

## **Effect of Microwave Oven Heating on Stability of Some Oils and Fats**

**F.S. Matalgyto and A.S. Al-Khalifa**

*Food Science and Nutrition Department,  
College of Agriculture, King Saud University,  
P.O. Box (2460), Riyadh 11451, Saudi Arabia*

**ABSTRACT.** Effect of microwave heating for various times (5, 10, 15 minutes) on chemical properties of corn and palm oils, ghee and camel fat during microwave heating were investigated. Peroxide, iodine, anisidine, carbonyl, TOTOX values, and fatty acid content were determined, with or without addition of tocopherols and butylated hydroxy toluene (BHT). Microwave heating caused some hydrolysis to fatty acids, and accelerated lipid oxidation. The deterioration of corn and palm oils were higher than ghee and camel fat in all cases. Decrease in polyunsaturated fatty acids percentage and increase in saturated ones were observed. However, addition of tocopherols and BHT increased the stability to oxidation for oil and fat under investigation.

## References

- A.O.A.C. (1990) *Official Methods of Analysis*, 15<sup>th</sup> Ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia 22201, U.S.A.
- A.O.C.S. (1990) *Official and Tentative Methods*, 4<sup>th</sup> Ed. American Oils Chemists Society.
- Farag, R.S., Hewedi, F.M., Abu-Raha, S.H. and El-Baroty, G.S. (1992) Comparative study on the deterioration of oils by microwave and conventional heating. *J. Food Prot.* **55**(9): 722-727.
- Formo, M.W., Jungermann, E., Norris, F.A. and Sonntage, N.O.V. (1987) *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. John Wiley and Sons. Inc., N.Y., U.S.A. 389-398 pp.
- I.S.O. (1978) International Standard No. 5509, Animal and vegetables fats and oils-preparation of methyl esters for fatty acids. International Organization for Standardization, Switzerland.
- I.S.O. (1984) International Standard No. 1979, Essential oils-determination of carbonyl value hydroxylammonium chloride method. International Organization for Standardization, Switzerland.
- Rossell, J.B. (1983) *In rancidity in foods*. Edited by Allan, J.C. and Hamilton, J. Appl. Sci. Publishers. London, 21-45 pp.
- S.A.S. User's Guide (1986) Statistics, SAS Institute Inc. Cray.
- S.A.S.O. (1984) Saudi Standard No. 106. Permitted Food Additives in Edible Oils and Fats, Saudi Arabia.
- Snyder, J.M., Movnts, T.L. and Holloway, R.K. (1992) Volatiles from microwave-treated, stored soybeans. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **68**(10): 744-747.
- Wang, W.D. and Hammond, E.G. (1977) Analysis of oleate and linoleat hydroperoxides in oxidized ester mixtures. *Lipids.* **12**: 475-480.
- Webb, B.H. (1970) By products from milk. The AVI Publishing Company, Inc. Connecticut, U.S.A. 66-68 PP.
- Yoshida, H. and Kajimoto, G. (1989) Effects of microwave energy on the tocopherols of soybean seeds. *J. Food Sci.* **54**(6): 1596-1600.
- Yoshida, H., Hirooka, N. and Kajimoto, G. (1990) Microwave energy effects on quality of some seed oils. *J. Food Sci.* **55**(5): 1412-1416.
- Yoshida, H., Hirooka, N. and Kajimoto, G. (1991a) Microwave heating effects in relative stabilities of tocopherols in oils. *J. Food Sci.* **56**(4): 1042-1046.
- Yoshida, H., Kajimoto, G. and Emura, S. (1993) Antioxidant effect of  $\delta$ -tocopherol at different concentrations in oils during microwave heating. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **70**(10): 989-995.
- Yoshida, H., Kondo, I. and Kajimoto, G. (1992a) Effect of microwave energy on the relative stability of vitamin E in animal fats. *J. Sci. Food Agri.* **58**(4): 531-534.
- Yoshida, H., Tatsumi, M. and Kajimoto, G. (1991b) Relationship between oxidative stability of vitamin E and production of fatty acids in oils during microwave heating. *J. Am. Oil Chem. Soc.* **68**(8): 566-570.
- Zimmerman, W.J. and Berch, P.J. (1982) Efficacy of microwave cooking for devitalizing trichinae in pork roasts and chops. *J. Food Prot.* **45**: 405-411.

(Received 29/09/1997;  
in revised form 03/05/1998)

جدول ٨. التركيب المتوي للأحماض الدهنية لكل من السمن البقري وشحم الإبل قبل وبعد التسخين بفرن الموجات الدقيقة .

شحم الإبل			السمن				زمن التسخين (ق)	نوع المضاد الأحماض الدهنية	
15		0	15		0	0			
بدون مضاد	توكوفيرول	بي . إتش . تي .	بدون مضاد	بدون مضاد	بي . إتش . تي .	توكوفيرول	بدون مضاد	بدون مضاد	
-	-	-	-	-	3.96	3.53	3.59	3.46	C 8:0
-	-	-	0.20	-	9.38	8.41	8.49	8.89	C10:0
1.78	1.41	1.61	1.36	-	8.50	7.72	7.52	9.52	C12:0
18.39	17.50	17.90	16.38	-	16.69	14.51	14.22	19.32	C14:0
0.73	0.77	0.78	0.66	-	2.02	1.83	1.73	2.28	C14:1
2.85	2.55	2.52	2.48	-	2.00	1.80	1.80	2.19	C15:0
36.61	38.20	37.70	37.57	-	31.06	30.38	30.32	31.10	C16:0
5.51	6.07	6.03	5.87	-	2.16	2.14	2.06	2.24	C16:1
15.92	15.13	15.42	16.57	-	5.48	7.36	7.59	4.99	C18:0
16.36	16.22	16.19	16.76	-	16.73	18.80	19.17	13.73	C18:1
1.24	1.41	1.13	1.46	-	2.02	3.13	3.14	2.06	C18:2
0.61	0.74	0.27	0.69	-	-	0.39	0.37	0.22	C18:3
75.55	74.79	75.15	74.56	-	77.07	73.71	73.53	79.47	النسبة المئوية للأحماض الدهنية المشبعة
24.45	25.21	24.85	25.44	-	22.93	26.24	26.47	20.53	النسبة المئوية للأحماض الدهنية غير المشبعة

