26396

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของกล้วยน้ำว้าในระหว่างกระบวนการแปรรูป

(Changes of total polyphenol contents and antiradical capacities of banana during processing)

T096907

นางสาว ฉลองขวัญ พิพัฒน์เจริญวงศ์ รหัสประจำตัว 44040122
นาย ชินพันธุ์ วิวัฒน์นภาพร รหัสประจำตัว 44040123

ปพ.
ฉ 152ก
2547
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 96907
วัน เดือน ปี 5 มิ.ย. 2549

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของกล้วยน้ำว้าในระหว่างกระบวนการแปรรูป

(Changes of total polyphenol contents and antiradical capacities of banana during processing)

จัดทำโดย

นางสาว ฉลองขวัญ พิพัฒน์เจริญวงศ์ รหัสประจำตัว 44040122

นาย ชินพันธุ์ วิวัฒน์นภาพร รหัสประจำตัว 44040123

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 24 / 3 / 2548 **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(ผศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

นายชินพันธุ์ วิวัฒน์นภาพร และ นางสาวฉลองขวัญ พิพัฒน์เจริญวงศ์ .2548 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของกล้วยน้ำว้าในระหว่างกระบวนการแปรรูป (Changes of total polyphenol contents and antiradical capacities of banana during processing) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอลโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง พบว่าในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปกล้วยตาก ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าทั้งที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และไม่แช่สารละลายใดๆ หลังจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ในช่วง 6 ชั่วโมงแรก มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงจากตัวอย่างเริ่มต้น 5.41% และ 10.29% ตามลำดับ ในขณะที่ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างทั้งสองดังกล่าวจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างเริ่มต้นคิดเป็น 33.92% และ 34.53% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการอบแห้งกล้วยน้ำว้าในช่วงชั่วโมงที่ 6-24 ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างมากนัก โดยค่าทั้งสองมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้การแช่กล้วยน้ำว้าในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ก่อนการอบแห้งมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างในระหว่างการอบแห้งสูงกว่ากล้วยน้ำว้าที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายใดๆ

ในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง พบว่าการนึ่งกล้วยน้ำว้าก่อนการปอกเปลือกมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระลดลงเล็กน้อยโดยมีค่าลดลงจากตัวอย่างเริ่มต้น 14.35% และ7.36%ตามลำดับ นอกจากนี้ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านขั้นตอนการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และแช่น้ำมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอบและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระคล้ายคลึงกัน กล่าวคือในขั้นตอนการหั่นชิ้นบาง การทอด และการอบไล่ความชื้น ตัวอย่างกล้วยน้ำว้ามีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดโดยเฉลี่ยลดลงจากตัวอย่างเริ่มต้นปริมาณ 60.61%, 84.68% และ 85.85% ตามลำดับในขณะที่ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างดังกล่าวมีค่าลดลงจากเริ่มต้น 61.10%, 92.19% และ 94.86% ตามลำดับ

นายชินพันธุ์ วิวัฒน์นภาพร

(นายชินพันธุ์ วิวัฒน์นภาพร) (ผศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม) (วัน/เดือน/ปี)

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

24 / 3 / 2548

นส.ฉลองขวัญ พิพัฒน์เจริญวงศ์

(นางสาวฉลองขวัญ พิพัฒน์เจริญวงศ์)

ลายมือชื่อนักศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของกล้วยน้ำว้าในระหว่างกระบวนการแปรรูป เล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ที่กรุณาให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำต่างๆ รวมทั้งตรวจสอบแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ นักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องเบิกอุปกรณ์ เจ้าหน้าที่ห้องสมุด และเจ้าหน้าที่ห้องคอมพิวเตอร์ โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สำหรับสิ่งอำนวยความสะดวกและอุปกรณ์สำหรับการทดลอง

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ รวมทั้งเพื่อนๆรุ่น 21 และพี่น้อง คณะอุตสาหกรรมเกษตร ลาดกระบัง ที่คอยให้กำลังใจและให้การช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษตลอดมา

ชินพันธุ์ วิวัฒน์นภาพร
ฉลองขวัญ พิพัฒน์เจริญวงศ์
15 มีนาคม 2548

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
สารบัญภาคผนวก	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	
2.1 กล้วย	2
2.2 กล้วยตาก	5
2.3 กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	9
2.4 อนุมูลอิสระ	10
2.5 สารต้านออกซิเดชัน	12
2.6 สารต้านออกซันในกล้วย	14
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วัตถุดิบ	16
3.2 อุปกรณ์	16
3.3 สารเคมี	16
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค	21
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก	22
4.3 การศึกษาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก	24
4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	27
4.5 การศึกษาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	33
เอกสารอ้างอิง	35
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	37
ภาคผนวก ข	39
ภาคผนวก ค	41
ภาคผนวก ง	43
ภาคผนวก จ	49

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณค่าอาหารของกล้วยน้ำว้าสดและกล้วยตาก ต่อ 100 กรัม 5

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้า ระหว่างการแปรรูปกล้วยตาก โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ 22

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้า ระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ 25

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้า ระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง 27

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้า ระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง 30

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 การแบ่งระดับการสุกของกล้วย	4
รูปที่ 2.2 การเกิดอนุมูลอิสระ โดยการสูญเสียอิเล็คตรอนไปตัวหนึ่ง	11
รูปที่ 2.3 กลไกการทำงานของสารต้านออกซิเดชัน	12
รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของโดพามีน	14
รูปที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของแกลโลแคทีชิน	15
รูปที่ 3.1 กรรมวิธีการผลิตกล้วยตากโดยใช้ตู้อบลมร้อน	17
รูปที่ 3.2 กรรมวิธีการผลิตกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	18
รูปที่ 4.1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร กับปริมาณกรดแกลลิค	21
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ	23
รูปที่ 4.3 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ	25
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	28
รูปที่ 4.5 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	30

สารบัญภาคผนวก

		หน้า
ภาคผนวก ก	การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	37
ภาคผนวก ข	การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	39
ภาคผนวก ค	การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	41
ภาคผนวก ง	ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	43
ภาคผนวก จ	ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง	49

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันได้ก้าวหน้าไปมาก ทำให้มนุษย์ทราบถึงสาเหตุของการเกิดโรคบางชนิด เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น ซึ่งมีสาเหตุสำคัญเบื้องต้นมาจากอนุมูลอิสระ ดังนั้นจึงพบว่าผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดจะนำเสนอในด้านที่ว่า มีองค์ประกอบของสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้นับว่าเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ที่หันมาใส่ใจกับสุขภาพมากขึ้น

กล้วย เป็นพืชในเขตร้อนจึงมีระบบที่สามารถป้องกันตัวเองจากสภาพออกซิเดทีฟสเตรท (oxidative stress) ซึ่งมีสาเหตุมาจากแสงแดดที่แรงและอุณหภูมิที่สูง โดยการผลิตสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในปริมาณมาก ซึ่งสารต้านออกซิเดชันในกล้วยมีองค์ประกอบของสารพฤษเคมีที่สำคัญ ได้แก่ โดพามีน (dopamine) (Kanazawa, 2000) และแกลโลแคทีชิน (gallocatechin) (Someya, 2002) และกล้วยยังเป็นผลไม้ที่คนไทยนิยมบริโภคกันมาก โดยเฉพาะกล้วยน้ำว้า ซึ่งเป็นกล้วยที่นิยมนำมาบริโภคทั้งแบบผลสดและที่ผ่านการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกัน เช่น กล้วยตาก กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง กล้วยกวน กล้วยทอด (กล้วยแขก) กล้วยเชื่อม และกล้วยบวชชี เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางใด เมื่อนำกล้วยน้ำว้ามาผ่านกรรมวิธีการแปรรูปโดยวิธีที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะ กล้วยตาก และกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง ซึ่งเป็นกรรมวิธีการแปรรูปที่เป็นอุตสาหกรรมหลักของการแปรรูปกล้วยน้ำว้า โดยที่กล้วยตากเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ที่ใช้กล้วยน้ำว้าสุกงอมเป็นวัตถุดิบ ในขณะที่กล้วยทอดกรอบแผ่นบางเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ที่ใช้กล้วยน้ำว้าเปลือกเขียวเป็นวัตถุดิบ

1.2 วัตถุประสงค์

1.) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของกล้วยน้ำว้าในระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก
2.) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของกล้วยน้ำว้าในระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 กล้วย

กล้วยน้ำว้า [Musa (ABB group) "Kluai Namwa"] ชื่ออื่นๆ กล้วยใต้ (เชียงใหม่ , เชียงราย) : กล้วยตานีอ่อง (อุบลราชธานี) : กล้วยมะลิอ่อง (จันทบุรี) , กล้วยอ่อง (ชัยภูมิ) ชื่อสามัญ Pisang Awak

กล้วยน้ำว้ามีลำต้นเทียมสูงไม่เกิน 3.5 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 15 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวอ่อน มีประดำเล็กน้อย ด้านในสีเขียวอ่อน ก้านใบมีร่องค่อนข้างแคบ เส้นกลางใบสีเขียวอมชมพู ก้านช่อดอกไม่มีขน ใบประดับรูปไข่ค่อนข้างป้อม ม้วนงอขึ้นปลายมน ด้านบนสีแดงอมม่วงมีนวล ด้านล่างสีแดงเข้ม ก้านของดอกตัวเมียตรง ดอกตัวเมียสีงาช้าง เกสรตัวผู้สีครีมเกสรตัวเมียยาวกว่าเกสรตัวผู้มาก ดอกตัวผู้หลุดร่วงหลังจากใบประดับหลุดแล้ว กลีบรวมใหญ่สีชมพูอ่อน ปลายสีเหลือง กลีบรวมเดี่ยวสีขาวใส มีรอยหยักที่ปลาย เครือห้อยลง เครือหนึ่งมี 7-10 หวี หวีหนึ่งมี 10-16 ผล ผลใหญ่กว่ากล้วยไข่ กว้าง 3-4 เซนติเมตร ยาว 11-13 เซนติเมตร มีเหลี่ยมก้านผลยาว ผลมีความยาวใกล้เคียงกับกล้วยไข่ เปลือกหนากว่ากล้วยไข่ เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อสีขาว รสหวาน ที่แกนกลางหรือเรียกว่า ไส้กลาง มีสีเหลือง ชมพู หรือขาว ซึ่งทำให้แบ่งออกได้เป็นกล้วยน้ำว้าเหลือง กล้วยน้ำว้าแดง และกล้วยน้ำว้าขาว ส่วนน้ำว้าดำมีเนื้อขาวรสหวาน เปลือกมีสีม่วงดำและแตกลายงาเป็นสีสนิม นอกจากนี้ยังมีกล้วยน้ำว้าที่ต้นเตี้ยกว่า 2.5 เมตร เรียกว่า น้ำว้าค่อม และกล้วยน้ำว้าเขียวซึ่งเมื่อสุกจะมีสีเหลืองปนเขียว น้ำว้านวลเมื่อดิบจะเห็นผลสีเหลืองมีนวลหนา น้ำว้าลูกไส้ดำ จะมีแกนกลางสีค่อนข้างดำซึ่งเป็นส่วนของเมล็ดที่ไม่มีการพัฒนา

กล้วยน้ำว้าปลูกทั่วไปในประเทศไทย รับประทานกันมากในทุกๆภาค ปลูกเป็นการค้าทั่วไปในภาคกลาง ภาคเหนือปลูกมากที่จังหวัดพิษณุโลกเรียกว่าพันธุ์มะลิอ่อง เนื้อกล้วยน้ำว้ามีคุณค่าทางอาหารมากใช้เป็นอาหารเด็กอ่อน รับประทานสด และทำเป็นขนมหลายชนิด เช่น ขนมกล้วย กล้วยทอด กล้วยบวชชี กล้วยตาก กล้วยฉาบ และกล้วยกวน กล้วยตากทำเป็นสินค้าส่งไปขายต่างประเทศ (เบญจมาศ, 2545)

2.1.1 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วย

กล้วยสุกมักจะมีรสหวานเป็นอาหารที่ย่อยง่าย กล้วยส่วนใหญ่รับประทานได้ทั้งผลดิบและสุกมีกล้วยประมาณครึ่งหนึ่งของชนิดกล้วยที่มีในโลกที่ต้องทำให้สุกด้วยความร้อนจึงจะมีรสชาติดี กล้วยเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูงพอๆกับมันฝรั่ง แต่มีไขมัน โคเรสเตอรอลและเกลือแร่ต่ำ จึงเหมาะสำหรับเป็นอาหารของคนที่ลดความอ้วน กล้วยมีเกลือแร่โซเดียมเพียงเล็กน้อย และมีเกลือแร่โพแทสเซียมอยู่ประมาณ 400 มิลลิกรัม จากน้ำหนักของเนื้อกล้วย 100 กรัม เนื่องจากกล้วยมีไขมันต่ำและพลังงานสูงกล้วยจึงเป็นอาหารที่แนะนำสำหรับคนชรา ผู้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารและเด็กที่ท้องเสียบ่อยๆ กล้วยสามารถลดแก๊สในกระเพาะซึ่งเกิดจากความเครียด และยังมีวิตามิน A B_6 และC อีกด้วย (Simmond, 1966) ซึ่งได้มีรายงานคุณค่าอาหารของผลกล้วยสุก โดยทั่วไปไว้ดังนี้ (Salunke and Desal, 1984)

