

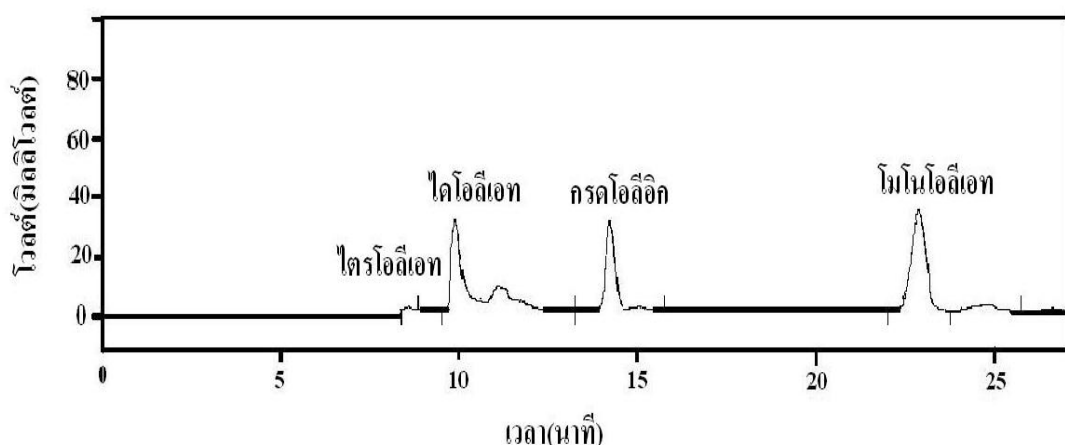
บทที่ 4 ผลการทดลอง

ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยแบ่งออกเป็นสี่ส่วนหลักคือ ผลของสภาวะในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอเลอิก ผลของสภาวะในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอเลอิกและกรดอะซิติก ผลของการเตรียมกรดโอเลอิกอิมพอกซิไดซ์ และผลของการทดสอบสมบัติเชิงกลของพีวีซีคอมปาวด์ มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลของสภาวะในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอเลอิก

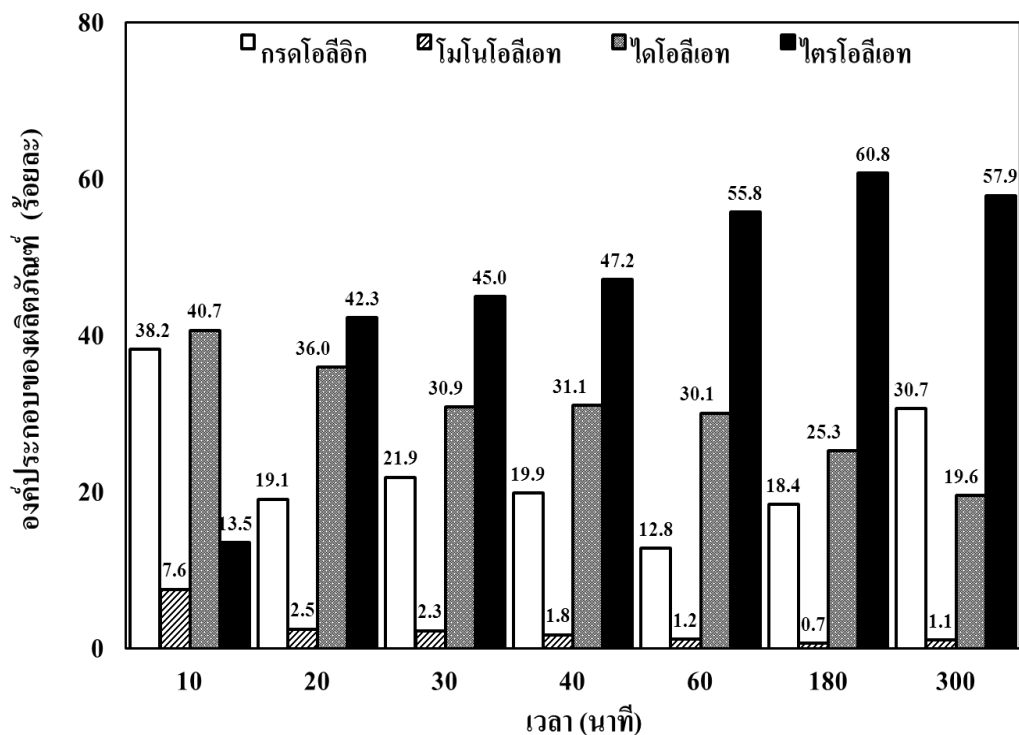
4.1.1 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยา

รูปที่ 4.1 แสดง HPLC โครมาโตแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอเลอิก จากการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน [45] พบว่า พีคที่ตำแหน่ง 8.53 นาที คือ ไตรโอเลอเท ในขณะทีพีคที่ตำแหน่ง 9.89 และ 11.08 นาที แสดงถึง ไดโอเลอเท นอกจากนี้ยังพบพีคที่ตำแหน่ง 14.21 นาที ซึ่งแสดงถึงกรดโอเลอิก ส่วนพีคที่ตำแหน่ง 22.88 และ 24.64 นาที เป็นของ โมโนโอเลอเท

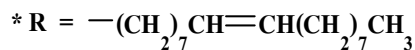
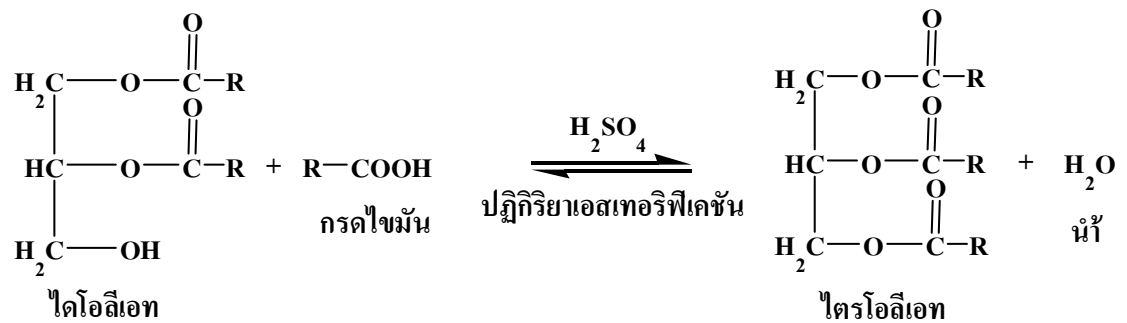


รูปที่ 4.1 HPLC โครมาโตแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอเลอิก

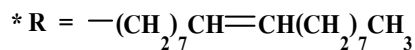
ในด้านของปริมาณผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด รูปที่ 4.2 แสดงผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน ที่ส่งผลต่อปริมาณโมนโอเลอและไดโอเลอ พบว่า การเพิ่มเวลาในการทำปฏิกิริยาส่งผลให้ปริมาณโมนโอเลอและไดโอเลอลดลงในขณะที่ไตรโอเลอกลับมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ อาจจะเนื่องมาจากไดโอเลอสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อกับกรดโอเลอิก (ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยา) ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นไตรโอเลอกับน้ำ (แสดงดังรูปที่ 4.3) นอกจากนั้นอาจจะเป็นไปได้ว่า โมนโอเลอเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับน้ำได้ผลิตภัณฑ์เป็นกลีเซอรอลกับกรดโอเลอิก (แสดงดังรูปที่ 4.4) โดยในที่นี้พบว่า การทำปฏิกิริยาที่เวลา 10 นาทีจะให้ปริมาณไดโอเลอมากที่สุด (ร้อยละ 40.7) ดังนั้นผู้วิจัยฯ จึงเลือกสภาวะดังกล่าว (10 นาที) เป็นเวลาที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์ฯ เพื่อศึกษาต่อใน ส่วนของผลของอุณหภูมิ ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา และสัดส่วนโดยโมลระหว่างกลีเซอรอลต่อกรดโอเลอิก



รูปที่ 4.2 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อปริมาณโมนโอเลอและไดโอเลอ (สังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส กรดซัลฟิวริกร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักของกลีเซอรอล และใช้สัดส่วน โดยโมลระหว่างกลีเซอรอลต่อกรดโอเลอิก 0.5:1)



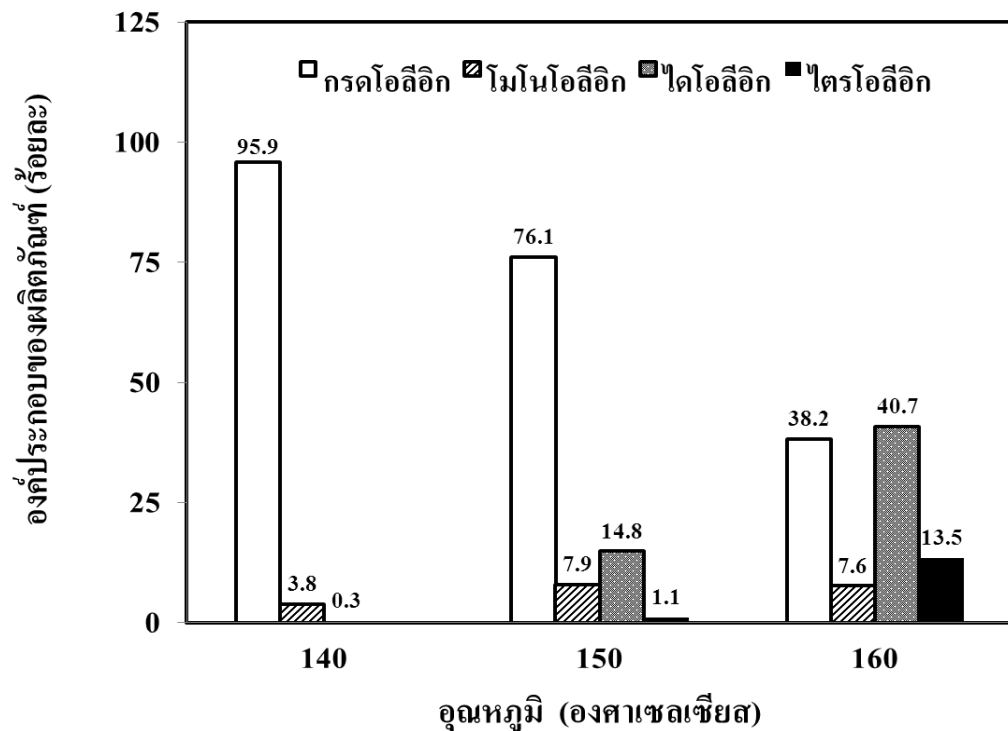
รูปที่ 4.3 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างไดโอดีเอทกับกรดโอเลอิก



