

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
สมมติฐานของการวิจัย	3
ความสำคัญของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าว	9
ข้าวเหนียวดำ	12
สารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวเหนียวดำ	12
สารที่นิยมใช้เป็นสารให้ความคงตัวในอาหาร	24
สีผสมอาหาร	26
ระบบการวัดค่าสี	27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
3 วิธีดำเนินการวิจัย	34
แผนการวิจัย	34
เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย	37
วิธีดำเนินการทดลอง	39
สถิติที่ใช้ในการวิจัย	48

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	50
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	50
ลำดับขั้นตอนในการเสนอข้อมูล	50
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	52
ผลการศึกษาคู่ประกอบทางเคมีพื้นฐานและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ของรำข้าวเหนียวดำ	52
ผลการศึกษากกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหาร	53
ผลการศึกษาการประยุกต์ใช้สีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำ (สีที่ผลิตจาก กรรมวิธีที่เหมาะสมคือ การใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%) ในโยเกิร์ต	75
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	80
ความมุ่งหมายของการวิจัย	80
สรุปผล	80
อภิปรายผล	86
ข้อเสนอแนะ	93
บรรณานุกรม	94
ภาคผนวก	101
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของรำข้าวเหนียวดำ	102
ภาคผนวก ข กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ	106
ภาคผนวก ค โครมาโทแกรมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	111
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ความแปรปรวน	118
ภาคผนวก จ การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่	126
ประวัติย่อของผู้วิจัย	171

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ชนิดและปริมาณสารอาหารในรำข้าว	11
2 ปริมาณสารอาหารที่มีผลออกฤทธิ์ต่อสุขภาพในรำข้าว	12
3 ปริมาณแอนโทไซยานินในธัญพืชบางชนิด	20
4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของรำข้าวเหนียวดำ	52
5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่สำคัญในรำข้าวเหนียวดำ	53
6 ผลของวิธีการสกัดรำข้าวเหนียวดำต่อปริมาณผลผลิต (%yield) ของ สีปรุงแต่งอาหาร	53
7 ผลของวิธีการสกัดและปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินต่อค่าสีของผงสีปรุงแต่งอาหาร	55
8 ผลของวิธีการสกัดและปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินต่อค่าออกฤทธิ์แอคติวิตีและ ความสามารถในการละลาย ของผงสีปรุงแต่งอาหาร	57
9 ผลของวิธีการสกัดและปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินต่อแอนโทไซยานินในผงสีปรุงแต่ง อาหาร	58
10 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อปริมาณ แกมมาออร์ซานอลที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	60
11 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อปริมาณสารประกอบ ฟีนอลที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	62
12 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อปริมาณ แอนโทไซยานินที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	64
13 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อฤทธิ์การต้าน อนุมูลอิสระโดยวิธี total antioxidant capacity ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา ต่าง ๆ	66
14 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อฤทธิ์การต้าน อนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS ^{•+} radical scavenging activity ที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ	68
15 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อฤทธิ์การต้าน อนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP method ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	70

16	ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อค่าความสว่าง ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	72
17	ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อค่าความเข้มสี ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	73
18	ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อค่ามุมของสี ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	74
19	ผลการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH) ของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (ผลิตจาก การใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%) ระดับต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา.....	75
20	ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (ผลิตจากการ ใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%) ระดับต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา	76
21	ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (ผลิตจากการ ใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%) ระดับต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา	77
22	ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสีของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (ผลิตจาก การใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%) ระดับต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา	78
23	ผลการเปลี่ยนแปลงค่ามุมของสีของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (ผลิตจาก การใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%) ระดับต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา	79
24	การเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตของผงสีปรุงแต่งอาหารที่วิธีการสกัดและ ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่างกัน	119
25	การเปรียบเทียบค่าสีของผงสีปรุงแต่งอาหารที่วิธีการสกัดและปริมาณ มอลโตเด็กซ์ตริน ต่างกัน	119
26	การเปรียบเทียบวอเตอร์แอกติวิตีและความสามารถในการละลายน้ำของ ผงสีปรุงแต่งอาหารที่วิธีการสกัดและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่างกัน	120