จากน้ำหนักเนื้อผลกล้วยสุก 100 กรัม มีองค์ประกอบดังนี้

น้ำ	75.7	กรัม
พลังงาน	85	แคลอรี่
โปรตีน	1.1	กรัม
ไขมัน	0.2	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	22.2	กรัม
เถ้า	0.8	กรัม
แคลเซียม	8.0	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.7	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	370.0	มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	33.0	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	190.0	IU*
ไทอะมีน (Thiamine)	0.05	มิลลิกรัม
ไรโบไฟวิน (Riboflavin)	0.06	มิลลิกรัม
ไนอะซิน (Niacin)	0.7	มิลลิกรัม
วิตามินซี	10.0	มิลลิกรัม

หมายเหตุ * หมายถึง International Unit

2.1.2 ระยะการสุกของกล้วย

CSIRO (1972) อ้างถึงโดยเบญจมาศ (2545) ได้แบ่งระยะในการสุกของกล้วย หลังจากตัดมาบ่มรูปที่ 2.1ดังนี้

ระยะที่ 1 เปลือกเขียว ผลแข็ง ไม่มีการสุก

ระยะที่ 2 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองนิดๆ

ระยะที่ 3 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองมากขึ้นแต่ยังมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง

ระยะที่ 4 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองและมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว

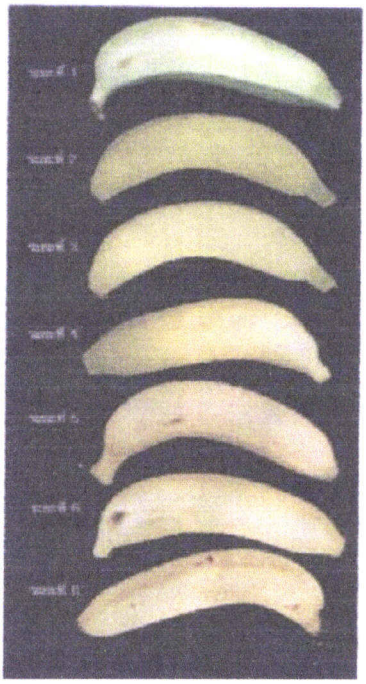
ระยะที่ 5 เปลือกเป็นสีเหลือง แต่ที่ปลายยังเป็นสีเขียว

ระยะที่ 6 ทั้งผลมีสีเหลือง (ผลสุก)

ระยะที่ 7 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาล (สุกเต็มที่ มีกลิ่นหอม)

ระยะที่ 8 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (สุกมากเกินไป, เนื้อเริ่มอ่อนตัว และมีกลิ่นแรง)

ในช่วงการสุกของกล้วยนี้ทำให้คุณค่าอาหารเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะแป้งซึ่งมักจะมีมากตอนผลกล้วยดิบจะเริ่มลดลง และเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมากขึ้น เมื่อกล้วยมีระยะการสุกเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.1 : การแบ่งระดับการสุกของกล้วย

ที่มา : เบญจมาศ, 2545

2.2 กล้วยตาก (banana figs)

กล้วยตากทำจากผลกล้วยที่สุกงอมแล้ว ปอกเปลือกเอาแต่ตัวเนื้อกล้วยไปตากแดด กล้วยตากเป็นกล้วยแปรรูปที่รู้จักกันดี และเป็นที่นิยมรับประทานกันมากในประเทศไทย และประเทศไทยได้ผลิตกล้วยตากส่งขายยังต่างประเทศอีกด้วย กล้วยที่นิยมทำกล้วยตากคือ กล้วยน้ำว้า ไม่นิยมใช้กล้วยหอม กล้วยไข่และกล้วยหักมุก อาจจะเป็นเพราะกล้วยหอมและกล้วยไข่มีน้ำมาก มีแป้งน้อยเมื่อสุกงอมและมีความหวานมาก ส่วนกล้วยหักมุกมีแป้งมากเกินไป กล้วยตากส่วนมากจึงมาจากกล้วยน้ำว้า และกล้วยน้ำว้าตากที่มีชื่อเสียงอยู่ที่จังหวัดพิษณุโลก นั่นคือ กล้วยตากบางกระทุ่ม กล้วยที่ใช้คือน้ำว้าขาวหรือกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง ซึ่งมีรสหวาน เมื่อตากจะให้กล้วยตากที่มีสีสวย และรสหวาน การทำกล้วยตากนั้น หลังจากปอกเปลือกกล้วยแล้วเอาตากแดดบนเสื่อ 1-2 แดด แล้วเอาไปคลึงและกดแบน ไม่มีการใส่น้ำตาล ความหวานจะออกมาจากตัวกล้วยเอง แล้วนำไปตากอีกครั้งประมาณ 1-2 แดด ปัจจุบันได้มีการใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาทำเป็นเตาอบขนาดใหญ่ เพื่อใช้ตากกล้วยตากหรืออบทำให้กล้วยตากที่ได้สะอาดกว่าตากจากแสงอาทิตย์โดยตรงมาก เพราะไม่มีแมลงวันตอมหรือฝุ่นละอองเจือปน แต่ในการตากทำให้แห้งนั้นย่อมทำให้ธาตุอาหารและวิตามินสูญเสียไปบ้าง ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 : คุณค่าอาหารของกล้วยน้ำว้าสดและกล้วยตาก ต่อ 100 กรัม

สารอาหาร	กล้วยน้ำว้าดิบ	กล้วยน้ำว้าสุก	กล้วยตาก
ความชื้น (%)	69.0	71.6	30.8
พลังงาน (แคลอรี)	110.0	100.0	266.0
ไขมัน (กรัม)	0.2	0.3	0.1
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	28.7	26.1	64.1
โปรตีน (กรัม)	1.4	1.2	2.2
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	8.0	12.0	12.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	35.0	32.0	84.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.9	0.8	1.3
วิตามินเอ (IU)	483.0	375.0	-
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.04	0.03	0.05
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.02	0.04	0.11
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	0.6	0.6	-
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	31	14.0	3

ที่มา : เบญจมาศ, 2545

2.2.1 การทำแห้ง (dehydration)

เป็นกระบวนการแปรรูปอาหารเพื่อการเก็บรักษา โดยลดปริมาณน้ำในอาหารลงให้เหลือในระดับต่ำกว่าการทำให้เข้มข้น คือเหลือความชื้นประมาณ 20% หรือต่ำกว่า การลดปริมาณน้ำจากอาหารอาจทำโดยการระเหย การระเหิด นอกจากจะช่วยในการยืดอายุการเก็บแล้ว การทำแห้งยังช่วยลด น้ำหนักและปริมาตร ทำให้ไม่เปลืองเนื้อที่การเก็บ การทำแห้งเป็นกระบวนการแปรรูปที่ประหยัด นิยมใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น อาหารเช้า ผลิตภัณฑ์พาสต้า ผักผลไม้ น้ำตาล แป้ง กาแฟ ผลิตภัณฑ์นม อาหารขบเคี้ยว อาหารสัตว์ เป็นต้น ในขบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์กล้วยทอดแผ่นบางนั้น มีการทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งลมร้อนเพื่อไล่ความชื้นที่มีอยู่ในแผ่นกล้วยหลังจากผ่านการทอดแล้ว (กิตติพงษ์, 2535)

อาหารส่วนใหญ่จะเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสำคัญ เพราะจุลินทรีย์มีอยู่ทั่วๆ ไปทั้งในดิน น้ำ อากาศ ดังนั้นโอกาสที่จุลินทรีย์จะสัมผัสกับอาหารก็มีมาก แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์ทุกชนิดไม่ว่าจะเป็น รา แบคทีเรีย ยีสต์ จะมีความสามารถในการดำรงชีพหรือเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำในปริมาณที่เหมาะสมต่างๆกัน ถ้าปริมาณน้ำในอาหารน้อยเกินไป จุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญได้ ดังนั้นการลดปริมาณความชื้นในอาหารลงให้พอเหมาะกับอาหารแต่ละชนิดก็สามารถจะถนอมรักษาอาหารไว้ได้นานขึ้น (สมบัติ, 2529)

2.2.2 การทำแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบตู้ (Cabinate, Tray or Compartment Drier)

เป็นเครื่องมือทำแห้งลมร้อนแบบไม่ต่อเนื่องซึ่งทำงานที่บรรยากาศ การถ่ายเทความร้อนมักเป็นแบบการพาความร้อน ลักษณะเครื่องมือจะเป็นตู้บุฉนวน มีถาดสำหรับใส่อาหารเรียงเป็นชั้นอยู่ภายใน ลมร้อนจะถูกบังคับให้ไหลหมุนเวียนโดยพัดลม การหมุนเวียนของอากาศอาจจะเป็นในแนวนอนขนานกับถาดใส่อาหาร หรือในแนวดิ่งผ่านทะลุถาดใส่อาหารความเร็วของลมร้อนที่นิยมใช้สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวนอน คือ 2-5 เมตร/วินาที ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งนิยมใช้ปริมาณอากาศร้อน 0.5-1.25 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ต่อตารางเมตรของพื้นที่หน้าตัดของถาด แหล่งความร้อนที่ใช้อาจเป็นการเผาไหม้ของก๊าซ ไอน้ำ หรือจากขดลวดให้ความร้อนไฟฟ้า

เครื่องมือแบบนี้เสียค่าใช้จ่ายในการสร้างและการบำรุงรักษาต่ำ และมีความยืดหยุ่นของการใช้งานสูง ในการใช้งานอาจใช้ตู้เดี่ยวหรือเป็นกลุ่ม และนิยมใช้ในการทำแห้งผักและผลไม้ นอกจากนั้นยังนิยมใช้ในกระบวนการผลิตขนาดเล็ก หรือในโรงงานต้นแบบขนาดเล็ก (วิไล, 2546)

2.2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้ง

ในการทำแห้งอาหารทั่วๆไปมีปัจจัยหลายประการที่ทำให้การอบแห้งนั้นเกิดได้เร็วหรือช้า ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ (สมบัติ, 2529)

1. ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมากๆ จะมีอัตราการอบแห้งเร็วนอกจากนั้นพื้นที่ผิวของอาหารก็จะมีผลต่ออัตราการอบแห้งมาก อาหารที่มีพื้นที่ผิวมากๆ การอบแห้งก็จะทำได้เร็วขึ้น

2. ขนาดและรูปร่างของอาหาร ส่วนใหญ่จะคำนึงถึงเฉพาะความหนาของอาหารเนื่องจากอัตราการอบแห้งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาของอาหาร ยิ่งอาหารหนามากเท่าไหร่การอบแห้งจะเกิดได้ช้าลง

3. ปริมาณอาหาร อาหารที่ใส่ในเครื่องอบแห้งและการจัดเรียงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่ง การใส่ปริมาณอาหารมากเกินไปเข้าไปในเครื่องอบแห้ง จะทำให้การอบแห้งทำได้ไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะบริเวณช่วงกลางๆ น้ำจะระเหยออกได้ไม่ดีความร้อนเข้าไปข้างในไม่ค่อยถึง ยิ่งถ้าจัดเรียงตัวกันไม่ดีแล้ว ก็จะทำให้อัตราการอบแห้งเกิดได้ช้ามาก

4. ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วของลม ความชื้นของอากาศเป็นสิ่งสำคัญมาก การระเหยน้ำออกจะทำให้ดีหรือไม่ขึ้นกับความชื้นของอากาศและความเร็วของลม นอกจากนั้นอุณหภูมิที่ใช้อบก็จะเป็นปัจจัยที่สำคัญเช่นกัน

5. ความดันเกี่ยวเนื่องกับการระเหยของน้ำเนื่องจากในที่ความดันต่ำๆลงมาน้ำก็จะเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำลง ดังนั้นการทำแห้งภายใต้ความดันจะทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น

6. การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนทำให้เสียหาย (Browing or Heat damage) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความร้อนไปทำให้สารอาหารบางตัวโดยเฉพาะพวกแป้งและน้ำตาล เกิดการเผาไหม้โดยปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้ลักษณะของอาหารผิดไป การเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้จะเกิดได้เร็วขึ้น ถ้ายิ่งใช้อุณหภูมิในการทำแห้งสูงๆ จากการศึกษาพบว่าเมื่ออบแห้งอาหารจนมีปริมาณความชื้นประมาณ 15-20% จะเร็วมาก ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงนี้ความเข้มข้นของพวกแป้งและน้ำตาลมากขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาเกิดรวดเร็วขึ้น ในการทำแห้งอาหารโดยทั่วๆไปจะสามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้ได้โดยการเติมสารเคมี คือใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในปริมาณประมาณ 200-700 ppm แล้วแต่ประเภทของอาหาร

2.2.4 ผลกระทบต่ออาหาร (วิไล, 2546)

2.2.5.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส

อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมาก โดยทั่วไปการทำแห้งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิและอัตราการทำแห้งที่ต่ำกว่า ตัวละลายจะเคลื่อนที่จากด้านในไปยังผิวอาหารในระหว่างที่น้ำถูกกำจัดออกในขั้นตอนการทำแห้งกลไกและอัตราการเคลื่อนที่มีความจำเพาะสำหรับตัวละลายแต่ละชนิดและขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและสภาวะการทำแห้ง การระเหยของน้ำทำให้ตัวละลายที่ผิวอาหารมีความเข้มข้นมากขึ้น อุณหภูมิที่สูงของอากาศทำให้อาหารโดยเฉพาะ ผลไม้ ปลา และเนื้อ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าอาหารและทำให้ผิวแห้งแข็งหรือที่เรียกว่าการเกิดผิวแห้งแข็ง (case hardening) ซึ่งจะลดอัตราการทำแห้งและทำให้อาหารมีผิวหน้าแห้งแต่ภายในชื้น การควบคุมสภาวะการอบแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นด้านในและที่ผิวอาหารจะช่วยลดเหตุการณ์ดังกล่าวได้

