T096988

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยพันธุ์ต่างๆ

(Total polyphenol contents and antiradical properties of different varieties of banana)

โดย

นาย สาธิต นิลนวรัตน์ รหัสนักศึกษา 44040160

นางสาว สาวิตรี พุ่มเพ็ชร์ รหัสนักศึกษา 44040161

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

Faculty of Agricultural Inndustry

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520

King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang
Bangkok 10520 Thailand

ปพ.
ส๖A2ป
2547

เลขหมู่ 96988
เลขทะเบียน
วัน.เดือน.ปี 5 มิ.ย. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยพันธุ์ต่างๆ

(Total polyphenol contents and antiradical properties of different varieties of banana)

จัดทำโดย

นาย สาธิต นิลนวรัตน์ รหัสประจำตัว 44040160

นางสาว สาวิตรี พุ่มเพ็ชร์ รหัสประจำตัว 44040161

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 24 / 3 / 2548 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยพันธุ์ต่างๆ

(Total polyphenol contents and antiradical properties of different varieties of banana)

นาย สาธิต นิลนวรัตน์

นางสาว สาวิตรี พุ่มเพ็ชร์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายสาธิต นิลนวรัตน์ และ นางสาว สาวิตรี พุ่มเพ็ชร์ : ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยพันธุ์ต่างๆ(Total polyphenol contents and antiradical properties of different varieties of banana)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

บทคัดย่อ

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของกล้วย 4 สายพันธุ์ คือ กล้วยน้ำว้า , กล้วยหอม , กล้วยไข่ และกล้วยหักมุก ที่ระดับความสุก 1 และ 5 พบว่าในตัวอย่างเปลือกกล้วยจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างเนื้อกล้วยทุกสายพันธุ์ และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น

การทดลองสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกล้วย 4 สายพันธุ์ คือ กล้วยน้ำว้า , กล้วยหอม , กล้วยไข่ และกล้วยหักมุก พบว่าสารสกัดจากเปลือกกล้วย มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าสารสกัดจากเนื้อกล้วยทุกสายพันธุ์และมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกล่าวคือ ตัวอย่างเนื้อหรือเปลือกกล้วยที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงจะมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงด้วย

สาธิต นิลนวรัตน์
ลายมือชื่อนักศึกษา

สาวิตรี พุ่มเพ็ชร์ 24/3/2548
ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยพันธุ์ต่างๆ สำเร็จลงได้ด้วยดี ทั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ซึ่งได้ให้ความกรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำ และชี้แนวทางในการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ตั้งแต่ปี 1 – 4 เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขอบคุณพี่ๆนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่เต็มใจที่คอยดูแลในการปฏิบัติการการทดลองตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ใส่ใจและให้กำลังใจตลอดมา และขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ ให้สถานที่พักพิง และคอมพิวเตอร์ในการใช้ทำรูปเล่มปัญหาพิเศษที่จัดทำเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

21 มีนาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
- 2.1 ประวัติกล้วยในประเทศไทย	2
- 2.2 รูปร่างและลักษณะของกล้วย	2
- 2.3 คุณค่าอาหารของผลกล้วย	5
- 2.4 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วย	7
- 2.5 อนุมูลอิสระ	11
- 2.6 สมบัติของสารแอนตี้ออกซิแดนท์	13
- 2.7 สารประกอบฟีนอล	14
- 2.8 คุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล	15
- 2.9 ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน	17
- 2.10 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกล้วย	18
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
- 3.1 วัสดุ	20
- 3.2 อุปกรณ์	20
- 3.3 สารเคมี	20
- 3.4 วิธีการทดลอง	21
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
- 4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ	23
- 4.2 การศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	
- 5.1 สรุปผลการทดลอง	**35**
เอกสารอ้างอิง	**36**
ภาคผนวก	
- ภาคผนวก ก	**38**
- ภาคผนวก ข	**40**
- ภาคผนวก ค	**46**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมี แร่ธาตุ และปริมาณวิตามินของผลกล้วยพันธุ์ต่างๆ เป็นกรัมต่อ น้ำหนักสดผลสุก 100 กรัม	6
ตารางที่ 2.2 ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลในส่วนต่างๆ ของพืช	16
ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ ที่ระดับความสุก 1 และ 5	24
ตารางที่ 4.2 ปริมาณของแข็งแห้งในสารสกัดที่ได้และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ ที่ระดับความสุก 1 และ 5	27
ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆที่ระดับความสุก 1 และ 5	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	การแบ่งระดับการสุกของกล้วย	10
รูปที่ 2.2	หลักการหาขีดความสามารถของสารแอนตี้ออกซิแดนท์ในการเป็นตัวต้านอนุมูลอิสระ	14
รูปที่ 2.3	โครงสร้างพื้นฐานและการระบุตำแหน่งคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลฟลาโวนอยด์	15
รูปที่ 2.4	โครงสร้างทางเคมีของโดพามีน	18
รูปที่ 2.5	โครงสร้างทางเคมีของแกลโลแคทีชิน	19
รูปที่ 4.1	กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด	23
รูปที่ 4.2	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดใน 100 กรัม ตัวอย่างเปียกของเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆที่ระดับความสุก 1 และ 5	25
รูปที่ 4.3	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดใน 100 กรัม ตัวอย่างแห้งของเนื้อกล้วยพันธุ์ ต่างๆที่ระดับความสุก 1 และ 5	26
รูปที่ 4.4	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมของแข็งแห้งในสารสกัดจากกล้วยพันธุ์ต่างๆ ที่ระดับความสุก 1 และ 5	28
รูปที่ 4.5	ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากเนื้อและเปลือกกล้วยสายพันธุ์ต่างๆที่ระดับความสุกที่ 1 และ 5	31
รูปที่ 4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อและเปลือกกล้วยทุกพันธุ์	33
รูปที่ 4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อและเปลือกกล้วยทุกพันธุ์ที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดน้อยกว่า 60 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของแข็งแห้ง	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ในภาวะปัจจุบันที่คนหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น โดยการรับประทานอาหารพวกผัก-ผลไม้ ซึ่งอุดมไปด้วยสารประกอบโพลีฟีนอลมากมาย โดยสารประกอบโพลีฟีนอลเหล่านั้นมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant) ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระนี้มีสมบัติต่างๆ ที่มีประโยชน์อันได้แก่ การป้องกันหรือการชะลอความชรา การป้องกันและลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจหรือโรคมะเร็ง ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรีย เป็นต้น แต่ปริมาณและชนิดของสารประกอบโพลีฟีนอลนั้น มีแตกต่างกันในผัก-ผลไม้แต่ละชนิด

กล้วยเป็นพืชที่ปลูกง่ายและขึ้นดีทุกภาคของประเทศไทยให้ผลตลอดทั้งปี ราคาถูก เป็นผลไม้ที่คนไทยนิยมบริโภคทั้งผลกล้วยดิบและกล้วยสุก (เบญจมาศ , 2545) ที่สำคัญกล้วยหลายชนิดสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เป็นสินค้าส่งออกและจำหน่ายภายในประเทศได้ มีรายงานว่ากล้วยหอมมีองค์ประกอบของสารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งมีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ดี โดยปริมาณสารประกอบดังกล่าวในเปลือกสูงกว่าในเนื้อกล้วย นอกจากนี้ระดับความสุกของกล้วยหอม ยังมีผลต่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลอีกด้วย (Kanazawa and Sakakibara) ดังนั้นปัญหาพิเศษนี้จึงทดลองเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกและเนื้อกล้วยที่ระดับความสุกต่างกันของกล้วยพันธุ์ต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์

1.1 ศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ ที่ระดับความสุกต่างกัน

1.2 ศึกษาสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ ที่ระดับความสุกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ประวัติกล้วยในประเทศไทย (เบญจมาศ , 2545)

กล้วยถือเป็นพืชเก่าแก่ในประเทศไทย ผลใช้รับประทานส่วนใบใช้ห่อของกันมาตั้งแต่โบราณ ใบกล้วยมีความทนทานต่อความร้อนมาก ดังจะเห็นได้ว่าขนมที่ใช้ห่อใบตองสามารถปิ้งหรือต้ม หรือนึ่งได้โดยที่อาหารข้างในไม่เสีย

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และอยู่ในแถบอัสสัม ซึ่งเป็นถิ่นกำเนิดของกล้วยป่า (*Musa acuminata Colla*) ดังนี้จึงพบกล้วยป่าอยู่ทั่วประเทศไทย กล้วยป่าที่พบอยู่ในประเทศไทยมีอยู่ 4 sub species คือ

Musa acuminate Colla ssp. *Malaccensis* (Ridl) Simmonds

Musa acuminate Colla ssp. *Microcarpa* (Beccari) Simmonds

Musa acuminate Colla ssp. *Burmanica* Simmonds

Musa acuminate Colla ssp. *siamea* Simmonds

กล้วยป่าที่พบในประเทศไทย นอกจาก *M. acuminata* ทั้ง 4 subscies แล้วยังพบ *M. itinerans* หรือที่เรียกกันว่ากล้วยหก ซึ่งพบส่วนใหญ่ทางภาคเหนือ เช่นที่ดอยอ่างขางและในป่าทั่วทางภาคเหนือ *M. ornata* และ *M.laterita* Roxb หรือที่เรียกว่า กล้วยบัวพบในป่าทางภาคเหนือเช่นกัน สำหรับกล้วยตานี *M. balbisiana* ไม่พบในป่า พบเป็นกล้วยปลูกหลังบ้านทั่ว ๆ ไป ในทุกจังหวัด ทั้งนี้เป็นเพราะกล้วยตานีมีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบประเทศอินเดีย และมีการนำมาปลูกบนผืนแผ่นดินไทยมาช้านานแล้ว ก่อนที่จะมีการแต่งตั้งเป็นประเทศไทย

2.2 รูปร่างและลักษณะของกล้วย (เบญจมาศ , 2545)

2.2.1 กล้วยหักมุก [Musa (AAA group) 'Kluai Hak Muk' กลุ่มย่อย Bluggoe] ชื่อสามัญ Silver Bluggoe

กล้วยหักมุกมีลำต้นเทียมสูง 2.5-3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกมีประดำบ้างเล็กน้อย มีนวลมาก ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีรวงค่อนข้างแคบและมีปีก เส้นกลางใบสีเขียว มีนวลทางด้านล่าง ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อม ปลายป้าน และมีสีเหลือง ม้วนงอขึ้น ด้านบนมีนวลหนา ด้านในสีแดงเข้ม ก้านเกสรตัวเมียสูงกว่าเกสรตัวผู้ เครือห้อยลง เครือหนึ่งมีประมาณ 7 หวี หวีหนึ่งมี10-16 ผล ผลใหญ่กว้าง 4-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนติเมตร ยาว 11-19 เซนติเมตร ก้านผลยาว ลักษณะคล้ายกล้วยน้ำว้า แต่ปลายผลลีบลงมากกว่า และเห็นเหลี่ยมชัดเจน เปลือกหนา เมื่อสุกสีเหลืองอมน้ำตาลมีนวลหนา เนื้อสีส้มกล้วยหักมุกมี 2 ชนิด คือ ชนิดมีนวลที่ผลเรียกว่าหักมุกขาวหรือหักมุกนวล และไม่มีนวลเรียกว่าหักมุกเขียวผิว เปลือกสีเขียวเข้มมีสีดำประกาย เนื้อสีขาว นิยมทำกล้วยฉาบ การปลูกมีทั่วไปทุกภาคแต่มีไม่มากนัก ปลูกเป็นการค้าที่จังหวัดเพชรบุรี กำแพงเพชร ไม่นิยมรับประทานสดส่วนใหญ่จะทอดและฉาบน้ำตาล กล้วยฉาบที่ทำจากกล้วยหักมุกขาวมีสีเหลือง สวยกว่ากล้วยน้ำว้าแต่ส่วนใหญ่ที่ทำกล้วยฉาบมักทำจากกล้วยหักมุกเขียวเพราะหักมุกเขียวดก ราคาจึงถูก ส่วนหักมุกขาวมักนำมาเผา

2.2.2 กล้วยน้ำว้า [Musa (AAA group) 'Kluai Namwa'] ชื่ออื่นๆ กล้วยใต้ (เชียงใหม่, เชียงราย); กล้วยตานีอ่อง(อุบลราชธานี) ; กล้วยมะลิอ่อง(จันทรบุรี) , กล้วยอ่อง (ชัยภูมิ) ชื่อสามัญ Pisang Awak

กล้วยน้ำว้ามีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวอ่อน มีประดำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบสีเขียวอมชมพู ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อม ม้วนงอขึ้นปลายมน ด้านบนสีแดงอมม่วงมีนวล ด้านล่างสีแดงเข้ม ก้านของดอกตัวเมียตรง ดอกตัวเมียสีงาช้าง เกสรตัวผู้สีครีม เกสรตัวเมียยาวกว่าเกสรตัวผู้มาก ดอกตัวผู้หลุดร่วงหลังจากใบประดับหลุดแล้ว กลีบรวมใหญ่สีชมพูอ่อน ปลายสีเหลือง กลีบรวมเคี่ยวสีขาวใส มีรอยหยักที่ปลาย เครือห้อยลง เครือหนึ่งมี 7 หวี หวีหนึ่งมี 10-16 ผล ผลใหญ่กว่ากล้วยไข่ กว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 11-13 เซนติเมตร มีเหลี่ยมก้านผลยาว ผลมีความยาวใกล้เคียงกับกล้วยไข่ เปลือกหนากว่ากล้วยไข่ เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ปนน้ำตาล เนื้อสีขาว รสหวาน ที่แกนกลางหรือที่เรียกว่า ไส้กลาง มีสีเหลือง ชมพูหรือขาว ซึ่งทำให้แบ่งออกได้เป็นกล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าแดง และกล้วยน้ำว้าขาว ส่วนกล้วยว้าดำมีเนื้อขาว รสหวาน เปลือกมีสีม่วงและดำมีเนื้อแตกลายงาเป็นสีสนิม นอกจากนี้ยังมีกล้วยน้ำว้าที่ต้นเตี้ยกว่า 2.5 เมตร เรียกว่าน้ำว้าค่อม และกล้วยน้ำว้าเขียวซึ่งเมื่อสุกจะมีสีเหลืองปนเขียว น้ำว้านวลเมื่อสุกจะเห็นผลเป็นสีเหลืองนวลหนา น้ำว้าลูกไส้ดำ จะมีแกนกลางสีค่อนข้างดำซึ่งเป็นส่วนของเมล็ดที่ไม่มีการพัฒนา

กล้วยน้ำว้าปลูกทั่วไปในประเทศไทย รับประทานกันมากในทุกๆ ภาค ปลูกเป็นการค้าทั่วในภาคกลาง ภาคเหนือปลูกมากที่จังหวัดพิษณุโลกเรียกว่าพันธุ์มะลิอ่อง เนื้อกล้วยน้ำว้ามีคุณค่าทางอาหารมากใช้เป็นอาหารเลี้ยงเด็กอ่อน รับประทานสด และทำเป็นขนมหลายชนิด เช่นขนมกล้วย กล้วยทอด กล้วยบวชชี กล้วยตาก กล้วยฉาบ และกล้วยกวน กล้วยตากเป็นสินค้าส่งไปขายต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 กล้วยหอมทอง [Musa (AAA group) 'Kluai Hom Thong' กลุ่มย่อย Gros Michel] ชื่ออื่นๆ กล้วยหอม ชื่อสามัญ Hom Thong Banana]

