สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)		ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญตาราง		ฉ
สารบัญรูป		ซ
คำย่อและสัญลักษณ์		ฎ
บทที่ 1 บทนำ		1
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม		3
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย		27
บทที่ 4 ผลการวิจัย		33
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย		67
เอกสารอ้างอิง		70
ภาคผนวก		
ก	ค่าการดูดกลืนแสงของกรดแกลลิกและสารละลายบรอคโคลีเริ่มงอกทุกสายพันธุ์	73
ข	ข้อมูลปริมาณสารฟีนอลิกในแต่ละสายพันธุ์ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS	77
ค	ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน Trolox ด้วยวิธี ABTS	80
ง	ค่าการดูดกลืนแสงในแต่ละสายพันธุ์เทียบกับสารมาตรฐาน Trolox เมื่อสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล, เอทานอล และ เอทิลอะซีเตต	83
จ	ข้อมูลฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS ในแต่ละสายพันธุ์ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS	86

สารบัญ

หน้า

ภาคผนวก

ฉ ข้อมูลฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS ในแต่ละสายพันธุ์ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS 89

ช ข้อมูลฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS ในแต่ละสายพันธุ์ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซีเตต ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS 92

ซ ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานวิตามินซีด้วยวิธี ABTS 95

ฌ ค่าการดูดกลืนแสงในแต่ละสายพันธุ์เทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซีเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล, เอทานอล และ เอทิลอะซีเตต 98

ญ ข้อมูลฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS ในแต่ละสายพันธุ์ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS 101

ฎ ข้อมูลฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS ในแต่ละสายพันธุ์ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS 104

จ ข้อมูลฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS ในแต่ละสายพันธุ์ที่สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซีเตต ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS 107

ฉ ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานวิตามินซีและสารละลายบรอคโคลีเริ่มงอก ทุกสายพันธุ์ด้วยวิธีรีดิวซ์ 110

ช ข้อมูลฤทธิ์ต้านอนุมูลด้วยวิธีรีดิวซ์ในแต่ละสายพันธุ์ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS 114

ประวัตินักวิจัย 117

สารบัญรูป

รูป		หน้า
2.1	การเกิดอนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์ในไมโตคอนเดรียจากกระบวนการหายใจ	11
2.2	กระบวนการกำจัดจุลชีพแปลกปลอมของเซลล์เม็ดเลือดขาวโดยอาศัยการกระตุ้นจากอนุมูลอิสระ	14
2.3	การทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส, เอนไซม์คาทาเลส, เอนไซม์กลูตาไทโอนเปอร์ออกซิเดส และ เอนไซม์กลูตาไทโอนรีดักเตส	22
2.4	กลไกการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิค	25
4.1	ฉลากแสดงสายพันธุ์บรอกโคลีที่ใช้ในงานวิจัย โดยหมายเลข 1 คือ สายพันธุ์หยกเขียว 2034 หมายเลข 2 คือ สายพันธุ์ท๊อปกรีน หมายเลข 3 คือ สายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ 022 และหมายเลข 4 คือ สายพันธุ์มอนท๊อป	33
4.2	ต้นอ่อนของบรอกโคลีเริ่มงอกโดยเลข 1 คือ สายพันธุ์หยกเขียว 2034 เลข 2 คือ สายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ 022 เลข 3 คือ สายพันธุ์มอนท๊อป และ เลข 4 คือ สายพันธุ์ท๊อปกรีน	34
4.3	ตัวอย่างบรอกโคลีเริ่มงอกที่สกัดด้วยเอทานอล	35
4.4	การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ในสารสกัดบรอกโคลีเริ่มงอก โดยเลข 1, 2 , 3 และ 4 คือ สีสารละลายสารสกัดของสายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ022, สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และสายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ เลข 1*, 2*, 3*, 4* คือ สีสารละลายภายหลังการทดสอบของสายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ022, สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และสายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ	36
4.5	การตรวจสอบแทนนินในสารสกัดบรอกโคลีเริ่มงอก, เลข 1, 2, 3 และ 4 คือ สีสารละลายสารสกัดของสายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ022, สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และสายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ, ส่วนเลข 1*, 2*, 3*, 4* คือ สีสารละลายภายหลังการทดสอบของสายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ022, สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และสายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ	37

รูป **หน้า**

4.15 สีสารละลายเมื่อวัดด้วยวิธี ABTS เลข 0 คือ สารละลายแบลงค์ เลข 1, 2, 3 และ 4 คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่ 0.10, 0.20, 0.30 และ 0.40 มก./มล. ตามลำดับ, เลข 5, 6, 7 ,8 คือ สารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลของสายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ 022 , สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และ สายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ 48

