บทที่ 3

ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะหาสภาวะการคั่วเมล็ดงาโดยหาอุณหภูมิและเวลาการคั่วเมล็ดงาที่เหมาะสมก่อนนำเมล็ดงาไปบีบสกัดน้ำมัน โดยศึกษาผลของการคั่วเมล็ดงาด้วยลมร้อนเป่า (turbo roasting) ที่อุณหภูมิ 150 ,175 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 , 10 , 15 , และ 20 นาที ต่อปริมาณ คุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงาตัวอย่างที่บีบสกัดได้ พร้อมทั้งศึกษาวิธีการบีบสกัดน้ำมันจากเมล็ดงาภายหลังการคั่ว

3.1 องค์ประกอบของเมล็ดงา

ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 องค์ประกอบของเมล็ดงาจะแตกต่างกันไปตามชนิด พันธุ์ และแหล่งที่ปลูกเมล็ดงาดังนั้นเมล็ดงาที่นำมาใช้ในการทดลองจึงถูกนำไปทำความสะอาดและวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีอยู่ในเมล็ด ได้ผลดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบของเมล็ดงาที่ใช้ในการทดลอง

องค์ประกอบ (%)	เมล็ดงาขัดขาว	เมล็ดงาดำเกษตร
ความชื้น	3.66 ± 0.07	4.48 ± 0.03
ไขมัน	56.86 ± 0.62	50.56 ± 0.96
โปรตีน	21.59 ± 0.38	20.50 ± 0.38
คาร์โบไฮเดรต	14.83 ± 0.57	19.43 ± 0.61
เถ้า	3.07 ± 0.03	4.48 ± 0.02

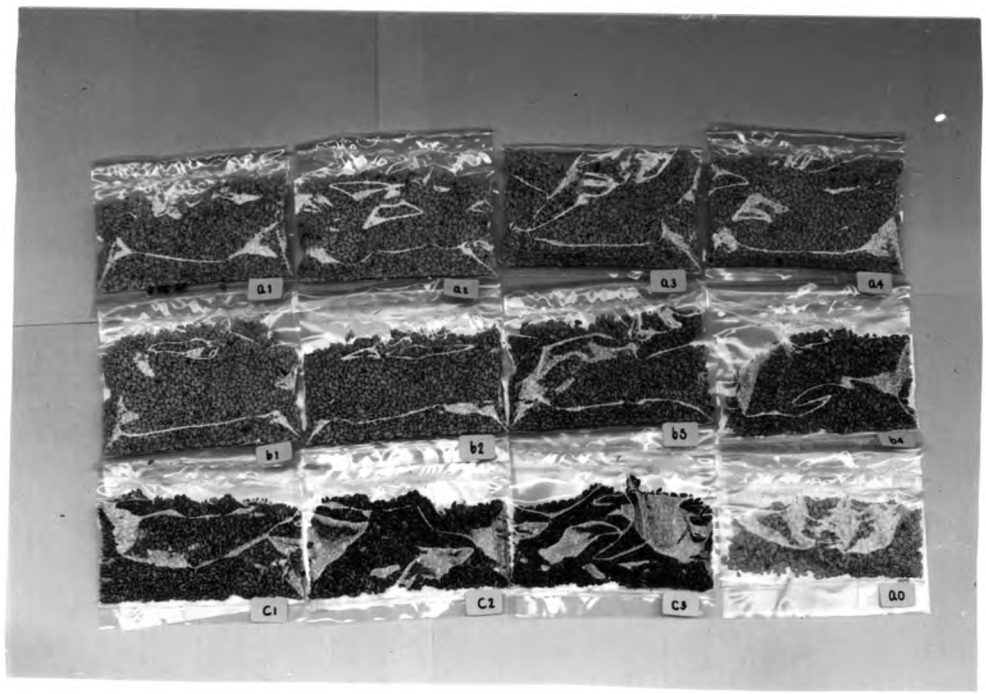
หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่าองค์ประกอบในเมล็ดงาขัดขาวและเมล็ดงาดำเกษตรมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยในองค์ประกอบความชื้น โปรตีน และเถ้า ส่วนไขมันเมล็ดงาขัดขาวมีปริมาณมากกว่า และคาร์โบไฮเดรตเมล็ดงาดำเกษตรมีปริมาณมากกว่าเป็นผลมาจากความแตกต่างของชนิดและพันธุ์ของงา และเมื่อตรวจสอบลักษณะทั่วไปคือกลิ่น และสีของเมล็ดงา พบว่าไม่มีกลิ่นอับ หืน และสีของเมล็ดเป็นไปดังรูปที่ 2.1 และ 2.2 ในบทที่ 2 และปริมาณความชื้น และ ไขมันอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ข้อ 3 ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเมล็ดงา ใน ภาคผนวก ก แสดงว่าเมล็ดงาที่นำมาใช้ในการทดลองทั้งสองชนิดเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเมล็ดงา

3.2 ความสัมพันธ์ของการคั่วเมล็ดงากับปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดงา

เมื่อนำเมล็ดงาทั้งสองชนิดที่ใช้ในการทดลองมาคั่วแบบลมเป่าที่อุณหภูมิและเวลาที่ตั้งไว้ คือ อุณหภูมิ 150 ,175 และ 200 °C กับ เวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที พบว่าหลังการคั่วที่อุณหภูมิสูงและเวลานานขึ้นเมล็ดงาขัดขาวเปลี่ยนจากสีขาวนวลเป็นสีเหลืองน้ำตาลและให้สีน้ำตาลที่เข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดดังรูปที่ 3.1 ส่วนเมล็ดงาดำเกษตรไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีหลังการคั่วได้ ดังรูปที่ 3.2 และการคั่วที่อุณหภูมิ 200 °C เวลา 20 นาทีทำให้เมล็ดงาไหม้

จากรูปที่ 3.1 และ 3.2 ใช้รหัสตัวอย่างแสดงการคั่วดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.1 เมล็ดงาขัดขาวที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

รูปที่ 3.2 เมล็ดงาดำเกษตรที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

ตารางที่ 3.2 รหัสตัวอย่างของเมล็ดงาคั่วที่ใช้ในรูปที่ 3.1 และ 3.2

อุณหภูมิการคั่ว (°C)	เวลาการคั่ว (min)	รหัสตัวอย่าง เมล็ดงาขัดขาว	รหัสตัวอย่าง เมล็ดงาดำเกษตร
150	5	a1	A1
150	10	a2	A2
150	15	a3	A3
150	20	a3	A4
175	5	b1	B1
175	10	b2	B2
175	15	b3	B3
175	20	b4	B4
200	5	c1	C1
200	10	c2	C2
200	15	c3	C3
200	20	ไหม้เกรียม	ไหม้เกรียม

หมายเหตุ ให้ a0 และ A0 เป็นรหัสตัวอย่างของเมล็ดงาขัดขาวที่ไม่ได้คั่ว และเมล็ดงาดำเกษตรที่ไม่ได้คั่วตามลำดับ (blank)

เมื่อนำเมล็ดงาที่ผ่านการคั่วไปบีบสกัดน้ำมันโดยเครื่องบีบอัดน้ำมันแบบไฮดรอลิกได้ผลดังตารางที่ 3.3 และ 3.4

ตารางที่ 3.3 ค่าความหนาแน่นของเมล็ดงาและปริมาณของน้ำมันงาที่บีบสกัดได้จากการทดลองคั่วเมล็ดงาขัดขาวที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ

อุณหภูมิการคั่ว (°C)	เวลาการคั่ว (min)	ความหนาแน่นของเมล็ดงาคั่ว (g / ml)	ปริมาณน้ำมันงา (%w/w) (ค่าเฉลี่ย ± SD)	
			เทียบกับน้ำหนักเมล็ดงาตั้งต้น^{NS}	เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดงา^{NS}
blank	0	0.617	35.59 ± 0.80	63.14 ± 1.40
150	5	0.562	35.29 ± 1.42	62.06 ± 2.50
150	10	0.562	35.81 ± 0.99	62.98 ± 1.73
150	15	0.560	35.33 ± 0.95	62.14 ± 1.68
150	20	0.557	35.10 ± 0.37	61.13 ± 0.64
175	5	0.544	35.26 ± 0.82	62.01 ± 1.44
175	10	0.533	35.37 ± 1.08	62.21 ± 1.91
175	15	0.524	35.14 ± 1.00	61.80 ± 1.76
175	20	0.519	36.04 ± 1.27	63.38 ± 2.23
200	5	0.511	35.86 ± 1.17	63.07 ± 2.01
200	10	0.507	35.57 ± 1.52	62.56 ± 2.67
200	15	0.499	35.94 ± 0.23	63.44 ± 0.40
200	20	-	-	-

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

NS = non significant

ตารางที่ 3.4 ค่าความหนาแน่นของเมล็ดงาและปริมาณของน้ำมันงาที่บีบสกัดได้จากการทดลองคั่วเมล็ดงาดำเกษตรที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ

อุณหภูมิการคั่ว (°C)	เวลาการคั่ว (min)	ความหนาแน่นของเมล็ดงาคั่ว (g / ml)	ปริมาณน้ำมันงา (%w/w) (ค่าเฉลี่ย ± SD)	
			เทียบกับน้ำหนักเมล็ดงาตั้งต้น^{NS}	เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดงา^{NS}
blank	0	0.606	30.54 ± 0.23	60.40 ± 0.46
150	5	0.585	29.97 ± 0.46	59.28 ± 0.90
150	10	0.578	30.84 ± 1.04	61.00 ± 2.06
150	15	0.575	30.93 ± 0.09	61.17 ± 0.17
150	20	0.569	30.72 ± 0.43	60.76 ± 0.86
175	5	0.577	30.46 ± 1.18	60.25 ± 1.88
175	10	0.570	30.53 ± 0.53	60.38 ± 1.05
175	15	0.565	30.60 ± 0.84	60.52 ± 1.66
175	20	0.561	30.36 ± 1.33	60.05 ± 2.34
200	5	0.550	30.78 ± 0.51	60.88 ± 1.00
200	10	0.550	30.51 ± 0.59	60.38 ± 1.16
200	15	0.535	30.37 ± 0.35	60.07 ± 0.69
200	20	-	-	-

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

NS = non significant

จากการนำเมล็ดงาคั่วทั้งสองชนิดมาบีบสกัดน้ำมันด้วยเครื่องบีบอัดแบบไฮดรอลิกพบว่าปริมาณน้ำมันงาที่บีบได้มีปริมาณแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยไม่ว่าจะคั่วที่อุณหภูมิและเวลาใด แสดงว่า อุณหภูมิ และเวลาในการคั่วไม่มีผลหรือมีผลน้อยมากต่อปริมาณน้ำมันงาที่บีบสกัดได้

และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของเมล็ดงาจะเห็นว่าเมื่อใช้วัตถุดิบเป็นเมล็ดงาขัดขาวจะได้ปริมาณน้ำมันเทียบกับน้ำหนักเมล็ดงาตั้งต้นมีค่าเฉลี่ยเฉลี่ย 35.51 ± 0.95 เปอร์เซ็นต์(w/w) ซึ่งมากกว่าของเมล็ดงาดำเกษตรที่มีค่าเฉลี่ย 30.56 ± 0.68 เปอร์เซ็นต์(w/w) ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบไขมันในเมล็ดงาขัดขาวมีมากกว่าในเมล็ดงาดำเกษตรดังแสดงไว้ตารางที่ 3.1 ส่วนปริมาณน้ำมันเทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดงาเมื่อใช้วัตถุดิบเป็นเมล็ดงาขัดขาวมีค่าเฉลี่ย 62.54 ± 1.53 เปอร์เซ็นต์(w/w) มากกว่าของเมล็ดงาดำเกษตรที่มีค่าเฉลี่ย 60.32 ± 1.22 เปอร์เซ็นต์(w/w) ซึ่งปริมาณน้ำมันเทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดงาของเมล็ดงาทั้งสองชนิดควรจะมีค่าเท่ากันหรือต่างกันเล็กน้อยเพราะใช้เครื่องบีบอัดน้ำมันเครื่องเดียวกัน แต่ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดงาดำเกษตรมีลักษณะเมล็ดแข็งกว่าเมล็ดงาขัดขาวจึงน่าจะมีผลต่อเครื่องบีบอัดไฮดรอลิกทำให้บีบน้ำมันได้น้อยลงเล็กน้อย

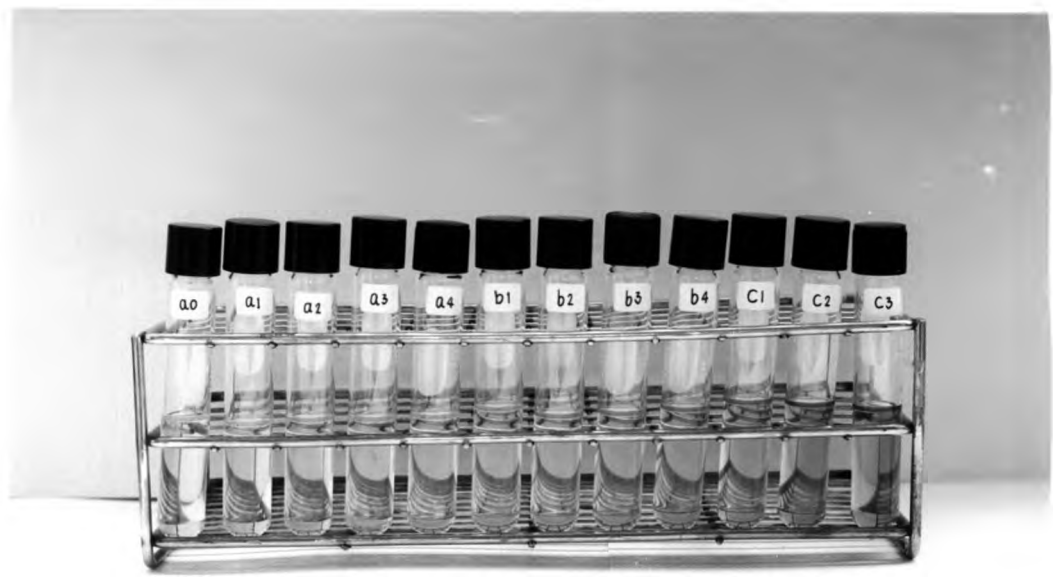
นอกจากนี้เมื่อสังเกตลักษณะน้ำมันทั้งจากเมล็ดงาขัดขาวและเมล็ดงาดำเกษตรที่บีบออกมาจะเห็นฟองอากาศเกิดขึ้นขณะบีบน้ำมันจากเมล็ดงาที่คั่วที่อุณหภูมิสูงขึ้นและเวลานานขึ้น จึงนำเมล็ดงาที่คั่วแล้วมาวัดค่าความหนาแน่นโดยนำเมล็ดงาคั่วไปชั่งให้ได้ 100 กรัม แล้วนำมาเทใส่กระบอกตวงอ่านค่าปริมาตร คำนวณหาค่าความหนาแน่นได้ผลดังตารางที่ 3.3 และ 3.4 ซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นและเวลานานขึ้น ค่าความหนาแน่นจะลดลงหรือกล่าวได้ว่า ค่า pulf density ลดลง หรือภายในเมล็ดมีช่องว่างมากขึ้น ทำให้เวลานำเมล็ดมาบีบน้ำมันจะเกิดฟองอากาศ

น้ำมันงาตัวอย่างทั้งหมดที่บีบสกัดได้เป็นน้ำมันธรรมชาติ (virgin oil or crude oil) ตามบทนิยามในมาตรฐานอุตสาหกรรมน้ำมันและไขมันบริโภค (ภาคผนวก ก) ถูกนำมาเก็บไว้ในขวดเพื่อรอวิเคราะห์

3.3 คุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงาตัวอย่างที่บีบอัดได้

3.3.1 ค่าสีของน้ำมันงาตัวอย่าง

น้ำมันงาตัวอย่างที่บีบสกัดได้จากเมล็ดงาคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ มีสีดังรูปที่ 3.3 และ 3.4 โดยใช้เลขรหัสตัวอย่างเดียวกันกับตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.3 น้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

รูปที่ 3.4 น้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

เมื่อนำตัวอย่างน้ำมันงามาวัดด้วยเครื่องวัดสีใช้ mode hunter lab (HLab) ซึ่งวัดค่าสี 3 ค่าคือ HL-value แทน ความสว่าง (brightness) , a-value แทน ค่าสีแดง (redness) และ b-value แทน ค่าสีเหลือง (yellowness) ได้ค่าสีของน้ำมันตัวอย่างดังตารางที่ 3.5 และ 3.6

ตารางที่ 3.5 ค่าสีของน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

อุณหภูมิการคั่ว (°C)	เวลาการคั่ว (min)	ค่าสีของน้ำมัน (ค่าเฉลี่ย ± SD)		
		HL-value	a-value	b-value
blank	0	99.27 ± 0.18	-4.76 ± 0.04	16.71 ± 0.05
150	5	98.82 ± 0.18	-4.63 ± 0.04	17.83 ± 0.55
150	10	98.27 ± 0.23	-4.61 ± 0.02	17.50 ± 0.09
150	15	98.15 ± 0.18	-4.56 ± 0.12	17.90 ± 0.21
150	20	97.89 ± 0.14	-4.64 ± 0.12	17.75 ± 0.27
175	5	97.57 ± 0.21	-4.86 ± 0.06	20.29 ± 0.12
175	10	94.53 ± 0.41	-4.71 ± 0.05	25.02 ± 0.41
175	15	91.62 ± 0.37	-4.27 ± 0.23	29.32 ± 0.23
175	20	90.05 ± 0.05	-3.66 ± 0.08	31.64 ± 0.11
200	5	88.59 ± 0.15	-3.57 ± 0.22	34.88 ± 0.41
200	10	81.11 ± 0.14	0.62 ± 0.13	40.79 ± 0.07
200	15	73.38 ± 0.51	2.52 ± 0.26	42.21 ± 0.04

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ตารางที่ 3.6 ค่าสีของน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

อุณหภูมิการคั่ว (°C)	เวลาการคั่ว (min)	ค่าสีของน้ำมัน (ค่าเฉลี่ย ± SD)		
		HL-value	a-value	b-value
blank	0	97.87 ± 0.03	-5.07 ± 0.05	22.00 ± 0.01
150	5	93.28 ± 0.19	-4.50 ± 0.05	25.37 ± 0.00
150	10	92.76 ± 0.58	-4.43 ± 0.13	26.83 ± 0.32
150	15	91.27 ± 0.07	-3.91 ± 0.23	28.77 ± 0.03
150	20	91.06 ± 0.06	-4.03 ± 0.03	28.58 ± 0.03
175	5	89.98 ± 0.50	-4.00 ± 0.10	29.38 ± 0.20
175	10	87.02 ± 0.14	-3.03 ± 0.03	31.82 ± 0.35
175	15	83.95 ± 0.72	-1.77 ± 0.20	34.36 ± 0.30
175	20	81.44 ± 0.28	-0.61 ± 0.12	36.30 ± 0.30
200	5	80.50 ± 0.62	0.94 ± 0.33	39.62 ± 0.14
200	10	73.01 ± 0.58	6.66 ± 0.37	41.65 ± 0.16
200	15	69.67 ± 0.53	9.97 ± 0.20	41.97 ± 0.23

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

จากค่าสีในตารางที่ 3.5 และ 3.6 พบว่าให้แนวโน้มที่เหมือนกันคือ ที่อุณหภูมิการคั่วเมล็ดงาสูงขึ้นและเวลานานขึ้นจะทำให้ brightness ลดลง ส่วน redness และ yellowness เพิ่มมากขึ้น นั่นคือ น้ำมันงามีสีเปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อน (blank) เป็นสีเหลืองเข้มจนถึงน้ำตาลแดงซึ่งสอดคล้องกับรูป 3.4 และ 3.5 และ สีของน้ำมันจากเมล็ดงาดำเกษตรคั่วจะสีเข้มกว่าน้ำมันจากเมล็ดงาขัดขาวคั่ว

3.3.2 ค่าคงที่ของน้ำมันงาตัวอย่าง

ค่าคงที่ของน้ำมันที่วัดมี acid value ,saponification value , iodine value และ peroxide value ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 3.7 และ 3.8

ตารางที่ 3.7 ค่าคงที่ต่างๆ ของน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