27	การเปรียบเทียบปริมาณแอนโทไซยานินของผงสีปรุงแต่งอาหารที่วิธีการสกัด และปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่างกัน	120
28	การเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียม จากวิธีการผลิตต่างกันและระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน	121
29	การเปรียบเทียบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมจาก วิธีการผลิตต่างกันและเก็บไว้ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน	122
30	การเปรียบเทียบค่าสีของผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมจากวิธีการผลิตต่างกัน และเก็บไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน	123
31	การเปรียบเทียบค่าพีเอชของโยเกิร์ตเติมสีปรุงแต่งอาหารที่ระดับต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลาต่างกัน	124
32	การเปรียบเทียบปริมาณกรดของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหารในระดับต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลาต่างกัน.....	124
33	การเปรียบเทียบค่าสีของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหารในระดับต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลาต่างกัน	125
34	การเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ปริมาณผลผลิตของผงสีปรุงแต่งอาหาร ที่เตรียมได้จากวิธีการสกัดต่างกัน	127
35	การเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ความสว่างของผงสีปรุงแต่งอาหาร ที่วิธีการสกัดต่างกันและเติมมอลโตเด็กซ์ตริน (MD) ต่างกัน	128
36	การเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ความเข้มสีของผงสีปรุงแต่งอาหาร ที่วิธีการสกัดต่างกันและเติมมอลโตเด็กซ์ตริน (MD) ต่างกัน	129
37	การเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่คอเลสเตอรอลของผงสีปรุงแต่งอาหาร ที่วิธีการสกัดต่างกันและเติมมอลโตเด็กซ์ตริน (MD) ต่างกัน	130
38	การเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่การละลายของผงสีปรุงแต่งอาหาร ที่วิธีการสกัดต่างกันและเติมมอลโตเด็กซ์ตริน (MD) ต่างกัน	131
39	การเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ปริมาณแอนโทไซยานินของผงสีปรุงแต่งอาหาร ที่วิธีการสกัดต่างกันและเติมมอลโตเด็กซ์ตริน (MD) ต่างกัน	132

40	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของปริมาณแกมมาออร์ิซานอล ในผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมจากวิธีการผลิตต่างกันที่เวลาการเก็บรักษา ต่างกัน	135
41	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของปริมาณสารประกอบฟีนอล ในผงสีปรุงแต่งอาหารที่วิธีการผลิตต่างกัน	138
42	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของปริมาณสารประกอบฟีนอล ในผงสีปรุงแต่งอาหาร ที่เวลาการเก็บรักษาต่างกัน	138
43	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณ แอนโทไซยานินในผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมจากวิธีการผลิตต่างกัน ที่เวลาการเก็บรักษาต่างกัน	139
44	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ที่ทดสอบโดยวิธี total antioxidant capacity (เทียบกับกรดแกลลิก) ในผงสีปรุงแต่งอาหาร ที่เตรียมจากวิธีการผลิตต่างกัน	142
45	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ทดสอบโดย วิธี total antioxidant capacity (เทียบกับกรดแกลลิก) ในผงสีปรุงแต่งอาหาร ที่เวลาการเก็บรักษาต่างกัน	142
46	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดย วิธี ABTS ในผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมจากวิธีการผลิตและเวลาการเก็บ รักษาต่างกัน	143
47	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดย วิธี FRAP ในผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมจากวิธีการผลิตต่างกัน ที่เวลาการเก็บรักษาต่างกัน	146
48	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความสว่างใน ผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมจากวิธีการผลิตต่างกัน	149
49	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของการเปลี่ยนแปลง ค่าความสว่างในผงสีปรุงแต่งอาหาร ที่เวลาการเก็บรักษาต่างกัน	149

50	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของการเปลี่ยนแปลง ค่าความชื้นสีของผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมจากวิธีการผลิตต่างกัน ที่เวลาการเก็บรักษาต่างกัน	150
51	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของการเปลี่ยนแปลง ค่ามุมของสีในผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมจากวิธีการผลิตต่างกัน ที่เวลาการเก็บรักษาต่างกัน	153
52	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ในโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (สีที่เตรียมจากการใช้รำข้าวเหนียวดำ ปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ เติมนอลโตเด็กซ์ตรินปริมาณ 2%) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน	159
53	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด ในโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (สีที่เตรียมจากการใช้รำข้าวเหนียวดำ ปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ เติมนอลโตเด็กซ์ตรินปริมาณ 2%) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน	159
54	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง ของสีในโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (สีที่เตรียมจากการใช้รำข้าวเหนียวดำ ปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ เติมนอลโตเด็กซ์ตรินปริมาณ 2%) ระดับต่าง ๆ กัน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน	160
55	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้ม ของสีในโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (สีที่เตรียมจากการใช้รำข้าวเหนียวดำ ปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ เติมนอลโตเด็กซ์ตรินปริมาณ 2%) ระดับต่าง ๆ กัน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน	163
56	การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่ของการเปลี่ยนแปลงค่ามุมของสี ในโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (สีที่เตรียมจากการใช้รำข้าวเหนียวดำ ปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ เติมนอลโตเด็กซ์ตรินปริมาณ 2%) ระดับต่าง ๆ กัน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน	166