2.2.5.2 กลิ่นและรส

ความร้อนนอกจากจะทำให้น้ำระเหยแล้วยังทำให้สารหอมระเหยบางชนิดสูญเสียไป ปริมาณการสูญเสียสารหอมระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเข้มข้นของของแข็งในอาหาร ความดันไอ และความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหย สารหอมระเหยที่มีความสามารถในการระเหยและการแทนที่สูงจะเกิดการสูญเสียที่ช่วงแรกของการอบแห้ง เกิดการสูญเสียสารระเหยในช่วงหลังของการทำแห้งต่ำ การควบคุมสภาวะการทำแห้งในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด

2.2.5.3 สี

การทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะผิวหน้าของอาหาร การสะท้อนแสงและสี การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของคาโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์เกิดจากความร้อนและปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการทำแห้ง โดยทั่วไปการทำแห้งที่เวลานานกว่าและอุณหภูมิสูงกว่าทำให้สีเกิดการเปลี่ยนแปลงมากว่าปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาจากเอนไซม์ที่หลงเหลืออยู่ในอาหารทำให้เกิดสีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้ป้องกันได้โดยการลวกหรือการใช้กรดแอสคอร์บิกหรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อัตราการเกิดสีคล้ำระหว่างการเก็บรักษาผักผลไม้ที่มีซัลเฟอร์ในปริมาณไม่มากนักจะแปรผกผันกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ อย่างไรก็ตามซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะฟอกแอนโทไซยานินออกไป ปริมาณซัลเฟอร์ที่ตกค้างอยู่เป็นสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนสีผักผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษา

2.2.5.4 คุณค่าทางโภชนาการ

รายงานเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของอาหารแห้งมีความแตกต่างกันมากเนื่องจากความแตกต่างกันในเรื่องการเตรียมวัตถุดิบ อุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งและสภาวะในการเก็บรักษา การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของผักผลไม้มักจะเกิดในขั้นตอนการเตรียมมากกว่าในขั้นตอนการทำแห้ง

2.3 กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง (banana chip)

การผลิตกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง จะใช้ผลกล้วยดิบฝานบางๆ ผึ่งลมไว้สักครู่ แล้วจึงนำลงทอดในน้ำมันพืช คล้ายกับมันฝรั่งทอดกรอบ (potato chip) นิยมใช้กล้วยน้ำว้าหรือกล้วยหักมุกที่ประเทศฟิลิปปินส์ นิยมใช้กล้วยซาลา ซึ่งมีลักษณะคล้ายกล้วยหิน ดังนั้นถ้าใช้กล้วยหินในการผลิตก็จะได้กล้วยทอดกรอบที่มีรสชาติดี การฝานกล้วยอาจจะฝานตามยาวหรือตามขวางก็ได้ ปัจจุบันนี้มีการส่งกล้วยทอดกรอบออกขายต่างประเทศ แต่กล้วยทอดกรอบมีข้อเสียที่ว่า เมื่อเก็บไว้นานจะมีกลิ่นหืนและนุ่มเพราะความชื้นเข้า สำหรับในประเทศไทยหลังจากทอดแล้วนิยมฉาบด้วยน้ำตาลเรียกว่ากล้วยฉาบ (เบญจมาศ, 2545)

2.3.1 การทอด (frying)

การทอดเป็นกรรมวิธีที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพการบริโภคของอาหาร วัตถุประสงค์รองคือ การถนอมรักษาอาหารโดยการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ เอนไซม์ และลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ที่ผิวอาหารหรือตลอดชิ้นอาหาร ถ้าเป็นการทอดอาหารชิ้นบางๆ ความชื้นของอาหารหลังการทอดจะเป็นตัวกำหนดอายุของผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งมีความชื้นอยู่ภายใน

การถ่ายเทความร้อนในการทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นทั้งการพาความร้อนในน้ำมันร้อนและการนำความร้อนสู่ภายในอาหาร ผิวอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดสีและลักษณะภายนอกที่สม่ำเสมอ การทอดแบบน้ำมันท่วมเหมาะสำหรับอาหารทุกรูปร่าง แต่อาหารที่มีรูปร่างไม่แน่นอนจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีรูปร่างแน่นอน (วิไล, 2546)

2.3.2 ผลของการทอดต่ออาหาร

การทอดเป็นหน่วยปฏิบัติการที่มีลักษณะเฉพาะคือ เป็นการนำผลิตภัณฑ์จากหน่วยปฏิบัติการหนึ่งไปใช้ในอีกหน่วยปฏิบัติการ คือใช้น้ำมันที่ได้รับความร้อนในหน่วยหนึ่งเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนให้อาหารในอีกหน่วยหนึ่ง ผลกระทบของการทอดต่ออาหารในเรื่องคุณภาพจึงเกี่ยวข้องกับน้ำมันและความร้อนที่ใช้ในการทอดอาหาร (วิไล, 2546)

2.3.2.1 ผลกระทบของความร้อนต่อน้ำมัน

การให้ความร้อนแก่น้ำมันที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้น้ำมันเกิดออกซิเดชันได้เนื่องจากมีความชื้นและออกซิเจนเคลื่อนที่ออกมาจากอาหารระหว่างการทอด นอกจากนั้นยังเกิดสารระเหยประเภทคาร์บอนิล กรดไฮดรอกซี กรดคีโต และกรดอีพอกซี ทำให้น้ำมันมีสีคล้ำและมีกลิ่นเหม็น โมเลกุลของน้ำมันจะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันในสภาพไม่มีออกซิเจนและให้โพลิเมอร์ที่มีโมเลกุลสูงหรือให้สารประกอบไซคลิกทำให้น้ำมันมีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งมีผลไปลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวระหว่างการทอดและทำให้อาหารดูดซับน้ำมันมากขึ้น

2.3.2.2 ผลกระทบของความร้อนต่อการทอด

วัตถุประสงค์หลักของการทอดคือ การปรับปรุงสี กลิ่น และรสในเปลือกนอกของอาหารโดยอาศัยปฏิกิริยาเมลลาร์ดและการดูดซับสารระเหยจากน้ำมัน ปัจจัยหลักที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นของอาหารได้แก่

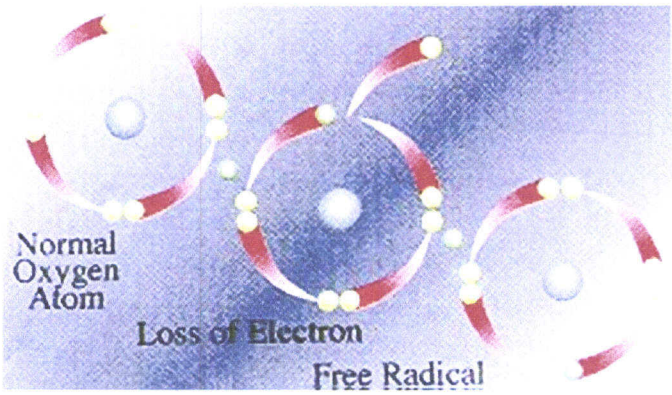
1. ชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการทอด
2. อายุและประวัติด้านความร้อนของน้ำมัน
3. อุณหภูมิและเวลาในการทอด
4. ขนาดและลักษณะผิวหน้าของอาหาร
5. การจัดการหลังการทอด

ในการทอดกล้วยทอดแผ่นบางนั้น จะทอดในน้ำมันในปริมาณมากจนทำให้น้ำมันท่วมกล้วย การทอดน้ำมันท่วม (deep fat frying) ทำให้ความร้อนสามารถกระจายตัวได้ทั่วทั้งแผ่นของกล้วย ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอ อุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ในการทอดคือ $175\pm2^{\circ}C$ ในการทอดที่ใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้น้ำมันมีความคงตัว ไม่เกิดกลิ่นหืนได้ง่ายในผลิตภัณฑ์ หลังจากการทอดอาจจะมีการโรยผงเกลือเป็นการเพิ่มรสชาติในผลิตภัณฑ์ (กิตติพงษ์, 2535)

2.4 อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radical) คือ กลุ่มของสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอกที่ยังไม่ได้จับคู่มากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งอิเลคตรอนดังรูปที่ 2.2 ดังนั้นจึงมีความว่องไวสูงในการเข้าทำปฏิกิริยากับสาร ชีวโมเลกุลในร่างกาย โดยทั่วไปเซลล์อนุมูลอิสระส่วนใหญ่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของออกซิเจนไปยังโมเลกุลของน้ำ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า อนุพันของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive oxygen species, ROS) ซึ่งสารกลุ่มนี้ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ (superoxide anion, $O_2^{\bullet-}$) ไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, $OH^{\bullet}$) อนุพันธ์ของออกซิเจนบางตัว ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ไฮโปคลอรัส (HOCl) นอกจากนี้ยังมีกลุ่มของสารอนุพันธ์ของไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา

(reactive nitrogen species, RNS) ที่สำคัญได้แก่ เปอร์ออกซีไนไตรท์ ($OONO^-$) ไนตริกออกไซด์ ($NO^\bullet$) ทั้งกลุ่มของอนุพันธ์ของออกซิเจนว่องไวและอนุพันธ์ของไนโตรเจนว่องไวจัดเป็นแหล่งของอนุมูลอิสระที่สำคัญของร่างกาย (วัลยา และ พัชรี, 2542)



รูปที่ 2.2 : การเกิดอนุมูลอิสระ โดยการสูญเสียอิเล็คตรอนไปตัวหนึ่ง
ที่มา : อมรเทพ , 2542

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

โดยปกติร่างกายจะมีระบบควบคุมป้องกันอนุมูลอิสระที่เรียกว่า ระบบแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant defense system) แบ่งออกได้เป็น กลุ่มของเอนไซม์ ได้แก่ คาตาเลส (catalase), ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase) และกลูทาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peoxidase) เป็นต้น กลุ่มของสารและโปรตีนบางชนิด ได้แก่ กลูทาไธโอน (glutathione), ยูเลท (urate), ไบลิรูบิน (bilirubin), ยุไบควินนอล (ubiquinol), แอลบูมิน (albumin), แครูโลพลาสมิน (caeruloplasmin) และ ทรานสเฟอริน (transferrin) เป็นต้น และกลุ่มของสารอาหารบางชนิดที่สำคัญได้แก่ วิตามินอี วิตามินซี และสารแคโรทีนอยด์ เป็นต้น (วัลยา และ พัชรี, 2542)

2.5 สารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant)

สารต้านออกซิเดชัน หมายถึง สารที่มีในปริมาณน้อยเทียบกับสารที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสามารถยับยั้งหรือหน่วงเหนี่ยวให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันไม่เกิดขึ้น (วินัย, 2545)

สารต้านออกซิเดชัน หมายถึง สารต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถป้องกันหรือยืดเวลาการเกิดออกซิเดชัน สารต้านออกซิเดชันที่พบในธรรมชาติมี 4 ประเภท ได้แก่ (ไมตรี, 2543)

1. เอมไซม์ที่สร้างได้ในเซลล์ร่างกาย ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (superoxide dismutase) คาตาเลส (catalase) กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) และ เมทไธโอนีนรีดักเตส (methionine reductase)
2. วิตามินต้านออกซิเดชัน ได้แก่ วิตามินอี ในถั่ว ธัญพืช รำ ข้าวกล้อง งา และวิตามินซี ในผัก ผลไม้สด
3. แร่ธาตุ เช่น ซิลิเนียม และสังกะสี เป็น co-factors ของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน
4. สารพฤกษเคมี เป็นสารเคมีจากพืชที่ไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร เช่น แคโรทีน ไลโคปีน แซนโธฟิล และฟลาโวนอยด์ เป็นต้น

2.5.1 กลไกการทำงานของสารต้านออกซิเดชัน

การที่สารต้านออกซิเดชันให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระมีอิเล็กตรอนครบคู่ และอยู่ในภาวะที่เสถียร ไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 : กลไกการทำงานของสารต้านออกซิเดชัน

ที่มา : อมรเทพ , 2542

2.5.2 ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน

ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลสารประกอบฟีนอล ดังตัวอย่างต่อไปนี้ คือ (วิวัฒน์, 2545)

1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)
2. อุณหภูมิ
3. แสง
4. เอ็นไซม์
5. การรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ

เนื่องจาก OH-group ในแต่ละตำแหน่งของสารประกอบฟีนอลมีบทบาทต่อคุณสมบัติของการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างซึ่งจะมีผลให้ OH-group เกิดการเปลี่ยนแปลง จึงน่าจะมีผลต่อสมบัติของการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลด้วยเช่นกัน

อุณหภูมิสูงในระหว่างการแปรรูปจะมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลโมเลกุลเล็กๆ ระเหยกลายเป็นไอไปได้ในขณะฟลาโวนอยด์ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลที่มีโครงสร้างแบบ C6-C3-C6 โดยมีลักษณะเป็นวงแหวน 3 วงต่อกัน จะเกิดการแตกของวงแหวน C และสลายตัวต่อไป โดยวงแหวน B จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิก และวงแหวน A จะเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์ตามลำดับ และระเหยไปกับพร้อมกับไอน้ำ

แสงแดดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เร่งการสลายตัวหรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารประกอบฟีนอล เช่น OH-group ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ในโมเลกุลของแอนโทไซยานินจะสามารถเรืองแสงและไวต่อการสลายตัวเมื่อโดนแสงแดด นอกจากนี้แสงแดดยังเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนให้เกิดเร็วขึ้นด้วย

