

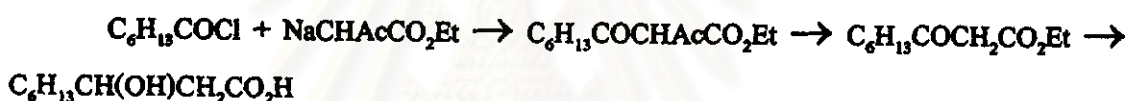
## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

จากการสังเคราะห์เบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดจากน้ำมันละหุ่ง โดยทำปฏิกิริยาไฮโซในเซรันท้ำมันละหุ่งที่มี ricinoleic acid เป็นองค์ประกอบหลักจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยสารพวกคาร์บอกซิลิกแอซิดที่มีหมู่ไฮดรอกซิล(-OH) 1 ตำแหน่งจำนวน 3 ชนิด ทั้งที่ควรมีชนิดเดียวตามสมการที่ 7 นอกจากนี้ยังเกิดสารประกอบที่ไม่ใช่คาร์บอกซิลิกแอซิดเกิดขึ้นด้วยทำให้เกิดความยุ่งยากในการแยกและวิเคราะห์สารองค์ประกอบที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอร์ฟิเคชันน้ำมันละหุ่งได้สารผลิตภัณฑ์เป็นเมทริลเอสเตอร์ของ ricinoleic acid ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันละหุ่ง แล้วจึงทำปฏิกิริยาไฮโซในเซรันท ได้สารผลิตภัณฑ์คือเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิด( 3-hydroxy nonanoic acid) , nonanedioic acid monomethyl ester และสารประกอบที่ไม่สามารถระบุได้อีก 1 ชนิดที่ประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล 1 ตำแหน่งโดยคาดว่าอาจจะเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่ในตำแหน่งเบต้าของพันธะคู่ของ ricinoleic methylester ไปรบกวนการเกิดปฏิกิริยาไฮโซในเซรันท จึงได้ทำการทดลองป้องกันหมู่ไฮดรอกซิลของ ricinoleic methylester ก่อนทำปฏิกิริยาไฮโซในเซรันท ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์ที่มีหมู่ -C-O- 1 ตำแหน่งเพียงชนิดเดียวตามสมการที่ 10 จึงอาจสรุปได้ว่าหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่ในตำแหน่งเบต้าของพันธะคู่ของ ricinoleic methylester ไปรบกวนการเกิดปฏิกิริยาไฮโซในเซรันท สำหรับการพยายามที่จะสังเคราะห์เบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดจากน้ำมันละหุ่งได้เบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดคือ 3-hydroxy nonanoic acid ซึ่งเป็นเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดชนิดหนึ่งที่น่าจะสามารถนำไปใช้แทนเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดชนิดอื่นที่ผสมอยู่ในเครื่องสำอางค์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันได้และจากที่โมเลกุลของ 3-hydroxy nonanoic acid ประกอบด้วยคาร์บอนจำนวนถึง 9 อะตอมจึงน่าที่จะเป็นสารทำให้ชุ่มชื้นที่คิดว่าแอลฟาไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดหรือเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดที่มีใช้เช่น glycolic acid, lactic acid ที่มีคาร์บอนโมเลกุลไม่ถึง 5 อะตอม ซึ่งจากการที่ 3-hydroxy nonanoic acid มีสายของคาร์บอนโมเลกุลที่ยาวจึงคาดว่าจะมีคุณสมบัติในการซึมเข้าชั้นผิวหนังที่ประกอบด้วยชั้นของไขมันได้คิดว่าพวกที่มีสายของคาร์บอนโมเลกุลที่สั้น และหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่ในตำแหน่งเบต้าของ 3-hydroxy nonanoic acid จะเป็นส่วนที่ยึดจับน้ำเอาไว้ทำให้ลดการสูญเสียน้ำออกจากผิวหนังทำให้ผิวหนังชุ่มชื้นอันเป็นคุณสมบัติของสารทำให้ชุ่มชื้น นอกจากนี้ยังสามารถนำมาเป็นสารตั้งต้นชนิดใหม่ในการผลิต โพลีเมอร์ซึ่งโพลีเมอร์ชนิดนี้สามารถนำไปผลิตพลาสติกที่

สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับพลาสติกที่สังเคราะห์ด้วยขบวนการทางเคมีโดยใช้วิธีการทางไบโอเทคโนโลยีคือการหมัก โดยจะทำการเลี้ยงแบคทีเรียบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดเป็นโพลิเมอร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิด และจากที่ 3-hydroxy nonanoic acid เป็นสารตั้งต้นชนิดใหม่ในการผลิตโพลิเมอร์ที่ใช้ทำพลาสติกที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติที่มีสายคาร์บอนโมเลกุลยาวถึง 9 อะตอม จึงคาดว่าจะได้โพลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากโพลิเมอร์ที่ผลิตจากเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดชนิดเดิมที่มีชื่ออยู่ในปัจจุบันคือ 3-hydroxybutyric acid และ 3-hydroxy valeric acid ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ที่มีความยืดหยุ่นน้อยคือไม่ค่อยมีความเหนียว ค่อนข้างเปราะ สำหรับโพลิเมอร์ที่ผลิตจาก 3-hydroxy nonanoic acid คาดว่าจะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าคือมีความยืดหยุ่น เนื่องจากมีสายคาร์บอนที่ยาวกว่า

ถึงแม้ว่าในอดีตจะมีการสังเคราะห์ 3-hydroxy nonanoic acid ด้วยขบวนการทางเคมีแต่ก็ยังไม่มีความเหมือนกันกับวิธีที่ทำการวิจัยนี้ อีกทั้งยังใช้สารตั้งต้นเป็นสารสังเคราะห์ทั้งตัวอย่างเช่น



หรือจะเป็นการเตรียม 3-hydroxy nonanoic acid จากการไฮโดรไลซ์ copolymer ที่ผลิตจากแบคทีเรียบางชนิด ซึ่งการสังเคราะห์ 3-hydroxy nonanoic acid ด้วยขบวนการทางเคมีดังที่ยกตัวอย่างสารตั้งต้นที่ใช้เป็นสารสังเคราะห์ ราคาค่อนข้างสูง หายาก และการเตรียม 3-hydroxy nonanoic acid จากการไฮโดรไลซ์ copolymer ที่ผลิตจากแบคทีเรียก็ประกอบด้วยเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดหลายชนิดทำให้เกิดความยุ่งยากในการที่จะแยก 3-hydroxy nonanoic acid ออกมา อีกทั้งยังได้ในปริมาณที่น้อย เมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้ในการวิจัยนี้ที่ใช้น้ำมันละหุ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ 3-hydroxy nonanoic acid ที่เป็นวัตถุดิบทางธรรมชาติ หาง่าย ราคาถูก อีกทั้งปริมาณ 3-hydroxy nonanoic acid ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้ปริมาณที่ค่อนข้างมากและแยกได้ง่าย ดังนั้นวิธีสังเคราะห์ 3-hydroxy nonanoic acid ด้วยวิธีที่ใช้ในการวิจัยจึงเป็นวิธีการที่ดีกว่าวิธีการสังเคราะห์ดังที่กล่าวข้างต้น

นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในขบวนการสังเคราะห์เบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดจากน้ำมันละหุ่งได้แก่ กลีเซอรอลในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ยังสามารถนำเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเรซินที่ผสมลงในสีเพื่อให้มีคุณสมบัติเกาะกับผนังได้ดี และยังสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของสารทำให้ชุ่มชื้นในเครื่องสำอางค์ สำหรับ nonanedioic acid monomethyl ester ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาไฮโดรไลซันนั้นยังสามารถนำมาทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันกับอัลกอฮอล์ เช่น เมทธานอล เอทานอล จะได้เป็นสารประกอบไดเอสเทอร์ที่สามารถนำไปเป็น marker ในน้ำมันดีเซล

สำหรับตรวจสอบน้ำมันที่เสียภาษีแล้ว และ nonanedioic acid monomethyl ester ยังสามารถนำมาเป็นสารตั้งต้นในการผลิต โพลีเอสเตอร์และน้ำมันเครื่องสังเคราะห์(synthetic lubricant) ได้อีกด้วย

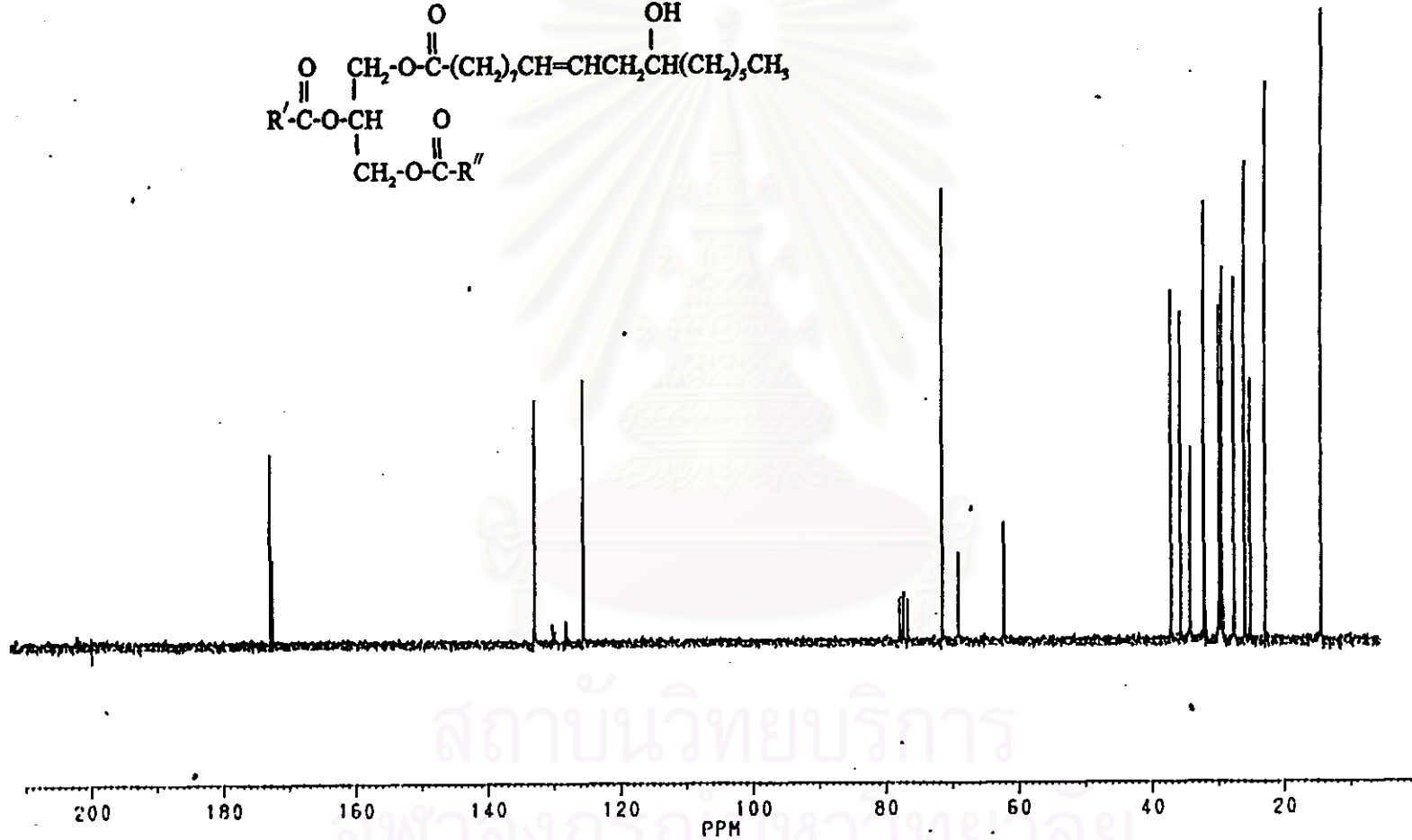
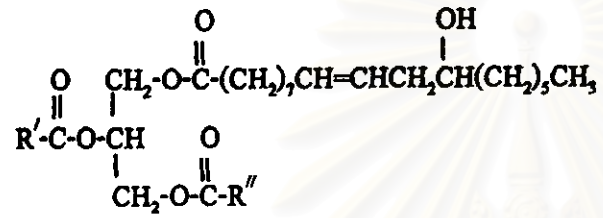
จากการพยายามที่จะสังเคราะห์แอลฟาไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดจากน้ำมันละหุ่งนั้น โดยทำปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายตำแหน่งพันธะคู่ของ ricinoleic methylester ที่อยู่ในตำแหน่งที่ 9 ให้มาอยู่ในตำแหน่งที่ 8 ของสายคาร์บอนด้วยการทำปฏิกิริยาโบรมิเนชันตามด้วยปฏิกิริยาดีไฮโดรเฮไลจีนเนชัน ด้วย alcoholic KOH แล้วทำปฏิกิริยาไฮโดรในแซชัน แต่จากการทดลองในการเคลื่อนย้ายตำแหน่งพันธะคู่ของ ricinoleic methylester นั้นปรากฏว่าไม่สามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งพันธะคู่ตามที่ต้องการได้ โดยจากการทดลองการทำปฏิกิริยาโบรมิเนชันได้ผลตามที่ต้องการ ส่วนการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเฮไลจีนเนชัน ด้วย alcoholic KOH นั้นไม่ได้ผลตามที่ต้องการถึงแม้จะพยายามด้วยการเปลี่ยนอุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้นของ alcoholic KOH และชนิดต่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา จึงสรุปได้ว่าการเคลื่อนย้ายพันธะคู่ของ ricinoleic methylester ด้วยวิธีการนี้ไม่สามารถทำได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถสังเคราะห์แอลฟาไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดด้วยวิธีการนี้

#### ข้อเสนอแนะ

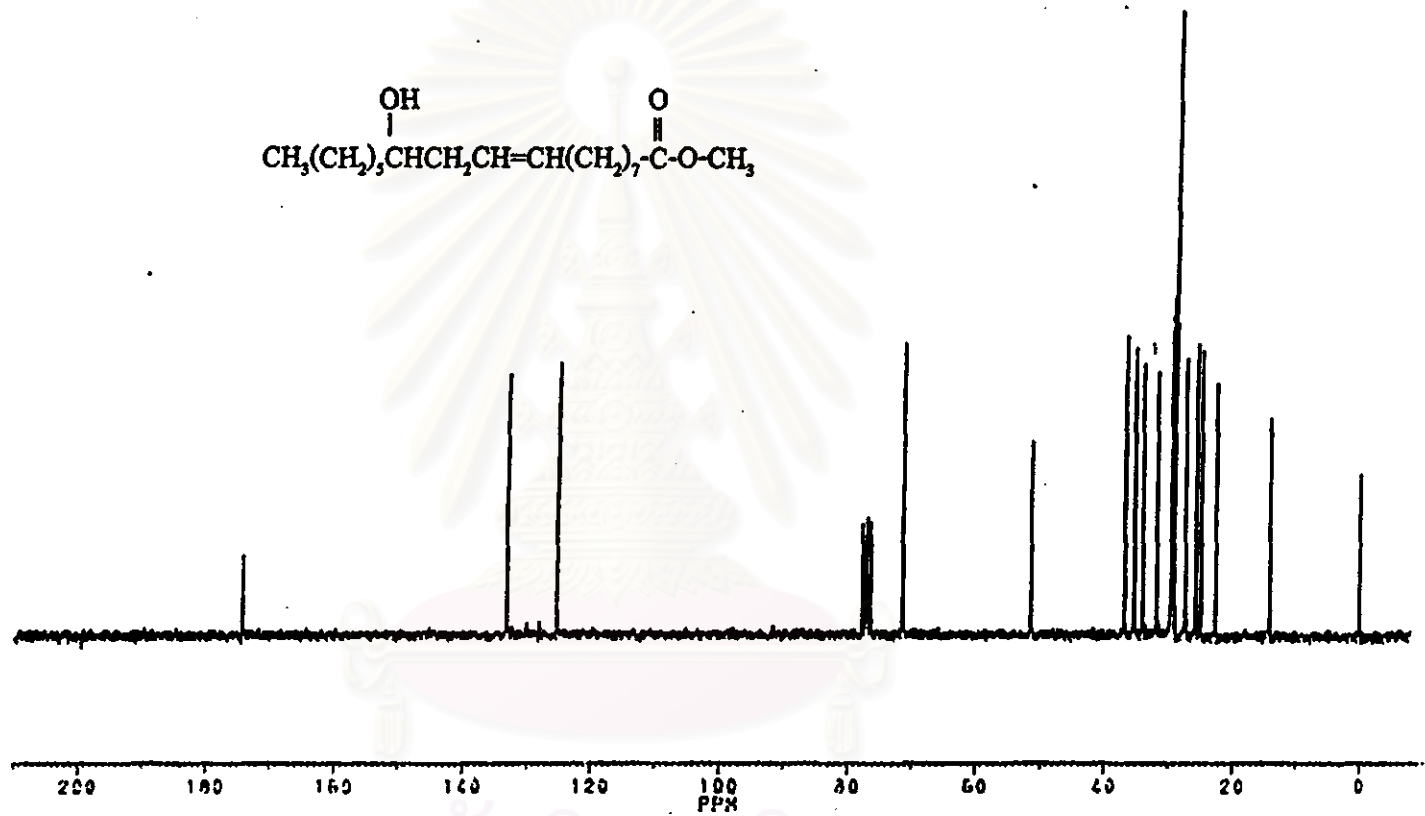
นำเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดที่สังเคราะห์ได้คือ 3-hydroxy nonanoic acid มาเป็นวัตถุดิบในการผลิต โพลีเมอร์ที่ใช้ทำพลาสติกที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติแทนเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดชนิดอื่น

นำเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดที่สังเคราะห์ได้คือ 3-hydroxy nonanoic acid มาทดลองใช้ในเครื่องตัวอย่างค์แทนเบต้าไฮดรอกซีคาร์บอกซิลิกแอซิดชนิดอื่น

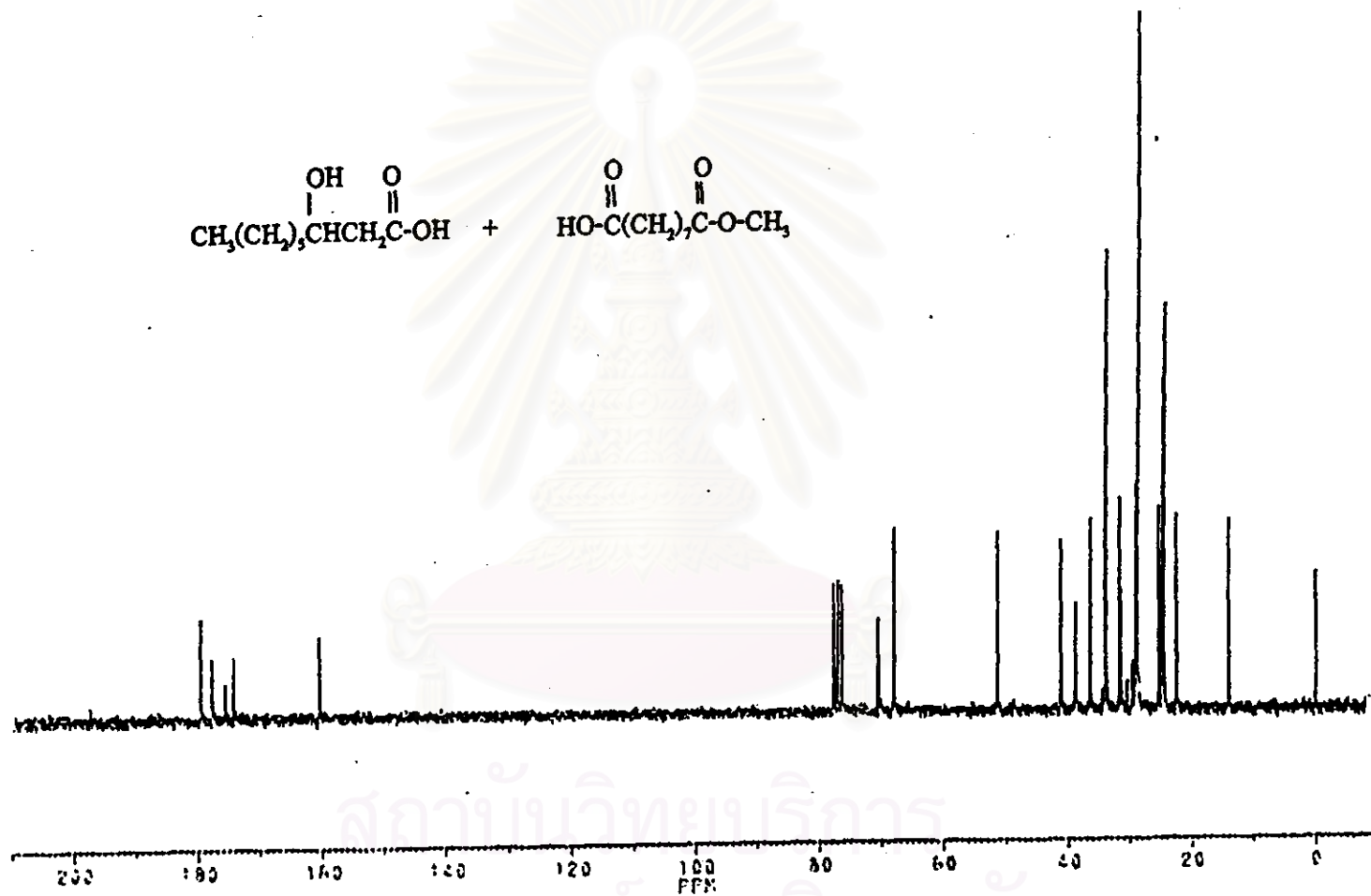
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



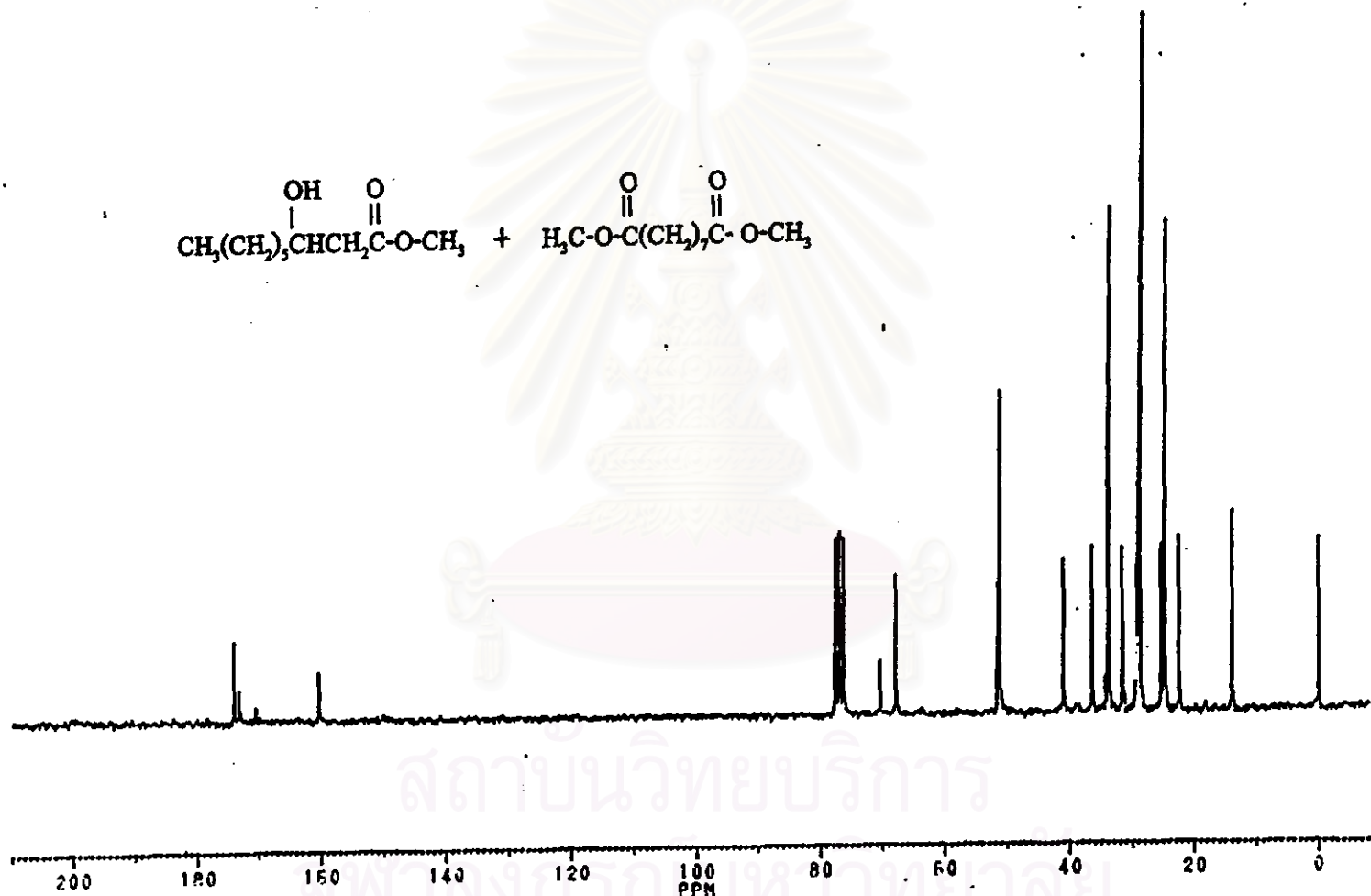
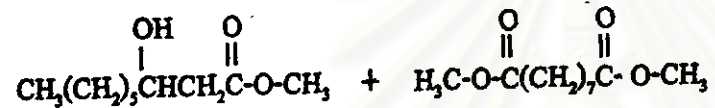
รูปที่ 3 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของน้ำมันกะทู้ (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)



รูปที่ 4 การรับอน 13 NMR สเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 1.1 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)

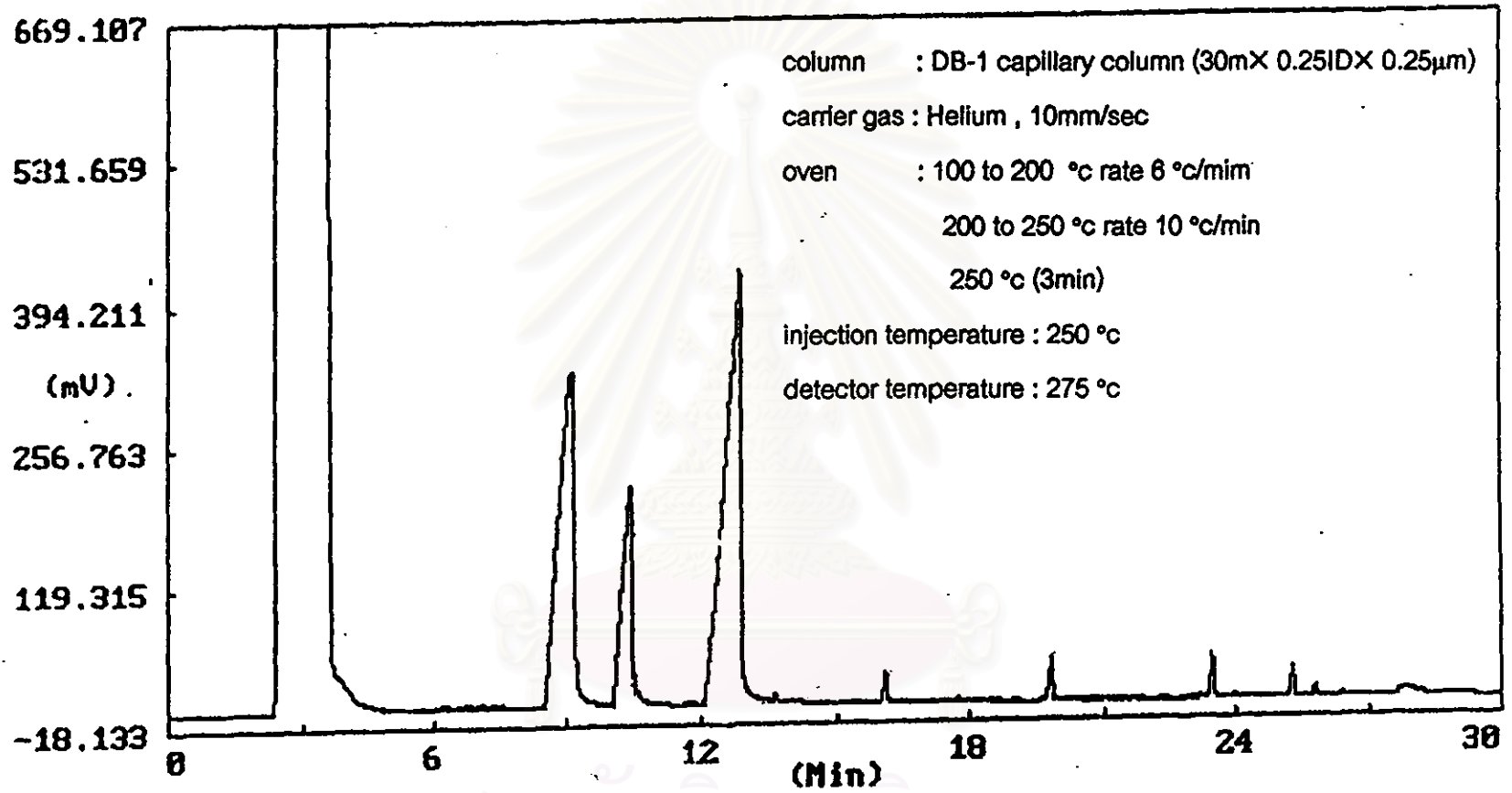


รูปที่ 5 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 1.2 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)



รูปที่ 6 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของเมทิลเอสเทอร์ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกากคลองที่ 1.2 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)