تاريخ إستلام البحث: ٢٩/٠١/١٩٩٦ م  
تاريخ إعاده العنايه للنشر: ٢٨/٠٦/١٩٩٧ م

جدول ٧. التركيب المئوي للأحماض الدهنية لزيتي النخيل والذرة قبل وبعد التسخين بفرن الموجات الدقيقة .

زيت الذرة				زيت النخيل				زمن التسخين (ق)	نوع المضاد الأحماض الدهنية
15		0		15		0			
بي .إتش .تي .	توكوفيرول	بدون مضاد	بدون مضاد	بي .إتش .تي .	توكوفيرول	بدون مضاد	بدون مضاد		
-	-	-	-	1.46	1.82	1.50	1.25	C12:0	
-	-	-	-	1.86	2.47	1.93	1.88	C14:0	
15.76	15.09	13.47	12.23	43.86	50.07	46.25	44.77	C16:0	
1.71	1.73	1.94	2.19	-	-	-	0.21	C16:1	
24.52	24.78	26.05	27.50	3.66	3.09	3.49	3.56	C18:0	
57.22	57.63	57.79	58.08	37.69	38.59	36.00	36.67	C18:1	
0.79	0.77	0.75	-	11.47	9.60	10.49	11.17	C18:2	
-	-	-	-	-	-	-	0.18	C18:3	
17.47	16.82	15.41	14.42	50.84	57.45	52.87	51.8	النسبة المئوية للأحماض الدهنية المشبعة	
82.53	83.18	84.59	85.58	49.16	42.55	47.13	48.2	النسبة المئوية للأحماض الدهنية غير المشبعة	

جدول ٥. رقم أنيسيدين لبعض الزيوت والدهون قبل وبعد التسخين بفرن الموجات الدقيقة .

15			10			5			0	زمن التسخين (ق)
بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بدون مضاد	نوع المضاد / نوع الزيت
5.6	5.55	5.93	5.19	5.11	5.45	4.79	5.04	5.31	4.63	ذرة
3.57	3.77	4.24	3.26	3.47	3.73	3.2	3.36	3.48	2.29	نخيل
2.95	3.12	3.93	2.03	2.27	2.39	1.03	0.87	1.56	0.86	سمن
2.63	2.76	3.24	1.85	1.88	2.58	0.98	1.02	1.02	0.89	شحم الإبل

أقل فرق معنوي (L.S.D) = 0.239

جدول ٦. رقم اليود لبعض الزيوت والدهون قبل وبعد التسخين بفرن الموجات الدقيقة .

15			10			5			0	زمن التسخين (ق)
بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بدون مضاد	نوع المضاد / نوع الزيت
121.86	121.15	119.77	121.58	120.46	119.50	115.49	116.22	114.84	116.50	ذرة
55.00	55.29	55.03	56.21	55.58	55.01	56.44	55.81	55.23	54.33	نخيل
30.19	29.86	28.53	34.59	33.88	33.75	34.06	33.40	32.98	35.06	سمن
39.35	39.37	38.40	39.92	39.98	39.73	40.22	40.21	40.24	39.77	شحم الإبل

أقل فرق معنوي (L.S.D) = 4.534

جدول ٣. رقم البروكسيد لبعض الزيوت والدهون قبل وبعد التسخين بفرن الموجات الدقيقة .

15			10			5			0	زمن التسخين (ق)
بي. إتش. تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي. إتش. تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي. إتش. تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بدون مضاد	نوع المضاد / نوع الزيت
16.83	16.83	18.64	13.42	13.42	15.33	9.56	9.53	11.41	5.73	ذرة
14	16	18	8.98	9.99	11.99	7.98	8.98	10.98	6.99	نخيل
6.65	6.65	7.6	5.7	5.7	6.65	4.27	4.27	5.12	3.42	سمن
3.88	3.88	4.85	2.91	2.91	3.88	1.94	1.94	1.94	1.94	شحم الإبل

أقل فرق معنوي (L.S.D) = 0.931

جدول ٤. رقم الكربونيل لبعض الزيوت والدهون قبل وبعد التسخين بفرن الموجات الدقيقة .

15			10			5			0	زمن التسخين (ق)
بي. إتش. تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي. إتش. تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي. إتش. تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بدون مضاد	نوع المضاد / نوع الزيت
3.45	3.68	4.14	3.22	3.22	3.67	2.8	2.8	3.26	2.8	ذرة
5.3	5.3	5.79	4.34	4.34	4.82	3.86	3.86	4.35	3.86	نخيل
3.37	3.37	4.34	2.89	2.89	3.37	2.41	2.41	2.89	1.92	سمن
4.24	4.24	5.18	3.29	3.29	3.76	2.35	2.35	2.35	2.35	شحم الإبل

