

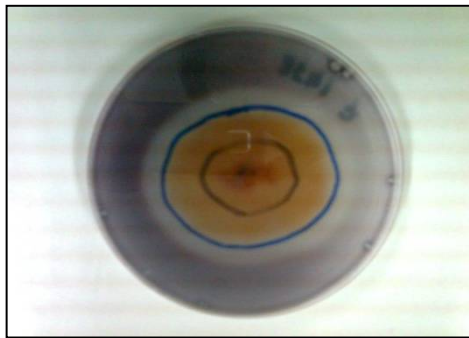
## บทที่ 4

### ผลการวิจัย และอภิปรายผล

#### 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการย่อยแป้งของรา 5 สายพันธุ์

เมื่อทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสที่เกิดขึ้นบนอาหาร glutinous rice starch agar พบว่ารา *R. oryzae* สามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้มากที่สุด โดยสามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสได้ 8.53 เซนติเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 2 วัน

ในขณะที่ราสายพันธุ์ *M. purpureus* TISTR 3002 3541 3385 และ 3090 สามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้ใกล้เคียงกัน ตัวอย่างดังแสดงในภาพที่ 4.1 โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสที่เกิดขึ้นบนอาหาร glutinous rice starch agar ได้  $5.50 \pm 0.14$   $5.35 \pm 0.35$   $5.43 \pm 0.04$  และ  $5.25 \pm 0.21$  เซนติเมตรตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงตัวอย่างบริเวณโซนใสที่เกิดจากการย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ของรา *M. purpureus*

ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสบน glutinous rice starch agar ของ *M. purpureus* TISTR 3002 3385 3541 3090 และ *R.oryzae*

รา	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโซนใส (cm.)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (cm.)	อัตราส่วนโซนใส/โคโลนี (cm.)	เวลา (วัน)
<i>M. purpureus</i> TISTR 3002	$5.50 \pm 0.14$	$4.1 \pm 0.04$	$1.33 \pm 0.02$	7
<i>M. purpureus</i> TISTR 3385	$5.35 \pm 0.35$	$4.1 \pm 0.01$	$1.29 \pm 0.08$	7
<i>M. purpureus</i> TISTR 3541	$5.43 \pm 0.04$	$4.3 \pm 0.08$	$1.26 \pm 0.03$	7
<i>M. purpureus</i> TISTR 3090	$5.25 \pm 0.21$	$4.1 \pm 0.04$	$1.29 \pm 0.06$	7
<i>R. oryzae</i>	-	$8.53 \pm 0.11$	-	2

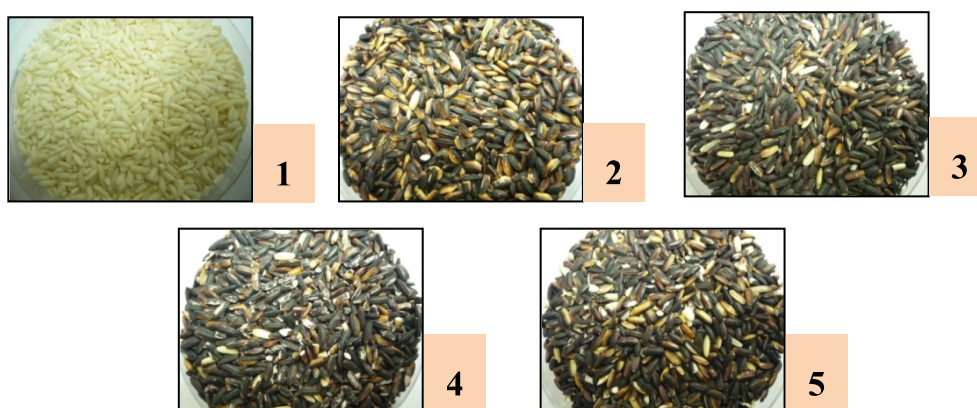
หมายเหตุ ; ไม่สามารถระบุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโซนใสของ *R. oryzae* ได้ เนื่องจากเราสามารถเจริญได้ดีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ glutinous rice starch agar เส้นใยของเชื้อราจึงเจริญเต็มผิวหน้าจานอาหารเลี้ยงเชื้อ

จากตารางที่ 4.1 สรุปได้ว่ารา *R. oryzae* สามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้ดีที่สุด ในขณะที่ *M. purpureus* TISTR 3002 3541 3385 และ 3090 และสามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ [Dung et al. \(2006\)](#) ซึ่งทำการคัดแยกจากลูกแป้ง 6 ชนิด จากประเทศเวียดนาม (6 Vietnamese traditional rice wine fermentation starters) ได้รา 53 ไอโซเลท แล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพการย่อยแป้งของราทั้ง 53 ไอโซเลท พบว่าสามารถจำแนกราทั้ง 53 ไอโซเลทออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 สามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้ดีที่สุดคือสามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสได้ 7.1-9.0 เซนติเมตร (8 ไอโซเลท) กลุ่มที่ 2 สามารถย่อยแป้งได้รองลงมาโดยสามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสได้ 5.0-6.3 เซนติเมตร (21 ไอโซเลท) และกลุ่มที่ 3 สามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้ต่ำที่สุดโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสได้ประมาณ 2.1-4.7 เซนติเมตร (24 ไอโซเลท)

โดยรา *R. oryzae* สามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้เทียบเท่ากับกลุ่มที่ 1 ในขณะที่ *M. purpureus* TISTR 3002 3541 3385 และ 3090 สามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้เทียบเท่ากับกลุ่มที่ 2 แต่ใช้ระยะเวลามากกว่า ผลการทดลองสรุปได้ว่า *R. oryzae* สามารถย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้ดีที่สุด ในขณะที่ *M. purpureus* ทั้ง 4 สายพันธุ์ ย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยที่ *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถย่อยแป้งได้ดีรองลงมาจากรา *R. oryzae* จึงเลือกรา *M. purpureus* TISTR 3002 ในการทดลองขั้นต่อไปโดยเปรียบเทียบกับการใช้รา *R. oryzae*

#### 4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบในข้าวเหนียว เพื่อคัดเลือกชนิดที่เหมาะสมในการผลิตสาโทแดง

เนื่องจากข้าวเหนียวดำมีผลต่อปริมาณสารสำคัญในผลิตภัณฑ์สาโทแดง การทดลองนี้จึงทดสอบหาองค์ประกอบที่สำคัญในข้าวเหนียวขาว 1 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียวขาว กข.6 และข้าวเหนียวดำที่ได้จากแหล่งต่างๆ จำนวน 4 แหล่ง ได้แก่ ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. ข้าวเหนียวดำจาก จ. นครราชสีมา จ. เชียงราย และ จ. ร้อยเอ็ด โดยลักษณะของเมล็ดข้าวเหนียวแต่ละชนิดแสดงในรูปที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 ภาพแสดงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข.6 (1) และเมล็ดข้าวเหนียวดำจาก 4 แหล่งปลูก ได้แก่ ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. (2) ข้าวเหนียวดำจาก จ.นครราชสีมา (3) ข้าวเหนียวดำจาก จ. เชียงราย (4) และข้าวเหนียวดำจาก จ. ร้อยเอ็ด (5)

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอล สารแอนติออกซิแดนซ์ สารประกอบฟีนอลิก และ สารแอนโทไซยานิน ในข้าวเหนียวจาก 5 แหล่งปลูก

ข้าวเหนียว	แกมมาไฮโรซานอล µg/ml	แอนติออกซิแดนซ์ mg/ml	สารประกอบฟีนอลิก mg/ml	แอนโทไซยานิน mg/l
ข้าวเหนียวขาว กข.6	10.93±0.12 <sup>4</sup>	10.04±0.35 <sup>4</sup>	3.30±2.22 <sup>5</sup>	1.78±1.59 <sup>4</sup>
ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข.	27.44±2.92 <sup>1</sup>	61.94±3.46 <sup>1</sup>	420.18±4.80 <sup>1</sup>	72.22±2.80 <sup>1</sup>
ข้าวเหนียวดำจาก จ.นครราชสีมา	18.55±1.12 <sup>3</sup>	54.83±4.02 <sup>2</sup>	318.37±5.79 <sup>3</sup>	31.09±1.58 <sup>2</sup>
ข้าวเหนียวดำจาก จ.เชียงราย	18.90±1.04 <sup>3</sup>	51.12±0.51 <sup>3</sup>	291.03±5.45 <sup>4</sup>	26.60±1.60 <sup>3</sup>
ข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด	22.65±0.28 <sup>2</sup>	57.29±0.95 <sup>2</sup>	355.69±4.93 <sup>2</sup>	74.14±4.02 <sup>1</sup>

หมายเหตุ : ตัวเลขยกกำลัง หมายถึง ระดับของปริมาณสารสำคัญ เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเลขยกกำลังหนึ่ง มีปริมาณสารสำคัญสูงที่สุด

จากตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอล แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก สารแอนติออกซิแดนซ์ และทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองสรุปดังนี้

พบว่าข้าวเหนียวดำมีปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอลสูงกว่าข้าวเหนียวขาว โดยที่ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. มีปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอล สูงที่สุด โดยมีปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอล 27.44±2.92 µg/ml รองลงมา คือข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด มีปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอล 22.65±0.28 µg/ml ในขณะที่ข้าวเหนียวขาวมีปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอลต่ำที่สุด โดยมีปริมาณสารแกมมาไฮโรซานอลเพียง 10.93±0.12 µg/ml

เมื่อพิจารณาปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ พบว่า ข้าวเหนียวดำมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์สูงกว่าข้าวเหนียวขาว โดยที่ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. มีสารแอนติออกซิแดนซ์สูงที่สุด โดยมีสารแอนติออกซิแดนซ์ 61.94±3.46 µg/ml รองลงมาคือข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด และข้าวเหนียวดำจาก จ.นครราชสีมา มีสารแอนติออกซิแดนซ์ 57.29±0.95 และ 54.83±4.02 µg/ml ในขณะที่ข้าวเหนียวขาวมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์เพียง 10.04 µg/ml เท่านั้น

เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า ข้าวเหนียวดำมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าข้าวเหนียวขาว โดยข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. มีสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด โดยมีสารประกอบฟีนอลิก 420.18±4.80 µg/ml รองลงมาคือข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด มีสารประกอบฟีนอลิก 355.69±4.93 µg/ml ในขณะที่ข้าวเหนียวขาวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเพียง 3.30±2.22 µg/ml เท่านั้น

