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) พบว่า ในข้าวเหนียว กข. 6 ข้าวเหนียวนางนวล และข้าวเหนียวลืมผัว มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอยู่ในช่วง 23.98±5.48-39.68±1.23 61.99±2.17-87.51±0.28 และ 59.92±4.91-88.58±0.10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ค่าคะแนนความชอบโดยรวมของสาโทข้าวเหนียว กข. 6 สาโทข้าวเหนียวนางนวล และสาโท ข้าวเหนียวลืมผัวมีค่าเท่ากับ 6.27±4.86 6.17±4.25 และ 7.80±4.84 คะแนนตามลำดับ ซึ่งสาโทข้าวเหนียวลืมผัวมีค่าคะแนนมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลจากการทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใส สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของสาโทข้าวเหนียวทั้ง 3 ชนิดมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

คำสำคัญ : สาโทข้าวเหนียว ข้าวเหนียว กข.6 ข้าวเหนียวนางนวล ข้าวเหนียวลืมผัว

Abstract

The research objective aimed to examine chemical properties and a sensory test on rice wine from Glutinous rice RD. 6, Nang Nual glutinous rice, Leum Pua glutinous rice by using 10 grams of Look-pang (mixed culture) with three kilograms of rice added to 1.50 liters of water for each kilogram of rice. After seven days, the total soluble solid was between 2.00-28.30 °Brix. The alcohol content ranged from 0.85 to 7.90% (v/v), reducing sugar was between 0.19±0.03 to 1.79±0.16 g/l, total sugar ranged from 0.06±0.01 to 1.65±0.01 g/l, and total acidity ranged from 1.50 ± 0.00 to 11.50 ± 0.57 g/l. DPPH radical scavenging activity of rice wine from Glutinous rice RD. 6, Nang Nual glutinous rice and Leum Pua glutinous rice were between 23.98±5.48 to 39.68±1.23, 61.99±2.17 to 87.51±0.28 and 59.92±4.91 to 88.58±0.10%, respectively. The average scores for overall preference of rice wine from Glutinous rice RD. 6, Nang Nual glutinous rice and Leum Pua glutinous rice was 6.27±4.86, 6.17±4.25 and 7.80±4.84, respectively. The overall preference of rice wine samples was not significantly different at the 95% confidence ($p \geq 0.05$).

Keywords : Sato (glutinous rice wine), Glutinous rice RD.6, Nang Nual glutinous rice, Leum Pua glutinous rice

1. บทนำ

ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้าชนิดหนึ่ง (Graminaceae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. จัดเป็นอาหารหลักของประชากรโลก โดยเฉพาะในทวีปเอเชียจะมีการบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ปลูกข้าวมากเป็นอันดับต้นของเอเชีย และยังเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก โดยข้าวที่ปลูกในประเทศไทยจัดอยู่ใน Indica Type มี 2 ชนิด คือ ข้าวเจ้า (Rice, Ordinary rice) และข้าวเหนียว (Glutinous rice, Sticky rice) ซึ่งข้าวแต่ละพันธุ์จะมีคุณภาพและคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามปริมาณอะไมโลสและอายุของข้าว สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute : IRRI) แบ่งข้าวออกเป็น 4 ประเภท ตามปริมาณอะไมโลส คือ 1) อะไมโลสน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในประเภทข้าวเหนียวเมื่อสุกจะเหนียวมาก 2) อะไมโลสต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์หรือข้าวอะไมโลสต่ำ ข้าวสุกนุ่มค่อนข้างเหนียว 3) อะไมโลส 10-25 เปอร์เซ็นต์หรือข้าวอะไมโลสปานกลาง ข้าวสุกค่อนข้างร่วนนิ่ม และ 4) อะไมโลสมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์หรือข้าวอะไมโลสสูง ข้าวสุกจะร่วนแข็ง โดยข้าวเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญต่อร่างกาย ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และวิตามิน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการค้นพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิกจะช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น เนื่องจากมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดจะสามารถพบได้เฉพาะในเมล็ดข้าวเท่านั้น ส่วนสารประกอบฟลาโวนอยด์มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเกิดโรคมะเร็ง โดยเฉพาะข้าวเหนียวก่ำหรือข้าวเหนียวที่มีสีดำจัดเป็นข้าวที่มีลักษณะพิเศษ คือมีองค์ประกอบของสารแอนโทไซยานินที่เป็นรงควัตถุที่พบบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งรงควัตถุนี้เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ลดการอักเสบ มีฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ อีกทั้งแอนโทไซยานินยังมีบทบาทต่อระบบหลอดเลือดและเกล็ดเลือดอีกด้วย ซึ่งนอกจากนำมาบริโภคเป็นอาหารหลักแล้ว ยังสามารถนำข้าว มาแปรรูปเป็นอาหารว่างหรือขนมขบเคี้ยว เช่น นางเล็ด ข้าวแต๋น ข้าวเม่าทอดข้าวเหนียวแดง ข้าวเกรียบว่าว เป็นต้น หรือนำมาแปรรูปเป็นแป้งในอุตสาหกรรมอาหารหรือผลิตภัณฑ์ชนิดเส้น เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว เส้นกวยจั๊บ เส้นก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถนำข้าวมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องดื่มหมักพื้นบ้านซึ่งเกิดจากภูมิปัญญาของชาวบ้านที่มีมาเป็นเวลาช้านาน โดยมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น เช่น สาโท น้ำแดง น้ำขาว กระแช่ อุ เป็นต้น โดยสาโทจัดอยู่ในกลุ่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดไวน์ข้าว (Rice wine) มีรสชาติหวาน (Techavasonyoo, 2007; Thongta and Yongsawatdigul, 2011; Buathong and Maisont, 2016; Yamuangmorn and Prom-u-thai, 2016; Sirikhansaeng *et al*., 2017)