รูปที่ 4.4 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสระหว่างโมนโอดีเอทกับน้ำ

4.1.2 ผลของอุณหภูมิ

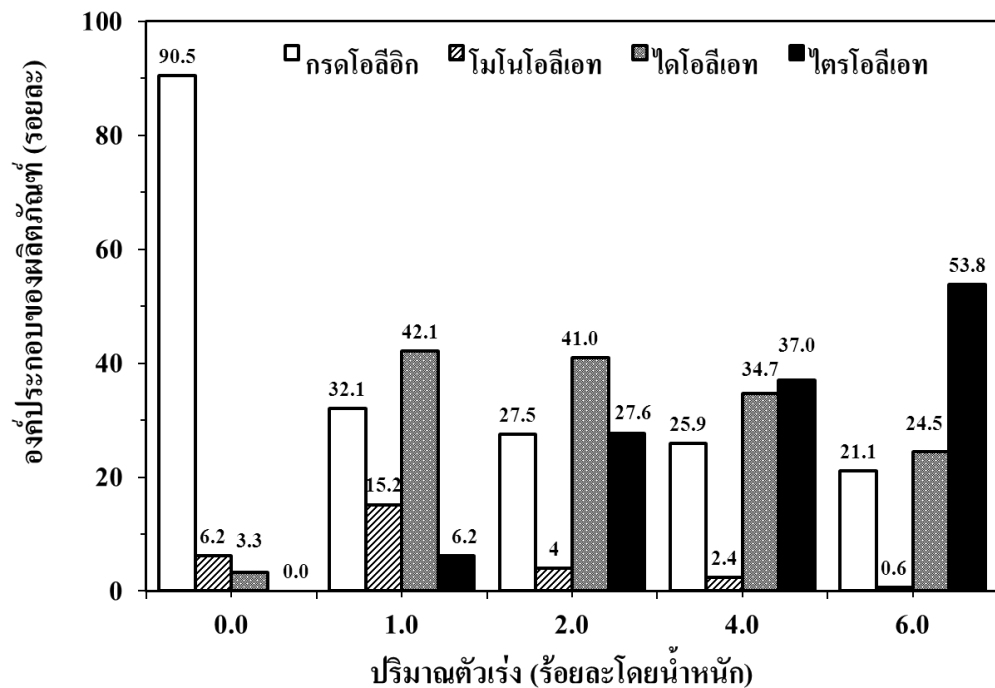
รูปที่ 4.5 แสดงผลของอุณหภูมิในการสังเคราะห์ที่มีต่อปริมาณโมนโอดีเอทและไดโอดีเอท พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิจาก 140 ถึง 160 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ปริมาณโมนโอดีเอทและไดโอดีเอทมีปริมาณเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ที่สภาวะดังกล่าวยังมีปริมาณกรดโอเลอิกเหลืออยู่ค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 160 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยให้หมู่ไฮดรอกซิลในกลีเซอรอลเข้าทำปฏิกิริยากับกรดโอเลอิกได้เร็วขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์ ซึ่งให้ปริมาณไดโอดีเอทร้อยละ 40.7



รูปที่ 4.5 ผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาต่อปริมาณโมโน โอลีโอและได โอลีโอ (สังเคราะห์ที่เวลา 10 นาที กรดซัลฟิวริกร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักของกลีเซอรอล ที่สัดส่วนโดยโมลระหว่างกลีเซอรอลต่อกรดโอลิก 0.5:1)

4.1.3 ผลของปริมาณกรดซัลฟิวริก

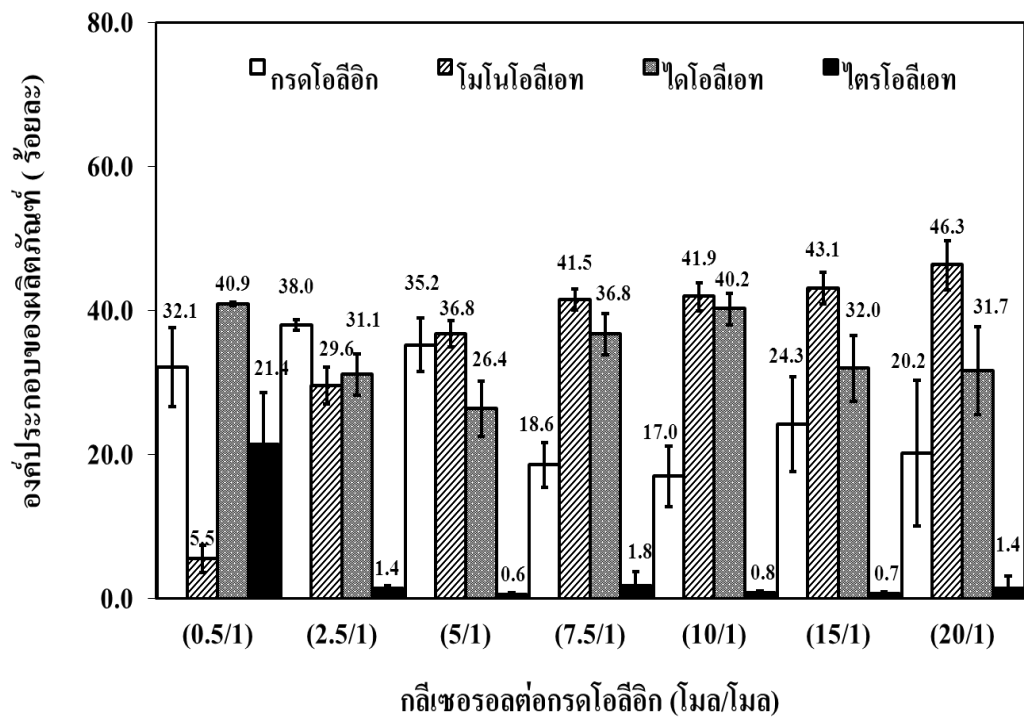
รูปที่ 4.6 แสดงผลของปริมาณกรดซัลฟิวริกที่มีต่อปริมาณ โมโนโอลีโอและไดโอลีโอ จะเห็นได้ว่าปริมาณกรดโอลิกที่เหลือหลังจากทำปฏิกิริยาโดยปราศจากตัวเร่งมีค่าค่อนข้างสูง (ร้อยละ 90) แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นน้อย อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มปริมาณกรดซัลฟิวริก พบว่า ปริมาณโมโนโอลีโอและไดโอลีโอลดลงตามปริมาณกรดซัลฟิวริกที่เติมลงไป ทั้งนี้คาดว่าเป็นผล เนื่องจากโมโนโอลีโอเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับน้ำได้ผลิตภัณฑ์เป็นกลีเซอรอลกับกรดโอลิก (แสดงดังรูปที่ 4.4) นอกจากนั้นยังเป็นไปได้ว่าไดโอลีโออาจจะเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันกับกรดโอลิกได้ผลิตภัณฑ์เป็นไตรโอลีโอกับน้ำด้วยเช่นกัน (แสดงดังรูปที่ 4.3) ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ส่งผลให้ไตรโอลีโอมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณกรดซัลฟิวริก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกสภาวะที่เติมกรดซัลฟิวริก ร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์



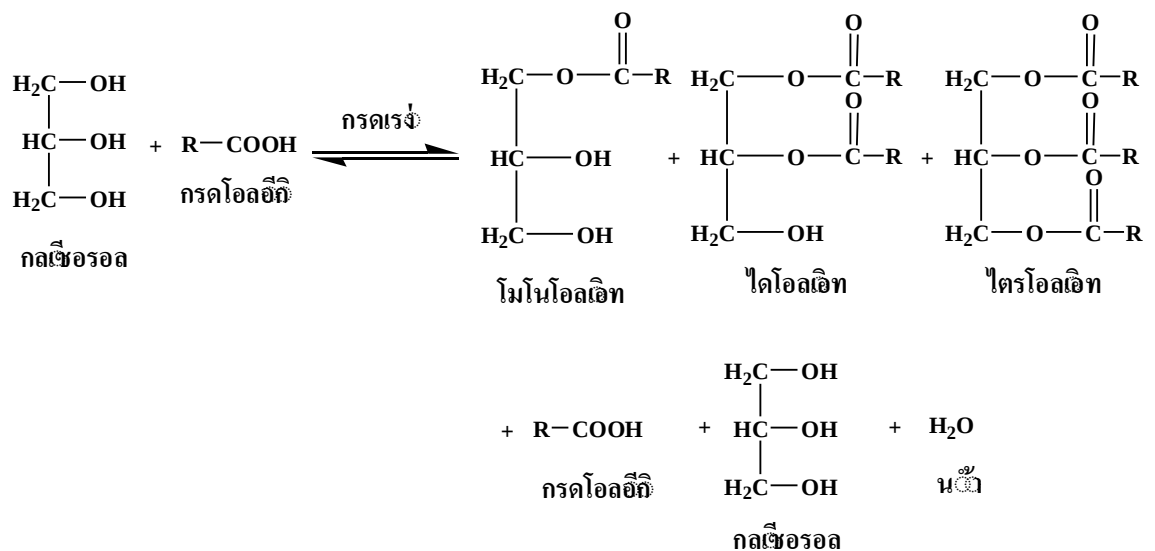
รูปที่ 4.6 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาต่อปริมาณโมโนโกลีเอทและไดโกลีเอท (สังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส 10 นาที ที่สัดส่วนโดยโมลระหว่างกลีเซอรอลต่อกรดโอเลอิก 0.5:1)

