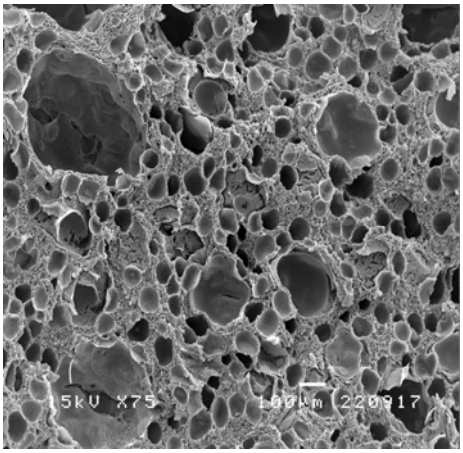
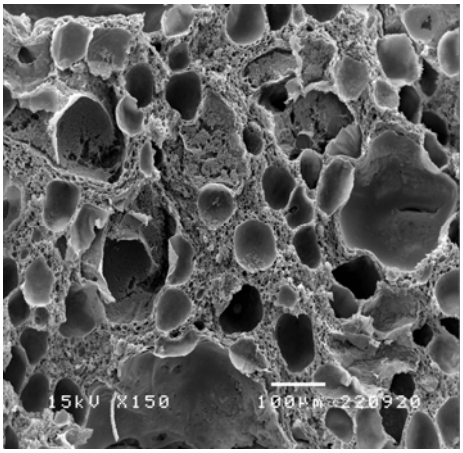
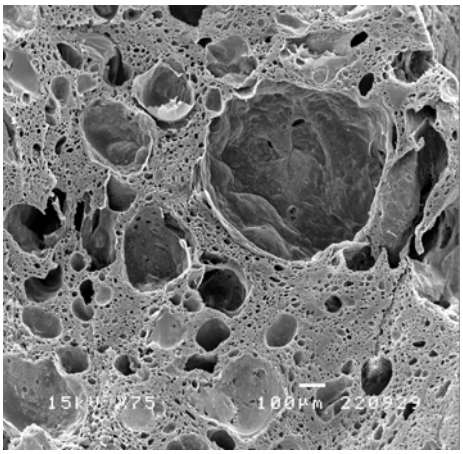


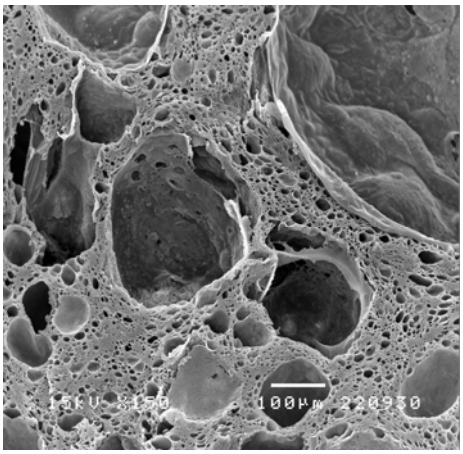
G.



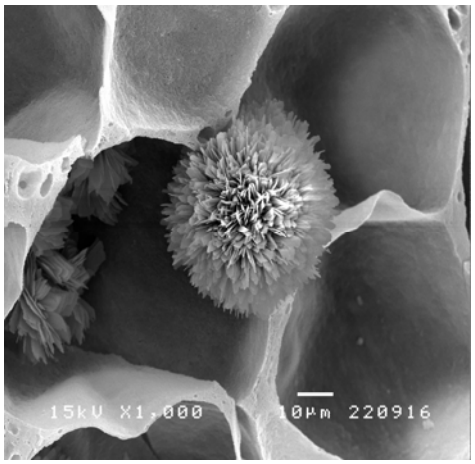
H.



I.



J.



K.

รูปที่ 4.13 (ต่อ) Scanning Electron Micrographs(15 kV) ของผลิตภัณฑ์ Meat Loaf

G. ML4 (x 75), H. ML4 (x 150), I. ML5 (x 75), J. ML5 (x 150), K. ML4 (x 1000)

6. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ Meat loaf ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2±1°C นาน 28 วัน

การศึกษาในตอนนี้เพื่อทราบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2±1 °C ผลการวิเคราะห์จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ Aerobic Plate count และ Psychrotrophic count ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ ในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 2±1 °C เป็นระยะเวลา 0-28 วัน แสดงในตารางที่ 4.14 – 4.16

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ (Aerobic Plate count , Psychrotrophic count) ของผลิตภัณฑ์ Meat Loaf ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2±1°C เป็นระยะเวลา 0-28 วัน

	Log CFU/g				
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28
Aerobic Plate counts (APC)					
ML1	2.55±0.54^{a}	5.05±0.17^{b}	7.51±0.25^{c}	8.13±0.18^{d}	8.40±0.04^{d}
ML2	2.47±0.03^{a}	4.83±0.29^{b}	7.22±0.16^{c}	8.20±0.25^{d}	8.46±0.04^{d}
ML3	2.53±0.08^{a}	4.70±0.32^{b}	7.19±0.21^{c}	8.66±0.23^{d}	9.16±0.28^{e}
ML4	2.48±0.07^{a}	4.41±0.38^{b}	7.16±0.22^{c}	8.04±0.24^{d}	8.66±0.20^{e}
ML5	2.14±0.12^{a}	3.73±0.32^{b}	6.78±0.35^{c}	7.74±0.07^{d}	8.53±0.16^{e}
Psychrotrophic counts (PC)					
ML1	-	1.94±0.04^{a}	2.63±0.01^{b}	3.68±0.08^{c}	4.79±0.17^{d}
ML2	-	2.27±0.04^{a}	3.22±0.05^{b}	3.35±0.11^{b}	5.65±0.10^{c}
ML3	-	2.23±0.07^{a}	3.68±0.06^{b}	4.45±0.13^{c}	6.25±0.11^{d}
ML4	-	2.38±0.07^{a}	3.25±0.18^{b}	4.27±0.07^{c}	6.52±0.13^{d}
ML5	-	1.93±0.04^{a}	2.43±0.05^{b}	3.51±0.10^{c}	4.67±0.06^{d}

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการผลิต Meat Loaf แต่ละสูตร สูตรละ 3 ซ้ำ

ML1 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมัน CH ที่อุณหภูมิ 35°C

ML2 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมัน CH ที่อุณหภูมิ 35°C ร่วมกับน้ำมันรำข้าว (1:1 โดยน้ำหนัก)

ML3 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันแยกส่วนจากไขมัน CHที่อุณหภูมิ 35°C ร่วมกับน้ำมันรำข้าว (1:1 โดยน้ำหนัก)

ML4 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้มันหมูแข็งเป็นส่วนผสม โดยให้มีปริมาณไขมันร้อยละ 25

ML5 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมัน CH เป็นส่วนผสม โดยให้มีปริมาณไขมันร้อยละ 25

คุณภาพด้านจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดในผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 2 ± 1 °C ยังสามารถอำนวยการเจริญของเชื้อ APC และ PC ทั้งนี้จำนวน APC และ PC เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น วิธีการประเมิน Aerobic plate count (APC) เป็นวิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่ต้องใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต ในช่วง 0-14 วัน จำนวนจุลินทรีย์ APC เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อาจเนื่องจากอยู่ใน Exponential Phase ซึ่งจุลินทรีย์เกิดการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากวันที่ 21 จำนวนจุลินทรีย์จะค่อนข้างคงที่ ในช่วง Stationary Phase เนื่องจากมีอัตราการเกิดและอัตราการตายที่สมดุลกัน จำนวนจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 สูตร ไม่แตกต่างกันที่ช่วงเวลาเดียวกัน ในขณะที่วิธีการประเมิน Psychrotrophic count (PC) เป็นวิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิต่ำ (-5 ถึง 5°C) เจริญเติบโตได้ช้ากว่า ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ML1 และ ML5 มีจำนวนจุลินทรีย์ PC ที่ใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่น Devatkal และคณะ (2004) ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ Meat Loaf เนื้อควาย ที่อายุการเก็บนาน 0-20 วัน พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ APC และ PC เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บและการเพิ่มตับและ แครอทไม่มีผลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ APC และ PC ในผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาน่าจะมาจากหลังการอบ (Post Contamination)

ตารางที่ 4.15 ปัจจัยของเวลาต่อค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์

	TBARS (mg malonaldehyde/ตัวอย่าง 1 kg)				
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28
ML1	0.17±0.01^{e}	0.26±0.00^{d}	0.61±0.03^{c}	1.21±0.00^{b}	1.61±0.03^{a}
ML2	0.05±0.00^{e}	0.10±0.01^{d}	0.26±0.01^{c}	0.56±0.01^{b}	0.97±0.00^{a}
ML3	0.03±0.00^{e}	0.07±0.02^{d}	0.19±0.02^{c}	0.51±0.03^{b}	0.87±0.01^{a}
ML4	0.19±0.00^{e}	0.29±0.01^{d}	0.60±0.03^{c}	1.25±0.02^{b}	1.65±0.01^{a}
ML5	0.14±0.02^{e}	0.27±0.01^{d}	0.57±0.01^{c}	1.19±0.01^{b}	1.59±0.02^{a}

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการผลิต Meat Loaf แต่ละสูตร สูตรละ 3 ซ้ำ

ML1 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมัน CH ที่อุณหภูมิ 35°C

ML2 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมัน CH ที่อุณหภูมิ 35°C ร่วมกับน้ำมันรำข้าว(1:1 โดยน้ำหนัก)

ML3 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันแยกส่วนจากไขมัน CHที่อุณหภูมิ 35°C ร่วมกับน้ำมันรำข้าว(1:1 โดยน้ำหนัก)

ML4 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้มันหมูแข็งเป็นส่วนผสม โดยให้มีปริมาณไขมันร้อยละ 25

ML5 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมัน CH เป็นส่วนผสม โดยให้มีปริมาณไขมันร้อยละ 25

การวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) เพื่อประเมินการเกิดออกซิเดชันของไขมัน โดยการตรวจวัดปริมาณ 2°- oxidation product คือ malonaldehyde ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน สารประกอบ malonaldehyde ทำปฏิกิริยากับ Thiobarbituric acid ได้สารประกอบเชิงซ้อนได้สีชมพูแดง (Fennema *et al*., 2008) วัดความเข้มของสีซึ่งสอดคล้องกับความเข้มข้นของ malonaldehyde ในอาหารได้โดยวิธี Spectrophotometry กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายและเร็วกว่ากรดไขมันชนิดอิ่มตัว ซึ่งจากการทดลองจะพบว่าค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับสองปัจจัย คือ ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์และระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาปัจจัยของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อค่า TBARS พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่า TBARS ของทุกผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนที่แทรกซึมผ่านผิวของภาชนะบรรจุได้มากขึ้น ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์จึงเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.16 ปัจจัยของสูตรต่อค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์

	TBARS (mg malonaldehyde/ตัวอย่าง 1 kg)				
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28
ML1	0.17±0.01^{b}	0.26±0.00^{c}	0.61±0.03^{a}	1.21±0.00^{b}	1.61±0.03^{b}
ML2	0.05±0.00^{d}	0.10±0.01^{d}	0.26±0.01^{b}	0.56±0.01^{c}	0.97±0.00^{c}
ML3	0.03±0.00^{e}	0.07±0.02^{e}	0.19±0.02^{c}	0.51±0.03^{d}	0.87±0.01^{d}
ML4	0.19±0.00^{a}	0.29±0.01^{a}	0.60±0.03^{a}	1.25±0.02^{a}	1.65±0.01^{a}
ML5	0.14±0.02^{c}	0.27±0.01^{b}	0.57±0.01^{a}	1.19±0.01^{b}	1.59±0.02^{b}

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

± standard deviation จากการผลิต Meat Loaf แต่ละสูตร สูตรละ 3 ซ้ำ

ML1 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมัน CH ที่อุณหภูมิ 35°C

ML2 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมัน CH ที่อุณหภูมิ 35°C ร่วมกับน้ำมันรำข้าว(1:1 โดยน้ำหนัก)

ML3 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันแยกส่วนจากไขมัน CHที่อุณหภูมิ 35°C ร่วมกับน้ำมันรำข้าว(1:1 โดยน้ำหนัก)

ML4 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้มันหมูแข็งเป็นส่วนผสม โดยให้มีปริมาณไขมันร้อยละ 25

ML5 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมัน CH เป็นส่วนผสม โดยให้มีปริมาณไขมันร้อยละ 25

เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ พบว่า สูตรที่ไม่มีน้ำมันรำข้าวในส่วนผสม ML4 มีค่า TBARS สูงกว่า ML1 และ ML5 เนื่องจากไขมันที่ใช้ใน ML4 เป็นมันหมูแข็งที่มีปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณที่มากกว่าน้ำมันในแยกส่วนใน ML1 และ ไขมัน CH ที่ไม่ผ่านการแยกส่วนใน ML5 จึงสามารถเกิดการออกซิเดชันได้ดีกว่า ML1 และ ML5 แต่ในสูตรที่มีน้ำมันรำข้าวเป็นส่วนผสม พบว่า ค่า TBARS ของ ML3 ต่ำกว่า ML2 เนื่องจากไขมันแยก

ส่วนที่เป็นองค์ประกอบใน ML3 มีปริมาณของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในปริมาณที่สูงกว่าใน ML2 ขึงสามารถเกิดการออกซิเดชันได้ช้ากว่าใน ML2 และเมื่อพิจารณาผลของน้ำมันรำข้าวในผลิตภัณฑ์ พบว่า ค่า TBARS ของ ML2 ต่ำกว่า ML1 แสดงว่าน้ำมันรำข้าวที่เติมในผลิตภัณฑ์ ML2 มีส่วนช่วยให้น้ำมันแยกส่วนใน ML2 เกิดการออกซิเดชันได้ช้าลง เนื่องจากน้ำมันรำข้าวมีปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระธรรมชาติ ได้แก่ วิตามินอีในกลุ่มโทโคฟีรอล และ โอริซานอล ที่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี จึงทำให้ค่า TBARS ของ ML2 มีค่าต่ำกว่า ML1 ดังนั้นการเติมน้ำมันรำข้าวสามารถช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในด้านการหืนได้ Rajendran และคณะ (2006) ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ นัตเก็ต (nugget) เนื้อควาย นาน 0-30 วันพบว่า นัตเก็ตที่มีการเติมน้ำมันพืชและไขมันควาย มีค่า TBARS สูงกว่า นัตเก็ตที่ไม่มีการเติมน้ำมันพืชและไขมันควาย เนื่องจาก นักเก็ตที่มีการเติมน้ำมันพืชและไขมันควาย มีปริมาณไขมันที่มากกว่าในนัตเก็ตที่ไม่มีการเติมน้ำมันพืชและไขมันควาย

ผลการศึกษาคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเฟรนซ์ฟรายด์ที่ทอดด้วยไขมันวัวแยกส่วน

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเฟรนซ์ฟรายด์ที่ผ่านการทอดโดยใช้ น้ำมันวัวเริ่มต้น และไขมันแยกส่วนจากไขมันหุ้มซากวัวพันธุ์ลูกผสมบรามันท์ (BR) เปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์ม เพื่อทำการตรวจสอบทางด้านประสาทสัมผัส ด้านกลิ่น รสชาติ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.17 ค่าคะแนนเฉลี่ยความชอบ (5 point Hedonic scale; n=30) ของเฟรนซ์ฟรายด์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม น้ำมันวัวเริ่มต้น และไขมันวัวแยกส่วน

	PO	BRO	BRL35	BRS35	BRL30	BRS30
กลิ่น	3.30 ± 0.93^{ab}	2.50 ± 0.83^{c}	3.13 ± 0.87^{b}	2.77 ± 0.95^{c}	3.58 ± 0.94^{a}	3.38 ± 0.88^{ab}
รสชาติ	3.33 ± 0.88^{a}	2.70 ± 0.67^{d}	3.05 ± 0.79^{bc}	2.90 ± 0.84^{cd}	3.45 ± 1.00^{a}	3.22 ± 1.08^{ab}
สี^{ns}	3.45±0.72	3.37±0.61	3.53±0.72	3.28±0.67	3.53±0.75	3.33±0.73
เนื้อสัมผัส	3.17 ± 0.69^{ab}	2.90 ± 0.66^{cd}	2.98 ± 0.65^{bc}	2.73 ± 0.71^{d}	3.35 ± 0.84^{a}	3.28 ± 0.74^{a}
การยอมรับโดยรวม	3.22 ± 0.49^{ab}	2.92 ± 0.67^{cd}	3.03 ± 0.71^{bc}	2.78 ± 0.64^{d}	3.43 ± 0.96^{a}	3.30 ± 0.70^{a}

หมายเหตุ

a, b ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

± standard deviation จากการทอดเฟรนซ์ฟรายด์ด้วยน้ำมันแต่ละชนิด จำนวน 2 ซ้ำ

PO หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม

BR หมายถึง ไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมบรามันท์ โดย O = ไขมันวัวเริ่มต้น, L = น้ำมันแยกส่วน, S = ไขมันแยกส่วน โดยมี ^{A} เป็นอุณหภูมิในการแยกส่วน ที่ 35 และ 30°C

ผลจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เฟรนซ์ฟรายด์ที่ทอดด้วยน้ำมันที่แตกต่างกัน ทั้ง 6 ชนิด พบว่า ชนิดของไขมันที่ใช้ทอดไม่มีผลต่อความแตกต่างของความชอบด้านสีของเฟรนซ์ฟรายด์ เมื่อทอดที่อุณหภูมิและเวลาเดียวกัน ผู้ทดสอบไม่ค่อยชอบกลิ่นและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เฟรนซ์ฟรายด์ที่ทอดด้วยน้ำมันวัวเริ่มต้นและผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยไขมันแยกส่วน ที่อุณหภูมิ 35°C เนื่องจากน้ำมันวัวมีกลิ่นเฉพาะตัว เมื่อนำมาทอดเฟรนซ์ฟรายด์จึงทำให้กลิ่นของเฟรนซ์ฟรายด์ที่ได้แตกต่างจากเฟรนซ์ฟรายด์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มซึ่งเป็นน้ำมันที่

ใช้ในการทอดเฟรนซ์ฟรายด์ในท้องตลาด ผู้ทดสอบจึงรู้สึกไม่ค่อยชอบ อีกทั้งเฟรนซ์ ฟรายด์ที่ทอดโดยใช้น้ำมันวัวเริ่มต้นและไขมันแยกส่วน ที่อุณหภูมิ 35°C ยังมีลักษณะที่นิ่ม ไม่กรอบแตกต่างจากเฟรนซ์ฟรายด์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม ผู้ทดสอบจึงรู้สึกไม่ชอบ ผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันวัวเริ่มต้นและไขมันแยกส่วน ที่อุณหภูมิ 35°C น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันชนิดอื่น ($p \leq 0.05$) ไขมันและน้ำมันแยกส่วนที่อุณหภูมิ 30°C และน้ำมันปาล์ม ทำให้เฟรนซ์ฟรายด์มีรสชาติและเนื้อสัมผัสดีกว่าน้ำมันชนิดอื่น ($p \leq 0.05$) การยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบที่มีต่อเฟรนซ์ฟรายด์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์มไม่แตกต่างจากเฟรนซ์ฟรายที่ทอดด้วยไขมันแยกส่วนและน้ำมันที่อุณหภูมิ 30°C

จากผลการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเฟรนซ์ฟรายด์ครั้งนี้ กล่าวได้ว่า ไขมันแยกส่วนที่อุณหภูมิ 30°C ทั้งไขมันแยกส่วนและน้ำมันแยกส่วน สามารถใช้เป็นน้ำมันทอดที่ให้กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสที่ดี หรือ ดีกว่าเมื่อทอดด้วยน้ำมันปาล์ม น้ำมันวัวมีกลิ่นอ่อนเล็กน้อย ซึ่งให้กลิ่นรสของอาหารที่ไม่พบในน้ำมันชนิดอื่น โดยเฉพาะน้ำมันปาล์มซึ่งไม่ให้กลิ่นรสกับผลิตภัณฑ์ จึงเหมาะสมในการทอดผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเนื้อสัตว์ ซึ่งจะให้กลิ่นรสเนื้อสัตว์ (meaty) ที่ดีกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อจากไขมันวัวแยกส่วน สามารถสรุปเป็นส่วนๆ ดังนี้

1. คุณลักษณะของวัตถุดิบไขมันวัว ไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปให้ปริมาณน้ำมันจากการเจียวในปริมาณที่มากที่สุด คือ 76.30 ± 2.68 % จุดหลอมเหลวสูงที่สุด คือ 48.83 ± 0.41˚C ค่าไอโอดีนและกรดไขมันอิสระที่ต่ำที่สุด คือ 32.92 ± 2.08 กรัมไอโอดีน/ไขมัน 100 กรัม และ 0.42 ± 0.04% ตามลำดับ ไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปและพันธุ์ลูกผสมบราห์มัน ให้ปริมาณน้ำมันจากการเจียว ค่าไอโอดีน และปริมาณกรดไขมันอิสระที่ไม่แตกต่างกัน แต่จุดหลอมเหลวของพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสมบราห์มัน กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันวัวทั้ง 3 พันธุ์ คือ ไมริสติก (C14:0), ไมริสโตเลอิก (C14:1), ปาล์มมิติก (C16:0), พามิโตโอเลอิค (C16:1), เฮปตะเดคาโนอิก(C17:0), สเตียริก (C18:0),โอเลอิค (C18:1c), อิไลดิก(C18:1t) และลิโนเลอิค (C18:2) ไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปมีปริมาณของกรดไขมันพามิโตโอเลอิค (C16:1) และโอเลอิค (C18:1) ในปริมาณที่สูง คือ 11.53±0.01% และ 23.18±0.11% ตามลำดับ และมีปริมาณของกรดไขมันสเตียริก (C18:0) ต่ำที่สุด คือ 19.78±0.03% ไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธ์ลูกผสมบราห์มันมีกรดไขมันไมริสติก (C14:0) และลิโนเลอิค (C18:2) ในปริมาณที่สูงที่สุด คือ 6.72±0.01% และ 3.02±0.02% ตามลำดับ ไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปมีกรดไขมันสเตียริก (C18:0) สูงที่สุด คือ 41.37±0.82% แต่มีปริมาณของกรดไขมันไมริสโตเลอิก (C14:1) และ พามิโตโอเลอิค (C16:1) ต่ำที่สุด คือ 0.57±0.03% และ 3.01±0.03% ตามลำดับ

2. ผลการศึกษาเทคนิคการแยกส่วนไขมันวัวด้วยอุณหภูมิต่ำ ไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปสามารถแยกส่วน ที่ 2 ระดับอุณหภูมิ คือ 45°C เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมง และ 30°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปและพันธุ์บราห์มัน สามารถแยกส่วน ที่ 2 ระดับอุณหภูมิ เช่นกัน คือ 35°C เป็นเวลา 9 ชั่วโมง และ 30°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง

3. การศึกษาการแยกส่วนไขมันวัวด้วยความเย็น แยกส่วนน้ำมันจากไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป ที่ 2 ระดับอุณหภูมิ คือ 45°C และ 30°C ปริมาณไขมันแข็งที่แยกได้ คือ 6.72 ± 2.37% และ 82.86 ± 4.79% ตามลำดับ แยกส่วนไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปและพันธุ์ลูกผสมบราห์มัน ที่ 2 ระดับอุณหภูมิ เช่นกัน คือ 35°C และ 30°C ปริมาณไขมันแข็ง

แยกส่วนของพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป คือ 23.02 ± 8.02% และ 21.70 ± 1.75% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ลูกผสมบราห์มัน ปริมาณไขมันแข็งแยกส่วน เท่ากับ 54.37 ± 7.18% และ 3.88 ± 0.52% ตามลำดับ

4. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของไขมันวัวแยกส่วน พบว่าการแยกส่วนมีผลให้จุดหลอมเหลวของน้ำมันแยกส่วนลดลง ในขณะที่จุดหลอมเหลวของไขมันแยกส่วนเพิ่มขึ้น และเนื่องจากเป็นการตกผลึกน้ำมันซ้ำ ไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูงจะถูกแยกออกมาอยู่ในส่วนของไขมันแยกส่วนขั้นแรก ทำให้ไขมันแยกส่วนที่ได้จากการตกผลึกในขั้นที่ 2 เป็นไขมันที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าในไขมันแยกส่วนขั้นแรก การแยกส่วนยังมีผลต่อค่าไอโอดีน โดยค่าไอโอดีนของน้ำมันแยกส่วนมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าไอโอดีนของไขมันแยกส่วนมีค่าลดลง ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันแยกส่วนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันวัวเริ่มต้น ในขณะที่ไขมันแยกส่วนมีกรดไขมันอิสระในปริมาณที่น้อยกว่า การแยกส่วนไขมันที่อุณหภูมิตกผลึกต่ำ มีผลต่อการเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันแยกส่วน ขณะที่ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลดลง ส่วนไขมันแยกส่วนจะมีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้น โดยน้ำมันแยกส่วนจากไขมันวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น 2.27% น้ำมันแยกส่วนจากไขมันวัวพันธุ์ลูกผสมบราห์มันมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น 7.73% น้ำมันแยกส่วนจากไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว 12.33%

5. การศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ Meat Loaf ที่ใช้ไขมันแยกส่วน พบว่าการทดแทนมันแข็งด้วยไขมันแยกส่วนจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป ทั้งจากส่วนไขมันแยกส่วน และน้ำมันแยกส่วน และ/หรือใช้ร่วมกับน้ำมันรำข้าว ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพ ด้านการสูญเสียน้ำหนัก และความคงตัวของอิมัลชัน แต่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี สี ลักษณะเนื้อสัมผัส และองค์ประกอบของกรดไขมัน ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนมีคุณค่าทางโภชนาการดีกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปที่ไม่ผ่านการแยกส่วน โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปที่ไม่ผ่านการแยกส่วน การใช้ไขมันแยกส่วนส่งผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปและผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปร่วมกับน้ำมันรำข้าว ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ชุ่มฉ่ำ และมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ลักษณะเนื้อสัมผัสดังกล่าวเป็นลักษณะที่ผู้ทดสอบชอบเล็กน้อย นอกจากนี้ผู้ทดสอบยังชอบผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป ด้านลักษณะปรากฏ และมีความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์มากกว่า

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปที่ไม่ผ่านการแยกส่วน การใช้ไขมันแยกส่วนยังมีผลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปร่วมกับน้ำมันรำข้าวในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก เกิดการออกซิเดชันของไขมันได้ช้ากว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนเพียงอย่างเดียว จึงทำให้มีอายุการเก็บ (ในทางเคมี) ที่ยาวนานกว่าในผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการใช้น้ำมันรำข้าว แต่การใช้ไขมันแยกส่วนกลับไม่มีผลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในแง่ของจุลินทรีย์เลย เนื่องจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่พบเกิดจากการจัดการตัวอย่างหลังการผลิต เช่น การตัด และการบรรจุตัวอย่าง

6. การศึกษาคุณลักษณะของอาหารที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วนชนิดแข็งในการทอด พบว่า ไม่มีความแตกต่างในคุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยไขมันที่แตกต่างกัน แต่ผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันวัวเริ่มต้น มีคุณลักษณะด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ที่ต่ำที่สุด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ $30^{\circ}C$ ทั้งไขมันแยกส่วนและน้ำมันแยกส่วน มีคุณลักษณะด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ไม่แตกต่างจาก ผลิตภัณฑ์ที่ทอดด้วยน้ำมันปาล์ม แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะสามารถใช้ไขมันวัวแยกส่วนในการปรุงหรือทอดอาหาร แทนไขมันหรือน้ำมันที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการนำไขมันวัวมาผ่านกระบวนการแยกส่วน สามารถนำไปพัฒนาในการทำผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่อไปได้ นอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้สูงที่จะนำส่วนของไขมันแยกส่วนไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้ทาเคลือบผิวหน้าของสเต็ก หรือใช้ในการทอดอาหารเพื่อเพิ่มความคุ้มค่าให้กับกระบวนการแยกส่วนมากยิ่งขึ้น และยังมีความน่าสนใจที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอื่นๆ สามารถนำแนวความคิดนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อสุขภาพต่อไป

บรรณานุกรม

กลุ่มวิจัยและพัฒนาพันธุ์โคเนื้อ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. โคพันธุ์บราห์มัน (Brahman). 9 เม.ย. 2552. [Online]. Available: http://www.dld.go.th/breeding/b/Ready/Br_breed.html

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2539. **เคมีอาหาร**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 340 น.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 128 น.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2532. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 135 น.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2547. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 237 น.

วรรณา ตั้งเจริญชัย. 2549. **คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ของน้ำมันหมูที่ผ่านการแยกส่วนด้วยอุณหภูมิต่ำ**. รายงานวิจัยงบประมาณ 2548. คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศลินา แสงทอง. 2547. “ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไขมันไก่ที่ได้จากการแยกส่วนด้วยอุณหภูมิต่ำ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศวรรญา ปั่นดลสุข. 2550. “การแยกส่วนไขมันเปลว และคุณลักษณะของไส้กรอกหมูแฟรงเฟอเตอร์ที่ใช้ไขมันแยกส่วน”วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุมาลัย ศรีกำไลทอง, พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, สมนึก อาษา และสุภัทรา มั่นสกุล. 2532. **การพัฒนาเทคโนโลยีการแยกส่วนน้ำมันปาล์ม**. วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี. ปีที่ 4 ฉบับ 2. พฤษภาคม-สิงหาคม.

สุรัสสา สะมิตะโยธิน, ชิดชนก นวลฉิมพลี และ ปิตุนาถ หนูแสน. สื่อการสอนวิชา การผลิตโค สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 9 เม.ย. 2552. [Online]. Available: http://www.sut.ac.th/e-texts/Agri/My%20Webs/page%201.htm

อิ่มเอิบ พันสด. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. 12 พ.ย. 2551. [Online]. Available: http://www.nsru.ac.th/e-learning/meattech/index.htm

Abiola., S.S. and S.W. Adegbaju. 2001. Effect of substituting pork back fat with rind on quality characteristics of pork sausage. **Meat Science.** 58(4): 409-412.

Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chgemists. Washington DC.

American Oil Chemistry Socity. 1999. Official Methods and Recommended Practices. 5th ed. Illinois: Champaign

Ayo, J., J. Carballo, J. Serrano, B. Olmedilla-Alonso, C. Ruiz-Capillas and F. Jiménez-Colmenero. 2007. Effect of total replacement profile of frankfurters. **Meat Science.** 77: 173-181.

Babut, S. 1995. Importance of fat emulsifation and protein matrix characteristics in meat batter stability. **Journal of Muscel Foods**. 6: 161-177.

Bligh, E. G. and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry Physiology**. 37: 911-917.

Bloukas, J.G., E.D. Paneras and G.C. Fournitzis. 1997. Sodium lactate and protective culture effect on quality characteristics and shelf-life of low-fat frankfurters produced with oil. **Meat Science,** 45 (2): 223-238.

Breeding, C.J. and R.T. Marshall. 1995. Crystallization of butter oil and separation by filter centrifugation. **Journal of the American Oil Chemists' Society.** 72(2): 449-453.

Breitschuh, B. and E.J. Windhab. 1998. Parameters Influencing cocrystallization and polymorphism in Milk Fat. **Journal of the American Oil Chemists' Society.** 75(8): 897-904.

Bussey, D.M., T.C. Ryan, J.I. Gray and M.E. Zabik. 1981. Fractionation and characterization of edible tallow. **Journal of Food Science**. 46: 526-530.

Chatimakorn, C. N. Silalai. 2007. Addition of rice bran oil to soybean oil during frying increase the oxidative stability of the fried dough from rice flour during storage. **Food Research International.** 41: 308-317

Chiu, C.M., A.G. Luizand and S.S. Victor. 2002. **Characterization fractionation and utilization of the abdominal chicken fat.** [Online]. Available: http//www.teses.usp.br /teses/disponiveis/9/9133/tde-16042002-160222.

Cofrades, S., J. Carballo and F. Jimenez-Chlmenero. 1997. Heating rate effects on high-fat and low-fat frankfurters with a high content of added water. **Meat Science**. 47(1-2): 105-114.

Campos, R., S.S. Narine and A.G. Marangoni. 2002. Effect of cooling rate on the structure and mechanical properties of milk fat and lard. **Food Research International**. 35: 971-981.

Compendium of Methods for Food Analysis. 2003. **Fatty acid in food gas chromatographic method. 1st ed**. Department of Medical Science and Department of Medical Science Foundation, National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standard (ACFS). กรุงเทพฯ

Crehan, C.M., D.J. Troy and D.J. Buckley. 2000. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. **Meat Science**. 55(1): 123-130.

Davatkal, S. S.K. Mendiratta, N. Kondaiah. 2004. Quality Characteristics of loaves from buffalo meat, liver and vegetables. **Meat Science**. 67: 377-383

Deffense, E. 1985. Fractionation of Palm Oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society.** 62(2): 376-385.

Deffense, E. 1993. Milk fat fractionation today: A review. **Journal of the American Oil Chemists' Society.** 70(12): 1193-1201.

Defouw, C.L., M.E. Zabik and J.I. Gray. 1981. Fractionated edible beef tallow as a deep fat frying medium for french fries. **Journal of Food Science.** 46: 452-456.

Dimick, P.S., Y.S. Reddy and G.R. Ziegler. 1996. Chemical and thermal characteristics of milk-fat fractions isolated by a melt crystallization. **Journal of the American Oil Chemists' Society.** 73(12): 1647-4652.

Estévez, M., S. Ventanas and R. Cava. 2006. Oxidation of lipids and proteins in frankfurters with different fatty acid compositions and tocopherol and phenolic contents. **Food Chemistry.** 100(1): 55-63.

Fatouh, A.E., R.K. Singh, P.E. Koehler and G.A. Mahran. 2003. Chemical and thermal characteristics of buffalo butter oil fractionation obtained by multi-step dry fractionation. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol**. 36: 483-496.

Fennema, O.R., S. Damodaran and K. Parkin. 2008. Lipid. **Fennema's food chemistry**. (4th ed.) CRC Press/Taylor & Francis. Boca Raton.

Feng, S.W. and W.L. Chain. 1995. Contribution of particle sizes and particle size distributions in crystalline fractionation of lard. **Journal of American Oil Chemists'Society.** 43(3): 785-790.

Foglia, T.A., K.T. Lee and D.D. Brillhart. 2002. Solvent fractionation of chicken fat for making lipid compositions enriched in unsaturated fatty acid containing triaglycerols. **U.S. Patent**. No.6.344,574.

Ghotra, B.S., S.D. Dyal, and S.S. 2002. Lipids shortenings: a review. **Food Research International**. 35. pp: 1015-1048.

Glassner, D.A. and E.A. Grulke. 1986. The effects of surfactant concentration and crystal size on the olein yield from the detergent fractionation of tallow. **Journal of American Oil Chemists' Society.** 63(8): 1066-1071.

Grall, D.S. and R.W. Hartel. 1992. Kinetics of butterfat crystallization. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. 69(8). pp: 741-747.

Hamm, W. 1995. Trends in Edible Oil Fractionation. **Trends in Food Science and Technology**. 6(4): 121-126

Hashimoto, S., T. Nezu, H. Arakawa, T. Ito and S. Maruzeni. 2001. Preparation of sharp-melting hard palm midfraction and its use as hard butter in chocolate. **Journal of American Oil Chemists' Society.** 78(5): 455-450.

Hohne, G.W.H., H. J. Flammersheim and W. F. Hemminger. 2004. Types of Differential Scanning Calorimeters and Modes of Operation. **Differential Scanning Calorimetry.** Springer-Verlag New York, LLC

Hsu, S.Y. and S.H. Yu. 1999. Effects of phosphate, water, fat and salt on qualities of low-fat emulsified meatball. **Meat Science**. 39: 123-130.

Hughe, E.S. Cofrades and D.J. Troy. 1997. Effects of fat level, oat fiber and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. . **Meat Science**. 45(3): 273-281**.**

Humphrey, K.L. and Narine, S.S. 2004. A comparison of lipid shortening functionality as a function of molecular ensemble and shear: Crystallization and melting. **Food Research International.** 37: 11-27.

ICMSF (1978). International commission on microbiological specifications for foods. **Microorganisms in foods**. 1. Their significance and methods of enumeration. Canada: University of Toronto Press.

Iwasaki, T., K. Noshiroya, N. Saitoh, K. Okano and K. Yamamoto. 2006. Studies of the effect of hydrostatic pressure pretreatment on thermal gelation of chicken myofibrils and pork meat patty. **Food Chemistry**. 95(3): 474–483.

Jeyarani, T. and S. Yella Reddy. 2001. Cocoa butter extender from *Simarouba glauca* fat. **Journal of the American Oil Chemists' Society.** 78(3): 271-276.

Kayaardi, S. and V. Gök. 2003. Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). **Meat Science**. 66(1): 249-257.

Kaylegian, K.E. and R.C. Lindsay. 1994. **Handbook of Milk fat Fractionation Technology and Application**. Illinois : AOCS press. pp : 662.

Kreulen, H.P. 1976. Fractionation and winterization of edible fats and oils. **Journal of American Oil Chemists' Society.** 53: 393-396.

Larrea, V., I.P. Munuera, I. Hernando, A. Quiles, E. Llorca, and M.A. Lluch. 2007. Microstructural changes in Teruel dry-cured ham during processing. **Meat Science.** 76: 574-582

Morin, L.A., F. Temelli and L. McMullen. 2004. Interactions between meat proteins and barley (Hordeum spp.) β-glucan within a reduced-fat breakfast sausage system. **Meat Science.** 68: 419-430.

Muguerza, E., E. Fista, D. Ansorena, I. Astiasaran and J.G. Bloukas. 2002. Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. **Meat Science.** 61(4): 397-404.

O'Shea, M., D. Rosaleen, L. Fergal and K. Kieran. 2000. Enrichment of the conjugated linoleic acid content of bovine milk fat by dry fractionation. **International Dairy Journal.** 10: 289-294.

O' Sullivan, A., K. O' Sullivan, K Galvin, A.P. Moloney, D.J. Troy and J.P. Kerry. 2004. Influence of concentrate composition and forage type on retail packaged beef quality. **Journal of Animal Science**. 82: 2384-2391.

Pal, P.K., D.K. Bhattacharyya and S. Ghosh. 2000. Isopropanol fractionation of butter oil and characteristics of fractions. **Journal of American Oil Chemists' Society.** 77(11): 1215-1218.

Pappa, I.C., J.G. Bloukas and I.S. Arvanitoyannis. 2000. Optimization of salt, olive oil and pectin level for low-fat frankfurters produced by replacing pork backfat with olive oil. **Meat Science**. 56(1): 81-88.

Pearson, A.M. and T.A. Gillett. 1996. Sausages in pearson, A.M. and Gillett, T.A. Editors 1996. Processed meats (3rd ed). Champman & Hall. New York.

Rajah, K.K. and D.P.J. Moran. 1994. Fat products using fractionation and hydrogenation. In: **Fats in Food Products**. Glasgow: Blackie Academic and Professional. pp: 277-313.

Rajendran, T., Anjaneyulu, A.S.R. and Kondaiah, N. 2006. Quality and shelf life evaluation of emulsion and restructured buffalo meat nuggets at cold storage (4 ±1°C). **Meat Science.**72: 373-379

Rolland, J.R. and R.R. Riel. 1996. Separation of milk fat fraction by centrifugation. **Journal of Dairy Science**. 49(6): 608-616.

Sorensen, G., and S.S. Jorgensen. 1995. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. **Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung**, 202, 205–210.

Tasioula-Margari, M., G. Márquez-Ruíz and M.C. Dobarganes. 1996. Fractionation of oligomeric triacylglycerides and the relation to rejection limits for used frying oils. **Journal of American Oil Chemists' Society.** 73(11): 1579-1584.

Temme, E.H.M., R.P. Mensink and G. Hornstra. 1997. Effects of medium chain fatty acids (MCFA), myristic acid, and oleic acid on serum lipoproteins in healthy subjects. **Journal of Lipid Research**. 38 : 1746-1754.

Theno, D.M., D.G. Siegel and G.R. Schmidt. 1978. Meat massaging: Effects of salt and phosphate on the ultrastructure of cured porcine muscle. **Journal of Food Science**. 43 : 488-492.

Triebold, H.O. and L.W. Aurand. 1967. **Food Compositions and Analysis**. 2nd. Van Nostrand New York. 497 p.

Yang, M.H., S.C. Chang and R.H. Chen. 1992. Effect of solvent polarity and fractionation tempurature on the physicochemical properties of squid viscera stearin. **Journal of American Oil Chemists' Society.** 69(12): 1192-1197.

Yang, T., X. Xu, C. He and L. Li. 2003. Lipase-catalyzed modification of lard to produce human milk fat substitutes. **Food Chemistry**. 80(4): 473-481.

ภาคผนวก ก

เครื่องแยกส่วนไขมัน

รูป ก1 ชุดเครื่องแยกส่วนไขมัน

รูป ก2 ถังสแตนเลส 2 ชั้น สำหรับตกผลึกความจุ 6.5 ลิตร และใบกวนสแตนเลสรูปตัวยู (เส้นผ่านศูนย์กลางใบพัด 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร และสูง 30.5 เซนติเมตร)

ภาคผนวก ข

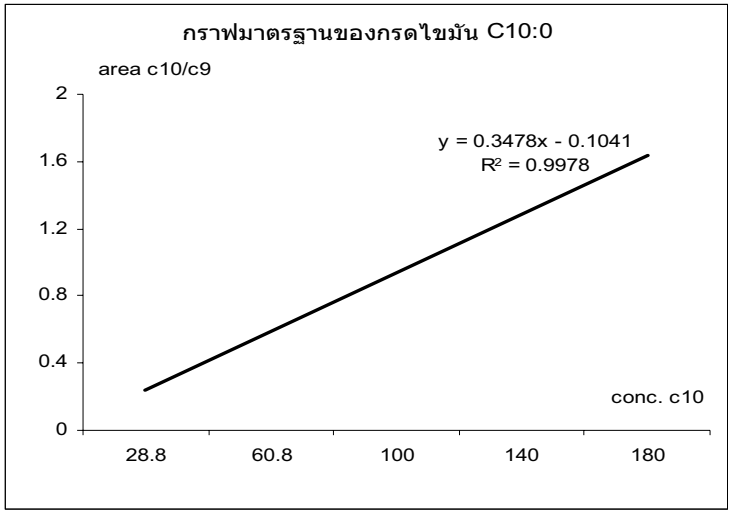
Scanning Electron Microscopy (SEM)

รูป ข1 Scanning Electron Microscope (Jeol, model JSM-5410LV, Japan)

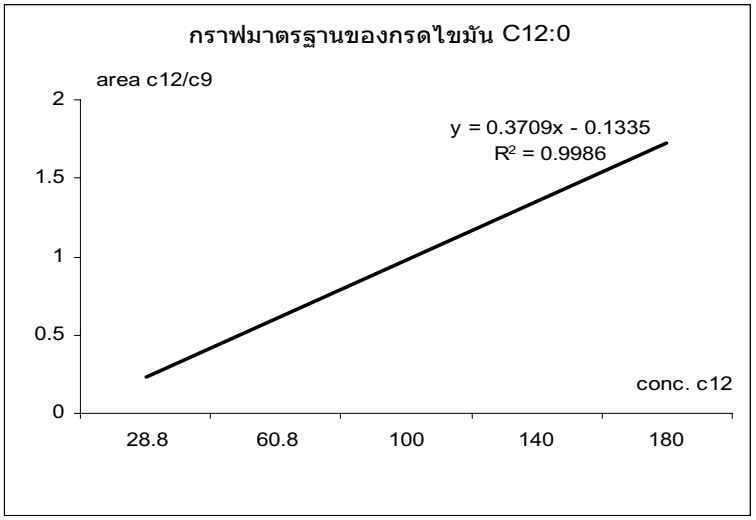
รูป ข2 SEM Specimen n

ภาคผนวก ค

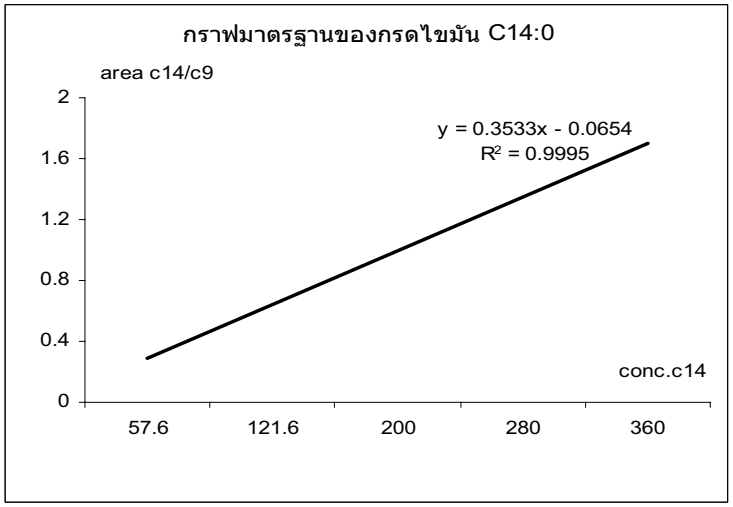
กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน



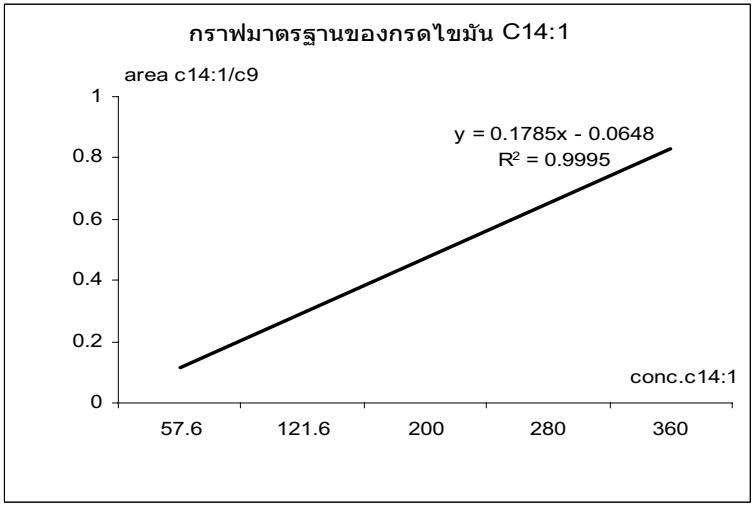
a.



b.

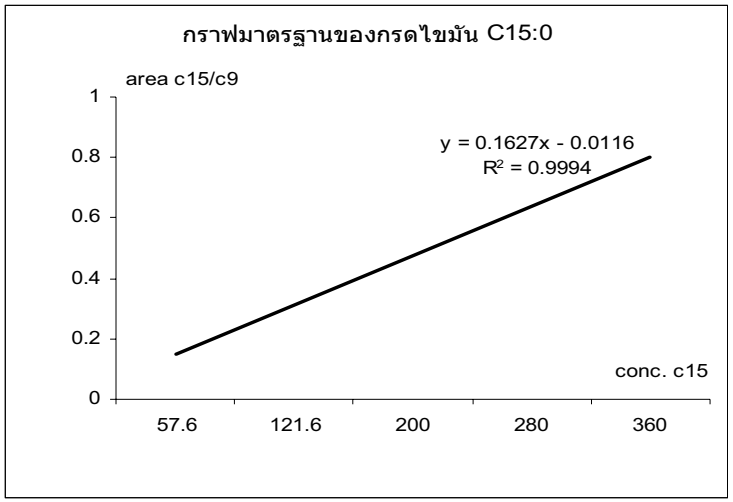


c.

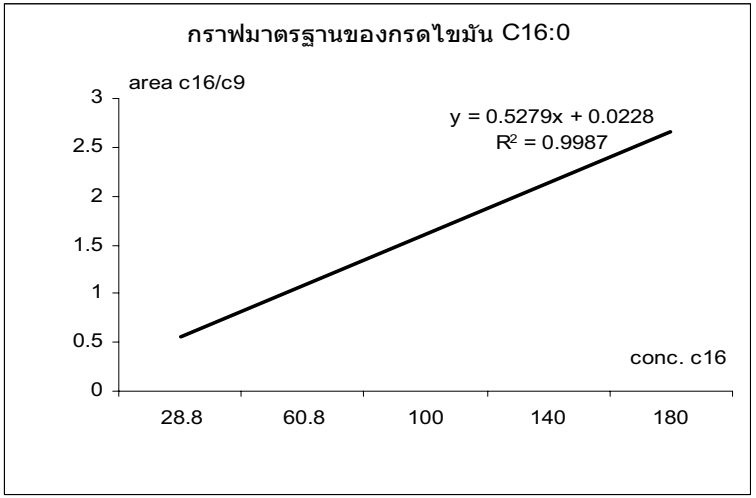


d.

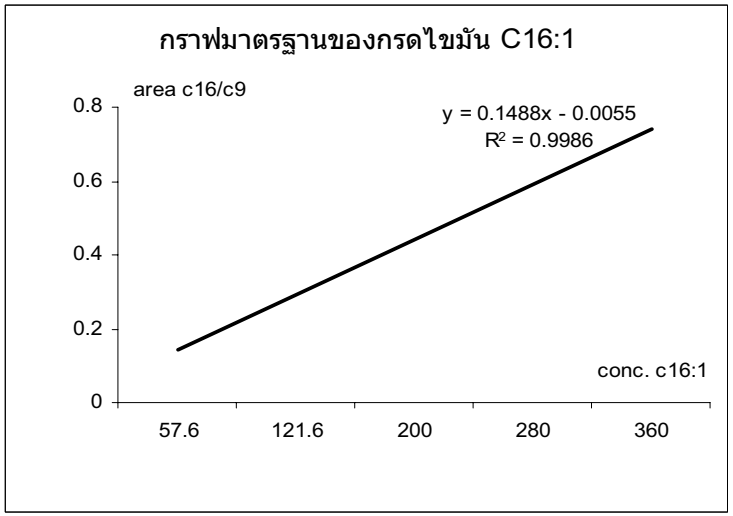
รูปที่ ค1 กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันต่อพื้นที่ใต้กราฟของ internal standard (C9) ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันมาตรฐาน (ppm) a. กรดไขมัน C10:0, b. กรดไขมัน C12:0, c. กรดไขมัน C14:0 และ d. กรดไขมัน C14:1



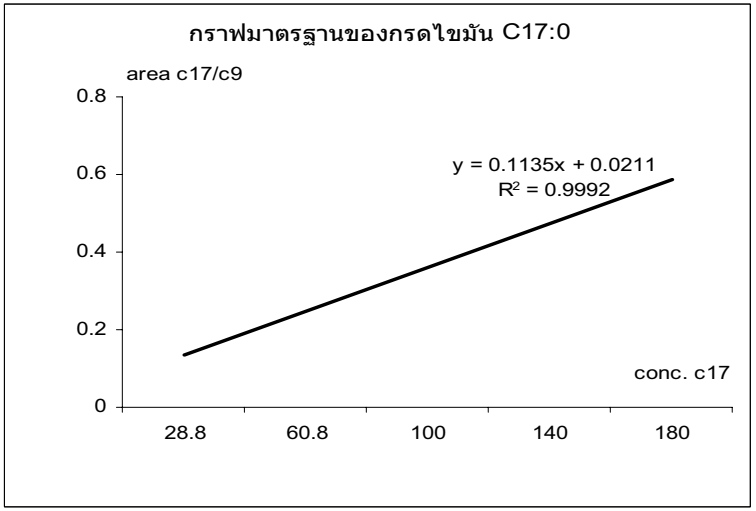
a.



b.

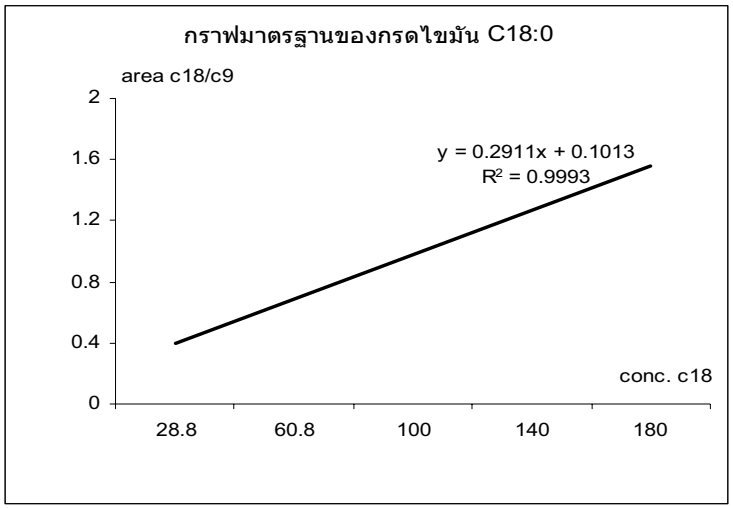


c.

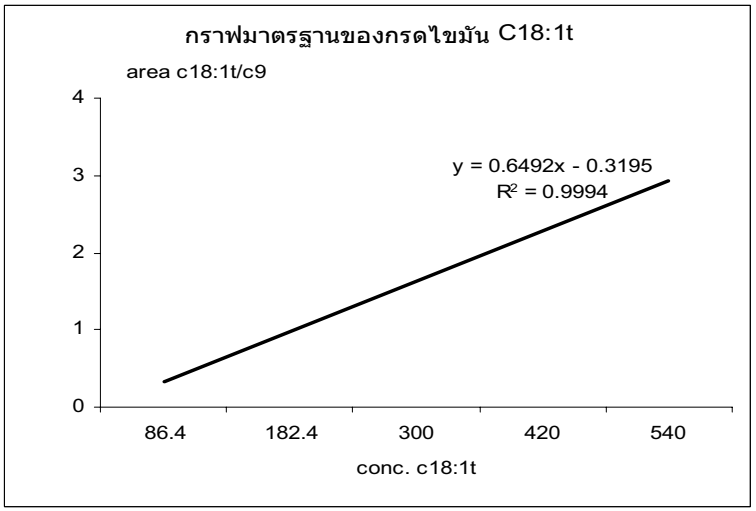


d.

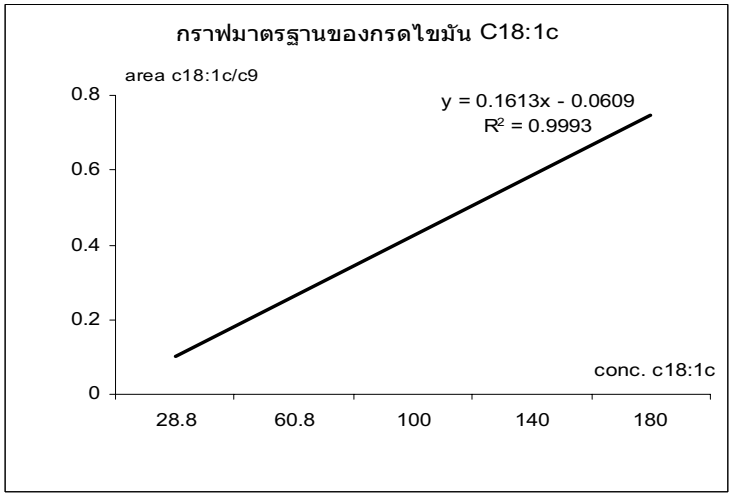
รูปที่ ค2 กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันต่อพื้นที่ใต้กราฟของ internal standard (C9) ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันมาตรฐาน (ppm) a. กรดไขมัน C15:0, b. กรดไขมัน C16:0, c. กรดไขมัน C16:1 และ d. กรดไขมัน C17:0



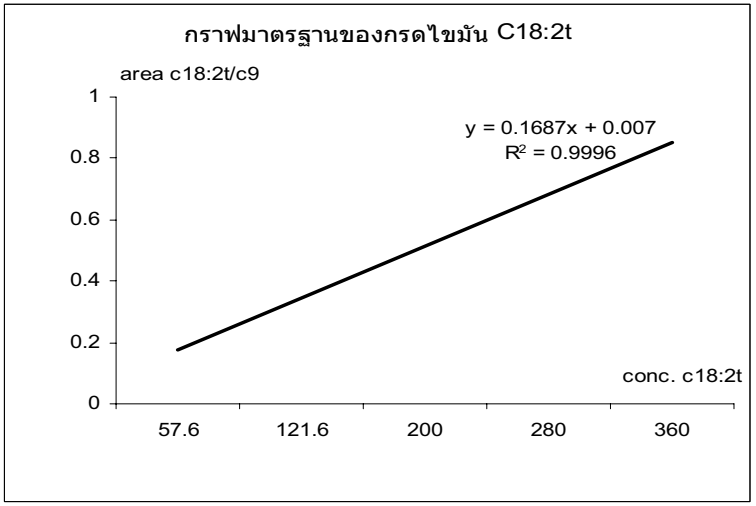
a.



b.

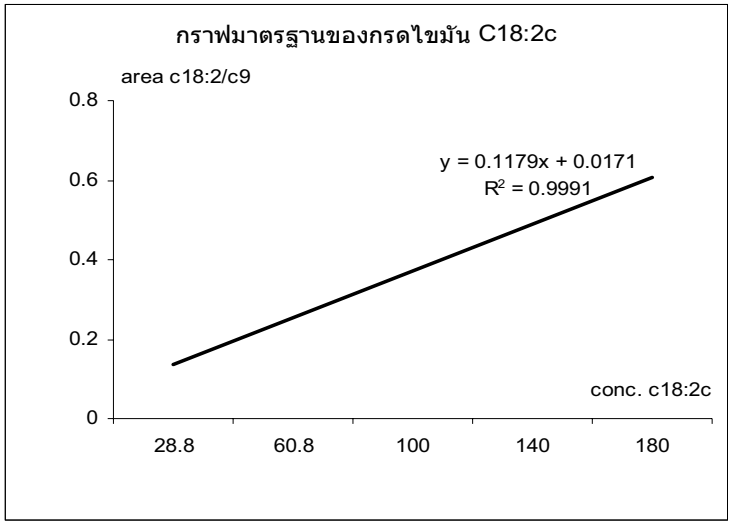


c.

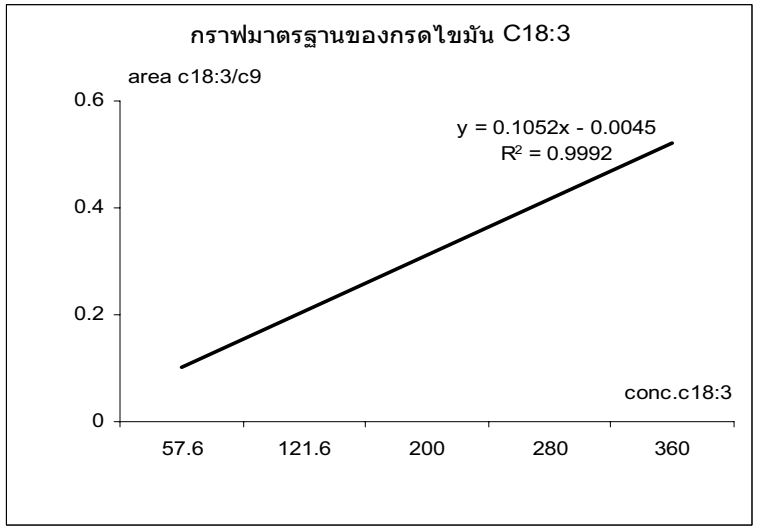


d.

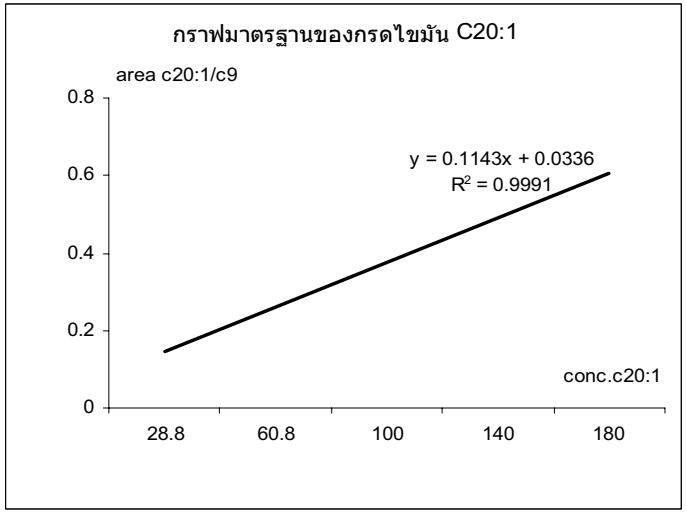
รูปที่ ค3 กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันต่อพื้นที่ใต้กราฟของ internal standard (C9) ต่อความเข้นข้นของกรดไขมันมาตรฐาน (ppm) a. กรดไขมัน C18:0, b. กรดไขมัน C18:1t, c. กรดไขมัน C18:1c และ d. กรดไขมัน C18:2t



a.



b.

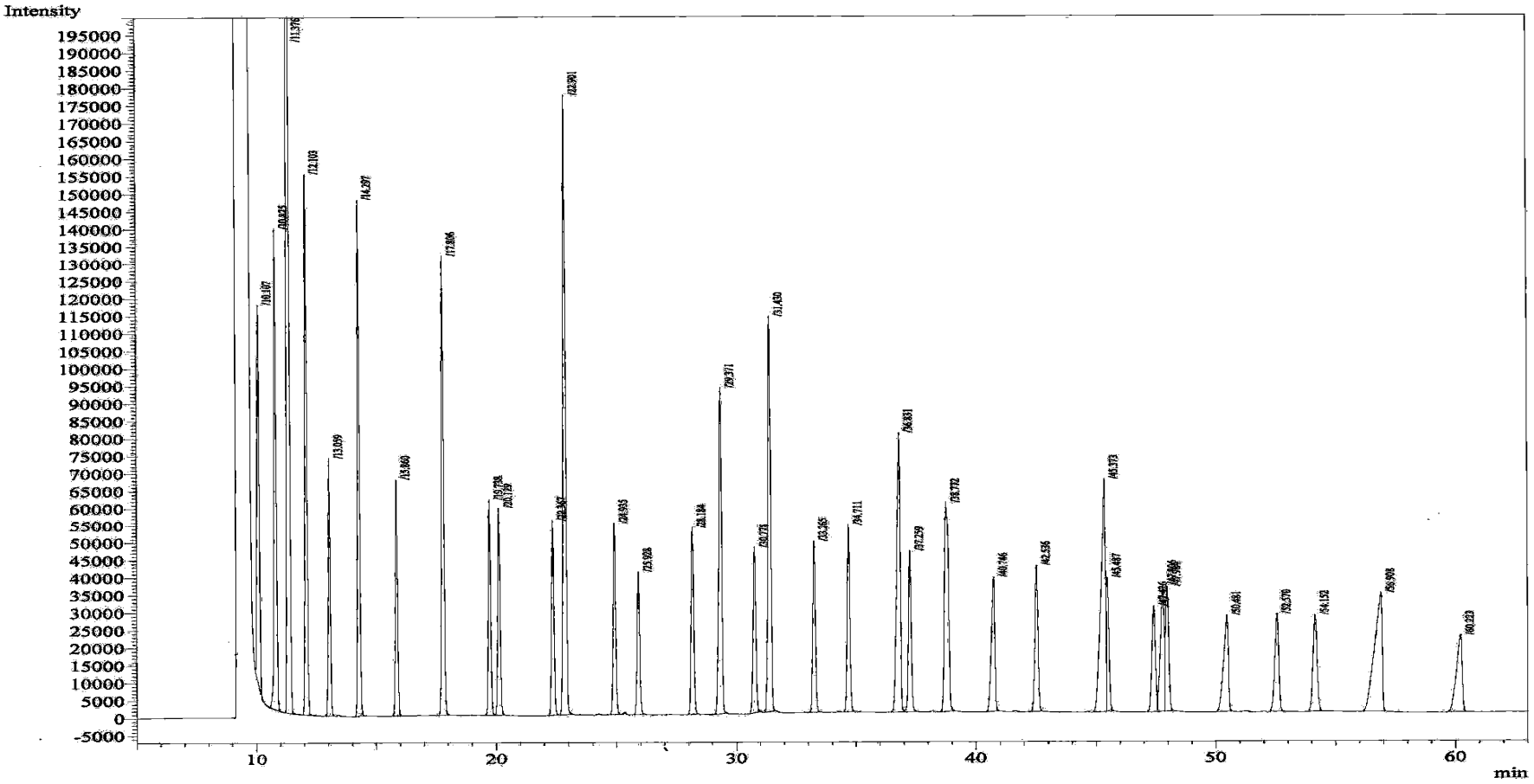


c.

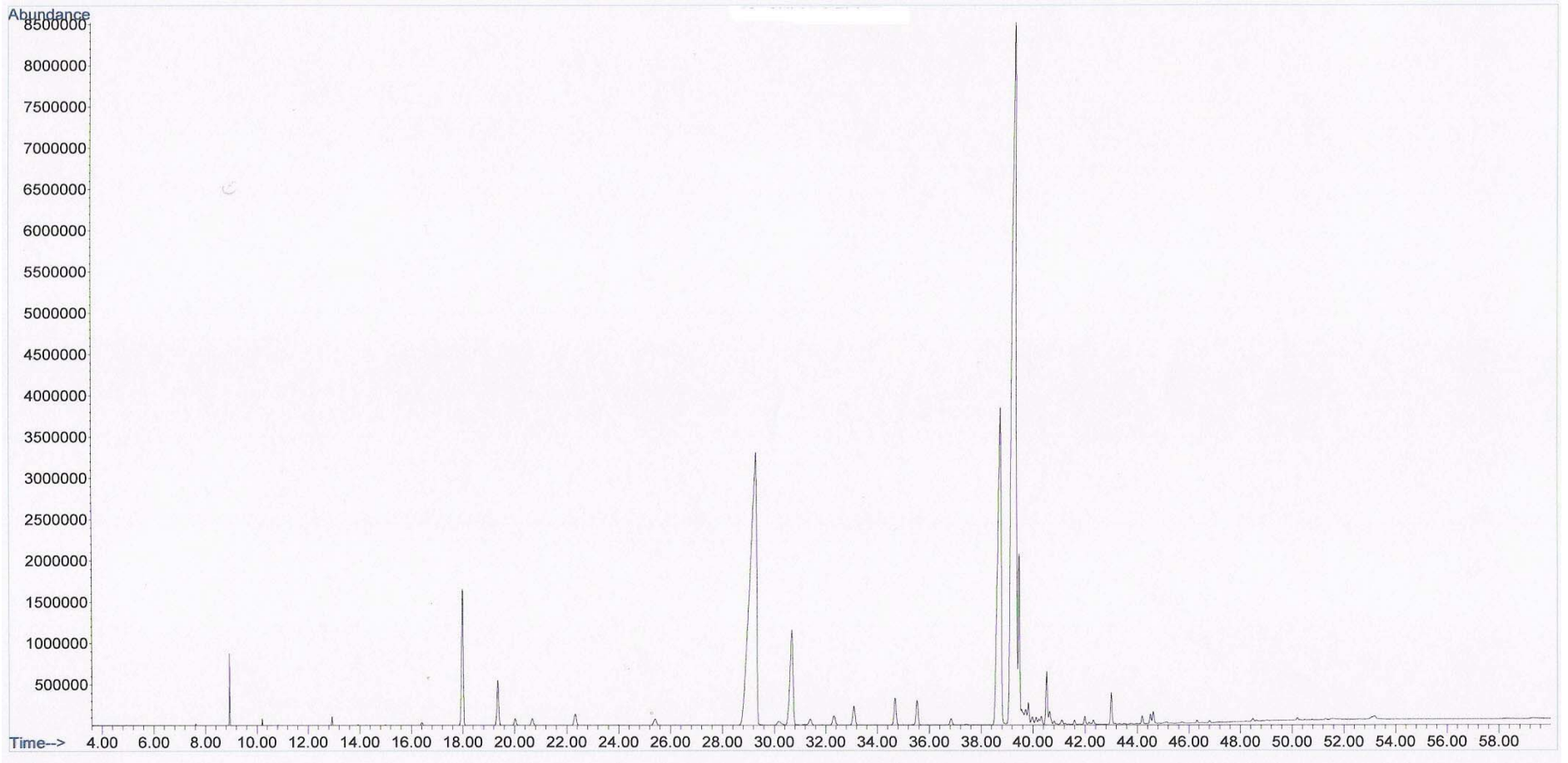
รูปที่ ค4 กราฟมาตรฐานของกรดไขมัน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันต่อพื้นที่ใต้กราฟของ internal standard (C9) ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันมาตรฐาน (ppm) a. กรดไขมัน C18:2c, b. กรดไขมัน C18:3 และ c. กรดไขมัน C20:1

ภาคผนวก ง

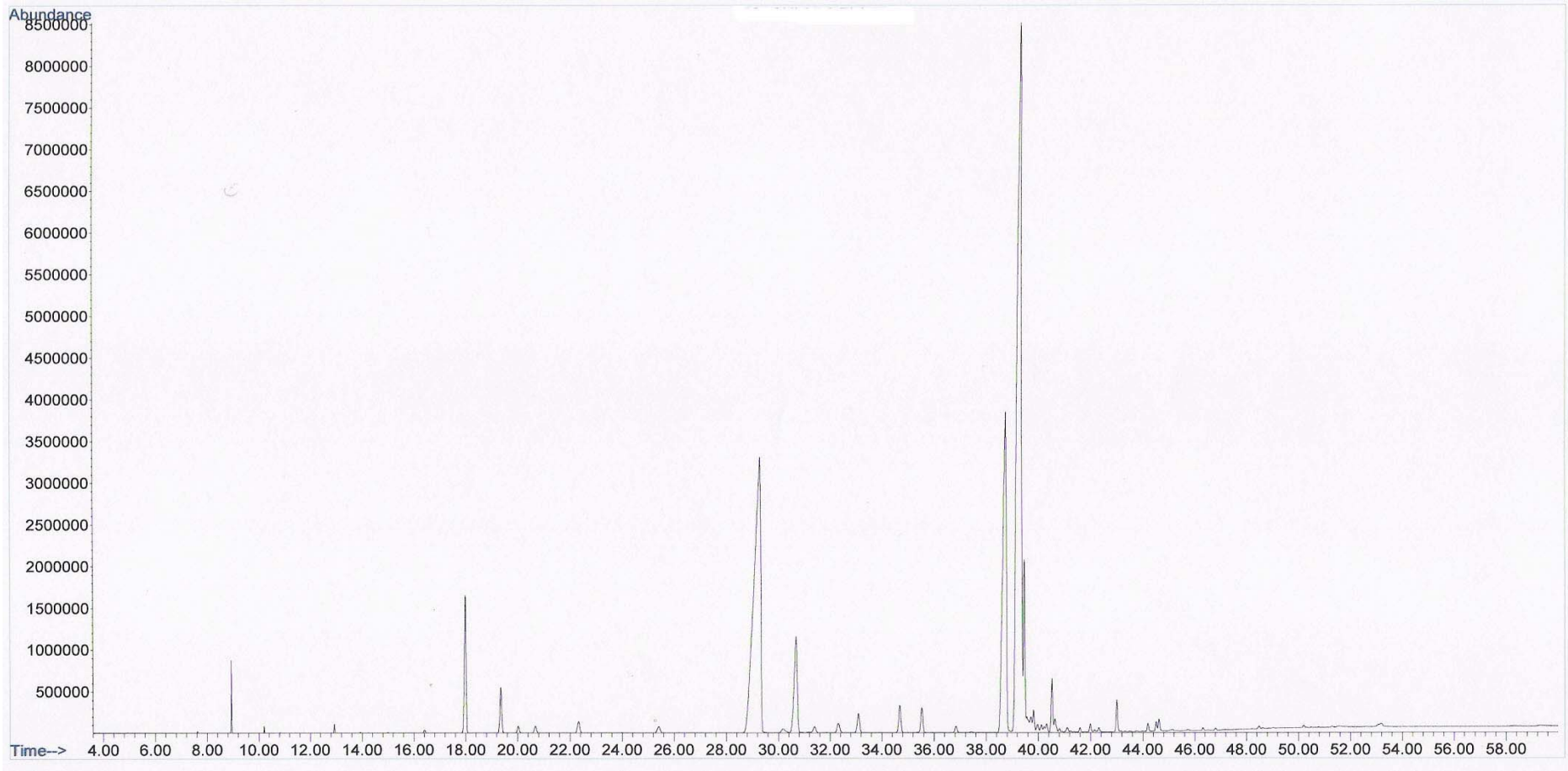
โครมาโตแกรมแสดงองค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมัน ไขมันแยกส่วน และผลิตภัณฑ์ Meat Loaf



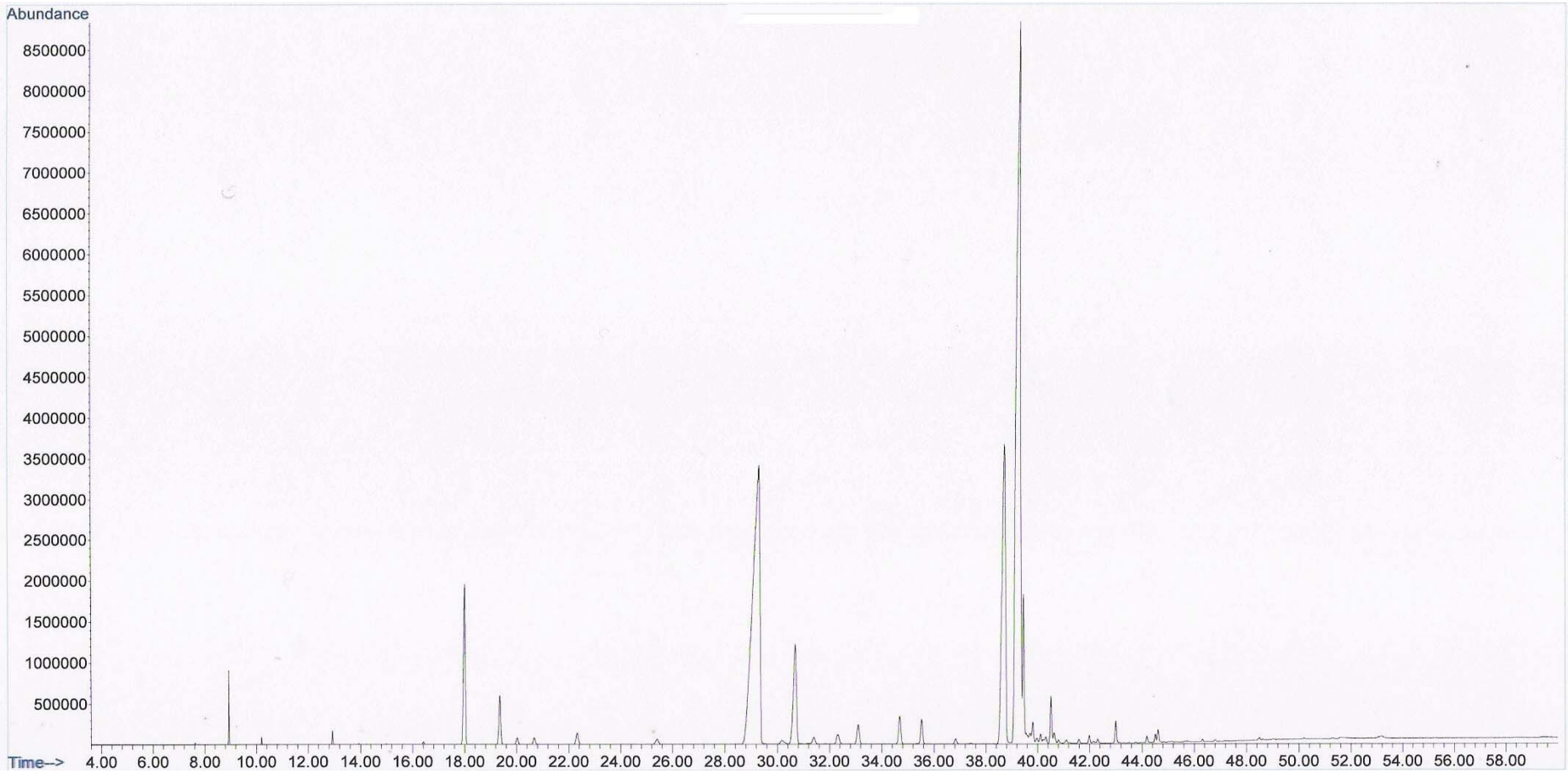
รูปที่ ง1 โครมาโตแกรมองค์ประกอบกรดไขมันของกรดไขมันมาตรฐาน (FAMES Mix C4-C24, Supelco) โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C /min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



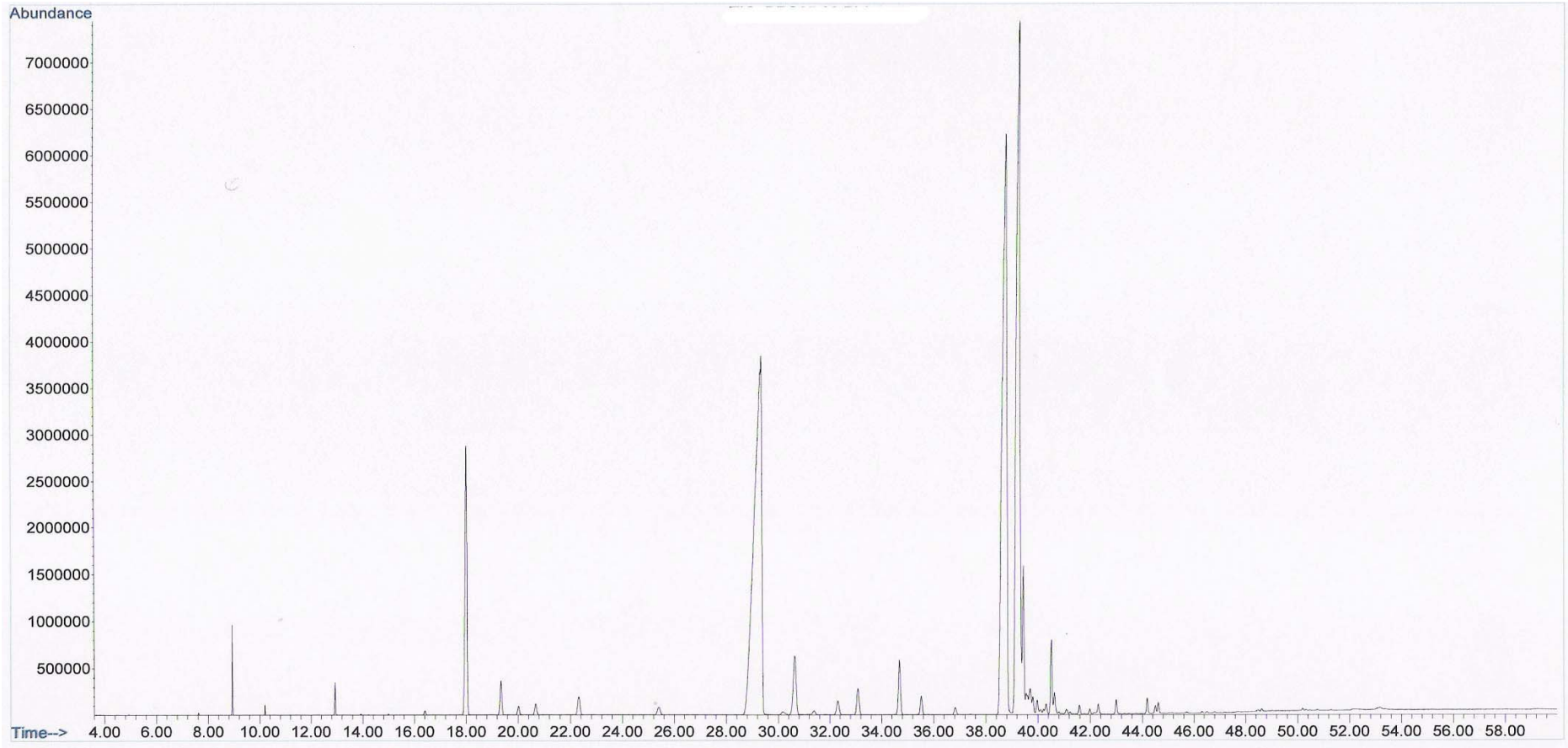
รูปที่ ง2 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป (CHO) โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



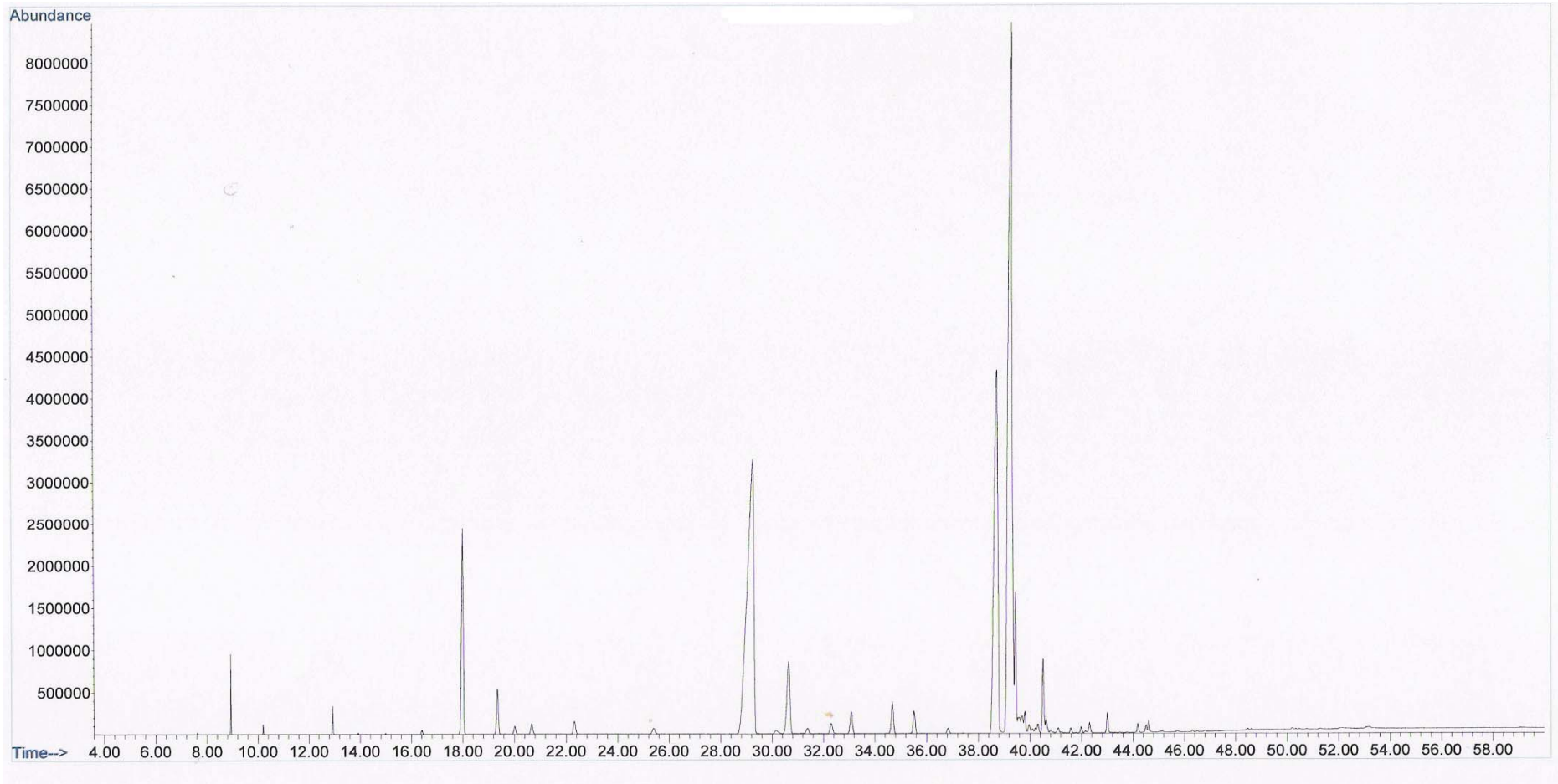
รูปที่ ง3 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันแยกส่วนที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (CHL35) จากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



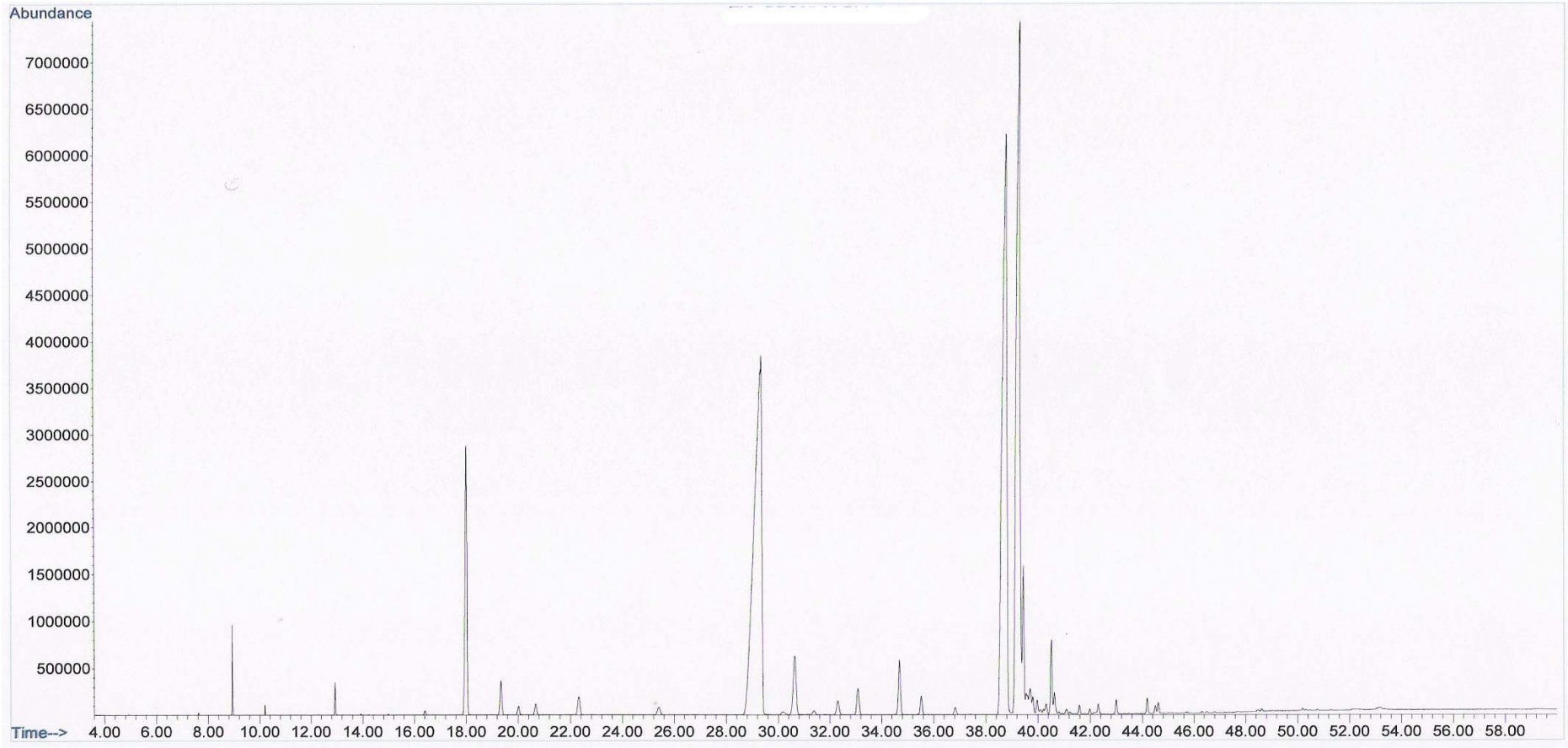
รูปที่ ง4 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันแยกส่วนที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (CHS35) จากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



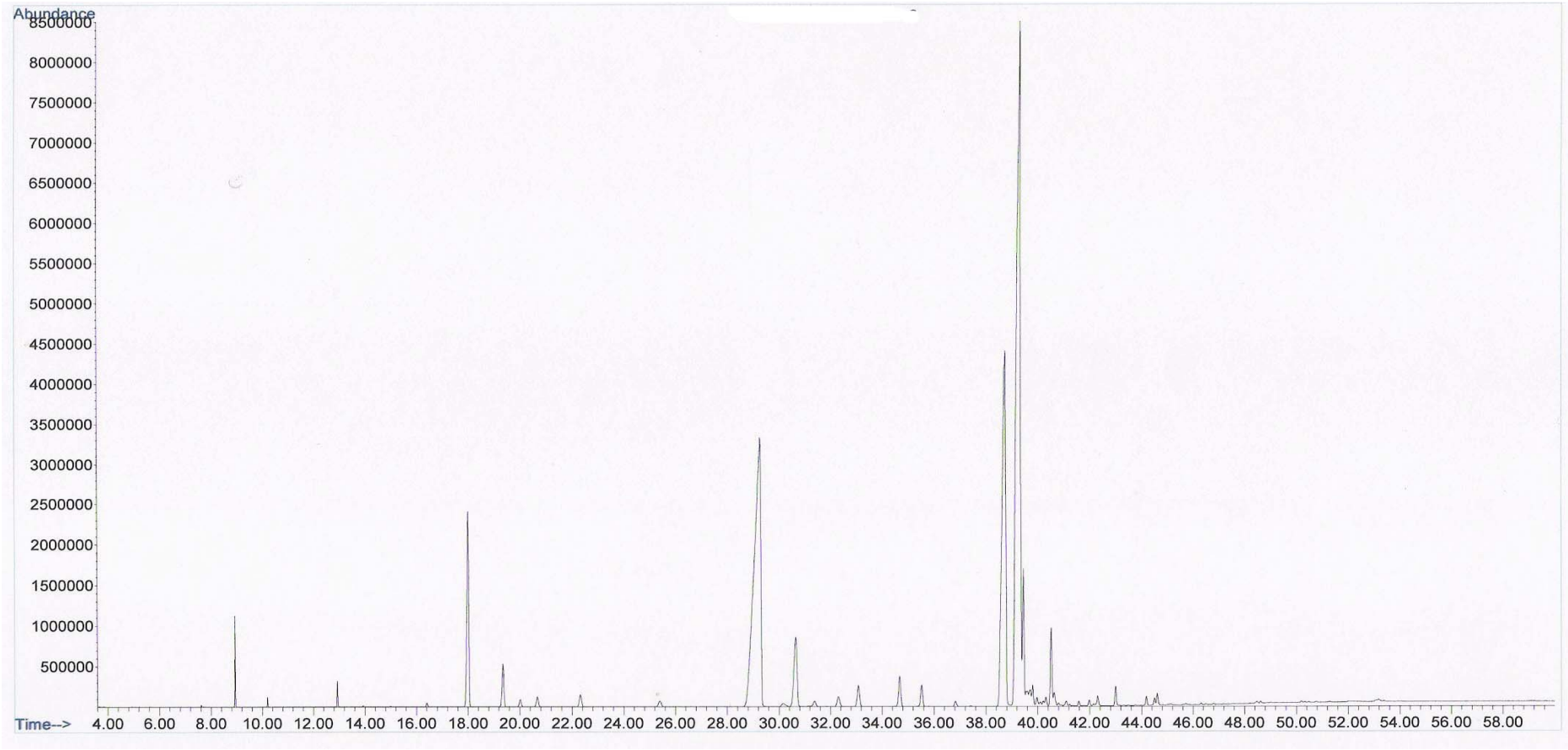
รูปที่ ง5 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์บรามันท์ (BRO) โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