สาโทหรือไวน์ข้าวของไทยจัดเป็นสุราแช่ตามความหมายในพระราชบัญญัติสุรา พ.ศ. 2492 มาตรา 4 (Techavasonyoo, 2007) ซึ่งให้คำนิยามว่า “สุราแช่” หมายถึงสุราที่ไม่ได้กลั่น และให้ความหมายรวมถึงสุราแช่ที่ได้ผสมกับสุรากลั่นแล้ว แต่ยังมีความแรงแอลกอฮอล์ไม่เกิน 15 ดีกรี คำว่าแรงแอลกอฮอล์ (Alcohol strength) หมายถึงดีกรีหรือหน่วยวัดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในสุรา คิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งไวน์ข้าวจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามความใสของผลิตภัณฑ์ คือ 1) Alcoholic Beverage เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีลักษณะใส ได้แก่ สาเก และ . Shao-Shin-Chu เป็นต้น และ 2) Miscellaneous Alcoholic Drinks เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีลักษณะขุ่น เนื่องจากจุลินทรีย์และของแข็งที่เหลือตกค้างอยู่ ได้แก่ Tapuy Baside Tapay Amazake และสาโท เป็นต้น ในประเทศไทยการผลิตสาโทจะทำกันในครัวเรือนหรือทำเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ผลิตจากข้าวเหนียวขาวหรือข้าวเหนียวดำโดยใช้กล้าเชื้อแห้งที่เรียกว่าลูกแป้ง ซึ่งลูกแป้งจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามแต่ละประเทศ เช่น ประเทศจีน เรียกว่า Chu ประเทศเกาหลี เรียกว่า Nuruk ประเทศญี่ปุ่น เรียกว่า โคจิ (Koji) ประเทศฟิลิปปินส์ เรียกว่า Bubod เป็นต้น โดยการผลิตสาโทมีขั้นตอนการหมักดังนี้ เริ่มจากแช่ข้าวเหนียวเป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง จากนั้นนำข้าวเหนียวมานึ่งให้สุก

เมื่อข้าวเหนียวสุกให้นำมาผึ่งให้เย็นแล้วจึงนำไปล้างยางข้าวออกให้หมด ทิ้งไว้ให้แห้ง นำมาคลุกเคล้ากับลูกแป้ง ซึ่งในลูกแป้งจะมีส่วนผสมของข้าว เชื้อจุลินทรีย์ และสมุนไพร แล้วหมักทิ้งไว้เป็นเวลา 10-14 วัน จะได้สาโทที่มีลักษณะใสหรือขุ่น ในประเทศไทยนิยมใช้ข้าวเหนียวขาวหรือข้าวเหนียวดำเป็นวัตถุดิบมากกว่าข้าวเจ้า เนื่องจากข้าวเหนียวให้กลิ่นและรสที่ดีกว่า และจุลินทรีย์ในลูกแป้งสามารถย่อยแป้งข้าวเหนียวได้ดีกว่าแป้งข้าวเจ้า เชื้อจุลินทรีย์สำคัญที่พบในลูกแป้งได้แก่ รา ยีสต์ และแบคทีเรียแลคติก (Sirikhansaeng *et al*., 2017; Sirisantimethakom *et al*., 2008) ถึงแม้ว่าสาโทจะมีการผลิตมาเป็นเวลานาน แต่ก็ยังมีการผลิตเพื่อจำหน่ายในวงจำกัด ซึ่งอาจจะเกิดจากการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน เช่น รสชาติหวานไป เปรี้ยวไป และยังขาดการปรับปรุงพัฒนาด้านกลิ่นและรสชาติ (Buathong and Maisont, 2016) จากที่มีการนำข้าวเหนียวมาใช้ในการผลิตสาโทในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก แต่การผลิตยังไม่ได้มาตรฐาน และมีการค้นพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวโดยเฉพาะข้าวเหนียวก่ำหรือข้าวเหนียวที่มีสีดำนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาการหมักสาโทจากข้าวเหนียว 3 ชนิด คือ ข้าวเหนียว กข. 6 ข้าวเหนียวนางนวล และข้าวเหนียวลืมผัว และศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสาโทเพื่อเป็นการส่งเสริมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าว

