21082
หองสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

เครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

(Beverage with Extraction from rinds of orange)

นายประจักร ตั้นเส้ง รหัสนักศึกษา 45040844
นางสาวภัทริตา จันตะเคียน รหัสนักศึกษา 45040850
นายศุภเชษฐ์ พงศ์ดารา รหัสนักศึกษา 45040857

T096462

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....CG462
วัน,เดือน,ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

เครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

(Beverage with Extraction from rinds of orange)

จัดทำโดย

นายประจักร	ตั้นเส้ง	รหัสนักศึกษา	45040844
นางสาวภัทริตา	จันตะเคียน	รหัสนักศึกษา	45040850
นายศุภเชษฐ์	พงศ์ดารา	รหัสนักศึกษา	45040857

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 22 / 03 / 49

(ดร. กิตติชัย บรรจง)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายประจักร ตั้นเส้ง,นางสาวภัทริตา จันตะเคียน และนายศุภเชษฐ์ พงศ์ดารา 2549 : เครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้ม ภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.พอใจ ถามากร และดร.กิตติชัย บรรจง

บทคัดย่อ

การสกัดสารจากเปลือกส้มเขียวหวาน ส้มโอ และมะนาว พบว่า ส้มเขียวหวานให้สารสกัดปริมาณ 5.14 กรัมต่อ 100 กรัมเปลือกแห้ง(ความชื้น19.5 % น.น. เปียก) ส่วนเปลือกส้มโอและมะนาวให้สารสกัดน้อยมาก สารสกัดที่ได้มีสีน้ำตาลส้มเข้ม รสขม เมื่อนำสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานมาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดได้เท่ากับ 942.1 ไมโครกรัมต่อสารสกัด 1กรัม และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระวัดโดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay เท่ากับ 64.83 % เมื่อนำสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานไปใช้ในเครื่องดื่มรสเลมอนสีฟ้าที่พัฒนาขึ้น ได้เครื่องดื่มรสเปรี้ยว หวานปนขมเล็กน้อย โดยผู้ชิมให้คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยด้วย 5-point hedonic scaling ในระดับปานกลาง มีคะแนนเท่ากับ 3.52 เมื่อนำเครื่องดื่มนี้ ไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดได้ 54.2 ไมโครกรัมต่อเครื่องดื่ม 1 กรัม และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 2.62 % ซึ่งเมื่อเทียบกับสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานที่เจือจางด้วยเอทานอล 95 % พบว่ามีค่าน้อยกว่าเล็กน้อย โดยสารสกัดเจือจางมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดได้ 75.1 ไมโครกรัม ต่อสารสกัดเจือจาง 1 กรัมและมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 3.75 %

ประจักร ตั้นเส้ง
ภัทริตา จันตะเคียน
ศุภเชษฐ์ พงศ์ดารา 22 03 49

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่องเครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้มฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ต้องขอขอบคุณ ดร. กิตติชัย บรรจง และ ผศ.ดร. พอใจถามากร อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษนี้ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำสั่งสอนและให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ขอขอบคุณอาจารย์โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความรู้และข้อชี้แนะต่าง ๆทั้งในด้านการเรียนและการทำปัญหาพิเศษนี่ ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ได้ช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์และสารเคมี ขอขอบคุณพี่ปริญญาโทที่ให้คำแนะนำและให้สารเคมีมาใช้ในการทดสอบ ขอขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือตลอดมา

นายประจักร ตั้นเส้ง

นางสาวภัทร์ตา จ์นตะเคียน

นายศุภเชษฐ์ พงศ์ดารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 พืชตระกูลส้ม	2
2.2 อนุมูลอิสระ	3
2.3 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน(Antioxidant) หรือสารต้านอนุมูลอิสระ	4
2.4 สารประกอบโพลีฟีนอล	6
2.5 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ	6
2.6 ประโยชน์และหน้าที่ของสารสกัดจากเปลือกส้ม	8
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
3.1 วัตถุดิบ	11
3.2 อุปกรณ์	11
3.3 สารเคมี	11
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	12
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	19
4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกส้มเข้มข้น และวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ	19
4.2 การหาสูตรเครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานที่ได้	19
4.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ในเครื่องดื่มกับสารสกัดจากเปลือกส้มเจือจาง	19
4.4 สูตรเครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานที่ได้	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	23
5.1 สรุปผลการทดลอง	23
5.2 ข้อเสนอแนะ	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก ก	25
ภาคผนวก ข	26
ภาคผนวก ค	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 แสดงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และ ความสามารถ
ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay
ของสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน 20

4.2 แสดงผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่ม 3 สูตร 20

4.3 แสดงผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มสูตรเริ่มต้น 20

4.4 แสดงผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มสูตรปรับปรุงแล้ว 21

4.5 แสดงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถ 21
ในการต้านอนุมูลอิสระ ของเครื่องดื่ม และCrude เจือจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1	โครงสร้างของฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ	7
2.	การทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ	7
3	การอบเปลือกผลไม้ใน tray dryer	13
4	บีกเกอร์ที่ใส่ตัวอย่างสกัดไขมันด้วยเครื่อง Soxhlet	13
5	การสกัดไขมันด้วยเครื่อง Soxhlet	13
6	กรองด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ	14
7	การแช่ตัวอย่างที่ได้ใน Ethanol	14
8	การกรองแบบสุญญากาศ	14
9	สารสกัดที่กรองได้	14
10	การระเหยด้วยเครื่อง Rotary-Evaporator	15
11	สารสกัดที่ได้หลังจากการระเหย	15
12	สารสกัดเก็บในภาชนะ	15
13	สารสกัดผสมสารก่อนวัดค่าการดูดกลืนแสง	18
14	คิวเวทแก้ว	18
15	เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)	18
16	สารตัวอย่างที่ได้แช่ Hexane	18
17	เครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
คำนำ

1.1 คำนำ

เปลือกส้มกับเปลือกมะนาวเป็นส่วนที่เหลือมากจากการใช้ในแต่ละวัน และจากรายงานวิจัยต่าง ๆ พบว่าเป็นแหล่งที่มีสารพฤกษเคมี(phytochemical) หลายชนิดที่สำคัญได้แก่ ฟลาโวอยด์ (flavonoid)ต่าง ๆ โดยในพืชตระกูลส้มที่สำคัญมี 3 ตัว ได้แก่ ฟลาวานอล(flavanol),ฟลาโวน (flavone) และฟลาวาโนน(flavanone) ซึ่งมีรายงานว่า สารประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวมีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidation) และสารต้านอนุมูลอิสระ(antiradicals) นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดโรคมะเร็ง การเจริญของจุลินทรีย์และไวรัส,ป้องกันการอักเสบของเนื้อเยื่อ รวมทั้งป้องกันการเกิดโรคหัวใจได้อีกด้วย (Montanari et al.. 1997 ;Benavente-Garcia et al.,1997)

นอกจากนี้พบว่าสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีมากในพืชตระกูลส้ม เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการบริโภคส้มกันมาก จึงน่าจะนำส่วนที่เหลือหลังจากการคั้นแล้ว คือ ส่วนเปลือก นำมาสกัดเอาสารฟลาโวนอยด์ตัวนี้ออกมาผสมในเครื่องดื่มที่มีอยู่แล้ว เช่น น้ำส้มที่คั้นได้ในตอนแรก หรือ ผสมเป็นเครื่องดื่มชนิดใหม่ขึ้นมา เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายมากขึ้นในท้องตลาด และเพิ่มมูลค่าของส่วนที่เหลือใช้ ลดปริมาณขยะที่มีอยู่มากให้ลดลงไปด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ผสมสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดได้จากเปลือกส้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 พืชตระกูลส้ม

พืชตระกูลส้ม (Citrus fruit) มีทั้งหมด 130 สกุลและ 1500 ชนิด (วัฒนา, 2538) มีทั้งเป็นทั้งไม้ยืนต้น ไม้ล้มลุกและไม้พุ่ม มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนและกึ่งร้อนของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และพบมากในเขตมรสุมที่ค่อนข้างแห้งแล้ง จึงมีการปลูกกันทั่วโลกในบริเวณพื้นที่เขตร้อนและกึ่งร้อน โดยเฉพาะในสภาพกึ่งร้อนของภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน

การแบ่งพืชตระกูลส้ม สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มได้ ดังนี้

1. กลุ่มของส้มเกลี้ยงและส้มตรา (Orange group)
2. กลุ่มของส้มเขียวหวานและส้มจีน (Tangerin and Mandarin group)
3. กลุ่มของส้มโอและเกรฟฟรุต (Pomelo and Grapefruits)
4. กลุ่มของมะนาว (Common Acid Members group)

2.1.1 กลุ่มของส้มเกลี้ยงและส้มตรา แยกออกเป็น

2.1.1.1 ส้มที่มีรสหวาน (Sweet Orange) ชื่อพฤกษศาสตร์ คือ Citrus sinesis เป็นกลุ่มส้มที่ใหญ่ที่สุดและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ แบ่งออกได้หลายชนิด ได้แก่

- พวกส้มธรรมดา (Common Orange) นิยมปลูกกันแพร่หลาย
- พวกส้มที่มีน้ำตาลหรือ ไม่มีกรด (Sugar or Acidless orange) เป็นกลุ่มส้มที่มีเปอร์เซ็นต์กรดต่ำมาก มีเพียง 0.1% เท่านั้น จึงมีรสชาติหวานมาก
- พวกส้มทีมีสีเข้ม (Pigmented or Blood orange) มีลักษณะคล้ายส้มพวกแรกจะแตกต่างกันคือเนื้อผลมีสีแดง หรือสีชมพู
- พวกส้มเนเวล (Navel orange) ผลส้มชนิดนี้ไม่ค่อยมีเมล็ด เช่น พันธุ์วอชิงตันเนเวล

2.1.1.2 ส้มที่มีรสเปรี้ยวหรือมีรสออกขม มีชื่อทั่วไปว่า Sour or Biter oranges ชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า Citrus anrantium ลักษณะของส้มคล้ายกับพวกแรก แต่มีลักษณะย่อยๆ ที่ผิดไป เช่นใบและผลจะมีสีเข้มกว่า ส้มพันธุ์นี้ไม่นิยมรับประทานสด ส่วนใหญ่มักใช้เป็นแยมผิวส้ม หรือทำน้ำส้มคั้น รวมทั้งนำมาสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหย

2.1.2 กลุ่มส้มเขียวหวานและส้มจีน แบ่งออกเป็น 4 พวก คือ

2.1.2.1 ซัสซูมา แมนดาริน (Satsuma Mandarin) ชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ Citrus unshiu Mar. มีถิ่นกำเนิดในประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 คิงส์ แมนดาริน (King Mandarin) ชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ Citrus noboilis มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน

2.1.2.3 เมดิเตอร์เรเนียน แมนดาริน (Mediterranean Mandarin) ชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ Citrus deliciosa ใช้ปลูกเป็นไม้ประดับ

2.1.2.4 คอมมอน แมนดาริน (Common Mandarin) ชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ Citrus reticulate Blanco ได้แก่ ส้มเขียวหวาน ส้มจีน

2.1.3 กลุ่มส้มโอและเกรฟฟรุต แบ่งได้เป็น

2.1.3.1 ส้มโอ มีชื่อทั่วไปว่า Pomelo และมีชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ Citrus grandis Linn. มีหลากหลายพันธุ์เช่น พันธุ์ขาวทองดี พันธุ์ขาวแป้น พันธุ์ทับทิม

2.1.3.2 เกรฟฟรุต ชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ Citrus paradisi

2.1.4 กลุ่มมะนาว (Common Acid Member) ได้แก่

2.1.4.1 ซิตรอน (citron) ชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ Citrus medica

2.1.4.2 เลมอน (lemon) ชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ Citrus limon สามารถแบ่งได้เป็น

- พวกที่มีรสเปรี้ยว (acid lemon)
- พวกที่มีรสหวาน (sweet lemon)
- anonmalous lemon

2.1.4.2 มะนาว (lime) เป็นไม้ยืนต้นขนาดย่อม ชื่อทางพฤกษศาสตร์คือ Citrus aurantifolia มีหลายพันธุ์ เช่น มะนาวไข่ มะนาวทวาย มะนาวปีนัง

2.2 อนุมูลอิสระ

โดยปกติแล้วโมเลกุลของสสารทุกชนิดจะประกอบไปด้วยนิวตรอน โปรตอน และอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นอนุภาคที่โคจรอยู่นอกสุด และเป็นประจุไฟฟ้าที่ว่องไวมาก โมเลกุลจึงสูญเสียอิเล็กตรอนได้ง่าย ซึ่งทำให้โมเลกุลเหล่านี้เสียความเสถียรไป โมเลกุลนั้น ๆ ก็จะไปดึงเอาโมเลกุลข้างเคียงมาคู่กับตัวเอง เพื่อทำให้มันเสถียรดังเดิม โดยลักษณะธรรมชาติของโมเลกุล อนุมูลอิสระและปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนประจุอิเล็กตรอนก็จะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา

อนุมูลอิสระ คือ โมเลกุลที่สูญเสียอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดไป ทำให้ตัวมันเองไม่สามารถคงความเสถียร ดังนั้นอนุมูลเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆได้หลายรูปแบบ เช่น

$$H^{\cdot} + H^{\cdot} \longrightarrow H_2$$

อนุมูลไฮโดรเจนอิสระ โมเลกุลของไฮโดรเจน

ในขณะเดียวกันอนุมูลอิสระอาจทำปฏิกิริยากับอนุมูลหรือโมเลกุลที่คงตัวได้หลายแบบ เช่น ส่งผลต่ออิเล็กตรอนเดี่ยว ให้หรือรับอิเล็กตรอนเพิ่มเข้ามา หรือรวมตัวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งไม่ว่าจะเป็นแบบใดก็ตาม ผลที่ได้รับคือ อนุมูลหรือโมเลกุลที่คงตัวจะถูกเปลี่ยนเป็นอนุมูลอิสระ และปฏิกิริยาดังกล่าวนี้มักจะเกิดต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ ส่วนมากแล้วจะพบอนุมูลออกซิเจนอิสระเป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างได้แก่ อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์ (superoxide anion, $\dot{O}_2^-$), อนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, $\dot{O}H$), และอนุมูลเปอร์ออกซี (peroxy radical, $ROO^{\cdot}$) เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีโมเลกุลของออกซิเจนบางตัวที่มีความไวต่อการทำปฏิกิริยาสูง และอาจก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ และปฏิกิริยาลูกโซ่ในร่างกายได้ ตัวอย่างของโมเลกุลเหล่านี้ เช่น โมเลกุลออกซิเจนพลังงานสูง (singlet oxygen, O_2) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) ชนิดของอนุมูลอิสระสามารถแบ่งได้อย่างง่าย ๆ

2.2.2 ผลของอนุมูลอิสระต่อสุขภาพมนุษย์

จากการที่อนุมูลอิสระมีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวคือปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป้าหมายที่จะเกิดความเสียหายจากปฏิกิริยาได้แก่ ไขมัน โปรตีน หรือ ดีเอ็นเอ ภาวะที่มีการทำลายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชันมากๆ จะเป็นผลร้ายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อและเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคร้ายต่างๆ

ออกซิเดชัน คือ ปฏิกิริยาการเติมออกซิเดชันให้แก่ธาตุหรือสาร หรือการลดจำนวนอิเล็กตรอนธาตุคาร์บอนอินทรีย์ที่ถูกเติมออกซิเจนจนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์จะหมดศักยภาพของความเป็นสารที่มีสมบัติทางชีววิทยา เชื้อจุลินทรีย์และพืชที่สังเคราะห์แสง พยายามที่จะเพิ่มสถานะของคาร์บอนให้เป็นรีดิวซ์คาร์บอน คือการเปลี่ยนจากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำให้เป็นสารอินทรีย์หรือสารอาหารเพื่อรักษาสภาพพลังงานที่มีประโยชน์ต่อชีวิตในเมตาบอลิซึมของเซลล์ ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขาดการควบคุมจะเกิดต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนเป็นอันตรายต่อเซลล์ และทำให้เป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ ตามมา เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดแข็งตัว

อนุพันธ์ของออกซิเจนว่องไว (reactive oxygen species, ROS) และอนุพันธ์ของไนโตรเจนว่องไว (reactive nitrogen species, RNS) เช่น อนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, ไฮเปอร์ออกไซด์, อนุมูลไฮดรอกซิล, เฟอร์ริลฮีมโปรตีน, อนุมูลไลปิดอัลคอกซิลและเปอร์ออกซิล เปอร์ออกซีไนไตรท์ ไนตริกออกไซด์ และอนุมูล, ไนโตรเจนไดออกไซด์ มีส่วนเกี่ยวข้องทำให้เกิดการพัฒนาของโรคต่างๆ

2.3 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant) หรือ สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านออกซิเดชัน คือ สารที่ทำหน้าที่ต่อต้านหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในที่นี้หมายถึงสารที่สามารถยับยั้งและควบคุมอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยปกติร่างกายจะมีระบบควบคุมป้องกันอนุมูลที่เรียกว่า ระบบแอนติออกซิแดนท์ ซึ่งจะสามารถป้องกันตัวเองจากอนุมูลอิสระได้ 2 วิธี คือร่างกายจะสร้างอนุมูลอิสระขึ้นมาทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากเมตาบอลิซึมประจำวัน และได้รับจากอาหารที่เรารับประทานเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 สารต้านออกซิเดชันที่พบในธรรมชาติ แบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. เอนไซม์ที่ผลิตขึ้นในเซลล์ร่างกาย ได้แก่ ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส,คาตาเลส, กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส และเมทไธโอนีนรีดักเทส(methionine reuctase) เป็นต้น
2. วิตามินต้านออกซิเดชัน ได้แก่ วิตามินอี ในถั่ว ธัญพืช รำ ข้าวกล้อง งา และวิตามินซี ในผลไม้ ผักสด เป็นต้น
3. แร่ธาตุ เช่น ลิเนียมและสังกะสีเป็นโคแฟคเตอร์(co-factors)ของเอนไซม์ต้านออกซิเดชัน
4. สารพฤกษเคมี(phytochemicals)เป็นสารเคมีจากพืชที่ไม่ใช่วิตามิน และสารอาหาร เช่น แคโรทีน(carotene),ไลโคพีน(lycopene),แซนโทฟิล(xanthophyl),แทนนิน(tannin) และ ฟลาโวนอยด์(flavonoid) เป็นต้น (ไมตรี สุทธิจิตต์ และคณะ,2543)

สารต้านออกซิเดชันที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหรือที่เรียกว่าสารกันหืนแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. สารกันหืนสังเคราะห์(synthesis antioxidant) ได้แก่ บิวทิลเลทไฮดรอกซียานิ-ซอล (Butylated hydroxyanisole (BHA)),บิวทิวเลทไฮดรอกซีโทลูอิน(Butylated hydroxytoluene (BHT),และโพลพิลแกลเลท (Propyl gallate) เป็นต้น

2. สารกันหืนธรรมชาติ คือ (natural antioxidant) ได้แก่ โทโคฟีรอล (tocopherols) ,ไฮดรอกซีไทโรซอล (hydroxytyrosol),กรดคาเฟอิก (caffeic acid), กรดไฟติก (phytic acid), และเฟอเลท (ferlate) เป็นต้น

โดยทั่วไปสารกันหืนสังเคราะห์ไม่เป็นที่ยอมรับ เพราะต้องตระหนักถึงความปลอดภัย ดังนั้น ผู้บริโภคต้องการใช้สารกันหืนจากธรรมชาติมากกว่าเพราะไม่ต้องกังวลถึงปริมาณที่เกินขีดความปลอดภัย สามารถเติมได้ตามความเหมาะสม เช่น สารโทโคฟีรอล และสารสกัดจากโรสแมรี แต่สารกันหืนตามธรรมชาติราคาแพง และบางกรณีต้องใช้ในปริมาณที่มากกว่าสารสังเคราะห์ เช่น น้ำมันพืชใช้ปริมาณสารสกัดจากโรสแมรีในปริมาณที่มากกว่าทีบีเอชคิว (TBHQ)อย่างไรก็ตาม มีสารกันหืนหลาย ๆ ชนิดให้เลือก เพราะแต่ละชนิดจะเหมาะสมกับอาหารแต่ละประเภท แต่ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของสารกันหืนด้วยว่าต้อง ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นรส ที่จะไปรบกวนต่อผลิตภัณฑ์

แอนติออกซิแดนท์ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ต้องไม่เป็นอันตรายต่อระบบทางสรีระวิทยา
2. ต้องไม่ทำลาย หรือสร้างกลิ่นในอาหาร
3. ไม่เปลี่ยนสี หรือเกิดสีในอาหาร
4. มีประสิทธิภาพในการยับยั้งออกซิเดชันเมื่อใช้ปริมาณเล็กน้อย
5. สามารถละลายได้ในไขมัน
6. มีความเสถียรต่อขบวนการแปรรูป
7. สามารถหาได้ง่ายและราคาไม่แพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สารประกอบโพลีฟีนอล

สารประกอบโพลีฟีนอลแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) และนอนฟลาโวนอยด์ (non-flavonoids)

1. ฟลาโวนอยด์ มี 12 กลุ่มย่อย ได้แก่ ฟลาโวน(flavone) ไอโซฟลาโวน (isoflavone) ฟลาโวนอล(flavonol)ฟลาวาโนน(flavanone) ฟลาวาโนนอล(flavanonol)ฟลาวานอล(flavanol)ลูโคแอนโธไซยานิน(lucoanthocyanin)แอนโทไซยานิน(anthocynin)ชาลโคน(chalcone)ไดไฮโดรชาลโคน(dihydrochalcone)ออโรน(aurone)และแซนโธน(xanthone)

2. นอนฟลาโวนอยด์ เช่น กรดแกลลิค (gallic acid)ไฮดรอกซีซินนาเมต (hydroxycinnamate). สติลบิเนส(stibinase)

2.4.1 ฟลาโวนอยด์

ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบโพลีฟีนอลพบมากในพืชชั้นสูง ทั้งราก, ลำต้น, ดอก, ผล, เมล็ด, เปลือก, ก้านดอก และละอองเกสรดอกไม้ โครงสร้างทางเคมีทั่วไปประกอบด้วย โครงสร้างไดฟีนิล-โปรเปน (C6-C3-C6) กลับกลุ่มฟีนอลลิคไฮดรอกซี ในธรรมชาติพบฟลาโวนอยด์มีมากกว่า 4000 ชนิด ฟลาโวนอยด์ส่วนใหญ่ที่พบจะอยู่ในรูปไกลโคไซด์ คือมีหมู่ไฮดรอกซิลหรือน้ำตาลเกาะที่ตำแหน่งที่ 3 เชื้อจุลินทรีย์ในระบบย่อยอาหารสามารถทำให้เกิดไฮโดรไลซิส อะไกลโคน จึงถูกปลดปล่อยออกมาจากไกลโคไซด์

Citrus flavonoids เป็นฟลาโวนอยด์ที่พบในพืชตระกูลส้ม มีมากกว่า 60 ชนิด สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มดังนี้

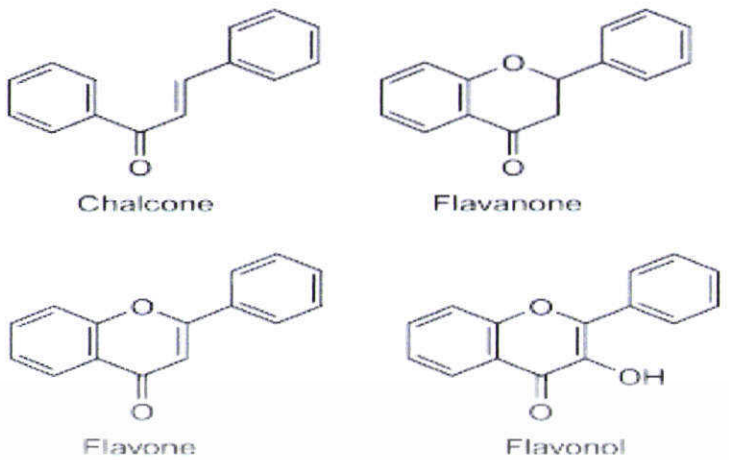
1. Flavonones เช่น Hesperidin, Narigin, Tangeretin
2. Flavones เช่น Apiginin, Luteotin, Diosmin
3. Flavonols เช่น Kaemferin, Quercetin, Myricetin
4. Anthocyanins พบใน Blood orange

มีรูปโครงสร้างในหน้า 7 ในพืชตระกูลส้ม Flavones เป็นฟลาโวนอยด์ที่พบมากที่สุดในพืชตระกูลส้มทุกสายพันธุ์ แต่ flavones และ Flavonols มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดีกว่า แม้จะพบในปริมาณที่น้อยกว่า

2.5 กลไกลการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ หมายถึง สารที่ทำลายอนุมูลอิสระโดยการจับกับอนุมูลอิสระลดการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดตั้งต้นหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่โดยการให้อิเล็กตรอน ดังรูปหน้าที่7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 โครงสร้างของฟลาโวนอยด์ชนิดต่างๆ

รูปที่ 2. การทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ประโยชน์และหน้าที่ของสารสกัดจากเปลือกส้ม

ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) สารต้านอนุมูลอิสระ พบในพืชประเภทต่าง ๆ ช่วยป้องกันไม่ให้คอเรสเตอรอลจับกับผนังหลอดเลือด โดยฟลาโวนอยด์จะไปเคลือบผนังหลอดเลือดไว้ ทำให้คอเรสเตอรอลไม่สามารถจับตัวกับผนังหลอดเลือดได้ ฟลาโวนอยด์ สามารถป้องกันความเสื่อมของเซลล์ต่างๆ อันเนื่องมาจากอนุมูลอิสระที่ได้มาจากปฏิกิริยา Oxidation สารสกัดฟลาโวนอยด์ทำงานเสริมกับสารสกัดเมล็ดองุ่น,สารสกัดเปลือกสนฝรั่งเศส,ไลโคปีน หรือสารสกัดชาเขียว

