สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกชั้นกลางของส้มโอในระหว่างการเตรียมเส้นใยอาหาร

(Changes of total polyphenol contents and antioxidant properties in pomelo albedo during the processing of fresh dietary fiber)

จัดทำโดย

นางสาวศิโรรัตน์ กาญจนสำราญวงศ์ **รหัสนักศึกษา 47040174**

นายณัฐพล บัวน้ำจืด **รหัสนักศึกษา 47040873**

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

มพ.
ศ52ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85410
วัน,เดือน,ปี 11 พ.ย. 2551

b 12009659
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกชั้นกลางของส้มโอในระหว่างการเตรียมเส้นใยอาหาร

(Changes of total polyphenol contents and antioxidant properties in pomelo albedo during the processing of fresh dietary fiber)

จัดทำโดย

นางสาวศิโรรัตน์ กาญจนสำราญวงศ์ รหัสประจำตัว 47040174

นายณัฐพล บัวน้ำจืด รหัสประจำตัว 47040873

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 26 ส.ค. 51 **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวศิโรรัตน์ กาญจนสำราญวงศ์ และ นายณัฐพล บัวน้ำจืด : การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกชั้นกลางของส้มโอในระหว่างการเตรียมเส้นใยอาหาร (Changes of total polyphenol contents and antioxidant properties in pomelo albedo during the processing of fresh dietary fiber)
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ส้มโอพันธุ์ทองดี ส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่และส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งพบว่า เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลมากที่สุดคือ 2,744.44 ± 52.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งรองลงมาคือ เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวพันธุ์ใหญ่ (2,209 ± 6.52 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) และเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี (1,895.36 ± 27.59 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ดังนั้นจึงพิจารณาใช้เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับการนำไปสกัดใยอาหารสด ในการศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเส้นใยอาหารของแต่ละขั้นตอนการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ พบว่า การเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอจะได้ใยอาหารสดที่มีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลดน้อยลงไปเรื่อย ๆ เมื่อผ่านขั้นตอนการเตรียมหลายขั้นตอนมากขึ้น และเมื่อนำใยอาหารสดที่เตรียมได้มาเติมลงในส่วนผสมของไส้กรอกที่ระดับร้อยละ 5 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังได้รับการยอมรับในระดับต่ำเพราะเนื้อสัมผัสไม่แน่นเนื้อเละ ร่วน และรวมตัวกันไม่ดีพอ ส่วนรสชาติรวมอยู่ในเกณฑ์ดีแต่ยังมีรสออกเปรี้ยวอยู่เล็กน้อย

ณัฐพล บัวน้ำจืด		๒๖ / มิ.ย. / ๕๗
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเปลือกชั้นกลางของส้มโอในระหว่างการเตรียมเส้นใยอาหาร สามารถประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้คำปรึกษาในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้โดยได้สละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำแนะนำสำหรับการค้นคว้าหาข้อมูล การจัดทำและเรียบเรียงข้อมูลต่าง ๆ อีกทั้งยังให้คำปรึกษาในการแก้ไขข้อบกพร่อง รวมทั้งปรับปรุงเอกสารนี้ให้มีความสมบูรณ์และถูกต้องมากที่สุด ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ตั้งแต่ปี 1 – 4 เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางของการค้นคว้าวิจัยเบื้องต้น ขอบคุณพี่ ๆ นักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ที่คอยดูแลในการใช้ห้องปฏิบัติการ ตลอดจนบุคคลต่าง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ทำให้การดำเนินการนี้ประสบความสำเร็จได้

คณะผู้จัดทำ

28 มีนาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 ส้มโอ	2
2.2 ใยอาหาร	5
2.3 อนุมูลอิสระและผลเสียต่อสุขภาพ	7
2.4 การป้องกันหรือควบคุมอนุมูลอิสระ	8
2.5 สารประกอบโพลีฟีนอล	10
2.6 สมบัติการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก	11
2.7 ความคงตัวของสารประกอบโพลีฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน	12
2.8 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	16
3.1 วัสดุ	16
3.2 อุปกรณ์	16
3.3 สารเคมี	17
3.4 วิธีการทดลองและวิธีวิเคราะห์	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	24
4.1 การคัดเลือกอัลบิโดจากเปลือกส้มโอ	24
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเส้นใยอาหารของแต่ละขั้นตอนการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ	26
4.3 การทดสอบความยอมรับของผู้บริโภคต่อการใช้ใยอาหารสดในไส้กรอกคอกเทล	30
บทที่ 5. สรุปผลการทดลอง	31
5.1 สรุปผลการทดลอง	31
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก ก	35
ภาคผนวก ข	37
ภาคผนวก ค	40
ภาคผนวก ง	42
ภาคผนวก จ	43
ประวัติผู้เขียน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ปริมาณสารละลายกรดมาตรฐานที่ปิเปตลงในหลอดทดลองเพื่อให้มีปริมาณกรดแกลลิคต่าง ๆ กัน..... 18

4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นและปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ 3 สายพันธุ์..... 25

4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ความเป็นกรด - ด่างและปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมดในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง.... 26

4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในใยอาหารสดแต่ละขั้นตอนการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง..... 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

3.1 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยอาหารสดจากเปลือกส้มโอ..... 21

4.1 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด..... 24

4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดใน 100 กรัม ตัวอย่างแห้งของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง..... 27

4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในแต่ละขั้นตอนการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง..... 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ส้มโอ (Pomelo) เป็นไม้ผลที่มีศักยภาพในการส่งออก เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีรสชาติดี มีรสหวานหรือหวานอมเปรี้ยวขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีเปลือกหนา มีส่วนของเปลือกชั้นกลางหรืออัลบิโดเป็นส่วนประกอบหลักของเปลือก โดยเปลือกของส้มโอจะมีสารประกอบฟีนอลิกซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอยู่และมีวิตามินซีซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่สนใจต่อสุขภาพของตนเองกันมากขึ้น นอกจากนี้ในอัลบิโดยังมีปริมาณใยอาหารสูงซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งใยอาหารได้ ดังนั้นจึงน่าจะนำอัลบิโดมาใช้ผลิตใยอาหารเพื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ๆ ได้

ปัญหาพิเศษนี้จึงสนใจที่จะศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพื่อคัดเลือกอัลบิโดจากเปลือกส้มโอพันธุ์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยมุ่งที่สมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเส้นใยอาหารสดจากเปลือกส้มโอชั้นกลางหรืออัลบิโอที่ผ่านขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมซึ่งจะเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์สำหรับนำไปเพิ่มใยอาหารให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ 3 สายพันธุ์

1.2.2 ศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ส้มโอ

ส้มโอเป็นผลไม้ที่คนไทยรู้จักและบริโภคกันมาช้านาน มีการปลูกกันแพร่หลายทั่วประเทศ เนื่องจากสามารถขึ้นได้ดีในสภาพดินเกือบทุกชนิด รวมทั้งยังเป็นผลไม้ที่มีผู้นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลาย แต่เดิมเชื่อกันว่าส้มโอมีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ทางเกาะมลายูและอินเดียตะวันออก ต่อมาได้ขยายไปตามแหล่งต่าง ๆ ตามแถบประเทศจีน ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซียและสหรัฐอเมริกา ส่วนเรื่องของการปลูกส้มโอเริ่มในประเทศไทยครั้งแรกที่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานครก่อน ต่อมาจึงแพร่หลายไปยังจังหวัดอื่นในภาคกลางทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะในเขตอำเภอสามพราน อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม และอำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นแหล่งปลูกส้มโอที่มีชื่อเสียงในปัจจุบัน เชื่อกันว่าส้มโอที่ปลูกในบริเวณเหล่านี้ได้พันธุ์มาจากกรุงเทพมหานครและธนบุรีเช่นกัน (วิเศษ , 2535)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ส้มโอมีชื่อสามัญว่า Pumelo Shaddock ซึ่งเป็นชื่อที่แผลงมาจากชื่อส้มโอในภาษาดัชท์ว่า "pummelose" ประเทศในแถบหมู่เกาะอินเดียตะวันตกนิยมเรียกส้มโอว่า shaddock ตามชื่อของกัปตัน Thomas Shaddock ซึ่งเป็นผู้ว่าราชการของเกาะโซเมอร์ ระหว่างปี 1637 – 1641 และเป็นผู้นำพันธุ์ส้มโอเข้าไปปลูกยังหมู่เกาะอินเดียตะวันตก ส่วนชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Citrus murima* (J. Burm) Miss. เป็นพืชในตระกูลส้ม Rutaccae มีลักษณะส่วนต่าง ๆ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ลำต้น ส้มโอเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง มีความสูงประมาณ 6 – 10 เมตร แต่ถ้าปลูกในที่เหมาะสมและมีอายุมาก อาจสูงถึง 15 เมตร ทรงต้นโปร่ง ลำต้นใหญ่ กิ่งใหญ่ กิ่งก้านสาขาที่แตกจะห้อยลงเป็นทรงพุ่มสวยงาม บางครั้งมีหนามตามลำต้น ยิ่งถ้าปลูกด้วยเมล็ดจะมีหนามแข็งยาว 1 – 5 เซนติเมตร สามารถปลูกเป็นไม้ประดับได้

ข. ใบ ส้มโอมีใบเป็นรูปไข่หรือรูปโล่ ยาว 4 – 5 นิ้ว กว้าง 2 – 12 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนแรกเรียกตัวใบ ตอนก้านใบเรียกหูใบ สีของใบด้านบนเขียวเข้มเป็นมัน ด้านล่างเป็นสีเขียวอ่อนมีขนอ่อนนุ่มปกคลุม ริมใบเรียบหรือหยักเล็กน้อย เส้นใบนูนเด่นชัด

ค. ดอก ดอกของส้มโอออกตอนปลายกิ่ง เกิดบริเวณซอกใบ ลักษณะเป็นช่อจัดเป็นชนิดดอกเดี่ยว แต่ละช่อดอกมีจำนวน 2 – 10 ดอก ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ดอกค่อนข้างใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 – 7 เซนติเมตร ส่วนประกอบของดอกมีชั้นกลีบเรียงอยู่นอกสุด จำนวน 4 – 5 กลีบ ในลักษณะเชื่อมติดกัน ถัดเข้าไปเป็นชั้นของกลีบดอก มีจำนวน 4 – 5 กลีบ ต่อเข้าไปเป็นชั้นเกสรตัวผู้ เชื่อมติดกันเป็นกลุ่ม ๆ ประมาณ 4 – 5 กลุ่ม รวมจำนวนเกสรตัวผู้ประมาณ 20 – 25 อัน และชั้นในสุดเป็นเกสรตัวเมีย เป็นที่อยู่ของรังไข่ซึ่งมี 11 – 16 ช่อง เมื่อดอกบานมีกลิ่นหอม ในฤดูที่ออกดอกมากที่สุดอยู่ในระหว่างกลางเดือนธันวาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ (ภาคกลาง) และอีกครั้งหนึ่งระหว่างเดือนสิงหาคมถึงกันยายน ระยะจากผลิดอกถึงดอกบานใช้เวลา 25 – 30 วัน และจากดอกบานถึงผลแก่ราว 180 – 210 วัน

ง. ผล มีขนาดปานกลางถึงใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 12 – 18 เซนติเมตร สูง 14 – 18 เซนติเมตร ทรงผลมีหลายแบบ เช่น กลมมน กลมแป้น กลมสูง มีจุดคล้ายผลสาลี่ สีผลขณะที่ยังอ่อนมีสีเขียว พอแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลืองและเป็นสีทอง มีต่อมน้ำมันตามผิวเปลือกหนา 2 – 2.5 เซนติเมตร สีเปลือกด้านในเป็นสีขาวหรือชมพูตามชนิดของพันธุ์ เนื้อมีลักษณะเป็นเส้นอวบยาวรัดรวมตัวกันอยู่เรียกว่า กุ้ง ซึ่งภายในประกอบด้วยน้ำมีรสหวานอมเปรี้ยวหรือเปรี้ยว ภายในผลแบ่งออกเป็นช่องหรือกลีบ 12 – 14 กลีบ ตรงกลางมีแกนแข็ง แต่บางผลไม่มีเป็นโพรงกลวงกลางผล ปริมาณผลในต้นหนึ่ง ๆ มีตั้งแต่ 40 – 50 ผลต่อต้น

จ. เมล็ด ส้มโอมีเมล็ดค่อนข้างใหญ่ แบน เปลือกย่น ร่องเมล็ดลึก มีสีขาวอมเหลือง อยู่รวมกันตรงกลางผลรอบ ๆ แกน บางผลไม่มีเมล็ดหรือเมล็ดลีบ หนึ่งเมล็ดสามารถเพาะต้นกล้าได้หนึ่งต้น จำนวนเมล็ดในแต่ละผลจะแตกต่างกันตามพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 พันธุ์ส้มโอ

ส้มโอที่ปลูกในประเทศไทยมีอยู่หลายพันธุ์ ซึ่งอาจเรียกชื่อต่างกันไปตามภาษาท้องถิ่นที่ปลูก เช่น จังหวัดนครปฐม ปลูกพันธุ์ขาวพวง ขาวน้ำผึ้ง ขาวทองดี ขาวหอม ขาวแป้น ขุนนนท์ จังหวัดสมุทรสงครามปลูกพันธุ์ขาวใหญ่ จังหวัดพิจิตรปลูกพันธุ์ท่าข่อย จังหวัดชัยนาทปลูกพันธุ์ขาวแก้ว ขาวแตงกวา กรุ่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี สงขลา นครศรีธรรมราช ปลูกพันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งแต่ละสายพันธุ์จะมีเนื้อสีต่าง ๆ เช่น สีครีมอ่อน สีครีมแก่ หรือสีชมพู เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งสีเนื้อผลของส้มโอได้เป็น 4 สีดังนี้ คือ

1. สีครีมอ่อน เช่น ขาวพวง ขาวใหญ่ ขาวจีบ ขุนนนท์
2. สีครีมแก่ เช่น ขาวแป้น ขาวหอม
3. สีชมพูแก่ เช่น แดงทับทิม
4. สีชมพูอ่อน เช่น ขาวทองดี ขาวน้ำผึ้ง

ถ้าจะแยกส้มโอออกตามลักษณะของผลที่มองเห็น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือ

1. ผลทรงสูง มีจุก ได้แก่ พันธุ์ขาวจีบ ขาวพวง
2. ผลกลมแบน หรือเกือบกลม ไม่มีจุก ได้แก่ พันธุ์ขาวทองดี ขาวแป้น ขาวหอม ขาวใหญ่ ปัตตาเวีย เป็นต้น

ลักษณะพันธุ์ของส้มโอที่นำมาใช้ในการศึกษา 3 สายพันธุ์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก. พันธุ์ทองดีหรือขาวทองดี เป็นส้มโอผลขนาดกลาง ผลมีลักษณะกลมแป้น เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร สูง 12 – 15 เซนติเมตร ไม่มีจุก มีหัวมีจีบเล็กน้อย ก้นผลเรียบถึงเว้าเล็กน้อย ผิวเรียบสีเขียว มีขนอ่อนนุ่มเล็กน้อย ด้านปลายผลมีลักษณะค่อนข้างตัด เปลือกบางมีสีชมพูเรื่อ ๆ หนาประมาณ 1.2 เซนติเมตร ผลหนึ่งมี 14 – 16 กลีบ สีของผนังกลีบมีสีชมพูอ่อน กุ้งมีสีชมพูเรื่อ ๆ เบียดกันแน่น เนื้อกุ้งนิ่มจนออกแฉะเล็กน้อย รสหวาน เมล็ดมาก มีจุดอ่อนคือเมื่อปล่อยให้ออกดอกติดผลตามธรรมชาติจะไม่ค่อยดก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. พันธุ์ขาวใหญ่ ขนาดผลโตปานกลางถึงค่อนข้างใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 เซนติเมตร สูง 18 – 20 เซนติเมตร ทรงกลมสูง ไม่เห็นจุกเด่นชัด ผิวผลเรียบสีเขียวอมเหลือง ต่อมน้ำมันค่อนข้างใหญ่ เปลือกสีขาวหนาปานกลาง ผลหนึ่งมี 12 – 14 กลีบ แยกออกจากกันได้ง่าย กุ้งสีขาวอมเหลืองหรือสีครีมอ่อน ขนาดกุ้งค่อนข้างใหญ่อยู่เบียดกันแน่น มีน้ำมากแต่ไม่แฉะ รสชาติหวานกรอบ อาจมีรสออกอมเปรี้ยวบ้าง เมล็ดใหญ่แต่มีไม่มาก

ค. พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ขนาดค่อนข้างใหญ่ ประมาณ 1.5 – 2 กิโลกรัม/ผล เส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณกลางผล 17.3 เซนติเมตร ไม่มีจุก ก้นผลเรียบถึงเว้าเล็กน้อย ผิวเรียบ สีเขียวเข้ม ต่อมน้ำมันที่ผิวมีขนาดใหญ่ เปลือกค่อนข้างหนาประมาณ 2 เซนติเมตร เปลือกด้านในเป็นสีขาว แต่ละผลมี 12 – 14 กลีบ กลีบแยกออกจากกันง่าย ผนังกลีบสีขาว ด้านในเป็นสีชมพูเรื่อ ๆ (ธวัชชัย และศิวาพร , 2542)

2.2 ใยอาหาร (Dietary fiber)

คำจำกัดความของใยอาหารได้มีการบัญญัติและพัฒนาขึ้นมากันอย่างต่อเนื่องในหลายประเทศและหลายองค์กร โดยที่คำจำกัดความบางส่วนเน้นไปทางด้านคุณสมบัติทางกายภาพของใยอาหาร ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเน้นถึงวิธีการในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ประกอบของใยอาหารที่ถูกต้อง คำจำกัดความของใยอาหารที่ปัจจุบันได้รับการยอมรับมากที่สุดเป็นของ Trowell ซึ่งกล่าวว่า "ใยอาหารประกอบด้วยส่วนที่เหลือของเซลล์พืชที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์" (Trowell *et al.*, 1976) ซึ่งประกอบด้วย เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เซลลูโลส (cellulose) ลิกนิน (lignin) โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) เพคติน (pectin) กัม (gum) และแวกซ์ (wax) อย่างไรก็ตามคำจำกัดความสำหรับใยอาหารสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ขึ้นกับพื้นฐานของเทคนิคในการวิเคราะห์ที่ก้าวหน้า คุณค่าทางโภชนาการและข้อมูลทางกายภาพที่ค้นพบใหม่ (Champ *et al.*, 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 แหล่งของใยอาหาร

ใยอาหารพบโดยธรรมชาติในธัญพืช ผัก ผลไม้ และถั่ว ซึ่งจะมีปริมาณและองค์ประกอบของใยอาหารแตกต่างกัน (Desmedt and Jacobs, 2001) โดยทั่วไปอาหารที่ไม่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบจะมีปริมาณใยอาหาร 20 – 35 กรัมของใยอาหารต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง และอาหารที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบจะมีปริมาณใยอาหาร 10 กรัมของใยอาหารต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณใยอาหารที่มีอยู่ในผักและผลไม้จะมีค่าตั้งแต่ 1.5 – 2.5 กรัมของใยอาหารต่อ100 กรัมน้ำหนักแห้ง (Selvendran and Robertson, 1994) เมื่อเปรียบเทียบกันในระหว่างอาหารชนิดต่าง ๆ ที่อุดมไปด้วยใยอาหาร ธัญพืชนับเป็นแหล่งสำคัญอันดับหนึ่งของใยอาหาร ซึ่งคิดเป็นปริมาณร้อยละ 50 ของปริมาณใยอาหารที่บริโภคกันในแถบตะวันตก (Lambo *et al.*, 2005) รองลงมาคือ ใยอาหารที่ได้จากผักร้อยละ 30 – 40 ใยอาหารจากผลไม้ร้อยละ 16 และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 3 ได้มาจากแหล่งอื่น ๆ (Gregory *et al.*, 1990; Cummings, 1996)

2.2.2 ประโยชน์ของใยอาหารจากผลไม้

ปัจจุบันประโยชน์ต่อสุขภาพที่ได้จากผลไม้ในการป้องกันโรคหัวใจและโรคมะเร็งหลายชนิดได้ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่าเกี่ยวข้องกับสารประกอบที่มีประโยชน์ที่อยู่ในตัวผลไม้ (Benavente-Gercia *et al.*, 1997; Block, 1992) เช่น กรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) และเฟลโวนอยด์ในผลไม้ สามารถยับยั้งโรคเหล่านี้เนื่องมาจากประสิทธิภาพของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Hertog *et al.*, 1993; Marin *et al.*, 2002; Salah *et al.*, 1995)

อิทธิพลของกรดแอสคอร์บิกในหลายกระบวนการเช่นการดูดซับเหล็ก การเผาผลาญกรดอะมิโน กระบวนการออกซิเดชันและรีดักชันของเซลล์และฮอร์โมน ได้รับการตีพิมพ์อย่างแพร่หลาย (Buettner, 1993) ซึ่งนำไปสู่ข้อสันนิษฐานว่ากรดแอสคอร์บิกซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถยับยั้งการพัฒนาของเซลล์มะเร็ง (Diplock, 1991) นอกจากนี้เฟลโวนอยด์ก็เป็นสารที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากอีกตัวหนึ่งในฐานะที่เป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารต้านมะเร็ง ยับยั้งการติดเชื้อ และเนื่องจากผลในการยับยั้งการออกซิเดชันของไขมัน (Elangovan *et al.*, 1994; Jean and Bodinier, 1994; Marin *et al.*, 2002; Meyer, 1994; Rice Evans *et al.*, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ใยอาหารส่วนใหญ่มักใช้ธัญพืชเป็นวัตถุดิบชนิดหลัก อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปใยอาหารที่ได้จากผลไม้มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่าธัญพืชเนื่องจากประกอบไปด้วยสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในปริมาณที่เหมาะสม มีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำทั้งหมด ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน ความสามารถในการหมักในลำไส้ใหญ่สูงกว่า ดังนั้นใยอาหารที่ได้จากผลไม้จึงเริ่มมีความสำคัญมากขึ้น และมีการพัฒนากระบวนการสำหรับการเตรียมใยอาหารจากผลไม้ให้มีการสูญเสียสารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพน้อยที่สุด

2.3 อนุมูลอิสระและผลเสียต่อสุขภาพ (นวลศรีและอัญชนา , 2545)

ปัจจุบันมนุษย์เราให้ความเอาใจใส่ต่อสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการบริโภคซึ่งมีการแนะนำให้บริโภคพืชผักสมุนไพรและผลไม้ให้มากขึ้นแทนการบริโภคเนื้อสัตว์ วิทยาการใหม่ ๆ ได้ค้นพบว่า โรคหลายชนิดเกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการเสื่อมสลายของเซลล์และอวัยวะต่าง ๆ อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ (free radical) ซึ่งอนุมูลอิสระนี้สามารถเกิดขึ้นได้เองจากกระบวนการออกซิเดชันจากสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด เรียกว่า ออโตออกซิเดชัน (autoxidation) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวที่เกิดขึ้นกับโมเลกุลของไขมันจะเรียกกระบวนการออกซิเดชันนี้ว่า ลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน (lipid peroxidation) การเกิดอนุมูลอิสระเริ่มต้นจากโมเลกุลที่เป็นสารตั้งต้นอาจได้รับความร้อนหรือแสง หรือได้รับอิเล็กตรอนจากโมเลกุลที่เป็นสารรีดิวซิง (reducing agent) เช่น ไอออนของเหล็ก (Fe^{2+}) หรือเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์บางชนิดที่กระตุ้นให้สารตั้งต้นเปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระเนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่ไม่คงตัว เมื่อเกิดขึ้นแล้วอนุมูลอิสระจะดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นเพื่อให้เกิดความเสถียรมากขึ้น