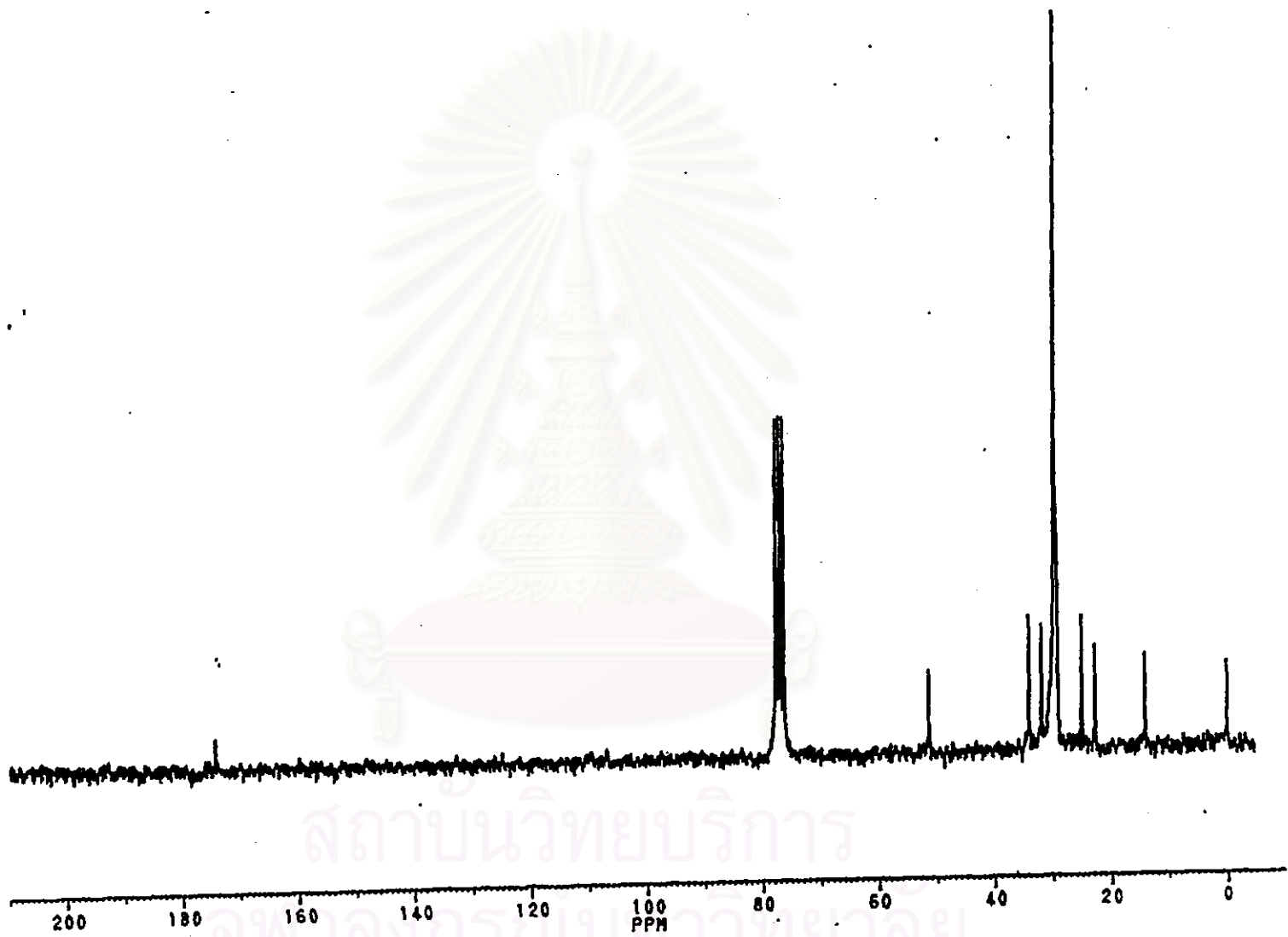




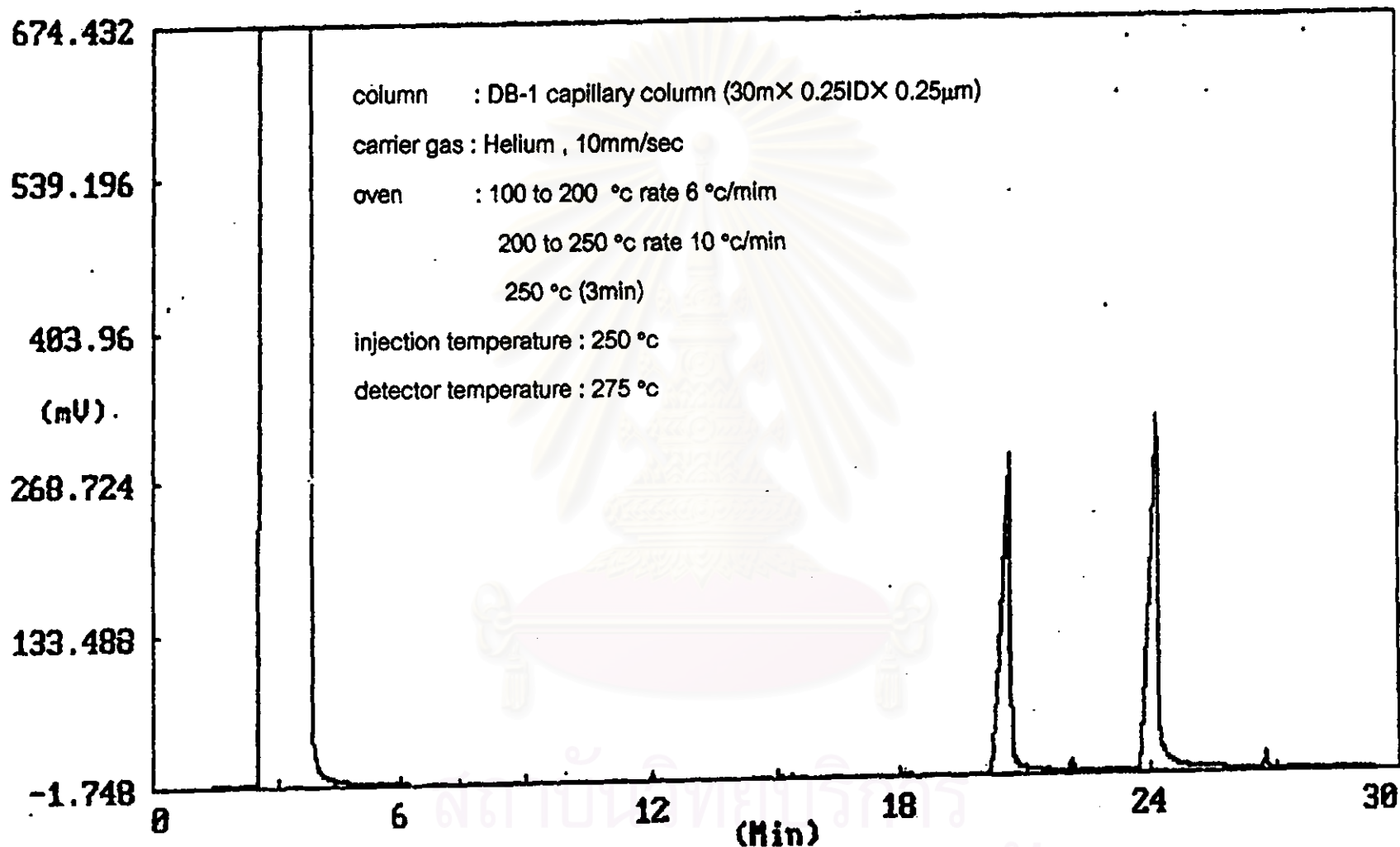
รูปที่ 7 แก๊สโครมาโทแกรมของเมทริลเอสเทอร์ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 1.2

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

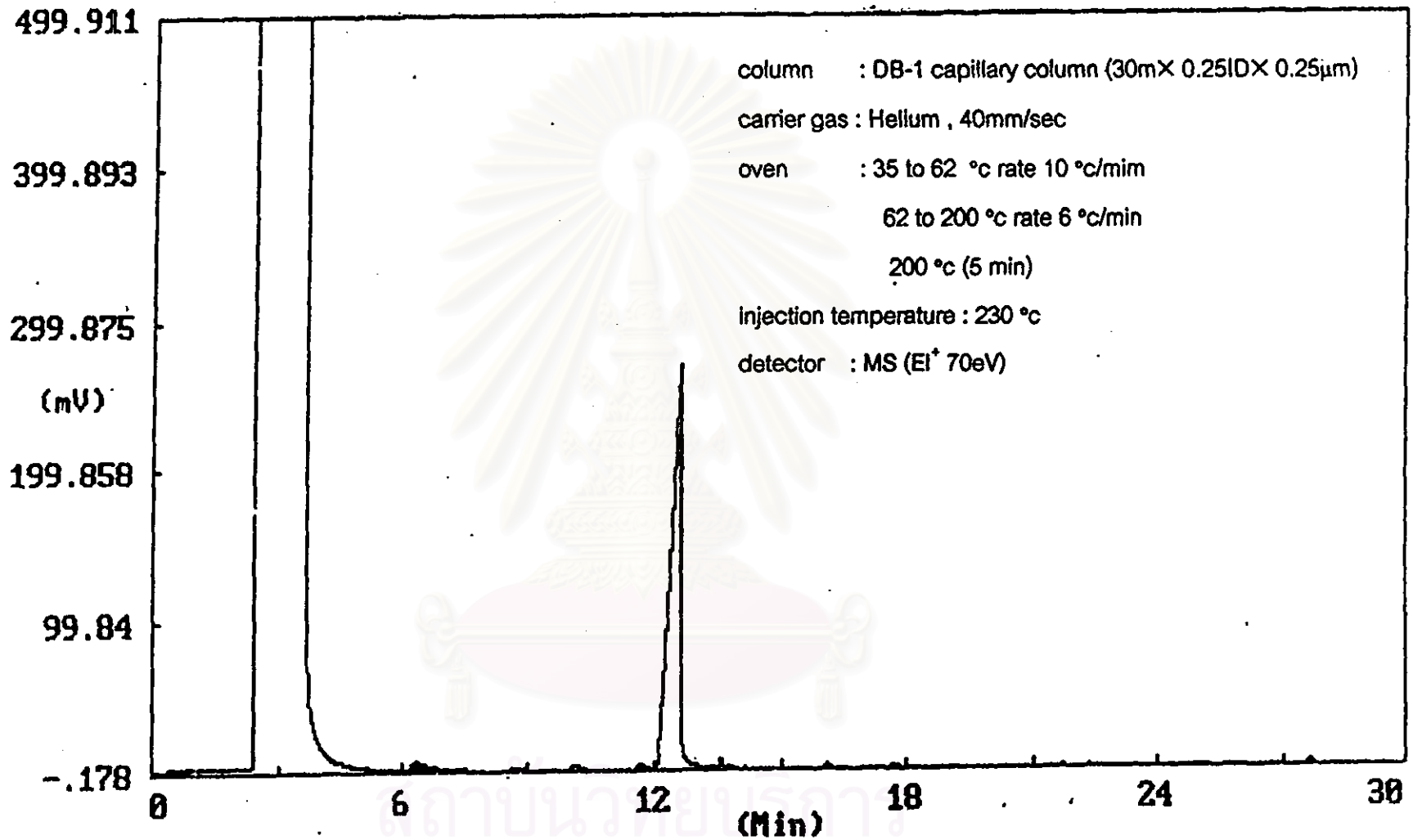




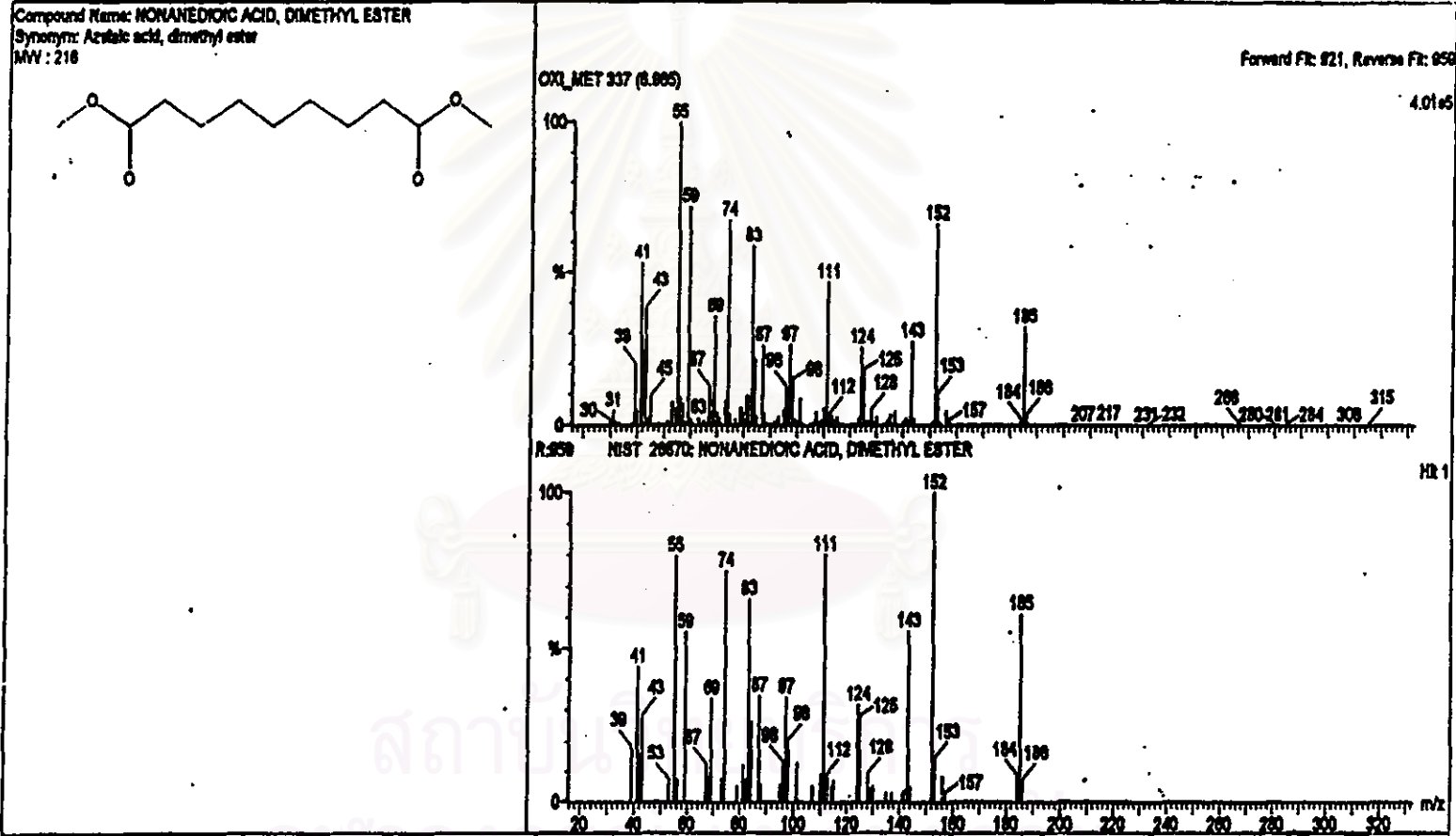
รูปที่ 8 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของเมทิลเฮกเทอร์ของกรดไขมันขนาดยาวที่ได้จากการแยกด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟี ( $\text{CDCl}_3$ , 200 MHz)



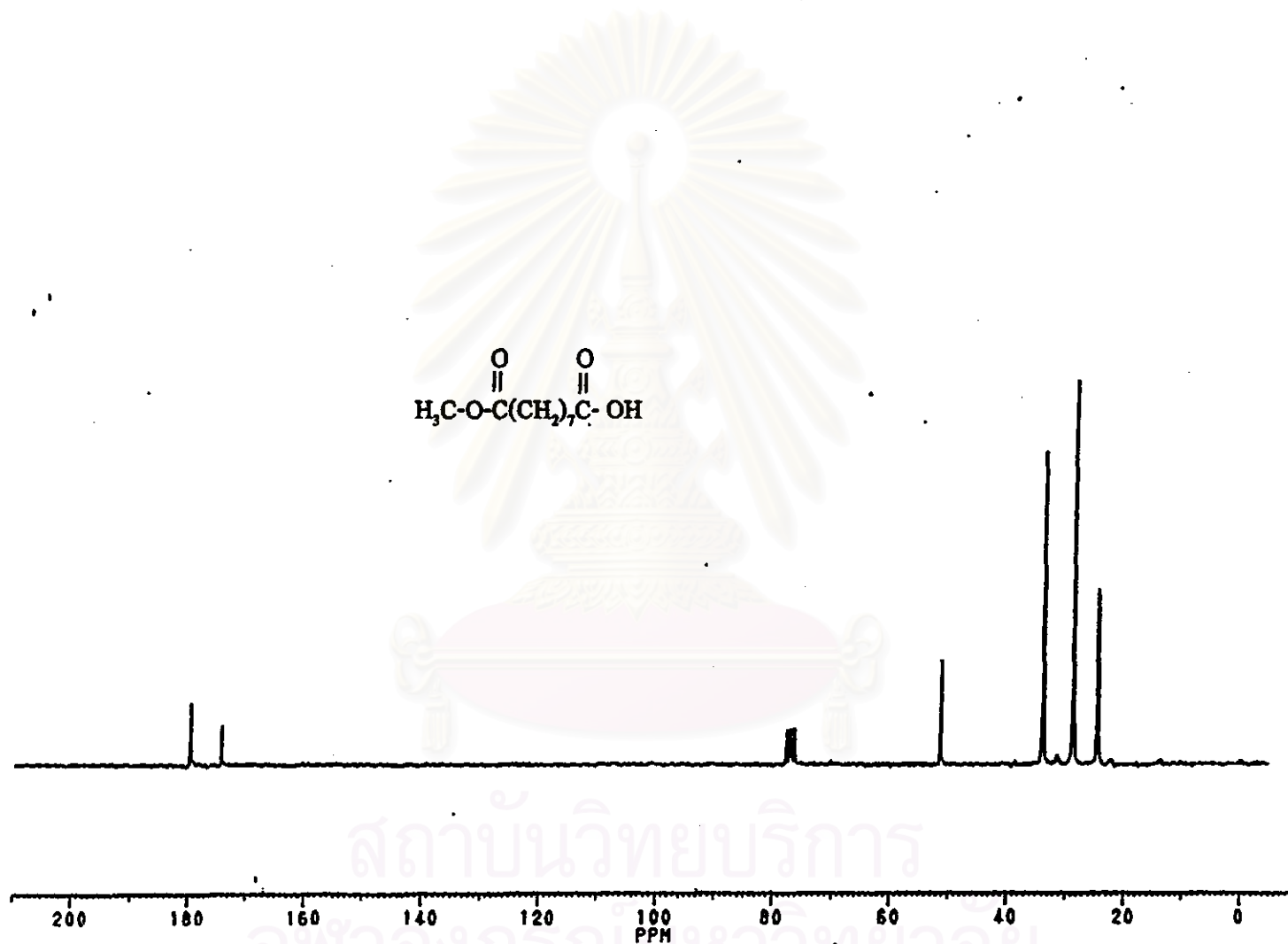
รูปที่ 9 แก๊สโครมาโทแกรมของเมทริลเอสเทอร์ของกรดไขมันขนาดยาวที่ได้จากการแยกด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟที่



