

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่ชุบแป้งและน้ำมันปาล์มใหม่ไม่ผ่านการทอด

น้ำมันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดไก่จากร้านขายอาหารฟาสต์ฟู้ดแห่งหนึ่ง บริเวณลาดกระบัง ซึ่งเป็นการทอดแบบน้ำมันท่วมและจะมีการเปลี่ยนน้ำมันเมื่อน้ำมันมีสีคล้ำ เมื่อนำน้ำมันที่ผ่านการทอดไก่ชุบแป้งนี้มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันพบว่า มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ ค่ากรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าพาราแอนนิซิน ค่าสารประกอบมีขี้้ว ค่าสี ค่าความหนืด เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันปาล์มใหม่ที่ยังไม่ผ่านการทอด (ยังไม่ได้เปิดขวด) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

กรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการทอดมีค่า 0.08 % ซึ่งโดยทั่วไปมาตรฐานการผลิตน้ำมันบริโภคกำหนดให้มีค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้วไม่เกิน 0.1% แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในขั้นตอนของการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ แต่หลังจากน้ำมันผ่านการทอดแล้วพบว่าน้ำมันมีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเป็น 1.97 % แสดงให้เห็นว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซิสได้เป็นกรดไขมันอิสระและสารประกอบอื่น ๆ

ค่าเปอร์ออกไซด์และค่าพาราแอนนิซินเป็นดัชนีวัดการเกิดออกซิเดชัน น้ำมันปาล์มใหม่ที่ไม่ผ่านการทอดมีค่าเปอร์ออกไซด์และค่าพาราแอนนิซิน 1.44 และ 1.54 meq/kg ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าน้ำมันใหม่ที่ยังไม่เปิดขวดก็มีการเกิดออกซิเดชันได้ อาจเนื่องจากภาชนะที่บรรจุค่อนข้างใส น้ำมันมีการสัมผัสแสง น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดมีค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าพาราแอนนิซินเป็น 4.52 และ 15.19 meq/kg ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าในระหว่างการทอดน้ำมันมีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากการสัมผัสกับออกซิเจนและความร้อน จากการศึกษาของ วริศรา (2548) พบว่า ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่ชุบแป้งที่นำมาศึกษามีค่าเปอร์ออกไซด์และค่าพาราแอนนิซินเป็น 6.04 และ 37.71 meq/kg ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างจากตัวอย่างของการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนน้ำมันทอดของร้านค้า มีความแตกต่างกัน โดยใช้ความคุ้นเคยหรือความรู้สึกของผู้ประกอบการ โดยมีดัชนีแตกต่างกัน เช่น ความหนืด หรือสีของน้ำมัน เป็นต้น

ค่าสารประกอบมีขี้้วของน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการทอดมีค่า 4.08 % น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่ชุบแป้งมีค่าสารประกอบมีขี้้วเพิ่มขึ้นเป็น 21.58 % แสดงให้เห็นว่าในระหว่างการทอด ไตรกลีเซอไรด์ซึ่งเป็นสารประกอบไม่มีขี้้วเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และพอลิเมอร์ไรเซชัน ได้เป็นสารประกอบมีขี้้วต่าง ๆ ดังนั้นในการวัดปริมาณสารประกอบมีขี้้วเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าเชื่อถือสำหรับการตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันในระหว่างการ

ทอด (Fritsch, 1981; Farhoosh and Moosavi, 2008) การตรวจวัดปริมาณสารประกอบมีไขมันเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 283 กำหนดให้น้ำมันที่จะนำมาทอดอาหารหรือประกอบอาหารมีค่าสารประกอบมีไขมันไม่เกิน 25% จากการศึกษาของ วริศรา (2548) พบว่า ค่าสารประกอบมีไขมันของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่อมีค่า 12.28% ซึ่งมีค่าแตกต่างกับการศึกษานี้ อาจเนื่องมาจากวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่อหุบแป้งและน้ำมันปาล์มใหม่ที่ไม่ผ่านการทอด

สมบัติทางเคมีและกายภาพ	น้ำมันปาล์มใหม่ ไม่ผ่านการทอด	น้ำมันปาล์ม ผ่านการทอดไก่อหุบแป้ง
ค่ากรดไขมันอิสระ (%)	0.08±0.04	1.97±0.08
ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg)	1.44±0.02	4.52±0.04
ค่าพาราแอนิซิดีน (meq/kg)	1.54±0.06	15.19±0.08
ค่าสารประกอบมีไขมัน (%)	4.08±0.12	21.58±0.35
ค่าความหนืด (cP @ 25±1°C)	65.65±0.01	85.74±0.19
ค่าความสว่าง (L*)	96.19±0.18	30.40±0.18
ค่าสีแดง (a*)	-7.14±0.07	41.18±0.12
ค่าสีเหลือง (b*)	52.99±0.17	52.06±0.03

ค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มที่ไม่ผ่านการทอดมีค่า 65.65 (cP) และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่อหุบแป้งมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเป็น 85.74 (cP) ตัวอย่างน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่อหุบแป้งจากการทดลองของ วริศรา (2548) มีค่าความหนืด 95.04 cP แสดงให้เห็นว่าในระหว่างการทอดเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ซึ่งน้ำมันที่ผ่านการให้ความร้อนเป็นเวลานานทำให้เกิดสารประกอบโมเลกุลสูง ส่งผลให้น้ำมันมีความหนืดสูงและมีสีคล้ำ เกิดฟองง่ายขณะทอด (นิธิยา, 2548)

ค่าสี L* ของน้ำมันทอดมีค่าลดลงจากน้ำมันใหม่ แสดงถึงน้ำมันมีสีคล้ำขึ้น ความสว่างลดลง ค่าสี a* มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงถึงความเป็นสีแดงที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาบราวน์นิ่งแบบไม่ใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) ของส่วนผสมน้ำตาลและโปรตีนในไก่อทอด ค่าสี b* ค่าไม่เปลี่ยนแปลง

4.2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการดูดซับของถั่วแกลบต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่อหุบแป้ง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการดูดซับสารของถั่วแกลบที่มีต่อความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่อหุบแป้ง โดยใช้ตัวดูดซับถั่วแกลบ 20 กรัมต่อ

น้ำมัน 100 กรัม ดูดซับสารต่าง ๆ ในน้ำมันที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2), 80 ± 2 และ 105 ± 2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และให้สารดูดซับสัมผัสกับน้ำมันโดยการกวนด้วยเครื่องกวนผสมอัตโนมัติเป็นเวลา 20 นาที พบว่า การดูดซับของถ้ำเกลือทั้ง 3 อุณหภูมิ สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดได้ คือ มีค่ากรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าพาราแอนิซิดีน ค่าสารประกอบมีขี้ ค่าความหนืดลดลง ค่าความสว่างของน้ำมันเพิ่มขึ้น การดูดซับของถ้ำเกลือที่อุณหภูมิ 80 ± 2 และ 105 ± 2 องศาเซลเซียส สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดได้ดีกว่าการดูดซับที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2) (ตารางที่ 4.2) เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันในระหว่างการดูดซับทำให้น้ำมันมีความหนืดน้อยลง จึงสามารถแทรกซึมและสัมผัสสารดูดซับได้มากกว่า จึงสามารถดูดซับสารประกอบต่าง ๆ ในน้ำมันได้เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Esteban *et al.* (2012) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับความหนืดของน้ำมันพืช พบว่า เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันปาล์มเพิ่มความหนืดของน้ำมันปาล์มจะลดลง ที่อุณหภูมิ 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 และ 110 องศาเซลเซียส น้ำมันปาล์มมีค่าความหนืด 45.34, 20.84, 15.60, 12.35, 9.94, 8.21 และ $6.88 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันปาล์มผ่านการทอดไปชุบแป้งที่ไม่ผ่านการใช้สารดูดซับและผ่านการใช้สารดูดซับถ้ำเกลือที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2), 80 ± 2 และ 105 ± 2 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำมันหลังการดูดซับ

สมบัติทางเคมีและกายภาพ	น้ำมันปาล์ม ผ่านการทอด	อุณหภูมิที่ใช้ในการดูดซับ		
		อุณหภูมิห้อง	$80\pm 2^\circ \text{C}$	$105\pm 2^\circ \text{C}$
ปริมาณน้ำมันหลังการดูดซับ (%)	-	$77.50^b \pm 1.17$	$84.16^a \pm 1.18$	$85.84^a \pm 0.23$
ค่ากรดไขมันอิสระ (%)	$1.97^d \pm 0.08$	$0.55^c \pm 0.02$	$0.48^b \pm 0.00$	$0.38^a \pm 0.02$
ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg)	$4.52^d \pm 0.04$	$1.73^c \pm 0.01$	$1.61^b \pm 0.10$	$1.44^a \pm 0.05$
ค่าพาราแอนิซิดีน (meq/kg)	$15.19^c \pm 0.08$	$11.88^a \pm 0.10$	$10.35^a \pm 0.10$	$12.16^b \pm 0.09$
ค่าสารประกอบมีขี้ (%)	$21.58^c \pm 0.35$	$17.08^b \pm 0.12$	$15.58^a \pm 0.12$	$15.67^a \pm 0.12$
ค่าความหนืด(cP @ $25\pm 1^\circ \text{C}$)	$85.74^c \pm 0.19$	$76.10^b \pm 0.04$	$74.92^a \pm 0.02$	$74.08^a \pm 0.03$
ค่าความสว่าง (L*)	$30.40^c \pm 0.18$	$44.69^b \pm 0.23$	$46.06^a \pm 0.23$	$45.13^b \pm 0.00$
ค่าสีแดง (a*)	$41.18^b \pm 0.12$	$42.02^a \pm 0.04$	$42.04^a \pm 0.13$	$42.81^a \pm 0.05$
ค่าสีเหลือง (b*)	$52.06^c \pm 0.03$	$77.17^b \pm 0.37$	$78.02^a \pm 0.24$	$77.93^a \pm 0.65$

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน (a b c) หมายถึง มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของน้ำมันภายหลังการดูดซับของถ้ำเกลือที่อุณหภูมิห้อง(27 ± 2), 80 ± 2 และ 105 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่า การดูดซับของถ้ำเกลือที่อุณหภูมิ 80 ± 2 และ 105 ± 2 องศาเซลเซียส มีปริมาณของน้ำมันภายหลังการดูดซับมากกว่าการดูดซับของถ้ำเกลือที่อุณหภูมิห้อง

(27±2) (ตารางที่ 4.2) เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมันในระหว่างการดูดซับทำให้น้ำมันมีความหนืดน้อยลงน้ำมันจึงไม่เกาะติดกับตัวดูดซับ

4.3 ผลของเวลาที่ใช้ในการดูดซับและปริมาณของถ้ำเกลบที่มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไปหุบแป้ง

