

## โอเมก้า 3-6-9 จากน้ำมันเมล็ดมะแขว่น (*Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC)

พรทิพย์ บับภาวัน, วิจิตร อุดอ้าย และ สุรัตน์ บุญผ่อง\*

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

\*ชื่อผู้เขียนหลัก : suratb@nu.ac.th

**บทคัดย่อ :** ในปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันจากเมล็ดพืชในท้องถิ่นยังมีอยู่น้อยมาก ทีมผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำส่วนของเมล็ดมะแขว่น ซึ่งถือเป็นพืชสมุนไพรที่คนท้องถิ่นทางภาคเหนือนิยมใช้ปรุงอาหาร มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน อะซิโตน เมทานอล และเอทานอล ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลจากโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (<sup>1</sup>H-NMR) เบื้องต้นแสดงให้เห็นว่า สารสกัดหยาบจากเมล็ดมะแขว่นที่ได้มีองค์ประกอบของน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น ส่วนของน้ำมันที่สกัดได้นี้จึงถูกนำมาศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมัน ด้วยปฏิกิริยาทรานเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (FAMES) โดยสามารถยืนยันการเกิดปฏิกิริยาได้ด้วยเทคนิคโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ และตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (GC-MS) จากการศึกษา น้ำมันเมล็ดมะแขว่น พบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว 3 ชนิด ได้แก่  $\alpha$ -linolenic acid methyl ester, linoleic acid methyl ester และ oleic acid methyl ester รวมทั้งกรดไขมันอิ่มตัว 2 ชนิด คือ palmitic acid methyl ester และ stearic acid methyl ester ซึ่งปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ที่พบนี้ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของ  $\alpha$ -linolenic acid (ALA, omega-3), linoleic acid (LA, omega-6), oleic acid (OA, omega-9), palmitic acid และ stearic acid จากข้อมูลที่พบแสดงให้เห็นว่า น้ำมันจากเมล็ดมะแขว่นสามารถใช้เป็นแหล่งของ โอเมก้า 3-6-9 ได้ และงานวิจัยนี้ยังถือเป็นครั้งแรกที่รายงานการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันจากเมล็ดมะแขว่น ในรูปของเมทิลเอสเทอร์อีกด้วย

**คำสำคัญ :** เมล็ดมะแขว่น, กรดไขมัน, โอเมก้า 3-6-9

**Abstract :** Omega 3-6-9 from Makhwaen seed oil (*Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC)

Pornthip Bubpawan, Vijitr Udeye, and Surat Boonphong\*

Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University, Amphur Muang, Phitsanulok Province, 65000

\*Corresponding author : suratb@nu.ac.th

Up until now, few studies have been reported on traditional seed oil. In this study, we examined the Makhwaen seed oil because of its traditional medical usage and food. Makhwaen seeds were extracted with hexane, dichloromethane, acetone, methanol and ethanol, respectively. <sup>1</sup>H NMR data confirmed that all the crude solvent extracts from Makhwaen seed were fatty oils. Therefore, the fatty oils of crude extracts obtained from seed were transmethylesterified into fatty acid methyl esters (FAMES). The <sup>1</sup>H NMR spectroscopy was used again to confirm the formation of FAMES after transmethylesterification. Finally, the chemical compositions of FAMES were analyzed by GC-MS. The FAMES from fatty oils of Makhwaen seed contained three unsaturated and two saturated fatty acid methyl esters, including  $\alpha$ -linolenic acid methyl ester, linoleic acid methyl ester, oleic acid methyl ester, palmitic acid methyl ester and stearic acid methyl ester, respectively. The amount of each fatty acid methyl ester found in FAMES analysis was directly related to the relative proportions of  $\alpha$ -linolenic acid (ALA, omega-3), linoleic acid (LA, omega-6), oleic acid (OA, omega-9), palmitic acid and stearic acid containing in fatty oils of Makhwaen seed. The results showed that the Makhwaen seed could be considered as a new source of omega 3-6-9. This was the first report on the study of fatty acid components from Makhwaen seed in form of fatty acid methyl esters.