أقل فرق معنوي (L.S.D) = 0.147

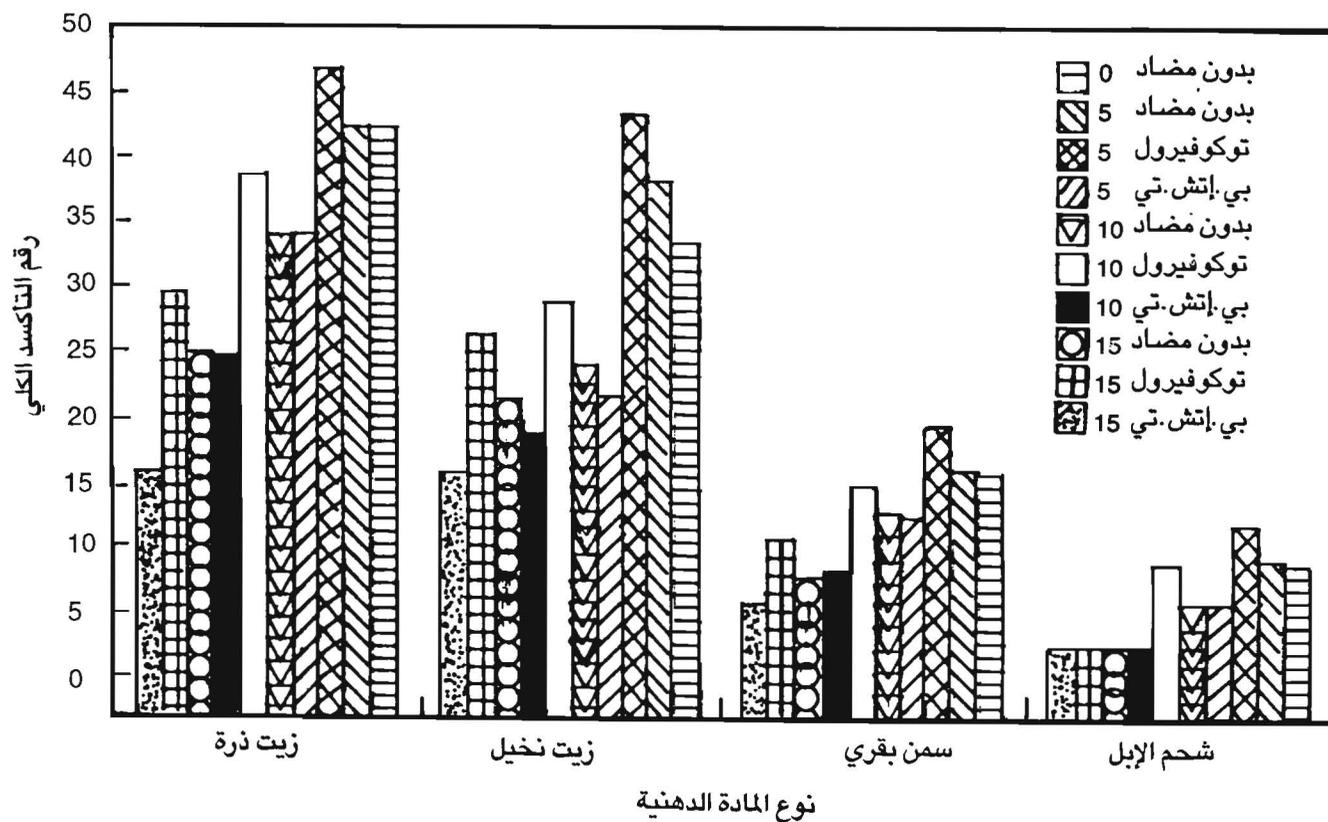
جدول ١. درجة حرارة (°) بعض الزيوت والدهون قبل وبعد التسخين بفرن الموجات الدقيقة .

15			10			5			0	زمن التسخين (ق)	نوع الزيت
بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بدون مضاد	نوع المضاد	
159	158	161	132	132.5	132	92	92.5	91	23	ذرة	
165	165	166	149	148	150	99	100	98	23	نخيل	
171	171	170	140	140	140	92	94	91	23	سمن	
170	169	170	147	146	146	107	108	106	23	شحم الإبل	

جدول ٢. رقم الحموضة لبعض الزيوت والدهون قبل وبعد التسخين بفرن الموجات الدقيقة .

15			10			5			0	زمن التسخين (ق)	نوع الزيت
بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بي إتش.تي.	توكوفيرول	بدون مضاد	بدون مضاد	نوع المضاد	
0.222	0.277	0.333	0.221	0.222	0.221	0.222	0.222	0.222	0.222	ذرة	
0.388	0.443	0.444	0.333	0.333	0.332	0.332	0.332	0.332	0.332	نخيل	
1.514	1.514	1.907	1.458	1.458	1.458	1.346	1.346	1.346	1.346	سمن	
1.29	1.29	1.346	1.234	1.234	1.234	1.234	1.234	1.234	1.234	شحم الإبل	

أقل فرق معنوي (L.S.D) = 0.022



شكل ١. يبين رقم التأكسد الكلي للزيوت والدهون قبل وبعد التسخين بفرن الموجات الدقيقة .

التأكسد فمعدل نسب الأكسدة بين (18:1) إلى (18:2) إلى (18:3) هي ١ : ١٠ : ٢٠ (Wang and Hammond 1977) .

يحتوي السمن البقري وشحم الإبل على نسبة عالية من حمض البالميتيك (١, ٣١٪، ٥٧, ٣٧٪)، وحمض المرستيك (٣٢, ١٩٪، ٣٨, ١٦٪)، على التوالي (جدول ٨). ويؤدي انخفاض نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة إلى زيادة الثباتية التأكسدية. ويلاحظ حدوث ارتفاع في نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة في جميع عينات السمن المسخنة عند مقارنتها بالعينة الضابطة والتي ربما تكون ناتجة من انخفاض نسبة الأحماض الدهنية المشبعة. بصفة عامة كانت النتائج غير متوافقة مع ما أورده (Yoshida et al. 1990, Farag et al. 1992) من حيث حدوث انخفاض في نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة كنتيجة لعملية الأكسدة خلال تسخينه في فرن الموجات الدقيقة، بينما كانت متوافقة في عينات شحم الإبل .