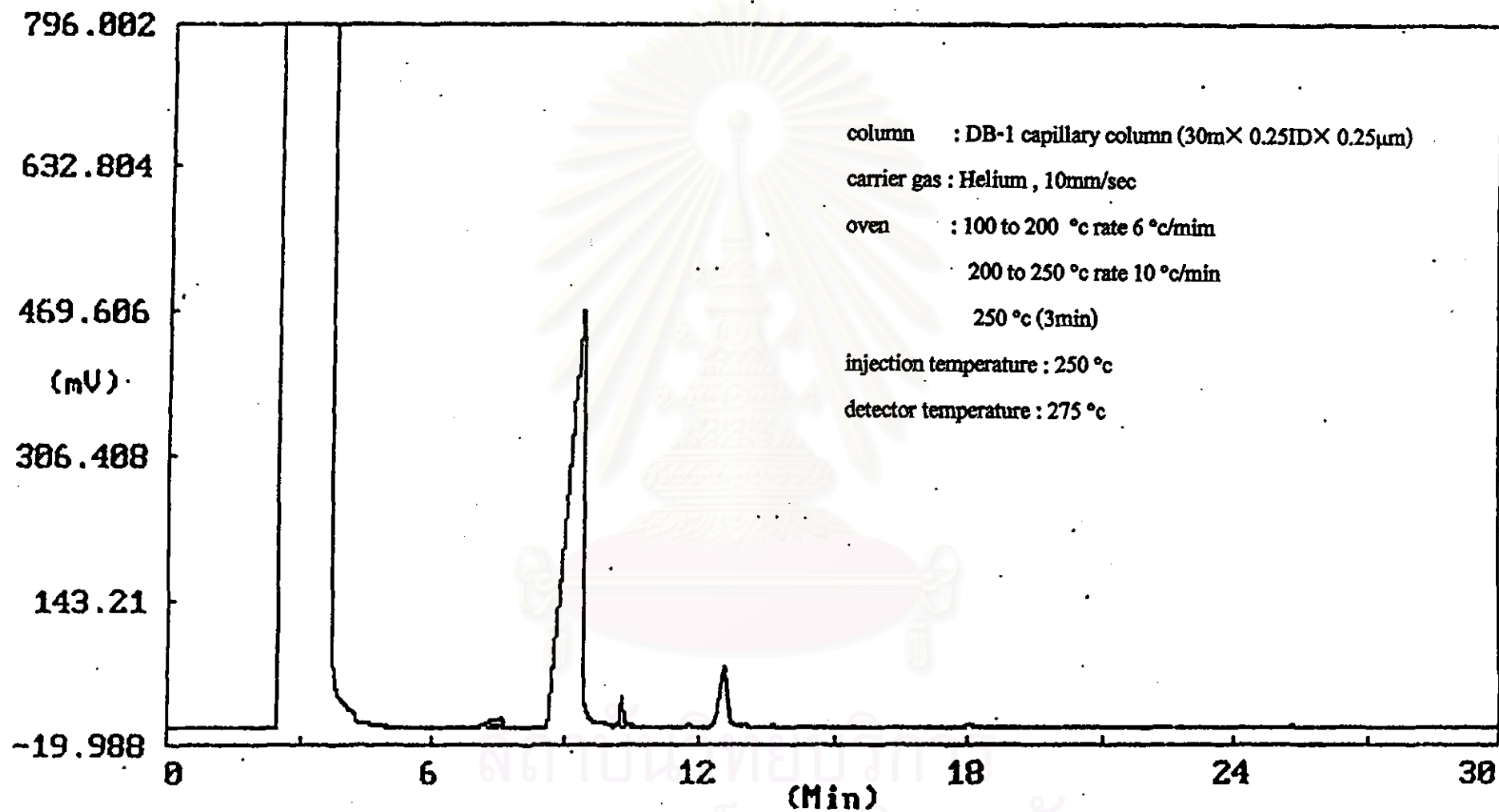
รูปที่ 10 แก๊สโครมาโทแกรมของ nonanedioic acid monomethyl ester เมทริกซ์ที่สกัดจากเมล็ดข้าวโพดโครมาโทกราฟี



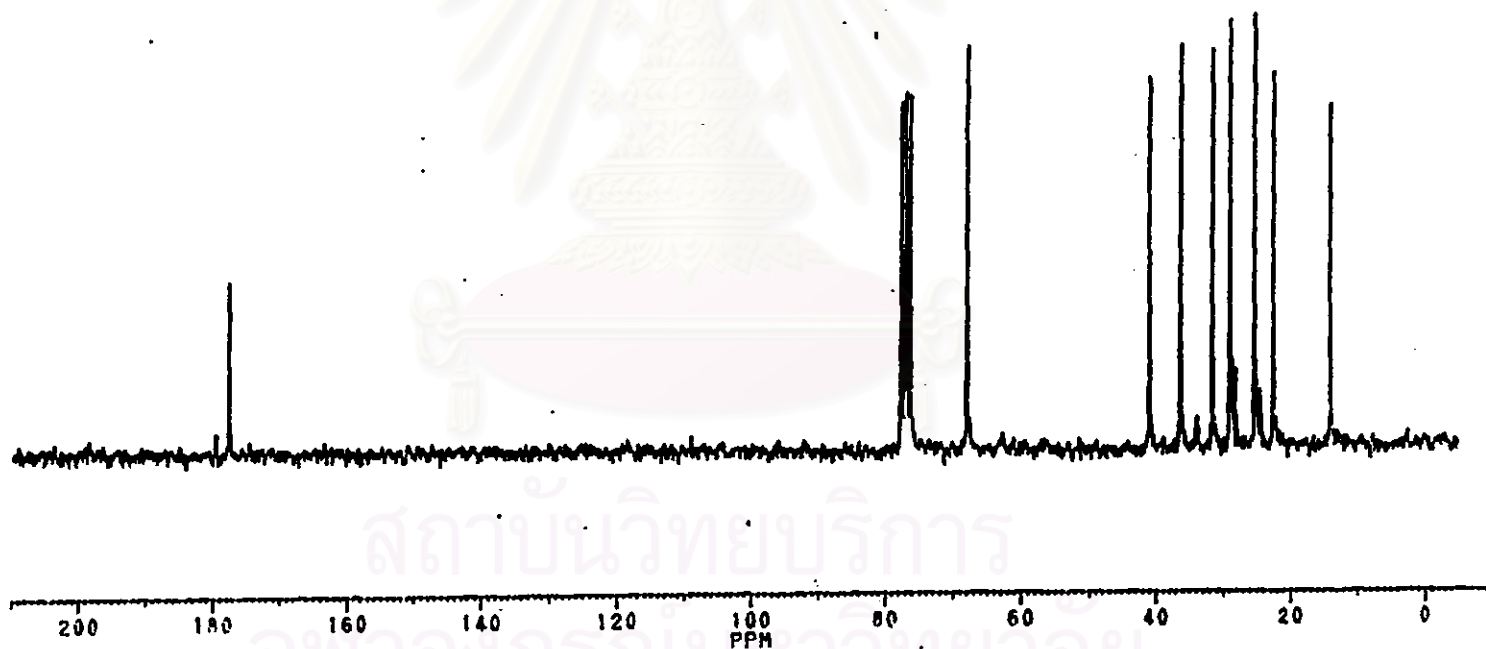
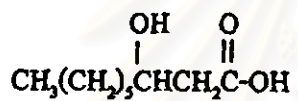
รูปที่ 11 แมสสเปกตรัมของ nonanedioic acid monomethyl ester เปรียบเทียบกับแมสสเปกตรัมของฐานข้อมูล



รูปที่ 12 การ์บอน 13 NMR สเปกตรัมของ nonanedioic acid monomethyl ester ที่ได้จากแยกด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟี (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)

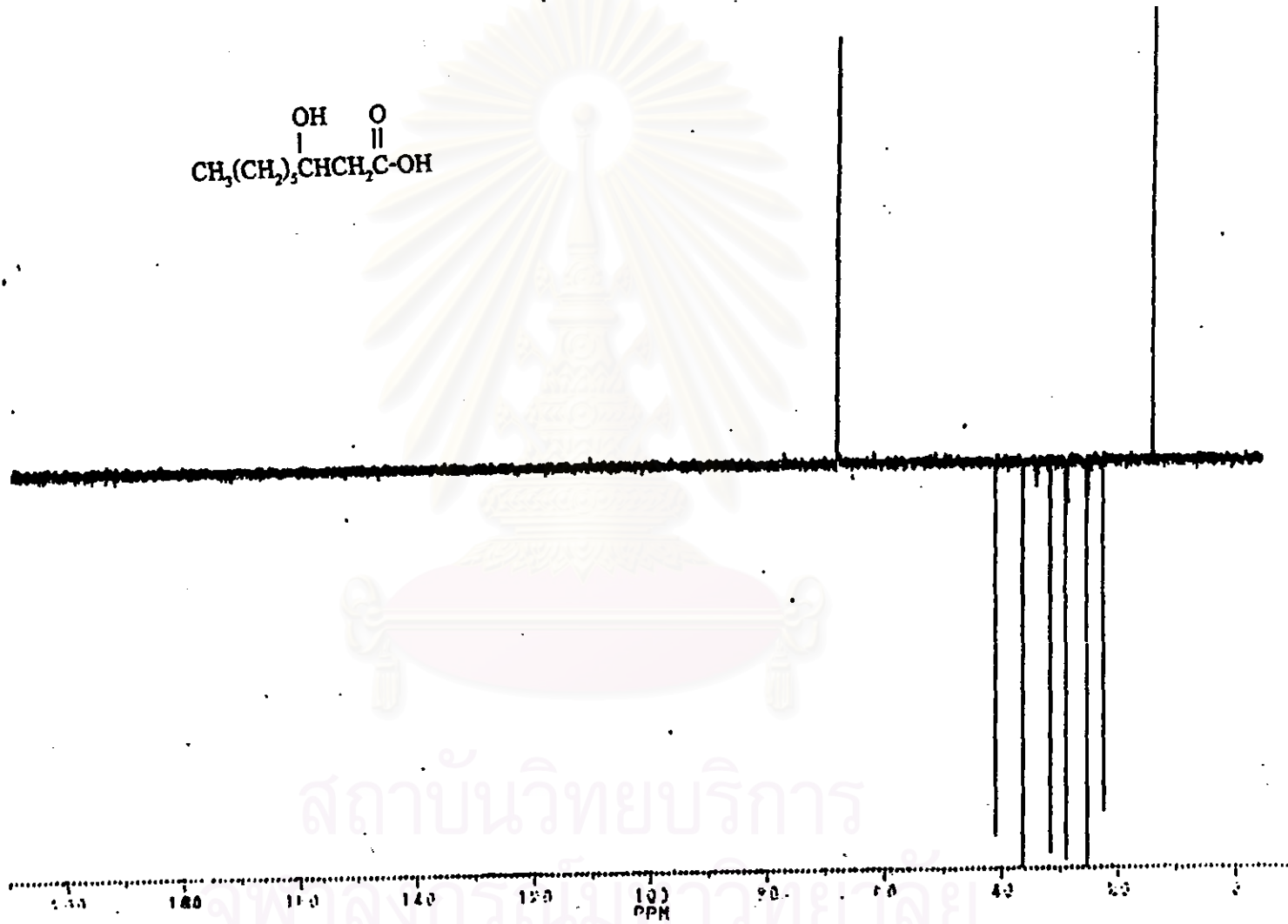
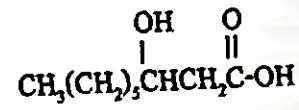


รูปที่ 13 แก๊สโครมาโทแกรมของ 3 hydroxy nonanoic acid มาจากรีเอเจนต์ที่ได้จากการแยกด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟฟี

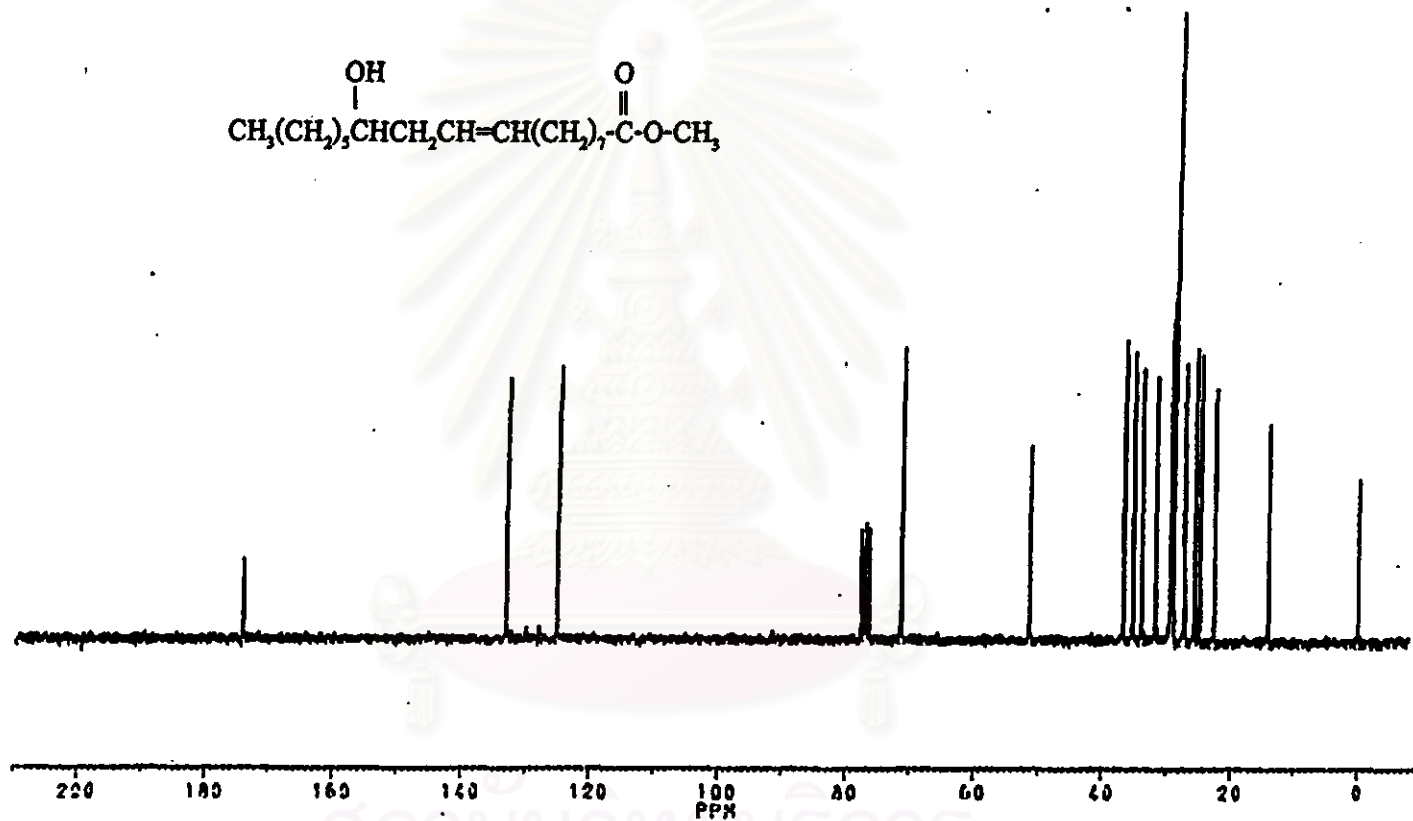


รูปที่ 14 คาร์บอน <sup>13</sup> NMR สเปกตรัมของ 3 hydroxy nonanoic acid ที่ได้จากการแยกด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟี (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)