**Keywords :** *Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC seed, fatty acids, omega 3-6-9

## บทนำ

มะแขว่น มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zanthoxylum rhetsa* (Roxb.) DC (Smitinand, 2014) เป็นพืชสมุนไพรไทยที่คนท้องถิ่นทางภาคเหนือนิยมใช้ผลปรุงอาหาร (Wutithamawech, 1997) โดยทั่วไปผลของมะแขว่นจะประกอบไปด้วยส่วนเปลือกและเมล็ด (Agarwal *et al.*, 1959) ปัจจุบันมีงานวิจัยมากมายที่ทำการศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากผลมะแขว่น โดยการสกัดด้วยเทคนิคต่างๆ (Rout *et al.*, 2007) รวมถึงระบอบองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากมะแขว่นด้วยเทคนิคทางโครมาโทกราฟี อย่างเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี (GC-MS) พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ในน้ำมันหอมระเหยจัดเป็นสารที่อยู่ในกลุ่มของเทอร์พีน ซึ่งสารเหล่านี้ล้วนมีศักยภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจ และเป็นประโยชน์มากมาย (Itthipanichpong *et al.*, 2002) ผู้วิจัยได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลมะแขว่น พบว่าประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย (essential oil, EO) และน้ำมัน (fatty oil, FO) ซึ่ง EO จะอยู่ในส่วนของเปลือกเพราะมีกลิ่น และ FO คาดว่ามาจากส่วนของเมล็ด (Bubpawan *et al.*, 2015) โดยที่ส่วนของเมล็ดมะแขว่นซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของผลมะแขว่น เป็นส่วนที่คาดว่าให้น้ำมันนั้นยังไม่มีผู้ใดให้ความสนใจที่จะทำการศึกษา ผู้วิจัยจึงศึกษาต่อยอดงานวิจัยมะแขว่นนี้ โดยทำการสกัดเมล็ดมะแขว่นด้วยตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน อะซิโตน เมทานอล และเอทานอล ตามลำดับ จากนั้นทำการศึกษาค้นคว้าองค์ประกอบด้วยเทคนิคโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ ( $^1\text{H NMR}$ ) ของสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายต่างๆ จากส่วนเมล็ดมะแขว่น พบว่าองค์ประกอบที่สกัดได้เป็นน้ำมันจึงออกแบบการทดลองโดยการนำปฏิกิริยาพื้นฐานอย่างปฏิกิริยาทรานเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชัน มาทำให้น้ำมันเปลี่ยนเป็นสารประกอบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน (FAMES) ควบคุมการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาด้วยเทคนิคโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์พร้อมตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี (GC-MS) (Bubpawan, 2015) จากผลของการศึกษาวิจัยในส่วนของน้ำมันจากเมล็ดมะแขว่นนี้ ทำให้ทราบว่าน้ำมันสกัดจากเมล็ดมะแขว่นมีโอเมก้า 3-6-9 ซึ่งมีประโยชน์ และมีคุณสมบัติไม่แพ้พืชน้ำมันต่างถิ่น จากการค้นพบนี้จะสามารถนำมาพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มคุณค่าของมะแขว่นที่เป็นพืชสมุนไพรท้องถิ่นของประเทศไทยได้อย่างมากอีกด้วย

