

การตรวจสอบสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันงาด้วยเทคนิค นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี และ Accelerated Oxidation Test Chemical and physical analysis of sesame oil by nuclear magnetic resonance spectroscopy and accelerated oxidation test



อนุตตรา นวมถนอม^{1*} เจนจิรา ภูริรักษ์พิติกร¹ และ ฐิติพร วัฒนกุล¹

Anuttra Nuamthanom^{1*}, Jenjira Phuriragpitikhon¹, Titiporn Wattanakul¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมัน (fatty acid) ในน้ำมันงาขาว งาดำ งาขึ้นร้อนแท้ (A และ B) และน้ำมันงาขึ้นร้อนปลอมแปลง (C) ที่ผลิตในประเทศไทย ด้วยเทคนิค โปรตอน-นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี (¹H-NMR) ที่ 400 MHz ผลจากการศึกษาพบว่า ปริมาณกรดไขมันชนิด oleic (O) linoleic (L) linolenic (Ln) และ saturated (S) ในน้ำมันงาทั้ง 4 ชนิดมีค่าดังนี้ น้ำมันงาดำ มีปริมาณ O ร้อยละ 41 มีปริมาณ L ร้อยละ 42 และมีปริมาณ S ร้อยละ 17 น้ำมันงาขาว มีปริมาณ O ร้อยละ 39 มีปริมาณ L ร้อยละ 43 และมีปริมาณ S ร้อยละ 18 น้ำมันงาขึ้นร้อนแท้ (A และ B) มีปริมาณ O ระหว่างร้อยละ 14-15 มีปริมาณ L ระหว่างร้อยละ 11-13 มีปริมาณ Ln ระหว่างร้อยละ 54-55 และมีปริมาณ S ระหว่างร้อยละ 18-19 และ น้ำมันงาขึ้นร้อนปลอมแปลง (C) มีปริมาณ O ร้อยละ 22 มีปริมาณ L ร้อยละ 56 และมีปริมาณ S ร้อยละ 22 น้ำมันงาขึ้นร้อนเป็นน้ำมันงาชนิดเดียวที่มีกรดไขมันชนิด Ln เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งทำให้มีราคาแพงกว่าเพราะเชื่อว่า Ln มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงกว่ากรดไขมันชนิดอื่นในน้ำมันงาดำและงาขาว ในงานวิจัยนี้จึงใช้สัญญาณ NMR ของเมทิลโปรตอนในกรดไขมันชนิด Ln ที่ chemical shift 0.95-0.99 ppm ในการบ่งชี้เอกลักษณ์ความแตกต่างของน้ำมันงาขึ้นร้อนแท้และน้ำมันงาขึ้นร้อนปลอม นอกจากนี้ยังทดสอบเสถียรภาพการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative stability) ของน้ำมันงาทั้ง 4 ชนิดด้วยเทคนิค Accelerated Oxidation Test พบว่า น้ำมันงาดำ งาขาว งาขึ้นร้อนแท้ (A และ B) และงาขึ้นร้อนปลอม (C) มีค่าเสถียรภาพการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 110 °C แตกต่างกันดังนี้ 8.4 ชั่วโมง 8 ชั่วโมง 1.4 ชั่วโมง 1.6 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันงาขึ้นร้อนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าน้ำมันงาดำและงาขาว ส่วนน้ำมันงาขึ้นร้อนปลอมแปลงมีค่า oxidative stability สูงกว่าน้ำมันงาขึ้นร้อนแท้แต่ต่ำกว่าน้ำมันงาขาวและงาดำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาด้วยเทคนิค ¹H-NMR spectroscopy

Abstract

In this work, we investigated the fatty acid composition of white sesame, black sesame, perilla (A and B) and artificial perilla (C) oils produced in Thailand using ¹H-Nuclear magnetic resonance spectroscopy (¹H-NMR) at 400 MHz. The composition of oleic (O), linoleic (L), linolenic (Ln), and saturated (S) is as follows : 41 % of O, 42 % of L and 17 % of S in black sesame oil ; 39 % of O, 43 % of L and 18 % of S in white sesame oil ; 14-15 % of O, 11-13 % of L, 54-55 % of Ln and 18-19 % of S perilla oil (A and B), and 14-15 % of O, 56 % of L and 22 % of S in artificial perilla (sample C). Based on the results, since perilla oil contained higher amount of Ln which is believed to be beneficial for health, its price is more expensive than black and white sesame oils. In this study, we used the ¹H-NMR signal from the methyl protons of Ln at the chemical shift of 0.95-0.99 ppm to distinguish between real and artificial perilla oil. Oxidative stability of all sesame was determined by using the Accelerated Oxidation Test technique which revealed that white sesame, black sesame, perilla (sample A and B) and artificial perilla (sample C) oil had oxidative stability values at 110 °C as 8.4h, 8h, 1.4h, 1.6h and 3h respectively. These indicated that perilla oil had lower shelf life than white and black sesame oil. The artificial perilla oil had the oxidative stability value higher than real perilla but lower than white and black sesame oil, which was in accordance with data received from ¹H-NMR spectroscopy.

