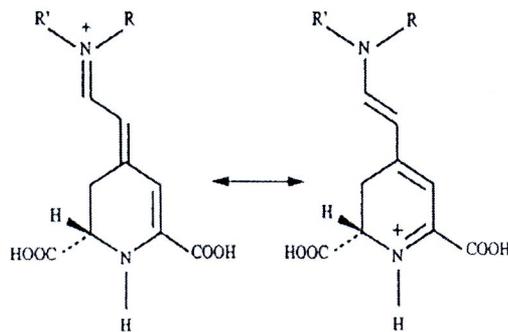


## บทที่ 2

### ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 เบทาเลนและอนุพันธ์เบทาเลน

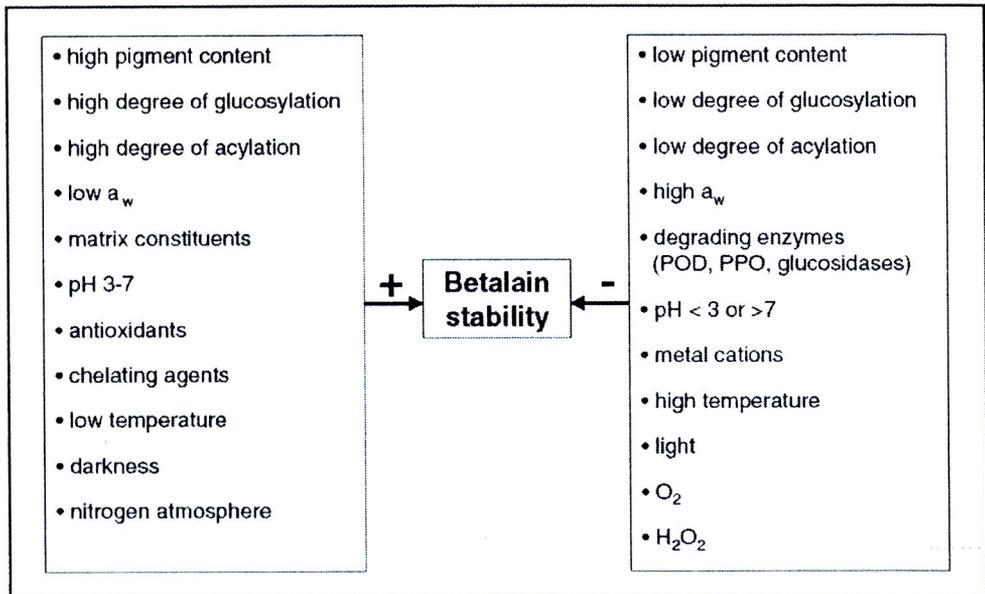
เบทาเลน (Betalain) เป็นรงควัตถุที่พบได้ในดอกไม้ ผลไม้ ในส่วนต่างๆของพืช เช่น ดอก ใบ ราก และลำต้น ซึ่งเป็นสารที่ให้ตั้งแต่สีเหลือง แดง และม่วง เช่น บีทรูท (beet root) ผลแก้วมังกร พืชกลุ่มกระบองเพชรทั้งหมด และดอกเฟื่องฟ้า (กินได้) เป็นต้น โดยรงควัตถุในกลุ่มนี้ เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่สามารถละลายน้ำได้ (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 (Zryd and Christinet, 2004) โดยประโยชน์ของเบทาเลนและอนุพันธ์ต่างๆของเบทาเลน ได้แก่ การมีคุณสมบัติเป็นสารที่ต่อต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งป้องกันโรคต่างๆ รวมถึงโรคมะเร็งและเป็นสารให้สีจากธรรมชาติ (นิธิยา,2545) โครงสร้างพื้นฐานทางเคมีของเบทาเลนและอนุพันธ์ของเบทาเลนสามารถแสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเบทาเลน  
ที่มา : นธิยา (2545)

#### 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน

ความคงตัวของเบทาเลน มีผลมาจากลักษณะที่จำเพาะเจาะจงของรงควัตถุและปัจจัยภายนอก ทั้งชนิดและสภาวะแวดล้อมของอาหาร นอกจากนี้ทั้งปริมาณของรงควัตถุและโครงสร้างของเบทาเลนที่มีลักษณะที่จำเพาะ, ค่าพีเอช และ Water activity จะมีอิทธิพลต่อความคงตัวของรงควัตถุแล้วระยะเวลาและอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหารก็ควรควบคุมให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม นอกจากนี้ ปัจจัยภายนอกในระหว่างการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ, แสง และก๊าซออกซิเจน เป็นปัจจัยที่ใช้พิจารณาที่มีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน (Herbach และคณะ, 2006) ปัจจัยที่มีผลทางบวกและลบต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลนสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทาเลน  
ที่มา : Herbach และคณะ (2006)

### 2.2.1 โครงสร้างของรงควัตถุ

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

การเปรียบเทียบความคงตัวของเบทาไซยานินที่มีโครงสร้างที่ต่างกัน พบว่า การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเบทานินสูงกว่าเบทานิดิน ดังนั้นความคงตัวของรงควัตถุเบทานิดินจะมีค่ามากกว่าเบทานิน

ในพืชต่างชนิดกันที่มีองค์ประกอบของอนุพันธ์เบทาเลนในกลุ่มเดียวจะมีความเข้มสีที่ต่างกันพืชสายพันธุ์ *A. cruentus* และ *A. tricolor* มีรงควัตถุเบทาไซยานินเป็นองค์ประกอบ พบว่าค่า  $a^*$  มีค่าเท่ากับ 24.3 และ 22.4 ตามลำดับ ในขณะที่มีค่า  $b^*$  เท่ากับ -5.0 และ 1.1 รวมทั้งมีค่า  $H_o$  เท่ากับ 348.4 และ 2.8 ตามลำดับ แสดงว่าพืชต่างสายพันธุ์จะให้สีของรงควัตถุที่ต่างกัน ดังตารางที่ 3 นอกจากนี้ เบทาไซยานินเป็นสารที่ให้สารสีม่วงแดง ดังนั้นค่า redness ( $a^*$ ) จึงมีค่าเป็นบวกมาก ส่วนค่า yellowness ( $b^*$ ) มีค่าน้อย ในทางตรงกันข้ามเบทาแซนทินให้สารที่มีสีเหลือง จึงให้ค่า yellowness สูง ส่วนค่า redness มีค่าต่ำ (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ลักษณะสีและคุณสมบัติของอนุพันธ์เบทาเลนในพืชชนิดต่างๆ

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

<sup>a</sup> 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* ที่เก็บในรูปแบบผงจะมีความคงตัวของรงควัตถุมากกว่าการเก็บในรูปแบบสารละลาย เช่น การสลายตัวของรงควัตถุเบทาไซยานินจะเพิ่มจาก 6.4 เป็น 37.7 ในรูปแบบและสารละลายเมื่อเก็บที่สภาวะเดียวกัน ซึ่งให้ผลสอดคล้องเช่นเดียวกับเบทาแซนทิน แสดงว่าปริมาณน้ำอิสระมีผลต่อความคงตัวของรงควัตถุเบทานิน และรงควัตถุจะมีความคงตัวในการเก็บในสภาวะที่แห้งดีกว่าในรูปแบบสารละลาย

การใช้ประโยชน์ของเบทาเลนในรูปแบบ spray-dried color จะมีข้อดี คือ ความคงตัวของรงควัตถุสูง เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาในน้ำผักหรือน้ำผลไม้ไม่มีปริมาณน้ำอยู่น้อยทำให้มีการเคลื่อนที่ของน้ำระหว่างกระบวนการแปรรูปมีค่าต่ำซึ่งส่งผลดีต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้

### 2.2.4 ก๊าซ

ในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีผลกระทบต่อความคงตัวและการสลายตัวของโครงสร้างเบทาเลน ซึ่ง ทั้งเบทานิดินและเบทานินไม่เสถียรในสภาพที่มีก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Wylar และคณะ, 1963) นอกจากนี้ Pasch และ von Elbe (1997) ได้รายงานถึง ความคงตัวของเบทานินว่า ซึ่งเมื่อก๊าซออกซิเจนเพิ่มขึ้นทำให้การค่าความคงตัวของเบทานินลดลง ในทางตรงข้ามสภาวะที่มีก๊าซไฮโดรเจนจะทำให้ความคงตัวของเบทานินเพิ่มสูงขึ้น

### 2.2.5 แสง

Herbach และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากแสง โดยตรวจสอบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในสภาพที่มีแสงและสภาพที่ไม่มีแสง(ที่มีมืด) พบว่ารังควัตถุเบทาเลนในสภาพที่ไม่มีแสงจะมีความคงตัวมากกว่าในสภาพที่มีแสง ดังนั้นจึงควรเก็บอาหารที่มีองค์ประกอบของเบทาเลนในที่มืด นอกจากนี้แสงในช่วงยูวี (UV) และช่วงที่ตามองเห็น (visible) เป็นช่วงแสงที่เหนี่ยวนำให้เกิดการสลายตัวของเบทาเลน โดยที่แสงในช่วงนี้จะกระตุ้นอิเล็กตรอนในโครงสร้างให้มีพลังงานสูงขึ้น 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

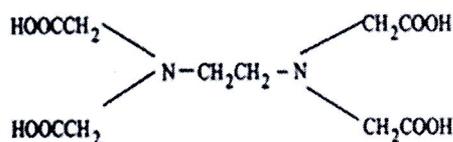
อุณหภูมิ (°C)	การดูดกลืนแสงเริ่มต้น (535 นาโนเมตร)	การดูดกลืนแสงภายหลัง 30 นาที (535 นาโนเมตร)	Thermodegraded pigment (%)
25	0.623 ± 0.001	0.621 ± 0.003	0.3 ± 0.2
50	0.623 ± 0.001	0.400 ± 0.010	35.8 ± 1.6
70	0.623 ± 0.001	0.159 ± 0.030	74.5 ± 4.8
90	0.623 ± 0.001	0.060 ± 0.006	90.4 ± 1.0

<sup>a</sup> Mean values ± standard deviation of triplicate samples

ที่มา : Fernandez - Lopez และ Almela (2001)

### 2.2.7 อีออนของโลหะ

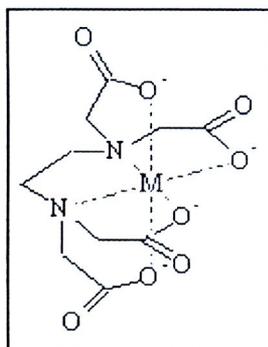
อีออนของโลหะต่างๆ เช่น  $Fe^{2+}$  ,  $Fe^{3+}$  ,  $Sn^{2+}$  ,  $Al^{3+}$  ,  $Cr^{3+}$  และ  $Cu^{2+}$  จะสามารถเร่งอัตราการสลายตัวของเบทานินและการฟอร์มตัวของโลหะกับรังควัตถุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้ โดยการเติมกรดหรือเพิ่ม EDTA (ethylene diamine-tetra acetic 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 ที่สามารถจับอีออนจะส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกเดซิซัน EDTA เป็น Chelating agent ที่สามารถจับอีออนของโลหะ ซึ่งอีออนเหล่านี้จะส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกเดซิซัน สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นจาก EDTA ส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ดีและมีความเสถียร (ภาพที่ 2.4) นอกจากนี้สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นสามารถในการจับกับอีออนของโลหะ จึงทำให้สามารถเพิ่มความคงตัวของเบทานินได้



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอีออนของโลหะกับ 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 บัทรูท เป็นต้น เอนไซม์เพอร์ออกซิเดสจะพีเอชที่เหมาะสม คือ 3.4 และสามารถเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวในเบทาไฮยานินได้ดีกว่าในเบทาแซนทิน และเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นปัจจัยสำคัญในการสลายตัวของรงควัตถุในบัทรูท

มีการรายงานว่า เอนไซม์เพอร์ออกซิเดสและเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีในพืชบัตูรุต 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 โดยพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของกรดจะเพิ่มความคงตัวของเบทาไซยานินสูงขึ้น นอกจากนี้ การปรับพีเอชเป็น 4.0 จะทำให้มีความคงตัวของเบทาไซยานินสูงกว่าในสภาวะที่มีพีเอช 6.0 โดยการเติมกรดแอสคอร์บิก 1 เปอร์เซ็นต์ในน้ำผลไม้ที่พีเอช 4 จะทำให้ค่าความคงตัวของเบทาไซยานินสูงที่สุด นอกจากนี้ การให้ความร้อนจะเร่งการสลายตัวของรงควัตถุนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 2.3 เปอร์เซ็นต์ความคงตัวของเบตาไซยานินหลังจากให้ความร้อน (H) และ เก็บที่อุณหภูมิต่ำ (CS) ใน purple pitaya juices ที่พีเอช 4 และ 6

Additives	ความเข้มข้นของสาร(%)	น้ำผลไม้ที่ผ่านการให้ความร้อนที่พีเอช 4		น้ำผลไม้ที่ผ่านการให้ความร้อนที่พีเอช 6		Pigment preparation heated at pH 4	
		Betacyanin retention (%) <sup>2</sup>		Betacyanin retention (%) <sup>2</sup>		Betacyanin retention (%) <sup>2</sup>	
		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

### 2.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำมันสลัด

#### 2.3.1.1 น้ำมันรำข้าว

น้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันอิสระสูงมาก เพราะรำข้าวมีเอนไซม์ไลเปสสูงมาก ซึ่งน้ำมันรำข้าวมีความคงตัวต่อการออกซิเดชันเพราะมีวิตามินอีเป็นสารต้านการออกซิเดชันที่อยู่ในน้ำมันตามธรรมชาติสูง โดยน้ำมันรำข้าวประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวประมาณ 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

มาตรฐานน้ำมันรำข้าว มีดังนี้

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

ลักษณะน้ำมันพืชที่ดี

- ไม่มีกลิ่นหืน
- ใส ปราศจากตะกอน
- สีเหลืองปานกลาง
- มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณสูง มีดลหะหนักหรือสารพิษปนเปื้อนน้อยที่สุด

#### 2.3.1.2 น้ำส้มสายชู

มีลักษณะเป็นของเหลวไม่มีสี ผสมกับน้ำ แอลกอฮอล์และกลีเซอรินได้ดี ซึ่งนิยมใช้กันที่ความเข้มข้นอยู่ระหว่างร้อยละ 4.5 - 10.1 ถ้าเติมกรดน้ำส้มสายชูในปริมาณไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2.5 จะทำให้เชื้อ Salmonella ที่ปนเปื้อนมา มีความต้านทานความร้อนลดลง แต่ข้อเสีย คือ ทำให้คุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของไข่แดงในสลัดครีมเสียไประหว่างการฆ่าเชื้อ การใช้ น้ำส้มสายชู ควรมีการกำจัดโลหะหนักในน้ำส้มสายชูออกเพราะจะเป็นตัวเร่งการออกซิไดซ์ของน้ำมัน

#### 2.3.1.3 น้ำตาล

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

### 2.3.1.4 เกลือ

เกลือที่นิยมนำมาทำน้ำสลัด ได้แก่ เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เกลือที่เติมลงไปจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีรสเค็มเพิ่มขึ้นและจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเกลือจะทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์เกิด plasmolysis ทำให้ปริมาณของออกซิเจนในส่วนที่เป็นน้ำของอาหารลดลง

## 2.4 อายุการเก็บรักษาน้ำสลัด

องค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐาน และรายงานต่างๆ เกี่ยวกับน้ำมันสลัด ดังนี้ (Charlambous, 1993)

1. ในปี 1990 ได้มีการสำรวจในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า มีน้ำสลัดแคลอรีต่ำเป็นอาหารเพื่อสุขภาพจำนวน 24 % ของสลัดทั้งหมด
2. กำหนดให้ผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำให้มีอายุการเก็บรักษาได้ในระยะเวลา 3 – 6 เดือนโดยเก็บที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง - 1.1 องศาเซลเซียส ถึง 37 องศาเซลเซียส
3. การเกิดกลิ่นเหม็นหืน (rancidity) และความคงตัวของอิมัลชันลดลง (emulsion breakdown) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของการลดอายุการเก็บรักษา ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ และคุณภาพของอาหารลดลง

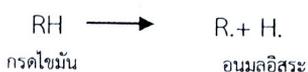
ในระหว่างการเก็บรักษาน้ำสลัดทั้งน้ำมันสลัดและสลัดครีม มีการเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดการเน่าเสียได้ด้วยเหตุนี้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง รวมทั้งเกิดการเหม็นหืน กลิ่นที่ไม่ดี เกิดการแยกชั้นของไขมัน สูญเสียความคงตัวของอิมัลชัน การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์การหมักและการเปลี่ยนสี (discoloration)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

## 2.5 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของออกซิเดชัน (Lipid peroxidation)

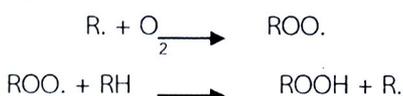
การเกิดออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอิสระหรือที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในลิพิดหรืออาหารที่มีลิพิด ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ (deterioration) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่องเมื่อลิพิดหรืออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะค่อยๆ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

1. Initiation เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical)
2. Propagation เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ
3. Termination เป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระ (non-radical products)

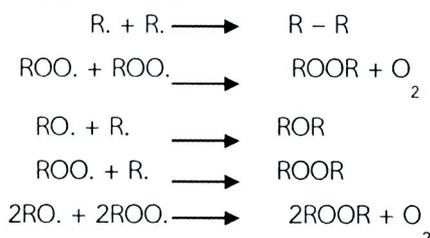
ปฏิกิริยาเริ่มต้นของออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) โดยไฮโดรคาร์บอนตรงตำแหน่งพันธะคู่สูญเสียไฮโดรเจนอะตอมทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ



และออกซิเจนจะเข้าไปทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่เกิดเป็น diradical หลังจากนั้นก็จะเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจนต่อเนื่องไปเรื่อยๆ



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



เมื่อไม่มีอนุมูลอิสระเหลือสำหรับทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนแล้ว หากยังมีออกซิเจนมากพออยู่ ก็จะเริ่มต้นเกิดปฏิกิริยาขั้นที่ 1 (Initiation reaction) เพื่อให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระได้ใหม่

## 2.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดลิพิดออกซิเดชันในอาหาร (นิธิยา , 2545)

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

### 2.6.1 ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ

เนื่องจากชนิดของกรดไขมันในโมเลกุลของไขมันและน้ำมันมีผลกระทบต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้นที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และอัตราเร็วของการเกิดจะแตกต่างกัน กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากจะเกิดได้เร็วกว่า ดังนี้ กรดอะราคิไดค : 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 อย่างไรก็ตามอัตราการเกิดออกซิเดชัน ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วย เช่น อุณหภูมิและพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจน

#### 2.6.4 อุณหภูมิ

การเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ในชั้นโพรพาเกรชันเพิ่มขึ้น 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 พบว่ามันหมูแข็งที่ผ่านการบดจะมีปริมาณกรดไทโอบาร์บิทูอิก (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 และ 58 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

#### 2.6.8 ตัวกระตุ้นให้เกิดออกซิเดชัน (prooxidation)

ตัวกระตุ้นให้เกิดออกซิเดชันที่สำคัญคือ อีออนของโลหะเช่น เหล็ก, ทองแดงและฮีโมโกลบิน ซึ่งมีอีออนของเหล็กเป็นองค์ประกอบก็ถือเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดออกซิเดชันด้วย โดยฮีโมโกลบินจะสามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากกว่าอีออนของเหล็ก และเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยฮีโมโกลบินจะเพิ่มขึ้นจนสูงสุดที่พีเอช 6.6 และที่พีเอช 7.5 การกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะลดลง เนื่องจาก การเกิดปฏิกิริยา ionization ของโมเลกุลน้ำที่นับที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 บนฮีม (pk 8.9) และการเกิดปฏิกิริยารีดักชันบางส่วนเป็นเฟอร์รัส นอกจากนี้การมีโซเดียมคลอไรด์อยู่ด้วยทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้นประมาณ 3-5 เท่าของตัวอย่างที่มีอีออนเหล็กเพียงอย่างเดียว เนื่องจากอีออนเหล็กที่เติมส่วนใหญ่เกิดปฏิกิริยากับโปรตีนจึงเป็นการป้องกันไม่ให้อีออนเหล็กเกิดปฏิกิริยากับลิพิดและป้องกันปฏิกิริยาที่อีออนเหล็กเป็นตัวเร่งให้เกิดออกซิเดชัน ส่วนโซเดียมคลอไรด์

จะมีผลกับปฏิกิริยาระหว่างอออนเหล็กกับโปรตีนทำให้เกิดอออนเหล็กอิสระขึ้นจำนวนมาก จึงเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาผลของอออนทองแดงในมันหมู พบว่าการเติมทองแดงทั้งในรูป copper II sulphate, copper II acetate หรือ copper II palmitate ที่ความเข้มข้น 5, 25, และ 50 ไมโครกรัมต่อตัวอย่าง 1 กรัมจะทำให้สูญเสียกลีมันหมูสดหลังเก็บที่ -20 องศาเซลเซียส นาน 3 สัปดาห์และหลังเก็บนาน 10 สัปดาห์จะเกิดกลิ่นหืนและกลิ่นโลหะรุนแรงขึ้น นอกจากนี้เกลือที่ใช้ในการหมักยังเสริมฤทธิ์การเร่งการเกิดออกซิเดชันของอออนทองแดงด้วย 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 ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากฟอสโฟไลเปสเอไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางอย่างหรือระบบของไลโปโปรตีน (lipoprotein) ที่เกี่ยวข้องกับความไม่เสถียรของโมโครโกลบิน โดยความไม่เสถียรนี้เกิดจากผลตรงข้ามหรือทางอ้อมขององค์ประกอบของลิปิดด้วย

#### 2.6.10 ความชื้น

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

#### 2.6.11 การเกิดอิมัลชัน

ในอาหารที่เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ หยदन้ำมันจะกระจายตัวอยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำ ออกซิเจนจะต้องแพร่กระจายผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำเข้าไปยังหยदन้ำมันผ่านชั้นระหว่างผิวของน้ำกับน้ำมัน ดังนั้นอัตราการเกิดออกซิเดชันจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วยเช่น ชนิดและความเข้มข้นของอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ ขนาดของอนุภาคหยदन้ำมัน 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



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

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

การตรวจสอบเพื่อวัดการเกิดออกซิเดชันของลิปิดทำได้โดยทดสอบกรดโทโอบาร์บิฟูริก (TBA) โดยที่ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะทำปฏิกิริยากับกรดโทโอบาร์บิฟูริกทำให้เกิดสีของสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาคอนเดนเซชัน (Condensation) ของมาโลนัลดีไฮด์ (malonaldehyde) กับกรดโทโอบาร์บิฟูริก 2 โมเลกุล อย่างไรก็ตาม การเกิดออกซิเดชันอาจไม่จำเป็นต้องเกิดมาโลนัลดีไฮด์เสมอไป เพราะสารประกอบพวกแอลคานัล (Alkanals) แอลคีแนล (Alkenals) และ 2,4-ไดอีนัล (2,4-dienals) กับกรดโทโอบาร์บิฟูริก จะให้สีเหลืองและดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร

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

## 2.8 การแยกชั้นและการเสื่อมสภาพของสลัดครีม

สลัดครีมจัดเป็นอาหารประเภทที่เสื่อมคุณภาพได้ปานกลาง (semiperishable product) จึงเก็บไว้ได้นานพอสมควรโดยไม่ต้องใส่ตู้เย็น

การเสถียรภาพของสลัดครีมเนื่องจากอัตราส่วนของน้ำและน้ำมันไม่สมดุลกันและสรุปว่า การเสถียรภาพอาจเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุหลายประการดังนี้

1). การใส่น้ำมันเร็วเกินไป ซึ่งเมื่อหยดน้ำมันเล็กๆ รวมตัวกันมากๆ จะทำให้เกิดการแยกชั้น ถ้าเกิดในขณะที่กำลังผสมแสดงว่าการเติมน้ำมันเร็วเกินไป หรือมีอัตราส่วนของน้ำมันต่ออิมัลซิไฟเออร์สูงเกินไป

2). ไม่มีการตีที่สม่ำเสมอในขณะที่ทำให้เกิดอิมัลชัน ซึ่งการตีที่ไม่สม่ำเสมอหรือมีส่วนผสมของน้ำเกินกว่าร้อยละ 15 เมื่อตั้งสลัดครีมไว้นานอาจเกิดการแยกชั้นได้ โดยเฉพาะในบริเวณส่วนล่างของขวด

3). อุณหภูมิการเก็บรักษาสูงเกินไป จะเกิดการแยกชั้นเนื่องจากอัตราการขยายตัวของน้ำกับน้ำมันแตกต่างกัน

4). มีการเขย่าระหว่างการขนส่งได้รับแรงสั่นสะเทือนมากๆ จะทำให้อนุภาคน้ำมันรวมตัวกันได้ง่ายและเกิดการแยกชั้น โดยเฉพาะเมื่อทำการขนส่งเป็นระยะทางไกลๆ

นอกจากนี้การแช่แข็งผลิตภัณฑ์สตั๊ดครีมจะทำให้ฟิล์มของอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) แตก ทำให้อนุภาคน้ำมันรวมตัวกันเกิดการแยกชั้น และถ้าปิดภาชนะบรรจุไม่สนิททำให้น้ำระเหยออกไปมาก ทำให้ความเข้มข้นของน้ำมันต่ออิมัลซิไฟเออร์เพิ่มขึ้นจึงเกิดการแยกชั้นได้