บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 เปรียบเทียบผลการทดลองการหีบเมล็ดงาด้วยเครื่องไฮดรอลิกส์เพรสกับการสกัดน้ำมันงาจากกากงาด้วยนอร์มัลเฮกเซน

เมื่อนำงามาหีบด้วยเครื่องไฮดรอลิกส์เพรส จะได้น้ำมันงาซึ่งมีตะกอนสีดำของเมล็ดงา พบว่าน้ำมันงาขาวจะมีสีใสกว่าน้ำมันงาดำที่หีบได้ แสดงในรูปที่ 4.1 ก และจะได้กากงาออกมาจากเครื่องหีบ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ข เมื่อนำน้ำมันงาที่หีบได้ไปกรองแล้ว จะได้น้ำมันงาที่มีสีเหลืองใส ดังรูปที่ 4.2

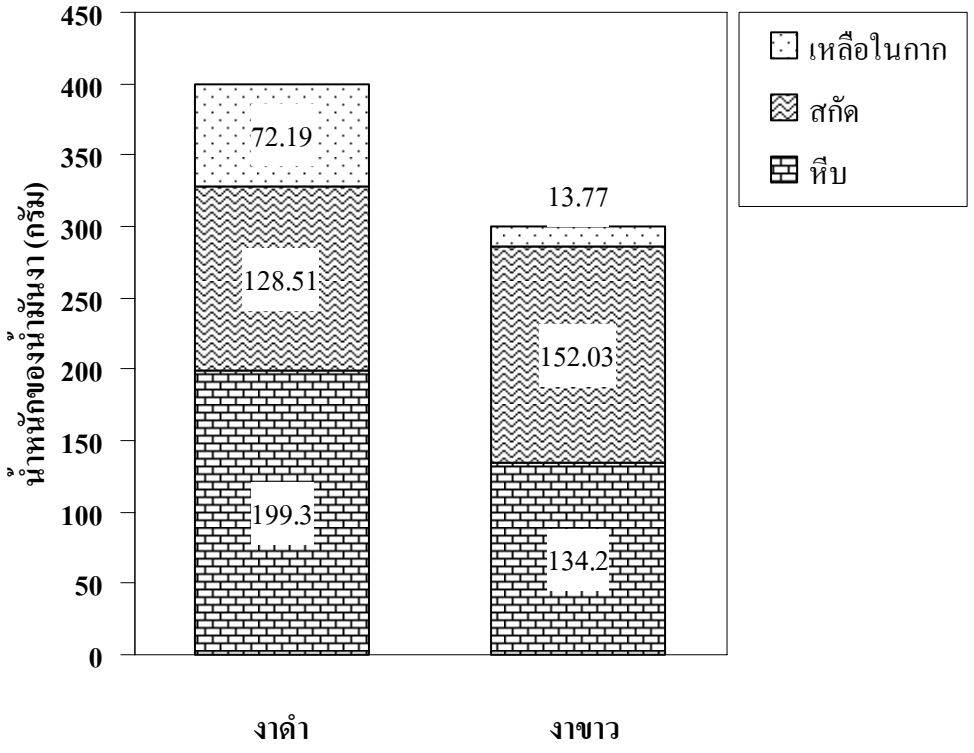
(ก) **(ข)**

รูปที่ 4.1 (ก) น้ำมันงาหีบ และ (ข) กากงา

(ก) **(ข)**

รูปที่ 4.2 (ก) การกรองน้ำมันงาหีบ และ (ข) น้ำมันงาที่กรองแล้ว

กากงาที่เหลือนำไปสกัดด้วยนอร์มัลเฮกเซนที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เวลาในการแช่ 7 วัน จากนั้นนำไปกรองเอากากงาออก จะได้สารละลายน้ำมันงาในนอร์มัลเฮกเซน เมื่อนำไปแยกนอร์-มัลเฮกเซนออกแล้วจึงจะได้น้ำมันงาสกัด จากข้อมูลเมล็ดงาดำมีน้ำมันอยู่ 40% และเมล็ดงาขาวมีน้ำมันอยู่ 30% [12] เมื่อเปรียบเทียบการหีบและการสกัดน้ำมันงาจากเมล็ดงา 1 กิโลกรัม สำหรับงาดำ 1 กิโลกรัมพบว่า หีบน้ำมันได้ 199.3 กรัม สกัดน้ำมันได้ 128.51 กรัม และมีน้ำมันเหลืออยู่ 72.19 กรัม และงาขาวพบว่า หีบน้ำมันได้ 134.2 กรัม สกัดน้ำมันได้ 152.3 กรัม และมีน้ำมันเหลืออยู่ 13.77 กรัม แสดงข้อมูลสรุปดังรูปที่ 4.3 การคำนวณแสดงในภาคผนวก ข จะเห็นว่าถ้าหีบน้ำมันได้น้อยจะสกัดน้ำมันได้มากขึ้นเพราะมีน้ำมันเหลืออยู่ในกากเมล็ดงา