4.1.4 ผลของสัดส่วนโดยโมลระหว่างกลีเซอรอลต่อกรดโอเลอิก

รูปที่ 4.7 แสดงผลของการปรับเปลี่ยนสัดส่วนโดยโมลระหว่างกลีเซอรอลต่อกรดโอเลอิกที่มีต่อปริมาณโมโนโกลีเอทและไดโกลีเอท ในช่วงแรก พบว่า การเพิ่มปริมาณกลีเซอรอล จะส่งผลให้ปริมาณโมโนโกลีเอทและไดโกลีเอทเพิ่มขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลที่มากเกินไปช่วยดูดซับน้ำที่เป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันไว้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นส่งผลให้ปฏิกิริยาดำเนินไปข้างหน้าได้มากกว่าปฏิกิริยาย้อนกลับ [14] อย่างไรก็ตาม การเติมกลีเซอรอลในปริมาณที่มากเกินไป (มากกว่า 10:1) กลับส่งผลให้ ไดโกลีเอทมีปริมาณลดลง เนื่องจากกลีเซอรอลสามารถดูดซับน้ำได้อย่างจำกัด ส่งผลทำให้น้ำที่เหลืออยู่ในระบบชักนำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ (แสดงดังรูปที่ 4.8) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาผลของร้อยละผลิตภัณฑ์ (ดังตารางที่ ก.4) พบว่า การเพิ่มสัดส่วนโดยโมลระหว่างกลีเซอรอลต่อกรดโอเลอิกส่งผลให้ร้อยละผลิตภัณฑ์ลดลงจากร้อยละ 28.33 เป็นร้อยละ 8.06 เนื่องจากร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณกรดโอเลอิกที่ใช้เป็นสารตั้งต้น ถ้าปริมาณกรดโอเลอิกที่ใช้มีปริมาณน้อย ร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็จะน้อยตามไปด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกสัดส่วนที่ 10:1 ซึ่งให้ปริมาณไดโกลีเอทและโมโนโกลีเอทมากที่สุดไปใช้เพื่อศึกษาต่อไป



รูปที่ 4.7 ผลของสัดส่วนโดยโมลระหว่างกลีเซอรอลต่อกรดโอลีนิกต่อปริมาณโมโนโอเลต และไดโอเลต (สังเคราะห์ที่ อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และใช้ กรดซัลฟิวริกร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักของกลีเซอรอล)

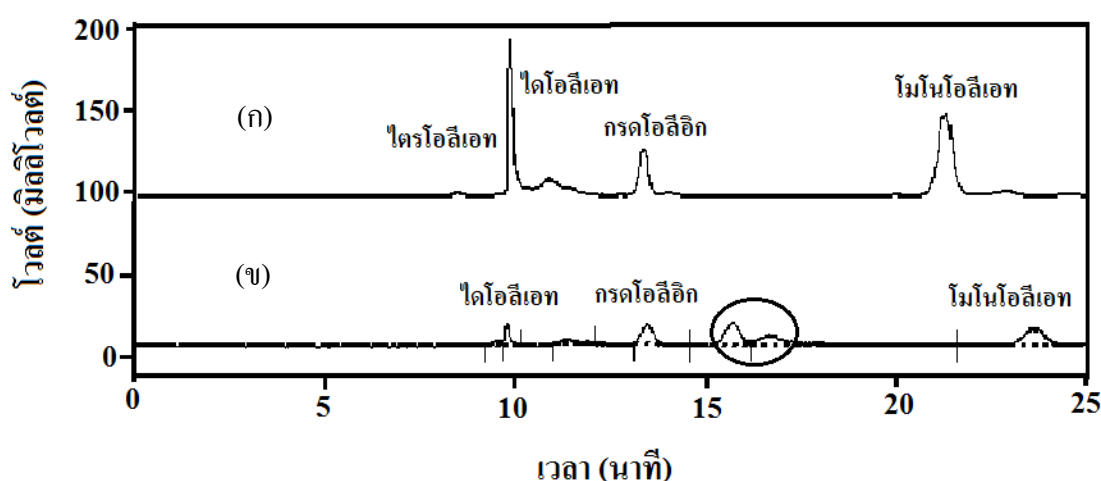


รูปที่ 4.8 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสระหว่างไดโอเลตกับน้ำ

4.2 ผลของสถานะในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรด โอลีนิกและกรดอะซิติก

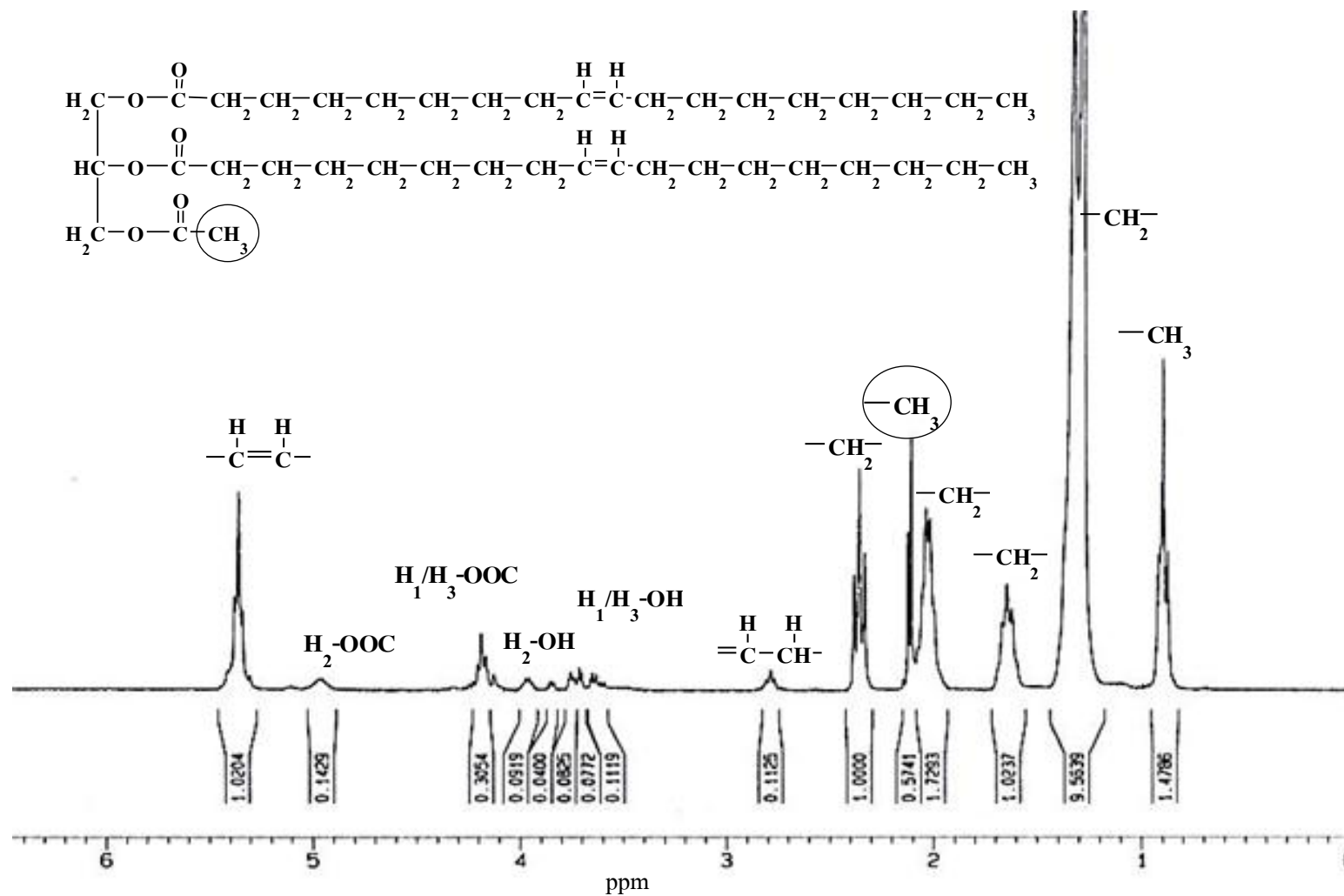
ผลของสัดส่วนระหว่างกรดโอลีนิกกับกรดอะซิติกและเวลาในการทำปฏิกิริยา

รูปที่ 4.9 แสดง HPLC โครมาโตแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอลีนิก จะเห็นว่า กรณิที่เติมกรดอะซิติกร่วมกับกรดโอลีนิก โครมาโตแกรมที่ได้จะมีพิกเกิดขึ้น 2 พิก ที่ตำแหน่ง 15.77 กับ 16.72 (รูปที่ 4.9 (ข)) ซึ่งพิกดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้นในกรณีที่ทำปฏิกิริยาโดยปราศจากกรดอะซิติก (รูปที่ 4.9 (ก)) ดังนั้นจึงคาดว่าจะเป็นพิกของสารที่ต้องการ คือ อะซิทธิเลทโมโนโอลีนีเอทและ/หรืออะซิทธิเลทไดโอลีนีเอท

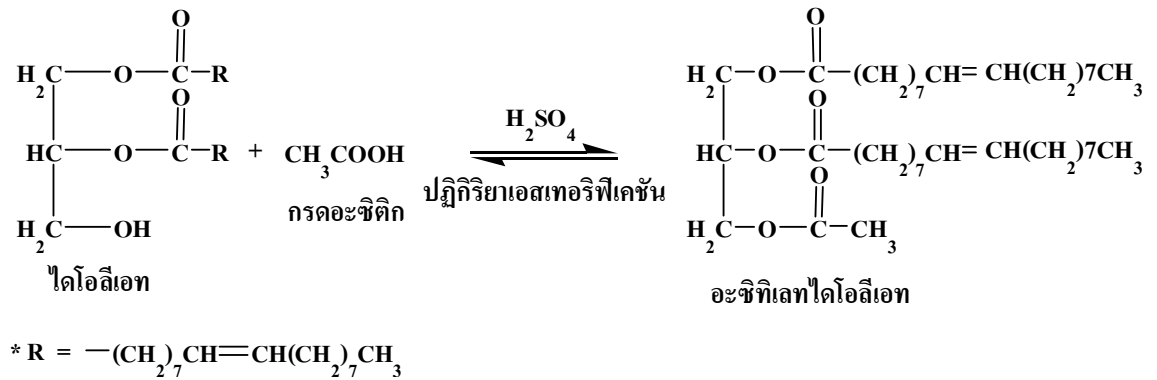


รูปที่ 4.9 HPLC โครมาโตแกรมของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอลีนิก (ก) และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอลีนิกและกรดอะซิติก (ข)

