สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
21041

ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวชนิดต่างๆ

(Total polyphenol contents and antiradical properties of various rice samples)

T097049

โดย

นางสาวประทานพร สิชฌรังษี รหัสนักศึกษา 45040146
นางสาวสายรุ้ง ช่วยรอด รหัสนักศึกษา 45040169

ปพ.
ป215ป
25A6

เลขหมู่.................
เลขทะเบียน 97049
วัน,เดือน,ปี - 5 JUN 2008

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศาสตร์บัณฑิต
โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
Faculty of Agricultural Industry

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวชนิดต่าง ๆ

(Total polyphenol contents and antiradical properties of various rice samples)

จัดทำโดย

นางสาว ประทานพร สิชฌรังษี รหัสนักศึกษา 45040146

นางสาว สายรุ้ง ช่วยรอด รหัสนักศึกษา 45040169

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.... 23 / มี.ค. / 47 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวประทานพร สิชฌรังษี , นางสาวสายรุ้ง ช่วยรอด. 2548 : ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวชนิดต่างๆ (Total polyphenol contents and antiradical properties of various rice samples)
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม , 52 หน้า

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ในข้าวที่มีจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต 12 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นกลุ่มข้าวที่มีสีอ่อน 5 ตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ กลุ่มข้าวขัดขาว 2 ตัวอย่าง กลุ่มข้าวกล้อง 3 ตัวอย่าง และกลุ่มข้าวที่มีสีเข้ม 7 ตัวอย่าง พบว่ากลุ่มข้าวที่มีสีเข้มจะมีแนวโน้มของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่ากลุ่มข้าวที่มีสีอ่อน เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับค่า log ของความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} จะได้กราฟเป็นเส้นตรง (R^2 = 0.8995) และมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r = -0.879

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของสี (ค่า L*, dL* , dE*) ของตัวอย่างข้าวซึ่งคำนวณได้จากค่า L* , a* , b* ที่ได้จากเครื่องวัดสีกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH พบว่าพารามิเตอร์ dE* กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และพารามิเตอร์ dL* และ L* กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงที่มีสัดส่วนแปรผันตามกัน โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.5518 และ 0.8299 ตามลำดับ และมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r เท่ากับ 0.743 และ 0.911 ตามลำดับ สำหรับพารามิเตอร์ dL* และ L* กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และพารามิเตอร์ dE* กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงที่มีสัดส่วนผกผันกัน โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.5323 และ 0.8717 ตามลำดับ และมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r เท่ากับ -0.730 และ -0.934 ตามลำดับ

ประทานพร สิชฌรังษี
สายรุ้ง ช่วยรอด

27/3/49

ลายมือนักศึกษา	ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในเรื่อง ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวชนิดต่างๆ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ข้าพเจ้าขอ ขอบพระคุณ ผศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ซึ่งให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ตลอดจนให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอด ในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ ทั้งยังช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสิ้นโดยสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสิ้น ทั้งคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจ กำลังทรัพย์และอื่นๆ ขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำแก่ข้าพเจ้า ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ดี

นางสาว ประทานพร สิชฌรังสี
นางสาว สายรุ้ง ช่วยรอด
20 มีนาคม 2549

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 วารสารปริทรรศน์	
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเมล็ดข้าว	2
ลักษณะที่สำคัญของข้าว	2
ประเภทของข้าว	4
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารประกอบฟีนอลิก	4
เมตาบอลิซึมของสารประกอบฟีนอลิก	7
สมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก	7
สารที่มีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในส่วนต่าง ๆ ของข้าว	8
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	18
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก ก	34
ภาคผนวก ข	38
ภาคผนวก ค	41
ภาคผนวก ง	48
ประวัติผู้เขียน	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	สารประกอบฟีนอลิกหลักที่พบในพืช	6
3.1	การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก	16
4.1	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวชนิดต่างๆ	19
4.2	ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่างๆ	21
4.3	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่างๆ	23
4.4	พารามิเตอร์ของสี ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50}	26
1ก	ค่า L* ของตัวอย่างข้าวที่ได้จากเครื่องวัดสี	35
2ก	ค่า a* ของตัวอย่างข้าวที่ได้จากเครื่องวัดสี	36
3ก	ค่า b* ของตัวอย่างข้าวที่ได้จากเครื่องวัดสี	37
1ข	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตรของสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน	38
2 ข	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ ที่ซื้อมาจากซูเปอร์มาร์เก็ต	40
1ค	ปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวมันปูตราเนเจอร์โซนกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (ครั้งที่ 1)	42
2ค	ปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิตราหอมมะลิไทยกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH	43
3ค	ปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10 % ตราหงษ์ทองกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH	44
4ค	ปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวกล้องสีนิลตราคนรักษ์ข้าวกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH	45
5ค	ปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวเหนียวดำตราไร่ทิพย์กับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH	46
6ค	ปริมาณสารละลายวิตามินซีกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH	47
1ง	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง dE* กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)	48
2ง	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง dL* กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3ง	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง L* กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)	49
4ง	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง dE* กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} (กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)	49
5ง	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง dL* กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} (กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)	50
6ง	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง L* กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} (กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)	50
7ง	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง) กับ Log EC_{50} (กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)	51

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ส่วนต่างๆ ของต้นข้าว 3

2.2 ส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว 3

2.3 ส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวที่เหลือหลังจากการขัดสี 4

2.4 โครงสร้างของแอนโธไซยานินที่พบในข้าวสีนิล 8

2.5 โครงสร้างของอนุพันธุ์แกรมมาโอริซานอล 9

2.6 โครงสร้างของอนุพันธุ์วิตามินอี 9

2.7 โครงสร้างของกรดเฟอรูลิก 10

2.8 โครงสร้างของกรดคูมาลิก 10

2.9 โครงสร้างของกรดแกลลิก 11

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิกและค่าการดูดกลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร 18

4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวชนิดต่างๆ 20

4.3 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่างๆ 22

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดกับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่างๆ 24

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด กับ ค่า log EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ 24

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า L* เฉลี่ย กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ 27

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า dE* เฉลี่ย กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ 28

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า dL* เฉลี่ย กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ 28

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า L* เฉลี่ย กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ 28

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า dE* เฉลี่ย กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ 29

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า dL* เฉลี่ย กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวมันปูตราเนเจอร์โซนกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH 42

2ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวหอมมะลิตราหอมมะลิไทยกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH 43

3ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10 % ตราหงษ์ทองกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH 44

4ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวกล้องสีนิลตราคนรักษ์ข้าวกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH 45

5ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวเตราไร่ทิพย์กับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH 46

6ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารละลายวิตามินซีกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH 47

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) มีสมบัติในการต้านหรือควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน มีผลให้องค์ประกอบของเซลล์ไม่ถูกทำลาย และมีความสามารถในการช่วยป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจขาดเลือดและโรคมะเร็ง เป็นต้น สารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เมล็ด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย มัสตาร์ด ข้าว และงา ผล ได้แก่ องุ่น ส้ม พริกไทยดำ และโอลีฟ ใบ ได้แก่ ชา และเครื่องเทศต่าง ๆ เป็นต้น (วิวัฒน์ หวังเจริญ , 2545) ซึ่งสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่รู้จักกันในปัจจุบันมีทั้งชนิดที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น BHA , BHT และชนิดที่ได้จากธรรมชาติโดยเฉพาะจากส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึ่งได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์ วิตามินซี และ วิตามินอี เป็นต้น (Nam *et al.* , 2005)

ข้าวเป็นพืชที่มีองค์ประกอบของสารที่มีสมบัติเป็นสารชีวกิจกรรม (bioactive compounds) เช่น สารประกอบฟีนอลิก วิตามินอี แกรมมาโอริซานอล (γ – orizanal) เป็นต้น ซึ่งสารประกอบดังกล่าวมีสารประกอบที่มีสมบัติในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีโดยเฉพาะในข้าวกล้องและข้าวสีนิลจะมีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในปริมาณสูง เนื่องจากมีแอนโธไซยานิน วิตามินอี กรดฟีนอลิก และแกรมมาโอริซานอลสูง (Zu *et al.* , 2001)

ข้าวเป็นธัญพืชที่เป็นอาหารหลักของคนไทยและคนในแถบเอเชีย ซึ่งในปัจจุบันคนไทยและคนในแถบเอเชียนิยมบริโภคข้าวกล้องกันมากขึ้น เนื่องจากข้าวกล้องมีสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งสามารถป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ จึงน่าสนใจที่จะทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและศึกษาสมบัติการทำลายอนุมูลอิสระของข้าวขัดขาว ข้าวกล้อง และข้าวสีนิล ยี่ห้อต่าง ๆ ที่มีจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการทำลายอนุมูลอิสระของข้าวชนิดต่าง ๆ ที่มีจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีของตัวอย่างข้าวกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการทำลายอนุมูลอิสระของข้าวชนิดต่าง ๆ ที่มีจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทรรศน์

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเมล็ดข้าว

ชื่อวิทยาศาสตร์ของข้าว คือ *Oryza sativa L.* ข้าวเป็นพืชล้มลุก เจริญรวมเป็นกอ มีประมาณ 5-15 ต้น ลำต้นมีข้อชัดเจน ใบเดี่ยวมีสีเขียว ออกดอกสลับกัน รูปร่างแบนยาวเรียว ปลายแหลม ดอกขนาดเล็กออกเป็นช่อใหญ่และยาว ขนาดและลักษณะรายละเอียดจะแตกต่างกันตามพันธุ์ของข้าว ปลูกโดยใช้เมล็ดและปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย (ธิราพร , 2547)

2.2 ลักษณะที่สำคัญของข้าว (http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK3/chapter1/t3-1-l1.htm#sect1)

2.2.1 ลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต

ลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของต้นข้าว ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ

2.2.1.1 ราก รากเป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ใช้ยึดลำต้นกับดินเพื่อไม่ให้ต้นล้ม แต่บางครั้งก็มีรากพิเศษเกิดขึ้นที่ข้อซึ่งอยู่เหนือพื้นดินด้วย ต้นข้าวไม่มีรากแก้ว แต่มีรากฝอยแตกแขนงกระจายอยู่ใต้ผิวดิน

2.2.1.2 ลำต้น มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางและแบ่งออกเป็นปล้องๆ โดยมีข้อกั้นระหว่างปล้อง ความยาวของปล้องนั้นแตกต่างกัน จำนวนปล้องจะเท่ากับจำนวนใบของต้นข้าว ปกติมีประมาณ 20-25 ปล้อง

2.2.1.3 ใบ ต้นข้าวมีใบไว้สำหรับสังเคราะห์แสง เพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุ อาหาร น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นแป้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างเมล็ดของต้นข้าว ใบประกอบด้วย กาบใบและแผ่นใบ

2.2.2 ลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์

2.2.2.1 รวงข้าว (panicle) หมายถึงช่อดอกของข้าว (inflorescence) ซึ่งเกิดขึ้นที่ข้อของปล้องอันสุดท้ายของต้นข้าว ระยะระหว่างข้ออันบนของปล้องอันสุดท้ายกับข้อต่อของใบ เรียกว่า คอรวง

2.2.2.2 ดอกข้าว หมายถึง ส่วนที่เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียใช้สำหรับผสมพันธุ์ ดอกข้าวประกอบด้วยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่นประสานกัน เพื่อห่อหุ้มส่วนที่อยู่ภายในไว้ เปลือกนอกใหญ่แผ่นนอก เรียกว่า เลมมา (lemma) ส่วนเปลือกนอกใหญ่แผ่นใน เรียกว่า พาเลีย (palea) ทั้งสองเปลือกนี้ ภายนอกของมันอาจมีขนหรือไม่มีขนก็ได้

2.2.2.3 เมล็ดข้าว หมายถึง ส่วนที่เป็นเนื้อข้าวหรือเป็นแป้งที่เราบริโภค เรียกอีกอย่างว่าเอ็นโดสเปิร์ม ซึ่งโครงสร้างแป้งเป็นส่วนใหญ่และโปรตีนเป็นส่วนน้อย ดังภาพที่ 2.1 ในข้าวกล้องสัดส่วนโดยน้ำหนัก 80 เปอร์เซ็นต์ ของเมล็ดข้าวจะเป็นแป้ง ส่วนอีก 20 เปอร์เซ็นต์ จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

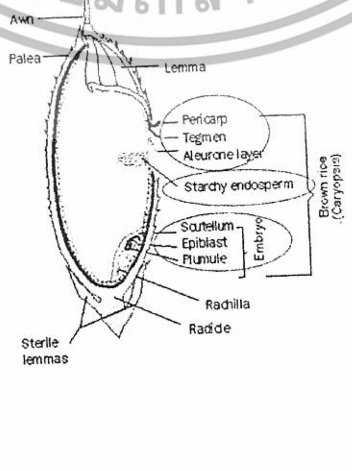
รำ และจมูกข้าว และมีเปลือกข้าวหรือแกลบ (hull) เป็นตัวห่อหุ้มเมล็ดข้าวทั้งเมล็ดไว้ รำ (rice bran) เป็นเนื้อเยื่อที่ห่อหุ้มส่วนที่เป็นเอนโดสเปิร์มไว้ ซึ่งจะมีความหนาบางต่างกันไปขึ้นกับพันธุ์ข้าว เนื้อเยื่อห่อหุ้มส่วนที่เป็นเอ็นโดสเปิร์มไว้ ประกอบด้วย เยื่อหุ้มข้าวกล้อง (caryopsis coat) มี 3 ชั้น ได้แก่ เยื่อชั้นนอก (pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (seed- coat) และเยื่อคั่น (nucellus) ถัดมาเป็นชั้นของเยื่อหุ้มเมล็ด (aleurone layer) แล้วจึงเป็นส่วนของเอ็นโดสเปิร์ม ซึ่งมีส่วนของจมูกข้าวติดอยู่ทางด้านท้องของเมล็ด จมูกข้าวเป็นส่วนของเมล็ดข้าวที่คุ้มงอ ห่อหุ้มบริเวณคัพพะ (Embryo หรือ Germ) ซึ่งเป็นส่วนที่จะงอกเป็นลำต้นของต้นข้าวเอาไว้ ส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าว แสดงดังภาพที่ 2.2 ดังนั้นจมูกข้าวจึงเป็นส่วนที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่สมบูรณ์ที่สุดของเมล็ดข้าว ให้รสชาติอร่อยในการหุงต้ม มีคุณค่าทางอาหารสูง ช่วยป้องกันโรคภูมิแพ้ ไขมันอุดตันในเส้นเลือด มะเร็ง อาการอ่อนเพลีย แต่จมูกข้าวมักจะหลุดออกมาในระหว่างการขัดสีในขบวนการผลิตข้าวขัดขาว

