การยับยั้งแบคทีเรียจากสารสกัดข้าวหมากข้าวมีสี

Bacterial Inhibition from Pigmented Rice Khaow-Mak Extracts

เจนจิรา เดชรักษา[1] และดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์[2*]
[1]สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
**ผู้นิพนธ์หลัก E-mail: duangduan@vru.ac.th*

Received: August 21,2021 Revised: September 7,2021 Accepted: September 24,2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้น และประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียจากของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวมะลินิล ข้าวหอมนิล ข้าวหอมนิลจักรพรรดิ์ ข้าวก่ำ ข้าวลืมผัว ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวดำหมอ ข้าวหอมมะลิแดง และข้าวสังข์หยด ที่สกัดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 โดยใช้สารสกัดหยาบทดสอบกับแบคทีเรียทดสอบ ได้แก่ *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Micrococcus luteus, Bacillus subtilis, S. aureus* DMST 8840*, B. cereus* DMST 5040*, E. coli* DMST 4212 และ*Listeria monocytogenes* DMST 17303 ด้วยวิธีการ Paper Disc Diffusion จากผลการทดลองพบว่าสารสกัดข้าวหมากมีปริมาณร้อยละผลผลิตอยู่ในช่วง 16.21-.2087 ของน้ำหนักแห้ง มีค่าความเป็นกรด - เบส อยู่ในช่วง ค่า 06.3 - 63.2สี L* a* และ b* ของสารสกัดข้าวหมากอยู่ในช่วง 60.23 - 28.20, 60.3 - 50.2 และ 24.6 - 27.2 ตามลำดับ และเมื่อทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย พบว่า สารสกัดข้าวหมากข้าวมีสีทุกตัวอย่างสามารถยับยั้งแบคทีเรียทดสอบได้ทุกสายพันธุ์ ซึ่งสารสกัดข้าวหมากจากข้าวลืมผัว มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรีย *B. cereus* DMST 5040 มากที่สุด มีเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส 9.50±2.90 mm โดยความเข้มข้นต่ำสุดที่ 5 mg/ml ของสารสกัดหยาบสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ทุกสายพันธุ์ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใสระหว่าง 6.75±0.15-8.25±1.65 mm และสามารถยับยั้งแบคทีเรีย *M. luteus* มากที่สุด

คำสำคัญ: ข้าวมีสี, ข้าวหมาก, การยับยั้งแบคทีเรีย

Abstract

This research aims to study of basic properties and antibacterial efficiency of Khaow-Mak extracts from pigmented rice, such as Rice Berry rice, Mali Nin rice, Hom Nin rice, Homnin-Jakkapat rice, Khao Kam, Leum Phua rice, Khaoneow Dam, Khaoneow Damhmo, Hommali Dang rice and Sang Yod rice, extracted by using 95% ethanol. The crude extracts were tested for antibacterial on *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Micrococcus luteus, Bacillus subtilis, S. aureus* DMST 8840*, Bacillus cereus* DMST 5040*, E. coli* DMST 4212 and *Listeria monocytogenes* DMST 17303 using Paper Disc Diffusion method. The yield of the Khaow-Mak extract was 16.21-20.87% w/w on dry basis and pH of crude extract was 2.63 - 3.06. L*, a* and b* values of Khaow-Mak extract were 20.28-23.60, 2.50-3.60 and 2.27-6.24, respectively. The result showed that all samples of pigmented rice Khaow-Mak extracts had antibacterial activity against all bacteria tested. The results indicated that the Leum Phua rice Khaow-Mak extract could inhibit *B. cereus* DMST 5040 with the highest inhibition zone at 9.50±2.90 mm. The lowest concentration (5 mg/ml) of crude extracts had antibacterial activity against all bacteria tested with the diameter of clear zone between 6.75±0.15-8.25±1.65 mm and displayed the highest antibacterial activity against *M. luteus*.

Keywords: Pigmented Rice, Khaow-Mak, Bacterial Inhibition

บทนำ

ข้าวมีสี หรือข้าวที่มีรงควัตถุ (Pigmented rice) หมายถึงข้าวที่มีรงควัตถุ หรือสารให้สีที่ทำให้เมล็ดข้าวกล้องมีสีตามธรรมชาติที่แตกต่างกันตามลักษณะทางพันธุกรรม เช่น สีแดง สีม่วงดำ หรือ สีน้ำตาล (Das, Goud, Das, & Products, 2017) โดยรงควัตถุที่ให้สีที่อยู่ในเยื่อหุ้มเมล็ด คือสารสีแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งจะสะสมอยู่ในส่วนผิวเมล็ดบริเวณเปลือกเมล็ดจนถึงเยื่อหุ้มเมล็ดชั้นใน (Tikapunya, Henry and Smyth, 2018) ซึ่งแอนโทไซยานินจัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบฟีนอลกลุ่มโพลิฟีนอลที่สำคัญที่สุดของบรรดาสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Cortez, Luna Vital, Margulis, Gonzalez de Mejia & Safety, 2017) ที่มีคุณสมบัติช่วยลดการอักเสบ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ต่อต้านมะเร็ง และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (He, Giusti, & technology, 2010) ทั้งนี้ปริมาณสารดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ และการขัดสีข้าว (พัชราภรณ์ รัตนธรรม, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น, 2556) มีรายงานพบว่าสารสกัดจากข้าวมีสีสามารถยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* สายพันธุ์ก่อ

