สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 อุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการทดลอง	69
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	76
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	111
เอกสารอ้างอิง	115
ภาคผนวก	127
ประวัติผู้เขียน	168

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1. ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของข้าวเปลือกและส่วนที่ได้จากการขัดสีที่ 14% ความชื้น	6
2. ปริมาณวิตามินและเกลือแร่ของข้าวเปลือก และส่วนที่ได้จากการขัดสีที่ 14% ความชื้น	6
3. องค์ประกอบของน้ำมันรำข้าว	9
4. องค์ประกอบของน้ำมันรำข้าวดิบ	9
5. ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันรำข้าวที่ผ่านการรีไฟน์	12
6. สภาวะของการทำให้น้ำมันรำข้าวบริสุทธิ์ในระดับ pilot plant	19
7. ปริมาณสารที่ซาพอนิไฟด์ไม่ได้ของน้ำมันรำข้าว	20
8. ปริมาณโทโคไตรอีนอลของน้ำมันรำข้าว	20
9. การเปรียบเทียบปริมาณของแอลฟา- และแกมมา-โทโคเฟอรอล และโอรีซานอล ที่เหลืออยู่ในแต่ละขั้นตอนการผลิตน้ำมันรำข้าว	21
10. ชื่อสามัญ ชื่อทางเคมี ตัวย่อ และตำแหน่งในวงแหวนของโทโคเฟอรอลอนุพันธ์ต่างๆ	31
11. ชื่อสามัญ ชื่อทางเคมี ตัวย่อ และตำแหน่งในวงแหวนของโทโคไตรอีนอลอนุพันธ์ต่างๆ	32
12. ความไวของวิตามินประเภทต่างๆ	64
ค-1 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ในสิ่งทดลองต่างๆ	137
ค-1 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ในสิ่งทดลองต่างๆ (ต่อ)	138
ค-2 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ในวิตามินอีรวมในสิ่งทดลองต่างๆ	139
ค-2 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ในวิตามินอีรวมในสิ่งทดลองต่างๆ (ต่อ)	140
ค-2 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ในวิตามินอีรวมในสิ่งทดลองต่างๆ (ต่อ)	141
ค-3 ผลผลิตของการสกัดวิตามินอีในสิ่งทดลองต่างๆ	142
ค-4 การตกผลึกของการสกัดวิตามินอีในสิ่งทดลองต่างๆ	143

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-5 ค่า relative recovery ของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ 144
ค-5 ค่า relative recovery ของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ (ต่อ) 145
ค-6 ค่า DPPH scavenging effect ของวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ 146
ค-7 ค่าความสามารถในการรีดิวส์ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 nm) ของวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ 146
ค-8 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก (ค่าการดูดกลืนแสงที่500 nm) ที่ความเข้มข้นของวิตามินอีต่างๆ 147
ค-9 ความสัมพันธ์ของการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นของวิตามินอีต่างๆ กับระยะเวลาการเก็บ 147
ค-10 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวส์ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 nm) และการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นของวิตามินอีต่างๆ 148
ค-11 ปริมาณมาลอนอัลดีไฮด์ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 nm) ที่เกิดขึ้นเมื่อเติมวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ 148
ค-12 การจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ 149
ค-13 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก (ค่าการดูดกลืนแสงที่500 nm) ของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ 150
ค-14 การยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลาการเก็บ 151
ค-15 ปริมาณมาลอนอัลดีไฮด์ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 nm) ที่เกิดขึ้นเมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ 151
ค-16 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 95^{o}C 152
ค-16 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 95^{o}C (ต่อ) 153
ค-17 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 180^{o}C 154
ค-17 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 180^{o}C (ต่อ) 155
ค-18 ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30^{o}C 156
ค-18 ความเข้มข้นของโทโคเฟอรอลรวม โทโคไตรอีนอลรวม และวิตามินอีรวมที่อุณหภูมิ 30^{o}C (ต่อ) 157

