

บทที่ 1

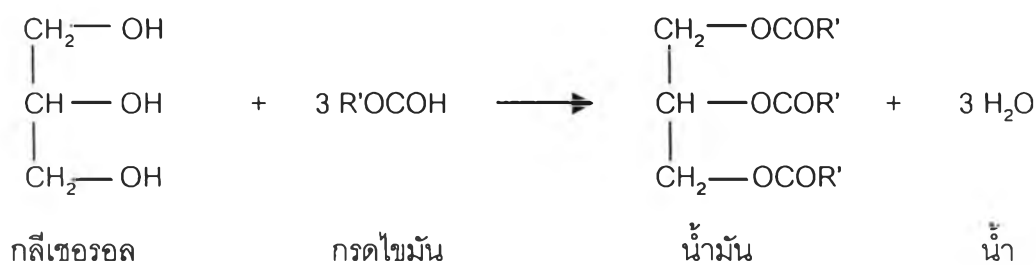
บทนำ



1.1 บทบาทน้ำมันพืช

น้ำมันสามารถแยกออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามแหล่งกำเนิด คือ น้ำมันพืช (vegetable oil) น้ำมันสัตว์ (animal oil) และน้ำมันแร่ (mineral oil) น้ำมันพืช และน้ำมันสัตว์จะประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ในรูปกลีเซอไรด์ จึงมีความคล้ายคลึงกัน ส่วนน้ำมันแร่จะมีธาตุคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ

ไขมันที่สะสมในสิ่งมีชีวิต จะถูกสร้างขึ้นด้วยกระบวนการทางชีวเคมี จากสารให้พลังงานที่ได้รับเข้าไปคือ กลูโคส สารแหล่งพลังงาน เช่น กลูโคสที่มีมากเกินไปจนเกินความจำเป็น จะถูกนำไปใช้สร้างไขมันในตับ (กรณีคน และสัตว์) และในเซลล์ของพืช ได้เป็น กรดไขมัน (fatty acid) แต่สารประกอบนี้มักจะอยู่ในรูปของสารประกอบโมเลกุลใหญ่ เรียกว่า กลีเซอไรด์ (glyceride) สารนี้เป็น alcohol glycerol ที่มีคาร์บอน 3 อะตอม แต่ละอะตอมต่อกับ OH group จะถูกแทนที่โดย fatty acid ชนิดใดชนิดหนึ่ง นั่นคือ glycerol ซึ่งมี hydroxy group มีปฏิกิริยาเป็นต่างทำปฏิกิริยากับกรดได้สารประกอบเป็นกลาง เรียกว่า เอสเทอร์(ester) หรือ fatty acid ester หรือ neutral fat ซึ่งรู้จักกันในทางเคมีว่า กลีเซอไรด์ (glyceride) ดังนั้นกล่าวได้ว่าน้ำมันพืชซึ่งเป็น true fat จัดอยู่ในพวก simple lipid ก็คือเป็นเอสเทอร์(ester) ระหว่าง trihydroxy alcohol (glycerol) กับ higher fatty acids ได้ผลิตภัณฑ์เป็น triglycerides หรือ น้ำมัน และน้ำดังสมการในรูปที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าน้ำมันธรรมชาติเป็นส่วนผสมของกลีเซอไรด์ของกรดไขมันต่างชนิด ในอัตราส่วนต่างๆกัน (Proudfit and Robinson,1958) ซึ่งทำให้น้ำมันแต่ละชนิดมีสมบัติและคุณภาพแตกต่างกันไป



รูปที่ 1.1 ปฏิกิริยาการเกิดน้ำมัน

น้ำมันนอกจากจะประกอบด้วยสารประกอบไขมัน เช่น ไตรกลีเซอไรด์ แล้วยังประกอบด้วยกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) , ฟอสโฟไลปิดหรือฟอสฟาไทด์ (phospholipids or phosphatides) , รงควัตถุ (pigment) จากธรรมชาติ และวิตามินต่างๆ เป็นต้น ซึ่งรวมเรียกว่าองค์ประกอบที่ไม่ใช่ไตรกลีเซอไรด์(non-glyceride component) โดยทั่วไปในน้ำมันพืชดิบ (crude vegetable oil) จะมีสารเหล่านี้ไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก (Eckey , 1932) สารเหล่านี้จัดเป็นสารเจือปนซึ่งจะมีการกำจัดออกในขั้นการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ (refining) เพราะการที่มีสิ่งเจือปนต่างๆจะทำให้เกิดฟอง , คาว , กลิ่น หรือ ตะกอนทำให้เกิดลักษณะของน้ำมันที่ไม่ต้องการได้ น้ำมันที่ผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์จะมีสารที่ไม่ใช่ไตรกลีเซอไรด์น้อยกว่าร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก (Eckey , 1932) น้ำมันจากธรรมชาติทุกชนิดที่บริสุทธิ์จะไม่มีสี กลิ่น และรส สี กลิ่น และรสในน้ำมันเกิดจากมีสารที่สามารถละลายได้ในน้ำมันละลายอยู่ด้วย (Proudfit and Robinson, 1958) เม็ดสีเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างหนึ่ง เนื่องจากสีของน้ำมันเป็นปัจจัยอันหนึ่งซึ่งทำให้น้ำมันมีคุณค่า และมีความน่ารับประทาน(Perekh,1958)

น้ำมันพืชได้มาจากพืชน้ำมันซึ่งจำแนกออกเป็นเมล็ดพืชน้ำมัน และพืชที่ให้น้ำมัน

ก. เมล็ดพืชน้ำมัน ได้แก่เมล็ดพืชต่างๆ ที่สามารถสกัดแยกน้ำมันออกมาใช้ประโยชน์ได้ แบ่งเป็นเมล็ดพืชน้ำมันที่มีปริมาณน้ำมันในเมล็ดมาก คือ มีปริมาณน้ำมันมากกว่าร้อยละ 20 เช่น เมล็ดถั่วลิสง , เมล็ดงา , เมล็ดละหุ่ง เป็นต้น เมล็ดพืชน้ำมันที่มีปริมาณน้ำมันในเมล็ดน้อย คือ มีปริมาณน้ำมันไม่เกินร้อยละ 20 เช่น เมล็ดทานตะวัน , เมล็ดฝ้าย , เมล็ดนุ่น เป็นต้น

ข. พืชที่ให้น้ำมัน ได้แก่น้ำมันจากใบ หรือผิว หรือต้นพืชโดยตรง ไม่ใช่จากเมล็ด เช่น น้ำมันตะไคร้ , น้ำมันยูคาลิปตัส , น้ำมันมะกรูด เป็นต้น

ปริมาณน้ำมันของพืชน้ำมันแต่ละชนิดแสดงอยู่ในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ปริมาณน้ำมันของพืชน้ำมันแต่ละชนิด

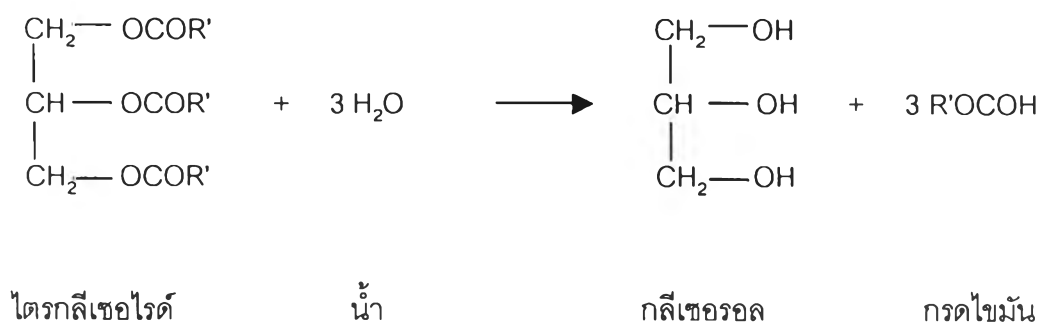
| พืชน้ำมัน | ปริมาณน้ำมัน (%) |
|--------------------------------|------------------|
| เนื้อมะพร้าว (copra) | 65 – 68 |
| babassu palm | 60 – 65 |
| เมล็ดงา (sesame seed) | 50 – 55 |
| เนื้อปาล์ม (palm fruit) | 45 – 50 |
| palm kernel | 45 – 50 |
| ถั่วลิสง (groundnut) | 45 – 50 |
| rapeseed | 40 – 45 |
| เมล็ดทานตะวัน (sunflower seed) | 35 – 40 |
| เมล็ดดอกคำฝอย (safflower seed) | 30 – 35 |
| มะกอก (olive) | 25 – 30 |
| เมล็ดฝ้าย (cotton seed) | 18 – 20 |
| ถั่วเหลือง (soy bean) | 18 – 20 |

ที่มา : Bernardini ,1973

1.2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมัน

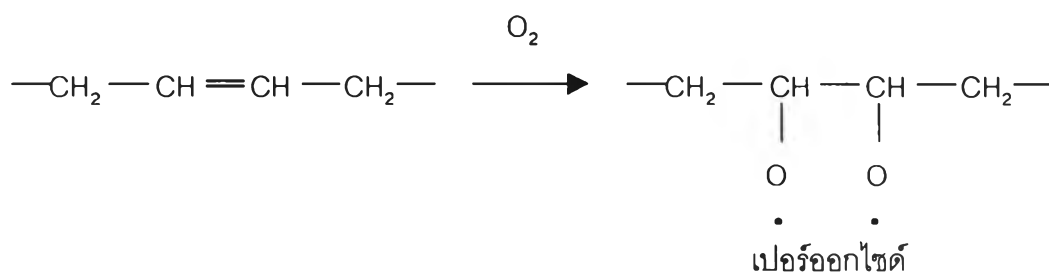
ไขมัน และกรดไขมันเป็นสารประกอบอินทรีย์ ดังนั้นจึงสามารถมีปฏิกิริยาทางเคมีได้มากมาย ดังนี้

1.2.1 ไฮโดรไลซิส (hydrolysis) หรือ การแตกตัวของน้ำมัน (fat splitting) เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระดังสมการ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในน้ำมัน และปฏิกิริยานี้จะเกิดสมดุลถ้าหากว่าไม่มีน้ำมากเกินไป หรือไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอกอื่นๆ เช่นอุณหภูมิ หรือสิ่งเร่งเร็วอื่นๆ โดยปกติไฮโดรไลซิสจะเกิดในไตรกลีเซอไรด์ที่มีคาร์บอนอะตอม 6 – 12 อะตอม การเกิดปฏิกิริยาแสดงดังสมการในรูปที่ 1.2



