

การคัดกรองสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและหาปริมาณของวิตามินอี ในแต่ละระยะการ เจริญเติบโตของข้าว
ไทยบางพันธุ์

Screening of antioxidant activity and determination of vitamin E in each growth stage from
Thai rice cultivars

ผู้วิจัย

นางมัทนา นครเรียม

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัย
จากงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปี 2551
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบพระคุณกองส่งเสริมและพัฒนางานวิจัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นอย่างสูงที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนวิจัยงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปี 2551 ในการทำวิจัยนี้จนเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. พีระยศ นเชิงชัย คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ได้ให้ความช่วยเหลือและ ให้คำปรึกษาในเรื่องของพันธุ์ข้าวไทยพันธุ์ต่างๆในการทำวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตลอดทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ให้ความสะดวกในเรื่องสารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณกำลังใจที่ได้รับจากภรรยาและเพื่อนๆทุกคนที่มีส่วนผลักดันทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

มีฉันทนา นจรวิชัย



บทกัตย่อ

การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากใบข้าวพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ ข้าวขาว ข้าวแดง และข้าวดำ ที่แต่ละระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะแตกกอ ระยะสร้างรวงอ่อน ระยะตั้งท้อง ระยะเมล็ดน้ำนม และระยะสุกแก่ การหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin Ciocalteu และวัดสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีอโรอิกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) จากผลการทดลองสรุปได้ว่าสารสกัดจากใบข้าวขาว ข้าวดำ และข้าวแดง มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดในระยะแตกกอ อยู่ในช่วง 0.709-0.743, 0.945-0.991, และ 1.061-1.132 mg GAI/mg of extract ตามลำดับ สำหรับการศึกษาการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อ DPPH พบว่า ในระยะแตกกอฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าระยะอื่นๆมาก โดยข้าวดำพันธุ์ Early 18 มีฤทธิ์สูงสุด (IC_{50} 0.048 mg/mL) และข้าวขาวพันธุ์หอมมะลิ 105 มีฤทธิ์ต่ำที่สุด (IC_{50} = 0.556 mg/mL) การวิเคราะห์หาปริมาณของวิตามินอี นั้นไม่พบในใบข้าวของทุกระยะการเจริญเติบโต ดังนั้นสรุปได้ว่าเนื้อเยื่อสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์สูงสุดและมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดของสารสกัดจากข้าวขาว ข้าวดำ และข้าวแดง ได้ดังนี้ ข้าวดำ ข้าวแดง และข้าวขาว แสดงว่าข้าวไทยเป็นแหล่งธรรมชาติที่มีสารต้านอนุมูลอิสระและวิตามินอี



ABSTRACT

In this study, the methanol extracts from leaves in each growth stage of white rice, red rice, and black rice are studied for their antioxidative activity and total phenolic content. The total phenolic content of the extracts was analyzed by Folin-Ciocalteu method, and antioxidative activity was assessed by the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical-scavenging activity. The results indicate that the total phenolic content of red rice, black and white rice extract were found the highest in tillering in the range of 0.709- 0.743, 0.948-0.991, and 1.061- 1.132 mg GAE/mg of extract, respectively. In the DPPH radical-scavenging assay, was found the highest activity in tillering. Black rice, Entry 18 showed the highest activity ($IC_{50} = 0.048$ mg/mL) and the white rice, hommale 105 showed the lowest ($IC_{50} = 0.556$ mg/ml). The component activity, vitamin E was not found in leaves at all stage of rice. In conclusion, all of the rice bran cultivars have strong antioxidant activity and total phenolic content in the following order: leave black rice, leave red rice and leave white rice, respectively. Hence, Thai rice cultivars are potential natural sources of antioxidant compounds.



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	v
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	vi
กิตติกรรมประกาศ	vii
สารบัญตาราง	viii
สารบัญรูปภาพ	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	14
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	18
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงาน	26
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	80
ประวัติย่อนักวิจัย	81
สรุปรายงานการใช้เงิน	82



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน gallic acid	18
4.2 (ก) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงและค่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของใบข้าวพันธุไทยทั้ง 10 พันธุ์ (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	19
4.2 (ข) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงและค่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของใบข้าวพันธุไทย 10 พันธุ์ (ระยะที่ 2 ระยะข้าวยาวรวงอ่อน)	19
4.2 (ค) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงและค่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของใบข้าวพันธุไทย 10 พันธุ์ (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)	20
4.2 (ง) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงและค่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของใบข้าวพันธุไทย 10 พันธุ์ (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดน้ำนม)	20
4.2 (จ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงและค่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของใบข้าวพันธุไทย 10 พันธุ์ (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	20
4.3 ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าวมาตรฐาน BHA	22
4.4 (ก) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าวกรมละเกี๋ย 05 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	23
4.4 (ข) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าว กข 6 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	24
4.4 (ค) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.2 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	25
4.4 (ง) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.3 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	26
4.4 (จ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.4 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	27
4.4 (ฉ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.5 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	28
4.4 (ซ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 1 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	19
4.4 (ม) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 13	



(ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	30
4.4 (ญ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 18 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	31
4.4 (ฉ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 30 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	32
4.5 (ก) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวหอมมะลิ105 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสุกวาง รวงอ่อน)	33
4.5 (ข) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว กข 6 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสุกวาง รวงอ่อน)	34
4.5 (ค) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.2 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสุกวาง รวงอ่อน)	35
4.5 (ง) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.3 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสุกวาง รวงอ่อน)	36
4.5 (จ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.4 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสุกวาง รวงอ่อน)	37
4.5 (ฉ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.5 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสุกวาง รวงอ่อน)	38
4.5 (ช) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 1 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสุกวาง รวงอ่อน)	39
4.5 (ฌ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 15 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสุกวาง รวงอ่อน)	40
4.5 (ฎ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 18 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสุกวาง รวงอ่อน)	41
4.5 (ฏ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 30 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสุกวาง รวงอ่อน)	42
4.6 (ก) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวหอมมะลิ105 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)	43
4.6 (ข) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว กข 6 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)	44



4.6 (ก) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.2 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งห้อง)	45
4.6 (ง) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.3 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งห้อง)	46
4.6 (ข) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.4 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งห้อง)	47
4.6 (ฉ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.5 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งห้อง)	48
4.6 (ซ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 1 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งห้อง)	49
4.6 (ณ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 13 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งห้อง)	50
4.6 (ญ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 18 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งห้อง)	51
4.6 (ฐ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 30 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งห้อง)	52
4.7 (ก) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวหอมมะลิ105 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดน้ำนม)	53
4.7 (ข) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว กข 6 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดน้ำนม)	54
4.7 (ค) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.2 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดน้ำนม)	55
4.7 (ง) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.3 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดน้ำนม)	56
4.7 (จ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.4 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดน้ำนม)	57
4.7 (ฉ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.5 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดน้ำนม)	58
4.7(ซ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ์ Entry 1	



(ระยะที่ 4 ระยะเมื่อดินน้ำมัน)	59
4.7 (ฉ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 13 (ระยะที่ 4 ระยะเมื่อดินน้ำมัน)	60
4.7 (ง) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 18 (ระยะที่ 4 ระยะเมื่อดินน้ำมัน)	61
4.7 (จ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 30 (ระยะที่ 4 ระยะเมื่อดินน้ำมัน)	62
4.8 (ก) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวหอมมะลิ105 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	63
4.8 (ข) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว กข 6 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	64
4.8 (ค) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.2 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	65
4.8 (ง) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.3 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	66
4.8 (จ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.4 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	67
4.8 (ฉ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.5 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	68
4.8 (ช) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 1 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	69
4.8 (ฉ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 13 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	70
4.8 (ฏ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 18 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	71
4.8 (ฐ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 30 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	72
4.9 แสดงค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธ์ไทยทั้ง 10 พันธ์	73
4.10 แสดงปริมาณของวิตามินบีในใบข้าวพันธ์ไทย 10 พันธ์	75



สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกบางตัว	4
1.2 โครงสร้างของกรดโรทีโนนอยล์บางตัว	5
1.3 โครงสร้างของวิตามินอี	6
1.4 แสดงอนุภาคของ DPPH โดยรูปที่ (1) เป็นกณุมูลอิสระ และ (2) ไม่เป็นอนุภาคมูลอิสระ	7
1.5 แสดงระยะการเจริญเติบโตของข้าว	9
3.1 แสดงขั้นตอนการปลูกข้าวโดยเริ่มจากการเตรียมแปลงนาจนถึงเมล็ดข้าว	15
4.1 กราฟมาตรฐานของ Gallic acid	18
4.2 กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของสารมาตรฐานแอนตอกซีแดนซ์ HPL	22
4.3 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวหอมมะลิ 105 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	23
4.3 (ข) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าว กข.6 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	24
4.3 (ค) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.2 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	25
4.3 (ง) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.3 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	26
4.3 (จ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.4 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	27
4.3 (ฉ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.5 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	28
4.3 (ช) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ Entry 1 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	29
4.3 (ฌ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ Entry 13 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	30
4.3 (ฎ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ Entry 18 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	31
4.3 (ฏ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ Entry 30 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)	32
4.4 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวหอมมะลิ 105 (ระยะที่ 2 ระยะสร้างรวงอ่อน)	33
4.4 (ข) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าว กข.6 (ระยะที่ 2 ระยะสร้างรวงอ่อน)	34
4.4 (ค) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.2 (ระยะที่ 2 ระยะสร้างรวงอ่อน)	35
4.4 (ง) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.3 (ระยะที่ 2 ระยะสร้างรวงอ่อน)	36
4.4 (ง) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.4 (ระยะที่ 2 ระยะสร้างรวงอ่อน)	37
4.4 (ฉ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.5 (ระยะที่ 2 ระยะสร้างรวงอ่อน)	38
4.4 (ช) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ Entry 1 (ระยะที่ 2 ระยะสร้างรวงอ่อน)	39
4.4 (ฌ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ Entry 13 (ระยะที่ 2 ระยะสร้างรวงอ่อน)	40



4.7 (ฉ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ Entry 13 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	70
4.7 (ฅ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ Entry 18 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	71
4.7 (ฉ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ Entry 30 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)	72
4.8 แสดงผลของสารมาตรฐาน วิตามินอี (รูป 1.บ) และใบข้าวขาว ข้าวแดง และข้าวดีเยี่ยม แสดงออก (รูปต่าง)	74



บทที่ 1

บทนำ

Reactive oxygen species (ROS) และ reactive nitrogen species (RNS) จะเกิดขึ้นในร่างกายอยู่ตลอดเวลา แต่เมื่อมีการผลิตมากเกินไป จะเกิดภาวะ oxidative stress ขึ้นมาซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น การทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอเลสเตอรอล โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเกิดผลกระทบเฉื่อยชื่อยืดและก่อให้เกิดโรคเรื้อรังชนิดต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือด โรคเนื้องอก และโรคกระดูกพรุน ดังนั้นเพื่อป้องกันอนุมูลอิสระเหล่านี้ไม่ให้สร้างความเสียหายกับชีวโมเลกุล มนุษย์จึงต้องได้รับสารที่จะช่วยจัดการกับอนุมูลอิสระ (free radical) เพิ่มขึ้น ซึ่งในช่วงหลายปีมานี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ให้ความสนใจของกลุ่มของสารที่มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการยับยั้งหรือต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน รวมทั้งยังช่วยลดความเสียหายของอนุมูลอิสระในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆอีกด้วย โดยสารต้านอนุมูลอิสระมีหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี วิตามินเค และสารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น สารต้านอนุมูลอิสระนี้พบมากในพืช ผัก ผลไม้ และอาหารที่รับประทาน ซึ่งไปถูกเก็บไว้ด้วยความสนใจและมีรายงานการศึกษาถึงผลของสารสกัดจากส่วนต่างๆของพืช เช่น ใบ ดอก ผล ราก และเมล็ด ของพืชชนิดต่างๆ ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

1.1 ความหมายของอนุมูลอิสระ (Free radical)

อนุมูลอิสระ คือโมเลกุลหรืออิออนที่มีอิเล็กตรอนโลกเดี่ยวอยู่รอบนอก และมีอายุสั้นมากประมาณ 1 หรือ 3-10 วินาที ซึ่งจัดว่าเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี โมเลกุลหรืออิออนชนิดนี้เป็นตัวก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การตรวจสอบและวิเคราะห์อนุมูลอิสระนั้นสามารถตรวจวัดได้หลายวิธี (Nonhebel and Walton, 1974) วิธีที่กำลังเป็นที่นิยมคือ electron spin resonance (ESR) spectroscopy โดยเทคนิคที่เรียกว่า spin mapping มีหลักการคือใช้สารอินทรีย์ที่ไม่ทำปฏิกิริยาใดๆกับสนามแม่เหล็ก เรียกว่ามีสมบัติ diamagnetic มาทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ ได้เป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่มีความเสถียรเพิ่มขึ้นนี้เพียงพอที่จะนำไปตรวจสอบได้โดยเทคนิค ESR ดังกล่าว ตัวอย่างของอนุมูลอิสระ ได้แก่ superoxide anion radical, hydroxyl radical, peroxide radical, peroxy radical, hydrogen peroxide, ozone, singlet oxygen, hydrogen radical and methyl radical เป็นต้น

1.2 ปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระจะเกิดปฏิกิริยาที่เป็นแบบปฏิกิริยาลูกโซ่ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลักคือ

1.2.1 ขั้นอินิทิเอชัน (Chain initiation)

อนุมูลอิสระเกิดมาจากกลไกต่างๆกันไปได้หลายวิธี ได้แก่ การแตกพันธะของโมเลกุลที่เรียกว่า homolysis หรือการแตกพันธะเนื่องจากผลของแสง (photolysis) หรือผลของรังสี (radiolysis) หรือมาจากปฏิกิริยารีดอกซ์ (redox) ซึ่งปฏิกิริยาทั้งสองนี้จัดเป็นกลไกพื้นฐานในการสร้างอนุมูลอิสระจากสารอินทรีย์

1.2.2 ขั้นพหุพาเกชัน (Chain propagation)

เป็นขั้นที่อนุมูลอิสระมีการทำปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระของสารอื่น ซึ่งปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปเรื่อยๆ ไปเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ ให้อนุมูลอิสระชนิดใหม่ออกมาตลอดเวลา จุดที่เป็นการเปลี่ยนตำแหน่งของอิเล็กตรอนที่ไม่เข้าคู่ (unpaired electron)

1.2.3 ขั้นเทอร์มิเนชัน (Chain termination)

เป็นขั้นหยุดปฏิกิริยาถูกใช้ของอนุมูลอิสระ ประกอบด้วย การรวมตัวกันของอนุมูลอิสระ กับอีกอนุมูลอิสระ และการถ่ายเทอิเล็กตรอนที่ไม่ได้จับคู่ของอนุมูลอิสระออกจากโมเลกุลหนึ่งเป็นการรับเอาอิเล็กตรอนหนึ่งตัวมาครอบงำเข้าคู่กับอิเล็กตรอนเดิมที่มีซึ่งยังว่างอยู่ในโมเลกุล ทำให้สภาวะการเป็นอนุมูลอิสระหมดไป

1.3 ความหมายของแอนติออกซิแดนท์ (Antioxidant)

คำว่าแอนติออกซิแดนท์ เริ่มแรกที่ใช้หมายถึงปฏิกิริยาเคมีที่ป้องกันการใช้ออกซิเจน ในปลายปี ค.ศ. 19 ถึงต้น ค.ศ. 20 มีการศึกษากันอย่างมากเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลออกซิแดนท์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้ในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันของโลหะ อุตสาหกรรมยางและน้ำมันเชื้อเพลิง การวิจัยในช่วงนี้เกี่ยวข้องกับบทบาทของสารแอนติออกซิแดนท์ในทางชีววิทยา คือการป้องกันการปรากฏออกซิเดชันของไขมันไม่อิ่มตัวที่จะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนของไขมัน อย่างไรก็ตามการค้นพบว่า วิตามินเอ วิตามินซีและวิตามินอีเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ เป็นทางเลือกให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจกันครั้งใหญ่ของความสำคัญของการแอนติออกซิแดนท์ในทางชีวเคมีของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นในปัจจุบันแอนติออกซิแดนท์คือสารที่ขัดขวางปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสารที่สามารถจับอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย ถึงแม้ว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันจะมีความสำคัญต่อชีวิต แต่มันก็ก่อให้เกิดความเสียหาย ดังนั้นทั้งพืชและสัตว์จะมีระบบขับออกและสารแอนติออกซิแดนท์ไว้กลายไปเอง เช่นมีสารกลูต้าไธโอน (glutathione) วิตามินซี วิตามินอี รวมถึงเอนไซม์ เช่น คาตาเลส (catalase) และเปอร์ออกซิเดสต่างๆ (peroxidase) เป็นต้น แอนติออกซิแดนท์ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ชนิดที่ละลายในน้ำ จะทำปฏิกิริยากับสารออกซิแดนท์ภายใน cytoplasm หรือในพลาสมาของ



2. ชนิดที่ละลายในไขมัน จะป้องกันผนังเซลล์ไม่ให้ถูกทำลายจากปฏิกิริยา lipid peroxidation

เนื่องจากสารแอนติออกซิแดนท์มีหน้าที่หลายอย่าง เช่น ทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ (reducing agent) เป็นตัวจับไล่ออนุมูลอิสระ จับกับไอออนโลหะที่เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซ์เดชัน ด้วยหน้าที่ต่างๆเหล่านี้จึงทำให้มีผลในการชะลอหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซ์เดชัน หรือสามารถหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ โดยการทำปฏิกิริยากับอนุมูล peroxy เพื่อให้เป็นสารที่มีควาเสถียร หรือเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาออกซ์เดชันอีกต่อไป หรือเป็นสารที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระ (non-radical product)

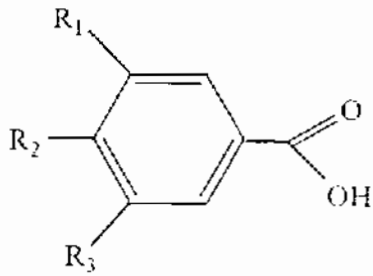
1.4 ตัวอย่างสารแอนติออกซิแดนท์บางชนิด

1.4.1 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไป มีสูตรโครงสร้างเป็นวงแหวนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่วงเดียวหนึ่งหมู่หรือมากกว่านั้น และมีหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ เช่น พลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และแทนนิน เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกทำหน้าที่เป็นตัวจับไล่ออนุมูลอิสระที่เกิดจากอนุมูล peroxy นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์เป็นตัวให้ไฮโดรเจน และกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอกทีฟ ด้วยหน้าที่ต่างๆดังกล่าวจึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญชนิดหนึ่งในพืชทั่วไป ตัวอย่างโครงสร้างสารประกอบฟีนอลิก ดังรูป 1.1

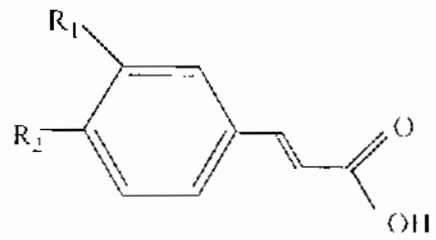


Hydroxybenzoic acids



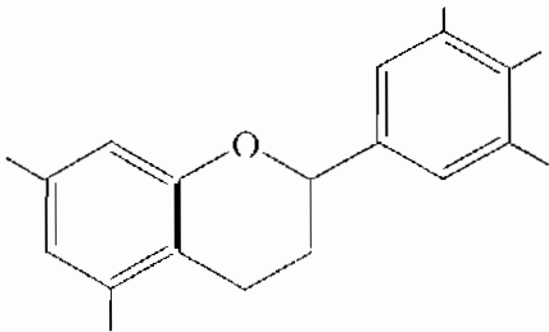
$R_1 = R_2 = \text{OH}, R_3 = \text{H}$: Protocatechvic acid
 $R_1 = R_2 = R_3 = \text{OH}$: Gallic acid

Hydroxycinnamic acids

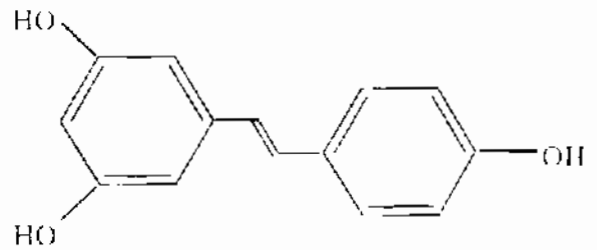


$R_1 = \text{OH}$: Coumaric acid
 $R_1 = R_2 = \text{OH}$: Caffeic acid
 $R_1 = \text{OCH}_3, R_2 = \text{OH}$: Ferulic acid

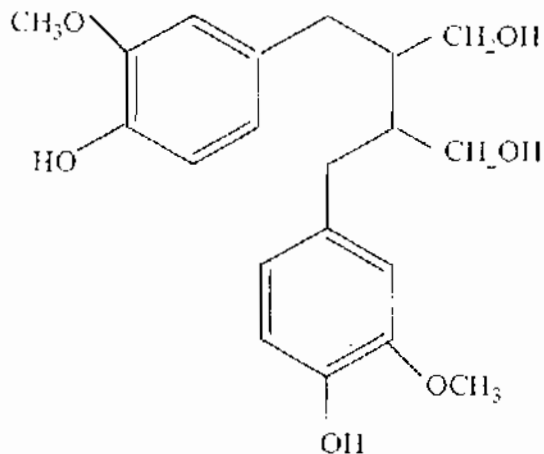
Flavonoids



Stilbenes



Lignans

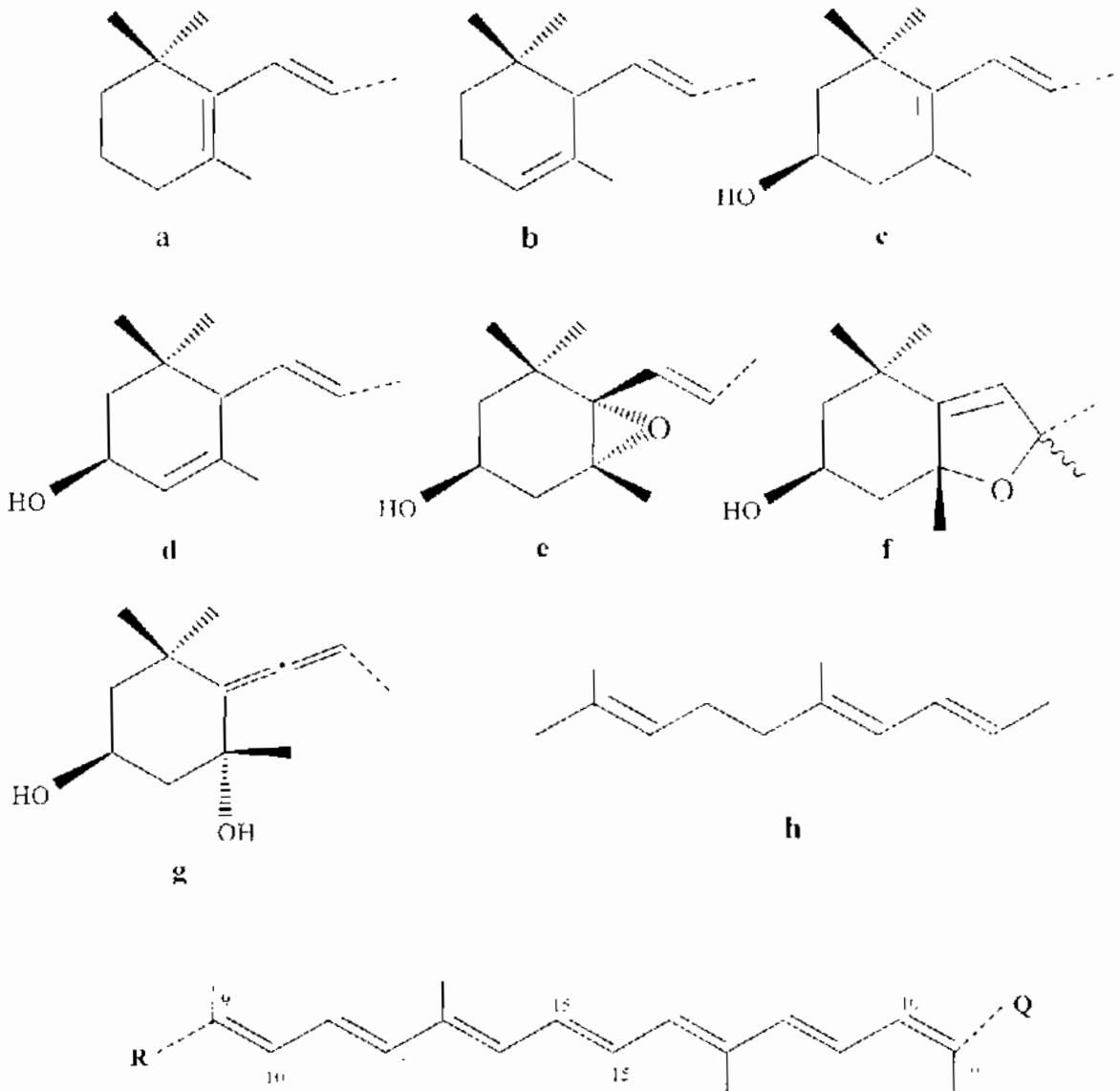


รูปที่ 1.1 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกบางตัว



1.4.2 แคโรทีนอยด์ (carotenoid)

เป็นรงควัตถุที่พบทั่วไปในธรรมชาติ จะถูกสังเคราะห์ขึ้นในคลอโรพลาสต์เป็นปริมาณมาก เนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์มีมาก แคโรทีนอยด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามองค์ประกอบของโครงสร้างในโมเลกุล ดังรูปที่ 1.2 ดังนี้



รูปที่ 1.2 โครงสร้างของแคโรทีนอยด์: antheraxanthin: R = e, Q = c; auroxanthin: R = Q = f; alpha-carotene: R=a, Q=b; beta-carotene: R=Q=a; alpha-cryptoxanthin: R = c, Q = b; beta-cryptoxanthin: R = c, Q = a; flavoxanthin chrysanthemaxanthin: R=f, Q=d; lutein: R = c, Q = d; lutein 5,6-epox.de: R = e, Q = d; luteoxanthin: R=e, Q=f; lycopene: R=Q=h; mutatoxanthin: R = f, Q=c; neoxanthin: R=g, Q = e; neochrome: R=g, Q=f; violaxanthin: R=Q=e; zeaxanthin: R=Q=c

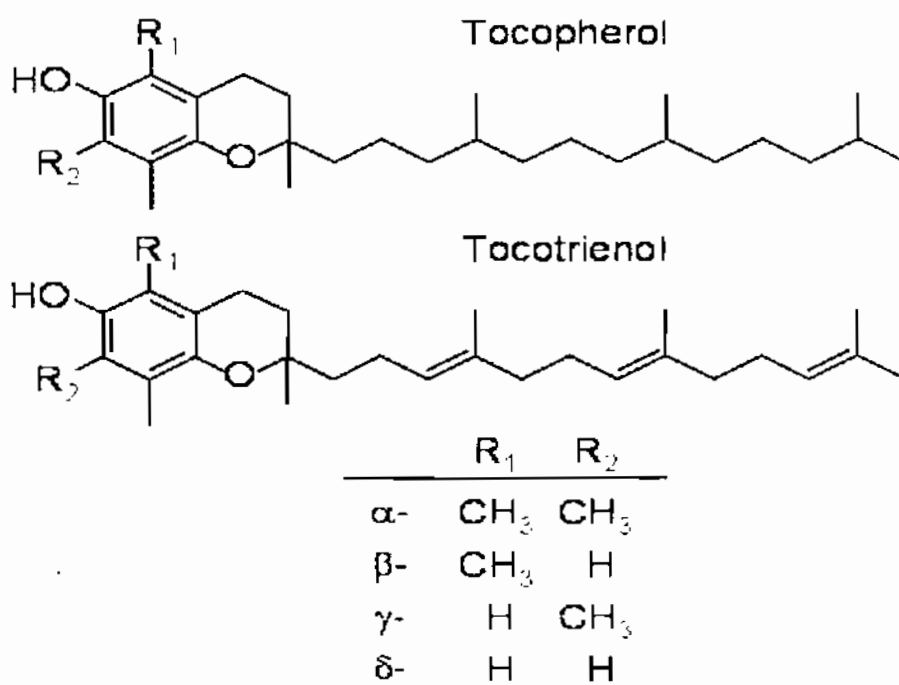


1. แคโรทีน (carotene) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยห่วงแหวนไฮโดรเจนเท่านั้น เช่น เบต้า-แคโรทีน (β -carotene) แอลฟา-แคโรทีน (α -carotene) ลycopene เป็นต้น

2. ออกซิแคโรทีนอยด์ (oxocarotenoid) หรือ แซนโทฟิลล์ (xanthophyll) เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลบริเวณวงแหวนประกอบไปด้วยกลุ่มอื่น นอกเหนือจากคาร์บอนและไฮโดรเจน เบต้า-ครีโตนิน (β -cryptoxanthin) และลูทีน (lutein) เป็นต้น

1.4.3 วิตามินอี (Vitamin E)

โทโคฟีรอลที่ละลายได้ในไขมัน เป็นสารแอนติออกซิแดนท์ที่สำคัญ โดยโทโคฟีรอลทำงานร่วมกับสารแอนติออกซิแดนท์อื่นๆ เช่นวิตามินซีและซีลีเนียม เป็นต้น ในธรรมชาติมีวิตามินอีอยู่หลายชนิด ปัจจุบันแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ โทโคฟีรอลและโทโคไตรเอนอล แต่ละกลุ่มยังแยกเป็นวิตามินย่อยๆ อีก 4 ชนิด ได้แก่ อัลฟา (α -) เบต้า (β -) แกมมา (γ -) และเดลต้า (δ -) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหมู่เมทิลที่ติดกับวงแหวนโครแมน (chromane ring) ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 โครงสร้างของวิตามินอี

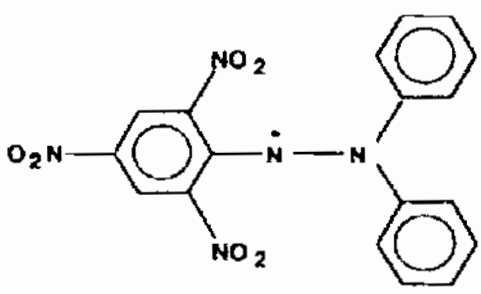


1.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

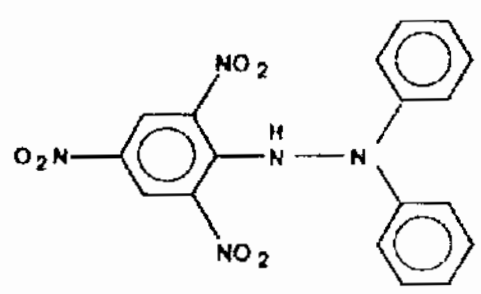
การทดสอบฤทธิ์ของสารในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันระดับตรงผสมได้โดยการติดตามปริมาณของผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาหรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสลายตัวของ lipid hydroperoxides เช่นสารประกอบอัลลิไซคล์ เป็นต้น หรือทดสอบโดยตรงว่าสารตัวอย่างนั้นๆสามารถจับกับอนุมูลอิสระได้หรือไม่