เมื่อพิจารณาปริมาณสารแอนโทไซยานิน ก็พบว่า ข้าวเหนียวดำมีปริมาณสารแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าวเหนียวขาวเช่นกัน โดยข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด มีปริมาณสารแอนโทไซยานินมากที่สุด โดยมีสารแอนโทไซยานิน 72.22±2.80 และ 74.14±4.02 mg/l รองลงมาคือข้าวเหนียวดำ

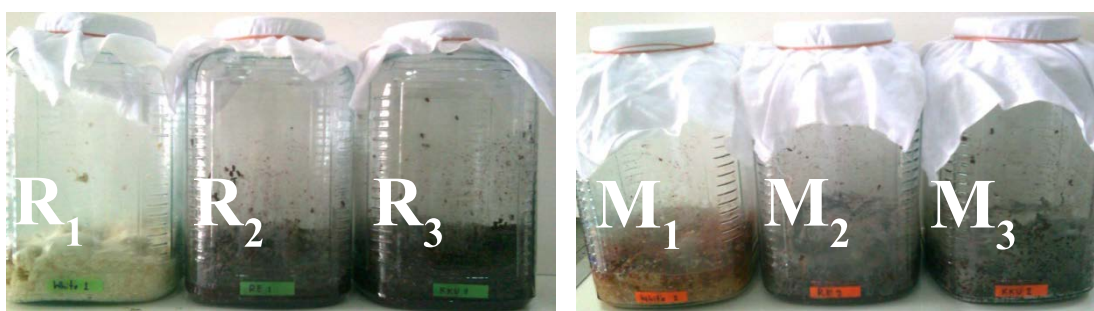
จาก จ.นครราชสีมา มีสารแอนโทไซยานิน  $31.09 \pm 1.58$  mg/l และข้าวเหนียวขาวมีปริมาณสารแอนโทไซยานินต่ำที่สุด โดยมีปริมาณสารแอนโทไซยานินเพียง  $1.78 \pm 1.59$  mg/l

จากการทดลอง วิเคราะห์องค์ประกอบในข้าวเหนียวขาว 1 สายพันธุ์ และข้าวเหนียวดำ 4 สายพันธุ์ เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมในการผลิตสาโทแดง พบว่า ข้าวเหนียวดำมีปริมาณสารสำคัญทั้ง สารแกมมาโอไรซานอล สารแอนติออกซิแดนซ์ สารประกอบฟีนอลิก และสารแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าวเหนียวขาว โดยข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด มีปริมาณสารสำคัญสูง ทั้งสารแกมมาโอไรซานอล สารแอนติออกซิแดนซ์ สารประกอบฟีนอลิก และสารแอนโทไซยานิน รองลงมาคือข้าวเหนียวดำจาก จ. นครราชสีมา และ ข้าวเหนียวดำจาก จ. เชียงราย จากการทดลองนี้ ได้เลือกสายพันธุ์ข้าวเหนียวที่เหมาะสมที่สุด 2 สายพันธุ์คือข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด ไปทำการทดลองผลิตสาโทแดงแดงต่อไป

#### 4.3 การผลิตสาโทแดงโดยใช้ข้าวเหนียวดำและราแดงสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้

จากผลการทดลองที่ 4.1 และ 4.2 สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ราที่มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งได้ดีที่สุด ได้แก่ *R. oryzae* สำหรับราแดงพบว่า *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถย่อยแป้งได้ดีที่สุด และสายพันธุ์ข้าวเหนียวที่มีสารสำคัญสูงที่สุดสองอันดับแรก ได้แก่ ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และ ข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด นำมาทดลองโดยใช้การทดลองการผลิตสาโทจากข้าวเหนียวขาว เป็นชุดควบคุม และใช้ยีสต์ 1 สายพันธุ์คือ *S. bayanus* EC1118 ในกระบวนการผลิต

ขั้นตอนการย่อยข้าวเหนียว 3 ชนิด (ข้าวเหนียวขาว กข.6 ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด) โดยใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* เมื่อวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ("Brix) ของน้ำด้อย ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะของข้าวเหนียวเมื่อถูกย่อยด้วยรา *R. oryzae* และ *M. purpureus* TISTR 3002 โดย R<sub>1</sub> R<sub>2</sub> และ R<sub>3</sub> คือข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข.6 ข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด และข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. ที่ถูกย่อยด้วยรา *R. oryzae* ตามลำดับและ M<sub>1</sub> M<sub>2</sub> และ M<sub>3</sub> คือข้าวเหนียวขาว กข.6 ข้าวเหนียวดำ จาก จ.ร้อยเอ็ด และข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. ที่ถูกย่อยด้วยรา *M. purpureus* TISTR 3002 ตามลำดับ

จากภาพที่ 4.3 พบว่า เมื่อเลี้ยงรา *R. oryzae* บนข้าวเหนียวขาว จะเห็นเส้นใยสีขาว และสปอร์สีดำเจริญคลุมเต็มเมล็ดข้าว และมีปริมาณน้ำค้อยมากที่สุด ในขณะที่การเลี้ยงรา *R. oryzae* บนข้าวเหนียวดำจะมองเห็นเพียงเส้นใยสีขาวเจริญเจริญบนเมล็ดข้าวนั้น และสังเกตเห็นน้ำค้อยใ้มออกมา

ในขณะที่การเลี้ยงรา *M. purpureus* TISTR 3002 บนเมล็ดข้าวเหนียวขาว พบว่า ที่บริเวณผิวหน้า เมล็ดข้าวเหนียวขาวเปลี่ยนเป็นสีส้ม และสีแดง และมีน้ำค้อยใ้มออกมาเล็กน้อย และการเลี้ยงรา *M. purpureus* TISTR 3002 บนเมล็ดข้าวเหนียวดำ พบว่ามีเพียงเส้นใยสีขาวเจริญบนเมล็ดข้าวนั้น และน้ำค้อยมีปริมาณน้อยมาก ทำการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำค้อย ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำค้อย ที่ผลิตได้จากข้าวเหนียวขาวและข้าวเหนียวดำ โดยใช้รา 2 สายพันธุ์ได้แก่ *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae*

ข้าวเหนียว	รา	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	
		<i>M. purpureus</i> TISTR 3002	<i>R. oryzae</i>
ข้าวเหนียวขาว กข.6		31.50±0.14 <sup>2</sup>	35.80±0.81 <sup>1</sup>
ข้าวเหนียวดำจาก คณะเกษตรศาสตร์ มข.		25.60±0.16 <sup>5</sup>	30.43±0.30 <sup>3</sup>
ข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด		28.40±0.16 <sup>4</sup>	30.15±0.19 <sup>3</sup>

หมายเหตุ : ตัวเลขยกกำลัง หมายถึง ระดับของปริมาณสารสำคัญ เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเลขยกกำลังหนึ่ง มีปริมาณสารสำคัญสูงที่สุด

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ทั้งรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* สามารถย่อยข้าวเหนียวขาวได้ดีกว่าข้าวเหนียวดำ โดย *R. oryzae* สามารถย่อยข้าวเหนียวขาวแล้วทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุด คือ 35.80±0.81 °Brix และ *M. purpureus* TISTR 3002 ย่อยข้าวเหนียวขาวแล้วมีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 31.50±0.14 °Brix ซึ่งมากเป็นอันดับสอง

ในส่วนการย่อยข้าวเหนียวดำ *R. oryzae* สามารถย่อยข้าวเหนียวดำได้ดีกว่า *M. purpureus* TISTR 3002 โดย *R. oryzae* ย่อยข้าวเหนียวดำจาก คณะเกษตรศาสตร์ มข. และ จ.ร้อยเอ็ด ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 30.43±0.30 และ 30.15±0.19 °Brix ตามลำดับ ซึ่งมากเป็นอันดับสาม

และ *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถย่อยข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด และข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพียง 28.40±0.16 และ 25.60±0.16 °Brix ตามลำดับ ซึ่งเป็นอันดับที่สี่และห้าตามลำดับ

เมื่อกระบวนการหมักสิ้นสุดลง ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและลักษณะสีในผลิตภัณฑ์สาโทแดง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล สารแอนติออกซิแดนซ์ และสารประกอบฟีนอลิก ในสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ ร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae*

สาโทแดง		แกมมาโอไรซานอล µg/ml	แอนติออกซิแดนซ์ mg/l	สารประกอบฟีนอลิก mg/l
ข้าวเหนียวขาว	<i>M. purpureus</i> TISTR 3002	202.66±3.26 <sup>6</sup>	27.38±2.83 <sup>6</sup>	353.37±5.20 <sup>5</sup>
	<i>R. oryzae</i>	293.93±9.57 <sup>5</sup>	17.225±1.75 <sup>5</sup>	370.54±8.59 <sup>4</sup>
ข้าวเหนียวดำ คณะเกษตรศาสตร์	<i>M. purpureus</i> TISTR 3002	437.73±6.44 <sup>3</sup>	34.30±10.25 <sup>4</sup>	415.87±4.34 <sup>3</sup>
	<i>R. oryzae</i>	540.00±9.62 <sup>1</sup>	55.00±0.44 <sup>1</sup>	463.30±7.57 <sup>2</sup>
ข้าวเหนียวดำ จ. ร้อยเอ็ด	<i>M. purpureus</i> TISTR 3002	314.64±9.06 <sup>4</sup>	37.26±0.54 <sup>3</sup>	422.99±9.19 <sup>3</sup>
	<i>R. oryzae</i>	460.68±6.14 <sup>2</sup>	52.50±0.51 <sup>2</sup>	499.51±1.59 <sup>1</sup>

หมายเหตุ : ตัวเลขยกกำลัง หมายถึง ระดับของปริมาณสารสำคัญ เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเลขยกกำลังหนึ่ง มีปริมาณสารสำคัญสูงที่สุด

จากตารางที่ 4.4 การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี ของสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ ร่วมกับราสายพันธุ์ *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* โดยทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่าสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจาก คณะเกษตรศาสตร์ มข. และ จ.ร้อยเอ็ด มีปริมาณแกมมาโอไรซานอล มากกว่าสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว และ สาโทแดงที่ผลิตจาก *R. oryzae* มีปริมาณแกมมาโอไรซานอล มากกว่าสาโทแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* TISTR 3002 ทั้งนี้ เนื่องจาก ข้าวเหนียวดำมีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล มากกว่าข้าวเหนียวขาว ประกอบกับ *R. oryzae* สามารถย่อยข้าวเหนียวได้ดีกว่า *M. purpureus* ทำให้สามารถสกัดเอาสารแกมมาโอไรซานอล จากเมล็ดข้าวออกมาได้ดีกว่า

