



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาคุณสมบัติน้ำมันถั่วเหลือง ส.จ.5

(The study of S.J. # 5-Soybean Oil Properties)

โดย นายเสกสรร สถาพร

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก...

..... *อุทิศ ลีภักทพจน์* /..... /..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(*อุทิศ ลีภักทพจน์*) /..... /.....

..... *สุวิทย์ ขวตวิภา* 6/10/2528 กรรมการของภาควิชา

(*สุวิทย์ ขวตวิภา*)

..... *[Signature]* 6/10/2528 กรรมการของภาควิชา

(*เชษฐพันธ์ นรอุบล*)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

..... *[Signature]*

(*ระวีพร นิสิตพานิช*)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 6 เดือน 2/2 พ.ศ. 2529

พ.พ.
๗๕๕๓
๕๕๒๘

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาคุณสมบัติน้ำมันถั่วเหลือง ส.จ.5

(The Study of S.J. # 5-Soybean Oil Properties)

โดย

นายเสกสรร สถาพร

ช.พ.

๙๘๘๘๓

๕๕๒๑



T096879

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 96879

วันเดือนปี 5 JUN 2002

เสนอ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
เพื่อความร่วมมือแห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)

บทคัดย่อ

เรื่อง

การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันถั่วเหลือง ส.จ.5

(The Study of S.J. # 5-Soybean oil Properties)

ถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. 5 ซึ่งทำการปลูก ณแปลงทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ดาดกระบัง เมื่อผ่านการคัดเลือกเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์และสิ่งปลอมปนออก นำถั่วเหลืองที่บดแล้วไปอบด้วยอุณหภูมิ และเวลาด่าง ๆ เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการอบ ถั่วเหลืองก่อนการสกัดน้ำมัน จากการศึกษาพบว่าการอบที่อุณหภูมิ 100°ซ และ 130°ซ เวลา 3 ช.ม. สามารถสกัดน้ำมันได้สูงสุดคือ 19.4% ส่วนเวลาที่ใช้ในการสกัดที่เหมาะสมคือ 4 ช.ม. จากการศึกษาคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองคิปปันธุ์ ส.จ.5 พบว่ามีคุณภาพดีคือมีกรดไขมันอิสระเพียง 1.71 เมื่อนำไปศึกษาวิธีการกลั่นในสหภาพการ degumming ด้วยวิธี water degumming กับ H_3PO_4 degumming สามารถแยกกันได้ปริมาณแตกต่างกันเล็กน้อยคือ 13.0% และ 13.7% ตามลำดับ การทำให้เป็นกลางด้วย NaOH สามารถแยกสบู่ได้ 14% ค่า acid value วิเคราะห์ได้ 0.1 และจากการฟอกสีปรากฏว่าการใช้ activated clay 1% ในผลดีที่สุด รองลงมาเป็น activated clay : activated carbon อัตราส่วน 0.9 : 0.1% ส่วน activated carbon อย่างเดียว พบว่าทำให้สีของน้ำมันคล้ำขึ้น การกำจัดกลิ่นด้วย aqueous vapor พบว่าสามารถทำให้น้ำมันปราศจากกลิ่นที่ไม่ต้องการได้ เมื่อนำน้ำมันผ่านกรรมวิธีมาวิเคราะห์พบว่ามีคุณสมบัติตามมาตรฐานอุตสาหกรรม และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธีที่กำหนดทั่วไป พบว่ามีคุณภาพใกล้เคียงกัน ยกเว้นน้ำมันจาก ส.จ.5 มีค่าความอิมพิวสูงกวาและสีของน้ำมันอ่อนกว่าน้ำมันถั่วเหลืองที่กำหนดทั่วไป

คำนิยม

ในการดำเนินการทดลองและรวบรวมผลการวิเคราะห์ปัญหาพิเศษเรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันแก้วเหลือง ส.จ.5 ครั้งนี้ได้รับการช่วยเหลือและแนะนำ รวมทั้งได้รับความอนุเคราะห์การใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ จากคุณวิไลศรี ติงปุพพยอม นักวิชาการศึกษา 4 กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร และอาจารย์วรรณ ติงปุพพยอม ซึ่งเป็อาจารย์ที่ปรึกษาและทำให้ผลการทดลองต่าง ๆ สำเร็จลุล่วงไปตามวัตถุประสงค์

ผู้จัดทำขอขอบคุณอย่างสูงในความกรุณาของท่านทั้งองไว้

๘ โอกาสนี้ด้วย

เสกสรร สถาพร

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญภาคผนวก	(4)
สารบัญภาคผนวก	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
การตรวจเอกสาร	2
- ความรู้เกี่ยวกับตัวเหลือง	2
- ความรู้เกี่ยวกับฉีดยา	4
- ความรู้เกี่ยวกับตัวเหลือง	7
- แนวทางการฉีดน้ำนม	10
- แนวทางการทำแก้วกับโคม่า	11
อุปกรณ์และสารเคมี	17
วิธีการทดลอง	18
ผลการทดลอง	21
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	27
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	31

สารบัญตาราง

(2)

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบโดยประมาณของถั่วเหลืองและส่วนของถั่วเหลือง	2
2	เปอร์เซ็นต์ความชื้น น้ำมันและโปรตีนเฉลี่ยในเมล็ดถั่วเหลืองบางพันธุ์	3
3	คุณลักษณะของน้ำมันถั่วเหลืองตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอ.ก.176-2519)	14
4	ผลเปรียบเทียบน้ำมันสกัดจากถั่วเหลืองคุณภาพดีกับเลว	15
5	ผลการวิเคราะห์คุณภาพพ่น้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธี 2 ชนิด	16
6	เปอร์เซ็นต์น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้ หลังจากอบ 100 °ซ	21
7	เปอร์เซ็นต์น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้ หลังจากอบ 130 °ซ	22
8	เปอร์เซ็นต์น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้ หลังจากอบ 150 °ซ	22
9	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองดิบ พันธุ์ ส.จ.5	23
10.	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลือง หลังเสร็จสิ้นขบวนการกลั่นใสแล้ว	26

(3)

สารบัญภาพ

รูปที่

หน้า

1 แอโรบิกบริหารการเกิดไขมัน

5

สารบัญภาคผนวก

หน้า

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์กรดไขมันอิสระในไขมัน	31
2. การวิเคราะห์ Peroxide value ในไขมัน	31
3. การวิเคราะห์ Saponification number ในไขมัน	33
4. การวิเคราะห์ไอโอดีนแบบวิจส์ (iodine value wijs)	35

สารบัญภาพผนวก

รูปที่:		หน้า
1	บูมไผ่ไผ่	37
2.	เครื่องสกัดน้ำมัน	38
3.	เครื่องระเหยแบบหมุน	39
4.	เครื่องเหวี่ยงแยก	40
5.	ชุดออกสี	41
6.	ชุดกำจัดกลิ่น	42
7.	เครื่องวัดสี	43
8.	แสดงน้ำมันแก้วเหลืองดิบก่อนและหลัง degumming	44
9.	แสดงน้ำมันแก้วเหลืองที่ได้แต่ละชั้นเออน	45

คำนำ

ปัจจุบันแนวโน้มในการบริโภคสัตว์ปีกของประชากรที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ด้วยเหตุผลทางคุณค่าอาหารและคุณสมบัติที่ดีกว่าน้ำมันจากสัตว์หลายประการ ในกลุ่มของน้ำมันด้วยกัน น้ำมันถั่วเหลืองจัดว่าเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณภาพดี จะเห็นได้จากโรงงานผลิตน้ำมันพืชเพื่อการบริโภคส่วนใหญ่ก็จะใช้ถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบหลัก และใช้พืชน้ำมันชนิดอื่นประกอบ พันธุ์ถั่วเหลืองของประเทศไทยได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณภาพดีขึ้นเรื่อย ๆ เช่นพันธุ์ ส.จ.1 , ส.จ.2, ส.จ.4 (ส.จ.ยืมมาจาก สถาบันกีกรรมแมโจ เชียงใหม่) ตลอดจนพันธุ์ ส.จ.5 ที่มีคุณภาพดีคือมีขนาดเมล็ดโต สามารถให้ผลผลิตสูงมีความต้านทานโรคต่าง ๆ ได้ดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้ใช้เป็นแนวทางที่จะทำการศึกษาดังคุณสมบัติของน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. 5 ซึ่งทำการทดลองเพาะปลูก ๗ แปลงทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตร มาศึกษาการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองและศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันถั่วเหลือง การศึกษาดังกล่าวนอกจากจะเป็นแนวทางการส่งเสริมการปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. 5 แล้ว ยังเป็นแนวทางสำคัญที่จะสนับสนุนการใช้เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ดังกล่าวเป็นวัตถุดิบหลักของอุตสาหกรรมน้ำมันพืชต่อไป

วัตถุประสงค์

- ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.5 ที่ทำการปลูก ๗ แปลง

ทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตร

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- ทราบถึงขบวนการผลิตน้ำมันพืชเพื่อการบริโภค
- ทราบถึงคุณสมบัติของถั่วเหลืองและคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.5

เพื่อเป็นแนวทางที่จะสนับสนุนการใช้เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ดังกล่าวเป็นวัตถุดิบหลักของอุตสาหกรรมน้ำมันพืชต่อไป

การตรวจเอกสาร

ถั่วเหลืองมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Glycine Max (L) Merrill* อยู่ในตระกูล *Leguminosae, Subfamily papilionoideae* เป็นพืชพื้นเมืองในแถบเอเชีย ลักษณะเมล็ดมีน้ำหนักประมาณ 0.10 - 0.20 กรัม สีของเปลือกมีอยู่ด้วยกันหลายสี เช่น สีเหลือง ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป สีดำใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันพืช ถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยไขมัน 20% โปรตีน 40% คาร์โบไฮเดรต 30% เส้นใย (fiber) 1-2% และเกลือแร่ 5% (สถาบันค้นคว้า, 2527) จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบโดยประมาณของถั่วเหลืองดังตารางที่ 1 (สถาบันค้นคว้า, 2527) พบว่าในถั่วเหลืองโดยเฉพาะส่วนของใบเลี้ยงมีปริมาณไขมันและโปรตีนรวมกันประมาณ 60% ของน้ำหนักถั่วเหลืองทั้งหมด และประมาณ 30% เป็นคาร์โบไฮเดรต ซึ่งรวมถึงน้ำตาลที่มีขนาดโมเลกุลต่าง ๆ กัน นอกจากนั้นยังมีสารประเภท *phosphatide, sterols, Ash* อีกด้วย

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบโดยประมาณของถั่วเหลืองและส่วนของถั่วเหลือง (โดยน้ำหนักแห้ง)

ถั่วเหลืองและส่วนประกอบถั่วเหลือง	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า
ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด	40	21	34	4.9
ใบเลี้ยง	43	23	29	5.0
เปลือกถั่ว	8.8	1	86	4.3
ยอดอ่อน	41	11	43	4.4

แหล่ง : สถาบันค้นคว้า, ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์, 2527

ตารางที่ 2 (ประเทืองศรีและวิมลศรี, 2523) ได้ทำการสุ่มวิเคราะห์หัตถ์ห้องที่ปลูกตามแหล่งต่าง ๆ พบว่าปริมาณโปรตีนและไขมันมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ในส่วนของไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดต่าง ๆ โดยแบ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัว (*saturated fatty acid*) คือ *stearic acid* 14% และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (*unsturated fatty acid*) ประมาณ 85%

ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์ ความชื้น น้ำมัน และโปรตีนเฉลี่ยในเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์สงเสริมในแหล่งปลูกต่าง ๆ ในประเทศ

ภาค	สถานที่	หัตถ์	%ความชื้น	%น้ำมัน	%โปรตีน
เหนือ	เชียงใหม่	ส.จ.1	10.73	20.05	37.22
		ส.จ.2	10.54	22.20	39.79
		ส.จ.4	9.50	19.05	40.43
กลาง	พระธาตุบาท สระบุรี	ส.จ.1	8.01	20.05	40.27
		ส.จ.2	7.06	21.67	42.03
		ส.จ.4	7.46	19.03	42.19
ตะวันออก	สกลนคร	ส.จ.1	7.04	18.91	43.72
		ส.จ.2	6.14	22.12	43.29
เฉียงเหนือ		ส.จ.4	6.36	20.27	45.64

หมายเหตุ 1. แสดงตัวเลขจากน้ำหนักแห้งหลังอบโดยใส่จุดบ

(Report base on oven-dry basis)

2. ใ้รับตัวอย่างจากสาขาพืชไร่ กองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร

แหล่ง : ประเทืองศรีและวิมลศรี, 2523, อาหาร (12) ,4

กรมวิชาการเกษตร (2523) ได้รายงานถึงกั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. 5 ว่าเป็น
กั่วเหลืองสายพันธุ์ 7024 - 2 ซึ่งได้ทำการผสมพันธุ์ที่สถานีทดลองพืชไร่ แม่โจ้ เมื่อวันที่ 25
พฤศจิกายน 2513 ระหว่างสายพันธุ์ 64 - 104 (*Tainung #4*) จากไต้หวันกับพันธุ์ ส.จ. 2
ซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐานของไทยในสมัยนั้น ได้นำเข้ามาเปรียบเทียบพันธุ์เบื้องต้นในปี 2519 ตลอด
จนได้เปรียบเทียบพันธุ์มาตรฐานในปี 2520 ถึง 2522 ในหลายท้องถิ่น ได้นำไปเปรียบเทียบใน
ไร่ของเกษตรกรใน 6 จังหวัด ในฤดูฝนของปี 2522 ด้วย

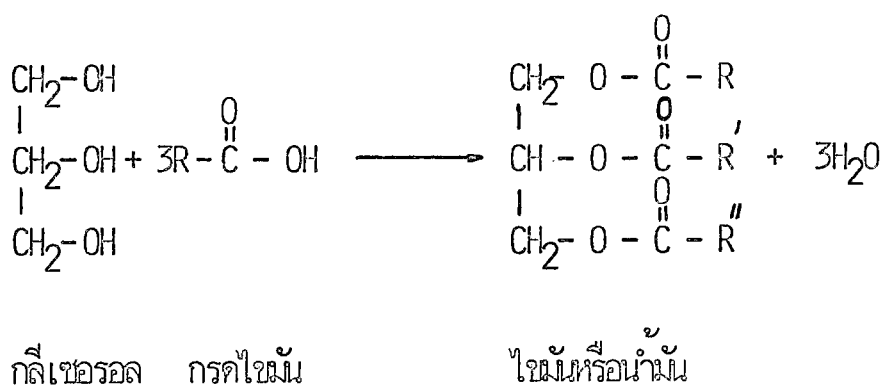
กั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. 5 เป็นพันธุ์ไม่แตกยอด (*determinate*) ลำต้นมีสีม่วง
ใบจริง (*trifoliolate*) มีรูปร่างกลมรี ตอนข้างหนา สีเขียวเข้ม ขนที่ใบและลำต้นเป็นสี-
น้ำตาลอ่อน สูงประมาณ 57 เซนติเมตร เริ่มออกดอกเมื่ออายุ 35 วัน ดอกสีม่วง มีอายุถึงวัน
เก็บเกี่ยว 92 วัน ขนที่ฝักมีสีน้ำตาลอ่อนเมื่อฝักแก่และแห้งมีความเหนียวพอสมควร ไม่แตกง่าย
สามารถทิ้งไว้ในแปลงได้นานประมาณ 2 สัปดาห์ เมล็ดมีสีฟางขาว ตามีสีน้ำตาลอ่อน ลักษณะ
เมล็ดค่อนข้างกลม ใน 100 เมล็ดหนัก 14.1 กรัม องค์ประกอบของเมล็ดมีน้ำมันประมาณ
18.5% และโปรตีนประมาณ 41.5%

ลักษณะเด่นของกั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. 5 มีดังนี้

1. ในฤดูฝนสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์มาตรฐาน ส.จ. 4 5-8%
2. สามารถต้านทานโรใบใบคาง (*soybean mosaic virus*) ที่กว่าพันธุ์
มาตรฐาน ส.จ. 4 สำหรับโรคราสีม (*rust*) และใบโกรน (*anthracnose*) อยู่ในระดับเดียวกับ
พันธุ์ ส.จ. 4

เสาวนีย์ (2526) ได้กล่าวถึงลิพิด (*lipid*) ว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่
ละลายในน้ำ แต่ละลายในตัวทำละลายไขมัน (*fat solvents*) เช่นอีเทอร์, คลอโรฟอร์ม,
เบนซีน ลิพิดหมายถึงไขมันและสารที่มีลักษณะละลายไขมัน โดยทั่วไปประกอบด้วยคาร์บอน
ไฮโดรเจน และออกซิเจน แต่มีอัตราส่วนต่างๆของคาร์โบไฮเดรต ลิพิดบางชนิดอาจมีไนโตรเจน
ฟอสฟอรัสหรือกำมะถันอยู่ด้วย

ประชาและอรวินท์ (2519) กล่าวว่าไขมันเป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจากปฏิกิริยา *esterification* ของกลีเซอรอล (*glycerol*) กับกรดไขมัน (*fatty acid*) ไขมันที่แท้จริงหรือไตรกลีเซอไรด์ (*triglyceride*) เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยกลีเซอรอล 1 โมล และกรดไขมัน 3 โมล (รูปที่ 1) กรดไขมันทั้ง 3 โมลนี้อาจเหมือนหรือแตกต่างกันก็ได้ ไตรกลีเซอไรด์จึงแตกต่างกันที่ชนิดของกรดไขมันนั่นเอง ในอาหารประเภทไขมันประกอบด้วย กลีเซอไรด์หลายชนิด



รูปที่ 1 แสดงการเกิดน้ำมัน

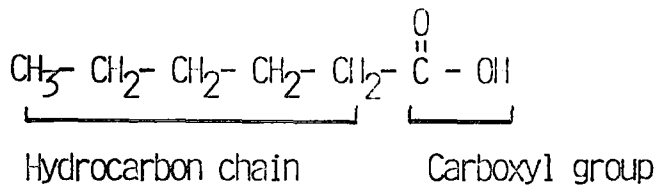
เสาวนีย์ (2526) ได้แบ่งประเภทของไขมันออกตามโครงสร้างทางเคมีได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. *Simple Lipids* คือ เอสเตอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ถ้าแอลกอฮอล์นั้นคือกลีเซอรินจะได้สารประกอบไขมันหรือไตรกลีเซอไรด์

2. *Compound lipid* ก็คือสารประกอบไขมันรวมอยู่กับสารอื่น เช่น คาร์โบไฮเดรต กัมมะถัน หรือสารประกอบพวกไฮโดรเจนอื่นๆหลายชนิดด้วยกันที่สำคัญทางโภชนาการคือ ฟอสโฟไลปิด (*phospholipids*) เช่น เลซิทีน (*lecithin*)

3. *Derived Lipids* คือลิพิดที่เกิดจากการแตกตัวของ *simple* หรือ *compound lipids* ไขมันกรดไขมัน กรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัว (เช่น โคลเลสเตอรอล) ฯลฯ

อามวย (2524) ไขมันยาวกรดไขมัน (*fatty acid*) คือพันธะของ *hydrocarbon* กับ *carboxyl group* เชื่อมต่อกันเป็นพันธะยาวดังนี้



ความยาวของโมเลกุลของกรดไขมันอิ่มตัวขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นของเหลวหรือของแข็งที่อุณหภูมิปกติ (*ambient temperature*) กล่าวคือไขมันที่เกิดจากกรดไขมันที่ประกอบด้วยโมเลกุลสั้นจะมีสภาพเป็นของเหลว ส่วนไขมันที่เกิดจากกรดไขมันที่ประกอบด้วยโมเลกุลยาวจะมีสภาพเป็นไขมันแข็ง

แฉาวีย์ (2526) ไขมันกรดไขมันจัดตามจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็น 3 กลุ่มคือ

1. กลุ่มที่มีจำนวนโมเลกุลต่ำ มีคาร์บอนอะตอมน้อยกว่า 12
2. กลุ่มที่มีจำนวนโมเลกุลสูง มีคาร์บอนอะตอมระหว่าง 12-18
3. กลุ่มที่มีจำนวนโมเลกุลสูงมาก มีคาร์บอนอะตอมมากกว่า 20

ยังมีผู้แบ่งประเภทของกรดไขมันตามความอิ่มตัวของกรดไขมัน (*degree of saturation*) เป็น 2 ประเภทคือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว (*Saturated fatty acid*) หมายถึงกรดไขมันที่คาร์บอนในโมเลกุลมีไฮโดรเจนจับเกาะอยู่เต็มที่แล้วไม่สามารถที่จะรับไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลได้อีก จะไม่มีพันธะคู่ (*double bond*) มีสูตรทั่วไปคือ $C_n H_{2n} O_2$ (เมื่อ $n = 2, 4, 6, 8, \dots$) เช่น กรดบิวทีริก (*butyric acid*) มีสูตรโครงสร้างคือ $CH_3 - CH_2 - CH_2 - \overset{O}{\parallel} C - OH$

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (*Unsaturated fatty acid*) หมายถึงกรดไขมันที่คาร์บอนอะตอมในโมเลกุลมีไฮโดรเจนจับเกาะไม่เต็มที่สามารถรับไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลได้อีก แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

2.1 กลุ่มที่มีหนึ่งพันธะคู่ในโมเลกุลมีสูตรทั่วไปคือ $C_n H_{2n-2} O_2$ เช่น กรดโอเลอิก

2.2 กลุ่มที่มีมากกว่าหนึ่งพันธะคู่ในโมเลกุลเป็นพวกที่ไม่อิ่มตัวสูง เช่น กรดไลโนเลอิก , กรดไลโนเลนิก และกรดอาราชิโดนิก

อำนาจ (2524) รายงานไว้ว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวมีความสำคัญมากทางโภชนาการ โดยเฉพาะไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูง สมัยก่อนเข้าใจว่ากรดไลโนเลอิก , กรดไลโนเลนิก และกรดอาราชิโดนิกเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (*essential fatty acid*) คือเป็นกรดไขมันที่ร่างกายสังเคราะห์ไม่ได้ จำเป็นต้องรับจากอาหาร ระยะเวลาพบว่าร่างกายได้รับกรดไลโนเลอิก และวิตามินบี 6 ได้เพียงพอจะสามารถสังเคราะห์กรดไลโนเลนิกและกรดอาราชิโดนิก ได้ นอกกับความต้องการของร่างกาย ดังนั้นในปัจจุบันจึงถือว่ากรดไลโนเลอิกเป็นกรดไขมันตัวเดียวที่จำเป็นต่อร่างกาย

สถาบันค้นคว้าฯ, (2527) รายงานไว้ว่า โดยเฉลี่ยแล้ว ถั่วเหลืองของไทยจะมีไขมันอยู่ราว 16-18% ปริมาณของกรดไขมันทั้งหมดในถั่วเหลืองจะประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในอัตราส่วนที่ค่อนข้างจะคงที่คือประมาณ 15 ต่อ 85 ในกรดไขมันไม่อิ่มตัวนั้นพบว่ามีกรดไขมันชนิดที่ดีและมีประโยชน์ต่อการใช้ประโยชน์ในปริมาณค่อนข้างสูงคือประมาณ 30-40% ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งสูงถึง 95% โดยประมาณนี้จะประกอบด้วยกรดไขมันที่มีคาร์บอนจำนวน 18 ตัวอยู่มาก เช่นกรดโอเลอิก ($C 18 : 1$) กรดไลโนเลอิก ($C 18 : 2$) กรดไลโนเลนิก ($C 18 : 3$)

ในน้ำมันตัวเหลืองยังประกอบด้วยสารชนิดที่หนึ่งคือ *phospholipid* หรือ *phosphatides* สารดังกล่าวนี้จะมีหน้าที่เป็น *emulsifying agent* ที่ดี

Orthofer (1970) ได้กล่าวว่กลิ่นรส (*flavors*) ของน้ำมันตัวเหลืองมีกลิ่นคล้ายกลิ่นหญ้า (*grassy*) กลิ่นปลา (*fishy*) กลิ่นเหม็นเปรี้ยว (*painty*) ซึ่งกลิ่นนี้ส่วนใหญ่เกิดจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวและจะเกิดสารประกอบที่เรียกว่า *hexanal* ในระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาขึ้น เช่นการเกิด *2-pentylfuran, ethylvinyl ketone, pentanol, 4-cis-heptanol, 3-cis-hexanol* และ *diacetyl*

น้ำมันตัวเหลืองเมื่อ *trying oil* มีกลิ่นเหม็นและเกิดกับอะซิโตนที่เยียวบริเวณผิวหน้า บางครั้งเมื่อสัมผัสกับอากาศ

Orthofer (1970) ยังได้กล่าวว่ในน้ำมันตัวเหลืองประกอบด้วยสเตอรอล (*sterols*) ชนิดต่างๆและยังมีพบมากในส่วนของสเตอรอลอิสระ (*free sterols*) การแพร่กระจายของสเตอรอล (*sterols*) ชนิดต่างๆและยังมีพบมากในส่วนของสเตอรอลอิสระ (*free sterols*) การแพร่กระจายของสเตอรอลมีทั้งทางกายภาพและทางเคมี น้ำมันเมล็ดเริ่มพัฒนาไปจนถึงเมล็ดแก่เต็มที่ นอกจากนั้นยังพบสาร *tocopherols* ควบคุมไปทั่วกิจกรรมของวิตามินอี และกิจกรรมของสารป้องกัน ในน้ำมันตัวเหลืองกับโคมะเร็งซึ่ง Δ, α -*tocopherols* โดยจะพบประมาณ 2.5-3.0% ของน้ำมัน ดังนั้นในธรรมชาติแล้วน้ำมันดิบจะมีสารก่กัน (*antioxidant*) คือ *tocopherols* อยู่จึงสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เปลี่ยนแปลง

ธนาคารผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช (2526) ได้รายงานเกี่ยวกับกรรมวิธีในการผลิตน้ำมันพืชในสมัยโบราณด้วยการอัดบีบหรือการสกัดด้วยตัวทำละลาย หลังจากกรองแล้วก็นำไปรีโอดีไลย์ไม่จำเป็นต้องทำใหม่หรือที่ หอว่าจึงมีการใช้เทคโนโลยีใหม่ เพื่อใช้สกัดน้ำมันดังนี้

1. การบีบน้ำมันโดยใช้เครื่องจักร (*Expelling*)

เมล็ดพืชจะผ่านกระบวนการเพาะเปลือก และลดขนาดแล้วจึงนำไปนึ่งในหม้อนึ่งหรือเครื่องบีบ (*expeller*) ก็จะได้น้ำมันดิบ (*crude oil*) วิธีนี้เหมาะสำหรับพืชที่มีปริมาณน้ำมันสูงเกินกว่า 25% ขึ้นไป และจะมีน้ำมันเหลือในกากสูงมากประมาณ 8-10%

2. การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvents)

ตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการสกัดน้ำมันไคแท *n-hexane* เมล็ดพืชจะถูกลดขนาดลงก่อนนำไปนึ่งและรีคัท (flaking) เพื่อให้ตัวทำละลายไหลผ่านได้สะดวก จากนั้นจะส่งเข้าไปในเครื่องสกัด (Extractor) สารละลายของน้ำมันในตัวทำละลายเรียกว่า *miscella* กรรมวิธีที่ทันสมัยจะควบคุม *miscella* ให้มีความเข้มข้นประมาณ 30% ยิ่งความเข้มข้นของ *miscella* สูงขึ้นเพียงไรก็จะเป็นการประหยัดตัวทำละลายได้มากยิ่งขึ้น

กาก (meal) หลังจากออกจากเครื่องสกัดน้ำมันแล้วก็จะถูกลำเลียงเข้าเครื่องแยกตัวทำละลายออก (Desolventizer and toaster) เพื่อไล้ตัวทำละลายออก ไอของตัวทำละลาย (*hexane vapor*) จะผ่านไปยังเครื่องควบแน่น (condenser) เพื่อให้ตัวทำละลายกลั่นตัวแล้วนำกลับไปใช้ใหม่ได้

วันชัย, (2527) ทั่วโลกกว่าในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานสกัดน้ำมันพืช 128 แห่ง เป็นโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลือง 41 แห่ง น้ำมันปาล์ม 2 แห่ง น้ำมันพืชบริโภค 8 แห่ง น้ำมันมะพร้าว 76 แห่ง สำหรับถั่วเหลืองในปี 2524 ได้มีการนำมาใช้เพื่อการสกัดน้ำมันถึงประมาณ 45,000 ตัน วิธีที่ใช้ในการสกัดน้ำมันคือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย *Solvent extraction* ตัวทำละลายที่นิยมใช้คือ *hexane* (จุดเดือด 66-69 °C)

การเลือกตัวทำละลายนั้นโดยทั่วไปแล้วในอุตสาหกรรมมักใช้ *n-hexane* ซึ่งเป็น *petroleum hydrocarbon mixture* มีจุดเดือดระหว่าง 66-69 °C ตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งคือ *heptane* ซึ่งมีจุดเดือดระหว่าง 89-98 °C อาจนำมาใช้ในกรณีที่มีสภาพอากาศภายนอกมีอุณหภูมิสูง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการถูกไหม้ที่อาจเกิดขึ้นได้ในยุโรปนิยมใช้ *cyclohexane* มีจุดเดือดระหว่าง 71-85 °C ในโรงงานบางแห่งใช้ *ethanol* และ *trichloro-ethylene* ผสมกันเพื่อลดกลิ่นของถั่วเหลืองให้จางลง และยังป้องกันอุบัติเหตุจากไฟไหม้ได้ เนื่องจาก *trichloroethylene* ติดไฟได้ยาก แต่มีข้อเสียคือสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนในถั่วเหลือง ทำให้เกิดสารพิษต่อการนำกากไปใช้เลี้ยงสัตว์ กล่าวคือ *hydrocarbon* ชนิดนี้จะทำปฏิกิริยากับ *cysteine* ทำให้เกิดสาร *s-dichlorovinylcysteine* ซึ่งก่อให้เกิดโรค *aplastic anemia* ในสัตว์ได้

ขบวนการผลิตน้ำมัน (Oil processing)

การสกัดน้ำมันดิบ (Extraction of crude oil)

วันชัย (2527) กล่าวว่า เมล็ดถั่วเหลืองจะถูกคั่วให้แตก ซึ่งในอุตสาหกรรมมักจะทำให้ถั่วเหลืองแตกออก 6-8 ปีต่อเมล็ดจะนำไปแยกเปลือกออกแล้วผ่านการอบให้ความชื้น 10-11% อุณหภูมิ 70-80 °C จากนั้นจะนำมาทำให้เป็นแผ่นบาง ๆ (*flaking*) โดยการรีดด้วยลูกกลิ้ง โดยทั่วไปจะปรับให้ความหนาประมาณ 0.01 - 0.015 นิ้ว จากการทดลองพบว่าถ้าความหนาของแผ่นถั่วเหลืองมากกว่านี้ 3 เท่าจะทำให้อัตราการสกัดน้ำมันช้าลงประมาณ 80 เท่า การทำให้เป็นแผ่นบาง ๆ จะทำให้ผลของถั่วเหลืองแตกออกและลดระยะทางที่ไขมันและตัวทำละลายจะเดินทาง

Orthoefer (1970) กล่าวว่าโดยทั่วไปการสกัดน้ำมันจากถั่วเหลืองที่ทำเป็นแผ่นบาง ๆ จะใช้ *hexane* สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดน้ำมันและอุณหภูมิของตัวทำละลาย จะมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่เหลือนอยู่ในกากถั่วเหลือง ซึ่งไม่ควรให้เกิน 1% และโดยทั่วไป *hexane* ที่สัมผัสกับถั่วเหลืองนั้นควรมีอุณหภูมิ 50 °C

สารละลายของน้ำมันกับตัวทำละลาย (*miscella*) ที่ได้จะนำไปแยกเอาตะกอนละเอียดออกก่อนแล้วนำไปแยกตัวทำละลายออก ตัวทำละลายสามารถนำกลับไปใช้ได้ใหม่โดยทำในขบวนการที่มีสภาวะที่ลดความดัน สารละลายจะถูกทำให้ร้อนขึ้น ตัวทำละลายจะเหวเป็นไอออก และจะถูกส่งไปยังเครื่องควบแน่น (*condensor*) ซึ่งจะได้เป็นตัวทำละลายและน้ำมันดิบต่อไป

การกำจัดฟอสโฟไลปิด (Degumming)

Orthoefer (1970) กล่าวว่าในน้ำมันดิบจะมีสารประกอบที่สามารถละลายน้ำได้อยู่ประมาณ 1-3% ซึ่งมักได้แก่ฟอสโฟไลปิดโดยเฉพาะเลซิทีน (*lecithin*) และหลังจากเติมน้ำอุ่นลงไปฟอสโฟไลปิดจะเกิดการควบแน่น จนมีลักษณะเป็นกัม (*gum*)

วันชัย (2527) กล่าวว่า อาจแยกแก๊สออกโดยใช้ *acetic anhydride* โดยใช้ 0.1-1% ของ *anhydride* ผสมให้เข้ากันและอุณหภูมิร้อน 65 °C ก่อนนำไปเหวี่ยงแยก

List และคณะ (1978) ได้ทำการวิจัยและพบว่า การ *degumming* ด้วยกรดฟอสฟอริก (*phosphoric acid*) 0.2% จะทำให้ความคงตัวของกลิ่นรส (*flavor*) และ *oxidative stability* ของน้ำมันดีเซลสูงกว่าการ *degumming* ด้วยน้ำเพียงอย่างเดียว

วันชัย (2527) ได้กล่าวว่า ไขมันที่แยกเอาแก๊สออกแล้วจะมีสารประกอบอื่น ๆ โดยประมาณคือ 0.02% *phosphorus* , 1.5% *unsaponifiables* , 0.75% *free fatty acid* และ 0.3% *moisture* ส่วนประกอบของ *volatiles* และ *insoluble impurities* อีกเล็กน้อย

ส่วนน้ำมันที่เป็นสารพวกฟอสโฟไลปิด โดยเฉพาะพวกเลซิทีน ซึ่งเป็นสารที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้มากมายจะถูกนำมาอบแห้งที่ 65-70 °C ในสภาวะที่ลดความดันเพื่อให้ความชื้นลดลงจาก 25% เป็น 0.5% จะมีส่วนประกอบของไขมัน 30% ฟอสโฟไลปิด 70% จะนำไปแยกเลซิทีนบริสุทธิ์ต่อไป

ขบวนการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ (Oil refinery)

เป็นขบวนการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำมันดิบ (*curde oil*) เพื่อให้มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการบริโภค สิ่งเจือปนดังกล่าวได้แก่

1. *Wax and gums (phosphalipids)*
2. *Insoluble impurities*
3. *Free fatty acid*
4. *Sterols and pigments*
5. สารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่น้ำมัน

Orthofer (1970) กล่าวว่าการทำงานน้ำมันให้บริสุทธิ์เป็นขบวนการแยกกรดไขมันอิสระ (*free fatty acid, FFA*) ออกจากน้ำมันดิบโดยการเติมด่าง (*alkali*) ลงไปในน้ำมันดิบ กรดไขมันอิสระจะเปลี่ยนเป็นสบู่ที่ละลายน้ำได้

วันชัย (2527) กล่าวถึงกรดไขมันอิสระว่าเป็นสาเหตุของการเหม็นหืนของน้ำมัน กฎหมายกำหนดค่าไวโอมิได้ไม่เกิน 0.05% (*as oleic acid*) ด่างที่ใช้คือ *caustic Soda* (NaOH), *Sodium carbonate* ผสมลงในน้ำมันที่มีอุณหภูมิ 60-70 °C ในปริมาณที่เหมาะสมและแยกออกโดยใช้เครื่องเหวี่ยงแยก

การฟอกสี (Bleaching)

การฟอกสีเป็นการกำจัดเม็ดสี (*pigment*) ที่ปนอยู่ในน้ำมันเพื่อปรับปรุงคุณภาพทางด้านสีให้มีความคงตัว ทำให้น้ำมันตัวเหลืองมีความบริสุทธิ์มากขึ้น สารที่ใช้ในการฟอกสี (*absorbent*) ของน้ำมันตัวเหลืองได้แก่ *Fuller's earth* ซึ่งได้แก่ *hydrated aluminium silicate* และ *acid activated clays* โดยทั่วไปแล้วน้ำมันตัวเหลืองเป็นน้ำมันที่ง่ายต่อการฟอกสี ดังนั้นการใช้ *natural earth* หรือ *activated clays* จึงเป็นตัวที่นิยมใช้กันอยู่ แต่ถ้าในกรณีของน้ำมันที่ฟอกสียาก จะใช้ส่วนผสมของ *activated carbon* รวมด้วยปริมาณและชนิดของสารฟอกสีจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำมันที่จะฟอกและระดับของสีที่ต้องการฟอก ในกรณีที่น้ำมันมีสีเขียวปะปนมา อาจเนื่องมาจากเป็นเม็ดสีเขียวของถั่วอ่อนหรือถั่วที่มีตำหนิ ผงคาร์บอนจะเป็นตัวกำจัดสีนี้ออกไป ในการฟอกสีนี้จะใช้ *Filter press* เป็นตัวแยกเอาสารฟอกสีออกจากน้ำมัน

Orthofer (1970) กล่าวถึงการเทียบสีของน้ำมันว่ามักจะใช้เครื่อง *Lovibond tintometer* ซึ่งทำเป็นชุดจากแก้วสีเหลือง และสีแดง ค่าของสีจะถูกระบุตามความเข้มของสี-เหลืองและแดงนั้น

การกำจัดกลิ่น (Deodorization)

วันชัย (2527) กล่าวว่ากลิ่นของน้ำมันตัวเหลืองเกิดจากสารระเหย (*volatile materials*) ซึ่งได้แก่อัลดีไฮด์ (*aldehyde*) ทั้งหลาย การเอากลิ่นของอัลดีไฮด์ออกจากน้ำมัน

จะให้น้ำมันปราศจากกลิ่นที่ไม่ต้องการ

Orthofer (1970) กล่าวว่าพวกสารระเหยจะถูกแยกออกหลังจากการฟอกสี โดยให้น้ำมันมาทำไอรอนถึงประมาณ 260 ซี ภายในสภาพไร้อากาศ และมีความดันประมาณ 1-3 มิลลิเมตรปรอท การปล่อยให้อากาศผ่านเข้าไปในขบวนการกำจัดกลิ่นจะมีผลทำให้สีเข้มขึ้น และความคงตัวต่ำลง ขบวนการนี้เป็นขบวนการต่อเนื่อง โดยจะค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนถึงระดับที่ต้องการแล้วจะทำให้เย็นลงอย่างช้า ๆ ช่วงสุดท้ายของขบวนการจะมีการเติมกรดซิตริก (*citric acid*) หรือกรดฟอสฟอริก (*phosphoric acid*) ลงไปประมาณ 0.005% เพื่อที่จะให้จับพวกโลหะหนัก เช่น เหล็กและทองแดง ซึ่งอาจเป็นตัว *prooxidant* ได้

Orthofer (1970) กล่าวว่าสารระเหยที่ได้จากน้ำมันในขบวนการกำจัดกลิ่นเมื่อนำมาทำให้ควบแน่น จะมีส่วนประกอบของ *tocopherol*, *sitasterol* และ *stigmasterol* ไปด้วย ซึ่งสามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ เช่น วิตามินอี และ *sterol-derived product* ได้

วันชัย (2527) กล่าวว่าสำหรับสารกันหืน (*antioxidant*) เช่น *Butylated hydroxyanisole (BHA)*, *Butylated hydroxy toluene (BHT)* และ *tertiary butylhydroquinone (TBHQ)* ผสมกันในอัตราส่วนสูงสุดไม่เกิน 0.02%

การผลิตน้ำมันถั่วเหลืองเพื่อการบริโภคจำเป็นต้องให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัย ต่อการบริโภคทั้งนี้ได้มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพและคุณลักษณะของน้ำมันถั่วเหลืองเพื่อการบริโภค ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมแก่การบริโภคมีคุณสมบัติตามที่มาตรฐาน
อุตสาหกรรม (มอ.ก. 176-2519) กำหนดไว้ดังนี้

รายการ	คุณลักษณะ	ความต้องการ
1	ความหนาแน่นสัมพันธ์ (<i>relative density</i>) _{20 °C / 20 °C}	0.919-0.925
2	ดัชนีหักเห (<i>refractive index</i>) ที่ 40 °C	1.466-1.470
3	ค่าสaponification เลขชี้ (<i>saponification value</i>) มิลลิกรัม โพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม	189-195
4	ค่าไอโอดีน แบบวิจัน (<i>iodine value wigs</i>)	120-143
5	สารที่สaponification ไม่ได้ (<i>unsaponifiable matter</i>) กรัมต่อน้ำหนักหนึ่งกิโลกรัม	ไม่เกิน 15
6	ค่าของกรด (<i>acid value</i>) มิลลิกรัม โพตัสเซียม ไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม	ไม่เกิน 0.6
7	ค่าเปอร์ออกไซด์ (<i>peroxide value</i> มิลลิกรัม สมมูลย์เปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม	ไม่เกิน 10
8	น้ำมันและสิ่งที่ระเหยได้ (<i>water and volatile matter</i>) ที่อุณหภูมิ 105 °C ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 0.2
9.	สารที่ไม่ละลายในน้ำมัน (<i>insoluble impurities</i>) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 0.05
10	ปริมาณสบู่ (<i>soap content</i>) ร้อยละโดยน้ำหนัก	ไม่เกิน 0.005
11	สารหนู มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม	ไม่เกิน 0.1
12	เหล็ก มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม	ไม่เกิน 2.5
13	ทองแดง มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม	ไม่เกิน 0.1
14	ตะกั่ว มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม	ไม่เกิน 0.1

แหล่ง: ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์, 2527

คุณภาพของวัตถุดิบ (ถั่วเหลือง) มีผลโดยตรงต่อคุณภาพของน้ำมันดิบที่สกัดได้ ดังจะเห็นได้จากการเปรียบเทียบในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลเปรียบเทียบน้ำมันสกัดจากถั่วเหลืองคุณภาพดีกับเลว

DESCRIPTION	CRUDE SOYBEAN OIL	
	ถั่วคุณภาพดี	ถั่วคุณภาพเลว
F.F.A (AS OLEIC ACID)	1.28%	11.2%
PEROXIDE-VALUE (MEQ. PEROXIDE/KG. OIL)	2.8	8.0
ALDEHYDE-VALUE (MG. CINNEMALDE- HYD/100 GM. OIL)	1.5	6.0
MOISTURE	0.29%	0.29%
INSOLUBLE IMPURITY	0.16%	0.16%
ACETONE INSOLUBLE	1.86%	2.0%
IODINE-VALUE	120-141	121-141
COLOUR	40-13.1-0.6 (5 $\frac{1}{2}$ " CELL)	40-18.6-3.5 (5 $\frac{1}{2}$ " CELL)

แหล่ง : สถานีค้นคว้า, ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์, 2527

ได้มีการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธีที่จำหน่ายตามห้องตลาด 2 ชนิด พบว่ามีองค์ประกอบ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธี 2 ชนิด โดยกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร ด้วยวิธี AOCs (1971)

ลักษณะ	ผลการวิเคราะห์	
	ตราจูงน	ตราเกษตร
1. Free fatty acid	0.043	0.05
2. Iodine value	134.27	135.41
3. Saponification value	191.70	192.30
4. Peroxide value	0.99	1.041
5. ค่าสี	+4	+4

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี

1. วัสดุเคมี

- ถั่วเหลืองพันธุ์ ต.จ. 5 ที่เก็บเกี่ยวได้จากแปลงทดลองคณะเทคโนโลยีการเกษตร ลาดกระบัง

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่องบดเมล็ดถั่ว
- เครื่องชั่ง , (Sartorius, 1205 mp)
- Soxhlet extractor (Electrothermal, Britain)
- Rotary evaporator (R110)
- Centrifuge
- Electrical oven (30-220°C, Memmert)
- Bleaching apparatus
- Deodorizing apparatus
- Heater, Mantel heater
- Hot magnetic stirrer
- Suction flask
- โถแก้วทนความร้อน

3. สารเคมี

- *n*-hexane (b.p 66-69°C)
- Glacial acetic acid (RPE Analyticals)
- Sodium hydroxide
- Iodine trichloride
- Potassium hydroxide
- Sodium thiosulphate (lab. analyse)
- Chloroform (RLE)
- Calcium oxide (lab analyse)
- Hydrochloric acid (37% RPE Analyticals)
- Iodine (General purpose reagent)
- Potassium iodide (Merck)

วิธีการทดลอง

1. การศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบเมล็ดถั่วเหลืองก่อนสกัด

นำถั่วเหลืองมาบดทั้งเมล็ดให้มีขนาดเล็กลง นำมาอบด้วยเครื่องอบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 , 130 และ 150° ซ เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ สกัดน้ำมันด้วยเครื่อง *Soxhlet extractor* โดยใช้ *hexane* ซึ่งมีจุดเดือด 66-69°ซ เป็นตัวทำละลาย ใช้เวลาสกัด 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ นำ *miscella* (น้ำมันกับตัวทำละลายที่ได้จากเครื่องสกัด) มาแยกเอา *n-hexane* ออกจากน้ำมันด้วยเครื่อง *rotary evaporator* จนแน่ใจว่าส่วนของน้ำมันไม่มี *hexane* ผสมอยู่ ก่อนนำไปทำให้เย็นในโถแก้ว ดูดความชื้น เพื่อชั่งหาน้ำมันที่ได้ออกจากถั่วเหลืองแต่ละตัวอย่าง

2. การศึกษา คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองดิบ

โดยเลือกตัวอย่างจากข้อ 1 ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันมากที่สุด มาตรวจสอบคุณภาพ

ดังนี้

2.1 *Free fatty acid, FFA (AOCS, official method, 1971)*

2.2 *Iodine value, IV (AOCS, official method, cd 125, 1971)*

2.3 *Saponification value, SV (AOCS, official method, cd 3-25, 1971)*

2.4 *Peroxide value, PV (AOCS, official method, cd 8-53, 1971)*

2.5 ตรวจสอบสีด้วยเครื่อง *Gardener colorimeter*

3. การศึกษาวิธีการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์หรือการกลั่นใส (*Refinery*)

การทดลองทำให้น้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ (ไพจิตร, 2523) ประกอบด้วยขั้นตอน

ต่อไปนี้

3.1 *Degumming* หรือ *Pretreatment*

โดยนำน้ำมันถั่วเหลืองมาทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 70°ซ เติมน้ำกลั่นอุณหภูมิ 70°ซ ลงไปในน้ำมันดิบประมาณ 1-5% ทำการกวนตลอดเวลาด้วย *hot magnetic stirrer*

พร้อมกับควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 60-80°C เป็นเวลา 30 นาที จึงนำไปเหวี่ยงแยกด้วย เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge) ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที ประมาณ 20 นาที จึงแยกเอาส่วนของน้ำมันออก

3.2 การทำให้เป็นกลาง (Neutralization)

นำน้ำมันที่ได้จากการ degumming มาหาค่าความเป็นกรด (acid value, AV) ด้วยวิธีของ AOCS, cd 3a-63, 1971 เพื่อนำค่า AV มาคำนวณหาปริมาณ NaOH ความเข้มข้น 20 Be (12.69%) ที่จะต้องใช้ในการทำให้น้ำมันเป็นกลาง ปริมาณ NaOH สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\text{จำนวนม.ล. ของ NaOH 20° Be} = \frac{AV}{2} \left(1 + \frac{Ex}{100} \right) \frac{S}{1.162} \dots\dots (1)$$

เมื่อ AV = ค่า acid value

Ex = ปริมาณค่าความเข้มข้น 20° Be เป็นจำนวนที่ประมาณแล้วว่า
เกินพอ (ม.ล.)

S = น้ำหนักของน้ำมัน (กรัม)

1.162 = Specific gravity ของ NaOH 20° Be

นำน้ำมันใส่ในปิกเกอร์ตั้งบน hot magnetic stirrer จนอุณหภูมิ 50-60 °C จึงค่อยๆ เติม NaOH 20° Be ในปริมาณที่คำนวณได้ทีละน้อย ควบคุมเวลาประมาณ 15-20 นาที แล้วจึงนำเข้าเครื่องเหวี่ยงแยก ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที ประมาณ 20 นาที แยกน้ำมันออกมา หาค่า AV ถ้าค่า AV ยังสูงกว่า 0.2 ต้องทำให้เป็นกลางใหม่

3.3 การล้างน้ำมันด้วยน้ำ (Water washing)

นำน้ำมันใส่ในกรวยแยก (seperating funnel) เขย่าล้างด้วยน้ำร้อน 80-90 °C 5-6 ครั้ง ทดสอบน้ำที่แยกออกจากน้ำมันด้วยกระดาษ pH ให้ได้ pH 7 หรือใช้การทดสอบด้วย phenolphthalein หยดลงในน้ำมันไม่มีสีชมพูเกิดขึ้น

3.4 การฟอกสี (Bleaching)

เนื่องจากน้ำมันดิบมักจะมีสีคล้ำต้องฟอกสีด้วย *bleaching earth* ซึ่งประกอบด้วย *activated clay* 1-5% และ *activated carbon* 0.1-0.2% โดยนำน้ำมันใส่ในฟลาส 3 คอกกลม ของชุด *Bleaching apparatus* ให้ความร้อนแก่น้ำมันด้วย *hot magnetic stirrer* จนมีอุณหภูมิ 80-85 °C ใช้เวลา 30 นาที แล้วจึงใส่ *bleaching earth* ที่ซึ่งเตรียมไว้ เพิ่มความร้อนจนถึง 100 - 110 °C ภายใต้อุณหภูมิไม่เกิน 3 มม. พรอทใช้เวลา 30 นาที แล้วจึงนำไปกรองในขณะของผสมยังร้อนอยู่

นำมันที่ได้นำไปตรวจวัดสี, *FFA, S.V., P.V., I.V* (ด้วยวิธี *AOCS, 1971*)

3.5 การกำจัดกลิ่น (Deodorizing)

นำมันที่ผ่านการฟอกสีแล้วจะยังมีกลิ่นหืน จึงใช้ *aqueous vapour* เป็นตัวพาทิ้งออก โดยใช้เครื่องมือ *Deodorizing apparatus* ดังนี้

1. ทำน้ำมันให้ร้อนถึง 80 °C ลดความดันให้ได้ 0-3 มม. พรอทใช้เวลาประมาณ 30 นาที แล้วทำให้ร้อนขึ้นเรื่อย ๆ ถึง 280 °C
2. เตรียมสารกลิ่นหืน ได้แก่ *citric acid, BHT, BHA, propyl gallate* อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลาย ๆ อย่างมารวมกันแต่ไม่เกิน 200 ppm ของน้ำมัน
3. ปรับความดันให้เปิดจุดขวดได้ ลดอุณหภูมิให้เหลือ 80 °C เติมสารกลิ่นหืนที่เตรียมไว้ แล้วเพิ่มอุณหภูมิ ลดความดันลงอีกครึ่งหนึ่งไปอุณหภูมิถึง 110 °C 5 นาที แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 60 °C จึงปรับให้ความดันเป็นไปตามปกติ ทิ้งไว้ให้เย็นเท่าอุณหภูมิปกติ จะได้น้ำมันที่ปราศจาก กลิ่น รส

ผลการทดลอง

7/77

1. การศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบเมล็ดถั่วเหลืองก่อนสกัด
- 1.1 ถั่วเหลืองอบที่อุณหภูมิ 100°ซ เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ใช้เวลาสกัด 2 ถึง 6 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางที่ 1
- 1.2 ถั่วเหลืองอบที่อุณหภูมิ 130°ซ เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ใช้เวลาสกัด 2 ถึง 6 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางที่ 2
- 1.3 ถั่วเหลืองอบที่อุณหภูมิ 150°ซ เวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ใช้เวลาสกัด 2 ถึง 6 ชั่วโมง ปรากฏผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้ หลังจากอบ 100°ซ

เวลาที่ใช้สกัด (ช.ม.)	เวลาที่ใช้อบ (ช.ม.)		
	1	3	5
2	16.7	17.3	17.5
3	16.8	18.0	17.6
4	17.3	19.3	17.7
5	17.3	19.3	17.7
6	18.6	19.4	18.5

ตารางที่ 7 เปรอร์เซ็นต์น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้ หลังจากอบ 130 °C

เวลาที่ใช้สกัด (ช.ม.)	เวลาที่ใช้อบ (ช.ม.)		
	1	3	5
2	18.3	18.9	18.7
3	18.3	19.10	18.9
4	18.7	19.1	18.9
5	18.7	19.3	19.1
6	18.9	19.3	19.1

ตารางที่ 8 เปรอร์เซ็นต์น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้ หลังจากอบ 150 °C

เวลาที่ใช้สกัด (ช.ม.)	เวลาที่ใช้อบ (ช.ม.)		
	1	3	5
2	16.8	17.8	-
3	-	17.6	-
4	17.6	18.1	-
5	-	18.1	-
6	18.2	18.3	-

หมายเหตุ ค่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันถั่วเหลืองที่แสดงในตารางที่ 6, 7 , 8 เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากการทดลองปรากฏว่าอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการอบถั่วเหลืองก่อนทำการสกัดน้ำมัน มีผลต่อปริมาณน้ำมันที่ได้ โดยถั่วเหลืองอบที่อุณหภูมิ 100 ช. เวลา 3 ชั่วโมง และถั่วอบที่อุณหภูมิ 130 ช. เวลา 3 ชั่วโมง จะให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงสุด คือระหว่าง 19.30% ถึง 19.50% ในช่วงเวลาสกัด 4 ถึง 6 ชั่วโมง คิดเป็นประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันได้ 97% ถึง 98.5% (จากการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันทั้งหมด ของตัวอย่างมีไขมัน 19.8%) ส่วนถั่วเหลืองซึ่งอบที่อุณหภูมิ 150 ช. น้ำมันที่สกัดได้มีปริมาณปานกลางคือระหว่าง 17.50% ถึง 18.30% แต่สีของน้ำมันที่ได้มีความเข้มมาก เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะอื่น

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบถั่วเหลืองที่เหมาะสมที่สามารถให้ปริมาณน้ำมันได้สูงสุด จึงควรใช้อุณหภูมิ 100 ช. เวลา 3 ชั่วโมง และใช้เวลาในการสกัด 3 ชั่วโมง

ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไป จึงใช้น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้จากการอบที่ อุณหภูมิ 100 ช. เวลา 3 ชั่วโมง

2. การศึกษาคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองดิบ พันธุ์ ส.จ. 5

น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้นำมาวิเคราะห์คุณภาพได้แก่ค่า *FFA*, *IV*, *SV* และสีปรากฏผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองดิบ (*crude soybean oil*) พันธุ์ ส.จ. 5

คุณลักษณะ	ผลการวิเคราะห์
1. <i>Free fatty acid (as oleic acid)</i>	1.71
2. <i>Iodine value</i>	134.41
3. <i>Saponification value</i> (มิลลิกรัม โพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม)	195.258
4. <i>Peroxide value</i> เปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม)	1.20
5. ค่าของสี จากเครื่อง <i>Gardener colorimeter</i>	+8

3. การศึกษาวิธีการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ หรือการกลั่นใส

3.1 *Degumming*

ทดลองแยกกัมออกโดย วิธี *water degumming* โดยใช้น้ำกลั่น 1-5% โดยน้ำหนักและวิธี H_3PO_4 *degumming* โดยใช้ H_3PO_4 0.2% โดยน้ำหนักร่วมกับ น้ำกลั่น 1-5% โดยน้ำหนัก

3.1.1 ผลการใช้ *water degumming* สามารถแยกกัมออกได้ 13.0% ลักษณะกัมที่ได้แยกออกจากร้ำมันอย่างชัดเจน เกาะกันเป็นก้อนเหนียว น้ำมันที่แยกได้มีความใส สีอ่อนลงเล็กน้อย วัดด้วยเครื่อง *Gardener Colorimeter* ได้ค่าสีเท่ากับ +8

3.1.2 ผลการใช้ H_3PO_4 *degumming* สามารถแยกกัมออกได้ 13% และจากการแยกกัมด้วยน้ำครั้งที่สอง แยกกัมได้ 0.7% รวมเป็นกัมที่แยกได้ด้วยวิธีนี้ 13.7% ลักษณะกัมที่ได้ไม่แตกต่างจากวิธี *water degumming*

ผลการแยกกัมออกจากร้ำมันทั้ง 2 วิธี ปรากฏว่าปริมาณกัมจาก 2 วิธีมีค่าแตกต่างกัน น้อย คือจากวิธี *water degumming* ได้ 13% และจาก H_3PO_4 *degumming* ได้ 13.7% ค่าแตกต่างกัน 0.7%

3.2 การทำให้เป็นกลาง (*Neutralizing*)

ผลการวิเคราะห์ค่า AV ของน้ำมันหลังจาก *degumming* แล้วมีค่าเท่ากับ 3.42 สามารถคำนวณปริมาณ $NaOH$ ความเข้มข้น 20Be (12.69%) ที่จะต้องใช้ในการทำให้น้ำมันเป็นกลาง จากสูตร (1)

ผลจากการเติม $NaOH$ ลงในน้ำมัน เกิดสบู่แยกตัวตกตะกอนอยู่ด้านล่าง สบู่ที่แยกได้ คิดเป็น 14% ของน้ำมันเริ่มต้น น้ำมันส่วนที่แยกได้สีไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จากการวิเคราะห์ค่า AV หลังจากทำให้เป็นกลางแล้วเท่ากับ 0.1

3.3 การล้างน้ำมันด้วยน้ำ (Water washing)

ในการล้างด่าง (NaOH) ที่เหลืออยู่จากการทำให้เป็นกลางด้วยน้ำ และตรวจสอบด้วย *phenolphthalein* ในการล้างครั้งแรก ๆ เมื่อหยด *phenolphthalein* ลงในน้ำล้าง น้ำจะกลายเป็นสีชมพูอมม่วง ทำการล้างประมาณ 6-7 ครั้ง สีของน้ำล้างจึงจางจนไม่เปลี่ยนสี

3.4 การฟอกสี (bleaching)

ทำการทดลองฟอกสีของน้ำมันโดยใช้ *activated clay 1%*, *activated carbon* และ *activated clay : activated carbon* อัตราส่วน 9:1 ปริมาณ 1%

3.4.1 ผลการใช้ *activated clay 1%* น้ำมันมีค่าของสีลดลงจาก +8 เหลือ +4 ลักษณะน้ำมันสีเหลืองอ่อนใส เป็นประกาย

3.4.2 ผลการใช้ *activated carbon 1%* ในการฟอกสี น้ำมันที่ได้มีค่าเท่ากับ +8 เท่าเดิม แต่น้ำมันสีเปลี่ยนจากเหลืองเข้มเป็นสีเหลืองคล้ำเนื่องจากสีของผงถ่าน

3.4.3 ผลการใช้ *activated clay 0.9%* และ *activated carbon 0.1%* น้ำมันที่ได้มีค่าของสีวัดได้เท่ากับ +5 ลักษณะน้ำมันสีเหลืองใสเป็นประกาย

ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างสารฟอกสีดังกล่าวพบว่าน้ำมันที่ฟอกด้วย *activated clay 1%* และ *activated clay 0.9%* กับ *activated carbon 0.1%* ได้น้ำมันสีเหลืองใส เป็นประกายคล้ายกัน เพียงแต่ค่าของสีจากการฟอกด้วย *activated clay* น้อยกว่า 1 คือมีสีอ่อนกว่าเล็กน้อย ส่วนน้ำมันที่ฟอกด้วย *activated carbon* เพียงอย่างเดียวมีสีผิดไปจากเดิม เนื่องจากสีของ *carbon*

3.5 การกำจัดกลิ่นของน้ำมัน (Deodorizing)

ผลการกำจัดกลิ่นโดยใช้ *deodorizing apparatus* พบว่าก่อนการทดลองน้ำมันมีกลิ่นเฉพาะตัวของตัวเหลือง และมีกลิ่นหืนเล็กน้อย เมื่อผ่านกระบวนการกำจัดกลิ่นแล้ว กลิ่นของน้ำมันเดิมหายไป และสีของน้ำมันมีค่าลดลงวัดได้ +2

น้ำมันที่ได้นำมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันหลังเสร็จสิ้นขบวนการกลั่นใสแล้ว

คุณลักษณะ	ผลการวิเคราะห์
1. <i>Free fatty acid (as oleic acid)</i>	0.05
2. <i>Iodine value</i>	128.08
3. <i>Saponification value</i>	190.30
4. <i>Peroxide value</i>	1.02
5. ค่าของสี	+2

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำมันที่ทำการทดลองกับน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านกรรมวิธีที่จำหน่ายตามท้องตลาด (ตารางที่ 5) แล้วพบว่าค่า *BFA, SV* และ *PV* มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนค่า *IV* ของพันธุ์ ส.จ.5 ที่ทำการทดลองมีค่าต่ำกว่าทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันของพันธุ์ ส.จ.5 มีค่าความอะตั่วมากกว่าน้ำมันถั่วเหลืองทั่ว ๆ ไป สำหรับสีของน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.5 เมื่อผ่านการฟอกสีมีค่าเท่ากับ +4 ซึ่งเท่ากับน้ำมันถั่วเหลืองตามท้องตลาด แต่เมื่อผ่านขบวนการกำจัดกลิ่นแล้ว ค่าของสีลดลงเหลือ +2 ทั้งนี้เนื่องจากสีของน้ำมันดิบของถั่วเหลืองที่ผลิตได้ในอุตสาหกรรม มีความเข้มสูงและมีสีทองสิ่งเจือปนหลายอย่าง เมื่อผ่านขบวนการต่าง ๆ แล้ว สีจึงเข้มกว่าน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.5 ซึ่งได้ทำการคัดเลือกสิ่งเจือปนออกก่อน และอาจจะเกิดจากอุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดกลิ่นในการทดลองสูงมาก จึงทำเอาเม็ดสี (*pigment*) บางส่วนด้วย

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลการที่กินมาควาไปก่อนถูกต้มและเวลาในการอบแก้วเหลืองก่อนทำการสกัดปรากฏว่า ถั่วที่ผ่านการอบที่ 100 °C 3 ชั่วโมง และอบที่ 130 °C 3 ชั่วโมง ให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงสุดคือ 19.40% โดยใช้เวลา 4-6 ชั่วโมง ส่วนแก้วเหลืองที่อบที่อุณหภูมิ 150 °C ทำให้ถั่วไหม้ เมื่อสกัดน้ำมัน จะมีสีคล้ำ และเปอร์เซ็นต์น้ำมันก็ไม่ไ้แตกต่างจากเมื่อใช้อุณหภูมิอื่น ๆ ที่ต่ำกว่า

ถั่วที่ผ่านการอบตามเวลาที่ต้องการแล้ว จะตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเสียก่อน จึงจะทำการสกัด เพื่อต้องการให้สภาวะของถั่วอย่างเหมือนกันเนื่องจากถั่วนำไปสกัดในขณะที่ยังมีอุณหภูมิสูงอยู่ จะได้น้ำมันในช่วง 1 ชั่วโมงแรกสูง มีผลทำให้ผลการทดลองผิดพลาด เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการสกัดระหว่าง 4-6 ชั่วโมง จะให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันแตกต่างกันน้อยมาก จึงควรใช้เวลา 4 ชั่วโมงในการสกัด

2. ผลการศึกษาคุณภาพถั่วเหลืองดิบ

เมื่อนำค่าผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 9 มาเปรียบเทียบกับตารางที่ 4 ซึ่งเป็นตารางแสดงผลเปรียบเทียบน้ำมันสกัดกับถั่วเหลืองคุณภาพที่กับแล้ว จะเห็นว่าผลการวิเคราะห์ถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ.5 ที่ได้ทำการทดลองอยู่ในเกณฑ์ถั่วเหลืองคุณภาพดีคือมี *FFA* ต่ำเพียง 1.71

3. ผลการศึกษาการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีสกัดน้ำใส

3.1 การ *Degumming* โดยใช้น้ำ 1-5% หรือใช้ H_3PO_4 0.2% ร่วมกับน้ำ ให้ผลในการแยกกันแตกต่างกันเล็กน้อยคือแยกปริมาณกันได้ 13% และ 13.7% น้ำมันที่แยกออกลักษณะใสเป็นประกายกว่าเดิม ถึงแม้ว่าการ *degumming* ทั้งสองวิธีจะให้ผลแตกต่างกันตามปริมาณเล็กน้อยหรืออาจจะมีผล แต่จากงานวิจัยของ List และคณะ (1977) ได้รายงานว่าการกลั่นใสน้ำมันที่ไม่ได้ใช้ H_3PO_4 ในการปรับสภาพก่อนจะมีคุณภาพด้านความคงตัวไม่ดีเท่าวิธีที่ใช้ H_3PO_4 ในการปรับสภาพก่อน แต่ในกรณีที่เอาออกไปแยกเจ็ดสีออกต้องใช้เวลา *water degumming* เพียงอย่างเดียว

3.2 การทำให้น้ำมันเป็นกลางด้วยด่าง ($NaOH$) จะทำให้เกิดสบู่ (*soap*) จากการทดลองใส่ $NaOH$ 20 Be ในปริมาณที่คำนวณได้จากสูตร (1) โดยอาศัยค่าความเป็นกรด (AV) ของน้ำมันเป็นหลักในการคำนวณปริมาณที่จะใช้ในการทำให้เป็นกลาง สามารถแยกเป็นสบู่ออกได้ประมาณ 14% และวิเคราะห์ AV ได้ 0.1 แสดงว่าปริมาณด่างที่เติมลงไปสามารถกำจัดกรดไขมันได้ในปริมาณที่ต้องการ แต่ถ้าเติมด่างในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เกิดสบู่ในปริมาณมากเพราะด่างจะไปทำปฏิกิริยากับกรดไขมันทั้งหมด จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันสูงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณด่างที่เติมนั่นเอง

3.3 การทำ *water washing* เป็นการล้างด่างที่เหลือจากการทำให้น้ำมันเป็นกลาง การใช้น้ำอุ่น 80-90 °C ช่วยทำให้ด่างล้างออกได้ง่าย การตรวจสอบน้ำที่ล้างออกมาว่าเป็นกลางหรือไม่ด้วยการหยด *phenolphthalein* จนเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นไม่เกิดสีจะสะดวกกว่าการใช้วิธีอื่น ในช่วงการทำให้เป็นกลางด้วยด่าง ถ้าเติมด่างมากเกินไปนอกจากจะสูญเสียน้ำมันสูงแล้วยังทำให้การล้างด่างที่เหลือออกได้ยากอีกด้วย

3.4 การทำการฟอกสี (*bleaching*) โดย *activated clay* 1% ให้ผลดีที่สุดและ *activated clay : carbon* อัตราส่วน 0.9 : 0.1% ให้ผลรองลงมาเนื่องจากน้ำมันตัวเหลืองที่ต้องการฟอกสีมีสีเหลืองไม่คล้ำ การใช้ *clay* เพียงอย่างเดียวในปริมาณต่ำจึงพอเพียงสำหรับการฟอกสีในห้องปฏิบัติการ การผสม *carbon* 0.1% ซึ่งเป็นปริมาณต่ำลงไปช่วยในการฟอกสีในการทดลองมีผลน้อยมาก และอาจทำให้สีของน้ำมันเข้มขึ้นกว่าการใช้ *clay* เพียงอย่างเดียว เนื่องจาก *carbon* มักใช้ในกรณีของน้ำมันที่มีสีคล้ำอันเนื่องมาจากสีของตัวเหลืองเอง หรือจากขบวนการสกัดน้ำมันและสังเกตได้ว่าเมื่อใช้ *activated carbon* 1% อย่างเดียวในการฟอกสี น้ำมันจะมีสีเข้มและคล้ำกว่าเดิมซึ่งเกิดจากสีของ *carbon* เอง ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืชทั่วไปมักใช้ *activated clay* 1-5% และ *activated carbon* 0.1-0.2% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสีของน้ำมันดิบ และสีของน้ำมันที่ต้องการนั่นเอง

3.5 การกำจัดกลิ่น (*deodorizing*) น้ำมันตัวเหลืองที่ผ่านขบวนการต่าง ๆ มาจะสังเกตได้วากลิ่นแรง เป็นกลิ่นของน้ำมันเองและกลิ่นหืนอันเนื่องมาจากขบวนการต่าง ๆ มีการให้ความร้อนแก่น้ำมันในสภาวะปกติ เป็นการเร่งปฏิกิริยาต่าง ๆ ทำให้เกิดกลิ่นขึ้นได้เร็ว การใช้

ความร้อนสูงภายใต้สุญญากาศ ความดัน 1-3 มิลลิเมตรปรอท ทำให้สารระเหยที่เป็นตัวก่อให้เกิดกลิ่นระเหยขึ้นได้และอาจเป็นไออนที่ปล่อยเข้าไปในระบบเป็นตัวช่วยพาเอาสารระเหยออกไป สิ่งที่สำคัญในขบวนการนี้คือการก่อตัวของอนุภาคอนุภาคเล็ก ๆ และปล่อยให้อนุภาคตกลงอย่างช้า ๆ ภายใต้ความดัน 1-3 มิลลิเมตรปรอท การปล่อยให้มีอากาศเข้าไปในระบบได้เป็นการทำให้ความคงตัวของกลิ่นและสีลดลง และอาจเป็นตัวเร่งให้เกิดการเหม็นหืน (*rancid*) ได้ง่ายกว่าปกติด้วย พบว่าความร้อนที่ใช้ในขบวนการมีผลต่อสีของน้ำมันคือถ้าความร้อนสูงเกินไปจะมีการทำลายเม็ดสี (*pigment*) บางส่วนของน้ำมันไปด้วย ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้จึงอาจเปลี่ยนแปลงได้สำหรับน้ำมันแต่ละชนิด

3.6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันดีเซลที่ผลิตผ่านกรรมวิธีที่ทำการทดลอง (ตารางที่ 10) เปรียบเทียบกับน้ำมันดีเซลที่ผลิตผ่านกรรมวิธีที่จำหน่ายตามท้องตลาด 2 ชนิด (ตารางที่ 5) และจากมาตรฐานคุณลักษณะของน้ำมันดีเซลสำหรับบริโภคน้ำมันดีเซล (มอ.ก 176-2519) ของ ส.ม.อ. (ตารางที่ 3) พบว่าน้ำมันที่ทำการทดลองมีคุณลักษณะตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และพบว่าค่า *FFA, SV* และ *PV* มีค่าใกล้เคียงกับน้ำมันที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั้งสองชนิด ส่วนค่า *IV* ของน้ำมันที่ทำการทดลอง (ส.จ.5) มีค่าต่ำกว่าคือน้ำมันจากท้องตลาดมีค่า *IV* เท่ากับ 134.27 และ 135.41 ส่วนน้ำมันที่ทำการทดลองมีค่า *IV* เท่ากับ 128.08 ซึ่งบ่งบอกถึงค่าความอิมิตัวของน้ำมันจากพันธุ์ ส.จ.5 มีมากกว่าน้ำมันที่จำหน่ายอยู่ทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการผลิตในอุตสาหกรรมอาจมาจากแหล่งเพาะปลูก และไม่จำกัดพันธุ์แน่นอน ซึ่งอาจทำให้ค่าความอิมิตัวของน้ำมันที่ได้เปลี่ยนแปลงไปไต่มา แต่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือ 120-143

เอกสารอ้างอิง

- กองพืชไร่.2523. แนะนำพืชไร่. เอกสารวิชาการเล่มที่ 3, กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.
ม.อ.ก. 176 ข 2519. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันถั่วเหลืองสำหรับบริโภค, สำนัก
งานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- ดร.เขาวมาลัย คำเจริญ.2523. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตว์ศาสตร์
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เสาวณี จักรพิทักษ์.2526 หลักโภชนาการปัจจุบัน, บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด
กรุงเทพฯ.
- ประชา บุญสุริยกุล และอรวิณี ไทรกี. 2519. อาหาร, สมาคมคหเศรษฐศาสตร์แห่งประเทศไทย
กรุงเทพฯ .
- ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช. 2526.อุตสาหกรรมน้ำมันพืช, เอกสารประกอบการบรรยาย, บริษัท
ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด.
- ไพจิตร จันทร์วงศ์. 2523. การกลั่นใบไม้ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ, วารสารอาหาร 12 (1) :
31-37.
- ประเทืองศรี สินชัยศรี และวิมลณี เหวตสิน. 2523. การศึกษาปริมาณไขมันและโปรตีนใน
ถั่วเหลืองบางพันธุ์, วารสารอาหาร (12) 4 : 314 - 326.
- วันชัย สมชิต. 2527. ถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์, สถาบันคนควาและหัตถนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOCS.1971. Official and Tentative Method of American oil Chemist's
Society, Vol 1-2.
- G.R. List, T.L.Monuts, K.Warner, and Heakin. 1978.Effect of Refining
and Degumming Method on oil Quality ,J.AOCS Vol 55,p 277-279.