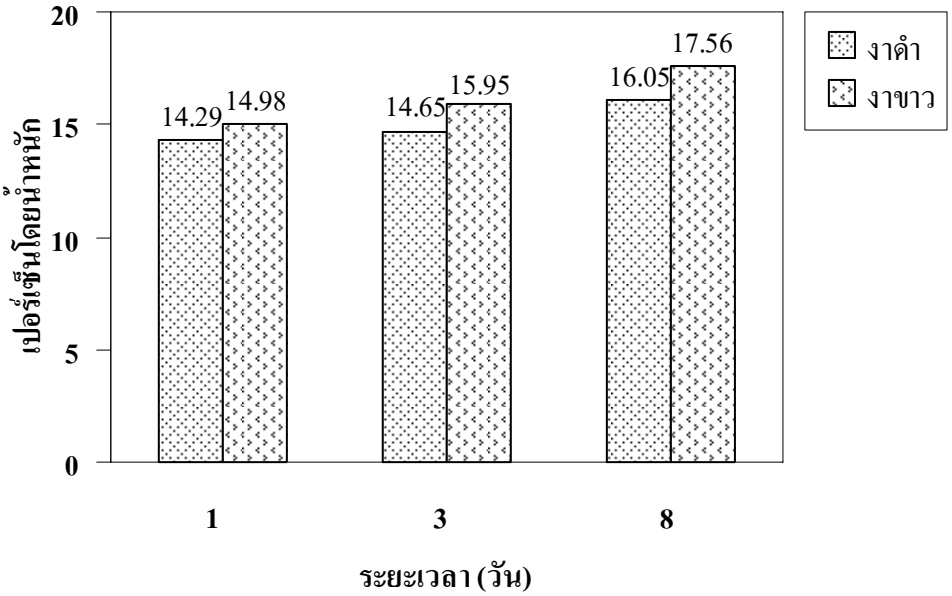


รูปที่ 4.3 ปริมาณน้ำมันงาในเมล็ดงา 1 กิโลกรัม

4.2 เปรียบเทียบการสกัดน้ำมันงาจากกากงาในเวลาที่แตกต่างกัน

เมื่อนำกากงามาสกัดด้วยนอร์มัลเฮกเซนที่อุณหภูมิห้อง ในชุดการทดลองที่เหมือนกันแล้วเปรียบเทียบระยะเวลาในการสกัด แสดงดังรูปที่ 4.4 และผลที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์น้ำมันงาโดยน้ำหนักของกากงาที่ใช้ ซึ่งปริมาณน้ำมันงาที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.4 การสกัดกากงา และการแยกน้ำมันงา