เมื่อพิจารณาปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ในผลิตภัณฑ์สาโทแดง สรุปได้ว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และ จ.ร้อยเอ็ดมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์สูงกว่าสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว ทั้งนี้เพราะข้าวเหนียวดำมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์มากกว่าข้าวเหนียวขาว และรา *R. oryzae* สามารถย่อยข้าวเหนียวได้ดี ทำให้สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำร่วมกับรา *R. oryzae* มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์สูง ในขณะที่สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ต่ำที่สุด

เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ จ.ร้อยเอ็ด ร่วมกับราสายพันธุ์ *R. oryzae* มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 499.51±1.59 mg/l รองลงมา คือ สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. ร่วมกับราสายพันธุ์ *R. oryzae* มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 463.30±7.57 mg/l สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาวร่วมกับราสายพันธุ์ *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยที่สุดคือ 353.37±5.20 และ 370.54±8.59 mg/l ตามลำดับ

จากผลการทดลอง พบว่า ชนิดของข้าวเหนียวและสายพันธุ์ราที่ใช้ในกระบวนการผลิตสาโทแดงมีผลต่อปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล สารแอนติออกซิแดนซ์ และสารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์สาโทแดง โดยสาโทแดงที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด มีปริมาณสารสำคัญมากกว่าสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว กข.6 และสาโทแดงที่ผลิตโดยใช้รา *R. oryzae* มีปริมาณสารสำคัญมากกว่า *M. purpureus* TISTR 3002 ทั้งนี้เนื่องจากข้าวเหนียวดำมีสารสำคัญเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าข้าวเหนียวขาว และประสิทธิภาพการย่อยแป้งของรา *R. oryzae* สามารถย่อยแป้งได้ดีกว่า *M. purpureus* TISTR 3002

ปริมาณเอทานอลในตัวอย่างสาโทแดงที่ผลิตได้มีปริมาณอยู่ในช่วง 10-13 % V/V ส่วนปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อิสระ (Free SO<sub>2</sub>) มีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมด (Total SO<sub>2</sub>) ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ตรงตามเกณฑ์สุราแห่งชาติของกรมสรรพสามิต และคุณลักษณะทางเคมีของสาโทแดงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช. 3/2546 ที่กำหนดให้มีปริมาณซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ทั้งหมดในสาโทแดงได้ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลิตรเพื่อไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค

การผลิตสาโทแดงโดยใช้ข้าวเหนียวดำและราแดงสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ (ตารางที่ 4.4) พบว่า ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ (ข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด) และราสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ (ราแดง *M. purpureus* TISTR 3002 และรา *R. oryzae*) มีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล สารแอนติออกซิแดนซ์ และสารประกอบฟีนอลิกสูงใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณ สารสีแดง สีส้ม สีเหลือง และ Colour intensity ในสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ ร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae*

ตัวอย่างสาโทแดง		ปริมาณสารสี (unit)			Colour intensity OD <sub>520</sub> + OD <sub>620</sub> + OD <sub>720</sub>
		สีแดง OD <sub>500</sub>	สีส้ม OD <sub>470</sub>	สีเหลือง OD <sub>400</sub>	
ข้าวเหนียวขาว	<i>M. purpureus</i> TISTR 3002	0.025±0.003 <sup>3</sup>	0.042±0.003 <sup>4</sup>	0.145±0.006 <sup>4</sup>	0.104±0.006 <sup>4</sup>
	<i>R. oryzae</i>	0.027±0.002 <sup>3</sup>	0.041±0.003 <sup>4</sup>	0.129±0.002 <sup>4</sup>	0.100±0.004 <sup>4</sup>
ข้าวเหนียวดำ คณะเกษตรศาสตร์	<i>M. purpureus</i> TISTR 3002	0.125±0.001 <sup>2</sup>	0.149±0.013 <sup>3</sup>	0.321±0.018 <sup>3</sup>	0.337±0.006 <sup>3</sup>
	<i>R. oryzae</i>	0.226±0.015 <sup>1</sup>	0.325±0.020 <sup>1</sup>	0.926±0.049 <sup>1</sup>	0.861±0.051 <sup>1</sup>
ข้าวเหนียวดำ จ.ร้อยเอ็ด	<i>M. purpureus</i> TISTR 3002	0.124±0.002 <sup>2</sup>	0.143±0.003 <sup>3</sup>	0.319±0.006 <sup>3</sup>	0.341±0.007 <sup>3</sup>
	<i>R. oryzae</i>	0.126±0.009 <sup>2</sup>	0.164±0.005 <sup>2</sup>	0.441±0.013 <sup>2</sup>	0.410±0.010 <sup>2</sup>

หมายเหตุ : ตัวเลขยกกำลัง หมายถึง ระดับของปริมาณสารสำคัญ เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเลขยกกำลังหนึ่ง มีปริมาณสารสำคัญสูงที่สุด

จากตารางที่ 4.5 พบว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ คณะเกษตรศาสตร์ มข. ร่วมกับรา *R. oryzae* มีปริมาณสารสีแดง สีส้ม สีเหลือง และ colour intensity สูงที่สุด โดยมีปริมาณสารสีแดง สีส้ม สีเหลือง และ colour intensity เท่ากับ  $0.226 \pm 0.015$   $0.325 \pm 0.020$   $0.926 \pm 0.049$  และ  $0.861 \pm 0.051$  unit ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจาก จ. ร้อยเอ็ด ร่วมกับรา *R. oryzae* โดยมีปริมาณสารสีแดง สีส้ม สีเหลือง และ colour intensity เท่ากับ  $0.126 \pm 0.009$   $0.164 \pm 0.005$   $0.441 \pm 0.013$  และ  $0.410 \pm 0.010$  unit ตามลำดับ

ในขณะที่สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. ร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002 มีปริมาณสารสีแดง สีส้ม สีเหลือง และ colour intensity เท่ากับ  $0.125 \pm 0.001$   $0.149 \pm 0.013$   $0.321 \pm 0.018$  และ  $0.337 \pm 0.006$  unit ตามลำดับ สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจาก จ. ร้อยเอ็ด ร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002 มีปริมาณสารสีแดง สีส้ม สีเหลือง และ color intensity เท่ากับ  $0.124 \pm 0.002$   $0.143 \pm 0.003$   $0.319 \pm 0.006$  และ  $0.341 \pm 0.007$  unit ตามลำดับ

ส่วนสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาวร่วมกับรา *R. oryzae* และ *M. purpureus* TISTR 3002 มีปริมาณสารสีและ colour intensity ต่ำที่สุด

เนื่องจากเมล็ดข้าวเหนียวดำมีสารสีเคลือบอยู่ในปริมาณมาก ประกอบกับรา *R. oryzae* มีประสิทธิภาพในการย่อยข้าวเหนียวดำได้ดีกว่า *M. purpureus* TISTR 3002 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่มีปริมาณสารสีและความเข้มข้นสูง ในขณะที่สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว ร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* มีปริมาณสารสี และ colour intensity น้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดข้าวเหนียวขาวมีสารสีเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณต่ำนั่นเอง

จากผลการทดลอง สามารถกล่าวได้ว่า ชนิดของข้าวเหนียว และสายพันธุ์ราที่ใช้ในการผลิตสาโทแดงมีผลต่อปริมาณสารสำคัญในสาโทแดง โดยสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำยังคงมีปริมาณสารสำคัญ และสารสีมากกว่าสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว และสาโทแดงที่ผลิตจากรา *R. oryzae* โดยใช้ข้าวเหนียวดำ ยังคงมีปริมาณสารสำคัญมากกว่าสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002

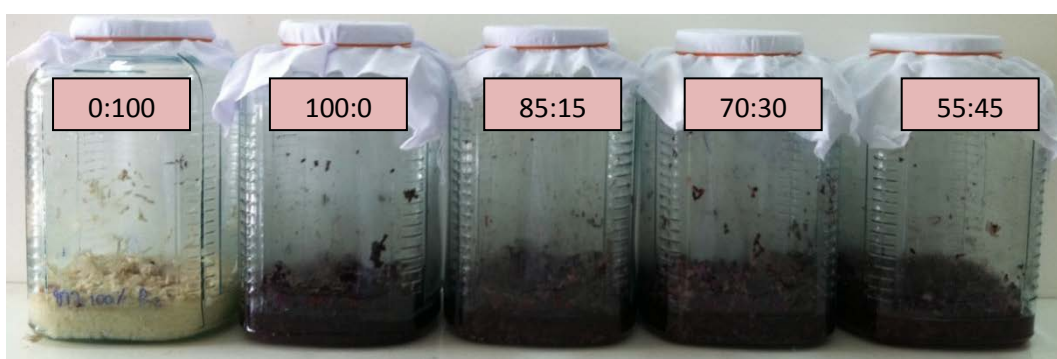
จากผลการทดลอง พบว่ารา *M. purpureus* TISTR 3002 ยังไม่สามารถย่อยข้าวเหนียวดำได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร วางแผนการทดลองโดยทำการแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตสาโทแดงจากรา *M. purpureus* TISTR 3002 โดยมีเกณฑ์การพิจารณาจากปริมาณสารสำคัญในผลิตภัณฑ์สาโทแดง ตลอดจนการทดสอบคุณสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก่อโรคของสาโทแดงด้วย จากผลการทดลองข้างต้นพบว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. และข้าวเหนียวดำจาก จ. ร้อยเอ็ด โดยใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 มีปริมาณสารสำคัญและสารสีไม่แตกต่างกันมากนัก จึงเลือกใช้ข้าวเหนียวดำจาก จ. ร้อยเอ็ด สำหรับการทดลองต่อไป

#### 4.4 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในการผลิตสาโทแดง

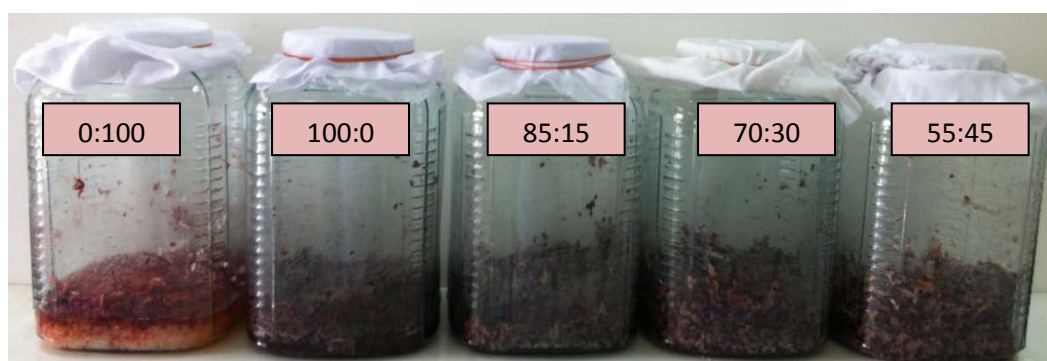
การทดลองนี้จะทำการแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำจาก จ. ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว 6 ในอัตราส่วน 0:100 55:45 70:30 85:15 และ 100:0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักโดยใช้รา 2 สายพันธุ์ได้แก่ *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* ผลการทดลองพบว่า การเลี้ยงรา *R. oryzae* บนเมล็ดข้าวเหนียวขาวจะสังเกตเห็นเส้น

ใยสีขาวและมีสปอร์สีดำ กลมเมล็ดข้าว และสังเกตเห็นน้ำด้อยในปริมาณมาก และเมื่อเลี้ยงรา *R. oryzae* บนเมล็ดข้าวเหนียวดำ พบว่ามีเพียงเส้นใยสีขาวเจริญบนผิวของเมล็ดข้าวเหนียวดำเท่านั้น และสังเกตเห็นน้ำได้อย่างชัดเจน ดังภาพที่ 4.4 ในขณะที่การเลี้ยงรา *M. purpureus* TISTR 3002 บนเมล็ดข้าวเหนียวขาวพบว่า ที่บริเวณผิวหน้าเมล็ดข้าวเหนียวขาวเปลี่ยนเป็นสีแดง และมีน้ำด้อยเยิ้มออกมา และการเลี้ยงรา *M. purpureus* TISTR 3002 บนเมล็ดข้าวเหนียวดำ จะมีเพียงเส้นใยสีขาวเจริญบนเมล็ดข้าวเท่านั้น และน้ำด้อยมีปริมาณน้อยมาก ดังภาพที่ 4.5

เมื่อกระบวนการหมักสิ้นสุดลง ทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีเช่นเดียวกับการทดลองที่ 4.3 ผลการทดลองแสดงในตาราง 4.6



ภาพที่ 4.4 แสดงการเลี้ยงรา *R. oryzae* บนเมล็ดข้าวเหนียว โดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6 ในอัตราส่วน 0:100, 100:0, 85:15, 70:30 และ 55:45 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 4.5 แสดงการเลี้ยงรา *M. purpureus* TISTR 3002 บนเมล็ดข้าวเหนียว โดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6 ในอัตราส่วน 0:100, 100:0, 85:15, 70:30 และ 55:45 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำด้อย สารแกมมาโอไรซานอล สารแอนติออกซิแดนซ์ สารประกอบฟีนอลิก ในสาโทที่ผลิตจากการแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำ จ. ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6 ร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae*

สาโทแดง		ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	แกมมาโอไรซานอล $\mu\text{g/ml}$	แอนติออกซิแดนซ์ $\text{mg/l}$	สารประกอบฟีนอลิก $\text{mg/l}$
ข้าวเหนียวดำ จ. ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6	รา				
0 : 100	M	$25.60 \pm 0.16^5$	$176.18 \pm 9.04^8$	$10.38 \pm 0.39^8$	$305.27 \pm 1.02^6$
	R	$36.40 \pm 0.16^1$	$214.07 \pm 8.49^6$	$32.18 \pm 0.98^4$	$304.73 \pm 4.46^6$
55 : 45	M	$23.40 \pm 0.16^6$	$238.08 \pm 4.04^5$	$30.33 \pm 1.53^5$	$406.60 \pm 7.82^3$
	R	$32.25 \pm 0.13^2$	$214.29 \pm 7.58^6$	$35.59 \pm 1.25^2$	$339.84 \pm 9.53^4$
70 : 30	M	$28.50 \pm 0.26^7$	$269.88 \pm 6.29^4$	$30.26 \pm 0.27^5$	$318.03 \pm 4.63^5$
	R	$32.28 \pm 0.15^2$	$301.00 \pm 8.48^3$	$36.42 \pm 0.55^2$	$421.50 \pm 3.13^3$
85 : 15	M	$20.40 \pm 0.14^8$	$198.50 \pm 7.85^7$	$28.85 \pm 0.50^6$	$313.25 \pm 5.72^5$
	R	$30.13 \pm 0.10^3$	$317.62 \pm 7.15^2$	$37.85 \pm 0.59^1$	$410.58 \pm 2.19^2$
100 : 0	M	$20.28 \pm 0.10^8$	$192.29 \pm 7.01^7$	$12.78 \pm 0.78^7$	$220.96 \pm 2.53^7$
	R	$29.78 \pm 0.05^4$	$367.65 \pm 5.90^1$	$34.33 \pm 0.52^3$	$447.82 \pm 6.67^1$

หมายเหตุ : M หมายถึง รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ R หมายถึง รา *R. oryzae*

: ตัวเลขยกกำลัง หมายถึง ระดับของปริมาณสารสำคัญ เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเลขยกกำลังหนึ่ง มีปริมาณสารสำคัญสูงสุด

จากตารางที่ 4.6 พบว่าในขั้นตอนการย่อยแป้ง ของการผลิตสาโทสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* น้ำด้อยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุด คือ  $36.40 \pm 0.16^\circ\text{Brix}$  สาโทแดงที่ผลิตโดยการแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำ จ. ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข. 6 ในอัตราส่วน 55:45 และ 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* น้ำด้อยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมากเป็นอันดับที่สอง โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด  $32.25 \pm 0.13$  และ  $32.28 \pm 0.15^\circ\text{Brix}$  ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล ผลการทดลองสรุปได้ว่า สาโทแดงที่ผลิตโดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 100:0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับรา *R. oryzae* มีปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลสูงที่สุด โดยมีปริมาณ  $367.65 \pm 5.90 \mu\text{g/ml}$  โดยอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว มีผลต่อปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลในผลิตภัณฑ์สาโทแดง คือ ถ้ามีปริมาณข้าวเหนียวดำมีปริมาณมาก ทำให้รา *M. purpureus* TISTR 3002 ไม่สามารถย่อยข้าวได้ ในขณะที่ ถ้ามีปริมาณข้าวเหนียวดำน้อยเกินไปก็ทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีสารแกมมาโอไรซานอล น้อยเช่นกัน

โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 คือ 70:30 และ 55:45 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก สำหรับการใช้รา *R. oryzae* อัตราส่วนของข้าวเหนียวดำ สามารถใช้ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เนื่องจากรา *R. oryzae* มีประสิทธิภาพในการย่อยข้าวเหนียวดำได้ดีกว่า *M. purpureus* TISTR 3002

เมื่อพิจารณาปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์ในสาโทแดง พบว่า อัตราส่วนของข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาวและสายพันธุ์รา มีผลต่อปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์ในสาโทแดง สำหรับรา *R. oryzae* อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ 85:15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์สูงที่สุด คือ  $37.85 \pm 0.59$  mg/l รองลงมา คือ 70:30 และ 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์  $36.42 \pm 0.55$  และ  $35.59 \pm 1.25$  mg/l ตามลำดับ

สำหรับสายพันธุ์ *M. purpureus* TISTR 3002 อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด 70:30 และ 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์  $30.26 \pm 0.27$  และ  $30.33 \pm 1.53$  mg/l ตามลำดับ รองลงมาคือ อัตราส่วน 85:15 และ 100:0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีปริมาณสารแอนติออกซิแดนท์  $28.85 \pm 0.50$  และ  $12.78 \pm 0.78$  mg/l ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.6 พบว่า อัตราส่วนของข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว และสายพันธุ์รา มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสาโทแดง โดยสาโทแดงที่ผลิตโดยใช้รา *R. oryzae* มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าสาโทแดงที่ผลิตจากรา *M. purpureus* TISTR 3002

ในกรณีรา *R. oryzae* สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 100:0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด โดยมีปริมาณ  $447.82 \pm 6.67$  mg/l ส่วนรา *M. purpureus* TISTR 3002 อัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก  $406.60 \pm 7.82$  mg/l ซึ่งอัตราส่วนนี้จะเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม ระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาวที่รา *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถจะใช้ข้าวเหนียวขาวสำหรับการเจริญเติบโตได้ในระยะแรก จนสามารถย่อยข้าวเหนียวดำได้อย่างมีประสิทธิภาพ จนทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากเทียบเท่ากับการใช้รา *R. oryzae* ในขณะที่เดียวกันสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ โดยใช้อัตราส่วนที่มากกว่า 55 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะไม่สามารถทำให้รา *M. purpureus* TISTR 3002 เจริญเติบโตและย่อยข้าวเหนียวดำที่มีปริมาณมากได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณต่ำ

ปริมาณเอทานอลในตัวอย่างสาโทแดงที่ผลิตได้มีปริมาณอยู่ในช่วง 10-13 % V/V สำหรับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมด (Total SO<sub>2</sub>) ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ตรงตามเกณฑ์สุราแข่งของกรมสรรพสามิต และคุณลักษณะทางเคมีของสาโทแดงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพข. 3/2546 ที่กำหนดให้มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดในสาโทแดงได้ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลิตรเพื่อไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค

จากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่า การแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว มีผลต่อปริมาณสารสำคัญทั้งสารแกมมาโอโรซานอล สารแอนติออกซิแดนท์ และสารประกอบฟีนอลิก โดยสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 85:15 และ 100:0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* มีปริมาณสารสำคัญสูงที่สุด เนื่องจากรา *R. oryzae* มีประสิทธิภาพในการย่อยข้าวเหนียวดำที่มีปริมาณสารสำคัญเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่มีคุณภาพ มีสารสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคในปริมาณสูง

ในขณะที่รา *M. purpureus* TISTR 3002 มีประสิทธิภาพในการย่อยข้าวเหนียวดำได้น้อยกว่า ดังนั้นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 ผลิตสาโทแดงที่มีคุณภาพ คือการใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 55:45 และ 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งจะเป็

อัตราส่วนที่ทำให้รา *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถเจริญเติบโตได้ดีไปจนถึงระดับหนึ่ง จนกระทั่งแข็งแรงพอที่จะย่อยเมล็ดข้าวเหนียวดำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่มีคุณภาพได้เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณสารสีแดง สีส้ม สีเหลือง และ Colour intensity ในสาโทแดงที่ผลิตจากการแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6 ร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae*

สาโทแดง		ปริมาณสารสี			Colour intensity
ข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว	รา	สีแดง OD <sub>500</sub>	สีส้ม OD <sub>470</sub>	สีเหลือง OD <sub>400</sub>	OD <sub>520</sub> + OD <sub>620+</sub> OD <sub>720</sub> (unit)
0 : 100	M	0.036±0.010 <sup>7</sup>	0.056±0.018 <sup>2</sup>	0.134±0.012 <sup>5</sup>	0.122±0.019 <sup>4</sup>
	R	0.053±0.005 <sup>7</sup>	0.049±0.005 <sup>2</sup>	0.090±0.007 <sup>6</sup>	0.107±0.010 <sup>4</sup>
55 : 45	M	0.179±0.032 <sup>4,5</sup>	0.198±0.033 <sup>1</sup>	0.294±0.051 <sup>4</sup>	0.478±0.072 <sup>2,3</sup>
	R	0.198±0.019 <sup>3,4</sup>	0.209±0.022 <sup>1</sup>	0.351±0.030 <sup>2</sup>	0.497±0.057 <sup>2</sup>
70 : 30	M	0.172±0.014 <sup>5</sup>	0.203±0.016 <sup>1</sup>	0.299±0.007 <sup>3,4</sup>	0.479±0.020 <sup>2,3</sup>
	R	0.212±0.007 <sup>3</sup>	0.238±0.060 <sup>1</sup>	0.371±0.011 <sup>1,2</sup>	0.519±0.011 <sup>2</sup>
85 : 15	M	0.145±0.015 <sup>6</sup>	0.207±0.061 <sup>1</sup>	0.313±0.023 <sup>3,4</sup>	0.478±0.072 <sup>2,3</sup>
	R	0.243±0.006 <sup>2</sup>	0.209±0.045 <sup>1</sup>	0.390±0.008 <sup>1</sup>	0.525±0.030 <sup>2</sup>
100 : 0	M	0.140±0.025 <sup>6</sup>	0.198±0.036 <sup>1</sup>	0.334±0.021 <sup>2,3</sup>	0.428±0.003 <sup>3</sup>
	R	0.271±0.006 <sup>1</sup>	0.226±0.019 <sup>1</sup>	0.397±0.037 <sup>1</sup>	0.586±0.030 <sup>1</sup>

หมายเหตุ : ตัวเลขยกกำลัง หมายถึง ระดับของปริมาณสารสำคัญ เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเลขยกกำลังหนึ่ง มีปริมาณสารสำคัญสูงที่สุด

จากตารางที่ 4.7 พบว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด ในอัตราส่วน 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* มีปริมาณสารสี ทั้งสีแดง สีส้มและสีเหลือง รวมไปถึงปริมาณ colour intensity สูงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง โดยมีปริมาณสารสีแดง สีส้ม สีเหลือง และ colour intensity เท่ากับ 0.271±0.006 0.226±0.019 0.397±0.037 และ 0.586±0.030 unit ตามลำดับ เนื่องมาจาก วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตสาโทแดงมีปริมาณข้าวเหนียวดำสูงที่สุด และรา *R. oryzae* มีประสิทธิภาพในการย่อยข้าวเหนียวดำ ทำให้สารสีต่างๆ ที่เคลือบอยู่บนเมล็ดข้าวเหนียวดำละลายออกมาอยู่ในผลิตภัณฑ์สาโทแดงนั่นเอง

สำหรับสารสีแดง พบว่า สาโทแดงที่ผลิตจากวัตถุประสงค์ที่มีอัตราส่วนของข้าวเหนียวดำในปริมาณสูง ร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* ก็ยังทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่มีปริมาณสารสีแดงในปริมาณสูง เนื่องจากเมล็ดข้าวเหนียวดำมีปริมาณสารสีอยู่มาก ประกอบกับรา *R. oryzae* สามารถย่อยข้าวเหนียวดำได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้ได้สาโทแดงที่มีสารสีแดงในปริมาณสูง ได้สาโทแดงที่มีสีส้มสวยงาม

สำหรับสารสีแดงในสาโทแดงที่ผลิตโดยใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 พบว่า อัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาวที่เหมาะสมคือ 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่มีปริมาณสารสีแดง  $0.179 \pm 0.032$  unit และหากปริมาณข้าวเหนียวดำสูงกว่า 55 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีปริมาณสารสีแดงลดลง เนื่องจาก รา *M. purpureus* TISTR 3002 ไม่สามารถย่อยเมล็ดข้าวเหนียวดำได้ ดินก ซึ่งอัตราส่วน 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม ที่มีทั้งข้าวเหนียวขาว ที่รา *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถย่อยและใช้ในการเจริญเติบโต จนถึงระดับหนึ่ง หลังจากนั้นรา *M. purpureus* TISTR 3002 จึงจะสามารถย่อยข้าวเหนียวดำได้ ทำให้พบสาร สีแดงในผลิตภัณฑ์สาโทแดงมากที่สุด

จากตารางที่ 4.7 พบว่าปริมาณ colour intensity ของสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำ ในอัตราส่วน 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* มีปริมาณ colour intensity สูงที่สุด โดยมีปริมาณ  $0.586 \pm 0.030$  unit สำหรับสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำโดยใช้ *M. purpureus* TISTR 3002 ทุกอัตราส่วนมีปริมาณ colour intensity ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีปริมาณ colour intensity  $0.428-0.479$  unit

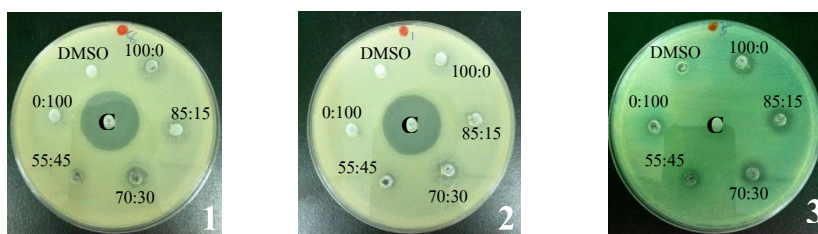
สรุปสาโทแดงที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้รา *R. oryzae* จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่มีสีส้มสวยงาม ตลอดจนมีปริมาณสารสำคัญที่เป็นประโยชน์กับผู้บริโภคอีกด้วย

นอกจากผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่ผลิตได้ จะมีปริมาณสารสำคัญในปริมาณสูงแล้ว ผู้วิจัยยังได้นำสาโทแดงจากการทดลองที่ 4.4 ไปทำการทดสอบคุณสมบัติการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค จำนวน 5 สายพันธุ์ อีกด้วย

#### 4.5 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคของสาโทแดง

นำสาโทแดงจากการทดลองที่ 4.4 มาทำการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค 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

ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคของสาโทแดง คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้งทั้งหมด ลบด้วยขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของกลางหลุมที่ใช้หยดสารตัวอย่าง โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของกลางหลุมที่ใช้หยดสารตัวอย่าง เท่ากับ 0.5 เซนติเมตร ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 4.6 และผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.8



ภาพที่ 4.6 แสดงตัวอย่างบริเวณโซนใสที่เกิดจากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อ

โรคของสาโทแดง เมื่อทดสอบกับ *B. cereus* (1) *E. aerogenes* TISTR 1540 (2) และ *P. Aeruginosa*

ATCC 27533 (3)

ตารางที่ 4.8 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง (เซนติเมตร) จากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคของสาโทแดงที่ผลิตได้

ตัวอย่าง		<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i> TISTR 029	<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27533	<i>E. coli</i> TISTR 073	<i>E. aerogenes</i> TISTR 1540
500 mg/l Chloram phenicol (positive control)		2.0	2.2	0.0	2.0	2.1
20 เปอร์เซ็นต์ DMSO (negative control)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0 : 100	M	0.00±0.00 <sup>5</sup>	0.00±0.00 <sup>2</sup>	0.00±0.00 <sup>5</sup>	1.40±0.08 <sup>2</sup>	0.00±0.00 <sup>4</sup>
	R	0.00±0.00 <sup>5</sup>	0.00±0.00 <sup>2</sup>	0.30±0.08 <sup>3</sup>	1.68±0.10 <sup>1</sup>	0.00±0.00 <sup>4</sup>
55 : 45	M	0.70±0.08 <sup>1</sup>	0.00±0.00 <sup>2</sup>	0.60±0.08 <sup>1</sup>	0.28±0.05 <sup>4</sup>	0.00±0.00 <sup>4</sup>
	R	0.50±0.08 <sup>2</sup>	0.00±0.00 <sup>2</sup>	0.58±0.10 <sup>2</sup>	0.43±0.05 <sup>3</sup>	0.53±0.10 <sup>3</sup>
70 : 30	M	0.53±0.10 <sup>2</sup>	0.60±0.82 <sup>1</sup>	0.65±0.06 <sup>1,2</sup>	0.30±0.08 <sup>4</sup>	0.68±0.10 <sup>1</sup>
	R	0.30±0.08 <sup>3</sup>	0.00±0.00 <sup>2</sup>	0.70±0.08 <sup>1</sup>	0.30±0.08 <sup>4</sup>	0.78±0.05 <sup>1</sup>
85 : 15	M	0.25±0.13 <sup>3,4</sup>	0.00±0.00 <sup>2</sup>	0.15±0.06 <sup>4</sup>	0.20±0.05 <sup>4</sup>	0.00±0.00 <sup>4</sup>
	R	0.15±0.06 <sup>4</sup>	0.00±0.00 <sup>2</sup>	0.30±0.08 <sup>3</sup>	0.23±0.08 <sup>4</sup>	0.68±0.10 <sup>2</sup>
100 : 0	M	0.20±0.08 <sup>3,4</sup>	0.00±0.00 <sup>2</sup>	0.08±0.10 <sup>4,5</sup>	0.00±0.00 <sup>5</sup>	0.00±0.00 <sup>4</sup>
	R	0.00±0.00 <sup>5</sup>	0.00±0.00 <sup>2</sup>	0.28±0.05 <sup>3</sup>	0.00±0.00 <sup>5</sup>	0.55±0.06 <sup>3</sup>