อนุมูลอิสระ คือ กลุ่มของสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอกที่ไม่ครบคู่มากกว่า หรือเท่ากับหนึ่งอิเล็กตรอน ทำให้โมเลกุลดังกล่าวมีความไวสูงต่อปฏิกิริยา โดยสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลในเซลล์ของร่างกาย โดยทั่วไปอนุมูลอิสระจะเกิดขึ้นระหว่างการถ่ายเทอิเล็กตรอนจากโมเลกุลของออกซิเจนหรืออนุพันธุ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยาไปยังโมเลกุลของน้ำ (reactive oxygen species , ROS) สารกลุ่ม ROS ที่สำคัญ ได้แก่ ไฮดรอกซิลเรดิคอล (hydroxyl radical , $OH^{\cdot}$) ซุปเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (superoxide anion , $O^{\cdot}{}_2$) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide , H_2O_2) ไฮโปคลอรัส (Hypochlorous , HOCL) เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีกลุ่มของสารที่เป็นอนุพันธุ์ของไนโตรเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive nitrogen species , RNS) ที่สำคัญได้แก่ ไนตริกออกไซด์ (Nitricoxide , $NO^{\cdot}$) และเปอร์ออกซีไนไตรท์ (peroxynitrite , $ONOO^{-}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นต้น ทั้งกลุ่มของ ROS และ RNS จัดเป็นแหล่งของอนุมูลอิสระที่สำคัญในเซลล์ของร่างกาย ดังนั้น อนุมูลอิสระจึงมีความไวในการเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ เช่น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และกรดนิวคลีอิก เป็นต้น ซึ่งสารประกอบดังกล่าวมีหน้าที่สำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ของเซลล์ เมื่อทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระจะทำให้โมเลกุลนั้นสูญเสียหน้าที่ไป ดังนั้น ปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระจึงมีผลทำลายสมดุลของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ทำลายหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้โปรตีนต่าง ๆ ในร่างกายไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ และที่สำคัญที่สุดคือ การที่อนุมูลอิสระดึงอิเล็กตรอนออกจากดีเอ็นเอ (DNA) ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมที่สำคัญ โดยเป็นศูนย์รวมของกิจกรรมทุกอย่างในเซลล์ เมื่อดีเอ็นเอถูกทำลายหรือสูญเสียหน้าที่ไป จะส่งผลทำให้เกิดเซลล์มะเร็งและเกิดสภาพของโรคเรื้อรังต่าง ๆ ได้ ซึ่งโดยปกติแล้ว ร่างกายของคนเราจะมีระบบกำจัดหรือทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นได้ แต่ในสภาวะที่ร่างกายขาดความสมดุลระหว่างปริมาณอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นและการกำจัดอนุมูลอิสระ หรือในสภาวะที่ร่างกายไม่สามารถรักษาระดับของอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกาย ซึ่งเรียกระดับสภาวะดังกล่าวว่า ออกซิเดทีฟสเตรส (oxidative stress) ก็จะเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ ได้ โรคต่าง ๆ ที่เกิดจากร่างกายมีปริมาณอนุมูลอิสระสะสมอยู่ในระดับสูง เช่น โรคมะเร็ง หลอดเลือดหัวใจ ระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ ข้ออักเสบ แก่ก่อนวัย ต้อกระจก อัลไซเมอร์ พาร์กินสัน และอื่น ๆ สภาวะเหล่านี้ เราสามารถควบคุมได้โดยสารต้านอนุมูลอิสระ หรือสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidation) ซึ่งเป็นสารที่ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชันซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้น

2.4 การป้องกันหรือควบคุมอนุมูลอิสระ (นวลศรีและอัญชนา, 2545)

โดยปกติร่างกายจะมีระบบควบคุมป้องกันอนุมูลอิสระที่เรียกว่า ระบบแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant defense system) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธี วิธีแรกคือใช้เอนไซม์ต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น คะตาเลส (catalase) ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase, SOD) และกลูตาไธโอน (glutathione) ยูเรต (urate) ไบลิรูบิน (bilirubin) ไบควินอล (biquinol) อัลบูมิน (albumin) คาอีโรพลาสมิน (caeroloplasmin) และทรานส์เฟอริน (transferin) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้องกันหรือควบคุมอนุมูลอิสระสามารถทำได้โดยใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นแอนติออกซิแดนท์ ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระเหล่านี้ไม่ให้ทำลายองค์ประกอบของเซลล์ สารแอนติออกซิแดนท์มีสมบัติในการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากอนุมูลอิสระ สารแอนติออกซิแดนท์มีทั้งสารที่ได้จากธรรมชาติและสารสังเคราะห์ เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic) แคโรทีนอยด์ (carotenoid) วิตามิน เอนไซม์ และโคเอนไซม์ (co-enzyme) บางชนิด เป็นต้น

สารแอนติออกซิแดนท์มีสมบัติในการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากอนุมูลอิสระทำหน้าที่ดูดซับอิเล็กตรอนเดี่ยวจากสารอนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระหมดคุณสมบัติที่จะออกซิไดซ์ต่อไป ทำให้หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ในการทำลายชีวโมเลกุล ได้แก่ โปรตีน ไขมันและดีเอ็นเอในเซลล์ของร่างกาย ในอาหารและผลิตภัณฑ์ ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจสารแอนติออกซิแดนท์กลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า สารพฤกษเคมี (phytochemical) ซึ่งส่วนใหญ่ได้จากพืชผัก ผลไม้ เมล็ดและธัญพืช จัดเป็นสารเคมีจากธรรมชาติ เช่น เบตาแคโรทีน แคโรทีนอยด์ วิตามินอี วิตามินซี โพลีฟีนอล (ตัวอย่างเช่น คาเทชิน , อีจีซีจี) ไบโอเฟลโวนอยด์ (ตัวอย่างเช่น เคอร์ซีรูทิน และโปรแอนโธไซยานิดิน) มีแร่ธาตุบางชนิด เช่น ซีรีเนียมและสังกะสี เป็นสารที่ช่วยปฏิกิริยาของเอนไซม์ซึ่งทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระด้วย นอกจากนี้ยังมีการใช้สารสังเคราะห์ที่มีสมบัติในการเป็นสารแอนติออกซิแดนท์ เช่น BHA (Butylated Hydroxyl Anisole) BHT (Butylated Hydroxyl Toluene) ซึ่งใช้เป็นสารกันหืนในผลิตภัณฑ์น้ำมันปรุงอาหาร ในอาหารและสิ่งแวดล้อมมีสารอนุมูลอิสระหรือสิ่งก่ออนุมูลอิสระค่อนข้างมาก เช่น อาหารทอด ปิ้ง ย่าง อาหารที่ปนเปื้อนด้วยสารเคมี สารฆ่าหญ้า ยาต้านมะเร็ง สารฟอกสี สารโลหะบางชนิด และรังสีอัลตราไวโอเลต เป็นต้น อนุมูลอิสระหรือปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้มนุษย์และสัตว์มีการแก่เนื่องจากการเสื่อมสภาพทางชีวภาพ ภาวะเจ็บป่วยและโรคเรื้อรังทั้งหลายดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งสารแอนติออกซิแดนท์มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ แอนติออกซิแดนท์จึงมีประโยชน์ในการป้องกันหรือชะลอความชรา การต้านทานภาวะผิดปกติจากสารพิษในสิ่งแวดล้อม และการหยุดยั้งการเกิดโรคเนื่องจากสารเคมีที่ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สารประกอบโพลีฟีนอล (phenolic compounds) (Bravo, 1998)

สารประกอบโพลีฟีนอล (phenolic compounds) เป็นสารในกลุ่ม secondary metabolite ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในกระบวนการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืชแต่ละชนิด ดังนั้น รูปแบบของสารประกอบโพลีฟีนอลในพืชแต่ละชนิดจึงมีความแตกต่างกันออกไป ในปัจจุบันพบว่ามีสารประกอบโพลีฟีนอลที่ทราบโครงสร้างแน่นอนแล้วกว่า 8,000 ชนิด ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acids) ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นโพลีเมอร์ เช่น แทนนิน (tannins) โครงสร้างพื้นฐานของสารประกอบฟีนอลิกจะเกิดการรวมตัวของโมเลกุลน้ำตาลตั้งแต่ 1 โมเลกุลขึ้นไปกับหมู่ไฮดรอกซิล (OH-group) โดยน้ำตาลดังกล่าวอาจเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharides) โมเลกุลคู่ (disaccharides) หรือโอลิโกแซคคาไรด์ (oilgosaccharides) ก็ได้ โดยน้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบโพลีฟีนอล คือ กลูโคส (glucose) ส่วนน้ำตาลชนิดอื่นที่พบได้แก่ กาแลกโตส (galactose) แรมโนส (rhamnose) ไซโรส (xylose) อะราบิโนส (arabinose) และอนุพันธุ์ของน้ำตาลเหล่านี้ เช่น กรดกลูโคโรนิก (glucoronic acid) กรดกาแลคตูโรนิก (galacturonic acid) และอื่น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าอาจมีการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลกับสารอื่น ๆ เช่น กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acids) กรดอินทรีย์ (organic acids) เอมีน (amines) และไขมันอีกด้วย ความสนใจของนักวิทยาศาสตร์ต่อการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบฟีนอลิกจากพืชมีมานาน ดังจะเห็นได้จากการนำสารประกอบฟีนอลประเภทต่าง ๆ มาใช้ประโยชน์ในลักษณะของการฟอกสี (tanning agents) ในกระบวนการผลิตกระดาษ สี และเครื่องสำอาง ตลอดจนการใช้ในลักษณะของสีธรรมชาติ (natural colorants) หรือสารป้องกันการเสื่อมเสีย (preservatives) ในอุตสาหกรรมอาหารแต่ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่กำลังหันมาให้ความสนใจกับคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลมากเป็นพิเศษ สารประกอบฟีนอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปและมีความสำคัญประกอบด้วย ฟีนอล (phenol , C_6) กรดฟีนอลิก (phenolic acid , C_6–C_1) ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenypropanoids , C_6–C_3) และเฟลโวนอยด์ (flavonoids) ตัวอย่างของฟีนอล ได้แก่ ฟีนอล (phenol) ครีซอล (cresol) ไธมอล (thymol) เรโซซินอล (resorcinol) ออซินอล (orcinol) และอื่น ๆ ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในพืชที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องเทศ รวมทั้งไฮโดรควิโนน (hydroquinone) และอนุพันธุ์ เช่น เออร์บูทีน (arbutine) และเซซามอล (sesamol) รวมทั้ง ฟลอโรกลูซินอล (phloroglucinol) ด้วย สำหรับตัวอย่างของกรดฟีนอลิก ได้แก่ กรดแกลลิค (gallic acid) กรดวานิลลิค (vanillic acid) กรดไซริงจิก (syringic acid) กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (p – hydroxyl benzoic acid) และอัลดีไฮด์ของกรดฟีนอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น วานิลิน (vanillin) ไฮดรอกซีเบนซัลดีไฮด์ ไซริงกัลดีไฮด์ (p – hydroxybenzaldehyde syringaldehyde) ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในพืชชั้นสูงและเฟิร์น