1.5.1 การทดสอบฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH Radical Scavenging assay

∴ DPPH คือ อนุภาคอิสระที่เสถียรและสามารถรับอิเล็กตรอนได้อีก เพื่อเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ ดังรูปที่ 1.4 (1) และเมื่อได้รับอะตอมไฮโดรเจนจากโมเลกุลอื่นจะทำให้สารดังกล่าวไม่ใช่อนุมูลอิสระ ดังรูปที่ 1.4 (2)



1: Diphenylpicrylhydrazyl (free radical)




2: Diphenylpicrylhydrazine (non-radical)

รูปที่ 1.4 แสดงอนุภาคของ DPPH โดยรูปที่ (1) เป็นอนุมูลอิสระ และ (2) ไม่ใช่อนุมูลอิสระ

ดังนั้นควมสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระที่ศึกษานี้เป็นจารศึกษาระสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในกรรวมตัวกับ DPPH ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่เสถียรที่อยู่ในสารละลาย (เมื่อใช้ DPPH ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระมากพอจะใช้งานง่าย) ในการทดสอบนี้จะให้ DPPH (ที่มีสีม่วงเข้ม) ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ ในระยะเวลาที่กำหนด ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ที่ความยาวคลื่น 517 nm ในเวลา 30 นาทีสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ DPPH ดังนั้นการลดลงของความเข้มข้นของ DPPH (สีอ่อนลง) บ่งบอกถึงความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารต้านอนุมูลอิสระ

1.6 ขั้ว

ขั้ว เป็นพืชล้มลุกตระกูลขิงข่าที่สืบทอดกันมาตั้งแต่ดั้งเดิมเป็นพืชสมุนไพรดั้งเดิมที่เขตร้อนชื้น มีลักษณะภายนอกทรงกลมอย่าง ฝรั่ง ใบ กลมใบ ลำต้น และรากคล้ายต้นหญ้า ขั้วมีถิ่นกำเนิดในอินเดีย 2 สปีชีส์ใหญ่ๆ คือ

1.  **ylaberrima** ปลูกเฉพาะในเขตร้อนของแอฟริกาเท่านั้น
- Mahasarakham University

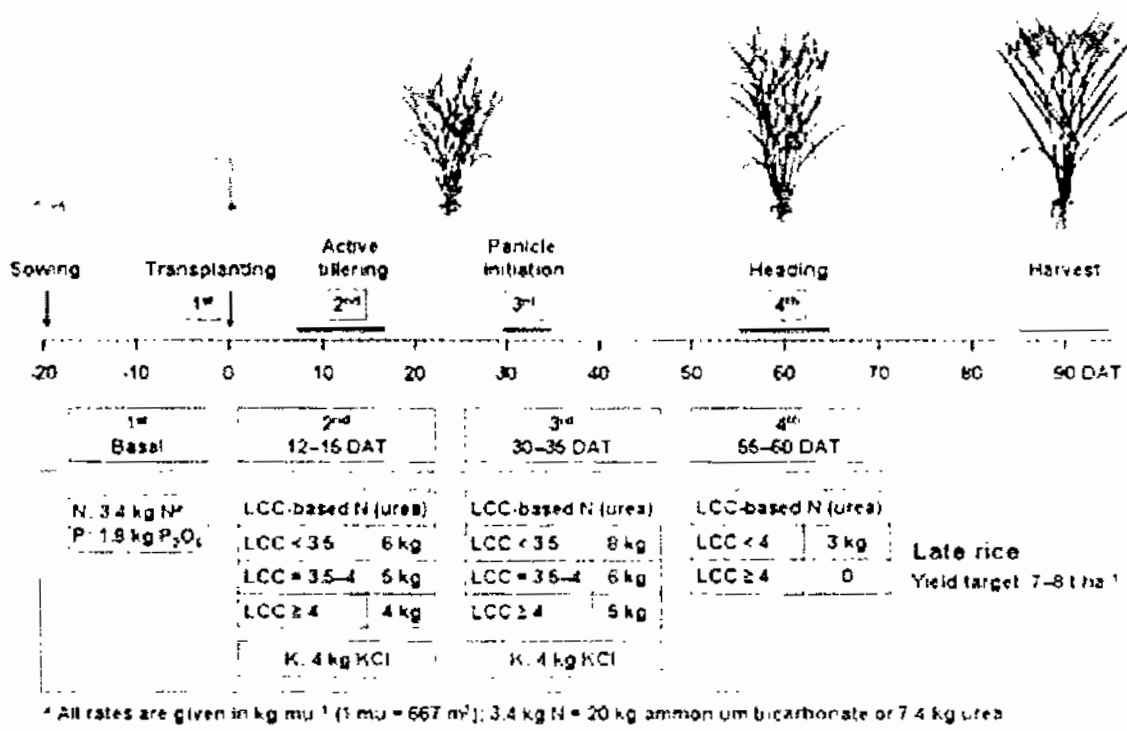
2. *Oryza sativa* ปลูกทั่วไปปลูกในประเทศไทย ข้าวชนิด *Oryza sativa* ยับยั้งปลูกได้เป็น *indica* มีปลูกมากใน
เขตร้อน *japonica* มีปลูกมากในเขตอบอุ่น และ *Javanica*

ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยเป็นพวก *Indica* ซึ่ง ปัจจุบันสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการเจริญเติบโตของ
พันธุ์และแบ่งได้ตามลักษณะของชนิดนี้เองแบ่งตามเมล็ด ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว เป็นต้น ปัจจุบันการแบ่ง
ตามลักษณะที่เกษตรกรคุ้นเคยเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. ข้าวนาปี พันธุ์ข้าวไร่คือช่วงแสง เป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกได้เฉพาะในฤดูฝน หรือถึงเกษตรกรเรียกว่า
ข้าวนาปี ข้าวนาปีนี้เป็นพันธุ์ข้าวที่มีการออกดอกตรงตามฤดูกาลเพราะต้องการช่วงแสงเฉพาะเพื่อการออก
ดอก ไม่ว่าจะปลูกข้าวพันธุ์นั้นเมื่อใด เช่น พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ในภาคอีสาน) จะออกดอกประมาณ
วันที่ 20 ตุลาคม ซึ่งไม่ว่าจะปลูกข้าวพันธุ์นี้เมื่อใด ก็จะออกดอกถึงช่วงนี้คือ ประมาณเท่านั้น

2. ข้าวนาปรัง พันธุ์ข้าวไร่คือช่วงแสง เป็นพันธุ์ข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวก่อนน้ำฝนปกคลุม เมื่อมีอายุ
ครบถึงระยะเวลาออกดอกข้าวพันธุ์นั้นจะออกดอกได้โดยไม่ว่าจะเป็นช่วงอากาศช่วงแสงเป็นต้นกำหนด ทำให้
ข้าวชนิดนี้สามารถปลูกได้ตลอดปี แต่เกษตรกรมักจะเรียกว่าข้าวนาปรัง แม้ว่าจะปลูกได้ทั้งในฤดูนาปี ที่
อากาศน้ำฝน ภาวะในช่วงฤดูแล้งที่ร้อน อากาศนี้แปรปรวน พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรใช้ปลูกในขณะนี้ มีทั้งข้าว
พันธุ์พื้นเมือง ทั้งข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ที่ปลูกเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน และพันธุ์ข้าวสีของทางราชการ ที่
ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตรและส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกอยู่ทุกวันนี้

ลักษณะที่สำคัญของข้าวแบ่งปลูกได้เป็นลักษณะที่เกี่ยวกับภาวะเจริญเติบโต (รูปที่ 1.5) (Moldenhauer
และ Slaton, 1997) ภาวะเจริญเติบโตของต้นข้าวตั้งแต่เริ่มออกจากรวมเมล็ดจนถึงขั้นที่แก่เก็บเกี่ยวแบ่งได้เป็น 3
ระยะคือ ระยะภาวะเจริญทางลำต้นและใบระยะการเจริญของเมล็ดพันธุ์และการเจริญของ สัณ
เมล็ดการแบ่ง ระยะภาวะเจริญเติบโตของ ข้าวอาจแตกต่างกันไปเพราะชนิดของ พันธุ์ข้าว
และวิธีการปลูก อย่างไรก็ตาม วงจรชีวิต (life cycle) ของข้าวจะมีประมาณ 6-8 อาทิตย์ขึ้นตอน
ในการเจริญเติบโตที่แน่นอน กล่าวคือ เริ่มออกจากเมล็ดเจริญเติบโตต้นอ่อน หลังงอกนั้นจะแตกกอ
ออกรวง มีการผสมเกสรภาวะเจริญเติบโตเป็นเมล็ดและเมล็ดแก่พร้อมที่จะขายพันธุ์ต่อไป



รูปที่ 1.5 แสดงระยะการเจริญเติบโตของข้าว

1. ระยะการเจริญทางลำต้นและใบ การเจริญเติบโตของข้าวแบ่งได้เป็น 2 ระยะ คือ

1.1 ระยะกล้า ระยะนี้จะเริ่มตั้งแต่ต้นข้าวเริ่มงอกจากเมล็ด จนกระทั่งต้นข้าวเริ่มแตกกอ หลังจากนั้นเมล็ดอ่อนโผล่พ้นเมล็ดได้ประมาณ 3 วัน จะเห็นใบแรก โผล่ออกมาจากปลอกหุ้มต้นอ่อน ใบที่สองและใบที่สามจะงอกตามออกมาหลังจากนั้นประมาณ 5-10 วัน ในช่วงที่ใบแรกจนถึงใบที่สามเริ่มเจริญดอกมานั้น ต้นอ่อนของข้าวใช้อาหารที่สะสมอยู่ใน เมล็ด (endosperm) เมื่อถึงระยะที่เริ่มแตกใบที่สี่อาหารที่สะสมในเมล็ดจะหมดลงและต้องให้อาหาร ที่รากดูดขึ้นมาจากดินแทนเมล็ดต้นอ่อนของข้าวมีใบประมาณ 5-7 ใบ หรือมีอายุประมาณ 25-30 วัน ก็พร้อมที่จะถอนไปปักดำได้ ต้นอ่อนของข้าวในระยะนี้จะมีรากฝอยที่สมบูรณ์และมีลำต้นสูง ประมาณ 20-30 เซนติเมตร

1.2 ระยะแตกกอ การเจริญเติบโตในระยะนี้เริ่มตั้งแต่ข้าวเริ่มแตกกอจนกระทั่งต้นข้าวเริ่มสร้างดอกอ่อน กอข้าวที่เกิดจากการแตกกอจากต้นแม่ (main culm) ซึ่งต้นต้นข้าวที่เกิดจากเมล็ดจะเจริญเป็นต้นกล้าและหน่อ (tiller) (เล็ก ๆ รอบ ๆ ต้นแม่) หน่อที่เกิดจากส่วนแรกที่โคนต้นแม่เรียกว่าหน่อข้าวต้นแรก (primary tiller) และกอกหน่อแรกที่โคนต้นซึ่งมีอายุสั้นจะเชื่อมเลืวกับต้นแม่ ก็จะแตกหน่อที่สอง (secondary tiller) โดยปกติข้าวที่ให้ผลผลิตสูงจะต้องเก็บข้าวที่แตกกอได้มากและแตกกอให้เร็วโดยทั่วไป ต้นข้าวใช้เวลาแตกกอเต็มที่ประมาณ 30-50 วัน หลังจากระยะกล้า ในระยะแตกกอซึ่งเป็นระยะที่ข้าวเจริญเติบโตได้ดีที่สุด จึงเป็นระยะที่รากข้าวคั่งงอก รากอาจมีจำนวนสูงกว่าระยะอื่น ๆ

2. **ระยะการเจริญทางสืบพันธุ์** ระยะนี้เริ่มจากต้นข้าวเริ่มสร้างช่อดอกก่อน (รวงข้าว) ค้างห้อย ออกดอกและผสมพันธุ์ ซึ่งใช้เวลานานประมาณ 30-35 วัน โดยที่ขั้นตอนดังนี้

2.1 **ระยะข้าวหวั่นรวงอ่อน**หรือก่อนเกิดช่อดอก เมื่อดันข้าวเจริญเติบโตมาจนถึงระยะสุดท้ายของการแตกกอ ต้นข้าวอยู่ในสภาพที่พร้อมจะสร้างรวงก่อน หากได้รับปัจจัยที่เหมาะสมมากกระตุ้นในระยะนี้ ได้แก่ ช่วงแสง (ระยะเวลาที่ต้นข้าวได้รับแสงในแต่ละวันหรือ"ความยาว" ของเวลากลางวัน) อุณหภูมิ ความชื้น และธาตุอาหาร และระยะเวลาที่ต้นข้าวได้รับแสงในแต่ละวันจะมีอิทธิพลต่อสร้างรวงข้าวเฉพาะในพันธุ์ข้าวที่ไวต่อแสงเท่านั้น

2.2 **ระยะข้าวตั้งท้อง** ระยะนี้คือก่อนของข้าวจะขยายลำไปใหญ่ขึ้นจนในที่สุดเป็นช่อดอกที่สมบูรณ์ ถ้าดูจากภายนอกเราจะเห็นข้าวตั้งท้องได้อย่างชัดเจน เพราะภายในของใบสุดท้ายที่เรียกว่า กาบใบซึ่งจะพองกลมใหญ่กว่าส่วนล่างของลำต้น ในขณะที่ข้าวตั้งท้องนี้เป็นระยะ ที่ข้าวต้องการสารอาหารมากเป็นพิเศษ

2.3 **ระยะข้าวออกลูก** เป็นระยะการเจริญเติบโตเต็มที่ของลำข้าว ซึ่งข้าวจะออกลูกออกดอกขึ้นเกือบหมดทั้ง 30 วัน ช่วงนี้มักจะตั้งมีน้ำอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ข้าวสร้างเมล็ดให้เต็ม ระยะนี้ข้าวจะต้องการน้ำสะสมอยู่ที่ใบแก่ (ส่วนล่าง) มาก

2.4 **ระยะการผสม** ข้าวเป็นพืชที่มีการผสมเกสรในตัวเอง เมื่อบอกข้าวบานแล้วเกสรตัวผู้จะหลุดออกมาและตกทำให้ออกรวมตัวผู้จะหล่นลงบนยอดเกสรตัวเมียแล้ว ก็จะงอเข้าสู่รังไข่ผสมกับไข่ จากนั้น ก็เกิดดอกใหญ่และกลีบ ดอกเล็กก็จะปิด

3. **การเจริญทางด้านเมล็ด** หลังจากที่เกิดดอกข้าวผสมแล้วเมล็ดก็จะเจริญเติบโตและพัฒนาขึ้น ระยะนี้จะใช้เวลาประมาณ 20-25 วัน สำหรับข้าวในเขตร้อน ส่วนข้าวในเขตอบอุ่น เช่น ภูมิภาคทางใต้ของออสเตรเลีย และ อเมริกา ระยะนี้จะประมาณ 45-60 วัน ระยะนี้แบ่งออกเป็น 3 ระยะย่อย ๆ คือ

ก. **ระยะเมล็ดเป็นน้ำนม** ระยะนี้ส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ดมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวและเมื่อลองบีบเมล็ดข้าวดูจะพบว่า มีน้ำขุ่นสีขาวไหลออกมาจากเมล็ด

ข. **ระยะเมล็ดเป็นแป้งขุ่น** เป็นระยะที่แป้งน้ำนมในเมล็ดข้าวเปลี่ยนจากลักษณะเหลวมาขึ้นแป้งขุ่นและค่อนข้างแข็งขึ้น

ค. **ระยะสุกแก่ของเมล็ด**หรือระยะหลังแป้ง เป็นระยะที่เมล็ดมีการพัฒนาของขนาดอย่างเต็มที่ เมื่งเปลือกเมล็ดจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวมาเป็นสีเหลืองระยะนี้เป็นระยะ ที่ข้าวมีน้ำหนักแห้งของเมล็ดสูงสุด หลังจากนั้นน้ำหนักของเมล็ดจะลดลงเล็กน้อย เนื่องจากความชื้นในเมล็ดลดลง

1.7 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษารองสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวไทยบางพันธุ์ ได้แก่ ระยะ () ระยะแตกกอ ระยะออกรวง ระยะเมล็ดน้ำนม และระยะสุกแก่ ต้นปลูกเมล็ดที่ปลูกตามหัว ไร่ต่อ

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ ใช้ Folin-Ciocalteu's reagent โดยใช้ gallic acid เป็นสารมาตรฐาน การวัดความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH assay (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และการวิเคราะห์หาปริมาณเบต้าแคโรทีนด้วยวิธี HPLC เพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกนด์โครมาโทกราฟี (แก๊สเฟส)



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระสามารถป้องกันและยับยั้งได้โดยกลไกสารต้านอนุมูลอิสระหรือสารแอนติออกซิแดนท์ สารต้านอนุมูลอิสระมีคุณประโยชน์อย่างมากต่อระบบที่สำคัญต่างๆ ในร่างกายทั้ง 5 ระบบ ได้แก่ ระบบหลอดเลือดและหัวใจ ระบบภูมิคุ้มกัน กลุ่มเซลล์ประสาทที่เสื่อมเฉพาะในสมอง การต่อต้านการเกิดโรคมะเร็งต่างๆ และการชะลอความชรา รวมทั้งภาวะบวมน้ำต่างๆ ที่โดดเด่นในการปกป้องเซลล์ในระบบต่างๆ เหล่านี้เกี่ยวข้องกับโดยตรงกับสุขภาพร่างกายของเรามากมายเช่น โรคหัวใจที่เกิดจากหลอดเลือดของเส้นเลือดที่อาจเกิดขึ้นอย่างฉับพลัน ซึ่งมีรายงานการวิจัยหลายเรื่องที่น่าสนใจพบว่า สารแอนติออกซิแดนท์สามารถช่วยป้องกันและรักษาโรคมะเร็งได้และยังมีผลดีต่อโรคที่เกี่ยวกับหัวใจ โดยสารแอนติออกซิแดนท์ที่ขึ้นสารที่สามารถพบได้ในอาหาร ได้แก่ ฟีนิก ผลไม้ไม้ (Young-Nam และคณะ, 2007) สมุนไพร (Khiena และคณะ, 2008) ตัญญาหาร (Sanaa และคณะ, 2006) ข้าวเบเกอ์ (Jon และคณะ, 2004) เมล็ดข้าว (Kafli และคณะ, 2002) ข้าวโพง (Joseph และคณะ, 2004) และรำข้าว (Shahid และคณะ, 2005) โดยมี วิตามินที่สกัดจากมันได้แก่ วิตามินอีและวิตามินซี ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดโดยใช้ *Folin-Ciocalteu reagent* มี gallic acid เป็นสารมาตรฐาน วิเคราะห์เกิด Lipid peroxidation การลดทอนฤทธิ์ของอนุมูลอิสระ (Reducing power) และความสามารถจับประจุของไอออนเหล็ก (ferrous ion chelating activity) การวัดความสามารถในการต้านการเกิดออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH assay (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และการวิเคราะห์หาปริมาณของสารแทนนินออกซิเดนท์ต่างๆเช่น แคลโรทีนอยด์ แอนโทไซยานิน และควิโนนอยด์ เป็นต้น

ในเมล็ดข้าว สารแอนติออกซิเดนท์เหล่านี้สามารถป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular disease) (James และคณะ, 2003) ควบคุมน้ำตาลและเบาหวาน (glycemic control and diabetes) (Jenkins และคณะ, 2003) โรคชราและ ความจำเสื่อม (aging and memory loss) (Rohle และคณะ, 1999) นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยที่แสดงว่าใบรำข้าวประกอบด้วยสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แตก่างจากถึง 100 ชนิด (Bidlack และคณะ, 1999) ซึ่งสารที่มีแอนติออกซิเดนท์สูงได้แก่ แกมมาโอไรซานอล (γ -oryzanol) โทโคฟีรอล (tocopherol) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienol) (Xu และคณะ, 2004 ; Rogers และคณะ, 1993) แกมมาโอไรซานอล นอกจากจะมีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นแล้ว ยังสามารถลด cholesterol triglyceride และเพิ่มระดับของ HDL (high density lipoprotein) โภชนิโกล และยังมีผลต่อการทำงานของต่อมไธมัส ช่วยยับยั้งการหลั่งกรดไขมันระเหยอาหาร และยับยั้งการบวมตัวของเซลล์เม็ดเลือด น้ำตาลในเลือด และเพิ่มระดับของไลโปโปรตีนของกลไกเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ด้านการที่ ขมิ้นใบรำข้าว และนมผง ขมิ้นขี้เหล็ก สำหรับ โทโคฟีรอลและ โทโคไตรอีนอลหรือที่เรียกอีกอย่าง



หนึ่งว่าวิตามินอีและอนุพันธ์ของวิตามินอี มีคุณสมบัติเป็นสารแอนตีออกซิเดนต์ ซึ่งจะปกป้องหน้าที่เก็บสาร
 ไขมันอนุมูลอิสระ ที่มีประสิทธิภาพช่วยปกป้องเซลล์ในร่างกายให้ทำงานได้อย่างปกติ กล่าวก็คือ... ได้มี
 รายงานว่าข้าวของข้าวขาวไม่มีวิตามินเอ (vitamin A) และเบต้าแคโรทีน (β -carotene) จึงได้มีการพัฒนาสาย
 พันธุ์ข้าวขึ้นใหม่ เรียกว่า "golden rice" ซึ่งประกอบไปด้วยเบต้าแคโรทีนและแซนโทฟิลล์ (Data และคณะ,
 2003) สำหรับข้าวที่มีสีนั้น ได้มีรายงานการวิจัยพบว่าข้าวแดงมีสารแอนตีออกซิเดนต์มากกว่าข้าวขาวค้ำ
 และข้าวขาวค้ำมีสารแอนตีออกซิเดนต์มากกว่าข้าวขาว เพราะ ว่าในกลุ่มข้าวที่มีสีมีสารแอนตีออกซิเดนต์
 ที่เรารู้จักว่า แอนโทไซยานิน มีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ช่วยหมุนเวียนของกระแส
 โลหิต ชะลอความเสื่อมของเซลล์ร่างกาย โดยเฉพาะแอนโทไซยานิน ชนิดพบในข้าวสีม่วงกลุ่มอินดิกา
 (indica type, รวมข้าวเจ้าไทยด้วย) คือ cyanindin-3 glucoside ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโต
 ของเซลล์มะเร็ง (Zhang และคณะ, 2006) ส่วนในใบของต้นข้าวที่มีสีและข้าวขาวพันธุ์ต่างๆ ที่ระยะเวลา
 เจริญเติบโตต่างๆ ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับสารที่เป็นแอนตีออกซิเดนต์ที่แน่นอน



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. Methanol, HPLC grade, Fluka
2. Ethanol, HPLC grade, Fluka
3. Folin–Ciocalteu’s phenol reagent, AR grade, Merck.
4. Hydrochloric acid, AR grade, Fluka
5. Linoleic acid, AR grade, Fluka
6. butylated hydroxyanisole, AR grade, Fluka
7. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, AR grade, Fluka
8. Ammonium thiocyanate, AR grade, Fluka
9. Sodium carbonate, AR grade, Fluka
10. Gallic acid, AR grade, Fluka
11. γ -Tocopherol
12. NaOH-phosphate buffer, AR grade, Fluka
13. Distillate water, Fluka

3.2 เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี (Model 1100, Agilent Technologies, U. S. A.)
2. คอลัมน์ ODS C-30 ขนาด 1.6 x 250 มิลลิเมตร
3. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS spectrophotometer, PERKIN ELMER, Lambda 25)
4. เครื่องกลั่นระเหยระบบสุญญากาศแบบหมุน (Rotary evaporator, BUCHI)
5. ไมโครปีเปต
6. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด
7. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
8. เครื่องเขย่า (Platform Shaker, Innova™ 2000)
9. เครื่องเหวี่ยงตกตะกอนความเร็วสูง



3.3 วัตถุประสงค์

เมล็ดข้าวขาวและข้าวสี จำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าว กข 6 ข้าวแดง SRN2007 No.2, SRN2007 No.3, SRN2007 No.4, และ SRN2007 No.5 ข้าวดำ Entry 1, Entry 13, Entry 18 และ Entry 30

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การปลูกข้าว

เตรียมแปลงขนาด 1 ไร่ โดยการสูบน้ำเข้ามา ไถดิน ท ไร่ปุ๋ย หลังจากนั้นก็ทำการไถพรวนเมล็ดข้าว ช่วงที่ข้าวออกจนถึงเก็บเกี่ยว จะมีการบำรุง ดูแล ให้อาหาร เช่นเดียวกับกับที่ที่ นำข้าวๆไป



3.4.2 การเตรียมสารสกัดตัวอย่างจากข้าว

นำใบข้าวถึง 10 พันธุ์ที่ระยะต่างๆ จำนวน 5 ระยะด้วยกัน ได้แก่ ระยะที่ 1 (ระยะแตกกอ) ระยะที่ 2 (ระยะเสีจรวงอ่อน) ระยะที่ 3 (ระยะตั้งหัง) ระยะที่ 4 (ระยะเมล็ดงอก) ระยะที่ 5 (ระยะสุกแก่) มาทำการสกัดด้วยเมทานอล โดยซึ่งนำหนักใบข้าวตัวอย่างที่ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ 5 กรัมลงในขวดแก้วปริมาตร 100 มล. ที่บรรจุด้วยเมทานอล 50 มล. นำไปใส่ในเครื่องเขย่า เป็นเวลา 1 ชม. จึงสารสกัดที่ได้ออกมาใส่หลอดหลอดทดลอง นำไปพักตะกอนโดยเครื่องเหวี่ยงตะกอน เป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำสะอาดละลายใส นำทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง Rotary evaporator

3.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Osawa and Namiki, 1981)

ใช้สารสกัดใบข้าวตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 20.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร มาอย่างละ 0.2 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองที่มี Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร เติมน้ำสะอาด 7.5 % Na_2CO_3 ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตรลงไป ทำการเขย่าด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน ให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 7.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดอย่างสมบูรณ์ นำสารละลายนี้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยเบงคีนีน มาเป็นมาตรฐานสารสกัดจากใบข้าว นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยเทียบกับการเฟอเดรชันของ gallic acid

เตรียมสารละลายมาตรฐานของ Gallic acid 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานในการคำนวณปริมาณฟีนอลทั้งหมดในหอย ของ Gallic Acid Equivalent (GAE) มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อ น้ำหนักแห้ง 1 กรัมของตัวอย่างเปรียบเทียบกับเฉลี่ย ของปริมาณฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากใบข้าวพันธุ์ไทยพันธุ์ต่างๆ

3.4.3 การทดสอบสมบัติต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

3.4.3.1 วิธีดักจับอนุมูลอิสระ 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical หรือ DPPH radical scavenging (Yamaguchi และคณะ 1998)

1. ซึ่งสารสกัดจากใบข้าวพันธุ์ต่าง ๆ และ BHA มา 6 มิลลิกรัม ละลายในเมทานอล 1 มิลลิลิตร
2. ใช้ไมโครปิเปต ป้อนสารละลายจากข้อ 1 มา 30 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) เข้มข้น 0.05 โมล จำนวน 3 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

3. นำสารละลายที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Visible spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่นแสง 517 นาโนเมตร ทุก ๆ 15 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งสารละลายผสม DPPH จะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นไม่มีสี



4. ถ้าการทดลองจากข้อ 2-3 แต่ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เช่น 50, 25, 12.5, 6.25, 3.125, 1.56 ไมโครกรัม มิลลิลิตร เพื่อที่จะนำไปหาค่า IC_{50} ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการต้านปฏิริยาออกซิเดชัน

5. คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (% inhibition)

$$\%inhibition = \frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{control}} \times 100$$

$A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่งควบคุมเปล่า (DPMH อย่างเดียว)

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายของสารสกัดตัวอย่าง

3.4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณของวิตามินอีในรำข้าวไทยบางพันธุ์ด้วยวิธีไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิกวิดโครมาโทกราฟี (เอชพีแอลซี) (Rogers และคณะ, 1993)

นำสารสกัดตัวอย่างใบข้าว 1.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ไปเป็น 10 มิลลิลิตรด้วยเมทานอล แล้วกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร ปริมาณในการฉีดตัวอย่างที่ 20 ไมโครลิตร ใช้คอลัมน์ ODS C-30 ขนาด 4.6 x 250 มิลลิลิตร เป็นคอลัมน์แยก ใช้สารละลาย 97 % เมทานอลโดยปริมาตร เป็นเฟสเคลื่อนที่ โดยมีอัตราการไหลเท่ากับ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที และตรวจวัดความยาวคลื่นที่ 295 นาโนเมตร (ทำ 3 ครั้ง) คำนวณหาปริมาณโดยเปรียบเทียบกับกราฟของมาตรฐานวิตามินอี



บทที่ 4

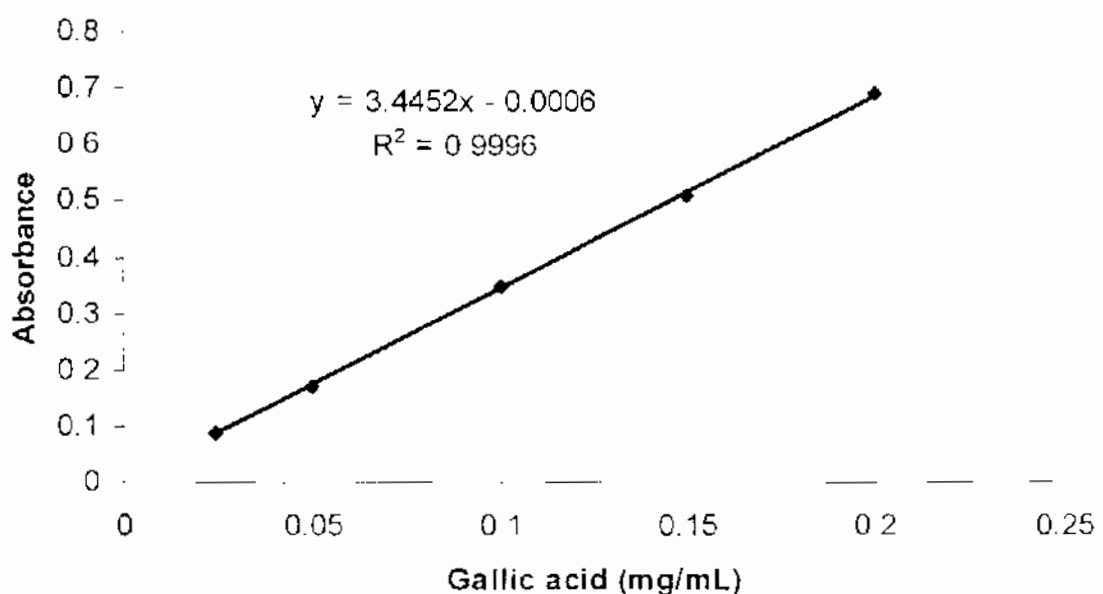
ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในใบข้าวหึ่ง 10 พันธุ์ โดยวิธี Folin-Ciocalteu ซึ่งรายงานค่าเป็น gallic acid equivalent ได้ผลดังแสดงในตาราง 4.1 และกราฟรูปที่ 4.1