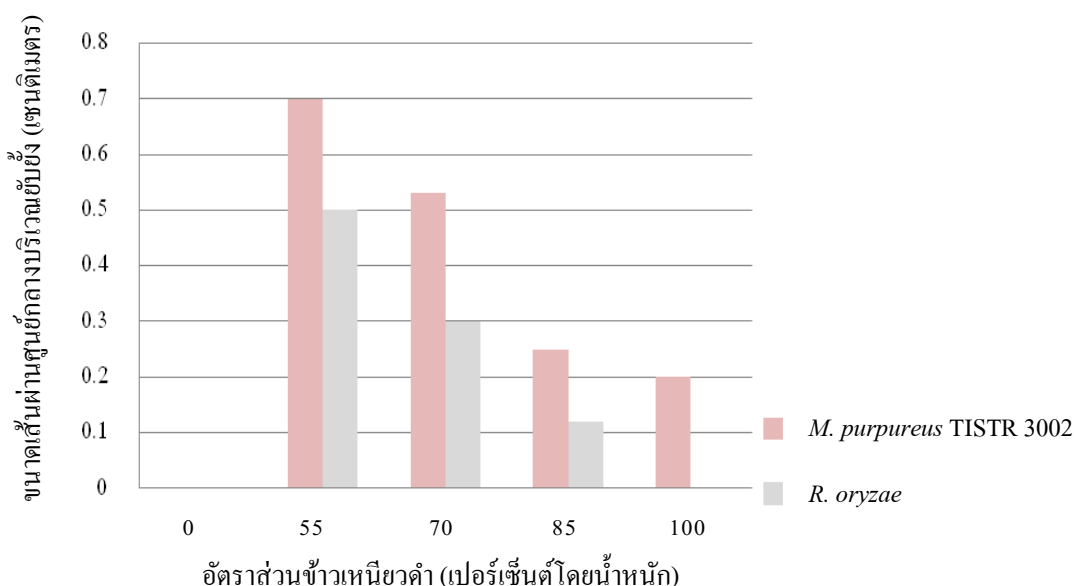
หมายเหตุ : M หมายถึง *M. purpureus* TISTR 3002 R หมายถึง *R. oryzae*

: ตัวเลขยกกำลัง หมายถึง ระดับของปริมาณสารสำคัญ เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเลขยกกำลังหนึ่ง มีปริมาณสารสำคัญสูงที่สุด

จากตารางที่ 4.8 การทดสอบคุณสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค 5 สายพันธุ์ของตัวอย่างสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนต่างๆ ร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* ผลการทดลอง พบว่า แบคทีเรียก่อโรคทั้ง 5 สายพันธุ์ ไม่ถูกยับยั้งโดยสารละลาย 20 เปอร์เซ็นต์ DMSO ที่ใช้เป็น negative control และในกรณีของ 500 mg/l คลอแรมฟิสิกอล ที่ใช้เป็น positive control นั้นพบว่าสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้ทุกชนิด ยกเว้น *P. aeruginosa* ATCC 27533 ที่ไม่ถูกยับยั้งจากสารละลายดังกล่าว ซึ่งตรงกับรายงานการวิจัยของ นวัตกรรม ช่วงโชติ (2550) ที่พบว่าเชื้อ *P. aeruginosa* คือตัวยับยั้ง 3 ชนิด คือ ยาปฏิชีวนะคานาไมซิน (Kanamycin) คลอแรมฟิสิกอล (Chloramphenicol) และแอมพลิซิลลิน (Ampicillin)

ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *B. cereus* พบว่า สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 55 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *B. cereus* ได้ดีที่สุด ทั้งสาโทแดงที่ผลิตโดยใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* ดังแสดงในภาพที่ 4.7 และหากเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวเหนียวดำ จะยิ่งทำให้ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *B. cereus* ลดลงตามลำดับ และสาโทแดงที่ผลิตโดยใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *B. cereus* สูงกว่าสาโทแดงที่ผลิตจากรา *R. oryzae* และสาโทแดงที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* ไม่เกิดการยับยั้ง ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสาโทแดงมีผลต่อการผลิตสารยับยั้งของรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* โดยอัตราส่วนของข้าวเหนียวดำต่อข้าว

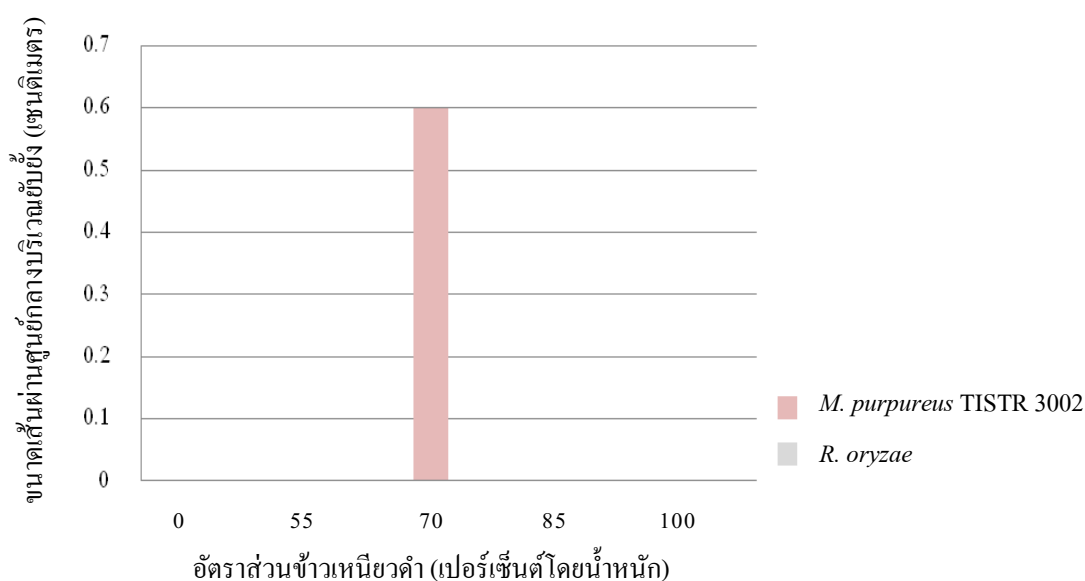
เหนียวขาว ในอัตราส่วน 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* ผลิตสารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *B. cereus* เนื่องจากวัตถุดิบมีปริมาณข้าวเหนียวขาวมากพอที่รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* สามารถเจริญเติบโตไปได้ระดับหนึ่ง และเมื่อข้าวเหนียวขาวหมด เราจะต้องเปลี่ยนไปใช้ข้าวเหนียวดำในการเจริญเติบโต ซึ่งใช้ได้ยากกว่า ส่งผลให้รามีการผลิตสารบางอย่างออกมา เมื่อตรวจสอบแล้ว พบว่าสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาวในอัตราส่วน 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักมีประสิทธิภาพในการผลิตสารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *B. cereus* ได้ดีที่สุดในเฉพาะสาโทแดงที่ผลิตจากรา *M. purpureus* TISTR 3002 ในขณะที่อัตราส่วน 70, 85 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก อาจจะมีปริมาณข้าวเหนียวขาวน้อยเกินไป ทำให้รายังเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ จึงพบการยับยั้งลดลง



ภาพที่ 4.7 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *B. cereus* ที่เกิดจากสาโทแดง ที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 0 55 70 85 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. Oryzae*

ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* TISTR 029 พบว่ามีเพียงสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S. aureus* TISTR 029 ดังแสดงในภาพที่ 4.8 ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่า *M. purpureus* TISTR 3002 เท่านั้นที่สารผลิตยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* TISTR 029 ได้ ในขณะที่รา *R. oryzae* ไม่สามารถผลิตสารยับยั้งดังกล่าวได้ ในขณะที่เดียวกันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาวที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสาโทแดงจะต้องมีอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วย โดยสามารถกล่าวได้ว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ และสายพันธุ์ราที่เหมาะสม ที่ใช้ในการผลิตสาโทแดงแล้วทำให้สาโทแดงมีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* TISTR 029 ได้แก่

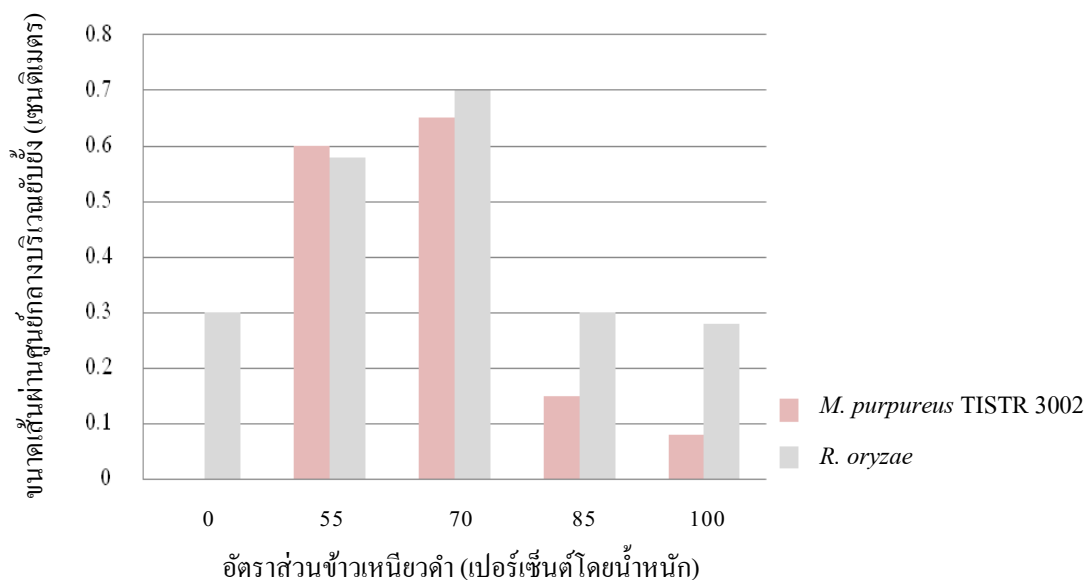
อัตราส่วน 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 เนื่องจากวัตถุดิบมีปริมาณข้าวเหนียวขาวมากพอที่รา *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถเจริญเติบโตไปได้ระดับหนึ่ง และเมื่อข้าวเหนียวขาวหมด ว่าจะต้องเปลี่ยนไปใช้ข้าวเหนียวดำในการเจริญเติบโต ซึ่ง *M. purpureus* TISTR 3002 ย่อยข้าวเหนียวดำได้ไม่ดั่งนัก ทำให้ราเกิดความเครียด มีการผลิตสารบางอย่างที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นออกมาเพื่อช่วยในการอยู่รอด