การวิจัยทางด้านอาหารส่วนใหญ่จะเน้นหนักไปที่ไวตามินและเกลือแร่เพราะถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญแต่ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) ก็เป็นกลุ่มอาหารกลุ่มหนึ่งที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย ฟลาโวนอยด์ เป็นสารที่พบในพืช ซึ่งส่วนใหญ่จะมีสี สีจะหลากหลายเหมือนสีรุ้ง สกัดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1930 โดย Albert Szent - Gyorgyri ซึ่งค้นพบไวตามินซี Szent-Gyorgyri พบว่าฟลาโวนอยด์ทำให้ผนังหลอดเลือดแข็งแรงขึ้น ในขณะที่ไวตามินซีไม่มีคุณสมบัตินี้ เขาได้ตั้งชื่อฟลาโวนอยด์ว่าไวตามิน P แต่เนื่องจากฟลาโวนอยด์ มีสูตรโครงสร้างที่แตกต่างกันจึงไม่ได้จัดอยู่ในกลุ่มไวตามิน ฟลาโวนอยด์ที่พบในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของอกลัยโคน (aglycone) อิสระหรือจับกับน้ำตาลเป็น กลัยโคไซด์ (glycoside) อกลัยโคนมีสูตรเป็น C6-C3-C6 การที่ค้นพบว่าฟลาโวนอยด์มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ก็เนื่องมาจากการศึกษาเหตุและผลที่ขัดแย้งกันของชาวฝรั่งเศส กล่าวคือ ชาวฝรั่งเศสรับประทานเนยและไขมันมากกว่าชาวอเมริกัน 4 เท่า และ 3 เท่าตามลำดับ นอกจากนี้ระดับไขมันในเลือดและความดันโลหิตก็ยังสูงกว่าชาวอเมริกันแต่ชาวฝรั่งเศสกลับ ตายด้วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบน้อยกว่าชาวอเมริกัน 2.5 เท่า ซึ่งได้พบว่าชาวฝรั่งเศสดื่มเหล้าองุ่นเป็นประจำ และพบว่าการดื่มเหล้าองุ่น 1-2 แก้วต่อวัน สามารถป้องกันโรคหัวใจได้ จากการศึกษาพบว่าเหล้าองุ่นแดงดีกว่าเหล้าองุ่นขาว ซึ่งแสดงว่าผลในการป้องกันนี้ไม่อยู่เพียงแค่แอลกอฮอล์

นักวิจัยชาวอิสราเอล โดยการนำของ Lavy(1994)ศึกษาผลของการดื่มเหล้าองุ่นแดงและขาวพบว่าผู้ที่ดื่มเหล้าองุ่นแดงจะมี high density lipoprotein (HDL) ซึ่งเป็น cholesterol ดี สูงถึง26 % และ apolipoprotein A-1 ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับ HDL เพิ่มขึ้น 12 % แต่ระดับของ HDL ไม่เปลี่ยนแปลงในคนที่ดื่มเหล้าองุ่นขาว

Folts(1995) ได้ทดลองเกี่ยวกับเหล้าองุ่นแดง ขาว และน้ำองุ่นดำที่ผสมแอลกอฮอล์ สรุปได้ว่าฟลาโวนอยด์ที่มีอยู่ในอาหารและเครื่องดื่มอาจไปหน่วงเหนี่ยวขบวนการเกิดแผ่นไขมัน ทำให้ป้องกันหลอดเลือดตีบตันได้

Connor(1995) ยังได้พบว่าชาวฝรั่งเศสรับประทานผักซึ่งอุดมไปด้วยวตามิน แคโรตีน และฟลาโวนอยด์มาก นอกจากนี้ฟลาโวนอยด์ยังพบในใบชาต่าง ๆ เช่นเดียวกับ ฟลาโวนอยด์ที่พบในองุ่น ผลไม้ และผัก ซึ่งป้องกันโรคหัวใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hartog และ Feskens(1993) ได้ศึกษาการบริโภคและการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้ชาย 805 คน อายุ65-84 ปี พบว่า คนที่รับประทานฟลาโวนอยด์มาก ๆ ซึ่งมีใน ใบชา หัวหอมและแอปเปิ้ล จะเป็นโรคหัวใจหรือหัวใจล้มเหลวน้อยกว่าคนที่รับประทานฟลาโวนอยด์น้อย ซึ่งพบว่าฟลาโวนอยด์เป็นตัวกำจัดการเกิด oxidation ของ LDL ซึ่งเป็นตัวสำคัญในขบวนการเกิดแผ่นไขมัน

Imai และ Nakachi(1995) ได้ศึกษาผู้ชาย 1371 คน เป็นเวลานาน 40 ปี เกี่ยวกับการบริโภคและสุขภาพ พบว่า คนชราที่ดื่มน้ำชา 10 ถ้วยขึ้นไป จะมีระดับ cholesterol และ triglycerides ในเลือดต่ำกว่าผู้ชายที่ดื่มน้ำชาน้อย โดยผู้ที่ดื่มน้ำชามาก ๆ จะมีระดับ HDL ในเลือดสูงและมีระดับ LDL ในเลือดต่ำ นอกจากนี้ยังลดระดับของ enzyme บางชนิดในตับ ทำให้ลดโอกาสที่จะเป็นโรคตับ

Conney(1994) ได้ ทดลองให้หนูกินน้ำชาชนิดต่าง ๆ 4 ชนิด และฉายแสง UV หรือให้สารเคมีที่จะทำให้เกิดมะเร็ง พบว่าหนูที่กินน้ำชาจะมีจำนวนและขนาดของเนื้องอกลดลง ชาดำให้ผลดีมากที่สุด (93%) เมื่อเปรียบเทียบกับหนูที่ได้รับน้ำชาเขียวให้ผลเกือบเท่าชาดำ (88%) ชาดำและชาเขียวที่เอาคาเฟอีนออกให้ผลดีเพียง 77 และ 72 % ซึ่งอาจจะเป็นเพราะฟลาโวนอยด์สูญเสียไปในขบวนการที่เอาคาเฟอีนออกนอกจากนี้ ฟลาโวนอยด์ในถั่วเหลืองก็ยังมีผลต่อการลดระดับ cholesterol ในเลือด

Anderson(1995)พบว่าการบริโภคโปรตีนถั่วเหลือง 47 กรัมต่อวัน จะลดระดับcholesterol, LDL และ triglycerides ได้อย่างชัดเจน เนื่องจากปริมาณการบริโภคโปรตีนถั่วเหลืองอาจแตกต่างกัน Anderson ได้พิสูจน์ว่าถ้ารับประทานโปรตีนถั่วเหลือง 25 กรัมต่อวัน จะลดระดับ cholesterol ได้ประมาณ 8.9 % และ 50 กรัม จะลดได้ 17.4 % การรับประทานโปรตีนถั่วเหลืองทำได้ง่ายมาก โดยการดื่มนมถั่วเหลือง 1 ถ้วย (ประมาณ 250 ซีซี) จะได้โปรตีนประมาณ 4-10 กรัม เต้าหู้ 120 กรัม จะได้โปรตีน 8-13กรัม จะเห็นได้ว่าฟลาโว-นอยด์ให้คุณค่าทางอาหารมากพอ ๆ กับไวตามินและแร่ธาตุ ดังนั้นจึงควรรับประทานผัก ผลไม้ ชา และถั่วเหลืองให้มาก เพื่อป้องกันโรคมะเร็งและโรคหัวใจที่เกิดจาก Cholesterol

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยุทธนา สุดเจริญ(2547) กล่าวว่า ตามปกติร่างกายจะมีการป้องกันภาวการณ์สะสมสารอนุมูลอิสระอยู่ 2 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนแรกนั้นเกิดจากร่างกายที่จะต้องมีการสร้างเอนไซม์หรือกลไก เช่น เอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant enzymes) ขึ้นมาควบคุม อนุมูลอิสระให้อยู่ในปริมาณที่สมดุล ทั้งนี้ เพราะอนุมูลอิสระเหล่านี้มีหน้าที่ช่วยทำลายสิ่งแปลกปลอม ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกายเช่นกัน หาแต่เมื่อใดที่ร่างกายรับสารพิษจากภายนอกมาก เช่น การสูบบุหรี่โดนแสงแดดจ้า หรือเลือกรับประทานอาหารพวกมัน ปิ้ง ย่าง ฯลฯ จะส่งผลให้ระบบควบคุมสารพิษในร่างกายทำงานได้น้อยลง สารอนุมูลอิสระจะมีการสะสมตัวมากจนกลายเป็นสารพิษที่คอยทำร้ายร่างกายในทันที ดังนั้นกลไกการควบคุมสารต้านอนุมูลอิสระจากร่างกายอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอ มีความจำเป็นต้องพึ่งพาส่วนที่สองนั่น คือ กลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้มาจากวิตามินเอ ซี อี หรือเบต้าแคโรทีน ที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอาหาร รวมทั้งกลุ่ม polyphenols, flavonoids ที่พบในพืชผักและผลไม้ เพื่อไปช่วยเสริมสร้างระบบแอนตี้ออกซิแดนท์ในร่างกายให้มีประสิทธิภาพในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดีมากยิ่งขึ้น จึงลองเลือกผลไม้ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง เช่น ลำไย เงาะ ลิ้นจี่ ก่อน โดยหาในเมล็ด ซึ่งจากผลการศึกษาเป็นที่น่าสนใจมากคือพบว่า เมล็ดของผลไม้ดังกล่าวมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระพวก polyphenols และ flavonoids ค่อนข้างสูง จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า หนึ่งในสารสำคัญที่ได้จากการสกัดแยกของเมล็ดลำไย คือ อีลาจิก แอซิด (ellagic acid) ซึ่งเป็นสารป้องกันการก่อมะเร็ง (anticarcinogenic agent) และเป็นสารที่ป้องกันการก่อกลายพันธุ์ (antimutagenic compound) อีกทั้งยังพบในปริมาณที่สูงมากเมื่อเทียบกับพืชจำพวกราสเบอรี่ในผลการวิจัยจากต่างประเทศ สำหรับการทดสอบหาสารต้านอนุมูลอิสระ "จะเห็นได้ว่าบ้านเรายังมีทรัพยากรอีกมากที่ยังนำมาใช้ประโยชน์ได้ หากงานวิจัยชิ้นนี้ได้มีการศึกษาต่อยอดออกไป ซึ่งรวมถึงการทดสอบความเป็นพิษจนสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อวางจำหน่ายได้แล้วนั้น เชื่อว่าไม่เพียงเป็นตัวอย่างการแปรรูปของเหลือทิ้งราคาถูกให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น ยังช่วยลดปริมาณขยะ เพิ่มพูนรายได้ให้กับเกษตรกร และสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมาก ที่สำคัญยังเป็นการช่วยเพิ่มทางเลือกในการดูแลตัวเองสำหรับคนไทยในราคาที่ถูก"

การสกัดสาระสำคัญจากพืชด้วยวิธี Maceration เป็นวิธีการสกัดสารสำคัญจากพืช โดยวิธีหมักสมุนไพรกับตัวทำละลายในภาชนะที่ปิด เช่น ขวดปากกว้าง ขวดรูปชมพู่ หรือโถ เป็นต้น ทิ้งไว้ตามระยะเวลาของสมุนไพรที่ต้องการสกัด หมั่นเขย่าหรือคนบ่อย ๆเมื่อครบกำหนดเวลาจึงค่อย ๆ รินเอาสารสกัดออก พยายามบีบเอาสารละลายออกจากกาก (marc) รวมสารสกัดที่ได้นำไปกรอง การสกัดสารถ้าจะสกัดให้หมดจด (exhaust) อาจจำเป็นต้องสกัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง วิธีนี้มีข้อดีที่สารไม่ถูกความร้อน แต่เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองตัวทำละลายมาก (วันดี,2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

เปลือกส้ม,เปลือกมะนาว, เปลือกส้มโอ, เปลือกมะนาว

3.2 อุปกรณ์

1. มีด
2. บีกเกอร์
3. กระบอกตวง
4. Erlenmeyer Flask
5. เครื่อง Tray dry
6. ช้อนตักสาร
7. แท่งแก้วคน
8. เครื่องกรองสุญญากาศ
9. กระดาษกรอง
10. กระบอกน้ำกลั่น
11. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
12. เครื่องสกัดซอกซ์เล็ต (Soxhlet apparatus)
13. เครื่องปั่น (Blender)
14. เครื่องผสม(Vortex Mixer)
15. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)
16. เครื่องระเหย (Rotary-Evaporator)

3.3 สารเคมี

1. Diethyl ether
2. Ethanol 95 %
3. Hexane
4. Folin-Ciocalteu
5. Na_2CO_3
6. DPPH (1,1-diphenyl-2piaryl hydrazyl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 การเลือกชนิดของผักและผลไม้

คัดเลือกโดยการนำไปสกัดสารสกัดจากเปลือกแล้วดูปริมาณว่าชนิดให้ปริมาณมากที่สุดจากปริมาณสารตั้งต้นที่เท่ากัน

3.4.2 ศึกษากระบวนการสกัดสาร โพลีฟีนอลที่มีอยู่ในเปลือกส้มเขียวหวาน

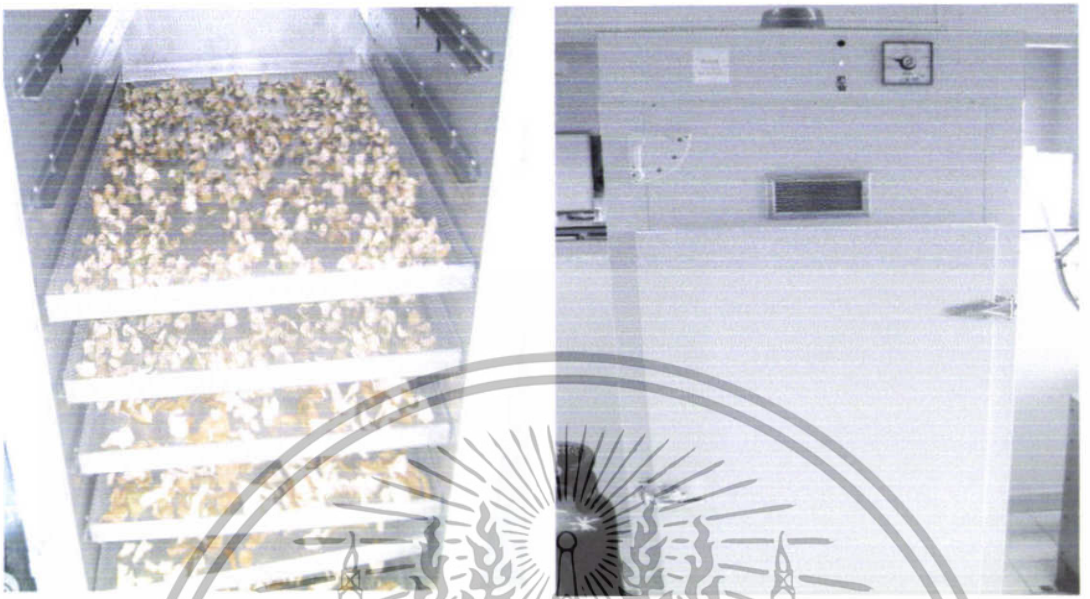
3.4.3 การสกัดสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์(วันดี,2538)