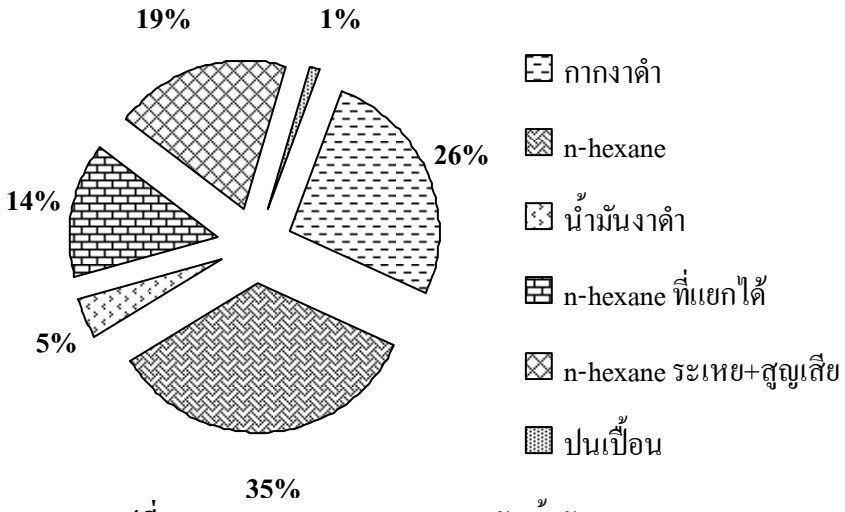


รูปที่ 4.5 แสดงปริมาณน้ำมันงาที่ได้จากการสกัดด้วยนอร์มัลเฮกเซนในเวลาที่แตกต่างกัน

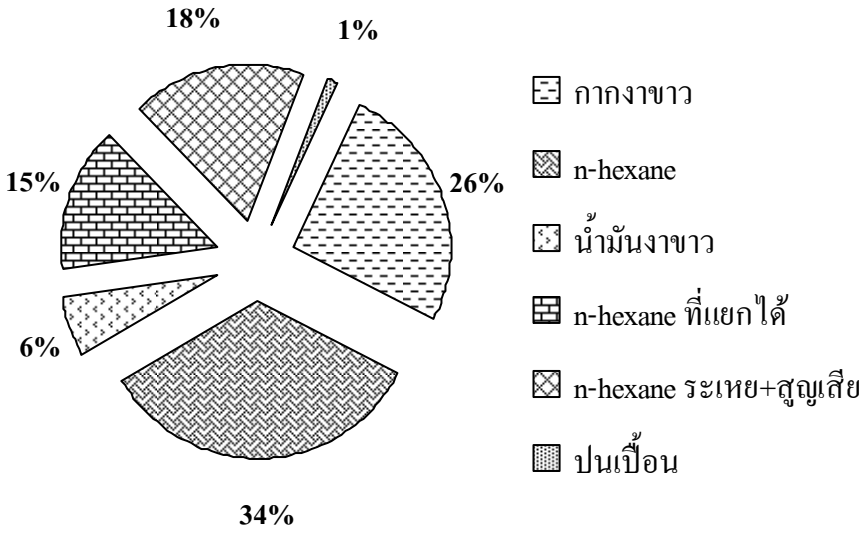
จากการทดลองพบว่า การสกัดกากงาขาวด้วยนอร์มัลเฮกเซนจะได้น้ำมันงามากกว่ากากงาดำ และเมื่อเปรียบเทียบเวลาในการแช่พบว่า การแช่นาน 8 วันได้ปริมาณน้ำมันมากกว่า 1 วันและ 3 วัน ทั้งกากงาดำและกากงาขาว ซึ่งถ้าแช่นานกว่านี้ อาจจะได้น้ำมันงาดำและน้ำมันงาขาวจากการสกัดมากกว่า 16.05% และ 17.56% ตามลำดับ เนื่องจากมีน้ำมันเหลืออยู่ในเมล็ด แต่อาจจะเหลือน้อย ทั้งนี้ที่ใช้เวลาแช่ 8 วัน อาจมีแนวโน้มว่าปริมาณน้ำมันงาสกัดคงที่ หรืออัตราการเพิ่มของน้ำมันงาสกัดขึ้นคงที่

4.3 สมดุลมวลสารของการสกัดน้ำมันงา

การทำสมดุลมวลสารในที่นี้คือ การทำสมดุลของปริมาณของสารต่าง ๆ ที่ใช้ในการสกัดน้ำมันงาจากกากงาเท่านั้น ไม่รวมส่วนของการหีบงา ซึ่งคำนวณได้จากสมการสมดุลมวลสารโดยทั่วไป (รายละเอียดการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ค) เพื่อหาปริมาณนอร์มัลเฮกเซนที่ตกค้างในน้ำมันงา และเปอร์เซ็นต์ของส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบสกัดแบบแช่ การสกัดน้ำมันงาดำและน้ำมันงาขาวจากกากพบว่ามีการปนเปื้อนของนอร์มัลเฮกเซนอยู่ 1 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าสกัดน้ำมันงาขาวได้ปริมาณมากกว่าน้ำมันงาดำอยู่ 1 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังรูปที่ 4.6 และ รูปที่ 4.7



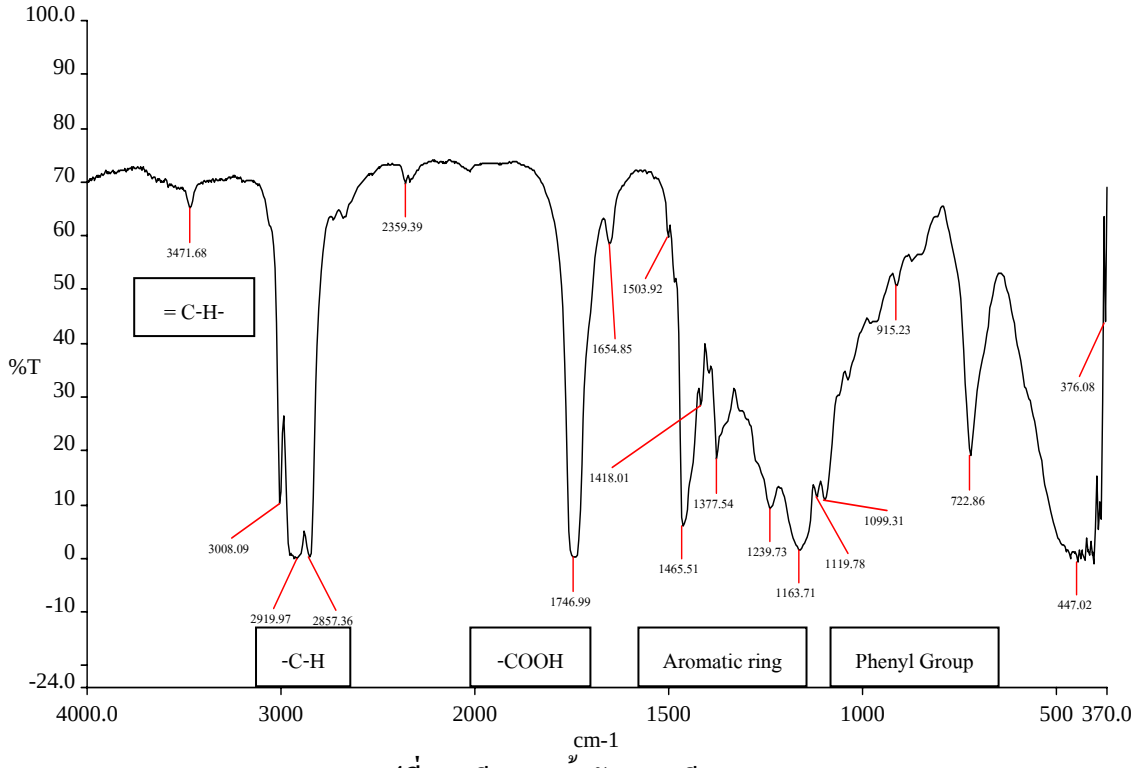
รูปที่ 4.6 สมดุลมวลสารของการสกัดน้ำมันงาดำ



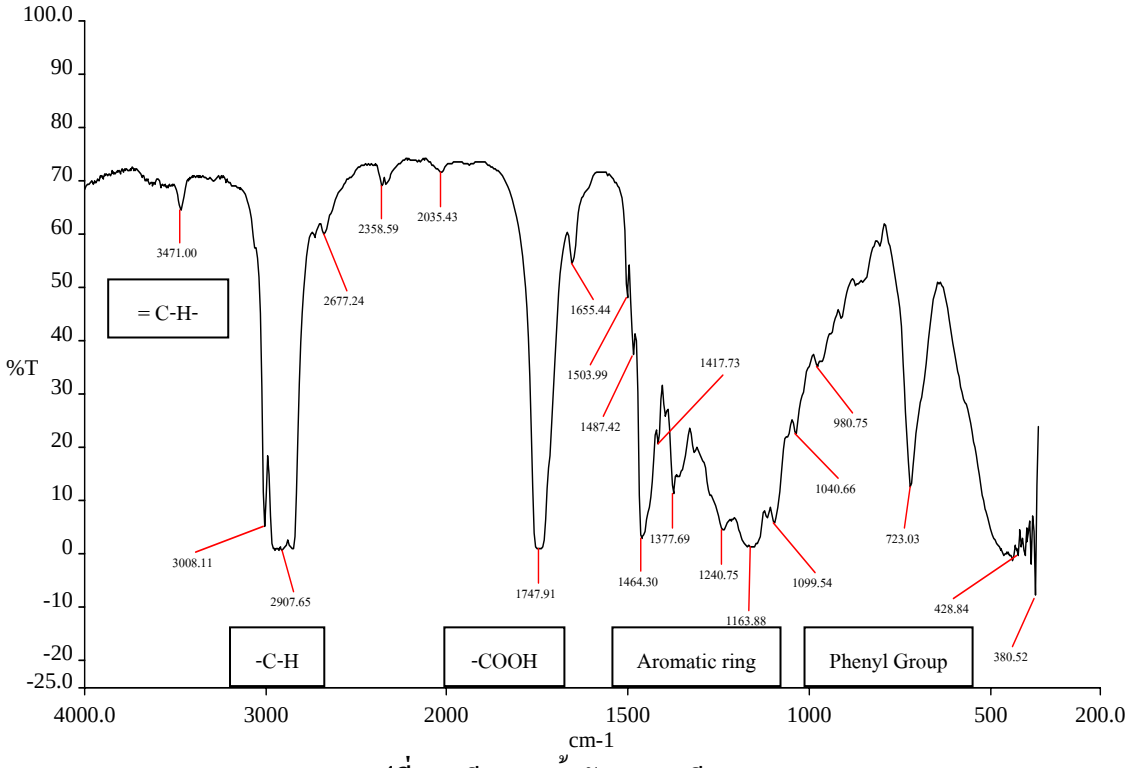
รูปที่ 4.7 สมดุลมวลสารของการสกัดน้ำมันงาขาว

4.4 พีคแสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันงา

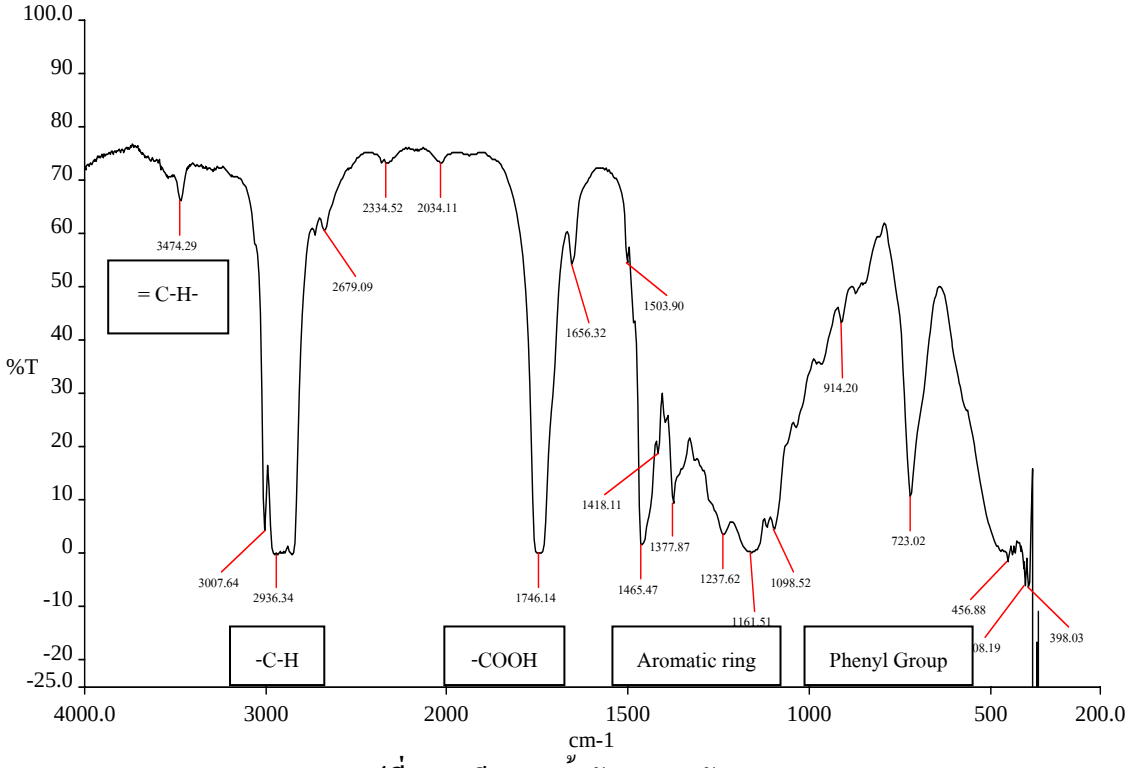
จากพีคหรือเส้นกราฟที่แสดงดังรูปที่ 4.8 – 4.12 นี้ ได้จากการวิเคราะห์น้ำมันงาด้วยเครื่อง FTIR โดยใช้ NaCl Cell แสดงให้เห็นหมู่ฟังก์ชันขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันงาซึ่งดูข้อมูลเปรียบเทียบได้จากภาคผนวก ง wave number กับฟังก์ชันนัลกรุ๊ปที่ดูดกลืนแสงได้ จากการทดลองพบว่าน้ำมันงาหีบและน้ำมันงาสกัดทั้งงาดำและงาขาว มีองค์ประกอบหลักที่เหมือนกัน ได้แก่ ช่วง 3000 – 4000 cm^{-1} เป็นกลุ่มของโซ่คาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมัน ถัดมาช่วง 2500 cm^{-1} คือ พีคของคาร์บอนโซ่ตรงพันธะเดี่ยว ช่วง 1650 – 1820 cm^{-1} คือพีคของหมู่คาร์บอกซิลิกในกรดไขมัน คือกรดไลโนเลอิค กรดโอเลอิค กรดพาราอะมิโนแบนโซอิค ส่วนสองพีคสุดท้ายที่แสดงให้เห็นในช่วง 690 – 1650 เป็นช่วงของกลุ่ม วงแหวนอะโรมาติก และหมู่เฟนนิล ที่พบในองค์ประกอบของวิตามินต่าง ๆ ได้แก่ วิตามินเอ วิตามิน บี1 บี2 บี3 บี5 บี6 วิตามินอี เป็นต้น สูตรโครงสร้างและสูตรโมเลกุลประกอบแสดงในภาคผนวก จ