ตาราง 4.1 ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน gallic acid

Conc of Gallic acid (mg/mL)	UV Absorbance			เฉลี่ย
	1	2	3	
0.025	0.082	0.088	0.085	0.0850
0.050	0.169	0.171	0.173	0.1710
0.100	0.349	0.348	0.351	0.3493
0.150	0.510	0.505	0.512	0.5090
0.200	0.691	0.690	0.693	0.6913



รูปที่ 4.1 กราฟเส้นมาตรฐานของ Gallic acid



จากนั้นคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยใบชาที่วิเคราะห์ตามๆ โดยเทียบค่ากับมาตรฐานของ gallic acid ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2 (ก - จ)

ตาราง 4.2 (ก) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงและค่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของใบชาพันธุ์ไทย 10 พันธุ์ (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)

ใบต้น ชา	ชื่อพันธุ์	UV Absorbance				ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAL mg of extract)
		1	2	3	เฉลี่ย	
สีชา	มะลิ 105	1.189	1.189	1.190	1.189	0.709
	กช 6	1.238	1.237	1.237	1.237	0.743
สีแดง	SRN2007 No.2	1.694	1.693	1.694	1.694	0.991
	SRN2007 No.3	1.668	1.664	1.663	1.665	0.985
	SRN2007 No.4	1.623	1.621	1.621	1.662	0.948
	SRN2007 No.5	1.656	1.655	1.656	1.656	0.989
สีดำ	Entry 1	1.847	1.849	1.819	1.818	1.092
	Entry 13	1.878	1.879	1.879	1.879	1.111
	Entry 18	1.925	1.926	1.926	1.926	1.132
	Entry 30	1.803	1.802	1.802	1.802	1.061

ตาราง 4.2 (ข) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงและค่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของใบชาพันธุ์ไทย 10 พันธุ์ (ระยะที่ 2 ระยะช้ำสร้างรวงอ่อน)

ใบต้น ชา	ชื่อพันธุ์	UV Absorbance				ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAL mg of extract)
		1	2	3	เฉลี่ย	
สีชา	มะลิ 105	0.839	0.840	0.839	0.839	0.501
	กช 6	0.865	0.866	0.866	0.866	0.520
สีแดง	SRN2007 No.2	1.352	1.353	1.352	1.352	0.792
	SRN2007 No.3	1.322	1.324	1.324	1.323	0.83
	SRN2007 No.4	1.214	1.215	1.213	1.214	0.710



	SRN2007 No.5	1.327	1.327	1.326	1.327	0.292
สีค่า	Entry 1	1.599	1.600	1.600	1.600	0.945
	Entry 13	1.629	1.628	1.628	1.628	0.963
	Entry 18	1.742	1.741	1.741	1.741	1.021
	Entry 30	1.587	1.588	1.587	1.587	0.935

ตาราง 4.2 (ค) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงและค่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของใบข้าวพันธุไทย 10 พันธุ์ (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)

ใบต้น ขาว	ชื่อพันธุ์	UV Absorbance				ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE mg of extract)
		1	2	3	เฉลี่ย	
สีขาว	มะลิ 105	0.491	0.490	0.491	0.491	0.293
	กษ 6	0.511	0.512	0.512	0.512	0.308
สีแดง	SRN2007 No.2	0.871	0.869	0.869	0.870	0.509
	SRN2007 No.3	0.854	0.852	0.852	0.853	0.505
	SRN2007 No.4	0.811	0.810	0.810	0.810	0.474
	SRN2007 No.5	0.852	0.852	0.853	0.852	0.509
สีค่า	Entry 1	1.055	1.057	1.057	1.056	0.624
	Entry 13	1.099	1.098	1.099	1.099	0.650
	Entry 18	1.223	1.222	1.224	1.223	0.719
	Entry 30	1.025	1.026	1.027	1.026	0.604

ตาราง 4.2 (ง) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงและค่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของใบข้าวพันธุไทย 10 พันธุ์ (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดน้าวม)

ใบต้น ขาว	ชื่อพันธุ์	UV Absorbance				ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE mg of extract)
		1	2	3	เฉลี่ย	
สีขาว	มะลิ 105	0.349	0.348	0.348	0.348	0.208
	6	0.365	0.366	0.366	0.366	0.220



สีแดง	SRN2007 No.2	0.578	0.577	0.577	0.577	0.338
	SRN2007 No.3	0.555	0.555	0.554	0.555	0.328
	SRN2007 No.4	0.512	0.511	0.512	0.512	0.299
	SRN2007 No.5	0.557	0.556	0.558	0.557	0.333
สีดำ	Entry 1	0.653	0.654	0.654	0.654	0.386
	Entry 13	0.674	0.675	0.673	0.674	0.399
	Entry 18	0.715	0.716	0.716	0.716	0.421
	Entry 30	0.628	0.629	0.630	0.629	0.371

ตาราง 4.2 (จ) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงและค่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของใบข้าวพันธุ์ไทย 10 พันธุ์ (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)

ใบสี	ชื่อพันธุ์	UV Absorbance				ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE / mg of extract)
		1	2	3	เฉลี่ย	
สีขาว	มะลิ 105	0.249	0.248	0.248	0.248	0.148
	กข 6	0.267	0.268	0.268	0.2657	0.1599
สีแดง	SRN2007 No.2	0.478	0.477	0.477	0.477	0.280
	SRN2007 No.3	0.455	0.455	0.454	0.455	0.269
	SRN2007 No.4	0.412	0.411	0.412	0.412	0.241
	SRN2007 No.5	0.457	0.456	0.458	0.457	0.273
สีดำ	Entry 1	0.553	0.554	0.554	0.554	0.327
	Entry 13	0.574	0.575	0.573	0.574	0.340
	Entry 18	0.615	0.616	0.616	0.616	0.362
	Entry 30	0.528	0.529	0.530	0.529	0.312

4.2 การทดสอบสมบัติต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยใช้วิธีดักจับอนุมูลอิสระ 2. 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical หรือ DPPH radical scavenging

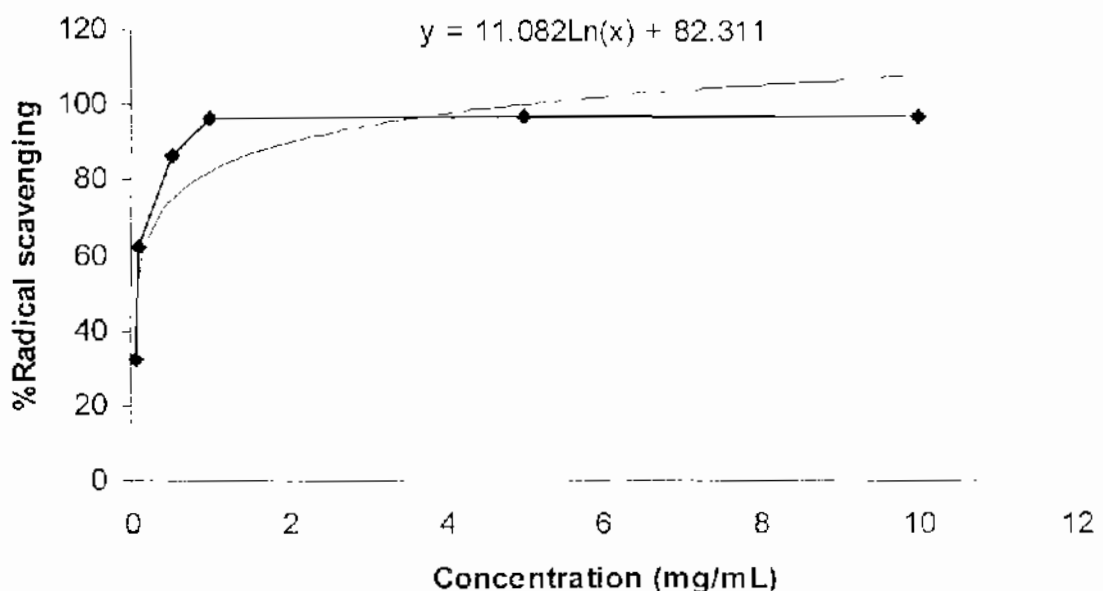
จากการศึกษาการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระคือ 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ของใบข้าวขาว 10 พันธุ์ โดยใช้การวัดการฟอกจางสีของ DPPH ที่ 517 นาโนเมตร ใบข้าวทั้ง 10 พันธุ์ที่ระยะสุกแก่



จำนวน 5 ระยะด้วยกัน ได้แก่ ระยะที่ 1 (ระยะแตกกอ) ระยะที่ 2 (ระยะสร้างรวงก่อน) ระยะที่ 3 (ระยะตั้งท้อง) ระยะที่ 4 (ระยะเมล็ดน้ำนม) ระยะที่ 5 (ระยะสุกแก่) เปรียบเทียบกับสารแอนติออกซิแดนซ์มาตรฐาน BHA ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 และกราฟรูปที่ 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของสารมาตรฐาน BHA

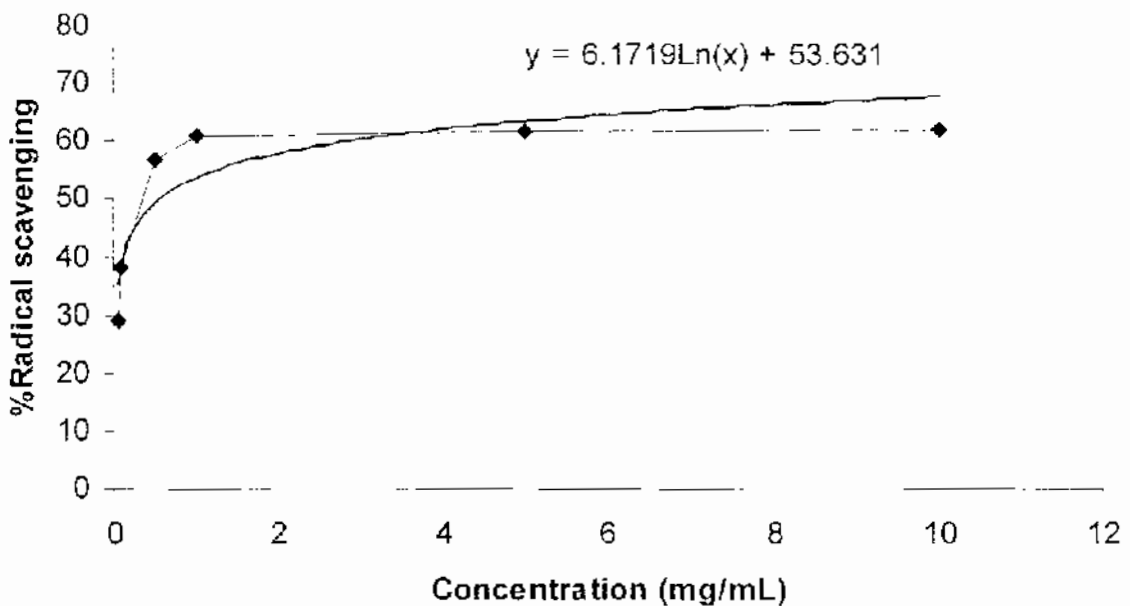
สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
BHA	0.05	0.564	0.569	0.566	0.566	32.12
	0.1	0.317	0.314	0.318	0.316	62.08
	0.5	0.112	0.112	0.114	0.113	86.50
	1.0	0.031	0.030	0.029	0.030	96.40
	5.0	0.027	0.026	0.027	0.027	96.80
	10.0	0.026	0.025	0.026	0.026	96.92



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของสารมาตรฐานแอนติออกซิแดนซ์ BHA

ตารางที่ 4.4 ก. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวหอมมะลิ105 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	
มะลิ 105	0.05	0.593	0.593	0.592	0.593	28.965
	0.1	0.515	0.517	0.515	0.516	38.194
	0.5	0.359	0.359	0.360	0.359	56.932
	1.0	0.327	0.328	0.329	0.328	60.687
	5.0	0.318	0.319	0.318	0.318	61.846
	10.0	0.317	0.317	0.316	0.317	62.046

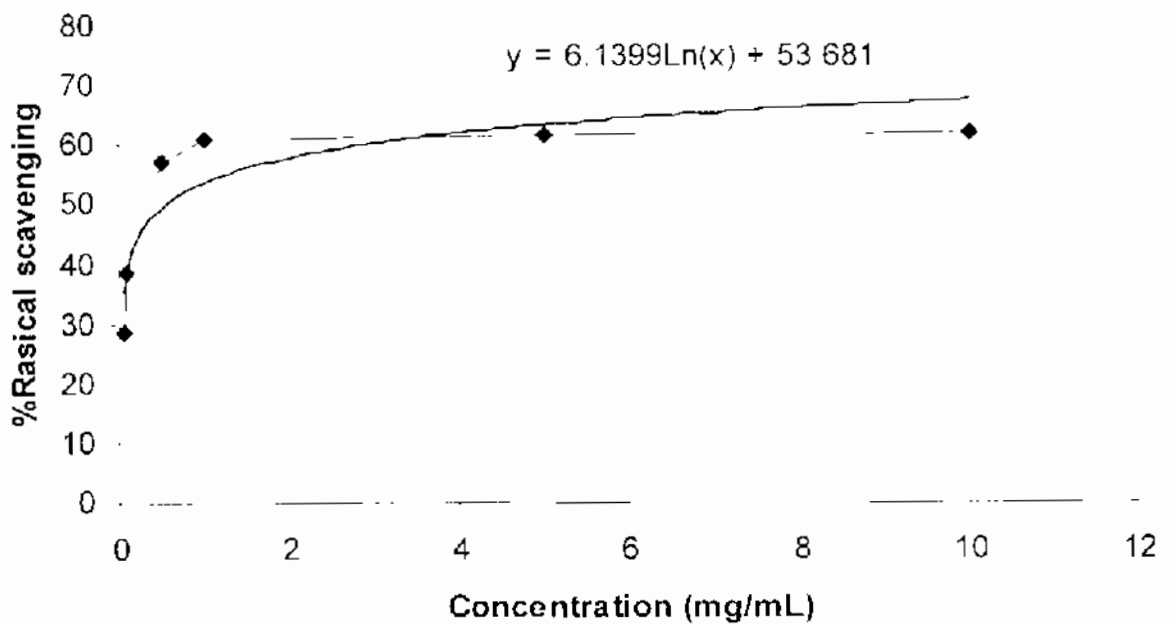


รูปที่ 4.3 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวหอมมะลิ 105



ตารางที่ 4.4 ข. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว กข 6 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
กข 6	0.05	0.581	0.580	0.580	0.550	30.443
	0.1	0.510	0.513	0.513	0.512	38.634
	0.5	0.323	0.325	0.324	0.324	61.167
	1.0	0.321	0.319	0.321	0.320	61.606
	5.0	0.317	0.317	0.316	0.317	62.046
	10.0	0.314	0.313	0.314	0.314	62.405

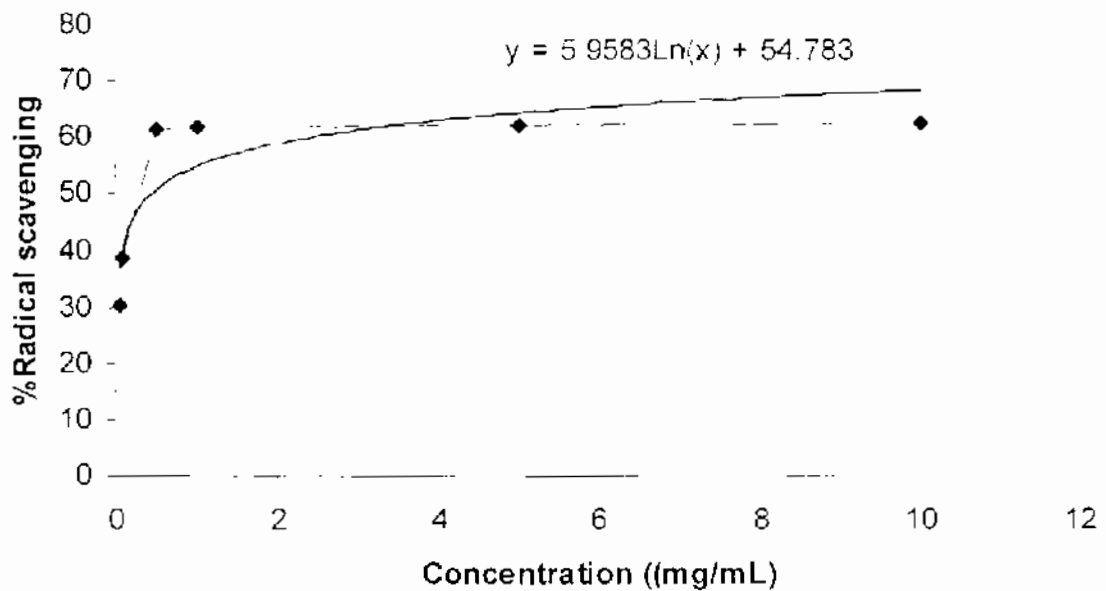


รูปที่ 4.3 (ข) กราฟแสดงการหาค่า IC₅₀ ของใบข้าว กข 6



ตารางที่ 4.4 ก. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบหทัย SRN2007 No.2 (ชนิดที่ 1 และชนิดกอด)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	
SRN2007.No.2	0.05	0.595	0.594	0.596	0.595	26.686
	0.1	0.512	0.511	0.511	0.511	38.710
	0.5	0.357	0.358	0.356	0.357	57.211
	1.0	0.326	0.325	0.327	0.326	60.927
	5.0	0.319	0.319	0.318	0.319	61.806
	10.0	0.319	0.317	0.316	0.318	61.955

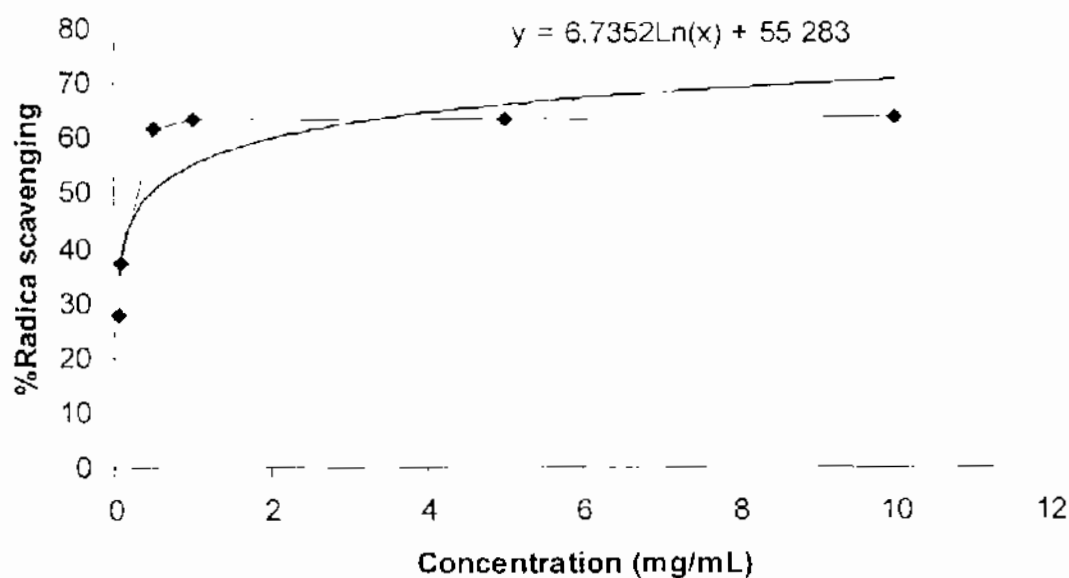


รูปที่ 4.3 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC₅₀ ของใบหทัย SRN2007 No.2



ตารางที่ 4.4 ง ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.3 (ระยะเวลาที่ 1 ระยะแตกหน่อ)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.835	0.834	0.834	-
SRN2007 No.3	0.05	0.602	0.604	0.605	0.604	27.647
	0.1	0.522	0.521	0.522	0.522	37.475
	0.5	0.318	0.318	0.319	0.318	61.806
	1.0	0.307	0.307	0.306	0.307	63.244
	5.0	0.304	0.303	0.304	0.304	63.604
	10.0	0.300	0.301	0.302	0.301	63.923

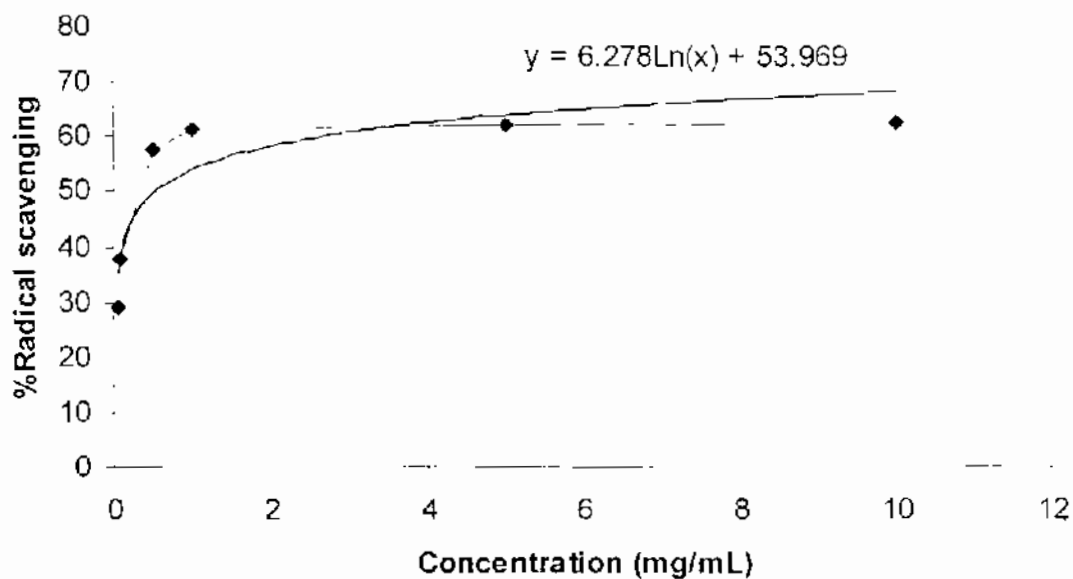


รูปที่ 4.3 (ง) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.3



ตารางที่ 4.4 จ. ผลการวัดค่าความดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบชา SRN2007 No.4 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)

สาร	ความเข้มข้น (mg/ml)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	
SRN2007 No.4	0.05	0.591	0.592	0.593	0.592	29.045
	0.1	0.519	0.518	0.519	0.519	37.835
	0.5	0.352	0.353	0.353	0.353	57.731
	1.0	0.322	0.323	0.322	0.322	61.366
	5.0	0.315	0.314	0.314	0.314	62.525
	10.0	0.313	0.314	0.313	0.313	62.445

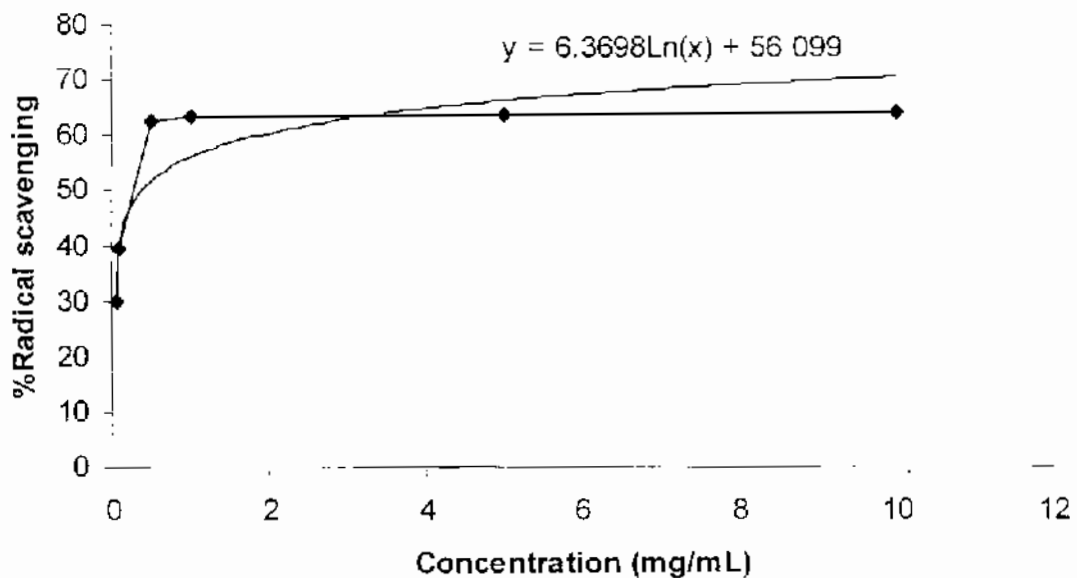


รูปที่ 4.3 (ค) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบชาพันธุ์ SRN2007 No.4



ตารางที่ 4.4 จ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.5 (ระยะที่ I ระยะแตกกอ)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL.)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.5	0.05	0.585	0.587	0.585	0.586	29.804
	0.1	0.506	0.507	0.507	0.507	39.273
	0.5	0.312	0.322	0.322	0.322	62.605
	1.0	0.304	0.303	0.305	0.304	63.564
	5.0	0.302	0.301	0.300	0.301	63.923
	10.0	0.298	0.299	0.299	0.299	64.203

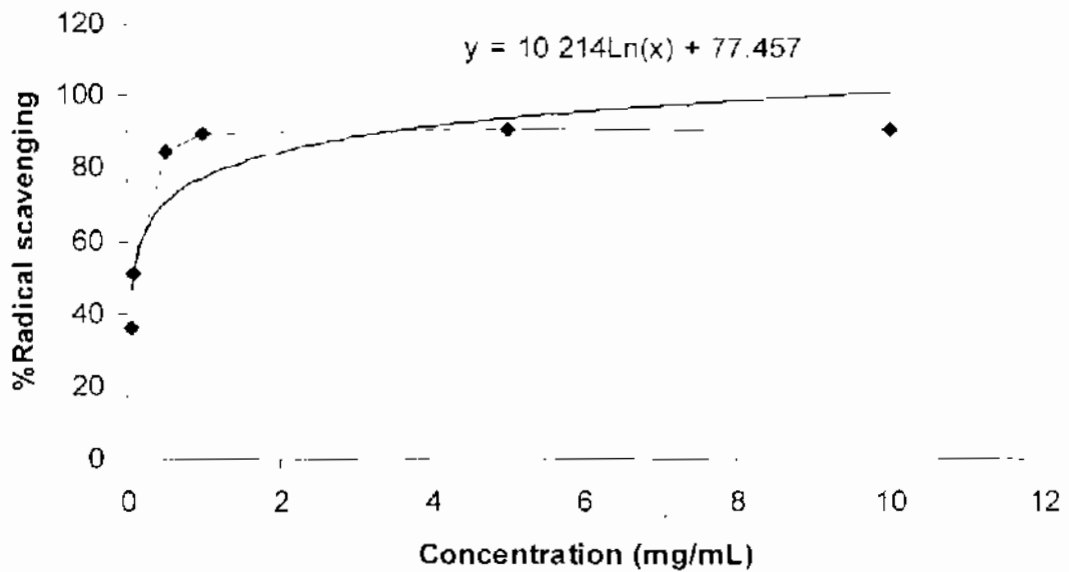


รูปที่ 4.3 (จ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธุ์ SRN2007 No.5



ตารางที่ 4.4 ข. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 1 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 1	0.05	0.534	0.531	0.531	0.532	36.237
	0.1	0.407	0.408	0.407	0.407	51.189
	0.5	0.095	0.095	0.095	0.095	88.654
	1.0	0.085	0.085	0.085	0.085	89.812
	5.0	0.078	0.079	0.077	0.078	90.651
	10.0	0.075	0.075	0.076	0.075	90.971

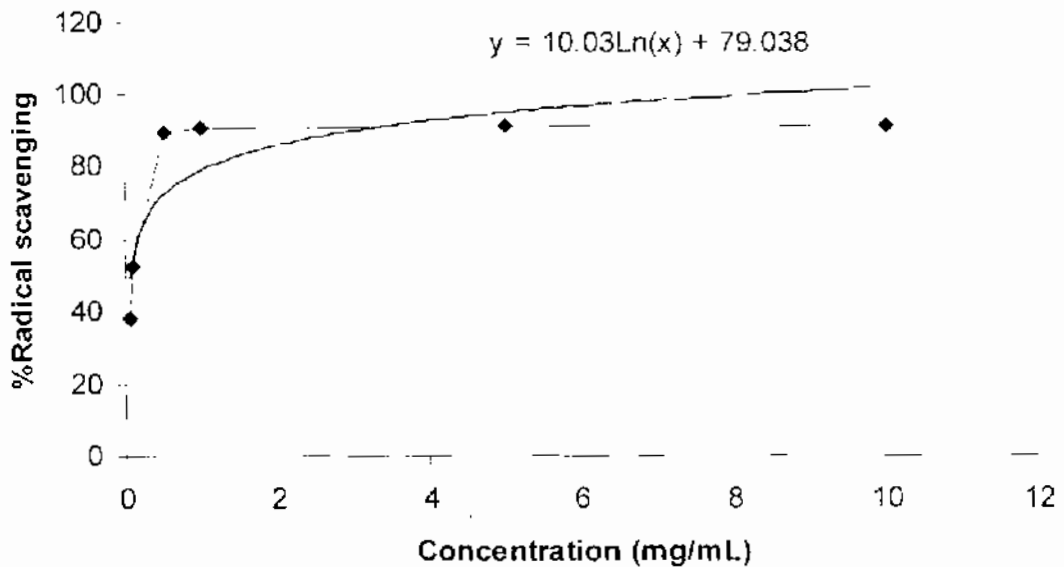


รูปที่ 4.3 (ข) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธ์ Entry 1



ตารางที่ 4.4 ณ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบชาพันธุ์ Entry 13 (ระยะที่ 1 ระยะแตกก่)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 13	0.05	0.518	0.518	0.518	0.518	37.915
	0.1	0.401	0.400	0.400	0.400	52.018
	0.5	0.085	0.087	0.087	0.086	89.652
	1.0	0.078	0.078	0.078	0.078	90.651
	5.0	0.072	0.071	0.071	0.071	91.450
	10.0	0.069	0.069	0.070	0.069	91.690