## วิธีการ

เมล็ดมะแขว่นทุบหรือบดพอแตก จากนั้นนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายแบบไล่ขั้วของตัวทำละลายจากขั้วต่ำไปยังขั้วสูง ได้แก่ ตัวทำละลายเฮกเซน ไดคลอโรมีเทน อะซิโตน เมทานอล และเอทานอล ตามลำดับที่อุณหภูมิห้อง ทำการสกัดซ้ำสองครั้งสารสกัดที่ได้แต่ละรอบจะถูกกรอง และนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยแบบสูญญากาศได้เป็นสารสกัดหยาบของเมล็ดมะแขว่นจากเฮกเซน จากไดคลอโรมีเทน จากอะซิโตน จากเมทานอล และจากเอทานอล จากนั้นตรวจสอบองค์ประกอบเบื้องต้นของสารสกัดหยาบของเมล็ดมะแขว่นเบื้องต้นด้วยเทคนิคโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ พบว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ กันนี้ มีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำมัน (fatty oil) ในขณะที่ทำการทดลองได้เกิดการตกตะกอนของแข็งสีขาวขึ้นในน้ำมัน เมื่อทำการแยกส่วนของตะกอน และของเหลวออกจากกัน นำไปตรวจสอบโครงสร้างเบื้องต้นด้วยเทคนิค  $^1\text{H NMR}$  พบว่าตะกอนของแข็งสีขาวนี้มีโครงสร้างที่เป็นลักษณะของไขมันที่อิ่มตัว ส่วนของเหลวสีน้ำตาลนั้นมีโครงสร้างที่เป็นลักษณะของไขมันที่ไม่อิ่มตัว ซึ่งขั้นตอนต่อมาคือการนำแต่ละส่วนที่แยกออกจากกันนี้มาศึกษา โดยทำปฏิกิริยาทรานเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชันก่อนเพื่อให้เกิดเป็นสารประกอบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน จากนั้นนำไปหาองค์ประกอบในน้ำมันของทั้งสองส่วนนี้ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี

## ผลการศึกษา

### 1. การวิเคราะห์สารสกัดหยาบจากเมล็ดมะแขว่น

สารสกัดหยาบที่สกัดด้วยตัวทำละลาย เฮกเซน (CHE), ไดคลอโรมีเทน (CDE), อะซิโตน (CAE), เมทานอล (CME) และเอทานอล (CEE) ถูกนำมาวิเคราะห์โครงสร้างเบื้องต้นด้วยเทคนิค  $^1\text{H NMR}$  (ภาพที่ 1) เมื่อทำการวิเคราะห์สเปกตรัมที่ได้จะพบตำแหน่งโปรตอนของ  $\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_2$  และโปรตอนอะโรมาติกของกรดไขมัน ปรากฏขึ้นที่ตำแหน่ง 0.82-2.81 ppm จากนั้นพบโปรตอน  $\text{CH}_2$  ของ glyceryl ปรากฏเป็น doublet of doublet ขึ้นที่ตำแหน่ง 4.10-4.30 ppm นอกจากนี้ยังพบโปรตอน CH ของ glyceryl ปรากฏเป็น multiplet ที่ตำแหน่ง 5.24-5.26 ppm และพบโปรตอนพันธะคู่ของสายโซ่กรดไขมัน หรือที่เรียกว่า โปรตอน vinylic ( $=\text{CH}$ ) ปรากฏเป็น broad multiplet ขึ้นที่ตำแหน่ง 5.28-5.43 ppm ซึ่งสัญญาณ  $^1\text{H NMR}$  เหล่านี้แสดงให้เห็นเบื้องต้นว่าน้ำมันของเมล็ดมะแขว่นที่สกัดได้นั้นมีองค์ประกอบโครงสร้างที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว นอกจากนี้ขณะที่ทำการวิจัยได้สังเกตเห็นการตกตะกอนของไขมันที่เป็นของแข็งสีขาว แยกออกจากน้ำมันที่เป็นของเหลวสีน้ำตาล ซึ่งทั้งสองส่วนนี้ได้ถูกนำมาวิเคราะห์โครงสร้างเบื้องต้นด้วยเทคนิค  $^1\text{H NMR}$  และถูกนำมาศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมัน โดยใช้ปฏิกิริยาทรานเมทิลเอสเทอร์ฟิเคชัน และยืนยันองค์ประกอบของไขมันในรูปของเมทิลเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นหลังจากทำปฏิกิริยาด้วยเทคนิค GC-MS ต่อไป

## 2. การวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันจากส่วนตะกอนของน้ำมัน (FAMES-S)

การวิเคราะห์เบื้องต้นจะเห็นได้ว่าตำแหน่งสัญญาณ  $^1\text{H}$  NMR ของตะกอนของแข็งที่ได้นี้ ปรากฏตำแหน่งต่างๆที่มีความใกล้เคียงกับโครงสร้างของไขมันประเภทไม่อิ่มตัว หากแต่จะมีความแตกต่างกันที่ ณ ตำแหน่งโปรตอน CH ของ glyceryl ซึ่งปรากฏเป็น multiplet ที่ตำแหน่ง 5.24–5.28 ppm และพบตำแหน่งโปรตอนพันธะคู่ของสายโซ่กรดไขมัน หรือที่เรียกว่าโปรตอน vinylic (=CH) จะปรากฏเป็น broad multiplet ขึ้นในตำแหน่งสูงกว่า โดยขึ้นที่ตำแหน่ง 5.28–5.34 ppm มีปริมาณที่ลดลง ซึ่งสัญญาณ  $^1\text{H}$  NMR นี้ (ภาพที่ 2) แสดงให้เห็นว่าตะกอนของแข็งจากเมล็ดมะแขว่นที่สกัดได้นี้มีองค์ประกอบโครงสร้างสารที่เป็นกรดไขมันอิ่มตัวเป็นหลัก

เมื่อตะกอนน้ำมันนี้ถูกนำมาทำปฏิกิริยาทรานเมทิลเอสเทอร์รีเฟคชั่นแล้ว ต่อมาจะถูกนำมาทำการยืนยันการเกิดปฏิกิริยาอีกครั้งด้วยเทคนิค  $^1\text{H}$  NMR จากการวิเคราะห์พบสัญญาณ singlet ที่ตำแหน่ง 3.66 ppm ซึ่งเป็นตำแหน่งโปรตอนของ  $\text{CH}_2\text{O}$  จากนั้นจะพบว่าโปรตอน  $\text{CH}_2$  ของ glyceryl หายไปจากตำแหน่ง 4.11–4.31 ppm และพบว่าโปรตอน CH ของ glyceryl ก็หายไปจากตำแหน่งเดิมที่ 5.28–5.34 ppm เช่นกัน ซึ่งการวิเคราะห์นี้สามารถช่วยยืนยันได้ว่ากลุ่ม glyceryl นั้นได้ถูกแทนที่ด้วยกลุ่ม  $\text{CH}_2\text{O}$  ของเมทานอลเรียบร้อยแล้ว ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถช่วยยืนยันได้น้ำมันถูกเปลี่ยนสภาพเป็นเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน จากตะกอนน้ำมัน (FAMES-S) ไปแล้ว (ภาพที่ 2)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกรดไขมันในรูปของ FAMES จากตะกอนของแข็งของน้ำมันที่สกัดได้ ด้วยเทคนิค GC-MS (ตารางที่ 1) ซึ่งแสดงองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวที่พบ ได้แก่ palmitic acid methyl ester 86.32%, stearic acid methyl ester 3.62% และ myristic acid methyl ester 0.40% ณ เวลาที่สารใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ (retention time) ที่ 28.82, 31.42 และ 24.47 นาที ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังพบองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวคือ oleic acid methyl ester 3.06% ณ retention time ที่ 31.95 นาที อีกด้วย

สามารถสรุปได้ว่า palmitic acid methyl ester และ stearic acid methyl ester เป็นกรดไขมันอิ่มตัวเมทิลเอสเทอร์หลักที่พบใน FAMES-S นอกจากนี้ยังพบปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเมทิลเอสเทอร์อีก 1 ชนิด คือ oleic acid methyl ester ซึ่งปริมาณกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์เหล่านี้จะแปรผันตรงกับปริมาณของกรดไขมันที่อยู่ในตะกอนของแข็งของน้ำมันเมล็ดมะแขว่น ดังนั้นการที่น้ำมันมี palmitic acid methyl ester และ stearic acid methyl ester ใน FAMES-S สูง นั้นก็สามารถระบุได้ว่ามีปริมาณองค์ประกอบของ palmitic acid และ stearic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณที่สูงด้วยเช่นกัน รวมทั้งในองค์ประกอบของน้ำมันที่อิ่มตัวนี้ยังมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว คือ oleic acid (OA, omega-9) รวมอยู่ด้วย

## 3. การวิเคราะห์เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันจากส่วนของเหลวของน้ำมัน (FAMES-U)

ตำแหน่งสัญญาณ  $^1\text{H}$  NMR ของส่วนของเหลวที่ได้นี้ จะแสดงตำแหน่งโปรตอนเดียวกันกับโครงสร้างของไขมันไม่อิ่มตัว (ภาพที่ 3) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนของเหลวน้ำมันจากเมล็ดมะแขว่นที่สกัดได้นี้มีองค์ประกอบโครงสร้างสารที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นหลัก

เมื่อส่วนของเหลวน้ำมันนี้ถูกนำมาทำปฏิกิริยาทรานเมทิลเอสเทอร์แล้ว จะถูกนำมาทำการยืนยันการเกิดปฏิกิริยาอีกครั้งด้วยเทคนิค  $^1\text{H}$  NMR เช่นกัน จากการวิเคราะห์พบสัญญาณ singlet ที่ตำแหน่ง 3.66 ppm ซึ่งเป็นตำแหน่งโปรตอนของ  $\text{CH}_2\text{O}$  จากนั้นจะพบว่าโปรตอน  $\text{CH}_2$  ของ glyceryl หายไปจากตำแหน่ง 4.10–4.30 ppm และพบว่าโปรตอน CH ของ glyceryl ก็หายไปจากตำแหน่งเดิมที่ 5.24–5.26 ppm เช่นกัน ซึ่งการวิเคราะห์นี้สามารถช่วยยืนยันได้ว่ากลุ่ม glyceryl ได้ถูกแทนที่ด้วย  $\text{CH}_2\text{O}$  ของเมทานอลเรียบร้อยแล้ว ซึ่งยืนยันได้น้ำมันถูกเปลี่ยนสภาพเป็นเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน จากน้ำมัน (FAMES-U) ไปแล้ว (ภาพที่ 3)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกรดไขมันในรูปของ FAMES จากส่วนของเหลวของน้ำมันที่สกัดได้ ด้วยเทคนิค GC-MS (ตารางที่ 2) ซึ่งองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในปริมาณมาก ได้แก่  $\alpha$ -linolenic acid methyl ester 53.36% และ linoleic acid methyl ester 17.41% ณ เวลาที่สารใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ (retention time) ที่ 32.07 และ 31.88 นาที ตามลำดับ รวมทั้งพบองค์ประกอบหลักของกรดไขมันอิ่มตัวคือ palmitic acid methyl ester 17.11% ณ เวลาที่สารใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ (retention time) 28.67 นาที การค้นพบนี้มีความน่าสนใจ เนื่องจากมีการพบ  $\alpha$ -linolenic acid methyl ester และ linoleic acid methyl ซึ่งเป็นเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลักๆที่พบใน FAMES-U ในเปอร์เซ็นต์ที่สูงด้วย

เปอร์เซ็นต์และปริมาณของกรดไขมันในรูปของเมทิลเอสเทอร์นี้มีความสัมพันธ์กันโดยตรง ดังนั้นในองค์ประกอบของกรดไขมันจากส่วนของเหลวของน้ำมัน มีเปอร์เซ็นต์ของ  $\alpha$ -linolenic acid methyl ester และ linoleic acid methyl ester ที่สูงนั้นก็แสดงให้เห็นว่าส่วนของเหลวน้ำมันจากเมล็ดมะแขว่นที่แยกได้นี้มี  $\alpha$ -linolenic acid (ALA, omega-3) และ linoleic acid (LA, omega-6) ในปริมาณสูงเช่นเดียวกัน

## บทสรุป

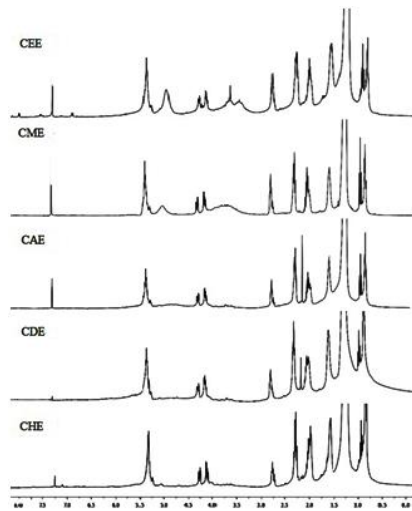
เมล็ดมะแขว่นถูกสกัดด้วยตัวทำละลาย เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน อะซีโตน เมทานอล และเอทานอล จากการยืนยันโครงสร้างเบื้องต้นของสารสกัดด้วยเทคนิคโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ ( $^1\text{H-NMR}$ ) พบว่าสารสกัดหยาบที่ได้เหล่านี้ ทั้งหมดมีน้ำมัน (fatty oils) เป็นองค์ประกอบหลักและจากการนำน้ำมันที่ได้มาทำปฏิกิริยาทรานเมทิลเอสเทอร์พีเคชั่นเพื่อศึกษาองค์ประกอบด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (GC-MS) พบเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่น่าสนใจ 3 ชนิด ได้แก่  $\alpha$ -linolenic acid methyl ester, linoleic acid methyl ester และ oleic acid methyl ester รวมทั้งกรดไขมันอิ่มตัว 2 ชนิด คือ palmitic acid methyl ester และ stearic acid methyl ester ซึ่งปริมาณของเมทิลเอสเทอร์ที่พบนี้ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของ  $\alpha$ -linolenic acid (ALA, omega-3), linoleic acid (LA, omega-6), oleic acid (OA, omega-9), palmitic acid และ stearic acid ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันจากเมล็ดมะแขว่น สามารถใช้เป็นแหล่งของโอเมก้า 3-6-9 ได้ โดยการค้นพบจากงานวิจัยนี้ยังถือเป็นครั้งแรกที่รายงานการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันจากเมล็ดมะแขว่น ในรูปของเมทิลเอสเทอร์ด้วย

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยสำหรับนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2555 มหาวิทยาลัยนเรศวร

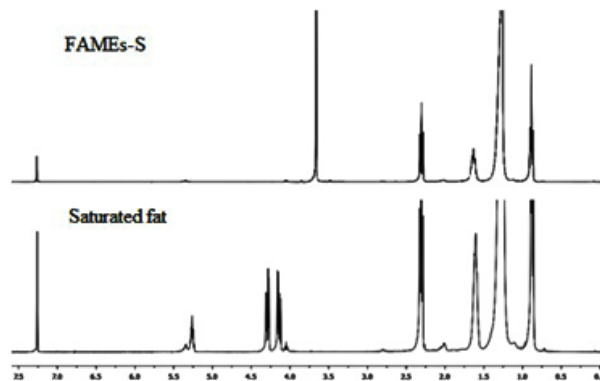
## เอกสารอ้างอิง

- Agarwal, S. R., Gupta, G. N. and Dhingra, D. R. 1959. Chemical examination of oil of *Zanthoxylum rhesa*. Journal of Indian Oil Soap 25: 26–28.
- Bubpawan, P., Boonphong, S., Sriwattanawarunyoo C. and Udeye V. 2015. Characterization of the essential oil and fatty oil from Makhwaen fruit (*Zanthoxylum rhesa* (Roxb.) DC). NU. International Journal of Science, 12(1) 1–10
- Bubpawan, P. 2015. Study on chemical compositions in *Zanthoxylum rhesa* fruit. Master's thesis, Department of Chemistry, Faculty of Science, Naresuan University.
- Itthipanichpong, C., Ruangrunsi, N. and Pattanaautsahakit, C. 2002. Chemical compositions and pharmacological effects of essential oil from the fruit of *Zanthoxylum limonella*. Journal of the Medical Association of Thailand, 85(Suppl. 1) 54–344.
- Rout, P. K., Naik, S. N., Rao, Y. R., Jadeja, G. and Maheshwari, R. C. 2007. Extraction and composition of volatiles from *Zanthoxylum rhesa*: Comparison of subcritical  $\text{CO}_2$  and traditional processes. Journal of Supercritical Fluids 42: 334–341.
- Smitinand, T. 2014. Thai Plant Names (Revised ed.). Bangkok: The Forest Herbarium, Royal Forest Department.
- Wutithamawech, W. 1997. Encyclopedia of herb: compilation of Thai pharmaceuticals, Bangkok: Odeon store



Chemical shift (ppm)