2.6 สมบัติการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก

คุณสมบัติที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันของสารประกอบฟีนอล คือ การเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidants) และสารต้านการกลายพันธุ์ (antimutagens) ซึ่งเกิดจากอนุมูลอิสระ (free radicals) และการใช้สารประกอบฟีนอลในการป้องกันโรคต่าง ๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือดและมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอลจะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่น ๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

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

เมื่อสารประกอบฟีนอลให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระไปแล้ว อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลจะค่อนข้างมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไป ยิ่งไปกว่านั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลบางชนิดยังคงสามารถรวมตัวกับอนุมูลอิสระได้อีกด้วย จึงทำให้สารประกอบฟีนอลเหล่านั้นสามารถลดจำนวนอนุมูลอิสระลงได้ถึง 2 เท่า ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

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

แต่ความสามารถในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลยังขึ้นอยู่กับระบบด้วย ดังนั้นการศึกษาหรือเปรียบเทียบสมบัติดังกล่าวจึงจำเป็นต้องระบุรายละเอียดของระบบให้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งซับสเตรทที่เป็นเป้าหมายของระบบ นอกจากนี้ยังพบว่า ในภาวะที่มีสารประกอบฟีนอลิกความเข้มข้นสูง พีเอชสูง และมีเหล็กอยู่ด้วยนั้น สารประกอบฟีนอลิกอาจจะเป็นตัวเริ่มต้นของกระบวนการออกซิเดชันเสียเองได้ (Bravo, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ความคงตัวของสารประกอบโพลีฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน

ความคงตัวของสารประกอบโพลีฟีนอลในการเป็นสารต้านออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลสารประกอบฟีนอล ซึ่งได้แก่

1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)
2. อุณหภูมิ
3. แสง
4. เอนไซม์
5. การรวมตัวกับโมเลกุลอื่น ๆ

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

อุณหภูมิระหว่างการแปรรูปจะมีผลให้สารประกอบฟีนอลิกโมเลกุลเล็ก ๆ ระเหยกลายเป็นไอไปได้ในขณะที่เฟลโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลที่มีโครงสร้างแบบ C_6-C_3-C_6 โดยมีลักษณะเป็นวงแหวน 3 วงต่อกัน จะเกิดการแตกของวงแหวน C และสลายตัวต่อไป โดยวงแหวน B จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิก และวงแหวน A จะเปลี่ยนเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์ตามลำดับ (Jackson and Smith, 1996) และระเหยไปพร้อมกับน้ำ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสภาพที่มีเอนไซม์ polyphenoloxidase อยู่ด้วยจะเป็นการเร่งการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลบางชนิดให้เกิดได้เร็วขึ้น แต่อัตราเร่งปฏิกิริยาจะแตกต่างกันออกไปเช่น polyphenoloxidase สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (-)-epicatechin ได้ดีกว่า (+)-catechin

สารประกอบฟีนอลสามารถเกิดการรวมตัวกับโมเลกุลอื่น ๆ เช่น โปรตีน โพลีแซคคาไรด์ อัลคาลอยด์และแอนโทไซยานินได้ง่าย และปฏิกิริยาอาจจะเป็นแบบสามารถผันกลับได้หรือไม่ได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาเช่น ออกซิเจน ไอออนโลหะ เอนไซม์และกรด เป็นต้น ซึ่งจะเป็นตัวการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของปฏิกิริยา เช่น ทำให้สารประกอบในภาวะสมดุลรวมตัวกันและตกตะกอนแยกออกมาหรือเกิดพันธะโควาเลนต์รวมกันเป็นสารใหม่ทำให้ปฏิกิริยาไม่สามารถผันกลับได้ โดยหากปรากฏการณ์เหล่านี้มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไป จะทำให้สารประกอบฟีนอลสูญเสียสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชันไปได้

2.8 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดพืชตระกูลส้ม

รวิวรรณ และศุภชัย (2545) ศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดพืชตระกูลส้ม 7 ชนิด ได้แก่ ส้มเขียวหวาน ส้มฟรีมองต์ ส้มสายน้ำผึ้ง ส้มโชกุน มะนาว ส้มโอทองดีและส้มโอขาวน้ำผึ้งพบว่า เมล็ดส้มเขียวหวานมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงที่สุดคือ 1,702.96 ± 45.60 ไมโครกรัมต่อ 1 กรัมเมล็ดแห้ง รองลงมาคือ เมล็ดส้มฟรีมองต์ ส้มโชกุน ส้มสายน้ำผึ้ง ส้มโอขาวน้ำผึ้ง ส้มโอทองดีและมะนาว ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดส้มพันธุ์ต่าง ๆ ข้างต้นโดยวัดความสามารถในการทำลายอนุมูอิสระของ 2,2 Azino – bis (3 – ethylbenzthiazolinesulfonate) (ABTS) พบว่าเมื่อใช้สารสกัดจากเมล็ดส้มสายน้ำผึ้งปริมาณเท่ากันกับเมล็ดส้มชนิดอื่น ๆ จะมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด รองลงมาคือ เมล็ดส้มเขียวหวาน ส้มฟรีมองต์ ส้มโอทองดี มะนาว ส้มโชกุน ส้มโอขาวน้ำผึ้ง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 การใช้อัลบิโดผงจากเปลือกส้มโอเป็นแหล่งใยอาหารในผลิตภัณฑ์เค้กและคุ้กกี้

กนกวรรณ และนภาวรรณ (2547) ศึกษาการเตรียมใยอาหารผงจากเปลือกชั้นกลางของส้มโอและนำมาใช้เป็นแหล่งใยอาหารในผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้ พบว่าอัลบิโดผงที่ได้มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นใยอาหารค่อนข้างสูงถึง 64.14 เปอร์เซ็นต์และมีโปรตีน ไขมัน เถ้าและความชื้นเป็น 8.28 , 0.92 , 3.52 และ 7.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำอัลบิโดผงไปทดสอบความสามารถของการอุ้มน้ำและน้ำมัน พบว่า มีค่าเป็น 6.52 และ 2.55 กรัมของน้ำ และน้ำมันต่อกรัมของตัวอย่างแห้งตามลำดับ สำหรับการใช้อัลบิโดผงเป็นแหล่งใยอาหารในผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้ พบว่า สามารถใช้ทดแทนแป้งเค้กและแป้งอเนกประสงค์ที่ระดับ 3 – 6 เปอร์เซ็นต์และ 3 – 9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้ที่ได้มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางด้านประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม

2.8.3 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยพันธุ์ต่าง ๆ

สาธิต และสาวิตรี (2547) ศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของกล้วย 4 สายพันธุ์คือ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม กล้วยไข่และกล้วยหักมุกที่ระดับความสุก 1 และ 5 พบว่าในตัวอย่างเปลือกกล้วยจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างเนื้อกล้วยทุกสายพันธุ์และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น ส่วนในด้านสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกล้วย 4 สายพันธุ์คือ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม กล้วยไข่และกล้วยหักมุกพบว่า สารสกัดจากเปลือกกล้วยมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าสารสกัดจากเนื้อกล้วยทุกสายพันธุ์และมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดกล่าวคือ ตัวอย่างเนื้อหรือเปลือกกล้วยที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงจะมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4 ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากเปลือกส้มโอส่วนสีขาว (*Citrus grandis*)

พีรชา และวรนิษฐา (2549) ศึกษาการเตรียมสารสกัดหยาบจากเปลือกส้มโอส่วนสีขาว 3 สายพันธุ์ในประเทศไทย (ขาวแตงกวา ขาวน้ำผึ้ง และทองดี) โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าได้ผลผลิตทั้งหมดของสารสกัดหยาบจากพันธุ์ขาวแตงกวา ขาวน้ำผึ้ง และทองดีคิดเป็น 7.24 7.87 และ 7.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบที่ได้โดยวิธี DPPH radical scavenging assay พบว่าสารสกัดหยาบจากพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีประสิทธิภาพสูงสุดในการต้านอนุมูลอิสระ และรองลงมาคือ สารสกัดหยาบจากพันธุ์ทองดีและขาวแตงกวา ตามลำดับ นอกจากนี้มีการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคทางอาหาร 7 ชนิด และยีสต์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย 2 ชนิด พบว่าสารสกัดหยาบจากเปลือกส้มโอทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ใช้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ

3.1.1 เปลือกส้มโอ

ก. พันธุ์ทองดี จากตลาดบางจาก เขตพระโขนง จ.กรุงเทพมหานคร

ข. พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง จากสวนสิริพร อ. อัมพวา จ. สมุทรสงคราม

ค. พันธุ์ขาวใหญ่ จากสวนสิริพร อ. อัมพวา จ. สมุทรสงคราม

3.2. อุปกรณ์

3.2.1 ตู้แช่แข็ง

3.2.2 เครื่องบดไฟฟ้า

3.2.3 เครื่องเหวี่ยงแยก

3.2.4 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

3.2.5 เครื่องกรองสุญญากาศ

3.2.6 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. สารเคมี

3.3.1 สารละลายแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) 3 เปอร์เซ็นต์

3.3.2 สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 10 เปอร์เซ็นต์

3.3.3 เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์

3.3.4 2,2 - Diphenyl - 1 - picrylhydrazyl (DPPH)

3.3.5 Folin – Ciocalteau

3.3.6 gallic acid

3.4. วิธีการทดลองและวิธีวิเคราะห์

3.4.1 การเตรียมสารสกัด

สุ่มตัวอย่างเปลือกส้มโอแต่ละสายพันธุ์มาหั่นให้มีขนาดประมาณ 3×3×3 ลบ.ซม. ใส่ถุงพลาสติกและปิดสนิทเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -4 ± 2 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บรักษาตัวอย่างและวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในตัวอย่างเปลือกส้มโอเริ่มต้น แล้วชั่งตัวอย่างเปลือกส้มโอมาสายพันธุ์ละ 10 กรัม เติมเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำมาปั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ด้วยความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 3 นาที ถ่ายใส่บีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง คนทุก ๆ 10 นาที และนำตัวอย่างที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วไปกรองผ่านเครื่องกรองสุญญากาศด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1 เก็บสารสกัดที่กรองได้ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นและปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ ก่อนนำไปวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

85410

3.4.2 การคัดเลือกอัลบิโดจากเปลือกส้มโอ

ทำการคัดเลือกอัลบิโดจากเปลือกส้มโอที่มีสารประกอบฟีนอลิกอยู่มากที่สุดจากส้มโอ 3 สายพันธุ์ โดยใช้วิธีศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Yilddirin *et al.*, 2001)

3.4.2.1 การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค (gallic acid)

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิค ความเข้มข้น 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรโดยละลายกรดแกลลิค 0.02 กรัม ด้วยเอทานอล (80%) แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตรด้วยขวดวัดปริมาตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคลงในหลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร โดยให้มีปริมาณกรดแกลลิค ตั้งแต่ 0 ถึง 140 ไมโครกรัมและเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณสารละลายกรดมาตรฐานที่ปิเปตลงในหลอดทดลองเพื่อให้มีปริมาณกรดแกลลิคต่าง ๆ กัน

หลอดที่	ปริมาณสารละลายมาตรฐานที่ใช้ (ไมโครลิตร)	ปริมาณกรดแกลลิคที่มีอยู่ (ไมโครกรัม)	ปริมาณน้ำกลั่นที่เติม (มิลลิลิตร)
1	0	0	10.00
2	50	20	9.95
3	150	60	9.85
4	200	80	9.80
5	250	100	9.75
6	300	120	9.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาเติมสารละลาย Folin – Ciocalteau หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที ต่อมาเติมสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 10 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) หลอดละ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอีก 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารละลายที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายหลอดที่ 1 เป็นหลอดว่าง (blank) และนำผลที่ได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิค (หน่วยเป็นไมโครกรัม) เพื่อได้เป็นกราฟมาตรฐาน (standard curve)