2. วิธีการทดลอง

2.1 การหมักสาโทจากข้าวเหนียว

ทำการหมักสาโทโดยนำข้าวเหนียวทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ คือ ข้าวเหนียว กข. 6 ข้าวเหนียวนางนวล และข้าวเหนียวลืมผัว มาแช่น้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำมานึ่งให้สุก เมื่อข้าวสุกให้นำไปผึ่งจนเย็นแล้วจึงนำไปล้างยางข้าวออกด้วยน้ำสะอาดจนหมดยางข้าว นำลูกแป้งที่บดเตรียมไว้มาโรยลงบนข้าว (Sirikhansaeng *et al*., 2021) โดยใช้ลูกแป้งจากร้านฮงไถ่ จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งจะใช้ในอัตราส่วนลูกแป้ง 2 ก้อน (10 กรัม) ต่อข้าว 3 กิโลกรัม เมื่อหมักจนถึงวันที่ 3 จึงเติมน้ำต้มสุกที่เย็นแล้วลงไปในอัตราส่วนข้าวเหนียว 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 1.50 ลิตร โดยค่อย ๆ เติมลงในถังหมักเบา ๆ เพื่อไม่ให้ก้อนข้าวแตก จากนั้นปิดฝาและหมักทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน (รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 10 วัน) โดยมีการลวกฆ่าเชื้อถังพลาสติกที่ใช้ในการหมักก่อนที่จะนำข้าวลงบรรจุภายในถัง

2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีระหว่างการหมักสาโท

ในระหว่างการหมักสาโทจะเก็บตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีระหว่างการหมัก โดยวิเคราะห์ค่าดังต่อไปนี้

2.2.1 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Soluble Solid, TSS)

วิเคราะห์ TSS ด้วย Hand refractometer โดยใช้หลอดหยดดูดสารตัวอย่างที่ต้องการวัดหยดลงบนแผ่นปริซึม 1-2 หยด ปิดฝาครอบ และอ่านค่าตรงระดับเส้นรอยต่อที่ตัดกับพื้นสีฟ้า (Sirikhansaeng *et al*., 2021)

2.2.2 วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์

วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (Ebulliometer) โดยการหาจุดเดือดของน้ำกลั่นเปรียบเทียบกับจุดเดือดของสาโท (Amatayakul *et al*., 2012)

2.2.3 วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Somogyi-Nelson

วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยการเตรียมสารละลาย Somogyi I Somogyi II และสารละลาย Nelson โดยตัวอย่างสาโทที่นำมาวิเคราะห์จะทำการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นจึงเจือจางตัวอย่างสาโทแต่ละชนิดโดยใช้น้ำกลั่น ปิเปตสารตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเติมสารละลายผสม Somogyi (Somogyi I : Somogyi II ในอัตราส่วน 4 ต่อ 1) 2 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดทดลองด้วยลูกแก้วเพื่อลดการระเหยของน้ำ แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการต้มไปแช่ในอ่างน้ำแข็ง เติมสารละลาย Nelson ลงไป 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมสารละลาย (Vortex mixer) ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที เติมน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร โดยเทียบกับ

แบลงค์ อ่านค่าความเข้มข้นของกลูโคสจากกราฟมาตรฐาน (Glucose anhydrous) โดยทำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ (Nelson, 1944; Somogyi, 1952)

2.2.4 วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดด้วยวิธีฟีนอลซัลฟิวริก (Phenol-Sulphuric)

วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดโดยเจือจางสาโทด้วยน้ำกลั่น จากนั้นปิเปตตัวอย่างสาโท ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จำนวน 1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลองผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมสารละลาย แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 5 มิลลิลิตรลงไป ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ผสมให้เข้ากันอีกครั้งโดยใช้เครื่องผสมสารละลายอีกครั้งแล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 490 นาโนเมตร อ่านค่า ความเข้มข้นของกลูโคสจากกราฟมาตรฐาน (Glucose) โดยทำตัวอย่างละ 2 ซ้ำ (Dubois *et al*., 1956)

2.2.5 วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดด้วยวิธีการไทเทรต

วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในสาโทแต่ละตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำโดยใช้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล แล้วนำปริมาตรสารละลายที่ได้จากการไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมด (Nuanpeng, 2018)

2.3 การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการ DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)

ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากสาโทด้วยวิธีการ DPPH (ดัดแปลงจาก Siritrakulsak *et al*., 2013) โดยใช้เมทานอลในการเตรียมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ จากนั้นปิเปตสาโท ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในสารละลาย DPPH ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที โดยใช้โทรลอกซ์เป็นมาตรฐาน จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (% DPPH radical scavenging activity)