1. ปอกเปลือกผลไม้ทั้ง 3 ชนิด
2. นำเปลือกผลไม้(เปลือกส้ม)มาอบให้แห้งโดยใช้ tray dryer ดังรูปที่ 3 หน้า 13
3. นำตัวอย่างแห้งมาบดให้ละเอียด
4. นำตัวอย่างที่บดแล้ว 10 กรัมมาสกัดไขมันด้วยเครื่อง Soxhlet โดยใช้ diethylether เป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4 และ ในหน้า 13
5. จากนั้นนำตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้วมาทำการกรองด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ โดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ดังรูปที่ 6 หน้า 14
6. นำกากไปทำการสกัดต่อ โดยการนำไปแช่ใน Ethanol 50 ml. 24 ชั่วโมง ดังรูป 7 หน้า 14
7. กรองด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ดังรูปที่ 8 และ 9 ในหน้า 14
8. นำของเหลวที่ได้จากการกรองไประเหยด้วยเครื่อง Rotary-Evaporator จนเหลือปริมาตร 10 ml. นำไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 65 °C ได้สารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน ดังรูปที่ 12 หน้า 10
9. วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay

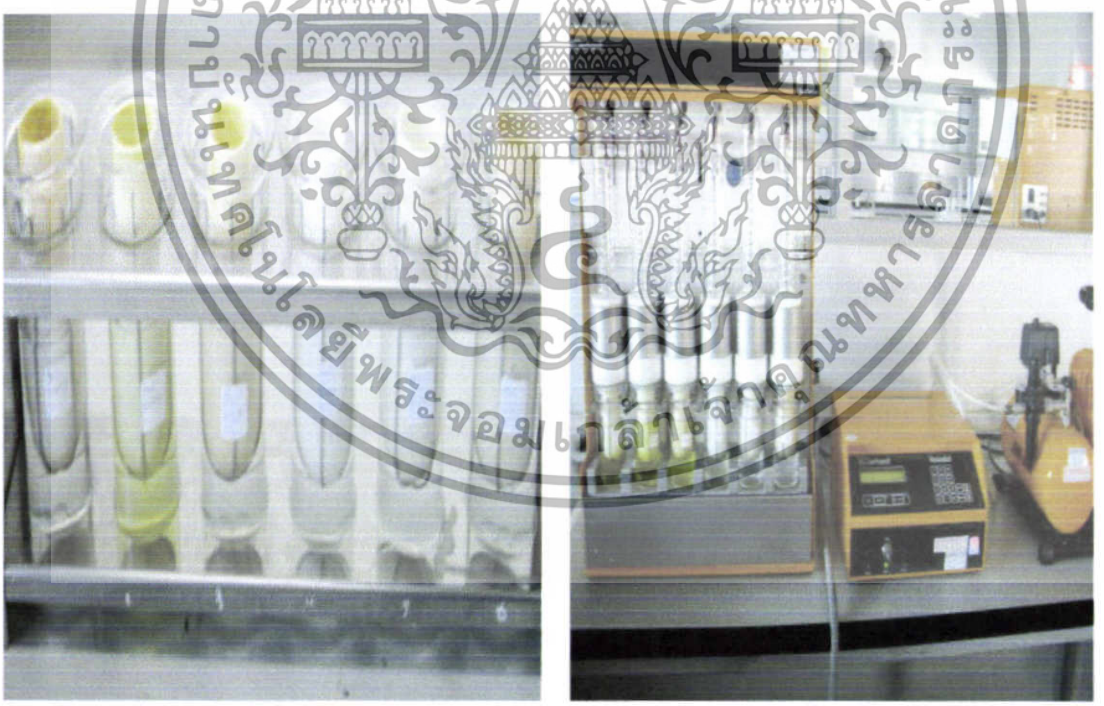
3.4.4 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด(Yieldrin และคณะ, 2001)

ปิเปตสารที่สกัดได้ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองปริมาณ15 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่น 9.5 มิลลิลิตร และสารละลาย Folin-Ciocalteu 0.5 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 10 % ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่น แทนการสกัดสำหรับ Blank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



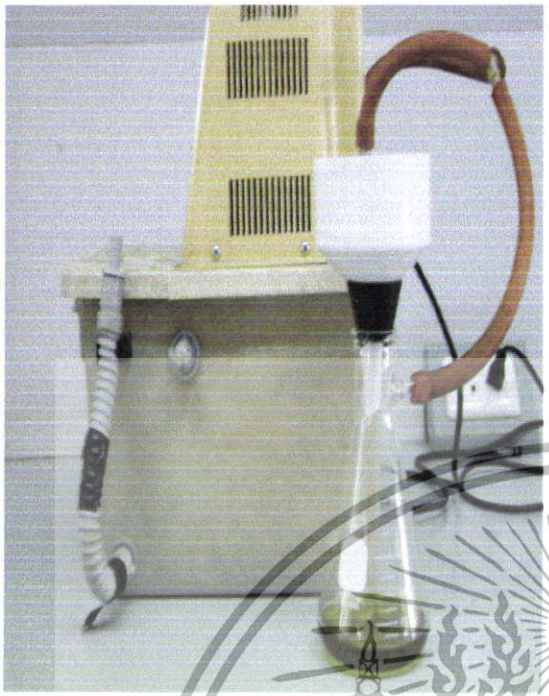
รูปที่ 3 การอบแป้งผลไม้ใน tray dryer



รูปที่ 4 บีกเกอร์ที่ใส่ตัวอย่างเสกัดไขมันด้วยเครื่อง Soxhlet

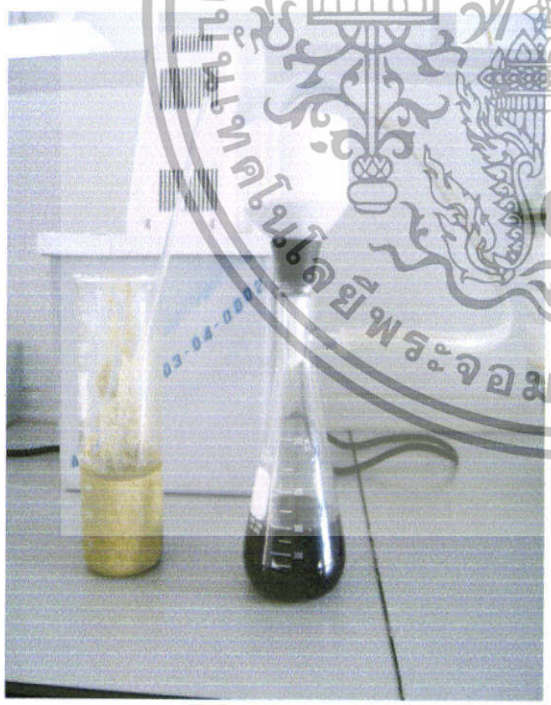
รูปที่ 5 การสกัดไขมันด้วยเครื่อง Soxhlet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

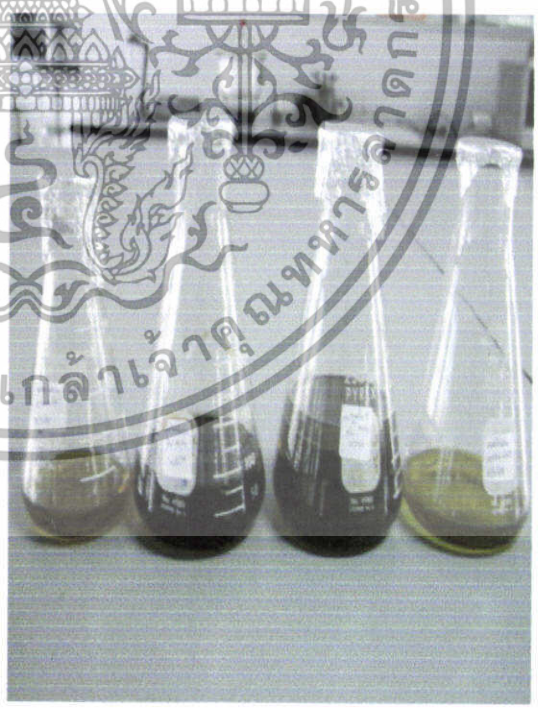


รูปที่ 6 การกรองด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ

รูปที่ 7 การแช่ตัวอย่างที่ได้ใน Ethanol



รูปที่ 8 การกรองแบบสุญญากาศ



รูปที่ 9 สารสกัดที่กรองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 10 แสดงการระเหยด้วยเครื่อง Rotary-Evaporator

รูปที่ 11 แสดงสารสกัดที่ได้หลังจากการระเหย

รูปที่ 12 แสดงสารสกัดเก็บในภาชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 วิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay (Brand-Williams และคณะ,19995)

ปิเปตสารสกัดที่ได้ 0.07 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเติมเอทานอล40 % ให้มีปริมาตร 5.4 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 mM (ชั่ง DPPH 0.007 กรัม ละลายในเอทานอล 95 % 20 มิลลิลิตร) ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตรลงไปผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ใช้เอทานอล 40 % เป็นสารควบคุม โดยปิเปตเอทานอล 95 % แทนตัวอย่างสารสกัด คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay ตามสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH} = (1- \frac{Asample}{Acontrol}) \times 100$$

A sample = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของตัวอย่างสารสกัด

A control = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

3.4.6 การสกัดสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานเพื่อนำไปทำเครื่องดื่ม

1. นำเปลือกผลไม้(เปลือกส้ม)มาอบให้แห้งโดยใช้ tray dry
2. นำตัวอย่างแห้งมาบดให้ละเอียด
3. นำตัวอย่างที่บดแล้ว 200 กรัม มาแช่ Hexane ซึ่งเป็นตัวทำละลาย เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อสกัดเอาไขมันออก
4. จากนั้นนำตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้วมาทำการกรองด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
5. นำกากไปทำการสกัดต่อโดยการนำไปแช่ใน Ethanol 500 ml. 24 ชั่วโมง
6. จากนั้นกรองด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศโดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
7. นำของเหลวที่ได้จากการกรองไประเหยด้วยเครื่อง Rotary-Evaporator จนเหลือปริมาตร 50 ml. แล้วนำไปอบให้แห้งในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 65 $^{\circ}C$ ได้สารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

3.4.7 ขั้นตอนการหาพัฒนาเครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

1. พัฒนาสูตรเครื่องดื่มได้ 3 รสชาติ ได้แก่ Red lemon juice ,Blue lemon juice, Green Orange juice นำมาทดสอบเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการนำไปใช้ทำเครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน โดยใช้วิธี 5- point hedonic scaling โดยเสนอตัวอย่างพร้อมกันหมด รายงานอัตราความชอบ/ไม่ชอบออกมาเป็นสเกล สเกลที่ใช้ในการทดลองนี้ 5 คะแนน ตามแบบรายงานการทดสอบในภาคผนวก ค
2. ผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานกับเครื่องดื่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรับสูตรเครื่องดื่มเมื่อผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

4. ทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาปริมาณสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานที่เหมาะสมที่ผู้บริโภคยอมรับโดยใช้วิธี Ratio Profile test เป็นการทดสอบดูเค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์ด้วยค่า Ratio ทำให้ผู้ชิมแสดงความมากน้อยของลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีการใช้ เส้น 2 เส้น ได้แก่

Sample score : ขีดเส้นตรงจุดที่คิดว่าตรงกับความรู้สึกของคุณ

Ideal score : บอกความมากน้อยของลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ผู้ชิมคิดว่าน่าจะเป็นหรือที่ผู้ชิมชอบและต้องการให้เป็น (มิใช่ลักษณะของตัวอย่างที่ชิม) ตามแบบรายงานการทดสอบในภาคผนวก ค

3.4.8 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด(Yieldrin และคณะ, 2001)

ทำการทดลองเช่นเดียวกับในข้อ 3.4.4 โดยใช้เครื่องดื่มที่ผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน แทนตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

3.4.9 วิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay (Brand-Williams และคณะ,19995)

ทำการทดลองเช่นเดียวกับในข้อ 3.4.4 โดยใช้เครื่องดื่มที่ผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน แทนตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

3.4.10 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด(Yieldrin และคณะ, 2001)

ทำการทดลองเช่นเดียวกับในข้อ 3.4.4 โดยใช้สารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานที่เจือจางด้วยเอทานอล 95% แทนตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

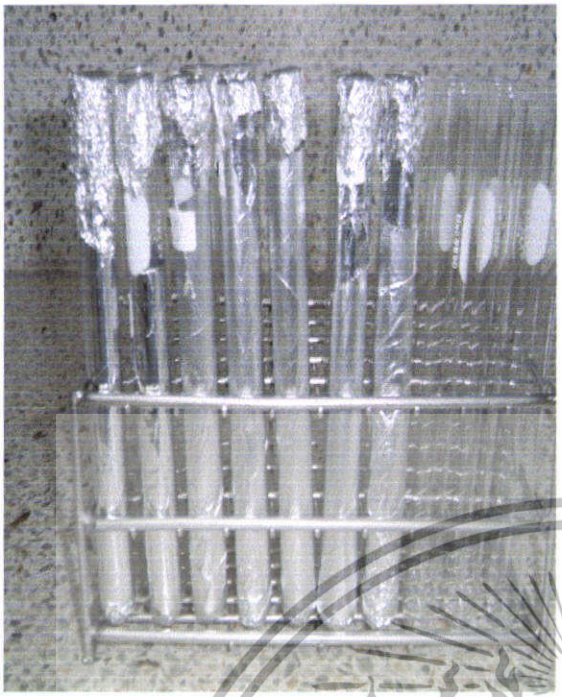
3.4.11 วิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay (Brand-Williams และคณะ,19995)