3.4.2.2 หาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดตัวอย่าง

ปิเปตสารละลายตัวอย่างสกัด 0.5 มิลลิลิตร (ปริมาตรสารสกัดที่ปิเปตมาเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง) ลงในหลอดขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรรวมเป็น 10 มิลลิลิตร ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างตามหัวข้อ 3.4.2.1 แล้วนำค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารสกัดตัวอย่างไปคำนวณหาปริมาณโพลีฟีนอล โดยใช้กราฟมาตรฐาน

3.4.3 ศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสดจากเปลือกส้มโอชั้นกลางโดยวิธี DPPH radical scavenging assay

3.4.3.1 การเตรียมใยอาหารสดจากเปลือกส้มโอชั้นกลาง

การเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโด ดำเนินการตามรูปที่ 3.1 โดยนำเปลือกส้มโอมาปอกเปลือกผิวนอกส่วนที่เป็นสีเขียวออก เหลือเฉพาะส่วนของเปลือกชั้นกลางสีขาวหรืออัลบิโดและนำมาหั่นแล้วบดละเอียดสุ่มตัวอย่างมาประมาณ 300 กรัม แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ครั้งที่ 1) โดยเตรียมสารสกัดตามหัวข้อ 3.4.1 และวิเคราะห์ตามหัวข้อ 3.4.2.2 และ 3.4.3.2

ต่อมานำอัลบิโดมาปั่นรวมกับสารละลาย $CaCO_3$ 3 เปอร์เซ็นต์ ด้วยความเร็วสูงสุด เวลา 5 นาที แล้วทำการแช่ในสารละลาย $CaCO_3$ 3 เปอร์เซ็นต์ เพื่อลดความขม โดยให้สารละลายท่วมอัลบิโด แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง ล้างน้ำสะอาดจนน้ำล้างใส (3 ครั้ง) บีบให้หมาดและปั่นแห้งความเร็วสูงสุด 30 วินาที แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ครั้งที่ 2) หลังจากนั้นนำใยอาหารที่ได้ไปนึ่งในลังถึงด้วยไอน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที ปั่นแห้งความเร็วสูงสุด 30 วินาที แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ครั้งที่ 3) ใยอาหารที่ได้นำไปบรรจุถุงพลาสติกโดยรีดอากาศออกและแช่แข็งที่อุณหภูมิ - 18 °ซ เป็นเวลานาน 3 – 7 วันแล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ครั้งที่ 4)

3.4.3.2 การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (Murakami *et al.*, 2004)

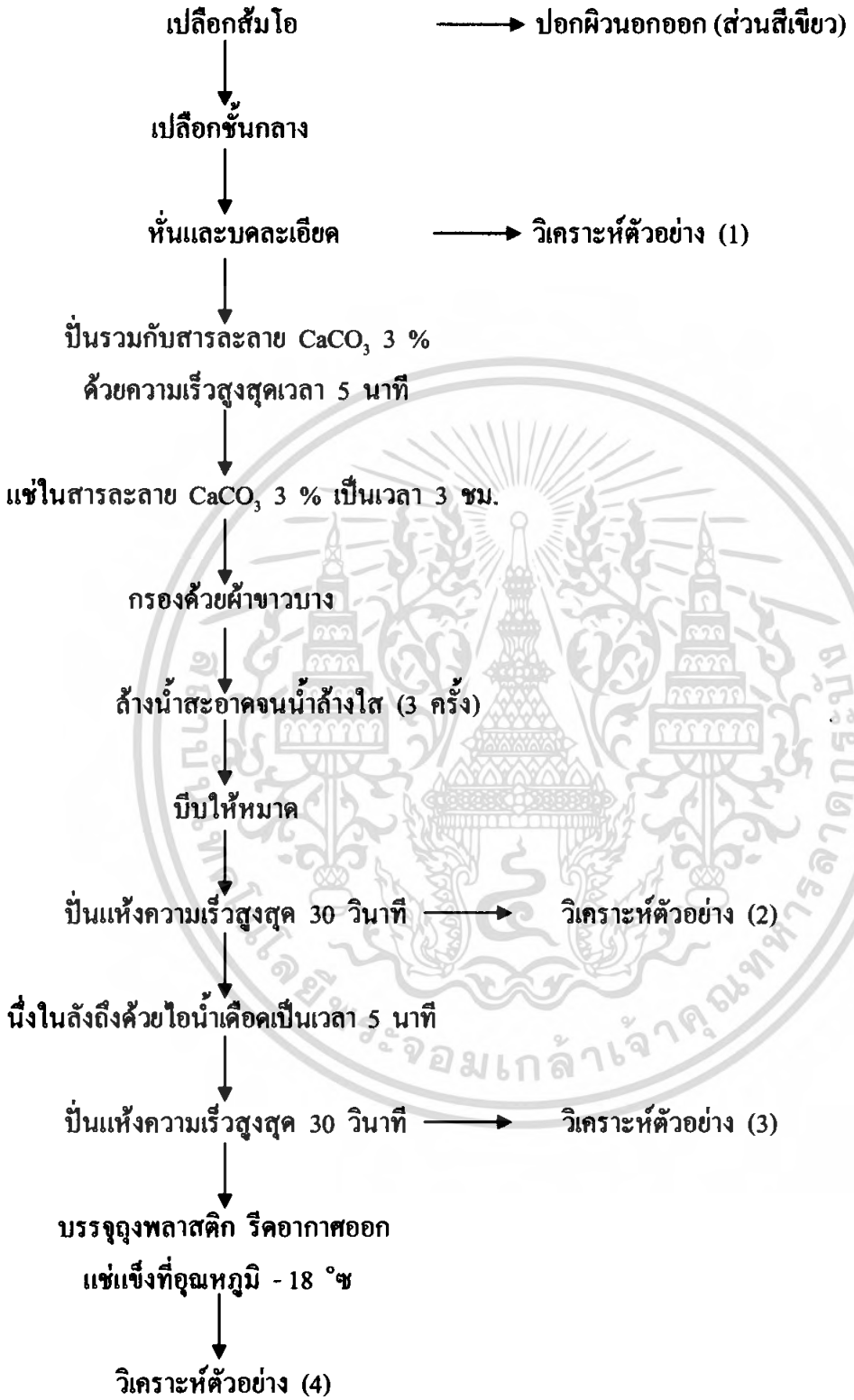
การวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกชั้นกลางของส้มโอจะใช้วิธี DPPH radical scavenging assay โดยปิเปตตัวอย่างสารสกัดมา 0.85 มิลลิลิตรใส่หลอดทดลองฝาเกลียว เติมเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ให้มีปริมาตรรวมเป็น 5.4 มิลลิลิตร ต่อมาปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิลิตรโมลาร์ (ชั่ง DPPH 0.007 กรัม ละลายในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ 20 มิลลิลิตร) ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตรลงไปผสมให้เข้ากัน นำหลอดทดสอบตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และเตรียมปฏิกิริยาควบคุมโดยใช้เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีตัวอย่างสารสกัด (blank) หรือ control นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH จากสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ DPPH reduction} = [(1 - A_{sample})/A_{control}] \times 100$$

เมื่อให้ A control = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

A sample = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาตัวอย่างสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยอาหารสดจากเปลือกส้มโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การทดสอบความยอมรับของผู้บริโภคต่อการใช้ใยอาหารสดในไส้กรอกคอกเทล

นำใยอาหารสดแช่แข็งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ - 18 °ซ เป็นเวลา 5 วัน มาเติมลงในสูตรไส้กรอกคอกเทล โดยตีผสมลงในส่วนของ Pre – emulsion โดยใช้ใยอาหารสด 50 กรัม โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 กรัม น้ำเย็น 100 กรัมและน้ำมันพืช 70 กรัมตามลำดับ จากนั้นนำ Pre – emulsion ที่ตีได้เติมลงในส่วนผสมเนื้อตามสูตรและวิธีการ (เยาวลักษณ์ , 2547) ดังนี้

3.4.4.1 ส่วนผสมของไส้กรอกคอกเทล

Pre – emulsion	200 กรัม
เนื้อหมู	1000 กรัม
มันแข็ง	200 กรัม
น้ำแข็ง	200 กรัม
น้ำตาล	7 กรัม
พริกไทยป่น	5 กรัม
ไข่ขาวผง	7 กรัม
ดอกจันทร์ป่น	0.75 กรัม
อบเชย	0.3 กรัม
Accord	5 กรัม
Praque power	0.2 กรัม
ผงชูรส	2 กรัม
กลิ่นควันผสม	3 กรัม
เกลือ	20 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4.2 วิธีการทำไส้กรอกคอกเทล

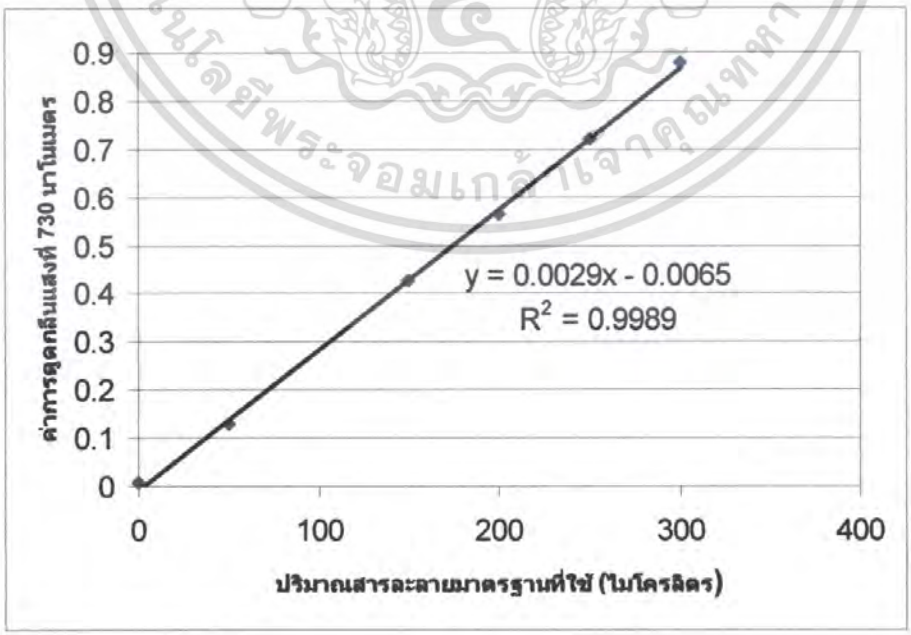
นำเนื้อหมูแช่เย็นจัดและหั่นเป็นชิ้นพอประมาณ บดละเอียด 2 ครั้ง แล้วนำไปแช่ให้เย็นจัด 3 – 5 °ซ (ช่องแช่แข็ง) หั่นมันแข็งเป็นชิ้นเล็กและบดละเอียด แล้วนำเนื้อบดใส่ลงในกระทะของเครื่องสับนวด เติมส่วนผสมทั้งหมดตามสูตรในหัวข้อ 3.4.4.1 แล้วบดผสมจนเข้ากันดีเป็นมวลเหนียว บรรจุส่วนผสมใส่เครื่องบรรจุและอัดใส่ไส้เทียมมัดปล้องให้ได้ขนาดตามต้องการ นำไส้กรอกขึ้นแขวนบนราวไม้ แล้วเข้าตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 80 °ซ นาน 20 – 30 นาที หลังจากนั้นนำไส้กรอกที่ได้มาต้มในน้ำร้อน 90 °ซ นาน 5 นาที ต่อมาทำให้เย็นในน้ำสะอาดและนำขึ้นมาสะเด็ดน้ำให้หมาดและบรรจุในถุงพลาสติกเพื่อทำการทดสอบชิมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์