คำสำคัญ: น้ำมันงา นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโคปี เสถียรภาพการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

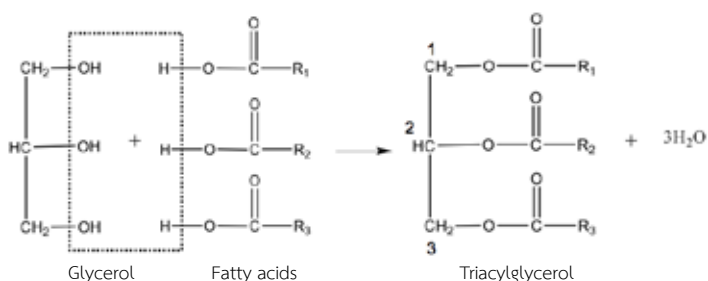
Keywords: Sesame, ¹H-NMR, Oxidative stability

¹กรมวิทยาศาสตร์บริการ

*Corresponding author E-mail address : anuttra@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

น้ำมันพืชมีไตรเอซิลกลีเซอรอล (Triacylglycerol : TGA) หรือ ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) เป็นองค์ประกอบหลักซึ่งเกิดจากโมเลกุลของกลีเซอรอล (Glycerol) รวมตัวกับกรดไขมัน (Fatty acid) โครงสร้างทางเคมีของ TGA แสดงในรูปที่ 1 โดยกรดไขมันอาจเป็นได้ทั้งชนิด กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) เช่น myristic acid (C14:0) palmitic acid (C16:0) และ stearic acid(C18:0) หรือ กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) เช่น oleic acid (C18:1) linoleic acid (C18:2) และ linolenic acid (C18:3) น้ำมันพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณสัดส่วนของกรดไขมันทั้งสองแตกต่างกันไป ตารางที่ 1 แสดงชนิดและปริมาณของกรดไขมันกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ [1] โดยชนิดและปริมาณของกรดไขมันในโครงสร้างระดับโมเลกุลของ TGA นี้เองที่ส่งผลต่อสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของน้ำมันพืช



รูปที่ 1 ตัวอย่างโครงสร้างทางเคมีของ Triacylglycerol ในน้ำมันพืช

ตารางที่ 1 แสดง Fatty acid composition (wt%) ของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ [1]

Fatty acid composition, (%)	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
Cocoa butter	26	34	35	-	-
Corn	13	3	31	52	1
Cottonseed	23	2	17	56	-
Groundnut	7-12	3	46-71	14-35	-
Linseed	6	3	17	14	60
Linola	-	-	16	72	2
Olive	10	2	78	7	1
Palm	44	4	39	11	-
Palm olein	41	4	31	12	-
Palm stearin	47-74	4-6	16-37	3-10	-
Palm mid-fraction	41-55	5-7	32-41	4-11	-

Fatty acid composition, (%)	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
Rape (high erucic)	3	1	16	14	10
Rape (low erucic)	4	2	62	22	10
Rice bran oil	20	2	42	32	-
Safflower (regular)	7	3	14	75	-
Safflower (high oleic)	6	2	74	16	-
Sesame	9	6	41	43	-
Soybean	11	4	23	53	8
Sunflower (regular)	6	5	20	60	-
Sunflower (regular)	4	5	81	8	-
Sunflower (NuSun)	4	5	65	26	-

- indicates values of 0-1

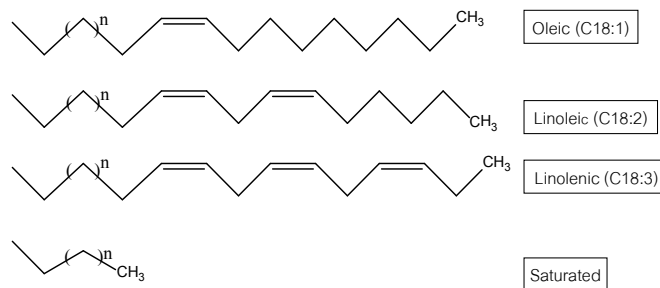
^a also C20-C24 saturated and unsaturated acids 4-7%

^b also saturated acids 10%

^c also 20:1 6% and 22:1 50%

ภาคเหนือของประเทศไทยเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีการปลูกงาเป็นจำนวนมาก โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งมีทั้ง งาขาว งาดำ และงาเขียว (Perilla) เกษตรกรผู้ปลูกงา มีการรวมตัวกัน และตั้งกลุ่มแปรรูปจากงา จำหน่ายเป็นสินค้า OTOP ประจำจังหวัด น้ำมันงาเป็นสินค้าหนึ่งที่ได้รับค่านิยม เนื่องจากเชื่อว่ามีคุณค่าทางโภชนาการต่อผู้บริโภคสูง นิยมนำไปประกอบอาหารหรือเป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางค์ โดยผู้ผลิตน้ำมันงาส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดย่อมและวิสาหกิจชุมชน ซึ่งมีวิธีการผลิต 2 วิธีคือ การผลิตจากภูมิปัญญาไทยโดยใช้แรงงานจากสัตว์ มอเตอร์ไฟฟ้า และพลังงานน้ำ ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการใช้เครื่องจักรในการผลิต ปัจจุบันกลุ่มผู้สนใจอาหารเพื่อสุขภาพมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นแนวโน้มความต้องการน้ำมันงาเพื่อใช้ในการประกอบอาหารเพื่อสุขภาพจึงสูงขึ้นด้วย อีกทั้งปัจจุบันภาครัฐมีนโยบายส่งเสริม สนับสนุนให้เกิดการประกอบกิจการวิสาหกิจขนาดย่อมและวิสาหกิจชุมชน ส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีทางการผลิตที่ได้มาตรฐาน การให้ความรู้เรื่องประโยชน์ของน้ำมันงา ทำให้มีโอกาสในการพัฒนาทางธุรกิจของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาได้มากขึ้น โดยโครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมทางด้านเทคโนโลยีเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันงาที่มีคุณภาพ น้ำมันงาประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น