เพื่อเป็นการยืนยันว่าพิกที่ปรากฏขึ้นนั้น เป็นอะซิทธิเลทโมโนโอลีนีเอท และอะซิทธิเลทไดโอลีนีเอทจริงหรือไม่ ดังนั้นผู้วิจัย จึงวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค ^1H -NMR ซึ่งจากสเปกตรัมดังกล่าว (รูปที่ 4.10) พบว่ามีพิกปรากฏที่ตำแหน่ง 2.1 ppm ซึ่งแสดงถึงเมทิลโปรตอน ($-\text{CH}_3$) ในหมู่อะซิเตต และชี้ให้เห็นถึงการเกิดปฏิกิริยาของหมู่คาร์บอกซิล (กรดอะซิติก) กับหมู่ไฮดรอกซี (กลีเซอรอล) (ดังรูปที่ 4.11)

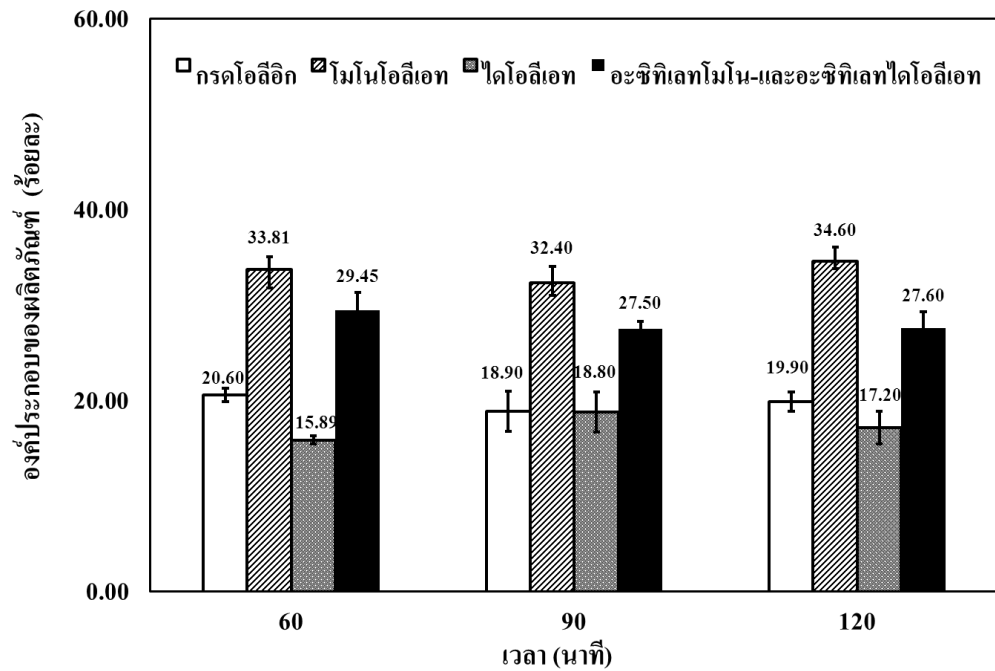


รูปที่ 4.10 สเปกตรัม¹H-NMRของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอเลอิกและกรดอะซิติก

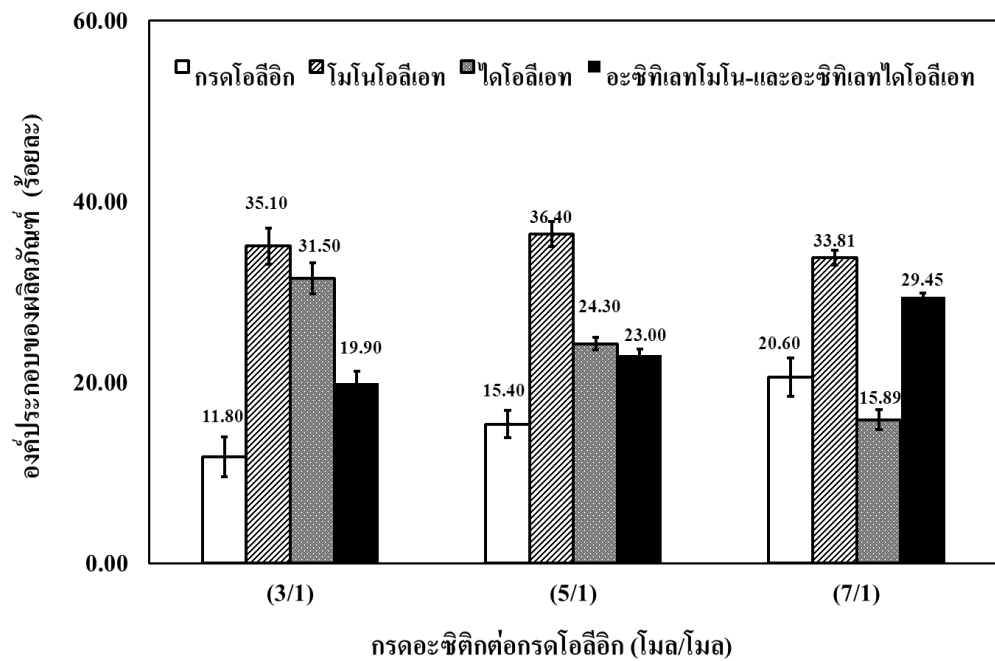


รูปที่ 4.11 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างไดโอลลีเอทกับกรดอะซิติก

รูปที่ 4.12 แสดงผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอลีนิกและกรดอะซิติก (โดยเริ่มนับเวลาหลังจากเติมกรดอะซิติก) พบว่าที่สัดส่วนโดยโมลของกรดอะซิติกต่อกรดโอลีนิกเท่ากับ 7:1 การใช้เวลาในการสังเคราะห์ที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อปริมาณโมโนโอลีนิก ไดโอลลีเอท และ อะซิทธิเลทโมโน- และ อะซิทธิเลทไดโอลลีเอท สันนิษฐานว่าอาจเนื่องมาจากกรดอะซิติกได้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์แล้วภายในเวลา 60 นาที [47] อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้สัดส่วนโดยโมลๆ เพิ่มขึ้นจาก 3:1 เป็น 5:1 และ 7:1 (ดังรูป 4.13) พบว่า ปริมาณไดโอลลีเอทมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนโดยโมลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ไดโอลลีเอทอาจจะสามารถเกิดปฏิกิริยาต่อกับกรดอะซิติกได้ผลิตภัณฑ์เป็น อะซิทธิเลท-ไดโอลลีเอท (ดังรูปที่ 4.11) ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกเวลา 60 นาที เป็นเวลาในการสังเคราะห์ (หลังจากเติมกรดอะซิติก) และสัดส่วนที่ 7:1 ซึ่งให้ปริมาณอะซิทธิเลทโมโน- และอะซิทธิเลทไดโอลลีเอทมากที่สุด เพื่อนำไปทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันต่อไป

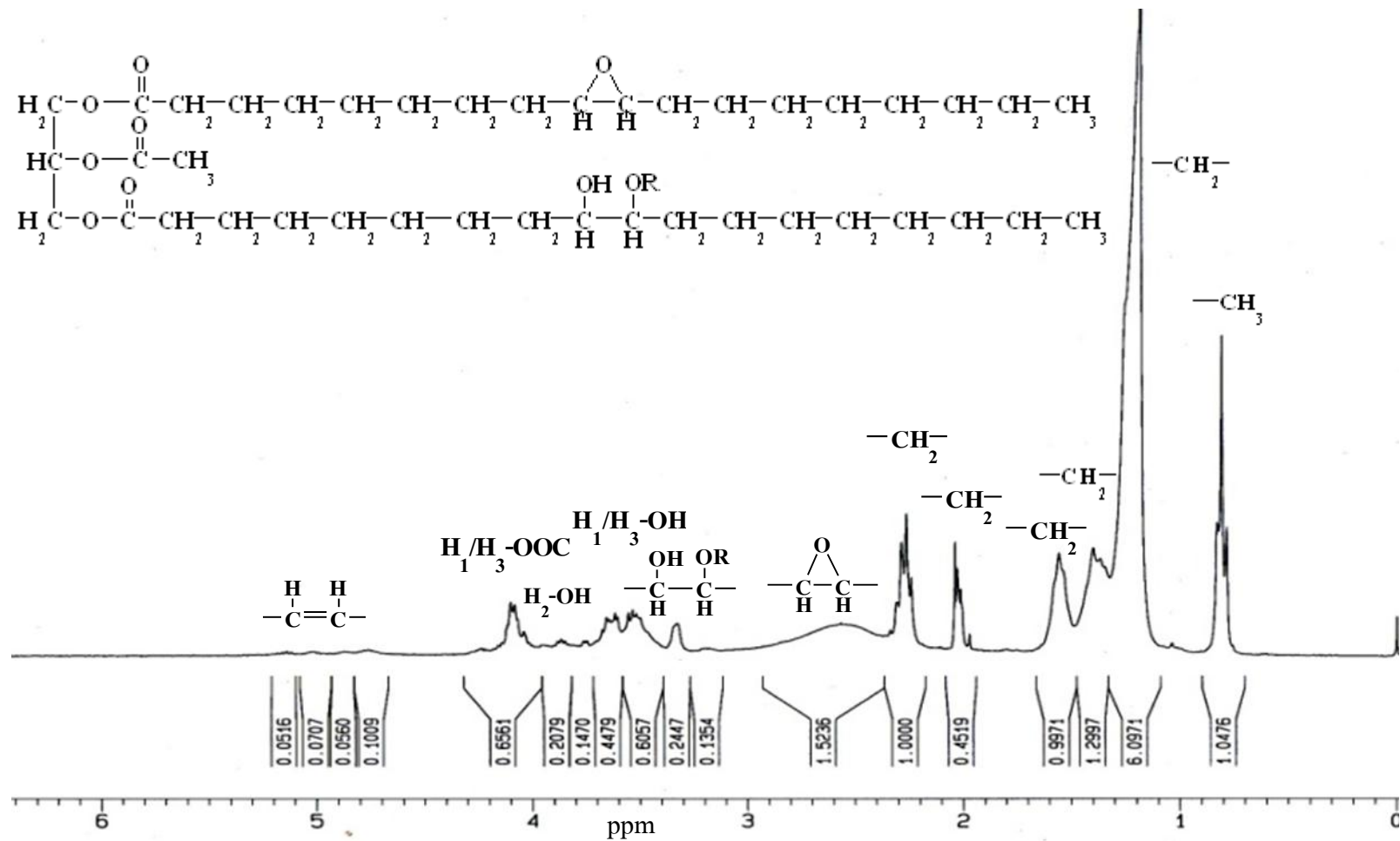


รูปที่ 4.12 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรวดโอเลอิกและกรดอะซีติกต่อปริมาณอะซีทีเลทโมนโน-และอะซีทีเลทไดโอเลอิก (สังเคราะห์ที่สัดส่วนโดยโมลระหว่างกรดอะซีติกต่อกรวดโอเลอิก 7:1)