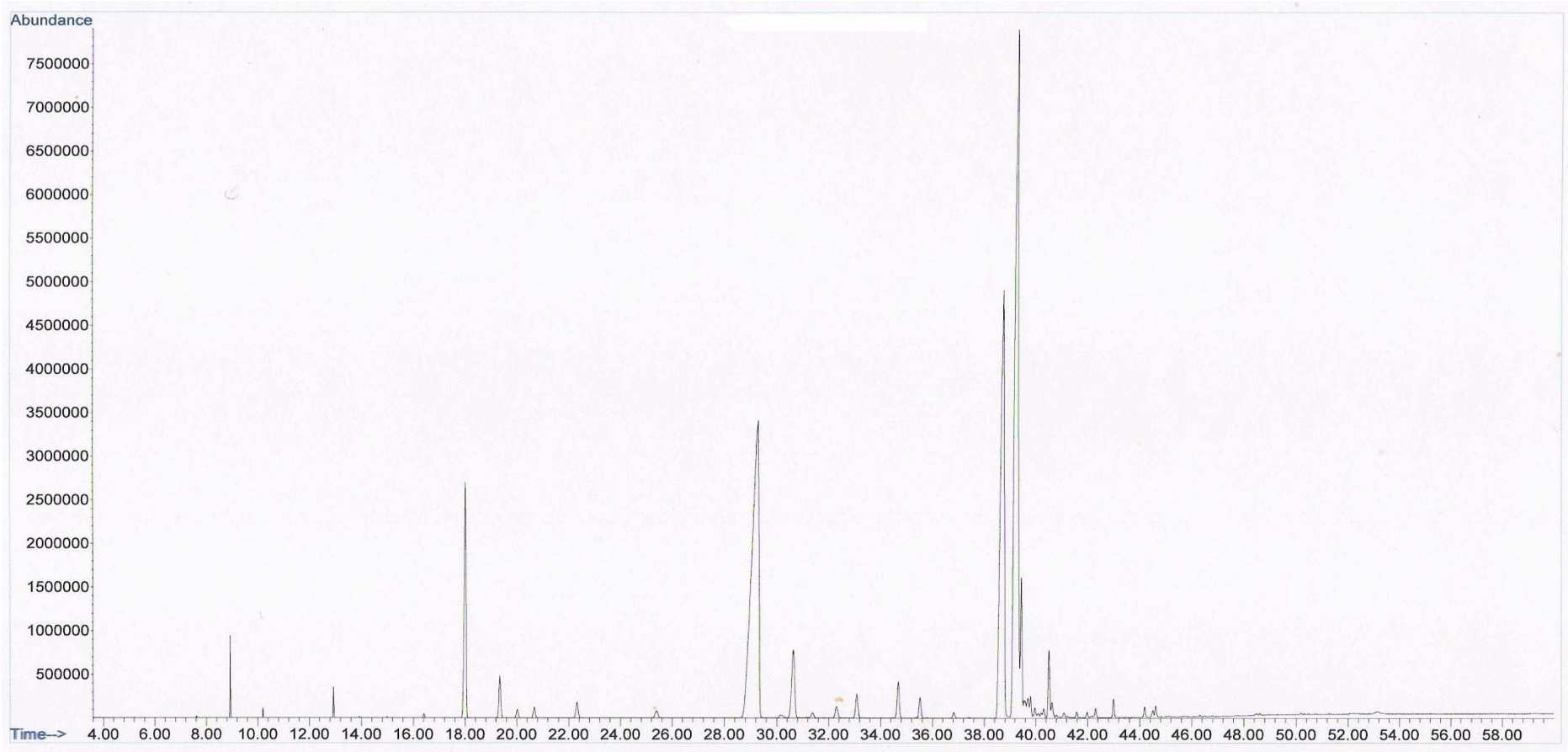
รูปที่ ง6 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันแยกส่วน ที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (BRL35) จากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์บรามันท์ โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



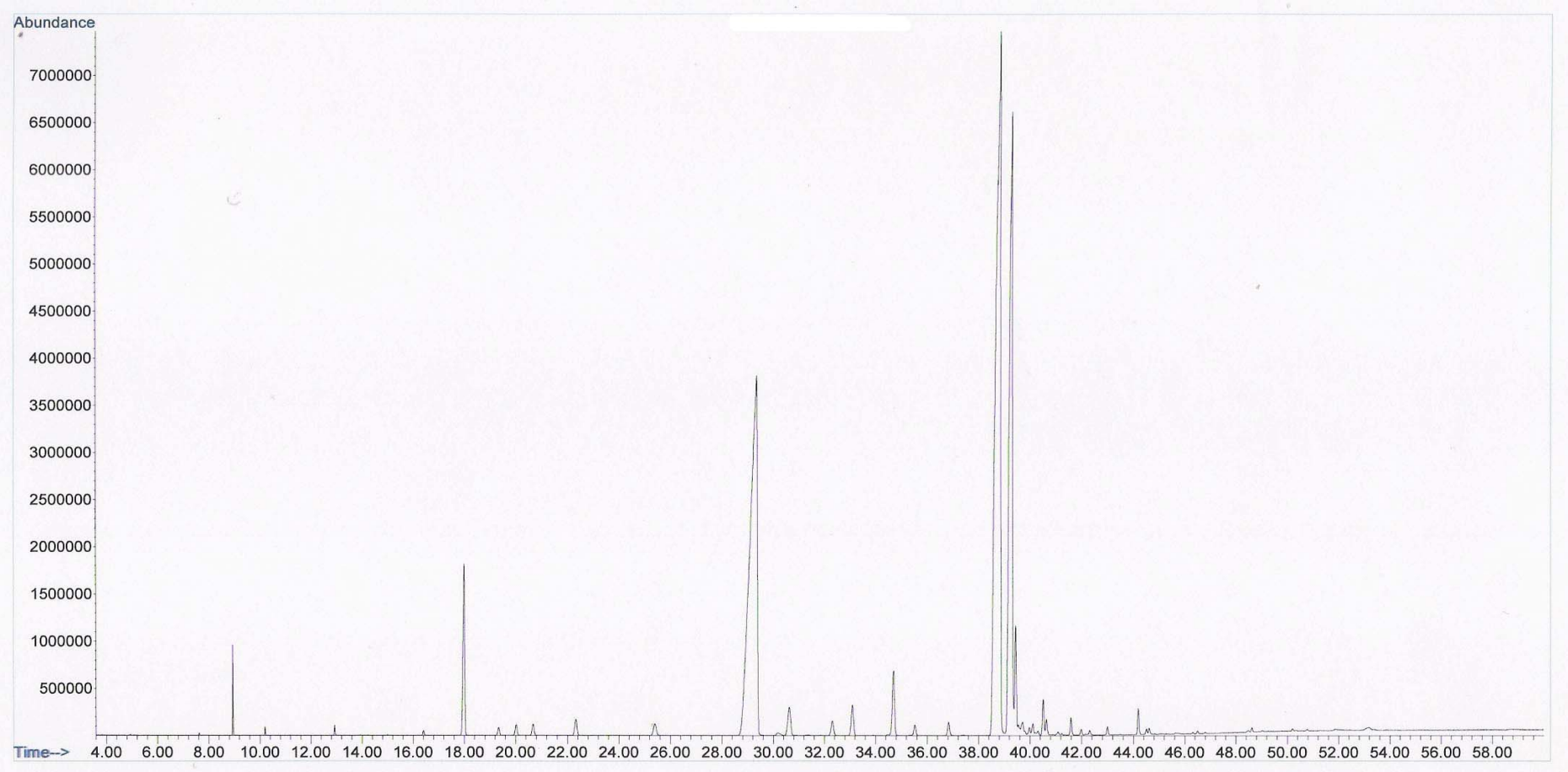
รูปที่ ง7 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันแยกส่วนที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (BRS35) จากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์บรามันท์ โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



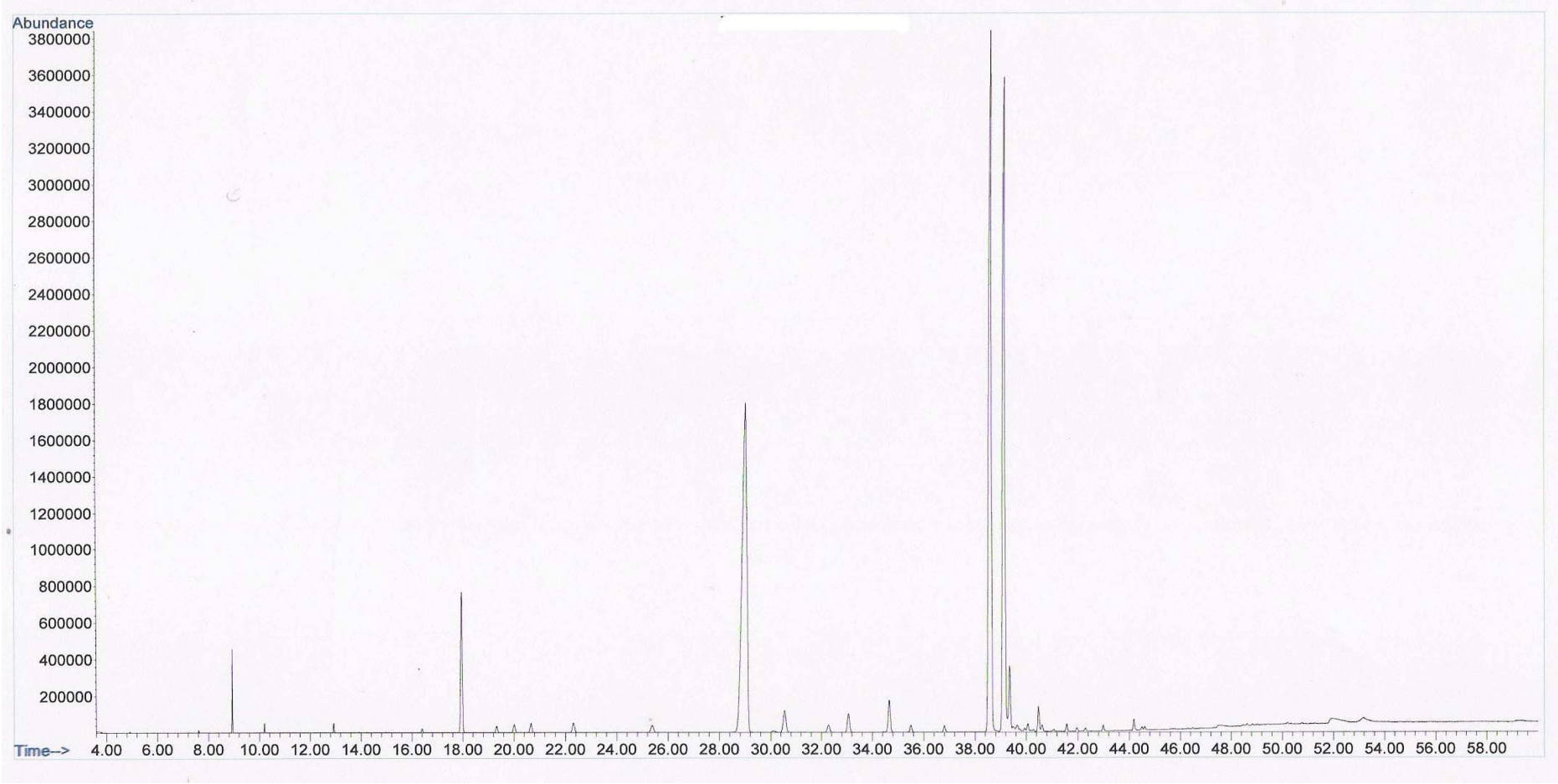
รูปที่ ง8 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันแยกส่วนที่อุณหภูมิตกผลึก 30°C (BRL30) จากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์บรามันท์ โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



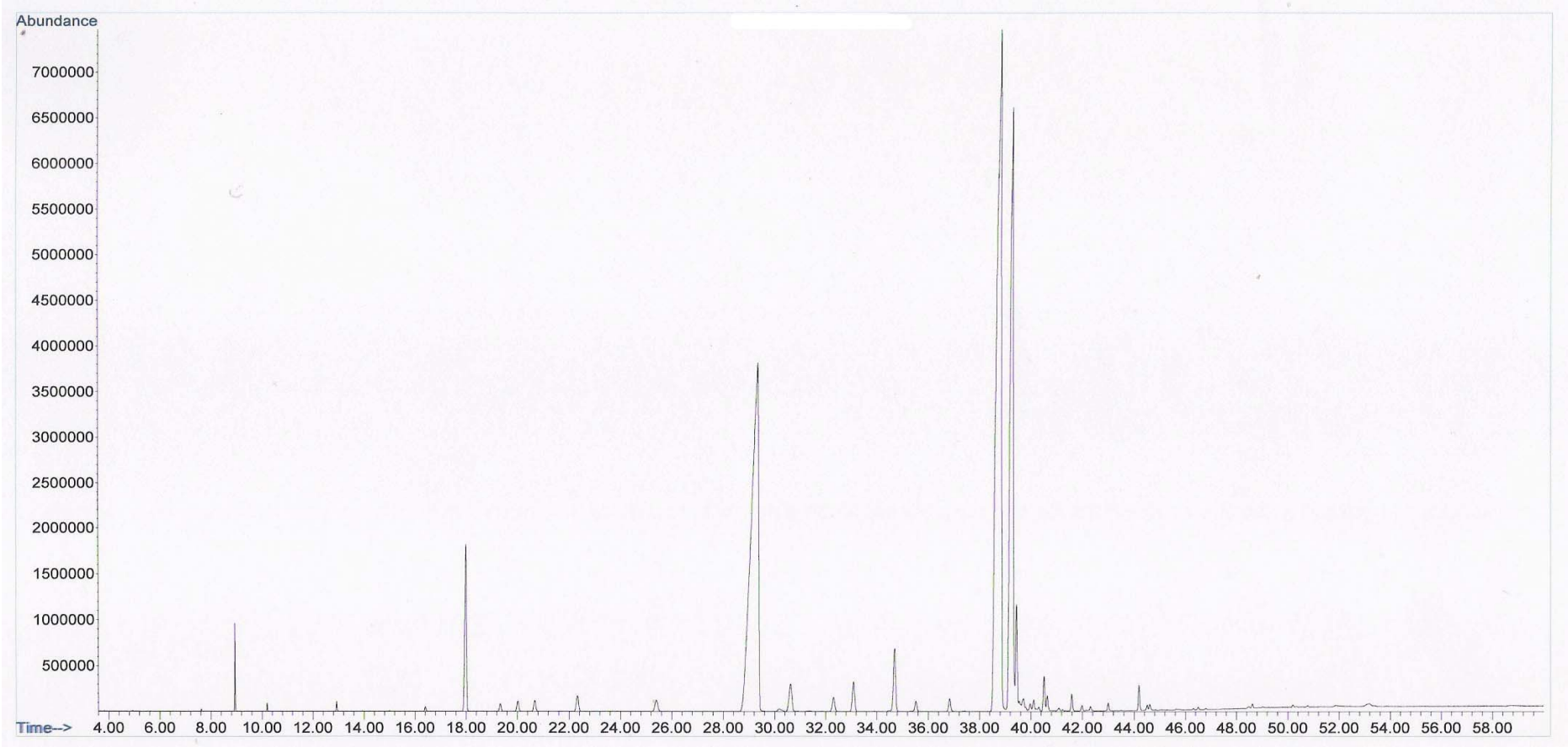
รูปที่ ง9 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันแยกส่วนที่อุณหภูมิตกผลึก 30°C (BRS30) จากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์บรามันท์ โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



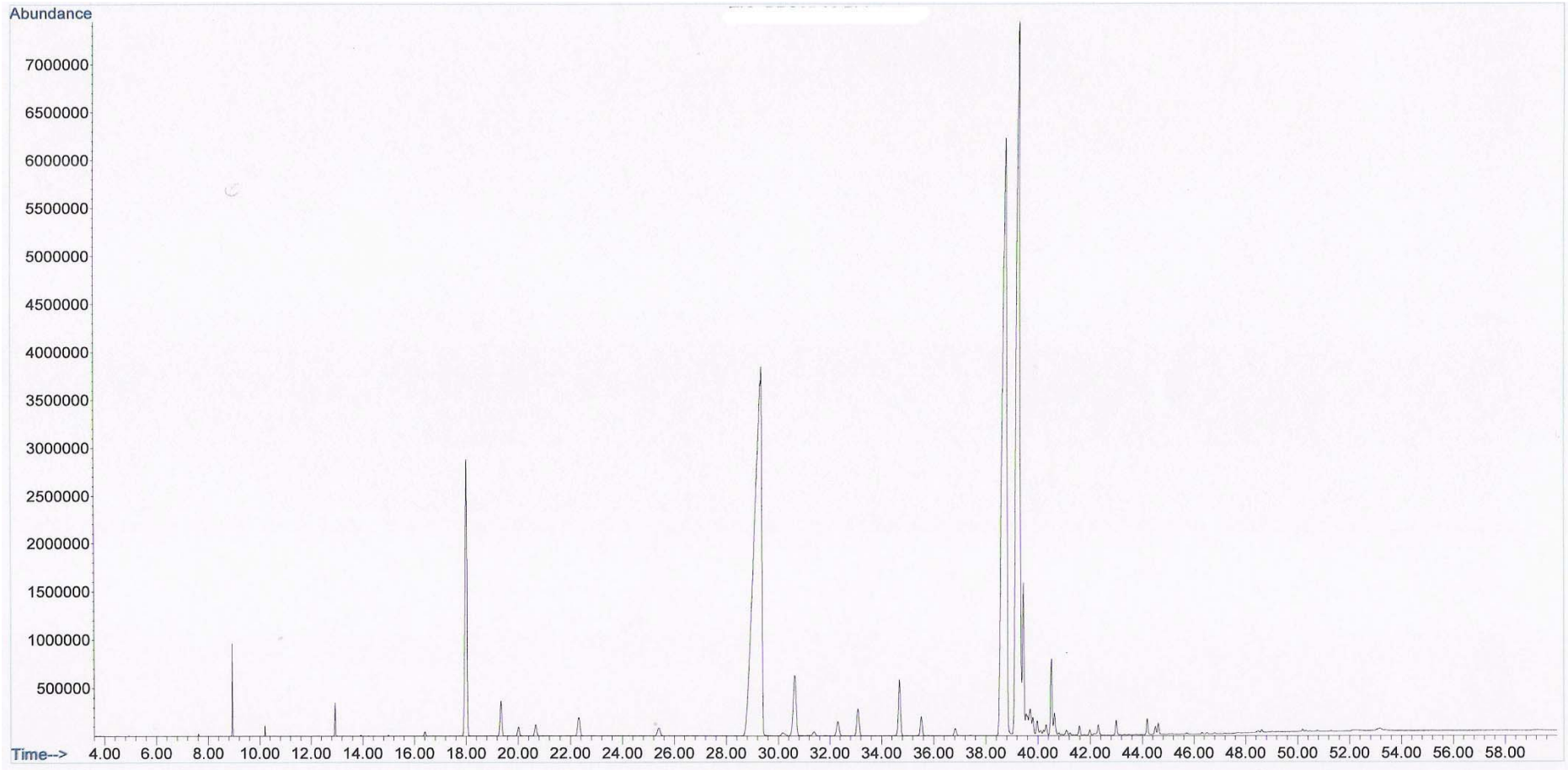
รูปที่ ง10 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันจากไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป (KNO) โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



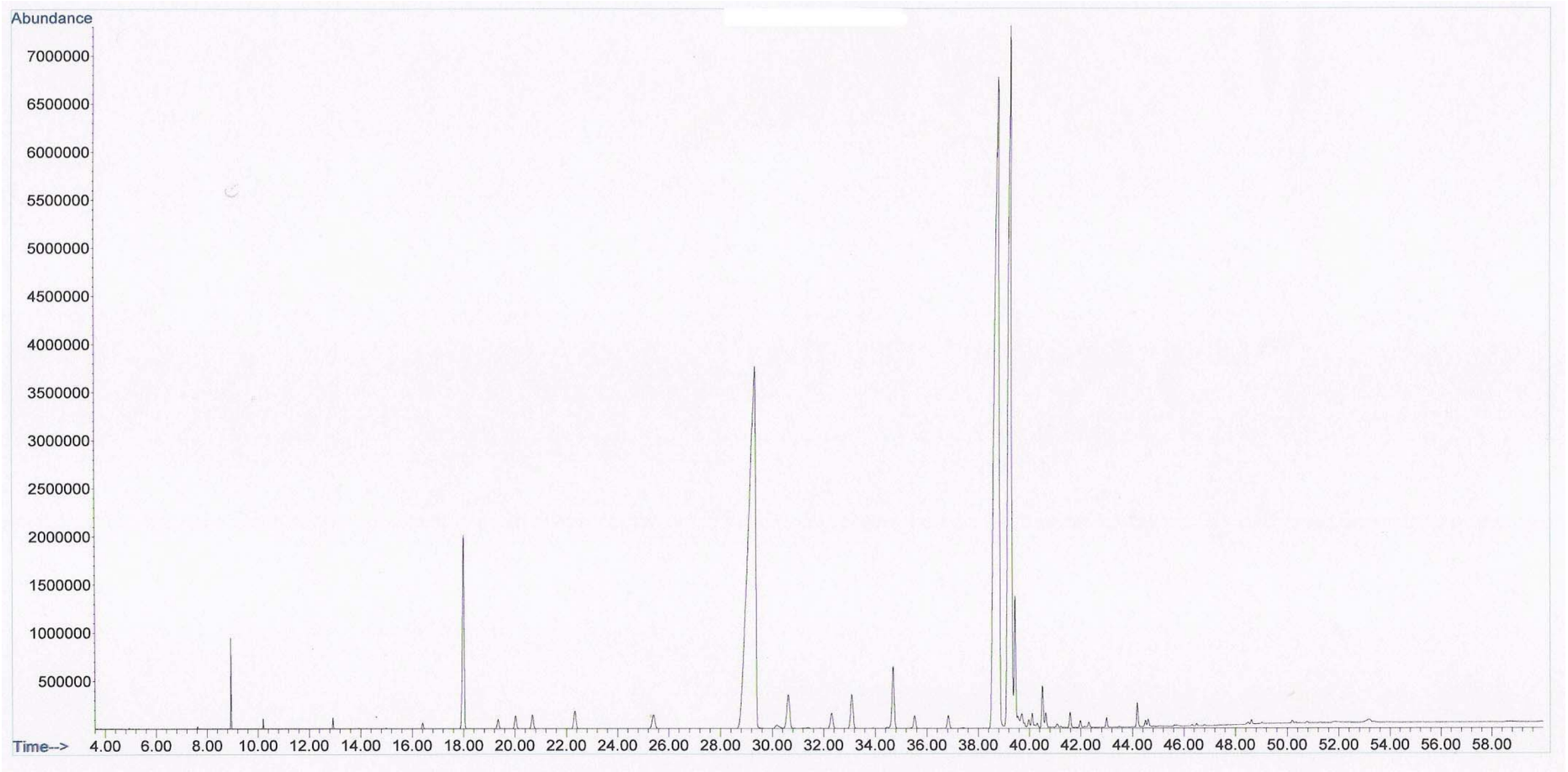
รูปที่ ง11 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันแยกส่วนที่อุณหภูมิตกผลึก 45°C (KNL45) จากไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



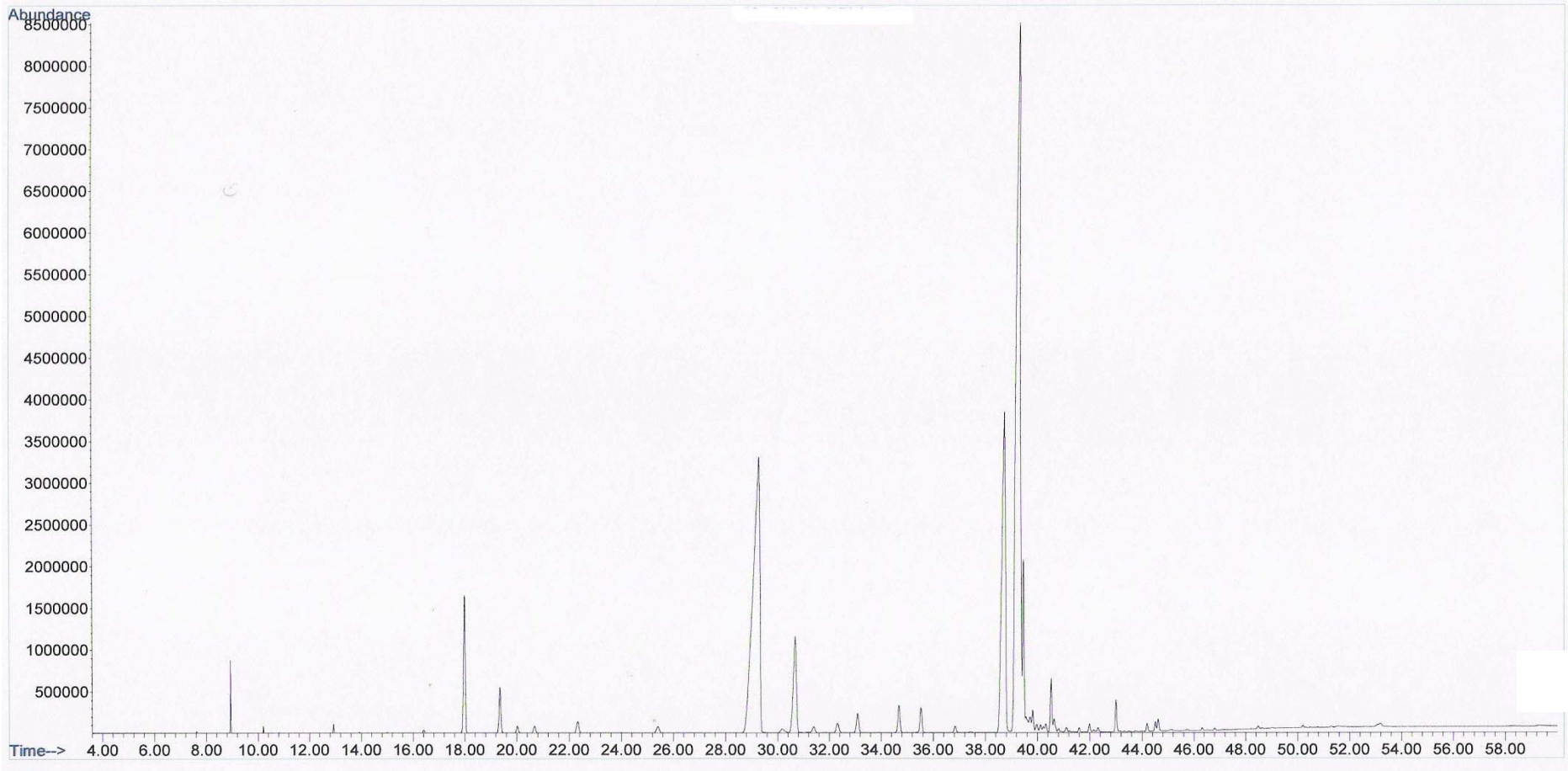
รูปที่ ง12 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันแยกส่วนที่อุณหภูมิตกผลึก 45°C (KNS45) จากไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



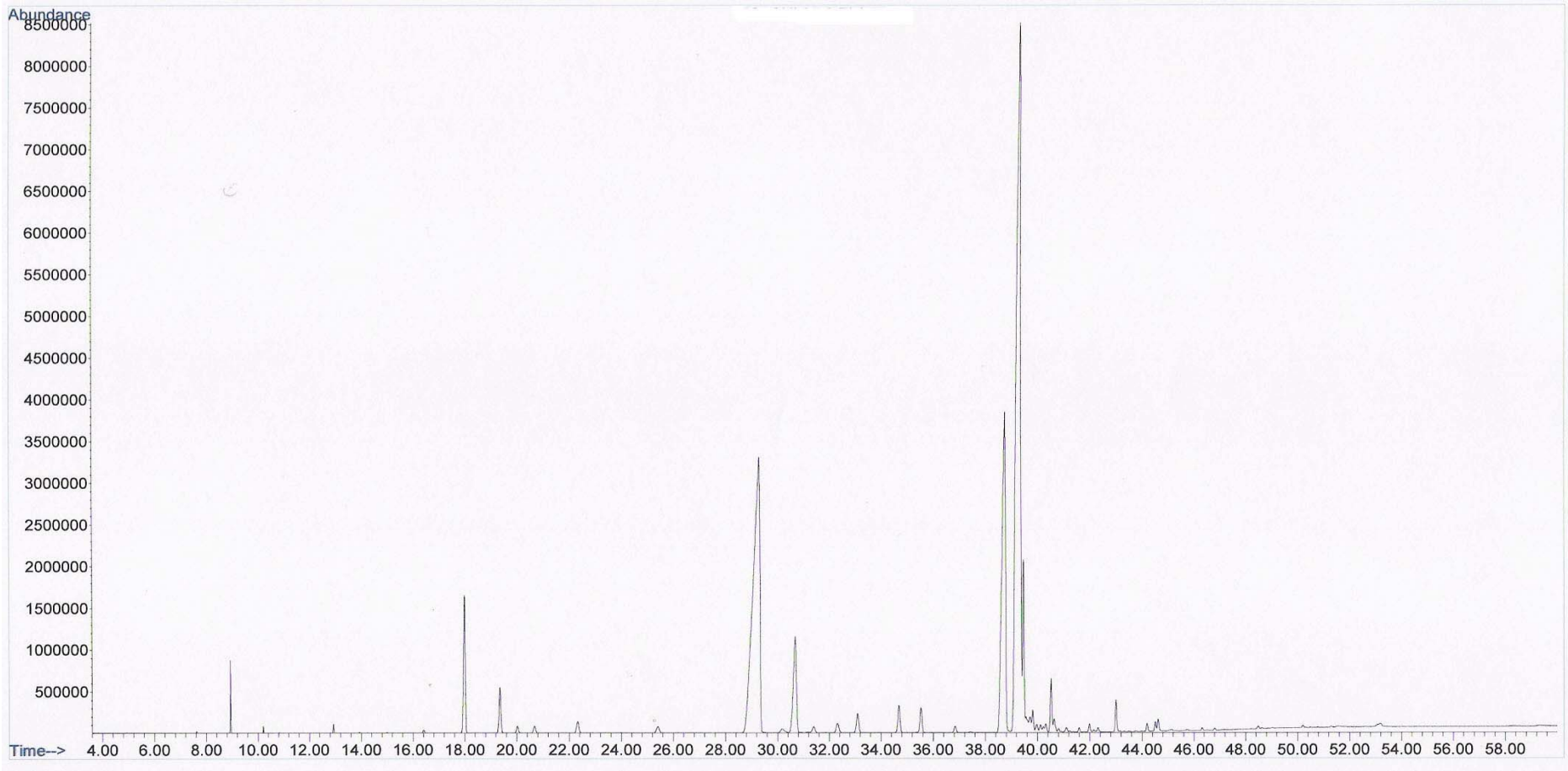
รูปที่ ง13 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันแยกส่วนที่อุณหภูมิตกผลึก 30°C (KNL30) จากไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



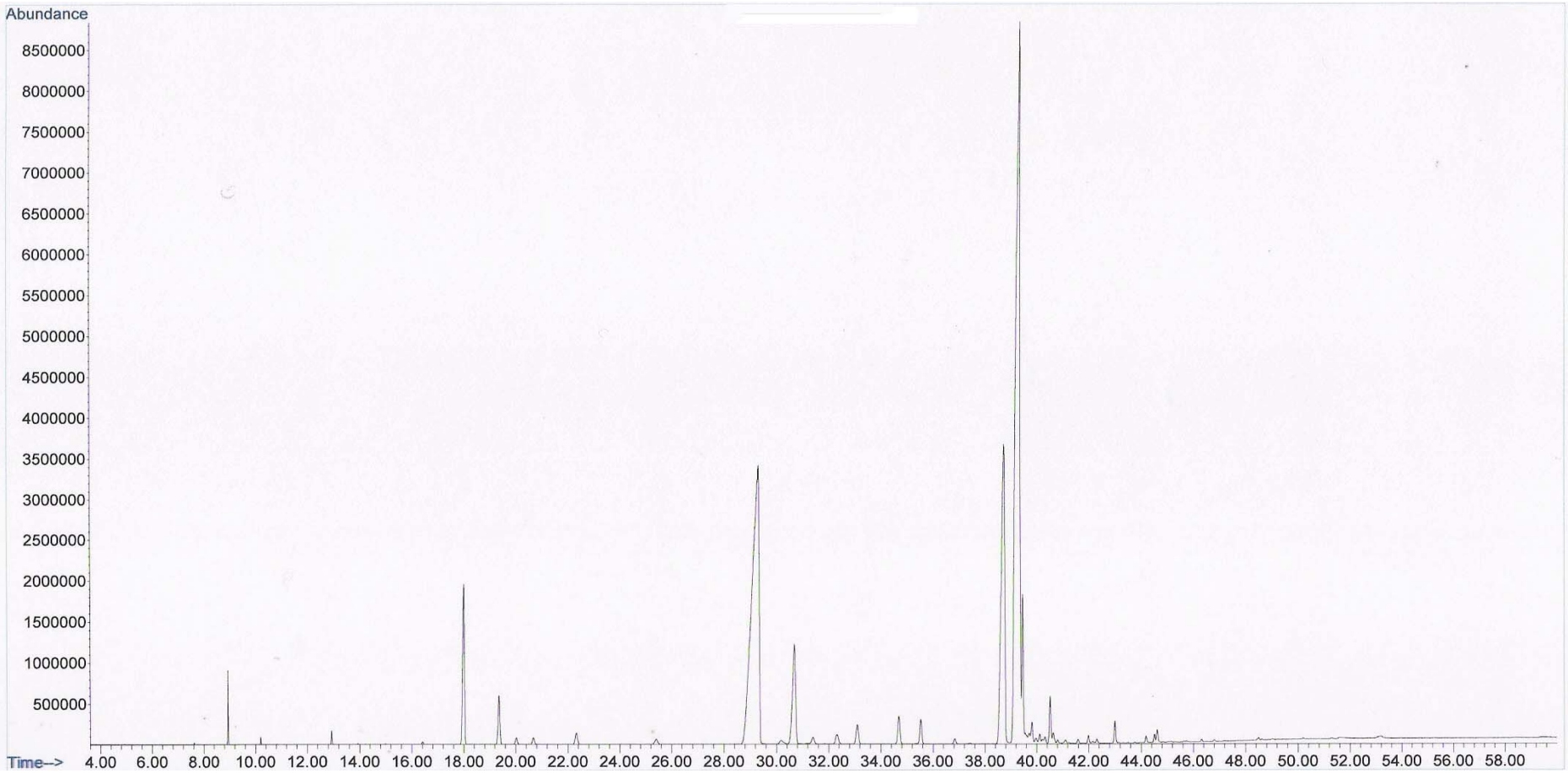
รูปที่ ง14 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันแยกส่วนที่อุณหภูมิตกผลึก 30°C (KNS30) จากไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



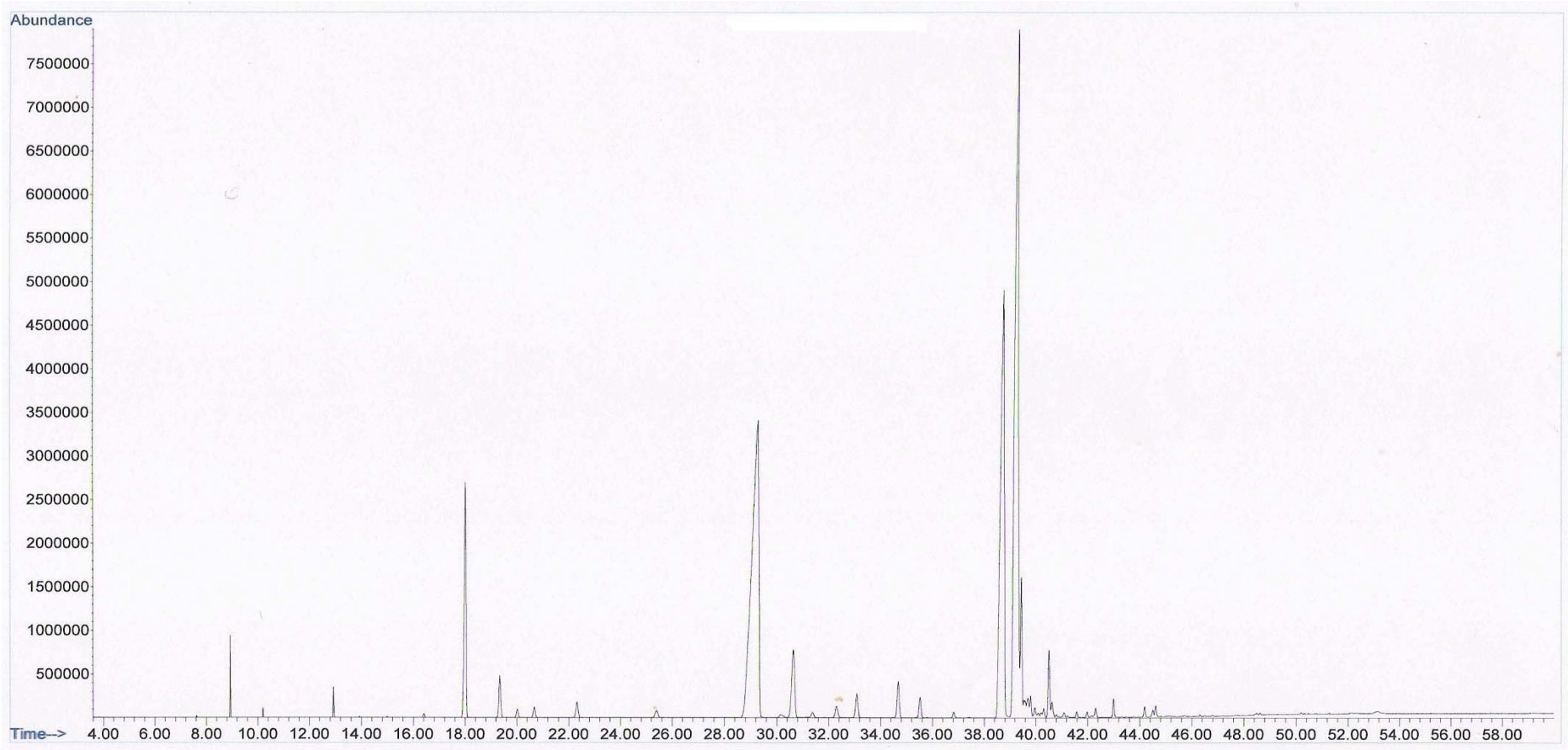
รูปที่ ง15 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของ Meat Loaf ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปที่อุณหภูมิตกผลึก 35 ˚C โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



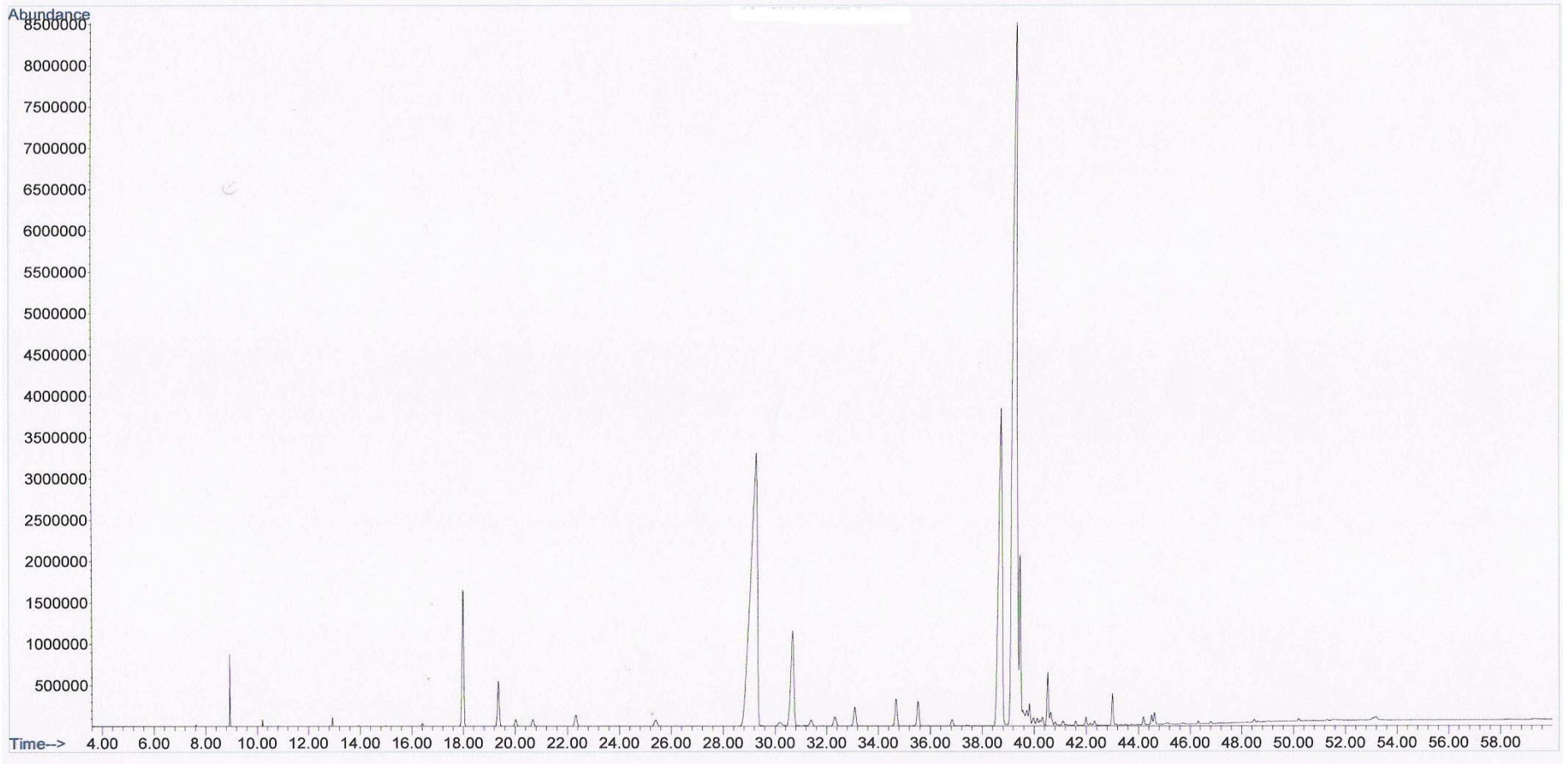
รูปที่ ง16 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของ Meat Loaf ที่ใช้น้ำมันแยกส่วนจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปที่อุณหภูมิตกผลึก 35 ˚C ร่วมกับน้ำมันรำข้าว ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



รูปที่ ง17 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของ Meat Loaf ที่ใช้ไขมันแยกส่วนจากไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปที่อุณหภูมิตกผลึก 35 ˚C ร่วมกับน้ำมันรำข้าว ในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก โดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