oleic acid (C18:1) linoleic acid (C18:2) หรือ linolenic acid (C18:3) รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ oleic(O), linoleic(L), linolenic(Ln) และ saturated (S) acyl chains ที่พบในน้ำมันงา ชนิด และสัดส่วนของกรดไขมันในน้ำมันงาจะแตกต่างกันไปตามชนิดของ งา พื้นที่การเพาะปลูก และกระบวนการผลิต น้ำมันงาขี้ม่อน (Perilla frutescens) มีองค์ประกอบหลักเป็นกรดไขมันประเภท α -linolenic acid (ALA, C18:3,n-3) ร้อยละ 50-60 โดยประมาณของปริมาณกรด ไขมันทั้งหมดในน้ำมัน จากผลการวิจัยพบว่า ALA มีประโยชน์ต่อ สุขภาพในเรื่องความสามารถในการลดปริมาณ cholesterol ใน ร่างกาย [2] และจากการศึกษาในหนูทดลองพบว่า ALA จากน้ำมัน perilla ช่วยลดปริมาณ cholesterol ได้ดีกว่า linoleic acid (C18:2) จากน้ำมันดอกคำฝอย (Safflower) [3] ด้วยเหตุนี้จึงทำให้น้ำมันงา ขี้ม่อนมีราคาแพงกว่าน้ำมันงาขาวและงาดำที่มีเพียงกรดไขมันไม่อิ่ม ตัวชนิด linoleic acid และ oleic acid เป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นจึงมีการปลอมแปลงเป็นน้ำมันงาขี้ม่อนโดยนำน้ำมันพืชชนิดอื่น ที่มีราคาถูกกว่ามาแอบอ้างเพื่อลดต้นทุนในการผลิตและสามารถขาย ได้ในราคาที่สูงขึ้น โดยการจำแนกส่วนผสมของน้ำมันงาขี้ม่อนนั้น ผู้บริโภคอาจสามารถแยกแยะได้ด้วย การมองเห็น หรือดมกลิ่น จำเป็น ต้องมีการใช้เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบคุณภาพของ น้ำมัน โดยทั่วไปการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันพืช สามารถศึกษาได้ด้วยเทคนิค Gas chromatography (GC) แต่ด้วย เทคนิคนี้ จำเป็นต้องนำน้ำมันพืชมาทำปฏิกิริยาทางเคมีเพื่อเปลี่ยน เป็น methyl esters ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC ซึ่ง กระบวนการวิเคราะห์ทั้งหมดต้องใช้เวลานานและมีราคาสูง การศึกษา นี้ได้นำเทคนิค ^1H NMR spectroscopy ซึ่งเป็นเทคนิคที่สะดวก รวดเร็ว ไม่จำเป็นต้องนำน้ำมันงาไปทำปฏิกิริยาทางเคมีก่อนการ วิเคราะห์ มาใช้ในการตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมี และวิเคราะห์ ปริมาณสัดส่วนของกรดไขมันในน้ำมันงาขาวและงาดำ รวมทั้งแยกแยะ ความแตกต่างโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันงาขี้ม่อนแท้และปลอมแปลง นอกจากนี้ยังได้นำเทคนิค Accelerated Oxidation Test ซึ่งเป็น เทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์หาค่า oxidative stability ในน้ำมัน biofuels น้ำมันพืช และน้ำมันปลา มาใช้ในงาน วิจัยนี้ โดยสามารถวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ISO 6886 [8] เพื่อแสดง ถึงระยะเวลาเกิดกลิ่นหืนซึ่งส่งผลถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาของ น้ำมันงาชนิดต่างๆ โดยกลิ่นหืนในน้ำมันนี้เกิดจากการทำปฏิกิริยา oxidation ของ fatty acids ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันกับ oxygen ในอากาศ และจะเกิดได้ดีขึ้นในสถานะที่มีความเป็นกรด ความชื้น และอุณหภูมิสูง น้ำมันงาขี้ม่อนเป็นน้ำมันงาที่มีปริมาณ lenolenic acid (C18:3) อยู่สูง ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยา oxidation ได้ง่ายและมีค่า oxidative stability ที่ต่ำกว่าน้ำมันงาขาวและงาดำ ซึ่งไม่มีกรดไขมัน lenolenic acid (C18:3) เป็นองค์ประกอบ ดังนั้น จึงสามารถนำผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Accelerated Oxidation Test มาใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการบ่งชี้้ำมันงาขี้ม่อนแท้และปลอม ได้



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ Oleic(O), Linoleic(L), Linolenic(Ln) และ Saturated (S) acyl chains

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

2.1 ตัวอย่าง

น้ำมันงาดำ น้ำมันงาขาว น้ำมันงาขี้ม่อน A และ C ซื้อจากจังหวัด แม่ฮ่องสอน น้ำมันงาขี้ม่อน B ซื้อจากท้องตลาดในกรุงเทพมหานคร

2.2 วิธีดำเนินการ

2.2.1 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ^1H NMR Spectroscopy

นำน้ำมันงาประมาณ 0.1 กรัม (1-2 หยด) ละลายใน CDCl_3 ประมาณ 0.4 มิลลิลิตร ถ่ายลงในหลอด NMR ขนาด 5 มิลลิเมตร นำไปตรวจ วัดด้วยเทคนิค ^1H NMR ด้วยเครื่อง BRUKER AVANCE 400 MHz ที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้สัญญาณของ CDCl_3 ที่ 7.24 ppm เป็น chemical shift reference วัดพื้นที่ใต้สัญญาณโดยใช้โปรแกรม TopSpin 3.2 โดยทำการตรวจวัดสัญญาณและหาพื้นที่ใต้สัญญาณ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2.2.2 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Accelerated oxidation test

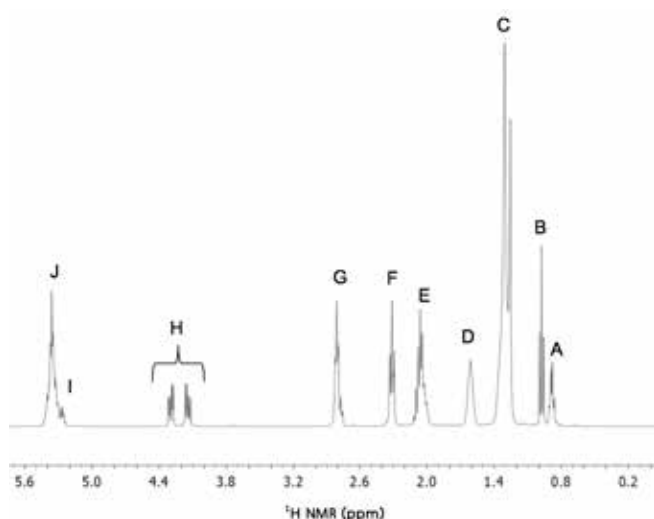
ตรวจวัดค่า oxidatiive stability ของน้ำมันงาขาว น้ำมันงาดำ น้ำมันขี้ม่อน A B และ C จำนวนตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ด้วยเครื่อง Rancimat (รุ่น 743; Metrohm Ltd., Switzerland) โดยใช้สภาวะ ดังนี้ [8]