โรค (Pumirat & Luplertlop, 2013) เมื่อนำข้าวมีสีมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่เกิดจากภูมิปัญญาพื้นบ้านของไทย โดยอาศัยเชื้อจุลินทรีย์จากลูกแป้งที่มีหัวเชื้อของยีสต์ และรา ในการแปรสภาพข้าวให้มีรสหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นของเอทิลแอลกอฮอล์เล็กน้อย โดยมีการเติมสมุนไพรลงไปในลูกแป้งเพื่อเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการทำให้ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (Manosroi et al., 2011) ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ข้าวแล้ว ข้าวหมากยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (ดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์, 2564) โดยเป็นอาหารโพรไบโอติกช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในร่างกาย กระตุ้นการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ภูมิคุ้มกันมะเร็ง ช่วยระบบทางเดินอาหารให้ทำงานเป็นปกติ และดูดซึมวิตามินดีขึ้น เพิ่มการผลิตเม็ดเลือดแดง และยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค ซึ่งพบว่าเมื่อหมักนานขึ้นสารสำคัญประเภทสารประกอบฟินอลิก ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น (Manosroi, Ruksiriwanich, Kietthanakorn, Manosroi, & Manosroi, 2011; Ghosh et al., 2015) โดยเฉพาะข้าวหมากข้าวมีสีที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวขาว (Wattanuruk et al., 2020; วิไลลักษณ์ กล่อมพงษ์, 2561) มีรายงานพบว่าสารสกัดจากข้าวสามารถยับยั้งการเจริญของ *Bacillus cereus* ที่ก่อโรคได้ (Pumirat & Luplertlop, 2013) โดยแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารเป็นแบคทีเรียกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญที่ทำให้เกิดโรคหลายชนิดโดยเฉพาะโรคอาหารเป็นพิษ

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการสกัดข้าวหมากข้าวมีสีที่มีสายพันธุ์แตกต่างกัน โดยนำสารสารสกัดหยาบที่ได้มาศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของสารสกัดข้าวหมาก และทดสอบการยับยั้งแบคทีเรีย โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร เพื่อเป็นแนวทางในการนำสารสกัดจากพืชธรรมชาติของข้าวหมากข้าวมีสีไปใช้ในการพัฒนาเป็นอาหารสุขภาพ และใช้ประโยชน์ต่องานด้านเภสัชกรรมต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้น และความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างข้าว

ตัวอย่างข้าวในงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงดำ และข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง โดยนำตัวอย่างข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงดำ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ จากจังหวัดสระบุรี ข้าวมะลินิลจากจังหวัดสุรินทร์ ข้าวหอมนิล จากจังหวัดลพบุรี ข้าวหอมนิลจักรพรรดิ์ จากจังหวัดอุบลราชธานี ข้าวก่ำจากจังหวัดเชียงราย ข้าวเหนียวลืมผัว จากจังหวัดตาก ข้าวเหนียวดำ จากจังหวัดบุรีรัมย์ ข้าวเหนียวดำหมอ จากจังหวัดพัทลุง และตัวอย่างข้าวมีสีที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ได้แก่ ข้าวหอมมะลิแดง จาก

จังหวัดสระบุรี และข้าวสังข์หยด จากจังหวัดพัทลุง มาล้างน้ำให้สะอาด แช่ข้าวเป็นเวลา ชั่วโมง 6นำมาหุงจนสุกด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ในอัตราส่วน ข้าว 1 ส่วน ต่อน้ำ 3 ส่วน เมื่อข้าวสุกนำมาผึ่งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมาหมักกับลูกแป้งข้าวหมาก ที่ได้จากงานวิจัยของ ดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์ (2564) ในอัตราส่วนร้อยละ 0.5 ต่อข้าว ใช้เวลาในการหมัก วัน ที่อุณหภูมิห้อง จนได้เป็นข้าวหมาก 5

2. การสกัดข้าวหมาก

นำข้าวหมากที่เตรียมได้ไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมงจนแห้ง และนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดไฟฟ้า จากนั้นนำไปแช่ด้วยเอทานอลร้อยละ 95 นำไปเขย่าที่ 120 รอบ/นาที เป็นเวลา ชั่วโมง จากนั้นจึงนำตัวอย่างไปแยกชั้นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 24 ความเร็วรอบ6000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที กรองแยกส่วนใสด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วจึงนำกากที่เหลือไปสกัดซ้ำโดยวิธีเดิมอีก 1 ครั้ง นำส่วนที่เป็นของเหลวใสที่ได้ทั้ง 2 ครั้ง รวมกัน ทำให้แห้งด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลายภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสจนได้สารสกัดหยาบ (ยศพร พลายโถ, 2559) หลังจากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาคำนวณหาร้อยละของผลผลิต (% yield) (Shyuichiro et al., 2013) จากนั้นเก็บตัวอย่างในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

3. การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้น

3.1 การศึกษาคุณสมบัติความเป็นกรด - เบส

นำสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสีทุกชนิดนำมาละลายด้วยน้ำกลั่น ในอัตราส่วน มิลลิกรัม 10 ต่อมิลลิลิตรวัดค่าความเป็นกรด - เบส ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด - เบส (pH meter)