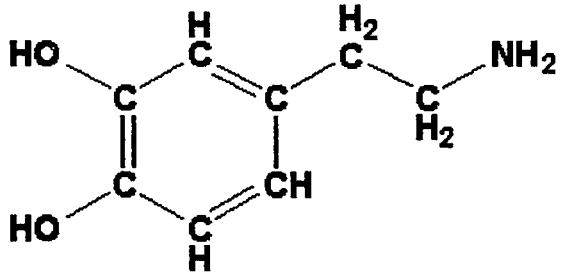
ในสภาพที่มีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดรส (polyphenoloxidase) อยู่ด้วยจะเป็นการเร่งการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลบางชนิดให้เกิดได้เร็วขึ้น แต่อัตราเร่งปฏิกิริยาจะแตกต่างกันออกไป เช่น โพลีฟีนอลออกซิเดรส สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ (-)-epicatechin ได้ดีกว่า (+)-catechin

สารประกอบฟีนอลสามารถเกิดการรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ เช่น โปรตีน โพลีแซคคาไรด์ อัลคาลอยด์และแอนโดไซยานินได้ง่าย และปฏิกิริยาอาจจะเป็นแบบสามารถผันกลับได้หรือไม่ได้นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ในขณะที่เกิดปฏิกิริยา เช่น ออกซิเจน ไอออนโลหะ เอนไซม์และกรดเป็นต้น ซึ่งจะเป็นตัวการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของปฏิกิริยา เช่น ทำให้สารประกอบในภาวะสมดุลรวมตัวกันและตกตะกอนแยกออกมา หรือเกิดพันธะโควาเลนท์รวมกันเป็นสารใหม่

ทำให้ปฏิกิริยาไม่สามารถผันกลับได้ หากปรากฏการณ์เหล่านี้มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างไป จะทำให้สารประกอบฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างไปจะทำให้สารประกอบฟีนอลสูญเสียสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันไปได้

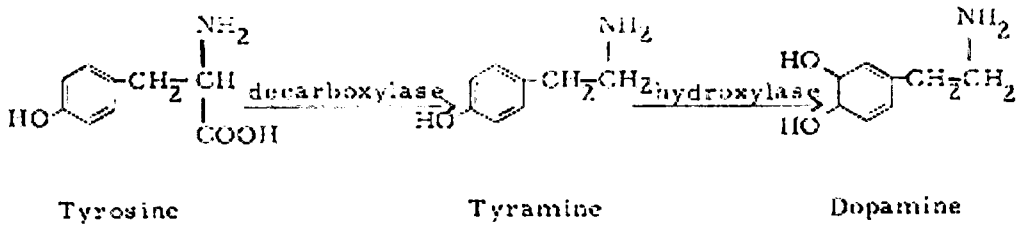
2.6 สารต้านออกซิเดชันในกล้วย

เนื่องจากกล้วยเป็นพืชในเขตร้อนจึงมีระบบที่สามารถป้องกันตัวเองจากออกซิเดทีฟสเตรท ซึ่งมีสาเหตุมาจากแสงแดดที่แรงและที่อุณหภูมิสูง โดยการผลิตสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในปริมาณมาก โดยกล้วยมีองค์ประกอบของโดพามีน (dopamine) ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.4 ซึ่งโดพามีนจะพบทั้งในเปลือกและเนื้อในปริมาณสูง และปริมาณโดพามีนในกล้วยหอม (*Musa cavendish*) จะลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณอยู่ที่ระดับ 80-560 และ 2.5-10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ของเปลือกและเนื้อกล้วยตามลำดับ โดยความแตกต่างนี้อาจมีสาเหตุจากการปลูกในสวนที่แตกต่างกัน ที่ระดับความสุกต่างๆ ปริมาณกรดแอสคอบิค (ascorbic) จะคงที่ประมาณ 10 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ทั้งในเนื้อและเปลือก แคโรทีน (carotenes) และโทโคฟีรอลจะพบมากในเปลือกและพบน้อยในเนื้อกล้วย ดังนั้นศักยภาพในการต้านออกซิเดชันที่ดีของกล้วยจึงเป็นผลมาจากโดพามีน ซึ่งมากกว่าสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันอื่นๆ ในผลไม้ชนิดนี้โดยศักยภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของโดพามีดีกว่าบีเอชเอ (BHA), บีเอชที (BHT), ฟลาโวนอยด์, กลูทาไธโอน, แคทีชิน, แกลโลแคทีชิน แกลเลท (gallocatechin gallate) และกรดแอสคอบิคในปริมาณที่เท่ากัน (Kanazawa and Sakakibara, 2000)

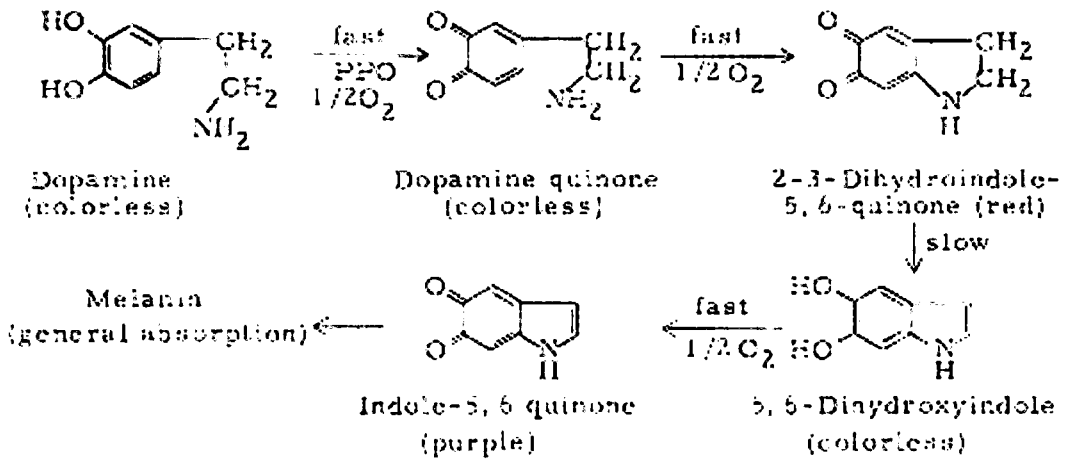


รูปที่ 2.4 : โครงสร้างทางเคมีของโดพามีน
ที่มา : www.aw-bc.com/mathews/ ch21/dopamine.htm

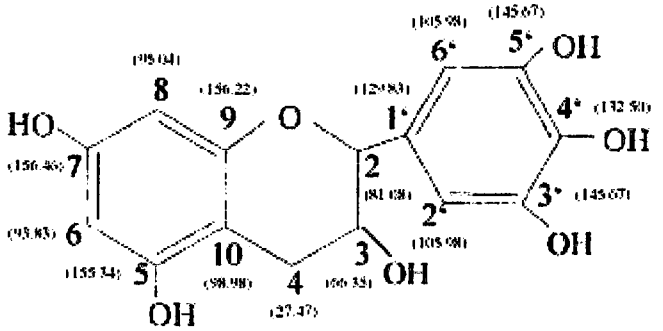
จากการศึกษาของ Griffiths (1959) (อ้างโดย Weaver, 1974) บ่งชี้ว่า โดพามีน (dopamine : 3,4-dihydroxyphenylethylamine) เป็นสารตั้งต้นของเอ็มไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดรส (polyphenol oxidase) ในกล้วย ซึ่งถูกสังเคราะห์จากไทโรซีน



DeSwardt และคณะ (1967) (อ้างโดย Weaver, 1974) ได้รายงานว่า เมื่อกล้วยเกิดการสุก สารประกอบฟีนอลิคจะเกิดกระบวนการโพลีเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ซึ่งทำให้สารประกอบฟีนอลิคมีปริมาณลดลง



นอกจากนี้ Someya และคณะ (2002) ได้ศึกษาชนิดและปริมาณของสารประกอบที่มีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในกล้วยหอมชนิดเดียวกัน พบว่าแกลโลแคทีชิน (gallocatechin) ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.4 เป็นสารที่พบมากในกล้วยหอม (*Musa cavendish*) ซึ่งพบในเปลือกในปริมาณที่สูงกว่าในเนื้อกล้วย ที่ระดับ 158 มิลลิกรัม และ 29.6 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้งตามลำดับ โดยที่สารสกัดจากเปลือกกล้วยมีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดีกว่าสารสกัดจากเนื้อกล้วย



รูปที่ 2.4 : โครงสร้างทางเคมีของแกลโลแคทีชิน

ที่มา : Someya, 2002

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1.) กล้วยน้ำว้าความสุกระดับ 1 (ลักษณะเปลือกเขียว ผลแข็ง ไม่มีการสุก)

2.) กล้วยน้ำว้าความสุกระดับ 8 (ลักษณะผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาล)

3.) น้ำมันปาล์มสำหรับทอด (ตราโอลีน ผลิตโดยบริษัท โอลีน จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร)

3.2 อุปกรณ์

1.) บีกเกอร์ทรงสูงปากเรียบขนาด 400 มิลลิลิตร

2.) สเปกโตโฟโตมิเตอร์ (Spectophotometer) พร้อม cell

3.) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)

4.) เครื่องเขย่า

5.) ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

6.) ตู้อบลมร้อน (Tray dry)

7.) เครื่องทำสุญญากาศสำหรับกรอง

8.) กะทะสำหรับทอด

3.3 สารเคมี

1.) เอทิลแอลกอฮอล์

2.) กรดแกลลิค (Gallic acid)

3.) Folin-Ciocalteu

4.) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

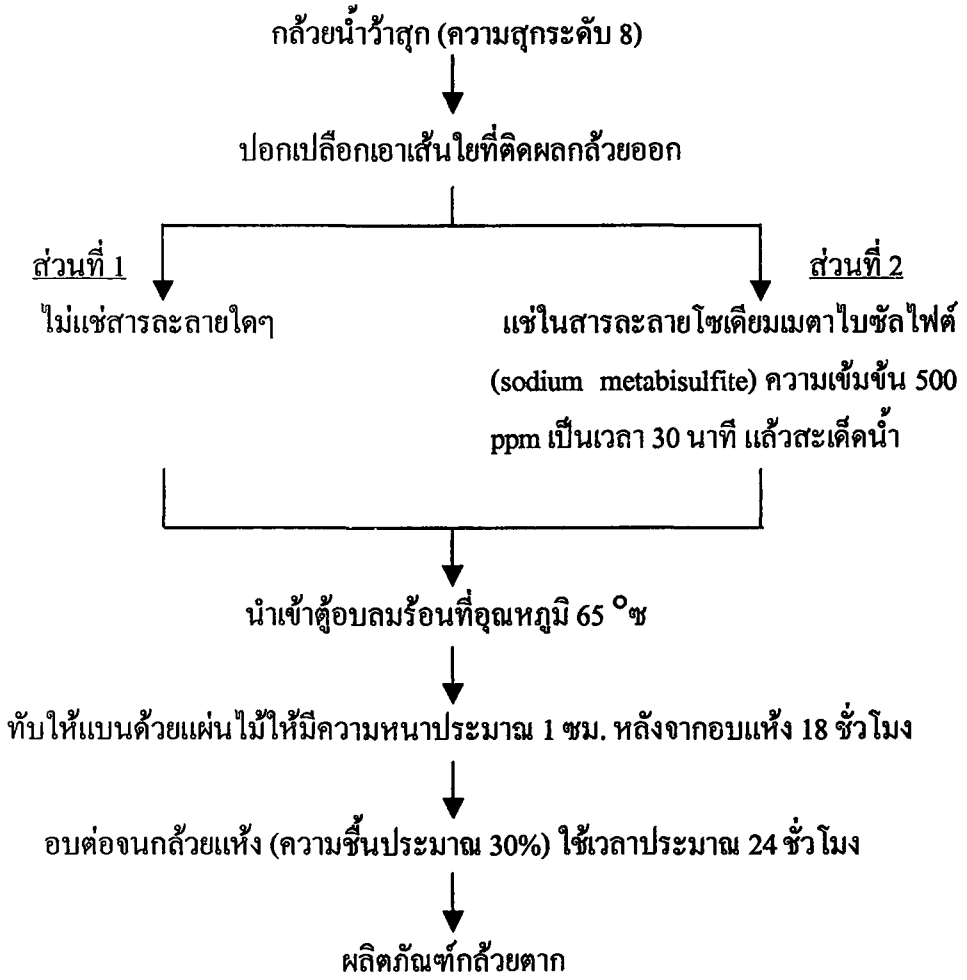
5.) 1,1-diphenyl-2piarylhydarzyl (DPPH)

6.) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$)

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 การแปรรูปกล้วยตากโดยใช้ตู้อบลมร้อน

กรรมวิธีการแปรรูปกล้วยตากโดยใช้ตู้อบลมร้อนและใช้กล้วยน้ำว้าที่ความสุกระดับ 8 จะใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีที่รายงาน โดยกุลยา (2539) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ทดลองเก็บตัวอย่างกล้วยน้ำว้าในระหว่างการอบแห้งที่เวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งตัวอย่าง 5 กรัม (ตัวอย่างแห้ง) ไปเตรียมสารสกัดตามวิธีในข้อ 3.4.3 สารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลทั้งหมดตามวิธีในข้อ 3.4.4 และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีในข้อ 3.4.5