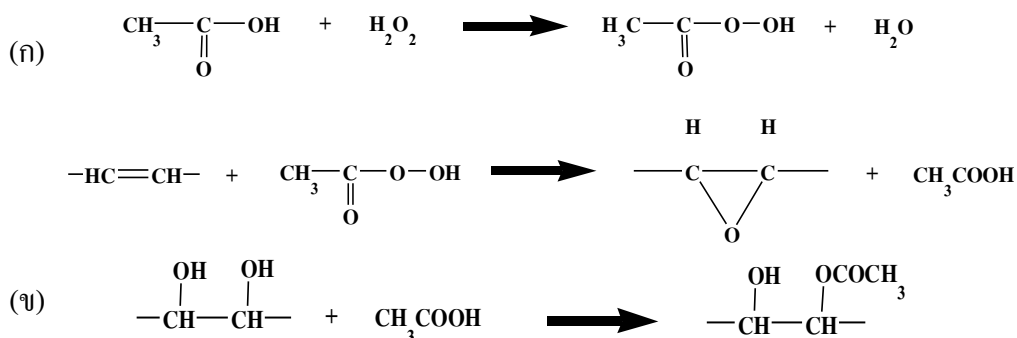


รูปที่ 4.13 ผลของสัดส่วนโดยโมลระหว่างกรดอะซีติกต่อกรวดโอเลอิกต่อปริมาณอะซีทีเลทโมนโน-และอะซีทีเลทไดโอเลอิก (เป็นเวลา 60 นาที (โดยเริ่มนับเวลาหลังจากเติมกรดอะซีติก))

รูปที่ 4.14 แสดงสเปกตรัม H^1 -NMR ของอีพอกไซด์อะซิติกเลทโอเลอเท ซึ่งได้จากการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอเลอิกและกรดอะซิติกไปทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันต่อ พบว่า สเปกตรัมดังกล่าว มีพีคปรากฏที่ตำแหน่งประมาณ 2.4-2.8 ppm และตำแหน่งประมาณ 3.3 ppm ซึ่งคาดว่าจะ เป็นของหมู่เอพอกไซด์และหมู่เอพอกไซด์ที่เปิดวง [48,7] ตามลำดับ ในขณะที่เดียวกัน เมื่อพิจารณาในส่วนของการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดอะซิติกกับกลีเซอรอล ผลที่ได้กลับไม่พบพีคปรากฏที่ตำแหน่งประมาณ 2.1 ppm ซึ่งเป็นพีคของอะซิเตท โดยสาเหตุอาจจะเนื่องมาจากกรดอะซิติกได้เกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันต่อกับหมู่ไฮดรอกซี (-OH) ของหมู่เอพอกไซด์ที่เปิดวง แสดงดังรูปที่ 4.15 (ข) แทนการเกิดปฏิกิริยากับกลีเซอรอล



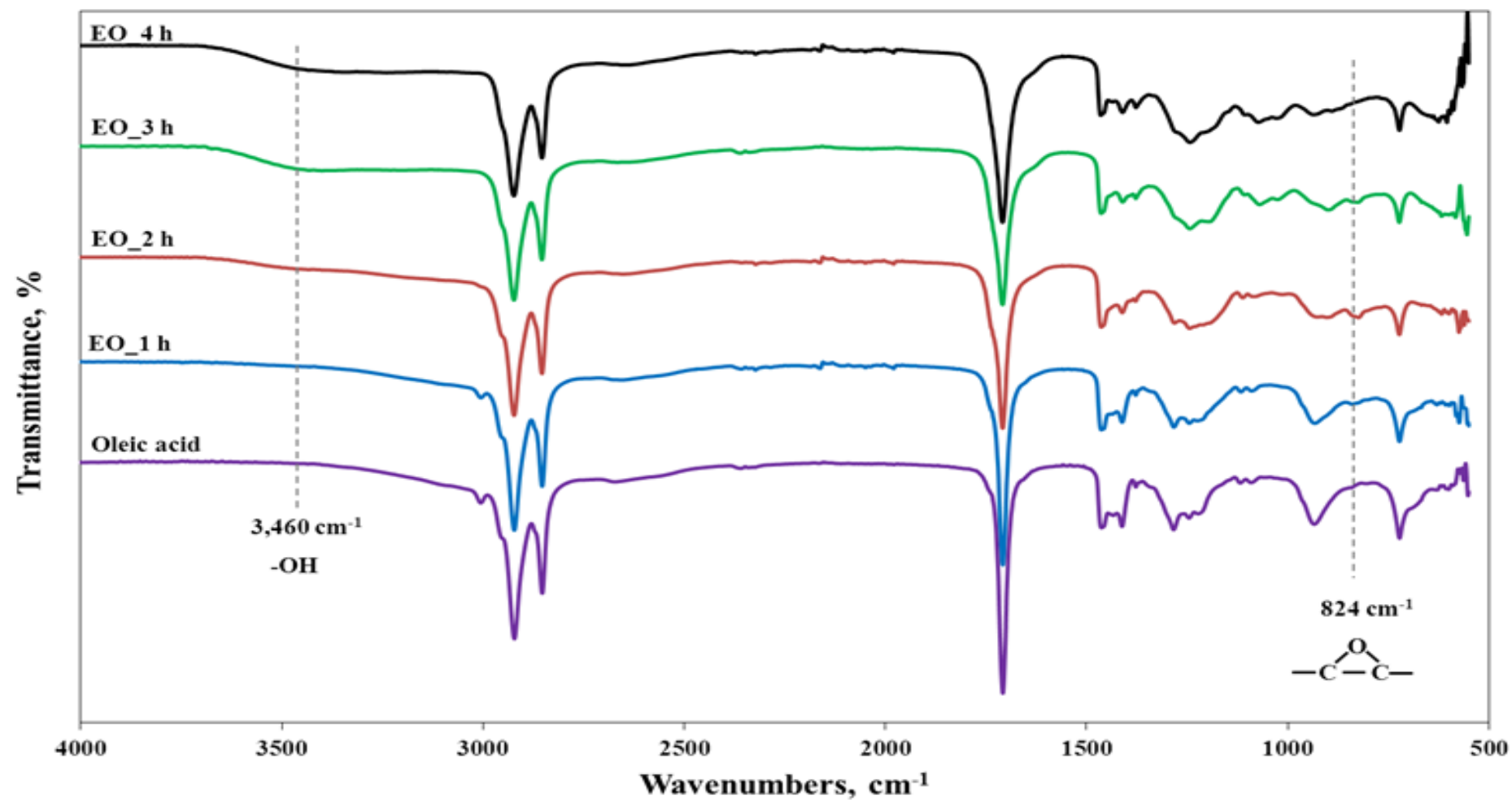
รูปที่ 4.14 สเปกตรัม H^1 -NMR ของ อีพอกซีไดอะเซทิลเลทโอสีเอท



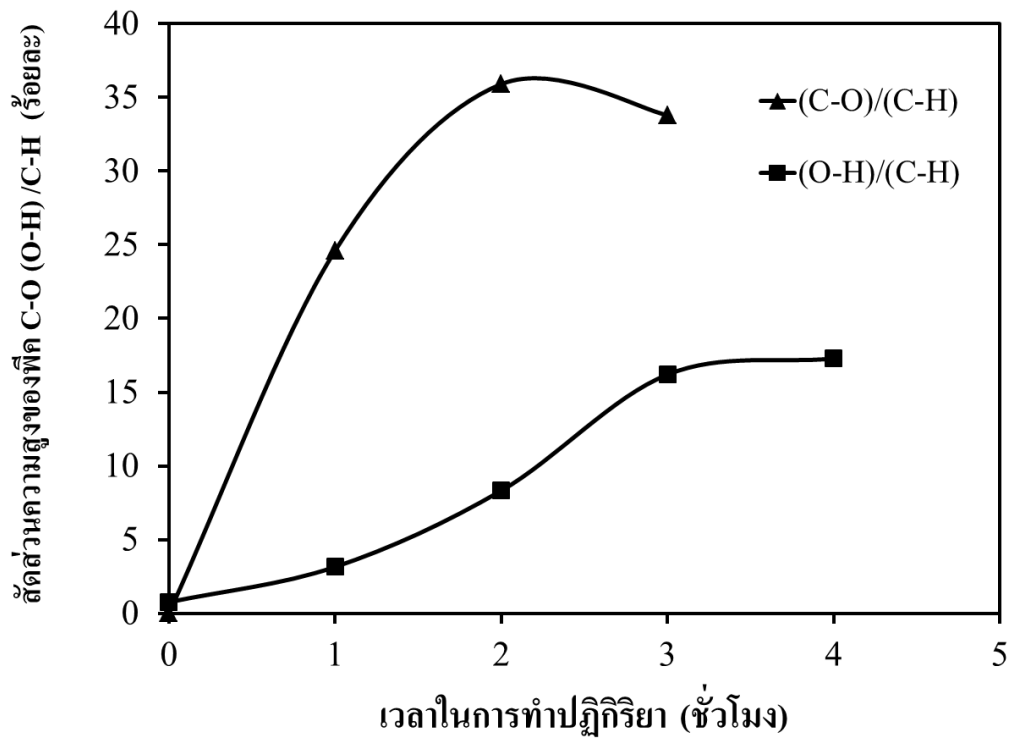
รูปที่ 4.15 ปฏิกริยาอีพอกซิเดชันบนพันธะคู่ของกรดโอลีนิก (ก) และปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกรดอะซิดิกกับหมู่ไฮดรอกซีของอีพอกไซด์ที่เป็ดวง (ข)

