

ผลของสายพันธุ์ข้าวและสายพันธุ์เชื้อรา *Monascus purpureus* ต่อการ
ผลิตสารสีและกิจกรรมการต่อต้านอนุมูลอิสระในข้าวแดง
และไวน์องุ่นผสมข้าวแดง

The Effects of Local Rice Varieties and *Monascus purpureus*
Strains on Pigments Production and Antioxidant Activity
in Red Yeast Rice and Grape Wine Supplemented with
Red Yeast Rice

ธีระยุทธ เตียนธนา ¹

ทะเนตร อุฤทธิ์ ¹

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการผลิตข้าวแดงจากเชื้อรา *Monascus purpureus* TISTR 3180 และ TISTR 3629 โดยกระบวนการหมักแบบอาหารแข็ง ในข้าวสายพันธุ์ขาวอากาศ กอเตียว และข้าวห้าวรง พบว่าข้าวแดง (ข้าวขาวอากาศ) ที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3629 ให้ปริมาณสารสีเหลือง สีส้ม สีแดง ในปริมาณสูงสุดที่ 304.8 ± 17.60 , 348.6 ± 9.40 และ 328.4 ± 6.75 ยูนิต์ต่อกรัม และแสดงค่าปริมาณสารฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH (IC_{50}) สูงสุดเท่ากับ 40.68 ± 0.55 มิลลิกรัมกรดแกลลิก ต่อ 100 มิลลิลิตร และ 4.99 ± 0.18 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าไวน์องุ่นที่ผสมข้าวแดง (ข้าวขาวอากาศ) ที่ผ่านการหมักโดยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3629 สามารถแสดงค่ากิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระ Superoxide Anion ได้สูงสุดที่ 99.87 เปอร์เซ็นต์สุดท้ายเมื่อนำไวน์องุ่นทั้ง 7 ประเภท มาทำการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคพบว่าไวน์องุ่นที่ผสมข้าวแดง (ข้าวขาวอากาศ) มีความพึงพอใจโดยรวมมากที่สุด เท่ากับ 83.1 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : ข้าวแดง ข้าวสายพันธุ์พื้นเมือง เชื้อรา *Monascus purpureus* ไวน์องุ่น
สารต้านอนุมูลอิสระ

1 อาจารย์ สาขาวิชาชีววิทยาและเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Abstract

This study was focused to study on red yeast rice production from *Monascus purpureus* TISTR 3180 and 3629 by solid-state fermentation in Kao Akat, Gaw Diaw and Ha Ruang. It was found that red yeast rice (Kao Akat) from fungal strain TISTR 3629 gave the highest yellow, orange and red pigment production at 304.8 ± 17.60 , 348.6 ± 9.40 and 328.4 ± 6.75 unit per gram. They also revealed the highest phenolic contents and DPPH scavenging activity (IC_{50}) at 40.68 ± 0.55 mg gallic acid per 100 ml and 4.99 ± 0.18 mg per ml, respectively. Moreover, grape wine supplemented with red yeast rice (Kao Akat) from fungal strain TISTR 3629 was able to show the highest activity of superoxide anion radical scavenging at 99.87 percent. Finally, seven types of grape wine were test their total satisfaction of consumer. It was found that grape wine supplemented with red yeast rice (Kao Akat) exposed the highest total satisfaction equal to 83.1 percent.

Keyword: Red Yeast Rice, Local Rice Varieties, *Monascus Purpureus*, Grape Wine, Antioxidant

