

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 การทดสอบหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าว

ข้าวเหนียวขาวสามารถดูดน้ำเข้ามาในเมล็ดข้าวได้น้อยกว่าข้าวเหนียวดำ โดยความชื้นสุดท้ายของการแช่ข้าวเหนียวขาวคือ 37 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นสุดท้ายของการแช่ข้าวเหนียวดำคือ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่ข้าวเหนียวดำต้องใช้ระยะเวลาในการแช่นานกว่าข้าวเหนียวขาว โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าวเหนียวขาวคือ 3 ชั่วโมง ในขณะที่ระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่ข้าวเหนียวดำ คือ 9 ชั่วโมง

5.2 การศึกษาราสาโทแดง *M. purpureus* ที่เหมาะสมในการผลิตสาโทแดง

จากการทดลองผลิตสาโทแดงโดยใช้ข้าวเหนียวขาว 1 สายพันธุ์ และข้าวเหนียวดำ 1 สายพันธุ์ ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* 4 สายพันธุ์ (*M. purpureus* TISTR 3002 3385 3541 และ 3090) และรา *R. oryzae* นำสาโทแดงไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ผลการทดลอง พบว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* มีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล สารแอนด็อกซิแคนท์ และสารประกอบ ฟีนอลิกสูงที่สุด เนื่องจากข้าวเหนียวดำมีปริมาณสารสำคัญดังกล่าว สูงกว่าข้าวเหนียวขาว ประกอบกับรา *R. oryzae* มีประสิทธิภาพในการย่อยข้าวเหนียวดำได้ดีกว่ารา *M. purpureus* ทั้ง 4 สายพันธุ์

ในขณะที่สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ โดยใช้รา *M. purpureus* 4 สายพันธุ์ พบว่า สาโทแดงที่ผลิตโดยใช้ *M. purpureus* TISTR 3002 มีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล และสารแอนด็อกซิแคนท์ สูงเป็นอันดับที่สอง ซึ่งถือได้ว่า *M. purpureus* TISTR 3002 เป็นสายพันธุ์ราแดง ที่มีศักยภาพในการย่อยข้าวเหนียวดำ ทำให้สาโทแดงมีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล และสารแอนด็อกซิแคนท์ในปริมาณมาก

เมื่อพิจารณาปริมาณสาร สีแดง สีส้ม สีเหลืองและ ปริมาณ colour intensity ของสาโทแดง พบว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* ยังคงมีปริมาณสาร สีแดง สีส้ม สีเหลือง และ colour intensity สูงที่สุดเช่นเดียวกัน ในขณะที่สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำโดยใช้รา *M. purpureus* ทั้ง 4 สายพันธุ์ มีปริมาณสารสีและ colour intensity รองลงมาจากการใช้รา *R. oryzae* ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวเหนียวดำทำให้สาโทแดงมีปริมาณสารสีและ colour intensity สูง

จากผลการทดลองดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า ข้าวเหนียวดำเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตเป็นสาโทแดง แต่ต้องคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวเหนียว และสายพันธุ์ราที่เหมาะสมในการผลิตเป็นสาโทแดง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่มีปริมาณสารสำคัญในปริมาณสูง

5.3 การทดสอบประสิทธิภาพการย่อยแป้งของรา 5 สายพันธุ์

การทดลองนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยแป้งของรา *M. purpureus* 4 สายพันธุ์ (*M. purpureus* TISTR 3002 3385 3541 และ 3090) และ รา *R. oryzae* ผลการทดลองพบว่ารา *R. oryzae* สามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้ดีที่สุด และสำหรับราแดง พบว่า *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้ดีที่สุด และ *M. purpureus* TISTR 3002 3090, 3385 และ 3541 สามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้น้อยที่สุด

จากผลการทดลอง ดังกล่าว จึงเลือกใช้รา *R. oryzae* และ *M. purpureus* TISTR 3002 สำหรับผลิตสาโทแดง ในการทดลองต่อไป

5.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบในข้าวเหนียว เพื่อคัดเลือกชนิดที่เหมาะสมในการผลิตสาโทแดง

