

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลเป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับแปลความหมายข้อมูลมีดังนี้

$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)
MS	แทน	ค่ากำลังสองเฉลี่ย
SS	แทน	ค่าผลบวกยกกำลังสอง
df	แทน	ระดับขั้นของความเสรี
F	แทน	สถิติทดสอบที่ใช้พิจารณาใน F-distribution
p	แทน	ความน่าจะเป็นไปได้ทางสถิติ (Probability)

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ทำวิจัยกำหนดลำดับขั้นตอนการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. ผลการศึกษาย่อยประกอบทางเคมีเบื้องต้นในรำข้าวเหนียวดำ ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า ปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหารดิบ และคาร์โบไฮเดรต และการศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของรำข้าวเหนียวดำ ได้แก่ แกมมาออร์ซานอล แอลฟาโทโคเฟอรอล สารประกอบฟีนอล และแอนโทไซยานิน

2. ผลการศึกษากิจกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหาร

2.1 ตอนที่ 1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีเบื้องต้นของผงสีปรุงแต่งอาหารที่ได้จากทั้ง 16 วิธีเพื่อคัดเลือก 6 วิธีไปศึกษาความคงตัวต่อการเก็บรักษา ได้แก่ ผลการศึกษาดังนี้

2.1.1 ปริมาณผลผลิตของสีปรุงแต่งอาหาร

2.1.2 ค่าสี (ค่าความสว่างของสี ค่าความเข้มสี ค่ามุมของสี)

2.1.3 ค่าออกซิเจนอิสระและความสามารถในการละลายน้ำ

2.1.4 ปริมาณแอนโทไซยานิน

2.2 ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความคงตัวต่อการเก็บรักษาผงสีปรุงแต่งอาหารทั้ง 6 วิธีที่คัดเลือกมาจากตอนที่ 1 ได้แก่ วิธีการเตรียมสีปรุงแต่งอาหารจากการใช้รำข้าวเหนียวดำ 50 สกัดด้วยเอนไซม์ เติมนอลโตเด็กซ์ตริน 2%, 3% และ 4% และการใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ เติมนอลโตเด็กซ์ตริน 2%, 3% และ 4% ร่วมกับการเก็บรักษาที่เวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 สัปดาห์เปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 เพื่อคัดเลือกวิธีการเตรียมสีปรุงแต่งอาหารที่เหมาะสมโดยผลการศึกษาที่มีดังต่อไปนี้

2.2.1 ผลการศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ แอลฟาโทโคเฟอรอล แกมมาออริซานอล สารประกอบฟีนอล และแอนโทไซยานิน

2.2.2 ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ total antioxidant capacity, ABTS^{•+} radical scavenging activity และ FRAP method

2.2.3 ผลการศึกษาค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าความเข้มสีและค่ามุมของสี

3. ผลการศึกษากิจกรรมประยุกต์ใช้สีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำ (สีที่ผลิตจากกรรมวิธีที่เหมาะสม) ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยศึกษาระดับความเข้มข้นของสีปรุงแต่งอาหาร (0, 0.2, 0.4 และ 0.6%) ร่วมกับการเก็บรักษาโยเกิร์ตที่เวลาต่างๆ (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, และ 21 วัน) โดยผลการศึกษาได้แก่

3.1 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของโยเกิร์ต

3.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดของโยเกิร์ต

3.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่างของสี ค่าความเข้มสี และค่ามุมของสีในโยเกิร์ต

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของรำข้าวเหนียวดำ

1.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของรำข้าวเหนียวดำ

รำข้าวเหนียวดำที่นำมาทำการศึกษาเป็นรำข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมืองซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานพบว่ามีค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรตปริมาณ 10.41%, 11.60% ,19.11%, 10.77%, 9.45% และ 38.66% ตามลำดับ ดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของรำข้าวเหนียวดำ

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง) ($\bar{X} \pm SD$)
ความชื้น	10.41±0.07
โปรตีน	11.60±0.19
ไขมัน	19.11±0.20
เส้นใยอาหาร	10.77±0.82
เถ้า	9.45±0.32
คาร์โบไฮเดรต	38.66±0.94

1.2 การศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของรำข้าวเหนียวดำ

สารออกฤทธิ์ชีวภาพที่สำคัญในรำข้าวเหนียวดำ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลมีปริมาณ 3.86 มิลลิกรัม แกลลิก/กรัม แอนโธไซยานินมีปริมาณ 3.31 มิลลิกรัม ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/กรัม รำข้าว แคมมาอริซานอลปริมาณ 7.00 มิลลิกรัม/กรัม และแอลฟาโทโคเฟอรอลปริมาณ 105.20 ไมโครกรัม/กรัม ดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่สำคัญของรำข้าวเหนียวดำ

สารออกฤทธิ์ชีวภาพ	ปริมาณ (มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง) ($\bar{X} \pm SD$)
สารประกอบฟีนอล	3.86±0.02
แอนโทไซยานิน	3.31±0.04
แกมมาออริซานอล	7.00±0.04
แอลฟาโทโคเฟอรอล (μg/g)	105.20±3.87

2. ผลการศึกษาระบบวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหาร

2.1 ตอนที่ 1 ผลการศึกษาคณสมบัติทางกายภาพและเคมีเบื้องต้นของผงสีปรุงแต่งอาหาร

2.1.1 ปริมาณผลผลิตของสีปรุงแต่งอาหาร

จากการศึกษาปริมาณผลผลิตของสีปรุงแต่งอาหารดังแสดงในตาราง 6 พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างวิธีการสกัดรำข้าวเหนียวดำและปริมาณการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินต่อปริมาณสีปรุงแต่งอาหาร ($p>0.05$) (ตาราง 24 ภาคผนวก ง) แต่พบว่าวิธีการสกัดมีผลต่อปริมาณสีปรุงแต่งอาหาร ($p<0.05$) (ตาราง 24 ภาคผนวก ง) โดยวิธีการใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ให้ปริมาณสีปรุงแต่งอาหารสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตาราง 34 ภาคผนวก จ) ซึ่งมีปริมาณสีปรุงแต่งอาหารอยู่ในช่วง 26.36-27.32%