ภาคผนวก

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

1. การวิเคราะห์หากรดไขมันอิสระ (*Free fatty acid*) (โดยวิธีของ AOCS, 1971)

หลักการ คุณภาพของไขมันและน้ำมันสามารถดูได้จาก การยอมให้ เกิดขบวนการไฮโดรไลซ์ของไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นไกลีเซอไรต์ โมโนกลีเซอไรต์และกรดไขมันอิสระ ถ้ารู้ปริมาณกรดไขมันอิสระในผลิตภัณฑ์ก็สามารถที่จะทราบค่าของการยอมให้ เกิดขบวนการไฮโดรไลซ์ของไขมันได้ โดยการนำไขมันของตัวอย่างที่สกัดได้จาก *chloroform*, *Methanol* นำไปไตเตรทกับด่างซึ่งมี *phenolphthalein* เป็น *indicator*

สารเคมี : *NaOH* 0.1 N

: 96% เอทานอล

วิธีการ

1. นำไขมันประมาณ 10 มล ผสมกับเอทานอล 30 ม.ล.
2. นำไปไตเตรทกับ *NaOH* 0.1 N โดยมี *phenolphthalein* เป็น *Indicator*
3. บันทึกปริมาณ *NaOH* ที่ใช้ไปเพื่อคำนวณตามสูตร

คำนวณ

Free fatty acid สามารถคำนวณได้จาก *oleic acid* (M.W. = 282)

$$\text{สูตร เเปอร์เซ็นต์ FFA} = \frac{A \times 0.1 \times 282}{w}$$

หมายเหตุ การวิเคราะห์หาค่า *acid value* (AOCS, cd 3a-63, 1971) เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการหา FFA แลวนำไปไตเตรทกับ *KOH* 0.1 N โดยมี *phenolphthalein* เป็น *indicator* เช่นกัน

การคำนวณ

$$\text{สูตร ค่า } AV = \frac{A \times 0.1 \times 56.1}{w}$$

เมื่อ A = จำนวน $NaOH$ $0.1N$ ที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง (ม.ล.)

w = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

2. การวิเคราะห์หา *Peroxide value* ในไขมัน (โดยวิธีของ *AOCS, cd 8-53, 1971*)

1. สารเคมี

1.1 สารละลาย *Acetic acid-chloroform* ผสม *acetic acid* 3 ส่วน ต่อ *chloroform* 2 ส่วน โดยปริมาตรและเขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน

1.2 *Starch solution* 1% ละลาย *Soluble starch* 1 กรัม ด้วยน้ำเย็นนิดหน่อย แล้วจึงเทน้ำเดือด 100 ม.ล. ลงไปในอ่างพร้อมกับคนตลอดเวลาเพื่อไม่ให้แข็งจับกันเป็นก้อนแล้วยกตั้งไฟให้เดือด 1 นาที

1.3 สารละลาย *potassium iodide* อิ่มตัว ละลาย KI ในน้ำเดือดที่ต้มใหม่ ๆ โดยใส่ KI จนกระทั่งเกินพอคือมีผลึกที่ไม่ละลายน้ำเกิดขึ้นแล้วเก็บไว้ในที่มืด เวลาที่ใช้จะต้องใช้สารละลายที่เตรียมใหม่เสมอ

1.4 สารละลายมาตรฐาน *Sodium thiosulphate* ($Na_2S_2O_3$) $0.1N$

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 การเตรียมไขมันสำหรับวิเคราะห์ ถ้าไขมันแข็งที่อุณหภูมิห้องจำเป็นจะต้องหลอมไขมันให้เป็นของเหลวเสียก่อน

2.2 ชั่งไขมันประมาณ 5 ± 0.5 กรัม ใส่ลงในฟลาส 250 ม.ล. เติม *Acetic acid-chloroform solution* 30 ม.ล. แล้วเขย่าให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงเติม *Saturated potassium iodide solution* 0.5 ม.ล. ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที พร้อมทั้งเขย่าเป็นครั้งคราว

2.3 นำสารละลายที่ได้มาเติมน้ำกลั่นประมาณ 30 ม.ล. เขย่าให้เข้ากันดี
เติม 1% *Starch solution* 0.5ม.ล. สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

2.4 นำสารละลายมาไทเตรทกับ $Na_2S_2O_3$ *Standard 0.1N* อย่างช้าๆ
พร้อมทั้งเขย่าสารละลายแรง ๆ ขณะที่เติม $Na_2S_2O_3$ ไทเตรทจนกระทั่งสีน้ำเงินจางหายไป
บันทึกปริมาตรของ $Na_2S_2O_3$ เอาไว้

2.5 ทำ *blank* ด้วยทุกครั้งที่ทำการศึกษาทดลอง

2.6 การคำนวณ

Peroxide value (mg. peroxide/kg. sample)

$$= \frac{(S-B) \times N \times 100}{\text{gram Sample}}$$

S = จำนวนม.ล. ของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไทเตรทตัวอย่าง

B = จำนวนม.ล. ของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไทเตรท *blank*

N = *Normality* ของ $Na_2S_2O_3$

3. การวิเคราะห์หา *Saponification number* ในไขมัน (โดยวิธี *AOCS cd 3-25, 1971*)

1. หลักการ การวิเคราะห์หา *Saponification number* เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณของขนาดของอนุของกรดไขมันที่มีความยาวและสั้นของอนุหรือน้ำหนักของอนุสูงหรือต่ำในปริมาณเท่าใด ดังนั้นการวิเคราะห์โดยวิธีนี้จึงเป็นการวัดปริมาณของด่าง *potassium hydroxide* (*KOH* เป็น ม.ก.) ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาให้กรดไขมันในไขมัน 1 กรัม เป็นกลาง น้ำมันหรือไขมันชนิดใดที่มีกรดไขมันอนุสั้น ๆ จะมีค่าของ *Saponification number* สูงกว่าน้ำมันหรือไขมันอนุยาว ๆ

2. สารเคมี

2.1 สารละลาย *Alcoholic potassium* ผก *KOH* 40 กรัม ด้วยโกร่งบดอาหารขนาด 185 ม.ม. แล้วใส่ *CaO* 48 กรัม แล้วบดจนละเอียดเป็นผง แล้วเติม *alcohol* ลงในโกร่งประมาณ 100 ม.ล. คนให้ละลาย ถายลงในฟลาสขนาด 2 ลิตร ล้างโกร่งด้วย *alcohol*

3-4 ครั้ง ถ่ายลงในฟลาสเดียวกัน นำมาละลายทั้งหมดให้ปริมาตรประมาณ 1 ลิตร โดยใช้ alcohol ทั้งหมดประมาณ 1 ลิตร เขย่าสารละลายนานกว่า 5 นาที แล้วนำ beaker มาครอบปิดฟลาส ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ขณะที่ตั้งทิ้งไว้ให้เขย่าสารละลายเป็นครั้งคราว แล้วกรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรอง แล้วเก็บสารละลายในขวดที่มีฝาจุกแก้ว

2.2 สารละลายกรดเกลือมาตรฐาน (0.5 N HCl)

2.3 Phenolphthalein indicator 1%

3. วิธีวิเคราะห์

3.1 ชั่งไขมันหรือน้ำมันให้ได้น้ำหนักอย่างละเอียด 5 กรัม ใส่ในฟลาสขนาด 250-300 ม.ล.

3.2 ไปเปิดสารละลาย Alcolic potassium hydroxide จำนวน 50 ม.ล. ลงในฟลาส

3.3 นำฟลาสไปต่อเข้ากับ air condenser และให้ความร้อนฟลาสจนเดือด จนกระทั่งไขมันถูก Saponified เสร็จสมบูรณ์ (ใช้เวลาประมาณ 30 นาที)

3.4 นำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปไตเตรทกับกรดเกลือมาตรฐาน 0.5 N โดยใช้ phenolphthalein เป็น indicator

3.5 นำ blank ด้วยทุกครั้ง โดยไปเปิดสารละลาย alcoholic potassium hydroxide อันเดียวกันกับที่ใช้กับตัวอย่าง

3.6 การคำนวณ

$$\text{Saponification Number} = \frac{28.05 (B-S)}{\text{gram sample}}$$

28.05 = 0.5 KOH 1 ม.ล. จะมีน้ำหนักเท่ากับ 28.05 ม.ก.

B = ม.ล. ของ 0.5 N KOH ที่ใช้ไตเตรท blank

S = ม.ล. ของ 0.5 N KOH ที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์ไอโอดีนแบบวิจส์ (*iodine value wijs*) (AOCs, cd 125, 1971)

4.1 สารเคมี

4.1.1 *Wijs solution* ละลาย *iodine trichloride* 8 กรัมใน *glacial acetic acid* 200 ม.ล. แล้วพักไว้ ละลาย 9 กรัม ใน *carbon tetrachloride* 300 ม.ล. นำสารละลายทั้งสองอย่างมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วทำให้ได้ปริมาตร 1000 ม.ล. ด้วย *glacial acetic acid*

4.1.2 *Potassium iodide* 10% ซึ่ง *KI* 50 กรัมละลายใน น้ำกลั่น 500 ม.ล.

4.1.3 สารละลายมาตรฐาน *Sodium thiosulphate* 0.1 N

4.1.4 *Carbontetrachloride* (CCl_4)

4.1.5 *Starch indicator* ซึ่ง *soluble starch* 1 กรัม เติมน้ำเย็นเพื่อละลายแป้ง แล้วจึงเติมน้ำกลั่นเดือด 100 ม.ล. พร้อมกับคนตลอดเวลาขณะที่เหนียวเดือดแล้วนำไปตั้งไฟให้เดือด 1 นาที พร้อมที่คนอยู่เสมอ

4.2 วิธีวิเคราะห์

4.2.1 ชั่งน้ำหนักที่ต้องการวิเคราะห์ประมาณ 0.2-0.3 กรัม ลงใน ฟลาสขนาด 250 ม.ล. เติมน้ำ *carbon tetrachloride* 10 ม.ล. แล้วเขย่าให้ละลาย เสร็จแล้วเติม *Wijs solution* 20 ม.ล. รมปิดจุกฟลาสทันทีให้แน่น (จุกยางควรทำให้เปียกด้วย *KI solution* เสียก่อน) แล้วนำไปตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที

4.2.2 เติมน้ำ *KI solution* 10% จำนวน 15 ม.ล. และน้ำกลั่น 100 ม.ล. ลงไปในสารละลายที่ได้แล้วเขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน

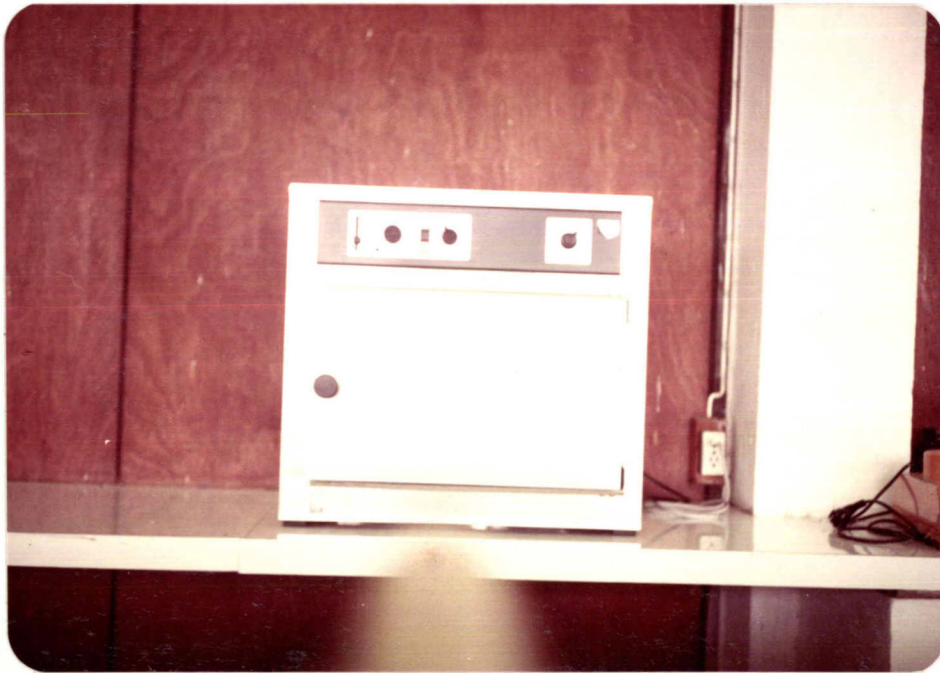
4.2.3 นำสารละลายไปไตเตรทด้วย *Sodium thiosulphate* 0.1 N โดยใช้ *starch* เป็นอินดิเคเตอร์ บันทึกปริมาตรของ 0.1 N *Sodium thiosulphate* ที่ใช้ในการไตเตรท (*a* ม.ล.)

4.2.4 ทำ *blank* ทุกอย่างเหมือนกับตัวอย่างแล้วนำไปไตเตรทด้วย *Sodium thiosulphate* แล้วบันทึกปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรท (*b* ม.ล.)