การทดลองนี้เป็นการทดสอบหาองค์ประกอบที่สำคัญในข้าวเหนียว ข้าวดำจาก 4 แหล่งปลูก (ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. จ.นครราชสีมา จ.เชียงราย และ จ.ร้อยเอ็ด) และข้าวเหนียวขาว 1 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียวขาว กข.6 โดยวิเคราะห์ปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล สารแอนติออกซิแดนท์ สารประกอบฟีนอลิก และสารแอนโทไซยานิน ผลการทดลองพบว่า ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด มีปริมาณสารสำคัญสูงสุด รองลงมาเป็นข้าวเหนียวดำจาก จ. นครราชสีมาและ จ. เชียงราย ในขณะที่ข้าวเหนียวขาวมีปริมาณสารสำคัญเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณต่ำมาก

จากผลการทดลองดังกล่าว จึงเลือกใช้ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด สำหรับการทดลองต่อไป

5.5 การผลิตสาโทแดงโดยใช้ข้าวเหนียวดำและราแดงสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้

จากผลการทดลองที่ 5.3 และ 5.4 สามารถเลือกสายพันธุ์ราที่มีประสิทธิภาพการย่อยแป้ง ได้แก่ รา *R. oryzae* และ *M. purpureus* TISTR 3002 และสายพันธุ์ข้าวเหนียวที่มีปริมาณสารสำคัญสูง ได้แก่ ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด โดยทดลองผลิตสาโทแดง โดยใช้ข้าวเหนียวขาว กข. 6 เป็นชุดทดลองควบคุม ผลการทดลอง พบว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และ ข้าวเหนียวดำจาก จ. ร้อยเอ็ด ร่วมกับรา *R. oryzae* ยังคงทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีปริมาณสารสำคัญ และสารสีสูงสุด รองลงมาเป็นสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด ร่วมกับ รา *M. purpureus* TISTR 3002 ในขณะที่สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาวมีปริมาณสารสำคัญและสารสีต่ำที่สุด

จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่าข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด เป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตเป็นสาโทแดง แต่รา *M. purpureus* TISTR 3002 ยังไม่สามารถย่อยข้าวเหนียวดำได้มากนัก ทำให้ปริมาณสารสำคัญในสาโทแดงที่ผลิตจากรา *M. purpureus* TISTR 3002 มีปริมาณน้อยกว่าสาโทแดงที่ผลิตจากรา *R. oryzae* จึงได้ทำการทดลองต่อไป โดยทำการแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 0:100 55:45 70:30 85:15 และ 100:0 เปรอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยใช้รา 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae*

5.6 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาวในการผลิตสาโทแดง

การทดลองนี้เป็นทดลองแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6 ในอัตราส่วน 0:100 55:45 70:30 85:15 และ 100:0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยใช้รา 2 สายพันธุ์ได้แก่ *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ว่ามีผลต่อปริมาณสารสำคัญในผลิตภัณฑ์สาโทแดงแดง หรือไม่

ผลการทดลอง พบว่า ที่อัตราส่วน 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 ทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล และสารประกอบฟีนอลิก สูงกว่าการใช้รา *R. oryzae* เมื่อใช้อัตราส่วน ระหว่างข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เท่ากัน ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสาโทแดงมีปริมาณใกล้เคียงกันเมื่อ ใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และรา *R. oryzae*

เช่นเดียวกับการใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่ผลิตโดยใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และรา *R. oryzae* มีปริมาณสารสำคัญใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาปริมาณสารสีแดง สีส้ม สีเหลือง และปริมาณ colour intensity ในสาโทแดง พบว่าสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 100:0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับรา *R. oryzae* ยังคงทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีปริมาณสารสีและ colour intensity สูงที่สุด และสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้สาโทแดงที่ผลิตโดยใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และรา *R. oryzae* มีปริมาณสารสีแดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองดังกล่าว สามารถกล่าวได้ว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6 ในอัตราส่วน 100:0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับรา *R. oryzae* ทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีปริมาณสารสำคัญและสารสี สูงที่สุด และสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 55:45 และ 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้สาโทแดงที่ผลิตโดยใช้รา *R. oryzae* และ *M. purpureus* TISTR 3002 มีปริมาณสารสำคัญใกล้เคียงกัน ดังนั้นสาโทแดงที่ผลิตจาก ข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 55:45 และ 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตสาโทแดงร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002