(a) (b) (c) (d)

ภาพที่ 2.1 ส่วนต่างๆ ของต้นข้าว

(a) รากข้าว (b) ลำต้นข้าว (c) ใบข้าว (d) รวงข้าว

ที่มา : http://www.silvergreenshop.com/info/rice/rice_germ.htm



ภาพที่ 2.2 ส่วนต่างๆ ของเมล็ดข้าว

ที่มา : นธีร์ ใบเจริญ. , 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ประเภทของข้าว (http://www.imp-agrotech.com/job/job-d/rice-germ-oil/rice-germ-oil1.asp)

2.3.1 ข้าวกล้อง คือข้าวที่ผ่านการขัดสีเพียงครั้งเดียวเพื่อเอาเปลือกหรือแกลบออก ข้าวที่ได้จึงเป็นข้าวที่มีสีขาวขุ่น โดยยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวหรือรำอยู่ ซึ่งจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวนี้เป็นส่วนที่อุดมด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และเส้นใยอาหาร จึงเป็นประโยชน์ต่อร่างกายมากกว่าข้าวประเภทอื่น

2.3.2 ข้าวซ้อมมือ เป็นชื่อเรียกข้าวที่เอาเปลือกออกโดยวิธีการตำ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในสมัยโบราณ ชาวบ้านโดยทั่วไปจะใช้วิธีตำข้าวกินกันเอง จึงเรียกข้าวที่ตำว่า " ข้าวซ้อมมือ " แต่ในปัจจุบันเราใช้เครื่องจักร สีข้าวแทน จึงเรียกข้าวที่สีเอาเปลือกออกว่า " ข้าวกล้อง " และบางคนยังคงเรียกข้าวที่สีเอาเปลือกออกโดยไม่ขัดให้ขาวว่า " ข้าวซ้อมมือ "

2.3.3 ข้าวแดง เป็นข้าวพันธุ์หนึ่งซึ่งเรามักจะรู้จักในชื่อของ " ข้าวมันปู " มีสีน้ำตาลแดง มีไขมันในปริมาณที่ใกล้เคียงกับข้าวกล้อง ซึ่งสูงกว่าข้าวขัดสีประมาณหนึ่งเท่า มีเบต้าเคโรทีน ที่จะเปลี่ยนมาเป็นวิตามินเอในร่างกายสูงกว่าข้าวขัดสี

2.3.4 ข้าวขาวหรือข้าว คือข้าวที่เกิดจากการขัดสีหลาย ๆ ครั้ง จนเยื่อหุ้มเมล็ดและจมูกข้าวหลุดออกไปเหลือแต่เนื้อในของข้าวซึ่งเป็นแป้ง สำหรับส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวที่เหลือหลังจากการนำเมล็ดข้าวเปลือกมาผ่านการขัดสี แสดงดังภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 ส่วนต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวที่เหลือหลังจากการขัดสี
ที่มา : ธิราพร , 2547

2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารประกอบฟีนอลิก (วิวัฒน์ หวังเจริญ , 2545)

สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เป็นสารในกลุ่มเซคัลดารี เมตาบอไลท์ (secondary metabolite) ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโต และการขยาย-พันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ดังนั้นรูปแบบของสารประกอบฟีนอลิกในพืชแต่ละชนิดจึงมีความแตก-ต่างกันออกไป ดังตารางที่ 1 ในปัจจุบันพบว่ามีสารประกอบฟีนอลิกที่ทราบโครงสร้างแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วมากกว่า 8,000 ชนิด ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acid) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นโพลีเมอร์ เช่น แทนนิน (tannins)

โครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบฟีนอลิกจะอยู่ในรูปของไกลโคไซด์ คือสารประกอบฟีนอลิกจะจับอยู่กับโมเลกุลของน้ำตาล โดยน้ำตาลดังกล่าวอาจจะเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) น้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharide) หรือโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) ก็ได้ แต่น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก คือ กลูโคส (glucose) ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นที่พบได้แก่ กาแลกโตส (galactose) แรมโนส (rhamnose) ไซโรส (xylose) อะราบิโนส (arabinose) และอนุพันธุ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโรนิก (glucoronic acid) กรดกาแลกตูโรนิก (galacturonic acid) และอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับสารประกอบฟีนอลิกด้วยกันเอง หรือสารประกอบ-ฟีนอลิกกับสารประกอบอื่นๆ เช่น กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acids) กรดอินทรีย์ (organic-acid) อะมีน (amines) และไขมันอีกด้วย

สารประกอบฟีนอลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถพบได้ทั่วไปและมีความสำคัญ (phenols , C6) กรดฟีนอลิก (phenolic acid , C6-C1) ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoid ,-C6-C3) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ตัวอย่างของฟีนอล ได้แก่ ฟีนอล (phenol) ครีซอล (cresol) ไทมอล (thymol) รีซอคซินอล (resorcinol) ออซินอล (orcinol) และอื่นๆ ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในพืชที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องเทศรวมทั้งไฮโดรควิโนน (hydroquinone) และอนุพันธุ์ สำหรับตัวอย่างของกรดฟีนอลิกได้แก่ กรดแกลลิก (gallic acid) กรดแวนิลลิก (vanillic acid) กรดไซริงจิก (syringic acid) กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (p-hydroxybenzoic-acid) และอัลดีไฮด์ของกรดฟีนอลิก ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในพืชชั้นสูงและเฟิร์น ตัวอย่างของฟี-นิลโพรพานอยด์ ได้แก่ กรดไฮดรอกซีซินนามิก (hydroxycinnamic acid) เช่น กรดคูมาลิก (p-cumaric acid) กรดคาฟเฟอิก (caffeic acid) กรดเฟอรูลิก (ferulic acid) กรดไซเนปิก (sinapic acid) และอนุพันธุ์ ซึ่งเป็นสารพวกไกลโคไซด์ (glycosides) , ซินนามิลแอลกอฮอล์ (cinnamyl alcohols) ซึ่งเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของลิกนิน (licnin) โดยมักจะเกิดพันธะเชื่อมกับน้ำตาลอะราบิโนสในส่วนของเฮมิเซลลูโลสของผนังเซลล์พืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สารประกอบฟีนอลิกหลักที่พบในพืช

Number of carbon atoms	Basic skeleton	Class	Examples
6	C6	Simple phenols Benzoquinones	Catechol, hydroquinone 2,6-Dimethoxybenzoquinone
7	C6-C1	Phenolic acids	Gallic, salicylic
8	C6-C2	Acetophenones Tyrosine derivatives Phenylacetic acids	3-Acetyl-6-methoxybenzaldehyde Tyrosol p-hydroxyphenylacetic
9	C6-C3	Hydroxycinnamic acids Phenylpropenes Coumarins Isocoumarins Chromones	Caffeic, ferulic Myristicin, eugenol Umbelliferone, aesculetin Bergenon Eugenin
10	C6-C4	Naphthoquinones	Juglone, plumbagin
13	C6-C1-C6	Xanthones	Mangiferin
14	C6-C2-C6	Stilbenes Anthraquinones	Resveratrol Emodin
15	C6-C3-C6	Flavonoids Isoflavonoids	Quercetin, cyanidin Genistein
18	(C6-C3)2	Lignans Neolignans	Pinoresinol Eusiderin
30	(C6-C3-C6)2	Biflavonoids	Amentoflavone
n	(C6-C3)n (C6)n (C6-C3-C6)n	Lignins Catechol melanins Flavolans (Condensed Tannins)	

ที่มา : Urquiaga and Leighton , 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เมตาบอลิซึมของสารประกอบฟีนอลิก (วิวัฒน์ หวังเจริญ , 2545)

สารประกอบฟีนอลิกที่ละลายได้จะสามารถถูกเมตาบอไลท์ได้ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ โดยสารประกอบฟีนอลิกอย่างง่ายที่อยู่ในรูปอิสระ เช่น กรดซินนามิก กรดคูมาลิก กรดคาฟเฟอิก และอื่น ๆ และอะไกลโคน (aglycones) สามารถถูกดูดซึมได้โดยตรงที่ผนังลำไส้เล็ก ในขณะที่ไกลโคไซด์ จะถูกย่อยออกเป็นอะไกลโคนและน้ำตาลก่อนจึงจะสามารถถูกดูดซึมได้ แต่เนื่องจากในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ไม่มีเอนไซม์เบต้าไกลโคซิเดส (β - glycosidases) ที่เหมาะสมจึงมักไม่มีการดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็ก จึงต้องผ่านมาที่บริเวณลำไส้ใหญ่ ซึ่งมีจุลินทรีย์ต่างๆช่วยย่อยสลายให้อยู่ในรูปของอะไกลโคนก่อน จึงจะมีการดูดซึมที่บริเวณส่วนปลายของลำไส้ใหญ่ แต่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสารประกอบฟีนอลิกได้ทุกชนิด ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะถูกขับออกมาพร้อมกับอุจจาระ

2.6 สมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก (วิวัฒน์ หวังเจริญ , 2545)

สมบัติที่ได้รับความสนใจในปัจจุบันของสารประกอบฟีนอลิก คือ การเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidants) และสารต้านการกลายพันธุ์ (antimutagens) และการใช้สารประกอบฟีนอลิกในการป้องกันโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือด โรคมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอลิกจะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและ ไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่น ๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$ROO\bullet + PPH \longrightarrow RCOOH + PP\bullet$$

$$RO\bullet + PPH \longrightarrow ROH + PP\bullet$$

เมื่อสารประกอบฟีนอลิกให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระไปแล้ว อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะค่อนข้างมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไป ยิ่งไปกว่านั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังสามารถรวมตัวกับอนุมูลอิสระอื่น ทำให้สารประกอบฟีนอลิกเหล่านั้นสามารถลดจำนวนอนุมูลอิสระได้ถึง 2 เท่า ดังปฏิกิริยา

$$ROO\bullet + PP\bullet \longrightarrow ROOPP$$

$$RO\bullet + PP\bullet \longrightarrow ROPP$$

แต่ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกยังขึ้นกับระบบด้วย ดังนั้นการศึกษาหรือเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวจึงจำเป็นต้องระบุรายละเอียดของระบบให้

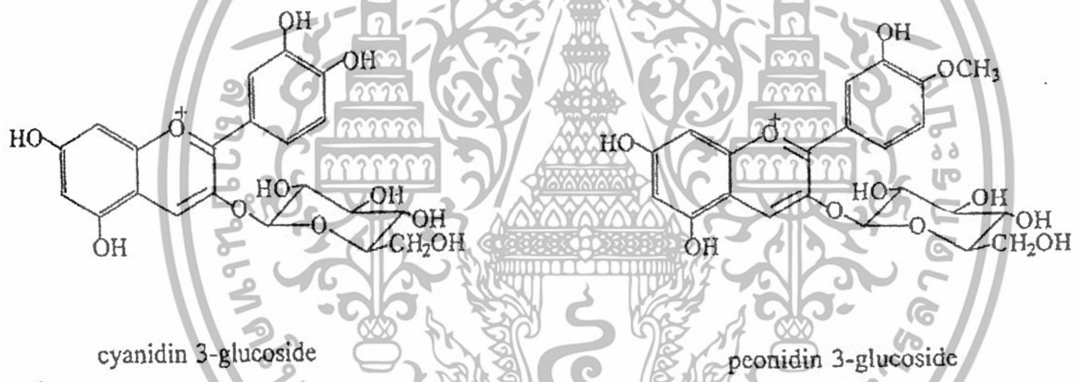
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสับเสตรทที่เป็นเป้าหมายของระบบ นอกจากนี้ยังพบว่า ในสภาวะที่มีสารประกอบฟีนอลิกความเข้มข้นสูง พีเอชสูง และมีเหล็กอยู่ด้วยนั้น สารประกอบฟีนอลิกอาจจะเป็นตัวเริ่มต้นของกระบวนการออกซิเดชันได้เช่นเดียวกัน

สารประกอบฟีนอลิกมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันนั้นสามารถพบได้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เมล็ด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย มัสตาร์ด ข้าว และงา ผลได้แก่ องุ่น ส้ม พริกไทยดำ และโอลีฟ ใบได้แก่ ชา และเครื่องเทศต่างๆ ส่วนอื่นๆได้แก่ มันเทศ และหัวหอม หนึ่งในสารประกอบฟีนอลิกที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันได้ดีชนิดหนึ่ง คือ กรดฟีนอลิก

2.7 สารที่มีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในส่วนต่าง ๆ ของข้าว

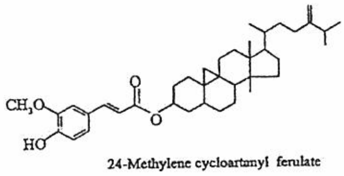
2.7.1 แอนโธไซยานิน (antrocyanin) พบในข้าวสีนิลทั้งในส่วนของเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ด โดยข้าวสีนิลประกอบด้วยแอนโธไซยานินที่สำคัญ 2 ชนิด คือ cyaniding 3 - glucoside และ peonidin – glucoside (Hu *et al.* , 2003)โครงสร้างของแอนโธไซยานินแสดงดังภาพที่ 2.4



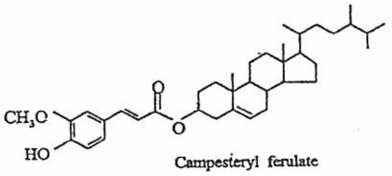
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของแอนโธไซยานินที่พบในข้าวสีนิล
ที่มา : Hu *et al.* , 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

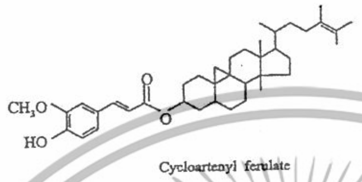
2.7.2 แกรมมาโอริซานอล (γ - orizanol) อนุพันธุ์แกรมมาโอริซานอลที่พบในรำข้าว ประกอบด้วย 24 – methylene – cycloartanyl ferulate , cycloartenyl ferulate และ campesteryl - ferulate (Zu *et al.* , 2001) โครงสร้างของอนุพันธุ์แกรมมาโอริซานอลแสดงดังภาพที่ 2.5