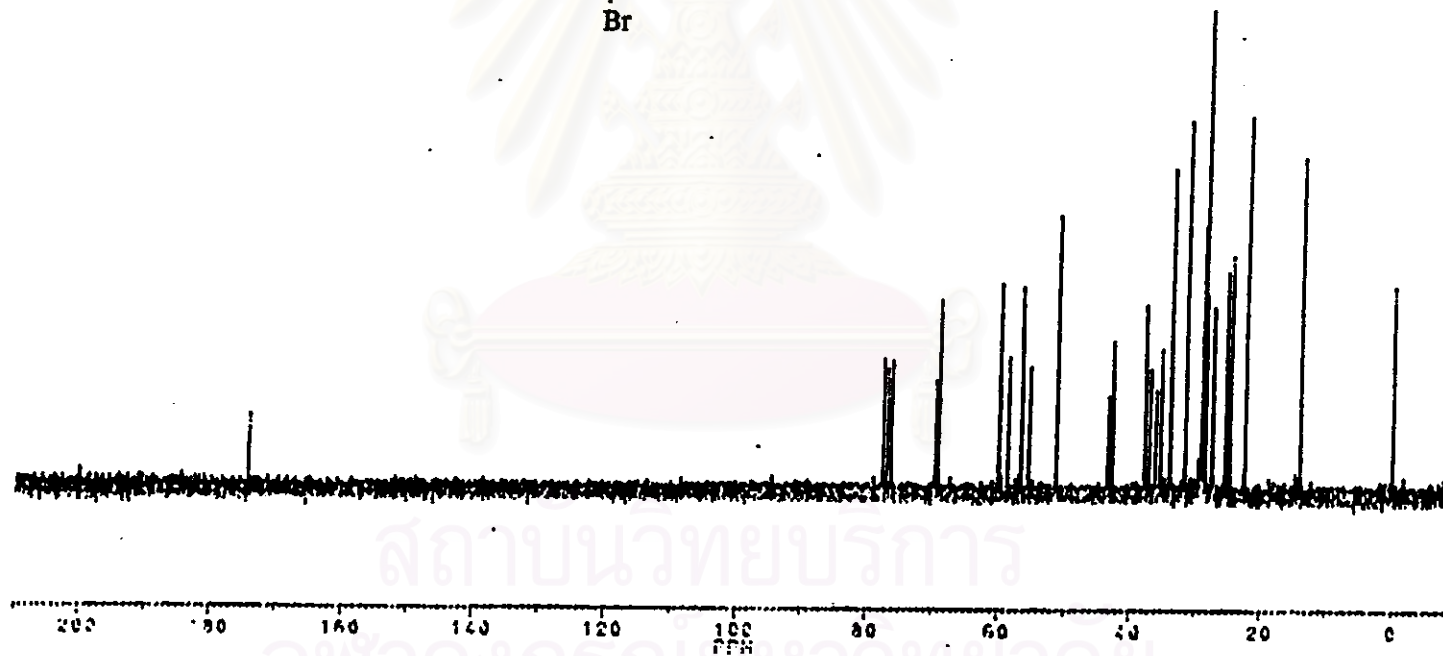
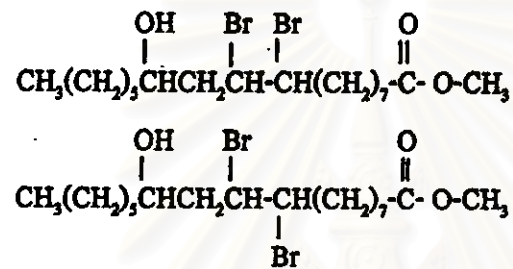




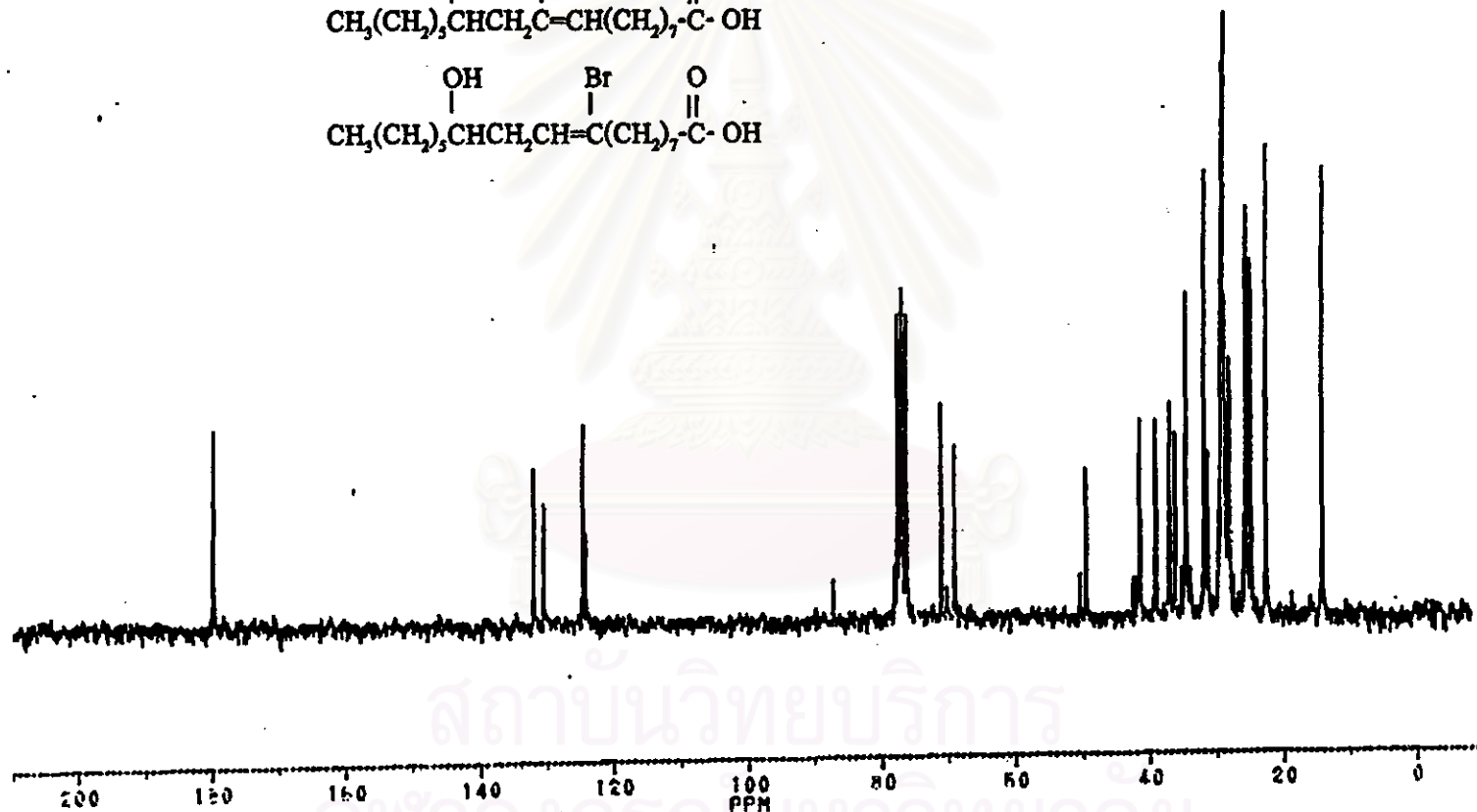
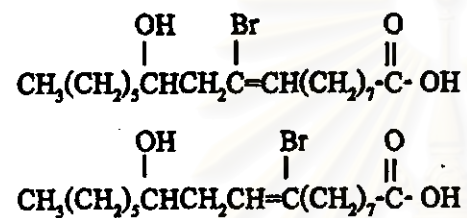
รูปที่ 15 คาร์บอน 13 NMR DEPT 135 สเปกตรัมของ 3 hydroxy nonanoic acid ที่ได้จากการแยกด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟี (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)



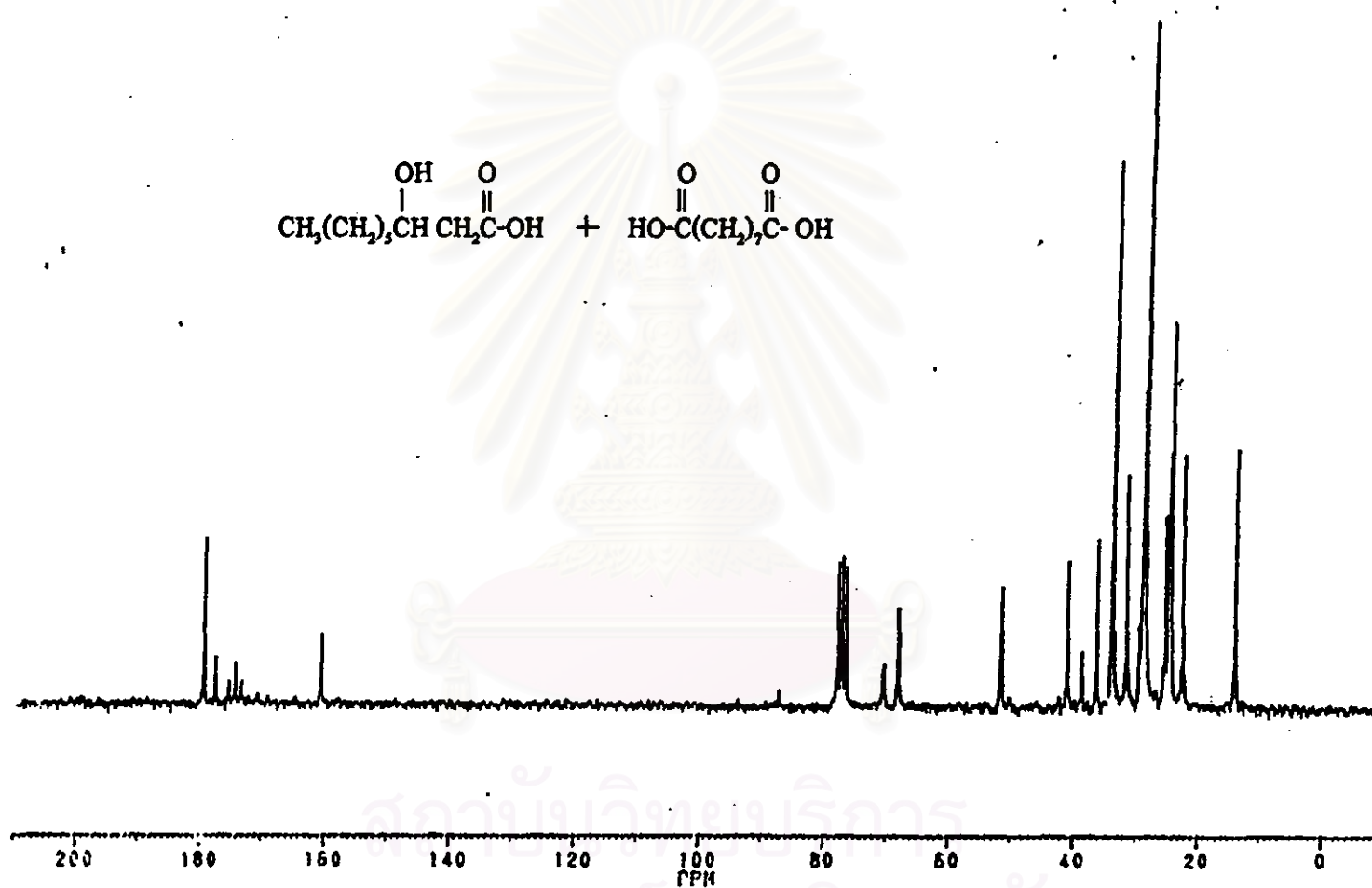
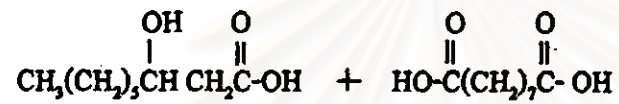
รูปที่ 16 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 2.1 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)



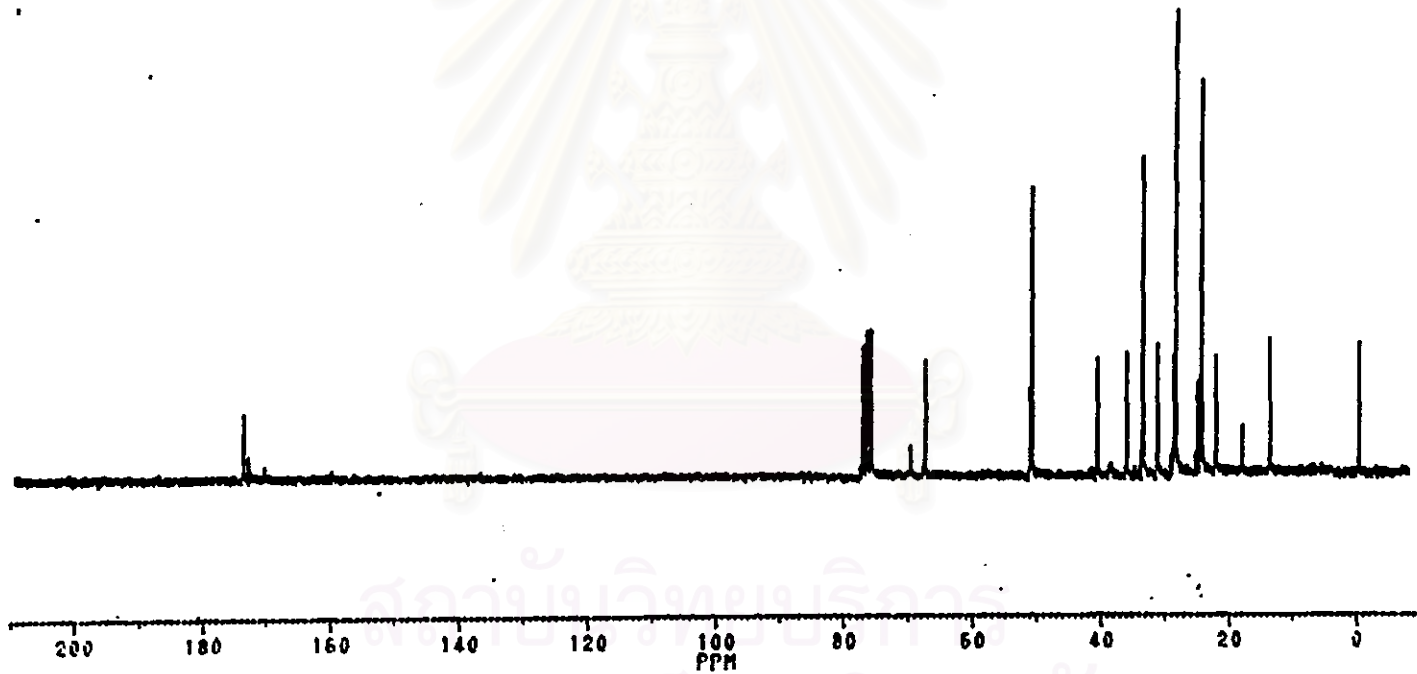
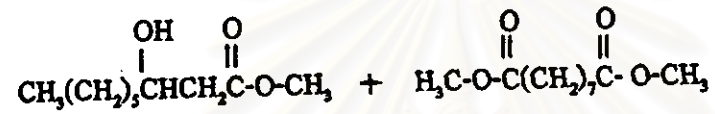
รูปที่ 17 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 2.2 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)



