تأثير زمن قلي الفلافل في تغيرات جودة زيت بذور القطن المستخدمة في الأسواق المحلية

كوثر حسون[1]

الملخص

جمعت عينات زيوت بذور القطن المقلية بالفلافل من السوق المحلية خــلال عــام 2009 -2010 م لدراسة تأثير زمن قلي الفلافل في الخصائص الفيزيائية والكيميائية وتغيّرات الأحماض الدهنية في الزيت. أظهرت نتائج الخصائص الفيزيائية زيادة في قيم كل من قرينة الانكسار واللزوجة والكثافة في زيت بعــد انقضاء 70 ساعة، أمّا من حيث الخصائص الكيميائية فكان هناك انخفاض تدريجي في الرقم اليودي مع ارتفاع النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة. كما لوحظ ازدياد في النسبة المئوية للمركبــات القطبيــة لتصل إلى القيمة المرفوضة والمحددة بنسبة 25% بعد انقضاء 50 ساعة. وارتفعت قيمة رقم بروكــسيد زيت بذور القطن (12.89 ميليمكافىء 0_2 /كغ) في 20 ساعة قلي لتصل إلى 22.5% في نهاية 70 ساعة قلي. وكانت الفروق معنوية في متوسطات قيم الخصائص الفيزيائية والكيميائية جميعها عند مستوى ثقة (P < 1%) في مختلف مدد زمن سحب العينات المدروسة. أمّا تأثير مدة قلي الفلافل في النسب المئوية للأحماض الدهنية، فقد لوحظ أن هناك ازدياداً في بعض الأحماض الدهنية المشبعة وتناقصاً ملحوظاً فــي الأحماض الدهنية غير المشبعة؛ وذلك بعد انقضاء مدة 70 ساعة قلي وخاصة C18:2.

الكلمات المفتاحية: فلافل، زيت بذور القطن، تغيرات الجودة، أحماض دهنية مشبعة، أحماض دهنية غير مشبعة.

[1] قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، ص. ب 30621. جامعة دمشق، سورية.

The effect of frying time of Falafels on the Quality changes of cotton seeds oil used in local market

K. Hasson[(1)]

ABSTRACT

Samples of Cotton seed oils were collected from the local market during 2009-2010 to study the time effect of frying Falafels on the proprieties of physical, chemical, and fatty acids changes during frying oil. Results of physical changes revealed that refractive index, viscosity and density of cotton seed oils were increased during frying of Falafels after 70 hrs and the chemical changes showed that iodine value was gradually decreased with the increasing value of free fatty acids. The total polar compounds (TPC) reached the rejection value of 25% during the 50 hrs of frying. In addition, the peroxide value of cotton seed oil was reached (12.89meqO_2/kg) in 20 hr and increased to %22.5 in 70 hrs of frying Falafel. All the average values of physical and chemical changes of oils showed that there were significant differences (p<1%) in all polled samples and the effects of frying Falafels on fatty acids changes showed that some saturated fatty acids were increased while unsaturated fatty acids were decreased after 70 hrs of frying , especially C18:2

Key words: Falafel, Cotton seed oil, Quality changes, Saturated fatty acids, Unsaturated fatty acids**.**

[(1)]Food Science Department, Faculty of Agriculture, P. O. Box. 30621, Damascus University, Syria.

المقدمة

يعدُّ القلي من أهم عمليات الطبخ المستخدمة على نطاق واسع في الأغذية الصناعية والتجارية بسبب المبيعات الكبيرة التي تحققها ولتنوع منتجاتها، فضلاً عن أن الأغذية المقلية من أكثر الأغذية استساغة من قبل المستهلك نظراً إلى خصائصها الحسية الفريدة من نكهة ومظهر وملمس.

قُدّرت مبيعات الأغذية المقلية بنحو 75 مليون دولار في الولايات المتحدة الأمريكية وحدها ووصل هذا الرقم إلى الضعف في بقية أنحاء العالم (Blumenthal, 1991)، وتضاعف هذا الرقم في المدة الأخيرة بسبب نمو أغذية الوجبات السريعة.