ภาพที่ 4.8 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* TISTR 029 ที่เกิดจากสาโทแดง ที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 0 55 70 85 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae*

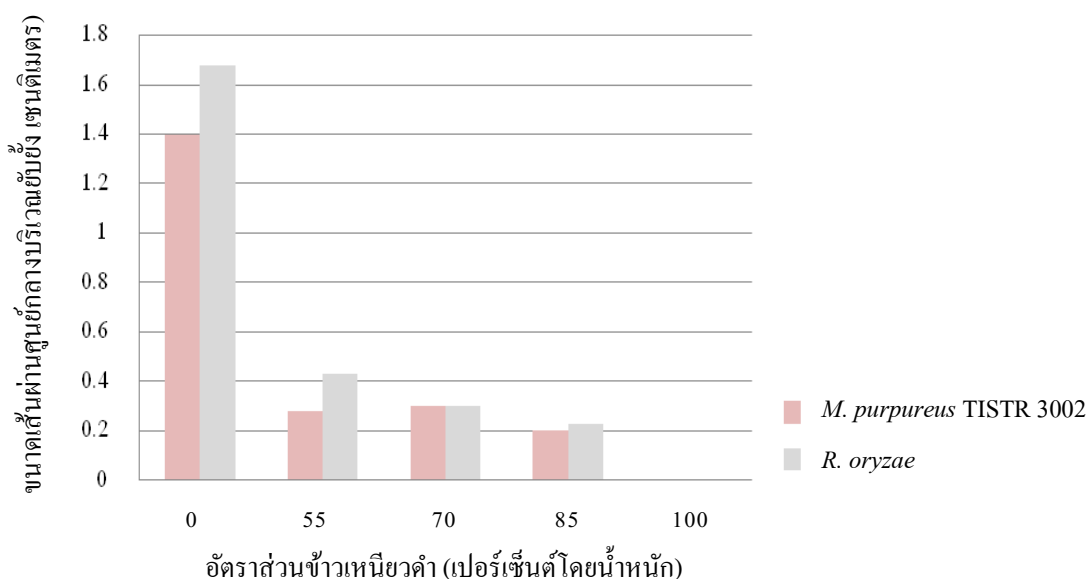
ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ATCC 27533 พบว่า อัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำ:ข้าวเหนียวขาวมีผลต่อการผลิตสารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียของรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* มีความแตกต่างกัน โดยอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำ:ข้าวเหนียวขาวที่ดีที่สุด ที่ทำให้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* สามารถผลิตสารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ATCC 27533 ได้ดีที่สุด ได้แก่ อัตราส่วน 55:45 และ 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ เช่นเดียวกับการผลิตสารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *B. cereus* ของรา *M. purpureus* TISTR 3002 ในภาพที่ 4.9 คือ วัตถุดิบต้องมีปริมาณข้าวเหนียวขาวมากพอที่รา *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถเจริญเติบโตไปได้ระดับหนึ่ง และเมื่อข้าวเหนียวขาวหมด ว่าจะต้องเปลี่ยนไปใช้ข้าวเหนียวดำในการเจริญเติบโต ซึ่งข้าวเหนียวดำย่อยได้ยากกว่าข้าวเหนียวขาว ทำให้ราเกิดความเครียด และผลิตสารบางอย่างที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ATCC 27533 ในขณะที่รา *R. oryzae* สามารถผลิตสารยับยั้งการเจริญของ *P. aeruginosa* ATCC 27533 ได้โดยใช้เปอร์เซ็นต์ข้าวเหนียวดำที่มากกว่า คือ 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เนื่องจากรา *R. oryzae* มีประสิทธิภาพในการ

ย่อยเมล็ดข้าวเหนียวดำได้ดีกว่ารา *M. purpureus* TISTR 3002 จึงทำให้ผลิตสารบางอย่างที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของ *P. aeruginosa* ATCC 27533 ได้โดยใช้เปอร์เซ็นต์ข้าวเหนียวดำที่มากกว่า



ภาพที่ 4.9 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ATCC 27533 ที่เกิดจากสาโทแดง ที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 0 55 70 85 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae*

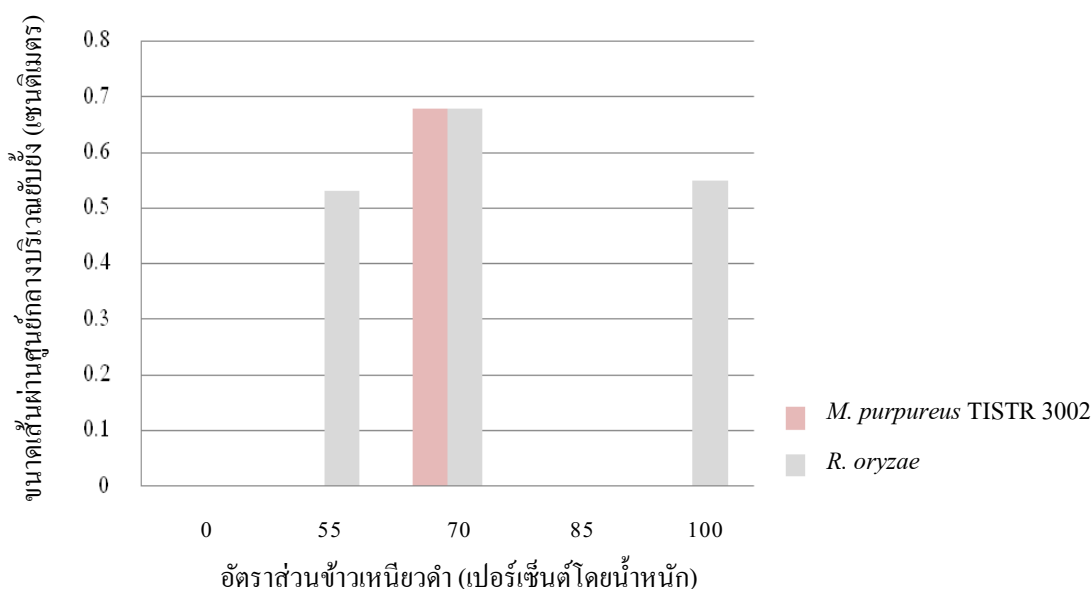
ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 073 พบว่าอัตราส่วนของข้าวเหนียวขาวมีผลต่อการผลิตสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 073 กล่าวคือ สาโทแดงที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (ข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว 0:100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 073 ได้ดีที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.10 และหากวัตถุดิบมีปริมาณข้าวเหนียวขาวลดลง ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 073 ก็ลดลงตามไปด้วย จนกระทั่งเมื่อใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 100:0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ไม่พบการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 073 เลย สามารถกล่าวได้ว่า สารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 073 ดังกล่าวมาจากวัตถุดิบ คือ ข้าวเหนียวขาว เป็นหลัก และรา *R. oryzae* มีประสิทธิภาพในการย่อยข้าวเหนียวขาวได้ดีกว่ารา *M. purpureus* TISTR 3002 ทำให้สาโทแดงที่ผลิตโดยใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว 0:100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้รา *R. oryzae* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 073 ได้ดีกว่าการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002



ภาพที่ 4.10 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณขี้ยังการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 073 ที่เกิดจากสาโทแดง ที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 0 55 70 85 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae*

ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. aerogenes* TISTR 1540 พบว่า อัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาวมีผลต่อการผลิตสารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียของรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* โดยอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาวที่ดีที่สุด ที่ทำให้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* สามารถผลิตสารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *E. aerogenes* TISTR 1540 ได้ดีที่สุด คืออัตราส่วน 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังแสดงในภาพที่ 4.11 โดยวัตถุดิบต้องมีปริมาณข้าวเหนียวขาวมากพอที่รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* สามารถเจริญเติบโตไปได้ระดับหนึ่ง และเมื่อข้าวเหนียวขาวหมด ว่าจะต้องเปลี่ยนไปใช้ข้าวเหนียวดำในการเจริญเติบโต ซึ่งทำได้ยากกว่า ทำให้ราเกิดความเครียด มีการผลิตสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นออกมาเพื่อช่วยในการอยู่รอด สำหรับอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ทำให้รา *R. oryzae* สามารถผลิตสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. aerogenes* TISTR 1540 ได้แก่ 55:45 70:30 85:15 และ 100:0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ยกเว้น 0:100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ไม่สามารถทำให้รา *R. oryzae* ผลิตสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. aerogenes* TISTR 1540 ได้ ในขณะที่รา *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถผลิตสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. aerogenes* TISTR 1540 ได้ก็ต่อเมื่อใช้อัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เท่านั้น สามารถกล่าวได้ว่าอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวขาวต่อข้าวเหนียวดำ ที่เหมาะสมที่จะทำให้รา *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถเจริญเติบโตไปได้ระดับหนึ่ง และทำให้ราเกิดความเครียดเมื่อต้องเปลี่ยนไปใช้ข้าวเหนียวดำ จนต้องมีการผลิตสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. aerogenes* TISTR 1540 ออกมาได้มากที่สุด ได้แก่ อัตราส่วน 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเท่านั้น โดยถ้าอัตราส่วนมาก หรือน้อยกว่านี้

ไม่สามารถทำให้ *M. purpureus* TISTR 3002 ผลิตสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *E. aerogenes* TISTR 1540 ได้เลย



ภาพที่ 4.11 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *E. aerogenes* TISTR 1540 ที่เกิดจากสาโทแดง ที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 0 55 70 85 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae*

จากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทั้ง 5 สายพันธุ์ ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำจาก จ. ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6 มีผลในการผลิตสารยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคทั้ง 5 สายพันธุ์ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดอยู่ในช่วง 55:45 และ 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ยกเว้นเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 073 ที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมอยู่ที่ 0:100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังนั้นสาโทแดงที่ผลิตจากการใช้ข้าวเหนียวดำร่วมกับรา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในทางเดินอาหารได้ ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค ซึ่งสาโทแดงที่ผลิตได้จากสภาวะดังกล่าวข้างต้น จะนำไปการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