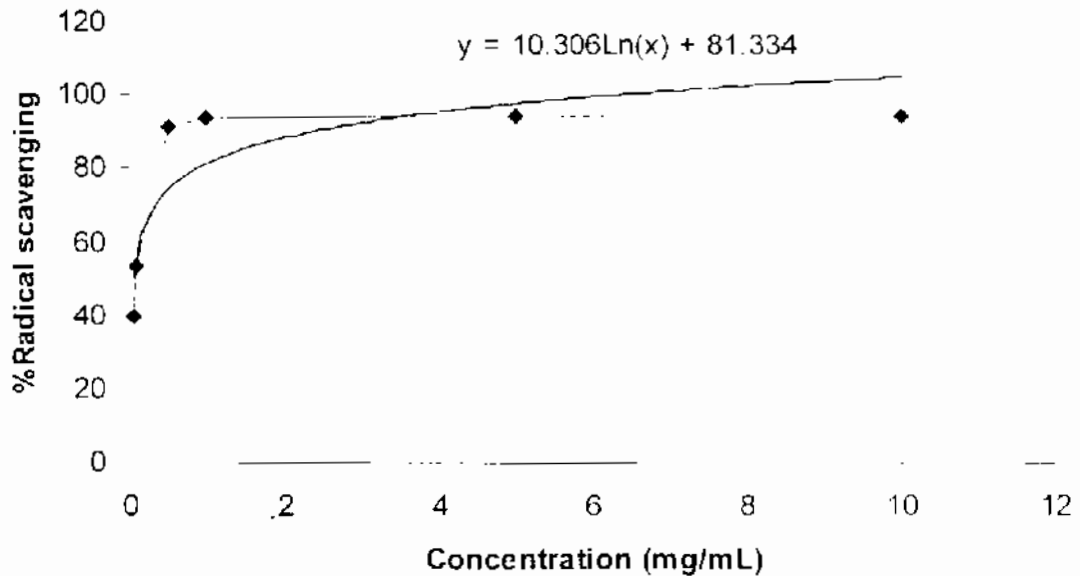


รูปที่ 4.3 (ณ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบชาพันธุ์ Entry 13



ตารางที่ 4.4 (ก) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าวเหนียว Entry 18 (และ Entry 17 ระยะแตกกอ)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 18	0.05	0.505	0.504	0.504	0.504	39.553
	0.1	0.388	0.389	0.388	0.388	53.156
	0.5	0.074	0.074	0.075	0.074	91.091
	1.0	0.051	0.052	0.051	0.051	93.847
	5.0	0.049	0.048	0.048	0.048	94.207
	10.0	0.047	0.047	0.046	0.047	94.407

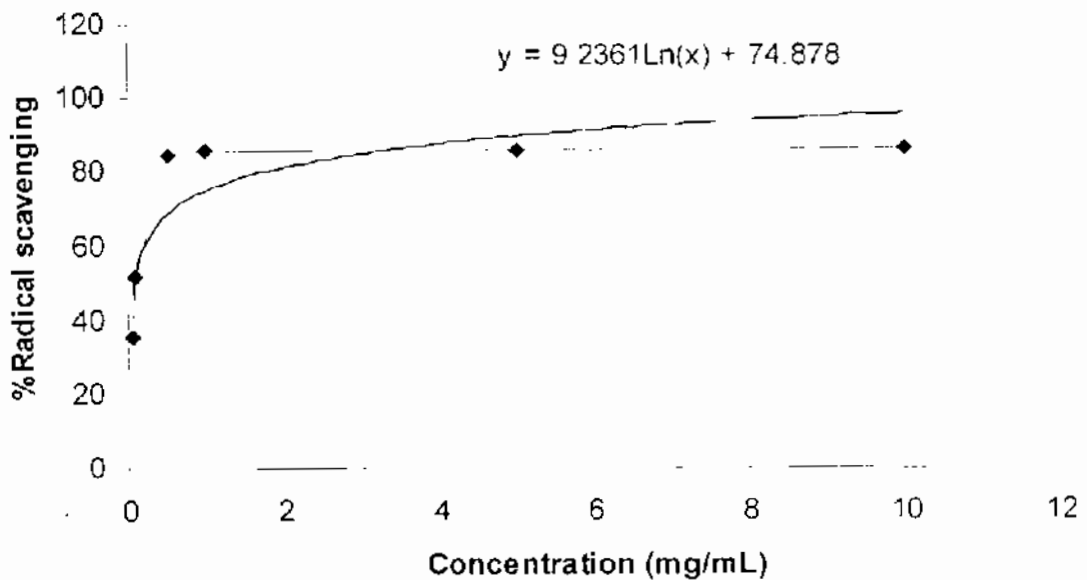


รูปที่ 4.3 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวเหนียว Entry 18



ตารางที่ 4.4 ฐ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ Entry 30 (ระยะที่ 1 ระยะแตกกอ)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	
Entry 30	0.05	0.541	0.540	0.539	0.540	35.278
	0.1	0.402	0.402	0.402	0.402	51.518
	0.5	0.127	0.127	0.126	0.127	84.518
	1.0	0.0119	0.0119	0.0119	0.0119	85.737
	5.0	0.117	0.116	0.115	0.116	86.097
	10.0	0.114	0.115	0.114	0.114	86.296

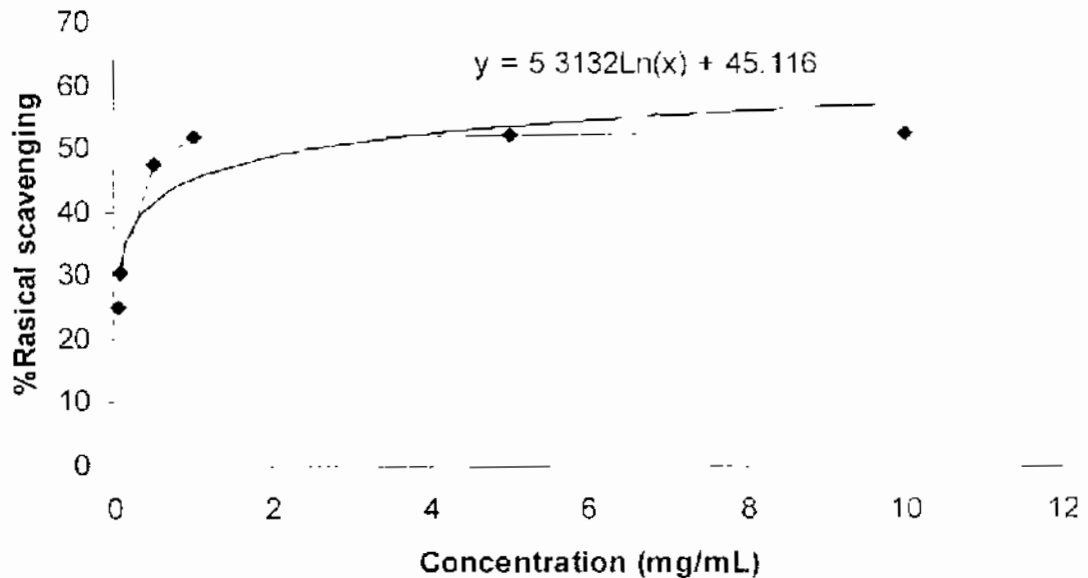


รูปที่ 4.3 (ฐ) กราฟแสดงการหาค่า IC₅₀ ของใบ ข้าวพันธุ Entry 30



ตารางที่ 4.5 ก. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวหอมมะลิ105 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสร้างรวงอ่อน)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
หอมมะลิ105	0.05	0.625	0.624	0.624	0.624	25.170
	0.1	0.582	0.581	0.581	0.581	30.324
	0.5	0.437	0.438	0.436	0.437	47.623
	1.0	0.402	0.401	0.401	0.401	51.898
	5.0	0.399	0.398	0.399	0.399	52.217
	10.0	0.397	0.397	0.397	0.397	52.417

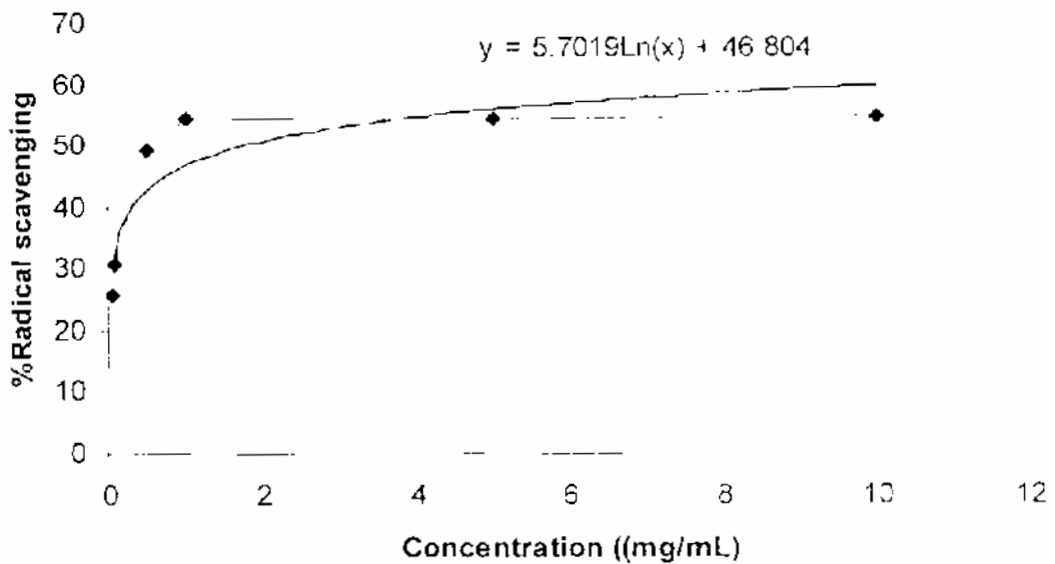


รูปที่ 4.4 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวหอมมะลิ 105



ตารางที่ 4.5 ข. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว ถย 6 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสร้างรวงอ่อน)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
ถย 6	0.05	0.621	0.622	0.623	0.622	25.649
	0.1	0.578	0.579	0.578	0.578	30.653
	0.5	0.422	0.423	0.424	0.423	49.301
	1.0	0.383	0.383	0.382	0.383	51.135
	5.0	0.380	0.380	0.380	0.380	54.454
	10.0	0.379	0.378	0.378	0.378	54.654

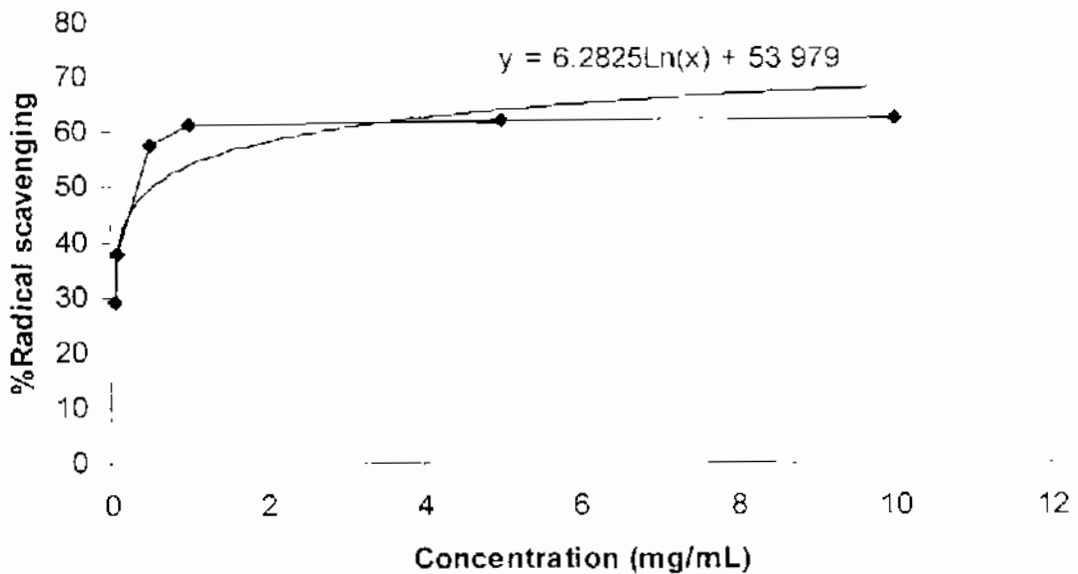


รูปที่ 4.4 (ข) กราฟแสดงผลการหาค่า IC₅₀ ของใบข้าว ถย 6



ตารางที่ 4.5 ก. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบขี้เหล็ก SRN2007 No.2 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสีข้างรวงอ่อน)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.2	0.05	0.591	0.592	0.593	0.592	29.045
	0.1	0.519	0.518	0.519	0.519	37.835
	0.5	0.352	0.353	0.353	0.353	57.731
	1.0	0.322	0.323	0.322	0.322	61.366
	5.0	0.315	0.314	0.314	0.314	62.325
	10.0	0.313	0.314	0.313	0.313	62.445

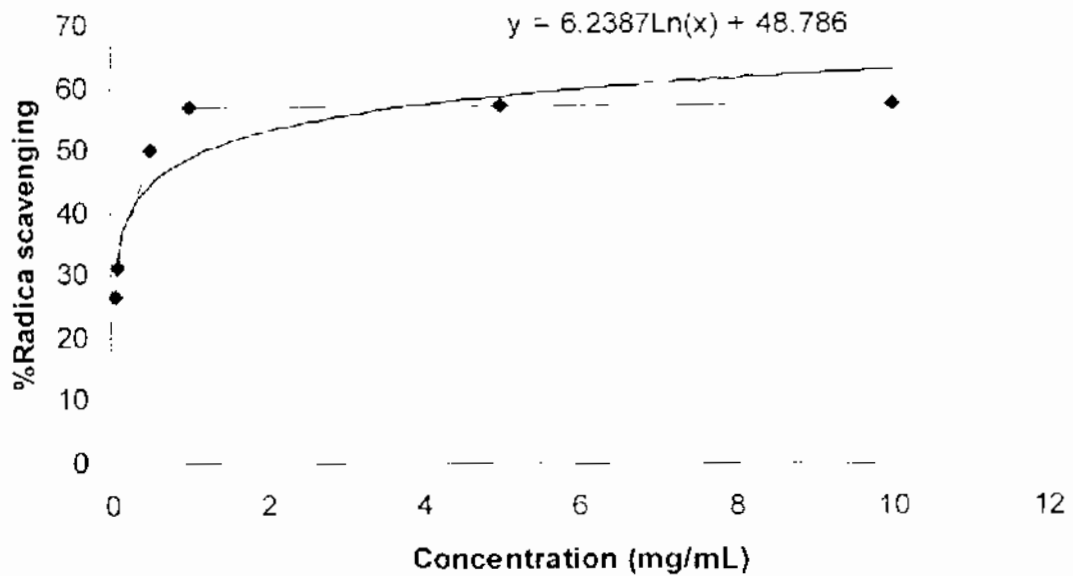


รูปที่ 4.4 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC₅₀ ของใบ ขี้เหล็ก SRN2007 No.2



ตารางที่ 4.5 จ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.3 (ระยะที่ 2 ของข้าวสร้างรวงอ่อน)

สาร	ความเข้มข้น (mg/ml)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.3	0.05	0.612	0.614	0.614	0.613	26.488
	0.1	0.575	0.575	0.575	0.575	31.083
	0.5	0.418	0.417	0.417	0.417	49.980
	1.0	0.359	0.359	0.358	0.359	57.012
	5.0	0.355	0.356	0.355	0.355	57.411
	10.0	0.353	0.352	0.352	0.352	57.771

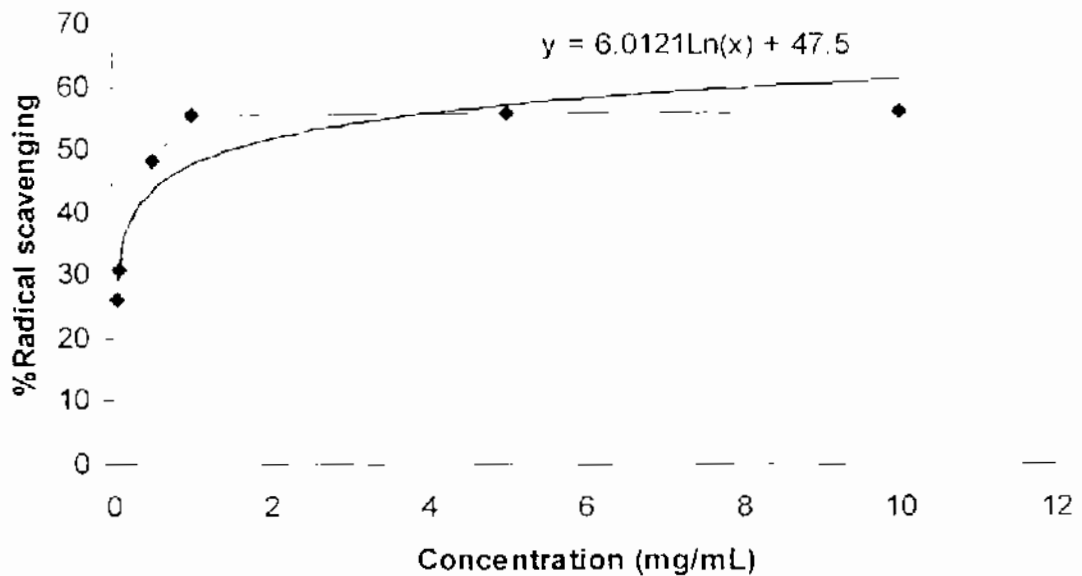


รูปที่ 4.4 (จ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธุ์ SRN2007 No.3



ตารางที่ 4.5 จ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.4 (ระยะที่ 2 ระยะข้ามสีม่วงอ่อน)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.4	0.05	0.618	0.617	0.617	0.617	26.009
	0.1	0.578	0.579	0.578	0.578	30.683
	0.5	0.433	0.432	0.432	0.432	48.182
	1.0	0.371	0.371	0.371	0.371	55.533
	5.0	0.367	0.368	0.368	0.368	55.933
	10.0	0.365	0.366	0.366	0.366	56.173

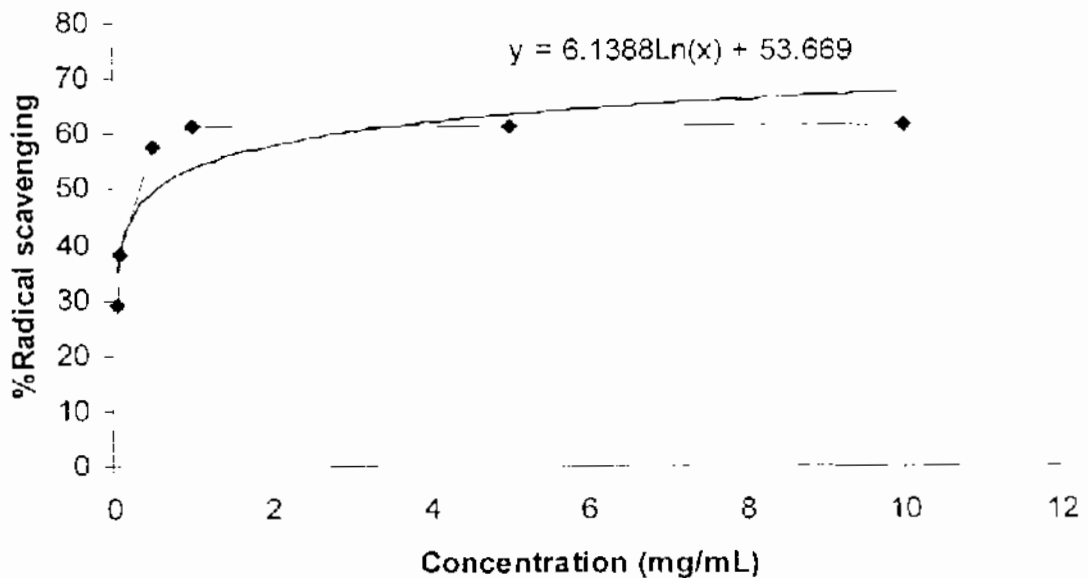


รูปที่ 4.4 (ค) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.4



ตารางที่ 4.5 จ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.5 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสร้างรวงก่อน)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.5	0.05	0.593	0.592	0.593	0.593	28.965
	0.1	0.517	0.517	0.519	0.517	37.954
	0.5	0.353	0.353	0.353	0.353	57.691
	1.0	0.325	0.323	0.325	0.324	61.127
	5.0	0.321	0.321	0.322	0.321	61.486
	10.0	0.319	0.320	0.319	0.319	61.756

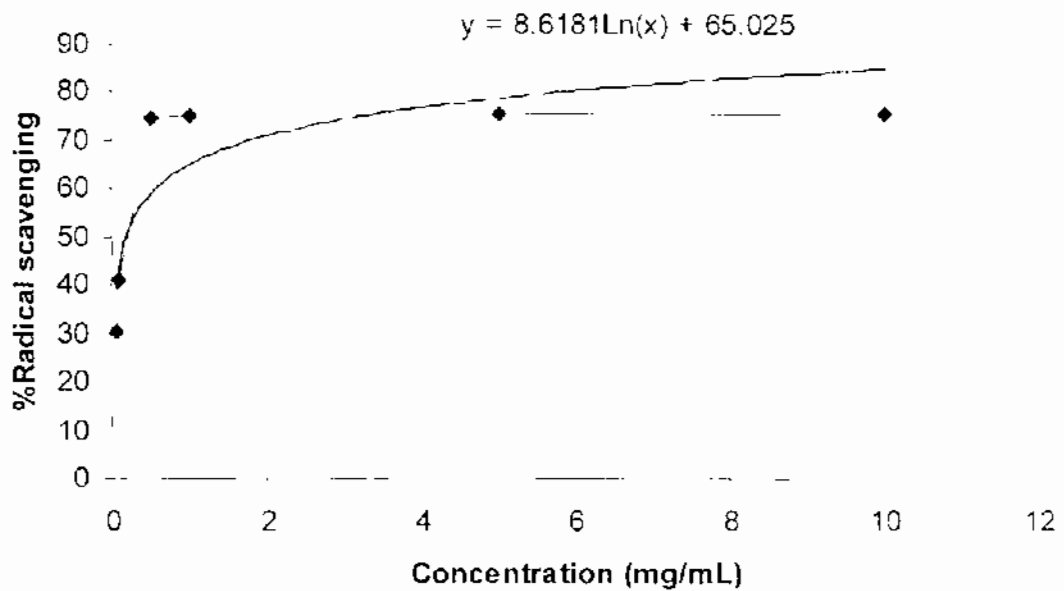


รูปที่ 4.4 (จ) กราฟผลการหาค่า IC₅₀ ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.5



ตารางที่ 4.5 ข. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 1 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสร้างรวงอ่อน)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 1	0.05	0.584	0.583	0.583	0.583	30.084
	0.1	0.494	0.493	0.492	0.493	40.911
	0.5	0.211	0.212	0.217	0.212	74.630
	1.0	0.206	0.206	0.206	0.206	75.310
	5.0	0.204	0.204	0.204	0.204	75.549
	10.0	0.203	0.202	0.202	0.202	75.749

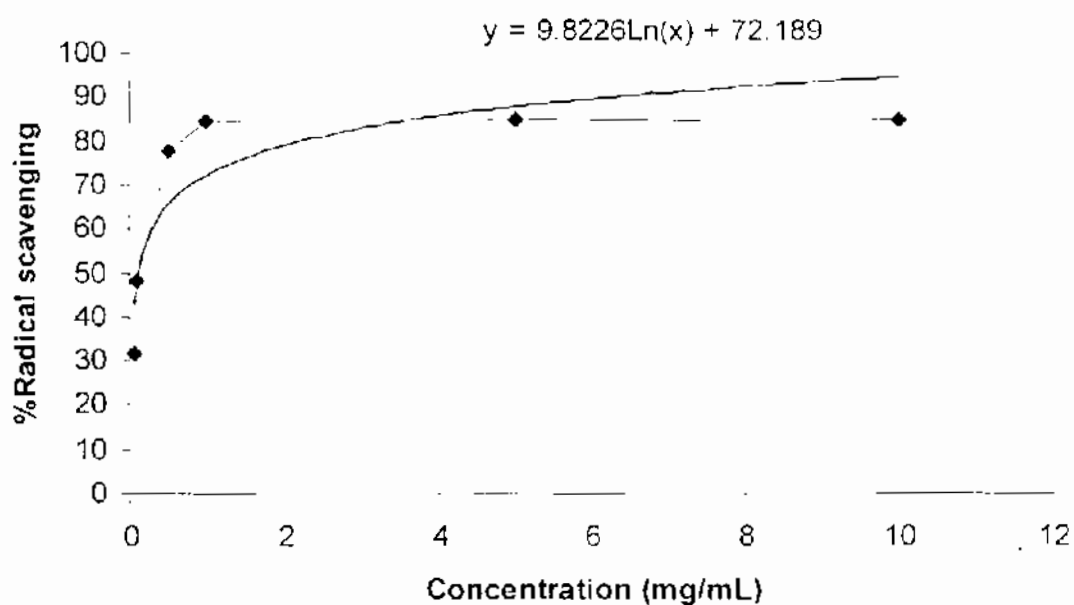


รูปที่ 4.4 (ข) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธ์ Entry 1



ตารางที่ 4.5 ฃ ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้่าวพันธุ้ Entry 13 (ระยะที่ ๖ ะยะข้่าวห้างรวงอ้อน)

เต้ล	ความเข้มข้น (mg/ml)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉล้ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 13	0.05	0.569	0.569	0.568	0.569	31.842
	0.1	0.431	0.432	0.433	0.432	48.222
	0.5	0.186	0.185	0.184	0.185	77.867
	1.0	0.127	0.128	0.128	0.128	84.698
	5.0	0.125	0.126	0.126	0.126	84.938
	10.0	0.124	0.124	0.124	0.124	85.138

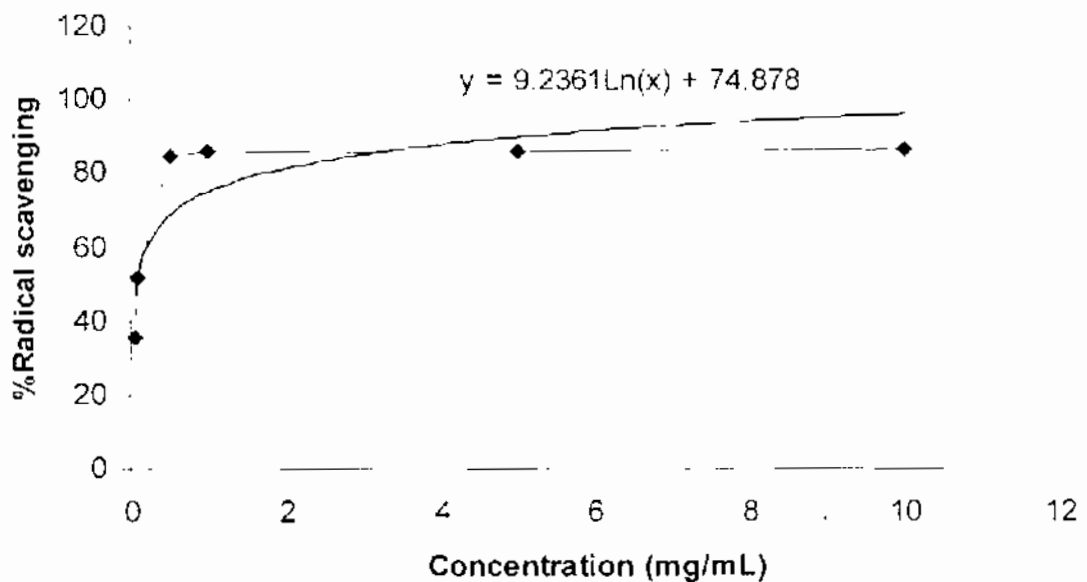


รูปที่ 4.4 (ฃ) กราฟผลการหาค่า IC₅₀ ของใบ ข้่าวพันธุ้ Entry 13



ตารางที่ 4.5 ฤทธิ์ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ Entry 18 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสร้างรวงอ่อน)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	
Entry 18	0.05	0.541	0.540	0.539	0.540	35.278
	0.1	0.402	0.402	0.402	0.402	51.818
	0.5	0.127	0.127	0.126	0.127	84.818
	1.0	0.119	0.119	0.119	0.119	85.737
	5.0	0.117	0.116	0.115	0.116	86.097
	10.0	0.114	0.115	0.114	0.114	86.296

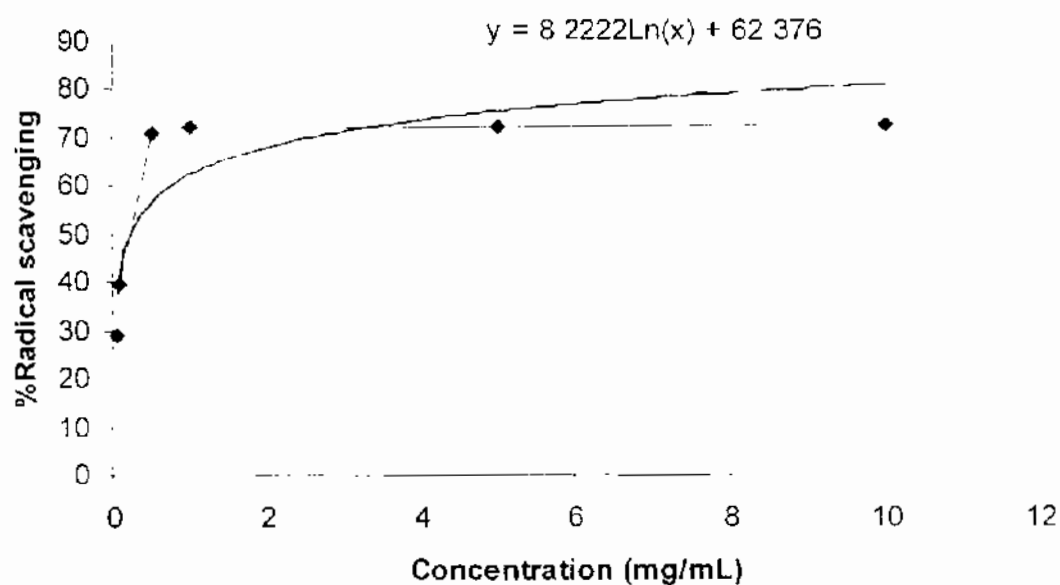


รูปที่ 4.4 (ก) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า IC₅₀ ของใบ ข้าวพันธุ Entry 18



ตารางที่ 4.5 ดู ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบชา หินบุรี Entry 30 (ระยะที่ 2 ระยะข้าวสร้างรวงก่อน)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control		0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 30	0.05	0.591	0.592	0.592	0.592	29.085
	0.1	0.504	0.503	0.504	0.504	39.632
	0.5	0.241	0.242	0.242	0.242	71.035
	1.0	0.232	0.232	0.232	0.232	72.193
	5.0	0.230	0.23	0.229	0.230	72.473
	10.0	0.228	0.227	0.227	0.227	72.753