อุณหภูมิการคั่ว (°C)	เวลาการคั่ว (min)	ค่าคงที่ของน้ำมัน (ค่าเฉลี่ย ± SD)			
		acid value	saponification value	iodine value	peroxide value
blank	0	1.78 ± 0.04	186.86 ± 0.05	109.42 ± 0.10	2.41 ± 0.04
150	5	1.91 ± 0.04	187.62 ± 0.17	108.56 ± 0.00	3.59 ± 0.02
150	10	2.02 ± 0.02	187.65 ± 0.04	108.46 ± 0.00	3.60 ± 0.02
150	15	2.02 ± 0.01	188.02 ± 0.06	108.24 ± 0.05	3.87 ± 0.04
150	20	2.15 ± 0.08	188.32 ± 0.06	108.23 ± 0.03	3.92 ± 0.06
175	5	2.36 ± 0.15	188.29 ± 0.06	108.41 ± 0.03	3.85 ± 0.03
175	10	2.81 ± 0.06	189.01 ± 0.04	108.10 ± 0.09	4.02 ± 0.05
175	15	3.14 ± 0.00	189.93 ± 0.03	107.85 ± 0.04	4.12 ± 0.07
175	20	3.71 ± 0.10	190.76 ± 0.14	107.91 ± 0.03	4.87 ± 0.02
200	5	3.25 ± 0.05	190.54 ± 0.03	107.98 ± 0.07	4.28 ± 0.03
200	10	3.93 ± 0.05	191.86 ± 0.05	107.88 ± 0.04	4.98 ± 0.08
200	15	4.08 ± 0.10	192.41 ± 0.10	107.72 ± 0.01	5.45 ± 0.10

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ตารางที่ 3.8 ค่าคงที่ต่างๆ ของน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

อุณหภูมิการคั่ว (°C)	เวลาการคั่ว (min)	ค่าคงที่ของน้ำมัน (ค่าเฉลี่ย ± SD)			
		acid value	saponification value	iodine value	peroxide value
blank	0	1.80 ± 0.05	186.51 ± 0.10	110.02 ± 0.06	2.52 ± 0.07
150	5	1.91 ± 0.00	186.57 ± 0.02	109.05 ± 0.30	3.87 ± 0.05
150	10	1.99 ± 0.07	187.97 ± 0.51	109.12 ± 0.05	3.95 ± 0.08
150	15	2.24 ± 0.05	189.02 ± 0.05	108.81 ± 0.00	3.95 ± 0.01
150	20	2.34 ± 0.05	189.37 ± 0.09	108.56 ± 0.00	3.95 ± 0.02
175	5	2.36 ± 0.09	189.38 ± 0.01	108.56 ± 0.23	3.90 ± 0.05
175	10	2.81 ± 0.15	190.48 ± 0.03	108.41 ± 0.08	4.12 ± 0.09
175	15	3.37 ± 0.09	191.53 ± 0.08	108.06 ± 0.06	4.55 ± 0.04
175	20	4.14 ± 0.03	191.89 ± 0.04	107.45 ± 0.09	4.96 ± 0.04
200	5	4.04 ± 0.04	191.88 ± 0.00	107.91 ± 0.09	4.49 ± 0.09
200	10	4.18 ± 0.05	192.45 ± 0.13	107.21 ± 0.05	5.02 ± 0.12
200	15	4.97 ± 0.18	193.01 ± 0.08	107.08 ± 0.03	5.87 ± 0.02

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

จากค่าคงที่ของน้ำมันในตารางที่ 3.7 และ 3.8 พบว่าน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาทั้งสองชนิดให้แนวโน้มที่เหมือนกัน คือ ที่อุณหภูมิการคั่วเมล็ดงาสูงขึ้นและเวลานานขึ้นจะทำให้ค่า acid value , saponification value และ peroxide value เพิ่มขึ้น ส่วน iodine value ลดลง ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มของการมีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นจากการคั่วและนำไปสู่กระบวนการออกซิเดชั่น แต่ค่าโดยรวมยังคงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ของน้ำมันงา เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตารางที่1.5 ในบทที่1

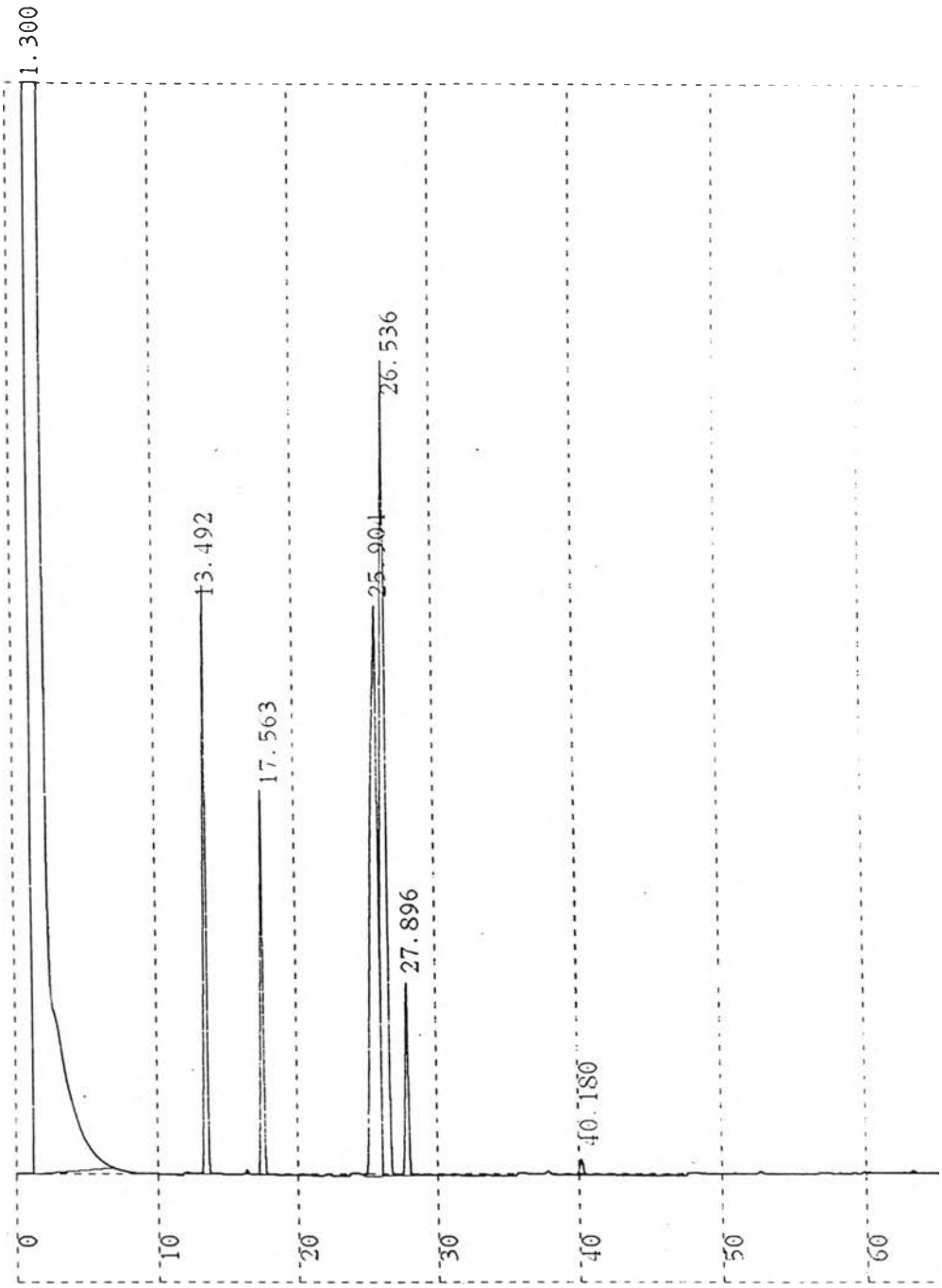
3.3.3 องค์ประกอบกรดไขมัน(%) ในน้ำมันงาตัวอย่าง

นำน้ำมันงาตัวอย่างไปเตรียมอนุพันธ์เมธิลเอสเทอร์ และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC โดยมี pentadecanoic acid เป็น internal standard ตามวิธีดำเนินงานวิจัยข้อ2.2.4.3 โดยเปรียบเทียบกับเวลาชะ (retention time) ของกรดไขมันมาตรฐานที่มีรายงานว่าพบในน้ำมันงา มีทั้งหมด 5 ตัว คือ palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid และ arachidic acid ซึ่งนำไปวิเคราะห์ด้วย GC ที่สภาวะเดียวกัน ได้ค่าเวลาชะดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ค่าเวลาชะของกรดไขมันมาตรฐานที่วิเคราะห์โดยวิธี GC

กรดไขมันมาตรฐาน	เวลาชะ (นาที)
pentadecanoic acid (C15:0)	13.58
palmitic acid (C16:0)	17.57
stearic acid (C18:0)	27.98
oleic acid (C18:1)	26.69
linoleic acid (C18:2)	25.99
arachidic (C20:0)	40.23

เมื่อนำน้ำมันงาตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วย GC ได้โครมาโทแกรมตัวอย่างดังรูปที่ 3.5 และคำนวณกรดไขมันเป็นเปอร์เซนต์ได้ผลดังตารางที่ 3.10 และ 3.11



พีค C15:0 ที่เวลาชะ 13.492 นาที , พีค C16:0 ที่เวลาชะ 17.563 นาที
พีค C18:0 ที่เวลาชะ 27.896 นาที , พีค C18:1 ที่เวลาชะ 26.536 นาที
พีค C18:2 ที่เวลาชะ 25.904 นาที , พีค C20:0 ที่เวลาชะ 40.180 นาที

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างโครมาโทแกรมแสดงการแยกของกรดไขมันของน้ำมันงาโดย GC(ดูสภาวะการวิเคราะห์ในข้อ 2.2.4.3.3)

ตารางที่ 3.10 ค่าองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

อุณหภูมิการคั่ว (°C)	เวลาการคั่ว (min)	องค์ประกอบกรดไขมัน (%)					
		C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 20:0	Other
blank	0	10.00	6.04	38.54	44.02	0.62	-
150	5	10.11	6.16	38.55	44.14	0.65	-
150	10	10.27	5.95	38.98	44.15	0.65	-
150	15	10.29	5.89	39.36	43.83	0.65	-
150	20	10.32	5.96	39.36	43.36	0.65	-
175	5	10.02	5.93	39.58	43.67	0.65	-
175	10	10.03	6.09	39.72	43.47	0.68	-
175	15	10.25	6.10	39.84	43.14	0.67	-
175	20	10.27	6.05	39.74	42.04	0.67	1.23
200	5	10.19	6.05	39.60	42.29	0.69	1.15
200	10	10.19	6.02	39.75	41.70	0.64	1.70
200	15	10.17	6.04	39.77	40.53	0.63	2.83