บทนำ

ข้าวแดง (อังคัก) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสารเคมีที่มีประโยชน์ทางการแพทย์ซึ่งผลิตขึ้นจากการใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักโดยเชื้อรา *Monascus* spp. กลุ่มสารออกฤทธิ์ที่พบในข้าวแดง เช่น โมนาโคลิน เค (Monacolin K) ซึ่งมีคุณสมบัติในการลดระดับภาวะไขมันในเลือด (Hyperlipidaemia) ลดภาวะอันตรายต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจ ภาวะ (Gamma Amino Butyric Acid; GABA) เป็นสารที่สามารถช่วยลดระดับความดันในเลือดสูง (Antihypertension) บำบัดอาการซึมเศร้า (Antidepression) และป้องกันการสะสมไขมัน (Li and others. 2011) นอกจากนี้ข้าวแดงยังมีจุดเด่นในด้านของสารสีที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ปัจจุบันได้มีการนำข้าวแดงมาใช้ในการแต่งสีอาหารกันอย่างแพร่หลายในอาหารและเครื่องดื่ม โดยชาวไต้หวันได้มีการนำข้าวแดงมาใช้เป็นส่วนประกอบในการทำเหล้าแดงที่มีชื่อว่า อั้นจู (Anchu) หรือสามซู (Samsu) ที่มีชื่อเสียงมากของไต้หวัน ส่วนชาวญี่ปุ่นนิยมใช้ข้าวแดงทำเหล้าแดงเช่นเดียวกัน ดังนั้นในการทำวิจัยในครั้งนี้จึงได้มุ่งเน้นทำการศึกษากิจกรรมในการผลิตสารสี และการต่อต้านอนุมูลอิสระในข้าวแดงที่จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่ม

ไวน์องุ่นเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์ให้มีภาพลักษณ์ของการเป็นผลิตภัณฑ์ไวน์ที่มีคุณภาพ และมีรูปลักษณะที่เป็นที่พึงพอใจต่อผู้บริโภคต่อไป

1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1 เพื่อศึกษาผลของสายพันธุ์เชื้อรา *M. purpureus* และสายพันธุ์ข้าวพื้นเมืองใน จังหวัดนครสวรรค์ต่อการผลิตสารสี กลุ่มสารฟีนอลิก และกิจกรรมในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ในข้าวแดง

1.2 เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออนของ ผลิตภัณฑ์ไวน์องุ่นผสมข้าวแดง

1.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้บริโภคในด้านสี และกลิ่นต่อผลิตภัณฑ์ไวน์องุ่นผสม ข้าวแดง

วิธีดำเนินการวิจัย

การผลิตข้าวแดง

นำข้าวกล้องเดียว ขาวอากาศ และข้าวห้าวรวงมาทำการล้าง และนำมาแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเทน้ำออกและนำข้าวมาใส่ในหม้อหนึ่งความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ที่งัวให้เย็นแล้ว จึงทำการถ่ายเชื้อ *Monascus purpureus* TISTR 3180 และ 3629 ที่เจริญบนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) ลงไปในข้าวหนึ่งสีก ทำการบ่มไว้ให้เกิดการหมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 วัน นำข้าวแดงที่ได้มาทำการอบที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาบดเป็นผงร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช

การทดสอบหาปริมาณสารสี (Pigment)

เติมสารละลาย 95% เอทานอล ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ลงไปในผงข้าวแดง 2.5 กรัม จากนั้นนำไปปั่นที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองผ่านกระดาษ Whatman No.2 แล้วนำไปค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร (สีเหลือง), 470 นาโนเมตร (สีส้ม) และ 500 นาโนเมตร (สีแดง) นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาทำการคำนวณหาค่ายูนิตของการดูดกลืนแสง (ยูนิตต่อกรัม) ตามสมการด้านล่าง

$$\text{ค่าปริมาณสารสี (ยูนิตต่อกรัม)} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสง} \times \text{ค่าความเจือจาง} \times \text{ปริมาตรสารตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}{\text{ตัวอย่างทั้งหมด (กรัม)}}$$

การวัดค่ากิจกรรมการต่อต้านอนุมูลอิสระในข้าวแดง

1. การหาปริมาณฟีนอลิกในข้าวแดง

เตรียมสารละลาย 10% Folin-Ciocalteu ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วทำการเติมตัวอย่างข้าวแดง (0.1 กรัมต่อมิลลิลิตร) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงไป ทำการบ่มทิ้งไว้ 4 นาที จากนั้นเติม 7.5% Na_2CO_3 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด 1 ชั่วโมงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร (McDonald and others. 2001) ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาทำการหาค่าปริมาณกรดแกลลิกจากสมการเชิงเส้นที่ได้จากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 0.05 ถึง 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2. การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2, 2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl Scavenging Capacity (DPPH)