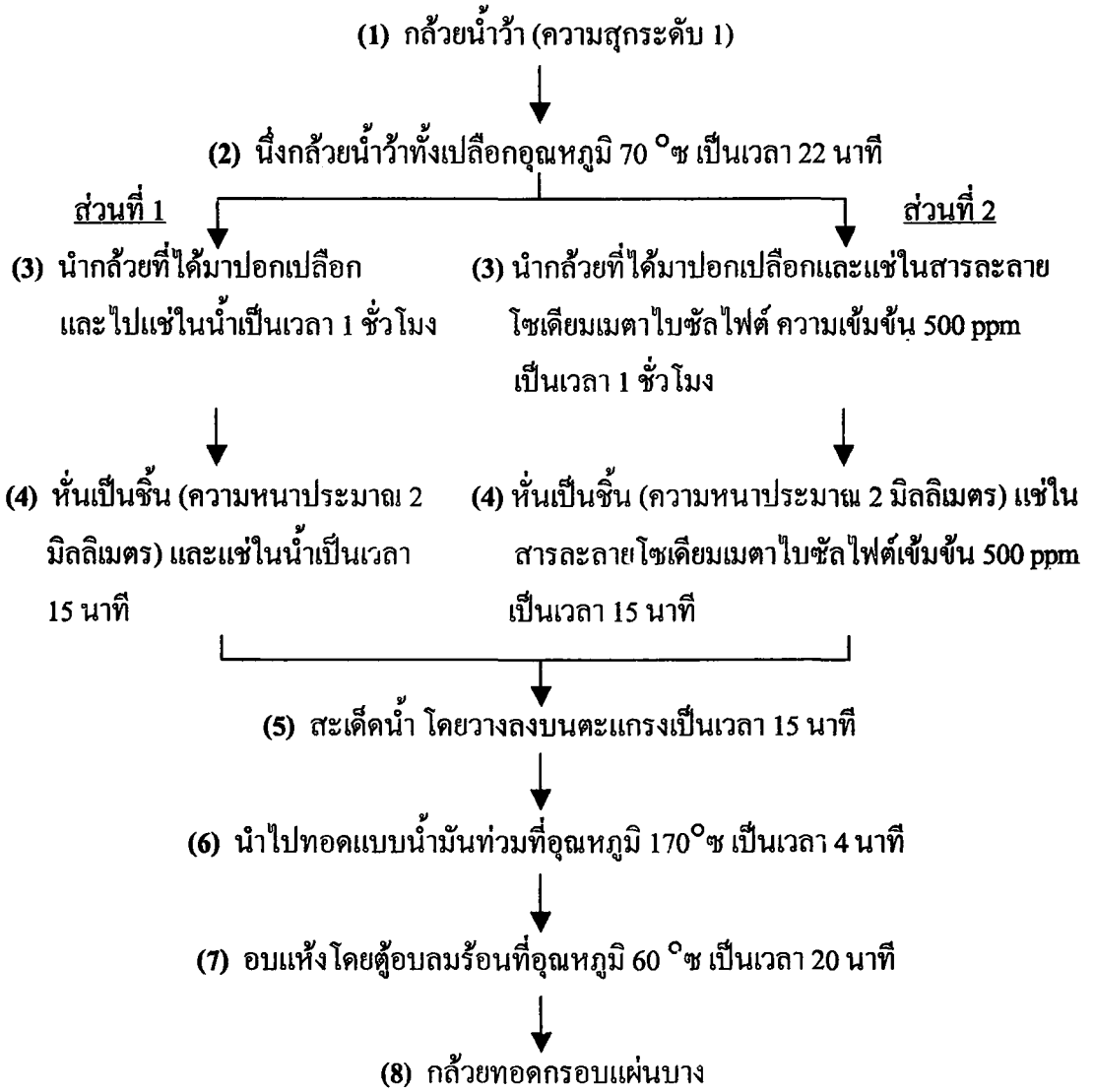
รูปที่ 3.1 : กรรมวิธีการผลิตกล้วยตากโดยใช้ตู้อบลมร้อน

ที่มา : ดัดแปลงจากกุลยา, 2539

96907

3.4.2 การแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

กรรมวิธีการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบางจะใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดยไพฑูรย์และวราภรณ์ (2539) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ทดลองเก็บตัวอย่างกล้วยน้ำว้าในระหว่างกระบวนการแปรรูปในขั้นตอนที่ (1), (2), (4), (6), (8) จากนั้นชั่งตัวอย่าง 5 กรัม (ตัวอย่างแห้ง) ไปเตรียมสารสกัดตามวิธีในข้อ 3.4.3 สารสกัดที่ได้จะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดตามวิธีในข้อ 3.4.4 และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีในข้อ 3.4.5



รูปที่ 3.2 : กรรมวิธีการผลิตกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ที่มา : ดัดแปลงจากไพฑูรย์และวราภรณ์, 2539

3.4.3 การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้า

ชั่งตัวอย่างกล้วยน้ำว้า 5 กรัม ตัวอย่างแห้ง มาบดให้ละเอียดจากนั้นปั่นผสมกับเอทานอล 95% 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 3 นาที โดยใช้เครื่องบดผสมที่ความเร็วสูงสุด นำส่วนผสมที่ได้ใส่ในบีกเกอร์ทรงสูง 400 มิลลิลิตร แช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 85 องศาเซลเซียส ปิดด้วยกระจกนาฬิกาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยคนทุกๆ 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง เบอร์ 1 โดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ และปรับปริมาตรของสารสกัดให้ได้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตรด้วยเอทานอล 95% สำหรับตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการทอดในน้ำมันจะนำมาสกัดไขมันออกโดยใช้เครื่องซอกห์เลต (Soxhlet) ก่อนนำไปเตรียมสารสกัด

3.4.4 การวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจะใช้วิธีดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย Yieldirim และคณะ (2001) โดยสารประกอบโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu ได้สารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร ใช้กรดแกลลิคเป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน

ปิเปตตัวอย่างสารสกัดที่ได้จากข้อ 3.3.3 ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองเติมน้ำกลั่น 9.0 มิลลิลิตร (ยกเว้นสารสกัดจากกล้วยทอดกรอบแผ่นบางในขั้นตอนการทอดและการอบ (จะใช้ปริมาตรสารสกัด 0.5 ml และเติมน้ำกลั่น 9.5 ml) จากนั้นเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้เอธานอล 95% 0.5 มิลลิลิตรแทนตัวอย่างสารสกัดสำหรับเตรียม blank

3.4.5 การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

การทดสอบสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากตัวอย่างผลิตภัณฑ์กล้วยน้ำว้าจะใช้วิธีติดตามความสามารถของตัวอย่างสารสกัดในการทำลายการเกิดอนุมูลอิสระของ 1,1-diphenyl-2piarylhydarzyl หรือ DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่ทำให้สารละลายมีสีม่วงและสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ดังนั้นถ้าสารตัวอย่างมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระของสารดังกล่าวได้ดี จะทำให้สีม่วงจางลงมาก (Murakami *et al.*, 2004)

3.4.5.1 ตัวอย่างจากขั้นตอนการแปรรูปกล้วยตาก

ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับเอธานอล 40% ปริมาตร 4.9 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.6 มิลลิโมลาร์ ลงไป 0.6 มิลลิลิตร เขย่าตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ดังสมการ

$$\% \text{ ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} = (1 - A_{517\ sample}/A_{517\ control}) \times 100$$

A

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายปฏิกิริยาของตัวอย่างสารสกัด

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายปฏิกิริยาของตัวอย่างควบคุม (ใช้เอธานอล 40% 0.5 มิลลิตร แทนตัวอย่างสารสกัด)

3.4.5.2 ตัวอย่างจากขั้นตอนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบ

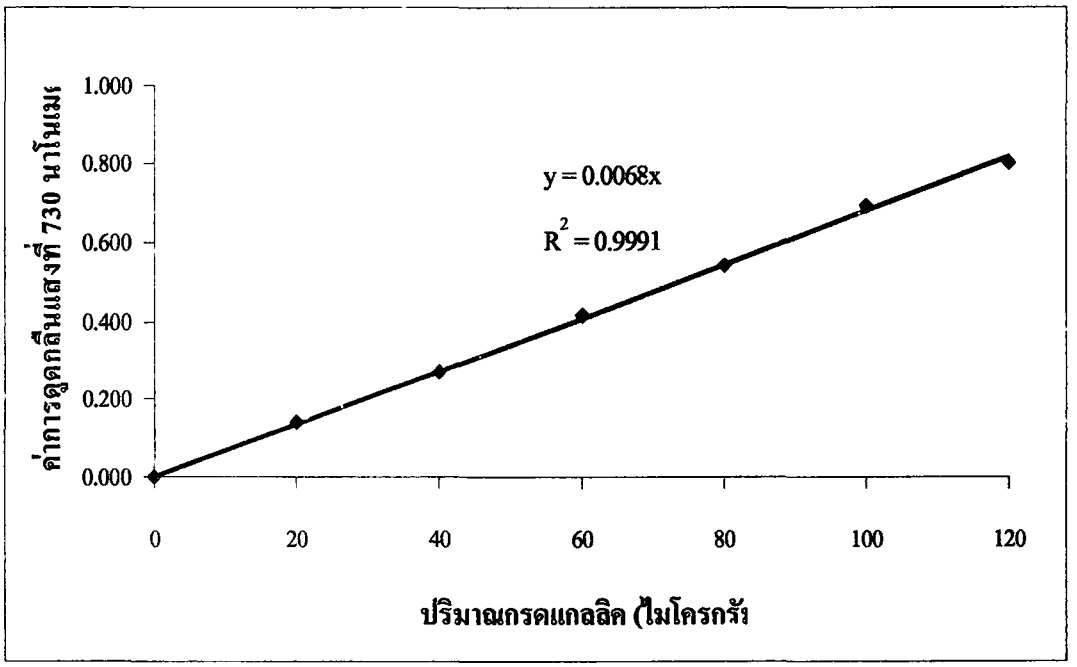
ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 0.03 มิลลิลิตร ผสมกับเอทานอล 40% ปริมาตร 5.37 มิลลิลิตร จากนั้นเติม DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ลงไป 0.6 มิลลิลิตร เขย่าตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ดังสมการ ในข้อ 3.4.5.1 โดยใช้เอธานอล 40% 0.03 มิลลิลิตร แทนตัวอย่างสารสกัดในการเตรียมสารละลายของปฏิกิริยาควบคุม

20396

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

4.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค

จากการเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค ซึ่งใช้เป็นสารประกอบฟีนอลมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดที่ได้จากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าในระหว่างกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด ซึ่งได้แก่ กล้วยตาก และกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง ได้กราฟเป็นเส้นตรง คือ $y = 0.0068x$ โดยมีค่า $R^2 = 0.9991$ ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 : กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตรกับปริมาณกรดแกลลิค

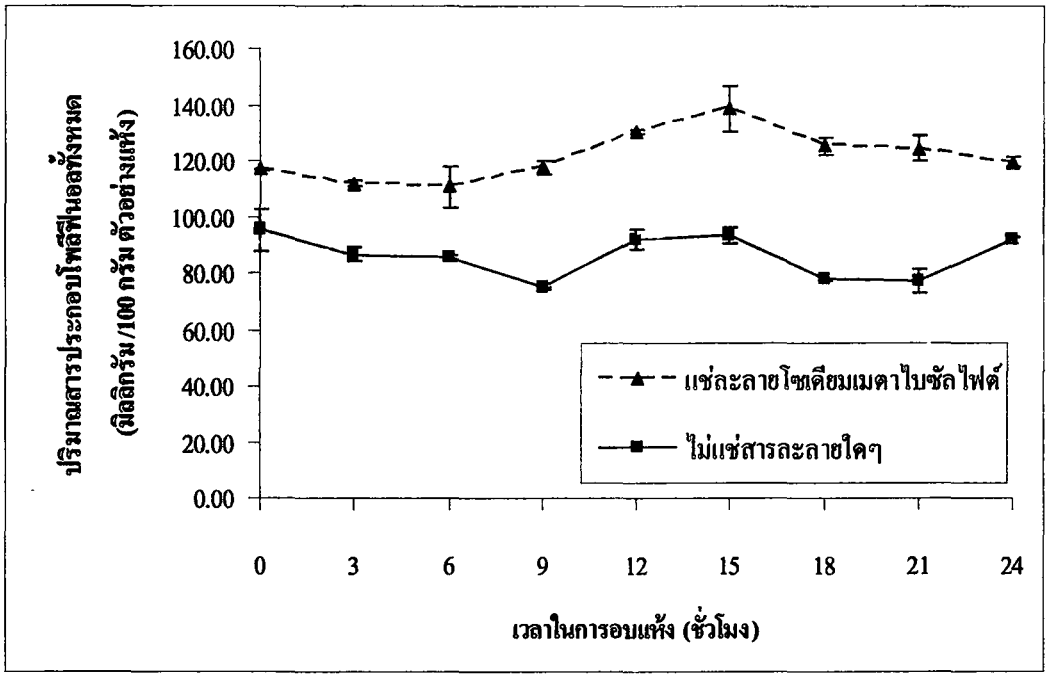
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก

จากการทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากที่แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และไม่แช่สารละลายใดๆ โดยสารประกอบโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-Cioculteu และติดตามสีน้ำเงินที่เกิด โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร คำนวณหาสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด โดยใช้กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคในรูปที่ 4.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 : ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างการแปรรูปกล้วยตาก โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสที่เวลาต่างๆ

เวลาอบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 100 กรัม ตัวอย่างแห้ง)	
	ไม่แช่สารละลายใดๆ	แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์
0	95.13 ± 7.42	116.98 ± 0.31
3	86.52 ± 2.62	111.75 ± 1.18
6	85.34 ± 1.22	110.65 ± 7.33
9	74.79 ± 0.53	117.62 ± 2.68
12	91.83 ± 3.66	130.69 ± 0.57
15	93.42 ± 2.82	138.65 ± 8.09
18	77.63 ± 0.13	125.35 ± 3.32
21	77.00 ± 4.19	124.37 ± 4.62
24	91.60 ± 0.92	119.64 ± 1.69