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1.	องค์ประกอบของเมล็ดข้าว	5
2.	โครงสร้างโมเลกุลของ alicyclic alcohol	10
3.	โครงสร้างโมเลกุลของสเตอรอล	11
4.	กระบวนการสกัดน้ำมันรำข้าว	13
5.	ขั้นตอนการทำให้น้ำมันรำข้าวบริสุทธิ์	18
6.	Butylated Hydroxyanisole (BHA)	25
7.	Butylated Hydroxytoluene (BHT)	26
8.	Tertiary Butylhydroquinone (TBHQ)	26
9.	Propyl Gallate (PG)	27
10.	(2 R 4' R 8' R) แอลฟา-โทโคเฟอรอล	29
11.	แอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล	30
12.	แอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคไตรอีนอล	30
13.	ปรากฏการณ์เรโซแนนท์ของวิตามินอี	35
14.	ปฏิกิริยาการต้านอนุมูลอิสระของแอลฟา-โทโคเฟอรอล	38
14.	ปฏิกิริยาการต้านอนุมูลอิสระของแอลฟา-โทโคเฟอรอล (ต่อ)	39
15.	ความเข้มข้นของวิตามินอีในสิ่งทดลองต่างๆ	77
16.	ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ในวิตามินอีรวมในสิ่งทดลองต่างๆ	78
17.	ค่าผลผลิตของการสกัดวิตามินอีในสิ่งทดลองต่างๆ	81
18.	การตกผลึกของการสกัดวิตามินอีในสิ่งทดลองต่างๆ	82
19.	ค่าผลผลิตของการสกัดวิตามินอีที่สภาวะต่างๆ	82
20.	การตกผลึกขององค์ประกอบต่างๆ ในดิสทิลเลตจากน้ำมันรำข้าวที่สภาวะต่างๆ ของการสกัดวิตามินอี	83
21.	ค่า relative recovery ในสิ่งทดลองต่างๆ	85
22.	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า DPPH scavenging effect กับความเข้มข้นของวิตามินอี	89

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

23.	ค่าความสามารถของการรีดิวส์ของวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ	90
24.	การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกที่มีการเติมวิตามินอีที่ระดับต่างๆ	91
25.	การยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ของวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ ณ ระยะเวลาการเก็บต่างๆ	92
26.	ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการรีดิวส์และการยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์	94
27.	ปริมาณมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นเมื่อเติมวิตามินอีที่ความเข้มข้นต่างๆ	96
28.	การจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ	98
29.	การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกที่มีการเติมสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ	100
30.	การยับยั้งการเกิดเปอร์ออกไซด์ของสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ	101
31.	ปริมาณมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นเมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ	102
32.	ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 95^{o}C เป็นระยะเวลา 4, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง	104
33.	ความเข้มข้นของโทโคเฟอรอลรวม โทโคไตรอีนอลรวม และวิตามินอีรวมที่อุณหภูมิ 95^{o}C เป็นระยะเวลา 4, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง	104
34.	ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่อุณหภูมิ 180^{o}C เป็นระยะเวลา 1, 3 และ 6 ชั่วโมง	106
35.	ความเข้มข้นของโทโคเฟอรอลรวม โทโคไตรอีนอลรวม และวิตามินอีรวมที่อุณหภูมิ 180^{o}C เป็นระยะเวลา 1, 3 และ 6 ชั่วโมง	106
36.	ความเข้มข้นของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่เก็บที่อุณหภูมิ 30^{o}C เป็นระยะเวลา 120 วัน	109
37.	ความเข้มข้นของโทโคเฟอรอลรวม โทโคไตรอีนอลรวม และวิตามินอีรวมที่เก็บที่อุณหภูมิ 30^{o}C เป็นระยะเวลา 120 วัน	110
ง-1	ดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว	159
ง-2	วิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวโดยใช้เฮกเซนที่อุณหภูมิต่ำ	159
ง-3	โครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน แอลฟา-, เบตา-, แกมมา- และเดลตา-โทโคเฟอรอล	160