รูปที่ 18 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 2.3 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)

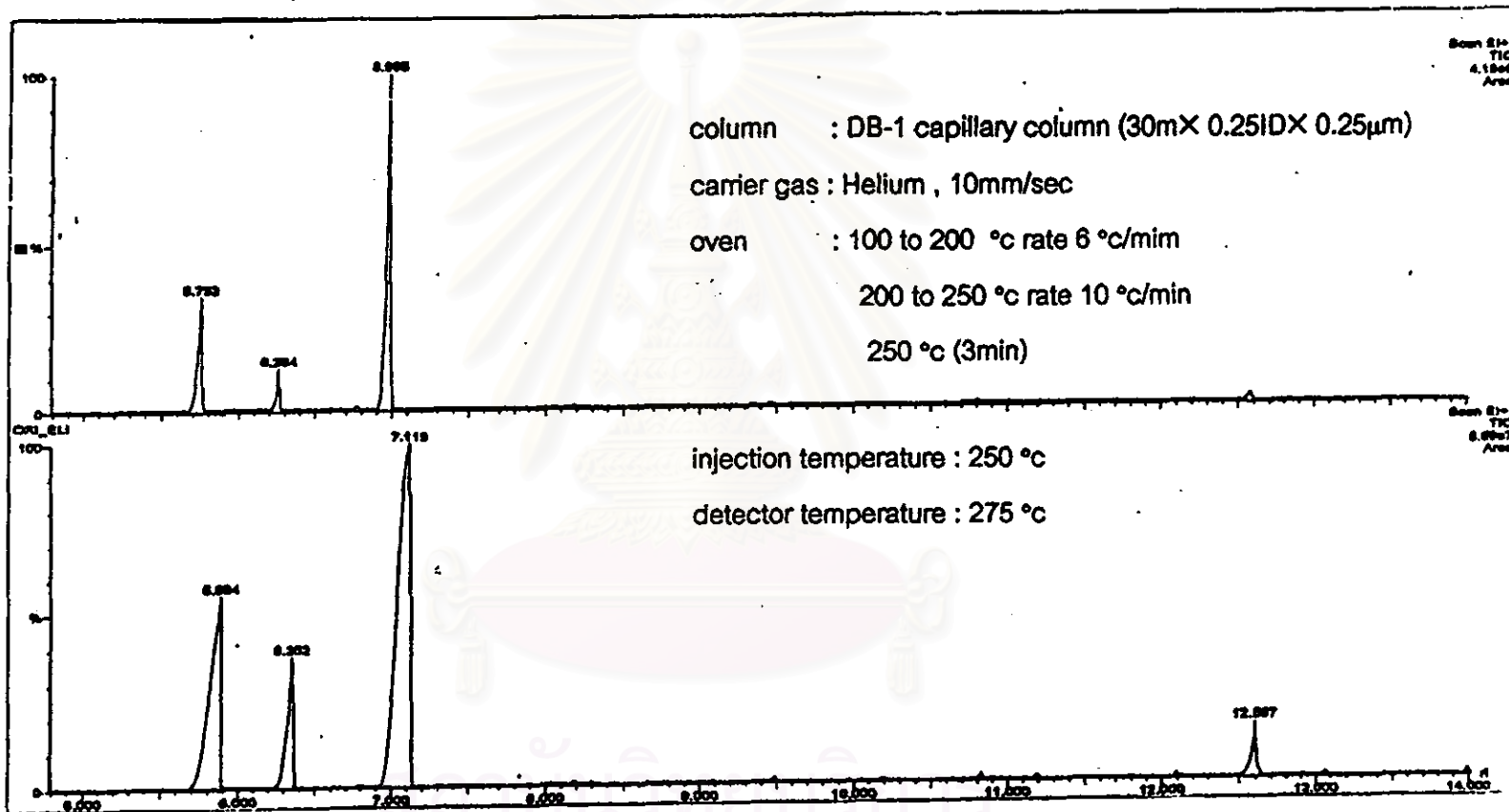


รูปที่ 19 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 2.4 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)

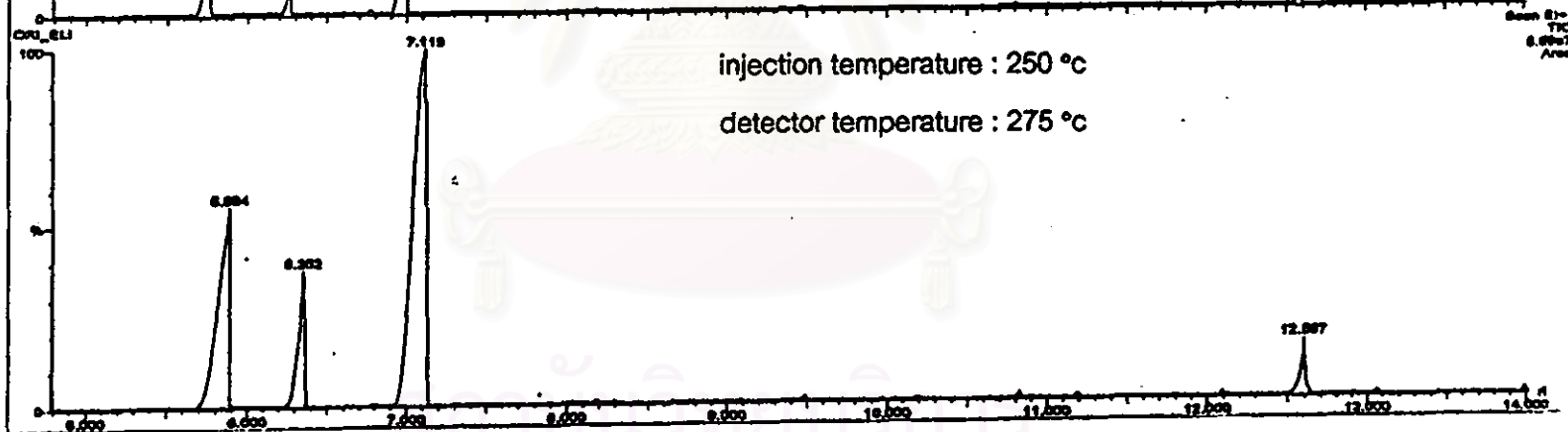


รูปที่ 20 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของเมทิลเอสเทอร์ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 2.4 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)

(A)

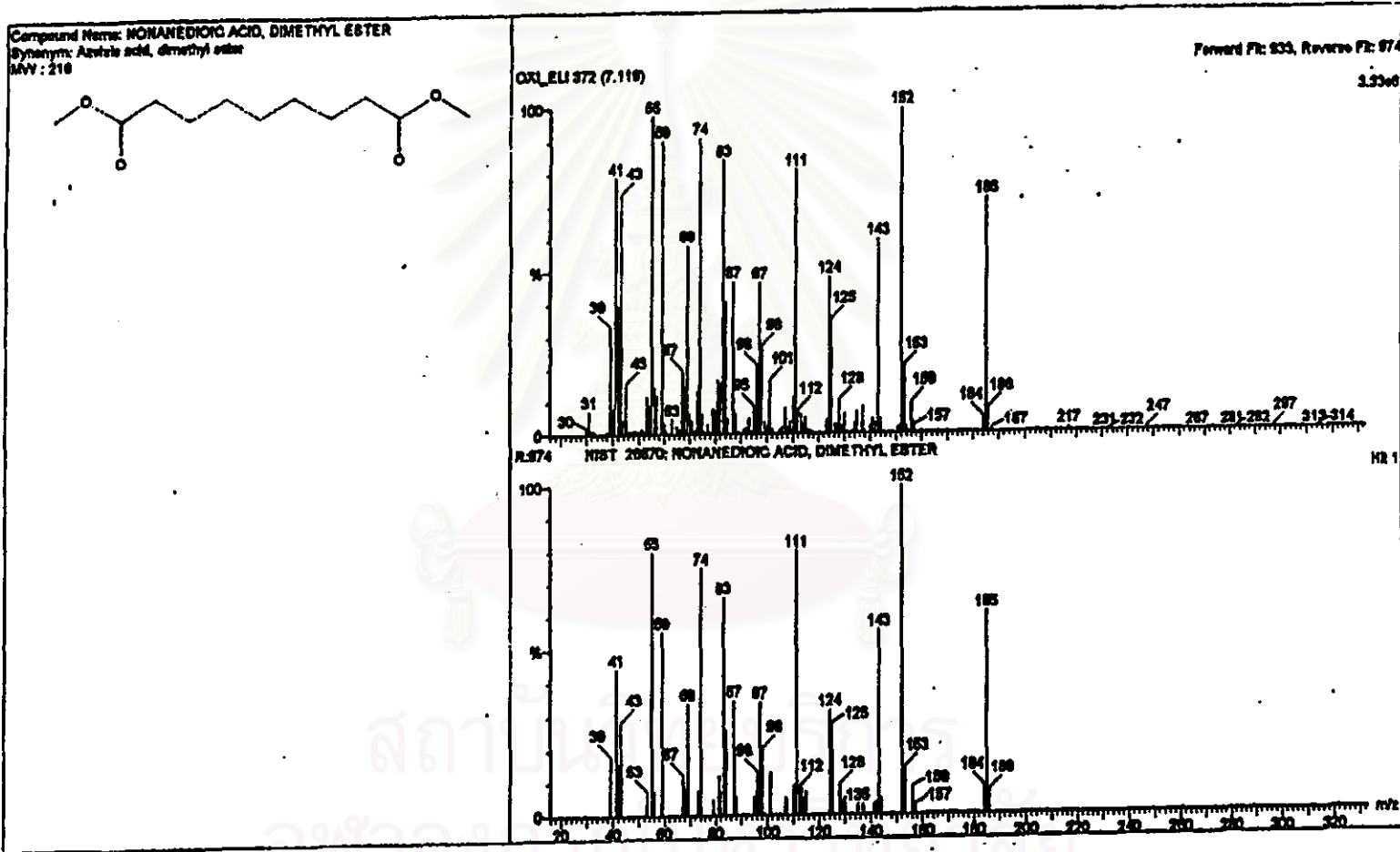


(B)

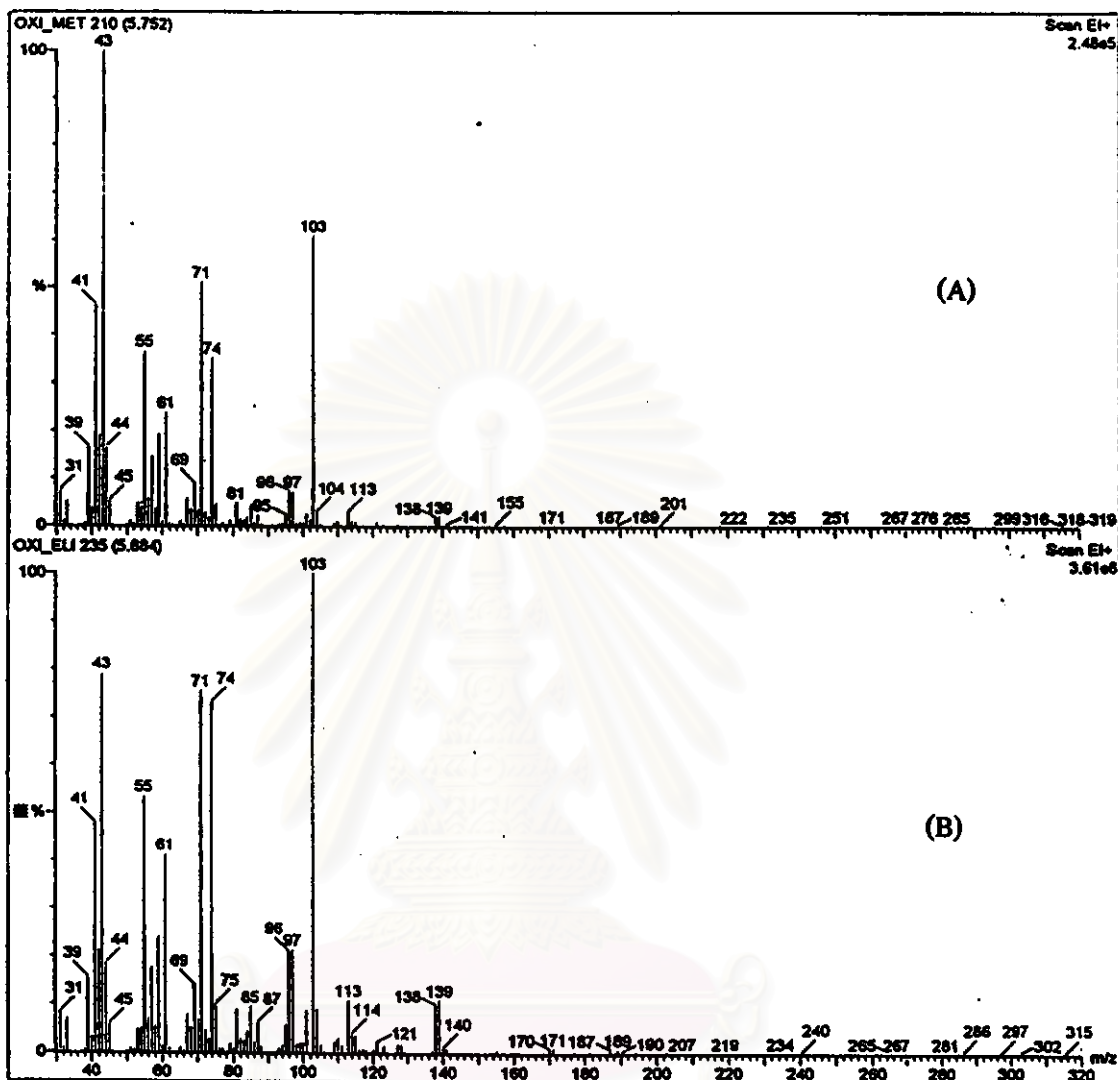


รูปที่ 21 แก๊สโครมาโทแกรมของเมทริลเอสเทอร์ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 1.2 เปรียบเทียบกับแก๊สโครมาโทแกรมของเมทริลเอสเทอร์ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 2.4

