

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	28
ผลการทดลองและวิจารณ์	39
สรุปผลการทดลอง	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	69
ภาคผนวก (ก) การวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี	70
ภาคผนวก (ข) การตรวจสอบด้านจุลชีววิทยา	79
ภาคผนวก (ค) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	81
ภาคผนวก (ง) ข้อมูลดิบในการทดลอง	87
ภาคผนวก (จ) การถ่ายทอดเทคโนโลยี เรื่อง การผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ	112
ภาคผนวก (ฉ) การเผยแพร่ผลงานวิชาการ	120

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พันธุ์ข้าว	4
2	อัตราการบริโภคน้ำและพลังงานที่ได้รับจากข้าวโดยเฉลี่ยของประชากรในทวีปเอเชียในปี พ.ศ. 2536	5
3	องค์ประกอบต่างๆ ด้านคุณค่าอาหารภายในข้าวกล้อง ข้าวสาร และคัพพะ (จมูกข้าว) ในส่วนที่รับประทาน 100 กรัม	7
4	การศึกษากาการจำแนกลักษณะข้าวสุกตามปริมาณอะไมโลส	7
5	การจำแนกปริมาณอะไมโลส และการนำไปใช้ประโยชน์	10
6	ต้นทุนและผลกำไรจากการปลูกข้าวนาปีและนาปรังในปี พ.ศ. 2541	11
7	ปริมาณ และมูลค่าข้าวสารส่งออกของประเทศไทย และประเทศอื่น ๆ ที่สำคัญในปี พ.ศ. 2534 และ 2543	12
8	พันธุ์ข้าวเหนียวดำ	18
9	สารอาหาร และส่วนประกอบของ ข้าวกล้อง ข้าวขาว และข้าวเหนียวดำ	20
10	ส่วนประกอบของวัตถุดิบในการผลิตข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ	30
11	คุณลักษณะของข้าวเหนียวดำพันธุ์คอยสะเกิดและพันธุ์อมก๋อย	40
12	ปัจจัยของพันธุ์และปริมาณข้าวเหนียวดำที่ทดแทนข้าวเหนียวขาวที่มีผลต่อคุณลักษณะทางเคมี และกายภาพของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ	44
13	ผลของความหนาแน่นเพลเลท ความหนาแน่นข้าวอบกรอบ และการพองตัวของข้าวอบกรอบที่ใช้พันธุ์และปริมาณต่างๆ ของข้าวเหนียวดำในการทดแทนข้าวเหนียวขาว	45
14	ผลของความแข็ง (hardness) และความชื้นของข้าวอบกรอบที่ใช้พันธุ์และปริมาณต่างๆ ของข้าวเหนียวดำในการทดแทนข้าวเหนียวขาว	47
15	ผลของค่าสี L* a* และ b* ของข้าวอบกรอบที่ใช้พันธุ์และปริมาณต่าง ๆ ของข้าวเหนียวดำในการทดแทนข้าวเหนียวขาว	48
16	ผลคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์) ของข้าวเหนียวดำ	88
2	ปริมาณอะไมโลส ของข้าวเหนียวดำ(เปอร์เซ็นต์)	88
3	ความคงตัวของเจล ของข้าวเหนียวดำ (มิลลิเมตร)	88
4	ปริมาณโปรตีนของข้าวเหนียวดำ (ร้อยละ)	88
5	ความหนาแน่นของเพลเลทข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ (กรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร)	89
6	ความแข็ง (hardness) ข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ (กรัม)	89
7	ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ	90
8	ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ	90
9	ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ	91
10	ความหนาแน่นของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ (กรัมต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร)	91
11	การพองตัวของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ (เปอร์เซ็นต์)	92
12	ปริมาณความชื้นของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ (เปอร์เซ็นต์)	92
13	ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0	93
14	ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15	93
15	ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30	93
16	ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45	94
17	ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60	94
18	ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75	94
19	ความแข็ง (hardness) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90	95
20	ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0	95
21	ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15	95
22	ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30	96
23	ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45	96
24	ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60	96
25	ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75	97
26	ค่าสี L* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90	97
27	ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0	97
28	ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15	98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
29	ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30	98
30	ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45	98
31	ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60	99
32	ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75	99
33	ค่าสี a* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90	99
34	ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0	100
35	ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15	100
36	ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30	100
37	ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45	101
38	ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60	101
39	ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75	101
40	ค่าสี b* ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90	102
41	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0	102
42	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15	102
43	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30	103
44	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45	103
45	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60	103
46	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75	104
47	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90	104
48	ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบ ข้าวเหนียวดำในวันที่ 0	104
49	ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบ ข้าวเหนียวดำในวันที่ 15	105
50	ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบ ข้าวเหนียวดำในวันที่ 30	105
51	ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบ ข้าวเหนียวดำในวันที่ 45	105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
52	ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบ ข้าวเหนียวดำในวันที่ 60	106
53	ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบ ข้าวเหนียวดำในวันที่ 75	106
54	ปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ได้ (water activity) ของข้าวอบกรอบ ข้าวเหนียวดำในวันที่ 90	106
55	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ ในวันที่ 0	107
56	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ ในวันที่ 15	107
57	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ ในวันที่ 30	107
58	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ ในวันที่ 45	108
59	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ ในวันที่ 60	108
60	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ ในวันที่ 75	108
61	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำ ในวันที่ 90	109
62	จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 0	110
63	จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 15	110
64	จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 30	110
65	จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 45	110
66	จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 60	110
67	จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 75	110
68	จำนวนยีสต์และรา (log CFU/g) ของข้าวอบกรอบข้าวเหนียวดำในวันที่ 90	111