يستخدم في عملية القلي أنواع الزيوت والدهون جميعها بما فيها من زيوت نباتية سائلة، وزيوت نباتية مهدرجة ودهون حيوانية وذلك بحسب الغرض من القلي (Blumenthal,1991). وتتميّز الزيوت النباتية السائلة المستخدمة في القلي عن بعضها بمحتواها من الأحماض الدهنية (Erikson,2006)؛ فالزيوت ذات المحتوى العالي من الأحماض الدهنية المشبعة أكثر ثباتاً في عملية القلي لكن الأثر الضار المرتبط بها أدى إلى زيادة استخدام الزيوت متعددة عدم الإشباع نظراً إلى فائدتها الصحية (Mcdonald and Eskin, 2006).

تتعرض الزيوت والدهون في أثناء عملية القلي إلى تغيّرات مختلفة بسبب حرارة القلي، التي تؤدي إلى أكسدة الزيت بواسطة الهواء، وتحلله بواسطة رطوبة المادة المقلية وتغيّرات حرارية بين الزيت المقلي والمادة الغذائية مؤدية إلى التدهور وتفكك الزيت، ويعتمد التدهور على التركيب الكيميائي للزيت ومحتواه من الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة وعلى درجة حرارة القلي ومدته ونوع عملية القلي مستمر أو متقطع وعميق أو سطحي، فضلاً عن نوعية المادة الغذائية المقلية (Blumenthal, 1991). وأهم المركبات الناتجة عن تفكك الزيت هي أحماض دهنية حرة، وغليسريدات أحادية وثنائية وبوليميرات مختلفة (Innawong *et al*., 2004[a]). يذوب قسم منها في الزيت المقلي وتعرف بالمواد القطبية (IUPAC,1992) وتشكل هذه المركبات خطراً على الصحة العامة من حيث تأثيرها السرطاني (Sánchez-Muniz, *et al*., 2008). وقد أثبتت الدراسات العلمية أن المركبات القطبية تزداد بارتفاع درجة حرارة الزيت وزيادة عدد مرات القلي (Gutierrez *et. al*.,1988) (Cuesta *et al*.,1993) (Houhoula, *et al*., 2003). وتتدهور جودة الزيت تدريجياً ويصبح غير صالح للاستهلاك البشري، وقد لوحظ وجود ارتباط كبير بين جودة الغذاء المقلي ومدى امتصاصه للمواد القطبية المنحلة والموجودة في زيوت القلي(Peers and Swoboda,1982)، مما دفع بعض الدول الأوربية إلى وضع حدود قانونية لكمية المواد القطبية التي يمكن أن توجد في

الزيت المستخدم في القلي، وعُدَّ اختبار تحديد المحتوى الكلي من المواد القطبية من أفضل الاختبارات لتحديد جودة الزيت. وقد حددت فرنسا وألمانيا وإسبانيا وسورية الحد الأعلى المسموح من المواد القطبية في الزيت بمقدار 25% (Firestone, 1996، المواصفة السورية، 2003).

تعدُّ ثباتية الزيت المختار لعملية القلي من أهم الشروط التي يجب البحث عنها إذْ ترتبط بتركيب الأحماض الدهنية الموجودة، ووجود مانعات الأكسدة في الزيت . وتعدُّ الزيوت ذات المحتوى العالي من الأحماض الدهنية المشبعة أكثر ثباتاً في عمليات القلي (Erickson, 2006)، ولكن الأثر الضار لهذه الزيوت أدى إلى زيادة استخدام الزيوت متعددة عدم الإشباع في القلي نظراً إلى فائدتها الصحية (Mcdonald and Eskin, 2006). ويمكن الحصول على الشروط المناسبة لقلي المواد الغذائية في الزيت بواسطة التحكم في عملية القلي وجعل تغيرات الأكسدة الحرارية، والتحلل المائي إلى حد أدنى؛ وذلك باستخدام زيت دوار الشمس عالي المحتوى من حمض الأوليك في أثناء قلي رقائق البطاطا خلال مدد زمنية متكررة ومتقطعة مع إضافة زيت طازج في أثناء مراحل القلي، والتحكم في مراحله المختلفة (حرارة القلي 180م°، ارتشاف الماء من رقائق البطاطا). قُيّمت التغيرات التي طرأت على هذا الزيت عن طريق تحديد النسبة المئوية لمحتوى المواد القطبية والأحماض الدهنية الحرة فكانت في الحد المقبول 12.5% و1.8% لكل منهما على التوالي مدة 25 ساعة قلي متقطع (Romero *et al*., 2000)، وقد توصل فريق علمي من ألمانيا والسودان والسويد والهند والولايات المتحدة الأمريكية إلى مفهوم محدد لزيت قلي صحي وثابت تجاه الأكسدة، ويضم هذا الزيت (كمكون رئيسي) زيت دوار الشمس المعدل وراثياً والمحتوي على نسبة مرتفعة من حمض الاوليك ، مع كمية قليلة من زيت السمسم المكرر وزيت نخالة الأرز لتدعيم نكهة الزيت وثباته تجاه الأكسدة. كما استنبطت حديثاً زيوت قلي سميت بزيوت القلي الجيدة Good Frying Oil (Sánchez-Muniz, *et al*., 2008). ومع الانتشار الواسع للعديد من أنواع الزيوت عبر العالم إلا أن هناك تفضيلاً محلياً من جهة المستهلك والمصنع لبعض أنواع الزيوت المستخدمة في القلي، فعلى سبيل المثال يعد زيت بذرة القطن الزيت المثالي لقلي تشيبس البطاطا صناعياً في الولايات المتحدة الأمريكية في حين يُفضّل المستهلك المكسيكي زيت بذرة السمسم أو زيت دوار الشمس في قلي الأغذية الخفيفة، أما في شبه القارة الهندية فيفضل السكان زيت السمسم (Gupta, 2000). وبشكل مشابه فإن معظم المصانع السورية والمحلات التجارية الحديثة المختصة بقلي البطاطا والفلافل والبانجان تستخدم زيت بذور القطن أو زيت دوار الشمس بكميات كبيرة.