4.1 การคัดเลือกอัลบิโดจากเปลือกส้มโอ

จากการใช้เปลือกส้มโอ 3 สายพันธุ์คือ ส้มโอพันธุ์ทองดี ขาวใหญ่และขาวน้ำผึ้งมาปอกเปลือกผิวนอกออกและใช้เฉพาะส่วนของเปลือกชั้นกลาง(อัลบิโด) มาสกัดเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมดที่มีอยู่โดยวิธีของ Yilddirin และคณะ (2001) ซึ่งใช้หลักการที่สารประกอบโพลีฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin – Cioculteau และติดตามสีน้ำเงินที่เกิดขึ้น โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตรแล้วคำนวณหาสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด โดยใช้กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคที่เตรียมได้ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิคที่เตรียมได้ โดยใช้เป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐานในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกส้มโอ 3 สายพันธุ์ ได้กราฟเป็นเส้นตรงที่มีสมการคือ $y = 0.0029x - 0.0065$ และมีค่า $R^2 = 0.9989$

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นและปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ 3 สายพันธุ์

ตัวอย่าง	ความชื้นทั้งหมด* (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด* (มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง)
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี	73.40 ± 0.41^a	$1,895.36 \pm 27.59^a$
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่	73.43 ± 0.69^a	$2,209.13 \pm 6.52^b$
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	74.83 ± 0.32^a	$2,744.44 \pm 52.04^c$

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

และจากข้อมูลในตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมากที่สุดคือ 2,744.44 ± 52.04 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ (2,209 ± 6.52 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) และเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี (1,895.36 ± 27.59 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ ดังนั้นจึงพิจารณาใช้เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับการนำไปสกัดใยอาหารสดในการทดลองต่อไป ทั้งนี้ประกอบกับข้อมูลจากการศึกษาของพีรชาและวรนิษฐา (2549) ที่ได้ศึกษาไว้ว่าสารสกัดหยาบจากอัลบิโดของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีประสิทธิภาพสูงสุดในการต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50} = 0.04 ไมโครโมลของสารสกัดหยาบต่อมิลลิลิตรของ DPPH) เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดหยาบจากส้มโอพันธุ์ทองดีและขาวแตงกวาตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเส้นใยอาหารของแต่ละขั้นตอนการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ

จากการใช้อัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเป็นวัตถุดิบเพื่อการเตรียมใยอาหารสดตามหัวข้อ 3.4.3.1 และรูปที่ 3.1 ซึ่งในระหว่างกระบวนการเตรียมมีขั้นตอนที่ได้สุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์หาสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเตรียมใยอาหารสด 4 ขั้นตอน คือ การบดลดขนาดเปลือกส้มโอ (ขั้นตอนที่ 1) การแช่สารละลาย $CaCO_3$ 3 เปอร์เซ็นต์ (ขั้นตอนที่ 2) การนึ่งด้วยไอน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที (ขั้นตอนที่ 3) และการแช่แข็งใยอาหารสด (ขั้นตอนที่ 4) ซึ่งแสดงผลดังหัวข้อ 4.2.1 และ 4.2.2 ตามลำดับ

4.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในระหว่างการเตรียมใยอาหารสด

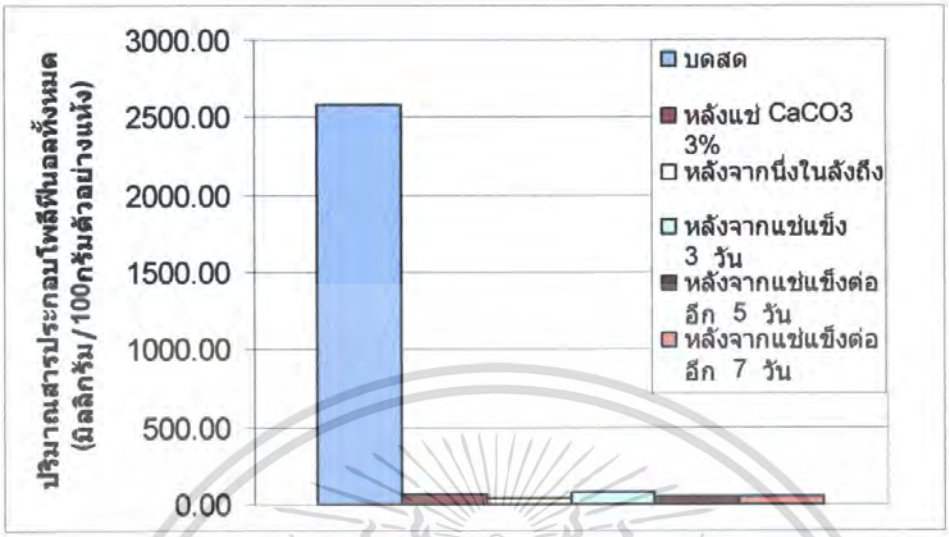
จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอได้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ความเป็นกรด - ด่างและปริมาณสารโพลีฟีนอลทั้งหมดในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ตัวอย่างอัลบิโดจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	ความชื้นทั้งหมด* (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด* (มิลลิกรัม/100กรัมน้ำหนักแห้ง)	pH*
บดสด	74.44 ± 0.25^{a}	$2,586.68 \pm 51.73^{a}$	6.08 ± 0.08^{a}
หลังแช่ $CaCO_3$ 3%	67.43 ± 0.10^{b}	65.18 ± 2.79^{b}	8.72 ± 0.06^{b}
หลังจากนึ่งในลังถึง	65.34 ± 0.37^{c}	44.46 ± 2.23^{b}	8.75 ± 0.05^{b}
หลังจากแช่แข็ง 3 วัน	61.63 ± 0.03^{d}	77.67 ± 4.43^{b}	8.45 ± 0.19^{c}
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 5 วัน	62.28 ± 0.12^{e}	48.99 ± 2.35^{b}	-
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 7 วัน	64.69 ± 0.18^{f}	50.53 ± 1.92^{b}	-

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดใน 100 กรัม ตัวอย่างแห้งของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าในการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ จะได้ใยอาหารสดที่มีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดน้อยลงไปเรื่อย ๆ เมื่อผ่านขั้นตอนเตรียมหลายขั้นตอนมากขึ้น โดยเฉพาะที่มีการใช้สารละลายด่างแคลเซียมคาร์บอเนต 3 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นสาเหตุให้สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในใยอาหารลดน้อยลงไปถึง 97.48 เปอร์เซ็นต์ โดยจากเดิม 2,586.68 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง เหลือเพียง 65.18 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากสารละลาย $CaCO_3$ มีฤทธิ์เป็นด่างแรงเป็นผลให้พีเอช (pH) ของใยอาหารเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม 6.08 เป็น 8.72 ซึ่งจากสภาพของใยอาหารในเปลือกส้มโอสดที่มีสภาวะเป็นกรด เมื่อนำสารละลายด่าง $CaCO_3$ มาสกัดอาจส่งผลต่อความเสถียรภาพของโพลีแซคคาไรด์ เช่น เพคติน เกิดขึ้นดังอ้างจากรายงานของ Millard และ Berset (1995) ที่กล่าวถึงกลไกที่เป็นไปได้ของการสูญเสียสารประกอบโพลีฟีนอลในใยอาหารที่ทำแห้งที่อุณหภูมิสูงว่าจะมีผลต่อการปลดปล่อยสารประกอบโพลีฟีนอลที่จับอยู่ในอาหารจากการเสื่อมสลายของลิกนิน ซึ่งนำไปสู่การปลดปล่อยอนุพันธุ์ของกรดฟีนอลหรือเป็นจุดเริ่มต้นของการเสื่อมสลายของสารประกอบโพลีฟีนอลด้วยความร้อน ดังนั้นในสมมติฐานทำนองเดียวกันที่สภาวะความเป็นกรดด่างที่เปลี่ยนไปในกระบวนการสกัดใยอาหารอาจมีผลทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลที่มีอยู่ในใยอาหารเกิดการเสื่อมสลายเนื่องจากหมู่ OH^- ที่เปลี่ยนแปลงไปเกิดขึ้น นอกจากนี้อาจเกิดจากสาเหตุในขั้นตอนการเตรียมเส้นใยอาหารในหัวข้อ 3.4.3.1 ซึ่งมีทั้งขั้นตอนการปั่น การแช่ และล้างน้ำ โดยขั้นตอนทั้งหมดนี้ก็มีผลทำให้สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงเช่นเดียวกัน แต่จะเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ว่าความร้อนในการนึ่งมีผลน้อยกว่าการใช้สารละลาย $CaCO_3$ ในการเตรียมใยอาหารสด เพราะทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

4.2.2 การวิเคราะห์สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในระหว่างการเตรียมใยอาหารสด

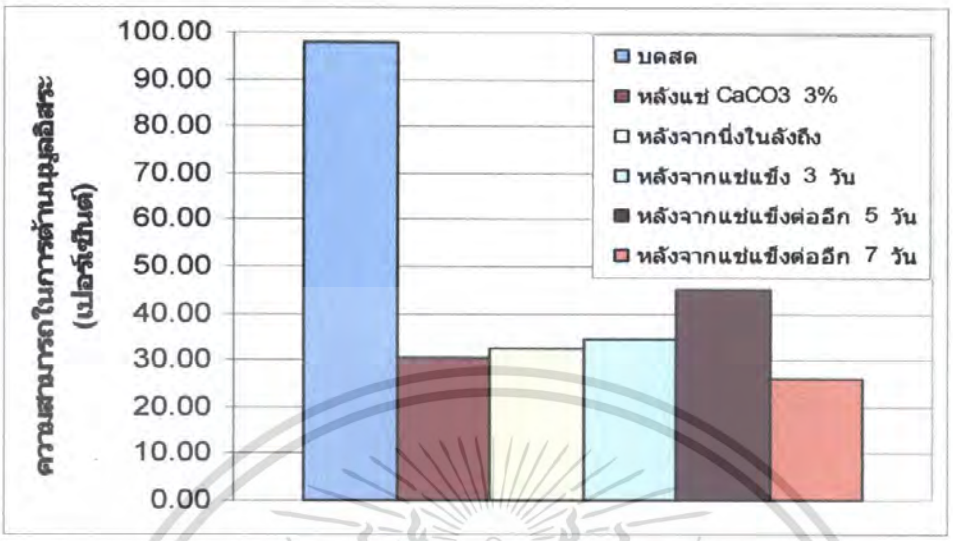
จากการทดลองวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระในใยอาหารสดแต่ละขั้นตอนการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ โดยวิธีอาศัยการติดตามความสามารถของตัวอย่างสารสกัดในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระของ 1,1 – diphenyl – 2 – piarylhydarzyl หรือ DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่ทำให้สารละลายมีสีม่วงและสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ 517 นาโนเมตร ถ้าสารตัวอย่างมีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระของสารดังกล่าวได้ จะทำให้สีม่วงจางลง คำนวณหาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในรูปของเปอร์เซ็นต์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในใยอาหารสดแต่ละขั้นตอนการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ตัวอย่างอัลบิโดจาก เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ* (เปอร์เซ็นต์)
บดสด	98.06 ± 1.27^{a}
หลังแช่ $CaCO_3$ 3%	30.66 ± 0.68^{c}
หลังจากนึ่งในลังถึง	32.34 ± 1.35^{cd}
หลังจากแช่แข็ง 3 วัน	34.45 ± 3.87^{d}
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 5 วัน	44.96 ± 1.02^{e}
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 7 วัน	25.92 ± 0.01^{b}