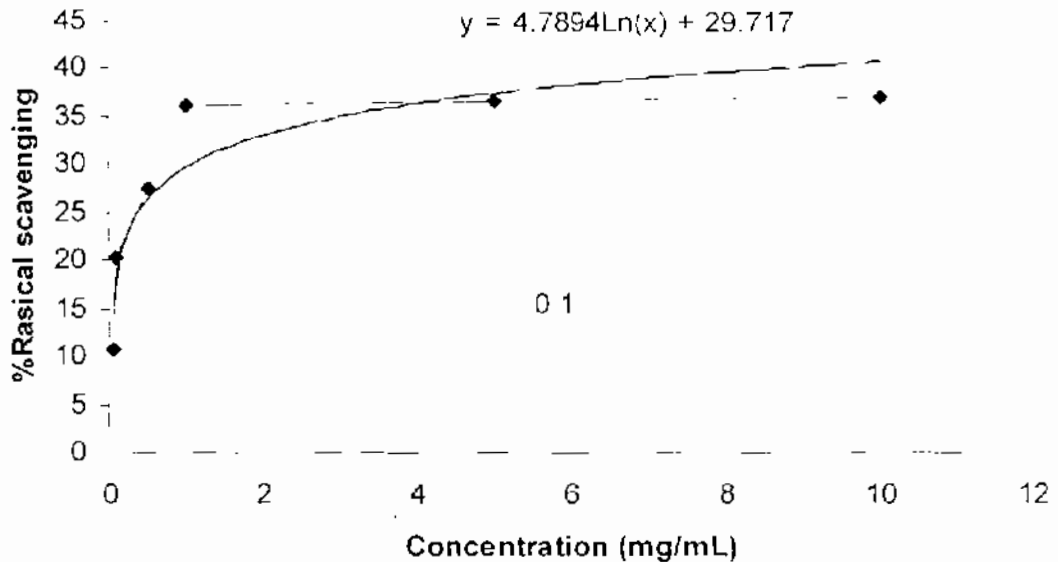


รูปที่ 4.4 (ดู) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ชาหินบุรี Entry 30



ตารางที่ 4.6 ก. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวหอมมะลิ 105 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
หอมมะลิ 105	0.05	0.743	0.733	0.733	0.733	10.947
	0.1	0.665	0.667	0.665	0.666	20.216
	0.5	0.605	0.606	0.606	0.606	27.407
	1.0	0.532	0.532	0.533	0.532	36.197
	5.0	0.528	0.529	0.529	0.529	36.639
	10.0	0.524	0.525	0.525	0.525	37.115

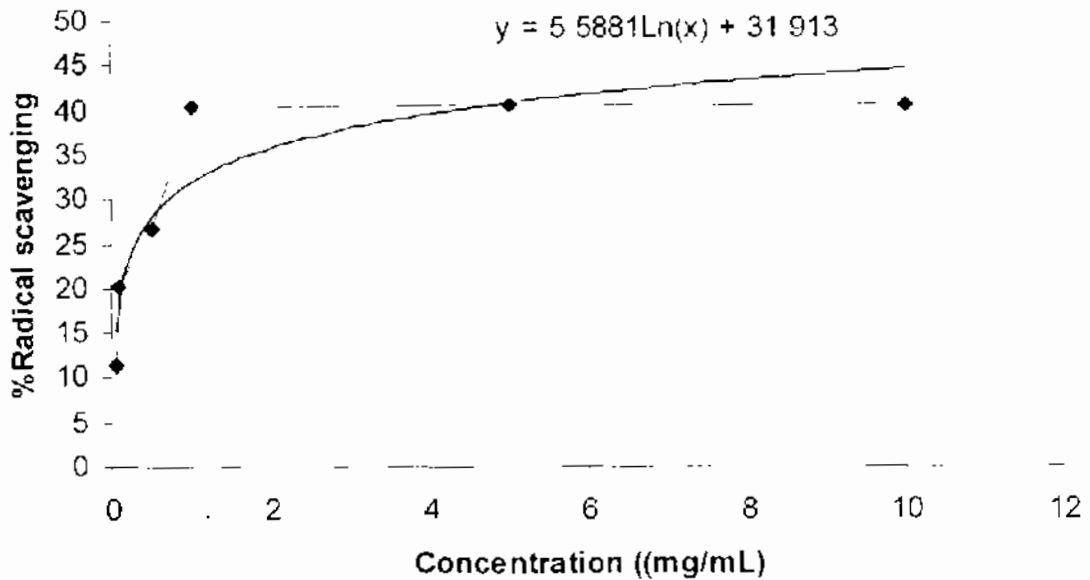


รูปที่ 4.5 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวหอมมะลิ 105



ตารางที่ 4.6 ข. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว กข 6 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
กข 6	0.05	0.747	0.748	0.748	0.748	10.308
	0.1	0.665	0.665	0.666	0.665	20.256
	0.5	0.612	0.612	0.612	0.612	26.648
	1.0	0.497	0.497	0.498	0.497	40.392
	5.0	0.496	0.496	0.496	0.496	40.551
	10.0	0.495	0.494	0.494	0.494	40.751

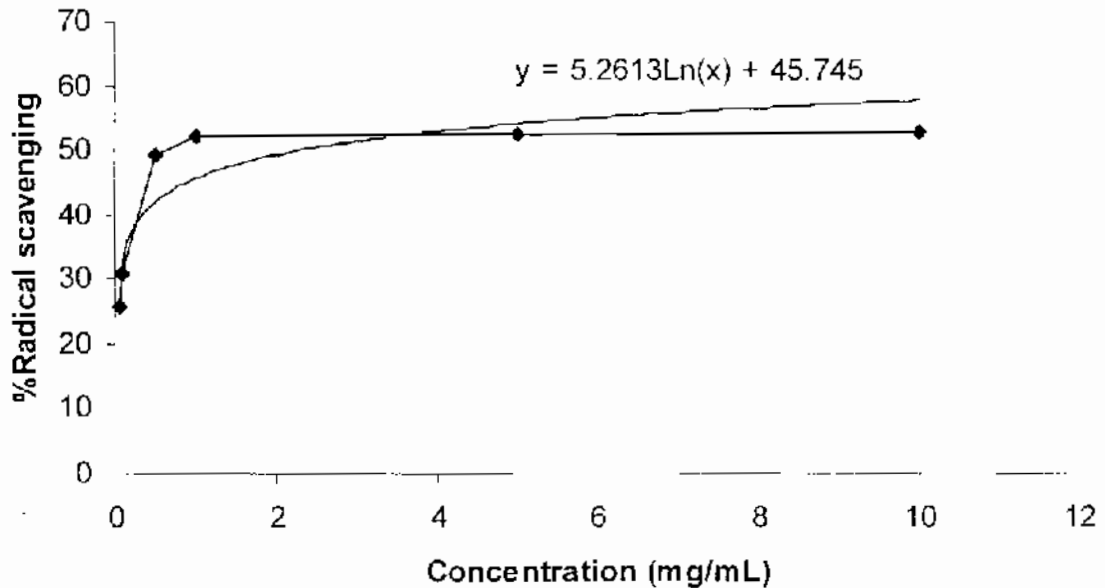


รูปที่ 4.5 (ข) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าว กข 6



ตารางที่ 4.6 ก. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.2 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.2	0.05	0.621	0.620	0.620	0.620	25.649
	0.1	0.578	0.579	0.578	0.578	30.683
	0.5	0.422	0.423	0.424	0.423	49.301
	1.0	0.397	0.398	0.398	0.398	52.337
	5.0	0.395	0.396	0.396	0.396	52.577
	10.0	0.394	0.394	0.394	0.394	52.777

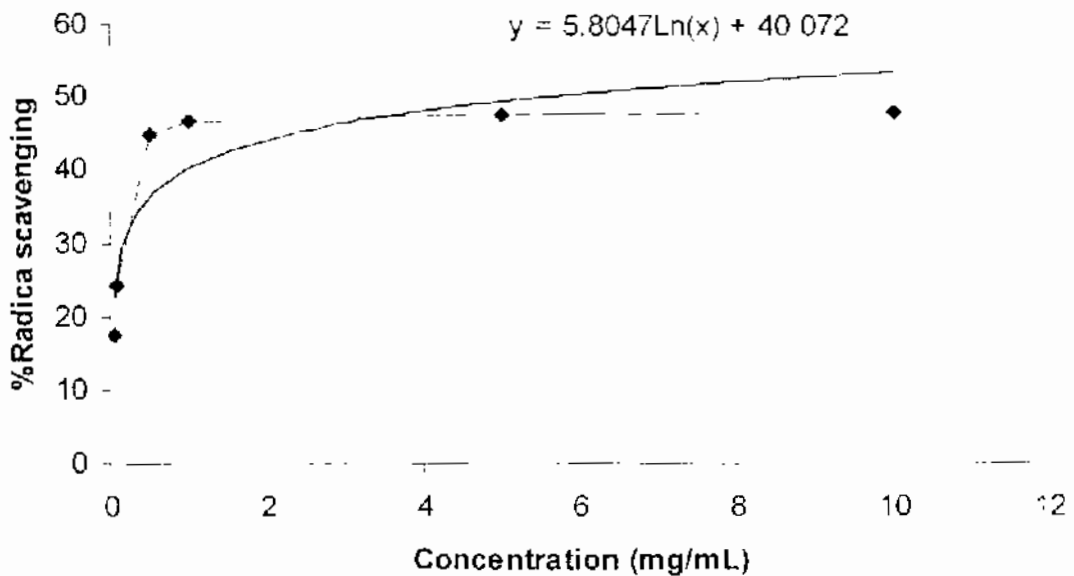


รูปที่ 4.5 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.2



ตารางที่ 4.6 จ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบไม้ SRN2007 No.3 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งห้อง)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.3	0.05	0.691	0.690	0.690	0.690	17.259
	0.1	0.632	0.632	0.632	0.632	24.251
	0.5	0.462	0.461	0.461	0.461	44.706
	1.0	0.445	0.443	0.444	0.443	46.784
	5.0	0.439	0.438	0.438	0.438	47.463
	10.0	0.435	0.435	0.434	0.435	47.903

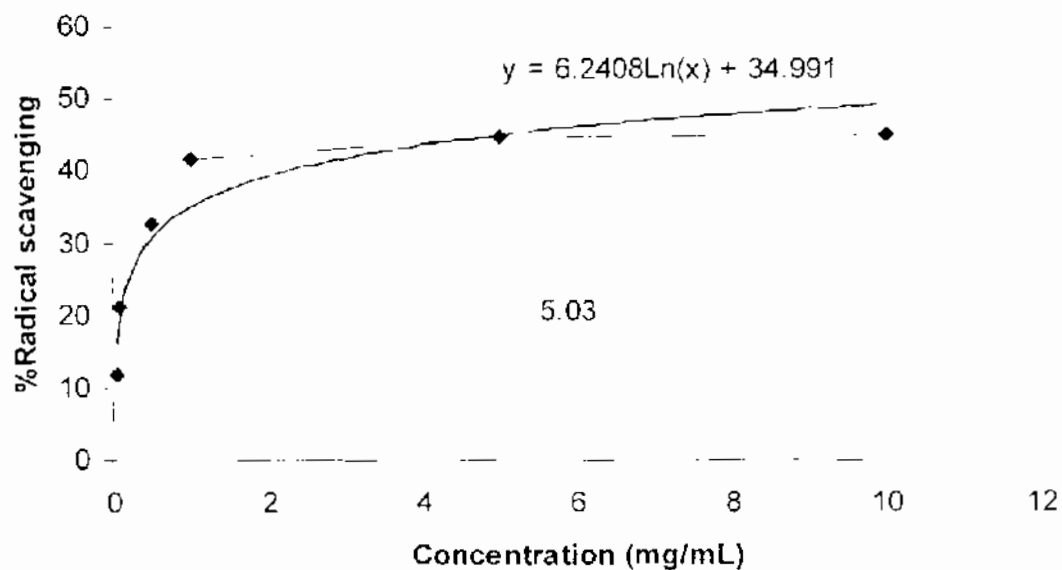


รูปที่ 4.5 (จ) กราฟแสดงผลการหา IC_{50} ของใบข้าวพื้นฟู SRN2007 No.3



ตารางที่ 4.6 อ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบชา SRN2007 No.4 (ระยะตั้งห้อง 3 ระยะตั้งห้อง)

สาร	ความเข้มข้น (mg/ml)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.4	0.05	0.735	0.737	0.735	0.736	11.826
	0.1	0.656	0.657	0.657	0.657	21.291
	0.5	0.562	0.562	0.563	0.562	32.601
	1.0	0.488	0.487	0.489	0.488	41.510
	5.0	0.462	0.461	0.461	0.461	44.706
	10.0	0.458	0.459	0.459	0.459	45.026

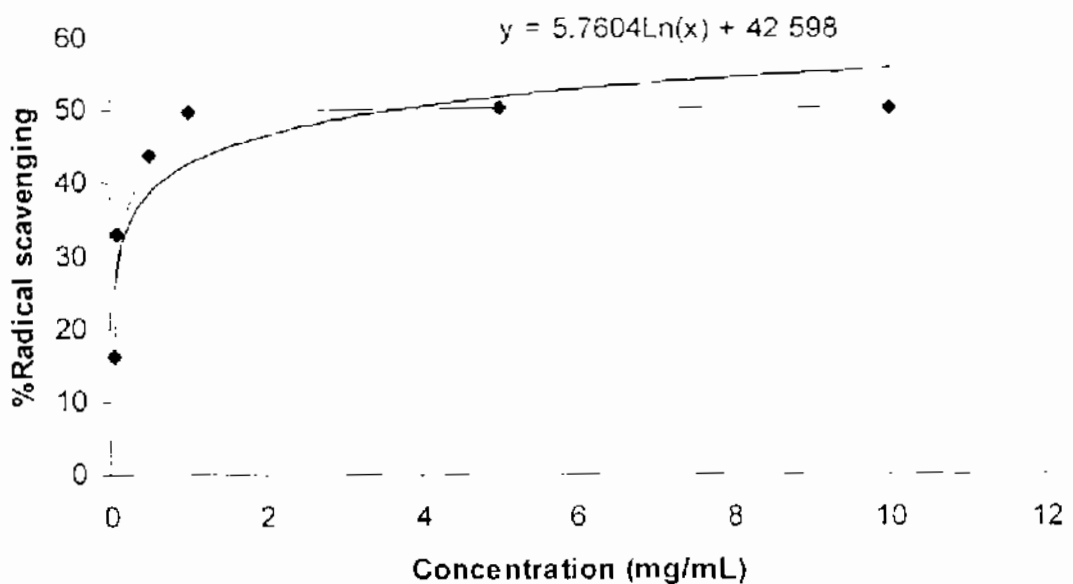


รูปที่ 4.5 (ก) กราฟแสดงการหา IC_{50} ของใบชาพันธุ์ SRN2007 No.4



ตารางที่ 4.6 จ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.5 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.5	0.05	0.695	0.696	0.696	0.696	16.620
	0.1	0.559	0.559	0.558	0.559	33.040
	0.5	0.468	0.469	0.468	0.468	43.827
	1.0	0.418	0.419	0.419	0.419	49.820
	5.0	0.416	0.415	0.415	0.415	50.220
	10.0	0.414	0.413	0.414	0.414	50.420

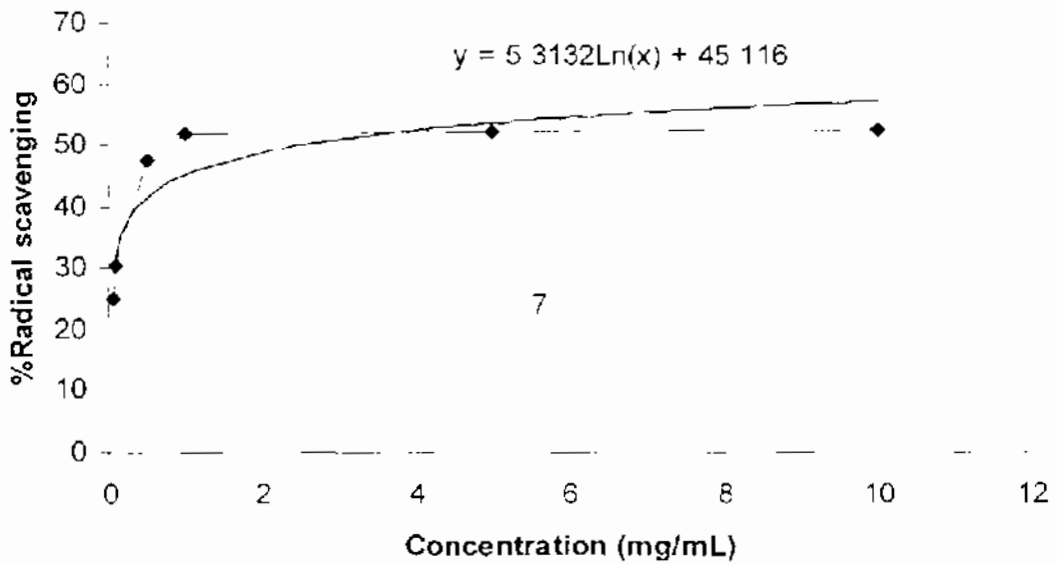


รูปที่ 4.5 (จ) กราฟแสดงการหาค่า IC₅₀ ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.5



ตารางที่ 4.6 ข. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ Entry 1 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance			เฉลี่ย	% radical scavenging
		1	2	3		
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 1	0.05	0.625	0.624	0.624	0.624	25.170
	0.1	0.582	0.581	0.581	0.581	30.324
	0.5	0.437	0.438	0.436	0.437	47.623
	1.0	0.402	0.401	0.401	0.401	51.898
	5.0	0.399	0.398	0.399	0.399	52.217
	10.0	0.397	0.397	0.397	0.397	52.417

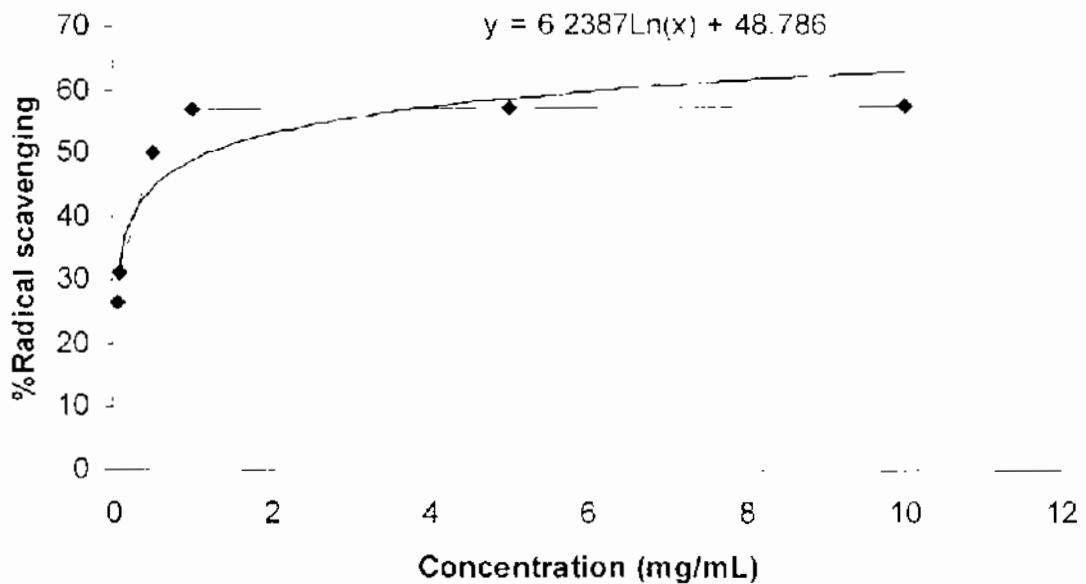


รูปที่ 4.5 (ข) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ Entry 1



ตารางที่ 4.6 ณ ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ Entry 13 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 13	0.05	0.612	0.614	0.614	0.613	26.488
	0.1	0.575	0.575	0.575	0.575	31.083
	0.5	0.418	0.417	0.417	0.417	49.980
	1.0	0.359	0.359	0.355	0.359	57.012
	5.0	0.355	0.356	0.355	0.355	57.411
	10.0	0.353	0.352	0.352	0.352	57.771

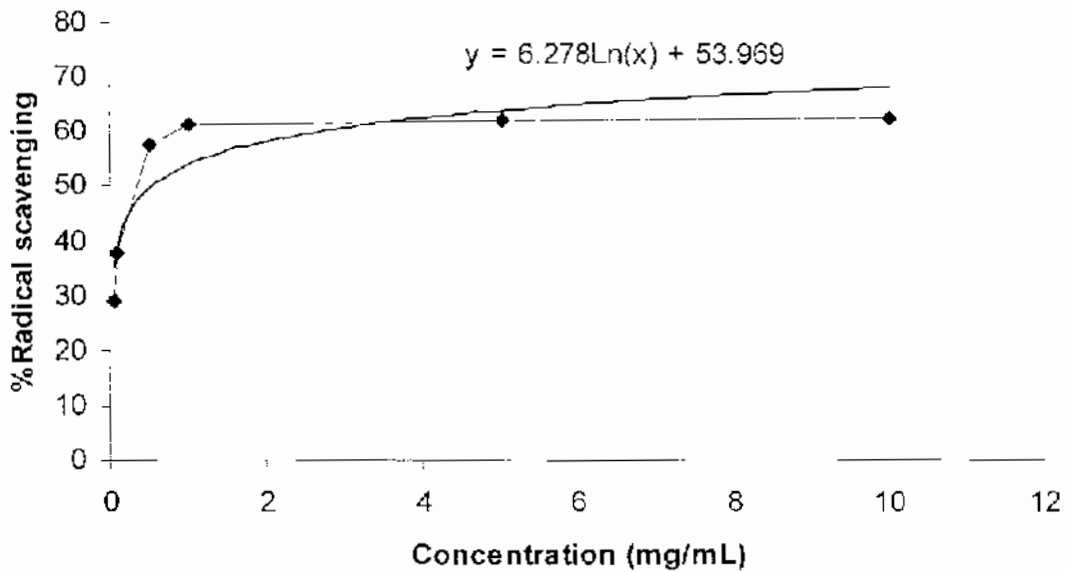


รูปที่ 4.5 (ณ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธุ Entry 13



ตารางที่ 4.6 ฏ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ Entry 18 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)

สาร	ความเข้มข้น (mg/ml)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 18	0.05	0.591	0.592	0.593	0.591	29.045
	0.1	0.519	0.518	0.519	0.519	37.835
	0.5	0.352	0.353	0.353	0.353	57.731
	1.0	0.322	0.323	0.322	0.322	61.366
	5.0	0.315	0.314	0.314	0.314	62.325
	10.0	0.313	0.314	0.313	0.313	62.445

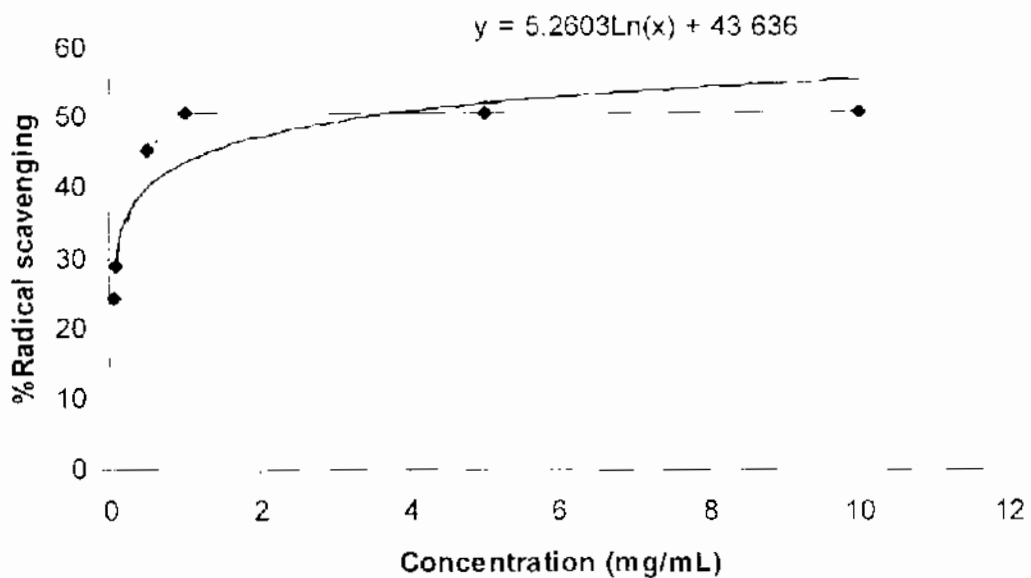


รูปที่ 4.5 (ฏ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธุ Entry 18



ตารางที่ 4.6 จ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 30 (ระยะที่ 3 ระยะตั้งท้อง)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 30	0.05	0.631	0.632	0.632	0.632	24.291
	0.1	0.594	0.593	0.593	0.593	28.885
	0.5	0.457	0.456	0.456	0.456	45.306
	1.0	0.412	0.412	0.412	0.412	50.619
	5.0	0.411	0.410	0.410	0.410	50.819
	10.0	0.409	0.410	0.409	0.409	50.939

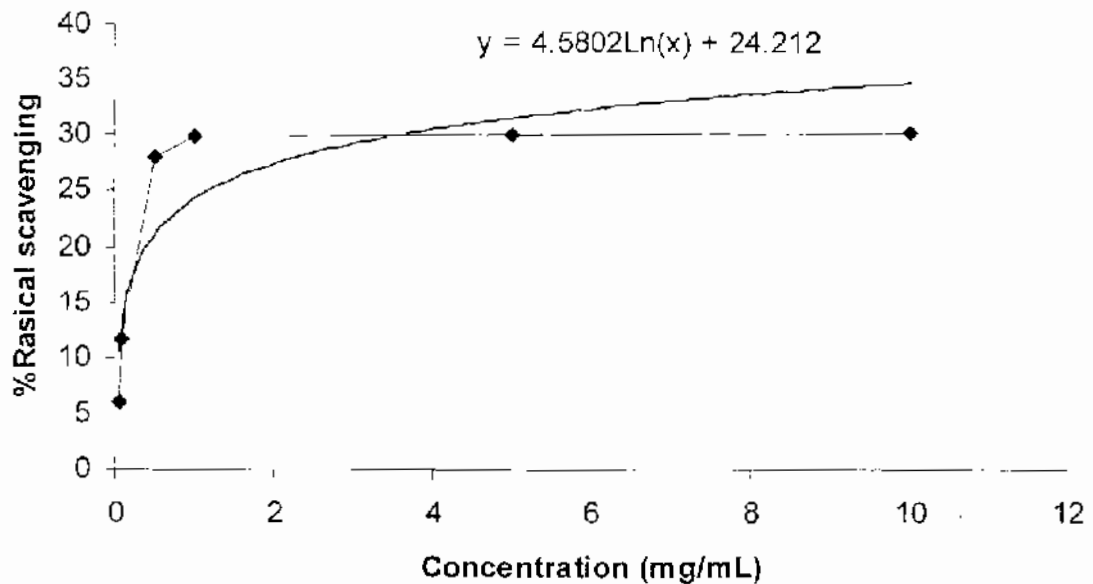


รูปที่ 4.5 (จ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธ์ Entry 30



ตารางที่ 4.7 ก. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวหอมมะลิ105 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดนํ้านม)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
หอมมะลิ105	0.05	0.784	0.783	0.783	0.783	6.113
	0.1	0.738	0.737	0.737	0.737	11.626
	0.5	0.601	0.600	0.601	0.601	28.006
	1.0	0.587	0.586	0.585	0.586	29.764
	5.0	0.584	0.584	0.583	0.584	30.044
	10.0	0.583	0.582	0.582	0.582	30.204

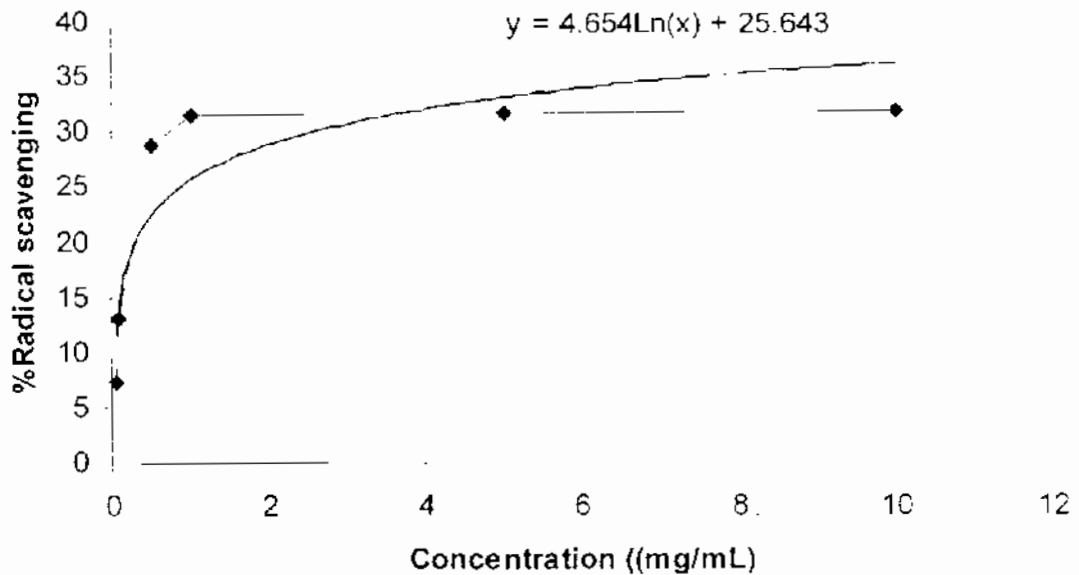


รูปที่ 4.6 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวหอมมะลิ 105



ตารางที่ 4.7 ข. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบชา 6 (ระยะที่ 4 ของ เมล็ดชาใหม่)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	
กช 6	0.05	0.773	0.773	0.773	0.773	7.351
	0.1	0.725	0.725	0.724	0.725	13.144
	0.5	0.595	0.594	0.594	0.594	28.765
	1.0	0.572	0.573	0.572	0.572	31.402
	5.0	0.570	0.570	0.570	0.570	31.682
	10.0	0.569	0.569	0.568	0.569	31.842

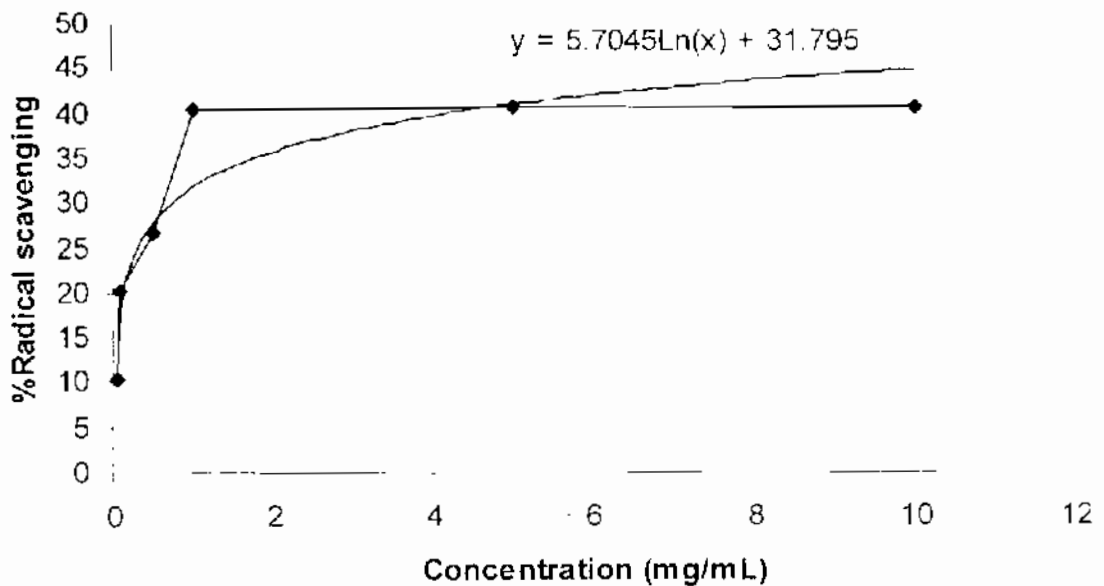


รูปที่ 4.6 (ข) กราฟแสดงผลการหาค่า IC₅₀ ของใบชา 6



ตารางที่ 4.7 ค. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.2 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดน้ำนม)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance			เฉลี่ย	% radical scavenging
		1	2	3		
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No 2	0.05	0.749	0.748	0.748	0.748	10.508
	0.1	0.665	0.665	0.666	0.665	20.256
	0.5	0.612	0.612	0.612	0.612	26.648
	1.0	0.497	0.497	0.498	0.497	40.592
	5.0	0.496	0.496	0.496	0.496	40.551
	10.0	0.495	0.494	0.494	0.494	40.751