นอกจากนั้น ยังนำตัวอย่างสาโทแดงไปทำการทดสอบ ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคของสาโทแดงด้วย

5.7 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคของสาโทแดง

ทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *B. Cereus* *S. aureus* TISTR 029 *P. aeruginosa* ATCC 27533 *E. coli* TISTR 073 และ *E. aerogenes* TISTR 1540 โดยใช้วิธี agar diffusion assay พบว่า ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทั้ง 5 สายพันธุ์ ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวขาว :ข้าวเหนียวดำ มีผลในการผลิต สารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทั้ง 5 สายพันธุ์ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดอยู่ในช่วง 55:45 และ 70:30 เปอร์เซ็นต์โดย

น้ำหนัก ยกเว้นเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 073 ที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมอยู่ที่ 0:100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังนั้นสาโทแดง ที่ผลิตจากการใช้ข้าวเหนียวดำร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในทางเดินอาหารได้ ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีคุณค่า และมีประโยชน์ต่อร่างกายของผู้บริโภคได้ หลังจากนั้นคัดเลือกตัวอย่างสาโทแดงที่มีปริมาณสารสำคัญและมีคุณสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคเพื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส

5.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างสาโทแดงที่คัดเลือกมาจำนวน 5 ตัวอย่าง และตัวอย่างสาโททางการค้า 1 ตัวอย่าง โดยทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบ ผลการทดลองพบว่า สาโทแดงที่ผลิตได้มีคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงกว่า สาโททางการค้า ทั้งทางด้านกลิ่น รสชาติ และคะแนนความชอบโดยรวม ในขณะที่คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านสี และความใส สาโทแดงที่ผลิตได้ มีคะแนนความชอบใกล้เคียงกับสาโททางการค้า

โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* มีคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น รสชาติ และ คะแนนความชอบโดยรวมสูงเป็นอันดับที่หนึ่ง ซึ่งถือว่าเป็นตัวอย่างสาโทแดงที่ผู้เข้าร่วมทดสอบทางประสาทสัมผัสมีความพึงพอใจมากที่สุด

จากผลการทดลอง สามารถกล่าวได้ว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* ถึงแม้จะไม่ใช่วิธีตัวอย่างสาโทแดงที่มีปริมาณสารสำคัญ และปริมาณสารสีสูงที่สุด เป็นตัวอย่างสาโทแดงที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสมีความพึงพอใจสูงที่สุด

5.9 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการผลิตสาโทแดงจากข้าวเหนียวดำ ร่วมกับการใช้ราแดง *M. purpureus* เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่มีปริมาณสารสำคัญที่มีประโยชน์กับผู้บริโภคในปริมาณสูง ซึ่งผลจากการทดลองพบว่า การใช้ราแดง *M. purpureus* ในการย่อยข้าวเหนียวดำจะไม่มีประสิทธิภาพเท่ากับการใช้รา *R. oryzae* ดังนั้นจึงควรศึกษา และหาแนวทางในการเตรียมวัตถุดิบ (ข้าวเหนียวดำ) เพื่อให้วัตถุดิบอยู่ในสภาพที่เหมาะสม พร้อมทั้งจะเอื้อให้ราแดง *M. purpureus* สามารถย่อยข้าวเหนียวดำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้ข้าวหักเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตสาโท อาจช่วยทำให้ราแดง *M. Purpureus* ย่อยข้าวเหนียวดำได้ดีขึ้น ร่วมกับการหาหรือปรับปรุง *M. purpureus* สายพันธุ์ที่มีความแข็งแรง ทนทาน สามารถใช้ย่อยเมล็ดข้าวเหนียวดำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนควบคุมสภาวะในการหมักให้เหมาะสม เช่น ความชื้นเริ่มต้น มีผลต่อกระบวนการหมักอย่างยิ่ง ดังนั้นจึงควรตรวจสอบความชื้นเริ่มต้นให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในกระบวนการหมัก เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่มีทั้งประโยชน์ต่อผู้บริโภค และมีลักษณะทางกายภาพ และรสชาติที่ถูกต้อง ผู้บริโภคด้วย