ตาราง 6 ผลของวิธีการสกัดรำข้าวเหนียวดำต่อปริมาณผลผลิต (%yield) ของสีปรุงแต่งอาหาร

วิธีการสกัด	ปริมาณผลผลิต (%) ($\bar{X} \pm SD$)			
	มอลโตเด็กซ์ตริน (%)			
	0	2	3	4
สกัดด้วยเอทานอล	16.77±1.15	16.39±0.97	16.79±1.32	16.64±0.19
รำข้าว 40 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์	21.12±1.07	23.32±0.59	22.67±1.83	23.13±2.46
รำข้าว 50 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์	24.88±0.70	25.55±0.59	25.45±1.26	25.86±1.29
รำข้าว 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์	26.36±0.88	27.08±1.15	27.75±0.66	27.32±1.30

2.1.2 ค่าสีของสีปรุงแต่งอาหาร ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าความเข้มสีและค่ามุมของสี การศึกษาค่าสีซึ่งได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าความเข้มสี และค่ามุมของสีแสดงใน

ตาราง 7

จากการศึกษาค่าความสว่างของผงสีปรุงแต่งอาหารพบว่าวิธีการสกัดรำข้าวเหนียวดำและปริมาณการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินมีอิทธิพลร่วมต่อค่าความสว่างของผงสีปรุงแต่งอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 25 ภาคผนวก ง) โดยการใช้รำข้าวปริมาณ 40 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ร่วมกับการเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 4% ให้ค่าความสว่างสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับการไม่เติมมอลโตเด็กซ์ตรินและเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%, 3% และ 4% การใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 40, 50 และ 60 กรัมสกัดด้วยเอนไซม์ร่วมกับการไม่เติมมอลโตเด็กซ์ตริน และเติมมอลโตเด็กซ์ตรินปริมาณ 2% และ การใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 60 กรัม ร่วมกับการเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 3% ($p < 0.05$) (ตาราง 35 ภาคผนวก จ)

จากการศึกษาค่าความเข้มสีพบว่าวิธีการสกัดรำข้าวเหนียวดำและปริมาณการเติมมอลโตเด็กซ์ตรินมีอิทธิพลร่วมต่อค่าความเข้มสีของผงสีปรุงแต่งอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 25 ภาคผนวก ง) โดยการใช้รำข้าวปริมาณ 50 และ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ร่วมกับการเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 4% ให้ค่าความเข้มสีสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับการไม่เติมมอลโตเด็กซ์ตริน ($p < 0.05$) (ตาราง 36 ภาคผนวก จ) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.02 และ 21.78

จากการศึกษาค่ามุมของสี ดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่าสีปรุงแต่งอาหารผงที่ได้จากวิธีการสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับการไม่เติมและเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%, 3% และ 4% มีค่ามุมของสีอยู่ระหว่าง 351.67-1.47 องศา ส่วนวิธีการใช้รำข้าวเหนียวดำ 40, 50 และ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ ร่วมกับการไม่เติมและเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%, 3% และ 4% ให้สีปรุงแต่งอาหารที่มีค่ามุมของสีอยู่ระหว่าง 8.97-12.60 องศา

ตาราง 7 ผลของวิธีการสกัดและปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินต่อค่าสีของผงสีปรุงแต่งอาหาร

วิธีการสกัด	ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน (% w/v)	ค่าความสว่าง ($\bar{X} \pm SD$)	ค่าความเข้มสี ($\bar{X} \pm SD$)	ค่ามุมของสี (องศา) ($\bar{X} \pm SD$)
สกัดด้วยเอทานอล	0	38.95±1.17	2.52±0.09	351.67±1.42
	2	41.10±0.76	8.88±0.17	1.70±0.62
	3	40.55±0.93	8.55±0.49	1.60±0.26
	4	40.09±0.84	7.70±0.10	1.47±0.32
รำข้าว 40 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์	0	39.16±0.33	12.75±1.09	8.97±0.35
	2	41.04±1.38	17.63±0.67	11.40±0.56
	3	42.81±1.73	19.22±0.76	11.77±0.25
	4	43.94±0.96	20.25±0.22	11.70±0.30
รำข้าว 50 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์	0	37.24±0.78	12.94±0.20	10.40±1.05
	2	38.69±0.17	18.12±0.40	10.87±0.71
	3	41.54±1.04	19.61±0.49	10.77±0.23
	4	42.86±0.46	21.02±0.47	11.40±0.69
รำข้าว 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์	0	39.66±1.07	13.80±0.12	11.37±0.35
	2	39.85±0.72	17.66±0.81	12.60±0.95
	3	40.98±0.51	18.68±0.54	12.23±0.40
	4	43.60±0.97	20.78±0.63	12.07±0.49

2.1.3 ค่าวอเตอร์แอกติวิตีและค่าความสามารถในการละลายน้ำ

จากการศึกษาค่าวอเตอร์แอกติวิตีและค่าความสามารถในการละลายน้ำของผงสีปรุงแต่งอาหารเป็นดังตารางที่ 8

จากการศึกษาค่าวอเตอร์แอกติวิตีพบว่าวิธีการสกัดรำข้าวเหนียวดำและปริมาณการเติมมอลโตเด็กซ์ทรินมีอิทธิพลร่วมต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผงสีปรุงแต่งอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 26 ภาคผนวก ง) โดยวิธีการสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับการไม่เติมมอลโตเด็กซ์ทรินให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผงสีปรุงแต่งอาหารสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับการเติมมอลโตเด็กซ์ทริน 4% การใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 40 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ร่วมกับการเติมมอลโตเด็กซ์ทริน 4% การใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 50 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ร่วมกับการเติมมอลโตเด็กซ์ทริน 3% และ 4% และการใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ร่วมกับการเติมมอลโตเด็กซ์ทริน 4% ($p < 0.05$) (ตาราง 37 ภาคผนวก จ) โดยวิธีการสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับการไม่เติมมอลโตเด็กซ์ทรินให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีเท่ากับ 0.318