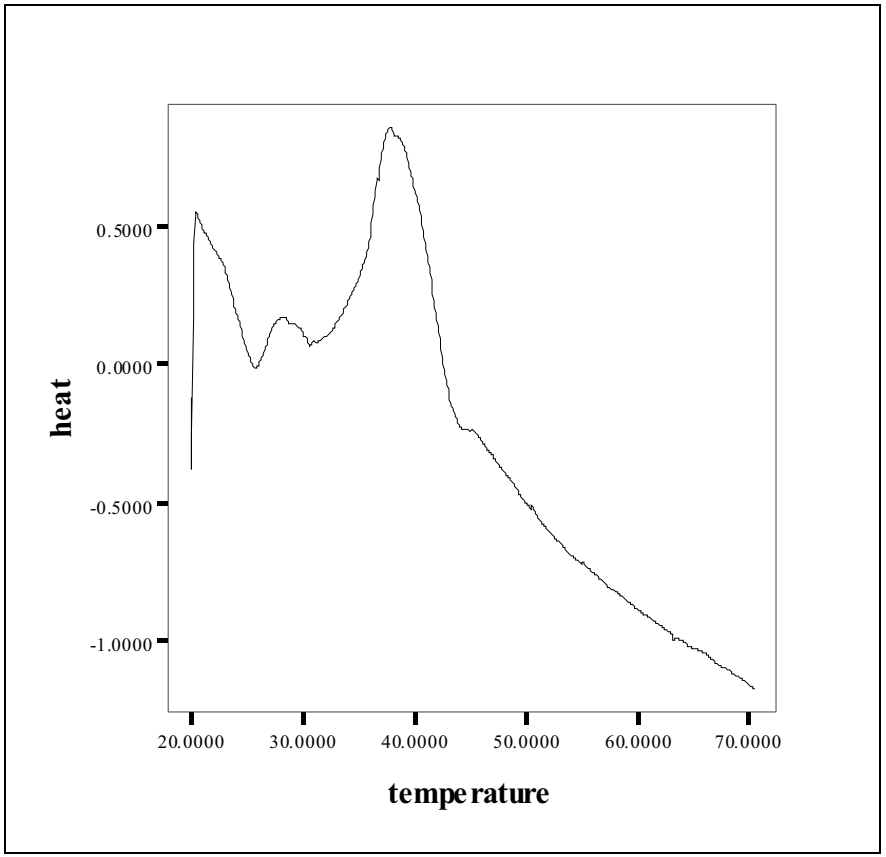
รูปที่ ง18 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของ Meat Loaf ที่ใช้มันแข็งหมูโดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)



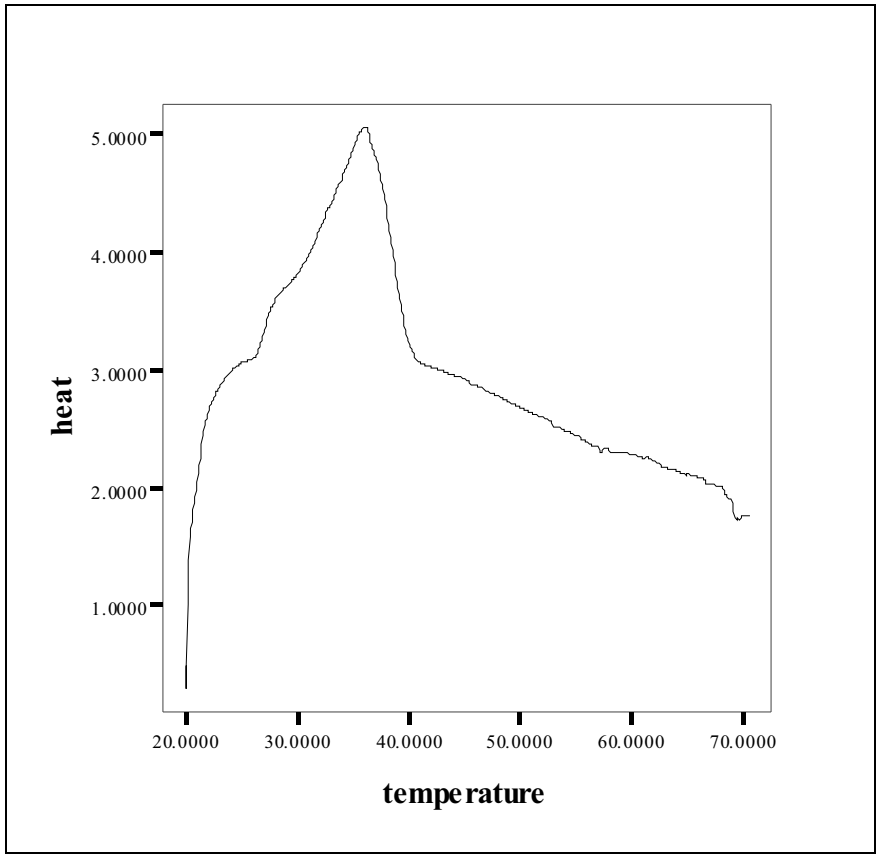
รูปที่ ง19 โครมาโตแกรมแสดงกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของ Meat Loaf ที่ใช้ไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรปที่ไม่ผ่านการแยกส่วนโดยมี Nonanoic acid methyl ester (C9: 0) เป็น internal standard (Injection temperature 210^{0}C, flow rate 0.4 ml/min, column temperature: 150^{0}C เพิ่มอุณหภูมิเป็น 200^{0}C ด้วยอัตรา 1.3^{0}C/min คงอุณหภูมิไว้ 25 นาที, Detector temperature 250^{0}C)

ภาคผนวก จ

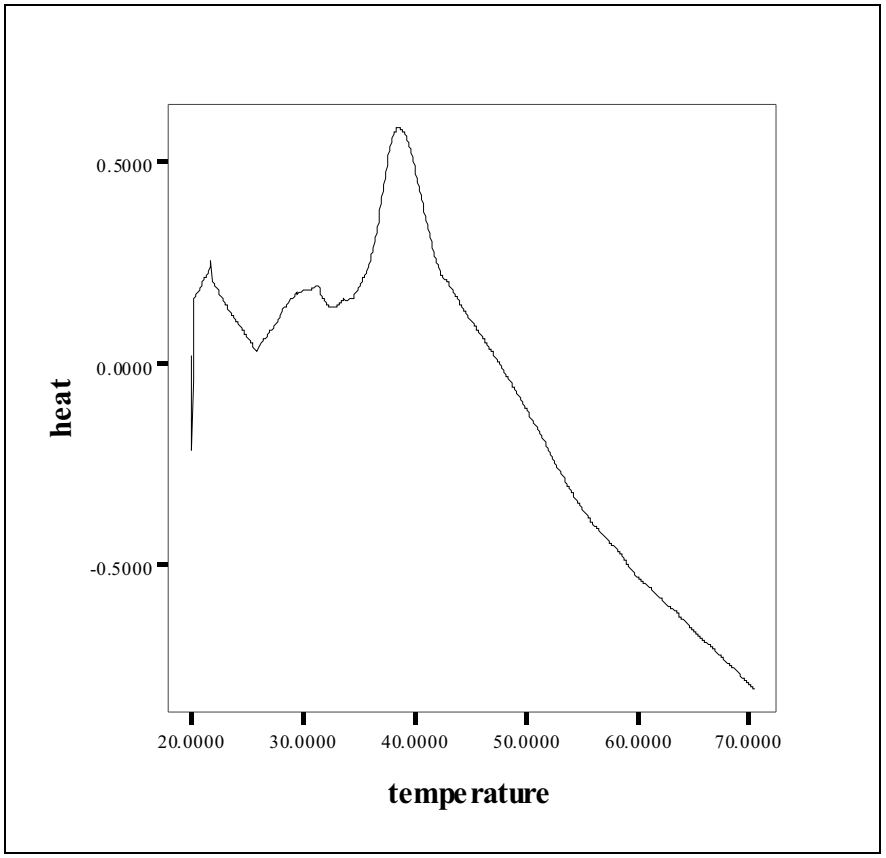
กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของไขมัน และน้ำมันแยกส่วน



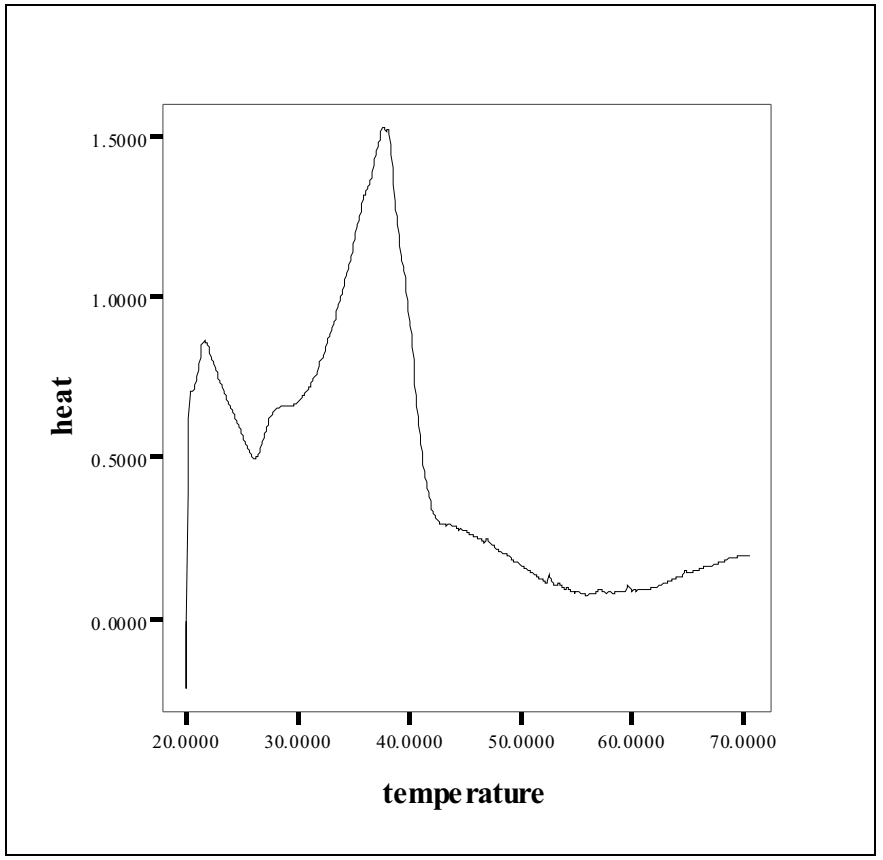
รูปที่ จ1 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป (CHO) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อนตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



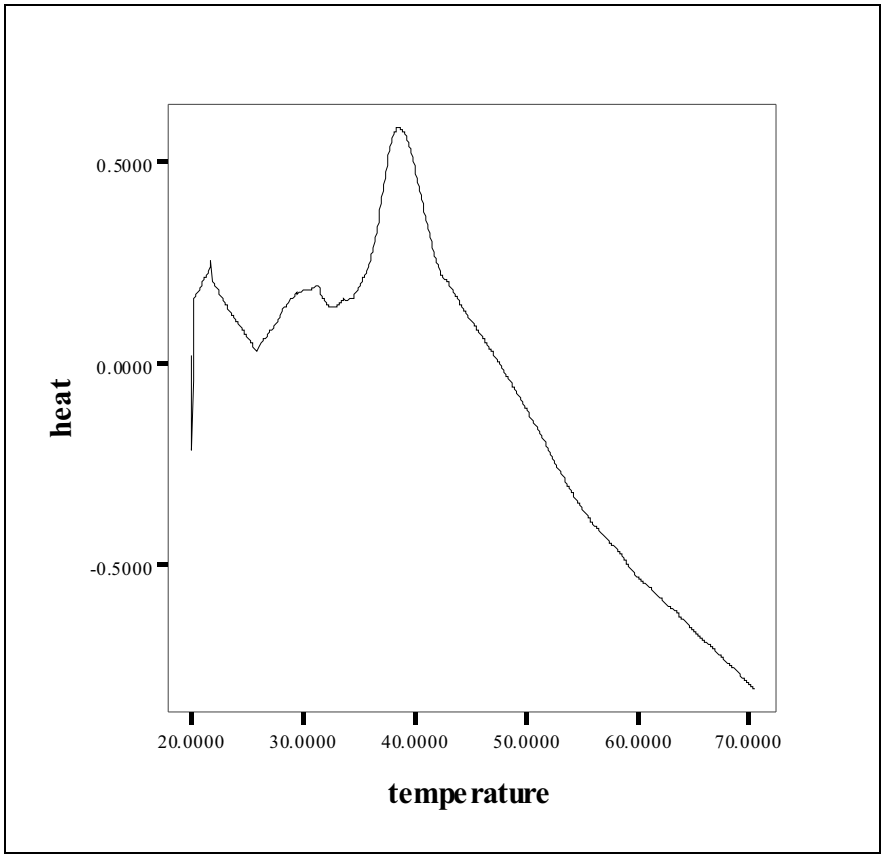
รูปที่ จ2 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของน้ำมันจากการแยกส่วนไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป ที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (CHL35) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อนตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



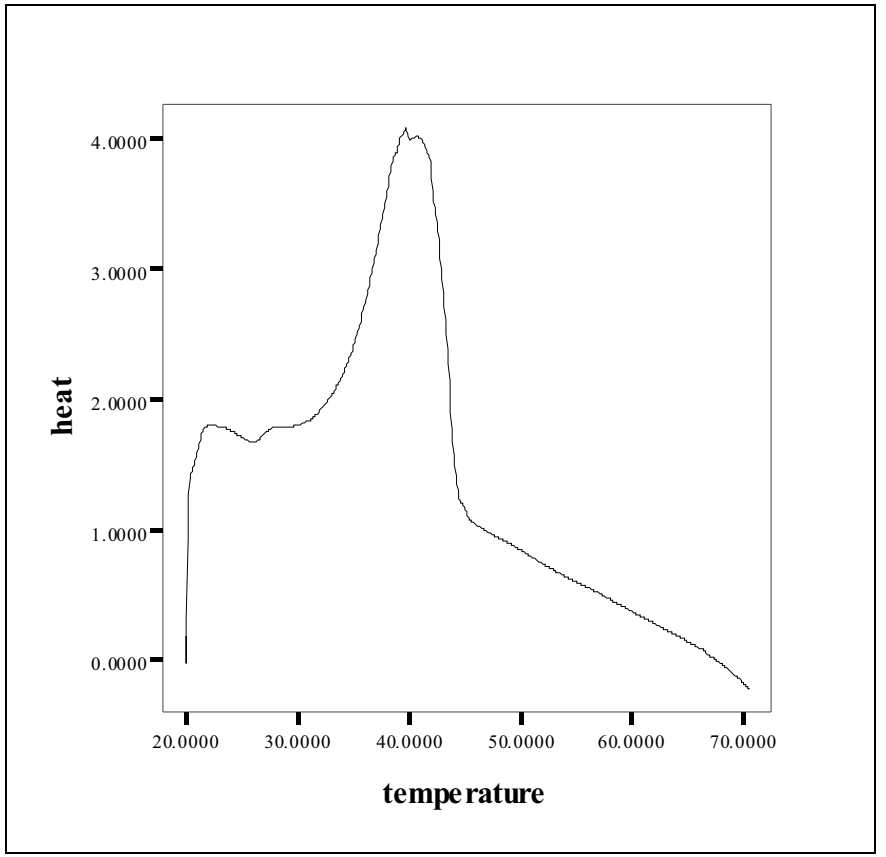
รูปที่ จ3 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของไขมันจากการแยกส่วนไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป ที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (CHS35) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อนตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



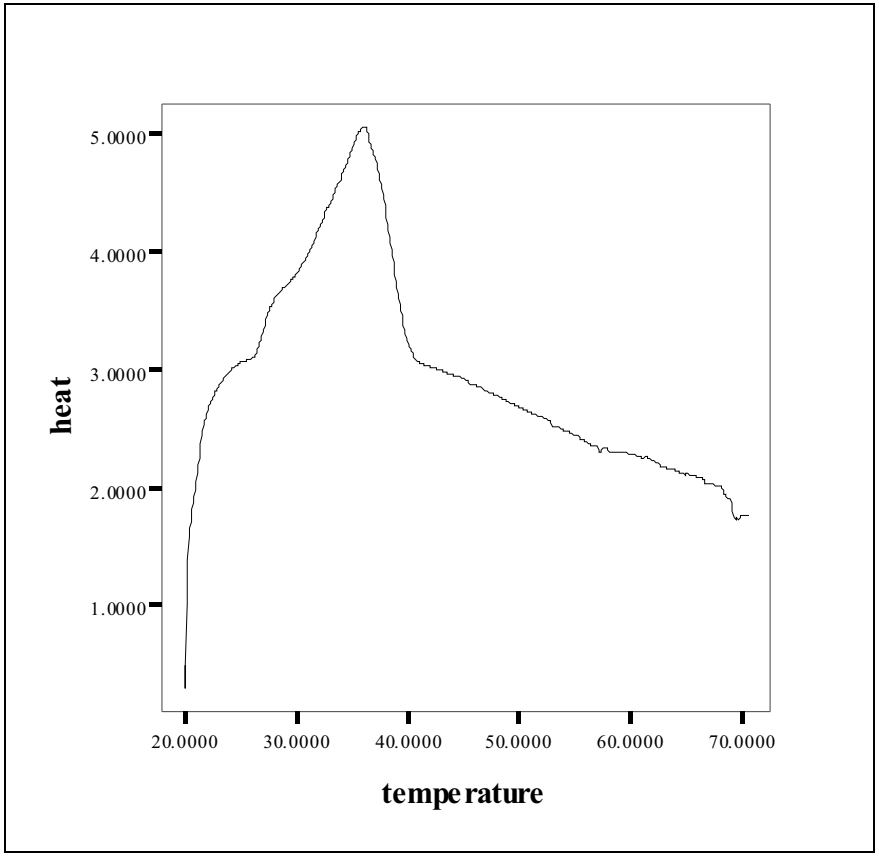
รูปที่ จ4 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์บราห์มัน (BRO) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อนตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



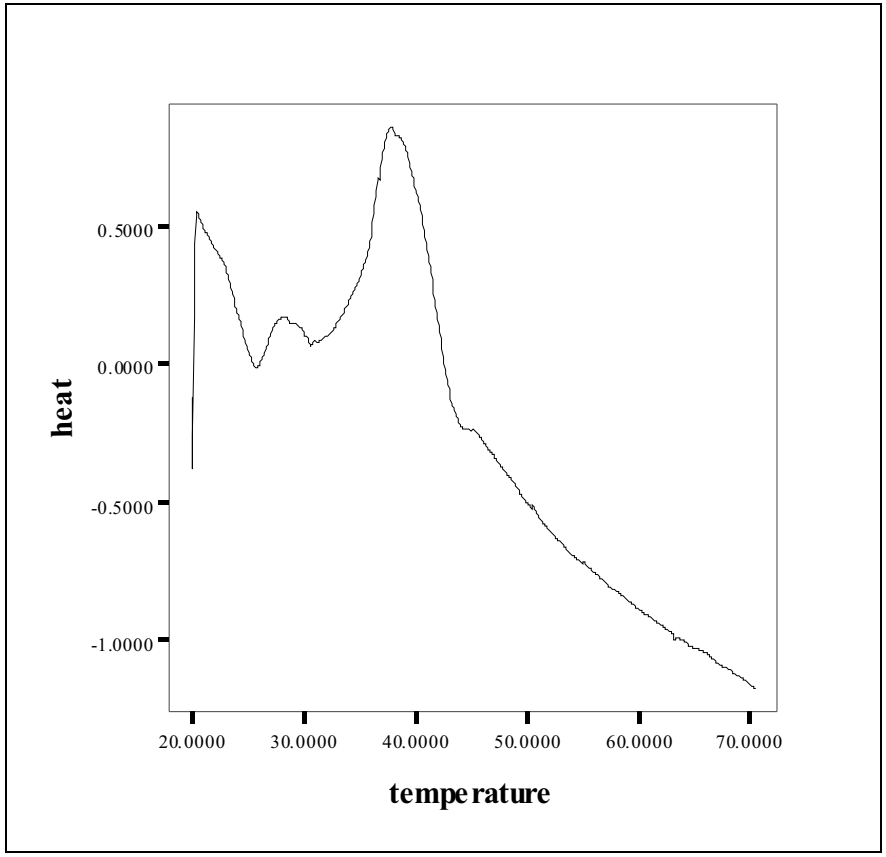
รูปที่ จ5 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของน้ำมันจากการแยกส่วนไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์บราห์มัน ที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (BRL35) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อนตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



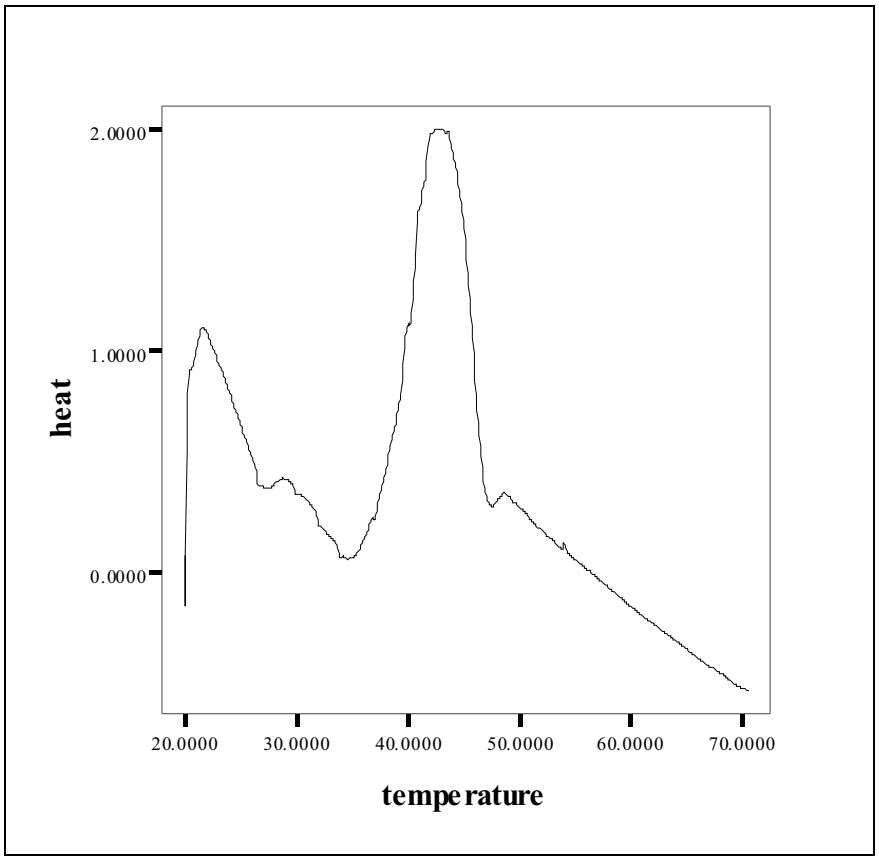
รูปที่ จ6 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของไขมันจากการแยกส่วนไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์บราห์มัน ที่อุณหภูมิตกผลึก 35°C (BRS35) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อนตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