ويستنتج من الدراسة أن عملية التسخين في فرن الموجات الدقيقة لزيت الذرة وزيت النخيل والسمن البقري وشحم الإبل لفترات زمنية مختلفة قد ساهمت في تسريع عملية الأكسدة وتحلل الأحماض الدهنية وقد انعكس ذلك على حدوث تغيرات في الخواص الظاهرية والفيزيائية والكيميائية. كما تبين أن الزيوت النباتية أقل ثباتية نحو التأكسد من الدهون الحيوانية إلا أن إضافة مضادات الأكسدة ساعدت على زيادة الثباتية التأكسدية للزيوت والدهون تحت الإختبار .

السمن . وقد ذكر فرج وآخرون (Farag et al. 1992) في الدراسة التي أجروها حدوث انخفاض لقيم رقم اليود لزيت النخيل وزيت بذرة القطن عند التسخين في فرن الموجات الدقيقة لمدة ٢٠ دقيقة .

التأكسد الكلي : يبين شكل رقم (١) التأكسد الكلي لعينات الزيت المعاملة حيث كان أقل في العينات غير المعاملة ، فالعينات التي سخنت عند درجات الحرارة المختلفة زاد حجم التأكسد الكلي كلما زادت فترة التسخين ، فقد كانت أكثر من الضعفين في جميع العينات عند التسخين لـ ١٥ دقيقة . لم يكن هناك فروق واضحة بين الزيوت المعاملة بالتوكوفيرول أو هيدروكسي تولوين البيوتيلي . تعطي هذه التغيرات معلومات عن منتجات الأوكسدة الأولية والثانوية لهذه الزيوت وتستخدم كمعيار لأوكسدة الزيوت ومعرفة تاريخ الزيت السابق (P-Anv) مع الوضع الحالي (PV) للعينات تحت الدراسة (Rossell 1983) .

الأحماض الدهنية : يظهر الجدول رقم (٧) التركيب المثوي للأحماض الدهنية لزيت الذرة وزيت النخيل قبل التسخين بالإضافة إلى الأحماض الدهنية بدون مضاد أو بإضافة التوكوفيرول والهيدروكسي تولوين البيوتيلي على الترتيب بعد التسخين . يلاحظ من الجدول حدوث انخفاض في نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة في جميع عينات الزيت المسخنة بالمقارنة بالعينة الضابطة ، كذلك في زيت النخيل باستثناء العينات المضاف إليها مضاد الهيدروكسي تولوين البيوتيلي ، وهذا متوافق مع ما ذكره (Yoshida et al. 1990, Farag et al.1992) من حيث حدوث انخفاض في نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة لزيت الذرة وزيت النخيل نتيجة لعملية أكسدة الزيت . مثل هذا التفاعل يحصل في الزيوت التي تحتوي على نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة وهذا يؤدي إلى زيادة رقم الحموضة وهو واضح من الزيادة في نسبة 16:0 والنقص في نسبة 18:1 و18:2 . إن معدل تحطم الأحماض الدهنية ذو علاقة بعدد الروابط المزدوجة بالمركب فكلما زاد عدد الروابط كلما ازداد

ذلك مع ماذكره (Yoshida *et al.* 1992a) من عدم وجود زيادة في رقم ب - أنيسيدين عند تسخين عينات الشحوم الحيوانية لمدة ٨ دقائق في فرن الموجات الدقيقة .

وقد تبين التأثير المعنوي لنوع الزيت أو الدهن ، وإضافة المضاد ونوعه ، وزمن التسخين على معدل ارتفاع قيمة رقم ب - أنيسيدين عند حدود ثقة ٠,٠٥ ، ويعزى هذا الارتفاع مع زيادة زمن التسخين إلى تزايد وجود المنتجات الثانوية من عملية الأكسدة مثل الألديهيدات ، والكحولات ، والكيونات ، والأحماض ، والهيدروكربونات ، والاسترات ، واللاكتونات (Yoshida *et al.* 1990) . كما تظهر النتائج التأثير المعنوي لإضافة مضادات الأكسدة ونوع المضاد المستخدم على رقم ب - أنيسيدين ، ذكر يوشيدا (Yoshida *et al.* 1993) أن إضافة الدلتا توكوفيرول بتركيز ٥٠٠ جزء في المليون قد ساهم في انخفاض رقم ب - أنيسيدين في الزيوت خلال فترات التسخين المختلفة في فرن الموجات الدقيقة ، وهنا نلاحظ أن إضافة مضادات الأكسدة إلى الزيوت والدهون تحت الاختبار قد ساهم في خفض الزيادة في رقم ب - أنيسيدين خلال تسخينها في فرن الموجات الدقيقة ، وقد كانت كفاءة مضاد الهيدروكسي تولوين البيوتيلي أعلى في خفض الزيادة في رقم ب - أنيسيدين من كفاءة مضاد الدلتا التوكوفيرول خلال التسخين في فرن الموجات الدقيقة .

رقم اليود : توضح النتائج في جدول رقم (٦) عدم وجود أي فروق معنوية (عند حدود ثقة ٠,٠٥) في رقم اليود للزيوت والدهون موضع الدراسة عند تسخينها حتى ١٠ دقائق ، بينما ظهرت تلك الفروق المعنوية عند التسخين لمدة ١٥ دقيقة فقط لكل من زيت الذرة (التوكوفيرول ، بي إتش تي BHT) والسمن (بدون مضاد ، توكوفيرول) . ويلاحظ كذلك أن قيم رقم اليود لجميع العينات المسخنة تمر بمرحلة زيادة عن العينات الضابطة مع زيادة زمن التسخين وتختلف هذه المرحلة حسب نوع الزيت أو الدهن ، ثم يعقبها مرحلة أخرى تنخفض فيها قيم رقم اليود عن العينات الضابطة مع زيادة زمن التسخين خاصة في عينة

التسخين لمدة ١٠ دقائق ، وهذا متوافق تقريبا مع ما ذكره (Yoshida *et al.* 1992a) من عدم وجود زيادة في رقم الكربونيل عند تسخين عينات الشحوم الحيوانية إلا بعد التسخين لمدة ٨ دقائق في فرن الموجات الدقيقة .

وتظهر النتائج التأثير المعنوي لنوع الزيت أو الدهن ، وإضافة المضاد ونوعه ، وزمن التسخين على معدل ارتفاع قيمة رقم الكربونيل عند حدود ثقة ٠,٠٥ ، حيث أدت زيادة زمن التسخين في فرن المبرجات الدقيقة إلى زيادة رقم الكربونيل بصورة منتظمة ذلك بسبب تزايد وجود المنتجات الثانوية من عملية الأكسدة مثل الألديهيدات ، والكحولات ، والكيونات ، والأحماض ، والهيدروكربونات ، والإسترات ، واللاكتونات (Yoshida *et al.* 1990) .

تظهر النتائج التأثير المعنوي لإضافة مضادات الأكسدة ونوع المضاد المستخدم على رقم الكربونيل ، ولقد ذكر (Yoshida *et al.* 1993) أن إضافة الدلتا توكوفيرول بتركيز ٥٠٠ جزء في المليون قد ساهم في انخفاض رقم الكربونيل في الزيوت خلال فترات التسخين المختلفة في فرن الموجات الدقيقة ، وهنا نلاحظ أن إضافة مضادات الأكسدة إلى الزيوت والدهون تحت الإختبار قد ساهم في خفض الزيادة في رقم الكربونيل خلال تسخينها في فرن الموجات الدقيقة وكانت كفاءة مضاد الهيدروكسي تولوين البيوتيلي أعلى في خفض الزيادة في رقم الكربونيل من كفاءة مضاد الدلتا التوكوفيرول خلال تسخين زيت الذرة في فرن الموجات الدقيقة .

رقم ب - أنيسيدين : يلاحظ من الجدول رقم (٥) وجود زيادة معنوية في رقم ب - أنيسيدين عند حدود ثقة ٠,٠٥ ، لعينات زيت الذرة ، وزيت النخيل ، والسمن عند زمن تسخين ٥ ، ١٠ ، ١٥ دقيقة على التوالي بالمقارنة بالعينة الضابطة غير المسخنة لكل زيت ، وتتفق النتائج مع ما ذكر في دراسات سابقة (Yoshida *et al.* 1990, Yoshida *et al.* 1991a,b) . كما أظهر شحم الإبل زيادة معنوية عند زمن تسخين ١٠ ، ١٥ دقيقة ولم تظهر عند الزمن ٥ دقائق ويتفق

الضابطة ، أما الزيادة المعنوية لعينات شحم الإبل فكانت عند زمن تسخين ١٠ ، ١٥ دقيقة فقط .

كما تظهر النتائج التأثير المعنوي لنوع الزيت أو الدهن ، وإضافة المضاد ونوعه ، وزمن التسخين على معدل ارتفاع قيمة رقم البيروكسيد عند حدود ثقة ٠,٠٥ ، حيث أدت زيادة زمن التسخين إلى ارتفاع قيمة رقم البيروكسيد وهذا يعني أن معدل تكوين الهيدروبروكسيد يزداد مع التسخين . وكذلك يتأثر معدل الارتفاع في رقم البيروكسيد بالروابط المزدوجة الموجودة في الزيت أو الدهن وزمن التسخين (Yoshida et al. 1990) ، وقد كان المعدل أعلى في الزيوت النباتية من الدهون الحيوانية تحت الاختبار وكذلك أعلى في زيت الذرة ، والنخيل ، والسمن ، وشحم الإبل على الترتيب ، كما تظهر النتائج التأثير المعنوي لإضافة مضادات الأكسدة ونوع المضاد المستخدم على رقم البيروكسيد ، حيث نلاحظ أن إضافة مضادات الأكسدة إلى الزيوت والدهون تحت الاختبار ساهم في خفض الزيادة في رقم البيروكسيد خلال تسخينها في فرن الموجات الدقيقة ، وكذلك كانت كفاءة مضاد الهيدروكسي تولوين البيوتيلي أعلى في خفض الزيادة في رقم البيروكسيد من مضاد الدلتا التوكوفيرول خلال تسخين زيت النخيل في فرن الموجات الدقيقة . وهذه النتائج متوافقة مع (Yoshida et al. 1990, 1993, Farag et al. 1992) .

رقم الكربونيل : يظهر الجدول رقم (٤) وجود زيادة معنوية في رقم الكربونيل عند حدود ثقة ٠,٠٥ لعينات زيت الذرة ، وزيت النخيل ، والسمن عند زمن تسخين ٥ ، ١٠ ، ١٥ دقيقة على التوالي بالمقارنة بالعينة الضابطة غير المسخنة لكل زيت ، وتتفق النتائج مع ما ذكر في دراسات (Yoshida et al. 1990, Yoshida et al. 1991a, Yoshida et al. 1991b) من حيث ارتفاع رقم الكربونيل مع زيادة زمن التسخين في فرن الموجات الدقيقة . كذلك لم تكن هناك زيادة معنوية في رقم الكربونيل لعينات شحم الإبل إلا بعد

الهيدروكسي تولوين البيوتيلي التي لم تظهر أي فرق معنوي عن العينة الضابطة ، كما أظهرت عينات السمن البقري عند زمن تسخين ١٠ دقائق زيادة معنوية عن العينة الضابطة مقارنة ببقية الزيوت والدهون تحت الاختبار . والتي لم يظهر فيها أي ازدياد معنوي لرقم الحموضة بعد التسخين لفترة ١٠ دقائق .