ทำการทดลองเช่นเดียวกับในข้อ 3.4.4 โดยใช้สารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานที่เจือจางด้วยเอทานอล 95% แทนตัวอย่างสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

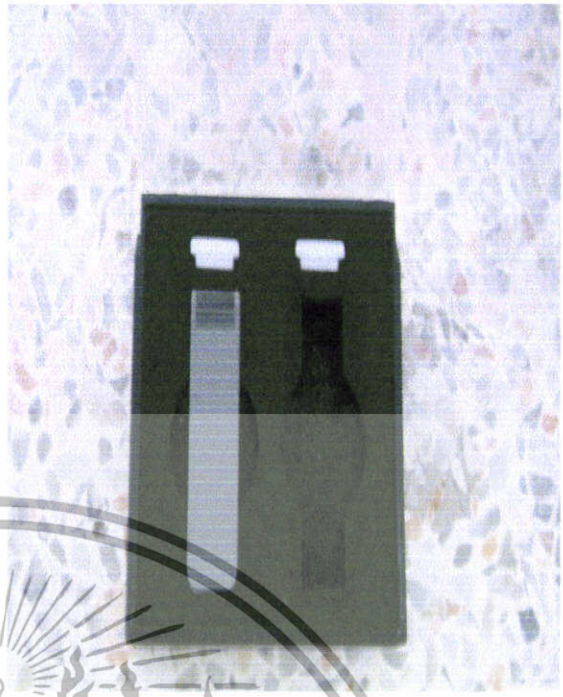
เปรียบเทียบผลที่ได้ของเครื่องดื่มกับสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานที่เราเจือจางให้มีความเข้มข้นเท่ากันกับเครื่องดื่มที่ผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

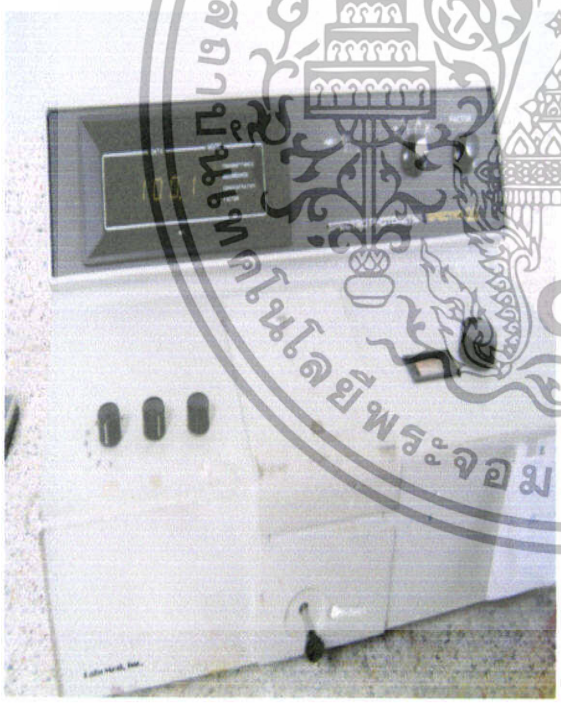
CC462



รูปที่ 13 สารสกัดผสมสารก่อนวัดค่าการดูดกลืนแสง



รูปที่ 14 คิวเวทแก้ว



รูปที่ 15 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง
(Spectrophotometer)

รูปที่ 16 แสดงสารตัวอย่างที่ได้แช่ Hexane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกส้มเข้มข้น และวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay

ผลการทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานเข้มข้น ตามวิธีการทดลองข้อ 3.4.4 คำนวณหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด โดยใช้กราฟมาตรฐานแกลลิคตามภาคผนวก ก และการหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay ตามวิธีการทดลองที่ 3.4.5 คำนวณค่าตามภาคผนวก ก ได้ค่าดังตารางที่ 4.1 หน้า 20 พบว่าในสารสกัดที่ได้ในมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในปริมาณ 942.10 $\pm$ 2.78 ไมโครกรัม ต่อสารสกัด1 กรัม และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 64.83 $\pm$ 8.70 %

4.2 การหาสูตรเครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานที่ได้

เลือก blue lemon juice เพราะ เมื่อพิจารณาจากความชอบโดยรวมแล้ว เครื่องดื่ม blue และ green ไม่มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ จึงตัด red lemon juice เมื่อพิจารณาสี blue lemon juice มีความแตกต่างทางนัยสำคัญกับ green orange juice ซึ่ง blue lemon juice มีความชอบมากกว่าอย่างเห็นได้ชัดตามตารางที่ 4.2 หน้า 20

เมื่อดูค่าจากตารางที่ 4.3 หน้า 20 จะเห็นว่าจะเกิดความแตกต่างในเรื่องกลิ่นและความขม จึงนำสูตรมาปรับปรุงแล้วทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสอีกครั้ง พบว่ากลิ่นยังคงมีความแตกต่างแต่เราถือว่าผู้ทดสอบก็ยอมรับได้ ตามตารางที่ 4.4 หน้า 21

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและวัดความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assayในเครื่องดื่ม กับ สารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานเจือจาง

จากตารางที่ 4.5 หน้า 21 พบว่าในเครื่องดื่มมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในปริมาณ 54.22 $\pm$ 0.42 ไมโครกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กรัม และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 2.62 $\pm$ 0.83 % ส่วนใน Crude เจือจางมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในปริมาณ 75.08 $\pm$ 2.08 ไมโครกรัม ต่อสารสกัดเจือจาง 1กรัม มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 3.75 $\pm$ 0.39 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay ของสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

ตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัม/ กรัม)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (%)
Crude เข้มข้น	942.10 ± 2.78	64.83 ± 8.70

ตารางที่ 4.2 แสดงผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่ม 3 สูตร

	Blue lemon juice	Rea lemon juice	Green orange juice
กลิ่น	3.35[a]	3.65[b]	3.35[a]
สี	4.09[b]	3.65[ab]	3.43[a]
ความหวาน	2.87[a]	2.48[a]	3.26[b]
ความเปรี้ยว	3.17[a]	3.04[a]	3.17[a]
ความขม	2.91[a]	3.04[a]	2.96[a]
ความชอบรวม	3.52[b]	3.09[a]	3.48[b]

ตารางที่ 4.3 แสดงผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มสูตรเริ่มต้น

	Ideal	Real
กลิ่น	3.74[a]	2.828
ความหวาน	3.36	2.816
ความเปรี้ยว	3.836	3.532
ความขม	1.556	2.452[a]
ความชอบรวม	4.396[a]	3.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21082

ตารางที่ 4.4 แสดงผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มสูตรปรับปรุงแล้ว

	Ideal	Real
กลิ่น	3.64[a]	2.912
ความหวาน	3.24	2.992
ความเปรี้ยว	3.916	3.44
ความขม	1.596	2.232
ความชอบรวม	4.444	3.848

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay ของเครื่องดื่ม และCrude เจือจาง

ตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (ไมโครกรัม/ กรัม)	% ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH
เครื่องดื่ม	54.22 ± 0.42	2.62 ± 0.83
สารสกัดเจือจาง	75.08 + 2.08	3.75 + 0.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สูตรเครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานที่ได้

ส่วนประกอบโดยประมาณ

- น้ำเชื่อมสีฟ้า 10 %
- น้ำเปล่า 31.4 %
- น้ำมะนาวสด 3.5 %
- โซดา 25 %
- น้ำเชื่อม (ความเข้มข้น 24 %) 30 %
- สารสกัดจากเปลือกส้ม 0.006 %

รูปที่ 17 แสดงเครื่องดื่มผสมสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในสารสกัดจากเปลือกส้มที่สกัดได้มีปริมาณ 942.10 ± 2.78 ไมโครกรัม ต่อสารสกัด 1 กรัมและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 64.83 ± 8.70 % สามารถนำไปผสมทำเป็นเครื่องดื่มได้ เมื่อสกัดสารสกัดจากเปลือกส้มนำมาผสมเป็นเครื่องดื่มมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดมีปริมาณ 54.22 ± 0.42 ไมโครกรัม ต่อเครื่องดื่ม 1 กรัมและ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 2.62 ± 0.83 %

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสเพื่อใช้ในการหาสูตรเครื่องดื่มที่ผู้บริโภคต้องการ โดยเริ่มต้นจากการหาสูตรที่ไม่มีการผสมสารสกัด พบว่าผู้บริโภคเลือกเครื่องดื่มสีฟ้า จึงนำเครื่องดื่มนี้มาทำพัฒนาต่อโดยผสมสารสกัดลงไปแล้วนำไปทดสอบกับผู้บริโภคพบว่าในเรื่องรสชาติ มีความขมมาก มีความหวานน้อย จึงปรับปรุงพัฒนาสูตรจนได้สูตรที่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคโดยผู้ชิมให้คะแนนความชอบรวมเฉลี่ยด้วย 5-point hedonic scaling ในระดับปานกลาง มีคะแนนเท่ากับ 3.52 นำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดได้ 54.2 ไมโครกรัมต่อเครื่องดื่ม 1 กรัม มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 2.62 % เมื่อเทียบกับสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานที่เจือจางด้วยเอทานอล 95 % พบว่ามีค่าน้อยกว่าเล็กน้อย โดยสารสกัดเจือจางมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 75.1 ไมโครกรัม ต่อสารสกัดเจือจาง 1กรัมมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 3.75 %

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ตัวสารสกัดจากเปลือกส้มที่ได้ในตอนนี้เป็นสารข้นหนืด หากต้องการให้เก็บสารสกัดตัวอย่างได้นานอาจนำไปเข้าเครื่อง Spay dryer จะได้สารที่แห้งเป็นผง สามารถนำไปใช้งานได้มากกว่าเดิม

2. ในการสกัดเพื่อนำไปใช้อาจไม่จำเป็นต้องสกัดเอาไขมันออกก็ได้ ถ้าสารสกัดนั้นเมื่อสกัดได้ออกมาแล้ว ผสมกับน้ำได้ไม่แยกชั้น จึงควรมีการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

วัฒนา สวรรยาธิบัติ.2538.**ส้ม.** : ศูนย์ส่งเสริมการฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

วันดี กฤษณพันธ์.2538. **การสกัดและตรวจสอบสาระสำคัญจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ.**: ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ

Benavente-Garcia, O., Castillo, J., Narin, F.R., Ortuno,A.,Del Rio,J.A. 1997. **Uses and Properties of citrus flavonoids**. J. Agri.Food Chem.45:4505

Brand-Williams W., Cuelier M.andBerset M.E.1995.**Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity**.Lebensm.-Wiss.u.Technol.28: 25-30.

Anonymous.2006."**MedicinesComplete**" [Online].Available:http://www.medicinescomplete.com /mc

Montanari,A., Widmer, W. and Nagy,S.1997. **Health promoting phytochemicals in citrus fruit and juice products**. In Functioal of food phytochemicals,Johns,A. and Romeo,B.,eds.New York: Plenum Press.

Anonymous.2006."**RUNNER CORNER**"[Online]. Available: http://www.runnercorner.com /runnercorner

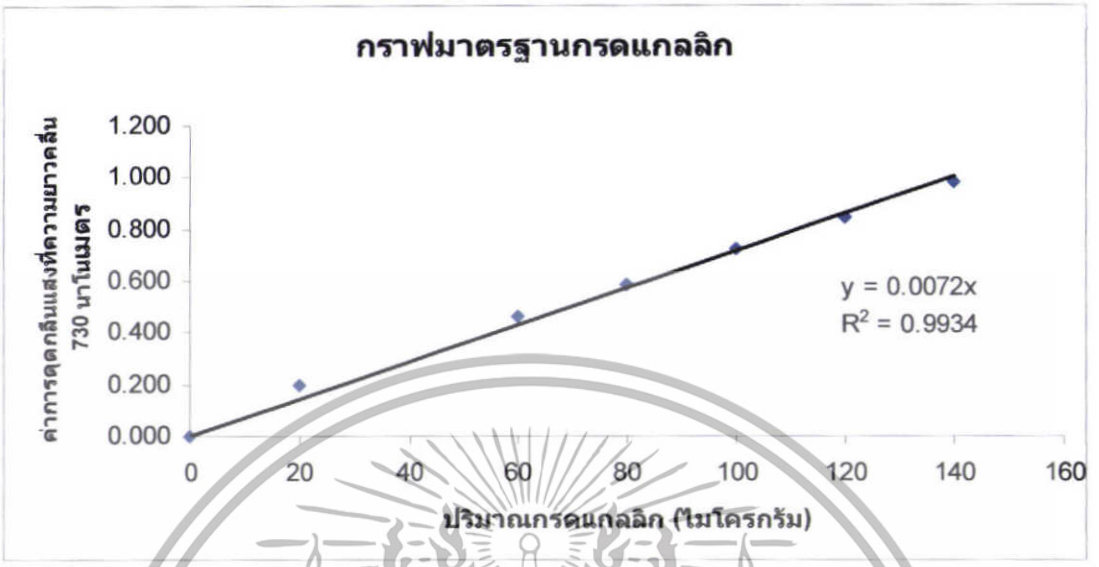
Anonymous.2006. "**SA Health.Info**"[Online]. Available:http://www.sahealthinfo.org /nutrition /vitamineral

Yildrin,A.,Mavi, A.and Kara, A. 2001.**Determination of Antioxidant and Antimicrobial Activity of Rumex cripus L. Extract**.J.Agr.Food Chem.49:4083-4089.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การคำนวณหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด



จากสมการกราฟสารละลายมาตรฐานของกรดแกลลิค $y = 0.0072x$; $R^2 = 0.9934$

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสารสกัดจากเปลือกส้มดังนี้

จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ 0.696 เป็นค่า y ตามกราฟ ไปแทนในสมการ $y = 0.0072x$ จะได้ปริมาณกรดแกลลิก 96.67 ไมโครกรัม(ได้ค่าในครั้งแรก โดยเราทดลอง 3 ซ้ำ)

ปริมาณสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน 0.5 มิลลิลิตร มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 94.21 ไมโครกรัม(ค่าที่ได้มาจากการเฉลี่ย)

ปริมาณสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน 500 มิลลิลิตร มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด94210 ไมโครกรัม

ดังนั้น ปริมาณสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน 100 กรัม มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 94210 ไมโครกรัม

จะได้ ปริมาณสารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน 1 กรัม มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 942.10 ไมโครกรัม

ตัวอย่างการคำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH free radical scavenging assay

$$\%\ \text{ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH} = \left(1 - \frac{Asample}{Acontrol}\right) \times 100$$

A sample = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของตัวอย่างสารสกัด

A control = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

แทนค่า $\text{ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระDPPH} = \left(1 - \frac{0.2375}{0.8420}\right) \times 100 = 71.79\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคัดเลือกสูตรเครื่องดื่ม

ในการคัดเลือกสูตรเครื่องดื่มที่ยังไม่ผสมสารสกัดจากเปลือกส้มจากเครื่องดื่ม 3 สูตร ดังนี้

สูตรที่ 1			สูตรที่ 2			สูตรที่ 3		
Blue lemon juice			Red lemon juice			Green Orange juice		
น้ำเชื่อมสีฟ้า-กลิ่นราสเบอรี่	100	g.	น้ำเชื่อม	340	g.	น้ำเชื่อมสีฟ้ากลิ่นราสเบอรี่	125	g.
น้ำเปล่า	315	g.	น้ำเปล่า	340	g.	น้ำเปล่า	281	g.
น้ำมะนาวสด	35	g.	น้ำมะนาวสด	34	g.	น้ำมะนาวสด	21	g.
โซดา	250	g.	โซดา	338	g.	น้ำส้ม	289	g.
น้ำเชื่อม	300	g.	ปริมาตรรวม	**1000**	g.	โซดา	284	g.
ปริมาตรรวม	**1000**	g.				ปริมาตรรวม	**1000**	g.

โดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส แบบ 5- point hedonic scaling ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ลำดับ	กลิ่น			สี		
	Blue lemon juice	**Red lemon juice**	**Green orange juice**	**Blue lemon juice**	**Red lemon juice**	**Green orange juice**
1	3	5	4	5	2	3
2	4	4	4	5	4	3
3	2	4	3	3	4	2
4	3	4	4	4	3	3
5	4	4	2	4	4	5
6	4	3	3	4	4	2
7	4	4	5	3	4	4
8	4	3	4	5	4	5
9	3	4	3	5	4	3
10	4	4	3	4	5	4
11	4	3	3	3	4	4
12	4	4	3	5	4	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	กลิ่น		สี			
	Blue lemon juice	Red lemon juice	Green orange juice	Blue lemon juice	Red lemon juice	Green orange juice
14	3	4	4	5	4	4
15	2	4	2	3	3	3
16	3	3	4	4	5	3
17	3	2	3	5	2	4
18	2	3	3	5	5	3
19	4	3	4	4	3	3
20	4	4	3	4	3	5
21	2	4	4	2	2	4
22	3	4	3	4	4	2
23	3	3	3	3	3	3
รวม	77	84	77	94	84	79
เฉลี่ย	3.35	3.65	3.35	4.09	3.65	3.43

ลำดับ	ความหวาน			ความเปรี้ยว		
	Blue lemon juice	Red lemon juice	Green orange juice	Blue lemon juice	Red lemon juice	Green orange juice
1	2	2	2	3	3	2
2	3	3	4	4	3	4
3	2	2	3	3	2	4
4	2	3	4	2	3	4
5	2	4	1	2	5	1
6	2	2	3	4	3	2
7	2	2	4	4	3	4
8	5	2	4	4	4	4
9	3	3	4	3	4	4
10	3	3	4	4	3	5
11	2	3	2	2	2	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ความหวาน		ความเปรี้ยว			
	Blue lemon juice	Red lemon juice	Green orange juice	Blue lemon juice	Red lemon juice	Green orange juice
13	5	4	2	5	3	3
14	4	2	4	4	4	3
15	3	1	3	3	3	2
16	2	2	4	2	1	3
17	3	1	4	2	3	2
18	1	4	4	2	4	4
19	4	3	4	4	2	4
20	4	2	2	4	4	4
21	3	2	4	2	1	3
22	4	2	3	3	4	2
23	2	2	3	3	3	3
รวม	66	57	75	73	70	73
เฉลี่ย	2.87	2.48	3.26	3.17	3.04	3.17

ลำดับ	ความขม			ความชอบรวม		
	Blue lemon juice	Red lemon juice	Green orange juice	Blue lemon juice	Red lemon juice	Green orange juice
1	3	2	2	4	3	3
2	3	3	3	4	3	4
3	2	3	3	3	2	1
4	2	3	4	2	3	5
5	2	4	1	2	4	2
6	4	4	2	4	4	2
7	3	3	2	4	4	5
8	3	3	4	4	4	5
9	3	3	3	3	4	4
10	3	3	3	5	4	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ความขม			ความชอบรวม		
	Blue lemon juice	Red lemon juice	Green orange juice	Blue lemon juice	Red lemon juice	Green orange juice
12	4	4	2	5	4	3
13	3	3	3	5	4	3
14	3	3	3	4	3	4
15	4	3	3	4	2	3
16	4	2	3	3	2	4
17	2	4	5	4	2	4
18	3	3	3	3	3	4
19	3	2	4	3	2	4
20	2	3	3	4	3	2
21	1	3	3	2	3	4
22	4	3	3	4	3	2
23	3	3	3	3	3	3
รวม	67	70	68	81	71	80
เฉลี่ย	2.91	3.04	2.96	3.52	3.09	3.48

คลิน

Oneway

Descriptives

Score

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blue	23	3.3478	.83168	.17342	2.9882	3.7075	2.00	5.00
Red	23	3 6522	.64728	.13497	3.3723	3.9321	2.00	5.00
Green	23	3.3478	.71406	.14889	3.0390	3.6566	2.00	5.00
Total	69	3.4493	.73837	.08889	3.2719	3.6267	2.00	5.00

ANOVA

Score

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.420	2	.710	1.315	.276
Within Groups	35.652	66	.540		
Total	37.072	68			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Score

	(I) Colour	(J) Colour	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	Blue	Red	-.30435	.21673	.165	-.7371	.1284
		Green	.00000	.21673	1.000	-.4327	.4327
	Red	Blue	.30435	.21673	.165	-.1284	.7371
		Green	.30435	.21673	.165	-.1284	.7371
	Green	Blue	.00000	.21673	1.000	-.4327	.4327
		Red	-.30435	.21673	.165	-.7371	.1284

ตาราง LSD ข้างบนเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ที่ระดับปัจจัย 3 ระดับ คือ ค่าชนิดของตัวอย่างในที่นี้ คือ Blue Red Green การอ่านผลดูในช่อง Sig. ของปัจจัยทีละคู่ คู่ใดมีความแตกต่างทางสถิติ จะมีค่า Sig. $< \alpha$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

Homogeneous Subsets

Score

	Colour	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan[a]	Blue	23	3.3478
	Green	23	3.3478
	Red	23	3.6522
	Sig.		.190

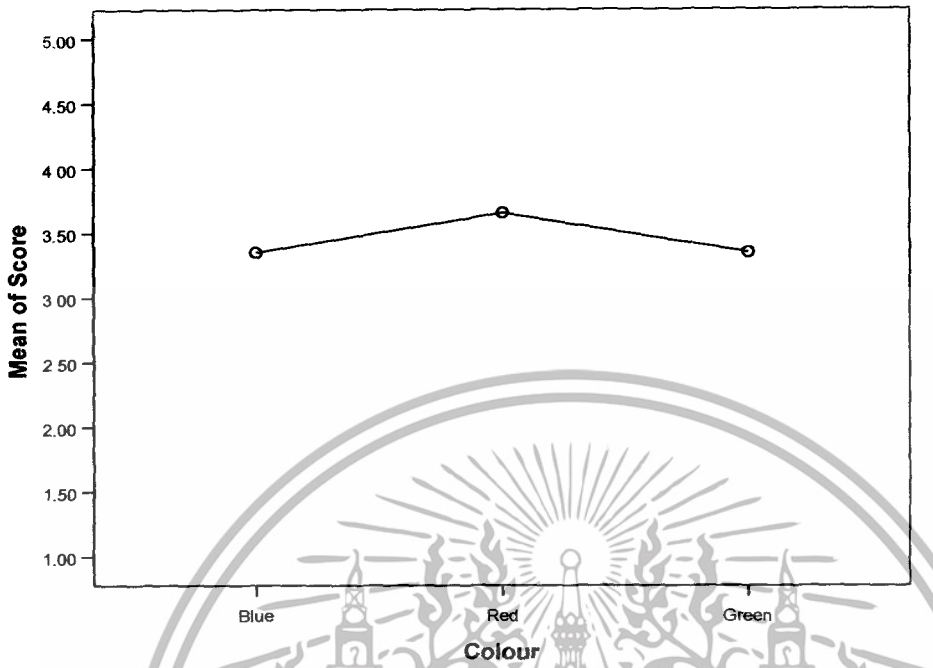
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 23.000.

ตาราง Duncan ข้างบนนี้ วิเคราะห์ที่ระดับ alpha = 0.05 แสดงค่าเฉลี่ย และความแตกต่างทางสถิติของปัจจัยระดับต่างๆ โดยที่ค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่อยู่ใน subset เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Means Plots



Oneway

Descriptives

Score

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blue	23	4.0870	.90015	.18770	3.6977	4.4762	2.00	5.00
Red	23	3.6522	.88465	.18446	3.2696	4.0347	2.00	5.00
Green	23	3.4348	.89575	.18678	3.0474	3.8221	2.00	5.00
Total	69	3.7246	.92170	.11096	3.5032	3.9461	2.00	5.00

ANOVA

Score

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5.072	2	2.536	3.177	.048
Within Groups	52.696	66	.798		
Total	57.768	68			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Score

	(I) Colour	(J) Colour	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	Blue	Red	.43478	.26349	.104	-.0913	.9609
		Green	.65217*	.26349	.016	.1261	1.1783
	Red	Blue	-.43478	.26349	.104	-.9609	.0913
		Green	.21739	.26349	.412	-.3087	.7435
	Green	Blue	-.65217*	.26349	.016	-1.1783	-.1261
		Red	-.21739	.26349	.412	-.7435	.3087

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตาราง LSD ข้างบนเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ที่ระดับปัจจัย 3 ระดับ คือ ค่าชนิดของตัวอย่างในที่นี้ คือ Blue Red Green การอ่านผลดูในช่อง Sig. ของปัจจัยทีละคู่ คู่ใดมีความแตกต่างทางสถิติ จะมีค่า Sig. $< \alpha$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

Homogeneous Subsets

Score

	Colour	N	Subset for alpha = .05	
			1	2
Duncan[a]	Green	23	3.4348	
	Red	23	3.6522	3.6522
	Blue	23		4.0870
	Sig.		.412	.104

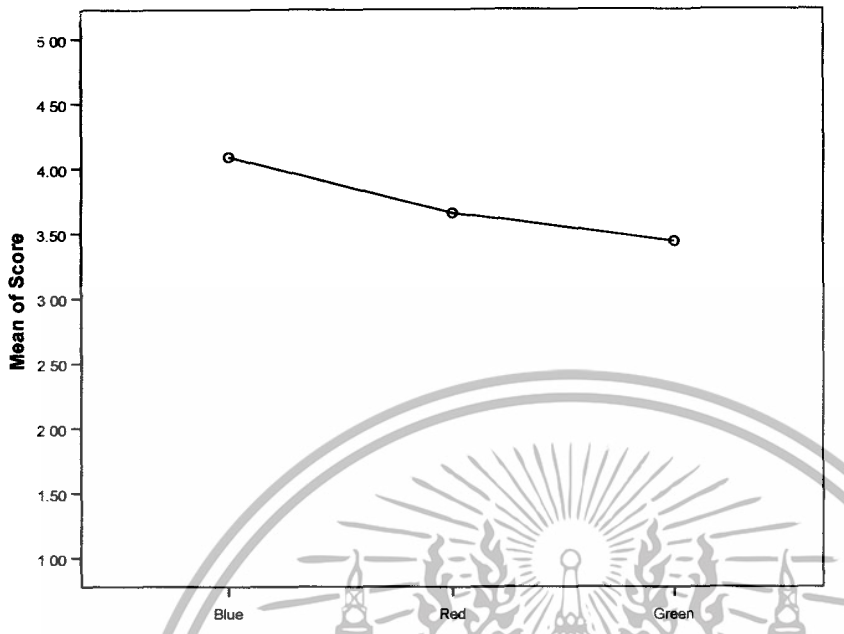
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 23.000.