4.3 ผลการเตรียมกรดโอลีนิกอีพอกไซด์

รูปที่ 4.16 แสดงสเปกตรัม FTIR ของกรดโอลีนิกที่ผ่านการทำปฏิกริยาอีพอกซิเดชันที่เวลาต่างๆ พบว่า มีพีคใหม่ปรากฏที่เลขคลื่นประมาณ 824 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงพันธะ C-O ของหมู่อีพอกไซด์ และพีคที่เลขคลื่นประมาณ $3,460 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าพีคดังกล่าวน่าจะเป็นพันธะไฮดรอกซี (OH) ของกรดไขมัน [7] และเมื่อเปรียบเทียบความสูงของพีคดังกล่าวกับพีคอ้างอิงที่ตำแหน่ง 2923 cm^{-1} (C-H stretching) ดังรูปที่ 4.17 พบว่า การใช้เวลาในการทำปฏิกริยาฯ มากเกินไป (มากกว่า 2 ชั่วโมง) ส่งผลให้สัดส่วนความสูงของพีคที่เลขคลื่น 824 cm^{-1} ลดลง ในขณะที่สัดส่วนความสูงของพีคที่เลขคลื่นประมาณ $3,460 \text{ cm}^{-1}$ มีปริมาณเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากเกิดการเป็ดวงของหมู่อีพอกไซด์ ซึ่งโครงสร้าง (การเป็ดวง) ดังกล่าวสามารถยืนยันได้จากสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ ของกรดโอลีนิกอีพอกไซด์ (รูปที่ 4.19) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสเปกตรัม $^1\text{H-NMR}$ ของกรดโอลีนิก (รูปที่ 4.18) พบว่า กรณิแรกมีพีคใหม่ปรากฏขึ้นที่ตำแหน่งประมาณ 2.8-3.0 ppm และตำแหน่งประมาณ 3.3 ppm ซึ่งคาดว่าจะเป็ดของหมู่อีพอกไซด์และหมู่อีพอกไซด์ที่เป็ดวง [48, 7] ตามลำดับ

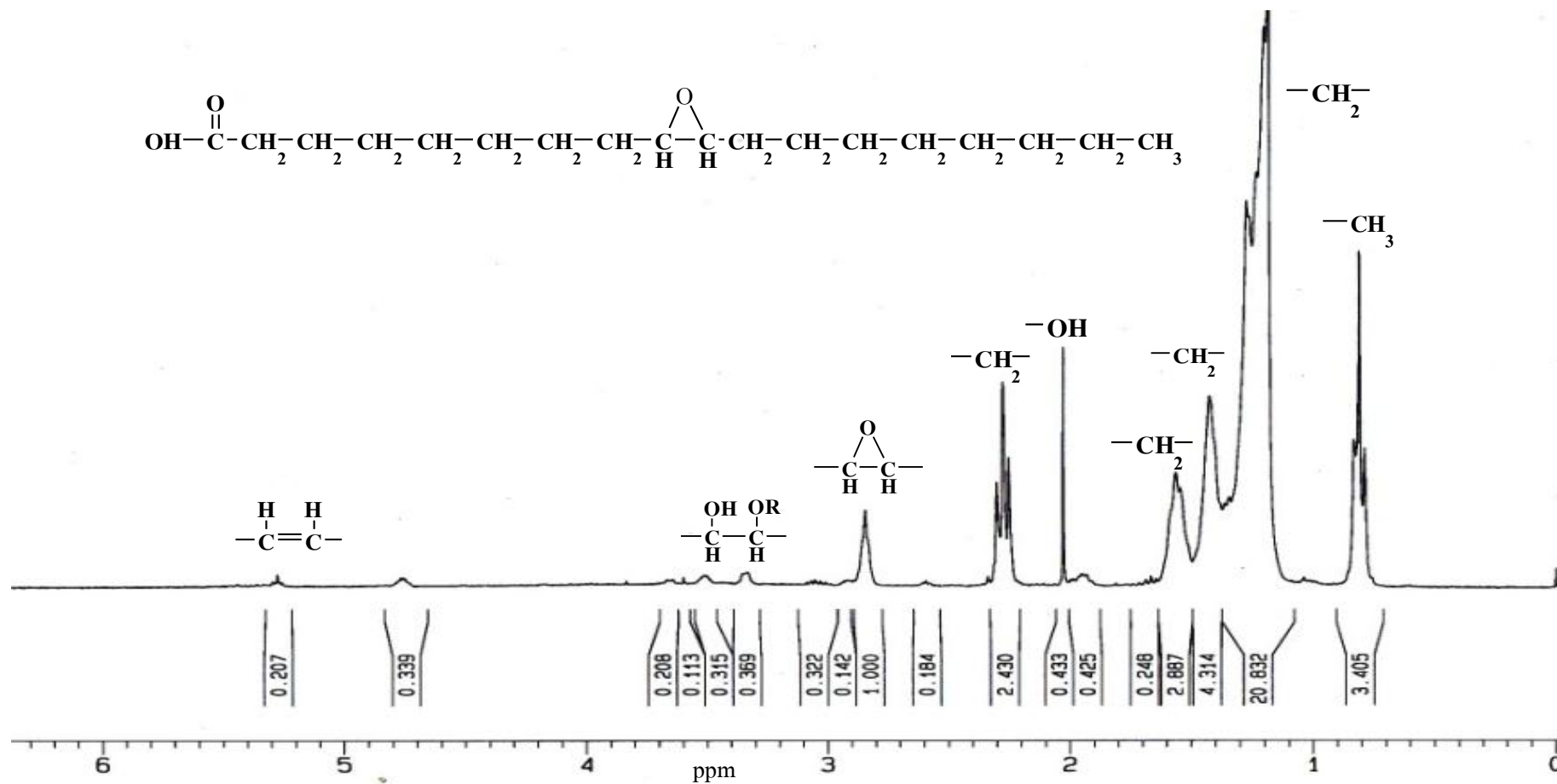


รูปที่ 4.16 สเปกตรัม FTIR ของกรดโอเลอิกที่ผ่านการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนความสูงของพีคของพันธะ C-O และพีคของพันธะ O-H เทียบกับพีคของ C-H กับเวลาในการทำปฏิกิริยา

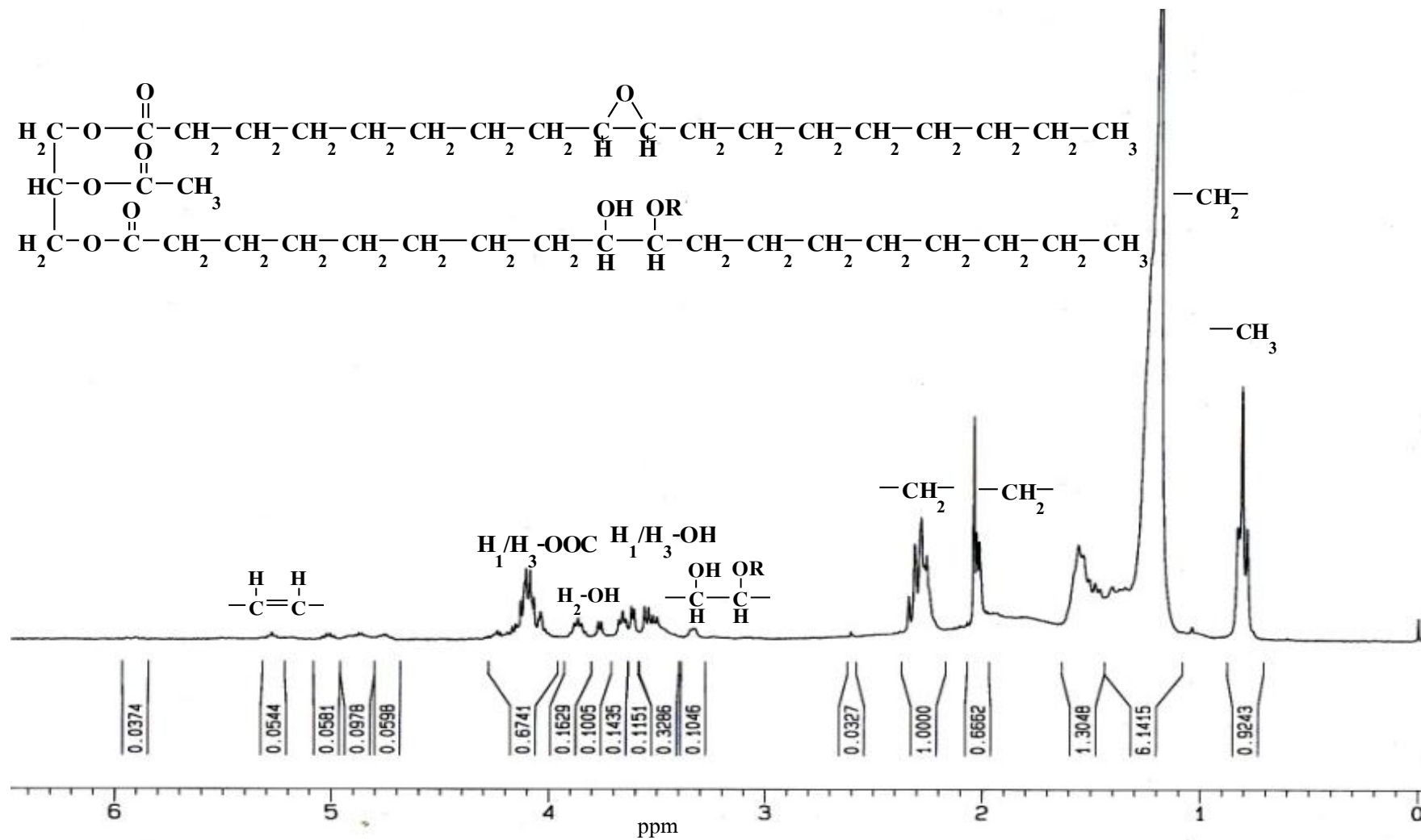
จากผลการทดลองที่สภาวะ (เวลา) ต่างๆ สามารถสรุปเวลาในการทำปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันที่เหมาะสมคือ 2 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าร้อยละการเกิดปฏิกิริยาอีพอกซิเดชันเท่ากับ 71.78 ซึ่งสภาวะดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างกลีเซอรอลกับกรดโอลีสอิกอีพอกซิไดซ์และกรดอะซิดิกต่อไป