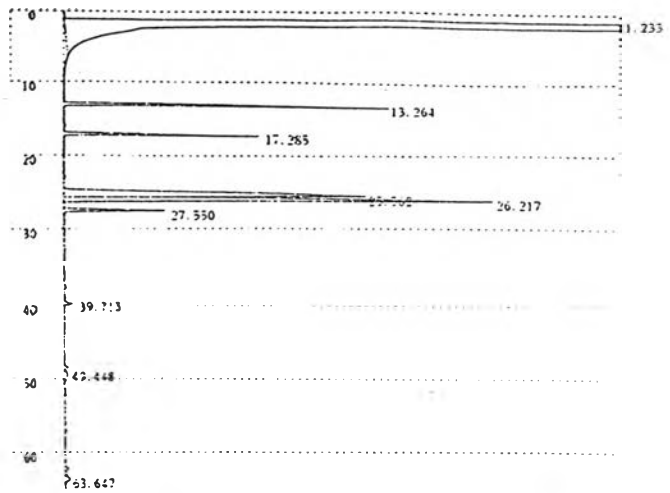
หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ตารางที่ 3.11 ค่าองค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ

อุณหภูมิการคั่ว (°C)	เวลาการคั่ว (min)	องค์ประกอบกรดไขมัน (%)					
		C 16:0	C 18:0	C 18:1	C 18:2	C 20:0	Other
blank	0	9.99	6.02	38.36	44.98	0.65	-
150	5	10.08	5.99	38.49	44.76	0.68	-
150	10	10.09	5.82	39.49	43.57	0.63	-
150	15	10.15	6.03	39.64	43.52	0.66	-
150	20	10.17	6.02	39.90	43.15	0.66	-
175	5	10.17	6.08	39.71	43.38	0.67	-
175	10	10.25	6.10	39.89	43.06	0.66	-
175	15	10.11	6.00	39.94	42.84	0.66	-
175	20	10.24	6.10	40.02	42.37	0.67	0.60
200	5	1016	6.08	39.98	42.44	0.67	0.70
200	10	10.18	6.10	40.66	40.80	0.64	1.56
200	15	10.10	6.06	40.88	40.29	0.64	2.03

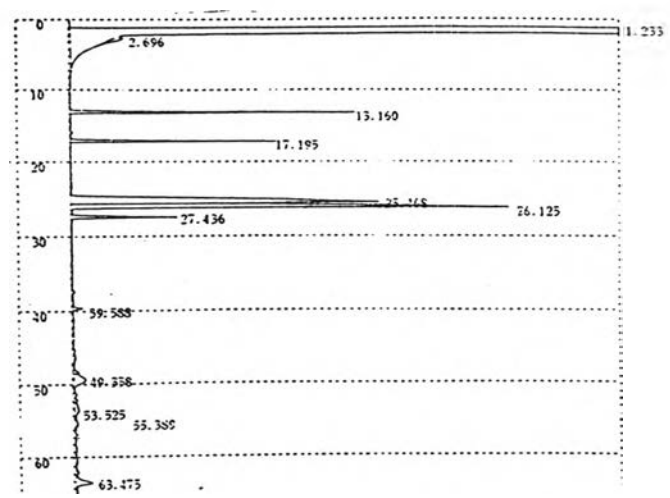
หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

จากองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันในตารางที่ 3.10 และ 3.11 พบว่าน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาทั้งสองชนิดให้แนวโน้มที่เหมือนกัน คือ ที่อุณหภูมิการคั่วเมล็ดงาสูงขึ้นและเวลานานขึ้นจะทำให้องค์ประกอบกรดไขมัน C16:0 , C18:0 และ C20:0 ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วน C18:1 เพิ่มขึ้นเล็กน้อย และ C18:2 ลดลงเล็กน้อย และเมื่อคั่วด้วยอุณหภูมิที่สูงและเวลานานมากจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเด่นชัดขึ้น และมีองค์ประกอบกรดไขมันตัวอื่นเกิดขึ้นด้วยดังโครมาโทแกรมรูปที่ 3.6



** CALCULATION REPORT **

CH	PEAK	TIME	AREA	HEIGHT	BC	IDNO	CONC	NAME
1	1	1.233	33557296	1212337	E		59.3661	
	2	13.264	30027	2352			0.0581	
	4	17.285	18375	1438			0.0539	
	7	25.362	79114	2209			0.2322	
	8	26.217	72747	3052	V		0.2135	
	10	27.55	11146	739	SV		0.0327	
	19	39.717	1165	65	V		0.0034	
	23	43.448	2013	29	V		0.0059	
	31	63.647	1302	59	V		0.0038	
		TOTAL	34073180	1222258			100	



** CALCULATION REPORT **

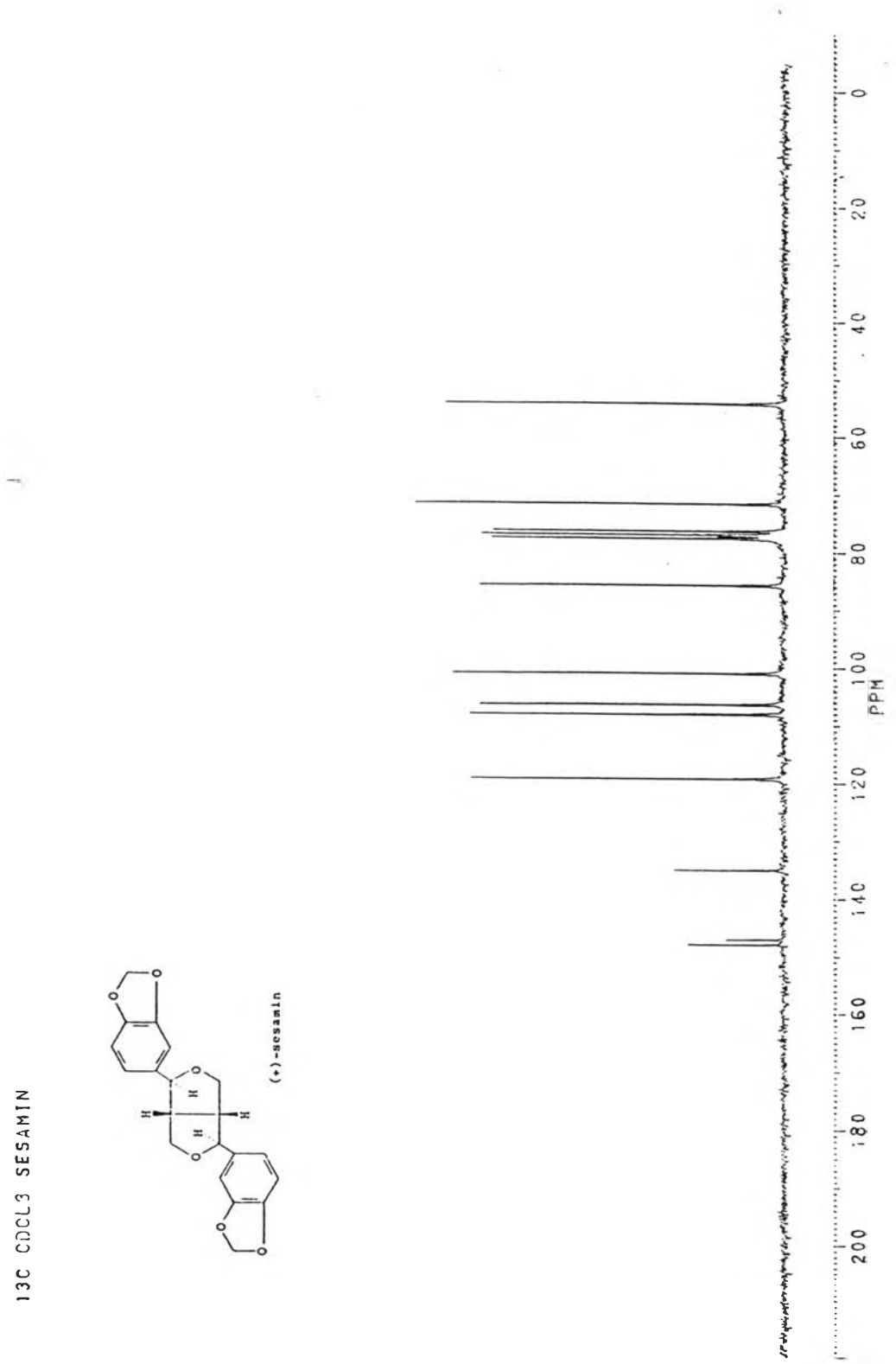
CH	PEAK	TIME	AREA	HEIGHT	BC	IDNO	CONC	NAME
1	1	1.233	33038894	1211773	S E		59.2922	
	2	2.696	3644	75	T		0.0109	
	4	13.16	25624	2062			0.0762	
	6	17.195	19453	1502			0.0584	
	9	25.368	84068	2268			0.2523	
	10	26.125	75757	3146	V		0.2273	
	12	27.436	11725	793	V		0.0352	
	18	39.583	1309	73			0.0039	
	22	49.358	6190	68	V		0.0186	
	25	53.525	2051	31	V		0.0075	
	26	55.389	1131	18	V		0.0034	
	31	63.475	4475	122	V		0.0134	
		TOTAL	33321736	1221649				

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างโครมาโทแกรมที่มีกรดไขมันนอกเหนือจากกรดไขมัน 5 ชนิดที่พบทั่วไปในน้ำมันงา (ดูสภาวะที่ใช้วิเคราะห์ด้วย GC ในข้อ 2.2.4.3.3)

3.3.4 ปริมาณสารกันหืน (antioxidants) ในน้ำมันงาตัวอย่าง

ในน้ำมันงามีสารกันหืน 4 ตัว คือ sesamol, sesamin, sesamolin และ γ - tocopherol การหาปริมาณสารกันหืนในน้ำมันงาตัวอย่างด้วย HPLC จะนำค่าพื้นที่ใต้พีคโครมาโทแกรมของน้ำมันงาตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้ไปคำนวณกับกราฟมาตรฐานของสารกันหืนทั้ง 4 ตัวนี้

จากการสกัดสารมาตรฐาน sesamin และ sesamolin ในน้ำมันงาตามวิธีดำเนินงานวิจัย ข้อ 2.2.4.4.1(รูปที่ 2.3) โดยทำการสกัด 7 ครั้งพบว่าการสกัดถึงขั้น sesamin crystals แต่ละครั้งจะได้ของแข็งสีขาวประมาณ 0.25-0.35 กรัมต่อน้ำมันงา 200 ml และเมื่อสกัดถึงขั้น sesamolin crystals ไม่ได้ของแข็งสีขาวออกมา ดังนั้นจึงนำสารของแข็งสีขาวที่สกัดได้ในแต่ละครั้งไปตรวจสอบความบริสุทธิ์ด้วยวิธี TLC ได้ค่า R_f 1 ค่า 2 ครั้ง และ ค่า R_f มากกว่า 1 ค่า 5 ครั้ง แสดงว่าสกัดได้สารบริสุทธิ์ 2 ครั้ง จึงนำสารที่ให้ค่า R_f 1 ค่า ไปตรวจสอบโครงสร้างด้วยเครื่อง NMR ได้โครมาโทแกรมดังรูปที่ 3.7 ซึ่งเป็นสาร sesamin ดังที่ต้องการ ส่วนสารที่ให้ค่า R_f มากกว่า 1 ค่า คาดว่าน่าจะมีสาร sasamolin ปนอยู่กับ sesamin จึงนำมาแยกโดยใช้ preparative TLC และตรวจสอบด้วย NMR อีกครั้ง ปรากฏว่าได้สารออกมาน้อยมากและโครงสร้างที่ได้ไม่ใช่ sesamolin ทั้งนี้เนื่องจากตามรายงานสาร sesamin และ sesamolin เป็นสารที่มีอยู่ในน้ำมันงาในปริมาณน้อยมาก จากการสกัดแต่ละครั้ง ควรสกัดได้ sesamin ~ 0.50 กรัมต่อน้ำมันงา 200 กรัม และ sesamolin ~ 0.30 - 0.35 กรัมต่อน้ำมันงา 200 กรัม แต่จากการทดลองสกัดสารได้น้อยกว่ามากน่าจะมีสาเหตุจากความไม่ชำนาญ และเทคนิค การทำไม่ดีพอทำให้สูญเสียสารไประหว่างการทดลองดังนั้นจึงสกัดสารsesamin ได้เพียงสารเดียว ส่วนสารมาตรฐาน sesamol และ γ - tocopherol สั่งซื้อจากบริษัท Sigma



รูปที่ 3.7 โครมาโทแกรมสารของแข็งสีขาวที่ตรวจสอบด้วย NMR แล้วพบว่าเป็น sesamin

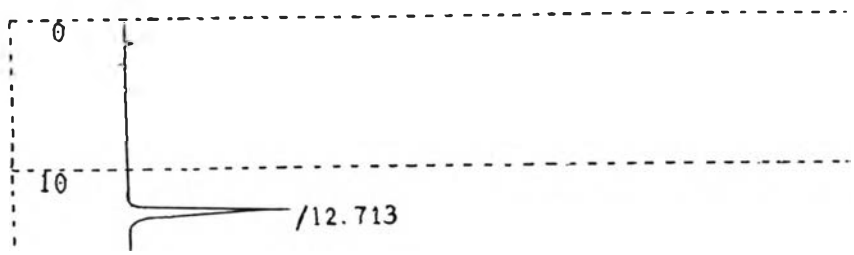
นำสารกันหืนมาตรฐาน 3 ตัว คือ sesamol, sesamin และ γ - tocopherol ไปทำ absorption spectrum ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง(spectrophotometer) เพื่อสแกนหาความยาวคลื่น(maximum wavelength :λ_{max})ที่จะใช้ในการตรวจวิเคราะห์ที่เครื่อง HPLC ได้ผลดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 ค่าความยาวคลื่นสูงสุดของสารกันหืนมาตรฐานที่พบในน้ำมันงา

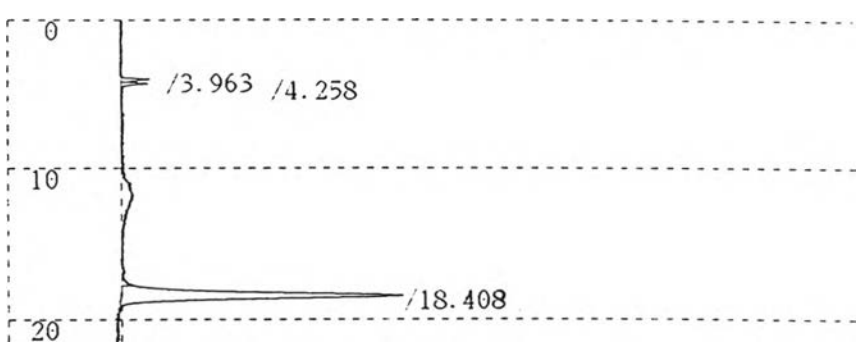
สารกันหืนมาตรฐาน	maximum wavelength (nm)
sesamol	297.5
sesamin	297.8
sesamolin	-
γ - tocopherol	294.5

จากตารางที่ 3.12 ได้ความยาวคลื่นการตรวจวัดที่ HPLC ของ sesamol และ sesamin เป็นที่ 298 nm และของ γ - tocopherol ที่ 295 nm เมื่อนำสารกันหืนมาตรฐานทั้ง 3 ตัวไปวิเคราะห์ HPLC ตามสภาวะ ข้อ 2.2.4.4.3 ได้โครมาโทแกรมของสารกันหืนมาตรฐานดังรูปที่ 3.8 และสร้างกราฟมาตรฐาน ได้ผลดังแสดงในภาคผนวก ค และเมื่อนำน้ำมันงาตัวอย่างไปวิเคราะห์ HPLC ได้โครมาโทแกรมตัวอย่างดังรูปที่ 3.9 และ 3.10 นำผลพื้นที่ใต้พีคไปคำนวณหาปริมาณสารกันหืนจากกราฟมาตรฐานได้ผลดังตารางที่ 3.13 และ 3.14

(ก) sesamol

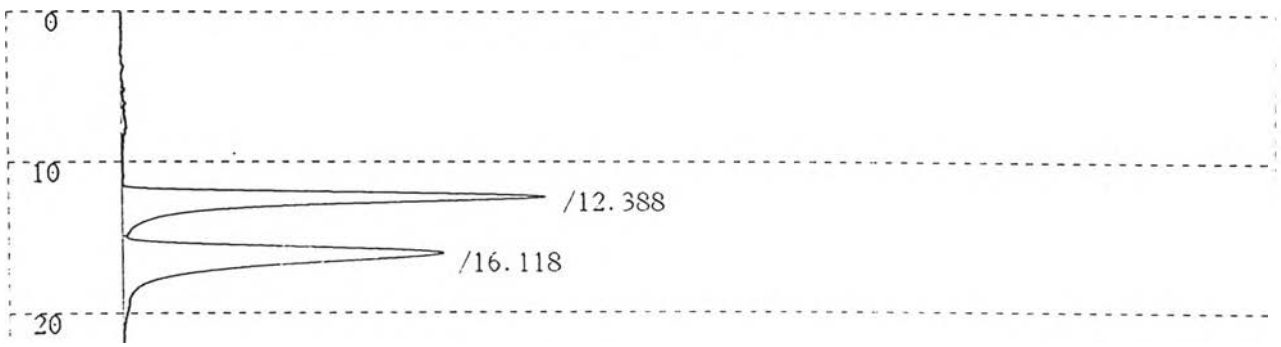


(ข) sesamin



(ค) γ - tocopherol

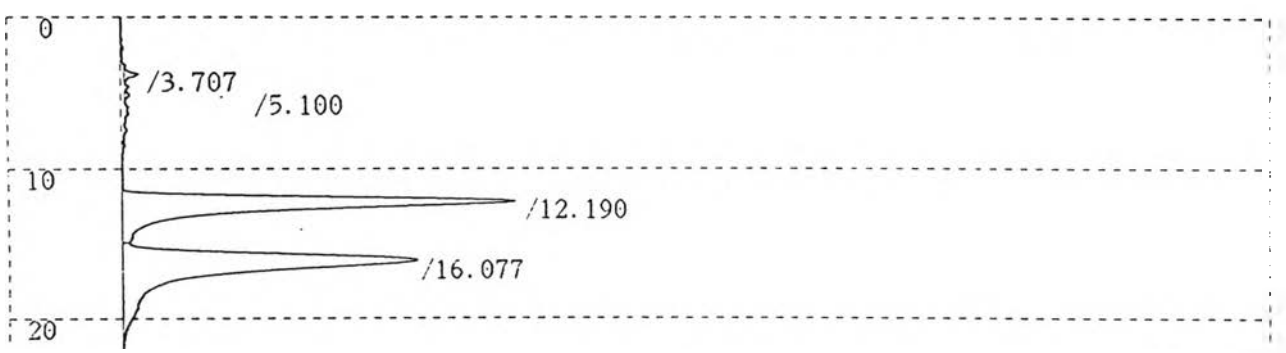
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างโครมาโทแกรมของสารกันหืนมาตรฐาน sesamol , sesamin , และ γ - tocopherol โดย HPLC (ดูสภาวะการวิเคราะห์ในข้อ 2.2.4.4.3)



** CALCULATION REPORT **

CH	PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
2	1	12.388	169251	2959			47.9929	
	2	16.118	183408	2237	SV		52.0071	
		TOTAL	352659	5196			100	

(ก) ไม่ปรากฏ พีค sesamol ส่วน พีค sesamin ที่ เวลาชะ 12.388 นาที

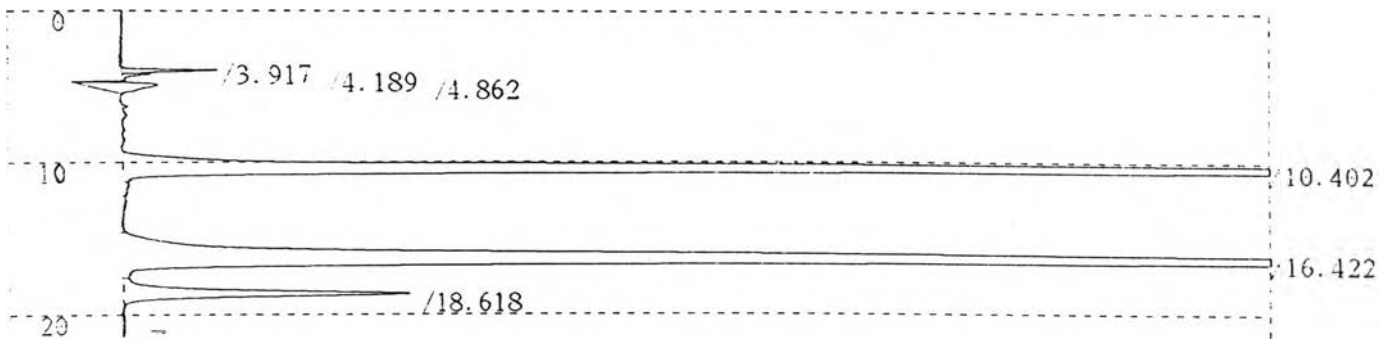


** CALCULATION REPORT **

CH	PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
2	2	3.707	1968	92			0.5795	
	4	5.1	649	30	V		0.1911	
	7	12.19	160124	2756			47.1524	
	8	16.077	176848	2058	V		52.0769	
		TOTAL	339589	4936			100	

