# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

## ความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลนในน้ำมันสลัด

## STABILITY OF BETALAIN IN SALAD OIL


นางสาววริพัสย์ อารีกุล

นางสาวอาภรณ์ แจ่มจำรัส

นางสาวจินดาวรรณ ปัญจางค์เจริญ



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปี 2551

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



RCH
QK
898
.P7
ว329ว

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 131118

วัน,เดือน,ปี 22 พ.ค. 2557

b.1260382x

i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลนในน้ำมันสลัด
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้คณะอุตสาหกรรมเกษตร
ประจำปีงบประมาณ 2551 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 28,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2550 ถึง กันยายน 2551
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

นางสาววริพัสย์ อารีกุล คณะอุตสาหกรรมเกษตร (หัวหน้าโครงการ)
นางสาวอาภรณ์ แจ่มจำรัส คณะอุตสาหกรรมเกษตร (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)
นางสาวจินดาวรรณ ปัญจางค์เจริญ คณะอุตสาหกรรมเกษตร (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)

## บทคัดย่อ

ผลของการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในน้ำมันสลัดต่อการารยอมรับของผู้ทดสอบ พบว่า การเพิ่มปริมาณของแข็งในมีผลทำให้การยอมรับด้านสีเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านอื่นๆ จึงคัดเลือกสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ความเข้มข้น 0.15 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์สำหรับการศึกษาความคงตัวของเบทาเลน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเบทาเลน พีเอช การทำลายอนุมูลอิสระ ABTS$^{+}$ และปริมาณมาโลนไดอัลดีไฮด์ที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน และ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณเบทาเลนมีแนวโน้มลดลงระหว่างการเก็บรักษาทั้ง 2 สภาวะ แต่อัตราการลดลงของเบทาเลนในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะสูงกว่า ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และรงควัตถุเบทาเลนที่มีความเข้มข้นมากจะมีแนวโน้มการสลายตัวสูงกว่า

ผลของการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรต่อการเปลี่ยนแปลง ปริมาณเบทาเลน ค่าพีเอช การทำลายอนุมูล ABTS+ (ABTS+ Radical Cation Scavenging Assay, ABTS) และปริมาณมาลอนอัสดีไฮด์ (Malonaldehyde, MDA) ในน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรความเข้มข้นต่างๆ 2 ระดับ เก็บไว้ที่อณหภูมิห้องนาน 7 วัน และอุณหภูมิแช่เย็นนาน 6 สัปดาห์ พบการลดลงของปริมาณเบทาเลนในทั้ง 2 สภาวะ แต่การเก็บที่อุณหภูมิห้องมีอัตราการสลายตัวมากกว่า นอกจากนี้การเพิ่มความเข้มข้นของเบทาเลน มีผลทำให้เกิดการสลายตัวสูงกว่าอีกด้วย สำหรับค่าพีเอชและ ABTS ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรไม่มีผลต่อการชะลอการเกิดมาโลนไดอัลดีไฮด์ในน้ำมันสลัดที่เก็บไว้ทั้ง 2 สภาวะ

**คำสำคัญ :** สารสกัดเปลือกแก้วมังกร เบทาเลน น้ำมันสลัด ความคงตัว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Research Title:** Stability of betalain in salad oil
**Researcher:** MS. Varipat Areekul MS. Arporn Chamchamrus and
MS. Chindawan Punchangcharoen
**Faculty:** Agro-Industry **Department:** -

## ABSTRACT

The addition of skin dragon fruit extract into salad oil dressing influenced on the consumer acceptance. Increasing solid content in the extract significantly intense the color of salad oil dressing ($p<0.05$) but no significant different on other attributes ($p \geq 0.05$). The solid contents of skin dragon fruit extract of 0.15 and 0.25 % were chosen for study the betalain' stability.

The effects of skin dragon fruit extract in salad oil dressing were determined on the change in betalain content, pH, ABTS+ antiradical scavenging (ABTS) and malonaldehyde content. The salad oil dressing was added skin dragon fruit extract at 2 different concentrations and stored at two different storage conditions; 7 days at room temperature and 6 weeks at 4 °C. The declination of betalain content was observed in both storage conditions but the higher declination rate was found at room temperature compared with that at 4°C. In addition the higher betalian concentration tended to faster declination. No significant change in pH and ABTS of salad oil dressing adding with skin dragon fruit extracts during storage. However, no effect on the malonaldehyde production was observed in both storage conditions. Dressing with high concentration of skin dragon fruit extracts stored 4°C.

Keyword: skin dragon fruit extract, betalain, salad oil dressing, stability



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

"การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากเงินงบประมาณรายได้ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 " ทำให้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

คณะผู้วิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


หน้า

**บทคัดย่อภาษาไทย** ..... I

**บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** ..... II

**กิตติกรรมประกาศ** ..... III

**สารบัญ** ..... IV

**สารบัญตาราง** ..... V

**สารบัญภาพ** ..... VI

**บทที่ 1 บทนำ** ..... 1

1.1 บทนำ ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ..... 1

**บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง** ..... 2

2.1 เบทาเลนและอนุพันธ์เบทาเลน ..... 2

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน ..... 2

2.3 น้ำสลัด ..... 8

2.4 อายุการเก็บรักษาน้ำสลัด ..... 10

2.5 ปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน ( Lipid peroxidation) ..... 10

2.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดลิพิดออกซิเดชันในอาหาร ..... 11

2.7 ความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชัน ..... 14

2.8 การแยกชั้นและการเสื่อมสภาพของสลัดครีม ..... 15

**บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีทดลอง** ..... 16

3.1 วัตถุดิบ ..... 16

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ..... 16

3.3 วิธีการทดลอง ..... 17

3.4 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ ..... 18

**บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง** ..... 19

4.1 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส ..... 19

4.2 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของน้ำสลัด ..... 20

**บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ** ..... 28

5.1 สรุปผลการทดลอง ..... 28

**บรรณานุกรม** ..... 29

**ภาคผนวก** ..... 30

ภาคผนวก ก ..... 31




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


**ตารางที่** **หน้า**

2.1 ลักษณะสีและคุณสมบัติของอนุพันธ์เบทาเลนในพืชชนิดต่างๆ ..... 4

2.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตรและเปอร์เซ็นต์การสลายตัวที่ อุณหภูมิต่างๆ ของเบทาไซยานินในผล reddish purple prickly pear fruits ..... 5

2.3 เปอร์เซ็นต์ความคงตัวของเบทาไซยานินหลังจากให้ความร้อน (H) และ เก็บที่อุณหภูมิต่ำ (CS) ใน purple pitaya juices ที่พีเอช 4 และ 6 ..... 8

4.1 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากแก้วมังกร ..... 19

4.2 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำมันสลัดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ..... 20

4.3 ค่าพีเอชของน้ำสลัดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ..... 21




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


**ภาพที่** **หน้า**

2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเบทาเลน ..... 2

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน ..... 3

2.3 โครงสร้างของ ethylene diaminetetra – acetic acid (EDTA) ..... 6

**2.4** โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอิออนของโลหะกับ EDTA ..... 6

**4.1** ปริมาณเบทาเลนของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง (a) และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (b) ..... 22

4.2 (a) แสดงความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง ..... 24

4.2 (b) แสดงความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ..... 25

4.3 (a) แสดงปริมาณ MDA ของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง ..... 26

4.3 (b) แสดงปริมาณ MDA ของสลัดครีมที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ..... 26




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 บทนำ

อุตสาหกรรมน้ำสลัดเป็นอุตสาหกรรมที่ค่อนข้างแพร่หลาย โดยมีการแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น เนื่องจากในปัจจุบัน ผู้บริโภคจะให้ความสำคัญต่อสุขภาพและการเลือกบริโภคอาหารที่มีองค์ประกอบที่ได้จากธรรมชาติมากกว่าอาหารที่เติมสารสังเคราะห์ทางเคมีเพิ่มขึ้น

การใช้ประโยชน์จากสีของเปลือกผลไม้ เช่น แก้วมังกร ที่ให้สีม่วงแดงของรงควัตถุเบทาเลนและอนุพันธ์เป็นองค์ประกอบ นอกจากจะให้สีที่สวยงามแล้วยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอการเกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือการเหม็นหืนของน้ำมันและยังสามารถลดการเสี่ยงโรคต่างๆ รวมถึงโรคมะเร็งได้ ดังนั้นรงควัตถุเบทาเลนอาจเป็นทางเลือกใหม่ที่สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมน้ำสลัดได้

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของรงควัตถุเบทาเลนในน้ำสลัด ชนิดน้ำใสและสลัดครีม

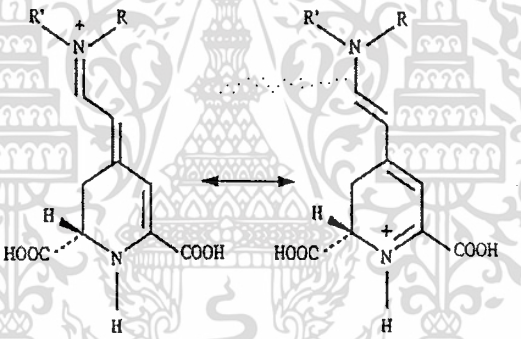
1.2.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลนในน้ำสลัด ชนิดน้ำใสและสลัดครีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 เบทาเลนและอนุพันธ์เบทาเลน

เบทาเลน (Betalain) เป็นรงควัตถุที่พบได้ในดอกไม้ ผลไม้ ในส่วนต่างๆของพืช เช่น ดอก ใบ ราก และลำต้น ซึ่งเป็นสารที่ให้ตั้งแต่สีเหลือง แดง และม่วง เช่น บีทรูท (beet root) ผลแก้วมังกร พืชกลุ่มกระบองเพชรทั้งหมด และดอกเฟื่องฟ้า (กินได้) เป็นต้น โดยรงควัตถุในกลุ่มนี้ เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่สามารถละลายน้ำได้ (water-soluble nitrogenous pigment)
ในทางเคมี เบทาเลนจะแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเบทาไซยานิน (Betacyanin) ซึ่งให้สารที่มีสีม่วงถึงแดง เช่น เบทานิดิน (Betanidin) , เบทานิน (Betanin) เป็นต้น และกลุ่มที่ 2 ได้แก่ เบทาแซนทิน (Betaxanthin) ซึ่งให้สารที่มีสีเหลือง เช่น โวคาแซนทิน I, โวคาแซนทิน II (Vulgaxanthin I, II) เป็นต้น (Zrÿd and Christinet, 2004) โดยประโยชน์ของเบทาเลนและอนุพันธ์ต่างๆของเบทาเลน ได้แก่ การมีคุณสมบัติเป็นสารที่ต่อต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งป้องกันโรคต่างๆ รวมถึงโรคมะเร็งและเป็นสารให้สีจากธรรมชาติ (นิธิยา,2545) โครงสร้างพื้นฐานทางเคมีของเบทาเลนและอนุพันธ์ของเบทาเลนสามารถแสดงดังภาพที่ 2.1