รูปที่ 4.19 สเปกตรัม H^1 -NMR กรดโอลีอิกอีพอกไซด์

รูปที่ 4.20 แสดงสเปกตรัม H^1 -NMR ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้จากการนำกรดโอลีอิกอิมพอกซิไดซ์ไปทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับกลีเซอรอลและกรดอะซิติก พบว่า สเปกตรัมดังกล่าวไม่ปรากฏพีคที่ตำแหน่งประมาณ 2.4-2.8 ppm สาเหตุอาจจะเนื่องมาจากอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันในที่นั้นค่อนข้างสูง (160 องศาเซลเซียส) ในขณะที่หม้ออิมพอกซิไดซ์นั้นมีความว่องไวต่ออุณหภูมิที่สูง ส่งผลให้เกิดการเปิดวงของหม้ออิมพอกซิไดซ์ ซึ่งข้อสังเกตดังกล่าวข้างต้นสามารถยืนยันได้จากการปรากฏของพีคที่ตำแหน่งประมาณ 3.3 ppm ซึ่งแสดงถึงการเปิดวงของหม้ออิมพอกซิไดซ์ [48] ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาในส่วนของการทำปฏิกิริยาของกรดอะซิติกกับกลีเซอรอล ผลที่ได้ปรากฏว่าไม่พบพีคที่ตำแหน่งประมาณ 2.1 ppm ซึ่งเป็นพีคของอะซิเตท เช่นเดียวกับกรณีของสเปกตรัม H^1 -NMR ของอิมพอกซิไดซ์อะซิเตทโอลีเอท (ดังรูปที่ 4.14)

นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ สารอิมพอกซิไดซ์อะซิเตทโอลีเอทที่ได้จากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันตามด้วยปฏิกิริยาอิมพอกซิเดชันพบว่า มีค่า Iodine value 6.21 ค่าความหนืด 440 เซนติพอยด์ ซึ่งใกล้เคียงกับความหนืดของน้ำมันถั่วเหลืองอิมพอกซิไดซ์ (น้ำมันถั่วเหลืองอิมพอกซิไดซ์มีความหนืด 380 เซนติพอยด์) และมีสีเหลือง ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพในการทำหน้าที่เป็นสารเสริมสภาพพลาสติกสำหรับพอลิไวนิลคลอไรด์ในการทดลองต่อไป

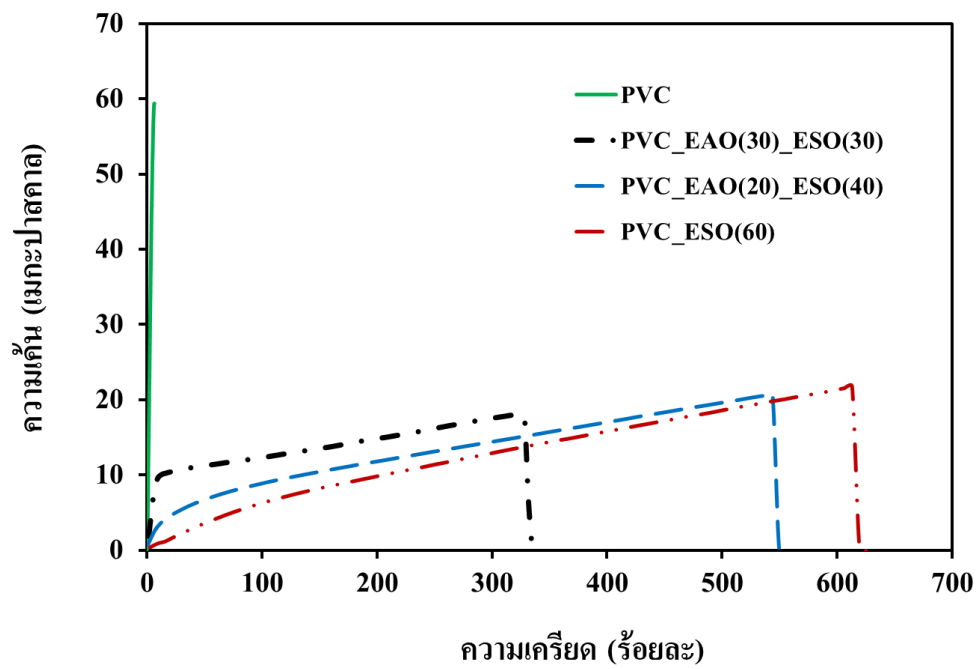


รูปที่ 4.20 สเปกตรัม ^1H -NMR ของอะซิทธิลเทอทิพอกซีไดซ์โอเลอเท

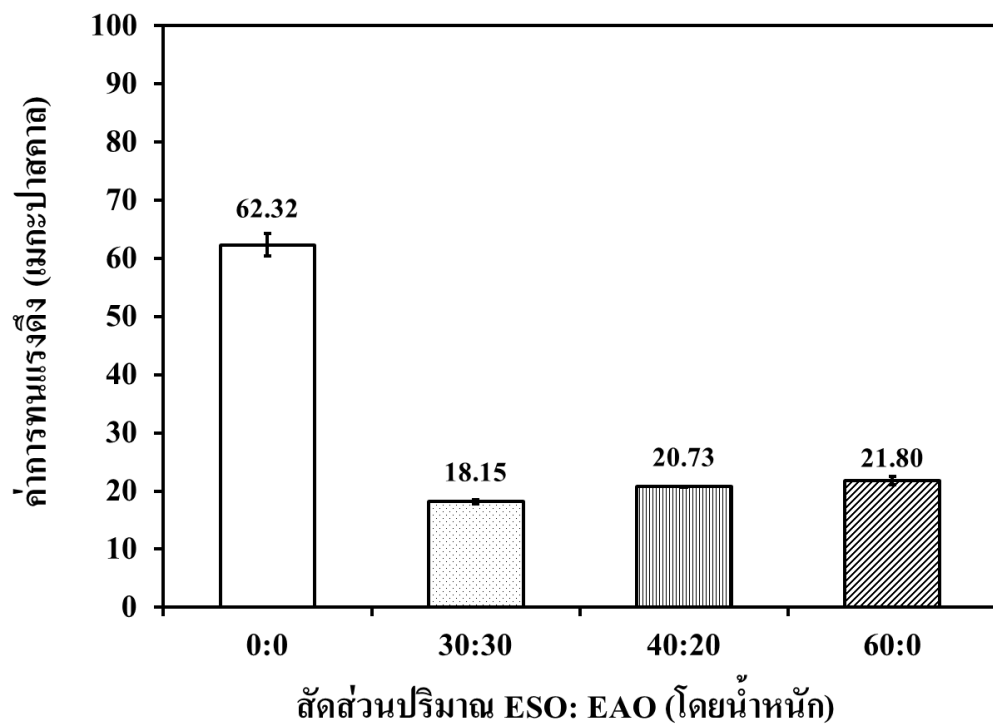
4.4 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของพีวีซีคอมปาวด์ พบว่า ลักษณะการแตกหักของพีวีซีคอมปาวด์ที่ไม่เติมสารเสริมสภาพพลาสติกจะมีการแตกหักแบบเปราะ ในขณะที่การเติมสารเสริมสภาพพลาสติกเข้าไปในพีวีซีคอมปาวด์จะทำให้พีวีซีคอมปาวด์ที่ได้มีลักษณะการแตกหักแบบเหนียว และเมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติการต้านทานแรงดึงระหว่างพีวีซีคอมปาวด์ที่ไม่เติมสารเสริมสภาพพลาสติกและเติมสารเสริมสภาพพลาสติก (ดังรูปที่ 4.22-4.24) พบว่า ค่าการทนแรงดึงและค่ามอดูลัสของพีวีซีที่เติมสารเสริมสภาพพลาสติกมีค่าต่ำลง ในขณะที่ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดมีค่าสูงขึ้น เมื่อพิจารณาที่ค่าการทนแรงดึงและค่าการยืดตัว ณ จุดขาดในกรณีที่เติมอีพอกซีไคซ์อะซิติกเลทโอลีเอท (EAO) ร่วมกับน้ำมันถั่วเหลืองอีพอกซีไคซ์ (ESO) เทียบกับกรณีที่เติมน้ำมันถั่วเหลืองอีพอกซีไคซ์เพียงชนิดเดียว พบว่า การเติมอีพอกซีไคซ์อะซิติกเลทโอลีเอทเข้าไปในพีวีซีคอมปาวด์นั้น ไม่มีผลให้ค่าการทนแรงดึงสูงสุดเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ ค่าการยืดตัว ณ จุดขาดมีค่าต่ำลง และ เมื่อพิจารณาที่ค่ามอดูลัสของพีวีซีคอมปาวด์ พบว่า การเติมอีพอกซีไคซ์อะซิติกเลทโอลีเอทในพีวีซีคอมปาวด์ ส่งผลให้พอลิเมอร์ดังกล่าวมีค่ามอดูลัสสูงขึ้น นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาผลของ DSC โครมาโตแกรมของพีวีซี กรณีที่เติมอีพอกซีไคซ์อะซิติกเลทโอลีเอทร่วมกับน้ำมันถั่วเหลืองอีพอกซีไคซ์ (ดังรูปที่ 4.25) พบว่าค่า T_g อยู่ที่ประมาณ 52 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่เติมน้ำมันถั่วเหลืองอีพอกซีไคซ์เพียงชนิดเดียว