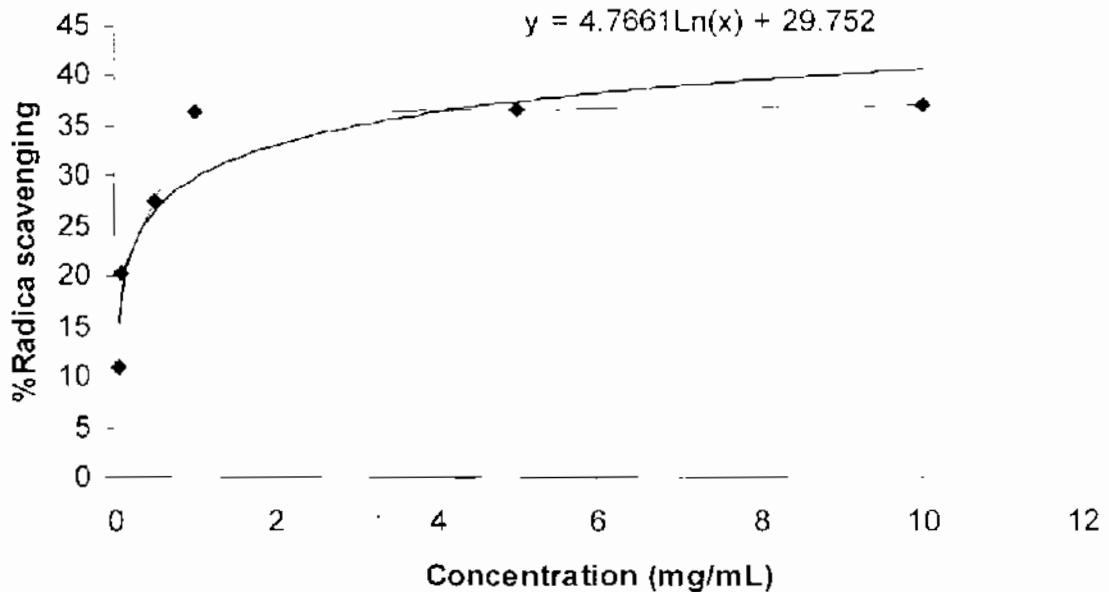


รูปที่ 4.6 (ค) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.2



ตารางที่ 4.7 ง. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.3 (ระดับที่ 4 ระยะแตกน้ำนม)

สภ	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.3	0.05	0.743	0.743	0.743	0.743	10.947
	0.1	0.665	0.667	0.665	0.666	20.216
	0.5	0.605	0.606	0.606	0.606	27.007
	1.0	0.532	0.532	0.533	0.532	36.197
	5.0	0.528	0.529	0.529	0.529	36.636
	10.0	0.524	0.525	0.525	0.525	37.115

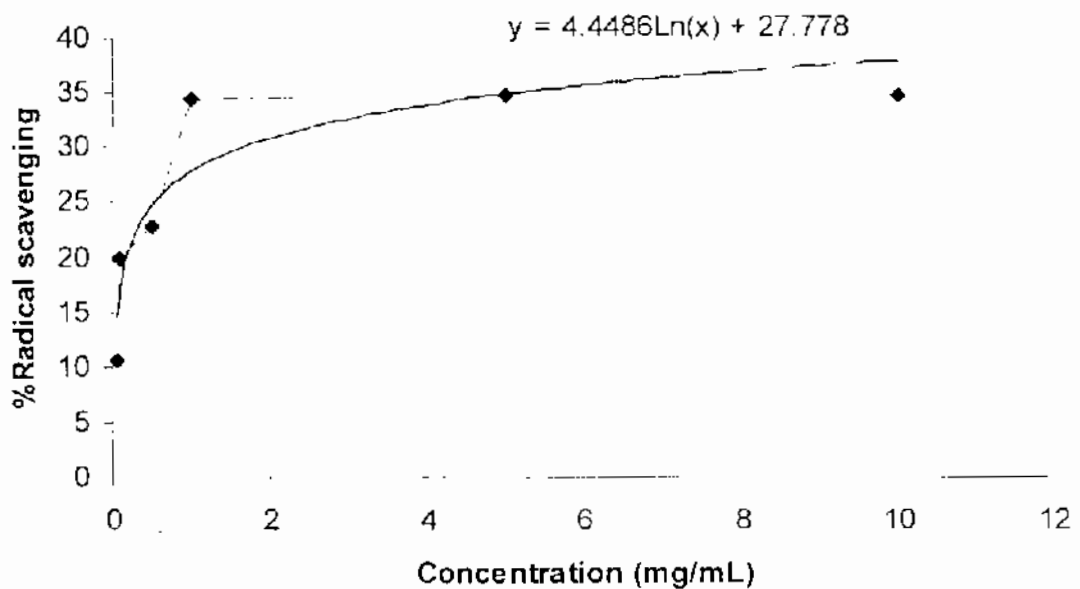


รูปที่ 4.6 (ง) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.3



ตารางที่ 4.7 จ ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบชา SRN2007 No.4 (ระยะที่ 4 ระยะเมคัสต์น้ำนม)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.4	0.05	0.745	0.746	0.746	0.746	10.627
	0.1	0.669	0.668	0.669	0.669	19.856
	0.5	0.602	0.603	0.603	0.603	27.267
	1.0	0.547	0.547	0.546	0.547	34.479
	5.0	0.545	0.544	0.544	0.544	34.758
	10.0	0.543	0.543	0.543	0.543	34.918

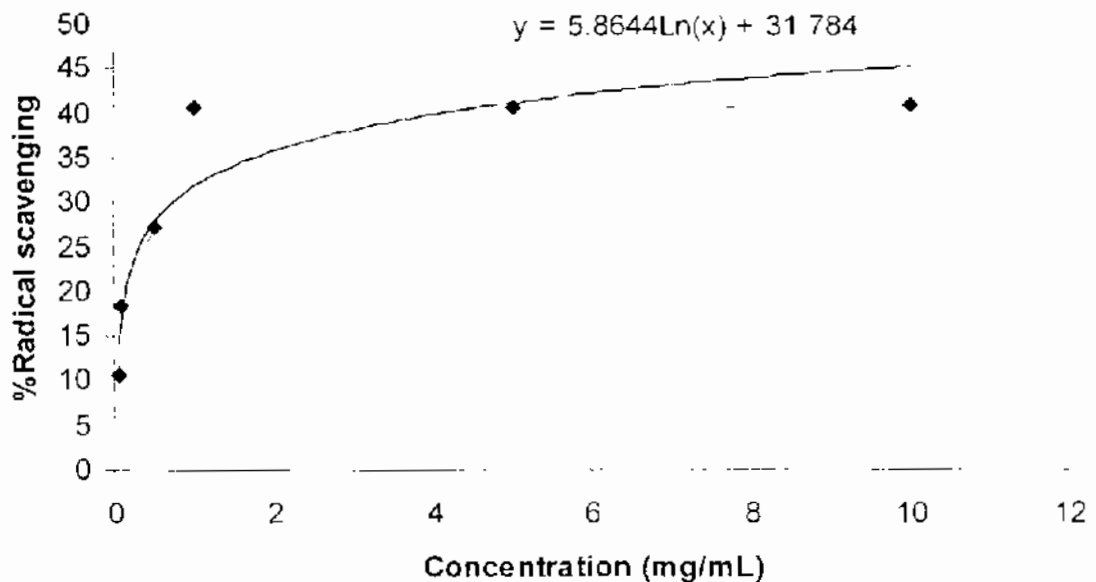


รูปที่ 4.6 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบชาพันธุ์ SRN2007 No.4



ตารางที่ 4.7 จ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.5 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดต้นน้ำนม)

สาร	ความเข้มข้น (mg/ml.)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.5	0.05	0.745	0.744	0.746	0.745	10.707
	0.1	0.681	0.682	0.681	0.681	18.358
	0.5	0.607	0.608	0.608	0.608	27.167
	1.0	0.496	0.495	0.496	0.496	40.591
	5.0	0.494	0.494	0.495	0.494	40.751
	10.0	0.492	0.493	0.493	0.493	40.951

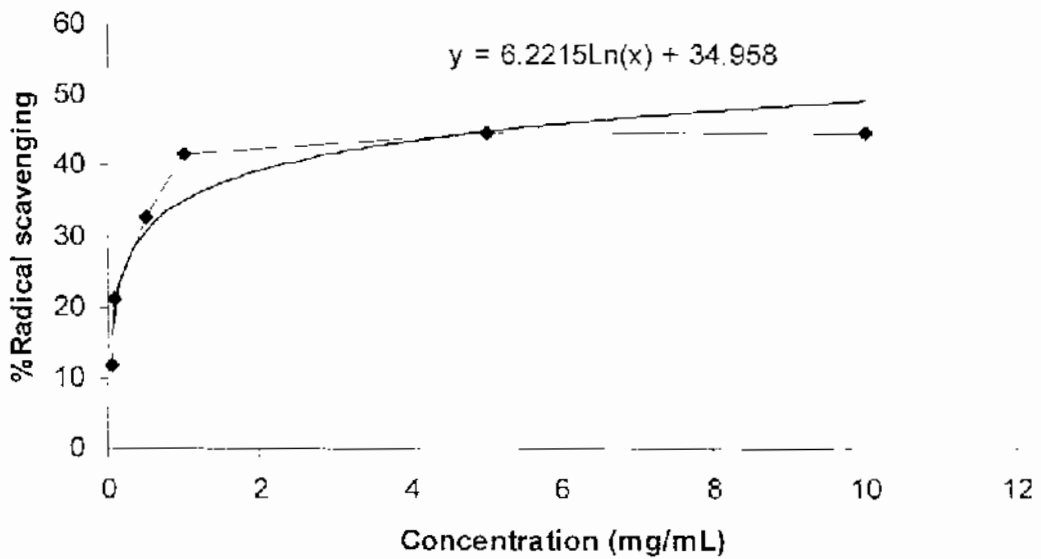


รูปที่ 4.6 (จ) กราฟแสดงกราฟค่า IC₅₀ ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.5



ตารางที่ 4.7 ข. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 1 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดงอก)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 1	0.05	0.735	0.737	0.735	0.736	11.822
	0.1	0.656	0.657	0.657	0.657	21.294
	0.5	0.562	0.562	0.563	0.562	32.601
	1.0	0.488	0.487	0.489	0.488	41.510
	5.0	0.462	0.461	0.461	0.461	44.706
	10.0	0.460	0.460	0.460	0.460	44.866

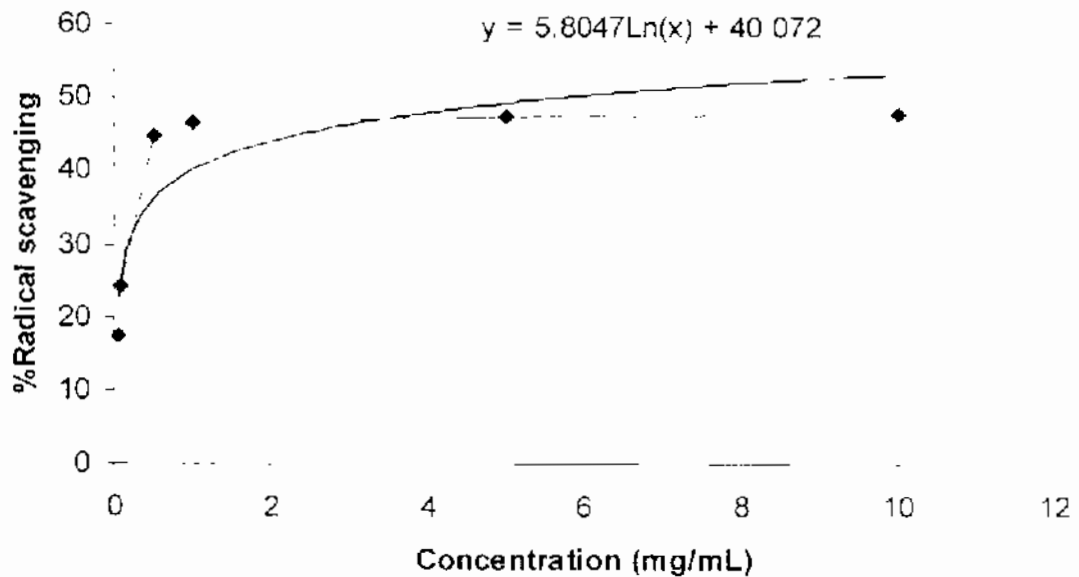


รูปที่ 4.6 (ข) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธ์ Entry 1



ตารางที่ 4.7 ฉ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ Entry 13 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดงอก)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 13	0.05	0.691	0.690	0.690	0.690	17.259
	0.1	0.632	0.632	0.632	0.632	24.851
	0.5	0.462	0.461	0.461	0.461	44.706
	1.0	0.445	0.443	0.444	0.444	46.784
	5.0	0.439	0.438	0.438	0.438	47.163
	10.0	0.435	0.435	0.434	0.434	47.903

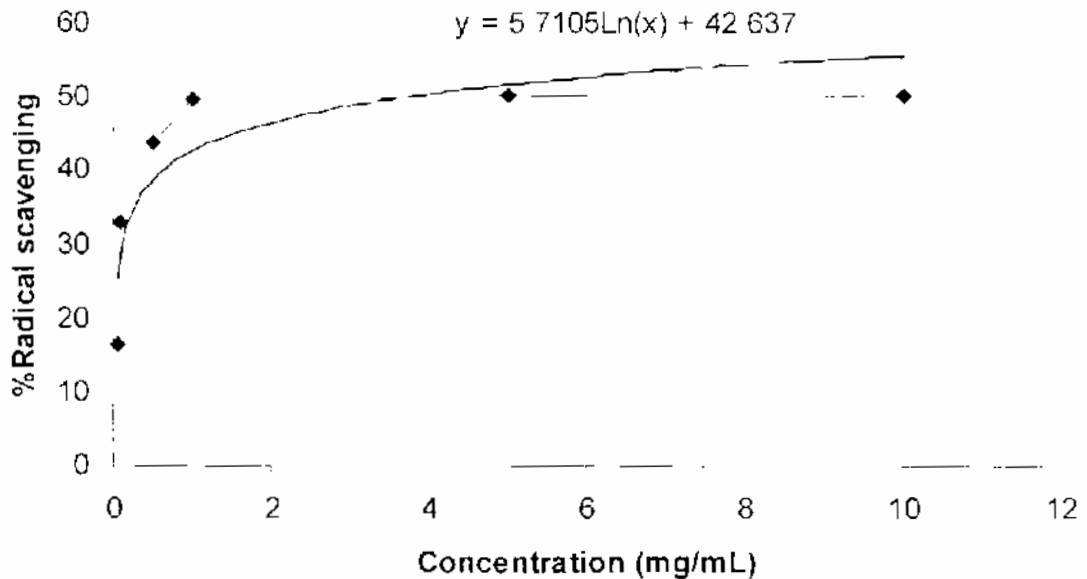


รูปที่ 4.6 (ฉ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธุ Entry 13



ตารางที่ 4.7 (ก) ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบชาพื้ Entry 18 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดงอก)

สาร	ความเข้มข้น (mg/ml)	UV Absorbance			เฉลี่ย	% radical scavenging
		1	2	3		
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 18	0.05	0.695	0.696	0.696	0.696	16.620
	0.1	0.559	0.559	0.558	0.559	33.940
	0.5	0.468	0.469	0.469	0.469	43.827
	1.0	0.418	0.419	0.419	0.419	49.820
	5.0	0.416	0.415	0.415	0.415	50.220
	10.0	0.414	0.413	0.414	0.414	50.420

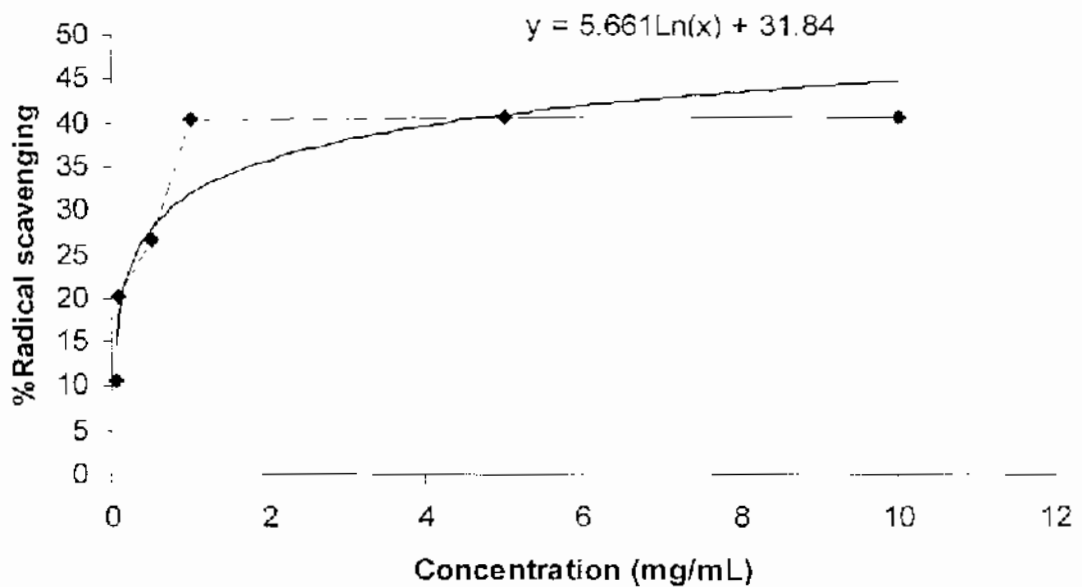


รูปที่ 4.6 (ก) การแสดงผลการหาค่า IC_{50} ของใบชาพื้ Entry 18



ตารางที่ 4.7 ฐานผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 30 (ระยะที่ 4 ระยะเมล็ดที่บานม)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 30	0.05	0.745	0.745	0.746	0.745	10.667
	0.1	0.665	0.665	0.666	0.665	20.256
	0.5	0.612	0.612	0.612	0.612	26.698
	1.0	0.479	0.480	0.480	0.480	42.509
	5.0	0.471	0.472	0.472	0.472	43.568
	10.0	0.468	0.467	0.467	0.467	43.987

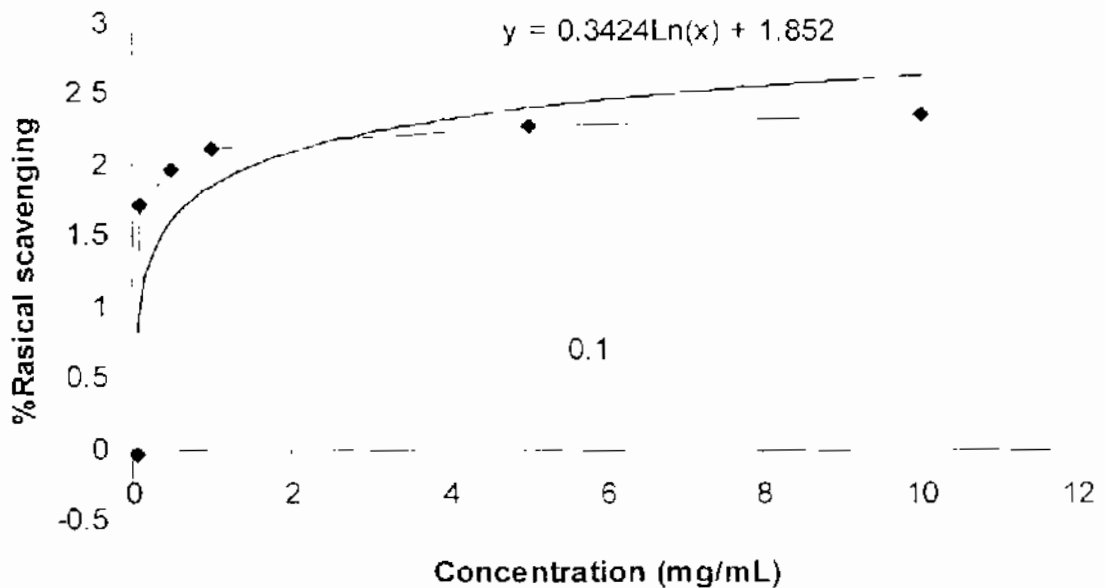


รูปที่ 4.6 (ฐาน) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธ์ Entry 30



ตารางที่ 4.8 ก ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบข้าวหอมมะลิ 105 (ระดับที่ 5 ระยะสุกแก่)

สาร	ความเข้มข้น (mg mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	
หอมมะลิ 105	0.05	0.835	0.835	0.834	0.835	-0.040
	0.1	0.820	0.820	0.820	0.820	1.718
	0.5	0.818	0.818	0.818	0.818	1.958
	1.0	0.816	0.817	0.817	0.817	2.117
	5.0	0.815	0.816	0.816	0.816	2.277
	10.0	0.815	0.815	0.814	0.815	2.357

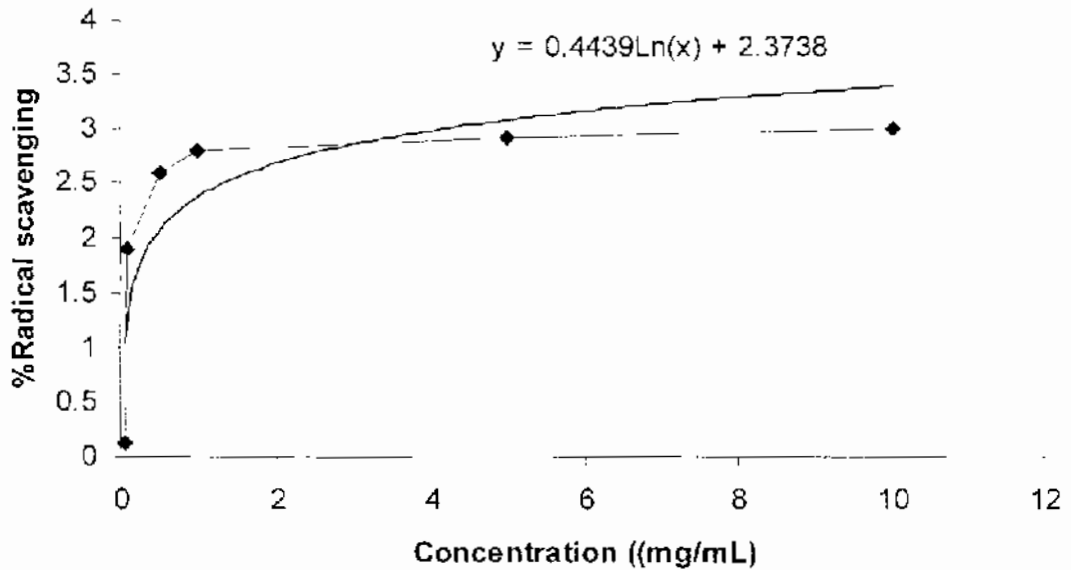


รูปที่ 4.7 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC₅₀ ของใบ ข้าวหอมมะลิ 105



ตารางที่ 4.8 ข. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว กข 6 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
กข 6	0.05	0.833	0.833	0.834	0.833	0.120
	0.1	0.819	0.819	0.818	0.819	1.878
	0.5	0.813	0.813	0.812	0.813	2.597
	1.0	0.811	0.811	0.811	0.811	2.800
	5.0	0.810	0.810	0.810	0.810	2.917
	10.0	0.810	0.809	0.809	0.809	2.996

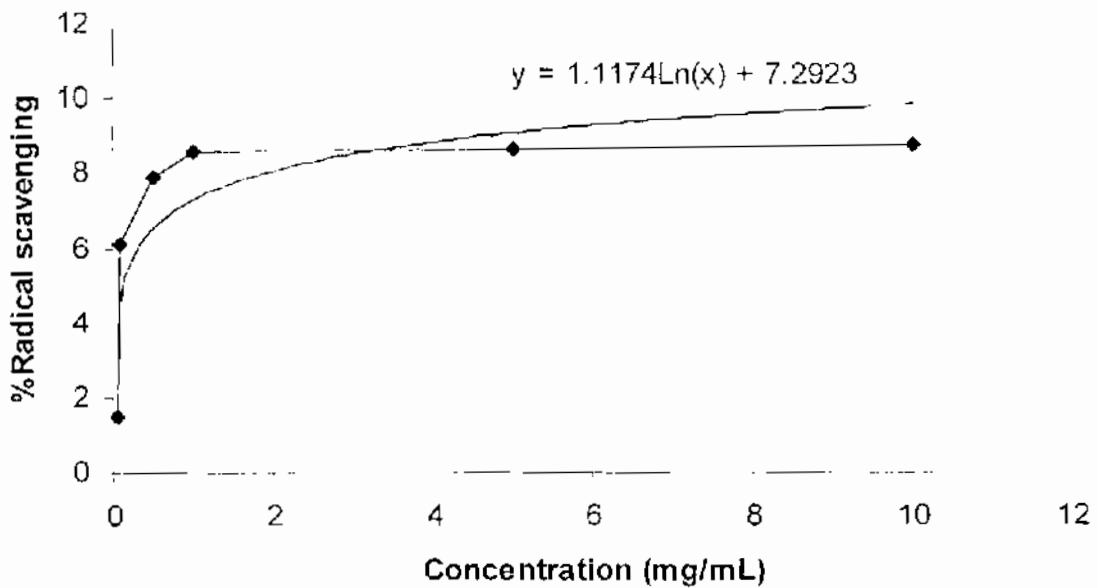


รูปที่ 4.7 (ข) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าว กข 6



ตารางที่ 4.8 ค. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.2 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)

สาร	ความเข้มข้น (mg/ml)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.2	0.05	0.822	0.822	0.822	0.822	1.478
	0.1	0.783	0.783	0.784	0.783	6.113
	0.5	0.769	0.768	0.769	0.769	7.871
	1.0	0.763	0.763	0.763	0.763	8.550
	5.0	0.762	0.762	0.762	0.762	8.670
	10.0	0.761	0.761	0.762	0.761	8.750

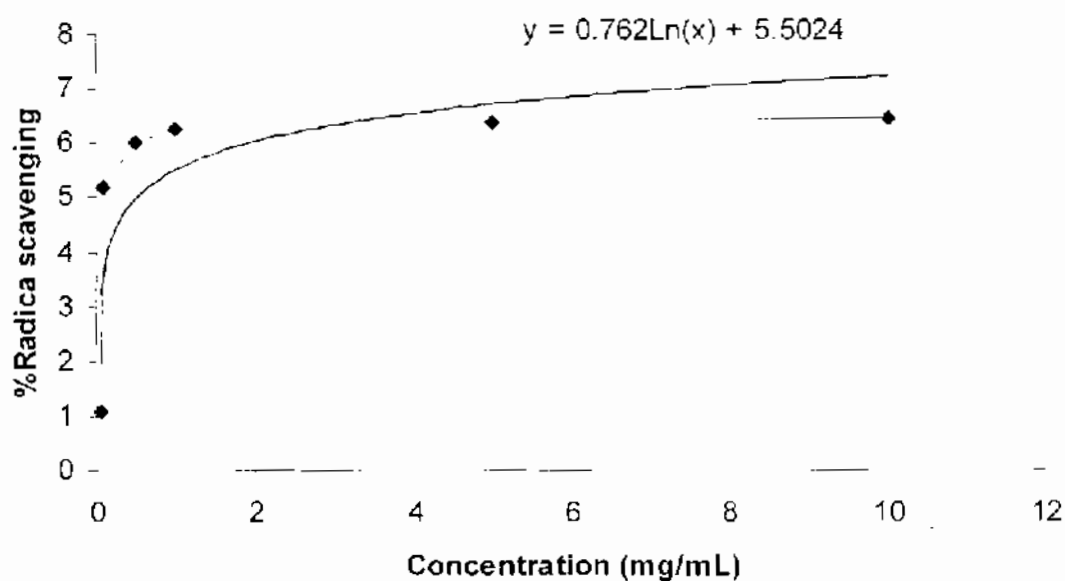


รูปที่ 4.7 (ค) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ SRN2007 No.2



ตารางที่ 4.8 ง. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ % radical scavenging ของใบชาพันธุ์ SRN2007 No.3 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.3	0.05	0.826	0.825	0.825	0.825	1.079
	0.1	0.791	0.791	0.791	0.791	5.194
	0.5	0.784	0.784	0.784	0.784	6.032
	1.0	0.782	0.782	0.782	0.782	6.272
	5.0	0.781	0.781	0.781	0.781	6.392
	10.0	0.780	0.780	0.781	0.780	6.472

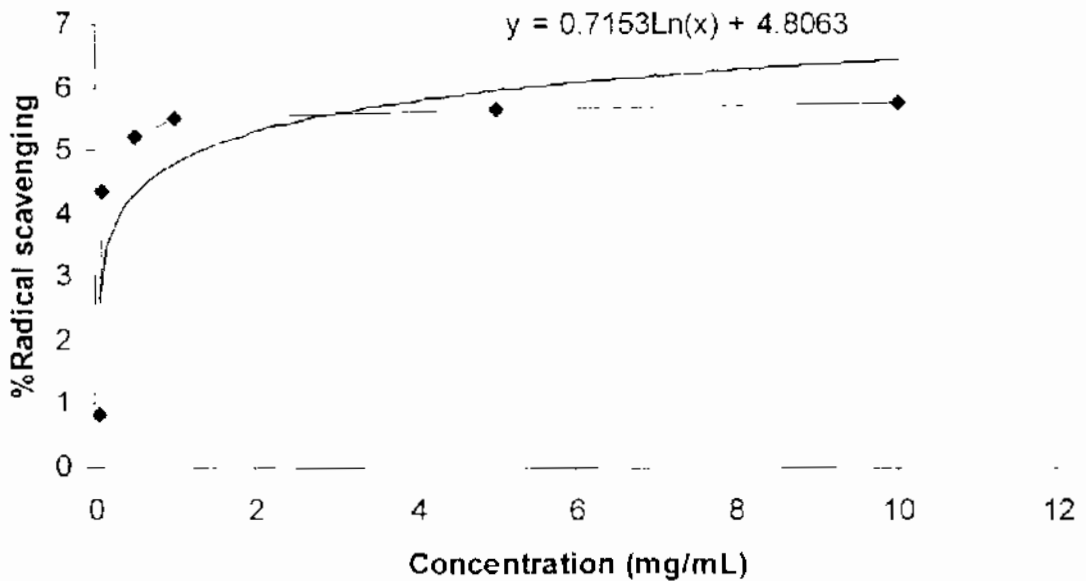


รูปที่ 4.7 (ง) กราฟแสดงค่า IC_{50} ของใบชาพันธุ์ SRN2007 No.3



ตารางที่ 4.8 จ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.4 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	
SRN2007 No.4	0.05	0.828	0.828	0.827	0.828	0.839
	0.1	0.798	0.798	0.798	0.798	4.355
	0.5	0.791	0.791	0.789	0.790	5.234
	1.0	0.789	0.788	0.788	0.788	5.513
	5.0	0.787	0.787	0.787	0.787	5.673
	10.0	0.787	0.786	0.786	0.786	5.753