(ข) พีค sesamol ที่ เวลาชะ 3.707 นาที และ sesamin ที่เวลาชะ 12.190 นาที

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างโครมาโทแกรมแสดงการแยกสารกันหืน sesamol และ sesamin ของน้ำมันงา โดย HPLC (ดูสภาวะการวิเคราะห์ในข้อ 2.2.4.4.3)



** CALCULATION REPORT **

CH	PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC	NAME
2	3	3.917	3315	331	V		0.5755	
	4	4.189	791	94	V		0.1373	
	5	4.862	6987	257			1.2129	
	8	10.402	281574	10369	V		48.8757	
	12	16.422	254266	6719	V		44.1355	
	13	18.618	29169	991	V		5.0631	
		TOTAL	576103	18761			100	

พีค γ- tocopherol ที่เวลาชะ 18.618 นาที

รูปที่3.10 ตัวอย่างโครมาโทแกรมแสดงการแยกสารกันหืน γ- tocopherolของน้ำมันงาโดย HPLC

(ดูสภาวะการวิเคราะห์ในข้อ 2.2.4.4.3)

ตารางที่ 3.13 ปริมาณสารกันหืนในน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวคั่วที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ

อุณหภูมิการคั่ว (°C)	เวลาการคั่ว (min)	ปริมาณสารกันหืน (mg/kg oil) (ค่าเฉลี่ย ± SD)		
		sesamol	sesamin	γ-tocopherol
blank	0	trace	6248 ± 16.09	398 ± 6.00
150	5	trace	6052 ± 5.56	367 ± 6.56
150	10	trace	6085 ± 38.79	367 ± 13.89
150	15	trace	6008 ± 8.54	345 ± 4.51
150	20	trace	5998 ± 3.00	340 ± 7.21
175	5	35 ± 4.35	6153 ± 7.94	366 ± 5.29
175	10	87 ± 10.44	6012 ± 11.14	345 ± 4.58
175	15	162 ± 14.80	5752 ± 28.58	320 ± 4.36
175	20	202 ± 7.21	5624 ± 5.291	316 ± 5.29
200	5	214 ± 5.29	5684 ± 16.82	314 ± 5.00
200	10	236 ± 12.17	5542 ± 21.93	302 ± 3.46
200	15	296 ± 3.46	5317 ± 9.84	297 ± 2.65

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

ตารางที่ 3.14 ปริมาณสารกันหืนในน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรคั่วที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ

อุณหภูมิการคั่ว (°C)	เวลาการคั่ว (min)	ปริมาณสารกันหืน (mg/kg oil) (ค่าเฉลี่ย ± SD)		
		sesamol	sesamin	γ-tocopherol
blank	0	trace	6147 ± 13.45	362 ± 5.29
150	5	trace	6109 ± 29.51	316 ± 29.51
150	10	trace	6085 ± 11.79	318 ± 10.21
150	15	trace	6105 ± 53.84	309 ± 6.93
150	20	trace	6012 ± 5.29	304 ± 5.29
175	5	trace	6100 ± 7.54	311 ± 1.00
175	10	43 ± 9.64	5902 ± 15.10	302 ± 6.24
175	15	124 ± 11.53	5865 ± 17.58	287 ± 9.00
175	20	187 ± 9.00	5762 ± 13.75	282 ± 2.65
200	5	156 ± 5.57	5714 ± 7.21	288 ± 9.17
200	10	210 ± 32.32	5492 ± 71.53	259 ± 9.53
200	15	253 ± 12.77	5407 ± 16.64	245 ± 11.36

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

จากปริมาณสารกันหืนของน้ำมันในตารางที่ 3.13 และ 3.14 พบว่าน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาทั้งสองชนิดให้แนวโน้มที่เหมือนกัน คือ ที่อุณหภูมิการคั่วเมล็ดงาสูงขึ้นและเวลานานขึ้นจะทำให้ปริมาณสาร sesamol เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ส่วนสาร sesamin และ γ - tocopherol ลดลง

3.3.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory test)

3.3.5.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในการแยกความแตกต่างผลิตภัณฑ์น้ำมันงาของผู้ทดสอบ จำนวนทั้งหมด 24 คน ได้ผลดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 จำนวนผู้ทดสอบที่เลือก odd number ในแบบทดสอบ triangle ชุด A และชุด B

ชุดทดสอบ	จำนวนผู้ทดสอบเลือก odd number (คน)	
	ถูก	ผิด
A	21	3
B	19	5

จากจำนวนผู้ทดสอบ 24 คน จำนวนผู้ทดสอบที่ตอบถูกในแบบทดสอบ triangle test ทั้งชุด A และ B ซึ่งเป็นจำนวนผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและสามารถนำข้อมูลจากการทำแบบทดสอบ hedonic test มาคำนวณได้มี 18 คน

3.3.5.2 ผลการทดสอบการยอมรับด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวมต่อน้ำมันงาตัวอย่างที่ได้จากการคั่วเมล็ดงาที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ ที่เลือกมา โดยคำนวณจากข้อมูลของผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.3.5.1 จำนวน 18 คน (ภาคผนวก ข) ได้ผลการคำนวณและวิเคราะห์ทางสถิติดังตารางที่ 3.16 และ 3.17

ตารางที่ 3.16 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส hedonic scale 9 points ต่อน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาขัดขาวคั่ว

รหัสตัวอย่างน้ำมันงา	อุณหภูมิการคั่ว	เวลาการคั่ว	คะแนนต่อลักษณะที่ประเมิน(ค่าเฉลี่ย ± SD)		
			สี	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
214	150	0	$6.33^{a} \pm 2.35$	$3.11^{c} \pm 3.12$	$4.00^{c} \pm 2.18$
502	150	20	$6.50^{a} \pm 1.44$	$5.22^{c} \pm 2.51$	$5.72^{ab} \pm 2.38$
728	175	15	$6.61^{a} \pm 1.13$	$6.56^{a} \pm 1.37$	$6.50^{a} \pm 1.97$
643	175	20	$6.72^{a} \pm 1.05$	$6.78^{a} \pm 1.07$	$6.72^{a} \pm 1.33$
952	200	5	$5.94^{ab} \pm 1.76$	$7.00^{a} \pm 1.82$	$6.83^{a} \pm 1.04$
185	200	10	$4.78^{b} \pm 1.65$	$6.61^{a} \pm 1.47$	$6.22^{a} \pm 1.77$
463*	-	-	$3.28^{c} \pm 1.68$	$5.33^{b} \pm 2.17$	$4.61^{bc} \pm 1.84$

a, b,... อักษรที่ต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันหมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

ตารางที่ 3.17 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส hedonic scale 9 points ต่อน้ำมันงาตัวอย่างจากเมล็ดงาดำเกษตรคั่ว

รหัสตัวอย่างน้ำมันงา	อุณหภูมิการคั่ว	เวลาการคั่ว	คะแนนต่อลักษณะที่ประเมิน (ค่าเฉลี่ย ± SD)		
			สี	กลิ่น	ความชอบโดยรวม
193	150	0	$6.17^{a} \pm 2.73$	$3.28^{d} \pm 2.62$	$3.89^{c} \pm 3.05$
657	150	20	$6.50^{a} \pm 2.08$	$3.50^{d} \pm 1.62$	$4.11^{c} \pm 2.57$
248	175	15	$6.72^{a} \pm 1.45$	$5.00^{bc} \pm 2.11$	$5.06^{bc} \pm 2.41$
309	175	20	$6.39^{a} \pm 1.60$	$4.33^{bc} \pm 2.00$	$4.83^{bc} \pm 1.91$
853	200	5	$6.28^{a} \pm 1.27$	$6.11^{ab} \pm 1.99$	$6.61^{a} \pm 2.01$
347	200	10	$4.44^{a} \pm 1.50$	$5.94^{ab} \pm 2.29$	$5.67^{ab} \pm 1.64$
592*	-	-	$3.56^{b} \pm 2.02$	$6.39^{a} \pm 2.42$	$5.44^{b} \pm 1.84$

a, b,... อักษรที่ต่างกันของข้อมูลในแนวตั้งเดียวกันหมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

* หมายเหตุ เลขรหัสตัวอย่างน้ำมันงา 463 และ 592 แทนน้ำมันงาที่วางขาย

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติ คุณภาพ บางประการของน้ำมันงาตัวอย่างที่บีบสกัดได้จากเมล็ดงาขัดขาวคั่ว และเมล็ดงาดำเกษตรคั่วที่อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ จะเห็นว่าน้ำมันจะให้สี และกลิ่นรสเฉพาะตัวของน้ำมันใกล้เคียงกับน้ำมันงาที่มีขายอยู่ทั่วไปเมื่อใช้อุณหภูมิการคั่วสูงและเวลานาน แต่เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติบางประการที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของน้ำมัน น้ำมันจะด้อยคุณภาพลงเมื่อใช้อุณหภูมิการคั่วสูงหรือนานเกินไปด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการเลือกตัวอย่างน้ำมันงามาทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงเลือกน้ำมันตัวอย่างที่ได้จากการคั่วเมล็ดงาอุณหภูมิต่ำ เวลานาน และอุณหภูมิสูงเวลาสั้น มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสดูลักษณะสี กลิ่น และความชอบโดยรวม จากผู้ทดสอบที่ผ่านการทำ triangle test มา 18 คน เพื่อมาพิจารณาร่วมในการเลือกสภาวะการคั่วเมล็ดงาที่เหมาะสมจากการทดลองนี้ โดยน้ำมันงาที่เลือกมามี 7 ตัวอย่าง คือ น้ำมันจากเมล็ดงาไม่ได้คั่ว (blank) ,น้ำมันจากเมล็ดงาคั่วที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที, น้ำมันจากเมล็ดงาคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที , น้ำมันจากเมล็ดงาคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที , น้ำมันจากเมล็ดงาคั่วที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที ,น้ำมันจากเมล็ดงาคั่วที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และน้ำมันที่วางขายทั่วไป จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี hedonic scale 9 points น้ำมันงาทั้ง 7 ตัวอย่างมีความแตกต่างในลักษณะด้านสี กลิ่น และความชอบโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญ และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) ตามตัวอักษร a,b,c,..... ที่แสดงไว้ในผลการทดลอง โดยน้ำมันจากเมล็ดงาขัดขาวคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาทีได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบในลักษณะด้านสีสูงสุด และน้ำมันจากเมล็ดงาขัดขาวคั่วที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาทีได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบในลักษณะด้านกลิ่น และความชอบโดยรวมสูงสุด ในทำนองเดียวกันน้ำมันจากเมล็ดงาดำเกษตรคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาทีได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบในลักษณะด้านสีสูงสุด และน้ำมันจากเมล็ดงาดำเกษตรคั่วที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาทีได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบในลักษณะด้านความชอบโดยรวมสูงสุด เมื่อพิจารณาระหว่างสภาวะการคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที และสภาวะการคั่วที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที จะเห็นว่าการคั่วที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาทีให้คุณสมบัติ และคุณภาพของน้ำมันดีกว่าการคั่วที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาทีทั้งทางด้านค่าคงที่ของน้ำมัน องค์ประกอบกรดไขมัน และปริมาณสารกันหืนในน้ำมันงา ดังนั้นสภาวะการคั่วเมล็ดงาที่เหมาะสมจากการทดลองนี้คือ การคั่วที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที

3.4 ความสัมพันธ์ของวิธีการบีบสกัดน้ำมันงา กับปริมาณน้ำมัน และคุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงาตัวอย่างที่ได้

จากการประเมินผลที่ได้จากการวิเคราะห์คุณสมบัติ คุณภาพ รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมันงาตัวอย่างตามผลการทดลองข้อ 3.3 ได้สภาวะที่เหมาะสมในการคั่วเมล็ดงาคือ อุณหภูมิ 200 °C เวลา 5 นาที จึงนำอุณหภูมินี้มาใช้ในการคั่วเมล็ดงาก่อนไปบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ 3 วิธีตามวิธีดำเนินงานวิจัยข้อ 2.2.5.1

แต่เนื่องจากเครื่องคั่วเมล็ดงาที่ใช้อยู่ในการทดลองที่ผ่านมา คือ 3.2 และ 3.3 ไม่สามารถใช้งานได้ขณะการทำทดลองและอยู่ระหว่างรอการซ่อม ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนเครื่องคั่วเมล็ดงาแต่ยังอาศัยหลักการเดิมคือใช้ลมร้อนเป่า (turbo roasting) เครื่องที่ใช้ในการทดลองนี้จะมีตำแหน่งวัดอุณหภูมิที่ต่างจากเครื่องแรกที่ใช้ กล่าวคือ เครื่องคั่วเมล็ดงาเครื่องแรกตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิอยู่ ณ จุดที่ลมร้อนสัมผัสกับเมล็ดงา แต่ในเครื่องที่สอง ตัวเครื่องจะกำหนดให้ตำแหน่งวัดอุณหภูมิอยู่ที่แหล่งกำเนิดลมร้อนทำให้ความร้อนที่ไปสัมผัสเมล็ดงาลดลง และเครื่องยังมีช่วงอุณหภูมิ 40-200 °C เท่านั้น ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถใช้อุณหภูมิการคั่วที่ประเมินจากการทดลองข้อ 3.3 ได้ ดังนั้น ในการทดลองตลอดทั้งการทดลองที่ 3.4 นี้จึงใช้อุณหภูมิและเวลาการคั่วที่ 200 °C เวลา 30 นาที เพื่อศึกษาผลของวิธีการบีบสกัดน้ำมันต่อปริมาณ และคุณสมบัติ คุณภาพของน้ำมันงาที่ได้

3.4.1 ปริมาณน้ำมันงาตัวอย่าง

จากการบีบสกัดเมล็ดงาคั่วด้วยวิธีต่างๆได้ผลดังตารางที่ 3.18 และ 3.19 จากข้อมูลการทดลองทำซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ 3.18 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ

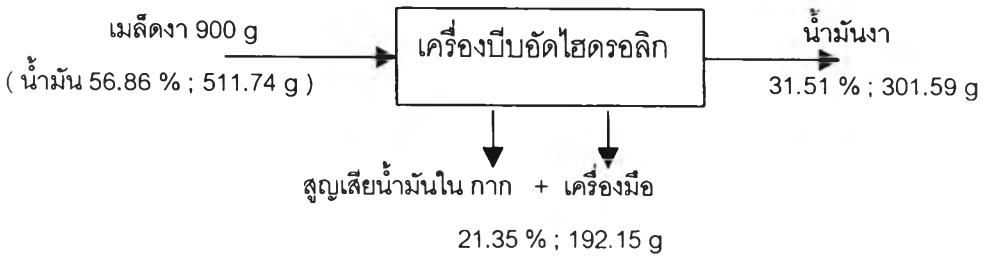
วิธีการสกัดน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันจากเมล็ดงาขัดขาวคั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	
	เทียบกับน้ำหนักเมล็ดงาตั้งต้น	เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดงา
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก	35.51 ± 0.84	62.54 ± 1.49
ตัวทำละลาย	45.83 ± 2.62	80.60 ± 4.60
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วม – กับตัวทำละลาย	51.53 ± 0.96	90.63 ± 1.69

ตารางที่ 3.19 ปริมาณน้ำมันที่ได้จากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ

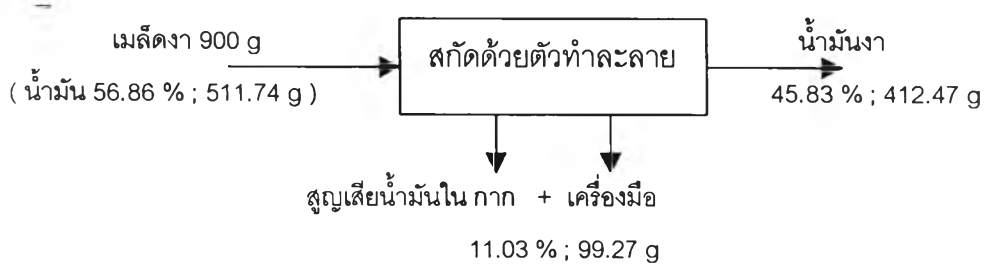
วิธีการสกัดน้ำมัน	ปริมาณน้ำมันจากเมล็ดงาดำเกษตรคั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	
	เทียบกับน้ำหนักเมล็ดงาตั้งต้น	เทียบกับปริมาณน้ำมันทั้งหมดในเมล็ดงา
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก	30.56 ± 1.01	60.32 ± 2.01
ตัวทำละลาย	39.88 ± 2.49	78.88 ±4.92
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลาย	43.88 ± 1.24	86.79 ± 2.46

จากตารางที่ 3.18 และ 3.19 จะพบว่าเมล็ดงาทั้งสองชนิดจะให้ปริมาณน้ำมันในแต่ละวิธีการบีบสกัดน้ำมันแตกต่างกันไปโดยวิธีการบีบด้วยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิกจะให้ปริมาณน้ำมันน้อยกว่าวิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย (soxhlet extraction with normal hexane) แสดงให้เห็นว่าวิธีทางเคมีให้ผลในการสกัดน้ำมันได้ดีกว่าวิธีทางกล คือบีบสกัดน้ำมันออกมาได้ปริมาณมากกว่า ส่วนการใช้วิธีบีบสกัดน้ำมันด้วยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับใช้ตัวทำละลายจะให้ปริมาณน้ำมันงาออกมามากที่สุด ดังนั้นวิธีการบีบสกัดน้ำมันมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่บีบสกัดออกมาได้

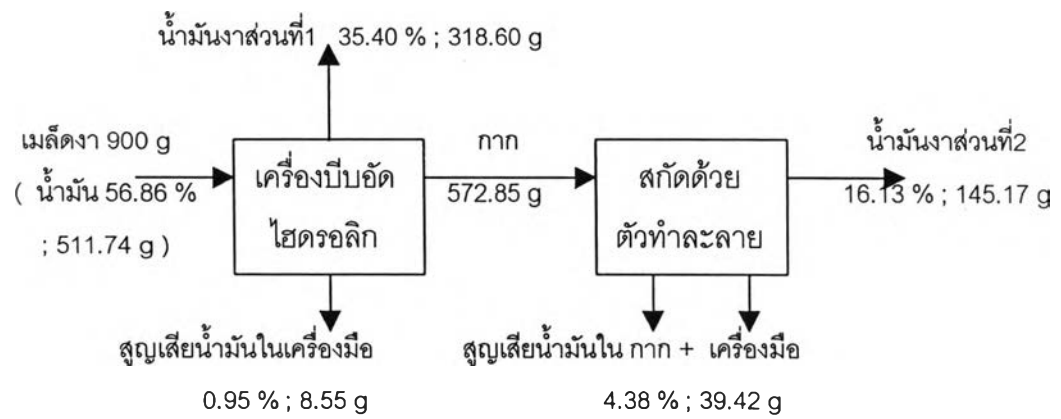
จากการทดลองนำข้อมูลมาเขียนสมดุลมวลสารของแต่ละวิธีที่สกัดได้ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12