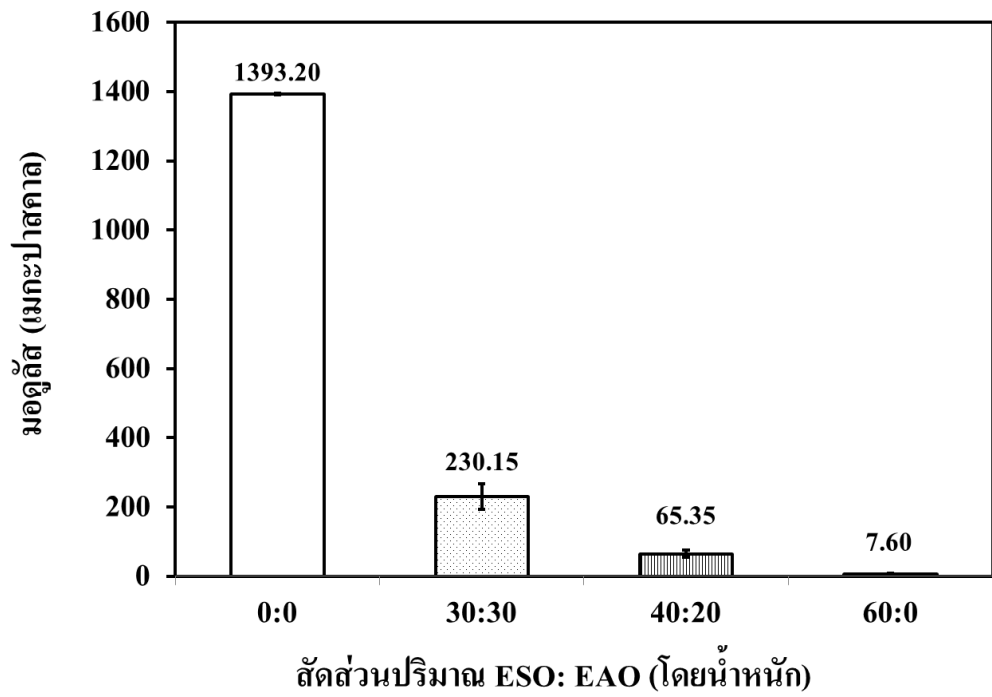
จากผลดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอีพอกซีไคซ์อะซิติกเลทโอลีเอท มีประสิทธิภาพในการทำหน้าที่เป็นสารเสริมสภาพพลาสติกสำหรับพีวีซีได้ไม่ด้อยเท่าน้ำมันถั่วเหลืองอีพอกซีไคซ์ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากสภาพผิวที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของอีพอกซีไคซ์อะซิติกเลทโอลีเอท ซึ่งจากการวิเคราะห์โครงสร้าง (รูปที่ 4.14) พบว่ามีการหลุดออกของหมู่กรดอะซิติกจากโครงสร้างของอีพอกซีไคซ์อะซิติกเลทโอลีเอทเกิดเป็นหมู่ไฮดรอกซี ส่งผลให้อีพอกซีไคซ์อะซิติกเลทโอลีเอท มีสภาพผิวที่ต่ำ ดังนั้นเมื่อเติมสารดังกล่าวลงไปในพีวีซีคอมปาวด์จึงเข้ากันได้ไม่ดีกับสายโซ่โมเลกุลของพีวีซี ในขณะที่น้ำมันถั่วเหลืองอีพอกซีไคซ์สามารถเข้ากันกับพีวีซีได้มากกว่า เนื่องจากโครงสร้างส่วนใหญ่มีหมู่ไฮดรอกซีจึงช่วยให้สภาพผิวสูงกว่า ซึ่งผลที่ได้สามารถยืนยันได้จากผลของ DSC โครมาโตแกรมของพีวีซีชนิดต่างๆ พบว่า กรณีที่เติมอีพอกซีไคซ์อะซิติกเลทโอลีเอท (EAO) จะแสดงค่า T_g อยู่ที่ประมาณ 54 องศาเซลเซียส



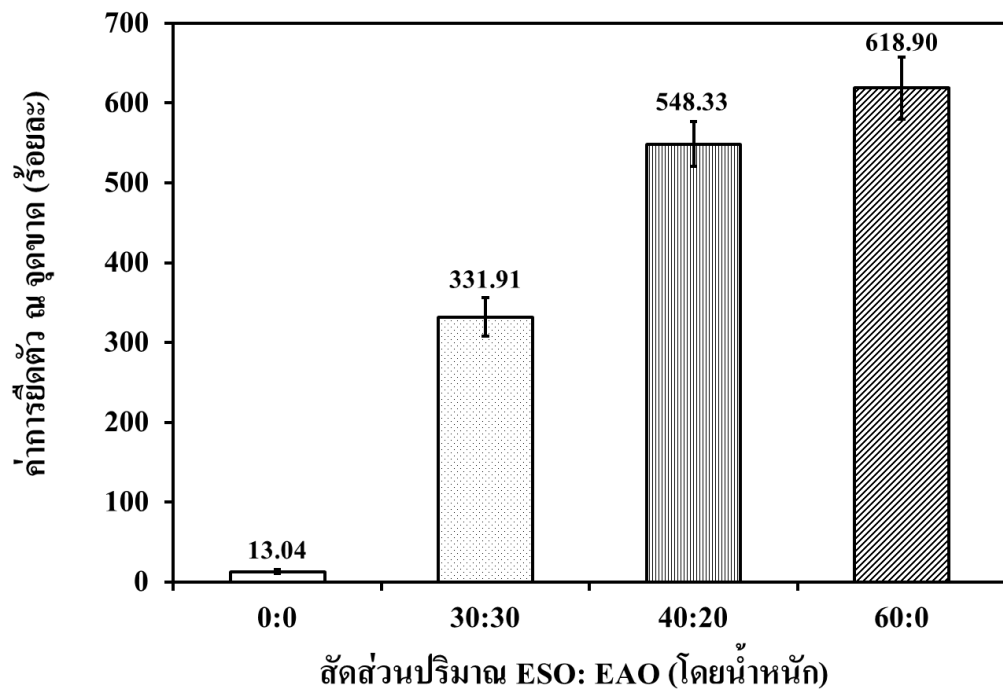
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของพีวีซีคอมปาวด์ชนิดต่างๆ



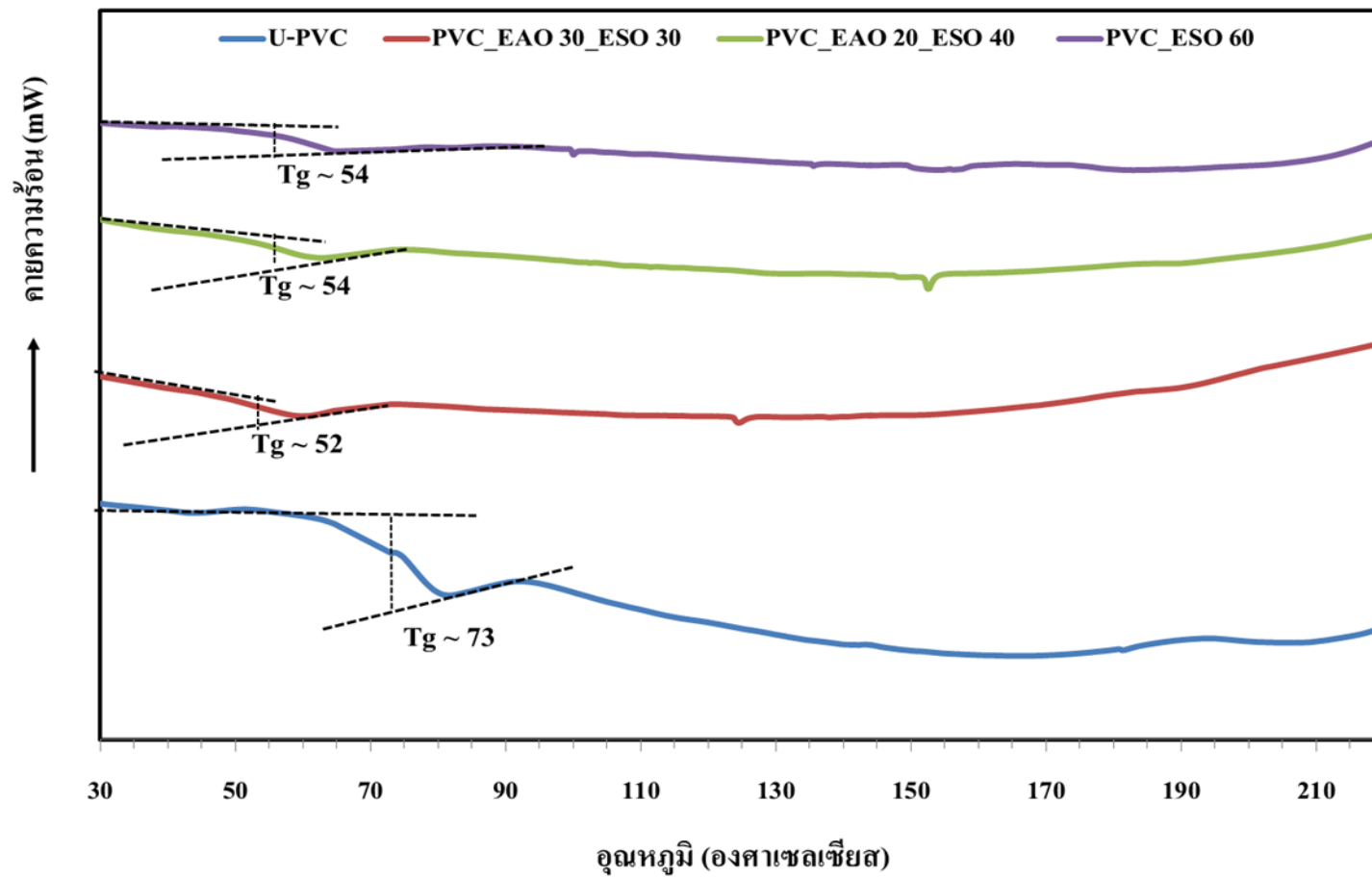
รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทนแรงดึงของพีวีซีคอมปาวด์ชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างมอดูลัสของพีวีซีคอมปาวด์ชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการยึดตัว ณ จุดขาด ของพีวีซีคอมปาวด์ชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.25 DSC เทอร์โมแกรมของพีวีซีคอมพาวด์ชนิดต่างๆ