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยปริมาณสารดูดซับถ้ำเกลบมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ต่อการปรับปรุงคุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำมัน คือ ค่ากรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าพาราแอนนิซิดิน ค่าสารประกอบมีขี้้ว ค่าความหนืด และค่าสี L^* a^* b^* ส่วนปัจจัยเวลาในการดูดซับมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการปรับปรุงคุณภาพทางเคมีของน้ำมัน คือ ค่ากรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าพาราแอนนิซิดิน และค่าสารประกอบมีขี้้ว แต่ไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพทางกายภาพด้านความหนืดและค่าสีของน้ำมัน และปัจจัยทั้ง 2 มีผลร่วมกันต่อทุกค่าคุณภาพ ยกเว้น ค่าความหนืด

ตารางที่ 4.3 ค่า P-value ของสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันที่ปรับปรุงคุณภาพ

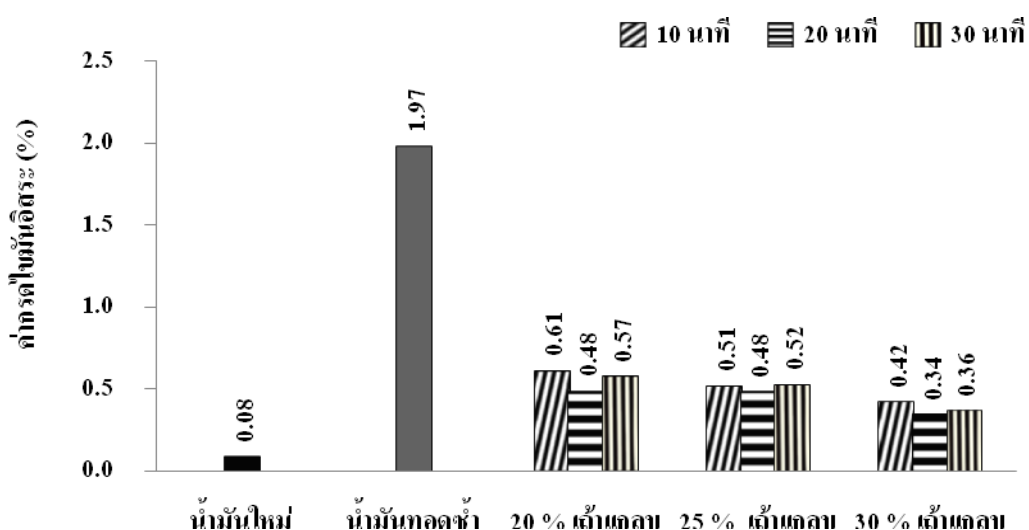
ปัจจัย	สมบัติทางเคมีและกายภาพ							
	PV	p-AV	FFA	TPC	Viscosity	L^*	a^*	b^*
ปริมาณถ้ำเกลบ	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.021*	0.031*	0.011*
เวลาในการดูดซับ	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.360	0.700	0.744	0.698*
ปริมาณถ้ำเกลบ x เวลาในการดูดซับ	0.000*	0.000*	0.000*	0.000*	0.185	0.000*	0.023*	0.000*

*significant $P \leq 0.05$

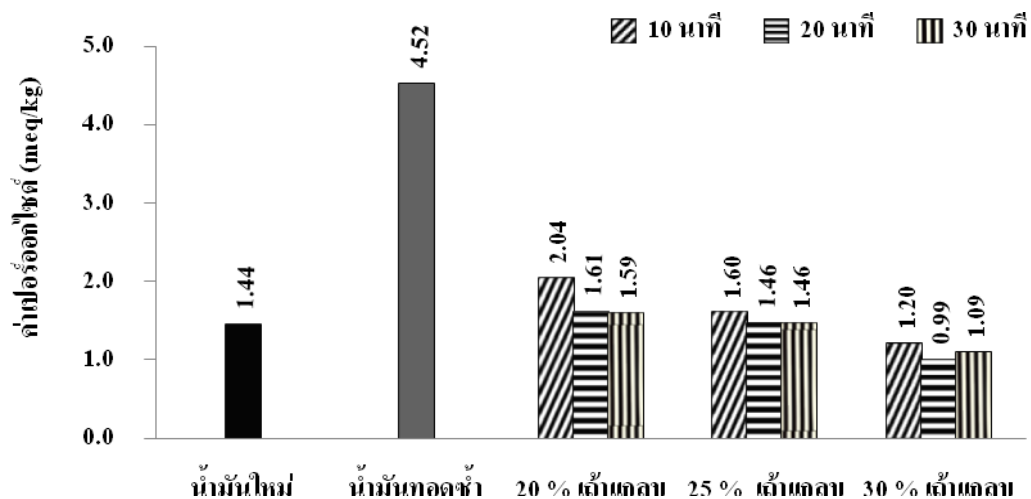
จากการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการดูดซับสารของถ้ำเกลบที่มีต่อความสามารถในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไปหุบแป้ง ในข้อ 4.2 เลือกอุณหภูมิในการดูดซับสารต่าง ๆ ของถ้ำเกลบที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส มาใช้ในการศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการดูดซับสารและปริมาณของถ้ำเกลบที่มีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอด โดยใช้สารดูดซับถ้ำเกลบสัดส่วน 20, 25 และ 30 กรัมต่อน้ำมัน 100 กรัม ใช้เวลาดูดซับ 10, 20 และ 30 นาที กวนด้วยเครื่องกวนตลอดเวลา เมื่อพิจารณาสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันที่ผ่านการดูดซับด้วยสารดูดซับถ้ำเกลบ พบว่า สัดส่วนของสารดูดซับถ้ำเกลบที่เพิ่มขึ้นจาก 20 กรัม เป็น 25 และ 30 กรัม มีผลทำให้สมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันดีขึ้นตามลำดับ จากภาพที่ 4.1-4.8 แสดงว่าการเพิ่มสัดส่วนของถ้ำเกลบย่อมทำให้มีพื้นที่ผิวในการดูดซับมากขึ้นจึงสามารถดูดซับ

สารประกอบต่าง ๆ ได้แก่ โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ กรดไขมันอิสระ สารโพลิเมอร์ ในน้ำมันทอดได้มากขึ้น เนื่องจากองค์ประกอบของเถ้าแกลบส่วนใหญ่เป็นซิลิกา ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพได้ (Farag *et al.*, 2009)

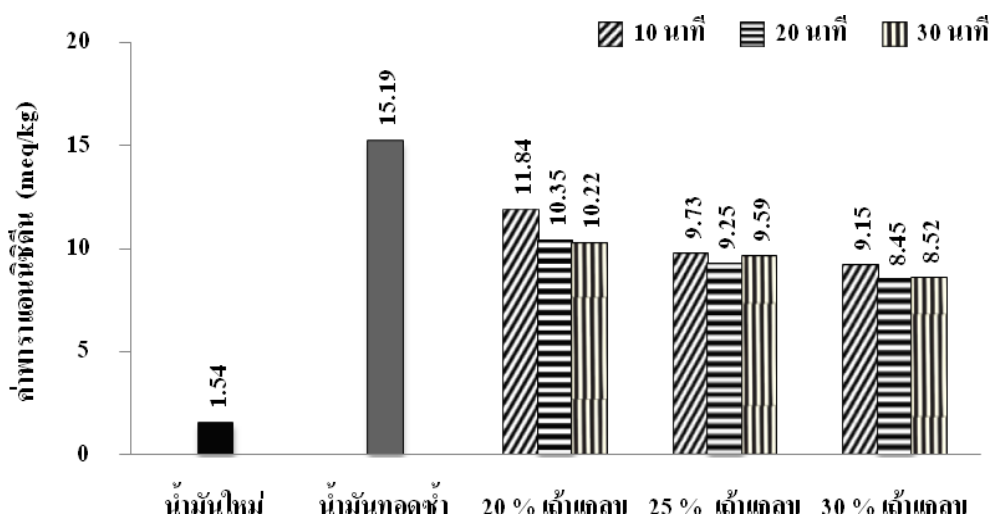
เมื่อพิจารณาสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันที่ผ่านการดูดซับด้วยเถ้าแกลบ เมื่อใช้เวลาการดูดซับต่างกัน พบว่า เมื่อใช้เวลาในการดูดซับเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 30 นาที ค่ากรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าพาราแอนนิซินดีน และค่าสารประกอบมีขั้วของน้ำมันทอดซ้ำมีการปรับปรุงคุณภาพดีขึ้น (ภาพที่ 4.1-4.4) การเพิ่มเวลาในการดูดซับไม่มีผลต่อการปรับปรุงค่าความหนืด และค่าสีของน้ำมัน (ภาพที่ 4.5-4.8) และเมื่อพิจารณาเวลาในการดูดซับที่ 20 และ 30 นาที จะเห็นว่าการดูดซับที่ 20 นาที ค่ากรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ มีการปรับปรุงคุณภาพดีกว่าการดูดซับที่เวลา 30 นาที (ภาพที่ 4.1, 4.2) ส่วนค่าพาราแอนนิซินดีน มีค่าไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 4.3)



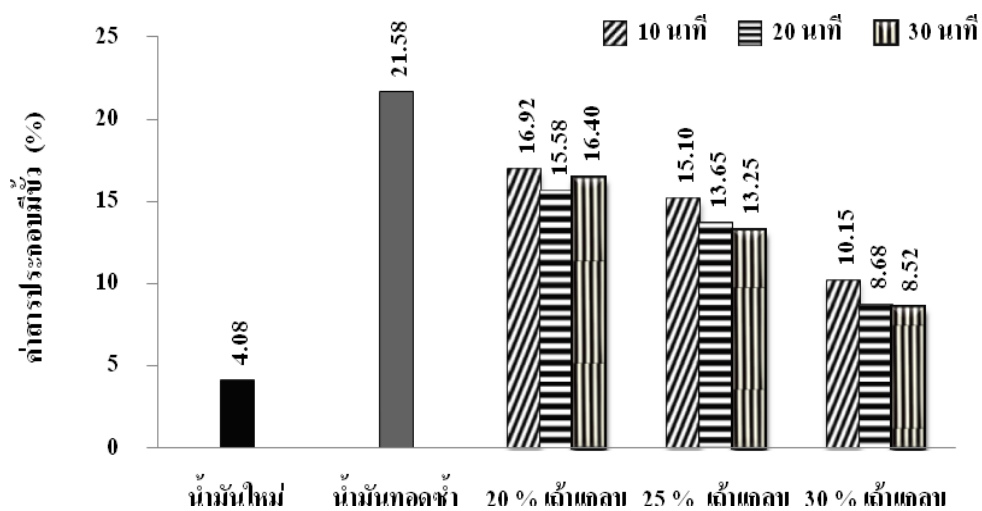
ภาพที่ 4.1 ค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มใหม่ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้น้ำมันดูดซับเถ้าแกลบ