24-methylene Cycloartanyl ferulate



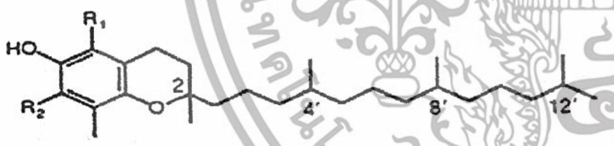
campesteryl ferulate



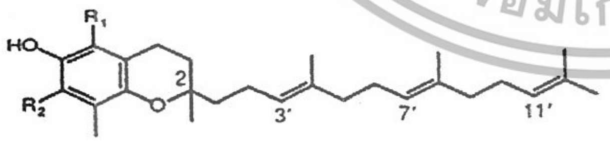
cycloartenyl ferulate

ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของอนุพันธุ์แกรมมาโอริซานอล
ที่มา : Zu *et al.* , 2001

2.7.3 อนุพันธุ์วิตามินอี (vitamin E) อนุพันธุ์วิตามินอีที่พบในรำข้าว ประกอบด้วย α – tocopherol , α – tocotienol , γ – tocopherol และ γ – tocotienol (Zu *et al.* , 2001) โครงสร้างของอนุพันธุ์-วิตามินอีแสดงดังภาพที่ 2.6



R^1	R^2	
CH_3	CH_3	α-Tocopherol
CH_3	H	β-Tocopherol
H	CH_3	γ-Tocopherol
H	H	δ-Tocopherol



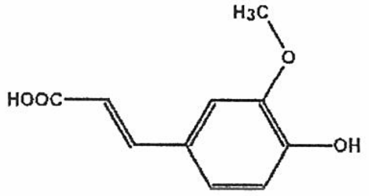
R^1	R^2	
CH_3	CH_3	α-Tocotrienol
CH_3	H	β-Tocotrienol
H	CH_3	γ-Tocotrienol
H	H	δ-Tocotrienol

ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของอนุพันธุ์วิตามินอี
ที่มา : http://www.cyberlipid.org/vite/vite001.htm

2.7.4 กรดฟีนอลิก กรดฟีนอลิกที่พบมากในข้าวได้แก่ กรดเฟอรูลิก (ferulic acid) กรดคูมาลิก (p-coumaric acid) กรดแกลลิก (gallic acid) กรดเฟอรูลิก อยู่ในกลุ่มของกรด-ไฮดรอกซีซินนามิก (Zhou *et al.* , 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4.1 กรดเฟอรูลิก มีชื่อทางเคมีว่า 4-hydroxy-3-methoxycinnamic acid โดยมีสูตรทางเคมีคือ $C_{10}H_{10}O_4$ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 194 ดาลตัน โครงสร้างของกรดเฟอรูลิกแสดงดังภาพที่ 2.7



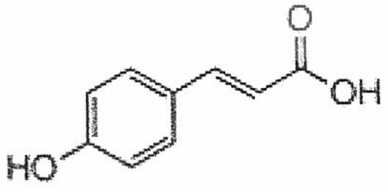
ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของกรดเฟอรูลิก

ที่มา : http://www.phytochemicals.info/phytochemicals/ferulic-acid.php

กรดเฟอรูลิก อยู่ในกลุ่มของกรดไฮดรอกซีซินนามิก พบในใบไม้และเมล็ดของพืชหลายชนิดโดยเฉพาะในธัญพืช เช่น ข้าวกล้อง ข้าวสาลีและข้าวโอต กรดเฟอรูลิกยังพบในกาแฟ แอปเปิ้ล อะทิโชค (artichoke) ถั่วลิสง ส้มและสัปปะรด เป็นต้น

กรดเฟอรูลิก เป็นสารแอนติออกซิแดนท์ ทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียร ซึ่งอนุมูลอิสระเมื่อเกิดการออกซิเดชันของสารชีวโมเลกุลจะเป็นอันตรายต่อเซลล์ และกรดเฟอรูลิกจะป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับเซลล์เหล่านั้นได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้กรดเฟอรูลิกเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อชะลอการชรา (anti-aging supplements)
กรดเฟอรูลิกช่วยต่อต้านการเกิดโรคมะเร็ง การเสื่อมสลายของกระดูก ความไม่เปล่งปลั่งในผู้หญิงที่หมดประจำเดือน และยังสามารถลดระดับคลอเรสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ จึงลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ (http://www.phytochemicals.info/phytochemicals/ferulic-acid.php)

2.7.4.2 กรดคูมาลิก มีชื่อทางเคมีว่า p-coumaric acid , p-coumaric acid crystalline , 4-hydroxycinnamic acid , 4-hydroxyphenylpropenoic acid โดยมีสูตรทางเคมีคือ $C_9H_8O_3$ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 164.16 ดาลตัน โครงสร้างของกรดคูมาลิกแสดงดังภาพที่ 4



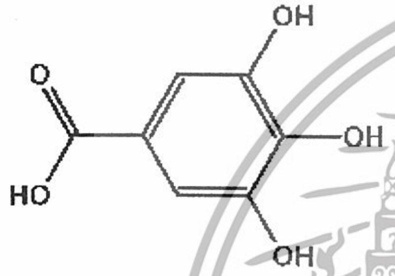
ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของกรดคูมาลิก

ที่มา : http://www.flavornet.org/info/501-98-4.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดคูมาลิก อยู่ในกลุ่มของกรดไฮดรอกซีซินนามิก กรดคูมาลิกพบได้ในผักและผลไม้หลายชนิด ในผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล ลูกแพร์ นอกจากนี้ยังพบในถั่ว มันฝรั่ง มะเขือเทศและชา กรดคูมาลิกสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดจากอนุพันธุ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive oxygen species , ROS) และต้านการเกิดออกซิเดชันของไลโพโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ (low – density lipoprotein) กรดคูมาลิกช่วยป้องกันและต่อต้านการสะสมของไขมันบนผนังของหลอดเลือดแดง ลดไขมันในเส้นเลือด

2.7.4.3 กรดแกลลิก มีชื่อทางเคมีว่า 3,4,5-trihydroxybenzoic acid โดยมีสูตรทางเคมีคือ $C_7H_6O_5$ มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 170.12 ดาลตัน โครงสร้างของกรดแกลลิกแสดงดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของกรดแกลลิก

ที่มา : http://www.phytochemicals.info/phytochemicals/gallic-acid.php .

กรดแกลลิก เป็นหน่วยย่อยในโมเลกุลของแทนนิน พบในพืชเกือบทุกชนิด พืชที่มีกรดแกลลิกสูงได้แก่ ลูกสมอ องุ่น ชา และข้าวโอต กรดแกลลิกเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ป้องกันเซลล์จากอันตรายที่เกิดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรดแกลลิกช่วยต่อต้านการเกิดเซลล์มะเร็ง ใช้ในการห้ามเลือดในกรณีที่ตกเลือดภายใน ใช้ในการรักษาโรคไตและโรคเบาหวาน และใช้ทำครีมทาภายนอกรักษาโรคเรื้อนกวางและยังเป็นยาทารักษาโรคริดสีดวงภายนอก

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zhou *et al.* (2004) ศึกษาปริมาณกรดฟีนอลิกทั้งหมดและสัดส่วนของกรดฟีนอลิกที่จับอยู่กับโมเลกุลของสารอื่น ในข้าวกล้อง และข้าวขัดขาว 3 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ Koshihikarai , Kyeema , และ Doongara พบว่าในทุกสายพันธุ์ของข้าวที่ศึกษา จะมีปริมาณกรดฟีนอลิกในข้าวกล้องมากกว่าข้าวขัดขาว โดยกรดฟีนอลิกหลักที่พบในข้าวมากที่สุดคือ กรดเฟอรูลิก รองลงมาคือ กรดคูมาลิก และกรดแกลลิก ตามลำดับ

Goffman and Bergman. (2004) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสีของรำข้าวและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในรำข้าวรวมถึงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสามารถแบ่งสีของรำข้าวเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่รำข้าวมีสีแดง สีม่วง และสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลอ่อน โดยในกลุ่มที่รำข้าวมีสีน้ำตาลอ่อนจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำที่สุด กลุ่มที่รำข้าวมีสีแดง จะมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด ส่วนกลุ่มที่รำข้าวมีสีม่วงนั้นจะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกันตามสายพันธุ์

Hu *et al.* (2003) ศึกษาองค์ประกอบของแอนโธไซยานินที่พบในข้าวสีนิลทั้งเมล็ดและในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด (aleurone layer) ซึ่งพบว่าข้าวสีนิลดังกล่าวประกอบด้วยแอนโธไซยานินที่สำคัญ 2 ชนิด คือ cyaniding 3-glucoside และ peonidin -glucoside และแอนโธไซยานินดังกล่าวจะพบในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าวสีนิลเป็นส่วนใหญ่

Zu *et al.* (2001) ศึกษาองค์ประกอบของสารที่มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในรำข้าว ซึ่งพบว่ามี 2 ชนิด คือ อนุพันธุ์แกรมมาโอริซานอล ซึ่งประกอบด้วย 24-methylene – cycloartanyl ferulate , cycloartenyl ferulate และ campesteryl ferulate เป็นต้น และอนุพันธุ์ของวิตามินอี ซึ่งประกอบด้วย α – tocopherol , α – tocotienol , γ – tocopherol และ γ – tocotienol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

ตัวอย่างข้าวทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ซื้อจากซูเปอร์มาร์เก็ต ในเขตกรุงเทพมหานครในช่วงเดือน มกราคม – กุมภาพันธ์ 2549 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1 ข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10% ตราหงษ์ทอง ขนาด 2 กิโลกรัม ผลิตโดยกลุ่มโรงสีเจียเม้ง เขตบางซื่อ กรุงเทพ ฯ และข้าวขัดขาวหอมมะลิ 100 % ตราฉัตรอุบล ขนาด 1 กิโลกรัม ผลิตโดย บริษัท ซี พี อินเตอร์เทรด จำกัด อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี

2 ข้าวกล้องสีนิลตราคนรักข้าว ขนาด 2 กิโลกรัม ผลิตโดย อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และข้าวเจ้าหอมนิล 100 % ตราจิตรเสริมไทย ขนาด 800 กรัม ศูนย์บริการข้อมูล โทร 02-5869843 , 09-2354615 E- mail : info @ homnin.com

3 ข้าวกล้องหอมมะลิตราเพื่อนไทย ขนาด 2 กิโลกรัม ผลิตโดย บริษัท ชุ่นฮัวเว่งไรซ์ ข้าวกล้องหอมมะลิตราหอมมะลิไทย ขนาด 2 กิโลกรัม ผลิตโดยโรงสีข้าวพระราชทาน กิ่งอำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ และข้าวกล้องหอมมะลิตราดอกบัวขนาด 2 กิโลกรัม ผลิตโดย ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงสีไฟตงฮั้ว อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา

4 ข้าวมันปูตราธัญญทิพย์ ขนาด 2 กิโลกรัม ผลิตโดย บริษัททุ่งกุลาจำกัด เขตสาทร กรุงเทพฯ และข้าวมันปูตราเนเจอร์โซน ขนาด 500 กรัม ผลิตโดยร้าน ก. สวรรยกร เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ

5 ข้าวแดงตราเทพทวีพร ขนาด 1 กิโลกรัม ผลิตโดย บริษัทท่าข้าว ทวีพร จังหวัดนครสวรรค์

6 ข้าวเหนียวดำตราไร่ทิพย์ ขนาด 500 กรัม ผลิตโดย ไร่ธัญญะ จำกัด อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี และข้าวเหนียวดำตราเกษตร ขนาด 500 กรัม ผลิตโดย บริษัทไทยฮา จำกัด (มหาชน) อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

3.2 อุปกรณ์

ชุดเครื่องแก้ววิเคราะห์ทางเคมี

สเปกโตโฟโตมิเตอร์ (spectophotometer)พร้อม cell

เครื่องบดแห้ง (blender)

เครื่องทำสุญญากาศสำหรับกรอง

กรวยบุชเนอร์ (buchner funnel)

เครื่องเขย่า (shecker)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Magnetic sterrer

Magnetic bar

เครื่องชั่งละเอียด

นาฬิกาจับเวลา

กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 และ เบอร์ 1

เครื่องผสมสาร (vortex mixer)

เครื่องวัดสี Chroma meter (CR -200)

3.3 สารเคมี

1. Etanol 95 %
2. Na_2CO_3
3. Folin - Ciocalteu
4. 2,2 -diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH)
5. Gallic acid

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างข้าว

ข้าวที่ใช้ในการทดลองจะซื้อจากซูเปอร์มาร์เก็ตในเขต กรุงเทพมหานคร โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างข้าวตามสีของข้าวที่มองเห็นด้วยตา ออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มข้าวที่มีสีขาว กลุ่มที่มีสีน้ำตาล และกลุ่มที่มีสีดำ ตัวอย่างข้าวจะเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5 – 8 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้ในการทดลอง

3.4.2 การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี

ทำการวัดสีข้าวกลุ่มต่าง ๆ โดยบดข้าวให้ละเอียดด้วยเครื่องบดแห้งประมาณ 5 นาที แล้วใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ (Petri dish) เส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร ให้เต็มจาน กดให้แน่น จากนั้นใช้เครื่องวัดสี วัดสีข้าวทุกตัวอย่าง ๆ ละ 10 ครั้ง 2 รอบ โดยบันทึกค่า CIF L* , a* , b* จากนั้นคำนวณหาความแตกต่างของสี ดังสมการต่อไปนี้ (Grigelmo – Miguel *et al.* , 1999)

ความแตกต่างของค่าความสว่าง (Lightness difference , dL*)

$$dL^* = L^* (\text{sample}) - L^* (\text{standard})$$

ความแตกต่างของค่าสี (color difference , dE*)

$$dE^* = (dL^{*2} + da^{*2} + db^{*2})^{1/2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างข้าว

การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างข้าว จะใช้วิธีที่ดัดแปลงจาก Nam และคณะ (2005) โดยนำตัวอย่างข้าวมาบดให้ละเอียด โดยใช้เครื่องบดแห้ง ชั่งตัวอย่างข้าวที่บดแล้ว 5.00 กรัม นำมาผสมกับเอธานอล 95 % 100 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องเขย่าด้วยอัตราความเร็วรอบ 150 รอบ / นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่างข้าวมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 และ เบอร์ 1 ตามลำดับ จากนั้นปรับปริมาตรของสารสกัดที่ได้ให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตรโดยใช้เอธานอล 95 % นำตัวอย่างสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูปของ EC_{50} ตามวิธีในข้อ 3.4.4 และ 3.4.5 ตามลำดับ

3.4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด จะใช้วิธีที่ดัดแปลงจาก Bhanger และคณะ (2004) โดยสารประกอบโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับ Folin – Ciocalteu ได้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน ซึ่งดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน

3.4.4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

ละลายกรดแกลลิก 0.0200 กรัม ด้วยเอธานอล 95 % แล้วปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ความเข้มข้นที่ได้เท่ากับ 0.4 ไมโครกรัม / ไมโครลิตร ซึ่งจะใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน

ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกลงในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร โดยให้มีปริมาณกรดแกลลิกตั้งแต่ 0 ถึง 140 ไมโครกรัม เติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

หลอดที่	ปริมาตรของสารละลายกรดแกลลิก (ไมโครลิตร)	ปริมาณกรดแกลลิก (ไมโครกรัม)	ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)
1	0	0	10.00
2	50	20	9.95
3	100	40	9.90
4	150	60	9.85
5	200	80	9.80
6	250	100	9.75
7	300	120	9.70
8	350	140	9.65

เติมสารละลาย Folin – Ciocalteu หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 10 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หลอดละ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกล-ลิกเป็นไมโครกรัม จะได้เป็นกราฟมาตรฐานสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ปริมารสารประกอบโพลีฟี-นอลทั้งหมด

3.4.4.2 การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวทุกกลุ่ม ที่ซื้อมาจากซูเปอร์มาร์เก็ต

ปิเปตสารสกัดที่ได้ในข้อ 3.4.3 มา 0.5-2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง ปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นเติมสารละลาย Folin – Ciocalteu หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที แล้วเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 10 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หลอดละ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าว โดยใช้กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 การวิเคราะห์สมบัติการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างข้าว ในรูป EC_{50}

การวิเคราะห์สมบัติการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูปของ EC_{50} ของสารสกัดจากตัวอย่างข้าว จะใช้วิธีซึ่งดัดแปลงจาก Murakami และคณะ (2004) โดยการติดตามความสามารถของสารสกัดในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระของ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่ทำให้สารละลายมีสีม่วงและสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 517 นาโนเมตร

นำสารสกัดตัวอย่างข้าว จากข้อ 3.4.3 มาทำการเจือจางด้วยเอธานอล 4 ระดับ โดยปิเปตสารสกัดปริมาตรที่เหมาะสม ลงในหลอดดลอง ปรับปริมาตรด้วยเอธานอล 40 % ให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 5.4 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร (ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ในเอธานอล 95 %) ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร สำหรับปฏิกิริยาควบคุม (control) จะใช้เอธานอล 95 % แทนตัวอย่างสารสกัด จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยใช้สมการต่อไปนี้

เปอร์เซ็นการยับยั้งอนุมูลอิสระ = $(1 - (A_{sample} / A_{control})) \times 100$

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายปฏิกิริยาตัวอย่าง

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายปฏิกิริยาควบคุม

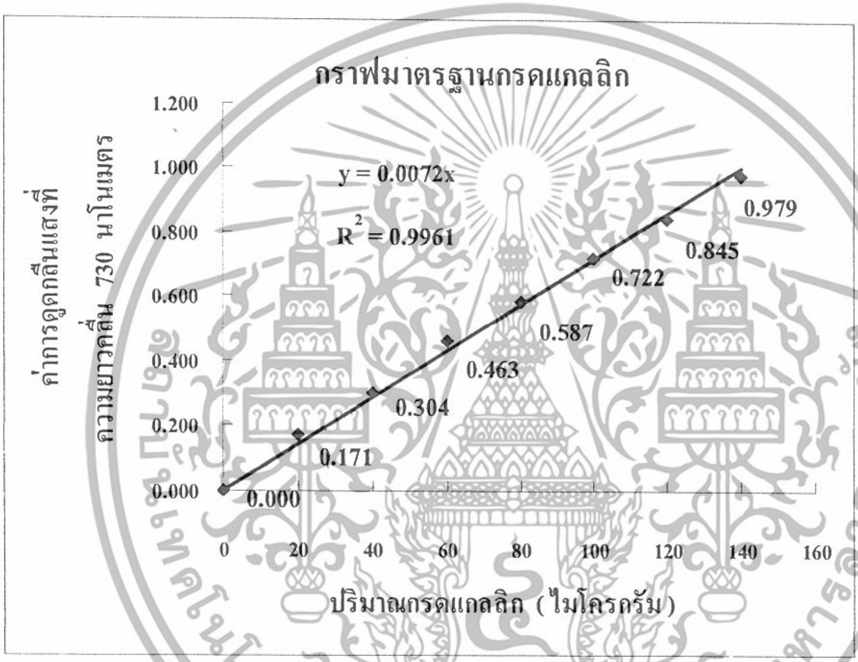
จากนั้นนำค่าเปอร์เซ็นการยับยั้งอนุมูลอิสระ 4 ค่า ที่ได้จากการเจือจางตัวอย่าง 4 ระดับข้างต้นมาวิเคราะห์ค่า EC_{50} โดยการเขียนกราฟระหว่างปริมาตรตัวอย่างสารสกัด (แกน X) และเปอร์เซ็นการยับยั้งอนุมูลอิสระ (แกน Y) เพื่อให้ได้กราฟเส้นตรง จากนั้นใช้สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟในการคำนวณค่า EC_{50} ซึ่งหมายถึงปริมาณหรือความเข้มข้นของตัวอย่างข้าวที่ทำให้เปอร์เซ็นการยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 50 % ดังนั้นความเข้มข้นของสารสกัดจากตัวอย่างข้าวที่เจือจาง 4 ระดับจะต้องมีค่าที่เหมาะสม ซึ่งจะให้กราฟเส้นตรงที่ครอบคลุมเปอร์เซ็นการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ 50 % ตกอยู่ในเส้นกราฟ รายละเอียดของตัวอย่างข้อมูลและการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
97049

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

จากการเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก ซึ่งใช้เป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ ที่ซื้อจากซูเปอร์มาร์เก็ตได้กราฟมาตรฐานที่เป็นเส้นตรงดังภาพที่ 4.1 ซึ่งมีสมการเส้นตรงคือ $y = 0.0072x$ โดยมีค่า $R^2 = 0.9961$



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิก และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

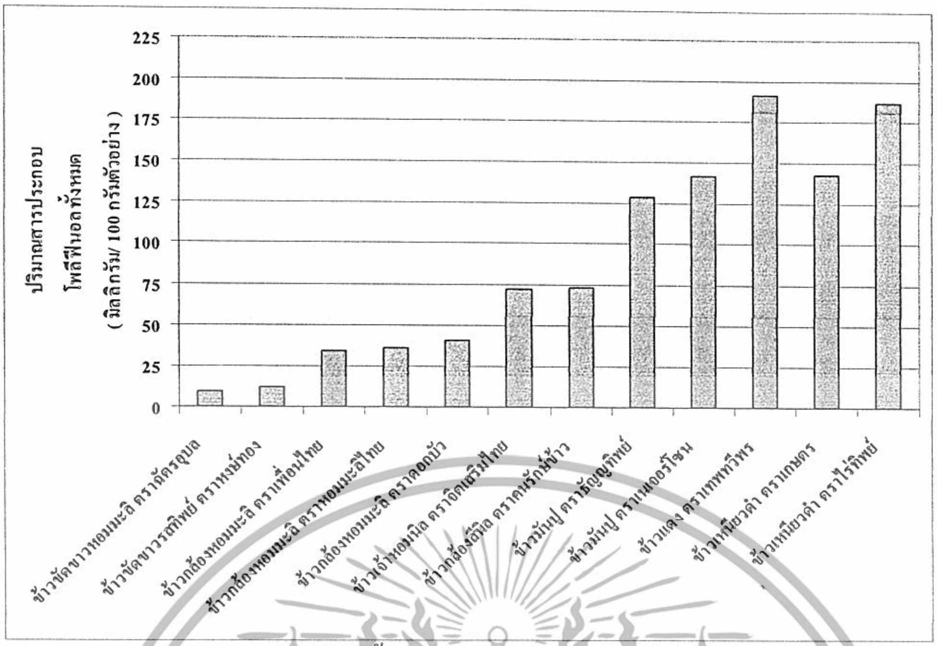
จากการทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดจากข้าวชนิดต่าง ๆ ที่ซื้อจากซูเปอร์มาร์เก็ต ซึ่งใช้เอธานอล 95% เป็นตัวทำละลายในการสกัดโดยที่สารประกอบโพลีฟีนอลสามารถทำปฏิกิริยากับสารละลาย Follin Cioccalte ให้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินซึ่งดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดโดยใช้กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกข้างต้น ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	สีที่มองเห็นด้วยตา	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม/ 100 กรัมตัวอย่าง)
ข้าวขัดขาวหอมมะลิ 100% ตราฉัตรอุบล	ขาวเหลืองนวล	9.44 ± 0.39
ข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10% ตราหงษ์ทอง	ขาวเหลืองนวล	11.8 ± 0.6
ข้าวกล้องหอมมะลิ ตราเพื่อนไทย	น้ำตาลอ่อน	34.8 ± 0.7
ข้าวกล้องหอมมะลิ ตราหอมมะลิไทย	น้ำตาลอ่อน	36.1 ± 0.2
ข้าวกล้องหอมมะลิ ชนิดพิเศษตราดอกบัว	น้ำตาลอ่อน	41.3 ± 0.1
ข้าวเจ้าหอมนิล 100% ตราจิตเสริมไทย	ดำ	72.9 ± 3.3
ข้าวกล้องสีนิล ตราคนรักษ์ข้าว	ดำ	73.9 ± 1.2
ข้าวมันปู ตราธัญญทิพย์	น้ำตาลแดง	129 ± 0
ข้าวมันปู ตราเนเจอร์โซน	สีน้ำตาลแดง	141 ± 2
ข้าวแดง ตราเทพทวีพร	น้ำตาลแดงเข้ม	191 ± 2
ข้าวเหนียวดำ ตราเกษตร	ดำ	142 ± 1
ข้าวเหนียวดำ ตราไร่ทิพย์	ดำ	187 ± 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ พบว่า ข้าวขัดขาวหอมมะลิ 100 % ตราฉัตรอุบลมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่ำสุด คือ 9.44 มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง และข้าวแดงตราเทพทวีพรมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูงที่สุด คือ 191 มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง และจากภาพที่ 4.2 จะเห็นว่าข้าวในกลุ่มที่มีสีเข้ม (กลุ่มข้าวมันปู , ข้าวสีนิลและข้าวเหนียวดำ) จะมีแนวโน้มปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าข้าวในกลุ่มที่มีสีอ่อน (กลุ่มข้าวขัดขาวและข้าวกล้อง)

4.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างข้าว ในรูป EC_{50} ซึ่งค่า EC_{50} หมายถึง ความเข้มข้นหรือปริมาณของตัวอย่างข้าวที่ทำให้อนุมูลอิสระลดลงครึ่งหนึ่ง หรือทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 50 % ดังนั้นตัวอย่างข้าวชนิดใดที่มีค่า EC_{50} สูง แสดงว่ามีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระต่ำกว่าตัวอย่างข้าวที่มีค่า EC_{50} ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

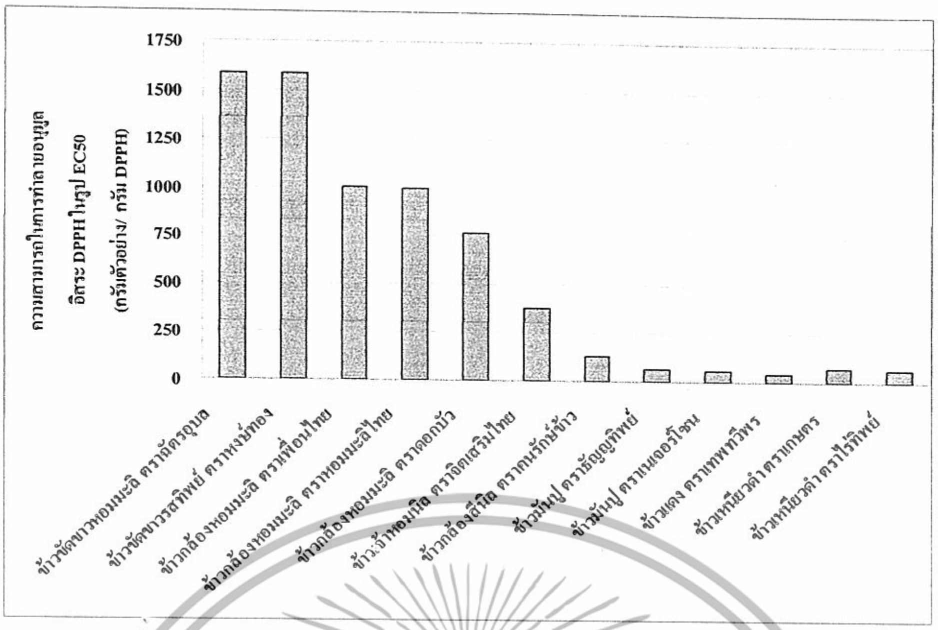
21041

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	**สีที่มองเห็นด้วยตา**	**ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} (กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)**
ข้าวขัดขาวหอมมะลิ 100% ตราฉัตรอุบล	ขาวเหลืองนวล	1588 ± 105
ข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10% ตราหงษ์ทอง	ขาวเหลืองนวล	1588 ± 73
ข้าวกล้องหอมมะลิ ตราเพื่อนไทย	น้ำตาลอ่อน	1005 ± 4
ข้าวกล้องหอมมะลิ ตราหอมมะลิไทย	น้ำตาลอ่อน	999.5 ± 4.5
ข้าวกล้องหอมมะลิ ชนิดพิเศษตราดอกบัว	น้ำตาลอ่อน	770.7 ± 5.0
ข้าวเจ้าหอมนิล 100% ตราจิตเสริมไทย	ดำ	383.2 ± 2.2
ข้าวกล้องสีนิล ตราคนรักษ์ข้าว	ดำ	130.1 ± 4.7
ข้าวมันปู ตราธัญญทิพย์	น้ำตาลแดง	61.18 ± 1.30
ข้าวมันปู ตราเนเจอร์โซน	น้ำตาลแดง	58.29 ± 0.93
ข้าวแดง ตราเทพทวีพร	น้ำตาลแดงเข้ม	46.58 ± 0.74
ข้าวเหนียวดำ ตราเกษตร	ดำ	71.32 ± 0.74
ข้าวเหนียวดำ ตราไร่ทิพย์	ดำ	61.18 ± 3.54

หมายเหตุ ค่า EC_{50} ของวิตามินซีเท่ากับ 46.68 กรัม / กรัม DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
หอสมุดกลางสำนักหอสมุดและบริการการศึกษา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง



ภาพที่ 4.3 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ พบว่าข้าวขัดขาวหอมมะลิ 100 % ตราฉัตรอุบลมีค่า EC_{50} สูงที่สุด เท่ากับ 1588 กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH และข้าวแดงตราเทพทวีพรมีค่า EC_{50} สูงที่สุด เท่ากับ 46.58 กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH ซึ่งหมายความว่าข้าวขัดขาวหอมมะลิ 100 % ตราฉัตรอุบลมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำที่สุด และสูงที่สุด ตามลำดับ สำหรับวิตามินซีมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดีใกล้เคียงกับข้าวในกลุ่มที่มีสีเข้มซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 46.68 กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH และจากภาพที่ 4.3 จะเห็นว่าข้าวในกลุ่มที่มีสีเข้ม มีแนวโน้มค่า EC_{50} ต่ำกว่าข้าวในกลุ่มที่มีสีอ่อน ดังนั้นข้าวในกลุ่มที่มีสีเข้มจึงมีความสามารถในการทำลายอนุมูล-อิสระ DPPH ได้ดีกว่าข้าวในกลุ่มที่มีสีอ่อน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (ตารางที่ 4.3) จะเห็นได้ว่าตัวอย่างข้าวที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูง จะมีแนวโน้มความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดี หรือมีค่า EC_{50} ต่ำ

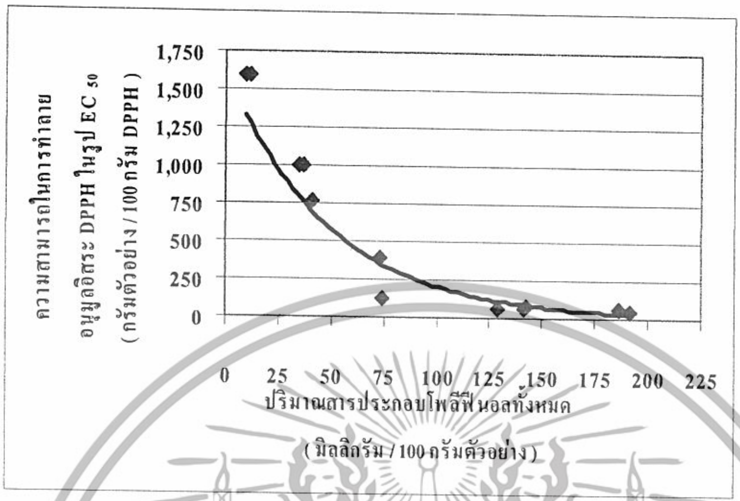
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

ตัวอย่าง	สีที่มองเห็นด้วยตา	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)	ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} (กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)
ข้าวขัดขาวหอมมะลิ 100% ตราฉัตรอุบล	ขาวเหลืองนวล	9.44 ± 0.39	1588 ± 105
ข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10% ตราหงษ์ทอง	ขาวเหลืองนวล	11.8 ± 0.6	1588 ± 73
ข้าวกล้องหอมมะลิ ตราเพื่อนไทย	น้ำตาลอ่อน	34.8 ± 0.7	1005 ± 4
ข้าวกล้องหอมมะลิ ตราหอมมะลิไทย	น้ำตาลอ่อน	36.1 ± 0.2	999.5 ± 4.5
ข้าวกล้องหอมมะลิ ชนิดพิเศษตราดอกบัว	น้ำตาลอ่อน	41.3 ± 0.1	770.7 ± 5.0
ข้าวเจ้าหอมนิล 100 % ตราจิตเสริมไทย	ดำ	72.9 ± 3.3	383.2 ± 2.2
ข้าวกล้องสีนิล ตราคนรักษ์ข้าว	ดำ	73.9 ± 1.2	130.1 ± 4.7
ข้าวมันปู ตราธัญญทิพย์	น้ำตาลแดง	129 ± 0	61.18 ± 1.30
ข้าวมันปู ตราเนเจอร์โซน	น้ำตาลแดง	141 ± 2	58.29 ± 0.93
ข้าวแดง ตราเทพทวีพร	น้ำตาลแดงเข้ม	191 ± 2	46.58 ± 0.74
ข้าวเหนียวดำ ตราเกษตร	ดำ	142 ± 1	71.32 ± 0.74
ข้าวเหนียวดำ ตราไร่ทิพย์	ดำ	187 ± 2	61.18 ± 3.54

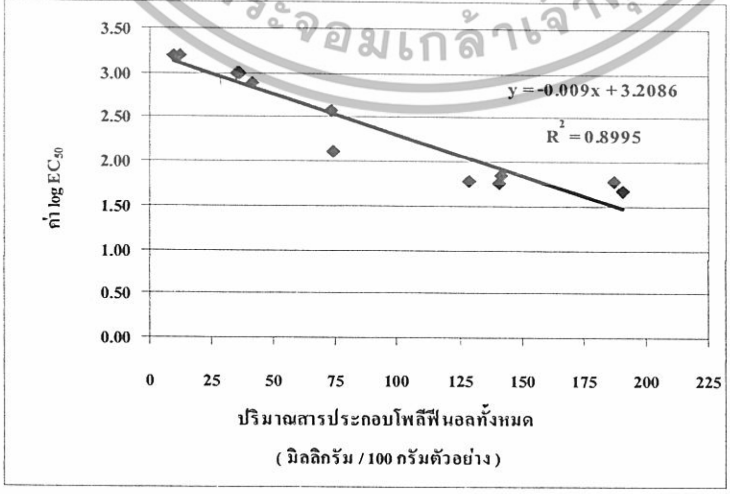
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ ชัดเจนขึ้น จึงนำข้อมูลในตารางที่ 4.3 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ของค่าทั้งสองดังกล่าว ดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดกับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระDPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.4 จะเห็นได้ชัดเจนว่า ตัวอย่างข้าวที่มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูง จะมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระสูงด้วย (ค่า EC_{50} ต่ำ) อย่างไรก็ตามตัวอย่างข้าวที่มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดมากกว่า 100 มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง จะมีค่า EC_{50} เข้าใกล้ 0 ซึ่งไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ด้วยกราฟธรรมดา (ภาพที่ 4.4) ดังนั้น จึงเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (แกน x) และ ค่า log EC_{50} (แกน y) ดังแสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด กับ ค่า log EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลในภาพที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า เมื่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวมีค่าสูงขึ้น ค่า log EC_{50} จะมีแนวโน้มลดลง โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงแบบผกผันกัน ซึ่งมีค่า R^2 = 0.8995 และมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ – 0.879 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างข้าวที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูง จะมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดี

4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของสีกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50}

จากการนำตัวอย่างที่ผ่านการบดละเอียดของข้างชนิดต่าง ๆ มาวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า L* , a* , b*) จากนั้นคำนวณค่า dE* และ dL* ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของสี ที่สามารถบอกความแตกต่างของสีของตัวอย่างข้าวได้ ผลการทดลองแสดงดัง ตารางที่ 4.4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

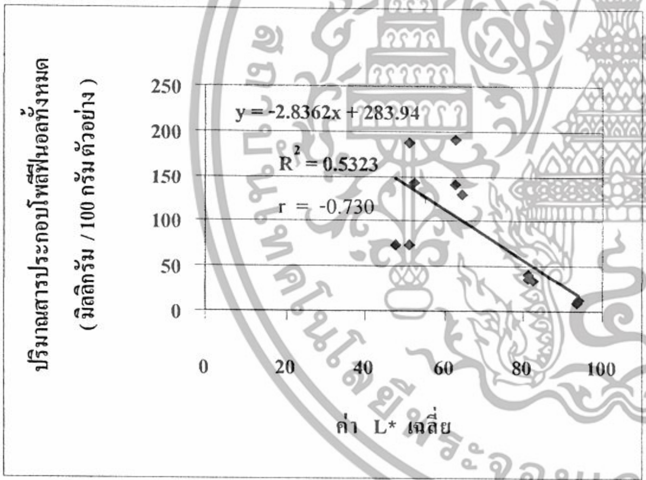
ตารางที่ 4.4 พารามิเตอร์ของสี ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50}

ตัวอย่าง	สีของตัวอย่างข้าวเมื่อมองด้วยตาเปล่า	ค่า L* เฉลี่ย	ค่า a* เฉลี่ย	ค่า b* เฉลี่ย	ค่า dE* เฉลี่ย	ค่า dL* เฉลี่ย	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)	ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} (กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)
Petri dish (standard)	ขาว	97.0	-0.100	2.07				
ข้าวขัดขาวหอมะลิ 100 % ตราฉัตรอุบล	ขาวเหลืองนวล	93.6	-0.456	5.89	5.22	-3.49	9.44 ± 0.39	1588 ± 105
ข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10 % ตราหงษ์ทอง	ขาวเหลืองนวล	94.0	-0.327	5.44	4.54	-3.01	11.8 ± 0.6	1588 ± 73
ข้าวกล้องหอมมะลิตราเพื่อนไทย	น้ำตาลอ่อน	82.3	1.39	15.5	20.0	-14.8	34.8 ± 0.7	1005 ± 4
ข้าวกล้องหอมมะลิตราหอมมะลิไทยไทย	น้ำตาลอ่อน	81.2	1.10	14.0	19.9	-15.9	36.1 ± 0.2	999.5 ± 4.5
ข้าวกล้องหอมมะลิตราดอกบัว	น้ำตาลอ่อน	80.9	1.33	13.3	19.7	-16.1	41.3 ± 0.1	770.7 ± 5.0
ข้าวมันปูตราธัญญทิพย์	ดำ	64.4	9.26	14.3	36.1	-32.7	72.9 ± 3.3	383.2 ± 2.2
ข้าวมันปูตราเนเจอร์โซน	ดำ	62.8	9.97	14.5	37.8	-34.2	73.9 ± 1.2	130.1 ± 4.7
ข้าวแดงตราเทพทวีพร	น้ำตาลแดง	62.9	10.1	13.8	37.5	-34.2	129 ± 0	61.18 ± 1.30
ข้าวเจ้าหอมนิล 100 % ตรานิลจิตรเสริมไทย	น้ำตาลแดง	51.0	5.73	9.87	47.1	-46.1	141 ± 2	58.29 ± 0.93
ข้าวกล้องสีนิลตราคนรักษ์ข้าว	น้ำตาลแดงเข้ม	47.8	5.08	2.05	49.5	-49.2	191 ± 2	46.58 ± 0.74
ข้าวเหนียวดำตราเกษตร	ดำ	52.3	1.43	1.43	44.8	-44.8	142 ± 1	71.32 ± 0.74
ข้าวเหนียวดำตราไร่ทิพย์	ดำ	51.1	0.92	0.92	46.0	-46.0	187 ± 2	61.18 ± 3.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

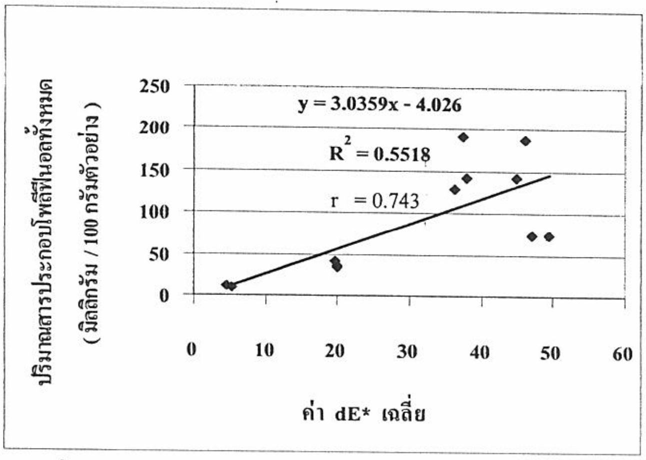
จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า ค่า L* , a* , b* ยังไม่สามารถแบ่งกลุ่มสีของข้าวได้อย่างชัดเจน จึงคำนวณให้พารามิเตอร์ของสีอยู่ในรูป dE* และ dL* ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่อ้างอิงจาก (Grigelmo – Miguel *et al* . , 1999) ผลการทดลอง พบว่า dE* และ dL* สามารถแบ่งสีของกลุ่มข้าวได้ 4 กลุ่ม คือ ข้าวขัดขาวหอมมะลิ 100 % ตราฉัตรอุบล และข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10 % ตราหงส์ทอง เป็นกลุ่มข้าวที่มีสีอ่อนที่สุด กลุ่มข้าวกล้องหอมมะลิตราเพื่อนไทย ข้าวกล้องหอมมะลิตราหอมมะลิไทย และข้าวกล้องหอมมะลิพิเศษตราดอกบัว จะมีสีเข้มกว่าข้าวขัดขาวแต่มีสีอ่อนกว่ากลุ่มข้าวมันปูหรือข้าวแดง (ข้าวมันปูตราธัญทิพย์ ข้าวมันปูตราเนเจอร์โซน และข้าวแดงตราเทพทวีพร) สำหรับกลุ่มข้าวที่มีสีเข้มที่สุดคือ ข้าวเจ้าหอมนิล 100 % ตราจิตรเสริมไทย ข้าวกล้องสีนิลตราคนรักษ์ข้าว ข้าวเหนียวดำตราเกษตร และข้าวเหนียวดำตราไร่ทิพย์

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของสี (L* , dE* , dL*) กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่างๆ จะใช้วิธีเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของสี ในแกน X และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด หรือ EC_{50} ในแกน Y และคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกราฟดังกล่าว ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 4.6 - 4.11

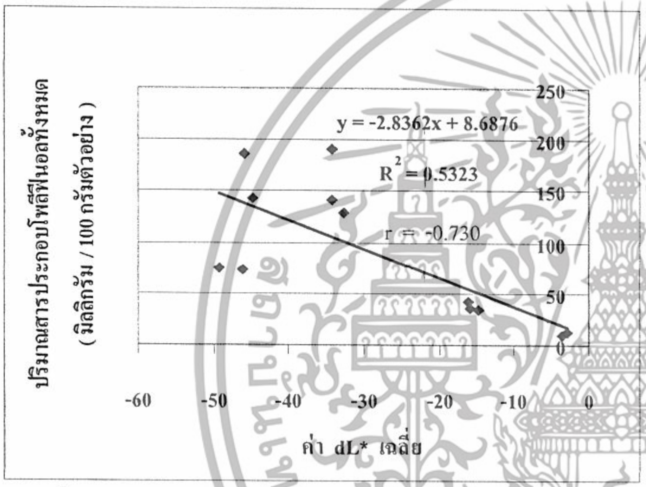


ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า L* เฉลี่ย กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