กล้วยหอมทองมีลำต้นเทียมสูง 2.5-3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกมีประดำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน และมีเส้นสีชมพูก้านใบมีร่องค่อนข้างกว้างและมีปีก เส้นกลางใบสีเขียว ก้านช่อดอกมีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างกว้างและมีปีก เส้นกลางใบสีเขียว ก้านช่อดอกมีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างยาว ปลายแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง มีไขด้านล่างสีแดงซีด เครือหนึ่งมี 4-6 หวี หวีหนึ่งมี 12-16 ผล ผลใหญ่กว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 21-25 เซนติเมตร ปลายผลมีจุกเห็นชัด เปลือกบาง เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทองแต่ที่ปลายจุกจะเปลี่ยนสีภายหลัง เนื้อส้มอ่อน ๆ กลิ่นหอม รสหวาน กล้วยหอมทองส่วนใหญ่ปลูกในแถบภาคกลางโดยเฉพาะจังหวัดปทุมธานี และกรุงเทพฯ หรือจังหวัดใกล้เคียง เคยส่งเป็นสินค้าออกจำนวนมากไปยังฮ่องกง สิงคโปร์ ญี่ปุ่น และยุโรป แต่เนื่องจากคุณภาพในการขนส่งไม่ดี ทำให้ปริมาณการส่งออกลดลงเป็นอย่างมาก แต่ในปัจจุบันได้มีการส่งออกไปประเทศญี่ปุ่นมากขึ้นแล้ว

2.2.4 กล้วยไข่ [Musa (AA group) 'Kluai Khai' กลุ่มย่อย Sucrier ชื่ออื่นๆ กล้วยกระ ชื่อสามัญ Pisang Mas

กล้วยไข่มีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 2.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 16 เซนติเมตร กาบลำต้นดานนอกสีเขียวปนเหลือง มีประดำหนา ด้านในสีชมพูแดง ก้านใบเขียวอมเหลือง มีร่องกว้างโคนก้านใบมีปีกสีชมพู ก้านช่อดอกมีขนอ่อน ใบประดับรูปไข่ ม้วนงอขึ้น ปลายค่อนข้างแหลม ด้านบนสีแดงอมม่วง ด้านล่างที่โคนกลีบซีด กลีบรวมใหญ่สีขาว ปลายสีเหลือง กลีบรวมเดี่ยวไม่มีสี เกสรตัวเมียและเกสรตัวผู้มีความยาวใกล้เคียงกัน แต่เกสรตัวเมียสูงกว่าเล็กน้อย เกสรตัวเมียสีเหลือง ส่วนเกสรตัวผู้มีสีชมพู เครือหนึ่งมีประมาณ 7 หวี หวีหนึ่งมีประมาณ 14 ผล ผลค่อนข้างเล็ก กว้าง 2-3 เซนติเมตร ยาว 8-10 เซนติเมตร ก้านผลสั้นเปลือกค่อนข้างบาง เมื่อสุกมีสีเหลืองสดใส บางครั้งมีจุดดำเล็กๆ ประปราย เนื้อสีครีมอมส้ม รสหวาน

กล้วยไข่ปลูกกันมากเป็นการค้าที่จังหวัดกำแพงเพชร ตาก นครสวรรค์ เพชรบุรี และปลูกทั่วๆ ไปในสวนหลังบ้านในทั่วทุกภาคของประเทศไทย เพราะเป็นกล้วยที่รสชาติดี และใช้ในเทศกาลสารทไทย ผลรับประทานสด และเป็นเครื่องเคียงของข้าวเม่าคลุกและกระยาสารท นอกจากนี้ยังใช้ทำกล้วยเชื่อม ข้าวเม่าทอด และกล้วยบวชชี ปัจจุบันกล้วยไข่เป็นสินค้าส่งออกไปยังประเทศ สิงคโปร์ ญี่ปุ่น และฮ่องกง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คุณค่าอาหารของผลกล้วย (nutritive value of bananas) (เบญจมาศ , 2545)

กล้วยสุกมักจะมีรสหวานเป็นอาหารที่ย่อยง่าย ระยะเวลาในการย่อยกล้วยสุกหลังจากรับประทานแล้วสั้นกว่าการย่อยส้ม นม กะหล่ำปลี หรือแอปเปิลเสียอีก ดังนั้นกล้วยจึงเหมาะที่จะเป็นอาหารของทารกหรือผู้ที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับลำไส้ กล้วยส่วนใหญ่รับประทานได้ทั้งผลดิบและสุก เขามักจะรับประทานกล้วยแทนเนื้อสัตว์ กล้วยเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูงพอ ๆ กับมันฝรั่ง แต่มีไขมัน คอเรสเตอรอลและเกลือแร่ต่ำ จึงเหมาะสำหรับเป็นอาหารของคนที่ลดความอ้วน กล้วยมีเกลือโซเดียมเพียงเล็กน้อย และมีโปแตสเซียมอยู่ประมาณ 400 มิลลิกรัม การที่มีโปแตสเซียมสูงจะช่วยลด blood preesure ในประเทศอินเดียมีความเชื่อว่าถ้ารับประทานกล้วยวันละ 2 ผล จะช่วยลด blood preesure ได้ ประมาณ 10 % ภายใน 1 อาทิตย์ กล้วยมี lipid ต่ำและพลังงานสูง กล้วยจึงเป็นอาหารที่แนะนำสำหรับคนชรา ผู้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารและเด็กที่ท้องเสียบ่อย ๆ กล้วยสามารถลดแก๊สในกระเพาะ ซึ่งเกิดจากความเครียดและยังมีวิตามิน A ,B6 และ C อีกด้วย

การรับประทานกล้วยที่ต้มหรือทำให้สุกด้วยความร้อนมักจะทำให้วิตามินลดลง ดังนั้นรับประทานกล้วยสดๆ จะได้คุณค่าทางอาหารมากกว่า ปริมาณของวิตามิน C ในกล้วยสุกน้อยกว่ากล้วยดิบ ดังเช่น ในกล้วยน้ำว้าได้มีการศึกษาใน 100 มิลลิกรัมพบว่า ในกล้วยน้ำว้าดิบมีระดับของวิตามิน C อยู่ 30 มิลลิกรัม เมื่อสุกจะมีเพียง 24 มิลลิกรัมและเมื่อสุกงอมจะลดลงเหลือ 19 มิลลิกรัม และเมื่อทำเป็นกล้วยตากจะยิ่งลดลงเหลือเพียง 3 มิลลิกรัมเท่านั้น

กล้วยเมื่อสุกมีเปลือกสีเหลือง พบว่ามีแคโรทีน (carotene) คือ

เปลือกมี –carotene 7% , B-carotene 14 % และ lutein 56 %

ส่วนเนื้อมี –carotene 31% ,B-carotene 28% และ lutein 33 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมี แร่ธาตุ และปริมาณวิตามินของผลกล้วยพันธุ์ต่างๆ เป็นกรัม ต่อ น้ำหนักสดผลสุก 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	หน่วย	กล้วยน้ำว้า	กล้วยหอม	กล้วยไข่	กล้วยหักมุก
พลังงาน	กิโลแคลอรี่	139	125	140	112
ความชื้น	กรัม	62.6	66.3	62.8	71.2
โปรตีน	กรัม	1.1	0.9	1.5	1.2
ไขมัน	กรัม	0.2	0.2	0.2	0.2
คาร์โบไฮเดรต	กรัม	33.1	29.8	32.9	26.3
กากอาหาร	กรัม	0.3	0.3	0.4	0.4
ใยอาหาร	กรัม	2.3	1.9	1.9	-
เถ้า	มิลลิกรัม	0.7	0.9	0.7	0.7
แคลเซียม	มิลลิกรัม	7	26	4	7
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม	43	46	23	48
เหล็ก	มิลลิกรัม	0.8	0.8	1.0	0.8
B-Carotene	มิลลิกรัม	54	99	729	-
ไทอามีน	มิลลิกรัม	0.04	0.04	0.03	0.08
ไรโบฟลาวิน	มิลลิกรัม	0.02	0.07	0.05	0.11
วิตามินเอ	มิลลิกรัม	1.4	1.0	1.4	0.8
แอสคอบิค	มิลลิกรัม	11	27	2	1

ที่มา : เอกสารกองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข , 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วย (สมศักดิ์ ,2532)

กล้วยเป็นพืชที่มีการสุกของผลเป็นแบบไคลแมคเทอริค (climacteric type) โดยเมื่อเก็บเกี่ยวกล้วยที่แก่จัดซึ่งเปลือกยังเป็นสีเขียวอยู่ แล้วนำมาบ่ม กล้วยจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเซลล์ ทำให้มีคุณภาพเหมาะสมกับการบริโภคมากยิ่งขึ้น ซึ่งในขณะที่ผลกล้วยกำลังจะสุกกล้วยจะเกิดขบวนการการเปลี่ยนแปลงของผล 2 ลักษณะ คือ

2.4.1 Overt changes เป็นการเปลี่ยนแปลงของสี ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นและรส การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถวัดค่าได้ด้วยการมองเห็น ดมกลิ่น ชิมรสและการสัมผัสด้วยมือ การสุกของผลกล้วยในแต่ละเครือจะเริ่มจากหวีแรกเรื่อยไปจนถึงหวีสุดท้ายตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของสีและลักษณะเนื้อจะมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ผลกล้วยที่ยังดิบจะมีสีเปลือกเป็นสีเขียวและลักษณะเนื้อแข็งสีขาว เมื่อผลเริ่มสุกจะมีเปลือกสีเขียวอ่อน และลักษณะเนื้อเริ่มอ่อนตัว มีสีขาวซีด เนื้อจะเริ่มอ่อนตัวจากข้างในใจกลางมายังข้างนอกและจากส่วนปลายผลไปหาส่วนโคน ต่อมาสีเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมเขียว และลักษณะของเนื้อจะอ่อนทั้งผล สีเปลือกจะค่อยๆ เหลือง ยกเว้นส่วนปลายและก้านยังคงเขียวอยู่ ในที่สุดผลกล้วยทั้งผลจะเหลืองตลอดผล และลักษณะเนื้ออ่อนนิ่มแต่ยังไม่เละ ระดับนี้เป็นระดับการสุกที่เหมาะสมต่อการบริโภค (eating ripe) หลังจากนั้นเปลือกของผลจะเริ่มเสียเนื่องจากเชื้อราเข้าทำลายเป็นจุดเล็กๆ สีน้ำตาลแล้วค่อยๆขยายแผ่ไปทั่วทั้งผล ลักษณะเนื้อจะเริ่มเละแต่ยังรับประทานได้ รสชาติและกลิ่นของผลกล้วยขณะสุกนี้เป็นผลมาจากความหวานของน้ำตาลที่เปลี่ยนแปลงมาจากสารประกอบคาร์โบไฮเดรต และมีการลดปริมาณของกรดซึ่งเกิดจากสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น แอลกอฮอล์และกรดอื่นๆ

2.4.2 Covert change เป็นการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมี การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นภายในและเป็นกลไกที่ส่งผลในเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสี ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น และรสของผลกล้วย การเปลี่ยนแปลงนี้อาจแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ การเปลี่ยนแปลงของกล้วยที่ปล่อยให้สุกคาต้น(prehavest changes) และการเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุกของกล้วยตัด (posthavest changes) ในการเปลี่ยนแปลงของกล้วยที่ปล่อยสุกคาต้น เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอในกล้วยหอมทอง ความแห้งของเนื้อผลจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยและจะสูงประมาณ 26% เมื่ออายุได้ 80 วัน หลังจากนั้นเนื้อแห้งจะลดลงขณะนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงหลายประการ เช่น ปริมาณแป้งในผลจะลดลงเมื่ออายุ 110 วัน และจะเกิดการสะสมของน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสเมื่ออายุ 120 วันสามารถที่จะวัดปริมาณของกรดในเปลือกและในเนื้อได้ เมื่อมีอายุ 110-120 วัน เกิดการสูญเสียคาร์โบไฮเดรตเนื่องจากการหายใจ ทำให้ปริมาณแป้งสูญเสียไปมากกว่าการสะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลและเกิดการปริของผลเมื่ออายุ 100-120 วัน ซึ่งเป็นผลมาจากเกิดการสะสมปริมาณน้ำตาลที่เนื้อของผล ทำให้ความดันออสโมซิสเพิ่มมากขึ้นจึงเกิดการดูดน้ำมากเกินไป ผลกล้วยจะบวมและดันให้ผิวเปลือกแตกออกหลังจากที่เครือของกล้วยถูกตัดออกจากต้นแม่แล้ว ในช่วงนี้ก็ยังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาผลกล้วยยังคงสามารถสังเคราะห์สาร และมีเมตาบอลิซึมได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีดังนี้

2.4.2.1 การหายใจ ผลกล้วยดิบจะมีอัตราการหายใจต่ำ ต่อมาอัตราการหายใจจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นและจะสูงสุดเมื่อผลกล้วยเริ่มสุก หลังจากนั้นอัตราการหายใจจะลดลงหลังจากที่ผลกล้วยสุกแล้ว แต่อัตราการหายใจของผลกล้วยอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิและสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น อุณหภูมิสูงจะทำให้อัตราการหายใจของผลสูงขึ้นเป็นผลให้ขบวนการสุกของผลเร็วขึ้นด้วย

2.4.2.2 ปริมาณความชื้นในผล บริเวณผิวเปลือกของผลจะมีปากใบอยู่กระจัดกระจายทั่วทั้งผล ดังนั้น ขบวนการคายน้ำจึงเกิดขึ้นได้ แม้กล้วยจะถูกตัดออกจากต้นแม่แล้วก็ตาม อัตราการคายน้ำลดลงเล็กน้อย ต่อจากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นและสูงที่สุดเมื่อผลกล้วยเริ่มสุก หลังจากนั้นอัตราการคายน้ำจะลดลงอีก หลังจากที่ผลสุกเต็มที่แล้ว ปริมาณความชื้นภายในผลจะเปลี่ยนแปลงเนื่องจากขบวนการหลายอย่างด้วยกัน เช่น การคายน้ำของผล การดูดน้ำของแป้ง และการหายใจของผล เป็นต้น

2.4.2.3 คาร์โบไฮเดรต คาร์โบไอเดรตของกล้วยในขณะที่เป็นผลดิบจะประกอบด้วยสตาร์ชเป็นส่วนใหญ่โดยมีสตาร์ชสะสมประมาณร้อยละ20-25 น้ำตาลร้อยละ1-2 เมื่อกล้วยสุกมีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 15-20 และมีสตาร์ชเหลือร้อยละ 1-2 น้ำตาลที่พบในกล้วยสุกส่วนใหญ่ได้แก่ กลูโคส รองลงมาเป็นฟรักโทสและซูโครสตามลำดับ โดยที่กล้วยสุกจะมีน้ำตาลกลูโคสสูงกว่าฟรักโทสเล็กน้อยในสัดส่วน ร้อยละ 5248 ทั้งนี้น้ำตาลบางส่วนได้มาจากการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลส ซึ่งในกล้วยดิบจะมีเฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 7-8 และลดลงเหลือร้อยละ 1 เมื่อกล้วยสุก (Simmond ,1966) นอกจากนี้ภายหลังที่กล้วยสุกเต็มที่ ปริมาณน้ำตาลในกล้วยจะลดลง เนื่องจากกล้วยใช้น้ำตาลในการสันดาป ทั้งนี้กล้วยแต่ละพันธุ์ประกอบด้วยสารอาหารหลายชนิดในปริมาณที่แตกต่างกันบ้างเล็กน้อย เช่น ปริมาณน้ำตาลในกล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ กล้วยหักมุกและกล้วยหอมทอง พบว่ามีปริมาณร้อยละ 22.1 , 18.41, 16.49 และ16.42 ตามลำดับ

2.4.2.4 สารประกอบเซลลูโลส ได้แก่ เฮมิเซลลูโลส เพคติน และเซลลูโลส เป็นสารที่ทำให้เนื้อของผลแห้ง การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารดังกล่าว จะเป็นแบบเดียวกันกับของสตาร์ชคือเมื่อผลดิบจะมีปริมาณ 7-8 % เมื่อผลสุกจะมีเพียง 1% ส่วนเพคตินในเนื้อของผลจะเพิ่มปริมาณขึ้นขณะที่ผลสุกแต่ละปริมาณของเพคตินในทุกระยะการเปลี่ยนแปลงของผลจะมีเพียงไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิน 0.5 %ของน้ำหนักผลสดปริมาณดังกล่าวในเนื้อนับว่ามีผลมากเป็น 4 เท่าของปริมาณในเปลือกผล โดยเมื่อกล้วยสุกเนื้อจะนิ่มและอ่อนตัวลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพคติน (pectin -substance)ซึ่งได้แก่ โพรโทเพคติน (protopectin) ซึ่งไม่ละลายน้ำ เปลี่ยนเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ และมีผลต่อการนิ่มของกล้วย ส่วนสารประกอบเซลลูโลสในเปลือกจะไม่แสดงความสำคัญระหว่างการสุกของผลกล้วยแต่อย่างใด

2.4.2.5 ปริมาณกรด เนื้อของผลจะมีปริมาณกรดสูงสุดเมื่อผลใกล้สุกหรือกำลังสุก ต่อมาจะลดปริมาณลงตลอดเวลาหลังจากที่ผลสุกเต็มที่ บริเวณที่เปลือกของผลจะมีปริมาณกรดที่เปลี่ยนแปลงเป็นแบบเดียวกับเนื้อของผลความเป็นกรดเป็นด่างของเนื้อผลดิบจะอยู่ระหว่าง 5.0-5.8 และผลสุกอยู่ระหว่าง 4.2-4.8 เนื้อผลสุกที่รับประทานสด จะมีปริมาณกรดเพียงครึ่งหนึ่งของเนื้อผลสุกที่ใช้ปรุงอาหาร ในผลดิบจะมีปริมาณของกรดออกซาลิคมากที่สุด รองลงมาเป็นมาลิคและซิตริก เมื่อผลสุกจะมีปริมาณออกซาลิคลดลงทำให้ปริมาณมาลิคสูงที่สุด

2.4.2.6 แทนนิน เป็นสารฟีนอลลิค ในกล้วยดิบแทนนินอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ทำให้เกิดรสฝาดและเกิดสีน้ำตางเมื่อกล้วยเกิดบาดแผลจากการปอกหั่น เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์โพลี ฟีนอลออกซิเดส โดยการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสจะเริ่มเพิ่มขึ้นในระยะ preclimacteric หลังจากนั้นจะค่อยลดลงจนสุกเต็มที่ เอนไซม์ดังกล่าวจะกระตุ้นให้แทนนินทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ และเปลี่ยนเป็นสารประกอบสีน้ำตาล แทนนินเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดและได้รับความร้อนจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบโมเลกุลใหญ่ที่เรียกว่า tinnin red หรือ phorbaphene แทนนินเมื่อทำปฏิกิริยากับเหล็กที่มาจากมีดหรือภาชนะที่ใช้จะเกิดสีน้ำเงินดำของ tinnic acid เมื่อผลไม้สุกแทนนินเปลี่ยนอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำทำให้รสฝาดของกล้วยหายไป (Von , 1950) ในระยะที่เก็บเกี่ยวของเนื้อกล้วยจะพบโดพามีนมากถึง ของแทนนินในเนื้อกล้วยทั้งหมด หลังจากนั้น 4 วัน ก็จะค่อยๆลดลงจาก ไมโครกรัมต่อกรัม 60 จนถึง 25ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักเนื้อกล้วยสด โดยจะฟอร์มตัวเป็นสารเมตาบอไลท์ เช่น ซาลซินอล(salsinol) ส่วนในเปลือกกล้วยจะประกอบด้วยแทนนินมากกว่าเนื้อ 3-5 เท่า และจะมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดมากกว่าถึง 2 เท่า (John and Marchal ,1995)

2.4.2.7 เม็ดสี (pigment) ผิวเปลือกของผลดิบจะมีเม็ดสีของคลอโรฟิลล์ แคโรทีน และแซนโทฟิลอยู่รวมกัน โดยการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของกล้วย เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงระดับความสุกของกล้วย เปลือกกล้วยจะเริ่มมีสีเหลืองหลังจากถึงจุดที่มีการหายใจสูงสุด(climacteric peak) เปลือกดิบมีคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) 50 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด แซนโทฟิลล์ (Xanthophyll) 5-7 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักสด และแคโรทีนอยด์(carotenoid) 1.3-3.5 ไมโครกรัมต่อกรัมของน้ำหนักสด (Palmer,1971) เมื่อกล้วยสุกคลอโรฟิลล์จะสลายตัวทั้งหมด ทำให้สีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคโรทีนอยด์ปรากฏให้เห็นจากการที่กล้วยมีการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือก พร้อมทั้งเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีเปลี่ยนสตาร์ชเป็นน้ำตาล จึงแบ่งความสุกของกล้วยตามสีของเปลือกเป็น 8 ขั้น เรียกว่าดัชนีสีเปลือกกล้วย (Peel Color Index) สำหรับในประเทศไทย เบญจมาศ(2545) ได้ศึกษาดัชนีสีเปลือกกล้วยหอมทองแสดงดังรูปที่ 2.1

การแบ่งระดับการสุกของกล้วย หลังจากตัดมาบ่มดังนี้

ระดับที่ 1 เปลือกสีเขียว ผลแข็ง ไม่มีการสุก

ระดับที่ 2 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเป็นเหลืองนิดๆ

ระดับที่ 3 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเป็นเหลืองมากขึ้น แต่ยังมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง

ระดับที่ 4 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองและมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว

ระดับที่ 5 เปลือกเป็นสีเหลือง แต่ปลายยังเป็นสีเขียว

ระดับที่ 6 ทั้งผลมีสีเหลือง (ผลสุก)

ระดับที่ 7 ทั้งผลมีสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาล(สุกเต็มที่ มีกลิ่นหอม)

ระดับที่ 8 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (สุกมากเกินไป เนื้อเริ่มอ่อนตัวและมีกลิ่นแรง)

รูปที่ 2.1 การแบ่งระดับการสุกของกล้วย

ที่มา : เบญจมาศ , 2545

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงในช่วงระหว่างการสุกของกล้วยหลังจากเครือกล้วยถูกตัดมาแล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงอีกหลายอย่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน พบว่าขณะที่ผลสุกจะไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนมากนัก ในผลสุกอยู่ในระหว่าง0.5-1.5% ส่วนไขมันพบว่าในขณะผลสุกไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมากนักเช่นกัน ขณะที่ผลสุกจะอยู่ระหว่าง 0.2-0.5 % เท่านั้น และสารระเหยที่ให้กลิ่นในขณะผลสุก สารที่พบได้แก่ สารประกอบเอสเทอร์ เป็นต้น

2.5 อนุมูลอิสระ (free radical) หรือ ROS (Reactive oxygen species)

อนุมูลอิสระ (free radical) หรือ ROS (Reactive oxygen species) คือโมเลกุลหรืออิเล็กตรอนที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวอยู่รอบนอกและมีอายุสั้นประมาณ 1 หรือ 10^{-3}-10^{-10} วินาที จึงจัดว่าเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยสามารถตรวจวัดด้วย Electron Spin Resonance (ESR) โมเลกุลหรืออิออนชนิดนี้เป็นตัวก่อให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ตัวอย่างของอนุมูลอิสระ (free radical)หรือ ROS มีดังนี้ Superoxide anion radical $O^{\bullet}_2$ Hydroxyl radical $HO^{\bullet}$, Peroxide radical $ROO^{\bullet}$, Peroxyl radical $LOO^{\bullet}$, Hydrogen-peroxide H_2O_2 , Ozone O_3 , Singlet oxygen $1O_2$, Hydrogen radical $H^{\bullet}$,Methyl-radical $CH^{\bullet}_3$

2.5.1 ชนิดของอนุมูลอิสระสามารถแบ่งได้อย่างง่ายๆ คือ

2.5.1.1 อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกายเอง

2.5.1.2 อนุมูลอิสระจากภายนอกร่างกาย

(1.) การติดเชื้อทั้งจากแบคทีเรีย และไวรัส

(2.) การอักเสบชนิดไม่ทราบสาเหตุ (autoimmune diseses) เช่นข้ออักเสบรูมาตอยด์ โรคเก๊าท์

(3.) รังสี

(4.) สิ่งแวดล้อมที่เป็นมลพิษ เช่น ควันเสีย และเขม่าจากเครื่องยนต์ ควันบุหรี่ ยาฆ่าแมลง

(5.) การออกกำลังกายอย่างหักโหม

โดยหลักการทางเคมีอนุมูลอิสระและ ROS เกิดขึ้นโดย

ปฏิกิริยาการแยกอย่างสมมาตร (symmetric separation)

$$X\text{-}X \rightarrow X^{\bullet} + X^{\bullet}$$

อนุมูลอิสระอื่น ๆ

$$X^{\bullet}\text{-}HR \rightarrow HX + R^{\bullet}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

จากที่กล่าวมาแล้วว่าอนุมูลอิสระถูกสร้างขึ้นมาทั้งจากกระบวนการเมแทบอริซึมของร่างกายเอง และในภาวะที่ผิดปกติ เช่น ภาวะของโรค หรือภาวะที่ร่างกายแวดล้อมด้วย มลพิษโดยภาวะที่ผิดปกติจะส่งผลให้ร่างกายเกิดการสะสมของ อนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจำเป็นที่ร่างกายต้องหาทางป้องกันการโดนทำลายจากอนุมูลอิสระเหล่านั้นต้องหาทางป้องกันการโดนทำลายจากอนุมูลอิสระเหล่านั้น (พรทิพย์ , 2546)

ร่างกายมีกลไกที่สามารถป้องกันตัวเองจากอันตรายของอนุมูลอิสระที่สำคัญ 2 วิธี คือ (1) กลไกการซ่อมแซม DNA (DNA repair) การตัด DNA ส่วนที่ผิดปกตินั้นออกไป และการสร้างสาย DNA ที่ปกติขึ้นมาแทนที่และ (2) การใช้สารแอนตี้ออกซิแดนท์ ซึ่งเกิดได้ทั้งจากภายในและภายนอกร่างกาย คือจากการรับประทานอาหารเข้าไป สารแอนตี้ออกซิแดนท์จะเป็นตัวจัดการกับอนุมูลอิสระเหล่านั้น ก่อนที่มันจะเข้าทำลายต่อ DNA จากข้อมูลทางระบาดวิทยาพบว่าประชากรที่บริโภคพืชผัก ผลไม้ ที่มีสารแอนตี้ออกซิแดนท์ จะเป็นโรคมะเร็งน้อยมาก สารแอนตี้ออกซิแดนท์ เช่น วิตามินซี สามารถลดการเกิดการกลายพันธุ์และการเกิดมะเร็งได้(ประไพภัทร, 2547)
แต่อย่างไรก็ตามมีบางภาวะที่อนุมูลอิสระมีมากเกินกว่าที่ระบบแอนตี้ออกซิแดนท์จะจัดการได้ จะเกิดสภาวะที่เรียกว่า oxidative stress ขึ้นมาซึ่งจะส่งผลต่างๆ ต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต (พรทิพย์ , 2546)

สภาวะออกซีเดทีฟสเตรท (oxidative stress) คือ สภาวะที่ร่างกายไม่สามารถควบคุมและป้องกันปริมาณของอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับปกติที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายได้ โดยอนุมูลอิสระที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆภายในร่างกาย เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน , คาร์โบไฮเดรต , โปรตีน และกรดนิวคลีอิก การสร้างพันธะโควาเลนต์กับโปรตีน เป็นผลทำให้เกิด inactivation ของโปรตีน เป็นต้น และพบว่าอนุมูลอิสระก่อให้เกิดสภาวะทางพยาธิสภาพในโรคสำคัญบางโรคได้แก่ มะเร็ง, โรคหัวใจ, ไขมันอุดตันในเส้นเลือด, ไขข้ออักเสบ, ต้อกระจก เป็นต้น (วัลยา และ พัชรี, 2542)

การทำลายโมเลกุลที่เป็นต้นเหตุการเกิดของอนุมูลอิสระ นับเป็นกลไกการทำงานของระบบแอนตี้ออกซิแดนท์ที่สำคัญกลไกหนึ่ง ซึ่งเป็นการทำงานที่อาศัยเอ็นไซม์หรือไม่ก็ได้
สารแอนตี้ออกซิแดนท์ที่พบในร่างกายและจัดเป็นเอนไซม์ได้แก่
Superoxide dismutase (SOD) , Catalase (CAT) , Glutathione peroxidase (GPX) Glutathione reductase (GR) , Glutathione S-transferaase (GST)
ส่วนสารแอนตี้ออกซิแดนท์พบในร่างกายแต่ไม่จัดเป็นเอนไซม์ได้แก่
Glutathione , Haptogobin , Hemopexin , Lipoic acid , Uric acid , Ceruloplasmin , Bilirubin , Cysteine , Albumin , Transferrin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารแอนตี้ออกซิแดนท์เหล่านี้จะทำลายอนุมูลอิสระโดยการจับกับอนุมูลอิสระ ลดการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดตั้งต้นหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (พรทิพย์ , 2546)

2.6 สมบัติของสารแอนตี้ออกซิแดนท์ (antioxidant)

สารต้านออกซิเดชัน คือ สารที่ทำหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในที่หมายถึงสารที่สามารถยับยั้งและควบคุมป้องกันอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Gordon ,1990)

สารต้านออกซิเดชัน หมายถึง สารที่มีในปริมาณน้อยเทียบกับสารที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสามารถยับยั้งหรือหน่วงเหนี่ยวให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันไม่เกิดขึ้น (วินัย, 2545)

สารที่จัดเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ท์มีกลไกการทำงานดังนี้ คือ

1. กำจัดออกซิเจน (ROS)
2. กำจัดแรดดิคอลอิสระ
3. กำจัดโลหะไอออน

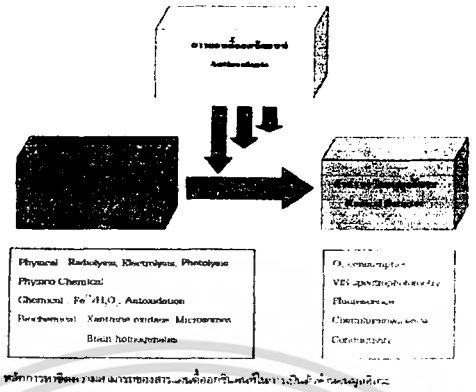
สารต้านออกซิเดชันที่พบในธรรมชาติแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. เอนไซม์ที่ผลิตขึ้นในร่างกาย ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส คาตาเลส กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส และเมทไธโอนีนดักเทส (methionine reductase) เป็นต้น
2. วิตามินต้านออกซิเดชัน ได้แก่ วิตามินอี ในถั่ว ธัญพืช รำ ข้าวกล้อง งา และวิตามินซี ในผลไม้ ผักสด เป็นต้น
3. แร่ธาตุ เช่น ซิลิเนียม และสังกะสีเป็นโคแฟคเตอร์ (co-factors) ของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน
4. สารพฤกษเคมี (phytochemicals) เป็นสารเคมีจากพืชที่ไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร เช่น แคโรทีน(carotene) ไลโคพีน(lycopene) แซนโธฟิล (xanthophyl) แทนนิน(tennin) และฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เป็นต้น (ไมตรี สุทธิจิตต์ และคณะ, 2543)

หลักการในการหาขีดความสามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

หลักการหาขีดความสามารถในการเป็นตัวต้านอนุมูลอิสระของสารแอนตี้ออกซิแดนท์ ส่วนใหญ่ทำโดยอาศัยหลักการดังรูปที่ 2.2 นั่นคือขั้นแรกจะเป็นการสร้างอนุมูลอิสระขึ้นมาก่อน แล้วจึงเติมสารแอนตี้ออกซิแดนท์ลงไป จากนั้นทำการตรวจวัดหาอนุมูลที่เหลือหลังจากเกิดปฏิกิริยา ซึ่งหลักการนี้สามารถนำไปใช้ได้อย่างหลากหลายขึ้นอยู่กับการเลือกชนิดของตัวกำเนิดอนุมูลอิสระและชนิดของตัวตรวจวัดอนุมูลอิสระ (พรทิพย์ , 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 หลักการหาขีดความสามารถของสารแอนตี้ออกซิแดนท์ในการเป็นตัวต้านอนุมูลอิสระ

