

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 7 ว

ของ

นางสุรีย์ พุณศรีทธา
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

เรื่องที่ 1

การศึกษาคุณภาพของน้ำมันบริโภค
ในระยะเวลาการเก็บต่างๆกัน

กลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ
กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

บทคัดย่อ

เมื่อเก็บน้ำมันหรือผลิตภัณฑ์อาหารที่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบไว้นานๆจะมีกลิ่นเหม็นหืนเนื่องจากออกซิเจนในอากาศ โดยมีความร้อน แสง น้ำ และ โลหะบางตัว เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วขึ้น กระบวนการดังกล่าวเรียกว่า oxidative rancidity เกิดสารเพอร์ออกไซด์ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสในอาหารและผลิตภัณฑ์ จึงได้ทำการศึกษาความคงทนต่อการเติมออกซิเจนของน้ำมันชนิดต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value) ค่าของกรด (acid value) และ ค่าดัชนีความคงตัวของน้ำมันหรือค่าไอเอสไอ (oil stability index, OSI) โดยการเก็บตัวอย่างไว้บนชั้นเหล็กโปร่งที่อุณหภูมิห้อง ไม่ถูกแสงแดด โดยแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 แบบ คือ แบบ A เป็นตัวอย่างที่ยังไม่ได้เปิดฝีก และแบบ B เป็นตัวอย่างชนิดเดียวกันกับแบบ A แต่เปิดฝีกแล้วเทน้ำมันออกมาเพื่อตรวจวิเคราะห์ หลังจากเทน้ำมันทุกครั้งจะปิดฝาและเก็บในสภาพเดิมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป ทำการวิเคราะห์ในช่วงระยะเวลาการเก็บทุกเดือนจนครบ 12 เดือน

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันชนิดต่างๆรวม 8 ชนิด ตัวอย่างน้ำมันทุกชนิดในแบบ A มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 0.70 - 10.1 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.05 - 0.48 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน และมีค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 1.67 - 16.2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส แสดงว่าน้ำมันที่อยู่ในภาชนะที่ปิดสนิทสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 1 ปีโดยที่คุณภาพยังคงอยู่ในเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน ส่วนตัวอย่างน้ำมันทุกชนิดในแบบ B มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 1.04 - 60.3 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.05 - 0.50 และค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 0.65 - 16.2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส พบว่าค่าของกรดยังคงอยู่ในเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน มีความเปลี่ยนแปลงมากในค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอ เนื่องจากการถูกเติมออกซิเจน ทำให้ค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ค่าไอเอสไอลดลงตามระยะเวลาการเก็บ แสดงว่าแสงและอากาศมีผลต่อคุณภาพของน้ำมันที่เปิดใช้แล้ว ทำให้มีคุณภาพเกินเกณฑ์กำหนดมาตรฐานตามระยะเวลาการเก็บและชนิดของน้ำมัน

เลขที่ ๐๘
๐๐๒๗
เลขทะเบียน ๙๘๙๒
วันที่ 4 พฤศจิกายน ๒๕๖๔

ด้วยอธิบดีพนักงาน
จาก
๐๗.

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	i
สารบัญตารางและรูปภาพ	ii
สารบัญภาคผนวก	iii
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	12
ประโยชน์ที่ได้รับ	12
ระยะเวลาดำเนินการ	12
วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและวิธีดำเนินการ	13
ตัวอย่างที่ใช้	13
วิธีดำเนินการ	14
วิธีวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์	14
วิธีวิเคราะห์ค่าของกรด	16
วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีความคงตัวของน้ำมัน	17
ผลการศึกษาทดลอง	19
วิจารณ์และสรุปผล	35
คำขอบคุณ	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	40

สารบัญตารางและรูปภาพ

		หน้า
ตาราง		
ตารางที่ 1	แสดงจำนวนธาตุคาร์บอนและพันธะคู่ ในกรดไขมันชนิดต่าง ๆ	3
ตารางที่ 2	แสดงชนิดและปริมาณของกรดไขมัน ในน้ำมันพืชและสัตว์บางชนิด	4
ตารางที่ 3	แสดงชนิดของ methyl ketones ที่เกิดจาก ปฏิกิริยาของเชื้อรากับกรดไขมัน	11
ตารางที่ 4	ผลการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ ของน้ำมันชนิดต่าง ๆ	21
ตารางที่ 5	ผลการวิเคราะห์ค่าของกรด ของน้ำมันชนิดต่าง ๆ	22
ตารางที่ 6	ผลการวิเคราะห์ค่าไอเอสไอ ของน้ำมันชนิดต่าง ๆ	23
รูปภาพ		
รูปที่ 1	แสดงสูตรโครงสร้างของกลีเซอรอล กรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์	2
รูปที่ 6	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเพอร์ออกไซด์และเวลา	24
รูปที่ 7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าของกรดและเวลา	25
รูปที่ 8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าไอเอสไอและเวลา	26
รูปที่ 9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอของ น้ำมันดอกทานตะวันผ่านกรรมวิธี	27
รูปที่ 10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอของ น้ำมันดอกคำฝอยธรรมชาติ	28

	หน้า	
รูปที่ 11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอของ น้ำมันข้าวโพดผ่านกรรมวิธี	29
รูปที่ 12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอของ น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (ถั่วเหลือง:เมล็ดฝ้าย)	30
รูปที่ 13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอของ น้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธี	31
รูปที่ 14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอของ น้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธี	32
รูปที่ 15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอของ น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (ถั่วเหลือง:รำข้าว)	33
รูปที่ 16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอของ น้ำมันปาล์มโอเลอินจากเนื้อปาล์มผ่านกรรมวิธี	34

สารบัญภาคผนวก

		หน้า
ภาคผนวก 1		
รูปที่ 2	การหาค่าไอเอสไอ โดยวิธีแทนเจนเชียล	40
รูปที่ 3	เครื่องเรนจิแมท 679	41
รูปที่ 4	ส่วนทำงาน	42
รูปที่ 5	แผนผังของส่วนทำงาน	43
รูปที่ 17	ตัวอย่างกราฟคอนดักติวิตี	44
ภาคผนวก 2	ข้อควรระวังในการวิเคราะห์ค่าไอเอสไอ	45
ภาคผนวก 3	การทำความสะอาดเครื่องแก้ว	46

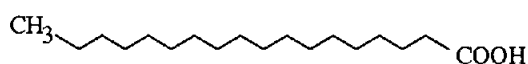
บทนำ

ไขมันเป็นอาหารหลักหมู่หนึ่งของมนุษย์ซึ่งได้จากพืชและสัตว์ ไขมันซึ่งอยู่ในสภาพของแข็ง ณ อุณหภูมิห้องเรียกว่าไขมัน (fat) และที่อยู่ในสภาพของเหลว ณ อุณหภูมิห้องเรียกว่าน้ำมัน (oil) ไขมันเป็นตัวช่วยการดูดซึมวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน (fat soluble vitamins) ได้แก่วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค การย่อยไขมันภายในร่างกายเป็นไปได้ช้ากว่าโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต จึงทำให้มีความรู้สึกว่ามีอยู่นาน รสชาติของอาหารจะดีขึ้นถ้าใช้ไขมันปรุง ไขมันยังเป็นแหล่งสำคัญที่ให้พลังงาน ส่วนที่เหลือสะสมไว้ในร่างกายและถูกนำมาใช้เป็นพลังงานเมื่อร่างกายต้องการ ทำหน้าที่เป็นฉนวนต่อต้านอากาศหนาวเย็น ไขมันบางชนิดยังให้กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acids) ซึ่งร่างกายจะขาดไม่ได้สำหรับการสร้างเซลล์และโปรสตาแกลนดิน (cell structures and prostaglandin synthesis)

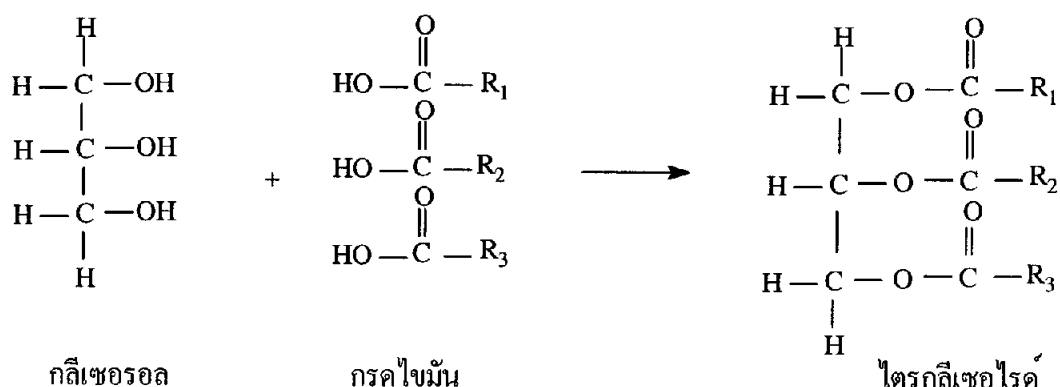
อย่างไรก็ตามทางเคมีไขมันมีความหมายกว้างครอบคลุมถึงสารหลายชนิดที่ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในสารละลายไขมันเช่น อีเทอร์ (ether) คลอโรฟอร์ม (chloroform) ไขมันที่รับประทานส่วนใหญ่ได้แก่สารที่มีชื่อทางเคมีว่าไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งเป็นผลจากการรวมตัวของกลีเซอรอล (glycerol) 1 โมเลกุล กับกรดไขมัน (fatty acids) 3 โมเลกุล กลีเซอรอลประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจน กรดไขมันก็ประกอบด้วยธาตุทั้งสามชนิดนี้แต่มีการเรียงตัวแตกต่างกัน กรดไขมัน 3 ตัวที่มาเกาะอยู่กับกลีเซอรอลนั้นอาจเป็นชนิดเดียวกันหมดหรือต่างชนิดก็ได้ เมื่อเรารับประทานน้ำมันจึงเท่ากับได้รับไตรกลีเซอไรด์นั่นเอง

น้ำมันและไขมันธรรมชาติประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์หลายชนิด ลักษณะของไขมันขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของไตรกลีเซอไรด์ และลักษณะของไตรกลีเซอไรด์แต่ละชนิดก็ขึ้นอยู่กับกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ที่มารวมตัวด้วย

ลักษณะสูตรโครงสร้างของกรดไขมัน (4,10) ประกอบด้วยสายโซ่คาร์บอน (chain of carbon atom) จับต่อกันและคาร์บอนอะตอมแต่ละตัวจับรวมกับไฮโดรเจนอะตอม โดยมีปลายข้างหนึ่งของสายโซ่เป็นหน่วยเมทิล (methyl group : $-CH_3$) และปลายอีกข้างหนึ่งเป็นหน่วยคาร์บอกซิล (carboxyl group : $-COOH$) เช่น กรดสเตียริก (stearic acid) มีสูตรโครงสร้างดังนี้ $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ หรือ $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$ หรือเขียนอีกแบบหนึ่งคือ



ซึ่งหน่วยคาร์บอกซิลจะไปจับกับกลีเซอรอลได้กลีเซอไรด์ (ดูรูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างของกลีเซอรอล กรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์

เมื่อ R_1 R_2 และ R_3 คือสายโซ่คาร์บอนที่เกาะกับหมู่คาร์บอกซิลของกรดไขมัน ซึ่งอาจจะเหมือนกันหรือต่างกันได้

กรดไขมันมีอยู่หลายชนิด ทุกชนิดจะมีหน่วยคาร์บอกซิลอยู่หนึ่งหน่วยเหมือนกัน ส่วนที่แตกต่างกันคือลักษณะทางเคมีในส่วนของสายโซ่คาร์บอน ทำให้กรดไขมันมีชื่อแตกต่างกันไป (1,17) ซึ่งมีอยู่ 2 ประการคือ

- จำนวนของธาตุคาร์บอน กรดไขมันประกอบด้วยจำนวนธาตุคาร์บอนเป็นเลขคู่ตั้งแต่ 4 (หรือ 2 คู่) ขึ้นไป อาจแบ่งกรดไขมันตามจำนวนของธาตุคาร์บอนออกได้เป็น 3 กลุ่มคือพวกที่มีจำนวนธาตุคาร์บอน 4 ถึง 6 เรียกว่ากรดไขมันที่มีสายโซ่ขนาดสั้น (short-chain) พวกที่มีจำนวนธาตุคาร์บอน 8 ถึง 12 เรียกว่ากรดไขมันที่มีสายโซ่ขนาดกลาง (medium-chain) และพวกที่มีจำนวนธาตุคาร์บอนมากกว่า 12 ขึ้นไปเรียกว่ากรดไขมันที่มีสายโซ่ขนาดยาว (long-chain)
- ความอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวของกรดไขมัน แขนที่ยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันระหว่างธาตุคาร์บอนในส่วนของสายโซ่คาร์บอนนั้น ถ้ายึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเดี่ยว (single bond) เรียกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids) ถ้ายึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะคู่ (double bond) เรียกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวยังแบ่งออกตามจำนวนพันธะคู่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 คู่ (monounsaturated fatty acids) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 คู่ (polyunsaturated fatty acids) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

กรดไขมันอาจแบ่งโดยอาศัยคุณค่าทางโภชนาการเป็น 2 พวกคือ

- กรดไขมันไม่จำเป็น กรดไขมันไม่จำเป็นเป็นกรดไขมันที่นอกจากจะได้จากอาหารแล้วร่างกายยังสามารถสังเคราะห์ได้เองด้วย ได้แก่กรดไขมันอิ่มตัวทุกชนิด และกรดไขมันไม่อิ่มตัวบางชนิด

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนธาตุคาร์บอนและพันธะคู่ในกรดไขมันชนิดต่าง ๆ (15,17)

Saturated fatty acids				
number of carbon atom	molecular formula	common name	systematic name ^a	abbreviation ^b
4	C ₄ H ₈ O ₂	Butyric acid	Butanoic acid	4:0
6	C ₆ H ₁₂ O ₂	Caproic acid	Hexanoic acid	6:0
8	C ₈ H ₁₆ O ₂	Caprylic acid	Octanoic acid	8:0
10	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	Capric acid	Decanoic acid	10:0
12	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	Lauric acid	Dodecanoic acid	12:0
14	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	Myristic acid	Tetradecanoic acid	14:0
16	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	Palmitic acid	Hexadecanoic acid	16:0
18	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	Stearic acid	Octadecanoic acid	18:0
20	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	Arachidic acid	Eicosanoic acid	20:0
22	C ₂₂ H ₄₄ O ₂	Behenic acid	Docosanoic acid	22:0
24	C ₂₄ H ₄₈ O ₂	Lignoceric acid	Tetracosanoic acid	24:0
Monounsaturated fatty acid				
number of carbon atom	molecular formula	common name	systematic name ^a	abbreviation ^b
10	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	Caproic acid	9-Decenoic acid	10:1, n-1
12	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	Lauroic acid	9-Dodecenoic acid	12:1, n-3
14	C ₁₄ H ₂₆ O ₂	Myristoleic acid	9-Tetradecenoic acid	14:1, n-5
16	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	Palmitoleic acid	9-Hexadecenoic acid	16:1, n-7
18	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	Oleic acid	9-Octadecenoic acid	18:1, n-9
18	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	Vaccenic acid	11-Octadecenoic acid	18:1, n-7
20	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	Gadoleic acid	9-Eicosenoic acid	20:1, n-11
22	C ₂₂ H ₄₂ O ₂	Erucic acid	13-Docosenoic acid	22:1, n-9
Polyunsaturated fatty acids				
number of carbon atom	molecular formula	common name	systematic name ^a	abbreviation ^b
18	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	Linoleic acid	9,12-Octadecadienoic acid	18:2, n-6
18	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	α - Linolenic acid	9,12,15-Octadecatrienoic acid	18:3, n-3
18	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	γ - Linolenic acid	6,9,12-Octadecatrienoic acid	18:3, n-6
20	C ₂₀ H ₃₂ O ₂	Arachidonic acid	5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid	20:4, n-6

a : double bond position from the carboxyl end

b : fatty acid formulae are abbreviated in the form x : y, n - m where

x : number of carbon atoms in the molecule

y : number of double bonds

m : position of the first double bond numbered from the methyl end

- กรดไขมันจำเป็น กรดไขมันจำเป็นเป็นกรดไขมันที่ร่างกายสังเคราะห์เองไม่ได้ต้องได้จากอาหารที่รับประทานเข้าไปเท่านั้น กรดไขมันจำเป็นมีอยู่ 3 ตัวด้วยกันคือ กรดไลโนลีนิก (linoleic acid) กรดไลโนลินิก (linolenic acid) และกรดอราชิโดนิก (arachidonic acid) ซึ่งกรดอราชิโดนิกอยู่ในตระกูลเดียวกับกรดไลโนลีนิก ดังนั้นนอกจากได้จากอาหารแล้วร่างกายสามารถสังเคราะห์กรดอราชิโดนิกจากกรดไลโนลีนิกได้บ้าง

หน้าที่ของกรดไลโนลีนิก (1)

- เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เมื่อกรดไลโนลีนิกเข้าสู่ร่างกายแล้วสามารถเปลี่ยนเป็นกรดอราชิโดนิก กรดอราชิโดนิกเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์และเยื่อหุ้มอวัยวะเล็ก ๆ ภายในเซลล์ เมื่อร่างกายขาดกรดไลโนลีนิกจึงทำให้ปริมาณกรดอราชิโดนิกลดลง การเปลี่ยนแปลงนี้มีผลทำให้เยื่อหุ้มต่าง ๆ ที่มีกรดอราชิโดนิกเป็นองค์ประกอบมีลักษณะผิดปกติไปด้วย เช่น เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างผิดปกติ อัตราการเผาผลาญสารอาหารมากกว่าภาวะปกติ
- ควบคุมระดับไขมันในเลือด การรับประทานอาหารที่ให้กรดไลโนลีนิกในขนาดที่เหมาะสมอย่างสม่ำเสมอสามารถควบคุมระดับคอเลสเตอรอล (cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ
- เป็นตัวให้กำเนิดโปรสตาแกลนดิน โปรสตาแกลนดินเป็นฮอร์โมนซึ่งมีหลากหลายอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดมีหน้าที่เฉพาะของตน จากการศึกษาพบว่ากรดอราชิโดนิกที่ร่างกายสร้างขึ้นจากกรดไลโนลีนิกนั้น จะถูกนำไปสร้างเป็นสารชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ในกลุ่มของฮอร์โมนโปรสตาแกลนดินเรียกว่าโปรสตาไซคลิน (prostacyclin) ที่เยื่อบุด้านในของหลอดเลือด โปรสตาไซคลินมีฤทธิ์ขัดขวางการจับตัวของเกล็ดเลือด จึงมีส่วนป้องกันไม่ให้เกิดเลือดจับตัวกันเป็นก้อนไปอุดตันตามหลอดเลือดต่าง ๆ นอกจากนี้กรดอราชิโดนิกยังถูกเปลี่ยนเป็นโปรสตาแกลนดินซึ่งมีฤทธิ์ทำให้ได้เพิ่มการขับถ่ายโซเดียมและน้ำออกจากร่างกาย ผลดังกล่าวนี้มีส่วนควบคุมให้ระดับความดันโลหิตอยู่ในเกณฑ์ปกติ

แต่ก่อนนี้นิยมบริโภคน้ำมันที่ได้จากสัตว์ได้แก่น้ำมันหมู ปัจจุบันผู้บริโภคลดความนิยมลงไปมากและหันมาบริโภคน้ำมันพืชแทน น้ำมันพืชจะมีบทบาทและความสำคัญเพิ่มขึ้นเรื่อยๆทั้งทางด้านอุตสาหกรรมและการบริโภค ทั้งนี้เพราะเป็นที่เชื่อกันในวงการแพทย์ว่าการบริโภคน้ำมันพืชโดยเฉพาะน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ลดการจับตัวของเกล็ดเลือด และลดความดันโลหิต การดำรงชีวิตของสัตว์หลายชนิดต้องการกรดไขมันไม่อิ่มตัวในอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของร่างกาย

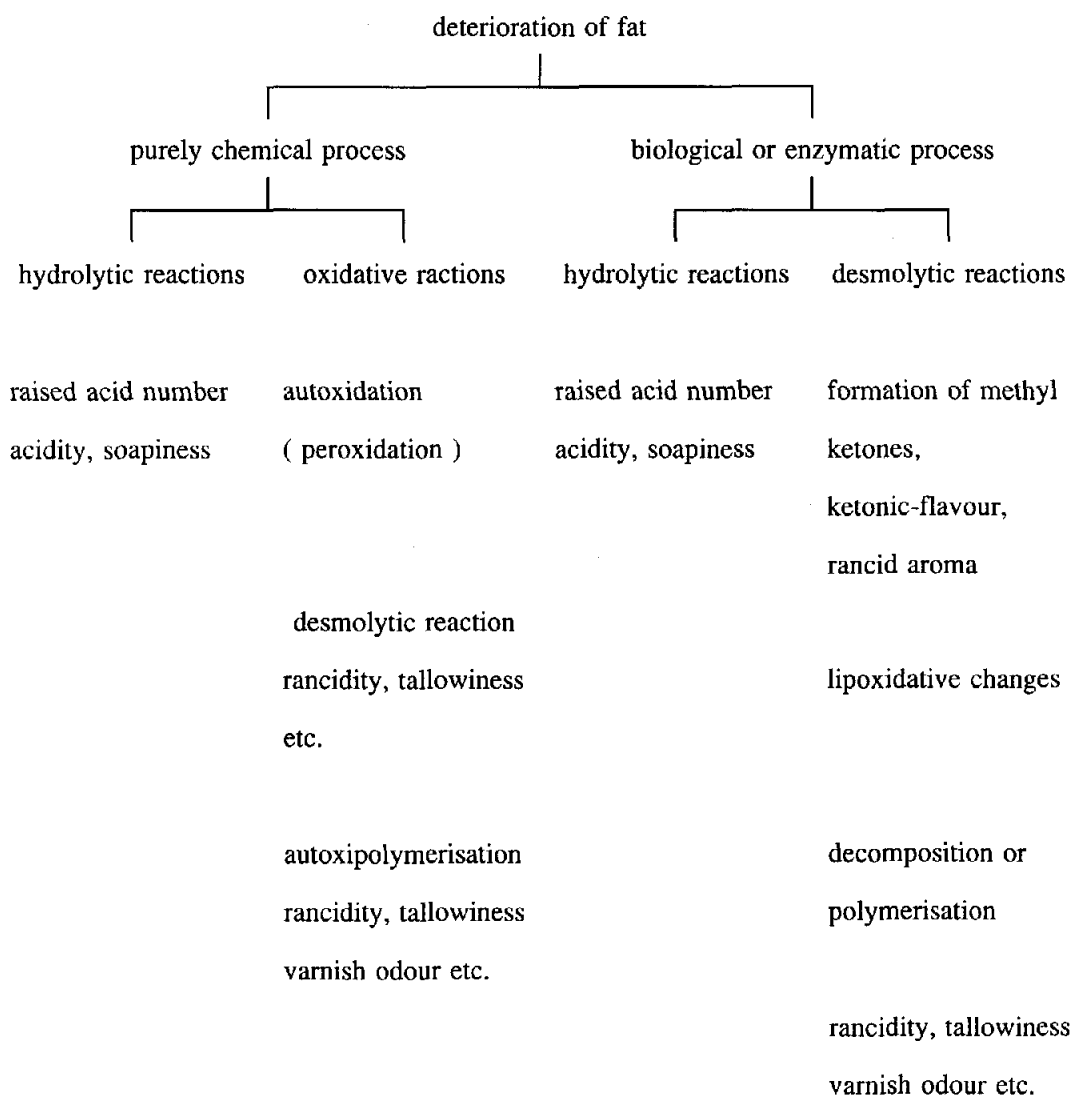
น้ำมันและไขมันมีชนิดและปริมาณของกรดไขมันไม่เหมือนกัน บางอย่างมีกรดไขมันอิ่มตัวมาก บางอย่างมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมาก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

เมื่อเก็บน้ำมันและไขมันไว้นาน ๆ จะเกิดการเสื่อมคุณภาพ (3) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้แบ่งตามพื้นฐานได้ 2 แบบคือ

1. เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี (purely chemical changes)
2. เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและจุลชีววิทยา (biochemical and microbiological changes)

ปฏิกิริยาทั้งสองแบบเกิดขึ้นในเวลาเดียวกัน และขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของน้ำมันและไขมัน สารปริมาณน้อย เช่น vitamins, phosphatides, lipocromes, unsaturated hydrocarbons และตัวแปรภายนอกได้แก่ ความร้อน แสง น้ำ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่น เช่น กลิ่นคาวปลา (fishy, liver oily) กลิ่นสบู่ (soapy) และเกิด peroxide formation, aldehyde and ketone formation

กระบวนการหลักของการเสื่อมสภาพของน้ำมันและไขมัน



การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเป็นได้ทั้งแบบ hydrolytic และ oxidative

Hydrolytic reactions

ในทางเคมีไขมันเป็นเอสเทอร์ของไตรไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ (กลีเซอรอล) กับกรดไขมัน ไตรเอสเทอร์ของกลีเซอรอลเรียกว่าไตรกลีเซอไรด์ น้ำมันและไขมันธรรมชาติเป็นส่วนผสมของกลีเซอไรด์ของกรดไขมันต่างชนิดกันในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน

เมื่อเกิดการไฮโดรไลส์ น้ำมันและไขมันจึงได้กลีเซอรอลและกรดไขมัน โดยมีน้ำ ความร้อน แสง เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา ความเป็นกรดของน้ำมันและไขมันจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับธรรมชาติขององค์ประกอบของน้ำมันและไขมัน และกรดไขมันอิสระที่ถูกปลดปล่อยออกมา โดยการวิเคราะห์ค่าของกรด (acid value) กลีเซอไรด์ที่มีสายโซ่คาร์บอนขนาดสั้น เช่น โคนเนย เนยเทียม น้ำมันมะพร้าว แม้จะปลดปล่อยกรดเหล่านี้ออกมาในปริมาณที่น้อยมากเพียง 0.1 - 1 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ก็ทำให้มีกลิ่นรสไม่พึงประสงค์

Oxidative (desmolytic) reactions

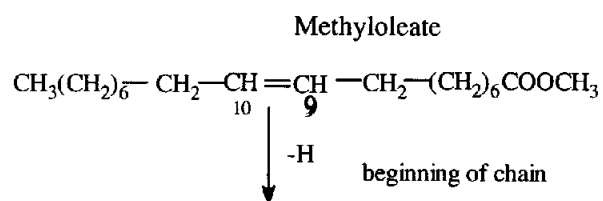
oxidative change เกิดรวมกับการแตกตัวของกลีเซอไรด์พร้อมทั้งเกิดสารตัวใหม่ที่มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว

การเกิดการหืนที่เนื่องมาจากออกซิเจนในอากาศทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยมีความร้อน แสง น้ำ และโลหะบางตัว เช่น ทองแดง เหล็ก นิเกิล เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา มีส่วนสำคัญต่อคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันและไขมัน น้ำมันและไขมันต่างชนิดกันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและปริมาณของสารกันหืน

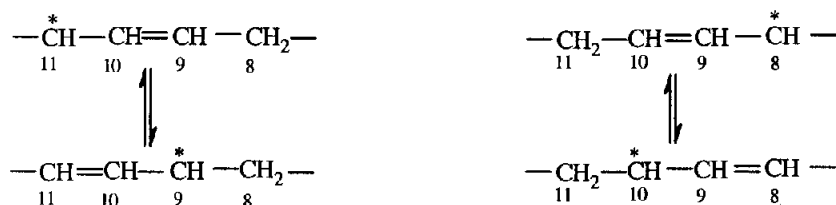
จากการศึกษา (7,14) กระบวนการทางเคมีของ autoxidation of olefinic fats and fatty acids เกิดในระยะต้น การเกิดออกซิเดชันขึ้นอยู่กับ free radical chain ความร้อน แสง และตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาอื่น ๆ เช่น chlorophyll, blood pigments, trace metals, enzymes

ภายหลังช่วงเวลาเหนียวนำเกิด fatty acid radical เพิ่มขึ้น การทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้เกิดปฏิกิริยาหลายอย่าง ได้แก่ formation of fat hydroperoxide radicals, fat hydroperoxides, fat peroxides, increase in the size of molecules, breakdown of molecules

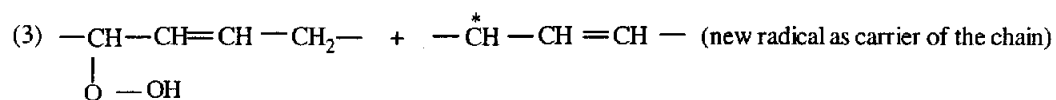
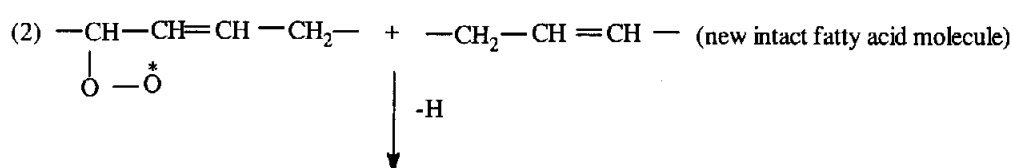
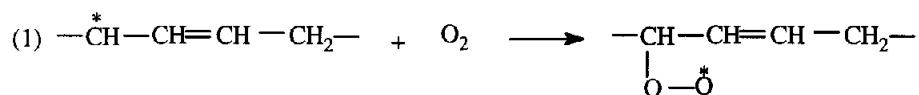
ตัวอย่าง autoxidation of methyloleate (3)



first stage : formation of four mesomeric C-radicals

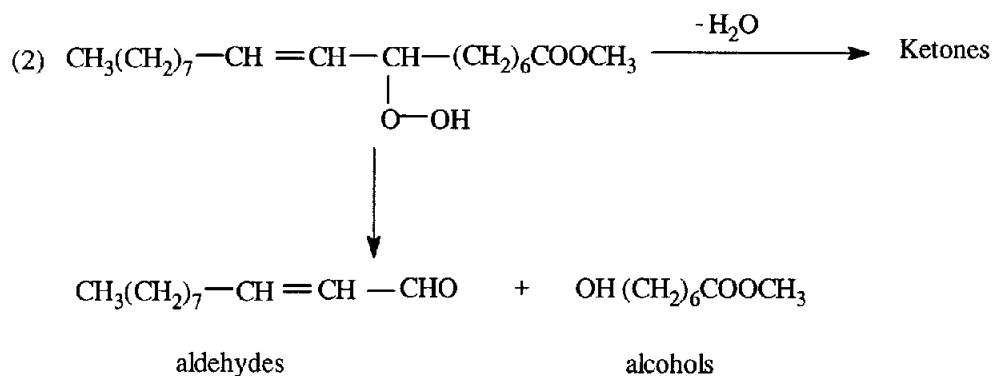
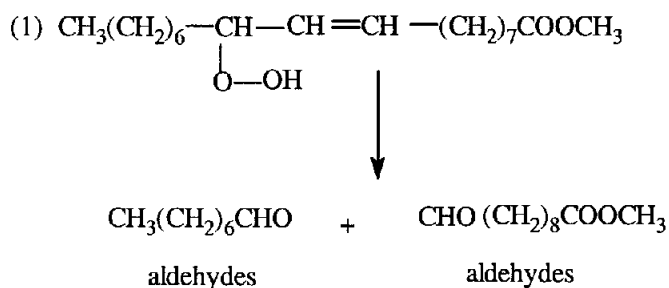


second stage : formation of peroxide radicals and hydroperoxides and new radicals



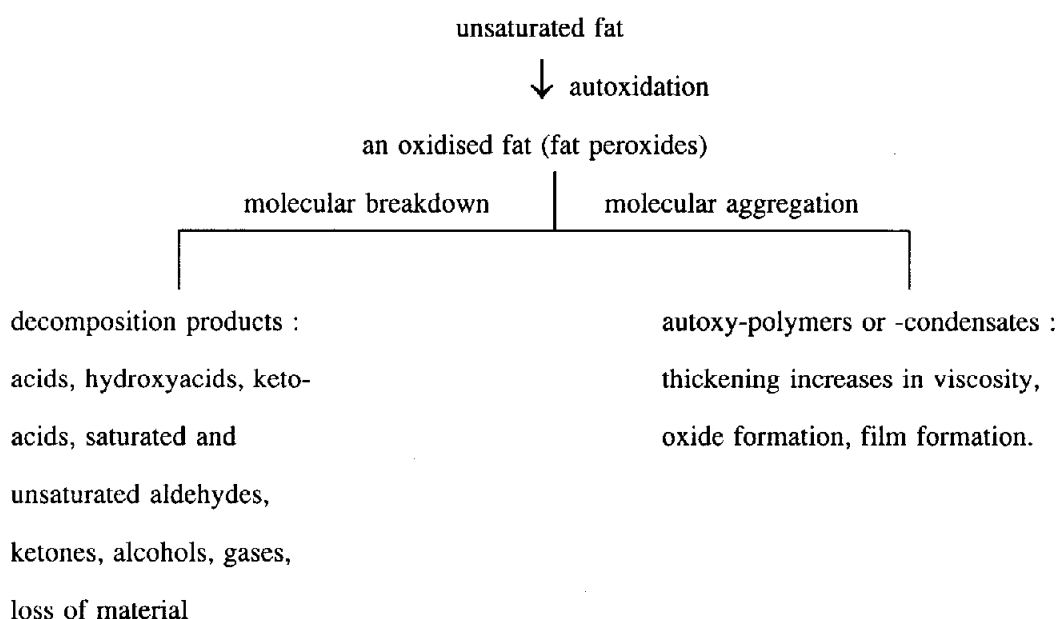
8, 9, 10 or 11 position hydroperoxides may be formed

third stage : the hydroperoxides decompose to carbonyl compounds, acids, alcohols and so on