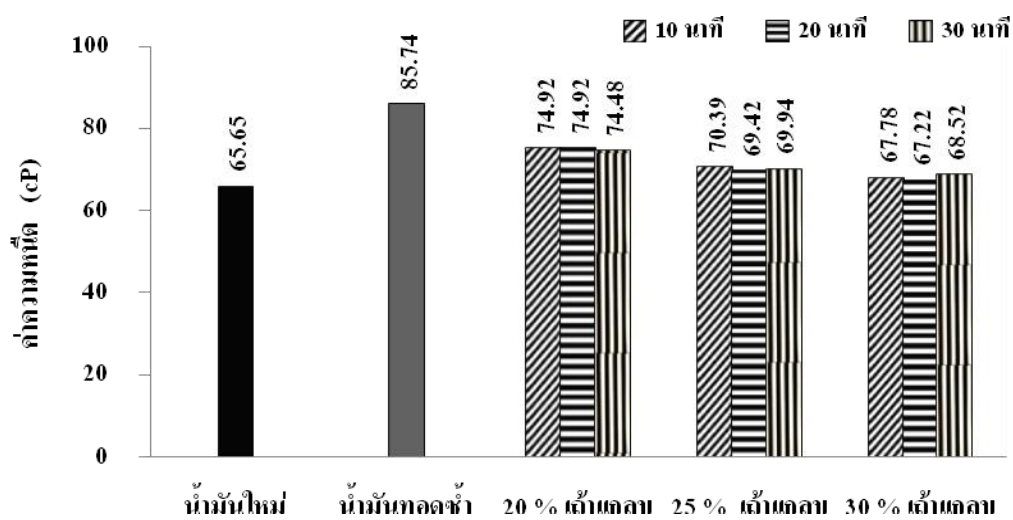
ภาพที่ 4.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มใหม่ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้สารดูดซับถั่วเหลือง



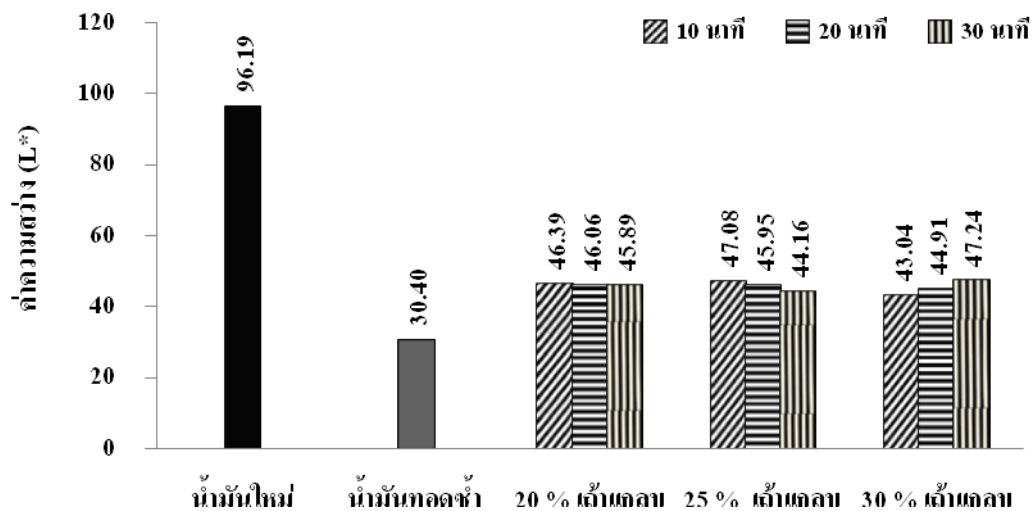
ภาพที่ 4.3 ค่าพาราแอนนิซิดินของน้ำมันปาล์มใหม่ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้สารดูดซับถั่วเหลือง



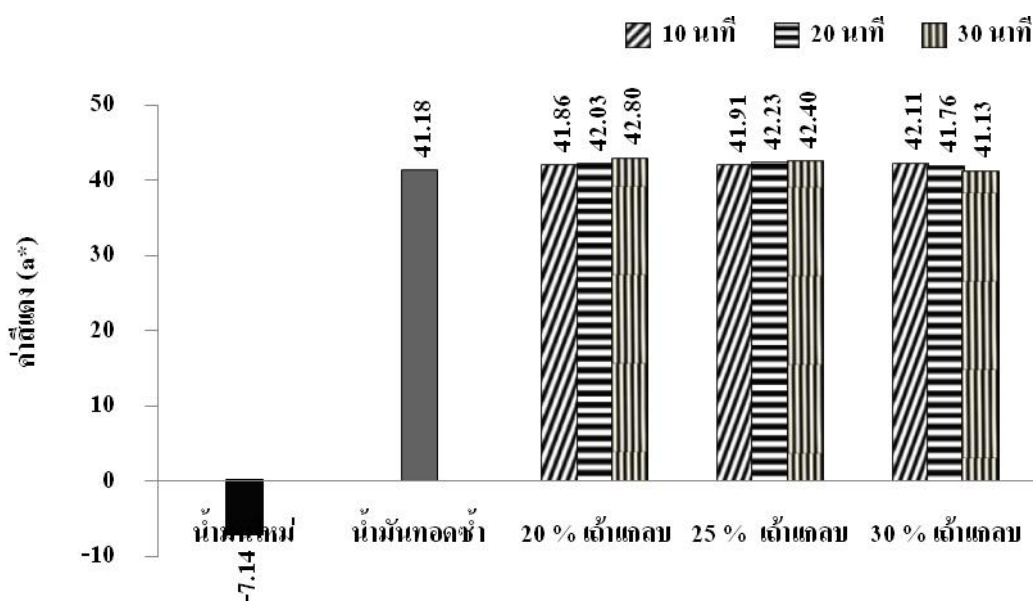
ภาพที่ 4.4 ค่าสารประกอบมีขี้ของน้ำมันปาล์มใหม่ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้สารดูดซับเถ้าเกล็ด



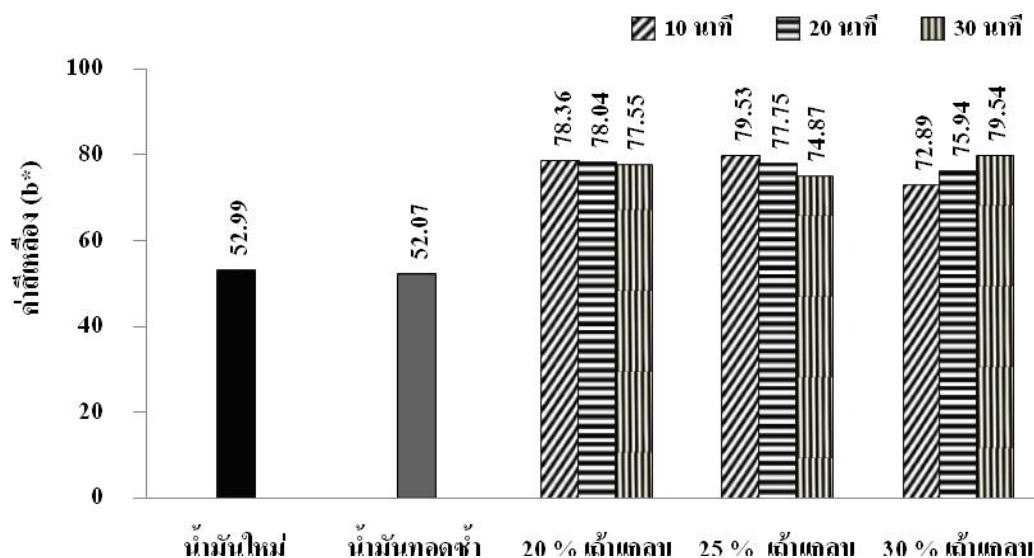
ภาพที่ 4.5 ค่าความหนืดของน้ำมันปาล์มใหม่ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้สารดูดซับเถ้าเกล็ด



ภาพที่ 4.6 ค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำมันปาล์มใหม่ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้สารดูดซับเถ้าแกลบ



ภาพที่ 4.7 ค่าสีแดง (a^*) ของน้ำมันปาล์มใหม่ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้สารดูดซับเถ้าแกลบ



ภาพที่ 4.8 ค่าดัชนีหักเห (b*) ของน้ำมันปาล์มใหม่ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดซ้ำ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้สารดูดซับถั่วเหลือง

ตารางที่ 4.4 ปริมาณน้ำมันที่ได้หลังจากการใช้สารดูดซับถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการดูดซับและปริมาณสารดูดซับถั่วเหลืองแตกต่างกัน

เวลา ในการดูดซับ (นาที)	ปริมาณน้ำมัน (%)		
	ปริมาณสารดูดซับถั่วเหลือง (กรัมต่อน้ำมัน 100 กรัม)		
	20	25	30
10	85.32 ^{Ac} ± 0.26	75.16 ^{Ab} ± 0.23	70.18 ^{Aa} ± 0.10
20	84.16 ^{Bc} ± 1.18	74.08 ^{Bb} ± 0.02	69.44 ^{Ba} ± 0.16
30	76.50 ^{Cc} ± 0.71	70.94 ^{Cb} ± 0.55	65.40 ^{Ca} ± 0.37

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรที่ต่างกัน (a b c) หมายถึง มีความแตกต่างกันของปริมาณสารดูดซับถั่วเหลือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)
 2) ตัวอักษรที่ต่างกัน (A B C) หมายถึง มีความแตกต่างกันของเวลาที่ใช้ในการดูดซับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการเปรียบเทียบปริมาณของน้ำมันที่ได้หลังจากการใช้สารดูดซับถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการดูดซับและปริมาณสารดูดซับถั่วเหลืองแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.4) พบว่า เมื่อปริมาณสารดูดซับถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำมันภายหลังจากการใช้สารดูดซับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อเวลาในการดูดซับเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 20 และ 30 นาที พบว่า ของผสมระหว่างน้ำมันกับตัวดูดซับถั่วเหลืองมีลักษณะหนืดมากขึ้น และเมื่อนำไป

กรองแยกตัวดูดซับออกจากน้ำมัน ปริมาณน้ำมันภายหลังผ่านการใช้สารดูดซับจึงมีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งการลดลงของปริมาณน้ำมันภายหลังผ่านการใช้สารดูดซับมีผลทางเศรษฐกิจ