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตอะราเร่ และเซมเบ	22
2	นำข้าวเหนียวมาแช่น้ำเป็นเวลา 16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 6-7 องศาเซลเซียส และสะเด็ดน้ำออกจากข้าว	31
3	นำข้าวเหนียวผ่านการสะเด็ดน้ำบดเป็นแป้งด้วยเครื่องบด	32
4	ทำการร่อนแป้งข้าวเหนียวด้วยตะแกรง 40 เมช	32
5	หึ่งส่วนผสมการผลิตข้าวอบกรอบ	32
6	นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมให้เข้ากัน	33
7	ก้อนแป้งที่ผ่านการนวดจนเป็นเนื้อเดียวกัน	33
8	นำมารีดให้เป็นแผ่นด้วยเครื่องรีด หนา 1 มิลลิเมตร	33
9	นึ่งด้วยน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที	34
10	แป้งที่ผ่านการแช่เย็นอุณหภูมิ 6 – 7 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง	34
11	แผ่นแป้งตัดเป็นรูปร่างสามเหลี่ยมขนาด 2.5×2.5 เซนติเมตร	34
12	อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน	35
13	สิ่งทดลองข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำทั้ง 6 สิ่งทดลอง	35
14	ผลิตภัณฑ์ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำทั้ง 6 สิ่งทดลอง	42
15	การเปลี่ยนแปลงความแข็งของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุ โพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุ โพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุ โพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	51
16	การเปลี่ยนแปลงค่าสี L* ของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุ โพลีเอทิลีน, RC+ oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุ เอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุ โพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	53
18	การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	54
19	การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	55
20	การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณน้ำอิสระ ของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	56
21	การเปลี่ยนแปลงปริมาณ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	การเปลี่ยนแปลงปริมาณยีสต์และรา ของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีนที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	58
23	คะแนนประสาทสัมผัสด้านสี ของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	59
24	คะแนนประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	60
25	คะแนนประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	61
26	คะแนนประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	คะแนนประสาทสัมผัสด้านความชอบรวม ของข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 ถึง 90 วัน (control หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน, RC+oxygen absorber หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับออกซิเจน, RC+desiccant หมายถึง ข้าวอบกรอบในภาชนะบรรจุโพลีเอทิลีน ที่มีสารดูดซับความชื้น	63
28	ข้อมูลโภชนาการ ข้าวอบกรอบจากข้าวเหนียวดำ บรรจุ 25 กรัม	64