จากการศึกษาค่าความสามารถในการละลายน้ำพบว่าวิธีการสกัดรำข้าวเหนียวดำและปริมาณการเติมมอลโตเด็กซ์ทรินมีอิทธิพลร่วมต่อค่าความสามารถในการละลายน้ำของผงสีปรุงแต่งอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 26 ภาคผนวก ง) โดยพบว่า การใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ร่วมกับการเติมมอลโตเด็กซ์ทริน 2%, 3% และ 4%, การใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 50 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ร่วมกับการเติมมอลโตเด็กซ์ทริน 2%, 3% และ 4% และการใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 40 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ร่วมกับการเติมมอลโตเด็กซ์ทริน 4% มีค่าความสามารถในการละลายสูงกว่าการสกัดโดยใช้รำข้าวปริมาณ 40, 50 และ 60 กรัม ด้วยเอนไซม์ร่วมกับการไม่เติมมอลโตเด็กซ์ทริน การสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับการไม่เติมมอลโตเด็กซ์ทริน และการสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับการเติมมอลโตเด็กซ์ทริน 2% และ 3% ($p < 0.05$) (ตาราง 38 ภาคผนวก จ)

ตาราง 8 ผลของวิธีการสกัดและปริมาณมอลโตเด็กซ์ตรินต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีและความสามารถในการละลาย ของผงสีปรุงแต่งอาหาร

วิธีการสกัด	ปริมาณมอลโตเด็กซ์ตริน (%w/v)	วอเตอร์แอกติวิตี ($\bar{X} \pm SD$)	ความสามารถในการละลาย (%) ($\bar{X} \pm SD$)
สกัดด้วยเอทานอล	0	0.318±0.014	88.63±0.64
	2	0.154±0.013	90.50±1.50
	3	0.146±0.011	91.62±2.01
	4	0.099±0.009	95.83±0.90
รำข้าว 40 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์	0	0.219±0.016	91.53±1.14
	2	0.147±0.005	95.35±1.03
	3	0.148±0.010	95.70±0.30
	4	0.099±0.009	96.67±0.43
รำข้าว 50 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์	0	0.227±0.003	91.75±0.79
	2	0.140±0.009	96.72±0.20
	3	0.137±0.004	96.45±0.44
	4	0.099±0.001	98.08±0.28
รำข้าว 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์	0	0.236±0.006	91.77±0.85
	2	0.147±0.005	96.79±0.47
	3	0.156±0.013	96.10±1.22
	4	0.100±0.001	97.76±0.23

2.1.4 การศึกษาปริมาณแอนโไซยานินในสีปรุงแต่งอาหาร

จากการศึกษาปริมาณแอนโไซยานินของผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมได้จากวิธีการสกัดต่างกัน ร่วมกับการเติมมอลโตเด็คซ์ตรินในระดับต่าง ๆ ดังตาราง 9 พบว่าวิธีการสกัดรำข้าวเหนียวดำและปริมาณการเติมมอลโตเด็คซ์ตรินมีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณแอนโไซยานินของผงสีปรุงแต่งอาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 27 ภาคผนวก ง) โดยการใช้รำข้าวปริมาณ 60 กรัม ร่วมกับการไม่เติมมอลโตเด็คซ์ตรินให้ปริมาณแอนโไซยานินสูงกว่าการสกัดด้วยเอทานอลร่วมกับการเติมมอลโตเด็คซ์ตริน 2%, 3% และ 4% ($p < 0.05$) (ตาราง 39 ภาคผนวก จ) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 983.43 มิลลิกรัมไซยานิดินกลูโคไซด์ (cyd-3-glu)/ 100 กรัมของสีปรุงแต่งอาหาร

ตาราง 9 ผลของวิธีการสกัดและปริมาณมอลโตเด็คซ์ตรินต่อแอนโไซยานินในผงสีปรุงแต่งอาหาร

วิธีการสกัด	ปริมาณมอลโตเด็คซ์ตริน (%w/v)	ปริมาณแอนโไซยานิน (cyd-3-glu eq.mg/100g) ($\bar{X} \pm SD$)
สกัดด้วยเอทานอล	0	492.36 $\pm$ 3.94
	2	441.86 $\pm$ 21.37
	3	443.81 $\pm$ 31.98
	4	365.97 $\pm$ 20.06
รำข้าว 40 กรัมสกัดด้วยเอนไซม์	0	680.14 $\pm$ 20.60
	2	662.12 $\pm$ 25.95
	3	582.37 $\pm$ 19.17
	4	517.72 $\pm$ 9.19
รำข้าว 50 กรัมสกัดด้วยเอนไซม์	0	863.98 $\pm$ 20.18
	2	819.05 $\pm$ 18.30
	3	803.88 $\pm$ 25.60
	4	758.28 $\pm$ 15.17
รำข้าว 60 กรัมสกัดด้วยเอนไซม์	0	983.43 $\pm$ 16.93
	2	941.89 $\pm$ 19.06
	3	847.27 $\pm$ 18.70
	4	812.15 $\pm$ 14.34

2.2 ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของสีปรุงแต่งอาหาร 6 สีที่คัดเลือกมาจากตอนที่ 1 ระหว่างการเก็บรักษา เพื่อคัดเลือกสีปรุงแต่งอาหารที่เหมาะสม

2.2.1 ผลการศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ แอลฟาโทโคเฟอรอล แกมมาออร์ซานอล แอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอล ระหว่างการเก็บรักษา

2.2.1.1 ผลการศึกษาปริมาณแอลฟาโทโคเฟอรอลในสีปรุงแต่งอาหาร

พบว่ากรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารที่ใช้วิธีการสกัดข้าวเหนียวดำด้วยเอทานอลและการใช้ข้าวเหนียวดำปริมาณ 40, 50 และ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ ตามวิธีการที่ใช้ในการวิจัยนี้ ตรวจไม่พบสารแอลฟาโทโคเฟอรอลในผงสีปรุงแต่งอาหาร