นำตัวอย่างข้าวแดงมาทำการเตรียมให้มีความเข้มข้นในช่วง 0.32 ถึง 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในสารละลายเมทานอล แยกเอาสารละลายข้าวแดงปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำการเติมสารละลาย 0.04% DPPH ปริมาตร 2.90 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาในที่มืด ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร (Sasidharan and others. 2007) ทำการหาค่ากิจกรรมในการกำจัดอนุมูลอิสระ (% Scavenging Activity) ดังสมการด้านล่างและทำการรายงานผลในรูปแบบของค่า IC_{50} (50% Inhibition Concentration) ในการทดลองใช้สาร BHT (Butylated Hydroxytoluene) เป็นตัวเปรียบเทียบกับประสิทธิผลของข้าวแดง โดยการเตรียมสารละลาย BHT ที่ความเข้มข้น 0.25 ถึง 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

$$\text{ค่ากิจกรรมในการกำจัดอนุมูลอิสระ} = 100 - [(SA - BA) \times 100] \times CA$$

SA = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างข้าวแดง (ข้าวแดง + สารละลาย DPPH)

BA = ค่าการดูดกลืนแสงของ Blank (ข้าวแดง + เมทานอล)

CA = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม (สารละลาย DPPH + เมทานอล)

การวัดค่ากิจกรรมการต่อต้านอนุมูลอิสระในไวน์องุ่นผสมข้าวแดง

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Superoxide Anions Scavenging Activity

เตรียมตัวอย่างไวน์องุ่น และไวน์องุ่นผสมข้าวแดง (10% โดยมวลต่อปริมาตร) 1 มิลลิลิตร เติมน้ำ 312 μM NBT 1 มิลลิลิตร เติมน้ำ 936 μM NADH 2 มิลลิลิตร และเติมน้ำ 120 μM PMS 100 ไมโครลิตร (เตรียมสารทดสอบใน Phosphate Buffer pH 7.4) นำไปบ่มที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปวัดค่า

การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร (Nikishima et al. 1972) จากนั้นนำไปคำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (% Scavenging Activity) ดังสมการด้านบน

การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคในด้านสี และกลิ่นต่อไวน์องุ่นผสมข้าวแดง ทดสอบกับบุคคลทั่วไป โดยใช้วิธี Nine-Point Hedonic Scale ซึ่งมีการให้คะแนนต่ำสุด คือ 1 คะแนน และคะแนนสูงสุด คือ 9 คะแนน โดยพิจารณาในด้านสี กลิ่น และความชอบ โดยรวมมีการให้คะแนนดังนี้ คือ 1 คะแนน = ไม่ชอบมากที่สุด, 2 คะแนน = ไม่ชอบมาก, 3 คะแนน = ไม่ชอบปานกลาง, 4 คะแนน = ไม่ชอบเล็กน้อย, 5 คะแนน = เฉย ๆ, 6 คะแนน = ชอบเล็กน้อย, 7 คะแนน = ชอบปานกลาง, 8 คะแนน = ชอบมาก และ 9 คะแนน = ชอบมากที่สุด โดยการใช้แบบสอบถาม

