



2.1 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันและไขมัน

น้ำมันและไขมันนับว่าเป็นอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่ง เพราะเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานความร้อนสูงสุด ไขมันจำนวน 1 กรัม จะให้พลังงานความร้อนแก่ร่างกายถึง 9 กิโลแคลอรี (4,41) ซึ่งนับว่ามากกว่าโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 2 เท่า

ในไขมันมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการเจริญเติบโตและการมีสุขภาพสมบูรณ์ กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) มี 3 ตัว (4,11) ได้แก่ กรดลิโนลีนิก (linoleic acid) กรดลิโนเลนิก (linolenic acid) และกรดอะราคิไดนิค (arachidonic acid) โดยเฉพาะกรดลิโนลีนิก และกรดอะราคิไดนิค มีความสำคัญมาก ร่างกายสามารถสังเคราะห์กรดอะราคิไดนิคจากกรดลิโนลีนิกได้ (11,41) แต่ไม่สามารถสังเคราะห์กรดลิโนลีนิกได้ ด้วยเหตุนี้เฉพาะกรดลิโนลีนิกจำเป็นจะต้องมีในอาหารเป็นประจำ

นอกจากนี้ ไขมันยังช่วยในการดูดซึมของวิตามินที่ละลายในไขมัน ซึ่งได้แก่ เอ ดี อี และ เค (11,41)

2.2 องค์ประกอบของน้ำมันและไขมัน

น้ำมันและไขมันเป็นสารอินทรีย์ซึ่งโมเลกุลประกอบด้วยกลีเซอรอล (glycerol) และกรดไขมัน (fatty acid) 3 ตัว กรดไขมันทั้ง 3 ตัวนี้อาจเหมือนกันหรือต่างกันได้ โมเลกุลของกรดไขมันประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนเป็นจำนวนคู่ตั้งแต่ 4 ถึง 24 อะตอม กรดไขมันนี้มี 2 ประเภท คือ

- กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acid) โมเลกุลของมันไม่สามารถรับไฮโดรเจนได้อีก เพราะคาร์บอนทุกอะตอมจับกับคาร์บอนตัวอื่นและไฮโดรเจนจนเต็มตัว

- กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) โมเลกุลของมันสามารถรับไฮโดรเจนได้อีก เนื่องจากในโมเลกุลยังมีพันธคู่ (double bond)

- กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่พบมากที่สุดในอาหาร ได้แก่ กรดปาล์มิติก (palmitic acid) ส่วนชนิดไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดโอเลอิก (oleic acid) ในน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์มีกรดไขมันทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว แต่ต่างกันในปริมาณ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณร้อยละของกรดไขมัน โดยน้ำหนักที่มีอยู่ในน้ำมันและไขมันที่ใช้บริโภค (4)

ไขมัน	กรดไขมันชนิดอิ่มตัว			กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว			
	ทั้งหมด (ร้อยละ)	ปาล์มิติก (ร้อยละ)	สเตียริก (ร้อยละ)	ทั้งหมด (ร้อยละ)	โอเลอิก (ร้อยละ)	ลิโนลีนิก (ร้อยละ)	ลิโนสติก (ร้อยละ)
ไขมันสัตว์							
น้ำมันไก่	34	27	6	66	40	17	0.3
น้ำมันหมู	38	31	7	57	46	10	1
ไขมันพืช							
น้ำมันข้าวโพด	10	8	2	84	28	53	1
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	25	22	2	71	21	50	-
น้ำมันมะกอก	11	9	2	84	76	7	-
น้ำมันถั่วลิสง	18	8	6	76	47	29	-
น้ำมันถั่วเหลือง	15	9	6	80	20	52	7

2.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lipid Oxidation Reaction)

การเกิดกลิ่นหืนเป็นปัญหาสำคัญในการเก็บไขมันและอาหารที่ประกอบด้วยไขมัน เพราะนอกจากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านกลิ่นและรส ยังทำให้เกิดการสูญเสียกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย

และวิตามินซึ่งละลายในน้ำมันอีกด้วย กลิ่นหืนเกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งเกิดจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว รวมกับออกซิเจนในอากาศได้สารประเภทเพอออกไซด์ (peroxides) ซึ่งเมื่อสลายตัวจะให้สารประกอบโมเลกุลเล็ก ๆ เช่น กรดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ สารประกอบคาร์บอนิล (carbonyl compound) ก่อให้เกิดกลิ่นหืน เนื่องจากปฏิกิริยานี้ไม่จำเป็นต้องมีสารอื่นเกี่ยวข้องกับควยเลย บางครั้งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า autoxidation (34) กรดไขมันที่ถูกทำลายได้เร็ว เนื่องจากปฏิกิริยานี้คือ กรดคลิโนลีนิก และกรดคลิโนลิค ส่วนกรดโอเลอิกจะถูกทำลายในอัตราเร็วที่ช้ากว่า 2 เท่ามาก (20)

ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น ปริมาณออกซิเจน ปริมาณความชื้น แสง ไอออนของโลหะ และสารต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) (15, 27, 34) อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น แสง และไอออนของโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก ทองแดง จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนผลของปริมาณความชื้นนั้น ทว่าเมื่อความชื้นมากขึ้นอัตราเร็วของปฏิกิริยาจะลดลงและลดลงเรื่อย ๆ จนถึงความชื้นค่าหนึ่ง จากนั้นเมื่อความชื้นเพิ่มต่อไป อัตราเร็วจะกลับมากขึ้น (15)

การติดตามปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นหืนทำได้หลายวิธีคือ การหาค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) การหากรดไขมันอิสระ (free fatty acid) การหาค่า TBA (Thiobarbituric acid number) และการหาสารประกอบคาร์บอนิล (22, 27)

- Thiobarbituric acid (TBA) test

เป็นวิธีหนึ่งในการติดตามปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นหืนในไขมัน และอาหารที่ประกอบด้วยไขมัน โดยเฉพาะพวกที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณค่อนข้างสูง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมีโอกาสเป็นมาลอนัลดีไฮด์ (malonaldehyde) ไขมัน ซึ่งสามารถแยกออกมาได้โดยวิธีการกลั่นควยไขมันของอาหารที่มีสภาพเป็นกรด (35) มาลอนัลดีไฮด์ที่ถูกกลั่นออกมาสามารถทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาร์บิทริก (2-thiobarbituric acid) ให้สารละลายสีชมพู ดูดกลืนแสงได้ที่ 538 นาโนเมตร ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนจะเป็นสัดส่วนตรงกับความเข้มข้นของมาลอนัลดีไฮด์ ความเข้มข้นของมาลอนัลดีไฮด์ ต่อตัวอย่างอาหาร 1 กิโลกรัม จะเป็นค่าซึ่งแสดงถึงความมากน้อยของปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้น

2.4 วิธีให้ความร้อนแก่สารที่มีน้ำมัน

วิธีให้ความร้อนแก่สารที่มีน้ำมัน อาจแบ่ง เป็น 2 วิธี ขึ้นกับว่าสารนั้นผลิตน้ำมันได้เอง หรือต้องอาศัยวิธีทางกลช่วยในการผลิตน้ำมันออกมา ได้แก่

2.4.1 Rendering

เป็นการสกัดน้ำมันทั้งหมดหรือส่วนใหญ่ออกมาจากเนื้อเยื่อไขมันสัตว์ หรือสารอื่น ๆ ที่มีสัดส่วนของน้ำมันต่อส่วนที่เป็นของแข็ง (oil : solid matter) ในสัดส่วนที่สูง โดยใช้ ความร้อน (16, 34)

2.4.2 Cooking

เป็นการให้ความร้อนแก่เมล็ดพืชที่มีน้ำมัน (oilseed) หรือเนื้อเยื่อไขมันชนิดก่อนที่ จะนำไปสกัดน้ำมันโดยวิธีกล ซึ่งการให้ความร้อนนี้จะทำให้การสกัดได้ง่ายขึ้น (18, 34)

ในกรณีของ rendering และ cooking ความร้อนที่ให้อาจทำให้โปรตีน ในผนังของ เซลล์ที่มีไขมันอยู่แปรสภาพไป ดังนั้นน้ำมันสามารถไหลผ่านผนัง เซลล์ออกมาได้ และที่อุณหภูมิ สูง การเคลื่อนที่ของน้ำมันจะยิ่ง เร็วขึ้น เนื่องจากมีความหนืดน้อยลง

2.5 การสกัดน้ำมันจากไขมันสัตว์

ปกติเนื้อเยื่อไขมันสัตว์ประกอบด้วยไขมันร้อยละ 70-90 ส่วนที่เหลือเป็นน้ำและเนื้อเยื่อ เกี่ยวพัน (connective tissue) ซึ่งเนื้อเยื่อเกี่ยวพันนี้มีโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นภายหลังจาก การสกัดน้ำมันจึงใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดี

ในการสกัดน้ำมันจะ เลือกวิธีใดขึ้นอยู่กับชนิดของ เนื้อเยื่อไขมันสัตว์ ลักษณะของน้ำมันที่ต้องการ และเครื่องมือที่ใช้ในการสกัด (20, 34) รายละเอียดขั้นตอนสำหรับการสกัดวิธีต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

2.5.1 การสกัดแบบแห้ง (Dry rendering)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายในการสกัดน้ำมัน ซึ่งมีข้อแตกต่างจากการสกัดแบบเปียก คือการ สกัดแบบแห้ง เป็นการสกัดในลักษณะที่แห้ง ไขมันที่ได้และ เนื้อเยื่อ ไขมันหลังสกัดมีความชื้น เหลืออยู่ในปริมาณ

ต่ำมาก แบบที่ง่ายที่สุดของวิธีนี้คือ ใช้หม้อเปิดฝา (open kettle) ที่มีผนังหม้อสองชั้น ระหว่างชั้นทั้งสองผ่านด้วยไอน้ำ ความดันต่ำ ซึ่งเป็นตัวให้ความร้อน ภายในมีเครื่องกวนความเร็วต่ำเพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อเยื่อไขมันติดผนังหม้อที่ร้อน และยังช่วยให้ความร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ (26, 34) ในการสกัดแบบแห้งนี้ไม่มีการเติมน้ำแต่อย่างใด อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 110 องศาเซลเซียส (21, 34) ภาวที่ได้จากการสกัดจะเป็นส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งเรียกส่วนภาวนี้ว่า cracklings สามารถนำไปสกัดน้ำมันต่อโดยใช้ hydraulic หรือ screw-type press (18, 34)

ในสหรัฐอเมริกาใช้วิธีดังกล่าวมาแล้วในการสกัดมันแข็ง (leaf fat) คุณสมบัติของน้ำมันที่ได้จากการสกัดวิธีนี้ ขึ้นกับสภาพจัดการและการเตรียมเนื้อเยื่อก่อนการสกัด (handlings) และเพื่อให้ได้น้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระต่ำ จำเป็นต้องทำการสกัดน้ำมันในทันทีที่ได้เนื้อเยื่อไขมันจากสัตว์ (19, 34) ในบางกรณีจำเป็นต้องเก็บเนื้อเยื่อไขมันสัตว์ ควบไว้ในห้องเย็นก่อนที่จะนำมาบดและสกัดต่อไป ทั้งนี้เนื่องจากมีเอนไซม์เกี่ยวกับการย่อยสลาย (hydrolytic enzyme) โดยเฉพาะมันเปลา (visceral fat) จะมีมากกว่ามันแข็ง (20) แต่วิธีที่ดีที่สุดควรบดเมื่ออุณหภูมิของเนื้อเยื่อไขมันยังใกล้กับอุณหภูมิขณะแลออกจากซากสัตว์ (carcass) ใหม่ ๆ โดยวิธีนี้จะได้น้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระร้อยละ 0.10-0.15 น้ำมันหมูที่สกัดได้โดยใช้หม้อเปิดฝามีกลิ่น cooked flavor ที่แรงกว่าวิธีสกัดโดยใช้ไอน้ำ แต่ก็เป็นกลิ่นที่คนนิยมมากกว่า วิธีการสกัดโดยใช้หม้อเปิดฝานอกจากใช้กับมันแข็งแล้ว ยังสามารถใช้สกัดไขวัว (tallow) หรือไขมันสัตว์ชนิดอื่น ๆ อีกด้วย แต่การสกัดวิธีนี้จะช้าและมีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการสกัดไขมันเป็นจำนวนมาก ๆ ในวงการอุตสาหกรรมการสกัดแบบแห้งจึงมักทำในภาชนะที่มีฝาปิดและภายในเป็นสุญญากาศ การใช้สุญญากาศจะทำให้การกำจัดน้ำออกจากเนื้อเยื่อไขมันง่ายขึ้น และป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของไขมัน การสกัดแบบแห้งภายใต้สุญญากาศมักทำในภาชนะรูปทรงกระบอกที่มีผนังหม้อสองชั้น ระหว่างชั้นของผนังผ่านด้วยไอน้ำ ซึ่งเป็นตัวให้ความร้อนภายในภาชนะมีเครื่องกวน วิธีนี้ไขมันที่ได้จะมีกลิ่นปานกลางและมีกรดไขมันอิสระในปริมาณที่ต่ำด้วย (26, 34)

น้ำมันที่ได้จากการสกัดแบบแห้งนี้ จะมีสารประเภทโปรตีนในปริมาณต่ำ ซึ่งสารโปรตีนเหล่านี้บางครั้งเป็นเหตุให้น้ำมันมีสีคล้ำ สีของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีนี้สามารถควบคุมได้โดยการควบคุมการดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อไขมัน (dehydration) ถ้าดึงน้ำออกมากเกินไป สีของน้ำมันที่สกัดได้จะเข้มมาก

สารที่มีสีในน้ำมันอยู่ในรูปสารแขวนลอยมากกว่าในรูปสารละลาย และบางกรณีอาจตกตะกอนและแยกออกโดยการทำให้เกิดสภาวะคือน้ำ (hydration) โดยการเติมค่างอ่อน หรือเน้แต่โดยการชะล้างคายน้ำก็ได้ เนื่องจากสารที่มีสีมีโอกาสที่จะละลายหรือกระจายในน้ำมันได้ ดังนั้นเนื้อเยื่อไขมันที่จะสกัดแบบแห้ง จึงต้องเตรียมโดยพยายามให้มีเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อหรือเนื้อเยื่ออื่น ๆ ปนปนน้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้ น้ำมันที่เตรียมจากเนื้อเยื่อไขมันใหม่ ๆ ค่ายการสกัดแบบแห้ง จะมีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำกว่าน้ำมันที่สกัดโดยใช้วิธีสกัดแบบเปียก (wet rendering) เนื่องจากการสกัดแบบเปียก โอกาสที่เซลล์ไขมันจะถูกไฮโดรไลส (hydrolyse) มีมาก เพราะเนื้อเยื่อไขมันและน้ำมันมีการสัมผัสกับไอน้ำหรือน้ำเป็นเวลานานที่อุณหภูมิสูงนั่นเอง

2.5.2 การสกัดแบบเปียก (Wet rendering)

เป็นการสกัดน้ำมันในสภาพที่น้ำจำนวนมากสัมผัสอยู่กับเนื้อเยื่อไขมันในขณะให้ความร้อน ส่วนของไขมันที่ต้องการจะลอยขึ้นมาอยู่เหนือผิวน้ำ และสามารถแยกออกได้ (18, 34) วิธีสกัดแบบนี้มี 2 แบบคือ

2.5.2.1 การสกัดแบบเปียกที่อุณหภูมิต่ำ (Low temperature wet rendering) ใช้อุณหภูมิสูงแค่จุดเดือดของน้ำ และเครื่องมือที่ใช้เป็นภาชนะเปิด (open vessel)

2.5.2.2 การสกัดแบบเปียกที่อุณหภูมิสูง หรือการสกัดด้วยไอน้ำ (High temperature wet rendering or steam process) ซึ่งทำภายในภาชนะปิด (closed vessel) และภายใต้ความดัน

- การสกัดแบบเปียกที่อุณหภูมิต่ำ

เป็นวิธีที่ใช้เมื่อต้องการน้ำมันที่มีกลิ่นปานกลาง เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบง่าย ๆ ประกอบด้วยถังเปิดที่มีผนังทึบสองชั้น ระหว่างชั้นทั้งสองผ่านด้วยไอน้ำที่มีความดันต่ำใกล้เคียงบรรยากาศ ภายในมีเครื่องกวนความเร็วต่ำ (20, 34) เนื้อเยื่อไขมันที่เป็นวัตถุดิบจะถูกใส่ลงในถังนี้ มีการเติมน้ำลงไปและให้ความร้อนพร้อมทั้งคนเบา ๆ จนกระทั่งได้ส่วนของไขมันส่วนใหญ่ลอยขึ้นมาอยู่เหนือผิวน้ำในถัง แยกไขมันที่สกัดได้ออก

อุณหภูมิที่ใช้ในวิธีนี้อาจแตกต่างกันไปบ้างแล้วแต่ผู้ผลิต การสกัดโดยใช้อุณหภูมิต่ำสุดมักจะให้

น้ำมันที่มีสี กลิ่น และรสน้อย รวมทั้งปริมาณน้อยด้วย ดังนั้นผู้ผลิตมักจะสกัดน้ำมันจากกากที่เหลืออีก
ครั้งหนึ่ง เพื่อแยกน้ำมันออกให้ได้มากที่สุด (34)

- การสกัดแบบเปียกที่อุณหภูมิสูง

เป็นวิธีสกัดโดยใช้ไอน้ำอุณหภูมิสูง ส่วนใหญ่การสกัดน้ำมันจากไขมันสัตว์ในสหรัฐอเมริกา มัก
นิยมสกัดด้วยวิธีนี้ น้ำมันหมูที่สกัดโดยวิธีนี้เรียกว่า prime steam lard ซึ่งจะมีกลิ่นปานกลาง
ไขวัวและน้ำมันปลาพวกที่นิยมสกัดด้วยวิธีนี้เช่นกัน

เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดโดยวิธีใช้ไอน้ำอุณหภูมิสูงที่มีขนาดผลิตต่ำ โดยทั่วไปจะประกอบด้วย
autoclave หรือ digester ที่เป็นรูปทรงกระบอก ด้านล่างมีลักษณะเป็นรูปกรวย ตั้งในแนว
ค้ำและทำด้วยเหล็กกล้า ใช้ไอน้ำที่มีความดันสูง 40-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นตัวให้ความร้อน เวลาสกัด
ภาชนะที่ใช้จะบรรจุเนื้อเยื่อไขมัน และน้ำมันปริมาณเล็กน้อย ไอน้ำจะถูกส่งผ่านลง ไปเพื่อทำให้น้ำเดือด
และเข้าไปแทนที่อากาศด้วย ภาชนะที่ใช้จะปิดสนิท ยกเว้นมีช่อง เล็กซึ่ง เป็นทางให้ไอน้ำถูกส่งผ่านเข้าไป
ไปในภาชนะอย่างต่อเนื่อง จนได้อุณหภูมิและความดันในการสกัดในระดับที่ต้องการ เวลาที่ปล่อยให้
เกิดการย่อยเซลไขมันอย่างต่อเนื่องจะมากหรือน้อยขึ้นกับอุณหภูมิที่ใช้ และชนิดของ เนื้อเยื่อไขมันที่จะสกัด

ในการสกัดโดยใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิสูง เนื้อเยื่อไขมันที่ใช้เป็นวัตถุดิบไม่จำเป็นต้องมีแต่เนื้อเยื่อ
ไขมันล้วน ๆ อาจมีเนื้อเยื่ออื่นเจือปนได้ ทั้งนี้เนื่องจากวิธีนี้ใช้น้ำน้อยอยู่ด้วย ดังนั้นจึงมีโปรตีนเพียง เล็ก
น้อยเท่านั้นที่ละลายหรือกระจายในน้ำมัน เมื่อเปรียบเทียบการใช้ความร้อนในวิธีสกัดแบบแห้ง กับวิธีสกัด
โดยใช้ไอน้ำ พบว่าวิธีสกัดแบบแห้งจะใช้ความร้อนได้เร็วกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีสกัดโดยใช้
ไอน้ำ เนื่องจากการสกัดแบบแห้ง เป็นการให้ความร้อนแก่เนื้อเยื่อไขมันโดยตรง ในการสกัดโดยใช้
ไอน้ำอาจเกิดการไฮโดรไลซิสของน้ำมันได้ ซึ่งมีผลให้น้ำมันมีอุณหภูมิที่เกิดควัน (smoke point)
ต่ำลง (20) และการไฮโดรไลซิสจะยิ่งเร็วขึ้น เมื่ออุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้น (34) ปริมาณกรดไขมัน
อิสระใน prime steam lard จะไม่ต่ำกว่าร้อยละ 0.35 ความเป็นกรดนี้ขึ้นกับเวลาและอุณหภูมิ
ในการสกัด รวมทั้งเวลาและอุณหภูมิในการเก็บเนื้อเยื่อไขมันก่อนการสกัด (40) เสถียรภาพของน้ำ
มันในแง่ออกซิเดชันขึ้นกับวิธีการสกัดและการ เตรียมเนื้อ เยื่อก่อนการสกัดมากกว่าขึ้นกับปริมาณกรดไขมัน
เนื้อเยื่อ

2.6 การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์

น้ำมันที่ได้จากขบวนการผลิตข้างต้นเรียกว่า น้ำมันธรรมชาติ (crude oil) ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ผสมอยู่กับสิ่งเจือปนต่าง ๆ ได้แก่กรดไขมันอิสระ โมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) ไดกลีเซอไรด์ (diglyceride) ฟอสฟาไทด์ (phosphatide) สารที่ทำให้เกิดสี สารประกอบคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน เป็นต้น สิ่งเจือปนเหล่านี้จะทำให้ไขมันเสื่อมคุณภาพเร็ว และบางชนิดทำให้เกิดกลิ่นและคุณสมบัติอันไม่พึงประสงค์ (5, 13, 16, 32) ดังนั้นน้ำมันธรรมชาติจะต้องผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ก่อนที่จะนำไปใช้บริโภค หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ไขมันและไขมันบริโภคชนิดอื่น กรรมวิธีในการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ แบ่งออกเป็น 4 วิธี คือ

- การแยกยาง (Degumming)
- การกำจัดกรดไขมันอิสระ (Neutralization หรือ Alkali refining)
- การฟอกสี (Bleaching)
- การกำจัดกลิ่น (Deodorization)

2.6.1 การแยกยาง (Degumming)

การแยกฟอสฟาไทด์และสารประกอบซึ่งมีลักษณะเป็นยาง เหนียว ทำโดยการเติมน้ำลงไปใ้น้ำมันให้สารเหล่านี้เกิดสภาพไฮเดรต (hydrate) ทำให้มีคุณสมบัติที่ไม่ละลายในน้ำมัน และมีความอวลงจำเพาะสูงกว่าน้ำมัน ดังนั้นสามารถแยกออกจากน้ำมันได้ด้วยการหมุนเหวี่ยงหรือตกตะกอน (13, 18, 34) ถ้าไม่แยกยางออกจะทำให้เกิดการสูญเสียไขมันในขบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระมาก เนื่องจากเกิดอิมัลชัน (emulsion) (5, 25, 34) การแยกยางนิยมใช้กับน้ำมันพืช แต่ไม่ใช้กับน้ำมันสัตว์ เนื่องจากน้ำมันสัตว์มีปริมาณฟอสฟาไทด์ และสารประกอบซึ่งมีลักษณะเป็นยาง เหนียวต่ำ (34) และในขบวนการกำจัดกรดไขมันอิสระนั้นสามารถกำจัดสารเหล่านี้ไปได้บาง (5, 13, 32)

2.6.2 การกำจัดกรดไขมันอิสระ (Neutralization หรือ Alkali refining)

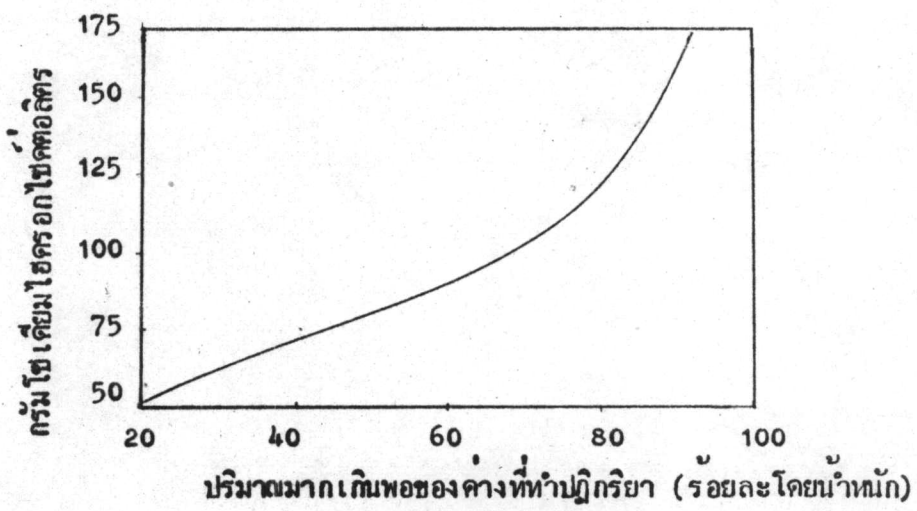
สิ่งเจือปนในน้ำมันธรรมชาติส่วนใหญ่ได้แก่กรดไขมันอิสระ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการ

ทำให้ไขมัน เหนียวข้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำจัดออก วิธีการกำจัดกรดไขมันอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม น้ำมันบริโภคนั้น คือการใช้สารละลายด่าง (14, 34) เนื่องจากวิธีนี้สามารถกำจัดกรดไขมันอิสระได้มาก โดยการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสบู่ รวมทั้งสามารถกำจัดสิ่งเจือปนต่าง ๆ เช่นฟอสฟาไทด์ สารที่ทำให้เกิดสี สารประกอบคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน เป็นต้น ออกจากน้ำมันโดยการดูดซึม (adsorption) ของสบู่ที่เกิดขึ้น สารละลายด่างที่ใช้มากคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (5, 14, 32, 34, 37)

การกำจัดกรดไขมันอิสระโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้ไขมันที่มีลักษณะ และคุณภาพตามที่ต้องการ รวมทั้งมีการสูญเสียไขมันน้อยนั้น มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ ความเข้มข้นและ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และอุณหภูมิ (12, 13, 34)

2.6.2.1 ความเข้มข้นและปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์

ความเข้มข้นและปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นปัจจัยสำคัญที่สุด ซึ่ง ระดับที่เหมาะสมขึ้นกับชนิดและลักษณะของน้ำมัน ความเข้มข้นมักวัดในเทอมของความถ่วงจำเพาะใน รูปองศาโบเม (degree Baumé) น้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำควรใช้สารละลายด่างที่มีความเข้มข้นต่ำ และในทำนองเดียวกันกับน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง ควรใช้สารละลายด่างที่มีความเข้มข้นสูง ถ้าความเข้มข้นสูง โอกาสเกิดสบอนนิฟิเคชัน (saponification) จะมาก ดัง แสดงในรูป 2.1 แต่หาความเข้มข้นต่ำไปโอกาสเกิดอิมัลชันก็มีมากเช่นเดียวกัน

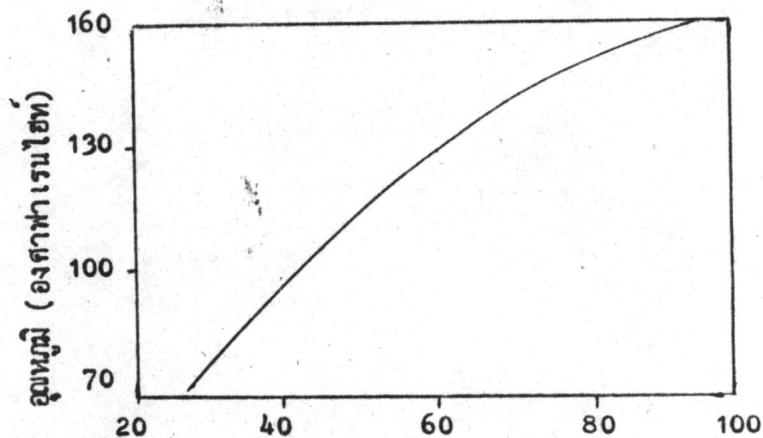


รูปที่ 2.1 อิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายด่างที่มีต่อการเกิดสบอนนิฟิเคชัน (34)

ปริมาณค่างที่ใช้คิดจากปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีในน้ำมัน ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ในรูปของ กรด โอลีอิก (oleic acid) แต่อย่างไรก็ตามค่างที่เติมลงไปเพื่อทำลายความเป็นกรด ควรเติมใน ปริมาณที่มากเกินไป (excess) ซึ่งวัดในรูปของ โซเดียมไฮดรอกไซด์แห้งคิดเป็นร้อยละโดยน้ หนักของน้ำมัน ปริมาณค่างที่เติมขึ้นกับคุณภาพและลักษณะน้ำมันธรรมชาติ รวมทั้งคุณภาพของน้ำมันที่ ต้องการค่าง (5, 12, 13, 14, 25, 32, 34, 37)

2.6.2.2 อุณหภูมิ

ในการกำจัดกรดไขมันอิสระ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น สaponification จะ เกิดได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ทำให้สูญเสียน้ำมันมาก ดังนั้นจึงควรใช้อุณหภูมิต่ำ อย่างไรก็ตาม สบู่ที่เกิดขึ้นจะหั่งตัว (settle) ได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย ฉะนั้นในการกำจัดกรดไขมัน อิสระ จึงควรใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อให้สบู่ที่เกิดขึ้นหั่งตัวได้ดีและเร็ว เพราะถ้าไม่ดีจะทำให้เกิด การสูญเสียน้ำมันมากขึ้นเช่นกัน เนื่องจากสบู่อุดตัน (occlude) น้ำมันไว้มาก ฉะนั้นในการกำจัด กรดไขมันอิสระจึงควรเลือกอุณหภูมิเหมาะสม เพื่อให้สูญเสียน้ำมันน้อยที่สุด (5, 34)



ปริมาณมากเกินพอของค่างที่ทำปฏิกิริยา (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

รูปที่ 2.2 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการ เกิดสaponification (34)

น้ำมันที่นำมากำจัดกรดไขมันอิสระ ถ้ามีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำ ควรใช้ค่างที่มีความ เข้มข้นต่ำ และโดยทั่ว ๆ ไปหมายถึงสารละลายค่างที่มีความเข้มข้น ≤ 10 องศาโบเม ปริมาณ

สารละลายค่างที่ใช้ได้จากปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีในน้ำมันในรูปของกรดโอเลอิก และน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระ \leq ร้อยละ 2 ควรใช้สารละลายค่างมากเกินพอร้อยละ 0.1-0.35 (5, 12, 14, 25, 34)

อุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดกรดไขมันอิสระควรอยู่ในช่วง 50-65 องศาเซลเซียส เพื่อให้การแยกสบู่ทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพดีพอ ทั้งนี้เพราะเป็นช่วงอุณหภูมิที่สบู่แข็งตัวได้ดีและเร็ว (5, 25, 34) แต่อุณหภูมิที่ใช้ก็ขึ้นกับชนิดของน้ำมันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิในการกำจัดกรดไขมันอิสระของน้ำมันชนิดต่าง ๆ

ชนิดของน้ำมัน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เอกสารอ้างอิง
น้ำมันมะพร้าว	60	37
น้ำมันมะกอก	60-65	34
น้ำมันเมล็ดกระเจียว	52-57	2
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	54-60	25
น้ำมันปลา	50-55	32

2.6.3 การฟอกสี (Bleaching)

เป็นการลดสารที่ทำให้เกิดสีในน้ำมันโดยใช้กระบวนการดูดซับ (adsorption) ในการฟอกสีเพื่อให้ได้น้ำมันที่มีลักษณะและคุณภาพดี รวมทั้งประหยัดค่าใช้จ่าย ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดและปริมาณสารฟอกสี อุณหภูมิ และเวลา (5, 12, 34, 37)

2.6.3.1 ชนิดและปริมาณสารฟอกสี

สารฟอกสีที่นิยมใช้มากในอุตสาหกรรมน้ำกับบริโกล ได้แก่ natural clay และ activated clay โดยโซอยู่ในช่วงร้อยละ 0.25-5 โดยน้ำหนักของน้ำมัน activated clay สามารถกัก (retain) น้ำมันได้มากกว่า natural clay โดยปกติ การใช้ activated clay จะทำให้การสูญเสียไขมันน้อยกว่าการใช้ natural clay เนื่องจาก activated clay จะทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการเลือกสารฟอกสีจึงต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพความสามารถในการกักน้ำมัน รวมทั้งราคาด้วย สำหรับการเลือกปริมาณสารฟอกสีมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ ชนิดและประสิทธิภาพของสารฟอกสี ชนิดน้ำมัน สีน้ำมัน ก่อนฟอก และสีน้ำมันที่ต้องการ (5, 12, 19, 25, 32, 34)

ในการศึกษาทดลอง เพื่อเลือกสารฟอกสีที่ดีที่สุด ทำได้โดย Adsorption Isotherm test

Adsorption Isotherm คือความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารที่ถูกดูดซับไปกับความเข้มข้นของสารนั้นที่ยังเหลืออยู่ ความสัมพันธ์นี้เขียนได้เป็น

$$x/m = k C^{1/n} \quad (\text{Freundlich equation}) \quad (1)$$

- x = ปริมาณสารที่ถูกดูดซับ
 m = น้ำหนักของสารดูดซับ (adsorbent)
 k, n = ค่าคงที่
 C = ความเข้มข้นของสารที่เหลืออยู่ในน้ำมัน

จากสมการ (1) อาจแปรรูปเป็น

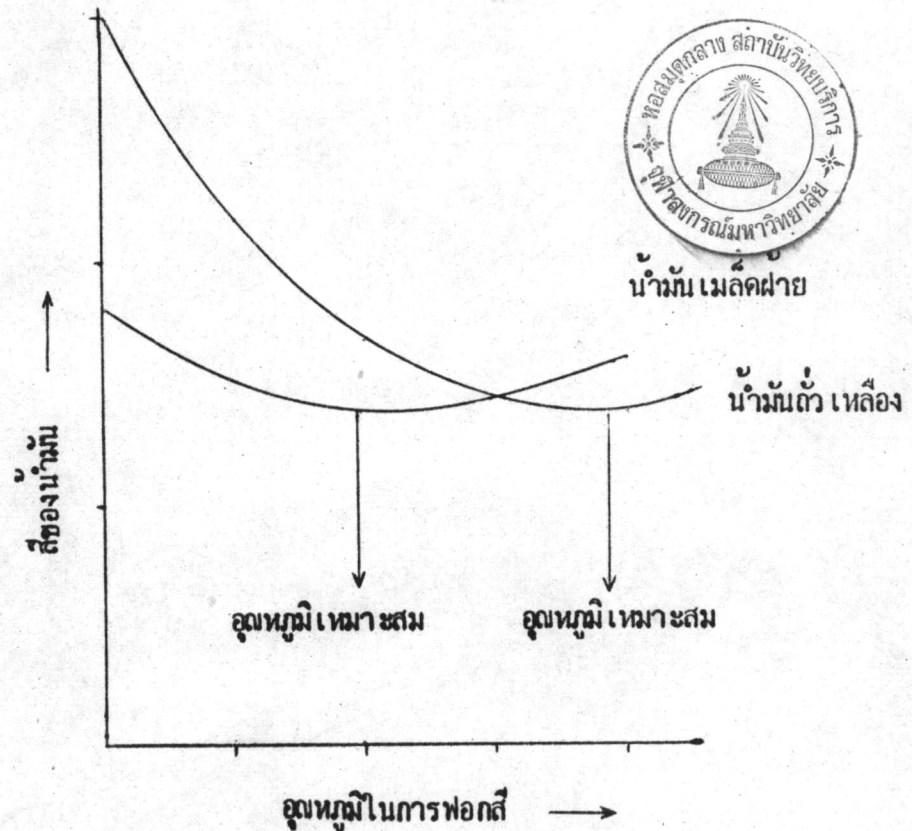
$$\log x/m = \log k + 1/n \log C$$

Adsorption Isotherm มีประโยชน์มากในการหาความสามารถในการดูดซับของสารดูดซับ และใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารดูดซับ 2 ชนิด (3, 5, 34)

2.6.3.2 คุณสมบัติในการฟอกสี

น้ำมันต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการฟอกสีต่าง ๆ กันออกไป

คัง เช่น ได้มีผู้ทำการทดลอง ฟอกสีน้ำมันด้ว เหลือง และน้ำมัน เมล็ดฝ้ายที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน คังแสดง ในรูปที่ 2.3

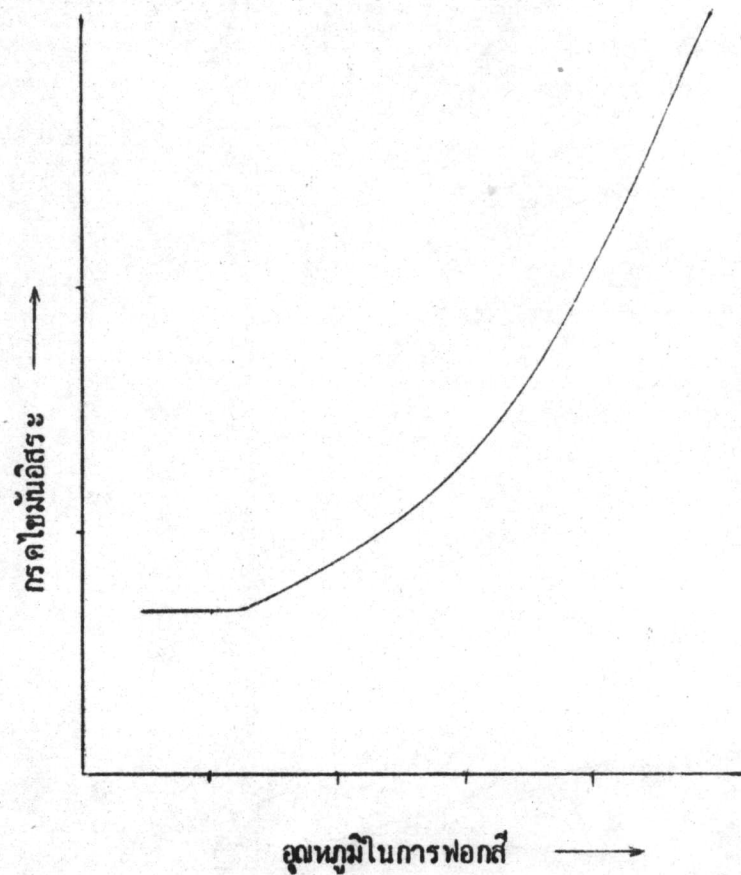


รูปที่ 2.3 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีต่อการฟอกสี (30)

จากรูปจะเห็นได้ว่า ความสามารถในการฟอกสีจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึง อุณหภูมิหนึ่ง ซึ่งหลังจากอุณหภูมินี้แล้วความสามารถในการฟอกสีจะลดลง และน้ำมันต่างชนิดกันจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการฟอกสีต่างกัน

สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่ง เกี่ยวกับอุณหภูมิที่ใช้ในการฟอกสีที่จะต้องคำนึงถึง คือปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น เมื่อใช้อุณหภูมิในการฟอกสีสูงขึ้น คังแสดงในรูป 2.4

จากรูปจะเห็นได้ว่า อุณหภูมิที่ใช้ควรต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดปริมาณการเพิ่มของกรดไขมันอิสระ แต่ก็ต้องสูงพอที่จะลดปริมาณสารที่ทำให้เกิดสีในน้ำมันให้ถึง ระดับที่ต้องการได้ (30)



รูปที่ 2.4 อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณกรดไนโตรเจนอิสระ (30)

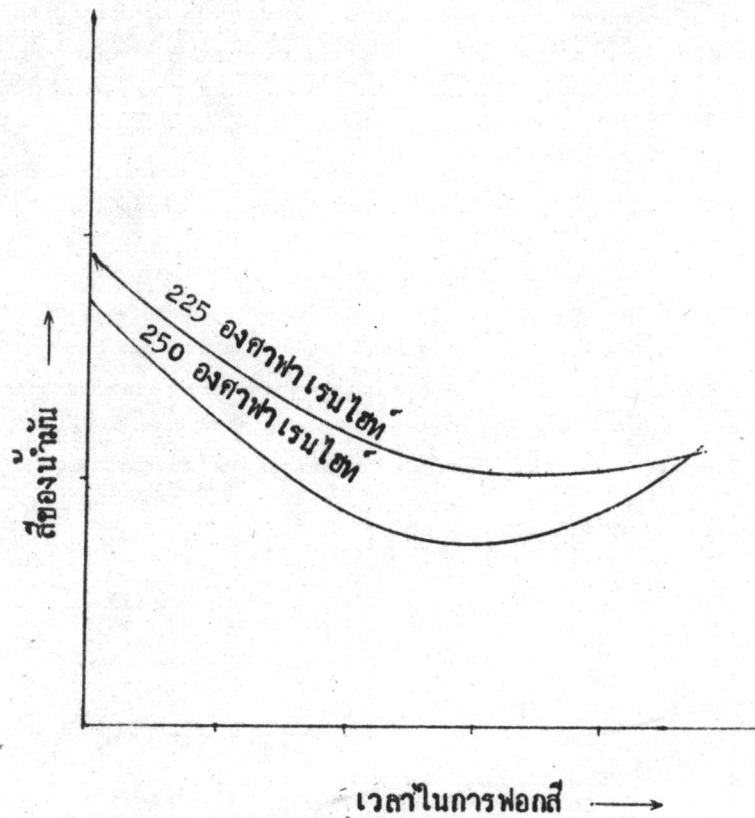
อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะเป็นน้ำมันชนิดเดียวกัน แต่ถ้าสภาวะในการพอกสีต่างกัน อุณหภูมิก็ต่างกันไปด้วย เช่นถ้าทำการพอกสีภายใต้สภาวะอุณหภูมิปกติ จะใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าเมื่อพอกสีในบรรยากาศได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

2.6.3.3 เวลาในการพอกสี

เมื่อเวลาในการพอกสีเพิ่มขึ้น ความเข้มของสีจะลดลงมากยิ่งขึ้น จนถึงเวลาหนึ่งอัตราเร็วในการพอกสีลดลง ได้มีผู้ทำการทดลองพบว่า อัตราเร็วในการพอกสีลดลงเมื่อเวลานานมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ดังนั้นเวลาในการพอกสีจึงเป็นปัจจัยที่ไม่ค่อยสำคัญ ผู้ผลิตน้ำมันบริโภคนส่วนใหญ่ใช้เวลาในการพอกสีที่อุณหภูมิเหมาะสมประมาณ 20 นาที ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการฟอสส์น้ำมันชนิดต่าง ๆ

ชนิดน้ำมัน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		เวลา (นาที)	เอกสารอ้างอิง
	บรรยากาศ	สูญญากาศ		
น้ำมันบริโภค	90-110	-	-	29
น้ำมันพืช				
น้ำมันข้าวโพด	104	82	20	30
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	104	82	20	30
	100	-	-	25
น้ำมันถั่วเหลือง	107	82	20	30
	110-116	-	-	12
น้ำมันเรพซิด (Rapeseed)	104	82	20	30
น้ำมันลินซีด (Linseed)	88	82	20	30
น้ำมันมะพร้าว	100	82	20	30
	100	-	-	37
น้ำมันสัตว์				
น้ำมันหมู	71	71	20	30
น้ำมันปลา	-	85	20-30	32



รูปที่ 2.5 อิทธิพลของ เวลาที่มีต่อการฟอกสีของน้ำมันดำ เหลือง (30)

2.6.4 การกำจัดกลิ่น (Deodorization)

เป็นการกำจัดสารที่ทำให้เกิดกลิ่นภายในตู้สุญญากาศ โดยใช้ไอน้ำช่วยให้เกิดการระเหยของสารที่ระเหยง่าย และทำที่อุณหภูมิสูง (5, 32, 34) ตามปกติแล้วสารที่ทำให้เกิดกลิ่นในน้ำมัน จะแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

- สารที่มีเองตามธรรมชาติ
- สารที่เกิดจากการเสื่อมคุณภาพของน้ำมัน

แม้สารทั้ง 2 ประเภทจะมีค่าความดันไอ (vapor pressure) ต่ำ แต่ก็จะกำจัดให้หมดกลิ่นภายในตู้บรรยากาศปกติ จะต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก ซึ่งจะทำให้เกิดกรดไขมันอิสระขึ้นในปริมาณที่สูงตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณกรดไขมันอิสระจะแปรตามอุณหภูมิ (30) ปัจจุบัน

นิยมใช้ขบวนการกำจัดกลิ่นภายใต้สภาวะสูญญากาศ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการออกซิเดชั่นของน้ำมันภายใต้บรรยากาศปกติ และการเพิ่มของปริมาณกรดไขมันอิสระ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในตารางที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าความดันต่างกัน อุณหภูมิในการระเหยของกรดไขมันของน้ำมันจะต่างกัน

ตารางที่ 2.4 อิทธิพลของอุณหภูมิและความดันในการกำจัดกลิ่น (5)

ชนิดน้ำมัน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	
	5-8 มม.ปรอท	20 มม.ปรอท
กรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลือง	210 - 220	230 - 245
กรดไขมันในน้ำมันเมล็ดฝ้าย	215 - 225	235 - 250
กรดไขมันในน้ำมันมะกอก	210 - 220	230 - 240
กรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว	200 - 210	215 - 230
กรดไขมันในน้ำมันปาล์ม	210 - 215	225 - 235

จากตารางจะเห็นว่า การกำจัดกลิ่นภายใต้สภาวะสูญญากาศมาก ๆ จะใช้อุณหภูมิต่ำกว่าเมื่อทำภายใต้สภาวะสูญญากาศน้อย

เมื่ออุณหภูมิในการกำจัดกลิ่นสูงขึ้น ความดันไอของสารที่ระเหยได้ก็เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 2.5 แสดงความดันไอของ กรดไขมันที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อย่างไรก็ตาม การกำจัดกลิ่นที่อุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดไฮโดรไลซิสของ ไตรกลีเซอไรด์มากขึ้น ดังนั้นในการกำจัดกลิ่นจึงต้อง เลือกอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม เพื่อให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพดี และเกิดการสูญเสีย

นอกจากอุณหภูมิและความดันแล้ว ในการกำจัดกลิ่นต้องคำนึงถึง เวลาด้วย ถ้าใช้เวลาน้อยคุณภาพน้ำมันที่ได้จะดีกว่าใช้เวลานาน แต่เวลาที่ใช้ก็ต้องนานพอที่จะกำจัดกลิ่นที่ไม่ต้องการออกได้หมด
 วย (24)

ตารางที่ 2.5 ความดันไอที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของกรดปาล์มิติก

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความดันไอ (มม.ปรอท)
177	1.8
204	7.4
232	25.0
260	72.0

2.7 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับประสาทสัมผัสของมนุษย์ (Organoleptic properties)

การศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ของมนุษย์ ส่วนมากใช้วิธีการให้คะแนนแบบ Hedonic scale ซึ่งเป็นการตัดสินผลิตภัณฑ์โดยอาศัยจิตใต้สำนึกในแง่ของความชอบ วิธีนี้เข้าใจง่ายและผู้ทดสอบไม่จำเป็นต้องมีประสบการณ์ (24) ให้ผู้ทดสอบให้คะแนนตามลักษณะที่กำหนดไว้ ซึ่งผลของคะแนนสามารถนำมาประเมินค่าทางสถิติได้