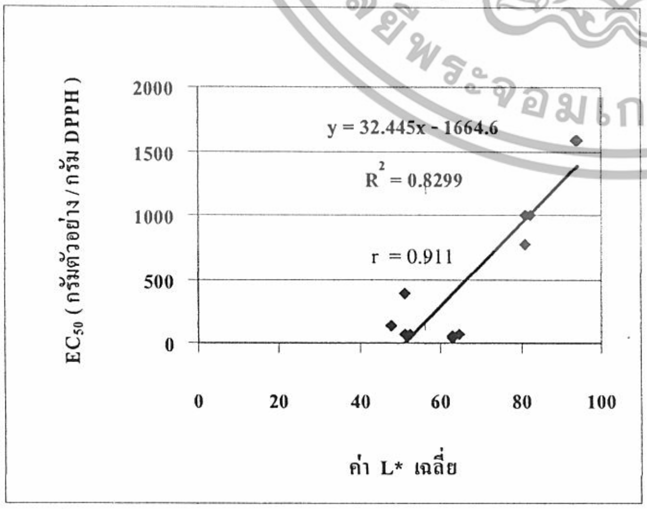
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า dE* เฉลี่ย กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

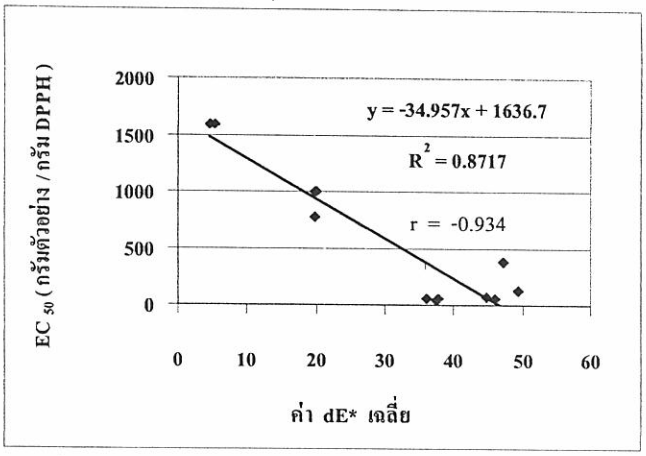


ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า dL* เฉลี่ย กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

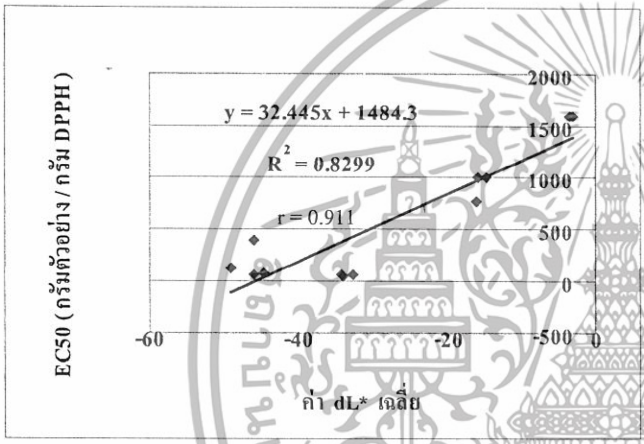


ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า L* เฉลี่ย กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า dE* เฉลี่ย กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า dL* เฉลี่ย กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของสี (L* , dE* , dL*) กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และ EC_{50} ในภาพที่ 4.6 – 4.11 จะเห็นได้ว่า ค่า dE* ของตัวอย่างข้าวจะมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนแปรผันตามกัน กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและค่า EC_{50} (ภาพที่ 4.7) ในขณะที่ค่า L* และ dL* จะมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนผกผันกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (ภาพที่ 4.6 และ 4.8) ในทางตรงกันข้าม ค่า dE* จะมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนผกผันกับ ค่า EC_{50} และค่า L* กับ dL* มีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนแปรผันตามกับ EC_{50}

นอกจากนี้จะเห็นได้ว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์สีทั้ง 3 ค่า กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ (ภาพที่ 4.6 - 4.8) มีค่า R^2 ค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 0.5) ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ที่มีค่าไม่สูงนัก ($r \approx \pm 0.7$) เมื่อพิจารณากราฟในภาพที่ 4.9 - 4.11 จะเห็นได้ว่า ค่าพารามิเตอร์สีทั้ง 3 ค่า ดังกล่าว มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่ชัดเจนกับค่า EC_{50} โดยมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ค่อนข้างสูง ($r \approx \pm 0.9$) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า สีของตัวอย่างมีแนวโน้มความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าว กล่าวคือตัวอย่างที่มีสีเข้มจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูง ในขณะที่ค่า EC_{50} ต่ำ ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะใช้พารามิเตอร์ของสีในการทำนายปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างข้าวได้ ซึ่งน่าจะมีการศึกษาต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ในข้าวที่มีจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ตทั้ง 12 ตัวอย่าง โดยแบ่งกลุ่มเป็นข้าวที่มีสีอ่อน 5 ตัวอย่าง ได้แก่ ข้าวขัดขาว 2 ตัวอย่าง ข้าวกล้อง 3 ตัวอย่าง และกลุ่มข้าวที่มีสีเข้ม 7 ตัวอย่าง พบว่ากลุ่มข้าวที่มีสีเข้มจะมีแนวโน้มของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่ากลุ่มข้าวที่มีสีอ่อน และเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ พบว่ากราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็นกราฟไฮเปอร์โบล่า นั่นคือเมื่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมากขึ้น ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} จะลดลงเรื่อย ๆ จนเข้าใกล้ อย่างไรก็ตามเมื่อเขียนกราฟระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับค่า log EC_{50} พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง (R^2 = 0.8995) และมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r = -0.879

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของสี (ค่า L* , dL* , dE*) ของตัวอย่างข้าวซึ่งคำนวณได้จากค่า L* , a* , b* ที่ได้จากเครื่องวัดสีกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด พบว่าพารามิเตอร์ dE* กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงที่มีสัดส่วนแปรผันตามกัน (R^2 = 0.5518) โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r = 0.743 ส่วนพารามิเตอร์ dL* และ L* กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงที่มีสัดส่วนผกผันกัน (R^2 = 0.5323) และมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r = -0.730) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของสี (ค่า L* , dL* , dE*) กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} พบว่าพารามิเตอร์ dE* กับค่า EC_{50} จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงที่มีสัดส่วนผกผันกัน (R^2 = 0.8717) โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r = -0.934 ส่วนพารามิเตอร์ dL* และ L* กับค่า EC_{50} จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงที่มีสัดส่วนแปรผันตามกัน (R^2 = 0.8299) และมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r = 0.911

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ธิราพร ผุยหนองโพธิ์ . 2547 . สัมมนาปริญญาตรีเรื่องข้าวกล้องงอก . โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .

วิวัฒน์ หวังเจริญ . 2545 . บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ .วารสารอาหาร . 32 , 4 : 245-253 .

Bhanger , M .I . , Anwar , F . , Iqbal , S . 2005 . Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan . Food Chemistry . 93 : 265 – 272 .

Goffman , F. D . , Bergman , C . J . 2004 . Rice kernel phenolic content and its relationship with antiradical efficiency . Journal of the Science of Food and Agriculture . 84 : 1235-1240 .

Grigelmo – Migual , N. , Martin – Belloso , O. 1999 . Influence of fruit dietary fiber addition on physical and sensorial properties of strawberry jams . Journal of Food Engineering . 41 : 13-21

Hu , C ., Zawistowski , J . , Ling , W , . Kitts , D . D . 2003 . Black Rice Pigmented Fraction Suppress both Reactive Oxygen Species and Nitric Oxide in Chemical and Biological Model Systems . Journal of Agricultural and Food Chemistry . 51 : 5271 – 5277 .

Murakami , M. , Yamaguchi , T. , Takamura , H . , Matoba , T. 2004 . Effect of thermal treatment on radical scavenging activity of single and mixed polyphenolic compounds . Journal of Food Science . 69 : FCT 7 – FCT 10 .

Nam , S . H . , Choi , S . P. , Kang , M .Y. , Koh , H . J. , Kozukue , N. , Friedman , M . 2005 . Antioxidative activities of bran extracts from twenty one pigmented rice cultivars . Food Chemistry . (Atricle in press available at www.Sciencedirect.com)

Urquiaga , I . , Leighton , F . 2000 . Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress . Biological Research . 33 (2) . [Online] . Available : http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071697602000000200004&script=sci_arttext

Zhou , Z . K . , Robards , K . , Helliwell , S . , Blanchard , C . 2004 . The distribution of phenolic acids in rice . Food Chemistry . 87 : 401-406 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zu , Z . , Hua , N . , Godber , J . S . 2001 . Antioxidant Activity of Tocopherols , Tocotrinals and γ – orizanol Components from Rice Bran against Cholesterol Accelerated by 2 , 2 – Azobis (2 – methylpropionamidine) Dihydrochoride . Journal of Agricultural and Food Chemistry . 49 : 2077 – 2081 .

โครงสร้างของอนุพันธุ์วิตามินอี . [ออนไลน์] . เข้าถึงได้จาก :
http://www.cyberlipid.org/vite/vite001.htm

จมูกข้าว . [ออนไลน์] . เข้าถึงได้จาก :
http://www.silvergreenshop.com/info/rice/rice_germ.htm

ประเภทของข้าว . [ออนไลน์] . เข้าถึงได้จาก :
http://www.imp-agrotech.com/job/job-d/rice-germ-oil/rice-germ-oil1.asp .

ลักษณะที่สำคัญของข้าว . [ออนไลน์] . เข้าถึงได้จาก :
http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK3/chapter1/t3-1-l1.htm#sect1

Ferulic acid . [Online] . Available :
http://www.phytochemicals.info/phytochemicals/ferulic-acid.php .

Gallic acid . [Online] . Available :
http://www.phytochemicals.info/phytochemicals/gallic-acid.php .

Structure of p-coumaric acid . [Online] . Available :
http://www.flavornet.org/info/501-98-4.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของสี

ตัวอย่างการคำนวณความแตกต่างของค่าสี Color difference (dE*)

$$dE^* = (dL^{*2} + da^{*2} + db^{*2})^{1/2}$$

$$4.804 = ((-3.490)^2 + (-0.303)^2 + 3.287^2)^{1/2}$$

ตัวอย่างการคำนวณความแตกต่างของค่าความสว่าง Lightness difference (dL*)

ตัวอย่างข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10 % ตราหงษ์ทอง ค่า L* เฉลี่ยครั้งที่ 1 เท่ากับ 93.560 แทนในสูตร

$$dL^* = L^*(sample) – L^* (standard)$$

$$-3.490 = 93.560 - 97.050$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าความแตกต่างความเป็นสีแดง - เขียว

ตัวอย่างข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10 % ตราหงษ์ทอง ค่า a * เฉลี่ยครั้งที่ 1 เท่ากับ -0.403 แทนในสูตร

$$da^* = a^*(sample) – a^* (standard)$$

$$-0.303 = -0.403 - (-0.100)$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าความแตกต่างความเป็นสีเหลือง – น้ำเงิน

ตัวอย่างข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10 % ตราหงษ์ทอง ค่า b* เฉลี่ยครั้งที่ 1 เท่ากับ 5.357 แทนในสูตร

$$db^* = b^* (sample) – b^* (standard)$$

$$3.287 = 5.357 - 2.070$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1ก ค่า L* ของตัวอย่างข้าวที่ได้จากเครื่องวัดสี

ตัวอย่างข้าว	ข้าวขัดขาว ตราฉัตรอุบล	ข้าวขัดขาว ตราหงษ์ทอง	ข้าวกล้องตรา เพื่อนไทย	ข้าวกล้องตรา หอมมะลิไทย	ข้าวกล้องตรา ดอกบัว	ข้าวมันปูตรา ธัญญทิพย์	ข้าวมันปู ตราเนเจอร์โซน	ข้าวแดงตรา เทพทวีพร	ข้าวเจ้าสีนิล ตราจิตรเสริมไทย	ข้าวกล้องสี นิลตราคนรักษ์ข้าว	ข้าวเหนียวดำ เกษตร	ข้าวเหนียวดำ ไร่ทิพย์
ครั้งที่ 1	94.77	94.54	82.54	81.06	81.07	63.78	62.03	62.19	51.24	47.94	52.00	51.41
	94.37	94.46	81.88	79.20	81.03	63.87	62.98	61.98	50.31	48.20	52.50	53.29
	93.80	94.45	81.91	80.33	81.26	64.66	61.90	62.35	50.74	47.29	52.56	48.83
	85.25	94.47	81.56	82.79	80.32	64.63	62.84	62.46	52.17	48.39	52.20	51.68
	87.28	93.83	82.27	80.93	79.89	64.28	62.01	63.63	51.33	46.21	52.42	51.84
	94.00	94.76	82.13	81.51	81.39	63.63	62.05	63.72	50.72	47.66	52.45	51.77
	94.68	91.07	82.74	82.69	80.70	63.80	62.56	63.01	52.03	48.56	52.38	51.82
	92.62	90.75	81.82	81.09	80.16	64.33	62.14	63.29	50.12	47.99	52.12	51.16
	95.22	92.51	82.61	81.79	81.23	64.45	62.61	63.75	52.17	47.41	52.21	53.26
	94.51	94.76	81.80	83.27	81.40	64.14	61.92	63.68	50.01	48.26	52.19	51.78
ครั้งที่ 2	94.21	94.44	82.98	80.19	80.44	64.24	62.59	63.32	50.97	48.01	51.56	50.37
	94.72	94.67	82.99	81.05	81.01	64.52	62.06	62.68	50.75	48.12	52.17	50.08
	94.56	94.47	82.19	80.88	80.70	64.81	61.94	61.99	50.98	47.27	52.16	51.40
	94.77	94.44	81.80	81.15	80.99	64.55	62.09	63.08	51.02	48.15	52.96	50.96
	94.61	94.65	82.46	80.25	81.13	64.83	62.79	62.49	50.99	47.98	52.78	51.15
	94.19	94.39	82.37	81.40	81.28	64.19	62.02	62.69	50.91	47.54	52.64	49.50
	94.30	94.44	81.79	81.16	81.27	64.99	62.20	62.72	50.16	48.00	52.77	50.27
	94.28	95.00	82.46	80.47	80.76	64.96	62.67	62.24	50.78	48.11	51.20	50.00
	94.42	94.36	82.62	80.80	80.90	64.23	62.03	63.35	50.94	47.85	52.78	50.10
	94.71	94.42	82.76	81.16	81.15	64.28	62.39	62.72	50.72	47.99	51.49	50.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2ก ค่า a* ของตัวอย่างข้าวที่ได้จากเครื่องวัดสี