ในน้ำมันธรรมชาติเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาได้หลายแบบ และผลที่ได้อาจเป็น intermediate หรือ end products ซึ่งให้ผลทางประสาทสัมผัสต่างกัน

ขั้นตอนที่สำคัญของปฏิกิริยาและผลต่อการออกซิเดชันของน้ำมันมีดังแผนผังต่อไปนี้



spoilage

เริ่มจากไขมันไม่อิ่มตัวจนถึงการเสื่อมสภาพของน้ำมันเกิดสารโมเลกุลต่ำทำให้กลิ่นและรสเปลี่ยนแปลงซึ่งได้แก่ saturated and unsaturated aldehydes, acids, ketones and hydroxyacids เรียกรวมกันว่าเกิดการหืน (rancidity) กระบวนการของการแตกตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นผลผลิตขั้นแรกของการออกซิเดชัน ถูกเร่งปฏิกิริยาด้วยความร้อน แสง น้ำ ออกซิเจน และโลหะปริมาณน้อย

การตรวจวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) เป็นตัวชี้สถานะแรกของกระบวนการออกซิเดชัน (8,16) แต่ไม่สามารถบอกความแตกต่างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่างชนิดกันภายใต้การออกซิเดชัน และไม่ได้บอกการเกิดผลผลิตขั้นที่สองของกระบวนการออกซิเดชัน โดยการสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและจุลชีววิทยาในน้ำมัน

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและจุลชีววิทยามีความแตกต่างกันระหว่าง hydrolytic และ oxidative (desmolytic) โดยเอนไซม์เฉพาะ

Biochemical and microbial fat hydrolysis

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีแบบ hydrolytic ในไขมันขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเอนไซม์ในเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ และประสิทธิภาพของ microbial enzymes น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นไขมันที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบเช่น เนย เนยเทียม มายองเนส และเนื้อเยื่อไขมัน มีแนวโน้มที่จะสลายตัวได้โดยการกระทำของจุลินทรีย์

ไขมันเสื่อมสภาพเมื่อถูกทำปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ไลเปส (lipases) จากจุลินทรีย์ (3) ตัวอย่างจากฟังไจเช่น *Penicillium*, *Aspergillus* จากแบคทีเรียเช่น *Serratia marcescens*, *Pseudomonas aeruginosa* การเสื่อมสภาพนี้เกิดเมื่อไขมันซึ่งมีกรดไขมันที่มีสายโซ่ขนาดกลางถูกไฮโดรไลส เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดในปาล์มและผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันเหล่านี้เป็นส่วนประกอบ จะมีกลิ่นคล้ายสบู่

Biochemical and microbiological-oxidative (desmolytic) breakdown

จากการศึกษา (7,14) พบว่า oxidative-enzymatic decomposition ของกรดไขมันขึ้นอยู่กับไลพอกซิจีเนส (lipoxygenases)

ไลพอกซิจีเนสแยกมาจากถั่วเหลือง พืชผัก เมล็ดพืชน้ำมันและเมล็ดธัญพืช แต่ไม่ได้จากเนื้อเยื่อของสัตว์ ไลพอกซิจีเนสมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำ และทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะหน่วยเมทิล

อีกรูปแบบหนึ่งของ oxidative-enzymatic decomposition คือเกิดจากเชื้อรา (moulds) เช่น *Aspergillus*, *Penicillium*, *Sclerotinia-Monilia* จะทำปฏิกิริยากับกรดไขมันอิสระที่มีจำนวนคาร์บอนจนถึงคาร์บอน 14 เกิดเป็นเมทิลคีโตน (methyl ketones) เรียกว่า rancidity aroma ซึ่งจะให้กลิ่นต่าง ๆ กัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ในการทำเนยแข็งการเกิดเมทิลคีโตน โดยโมลจากคาร์บอน 5 7 9 11 จะให้กลิ่นต่าง
กัน ซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของเนยแข็งชนิดนั้น ๆ เช่น Roquefort, Camembert

ตารางที่ 3 แสดงชนิดของ methyl ketones ที่เกิดจากปฏิกิริยาของเชื้อราที่กรดไขมัน (2)

Acid	no. of carbon atom	Corresponding Ketones	Detected by odour	Identified chemically
Butyric	4	Acetone	-	-
Valeric	5	Methyl ethyl ketone	-	-
Caproic	6	Methyl propyl ketone	+	+
Heptylic	7	Methyl butyl ketone	+	+
Caprylic	8	Methyl amyl ketone	+	+
Nonylic	9	Methyl hexyl ketone	+	+
Capric	10	Methyl heptyl ketone	+	+
Lauric	12	Methyl nonyl ketone	+	+
Myristic	14	Methyl undecyl ketone	+	-
Palmitic	16	Methyl tridecyl ketone	-	-
Stearic	18	Methyl pentadecyl ketone	-	-
Oleic	18	-	-	-

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการหาค่าดัชนีความคงตัวของน้ำมันหรือค่าไอเอสไอ (Oil Stability Index, OSI) โดยใช้เครื่องแรนซิเมท 679 (Rancimat 679)
2. วิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าของกรดและค่าไอเอสไอในน้ำมันชนิดต่าง ๆ
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของค่าเพอร์ออกไซด์กับค่าไอเอสไอที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันและอายุการเก็บ

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของกรมวิทยาศาสตร์บริการในด้านการให้บริการวิเคราะห์ทดสอบทางวิทยาศาสตร์แก่ผู้ผลิตและผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์อาหาร
2. ทำให้เกิดความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในประเทศหรือเพื่อการส่งออก
3. การศึกษาทดลองครั้งนี้เป็นไปตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 (พ.ศ.2535-2539) ข้อ 3.8 ส่งเสริมการใช้ระบบมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อ 3.8.3 ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดมาตรฐานของประเทศและในการเจรจา ระหว่างประเทศ
4. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเผยแพร่ ให้คำแนะนำ แก่ภาคเอกชนสำหรับนำไปใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในโรงงาน
5. เป็นการเตรียมรับข้อกำหนดและประกาศมาตรฐานใหม่ทั้งในประเทศและต่างประเทศ

ระยะเวลาดำเนินการ

3 ปี (พ.ศ. 2538 - 2540)

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาวิธีวิเคราะห์ค่าไอเอสไอโดยใช้เครื่องแรนซิเมท 679 แล้วปรับปรุงวิธีให้เหมาะสม (ตุลาคม 2537 - กันยายน 2538)
2. ซื้อมตัวอย่างน้ำมันบริโภคชนิดต่าง ๆ โดยซื้อรุ่นเดียวกัน เก็บในสภาพเดียวกัน นำมาวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าของกรด และ ค่าไอเอสไอ ในช่วงระยะเวลาการเก็บ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 และ 12 เดือนตามลำดับ (ตุลาคม 2538 - ตุลาคม 2539)
3. รวบรวมข้อมูล (พฤศจิกายน 2539 - เมษายน 2540)
4. เขียนรายงาน วิจัยและสรุปผล (พฤษภาคม 2540 - กันยายน 2540)

วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและวิธีดำเนินการ

ตัวอย่างที่ใช้

น้ำมันบริโภคชนิดต่าง ๆ รวม 8 ชนิด โดยซื้อจากห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สาขา ลาดพร้าว มีรายละเอียดดังนี้

ตัวอย่างที่ 1. น้ำมันดอกทานตะวันผ่านกรรมวิธี ตราเฮน Refined Sunflower Oil (HAIN) บรรจุขวดแก้วปิดฝาเกลียวพลาสติกสีเหลือง เติมวิตามินอี ผลิตโดย HAIN PURE FOOD CO., N.Y. ผลิตเมื่อ กพ. 38 นำเข้าและจัดจำหน่ายโดยบริษัท อูยเฮงอิมพอร์ต จำกัด กรุงเทพมหานคร

ตัวอย่างที่ 2. น้ำมันดอกคำฝอยธรรมชาติ ตราเฮน Safflower Oil (HAIN) บรรจุขวดแก้วปิดฝาเกลียวพลาสติกสีเหลือง เติมวิตามินอี ผลิตโดย HAIN PURE FOOD CO., N.Y. ผลิตเมื่อ 12/94 นำเข้าและจัดจำหน่ายโดยบริษัท อูยเฮงอิมพอร์ต จำกัด กรุงเทพมหานคร

ตัวอย่างที่ 3. น้ำมันข้าวโพดผ่านกรรมวิธี ตรามาโซลา Mazola 100% corn oil บรรจุขวดพลาสติกใสปิดฝาพลาสติกสีขาว ไม่แจ้งการใช้สารกันหืน ผลิต 120795 Repacked by CPC/AJI (Thailand) Ltd.

ตัวอย่างที่ 4. น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี สูตร 1 ตราทิพ บรรจุขวดพลาสติกใสปิดฝาพลาสติกสีเขียว เป็นน้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันเมล็ดฝ้าย อัตราส่วน 1:1 วัตถุกันหืน บีเอชที 0.01% ผลิต 9/38 ผลิตโดยบริษัท อุตสาหกรรมวิวัฒน์ จำกัด จังหวัดปทุมธานี

ตัวอย่างที่ 5. น้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธี ตรากิ่ง บรรจุขวดพลาสติกใสปิดฝาพลาสติกสีเขียว ไม่ผสมสารกันหืน ผลิต 0938P ผลิตโดยบริษัท น้ำมันบริโภคไทย จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ

ตัวอย่างที่ 6. น้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธี ตราริน บรรจุขวดพลาสติกใสปิดฝาพลาสติกสีเหลือง วัตถุกันหืน ทีบีเอชคิว 0.01% ผลิต 9/38 ผลิตโดยบริษัท อุตสาหกรรมวิวัฒน์ จำกัด จังหวัดปทุมธานี

ตัวอย่างที่ 7. น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี สูตร 1 ตราภูิก บรรจุขวดพลาสติกใสปิดฝาพลาสติกสีส้ม เป็นน้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันรำข้าว อัตราส่วน 1:1 วัตถุกันหืน บีเอชที 0.01% ผลิต 9/38 ผลิตโดยบริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ

ตัวอย่างที่ 8. น้ำมันปาล์มโอเลอินจากเนื้อปาล์มผ่านกรรมวิธี ตรามรกต บรรจุขวดพลาสติกใสปิดฝาพลาสติกสีขาว วัตถุกันหืน ทีบีเอชคิว 0.01% ผลิต 26 SEP 95 ผลิตโดยบริษัท มรกตอินดัสตรีส์ จำกัด (มหาชน) จังหวัดสมุทรปราการ

วิธีดำเนินการ

ตัวอย่างน้ำมันที่นำมาศึกษาทดลองจัดเก็บไว้บนชั้นเหล็กโปร่งภายในห้องที่ไม่มีระบบปรับอากาศ อุณหภูมิประมาณ 28-33 องศาเซลเซียส ไม่ถูกแสงแดดโดยตรง แบ่งการทดลองเป็น 2 แบบ คือ

แบบ A เป็นตัวอย่างน้ำมันที่ยังไม่ได้เปิด

แบบ B เป็นตัวอย่างน้ำมันชนิดเดียวกันกับแบบ A ที่ถูกเปิดแล้วเทน้ำมันออกมาเพื่อตรวจวิเคราะห์ หลังจากเทน้ำมันทุกครั้งจะปิดฝาและเก็บในสภาพเดิมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เดือนต่อไป

นำตัวอย่างทั้งแบบ A และแบบ B มาวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าของกรด และค่าไอเอสไอ ในช่วงระยะเวลาการเก็บ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 และ 12 เดือน ตามลำดับ

วิธีวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (6)

1. คำนิยาม

ค่าเปอร์ออกไซด์ หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยาทางเคมีที่มีอยู่ในน้ำมัน คิดเป็นมิลลิกรัมสมมูลออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม (expressed in terms of milliequivalents of active oxygen per kilogram of sample)

2. หลักการ

ละลายน้ำมันที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนในสารละลายของกรดน้ำส้ม (glacial acetic acid) และคลอโรฟอร์ม เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว ไทเทรตไอโอดีนที่แยกออกมาด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต

3. เครื่องมือ

- 3.1 เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 4 ตำแหน่ง
- 3.2 ไมโครบิวเรตต์ ขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 3.3 ถ้วยแก้วสำหรับชั่งตัวอย่าง (glass scoop) ขนาด 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 3.4 ขวดแก้วไอโอดีน (Iodine flask) ขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 3.5 กระจกตวง ขนาด 5 25 และ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 3.6 บีเปตต์ ขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4 สารเคมีและสารละลาย

- 4.1 คลอโรฟอร์ม
- 4.2 กรดน้ำส้ม (glacial acetic acid) ความเข้มข้นร้อยละ 99.7
- 4.3 สารละลายอิมัลชันโพแทสเซียมไอโอไดด์ในน้ำกลั่น เตรียมใหม่ก่อนใช้
- 4.4 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
- 4.5 สารละลายน้ำแป้ง ร้อยละ 1 ในน้ำกลั่น เตรียมโดยต้มในน้ำร้อนแล้วทิ้งไว้ให้เย็น

5. วิธีทำ

- 5.1 ชั่งน้ำมันใส่ใน (3.3) ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนตามตารางข้างล่างนี้แล้วใส่ในขวดแก้ว (3.4)

ค่าเพอร์ออกไซด์ที่คาดว่าจะมี	น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม
0 - 12	5.0 - 2.0
12 - 20	2.0 - 1.2
20 - 30	1.2 - 0.8
30 - 50	0.8 - 0.5
50 - 90	0.5 - 0.3

- 5.2 เติมหันตราละลาย (4.1) 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากัน
- 5.3 เติมหันตราละลาย (4.2) 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากัน
- 5.4 เติมหันตราละลาย (4.3) 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้ปิเปตต์ (3.6) ปิดจุก เขย่าให้เข้ากัน 1 นาที เก็บในตู้มืด 5 นาที
- 5.5 เติมน้ำกลั่นเย็น 75 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 5.6 ไทเทรตกับสารละลาย (4.4) โดยใช้สารละลาย (4.5) 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรเป็นอินดิเคเตอร์ (indicator)
- 5.7 ทำแบลนก์โดยทำเหมือนตัวอย่างทุกประการ แต่ไม่ใส่ตัวอย่าง

6. การคำนวณ

$$\text{ค่าเพอร์ออกไซด์} = \frac{1000TV}{M}$$

เมื่อ V คือ จำนวนลูกบาศก์เซนติเมตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต

(4.4) ที่ใช้โดยลบด้วยแบลنگก์แล้ว

T คือ ความเข้มข้นเป็นนอร์มัลของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต (4.4)

M คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้เป็นกรัม

วิธีวิเคราะห์ของกรด (6)

1. คำนิยาม

ค่าของกรด คือ จำนวนมิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยาเป็นกลางพอดีกับกรดไขมันอิสระในน้ำมัน 1 กรัม

2. หลักการ

ละลายน้ำมันที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนในสารละลายผสมที่เป็นกลางของเอทิลแอลกอฮอล์กับไดเอทิลอีเทอร์ อัตราส่วน 1: 1 แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

3. เครื่องมือ

3.1 เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 4 ตำแหน่ง

3.2 ขวดแก้วรูปกรวย (conical flask) ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.3 ไมโครบิวเรตต์ ขนาด 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.4 กระจกตวง ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4. สารเคมีและสารละลาย

4.1 เอทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 95 โดยปริมาตร

4.2 ไดเอทิลอีเทอร์

4.3 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

4.4 สารละลายฟีนอล์ฟทาไลน์ ร้อยละ 1 ในเอทิลแอลกอฮอล์ (4.1)

4.5 สารละลายผสมของ (4.1) และ (4.2) อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร แล้วทำให้เป็นกลางก่อนใช้ด้วยสารละลาย (4.3) โดยมีสารละลาย (4.4) เป็นอินดิเคเตอร์

5. วิธีทำ

5.1 ชั่งน้ำมันให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนตามตารางข้างล่างนี้ใส่ในขวดแก้ว (3.2)

ค่าของกรดที่คาดว่าจะมี	น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม
< 1	20
1 - 4	10
4 - 15	2.5
15 - 75	0.5
> 75	0.1

5.2 เติมสารละลายผสม (4.5) 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากัน

5.3 เติมสารละลาย (4.4) 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วไทเทรตกับสารละลาย (4.3)

จนถึงจุดยุติ

6. การคำนวณ

$$\text{ค่าของกรด} = \frac{56.1TV}{M}$$

เมื่อ V คือ จำนวนลูกบาศก์เซนติเมตรของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (4.3) ที่ใช้

T คือ ความเข้มข้นเป็นนอร์มัลของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (4.3)

M คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้เป็นกรัม

วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีความคงตัวของน้ำมัน หรือ ค่าไอเอสไอ (5,12 13)