2.2.1.2 ผลการศึกษาปริมาณแกมมาออร์ซานอลในสีปรุงแต่งอาหาร ระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษการเปลี่ยนแปลงปริมาณแกมมาออร์ซานอลในผงสีปรุงแต่งอาหารที่ผลิตได้จากกรรมวิธีต่าง ๆ ร่วมกับการเก็บรักษาที่เวลาต่างกันแสดงในตาราง 10 ซึ่งพบว่ากรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแกมมาออร์ซานอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 28 ภาคผนวก ง) โดยกรรมวิธีการผลิตที่ใช้ข้าวเหนียวดำปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเด็คซ์ตริน 2% ที่เวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0, 1 และ 2 มีปริมาณแกมมาออร์ซานอลสูงกว่ากรรมวิธีการผลิตที่ใช้ข้าวเหนียวดำปริมาณ 50 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเด็คซ์ตริน 4% ที่เวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ($p < 0.05$) (ตาราง 30 ภาคผนวก จ) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.14, 18.09 และ 17.70 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

ตาราง 10 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อปริมาณแกมมาออร์ซานอลที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

กรรมวิธีการผลิตสี ปรุงแต่งอาหาร	ปริมาณแกมมาออร์ซานอล ($\mu\text{g/g}$) ($\bar{X} \pm \text{SD}$)						
	เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
BRB 50g+MD 2%	14.94 $\pm$ 0.15	14.39 $\pm$ 0.15	13.60 $\pm$ 0.03	12.73 $\pm$ 0.08	12.17 $\pm$ 0.15	11.84 $\pm$ 0.08	12.15 $\pm$ 0.65
BRB 50g+MD 3%	12.55 $\pm$ 0.15	12.46 $\pm$ 0.16	12.36 $\pm$ 0.11	11.97 $\pm$ 0.07	11.82 $\pm$ 0.08	11.67 $\pm$ 0.39	10.81 $\pm$ 10.81
BRB 50g+MD 4%	7.56 $\pm$ 0.07	7.36 $\pm$ 0.06	7.13 $\pm$ 0.07	7.09 $\pm$ 0.05	7.10 $\pm$ 0.24	6.97 $\pm$ 0.06	6.89 $\pm$ 0.08
BRB 60g+MD 2%	18.14 $\pm$ 0.15	18.09 $\pm$ 0.41	17.70 $\pm$ 0.56	17.03 $\pm$ 0.04	16.34 $\pm$ 0.06	14.57 $\pm$ 0.29	14.55 $\pm$ 0.72
BRB 60g+MD 3%	14.22 $\pm$ 0.01	13.83 $\pm$ 0.16	13.26 $\pm$ 0.13	13.15 $\pm$ 0.11	12.67 $\pm$ 0.39	12.31 $\pm$ 0.03	12.28 $\pm$ 0.27
BRB 60g+MD 4%	9.91 $\pm$ 0.26	9.89 $\pm$ 0.09	9.91 $\pm$ 0.11	9.26 $\pm$ 0.14	9.16 $\pm$ 0.05	8.66 $\pm$ 0.08	8.42 $\pm$ 0.03

หมายเหตุ BRB หมายถึง รำข้าวเหนียวดำ (black waxy rice bran)

MD หมายถึง มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin)

2.2.1.3 ผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลในสีปรุงแต่งอาหารระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณปริมาณสารประกอบฟีนอลในผงสีปรุงแต่งอาหารที่ผลิตได้จากกรรมวิธีต่าง ๆ ร่วมกับการเก็บรักษาที่เวลาต่างกันแสดงในตาราง 11 ซึ่งพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอล ($p>0.05$) (ตาราง 28 ภาคผนวก ง) แต่พบว่าทั้งกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษาต่างก็มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอล ($p<0.05$) (ตาราง 28 ภาคผนวก ง) โดยกรรมวิธีการผลิตที่ใช้รำข้าวเหนียวดำ ปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเด็กซ์ทริน 2% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตาราง 41 ภาคผนวก จ) ซึ่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 3.29-3.71 กรัม/100 กรัม และในส่วนของระยะเวลาการเก็บรักษานั้น พบว่าที่สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงกว่าที่สัปดาห์ที่ 6 ($p<0.05$) (ตาราง 42 ภาคผนวก จ)

ตาราง 11 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

กรรมวิธีการผลิตสีปรุง แต่งอาหาร	ปริมาณสารประกอบฟีนอล (g gallic eq. ^y /100 g powder)						
	($\bar{X} \pm SD$)						
	เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
BRB 50g+MD 2%	3.53±0.03	3.51±0.04	3.48±0.03	3.45±0.04	3.47±0.03	3.36±0.08	3.13±0.04
BRB 50g+MD 3%	3.32±0.04	3.33±0.002	3.31±0.06	3.30±0.04	3.29±0.04	3.24±0.02	2.96±0.03
BRB 50g+MD 4%	3.01±0.06	3.02±0.04	3.01±0.002	2.98±0.03	2.98±0.07	2.93±0.04	2.65±0.03
BRB 60g+MD 2%	3.71±0.04	3.71±0.02	3.66±0.04	3.67±0.02	3.64±0.03	3.55±0.07	3.29±0.05
BRB 60g+MD 3%	3.54±0.07	3.52±0.03	3.48±0.03	3.46±0.03	3.43±0.05	3.42±0.04	3.08±0.02
BRB 60g+MD 4%	3.26±0.05	3.25±0.08	3.23±0.04	3.19±0.04	3.21±0.07	3.14±0.02	2.82±0.01

หมายเหตุ ^y หมายถึง กรัสมมูลของกรดแกลลิก (Gallic acid equivalents)/ กรัมของสีปรุงแต่งอาหาร

BRB หมายถึง รำข้าวเหนียวดำ (black waxy rice bran)

MD หมายถึง มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin)

2.2.1.4 ผลการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในสีปรุงแต่งอาหารระหว่างการเก็บรักษา

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินในผงสีปรุงแต่งอาหารที่ผลิตได้จากกรรมวิธีต่าง ๆ ร่วมกับการเก็บรักษาที่เวลาต่างกันแสดงในตาราง 12 ซึ่งพบว่ากรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 28 ภาคผนวก ง) โดยกรรมวิธีการผลิตที่ใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเด็คซ์ตริน 2% ที่เวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 และ 1 มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด ($p < 0.05$) (ตาราง 43 ภาคผนวก จ) มีค่าเท่ากับ 941.89 และ 934.63 มิลลิกรัมไซยานิดินกลูโคไซด์ (cyd-3-glu)/ 100 กรัมของสารสีปรุงแต่งอาหาร