ونظراً إلى الاستهلاك الكبير للزيوت النباتية في قلي المواد الغذائية مع عدم الدقة والتنظيم في مدة استخدامها في عملية القلي الذي لا يخضع لأي ضابط أو معيار، فقد

هَدَفَ البحث إلى دراسة تأثير زمن قلي الفلافل في جودة زيت بذور القطن من خلال تحليل الخصائص الفيزيائية (قرينة الانكسار، الكثافة، واللزوجة) والخصائص الكيميائية (قرينة اليود، ورقم البيروكسيد، والنسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة، والمركبات القطبية الكلية) فضلاً عن دراسة تأثير عملية القلي في نسب الأحماض الدهنية للزيت بواسطة الكروماتوغرافيا الغازية.

مواد البحث وطرائقه

1- جمع العينات:

جمعت عينات زيوت بذور القطن المقلي بها الفلافل من السوق المحلية خلال عام 2009 -2010 بعد التعاقد مع أحد منتجي الفلافل المشهورين في مدينة دمشق (المنطقة الصناعية، فلافل البغدادي) يبدأ المنتج بعملية قلي الفلافل بدءاً من الساعة السابعة صباحاً وحتى الساعة الواحدة ليلاً في مقلات كبيرة ومكشوفة تتسع إلى 16 ليتراً من زيت القطن وبدرجات حرارة قيست بين 180-190 م°. سحبت ثلاثة مكررات لكل عينة مقدارها 200 مل خلال مدد زمنية محددة بـ 10 ساعات قلي خلال مدة 70 ساعة. حفظت العينات بوضعها الراهن إلى حين استخدامها وتحليلها في مخابر قسم علوم الأغذية في كلية الهندسة الزراعية جامعة دمشق.

2- التحاليل الفيزيائية:

حُلّلت عينات زيوت بذور القطن المستخدمة في قلي الفلافل حسب(AOAC,1990). لتحديد قرينة الانكسار باستخدام جهاز رفراكتومتر من نوع (Haensh-Shmid) بدرجة حرارة الغرفة 25 مئوية.

وحُدّدت قيم الكثافة باستخدام قنينة الكثافة سعة 100مل بدرجة حرارة 25 مئوية مقدرة (غ/سم^3)، واللزوجة باستخدام جهاز قياس اللزوجة Visco Tester VT5 في الدرجة 25 مئوية مقدرة بوحدة سنتي بواز، أما تحديد المركبات القطبية فقد استخدم جهازEbro المحمول نموذج FOM 310 (صنع الماني) الذي يعتمد على مبدأ قياس فرق الكمون للمركبات القطبية خلال 20 ثانية بدرجة حرارة القلي معبراً عنها بنسبة مئوية في الزيت الكلي.

