

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หูกวาง

หูกวาง (*Terminalia catappa* Linn.) เป็นไม้ยืนต้นผลัดใบ อยู่ในวงศ์ Combretaceae เช่นเดียวกับสมอไทย และ สมอพิเภก มีชื่อสามัญคือ Tropical Almond, Singapore Almond, Bengal Almond, Umbrella Tree และมีชื่ออื่นๆ ที่เรียกกันตามจังหวัดต่างๆ เช่น โคน (นราธิวาส) ตัดมือ ตัดมือ (ตรัง) ตาปิง (พิษณุโลกและสตูล) ตาแป๊ะ (มาเลย์ - นราธิวาส) และหลุมปัง (สุราษฎร์ธานี) (เต็ม สมิตินันท์, 2518; สุรีย์ ภูมิภมร และอนันต์ คำคง, 2540; วชิรพงศ์ หวลบุตตา, 2542; เสรี ทรัพย์สาร, ม.ป.ป.; Nanakorn, 1981)

1. การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ

หูกวางจัดเป็นพันธุ์ไม้หายาก พบกระจายตามชายฝั่ง ปลูกได้ทั่วไปตั้งแต่ประเทศอินเดีย ถึง ตอนเหนือของทวีปออสเตรเลีย เป็นพืชผลัดใบจะทิ้งใบ 2 ครั้งใน 1 ปี ประมาณเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนกรกฎาคมถึงเดือนเดือนสิงหาคม ก่อนจะทิ้งใบนั้น ใบหูกวางจะเปลี่ยนสีเหลืองหรือสีส้มแดง ปัจจุบันได้มีการนำต้นหูกวางมาปลูกทั่วไปในพื้นที่เขตร้อนโดยเฉพาะทวีปเอเชีย

ประเทศไทยสามารถพบต้นหูกวางได้ทั่วไป ตามชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ โดยพบมากที่จังหวัดตราดและชลบุรี ภาคตะวันตกเฉียงใต้ พบมากที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และกาญจนบุรี ส่วนภาคใต้พบมากที่จังหวัดนราธิวาส ตรัง และ สุราษฎร์ธานี (นันทวัน บุญยะประกัร และอรนุช โชคชัยเจริญพร, 2539)

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

หูกวางเป็นไม้ยืนต้น ผลัดใบ ขนาดกลาง ความสูงประมาณ 10 -- 35 เมตร เรือนยอดหนาแน่น เปลือกเรียบ กิ่งแตกรอบลำต้นตามแนวนอนเป็นชั้นๆ

ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกเรียงสลับกันเป็นกระจุกหนาแน่นที่ปลายกิ่ง ใบรูปไข่กลับ กว้างประมาณ 8-12 เซนติเมตร ยาว 12-25 เซนติเมตร แผ่นใบหนา มีขนปุย ขอบใบเรียบ หูกวางจะผลัดใบในฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน

ดอก ออกเป็นช่อแบบติดดอกสลับตามซอกใบ ดอกสีขาวนวล มีลักษณะเป็นแท่ง ยาว 8-12 เซนติเมตร ดอกมีขนาดเล็ก ไม่มีกลิ่นหอม ในช่อหนึ่งๆ จะมีดอกสมบูรณ์เพศอยู่ด้านล่าง (บริเวณโคนช่อ) ส่วนด้านบนจะเป็นดอกเพศผู้อย่างเดียว กลีบเกสรโคนติดกัน ปลายแยกเป็น

แฉกรูปสามเหลี่ยม 5 แฉก ไม่มีกลีบดอก เกสรผู้มี 10 ชัน ออกดอกสองครั้งใน 1 ปี คือในช่วงฤดูหนาวระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม และอีกครั้งในฤดูฝนตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม

ผล เป็นผลเดี่ยวรูปไข่ หรือ รูปรีป้อมและแบนเล็กน้อย สีเขียว ในแต่ละผลจะมี 1 เมล็ด ผลแก่จะมีสีเหลืองหรือสีเหลืองอมเขียว มีกลิ่นหอม เมื่อแห้งจะมีสีดำคล้ำ ผลจะแก่ในเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน และประมาณเดือน พฤษภาคมถึงมิถุนายน (นันทวัน บุญยะประกศ และ อรุณช โชคชัยเจริญพร, 2539)

3. การใช้ประโยชน์จากหูกวาง

ต้นหูกวางเป็นไม้โอเนกประสงค์ ในท้องถิ่นมีการใช้ประโยชน์จากเปลือกไม้ในการนำมาทำเป็นยาฝาดสมานแก้ท้องเสียและแก้ซางในเด็ก ใบมีคุณสมบัติช่วยขับเหงื่อและใช้รักษาอาการปวดตามข้อ ในประเทศฟิลิปปินส์นำไปมาต้มเคี่ยวรับประทานเป็นยาถ่ายพยาธิ นอกจากนี้ยังนำมาทำ สีย้อมผ้าซึ่งจะให้สีเขียว รวมทั้งรากและผลดิบใช้ในการฟอกย้อมหนัง ผลิตสีดำ ในการย้อมผ้าฝ้าย เสื่อและทำหมึก เนื้อไม้มีคุณภาพดีใช้ก่อสร้างบ้านเรือนและต่อเรือ เมล็ดกินได้รสชาติดี ในเมล็ดมีน้ำมันใส มีลักษณะคล้ายน้ำมันจากอัลมอนต์ เมื่อนำไปผสมกับใบหูกวางสามารถใช้รักษาโรคเรื้อน โรคผิวหนังและโรคติดต่อทางผิวหนังอื่นๆ เนื้อของผลกินได้แต่มีใยค่อนข้างมาก มีกลิ่นหอมรับประทาน (เต็ม สมิตินันท์, 2518; สุริย์ ภูมิภมร และอนันต์ คำคง, 2540; พีรศักดิ์ วรสุนทรโรสถ, 2544; Nanakorn, 1981)

อรัญญา พลพรพิสิฐ และคณะ (2549) ทำการศึกษาการใช้ใบหูกวางรักษาโรคในปลากัดและปลาหางนกยูงซึ่งพบว่าน้ำสกัดจากใบหูกวางมีประสิทธิภาพในการรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียสเตรปโตคอคคัสในปลากัดได้ร้อยละ 88 และสามารถรักษาบาดแผลที่ผิวหนังของปลากัดและปลาหางนกยูงได้

ในประเทศไต้หวันพบว่าสามารถใช้ใบหูกวางเป็นยาสมุนไพรพื้นบ้านซึ่งมีผลเกี่ยวกับการบำบัดโรคตับ (Lin and Kan, 1990) ในประเทศอินเดีย ฟิลิปปินส์ มาเลเซียและอินโดนีเซียใช้ใบ เปลือก และผลเป็นยาพื้นบ้านในการรักษาโรคท้องร่วง ลดไข้และห้ามเลือด (Chen, et al., 2000) สำหรับการรักษาโรคอื่นๆนั้นก็มีการนำไปใช้ในการรักษาอาการปวดหัว โรคจุกเสียด รวมไปถึงการนำไปใช้ในการป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคเกี่ยวกับความผิดปกติในเม็ดเลือดแดง (Sickle cell) การรักษามะเร็งด้วยเคมี (Chemo) และโรคมะเร็ง (Cancer) (Anonymous, n.d.) และจากการศึกษาพบว่าในใบหูกวางจะมีสารประกอบพวก tannins เช่น punicalagin, punicalin,

terflavins A และ B, tergalagin, tercatin, chebulagic acid, geraniin, granatin B และ corilagin แต่ไม่พบ caffeine (Tanaka, et al., 1986)

Chen, et al. (2000) ทำการสกัดสารจากใบหูกวางพบว่าใบหูกวางมีสารประกอบส่วนใหญ่เป็นพวก tannin ที่มีชื่อว่า punicalagin ซึ่งมีผลยับยั้งการเหนี่ยวนำการเกิดความเป็นพิษต่อพันธุกรรมเนื่องจากมีความสามารถในการเป็นสารประกอบพวกสารต้านอนุมูลอิสระและจากการศึกษาพบว่าในใบหูกวางมีสารสกัดพวก methylene chloride และ methanol ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา (Goun, et al., 2003)

Chitmanat, et al. (2003) ทำการศึกษาการต้านเชื้อจุลินทรีย์และพยาธิบางชนิดในปลานิลโดยใช้สารละลายที่ได้จากการแช่ใบหูกวางแห้ง พบว่าสารละลายที่ได้จากการแช่ใบหูกวางแห้งที่ความเข้มข้น 800 ppm สามารถกำจัดเห็บระฆัง (*Trichodina* sp) ซึ่งเป็นพยาธิภายนอกของปลานิลได้ และที่ความเข้มข้น 500 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียชนิด *Aeromonas hydrophila* ได้

Fan (2004) ทำการศึกษาคงสมบัติการต่อต้านการอักเสบ (Anti-Inflammatory) จากสารสกัดจากใบหูกวาง พบว่าสารสกัดจากใบหูกวางสามารถต่อต้านการอักเสบได้ เพราะมีสาร triterpenic acid-ursolic acid และ 2-alpha,3-beta,23-trihydroxyurs-12-en-28-oic acid

Limchupornvikul (1993) ทำการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีในใบหูกวาง และการประยุกต์ใช้งานด้านการย้อมสีสิ่งทอ พบว่าสารสีเหลืองที่สกัดได้จากใบหูกวางเป็นสารจำพวกไฮโดรไลเซเบิลแทนนิน เมื่อนำสารสีเหลืองไปย้อมใยขนสัตว์ เรยอน ไหม ไนลอน ฝ้ายและอะซิเตท พบว่าสามารถย้อมเส้นใยโปรตีนและเส้นใยพอลิเอไมด์ได้ดีและมีความคงทนของสีต่อการซักอยู่ในเกณฑ์ดี สารแทนนินเมื่อย้อมติดเส้นใยพบว่าให้สีเหลืองอมเขียว

Oderinde and Ajayi (1998) ทำการศึกษาริมาณโลหะของน้ำมันจากเมล็ดหูกวาง โดยพบว่าน้ำมันจากเมล็ดหูกวางประกอบด้วย โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม เหล็ก ทองแดง และแมงกานีส จากการเปรียบเทียบกับน้ำมันจากเมล็ดงา เมล็ดทานตะวัน และเมล็ดถั่วลิสง พบว่ามีส่วนประกอบทางเคมีคล้ายๆกัน และการศึกษาความเป็นพิษของน้ำมันพบว่าน้ำมันจากเมล็ดหูกวางไม่เป็นพิษต่อสัตว์ทดลองและมีความปลอดภัยในด้านการพัฒนาเพื่อการบริโภค (Ajayi, 2008)

Renimel (2002) ทำการศึกษาเกี่ยวกับสารสกัดจากใบหูกวางมาพัฒนาเป็นส่วนประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และเภสัชกรรม โดยนำมาใช้ในด้านการรักษาผิวหนัง ต่อต้านรอยเหี่ยวย่นหรือต่อต้านการอักเสบของผิวหนัง

Matos, et al. (2009) ทำการศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางโภชนาการของเมล็ดและน้ำมันจากเมล็ดหูกวาง พบว่าเมล็ดหูกวางเป็นแหล่งแร่ธาตุที่ดี ซึ่งประกอบด้วยโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีพบว่าน้ำมันจากเมล็ดหูกวางมีระดับของกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดโอเลอิก (31.48%) และไลโนเลอิก (28.93%) ซึ่งน้ำมันหูกวางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่ดี สามารถนำไปพัฒนาใช้เป็นน้ำมันเพื่อบริโภคได้

Akpabio (2012) ทำการศึกษาด้านสารอาหาร (สารพิษ) ในเมล็ดหูกวางพบว่าในเมล็ดหูกวางประกอบด้วยไฮโดรเจนไซยาไนด์ (hydrogen cyanide) 21.6 mg/100g ออกซาเลต (oxalate) 26.4 mg/100g และแทนนิน (tannin) 39.4 mg/100g ในน้ำมันจากเมล็ดหูกวางมีคุณสมบัติทางเคมีประกอบด้วยค่าสaponifiyที่สูง และค่าไอโอดีนต่ำ ด้วยเหตุนี้ น้ำมันจากเมล็ดหูกวางจึงไม่เหมาะสำหรับการนำมาทำสบู่ แต่แนะนำสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

Godi, et al. (2012) ทำการศึกษากการประเมินทางประสาทสัมผัสของเมล็ดหูกวางปรุงแต่ง โดยนำเมล็ดหูกวางไปคั่วใส่เกลือ (SRK) เปรียบเทียบกับไม่ใส่เกลือ (URK) พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 5\%$) และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอาหารเรียกน้ำย่อย (appetizers) อื่นๆ ได้แก่ ถั่วลิสงคั่วเค็ม (SRP) ถั่วลิสงคั่ว (URP) เฮเซลนัทคั่ว (URH) และเม็ดมะม่วงหิมพานต์คั่วเค็ม (SRC) ความพึงพอใจคือ: URH < URK < SRK < URP < SRC < SRP แสดงให้เห็นว่าเมล็ดหูกวางคั่วเค็มเป็นที่ชอบมากกว่าเฮเซลนัทคั่ว

ไขมันหรือลิปิด (Lipid)

ไขมัน

ประหยัด สามคง (2542) ได้กล่าวไว้ว่า ไขมันหรือลิปิดเป็นชีวโมเลกุลที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกระดับ มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตประเภทโพลีแซ็กคาไรด์ โครงสร้างทางเคมีของ ลิปิดค่อนข้างหลากหลาย แต่มีสิ่งที่เหมือนกันคือจะมีส่วนของโครงสร้างที่เป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้วซึ่งจะแสดงคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ ทำให้ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ ลิปิดทำหน้าที่หลากหลายในสิ่งมีชีวิต เช่น เป็นแหล่งสะสมพลังงาน เป็นโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ และทำหน้าที่เฉพาะอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการมีชีวิต

การแบ่งประเภทของลิปิด (นิธิยา รัตนูปนนท์, 2548) สามารถแบ่งออกตามลักษณะโครงสร้างทางเคมีเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

1. ไขมันธรรมดา (Simple lipid) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ได้แก่

1.1 ไขมัน (Fat) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมเลกุล กับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล เรียกว่าไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) หรือไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) ที่มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า ไขมัน หากมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า น้ำมัน

1.2 ขี้ผึ้ง (Waxes) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และเป็นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเพียงหมู่เดียว

2. Compound lipids เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ และมีสารประกอบอื่น ๆ รวมอยู่ด้วย ได้แก่

2.1 ฟอสโฟลิปิด (Phospholipids) เป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอลในโมเลกุลประกอบด้วย กลีเซอรอล กรดไขมัน กรดฟอสฟอริก ต่างที่มีไนโตรเจนและอาจจะมีสารประกอบอื่นๆ ด้วย

2.2 สฟิงโกฟอสโฟลิปิด (Sphingolipids) ชนิดของแอลกอฮอล์ในโมเลกุลเป็นสฟิงกาซีน (sphingosine) ในโมเลกุลประกอบด้วย กรดไขมัน ต่างที่มีไนโตรเจน และหมู่ที่เป็นฟอสฟอริก

2.3 ไกลโคลิปิด (Glycolipids) เป็นกลุ่มของลิปิดที่โมเลกุลประกอบด้วยกรดไขมัน คาร์โบไฮเดรต และต่างที่มีไนโตรเจนแต่ไม่มีกรดฟอสฟอริก

2.4 Compound lipids ชนิดอื่นๆ ได้แก่ ลิพิดโปรตีน ชัลโฟลิปิด และอะมิโนลิปิด

3. Derived lipids เป็นสารประกอบที่ได้จากการไฮโดรไลซิสของลิปิด 2 กลุ่มแรก เช่น กรดไขมัน กลีเซอรอล สเตอรอยด์ คอเลสเตอรอล วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน (วิตามินเอ ดี อี และเค) แคโรทีนอยด์ เป็นต้น

กรดไขมัน (Fatty acid)

กรดไขมันเป็นโครงสร้างหลักของไขมันในร่างกายและในอาหารเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายไขมัน ทำให้ได้สายโซ่ตรงของไฮโดรคาร์บอนและหมู่คาร์บอกซิลิก (ศิริรัตน์ สารเวก, 2528) มีสูตรโมเลกุล $R-COOH$ องค์ประกอบในโมเลกุลของกรดไขมันประกอบด้วยสองส่วนคือ หมู่แอลคิล (alkyl : $R-$) และหมู่คาร์บอกซิล ($-COOH$) มีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิก จึงทำให้กรดไขมันสามารถแตกตัวออกได้เป็นประจุ (anionic carboxylate) และหมู่ $R-$ มีสมบัติเป็น hydrophobic ขอบละลายในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดที่ไม่มีขั้ว จึงทำให้กรดไขมันมีทั้งส่วนที่ละลายได้ในน้ำและน้ำมัน (สรรเสริญ ทรัพย์โตษก, 2531)

ประเภทของกรดไขมัน แบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ชนิด

1. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid: SFA) มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n}O_2$ ในพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุดคือกรดบิวทีริก (คาร์บอน 4 อะตอม) (นิธิยา รัตนাপนนท์, 2548) กรดไขมันอิ่มตัวทุกตัวยกเว้นกรดไขมันสเตียริก (C18:0) เป็นกรดไขมันที่เพิ่มคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี หรือ LDL-C (Low Density Lipoprotein Cholesterol) ในเลือด โดยกรดไขมันอิ่มตัวเมื่อมีปริมาณมากจะทำให้มี LDL-C ในเลือดสูง เพราะคอเลสเตอรอลอิสระไม่สามารถทำปฏิกิริยาเป็นเอสเทอร์ในการสังเคราะห์สารประกอบที่จำเป็นได้ ทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลเพิ่มขึ้น ซึ่งน้ำมันประกอบอาหารที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงได้แก่ น้ำมันจากสัตว์ น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม (นัยนา บุญทวีวัฒน์ และ เวรดี จงสุวัฒน์, 2545)

2. กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล โดยสามารถแบ่งแยกย่อยออกไปได้อีกเป็นสองกลุ่มใหญ่คือ