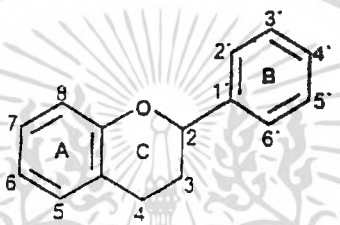
ที่มา : พรทิพย์ , 2546

2.7 สารประกอบฟีนอล (Bravo, 1998)

สารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) เป็นสารในกลุ่ม secondary metabolite ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ดังนั้นรูปแบบของสารประกอบฟีนอล ในพืชแต่ละชนิดจึงมีความแตกต่างกันออกไป ในปัจจุบันพบว่ามีสารประกอบฟีนอลที่ทราบโครงสร้างแน่นอนแล้วมากกว่า 8,000 ชนิด ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นโพลิเมอร์ เช่น แทนนิน (tennins) โครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบฟีนอลจะเกิดจากการรวมตัวของโมเลกุลน้ำตาลตั้งแต่ 1 โมเลกุลขึ้นไปกับหมู่ไฮดรอกซิล (OH-group) โดยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharides) น้ำตาลโมเลกุลคู่ (disaccharides) หรือไอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharides) ก็ได้ แต่น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล คือ กลูโคส (glucose) ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นที่พบ ได้แก่ กาแลกโตส (galactose) แรมโนส (rhamnose) ไซโรส (xylose) อะราบิโรส (arabinosc) และอนุพันธุ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโรนิก (glucoronic acid) กรดกาแลกตูโรนิก (galacturonic acid) และอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลกับสารประกอบฟีนอลด้วยกันเองหรือสารประกอบฟีนอลกับสารประกอบอื่นๆ เช่น กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acids) กรดอินทรีย์ (organic acids) อะมีน (amines) และไขมันอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบฟีนอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำซึ่งสามารถพบได้โดยทั่วไปและมีความสำคัญ ประกอบด้วย ฟีนอล (phenols,C_6) กรดฟีนอลิก (phenolic acids, C_6-C_1) ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoids, C_6-C_3) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ตัวอย่างของฟีนอล ได้แก่ phenol , cresol , thymol , resocinol , orcinol และอื่นๆ ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในพืชที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องเทศ รวมทั้ง hydroquinone และอนุพันธุ์ (เช่น arbutine และ sesamol) และ phloroglucinol ด้วย สำหรับตัวอย่างของกรดฟีนอลิก ได้แก่ gallic acid , vanillic acid , syringic acid , p-hydroxybenzoic acid และอัลดีไฮด์ของกรดฟีนอลิก (เช่น vanillin , p-hydroxybenzaldehyde syringaldehyde) ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในพืชชั้นชั้นสูงและเฟิร์น



รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานและการระบุตำแหน่งคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลฟลาโวนอยด์

ที่มา : Brovo , 1998

2.8 คุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล

คุณสมบัติที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันของสารประกอบฟีนอล คือ การเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidants) และสารต้านการกลายพันธุ์ (antimutagens) ซึ่งเกิดจากอนุมูลอิสระ (free radicals) และการใช้สารประกอบฟีนอลในการป้องกันโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือด และมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอลจะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

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

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

เมื่อสารประกอบฟีนอลให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระไปแล้ว อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลจะค่อนข้างมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไป ยิ่งไปกว่านั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลบางชนิดยังคงสามารถรวมตัวกับอนุมูลอิสระอื่นได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย จึงทำให้สารประกอบฟีนอลเหล่านั้นสามารถลดจำนวนอนุมูลอิสระลงได้ถึง 2 เท่า ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้ (Bravo, 1998)

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

$$RO\bullet \quad PP\bullet \longrightarrow ROPP$$

แต่ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลยังขึ้นอยู่กับระบบด้วย ดังนั้นการศึกษาหรือเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าวจึงจำเป็นต้องระบุรายละเอียดของระบบให้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสับสเตรทที่เป็นเป้าหมายของระบบ (Frankel , 1999) นอกจากนี้ยังพบว่า ในภาวะที่มีสารประกอบฟีนอลความเข้มข้นสูง พีเอชสูง และมีเหล็กอยู่ด้วยนั้น สารประกอบฟีนอลอาจจะเป็นตัวเริ่มต้นของกระบวนการออกซิเดชันเสียเองได้ (Bravo , 1998)

สารประกอบฟีนอลที่ถูกพบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันนั้น สามารถพบได้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เมล็ด (ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดฝ้าย มัสตาร์ด ข้าว และงา) ผล (ได้แก่ องุ่น ส้ม พริกไทยดำ และโอลีฟ) ใบ (ได้แก่ ชา และเครื่องเทศต่างๆ) และส่วนอื่นๆ (ได้แก่ มันเทศ และหัวหอม) (Amiot et al., 1997) และหนึ่งในสารประกอบฟีนอลซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันที่เป็นที่รู้จักกันดีอยู่แล้ว คือ วิตามินอี ส่วนสารประกอบฟีนอลอื่นๆ ที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก คือ flavonoids (ได้แก่ flavones , flavonols , isoflavones , catechins , fiavonones และ chalcones) และ cinnamic acid derivatives (ได้แก่ caffeic acid , ferulic acid , chalorgenic acid และอื่นๆ) โดยสามารถพบทั้ง flavonoids และ cinnamic acid derivatives ได้ในเกือบทุกส่วนของพืช แต่จะมีความแตกต่างกันออกไปในด้านของชนิดและปริมาณซึ่งอาจสรุปเป็นแนวโน้มได้ดังตารางที่ 2.4 (Pratt 1992)

ตารางที่ 2.2 ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอลในส่วนต่างๆ ของพืช

	ส่วนของพืชชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอล
ผล	Cinnamic acids > catechins ≈ leucoanthocyanins (flavan3,4-diols) > flavonols
ใบ	Flavonols ≈ cinnamic acids > catechins ≈ leucoanthocyanins
เนื้อไม้	Catechins ≈ leucoanthocyanins > flavonols > cinnamic acids
เปลือกไม้	เหมือนในเนื้อไม้แต่จะมีปริมาณสูงกว่า

ที่มา : Pratt , 1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน

ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลสารประกอบฟีนอล ดังตัวอย่างต่อไปนี้ คือ

1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

2. อุณหภูมิ

3. แสง

4. เอ็นไซม์

5. การรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ

เนื่องจาก OH-group ในแต่ละตำแหน่งของสารประกอบฟีนอลมีบทบาทต่อคุณสมบัติของการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างซึ่งจะมีผลให้ OH-group เกิดการเปลี่ยนแปลง จึงน่าจะมีผลต่อสมบัติของการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลด้วยเช่นเดียวกัน (Jackman and Smith, 1996)

อุณหภูมิสูงในระหว่างการแปรรูปจะมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลโมเลกุลเล็กๆ ระเหยกลายเป็นไอไปได้ในขณะฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลที่มีโครงสร้างแบบ C6-C3-C6 โดยมีลักษณะเป็นวงแหวน 3 วงต่อกัน จะเกิดการแตกของวงแหวน C และสลายตัวต่อไป โดยวงแหวน B จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิก และวงแหวน A จะเปลี่ยนเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์ตามลำดับ (Jackman and Smith, 1996) และระเหยไปพร้อมกับไอน้ำ (Kim and Pratt , 1992)

แสงแดดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เร่งการสลายตัวหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบฟีนอล เช่น OH-group ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ในโมเลกุลของแอนโทไซยานินจะสามารถเรืองแสงและไวต่อการสลายตัวเมื่อโดนแสงแดด นอกจากนี้แสงแดดยังเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนให้เกิดเร็วขึ้นด้วย (Jackman and Smith, 1996)

ในสภาพที่มีเอ็นไซม์ polyphenoloxidase อยู่ด้วยจะเป็นการเร่งการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลบางชนิดให้เกิดได้เร็วขึ้น แต่อัตราเร่งปฏิกิริยาจะแตกต่างกันออกไป เช่น Fu et al. (1992) พบว่า polyphenoloxidase สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ(-)-epicatechin ได้ดีกว่า (+)-catechin

สารประกอบฟีนอลสามารถเกิดการรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ เช่น โปรตีน โพลีแซคคาไรด์ อัลคาลอยด์และแอนโทไซนานินได้ง่าย และปฏิกิริยาอาจจะเป็นแบบสามารถผันกลับได้หรือไม่ได้นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ในขณะที่เกิดปฏิกิริยา เช่น ออกซิเจน ไอออนโลหะ เอ็นไซม์และกรดเป็นต้น ซึ่งจะเป็นตัวการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของปฏิกิริยา เช่น ทำให้สารประกอบใน

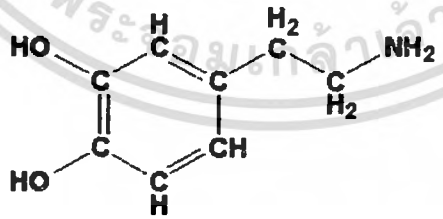
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96988

ภาวะสมดุลรวมตัวกันและตกตะกอนแยกออกมา หรือเกิดพันธะโควาเลนท์รวมกันเป็นสารใหม่ ทำให้ปฏิกิริยาไม่สามารถผันกลับได้ (Haslam et al., 1992) หากปรากฏการณ์เหล่านี้มีผลทำให้ให้สารประกอบฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างไป จะทำให้สารประกอบฟีนอลสูญเสียสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันไปได้

2.10 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกล้วย

เนื่องจากกล้วยเป็นพืชที่พบในเขตร้อนจึงมีระบบที่สามารถป้องกันตัวเองจากออกซิเดทีฟสเตรท ซึ่งมีสาเหตุมาจากแสงแดดที่แรงและที่อุณหภูมิสูง โดยการผลิตสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในปริมาณมากในกล้วยมีองค์ประกอบของโดพามีน (dopamine) ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.4 ทั้งในเปลือกและเนื้อในปริมาณสูงปริมาณโดพามีนในกล้วยหอม (*Musa cavendish*) ลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณอยู่ที่ระดับ 80-560 และ 2.5-10 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ของเปลือกและเนื้อกล้วยตามลำดับ โดยความแตกต่างนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากในส่วนที่แตกต่างกัน ที่ระดับความสุกต่าง ๆ ปริมาณกรดแอสคอบิค (ascorbic acid) จะคงที่ปริมาณ 10 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ทั้งในเนื้อและเปลือก แคโรทีน (carotenes) และไทโดฟีรอลจะพบมากในเปลือกและพบน้อยในเนื้อกล้วย ดังนั้นศักยภาพในการต้านออกซิเดชันที่ดีของกล้วยจึงเป็นผลมาจากโดพามีน ซึ่งมากกว่าสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันอื่นๆ ในผลไม้ชนิดนี้ โดย ศักยภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของโดพามีนดีกว่า บีเอชเอ (BHA) , บีเอชที (BHT), ฟลาโวนอยด์ , กลูตาไธโอน , แคทีชิน , แกลโลแคทีชิน แกลเลท (gallocatechin gallic) และกรดแอสคอบิคในปริมาณที่เท่ากัน (Kanazawa and Sakakibara, 2000)

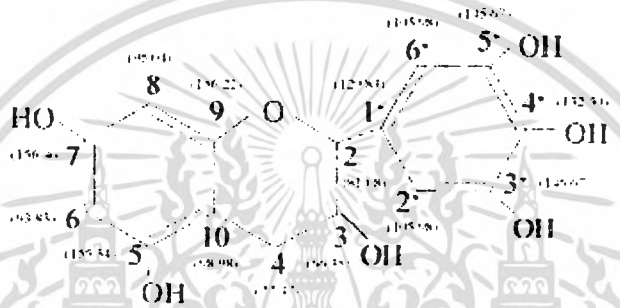


รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของโดพามีน

ที่มา : www.aw-bc.com/mathews/ ch21/dopamine.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ Someya และคณะ (2002) ได้ศึกษาปริมาณและชนิดของสารประกอบที่มีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกล้วยหอมชนิดเดียวกัน พบว่าแกลโลคาเทชินเป็นสารที่พบมากในเปลือกกล้วยซึ่งพบในปริมาณที่สูงกว่าในเนื้อกล้วย ในระดับ 158 มิลลิกรัม และ 29.6 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้งตามลำดับ โดยที่สารสกัดจากเปลือกกล้วยมีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดีกว่าสารสกัดจากเนื้อกล้วย



รูปที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของแกลโลแคทชิน

ที่มา : Somiya , 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

กล้วยน้ำว้า , กล้วยหอม , กล้วยไข่และกล้วยหักมุก ที่ความสุกระดับ 1 และ 5 ซื้อจากตลาดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.2 อุปกรณ์

1. เครื่องทำสูญญากาศสำหรับกรอง
2. เครื่องบดผสมแบบเปียก (Blender)
3. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
5. Hot plate
6. สเปกโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) พร้อม cell
7. เครื่องเขย่า (Vertex)
8. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1

3.3 สารเคมี

1. เอธานอล 95 %
2. Na_2CO_3
3. Folin-Ciocaltcu
4. กรดแกลลิค
5. 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20411

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วย

นำตัวอย่างกล้วยสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ระดับความสุกต่าง 2 ระดับ คือ ระดับ 1 และระดับ 5 มานึ่งเป็นเวลา 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปแยกส่วนเปลือกและเนื้อออกโดยตัดส่วนขั้วและส่วนปลายทิ้งไป ชั่งตัวอย่างเปลือกกล้วยหรือเนื้อกล้วย ตัวอย่างละ 10 กรัม เติมเอธานอล 95% 100 มิลลิลิตร แล้วนำไป บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดผสมที่ความเร็วสูง 3 นาทีสำหรับเนื้อกล้วย และ 4 นาทีสำหรับเปลือกกล้วย ถ่ายตัวอย่างที่บดแล้วใส่ในบีกเกอร์ปิดด้วยกระจกนาฬิกา นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยคนทุก ๆ 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปกรองด้วยบุชเนอร์ใช้กระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยเอธานอล เก็บตัวอย่างที่สกัดได้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส

3.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenols)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดใช้วิธีที่รายงานโดย Yieldirim และคณะ (2001) โดยที่สารประกอบโพลีฟีนอลทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu และติดตามสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ใช้กรดแกลลิค (Gallic acid) เป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน

3.4.2.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค

การเตรียมสาระลายมาตรฐานของกรดแกลลิคความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยละลายกรดแกลลิค 0.02 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานดังกล่าวใส่หลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร หลอดละ 0, 0.05 , 0.15 , 0.20 , 0.25 , 0.30 และ 0.35 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร

นำหลอดทดลองทั้งหมดมาเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิคเป็นไมโครกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

3.4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วย

ปิเปตสารที่สกัดได้ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่น 9.6 มิลลิลิตร และสารละลาย Folin-Ciocalteu 0.5 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารสกัดสำหรับ blank

3.4.2.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

การวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยจะใช้วิธี DPPH assay (Murakami *et al.*, 2004) วิธีนี้จะอาศัยการติดตามความสามารถของตัวอย่างสารสกัดในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระของ 1,1-diphenyl-2piarylhydarzyl หรือ DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่ทำให้สารละลายมีสีม่วงและสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 517 นาโนเมตร ดังนั้นถ้าสารตัวอย่างมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระของสารดังกล่าวได้ดี จะทำให้สีม่วงจางลงมาก

วิธีการวิเคราะห์ทำโดยปิเปตสารสกัดตัวอย่าง 0.07 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเติมเอธานอล 40% ให้มีปริมาตรรวมเป็น 5.4 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 mM (ชั่ง DPPH 0.007 กรัม ละลายในเอธานอล 95 % 20 มิลลิลิตร) ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตรลงไปผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และเตรียมปฏิกิริยาควบคุม โดยปิเปตเอธานอล 95 % แทนตัวอย่างสารสกัด คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH} = \left(1 - \frac{A_{sample}}{A_{control}}\right) \times 100$$