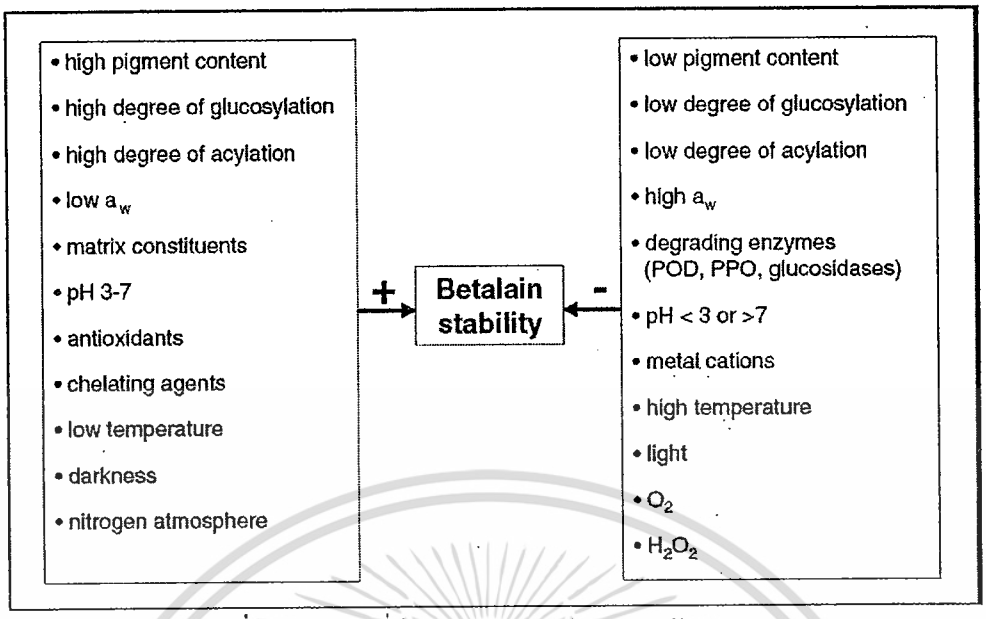



**ภาพที่ 2.1** โครงสร้างพื้นฐานของเบทาเลน
ที่มา : นิธิยา (2545)

## 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน

ความคงตัวของเบทาเลน มีผลมาจากลักษณะที่จำเพาะเจาะจงของรงควัตถุและปัจจัยภายนอกทั้งชนิดและสภาวะแวดล้อมของอาหาร นอกจากทั้งปริมาณของรงควัตถุและโครงสร้างของเบทาเลนที่มีลักษณะที่จำเพาะ, ค่าพีเอช และ Water activity จะมีอิทธิพลต่อความคงตัวของรงควัตถุแล้ว ระยะเวลาและอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหารก็ควรควบคุมให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม นอกจากนี้ ปัจจัยภายนอกในระหว่างการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ, แสง และก๊าซออกซิเจน เป็นปัจจัยที่ใช้พิจารณาที่มีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน (Herbach และคณะ, 2006) ปัจจัยที่มีผลทางบวกและลบต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลนสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาพที่ 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน
ที่มา : Herbach และคณะ (2006)

2.2.1 โครงสร้างของรงควัตถุ

โครงสร้างของรงควัตถุมีความสำคัญต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน การรวมตัวกันของกรดเบทาเลมิก (Betalamic acid) กับสารประกอบที่มีหมู่อะมิโน (amino compound) เกิดเป็น เบทาเซนทิน (betaxanthins) หรือโครงสร้างที่เป็น cyclo-Dopa ของเบทาไซยานิน (betacyanins) มีผลทำให้ความคงตัวของรงควัตถุในแต่ละสภาพแวดล้อมมีความแตกต่างกัน

การเปรียบเทียบความคงตัวของเบทาไซยานินที่มีโครงสร้างที่แตกต่างกัน พบว่า การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบทานินสูงกว่าเบทานิดิน ดังนั้นความคงตัวของรงควัตถุเบทานิดินจะมีค่ามากกว่าเบทานิน

ในพืชต่างชนิดกันที่มีองค์ประกอบของอนุพันธ์เบทาเลนในกลุ่มเดียวจะมีความเข้มสีที่แตกต่างกันพืชสายพันธ์ A. cruentus และ A. tricolor มีรงควัตถุเบทาไซยานินเป็นองค์ประกอบ พบว่าค่า a* มีค่าเท่ากับ 24.3 และ 22.4 ตามลำดับ ในขณะที่มีค่า b* เท่ากับ -5.0 และ 1.1 รวมทั้งมีค่า Ho เท่ากับ 348.4 และ2.8 ตามลำดับ แสดงว่าพืชต่างสายพันธุ์จะให้สีของรงควัตถุที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3 นอกจากนี้ เบทาไซยานินเป็นสารที่ให้สารสีม่วงแดง ดังนั้นค่า redness (a*) จึงมีค่าเป็นบวกมาก ส่วนค่า yellowness (b*) มีค่าน้อย ในทางตรงกันข้ามเบทาแซนทินให้สารที่มีสีเหลือง จึงให้ค่า yellowness สูง ส่วนค่า redness มีค่าต่ำ (ตารางที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** ลักษณะสีและคุณสมบัติของอนุพันธ์เบทาเลนในพืชชนิดต่างๆ

| Betalains | Species source | L* | a* | b* | C | H° | Suitable pH range |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Red-violet betacyanins | -*Amaranthus cruentus* (Cr072) | 41.1 | 24.3 | -5.0 | 24.8 | 348.4 | 5.0-7.0 |
| | - *Amaranthus Tricolor* (Tr010) | 41.1 | 22.4 | 1.1 | 22.4 | 2.8 | - |
| | - *Amaranthus caudatus*(Sheng07) | 41.0 | 21.5 | 0.9 | 21.5 | 2.3 | - |
| Yellow betaxanthins | - *Celosia plumose* (yellow) | 26.7 | -2.2 | 12.5 | 12.7 | 99.8 | 2.2-7.0 |
| | - *Celosia plumose* (orange-red)[a] | 23.8 | 4.1 | 5.2 | 6.6 | 51.9 | - |
| [a] Orange-red species contained both yellow betaxanthins and red-violet betacyanins | | | | | | | |

ที่มา : Cai และคณะ (2001)

2.2.2 พีเอช

ความคงตัวของเบทาเลนที่ดีจะอยู่ในพีเอชช่วง 3 – 7 ซึ่งนอกเหนือจากช่วงพีเอชนี้ จะส่งผลทำให้เกิดการสลายตัวของโครงสร้าง Stintzing และ Carle (2004) ได้รายงานช่วงพีเอชที่เหมาะสมต่อความคงตัวของเบทานินระหว่าง 4 – 6 ในสภาวะปกติ แต่ถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ค่าพีเอชที่เหมาะสมจะอยู่ที่ประมาณ 6 แต่ในสภาวะที่มีออกซิเจน จะทำให้รงควัตถุเกิดการออกซิไดซ์ ทำให้ความคงตัวลดต่ำ และพีเอชที่มีความคงตัวสูงสุดจะอยู่ในช่วงระหว่าง 5.5-5.8 ส่วนพีเอชที่เหมาะสมต่อความคงตัวของเบทาแซนทินจะอยู่ระหว่าง 4-7 และในสภาวะปกติความคงตัวสูงสุดของรงควัตถุนี้จะอยู่ที่พีเอช 7.5

2.2.3 Water activity ( Aw )

ปริมาณน้ำอิสระเป็นปัจจัยสำคัญต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน Cai และคณะ (1998a , 2001b) พบว่า ในพืชตระกูล Amaranthus ที่เก็บในรูปผงจะมีความคงตัวของรงควัตถุมากกว่าการเก็บในรูปแบบสารละลาย เช่น การสลายตัวของรงควัตถุเบทาไซยานินจะเพิ่มจาก 6.4 เป็น 37.7 ในรูปผงและสารละลายเมื่อเก็บที่สภาวะเดียวกัน ซึ่งให้ผลสอดคล้องเช่นเดียวกับเบทาแซนทิน แสดงว่าปริมาณน้ำอิสระมีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทานิน และรงควัตถุจะมีความคงตัวในการเก็บในสภาวะที่แห้งดีกว่าในรูปสารละลาย

การใช้ประโยชน์ของเบทาเลนในรูปแบบ spray-dried color จะมีข้อดี คือ ความคงตัวของรงควัตถุสูง เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาในน้ำผักหรือน้ำผลไม้มีปริมาณน้ำอยู่น้อยทำให้มีการเคลื่อนที่ของน้ำระหว่างกระบวนการแปรรูปมีค่าต่ำซึ่งส่งผลดีต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ก๊าซ

ในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีผลกระทบต่อความคงตัวและการสลายตัวของโครงสร้างเบทาเลน ซึ่ง ทั้งเบทานิดินและเบทานินไม่เสถียรในสภาวะที่มีก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Wyler และคณะ, 1963) นอกจากนี้ Pasch และ von Elbe (1997) ได้รายงานถึง ความคงตัวของเบทานินว่า ซึ่งเมื่อก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นทำให้การค่าความคงตัวของเบทานินลดลง ในทางตรงข้ามสภาวะที่มีก๊าซไนโตรเจนจะทำให้ความคงตัวของเบทานินเพิ่มสูงขึ้น

2.2.5 แสง

Herbach และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากแสง โดยตรวจสอบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในสภาพที่มีแสงและสภาพที่ไม่มีแสง(ที่มืด) พบว่ารงควัตถุเบทาเลนในสภาพที่ไม่มีแสงจะมีความคงตัวมากกว่าในสภาพที่มีแสง ดังนั้นจึงควรเก็บอาหารที่มีองค์ประกอบของเบทาเลนในที่มืด นอกจากนี้แสงในช่วงยูวี (UV) และช่วงที่ตามองเห็น (visible) เป็นช่วงแสงที่เหนี่ยวนำให้เกิดการสลายตัวของเบทาเลน โดยที่แสงในช่วงนี้จะกระตุ้นอิเลคตรอนในโครงสร้างให้มีพลังงานสูงขึ้น ทำให้โครงสร้างเกิดความไม่เสถียร และสลายตัวในที่สุด

2.2.6 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อความคงตัวของเบทาเลนทั้งในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นกับเบทาเลนทำให้ความคงตัวรงควัตถุมีแนวโน้มลดลง

ความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของโครงสร้าง โดยความคงตัวของเบทาเลนจะลดลง ที่อุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Fernandez – Lopez และ Almela (2001) ได้แสดงให้เห็นถึงผลของอุณหภูมิภายหลังการให้ความร้อนเป็นระยะเวลา 30 นาที ต่ออัตราการสลายตัวของเบทาไซยานินที่อุณหภูมิต่างๆ ดังตารางที่ 5 และสรุปได้ว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีผลให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตรลดลง โดยมีเปอร์เซ็นต์การสลายตัวของรงควัตถุสูงขึ้นจาก 0.3 เป็น 90.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 25 เป็น 90 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 2.2** ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตรและเปอร์เซ็นต์การสลายตัวที่อุณหภูมิต่างๆ ของเบทาไซยานินในผล reddish purple prickly pear fruits

| อุณหภูมิ (°C) | การดูดกลืนแสงเริ่มต้น (535 นาโนเมตร) | การดูดกลืนแสงภายหลัง 30 นาที (535 นาโนเมตร) | Thermodegraded pigment (%) |
|---|---|---|---|
| 25 | 0.623 ± 0.001 | 0.621 ± 0.003 | 0.3 ± 0.2 |
| 50 | 0.623 ± 0.001 | 0.400 ± 0.010 | 35.8 ± 1.6 |
| 70 | 0.623 ± 0.001 | 0.159 ± 0.030 | 74.5 ± 4.8 |
| 90 | 0.623 ± 0.001 | 0.060 ± 0.006 | 90.4 ± 1.0 |

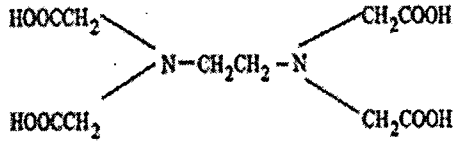
[a] Mean values ± standard deviation of triplicate samples

ที่มา : Fernandez – Lopez และ Almela (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

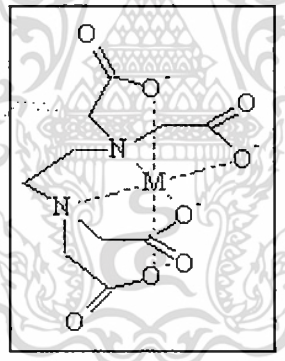
2.2.7 อิออนของโลหะ

อิออนของโลหะต่างๆ เช่น Fe2+ , Fe3+ , Sn2+ , Al3+ , Cr3+ และ Cu2+ จะสามารถเร่งอัตราการสลายตัวของเบทานินและการฟอร์มตัวของโลหะกับรงควัตถุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ซึ่งสามารถแก้ปัญหานี้ โดยการเติมกรดหรือเพิ่ม EDTA (ethylene diamine-tetra acetic acid) ซึ่งโครงสร้าง EDTA สามารถแสดงดังภาพที่ 3