2.4 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

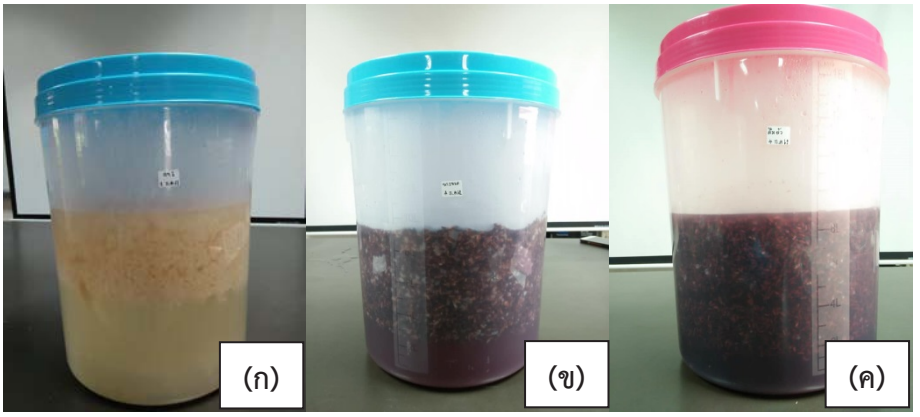
เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักจะทำการทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใส สี กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวมของสาโททั้ง 3 ชนิด ซึ่งจะใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 25 คน ที่สามารถรับประทานเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ได้ ทั้งเพศชายและหญิง โดยมีอายุอยู่ระหว่าง 20-35 ปี และให้คะแนนตามความชอบของผู้ทดสอบชิม โดยใช้ระบบ 20 คะแนน (20-Point-Wine) ความใส ช่วงคะแนน 0 (ไม่ใส) - 2 (ใสเป็นประกายมองทะลุแก้ว) สี ช่วงคะแนน 0 (สีขาวซีด/สีแดงจืด) - 2 (สีตามสายพันธุ์) กลิ่น ช่วงคะแนน 0 (กลิ่นผิดปกติ/ไม่พึงประสงค์) - 4 (กลิ่นหอมชวนดม/ประทับใจมาก) รสชาติ ช่วงคะแนน 0 (ผิดปกติ/ความเปรี้ยว ฝาด ขม หวานเกินควร) - 12 (เข้มและประทับใจอย่างยิ่ง) (Danvirutai and Laopaiboon, 2006) แล้วนำผลการทดสอบไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Tests (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS IBM Statistics 25

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

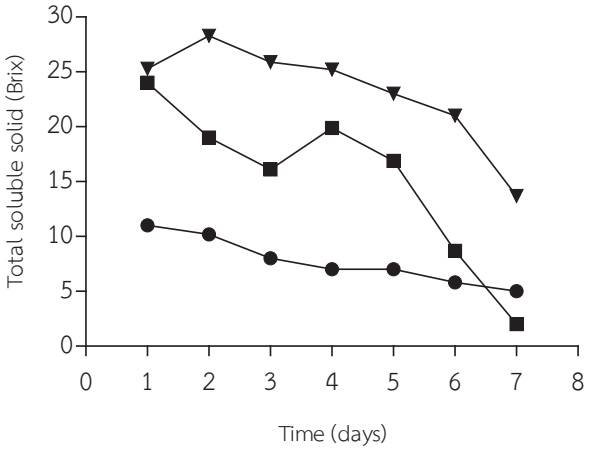
3.1 การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมักสาโท

จากกระบวนการหมักสาโทข้าวเหนียวทั้ง 3 ชนิดเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยใช้ลูกแป้ง 10 กรัมต่อข้าว 3 กิโลกรัม (ภาพที่ 1) พบว่าในช่วงเริ่มต้นของการหมักในสาโทข้าวเหนียวนางนวล และสาโทข้าวเหนียวลืมผัวจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดค่อนข้างสูง หลังจากนั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยพบว่าในวันที่ 1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 11.00, 24.00 และ 25.30 องศาบริกซ์ ในสาโทข้าวเหนียว กข. 6 สาโทข้าวเหนียวนางนวล และสาโทข้าวเหนียวลืมผัวตามลำดับ (ภาพที่ 2) แต่จากการศึกษาของ Kudpeng *et al*. (2016) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของสาโทข้าวเหนียว กข. 6 และสาโทข้าวเหนียวลืมผัวมีค่าเท่ากับ 16.80 และ 14.80 องศาบริกซ์ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน การที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าแตกต่างกันอาจจะเกิดจากคุณภาพของข้าว ซึ่งเป็นผลมาจากข้าวเหนียวมีปริมาณแป้งประเภทอะไมโลเพกตินมากกว่าข้าวเจ้า (Yoshizawa, 1999) ปริมาณการใช้ลูกแป้ง และการใช้ลูกแป้งจากแหล่งผลิตที่แตกต่างกัน เนื่องจากในลูกแป้งแต่ละชนิดจะมีส่วนผสมของข้าว เชื้อจุลินทรีย์ และสมุนไพร

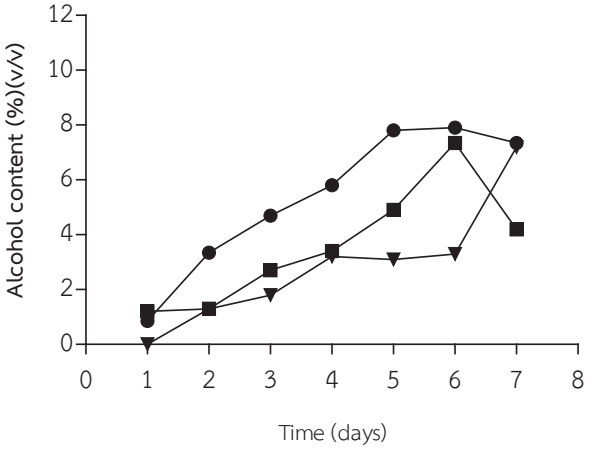
ที่แตกต่างกัน ทำให้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแป้งให้กลายเป็นน้ำตาลในกระบวนการหมัก โดยเฉพาะเชื้อรา *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus* spp. จะสร้างเอนไซม์ Amylase ชนิด σ-Amylase และ Glucoamylase ในกระบวนการ Saccharification เพื่อเปลี่ยนแป้งในเมล็ดข้าวให้กลายเป็นน้ำตาล (Techavasonyoo, 2007; Chay *et al*., 2016) ซึ่งเชื้อราในลูกแป้งที่มีความสำคัญที่จะเปลี่ยนแป้งให้กลายเป็นน้ำตาล ได้แก่ *Amylomyces* sp., *Actinomucor* sp., *Aspergillus* niger, *Aspergillus* sp., *Mucor* sp., *Monascus* sp., *Penicillium* sp., และ *Rhizopus* sp. (Limtong *et al*., 2002; Limtong *et al*., 2005; Chaijamrus and Mouthung, 2011) จากการศึกษาของ Amatayakul *et al*. (2012) ที่ทำการศึกษาการผลิตสาโทข้าวเหนียวโดยใช้เชื้อ *Aspergillus* niger TISTR 3257 เพียงอย่างเดียวในขั้นตอนการหมักโคจิ พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าสูง คือ 21.53 องศาบริกซ์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์พบว่า ปริมาณแอลกอฮล์มีค่าเพิ่มขึ้นจากช่วงแรกที่ทำการหมัก และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักปริมาณแอลกอฮอล์ มีค่าเท่ากับ 7.35, 4.20 และ 7.20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ในสาโทข้าวเหนียว กข. 6 สาโทข้าวเหนียวนางนวล และสาโท ข้าวเหนียวลืมผัวตามลำดับ (ภาพที่ 3 และตารางที่ 1) เนื่องจากในลูกแป้งมีเชื้อยีสต์จำพวก *Saccharomyces cerevisiae, Saccharomycopsis fibuligera, Issatchenkia orientalis, Candida rhagii, C. glabrata, Pichia anomala, P. burtonii, P. fabianii, P. Mexicana, P. heimii, Torulaspora globosa, Rhodotorula philyla, Trichosporon asahii* และ *T. delbrueckii* (Limtong *et al*., 2002; Limtong *et al*., 2005; Chaijamrus and Mouthung, 2011) ที่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้กลายเป็นแอลกอฮอล์จากกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอลกอฮอล์จะสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเนื่องจากเชื้อยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์กับการศึกษาของของ Kudpeng *et al*. (2016) พบว่า ปริมาณแอลกอฮอล์ในสาโทข้าวเหนียว กข. 6 และสาโทข้าวเหนียวลืมผัวมีค่ามากกว่า คือ 14.80 และ 14.20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งอาจจะเกิดจากปริมาณลูกแป้งที่ใช้และการใช้ระยะเวลาในการหมักมากกว่า คือ 14 วัน การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดด้วยวิธีการไทเทรตเมื่อสิ้นสุดการทดลองในสาโทข้าวเหนียวนางนวล และสาโทข้าวเหนียวลืมผัวพบว่า มีค่าค่อนข้างสูงคือเท่ากับ 11.4±0.15 และ 11.5±0.57 กรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วนในสาโทข้าวเหนียว กข.6 มีค่าเท่ากับ 5.10±0.00 กรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) การที่สาโทมีปริมาณกรดทั้งหมดค่อนข้างมากเกิดจากเชื้อราบางส่วนจะสร้างกรดทำให้สภาพของน้ำหมักเกิดเป็นกรดและมีรสเปรี้ยว (Buathong and Maisont, 2016) นอกจากนี้ปริมาณกรดทั้งหมดจะส่งผลต่อค่า pH โดยตรงแต่เนื่องจากในการทดลองในครั้งนี้ไม่ได้ทำการวัดค่า pH ดังนั้นในการศึกษาการผลิตสาโทในครั้งถัดไปจะต้องทำการวัดค่า pH เพื่อให้ทราบว่ามีค่าเท่าใด เนื่องจากค่า pH เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการหมักสาโท โดยค่า pH ที่เหมาะสมต่อการหมักสาโทควรอยู่ในช่วง 2.8-3.8 ซึ่งจะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์ และเพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นเจริญเติบโต (Kudpeng *et al*., 2016) เมื่อนำปริมาณกรดทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Sirikhansaeng *et al*. (2017) พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดของสาโทข้าวเจ้ามีค่าน้อยกว่าอยู่ในช่วง 9.45-8.25 กรัมต่อลิตร การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่าในสาโทข้าวเหนียว กข.6 สาโทข้าวเหนียวนางนวล และสาโทข้าวเหนียวลืมผัวมีค่าเท่ากับ 0.30±0.02, 0.41±0.00 และ 1.30±0.19 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักในสาโทข้าวเหนียว กข.6 สาโทข้าวเหนียวนางนวล และสาโทข้าวเหนียวลืมผัวมีค่าเท่ากับ 0.24±0.04 0.06±0.01 และ 0.36±0.05 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 การหมักสาโทจาก (ก) ข้าวเหนียว กข. 6 (ข) ข้าวเหนียวนางนวล และ (ค) ข้าวเหนียวลืมผัว