1. คำนิยาม

ความคงทนต่อการเติมออกซิเจนของน้ำมันและไขมันขึ้นอยู่กับระดับความอิ่มตัว (degree of saturation) ของกรดไขมัน วัตถุประสงค์หลักที่มีอยู่ตามธรรมชาติหรือที่เติมลงไปและตัวเร่งปฏิกิริยา การเกิดออกซิเดชันในระยะเริ่มต้นจะเกิดอย่างช้าๆและค่อยๆเพิ่มขึ้นและเร็วขึ้น ช่วงระยะเวลานี้เรียกว่าช่วงเวลาเหนี่ยวนำ (induction period) ซึ่งจะอ่านออกมาเป็นจำนวนชั่วโมง เรียกว่าอินดักชันไทม์ (induction time)

ค่าไอเอสไอ หมายถึง ค่าอินดักชันไทม์ซึ่งหาได้จากการลากเส้นตรงจากแกน Y ขนานกับแกน X ผ่านจุดค่าคอนดักติวิตีที่ 1 ชั่วโมง ตัดกับเส้นแทนเจนต์ (optimum tangent) (ดูรูปที่ 2) อ่านจำนวนชั่วโมงที่จุดที่เส้นทั้งสองตัดกัน

ค่าดัชนีความคงตัวของน้ำมัน อาจจะใช้วิเคราะห์ได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน เช่น 100 110 120 130 และ 140 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมัน (ดูภาคผนวก 2 ข้อ 3)

2. หลักการ

การหาช่วงเวลาเหนี่ยวนำทำได้โดยการผ่านอากาศลงในตัวอย่างน้ำมันซึ่งอยู่ในหลอดทำปฏิกิริยา (reaction vessel) และทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิที่ต้องการในแท่นให้ความร้อน (heating block) อากาศที่ผ่านตัวอย่างออกมาระหว่างการออกซิเคชันจะมีกรดอินทรีย์ที่ระเหยได้ (volatile organic acids) เช่น กรดฟอร์มิก (formic acid) กรดน้ำส้ม จะผ่านไปยังขวดสำหรับวัดที่บรรจุน้ำจืดไอออนแล้ว (measuring vessel with deionized water) และมีคอนดักติวิตีเซลล์จุ่มอยู่ (double platinum conductivity cell) เพื่อวัดค่าคอนดักติวิตีตลอดเวลา และบันทึกผลไว้ด้วยคอมพิวเตอร์เขียนเป็นกราฟระหว่างค่าคอนดักติวิตีและเวลา แสดงให้เห็นว่าสิ้นสุดช่วงเวลาเหนี่ยวนำเมื่อค่าคอนดักติวิตีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

3. เครื่องมือ

3.1 เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 4 ตำแหน่ง

3.2 กระจกบอดวง ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.3 เครื่องเรนซิแมท 679 พร้อมอุปกรณ์

เครื่องเรนซิแมท รุ่น 679 เป็นเครื่องมือที่ผลิตโดยบริษัท Metrohm-Herisau AG Switzerland (ดูรูปที่ 3) ใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิ 50 - 220 องศาเซลเซียส ประกอบด้วยส่วนควบคุม (control unit) และส่วนทำงาน (wet section)

ส่วนควบคุม เป็นตัวควบคุมและคำนวณผลของการวัดจากการทำงานในส่วนทำปฏิกิริยา กราฟและผลจะพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ที่อยู่ในส่วนควบคุม

ส่วนทำงาน (ดูรูปที่ 4) ประกอบด้วยตัวที่ควบคุมอัตราการเติมอากาศ (flow control devices) หลอดทำปฏิกิริยา แท่นให้ความร้อน และขวดสำหรับวัดพร้อมคอนดักติวิตีเซลล์

4. วิธีทำ

4.1 เปิดเครื่องส่วนควบคุมและส่วนทำงาน ตั้งอุณหภูมิที่ 120 องศาเซลเซียส และอัตราการเติมอากาศ 20 ลิตรต่อชั่วโมง ก่อนใช้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4.2 เติมน้ำจืดไอออนแล้ว 60 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในขวดสำหรับวัด เสียบคอนดักติวิตีเซลล์และต่อสายคอนดักติวิตีเซลล์เข้ากับเครื่อง

4.3 ชั่งตัวอย่างประมาณ 3.5 กรัมให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในหลอดทำปฏิกิริยา (ดูภาคผนวก 2) ปิดจุก

4.4 เมื่ออุณหภูมิถึงเท่าที่ต้องการ ใส่หลอดทำปฏิกิริยาซึ่งมีตัวอย่างอยู่ด้วย (จาก 4.3) ลงในแท่นให้ความร้อน ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างเป็นเวลา 10 นาที จึงต่อท่อให้อากาศเข้าหลอดทำปฏิกิริยาและต่อท่อให้อากาศจากหลอดทำปฏิกิริยาออกไปยังขวดสำหรับวัด (ดูรูปที่ 5)

4.5 กดปุ่มให้เครื่องเริ่มทำงาน เครื่องจะบันทึกผลและวาดกราฟระหว่างค่าคอนดักติวิตีกับเวลา กำหนดและแสดงผลเป็นค่าอินดักชันใหม่

4.6 ภายหลังการใช้ ล้างอุปกรณ์ให้สะอาด (ดูภาคผนวก 3)

5. การแสดงผล

ค่าดัชนีความคงตัวของน้ำมันโดยการอ่านค่าอินดักชันใหม่ มีหน่วยเป็นชั่วโมง พร้อมทั้งระบุอุณหภูมิที่ใช้ เช่น ค่าดัชนีความคงตัวของน้ำมัน 11.7 ชั่วโมงที่ 110 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาทดลอง

ผลการวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าของกรด และ ค่าไอเอสไอของน้ำมันชนิดต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 - 6 ซึ่งค่าเพอร์ออกไซด์และค่าของกรดเป็นค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 2 ครั้ง และค่าไอเอสไอเป็นค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าของกรด ค่าไอเอสไอกับเวลา และค่าเพอร์ออกไซด์กับค่าไอเอสไอ แสดงไว้ดังรูปที่ 6 - 16

ในการศึกษาทดลองแบ่งตัวอย่างเป็น 2 แบบ คือ แบบ A เป็นตัวอย่างน้ำมันที่ยังไม่ได้เปิดแบบ B เป็นตัวอย่างน้ำมันชนิดเดียวกันกับแบบ A แต่ถูกเปิดใช้แล้ว

น้ำมันดอกทานตะวันผ่านกรรมวิธี ตัวอย่างแบบ A มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.70 - 5.48 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.05 - 0.07 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 1.93 - 2.06 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ตัวอย่างแบบ B มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 3.91 - 56.4 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.05 - 0.08 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 0.95 - 2.02 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

น้ำมันดอกคำฝอยธรรมชาติ ตัวอย่างแบบ A มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 1.14 - 3.16 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.08 - 0.14 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 1.67 - 1.98 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ตัวอย่างแบบ B มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.64 - 60.3 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.11 - 0.22 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 0.65 - 1.96 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

น้ำมันข้าวโพดผ่านกรรมวิธี ตัวอย่างแบบ A มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.88 - 8.37 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.21 - 0.347 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 5.80 - 6.86 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ตัวอย่างแบบ B มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 3.55 - 16.4 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.34 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 3.38 - 7.00 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (ถั่วเหลือง : เมล็ดฝ้าย) ตัวอย่างแบบ A มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.06 - 9.70 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.16 - 0.30 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 2.49 - 2.88 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ตัวอย่างแบบ B มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 1.92 - 48.6 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.17 - 0.29 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 1.54 - 2.86 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

น้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธี ตัวอย่างแบบ A มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.73 - 10.1 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.48 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 4.37 - 5.88 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ตัวอย่างแบบ B มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.49 - 44.4 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.31 - 0.50 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 2.49 - 6.04 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

น้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธี ตัวอย่างแบบ A มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.12 - 8.70 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.11 - 0.17 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 2.64 - 3.58 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ตัวอย่างแบบ B มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 1.70 - 49.9 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.11 - 0.19 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 1.27 - 3.59 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (ถั่วเหลือง : รำข้าว) ตัวอย่างแบบ A มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 1.09 - 6.47 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.07 - 0.12 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 2.84 - 3.65 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ตัวอย่างแบบ B มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 1.04 - 38.6 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.08 - 0.13 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 1.51 - 3.78 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

น้ำมันปาล์มโอเลอินจากเนื้อปาล์มผ่านกรรมวิธี ตัวอย่างแบบ A มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 0.70 - 5.55 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.09 - 0.34 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 13.4 - 16.2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ตัวอย่างแบบ B มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.24 - 10.7 ค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.11 - 0.39 ค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง 11.3 - 16.2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำมันชนิดต่าง ๆ

ระยะเวลา ที่เก็บ (เดือนที่)	น้ำมันดอกทานตะวัน		น้ำมันดอกคำฝอย		น้ำมันข้าวโพด		น้ำมันผสมตามกรรมวิธี (ตัวเหลือง:เมล็ดฝ้าย)		น้ำมันรำข้าว		น้ำมันถั่วเหลือง		น้ำมันผสมตามกรรมวิธี (ตัวเหลือง:รำข้าว)		น้ำมันปาล์มโพลีเอสเตอร์จาก เนื้อปาล์มตามกรรมวิธี	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0	4.11	3.91	2.44	2.64	2.90	3.55	2.06	1.92	3.28	2.49	2.12	1.70	1.09	1.04	2.17	2.24
1	2.74	4.51	1.14	12.9	2.88	3.76	2.25	3.36	2.73	3.35	2.44	3.43	1.20	1.88	0.70	2.26
2	3.48	6.88	3.16	17.4	5.95	5.93	3.33	6.35	4.72	5.06	3.64	5.34	3.38	4.78	2.51	4.44
3	5.48	11.5	1.98	20.3	3.98	6.42	3.33	6.73	5.78	6.92	4.57	6.58	3.67	5.16	4.18	4.92
4	2.70	12.1	1.60	23.1	4.33	6.59	5.50	11.4	4.15	8.65	3.87	6.98	2.74	5.63	4.03	5.29
5	3.11	16.1	1.64	28.2	4.37	6.91	5.98	15.6	6.58	13.0	4.99	9.23	3.51	10.4	4.30	5.80
6	3.48	21.8	1.85	32.2	5.49	9.34	6.63	18.3	8.48	17.9	4.75	11.9	3.18	13.0	3.60	5.84
7	4.19	26.7	2.74	37.0	6.70	9.64	8.92	25.6	8.60	23.1	6.06	18.8	3.56	18.1	4.94	7.05
8	3.82	28.5	1.59	39.4	6.12	11.2	6.60	29.0	7.42	23.8	7.09	23.4	3.58	21.4	5.41	7.55
9**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	3.06	39.7	1.70	44.7	6.51	13.3	8.53	35.6	10.1	31.7	7.63	35.0	4.68	24.1	5.55	8.53
11	3.08	46.5	2.41	50.4	6.12	14.3	9.55	42.2	10.0	35.9	8.70	41.9	6.47	31.1	2.85	9.82
12	3.56	56.4	1.63	60.3	8.37	16.4	9.70	48.6	8.48	44.4	7.87	49.9	5.33	38.6	4.76	10.7

** ไม่ทำการวิเคราะห์ เนื่องจากเครื่องเรนซินเมทเทีย

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าของกรดของน้ำมันชนิดต่าง ๆ

ระยะเวลา ที่เก็บ (เดือนที่)	น้ำมันดอกทานตะวัน ผ่านกรรมวิธี		น้ำมันดอกคำฝอย ธรรมชาติ		น้ำมันจากโพด ผ่านกรรมวิธี		น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (ถั่วเหลืองเมล็ดสาย)		น้ำมันรำข้าว ผ่านกรรมวิธี		น้ำมันงาเหลือง ผ่านกรรมวิธี		น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (ถั่วเหลืองรำขาว)		น้ำมันปลาเมือลดีนิจาก เยื่อปลาผ่านกรรมวิธี	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
1	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
2	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
3	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
4	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
5	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
6	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
7	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
8	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
9**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
11	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
12	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07

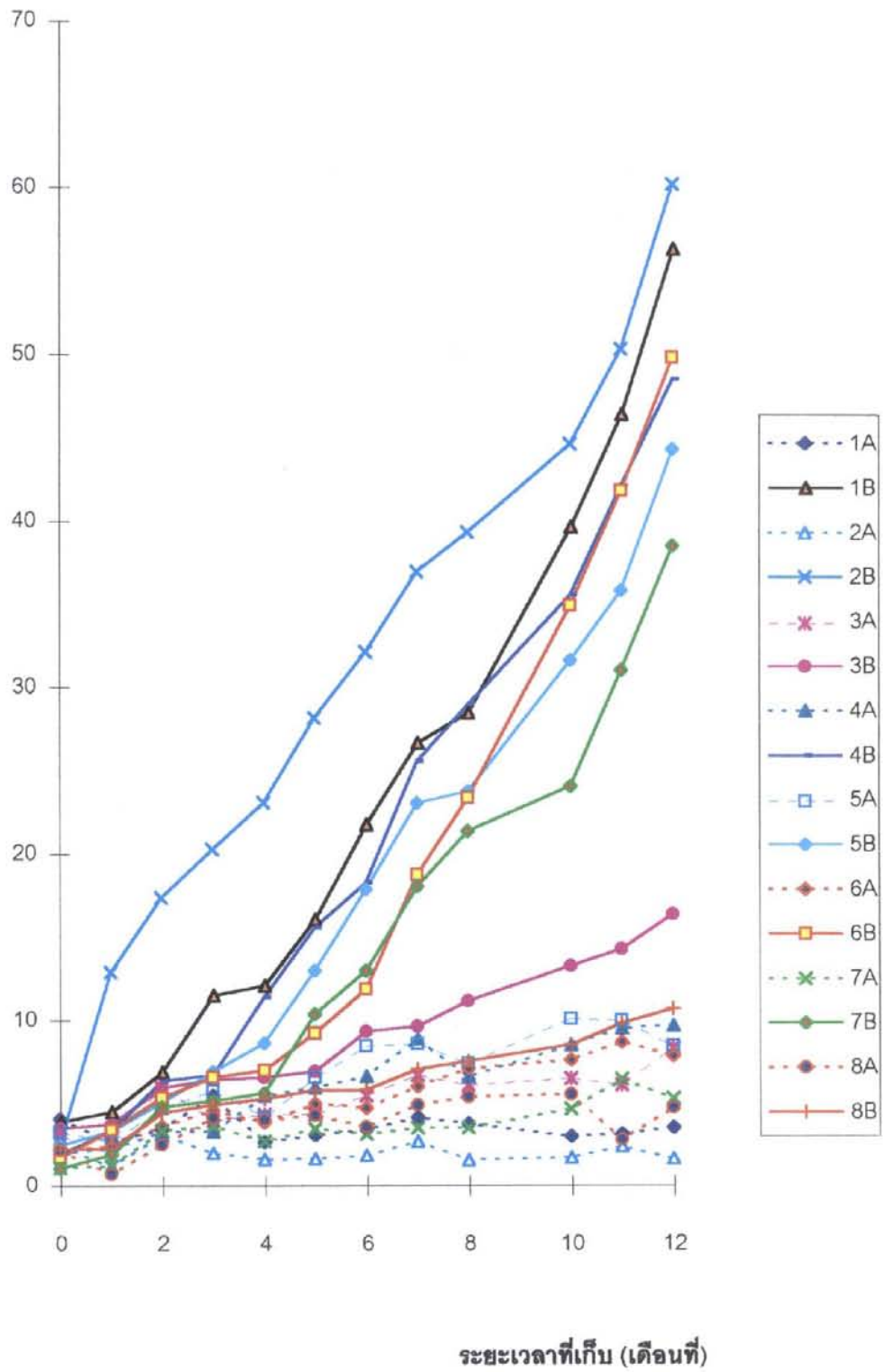
** ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ เนื่องจากเครื่องเรนซีเมทเสีย

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าไอเอสไอของน้ำมันชนิดต่าง ๆ

ระยะเวลา ที่เก็บ (เดือนที่)	น้ำมันดอกทานตะวัน		น้ำมันดอกคำฝอย		น้ำมันข้าวโพด		น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (ข้าวเหลือง:เมล็ดฝ้าย)		น้ำมันรำข้าว		น้ำมันถั่วเหลือง		น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (ถั่วเหลือง:รำข้าว)		น้ำมันจากโมเดิร์นจาก เนื้อปลาค่าน้ำมัน	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0	1.93	2.02	1.93	1.96	6.86	7.00	2.86	2.86	5.88	6.04	3.54	3.56	3.65	3.78	16.2	16.2
1	1.95	1.91	1.87	1.36	6.47	6.37	2.87	2.84	5.68	5.66	3.58	3.29	3.56	3.35	15.8	15.4
2	2.05	1.89	1.90	1.29	6.58	6.15	2.82	2.78	5.27	5.06	3.36	3.10	3.48	3.10	15.5	15.0
3	2.04	1.77	1.91	1.25	6.42	5.92	2.88	2.63	5.40	4.99	3.37	2.91	3.26	2.85	14.5	14.0
4	2.04	1.63	1.93	1.13	6.28	5.57	2.82	2.44	5.12	4.71	3.12	2.63	3.39	2.61	14.7	13.7
5	2.06	1.56	1.67	1.07	6.10	5.32	2.80	2.38	4.96	3.96	3.11	2.47	3.24	2.35	14.6	13.6
6	1.94	1.43	1.74	0.97	6.29	5.01	2.82	2.18	4.96	3.91	2.94	2.26	3.12	2.34	14.3	13.4
7	2.04	1.31	1.83	0.84	5.98	4.60	2.67	2.05	4.77	3.59	2.93	2.13	3.12	2.05	14.1	12.9
8	1.94	1.26	1.68	0.80	5.86	4.44	2.64	2.04	4.81	3.33	2.88	1.88	2.98	1.91	13.4	12.0
9**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	1.98	1.10	1.98	0.78	5.98	3.88	2.58	1.77	4.61	3.02	2.75	1.45	3.07	1.70	13.4	11.8
11	2.00	1.03	1.91	0.73	5.89	3.66	2.49	1.62	4.63	2.68	2.75	1.39	2.92	1.70	13.4	11.4
12	1.95	0.95	1.95	0.65	5.80	3.38	2.61	1.54	4.37	2.49	2.64	1.27	2.84	1.51	13.4	11.3

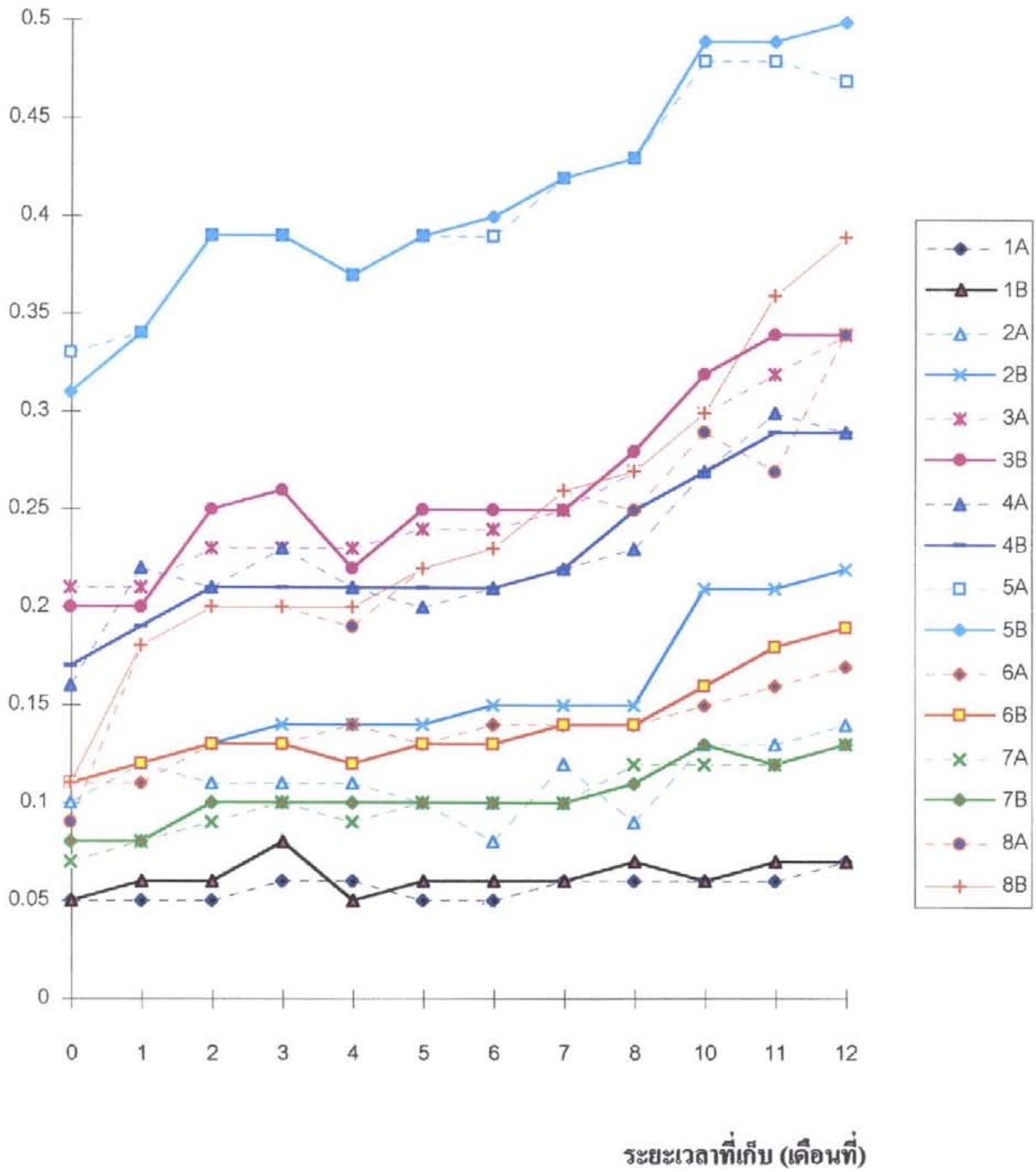
** ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ เนื่องจากเครื่องเบรชแมทเสีย

ค่าเพอร์ออกไซด์



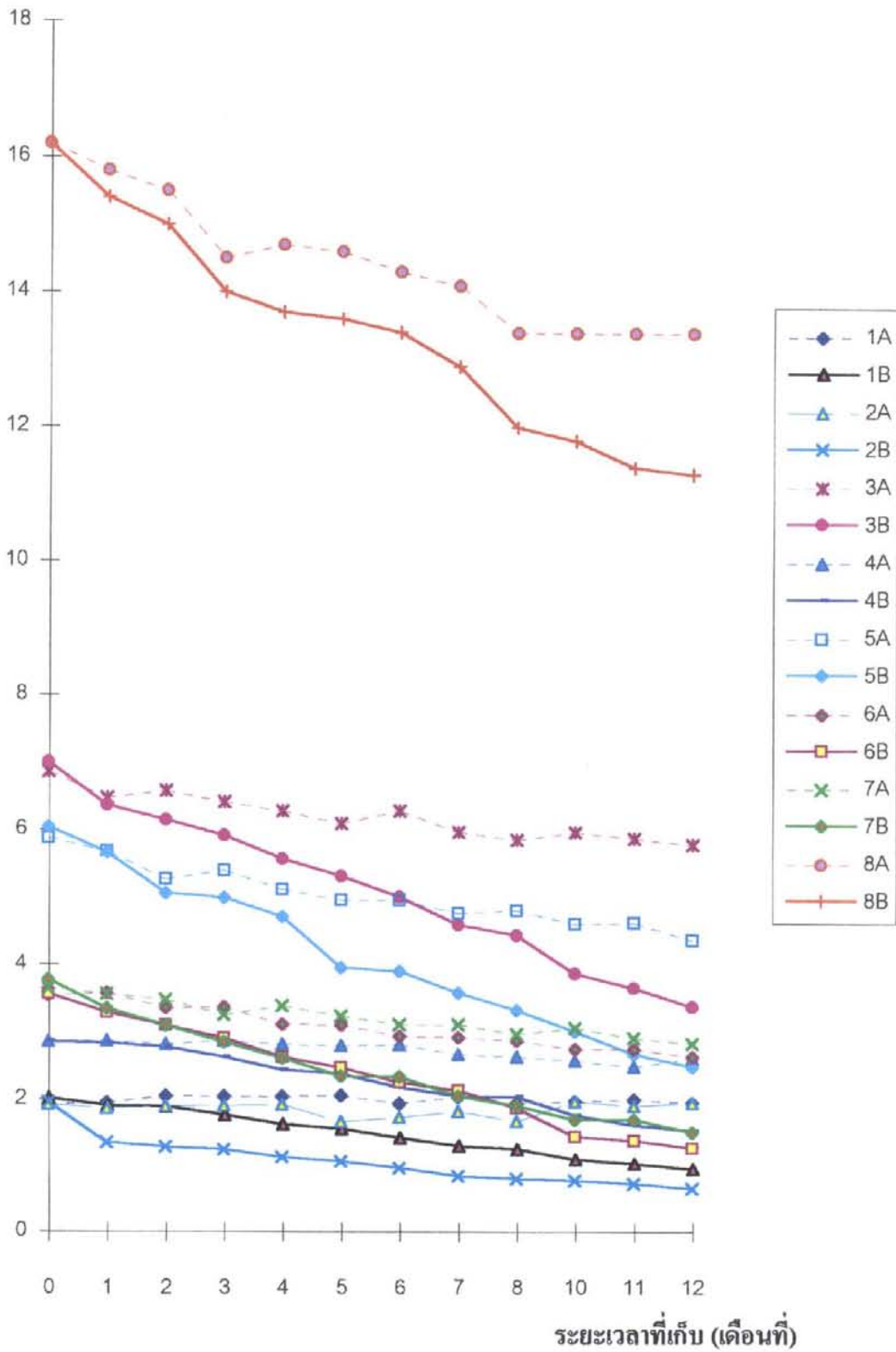
รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และเวลา

ค่าของกรด



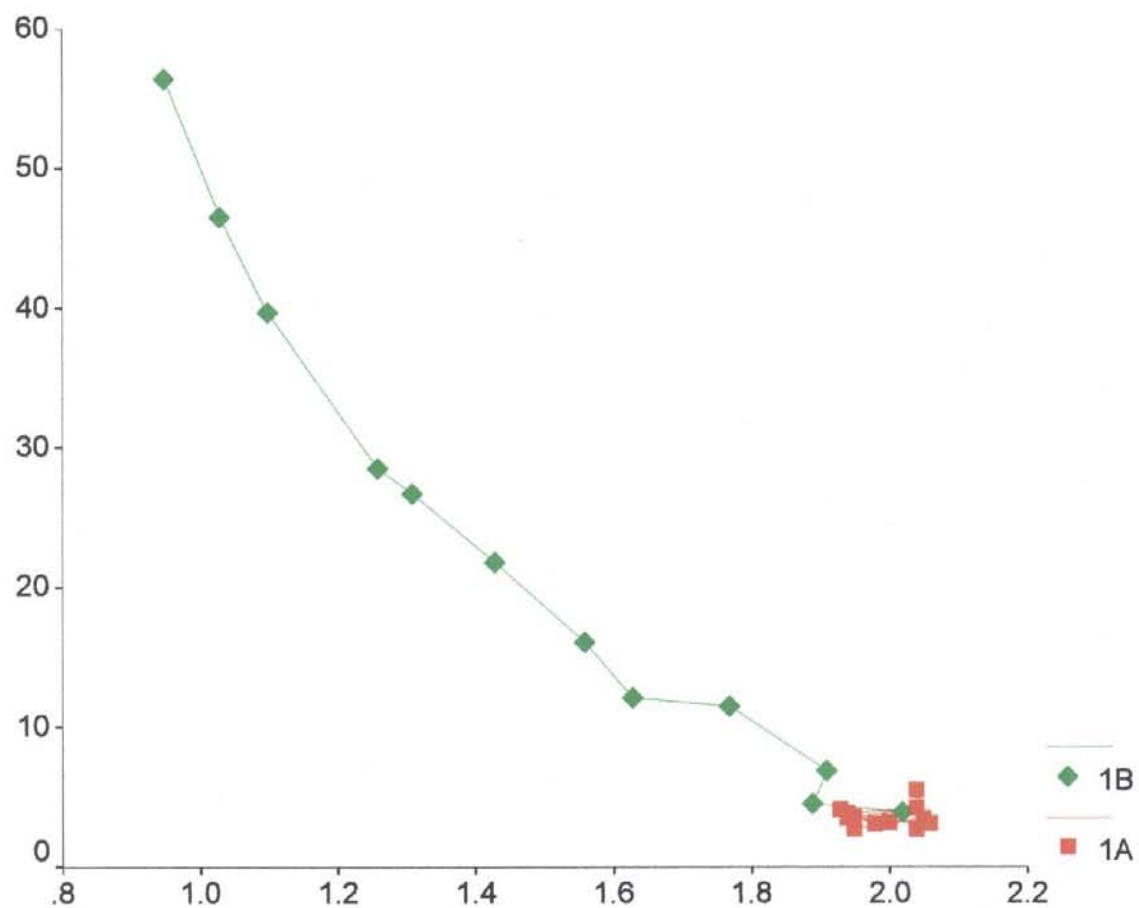
รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของกรดและเวลา

ค่าไอเอสไอ (ชม.) ที่อุณหภูมิ 120 °ซ



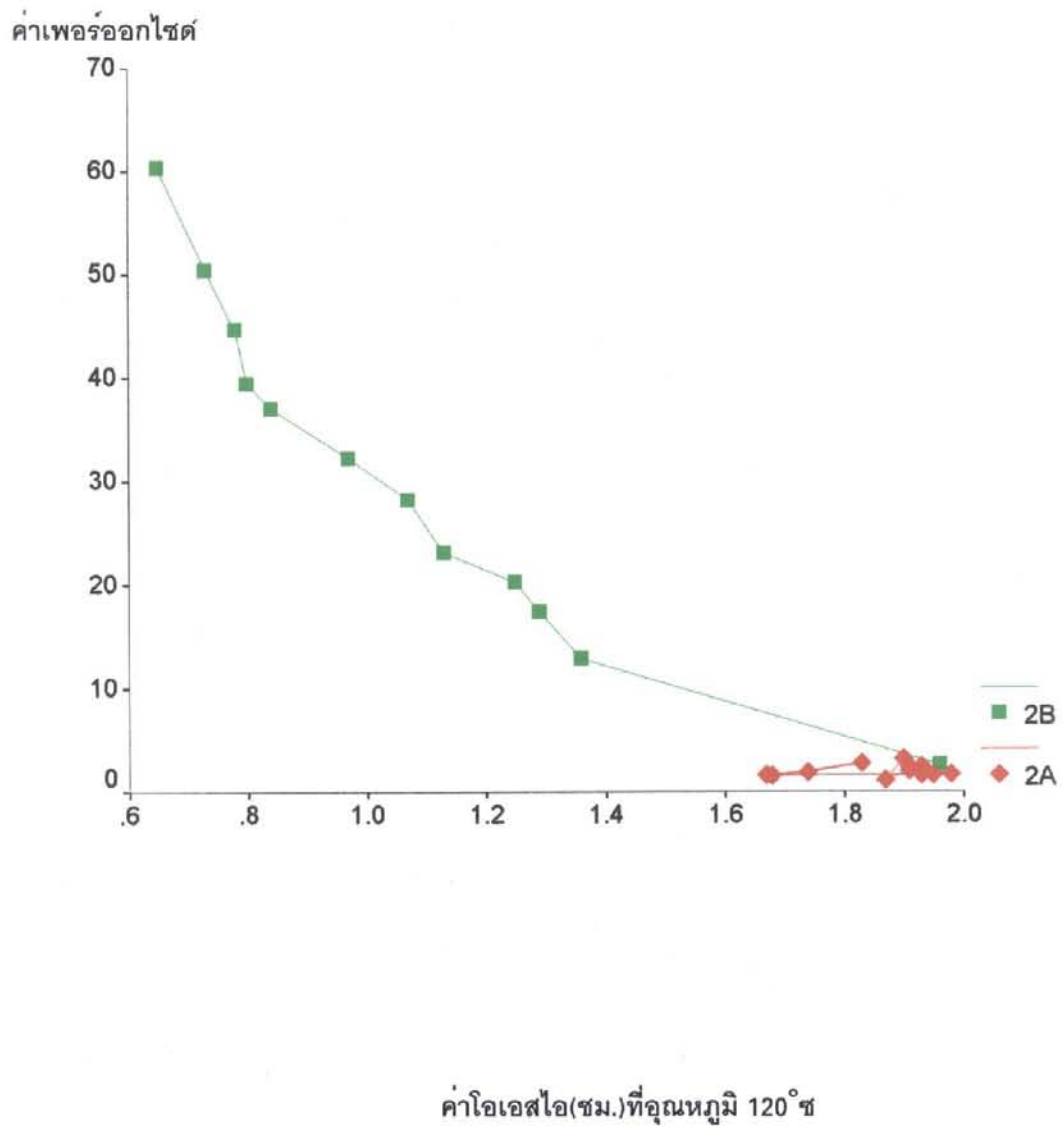
รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าไอเอสไอและเวลา

ค่าเพอร์ออกไซด์



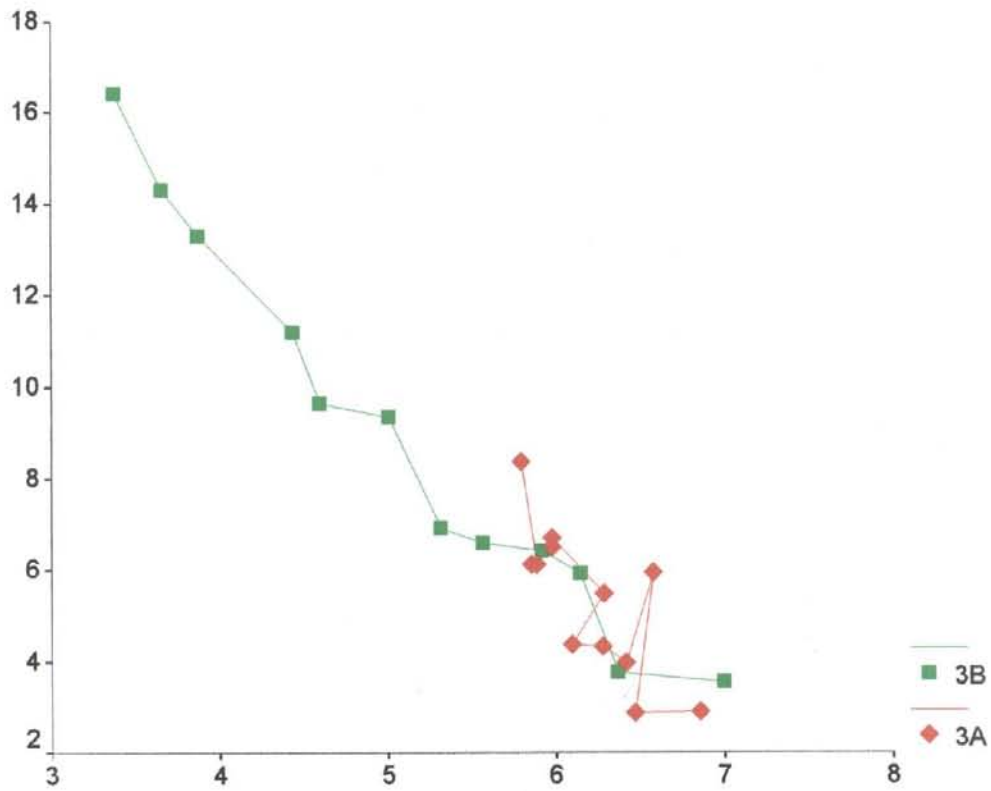
ค่าไอเอสไอ(ชม.) ที่อุณหภูมิ 120°ซ

รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอ
ของน้ำมันดอกทานตะวันผ่านกรรมวิธี



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอ
ของน้ำมันดอกคำฝอยธรรมชาติ

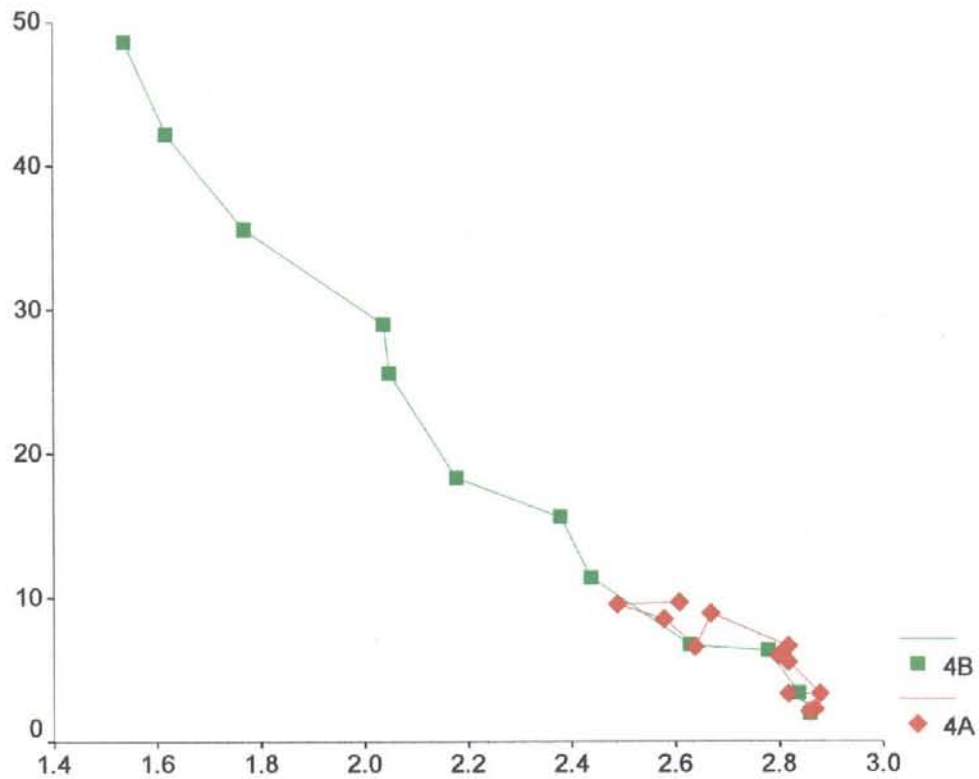
ค่าเพอร์ออกไซด์



ค่าไอเอสไอ(ซม.)ที่อุณหภูมิ 120°C

รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอของน้ำมันข้าวโพดผ่านกรรมวิธี

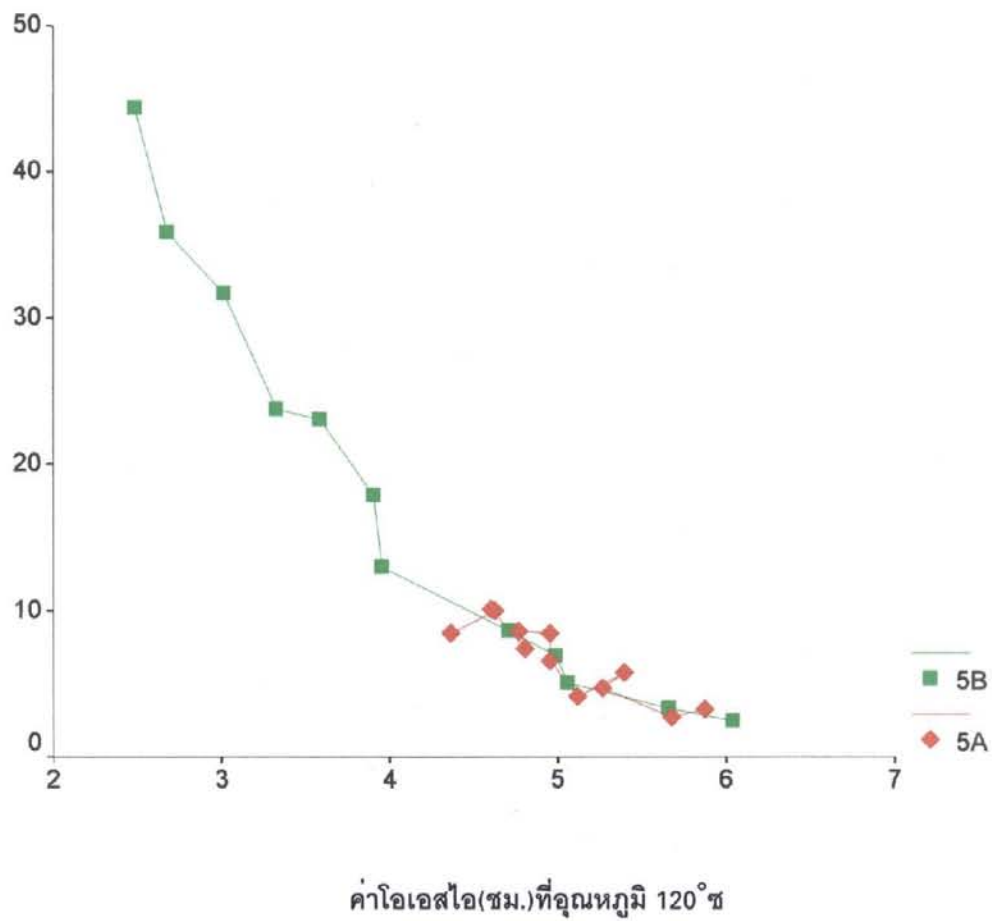
ค่าเพอร์ออกไซด์



ค่าไอเอสไอ(ชม.)ที่อุณหภูมิ 120°ซ

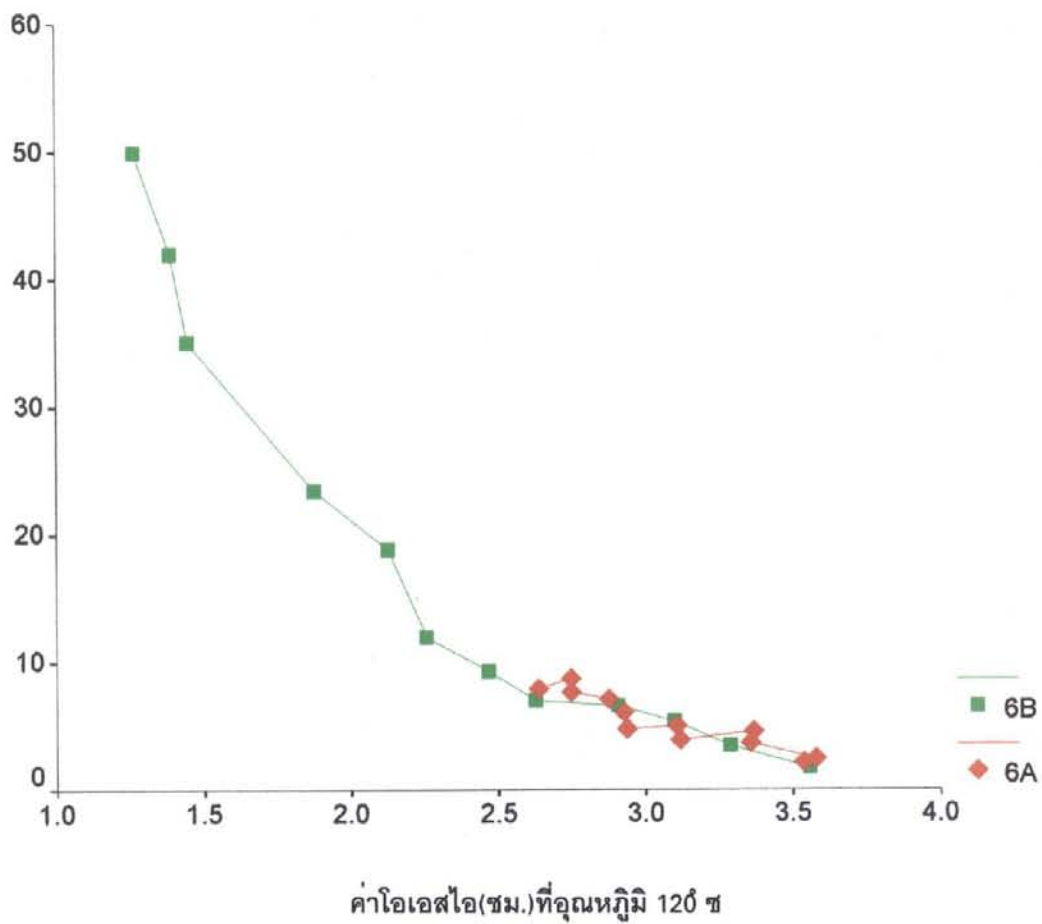
รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอ
ของน้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (ถั่วเหลือง:เมล็ดฝ้าย)

ค่าเพอร์ออกไซด์



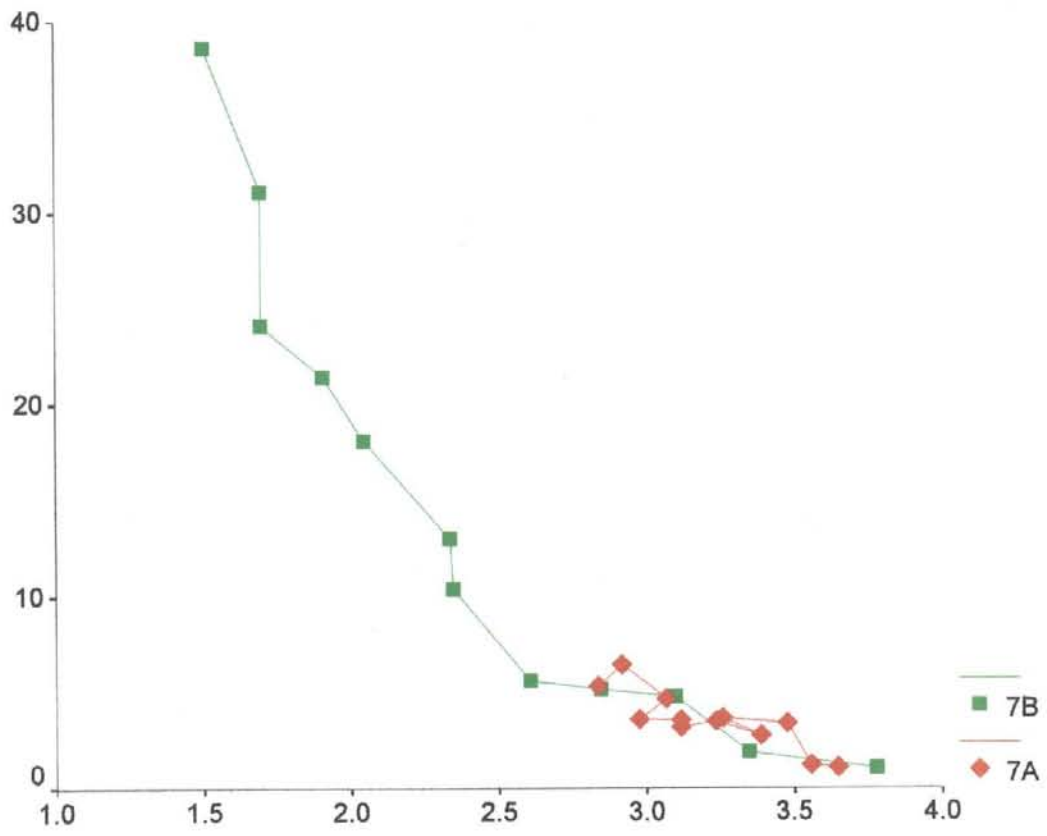
รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอ
ของน้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธี

ค่าเพอร์ออกไซด์



รูปที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอ
ของน้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธี

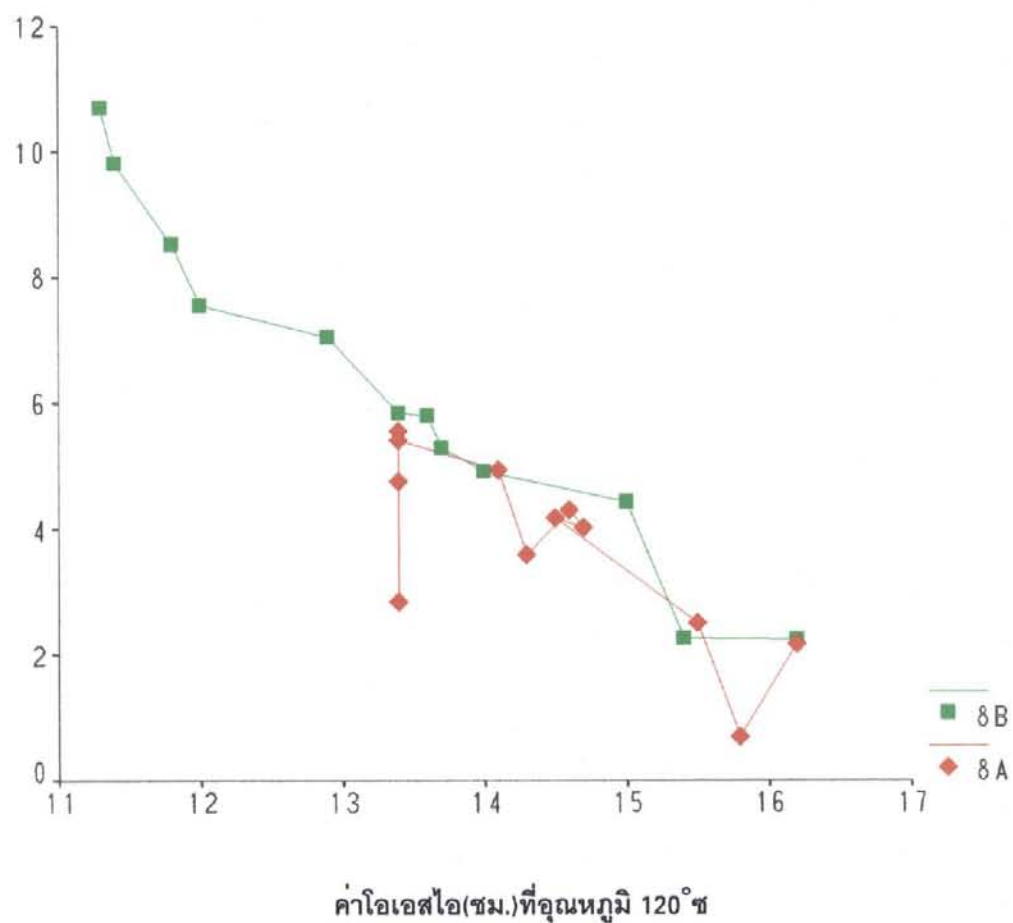
ค่าเพอร์ออกไซด์



ค่าไอเอสไอ(ซม.)ที่อุณหภูมิ 120°C

รูปที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอของน้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (ถั่วเหลือง:รำข้าว)

ค่าเพอร์ออกไซด์



รูปที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอของน้ำมันปาล์มโอเลอินจากเนื้อปาล์มผ่านกรรมวิธี

วิจารณ์และสรุปผล

ค่าเพอร์ออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้การเกิดออกซิเดชันขั้นต้น (8,16) การเปลี่ยนแปลงค่าเพอร์ออกไซด์ต่อเวลาเป็นตัวแสดงอินดิคชันสเตท (induction stage) และออกซิเดชันสเตท (oxidation stage) ซึ่งค่าเพอร์ออกไซด์จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ อินดิคชันสเตท เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพของน้ำมัน น้ำมันที่มีช่วงเวลาเหนียวนำสั้นจะเกิดการเหม็นหืนได้เร็ว

น้ำมันทุกตัวอย่างในแบบ A เป็นน้ำมันที่ยังไม่ได้เปิดใช้ พบว่าค่าเพอร์ออกไซด์ (ตารางที่ 4 และ รูปที่ 6) ค่าของกรด (ตารางที่ 5 และ รูปที่ 7) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักระหว่างการเก็บ 12 เดือน จะเห็นว่า ตัวอย่างที่ 1 - 8 มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง

2.70 - 5.48 1.14 - 3.16 2.88 - 8.37 2.06 - 9.70 2.73 - 10.1 2.12 - 8.70 1.09 - 6.47

และ 0.70 - 5.55 ตามลำดับ มีค่าของกรดอยู่ระหว่าง 0.05 - 0.07 0.08 - 0.14 0.21 - 0.34

0.16 - 0.30 0.33 - 0.48 0.11 - 0.17 0.07 - 0.12 และ 0.09 - 0.34 ตามลำดับ

ค่าเพอร์ออกไซด์และค่าของกรดยังคงอยู่ในเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน คือ ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูล

ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม และไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1

กรัม ตามลำดับ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 22 (พ.ศ. 2522) เรื่องกำหนดน้ำมัน

และไขมันเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ ฉบับที่ 56 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำมันปาล์ม และตาม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.44 - 2516 เรื่องน้ำมันรำสำหรับบริโภค มอก.47 - 2533

เรื่องน้ำมันและไขมันบริโภค มอก.176 - 2533 เรื่องน้ำมันถั่วเหลืองสำหรับบริโภค และ

มอก.288 - 2535 เรื่องน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค แสดงว่าแสงและอากาศมีผลน้อยมากต่อคุณภาพ

ของน้ำมันที่เก็บในภาชนะที่ปิดสนิท ส่วนค่าไอเอสไอ (ตารางที่ 6 และ รูปที่ 8) ไม่มีการ

เปลี่ยนแปลงมากนักระหว่างการเก็บ 12 เดือน ตัวอย่างที่ 1 - 8 มีค่าไอเอสไออยู่ระหว่าง

1.93 - 2.06 1.67 - 1.98 5.80 - 6.86 2.49 - 2.88 4.37 - 5.88 2.64 - 3.58 2.84 - 3.65

และ 13.4 - 16.2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าไอเอสไอเป็นตัวชี้บ่งว่า

น้ำมันดอกทานตะวัน และ น้ำมันดอกคำฝอย จะเกิดการเหม็นหืนได้เร็วกว่าน้ำมันชนิดอื่น ๆ

เพราะมีค่าไอเอสไอน้อย เนื่องจากน้ำมันดอกทานตะวัน และ น้ำมันดอกคำฝอย มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว

อยู่มาก (17) ประมาณร้อยละ 88 และ 92 ของกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนน้ำมัน

ปาล์มโอเลอินจะเกิดการเหม็นหืนช้าที่สุด เนื่องจากมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพียงร้อยละ 50 ของกรด

ไขมันทั้งหมด รองลงมาได้แก่น้ำมันข้าวโพด น้ำมันรำข้าว น้ำมันถั่วเหลือง และ น้ำมันผสม

ในตัวอย่างแบบ B ซึ่งเป็นตัวอย่างน้ำมันที่เปิดใช้แล้ว ตัวอย่างที่ 1 - 8 มีค่าของกรด

(ตารางที่ 5 และ รูปที่ 7) อยู่ระหว่าง 0.05 - 0.08 0.11 - 0.22 0.20 - 0.34 0.17 - 0.29

0.31 - 0.50 0.11 - 0.19 0.08 - 0.13 และ 0.11 - 0.39 ตามลำดับ ซึ่งยังคงอยู่ในเกณฑ์

กำหนดมาตรฐานเช่นเดียวกับตัวอย่างแบบ A ส่วนค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ

(ตารางที่ 4 และ รูปที่ 6) ค่าเพอร์ออกไซด์เกินเกณฑ์กำหนดมาตรฐานตามระยะเวลาต่างกัน คือ น้ำมันดอกทานตะวันผ่านกรรมวิธี มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 3.91 - 56.4 ซึ่งเมื่อครบเดือนที่ 3 มีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 11.5 น้ำมันดอกคำฝอยธรรมชาติ มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.64 - 60.3 ซึ่งเมื่อครบเดือนที่ 1 มีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 12.9 น้ำมันข้าวโพดผ่านกรรมวิธี มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 3.55 - 16.4 ซึ่งเมื่อครบเดือนที่ 8 มีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 11.2 น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (น้ำมันถั่วเหลือง : น้ำมันเมล็ดฝ้าย) มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 1.92 - 48.6 ซึ่งเมื่อครบเดือนที่ 4 มีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 11.4 น้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธี มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.49 - 44.4 เมื่อครบเดือนที่ 5 มีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 13.0 น้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธี มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 1.70 - 49.9 ซึ่งเมื่อครบเดือนที่ 6 มีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 11.9 น้ำมันผสมผ่านกรรมวิธี (น้ำมันถั่วเหลือง : น้ำมันรำข้าว) มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 1.04 - 38.6 ซึ่งเมื่อครบเดือนที่ 5 มีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 10.4 และในน้ำมันปาล์มโอเลอินจากเนื้อปาล์มผ่านกรรมวิธี มีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 2.24 - 10.7 และมีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 10.7 เมื่อครบเดือนที่ 12 จะเห็นว่าค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าไอเอสไอลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น เนื่องจากการถูกออกซิเดชัน เมื่อพิจารณากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอ (รูปที่ 9 - 16) จะเห็นว่าน้ำมันทุกตัวอย่างในแบบ A แต่ละตัวอย่างยังคงมีค่าเพอร์ออกไซด์และค่าไอเอสไอใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ในขณะที่แต่ละตัวอย่างในแบบ B มีค่าเพอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นในขณะที่เดียวกันค่าไอเอสไอลดลงอย่างเห็นได้ชัด น้ำมันต่างชนิดกันจะเกิดการเหม็นหืนในระยะเวลาที่ต่างกัน เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวไม่เท่ากันยังมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากก็มีโอกาสที่จะเกิดการเหม็นหืนได้เร็วมาก โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันชนิดเดียวกัน น้ำมันที่เปิดใช้จะเกิดการเหม็นหืนได้เร็วกว่าน้ำมันที่ยังไม่ได้เปิดใช้ แสดงว่าแสงและอากาศมีผลต่อคุณภาพของน้ำมันที่เปิดใช้แล้ว

ในการวิเคราะห์ค่าไอเอสไอควรเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับน้ำมันแต่ละชนิดเพื่อที่จะได้ค่าอินดักชันใหม่ที่สัมพันธ์กับการเกิดออกซิเดชัน ซึ่งควรจะอยู่ในช่วงระหว่าง 5 - 20 ชั่วโมง ค่าอินดักชันใหม่ที่น้อยหรือมากเกินไปจะทำให้ค่าที่มีความคลาดเคลื่อนได้ จากการศึกษา (11) พบว่าค่าอินดักชันใหม่จะลดลงประมาณ 2 เท่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส

การทดลองนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างน้ำมันชนิดต่าง ๆ จึงกำหนดอุณหภูมิในการทดลองคงที่คือ 120 องศาเซลเซียส ทำให้หลายตัวอย่างได้ค่าไอเอสไอต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสมซึ่งอาจจะให้ผลที่คลาดเคลื่อนไปบ้างได้แก่ น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันผสม (ถั่วเหลือง : เมล็ดฝ้าย) น้ำมันถั่วเหลือง และ น้ำมันผสม (ถั่วเหลือง : เมล็ดฝ้าย) มีค่าไอเอสไอโดยเฉลี่ยประมาณ 2.00 1.86 2.74 3.00 และ 3.22 ตามลำดับ นอกจากนี้ในน้ำมันบริโภคยังมีการใช้วัตถุกันหืนในปริมาณและชนิดต่าง ๆ กัน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

วัตถุดิบหินที่ใช่ ได้แก่ วิตามินอี บีเอชที ทีบีเอชคิว ในขณะที่บางตัวอย่างไม่ใช้วัตถุดิบหิน ได้แก่ น้ำมันข้าวโพดผ่านกรรมวิธี และ น้ำมันรำข้าวผ่านกรรมวิธี ซึ่งอาจจะทำให้การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์คลาดเคลื่อนไปบ้างเนื่องจากปฏิกิริยาของวัตถุดิบหิน

น้ำมันบางชนิดในประเทศไทยยังไม่มีการผลิตออกจำหน่ายในขณะนั้นจึงจำเป็นต้องซื้อผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันดอกคำฝอย ทำให้ได้ น้ำมันที่ผลิตมานานประมาณ 8 - 10 เดือนตอนเริ่มวิเคราะห์ครั้งแรก เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ผลิตได้ในประเทศจะเห็นว่าน้ำมันในประเทศค่อนข้างใหม่คือผลิตมานาน 1 เดือนก่อนเริ่มวิเคราะห์ครั้งแรก

จากการศึกษาทดลองพบว่าน้ำมันที่อยู่ในภาชนะที่ยังไม่ได้เปิดใช้ (แบบ A) สามารถเก็บไว้ได้นานถึง 1 ปีโดยที่คุณภาพยังคงอยู่ในเกณฑ์กำหนดมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 22 (พ.ศ. 2522) เรื่องกำหนดน้ำมันและไขมันเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ ฉบับที่ 56 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำมันปาล์ม และตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.44 - 2516 เรื่องน้ำมันรำสำหรับบริโภค มอก.47 - 2533 เรื่องน้ำมันและไขมันบริโภค มอก.176 - 2533 เรื่องน้ำมันถั่วเหลืองสำหรับบริโภค และ มอก.288 - 2535 เรื่องน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค สำหรับน้ำมันที่เปิดใช้แล้ว (แบบ B) เกิดการเหม็นหืนได้เร็วกว่าน้ำมันที่ยังไม่ได้เปิดใช้เนื่องจากการถูกเติมออกซิเจน พบว่าน้ำมันที่เปิดใช้แล้วมีคุณภาพเกินเกณฑ์กำหนดมาตรฐานขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเก็บและชนิดของน้ำมัน

ข้อเสนอแนะ น้ำมันเมื่อเปิดใช้แล้วควรเก็บรักษาให้ดี พยายามไม่ให้สัมผัสกับความชื้นและความร้อน และอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันชนิดที่มีแนวโน้มว่าจะเกิดการเหม็นหืนได้เร็ว

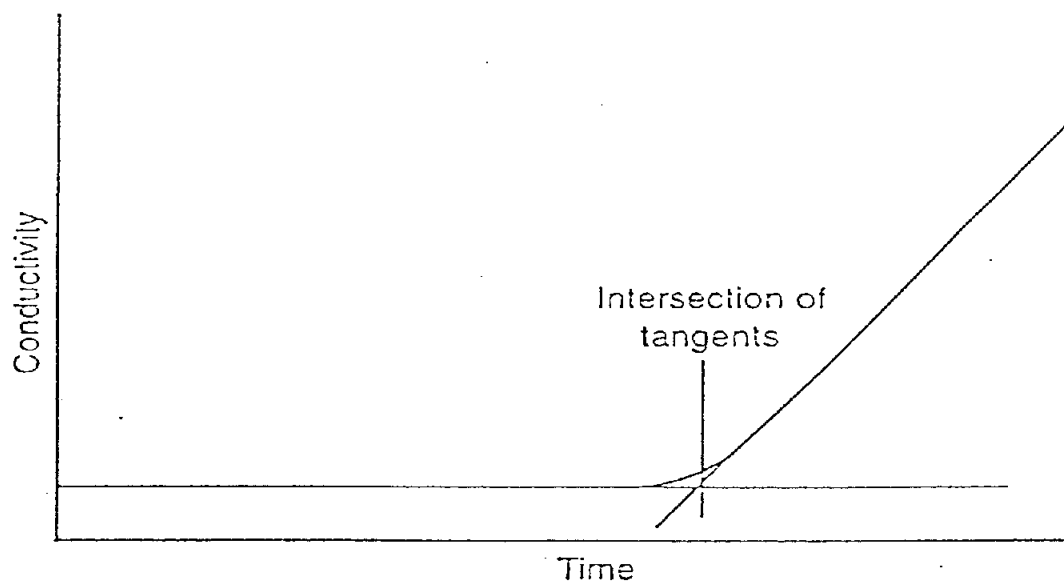
คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณสุจินต์ ศรีคงศรี (ผู้อำนวยการกอง กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ) และ คุณสุคนธ์ เนกมานุรักษ์ (หัวหน้ากลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ) ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องของรายงานฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ไปด้วยดี และขอขอบคุณ คุณปราณี แซ่โก้ว และ คุณประทุม พุทธิวิช ที่ได้ให้ข้อมูลบางส่วนจนรายงานฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์

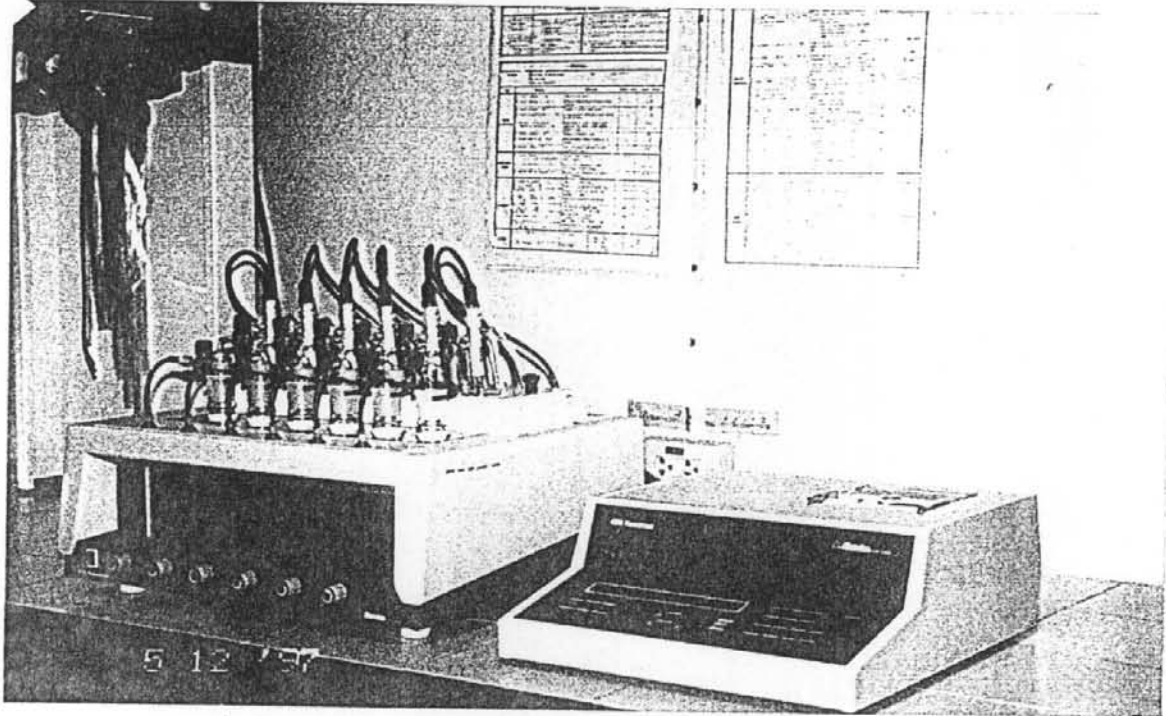
เอกสารอ้างอิง

- 1 ศาสตราจารย์ นพ. วิชัย คັນไพจิตร, โภชนาการเพื่อสุขภาพ, 2530
- 2 C.H. Lea, Food Investigation Special Report No. 46 Rancidity in Edible Fats, 1938
- 3 Heimann, Werner, Fundamentals of Food Chemistry. 1980
- 4 H.G. Kirschenbauer, Fats and Oils An Outline of Their Chemistry and Technology, 2nd ed., 1960
- 5 ISO 6886:1996 (E), Animal and vegetable fats and oils - Determination of oxidation stability (Accelerated oxidation test).
- 6 International Union of Pure and Applied Chemistry, Applied Chemistry Division, Commission on Oils, Fats and Derivatives, Standard Methods for The Analysis of Oils, Fats and Derivatives, 6th,ed, 1979.
- 7 J.C. Allen and R.J. Hamilton, Rancidity in Foods, 3th.ed., 1994
- 8 Jebe, Tod A., Matlock, Mark G. and Sleeter, Ronald T. J. Amer. Oil Chem. Soc., Vol.70, no.11 (November 1993)
- 9 Kirk, Ronald S. and Sawyer, Ronald. Pearson's composition and analysis of foods. 9th. ed., Harlow: Longman Scientific & Technical, 1991.
- 10 Läubli, M.W., Bruttel, P.A. and Schalch, E., Food Marketing and Technology, No. 1 / 1988, January. Dr. Harnisch Publications, Nürnberg, Germany.
- 11 Läubli, M.W. and Bruttel, P.A., L. Amer. Oil Chem. Soc., Vol.63, no.6 (June 1986)
- 12 Metrohm, Instructions for use 679 Rancimat
- 13 Official Methods and Recommended Practices of The American Oil Chemists' Society, 4th. ed., AOCS, Method Cd 12b-92.
- 14 Paul, Pauline C. and Palmer, Helen H., Food Theory and Applications, N.Y., Wiley, 1972.
- 15 Pryde, Everett H., Fatty Acids, American Oil Chemists' Society, Champaign, Illinois, 1979.
- 16 Werman, M.J. and Neeman, I., L. Amer. Oil Chem., Soc., Vol.63, no.3, (March 1986)
- 17 Y.H. Hui, Bailey's Industrial Oil and Fat Products., 5th.ed., Vol 1 Edible Oil and Fat Product : General Applications., 1996