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง-4 โครมาโทแกรมของวิตามินอีอนุพันธ์ต่างๆ ที่สกัดได้ จากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว 160

ง-5 การลดลงของอนุมูลอิสระ DPPH ในการวิเคราะห์สมบัติการจับอนุมูลอิสระ DPPH ของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ความเข้มข้น 0, 1.25, 2.50, 5.00, 10.00 และ 700 mg/kg ตามลำดับ 161

ง-6 การลดลงของปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้น ในการวิเคราะห์สมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชัน โดยวิธีเฟอริกไทโอไซยาเนตในกรดลิโนเลอิกของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ความเข้มข้น 0, 1.25, 2.50, 5.00 และ 10.00 mg/kg ตามลำดับ 161

ง-7 สารละลายตัวอย่างวิตามินอีผสมกับสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก 20% และสารละลายกรดไทโอบาบิทิวลิก ในการวิเคราะห์สมบัติการยับยั้งการเกิดมาลอนอัลดีไฮด์ โดยวิธีกรดไทโอบาบิทิวลิกในกรดลิโนเลอิก 162

ง-8 การลดลงของมาลอนอัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้น ในการวิเคราะห์สมบัติการยับยั้งการเกิดมาลอนอัลดีไฮด์ โดยวิธีกรดไทโอบาบิทิวลิกในกรดลิโนเลอิกของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวที่ความเข้มข้น 0, 1.25, 2.50, 5.00 และ 10.00 mg/kg ตามลำดับ 162

ง-9 ปริมาณของฟอร์มาแซนที่เกิดขึ้นจาก NBT ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ ในการวิเคราะห์สมบัติการจับอนุมูลอิสระซูเปอร์ออกไซด์ของ BHA, BHT, TBHQ, PG, แอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ของ Sigma aldrich และวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว ตามลำดับ 163

ง-10 ปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้น ในการวิเคราะห์สมบัติการต้านการเกิดออกซิเดชันโดยวิธีเฟอริกไทโอไซยาเนตในกรดลิโนเลอิกของ BHA, BHT, TBHQ, PG, แอลฟา-โทโคเฟอรอลสังเคราะห์ของ Sigma Aldrich และวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว ตามลำดับ 163

ง-11 วิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าวบรรจุอยู่ในหลอดทดลองที่แช่อยู่ใน water bath ในการศึกษาความคงตัวที่อุณหภูมิ 95 และ 180°C 164

ง-12 ตัวอย่างของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว ที่เก็บรักษาไว้ใน Incubator สำหรับศึกษาความคงตัวที่อุณหภูมิ 30°C 164

ง-13 การบรรจุตัวอย่างของวิตามินอีที่สกัดจากดิสทิลเลตของน้ำมันรำข้าว สำหรับศึกษาความคงตัวที่อุณหภูมิ 30°C 165

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง-14 ค่า relative recovery ของการสกัดวิตามินอีที่อัตราส่วนดิสทิลเลต ต่อเฮกเซนต่างๆ ณ อุณหภูมิ -10°C และอัตราการกวน 250 รอบต่อนาที 165
ง-15 ค่า relative recovery ของการสกัดวิตามินอีที่อัตราส่วนดิสทิลเลต ต่อเฮกเซนต่างๆ ณ อุณหภูมิ -10°C และอัตราการกวน 500 รอบต่อนาที 166
ง-16 ค่า relative recovery ของการสกัดวิตามินอีที่อัตราส่วนดิสทิลเลต ต่อเฮกเซนต่างๆ ณ อุณหภูมิ -15°C และอัตราการกวน 250 รอบต่อนาที 166
ง-17 ค่า relative recovery ของการสกัดวิตามินอีที่อัตราส่วนดิสทิลเลต ต่อเฮกเซนต่างๆ ณ อุณหภูมิ -15°C และอัตราการกวน 500 รอบต่อนาที 167

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved