

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 องค์ประกอบของเมล็ดมะรุม

เนื่องจากเมล็ดมะรุมแห้งมีเปลือกหุ้มเมล็ดอยู่ การศึกษาองค์ประกอบจึงวิเคราะห์ ส่วนเมล็ดและเปลือกหุ้มเมล็ดแยกจากกัน ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.1 ในส่วนของปริมาณองค์ประกอบของเมล็ดมะรุม พบปริมาณของน้ำมันร้อยละ 35.34 ปริมาณโปรตีน เยื่อใย ความชื้น เถ้าและปริมาณคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 29.10, 5.85, 4.24, 5.19 และ 20.28 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Manzoor และคณะ (2007) รายงานว่าการศึกษาน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัด ด้วยเฮกเซนมีปริมาณของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดได้ร้อยละ 37.56-40.06 (เฉลี่ยร้อยละ 38.82) และมีปริมาณโปรตีน เยื่อใย ความชื้น และปริมาณเถ้า ร้อยละ 30.07, 6.00, 5.88 และ 9.00 ตามลำดับ และ Anwar and Bhanger (2003) รายงานว่าลักษณะของน้ำมันเมล็ดมะรุม พันธุ์ที่ปลูกในภูมิภาคเขตร้อนของประเทศปากีสถาน ที่สกัดด้วยเฮกเซนมีปริมาณน้ำมันร้อยละ 38-40 ปริมาณโปรตีน เยื่อใย เถ้าและความชื้น ร้อยละ 26.50-32.00, 5.80-9.29, 5.60 – 7.50 และ 4.86 – 5.70 ตามลำดับ

ส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ด พบปริมาณของน้ำมันร้อยละ 2.24 มีปริมาณโปรตีน เยื่อใยความชื้น เถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 1.50, 73.20, 1.70, 2.71 และ 18.65 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในเปลือกหุ้มเมล็ดนั้นมีปริมาณน้ำมันอยู่น้อยมากในขณะที่มีปริมาณเยื่อใยอยู่สูงตามธรรมชาติของเปลือก

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบโดยประมาณของเมล็ดมะรุม

องค์ประกอบ (ร้อยละ)	เมล็ด	เปลือกหุ้มเมล็ด
ปริมาณความชื้น	4.24±0.02	1.70±0.85
โปรตีน	29.10±0.02	1.50±0.04
ไขมัน	35.34±0.03	2.24±0.12
เยื่อใย	5.85±0.06	73.20±0.53
เถ้า	5.19±0.00	2.71±1.37
คาร์โบไฮเดรต	20.28±0.00	18.65±0.00

4.2 ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการสกัดที่แตกต่าง

ผลการศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุมที่แตกต่างกัน 3 วิธีการ แสดงในตารางที่ 4.2 ได้แก่ การบีบเย็น ใช้เครื่องบีบอัดแบบสกรู (cold screw press : CSP) สกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ ด้วยการใช้สารละลายเฮกเซน แบบใช้ความร้อนหรือวิธี (soxhlet extraction : SE) และสกัดโดยใช้สารละลายเฮกเซนแบบไม่ใช้ความร้อน (cold solvent extraction : CSE) พบว่าปริมาณผลผลิตน้ำมันที่ได้แต่ละวิธีการสกัดแตกต่างกัน การสกัดด้วยวิธี CSP ได้ปริมาณน้ำมันต่ำสุดซึ่งเป็นการบีบอัดน้ำมันทั้งเปลือกหุ้มเมล็ดเพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่ในการบีบอัดน้ำมัน เนื่องจากการทดลองได้ทดลองบีบเฉพาะเมล็ด พบว่าการบีบอัดที่ไร้เปลือกหุ้มนั้นไม่สามารถบีบน้ำมันให้ออกมาได้ จะได้ลักษณะเหมือนแป้งแทนน้ำมัน

ปริมาณผลผลิตจาก การบีบอัดด้วยเครื่องเช่นนี้ลักษณะการบีบอัดของเครื่องมีผลต่อผลผลิตที่ได้ เช่นการบีบอย่างช้าๆจะได้ปริมาณน้ำมันมากกว่าบีบเร็ว (เครื่องสกรูเพสที่ใช้ในการบีบอัดในการทดลองนี้มี ขนาดกำลังไฟฟ้า 2 แรงม้า) จากการศึกษาเมล็ดมะรุมทั้งเปลือก 1 กิโลกรัม พบว่ามีปริมาณเมล็ด 482-598 กรัม คิดเป็นปริมาณเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 54 ในการทดลองใช้ปริมาณเมล็ดมะรุมที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดติดอยู่ 10 กิโลกรัม ได้ปริมาณน้ำมันเฉลี่ย 1020 กรัม ดังนั้นผลผลิต (yield) ที่ได้เมื่อคิดเทียบจากเมล็ดมะรุมเป็นร้อยละ 18.89

การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย แบบใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อนร่วม พบว่าการไม่ใช้ความร้อน มีผลผลิตที่ได้ต่ำกว่า การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายอาศัยหลักการที่น้ำมันและไขมันสามารถละลายได้ในตัว ทำละลายโดยให้ตัวทำละลายสัมผัสกับเมล็ดพืชที่ผ่านการบด เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับตัวทำละลายมากขึ้น การสกัดด้วยตัวทำละลายนี้ทำให้สารอินทรีย์ชนิดไม่มีขี้สามารถละลายในสารสกัดทั้งหมดจึงต้อง นำน้ำมันไปกำจัดสารที่ไม่ใช่ไขมันออกไป เรียกว่ากระบวนการdegumming การdegumming เป็นวิธีที่สามารถกำจัด phosphatide โลหะต่างๆ สิ่งสกปรกอื่นๆออกจากน้ำมันดิบที่สกัดด้วยสารละลายได้ ในเชิงอุตสาหกรรมนิยมใช้สารเคมี ในการทดลองนี้ใช้น้ำร้อนโดยกระบวนการdegumming ดัดแปลงวิธีจาก Anwar and Bhangar (2003) โดยเติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส ปริมาณร้อยละ 20 กวนผสม นาน 10 นาทีโดยใช้แท่งแม่เหล็กกวนจากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ปั่นเหวี่ยงที่ 6000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จึงได้น้ำมันที่ต้องการ ทำให้มีการสูญเสียน้ำมันบางส่วนออกไปกับสารที่เรากำจัด ด้วยเหตุนี้จึงมีผล ต่อปริมาณน้ำมันที่ลดลง

ตารางที่ 4.2 ปริมาณของน้ำมันที่สกัดได้จากวิธีการสกัด

วิธีการสกัด	ปริมาณน้ำมัน (ร้อยละ)
CSP	18.89±0.02
SE	33.99±0.01
CSE	22.04±0.02

4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะรุม สกัดด้วยวิธีการแตกต่าง แสดงใน ตารางที่ 4.3 พบว่าความหนืดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) โดยที่ความหนืดจากการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าสูงสุด (80.40 เซนติพอยส์) ตามด้วยการสกัด ด้วยวิธี SE (68.63 เซนติพอยส์) และสกัดด้วยวิธี CSE (47.33 เซนติพอยส์) เนื่องจากวิธี CSP เป็นน้ำมันที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีการกำจัดสารชั้นหนืด (gumming substances) จึงส่งผลให้น้ำมันหนืดมากกว่า

น้ำมันที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลาย สกัดด้วยวิธี SE และสกัดด้วยวิธี CSE พบว่าค่า L^* สูงขึ้นแสดง ถึงความสว่างมากกว่าน้ำมันจาก CSP เนื่องจากกระบวนการ degumming จะกำจัดสารเหนียวที่อยู่ใน น้ำมันออกไป ทำให้น้ำมันมีความสว่างขึ้น นอกจากนี้น้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลาย ยังมีความเป็นสีเขียว (a^* เป็น-) มากกว่าน้ำมันสกัดด้วยสกรู เป็นผลจากความสามารถของตัวทำละลายอินทรีย์ในการสกัด สารประกอบเม็ดสีคลอโรฟิลล์จากเมล็ดมะรุม (ภาพที่ 4.1)

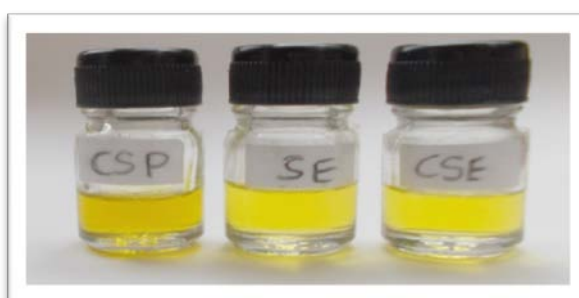
ค่าความเป็นกรดของน้ำมันที่สกัดได้ พบว่าการสกัดด้วยวิธี CSE มีค่าต่ำสุด (2.28) ในขณะที่การสกัดด้วยวิธี SE อยู่ระหว่าง (2.90) และการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าสูงสุด (4.43) ซึ่งค่าความเป็นกรดสูง (acid value) แสดงว่าไตรเอซิลกลีเซอรอลถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมาก ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากเอนไซม์ไลเปสสามารถทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งเพิ่มขึ้นในระหว่างการปิดอัดสกรูที่ประมาณ 50-55 องศาเซลเซียส ทำให้มีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นในวิธี CSP (นิธิยา รัตนพานนท์, 2548) ค่าความเป็นกรดคิดเป็นมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อ 1 กรัมของไขมันหรือน้ำมัน มาตรฐานน้ำมันและไขมันบริโภคกำหนดไม่เกิน 4 มิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม (มอก 47-2533)

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดด้วยวิธีแตกต่าง

สมบัติทางเคมีและกายภาพ	วิธีการสกัด		
	CSP	SE	CSE
ความหนืด (cP)	80.40±0.20 ^c	68.63±0.40 ^b	47.33±0.37 ^a
สี			
ค่าความสว่าง (L*)	64.28±0.13 ^a	91.38±1.18 ^b	93.28±0.85 ^c
ค่าสีแดง (a*)	11.16±0.78 ^c	-1.29±1.75 ^a	-3.35±0.77 ^b
ค่าสีเหลือง (b*)	105.44±0.17 ^b	114.61±1.39 ^c	101.73±1.51 ^a
ค่าซาฟอนนิฟิเคชัน (mg of KOH/g of oil)	185.82±3.37 ^{ab}	175.88±5.50 ^a	191.21±7.01 ^b
ค่าความเป็นกรด (as%oleic acid)	4.43±0.06 ^c	2.90±0.03 ^b	2.28±0.12 ^a
ค่าไอโอดีน (wijs) (g of I/100 g of oil)	51.70±0.01 ^c	50.60±0.02 ^b	48.30±0.08 ^a
ค่าปริมาณสารที่ซาฟอนิไฟด์ไม่ได้ (g/100g)	0.96±0.02 ^c	0.61±0.06 ^a	0.76±0.01 ^b
ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (µg gallic acid eq/ml)	32.72±0.14 ^a	33.57±0.02 ^b	34.74±0.12 ^c

a,b,c

หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4.1 ลักษณะสีของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่ได้จากการสกัดที่แตกต่าง

ค่าซาฟอนนิฟิเคชัน (saponification value) และค่าไอโอดีน (iodine value) จากตัวอย่างน้ำมันทั้ง 3 วิธีการสกัดถึงแม้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่มีความแตกต่างในเชิงคุณภาพมากนัก ค่าซาฟอนนิฟิเคชันเป็นตัวบ่งชี้ขนาดของโมเลกุล หรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลในน้ำมัน น้ำมันที่มีค่าซาฟอนนิฟิเคชันสูง แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ หรือขนาดโมเลกุลเล็ก ในทำนอง

เดียวกัน น้ำมันที่มีค่าซาฟอนนิฟิเคชันต่ำ แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลมีน้ำหนักโมเลกุลสูง หรือขนาดโมเลกุลใหญ่ ซึ่งงานวิจัยของ Abdulkarim และคณะ (2005) รายงานว่าค่าซาฟอนนิฟิเคชันในวิธีการสกัดด้วยเอนไซม์และการสกัดด้วยวิธีการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ไม่มีความแตกต่างกัน หรืออาจกล่าวได้ว่าวิธีการสกัดที่แตกต่างกันนั้นไม่ได้เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าซาฟอนนิฟิเคชัน ค่าซาฟอนนิฟิเคชันในน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ เช่น น้ำมันมะกอกมี 188-196 น้ำมันถั่วเหลือง 189-195 น้ำมันมะพร้าว 250-264 และน้ำมันรำข้าว 181-189 จากค่าซาฟอนนิฟิเคชันในน้ำมันพืชชนิดต่างๆ น้ำมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว จะมีค่าซาฟอนนิฟิเคชันสูง

ส่วนค่าไอโอดีนเป็นตัวชี้บ่งชี้ว่าน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (degree of unsaturation) หรือจำนวนพันธะคู่ที่มีอยู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใดถ้าค่าไอโอดีนสูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมากและจะเกิดการหืนชนิดoxidative rancidity ได้ง่ายด้วย พบว่าการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าสูงสุด ตามด้วยการสกัดด้วยวิธี SE และการสกัดด้วยวิธี CSE (51.70, 50.60 และ 48.30) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lals and Tsaknin (2002) น้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดได้จาก cold press ค่าไอโอดีน 65.73 (กรัมของไอโอดีน/100 กรัมของน้ำมัน) ซึ่งสูงกว่าการสกัดด้วยการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีค่าไอโอดีน 65.58 (กรัมของไอโอดีน/100กรัมของน้ำมัน) ค่าไอโอดีนในน้ำมันชนิดอื่นๆ เช่น น้ำมันมะกอกมี 74-95 น้ำมันถั่วเหลือง 116-145 น้ำมันมะพร้าว 8-10 และน้ำมันรำข้าว 99-108 กล่าวได้ว่าน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ปริมาณมากจะมีค่าไอโอดีนสูงสังเกตได้จากน้ำมันมะพร้าวที่มีค่าไอโอดีนต่ำเนื่องจากน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัว

ค่าปริมาณสารที่ซาฟอนิไฟต์ไม่ได้ (unsaponifiable matter) คือองค์ประกอบลิพิดที่ไม่ถูกไฮโดรไลซิสด้วยด่าง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่การสกัดด้วยวิธี SE และ CSE มีค่าต่ำกว่า CSP อาจเนื่องมาจากกระบวนการ degumming ที่กำจัดสารประกอบต่างๆ เช่น สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน คอเลสเตอรอล และไฟโตสเตอรอล ทำให้มีปริมาณลดน้อยลงกว่ากระบวนการผลิตทั้งสองวิธี (นิธิยา รัตนานนท์, 2548) โดยทั่วไปกำหนดให้มีสารที่ซาฟอนิไฟต์ไม่ได้ ไม่เกินร้อยละ 2 ในน้ำมันบริโภค

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (phenolic compound) พบว่าการสกัดด้วยวิธี CSE พบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าทั้งสองวิธีการเนื่องจากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่สามารถชะล้างสารสำคัญ ออกมามากขึ้นและความได้เปรียบของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ด้วยวิธีการสกัด SE ซึ่งใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ในการสกัดซึ่งสารประกอบดังกล่าวอาจจะถูกทำลายโดยความร้อนที่อุณหภูมิสูง สารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติเป็นสาร antioxidant เป็นสารที่พบตามธรรมชาติมีหลายประเภท มีลักษณะและสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกันไปสมบัติทั่วไป ของสารประกอบฟีนอลิกคือละลายในน้ำได้เล็กน้อยสามารถละลายได้ดีในสารละลายอินทรีย์ โดยทั่วไปสารประกอบฟีนอลิกถูกแบ่งกว้างๆได้ 5 ประเภท ได้แก่ กรดฟีนอลิก (phenolic acids) สารประกอบจำพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid) สติลเบนส์ (stilbens) คูมารินส์ (coumarins) แทนนินส์ (tannins) สารประกอบฟีนอลิก มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวน ที่เป็นอนุพันธ์ของเบนซีน มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH-group) อย่างน้อยหนึ่งหมู่ต่ออยู่ สารฟีนอลิกพื้นฐาน คือฟีนอล (phenol) ประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่ Liu (2004) การศึกษาของ Kong and Lee อธิบายว่าส่วนของรำข้าวพบสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด รองลงมาคือข้าวกล้องและมีปริมาณต่ำสุดในข้าวขาว ในพันธุ์ข้าวสีดำ 2 สายพันธุ์ พันธุ์ Heugjinjuby eo มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ในรำข้าว 108 ข้าวกล้อง 18.20 และข้าวขาว 2.73 (มิลลิกรัมแกลลิกแอซิดอิกวาเลนซ์/กรัม) และพันธุ์ Heugkwangnye o มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ในรำข้าว 89.20 ข้าวกล้อง 13.30 และ ข้าวขาว 1.73

(มิลลิกรัมแคลลิกแอซิดอิกควาเลนซ์/กรัม) อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์หาสารประกอบอินทรีย์ทั้งหมดนี้ไม่สามารถระบุได้ว่าเป็นสารประกอบกลุ่มใด

4.3.1 สมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลของคุณสมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดมะรุม ตรวจวัดโดยวิธี differential calorimetry scanning (DSC) ศึกษาในช่วงอุณหภูมิ -70 ถึง 70 องศาเซลเซียส (5 องศาเซลเซียส/ นาที) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์เชิงความร้อนที่สะดวกและรวดเร็ว ซึ่งนำมาใช้ในการกำหนดหาลักษณะอุณหภูมิของน้ำมันในขณะเกิดการเปลี่ยนสถานะ การเปลี่ยนสถานะที่อุณหภูมิสูงสุดคือการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวซึ่งสัมพันธ์กับการหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ การเปลี่ยนสถานะนี้ช่วยให้แนวทางในการเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานและการเก็บรักษา การเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อน ของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีแตกต่าง (ดังตารางที่ 4.4) พบว่าจุดเริ่มต้นการเกิดจุดหลอมเหลว (onset temperature; T_o) มีค่าอยู่ในช่วง -22.2, -23.6, -24.9 องศาเซลเซียสของวิธีการสกัด CSP, SE และวิธี CSE ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าวิธีการสกัดที่แตกต่างไม่มีผลต่อการเริ่มต้นการเกิดจุดหลอมเหลว ขณะที่ค่าอุณหภูมิที่เกิดการหลอมเหลวสูงสุด (peak temperature; T_p) พบในวิธี CSP ที่อุณหภูมิ -3.3 องศาเซลเซียสในขณะที่วิธี SE ที่อุณหภูมิ -3.2 องศาเซลเซียส และวิธี CSE ที่อุณหภูมิ -2.5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้การศึกษาจุดหลอมเหลวของน้ำมันที่สกัดได้ในช่วงอุณหภูมิ -2.5 ถึง -3.6 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิสุดท้ายที่เกิดจุดหลอมเหลว (conclusion temperature; T_c) ของวิธี SE อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 1.7 องศาเซลเซียส วิธี CSE อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 2.2 องศาเซลเซียสและวิธี CSP อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 2.7 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.2)

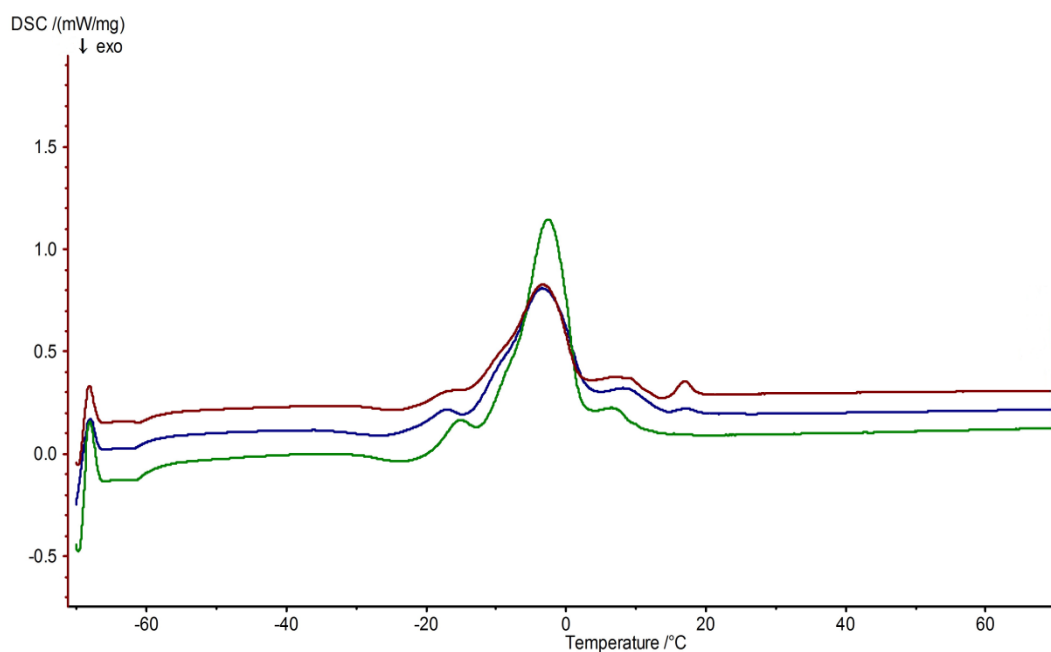
ตารางที่ 4.4 สมบัติทางความร้อนของน้ำมันเมล็ดมะรุม

วิธีการสกัด	T_o	T_p	T_c	T_{cr}
CSP	-22.2	-3.3	2.7	-42.6
SE	-23.6	-3.2	1.7	-40.9
CSE	-24.9	-2.5	2.2	-40.8

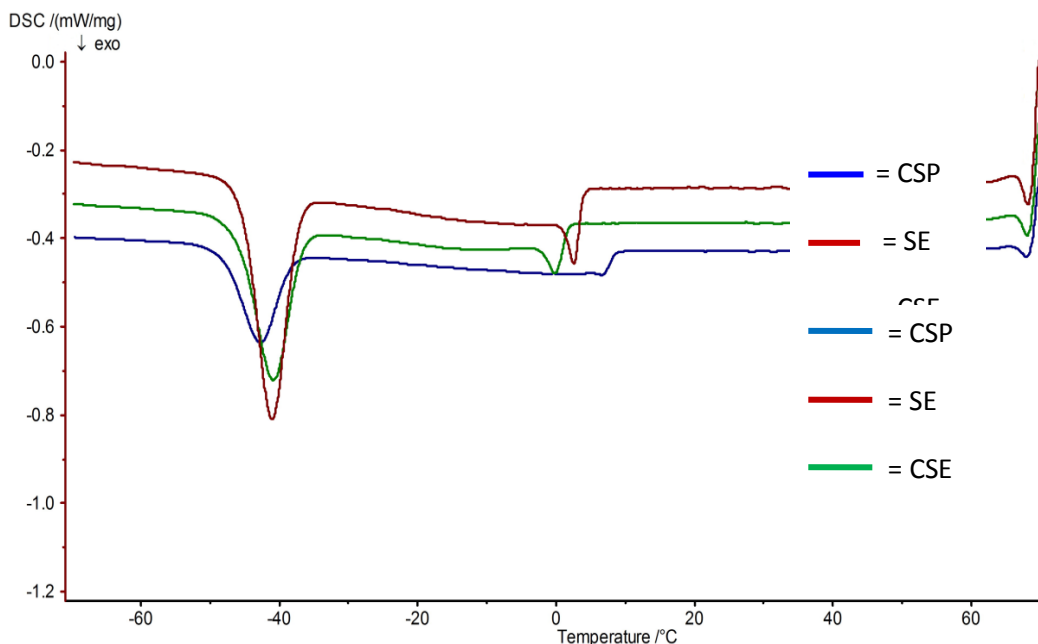
หมายเหตุ T_o = onset temp., T_p = peak temp., T_c = conclusion temp., T_{cr} = crystallized temp.

ในลักษณะการคายพลังงานของการตกผลึก (ภาพที่ 4.3) ของน้ำมันที่สกัดได้จากวิธีการแตกต่างกัน ซึ่งกราฟที่ได้ของน้ำมันแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกัน และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันโดยที่การตกผลึกของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธี CSP, SE และวิธี CSE ตกผลึกที่อุณหภูมิ -42.6, -40.9 และ -40.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งจากงานวิจัยของ Abdulkarim และคณะ (2004) รายงานว่าพฤติกรรมของจุดหลอมเหลวและตกผลึกของน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดด้วยสารละลายเฮกเซน พบว่า จุดหลอมเหลวเริ่มต้น (onset temperature; T_o) ที่อุณหภูมิ -12.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิหลอมเหลวสูงสุด (peak temperature; T_p) ที่อุณหภูมิ -4.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสุดท้ายการหลอมเหลว (conclusion temperature; T_c) ที่อุณหภูมิ 3.4 องศาเซลเซียส และผลึกของน้ำมันตกผลึกที่อุณหภูมิ -38.1 องศาเซลเซียสและน้ำมันเมล็ดมะรุมสกัดด้วยเอโนไซม์ พบว่า จุดหลอมเหลวเริ่มต้น (onset temperature; T_o) ที่อุณหภูมิ -17.3 องศาเซลเซียส (peak temperature; T_p) ที่อุณหภูมิ -4.4 องศาเซลเซียส (conclusion temperature; T_c) ที่อุณหภูมิ 1.4 องศาเซลเซียสและผลึกของน้ำมันตกผลึกที่อุณหภูมิ -37.5 องศา

เซลเซียส เมทเลอร์- โทเลโด (ประเทศไทย) รายงานว่าน้ำมันพืชได้มาจากส่วนต่างๆ ของพืชนั้น โดยนำมาผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ ส่งผลให้น้ำมันที่ได้นั้นจะมีไตรกลีเซอไรด์ โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิปิด สเตอรอยด์ วิตามิน สารประกอบฟีนอลิก ฯลฯ แตกต่างกันไปด้วย คุณสมบัติการตกผลึกของน้ำมันพืชขึ้นอยู่กับองค์ประกอบแต่ละชนิดโดยเฉพาะชนิดและปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัว ข้อมูลของอุณหภูมิในการตกผลึกนี้จะช่วยในการระบุชนิดของน้ำมันและควบคุมกระบวนการกลั่นอย่างมีประสิทธิภาพ ยิ่งไปกว่านั้นยังช่วยให้ทราบถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิต หรือเก็บรักษา เพื่อไม่ให้น้ำมันเปลี่ยนสภาพและตกผลึกเป็นไขมัน ตามรายงานของ Chiavaro และคณะ (2008) ศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่อง DSC ตรวจสอบ น้ำมันเฮเซลนัทในการกลั่นน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ พบว่าผลึกของน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ตกผลึกที่อุณหภูมิ -38 องศาเซลเซียสและน้ำมันเฮเซลนัทตกผลึกที่อุณหภูมิ -37 องศาเซลเซียส เมื่อนำน้ำมันเฮเซลนัทมาผสมลงในน้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ทำให้จุดเริ่มต้นในการตกผลึกเปลี่ยนไปด้วย อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาแสดงว่าอุณหภูมิจุดหลอมเหลวและอุณหภูมิตกผลึกใช้เป็นบรรทัดฐานในการแยกชนิดของน้ำมัน การที่น้ำมันมีจุดหลอมเหลวและการตกผลึกต่างก็นั้นก็ขึ้นอยู่กับ จำนวนคาร์บอนอะตอม (C) ของน้ำมันแต่ละชนิดนอกจากนี้สามารถใช้จำแนกความแตกต่างของตัวอย่างชนิดน้ำมันแต่ละชนิด ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีต่างกันออกไป เพื่อเป็นประโยชน์การนำน้ำมันไปใช้ในการแยกส่วน หรือทำผลิตภัณฑ์ต่างๆต่อไป



ภาพที่ 4.2 เทอร์โมแกรมคุณสมบัติทางความร้อนการเกิดจุดหลอมเหลวของน้ำมันเมล็ดมะรุม



ภาพที่ 4.3 เทอร์โมแกรมคุณสมบัติทางความร้อนการตกผลึกของน้ำมันเมล็ดมะรุม

4.3.2 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมะรุม ที่สกัดด้วยวิธีแตกต่างกันพบว่า องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมะรุมที่สกัดจากวิธีแตกต่างกันโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4.5) ยกเว้นแต่กรดโอเลอิก (oleic acid C18:1) และกรดบีฮีนิก (behenic acid C22:0) มีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวได้ว่าวิธีการสกัดน้ำมันด้วยวิธีแตกต่างกันนั้นไม่ส่งผลต่อความแตกต่างอย่างชัดเจนมากนักของกรดไขมันที่ได้ ถึงแม้จะมีความแตกต่างกันก็ตาม แต่ไม่แสดงถึงความโดดเด่น

กรดไขมัน เป็นกรดอินทรีย์ที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน กรดไขมันที่พบทั้งหมดประกอบไปด้วย ตามประเภทของกรดไขมัน แบ่งตามโครงสร้างได้ 2 ชนิด ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ประเภทของกรดไขมันไม่อิ่มตัวแบ่งเป็น monounsaturated fatty acid และ polyunsaturated fatty acid จากตารางที่ 4.5 กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่พบมากสุดในน้ำมันเมล็ดมะรุมได้แก่ กรดบีฮีนิก (behenic acid C22 : 0) รองลงมาคือกรดสเตียริก (stearic acid C18:0) และกรดปาล์มิติก (palmitic acid C16:0) ซึ่งกรดทั้งสองชนิดนี้พบในปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนในกรดไขมันชนิดอื่นๆพบเพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ประเภท monounsaturated fatty acid พบปริมาณกรดโอเลอิกสูงสุด (oleic acid C18:1) และพบกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวชนิด polyunsaturated fatty acid เพียงปริมาณน้อยเท่านั้น การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมะรุมนี้ สามารถบ่งบอกได้ว่าน้ำมันเมล็ดมะรุมนั้นมีกรดโอเลอิก เป็นองค์ประกอบสูงสุด โดยที่การสกัดด้วยการใช้สารละลายวิธี CSE พบสูงกว่า วิธี SE และวิธี CSP เล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abdulkarim และคณะ (2004) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของน้ำมันเมล็ดมะรุมโดยใช้สารละลายและเอนไซม์ในการสกัด ซึ่งพบว่าการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันนั้นปรากฏว่ากรดโอเลอิก (oleic acid C18:1) เป็นองค์ประกอบสูงสุดเช่นเดียวกันและยังรายงานว่าการสกัดด้วยวิธีเอนไซม์พบว่ามีกรดโอเลอิก (oleic acid

C18:1) สูงกว่าการสกัดด้วยวิธีการใช้สารละลายอินทรีย์คือมีปริมาณกรดโอเลอิกร้อยละ 70.0 และ 67.9 ตามลำดับ กรดโอเลอิก(oleic acid C18:1) มีปริมาณสูงสามารถทนต่อความร้อนสูงเหมาะสำหรับใช้ปรุงอาหารประเภททอดหรือผัดที่ใช้เวลานานๆ เนื่องจากการมีความคงตัวสูง และ Nzikou และคณะ (2009) ศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเมล็ดมะรุมสายพันธุ์ *Congo – Brazzaville* ที่สกัดด้วยการใช้สารละลาย พบมีปริมาณกรดโอเลอิก (oleic acid C18:1) สูงถึงร้อยละ 74.93 กรดปาล์มมิติก (C16:0) ร้อยละ 6.24 และ กรดปีอีอิก (C22:0) ปริมาณร้อยละ 5.33

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดมะรุม

กรดไขมัน	วิธีการสกัดน้ำมันเมล็ดมะรุม ปริมาณกรดไขมัน (ร้อยละของไขมันทั้งหมด)		
	CSP	SE	CSE
Saturated fatty acid			
C14:0	0.11±0.00 ^b	0.10±0.00 ^a	0.09±0.00 ^a
C16:0	5.62±0.02 ^b	5.63±0.06 ^b	5.36±0.04 ^a
C17:0	0.08±0.00 ^a	0.08±0.00 ^a	0.08±0.00 ^a
C18:0	5.60±0.00 ^b	4.96±0.01 ^a	4.93±0.01 ^a
C20:0	3.74±0.02 ^b	3.29±0.00 ^a	3.29±0.00 ^a
C22:0	7.07±0.08 ^c	6.42±0.01 ^b	6.21±0.01 ^a
C24:0	1.12±0.00 ^c	1.08±0.00 ^b	1.05±0.01 ^a
Monounsaturated fatty acid			
C16:1	1.19±0.00 ^b	1.05±0.01 ^a	1.07±0.00 ^a
C18:1	72.24±0.08 ^a	74.46±0.25 ^b	75.00±0.08 ^c
C20:1	2.14±0.00 ^a	1.97±0.30 ^a	1.20±0.14 ^a
C22:1	0.09±0.00 ^c	0.07±0.00 ^a	0.08±0.00 ^b
Polyunsaturated fatty acid			
C18:2	0.76±0.00 ^b	0.71±0.00 ^a	0.70±0.00 ^a
C18:3	0.17±0.00 ^a	0.17±0.07 ^a	0.10±0.00 ^a
C20:4	0.06±0.00 ^a	0.06±0.00 ^a	0.09±0.00 ^b

^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

Shahidi (2005) รายงานว่า กรดโอเลอิก ยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพในเรื่องการลดปริมาณโคเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอล (LDL) ที่ไม่ต้องการในเลือดได้ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่นได้แก่ น้ำมันคาโนลา น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม พบว่าน้ำมันเมล็ดมะรุมมีกรดโอเลอิกสูงเช่นเดียวกัน ผลจากการศึกษาความคงตัวระหว่างการทอดแบบน้ำมันท่วมของน้ำมันเมล็ดมะรุมเปรียบเทียบกับน้ำมันพืชอื่นคือ น้ำมันคาโนลา (CLO) น้ำมันถั่วเหลือง (SBO) และน้ำมันปาล์ม (PO) น้ำมันมะรุม (MoO) มีปริมาณของกรดโอเลอิกสูงถึงร้อยละ 74.5 ของน้ำมันทั้งหมด ในขณะที่กรดโอเลอิก (C18 :1) ในน้ำมันคาโนลา (CLO) น้ำมันถั่วเหลือง (SBO) และน้ำมันปาล์ม (PO) (ร้อยละ 45.6, 57.4 และ 24.8) ตามลำดับ ตามรายงานของ Abdulkarim และคณะ (2007) น้ำมันเมล็ดมะรุมมีปริมาณกรดโอเลอิกมากเช่นเดียวกับน้ำมันมะกอก

(olive oil) และตามรายงานของ Frank D. Gunstone (2004) พบว่าน้ำมันมะกอกอุดมไปด้วยกรดโอเลอิก ร้อยละ 78 กรดโอเลอิก มีชื่อทางเคมีว่า octadecenoic acid เป็นกรดไขมัน (fatty acid) ประเภทกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) มีจำนวนคาร์บอน 18 อะตอม มีพันธะคู่ (double bond) 1 พันธะ ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 (ω -9) จัดเป็น monounsaturated fatty acid เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลตำแหน่งที่ 9 และมีการเรียงตัวเป็น cis - configuration (นิธิยา รัตนพานนท์, 2548) และงานวิจัยของ Chiavaro และคณะ (2008) ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันของ น้ำมันมะกอกทางการค้า พบมีปริมาณกรดไขมันแตกต่างกัน ดังนี้ น้ำมันมะกอกบริสุทธิ์ (extra virgin olive oil) น้ำมันมะกอก (olive oil) น้ำมันมะกอกกลั่น (refined olive oil) กากน้ำมันมะกอก (olive-pomace oil) และ กากน้ำมันมะกอกกลั่น (refined olive-pomace oil) มีปริมาณกรดโอเลอิกร้อยละ 74.1, 75.2, 74.4, 71.8 และ 72.4 ตามลำดับ กรดปาล์มมีติกร้อยละ 11.8, 10.4, 10.9, 10.8 และ 9.9 ตามลำดับ และกรดลิโนเลอิกร้อยละ 6.9, 8.3, 8.4, 8.8 และ 9.0 ตามลำดับ

4.3.3 ปริมาณทั้งหมดของโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลในน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลของโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลในน้ำมันเมล็ดมะรุม แสดงดังตารางที่ 4.6 ปริมาณทั้งหมดของสารสองกลุ่มนี้ถูกเรียกรวมๆว่า “วิตามินอี หรือ โทคอลส์ (Tocols)” โดยการศึกษาพบโทโคฟีรอลมากกว่ากลุ่มโทโคไตรอีนอล ซึ่งกลุ่มโทโคไตรอีนอลนี้พบเพียงโครงสร้างที่เป็นรูปฟอร์มแบบแอลฟา (α -tocotrienols) เท่านั้น และพบการสกัดด้วยวิธี CSP สูงสุดคือ 41.11 (มก./กก.) การที่มีปริมาณต่างกัน ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและกระบวนการกำจัดกัมด้วย โทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลเป็นวิตามินที่ละลายในไขมันชนิดหนึ่ง วิตามินที่บริสุทธิ์จะมีสีเหลืองอ่อนค่อนข้างเหนียวเหมือนน้ำมัน สามารถละลายได้ในไขมันและตัวทำละลายไขมัน ทนความร้อนได้สูงถึง 200 องศาเซลเซียส ทนต่อกรด แต่ถูกทำลายได้ง่ายในด่าง แสงอัลตราไวโอเลต ออกซิเดชัน หรือในน้ำมันเหม็นหืน (rancidity) หรือมีโลหะ เช่น เหล็ก และทองแดงอยู่ด้วย (อนุชิต มุ่งงาม, 2555) ปริมาณโทโคฟีรอลที่พบมีทั้งหมด 4 ฟอร์ม ฟอร์มที่พบมากที่สุดตามลำดับคือ γ , α , δ และ β ปริมาณโทโคฟีรอลทั้งหมดพบว่าการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าสูงกว่าทั้งสองวิธีการ ทั้งนี้เป็นผลมาจากกระบวนการสกัดน้ำมัน เนื่องจากวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์สามารถทำลายสารกลุ่มโทคอลส์ (Tocols) ออกไปด้วย จึงทำให้มีปริมาณโทคอลส์ (Tocols) ต่ำกว่าวิธีการสกัดด้วย CSP และกระบวนการกำจัดกัมของน้ำมัน มีผลทำให้ปริมาณกลุ่ม โทคอลส์ (Tocols) ลดลง

ตารางที่ 4.6 ปริมาณของโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลในน้ำมันเมล็ดมะรุม

วิธีการสกัด	วิตามินอี (มก./กก.)								รวม
	กลุ่ม Tocopherols				กลุ่ม Tocotrienols				
	α	β	γ	δ	α	β	γ	δ	
CSP	66.49	2.73	81.13	42.83	41.11	-	-	-	234.37
SE	33.55	0.26	105.31	46.48	25.11	-	-	-	210.73
CSE	28.66	-	98.30	41.28	14.22	-	-	-	183.30

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Anwar and Bhanger (2003) ที่รายงานว่ากระบวนการกำจัดกัมของน้ำมันส่งผลต่อการลดลงของปริมาณวิตามินอี ซึ่งก่อนการกำจัดกัมมีปริมาณวิตามินอีในฟอร์ม α -โทโคฟีรอลสูงถึง 134.42 γ -โทโคฟีรอล 93.70 และ δ -โทโคฟีรอล 48.0 หลังกำจัดกัม มีปริมาณวิตามินอีในฟอร์ม α -โทโคฟีรอล 110.00 γ -โทโคฟีรอล 81.63 และ δ -โทโคฟีรอล 41.00 (มก./กก.) ตามลำดับ

Packer และคณะ (2001) รายงานว่าโทโคไตรอีนอลในบางฟอร์มสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันและมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าโทโคฟีรอล เพราะนอกจากสามารถให้ไฮโดรเจนในหมู่ไฮดรอกซิลได้ดีกว่า ยังมีส่วนของพันธะคู่ที่โซ่ข้างช่วยในการตรึงอนุมูลอิสระและออกซิเจน เช่น α -โทโคไตรอีนอล มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระได้มากกว่า α -โทโคฟีรอล แต่ในขณะที่ α -โทโคฟีรอล มีบทบาทสำคัญเมื่ออยู่ในร่างกาย ช่วยขัดขวางการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลและสามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลประเภท LDL ในเลือด และช่วยเซลล์ไม่ให้ถูกทำลายโดยอนุมูลอิสระเสรี หรือ free radicals นอกจากนี้ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระประเภทวิตามิน เบต้า-แคโรทีน (β -carotene) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) รวมถึงสารประกอบฟีนอลิก เป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ (โอภา วัชรคุปต์, 2549) ในน้ำมันรำข้าวมีปริมาณโทโคฟีรอลและโทโคไตรอีนอลสูงสุด 300 (มก./กก.)

4.4 สมบัติความคงตัวของน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลการศึกษาสมบัติความคงตัวของน้ำมันเมล็ดมะรุม (ตารางที่ 4.7) พบว่าการศึกษาสมบัติความคงตัวของน้ำมันด้วยการวิเคราะห์ความหืนของน้ำมันโดยเร่งให้เกิดการปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันโดยการให้ความร้อนและอากาศเข้าไปในตัวอย่างน้ำมันด้วยเครื่อง rancimat กำหนดอากาศไหลผ่านอัตราการไหลและอุณหภูมิคงที่ โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และอัตราการให้อากาศ 20 ลิตร/ชั่วโมง เพื่อทำให้เกิดการแตกตัวของไขมันและเกิดสารประกอบในรูป volatile acids ที่เป็นผลจากออกซิเดชัน สารประกอบดังกล่าวจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น พบว่าการเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน oil stability index (OSI) ของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีแตกต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้วยวิธีการสกัดน้ำมันที่ต่างกัน พบว่าการสกัดด้วยวิธี CSE มีความคงตัวสูงกว่าวิธีการของ SE และ CSP ทั้งนี้การกำจัดกัม (degumming) มีผลทำให้ความคงตัวของน้ำมันเพิ่มขึ้น กระบวนการกำจัดกัมในวิธีการศึกษานี้ใช้น้ำเป็นตัวกำจัดกัม (water degumming) เป็นการกำจัดสารจำพวกฟอสฟาไทด์ และสารที่มีลักษณะใกล้เคียง โดยให้ละลายมาอยู่ในน้ำ ตกตะกอนด้วยการเหวี่ยง (centrifuge) (พอใจ ถามากร, 2554) แต่ผลการศึกษาของ Anwar and Bhanger (2003) รายงานว่า ระยะเวลาการเหวี่ยงของน้ำมันลดลงหลังจากการกำจัดกัมร้อยละ 14 ผลมาจากการบวนการกำจัดกัม เนื่องจากก่อนการกำจัดกัม มีความเสถียรภาพต่อออกซิเดชัน (oxidative stability) 9.99 ชั่วโมง หลังกำจัดกัม 8.63 ชั่วโมง ที่อัตราการไหลผ่านของอากาศและอุณหภูมิคงที่ 20 ลิตร/ชั่วโมง อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง rancimat ของน้ำมันเมล็ดมะรุมพันธุ์ที่ปลูก ในภูมิภาคเขตร้อนของประเทศปากีสถาน

นอกจากนี้กระบวนการสกัดน้ำมันที่มีความแตกต่างกันส่งผลต่อชนิดขององค์ประกอบของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอล ชนิดของกรดไขมันเหล่านี้จะเป็นตัวชี้บ่งความคงตัวของน้ำมัน (นิธิยา รัตนานนท์, 2548) สอดคล้องกับการรายงานก่อนหน้านี้ (ตารางที่ 4.5) ได้อธิบายถึงกรดโอเลอิกที่พบในปริมาณมากในวิธีการสกัดด้วยวิธี CSE

ตารางที่ 4.7 ความคงตัวของน้ำมันเมล็ดมะรุม

วิธีการสกัด	ความคงตัวของน้ำมัน (ชม.)
CSP	25.90±3.68 ^a
SE	42.70±1.33 ^b
CSE	47.37±0.52 ^c

^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันเมล็ดมะรุม

ผลการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ของน้ำมันเมล็ดมะรุม (ตารางที่ 4.8) พบว่าการสกัดด้วยวิธี CSE มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) สูงสุด แสดงว่าน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีนี้มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดีกว่าสองวิธีการและการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าการต้านอนุมูลอิสระต่ำสุดซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (FRAP) ซึ่งการสกัดด้วยวิธี CSE มีค่าการรีดิวซ์เฟอร์ริกสูงสุด และการสกัดด้วยวิธี CSP มีค่าการรีดิวซ์เฟอร์ริกต่ำสุด วิธีการสกัดน้ำมันที่แตกต่างกันนี้ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชันของน้ำมัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การสกัดด้วยวิธี CSP มีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกต่ำสุด เป็นเหตุมาจากกระบวนการผลิตน้ำมัน เนื่องจากการบีบอัดโดยใช้สกรูซึ่งมีเหล็กเป็นองค์ประกอบ อาจมีการปนเปื้อนร่วมด้วยการใช้ความร้อนในการบีบอัดจึงทำให้น้ำมันออกจากเมล็ด เหล็กเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันถึงแม้มีปริมาณเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 4.8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันเมล็ดมะรุม

วิธี	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ไมโครกรัมอิกลิวาเลนซ์ trolox/มล.)		
วิเคราะห์	วิธีการสกัด		
	CSP	SE	CSE
DPPH	82.84±0.83 ^a	88.56±0.29 ^b	120.71±0.29 ^c
FRAP	22.18±0.22 ^a	27.95±1.38 ^b	35.87±1.14 ^c

^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)