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในแต่ละขั้นตอนการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 จะให้เห็นว่าจะเห็นได้ว่าในการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ จะได้ใยอาหารสดที่มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระลดน้อยลงเมื่อผ่านขั้นตอนเตรียมหลายขั้นตอนมากขึ้น โดยเฉพาะที่มีการใช้สารละลายด่างแคลเซียมคาร์บอเนต 3 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นสาเหตุให้สมบัติการต้านอนุมูลอิสระในใยอาหารลดน้อยลงไปถึง 68.73 เปอร์เซ็นต์ โดยจากเดิม 98.06 เปอร์เซ็นต์เหลือเพียง 30.66 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากสารละลาย $CaCO_3$ มีฤทธิ์เป็นด่างแรงเป็นผลให้พีเอช (pH) ของใยอาหารเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม 6.08 เป็น 8.72 ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Jackman และ Smith (1996) ที่ว่าหมู่ OH^- ในแต่ละตำแหน่งของสารประกอบฟีนอลมีบทบาทต่อคุณสมบัติของการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างซึ่งมีผลให้หมู่ OH^- ของสารประกอบฟีนอลในเส้นใยอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลง จึงมีผลต่อสมบัติการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลด้วย ส่วนใยอาหารที่ได้เมื่อนำไปนึ่งด้วยความร้อนในขั้นตอนที่ 3. จะมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเท่านั้นคือ จาก 30.66 เปอร์เซ็นต์เป็น 32.34 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์และในขั้นตอนที่ 4. ที่นำใยอาหารสดไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 °ซ เป็นเวลา 3 – 5 วัน กลับทำให้ใยอาหารมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจมีผลเนื่องมาจากการที่ใยอาหารมีค่าพีเอช (pH) ลดต่ำลงเล็กน้อย (ดังตารางที่ 4.2) ที่ใยอาหารมีค่าพีเอช (pH) ลดลงจาก 8.75 เป็น 8.45 ซึ่งเป็นค่าพีเอช (pH) ที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเก็บรักษาไว้ในสภาวะการแช่แข็งเป็นผลให้หมู่ OH^- ในสารประกอบโพลีฟีนอลเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น และสาเหตุที่ทำให้สัดส่วนการลดลงของเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไม่เท่ากันกับการลดลงของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในขั้นตอนหลังแช่สารละลาย $CaCO_3$ 3 เปอร์เซ็นต์นั้นอาจเกิดจากน้ำหนักแห้งเริ่มต้นของใยอาหารไม่เท่ากัน จึงเป็นผลให้สัดส่วนการลดลงไม่เท่ากันเกิดขึ้น

4.3 การทดสอบความยอมรับของผู้บริโภคต่อการใช้ใยอาหารสดในไส้กรอกคอกเทล

จากการทดลองผลิตไส้กรอกคอกเทลตามหัวข้อที่ 3.4.4 พบว่า เมื่อทดสอบด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ชิม 15 คน โดยสรุปพบว่า ผู้บริโภคไม่ชอบผลิตภัณฑ์เท่าที่ควร เพราะไส้กรอกคอกเทลที่ผลิตได้มีเนื้อสัมผัสไม่แน่นเมื่อกัดระหว่างรับประทาน เนื้อค่อนข้างเละ ร่วนและไม่ค่อยเป็นเนื้อเดียวกันแต่ด้านรสชาตินั้นอยู่ในเกณฑ์ดีแต่มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยอาหารที่เติมลงในสูตรไส้กรอกคอกเทลใช้ปริมาณสูงเกินไปถึง 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเนื้อสุกรที่ใช้ ดังนั้นถ้าใช้ใยอาหารปริมาณน้อยกว่านี้อาจช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ได้รับการยอมรับมากขึ้นและผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคในเชิงโภชนาการที่ดีมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ส้มโอพันธุ์ทองดี ส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่และส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งพบว่า เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลมากที่สุด รองลงมาคือ เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่และเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีตามลำดับ ดังนั้นจึงพิจารณาใช้เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับการนำไปสกัดใยอาหารสดในการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเส้นใยอาหารของแต่ละขั้นตอนการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ โดยจากผลการทดลองพบว่า ในการเตรียมใยอาหารสดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ จะได้ใยอาหารสดที่มีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดน้อยลงไปเรื่อย ๆ เมื่อผ่านขั้นตอนเตรียมหลายขั้นตอนมากขึ้น โดยเฉพาะที่มีการใช้สารละลายด่างแคลเซียมคาร์บอเนต 3 เปอร์เซ็นต์ แต่ส่วนความร้อนในการนึ่งมีผลน้อยกว่าการใช้สารละลายด่างแคลเซียมคาร์บอเนตในการเตรียมใยอาหารสด เพราะทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลงไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้นและต่อมาได้นำใยอาหารสดที่เตรียมได้มาทดสอบความยอมรับของผู้บริโภคต่อการใช้ใยอาหารสดในไส้กรอกคอกเทลพบว่า เมื่อทดสอบด้านประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ชิม 15 คน โดยสรุปพบว่า ไม่ยอมรับ เพราะเนื้อสัมผัสไม่แน่น เละ ร่วนและไม่ค่อยเป็นเนื้อเดียวกัน ส่วนด้านรสชาตินั้นอยู่ในเกณฑ์ดีแต่มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย

ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ทำให้ทราบว่าในอัลบิโดของเปลือกส้มโอมีสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสูง จึงควรส่งเสริมให้มีการนำสารสกัดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งน่าจะมีการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กนกวรรณ โชติเชย และ นภาวรรณ ศรีสุดใจ. 2547. **การใช้อัลบิโดผงจากเปลือกส้มโอเป็นแหล่งใยอาหารในผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้.** ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธวัชชัย รัตน์ชเลศ และ ศิวาพร ธรรมดี. 2542. **พันธุ์ไม้ผลการค้าในประเทศไทย : คู่มือเลือกพันธุ์สำหรับผู้ปลูก.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์รั้วเขียว.

นวลศรี รักอริยธรรม และ อัชนา เจนวิถีสุข. 2545. **แอนติออกซิแคนซ์ สารต้านมะเร็งในผักสมุนไพรไทย.** เชียงใหม่ : นพบุรีการพิมพ์.

พีรชา จารุพรชัย และ วรนิษฐา หุ่นทอง. 2549. **ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบจากเปลือกส้มโอส่วนสีขาว (*Citrus grandis*).** ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2547. **บทปฏิบัติการแปรรูปเนื้อสัตว์.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รวิวรรณ แหนกลาง และ ศุภชัย คุณชมพู. 2545. **ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากฉลี่ยพืชตระกูลส้ม.** ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ระติพร หาเรือนกิจ. 2549. **บทปฏิบัติการแปรรูปผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ.** ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิเศษ อัครวิทยากุล. 2537. **การปลูกส้มโอ.** กรุงเทพฯ : โครงการหนังสือเกษตรชุมชน.

สาธิต นิลนวรัตน์ และ สาวิตรี พุ่มเพ็ชร์. 2547. **ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกล้วยพันธุ์ต่าง ๆ.** ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

AOAC. 1990. Official method of analysis. 15th ed. The association of official analytical chemists. Arlington, Viginia.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Benavente-Garcia, O., Castillo, J., Marin, F.R., Ortuno, A. and Del Rio, J.A. 1997. Uses and properties of citrus flavonoids. **J. Agric. Food Chem.** 45 : 4505-4515.

Block, G. 1992. The data support a role for antioxidants in reducing cancer risk. **Nutr. Rev.** 50 : 207-213.

Bravo, L. 1998. Polyphenols : Chemistry , dietary sources , metabolism and nutritional significance. **Nutr. Rev.** 58(11) : 317 – 333.

Buettner, G.R. 1993. The pecking order of free radicals and antioxidants : lipid peroxodation, alpha tocapherol and ascorbate. **Arch. Biochem. Biophy.** 300 : 535-543.

Champ. M., Langkilde, A.M., Brouns, F., Kettlitz, B. and Collet, Y. 2003. Advances in dietary fibre characterization. 1. Definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects. **Nutr. Res. Rev.** 16 : 71-82.

Cummings, J.H. 1996. **Metabolic and physiological aspects of dietary fibre.** Brussels : Commission of the European Communities.

Desmedt, A.and Jacobs, H. 2001. **Guide to functional food ingredients.** Surrey : Food RA Leatherhead Publishing.

Diplock, A.T. 1991. Antioxidant nutrient and disease prevention : an overview. **Am. J. Clin. Nutr.** 53 : 189-193

Elangovan, V., Sekar, N. and Govindasamy, S. 1994. Chemoprotective potential of dietary bioflavonoids against 20-methylchoanthrene-induced tumorgenesis. **Cancer Lett.** 87 : 107-113.

Gregory, J., Foster, K., Tyler, H. and Wiseman, M. 1990. **The dietary and nutritional study of British adults.** London : HMSO.

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. edf.) American chemical society, Washington D.C.** : 8-50.

Hertog, M.G.L., Feskeens, E.J.M., Hollman, C.H.., Katan, M.B. and Kromhout, D. 1993 Dietary antioxidant flavonoids and risk of heart disease ; the zutphen eldery study. **Lancet.** 342 : 1007-1011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jackman, R.L. and Smith, J.L. 1996 Anthocyanins and betalains . **In natural food colorants. 2nd ed. Editors: Hendry, G.A.F. and Houghton, J.D. Bickie Academic & Professional, Glasgow.** 244-309.

Jean, T. and Bodinier, M.C. 1994. Mediators involved in inflammation : effects of Daflon 500 mg on their release. **Angiology.** 45 : 554-559.

Lambo, A.M., Oste, R. and Nyman, M.E. 2005. Dietary fibre in fermented oat and barley b-glucan rich concentrates. **Food Chem.** 89 : 283-293.

Larrauri, J.A. 1999. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit-by products. **Trends Food Sci. Tech.** 10 : 3-8.

Marin, F.R., Frutos, M.J., Perez-Alvarez, J.A., Martinez-Sanchez, F. and Del Rio, J.A. 2002. Flavonoids as nutraceuticals : structural related antioxidant properties and their role on ascorbic acid preservation. In acta-ur-rahman (Ed.). **J. Nat. Prod.** 26 : 324-389.

Meyer, O.C. 1994. Safety and security of Daflon 500 mg in venous insufficiency and in hemorroidal disease. **Angiology.** 45 : 579-584.

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

Rice Evans, C., Miller, N.J. and Paganda, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends Plant Sci.** 2 : 152-159.

Salah, N., Miller, N.J., Paganga, G., Tijburg, L., Bolwell, G.P. and Rice Evans, C. 1995. Polyphenolic flavonoids as scavenger of aqueous phase radicals and as chain breaking antioxidants **Archieves Biochem. Biophys.** 322 : 339-346.

Selvendran, R.R. and Robertson, J.A. 1994. Dietary fibre in foods : Amount and type. 11-20. in R. Amado, & J. L. Barry (Eds.). **Metabolic and physiological aspects of dietary fibre in food luxembourg.** Brussels : Commission of the European Communities.

Trowell, H.C., Southgate, D.A.T., Wolever, T.M.S., Leeds, A.R., Gassull, M.A. and Jenkins, D.J.A. 1976. Dietary fibre redefined. **Lancet.** 1 : 967.