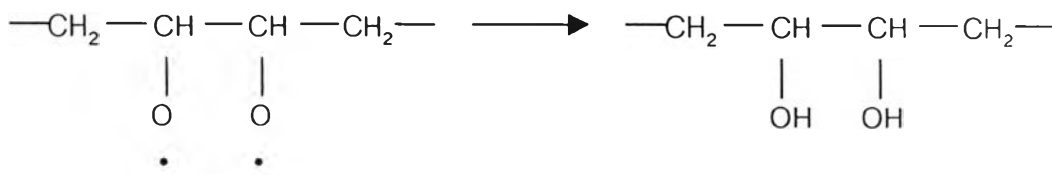
รูปที่ 1.2 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

1.2.2 ออกซิเดชัน (oxidation) เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวกับออกซิเจน ซึ่งการเกิดปฏิกิริยานี้ไม่จำเป็นต้องมีสารอื่นเกี่ยวข้องด้วยเลยบางครั้งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า ออกไซด์ออกซิเดชัน (auto-oxidation) (Proudfit and Robinson, 1958) ปฏิกิริยาเป็นไปในแบบที่เรียกว่า chain reaction reactive free radical เกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (peroxide) ซึ่งจะสลายตัวต่อไปเป็นอัลดีไฮด์ (aldehyde) คีโตน (ketone) และกรด (acid) ต่างๆ ซึ่งจะระเหยออกมาเป็นกลิ่นไม่ดี (off-flavour) ภายใต้ภาวะปกติในระหว่างที่เกิดออกซิเดชันของไขมันเริ่มแรก สารที่เกิดจากออกไซด์ออกซิเดชันเป็น hydroperoxides พบว่าการเกิด hydroperoxides ในระหว่าง photooxidation เป็นอัตราส่วนโดยตรงกับปริมาณแสงที่ถูกดูดไว้ทั้งหมด (Lundberg cited in Schultz, Day and Sinnhuber, 1962) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างกรดไขมันกับออกซิเจนในอากาศเชื่อว่าเกิดเป็น 2 ระยะ ระยะแรกจะเกิดเปอร์ออกไซด์ดังสมการในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชันระยะแรก

ในระยะที่สองเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวเป็น hydroxy acid ดังสมการสมการในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 ปฏิกิริยาออกซิเดชันระยะที่สอง

ซึ่งต่อไปจะแตกตัวเป็น aldehyde และ short chain acid ได้ (Jamieson, 1943) ระยะแรกของการเกิดเปอร์ออกไซด์เรียกว่า induction period หลังจากผ่านระยะนี้ไปแล้วการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มมากขึ้น และสารประกอบเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นครั้งแรกลำนำมาใช้เป็นตัววัดคุณสมบัติของน้ำมัน ถ้าค่า peroxide number มากแสดงว่าน้ำมันนั้นมีพันธะคู่มาก ซึ่งจะทำให้ไขมันเหม็นหืนเร็ว นอกจากนี้การเกิดออกไซด์ออกซิเดชันยังไปมีผลทำลายคุณค่าทางโภชนาการของไขมันอีกด้วย เพราะ การเกิดออกไซด์ออกซิเดชันของไขมันจะไปทำลายวิตามินเอ , ดี , อี , เค และซี รวมทั้งทำลายกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (Eckey , 1932)

การเกิดออกไซด์ออกซิเดชันหรือการเกิดกลิ่นเหม็นของไขมันต่างๆ ก็แตกต่างกันออกไปตามชนิด ดังนั้นการป้องกันการเกิดออกไซด์ออกซิเดชันในไขมันทำได้โดยกำจัดปัจจัยเร่งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา หรือลดปัจจัยที่มีผลเร่งให้เกิดปฏิกิริยาลง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดออกไซด์ออกซิเดชันของไขมันมีหลายประการ เช่น

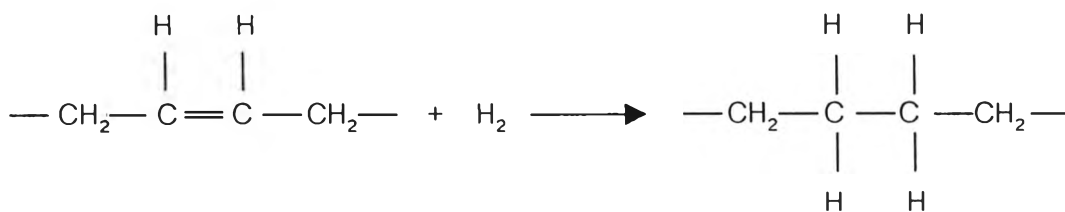
- ก. จำนวนพันธะคู่หรือพันธะสามทั้งหมดที่มีในไขมันและโครงสร้างของกรดไขมัน โดย trans-form จะถูกออกซิไดซ์ได้ช้ากว่า cis-form ของไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนเท่ากัน
- ข. ปริมาณออกซิเจน เนื่องจากการเกิดออกไซด์ออกซิเดชันจะเกิดได้เมื่อมีออกซิเจนเท่านั้น ดังนั้นถ้ามีปริมาณออกซิเจนสูง การเกิดออกไซด์ออกซิเดชันจะสามารถเกิดขึ้นในอัตราเร็วขึ้นได้
- ค. แสงอุลตราไวโอเล็ต (ultraviolet light) จะทำให้เกิดออกไซด์ออกซิเดชันได้ดีกว่าแสงในช่วงการมองเห็น (visible light) เนื่องจากมีพลังงานสูงกว่า ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radical) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้

- ง. ความชื้น พบว่าถ้ามีความชื้นในปริมาณน้อยจะลดอัตราการเกิดออกไซด์ออกซิเดชันได้ เนื่องจากความชื้นในปริมาณต่ำสามารถลดอัตราการดูดซึ่มออกซิเจนในอากาศได้
- จ. โลหะต่างๆ เช่น ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก และ สังกะสี จะเร่งการเกิดออกไซด์ออกซิเดชันได้ (Duel, 1951 and Jamieson , 1943)
- ฉ. การมีสารต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกไซด์ออกซิเดชันตามธรรมชาติ (natural antioxidant) ในน้ำมันพืช ได้แก่ วิตามินอีซึ่งพบในน้ำมันทั่วไป และสาร sesamol และ sesamolol ที่พบเฉพาะในน้ำมันงา

ดังนั้นการป้องกันการเกิดกลิ่นหืนของน้ำมันอาจป้องกันได้โดย

- ช. เก็บน้ำมันในภาชนะที่บดแสงในสภาวะสุญญากาศ และเก็บที่อุณหภูมิต่ำ
- ซ. เติมสารกันหืนลงในน้ำมัน สารกันหืนที่ใช้อาจเป็นสารจากธรรมชาติ เช่น วิตามินอี หรือสารที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น บีเอชเอ (BHA ; butylated hydroxy anisol) และบีเอชที (BHT ; butylated hydroxy toluene) (Bailey , 1951)
- ณ. เติมไฮโดรเจนที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว

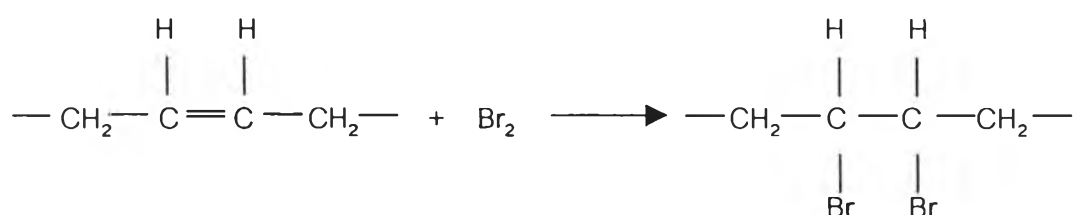
1.2.3 ไฮโดรจีเนชัน (hydrogenation) ในสภาพที่เหมาะสม และมีสารเร่ง (catalyst) บางชนิด กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดปฏิกิริยา และมีการเพิ่มไฮโดรเจนบริเวณพันธะคู่ในโมเลกุล ทำให้กรดไขมันนั้นเปลี่ยนเป็นชนิดอิ่มตัว ดังสมการในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 ปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน

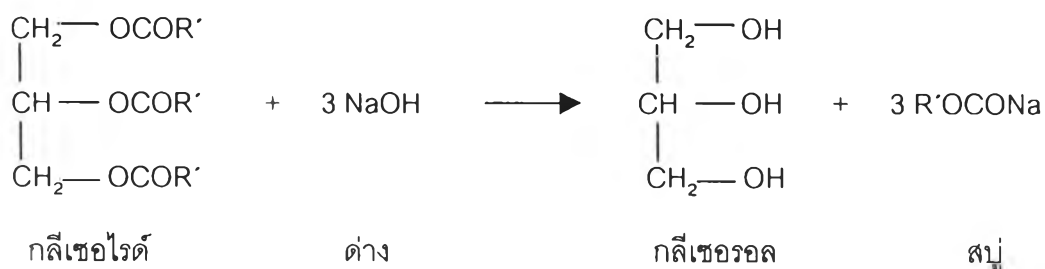
ปฏิกิริยานี้จะทำให้ไขมันที่เป็นของเหลวเปลี่ยนสภาพเป็นของแข็ง หรือเรียกว่า plastic fat ซึ่งสะดวกแก่การเก็บ หรือบรรจุภาชนะ และสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมทำผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ไขมันปรุงอาหาร (shortening) และเนยเทียม (margarine) เป็นต้น นอกจากนี้การทำไฮโดรจีเนชันยังสามารถปรับปรุงคุณสมบัติอื่นๆ ของไขมันและไขมันให้ดีขึ้นด้วย เช่น กลิ่น, สี, คุณสมบัติทางกายภาพ และมีความคงสภาพเดิม(stability)ได้นานๆ

1.2.4 ฮาโลจีเนชัน (halogenation) ในโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ตำแหน่งพันธะคู่จะถูกแทนที่โดยธาตุคลอรีน โบรมีน หรือ ไอโอดีน ดังสมการในรูปที่ 1.6 คุณสมบัติที่กล่าวถึงค่าไอโอดีน บอกถึงปริมาณของตำแหน่งพันธะคู่ที่ธาตุไอโอดีนจะเข้าไปแทนที่ และความไม่อิ่มตัวจะมีมากน้อยในไขมันขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมัน และขึ้นกับตำแหน่งของพันธะคู่ในโมเลกุลด้วย การหาจำนวนความไม่อิ่มตัวของไขมันทำได้โดยการหาไอโอดีนนัมเบอร์ (iodine number) ไขมันที่มีค่าไอโอดีนสูงแสดงถึงความไม่อิ่มตัวมากกว่าไขมันที่มีค่าไอโอดีนต่ำ (Schultz, Day and Sinnhuber , 1962) การที่ไขมันมีความไม่อิ่มตัวน้อยย่อมมีผลไปถึงการพิจารณาความเหมาะสมในการนำไขมันไปใช้ในการประกอบอาหารด้วย



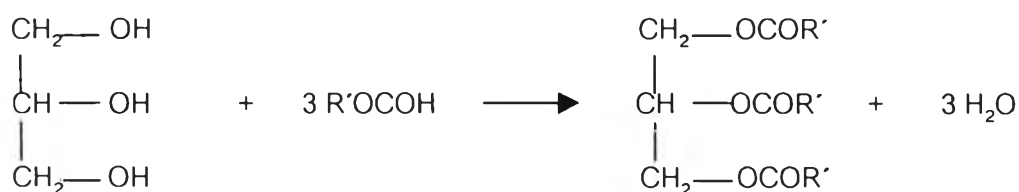
รูปที่ 1.6 ปฏิกิริยาฮาโลจีเนชัน

1.2.5 สaponification (saponification) ไขมัน หรือกลีเซอไรด์ ซึ่งมีกรดไขมันสามารถทำปฏิกิริยากับด่าง จะได้เกลือที่เรียกว่าสบู่ ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกว่าการทำสบู่ (soap making หรือ saponification) ดังสมการในรูปที่ 1.7

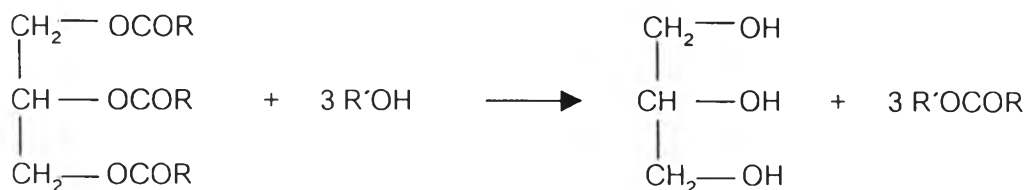


รูปที่ 1.7 ปฏิกิริยาสaponนิฟิเคชัน

1.2.6 เอสเทอร์ฟิเคชัน (esterification) และ อินเตอร์เอสเทอร์ฟิเคชัน (interesterification) ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันจะเป็นปฏิกิริยาย้อนกลับของไฮโดรไลซิส โดยใช้แอลกอฮอล์ หรือกลีเซอรอลพร้อมสารเร่งซึ่งจะเกิดปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระได้สารประกอบเอสเทอร์ดังสมการในรูปที่ 1.8 ส่วนอินเตอร์เอสเทอร์ฟิเคชัน หมายถึงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างสารประกอบกลีเซอไรด์ หรือเอสเทอร์ของกรดไขมันอื่นกับกรดไขมันหรือกับแอลกอฮอล์หรือเอสเทอร์อื่นๆ แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสลับเปลี่ยนตำแหน่งของกรดไขมันในโมเลกุลขึ้น เช่น อาจเกิดการสลับเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างไขมัน และกรดไขมันอิสระ เรียกว่า ปฏิกิริยาอะซิโดไลซิส (acidolysis) หรือปฏิกิริยาระหว่างไขมันกับแอลกอฮอล์เรียกว่าปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ไลซิส(alcohololysis) ดังสมการในรูปที่ 1.9 เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงต่างๆนี้มีผลถึงคุณสมบัติต่างๆของน้ำมัน เช่น กรณีใช้น้ำมันหลายชนิด (และมีชนิดของกรดไขมันต่างกัน) มาผสมกัน ย่อมทำให้คุณสมบัติต่างๆทั้งทางเคมี และกายภาพของน้ำมันนั้นเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 1.8 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน



รูปที่ 1.9 ปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ไลซิส

1.3. ค่าคงที่ต่างๆของน้ำมัน (Hamilton and Hamilton ,1992)

ในอุตสาหกรรมไขมัน และน้ำมัน จะมีค่าต่างๆ ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะในด้านต่างๆ ของไขมัน และน้ำมัน ค่าต่างๆดังกล่าวจะเป็นดัชนีที่บอกลักษณะ และคุณสมบัติต่างๆของไขมันและน้ำมัน เช่น บอกความเก่าใหม่ของน้ำมัน บอกถึงความอึดตัวของกรดไขมันในโมเลกุล หรือบอกถึงความสะอาดของน้ำมัน เป็นต้น ดัชนีต่างๆเหล่านี้จึงเป็นมาตรฐานทั่วไปที่ใช้ในการบ่งถึงคุณสมบัติของน้ำมันในทางอุตสาหกรรม และทางการค้า ดัชนีต่างๆที่มีความสำคัญ จะกล่าวไว้โดยสังเขปดังนี้

1.3.1 ค่าความเป็นกรด (acid value) คือดัชนีที่ใช้บอกปริมาณของกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมัน โดยทั่วไปค่านี้รายงานในรูปของจำนวนมิลลิกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาสะเทินพอดีกับกรดไขมันอิสระในน้ำมัน 1 กรัม

1.3.2 ค่าไอโอดีน (iodine value) คือดัชนีที่ใช้บอกปริมาณของความไม่อิ่มตัวในน้ำมัน โดยทั่วไปค่านี้รายงานในรูปจำนวนกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดซับโดยน้ำมัน 100 กรัม วิธีการวิเคราะห์มีหลายวิธี แต่ที่นิยมใช้ คือ วิธีของวิจส์ (Wijs) และฮานัส (Hanus) วิธีการของวิจส์อาศัยเทคนิคที่เติมไอโอดีนโมโนคลอไรด์ (iodine monochloride) ในปริมาณที่มากเกินไป แล้วอาศัยการไตเตรทแบบย้อนกลับ (back titration) ด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟต (sodium thiosulfate) ส่วนวิธีการของฮานัสมีหลักการคล้ายคลึงกับวิธีการของวิจส์ แต่ใช้สารละลายโมโนโบรมاید (monobromide solution) แทนไอโอดีนโมโนคลอไรด์

1.3.3 ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) คือดัชนีที่ใช้บอกถึงปริมาณของออกซิเจนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาที่มีอยู่ในน้ำมัน และบอกถึงความเหม็นหืนของน้ำมัน โดยทั่วไปค่านี้อาจรายงานในรูปของมิลลิกรัมสมมูลย์ (milliequivalent) ของออกซิเจนที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากน้ำมัน 100 กรัม

1.3.4 ค่าสaponification value) คือดัชนีที่ใช้บอกปริมาณของกรดไขมันที่ต่ออยู่กับโมเลกุลของกลีเซอรอล (พันธะเอสเทอร์) เป็นสายไตรกลีเซอไรด์ และยังคงรวมไปถึงกรดไขมันอิสระในน้ำมันด้วย โดยทั่วไปค่านี้อาจรายงานอยู่ในรูปของมิลลิกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาสaponification อย่างสมบูรณ์กับน้ำมัน 1 กรัม

1.3.5 ค่าอันสaponifiable matter) คือดัชนีที่ใช้บอกถึงความสะอาดของน้ำมันในแง่ของสารที่ไม่ใช่กรดไขมัน หรือสารที่ไม่ทำปฏิกิริยาสaponification กับด่าง โดยทั่วไปค่านี้อาจรายงานในรูปของเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของสารที่ไม่เกิดปฏิกิริยาสaponification

1.4 กรรมวิธีการผลิตน้ำมัน

วิธีการผลิตน้ำมัน คือการบีบ หรือสกัดเอาส่วนที่เป็นไขมันออกจากวัตถุดิบ(Bailey,1951) น้ำมันที่ได้เรียกว่าน้ำมันดิบ(crude oil) ในน้ำมันธรรมชาตินี้จะมีส่วนผสมต่างๆปะปนอยู่ เช่น น้ำมันที่ใช้บริโภคได้ (edible oil) ชีผึ้ง(wax) เม็ดสี เป็นต้น ดังนั้นน้ำมันธรรมชาติเหล่านี้จึงจำเป็นต้องนำไปผ่านกรรมวิธีการแยกเอาส่วนที่ไม่ต้องการออก ซึ่งจะรวมทั้งการฟอกสี และกำจัดกลิ่นที่ไม่ต้องการออกด้วย และแยกยาง และกรดไขมันออกจากน้ำมัน เพื่อให้ให้น้ำมันพืชบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น มีลักษณะใส และสามารถเก็บได้นาน โดยคุณภาพเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และประการที่สำคัญเหมาะที่จะใช้บริโภคได้ ซึ่งกรรมวิธีในการผลิตน้ำมันพืชแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมัน และการนำไปใช้ แต่โดยรวมแล้วการผลิตน้ำมันสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้ การเตรียมวัตถุดิบ การสกัดน้ำมันดิบ และการทำน้ำมันดิบให้บริสุทธิ์

1.4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

1.4.1.1 การทำความสะอาด(cleaning) เมล็ดพืชน้ำมันก่อนที่จะนำไปสกัดน้ำมันจะต้องมีการแยกสิ่งปะปนออกจากเมล็ดพืช เช่น ทราย เศษดิน และเศษโลหะต่างๆ โดยการร่อนเป่าด้วยลม ล้างน้ำ หรือใช้สนามแม่เหล็กดูดเศษโลหะ เนื่องจากถ้ามีสิ่งปะปนเหล่านี้จะอยู่จะเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายกับเครื่องจักรที่ใช้ และยังมีผลทำให้คุณภาพน้ำมัน และกากที่ได้จากการสกัดน้ำมันมีคุณภาพลดลงด้วย

1.4.1.2 การเตรียมวัตถุดิบให้มีความเหมาะสมกับการสกัดน้ำมัน เช่น

- ก. การแยกเปลือก หรือผิวชั้นนอกออก (decortication or dehulling)การแยกเอาส่วนเนื้อออกจากเปลือกทำได้โดย การใช้ตะแกรงร่อน (shaking sieves) การใช้ระบบลมดูด(suction) เป่า หรือระบบair blast หรือการทำ floatation เป็นต้น เพื่อแยกเอาส่วนที่ไม่สำคัญบริเวณไม่ได้ หรือมีปริมาณน้ำมันน้อยออก เป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสกัดน้ำมัน และช่วยให้น้ำมันที่ได้มีสีอ่อน บริสุทธิ์เพิ่มขึ้น และยังช่วยให้กากที่ได้มีค่าทางโภชนาการสูงขึ้น
- ข. การย่อยขนาดของเมล็ดพืชให้เล็กลง หรือบีบให้แตก หรือบีบให้เป็นแผ่น (grinding or breaking or flaking) เพื่อทำลายผนังเซลล์ของเซลล์น้ำมัน และเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของเซลล์น้ำมันกับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดน้ำมันให้มากขึ้นทำให้ได้ผลผลิต(yield) มากขึ้น แต่จะต้องมีการควบคุมการทำ ให้มีความเหมาะสมกับลักษณะของพืชน้ำมันนั้นด้วย
- ง. การนึ่ง (steaming) เป็นขั้นที่ให้ความร้อนและความชื้นแก่เมล็ดพืชน้ำมันพร้อมๆกันโดยการควบคุมอุณหภูมิ และเวลาให้เหมาะสม ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของเมล็ดพืชน้ำมัน ในงานวิจัยนี้ใช้เมล็ดงาเป็นพืชน้ำมันที่ศึกษาดังนั้นจึงมีขั้นตอนการคั่ว (roasting) เป็นการให้ความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยในการเตรียมเมล็ดงาก่อนไปสกัดน้ำมันเพื่อเป็นการให้เกิดสี กลิ่นเฉพาะของน้ำมันงา การให้ความร้อนกับเมล็ดพืชจะเป็นการช่วยให้น้ำมันสามารถไหลออกจากเซลล์น้ำมันได้ดี เพราะความหนืดลดลง และทำให้โปรตีนในผนังเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลง (denaturation) ทำให้น้ำมันในเมล็ดพืชถูกขับออกมาอยู่ผิววนอกของเมล็ดพืชหรือการบีบ

สกัด การให้ความร้อนต้องมีการควบคุมที่ดี ถ้าให้ความร้อนสูงเกินไป จะทำให้ได้น้ำมันที่มีสีเข้มกว่าปกติซึ่งยากแก่การทำให้สีของน้ำมันจางลงไปได้ในขั้นตอนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์

1.4.2 การสกัดน้ำมันดิบ

การสกัดน้ำมันดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช แบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ การอัดหรือบีบ (mechanical pressing) การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent extraction) และการสกัดโดยใช้เครื่องบีบร่วมกับการใช้ตัวทำละลาย (prepress-solvent extraction)

1.4.2.1 การอัดหรือบีบ เป็นการเอาน้ำมันออกจากเมล็ดพืชโดยใช้เครื่องจักรบีบอัดเอาน้ำมันออกจากเมล็ดพืชโดยตรง เครื่องจักรที่ใช้ เช่น เครื่องอัดแบบโบราณ (primitive batch apparatus) เครื่องบีบแบบเกลียว (screw press) เครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิก (hydraulic press) และ เครื่องบีบแบบต่อเนื่อง (continuous expellers) เป็นต้น การสกัดน้ำมันโดยวิธีนี้เหมาะสำหรับเมล็ดพืชน้ำมันที่มีน้ำมันในเมล็ดมาก

1.4.2.2 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย การสกัดโดยวิธีนี้เป็นการสกัดน้ำมันที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการสกัดน้ำมันโดยวิธีการอัดหรือบีบ และ นิยมใช้กันทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมในยุโรปและสหรัฐอเมริกา (Williams, 1966) รวมทั้งโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทย ด้วย เครื่องสกัดแบบใช้ตัวทำละลายมีใช้อยู่ 3 แบบ คือ แบบแช่ (immersion) แบบซึมผ่าน (percolation) และแบบผสมระหว่างการแช่ และการซึมผ่าน (immersion percolation) หรือ จะแบ่งได้เป็น 4 วิธี (Swern, 1964) คือ การสกัดแบบที่ละชุด (batch extraction) การสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous extraction) การสกัดด้วยวิธีการกรอง (filtration extraction) และการสกัดแบบผสม

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ตัวทำละลายในการสกัดน้ำมัน คือ ชนิดและปริมาณตัวทำละลาย อุณหภูมิของตัวทำละลายขณะสกัด เวลาในการสกัด

ก. ชนิดของตัวทำละลาย ต้องมีคุณสมบัติที่สามารถละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดี ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันที่สกัด ไม่ละลายสิ่งเจือปน หรือสารที่ไม่ต้องการ มีจุดเดือดต่ำสามารถแยกออกจากน้ำมันดิบได้ง่าย ไม่เป็นพิษ และไม่เกิดการกัดกร่อน มีราคาถูก และสามารถหาซื้อได้ง่าย ซึ่งตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัด

(Bernardini, 1973) มีดังนี้ นอร์มอลเฮกเซน (normal hexane) และ เบนซีน (benzene) เป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดน้ำมันพืช ethyl ether , acetone, methylether ketone และ cyclo hexane ก็เป็นตัวทำละลายที่ใช้กัน ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช Bijur (1966) กล่าวว่า นอร์มอลเฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันพืชที่ใช้สำหรับบริโภค เพราะ ว่านอร์มอลเฮกเซนให้ bezene residue น้อยมาก และสามารถนำไปสกัดแบบต่อเนื่องได้ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการสกัดสูงประกอบด้วยมีจุดเดือดต่ำ ประมาณ 68 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถแยกนอร์มอลเฮกเซนออกจากน้ำมันดิบได้ง่าย แต่ก็มีข้อเสีย คือ ลุกติดไฟง่าย

- ข. ปริมาณตัวทำละลาย ถ้าใช้ปริมาณตัวทำละลายมากจะสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้มากขึ้น แต่การใช้ปริมาณตัวทำละลายมากเกินไปจะเป็นการสิ้นเปลืองตัวทำละลาย เวลา ตลอดจนพลังงานที่ใช้ รวมทั้งขนาดของเครื่องมือที่ใช้แยกน้ำมันดิบออกจากตัวทำละลาย
- ค. อุณหภูมิขณะสกัด การเพิ่มอุณหภูมิของตัวทำละลายจะทำให้สามารถละลายน้ำมันออกมาได้ดีขึ้น อุณหภูมิของตัวทำละลายประมาณ 60 องศาเซลเซียส เหมาะกับการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชเกือบทุกชนิด
- ง. เวลาในการสกัด ต้องใช้เวลาในการสกัดที่เหมาะสมถ้าน้อยเกินไปผลผลิตที่ได้จะต่ำและในทางกลับกันถ้าใช้เวลามากเกินไปก็จะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน และเวลา
- จ. ความชื้นของเมล็ดพืชและตัวทำละลาย ปกติความชื้นของเมล็ดพืชไม่ควรเกินร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก มิฉะนั้นจะมีน้ำมันเหลือในกากสูง สำหรับตัวทำละลายต้องไม่มีความชื้น
- ฉ. ขนาดของเมล็ดพืช การเปลี่ยนรูปจากเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ ให้เป็นแผ่นหรือมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับตัวทำละลายมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ตัวทำละลายสามารถซึมเข้าไปละลายน้ำมันในเซลล์น้ำมันที่แตกแล้วซึมออกได้ดียิ่งขึ้น แต่ก็ต้องดูขนาดและความหนาของแผ่นเมล็ดพืชให้เหมาะสมด้วยถ้าหนาเกินไปตัวทำละลายต้องใช้เวลาในการซึมผ่านมากขึ้น หรือถ้าลดขนาดเมล็ดพืชจนละเอียดเมล็ดพืชก็จะอัดกันแน่นตัวทำละลายผ่านเข้าออกได้ไม่ดี ประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันลดลงเช่นกัน

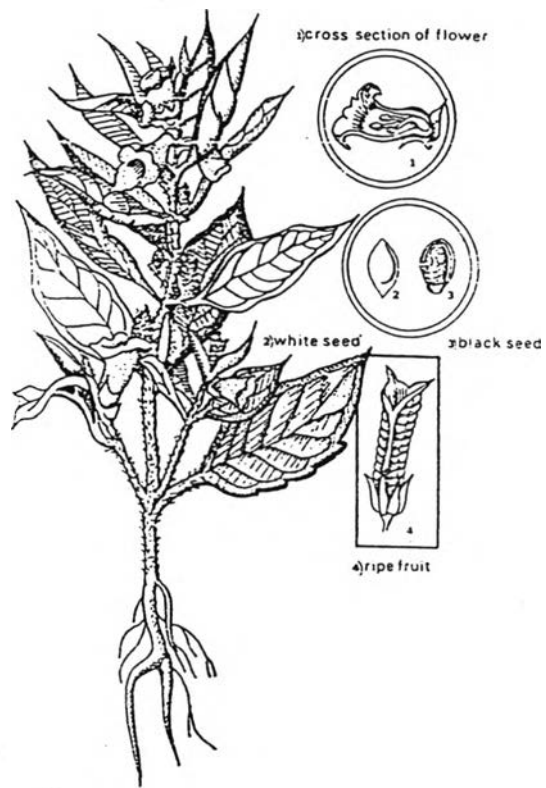
1.4.3 การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์

น้ำมันดิบที่ได้จากการสกัดน้ำมันจะยังมีสิ่งปะปนอยู่ เช่น กรดไขมันอิสระ รงควัตถุต่างๆ ซึ่งสารต่างๆเหล่านี้อาจก่อให้เกิดผลเสียน้ำมันทำให้อายุการเก็บ(shelf life) สั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการทำให้น้ำมันดิบที่สกัดได้มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น เพื่อให้เหมาะสมในการนำมาบริโภค กระบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์จะมีหลายขั้นตอน และหลายกรรมวิธีขึ้นกับชนิดของน้ำมัน และการนำไปใช้ โดยทั่วไปจะมีขั้นตอนการกำจัดขี้หรือยาง(degumming) ใช้น้ำร้อน และแยกตะกอนโดยการปั่นเหวี่ยง การกำจัดกรดไขมันอิสระ (neutralization) ใช้โซดาไฟ(caustic soda)ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสบู่ (saponification) การฟอกสี (bleaching) เพื่อกำจัดรงควัตถุ เศษสบู่ สารพวกฟอสฟาไทด์ และสารประกอบโลหะเชิงซ้อน และสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันได้โดยไปช่วยลดค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมัน การฟอกสีทำได้โดยอาศัยหลักการดูดซับ (adsorption) ของสารฟอกสี (adsorbent) ที่นิยมมี natural clay(unactivated)ซึ่งทำหน้าที่ดูดซับสบู่ และ activated clay ซึ่งทำหน้าที่ดูดซับสารอื่นๆที่ไม่ต้องการ การกรอง(filtration)จะใช้เครื่องกรองที่ใช้ความดัน (filter press) การกำจัดกลิ่นทำโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) เป็นต้น

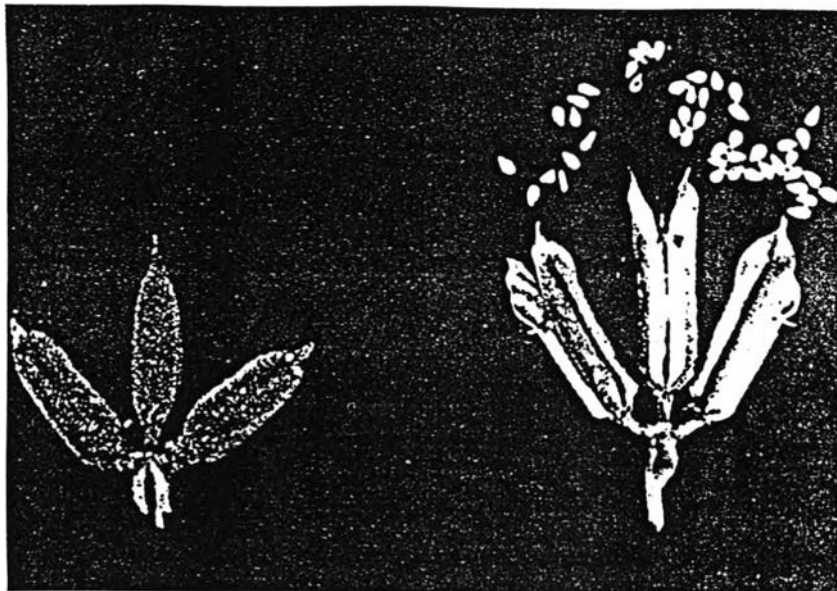
น้ำมันที่ผ่านขั้นตอนต่างๆแล้วจะนำไปเก็บในถังเก็บโดยมีการลดอุณหภูมิของน้ำมันก่อนเก็บ หรือเติมสารกันหืน หรือเติมก๊าซไนโตรเจนลงก่อนเก็บหรือบรรจุ น้ำมันที่ได้จะต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำหรับน้ำมันและไขมันบริโภค (มอก.47-2533) กองควบคุมอาหาร และยา กระทรวงสาธารณสุข (ดูภาคผนวก ก)

1.5 การศึกษาเกี่ยวกับต้นงา เมล็ดงา และน้ำมันงา

1.5.1 ต้นงา(sesame) มีชื่อเรียกทางพฤกษศาสตร์ว่า *Sesamum indicum* Linn. วงศ์พืดาเลียเซีย (Pedaliaceae) งาในปัจจุบันมีหลายพันธุ์ แตกต่างกันตามขนาดเมล็ด รูปร่าง ลำต้น สีดอกและเมล็ด ระยะเวลาการปลูก การตกผล และอื่นๆ ลักษณะดอกงาจะมีรูปร่างเป็นหลอดและออกดอกโดยรอบลำต้นตอนบนแต่ดอกจะบานในแนวกิ่งเดียวกันอยู่ด้านหนึ่งของลำต้น ผลงาจะมี 4 พู เมื่อผลงาแก่จัดจะแตกออกภายในบรรจุเมล็ดงาเป็นจำนวนมาก บางชนิดมีสีขาวดำ เหลือง น้ำตาลแล้วแต่ชนิดของพันธุ์ ต้นงาและเมล็ดงาแสดงได้ดังรูปที่ 1.10 และ 1.11



รูปที่ 1.10 ต้นงา (Ensminger et al. , 1994)



รูปที่ 1.11 ฝักและเมล็ดงา (Weiss , 1971)

งาเป็นพุ่มไม้เนื้ออ่อน เป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่งปลูกอยู่ในเขตร้อนชื้น และเขตกึ่งร้อนชื้น เป็นส่วนใหญ่ แต่ก็พบว่าปลูกได้ในเขตกึ่งแห้งชื้นได้ทั้งในที่ราบและที่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 1000 เมตร งามีแหล่งกำเนิดอยู่ในประเทศเอธิโอเปียแล้วแพร่ไปยังอินเดีย จีน ยุโรป อัฟริกาเหนือ และเอเชียใต้ ส่วนในประเทศไทยได้มีการปลูกงามาตั้งแต่โบราณกาลแล้ว แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญในประเทศไทยได้แก่ จังหวัดพิษณุโลก พิจิตร บุรีรัมย์ อุดรธานี สุโขทัย อุดรดิษฐ์ เชียงใหม่ ลำปาง แม่ฮ่องสอน เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ กำแพงเพชร ตาก ราชบุรี และ กาญจนบุรี งาจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญไม่น้อยในประเทศไทย นอกจากนี้ยังเป็นพืชไร่จำพวกพืชน้ำมันที่มีปริมาณน้ำมันในเมล็ดสูง

1.5.2 เมล็ดงา (sesame seed) มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 37 – 63 โดยน้ำหนัก (Salunkhe et al. , 1992) ซึ่งขึ้นกับพันธุ์ของงา รวมทั้งแหล่ง และสภาวะการปลูก งาจึงจัดเป็นพืชน้ำมันที่มีน้ำมันอยู่ในเมล็ดมาก นอกจากนี้จะมีน้ำมันมากแล้วยังมีคุณค่าเชิงโภชนาการสูง คือเป็นแหล่งกรดไขมันไม่อิ่มตัว โปรตีน เส้นใยอาหาร ที่สมบูรณ์ ุดองค์ประกอบของเมล็ดงาได้ดังตารางที่ 1.2 และปริมาณกรดไขมันในน้ำมันงาได้ดังตารางที่ 1.3 โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ได้แก่ โอลิอิก และลิโนเลอิก ซึ่งน้ำมันงามีในปริมาณสูงโดยมีโอเลอิกประมาณร้อยละ 35 – 50 และ ลิโนเลอิกประมาณร้อยละ 35 – 50 (O'Connor and Herb cited in Lyon , 1972) เมื่อเปรียบเทียบกรดไขมันกับน้ำมันพืชชนิดอื่นดังแสดงในตารางที่ 1.4 จะเห็นว่าน้ำมันงามีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวค่อนข้างสูง ซึ่งปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถลดปริมาณโคเลสเตอรอล(cholesterol) ซึ่งสะสมไว้ในร่างกาย และเป็นสาเหตุของโรคที่เกี่ยวกับหัวใจ และความดันโลหิตสูงได้ ตามข้อมูลทางการแพทย์ของสถาบันส่งเสริมสุขภาพของสหรัฐได้รายงานไว้ว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว 1 กรัม จะช่วยลดปริมาณโคเลสเตอรอลลงได้ 1.31 มิลลิกรัม และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีประสิทธิภาพในการลดโคเลสเตอรอลมากที่สุดคือ ลิโนเลอิก เนื่องจากว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเหล่านี้ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นเองได้ ร่างกายจึงมีความต้องการจากภายนอก (ไพจิตร จันทวงศ์ อ้างถึงใน อรสา สุริยพันธ์ และวิจิตต์ ปัญญาทิพย์สกุล , 2528) เมล็ดงาจะนำมาบริโภคโดยตรง หรือใช้สกัดน้ำมันแล้วนำไปบริโภค หรือนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ เช่น ยารักษาโรค เครื่องสำอาง เป็นต้น

ตารางที่ 1.2 องค์ประกอบโดยประมาณของเมล็ดงา

| องค์ประกอบ | Joshi (1961) | Smith (1971) | Gopalan et al (1982) | Weiss (1983) |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| ความชื้น (%) | 5.8 | 8.0 | 5.3 | 5.4 |
| โปรตีน (%) | 19.3 | 22.0 | 18.3 | 18.6 |
| ไขมัน (%) | 51.0 | 43.0 | 43.3 | 49.1 |
| คาร์โบไฮเดรต (%) | 21.2 | 21.0 | 25.0 | 21.6 |
| เถ้า (%) | 5.7 | 6.0 | 5.2 | 5.3 |
| พลังงาน (cal/100 g) | - | - | 563 | 563 |

ที่มา : Salunkhe et al. , 1992

ตารางที่ 1.3 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในน้ำมันงา (% of total fatty acids)

| กรดไขมัน (%) | Godin and Spensley (1971) | Yermanos (1978) | Seegeler (1983) | Maiti et al (1988) |
|-------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| Palmitic ; C16:0 | 7.0 – 9.0 | 8.3 – 10.9 | 8.4 – 10.3 | 7.8 – 9.1 |
| Stearic ; C18:0 | 4.0 – 5.0 | 3.4 – 6.0 | 4.5 – 5.8 | 3.6 – 4.7 |
| Arachidic ; C20:0 | 8.0 | - | 0.3 – 0.7 | 0.4 – 1.1 |
| Oleic ; C18:1 | 37.0 – 50.0 | 32.7 – 53.9 | 39.5 – 43.0 | 45.3 – 49.4 |
| Linoleic ; C18.2 | 37.0 – 47.0 | 39.3 – 59.0 | 41.0 – 45.0 | 37.7 – 41.2 |

ที่มา : Salunkhe et al. , 1992

ตารางที่ 1.4 ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่ตรวจพบในน้ำมันพืชที่ใช้ปรุงอาหาร

| Fatty acid composition | Coconut oil | Cotton seed oil | Palm oil | Peanut oil | Rice bran oil | Safflower oil | Sesame oil | Sunflower oil | Soya bean oil |
|------------------------|-------------|-----------------|----------|------------|---------------|---------------|------------|---------------|---------------|
| Saturated (%) | | | | | | | | | |
| Caproic | nil | nil | nil | nil | nil | nil | nil | nil | nil |
| Caprylic | 10.6 | nil | tr. | nil | nil | nil | nil | nil | nil |
| Capric | 6.7 | nil | Tr. | nil | nil | nil | nil | nil | nil |
| Lauric | 48.1 | nil | 0.7 | tr. | nil | nil | nil | nil | nil |
| Myristic | 18.2 | 0.4 | 1.0 | tr. | tr. | tr. | tr. | nil | tr. |
| Palmitic | 8.3 | 25.9 | 44.1 | 14.0 | 22.8 | 8.1 | 11.4 | 5.8 | 13.4 |
| Steric | 1.9 | 1.8 | 4.1 | 4.2 | 1.3 | 1.5 | 4.3 | 3.9 | 2.7 |
| C20 and higher | nil | tr. | nil | 2.0 | nil | tr. | nil | nil | tr. |
| Total saturated | 93.8 | 28.1 | 49.9 | 20.2 | 24.1 | 9.6 | 15.7 | 9.7 | 16.1 |
| Unsaturated (%) | | | | | | | | | |
| C16 and lower | nil | 0.9 | Tr. | nil | 0.3 | nil | nil | nil | 0.4 |
| Oleic | 6.3 | 20.1 | 40.4 | 43.0 | 47.6 | 11.3 | 37.0 | 65.8 | 28.8 |
| Linoleic | tr. | 50.8 | 9.9 | 36.8 | 27.9 | 79.3 | 47.3 | 25.9 | 50.5 |
| Linolenic | nil | nil | nil | nil | tr. | tr. | tr. | tr. | 3.8 |
| Total unsaturated | 6.3 | 71.8 | 50.3 | 79.8 | 75.8 | 90.6 | 84.3 | 91.7 | 83.5 |
| Polyunsaturated | tr. | 50.8 | 9.9 | 36.8 | 27.9 | 79.3 | 47.3 | 25.9 | 54.3 |

ที่มา : ไพจิตร จันทวงศ์ อ้างถึงใน อรสา สุริยพันธ์ และวิจิต ปัญญาพิภย์สกุล , 2528

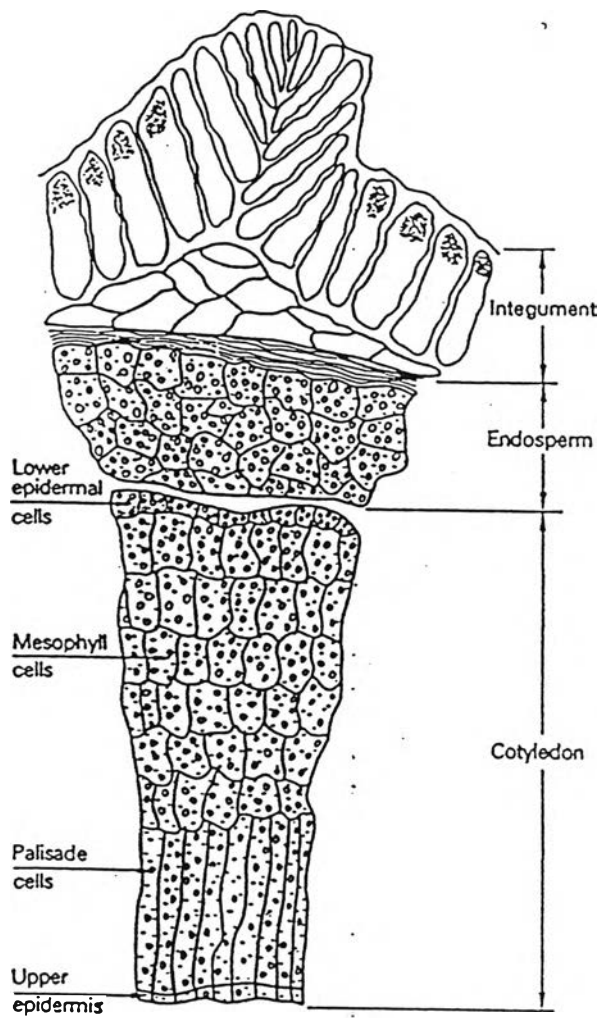
ลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของเมล็ดงา (อรสา สุริยพันธ์ และวิจิต ปัญญาทิพย์สกุล , 2528) เมล็ดงามีขนาดค่อนข้างเล็ก น้ำหนักของเมล็ดงา 1,000 เมล็ดจะอยู่ในช่วง 2 – 4 กรัม ซึ่งเมล็ดงาแต่ละชนิดจะแตกต่างกันที่สี และองค์ประกอบทางเคมี แต่จะมีโครงสร้างของเมล็ดงาคลายคลึงกัน โดยประกอบด้วยส่วนต่างดังนี้

1.5.2.1 เปลือกชั้นนอกที่หุ้มเมล็ด (testa , hull) มีลักษณะที่เรียบ หรือขรุขระขึ้นกับพันธุ์ของต้นงา สีของเปลือกจะขึ้นกับชนิดของรงควัตถุที่สะสมอยู่ในชั้น epidermal cell ที่เรียกว่า integument เซลล์ในชั้น integument จะมีลักษณะเป็นเซลล์รูปร่างยาวรี เรียงติดต่อกันตามรูปร่างของเมล็ดงา ผนังของเซลล์ในชั้นนี้จะมีลักษณะขรุขระเมื่อแห้ง แต่สามารถขยายตัวได้ดีเมื่อได้รับความชื้น นอกจากนี้มีผลึกของแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate crystal) สะสมอยู่ตรงบริเวณส่วนยอดของเซลล์ ชั้นของเซลล์ที่อยู่ถัดจาก integument จะมีรูปร่างแบนยาวเรียงซ้อนกัน 2 – 3 ชั้น ลักษณะการเรียงตัวเหมือนกับในเซลล์ชั้น integument เซลล์ที่อยู่ต่อลงมาบางส่วนเรียกว่า compress cell เป็นเซลล์ที่เจริญมาจาก second integument และนิวเคลียส(nucleus)

1.5.2.2 เอนโดสเปิร์ม (endospem) เป็นชั้นของเซลล์ที่ทำหน้าที่สะสมอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของต้นอ่อน เป็นเซลล์ที่ผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) จึงแข็งแรงมาก สารที่สะสมอยู่ในเอนโดสเปิร์ม คือ aleurone และ oil plasma

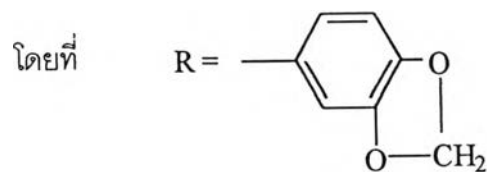
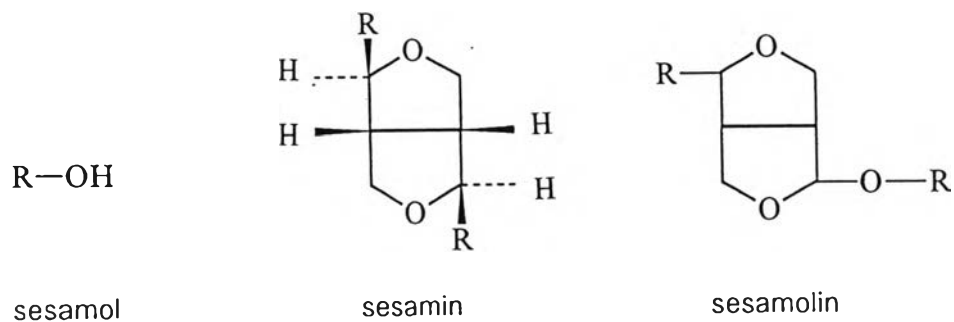
1.5.2.3 ส่วนของใบเลี้ยง (cotyledon) ประกอบด้วยเซลล์หลายชนิดเรียงซ้อนกันเป็นชั้น โดยเรียงจากด้านนอกเข้าด้านใน ดังนี้ upper epidermis , palisade cells , mesophyll cells และ lower epidermal cell เซลล์ภายในส่วนของใบเลี้ยงจะมีสารพวก oil plasma และ aleurone grain สะสมอยู่

ลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของเมล็ดงาแสดงดังรูปที่ 1.12 และเมล็ดงาควรจะมีคุณสมบัติได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเมล็ดงา (มอก.641-2529) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (ภาคผนวก ก)



รูปที่ 1.12 ลักษณะโครงสร้างเมล็ดงาตัดตามขวาง (x250) (Weiss , 1971)

1.5.3 น้ำมันงา (sesame oil) เป็นน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดงา มีลักษณะคุณสมบัติเป็นน้ำมันพืช คุณสมบัติทางฟิสิกส์ และทางเคมีของน้ำมันงาแสดงดังตารางที่ 1.5 และมีสีตั้งแต่สีน้ำตาลแดง เหลืองเข้มจนถึงเหลืองอ่อน (Jamieson , 1943) มีกลิ่นรสหอมเฉพาะตัว และมีเสถียรภาพที่สูง เก็บได้นาน (Manley , Vallon , and Erickson ,1974 ; Kikugawa , Arai , and Kurechi , 1983) เนื่องจากมีสารเซซามอล (sesamol) เซซาโมลิน (sesamolin) และ เซซามิน (sesamin) มีโครงสร้างสารดังรูปที่ 1.13 ซึ่งเป็นสารประกอบส่วนน้อยในน้ำมันงา (minor component) (Lyon , 1972) แต่มีความสำคัญคือ จะทำงานร่วมกับวิตามินอี (γ - tocopherol) โครงสร้างดังรูปที่ 1.14 ซึ่งมีอยู่ในน้ำมันงา ในลักษณะ synergistic action (Fukuda et al. , 1986) เป็นสารกันหืนตามธรรมชาติ (natural antioxidant) ทำให้น้ำมันงาเป็นน้ำมันพืชที่ไม่จำเป็นต้องเติมสารกันหืนพวกบีเอชเอ (BHA ; butylated hydroxyanisole) หรือบีเอชที (BHT ; butylated hydroxytoluene) มีโครงสร้างสารดังรูปที่ 1.15 อีกทั้ง minor component ในน้ำมันงาเหล่านี้ทำงานเป็นสารกันหืนได้ดีกว่าบีเอชเอหรือบีเอชทีอีกด้วย (Lyon , 1972)

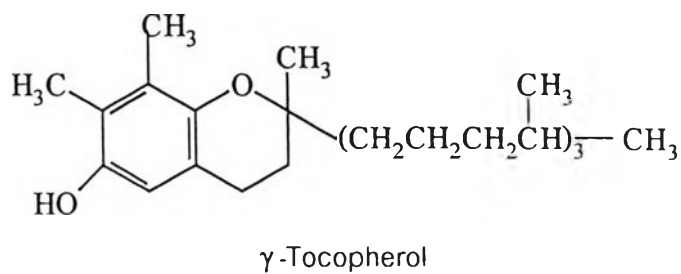


รูปที่ 1.13 โครงสร้างสารสารเซซามอล เซซามิน และ เซซาโมลิน

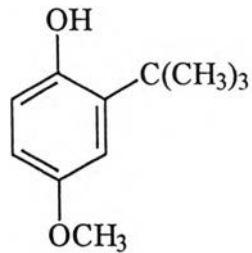
ตารางที่ 1.5 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ และทางเคมีของน้ำมันงา

| Characteristics | Andraos et al. (1950) | Lyon (1972) | Seegeler (1983) | Weiss (1983) |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|
| Specific gravity (25%/ 25 °C) | 0.918 | 0.918 – 0.921 | 0.916 – 0.921 | 0.922 – 0.924 |
| Refractive index (n_D^{50}) | 1.463 (25 °C) | 1.472 – 1.474 (25 °C) | 1.463 – 1.474 (25 °C) | 1.458 (60 °C) |
| Smoke point (°C) | 165 | - | 166 | - |
| Flash point (°C) | 319 | - | 375 | - |
| Solidifying point (°C) | - | - | -3 to -4 | -3 to -4 |
| Titer (°C) | 22 | 20 - 25 | 20 – 25 | 22 – 24 |
| Free fatty acids (as % oleic) | 1.0 | - | 1.0 – 3.0 | 1.0 – 4.0 |
| Unsaponifiable matter (%) | 2.3 | 1.8 | 0.9 – 2.3 | 0.9 – 2.3 |
| Iodine value | 112 | 104 - 118 | 103 – 130 | 103 – 116 |
| Saponification value | 186 | 187 – 193 | 186 - 199 | 188 – 193 |
| Reichert-Meissl value | 0.51 | - | 0.1 – 0.2 | 0.1 – 1.0 |
| Polenske value | 0.47 | - | 0.10 – 0.50 | - |
| Hydroxy number | 5.3 | - | 1.0 – 10.0 | 1.0 – 10.0 |
| Thiocyanogen value | 76 | - | 74 – 76 | 74 – 76 |
| Hehner value | - | - | 96 | 95.7 |

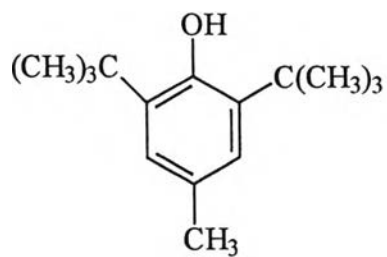
ที่มา : Salunkhe et al. , 1992



รูปที่ 1.14 โครงสร้างสารวิตามินอี



BHA



BHT

รูปที่ 1.15 โครงสร้างของสารบีเอชเอ และ บีเอชที

การสกัดน้ำมันงาเริ่มจากในสมัยโบราณประเทศอินเดีย และ อัฟริกา ใช้โลกเมล็ดงาดำด้วยครกไม้ แล้วเอาน้ำร้อนเทราดลงไปล้าง ใสภาพขณะอื่นตั้งไว้ น้ำมันจะแยกลอยตัวอยู่ด้านบน ช้อนเอาน้ำมันมาใช้ได้เลย ส่วนชาวจีนจะนำเมล็ดงาไปคั่วบดให้ละเอียดแล้วนำไปใส่กระทะที่มีน้ำร้อนใช้แรงเหยียงเขย่ากระทะไปมา น้ำมันจะลอยตัวขึ้นด้านบนจึงช้อนเอาไปใช้ ต่อมาเมื่อวิวัฒนาการมากขึ้นเมื่อต้องการทำน้ำมันงาในปริมาณมากก็เปลี่ยนมาใช้ไม่หมุ่นด้วยแรงงานสัตว์ ซึ่งเป็นมูลฐานให้เกิดการบีบอัดน้ำมัน ปัจจุบันใช้เครื่องบีบสกัดด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องบีบแบบเกลียว (screw press) และ เครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิก (hydraulic press) อีกทั้งมีการนำวิธีทางเคมี (chemical method) ใช้ตัวทำละลาย เช่น นอร์มอลเฮกเซน (normal hexane) มาช่วยสกัดทำให้ได้ปริมาณน้ำมันสูงขึ้น แต่ขั้นตอนยุ่งยาก และ คุณภาพของน้ำมันงาจะเปลี่ยนไป มีสี และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวน้อยลง (Andraos, Swift, and Dollear, 1950) เมื่อมีการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยมากขึ้นจึงทำเป็นอุตสาหกรรมมีโรงงานผลิตน้ำมันงา กระบวนการสกัดน้ำมันงาจะทำได้หลายแบบขึ้นอยู่กับเทคนิคของผู้ผลิต

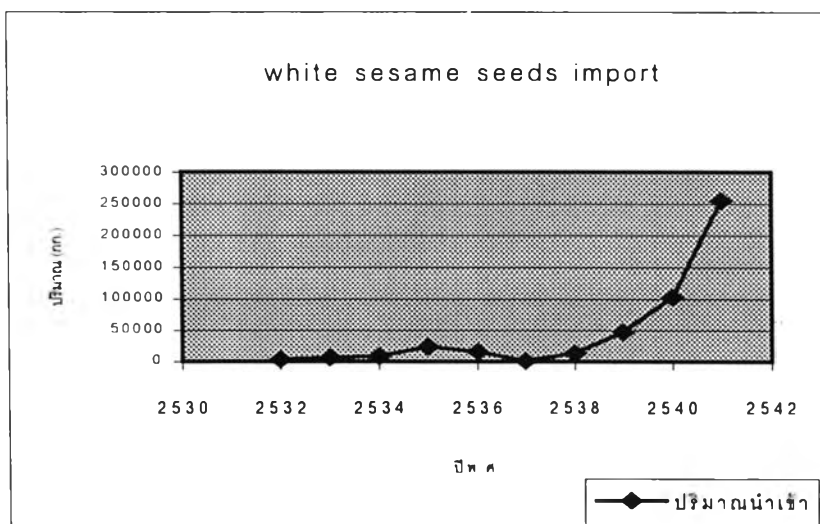
1.6 อุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันงา

อุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันงาในประเทศไทย ยังเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก จะสังเกตเห็นได้ว่า น้ำมันพืชที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด ห้างสรรพสินค้าทั่วไปนั้น มีปริมาณสินค้าน้ำมันงาขายอยู่น้อยมาก และที่มีขายอยู่ส่วนใหญ่ก็เป็นสินค้านำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น จีน ญี่ปุ่น สิงคโปร์ ไต้หวัน เป็นต้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากอุตสาหกรรมน้ำมันงาในประเทศไทยมีปัญหาด้านการผลิต ขนาดเครื่องมืออุปกรณ์การผลิตที่ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย และไม่มีระบบการผลิตที่มีสภาวะที่เหมาะสม ขนาดการควบคุมการผลิตอย่างถูกต้อง ทำให้ได้ผลผลิตน้ำมันน้อย มีการสูญเสียน้ำมันในกากมาก และน้ำมันงาที่ได้ยังมีคุณภาพไม่ดีพอโดยเฉพาะในเรื่องกลิ่น และสีของน้ำมันงาที่เกิดจากการคั่วเมล็ดงาก่อนนำไปสกัดน้ำมัน ซึ่งในโรงงานส่วนใหญ่การคั่วจะอาศัยความชำนาญเป็นหลัก และไม่มี การควบคุมอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ (สุมาลัย ศรีกำไลทอง และ คณะ, 2531) เนื่องจากการคั่ว (roasting) เมล็ดงาเป็นปัจจัยที่สำคัญ หรือ เรียกว่าเป็น key step สำหรับการสกัดน้ำมันงา เพราะ สี กลิ่นรส และ คุณภาพต่างๆ ของน้ำมันงาจะขึ้นกับการคั่วเป็นสำคัญ (Yen, 1990) ซึ่งแตกต่างจากการผลิตน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ ที่ไม่ต้องมีขั้นตอนนี้อีกทั้งการคั่วเมล็ดงาจะช่วยเพิ่มเสถียรภาพของน้ำมันงาให้สูงขึ้น คือ มีสารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) หรือสารกันหืน ในน้ำมันงาเพิ่มขึ้น (Fukuda et al., 1986) ดังนั้นการคั่วเพื่อให้