ตาราง 12 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อปริมาณแอนโทไซยานินที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

กรรมวิธีการผลิตสี ปรุงแต่งอาหาร	ปริมาณแอนโทไซยานิน (cyd-3-glu eq. ^y mg/100g) ($\bar{X} \pm SD$)						
	เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
BRB 50g+MD 2%	819.05±18.30	804.58±10.88	787.13±8.82	725.37±19.93	681.56±10.43	670.86±14.43	653.64±8.63
BRB 50g+MD 3%	803.88±50.70	797.90±6.92	763.19±6.31	746.22±18.90	673.33±27.37	613.14±10.22	586.45±9.05
BRB 50g+MD 4%	758.28±15.17	742.06±10.44	721.43±15.70	690.95±14.15	614.21±16.76	560.66±12.02	561.12±10.63
BRB 60g+MD 2%	941.89±19.06	934.63±5.71	918.93±42.91	882.11±4.60	835.84±7.27	788.91±11.49	779.42±19.82
BRB 60g+MD 3%	847.28±18.71	836.26±16.15	799.88±6.31	757.57±15.71	746.20±9.95	701.67±10.94	694.06±20.91
BRB 60g+MD 4%	812.15±14.34	794.84±12.44	778.91±14.93	716.05±9.44	680.20±2.62	591.33±15.55	597.53±11.11

หมายเหตุ ^y หมายถึง มิลลิกรัมสมมูลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (cyanidin-3-glucoside equivalents)/ 100 กรัมของสีปรุงแต่งอาหาร

BRB หมายถึง รำข้าวเหนียวดำ (black waxy rice bran)

MD หมายถึง มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin)

2.2.2 ผลการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระรวมได้แก่ total antioxidant capacity, ABTS^{•+} radical scavenging activity และ FRAP method ระหว่างการเก็บรักษา

2.2.2.1 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี total antioxidant capacity

การศึกษการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี total antioxidant capacity ของผงสีปรุงแต่งอาหาร แสดงผลดังตาราง 13 ซึ่งพบว่ากรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหาร และระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ($p>0.05$) (ตาราง 29 ภาคผนวก ง) แต่พบว่าทั้งกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษาต่างก็มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ($p<0.05$) (ตาราง 29 ภาคผนวก ง) โดยกรรมวิธีการผลิตที่ใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเด็คซ์ตริน 2% และ 3% มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี total antioxidant capacity สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตาราง 44 ภาคผนวก จ) ซึ่งอยู่ในช่วง 31.76-35.38 และ 31.63-35.26 ไมโครกรัมกรดแกลลิก/มิลลิกรัมของผงสีปรุงแต่งอาหาร ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่าที่สัปดาห์ที่ 0 มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี total antioxidant capacity สูงกว่าที่สัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษา ($p<0.05$) (ตาราง 45 ภาคผนวก จ)

ตาราง 13 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี total antioxidant capacity ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

กรรมวิธีการผลิตสี ปรุงแต่งอาหาร	total antioxidant capacity ($\mu\text{g eq.}^y$ gallic/ mg powder) ($\bar{X} \pm \text{SD}$)						
	เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
BRB 50g+MD 2%	32.08 $\pm$ 0.30	32.13 $\pm$ 0.76	31.83 $\pm$ 0.55	31.47 $\pm$ 0.29	31.72 $\pm$ 0.37	30.78 $\pm$ 0.18	28.25 $\pm$ 0.18
BRB 50g+MD 3%	31.09 $\pm$ 1.71	30.70 $\pm$ 0.68	30.65 $\pm$ 0.30	30.69 $\pm$ 1.07	29.96 $\pm$ 0.30	30.53 $\pm$ 0.73	27.29 $\pm$ 1.19
BRB 50g+MD 4%	26.97 $\pm$ 0.29	26.92 $\pm$ 0.10	27.09 $\pm$ 0.30	26.60 $\pm$ 0.70	26.64 $\pm$ 0.94	26.64 $\pm$ 0.83	23.53 $\pm$ 0.61
BRB 60g+MD 2%	35.37 $\pm$ 0.82	35.02 $\pm$ 1.14	35.12 $\pm$ 0.82	35.38 $\pm$ 0.83	34.62 $\pm$ 1.72	34.81 $\pm$ 0.64	31.76 $\pm$ 0.65
BRB 60g+MD 3%	34.78 $\pm$ 1.17	34.51 $\pm$ 0.29	35.26 $\pm$ 0.65	34.58 $\pm$ 0.73	33.75 $\pm$ 0.78	33.55 $\pm$ 0.71	31.63 $\pm$ 0.29
BRB 60g+MD 4%	31.16 $\pm$ 0.19	31.16 $\pm$ 0.19	30.79 $\pm$ 1.28	30.85 $\pm$ 0.83	30.33 $\pm$ 0.63	30.13 $\pm$ 0.77	27.45 $\pm$ 0.52

หมายเหตุ ^y หมายถึง ไมโครกรัมกรัมสมมูลของกรดแกลลิก (Gallic acid equivalents)/ มิลลิกรัมของสีปรุงแต่งอาหาร

BRB หมายถึง รำข้าวเหนียวดำ (black waxy rice bran)

MD หมายถึง มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin)

2.2.2.2 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS^{•+} radical scavenging activity

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS^{•+} radical scavenging activity ของผงสีปรุงแต่งอาหารที่ผลิตได้จากกรรมวิธีต่าง ๆ ร่วมกับการเก็บรักษาที่เวลาต่างกัน แสดงผลในรูปของค่า IC₅₀ ดังตาราง 14 พบว่ามีอิทธิพลร่วมกันระหว่างกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า IC₅₀ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 29 ภาคผนวก ง) โดยกรรมวิธีการผลิตที่ใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเด็คซ์ตริน 2% ที่เวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 1 มีค่า IC₅₀ ต่ำที่สุด ($p < 0.05$) (ตาราง 4 ภาคผนวก จ) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 532.87 ไมโครกรัม/กรัม

ตาราง 14 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS⁺⁺ radical scavenging activity ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