4.16 สีสารละลายเมื่อวัดด้วยวิธี ABTS เลข 0 คือ สารละลายแบลงค์ เลข 1, 2, 3 และ 4 คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่ 0.10, 0.20, 0.30 และ 0.40 มก./มล. ตามลำดับ เลข 5, 6, 7 , 8 คือ สารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซีเตตของสายพันธุ์กรีน ควีน ทีเอ 022, สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และ สายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ 50

4.17 สีสารละลายเมื่อวัดด้วยวิธี ABTS เลข 0 คือ สารละลายแบลงค์ เลข 1, 2, 3 และ 4 คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินซี ที่ 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20 มก./มล. ตามลำดับ 53

4.18 กราฟความสัมพันธ์ของร้อยละการยับยั้งอนุมูล ABTS (% Inhibition) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินซี 54

4.19 กราฟความสัมพันธ์ของร้อยละของอนุมูลอนุมูล ABTS ที่เหลืออยู่ (% Remaining) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินซี 55

4.20 สีสารละลายเมื่อวัดด้วยวิธี ABTS เลข 0 คือ สารละลายแบลงค์ เลข 1, 2, 3, 4 คือ สารสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลของสายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ022, สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และ สายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ 56

4.21 สีสารละลายเมื่อวัดด้วยวิธี ABTS เลข 0 คือ สารละลายแบลงค์ เลข 1, 2, 3, 4 คือ สารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลของสายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ 022, สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และ สายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ 58

4.22 สีสารละลายเมื่อวัดด้วยวิธี ABTS เลข 0 คือ สารละลายแบลงค์ เลข 1, 2, 3, 4 คือ สารสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลของสายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ022, สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และ สายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ 61

รูป **หน้า**

4.23 สีสารละลายเมื่อวัดด้วยวิธีรีดิวซ์ เลข 0 คือ สารละลายแบลงค์ เลข 1, 2 และ 3 คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินซี ที่ 0.10, 0.20 และ 0.30 มก./มล. เลข 4, 5, 6, 7 คือ สารสกัดของสายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ 022, สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และ สายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ 64

4.24 กราฟความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ยกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน วิตามินซี 65

รูป หน้า

4.6 การเรืองแสงของสารสกัดบรอกโคลีเริ่มงอก เลข 0 คือ แบลงค์, เลข 1 คือ สายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ 022 , เลข 2 คือ สายพันธุ์มอนท๊อป, เลข 3 คือ สายพันธุ์ท๊อปกรีน และเลข 4 คือ สายพันธุ์หยกเขียว 2034 38

4.7 สีสารละลายในการทดสอบหาปริมาณฟีนอลิค เลข 0 คือ สารละลายแบลงค์ เลข 1, 2, 3 และ 4 คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ 0.05 มก./มล. , 0.10 มก./มล., 0.15 มก./มล. และ 0.20 มก./มล. ตามลำดับ เลข 5 คือ สายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ022 , เลข 6 คือ สายพันธุ์มอนท๊อป, เลข 7 คือ สายพันธุ์ท๊อปกรีน และหมายเลข 8 คือ สายพันธุ์หยกเขียว 2034 39

4.8 สีของสารละลายตัวอย่างบรอคโคลีเริ่มงอกทั้ง 4 สายพันธุ์ในตัวทำละลายเมทานอล 41

4.9 สีของสารละลายตัวอย่างบรอคโคลีเริ่มงอกทั้ง 4 สายพันธุ์ในตัวทำละลายเอทานอล 42

4.10 สีของสารละลายตัวอย่างบรอคโคลีเริ่มงอกทั้ง 4 สายพันธุ์ในตัวทำละลายเอทิลอะซีเตต 42

4.11 สีสารละลายเมื่อวัดด้วยวิธี ABTS เลข 0 คือ สารละลายแบลงค์ เลข 1, 2, 3 และ 4 คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่ 0.10, 0.20, 0.30 และ 0.40 มก./มล. ตามลำดับ 43

4.12 กราฟความสัมพันธ์ของร้อยละการยับยั้งอนุมูล ABTS (% Inhibition) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Trolox 44

4.13 กราฟความสัมพันธ์ของร้อยละของอนุมูล ABTS ที่เหลืออยู่ (% Remaining) กับ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Trolox 45

4.14 สีสารละลายเมื่อวัดด้วยวิธี ABTS เลข 0 คือ สารละลายแบลงค์ เลข 1, 2, 3 และ 4 คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Trolox ที่ 0.10, 0.20, 0.30 และ 0.40 มก./มล. ตามลำดับ เลข 5, 6, 7 ,8 คือ สารสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลของสายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ022 , สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และสายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ 46