ปริมาณตัวอย่าง	3 กรัม
ปริมาณ น้ำ Deionized	50 มิลลิลิตร
อัตราการไหลของก๊าซ	10 ลิตร/ชั่วโมง
อุณหภูมิ	110 องศาเซลเซียส
Delta T	0.1 องศาเซลเซียส
วิธีการประเมินผล	เป็นแบบ Induction Time Evaluation

3. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

3.1 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยเทคนิค ^1H NMR Spectroscopy

รูปที่ 3 แสดง ^1H NMR สเปกตรัม ของน้ำมันงาขี้ม่อน สัญญาณ A (ระหว่าง δ_{H} 0.83 ถึง 0.93 ppm) เกิดจากการซ้อนทับของสัญญาณจาก methyl protons ($-\text{CH}_3$) ใน saturated, linoleic และ oleic acyl chains สัญญาณ B (ระหว่าง δ_{H} 0.95 ถึง 1.03 ppm) เกิดจาก methyl protons ($-\text{CH}_3$) ใน linolenic acyl chains สัญญาณ C (ระหว่าง δ_{H} 1.1 ถึง 2.03 ppm) เกิดจากการซ้อนทับของสัญญาณจาก methylene protons ($-\text{CH}_2-$) ใน chains ต่างๆ สัญญาณ D (ระหว่าง δ_{H} 1.5 ถึง 1.7 ppm) และ สัญญาณ F (ระหว่าง δ_{H} 2.23 ถึง 2.36 ppm) เกิดจากสัญญาณของ methylenic protons ในตำแหน่ง β และ α จากหมู่ carboxyl ตามลำดับ สัญญาณ E (ระหว่าง δ_{H} 1.94 ถึง 2.14 ppm) เกิดจากสัญญาณของ α methylenic protons ที่เชื่อมต่อกับ double bonds หรือ เรียกว่า allylic protons ($-\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2-$) สัญญาณ G (ระหว่าง δ_{H} 2.70 ถึง 2.84 ppm) เกิดจากการซ้อนทับของสัญญาณจาก α methylenic protons ที่เชื่อมต่อกับสอง double bonds ($=\text{HC}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{}$) หรือเรียกว่า bis-allylic protons สัญญาณ H (ระหว่าง δ_{H} 4.05 ถึง 4.35 ppm) เกิดจากสัญญาณของ protons บน carbon atoms ในตำแหน่ง 1 และ 3 ของหมู่ glyceryl (รูปที่ 1) สัญญาณ I (ระหว่าง δ_{H} 5.2 ถึง 5.26 ppm) เกิดจากสัญญาณของ protons บน carbon atoms ในตำแหน่ง 2 ของหมู่ glyceryl (รูปที่ 1) สัญญาณ J (ระหว่าง δ_{H} 5.26 ถึง 5.5 ppm) เกิดจากสัญญาณของ olefinic protons ($-\text{CH}=\text{CH}-$) รายละเอียดการบ่งชี้สัญญาณใน ^1H NMR ของน้ำมันงาขี้ม่อน แสดงในตารางที่ 2