ภาพที่ 2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดจากสาโท (●) ข้าวเหนียว กข. 6 (■) ข้าวเหนียวนางนวล และ (▼) ข้าวเหนียวลืมผัว



ภาพที่ 3 ปริมาณแอลกอฮอล์จากสาโท (●) ข้าวเหนียว กข. 6 (■) ข้าวเหนียวนางนวล และ (▼) ข้าวเหนียวลืมผัว

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางเคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากสาโทข้าวเหนียว เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก

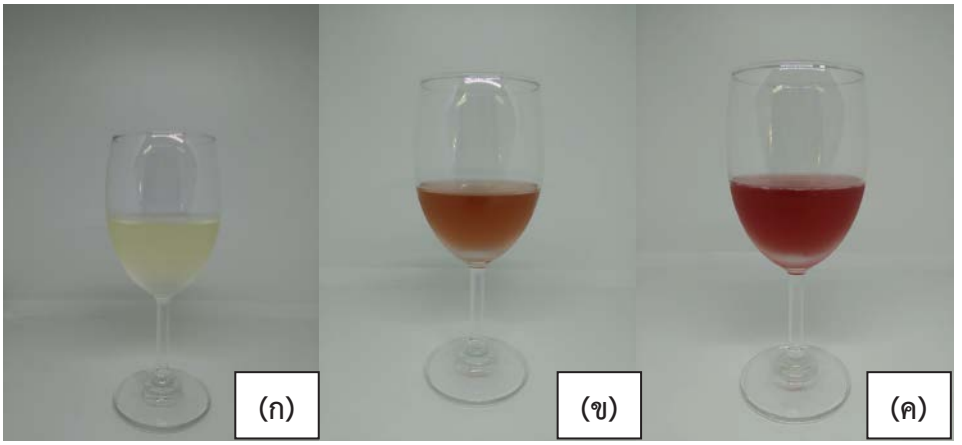
พารามิเตอร์	ชนิดพันธุ์ข้าว		
	ข้าวเหนียว กข. 6	ข้าวเหนียวนางนวล	ข้าวเหนียวลืมผัว
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	5.00	2.00	13.70
ปริมาณแอลกอฮอล์ (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)	7.35	4.20	7.20
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)	0.30±0.02	0.41±0.00	1.30±0.19
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (กรัมต่อลิตร)	0.24±0.04	0.06±0.01	0.36±0.05
ปริมาณกรดทั้งหมด (กรัมต่อลิตร)	5.10±0.00	11.4±0.15	11.5±0.57
DPPH radical scavenging (เปอร์เซ็นต์)	39.67±1.22	86.84±0.47	88.58±0.10

3.2 การต้านอนุมูลอิสระจากสาโท

ผลการวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในระหว่างการหมักตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักในสาโทข้าวเหนียว กข. 6 มีค่าน้อยที่สุด คือ อยู่ระหว่าง 23.98±1.23 ถึง 39.67±1.22 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อสิ้นสุดการหมักพบว่าในสาโทข้าวเหนียว กข. 6 สาโทข้าวเหนียวนางนวล และสาโทข้าวเหนียวลืมผัวมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 39.67±1.22, 86.84±0.47 และ 88.58±0.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากการศึกษาของ Posoongnoen and Thummavongsa (2018) ที่ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวดำด้วยวิธี DPPH พบว่า ข้าวเหนียวดำมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด คือ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.38±0.00 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สาโทที่ใช้ข้าวเหนียวที่มีสีดำ คือ ข้าวเหนียวนางนวล และข้าวเหนียวลืมผัว มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าข้าวเหนียวขาว เนื่องจากข้าวเหนียวดำเป็นข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำที่มีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง โดยสารแอนโทไซยานินมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ช่วยในการหมุนเวียนเลือด และชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย นอกจากนี้ในเมล็ดข้าวสายพันธุ์ที่มีสีดำและสีแดงยังมีปริมาณธาตุเหล็กสูงกว่าพันธุ์ที่ไม่มีสีอีกด้วย (Sumret *et al.*, 2012) ดังนั้นหากมีการดื่มสาโทในปริมาณที่พอเหมาะก็จะส่งผลดีต่อร่างกายเนื่องจากมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างสูง

3.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใส สี กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวมของสาโทข้าวเหนียวทั้ง 3 ชนิด (ภาพที่ 4) โดยใช้ระบบ 20 คะแนน (20-Point-Wine) ผลการทดลองพบว่า การทดสอบคุณภาพด้านความใสของสาโทข้าวเหนียว กข. 6 สาโทข้าวเหนียวนางนวล และสาโทข้าวเหนียวลืมผัวมีค่าคะแนนเท่ากับ 0.88±0.73, 1.29±0.62 และ 0.95±0.57 คะแนนตามลำดับ และจากการทดสอบคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมพบว่า สาโทข้าวเหนียวลืมผัวมีค่าคะแนนสูงที่สุด คือ 1.32±0.75, 2.80±1.00 4.32±3.40 และ 7.80±4.84 คะแนนตามลำดับ (ตารางที่ 2) การที่สาโทข้าวเหนียวลืมผัวมีค่าคะแนนด้านสีมากที่สุดอาจจะเกิดจากสาโทมีสีค่อนข้างใสและมีสีแดงเข้มทำให้เป็นที่ชื่นชอบของผู้ที่ทำการทดสอบ อีกทั้งสาโทข้าวเหนียวลืมผัวยังมีรสชาติหวานเนื่องจากเมื่อสิ้นสุดการหมักพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเหลืออยู่มากที่สุดทำให้ได้ค่าคะแนนจากการทดสอบสูงที่สุด ถึงแม้ว่าปริมาณกรดทั้งหมดจะค่อนข้างสูงก็ตาม แต่เมื่อนำผลจากการทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใส สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของสาโททั้ง 3 ชนิดมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)



ภาพที่ 4 สาโทข้าวเหนียวทั้ง 3 ชนิด (ก) ข้าวเหนียว กข.6 (ข) ข้าวเหนียวนางนวล และ (ค) ข้าวเหนียวลืมผัว

ตารางที่ 2 แสดงการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสาโทจากข้าวเหนียวพันธุ์ต่าง ๆ

ชนิดพันธุ์ข้าว	การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (mean ± S.D.)				
	ความใส	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ข้าวเหนียว กข.6	0.88±0.73 ^{NS}	1.00±0.95 ^{NS}	2.12±1.20 ^{NS}	3.52±3.16 ^{NS}	6.27±4.86 ^{NS}
ข้าวเหนียวนางนวล	1.29±0.62 ^{NS}	1.21±0.65 ^{NS}	2.33±1.01 ^{NS}	2.88±2.77 ^{NS}	6.17±4.25 ^{NS}
ข้าวเหนียวลืมผัว	0.95±0.57 ^{NS}	1.32±0.75 ^{NS}	2.80±1.00 ^{NS}	4.32±3.40 ^{NS}	7.80±4.84 ^{NS}

หมายเหตุ : แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$) ด้วยวิธีการ Dancan's Multiple Range Tests (DMRT) ในแต่ละคอลัมน์

4. สรุปผล

จากการศึกษาการหมักสาโทจากข้าวเหนียวทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวเหนียว กข. 6 ข้าวเหนียวนางนวล และข้าวเหนียวลืมผัว พบว่าเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักข้าวเหนียว กข.6 สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้มากที่สุด คือ 7.35 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร รองลงมาคือข้าวเหนียวลืมผัว และข้าวเหนียวนางนวล โดยมีค่าเท่ากับ 7.20 และ 4.20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรตามลำดับ ผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าค่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของสาโทข้าวเหนียวลืมผัวมีค่าคะแนนสูงที่สุด คือ 1.32±0.75, 2.80±1.00, 4.32±3.40 และ 7.80±4.84 คะแนนตามลำดับ ส่วนค่าคะแนนความชอบด้านความใสพบว่าสาโทข้าวเหนียวนางนวลมีค่ามากที่สุด คือ 1.29±0.62 คะแนน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำผลจากการทดสอบการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความใส สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของสาโททั้ง 3 ชนิดมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$) และจากผลการทดลองพบว่าสาโทข้าวเหนียวลืมผัวสามารถที่จะส่งเสริมให้ผลิตเป็นสาโทซึ่งเป็นการส่งเสริมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากข้าว

5. เอกสารอ้างอิง

Amatayakul, T., N. Somsap and P. Rotsatchakul. 2012. **Study of volatile compounds in Thai rice wine (sato) produced from wheat**. KKU Research Journal, 17(6), 939-949.

Buathong, K. and S. Maisont. 2016. **Product development of Sato from black glutinous rice by red yeast rice (Ang-kak) mixed Thai traditional fermentation starter (Loog-Pang).** Journal of Science and Technology Phranakhon Rajabhat University, 6(6), 70-76. (in Thai)

Chaijamrus, S. and Mouthung, B. 2011. **Selection of Thai starter components for ethanol production utilizing malted rice from waste paddy**. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 33(2), 163-170.

Chay, C., F.B. Elegado, E.I. Dizon, W.A. Hurtada, C. Norng and L.C. Raymundo. 2016. **Effects of rice variety and fermentation method on the physiochemical and sensory properties of rice wine**. International Food Research Journal, 24(3) , 1117-1123.

Danvirutai, P. P. and Laopaiboon. 2006. **Fruit wine and Sato: How to produce with confidence?**. 2nd Ed. Klungnana Printing, Khon Kaen. (in Thai)

Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1956. **Colorimetric method for determination of sugars and related substances**. Analytical Chemistry, 28, 350-356.

Kudpeng, C., W. Soemphol and V. Tanamool. 2016. Study on Production of Sato from Indigenous Rice Varieties in Nakhon Ratchasima., pp. BMP1-BMP1-10. *In* The National and International Graduate Research Conference 2016. Khon Kaen University, Khon Kaen. (in Thai)

Limtong, S., S. Sintara, P. Suwanarit and N. Lotong. 2002. **Yeast Diversity in Thai traditional fermentation starter (Loog-pang)**. Kasetsart Journal (Nat Sci), 36, 149-158.

Limtong, S., S. Sintara, P. Suwanarit and N. Lotong. 2005. **Species diversity of molds in Thai traditional fermentation starters (Loog-Pang)**. Kasetsart Journal (Nat Sci), 39, 511-518.

Nelson, N. 1944. **A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose**. Journal of Biological Chemistry, 153, 376-380.

Nuanpeng, S. 2018. **Comparison rice vinegar production from Hom-nil rice and Riceberry rice**. Agricultural Science Journal, 49(Suppl.)(2) , 605-608. (in Thai)

Posoongnoen, S. and T. Thummavongsa. 2018. **Some chemical compositions and antioxidant properties of local rice in Nakhon Ratchasima province, Thailand**. Burapha Science Journal, 23(2), 971-984. (in Thai)

Sirikhansaeng, P., P. Phuakkaew and N. Sirisanguan. 2017. **Effects of Sato from various rice color on the inhibition of growth in *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus***. Koch Cha Sarn Journal of Science, 39(21), 121-135. (in Thai)

Sirikhansaeng, P., J. Koedlap and W. Nukadram. 2020. **Glutinous rice fermented vinegar production from *Acetobacter pasteurianus* TISTR 102**. YRU Journal of Science and Technology, 6(1), 1-9.

Sirisantimethakom, L., L. Laopaiboon, P. Danvirutai and P. Laopaiboon. 2008. **Volatile compounds of a traditional Thai rice wine**. Biotechnology, 7(3), 505-513.

Siritrakulsak, P., P. Chutichudet, B. Chutichudet, M. Plainsirichai and K. Boontiang. 2013. **Antioxidant activity of fifteen edible flowers in Maha Sarakham province**. Khon Kaen Agriculture Journal, 41(Suppl.)(1), 607-611. (in Thai)

Somogyi, M. 1952. **Notes on sugar determination**. Journal of Biological Chemistry, 195, 19-23.

Sumret, C., N. Siriwong and S. Riebroy. 2012. **Textural properties and acceptability of cooked black glutinous rice as affected by soaking and cooking methods**, pp. 1-8 *In* The 50th Kasetsart University Annual Conference. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Techavasonyoo, A. 2007. **I solation, classification and characterization of yeasts and molds isolated from Loog Pang for Sato production**. Master thesis, Chulalongkorn University. (in Thai)

Thongta, S. and J. Yongsawatdigul. 2011. **Quality Changes during rice storage and age accelerating/ delaying**. Research report Suranaree university of technology, Nakhon Ratchasima. (in Thai)

Yamuangmorn, S. and T. Prom-u-thai, C. 2016. **Variation of anthocyanin content and antioxidant capacity among local Thai purple glutinous rice genotypes**. Journal of Agriculture, 32(2), 191-199. (in Thai)

Yoshizawa K. 1999. **Sake: Production and Flavor**. Food Reviews International, 15(1) : 83-107.

(Received: 20/Apr/2022, Revised: 21/Nov/2022, Accepted: 23/Nov/2022)