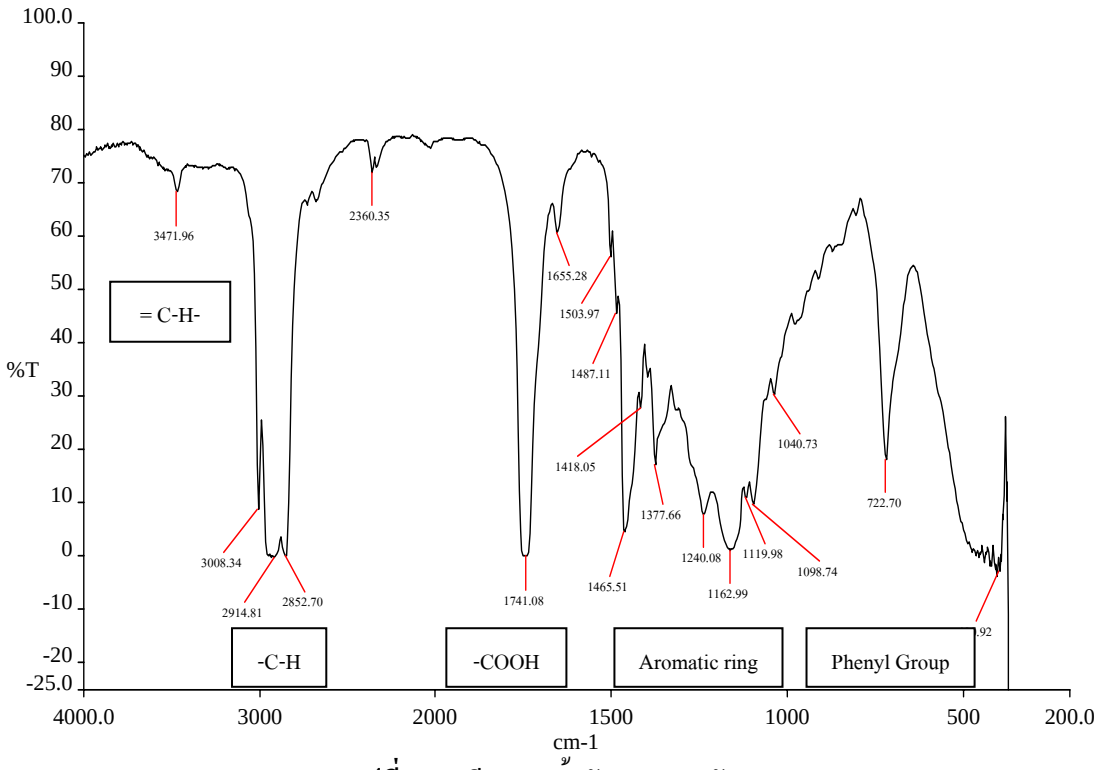
รูปที่ 4.8 พีคของน้ำมันงาดำหีบ



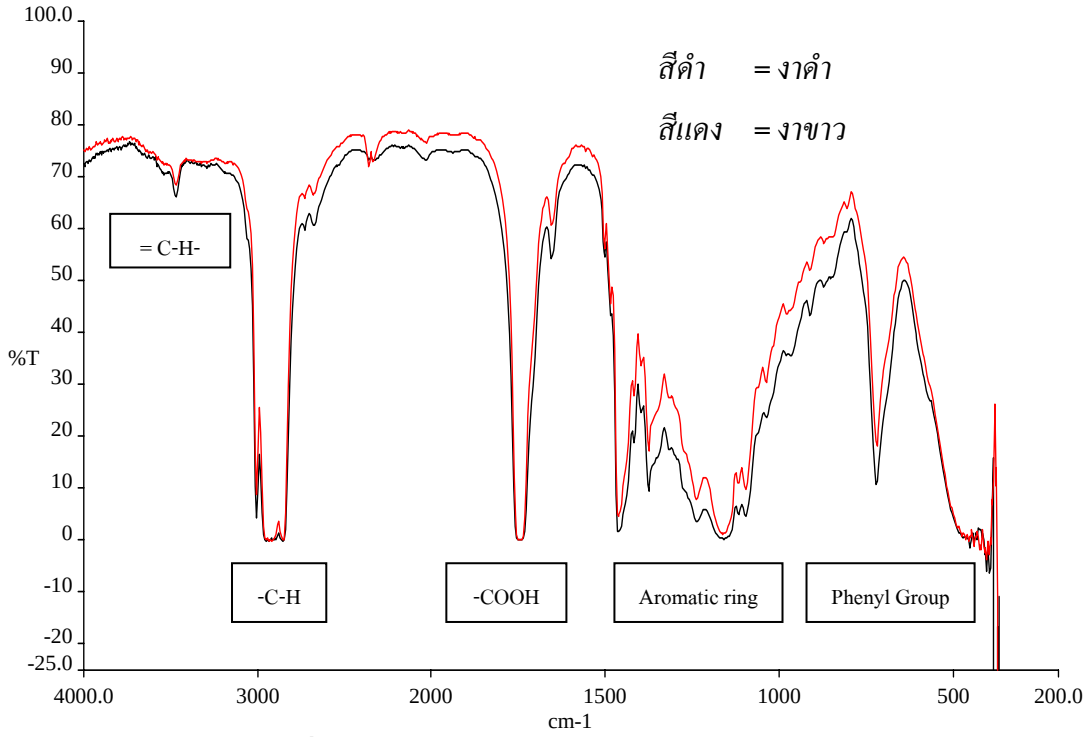
รูปที่ 4.9 พีคของน้ำมันงาขาวหีบ



รูปที่ 4.10 พีคของน้ำมันงาดำสกัด



รูปที่ 4.11 พีคของน้ำมันงาขาวสกัด



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบพีคของงาดำและงาขาวสกัด

4.5 การคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

ราคาของเมล็ดงาที่นำมาใช้ในการคำนวณ ใช้ราคาที่ซื้อมาโดยตรงจากตลาดในท้องถิ่น ส่วนน้ำมันงาในท้องตลาด เลือกใช้ราคาขายทางในอินเตอร์เน็ตจากหลายแหล่งที่น่าเชื่อถือมาคำนวณหาราคาเฉลี่ยต่อมิลลิลิตรของน้ำมันงาได้ดังนี้