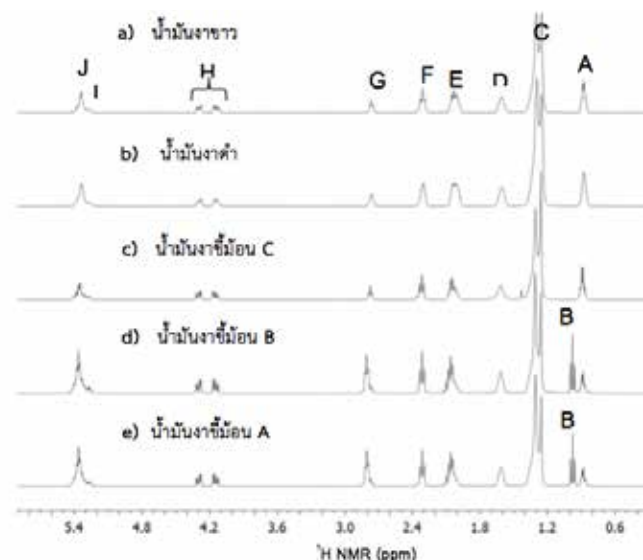


รูปที่ 3 แสดง ^1H NMR สเปกตรัมของน้ำมันงาขี้ม่อน

ตารางที่ 2 แสดงการบ่งชี้สัญญาณใน ^1H NMR สเปกตรัม ของน้ำมันงาขี้ม่อน

สัญญาณ	Chemical shift (ppm)	Functional group
A	0.83-0.93	$-\text{CH}_3$ (saturated, oleic และ linoleic acyl chains)
B	0.93-1.03	$-\text{CH}_3$ (linolenic acyl chains)
C	1.1-1.5	$-(\text{CH}_2)_n$ - (acyl chains)
D	1.5-1.7	$-\text{OCO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ (acyl chains)
E	1.94-2.14	$-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-$ (acyl chains)
F	2.23-2.36	$-\text{OCO}-\text{CH}_2-$ (acyl chains)
G	2.70-2.84	$=\text{HC}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{}$ (acyl chains)
H	4.05-4.35	$-\text{CH}_2\text{OCOR}$ (glyceryl group)
I	5.2-5.26	$>\text{CHOCOR}$ (glyceryl group)
J	5.26-5.40	$-\text{CH}=\text{CH}-$ (acyl chains)

การบ่งชี้สัญญาณของน้ำมันงาชนิดต่างๆ พบว่า สัญญาณของ methyl protons ($-\text{CH}_3$) จากหมู่ linolenic ระหว่าง chemical shift 0.93 ถึง 1.03 ppm (สัญญาณ B) จะปรากฏใน ^1H NMR สเปกตรัม ของ น้ำมันงาขี้ม่อน A และ น้ำมันงาขี้ม่อน B แต่ไม่ปรากฏในน้ำมันงาขี้ม่อน C น้ำมันงาดำ และน้ำมันงาขาว ซึ่งทำให้สามารถใช้ผลวิเคราะห์สเปกตรัมที่ตำแหน่ง B เพื่อแยกแยะน้ำมันงาขี้ม่อนแท้และน้ำมันงาขี้ม่อนปลอมได้ ดังนั้นจากผลของ ^1H NMR สเปกตรัม น้ำมันงาขี้ม่อน C จึงไม่ใช่ น้ำมันงาขี้ม่อนแท้ เนื่องจากไม่มีสัญญาณในตำแหน่ง B แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดง ^1H NMR สเปกตรัมของ a) น้ำมันงาขาว b) น้ำมันงาดำ c) น้ำมันงาขี้ม่อน C d) น้ำมันงาขี้ม่อน B และ e) น้ำมันงาขี้ม่อน A

3.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเทคนิค ^1H NMR Spectroscopy

ปริมาณ oleic(O), linoleic(L), linolenic(Ln) และ saturated(S) ใน triacylglycerol ของ น้ำมันงาขาว น้ำมันงาดำ และน้ำมันงาขี้ม่อน A B และ C คำนวณโดยใช้สมการ (1) ถึง (4) [4 และ 5]

$$\text{Ln (\%)} = 100 \times [\text{B}/(\text{A}+\text{B})] \quad (1)$$

$$\text{L (\%)} = 100 \times [(\text{E}/\text{D}) - 2[\text{B}/(\text{A}+\text{B})]] \quad (2)$$

$$\text{O (\%)} = 100 \times [(\text{C}/2\text{D}) - (\text{E}/\text{D}) + [\text{B}/(\text{A}+\text{B})]] \quad (3)$$

$$\text{S (\%)} = 100 \times [1 - (\text{C}/2\text{D})] \quad (4)$$

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบใน triacylglycerol ของน้ำมันงาชนิดต่างๆ