(ก) วิธีการสกัดน้ำมันโดยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิก

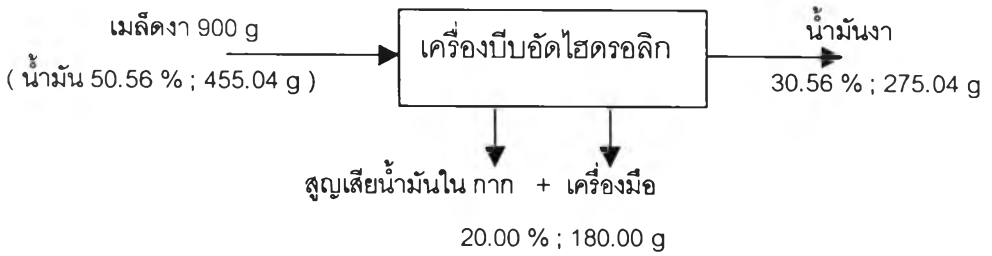


(ข) วิธีการสกัดน้ำมันโดยตัวทำละลาย

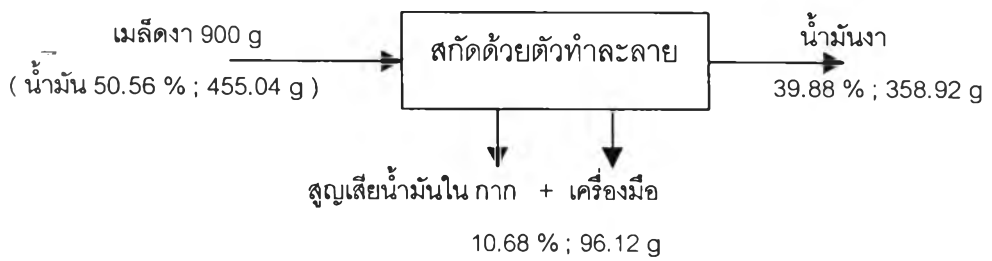


(ค) วิธีการสกัดน้ำมันโดยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลาย

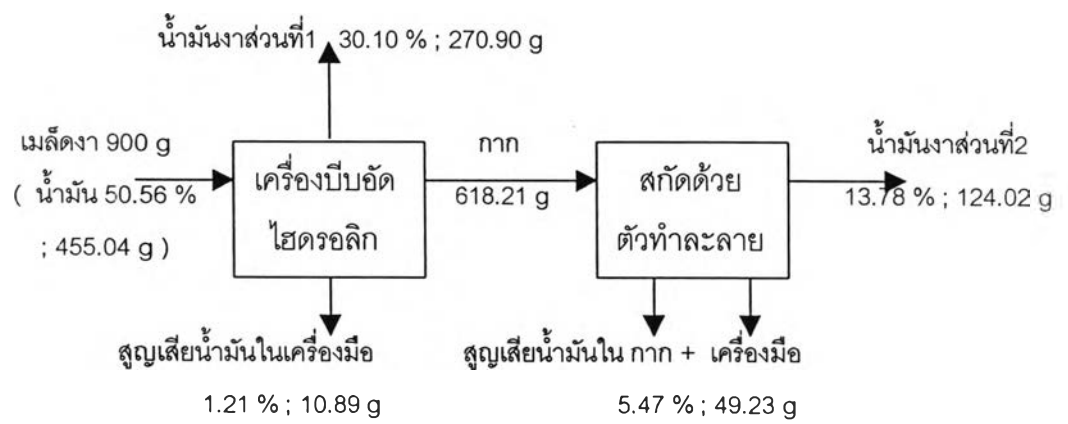
รูปที่ 3.11 สมดุลมวลสารของน้ำมันตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ



(ก) วิธีการสกัดน้ำมันโดยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิก



(ข) วิธีการสกัดน้ำมันโดยตัวทำละลาย



(ค) วิธีการสกัดน้ำมันโดยเครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลาย

รูปที่ 3.12 สมดุลมวลสารของน้ำมันตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ

3.4.2 ค่าสีของน้ำมันงาตัวอย่าง

นำน้ำมันงาตัวอย่างมาวัดค่าสีตามวิธีดำเนินงานวิจัยข้อ2.2.4.1 ได้ผลดังตารางที่ 3.20 และ 3.21

ตารางที่ 3.20 ค่าสีน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ

วิธีบีบสกัดน้ำมัน	ค่าสีของน้ำมันจากเมล็ดงาขัดขาวคั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)		
	HL-value	a-value	b-value
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก	98.47 ± 0.01	-4.75 ± 0.01	18.87 ± 0.01
ตัวทำละลาย	98.77 ± 0.01	-4.82 ± 0.02	17.67 ± 0.01
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก ร่วมกับตัวทำละลาย	97.91 ± 0.03	-4.54 ± 0.03	17.93 ± 0.01

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่3.21 ค่าสีน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ

วิธีบีบสกัดน้ำมัน	ค่าสีของน้ำมันจากเมล็ดงาดำเกษตรคั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)		
	HL-value	a-value	b-value
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก	93.40 ± 0.01	-4.54 ± 0.01	28.52 ± 0.00
ตัวทำละลาย	93.82 ± 0.01	-4.75 ± 0.03	27.91 ± 0.01
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก ร่วมกับตัวทำละลาย	92.32 ± 0.11	-4.96 ± 0.01	30.14 ± 0.01

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

จากตารางที่ 3.20 และ 3.21 พบว่าค่าสีของน้ำมันงาตัวอย่างที่ได้จากการบีบสกัดเมล็ดงาคั่วด้วยวิธีใช้เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก, ใช้ตัวทำละลาย และ ใช้เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลายให้ค่า brightness , redness และ yellowness แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย หรือกล่าวได้ว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแสดงว่าวิธีการบีบสกัดน้ำมันงาทั้ง 3 วิธีนี้มีผลกระทบต่อค่าสีของน้ำมันงาเพียงเล็กน้อย

3.4.3 ค่าคงที่ของน้ำมันงาตัวอย่าง

นำน้ำมันงาตัวอย่างมาวัดค่าคงที่ตามวิธีดำเนินงานวิจัยข้อ 2.2.4.2 ได้ผลดังตารางที่ 3.22 และ 3.23

ตารางที่ 3.22 ค่าคงที่ของน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ

วิธีการสกัดน้ำมัน	ค่าคงที่ของน้ำมัน (ค่าเฉลี่ย ± SD)			
	acid value	saponification value	iodine value	peroxide value
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก	2.20 ±0.01	188.45 ±0.49	108.24 ±0.00	2.87 ±0.10
ตัวทำละลาย	4.21 ±0.30	192.56 ±1.22	106.02 ±0.01	5.02 ±0.20
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลาย	2.35 ±0.03	189.08 ±0.88	107.98 ±0.11	3.92 ±0.11

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ 3.23 ค่าคงที่ของน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ

วิธีบีบสกัดน้ำมัน	ค่าคงที่ของน้ำมัน (ค่าเฉลี่ย ±SD)			
	acid value	saponification value	iodine value	peroxide value
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก	2.44 ±0.01	189.02 ±0.68	108.56 ±0.62	3.25 ±0.57
ตัวทำละลาย	4.52 ±0.08	191.88 ±1.58	107.12 ±0.51	5.41 ±0.55
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วม → กับตัวทำละลาย	3.02 ±0.11	189.92 ±0.11	107.91 ±0.08	4.12 ±0.08

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

จากตารางที่ 3.22 และ 3.23 พบว่าค่าคงที่ของน้ำมันงาตัวอย่างที่ได้จากการบีบสกัดเมล็ดงาคั่วด้วยวิธีใช้ตัวทำละลาย จะให้ค่าที่ค่อนข้างแตกต่างจากค่าคงที่ของน้ำมันงาตัวอย่างที่ได้จากการบีบสกัดเมล็ดงาคั่วด้วยวิธีใช้เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก และ วิธีใช้เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลาย คือ ค่า acid value , saponification value และ peroxide value จะเพิ่มขึ้น ส่วน iodine value ลดลงเล็กน้อย แสดงว่าการสกัดน้ำมันงาด้วยวิธีทางเคมีให้ผลกระทบต่อค่าคงที่ของน้ำมันมากกว่าวิธีทางกล ดังนั้นวิธีการบีบสกัดน้ำมันมีผลต่อค่าคงที่ของน้ำมันที่บีบสกัดออกมาได้

3.4.4 องค์ประกอบกรดไขมัน(%)ในน้ำมันงาตัวอย่าง

นำน้ำมันงาตัวอย่างมาวิเคราะห์กรดไขมันตามวิธีดำเนินงานวิจัยข้อ 2.2.4.3 ได้ผลดังตารางที่ 3.24 และ 3.25

ตารางที่ 3.24 องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ

วิธีการสกัดน้ำมัน	องค์ประกอบกรดไขมัน (%)					
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	Others
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก	9.95	5.96	39.67	43.67	0.60	-
ตัวทำละลาย	10.20	6.00	40.55	41.75	0.65	0.86
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลาย	10.08	6.16	40.66	42.37	0.64	-

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ 3.25 องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ

วิธีการสกัดน้ำมันงา	องค์ประกอบกรดไขมัน (%)					
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	Others
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก	10.09	5.99	39.36	43.86	0.62	-
ตัวทำละลาย	10.36	6.15	40.24	41.62	0.66	0.96
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลาย	10.11	6.09	40.36	42.79	0.65	-

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

จากตารางที่ 3.24 และ 3.25 พบว่าองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันงาตัวอย่างที่ได้จากการบีบสกัดเมล็ดงาคั่วด้วยวิธีใช้เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก, ใช้ตัวทำละลาย และ ใช้เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลายให้องค์ประกอบกรดไขมันแต่ละตัวแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และวิธีบีบสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายจะให้องค์ประกอบกรดไขมันตัวอื่นออกมาด้วยแสดงว่าวิธีการบีบสกัดน้ำมันงาด้วยวิธีทางเคมีมีผลกระทบต่อองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันงา

3.4.5 ปริมาณสารกันหืน(antioxidants)ในน้ำมันงาตัวอย่าง

นำน้ำมันงาตัวอย่างมาวิเคราะห์สารกันหืนตามวิธีดำเนินงานวิจัยข้อ 2.2.4.4 ได้ผลดังตารางที่ 3.26 และ 3.27

ตารางที่ 3.26 ปริมาณสารกันหืนในน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาขัดขาวคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ

วิธีการสกัดน้ำมัน	ปริมาณสารกันหืนในน้ำมัน (mg/kg oil) (ค่าเฉลี่ย ± SD)		
	sesamol	sesamin	γ-tocopherol
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก	trace	6011 ± 89.10	368 ± 16.97
ตัวทำละลาย	trace	6102 ± 14.14	208 ± 11.31
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลาย	trace	6088 ± 18.38	311 ± 38.18

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ 3.27 ปริมาณสารกันหืนในน้ำมันงาตัวอย่างจากการนำเมล็ดงาดำเกษตรคั่วมาบีบสกัดน้ำมันด้วยวิธีต่างๆ

วิธีการสกัดน้ำมัน	ปริมาณสารกันหืนในน้ำมัน (mg/kg oil) (ค่าเฉลี่ย ± SD)		
	sesamol	sesamin	γ-tocopherol
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก	trace	6127 ± 19.80	308 ± 9.90
ตัวทำลาย	trace	6188 ± 22.63	186 ± 15.56
เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลาย	trace	6125 ± 32.53	291 ± 15.56

หมายเหตุ : จากข้อมูลการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

จากตารางที่ 3.26 และ 2.27 พบว่าปริมาณสารกันหืนของน้ำมันงาตัวอย่างที่ได้จากการบีบสกัดเมล็ดงาคั่วด้วยวิธีใช้เครื่องบีบอัดไฮดรอลิก, ใช้ตัวทำละลาย และ ใช้เครื่องบีบอัดไฮดรอลิกร่วมกับตัวทำละลายให้ค่าไม่แตกต่างกันในปริมาณสาร sesamol และ sesamin ส่วนปริมาณสาร γ-tocopherol จะลดลงเมื่อสกัดน้ำมันด้วยวิธีใช้ตัวทำละลาย ดังนั้นการบีบสกัดน้ำมันงาด้วยวิธีทางเคมีจะมีกระทบต่อสารกันหืน γ-tocopherol