4- التحاليل الكيميائية:

حُلّلت عينات زيوت بذور القطن المستخدمة في قلي الفلافل كيميائياً لتقدير رقم البيروكسيد معبراً عنها بوحدة (ملليمكافىء O_2 /كغ)، والأحماض الدهنية الحرة معبراً عنها كنسبة المئوية من حمض الأوليبك طبقاً لـ (AOCS, 1990) بالأرقام Cd8-53 وCa5a-40 على التوالي، والرقم اليودي معبّراً عنه بعدد غرامات اليود التي يمتصها 100غ من الزيت (I_2 غ/100غ) .

5- تعيين الأحماض الدهنية في الزيت بعد القلي:

حُدّدت نسب الأحماض الدهنية للعينات المدروسة بواسطة جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC 17-AFW) موديل 1998 Shimadzu المزود بنظام حقن Spilt/Splitless، وبوجود وليجة زجاجية glass insert، وكاشف اللهب المتأين FID، وجهاز توليد الهيدروجين (Shimadzu-OPGU-2200S)، ومضخة هواء، وغاز النيتروجين من جهاز توليد النتروجين (Peak-series 600A)، وحاسوب مع برنامج إخراج البيانات المسمى CLASS-GC10. استُخدم في التحليل عمود شعري ماركة Teknokorma، إسباني المنشأ يحمل الرمز TR-140533 والرقم التسلسلي2056295. طول العمود 30 متراً وقطره 0.32mm مطلي بطور ثابت من نوع TRB-WAX. استخدم غاز الآزوت (N_2) كطور حامل، جرى تزويده للجهاز بواسطة مضخة خاصة لهذا الغرض. ضُبِطَ الجهاز وفق الشروط الآتية: حرارة العمود 195م°، وحرارة الحاقن 250 م° وحرارة الكاشف 250 م°، وتدفق الغاز الحامل 0.7، ونسبة التجزئة 1:10.

حُضّرت العينات بحسب الطريقة الموصى بها في (AOAC,1990) رقم 969.33 التي تعتمد على أسترة الغليسريدات بتفاعلها مع محلول هيدروكسيد البوتاسيوم الميثيلي 2 نظامي المحضر بإذابة 11.2غ من KOH في 100مل من الميثانول. وحُقن 1 ميكروليتر من الطبقة العلوية (استرات الميثيل) في جهاز GC بنسبة تجزئة 1:10 وبواقع ثلاثة مكررات لكل عينة لتحديد نسب الأحماض الدهنية الموجودة فيها كنسب مئوية مقرونة لنسبة الأحماض الدهنية الكلية مقارنة بمحاليل قياسية من الأحماض الدهنية (FAME) من إحدى الشركات البريطانية (Supelco co.).

6- التحليل الإحصائي لنتائج:

حُلّلت العينات المأخوذة من زيت بذرة القطن وزيت عباد الشمس المعاملة بالحرارة بعد كل عملية قلي وفق تصميم القطع المنشقة (زيت X1 مدد سحب العينات X8 عدد المكررات 3) وبعدد 24 عينة؛ وذلك باستخدام SSPS15 و Gen. Stat. لتحديد الفروق المعنوية وحساب تحليل التباين بين المعاملات على مستوى ثقة 5% و1%.

النتائج والمناقشة

أولاً- تأثير زمن قلي الفلافل في الخصائص الفيزيائية لزيت بذور القطن.

يبيّن الجدول (1) تأثير زمن قلي الفلافل في الخصائص الفيزيائية لزيت بذور القطن عند درجة حرارة (180م°). يلاحظ من الجدول أن قيم كل من قرينة الانكسار واللزوجة والكثافة في بداية القلي كانت 1.4722، 50.12، 0.926، وارتفعت القيم إلى 1.4755، 330.32، 0.958 عند نهاية 70 ساعة قلي على التوالي. ويعزى ذلك إلى ارتفاع درجة

حرارة القلي وتسارع عمليات أكسدة الزيت بوجود الهواء ورطوبة المادة المقلية مؤدية إلى زيادة الأحماض الدهنية الحرة والغليسريدات الأحادية والثنائية وزيادة تراكمها خلال مدد القلي المتقطع. وهذا يتفق بشكل مشابه مع نتائج كل من (Orthoefer, 1988; Marmesat, *et al*., 2007) في دراستهم لخصائص الزيوت بعد قلي البطاطا فيها باستخدام الاختبارات السريعة. ويبيّن التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في متوسطات قيم الخصائص الفيزيائية عند مستوى ثقة (P <1%) لمختلف معاملات زمن مدد القلي.