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	อนุมูลอิสระและสารที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ	8
4.1	ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานกรดแกลลิก	40
4.2	ปริมาณสารฟีนอลิกเฉลี่ยในสารสกัดสายพันธุ์ต้นอ่อนบรอกโคลี	40
4.3	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย, ร้อยละการยับยั้งอนุมูล ABTS , ร้อยละของอนุมูล ABTS ที่เหลืออยู่ของสารมาตรฐาน Trolox	44
4.4	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย, ร้อยละการยับยั้งอนุมูล ABTS , ร้อยละของอนุมูล ABTS ที่เหลืออยู่ ของสารสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล	46
4.5	ฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS เฉลี่ยเทียบเท่ากับสารมาตรฐาน Trolox (TEAC) ของสารสกัดบรอคโคลีเริ่มงอกด้วยตัวทำละลายเมทานอล	47
4.6	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย, ร้อยละการยับยั้งอนุมูล ABTS , ร้อยละของอนุมูล ABTS ที่เหลืออยู่ ของสารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล	49
4.7	ฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS เฉลี่ยเทียบเท่ากับสารมาตรฐาน Trolox (TEAC) ของสารสกัดบรอคโคลีเริ่มงอกด้วยตัวทำละลายเอทานอล	49
4.8	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย, ร้อยละการยับยั้งอนุมูล ABTS , ร้อยละของอนุมูล ABTS ที่เหลืออยู่ ของสารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซีเตต	51
4.9	ฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS เฉลี่ยเทียบเท่ากับสารมาตรฐาน Trolox (TEAC) ของสารสกัดบรอคโคลีเริ่มงอกด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซีเตต	52
4.10	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย, ร้อยละการยับยั้งอนุมูล ABTS , ร้อยละของอนุมูล ABTS ที่เหลืออยู่ของสารมาตรฐานวิตามินซี	54
4.11	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย, ร้อยละการยับยั้งอนุมูล ABTS , ร้อยละของอนุมูล ABTS ที่เหลืออยู่ ของสารสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล	56

ตาราง **หน้า**

4.12 ฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS เฉลี่ยเทียบเท่ากับสารมาตรฐานวิตามินซี (AEAC) ของสารสกัดบรอคโคลีเริ่มงอกด้วยตัวทำละลายเมทานอล 57

4.13 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย, ร้อยละการยับยั้งอนุมูล ABTS , ร้อยละของอนุมูล ABTS ที่เหลืออยู่ ของสารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 59

4.14 ฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS เฉลี่ยเทียบเท่ากับสารมาตรฐานวิตามินซี (AEAC) ของสารสกัดบรอคโคลีเริ่มงอกด้วยตัวทำละลายเอทานอล 60

4.15 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย, ร้อยละการยับยั้งอนุมูล ABTS , ร้อยละของอนุมูล ABTS ที่เหลืออยู่ ของสารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซีเตต 62

4.16 ฤทธิ์ต้านอนุมูล ABTS เฉลี่ยเทียบเท่ากับสารมาตรฐานวิตามินซี (AEAC) ของสารสกัดบรอคโคลีเริ่มงอกด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซีเตต 63

4.17 ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของสารมาตรฐานวิตามินซีด้วยวิธีรีดิวซ์ 65

4.18 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยเทียบเท่ากับสารมาตรฐานวิตามินซี (AEAC) ของสารสกัด บรอคโคลีเริ่มงอกด้วยวิธีรีดิวซ์ 66

รูป **หน้า**

4.23 สีสารละลายเมื่อวัดด้วยวิธีรีดิวซ์ เลข 0 คือ สารละลายแบลงค์ เลข 1, 2 และ 3 คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินซี ที่ 0.10, 0.20 และ 0.30 มก./มล. เลข 4, 5, 6, 7 คือ สารสกัดของสายพันธุ์กรีนควีน ทีเอ 022 , สายพันธุ์มอนท๊อป, สายพันธุ์ท๊อปกรีน และ สายพันธุ์หยกเขียว 2034 ตามลำดับ 64

4.24 กราฟความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ยกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน วิตามินซี 65

คำย่อและสัญลักษณ์

(ABBREVIATIONS AND SYMBOLS)

มก.	มิลลิกรัม
มล.	มิลลิลิตร
%	percent
$ABTS^{+\bullet}$	radical form of 2,2′-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
AEAC	ascorbic acid equivalent antioxidant capacity
AU	absorbance unit
° C	degree Celsius
EC_{50}	half maximal effective concentration
ed.	edition
et al.	*et alibi*; and others
GAE	gallic acid equivalents
HPLC	high performance liquid chromatography
IC_{50}	half maximal inhibitory concentration
mM	milimolar
mg	milligram

ml	milliliter
nm	nanometer
R^2	coefficient of determination
rpm	round per minute
S.D.	standard deviation of a sample
sig	significants result
Std Deviation	standard deviation
Std. Error	standard error
TEAC	Trolox equivalent antioxidant capacity
μL	microliter
UV	ultraviolet
w/v	weight to volume