Yilddirin A., Mavi A. and Kala A.A. 2001 Determination of antioxidant and antimicrobial of *Rumex Cripus* L. **J. Agric. Food Chem.** 49 : 4083 – 4089.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในอัลบิโดของเปลือกส้มโอ ใช้วิธีของ AOAC (1990) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. อุปกรณ์

1.1 ตู้อบลมร้อน
1.2 เดซิเคเตอร์
1.3 ภาชนะอลูมิเนียม
1.4 ปากคีบ
1.5 เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง

2. วิธีการวิเคราะห์

2.1 อบภาชนะอลูเนียมพร้อมฝา ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
2.2 นำไปใส่ในเดซิเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น
2.3 ชั่งน้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมพร้อมฝา จดบันทึกน้ำหนักไว้
2.4 นำไปอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่
2.5 ชั่งน้ำหนักใยอาหาร 2 – 5 กรัม (ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ลงในภาชนะอลูมิเนียม
2.6 นำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
2.7 ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึกไว้
2.8 นำไปอบซ้ำอีก 3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ โดยที่น้ำหนักแห้งที่ชั่งได้ 2 ครั้งติดกัน มีน้ำหนักต่างกันไม่เกิน 3 – 5 มิลลิกรัม
2.9 คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1ก ปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นทั้งหมดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ 3 สายพันธุ์

ตัวอย่าง	ความชื้นทั้งหมด* (เปอร์เซ็นต์)
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี	73.40 ± 0.41
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่	73.43 ± 0.69
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	74.83 ± 0.32

หมายเหตุ : *ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ 2ก ปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นทั้งหมดของอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสด

ตัวอย่างอัลบิโดจาก เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	ความชื้นทั้งหมด* (เปอร์เซ็นต์)
บดสด	74.44 ± 0.25
หลังแช่ $CaCO_3$ 3%	67.43 ± 0.10
หลังจากนึ่งในลังถึง	65.34 ± 0.37
หลังจากแช่แข็ง 3 วัน	61.63 ± 0.03
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 5 วัน	62.28 ± 0.12
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 7 วัน	64.69 ± 0.18

หมายเหตุ : *ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างอัลบิโดของเปลือกส้มโอ

1. การคำนวณ

สูตรการคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

สมการเส้นตรงจากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค (รูปที่ 4.1)

$$y = 0.0029x - 0.0065 \quad ; R^2 = 0.9989$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัดที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

x = ปริมาณกรดแกลลิค (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรสารสกัด)

ตารางที่ 1ข ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน

ปริมาณสารละลายมาตรฐานที่ใช้ (ไมโครลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสง (730 นาโนเมตร)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
0	0.008	0.009	0.0085
50	0.121	0.135	0.128
150	0.447	0.403	0.425
200	0.598	0.536	0.567
250	0.716	0.720	0.718
300	0.848	0.910	0.879

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2ข ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของตัวอย่างเปลือกส้มโอ 3 สายพันธุ์

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง (730 นาโนเมตร)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี 1	0.4200	0.4350	0.4490	0.4347
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี 2	0.4210	0.4390	0.4420	0.4340
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ 1	0.4930	0.4850	0.5170	0.4983
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ 2	0.5090	0.5180	0.5100	0.5123
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 1	0.6060	0.6210	0.6020	0.6097
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 2	0.5850	0.5850	0.5870	0.5857

ตารางที่ 3ข ค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ของอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสด

ตัวอย่างอัลบิโดจาก เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	ค่าการดูดกลืนแสง (730 นาโนเมตร)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
บดสด	0.5750	0.5900	0.5670	0.5773
หลังแช่ $CaCO_3$ 3%	0.1210	0.1110	0.1190	0.1170
หลังจากนึ่งในลังถึง	0.0830	0.0790	0.0880	0.0833
หลังจากแช่แข็ง 3 วัน	0.0350	0.0380	0.0400	0.0377
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 5 วัน	0.1020	0.1100	0.1000	0.1040
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 7 วัน	0.0990	0.1040	0.0960	0.0997

2. ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างสารสกัดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

ปริมาณตัวอย่างสารสกัดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 0.3 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เท่ากับ 0.5977

แทนค่าสูตร $x = \frac{0.5977 + 0.0065}{0.0029}$

$= 208.34$ ไมโครลิตร / 0.3 มิลลิลิตรของตัวอย่างสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 208.34 ไมโครลิตร / 0.3 มิลลิลิตร
ของตัวอย่างสารสกัด
ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 69,448.27 ไมโครลิตร / 100 มิลลิลิตร
ของตัวอย่างสารสกัด
สารสกัดจากตัวอย่างอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 100 มิลลิลิตรเท่ากับปริมาณของ
ตัวอย่างอัลบิโดของเปลือกส้มโอสดพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 10.055 กรัม
ดังนั้นตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 69,448.27 ไมโครกรัม / 10.055
กรัมตัวอย่างอัลบิโดของเปลือกส้มโอสดพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง
ตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 690,683.94 ไมโครกรัม / 100 กรัม
ตัวอย่างอัลบิโดของเปลือกส้มโอสดพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง
ดังนั้นตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด = 690.68 มิลลิกรัม / 100 กรัม
ตัวอย่างอัลบิโดของเปลือกส้มโอสดพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง
จากตารางปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นทั้งหมดในตารางที่ 1ก พบว่าในตัวอย่างอัลบิโดของเปลือก
ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นทั้งหมดเท่ากับ 74.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายถึง ใน
ตัวอย่างอัลบิโดของเปลือกส้มโอสดพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 100 กรัม จะมีปริมาณของเปลือก
ส้มโอไม่รวมน้ำเท่ากับ 100 – 74.83 = 25.17 กรัม
ปริมาณอัลบิโดของเปลือกส้มโอสดพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง 10.055 กรัม จะมีปริมาณของอัลบิโดของเปลือก
ส้มโอแห้งพันธุ์ขาวน้ำผึ้งไม่รวมน้ำเท่ากับ $\frac{25.17}{100} \times 10.055 = 2.53$ กรัม
ซึ่งปริมาณของอัลบิโดของเปลือกส้มโอแห้งพันธุ์ขาวน้ำผึ้งไม่รวมน้ำ 2.53 กรัม จะมีปริมาณ
สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 69,448.27 ไมโครกรัม / 100 มิลลิลิตรของตัวอย่างสารสกัด
ดังนั้นปริมาณของอัลบิโดของเปลือกส้มโอแห้งพันธุ์ขาวน้ำผึ้งไม่รวมน้ำ 100 กรัม จะมีปริมาณ
สารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ $\frac{69,448.27}{2.53} \times 100 = 2,744,980.237$ ไมโครกรัม / 100 กรัม
น้ำหนักแห้ง
หรือตัวอย่างสารสกัดมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 2744.98 มิลลิกรัม / 100 กรัม
น้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

การคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากอัลบิโดของเปลือกส้มโอ

1. การคำนวณ

สมการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (เปอร์เซ็นต์)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (%) = $[(1 - A_{sample})/A_{control}] \times 100$

เมื่อให้ A control = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

A sample = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาตัวอย่างสารสกัด

ตารางที่ 1ค ค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ของอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสด

ตัวอย่างอัลบิโดจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	ค่าการดูดกลืนแสง (517 นาโนเมตร)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
บดสด	0.2500	0.2450	0.2310	0.2420
หลังแช่ $CaCO_3$ 3%	0.7610	0.7690	0.7590	0.7630
หลังจากนึ่งในลังถึง	0.7380	0.7550	0.7570	0.7500
หลังจากแช่แข็ง 3 วัน	0.7130	0.7680	0.7200	0.7340
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 5 วัน	0.6770	0.6810	0.6910	0.6830
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 7 วัน	0.7680	0.7860	0.7960	0.7830

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวอย่างการคำนวณ

สารสกัดจากตัวอย่างอัลบิโดของส้มโอพันธุ์สายน้ำผึ้งในขั้นตอนบดสด

ใช้ปริมาณของตัวอย่างสารสกัดเท่ากับ 0.85 มิลลิลิตร

ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุมที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ที่เวลา 30 นาทีเท่ากับ 0.7730

ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างสารสกัดที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ที่เวลา 30 นาทีเท่ากับ 0.2420

แทนค่าสูตร ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (%) = $[(1 - 0.2420)/0.7730] \times 100$

$= 98.06\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์หาความเป็นกรด – ด่างในอัลบิโดของเปลือกส้มโอ (ระติพร , 2549) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. อุปกรณ์

1.1 pH meter

1.2 Beaker

1.3 Homogeniser MSE

2. วิธีการวิเคราะห์

2.1 ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในถ้วย (Homogenizer flask)

2.2 เติมน้ำกลั่นลงไป 45 มิลลิลิตร ปั่นด้วยความเร็วสูง ประมาณ 30 วินาที

2.3 นำตัวอย่างไปวัดค่า pH

ตารางที่ 1ง ค่าความเป็นกรด – ด่างของอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสด

ตัวอย่างอัลบิโดจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	pH			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
บดสด	6.16	6.00	6.08	6.08
หลังแช่ $CaCO_3$ 3%	8.73	8.65	8.77	8.72
หลังจากนึ่งในลังถึง	8.81	8.72	8.73	8.75
หลังจากแช่แข็ง 3 วัน	8.63	8.26	8.47	8.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

1. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 1จ ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณความชื้นทั้งหมดของอัลบิโด ของเปลือกส้มโอ 3 สายพันธุ์

Duncan(a)

pomelo	N	Subset for alpha = .05
	1	1
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี	2	73.3950
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่	2	73.4350
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	2	74.8350
Sig.		.063

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 2จ ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ของอัลบิโดของเปลือกส้มโอ 3 สายพันธุ์

Duncan(a)

pomelo	N	Subset for alpha = .05		
	1	2	3	1
เปลือกส้มโอพันธุ์ทองดี	2	1895.3605		
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่	2		2209.1280	
เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง	2			2744.4450
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3จ ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณความชื้นทั้งหมดของอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์สายน้ำผึ้งในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสด

Duncan(a)

process	N	Subset for alpha = .05					
	1	2	3	4	5	6	1
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 3 วัน	2	61.6250					
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 5 วัน	2		62.2850				
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 7 วัน	2			64.6900			
หลังจากนึ่งในลังถึง	2				65.3350		
หลังแช่ $CaCO_3$ 3 %	2					67.4300	
บดสด	2						74.4350
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000.

ตารางที่ 4จ ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างของอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสด

Duncan(a)

process	N	Subset for alpha = .05		
	1	2	3	1
บดสด	3	6.0800		
หลังจากแช่แข็ง	3		8.4533	
หลังแช่ $CaCO_3$ 3 %	3			8.7167
หลังจากนึ่งในลังถึง	3			8.7533
Sig.		1.000	1.000	.690

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5จ ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์สายน้ำผึ้งในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสด

Duncan(a)

process	N	Subset for alpha = .05	
	1	2	1
หลังจากนึ่งในลังถึง	3	44.46500	
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 5 วัน	3	48.98967	
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 7 วัน	3	50.52600	
หลังแช่ $CaCO_3$ 3 %	3	65.18067	
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 3 วัน	3	77.67567	
บดสด	3		2586.68000
Sig.		.106	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ตารางที่ 6จ ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของอัลบิโดของเปลือกส้มโอพันธุ์สายน้ำผึ้งในแต่ละขั้นตอนของกรรมวิธีการเตรียมใยอาหารสด

Duncan(a)

process	N	Subset for alpha = .05				
	1	2	3	4	5	1
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 7 วัน	3	25.9167				
หลังแช่ $CaCO_3$ 3 %	3		30.6600			
หลังจากนึ่งในลังถึง	3		32.3400	32.3400		
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 3 วัน	3			34.4533		
หลังจากแช่แข็งต่ออีก 5 วัน	3				44.9667	
บดสด	3					98.0567
Sig.		1.000	.313	.210	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวศิโรรัตน์ กาญจนสำราญวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 16 เมษายน 2529 ณ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายที่โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปีพุทธศักราช 2546 และได้ศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2547 ถึง 2550

นายณัฐพล บัวน้ำจืด เกิดเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2528 ณ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายที่โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปีพุทธศักราช 2546 และได้ศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2547 ถึง 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้