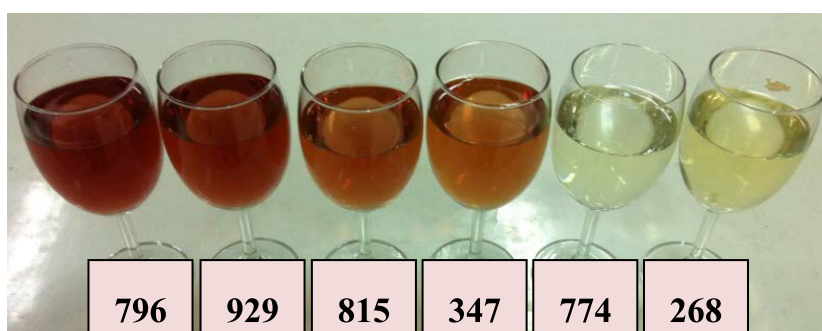
#### 4.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

คัดเลือกสาโทแดงที่ผลิตได้มา 4 ตัวอย่าง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกจากปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล สารแอนติออกซิแดนซ์ สารประกอบฟีนอลิก colour intensity และสารสี รวมไปถึงตัวอย่างสาโทแดงที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค ได้แก่ สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาว ในอัตราส่วน 70:30 และ 100:0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และรา *R. oryzae* โดยใช้สาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาวร่วมกับการใช้ราสายพันธุ์ *R. oryzae* เป็นตัวอย่างควบคุม ร่วมกับตัวอย่างสาโทที่มีจำหน่ายในท้องตลาด รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่าง รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.9 โดยใช้ผู้ทดสอบ

ชิมจำนวน 30 คน ตัวอย่างสาโทแสดงในภาพที่ 4.12 ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 แสดงตัวอย่างสาโทที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส และการให้รหัสตัวอย่าง

ลำดับ	ตัวอย่างสาโทที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส		รหัสตัวอย่าง ในการทดสอบทาง ประสาทสัมผัส
	อัตราส่วนระหว่าง ข้าวเหนียวดำ ต่อ ข้าวเหนียวขาว	รา	
1	70 : 30	<i>M. purpureus</i> TISTR 3002	347
2	100 : 0	<i>M. purpureus</i> TISTR 3002	815
3	0 : 100	<i>R. oryzae</i>	268
4	70 : 30	<i>R. oryzae</i>	929
5	100 : 0	<i>R. oryzae</i>	796
6	สาโททางการค้า		774



ภาพที่ 4.12 แสดงตัวอย่างสาโทที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 6 ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโท

รหัสตัวอย่าง ในการทดสอบทาง ประสาทสัมผัส	คุณลักษณะของสาโท				
	สี (2)	ความใส (2)	กลิ่น (4)	รสชาติ (12)	รวม (20)
347	0.57±0.77 <sup>2</sup>	1.57±0.57 <sup>1,2</sup>	2.70±1.06 <sup>1</sup>	5.60±3.53 <sup>2,3</sup>	10.43±4.67 <sup>1,2</sup>
815	1.07±0.74 <sup>1</sup>	1.37±0.76 <sup>2</sup>	2.40±1.00 <sup>1</sup>	7.67±2.54 <sup>1</sup>	12.50±3.63 <sup>1</sup>
268	0.83±0.70 <sup>1,2</sup>	1.33±0.71 <sup>2</sup>	2.43±1.17 <sup>1</sup>	7.07±4.21 <sup>1,2</sup>	11.70±5.31 <sup>1</sup>
929	0.90±0.61 <sup>1,2</sup>	1.33±0.66 <sup>2</sup>	2.23±1.10 <sup>1</sup>	3.00±4.04 <sup>4</sup>	7.47±4.97 <sup>3</sup>
796	1.03±0.67 <sup>1</sup>	1.63±0.61 <sup>1,2</sup>	2.57±0.94 <sup>1</sup>	3.97±3.83 <sup>3,4</sup>	9.20±4.30 <sup>2,3</sup>
774	0.77±0.77 <sup>1,2</sup>	1.77±0.50 <sup>1</sup>	1.10±1.35 <sup>2</sup>	3.87±3.53 <sup>3,4</sup>	7.50±4.70 <sup>3</sup>

หมายเหตุ : ตัวเลขยกกำลัง หมายถึง ระดับของปริมาณสารสำคัญ เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเลขยกกำลังหนึ่ง มีปริมาณสารสำคัญสูงที่สุด

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทแดง ในด้านสี พบว่า ตัวอย่าง 815 และ 796 เป็นตัวอย่าง ที่มีสีส้มสวยงาม ตรงกับความต้องการของผู้ทดสอบมากที่สุด โดยมีคะแนน  $1.07 \pm 0.74$  และ  $1.03 \pm 0.67$  คะแนน ตามลำดับ (คะแนนเต็ม 2 คะแนน) ซึ่งทั้ง 2 ตัวอย่างเป็นสาโทแดงที่ผลิตจากการใช้ข้าวเหนียวดำ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นวัตถุดิบโดยใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* ตามลำดับ ซึ่งการใช้วัตถุดิบเป็นข้าวเหนียวดำ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงที่มีสีส้มสวยงาม ตรงกับความต้องการของผู้ทดสอบ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโทแดง ในด้านความใส พบว่า ตัวอย่าง 774 ซึ่งเป็นตัวอย่างสาโททางการค้า ได้รับคะแนนในด้านความใสสูงสุด คือ  $1.77 \pm 0.50$  คะแนน (คะแนนเต็ม 2 คะแนน) ซึ่งเป็นไปได้ว่า สาโททางการค้าเป็นสาโทที่มีกระบวนการผลิตที่ทันสมัย มีเครื่องมือในการกรองสาโทที่มีคุณภาพ ทำให้ได้สาโทที่มีความใสมากที่สุด ในขณะที่ตัวอย่างสาโทแดง 347 และ 796 ได้คะแนน  $1.57 \pm 0.57$  และ  $1.63 \pm 0.61$  คะแนน ตามลำดับ ซึ่งเมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติแล้วพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตัวอย่างสาโทแดง 347 และ 796 เป็นสาโทแดงที่ถูกผลิตขึ้นในห้องปฏิบัติการในระดับการทดลองเท่านั้น ทำให้กระบวนการหลังการหมัก ไม่สามารถทำให้สาโทแดงใสได้เท่ากับสาโททางการค้า แต่สามารถได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านความใสได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กับสาโททางการค้า ซึ่งหมายถึงสาโทแดงเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโท ในด้านกลิ่น พบว่า ตัวอย่างสาโทแดง 347, 815, 268, 929 และ 796 ซึ่งเป็นสาโทแดงที่ผลิตขึ้นโดยใช้ข้าวเหนียวดำในอัตราส่วนต่างๆ ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae* ดังแสดงในตารางที่ 4.14 มีคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นสูงกว่า สาโททางการค้า โดยได้คะแนน  $2.70 \pm 1.06$ ,  $2.40 \pm 1.00$ ,  $2.43 \pm 1.17$ ,  $2.23 \pm 1.10$  และ  $2.57 \pm 0.94$  คะแนน ตามลำดับ (คะแนนเต็ม 4 คะแนน) ในขณะที่สาโททางการค้าได้คะแนนเพียง  $1.10 \pm 1.35$  คะแนน สามารถกล่าวได้ว่า วัตถุดิบและสายพันธุ์ราที่ใช้ในกระบวนการผลิตสาโทแดงมีผลต่อกลิ่นของผลิตภัณฑ์สาโทแดง ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์สาโทแดงมีกลิ่นที่พึงประสงค์ของผู้ทดสอบ

ทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโท ในด้านรสชาติ พบว่า ตัวอย่างสาโทแดง 815 และ 268 เป็นตัวอย่าง ที่ได้รับคะแนนมากที่สุด โดยมีคะแนน  $7.67 \pm 2.54$  และ  $7.07 \pm 4.21$  คะแนน ตามลำดับ (คะแนนเต็ม 12 คะแนน) ซึ่งตัวอย่าง 815 เป็นสาโทแดงที่ผลิตจากการใช้ข้าวเหนียวดำ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 ซึ่งการใช้ข้าวเหนียวดำเป็นวัตถุดิบ จะทำให้สาโทแดงมีรสชาติดี เกิดจากสารสำคัญต่างๆที่เป็นองค์ประกอบในข้าวเหนียวดำ ร่วมกับสารที่รา *M. purpureus* TISTR 3002 ผลิตขึ้นมาในระหว่างกระบวนการหมัก และตัวอย่าง 268 สาโทที่ผลิตจากการใช้ข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ข้าวเหนียวและสายพันธุ์ราที่ใช้ในการผลิตสาโทกันโดยทั่วไปอยู่แล้ว จึงเป็นตัวอย่างสาโทที่ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติสูงที่สุด

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโท โดยรวมพบว่า ตัวอย่างสาโทแดง 815 268 และ 347 เป็นตัวอย่างสาโทแดงที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด โดยมีคะแนน  $12.50 \pm 3.63$   $11.70 \pm 5.31$  และ  $10.43 \pm 4.67$  คะแนน ตามลำดับ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน) โดยตัวอย่าง 268 สาโทที่ผลิตจากการใช้ ข้าวเหนียวขาว 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา *R. oryzae* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ข้าวเหนียวและสายพันธุ์ราที่ใช้ในการ

ผลิตสาโทกัน โดยทั่วไปอยู่แล้ว จึงเป็นตัวอย่างสาโทที่ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยรวมสูง และตัวอย่างสาโทแดง 815 และ 268 เป็นสาโทแดงที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำ 100 และ 70 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 สามารถกล่าวได้ว่าสาโทแดงที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำร่วมกับ *M. purpureus* TISTR 3002 เป็นสาโทแดงที่ผู้ทดสอบชิมมีความพึงพอใจ เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้มีสารสำคัญอยู่ในปริมาณมาก ทำให้ได้สาโทแดงที่มีรสชาติดี และองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ทดสอบ ประกอบกับราสายพันธุ์ *M. purpureus* TISTR 3002 ที่สามารถผลิตสารสำคัญที่ทำให้สาโทแดงมีคุณลักษณะที่ดี เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภคด้วย