

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	
2.1 คนไทยกับการดื่มสุรา	3
2.2 สถิติการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ของคนไทย	3
2.3 นิยามและมาตรฐานของสาโท	5
2.4 การผลิตสาโท	7
2.5 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสาโท	12
2.6 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการผลิตสาโท	15
2.7 กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีที่สำคัญในการผลิตสาโท	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 วัสดุ จุลินทรีย์ เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี	26
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย	28
บทที่ 4 ผลการวิจัย และอภิปรายผล	
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการย่อยแป้งของรา 5 สายพันธุ์	34
4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบในข้าวเหนียว เพื่อคัดเลือกชนิด ที่เหมาะสมในการผลิตสาโทแดง	35
4.3 การผลิตสาโทแดงโดยใช้ข้าวเหนียวดำและราแดงสายพันธุ์ที่ คัดเลือกได้	37
4.4 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าวเหนียวดำต่อ ข้าวเหนียวขาวในการผลิตสาโทแดง	41
4.5 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค ของสาโทแดง	46

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	52
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	
5.1 การทดสอบประสิทธิภาพการย่อยแป้งของรา 5 สายพันธุ์	56
5.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบในข้าวเหนียว เพื่อคัดเลือกชนิดที่เหมาะสมในการผลิตสาโทแดง	56
5.3 การผลิตสาโทแดงโดยใช้ข้าวเหนียวดำและราแดงสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้	56
5.4 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าวเหนียวดำต่อข้าวเหนียวขาวในการผลิตสาโทแดง	57
5.5 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคของสาโทแดง	57
5.6 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	58
5.7 ข้อเสนอแนะ	58
เอกสารอ้างอิง	59
ภาคผนวก	62

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ตารางแสดงปริมาณการผลิตและนำเข้าเครื่องคั้นแอลกอฮอล์ในปริมาณแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ต่อคนต่อปีระหว่าง พ.ศ. 2538 – 2552 จำแนกตามประเภทเครื่องคั้นแอลกอฮอล์	4
ตารางที่ 2.2	แสดงชื่อท้องถิ่นของลูกแป้งจากแหล่งต่างๆ และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ลูกแป้งจากแหล่งนั้นๆ	6
ตารางที่ 2.3	คุณค่าทางโภชนาการของข้าวเหนียวดำ ข้าวหอมมะลิ ข้าวกล้อง (ข้าว) และข้าวมันญี่ปุ่น	13
ตารางที่ 2.4	คุณลักษณะของจุลินทรีย์ที่ต้องการและไม่ต้องการในกระบวนการผลิตสาโท	19
ตารางที่ 3.1	สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	27
ตารางที่ 3.2	แสดงชุดทดลองเพื่อเลือกสายพันธุ์ข้าวเหนียวดำและราที่เหมาะสมในการผลิตสาโทแดง	29
ตารางที่ 3.3	แสดงชุดทดลอง ของการทดลองการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างข้าวเหนียวดำ จาก จ.ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข.6 ในการผลิตสาโทแดง	31
ตารางที่ 4.1	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ โชนในโสมบ <i>glutinous rice starch agar</i> ของ <i>M. purpureus</i> TISTR 3002, 3385, 3541, 3090 และ <i>R. oryzae</i>	34
ตารางที่ 4.2	แสดงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล สารแอนติออกซิแดนซ์ สารประกอบฟีนอลิก และสารแอนโธไซยานิน ในข้าวเหนียวจาก 5 แหล่งปลูก	36
ตารางที่ 4.3	แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของน้ำค้อย ที่ผลิตได้จากข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ โดยใช้รา 2 สายพันธุ์ได้แก่ <i>M. purpureus</i> TISTR 3002 และ <i>R. oryzae</i>	38
ตารางที่ 4.4	แสดงปริมาณสารแกมมาโอไรซานอล สารแอนติออกซิแดนซ์ และสารประกอบฟีนอลิก ในสาโทที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ ร่วมกับรา <i>M. purpureus</i> TISTR 3002 และ <i>R. oryzae</i>	39
ตารางที่ 4.5	แสดงปริมาณ สารสีแดง สีส้ม สีเหลือง และ Colour intensity ในสาโทแดงที่ผลิตจากข้าวเหนียวขาว และข้าวเหนียวดำ ร่วมกับรา <i>M. purpureus</i> TISTR 3002 และ <i>R. oryzae</i>	40
ตารางที่ 4.6	แสดงปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำค้อย สารแกมมาโอไรซานอล สารแอนติออกซิแดนซ์ และสารประกอบ ฟีนอลิกในสาโทที่ผลิตจากการแปรผันอัตราส่วนระหว่าง ข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6 ร่วมกับรา <i>M. purpureus</i> TISTR 3002 และ <i>R. oryzae</i>	43

## สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณสารสีแดง สีส้ม สีเหลือง และ Colour intensity ในสาโทแดงที่ผลิตจากการแปรรูปอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำจาก จ. ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6 ร่วมกับรา <i>M. purpureus</i> TISTR 3002 และ <i>R. oryzae</i>	45
ตารางที่ 4.8 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้ง (เซนติเมตร) จากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคของสาโทแดงที่ผลิตได้	47
ตารางที่ 4.9 แสดงตัวอย่างสาโทที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส และการให้รหัสตัวอย่าง	53
ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของสาโท	53