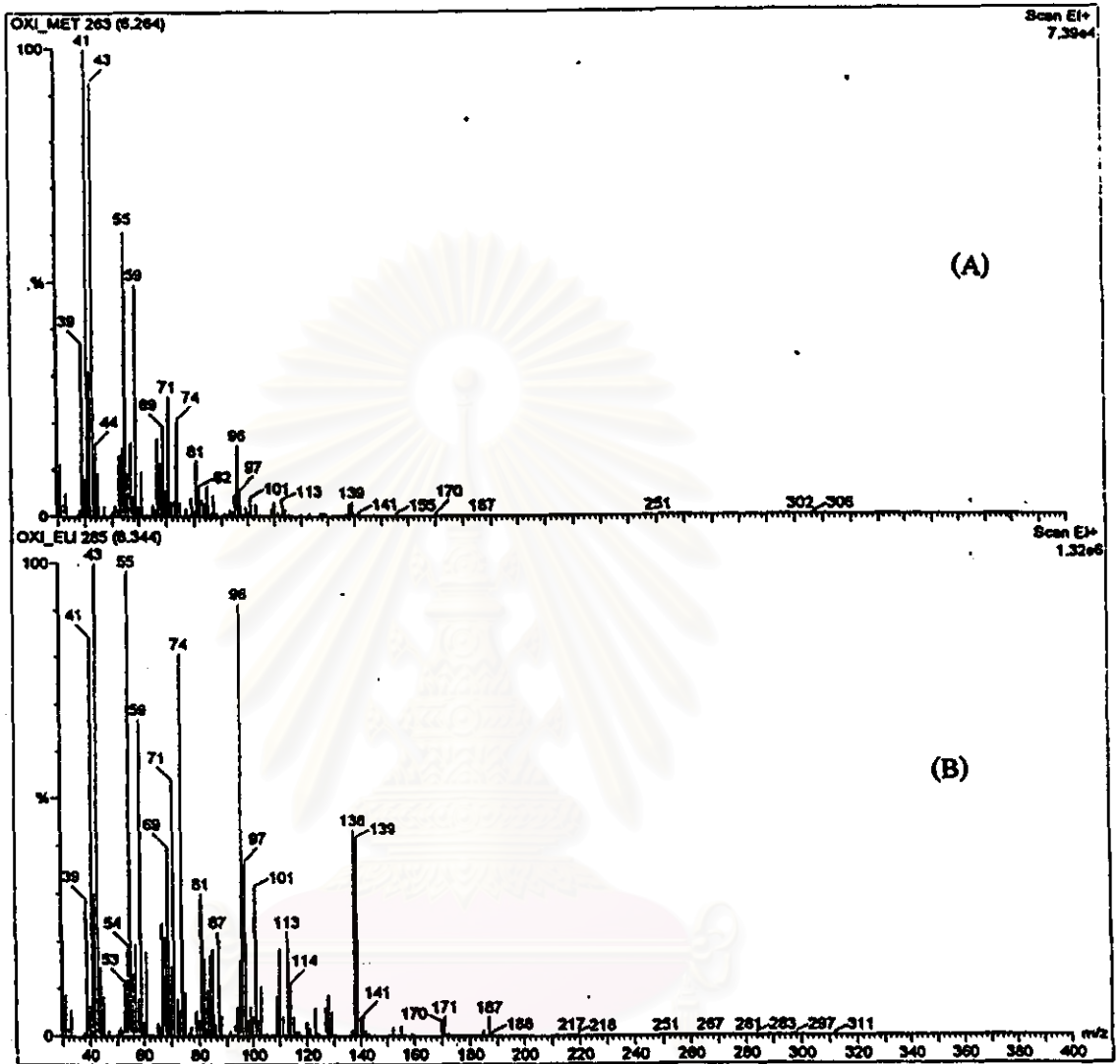




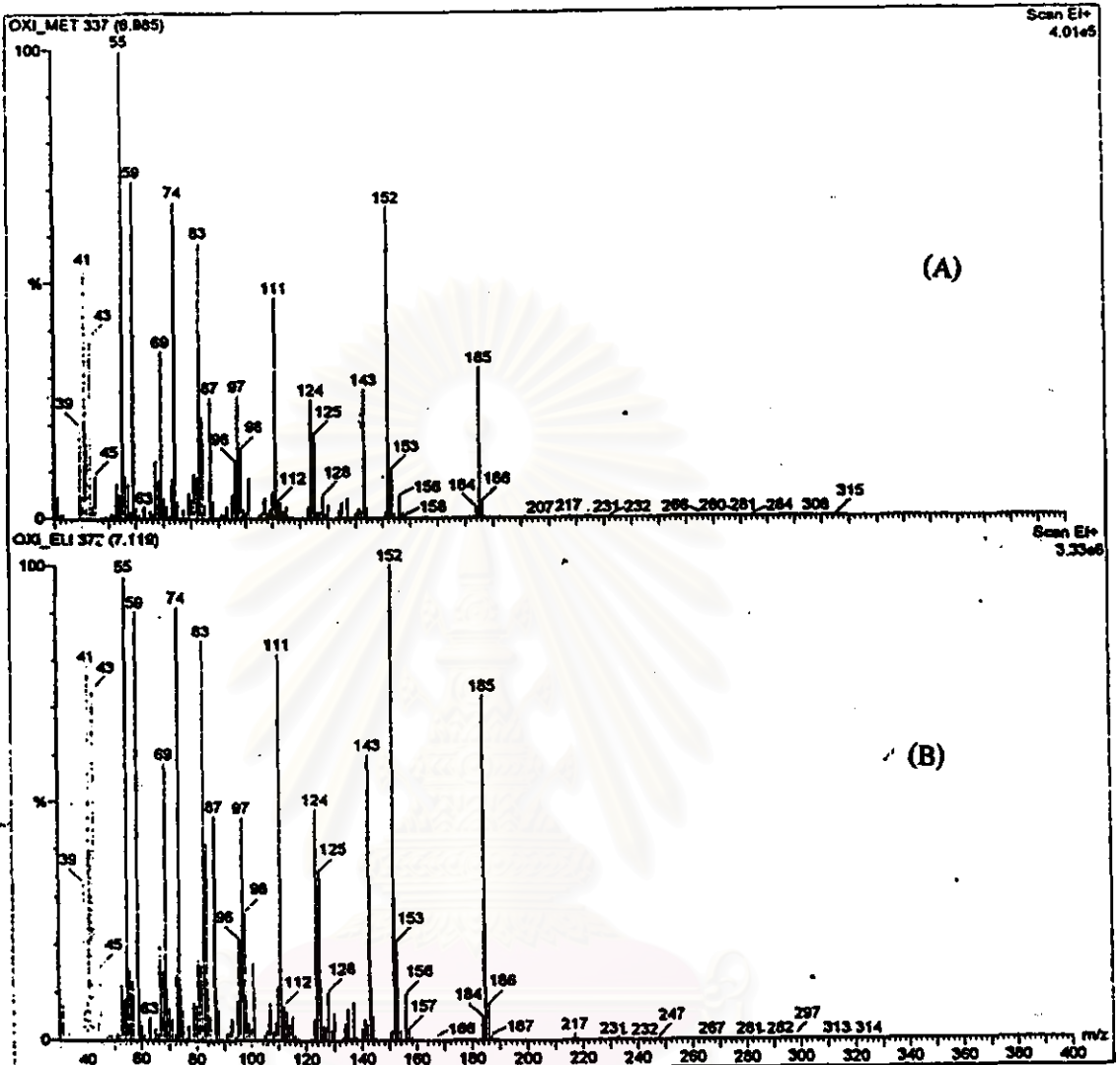
รูปที่ 22 แมสสเปกตรัมของ nonanedioic acid เมทิลเอสเตอร์เปรียบเทียบกับแมสสเปกตรัมของฐานข้อมูล



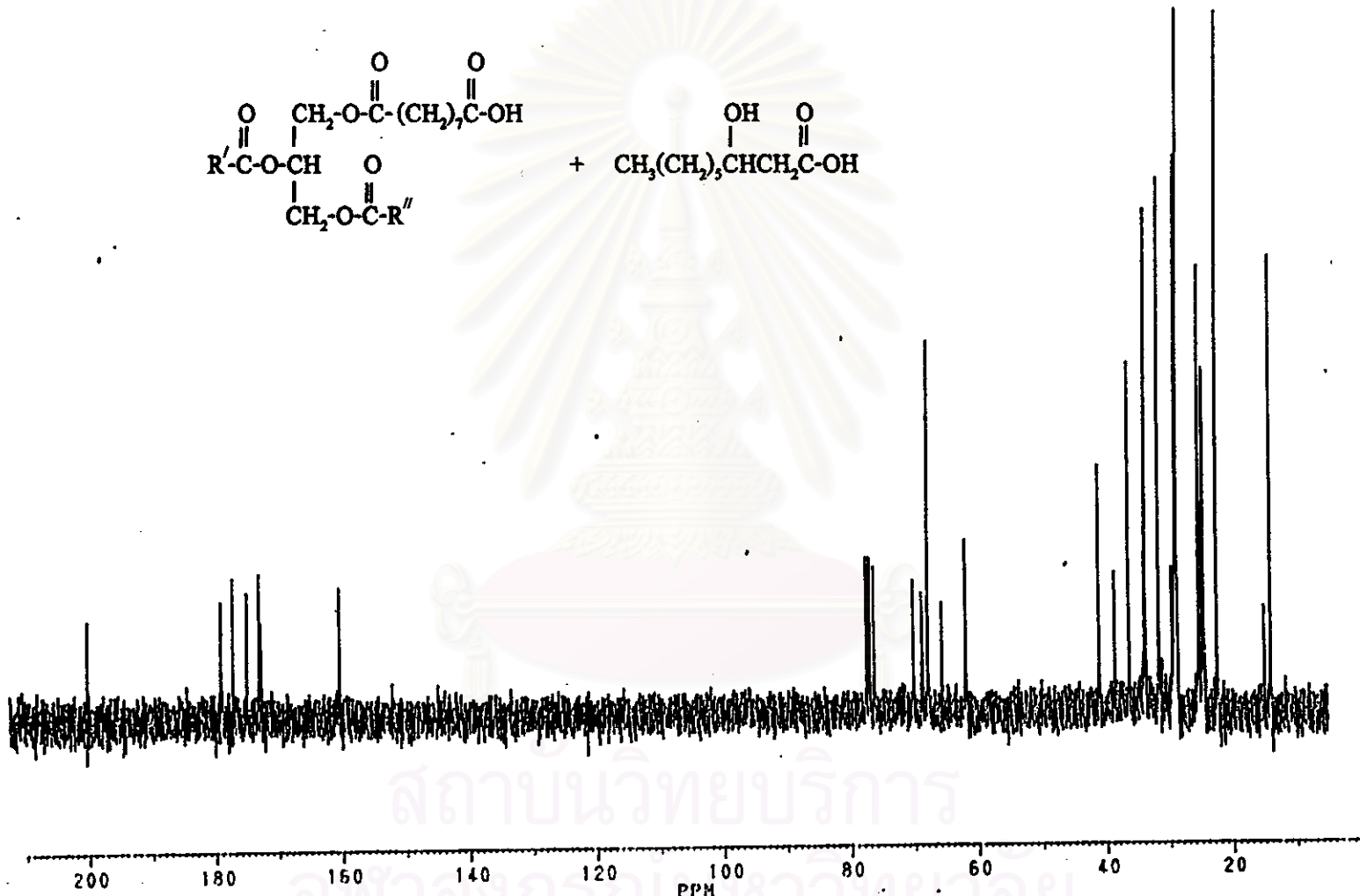
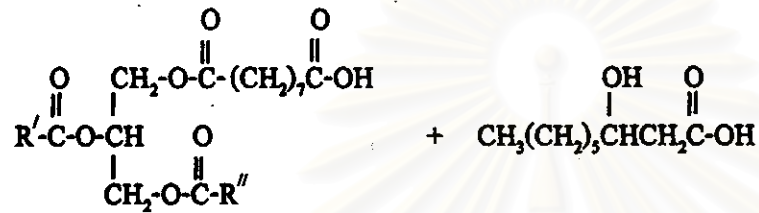
รูปที่ 23.1 แมสสเปกตรัมของสารที่เป็นองค์ประกอบหลักชนิดที่ 1 ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 1.2 (A) เปรียบเทียบกับแมสสเปกตรัมของสารที่เป็นองค์ประกอบหลักชนิดที่ 1 ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 2.4 (B)



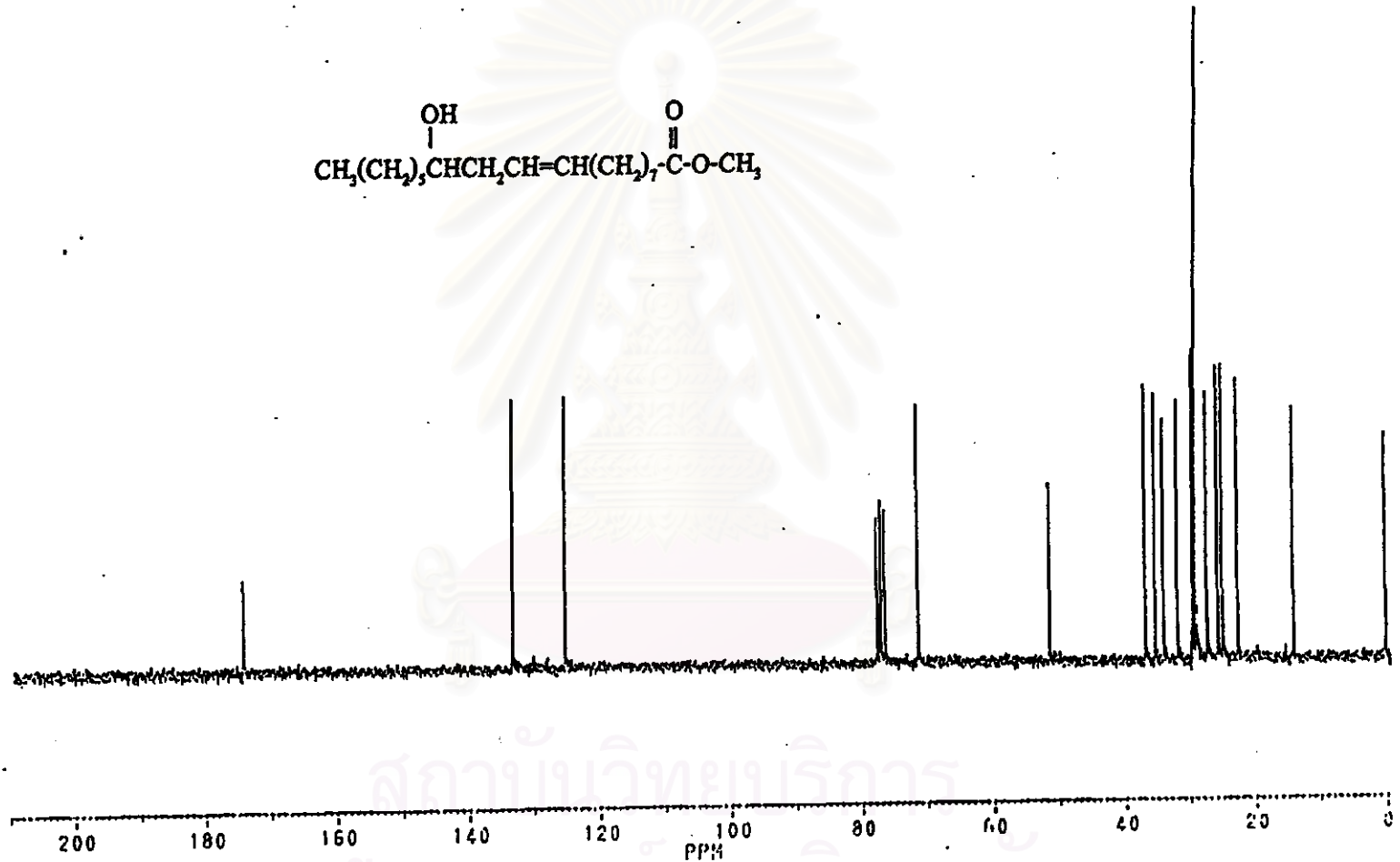
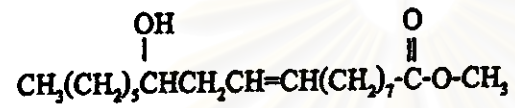
รูปที่ 23.2 แมสสเปกตรัมของสารที่เป็นองค์ประกอบหลักชนิดที่ 2 ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 1.2 (A) เปรียบเทียบกับแมสสเปกตรัมของสารที่เป็นองค์ประกอบหลักชนิดที่ 2 ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 2.4 (B)