กรรมวิธีการผลิตสี ปรุงแต่งอาหาร	ABTS ⁺⁺ radical scavenging activity; ค่า IC ₅₀ (µg/g) ($\bar{X} \pm SD$)						
	เวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
BRB 50g+MD 2%	650.06±41.59	662.80±19.45	680.85±35.99	729.71±19.45	828.69±23.37	854.41±11.52	890.83±24.49
BRB 50g+MD 3%	730.19±23.53	741.50±16.62	738.46±14.48	776.17±16.01	836.08±32.26	873.24±53.06	1021.44±44.88
BRB 50g+MD 4%	852.39±16.49	855.48±13.49	883.00±10.18	875.56±25.25	888.96±30.31	1033.09±37.88	1059.92±41.14
BRB 60g+MD 2%	546.24±17.15	532.87±9.14	548.78±25.86	569.45±34.77	577.95±20.74	686.93±21.50	775.81±13.08
BRB 60g+MD 3%	675.14±35.48	660.73±10.74	682.46±8.65	698.76±30.28	711.04±55.26	858.76±38.38	909.52±53.81
BRB 60g+MD 4%	755.72±21.25	787.26±28.10	768.20±18.71	763.20±40.40	770.42±8.66	908.64±31.42	948.48±37.45

หมายเหตุ : BRB หมายถึง รำข้าวเหนียวดำ (black waxy rice bran)

MD หมายถึง มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin)

2.2.2.3 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP method

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP method ของผงสีปรุงแต่งอาหาร แสดงผลดังตาราง 15 พบว่ากรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 29 ภาคผนวก ง) โดยกรรมวิธีการผลิตที่ใช้รำข้าวเหนียวดำปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2% ที่เวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP method สูงที่สุด ($p < 0.05$) (ตาราง 47 ภาคผนวก จ) มีค่าเท่ากับ 797.13 มิลลิโมลต่อกรัม

ตาราง 15 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP method ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

กรรมวิธีการผลิตสี ปรุงแต่งอาหาร	FRAP method (mM/g)						
	$(\bar{X} \pm SD)$						
	เวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
BRB 50g+MD 2%	774.21±2.29	774.40±2.011	767.53±3.26	771.35±4.01	770.20±2.87	760.46±3.03	726.84±10.51
BRB 50g+MD 3%	752.82±8.133	753.39±3.73	750.72±2.63	748.62±6.44	752.24±3.82	749.19±3.82	724.36±5.09
BRB 50g+MD 4%	668.96±3.26	655.78±7.17	665.52±5.20	664.57±3.45	667.05±6.20	661.89±4.55	631.71±7.37
BRB 60g+MD 2%	797.13±5.64	793.51±6.44	794.08±4.38	789.88±3.16	791.60±4.30	786.06±1.44	742.31±3.45
BRB 60g+MD 3%	768.10±8.35	765.81±7.26	761.41±2.32	755.87±4.90	759.31±2.07	760.46±3.03	732.38±3.76
BRB 60g+MD 4%	691.69±10.33	689.78±3.50	682.90±4.87	684.43±3.90	688.25±2.29	677.36±9.64	644.70±7.45

หมายเหตุ BRB หมายถึง รำข้าวเหนียวดำ (black waxy rice bran)

MD หมายถึง มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin)

2.2.3 การศึกษาค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าความเข้มสีและค่ามุมของสี

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสีของสีผงสีปรุงแต่งอาหารที่เตรียมได้จากกรรมวิธีการผลิตต่างกันเมื่อเก็บรักษาไว้ที่เวลาต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าความเข้มสี และค่ามุมของสีแสดงในตาราง 16-18

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสีที่เตรียมได้จากกรรมวิธีการผลิตต่างกันเมื่อเก็บรักษาไว้ที่เวลาต่าง ๆ ให้ผลการศึกษาดังแสดงในตาราง 16 ซึ่งพบว่ากรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสีปรุงแต่งอาหาร ($p>0.05$) (ตาราง 30 ภาคผนวก ง) แต่พบว่าทั้งกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษาต่างก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง ($p<0.05$) (ตาราง 30 ภาคผนวก ง) โดยกรรมวิธีการผลิตที่ใช้รำข้าวปริมาณ 50 และ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 4% ทำให้สีปรุงแต่งอาหารมีค่าความสว่างสูงที่สุด ($p<0.05$) (ตาราง 48 ภาคผนวก จ) ส่วนระยะเวลาการเก็บรักษาพบว่า ที่เวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 มีค่าความสว่างสูงกว่าสัปดาห์ที่ 6 ($p<0.05$) (ตาราง 49 ภาคผนวก จ)

การศึกษการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสีของสีปรุงแต่งอาหารให้ผลการศึกษาดังแสดงในตาราง 17 พบว่ากรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มสีของสีปรุงแต่งอาหาร ($p<0.05$) (ตาราง 30 ภาคผนวก ง) โดยกรรมวิธีการผลิตที่ใช้รำข้าวปริมาณ 50 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 4% ที่เวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 และกรรมวิธีการผลิตที่ใช้รำข้าวปริมาณ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 4% สัปดาห์ที่ 1 มีค่าความเข้มสีสูงที่สุด ($p<0.05$) (ตาราง 50 ภาคผนวก จ)

การศึกษการเปลี่ยนแปลงค่ามุมของสีให้ผลการศึกษาดังแสดงในตาราง 18 พบว่ากรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนแปลงค่ามุมของสี ($p<0.05$) (ตาราง 30 ภาคผนวก ง) โดยสีปรุงแต่งอาหารที่ผลิตจากกรรมวิธีที่ใช้รำข้าวปริมาณ 50 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์แล้วเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2% และ 3% ที่เวลาการเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 0 มีค่ามุมของสีต่ำที่สุด ($p<0.05$) (ตาราง 51 ภาคผนวก จ)

ตาราง 16 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อค่าความสว่างที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