ลำดับที่	ชื่อตัวอย่าง	องค์ประกอบของ triacylglycerol (%)				
		Palmitoleic (C16:1)	Oleic (C18:1)	Linoleic (C18:2)	Linolenic (C18:3)	Saturated
1	น้ำมันงาจากจังหวัดแม่ฮ่องสอน ^(a)	0.11	11.55	18.45	59.84	10.05
2	น้ำมันงาจากจังหวัดเชียงใหม่ ^(a)	0.17	11.41	22.09	56.96	9.34
3	น้ำมันงาในท้องตลาด ^(a)	0.08	12.66	22.26	54.26	10.17
4	น้ำมันงา A ^(b)	-	13.93	13.09	54.52	18.46
5	น้ำมันงา B ^(b)	-	15.28	10.85	54.37	19.50
6	น้ำมันงา C ^(b)	-	21.73	56.15	ไม่พบ	22.12
7	น้ำมันงาขาว ^(b)	-	38.71	42.92	ไม่พบ	18.37
8	น้ำมันงาดำ ^(b)	-	41.17	41.74	ไม่พบ	17.13

(a) ข้อมูลจาก Reference ที่ [6] วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas chromatography

(b) ข้อมูลจากงานวิจัยนี้ วิเคราะห์ด้วย เทคนิค ^1H NMR Spectroscopy

ข้อมูลองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันงาขี้ม่อนซึ่งปลูกในจังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเชียงใหม่ และจากท้องตลาด วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas chromatography [6] แสดงในลำดับที่ 1 ถึง 3 ของตารางที่ 3 ข้อมูลองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันงาขี้ม่อน A-C น้ำมันงาขาว และน้ำมันงาดำ จากงานวิจัยนี้วิเคราะห์ด้วยเทคนิค ^1H NMR spectroscopy แสดงในลำดับที่ 4 ถึง 8 ของตารางที่ 3 จากผลการทดลองพบว่าน้ำมันงาขี้ม่อนเป็นน้ำมันงามีปริมาณ Ln (แสดงในสัญญาณ B) อยู่สูงกว่าร้อยละ 50 แต่ไม่พบ Ln ในน้ำมันงาขี้ม่อน C น้ำมันงาขาว และน้ำมันงาดำ จากการทดลองนี้ทำให้สามารถสรุปได้ว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันด้วยเทคนิค ^1H NMR spectroscopy สามารถแยกแยะความแตกต่างของน้ำมันงาขี้ม่อนแท้และน้ำมันงาขี้ม่อนปลอมแปลงได้

3.3 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Accelerated Oxidation Test

ค่า oxidative stability ของน้ำมันงาขี้ม่อน A-C น้ำมันงาขาว และ น้ำมันงาดำ แสดงในตารางที่ 4 จากผลการทดลองพบว่าน้ำมันงาขาวและงาดำมีค่า oxidative stability สูงกว่า น้ำมันงาขี้ม่อน A B และ C ซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นหืนได้ช้ากว่าจึงมีระยะเวลาในการเก็บรักษาได้ดีกว่าน้ำมันงาขี้ม่อน โครงสร้างทางเคมีในน้ำมันพืชมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา oxidation เมื่อปริมาณ unsaturation (double bonds) เพิ่มขึ้นทำให้เกิด fatty acid radical ได้ดีขึ้น เช่น lenoleic acid (C18:2) จะเกิดปฏิกิริยา oxidation ได้เร็วกว่า oleic acid (C18:1) ประมาณ 10 ถึง 40 เท่า และ lenolenic acid (C18:3) จะเกิดปฏิกิริยา oxidation ได้ดีกว่า lenoleic acid (C18:2) [7] เป็นต้น น้ำมันงาขี้ม่อนมี lenolenic acid (C18:3) เป็นองค์ประกอบหลักใน triacylglycerol จึงทำให้เกิดปฏิกิริยา oxidation ได้ดีกว่าและมีค่า oxidative stability ต่ำกว่าน้ำมันงาขาวและงาดำ ส่วนน้ำมันงาขี้ม่อน C มีค่า oxidative stability สูงกว่าน้ำมันงาขี้ม่อน A และ B แต่ต่ำกว่าน้ำมันงาขาวและงาดำ ดังนั้น น้ำมันงาขี้ม่อน C จึงไม่ใช่ น้ำมันงาขี้ม่อนแท้ แต่จะให้น้ำมันงาขี้ม่อน C มีอายุการเก็บรักษาที่ดีกว่าน้ำมันงาขี้ม่อน A และ B ผลจากการวิเคราะห์ค่า Oxidative stability สามารถเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการบ่งชี้ชนิดของน้ำมันงารวมทั้งการปลอมแปลงของน้ำมันงาได้