**ภาพที่ 2.3** โครงสร้างของ ethylene diaminetetra – acetic acid (EDTA)
ที่มา : http://www.pharmacy.kku.ac.th/analyse1/uploads/22cp.gif (17/08/07)

EDTA เป็นสาร Chelating agent ที่สามารถจับอิออนจะส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกเดชิชัน EDTA เป็น Chelating agent ที่สามารถจับอิออนของโลหะ ซึ่งอิออนเหล่านี้จะส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกเดชิชัน สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นจาก EDTA ส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ดีและมีความเสถียร (ภาพที่ 2.4) นอกจากนี้สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นสามารถในการจับกับอิออนของโลหะจึงทำให้สามารถเพิ่มความคงตัวของเบทานินได้




**ภาพที่ 2.4** โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอิออนของโลหะกับ EDTA
ที่มา : http://www. content.answers.com/.../5/57/Metal-EDTA.png (17/08/07)

2.2.8 เอนไซม์

การสลายตัวของเบทาเลนโดยเอนไซม์ที่มีคุณสมบัติในการเร่งปฏิกิริยา เช่น กลุ่มเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (peroxidase) เอนไซม์กลุ่มนี้จะพบอยู่ในผักและผลไม้ ในบริเวณเซลล์เมนเบรนและผนังเซลล์ เช่น บีทรูท เป็นต้น เอนไซม์เพอร์ออกซิเดสจะพีเอชที่เหมาะสม คือ 3.4 และสามารถเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวในเบทาไซยานินได้ดีกว่าในเบทาแซนทิน และเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นปัจจัยสำคัญในการสลายตัวของรงควัตถุในบีทรูท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการรายงานว่า เอนไซม์เพอร์ออกซิเดสและเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีในพืชบีทรูท เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีความคงตัวที่พีเอช 7 ขณะที่เอนไซม์เพอร์ออกซิเดสมีความคงตัวที่พีเอช 6 อย่างไรก็ตามเอนไซม์เหล่านี้สามารถถูกทำลายได้ด้วยความร้อน โดยที่เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสถูกทำลายที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส และเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสถูกทำลายที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส

2.2.9 สารเพิ่มความคงตัว

สารเติมที่ใช้เติมเพื่อเพิ่มความคงตัวในอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระมีผลต่อการส่งเสริมความคงตัวของเบทาเลน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเพิ่มปริมาณกรด เช่น กรดแอสคอร์บิก , กรดไอโซแอสคอร์บิก และกรดซิตริก เป็นต้น นอกจากนี้ กรดจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบทาเลน ทำให้มีความคงตัวมากขึ้น และความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกและกรดไอโซแอสคอร์บิก ที่เหมาะสมคือ 30 – 2,000 พีพีเอ็ม (ppm) ในการเพิ่มความคงตัวของเบทาเลน แต่กรดซิตริกจะให้ประสิทธิภาพต่ำกว่ากรดแอสคอร์บิกและกรดไอโซแอสคอร์บิก

ผลการเพิ่มความคงตัวของเบทานินโดยการใช้กรดไอโซแอสคอร์บิกแทนกรดแอสคอร์บิก อย่างไรก็ตามการศึกษาเบทาไซยานินในผล purple pitaya นั้นพบว่า กรดแอสคอร์บิกจะมีผลทำให้ความคงตัวของรงควัตถุในการเก็บรักษามีค่ามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรดไอโซแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นเดียวกัน ต่อมา Herbach และคณะ (2006) รายงานว่า การเติมกรดแอสคอร์บิกและกรดไอโซแอสคอร์บิก ก่อนการให้ความร้อนจะส่งเสริมความคงตัวของรงควัตถุได้ดีกว่าหลังการให้ความร้อน

Stintzing และคณะ (2006) ได้ศึกษาผลของการเติมกรดที่ความเข้มข้นต่างๆ ในน้ำผลไม้ purple pitaya juices และรายงานผลการทดลอง ดังตารางที่ 3 โดยพบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของกรดจะทำให้ความคงตัวของเบทาไซยานินสูงขึ้น นอกจากนี้ การปรับพีเอชเป็น 4.0 จะทำให้มีความคงตัวของเบทาไซยานินสูงกว่าในสภาวะที่มีพีเอช 6.0 โดย การเติมกรดแอสคอร์บิก 1 เปอร์เซ็นต์ในน้ำผลไม้ที่พีเอช 4 จะทำให้ค่าความคง ตัวของเบทาไซยานินสูงที่สุด นอกจากนี้ การให้ความร้อนจะเร่งการสลายตัวของรงควัตถุนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.3** เปอร์เซ็นต์ความคงตัวของเบทาไซยานินหลังจากให้ความร้อน (H) และเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (CS) ใน purple pitaya juices ที่พีเอช 4 และ 6

| Additives | ความเข้มข้นของสาร(%) | น้ำผลไม้ที่ผ่านการให้ความร้อนที่พีเอช 4 | | น้ำผลไม้ที่ผ่านการให้ความร้อนที่พีเอช 6 | | Pigment preparation heated at pH 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Betacyanin retention (%)[2] | | Betacyanin retention (%)[2] | | Betacyanin retention (%)[2] | |
| | | After H | After CS | After H | After CS | After H | After CS |
| With additive | - | 36.9±0.5e | 36.4±7.0e | 23.2±3.8f | 44.3±7.6d | 38.1±1.7e | 44.1±2.5c |
| กรดแอสคอร์บิก | 0.1 | 73.5±2.4b | 80.8±4.4b | 44.0±4.8b | 77.1±5.3d | 42.4±2.5d | 46.0±3.0bc |
| กรดแอสคอร์บิก | 1.0 | 82.9±5.3a | 91.4±4.2a | 53.4±2.0a | 80.7±4.4a | 57.3±2.3a | 60.3±2.5a |
| กรดไอโซแอสคอร์บิก | 0.1 | 73.6±3.3b | 78.4±2.9b | 35.3±3.6d | 64.0±3.4b | 46.3±3.7c | 44.8±1.4c |
| กรดไอโซแอสคอร์บิก | 1.0 | 75.3±4.2b | 80.0±4.9b | 39.5±0.8c | 66.2±3.0b | 54.2±3.1a | 59.6±2.1a |
| กรดซิตริก | 0.1 | 43.3±6.5d | 44.8±8.1d | 27.6±0.5e | 51.0±2.7c | 38.7±1.8e | 44.1±1.6c |
| กรดซิตริก | 1.0 | 55.1±2.4d | 55.5±1.5b | 21.1±0.7f | 47.4±2.5e | 50.5±2.0b | 48.3±2.8b |

Significant differences within values in the same column are indicated with different letter ($P < 0.05$)

a Calculated as betanin equivalents.

ที่มา : Stintzing และคณะ (2006)

**2.3 น้ำสลัด**

น้ำสลัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แบบตัก (spoonable) ซึ่งจัดเป็นพวกสลัดครีมและมายองเนสชนิดต่างๆ และแบบเท (pourable) หมายถึง น้ำมันสลัด หรือ น้ำมันสลัด

ในปัจจุบันคนไทยนิยมบริโภคน้ำสลัดมากขึ้นและได้มีผู้ประกอบการพยายามคิดค้นดัดแปลงผลิตภัณฑ์น้ำสลัดให้มีความแปลกใหม่และเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำมันสลัด

2.3.1.1 น้ำมันรำข้าว

น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันอิสระสูงมาก เพราะรำข้าวมีเอนไซม์ไลเปสสูงมาก ซึ่งน้ำมันรำข้าวมีความคงตัวต่อการออกซิเดชันเพราะมีวิตามินอีเป็นสารต้านการออกซิเดชันที่อยู่ในน้ำมันตามธรรมชาติสูง โดยน้ำมันรำข้าวประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวประมาณ 15 - 20 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวประมาณ 80 – 85 เปอร์เซ็นต์ เป็นกรดไขมันชนิดต่างๆ ดังนี้ กรดไมริสติก 0.4 – 1 เปอร์เซ็นต์ กรดปาล์มมิติก 12 -16 เปอร์เซ็นต์ กรดสเตียริก 1 - 3 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลอิก 29 – 42 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลนิกน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ กรดปาล์มมิโตเลอิก 0.2 – 0.4 เปอร์เซ็นต์

มาตรฐานน้ำมันราข้าว มีดังนี้

| | |
|---|---|
| • ความถ่วงจำเพาะ (25/25°C) | 0.910 – 0.921 |
| • ค่าการหักเหของแสง (25°C) | 1.470 – 1.473 |
| • ค่าไอโอดีน (Wijs) | 99 – 108 |
| • ค่าสปอนนิฟิเคชัน | 181 – 189 |
| • สารที่ไม่ถูกไฮโรไลซ์ด้วยด่าง (%) | 3 – 5 |
| • ไตเตอร์ (°C) | 24 -28 |
| • ค่าความเป็นกรด | 4 -120 |

ลักษณะน้ำมันพืชที่ดี

- ไม่มีกลิ่นหืน
- ใส ปราศจากตะกอน
- สีเหลืองปานกลาง
- มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณสูง มีดลหะหนักหรือสารพิษปนเปื้อนน้อยที่สุด

2.3.1.2 น้ำส้มสายชู

มีลักษณะเป็นของเหลวไม่มีสี ผสมกับน้ำ แอลกอฮอล์และกลีเซอรีนได้ดี ซึ่งนิยมใช้กันที่ความเข้มข้นอยู่ระหว่างร้อยละ 4.5 – 10.1 ถ้าเติมกรดน้ำส้มสายชูในปริมาณไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2.5 จะทำให้เชื้อ Salmonella ที่ปนเปื้อนมามีความต้านทานความร้อนลดลง แต่ข้อเสีย คือ ทำให้คุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของไข่แดงในสลัดครีมเสียไประหว่างการฆ่าเชื้อ การใช้น้ำส้มสายชูควรมีการกำจัดโลหะหนักในน้ำส้มสายชูออกเพราะจะเป็นตัวเร่งการออกซิไดซ์ของน้ำมัน

2.3.1.3 น้ำตาล

น้ำตาลที่นำมาใช้จะมีปริมาณซูโครสประมาณร้อยละ 99.5 มีเกลือแร่และวิตามินต่างๆ น้อยมาก วัตถุประสงค์หลักของการเติมน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อให้รสหวานและสร้างความหนืดแก่ผลิตภัณฑ์ น้ำตาลที่มีความหนืดสูงจะทำให้การแพร่กระจายตัวของอากาศหรือออกซิเจนเป็นไปได้ช้า จึงเป็นการป้องกันการออกซิไดซ์หรือสนิมของภาชนะที่สัมผัสกับน้ำตาล นอกจากนี้การเติมน้ำตาลลงในอาหารนอกจากจะเพิ่มแรงตึงผิว แรงดันออสโมซิสแล้ว ยังทำการลดปริมาณของน้ำลงอีกด้วย ลดค่า Aw ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตในอาหารได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.4 เกลือ

เกลือที่นิยมนำมาทำน้ำสลัด ได้แก่ เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เกลือที่เติมลงไปจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีรสเค็มเพิ่มขึ้นและจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเกลือจะทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์เกิด plasmolysis ทำให้ปริมาณของออกซิเจนในส่วนของที่เป็นน้ำของอาหารลดลง

**2.4 อายุการเก็บรักษาน้ำสลัด**

องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐาน และรายงานต่างๆ เกี่ยวกับน้ำมันสลัด ดังนี้ ( Charlambous, 1993)

1. ในปี 1990 ได้มีการสำรวจในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่ามีน้ำสลัดแคลอรี่ต่ำเป็นอาหารเพื่อสุขภาพจำนวน 24 % ของสลัดทั้งหมด

2. กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำให้มีอายุการเก็บรักษาได้ในระยะเวลา 3 – 6 เดือนโดยเก็บที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง - 1.1 องศาเซลเซียส ถึง37 องศาเซลเซียส

3. การเกิดกลิ่นเหม็นหืน (rancidity) และความคงตัวของอิมัลชันลดลง (emulsion breakdown) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของการลดอายุการเก็บรักษา ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ และคุณภาพของอาหารลดลง