A sample = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของตัวอย่างสารสกัด

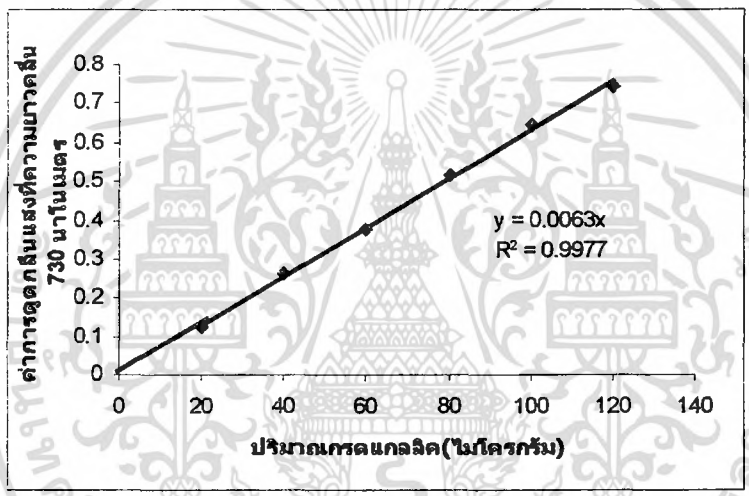
A control = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ

จากการเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค ซึ่งใช้เป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ ได้กราฟเป็นเส้นตรงที่มีสมการคือ $y = 0.0063x$ และมีค่า $R^2 = 0.9977$ ดังแสดงรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

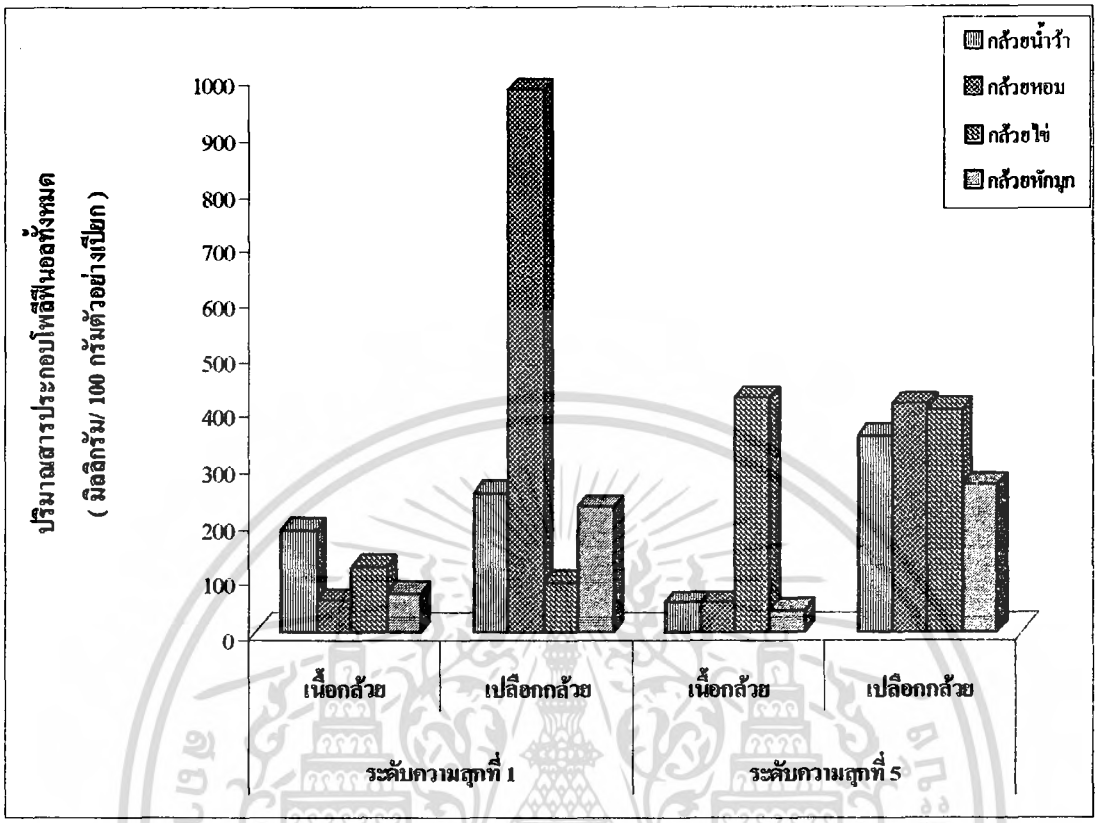
จากการทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในเปลือกและเนื้อกล้วยน้ำว้า กล้วยหอม กล้วยไข่ และ กล้วยหักมุก ความสุกต่างกัน 2 ระดับ คือระดับ 1 และระดับ 5 โดยนำตัวอย่างแต่ละชนิดมาสกัดด้วยเอธานอล 95% จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดที่ได้ โดยสารประกอบโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-Ciocalteu และติดตามสีน้ำเงินที่เกิดขึ้นโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่าง โดยใช้กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคข้างต้น ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2-4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ ที่ระดับความสุก 1 และ 5

ตัวอย่าง	ระดับความสุก	เปอร์เซ็นต์ความชื้นทั้งหมด	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด	
			มิลลิกรัม/100กรัมตัวอย่างเปียก	มิลลิกรัม/100กรัมตัวอย่างแห้ง
เนื้อกล้วยน้ำว้า	1	67.57 ± 0.79	183.93± 1.51	567.11± 4.64
เปลือกกล้วยน้ำว้า	1	87.81 ± 0.29	250.63 ±5.39	2056.87 ± 43.74
เนื้อกล้วยน้ำว้า	5	68.07 ± 0.80	54.12 ± 5.38	169.48 ± 16.84
เปลือกกล้วยน้ำว้า	5	72.64 ± 2.40	351.33 ± 1.38	1284.31± 5.05
เนื้อกล้วยหอม	1	70.99 ± 2.07	57.85 ± 4.94	199.39 ± 17.03
เปลือกกล้วยหอม	1	86.63 ± 0.20	977.83 ± 1.59	3656.24 ± 11.89
เนื้อกล้วยหอม	5	76.11 ± 0.26	54.09 ± 0.35	226.46 ± 1.48
เปลือกกล้วยหอม	5	82.57 ± 0.13	407.29 ± 7.89	2336.20 ± 45.23
เนื้อกล้วยไข่	1	67.31 ± 0.25	118.00 ± 0.39	360.99± 1.20
เปลือกกล้วยไข่	1	83.21 ± 0.19	90.99 ± 3.51	2504.26 ± 18.76
เนื้อกล้วยไข่	5	70.01 ± 0.09	420.49 ± 3.15	303.43 ± 11.72
เปลือกกล้วยไข่	5	76.23 ± 0.04	398.34 ± 1.24	1676.11 ± 5.21
เนื้อกล้วยหักมุก	1	69.29 ± 0.40	71.99 ± 2.08	234.44 ± 6.76
เปลือกกล้วยหักมุก	1	85.30 ± 0.83	225.29 ± 6.59	1532.29 ± 44.80
เนื้อกล้วยหักมุก	5	71.80 ± 0.06	39.99 ± 1.11	141.82 ± 3.93
เปลือกกล้วยหักมุก	5	80.52 ± 0.80	263.67 ± 0.86	1456.08 ± 4.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



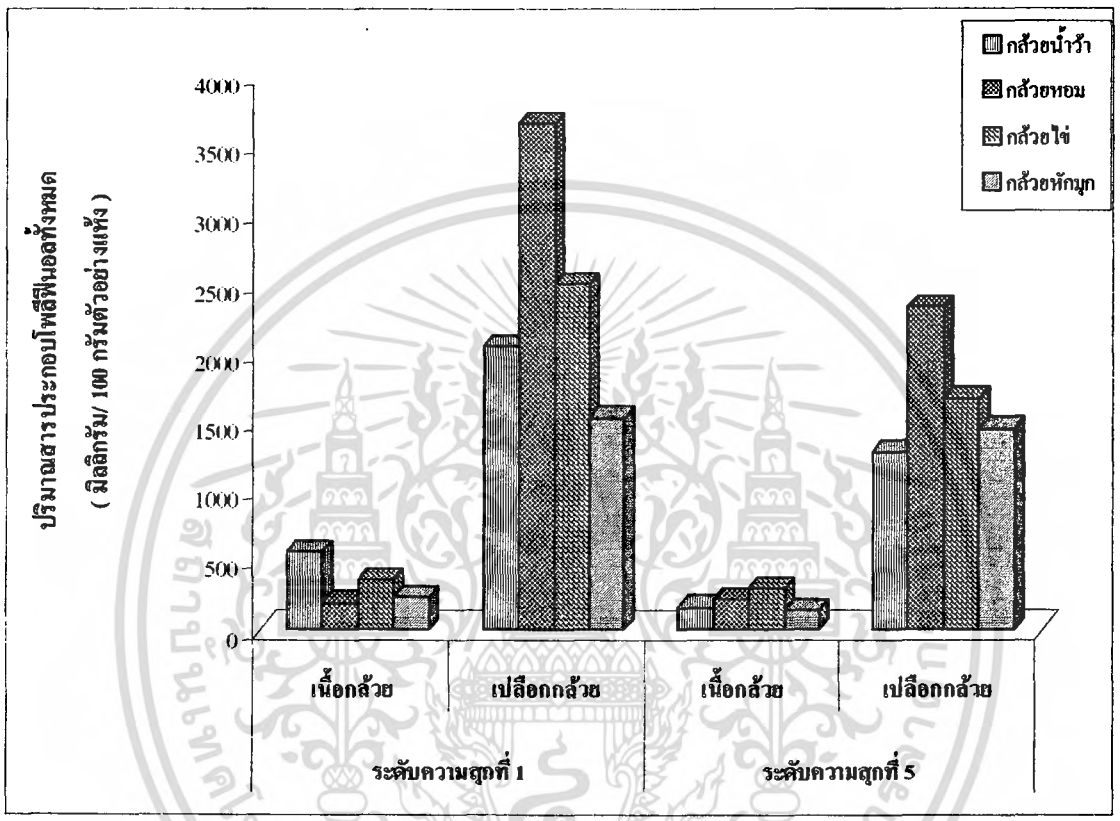
รูปที่4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดใน 100 กรัม ตัวอย่างเปียกของเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ ที่ระดับความสุก 1 และ 5

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักเปียกของ เนื้อและเปลือกกล้วยที่ระดับความสุกที่ 1 และ 5 พบว่าในตัวอย่างกล้วยน้ำว้า , กล้วยหอม และ กล้วยหักมุก มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในส่วนของเปลือกกล้วยสูงกว่าในส่วนของเนื้อกล้วยทั้งสองระดับความสุก แต่ในตัวอย่างกล้วยไข่กลับมีแนวโน้มของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในเนื้อกล้วยสูงกว่าในเปลือกกล้วยเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในส่วนของเปลือกกล้วยและเนื้อกล้วยเมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น พบว่าในตัวอย่างกล้วยน้ำว้า , กล้วยหอม และกล้วยหักมุกนั้น ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งในส่วนของเนื้อและเปลือกกล้วย จะมีแนวโน้มลดลง เมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น แต่ในตัวอย่างกล้วยไข่ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดทั้งในส่วนของเนื้อและเปลือกกลับมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระดับความสุกมากขึ้น

สาเหตุที่แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล เมื่อระดับความสุกของกล้วยเพิ่มขึ้น ในกรณีของกล้วยไข่ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกล้วยพันธุ์อื่นๆ อาจเป็นผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาจากการที่ตัวอย่างเปียกมีปริมาณความชื้นแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.1) และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่4.3 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดใน 100 กรัม ตัวอย่างแห้งของเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ ที่ระดับความสุก 1 และ 5

จากรูปที่ 4.3 เมื่อพิจารณาตัวอย่างแห้ง (dry basis) จะเห็นได้ค่อนข้างชัดเจนว่ากล้วยทุกสายพันธุ์จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในส่วนของเปลือกสูงกว่าในส่วนของเนื้อที่ระดับความสุกทั้งสองระดับ นอกจากนี้เมื่อระดับความสุกของกล้วยเพิ่มขึ้น เปลือกและเนื้อกล้วยทุกสายพันธุ์จะมีแนวโน้มของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลลดลง ยกเว้นตัวอย่างเนื้อกล้วยหอม พบว่าที่ระดับความสุก 5 ตัวอย่างเนื้อกล้วยหอมจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูงกว่าที่ระดับความสุก 1 เล็กน้อย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปริมาณของแข็งแห้ง (day matter)ที่ไม่เท่ากันของตัวอย่างสารสกัดที่ได้จากกล้วยที่ระดับความสุก 1 และ 5 โดยปริมาณของแข็งแห้งนี้มีผลต่อปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

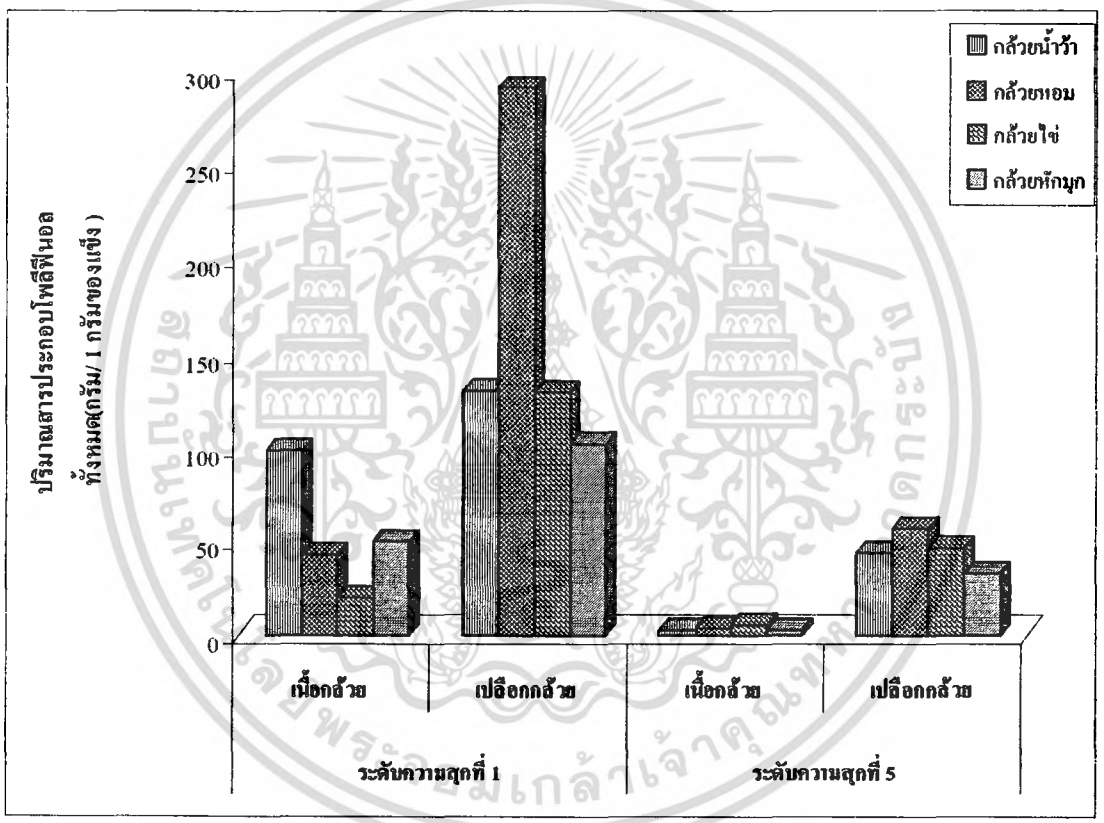
สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ วิเคราะห์ได้ และเมื่อทดลองคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อปริมาณของแข็งแห้งของสารสกัดเท่ากัน ซึ่งผลการคำนวณแสดง ได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของแข็งแห้งในสารสกัดที่ได้และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ ที่ระดับความสุก 1 และ 5