จากการศึกษาของ วริศรา (2548) น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่ชุบแป้ง มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.46% ค่าเปอร์ออกไซด์ 6.04 meq/kg ค่าพาราแอนนิซิดีน 37.71 meq/kg ค่าสารประกอบมีขี้ 12.28 % ค่าความหนืด 95.40 cP เมื่อใช้สารดูดซับซิลิกาเจลที่มีขนาดรูพรุน 60 อังสตรอม ขนาดอนุภาค 0.063-0.2 มิลลิเมตร ปริมาณ 30 กรัม ใช้เวลาในการดูดซับ 10 นาที ปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่ชุบแป้ง พบว่า มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.19% ค่าเปอร์ออกไซด์ 3.89 meq/kg ค่าพาราแอนนิซิดีน 8.88 meq/kg ค่าสารประกอบมีขี้ 5.25% ค่าความหนืด 83.60 cP จากการทดลองนี้ น้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่ชุบแป้ง มีค่ากรดไขมันอิสระ 1.97% ค่าเปอร์ออกไซด์ 4.52 meq/kg ค่าพาราแอนนิซิดีน 15.19 meq/kg ค่าสารประกอบมีขี้ 21.58 % ค่าความหนืด 85.74 cP เมื่อใช้สารดูดซับถ่านแกลบปริมาณ 30 กรัม ใช้เวลาในการดูดซับ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส ปรับปรุงคุณภาพน้ำมันปาล์มที่ผ่านการทอดไก่ชุบแป้ง พบว่า มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.34% ค่าเปอร์ออกไซด์ 0.99 meq/kg ค่าพาราแอนนิซิดีน 8.45 meq/kg ค่าสารประกอบมีขี้ 8.65 % ค่าความหนืด 67.78 cP ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกันจะเห็นว่าสารดูดซับถ่านแกลบสามารถทำให้ค่ามีค่ากรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าสารประกอบมีขี้ ค่าความหนืด ลดลงได้ดีกว่าสารดูดซับซิลิกาเจล ยกเว้นค่าพาราแอนนิซิดีน

Farag *et al.* (2009) ศึกษาการใช้สารดูดซับปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันดอกทานตะวัน กลั่นที่ใช้ในการทอดมันฝรั่งแผ่น ทอดแบบน้ำมันท่วมที่อุณหภูมิ 180 ± 5 องศาเซลเซียส และทอดอย่างต่อเนื่องวันละ 4 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน โดยใช้สารดูดซับถ่านแกลบ 2% w/v ใช้เวลาในการดูดซับ 15 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ผลการศึกษา พบว่า น้ำมันดอกทานตะวันกลั่นทอดมันฝรั่งแผ่น มีค่าเปอร์ออกไซด์จาก 34.50 meq/kg ค่าสารประกอบมีขี้ 18.90% ค่ากรดไขมันอิสระ 1.8% ค่าความหนืด 10 min เมื่อผ่านการใช้สารดูดซับถ่านแกลบ น้ำมันดอกทานตะวันกลั่นทอดมันฝรั่งแผ่น มีค่าเปอร์ออกไซด์ 2 meq/kg ค่าสารประกอบมีขี้ 3.5% ค่ากรดไขมันอิสระ 0.9% ค่าความหนืด 6.5 min เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองนี้พบว่าสารดูดซับถ่านแกลบมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันทอดซ้ำได้ แต่ค่าการลดลงของสารต่าง ๆ แตกต่างกันไปเนื่องจากน้ำมันที่นำมาปรับปรุงคุณภาพต่างชนิดกัน

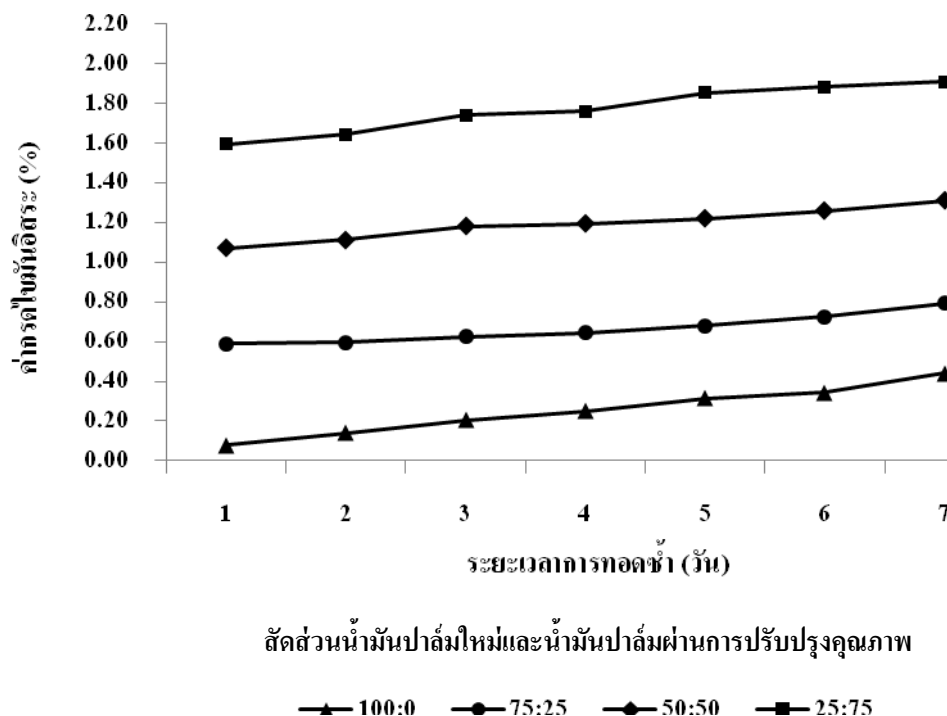
4.4 ผลสัสด่วนการผสมน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพต่อสมบัติการทอดนั้กเกดไ้

น้ำมันที่ผ่านการปรับปรุง คุณภาพได้จากการดูดซับด้วยเถ้าแกลบ 30 กรัมต่อน้ำมัน 100 กรัม ใช้เวลาในการดูดซับ 20 นาที ที่อุณหภูมิ 80 ± 2 องศาเซลเซียส และมีสมบัติทางเคมีและกายภาพ ดังนี้ ค่ากรดไขมันอิสระ 0.35% ค่าสารประกอบมีขั้ว 9.50% ค่าเปอร์ออกไซด์ 0.95 meq/kg ค่าพาราแอนนิซิดิน 8.52 meq/kg ค่าความหนืด 67.79 cP ค่าความสว่าง (L^*) 45.78 ค่าสีแดง (a^*) 41.50 ค่าสีเหลือง (b^*) 76.30 นำมาผสมกับน้ำมันปาล์มใหม่ในสัดส่วน น้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพ 100:0 75:25 50:50 และ 25:75 นำนั้กเกดไ้แช่แข็งที่จำหน่ยในท้องตลาด ทอดในน้ำมันแต่ละสัดส่วน โดยการทอดแต่ละวันจะทอด 2 ครั้ง ทอดครั้งละ 5 นาที รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 10 นาที หลังจากทอดเสร็จปล่อยให้้ำมันร้อนต่อเนื่องไปอีกเป็นเวลา 1 ชั่วโมงน้ำมันที่ผ่านการทอดจะนำไปใช้ทอดนั้กเกดไ้ซ้ำในวันรุ่งขึ้น ทำซ้ำต่อเนื่องกันจนครบ 7 วัน เก็บตัวอย่างน้ำมันหลังเสร็จสิ้นสุดการทอดของแต่ละวัน 100 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันผสม

4.4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันผสม

4.4.1.1 ปริมาณกรดไขมันอิสระ

น้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยเถ้าแกลบมีค่ากรดไขมันอิสระ 0.35% เมื่อผสมนำน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพ สัดส่วน 100:0 75:25 50:50 และ 25:75 มีค่ากรดไขมันอิสระ 0.07 0.25 0.33 และ 0.35% ตามลำดับ เมื่อนำน้ำมันผสมไปทอดนั้กเกดไ้ โดยทอดในน้ำมันทอดซ้ำ เป็นเวลา 7 วัน พบว่า น้ำมันผสมมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่ากรดไขมันอิสระจากค่าเริ่มต้นของน้ำมันผสมแต่ละสัดส่วนใกล้เคียงกัน (พิจารณาจากความชันของเส้นกราฟ) โดยค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันทอดจะสูงขึ้นเมื่อจำนวนครั้งในการทอดเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.9) ซึ่งสอดคล้องกับ Chung *et al.* (2004) ที่ทำการทอด flour dough แบบต่อเนื่องในน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันงาที่อัตราส่วนต่าง ๆ แล้วนำน้ำมันมาวิเคราะห์ค่ากรดไขมันอิสระ พบว่า ค่ากรดไขมันอิสระในน้ำมันทอดจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อจำนวนครั้งในการทอดเพิ่มขึ้น



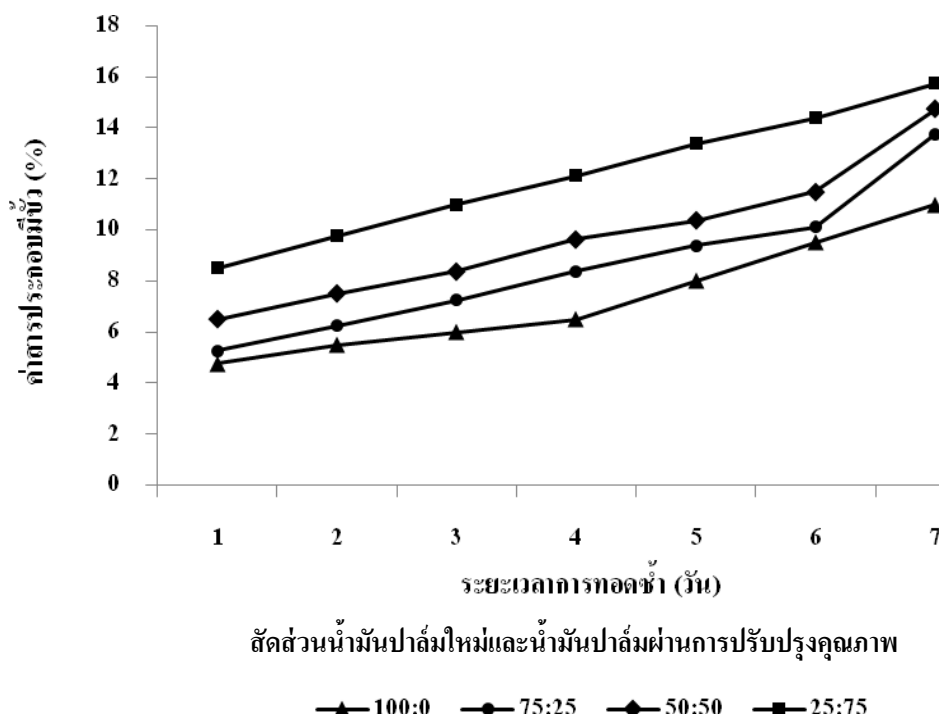
ภาพที่ 4.9 ค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันผสมที่ผ่านการทอดซ้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน

4.4.1.2 ปริมาณสารประกอบมีขี้

การสลายตัวของไตรกลีเซอไรด์ในระหว่างการทอดจากปฏิกิริยาต่าง ๆ ทำให้เกิดสารประกอบมีขี้ เช่น ทำให้เกิดการก่อตัวของสารประกอบที่สลายตัวได้ (decomposition products) ขึ้น ทั้งสารประกอบสลายตัวที่ระเหยได้ (volatile decomposition product) เช่น ไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) คีโตน (ketone) อัลดีไฮด์ (aldehyde) กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) เป็นต้น และสารประกอบสลายตัวที่ระเหยไม่ได้ (non-volatile decomposition product) เช่น โมโนเมอร์แบบวง (cyclic monomer) โมโนเมอร์ไม่ใช่วง (noncyclic monomer) ไดเมอร์ (dimer) ไตรเมอร์ (trimer) รวมถึงอะคริลาไมด์ (acrylamide) ด้วย (Shyu *et al.*, 1998)

น้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยเถ้าแกลบมีค่าสารประกอบมีขี้ 9.50% เมื่อผสมน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพ สัดส่วน 100:0 75:25 50:50 และ 25:75 มีค่าสารประกอบมีขี้ 4.00 5.00 5.55 และ 8.00 % ตามลำดับ เมื่อนำน้ำมันผสมไปทอดนั้กเกิดไ้ 7 ครั้ง เป็นเวลา 7 วัน พบว่า น้ำมันผสมมีค่าสารประกอบมีขี้เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.10) การใช้ อุณหภูมิสูงและระยะเวลาในการทอดที่นานจะเร่งให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพ Arroyo *et al.* (1992) พบว่า ปริมาณสารประกอบมีขี้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนครั้งหรือระยะเวลาในการทอด เพิ่มขึ้น จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 283 กำหนดให้น้ำมันที่จะนำมาทอดอาหารหรือประกอบอาหารมีค่าสารประกอบมีขี้ไม่เกิน 25% ซึ่งน้ำมันผสมหลังจากการทอดนั้กเกิดไ้ 7 วัน มีค่าสารประกอบมีขี้ไม่เกิน 25%

อัตราการเพิ่มขึ้นของสารประกอบมีขั้วของน้ำมันผสมแต่ละสัดส่วนใกล้เคียงกัน (พิจารณาจากความชันของเส้นกราฟ) อย่างไรก็ตามพบอัตราการเพิ่มสูงผิดปกติของการทอดในวันที่ 7 ในน้ำมันผสม สัดส่วน 75:25 50:50



ภาพที่ 4.10 ค่าสารประกอบมีขั้วของน้ำมันผสมที่ผ่านการทอดซ้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน

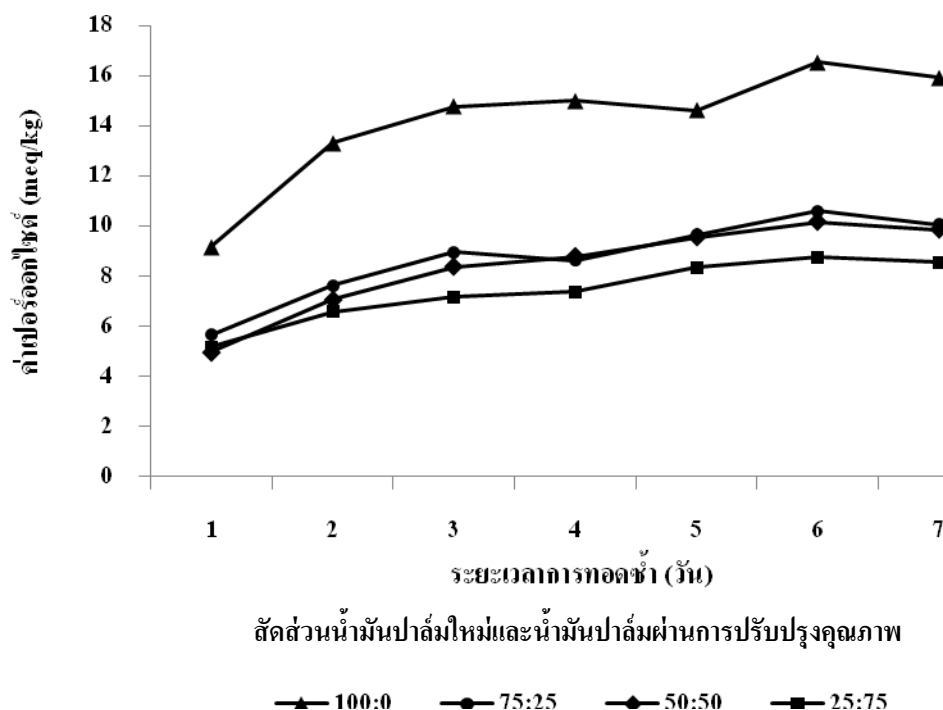
4.4.1.3 ค่าเปอร์ออกไซด์

น้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยเต้าแกลบมีค่าเปอร์ออกไซด์ 0.95 meq/kg เมื่อผสมน้ำมันปาล์มใหม่: น้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพ สัดส่วน 100:0 75:25 50:50 และ 25:75 มีค่าเปอร์ออกไซด์ 1.45 1.24 1.10 และ 1.00 meq/kg ตามลำดับ เมื่อนำน้ำมันผสมไปทอดนักเก็ตไก่ เป็นเวลา 7 วัน พบว่าน้ำมันผสมมีค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรก หลังจากนั้นแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในช่วงท้าย (ภาพที่ 4.11) สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากน้ำมันเมื่อได้รับความร้อนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้เกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ระเหยได้และไม่เสถียรจะสลายตัวไปเป็นสารที่ให้กลิ่นจำพวก อัลดีไฮด์ (aldehyde) คีโตน (ketone) ลิโปเปอร์ออกไซด์ (lipoperoxide) และอนุมูลอิสระ (free radical) สารประกอบเหล่านี้เป็นผลทำให้น้ำมันและอาหารที่ผ่านการทอดเกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ ดังนั้นในช่วงแรกของการใช้น้ำมันทอดซ้ำค่าเปอร์ออกไซด์จะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่หลังจากนั้นเมื่อไฮโดรเปอร์ออกไซด์สลายตัว ทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์ที่วิเคราะห์ได้มีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Che and Tan (1999) ที่ทำการทอดมันฝรั่งแผ่น 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 130 วินาที ทอดซ้ำทุก 30 นาที วันละ 5 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 5 วันติดต่อกัน พบว่า ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 และเริ่ม

ลดลงในวันที่ 4 จนกระทั่งสิ้นสุดการทอด โดยกล่าวว่า การลดลงของค่าเปอร์ออกไซด์ไม่ได้เป็นตัวชี้วัดว่าน้ำมันยังมีคุณภาพดี ดังนั้นการดูการเสื่อมเสียทั้งหมดของน้ำมันไม่สามารถวัดโดยใช้วิธีนี้เพียงวิธีเดียว

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ 100:0 75:25 50:50 และ 25:75 พบว่า น้ำมันปาล์มที่ไม่ผสมน้ำมันปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่าเนื่องจากน้ำมันปาล์มที่ผสมน้ำมันผ่านการปรับปรุงคุณภาพในระหว่างการทอด สามารถอธิบายได้ว่าไฮโดรเปอร์ออกไซด์เกิดจากการทำปฏิกิริยาของออกซิเจนที่ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว น้ำมันที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเป็นน้ำมันที่ผ่านการใช้ทอดอาหารมาแล้ว เคยเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนที่พันธะคู่ ทำให้สูญเสียพันธะคู่ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวจำนวนน้อยลง ทั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Farag *et al.* (2009) พบว่า ถั่วแกลบมีประสิทธิภาพในการลดกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ ซึ่งเห็นได้จากการลดลงของค่าเปอร์ออกไซด์ค่าไอโอดีน ค่าการหักเหของแสงของน้ำมันดอกทานตะวันผ่านการทอดซ้ำที่ดูดซับด้วยถั่วแกลบซึ่งน้ำมันมีจำนวนพันธะคู่ลดลง จะมีค่าการหักเหของแสงลดลงด้วย

การผสมน้ำมันผ่านการปรับปรุงคุณภาพ สัดส่วน 75:25 50:50 และ 25:75 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ในระหว่างการทอดไม่แตกต่างกันมากนัก ดังแสดงในภาพที่ 4.11

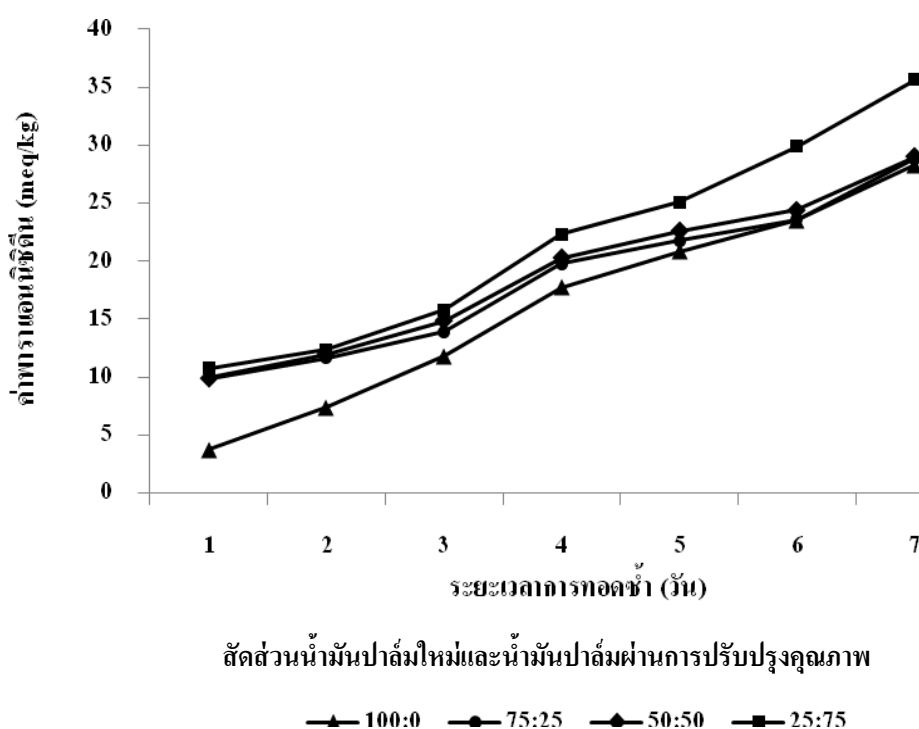


ภาพที่ 4.11 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันผสมที่ผ่านการทอดซ้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน

4.4.1.4 ค่าพาราแอนนิซิติน

ค่าพาราแอนนิซิตินเป็นตัวบ่งชี้ในการเกิดผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันอันดับสองที่ได้จากการสลายตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ จากภาพที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าค่าพาราแอนนิซิตินสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น การเพิ่มของค่าพาราแอนนิซิติน แสดงให้เห็นว่ามีการสะสมของสารประกอบอัลดีไฮด์ที่สำคัญ เช่น 2, 4-dienals และ 2 alkenals ในน้ำมันระหว่างทอด ถึงแม้ว่าจะเป็นสารที่สามารถระเหยได้แต่บางส่วนก็ยังสะสมอยู่ในน้ำมัน ทำให้น้ำมันทอดเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (Perkins, 1996)