الجدول(1) تأثير زمن قلي الفلافل في الخصائص الفيزيائية لزيت بذرة القطن

الزمن/ساعة	زيت القطن*		
	قرينة الانكسار	اللزوجة (سنتي بواز)	الكثافة (غ/مل)
0	**1.4722±0.0011[a]**	**50.12±3.6[a]**	**0.926±0.002[a]**
10	1.47310±.0021[b]	88.13±4.1[b]	0.931±0.004[b]
20	1.4736±0.0026[c]	100.25±3.3[c]	0.936±0.004[c]
30	1.4740±0.0025[d]	150.45±3.4[d]	0.942±0.008[d]
40	1.4744±0.0013[e]	230.62±3.1[e]	0.945±0.005[e]
50	1.4747±0.0016[f]	270.32±6.2[f]	0.952±0.007[f]
60	1.4748±0.0017[g]	290.32±5.2[g]	0.955±0.003[g]
70	**1.4755±0.0021[h]**	**330.32±7.2[h]**	**0.958±0.006[h]**
L.S.D (%1)	0.0016	5.687	0.06162

* تمثل القيمة متوسط ثلاثة مكررات مع الانحراف المعياري(SD) .

- تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة (P < 1%).

ثانياً- تأثير زمن قلي الفلافل في الخصائص الكيميائية لزيت بذور القطن.

يبيّن الجدول (2) تأثير زمن قلي الفلافل في الخصائص الكيميائية لزيت بذور القطن، إذْ يلاحظ أن قيمة قرينة اليود انخفضت تدريجياً مع زيادة زمن مدد قلي الفلافل، إذْ كانت في بداية زمن القلي لزيت بذور القطن 108.2، وانخفضت تلك القيمة إلى 85.3 في نهاية زمن القلي 70 ساعة، وهذا يدلُّ على سرعة تفكك الأحماض الدهنية غير المشبعة بتفاعلات الأكسدة بوجود الهواء ودرجات حرارة القلي المرتفعة، وزيادة عدد مرات قلي الفلافل المتبعة. ويؤكد التحليل الإحصائي أيضاً وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة (P < 1%) لمختلف مدد قلي الفلافل.

أمّا الأحماض الدهنية الحرة في زيت بذور القطن فقد ارتفعت من 0.08% عند بداية القلي لتصل إلى 2.54% في نهاية 70 ساعة. ويعزى ذلك إلى الزيادة في تراكم الأحماض الدهنية الحرة في الزيت المقلي المتحلل بوجود الهواء ورطوبة الفلافل وحرارة الزيت. وقد اتفقت هذه النتائج مع نتائج كل من (Innawong, *et. al*., 2004b)

و(Marmesat, *et. al.*, 2007) في تحديد الخصائص الكيميائية للزيوت بعد القلي فيها باستخدام الاختبارات السريعة. ولوحظ أيضاً من (الجدول 2) أن النسبة المئوية للمركبات القطبية الكلية في زيت بذور القطن قد ارتفعت تدريجياً مع زيادة مدد زمن قلي الفلافل من 6.01% عند بداية القلي لتصل إلى القيمة المرفوضة والمحددة بنسب 25 % خلال مدة 50 ساعة (المواصفات القياسية السورية، 2003)، واستمرت في الارتفاع حتى وصلت إلى 31.99%، إذ أصبح لون الزيت داكناً مع وجود رغوة صفراء تتشكل في عمليات القلي المتتالية. ويؤكد التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في متوسطات النسبة المئوية للمركبات القطبية الكلية عند مستوى ثقة (P < 1%) لمختلف مدد قلي الفلافل. وتتفق هذه النتائج بشكل مشابه مع (Houhoula, *et. al.*, 2003) في تأثير زمن القلي في زيادة المركبات القطبية في زيت بذور القطن عند قلي البطاطا الفرنسية.