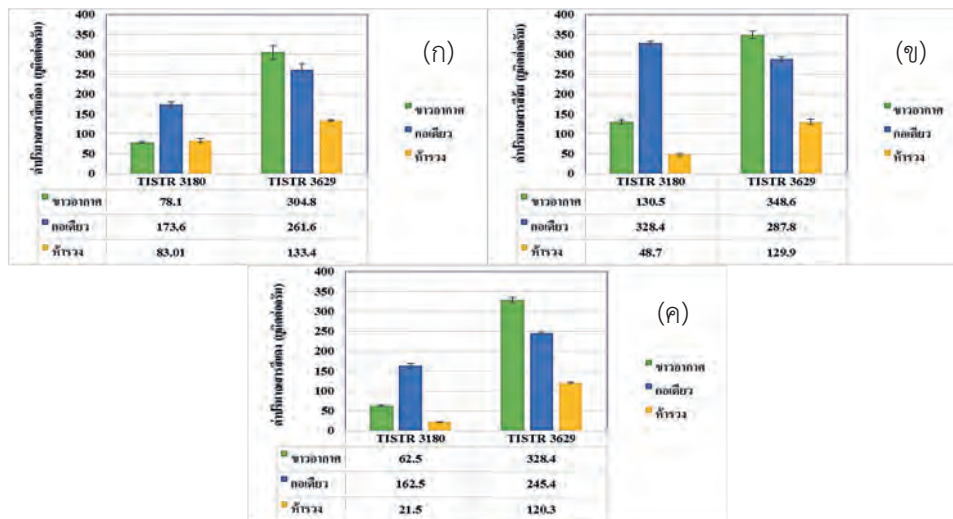
3. วิเคราะห์ค่าทางสถิติ

นำค่าเฉลี่ยของการทดลองมาทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธี Scheffe ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ความสามารถในการผลิตสารสีในข้าวแดง พบว่า ข้าวที่ได้จากการหมัก มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีลักษณะทั่วไปของข้าวแดงที่มีความคล้ายคลึงกันในข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่ผ่านการหมักจากเชื้อรา *M. purpureus* ทั้ง 2 สายพันธุ์ โดยพบว่าบนเมล็ดข้าวจะสามารถตรวจพบการสร้างสารสีแดงผสมสีส้มได้อย่างชัดเจน เมล็ดข้าวมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น แยกออกเป็นเมล็ดเดี่ยว ๆ ไม่จับตัวติดกัน มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เมื่อนำผงข้าวแดงจากข้าว ทั้ง 3 สายพันธุ์ มาทดสอบหาปริมาณสารสีเหลือง สีส้ม และสีแดง พบว่าเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3629 ให้สารสีได้ดีที่สุดจากการหมักโดยใช้สายพันธุ์ข้าวขาวอากาศ โดยให้ค่าสารสีเหลือง สีส้ม และสีแดง ที่ 304.8 ± 17.60 , 348.6 ± 9.40 และ 328.4 ± 6.75 ยูนิต์ต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีการผลิตปริมาณสารสีส้มมากที่สุด ส่วนเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3180 สามารถให้ปริมาณสารสีในสายพันธุ์ข้าวทั้ง 3 ชนิด ที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้ โดยได้รับค่าสารสีเหลือง สีส้ม และสีแดงที่ดีที่สุดจากข้าวกอเดี่ยวที่ 173.6 ± 7.23 , 328.4 ± 4.73 และ 162.5 ± 7.23 ยูนิต์ต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณของสารสีในข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ จากการหมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* ทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าข้าวขาวอากาศที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3629 ให้ปริมาณสารสีทั้ง 3 ช่วงสีในปริมาณสูงสุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) (ภาพประกอบ 1)

ปริมาณกลุ่มสารฟีนอลิกในข้าวแดงที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3180 และ 3629 ในข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกอเดียว ข้าวขาวอากาศ และข้าวห้าวรวง ให้ผลการทดลองดังต่อไปนี้ ข้าวแดงที่ได้จากการหมักโดยใช้เชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3629 ในข้าวขาวอากาศสามารถแสดงค่าปริมาณฟีนอลสูงสุด เท่ากับ 40.68 ± 0.55 มิลลิกรัมกรดแกลลิก ต่อ 100 มิลลิลิตร ส่วนข้าวแดงที่ได้จากการหมักข้าวกอเดียรร่วมกับเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3629 นั้นให้ค่าปริมาณฟีนอลิกต่ำสุด เท่ากับ 7.79 ± 0.28 มิลลิกรัมกรดแกลลิก ต่อ 100 มิลลิลิตร (ตารางที่ 1) ด้านการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในข้าวแดง พบว่าข้าวแดงที่หมักโดยใช้ข้าวขาวอากาศร่วมกับเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3629 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.99 ± 0.18 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 1) ส่วนสารมาตรฐาน BHT แสดงค่า IC_{50} เท่ากับ 0.44 ± 0.02 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



