

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(1)
ABSTRACT.....	(3)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
รายการตาราง.....	(10)
รายการตารางภาคผนวก.....	(12)
รายการรูป.....	(13)
รายการรูปภาคผนวก.....	(14)
บทที่	
1. บทนำ.....	1
บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	2
ขอบเขตการศึกษา.....	2
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 วิวัฒนาการและการกระจายพันธุ์ของข้าว.....	3
2.1.1 ต้นกำเนิดของพันธุ์ข้าว.....	3
2.1.2 การสำรวจพันธุ์ข้าวในประเทศไทย.....	4
2.2 ข้าวมีสีและสมบัติของรวงควัดดูให้สี.....	4
2.3 คุณภาพของข้าว.....	6
2.3.1 สมบัติทางกายภาพ (Physical properties).....	6
2.3.2 คุณภาพในการขัดสี (Milling qualities).....	9
2.3.3 คุณค่าทางโภชนาการ.....	11
2.3.3.1 วิตามิน.....	11
2.3.3.2 แร่ธาตุ.....	13
2.3.4 คุณภาพทางเคมี.....	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.4.1 ไขมัน.....	15
2.3.4.2 โปรตีน.....	17
2.3.4.3 คาร์โบไฮเดรต.....	18
2.3.4.3.1 อะไมโลส.....	18
2.3.4.3.2 อะไมโลเพกติน.....	22
2.3.4.3.3 การจัดเรียงตัวของโมเลกุลในเม็ดสตาร์ช.....	23
และลักษณะโครงสร้างผลึก	
2.3.4.3.4 รูปร่างและขนาดของเม็ดสตาร์ชข้าว.....	25
2.3.5 คุณภาพการหุงต้มและคุณภาพการรับประทาน	26
(Cooking and processing qualities)	
2.3.5.1 คุณภาพการหุงต้ม (Cooking quality).....	26
2.3.5.2 คุณภาพการรับประทาน (Eating qualities).....	27
2.3.5.3 คุณภาพการแปรรูป (Processing qualities).....	29
2.3.5.3.1 การเกิดเจลาทีไนซ์ (Gelatinization).....	29
2.3.5.3.2 การเกิดรีโทรกราเดชัน (Retrogradation).....	32
2.3.6 ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี.....	33
ที่มีต่อคุณภาพในการหุงต้ม การแปรรูป และการรับประทาน	
3. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ.....	37
3.1 วัสดุ.....	37
3.2 เครื่องมือวิเคราะห์และอุปกรณ์.....	38
3.3 วิธีการทดลอง.....	40
4. ผลการทดลอง.....	47
4.1 คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าว.....	48
4.1.1 สีของเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวกล้องและข้าวขัดขาว.....	48
4.1.2 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวกล้องและข้าวขัดขาว.....	52
4.1.3 น้ำหนักของเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวกล้องและข้าวขัดขาว.....	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 คุณภาพทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องและข้าวขัดขาว.....	58
4.2.1 คุณภาพทางเคมี.....	58
4.2.2 ปริมาณวิตามินในข้าวกล้องและข้าวขัดขาว.....	62
4.2.3 ปริมาณเหล็กในข้าวกล้องและข้าวขัดขาว.....	63
4.2.4 ปริมาณโพลีฟีนอลในข้าวกล้อง.....	65
4.2.5 ความสามารถในการขจัดอนุมูล DPPH ของสาร โพลีฟีนอลจากข้าวกล้อง.....	68
4.2.6 ความสามารถในการขจัดอนุมูล ABTS ของสาร โพลีฟีนอลจากข้าวกล้อง.....	69
4.3 สมบัติของสตาร์ชข้าว.....	72
4.3.1 สมบัติด้าน โครงสร้างของสตาร์ชข้าว.....	72
4.3.1.1 ลักษณะรูปร่างของเม็ดสตาร์ชเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	72
4.3.1.2 การกระจายตัวและขนาดของเม็ดสตาร์ชข้าว.....	77
4.3.1.3 รูปแบบโครงสร้างผลึก.....	78
4.3.1.4 ความหนืดอินทรินสิค (Intrinsic viscosity).....	79
4.3.2 สมบัติทางเคมีของสตาร์ชข้าว.....	80
4.3.3 สมบัติเชิงหน้าที่ของสตาร์ชข้าว (Functional properties).....	83
4.3.3.1 กำลังการพองตัว.....	83
4.3.3.2 ความสามารถในการละลาย.....	84
4.3.3.3 สมบัติด้านความหนืดของสตาร์ชและแป้งข้าว.....	85
4.3.3.4 การเกิดเจลลิตีในเซชันของสตาร์ชข้าว.....	91
4.3.3.5 การเกิดรีโทรกราเดชันของสตาร์ชข้าว.....	92
4.4 การศึกษาคุณภาพในการหุงต้ม.....	95
4.4.1 การยัดตัวของเมล็ดข้าว.....	95
4.4.2 การขยายปริมาตรหลังการหุง.....	96
4.5 การศึกษาคุณภาพในการรับประทาน.....	98
4.6 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและเคมี คุณภาพในการหุงต้ม การแปรรูป และการรับประทานของข้าวพื้นเมืองมีสี.....	100
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	104

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	109
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์.....	118
ภาคผนวก ข กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้าง แป้งข้าวขัดขาวและสตาร์ชด้วย RVA.....	147
ภาคผนวก ค กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเจลจากสตาร์ชข้าวมีสี.....	149
ภาคผนวก ง กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวมีสีหุงสุก.....	150

Prince of Songkla University
Pattani Campus

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การจำแนกเมล็ดข้าวตามความยาวของเมล็ด.....	7
2	เกณฑ์การจำแนกรูปร่างของเมล็ดข้าวในประเทศไทย.....	7
3	ความยาว รูปร่าง และน้ำหนักเมล็ดของข้าวไทยบางพันธุ์.....	8
4	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวตั้งหอยคัพทลงเปรียบเทียบระหว่าง..... ข้าวกล้องและข้าวขัดขาว	11
5	ปริมาณวิตามินบางชนิดของข้าวมีสีในรูปข้าวกล้องและข้าวขัดขาว.....	11
6	ปริมาณแร่ธาตุบางชนิดของข้าวมีสีเปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้องและข้าวขัดขาว.....	13
7	ปริมาณธาตุเหล็กในข้าวบางชนิดเปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้องและข้าวขัดขาว.....	14
8	ปริมาณไขมันประเภทต่างๆ ที่พบในส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว.....	15
9	ปริมาณไขมันที่พบในข้าวกล้องเปรียบเทียบกับข้าวขัดขาวบางชนิด.....	16
10	ปริมาณโปรตีนที่พบในข้าวกล้องเปรียบเทียบกับข้าวขัดขาวบางชนิด.....	17
11	ปริมาณอะไมโลสในข้าวเจ้าไทยบางชนิด.....	20
12	ปริมาณอะไมโลสในข้าวเหนียวไทยบางชนิด.....	21
13	รูปร่างและขนาดของสตาrchข้าวจากอินเดียบางชนิด.....	25
14	อุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนเซชันของสตาrchข้าวบางชนิด.....	31
15	ชื่อพันธุ์ข้าวและหน่วยงานที่อนุเคราะห์.....	37
16	แผนการทดลองและวิธีการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ.....	45
17	ระดับการขัดสีของตัวอย่างข้าวมีสี.....	48
18	ค่าสีของตัวอย่างข้าวมีสี.....	50
19	ความยาว ความกว้าง อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง และรูปร่างของข้าวเปลือก.....	53
20	ความยาว ความกว้าง อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง และรูปร่างของข้าวกล้อง.....	53
21	ความยาว ความกว้าง อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง และรูปร่างของข้าวขัดขาว.....	54
22	น้ำหนักของเมล็ดข้าวเปลือก.....	56
23	น้ำหนักของเมล็ดข้าวกล้อง.....	56
24	น้ำหนักของเมล็ดข้าวขัดขาว.....	57

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
25	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวกล้อง.....	59
26	องค์ประกอบทางเคมีของข้าวขัดขาว.....	60
27	ปริมาณวิตามินบีหนึ่งและวิตามินอีในข้าวกล้องและข้าวขัดขาว.....	63
28	ปริมาณธาตุเหล็กในตัวอย่างข้าวมีสี.....	64
29	ปริมาณโพสเฟอรัสในตัวอย่างข้าวมีสี.....	66
30	เปรียบเทียบปริมาณสารโพสเฟอรัสที่ได้จากการทดลองกับอ้างอิงที่ค้นได้.....	67
31	ขนาดและการกระจายตัวของเม็ดสตาร์ชจากข้าวมีสี.....	77
32	ความหนืดอินทรีนติกของสตาร์ชข้าวมีสี.....	80
33	องค์ประกอบทางเคมีของสตาร์ชข้าวมีสี.....	82
34	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสตาร์ชข้าวมีสี.....	88
35	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้องจากข้าวมีสี.....	89
36	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวขัดขาวจากข้าวมีสี.....	90
37	อุณหภูมิและพลังงานความร้อนที่ใช้ในการเกิดเจลลาทิโนเซชันของสตาร์ชข้าวมีสี.....	92
38	อุณหภูมิและพลังงานความร้อนที่ใช้ในการเกิดรีโทรกราเดชันของสตาร์ชข้าวมีสี.....	93
39	ระดับของการเกิดรีโทรกราเดชัน การขับน้ำออกจากเจล..... และความคงตัวของเจลจากสตาร์ชข้าวมีสี	94
40	อัตราการยึดตัวของเม็ดข้าวมีสีหุงสุก.....	96
41	การขยายปริมาตรของข้าวมีสีหุงสุก.....	97
42	ความแข็งและความคงตัวของเจลจากสตาร์ชข้าวมีสี.....	99

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1	สัดส่วนของปริมาณอะมิโลสและอะมิโลเพกตินสำหรับทำกราฟมาตรฐาน.....127
2	สถานะในการฉีดวิตามินอี โดยเทคนิค HPLC.....130
3	สถานะในการฉีดวิตามินบี โดยเทคนิค HPLC..... 131
4	ความสัมพันธ์ระหว่างสีเมล็ดข้าวและปริมาณธาตุเหล็ก..... 151
5	ความสัมพันธ์ระหว่างสีเมล็ดข้าวและปริมาณโพลีฟีนอล..... 151
6	ความสัมพันธ์ระหว่างสีเมล็ดข้าวและความสามารถในการขจัดอนุมูล ABTS ⁺ 151
7	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะมิโลสและความหนืดอินทรีนติก..... 152
8	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด ปริมาณโปรตีน ไขมัน ใยอาหารและเถ้า..... 152
9	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการยืดตัว ปริมาณไขมันและโปรตีน..... 153
10	ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงเคี้ยวของข้าวสุก ปริมาณไขมันและโปรตีน..... 153

รายการรูป

รูปที่		หน้า
1	โครงสร้างของอะไมโลส.....	19
2	โครงสร้างอะมิโลเพกติน.....	22
3	แบบจำลองสายโซ่ของอะไมโลเพกติน.....	23
4	แบบจำลองโครงสร้างผลึกของสตาร์ชแบบ A และแบบ B	24
5	แบบโครงสร้างผลึกของสตาร์ช 3 แบบจากการวิเคราะห์ด้วย XRD.....	25
6	เมล็ดข้าวมีสีพื้นเมืองภาคใต้ทั้ง 8 ชนิด.....	47
7	ความสามารถในการขจัดอนุมูล DPPH ของสารสกัดจากข้าวกล้อง.....	68
	ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	
8	ความสามารถในการขจัดอนุมูล ABTS ของสารสกัดจากข้าวกล้องมีสี.....	70
9	ลักษณะมอลดีสโตรคของเมล็ดสตาร์ชของข้าวมีสีพันธุ์ต่างๆที่กำลังขยาย 100 เท่า.....	73
10	ลักษณะเมล็ดสตาร์ชของข้าวมีสีพันธุ์ต่างๆที่กำลังขยาย 100 เท่า.....	74
11	ลักษณะเมล็ดสตาร์ชของข้าวมีสีพันธุ์ต่างๆ ที่ตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	76
	แบบส่องกราดที่กำลังขยาย 7,500 เท่า	
12	ลักษณะการกระจายตัวของเมล็ดสตาร์ชข้าวมีสีพันธุ์ต่างๆ.....	78
13	รูปแบบโครงสร้างผลึกของสตาร์ชข้าวมีสีทั้ง 8 ชนิด.....	79
14	กำลังการพองตัวของสตาร์ชข้าวมีสีที่อุณหภูมิต่างๆ.....	83
15	การละลายของสตาร์ชข้าวมีสีที่อุณหภูมิต่างๆ.....	85
16	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า b^* และปริมาณธาตุเหล็กของข้าวมีสี.....	100
17	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า L^* และปริมาณสารโพลีฟีนอลของข้าวมีสี.....	101
18	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า a^* และปริมาณสารโพลีฟีนอลของข้าวมีสี.....	101
19	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า b^* และปริมาณสารโพลีฟีนอลของข้าวมีสี.....	101
20	ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและค่า L^*	102
21	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลสและความหนืดอินทรีนติกของสตาร์ชข้าวมีสี.....	102
22	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ตัวของเมล็ดและปริมาณไขมัน.....	103

รายการรูปภาพผนวก

รูปภาพผนวกที่	หน้า
1 กราฟมาตรฐานของปริมาณอะไมโลส.....	127
2 กราฟมาตรฐานของธาตุเหล็ก.....	129
3 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก.....	133
4 กราฟมาตรฐานของการกำจัดอนุมูล DPPH ของ Trolox.....	135
5 กราฟมาตรฐานของการกำจัดอนุมูล ABTS ⁺ ของ Trolox.....	137
6 กราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวกล้อง.....	147
7 กราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวขัดขาว.....	147
8 กราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสตาร์ชข้าวมีสี.....	148
9 กราฟเนื้อสัมผัสของเจลจากสตาร์ชข้าวเหนียวมีสี.....	149
10 กราฟเนื้อสัมผัสของเจลจากสตาร์ชข้าวเจ้ามีสี.....	149
11 กราฟการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวกล้องมีสีหุงสุก.....	150
12 กราฟการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของข้าวขัดขาวมีสีหุงสุก.....	150