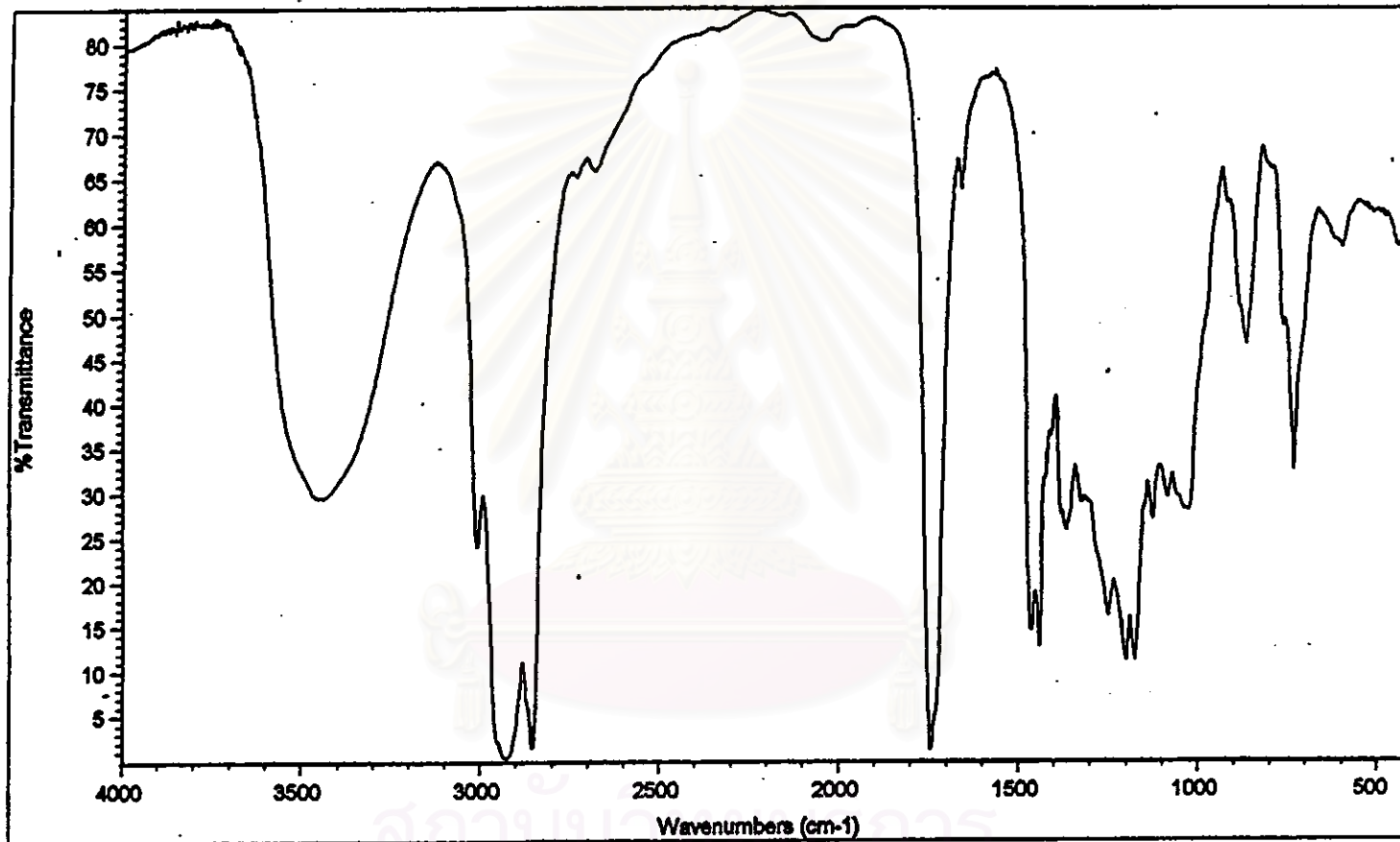
รูปที่ 23.3 แมสสเปกตรัมของสารที่เป็นองค์ประกอบหลักชนิดที่ 3 ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 1.2 (A) เปรียบเทียบกับแมสสเปกตรัมของสารที่เป็นองค์ประกอบหลักชนิดที่ 3 ของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 2.4 (B)



รูปที่ 24 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 4 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)

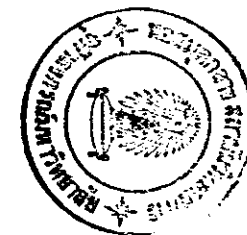
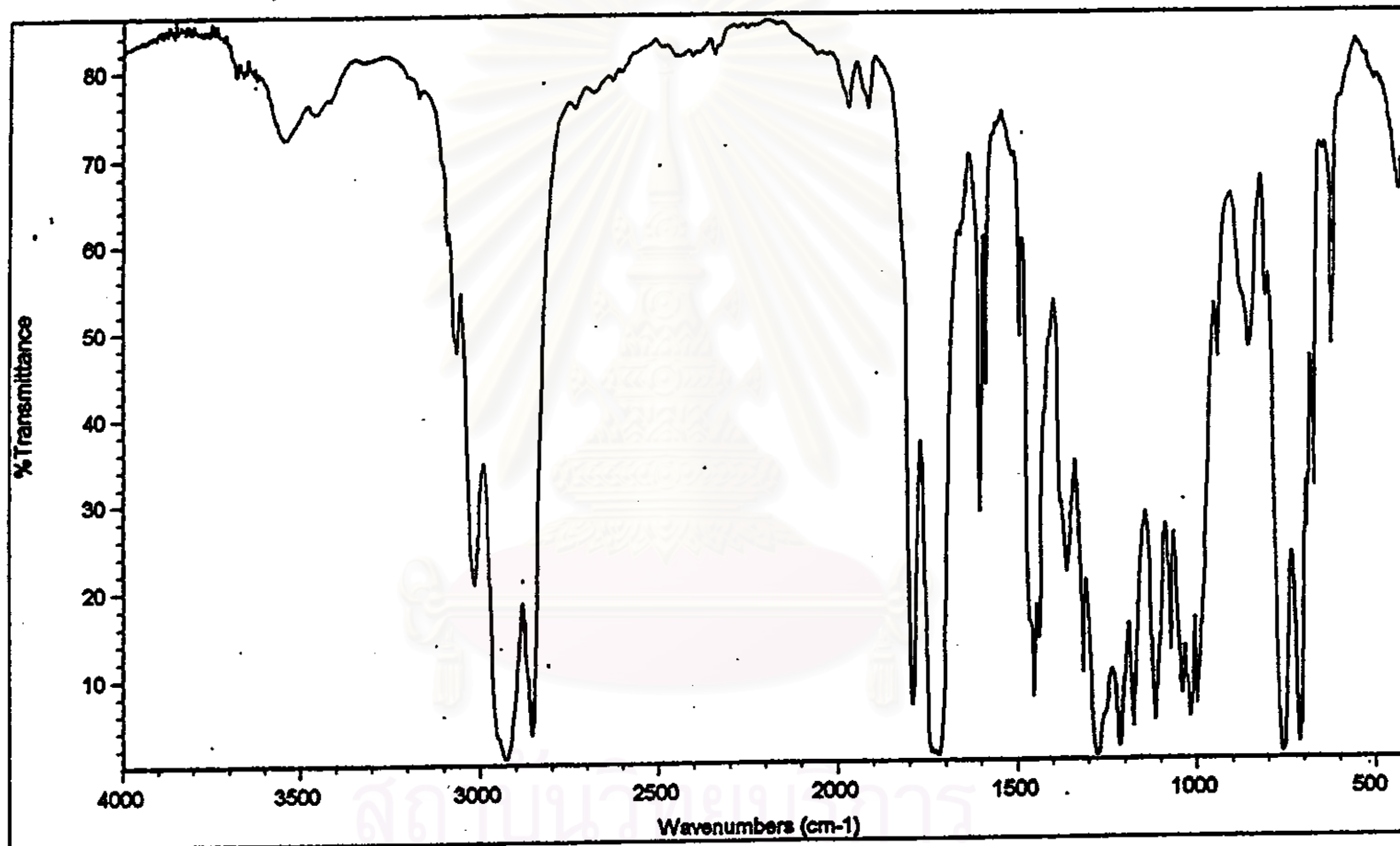


รูปที่ 25 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 5.1 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)

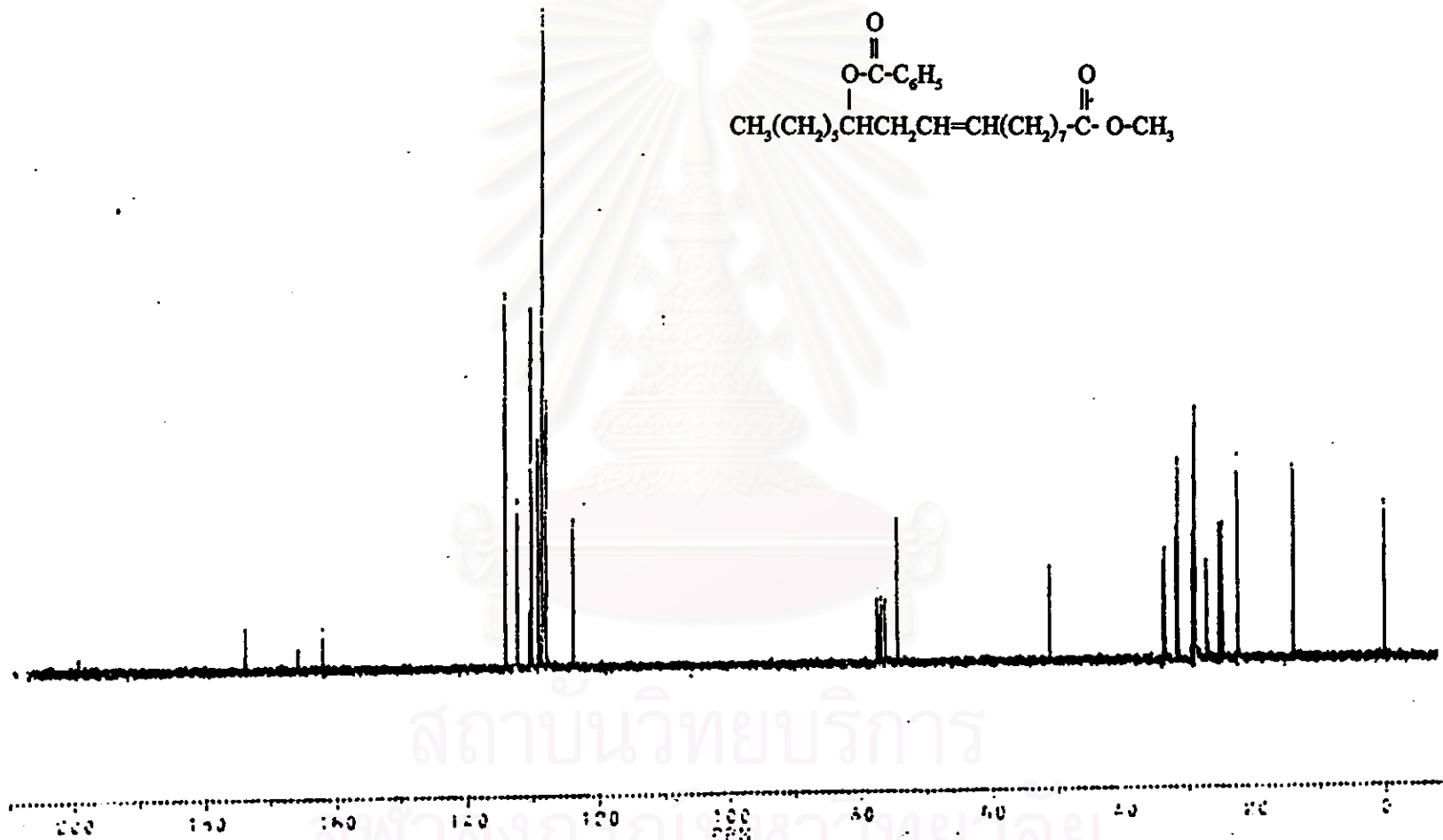


รูปที่ 26 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 5.1 (KBr, cm<sup>-1</sup>)

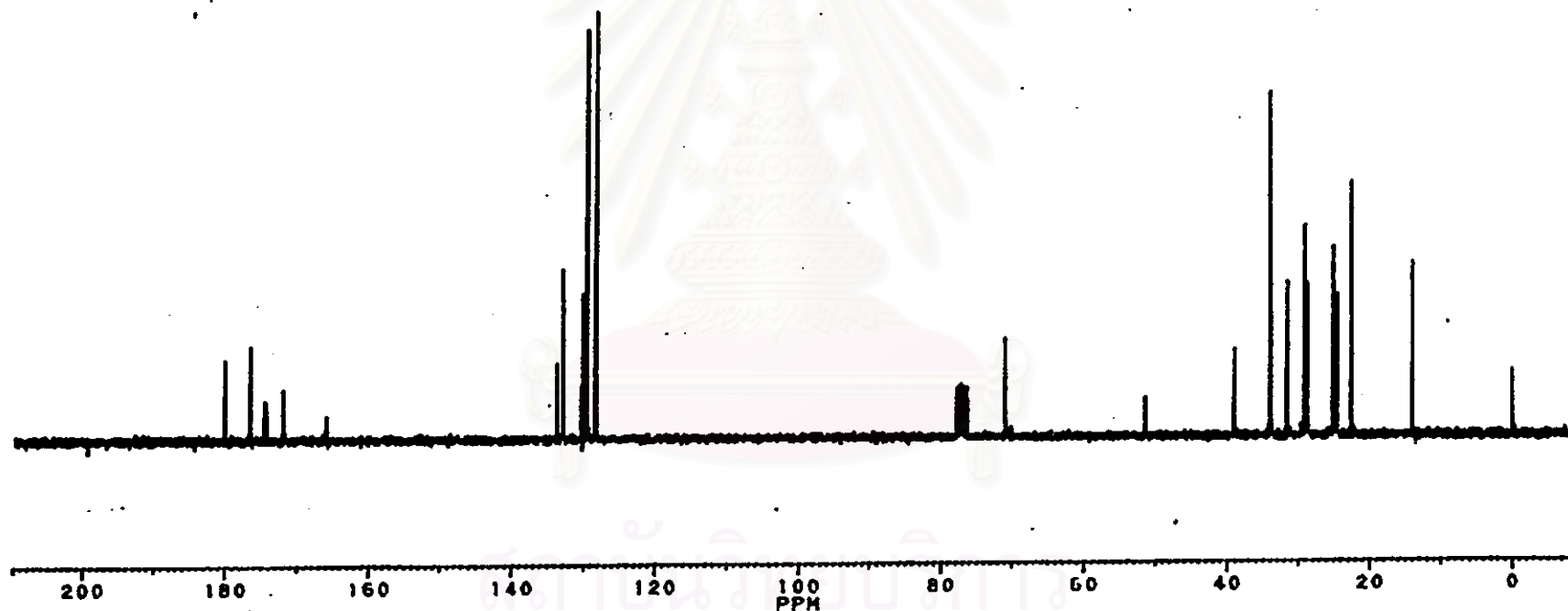
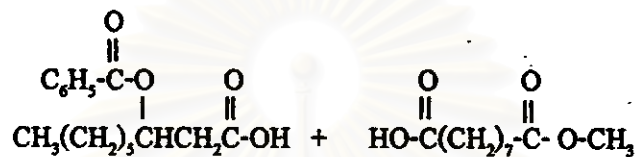




รูปที่ 27 อินฟราเรดสเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 5.2 (KBr, cm<sup>-1</sup>)



รูปที่ 28 คาร์บอน 13 NMR สเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 5.2 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)



รูปที่ 29 การบอณ 13 NMR สเปกตรัมของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองที่ 5.3 (CDCl<sub>3</sub>, 200 MHz)