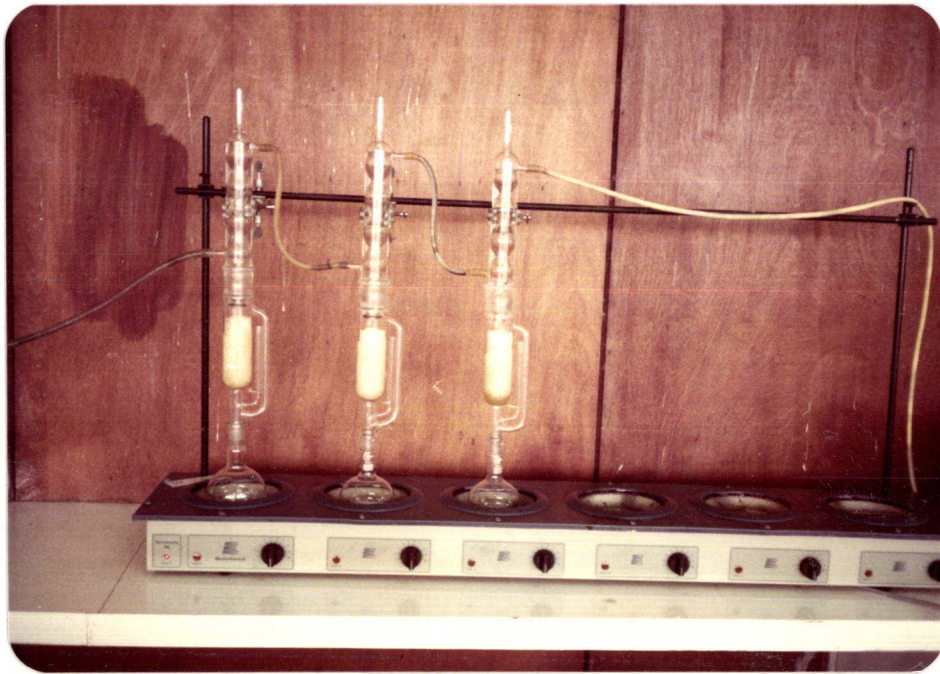
4.2.5 การคำนวณ

$$Iodine\ number = \frac{(b-a) \times 1.269}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่วิเคราะห์ (กรัม)}}$$

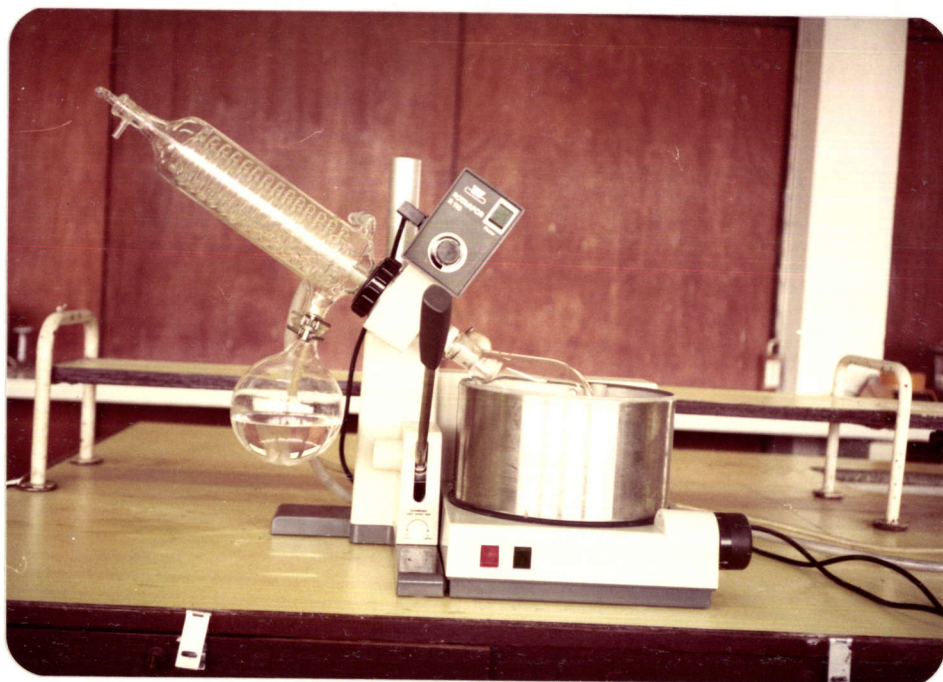
หมายเหตุ ถ้า $(b-a)$ มากกว่า $b/2$ แสดงว่าต้องใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์น้อยกว่าที่ใช้



รูปที่ 1 ตู้อบไฟฟ้า (Electrical oven)



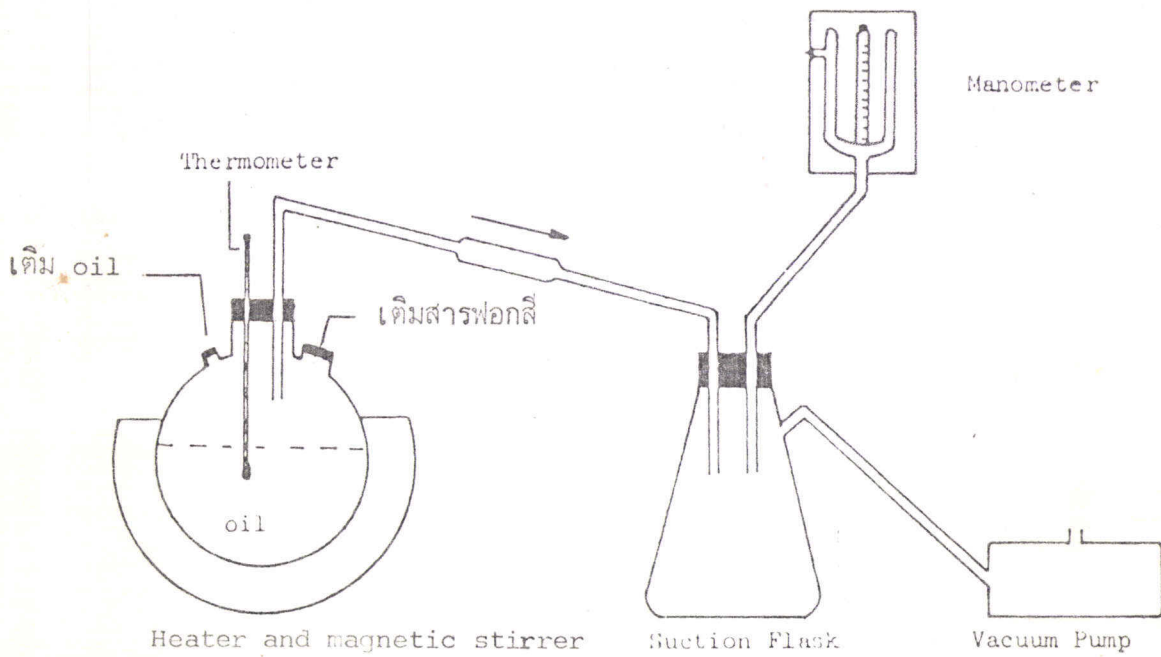
รูปที่ 2 เครื่องสกัดน้ำมัน (Soxhlet extractor)



รูปที่ 3 เครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary evaporator)



รูปที่ 4 เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge)



รูปที่ 5 ชุดฟอกสี (Bleaching apparatus)

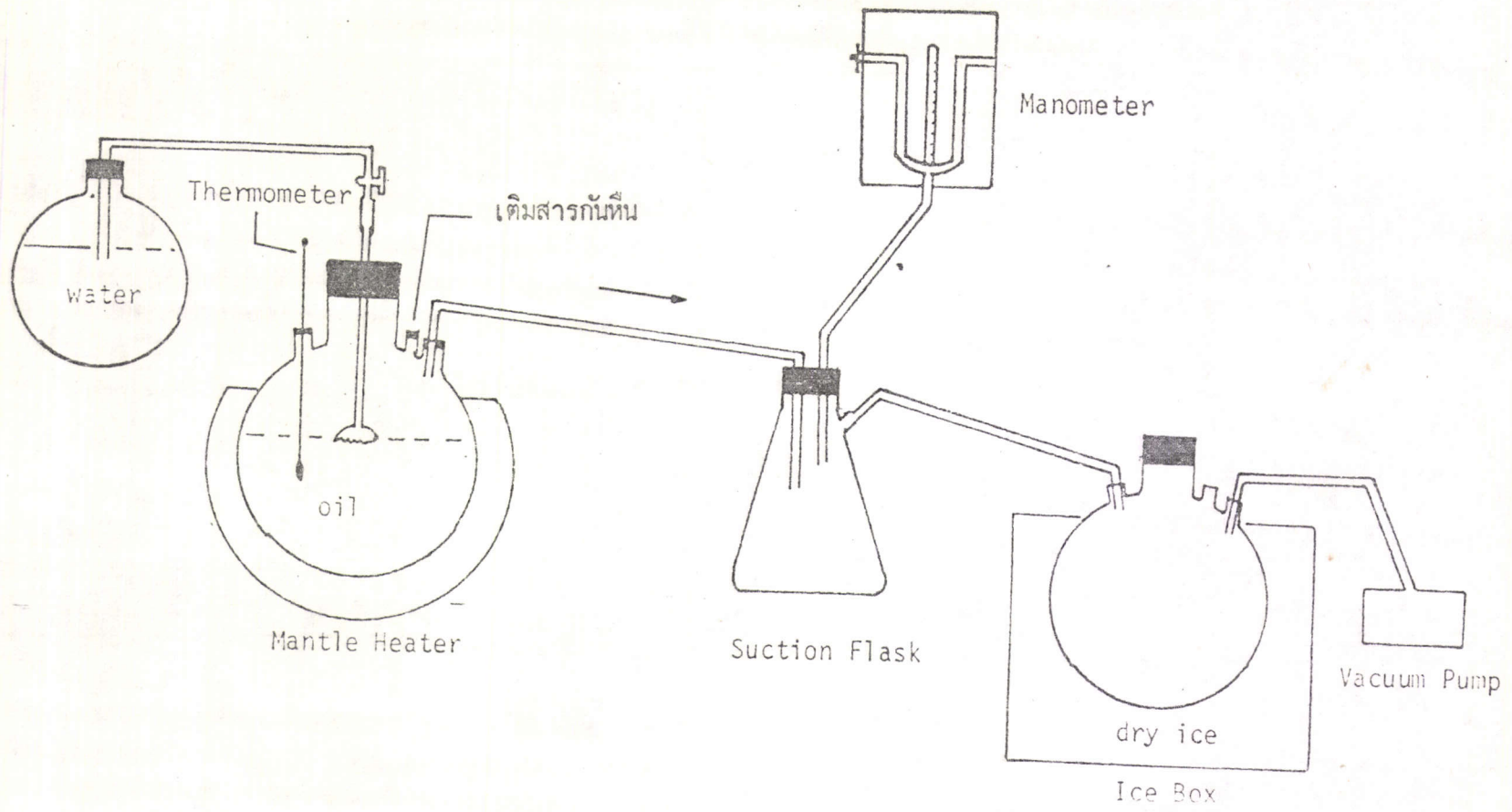
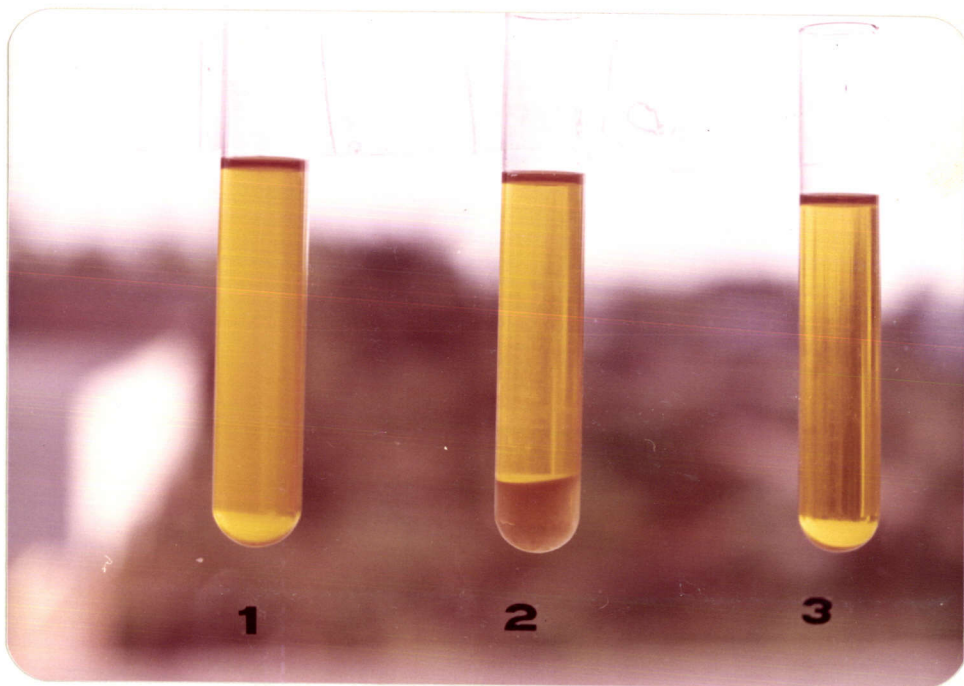


Fig. 6. Deodorizing apparatus



รูปที่ 7 เครื่องวัดสี Gardener colorimeter, lovibond



- รูปที่ 8 แสดงน้ำมันถั่วเหลืองดิบก่อนและหลัง degumming
1. น้ำมันถั่วเหลืองก่อน degumming (crude soybean oil)
 2. ลักษณะกัมที่แยกตัวหลังจากผ่านเครื่องเหวี่ยงแยก
 3. น้ำมันถั่วเหลืองหลัง degumming



รูปที่ 9 แสดงน้ำมันถั่วเหลืองที่ได้แต่ละขั้นตอน

1. น้ำมันถั่วเหลืองดิบ (crude soybean oil)
2. น้ำมันที่ผ่านการทำให้เป็นกลาง (neutral oil)
3. น้ำมันที่ผ่านการฟอกสี
4. น้ำมันที่ผ่านการกำจัดกลิ่น