3.2 การศึกษาคุณสมบัติค่าสี

นำสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี 10 (Chroma meter) ค่าพารามิเตอร์ ที่ทำการพิจารณา คือ ค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง (a*), และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) โดย L* คือ ค่าที่อ่านได้จากมืดสุดไปสว่างสุดตั้งแต่ 0 - 100 โดย 0 คือสีดำ และ 100 คือ สีขาว a* คือ ค่าที่บ่งบอกค่าสีเขียวและสีแดง โดยค่า +a* แสดงความเป็นสีแดง และ -a* แสดงความเป็นสีเขียว และ b* คือ ค่าที่บ่งบอกถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดย +b* แสดงความเป็นสีเหลือง และ -b* แสดงความเป็นสีน้ำเงิน (Yodmanee et al., 2011)

4. การเตรียมเชื้อตั้งต้นเพื่อใช้ในการทดลอง

นำตัวอย่างเชื้อแบคทีเรียจากห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้แก่ *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Micrococcus luteus, Bacillus subtilis* และเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารจากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้แก่ *S. aureus* DMST 8840, *Bacillus cereus* DMST 5040, *E. coli* DMST 4212, *Listeria monocytogenes* DMST 17303 เพาะเลี้ยงลงในหลอดอาหารผิวเอียง Nutrient agar ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อลงไปในหลอดอาหารเหลว Nutrient broth ที่เขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12-24 ชั่วโมง นำไปวัดค่าความขุ่น (Optical Density; OD) โดยใช้เครื่องดูดกลืนแสง

(Spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร ให้ได้ค่าความขุ่นในช่วง 0.08-0.1 (10^8 CFU/ml) (วรางคณา รัตนะ และวัชรี หาญเมืองใจ, 2558)

5. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสีในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทดสอบ ด้วยวิธี Paper Disc diffusion

5.1 นำไม้พันสำลี (cotton swab) ที่ปราศจากเชื้อ นำไปจุ่มลงในตัวอย่างแบคทีเรียที่เตรียมไว้ในอาหารเหลว แล้วนำมา swab ให้ทั่วอาหาร Nutrient agar ทิ้งไว้สักครู่ จากนั้นคีบกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm ที่ผ่านการฆ่าเชื้อวางบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ เตรียมสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสีแต่ละชนิดที่มีความเข้มข้น 5 mg/ml (w/v) ปริมาตร 100 µl หยดลงบนกระดาษกรอง โดยใช้น้ำกลั่นปราศจากเชื้อเป็น negative control จากนั้นนำไปบ่มไว้ในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Sani, Sawei, Ratnam, & Rahman, 2018) ตรวจวัดผลโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง (Inhibition zone) จากนั้นเลือกสารสกัดข้าวหมากที่ให้การยับยั้งดีที่สุด มาทำการทดสอบในขั้นตอนต่อไป

5.2 ศึกษาผลความเข้มข้นของสารสกัดข้าวหมากที่แตกต่างกันต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ โดยเตรียมสารสกัดให้มีความเข้มข้น 0.625, 1.25, 2.5, 5 และ 10 mg/ml (w/v) จากนั้นนำไม้พันสำลีที่ปราศจากเชื้อนำไปจุ่มลงในตัวอย่างแบคทีเรียที่เตรียมไว้ในอาหารเหลว แล้วนำมา swab ให้ทั่วอาหาร Nutrient agar ทิ้งไว้สักครู่ จากนั้นคีบกระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm ที่ผ่านการฆ่าเชื้อวางบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ นำสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสีแต่ละชนิดที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันปริมาตร 100 µl หยดลงบนกระดาษกรอง โดยใช้น้ำกลั่นปราศจากเชื้อเป็น negative control จากนั้นนำไปบ่มไว้ในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจวัดผลโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เพื่อทดสอบความแปรปรวน และแสดงผลการทดลองด้วยค่าเฉลี่ย±ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.D.) เมื่อพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P<0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาร้อยละของผลผลิต และคุณสมบัติเบื้องต้นของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี

จากการศึกษาร้อยละของผลผลิต และคุณสมบัติเบื้องต้นของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี ได้แก่ ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด - เบส และผลการศึกษาค่าสี ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละของผลผลิต ค่าความเป็นกรด - เบส และค่าสีของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี

ตัวอย่างข้าวมีสี	% yield	pH	L*	a*	b*
ข้าวไรซ์เบอร์รี่	19.80±0.65[a]	3.02±0.02	21.39±0.04[b]	3.11±0.02[b]	4.66±0.01[b]
ข้าวมะลินิล	20.22±0.32[a]	2.94±0.01	19.93±0.04[b]	3.25±0.04[b]	2.74±0.02[c]
ข้าวหอมนิล	17.92±0.33[b]	2.85±0.01	19.28±0.11[b]	2.68±0.01[b]	2.35±0.13[c]
ข้าวหอมนิลจักรพรรดิ์	18.32±0.51[b]	2.86±0.02	21.37±0.06[b]	3.64±0.04[b]	4.56±0.01[b]
ข้าวก่ำ	20.20±0.22[a]	2.87±0.02	21.66±0.10[b]	3.08±0.07[b]	3.44±0.06[c]
ข้าวเหนียวลืมผัว	20.87±0.21[a]	2.64±0.01	18.65±0.05[c]	5.99±0.05[a]	1.48±0.01[c]
ข้าวเหนียวดำ	19.63±0.64[a]	2.88±0.02	20.81±0.06[b]	3.52±0.06[b]	3.63±0.03[c]
ข้าวเหนียวดำหมอ	18.88±0.55[b]	2.94±0.01	21.76±0.78[b]	3.63±0.71[b]	2.79±1.12[c]
ข้าวหอมมะลิแดง	16.54±0.52[c]	2.91±0.02	22.62±0.06[a]	3.23±0.08[b]	5.65±0.01[a]
ข้าวสังข์หยด	16.21±0.27[c]	3.05±0.02	23.60±0.04[a]	3.60±0.17[b]	6.24±0.10[a]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากปริมาณร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบข้าวมีสีของข้าวแต่ละสายพันธุ์ พบว่ามีปริมาณร้อยละผลผลิตระหว่าง 16.21-.2087 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งสารสกัดข้าวในกลุ่มข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงดำมีปริมาณร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบมากกว่ากลุ่มข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง อาจเนื่องมาจากมีปริมาณของเปลือกหุ้มเมล็ดที่หนามากกว่า เนื่องจากกระบวนการหมักข้าวหมากเป็นกระบวนการหมักที่เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์โดยธรรมชาติ โดยจุลินทรีย์ดังกล่าวจะสามารถผลิตเอนไซม์ชนิดต่างๆในการช่วยย่อยโครงสร้างทางชีวโมเลกุลของข้าว ทำให้สารสำคัญออกมา ซึ่งบางชนิดสามารถสกัด หรือละลายได้ออกมากับน้ำที่เกิดขึ้นภายหลังการหมัก และบางชนิดสามารถถูกสกัดได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์อย่างเอทานอล อย่างไรก็ตามปริมาณร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบยังขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลายและวิธีการสกัด

ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-เบส ของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสีแต่ละชนิด มีความเป็นกรด เนื่องจากข้าวหมากเกิดจากกระบวนการหมักจากจุลินทรีย์ โดยอาศัยเชื้อจุลินทรีย์จากลูกแป้ง เมื่อเชื้อเจริญบนข้าวราในลูกแป้งจะผลิตเอนไซน์อะไมเลสย่อยแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาล ส่วนยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ นอกจากนั้นในระหว่างกระบวนการหมักข้าวหมากจะมีแบคทีเรียกรดแลคติกเจริญ และใช้น้ำตาลเพื่อเปลี่ยนเป็นกรดทำให้ข้าวหมากมีรสเปรี้ยว และมีค่าความเป็นกรด-เบสที่ต่ำลง (Ghosh et al., 2015; ธนิฏฐา เที่ยงแท้ และคณะ, 2559) นอกจากนั้นพบ Acidic Phenol บางชนิดในรำข้าวที่หุ้มเมล็ดข้าวกล้อง (Manosroi, Ruksiriwanich, Kietthanakorn, Manosroi, & Manosroi, 2011) ส่วนผลการศึกษาค่าสีของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสีแต่ละชนิด จากการประเมินสี พบว่า ค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 18.65±0.05 - 23.60±0.04 โดยค่าความสว่างมากพบในกลุ่มข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสี

แดงได้แก่ ข้าวหอมมะลิแดง (L*=22.62±0.06) และข้าวสังข์หยด (L*=23.60±0.04) มากกว่ากลุ่มข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงดำ โดยค่าความสว่างน้อยที่สุด ได้แก่ ข้าวเหนียวลืมผัว (L*=18.65±0.05) ส่วนค่าสีแดง (a*) ของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี มีค่า (a*) อยู่ในกลุ่มสีแดงทั้งหมด ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี มีค่า (b*) อยู่ในกลุ่มสีเหลืองทั้งหมด ซึ่งค่าสีที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณสารสีแอนโทไซยานินที่สะสมบริเวณเยื่อหุ้มเมล็ด และสายพันธุ์ข้าว ถ้าค่า (L*) และ (b*) ต่ำ แต่ (a*) สูง จะมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง (Yodmanee et al., 2011) ในงานวิจัยของ วาสินี พงษ์ประยูร และ อติกร ปัญญา (2559) ในการศึกษาข้าวกล้องพันธุ์ปราจีนบุรี 1 และปราจีนบุรี 2 ผลการศึกษาพบว่าค่า L* และ b* ต่ำ แต่ a* สูง ทั้ง 2 สายพันธุ์ จะมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูง นอกจากนั้น ในงานวิจัยของ อรุณทิพย์ เหมะธุลิน และคณะ (2555) ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินของข้าวโพดผลการศึกษาพบว่าค่า L* น้อย ค่า a* สูง และค่า b* ต่ำ มีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงในงานวิจัยของ Pramai and Jiamyangyuen (2016) พบว่า ข้าวมีสีที่มีค่า L* น้อยจะเป็นข้าวที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดี

2. ผลของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสีต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียทดสอบ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียจากของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสีแต่ละชนิด ผลการทดลองดังตารางที่ 2 และตาราง 3