كما يلاحظ وجود فرق معنوي بين عيتي زيت الذرة المضاف لها توكوفيرول والعينة بدون مضاد عند زمن تسخين ١٥ دقيقة ، إلا أن الزيادة في رقم الحموضة كانت أعلى في عينة زيت الذرة بدون مضاد مقارنة بالعينة الضابطة . بينما يلاحظ عدم وجود فرق معنوي في رقم الحموضة عند زمن تسخين ١٥ دقيقة بين عيتي زيت النخيل التي لم يضاف لها مضاد والمضاف لها توكوفيرول ، واللذان كانتا أعلى في رقم الحموضة من العينة المضاف لها هيدروكسي تولوين البيوتيلي مقارنة بالعينة الضابطة . أما في السمن فلا وجود لفروق معنوية بين العينات المسخنة لمدة ١٠ دقائق ، بينما وجد فرق معنوي بين عينة السمن بدون مضاد عند زمن تسخين ١٥ دقيقة والعيتين المضاف لهما مضادات عند نفس زمن التسخين على الرغم من عدم وجود فرق معنوي في رقم الحموضة بين العيتين المضاف لهما مضادات أكسدة . وقد لوحظ نفس الشيء لعينات شحم الإبل عند زمن تسخين ١٥ دقيقة عند مقارنة عينة الشحم بدون مضاد والعيتين المضاف لهما مضادات أكسدة .

وهذه النتائج تتفق مع دراسة كل من (Yoshida et al. 1991b, Farag et al. 1992) و (Yoshida et al. 1992a) على أنواع مختلفة من الزيوت النباتية والدهون الحيوانية من حيث ارتفاع معدل إنتاج الأحماض الدهنية الحرة نتيجة التحلل غير الإنزيمي للزيوت والدهون .

رقم البيروكسيد : يوضح الجدول رقم (٣) وجود زيادة معنوية في رقم البيروكسيد عند حدود ثقة ٠,٠٥ ، لعينات زيت الذرة ، وزيت النخيل ، والسمن عند زمن تسخين ٥ ، ١٠ ، ١٥ دقيقة على التوالي بالمقارنة بالعينة

تم التعرف على المنحنيات عن طريق مقارنة زمن وصولها (Retention Times) مع زمن خليط قياسي لإسترات مثيل الأحماض الدهنية (N.H.I. Reference mixtures, Supelco, Bellefonte, PA) والتي حقنت تحت نفس ظروف عينة الإختبار .

### التحليل الإحصائي :

استخدم نظام التحليل الإحصائي المعروف بـ (S.A.S. 1986) في تحليل البيانات المتحصل عليها إحصائيا وذلك بإجراء تحليل التباين (Analysis of Variance) ومن ثم إجراء الاختبارات الاحصائية للفروق بين المتوسطات وفقا للتداخل الثنائي والثلاثي للمعاملات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي LSD .

### النتائج والمناقشات

يظهر الجدول رقم (١) درجة حرارة الزيوت والدهون خلال التسخين في فرن الموجات الدقيقة ويلاحظ ارتفاع في درجة الحرارة كلما زادت فترة التسخين . وهذه متقاربة مع درجة حرارة بعض الطرق التقليدية في الطبخ ، مثل درجة حرارة القلي لبعض الأغذية التي تتراوح بين ١٦٠ - ١٨٠ م° عند التسخين لمدة ثلاث دقائق والتي تعادل التسخين من ١٠ - ١٥ دقيقة في هذه الدراسة ، وقد ظهرت الرائحة في عينات زيت الذرة ، وزيت النخيل ، وشحم الإبل عند زمن تسخين ١٥ دقيقة ، بينما ظهر اللون الأصفر المحمر ورائحة التزنج في عينات السمن عند زمن تسخين ١٠ دقائق ، ويرجع التغيير في اللون إلى احتراق مواد الحليب الصلبة (Webb 1970) .

### رقم الحموضة :

يلاحظ وجود زيادة معنوية في رقم الحموضة عند حدود ثقة ٠,٠٥ ، لجميع عينات الزيوت والدهون تحت الاختبار والمسخنة لمدة ١٥ دقيقة عن العينات الضابطة (جدول ٢) ، باستثناء عينة زيت الذرة المضاف لها مضاد

طريقة الجمعية الأمريكية لكيميائي الزيوت (A.O.C.S. Cd 18-90, 1990) . تم حساب التأكسد الكلي (TOTOX) باستخدام المعادلة التالية .  $TOTOX = 2PV + An.V$  . حيث  $PV =$  رقم البيروكسيد ، و  $An.V =$  رقم الانيسيدين .  
تحضير إسترات الميثيل للأحماض الدهنية :

تم تحضير إسترات الميثيل للأحماض الدهنية بطريقة المواصفة القياسية الدولية (I.S.O. 5509, 1978) باستخدام ثلاثي فلوريد البورن وذلك بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم الميثانولي ٥ ، ٠ عياري ثم محلول ثلاثي فلوريد البورن الميثانولي ، ثم أضيف داي إيثيل إيثر للخليط وهو يغلي . بعد إيقاف التسخين وتبريد الخليط حتى درجة حرارة الغرفة تم نقل حوالي ١ مل من الطبقة العليا إلى أنبوبة إختبار وأضيف إليها كبريتات صوديوم لا مائة لإزالة آثار الماء ، وبذلك تكون إسترات الميثيل جاهزة للحقن في عامود جهاز كروماتوجرافيا الغازي .