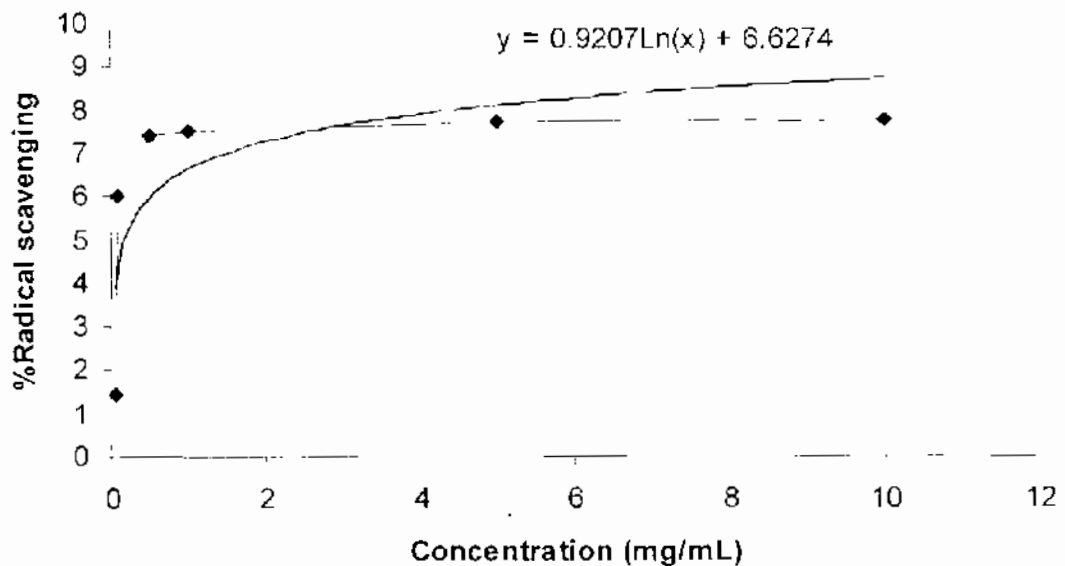


รูปที่ 4.7 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธุ์ SRN2007 No.4



ตารางที่ 4.8 น. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าว SRN2007 No.5 (ระดับที่ 5 ระยะสุกแก่)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
SRN2007 No.5	0.05	0.822	0.823	0.822	0.822	1.438
	0.1	0.783	0.784	0.784	0.784	6.073
	0.5	0.773	0.773	0.772	0.773	7.391
	1.0	0.772	0.772	0.771	0.772	7.511
	5.0	0.770	0.770	0.770	0.770	7.711
	10.0	0.769	0.769	0.770	0.769	7.791

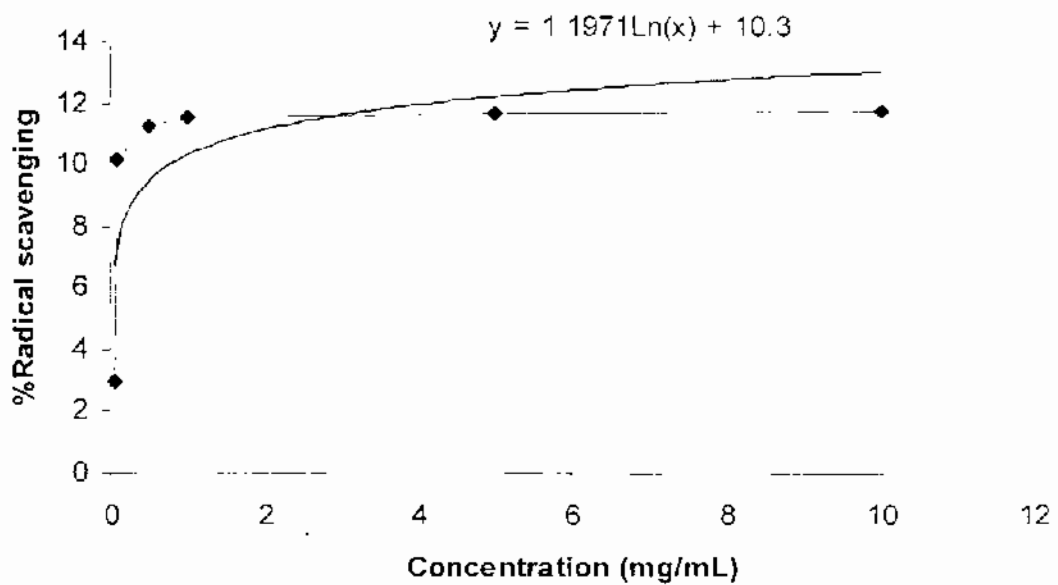


รูปที่ 4.7 (น) กราฟแสดงการหาค่า IC₅₀ ของใบ ข้าวพันธุ์ SRN2007 No.5



ตารางที่ 4.8 ข. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธ์ Entry 1 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 1	0.05	0.810	0.809	0.808	0.809	2.996
	0.1	0.749	0.480	0.780	0.780	10.148
	0.5	0.740	0.741	0.741	0.741	11.227
	1.0	0.738	0.738	0.739	0.738	11.506
	5.0	0.737	0.737	0.737	0.737	11.666
	10.0	0.736	0.736	0.737	0.736	11.746

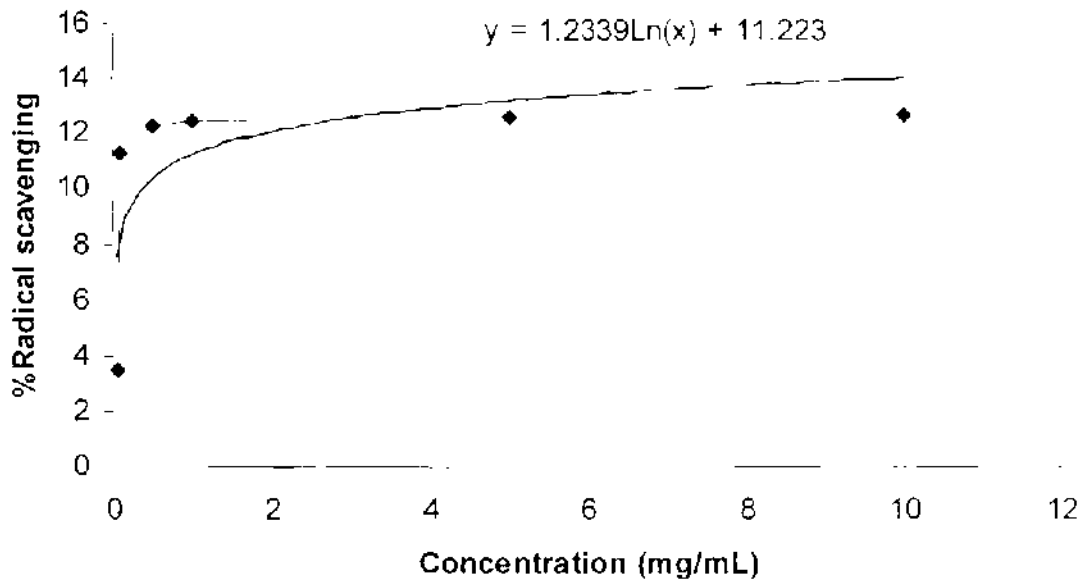


รูปที่ 4.7 (ข) กราฟแสดงผลการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธ์ Entry 1



ตารางที่ 4.8 ฉ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ Entry 13 (ระยะที่ 5 ระยะสุกแก่)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	
Entry 13	0.05	0.806	0.805	0.805	0.805	3.476
	0.1	0.740	0.740	0.740	0.740	11.306
	0.5	0.733	0.722	0.722	0.72	12.225
	1.0	0.731	0.731	0.730	0.731	12.425
	5.0	0.729	0.729	0.729	0.729	12.625
	10.0	0.729	0.728	0.728	0.728	12.705

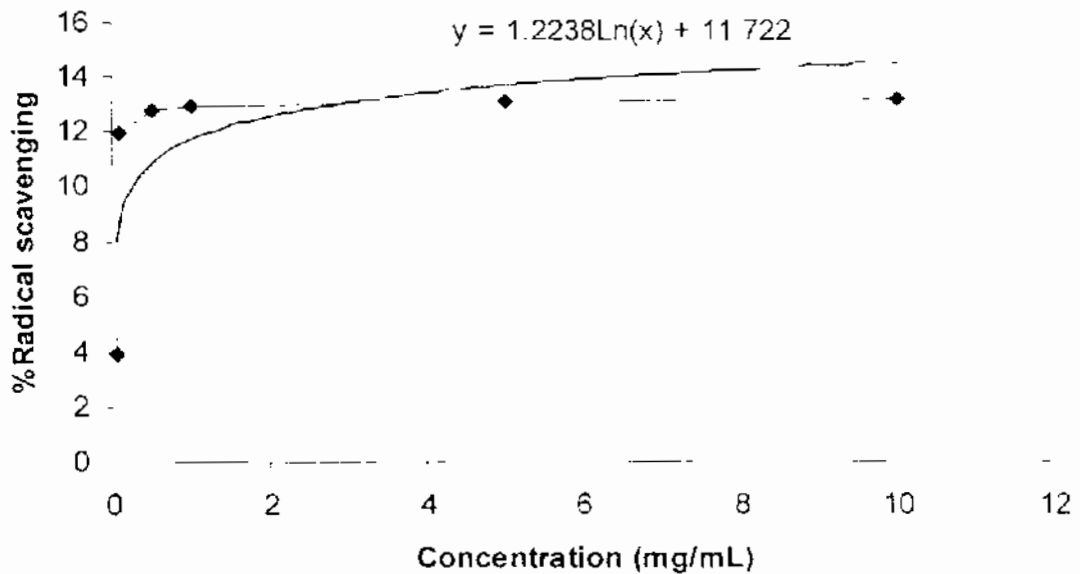


รูปที่ 4.7 (ฉ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบ ข้าวพันธุ Entry 13



ตารางที่ 4.8 ฤทธิ์ของการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบชาเขียวพันธุ์ Entry 18 (ระยะสุกแก่) ระยะสุกแก่)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance				% radical scavenging
		1	2	3	เฉลี่ย	
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 18	0.05	0.801	0.802	0.802	0.801	3.915
	0.1	0.735	0.734	0.734	0.734	11.986
	0.5	0.728	0.728	0.728	0.728	12.745
	1.0	0.726	0.727	0.727	0.727	12.905
	5.0	0.725	0.725	0.725	0.725	13.104
	10.0	0.724	0.725	0.724	0.724	13.184

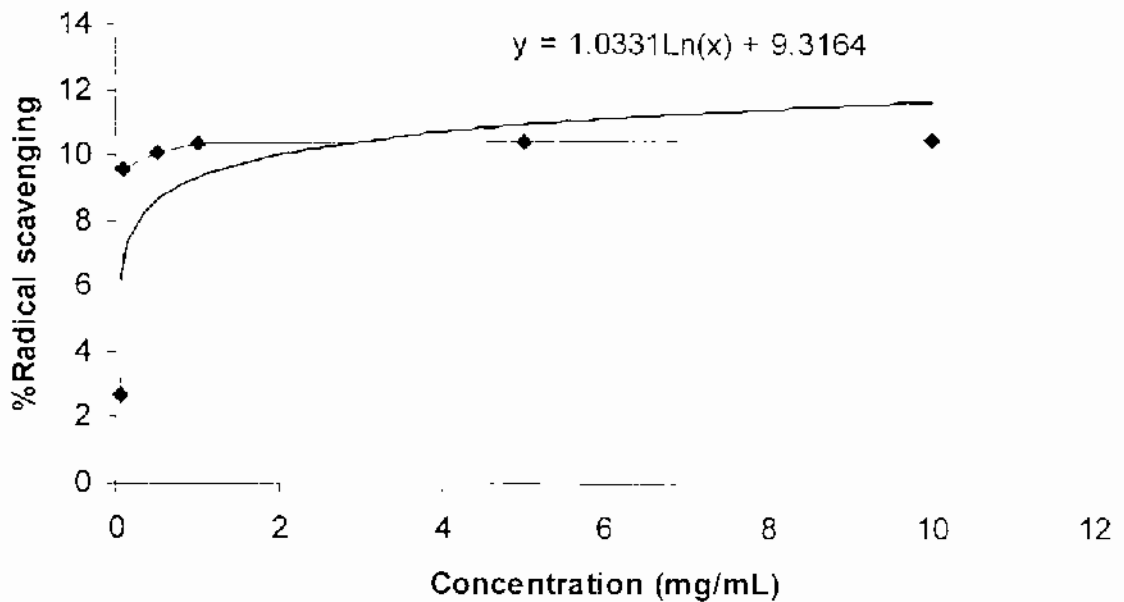


รูปที่ 4.7 (ก) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบชาเขียวพันธุ์ Entry 18



ตารางที่ 4.8 ฐ. ผลการวัดค่าการดูดกลืนแสง และ %radical scavenging ของใบข้าวพันธุ Entry 30 (ระยะที่ 5 ระยะเวลาเก็บ)

สาร	ความเข้มข้น (mg/mL)	UV Absorbance			เฉลี่ย	% radical scavenging
		1	2	3		
Control	-	0.836	0.833	0.834	0.834	-
Entry 30	0.05	0.812	0.812	0.812	0.812	2.679
	0.1	0.755	0.754	0.754	0.754	9.588
	0.5	0.750	0.750	0.750	0.750	10.108
	1.0	0.748	0.748	0.748	0.748	10.348
	5.0	0.747	0.747	0.747	0.747	10.467
	10.0	0.747	0.746	0.746	0.746	10.51



รูปที่ 4.7 (ฐ) กราฟแสดงการหาค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ Entry 30



การผสมการที่ได้มีแมถ้านวณค่า IC_{50} โนโมแกรมทั้ง 10 พันธุ์ที่ระยะการเจริญเติบโตทั้ง 5 ระยะ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9

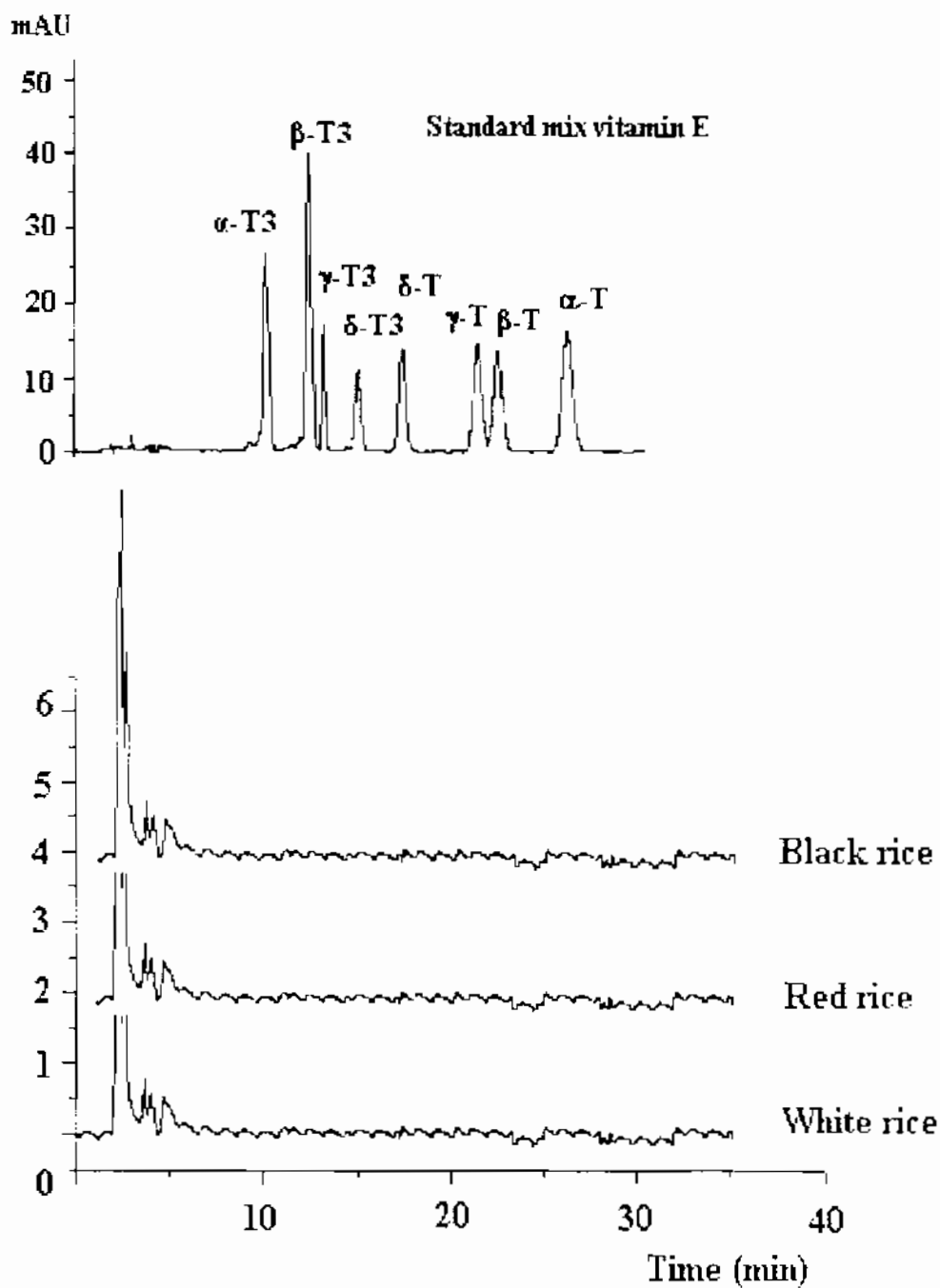
ตาราง 4.9 แสดงค่า IC_{50} ของใบข้าวพันธุ์ไทยทั้ง 10 พันธุ์

ชื่อของข้าว	ชื่อพันธุ์ข้าว	ค่า IC_{50}				
		ระยะที่ 1 (แตกกอ)	ระยะที่ 2 (เริ่มรวง)	ระยะที่ 3 (ตั้งท้อง)	ระยะที่ 4 (เมล็ดน้ำนม)	ระยะที่ 5 (ระยะสุกแก่)
สีขาว	มะลิ 105	0.556	2.507	69.103	278.752	1.18×10^{11}
	กข 6	0.549	1.516	25.450	187.459	3.94×10^{10}
สีแดง	SRN2007.No.2	0.384	0.531	2.245	22.336	3.97×10^{16}
	SRN2007.No.3	0.456	1.215	5.531	69.989	2.30×10^{17}
	SRN2007.No.4	0.531	1.233	11.078	147.714	2.75×10^{23}
	SRN2007.No.5	0.443	0.550	3.615	24.231	2.88×10^{26}
	Entry 1	0.068	0.175	2.507	11.221	2.53×10^4
สีดำ	Entry 13	0.055	0.104	1.215	5.531	4.45×10^{12}
	Entry 18	0.048	0.068	0.531	3.131	3.84×10^1
	Entry 30	0.068	0.222	3.353	24.724	1.27×10^7
	สารมาตรฐาน	BHA			0.002	

4.3 การหาปริมาณของวิตามินอี

การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอี ซึ่งพบในน้ำมันรำข้าว สามารถใช้เทคนิควิเคราะห์ด้วยไฮเพอร์ฟอर्मานซ์ลิกวิดโครมาโตกราฟี (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) ในตัวอย่างใบข้าวขาว ข้าวแดง และข้าวดำ ที่แต่ละระยะการเจริญเติบโต จะทำการวิเคราะห์ห่ออยู่ทั้งหมด 5 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 (แตกกอ) ระยะที่ 2 (เริ่มรวง) ระยะที่ 3 (ตั้งท้อง) ระยะที่ 4 (เมล็ดน้ำนม) และระยะที่ 5 (ระยะสุกแก่) แสดงในรูปแบบที่ 4.8 และตารางที่ 4.10





รูปที่ 4.8 แสดงพีคของสารมาตรฐานวิตามินอี (รูปบน) และไปซ์ท้าวขาว ข้าวแดง และข้าวดำที่ระยะแตกกอ (รูปล่าง)



ตาราง 4.10 แสดงปริมาณของวิตามินอีในใบข้าวพันธุ์ไทย 10 พันธุ์

ลักษณะข้าว	ชื่อพันธุ์ข้าว	ปริมาณวิตามินอี				
		ระยะที่ 1 (แตกกอ)	ระยะที่ 2 (สร้างรวง)	ระยะที่ 3 (ตั้งท้อง)	ระยะที่ 4 (เมล็ดน้ำนม)	ระยะที่ 5 (ระยะสุกแก่)
สีข้าว	มะลิ 105	-	-	-	-	-
	กข 6	-	-	-	-	-
สีแดง	SRN2007.No.2	-	-	-	-	-
	SRN2007.No.3	-	-	-	-	-
	SRN2007.No.4	-	-	-	-	-
	SRN2007.No.5	-	-	-	-	-
สีดำ	Entry 1	-	-	-	-	-
	Entry 13	-	-	-	-	-
	Entry 18	-	-	-	-	-
	Entry 30	-	-	-	-	-

จากกราฟรูปที่ 4.8 เป็นการเปรียบเทียบให้เห็นระหว่างพืชเกษตรมาตรฐานวิตามินอีกับเมล็ดพันธุ์รูปแบบและใบข้าวทั้งที่มีและไม่มีสี (รูปที่ 4.9) จากกราฟใบข้าวจะไม่ปรากฏพืชเกษตรมาตรฐานวิตามินอีซึ่งมีค่า retention time หรือเวลาที่ใช้ในการถูกชะออกมาตรฐานเท่ากับพืชเกษตรมาตรฐาน วิตามินอีในใบข้าวไม่พบว่ามีวิตามินอี ซึ่งทั้งห้าระยะการเจริญเติบโตจะให้ผลเหมือนกัน (ตารางที่ 4.10)



บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย

การวิเคราะห์หาสารที่มีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในตัวอย่างใบข้าวแดง ข้าวขาว และข้าวดำ ที่แต่ละระยะการเจริญเติบโต มีการวิเคราะห์ที่ผู้ทั้งหมด 5 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 (แตกกอ) ระยะที่ 2 (สร้างรวง) ระยะที่ 3 (ตั้งท้อง) ระยะที่ 4 (เมล็ดน้ำนม) และ ระยะที่ 5 (ระยะสุกแก่) โดยใส่ใบต้นข้าวสดด้วยขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรที่เครื่องบดเนื้อสัตว์ขนาด 1 มิลลิเมตรลงในสารละลาย DPPH โดยวัดค่าการฟอกขาวของ DPPH สารสกัดที่มีสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จะทำปฏิกิริยากับ DPPH radical ทำให้สีม่วงของ DPPH จางลง สามารถวัดได้โดยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ผลการทดลองจะเห็นว่าใบข้าวที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ทุกชนิดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน โดยดูจากค่า IC_{50} (ตารางที่ 4.9) เป็นตัวเปรียบเทียบ ซึ่งค่า IC_{50} คือค่าความเข้มข้นของสารที่สามารถทำให้ความเข้มข้นของ DPPH ลดลง 50% ถ้าข้าวพันธุ์ใหม่มีค่า IC_{50} น้อยแสดงว่าข้าวพันธุ์นั้นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมาก

จากการทดลองพบว่า ใบข้าวที่แต่ละระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะแตกกอจนถึงระยะสุกแก่ของพันธุ์ข้าวแดง ข้าวขาว และข้าวดำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ไม่แตกต่างกัน ใบข้าวไร่ระยะที่ 1 (แตกกอ) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุด เพราะมีการเจริญเติบโตได้มากที่สุดและเป็นช่วงที่สังเคราะห์คลอโรฟิลล์มากที่สุด รองลงมาได้แก่ใบข้าวระยะที่ 2 (สร้างรวง) ระยะที่ 3 (ตั้งท้อง) ระยะที่ 4 (เมล็ดน้ำนม) และระยะที่ 5 (ระยะสุกแก่) ตามลำดับ ใบข้าวไร่ระยะที่ 1 พบว่าข้าวไร่ โดยเฉพาะข้าวไร่พันธุ์ Fany 18 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุด ($IC_{50} = 0.015 \text{ mg/mL}$) และข้าวขาว หงษ์เมฆี 195 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ต่ำที่สุด ($IC_{50} = 0.556 \text{ mg/mL}$) และมีฤทธิ์ต่ำกว่า BHA ($IC_{50} = 0.0021 \text{ mg/mL}$)

เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างฤทธิ์ต้านออกซิเดชันกับปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิก โดยใช้วิธี Folin-Coucalteu method ซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน โดยความเข้มข้นของสีนี้เป็นตัวบ่งบอกปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งสามารถวัดได้โดยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร จากการทดลองพบว่าใบลิ้นข้าวดำ มีปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิกมากที่สุด รองลงมาคือใบข้าวแดง และข้าวขาว ตามลำดับ

กลไกที่สำคัญในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกคือ ความสามารถกำจัดหรือทำลายโมเลกุลของอนุมูลอิสระ ได้แก่ อนุมูลที่ปล่อยออกซิเจนและอนุมูลที่ฟีนอลิกในบริเวณเปลือกพืช โดยสารสกัดจากใบข้าวจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเป็นองค์ประกอบซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดอนุมูลอิสระ เช่น $DPPH^{\circ}$ $ABTS^{\circ}$ และ OH° เป็นต้น (โพลินรัตน์, 2545)

ข้อพิจารณาตามสัมพันธภาพระหว่างสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับการออกฤทธิ์ต้านปฏิกิริยา

สารประกอบฟีนอลิกสูง ทั้งออกฤทธิ์ต้านออกซิเดชันสูงด้วยเช่นกัน สำหรับการศึกษาปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิก พบว่าใบข้าวสาลี มีปริมาณรวมของสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าใบข้าวขาว จึงมีส่วนที่ทำให้มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าข้าวขาว นอกจากนี้สารประกอบแอนโทไซยานิน ซึ่งพบได้ในใบข้าวสาลี ก็มีฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เช่นกัน (มณีรัตน์, 2548)

การวิเคราะห์หาปริมาณของวิตามินเอซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สำคัญชนิดหนึ่ง และละลายได้ในน้ำมัน จากผลการทดลองไม่พบว่ามีวิตามินอีในทุกระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวในแต่ละพันธุ์ แสดงว่าใบข้าวไม่มีการผลิตหรือสะสมวิตามินอีหรือวิตามินเอแต่อย่างใด จึงไม่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณของวิตามินอีได้



เอกสารอ้างอิง

- ไพจิตรรัตน์ ชินวงศ์ (2545) ผลของสารสกัดหยาบจากเปลือกและเนื้อผลของผักบางชนิดในการต้าน
ปฏิกิริยาออกซ์เดชัน ปัญหาพิเศษ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- มณีรัตน์ ต๊ะมาฟู (2548) สมบัติแอนติออกซ์เดชันและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในข้าวพันธุ์ต่าง
ปัญหาพิเศษ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- Billack, W. (1999). Phytochemicals as bioactive agents. Lancaster, Based, Switzerland: Technomic
Publishing Co., Inc. pp 25-36
- Carios, A. G.; Grace, G.; Mercedes, B. M.; Patricio, H.; Victor C. G. (2007). Correlation of tocopherol,
tocotrienol, γ -oryzanol and total polyphenol content in rice with different antioxidant capacity
assays. *Food Chem.* 102, 1128-1232.
- Datta, K.; Baisakh, N.; Oliva, N.; Torrizo, L.; Abrigo, F.; Tan, J.; Rai, M.; Rehana, S.; Al-Babili, S.;
Beyer, P.; Potrykus, L.; Datta, S. K. (2003). Bioengineered 'golden' indica rice cultivars with beta-
carotene metabolism in the endosperm with hygromycin and mannose selection systems. *Plant
Biotechnol. J.* 1, 81-90.
- James, A. W. (2003) Whole grains protect against atherosclerotic cardiovascular disease. *Proc. Nutr. Soc*
62, 135-142
- Jenkins, D. J. A.; Kendall, C. W. C.; Marchie, A.; Jenkins, A. L.; Augustin, L. S. A.; Ludwig, D. S.;
Barnard, N. D.; Anderson, J. W. (2003). Type 2 diabetes and the vegetarian diet. *Am. J. Clin
Nutr.* 78, 610S-616S.
- Jon, F.; Alice, K.; Thomas, A. W.; van der Kooij, Marin, S.; Karim, K. (2004). Tocopherol and tocotrienol
accumulation during development of caryopses from barley. *Phytochem.* 65, 2977-2985.
- Kafol, K. A.; Rui, H. I. (2002). Antioxidant activity of grains. *J. Agric. Food Chem.* 50, 6182-6187.
- Khiena, Z. B., Alia, V. I.; Elena, N. S.; Svetlana, Yu. S. (2007) Procedure 40 potentiometric,
determination of antioxidant activity of food and herbal extracts. *Comprehensive Anal. Chem.* 49,
e277- e283.
- Moldenhauer K. and Slaton N. (1997). Rice Growth and Development. University of Arkansas Division
of Agriculture Cooperative Extension Service 2301 South University Avenue Little Rock,
Arkansas 72204 USA
- Osawa T.; Namiki, M. A. (1982). Novel type of antioxidant isolated from leaf wax of Eucalyptus leaves



- Yamaguchi, T.; Takamura, H.; Matobe, T.; Terao, J. (1998) HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of food by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 62, 1201-1204.
- Que, F., Linchun, M., Pan, X. (2006). Antioxidant activities of five Chinese rice wines and the involvement of phenolic compounds. *Food Research Inter.* 39, 581-587.
- Rogers, E. J.; Rice, S. M.; Nicolosi, R. J.; Carpenter, D. R.; McClelland, C. A.; Romanczyk, L. J. (1993) Identification and quantitation of γ -oryzanol components and simultaneous assessment of tocopherols in rice bran oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 70, 301-307.
- Sanaa, R., El-Sayed, M. A., & Maher, N. (2006). Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chem.* 98, 32-38.
- Shahid, I.; Bhanger, M. I.; Farooq, A. (2005). Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. *Food Chem.* 93, 265-272.
- Xu, Z.; Hua, N.; Godbet, J. S. (2001). Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols and γ oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-Azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride. *J. Agricul. Food Chem.* 49, 2077-2081.
- Young-Nam, K., David, W. G., Judy, A. D. (2007) Tocopherol and carotenoid contents of selected Korean fruits and vegetables. *J. Food Comp. Anal.* 20, 458-465.
- Zhong, M. W., Guo, B. J.; Zhang, R. F.; Chu, J. W.; Wei, Z. C.; Xu, Z. H.; Zhang, Y.; Tang, X. J. (2006). Separation, Purification and Identification of Antioxidant Compositions in Black Rice. *Agric. Sci. China*, 5, 431-440.