น้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยเถ้าแกลบมีค่าพาราแอนนิซิติน 8.52 meq/kg เมื่อผสมน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพ สัดส่วน 100:0 75:25 50:50 และ 25:75 มีค่าพาราแอนนิซิติน 1.48 7.55 7.61 และ 8.21 meq/kg ตามลำดับ จากผลการทดลอง พบว่าค่าพาราแอนนิซิตินในน้ำมันผสม สัดส่วน 75:25 50:50 และ 25:75 มีค่าไม่แตกต่างจากน้ำมันปาล์มใหม่ หลังจากทอดจนเกิดกลิ่นแล้ว 7 วัน



ภาพที่ 4.12 ค่าพาราแอนนิซิตินของน้ำมันผสมที่ผ่านการทอดซ้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน

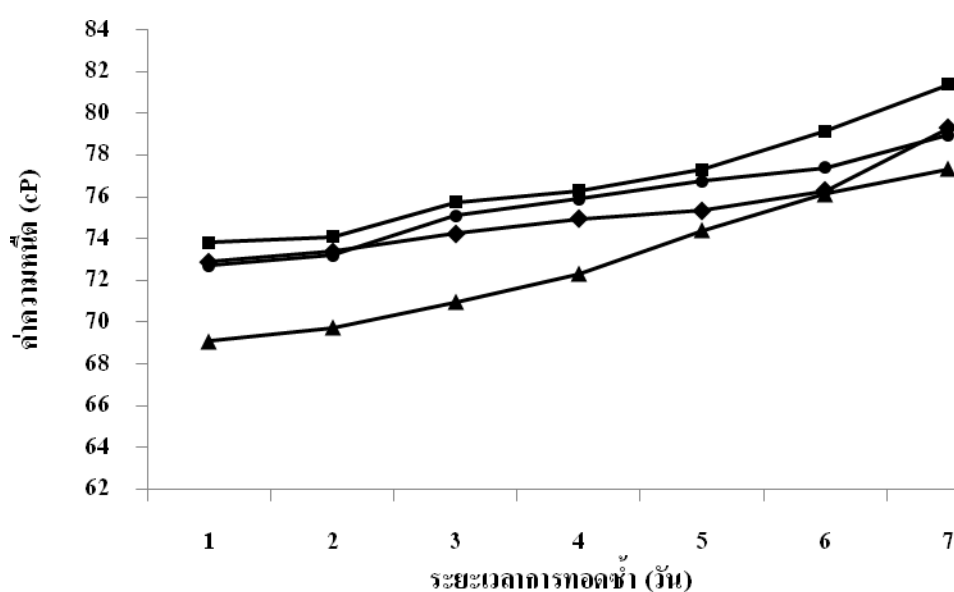
4.4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมัน

4.4.2.1 ค่าความหนืด

เมื่อนำน้ำมันมาให้ความร้อนซ้ำ ๆ เป็นเวลานาน จะทำให้จำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้น เกิดการจับกันของคาร์บอนภายในโมเลกุลของกรดไขมันได้สารประกอบวงแหวน (cyclic compounds) ไคเมอร์ (dimers) ไตรเมอร์

(trimers) อีพอกไซด์(epoxides) และพอลิเมอร์ (polymers) ทำให้โมเลกุลใหญ่ขึ้น น้ำมันจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น (Shyu *et al.*, 1998) ทำให้เกิดฟองได้ง่ายขึ้น ซึ่งน้ำมันที่มีความหนืดมากจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนลดลงทำให้ต้องใช้เวลาในการทอดนานขึ้น

น้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยเถ้าแกลบมีค่าความหนืด 67.79 cP เมื่อผสมน้ำมันปาล์มใหม่: น้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพ สัดส่วน 100:0 75:25 50:50 และ 25:75 มีค่าความหนืด 65.50 66.88 67.10 และ 67.4 cP ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าค่าความหนืดในน้ำมันผสมหลังจากทอดนักเก็ตไก่แล้ว 7 วัน จากภาพที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อทอดระยะเวลาเวลานานขึ้น



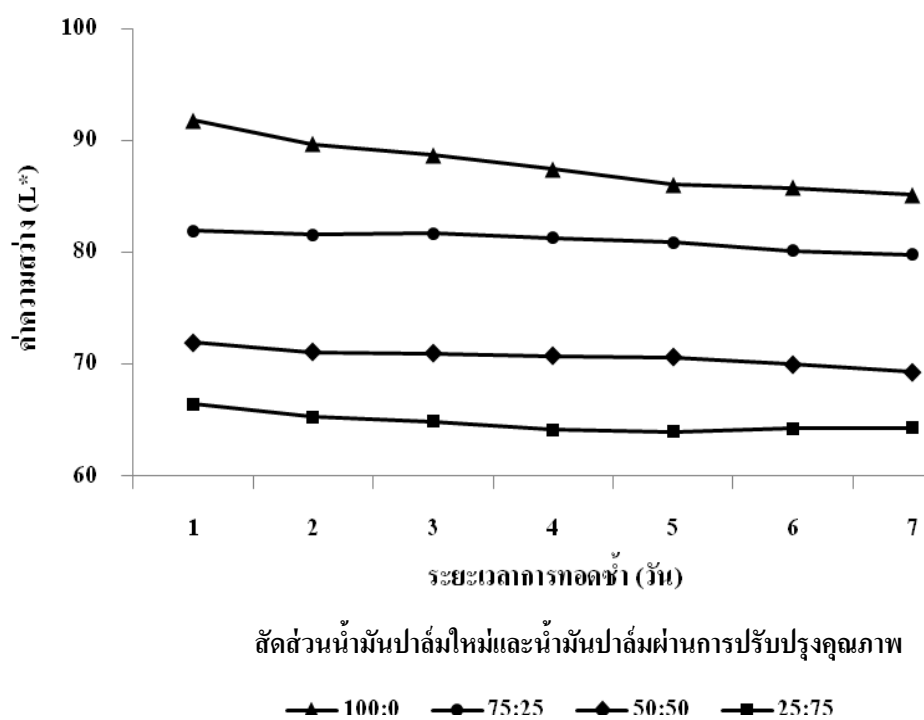
สัดส่วนน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

▲ 100:0 ● 75:25 ◆ 50:50 ■ 25:75

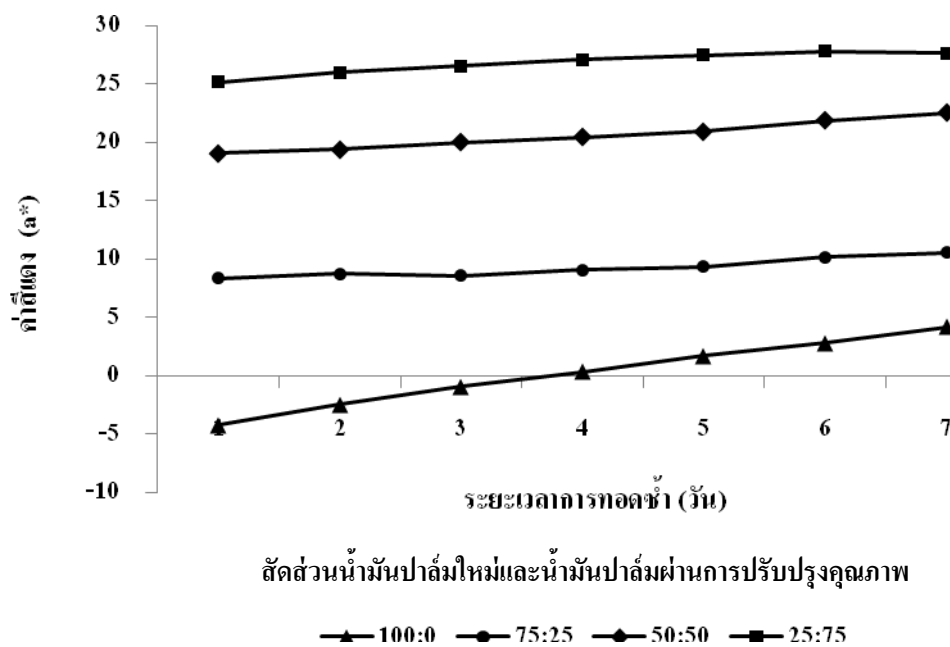
ภาพที่ 4.13 ค่าความหนืดของน้ำมันผสมที่ผ่านการทอดซ้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน

4.4.2.2 ค่าสี

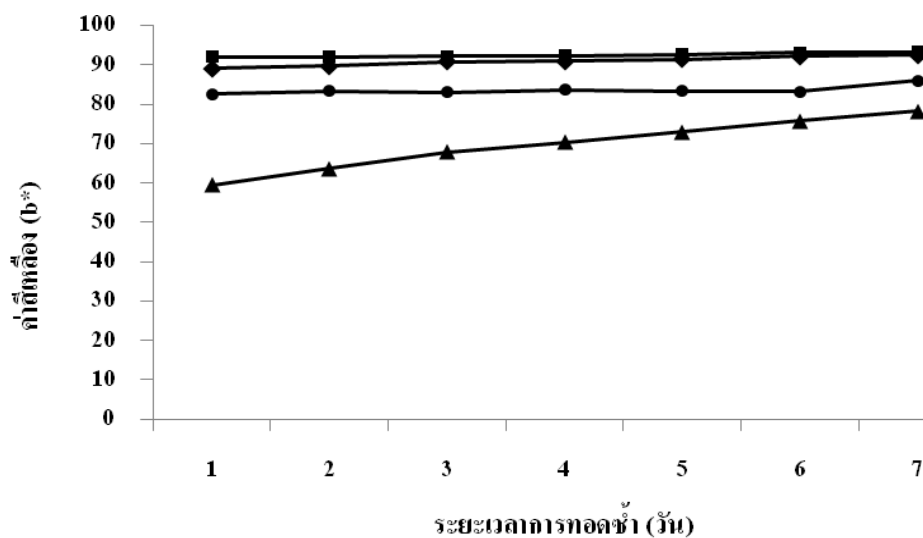
สีของน้ำมันจะเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำมัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของน้ำมันทอดอาหารจะส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพของน้ำมันทอดและอาหารทอด (Melton *et al.*, 1994) น้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยเถ้าแกลบมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าความเข้มของสี (C^*) (คำนวณจาก $(a^*+b^*)^{1/2}$) 45.78 41.50 76.30 และ 86.86 ตามลำดับ จากผลการทดลองน้ำมันผสมหลังจากทอดนักเก็ตไก่แล้ว 7 วัน พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าความเข้มของสี (C^*) ดังภาพที่ 4.14 - 4.17



ภาพที่ 4.14 ค่าสีความสว่าง (L*) ของน้ำมันผสมที่ผ่านการทอดซ้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน



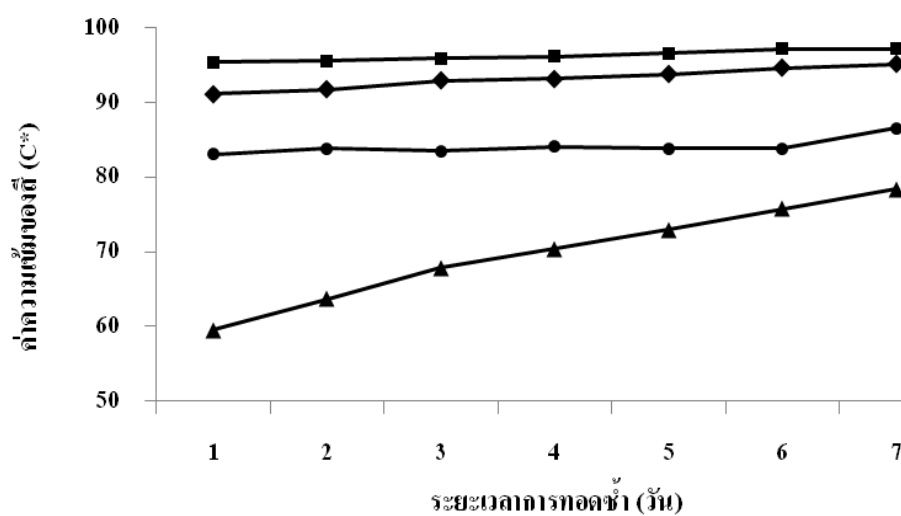
ภาพที่ 4.15 ค่าสีแดง (a*) ของน้ำมันผสมที่ผ่านการทอดซ้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน



สัดส่วนน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

▲ 100:0 ● 75:25 ◆ 50:50 ■ 25:75

ภาพที่ 4.16 ค่าสีเหลือง (b^*) ของน้ำมันผสมที่ผ่านการทอดซ้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน



สัดส่วนน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

▲ 100:0 ● 75:25 ◆ 50:50 ■ 25:75

ภาพที่ 4.17 ค่าความเข้มของสี (C^*) ของน้ำมันผสมที่ผ่านการทอดซ้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน

จากภาพที่ 4.14 พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ของน้ำมันผสมมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น หมายถึง น้ำมันมีสีคล้ำขึ้น ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันและการไหม้เกรียมของเศษอาหารทอดที่ตกค้าง (Che and Tan, 1999)

ในด้านค่าสีแดง (a^*) (ภาพที่ 4.15) ค่าสีเหลือง (b^*) (ภาพที่ 4.16) ของน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น ค่าสี a^* มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงถึงความเป็นสีแดงที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาบราวน์แบบไม่ใช้เอนไซม์ของส่วนผสมน้ำตาลและโปรตีนในไก่ทอด ในน้ำมันปาล์มมีแคโรทีนอยด์ (carotenoids) เป็นสารสีที่มีอยู่ในน้ำมันปาล์ม (Basoglu *et al.*, 1996) การเกิดออกซิเดชันของวิตามินที่ละลายได้ในไขมันทั้งวิตามินเอ แคโรทีนอยด์ และวิตามินอี จะทำให้วิตามินถูกทำลายไปและทำให้สีและกลิ่นของน้ำมันเปลี่ยนไปได้เช่นกัน

ในด้านค่าความเข้มของสี (C^*) (ภาพที่ 4.17) ของน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการทอดเพิ่มขึ้น ค่าความเข้มของสีคำนวณจากรากที่สองของ $a^{*2}+b^{*2}$ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับค่าสีแดง (a^*) และ ค่าสีเหลือง (b^*) ซึ่งค่าความเข้มของสีต่ำแสดงว่าน้ำมันมีสีอ่อน ในขณะที่สีที่มีความเข้มของสีสูงแสดงว่าน้ำมันมีความเข้มข้นของสีสูงมีความเข้มหรือมีสีแก่

การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมันใหม่มีอัตราสูงกว่าน้ำมันผสม ทั้งค่าความสว่าง (L^*) และค่า chroma (C^*) ที่ได้จากการคำนวณของ a^* และ b^* และมีการเปลี่ยนแปลงค่า C^* ชัดเจน เนื่องจากรงควัตถุที่มีในน้ำมันใหม่ครบถ้วนได้สลายตัวไปในระหว่างการทอด

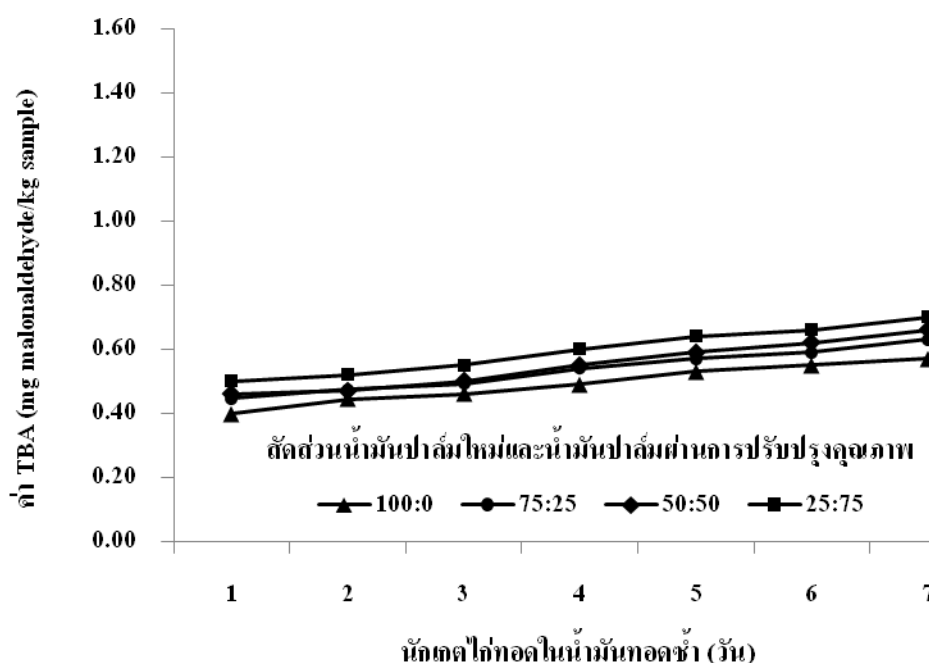
4.5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพนักเกิดไก่ทอด

การเก็บรักษาตัวอย่างนักเกิดไก่ทอดที่ทอดในน้ำมันผสมน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ สัดส่วน 100:0 75:25 50:50 และ 25:75 เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า นักเกิดไก่ทอดมีการเปลี่ยนแปลงค่า TBA ดังแสดงในภาพที่ 4.18 ถึง 4.24

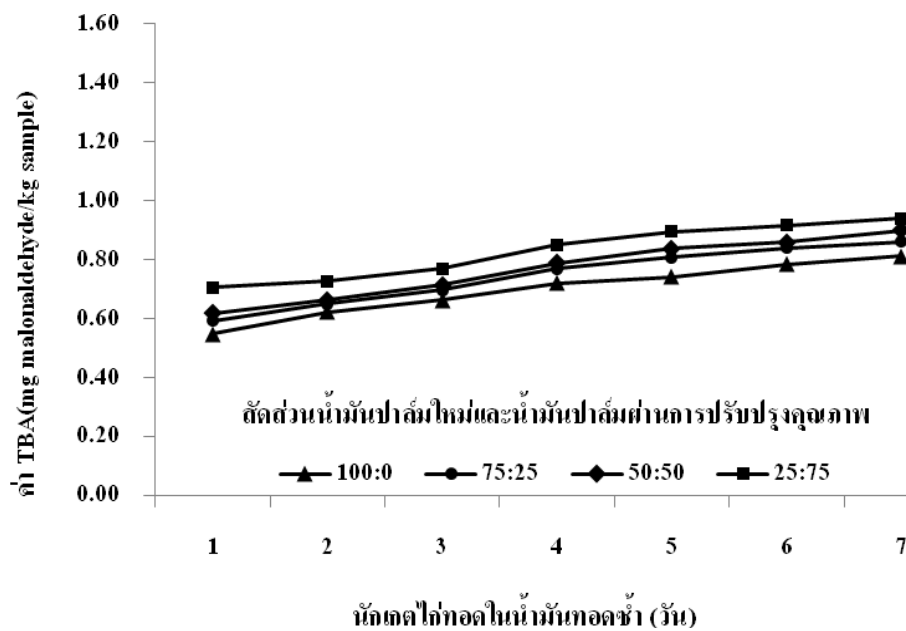
ค่า TBA เป็นการวัดผลิตภัณฑ์อันดับสองที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาลิปิดออกซิเดชัน ที่บ่งชี้ถึงผลิตภัณฑ์กลุ่มที่สามารถระเหยได้ (volatile decomposition product) สารกลุ่มนี้ทำให้เกิดกลิ่นรสในอาหารทอด ซึ่งเป็นกลิ่นที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยกลิ่นหืนเกิดจากออกซิเจนในอากาศเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบแอลดีไฮด์และกรดไขมันที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก ๆ ที่มีกลิ่นเหม็นหืน จากภาพที่ 4.18 – 4.24 เมื่อเปรียบเทียบค่า TBA ของผลิตภัณฑ์นักเกิดไก่ทอดที่ผ่านการทอดด้วยน้ำมันผสมในสัดส่วนน้ำมันปาล์มใหม่และน้ำมันปาล์มที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ สัดส่วน 100:0 75:25 50:50 และ 25:75 พบว่า นักเกิดไก่ทอดด้วยน้ำมันที่มีจำนวนวันในการทอดซ้ำเพิ่มขึ้นมีค่า TBA สูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันทอดซ้ำส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารทอดด้วย ผลการวิเคราะห์ค่า TBA ในทุก ๆ สัปดาห์ พบว่า มีระดับการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ภาพที่ 4.18 – 4.24) ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของค่า TBA นั้น เป็นดัชนีให้

เห็นถึงระดับการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์โดยตรงที่มีสาเหตุมาจากสารประกอบที่ระเหยได้ในน้ำมัน (Kilcast และ Subramaniam, 2000) ผลิตภัณฑ์ที่ทอดจากน้ำมันที่ใช้ซ้ำจำนวนวัน 7 วัน ค่า TBA จะสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ทอดจากน้ำมันที่ใช้ซ้ำจำนวนน้อยกว่าในระยะเวลาการเก็บผลิตภัณฑ์เดียวกัน

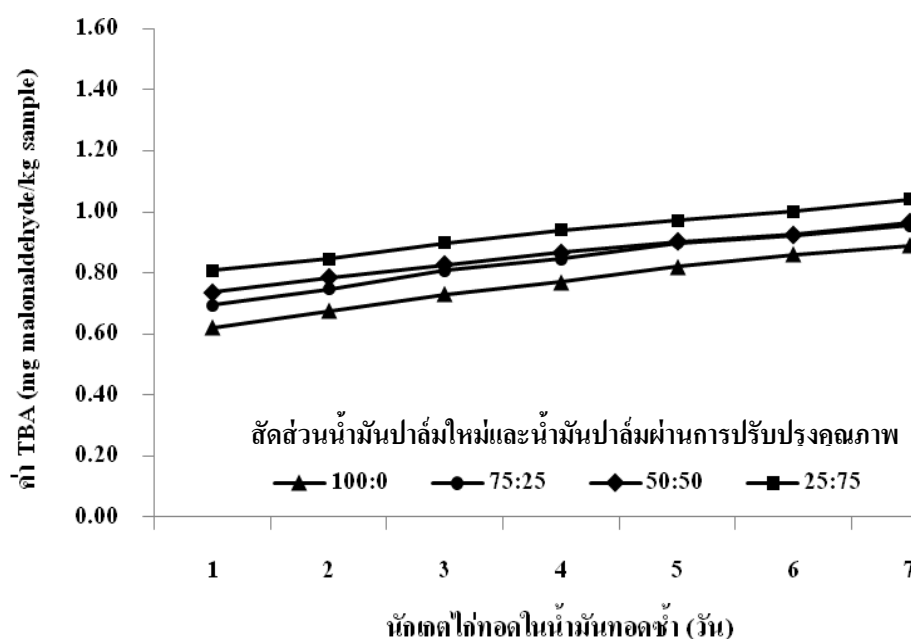
การผสมน้ำมันปาล์มปรับปรุงในสัดส่วนที่สูงที่สุดในการทดลองนี้ คือ น้ำมันปาล์มปรับปรุงคุณภาพ 75 ส่วน น้ำมันปาล์มใหม่ 25 ส่วน จะมีคุณภาพนักเกิดไก่อันระหว่างการเก็บรักษาต่ำที่สุด เห็นได้จากค่า TBA ที่สูงที่สุดในทุกระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.18-4.24) การผสมน้ำมันในสัดส่วน 75:25 และ 50:50 ไม่มีความแตกต่างของค่า TBA อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะดีกว่าการทอดด้วยน้ำมันปาล์มใหม่เล็กน้อย



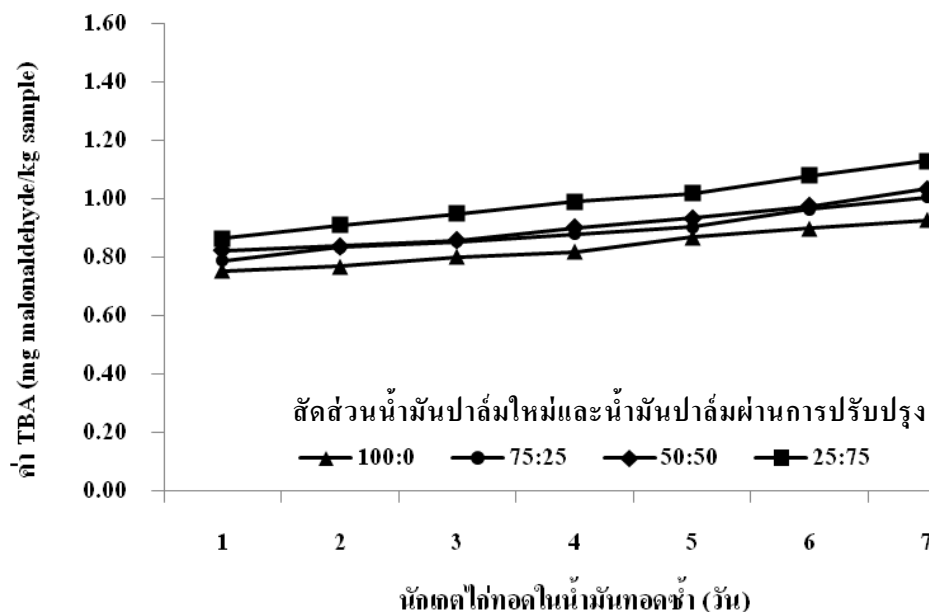
ภาพที่ 4.18 ค่า TBA ของนักเกิดไก่อันที่ผ่านการทอดในน้ำมันผสม ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์



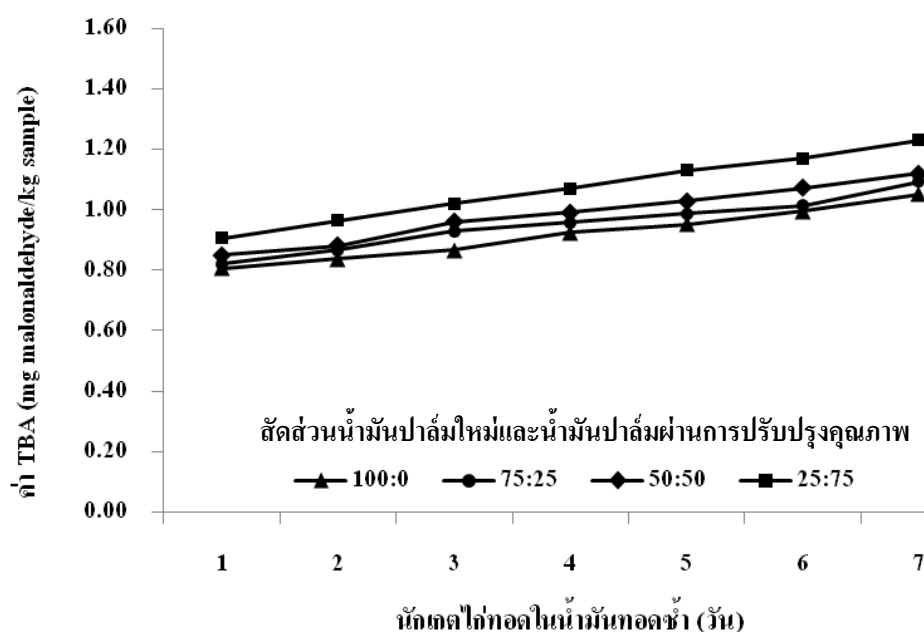
ภาพที่ 4.19 ค่า TBA ของน้กเกิดไก่ที่ผ่านการทอดในน้ำมันผสม ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 สัปดาห์



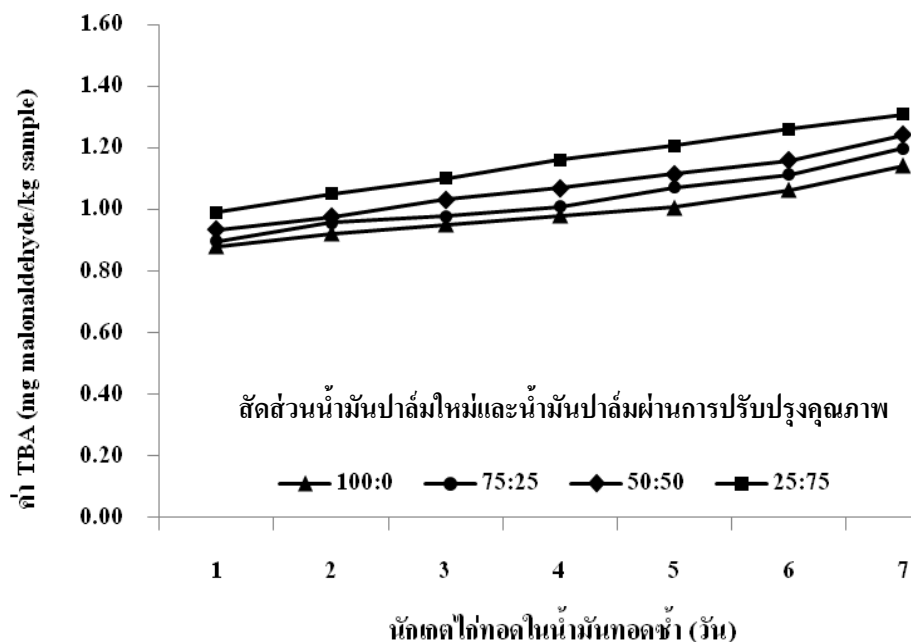
ภาพที่ 4.20 ค่า TBA ของน้กเกิดไก่ที่ผ่านการทอดในน้ำมันผสม ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์



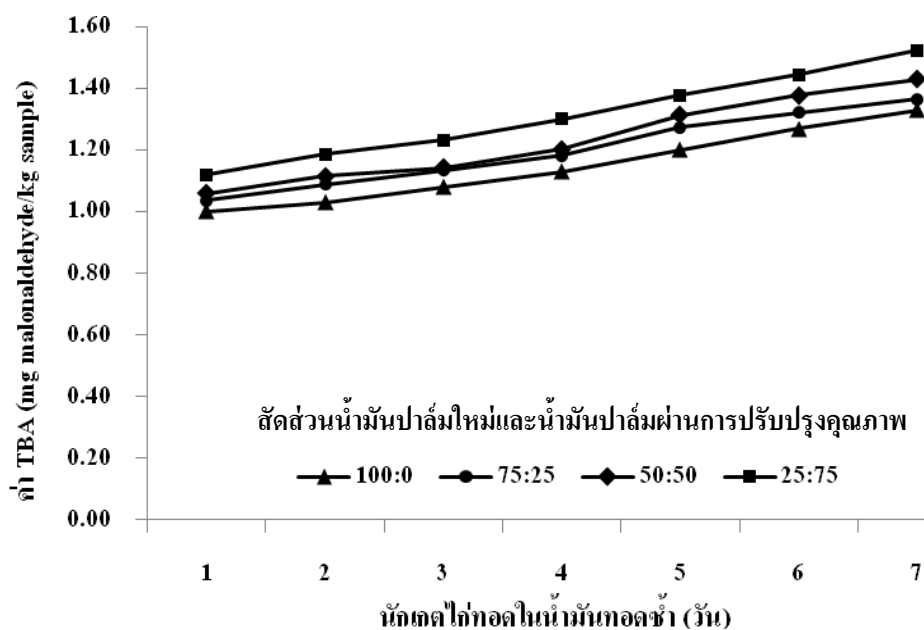
ภาพที่ 4.21 ค่า TBA ของน้กเกิดไก่ที่ผ่านการทอดในน้ำมันผสม ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์



ภาพที่ 4.22 ค่า TBA ของน้กเกิดไก่ที่ผ่านการทอดในน้ำมันผสม ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์



ภาพที่ 4.23 ค่า TBA ของน้กเกิดไก่ที่ผ่านการทอดในน้ำมันผสม ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 สัปดาห์



ภาพที่ 4.24 ค่า TBA ของน้กเกิดไก่ที่ผ่านการทอดในน้ำมันผสม ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์