2.1 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated Fatty Acid: MUFA) เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลเพียง 1 พันธะ มีสูตรทางเคมีทั่วไปเป็น $C_nH_{2n-1}COOH$ (นิธิยา รัตนูปนนท์, 2548) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว เป็นกรดไขมันที่มีแขนคู่เพียง 1 ตำแหน่ง มีโอกาสถูกออกซิไดส์ เกิดเป็นอนุมูลอิสระได้น้อยกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่มีแขนคู่หลายตำแหน่ง หากร่างกายได้รับไขมันที่มีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน จะเกิด Oxidized LDL น้อย ซึ่งลดการเกิดหลอดเลือดแข็ง นอกจากการช่วยลดคอเลสเตอรอลที่ไม่ดี ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดการอุดตันในผนังหลอดเลือดแดงแล้ว กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวยังสามารถเพิ่มหรือคงระดับคอเลสเตอรอลที่ดี หรือ HDL-C (High Density Lipoprotein Cholesterol) ที่ช่วยพาคอเลสเตอรอลในเซลล์และกระแสเลือดไปเผาผลาญได้อีกด้วย ดังนั้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวจึงมีส่วนช่วยลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ และยังช่วยทำให้ผนังหลอดเลือดแดงทำงานได้ดีขึ้นอีกด้วย น้ำมันประกอบอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงได้แก่ น้ำมันมะกอก น้ำมันคาโนลา และน้ำมันรำข้าว (นัยนา บุญทวีวัฒน์ และ เวรดี จงสุวัฒน์, 2545)

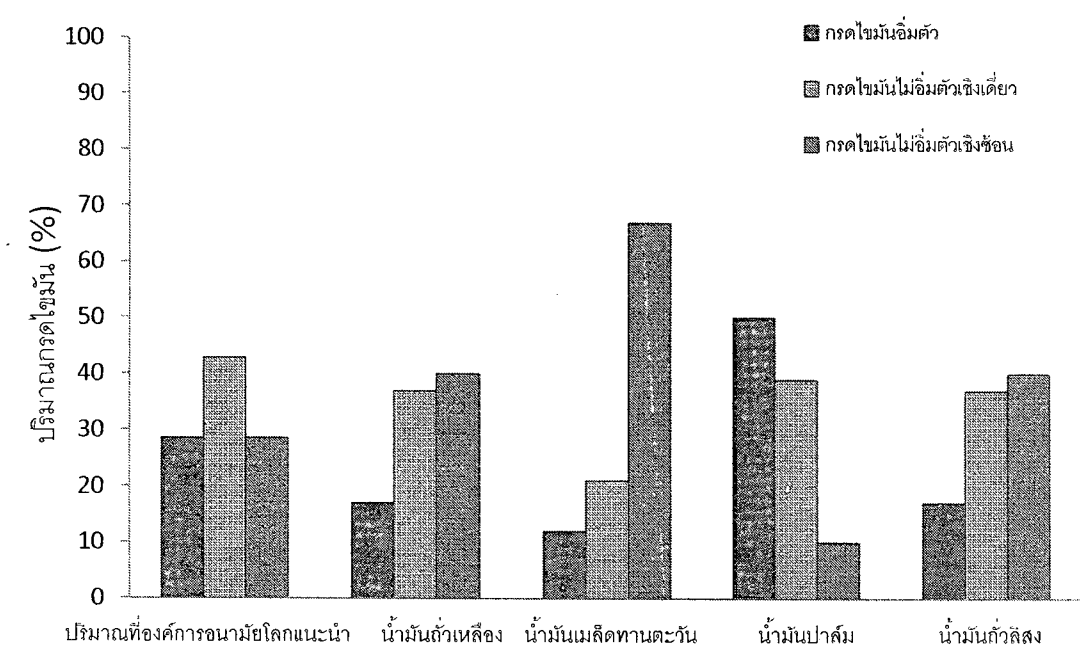
2.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated Fatty Acid: PUFA) เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ ส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล 18-22 อะตอม และมีพันธะคู่ 2-6 อัน (นิธิยา รัตนูปนนท์, 2548) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเป็นกรดไขมันที่มีแขนคู่หลายตำแหน่ง ในภาวะที่มีออกซิเจน ตำแหน่งแขนคู่จะถูกออกซิไดส์ ถ้ากรด

ไขมันมีตำแหน่งแขนคู่มาก ก็จะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายมากขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ไขมันประกอบอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูงได้แก่ ไขมันดอกคำฝอย ไขมันเมล็ดทานตะวัน ไขมันข้าวโพด และไขมันถั่วเหลือง (นัยนา บุญทวีวัฒน์ และเวดี จงสุวัฒน์, 2545)

การเปลี่ยนแปลงจำนวนคาร์บอนอะตอมและการเกิดพันธะคู่ในสายโซ่กรดไขมันที่อิ่มตัว ทำให้น้ำมันมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปไม่ว่าจะเป็นในด้านโครงสร้าง สมบัติทางกายภาพ เช่น จุดหลอมเหลว สมบัติทางเคมี ด้านความสามารถในการเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน สารกลุ่มไฮดรอกซิล และสารกลุ่มฟีนอล การทำปฏิกิริยากับแสงสว่างเป็นต้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีความคงตัวน้อยกว่าชนิดอิ่มตัว ดังนั้นจึงมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reaction) การเกิดพันธะคู่ในสายโซ่ของกรดไขมันสามารถเกิดในตำแหน่งใดก็ได้ซึ่งแตกต่างกันไปตามแหล่งไขมันพืชและสัตว์ที่ต่างชนิดกัน (สรวิศ ทรัพย์โตษก, 2531)

สัดส่วนกรดไขมันที่เหมาะสม

องค์การอนามัยโลก (WHO) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และสมาคมโรคหัวใจแห่งสหรัฐอเมริกา (AHA) แนะนำสัดส่วนของกรดไขมันที่เหมาะสมกับการบริโภค คือ ร้อยละของกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) : กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) : กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) เท่ากับ < 10 : 10-15 : < 10 ของพลังงานที่ได้รับต่อวัน ซึ่งน้ำมันพืชชนิดต่างๆ มีสัดส่วนของกรดไขมัน แสดงดังภาพที่ 1 (นัยนา บุญทวีวัฒน์ และเวดี จงสุวัฒน์, 2545)



ภาพ 1 เปรียบเทียบสัดส่วนกรดไขมันที่เหมาะสมในน้ำมัน

ที่มา: นัยนา บุญทวีวัฒน์ และเรวดี จงสุวัฒน์, 2545

น้ำมันที่ใช้ในการปรุงอาหาร

น้ำมันที่ใช้ในการปรุงอาหารประกอบด้วยกรดไขมันชนิดต่างๆ ดังนี้

1. กรดไขมันอิ่มตัว (SFA) เป็นกรดไขมันชนิดร้าย เป็นไขมันที่ได้จากสัตว์และเป็นตัวกลางสำคัญที่ทำให้คอเลสเตอรอลในเลือดสูง กรดไขมันอิ่มตัวนี้พบมากในน้ำมันหมู น้ำมันเนย น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว จึงควรหลีกเลี่ยง
2. กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) เป็นกรดไขมันชนิดดี เช่น กรดโอเลอิก (oleic acid; C18:1) สามารถรับประทานได้พอสมควรโดยไม่เพิ่มคอเลสเตอรอลในเลือด กรดไขมันชนิดนี้พบมากในน้ำมันมะกอก พบปานกลางในน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกทานตะวัน อาหารที่เรียกว่า Mediterranean diet เป็นอาหารที่มีข้อมูลว่าช่วยป้องกันโรคหัวใจ ประกอบด้วยผัก อาหารเส้นใยสูง ปลา โยเกิร์ต และใช้น้ำมันมะกอกเป็นหลักในการปรุงอาหาร น้ำมันบางชนิด เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันหมู น้ำมันเมล็ดฝ้าย และน้ำมันรำข้าว แม้จะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวปานกลาง แต่ก็มีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในปริมาณที่สูงด้วย

3. กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) เป็นกรดไขมันชนิดดีปานกลาง เช่นกรดไลโนเลอิก (linoleic acid)(C18:2) กรดไลโนเลนิก (linolenic acid) (C18:3) จะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลงได้บ้าง ข้อเสียคือ มีกลิ่นเหม็น ปัจจุบันมีการผลิตเป็นเนยและเนยขาวให้ใช้ปรุงอาหารแทนเนย ซึ่งมีไขมันอิ่มตัวสูง

การเลือกใช้น้ำมันพืชในการประกอบอาหาร

ในการผัดอาหารควรใช้น้ำมันพืชกลุ่มที่เป็นน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะกอก น้ำมันงา น้ำมันกลุ่มนี้จะมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณที่สูง จึงไม่เป็นไข แม้จะอยู่ในที่เย็น ดีต่อสุขภาพ ย่อยง่าย ร่างกายสามารถนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ต่างๆ แต่มีข้อเสีย คือ ไม่ค่อยทนความร้อน จึงเหมาะกับการประกอบอาหารประเภทผัด เพราะหากนำไปทอดด้วยความร้อนสูงน้ำมันจะแตกตัวให้สารประกอบโพลาร์ ทำให้น้ำมันเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีกลิ่นเหม็นหืน ซึ่งสารโพลาร์เป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง

การทอดอาหารควรใช้น้ำมันพืชกลุ่มที่เป็นน้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันมะพร้าวหรือสัตว์ที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง เมื่อสัมผัสอากาศเย็นจะเกิดไขง่าย มีผลทำให้ระดับไขมันในเลือดสูงเสี่ยงต่อการเกิดโรคเช่นเดียวกับ น้ำมันจากสัตว์ อย่างไรก็ตาม น้ำมันปาล์ม มีข้อดี คือ ทนความร้อน ความชื้น และออกซิเจน ไม่เหม็นหืนง่าย เหมาะที่จะใช้ทอดอาหารที่ต้องใช้ความร้อนสูงนานๆ (<http://www.oleen.co.th>)

สมบัติของไขมันและน้ำมัน

สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน

นิธิยา รัตนปณนธ์ (2548) ได้กล่าวไว้ว่า สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน จะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อองค์ประกอบทางเคมีในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลในไขมันและน้ำมันนั้นๆ จึงใช้ประโยชน์ของสมบัติทางกายภาพในการจำแนกชนิดของไขมันและน้ำมัน รวมทั้งการนำไขมันและน้ำมันไปใช้ประโยชน์จะพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพด้วย สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันที่สำคัญ ได้แก่

1. จุดหลอมเหลว (Melting point) คือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวจนหมด ไขมันส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวเป็นช่วงอุณหภูมิ อาจเป็นช่วงกว้างหรือแคบ ขึ้นอยู่กับชนิดของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่เป็นส่วนประกอบของไขมัน จุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล

2. การเรียงตัวของรูปผลึก (Crystalline arrangements) ไขมันแตกต่างจากน้ำมัน คือ ไขมันเป็นของแข็งและน้ำมันเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ไขมันซึ่งเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องมีลักษณะการเรียงตัวเป็นรูปผลึกได้หลายรูป และแต่ละรูปจะมีจุดหลอมเหลวเฉพาะ รูปผลึกที่พบส่วนใหญ่มี 3 รูป คือ α , β และ β'

3. จุดแข็งตัว (Solidifying point) คือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันหรือน้ำมันกลายเป็นของแข็ง อุณหภูมิที่น้ำมันเริ่มแข็งตัวเป็นของแข็ง อุณหภูมินี้มักจะต่ำกว่าจุดหลอมเหลว 2-3 องศาเซลเซียส

4. การละลาย (Solubility) ไขมันและน้ำมันทุกชนิดไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายไขมัน ได้แก่ ปิโตรเลียมอีเทอร์ เฮกเซน ไดเอทิลอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เบนซีน เอทิลแอลกอฮอล์ อะซีโตน เป็นต้น

5. ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ความถ่วงจำเพาะของไขมันและน้ำมันนิยมวัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ไขมันและน้ำมันที่มีจำนวนพันธะคู่ที่โมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น หรือจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้นด้วย ค่าความถ่วงจำเพาะของไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1

6. การหักเหของแสง (Refractive index) เป็นการวัดองศาการหักเหของลำแสงที่เกิดขึ้นเมื่อให้แสงผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ค่าการหักเหของแสงมีประโยชน์ในการชี้บ่งและตรวจสอบชนิด คุณภาพ และความบริสุทธิ์ของไขมันและน้ำมัน ค่าการหักเหของแสงของไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ จะขึ้นอยู่กับความยาวของสายคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมัน จำนวนพันธะคู่ และชนิดของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่เป็นส่วนประกอบ ไขมันหรือน้ำมันที่ประกอบด้วย กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น หรือมีจำนวนพันธะคู่เพิ่มขึ้น จะมีค่าการหักเหของแสงเพิ่มขึ้น

7. ความหนืด (Viscosity) ความหนืดของไขมันและน้ำมัน เป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบระบบการขนถ่ายไขมันและน้ำมัน ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรเอซิลกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ความหนืดจะลดลงเมื่อจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น

8. สี (Colour) สีเป็นตัวชี้บ่งคุณภาพของน้ำมันได้ น้ำมันแต่ละชนิดจะมีสีแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสารสีที่มีปนอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาใช้สกัดน้ำมันและวิธีการกำจัดสีโดยการฟอก น้ำมันที่มีสีเหลืองอ่อนจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำมันที่มีสีเหลืองเข้ม

9. จุดเกิดควัน (Smoke point), จุดวาบไฟ (Flash point) และ จุดติดไฟ (Fire point)

9.1 จุดเกิดควัน (Smoke point) คือ อุณหภูมิที่ไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนจนเกิดเป็นควันขึ้น

9.2 จุดวาบไฟ (Flash point) คือ อุณหภูมิที่ไขมันหรือน้ำมันกลายเป็นไอแล้วรวมตัวกับอากาศเกิดติดไฟขึ้น

9.3 จุดติดไฟ (Fire point) คือ อุณหภูมิที่ไขมันหรือน้ำมันเกิดการเผาไหม้

10. ปริมาณผลึกของแข็ง (Solid Fat Index) เป็นการวัดเปอร์เซ็นต์ของไขมันหรือน้ำมันที่เปลี่ยนเป็นของแข็งหรืออยู่ในสภาพแข็งตัวที่เป็นผลึกที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ซึ่งการเกิดผลึกวัดได้จากปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปวิธีการเรียกว่า dilatometry

ตาราง 1 สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันบางชนิด

ไขมันและน้ำมัน	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	Titer (องศาเซลเซียส)	ความถ่วงจำเพาะ ที่ 25 องศาเซลเซียส	การหักเหของแสง ที่ 25 องศาเซลเซียส
ไข่แกะ	44 - 51	43 - 48	0.857 - 0.860	1.454 - 1.458
ไข่วัว	40 - 48	40 - 47	0.860 - 0.870	1.454 - 1.458
เนย (ไขมันนม)	28 - 35	33 -38	0.865 - 0.870	1.453 - 1.456
โคคาบัตเตอร์	31 - 25	45 -50	0.990 - 0.998	1.456 - 1.458
น้ำมันมะพร้าว	23 - 26	20 - 24	0.917 - 0.919	1.448 - 1.450
น้ำมันข้าวโพด	-10 ถึง -12	14 - 20	0.922 - 0.926	1.465 - 1.468
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	-2 ถึง 2	31 - 37	0.916 -0.918	1.458 -1.466
น้ำมันหมู	33 - 46	34 - 42	0.858 - 0.864	1.459 - 1.461
น้ำมันลินสีด	-16 ถึง -25	19 - 21	0.931 - 0.938	1.477 - 1.482
น้ำมันมะกอก	-3 ถึง 0	17 - 26	0.909 - 0.915	1.466 - 1.468
น้ำมันปาล์ม เคอร์เนล	24 - 26	20 - 28	0.860 - 0.873	1.452 - 1.458

ตาราง 1 (ต่อ)

ไขมันและน้ำมัน	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	Titer (องศาเซลเซียส)	ความถ่วงจำเพาะ ที่ 25 องศาเซลเซียส	การหักเหของแสง ที่ 25 องศาเซลเซียส
น้ำมันปาล์ม	33 – 40	40 – 47	0.921 – 0.925	1.449 – 1.455
น้ำมันถั่วลิสง	-2	20 -32	0.917 – 0.921	1.460 – 1.465
น้ำมันงา	-4 ถึง 0	20 -25	0.920 – 0.926	1.470 – 1.474
น้ำมันถั่วเหลือง	-20 ถึง -23	20 -21	0.924 – 0.928	1.466 – 1.470
น้ำมันเมล็ด ทานตะวัน	-16 ถึง -18	16 – 20	0.922 – 0.926	1.467 – 1.469
น้ำมันปลาวาฬ	-	22 - 24	0.917 – 0.927	1.470 – 1.477

ที่มา: Pike, 1994

ประเสริฐ ศรีไพโรจน์ (2528) ได้กล่าวถึงสมบัติทางกายภาพของน้ำมันและไขมันไว้ดังนี้

1. ไขมันที่บริสุทธิ์จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และเป็นกลาง แต่น้ำมันที่ประกอบด้วย กรดไขมันไม่อิ่มตัว เมื่อตั้งทิ้งไว้ในระบบเปิดนานๆ อาจมีกลิ่นหืนและเป็นสีเหลือง เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ
2. ไขมันทั่วไปมักมีจุดหลอมเหลวไม่สูงมากนัก แต่มีจุดเดือดค่อนข้างสูง โดยทั่วไปแล้วน้ำมันมักมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ และน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าน้ำมันที่ประกอบไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัว เมื่อมีจำนวนคาร์บอนเท่ากัน
3. ไขมันทั่วไปมีขนาดใหญ่และไม่มีขั้วจึงไม่ละลายน้ำ แต่สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น คลอโรฟอร์ม เฮกเซน ปีโตรเลียมอีเทอร์ เบนซีน
4. ไขมันและน้ำมันมีความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ โดยไขมันมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.68 ส่วนน้ำมันมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.92-0.94

สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน

เนื่องจากลิปิดแต่ละชนิดมีองค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแตกต่างกัน ทำให้มีสมบัติทางเคมีและการเกิดปฏิกิริยากับสารต่างๆ แตกต่างกัน สมบัติทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่

1. การเกิดสaponification (Saponification) การไฮโดรไลซิสลิปิดด้วยด่าง เรียกว่า Saponification ซึ่งจะได้เกลือของกรดไขมันที่เรียกว่า สบู่ ในไขมันและน้ำมันที่ได้จากพืชแต่ละชนิด มักมีไตรเอซิลกลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบในปริมาณค่อนข้างแน่นอน ดังนั้นปริมาณด่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจำนวนหนึ่งจะมีค่าแน่นอนและเป็นค่าเฉพาะ ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวชี้บ่งสมบัติเฉพาะของไขมันและน้ำมันแต่ละชนิดเรียกว่า Saponification Number หรือ Saponification Value (S.N. หรือ S.V.)

Saponification Number คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไฮโดรไลซ์ไขมันหรือน้ำมันอย่างสมบูรณ์ จำนวน 1 กรัม ได้เป็นสบู่และกลีเซอรอล

ค่า S.N. ใช้เป็นตัวชี้ขนาดของโมเลกุล หรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมัน ไขมันหรือน้ำมันที่มีค่า S.N. สูง แสดงว่ากรดไขมันมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลต่อหน่วยน้ำหนักมาก จึงต้องใช้ด่างเป็นจำนวนมากในการไฮโดรไลซ์ ค่า S.N. ของไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ แสดงในตาราง 2

2. การเกิดฮาโลจีเนชัน (Halogenation) เป็นปฏิกิริยาการเติมสารพวกฮาโลเจน (halogen) เข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลไตรเอซิลกลีเซอรอล ฮาโลเจนที่นิยมใช้เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว คือ ไอโอดีน ค่าที่ได้เรียกว่า Iodine Number หรือ Iodine Value (I.N. หรือ I.V.)

Iodine Number คือ จำนวนกรัมของไอโอดีนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันจำนวน 100 กรัม

ค่า I.N. เป็นตัวชี้บ่งว่าไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด ถ้าค่า I.N. สูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมากและจะเกิดการหืนชนิด oxidative rancidity ได้ง่าย

3. การเกิดไฮโดรจีเนชัน (Hydrogenation) เป็นปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลของไขมันและน้ำมัน โดยใช้ นิกเกิลเป็นคะตะลิสต์หรือตัวเร่ง อาจเรียกปฏิกิริยานี้ว่า “Hardening” ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่นิยมใช้มาก ในอุตสาหกรรมอาหารในการผลิตเนยเทียมและเนยขาว

4. การหืน (Rancidity) การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืน มีปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ปฏิกิริยา ดังต่อไปนี้

4.1 Hydrolytic rancidity เป็นการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสของไขมันและน้ำมันด้วยเอนไซม์ไลเปสและความชื้น สาเหตุเนื่องจากการเจริญของจุลินทรีย์เกิดขึ้น และจุลินทรีย์หลังเอนไซม์ไลเปสออกมา ทำให้ไตรเอซิลกลีเซอรอลในไขมันและน้ำมันเกิดการสลายตัวได้เป็นไดเอซิลกลีเซอรอล โมโนเอซิลกลีเซอรอล กลีเซอรอลและกรดไขมันอิสระ โดยเฉพาะกรดไขมันอิสระที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีคาร์บอน 4-12 อะตอม จะมีกลิ่นหืนมาก อย่างไรก็ตามไขมันและน้ำมันบางชนิดเมื่อเกิด hydrolytic rancidity แล้วไม่สามารถสังเกตได้ด้วยการดมกลิ่นหรือชิมรส ต้องตรวจวิเคราะห์ทางเคมี คือ วิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น ค่าที่ได้เรียกว่า Acid Value (A.V.)

ค่า A.V. ของไขมันหรือน้ำมัน คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันจำนวน 1 กรัมเป็นกลางพอดี ดังนั้นจึงใช้ค่า A.V. ชี้บ่งภาวะหรือระดับการหืนของไขมันและน้ำมัน ถ้า A.V. สูงแสดงว่าไตรเอซิลกลีเซอรอลถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมาก แสดงว่าเกิดการหืนเนื่องจาก hydrolytic rancidity มาก

4.2 Oxidative rancidity เป็นการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ เกิดพันธะเปอร์ออกไซด์ขึ้นที่หมู่-methylene (-CH=CH-) ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นเองแบบต่อเนื่องตลอดเวลา เมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ การตรวจวิเคราะห์ว่าไขมันและน้ำมันเกิด oxidative rancidity มากน้อยเพียงใด ทำได้โดยการหาค่า Peroxide Value (P.V.) คือการหาปริมาณสารเปอร์ออกไซด์ (peroxide) ที่เกิดขึ้นในน้ำมัน ถ้าค่า P.V. สูงแสดงว่าน้ำมันเกิด oxidative rancidity มาก

ตาราง 2 สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ

ไขมันและน้ำมัน	Unsaponifiable	S.N.	I.N.
	Matter (%)	(mg KOH/g)	
ไขแกะ	0.2 – 0.3	192 - 198	1 -2
ไขวัว	0.2 – 0.3	190 - 199	40 - 48
เนย (ไขมันนม)	0.3 - 0.5	210 - 233	26 - 42
โคคาบัตเตอร์	0.3 – 0.8	192 -200	32 - 40
น้ำมันมะพร้าว	0.2 – 0.5	248 - 265	6 - 11
น้ำมันข้าวโพด	1.3 – 2.0	187 - 195	107 – 128
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	0.6 – 1.5	189 - 198	100 – 115
น้ำมันหมู	0.2 – 0.4	190 - 202	53 – 77
น้ำมันลินสีด	0.5 - 1.6	188 - 196	170 -204
น้ำมันมะกอก	0.5 – 1.7	184 - 196	75 – 94
น้ำมันปาล์มเคอร์เนล	0.2 – 0.8	230 - 254	14 – 21
น้ำมันปาล์ม	0.2 – 0.8	190 - 209	50 – 55
น้ำมันถั่วลิสง	0.5 – 0.9	187 - 196	86 – 107
น้ำมันงา	0.8 – 1.8	188 - 195	103 – 116
น้ำมันถั่วเหลือง	0.7 – 1.5	189 - 195	124 – 139
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	0.3 – 1.5	188 - 194	118 - 145
น้ำมันปลาวาฬ	1 - 2	185 - 194	110 – 135

ที่มา: Triebold and Aurand, 1967 ; Pike, 1994

กรรมวิธีการสกัดน้ำมัน

กองบริการอุตสาหกรรม (2535) ได้อธิบายถึงกรรมวิธีการสกัดน้ำมัน ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนหลักๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1. การเตรียมวัตถุดิบ (Pretreatment) ปกติวัตถุดิบที่ส่งเข้าโรงงานมักมีสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ปนมาด้วยเสมอ สิ่งแปลกปลอมเป็นพวกดิน ฝุ่น สิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องกำจัดออกไปเสียก่อน

โดยการดูดฝุ่น แยกก้อนอิฐ ดิน และวัตถุอื่นๆ อาจจะใช้ตะแกรงร่อนเพื่อแยกสิ่งที่ไม่ต้องการออก เมื่อผ่านกระบวนการแยกแล้วก็เข้าสู่การบดเพื่อให้วัตถุดิบละเอียดพอเหมาะเพื่อประสิทธิภาพในการบีบอัดที่ดียิ่งขึ้น

2. การบด (Grounding and flaking) จุดประสงค์ของการบดก็เพื่อให้ไขมันออกจากเมล็ดง่ายขึ้น เพราะน้ำมันที่อยู่ในเมล็ดถูกห่อหุ้มด้วยผนังเซลล์ในเมล็ด การบดทำให้ผนังเซลล์แตกออก เมล็ดที่บดแล้วเมื่อถูกอัดด้วยความดันสูงจะทำให้ไขมันไหลออกง่าย การบดยิ่งละเอียดเท่าไรยิ่งมีผลดีมากขึ้น แต่ถ้าจะนำกากที่ได้ไปสกัดด้วยตัวทำละลาย การบดละเอียดมากๆ อาจทำให้เกิดปัญหาหากจะไปอุดทางเดินของสารละลาย ทำให้การกรองแยกสารละลายออกจากกันได้ยาก ดังนั้นจึงต้องบดให้ละเอียดพอประมาณแล้วรีดหรืออัดให้เป็นแผ่นบางๆ

3. การนึ่ง (Cooking) การนึ่งเป็นการให้ความร้อนและความชื้นกับเมล็ดพืชที่บดแล้ว เพื่อให้ความหนืดของน้ำมันในเมล็ดลดลง ทำให้น้ำมันไหลออกมาจากผนังเซลล์ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ผนังเซลล์แตกตะกอนและยอมให้น้ำมันไหลผ่านผนังเซลล์ออกมาได้ การแตกตะกอนของโปรตีนจะเกิดขึ้นต่อเมื่อได้รับความร้อน และมีความชื้นอยู่ด้วยเท่านั้น ดังนั้นการนึ่งจึงมีองค์ประกอบที่ควรพิจารณาคือ เวลา อุณหภูมิ ความชื้นของเมล็ด และเครื่องมือที่ใช้อัดน้ำมัน

4. การสกัดน้ำมันโดยวิธีการเจียว (Rendering)

นิยมใช้กับเนื้อเยื่อไขมันที่มีลักษณะอ่อนและมีไขมันสูงหลักการคือ การให้ความร้อนจนผนังเซลล์แตกและไขมันเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวไหลออกมาได้ การเจียวสามารถทำได้ 3 รูปแบบคือ

4.1 การเจียวแบบแห้ง (Dry rendering) ทำการเจียวในภาชนะเปิด อุณหภูมิที่ให้อยู่ในระหว่าง 104-110 องศาเซลเซียส โดยความร้อนจะทำให้โปรตีนในผนังเซลล์ไขมันแข็ง ไม่สามารถเก็บน้ำมันไว้ในเซลล์ได้ ทำให้ไขมันออกจากกากได้ง่าย จากนั้นนำน้ำมันที่ได้ไปแยกด้วยเครื่องเหวี่ยงแล้วนำกากไปบีบอัดน้ำมันที่เหลืออีกเพื่อนำไปรวมกับน้ำมันที่แยกได้ในส่วนแรก ส่วนที่เหลือจากการอัดจะนำไปใช้เป็นโปรตีนในอาหารสัตว์ต่อไป (นิธิยา รัตนานนท์, 2548) ไขมันที่สกัดได้จากวิธีนี้จะมีคุณภาพไม่ค่อยดี เพราะว่าไขมันบางส่วนได้รับความร้อนที่สูงเกินจากตัวภาชนะโดยตรง ทำให้น้ำมันมีสีคล้ำเพราะเกิดการออกซิเดชัน (Pigott, 1967)

4.2 การเจียวแบบเปียก (Wet rendering) เป็นการพ่นไอน้ำลงบนเนื้อเยื่อไขมันในภาชนะปิด ภายใต้อุณหภูมิประมาณ 45 - 75 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลาประมาณ 3 - 6 ชั่วโมง จะต้องทำในสภาวะสุญญากาศเพื่อลดการเกิดออกซิเดชัน (นิธิยา รัตนานนท์, 2548)

วิธีเหมาะสำหรับกรณีที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีสี กลิ่น รส และคุณภาพการเก็บที่ดี ถึงแม้ว่าจะมีประสิทธิภาพในการสกัดค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับการเจียวแบบแห้ง (Mattil, et al., 1964)

4.3 การเจียวย่อย (Digestive rendering) คล้ายกับการเจียวเปียกแต่มีการเติมสารเคมี หรือเอนไซม์ลงไปเพื่อช่วยให้เกิดการย่อยในเนื้อเยื่อ และละลายเนื้อเยื่อเชื่อมติด ทำให้ไขมันแยกตัวออกมาได้ง่ายขึ้น เช่นการสกัดน้ำมันตับปลา

5. การสกัดน้ำมันโดยวิธีการบีบอัด (Mechanical pressure)

ปัจจุบันกรรมวิธีสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันสูงนิยมใช้วิธีบีบอัดร่วมกับการใช้ตัวทำละลายสกัดไขมัน สำหรับเครื่องอัดและเครื่องสกัดที่ใช้ตัวทำละลายจะมีลักษณะและราคาแตกต่างกันตามความเหมาะสมกับชนิดของเมล็ดพืชแต่ละอย่างที่น่ามาสกัด ซึ่งจำแนกได้ดังนี้

เครื่องอัดน้ำมันที่ใช้ในอุตสาหกรรมมี 3 แบบ คือ

5.1 แบบไฮดรอลิก

เครื่องอัดแบบไฮดรอลิกไม่ค่อยนิยมใช้เพราะหลังการอัดแต่ละครั้งต้องเอากากออกทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง

5.2 แบบสกรู (expeller)

เครื่องอัดแบบสกรูเป็นที่นิยมมากเพราะกากและน้ำมันออกติดต่อกัน สามารถป้อนเมล็ดพืชเข้าเครื่องได้ตลอดเวลา กากที่ได้จากเครื่องอัดชนิดนี้มีน้ำมันเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้นคือ ประมาณ 3 – 4 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของการหมุนสกรู

5.3 แบบปั่นเหวี่ยง (centrifuge)

เครื่องอัดน้ำมันแบบปั่นเหวี่ยงส่วนใหญ่ใช้แยกน้ำมันออกจากผลปาล์ม วิธีการบีบอัดแบบนี้นิยมใช้กับเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันสูง จากการศึกษาในเมล็ดหูกวางที่ผ่านมาพบว่าประกอบไปด้วยน้ำมันร้อยละ 58 – 60 โดยแรงกดที่กระทำต่อเนื้อเยื่อของเมล็ดพืชจะทำให้ผนังเซลล์แตกและบีบแยกเอาน้ำมันออกมา หลังจากนั้นนำมาหาปริมาณน้ำมันที่ได้จากการบีบอัดน้ำมันที่ได้จะมีคุณภาพดีและคงสภาพเช่นเดียวกับอยู่ในเมล็ด และไม่มีปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นกับไขมันและน้ำมัน

6. การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic solvent extraction)

การสกัดไขมันหรือน้ำมันออกจากวัตถุดิบด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก โดยใช้สกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันไม่สูงมาก หรือสกัดจากวัตถุดิบที่ผ่านการบีบอัดน้ำมัน ส่วนตัวทำละลายที่ใช้จะต้องไม่เป็นพิษต่อร่างกายมีจุดเดือดค่อนข้างต่ำ โดยจะใช้

ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการละลายน้ำมันได้ดี ทำการระเหยออกจากน้ำมันได้ง่ายและราคาถูก

ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และอรทัย คุ่มใหญ่โต (2542) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อเสียของการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายไว้ดังนี้

ข้อดีของการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

1. ได้ผลผลิตสูงกว่าวิธีการสกัดแบบอื่น
2. ทำให้ได้กากที่ปราศจากไขมัน
3. สามารถสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันไม่สูงมากนักได้

ข้อเสียของการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

1. ตัวทำละลายที่ใช้ติดไฟได้ง่าย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดมีราคาสูงเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ

นิธิยา รัตนพานนท์ (2548) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของประสิทธิภาพการสกัดไว้ดังนี้

1. ปริมาณของตัวทำละลาย

ตัวทำละลายปริมาณมากย่อมสกัดน้ำมันออกมาได้มาก แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องใช้เวลาตลอดจนเครื่องมือในการแยกตัวทำละลายออกจากน้ำมันมากขึ้นด้วย ปริมาณการสูญเสียตัวทำละลายที่ระเหยออกไปก็สูงขึ้น ดังนั้นปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ต้องพอเหมาะ

2. ชนิดของตัวทำละลาย

การเลือกตัวทำละลายต้องเลือกใช้ให้เหมาะกับชนิดของเมล็ดพืช โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมในปัจจุบันนิยมใช้ตัวทำละลายเฮกเซน (hexane) เพราะมีความเหมาะสมหลายประการ เช่น มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี และมีราคาถูกกว่าตัวทำละลายชนิดอื่นๆ

3. อุณหภูมิของตัวทำละลาย

ก่อนการแช่เมล็ดพืชด้วยตัวทำละลาย จำเป็นต้องอุ่นตัวทำละลายให้ร้อนเสียก่อน ความร้อนจะทำให้ไขมันสามารถละลายในตัวทำละลายได้มากขึ้นทั้งนี้พบว่าอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับเมล็ดพืชเกือบทุกชนิด

4. ความหนาของแผ่นเมล็ดพืช

เมล็ดพืชที่ถูกบีบให้แตกและอัดเป็นแผ่นแล้ว สามารถทำให้ตัวทำละลายซึมแทรกได้อย่างทั่วถึงแต่ต้องควบคุมความหนาและความแน่นของแผ่น ถ้าเมล็ดพืชถูกบดให้ละเอียดเกินไปจะอัดแน่นทำให้ตัวทำละลายผ่านเข้าไปไม่สะดวก

5. ความชื้นของเมล็ดพืช และตัวทำละลาย

ปกติความชื้นของเมล็ดพืชไม่ควรเกินร้อยละ 10 และตัวทำละลายต้องไม่มีน้ำผสมอยู่ มิฉะนั้นจะสกัดน้ำมันพืชออกจากพืชไม่ได้

6. เวลาที่ใช้ในการสกัด

การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย ต้องใช้เวลานานพอสมควรเพื่อให้ตัวทำละลายสามารถสกัดเอาน้ำมันออกมาให้ได้มากที่สุด โดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง

การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ (Refining)

นิธิยา รัตนาปนนท์ (2548) กล่าวว่า ไขมันและน้ำมันที่สกัดออกจากแหล่งน้ำมันจะมีสารประกอบชนิดอื่นเจือปนมาด้วย ซึ่งสารต่างๆ เหล่านี้มีผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของไขมันและน้ำมัน สารเจือปนบางชนิดมีสมบัติคล้ายไขมันและน้ำมัน ได้แก่ ฟอสโฟลิปิด สารประกอบเชิงซ้อนของไขมันและโปรตีน (fat-protein complex) กลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูง เม็ดสี กรดไขมันอิสระ และสารที่ให้กลิ่นต่างๆ เช่น อัลดีไฮด์ คีโตน และไฮโดรคาร์บอน

น้ำมันเหล่านี้หากบริโภคโดยไม่ผ่านการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ อาจเป็นอันตรายต่อร่างกายได้และน้ำมันที่ใช้ตัวทำละลายสกัดออกมา อาจมีตัวทำละลายเหลือตกค้างอยู่ในน้ำมันที่ผลิตออกมาได้ ดังนั้นในการใช้อุณหภูมิสูงเพื่อไล่ตัวทำละลายออกมาให้หมด อาจทำให้น้ำมันได้รับความร้อนสูงจนเกินไปจนเกิดการสลายตัวเป็นสารประกอบอื่นๆ ที่ไม่พึงประสงค์ได้ซึ่งสารต่างๆ เหล่านี้จำเป็นต้องกำจัดออกให้หมด

สารไม่บริสุทธิ์ (impurities) ต่างๆ ที่ต้องกำจัดออกมีดังนี้

1. สารที่ไม่ละลายในไขมัน ได้แก่ เมล็ด หรือเส้นใย หรือเนื้อเยื่อ เมือกต่างๆ เศษผ้าที่ใช้กรอง ฝุ่นละออง แร่ธาตุต่างๆ ความชื้น ทำได้โดยวิธีการทางกล เช่น การตกตะกอน หรือการหมุนเหวี่ยง (centrifuge)

2. สิ่งที่เป็นสารแขวนลอย ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำมัน ส่วนใหญ่เป็นฟอสฟาไทด์ สารประกอบอินทรีย์จำพวกคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน และสารประกอบเชิงซ้อน สำหรับการกำจัดด้วยการทำปฏิกิริยากับไอน้ำ น้ำ อิเล็กโตรไลต์และตามด้วยการตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน การปั่นเหวี่ยงหรือการกรองเพื่อกำจัดพวกตะกอน

3. สารที่ละลายไขมัน ได้แก่ กรดไขมันอิสระ โมโนและไดกลีเซอไรด์ สารสีต่างๆ เช่น แคโรทีน คลอโรฟิลล์ คีโตน อัลดีไฮด์ สเตอรอล ไฮโดรคาร์บอน เรซิน

การทำให้ไขมันบริสุทธิ์จึงประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. **การกำจัดกัมหรือสารเหนียว (degumming)** สารเหนียวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งมีรูปแบบโมเลกุลที่หลากหลายในโมเลกุลแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ละลายในน้ำและกลุ่มที่ไม่ละลายในน้ำเนื่องจากสารเหนียวนี้มีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิฟายเออร์ (emulsifier) และบางตัวสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะพวกแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และทองแดงได้ โลหะเหล่านี้ทำให้ความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันลดลง นอกจากนี้เมื่อถูกความร้อนมันจะเปลี่ยนเป็นสีที่เข้มขึ้นและกลายเป็นน้ำมันที่คุณภาพต่ำลง (Hamilton, 1980) ดังนั้นจึงต้องกำจัดสารเหนียวออกไปโดยใช้ น้ำ หรือสารละลายของกรด คือกรดฟอสฟอริกหรือเกลือของกรด ในปริมาณร้อยละ 2-3 ของปริมาณน้ำมัน เช่น ใช้สารละลายในน้ำเกลือ หรือโพโรสเฟตล้างเอาสารเหนียวออกโดยวิธีต่อเนื่อง น้ำมันจะถูกทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติมน้ำลงไปผสมกับน้ำมันนาน 15-30 นาที หลังจากนั้นแยกเอาสารเหนียวที่เกิดไฮเดรชันออกโดยการเหวี่ยงให้ตกตะกอน กระบวนการกำจัดสารเหนียวนี้อาจทำพร้อมกันกับขั้นตอนการแยกกรดไขมันอิสระในการทำน้ำมันให้เป็นกลางด้วยด่างก็ได้เนื่องจากในระบบที่มีด่างอยู่ด้วยจะช่วยให้สารเหนียวละลายในน้ำได้ดีขึ้น (Pigott, 1967)

2. **การสะเทินกรด (neutralization)** คือการกำจัดกรดไขมันอิสระและสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดโดยให้ทำปฏิกิริยากับด่างที่อุณหภูมิที่เหมาะสม ซึ่งส่วนมากจะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้ได้สบู่ซึ่งกำจัดออกได้โดยการเหวี่ยงแยก (Pigott, 1967)

นิธิยา รัตนาปนนท์ (2548) ได้อธิบายถึงกระบวนการทำให้เป็นกลางว่าอาจใช้ด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 10-15 พ่นลงบนน้ำมันที่มีอุณหภูมิ 25.9 – 29.4 องศาเซลเซียส กวนตลอดเวลาเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสม่ำเสมอ แล้วเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 54.4-85 องศาเซลเซียส ด่างจะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระในน้ำมันได้เป็นสบู่ การใช้ด่างในปริมาณที่มากเกินไป อาจจะทำให้ไฮโดรโตรกส์เซอไรด์ที่มีอยู่ทำให้ได้กรดไขมันอิสระ ซึ่งจะทำการปฏิกิริยากับด่างได้สบู่มากขึ้นทำให้สูญเสียน้ำมันบางส่วนไปได้

3. **การฟอกสี (bleaching)** การฟอกสีเป็นการแยกสารให้สีซึ่งเป็นพวกรงควัตถุที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง รวมทั้งสารแว่นลอย สบู่ โลหะหนัก สารประกอบพวกกำมะถัน สารพวกอัลดีไฮด์หรือคีโตนที่เกิดจากการสลายตัวของสารเปอร์ออกไซด์ที่ยังคงหลงเหลืออยู่ในน้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีที่ทำให้เป็นกลางด้วยด่างโดยใช้สารฟอกสี (bleaching agent) (Hamilton, 1980)

สารฟอกสีที่นิยมใช้กัน ได้แก่ ดินฟอกสีที่เป็นกลาง ดินฟอกสีที่เป็นกรด (Hamilton, 1980) และถ่านฟอกสีที่มีฤทธิ์เป็นกรด (Pigott, 1967) สารฟอกสีที่ดีควรมีการดูดซับที่ดี ใช้เวลาในการดูดซับที่ต่ำ มีประสิทธิภาพการกรองที่ดีและราคาไม่แพง (Hamilton, 1980)

วิธีการฟอกสีโดยทั่วไปจะปรับให้น้ำมันมีอุณหภูมิในช่วง 71.1- 82.2 องศาเซลเซียส ก่อนการเติมสารฟอกสีลงไป หลังจากนั้นแรงอุณหภูมิให้สูงขึ้นถึง 104.4-115.6 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที จึงกรองแยกเอาสารฟอกสีออกไป (นิธิยา รัตนานนท์, 2548)

Pigott (1967) กล่าวว่า การฟอกสีภายใต้สุญญากาศ (ความดัน 15 มิลลิเมตรปรอท) โดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส กรณีที่ไม่มีระบบสุญญากาศสามารถใช้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 90 -110 องศาเซลเซียส และกวนเป็นเวลา 30 นาที

4. การกำจัดกลิ่น (deodorization) เป็นการแยกสารระเหยที่เป็นสาเหตุของกลิ่นและรสชาติออกโดยใช้ไอน้ำยิ่งยวด (อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส) ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เพื่อช่วยให้กรดไขมันอิสระลดลงเหลือร้อยละ 0.02-0.04 นอกจากนี้การกำจัดกลิ่นยังช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านสีของน้ำมันได้ โดยการทำให้แรงควัตถุบางชนิดสลายตัวด้วยความร้อน สารให้กลิ่นในน้ำมันได้แก่ สารพวกอัลดีไฮด์ คีโตน และกรดไขมันที่มีมวลโมเลกุลต่ำกว่าไมริสติก (C14:0) ซึ่งระเหยง่าย (Chang, 1967)

ปริมาณไอน้ำและเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันแต่ละจุด ขนาดของสุญญากาศที่ใช้โดยทั่วไปมักใช้สุญญากาศที่ความดัน 6-8 มิลลิเมตรปรอท ใช้ไอน้ำร้อยละ 2-3 ของน้ำหนักน้ำมันใช้เวลาประมาณ 2-5 ชั่วโมง (Chang, 1967)

สิ่งที่ควรระมัดระวังในการกำจัดกลิ่นคือการทำให้น้ำมันได้รับความร้อนที่ระดับ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานเกินไปอาจทำให้สายโซ่คาร์บอนของกรดไขมันในไตรกลีเซอไรด์เกิดเป็นโพลิเมอร์ชนิดวงแหวน ดังนั้นการใช้อุณหภูมิไอน้ำในการกำจัดกลิ่นที่ควรเลือกใช้คือใช้อุณหภูมิสูงและเวลาที่สั้น โดยอุณหภูมิที่สูงสุดที่ใช้ไม่ควรเกิน 250 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่ความร้อนระดับนี้อาจทำลายแคโรทีนอยด์ในน้ำมันได้ (Hamilton, 1980)

5. การกำจัดพวกกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูง (winterization) เป็นกระบวนการที่ทำให้ไขมันและน้ำมันที่มีจุดหลอมเหลวสูงเกิดการแข็งตัวตกผลึกแยกออกมา เนื่องจากไขมันและน้ำมันประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์หลายๆ ชนิดรวมกัน บางชนิดมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงและบางชนิดมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อลดอุณหภูมิถึง 5 องศาเซลเซียส พวกที่มีจุดหลอมเหลวสูงจะเกิดการแข็งตัวเป็นผลึกที่กรองออกได้ ทำได้โดยการนำน้ำมันใส่ในภาชนะที่มีขนาดใหญ่แล้วเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิตู้เย็นเล็กน้อย น้ำมันหลังจากกำจัดพวกกลีเซอไรด์

ที่มีจุดหลอมเหลวสูง (winterization) มีโอกาสเกิดการหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative rancidity) ได้ง่าย ควรมีการเติมสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) (Chang, 1967)

น้ำมันที่ผ่านกรรมวิธีการทำให้บริสุทธิ์ควรมีมาตรฐานตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดดังตาราง 3

ตาราง 3 คุณสมบัติของน้ำมันและไขมันสำหรับบริโภคตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องน้ำมันและไขมัน

รายการ	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ ที่ 25 องศาเซลเซียส	0.918-0.926
2	ดัชนีหักเห ที่ n 40 องศาเซลเซียส	1.458-1.466
3	ค่าสปอนนิฟิเคชัน (mg KOH/oil 1 g)	189-198
4	ค่าไอโอดีน แบบวิจน์ (Iodine value wijs)	99 -119
5	ค่าสปอนนิฟายไม่ได้ (% by weight)	15
6	ค่าความเป็นกรด (mg KOH/oil 1 g)	0.6
7	ค่าเปอร์ออกไซด์ (milliequiv/oil 1 g)	10
8	น้ำและสิ่งที่จะเหยได้	0.2
10	ปริมาณเหล็ก (mg/kg)	1.5
11	ปริมาณอาร์เซนิก (mg/kg)	0.1
12	ปริมาณทองแดง (mg/kg)	0.1
13	ปริมาณตะกั่ว (mg/kg)	0.1

ที่มา: กระทรวงสาธารณสุข, 2543

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร

อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารเป็นการบ่งบอกถึงระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์นั้นยังมีความปลอดภัยต่อการบริโภค รวมถึงยังมีลักษณะทางประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และชีวภาพเป็นที่พึงพอใจ และคงไว้ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการตามที่ได้ระบุไว้ในฉลากโภชนาการ (Kilcast and Subramaniam, 2000)

ปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร สามารถแบ่งได้เป็น 2 ปัจจัยหลักได้แก่

1. **ปัจจัยภายใน (Intrinsic factors)** ซึ่งเป็นปัจจัยที่แสดงถึงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity: a_w) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ค่าความเป็นกรดโดยรวม (Total acidity) แร่ธาตุต่างๆ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่มีอยู่ การใช้สารป้องกันการเสื่อมเสีย (Food preservatives) องค์ประกอบของสารกลุ่มชีวเคมีต่างๆ

2. **ปัจจัยภายนอก (Extrinsic factors)** เช่น การควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษาและการจัดจำหน่าย ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างกระบวนการผลิต การเก็บรักษา การจัดจำหน่าย การสัมผัสกับแสง

ทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกของผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ นั้น ก็มีปฏิสัมพันธ์กันทั้งในแง่ของการยับยั้ง หรือการกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเก็บรักษาโดยตรง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เหล่านี้สามารถแบ่งแยกได้ดังนี้ (Man and Jones, 1994)

1. **การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ** มักมีสาเหตุมาจากความผิดพลาดในการจัดการกับอาหาร ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว กระบวนการผลิต และการขนส่ง เช่น การแตกหักของผลิตภัณฑ์อาหาร

2. **การเปลี่ยนแปลงทางเคมี** สามารถเกิดได้ทั้งขั้นตอนการผลิตและการเก็บรักษา โดยปฏิกิริยาเคมีส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในของอาหาร ที่มีปัจจัยแวดล้อมภายนอกมาเป็นส่วนช่วยในเกิดปฏิกิริยา ทั้งนี้ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญในอาหารได้แก่ ปฏิกิริยาจากเอนไซม์ (Enzymatic reactions) ปฏิกิริยาออกเดชัน (Oxidation reactions) โดยเฉพาะการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (Lipid oxidation) สำหรับตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ การเกิดกลิ่นหืน การเกิดสีน้ำตาล

3. **การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์** การเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้ต้องอาศัยปัจจัยที่เพียงพอประกอบด้วย จึงจะสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ เช่น ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในผลิตภัณฑ์อาหาร ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลหรือเกลือ (Osmotic concentration)

ค่าความเป็นกรดต่างผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิการเก็บรักษา เป็นต้น ลักษณะตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงจากจุลินทรีย์ ได้แก่ การบูดเน่าของผลิตภัณฑ์อาหารสดจากจุลินทรีย์

การทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์หลักของกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษาคือ ต้องการควบคุมตัวแปรต่างๆ ซึ่งทำให้ปฏิกิริยาต่างๆ เกิดขึ้นอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามที่ผู้บริโภคต้องการ เช่น คุณค่าทางอาหาร คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและความสะอาดต่างๆ เป็นต้น ปฏิกิริยาต่างๆ ในอาหารที่เกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูปและเก็บรักษานั้นจะเกิดขึ้นด้วยอัตราที่แตกต่างกัน ต้องเลือกปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ผู้บริโภคต้องการ และเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาต่างๆ ในอาหาร (วราพร บุตรสิงห์ และศรุต เจริญพูนศิริ, 2549) สิ่งที่สำคัญอีกประการคือ ปฏิกิริยาที่เลือกต้องเปลี่ยนเป็นคุณภาพที่สามารถวัดได้โดยการทดสอบด้วยวิธีทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส ในการออกแบบ วางแผน และควบคุมกระบวนการหนึ่งๆ ของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีหลายองค์ประกอบ ควรพิจารณาองค์ประกอบที่มีความสำคัญมากกว่าองค์ประกอบอื่นๆ และบางองค์ประกอบอาจเป็นองค์ประกอบวิกฤติ เช่น ข้อกำหนดที่ระบุในฉลากซึ่งเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยฉลากหรือข้อกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์

การทดสอบที่สภาวะเร่ง (Accelerated shelf life testing : ASLT)

หลักการของการทดสอบที่สภาวะเร่งจะมุ่งประเด็นไปที่การวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งในแง่ของการสลาย และการสร้าง และทั้งในแง่ของกายภาพ เคมี ชีวภาพ หรือประสาทสัมผัส ในผลิตภัณฑ์อาหาร ภายใต้ภาวะปัจจัยของผลิตภัณฑ์ และปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ณ ระยะเวลาหนึ่งๆ แล้วจะอาศัยหลักการทางจลนศาสตร์ (Kinetic approach) เพื่อคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สนใจจากนั้นจึงนำไปประเมิน และพยากรณ์หาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

ปฏิกิริยาทางจลนพลศาสตร์ (Kinetic reaction)

Power law ที่อุณหภูมิต่ำ (Labuza and Schmidl, 1985)

$$-\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A^n$$

เมื่อ k = Reaction rate constant (ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิและความเข้มข้นขององค์ประกอบอื่นของอาหาร)

n = อันดับของปฏิกิริยา (order of the reaction)

อัตราและกลไกที่เกิดขึ้นของปฏิกิริยาเคมีที่สนใจนั้น ในทางจุลนศาสตร์จะต้องระบุออกมาในรูปของอันดับปฏิกิริยา (Reaction order) ซึ่งจะทำให้สามารถทราบถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ โดยสามารถสรุปสมการที่แสดงลำดับของปฏิกิริยาต่างๆ ดังนี้

1. ปฏิกิริยาอันดับศูนย์

$$C_A - C_0 = -kt \quad (n = 0)$$

2. ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

$$\ln(C_A - C_0) = -kt \quad (n = 1)$$

3. ปฏิกิริยาอันดับสอง

$$C_A^{-1} - C_0^{-1} = kt \quad (n = 2)$$

เมื่อ C_A = ความเข้มข้นขององค์ประกอบอาหารที่เวลาใดๆ
 C_0 = ความเข้มข้นขององค์ประกอบอาหารที่เวลาเริ่มต้น
 t = เวลาใดๆ

การเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอาหาร เพื่อหาค่า k และในทฤษฎีจำเป็นต้องหาข้อมูลจากการทดลอง โดยทำการวัดความเข้มข้นขององค์ประกอบต่างๆ ในระบบอาหารหนึ่งๆ เทียบกับเวลาภายใต้สภาวะคงที่ เช่น อุณหภูมิ เทคนิคในการวิเคราะห์จะใช้ความสัมพันธ์ข้อมูลจากการทดลองกับสมการที่ใช้อธิบายผลการทดลอง เช่น ถ้าผลการทดลองสอดคล้องกับปฏิกิริยาอันดับ 0 ($n=0$) ก็จะใช้สมการอันดับ 0 เพื่ออธิบายหรือทำนายการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็น kinetic model approach ที่เป็นวิธีที่ใช้ในการหาการทดสอบอายุการเก็บในสภาวะเร่ง (รุ่งนภาพงศ์สวัสดิ์มานิต, 2549)