ตัวอย่าง	ระดับความสุก	ปริมาณของแข็งแห้งในสารสกัดที่ได้ (กรัม/100มิลลิลิตรสารสกัด)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม/กรัมของแข็งแห้ง)
เนื้อกล้วยน้ำว้า	1	0.1874 ± 0.00	99.05 ± 2.37
เปลือกกล้วยน้ำว้า	1	1.8711 ± 0.00	130.84 ± 5.19
เนื้อกล้วยน้ำว้า	5	0.1926 ± 0.00	3.02 ± 0.11
เปลือกกล้วยน้ำว้า	5	0.8140 ± 0.01	43.42 ± 0.37
เนื้อกล้วยหอม	1	0.1284 ± 0.01	43.10 ± 1.35
เปลือกกล้วยหอม	1	1.4034 ± 0.03	291.27 ± 5.92
เนื้อกล้วยหอม	5	0.1782 ± 0.00	3.89 ± 0.04
เปลือกกล้วยหอม	5	0.7198 ± 0.01	57.25 ± 2.28
เนื้อกล้วยไข่	1	0.5956 ± 0.00	19.87 ± 0.03
เปลือกกล้วยไข่	1	1.7117 ± 0.04	130.20± 1.29
เนื้อกล้วยไข่	5	0.3240 ± 0.01	5.34 ± 0.08
เปลือกกล้วยไข่	5	0.8849 ± 0.02	46.31± 0.95
เนื้อกล้วยหักมุก	1	0.1454 ± 0.01	49.80 ± 4.24
เปลือกกล้วยหักมุก	1	1.2459 ± 0.02	102.80 ± 1.16
เนื้อกล้วยหักมุก	5	0.2159 ± 0.00	3.19 ± 0.08
เปลือกกล้วยหักมุก	5	0.8536 ± 0.01	33.33 ± 0.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ปริมาณของแข็งแห้งของสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยมีค่าไม่เท่ากันโดยปริมาณของแข็งแห้งในเปลือกกล้วยจะมีค่ามากกว่าในเนื้อกล้วย ซึ่งเมื่อคำนวณโดยให้ปริมาณของแข็งแห้งเท่ากัน แล้วพิจารณาแนวโน้มปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในสารสกัดเนื้อกล้วยหอม พบว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ต่อ 1 กรัมของแข็งแห้ง ในสารสกัดจากเนื้อกล้วยที่ระดับความสุก 1 มีจะค่ามากกว่าที่ระดับความสุกที่ 5 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความสุกมากขึ้นในทุกตัวอย่างพันธุ์กล้วยที่ศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่อ 1 กรัมของแข็งแห้งในสารสกัดจากกล้วยพันธุ์ต่างๆ ที่ระดับความสุก 1 และ 5

ผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นสอดคล้องกับการทดลองของ Kanazawa และ Sakakibura (2000) และผลการทดลองของ Someya และคณะ (2002) ซึ่งรายงานว่า ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล ทั้งหมดในเปลือกกล้วยหอมจะมีปริมาณสูงกว่าในผลกล้วยหอม *(Musa Cavendish)* และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงเล็กน้อยเมื่อกล้วยมีระดับความสุกเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ

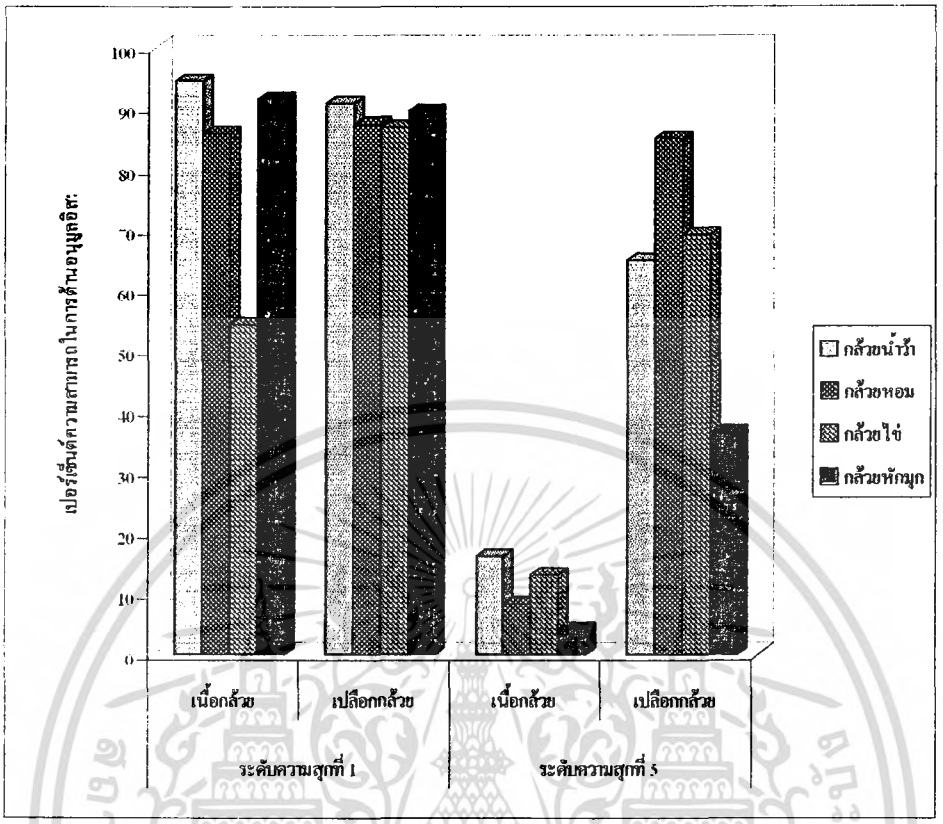
จากการวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆ โดยวิธีอาศัยการติดตามความสามารถของตัวอย่างสารสกัดในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระของ 1,1-diphenyl-2piarylhydarzyl หรือ DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่ทำให้สารละลายมีสีม่วงและสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 517 นาโนเมตร ถ้าสารตัวอย่างมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระของสารดังกล่าวได้ จะทำให้สีม่วงจางลง เปรียบเทียบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในรูปของเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระตามวิธีที่ทดลองในข้อ 3.4.2.3 แต่เนื่องจากในการวิเคราะห์เมื่อกรองแยกสารสกัดที่ได้ พบว่าในตัวอย่างสารสกัดที่ได้จากแต่ละตัวอย่างมีปริมาณของแข็งแห้ง (dry matter content) ไม่เท่ากัน(ตารางที่ 4.1) ทำให้ในการวิเคราะห์โดยใช้ปริมาณตัวอย่างที่เท่ากัน อาจทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดที่ได้ผิดไปจากความเป็นจริง ดังนั้นในการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดจึงคำนวณเทียบกับปริมาณของแข็งแห้งทั้งหมดที่มีอยู่ในสารสกัดแต่ละตัวอย่าง เพื่อให้ได้ปริมาณตัวอย่างสารสกัดที่มีปริมาณของแข็งแห้งทั้งหมดเท่ากัน แล้วจึงใช้ปริมาณตัวอย่างสารสกัดที่คำนวณได้จากการเทียบกับปริมาณของแข็งแห้งทั้งหมดไปวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.8-4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยพันธุ์ต่างๆที่ระดับความสุก 1 และ 5

ตัวอย่าง	ระดับความสุก	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%)
เนื้อกล้วยน้ำว้า	1	94.51 ± 0.29
เปลือกกล้วยน้ำว้า	1	90.96 ± 2.71
เนื้อกล้วยน้ำว้า	5	16.33 ± 4.59
เปลือกกล้วยน้ำว้า	5	64.99 ± 0.01
เนื้อกล้วยหอม	1	85.94 ± 1.85
เปลือกกล้วยหอม	1	87.47 ± 0.43
เนื้อกล้วยหอม	5	8.29 ± 0.96
เปลือกกล้วยหอม	5	85.04 ± 4.29
เนื้อกล้วยไข่	1	54.46 ± 1.69
เปลือกกล้วยไข่	1	86.91 ± 0.27
เนื้อกล้วยไข่	5	13.07 ± 0.78
เปลือกกล้วยไข่	5	69.17 ± 0.80
เนื้อกล้วยหักมุก	1	91.64 ± 1.45
เปลือกกล้วยหักมุก	1	89.58 ± 0.52
เนื้อกล้วยหักมุก	5	4.25 ± 0.52
เปลือกกล้วยหักมุก	5	36.47 ± 5.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากเนื้อและเปลือกกล้วยสายพันธุ์ต่างๆที่ระดับความสุกที่ 1 และ 5

การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระในรูปของเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.5 พบว่าในสารสกัดจากเนื้อและเปลือกกล้วยทั้ง 4 พันธุ์ที่ระดับความสุก 1 ตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอม และ เปลือกกล้วยไข่ จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อของกล้วยทั้งสองชนิด ยกเว้นในสารสกัดจากกล้วยน้ำว้าและกล้วยหักมุก พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส่วนของสารสกัดจากเนื้อมากกว่าส่วนสารสกัดจากเปลือกเล็กน้อย โดยสารสกัดจากเปลือกกล้วยระดับความสุก 1 ของกล้วยเกือบทุกพันธุ์ ที่ศึกษาจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในปริมาณที่ค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยที่ในสารสกัดเนื้อกล้วยน้ำว้ามีค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (94.51%)

สำหรับในสารสกัดจากกล้วยระดับความสุก 5 พบว่าสารสกัดจากกล้วยทุกสายพันธุ์ จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากเปลือกมากกว่าสารสกัดจากเนื้อ โดยสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมมีค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(85.04%) รองมาได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า กล้วยหักมุก ตามลำดับ ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดจากเนื้อพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับสารสกัดจากส่วนของเปลือกที่ระดับความสุกที่ 5 และสารสกัดจากเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วยที่ระดับความสุกที่ 1ของกล้วยทุกสายพันธุ์ (รูปที่ 4.5)

เมื่อเปรียบเทียบ ค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากกล้วยระดับความสุก 1 และ 5 พบว่าในสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยระดับความสุก 1 เกือบทุกตัวอย่าง จะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยระดับความสุก 5 ซึ่งแสดงว่าเมื่อระดับความสุกเพิ่มมากขึ้นเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะมีค่าลดลงในทุกตัวอย่างพันธุ์กล้วย

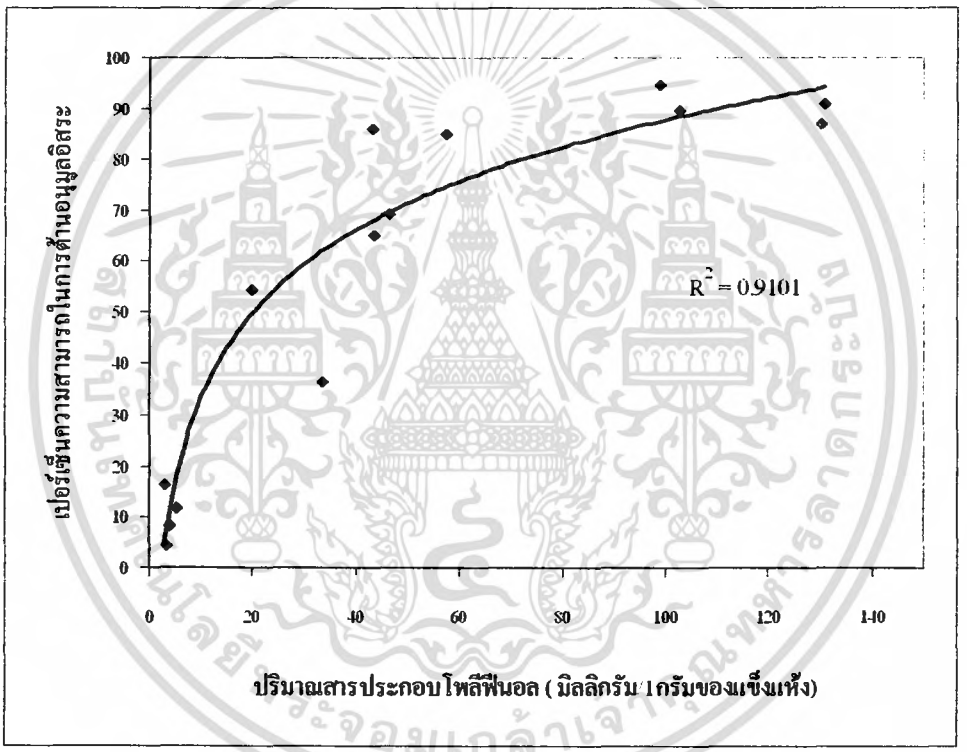
เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์โดยรวมระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (รูปที่ 4.4 และ 4.5) จะเห็นได้ว่าโดยทั่วไปตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกหรือเนื้อของกล้วยที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูง ก็จะมีแนวโน้มของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงด้วย อย่างไรก็ตาม มีสารสกัดจากเปลือกหรือเนื้อกล้วยหลายตัวอย่างที่ไม่มีความสัมพันธ์ในทิศทางดังกล่าว ตัวอย่างเช่น สารสกัดเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุก 1 ซึ่งมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่ำกว่าสารสกัดจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกเดียวกัน (รูปที่ 4.4) แต่กลับมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่า (รูปที่ 4.5)ในทำนองเดียวกันที่ระดับความสุกที่ 1 สารสกัดจากเนื้อกล้วยหักมุก ซึ่งมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่ำกว่าสารสกัดจากเปลือกกล้วยหักมุกประมาณครึ่งหนึ่ง แต่กลับมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ใกล้เคียงกัน เป็นต้น

ทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่สารประกอบโพลีฟีนอลไม่ได้เป็นองค์ประกอบทางเคมีเพียงชนิดเดียวที่พบในกล้วย ซึ่งมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH แต่ยังมีสารประกอบอื่นๆ เช่น วิตามิน C และแคโรทีนอยด์ เป็นต้น ซึ่งมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH เช่นเดียวกัน หรือการที่สารประกอบโพลีฟีนอลที่พบในส่วนของกล้วยที่ต่างกันหรือสายพันธุ์ต่างกัน อาจมีความแตกต่างกันทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH แตกต่างกันด้วย

นอกจากนี้เมื่อนำค่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดทั้งหมด (ยกเว้นสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมระดับ 1 และสารสกัดจากเนื้อกล้วยหักมุกระดับ 1) มาเขียนกราฟความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH จะได้กราฟความสัมพันธ์ที่มีลักษณะเป็นแบบพาราโบลาดังกราฟรูปที่ 4.6 (r^2 = 0.9101)โดยที่ตัวอย่างสารสกัดที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่า 60 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของแข็งแห้งจะให้ค่าความสามารถ