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 โครงสร้างของโทโคเฟอร์อล	13
2 โครงสร้างของโทโคไตรอีนอล	14
3 โครงสร้างทางเคมีของแอนโธไซยานินที่สำคัญในธรรมชาติ	19
4 โครงสร้างทางเคมีของน้ำตาล (glycosyl unit) ที่สำคัญของแอนโธไซยานิน	19
5 โครงสร้างทางเคมีของแอนโธไซยานิน	20
6 โครงสร้างทางเคมีของแอนโธไซยานินในสารละลายที่สภาวะสมดุล	22
7 กราฟมาตรฐานแกมมาออร์ซานอลสำหรับวิเคราะห์ปริมาณ แกมมาออร์ซานอลในรำข้าวเหนียวดำ	107
8 กราฟมาตรฐานแอลฟาโทโคเฟอร์อลสำหรับวิเคราะห์ปริมาณ แอลฟาโทโคเฟอร์อลในรำข้าวเหนียวดำ	108
9 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล ในรำข้าวเหนียวดำ	108
10 กราฟมาตรฐานแกมมาออร์ซานอลสำหรับการหาปริมาณแกมมาออร์ซานอล ในผงสีปรุงแต่งอาหาร	109
11 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับการหาปริมาณสารประกอบฟีนอล ในผงสีปรุงแต่งอาหาร	109
12 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกสำหรับวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี total antioxidant capacity	110
13 โคโรมาโทแกรมสารแอลฟาโทโคเฟอร์อลมาตรฐานที่ความเข้มข้น 250 พีพีเอ็ม	112
14 โคโรมาโทแกรมสารแอลฟาโทโคเฟอร์อลในตัวอย่างรำข้าวเหนียวดำ	113
15 โคโรมาโทแกรมของสารแกมมาออร์ซานอลมาตรฐานที่ความเข้มข้น 1,600 พีพีเอ็ม	113
16 โคโรมาโทแกรมของสารแกมมาออร์ซานอลในตัวอย่างรำข้าวเหนียวดำ	114
17 โคโรมาโทแกรมของสารแกมมาออร์ซานอลมาตรฐานที่ความเข้มข้น 12.5 พีพีเอ็ม	114

18	โครมาโทแกรมของสารแกมมาออร์ิซานอลในตัวอย่างสีปรุงแต่งอาหารที่ผลิตจาก การใช้รำข้าว 50 กรัมสกัดโดยใช้เอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%	115
19	โครมาโทแกรมของสารแกมมาออร์ิซานอลในตัวอย่างสีปรุงแต่งอาหารที่ผลิตจาก การใช้รำข้าว 50 กรัมสกัดโดยใช้เอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 3%	115
20	โครมาโทแกรมของสารแกมมาออร์ิซานอลในตัวอย่างสีปรุงแต่งอาหารที่ผลิตจาก การใช้รำข้าว 50 กรัมสกัดโดยใช้เอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 4%	116
21	โครมาโทแกรมของสารแกมมาออร์ิซานอลในตัวอย่างสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมจาก การใช้รำข้าว 60 กรัมสกัดโดยใช้เอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%	116
22	โครมาโทแกรมของสารแกมมาออร์ิซานอลในตัวอย่างสีปรุงแต่งอาหารที่ผลิตจาก การใช้รำข้าว 60 กรัมสกัดโดยใช้เอนไซม์ แล้วเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 3%	117
23	โครมาโทแกรมของสารแกมมาออร์ิซานอลในตัวอย่างสีปรุงแต่งอาหารที่ผลิตจาก การใช้รำข้าว 60 กรัมสกัดโดยใช้เอนไซม์ แล้วเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 4%	117