ตัวอย่างข้าว	ข้าวขัดขาว ตราฉัตรอุบล	ข้าวขัดขาว ตราหงษ์ทอง	ข้าวกล้องตรา เพื่อนไทย	ข้าวกล้องตรา หอมมะลิไทย	ข้าวกล้องตรา ดอกบัว	ข้าวมันปูตรา ธัญญทิพย์	ข้าวมันปู ตราเนเจอร์โซน	ข้าวแดงตรา เทพทวีพร	ข้าวเจ้าสีนิล ตราจิตรเสริมไทย	ข้าวกล้องสีนิลตราคนรักษ์ข้าว	ข้าวเหนียวดำ เกษตร	ข้าวเหนียวดำ ไร่ทิพย์
ครั้งที่ 1	-0.38	-0.30	1.36	0.90	1.21	9.20	9.79	10.41	5.74	5.09	6.76	6.17
	-0.45	-0.38	1.51	0.88	1.19	9.38	9.79	10.19	5.56	5.05	6.60	6.08
	-0.73	-0.37	1.57	0.87	1.38	9.19	10.33	10.08	5.62	4.99	6.73	6.35
	-0.55	-0.38	1.43	0.85	1.21	8.99	9.32	10.50	5.84	4.96	6.78	6.27
	-0.53	-0.45	1.45	0.89	1.38	9.39	9.71	10.06	5.74	4.94	6.56	6.09
	-0.71	-0.39	1.39	0.85	1.42	9.38	9.91	10.14	5.48	5.01	6.76	6.14
	-0.76	-0.37	1.40	0.86	1.21	9.31	9.66	10.22	5.54	5.06	6.86	6.07
	-0.75	-0.39	1.32	0.83	1.28	9.24	10.44	10.19	5.65	5.12	6.71	6.04
	-0.88	-0.49	1.34	0.87	1.27	9.29	10.06	9.76	5.66	5.00	6.82	6.27
	-0.86	-0.51	1.39	0.85	1.13	9.31	10.45	10.31	5.57	5.04	6.75	6.14
ครั้งที่ 2	-0.26	-0.23	1.38	1.31	1.64	9.46	9.88	10.15	5.92	5.09	6.85	7.18
	-0.26	-0.25	1.38	1.24	1.52	9.33	9.66	10.08	5.71	4.96	6.74	6.83
	-0.23	-0.32	1.42	1.34	1.54	9.30	9.94	10.45	6.00	5.20	6.53	6.96
	-0.28	-0.25	1.34	1.46	1.32	9.48	9.93	9.98	5.62	5.15	6.66	6.86
	-0.22	-0.25	1.37	1.46	1.29	8.86	9.82	10.07	5.88	5.14	6.72	6.90
	-0.26	-0.32	1.34	1.11	1.32	9.00	10.11	10.23	5.72	5.01	6.89	7.04
	-0.23	-0.27	1.43	1.45	1.21	9.22	9.99	10.33	5.90	5.18	6.78	7.07
	-0.26	-0.23	1.35	1.38	1.58	9.33	9.99	9.02	5.78	5.22	6.69	6.98
	-0.28	-0.18	1.35	1.25	1.30	9.16	10.23	9.73	5.74	5.18	6.78	6.97
	-0.24	-0.20	1.26	1.33	1.26	9.47	10.31	10.17	5.88	5.13	6.79	6.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3ก ค่า b* ของตัวอย่างข้าวที่ได้จากเครื่องวัดสี

ตัวอย่างข้าว	ข้าวขัดขาว ตราฉัตรอุบล	ข้าวขัดขาว ตราหงษ์ทอง	ข้าวกล้อง ตราเพื่อนไทย	ข้าวกล้อง ตราหอมมะลิไทย	ข้าวกล้อง ตราดอกบัว	ข้าวมันปูตรา ธัญญทิพย์	ข้าวมันปู ตราเนเจอร์โซน	ข้าวแดงตรา เทพทวีพร	ข้าวเจ้าสีนิล ตราจิตรเสริมไทย	ข้าวกล้องสีนิลตราคนรักษ์ข้าว	ข้าวเหนียวดำเกษตร	ข้าวเหนียวดำไร่ทิพย์
ครั้งที่ 1	5.53	5.45	15.60	13.04	13.17	14.23	14.27	13.65	5.74	5.09	6.76	6.17
	5.62	5.47	15.48	12.82	13.06	14.43	14.37	13.62	5.56	5.05	6.60	6.08
	5.86	5.48	15.67	12.96	13.39	14.34	14.81	13.70	5.62	4.99	6.73	6.35
	8.78	5.32	15.45	13.26	13.17	14.18	14.00	14.05	5.84	4.96	6.78	6.27
	5.72	5.15	15.75	12.96	13.43	14.52	14.33	13.82	5.74	4.94	6.56	6.09
	5.95	5.39	15.98	13.04	14.03	14.57	14.40	13.83	5.48	5.01	6.76	6.14
	5.78	5.37	15.61	13.28	13.61	14.26	14.25	13.61	5.54	5.06	6.86	6.07
	6.03	5.08	15.37	13.86	13.45	14.37	14.81	13.77	5.65	5.12	6.71	6.04
	5.80	5.35	15.49	13.46	13.46	14.45	14.54	13.51	5.66	5.00	6.82	6.27
	5.78	5.51	15.51	13.61	13.12	14.43	14.79	13.85	5.57	5.04	6.75	6.14
ครั้งที่ 2	5.75	5.37	15.19	15.02	12.93	14.21	14.73	13.83	5.92	5.09	6.85	7.18
	5.61	5.57	15.90	14.91	13.98	14.08	14.24	13.84	5.71	4.96	6.74	6.83
	5.55	5.47	16.09	15.17	12.96	14.33	14.62	14.08	6.00	5.20	6.53	6.96
	5.69	5.43	15.01	15.29	13.27	14.41	14.71	13.74	5.62	5.15	6.66	6.86
	5.60	5.42	15.35	15.07	13.2	13.92	14.48	13.72	5.88	5.14	6.72	6.90
	6.05	5.71	15.77	13.80	13.29	13.86	14.43	13.81	5.72	5.01	6.89	7.04
	5.85	5.67	15.40	15.24	13.34	14.21	14.45	14.02	5.90	5.18	6.78	7.07
	5.67	5.18	15.46	14.78	12.98	14.36	14.60	13.55	5.78	5.22	6.69	6.98
	5.80	5.72	15.38	14.37	12.99	14.19	14.55	13.70	5.74	5.18	6.78	6.97
	5.40	5.58	15.12	14.96	13.28	14.38	14.73	13.79	5.88	5.13	6.79	6.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ ที่ซื้อมาจากซูเปอร์มาร์เก็ต

ตารางที่ 1ข ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ของสารละลายกรดแกลลิกมาตรฐาน

ปริมาณกรดแกลลิก (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย
0	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.178	0.166	0.169	0.171
40	0.321	0.292	0.3	0.304
60	0.477	0.459	0.452	0.463
80	0.614	0.585	0.561	0.587
100	0.731	0.736	0.698	0.722
120	0.84	0.871	0.825	0.845
140	0.979	0.992	0.966	0.979

การคำนวณ

สูตรการคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

สมการจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

$$Y = 0.0072x+c \quad ; R^2 = 0.9961$$

เมื่อ Y = ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

X = ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง)

C = จุดตัดแกน Y เท่ากับ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากตัวอย่างข้าวมันปูตราเนเจอร์โซน

ครั้งที่ 1 ปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวสีนิลตราคนรักข้าวข้าว 0.5 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เท่ากับ 0.252

แทนค่าสูตร $0.252 = 0.0072x$

$x = 35 / 0.5$ มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 35 ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 7000ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

สารสกัดตัวอย่างข้าวมันปูตราเนเจอร์โซน 100 มิลลิลิตร เท่ากับ ปริมาณตัวอย่างข้าวมันปูตราเนเจอร์โซน 5 กรัม

ดังนั้น

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 7000 ไมโครกรัม / 5 กรัมของตัวอย่างข้าวมันปูตราเนเจอร์โซน

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 140000 ไมโครกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างข้าวมันปูตราเนเจอร์โซน

สารสกัดตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 140 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างข้าวมันปูตราเนเจอร์โซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ข ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ ที่ซื้อมาจากซูเปอร์มาร์เก็ต

ตัวอย่าง	ค่าที่ได้	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10% ตราหงษ์ทอง	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.052	0.040	0.040	0.044	0.036	0.043	0.044	0.041
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	14.44	11.11	11.11	12.22	10.00	11.94	12.22	11.39
ข้าวขัดขาวหอมมะลิ 100 % ตราฉัตรอุบล	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.033	0.037	0.028	0.033	0.033	0.032	0.040	0.035
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	9.17	10.28	7.78	9.17	9.17	8.89	11.11	9.72
ข้าวกล้องหอมมะลิ ตราเพื่อนไทย	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.207	0.215	0.209	0.210	0.219	0.213	0.215	0.216
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	33.82	35.13	34.15	34.31	35.79	34.80	35.13	35.29
ข้าวกล้องหอมมะลิ ตราหอมมะลิไทย	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.223	0.217	0.220	0.220	0.220	0.227	0.219	0.222
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	36.44	35.46	35.95	35.95	35.95	37.09	35.79	36.27
ข้าวกล้องหอมมะลิชนิดพิเศษ ตราดอกบัว	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.252	0.255	0.250	0.252	0.250	0.257	0.252	0.253
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	41.17	41.67	40.85	41.18	40.85	41.99	41.18	41.34
ข้าวเจ้าหอมนิล 100 % ตราจิตเสริมไทย	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.248	0.268	0.297	0.271	0.250	0.255	0.257	0.254
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	68.89	74.44	82.50	75.28	75.00	73.06	71.39	70.56
ข้าวกล้องสีนิล ตราคนรักษ์ข้าว	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.270	0.263	0.257	0.263	0.269	0.270	0.268	0.269
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	75.00	73.06	71.39	73.06	74.72	75.00	74.44	74.72
ข้าวมันปู ตราธัญญทิพย์	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.229	0.235	0.230	0.231	0.233	0.229	0.235	0.256
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	127.24	130.56	127.76	128.33	129.44	127.24	130.56	128.88
ข้าวมันปู ตราเนเจอร์โซน	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.249	0.255	0.253	0.252	0.257	0.255	0.255	0.346
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	138.32	141.68	140.56	140.00	142.76	141.68	141.68	142.24
ข้าวแดง ตราเทพทวีพร	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.339	0.345	0.342	0.342	0.345	0.348	0.345	0.346
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	188.32	191.68	190.00	190.00	191.68	193.32	191.68	192.24
ข้าวเหนียวดำ ตราเกษตร	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.249	0.267	0.250	0.255	0.248	0.263	0.261	0.257
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	138.33	148.33	138.89	141.85	138.33	148.33	138.89	142.96
ข้าวเหนียวดำ ตราไร่ทิพย์	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	0.341	0.336	0.324	0.334	0.293	0.350	0.371	0.338
	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง)	189.44	186.67	180.00	185.37	162.78	194.44	206.11	187.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ตัวอย่างข้าวชนิดต่าง ๆ ที่ซื้อมาจากซูเปอร์มาร์เก็ต

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ของตัวอย่างข้าว โดยนำตัวอย่างมาเจือจางด้วยเอธานอล 40 % ให้มีระดับความเข้มข้น 4 ระดับ โดยในแต่ละระดับความเข้มข้นปรับให้มีปริมาตรรวมของสารละลายตัวอย่าง เท่ากับ 5.4 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

การคำนวณ

การคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

สมการคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระDPPH = (1- (Asample / Acontrol)) x100

นำความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดตัวอย่าง (มิลลิลิตร) กับ เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH มาสร้างกราฟ และนำเอาสมการจากกราฟมาคำนวณหาค่า EC_{50} จากสมการ EC_{50} ต่อไป

สมการเส้นตรงจากกราฟ $Y = aX + b$

เมื่อ a = ความชันของกราฟ

b = จุดตัดแกน Y (ไม่จำเป็นต้องเท่ากับ 0)

สมการEC_{50} $EC_{50} = (50 - b) / a$

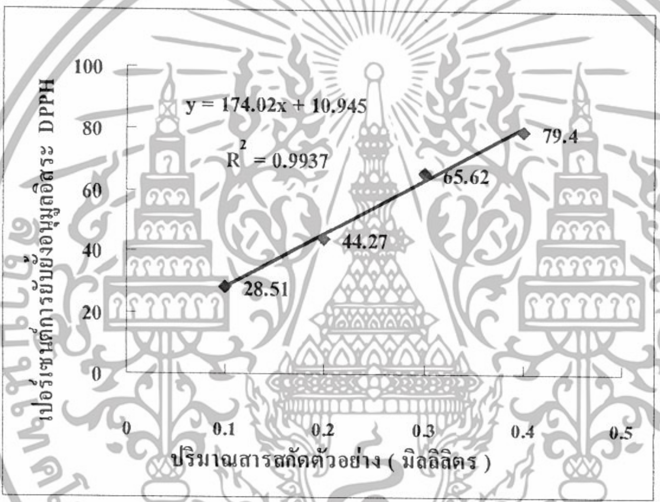
มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

ตารางที่ 1ค ปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวมันปูตราเนเจอร์โซนกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (ครั้งที่ 1)

ปริมาณสารสกัดตัวอย่าง (มิลลิลิตร)	**ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร**				**เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH**
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**	
0.1	0.502	0.495	0.500	0.499	28.51
0.2	0.393	0.388	0.386	0.389	44.27
0.3	0.242	0.238	0.241	0.240	65.62
0.4	0.145	0.141	0.146	0.144	79.40



ภาพที่ 1ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวมันปูตราเนเจอร์โซนกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

จากตารางที่ 1ค และ ภาพที่ 1ค จะได้สมการเส้นตรง ดังนี้

สมการเส้นตรง Y = 174.02x + 10.945 : R^2 = 0.9937

เมื่อ a = 174.02 และ b = 10.945

สมการ EC_{50} EC_{50} = (50 – b) / a

แทนค่าสูตร EC_{50} = (50 – 10.945) / 174.02

= 0.224 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง

คำนวณหา EC_{50} ในหน่วยกรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH ดังนี้

ในสารละลาย DPPH 50 มิลลิลิตร มี DPPH ละลายอยู่ 0.0158 กรัม

ปิเปตสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร มี DPPH ละลายอยู่ 0.0001896 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ในสารละลาย DPPH 0.6 มิลลิลิตร มีจำนวน DPPH เท่ากับ 0.00019 กรัม

ในสารสกัดตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร มีตัวอย่างข้าว 5 กรัม

ดังนั้น สารสกัดตัวอย่าง 0.224 มิลลิลิตร มีตัวอย่างข้าว 0.0112 กรัม

(0.0112 กรัม / 0.00019 กรัม DPPH)