รายการ	**จำนวน**	**ราคา**	**ราคาต่อหน่วย**	**หมายเหตุ**
นอร์มัลเฮกเซน	2.5 L	1400	มล. ละ 1.79 บาท	ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม
เมล็ดงาดำ	3 kg	150	กก.ละ 50 บาท	กรัมละ 0.05 บาท
เมล็ดงาขาว	3 kg	144	กก.ละ 48 บาท	กรัมละ 0.048 บาท
น้ำมันงา [12]	80 mL	75	มล.ละ 0.94 บาท	
	200 mL	135	มล.ละ 0.66 บาท	
	500 mL	220	มล.ละ 0.44 บาท	
	90 mL	140	มล.ละ 1.56 บาท	
ราคาน้ำมันงาเฉลี่ย			**มล.ละ 0.90 บาท**	

4.5.1. รายรับรายจ่ายจากการทดลองจริง เมื่อคิดมูลค่าให้กับน้ำมันที่สกัดได้และราคาต้นทุนของเมล็ดงากับนอร์มัลเฮกเซนการคิดค่าใช้จ่ายนี้ เป็นการคิดสำหรับการทดลองเพื่อศึกษาเท่านั้น จากข้อมูลข้างบนนำมาคำนวณการทดลองแต่ละครั้งได้ผลดังนี้

รายการ	**ปริมาณ**	**ราคา (บาท)**
นอร์มัลเฮกเซน	100 mL	100 x 1.79 = 179
เมล็ดงา	50 g	50 x 0.05 = 2.5
หีบน้ำมันได้	18 mL	18 x 0.9 = 16.2
สกัดน้ำมันได้	14 mL	14 x 0.9 = 12.6
n-hexane ที่เหลือ	42 mL	42 x 1.79 = 75.18
ลงทุน		*179 + 2.5 – 75.18 = 106.32*
รายได้		*16.2 + 12.6 = 28.8*
ขาดทุน		*106.32 – 28.8 = 77.52*

4.5.2. รายรับรายจ่ายที่คำนวณเพื่อนำไปใช้ เมื่อการนำไปใช้จริงอย่างน้อยต้องสามารถแยกนอร์มัลเฮกเซนกลับมาใช้ได้ 86% ของปริมาณที่ใช้เริ่มต้น จึงจะคุ้มค่าแก่การลงทุน สำหรับราคาเมล็ดงาและนอร์มัลเฮกเซนที่ใช้กำหนดราคาเท่าเดิมตามข้อมูลที่คำนวณไว้เบื้องต้น

รายการ	**ปริมาณ**	**ราคา (บาท)**
นอร์มัลเฮกเซน	100 mL	100 x 1.79 = 179
เมล็ดงา	50 g	50 x 0.05 = 2.5
หีบน้ำมันได้	18 mL	18 x 0.9 = 16.2
สกัดน้ำมันได้	14 mL	14 x 0.9 = 12.6
n-hexane ที่เหลือ	86 mL	86 x 1.79 = 153.94
ลงทุน		*179 + 2.5 – 153.94 = 27.56*
รายได้		*16.2 + 12.6 = 28.8*
กำไร		*28.8 – 27.56 = 1.24*

ทั้งนี้การออกแบบชุดการทดลองหรือ เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดต้องสามารถควบคุมการระเหยของนอร์มัลเฮกเซนได้ดี และต้องสามารถนำนอร์มัลเฮกเซนกลับมาใช้ไม่น้อยกว่า 86% ของปริมาณที่ใช้เริ่มต้น ถ้าคิดในแง่ของราคากากงาที่ผ่านการหีบแล้ว ราคาต้องน้อยกว่าเมล็ดงาที่ยังไม่หีบ แต่ข้อมูลการคำนวณเบื้องต้นนี้คิดราคาเมล็ดงาในราคาเต็ม จากการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์นี้สามารถนำไปเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการสกัดน้ำมันงาเชิงธุรกิจ และการออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับสกัดน้ำมันงา ทั้งนี้ต้นทุนในการผลิตจะน้อยกว่าเดิมเพราะนอร์มัลเฮกเซนที่ใช้อาจจะเป็นเกรดที่ต่ำกว่า และราคาต้องน้อยกว่านอร์มัลเฮกเซนที่ใช้ในการทดลองนี้