تحليل إسترات للأحماض الدهنية بجهاز كروماتوجرافيا الغازي :

حللت الأحماض الدهنية لجميع الزيوت والدهون تحت الإختبار في جهاز كروماتوجرافيا الغازي ماركة Shimadzu طراز GC-17 والمزود بكاشف لهب مؤين (Flame ionization detector) عند درجة حرارة ٢٦٠°م وعمود شعري (Capillary column) ماركة Supelco طراز Cat No. 2-4084 بأبعاد ٣٠م (طول) × ٣٢ ، ٠ مم (قطر داخلي) × ٥ ، ٠ ميكرون (سمك الغشاء) ، ومعاً بمادة Supelco Wax-10 ، وتم وصل الجهاز بطابعة ماركة Shimadzu طراز C-R6A Chromatopac . بعد ذلك تم حقن ١ ميكرو لتر من العينة على درجة حرارة ٢٥٠°م وفق برنامج تسخين للعمود الشعري من ١٢٠°م إلى ١٨٥°م بمعدل أربع درجات لكل دقيقة ثم التسخين إلى ٢٢٠°م بمعدل درجتين لكل دقيقة ، واستخدم غاز الهليوم (He) كغاز حامل وغاز النيتروجين كغاز دافع (Make Up Gas) بالإضافة إلى الأوكسجين والهواء كغازات إشعال . بعد ذلك

### تسخين العينات :

تم وزن ١٠ عينات لكل نوع من الزيوت والدهون تحت الاختبار يزن كل منها ٢٠٠ جرام في دورق زجاجي بني سعة ٢٥٠ مل ، وبعد غلقها تماماً برقائق من عديد الإيثيلين (Polyethylene) ، قسمت إلى ثلاث مجموعات ، المجموعة الأولى والمكونة من أربع عينات بدون مضاد أكسدة ، وتكونت المجموعة الثانية من ثلاث عينات أضيف لها دلتا توكوفيرول  $\delta$ .Tocopherols كضما د أكسدة طبيعي بتركيز ٥٠٠ جزء في المليون (Yoshida *et al.* 1993) . وتكونت المجموعة الثالثة من ثلاث عينات أضيف لها مركب هيدروكسي تولوين البيوتيلي (Butylated Hydroxy Toluene) كمضاد أكسدة اصطناعي بتركيز ٢٠٠ جزء في المليون (S.A.S.O. 106, 1984) .

استخدم في عملية التسخين جهاز فرن موجات دقيقة بتردد ٢٤٥٠ ميغاهيرتز (ماركة شارب - اليابان موديل R-9H56) ومزود بطبق دوار بغرض ضمان التوزيع المتجانس عند التسخين ، حيث تم وضع ثلاث عينات في الجهاز تمثل كل مجموعة من المجموعات الثلاث لنفس الزيوت والدهون تحت الاختبار ، تم التسخين لمدة ٥ دقائق ثم وضعت ثلاث عينات أخرى وتم التسخين لمدة ١٠ دقائق ثم وضعت ثلاث عينات أخرى والتسخين لمدة ١٥ دقيقة ، كما تم قياس درجة حرارة كل عينة بالثرموميتر بعد كل فترة زمنية .

### قياس الأكسدة :

قدر رقم الحموضة (Acid value) ورقم البيروكسيد (Peroxide value) بطريقة الجمعية الأمريكية لكيميائي الزيوت (A.O.C.S, Cd 8-53, 1990) كما تم تقدير رقم اليود (Iodine value) باستخدام طريقة هانس (Hanus) (A.O.C.S. 1990) استخدمت المواصفة القياسية الدولية (I.S.O. 1279, 1984) بطريقة كلوريد هيدروكسيل الأمونيوم والمعايرة اللونية في تقدير رقم الكربونيل (Carbonyl value) أما تقدير رقم انيسيدين (Anisidine value) فقد اتبعت

من ناحية جودة وسلامة تلك المنتجات ، وللحد من حدوث التزنخ التأكسدي يتم إضافة مضادات الأكسدة سواء الطبيعية أو الاصطناعية إلى هذه المنتجات خصوصا المنتجات ذات المحتوى العالي من الدهن . تعتبر الحرارة العالية مثل درجة حرارة القلي من أهم العوامل المساعدة في زيادة حدوث عملية التزنخ للدهون أو المنتجات المحتوية عليها ، كما أن إعادة تسخين الأغذية المقلية في أفران الموجات الدقيقة يمكن أن يؤدي إلى حدوث تزنخ تأكسدي إضافي لمحتوى الدهن في تلك الأغذية .

تعتبر المعلومات عن تأثير التسخين في أفران الموجات الدقيقة على جودة بعض الزيوت والدهون في الأغذية محدودة ومتضاربة . وجاءت هذه الدراسة لتلقي المزيد من الضوء على تأثير التسخين في أفران الموجات الدقيقة على التغيرات في بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لكل من زيت الذرة المكرر وزيت النخيل والسمن البقري (Beef Ghee) ، وشحم الإبل - الودك - (Camel Tallow) ، بإضافة مضادات أكسدة طبيعية أو اصطناعية أو بدون إضافة .

### المواد وطرق البحث

#### العينات :

أخذت عينات كل من الذرة الصفراء المكرر *Zea mays* وزيت النخيل المكرر *Elaeis guineensis* من خطوط إنتاج الشركة السعودية للزيوت والسمن الصناعي (صافولا) - جدة - المملكة العربية السعودية . أما السمن البقري فقد تم تصنيعه من الحليب الخام من أبقار فصيلة فريزنو Frezeno في معمل الألبان بقسم علوم الأغذية والتغذية - كلية الزراعة بجامعة الملك سعود بفرز دهن الحليب الخام وقشدها وتجهيز السمن بطريقة الغلي . تم تحضير شحم الإبل بالطريقة التقليدية التي تشمل السلي الرطب للدهن بعد تنظيفه وتقطيعه .

### مقارنة بطرق الطبخ التقليدية .

هذا وقد ساهمت هذه المميزات في زيادة استخدام أفران الموجات الدقيقة في جميع أنحاء العالم وخصوصاً في المملكة العربية السعودية لتحضير الوجبات سواء في المنازل أو المنشآت العامة أو الخطوط الجوية التي تتعامل مع الأغذية .

ونتيجة لما يتميز به التسخين في فرن الموجات الدقيقة من خصائص إلا أنه غير مفهوم من قبل عامة الناس ممن اعتادوا طرق الطبخ التقليدية ، وقد أدى عدم الإلمام بهذه الخصائص إلى زيادة الخلاف في وجهات النظر فيما يتعلق بسلامة الأغذية المعاملة بهذه الطريقة (Zimmerman and Berch 1982)

تعتبر الحرارة وارتفاع الأحماض الدهنية غير المشبعة من العوامل الرئيسة التي تؤثر على ثباتية الزيوت والدهون ، حيث وجد أن زيت الذرة بصفة عامة ثابت ضد الأكسدة ، ولكن في ظروف الحرارة العالية مثل القلي العميق فإن الزيت يفقد هذه الثباتية (Formo *et al.* 1987) ، وكذلك الحال بالنسبة للسمن البقري المحضر من الزبدة الذي يعتبر ثابتاً ضد الأكسدة ما لم يتم تسخينه (Webb 1970) ، أما الشحم الحيواني فضعيف من ناحية ثباتيته للتأكسد نظراً لانخفاض مضادات الأكسدة الطبيعية به (Formo *et al.* 1987) . هناك عدد من الدراسات التي أجريت على تأثير التسخين بفرن الموجات الدقيقة . فلقد وجد (Snyder *et al.* 1992) أن التسخين في الفرن أدى إلى تثبيط إنزيمات أكسدة الدهون (Lipoxygenases) وكذلك إنزيمات التحليل المائي (Hydrolytic enzymes) . كما بين (Farag *et al.* 1992) أن تعريض عينات زيت بذرة القطن والنخيل لفترات تسخين مختلفة في الفرن يسبب بعض التحلل المائي للأحماض الدهنية وتعجيل تكوين الهيدروبيروكسيد ومركبات الأكسدة . تمثل عملية التزنخ التأكسدي للزيوت والدهون إحدى مظاهر الفساد غير المرغوبة في المنتجات الغذائية سواء من ناحية قبول المنتجات لدى المستهلك أو

## تأثير التسخين في فرن الموجات الدقيقة (الميكروويف) على ثباتية بعض الزيوت والدهون

فايز عبد الحميد متلقيتو و عبد الرحمن صالح الخليفة

قسم علوم الأغذية والتغذية - كلية الزراعة - جامعة الملك سعود  
ص. ب. (٢٤٦٠) - الرياض ١١٤٥١ - المملكة العربية السعودية

الملخص . تم تسخين عينات من كل من زيت الذرة المكرر وزيت النخيل المكرر والسمن البقري وشحم الإبل في فرن الموجات الدقيقة لمدة ٥، ١٠، ١٥ دقيقة بعد إضافة مضاد الأكسدة (دلثا توكوفيرول) ومضاد الأكسدة (الهيدروكسي تولوين البيوتيلي) إلى العينات وقد تم قياس رقم الحموضة ، رقم البيروكسيد ، رقم اليود ، رقم الأسيدين ، رقم الكربونيل بالإضافة إلى رقم التأكسد الكلي إضافة إلى تقدير الأحماض الدهنية قبل وبعد التسخين . وجد أن التسخين في فرن الموجات الدقيقة لفترات زمنية مختلفة ساهم في تسريع عملية الأكسدة وحدوث تغيرات في خواص جودة جميع العينات . وكانت الزيوت النباتية أقل ثباتية نحو التأكسد من الدهون الحيوانية ، إلا أن إضافة مضادات الأكسدة ساهمت في زيادة الثباتية ضد الأكسدة للزيوت والدهون تحت الدراسة . كما تبين أن عمليات الأكسدة قد أدت إلى انخفاض في نسبة الأحماض الدهنية عديمة التشبع وزيادة في بعض الأحماض الدهنية المشبعة .

### المقدمة :

يعتبر التسخين في أفران الموجات الدقيقة (الميكروويف) من أحدث طرق الطبخ وأسرعها في إعادة تسخين الأغذية مقارنة بالطرق التقليدية مثل التحميص ، أو الشواء ، أو القلي .

وتتميز الموجات الدقيقة للفرن بقوة اختراق عالية تعمل عند دخولها في الغذاء إلى تذبذب جزيئات السائل بمعدل كبير ويؤدي الاحتكاك الناتج من هذا التذبذب إلى إنتاج طاقة حرارية تنتقل خلال الغذاء وتسمح بطبخه دون الحاجة إلى مصدر حراري خارجي ، ولكون هذه الطاقة الضرورية لتسخين الغذاء تتم بصورة مباشرة فإن الغذاء يصبح مطبوخاً بصورة أسرع وبكفاءة أعلى