ภาคผนวก 1



รูปที่ 2 การหาค่าไอเอสไอ โดยวิธีแทนเจนต์



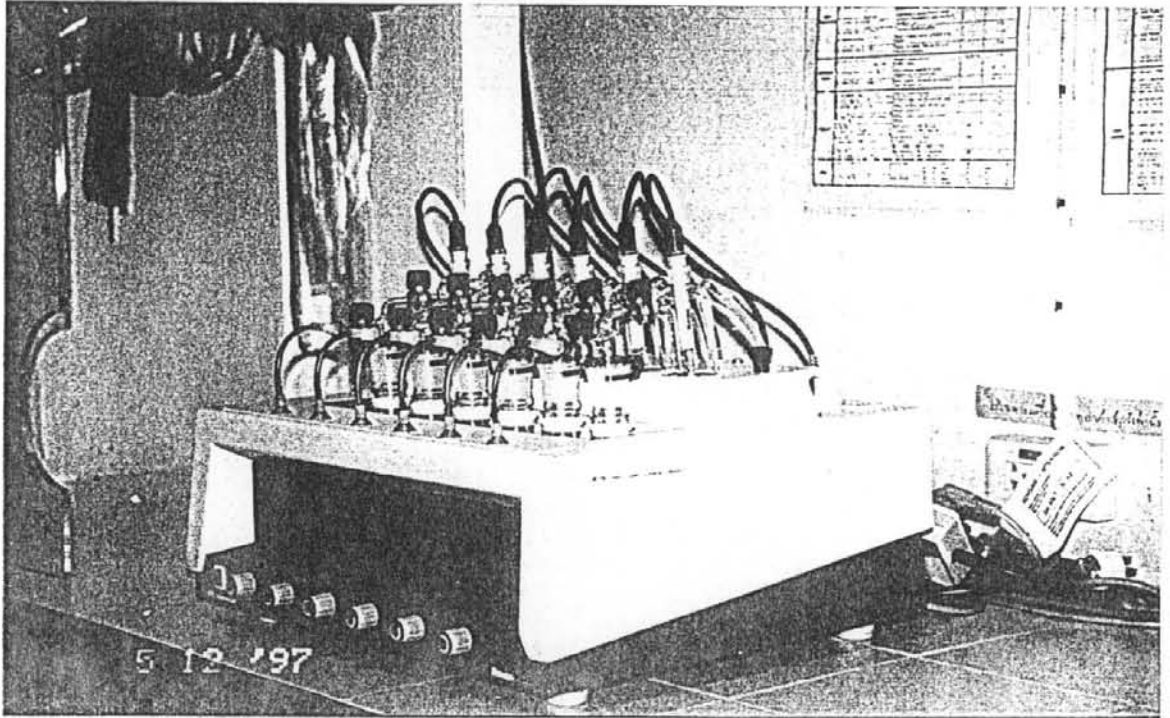
1

2

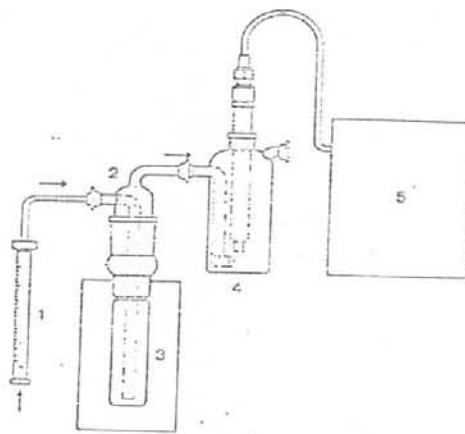
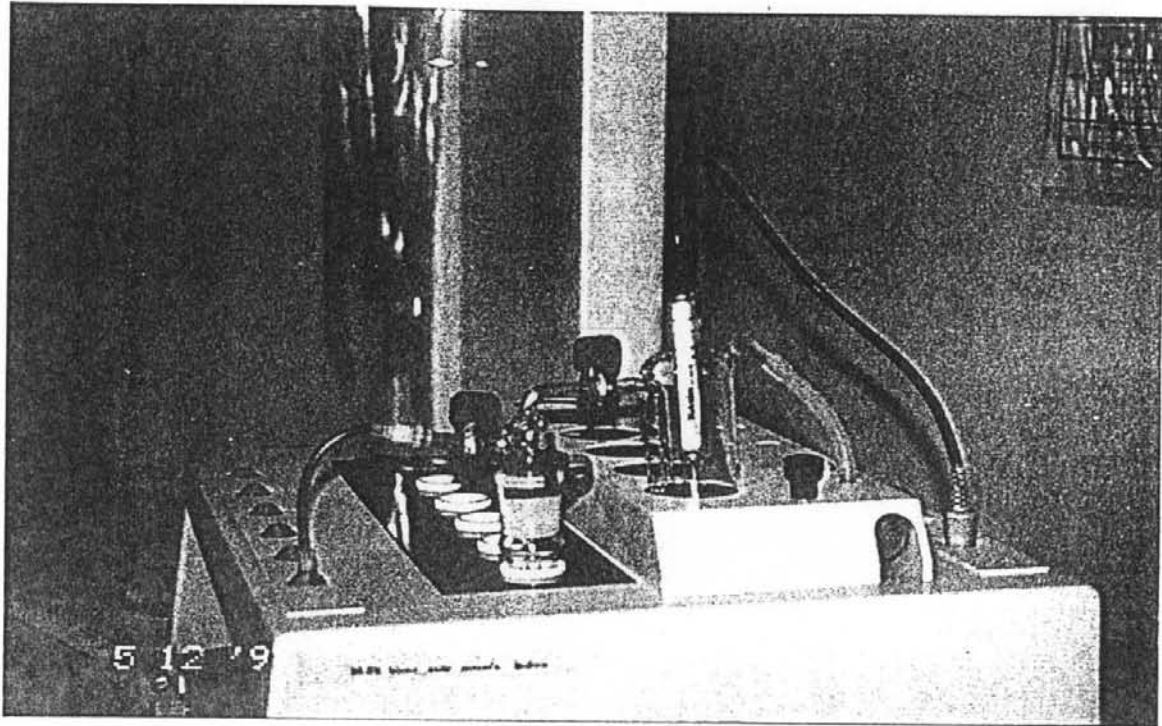
รูปที่ 3 เครื่องเรนซิแมท 679

1 : ส่วนควบคุม

2 : ส่วนทำงาน



รูปที่ 4 ส่วนทำงาน



รูปที่ 5 แผนผังของส่วนทำงาน

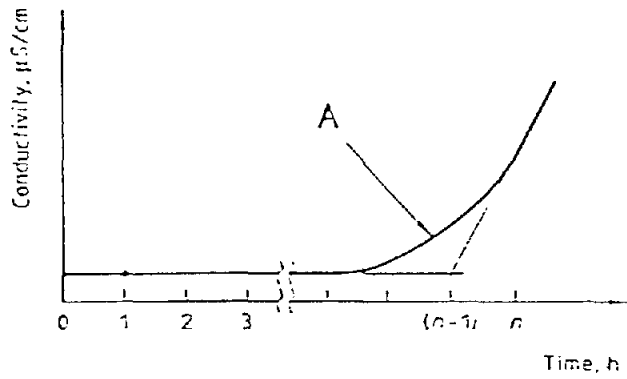
1 ที่ปรับอัตราการเติมอากาศ

2 หลอดทำปฏิกิริยาสำหรับใส่ตัวอย่าง

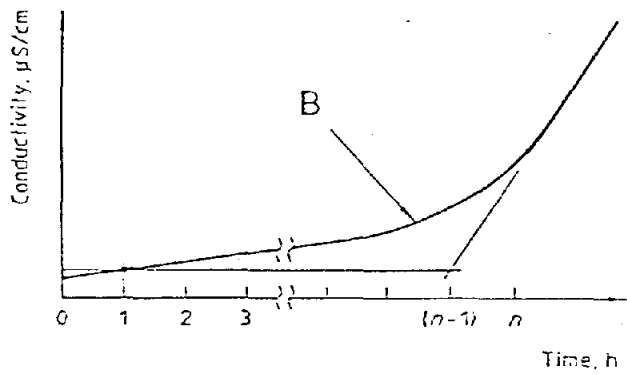
3 แทนให้ความร้อน

4 ขวดสำหรับวัดบรรจุน้ำจัดไอออนแล้วและกอนดักคิติวีเซลล์

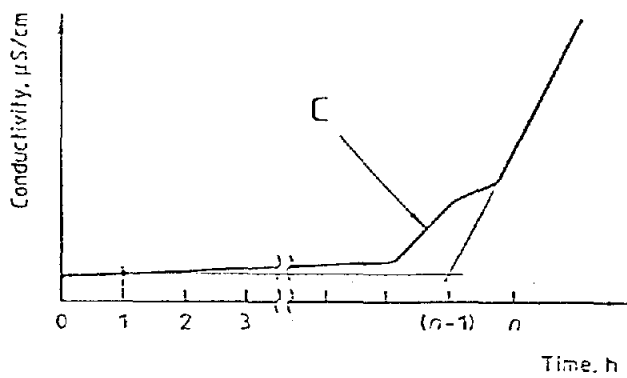
5 ตัวขยายสัญญาณ คำนวณและบันทึกผล



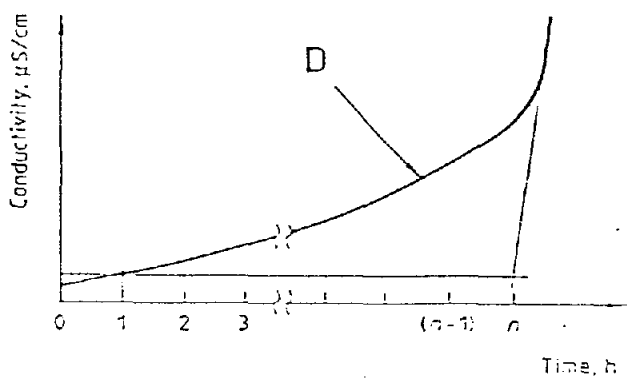
Curve A shows a clear and rapid change in gradient (ideal shape).



Curve B rises slowly at first, then shows a clear change in gradient later on.



Curve C has more than one point of inflection. The very steep tangent indicates the continuation of rapid auto-oxidation.



Curve D shows an immediate rapid rise. This is the result of the liberation of fatty acids or other volatile acid products from the sample (e.g. in coconut oil or butterfat).

รูปที่ 17 ตัวอย่างกราฟคอนดักติวิตี

ภาคผนวก 2

ข้อควรระวังในการวิเคราะห์ค่าดัชนีความคงตัวของน้ำมัน

1. ใช้น้ำยาทำความสะอาดเครื่องแก้วที่ไม่ก่อให้เกิดสารตกค้าง เพราะว่าการปนเปื้อนของโลหะเพียงเล็กน้อยที่ติดตามผิวของเครื่องแก้วจะไปเร่งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน
2. ควรใช้น้ำยาล้างทำความสะอาดแล้ว
3. ควรเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ เพื่อที่จะได้ค่าอินดักชันใหม่ที่สัมพันธ์กับการเกิดออกซิเดชัน ซึ่งจะอยู่ในช่วงระหว่าง 5 - 20 ชั่วโมง ค่าอินดักชันใหม่จะลดลงประมาณ 2 เท่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส ค่าอินดักชันใหม่ที่น้อยหรือมากเกินไปจะทำให้ค่าที่มีความคลาดเคลื่อนได้
4. น้ำในขวดสำหรับวัดค่าคอนดักติวิตีควรมีอุณหภูมิไม่เกิน 20 องศาเซลเซียส เพราะที่อุณหภูมิสูงกรดอินทรีย์ที่ระเหยได้จะระเหยออกไปจากน้ำ ทำให้ค่าคอนดักติวิตีที่วัดได้ต่ำกว่าความเป็นจริง และถ้าค่าอินดักชันใหม่มากกว่า 10 ชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำในขวดสำหรับวัดควรจะต่ำลงอีก ทำได้โดยการแช่ขวดสำหรับวัดในอ่างน้ำเย็น
5. ตั้งอัตราการเติมอากาศให้ถูกต้อง ตรวจสอบและปรับให้คงที่อยู่เสมอ
6. หมั่นตรวจดูตัวดูดความชื้น (molecular sieve) และแผ่นกรองอากาศว่ายังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี ถ้าตัวดูดความชื้นเปลี่ยนเป็นสีแดงต้องเปลี่ยนใหม่ทันที และแผ่นกรองอากาศต้องเปลี่ยนใหม่เมื่อมีฝุ่นไปอุดตันเพราะจะทำให้อัตราการเติมอากาศตกลง
7. ถ้าตัวอย่างเป็นของเหลวและเป็นเนื้อเดียวกัน สุ่มตัวอย่างจากตรงกลางของภาชนะบรรจุ ถ้าตัวอย่างเป็นของแข็งหรือกึ่งแข็งกึ่งเหลวให้ละลายตัวอย่างโดยให้ความร้อนไม่เกิน 10 องศาเซลเซียสเหนือจุดหลอมเหลว คนให้เป็นเนื้อเดียวกันและสุ่มตัวอย่างจากตรงกลางของภาชนะบรรจุ ชั่งตัวอย่างใส่ลงในหลอดทำปฏิกิริยาระวังอย่าให้ตัวอย่างติดตามข้างหลอด

ภาคผนวก 3

การทำความสะอาดเครื่องแก้ว

หลังจากทำการวิเคราะห์เสร็จแล้วให้เทตัวอย่างออกจากหลอดทำปฏิกิริยาให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ล้างหลอดด้วย 1,1,1-Trichloroethane

1. สำหรับเครื่องแก้วที่สกปรกไม่มาก

ล้างด้วยน้ำร้อน แล้วล้างด้วยอะซิโตน (acetone) ตามด้วยน้ำขจัดไอออนแล้วและทำให้แห้ง

2. สำหรับเครื่องแก้วที่สกปรกปานกลาง

จุ่มเครื่องแก้วลงในอ่างสารละลายอาร์บีเอส 25 * หรือเทียบเท่า ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำสะอาด ตามด้วยน้ำขจัดไอออนแล้วและทำให้แห้ง

3. สำหรับเครื่องแก้วที่สกปรกมาก

เตรียมสารละลายผสมของไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (isopropyl alcohol) กับน้ำ อัตราส่วน 90:10 โดยปริมาตร เดิมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้มากเกินไปจนสารละลายอิมิตัว

เทสารละลายที่เตรียมนี้ลงในหลอดทำปฏิกิริยาประมาณครึ่งหลอด จุ่มหลอดทำปฏิกิริยาในอ่างน้ำร้อนเป็นเวลา 2 - 3 ชั่วโมงพร้อมทั้งเขย่าเป็นระยะ ๆ ล้างด้วยน้ำสะอาด ถ้ายังมีคราบน้ำมันหลงเหลืออยู่อีกให้ทำซ้ำอีกครั้ง เมื่อสะอาดดีแล้วให้แช่หลอดทำปฏิกิริยาในอ่างสารละลายเช่นเดียวกับข้อ 2

4. เทน้ำในขวดสำหรับวัดค่าคอนดักติวิตีทิ้ง ล้างขวดสำหรับวัดค่าคอนดักติวิตีและคอนดักติวิตีเซลล์ด้วยอะซิโตน ตามด้วยน้ำขจัดไอออนแล้วและทำให้แห้ง ถ้าขวดสำหรับวัดค่าคอนดักติวิตียังไม่สะอาดให้ล้างวิธีเดียวกันกับวิธีข้างต้น

* อาร์บีเอส 25 (RBS 25) เป็นน้ำยาทำความสะอาดสำหรับเครื่องมือในห้องปฏิบัติการโดยเฉพาะ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ FLUKA AG, CH-9470 Buchs SG, Switzerland.