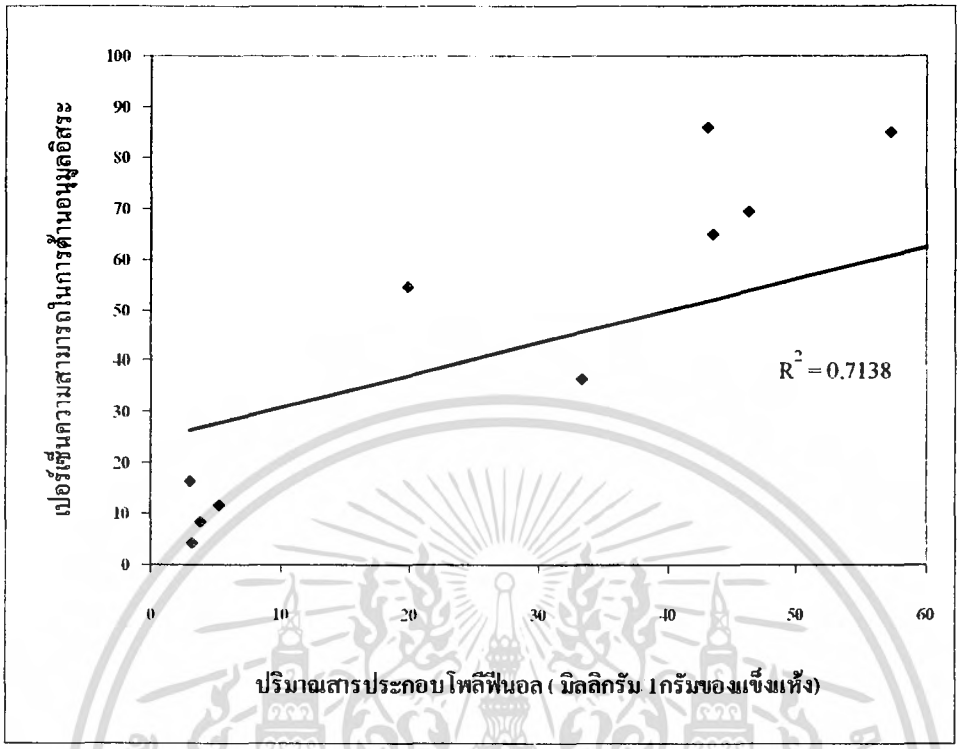
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่ค่อนข้างคงที่ ซึ่งลักษณะของกราฟดังกล่าวน่าจะคิดจากการที่ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ระดับมากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกรัมของแข็งแห้งเป็นระดับที่มากเกินพอในการทำลายโมเลกุลของอนุมูลอิสระ DPPH ได้สมบูรณ์ (เข้าใกล้ 100 %) ดังนั้นการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH จึงพิจารณาเฉพาะตัวอย่างสารสกัดที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่ำกว่า 60 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของแข็งแห้ง ดังกราฟรูปที่ 4.7 ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่าความสามารถของค่าทั้งสองดังกล่าวมีความสัมพันธ์เชิงบวก โดยเมื่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงขึ้นสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดจะสูงขึ้นด้วย ($r^2 = 0.7138$)



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อและเปลือกกล้วยทุกพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อและเปลือกกล้วยทุกพันธุ์ที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดน้อยกว่า 60 มิลลิกรัมต่อ 1 กรัมของแข็งแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง การหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดจากกล้วย4 พันธุ์คือ กล้วยน้ำว้า , กล้วยหอม , กล้วยไข่ และ กล้วยหักมุก ที่ระดับความสุกที่ 1 และระดับความสุกที่ 5 พบว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกกล้วยจะมีค่ามากกว่าในตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อกล้วยทุกพันธุ์ที่ศึกษา เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดพบต่อตัวอย่างเนื้อหรือเปลือก 100 กรัม น้ำหนักแห้ง พบว่าที่ระดับความสุกที่ 1 ตัวอย่างเนื้อกล้วยมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลจากสูงไปต่ำดังนี้ เนื้อกล้วยน้าว้า , เนื้อกล้วยไข่ , เนื้อกล้วยหักมุก และเนื้อกล้วยหอม ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างเปลือกกล้วยมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลจากสูงไปต่ำดังนี้ เปลือกกล้วยหอม , เปลือกกล้วยไข่ , เปลือกกล้วยน้ำว้าและเปลือกกล้วยหักมุกตามลำดับ และที่ระดับความสุกที่ 5 ตัวอย่างเนื้อกล้วยมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลจากสูงไปต่ำดังนี้ เนื้อกล้วยไข่ , เนื้อกล้วยหอม , เนื้อกล้วยน้ำว้า และ เนื้อกล้วยหักมุก ส่วนตัวอย่างเปลือกกล้วยมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลจากสูงไปต่ำดังนี้ เปลือกกล้วยหอม , เปลือกกล้วยไข่ , เปลือกกล้วยหักมุก และ เปลือกกล้วยน้ำว้าตามลำดับ ซึ่งในตัวอย่างสารสกัดทั้งจากเปลือกกล้วยและเนื้อกล้วยของทุกพันธุ์กล้วย มีแนวโน้มของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงเมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น

และเมื่อนำไปวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระพบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกกล้วยจะมากกว่าในตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อกล้วย นั้นคือเมื่อปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูง ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระก็จะสูงด้วย โดยความสามารถในการอนุมูลอิสระจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความสุกเพิ่มมากขึ้น ดังกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกับเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกล้วยพันธุ์ต่างๆ จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์ไปทางบวกกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ทำให้ทราบว่าในเปลือกกล้วยและเนื้อกล้วยมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง จึงควรส่งเสริมมีการบริโภคกล้วยมากขึ้นและยังสามารถนำสารสกัดจากเปลือกกล้วยไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งน่าจะมีการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2545. กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ.

ประไพภัทร คลังทรัพย์ . 2547 . "การศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืช" . วารสาร LAB.TODAY . หน้า 37

พรทิพย์ วิรัชวงศ์ . 2546 . "อนุมูลอิสระ(free radicals) /สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants)" . วารสาร R&D Newsletter .10(3):18-21

ไมตรี สุจิตร และ คณะ. 2543 .ความสามารถของสารสำคัญในการต่อต้านออกซิเดชันในสมุนไพรไทย. เชียงใหม่: คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วัลยา เนาวรัตน์วัฒนา และ พัชรี บุญศิริ . 2542 . ไปรออกซิแดนท์ : อีกโฉมหน้าของแอนตี้ออกซิแดนท์. วารสารวิทยาศาสตร์. 53(3) : 196-198

วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2545. "บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ". วารสารอาหาร. 32 (4) : 245-253 หน้า.

สมศักดิ์ วรรณศิริ . 2532 . สวนกล้วย . กรุงเทพ: บริษัท สามัคคีสาร จำกัด

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th ed. Virginia : The Association of Offcial Analytical Chemist

Bravo, L. 1998. Polyphenols: chemistry,dietary sources, metabolism and nutritional significance. Nutrition Reviews 56(11):317-333.

"Dopamine" [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https//www.aw-bc.com/mathews/ch21/dopamine.htm

Gordon, M.H. 1990. The Machanism of Antioxidant Action in Vitro. In B.J.F. Hudson(ed). Food Antioxidant. England : Elsevier science publishers.

Haslam, E., Lilley, T.H., Warminski, E., Liao, H., Cai,Y.,Martin, R., Gaffney , S.H., Goulding,P.N. and Luck, G. 1992. Polyphenol Complexation. In "Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health : Analysis, Occurrence, & Chemistry " Editors: Ho, C.T., Lee, C.Y. and Huang, M.T. American Chemical Society , Washington, D.C. pp 8-50

Jackman, R.L. and Smith, J.L. 1996. Anthocyanins and betalains. In"natural food colorants."2nded. Editors: Hendry , G.A.F. and houghton, J.D. Blckie Academic & Professional, Glasgow. Pp 244-309.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jackman, R.L. and Smith, J.L. 1996. Anthocyanins and betalains. In"natural food colorants."2nded. Editors: Hendry , G.A.F. and houghton, J.D. Blckie Academic & Professional, Glasgow. Pp 244-309.

John. P., Marchal, J. 1995. Ripening and Biochemistry of fruit. In Gowen, S(ed). Bananas and Plantains. UK : Chspman & Hall

Kanazawa, K., Sakakibara, H. 2000. "High Content of Dopamine, a Strong Antioxidant, in Cavendish Banana". J.Agric. Food Chem. 48 : 844-848.

Kim, M-C. and Pratt, D.E.1992.Themal Degradation of Phenolic Antioxidation . In "Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II: Antioxidation & Cancer Prevention " Editors: Huang, M.T., Ho,C.T. and Lee, C.Y. American Chemical Society , Washington, D.C. pp 200-218

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

Palmer, J.K. 1971 The biochemistry of Friuts and Their Product. Volumn 2. London : Acadamic Press

Pratt, D.E. 1992. Natural Antioxidant from plant material. " In Phenolic compounds in food and their effects on health II : Antioxidants & Canaer Prevention " Editor: Huang,M.T. Ho, C.T. and Lee, C.Y. American Chemical Society , Washington,D.C. pp54-7

Simmond, N.W. 1966 Banana. 2nd ed. London : Longman

Someya, S.,Yoshiki, Y. and Okubo, K. 2002. "Antioxidant compounds from banana (*Musa Cavendish*)". Food Chem. 79 : 351-354.

Von Loesecke, H.W.1950. Bananas. 2nd ed. New York : Interscience Publishing Inc

Yieldirim A., Mari A. and Kara A. A. 2001. "Determination of Antioxidant and Antimicrobial Acitivity of *Rumex crispus* L. Extracts". J.Agr. Food Chem. 49 : 4083-4089.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วย จะใช้วิธีของ AOAC (1995) การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในตัวอย่างเนื้อและเปลือกกล้วยมีขั้นตอนดังนี้

1. อุปกรณ์

1.1 Aluminium can

1.2 Hot air oven

1.3 Dessicator

1.4 Tong

1.5 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

1.6 ช้อนตักสาร

2. วิธีการวิเคราะห์

2.1 นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส นำมาชั่งจนน้ำหนักคงที่

2.2 ชั่งตัวอย่างเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วยที่ทำการตัดเป็นชิ้นเล็กๆแล้วตัวอย่างละ 2 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด ตักใส่ Aluminium can

2.3 นำไปอบใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 102 -105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 – 18 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่

2.4 ทิ้งให้เย็นใน Dessicator

2.5 ชั่งน้ำหนัก

2.6 คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1ก ปริมาณร้อยละความชื้นทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วยที่ระดับความสุก 1 และ 5 ของกล้วยน้ำว้า , กล้วยหอม , กล้วยไข่ และกล้วยหักมุก

ตัวอย่างพันธุ์กล้วย	ร้อยละความชื้นทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อและเปลือกกล้วย			
	ความสุกระดับที่ 1		ความสุกระดับที่ 5	
	เนื้อกล้วย	เปลือกกล้วย	เนื้อกล้วย	เปลือกกล้วย
กล้วยน้ำว้า	67.57 ± 0.79	87.81 ± 0.29	68.07 ± 0.80	72.64 ± 2.45
กล้วยหอม	70.99 ± 2.06	86.63 ± 0.2	76.11 ± 0.26	82.57 ± 0.13
กล้วยไข่	67.31 ± 0.25	83.21 ± 0.19	70.01 ± 0.08	76.23 ± 0.04
กล้วยหักมุก	69.29 ± 0.4	85.30 ± 0.83	71.80 ± 0.06	80.52 ± 0.8

หมายเหตุ * ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วยที่ระดับความสุก 1 และ 5 ของกล้วยพันธุ์ต่างๆ

ตารางที่ 1ข ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน

ความเข้มข้นของกรดแกลลิค (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง (730 นาโนเมตร)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.120	0.121	0.138	0.126
40	0.261	0.258	0.265	0.261
60	0.416	0.323	0.397	0.379
80	0.534	0.515	0.505	0.518
100	0.649	0.640	0.639	0.643
120	0.740	0.741	0.744	0.742

ตารางที่ 2ข ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วยที่ระดับความสุกที่ 1 และ 5 ของกล้วยพันธุ์ต่างๆ

ตัวอย่าง		ค่าการดูดกลืนแสง		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยน้ำว้า ที่ระดับความสุกที่ 1	บีกเกอร์ที่ 1	0.464	0.466	0.465
	บีกเกอร์ที่ 2	0.460	0.475	0.476
	บีกเกอร์ที่ 3	0.344	0.332	0.334
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยน้ำว้า ที่ระดับความสุกที่ 1	บีกเกอร์ที่ 1	0.610	0.640	0.622
	บีกเกอร์ที่ 2	0.636	0.620	0.638
	บีกเกอร์ที่ 3	0.640	0.652	0.654

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง		ค่าการดูดกลืนแสง		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยน้ำว้า ที่ระดับความสุกที่ 5	บีกเกอร์ที่ 1	0.142	0.133	0.141
	บีกเกอร์ที่ 2	0.147	0.145	0.147
	บีกเกอร์ที่ 3	-	-	-
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยน้ำว้า ที่ระดับความสุกที่ 5	บีกเกอร์ที่ 1	0.882	0.892	0.900
	บีกเกอร์ที่ 2	0.888	0.886	0.896
	บีกเกอร์ที่ 3	-	-	-
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยหอม ที่ระดับความสุกที่ 1	บีกเกอร์ที่ 1	0.132	0.137	0.140
	บีกเกอร์ที่ 2	0.141	0.143	0.143
	บีกเกอร์ที่ 3	0.157	0.164	0.160
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยหอม ที่ระดับความสุกที่ 1	บีกเกอร์ที่ 1	1.148	1.158	1.200
	บีกเกอร์ที่ 2	1.298	1.296	1.326
	บีกเกอร์ที่ 3	1.306	1.294	1.324
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยหอม ที่ระดับความสุกที่ 5	บีกเกอร์ที่ 1	0.139	0.134	0.140
	บีกเกอร์ที่ 2	0.137	0.138	0.133
	บีกเกอร์ที่ 3	0.143	0.142	0.132
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยหอม ที่ระดับความสุกที่ 5	บีกเกอร์ที่ 1	1.052	1.052	1.122
	บีกเกอร์ที่ 2	1.122	1.100	1.108
	บีกเกอร์ที่ 3	1.126	0.968	1.022
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยไข่ ที่ระดับความสุกที่ 1	บีกเกอร์ที่ 1	0.300	0.295	0.301
	บีกเกอร์ที่ 2	0.242	0.247	0.256
	บีกเกอร์ที่ 3	0.301	0.298	0.294
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยไข่ ที่ระดับความสุกที่ 1	บีกเกอร์ที่ 1	1.052	1.046	1.094
	บีกเกอร์ที่ 2	1.074	1.076	1.056
	บีกเกอร์ที่ 3	1.040	1.040	1.036
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยไข่ ที่ระดับความสุกที่ 5	บีกเกอร์ที่ 1	0.225	0.204	0.244
	บีกเกอร์ที่ 2	0.238	0.244	0.227
	บีกเกอร์ที่ 3	0.265	0.261	0.264

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง		ค่าดูดกลืนแสง		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้ง 3
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยไข่ ที่ระดับความสุกที่ 5	บีกเกอร์ที่ 1	1.038	1.034	1.030
	บีกเกอร์ที่ 2	0.944	0.980	0.980
	บีกเกอร์ที่ 3	1.024	1.030	1.038
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยหักมุก ที่ระดับความสุกที่ 1	บีกเกอร์ที่ 1	0.136	0.139	0.135
	บีกเกอร์ที่ 2	0.186	0.184	0.186
	บีกเกอร์ที่ 3	0.175	0.175	0.186
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยหักมุกที่ระดับความสุกที่ 1	บีกเกอร์ที่ 1	0.559	0.546	0.555
	บีกเกอร์ที่ 2	0.566	0.570	0.560
	บีกเกอร์ที่ 3	0.589	0.591	0.582
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยหักมุก ที่ระดับความสุกที่ 5	บีกเกอร์ที่ 1	0.098	0.111	0.100
	บีกเกอร์ที่ 2	0.099	0.098	0.100
	บีกเกอร์ที่ 3	0.103	0.101	0.091
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยหักมุก ที่ระดับความสุกที่ 5	บีกเกอร์ที่ 1	0.774	0.767	0.763
	บีกเกอร์ที่ 2	0.722	0.722	0.712
	บีกเกอร์ที่ 3	0.710	0.715	0.720

การคำนวณ

สูตรการคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

สมการเส้นตรงจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค

$$Y = 0.0063X \quad ; R^2 = 0.9977$$

เมื่อ Y = **ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัดที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร**

X = **ปริมาณแกลลิค (ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรสารสกัด)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกที่ 1

ปริมาณตัวอย่างสารสกัดจากเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกที่ 1 0.4 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เท่ากับ 0.464

แทนค่าสูตร 0.464 = 0.0063X

X = 73.65 ไมโครกรัม / 0.4 มิลลิลิตรของตัวอย่างสารสกัด

ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 73.65 ไมโครกรัม / 0.4 มิลลิลิตรของตัวอย่างสารสกัด

ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 18452.38 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตรของ ตัวอย่างสารสกัด

สารสกัดจากตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกที่ 1 100 มิลลิลิตร เท่ากับ ปริมาณของตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าเปียกที่ระดับความสุกที่ 1 10.09 กรัม

ดังนั้น

ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 18452.38 ไมโครกรัม / 10.09 กรัมของ ตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าเปียกที่ระดับความสุกที่ 1

ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 182865.22 ไมโครกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าเปียกที่ระดับความสุกที่ 1

ดังนั้น

ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 182.87 มิลลิกรัม / 100 กรัมของตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าเปียกที่ระดับความสุกที่ 1

จากตารางร้อยละความชื้นในตารางที่1ก พบว่าในตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกที่ 1

ร้อยละความชื้นของตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกที่1 = 67.57

ซึ่งหมายถึง ในตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าเปียกที่ระดับความสุกที่1 100 กรัม จะมีปริมาณของเนื้อกล้วยแห้งไม่รวมน้ำเท่ากับ 100-67.57 = 32.43 กรัม

ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณเนื้อกล้วยน้ำว้าเปียกที่ระดับความสุกที่ 1 10.09 กรัม จะมีปริมาณของเนื้อกล้วยแห้งไม่รวมน้ำเท่ากับ $\frac{32.43}{100} \times 10.09 = 3.27$ กรัม

ซึ่ง ปริมาณของเนื้อกล้วยแห้งไม่รวมน้ำ 3.27 กรัม จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 18452.38

ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตรของตัวอย่างสารสกัด

ดังนั้น ปริมาณของเนื้อกล้วยแห้งไม่รวมน้ำ 100 กรัม จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด $= \frac{18452.38}{3.27} \times 100 = 5.64 \times 10^5$ ไมโครกรัม / 100 น้ำหนักกล้วยแห้ง

ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 563.82 มิลลิกรัม / 100 น้ำหนักกล้วยแห้ง

เนื่องจากปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารสกัดในแต่ละดับความสุกมีค่าไม่เท่ากันโดยที่ในระดับความสุกที่ 5 นั้นจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากกว่าในระดับความสุกที่ 1 ซึ่งปริมาณของแข็งนี้มีผลต่อค่าของปริมาณสารกอบโพลีฟีนอลด้วย

ตารางที่ 3ข ตารางแสดงปริมาณของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วยที่ระดับความสุกที่ 1 และ 5 ของกล้วยพันธุ์น้ำว้า , กล้วยหอม , กล้วยไข่ และกล้วยหักมุก

ตัวอย่างพันธุ์กล้วย	ปริมาณของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อและเปลือกกล้วย (กรัม)			
	ความสุกระดับที่ 1		ความสุกระดับที่ 5	
	เนื้อกล้วย	เปลือกกล้วย	เนื้อกล้วย	เปลือกกล้วย
กล้วยน้ำว้า	0.1874 ± 0.0030	0.1926 ± 0.0050	1.8710 ± 0.0004	0.8140 ± 0.0080
กล้วยหอม	0.1249 ± 0.0080	0.1772 ± 0.0030	1.4033 ± 0.0260	0.7058 ± 0.0260
กล้วยไข่	0.5753 ± 0.0350	0.3243± 0.0040	1.7334 ± 0.0046	0.8778 ± 0.0170
กล้วยหักมุก	0.1524 ±0.0012	0.2179 ± 0.0040	1.2459 ± 0.0240	0.8710 ± 0.3100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น

ปริมาณของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยที่ระดับความสุกที่ 1

ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณของแข็งทั้งหมด = 0.1874 กรัม / 100 มิลลิลิตรสารสกัด

ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณของแข็งทั้งหมด = 7.58×10^{-4} กรัม / 0.4 มิลลิลิตรสารสกัด

ดังนั้น

ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 73.65 ไมโครกรัม / 0.4 มิลลิลิตรของตัวอย่างสารสกัด

สารสกัดมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 7.58×10^{-4} กรัมจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 73.65 ไมโครกรัม

ถ้าสารสกัดมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 1 กรัมจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = $\frac{73.65}{7.58\times10^{-4}}\times1 = 9.74 \times 10^{4}$ **ไมโครกรัม/ 1 กรัมปริมาณของแข็งแห้ง**

ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 97.4 มิลลิกรัม / 1 กรัมปริมาณของแข็งแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วยที่ระดับความสุก 1 และ 5 ของกล้วยพันธุ์ต่างๆ

ตารางที่ 1ค ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ของตัวอย่างเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วยที่ระดับความสุก 1 และ 5 ของกล้วยพันธุ์ต่างๆ

ตัวอย่างกล้วย		ค่าการดูดกลืนแสง		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยน้ำว้า ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.822	0.825	0.831
	บีกเกอร์ที่ 1	0.508	0.456	0.409
	บีกเกอร์ที่ 2	0.452	0.446	0.486
	บีกเกอร์ที่ 3	0.594	0.568	0.577
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยน้ำว้า ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.793	0.796	0.836
	บีกเกอร์ที่ 1	0.598	0.630	0.600
	บีกเกอร์ที่ 2	0.591	0.593	0.617
	บีกเกอร์ที่ 3	0.640	0.652	0.654
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยน้ำว้า ที่ระดับความสุกที่ 5	Control	0.935	-	-
	บีกเกอร์ที่ 1	0.736	0.755	0.765
	บีกเกอร์ที่ 2	0.797	0.814	0.827
	บีกเกอร์ที่ 3	-	-	-
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยน้ำว้า ที่ระดับความสุกที่ 5	Control	0.935	-	-
	บีกเกอร์ที่ 1	0.323	0.353	0.308
	บีกเกอร์ที่ 2	0.344	0.319	0.317
	บีกเกอร์ที่ 3	-	-	-
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยหอม ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.883	0.894	0.893
	บีกเกอร์ที่ 1	0.817	0.800	0.817
	บีกเกอร์ที่ 2	0.829	0.826	0.817
	บีกเกอร์ที่ 3	0.828	0.817	0.827

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง		ค่าดูดกลืนแสง		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยหอม ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.883	0.894	0.893
	บีกเกอร์ที่ 1	0.413	0.408	0.406
	บีกเกอร์ที่ 2	0.453	0.346	0.345
	บีกเกอร์ที่ 3	0.405	0.390	0.397
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยหอม ที่ระดับความสุกที่ 5	Control	0.726	0.725	0.708
	บีกเกอร์ที่ 1	0.638	0.666	0.699
	บีกเกอร์ที่ 2	0.655	0.667	0.669
	บีกเกอร์ที่ 3	0.656	0.673	0.664
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยหอม ที่ระดับความสุกที่ 5	Control	0.726	0.725	0.708
	บีกเกอร์ที่ 1	0.085	0.083	0.103
	บีกเกอร์ที่ 2	0.125	0.164	0.141
	บีกเกอร์ที่ 3	0.091	0.089	0.088
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยไข่ ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.867	0.862	0.888
	บีกเกอร์ที่ 1	0.723	0.744	0.745
	บีกเกอร์ที่ 2	0.756	0.776	0.794
	บีกเกอร์ที่ 3	0.770	0.764	0.775
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยไข่ ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.766	-	-
	บีกเกอร์ที่ 1	0.285	0.315	0.234
	บีกเกอร์ที่ 2	0.264	0.267	0.181
	บีกเกอร์ที่ 3	0.185	0.295	0.292
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยไข่ ที่ระดับความสุกที่ 5	Control	0.751	-	-
	บีกเกอร์ที่ 1	0.754	0.663	0.651
	บีกเกอร์ที่ 2	0.659	0.650	0.637
	บีกเกอร์ที่ 3	0.670	0.722	0.695

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง		ค่าการดูดกลืนแสง		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยไข่ ที่ระดับความสุกที่ 5	Control	0.751	-	-
	บีกเกอร์ที่ 1	0.231	0.236	0.240
	บีกเกอร์ที่ 2	0.141	0.271	0.262
	บีกเกอร์ที่ 3	0.207	0.247	0.249
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยหักมุก ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.807	0.808	0.820
	บีกเกอร์ที่ 1	0.732	0.716	0.733
	บีกเกอร์ที่ 2	0.671	0.664	0.685
	บีกเกอร์ที่ 3	0.655	0.688	0.698
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยหักมุกที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.807	0.808	0.820
	บีกเกอร์ที่ 1	0.576	0.583	0.603
	บีกเกอร์ที่ 2	0.582	0.550	0.546
	บีกเกอร์ที่ 3	0.601	0.555	0.585
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยหักมุก ที่ระดับความสุกที่ 5	Control	0.793	0.805	0.802
	บีกเกอร์ที่ 1	0.761	0.755	0.770
	บีกเกอร์ที่ 2	0.755	0.780	0.762
	บีกเกอร์ที่ 3	0.777	0.762	0.772
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยหักมุก ที่ระดับความสุกที่ 5	Control	0.793	0.805	0.802
	บีกเกอร์ที่ 1	0.479	0.495	0.466
	บีกเกอร์ที่ 2	0.492	0.505	0.524
	บีกเกอร์ที่ 3	0.518	0.537	0.558

หมายเหตุ : สารละลาย DPPH ในเอธานอลที่ใช้วิเคราะห์มีความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ปริมาตรของตัวอย่างสารสกัดที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 0.07 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

สมการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (%)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (%) $= \left\{ 1- \frac{\text{(Absorbance of sample)}}{\text{Absorbance of control}} \right\} \times 100$

ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้า ที่ระดับความสุกที่ 1

ใช้ปริมาณของตัวอย่างสารสกัด = 0.07 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงของตัว control ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ที่เวลา 30 นาที เท่ากับ 0.826

ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัดที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ที่เวลา 30 นาที เท่ากับ 0.508

แทนค่าสูตร ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (%) $= \left\{ 1- \frac{(0.508)}{0.826} \right\} \times 100$

$= 38.49\ \%$

เนื่องจากปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารสกัดในแต่ละดับความสุกมีค่าไม่เท่ากันโดยที่ในระดับความสุกที่ 5 นั้นจะมีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากกว่าในระดับความสุกที่ 1 ซึ่งปริมาณของแข็งนี้มีผลต่อค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (%)ด้วย ดังตารางปริมาณของแข็งทั้งหมด ตารางที่ 3ข

ดังนั้น

คำนวณหาปริมาณตัวอย่างที่ใช้ที่วันในการหาค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (%) โดยให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดของความสุกระดับที่ 1 มีค่าเท่ากับที่ความสุกระดับที่ 5

ปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกระดับที่ 1 = 0.1874 มิลลิกรัม/ 100 มิลลิลิตรสารสกัด

ดังนั้น

ปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกระดับที่ 1 ของ 0.07 มิลลิลิตรสารสกัด จะมีค่า = 1.31×10^{-4} มิลลิกรัม / 0.07 มิลลิลิตรสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน ปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกระดับที่ 5 = 1.8710 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตรสารสกัด

ดังนั้น

ปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกระดับที่ 5 ของ 0.07 มิลลิลิตรสารสกัด จะมีค่า = 1.31×10^{-3} มิลลิกรัม / 0.07 มิลลิลิตรสารสกัด

ซึ่งเมื่อทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกที่ 1 = ที่ระดับความสุกที่ 5 ต้องใช้การเพิ่มปริมาณของตัวอย่างที่ใช้วัดของตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกที่ 1 ดังนี้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกระดับที่ 5 ของ 0.07 มิลลิลิตรสารสกัดมีค่ามากกว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกระดับที่ 1 ของ 0.07 มิลลิลิตรสารสกัด = $\frac{1.31\times10^{-3}}{1.31\times10^{-4}}$ = 10 เท่า แสดงว่าต้องเพิ่มปริมาณตัวอย่างที่ใช้วัดอีก 0.07 x 10 = 0.70 มิลลิลิตร ซึ่งจะแสดงค่าการดูดกลืนแสงหลังจากปรับค่าปริมาณของแข็งได้ดังตารางที่ 2ค

ตารางที่ 2ค ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ของตัวอย่างเนื้อกล้วยและเปลือกกล้วยที่ระดับความสุก 1 และ 5 ของกล้วยพันธุ์น้ำว้า , กล้วยหอม , กล้วยไข่ และกล้วยหักมุก ที่ความเข้มข้น DPPH 0.8 N หลังจากทำให้ปริมาณของแข็งแห้งทั้งหมดของตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกที่ 1 = ที่ระดับความสุกที่ 5

ตัวอย่างกล้วย		ค่าการดูดกลืนแสง		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยน้ำว้า ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.802	0.785	0.782
	บีกเกอร์ที่ 1	0.045	0.044	0.033
	บีกเกอร์ที่ 2	0.044	0.044	0.046
	บีกเกอร์ที่ 3	0.044	0.046	0.044
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยน้ำว้า ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.816	0.823	0.813
	บีกเกอร์ที่ 1	0.073	0.063	0.078
	บีกเกอร์ที่ 2	0.053	0.047	0.056
	บีกเกอร์ที่ 3	0.101	0.092	0.096

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง		ค่าดูดกลืนแสง		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยหอม ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.840	0.846	0.851
	บีกเกอร์ที่ 1	0.129	0.112	0.136
	บีกเกอร์ที่ 2	0.140	0.132	0.122
	บีกเกอร์ที่ 3	0.102	0.100	0.102
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยหอม ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.845	0.846	0.842
	บีกเกอร์ที่ 1	0.109	0.108	0.109
	บีกเกอร์ที่ 2	0.106	0.106	0.109
	บีกเกอร์ที่ 3	0.099	0.105	0.101
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยไข่ ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.811	0.821	0.837
	บีกเกอร์ที่ 1	0.363	0.223	0.367
	บีกเกอร์ที่ 2	0.458	0.443	0.443
	บีกเกอร์ที่ 3	0.394	0.392	0.368
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยไข่ ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.827	0.817	0.816
	บีกเกอร์ที่ 1	0.110	0.108	0.110
	บีกเกอร์ที่ 2	0.104	0.107	0.104
	บีกเกอร์ที่ 3	0.108	0.106	0.109
ตัวอย่างสารสกัดเนื้อกล้วยหักมุก ที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.826	0.837	0.819
	บีกเกอร์ที่ 1	0.340	0.348	0.337
	บีกเกอร์ที่ 2	0.060	0.060	0.062
	บีกเกอร์ที่ 3	0.082	0.076	0.075
ตัวอย่างสารสกัดเปลือกกล้วยหักมุกที่ระดับความสุกที่ 1	Control	0.831	0.858	0.851
	บีกเกอร์ที่ 1	0.081	0.087	0.090
	บีกเกอร์ที่ 2	0.083	0.089	0.108
	บีกเกอร์ที่ 3	0.086	0.086	0.084

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นคำนวณหาค่า %ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระใหม่ ได้ดังนี้

สารสกัดจากตัวอย่างเนื้อกล้วยน้ำว้าที่ระดับความสุกที่ 1 เมื่อปริมาณของแข็งแห้งทั้งหมดเท่ากับระดับความสุกที่ 5

ใช้ปริมาณของตัวอย่างสารสกัด = 0.70 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงของตัว control ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ที่เวลา 30 นาที เท่ากับ 0.790

ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัดที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ที่เวลา 30 นาที เท่ากับ 0.045

แทนค่าสูตร ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (%) $= \left\{ 1 - \frac{(0.045)}{0.790} \right\} \times 100$

$= 94.43\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายสาธิต นิลนวรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม 2526 ณ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายที่โรงเรียนสตรีวิทยา 2 จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปีพุทธศักราช 2543 และได้ศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2544 ถึง 2547

นางสาวสาวิตรี พุ่มเพ็ชร์ เกิดเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2524 ณ จังหวัดปราจีนบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายที่โรงเรียนปราจิณราษฎรอำรุง จังหวัดปราจีนบุรี ในปีพุทธศักราช 2542 และได้ศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2544 ถึง 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้