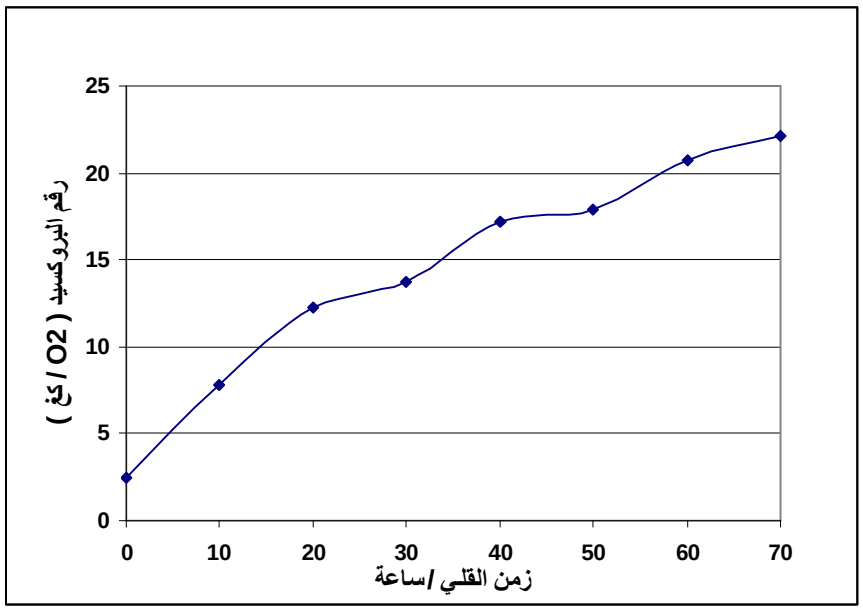
الجدول (2) تأثير زمن قلي الفلافل في الخصائص الكيميائية لزيت بذور القطن.

الزمن/ساعة	زيت القطن		
	قرينة اليود(I_2غ/100)	الأحماض الدهنية الحرة %	القطبية الكلية%
0	**108.2±0.8^{a}**	**0.08±0.03^{h}**	**6.01±0.72^{h}**
10	107.1±1.3^{b}	0.30±0.04^{g}	9.14±0.61^{g}
20	105.3±1.^{1c}	0.46±0.03^{f}	13.28±0.46^{f}
30	103.4±1.2^{d}	0.55±0.05^{e}	15.42±0.72^{e}
40	97.9±2.3^{e}	0.65±0.04^{d}	19.54±0.36^{d}
50	**95.5±2.2^{f}**	**0.86±0.03^{c}**	**25.71±0.50^{c}**
60	94.7±1.2^{g}	1.41±0.01^{b}	27.85±1.32^{b}
70	**85.3±0.8^{h}**	**2.54±0.02^{a}**	**31.99±1.73^{a}**
L.S.D	**7.766**	**0.09319**	**2.232**

* تمثل القيمة متوسط ثلاثة مكررات مع الانحراف المعياري(SD) .

- تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة (P < 1%).

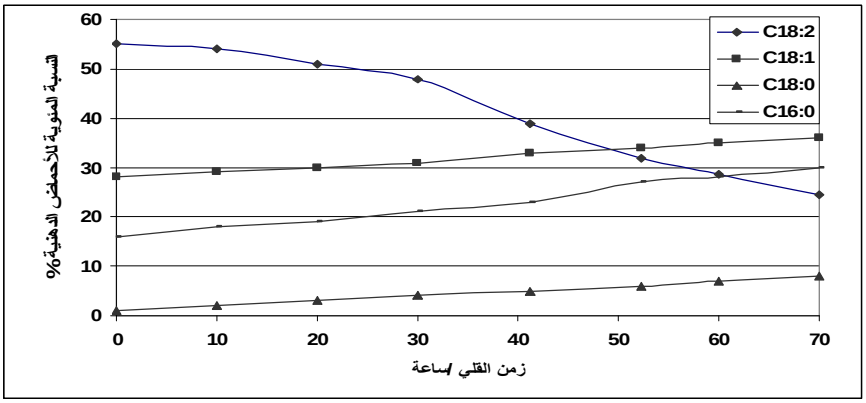
أمّا من حيث قيمة رقم البيروكسيد فقد لوحظ ارتفاعًها في زيت بذور القطن من 2.5% عند بداية القلي لتصل إلى 12.89 (ميليمكافىء 0_2 /كغ) بعد انقضاء 20 ساعة قلي، وترتفع بعدها إلى 22.5% في نهاية 70 ساعة. وقد اتفقت نتائجنا مع (Masson, *et al.*, 1999) في تفكك الزيوت المستخدمة في قلي البطاطا الفرنسية في المطاعم والمحلات التجارية في فرنسا. ويبيّن الشكل (1) تأثير زمن قلي الفلافل في رقم بروكسيد زيوت بذور القطن المستعملة محلياً.



الشكل (1) تأثير زمن قلي الفلافل في رقم بروكسيد زيت بذور القطن

ثالثاً- تأثير زمن قلي الفلافل في نسب مكونات الأحماض الدهنية لزيت بذور القطن.

يبين الشكل (2) تأثير زمن قلي الفلافل المستمر في النسبة المئوية للأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة لزيت بذور القطن. إذ يلاحظ أن الحمض الدهني غير المشبع (اللينوليك، C18:2) تناقصت نسبته تدريجياً مع زيادة مدة القلي. وقد كان شديداً خلال مراحل القلي فكان عند بداية القلي 54.4 % ليصل إلى 25.6% بعد انقضاء 70ساعة. ويعزى ذلك التناقص إلى درجة حرارة القلي المرتفعة وتسارع أكسدة الروابط الثنائية للأحماض الدهنية غير المشبعة. ويؤكد التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية عند مستوى ثقة(1% > P) في مختلف مدد زمن قلي الفلافل. وهذا ما بينه كل من (Kamal-Eldin *et al.*, 2003) و(Dobarganes and Márquez-Ruiz, 2007) و(Frankel, 2005) بأن التدهور يحدث في الأحماض الدهنية غير المشبعة جميعها، ويكون شديداً مع زيادة نسبها في زيت القلي. أمّا حمض الأوليك (C18:1) فقد ارتفعت قيمته بزيادة مدة القلي من 28.8% لتصل بعد انقضاء 70 ساعة قلي إلى 38.5 %. كما لوحظت زيادات بطيئة في الأحماض الدهنية المشبعة (حمض الستيارك، C18:0)، وارتفعت قيمة حمض البالمتيك(C16:0) من 16.1% لتصل إلى 30.5 % عند نهاية زمن قلي 70 ساعة.



الشكل (2) تأثير مدة قلي الفلافل في زيت بذور القطن في النسبة المئوية للأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة

الاستنتاجات

1. ارتفعت قيم قرينة الانكسار واللزوجة والكثافة لزيت بذور القطن بزيادة زمن قلي الفلافل بسبب تسارع عمليات أكسدة الزيت.
2. تناقصت قيم قرينة اليود تدريجياً مع زيادة زمن قلي الفلافل، وتباينت قيمها بنوعية مكونات الأحماض الدهنية غير المشبعة ونسبها في زيت القلي.
3. ارتفعت النسبة المئوية للمركبات القطبية الكلية في الزيت بزيادة زمن قلي الفلافل لتصل إلى القيمة المرفوضة والمحددة بنسبة 25 % بعد انقضاء 50 ساعة.
4. ارتفعت قيمة رقم بيروكسيد زيت بذور القطن لتصل إلى 22.5% (ميليمكافىء 0_2/كغ) د خلال 70ساعة قلي.
5. تفككت الأحماض الدهنية غير المشبعة تدريجياً بنسب متفاوتة بزيادة مدة قلي الفلافل، وكان التأثير واضحاً في حمض اللينوليك. أمّا حمض الأوليك (C18:1) فقد ارتفعت قيمته في الزيت لتصل إلى 38.5 %.
6. أبدت الأحماض الدهنية المشبعة مثل حمض البالمتيك (C16:0) ارتفاعاً ملحوظاً في زيت بذور القطن في نهاية عملية القلي.

التوصيات

ضرورة التخلص من زيت بذور القطن المستخدم في قلي الفلافل عندما ترتفع نسبة المركبات القطبية الكلية إلى أكثر من 25%، وإضافة مضادات الأكسدة الطبيعية لزيادة عمر الزيت المقلي، واستخدام زيوت قلي عالية المحتوى بالأحماض الدهنية وحيدة الإشباع مع إمكانية دراسة تأثير قلي المواد الغذائية المختلفة والشائعة منزلياً وتجارياً في جودة الزيوت الأخرى المستعملة.

REFERENCES المراجع

هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، وزارة الصناعة. (2003). نقطة التخلص من زيوت القلي المستعملة رقم 2745، دمشق، سورية.