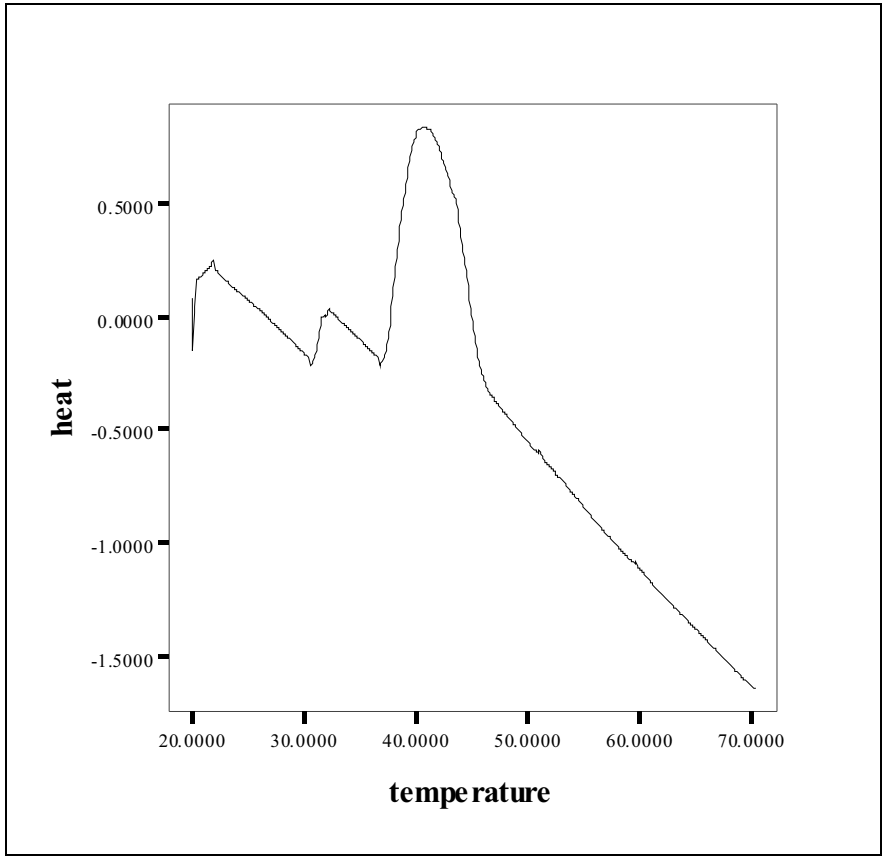
รูปที่ จ7 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของน้ำมันจากการแยกส่วนไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์บราห์มัน ที่อุณหภูมิตกผลึก 30°C (BRL30) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อนตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



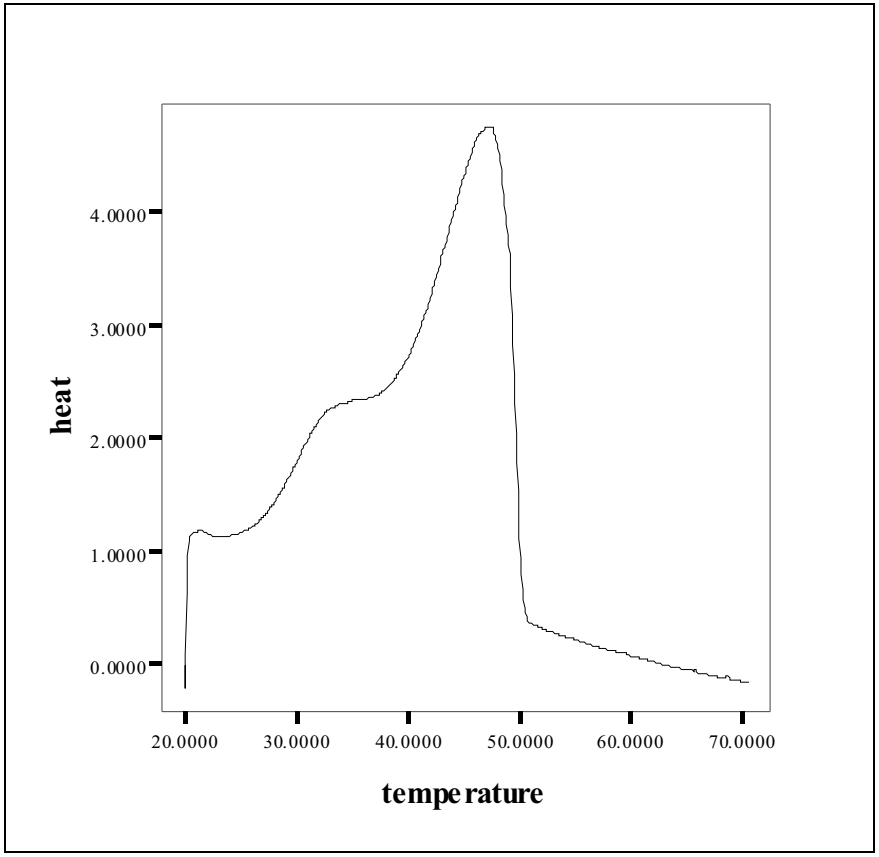
รูปที่ จ8 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของไขมันจากการแยกส่วนไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากวัวพันธุ์บราห์มัน ที่อุณหภูมิตกผลึก 30°C (BRS30) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อนตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



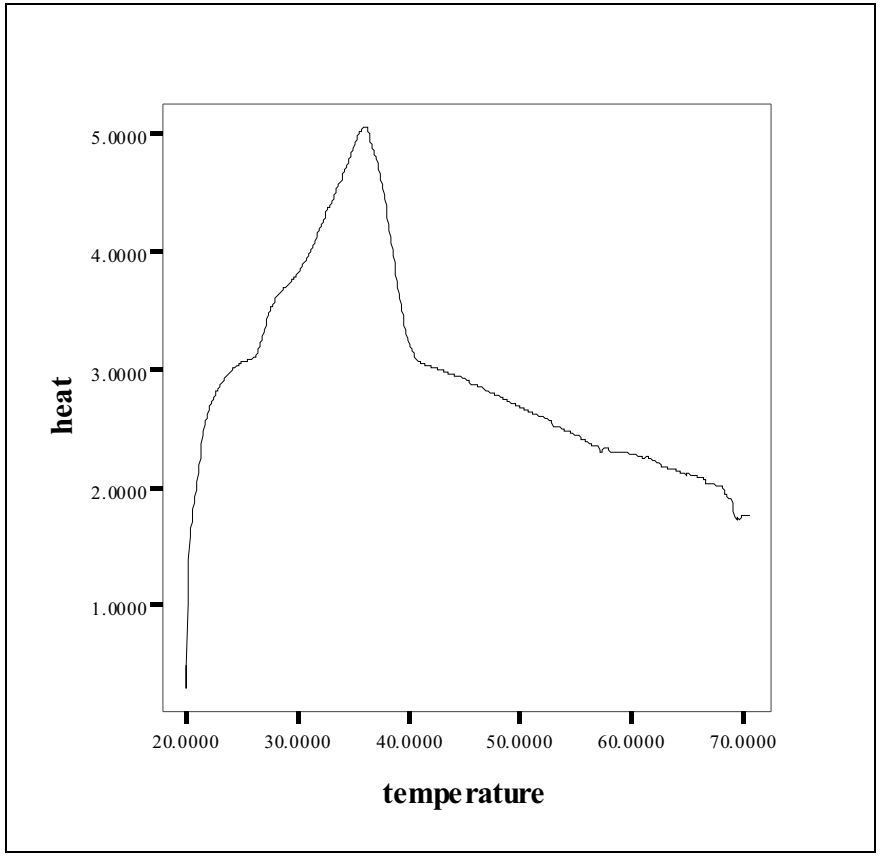
รูปที่ จ9 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป (KNO) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อนตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



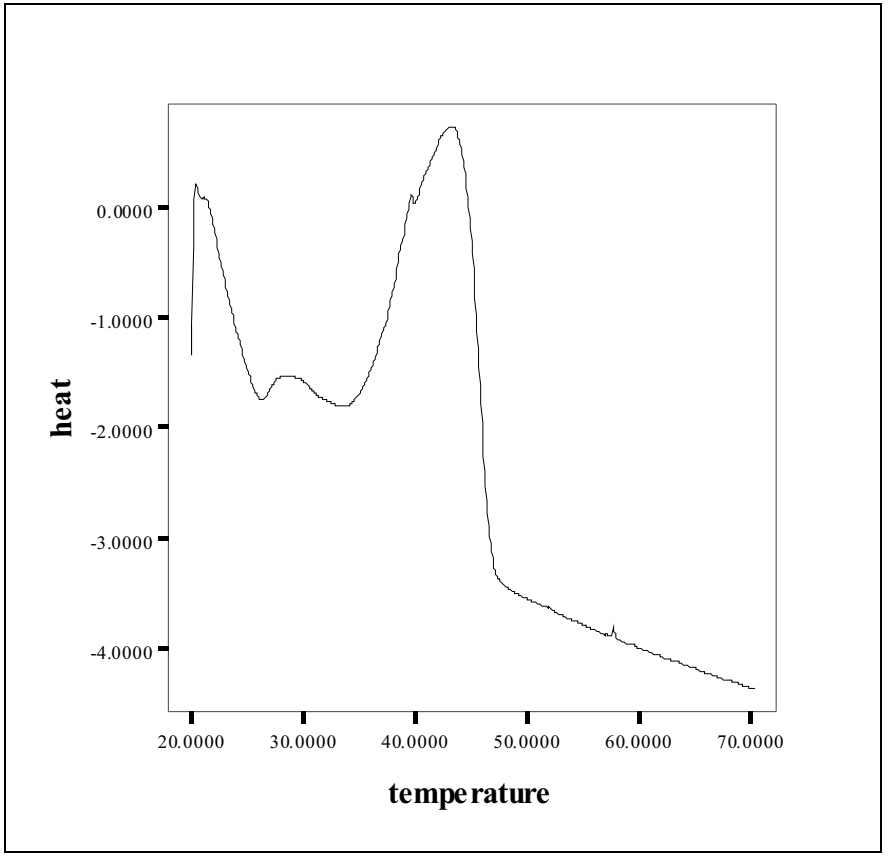
รูปที่ จ10 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของน้ำมันจากการแยกส่วนไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป ที่อุณหภูมิตกผลึก 45°C (KNL45) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อนตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



รูปที่ จ11 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของไขมันจากการแยกส่วนไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป ที่อุณหภูมิตกผลึก 45°C (KNS45) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อน ตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



รูปที่ จ12 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของน้ำมันจากการแยกส่วนไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป ที่อุณหภูมิตกผลึก 30°C (KNL30) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อน ตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)



รูปที่ จ13 กราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของไขมันจากการแยกส่วนไขมันรอบไตวัวพันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป ที่อุณหภูมิตกผลึก 30°C (KNS30) โดยใช้ DSC (ให้ความร้อนตั้งแต่ 20-70°C ด้วยอัตรา 5°C/นาที)

ภาคผนวก ฉ

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

1.1 Iodine Value : Cyclohexane-Acetic acid Method (AOCS Method Cd 1-25, 1999)

หลอมตัวอย่างน้ำมัน โดยใช้อุณหภูมิ 80°C และกรองผ่านกระดาษกรองเพื่อกำจัดสิ่งปลอมปน ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 0.200 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ เติม Cyclohexane-Acetic acid solution (1:1) ปริมาตร15 ml เขย่าตัวอย่างให้ละลาย หลังจากนั้นเติม Wijs solution 25 ml ด้วย ปิเปต เขย่าให้เข้ากัน และเก็บในที่มืด นาน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติม 10% KI 20 ml แล้วเติมน้ำกลั่น 100 ml เขย่า ไทเทรตด้วย 0.1 N $Na_2S_2O_3$ จนมีสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 1 ml ไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินหมดไป อ่านปริมาตร $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไทเทรต

การคำนวณค่า iodine value

$$\text{Iodine value} = \frac{(B-S) \times N \times 12.69}{\text{wt of sample}}$$

หมายเหตุ B = ปริมาตร (mL) $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไทเทรต blank

S = ปริมาตร (mL)$Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของ $Na_2S_2O_3$ (normal)

1.2 Free Fatty Acid (AOCS Method Ca 5a-40,1999)

หลอมเหลวตัวอย่างน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 80°C ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 7.05 g ใส่ลงขวดรูปชมพู่ เติม neutralized alcohol 50 ml และเติม phenolphthalein 2 ml ไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH จนปรากฏสีชมพูจางๆ บันทึกปริมาตรของด่างที่ใช้ไทเทรต

การคำนวณ

คำนวณในรูป oleic acid

$$\%\text{FFA as oleic} = \frac{\text{ml of alkali} \times N \times 28.2}{\text{wt of sample}}$$

หมายเหตุ N = ความเข้มข้นของด่าง

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของไขมัน

2.1 Melting point by capillary tube (AOCS Method Cc 1-25, 1999)

หลอมเหลวตัวอย่างน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 80°C และกรองเพื่อกำจัดสิ่งปลอมปน และตัวอย่างต้องปราศจากน้ำ บรรจุตัวอย่างที่หลอมเหลวแล้วลงในหลอดคาปิลารี โดยจุ่มปลายหลอด ในน้ำมันที่หลอมแล้ว จนระดับน้ำมันมีความสูง 10 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปลนไฟเพื่อปิดปลายหลอดทั้ง 2 ด้าน และนำ ไปผูกติดกับเทอร์โมมิเตอร์โดยให้ตำแหน่งตัวอย่างอยู่ติดกับกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ และแช่ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C ข้ามคืน นำเทอร์โมมิเตอร์ที่ผูกติดกับหลอดคาปิลารีใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 ml ที่ใส่น้ำกลั่น 300 ml โดยให้จุ่มเทอร์โมมิเตอร์จนระดับตัวอย่างทั้งหมดจมอยู่ในน้ำกลั่น และให้ความร้อน โดยค่อยๆเพิ่ม ความร้อนด้วยอัตรา 0.5°C / นาที พร้อมกวนด้วยความเร็วต่ำ อ่านอุณหภูมิที่ตัวอย่างหลอมเหลวจนในทั้งหมด

2.2 Differential Scanning Calorimetry (ดัดแปลงจาก Humphrey, 2004)

ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5-10 mg ลงในภาชนะทำการปิดฝาภาชนะนำภาชนะที่มีตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยมี reference pan เป็นภาชนะเปล่า โดยให้ความร้อนตัวอย่างจากอุณหภูมิเริ่มต้น คือ 20°C ด้วยอัตราการให้ความร้อนคงที่ที่ 5°C / นาที จนมีอุณหภูมิถึง 70°C ลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิ 0°C ด้วยอัตราการลดอุณหภูมิคงที่ที่ 10°C / นาที

3. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ของผลิตภัณฑ์ Meat Loaf

3.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

ชั่งตัวอย่างMeat Loaf ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ลงในaluminium can ที่ผ่านการอบ และทราบน้ำหนักแน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) นำตัวอย่างเข้าอบที่อุณหภูมิ 105°C และนำตัวอย่างออกมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น บันทึกน้ำหนัก แล้วนำไปอบซ้ำจนกว่าน้ำหนักตัวอย่างเริ่มคงที่ (ต่างกันไม่เกิน 0.005 g) นำมาคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ร้อยละของความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

3.2 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2000)

ชั่งตัวอย่าง Meat Loaf ประมาณ 2 กรัม (±0.10 กรัม) เติมคะตะลิสต์ ($CuSO_4$ / K_2SO_4 อัตราส่วน1:8) 7-10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15-25 มิลลิลิตร ใส่ลูกแก้วกันกระแทก 2 ลูกในหลอดย่อยโปรตีน นำไปย่อยโปรตีนจนกระทั่งได้สารละลายสีฟ้าใส ปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด และทิ้งไว้ให้เย็น นำหลอดตัวอย่างที่ได้มากลั่น โดยเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32%

จำนวน 100มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ตวงกรดบอริกเข้มข้น 2% ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เพื่อใช้เป็นตัวจับแอมโมเนียหยด mixed indicator (0.1% Bromocresol green 10 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.1% Methyl red 1 มิลลิลิตร) 2-3 หยด จะได้สารสีส้มแดง รอจนกระทั่งกลั่นเสร็จ นำตัวอย่างที่กลั่นเสร็จมาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตไตรท คำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A-B) \times N\ HCl \times 14 \times 100}{Wt.\ Sample \times 1000}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

เมื่อ A = ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

3.3 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมลูกแก้วที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมงบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแน่ง) ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 1-2 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ในทิมเบิล ตวงปิโตรเลียยมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 60-80 องศาเซลเซียส ปริมาตร 140-180 มิลลิลิตรใส่ลงบีกเกอร์ไขมัน ต่อเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อระเหย ปิโตรเลียยมอีเทอร์ ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{นน.บีกเกอร์หลังสกัดไขมัน - นน.บีกเกอร์ก่อนสกัดไขมัน}}{\text{นน.ตัวอย่าง}} \times 100$$

3.4 ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)

เผาถ้วยกระเบื้องในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และบันทึก นำตัวอย่างที่บดแล้ว 3.0000-5.0000 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง นำไปเผาบน hot plate จนหมดควัน นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างเป็นเถ้าสีขาว หรือสีเทา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{\text{นน.ถ้วยกระเบื้องหลังเผา – นน.ถ้วยกระเบื้องก่อนเผา}}{\text{นน.ตัวอย่าง}} \times 100$$

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ของผลิตภัณฑ์ Meat Loaf

4.1 การสูญเสียน้ำหนักภายหลังการทำสุก (Cooking loss) (Crehan et al., 2000)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง Meat Loaf รวมกับน้ำหนักพิมพ์ แล้วนำมาเข้าอบ นาน 90 นาที นำมาทำให้เย็น ชั่งน้ำหนักตัวอย่างภายหลังการทำสุก คำนวณน้อยละการสูญเสียน้ำหนักภายหลังการทำสุก ดังนี้

$$\text{ค่าการสูญเสีย (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนทำสุก} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังทำสุก}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนทำสุก}} \times 100$$

4.2 ความคงตัวของอิมัลชัน (Emulsion stability) (Crehan et al., 2000)

นำตัวอย่างแบทเทอร์ดิบจำนวน 25 กรัม ใส่ในหลอดหมุนเหวี่ยง บันทึกน้ำหนักตัวอย่าง (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง) หมุนเหวี่ยงโดยใช้ความเร็วรอบ 3,600 g, 25 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที แยกของเหลวออก และนำตัวอย่างที่เหลือในหลอดนำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เหวี่ยงแยกต่อที่ 3,600 g, 25 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แยกส่วนของเหลวออก นำส่วนของแข็งกับหลอดเหวี่ยงไปชั่งน้ำหนัก

ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (TEF) = W_1-W_2

$$\text{ร้อยละของปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (\%TEF)} = \frac{\text{TEF}}{\text{Sample weight}} \times 100$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักหลอดเหวี่ยงแยก และตัวอย่างเริ่มต้น

W_2 = น้ำหนักหลอดเหวี่ยงแยก และตัวอย่างหลังจากแยกของเหลว

5. การวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค ของผลิตภัณฑ์ Meat Loaf

5.1 Scanning Electron Microscopy (ดัดแปลงจาก Iwasaki *et al*., 2006)

นำตัวอย่างมาแช่ในสารละลาย 2.5% glutaraldehyde ใน 0.1 M phosphate buffer (pH 7.2) ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาล้างด้วย phosphate buffer (pH 7.2)ที่อุณหภูมิ 4°C 2 ครั้ง นานครั้งละ 30 นาที และล้างด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง อีก 1 ครั้ง นาน 30 นาที นำตัวอย่างมากำจัดน้ำและไขมันออกด้วยเอทธานอลที่มีความเข้มข้น 30%, 50%, 70%, 95% ตามลำดับ นาน 1 ชั่วโมง ในแต่ละความเข้มข้น ที่ความเข้มข้น 100% จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง และอะซีโตนที่ความเข้มข้น 100% นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำนำตัวอย่างมาทำให้แข็งอย่างรวดเร็วโดยใช้ ไนโตรเจนเหลว นำตัวอย่างมาหักเพื่อให้เกิดพื้นผิวธรรมชาติ (cryo-fracture) ให้มีพื้นที่หน้าตัดขนาด 1 x 1 ตารางมิลลิเมตร สูง 5 มิลลิเมตร จากนั้นทำให้แห้งด้วยวิธีการทำแห้ง ณ จุดวิกฤต (critical control point dryer, Balzers model CPD 020) ที่อุณหภูมิ 31.5 องศาเซลเซียส

ความดัน1,072 ปอนด์/ตารางนิ้ว นำตัวอย่างที่ได้มาติดลงบนฐานที่ทำจากอลูมิเนียมด้วยเทปกาว 2 หน้าชนิดนำไฟฟ้า และฉาบผิวตัวอย่างด้วยทองคำ (ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ยาว 0.5 เซนติเมตร) โดยใช้เครื่อง sputter-coater (Blazers model SCD40) นาน 5 นาที ที่กำลังไฟฟ้า 15 mA นำตัวอย่างที่ฉาบด้วยทองแล้วมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบสแกนนิง (Jeol; model JSM-5410LV, Japan) ที่ความต่างศักย์ 15 kV

6. การวิเคราะห์อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ของผลิตภัณฑ์ Meat Loaf

6.1 ค่า Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) (Sorensen et al., 1995)

ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม นำมาโฮโมจีไนซ์กับสารละลายของ 7.5% trichloroacetic acid 15 มิลลิลิตร ที่ความเร็วรอบ 13,500 rpm นาน 45 วินาที กรองแยกเฉพาะส่วนของเหลว นำของเหลวที่ได้มา 5 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.020 M thiobarbituric acid 5 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 100°C ในอ่างน้ำร้อนนาน 40 นาที นำออกมาทำให้เย็นในน้ำเย็น 10 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร รายงานผลเป็นค่า TBARS ในหน่วย มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อตัวอย่างหนึ่งกิโลกรัม

6.2 Aerobic Plate Count และ Psychrotrophic Count (ICMSF, 1978)

ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม นำมาโฮโมจีไนซ์กับ 0.1% peptone 90 มิลลิลิตร ที่ปลอดเชื้อ ปิเปตของผสมมา 1 มิลลิลิตร ทำการ pore plate นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30±1°C นาน 48 ชั่วโมง สำหรับ Aerobic Plate Count และที่ อุณหภูมิ 4±1°C นาน 14 วัน สำหรับ Psychrotrophic Count นับจำนวนโคโลนีให้อยู่ในช่วง 30-300 โคโลนีต่อ plate แล้วรายงานเป็น log cfu/g