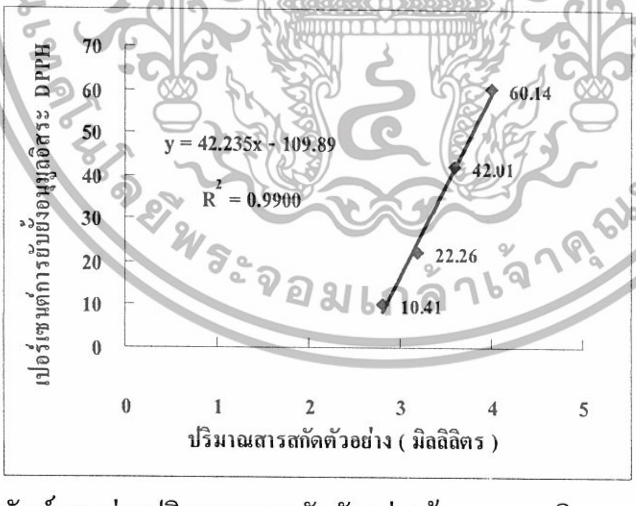
จากตัวอย่างข้าว 0.0112 กรัม สามารถทำลายอนุมูลอิสระได้เท่ากับ 0.00019 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่างข้าว 58.95 กรัม สามารถทำลายอนุมูลอิสระได้เท่ากับ 1 กรัม

(58.95 กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)

ตารางที่ 2ค ปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิตราหอมมะลิไทยกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

ปริมาณสารสกัดตัวอย่าง (มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร				เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
2.8	0.503	0.500	0.497	0.499	10.41
3.2	0.432	0.431	0.434	0.433	22.26
3.6	0.324	0.322	0.323	0.323	42.01
4	0.220	0.222	0.224	0.222	60.14



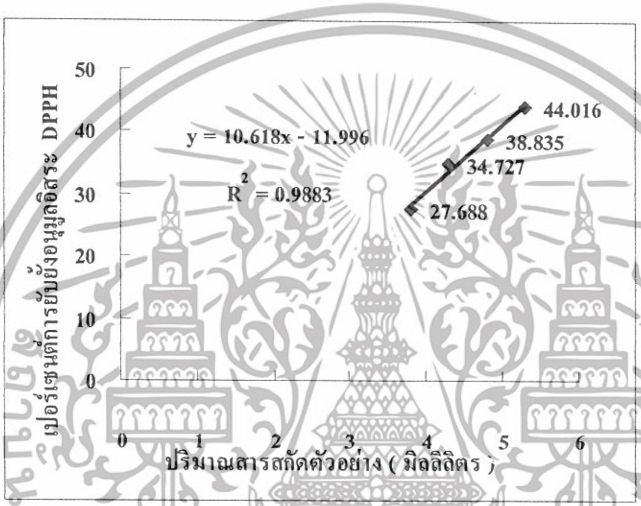
ภาพที่ 2ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวหอมมะลิตราหอมมะลิไทยกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

จากตารางที่ 2ค และ ภาพที่ 2ค จะได้สมการเส้นตรง $Y = 42.235x - 109.89$; $R^2 = 0.9900$ มีค่า a = 42.235 และค่า b = 109.89 และจากสมการ $EC_{50} = (50 - b) / a$ จะได้ค่า EC50 เท่ากับ 3.786 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง หรือ เท่ากับ 996.32 กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3ค ปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10 % ตราหงษ์ทองกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

ปริมาณสารสกัดตัวอย่าง (มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร				เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
3.8	0.677	0.691	0.656	0.675	27.688
4.3	0.604	0.618	0.605	0.609	34.727
4.8	0.576	0.563	0.573	0.571	38.835
5.3	0.535	0.528	0.504	0.522	44.016



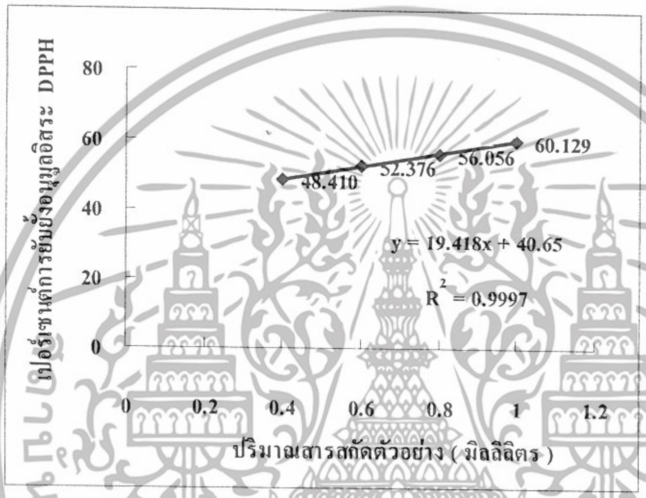
ภาพที่ 3ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวขัดขาวรสทิพย์ 10 % ตราหงษ์ทองกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

จากตารางที่ 3ค และ ภาพที่ 3ค จะได้สมการเส้นตรง Y = 10.618 – 11.996 ; R^2 = 0.9883 มีค่า a = 10.618 และค่า b = 11.996 และจากสมการ EC_{50} = (50 – b) / a จะได้ค่า EC_{50} เท่ากับ 5.839 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่าง หรือ เท่ากับ 1536.58 กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4ค ปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวกล้องสีนิลตราคนรักษ์ข้าวกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

ปริมาณสารสกัดตัวอย่าง (มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
0.4	0.485	0.477	0.482	0.597	48.410
0.6	0.436	0.468	0.429	0.611	52.376
0.8	0.442	0.391	0.397	0.603	56.056
1	0.377	0.366	0.373	0.627	60.129



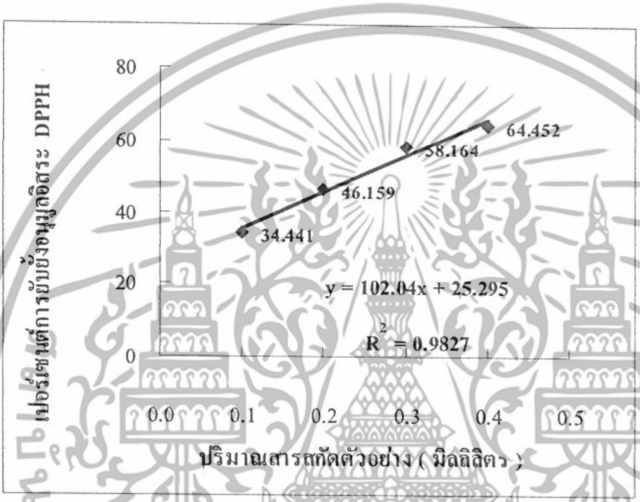
ภาพที่ 4ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวกล้องสีนิลตราคนรักษ์ข้าวกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

จากตารางที่ 4ค และ ภาพที่ 4ค จะได้สมการเส้นตรง Y = 19.418x– 40.65 ; R^2 = 0.9997 มีค่า a = 19.418 และค่า b = 40.65 และจากสมการ EC_{50} = (50 – b) / a จะได้ค่า EC_{50} เท่ากับ 0.482 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่างหรือเท่ากับ 126.84 กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5ค ปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวเหนียวดำตราไร่ทิพย์กับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

ปริมาณสารสกัดตัวอย่าง (มิลลิลิตร)	**ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร**				**เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH**
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**	
0.1	0.565	0.595	0.638	0.619	34.441
0.2	0.458	0.484	0.509	0.516	46.159
0.3	0.397	0.393	0.365	0.430	58.164
0.4	0.291	0.283	0.289	0.387	64.452



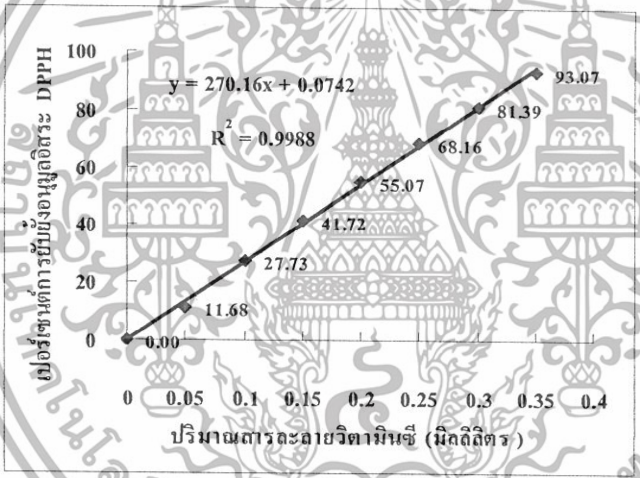
ภาพที่ 5ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดตัวอย่างข้าวเตราไร่ทิพย์กับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

จากตารางที่ 5ค และ ภาพที่ 5ค จะได้สมการเส้นตรง Y = 102.04x – 25.295 ; R^2 = 0.9827 มีค่า a = 102.04 และค่า b = 25.295 และจากสมการ EC_{50} = (50 – b) / a จะได้ค่า EC_{50} เท่ากับ 0.242 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่างหรือเท่ากับ 63.68 กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6ค ปริมาณสารละลายวิตามินซีกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

ปริมาณสารละลายวิตามินซี (มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร				เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
0	0.779	0.780	0.779	0.779	0
0.05	0.687	0.681	0.696	0.688	11.68
0.10	0.552	0.563	0.574	0.563	27.73
0.15	0.461	0.446	0.455	0.454	41.72
0.20	0.348	0.352	0.350	0.350	55.07
0.25	0.251	0.249	0.254	0.248	68.16
0.30	0.146	0.139	0.150	0.145	81.39
0.35	0.054	0.061	0.048	0.054	93.07



ภาพที่ 6ค ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารละลายวิตามินซีกับเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

จากตารางที่ 6ค และ ภาพที่ 6ค จะได้สมการเส้นตรง $Y = 270.16x + 0.0742$; $R^2 = 0.9827$ มีค่า a = 270.16 และค่า b = 0.0742 และจากสมการ $EC_{50} = (50 - b) / a$ จะได้ค่า EC_{50} เท่ากับ 0.185 มิลลิลิตรของสารสกัดตัวอย่างหรือเท่ากับ 48.68 กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS เวอร์ชั่น 11.0 ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1ง - 7ง

ตารางที่ 1ง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง dE* กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)

Correlations

		PHENOLIC	DE
PHENOLIC	Pearson Correlation	1	.743**
	Sig. (2-tailed)	.	.006
	N	12	12
DE	Pearson Correlation	.743**	1
	Sig. (2-tailed)	.006	.
	N	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level

หมายเหตุ PHENOLIC ในที่นี้หมายถึงสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)

ค่า r เข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบบวกอย่างชัดเจน คือ เมื่อ dE* เพิ่มขึ้น สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดก็จะเพิ่มขึ้นโดยเป็นสัดส่วนแปรผันตามกัน

ตารางที่ 2ง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง dL* กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)

Correlations

		PHENOLIC	DL
PHENOLIC	Pearson Correlation	1	-.730**
	Sig. (2-tailed)	.	.007
	N	12	12
DL	Pearson Correlation	-.730**	1
	Sig. (2-tailed)	.007	.
	N	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level

หมายเหตุ PHENOLIC ในที่นี้หมายถึงสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)

ค่า r เข้าใกล้ -1 แสดงว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบลบอย่างชัดเจน คือ เมื่อ dL* เพิ่มขึ้น สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดก็จะลดลงโดยเป็นสัดส่วนผกผันกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3ง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง L* กับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)

Correlations

		PHENOLIC	L
PHENOLIC	Pearson Correlation	1	-.730**
	Sig. (2-tailed)	.	.007
	N	12	12
L	Pearson Correlation	-.730**	1
	Sig. (2-tailed)	.007	.
	N	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level

หมายเหตุ PHENOLIC ในที่นี้หมายถึงสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)

ค่า r เข้าใกล้ -1 แสดงว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบลบอย่างชัดเจน คือ เมื่อ L* เพิ่มขึ้นสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดก็จะลดลงโดยเป็นสัดส่วนผกผันกัน

ตารางที่ 4ง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง dE* กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} (กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)

Correlations

		EC50	DE
EC50	Pearson Correlation	1	-.934**
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	12	12
DE	Pearson Correlation	-.934**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level

ค่า r เข้าใกล้ -1 แสดงว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบลบอย่างชัดเจน คือ เมื่อ dE* เพิ่มขึ้นความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ก็จะลดลงโดยเป็นสัดส่วนผกผันกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5ง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง dL* กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} (กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)

Correlations

		EC50	DL
EC50	Pearson Correlation	1	.911**
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	12	12
DL	Pearson Correlation	.911**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level

ค่า r เข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบบวกอย่างชัดเจน คือ เมื่อ dL* เพิ่มขึ้น ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ก็จะเพิ่มขึ้น โดยเป็นสัดส่วนแปรผันตามกัน

ตารางที่ 6ง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง L* กับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} (กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)

Correlations

		EC50	L
EC50	Pearson Correlation	1	.911**
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	12	12
L	Pearson Correlation	.911**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level

ค่า r เข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบบวกอย่างชัดเจน คือ เมื่อ L* เพิ่มขึ้น ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในรูป EC_{50} ก็จะเพิ่มขึ้น โดยเป็นสัดส่วนแปรผันตามกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7ง สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง) กับ Log EC_{50} (กรัมตัวอย่าง / กรัม DPPH)

Correlations

		LOGEC50	PHENOLIC
LOGEC50	Pearson Correlation	1	-.879**
	Sig. (2-tailed)	.	.000
	N	12	12
PHENOLIC	Pearson Correlation	-.879**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.
	N	12	12

**. Correlation is significant at the 0.01 level

หมายเหตุ PHENOLIC ในที่นี้หมายถึงสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัมตัวอย่าง)

ค่า r เข้าใกล้ -1 แสดงว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบลบอย่างชัดเจน คือ เมื่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้น log EC_{50} ก็จะลดลงโดยเป็นสัดส่วนผกผันกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวประทานพร สิชฌรังษี เกิดเมื่อวันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดนครสวรรค์ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนครสวรรค์ นครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2543 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี พ.ศ 2548 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 391/56 ม.10 ต. นครสวรรค์ตก อ. เมือง จ. นครสวรรค์ 60000 (06-9295696)

นางสาวสายรุ้ง ช่วยรอด เกิดเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2526 อ. เมือง ที่จังหวัดสมุทรปราการ 10270 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนราชวินิต-บางแก้ว ปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิตจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี พ.ศ 2548 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่ 858 /44 ม.2 ซอยวัดด่าน ต. สำโรงเหนือ อ. เมือง จ. สมุทรปราการ 10270 (06-5201379)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้