ในระหว่างการเก็บรักษาน้ำสลัดทั้งน้ำมันสลัดและสลัดครีม มีการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดการเน่าเสียได้ด้วยเหตุนี้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง รวมทั้งเกิดการเหม็นหืน กลิ่นที่ไม่ดี เกิดการแยกชั้นของไขมัน สูญเสียความคงตัวของอิมัลชัน การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์การหมักและการเปลี่ยนสี (discoloration) ของผลิตภัณฑ์

**2.5 ปฏิกิริยาลิปิดเปอร์ออกซิเดชัน ( Lipid peroxidation)**

การเกิดออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอิสระหรือที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในลิพิดหรืออาหารที่มีลิพิด ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ (deterioration) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่องเมื่อลิพิดหรืออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (free-radical chain reaction) ซึ่งมีกลไกการเกิดได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. Initiation เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical)

2. Propagation เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ

3.Termination เป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระ (non-radical products)

ปฏิกิริยาเริ่มต้นของออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) โดยไฮโดรคาร์บอนตรงตำแหน่งพันธะคู่สูญเสียไฮโดรเจนอะตอมทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ

$$\underset{\text{กรดไขมัน}}{RH} \longrightarrow \underset{\text{อนุมูลอิสระ}}{R.} + H.$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และออกซิเจนจะเข้าไปทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่เกิดเป็น diradical หลังจากนั้นก็จะเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจนต่อเนื่องไปเรื่อยๆ

$$R. + O_2 \longrightarrow ROO.$$

$$ROO. + RH \longrightarrow ROOH + R.$$

ได้เป็นอนุมูลเพอร์ออกซี(ROO.) ไฮโดรเพอร์ออกไซด์(ROOH) และอนุมูลไฮโดรคาร์บอน(R.) อนุมูลที่เกิดขึ้นใหม่นี้ก็จะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนต่อไป และเมื่อใดที่อนุมูลอิสระมาทำปฏิกิริยากันเองจะเกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ ปฏิกิริยาก็จะหยุดลง ตัวอย่างเช่น

$$R. + R. \longrightarrow R - R$$

$$ROO. + ROO. \longrightarrow ROOR + O_2$$

$$RO. + R. \longrightarrow ROR$$

$$ROO. + R. \longrightarrow ROOR$$

$$2RO. + 2ROO. \longrightarrow 2ROOR + O_2$$

เมื่อไม่มีอนุมูลอิสระเหลือสำหรับทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนแล้ว หากยังมีออกซิเจนมากพออยู่ ก็จะเริ่มต้นเกิดปฏิกิริยาขั้นที่ 1 (Initiation reaction) เพื่อให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระได้ใหม่

**2.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดลิพิดออกซิเดชันในอาหาร** (นิธิยา , 2545)

เนื่องจากลิพิดที่อยู่ในอาหารมีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันชนิดต่างๆ มากมาย ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งสมบัติทางกายภาพและทางเคมี รวมทั้งความไวต่อการเกิดออกซิเดชัน นอกจากนั้นส่วนประกอบอื่นๆ ในอาหารอาจทำหน้าที่ร่วมออกซิไดส์ (co-oxidize) หรือทำปฏิกิริยากับลิพิดที่ถูกออกซิไดส์แล้ว หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการออกซิเดชัน ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของลิพิด จึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและค่อนข้างสลับซับซ้อน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดลิพิดออกซิเดชัน มีดังนี้

2.6.1 ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ

เนื่องจากชนิดของกรดไขมันในโมเลกุลของไขมันและน้ำมันมีผลกระทบต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้นที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และอัตราเร็วของการเกิดจะแตกต่างกัน กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากจะเกิดได้เร็วกว่า ดังนี้ กรดอะราดิโคนิก : กรดลิโนเลนิก : กรดลิโนเลอิก : กรดโอเลอิก = 40 : 20 : 10 : 1

กรดไขมันที่อยู่ในรูปซิสไอโซเมอร์ เกิดออกซิไดส์ได้เร็วกว่า ทรานส์ไอโซเมอร์ และตำแหน่งที่เป็น conjugated double bond จะเกิดได้ไวกว่า non conjugated double bond การเก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิห้อง กรดไขมันชนิดอิ่มตัวจะไม่เกิดออโตออกซิเดชัน จะเกิดเฉพาะกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้น แต่ที่อุณหภูมิสูงกรดไขมันชนิดอิ่มตัวก็อาจเกิดออโตออกซิเดชันได้บ้าง

2.6.2 กรดไขมันอิสระ

กรดไขมันที่อยู่ในรูปอิสระจะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายกว่าที่อยู่ในรูปเอสเทอร์กับกลีเซอรอล

2.6.3 ความเข้มข้นของออกซิเจน

ในภาวะที่มีออกซิเจนมาก อัตราการเกิดออกซิเดชันจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน แต่ในภาวะที่มีออกซิเจนน้อยอัตราการเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน อย่างไรก็ดีผลของออกซิเจน ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วย เช่น อุณหภูมิและพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 อุณหภูมิ

การเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ในขั้นโพรพาเกรชันเพิ่มขึ้น และยังเร่งให้เกิดการแตกตัวของเปอร์ออกไซด์ทำให้มีอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การเก็บนานขึ้นทำให้ค่า TBA และปริมาณเปอร์ออกไซด์สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากๆ ทำให้การละลายของออกซิเจนลดลงจึงเป็นการลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันลงได้

2.6.5 Radiant energy

แสงและรังสีต่างๆ เช่น แสงที่ตามองเห็น (visible light) แสงยูวี (หรือ อัลตราไวโอเลต) และรังสีแกมมา มีผลช่วยเร่งให้เกิดออกซิเดชันได้เร็วขึ้น โดย แสงยูวีเร่งปฏิกิริยาได้ดีกว่า เพราะมีพลังงานสูงกว่า (ความยาวคลื่นของของแสงยูวี อยู่ระหว่าง 200-350 นาโนเมตร, แสงที่ตามองเห็นอยู่ระหว่าง 350-800 นาโนเมตร)

2.6.6 การบด หรือ พื้นที่ผิวสัมผัส

จากการศึกษาผลการบดมันหมูแข็งต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในปี 1992 พบว่ามันหมูแข็งที่ผ่านการบดจะมีปริมาณกรดไทโอบารีบิทูอิก (Thiobarbituric acid, TBA) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเก็บนาน 2 วัน และมีค่าสูงสุดเมื่อเก็บนาน 15 วัน เนื่องจากการบดทำให้ไขมันมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศมากขึ้น จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อพื้นที่ผิวของลิพิดที่สัมผัสกับอากาศ ดังนั้น หากอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรเพิ่มขึ้น การเกิดออกซิเดชันจะเร็วขึ้น สำหรับอาหารที่เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ การเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนเข้าไปยังส่วนที่เป็นน้ำมัน

2.6.7 โซเดียมคลอไรด์

โซเดียมคลอไรด์ มักใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อเพิ่มรสชาติและสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือออกมา นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พบว่าโซเดียมคลอไรด์เร่งการเกิดออกซิเดชันในเนื้อสัตว์ โดยการใช้โซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทำให้ค่า thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) เพิ่มขึ้น เนื่องจากโซเดียมคลอไรด์ไปลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant enzyme) คือ catalase (CAT), glutathione peroxidase (GSH-Px) และ superoxide dismutase (SOD) โดยการใช้โซเดียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ในเนื้อหมูจะทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ CAT, Gsh-Px และ SOD ลดลง 18, 41 และ58 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

2.6.8 ตัวกระตุ้นให้เกิดออกซิเดชัน (prooxidation)

ตัวกระตุ้นให้เกิดออกซิเดชันที่สำคัญคือ อิออนของโลหะเช่น เหล็ก, ทองแดงและฮีโมโกลบิน ซึ่งมีอิออนของเหล็กเป็นองค์ประกอบก็ถือเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดออกซิเดชันด้วย โดยฮีโมโกลบินจะสามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากกว่าอิออนของเหล็ก และเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยฮีโมโกลบินจะเพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่พีเอช 6.6 และที่พีเอช 7.5 การกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะลดลง เนื่องจาก การเกิดปฏิกิริยา ionization ของโมเลกุลน้ำที่นับที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 บนฮีม (pk 8.9) และการเกิดปฏิกิริยารีดักชันบางส่วนเป็นเฟอร์รัส นอกจากนี้การมีโซเดียมคลอไรด์อยู่ด้วยทำให้ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้นประมาณ 3-5 เท่าของตัวอย่างที่มีอิออนเหล็กเพียงอย่างเดียว เนื่องจากอิออนเหล็กที่เติมส่วนใหญ่เกิดปฏิกิริยากับโปรตีนจึงเป็นการป้องกันไม่ให้อิออนเหล็กเกิดปฏิกิริยากับลิปิดและป้องกันปฏิกิริยาที่อิออนเหล็กเป็นตัวเร่งให้เกิดออกซิเดชัน ส่วนโซเดียมคลอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีผลกับปฏิกิริยาระหว่างอิออนเหล็กกับโปรตีนทำให้เกิดอิออนเหล็กอิสระขึ้นจำนวนมาก จึงเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาผลของอิออนทองแดงในมันหมู พบว่าการเติมทองแดงทั้งในรูป copper II sulphate, copper II acetate หรือ copper II palmitate ที่ความเข้มข้น 5, 25, และ 50 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 1 กรัมจะทำให้สูญเสียกลิ่นมันหมูสดหลังเก็บที่ -20 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์และหลังเก็บนาน 10 สัปดาห์จะเกิดกลิ่นหืนและกลิ่นโลหะรุนแรงขึ้น นอกจากนี้เกลือที่ใช้ในการหมักยังเสริมฤทธิ์การเร่งการเกิดออกซิเดชันของอิออนทองแดงด้วย แร่ธาตุหรือโลหะบางชนิด เช่น โคบอลต์ ทองแดง เหล็ก แมงกานีสและนิกเกิล มีสมบัติเป็น pro-oxidants ได้ ที่ความเข้มข้นต่ำเพียง 0.1 ส่วนต่อล้านส่วน ซึ่งจะเร่งอัตราการเกิดออกซิเดชันได้ แร่ธาตุหรือโลหะเหล่านี้ได้มาจากดินที่ปลูกพืช และปนเปื้อนอยู่ในน้ำมันพืชหรือมาจากสัตว์ และอุปกรณ์โลหะที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปและเก็บรักษา

2.6.9 เอนไซม์

เอนไซม์ไลเปส (lipase) และไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) จะเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุและลิปิด โดยไลเปสมีผลต่อการเกิดออกซิเดชันมากกว่าไลพอกซีจีเนส ในขณะที่ฟอสโฟไลเปสเอ (phospholipase A) ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุ ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากฟอสโฟไลเปสเอไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางอย่างหรือระบบของไลโพโปรตีน (lipoprotein) ที่เกี่ยวข้องกับความไม่เสถียรของไมโครโกลบิน โดยความไม่เสถียรนี้เกิดจากผลตรงข้ามหรือทางอ้อมขององค์ประกอบของลิปิดด้วย

2.6.10 ความชื้น

อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันขึ้นอยู่กับค่า aw อาหารแห้งที่มีความชื้นต่ำมาก (aw น้อยประมาณ 0.1 ) ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เมื่อค่า aw เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 0.3 จะยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิพิดให้เกิดน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อค่า aw เพิ่มมากขึ้นอยู่ในช่วง 0.55 – 0.85 อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากมีปริมาณน้ำมากพอที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของคะตะลิสต์และออกซิเจน

2.6.11 การเกิดอิมัลซิฟิเคชัน

ในอาหารที่เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ หยดน้ำมันจะกระจายตัวอยู่ ในตัวกลางที่เป็นน้ำ ออกซิเจนจะต้องแพร่กระจายผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำเข้าไปยังหยดน้ำมันผ่านชั้นระหว่างผิวของน้ำกับน้ำมัน ดังนั้นอัตราการเกิดออกซิเดชันจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วยเช่น ชนิดและความเข้มข้นของอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ ขนาดของอนุภาคหยดน้ำมัน พนที่ผิวของ interface ความหนืดของตัวกลางที่เป็นน้ำ ค่าพีเอช ส่วนประกอบและ porosity ของตัวกลาง

2.6.12 สารต้านออกซิเดชัน

สารต้านออกซิเดชันจะช่วยยับยั้ง หรือชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ ซึ่งมีทั้งสารต้านออกซิเดชันในธรรมชาติ เช่น วิตามินอีในน้ำมันพืช และสารต้านออกซิเดชันที่เป็นสารสังเคราะห์และอนุญาตให้เติมลงในอาหารได้ เช่น โพรพิลแกลเลต BHA และ BHT เป็นต้น

**2.7 ความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชัน**

ความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันเป็นตัวบ่งชี้การควบคุมคุณภาพที่สำคัญสำหรับการผลิต การสูญเสียความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์จะทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเหม็นหืน การเหม็นหืนของอาหารเป็นการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดในอาหารพวกไขมันและน้ำมัน รวมทั้งอาหารที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส อัตราการเกิดออกซิเดชันของไขมันมีผลจากปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะอุณหภูมิภายนอกเป็นตัวแปรที่สำคัญ การมีออกซิเจนบริเวณที่เก็บรักษาอาหารทำให้อัตราการออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันน้ำมีบทบาทสำคัญเนื่องจากการออกซิเดชันของไขมันในอาหารมักเกิดด้วยอัตราสูงที่ aw ต่ำมาก ในการกำหนดอายุการเก็บของอาหารที่มีไขมันสูงอาจต้องพิจารณาปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ ที่แสงเป็นสาเหตุในการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาได้ การเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. การเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation rancidity) เป็นการเหม็นหืนที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน(autoxidation) ที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นพันธะเปอร์ออกไซด์ (peroxide linkage) ขึ้นระหว่างพันธะคู่ ปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันจะเกิดเองแบบต่อเนื่องตลอดเวลาเมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ทำให้กลิ่นและรสชาติผิดปกติ การหืนด้วยปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นในอาหารที่มีไขมันและน้ำมันผสมอยู่ด้วย นอกจากนี้ความร้อนและแสงก็มีผลช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย

การตรวจสอบเพื่อวัดการเกิดออกซิเดชันของลิปิดทำได้โดยทดสอบกรดไทโอบาร์บิทูริก (TBA) โดยที่ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทูริค ทำให้เกิดสีของสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาคอนเดนเซชัน (Condensation) ของมาโลนอัลดีไฮด์ (malonadehyde) กับกรดไบโอบาร์บิทูริค 2 โมเลกุล อย่างไรก็ตาม การเกิดออกซิเดชันอาจไม่จำเป็นต้องเกิดมาโลนัลดีไฮด์เสมอไป เพราะสารประกอบพวกแอลคาแนล (Alkanals) แอลคีแนล (Alkenals) และ 2,4-ไดอีแนล (2,4- dienals) กับกรดไทโอบาร์บิทูริค จะให้สีเหลืองและดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร

2. การเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic rancidity) การเหม็นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลเปส (Lipase) โดยเอนไซม์ไลเปสจะทำให้ไขมันแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอลซึ่งกรดไขมันอิสระเหล่านี้ ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ การเกิดเหม็นหืนแบบนี้อาจป้องกันได้โดยการทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการหืนด้วยความร้อน (รุ่งนภา, 2540) ดังนั้นการเหม็นหืนนี้จึงมักจะเกิดในผลิภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านความร้อนสูงพอที่จะทำลายเอนไซม์ได้ เช่น ผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

**2.8 การแยกชั้นและการเสื่อมสภาพของสลัดครีม**

สลัดครีมจัดเป็นอาหารประเภทที่เสื่อมคุณภาพได้ปานกลาง (semiperishable product) จึงเก็บไว้ได้นานพอสมควรโดยไม่ต้องใส่ตู้เย็น

การเสียสภาพของสลัดครีมเนื่องจากอัตราส่วนของน้ำและน้ำมันไม่สมดุลกันและสรุปว่า การเสียสภาพอาจเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุหลายประการดังนี้

1). การใส่น้ำมันเร็วเกินไป ซึ่งเมื่อหยดน้ำมันเล็กๆ รวมตัวกันมากๆ จะทำให้เกิดการแยกชั้น ถ้าเกิดในขณะกำลังผสมแสดงว่าการเติมน้ำมันเร็วเกินไป หรือมีอัตราส่วนของน้ำมันต่ออิมัลซิไฟเออร์สูงเกินไป

2). ไม่มีการตีที่สม่ำเสมอในขณะที่ทำให้เกิดอิมัลชัน ซึ่งการตีที่ไม่สม่ำเสมอหรือมีส่วนผสมของน้ำเกินกว่าร้อยละ 15 เมื่อตั้งสลัดครีมไว้นานอาจเกิดการแยกชั้นได้ โดยเฉพาะในบริเวณส่วนล่างของขวด

3). อุณหภูมิการเก็บรักษาสูงเกินไป จะเกิดการแยกชั้นเนื่องจากอัตราการขยายตัวของน้ำกับน้ำมันแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4). มีการเขย่าระหว่างการขนส่งโดรรับแรงสั่นสะเทือนมากๆ จะทำให้อนุภาคน้ำมันรวมตัวกันได้ง่ายและเกิดการแยกชั้น โดยเฉพาะเมื่อทำการขนส่งเป็นระยะทางไกลๆ

นอกจากนี้การแช่แข็งผลิตภัณฑ์สลัดครีมจะทำให้ฟิล์มของอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) แตก ทำให้อนุภาคน้ำมันรวมตัวกันเกิดการแยกชั้น และถ้าปิดภาชนะบรรจุไม่สนิททำให้น้ำระเหยออกไปมาก ทำให้ความเข้มข้นของน้ำมันต่ออิมัลซิไฟเออร์เพิ่มขึ้นจึงเกิดการแยกชั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

## 3.1 วัตถุดิบ

- น้ำมันสลัด
  - เกลือ
  - น้ำตาล
  - มัสตาร์ด
  - น้ำส้มสายชู
  - น้ำมันรำข้าว
  - พริกไทย
- เปลือกแก้วมังกร
- น้ำกลั่น

## 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี

- เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer (Shimazu รุ่น V-1601, Germany )
- เครื่อง Vortex
- เครื่อง pH meter (CG 842 Schott, Germany)
- เครื่องวัดสี ( Minolta รุ่น CR300, Japan)
- เครื่อง Rotary Evaporator
- เครื่อง Centrifuge Beckman Coulter (Allegra X-12R Centrifuge)
- เครื่อง Centrifuge (Hettich zentrifugen)
- เครื่อง Centrifuge (Hettich zentrifugen EBA20, Germany)
- เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, Germany)
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius TE2145)
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrikon T-42K Milano, Italy)
- เครื่องระเหยสูญญากาศ (Rotavapor Buchi R-114, Switzerland)
- เครื่อง Blender (Moulinex Optiblend Duo)
- กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
- กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4

3.2.2 สารเคมี

- แอลกอฮอล์ 70 %
- แอลกอฮอล์ 95 %
- น้ำกลั่น
- 2-Thioarbutyric acid
- NaCl
- Hexane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- กรดไฮโดรคลอริก
- สารละลายมาตรฐาน Trolox
- 2, 2'- azino-bis-(3-ethylbenzthaizonnline-6-sulfonic acid) (ABTS)

**3.3 วิธีการทดลอง**

3.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

- การเตรียมน้ำมันสลัด

เตรียมน้ำมันสลัด

- การเตรียมสารสกัดเปลือกแก้วมังกร

สารสกัดเปลือกแก้วมังกรสกัดโดยใช้แอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ (อัตราส่วนเปลือกแก้วมังกร : แอลกอฮอล์ เท่ากับ 1 : 3) นำไปเซนติฟิวส์ที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที เพื่อแยกตะกอนออกก่อน จากนั้นนำส่วนใสมาทำให้เข้มข้นโดยเครื่องระเหยสุญญากาศที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

3.3.2 การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของรงควัตถุเบทาเลนในน้ำมันสลัด

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยศึกษาความเข้มข้นของรงควัตถุเบทาเลน เป็น 5 ระดับ คือ

| สูตร | อัตราส่วน (สารสกัด : น้ำส้มสายชู) | ปริมาตร (มิลลิลิตร) | |
|---|---|---|---|
| | | สารสกัด | น้ำส้มสายชู |
| A | 1:4 | 4 | 16 |
| B | 2:3 | 8 | 12 |
| C | 3:2 | 12 | 8 |
| D | 4:1 | 16 | 4 |
| E | 5:0 | 20 | 0 |

โดยเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร 1 ส่วน ต่อน้ำสลัด 4 ส่วน ปริมาณน้ำสลัด : สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร เท่ากับ 80 : 20 เปอร์เซ็นต์

3.3.3 ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic Scale

นำผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่ผสมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรทั้งหมด 5 ระดับสี มาทำการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี 7 point Hedonic scale โดยตรวจสอบลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ในผู้ทดสอบจำนวน 30 คน แล้ววิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยผลการทดสอบที่ได้จากผู้ทดสอบใน 3 อันดับที่ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจมากที่สุด มาวิเคราะห์เพื่อหาความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลนในน้ำสลัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

131118

3.3.4 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลนในน้ำมันสลัดและสลัดครีม

- การเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์

เก็บที่อุณหภูมิห้อง

น้ำมันสลัด ชักตัวอย่างโดยแยกบรรจุภัณฑ์ในการวิเคราะห์แต่ละวัน

เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

น้ำมันสลัด ชักตัวอย่างโดยแยกบรรจุภัณฑ์ในการวิเคราะห์แต่ละสัปดาห์

**3.4 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพ**

3.4.1 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในน้ำสลัด ใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์ นำน้ำสลัดเทใส่บีกเกอร์แล้วทำการวัด โดยจุ่มหัววัดลงไปในน้ำสลัด เพื่อทดสอบเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้นมีผลอย่างไรต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช

3.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณเบทาเลนของน้ำมันสลัด

น้ำมันสลัด นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จากนั้นเทใส่กรวย แล้วตั้งทิ้งไว้ จนกว่าจะเกิดแยกชั้นระหว่างสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรกับน้ำมัน จากนั้นจึงเติมแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ (โดยใช้อัตราส่วนของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรกับแอลกอฮอล์ 1 : 2) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงประเภท UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 536 นาโนเมตร

3.4.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีในสลัดครีมสลัดครีม

ใช้เครื่อง Colorimeter เป็นการวัดค่าสี L*, a*, b* ตามระบบ Commission Internationaled Eclarige (CIE) ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าสี ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

ค่า L* วัดค่าความมืด - สว่าง ; มีค่า 0-100 ; L = 0 เป็นสีดำ ; L = 100 เป็นสีขาว

ค่า a* วัดค่าความแดง - เขียว ; มีค่า a ค่าเป็นบวก มีสีแดง ; a มีค่าเป็นลบ มีสีเขียว

ค่า b* วัดค่าความเหลือง - น้ำเงิน ; มีค่า b ค่าเป็นบวก มีสีเหลือง ; b ค่าเป็นลบ มีสีน้ำเงิน

โดยคำนวณจากสูตร $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ และ $\Delta a = a_1 - a$

3.4.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี (ABTS+ Scavenging Method) (ZhouและYu,2004) วัดการลดจำนวนลงของอนุมูลอิสระ ABTS+ ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ใช้สารละลาย trolox (TEAC) เป็นสารละลายมาตรฐาน

3.4.5 การวิเคราะห์การเกิดกลิ่นเหม็นหืนด้วยวิธี TBARS ชั่งน้ำหนักน้ำสลัด 10 กรัม เติมไตรคลอโรอะซิติกแอซิด 10 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 50 มิลลิลิตร นำไปเหวี่ยงแยก 2 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปิเปตสารละลาย 5 มิลลิลิตร รวมกับ สาร TBA 5 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 10 นาที ทำให้เย็น การวัดค่าการดูดกลืนแสงประเภท UV-Visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและอภิปรายผล

## 4.1 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธีทางประสาทสัมผัส 7 Point Hedonic Scale

การศึกษาผลของระดับสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำสลัดต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ด้วยวิธี 7 point Hedonic scale โดยพิจารณาคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ในการคัดเลือกอัตราส่วนของระดับสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในน้ำสลัดที่เหมาะสม เพื่อใช้ในขั้นตอนการเก็บรักษาและศึกษาถึงระยะเวลาในการสลายตัวของรงควัตถุเบทาเลนในน้ำมันสลัด พบว่าได้ผลดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากแก้วมังกร

| สูตรน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากแก้วมังกร | ลักษณะทางประสาทสัมผัส | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | สี | กลิ่น$^{ns}$ | รสชาติ$^{ns}$ | ความหนืด$^{ns}$ | ความชอบโดยรวม$^{ns}$ |
| A | 3.50±1.41$^{a}$ | 3.83±1.18 | 3.93±1.39 | 4.30±1.15 | 3.90±1.06 |
| B | 3.87±1.11$^{a}$ | 3.73±1.01 | 4.33±1.24 | 3.97±1.27 | 3.87±1.22 |
| C | 4.63±1.10$^{b}$ | 3.73±1.17 | 4.43±1.14 | 3.93±1.05 | 4.30±1.12 |
| D | 4.93±1.11$^{b}$ | 3.73±1.11 | 4.50±1.22 | 4.03±1.03 | 4.50±0.97 |
| E | 4.83±4.44$^{b}$ | 3.97±1.40 | 4.47±1.36 | 3.83±1.21 | 4.23±1.50 |

หมายเหตุ a-b หมายถึงความแตกต่างทางสถิติของตัวอย่างในแต่ละคอลัมน์ ที่ระดับนัยสำคัญ 95% ($p \leq 0.05$)
ผู้ทดสอบ จำนวน 30 คน
ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของตัวอย่างในแต่ละคอลัมภ์ ที่ระดับนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ผลการทดสอบพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนทางด้านกลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่าผู้ทดสอบยอมรับคุณลักษณะทางด้านกลิ่น รสชาติ ความหนืดและความชอบโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ความเข้มข้นในน้ำมันสลัดทั้ง 4 ระดับ แสดงว่าการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.05 ถึง 0.25 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อคุณลักษณะ ทางด้านกลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม แสดงว่าผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างกันได้ แต่การเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ความเข้มข้นต่างๆ มีผลทำให้ความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.15-0.25 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งได้รับคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.63 ถึง 4.93 และมีความแตกต่างจากการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.05 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.15 ถึง 0.25 เปอร์เซ็นต์ไม่มีแตกต่างกันของคุณลักษณะทางด้านสี หรือผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างกันได้และเป็นระดับความเข้มข้นที่ผู้ทดสอบยอมรับมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสจึงพิจารณาเลือกการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.15 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ในน้ำมันสลัด เนื่องจากมีคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับของผู้ทดสอบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างจากการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) และเลือกการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.15 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีความแตกต่างกันระหว่างสี สามารถวัดได้ด้วยเครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ สำหรับใช้ในศึกษาความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน และความสามารถในการทำลายปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

ดังนั้นจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในน้ำสลัด จึงเลือกเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.15 (สูตร C) และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ (สูตร E) ในน้ำมันสลัด เพื่อนำไปทำการทดสอบเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพในระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

## 4.2 ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของน้ำมันสลัด

### 4.2.1 พีเอช

พีเอชเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน โดยมีพีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3 ถึง 7 ซึ่งพีเอชที่อยู่นอกเหนือจากช่วงดังกล่าวจะเร่งการสลายโครงสร้างของรงควัตถุ นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษายังเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอช และความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชในน้ำมันสลัดระหว่างการเก็บรักษา สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** การเปลี่ยนแปลงพีเอชของน้ำมันสลัดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

| วันที่ | พีเอช (เฉลี่ย)ในน้ำมันสลัด | | |
|---|---|---|---|
| | control | สูตรที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร | |
| | | $C^{ns}$ | $E^{ns}$ |
| 0* | 2.58 | 2.97 | 2.68 |
| 1 | 2.76 | 3.11 | 2.86 |
| 2 | 2.83 | 3.19 | 3.08 |
| 3 | 3.00 | 3.26 | 3.16 |
| 4 | 3.08 | 3.41 | 3.29 |
| 5 | 2.64 | 3.02 | 2.94 |
| 6 | 2.59 | 2.96 | 2.89 |
| 7 | 2.70 | 3.00 | 2.93 |

หมายเหตุ C และ E มีปริมาณของแข็งของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร 0.15 และ 0.20 (%) ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด

* หมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ศึกษาในแต่ละแถว ที่ระดับความเชื่อมั่น ($p\leq0.05$)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของตัวอย่างในแต่ละคอลัมภ์ ที่ระดับนัยสำคัญ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าพีเอชในตัวอย่างควบคุม (น้ำสลัดที่ไม่ได้เติมสารสกัดแก้วจากเปลือกแก้วมังกร) มีค่าเท่ากับ 2.58 เนื่องจากน้ำมันสลัดเติมน้ำส้มสายชู จึงส่งผลให้อาหารมีความเป็นกรดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำสลัดที่เติมสารสกัดแก้วจากเปลือกแก้วมังกรทั้ง 2 มีค่าพีเอชสูงกกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.68 -2.97 แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรทำให้เกิดการเจือจางของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์จึงเพิ่มขึ้น แต่การเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรทั้ง 2 ความเข้มข้นจะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p>0.05$) ทั้งนี้ การใช้อุณหภูมิห้องอาจเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดสารประกอบต่างๆ ที่มีขั่ว และอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชของผลิตภัณฑ์ได้ อย่างไรก็ตาม ค่าพีเอชในผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน โดยน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมีค่าพีเอชระหว่าง 2.68 - 3.41 ส่วนสลัดครีมที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร จะมีค่าพีเอชระหว่าง 3.53- 3.87

**ตารางที่ 4.3** ค่าพีเอชของน้ำสลัดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

| อาทิตย์ที่ | พีเอช (เฉลี่ย)ในน้ำมันสลัด | | |
|---|---|---|---|
| | control | สูตรที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร | |
| | | $C^{ns}$ | $E^{ns}$ |
| 0* | 2.99 | 3.28 | 3.27 |
| 1 | 2.67 | 3.02 | 2.91 |
| 2 | 2.77 | 3.24 | 3.01 |
| 3 | 2.90 | 3.28 | 3.08 |
| 4 | 2.79 | 3.06 | 3.02 |
| 5 | 2.76 | 3.04 | 2.88 |
| 6 | 2.58 | 2.96 | 2.78 |

หมายเหตุ C และ E มีปริมาณของแข็งของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร 0.15 และ 0.20 (%) ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัด
* หมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ศึกษาในแต่ละแถว ที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของตัวอย่างในแต่ละคอลัมภ์ ที่ระดับนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมันสลัดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าค่าพีเอชเริ่มต้น และผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพีเอชของตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากแก้วมังกรมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย และพบว่าการเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษาจาก 0 เป็น 6 สัปดาห์ ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์และตัวอย่างควบคุมมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ค่าพีเอชของตัวควบคุมและตัวอย่างที่เติมสารสกัดจากแก้วมังกรจะแตกต่างกัน โดยค่าพีเอชในตัวควบคุมจะต่ำกว่าตัวอย่างที่เติมสารสกัดเช่นเดียวกับที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p>005$) ทั้งนี้ การใช้อุณหภูมิต่ำจะชะลออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ทำให้เกิดสารประกอบต่างๆ ที่มีขั่ว ได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น ดังนั้น แม้ว่าจะเก็บไว้เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ก็ยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงของพีเอช

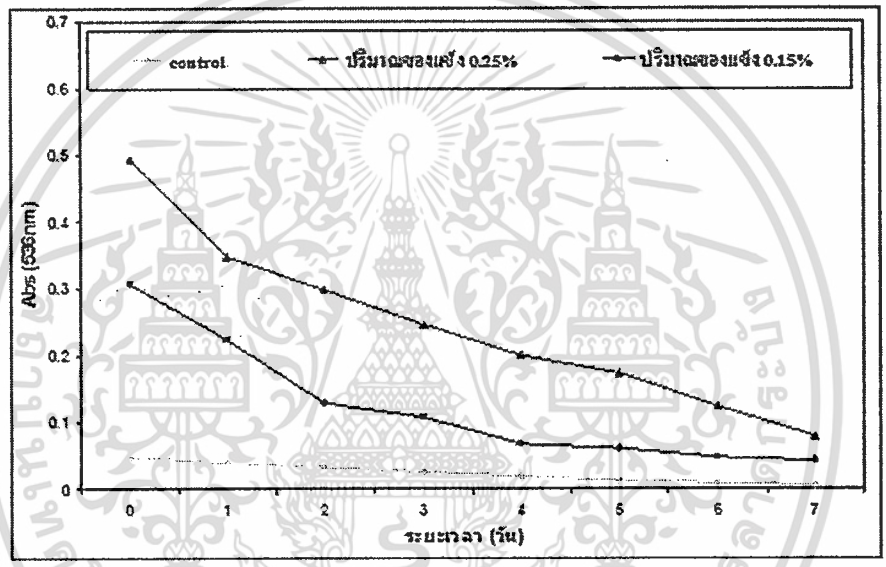
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นผลการทดลอง แสดงว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อค่าพีเอชน้ำสลัดทั้ง 2 สูตร ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน และ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ในทุกๆระดับการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.2.2 ปริมาณรงควัตถุเบทาเลนในน้ำสลัด

4.2.2.1 ปริมาณรงควัตถุเบทาเลนในน้ำมันสลัด

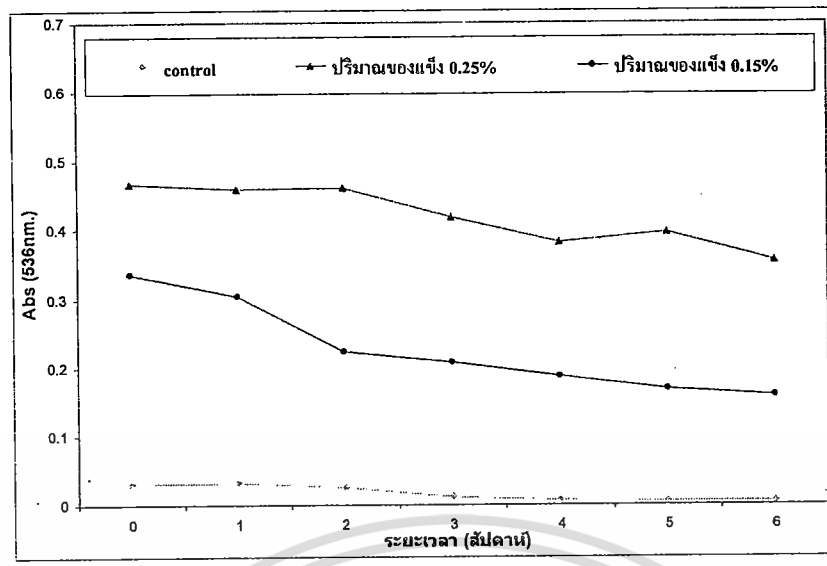
การศึกษาความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลนจากสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในน้ำมันสลัดเมื่อนำน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.15 (สูตร C) และ 0.25 (สูตร E) เปอร์เซ็นต์ ที่เก็บรักษาน้ำมันสลัดที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆ แล้วสกัดรงควัตถุเบทาเลนที่มีสีชมพูบานเย็นออกจากผลิตภัณฑ์ นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงของเบทาเลนที่ความยาวคลื่น 536 นาโนเมตร จากนั้นพลอตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบทาเลน กับระยะเวลาในการเก็บรักษา ได้ผลดังภาพที่ 4.1(a) และภาพที่ 4.1(b) ตามลำดับ




(a)

**ภาพที่ 4.1** ปริมาณเบทาเลนของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง (a) และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




(b)

**ภาพที่ 4.1** ปริมาณเบทาเลนของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง (a) และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (b) (ต่อ)

จากผลการทดลองการเก็บรักษาน้ำมันสลัดที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ปริมาณรงควัตถุเบทาเลนในน้ำมันสลัดมีแนวโน้มลดลง(ภาพที่1a) โดยน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรสูตร C พบการสลายตัวของรงควัตถุเบทาเลนเฉลี่ย 86.27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการสลายตัวที่น้ำมันสลัดที่สูตร E เล็กน้อยที่พบการสลายตัวของรงควัตถุเบทาเลนเฉลี่ย 83.81 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการตรวจวัดด้วยสายตา ที่พบว่าสีชมพูบานเย็นของน้ำมันสลัดจะค่อยๆ จางลง เป็นสีชมพูอ่อน เมื่อเพิ่มระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้ เนื่องจาก รงควัตถุเบทาเลนที่ประกอบด้วย เบทานิน และ เบทาแซนทินมีความคงตัวอยู่ระหว่าง 4-6 และในที่อุณหภูมิสูง เช่นอุณหภูมิห้อง จะเร่งการสลายตัวของรงควัตถุนี้ นอกจากนี้ ออกซิเจนที่บริเวณช่องว่างเหนืออาหารและภาชนะบรรจุ จะเร่งการออกซิเดชัน ทำให้สีของรงควัตถุซีดจางลง Stintzing และ Carle (2004)

จากผลการเก็บรักษาน้ำมันสลัดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ ปริมาณรงควัตถุเบทาเลนในน้ำมันสลัดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงซึ่งสอดคล้องกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แต่ปริมาณรงควัตถุเบทาเลนในน้ำมันสลัดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ปริมาณการสลายตัวของรงควัตถุเบทาเลนในน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.15 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แสดงว่า น้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลนมากกว่าน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.15 เปอร์เซ็นต์

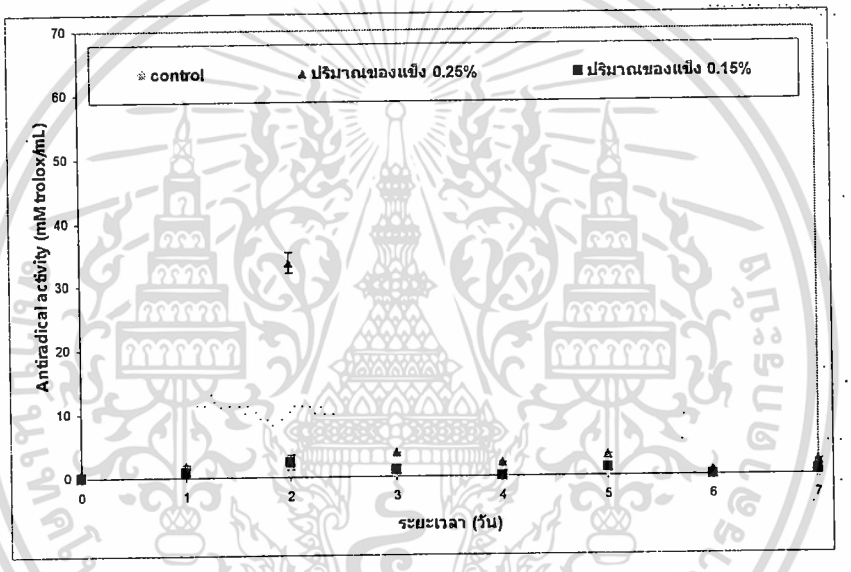
การเพิ่มระยะเวลาจะมีผลทำให้ปริมาณรงควัตถุเบทาเลนในน้ำมันสลัดลดลง แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง รงควัตถุเบทาเลนที่มีปริมาณของแข็ง 0.15 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ จะสลายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

86.27 และ 83.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายในเวลา 7 วัน ทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่สามารถเก็บรักษาได้นานกว่า ดังนั้น จึงควรเก็บรักษาน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและควรเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.25 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาได้นาน และมีสีสันเป็นที่ยอมรับ

4.2.4 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ $ABTS^{+}$

ผลของการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.15 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำสลัดต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการทำลายปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส ด้วยวิธี ABTS radical cation scavenging assay ซึ่งเป็นวิธีการวัดความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตรของส่วนน้ำในน้ำมันสลัด แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่าง Antiradical activity (mM Trolox/mL) (แกน y) กับระยะเวลาในการเก็บรักษา (แกน x) ที่อุณหภูมิต่างๆ สามารถแสดงผลดังกราฟที่ 4.2(a) และ 4.2 (b) ตามลำดับ



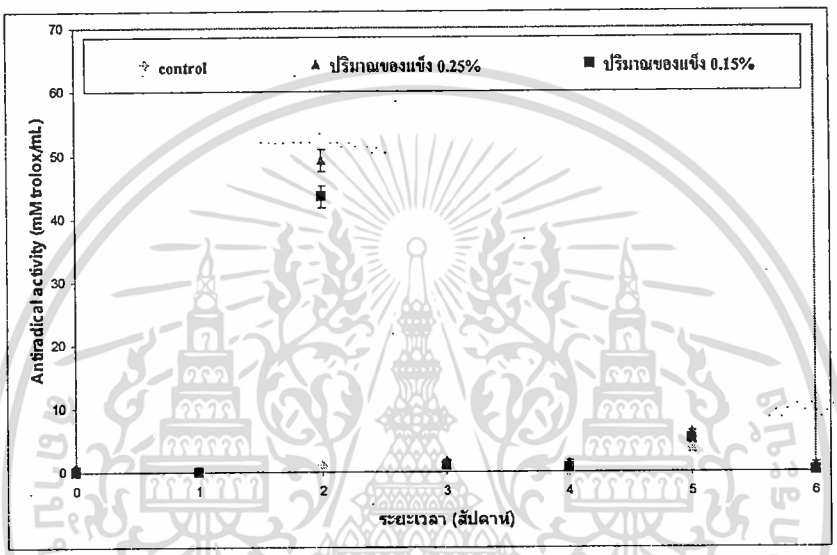

**ภาพที่ 4.2 (a)** แสดงความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง

จากการทดลอง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่า ในน้ำมันสลัดที่ไม่มีการเติมรงควัตถุเบทาเลน (Control) และน้ำมันสลัดที่มีการเติมรงควัตถุเบทาเลนความเข้มข้นต่างๆ ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีค่า Antiradical activity ค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน (ภาพที่ 4.2 (a)) และที่มีการเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระสูงกว่าที่ปริมาณของแข็ง 0.15 เปอร์เซ็นต์ แต่ผลการทดลองในวันที่ 2 พบว่า ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของส่วนน้ำของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าในวันอื่นๆ อย่างชัดเจน โดยมีค่ามากกว่าประมาณ 19 เท่าของน้ำสลัดที่เป็นตัวควบคุมและที่เติมสารสกัดมีปริมาณของแข็ง 0.15 เปอร์เซ็นต์ แล้วลดลงอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันในเวลาต่อมา แสดงว่า ในระหว่างการเก็บรักษาอาจเกิดอนุพันธ์ที่ไม่เสถียรของสารประกอบบางชนิดที่มีสมบัติในการทำลายอนุมูลอิสระสูงขึ้น และสารประกอบดังกล่าวได้สลายตัวไป ในระหว่างการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บรักษา ทำให้ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระลดลงจนมีค่าใกล้เคียงกับในตัวควบคุม และน้ำสลัดที่เติมรงควัตถุเบทาเลนที่มีปริมาณของแข็ง 0.15 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการเก็บรักษา

เนื่องจากในน้ำมันสลัดมีองค์ประกอบของน้ำส้มสายชูหรือกรดอะซิติก 18.80 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดลองพบว่าสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมีสมบัติในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS+ แต่เมื่ออยู่ในผลิตภัณฑ์จะไม่แสดงสมบัติดังกล่าว และจากการทดสอบในน้ำส้มสายชูพบว่าน้ำส้มสายชูมีผลในการ ออกซิไดซ์ ABTS เกิดเป็นอนุมูลอิสระ ABTS+ จึงทำให้การดูดกลืนแสงมากขึ้น ดังนั้นน้ำส้มสายชูจึงส่งผลต่อการเพิ่มอนุมูลอิสระโดยการแตกตัวให้โปรตอน หรืออาจรบกวนความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของรงควัตถุเบทาเลน เนื่องจาก ในผลิตภัณฑ์ยังคงมีรงควัตถุเบทาเลนเป็นองค์ประกอบ (ภาพที่ 4.2 (a)และ4.2 (b))




**ภาพที่ 4.2** (b) แสดงความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

จากภาพที่ 4.2(b) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่า ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ในน้ำมันสลัดตัวควบคุม และที่เติมสารสกัดจากแก้วมังกรที่ความเข้มข้นต่างๆ มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับที่อุณหภูมิห้อง ตลอดการเก็บรักษา 6 สัปดาห์ แต่ยกเว้นสัปดาห์ที่ 2 พบว่า ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากแก้วมังกรทั้ง 2 ความเข้มข้น มีค่าสูงกว่าในวันอื่นๆ อย่างชัดเจน โดยมีค่ามากกว่าประมาณ 43-49 เท่าของตัวควบคุม จากนั้นจะลดลงจนอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับตัวควบคุม

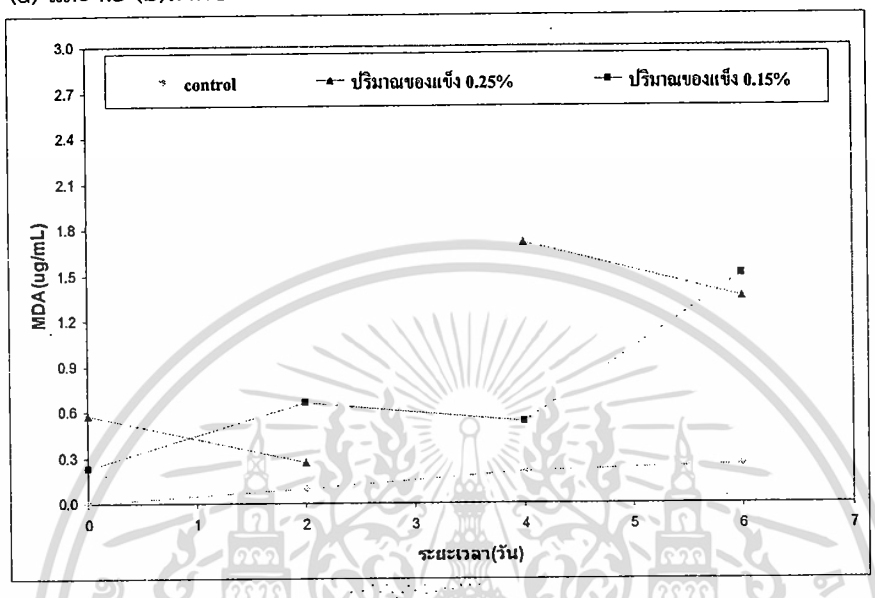
4.2.5 ค่า TBARS

การวัดค่าทางเคมีด้วยวิธี TBARS นี้เป็นวิธีที่ใช้วัดคุณภาพของอาหารประเภทไขมัน โดยปริมาณไทโอบาร์บิทูริกแอซิด (thiobarbituric acid) เป็นค่าที่บ่งชี้ระดับการเหม็นหืนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน โดยวัดปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ (malon-aldehyde) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นตอนที่สอง (secondary oxidation products) ที่เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) ซึ่งเป็น

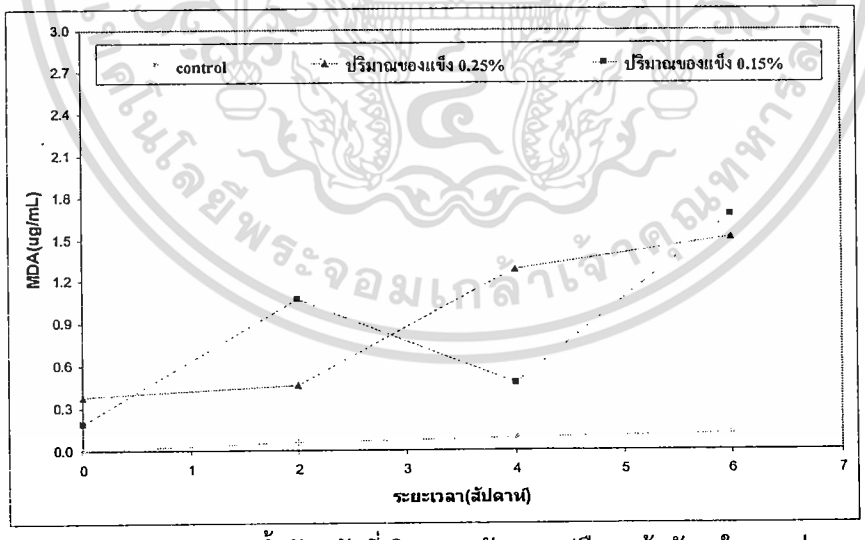
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาในขั้นเริ่มต้น (primary oxidation product) โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

ผลของการเติมรงควัตถุเบทาเลน 0.15 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณอัลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ 4 องศาเซลเซียส สามารถแสดงจากความสัมพันธ์ระหว่าง มาโลนไดอัลดีไฮด์ (ug/mL) (แกน y) กับระยะเวลาในการเก็บรักษา (แกน x) ดังภาพที่ 4.3 (a) และ4.3 (b)ลำดับ




**ภาพที่ 4.3** (a) ปริมาณ MDA ของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง




**ภาพที่ 4.3** (b) ปริมาณ MDA ของน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทั้งน้ำมันสลัดที่เป็นตัวควบคุมและผลิตภัณฑ์ที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรจะมีปริมาณมาโลนไดอัลดีไฮด์ (MDA) เพิ่มขึ้น แต่น้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรจะมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นสูงกว่าน้ำมันสลัดที่ไม่การเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร (ภาพที่ 4.3 (a) และ(b)) โดยน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรทั้ง 2 ความเข้มข้นมีแนวโน้มการเพิ่มของปริมาณมาโลนไดอัลดีไฮด์ (MDA) ใกล้เคียงกัน

จากผลการทดลองค่า TBARS ในน้ำมันสลัด พบว่า ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษามีแนวโน้มไม่ชัดเจน พบทั้งการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่า TBARS (ภาพที่ 4.3 (a) และ 4.3 (b)) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารมาโลนไดอัลดีไฮด์ (MDA) ที่เป็นสารประกอบคาร์บอนิลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันนั้น สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนได้ ทำให้ไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับ TBA Reagent จึงเป็นอาจสาเหตุให้เกิดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์หาค่า TBARS นอกจากนี้ ยังมีอัลดีไฮด์ชนิดอื่นที่ให้สารประกอบสีแดงด้วย รวมทั้งสารที่สกัดไม่ได้ (Non – Extractable) เช่น ไขมัน ยูเรีย น้ำตาล โปรตีนที่ถูกออกซิไดซ์ในอาหาร ที่สามารถทำปฏิกิริยากับรีเอเจนท์ ทำให้เกิดสารประกอบสีแดง (Allen, 1996) จึงทำให้ค่า TBARS ที่วิเคราะห์ได้มีแนวโน้มไม่ชัดเจน

ผลการทดลองการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะสอดคล้องกับที่อุณหภูมิห้อง แต่ที่อุณหภูมิห้อง 4 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาการเหม็นหืนจะเกิดขึ้นช้ากว่า (ภาพที่ 6(b)) นอกจากนี้น้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.15 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มการเพิ่มของปริมาณมาโลนไดอัลดีไฮด์ (MDA) สูงกว่าที่มีปริมาณของแข็ง 0.25 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ในการเก็บรักษาน้ำมันสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่มีปริมาณของแข็ง 0.25 เปอร์เซ็นต์ ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจึงจะสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

การเติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมีผลต่อความชอบด้านสีของน้ำมันสลัด ส่วนสี กลิ่น และความชอบโดยรวม มีผลต่อการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของสลัดครีม น้ำมันสลัด 0.15 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ และสลัดครีม ที่มีองค์ประกอบของปริมาณสารสกัด 0.15 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ของเปลือกแก้วมังกรได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบในด้านสี และประสาทสัมผัส
ผลการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของน้ำสลัดในระหว่างการเก็บรักษาการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่เติมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร พบว่า น้ำสลัดทั้ง 2 มีพีเอชค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 2.58-3.41 ส่วนปริมาณรงควัตถุเบทาเลนมีแนวโน้มลดลงจากปัจจัยด้านอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา รวมทั้งความเข้มข้นของรงควัตถุ โดยที่อุณหภูมิห้องมีอัตราการสลายตัวของรงควัตถุเบทาเลนมากกว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในน้ำมันสลัดจะทำให้อัตราการสลายตัวของเบทาเลนเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) นอกจากนี้การเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในน้ำมันสลัดจะเพิ่มความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระให้สูงกว่าตัวควบคุมเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ยกเว้นในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และ สัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่มีค่าสูงกว่ามากแล้วจึงลดลงมาใกล้เคียงกับตัวควบคุมตามเดิม ส่วนค่า TBARS จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรไม่มีผลต่อการชะลอการเกิดมาโลนไดอัลดีไฮด์ในน้ำมันสลัดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและ 4 องศาเซลเซียส

ดังนั้นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่เติมรงควัตถุเบทาเลน ควรใช้ความเข้มข้นของรงควัตถุเบทาเลนมาก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อลดอัตราการสลายตัวของรงควัตถุเบทาเลนทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดยังคงสีสัน และความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ รวมทั้งชะลอการเหม็นหืนอันจะก่อให้เกิดประโยชน์และผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

"โครงสร้างเบทาเลน" 17 สิงหาคม 2550. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://www.landfood.ubc.ca./courses/fnh/410/colour/3_70.html.

"โครงสร้างของ ethylene diaminetetra – acetic acid" 17 สิงหาคม 2550. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://www.pharmacy.kku.ac.th/analyse1/uploads/22cp.gif

"โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอิออนของโลหะกับ EDTA" 17 สิงหาคม 2550. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://www. content.answers.com/.../5/57/Metal-EDTA.png

ชญานิษฐ์ วรเนติโพธิ์ และ พรทิพย์ ชื่นศรีวิโรจน์. 2549. ผลของน้ำผึ้งต่อการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อไก่มาริเนต. ปัญหาพิเศษ สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง . หน้า 34

"ช่วงการดูดกลืนแสงของอนุพันธ์เบทาเลน" 18 สิงหาคม 2550. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก http://coursewares.mju.ac.th/section2/pt331/pdf/6.pdf

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯโอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์. หน้า 415 -441. pigment release from hairy root cultures of Beta vulgaris under the influence of pH, sonication, temperature and oxygen stress. Process Biochemistry 38 : 1069-1076.

Bhagyalakshmi N., Thimmaraju R., Narayan M.S. and Ravishankar G.A. 2003. Kinetic of t from plant of the Amaranthaceae. Trend in Food Science & Technology. 16 : 370-376.

Cai Y., Sun M. and Corke H. 2005. Characterization and application of betalain pigment release from hairy root cultures of Beta vulgaris under the influence of pH, sonication, temperature and oxygen stress. Process Biochemistry 38: 1069-1076.

Fernandez-Lopez J. A. and Almela L. 2001. Application of high-performance liquid chromatography to the characterization of the betalain pigment in prickly pear fruits. Journal of Chromatography A. 913:415-420

Herbach K.M., Stintzing F.C. and Carle R. 2006. Betalain stability and degradation structural and chromatic aspects. Journal of Food Science. Nr.4: 441-50.

Stintzing F.C., Herbach K.M., Rohe M. and Carle R. 2006. Structural and chromatic stability of purple pitaya (Hylocereuc polyrihizus [Weber] Britton & Rose) betacyanin as affected by the juice matrix and selected additives. Food Research International. 39:667-677.

Zrÿd, J-P. and Christinet L. 2004. Betalains.In : Davies KM, editor. Plant pigments and their manipulation.: CRC Press. Boca Raton, 185-247.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก
วิธีการเตรียมวัตถุดิบ

**ขั้นตอนและวิธีการทดลอง**

1. วิธีเตรียมน้ำมันสลัด

ขั้นตอนที่ 1 หาอัตราส่วนของวัตถุดิบ ( น้ำมันรำข้าว, น้ำตาลทราย, น้ำส้มสายชู, เกลือ, มัสตาร์ด, พริกไทย) ที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 2 นำส่วนผสมทั้งหมดผสมให้เข้ากันโดยวิธีการตีด้วยเครื่องตีไฟฟ้า

2. วิธีการเตรียมสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร

ขั้นตอนที่ 1 นำผลแก้วมังกรล้างน้ำให้สะอาด ตัดตา ปอกเปลือก จากนั้นนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ นำเข้าเครื่องปั่น- บด (Blender )

ขั้นตอนที่ 2 . นำเปลือกแก้วมังกรที่บดละเอียดผสมกับแอลกอฮอล์ 95% ด้วยอัตราส่วนเปลือกแก้วมังกร 1 กรัม ต่อ ปริมาณแอลกอฮอล์ 3 มิลลิลิตร แช่ทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที

ขั้นตอนที่ 3 นำสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรที่ได้กรองด้วยผ้าขาวบาง จากนั้นนำสารสกัดเปลือกแก้วมังกรเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ยี่ห้อ Backman ที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนที่ 4 นำสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรระเหยแอลกอฮอล์ออก ด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (Evaporator ) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 50 นาที หรือ ทำการระเหยสารสกัดเปลือกแก้วมังกร ให้มีปริมาณของสารสกัดเหลือ 30 เปอร์เซ็นต์ จากปริมาณเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 5 นำสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรมาทำแห้งเพื่อหาปริมาณของแข็ง จากนั้นนำไปคำนวนปริมาณของสารสกัดเปลือกแก้วมังร ที่ได้มาผสมลงในน้ำมันสลัด ตามอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีทดสอบทางประสาทสัมผัส 7 Point Hedonic Scale

**ตารางภาคผนวกที่ 1** ปริมาณสัดส่วนสารสกัดจากเปลือกแก้วมังกรในน้ำมันสลัดและสลัดครีมที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ

| ระดับความเข้มข้นที่ | น้ำสลัด (เปอร์เซ็นต์) | สารสกัดจากเปลือกแก้วมังกร (เปอร์เซ็นต์) | น้ำกลั่น (เปอร์เซ็นต์) |
|---|---|---|---|
| 1 | 80 | 4 | 16 |
| 2 | 80 | 8 | 12 |
| 3 | 80 | 12 | 8 |
| 4 | 80 | 16 | 4 |
| 5 | 80 | 20 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 นำอัตราส่วนที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ 2 ระดับความเข้มข้นไปทำการเก็บรักษาและวิเคราะห์ผลต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 โดยจะทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็นเป็นระยะเวลา 7 วัน และ 6สัปดาห์ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 7 ตรวจผลโดยการวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ สี พีเอช ความสามารถในการทำลายปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ด้วยวิธี ABTS radical cation scavenging assay การวิเคราะห์ปริมาณอัลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นด้วยวิธี TBARSโดยทำการตรวจวิเคราะห์ สี พีเอช และความสามารถในการทำลายปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทุกๆวันที่อุณหภูมิห้อง และทุกๆสัปดาห์ที่อุณหภูมิตู้เย็น ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณอัลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นด้วยวิธี TBARS จะทำการตรวจวิเคราะห์ในวันที่ 0, 2, 4, และ 6 ที่อุณหภูมิห้อง และในสัปดาห์ที่ 0, 2, 4 และ 6 ที่อุณหภูมิตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้