กรรมวิธีการผลิตสีปรุง แต่งอาหาร	ค่าความสว่าง ($\bar{X} \pm SD$)						
	เวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
BRB 50g+MD 2%	38.69±0.17	37.43±0.67	36.02±1.33	37.73±1.07	36.13±1.55	36.27±0.97	35.49±2.09
BRB 50g +MD3%	41.54±1.04	41.54±1.16	41.48±0.74	41.05±0.87	42.19±0.36	39.74±1.53	39.39±0.67
BRB 50g+MD 4%	42.86±0.46	42.51±0.88	42.84±0.32	41.88±0.28	41.88±0.28	40.28±0.52	40.12±1.11
BRB 60g+MD 2%	39.85±0.72	40.04±0.38	41.45±1.98	40.28±1.24	39.51±0.89	38.21±1.15	38.85±1. ⁷¹
BRB 60g+MD 3%	40.98±0.51	40.90±0.57	40.17±0.73	39.71±1.26	40.14±0.25	39.18±0.67	38.31±0.38
BRB 60g+MD 4%	43.60±0.97	43.25±0.60	42.64±0.12	42.15±0.14	41.37±0.80	41.86±0.85	40.34±0.69

หมายเหตุ BRB หมายถึง รำข้าวเหนียวดำ (black waxy rice bran)

MD หมายถึง มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin)

ตาราง 17 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อค่าความชื้นสีที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

กรรมวิธีการผลิตสี ปรุงแต่งอาหาร	ค่าความชื้นสี ($\bar{X} \pm SD$)						
	เวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
BRB 50g+MD 2%	18.12±0.04	17.94±0.26	18.17±0.17	17.23±0.56	15.82±0.41	15.06±0.43	13.36±1.02
BRB 50g+MD 3%	19.61±0.49	18.63±0.17	18.48±0.43	18.28±0.23	16.73±0.09	16.13±0.44	15.29±0.77
BRB 50g+MD 4%	21.02±0.47	20.46±0.07	20.46±0.39	20.34±0.41	18.34±0.64	17.50±0.20	15.48±0.26
BRB 60g+MD 2%	17.66±0.81	16.88±0.35	17.44±1.12	16.75±0.41	15.67±1.17	14.30±0.81	13.33±0.28
BRB 60g+MD 3%	18.68±0.54	18.04±0.18	18.42±0.52	18.58±1.18	17.51±0.11	16.54±0.28	15.75±0.74
BRB 60g+MD 4%	20.78±0.63	20.93±0.78	20.69±0.15	19.59±0.31	18.62±0.95	16.32±0.23	15.52±0.35

หมายเหตุ BRB หมายถึง รำข้าวเหนียวดำ (black waxy rice bran)

MD หมายถึง มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin)

ตาราง 18 ผลของกรรมวิธีการผลิตสีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำต่อค่ามุมของสีที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

กรรมวิธีการผลิตสีปรุง แต่งอาหาร	ค่ามุมของสี (องศา) ($\bar{X} \pm SD$)						
	เวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
BRB 50g+MD 2%	10.87±0.71	12.23±0.64	11.57±0.64	12.03±0.80	14.23±0.32	14.63±0.25	14.67±0.35
BRB 50g+MD 3%	10.77±0.23	12.97±0.81	14.60±0.26	13.97±0.38	13.60±1.15	14.50±0.50	14.27±0.47
BRB 50g+MD 4%	11.40±0.69	12.87±0.93	13.00±0.17	11.50±0.10	13.57±0.49	13.47±0.58	13.13±0.38
BRB 60g+MD 2%	12.60±0.95	13.53±0.35	14.97±0.50	14.80±0.26	14.57±0.85	14.67±1.12	12.87±0.70
BRB 60g+MD 3%	12.23±0.40	12.17±0.67	12.73±0.90	13.73±0.60	13.23±0.40	12.73±0.67	14.43±0.40
BRB 60g+MD 4%	12.07±0.49	13.90±0.70	13.83±0.72	12.73±0.95	13.17±0.42	12.87±0.60	12.40±0.61

หมายเหตุ BRB หมายถึง รำข้าวเหนียวดำ (black waxy rice bran)

MD หมายถึง มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin)

3. ผลการศึกษาการประยุกต์ใช้สีปรุงแต่งอาหารจากรำข้าวเหนียวดำ (สีที่ผลิตจากกรรมวิธีที่เหมาะสมคือ การใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%) ในโยเกิร์ต

3.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH) ของโยเกิร์ต

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหารระดับต่างๆ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ แสดงผลดังตาราง 19 พบว่าระดับความเข้มข้นของสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษาโยเกิร์ตไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอช ($p>0.05$) (ตาราง 31 ภาคผนวก ง) แต่พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเพียงปัจจัยเดียวที่มีผลต่อค่าพีเอช ($p<0.05$) (ตาราง 31 ภาคผนวก ง) โดยที่เวลาการเก็บรักษาวันที่ 21 มีผลทำให้ค่าพีเอชลดต่ำกว่าวันอื่นๆ ($p<0.05$) (ตาราง 52 ภาคผนวก จ) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4.36-4.39

ตาราง 19 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH) ของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (ผลิตจากการใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%) ระดับต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าพีเอช ($\bar{X} \pm SD$)			
	ระดับสีปรุงแต่งอาหาร (%)			
	0	0.2	0.4	0.6
0	4.61±0.01	4.58±0.01	4.60±0.02	4.58±0.01
3	4.58±0.01	4.56±0.02	4.58±0.01	4.56±0.01
6	4.54±0.01	4.52±0.03	4.54±0.02	4.54±0.01
9	4.50±0.02	4.51±0.03	4.51±0.02	4.52±0.02
12	4.47±0.02	4.49±0.01	4.49±0.01	4.50±0.02
15	4.48±0.02	4.49±0.01	4.47±0.03	4.47±0.02
18	4.44±0.02	4.44±0.01	4.42±0.02	4.43±0.02
21	4.37±0.02	4.39±0.02	4.37±0.02	4.36±0.02

3.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดของโยเกิร์ต

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหารระดับต่าง ๆ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ แสดงผลดังตาราง 20 พบว่าระดับความเข้มของสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษาโยเกิร์ตไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด ($p>0.05$) (ตาราง 32 ภาคผนวก ง) แต่พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเพียงปัจจัยเดียวที่มีอิทธิพลต่อปริมาณกรด ($p<0.05$) (ตาราง 32 ภาคผนวก ง) โดยที่เวลาการเก็บรักษาวันที่ 21 มีผลทำให้ปริมาณกรดสูงขึ้นกว่าวันอื่น ๆ ($p<0.05$) (ตาราง 53 ภาคผนวก จ) มีค่าอยู่ในช่วง 0.85-0.86%