รูปที่ 4.2 : ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

เมื่อพิจารณาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากโดยการอบแห้งจากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าทั้งที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายใดๆ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดคล้ายคลึงกัน คือ ที่เวลา 0 – 6 ชั่วโมง ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยที่ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่มีการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงจาก 116.98 $\pm$ 0.31 มิลลิกรัม/100 กรัม ตัวอย่างแห้ง เป็น 110.65 $\pm$ 7.33 มิลลิกรัม/100 กรัม ตัวอย่างแห้ง และตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายใดๆ มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงจาก 95.13 $\pm$ 7.42 มิลลิกรัม /100 กรัม ตัวอย่างแห้ง เป็น 85.34 $\pm$ 1.22 มิลลิกรัม/100 กรัม ตัวอย่างแห้ง หลังจากการอบแห้งในชั่วโมงที่ 6 ตัวอย่างกล้วยน้ำมีแนวโน้มไม่ชัดเจน แต่ค่อนข้างคงที่

จะสังเกตได้ว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ จะมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าชนิดที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายใดๆ ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 24 ทั้งนี้เนื่องจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีผลช่วยในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาล ที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning) ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลดังกล่าวมีสารตั้งต้น

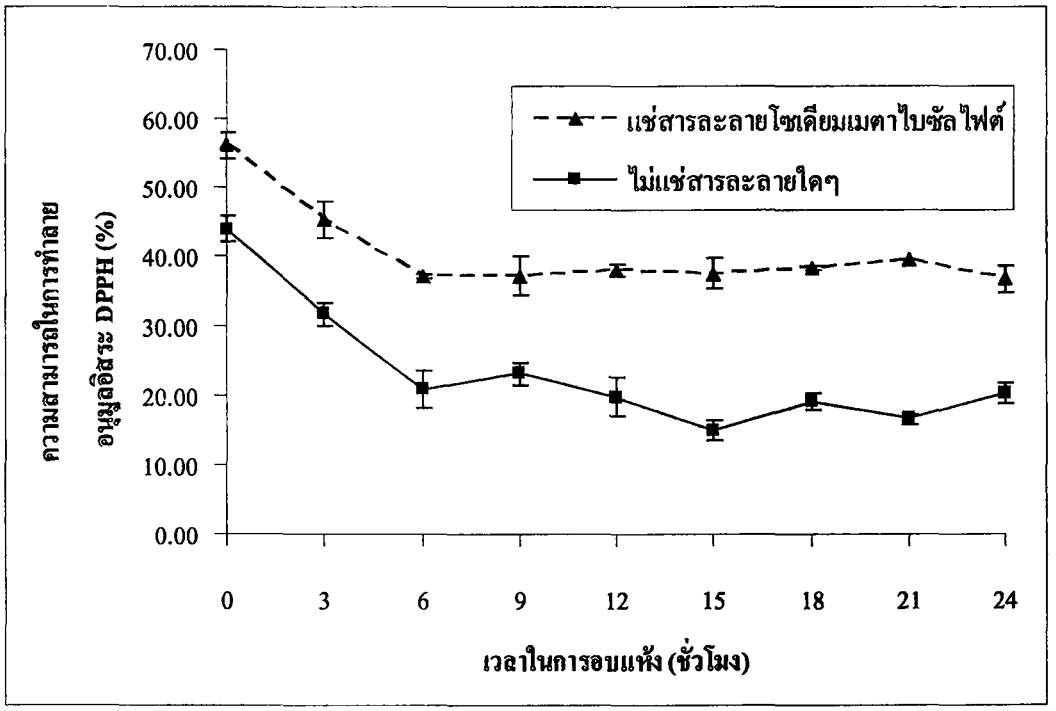
เป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล และสารประกอบโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลยังคงเหลืออยู่มากกว่า (Lindsay, 1985) และเพื่อเป็นการยืนยันผลที่ว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์สูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้แช่นั้นไม่ได้มีสาเหตุมาจากผลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ต่อการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลตามวิธีวิเคราะห์ในข้อ 3.4.4 จึงได้นำสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 0-1000 ppm (0, 200, 400, 600, 800, 1000 ppm) มาทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu ตามวิธีวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในข้อ 3.4.4 ดังกล่าวและนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร พบว่าสารละลายที่ได้ไม่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงนี้ได้ ทำให้มั่นใจได้ว่าการที่ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างที่ที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายใดๆ ไม่ได้เป็นผลมาจากการที่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ดูดกลืนแสงในช่วงดังกล่าว แต่น่าจะเป็นเพราะสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีผลในการช่วยป้องกันไม่ให้สารประกอบโพลีฟีนอลในตัวอย่างถูกใช้ไปในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

4.3 การศึกษาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก

จากการทดลองศึกษาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และไม่แช่สารละลายใดๆตรวจวัดความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ด้วยการติดตามสีม่วงของสารละลายปฏิกิริยาที่จางลงเมื่อเวลาผ่านไป 30 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 : ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ (%)	
	ไม่แช่สารละลายใดๆ	แช่สารละลายเมตาไบซัลไฟต์
0	43.96 ± 1.98	56.07 ± 1.85
3	31.64 ± 1.73	45.30 ± 2.69
6	28.78 ± 2.65	37.05 ± 0.38
9	23.13 ± 1.56	37.71 ± 2.82
12	19.76 ± 2.78	37.95 ± 0.80
15	15.09 ± 1.47	37.42 ± 2.19
18	19.08 ± 1.22	38.24 ± 0.38
21	16.73 ± 0.76	39.40 ± 0.08
24	20.30 ± 1.60	36.63 ± 1.93



รูปที่ 4.3 : ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลาต่างๆ

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.3 เมื่อพิจารณาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก จะเห็นว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าทั้งที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายใดๆ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ที่เวลา 0 – 6 ชั่วโมง ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลง โดยที่ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระลดลงจาก $56.07 \pm 1.85\%$ เป็น $37.05 \pm 0.38\%$ ในขณะที่ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายใดๆมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระลดลงจาก $43.96 \pm 1.98\%$ เป็น $28.78 \pm 2.65\%$ หลังจากการอบแห้งชั่วโมงที่ 6 ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าทั้งสองชนิด มีแนวโน้มของความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ค่อนข้างคงที่ โดยที่ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดีกว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายใดๆ

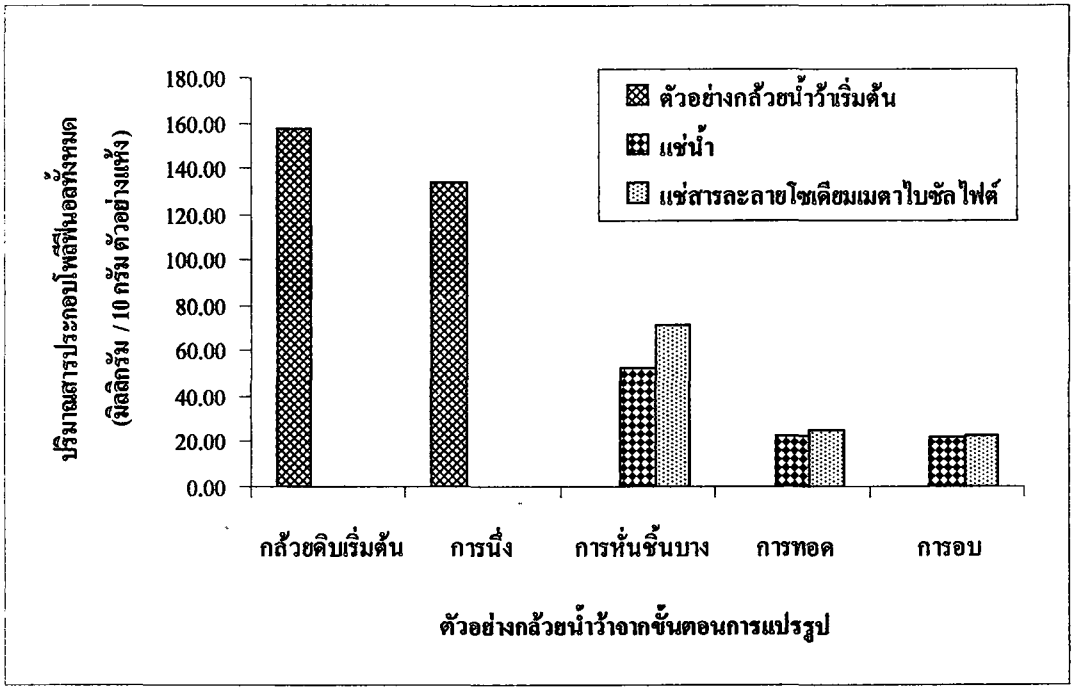
ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ 0-6 ชั่วโมง ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น (รูปที่ 4.2) แต่เนื่องจากอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสถือว่าไม่สูงจึงทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลถูกทำลายลงเพียงเล็กน้อย และมีปริมาณค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในการอบแห้งตั้งแต่ชั่วโมงที่ 6 ถึงชั่วโมงที่ 24 จึงส่งผลให้ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เช่นเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายใดๆ จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาในการอบแห้ง 24 ชั่วโมง ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ จะมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายใดๆ ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (รูปที่ 4.2) กล่าวคือตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการแช่ ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นการยืนยันว่าสารประกอบโพลีฟีนอลเป็นสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี นอกจากนี้สารประกอบโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีความสามารถในการป้องกันการถูกทำลายของสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีอยู่ในกล้วยน้ำว้า โดยการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอันเนื่องจากเอนไซม์ซึ่งมีสารตั้งต้นเป็นสารประกอบในกลุ่มโพลีฟีนอลนั่นเอง

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

จากการทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่แช่น้ำและแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ตามวิธีทดลองในข้อ 3.4.4 ในรูปที่ 4.1 ให้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 : ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าจากขั้นตอนการแปรรูป	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม / 10 กรัม น้ำหนักแห้ง)	
	แช่น้ำ	แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์
กล้วยดิบเริ่มต้น	156.93 ± 8.98	156.93 ± 8.98
การนึ่ง 22 นาที	134.41 ± 2.80	134.41 ± 2.80
การหั่นชิ้นบาง	52.51 ± 2.15	71.12 ± 3.25
การทอด	22.89 ± 1.54	25.20 ± 0.05
การอบ	21.86 ± 3.95	22.56 ± 0.59



รูปที่ 4.4 : ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

เมื่อพิจารณาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบางจากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าทั้งที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และตัวอย่างที่แช่น้ำ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบางคล้ายกัน คือ เมื่อผ่านขั้นตอนการแปรรูปตั้งแต่ผลกล้วยน้ำว้าดิบ การนึ่งด้วยไอน้ำ การหั่นเป็นชิ้นบางทั้งที่แช่กล้วยในน้ำและสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ การทอด และการอบ ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดจะลดลงไปในแต่ละขั้นตอน โดยจะลดลงมากในขั้นตอนของการหั่นชิ้นบาง และการทอด ตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่ผ่านขั้นตอนการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงจากเริ่มต้น 156.93 $\pm$ 8.98 มิลลิกรัม/10 กรัม ตัวอย่างแห้ง เป็น 22.56 $\pm$ 0.59 มิลลิกรัม/10 กรัม ตัวอย่างแห้ง ในขณะที่ตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางชนิดที่ผ่านการแช่น้ำมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงจากเริ่มต้น 156.93 $\pm$ 8.98 มิลลิกรัม/10 กรัม ตัวอย่างแห้ง เป็น 22.86 $\pm$ 3.95 มิลลิกรัม/10 กรัม ตัวอย่างแห้ง โดยที่ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่มีการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างที่แช่น้ำ แต่จะเด่นชัดในขั้นตอนของการหั่น ส่วนในขั้นตอนการทอดและการอบนั้นปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดค่อนข้างใกล้เคียงกันมาก เมื่อ

พิจารณาการลดลงของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าในแต่ละขั้นตอนของการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการนึ่งด้วยไอน้ำ การหั่นเป็นชิ้นบาง การทอด และการอบ มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าลดลงโดยเฉลี่ยจากเริ่มต้นประมาณร้อยละ 14.52%, 60.61%, 84.68% และ 85.85% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาขั้นตอนการแช่กล้วยน้ำว้าหั่นแช่ในน้ำหรือสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ จะเห็นได้ชัดเจนว่าการหั่นกล้วยน้ำว้าเป็นชิ้นบางมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลลดลงมากกว่าครึ่งหนึ่งของตัวอย่างกล้วยดิบเริ่มต้น สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นน่าจะเป็นผลมาจากการที่กล้วยน้ำว้าหั่นชิ้นบาง มีพื้นที่ผิวเพิ่มสูงขึ้นมาก ทำให้เกิดการสูญเสียสารประกอบโพลีฟีนอลไปกับการชะล้างในระหว่างการแช่น้ำหรือสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ แม้แต่ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าหั่นชิ้นบางที่แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ก็มีปริมาณสารประกอบ โพลีฟีนอลลดลงมากโดยมีปริมาณสูงกว่าตัวอย่างที่แช่ในน้ำเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (รูปที่ 4.4) ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการสูญเสียปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลในขั้นตอนการหั่นกล้วยน้ำว้าเป็นชิ้นบางนี้มีสาเหตุสำคัญมาจากการถูกชะล้างไปในระหว่างการแช่น้ำหรือสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์นั่นเอง