ภาพที่ 1 ข้อมูล  $^1\text{H}$  NMR ของสารสกัดหยาบเฮกเซน (CHE), ไคโคลโรมีเทน (CDE), อะซีโตน (CAE), เมทานอล (CME) และเอทานอล (CEE)



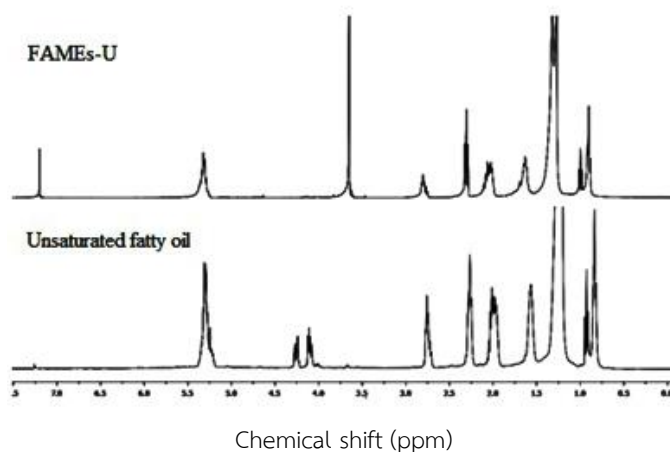
Chemical shift (ppm)

ภาพที่ 2 ข้อมูล  $^1\text{H}$  NMR ของไขมันอิ่มตัว และเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันอิ่มตัว (FAMES-S)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของ FAMES-S โดย GC-MS

Retention Time (นาที)	องค์ประกอบที่พบ	สูตรโมเลกุล	น้ำหนักโมเลกุล	พื้นที่ใต้พีค (%)
24.47	Tetradecanoic acid methyl ester (myristic acid methyl ester) <sup>s</sup>	$\text{C}_{15}\text{H}_{30}\text{O}_2$	242	0.44
28.82	Hexadecanoic acid methyl ester (palmitic acid methyl ester) <sup>s</sup>	$\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$	270	86.32
31.95	(Z)-9-octadecenoic acid methyl ester (oleic acid methyl ester) <sup>u</sup>	$\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$	296	3.06
31.42	Octadecanoic acid methyl ester (stearic acid methyl ester) <sup>s</sup>	$\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}_2$	298	3.62

<sup>u</sup> กรดไขมันไม่อิ่มตัว, <sup>s</sup> กรดไขมันอิ่มตัว



ภาพที่ 3 ข้อมูล  $^1\text{H}$  NMR ของไขมันไม่อิ่มตัว และเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (FAMES-U)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของ FAMES-U โดย GC-MS

Retention Time (นาที)	องค์ประกอบที่พบ	สูตรโมเลกุล	น้ำหนักโมเลกุล	พื้นที่ใต้พีค (%)
28.21	(Z)-9-hexadecenoic acid methyl ester (palmitoleic acid methyl ester) <sup>u</sup>	$\text{C}_{17}\text{H}_{32}\text{O}_2$	268	2.85
28.67	Hexadecanoic acid methyl ester (palmitic acid methyl ester) <sup>s</sup>	$\text{C}_{17}\text{H}_{34}\text{O}_2$	270	17.11
31.88	(Z,Z)-9,12-octadecadienoic acid methyl ester (linoleic acid methyl ester) <sup>u</sup>	$\text{C}_{19}\text{H}_{34}\text{O}_2$	294	17.41
32.07	(Z,Z,Z)-9,12,15-octadecatrienoic acid methyl ester ( $\alpha$ -linolenic acid methyl ester) <sup>u</sup>	$\text{C}_{19}\text{H}_{32}\text{O}_2$	292	53.36
32.41	Octadecanoic acid methyl ester (stearic acid methyl ester) <sup>s</sup>	$\text{C}_{19}\text{H}_{38}\text{O}_2$	298	2.37
35.45	11-eicosenoic acid methyl ester (cis-gondoic acid methyl ester) <sup>u</sup>	$\text{C}_{21}\text{H}_{40}\text{O}_2$	324	0.65

<sup>u</sup> กรดไขมันไม่อิ่มตัว, <sup>s</sup> กรดไขมันอิ่มตัว