AOAC, (1990). Official Methods of Analysis, 15th Ed., Association of official Analytical Chemists, Washington, DC.

AOCS, American Oil Chemists' Society. (1990). *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society.* 4th ed., edited by D. Firestone, American Oil Chemists' Society, Champaign.,

Blumenthal, M. M. (1991). A New look at the Chemistry and Physics of Deep-Fat Frying, Food Technology.45:68-71.

Cuesta, C., F. J. Sánchez-Muniz, and C. Garrido-Polonio, (1993), Thermoxidative and hydrolytic changes in sun flower oil used in frying with a fast turnover of fresh oil, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 70, 1069.

Dobarganes, C. M. and G. Márquez-Ruiz, (2007). Formation and analysis of oxidized monomeric, dimeric and higher oligomeric triglycerides. In: *Deep Frying: Chemistry, Nutrition and Practical Applications – 2nd Edition*, pp. 87-110 (ed. M.D. Erickson, AOCS Press, Champaign.

Erickson, D. R. (2006). Production and composition of frying fats, J. Am Oil Chem. Soc.Vol.75,pp.563-568.

Frankel, E. N. (2005). Lipid Oxidation, 2nd ed., The Oily Press, Dundee, U.K.

Firestone, D. (1996). Regulation of frying fat and oil. In *Deep Frying. Chemistry, Nutrition, and Practical Applications*, Perkins, E.G. and Erickson, M.D., eds., AOCS Press, Champaign, IL, p. 323.

Gupta, M. K. (2000). Oil Quality Improvement Through Processing. Introduction to Fat and Oil Technology, 2nd ed., American Oil chemistry, Society publication, Peoria, IL, pp.13-48.

Gutierrez, G., R. Quijano, and M. Dobbarganes, (1988). Comparative studies of oxidative stability of edible oil by differential scanning calorimeter and oxidative stability index methods. Food Chemestry.Vol.76,pp.385-389.

Houhoula, D. P., V. Oreopoulou, and C. Tzia, (2003). The effect of process time and temperature on the accumulation of polar compounds in cottonseed oil during deep-fat frying, *J. Sci. Food Agric.*, 83, 314..

IUPAC, Standard method 2.507. (1992). Determination of polar compounds in frying fats. In *Standard Method for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives*, 1st Supplement to the 7th edition, International Union of Pure and Applied Chemistry, ed., Blackwell, Oxford, U.K.

Innawong, B., P. Mallikarjunan, J. Irundayaraj, and J. E. Marcy. (2004a). The determination of frying oil quality using Fourier transform infrared attenuated total reflectance. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* 37: 23-28.

Innawong, B., P. Mallikarjunan, and J. E. Marcy. (2004b). The determination of frying oil quality using a chemosensory system. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* 37: 35-41.

Kamal-Eldin, A., J. Velasco, and M. C. Dobarganes, (2003). Oxidation of mixtures of triolein and trilinolein at elevated temperatures, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 105, 165.

Marmesat, S., E. Rodrigues, J. Velasco, and M. C. Dobarganes, (2007). Quality of used frying fats and oils: comparison of rapid tests based on chemical and physical oil properties. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 42, 601-608.

Masson, L., P. Robert, M. Izaurieta, (1999). Fat deterioration in deep fat frying of French fries potatoes at restaurant and food shop sector, *Grasasy Aceites*, 50, 460.

Orthoefer, F. T. (1988). Care of food service frying oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society.* 65(9): 1417-1419.

Peers, K. E., and A. T. Swoboda, (1982). Deterioration of sunflower seed oil under simulated frying conditions and during small-scale frying of potato chips, *J. Sci. Food Agric.*, 33, 389.

Romero, A., F. J. Sánchez-Muniz, and C. Cuesta, (2000). Deep fat frying of frozen foods in sunflower oil. Fatty acid composition in fryer oil and frozen pre-fried potatoes, *J. Sci. Food. Agric.*, 80, 2135.

Sánchez-Muniz, F. J., S. Bastida, G. Márquez-Ruiz, and C. Dobarganes, (2008). Effect of Heating and Frying on Oil and Food Fatty Acids, Fatty Acid in food and Their health, Tylore and Francis Group. NW. Boca Raton, FL.pp.511-535.

Received	**2011/11/29**	**إيداع البحث**
Accepted for Publ.	**2012/03/19**	**قبول البحث للنشر**