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 กราฟแสดงอัตราการบริโภคนอกแอลกอฮอล์บริโภคต่อคนต่อปีของประเทศไทย ระหว่างปี ค.ศ. 1961-2004	4
ภาพที่ 2.2 แผนภูมิกระบวนการผลิตสาโทแบบดั้งเดิม	8
ภาพที่ 2.3 แผนภูมิแสดงการผลิตสาโทจากเชื้อบริสุทธิ์	9
ภาพที่ 2.4 แผนภูมิการผลิตสาโทที่คัดแปลงจากวิธีดั้งเดิม	10
ภาพที่ 2.5 แผนภูมิกระบวนการผลิตสาโทโดยทั่วไป	11
ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะเมล็ดข้าวเหนียวขาวและเมล็ดข้าวเหนียวดำ	12
ภาพที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของแอนโทไซยานิน	14
ภาพที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของสารแกมมาโอไรซานอล	14
ภาพที่ 2.9 ภาพแสดงลักษณะโคโลนีของรา <i>R. oryzae</i> เมื่ออายุอ่อนมีสีขาว เมื่ออายุมากขึ้น จะมีสีดำ และลักษณะสปอร์ของรา <i>R. oryzae</i>	16
ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะโคโลนีของรา <i>M. purpureus</i> เมื่ออายุอ่อนมีสีขาว เมื่ออายุมากขึ้น จะมีสีเหลือง อมส้ม และลักษณะสปอร์ของรา <i>M. purpureus</i>	16
ภาพที่ 2.11 การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล	20
ภาพที่ 2.12 การเปลี่ยนน้ำตาลเป็นเอทานอล	20
ภาพที่ 2.13 เมแทบอลิซึมของยีสต์ภายใต้สภาวะการหายใจโดยใช้อากาศและการหมักโดยไม่ใช้อากาศ	22
ภาพที่ 2.14 สมดุลของการเปลี่ยนกลูโคสเป็นเอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์	22
ภาพที่ 3.1 แสดงตัวอย่างแบบประเมินที่ใช้ในการประเมินคุณภาพสาโท ทางด้านประสาท สัมผัส	33
ภาพที่ 4.1 แสดงตัวอย่างบริเวณโซนไฮสที่เกิดจากการย่อยแป้งใน glutinous rice starch agar ของรา <i>M. purpureus</i>	34
ภาพที่ 4.2 ภาพแสดงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวเหนียวขาวพันธุ์ กข.6 และเมล็ด ข้าวเหนียวดำจาก 4 แหล่งปลูก	35
ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะของข้าวเหนียวเมื่อถูกย่อยด้วยรา <i>R. oryzae</i> และ <i>M. purpureus</i> 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 <i>R. oryzae</i> และ M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub> และ M <sub>3</sub> คือข้าวเหนียวขาว กข.6 ข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ด และข้าวเหนียวดำจากคณะเกษตรศาสตร์ มข. ที่ถูกย่อยด้วยรา <i>M. Purpureus</i> TISTR 3002	37

## สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 4.4	แสดงการเลี้ยงรา <i>R. oryzae</i> บนเมล็ดข้าวเหนียว โดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6 ในอัตราส่วน 0:100, 100:0, 85:15, 70:30 และ 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	42
ภาพที่ 4.5	แสดงการเลี้ยงรา <i>M. purpureus</i> TISTR 3002 บนเมล็ดข้าวเหนียวโดยแปรผันอัตราส่วนระหว่างข้าวเหนียวดำจาก จ.ร้อยเอ็ดต่อข้าวเหนียวขาว กข.6 ในอัตราส่วน 0:100, 100:0, 85:15, 70:30 และ 55:45 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	42
ภาพที่ 4.6	แสดงตัวอย่างบริเวณโซนไนสที่เกิดจากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคของสาโทแดง เมื่อทดสอบกับ <i>B. cereus</i> , <i>E. aerogenes</i> TISTR 1540 และ <i>P. aeruginosa</i> ATCC 27533	46
ภาพที่ 4.7	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย <i>B. cereus</i> ที่เกิดจากสาโทแดง ที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 0, 55, 70, 85 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา <i>M. purpureus</i> TISTR 3002 และ <i>R. oryzae</i>	48
ภาพที่ 4.8	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย <i>S. aureus</i> TISTR 029 ที่เกิดจากสาโทแดง ที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 0, 55, 70, 85 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา <i>M. purpureus</i> TISTR 3002 และ <i>R. oryzae</i>	49
ภาพที่ 4.9	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย <i>P. aeruginosa</i> ATCC 27533 ที่เกิดจากสาโทแดง ที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 0, 55, 70, 85 และ 100 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา <i>M. purpureus</i> TISTR 3002 และ <i>R. oryzae</i>	50
ภาพที่ 4.10	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย <i>E. coli</i> TISTR 073 ที่เกิดจากสาโทแดง ที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 0, 55, 70, 85 และ 100 % เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับการใช้รา <i>M. purpureus</i> TISTR 3002 และ <i>R. oryzae</i>	51
ภาพที่ 4.11	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย <i>E. aerogenes</i> TISTR 1540 ที่เกิดจากสาโทแดง ที่ผลิตโดยใช้ข้าวเหนียวดำในอัตราส่วน 0, 55, 70, 85 และ 100 เปอร์เซ็นต์	

โดยน้ำหนักร่วมกับการใช้รา *M. purpureus* TISTR 3002 และ *R. oryzae*

52

ภาพที่ 4.12 แสดงตัวอย่างสาโทที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 6 ตัวอย่าง

53