ตาราง Duncan ข้างบนนี้ วิเคราะห์ที่ระดับ alpha = 0.05 แสดงค่าเฉลี่ย และความแตกต่างทางสถิติของปัจจัยระดับต่างๆ โดยที่ค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่อยู่ใน subset เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Means Plots



ความหวาน

Oneway

Descriptives

Score

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blue	23	2.8696	1.05763	.22053	2.4122	3.3269	1.00	5.00
Red	23	2.4783	.84582	.17637	2.1125	2.8440	1.00	4.00
Green	23	3.2609	.91539	.19087	2.8650	3.6567	1.00	4.00
Total	69	2.8696	.98389	.11845	2.6332	3.1059	1.00	5.00

ANOVA

Score

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.043	2	3.522	3.954	.024
Within Groups	58.783	66	.891		
Total	65.826	68			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Score

	(I) Colour	(J) Colour	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	Blue	Red	.39130	.27829	.164	-.1643	.9469
		Green	-.39130	.27829	.164	-.9469	.1643
	Red	Blue	-.39130	.27829	.164	-.9469	.1643
		Green	-.78261*	.27829	.006	-1.3382	-.2270
	Green	Blue	.39130	.27829	.164	-.1643	.9469
		Red	.78261*	.27829	.006	.2270	1.3382

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตาราง LSD ข้างบนเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ที่ระดับปัจจัย 3 ระดับ คือ ค่าชนิดของตัวอย่างในที่นี้ คือ Blue Red Green การอ่านผลดูในช่อง Sig. ของปัจจัยทีละคู่ คู่ใดมีความแตกต่างทางสถิติ จะมีค่า Sig. $< \alpha$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

Homogeneous Subsets

Score

	Colour	N	Subset for alpha = .05	
			1	2
Duncan[a]	Red	23	2.4783	
	Blue	23	2.8696	2.8696
	Green	23		3.2609
	Sig.		.164	.164

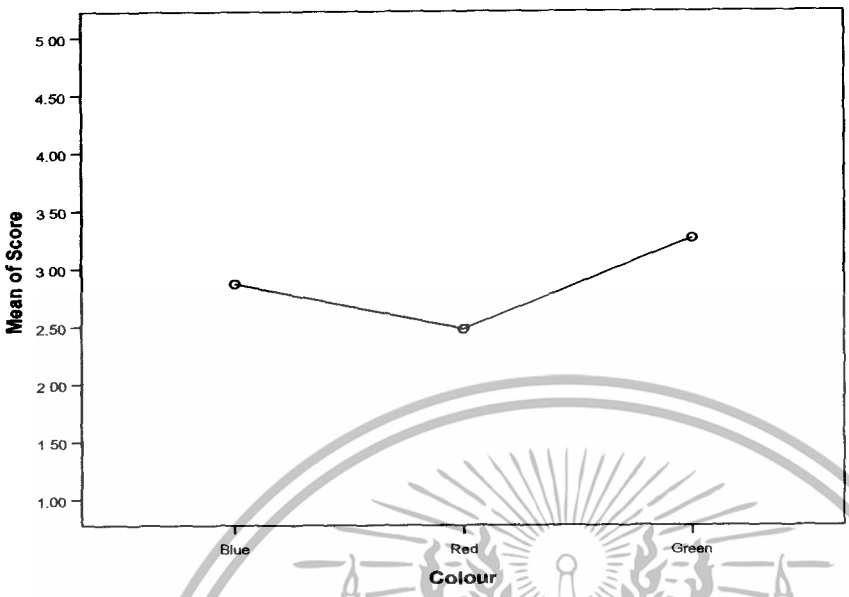
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 23.000.

ตาราง Duncan ข้างบนนี้ วิเคราะห์ที่ระดับ alpha = 0.05 แสดงค่าเฉลี่ย และความแตกต่างทางสถิติของปัจจัยระดับต่างๆ โดยที่ค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่อยู่ใน subset เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Means Plots



ความแปรปรวน

Oneway

Descriptives

Score

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blue	23	3.1739	.93673	.19532	2.7688	3.5790	2.00	5.00
Red	23	3.0435	.97600	.20351	2.6214	3.4655	1.00	5.00
Green	23	3.1739	.98406	.20519	2.7484	3.5995	1.00	5.00
Total	69	3.1304	.95352	.11479	2.9014	3.3595	1.00	5.00

ANOVA

Score

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.261	2	.130	.140	.870
Within Groups	61.565	66	.933		
Total	61.826	68			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Score

	(I) Colour	(J) Colour	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	Blue	Red	.13043	.28480	.648	-.4382	.6991
		Green	.00000	.28480	1.000	-.5686	.5686
	Red	Blue	-.13043	.28480	.648	-.6991	.4382
		Green	-.13043	.28480	.648	-.6991	.4382
	Green	Blue	.00000	.28480	1.000	-.5686	.5686
		Red	.13043	.28480	.648	-.4382	.6991

ตาราง LSD ข้างบนเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ที่ระดับปัจจัย 3 ระดับ คือ ค่าชนิดของตัวอย่างในที่นี้ คือ Blue Red Green การอ่านผลดูในช่อง Sig. ของปัจจัยที่ละคู่ คู่ใดมีความแตกต่างทางสถิติ จะมีค่า Sig. $< \alpha$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

Homogeneous Subsets

Score

	Colour	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan[a]	Red	23	3.0435
	Blue	23	3.1739
	Green	23	3.1739
	Sig.		.670

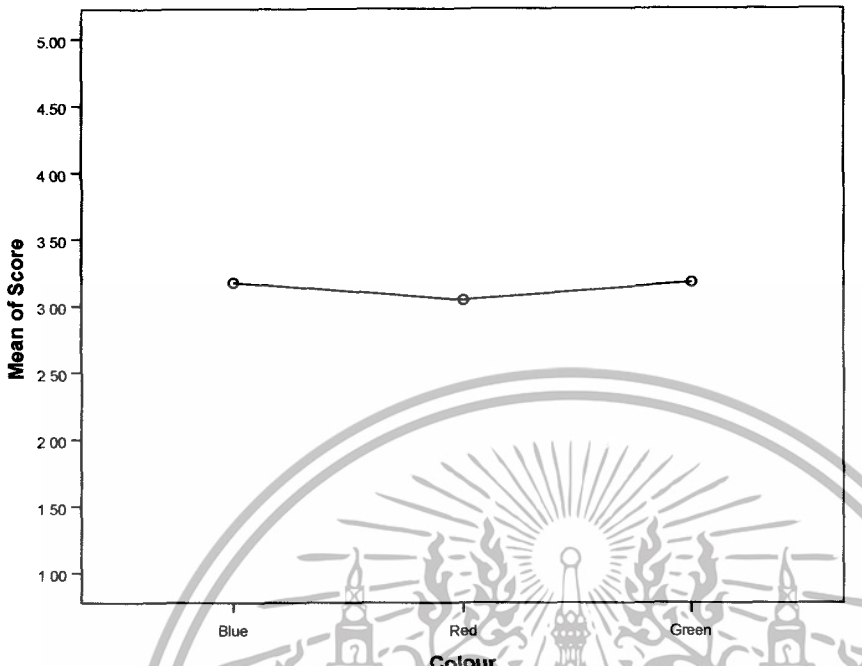
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 23.000.

ตาราง Duncan ข้างบนนี้ วิเคราะห์ที่ระดับ alpha = 0.05 แสดงค่าเฉลี่ย และความแตกต่างทางสถิติของปัจจัยระดับต่างๆ โดยที่ค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่อยู่ใน subset เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Means Plots



ความชม

Oneway

Descriptives

Score

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blue	23	2.9130	.79275	.16530	2.5702	3.2559	1.00	4.00
Red	23	3.0435	.56232	.11725	2.8003	3.2866	2.00	4.00
Green	23	2.9565	.82453	.17193	2.6000	3.3131	1.00	5.00
Total	69	2.9710	.72702	.08752	2.7964	3.1457	1.00	5.00

ANOVA

Score

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.203	2	.101	.187	.830
Within Groups	35.739	66	.542		
Total	35.942	68			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Score

	(I) Colour	(J) Colour	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	Blue	Red	-.13043	.21700	.550	-.5637	.3028
		Green	-.04348	.21700	.842	-.4767	.3898
	Red	Blue	.13043	.21700	.550	-.3028	.5637
		Green	.08696	.21700	.690	-.3463	.5202
	Green	Blue	.04348	.21700	.842	-.3898	.4767
		Red	-.08696	.21700	.690	-.5202	.3463

ตาราง LSD ข้างบนเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ที่ระดับปัจจัย 3 ระดับ คือ ค่าชนิดของตัวอย่างในที่นี้ คือ Blue Red Green การอ่านผลดูในช่อง Sig. ของปัจจัยที่ละคู่ คู่ใดมีความแตกต่างทางสถิติ จะมีค่า Sig. $< \alpha$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

Homogeneous Subsets

Score

	Colour	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan[a]	Blue	23	2.9130
	Green	23	2.9565
	Red	23	3.0435
	Sig.		.576

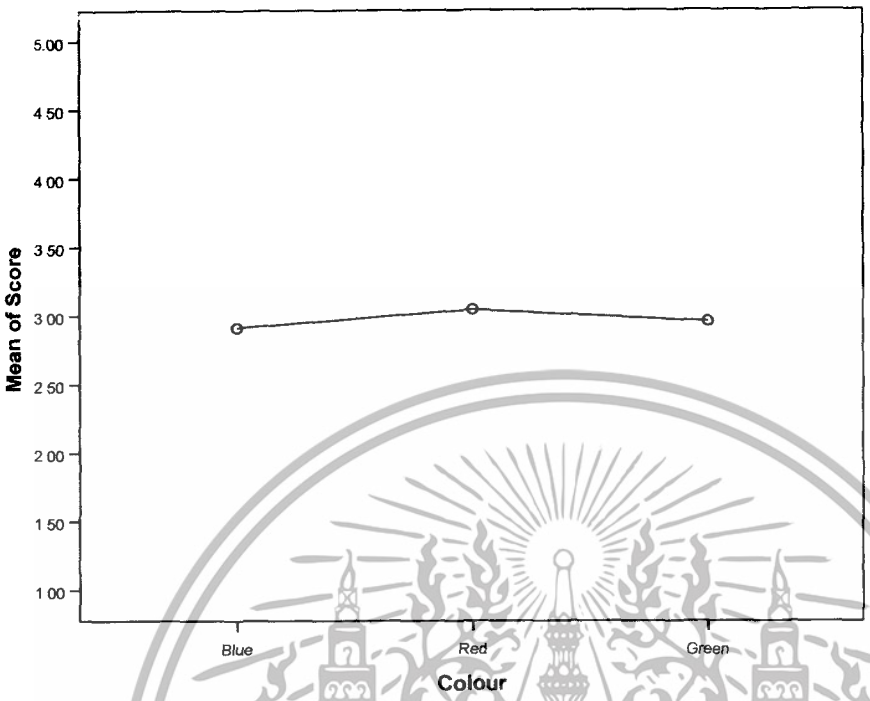
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 23.000.

ตาราง Duncan ข้างบนนี้ วิเคราะห์ที่ระดับ alpha = 0.05 แสดงค่าเฉลี่ย และความแตกต่างทางสถิติของปัจจัยระดับต่างๆ โดยที่ค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่อยู่ใน subset เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Means Plots



ความชอบรวม

Oneway

Descriptives

Score

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blue	23	3.5217	.94722	.19751	3.1121	3.9313	2.00	5.00
Red	23	3.0870	.79275	.16530	2.7441	3.4298	2.00	4.00
Green	23	3.4783	1.12288	.23414	2.9927	3.9638	1.00	5.00
Total	69	3.3623	.96970	.11674	3.1294	3.5953	1.00	5.00

ANOVA

Score

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.638	2	1.319	1.420	.249
Within Groups	61.304	66	.929		
Total	63.942	68			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Score

	(I) Colour	(J) Colour	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	Blue	Red	.43478	.28420	.131	-.1326	1.0022
		Green	.04348	.28420	.879	-.5239	.6109
	Red	Blue	-.43478	.28420	.131	-1.0022	.1326
		Green	-.39130	.28420	.173	-.9587	.1761
	Green	Blue	-.04348	.28420	.879	-.6109	.5239
		Red	.39130	.28420	.173	-.1761	.9587

ตาราง LSD ข้างบนเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ที่ระดับปัจจัย 3 ระดับ คือ ค่าชนิดของตัวอย่างในที่นี้ คือ Blue Red Green การอ่านผลดูในช่อง Sig. ของปัจจัยที่ละคู่ คู่ใดมีความแตกต่างทางสถิติ จะมีค่า Sig. $< \alpha$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

Homogeneous Subsets

Score

	Colour	N	Subset for alpha = .05
			1
Duncan[a]	Red	23	3.0870
	Green	23	3.4783
	Blue	23	3.5217
	Sig.		.154

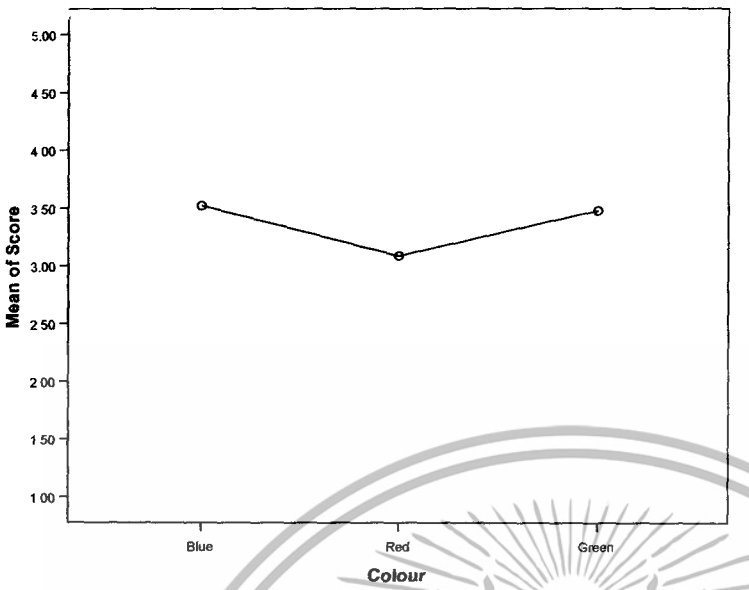
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 23.000.