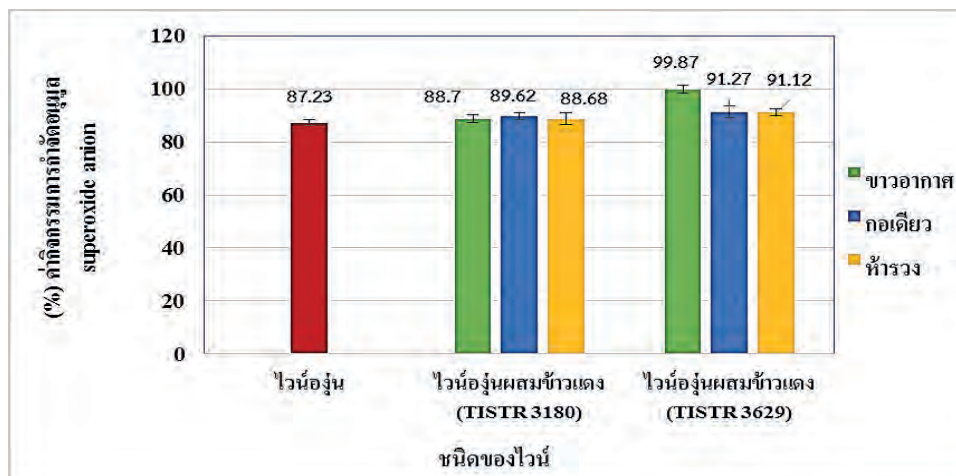
ภาพประกอบ 1 ปริมาณสารสีเหลือง(ก)สีส้ม(ข)และสีแดง(ค)ของข้าวแดงที่ได้จากการหมักข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกอเดียว ข้าวขาวอากาศ และข้าวห้าวรวง โดยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3180 และ 3629

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณสารฟีนอลิกและกิจกรรมในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างข้าวแดง

สายพันธุ์เชื้อรา/ข้าว	ค่าปริมาณสารฟีนอลิก (มก. แกลลิก ต่อ 100 มล.)	ค่ากิจกรรมการกำจัดอนุมูล DPPH [IC ₅₀ (มก. ต่อ มล.)]
TISTR 3180/กอดีียว	14.31±0.18 ^C	67.21±2.10 ^C
TISTR 3180/ขาวอากาศ	12.39±0.37 ^C	53.81±5.38 ^B
TISTR 3180/ห้าวรวง	19.43±0.18 ^C	68.58±5.44 ^C
TISTR 3629/กอดีียว	7.79±0.28 ^D	7.25±0.19 ^A
TISTR 3629/ขาวอากาศ	40.68±0.55 ^A	4.99±0.18 ^A
TISTR 3629/ห้าวรวง	30.64±1.88 ^B	8.83±0.39 ^A

หมายเหตุ : มก. = มิลลิกรัม มล. = มิลลิลิตร

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ Superoxide Anion ของไวน์องุ่นกับไวน์องุ่นผสมข้าวแดงที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3180 และ 3629 จากข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ กอดีียว ขาวอากาศ และห้าวรวง พบว่าไวน์องุ่นที่ผสมข้าวแดงที่หมักจากการใช้ข้าวขาวอากาศโดยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3629 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ Superoxide Anion สูงสุดเท่ากับ 99.87 % และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ต่อไวน์องุ่นผสมข้าวแดงจากข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ผ่านการหมักโดยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3180 รวมถึงไวน์องุ่นที่ไม่ผสมข้าวแดงซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ Superoxide Anion ต่ำที่สุด เท่ากับ 87.23 เปอร์เซ็นต์ (ภาพประกอบ 2)



ภาพประกอบ 2 เปอร์เซนต์ค่ากิจกรรมการต่อต้านอนุมูลอิสระ Superoxide Anion ในไวน์อ่อนที่ไม่ผสมข้าวแดง และไวน์อ่อนที่ผสมข้าวแดงจากข้าวขาวอากาศ ข้าวกอเดียว และข้าวห้าวรวง ที่หมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3180 และ 3629

ผลการทดสอบความพึงพอใจในด้านกลิ่น สี และความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภคต่อตัวอย่างไวน์อ่อนผสมข้าวแดง และไวน์อ่อนไม่ผสมข้าวแดง จำนวน 7 ตัวอย่าง พบว่าผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อกลิ่นของไวน์อ่อนผสมข้าวแดงที่หมักจากข้าวขาวอากาศ โดยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3180 มากที่สุด เท่ากับ 74.7 เปอร์เซนต์ และผู้บริโภคมีความพึงพอใจต่อสีของไวน์อ่อนผสมข้าวแดงที่หมักจากข้าวขาวอากาศโดยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3629 มากที่สุด เท่ากับ 96.9 เปอร์เซนต์ นอกจากนี้ไวน์อ่อนผสมข้าวแดงที่หมักจากข้าวขาวอากาศโดยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3629 นั้นยังได้รับค่าเปอร์เซนต์ความพอใจโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 83.1 เปอร์เซนต์ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าความพึงใจในด้านกลิ่น สี และความพึงพอใจโดยรวมของผู้บริโภคต่อตัวอย่างไวน์

ผลิตภัณฑ์	สายพันธุ์เชื้อรา/ข้าว (ข้าวแดง)	ด้านกลิ่น (ร้อยละ)	ด้านสี (ร้อยละ)	โดยรวม (ร้อยละ)
ไวน์องุ่น	TISTR 3180/กอดีียว	71.1	67.8	69.5
	TISTR 3180/ขาวอากาศ	74.7	75.6	75.2
	TISTR 3180/ห้ำรวง	65.1	71.7	68.4
	TISTR 3629/กอดีียว	67.5	72.9	70.2
	TISTR 3629/ขาวอากาศ	69.3	96.9	83.1
	TISTR 3629/ห้ำรวง	20.4	67.5	44.0
	ไม่ผสมข้าวแดง	68.4	58.8	63.6

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ได้รับการวิเคราะห์แล้วพบว่าข้าวแดงที่ได้จากการหมักข้าวขาวอากาศโดยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3629 สามารถให้ค่าปริมาณสารสีแดง สีส้ม และสีเหลือง สูงกว่าข้าวห้ำรวง และข้าวกอดีียวที่หมักด้วยเชื้อราสายพันธุ์เดียวกัน รวมถึงสูงกว่าข้าวขาวอากาศ ข้าวห้ำรวง และข้าวกอดีียวที่หมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* ต่างสายพันธุ์ ผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการรายงานผลการวิจัยของ Theantana and others (2017) ที่มีการวัดค่าปริมาณสารสีจากข้าวแดง โดยการใช้ข้าวขาวอากาศ ข้าวช่อราตรี และข้าวหอมใบเตยหมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3180 และ 3629 โดยแสดงค่าปริมาณสารสีสูงสุดจากข้าวแดงที่ใช้ข้าวขาวอากาศเป็นวัตถุดิบในการหมักโดยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3629 เช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมของข้าวสายพันธุ์ขาวอากาศต่อการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตสารสีโดยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3629 และเมื่อพิจารณาการผลิตสารสีจากเชื้อรา 2 สายพันธุ์ ในข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่าค่าการผลิตสารสีที่ได้รับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สามารถกล่าวได้ว่าทั้งสายพันธุ์ของเชื้อราและข้าวนั้นต่างมีอิทธิพลต่อการผลิตสารสีในข้าวแดง

ปริมาณสารฟีนอลิกในตัวอย่างข้าวแดงที่ได้รับจากการหมักข้าวขาวอากาศโดยเชื้อรา TISTR 3629 แสดงค่าปริมาณสารฟีนอลิกสูงสุด และกลุ่มตัวอย่างข้าวแดงจากข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่หมักโดยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3629 สามารถแสดงค่ากิจกรรมในการต่อต้านอนุมูลอิสระ DPPH (IC_{50}) ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า 8 ถึง 10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มข้าวสายพันธุ์เดียวกันที่หมักโดยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3180 และเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติในกลุ่มตัวอย่างข้าวแดงที่ได้จากการหมักข้าวโกเดี่ยว ข้าวอากาศ และหำรวง โดยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3629 พบว่าค่ากิจกรรมในการต่อต้านอนุมูลอิสระ DPPH ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แสดงให้เห็นถึงสายพันธุ์ของเชื้อรานั้นมีอิทธิพลต่อการผลิตกลุ่มสารที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสายพันธุ์ข้าว นอกจากนี้พบว่าไวน์องุ่นผสมข้าวแดงทั้งหมดสามารถแสดงค่ากิจกรรมในการกำจัดอนุมูล Superoxide Anion ได้สูงกว่าไวน์องุ่นที่ไม่ผสมข้าวแดง และในระหว่างไวน์องุ่นผสมข้าวแดงทั้ง 2 กลุ่ม ไวน์องุ่นที่ผสมข้าวแดงจากการใช้เชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3629 จะให้ค่ากิจกรรมสูงกว่ากลุ่มข้าวแดงที่หมักโดยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3180 ทั้งนี้กิจกรรมในการต่อต้านอนุมูลอิสระ DPPH และกิจกรรมในการต่อต้านอนุมูล Superoxide Anion นั้นแปรผันตรงกันกับค่าการผลิิตสารสี ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Takeshita and others (2016) ที่มีการรายงานถึงค่ากิจกรรมในการต่อต้านอนุมูลอิสระในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่สูงกว่าจากการเตรียมโคจิด้วยเชื้อรา *M. purpureus* NRBC 5965 เมื่อเปรียบเทียบกับโคจิที่เตรียมด้วยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* โดยเป็นผลจากการผลิตสารสีของ *Monascus* ในโคจินั้นเอง การทดสอบความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ไวน์ที่ไม่ผสมข้าวแดงและไวน์ที่ผสมข้าวแดง พบว่าไวน์ที่ผสมข้าวแดง (ข้าวขาวอากาศ) ได้รับค่าความพึงพอใจโดยรวมมากที่สุด เท่ากับ 83.1 เปอร์เซนต์ ส่วนไวน์ที่ไม่ผสมข้าวแดงมีความพึงพอใจโดยรวม เท่ากับ 63.6 เปอร์เซนต์ ไวน์ที่ผสมข้าวแดง (หำรวง) ได้รับค่าความพึงพอใจโดยรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 44.0 เปอร์เซนต์

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองการผลิตสารสี และกิจกรรมในการต่อต้านอนุมูลอิสระ DPPH และ Superoxide Anion นั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยกลุ่มตัวอย่างข้าวแดงที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3629 ให้ผลการทดลองดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ข้าวที่หมักโดยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3629 พบว่าข้าวขาวอากาศ คือ สายพันธุ์ข้าวที่ให้ค่าการผลิิตสารสี ค่า IC_{50} ในกิจกรรมการกำจัดอนุมูล DPPH ค่ากิจกรรมในการกำจัดอนุมูล Superoxide Anion ได้ดีที่สุด และไวน์องุ่นผสมข้าวแดงจากการหมักข้าวขาวอากาศด้วยเชื้อราสายพันธุ์ TISTR 3629 ยังได้รับความพึงพอใจด้านสีสูงที่สุดจากกลุ่มผู้บริโภค อย่างไรก็ตามพบว่าค่าความพึงพอใจในด้านกลิ่นนั้นอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับตัวอย่างไวน์ทั้งหมด