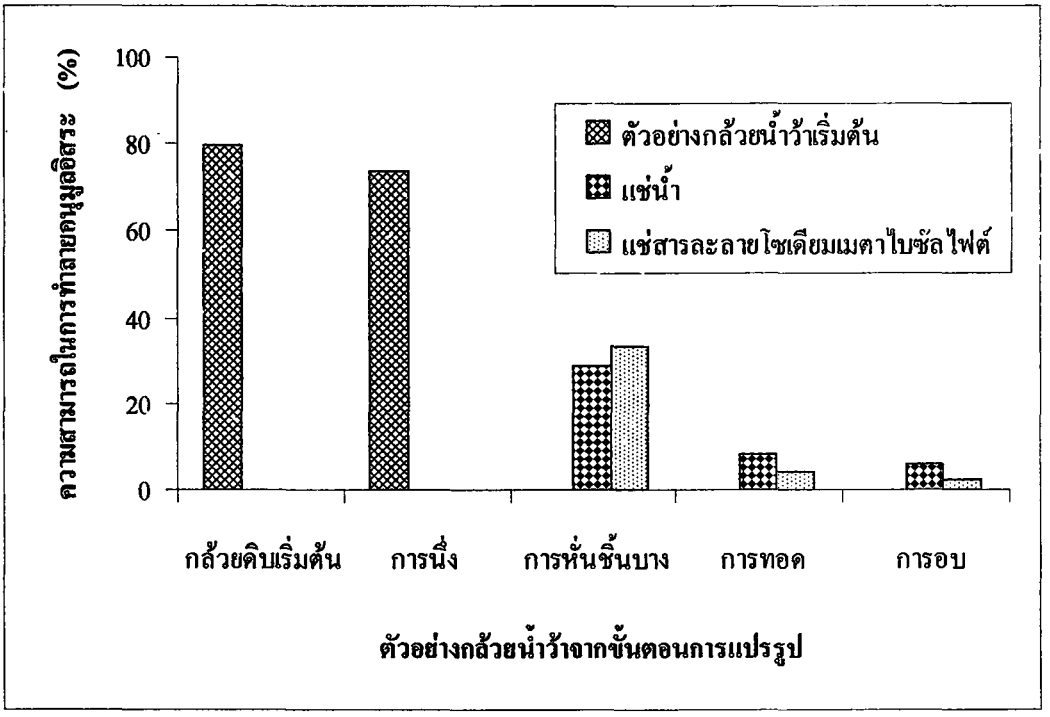
อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการหั่นกล้วยน้ำว้าให้เป็นชิ้นบางก็อาจทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับอากาศ

4.5 การศึกษาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดจากกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

จากการทดลองศึกษาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่แช่น้ำและแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ตามวิธีทดลองในข้อ 3.4.5 ให้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 : ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดจากตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าจากขั้นตอนการแปรรูป	ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ (%)	
	แช่น้ำ	แช่สารละลายเมตาไบซัลไฟต์
กล้วยดิบเริ่มต้น	79.45 ± 2.21	79.45 ± 2.21
การนึ่ง 22 นาที	73.60 ± 4.91	73.60 ± 4.91
การหั่นชิ้นบาง	28.53 ± 4.70	33.28 ± 1.61
การทอด	8.15 ± 1.35	4.26 ± 0.03
การอบ	6.01 ± 0.14	2.16 ± 2.89



รูปที่ 4.5 : ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.5 เมื่อพิจารณาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง จะเห็นว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าทั้งที่ผ่านการแช่น้ำและสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ เมื่อผ่านขั้นตอนการแปรรูปตั้งแต่ผลกล้วยน้ำว้าดิบ การนึ่งด้วยไอน้ำ การหั่นเป็นชิ้นบาง (ทั้งที่แช่กล้วยในน้ำและสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์) การทอด และการอบ ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงในแต่ละขั้นตอน โดยที่ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีความสามาถในการทำลายอนุมูลอิสระลดลงจาก 79.45 $\pm$ 2.21% เป็น 2.16 $\pm$ 2.89% ในขณะที่ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่น้ำมีความสามาถในการทำลายอนุมูลอิสระลดลงจาก 79.45 $\pm$ 2.21% เป็น 6.01 $\pm$ 0.14% โดยที่ในขั้นตอนการหั่นชิ้นบาง ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดีกว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการแช่น้ำเล็กน้อย แต่หลังจากการทอดแล้วความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าทั้งที่ผ่านการแช่น้ำและแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์จะค่อนข้างใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาการลดลงของความสามาถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าในแต่ละขั้นตอนของการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการนึ่งด้วยไอน้ำ การหั่นเป็นชิ้นบาง การทอด การอบ มีผลทำให้ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระโดยเฉลี่ยลดลงจากเริ่มต้นประมาณ 7.36%, 61.10%, 92.19% และ 94.86% ตามลำดับ

ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพลีฟีนอลดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น (รูปที่ 4.4) และเนื่องจากอุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ที่ใช้ทอดนั้นถือว่าเป็นอุณหภูมิที่สูงจึงทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลถูกทำลายลงไปมาก ส่งผลให้ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH มีแนวโน้มลดลงไปมากเช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการทดลองของทั้งปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของทั้งตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบางนั้น จะเห็นว่าอุณหภูมิที่สูงในกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง (170 องศาเซสเซียส) เป็นสภาวะที่รุนแรง จึงทำให้มีการทำลายสารประกอบโพลีฟีนอลและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระมากกว่าอุณภูมิที่ไม่สูงมากในกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก (65 องศาเซลเซียส) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Murakami และคณะ (2004) ซึ่งศึกษาผลของความร้อนต่อความคงตัวของสารประกอบโพลีฟีนอลบริสุทธิ์ (rutin, luteolin, luteolin-7-glucoside, chlorogenic acid) โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ที่อุณหภูมิ 100 และ 180 องศาเซลเซียส พบว่า ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระจะลดลงเล็กน้อย ส่วนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระจะลดลงอย่างเห็นได้ชัด

และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายในหน่วยเดียวกัน พบว่ากล้วยทอดกรอบแผ่นบางมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมากกว่ากล้วยตาก โดยกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และไม่แช่สารละลายใดๆ จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 225.55 และ 218.631 มิลลิกรัม / 100 กรัม ตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ส่วนกล้วยตากที่แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และแช่น้ำ จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 10.65 และ 85.34 มิลลิกรัม / 100 กรัม ตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าในระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง พบว่าเมื่อพิจารณาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากทั้งที่แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และไม่แช่สารละลายใดๆ ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 6 จะเห็นว่าปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดจะลดลงไป 5.41% และ 10.29% จากตัวอย่างเริ่มต้น ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระจะลดลงไป 52.73% และ 33.92% จากตัวอย่างเริ่มต้น ตามลำดับ และหลังจากชั่วโมงที่ 6 จะเห็นว่าปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระจะค่อนข้างคงที่ โดยที่ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากจะมีปริมาณโพลีฟีนอลและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระมากกว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากที่ไม่แช่สารละลายใดๆ

และเมื่อพิจารณาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง พบว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และแช่น้ำ จะมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงไป 85.62% และ 86.07% จากตัวอย่างกล้วยเริ่มต้น ตามลำดับ ส่วนความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระจะลดลงไป 97.28% และ 92.44% จากตัวอย่างเริ่มต้น ตามลำดับ ตัวอย่างกล้วยทอดกรอบแผ่นบางที่แช่น้ำและแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง พบว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบางจะมีการสูญเสียปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระมากกว่าตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของความรุนแรงของความร้อนที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามปริมาณสารประกอบ

โพลีฟีนอลทั้งหมดต่อหน่วยน้ำหนักในผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง ยังคงมีปริมาณสูงกว่าผลิตภัณฑ์กล้วยตาก ทั้งนี้เนื่องจากกล้วยน้ำว้าดิบเริ่มต้นที่ใช้คือวัตถุดิบในการเปรียบเทียบกล้วยทอดกรอบแผ่นบางมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลสูงกว่า

เอกสารอ้างอิง

กิติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2535. กระบวนการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 797 หน้า.

กุลยา เอื้อกมลชาญ และ ศรีวิไล แซ่อู๋. 2539. ผลของไมโครเวฟต่อการอบแห้งกล้วยตาก. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

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

ไพฑูรย์ กฤษณเกรียงไกร และวราภรณ์ วิทยาภรณ์. 2539. ผลของการใช้ไมโครเวฟในการลวกกล้วยที่มีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์กล้วยทอดกรอบแผ่นบาง. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

ไมตรี สุทธจิตต์ และคณะ. 2543. ความสามารถของสารสำคัญในการต่อต้านสมุนไพรไทย. เชียงใหม่ : คณะแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วัลยา เนาวรัตน์วัฒนา และพัชนี บุญศิริ. 2542. โปรออกซิแดนท์ : อีกโฉมหน้าของแอนติออกซิแดนท์. วารสารวิทยาศาสตร์. 53(3) : 196-198

วินัย ดะห์ลัน. 2545. ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ฝ่ายเอกสารและตำรา คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิไล รังสาดทอง. 2546. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ. 500 หน้า.

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

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. กรรมวิธีการอบแห้ง. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ. 252 หน้า.

อมรเทพ กลิ่นสุคนธ์. 2542. "Live well guide". ฐานเศรษฐกิจ (3-6 มกราคม 2542) : 13 หน้า.

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

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

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

Lindsay, R.C. 1985. "Food additives". *In* Food chemistry, Fennema, O.R., ed. New York : Marcel dekker, Inc. 991 p.

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

Salunke, D.K., and Desal, B.B., 1984. Postharvest Biotechnology of Friuts. Florida : ORC Press, Inc.

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.

Weaver, Connie Marie.1974. "Factors Influencing Enzymatic Browning of Ripening Bananas". Oregon State University Master of Science Thesis. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://food.oregonstate.edu/ref/plant/weaver

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

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง (AOAC.1995)

1) อุปกรณ์

1.1 ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminium can)

1.2 ตู้อบความชื้น (Hot air oven)

1.3 โถดูดความชื้น (Descicator)

1.4 Tong

1.5 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

1.6 ช้อนตักสาร

2) วิธีการทดลอง

1.1 นำถ้วยอลูมิเนียมอบที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

1.2 ชั่งตัวอย่างกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบางตัวอย่างละ 5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียดใส่ในถ้วยอลูมิเนียม

1.3 นำไปอบในตู้อบความชื้นที่อุณหภูมิ 102-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่

1.4 ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

1.5 ชั่งน้ำหนัก

1.6 คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

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

ตารางที่ ก1 : ปริมาณความชื้นในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตาก โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณความชื้น (%) *	
	ไม่แช่สารละลายใดๆ	แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์
0	70.05 ± 0.51	71.18 ± 1.58
3	64.47 ± 0.52	85.24 ± 0.56
6	56.71 ± 1.10	57.05 ± 0.54
9	50.11 ± 1.19	48.90 ± 0.30
12	47.25 ± 3.85	47.04 ± 1.35
15	39.87 ± 1.62	38.88 ± 0.58
18	35.18 ± 0.18	35.31 ± 0.12
21	29.78 ± 0.79	29.88 ± 0.87
24	29.11 ± 0.37	27.74 ± 0.63

ตารางที่ ก2 : ปริมาณความชื้นในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าจากขั้นตอนการแปรรูป	ปริมาณความชื้น (%) *	
	แช่น้ำ	แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์
กล้วยดิบเริ่มต้น	62.20 ± 0.08	62.20 ± 0.08
การนึ่ง	61.12 ± 0.06	61.12 ± 0.06
การหั่นชิ้นบาง	68.25 ± 0.19	67.75 ± 0.26
การทอด	1.43 ± 0.06	0.81 ± 0.00
การอบ	1.18 ± 0.09	0.93 ± 0.09

หมายเหตุ * ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง (AOAC.1995)

การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (ether extract หรือ crude fat) ซึ่งรวมไปถึงฟอสฟอลิปิด และสเตอรอล แล้วยังรวมถึงเม็ดสีที่ละลายได้ในไขมัน น้ำมันที่จำเป็น (essential oils) และสารประกอบที่ละลายได้ในอีเทอร์อีกด้วย

1) อุปกรณ์

1.1 ทิมเบิล

1.2 ชุดสกัดไขมันซอกห์เลต (Soxhlet)

1.3 ตู้อบความชื้น (Hot air oven)

1.4 โถดูดความชื้น (Descicator)

1.5 Tongไขมัน

1.6 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

1.7 ช้อนตักสาร

2) วิธีการทดลอง

2.1 ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 10 กรัมในทิมเบิล (thimble) ปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยสำลี หรือกระดาษกรองป้องกันการฟุ้งกระจายของตัวอย่าง

2.2 บรรจุทิมเบิล (thimble)ในชุดสกัดไขมันซอกห์เลต (soxhlet) โดยทิมเบิล (thimble) อยู่ในหลอดสกัด (extraction tube) ซึ่งด้านบนต่อกับคอนเดนเซอร์ (condenser) ส่วนด้านล่างต่อกับขวดก้นกลม (round-bottom flask) ชนิด 2 หรือ 3 คอ

2.3 ตวงแอนไฮดรัส อีเทอร์ (Anhydrous ether) 150 มิลลิลิตรในขวดแก้วก้นกลม ต่อสายยางนำน้ำเข้าออกจากคอนเดนเซอร์ (condenser) ก่อนเปิดสวิสซ์ของเตา (heating mantle) ปรับระดับความร้อนอย่างเหมาะสม (เช่น 150 หยดต่อนาที) เพื่อให้ไอของแอนไฮดรัส อีเทอร์ (Anhydrous ether) ควบแน่นหยดลงบนตัวอย่างต่อเนื่อง นาน 16 ชั่วโมง

2.4 แยกแอนไฮดรัส อีเทอร์ (Anhydrous ether) ออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (vacuum evaporator) นำส่วนของไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที ไล่อีเทอร์ (ether) จนหมดนำไปทำให้เย็นในเดสซิเคเตอร์ (desiccator) ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักของไขมัน (crude fat)

2.5 เตรียมบีกเกอร์แห้งสะอาด ทราบน้ำหนักมาก่อนสำหรับชั่งน้ำมันที่สกัดได้ ในกรณีที่ปริมาณน้ำมันน้อยให้ชั่งน้ำมันที่สกัดได้ในภาชนะเดิม