ตารางที่ 2 ผลการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบของสารสกัดข้าวหมากที่แตกต่างกัน

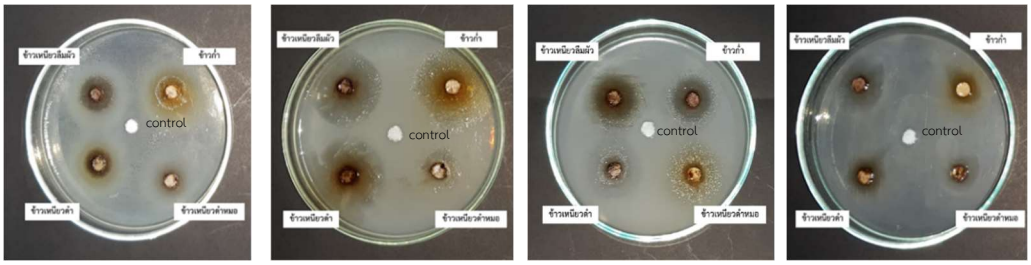
ตัวอย่างข้าวมีสี	**ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส (mm)**			
	S. aureus	*E. coli*	*M. luteus*	*B. subtilis*
ข้าวไรซ์เบอรี่	7.25±0.65	8.90±2.30	8.05±1.45	8.50±1.90
ข้าวมะลินิล	7.35±0.75	8.55±1.95	8.05±1.45	8.50±1.90
ข้าวหอมนิล	7.15±0.55	8.65±2.05	8.05±1.45	8.55±1.95
ข้าวหอมนิลจักรพรรดิ์	7.30±0.70	8.20±1.60	8.15±1.55	8.50±1.90
ข้าวก่ำ	7.20±0.60	8.10±1.50	8.20±1.60	8.70±2.10
ข้าวเหนียวลืมผัว	7.55±0.95	9.20±2.60	8.40±1.80	8.90±2.30
ข้าวเหนียวดำ	7.25±0.65	8.20±1.60	8.20±1.60	8.30±0.70
ข้าวเหนียวดำหมอ	7.25±0.65	7.65±1.05	8.05±1.45	8.20±0.90
ข้าวหอมมะลิแดง	7.35±0.75	8.90±2.30	8.05±1.45	8.70±2.10
ข้าวสังข์หยด	7.25±0.65	8.85±2.25	8.25±1.65	8.30±1.70

ตารางที่ 3 ผลการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคของสารสกัดข้าวหมากที่แตกต่างกัน

ตัวอย่างข้าวมีสี	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใส (mm)			
	S. aureus DMST 8840	*E. coli* DMST 4212	*B. cereus* DMST 5040	*L.monocytogenes* DMST 17303
ข้าวไรซ์เบอรี่	8.55±1.95	8.75±2.15	8.55±1.95	7.60±1.00
ข้าวมะลินิล	8.65±2.05	8.80±2.20	8.55±1.95	8.00±1.40
ข้าวหอมนิล	8.65±2.05	8.70±2.10	8.45±1.85	7.60±1.00
ข้าวหอมนิลจักรพรรดิ์	8.70±2.10	8.85±2.25	8.45±1.85	7.85±1.25
ข้าวก่ำ	8.40±1.80	8.85±2.25	9.25±2.65	7.75±1.35
ข้าวเหนียวลืมผัว	8.75±2.15	9.30±2.70	9.50±2.90	8.60±2.00
ข้าวเหนียวดำ	8.40±1.80	8.85±2.25	8.10±1.50	7.85±1.25
ข้าวเหนียวดำหมอ	8.35±1.75	8.40±1.80	7.85±1.25	7.75±1.15
ข้าวหอมมะลิแดง	8.50±1.90	8.55±1.95	8.90±2.30	7.75±1.15
ข้าวสังข์หยด	8.50±1.90	8.90±2.30	8.35±1.75	7.95±1.35

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียจากสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี ด้วยวิธีการ Paper Disc diffusion พบว่าสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสีทุกตัวอย่าง สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทุกสายพันธุ์ โดยสารสกัดข้าวหมากข้าวไรซ์เบอรี่ยับยั้ง *E. coli* ได้มากที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.90±2.30 mm สารสกัดข้าวหมากข้าวมะลินิลยับยั้ง *E. coli* DMST 4212 ได้มากที่สุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.80±2.20 mm สารสกัดข้าวหมากข้าวหอมนิลยับยั้ง *E.coli* DMST 4212 ได้มากที่สุดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.70±2.10 mm สารสกัดข้าวหมากข้าวหอมนิลจักรพรรดิ์ยับยั้ง *E. coli* DMST 4212 ได้มากที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.85±2.25 mm สารสกัดข้าวหมากข้าวก่ำยับยั้ง *B. cereus* DMST 5040 ได้มากที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 9.25±2.65 mm สารสกัดข้าวหมากข้าวเหนียวดำยับยั้ง *E. coli* DMST 4212 ได้มากที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.85±2.25 mm สารสกัดข้าวหมากข้าวเหนียวดำหมอยับยั้ง *E. coli* DMST 4212 ได้มากที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.40±1.80 mm สารสกัดข้าวหมากข้าวหอมมะลิแดงยับยั้บ *B. cereus* DMST 5040 ได้มากที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.90±2.30 mm สารสกัดข้าวหมากข้าวสังข์หยดยับยั้ง *E. coli* DMST 4212 ได้มากที่สุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.90±2.30 mm และสารสกัดข้าวหมากที่ยับยั้งแบคทีเรียที่มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใสมากที่สุด ได้แก่

สารสกัดข้าวหมากจากข้าวเหนียวลืมผัวยับยั้ง *S. aureus* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 7.55±0.95 mm ยับยั้ง *E. coli* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 9.20±2.60 mm ยับยั้ง *M. luteus* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.40±1.80 mm ยับยั้ง *B. subtilis* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.90±2.30 mm ยับยั้ง *S. aureus* DMST 8840 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.75±2.15 mm ยับยั้ง *E. coli* DMST 4212 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 9.30±2.70 mm ยับยั้ง *B. cereus* DMST มีขนาดเส้นผ่าน 5040 ศูนย์กลางวงใสที่9.50±2.90 mm ยับยั้ง *L. monocytogenes* DMST 17303 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.60±2.00 mm โดยข้าวมีสีเป็นกลุ่มข้าวที่มีรายงานพบว่ามีสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ สารฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน เป็นสารสีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยการทำลายชั้นเมมเบรนทำให้เป็นรู และทำให้เกิดการเสียสภาพของโปรตีนภายในเซลล์ทำให้เกิดการต้านแบคทีเรียได้ (Kabuki et al., 2000) โดยเฉพาะข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงดำประกอบด้วยรงควัตถุแอนโทไซยานินชนิด Cyanidin 3-Glucoside และ Peonidin 3-Glucoside ซึ่งมีงานวิจัยรายงานว่าปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวสีทั้งหมดเพิ่มขึ้นหลังจากเวลาหมัก โดยข้าวหมากข้าวเหนียวลืมผัวมีปริมาณสารสำคัญมากกว่าข้าวมีสีสายพันธุ์อื่น (ดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์, ศศมล ผาสุข และวีระพงษ์ แสง-ชูโต, 2561; Suwannalert & Rattanachitthawat, 2011). นอกจากนั้นในงานวิจัยของ พัชราภรณ์ สมเทศ และคณะ (2558) พบว่าสารสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวเมล็ดสีม่วง 4 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมล้านนา ข้าวหอมนิล ข้าวเหนียวลืมผัว และข้าวไรซ์เบอรี่ สามารถยับยั้งการเจริญของ แบคทีเรียก่อโรค 6 ชนิด ได้แก่ *B. cereus, Enterobacter aerogenes, E. coli, Pseudomonas aeruginosa, Salmonella enteritis* และ*S. aureus* ในงานวิจัยของ Sani, Sawei, Ratnam, & Rahman (2018) พบว่าข้าวมีสีสามารถยับยั้งการเจริญของ *B. cereus* ได้ดีกว่าข้าวขาว ซึ่งการที่สารสกัดข้าวมีสีแต่ละสายพันธุ์มีผลการยับยั้งแบคทีเรียแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากมีปริมาณสารสำคัญแตกต่างกัน โดยจากผลการทดลองพบว่าสารสกัดข้าวหมากข้าวเหนียวลืมผัวให้ผลการยับยั้งแบคทีเรียที่มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณวงใสมากที่สุด จึงนำมาศึกษาในขั้นตอนต่อไป



1 2 3 4

ภาพที่ 1 การเกิดบริเวณใสของสารสกัดข้าวหมากข้าวมีสี ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารด้วยวิธี Paper Disc diffusion technique

หมายเลข 1 หมายถึง *E. coli* DMST 4212

หมายเลข 2 หมายถึง *B. cereus* DMST 5040

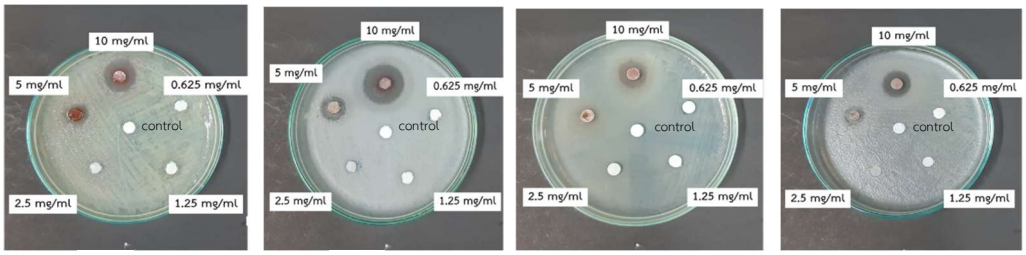
หมายเลข 3 หมายถึง *S. aureus* DMST 8840

หมายเลข 4 หมายถึง *L. monocytogenes* DMST 17303

ตารางที่ 4 ผลการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบของความเข้มข้นของสารสกัดข้าวหมากข้าวเหนียวลืมผัวที่แตกต่างกัน

สายพันธุ์	**ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางวงใส (mm)**				
	0.625 mg/ml	**1.25 mg/ml**	**2.5 mg/ml**	**5 mg/ml**	**10 mg/ml**
Staphylococcus aureus	NA	NA	NA	7.20±0.60[b]	7.70±1.10[b]
Escherichia coli	NA	NA	NA	7.60±1.00[b]	7.65±1.05[b]
Micrococcus luteus	NA	NA	NA	8.25±1.65[a]	8.75±2.15[a]
Bacillus subtilis	NA	NA	NA	7.40±0.80[b]	7.90±1.30[b]
Staphylococcus aureus DMST 8840	NA	NA	NA	6.80±0.20[c]	7.80±1.20[b]
Escherichia coli DMST 4212	NA	NA	NA	6.85±0.25[c]	7.65±7.05[b]
Bacillus cereus DMST 5040	NA	NA	NA	7.00±0.40[b]	7.50±0.90[b]
Listeria monocytogenes DMST 17303	NA	NA	NA	6.75±0.15[c]	7.50±0.90[b]

หมายเหตุ : NA = ไม่เกิดการยับยั้ง, ค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



1 2 3 4

ภาพที่ 2 การเกิดบริเวณใสของสารสกัดข้าวหมากข้าวมีสีที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหารด้วยวิธี Paper Disc diffusion technique
หมายเลข 1 หมายถึง *E. coli* DMST 4212
หมายเลข 2 หมายถึง *B. cereus* DMST 5040
หมายเลข 3 หมายถึง *S. aureus* DMST 8840
หมายเลข 4 หมายถึง *L. monocytogenes* DMST 17303

ผลการทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวเหนียวลืมผัว ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย จากตารางที่ 4 พบว่าแบคทีเรียทุกสายพันธุ์ถูกยับยั้งที่ความเข้มข้นต่ำสุด 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยสารสกัดข้าวหมากจากข้าวเหนียวลืมผัวยับยั้งแบคทีเรีย *S. aureus* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 7.20±0.60 mm ยับยั้ง *E. coli* ความเข้มข้น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 7.60±1.00 mm ยับยั้ง *M. luteus* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 8.25±1.65 mm สามารถยับยั้งเชื้อ *B. subtilis* มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 7.40±0.80 mmยับยั้ง *S. aureus* DMST 8840 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 6.80±0.20 mm ยับยั้ง *E. coli* DMST 4212 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 6.85±0.25 mm ยับยั้ง *B. cereus* DMST 5040 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 7.00±0.40 mm ยับยั้ง *L. monocytogenes* DMST 17303 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงใสที่ 6.75±0.15 mm ซึ่งพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดต่ำลงประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียจะลดลง จากผลการวิจัยที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการนำสารสกัดจากข้าวหมากข้าวมีสีไปใช้เพื่อประโยชน์ต่องานด้านเภสัชกรรมต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากปริมาณร้อยละผลผลิตของสารสกัดหยาบข้าวหมากจากข้าวมีสีของข้าวแต่ละสายพันธุ์ พบว่ามีปริมาณร้อยละผลผลิตระหว่าง 16.21-.2087 ของน้ำหนักแห้ง ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด - เบส ของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสีแต่ละชนิดมีความ เป็นกรด โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.63-3.05 และสารสกัดข้าวหมากจากข้าวเหนียวลืมผัวมีค่าความเป็นกรด - เบสต่ำสุดที่ 63.2จากการประเมินค่าสีของสารสกัดข้าว

หมากจากข้าวมีสีทุกตัวอย่างพบว่าค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 19.65±0.05 - 23.60±0.04 โดยค่าความสว่างมาก คือ ข้าวสังข์หยด (L*= 23.60±0.04) และค่าความสว่างน้อยที่สุด ได้แก่ ข้าวเหนียวลืมผัว (L*= 19.65±0.05) และค่าสีแดง (a*) ของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี มีค่า (a*) อยู่ในกลุ่มสีแดงทั้งหมด ส่วนค่าสีเหลือง (b*) ของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี มีค่า (b*) อยู่ในกลุ่มสีเหลืองทั้งหมด

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียจากของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสีแต่ละชนิด สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ทุกสายพันธุ์ ส่วนผลการทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวเหนียวลืมผัวที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทดสอบได้ทุกสายพันธุ์ คือ 5 mg/ml ส่วนที่ความเข้มข้นที่ 0.625, 1.25 และ 2.5 mg/ml ไม่สามารถยับยั้งแบคทีเรียทดสอบทุกสายพันธุ์

เอกสารอ้างอิง

ดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์, ศศมล ผาสุข และวีระพงษ์ แสง-ชูโต. (2561). สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวหมากจากข้าวมีสี. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีระหว่างสถาบันครั้งที่ 6* (น. 582-588). สมุทรปราการ: มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.

ดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์. (2564). องค์ประกอบทางเคมีของข้าวหมากจากข้าวมีสีพันธุ์พื้นเมืองโดยใช้ลูกแป้งจากแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป. *วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 16*(2), 1-14.

ธนิฏฐา เที่ยงแท้, เจริญ เจริยชัย, สาธิรัตน์ รัตนวงศ์ปาล, อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ และปาลิดา ตั้งอนุรัตน์. (2559). คุณสมบัติด้านโปรไบโอติกของแบคทีเรียทีแยกจากข้าวหมาก. ใน *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชธานีวิชาการ* (น.1613-1620) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี.

พัชราภรณ์ สมเทศ, คมสัน อำนวยสิทธิ์, สุขุมวัฒน์ พีระพันธุ์, และพรรณระพี อำนวยสิทธิ์. (2558). การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคของมนุษย์ด้วยสารสกัดจากข้าวเมล็ดสีม่วง. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53* (น.574-581)มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

พัชราภรณ์ รัตนธรรม, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. (2556). สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ของข้าวกล้องสีงอก. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44*(2) (พิเศษ), 441-444.

ยศพร พลายโถ. (2559). ฤทธิ์การป้องกันภาวะเครียดจากออกซิเดชันในเซลล์ลำไส้มนุษย์ ของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำพันธุ์ลืมผัว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 24*(5) (พิเศษ), 814-830.

วรางคณา รัตนะ และวัชรี หาญเมืองใจ. (2558). ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดข้าว

หมากจากข้าวเหนียวกล้องและข้าวเหนียวกล้องงอก. ใน *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ และนานาชาติครั้งที่ 6* (น. 412-421) มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพฯ.

วาสินี พงษ์ประยูร และอติกร ปัญญา. (2559). *ลักษณะทางสัณฐานวิทยา กายวิภาคศาสตร์และคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ด ข้าวขึ้นและข้าวน้ำลึกในภาคตะวันออกของประเทศไทย* (รายงานผลการวิจัย). พะเยา: มหาวิทยาลัยบูรพา.

วิไลลักษณ์ กล่อมพงษ์. (2561) ผลของข้าวเหนียวดำสายพันธุ์พื้นบ้านจังหวัดพัทลุงฯ. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ.* 21(3) (พิเศษ), 43-50.

อรุณทิพย์ เหมะธุลิน, สกุลกานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแต่ง และสุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. (2555). ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (L*, a* และ b*) กับปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 40(4): 59 – 64.

Sani, N. A., Sawei, J., Ratnam, W., & Rahman, Z. A. (2018). Physical, antioxidant and antibacterial properties of rice (Oryza sativa L.) and glutinous rice (Oryza sativa var. glutinosa) from local cultivators and markets of Peninsular, Malaysia. *International Food Research Journal*, 25(6).

Cortez, R., Luna-Vital, D. A., Margulis, D., & Gonzalez de Mejia, E. (2017). Natural pigments: stabilization methods of anthocyanins for food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 180-198.

Das, A. B., Goud, V. V., & Das, C. (2017). Extraction of phenolic compounds and anthocyanin from black and purple rice bran (Oryza sativa L.) using ultrasound: A comparative analysis and phytochemical profiling. *Industrial Crops and Products*, 95, 332-341.

Ghosh, K., Ray, M., Adak, A., Dey, P., Halder, S. K., Das, A., . . . Pati, B. R. J. F. C. (2015). Microbial, saccharifying and antioxidant properties of an Indian rice based fermented beverage. *Food Chemistry,* 168, 196-202.

He, J., Giusti, M. M. J. A. r. o. f. s., & technology. (2010). Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual Review of Food Science and Technology,* 1, 163-187.

Kabuki, T., Nakajima, H., Arai, M., Ueda, S., Kuwabara, Y., & Dosako, S. i. J. F. c. (2000). Characterization of novel antimicrobial compounds from mango (Mangifera indica L.) kernel seeds. *Food Chemistry,* 71(1), 61-66.

Manosroi, A., Ruksiriwanich, W., Kietthanakorn, B.-o., Manosroi, W., & Manosroi, J. J. F. r. i. (2011). Relationship between biological activities and bioactive compounds in the fermented rice sap. *Food Research International,* 44(9), 2757-2765.

Pramai, P. and Jiamyangyuen, S. (2016). Chemometric classification of pigmented rice varieties based on antioxidative properties in relation to color. *Songklanakarin Journal of Science and Technology,* 38 (5), 463-472.

Pumirat, P. and Luplertlop, N. (2013). The In-vitro antibacterial effect of colored rice crude extracts against *Staphylococcus aureus* associated with skin and soft-tissue infection. *Journal of Agricultural Science*, 5(11): 102-109.

Wattanuruk, D., Phasuk S. Nilsang, P. and Takolpuckdee, P. (2020). Total Phenolics, Flavonoids, Anthocyanins andAntioxidant Activities of Khaow-Mak Extracts from Various Colored Rice. *Journal of Food Health and Bioenvironmental Science*. 13(1), 10-18.

Suwannalert, P., & Rattanachitthawat, S. (2011). High levels of phytophenolics and antioxidant activities in Oryza sativa–unpolished Thai rice strain of Leum Phua. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, *10*(4), 431-436.

Shyuichiro, I., Takahiro, K., Shizuka, M. and Tomoyuki, F. (2013). Composition and Antioxidant Activity of Rice Fermented with Saccharifying Organisms from Asian Countries. *Food Science* and *Technology Research*. 19 (5): 893–899.

Tikapunya, T., Henry, R.J. and Smyth, H. (2018). Evaluating the Sensory Properties of Unpolished Australian Wild Rice. *Food Research International*. 103, 406-414.

Yodmanee, S., Karrila, T.T. and Pakdeechanuan, P. (2011). Physical, chemical and antioxidant activity of pigmented rice grown in Southern Thailand. *International Food Research Journal*. 18(3): 901-906.