ที่ใช้ในการทดสอบความพึงพอใจในครั้งนี้จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ว่า หากมีการปรับลดอัตราส่วนของข้าวแดงในไวน์องุ่นอาจส่งผลที่ดีขึ้นต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคในด้านกลิ่นแต่ยังคงต้องรักษาคุณภาพในด้านสีเอาไว้ดังนั้นการปรับเปลี่ยนสายพันธุ์ข้าวให้หลากหลายเพื่อเพิ่มอัตราการผลิตค่าสารสีซึ่งจะทำให้สามารถลดปริมาณของข้าวแดงที่ต้องใช้ในการผสมเติมลงไปไวน์ให้น้อยลงเพื่อไม่ให้กระทบต่อความพึงพอใจด้านกลิ่นของผู้บริโภคกล่าวได้ว่ายังคงต้องคงคุณภาพด้านสีและกลิ่นเอาไว้ นอกจากนี้ยังควรคำนึงถึงค่ากิจกรรมในการต่อต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกันเมื่อต้องลดปริมาณข้าวแดงที่ใช้ในการผสมเติมลงไปไวน์ โดยงานวิจัย Pengnoi and others (2017) ได้รายงานถึงค่าการผลิตสารสีและกิจกรรมในการต่อต้านอนุมูลอิสระในข้าวแดง โดยการใช้ข้าวเหนียวม่วงจำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ ดอนมูเซอ ดอยสะเก็ด นา น่าน พะเยา และ หอม CMU เป็นวัตถุดิบในการหมักร่วมกับเชื้อรา *M. purpureus* CMU002U พบว่าค่าการผลิตสารสีแดงอยู่ในช่วง 200 ถึง 300 ยูนิตต่อกรัม และให้ค่า IC_{50} ในกิจกรรมการต่อต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุดเท่ากับ 0.727 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังนั้นการทําวิจัยในครั้งต่อไปนั้นการเลือกข้าวเหนียวสายพันธุ์ต่างๆ มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตข้าวแดงเพื่อนำมาทดสอบการผลิตสารสีและกิจกรรมในการต่อต้านอนุมูลอิสระจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจและอาจได้รับค่าการผลิตสารสีและกิจกรรมในการต่อต้านอนุมูลอิสระที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการผันแปรสายพันธุ์ของข้าว และเชื้อราให้หลากหลายมากขึ้นเพื่อให้ได้ปริมาณสารสำคัญต่าง ๆ มากยิ่งขึ้น
2. ควรพัฒนาสูตรการทำไวน์ผสมข้าวแดงที่ได้จากหมักข้าวขาวอากาศโดยเชื้อรา *M. purpureus* TISTR 3629 ต่อไป
3. ควรทำการทดสอบหาปริมาณสารพิษชนิดรึนที่มีอยู่ในข้าวแดงเพื่อประเมินความปลอดภัยต่อผู้บริโภคก่อนนำไปทดสอบความพึงพอใจในด้านรสชาติต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การทําวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก ทุนอุดหนุนวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 คณะทีมผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Li, X. M., Shen, X. H., Duan, Z. W. and Guo, S. R. (2011). "Advance on the phamacological effects of red yeast rice," **Chinese Journal of Natural Medicines**. 9 (3) : 161-166.
- McDonald, S., Prenzler, P. D., Antolovich, M. and Robards, K. (2001). "Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts," **Food Chemistry**. 73 (1) : 73-84.
- Nikishima, M., Rao, N. A., Yagi, K. (1972). "The occurance of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine methosulphate and molecular oxygen," **Biochemical and Biophysical Research Communications**. 46 (2) : 849-854.
- Pengnoi, P., Mahawan, R., Khanongnuch, C., Lumyong, L. (2017). "Antioxidant properties and production of Monacolin K, citrinin, and red pigments during solid state fermentation of purple rice (*Oryzae sativa*) varieties by *Monascus purpureus*," **Food Chemistry and Safety**. 35 (1) : 32-39.
- Sasidharan, S., Darah, I., Mohd Jain Noordin, M. K. (2007). "Free radical scavenging activity and total phenolic compounds of *Gracilaria changii*," **International Journal of Natural and Engineering Sciences**. 1 (3): 115-117.
- Theantan, T., Yucharoen, R., Laungpipat, T. and Muadsri, P. (2017). "The production of pigment in solid state fermentation of three local rice in Nakhon Sawan province by *Monascus purpureus* TISTR 3180 and 3629," **Proceedings of the 7th International Conference on Fermentation Technology for Value Added Agricultural Products**. Khon Kaen : Thailand
- Takeshita, R., Saigusa, N. and Teramoto, Y. (2016). "Production and antioxidant activity of alcoholic beverage made from various cereal grains using *Monascus purpureus* NRBC 5965," **Journal of The Institute of Brewing**. 122 : 350-354.