ตารางที่ 4 แสดงค่า Oxidative stability (OS) ของน้ำมันงาชนิดต่างๆ

ชื่อตัวอย่าง	ค่า Oxidative stability (hours)
น้ำมันงาขี้ม่อน A	1.4
น้ำมันงาขี้ม่อน B	1.6
น้ำมันงาขี้ม่อน C	3
น้ำมันงาขาว	8.4
น้ำมันงาดำ	8

4 สรุป (Conclusion)

จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า $^1\text{H-NMR}$ spectroscopy เป็นเทคนิคที่สามารถใช้ในการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมัน ในน้ำมันงาขี้ม่อน น้ำมันงาขาวและน้ำมันงาดำได้และพบว่าน้ำมันงาขี้ม่อนเป็นน้ำมันที่มีปริมาณ Linolenic (Ln) อยู่มากกว่าร้อยละ 54 แต่ไม่พบในน้ำมันงาขาวและน้ำมันงาดำ ดังนั้นจึงสามารถใช้สัญญาณจากเมทิลโปรตอนของ linolenic acyl chains ที่ chemical shift 0.93 ppm ใน $^1\text{H-NMR}$ สเปกตรัม บ่งชี้ความแตกต่างของน้ำมันงาขี้ม่อนแท้และน้ำมันงาขี้ม่อนปลอมได้ นอกจากนี้การศึกษาด้วยเทคนิค Accelerated Oxidation Test แสดงให้เห็นว่า ค่า oxidative stability ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณและชนิดของกรดไขมันในน้ำมันต่างๆ นั้น จะมีค่าแตกต่างกันในน้ำมันงาชนิดต่างๆ โดยค่า oxidative stability ของน้ำมันงาขี้ม่อน A และ B ซึ่งเป็นน้ำมันงาขี้ม่อนแท้มีค่าต่ำกว่าน้ำมันงาขี้ม่อน C ซึ่งเป็นน้ำมันงาขี้ม่อนปลอม น้ำมันงาขาว และน้ำมันงาดำ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ทั้งสองนี้ยังสามารถประมาณอายุการจัดเก็บของน้ำมันงาจากปริมาณกรดไขมันและค่า oxidative stability ได้ โดยน้ำมันงาที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดที่มีพันธะคู่มากกว่า จะมี ค่า oxidative stability ต่ำกว่าทำให้การหืนได้เร็วกว่าและมีอายุการจัดเก็บได้น้อย

ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์สามารถนำเทคนิค $^1\text{H-NMR}$ spectroscopy และเทคนิค Accelerated Oxidation Test มาใช้ในการแยกความแตกต่างระหว่างงาขี้ม่อนแท้และปลอมแปลงอีกทั้งประมาณอายุการจัดเก็บของน้ำมันงาได้

5 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ

6 เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] FRANK D. Gunstone 2004 Sources, Composition, Properties and Uses. In: *The chemistry of oil and fats*. Boca Raton, FL : RCA Press, 2004, pp 4.
- [2] OKANOTO, M., et al. Effects of perilla seed oil supplementation on leukotriene generation by leucocytes in patients with asthma associated with lipometabolism. *Int. Arch. Allergy Immunol.* 2000, 122, 137-142.
- [3] IAHARA, M., et al. Comparative effects of short- and long term feeding of safflower oil and perilla oil on lipid metabolism in rats. *Comp. Biochem. Physiol. Part B: Biochem Mol. Biol.* 1998, 121, 223-231.
- [4] GUILLEN, M.D. and RUIZ, A. ^1H nuclear magnetic resonance as a fast tool for determining the composition of acyl chains in acylglycerol mixtures. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2003, 105, 502-507.
- [5] GUILLEN, M.D. and RUIZ, A. Rapid simultaneous determination by proton NMR of unsaturation and composition of acyl groups in vegetable oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2003, 105, 688-696.
- [6] SIRIAMORNUN, S., et al. Variation of lipid and fatty acid compositions in Thai Perilla seeds grown at different locations. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 2006, 28 (Suppl. 1), 17-21.
- [7] McCLEMENTS, D.J. and DECKER, E.A. Lipids. In: *Food Chemistry*. Boca Raton, FL : CRC Press, 2008, pp. 155-216.
- [8] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 6886. *Animal and vegetable fats and oils – Determination of oxidative stability (accelerated oxidation test)*, 2nd ed. 2006.