ภาคผนวก

วิธีการคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

เมื่อได้สารสกัดเมทานอลปริมาตร 50 mL จากใบข้าว 5 g นำไปจะเทียบเมทานอลออก แล้วจึงหาน้ำหนักที่แท้จริงของสารสกัด เช่น ใบข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 ได้น้ำหนักที่แท้จริงคือ 0.846 g

จาก น้ำหนักที่แท้จริงของสารสกัดใบข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 หนัก 0.846 g ปรับปริมาตรเป็น 50 mL

คิดเป็นความเข้มข้นของสารสกัด = $0.846 \text{ g} / 50 \text{ mL} = 16.92 \text{ mg/mL}$

จากการทดลองนำสารสกัดปริมาตร 0.2 mL มาใช้ทำปฏิกิริยากับสารผสม

จากความเข้มข้นเดิมของสารสกัดคือ 16.92 mg/mL ดังนั้น

ในสารสกัด 1 mL มีสารประกอบฟีนอลิกอยู่ = 16.92 mg

ถ้าปีเปิดมา 0.2 mL มีสารประกอบฟีนอลิกอยู่ = $(16.92 \text{ mg} \times 0.2 \text{ mL}) \div 1 \text{ mL} = 3.384 \text{ mg/mL}$

และปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 7 mL ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง จะได้ว่า

ในสารละลาย 7 mL มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอยู่ = 3.384 mg

คิดเป็นความเข้มข้นของสารสกัด = $3.384 \text{ mg} / 7 \text{ mL} = 0.484 \text{ mg/mL}$

จากการเทียบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจากกราฟมาตรฐานของ gallic acid

โดย ใบข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 มีค่าการดูดกลืนแสง = 1.187

สมการการ $y = 3.4452x - 0.0006$

แทนค่า $y = 1.187$

จะได้ $x = 0.3455$

แสดงว่าความเข้มข้นสารสกัดใบข้าว 0.484 mg/mL มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด = 0.3455 mg

GAE หมายถึงว่า

สารสกัดใบข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 จะมีความเข้มข้น = 0.1732 mg GAE/0.484 mg of extract

= 0.709 mg GAE/mg of extract

ส่วนใบข้าวพันธุ์อื่นๆที่คำนวณในทำนองเดียวกันกับใบข้าวพันธุ์หอมมะลิ



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางมณฑนา นครรัมย์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Muntana Nakomriab

ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย (อาจารย์)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ. ขามเฒ่า

อ.กันทรวิชัย จ. มหาสารคาม 44150 โทรศัพท์ โทรสาร: 043-754246

E-mail muntana@msu.ac.th

ประวัติการศึกษา

1986 – 1991

B.S. Science (Chemistry), Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand

1998 – 2001

M. Science (Chemistry), Khonkaen University, Khonkaen, Thailand



สรุปรายงานการใช้จ่ายเงิน

	รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1. หมวดค่าวัสดุสารเคมี		
2.1	สารเคมี ได้แก่ Folin-Ciocalteu's reagent, gallic acid, DPPH, methanol, standard vitamin E	22,500
2.2	ถ้วยสำหรับใส่แปลงข้าว	2,500
3. หมวดค่าใช้สอย		
3.1	ค่าไถดินและค่าเก็บทองใบจากรปลูก บำรุงรักษา และเก็บเกี่ยวข้าว	4,000
3.2	จัดทำรูปเล่มและเอกสาร	1,000
	รวม	30,000



(Manuscript)

Screening of antioxidant activity and determination of vitamin E in each growth stage from Thai rice cultivars

MUNTANA NAKORNRIAB

Department of Chemistry, Faculty of Science, Maharakham University

Maharakham 44150, Thailand.

E-mail: muntana.c@msu.ac.th



ABSTRACT

In this study, the methanol extracts from leaves in each growth stage, such as tillering, panicle initiation, booting, milking, and maturation stage of white rice, red rice, and black rice are studied for their antioxidative activity and total phenolic content. The total phenolic content of the extracts was analyzed by Folin-Ciocalteu method, and antioxidative activity was assessed by the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical-scavenging activity. The results indicate that the total phenolic content of red rice, black and white rice extract were found the highest at tillering stage in the range of 0.709–0.743, 0.948–0.991, and 1.061–1.132 mg GAE/mg of extract, respectively. In the DPPH radical-scavenging assay, was found the highest activity at tillering stage. Black rice, Entry 18 showed the highest activity ($IC_{50} = 0.048$ mg/mL) and the white rice, hommale 105 showed the lowest ($IC_{50} = 0.556$ mg/mL). The component activity, vitamin E was not found in leaves at all stage of rice. In conclusion, all of the rice bran cultivars have strong antioxidant activity and total phenolic content in the following order: leave black rice, leave red rice and leave white rice, respectively.

Keywords: white rice, red rice, black rice, antioxidant activity, free radical-scavenging



INTRODUCTION

Rice is considered one of natural resources that contain high amount of phytonutrients and a number of biologically active phytochemicals such as oryzanols, tocopherols, tocotrienols, vitamin B complex, carotenoids and phenolic compounds (1-4). Most of these chemicals are widely recognized as being capable of maintaining human health and wellbeing. Additional to these are the phytochemicals responsible for colors. These compounds usually accumulate in pericarp and testa, or bran part, of the rice kernel resulting in pigment-containing rice with deep distinct colors such as red, purple and black, known as pigmented or colored rice.

A number of colored rice varieties are grown throughout Asia, among them, the Thai glutinous black rice varieties known as "black sticky rice" or "kao niow dahn" are commonly available throughout the world rice market. Lately, there has been a release of some non-glutinous Thai black rice varieties, e.g. Khao Hom Nin (KIIN), which have been earning higher popularity and demand higher prices in Asian rice market nowadays. This is due to the evidences reported by many researchers that black rice contains anthocyanin and other polyphenolic compounds much more abundantly than white rice (5-7). In addition, there was a significant positive correlation between the black rice contents in the extract and their antioxidative potency (8-11). Being rich in phytochemicals that possess antioxidant property, black rice has attracted increasing attention recently due to the subsequent medicinal merits, which include the prevention of various diseases associated with oxidative stress, such as cancer (12), cardiovascular (13). In order to value black rice as a potential diet for use in nutraceutical and functional food products, it is essential that comprehensive scientific studies on its function of dietetic therapy have been performed. For measurement of antioxidant capacity of food and beverages, a number of different methods have been developed recently (14-16) because different antioxidant compounds may act through different mechanisms. Thus, no single method can fully evaluate the total antioxidant capacity of foods (17).

HPLC separations of tocopherols and tocotrienols have been reported to perform on both normal-



and reversed-phase columns. Although reversed-phase columns are generally known to have the advantages of better stability and longer durability than the normal-phase ones, most reversed-phase columns are not able to separate the β - and γ -isomers of tocopherols and tocotrienols. Most recently, a long chain alkyl-bonded silica phase, triacontylsilica (C30-silica) has been successfully applied to separation of some isomers and homologues of tocopherols and tocotrienol in palm oil (18, 19)

This research was aimed to investigate the antioxidant activities of some leaves at tillering, panicle initiation, booting, milking, and maturation stage of white rice, red rice, and black rice extracts using a number of methods with different mechanisms. Firstly, total phenolic content (TPC) of leaves in five growth stage rice was measured following the Folin–Ciocalteu method, using gallic acid as a standard (20-22). Finally, the radical and reactive oxygen scavenging capacity, a DPPH was examined (23-26).

MATERIALS AND METHODS

Plant Materials.

Two cultivars of Thai white rice were Hom mali 105, and KHO Supan, Saohi, Hom chaiya four of red rice were SRN2007 No.2, SRN2007 No.3, SRN2007 No.4, and SRN2007 No.5 and four of black rice were 5 Entry 1, Entry 13, Entry 18, and Entry 30. All the rice was from the 2007 crop in the experimental field in Maharakham University, Maharakham province, Thailand.

Reagents and Chemicals.

Gallic acid, Folin-Ciocalteu reagent, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), linoleic acid, distilled water, sodium carbonate and standard vitamin E were purchased from Fluka (Switzerland). All other reagents and solvents used were of analytical and HPLC grade

Extraction of crude antioxidants. Leaves at tillering, panicle initiation, booting, milking, and maturation stage of decolor- rice and color-rice cultivars (25.0g) were extracted with methanol (3×80 min for 30 min in an intermittent shaking at room temperature. The extracts were combined



and filtered through a 0.45 µm of Nylon membrane filter. The extracts were then slowly concentrated under reduced pressure on a rotary evaporator, below 40 °C, to yield the crude antioxidants. The crude samples were used for the determination of antioxidant activity.

Total phenolic compounds. The total phenolic contents of crude leaves in five growth stage rice extracts were determined by spectrophotometric method using Folin–Ciocalteu’s phenol reagent (27). The crude extract in methanol (0.5 mL), in a test tube, was diluted to 5.0 mL with glass distilled water. Folin–Ciocalteu’s phenol reagent (5.0 mL) was added and the contents of the test tube mixed thoroughly. After 30 min, 5 mL of 10% sodium carbonate solution was added and the mixture was allowed to stand for 1 h, with intermittent shaking. The absorbance of the blue color was measured in a Thermo Spectronic 4001/4 (USA) at 750 nm. The concentration of total phenolic compounds was determined using gallic acid equation (mg/g extract) that was obtained from standard gallic acid calibration curve. This experiment was carried out in triplicate and averaged for the different fractions of leaves in five growth stage rice varieties.

DPPH free radical-scavenging activity. The radical scavenging activity of crude leaves rice in five growth stage extracts was measured using the method of Yamaguchi and co-workers (28). The crude extract and BHA (5–40 mg/mL) were added to 1.5 mL of 0.1 mM DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) in ethanol. The mixture was shaken vigorously and left to stand for 20 min at room temperature in the dark. The absorbance was measured in a Thermo Spectronic 4001/4 (USA) at 517 nm. For the control reaction was containing all reagents except the crude samples. The radical scavenging effect was calculated by the following equation:

$$\text{Scavenging effect (\%)} = [(A_c - A_s)/A_c] \times 100,$$

where A_c is the absorbance of the control at 517 nm and

A_s is the absorbance of the extract/standard at 517nm.

This experiment was carried out in triplicate and averaged for the different fractions of crude

leaves of five growth stage extracts



Quantification of tocopherols and tocotrienols by reverse phase HPLC

After which, the extracts were slowly concentrated under reduced pressure, using a rotary evaporator at the temperature lower than 40 °C to yield a crude extract, which was then subjected to analysis by HPLC. Develosil C30-UG-5 separating column (4.6 x 250 mm, 5 µm) and a mobile phase solution (97% v/v MeOH in water) with a flow rate of 1.0 mL/min were used for separation of the vitamin E components. The analytes were detected at wavelengths 295 nm. This experiment was carried out three times, and the results were averaged for different leaves samples of the rice cultivars. The quantity of tocopherols and tocotrienols isomers in rice samples were determined by comparing with the standard calibration curves.

RESULTS AND DISCUSSION

Total phenolic compounds. The total phenolic content was measured by Folin-Ciocalteu reagent method using gallic acid as the standard. A linear calibration curve of gallic acid was results with a correlation coefficient, $R^2 = 0.9990$ over the concentration rang 20-120 µg/mL. This linear equation was used for determination of total phenolic compounds in rice extracts. The average quantity of total phenolic compounds found in rice extracts were shown in **Table 1**. The amount of total phenolics content were found in tillering, panicle initiation, booting, milking, and maturation stage. Leaves at tillering stage of all white, red, and black rice extract comprised the number of phenolic compounds in the ranged from 0.8931-0.9884, 1.0103-1.0494 and 1.0810-1.2239 mg GAF/mg of extract, respectively. The black rice was remarkably highest in polyphenolic content compared to the red and white rice.

DPPH scavenging activity. The radical-scavenging activity at leaves in five growth stage at tillering, panicle initiation, booting, milking, and maturation stage of all rice extract was measured by using DPPH radical. The DPPH radical is one of the known mechanisms by which antioxidants inhibit l



of H^+ to form the reduced DPPH-H, the molar absorptivity at 517 nm, and the color changed from purple to yellow. Leaves at tillering stage of all white, red, and black rice extract comprised the highest number of radical scavenging activity. In this study, the scavenging activity was increased with increased concentration of all the rice antioxidants in the range of 0.05 - 10 mg/mL and the linear curve was obtained up to 0.5 mg/mL. High pigmented black rice and red rice showed relatively higher radical scavenging activity than non-pigmented rice. The order of scavenging effect was black rice > red rice > white rice > at the concentration of 0.5 mg/mL. The EC_{50} value, meaning the radicals were scavenged by 50 % of the antioxidants and BHA (Table 2). The lower the EC_{50} , the higher is the antioxidant activity. In this assay, the possible mechanisms suggest that the radical-scavenging effects of black rice might be due to the hydroxyl groups in antioxidants of the extracts.

Contents of tocopherols and tocotrienols

Figure 1 shows a chromatogram of a standard mixture containing α -, β -, γ -, δ - tocopherols and α -, β -, γ -, δ - tocotrienol in comparison with that of the rice sample, Hom mali 105, SRN2007-2, and entry 18. For method validation, it was found that each standard exhibited a linear response ($r^2 > 0.999$) over the concentration range of 10.00 - 50.00 mg/l for all vitamin E isomers. These linear equations were used for determination of vitamin E isomers in the leave at tillering stage of all white, red, and black rice extracts. To calculate the contents of these vitamin E isomers in the all rice samples was determined. Results are shown in Table 3.

CONCLUSION

The results presented in this study showed that leaves at tillering stage of Thai rice cultivars possessed relatively strong antioxidant activity. There was also a correlation between the capacities of total and specific antioxidation and total phenolic contents of the black rice samples studies

indicati



compounds. Bran of some Thai red rice cultivars is, therefore, a potential source of antioxidative phytochemicals and is a useful ingredient for nutraceutical or functional food products.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors wish to thanks to Dr. Perayos Khangkhun (Department of Plant Production Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University) for the all rice samples and Department of Chemistry, Faculty of Science, Mahasarakham University for a partial support of some chemicals. Financial support from Division of Supporting Research, Mahasarakham University is acknowledged.



LITERATURE CITED

- (1) Xu, Z.; Hua, N.; Godber, J. S. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols and γ -oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-Azobis(2-methylpropionamidine) dihydrochloride. *J. Agric. Food Chem.* **2001**, 49, 2077-2081.
- (2) Su, T.; Kazo, N.; Hiroshi, K. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. *J. Agri. Food Chem.* **2004**, 55, 4808-4813.
- (3) Chen, M. H.; Bergman, C. J. A rapid procedure for analysing rice bran tocopherol, tocotrienol and γ -oryzanol contents. *J. Food Comp Anal.* **2005**, 18, 319-331.
- (4) Stöggel, W.; Huck, C.; Wongyai, S.; Scherz, H.; Bonn, G. Simultaneous determination of carotenoids, tocopherols, and γ -oryzanol in crude rice bran oil by liquid chromatography coupled to diode array and mass spectrometric detection employing silica C30 stationary phases. *J. Sep. Sci.* **2005**, 28, 1712-1718.
- (5) Zhang, M. W.; Guo, B. J.; Zhang, R. F.; Chi, J. W.; Wei, Z. C.; Xu, Z. H.; Zhang, Y.; Tang, X. J. Separation, purification and identification of antioxidant compositions in black rice. *Agric. Sci. in China.* **2006**, 5, 431-440.
- (6) Ryu, S. N.; Park, S. Z.; Ho, C. T. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *J. Food Drug Anal.* **1998**, 6, 729-736.
- (7) Osawa, T. Protective role of dietary polyphenols in oxidative stress. *Mech. Ageing Dev.* **1999**, 111, 133-139.
- (8) Ling, W. H.; Cheng, Q. X.; Ma, J.; Wang, T. Red and black rice decrease atherosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits. *Am. J. Nutr. Sci.* **2001**, 131, 1421-1426.
- (9) Hu, C.; Zawistowski, J.; Ling, W.; Kitts, D. D. Black rice (*Oryza sativa* L. *indica*) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological systems. *J. Agri. Food Chem.* **2003**, 51, 5271-5277.



- (10) Sun, L.; Zang, M. W.; Chi, J. W. The antioxidation activity of black rice and its correlation with flavonoids and pigment. *J. Nutr.* **2000**, *22*, 246-249.
- (11) Ichikawa, H.; Ichihayashi, T.; Xu, B.; Yoshii, Y.; Nakajima, M.; Konishi, I. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. *J. Med. Food* **2001**, *4*, 211-218.
- (12) Chen, P. N.; Kuo, W. H.; Chiang, C. L.; Chiou, H. L.; Hsieh, Y. S.; Chu, S. C. Black rice anthocyanins inhibit cancer cells invasion via repressions of MMPs and u-PA expression *Chem.-Biol. Interactions.* **2006**, *163*, 218-229.
- (13) Jerzy, Z.; Chun, H.; David, D. K. A process for the extraction of anthocyanins from black rice for treatment of cardiovascular diseases. Eds.; Forbes Medi-Tech: Canada, 2003; p 72.
- (14) Wang, H.; Cao, G.; Prior, R. L. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* **1997**, *45*, 304-309.
- (15) Pellegrini, N.; Simonetti, P.; Gardana, C.; Brenna, O.; Brighenti, F.; Pietta, P. G. Polyphenol content and total antioxidant activity of *vininovelli* (young red wines). *J. Agric. Food Chem.* **2000**, *48*, 732-735.
- (16) Benzie, I. F. F.; Strain, J. J. Ferric reducing antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration *Methods Enzymol.* **1999**, *299*, 15-27.
- (17) Pellegrini, N.; Serafini, M.; Colombi, B.; Del Rio, D.; Salvatore, S.; Bianchi, M.; Brighenti, F. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *J. Nutr.* **2003**, *133*, 2812-2819.
- (18) Rentel, C.; Strohschein, S.; Albert, K.; Bayer, F. *Anal. Chem.*, **1998**, *70*, 4394-4397.
- (19) Strohschein, S.; Rentel, C.; Lacker, T.; Bayer F.; Albert, K. *Anal. Chem.*, **1999**, *71*, 1780-1787.
- (20) Singleton, V. L.; Rossi, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphoric acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* **1965**, *16*, 144-158



- (21) Velioglu, Y. S.; Mazza, G.; Gao, L.; Oomah, B. D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *J. Agric. Food Chem.* **1998**, *46*, 4113–4117.
- (22) Zheng, W.; Wang, S. Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *J. Agric. Food Chem.* **2001**, *49*, 5165–5170.
- (23) Bondet, V.; Brand-Williams, W.; Berset, C. Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH[•] free radical method. *Lebensm. Wiss. Technol.* **1997**, *30*, 609–615.
- (24) Soler-Rivas, C. An easy and fast test to compare total free radical scavenger capacity of foodstuffs. *Phytochem. Anal.* **2000**, *11*, 330–338.
- (25) Moreno, M. I. N.; Isla, M. I.; Sampietro, A. R.; Vattuone, M. A. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J. Ethnopharm.* **2000**, *71*, 109–114.
- (26) Wettasinghe, M.; Shahidi, F. Scavenging of reactive-oxygen species and DPPH free radicals by extracts of borage and evening primrose meals. *Food Chem.* **2000**, *70*, 17–26.
- (27) Osawa, T.; Namiki, M. A. Novel type of antioxidant isolated from leaf wax of Eucalyptus leaves. *Agric. Biol. Chem.* **1981**, *45*, 735–739.
- (28) Yamaguchi, T.; Takamura, H.; Matobe, T.; Terao, J. HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of food by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **1998**, *62*, 1201–1204.



Figure Captions

Figure 1 A chromatogram of a standard mixture containing α -, β -, γ -, δ - tocopherols and α -, β -, γ -, δ - tocotrienol and leave at tillering stage of all rice.

Table 1 (A) Total phenolic content at leave in tillering stage of rice extracts measured by the Folin-Ciocalteu method.

Table 1 (B) Total phenolic content at leave in panicle initiation stage of rice extracts measured by the Folin-Ciocalteu method.

Table 1 (C) Total phenolic content at leave in booting stage of rice extracts measured by the Folin-Ciocalteu method.

Table 1 (D) Total phenolic content at leave in milking stage of extracts measured by the Folin-Ciocalteu method

Table 1 (E) Total phenolic content at leave in maturation stage of rice extracts measured by the Folin-Ciocalteu method.

Table 2 Radical-scavenging activity at leave at five growth stage from all rice extracts and BHA expressed by EC_{50} (mg/mL).

Table 3 The contents of vitamin E isomers in leaves at tillering stage of the all rice samples



Figure 1

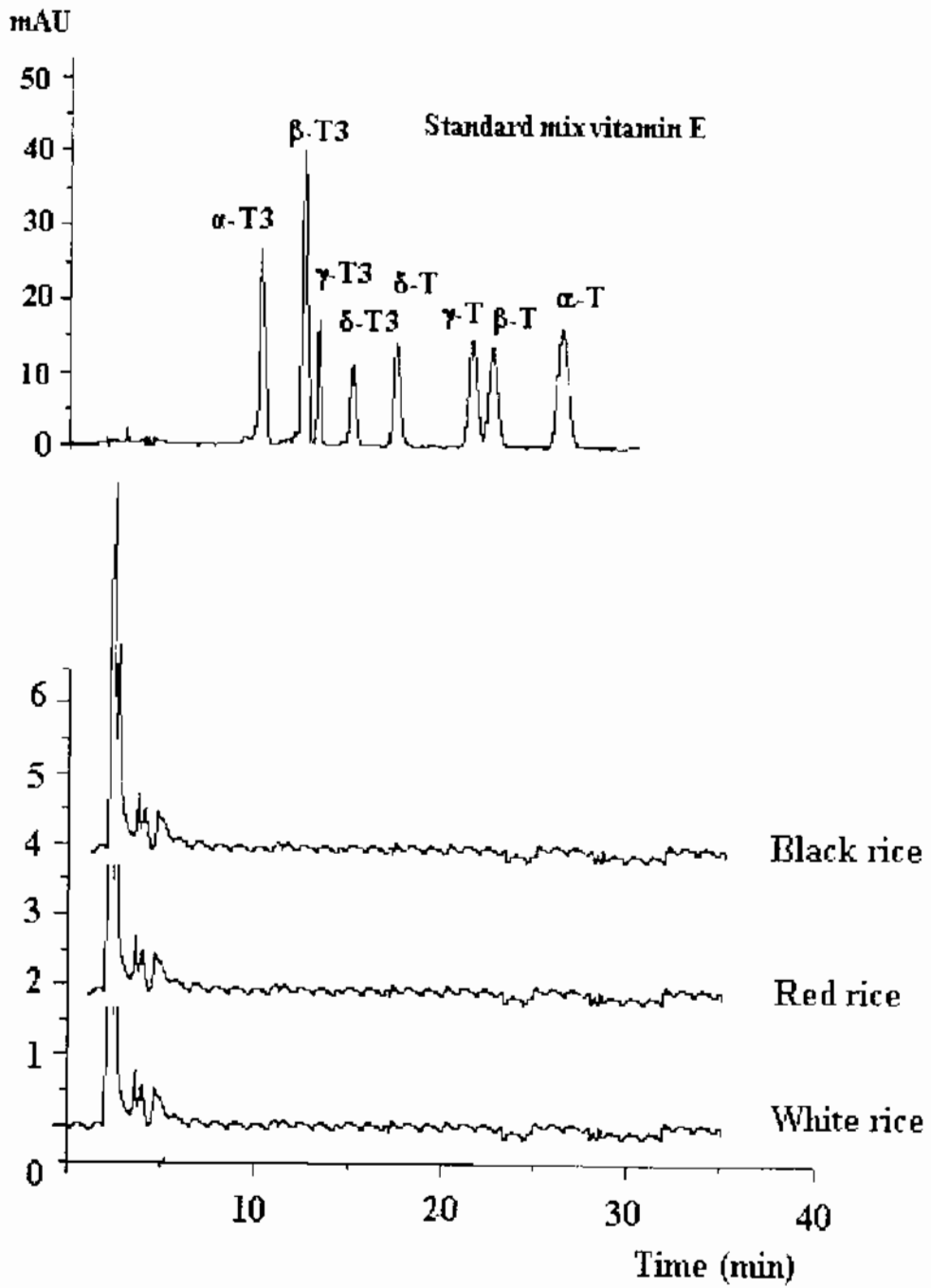


Table 1 (A)

Pigment of rice	Rice cultivars	UV Absorbance				Total phenolic content (mg GAE/mg of extract)
		1	2	3	Average	
White	Mali 105	1.189	1.189	1.190	1.189	0.709
	Goh-Koh 6	1.238	1.237	1.237	1.237	0.743
Red	SRN2007 No.2	1.694	1.693	1.694	1.694	0.991
	SRN2007 No.3	1.668	1.664	1.663	1.665	0.955
	SRN2007 No.4	1.623	1.621	1.621	1.662	0.948
	SRN2007 No.5	1.656	1.655	1.656	1.656	0.989
Black	Entry 1	1.847	1.849	1.849	1.848	1.092
	Entry 13	1.878	1.879	1.879	1.879	1.111
	Entry 18	1.925	1.926	1.926	1.926	1.132
	Entry 30	1.803	1.802	1.802	1.802	1.061

Table 1 (B)

Pigment of rice	Rice cultivars	UV Absorbance				Total phenolic content (mg GAE/mg of extract)
		1	2	3	Average	
White	Mali 105	0.839	0.840	0.839	0.839	0.501
	Goh Koh 6	0.865	0.866	0.866	0.866	0.520
Red	SRN2007 No.2	1.357	1.353	1.352	1.352	0.792
	SRN2007 No.3	1.322	1.324	1.324	1.323	0.783
	SRN2007 No.4	1.214	1.215	1.213	1.214	0.710
	SRN2007 No.5	1.327	1.327	1.326	1.327	0.792
Black	Entry 1	1.599	1.600	1.600	1.600	0.945
	Entry 13	1.629	1.628	1.628	1.628	0.963
	Entry 18	1.742	1.741	1.741	1.741	1.024
	Entry 30	1.587	1.588	1.587	1.587	0.935



Table 1 (C)

Pigment of rice	Rice cultivars	UV Absorbance				Total phenolic content (mg GAE/mg of extract)
		1	2	3	Average	
White	Mali 105	0.491	0.490	0.491	0.491	0.293
	Goh-Koh 6	0.511	0.512	0.512	0.512	0.305
Red	SRN2007 No.2	0.871	0.869	0.869	0.870	0.509
	SRN2007 No.3	0.854	0.852	0.852	0.853	0.505
	SRN2007 No.4	0.811	0.810	0.810	0.810	0.474
	SRN2007 No.5	0.852	0.852	0.853	0.852	0.509
Black	Entry 1	1.055	1.057	1.057	1.056	0.624
	Entry 13	1.099	1.098	1.099	1.099	0.650
	Entry 18	1.223	1.222	1.224	1.223	0.719
	Entry 30	1.025	1.026	1.027	1.026	0.601

Table 1 (D)

Pigment of rice	Rice cultivars	UV Absorbance				Total phenolic content (mg GAE/mg of extract)
		1	2	3	Average	
White	Mali 105	0.349	0.348	0.348	0.348	0.208
	Goh-Koh 6	0.365	0.366	0.366	0.366	0.220
Red	SRN2007 No.2	0.578	0.577	0.577	0.577	0.338
	SRN2007 No.3	0.555	0.555	0.554	0.555	0.328
	SRN2007 No.4	0.512	0.511	0.512	0.512	0.299
	SRN2007 No.5	0.557	0.556	0.558	0.557	0.333
Black	Entry 1	0.653	0.654	0.654	0.654	0.386
	Entry 13	0.674	0.675	0.673	0.674	0.399
	Entry 18	0.715	0.716	0.716	0.716	0.421
	Entry 30	0.628	0.629	0.630	0.629	0.371



Table 1 (E)

Pigment of rice	Rice cultivars	UV Absorbance				Total phenolic content (mg GAL mg of extract)
		1	2	3	Average	
White	Mali 105	0.249	0.248	0.248	0.248	0.148
	Goh Koh 6	0.267	0.268	0.268	0.2657	0.1599
Red	SRN2007 No.2	0.478	0.477	0.477	0.477	0.280
	SRN2007 No.3	0.455	0.455	0.454	0.455	0.269
	SRN2007 No.4	0.412	0.411	0.412	0.412	0.241
	SRN2007 No.5	0.457	0.456	0.458	0.457	0.273
Black	Entry 1	0.553	0.554	0.554	0.554	0.327
	Entry 13	0.574	0.575	0.573	0.574	0.340
	Entry 18	0.615	0.616	0.616	0.616	0.362
	Entry 30	0.528	0.529	0.530	0.529	0.312

Table 2

Pigment of rice	Rice cultivars	IC				
		Leave in tillering stage	Leave in panicle initiation stage	Leave in booting stage	Leave in milking stage	Leave in maturation stage
White	Mali 105	0.556	2.507	69.103	278.752	1.15×10^{01}
	Goh-Koh 6	0.549	1.516	25.450	187.459	3.94×10^{01}
Red	SRN2007.No.2	0.384	0.531	2.245	22.336	3.97×10^{01}
	SRN2007.No.3	0.456	1.215	5.531	69.989	2.30×10^{02}
	SRN2007.No.4	0.531	1.233	11.078	147.714	2.75×10^{02}
	SRN2007.No.5	0.443	0.550	3.615	24.231	2.88×10^{02}
Black	Entry 1	0.068	0.175	2.507	11.221	2.53×10^{01}
	Entry 13	0.055	0.104	1.215	5.531	4.45×10^{01}
	Entry 18	0.048	0.068	0.531	3.131	3.84×10^{01}
	Entry 30	0.068	0.227	3.353	24.724	1.27×10^{01}
Standard	A			0.092		



Table 3

Pigment of rice	Rice cultivars	Vitamin E content				
		Leave in tillering stage	Leave in panicle initiation stage	Leave in booting stage	Leave in milking stage	Leave in maturation stage
White	Mah 105	-	-	-	-	-
	Goh-Koh 6	-	-	-	-	-
Red	SRN2007.No.2	-	-	-	-	-
	SRN2007.No.3	-	-	-	-	-
	SRN2007.No.4	-	-	-	-	-
	SRN2007.No.5	-	-	-	-	-
Black	Entry 1	-	-	-	-	-
	Entry 13	-	-	-	-	-
	Entry 18	-	-	-	-	-
	Entry 30	-	-	-	-	-