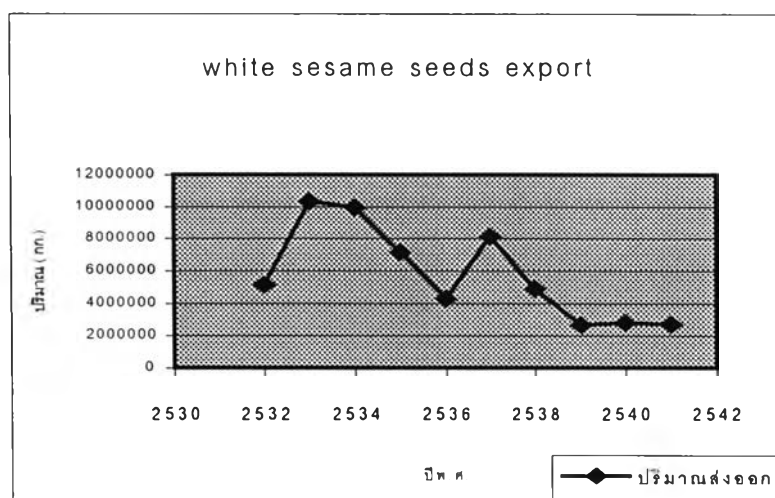
เกิดสี กลิ่นรสเฉพาะตัวของน้ำมันงาให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จะต้องให้ความร้อนในการคั่วเมล็ดงาอย่างทั่วถึง และอุณหภูมิสูงเพียงพอ แต่ต้องระวังถ้าคั่วที่อุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้กลิ่นรสและสีของน้ำมันงาที่ได้ไม่เป็นที่พึงประสงค์ และน้ำมันด้อยคุณภาพลง (Yen , Shyu , and Lin cited in Yen , 1990) ตามรายงานของ Yen (1990) อุณหภูมิการคั่วที่เหมาะสมโดยใช้เครื่องคั่ว automatic roasting machine คือ 200 °C เป็นเวลา 30 นาที ต่อมา Yoshida and Kajimoto (1994) คั่วเมล็ดงาโดยใช้ตู้อบไมโครเวฟ มีกำลังไฟฟ้า 0.5 kW , ความถี่ 2,450 MHz เป็นเวลา 16 - 20 นาที

1.7 มุลเหตุจูงใจ

จากปัญหาอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันงาในประเทศไทยที่กล่าวมา จะเห็นว่าทำให้ขาดอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะ ทางรัฐบาลได้มีโครงการส่งเสริม และ พัฒนาการผลิตงาตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจ และ สังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 พ.ศ. 2540 -2544 โดยมีเป้าหมายการผลิตงาปี พ.ศ. 2544 ให้ได้ 65.8 พันตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร , 2540) ซึ่งแนวโน้มการนำเข้าและส่งออกเมล็ดงาของประเทศไทยเป็นไปดังกราฟในรูปที่ 1.16 และ 1.17 ซึ่งเป็นกราฟที่พล็อตมาจากข้อมูลในตารางที่ 1.6 ที่ได้จากกรมศุลกากรในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา และแนวโน้มการนำเข้าและส่งออกน้ำมันงาของประเทศไทยเป็นไปดังกราฟในรูปที่ 1.18 และ 1.19 ซึ่งเป็นกราฟที่พล็อตมาจากข้อมูลในตารางที่ 1.7 ที่ได้จากกรมศุลกากรในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาเช่นกัน ซึ่งถ้าเราสามารถแปรรูปเป็นน้ำมันงาใช้ในประเทศ และเพียงพอที่จะส่งออกขายสู่ต่างประเทศ แทนที่จะส่งออกเมล็ดงาในรูปวัตถุดิบเพียงอย่างเดียว หรือนำเข้าเมล็ดงามาบีบสกัดน้ำมันเพียงอย่างเดียว จะทำให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการที่จะพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันงา โดยศึกษาขั้นตอนสำคัญ คือ สภาวะการคั่วเมล็ดงา โดยใช้กระบวนการคั่วแบบลมเป่า (turbo roasting) ที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ ตลอดจนสภาวะการสกัดแยกน้ำมันจากเมล็ดงา



รูปที่ 1.16 กราฟปริมาณเมล็ดงานำเข้าของประเทศไทยระหว่างปีพ.ศ. 2532 - 2541

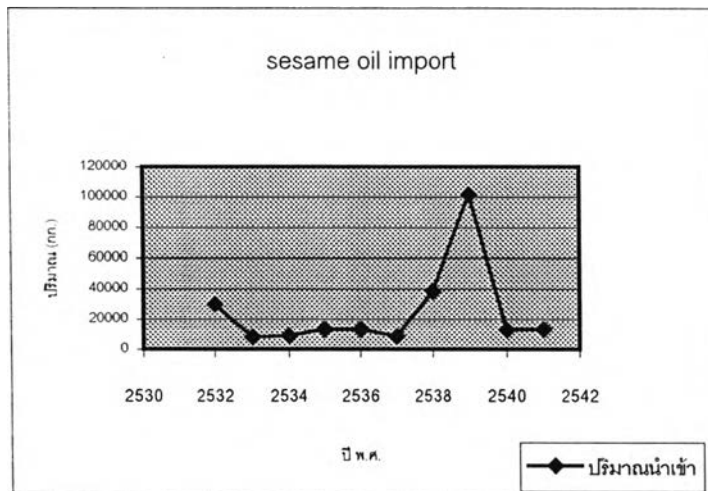


รูปที่ 1.17 กราฟปริมาณเมล็ดงาส่งออกของประเทศไทยระหว่างปีพ.ศ. 2532 - 2541

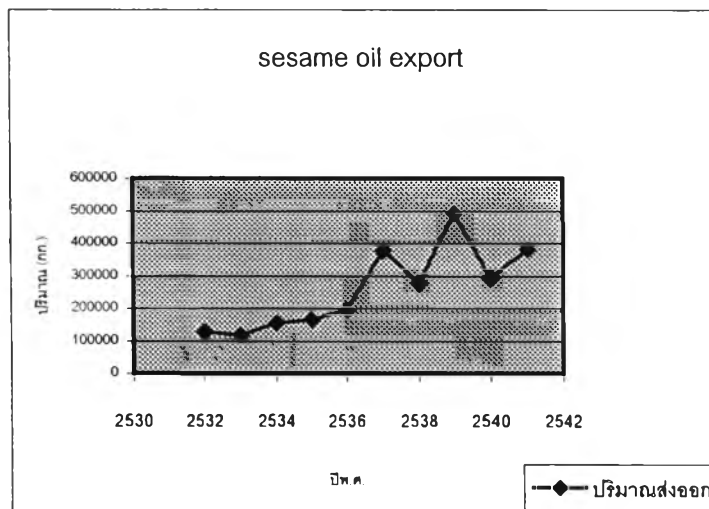
ตารางที่ 1.6 ปริมาณเมล็ดงานำเข้าและส่งออกของประเทศไทยระหว่างปีพ.ศ. 2532 - 2541

| ปี พ.ศ. | ปริมาณนำเข้า (กิโลกรัม) | ราคา (บาท) | ปริมาณส่งออก (กิโลกรัม) | ราคา (บาท) |
|---------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| 2532 | 2,750 | 162,271 | 5,118,208 | 91,005,095 |
| 2533 | 6,388 | 552,584 | 10,291,450 | 224,767,177 |
| 2534 | 7,926 | 440,948 | 9,919,547 | 191,070,732 |
| 2535 | 23,893 | 1,113,510 | 7,115,715 | 128,112,147 |
| 2536 | 14,981 | 519,553 | 4,260,598 | 64,137,827 |
| 2537 | 908 | 91,352 | 8,083,182 | 133,377,826 |
| 2538 | 13,382 | 788,699 | 4,870,959 | 103,081,067 |
| 2539 | 47,445 | 1,253,963 | 2,668,288 | 58,338,753 |
| 2540 | 102,779 | 1,427,241 | 2,793,316 | 65,126,947 |
| 2541 | 253,446 | 7,993,115 | 2,697,906 | 79,652,316 |

ที่มา : กรมศุลกากร



รูปที่ 1.18 กราฟปริมาณน้ำมันงานำเข้าของประเทศไทยระหว่างปีพ.ศ. 2532- 2541



รูปที่ 1.19 กราฟปริมาณน้ำมันงาส่งออกของประเทศไทยระหว่างปีพ.ศ. 2532 - 2541

ตารางที่ 1.7 ปริมาณน้ำมันงานำเข้าและส่งออกของประเทศไทยระหว่างปีพ.ศ. 2532 - 2541

| ปี พ.ศ. | ปริมาณนำเข้า (กิโลกรัม) | ราคา (บาท) | ปริมาณส่งออก (กิโลกรัม) | ราคา (บาท) |
|---------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| 2532 | 29,643 | 2,154,173 | 127,126 | 9,066,796 |
| 2533 | 8,095 | 622,954 | 117,369 | 10,329,155 |
| 2534 | 8,930 | 92,373 | 154,703 | 13,890,082 |
| 2535 | 13,043 | 1,283,296 | 164,250 | 13,189,284 |
| 2536 | 13,233 | 9,951,874 | 193,082 | 12,718,086 |
| 2537 | 8,399 | 780,387 | 376,721 | 15,550,582 |
| 2538 | 38,137 | 2,308,919 | 276,681 | 13,811,242 |
| 2539 | 101,117 | 37,225,364 | 490,775 | 2,220,735 |
| 2540 | 12,670 | 1,300,074 | 293,071 | 19,704,813 |
| 2541 | 13,280 | 1,573,283 | 379,384 | 36,109,365 |

ที่มา : กรมศุลกากร

1.8 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

หาสภาวะการคั่วเมล็ดงาโดยหาอุณหภูมิ และเวลาการคั่วเมล็ดงาที่เหมาะสมก่อนนำเมล็ดงาไปสกัดน้ำมัน โดยศึกษาผลของการคั่วเมล็ดงาด้วยลมร้อนเป่าที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ ต่อปริมาณ คุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงาที่ได้ พร้อมทั้งศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาภายหลังการคั่ว

1.9 ขอบเขตของงานวิจัย

1. หองศ์ประกอบของเมล็ดงาดำเกษตร และเมล็ดงาขัดขาวที่ใช้ในการทดลอง
2. หาความสัมพันธ์ของการคั่วกับปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดงา
3. วิเคราะห์คุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงา ที่เตรียมได้จาก ข้อ 2 เพื่อหาสภาวะการคั่วที่เหมาะสมสำหรับสกัดน้ำมันงา
4. หาความสัมพันธ์ของวิธีการบีบสกัดน้ำมันงากับปริมาณน้ำมันที่สกัดได้และคุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงาที่ได้

1.10 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการคั่วเมล็ดงาโดยใช้กระบวนการคั่วแบบลมเป่า รวมทั้งสภาวะการบีบสกัดน้ำมันงา พร้อมทั้งรู้คุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงาที่ได้ เพื่อนำไปเป็นข้อมูลประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันงาในประเทศไทยต่อไป