ตาราง Duncan ข้างบนนี้ วิเคราะห์ที่ระดับ alpha = 0.05 แสดงค่าเฉลี่ย และความแตกต่างทางสถิติของปัจจัยระดับต่างๆ โดยที่ค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่อยู่ใน subset เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Means Plots



เมื่อได้สูตรเครื่องดื่มที่ต้องการแล้ว จึงนำมาใส่สารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวาน โดยใช้ความเข้มข้น 0.006 % W/W

Blue lemon juice น้ำเชื่อมสีฟ้า-		
กลิ่นราสเบอรี่	100	g.
น้ำเปล่า	315	g.
น้ำมะนาวสด	35	g.
โซดา	250	g.
น้ำเชื่อม	300	g.
ปริมาตรรวม	**1000**	g.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

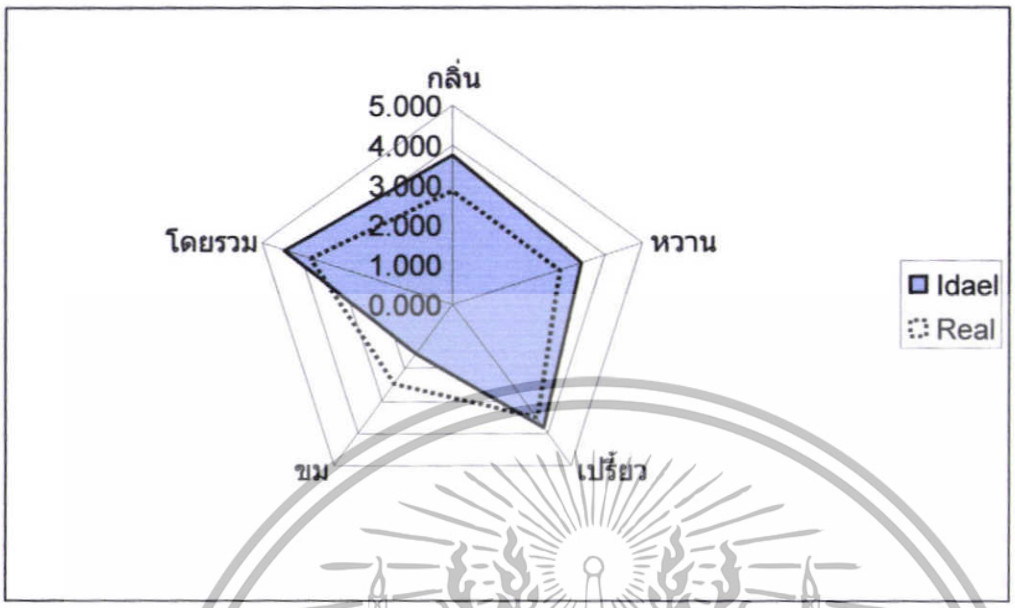
จากนั้นนำไปทำการทดสอบประสาทสัมผัส ได้ผลดังตาราง

ตาราง แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Ratio Profile test

ลำดับ	กลิ่น		หวาน		เปรี้ยว		ขม		โดยรวม	
	ideal	real	ideal	real	ideal	real	ideal	real	ideal	real
1	3.20	2.00	3.00	2.00	4.60	3.60	0.50	0.80	4.60	4.00
2	5.00	3.60	5.00	4.10	5.10	5.00	0.00	2.00	5.20	5.40
3	3.60	2.00	4.00	3.60	3.20	4.00	1.90	3.80	1.80	2.00
4	3.40	2.50	3.60	3.00	2.80	2.50	3.00	3.90	2.50	3.20
5	2.00	0.50	3.40	2.90	4.40	4.40	2.60	2.00	3.00	4.10
6	4.30	2.00	2.60	1.90	5.30	4.60	1.00	1.50	3.00	2.40
7	5.00	3.00	2.00	1.00	4.00	3.90	1.00	3.60	5.20	4.60
8	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00	0.30	0.90	4.60	3.00
9	4.00	3.80	4.20	3.50	3.50	3.90	0.90	2.00	3.50	2.70
10	5.00	2.30	4.00	3.50	4.00	4.20	1.20	2.00	5.00	5.00
11	3.00	2.40	3.20	2.60	3.90	3.30	2.00	2.70	4.00	3.80
12	4.60	3.10	3.60	3.60	4.20	2.00	2.90	5.30	3.60	2.70
13	4.80	4.00	2.60	1.80	3.00	1.80	3.70	4.10	5.20	4.20
14	3.00	1.80	4.00	4.60	3.00	1.00	1.40	1.80	6.00	5.00
15	3.00	4.00	5.00	2.20	5.00	3.10	0.80	1.50	5.80	2.60
16	4.80	4.00	2.00	0.90	4.00	3.40	1.60	2.00	4.50	2.90
17	3.60	3.30	2.80	1.80	4.20	2.40	0.70	4.00	5.70	4.20
18	2.00	2.00	2.00	2.20	3.00	3.90	1.00	3.10	3.40	3.00
19	3.70	4.00	3.00	3.00	3.80	3.70	2.80	3.00	4.80	4.90
20	3.00	2.80	5.10	4.00	3.70	3.00	4.30	4.00	4.00	3.00
21	4.00	3.30	4.00	2.80	2.60	3.00	0.50	0.70	5.10	4.00
22	3.50	3.00	1.40	2.00	5.00	4.20	1.00	1.00	4.50	4.10
23	5.00	3.00	3.50	3.10	5.00	4.00	0.90	1.40	5.00	4.50
24	5.00	4.60	3.00	2.80	2.00	4.60	2.00	2.40	3.90	3.90
25	3.00	1.70	4.00	4.50	3.60	3.80	0.90	1.80	6.00	4.80
เฉลี่ย	3.740	2.828	3.360	2.816	3.836	3.532	1.556	2.452	4.396	3.760

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำมาสร้างกราฟใยแมงมุม ได้ผลดังรูป



ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางนัยสำคัญด้วยโปรแกรม SPSS

เครื่องดื่ม Blue lemon juice ที่ได้จากการทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลปรากฏว่า มีความแตกต่างทางนัยสำคัญ ทำให้มีการนำมาปรับปรุงส่วนผสมใหม่ ดังนี้

Blue lemon juice

น้ำเชื่อมสีฟ้ากลิ่นราสเบอรี่	60	กรัม
น้ำเปล่า	320	กรัม
น้ำมะนาวสด	40	กรัม
โซดา	240	กรัม
น้ำเชื่อม	340	กรัม
รวม	1000	กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

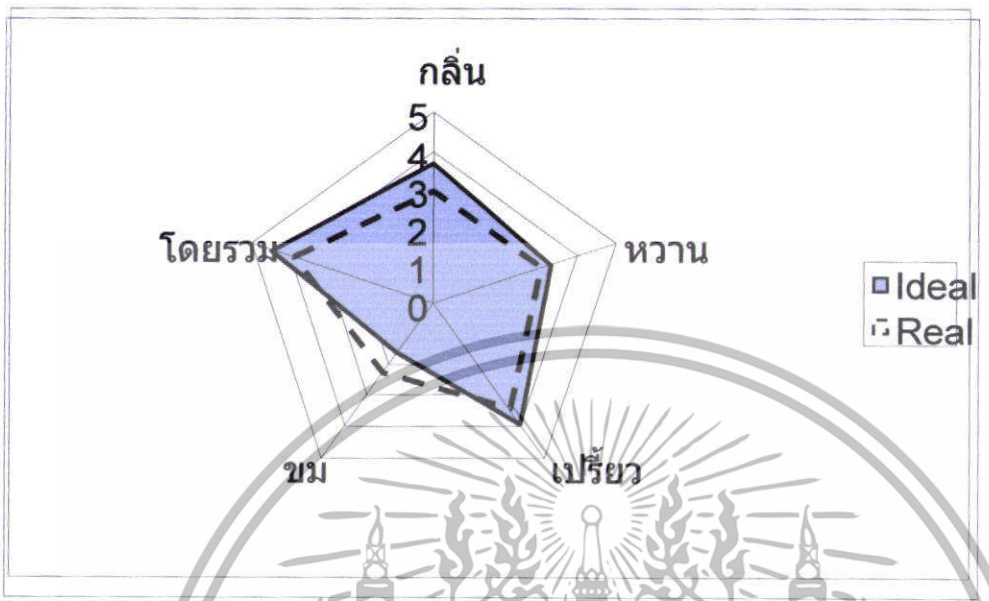
จากนั้นนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี **Ratio test** ได้ผลดังตาราง

ตารางผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี Ratio test

ลำดับ	กลิ่น		หวาน		เปรี้ยว		ขม		โดยรวม	
	ideal	real	ideal	real	ideal	real	ideal	real	ideal	real
1	3.80	2.30	2.80	1.70	4.40	3.80	2.40	0.80	3.90	3.40
2	3.50	3.20	4.50	3.40	5.50	4.00	1.40	1.00	4.50	3.50
3	4.00	4.30	4.00	4.00	4.00	4.00	2.00	1.70	4.00	4.60
4	5.00	2.50	2.80	4.40	4.90	2.30	1.50	1.20	4.00	3.00
5	2.00	0.70	3.00	2.00	2.00	3.00	0.90	1.00	2.00	3.40
6	3.00	0.50	3.00	3.50	4.00	3.00	1.00	1.50	5.00	4.00
7	2.10	1.30	1.80	2.10	1.00	1.10	1.10	2.10	2.00	2.20
8	4.00	3.00	3.00	2.00	5.00	3.00	1.00	2.00	4.00	3.00
9	4.00	2.00	4.60	3.40	1.00	2.50	1.00	3.00	3.00	3.00
10	5.00	1.00	4.00	3.50	3.00	2.00	1.00	1.00	6.00	5.00
11	4.00	5.00	3.00	4.00	3.00	3.00	2.00	3.00	5.00	4.00
12	4.70	5.10	3.70	3.20	4.30	3.80	3.20	4.20	5.20	4.20
13	4.80	4.10	1.20	0.90	4.30	1.40	2.50	2.20	5.20	2.20
14	3.00	1.00	4.00	4.00	4.00	4.00	1.00	2.00	6.00	4.00
15	4.70	4.30	5.30	4.40	5.60	4.30	3.80	3.60	6.00	5.40
16	5.00	5.00	3.00	5.00	4.90	5.00	1.00	2.00	6.00	5.00
17	3.00	5.00	2.00	1.00	5.00	4.00	1.00	6.00	4.00	3.00
18	2.00	2.10	4.00	5.00	2.00	2.20	2.00	4.00	3.00	4.00
19	3.90	4.00	3.90	3.00	4.90	5.10	1.00	3.00	5.00	4.90
20	3.00	2.90	3.60	1.00	4.10	2.00	0.00	1.30	6.00	2.60
21	4.00	3.70	2.20	2.00	4.80	4.70	0.80	1.00	5.00	4.90
22	4.50	3.20	3.50	3.10	4.90	4.80	0.00	0.80	4.00	5.20
23	4.00	3.10	2.60	1.90	4.50	3.10	1.80	2.10	5.70	3.10
24	2.00	2.00	3.00	3.00	3.50	5.10	3.50	2.30	3.60	4.00
25	2.00	1.50	2.50	3.30	3.50	4.80	3.00	3.00	3.00	4.60
เฉลี่ย	3.64	2.912	3.24	2.992	3.916	3.44	1.596	2.232	4.444	3.848

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำมาสร้างกราฟใยแมงมุมได้ผล ดังรูป



ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางนัยสำคัญด้วยโปรแกรม SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบรายงานการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อ……..……**วันที่**……..……..

ผลิตภัณฑ์……..

กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา โดยทดสอบและให้คะแนนความรู้สึกที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ตามสเกลที่ให้มาให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบ

3 = เฉยๆ

4 = ชอบ

5 = ชอบมากที่สุด

ความรู้สึก	คะแนน		
	.....	.....	.....
กลิ่น			
สี			
ความหวาน			
ความเปรี้ยว			
ความขม			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบรายงานการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อ.....วันที่.....

ผลิตภัณฑ์.....

<u>คำแนะนำ</u> : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา โดยทดสอบกลิ่น กลิ่นรส ความชอบโดยรวม แล้วทำเครื่องหมาย (/) ลงบนเส้นให้ตรงกับความรู้สึกที่กำหนดให้ในแต่ละลักษณะ

1. กลิ่น

อ่อน แรง

2. กลิ่นรส

รสหวาน

น้อย มาก

รสเปรี้ยว

น้อย มาก

รสขม

น้อย มาก

3. ความชอบโดยรวม

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายประจักร ตั้นเส้ง เกิดเมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2527 บ้านเลขที่ 130/63 ถ.อัครมาศอุทิศ 3 ต.รือเสาะออก อ.รือสาะ จ.นราธิวาส 96150 ปีพ.ศ. 2545 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนคณะราษฎรบำรุง จังหวัดยะลา ปีพ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิยาศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

นางสาวภัทริตา จันตะเคียน เกิดเมื่อวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2526 บ้านเลขที่ 44 ถ.สุขุมวิท ซ.กันตบุตร ต.ปากน้ำ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10200 ปีพ.ศ. 2545 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสมุทรปราการ ปีพ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิยาศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายศุภเชษฐ์ พงศ์ดารา เกิดเมื่อวันที่ 28 ตุลาคม พ.ศ. 2526 บ้านเลขที่ 110 ถ.เจ้าคุณ ต.ปากน้ำ อ.เมือง จ.กระบี่ 81000 ปีพ.ศ. 2545 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนอำมาตย์พานิชกุล จังหวัดกระบี่ ปีพ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิยาศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมแปรรูปอาหาร) โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้