ตาราง 20 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (ผลิตจากการใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็คซ์ตริน 2%) ระดับต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรด (%)			
	($\bar{X} \pm SD$)			
	ระดับสีปรุงแต่งอาหาร (%)			
	0	0.2	0.4	0.6
0	0.45±0.02	0.48±0.01	0.46±0.02	0.47±0.02
3	0.50±0.01	0.50±0.03	0.50±0.01	0.50±0.02
6	0.53±0.01	0.52±0.03	0.52±0.01	0.52±0.02
9	0.59±0.02	0.57±0.02	0.57±0.01	0.59±0.03
12	0.63±0.04	0.65±0.02	0.62±0.01	0.63±0.02
15	0.73±0.01	0.74±0.01	0.74±0.02	0.75±0.03
18	0.79±0.02	0.80±0.02	0.80±0.03	0.80±0.03
21	0.85±0.02	0.86±0.02	0.85±0.02	0.85±0.01

3.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสีในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

3.3.1 ค่าความเข้มสี

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสีในโยเกิร์ตแสดงผลดังตาราง 21 พบว่าระดับความเข้มของสีปรงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษาโยเกิร์ตมีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสี ($p<0.05$) (ตาราง 33 ภาคผนวก ง) โดยโยเกิร์ตที่เติมสีปรงแต่งอาหาร 0.6% ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ ตั้งแต่ (วันที่ 0-21) มีค่าความสว่างของสีต่ำที่สุด ($p<0.05$) (ตาราง 54 ภาคผนวก จ)

ตาราง 21 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของโยเกิร์ตที่เติมสีปรงแต่งอาหาร (ผลิตจากการใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%) ระดับต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความสว่าง ($\bar{X} \pm SD$)			
	ระดับสีปรงแต่งอาหาร (%)			
	0	0.2	0.4	0.6
0	94.33±0.27	80.20±0.26	73.53±0.21	68.42±0.27
3	94.35±0.18	80.23±0.25	73.72±0.23	68.43±0.19
6	94.52±0.12	80.20±0.26	73.76±0.44	68.43±0.11
9	94.52±0.17	80.20±0.13	73.75±0.18	68.45±0.11
12	94.55±0.36	80.23±0.35	73.73±0.20	68.47±0.14
15	94.54±0.64	80.22±0.31	73.68±0.18	68.91±0.12
18	94.56±0.13	80.25±0.21	73.75±0.12	69.39±0.28
21	94.55±0.41	80.26±0.09	73.80±0.05	69.46±0.37

3.3.1 ค่าความเข้มสี

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของสีในโยเกิร์ตแสดงผลดังตาราง 22 พบว่าระดับความเข้มของสีปรงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษาโยเกิร์ตมีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของสี ($p<0.05$) (ตาราง 33 ภาคผนวก ง) โดยโยเกิร์ตที่เติมสีปรงแต่งอาหาร 0.6% ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ (วันที่ 0-21) มีค่าความเข้มของสีสูงที่สุด ($p<0.05$) (ตาราง 55 ภาคผนวก จ)

ตาราง 22 ผลการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (ผลิตจากการใช้รำข้าวเหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ทริน 2%) ระดับต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความชื้น ($\bar{X} \pm SD$)			
	ระดับสีปรุงแต่งอาหาร (%)			
	0	0.2	0.4	0.6
0	9.51±0.12	9.67±0.06	12.95±0.02	15.23±0.15
3	9.59±0.03	9.81±0.04	12.92±0.04	15.28±0.05
6	9.48±0.04	9.83±0.13	12.96±0.03	15.55±0.06
9	9.54±0.05	9.64±0.29	12.97±0.05	15.22±0.10
12	9.44±0.04	9.93±0.10	12.99±0.04	15.59±0.01
15	9.41±0.10	9.82±0.10	13.16±0.09	15.41±0.08
18	9.58±0.06	9.97±0.07	13.23±0.04	15.57±0.02
21	9.52±0.11	9.78±0.04	13.03±0.03	15.51±0.16

3.3.1 ค่าความชื้น

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของสีในโยเกิร์ตแสดงผลดังตาราง 23 พบว่าระดับความชื้นของสีปรุงแต่งอาหารและระยะเวลาการเก็บรักษาโยเกิร์ตมีอิทธิพลร่วมกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น ($p < 0.05$) (ตาราง 33 ภาคผนวก ง) โดยโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร 0.6% ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0, 3, 6, 12 และ 15 มีค่าความชื้นต่ำที่สุด ($p < 0.05$) (ตาราง 56 ภาคผนวก จ)

ตาราง 23 ผลการเปลี่ยนแปลงค่ามุมของสี่ของโยเกิร์ตที่เติมสีปรุงแต่งอาหาร (ผลิตจากการใช้รำข้าว
เหนียวดำ 60 กรัม สกัดด้วยเอนไซม์ และเติมมอลโตเด็กซ์ตริน 2%) ระดับต่าง ๆ
ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาการเก็บรักษา (วัน)	ค่ามุมของสี (องศา) ($\bar{X} \pm SD$)			
	ระดับสีปรุงแต่งอาหาร (%)			
	0	0.2	0.4	0.6
0	108.83±0.77	18.34±0.52	12.65±0.20	8.73±0.31
3	108.40±0.70	19.58±0.16	13.14±0.22	9.28±0.38
6	108.22±0.49	19.99±0.56	13.08±0.41	9.67±0.13
9	108.08±0.95	20.88±0.66	13.92±0.10	10.51±0.11
12	107.66±0.52	19.74±0.39	12.92±0.20	9.14±0.20
15	107.83±0.41	20.35±0.33	13.61±0.07	9.49±0.52
18	106.97±0.38	21.25±0.17	14.62±0.46	10.53±0.20
21	107.75±0.22	21.80±0.30	14.37±0.18	10.61±0.24