2.6 คำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมัน $= \frac{\text{น.น.บีกเกอร์และไขมัน - น.น.บีกเกอร์}}{\text{น.น.ตัวอย่างแห้ง}} \times 100$

ตารางที่ ข1 : ปริมาณไขมันในตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าจากขั้นตอนการแปรรูป	ปริมาณไขมัน (%) *	
	แช่น้ำ	แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์
กล้วยดิบเริ่มต้น	-	-
การนึ่ง	-	-
การหั่นชิ้นบาง	-	-
การทอด	25.9832 ± 0.22	25.5697 ± 0.42
การอบ	26.3274 ± 0.31	26.0658 ± 0.38

หมายเหตุ * ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดในสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง (AOAC.1995)

1) อุปกรณ์

1.1 ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminium can)

1.2 ตู้อบความชื้น (Hot air oven)

1.3 โถดูดความชื้น (Descicator)

1.4 Tong

1.5 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

1.6 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

1.7 ช้อนตักสาร

1.8 ปิเปต 10 มิลลิลิตร

2) วิธีการทดลอง

1.1 นำถ้วยอลูมิเนียมอบที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

1.2 ปิเปตตัวอย่างสารสกัดกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบางตัวอย่างละ 20 มิลลิลิตร ใส่ในถ้วยอลูมิเนียม

1.3 เอาถ้วยอลูมิเนียม ไประเหยโดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

1.4 นำไปอบในตู้อบความชื้นที่อุณหภูมิ 102-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่

1.5 ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

1.6 ชั่งน้ำหนัก

1.7 คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

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

1.8 คำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด

ร้อยละของแข็งทั้งหมด = 100 – ร้อยละความชื้น

ตารางที่ ค1 : ปริมาณของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากโดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%) *	
	ไม่แช่สารละลายใดๆ	แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์
0	3.61 ± 0.03	3.32 ± 0.03
3	3.77 ± 0.05	3.74 ± 0.05
6	3.52 ± 0.00	3.62 ± 0.11
9	3.52 ± 0.03	3.50 ± 0.13
12	3.75 ± 0.14	3.74 ± 0.04
15	3.35 ± 0.06	3.47 ± 0.07
18	3.31 ± 0.20	3.39 ± 0.05
21	3.25 ± 0.12	3.44 ± 0.06
24	3.45 ± 0.06	3.26 ± 0.02

ตารางที่ ค2 : ปริมาณของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างสารสกัดกล้วยน้ำว้าระหว่างงกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าจากขั้นตอนการแปรรูป	ปริมาณไขมัน (%) *	
	แช่น้ำ	แช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์
กล้วยดิบเริ่มต้น	0.30 ± 0.03	0.30 ± 0.03
การนึ่ง	0.37 ± 0.06	0.37 ± 0.06
การหั่นชิ้นบาง	0.32 ± 0.01	0.34 ± 0.02
การทอด	0.35 ± 0.00	0.39 ± 0.10
การอบ	0.34 ± 0.06	0.31 ± 0.07

หมายเหตุ * ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ตารางที่ ง1 : ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน

ปริมาณกรดแกลลิค (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร			
	ครั้งที่1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.153	0.136	0.135	0.141
40	0.268	0.274	0.273	0.272
60	-	0.419	0.416	0.418
80	0.547	0.549	0.535	0.544
100	0.692	0.694	0.692	0.693
120	0.783	0.801	0.823	0.802

ตารางที่ ง2 : ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากไม่แช่สารละลายใดๆ โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	บีกเกอร์ที่	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
0	1	1.00	0.302	0.302	0.312
	2	1.00	0.345	0.341	0.337
3	1	1.00	0.292	0.289	0.283
	2	1.00	0.291	0.305	0.305
6	1	1.00	0.289	0.281	0.292
	2	1.00	0.299	0.298	0.283
9	1	1.00	0.252	0.257	0.250
	2	1.00	0.253	0.246	0.268
12	1	1.00	0.317	0.317	0.329
	2	1.00	0.287	0.303	0.320
15	1	1.00	0.301	0.315	0.316
	2	1.00	0.324	0.326	0.323
18	1	1.00	0.256	0.264	0.273
	2	1.00	0.263	0.260	0.268
21	1	1.00	0.246	0.244	0.266
	2	1.00	0.289	0.267	0.259
24	1	1.00	0.307	0.302	0.319
	2	1.00	0.296	0.318	0.314

ตารางที่ ง3 : ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	บีกเกอร์ที่	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
0	1	1.00	0.401	0.396	0.398
	2	1.00	0.399	0.398	0.396
3	1	1.00	0.390	0.372	0.384
	2	1.00	0.385	0.370	0.375
6	1	1.00	0.397	0.389	0.397
	2	1.00	0.366	0.358	0.352
9	1	1.00	0.397	0.420	0.403
	2	1.00	0.382	0.398	0.400
12	1	1.00	0.468	0.443	0.421
	2	1.00	-	0.433	0.457
15	1	1.00	0.482	0.485	0.506
	2	1.00	0.469	0.438	0.450
18	1	1.00	0.436	0.439	0.428
	2	1.00	0.422	0.408	0.426
21	1	1.00	0.403	0.422	0.412
	2	1.00	0.435	0.425	0.442
24	1	1.00	0.401	0.399	0.414
	2	1.00	0.415	0.458	0.382

ตารางที่ ง4 : ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบางแช่น้ำ

ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าจากขั้นตอนการแปรรูป	บีกเกอร์ที่	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
กล้วยดิบเริ่มต้น	1	0.10	-	0.554	0.556
	2	0.10	-	0.513	0.512
การนึ่ง	1	0.10	0.491	0.469	0.471
	2	0.10	0.451	0.443	0.458
การหั่นชิ้นบาง	1	0.10	0.178	0.171	0.171
	2	0.10	0.179	0.188	0.184
การทอด	1	0.50	0.389	0.361	0.363
	2	0.50	0.413	0.397	0.414
การอบ	1	0.50	0.311	0.325	0.338
	2	0.50	0.431	0.419	0.420

ตารางที่ 5ง : ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบางแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าจากขั้นตอนการแปรรูป	บีกเกอร์ที่	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร		
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
กล้วยดิบเริ่มต้น	1	0.10	-	0.554	0.556
	2	0.10	-	0.513	0.512
การนึ่ง	1	0.10	0.491	0.469	0.471
	2	0.10	0.451	0.443	0.458
การหั่นชิ้นบาง	1	0.10	0.225	0.225	0.252
	2	0.10	0.242	0.248	0.259
การทอด	1	0.50	0.398	0.397	0.492
	2	0.50	0.415	0.432	0.437
การอบ	1	0.50	0.389	0.388	0.395
	2	0.50	0.364	0.364	0.401

ตัวอย่างการคำนวณ

จากตัวอย่างสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากไม่แช่สารละลายใดๆ โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาการอบแห้งชั่วโมงที่ 0 บีกเกอร์ที่ 1 โดยใช้ปริมาตรสารสกัดตัวอย่งกล้วยน้ำว้า 1.00 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ครั้งที่ 1 ได้ 0.302

จากกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร กับปริมาณกรดแกลลิค ดังรูปที่ 4.1 จะได้สมการ $y = 0.0068x$, $R^2 = 0.0068x$

แทนค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างที่วัดได้ในสมการ $y = 0.0068x$

จะได้ $x = 0.302 / 0.0068$

$= 44.4118$ ไมโครกรัม / 1 มิลลิลิตร

$= 44.4118 \times 10^{-3}$ มิลลิกรัม / 1 มิลลิลิตร

$= (44.4118 \times 10^{-3}) \times 100$ มิลลิกรัม / 100 มิลลิลิตร

$= 4.4412$ มิลลิกรัม / 100 มิลลิลิตร

จากการเตรียมสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าในข้อที่ 3.4.3 จะมีปริมาตรตัวอย่างอยู่ในสารสกัดปริมาณ 5 กรัม ตัวอย่างแห้ง / 100 มิลลิลิตร ดังนั้นจากค่าที่คำนวณได้จะมีค่าเป็น 4.4412 มิลลิกรัม / 5 กรัม ตัวอย่างแห้ง

ตัวอย่างแห้ง 5 กรัม มีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 4.4412 มิลลิกรัม

ตัวอย่างแห้ง 100 กรัม มีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด $= (4.4412 \times 100) / 5$

$= 88.82$ มิลลิกรัม

ดังนั้นในตัวอย่างสารสกัดกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากไม่แช่สารละลายใดๆ โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาการอบแห้งชั่วโมงที่ 0 บีกเกอร์ที่ 1 การวัดค่าการดูดกลืนแสงครั้งที่ 1 จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดอยู่ 88.82 มิลลิกรัม / 100 กรัม ตัวอย่างแห้ง

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากและกล้วยทอดกรอบแผ่นบาง

ตารางที่ จ1 : ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากไม่แช่สารละลายใดๆ โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	บีกเกอร์ที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
0	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.322	0.319	0.324
	2	0.306	0.308	0.304
3	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.366	0.396	0.366
	2	0.398	0.384	0.387
6	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.392	0.389	0.384
	2	0.413	0.408	0.407
9	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.438	0.446	0.426
	2	0.418	0.422	0.433
12	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.438	0.432	0.445
	2	0.459	0.461	0.461
15	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.470	0.469	0.470
	2	0.475	0.475	0.494

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	บีกเกอร์ที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่3
18	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.457	0.447	0.441
	2	0.455	0.458	0.461
21	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.467	0.477	0.464
	2	0.460	0.468	0.462
24	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.451	0.457	0.450
	2	0.438	0.415	0.442

ตารางที่ จ2 : ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆ

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	บีกเกอร์ที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
0	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.251	0.248	0.261
	2	0.243	0.239	0.234
3	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.293	0.292	0.302
	2	0.320	0.319	0.312
6	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.354	0.354	0.354
	2	0.339	0.360	0.354
9	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.333	0.339	0.341
	2	0.368	0.364	0.348

เวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)	บีกเกอร์ที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่3
12	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.353	0.351	0.348
	2	0.342	0.350	0.341
15	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.363	0.371	0.362
	2	0.379	0.389	0.380
18	control	0.560	0.560	0.560
	1	0.354	0.343	0.345
	2	0.340	0.354	0.339
21	control	0.587	0.587	0.587
	1	0.360	0.361	0.345
	2	0.356	0.356	0.356
24	control	0.587	0.587	0.587
	1	0.379	0.385	0.376
	2	0.368	0.361	0.363

ตารางที่ จ3 : ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบางแช่น้ำ

ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าจากขั้นตอนการแปรรูป	บีกเกอร์ที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่3
กล้วยดิบเริ่มต้น	control	0.857	0.857	0.857
	1	0.152	0.166	0.170
	2	0.209	0.170	0.304
การนึ่ง	control	0.857	0.857	0.857
	1	0.137	0.188	0.205
	2	0.217	0.266	0.258
การหั่นชิ้นบาง	control	0.857	0.857	0.857
	1	0.640	0.658	0.625
	2	0.567	0.591	0.594
การทอด	control	0.857	0.857	0.857
	1	0.802	0.771	0.764
	2	0.805	0.797	0.784
การอบ	control	0.857	0.857	0.857
	1	0.791	0.806	0.822
	2	0.819	0.804	0.791

ตารางที่ จ4 : ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยทอดกรอบแผ่นบางแช่สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

ตัวอย่างกล้วยน้ำว้าจากขั้นตอนการแปรรูป	บีกเกอร์ที่	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร		
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่3
กล้วยดิบเริ่มต้น	control	0.857	0.857	0.857
	1	0.152	0.166	0.170
	2	0.209	0.170	0.304
การนึ่ง	control	0.857	0.857	0.857
	1	0.137	0.188	0.205
	2	0.217	0.266	0.258
การหั่นชิ้นบาง	control	0.857	0.857	0.857
	1	0.526	0.558	0.605
	2	0.565	0.546	0.575
การทอด	control	0.857	0.857	0.857
	1	0.813	0.836	0.813
	2	0.821	0.817	0.823
การอบ	control	0.857	0.857	0.857
	1	0.842	0.804	0.817
	2	0.861	0.850	0.857

ตัวอย่างการคำนวณ

จากตัวอย่างสารสกัดตัวอย่างกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากไม่แช่สารละลายใดๆ โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาการอบแห้งที่ชั่วโมงที่ 0 บีกเกอร์ที่ 1 วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ครั้งที่ 1 ได้ 0.322 และค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม (control) ได้ 0.560

จากการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในข้อที่ 3.4.5.1 จะได้ %ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH $= (1 - A_{517\ sample}/A_{517\ control}) \times 100$

$= (1 - 0.322 / 0.560) \times 100$

$= 42.50$

ดังนั้นในตัวอย่างสารสกัดกล้วยน้ำว้าระหว่างกระบวนการแปรรูปกล้วยตากไม่แช่สารละลายใดๆ โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ที่เวลาการอบแห้งชั่วโมงที่ 0 บีกเกอร์ที่ 1 การวัดค่าการดูดกลืนแสงครั้งที่ 1 จะมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ 42.50 %

นายชินพันธุ์ วิวัฒน์นภาพร เกิดเมื่อวันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ.2526 ปัจจุบันอยู่บ้านเลขที่ 52/16 หมู่ 13 ถ.ลาดพร้าว เขตลาดพร้าว แขวงลาดพร้าว จ.กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2544 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนนวมินทราชูทิศกรุงเทพมหานคร จ.กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2548 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นางสาวฉลองขวัญ พิพัฒน์เจริญวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ.2526 ปัจจุบันอยู่บ้านเลขที่ 48/2-3 หมู่ 13 ถ.รามอินทรา เขตคันนายาว แขวงคันนายาว จ.กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2544 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนบดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี)๒ จ.กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2548 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง