الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الزراعية

قسم علوم الأغذية

تأثير إضافة زيت السمسم في ثباتية زيت فول الصويا المعد للقلي ونوعية أصابع البطاطا المقلية

رسالة أعدت لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير في علوم الأغذية

إعداد

المهندسة نور الهدى فواز محمد

إشراف

المشرف العلمي

أ.د.أنور الحاج علي

كلية الزراعية – جامعة دمشق

قسم علوم الأغذية

المشرف المشارك

أ. د.محمد المحمد

كلية الزراعية– جامعة دمشق

قسم علوم الأغذية

1441-2019هـ

Syrian Arab Republic

University of Damascus

Faculty of Agricultural

Department of Food Science

Effect of adding sesame oil on the stability of fried soybean oil and the quality of french fries

Thesis prepared for the Master's Degree in Food Science

Prepared by

Eng.Nour Alhoda Fawaz Mohammed

Supervised by

Scientific Supervisor
Prof. Dr.Anwar Alhaj Ali
Faculty of Agricultural
university of Damascus
Department of Food Science

Co-supervisor
Prof.Dr. Mohammed ALmohammed
Faculty of Agricultur
university of Damascus
Department of Food Science

2019AD-1441AH

فهرس المحتويات
Table of contents

المحتوى	الصفحة
فهرس المحتويات	II
الملخص باللغة العربية	VIII
الفصل الأول	
1-1-المقدمة	2
1-2-مبررات البحث و أهدافه	4
الفصل الثاني	
2-الدراسة المرجعية	6
2-1- تعريف الزيوت النباتية	6
2-2-التركيب الكيميائي للزيوت	6
2-2-1-المواد القابلة للتصبن	6
2-2-2-المواد غير القابلة للتصبن	8
2-3-زيت فول الصويا وفوائده	9
2-4-زيت السمسم وفوائده	11
2-5-مضادات الأكسدة الطبيعية	13
2-6-عملية القلي	15
2-6-1-أنواع القلي	15
2-6-2-التغيرات التي تحدث خلال عملية القلي العميق	15
2-6-2-1-التغيرات الكيميائية للزيوت	16
2-6-2-2- التغيرات الفيزيائية للزيوت	18

2-6-3-التغيرات في خصائص الزيوت وتركيبها أثناء القلي	19
2-7-التصنيف النباتي للبطاطا	22
2-7-1-التركيب الكيميائي لدرنات البطاطا	22
2-7-2-التغيرات التي تحدث في الطعام أثناء القلي	22
2-7-3-امتصاص الزيت	23
2-8-المواصفة القياسية السورية 2745 لعام 2003	23
الفصل الثالث	
3-مواد البحث وطرائقه	26
3-1-جمع العينات	26
3-2- تحديد التركيب الكيميائي لدرنات البطاطا	26
3-3-المعالجة الحرارية	26
3-4-الاختبارات الكيميائية	27
3-5-تحليل نسب الأحماض الدهنية	27
3-6-الاختبارات الفيزيائية	28
3-7-تحديد لون عينات الزيت	28
3-8- التقييم الحسي للبطاطا المقلية	29
3-9- تقدير امتصاص الزيت	31
3-10-التحليل الاحصائي	31
3-11- مخطط يوضح طريقة العمل	32

الفصل الرابع	
4-النتائج والمناقشة	33
4-1-تحديد الخصائص الكيميائية والفيزيائية للزيوت المدروسة	34
4-1-1- رقم البيروكسيد	34
4-1-2-النسبة المئوية للأحماض الدهنية	36
4-1-3-المركبات القطبية	38
4-1-4-الرقم اليودي	40
4-1-5-اللزوجة	42
4-1-6-قرينة الانكسار	44
4-1-7-الاختبار اللوني	45
4-1-8-تركيب الأحماض الدهنية في زيت فول الصويا الشاهد	94
4-1-9-تركيب الأحماض الدهنية في الخليط 90% زيت فول الصويا و10% زيت السمسم	50
4-1-10-تركيب الأحماض الدهنية في الخليط 85% زيت فول الصويا و15% زيت السمسم	51
4-1-11-تركيب الأحماض الدهنية في الخليط 80% زيت فول الصويا و20% زيت السمسم	52
4-2- الخصائص الكيميائية والحسية لعينات البطاطا المدروسة	53
4-2-1-التركيب الكيميائي لدرنات البطاطا نوع Spunta	53
4-2-2-كمية الزيت الممتص في العينات المدروسة	53
4-2-3-اختبار التذوق لعينات أصابع البطاطا المقلية	54
الفصل الخامس	
5-1-الاستنتاجات	58

5-2- التوصيات	58
الفصل السادس	
6-المراجع العربية والأجنبية	60
الملاحق	
الملخص باللغة الأجنبية	IX

فهرس الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
1	التركيب الكيميائي لزيت فول الصويا	10
2	التركيب الكيميائي لزيت السمسم	12
3	متوسطات زمن الاحتباس الحراري	28
4	نموذج اختبار تذوق عينات البطاطا المقلية	29
5	متوسطات رقم البيروكسيد	35
6	متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية	37
7	متوسطات النسب المئوية للمركبات القطبية	39
8	متوسطات الرقم اليودي	41
9	متوسطات قيم اللزوجة	43
10	متوسطات قرينة الانكسار	45
11	متوسطات قيم الاختبار اللوني (L*,a*,b*)	46
12	متوسطات الأحماض الدهنية في زيت فول الصويا الشاهد	50
13	متوسطات الأحماض الدهنية في الخليط 90% زيت فول الصويا و10% زيت السمسم	51
14	متوسطات الأحماض الدهنية في الخليط 85% زيت فول الصويا و15% زيت السمسم	52
15	متوسطات الأحماض الدهنية في الخليط 80% زيت فول الصويا و20% زيت السمسم	53
16	متوسطات كمية الزيت الممتص	54
17	متوسطات نتائج اختبارات تذوق عينات أصابع البطاطا	55

18	بعض المؤشرات النوعية والكيميائية لزيت السمسم المستخدم	56

فهرس الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1	متوسطات رقم البيروكسيد	35
2	متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية	37
3	متوسطات النسب المئوية للمركبات القطبية	39
4	متوسطات الرقم اليودي	41
5	متوسطات قيم اللزوجة	43
6	متوسطات قرينة الانكسار	45
7	متوسطات قيم L*	48
8	متوسطات قيم a*	48
9	متوسطات قيم b*	49

فهرس الملاحق

.مخطط تحليل جهاز الكروماتوغرافيا للأحماض الدهنية في زيت فول الصويا عند مدة القلي(0) و (20) ساعة
مخطط تحليل جهاز الكروماتوغرافيا للأحماض الدهنية في خليط زيت فول الصويا وزيت السمسم(10,90%) عند مدة القلي (0) و(20) ساعة.
مخطط تحليل جهاز الكروماتوغرافيا للأحماض الدهنية في خليط زيت فول الصويا وزيت السمسم(15,85%) عند مدة القلي(0) و (20) ساعة.
مخطط تحليل جهاز الكروماتوغرافيا للأحماض الدهنية في خليط زيت فول الصويا وزيت السمسم(20,80%) عند مدة القلي(0) و (20) ساعة.

المصطلحات العلمية واختصاراتها

SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
ANOVA	Analysis of Variance

ملخص البحث

هدف البحث إلى دراسة تأثير إضافة زيت السمسم بنسب مختلفة (20,15,10,0 %) إلى زيت فول الصويا خلال عملية قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2مْ في بعض الخصائص الكيميائية (رقم البيروكسيد، النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة، الرقم اليودي، النسبة المئوية للمركبات القطبية وبعض الأحماض الدهنية) والخصائص الفيزيائية (اللزوجة, قرينة الانكسار واللون) بالإضافة إلى دراسة الخصائص النوعية لأصابع البطاطا المقلية. أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية تفوق الخليط (80% زيت فول الصويا و 20% زيت السمسم) وبشكل معنوي عند مستوى ثقة ($P \leq 0.05$) من حيث الخصائص المدروسة حيث امتلك هذا الخليط أقل نسبة حموضة 0.432% مقدرة كحمض اوليك، وأقل رقم بيروكسيد 12.05 ميلي مكافئO_2 /كغ زيت، وأقل نسبة من المركبات القطبية 22.05 % والرقم اليودي 101.36غ يود/100غ زيت, واللزوجة 169.62سنتي بواز وذلك بعد 32ساعة من القلي مقارنة بزيت فول الصويا الشاهد حيث كانت النسبة المئوية للحموضة 0.89%مقدرة كحمض أوليك و رقم البيروكسيد 15.51ميلي مكافئO_2/كغ زيت, ونسبة المركبات القطبية 26.13% و الرقم اليودي 106.8 غ يود/ 100 غ زيت و اللزوجة 192.18 سنتي بواز مما يظهر أهمية استخدام زيت السمسم وخاصة بنسبة 20% في الحفاظ على ثباتية الزيت لأطول فترة زمنية ممكنة, بينما أشارت النتائج إلى تزايد ملحوظ في نسب الحمض الدهني الأوليك (C18:1) وتناقصاً في نسب كل من الحمض الدهني اللينولينيك (C18:3) واللينوليك (C18:2) بعد مرور 32 ساعة قلي و لكافة العينات المدروسة. كما أن إضافة20% من زيت السمسم إلى زيت فول الصويا أدى إلى التخفيف من الرائحة السمكية الناتجة عن زيت فول الصويا ولم يكن لإضافة زيت السمسم أي تأثير ملحوظ في كمية الزيت الممتص في عينات أصابع البطاطا المقلية .

الكلمات المفتاحية: زيت السمسم، زيت فول الصويا، التغيرات الكيميائية للزيت, رقم البيروكسيد, الرقم اليودي, المركبات القطبية, حمض اللينولينيك, أصابع البطاطا المقلية

Summary

The aim of this reseaech is study the effect of adding different proportions of sesame oil (0,10, 15, 20%) to soybean oil during potato frying process by intermittent addition system at a temperature 180±2 c̊in some chemical properties(Peroxide number, free fatty acids%, iodine number, polar compounds% and some fatty acids) and Physical properties (viscosity, refractive index and color) as well as the quality properties of fried french fries .The results of the chemical composition showed that the mixture (80% soybean oil and 20% sesame oil) had the best results significantly at the level of confidence $p \leq 0.05$. Which had less free fatty acids of 0.432% as oleic acid and less peroxide number 12.05 meq O_2 / kg oil and less polarity compounds 22.05% and the number of iodine 101.36 g / 100 g oil and number viscosity 169.62CB after 32 hours of frying Compared with controled soybean oil, the percentage of acidity was 0.89% estimated as oleic acid and the peroxide number 15.51 meqO2 / kg oil, the percentage of polar compounds 26.13% and the iodine number 106.8 g iod / 100 g oil and number viscosity 192.18CB. In addition, the results showed the importance of adding sesame oil, especially by 20% in maintaining the stability of oil during potato french fries frying with increasing in the ratio of oleic acid C18:1 and decreaseing in the proportion of both linolenic acid C18: 3 and linoleic C18: 2 during 32 hours of frying for all samples studied. The addition of 20% of sesame oil to soybean oil reduced the smell of fish from soybean oil and the addition of sesame oil had no significant effect on the amount of oil absorbed in the samples of French fries.

Keywords: Sesame oil, soybean oil, chemical oil changes , peroxide number, iodine number, polar compounds, linolenic acid, French fries.

طفح سفئ لآهك

طصقت لبه آهئ طكب ثب

Introduction and Objectives of the study

1-1- المقدمة Introduction :

تعتبر الزيوت والدهون الغذائية ثالث مكون أساسي لغذاء الإنسان بعد السكريات والبروتينات، حيث عرفت أول معلومة عن التركيب الكيميائي لها سنة 1823 م, كما أتاح التقدم العلمي معرفة مكونات الزيت المستخلص ومدى تأثيره على صحة الإنسان. وحسب وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي السورية تقدر المساحة المزروعة بالمحاصيل الزيتية بنحو 244.5ألف هكتار عام2010, و تدخل الزيوت النباتية في الصناعات الغذائية والتحويلية وتشير الاحصائيات إلى زيادة كمية الاستهلاك المحلي من الزيوت النباتية في سورية وبالتالي زيادة حجم الواردات منها.

يعد القلي أحد أهم وأقدم الطرائق المستخدمة في طهي وإعداد الطعام بسبب خصائص المنتج المرغوب الذي يجذب المستهلكين لجميع أنواع الأغذية المقلية سواء كانت لحم, سمك, خضراوات وتعتبر البطاطا الطعام الأكثر عرضة للقلي وقد ظهر لأول مرة في المطبخ المصري القديم منذ 2500 سنة قبل الميلاد. تتمثل عملية القلي بشكل رئيسي بفقدان الماء وامتصاص الزيت ونقل الحرارة. يتم القلي العميق بغمر الطعام في زيت ساخن بدرجة حرارة أعلى من درجة حرارة غليان الماء لفترة زمنية معينة والأطعمة المقلية تحظى الآن بشعبية كبيرة لنكهتها المميزة بالإضافة للقوام واللون المتشكل حيث يتحول لون سطح الطعام إلى أصفر ذهبي أو بني عاتم ويصبح الطعم ألذ, كما يتضح من منتجات السوق العالمية التي تقدر بمليارات الدولارات و الاتجاهات الحديثة في الاستهلاك العالمي للبطاطا أن البطاطا المقلية المجمدة قد ساهمت في التوسع الهائل في التجارة الدولية في هذه السلعة بزيادة قدرها 16 مرة بين 1980 –2010 م .

يتعرض الزيت أثناء القلي باستمرار لدرجات الحرارة العالية بوجود الهواء والرطوبة وفي ظل هذه الظروف تحدث العديد من التفاعلات المعقدة والتي يمكن تصنيفها على أنها أكسدة , بلمرة وتحلل مائي, بعض هذه التفاعلات تؤدي لإعطاء النكهة, الملمس, اللون وبعضها الآخر يعطي مركبات غير مرغوبة. أحد العوامل التي تساهم في جودة المنتج هو وسط القلي الذي يعتمد تدهوره على تركيب الأحماض الدهنية والحالة الأولية بالإضافة إلى وجود مضادات الأكسدة و على الرغم من ذلك فإنه من الصعب التنبؤ بمعدل تدهور الزيت بسبب العدد الكبير من العوامل

المؤثرة فيه, ولا ترتبط هذه العوامل بالوسط فحسب بل أيضاً بعملية القلي نفسها (درجة الحرارة, مدة التسخين, نوع الزيت المستخدم).

يستخدم في عملية القلي جميع أنواع الزيوت والدهون بما فيها من زيوت نباتية سائلة وزيوت نباتية مهدرجة ودهون حيوانية وذلك حسب الغرض من القلي, كما تتميز الزيوت النباتية السائلة المستخدمة في القلي عن بعضها بمحتواها من الأحماض الدهنية 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 لفائدتها. من أهم الشروط التي يجب البحث عنها هي ثباتية الزيت المختار لعملية القلي حيث ترتبط الثباتيه بتركيب الحموض الدهنية الموجودة ووجود مضادات الأكسدة الطبيعية في الزيوت أو إضافة المركبات الفينولية بأنواعها الصناعية أو الطبيعية.

تأتي أهمية هذه الزيوت من كونها : تشكل جانبًا مهمًا وأساسيًا في تغذية الإنسان لما تحتويه من طاقة تعادل تقريبًا ضعف ما يوجد في مكافئاتها الوزنية من الكربوهيدرات والمركبات البروتينية و هي مهمة وأساسية لصحة الإنسان لكونها ناقلة للفيتامينات الذوابة فيها ومركبات أخرى مولدة للفيتامينات والتي توجد على صورة ذائبة فيها بالإضافة إلى أنها تحتوي على أحماض دهنية معينة تتواجد في صورة مرتبطة، هذه الأحماض يطلق عليها اسم الأحماض الدهنية الأساسية، وقد وجد أن النقص في تناولها يؤدى إلى ظهور أعراض مرضية متنوعة, كما تلعب الزيوت والدهون دوراً هاماً في إكساب الطعام مذاقاً أفضل ونكهة مرغوبة , وعلى الرغم من ذلك فإن تناول الزيوت والدهون من شأنه أن يرفع من خطر الإصابة ببعض الأمراض المختلفة أهمها: رفع معدلات الدهون الثلاثية في الدم, رفع خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية, زيادة في الوزن و رفع معدلات ومستويات الكوليسترول في الدم.

2-1- مبررات البحث وأهدافه Research justifications and objectives

نظراً لأهمية الزيوت في النظام الغذائي واستخداماته المختلفة وذلك لأغراض متعددة كالطبخ والقلي وتصنيع العديد من المنتجات الغذائية كالعجائن وغيرها، ونظراً للاستهلاك الكبير للزيوت النباتية في قلي المواد الغذائية في المنازل والسوق المحلية وترافق هذا الاستهلاك مع عدم الدقة والتنظيم في مدة استخدام هذه الزيوت النباتية في عملية القلي, والذي لا يخضع لأي ضابط أو معيار **فقد هدفت الدراسة إلى :**

1- تحديد النسبة المثلى من خليط زيت فول الصويا وزيت السمسم من حيث الثباتية

2- دراسة الصفات الكيميائية (رقم البيروكسيد, النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة ,الرقم اليودي , المركبات القطبية)

3- دراسة الصفات الفيزيائية(اللزوجة , قرينة الانكسار , اللون)

4- دراسة تأثير القلي في نسبة الأحماض الدهنية للزيت المدروس بواسطة جهاز الكروماتوغرافيا الغازية

5- دراسة نوعية أصابع البطاطا المقلية(التركيب الكيميائي الأولي, امتصاص الزيت, الصفات الحسية)

الفصل الثاني
الدراسة المرجعية
Reference study

2- الدراسة المرجعية Literature Review :

2-1- تعريف الزيوت النباتية: Identified the vegetable oils

الزيوت النباتية أو بتعبير أخر الدهون السائلة هي عبارة عن زيوت يتم استخراجها من الثمار أو البذور بطرائق مختلفة وللزيوت استخدامات غذائية واسعة كزيوت باردة للسلطات وزيوت للقلي والطهي وكذلك في إنتاج السمن النباتي, كما أنها تدخل في العديد من المنتجات الصناعية مثل المايونيز والخردل ورقائق البطاطا وغيرها.

2-2-التركيب الكيميائي للزيوت: Chemical Composition of Oils

يقسم التركيب الكيميائي للزيوت إلى مواد قابلة للتصبن(الأحماض الدهنية و الغليسريدات) ومواد غير قابلة للتصبن(الستيرولات, الفوسفاتيدات, الفحوم الهيدروجينية, التوكوفيرولات).

2-2-1-مواد قابلة للتصبن Saponifiable Matter

- الأحماض الدهنية Fatty Acid:

تم التعرف على أكثر من 1000 نوعاً من الأحماض الدهنية الطبيعية والتي تختلف بطول السلسلة عادة (C_{12}–C_{22}) ودرجة عدم التشبع أو وجود أو عدم وجود مجموعات وظيفية أخرى مثل هيدروكسي أو الايبوكسي (Hamm وزملاؤه،2013). تؤثر الأحماض الدهنية بشكل واضح في خواص الزيوت والدهون , حيث تشكل هذه الأحماض الدهنية (96–94 %) من كتلة الغليسيريدات, بينما تشكل كتلة الغليسرول C_3H_5 فقط (6–4%). تعتبر الأحماض الدهنية الجزء الفعال في جزيئات الغليسيريدات وعليها تعتمد الخواص الفيزيائية والكيميائية للزيوت النباتية الحاوية على أعداد كبيرة من الأحماض الدهنية ذات السلاسل غير المشبعة وتختلف الأحماض الدهنية فيما بينها بعدد ذرات الكربون المشبعة أو بعدد الروابط غير المشبعة إضافة إلى اختلاف مكان الرابطة المضاعفة وطول السلسلة(C_{24}-C_4). يتكون كل حمض دهني RCOOH من قسمين مختلفين :الجذر الهيدروكربوني R ومجموعة الكربوكسيل COOH وتتميز مجموعة الكربوكسيل باحتوائها على مجموعة هيدروكسيل OH– ومجموعة كربونيل C=O<(دهان,2012)

– تصنيف الزيوت النباتية بناءاً على نسب الحمض الدسم الذي يسود في كل زيت نباتي إلى عدة مجموعات والتصنيف الأكثر قبولاً في الوقت الحاضر هو التالي:

–مجموعة زيوت حمض اللوريك: وأهم زيوت هذه المجموعة: زيت جوز الهند, وزيت النخيل.

–مجموعة زيوت حمض البالمتيك: وأهم زيوتها: زيت النخيل.

–مجموعة زيوت حمض الأوليك: أهم زيوت هذه المجموعة: زيت الزيتون, وزيت الفستق السوداني.

–مجموعة زيوت حمض اللينوليك: وأهم زيوت هذه المجموعة: زيت القطن, زيت دوار الشمس, زيت الذرة.

–مجموعة زيوت حمض اللينولينيك: وأهم زيوت هذه المجموعة: زيت الصويا, وزيت الكتان, وزيت القنب.

–مجموعة زيوت حمض الإروسيك: وأهم زيوت هذه المجموعة: زيت اللفت.

–مجموعة زيوت الحموض الهيدروكسيلية: وأهم زيوت هذه المجموعة: زيت الخروع (Rozendaalو Macrae، 2018).

- الغليسريدات Glycerides

الغليسريدات: عبارة عن أسترات الأحماض الدهنية مع الغليسرول (كحول ثلاثي الهدروكسيل), حيث يتحد مع ثلاث جزيئات أو جزيئين أو جزيئاً واحداً من الحمض الدسم Fatty Acid ليعطي ثلاثي الغليسريد, ثنائي الغليسريد أو أحادي الغليسريد(Rozendaalو Macrae، 2018)

– الغليسريدات الثلاثية Triacylglycerol:

تؤلف الغليسيريدات الثلاثية المكونات الرئيسية للزيوت (Gigliotti وزملاؤه،1993) وتتكون من ارتباط جزيء واحد من الغليسرول مع ثلاث جزيئات من الأحماض الدهنية المتجانسة أو المختلفة ونحصل على غليسريدات بسيطة عندما تكون الأحماض الدهنية الثلاثة من نوع واحد ونحصل على غليسريدات مختلفة عندما تكون الأحماض الدهنية الثلاثة مختلفة فيما بينها علماً أن بعضها يتفكك ليعطي أحادي وثنائي الغليسريد, بالإضافة لأحماض حرة. أو يمكن لها أن تدخل في تكوين الفوسفوليبيدات أو تتحول إلى سكريات أو سيترول أو مواد راتنجية أو مركبات نكهة (Zhouوزملاؤه،2008).

الاختلاف الحقيقي بين ثلاثي غليسريد وآخر يعود لأمرين :الأول يتعلق بنوع الأحماض الدهنية الداخلة في تركيب ثلاثي الغليسريد, والثاني يعتمد على الترتيب الذي تتخذه هذه الأحماض داخل ثلاثي الغليسريد, هذا الاختلاف يعكس اختلافاً في الخواص الفيزيائية والكيميائية للزيت وبالتالي اختلافاً بين أصناف النوع الواحد للزيت وبين أنواع الزيوت المختلفة(Scrimgeour ،2005).

2-2-2- مواد غير قابلة للتصبن(المواد غير الغليسيريدية) Unsaponifiable Matter

تحتوي الزيوت على مواد غير غليسيريدية بنسبة صغيرة فمثلاً الزيوت النباتية الخام تحتوي على 5% بينما تنخفض هذه المواد في هذه الزيوت بعد عمليات التكرير إلى 2% فقط وهي: الستيرولات, الفوسفاتيدات, الفحوم الهيدروجينية, التوكوفيرولات, المركبات الفينولية, الكحولات التربينية, مواد ملونة, ومواد عطرية, بالإضافة لوجود آثار من معادن(Fe,Ni,Cu), بعضها له تأثير كبير في صفات الزيت وفي عملية القلي وبعضها ليس له تأثير في صفات الزيت أو استعمالاته مثل بعض الألوان وبعض مكونات الروائح وكذلك بعض مكونات الطعم فليس وجودها ضاراً كما أنه ليس مطلوب إلا أن عملية تكرير الزيت تؤدي إلى إزالة كمية كبيرة من هذه المواد (Brenes وزملاؤه,2000).

- الستيرولات Sterols

الستيرولات: عبارة عن كحولات حلقية ذات وزن جزيئي مرتفع, تشكل غالبية الجزء غير القابل للتصبن(Piironenوزملاؤه,2000). توجد الستيرولات في الزيوت بحالة حرة أو على شكل أسترات وتقسم بحسب مصدرها إلى ستيرولات حيوانية (كوليسترول) وستيرولات نباتية (فيتوستيرول) وهي تمثل 70% من المواد غير الغليسيريدية .

- الفوسفاتيدات Phosphatides

وهي عبارة عن مركبات تكونت من أسترة جزيء غليسيرين بجزيئين من حمض دسم, وجزيء واحد من حمض الفوسفور, والمركب الناتج تعادل إحدى وظيفتيه الحمضيتين أو كليهما معاً بجزيئة واحدة من مركب أميني ما, أو مع بعض الأسس العضوية لتنتج بعض أنواع الفوسفاتيدات (Gunstone,2011).

- الفحوم الهيدروجينية Hydrocarbons

توجد الفحوم الهيدروجينية بكميات قليلة في الزيوت النباتية ومن أشهر أنواعها البريستان, السكوالين, والهيبارين.

- مواد مانعة للأكسدة Antioxidants

وهي مواد طبيعية تتواجد عادة في الزيوت بنسبة تتراوح بين 0.5-0.03% ولها أهمية كبيرة في الحفاظ على الزيوت من تأثير الأكسدة.

- الفيتامينات الذوابة في الزيوت Vitamins

تعتبر بعض الزيوت ذات أهمية غذائية لاحتوائها الفيتامينات الذوابة فيها (K,E,D,A).

- التوكوفيرولات :

تعتبر من المجموعات المهمة للمواد غير الغليسيريدية وتتواجد في جميع الزيوت والدهون الطبيعية وهي عبارة عن كحولات حلقية تلعب دور مضادات الأكسدة كما تختلف أنواعها باختلاف الجذور الأليفاتية R ومنها α-، β-، γ - توكوفيرولز.

- المواد الملونة:

ليست كل المواد الملونة في الزيوت والدهون معروفة التركيب ولكن من أكثر المواد المعروفة الكاروتينويدات والكلوروفيل والغوسيبول .

- آثار المعادن :

تحتوي الزيوت الخام بشكل دائم على كميات ضئيلة جداً من المعادن وهي الحديد والنحاس والنيكل ويعتبر وجود هذه المعادن غير مرغوب فيها لأنها تسرع من أكسدة الزيت .

2-3- زيت فول الصويا وفوائدة :

يعتبر فول الصويا من البذور الزيتية الهامة ويشكل47% من البذور الزيتية المنتجة على مستوى العالم خلال عامي2009-2008 وتحتل الولايات المتحدة المرتبة الأولى في إنتاج زيت فول الصويا (8.5مليون طن) تليها الصين والأرجنتين (2011,Gunstone). يستخدم فول الصويا

في تصنيع مواد غذائية متعددة (Gendelو2013,Zhu) نتيجة لاحتوائه على نسبة عالية من المواد البروتينية ونسبة جيدة من الزيت تتراوح بين 13 –26% ونسبة عالية من الفيتامينات .

يستخرج الزيت بالمذيبات مباشرة ويحتوي على نسبة عالية من المواد غير الغليسيريدية حوالي 1.5 – 3 %, كما يعتبر زيت فول الصويا من أهم مصادر الفوسفاتيدات وأهمها الليسيثين . يرتبط استهلاك زيت فول الصويا بانخفاض المخاطر من سرطان الثدي والبروستات (Zhuوزملاؤه,2011). يعتبر زيت جيد لكنه أقل استقراراً في درجات الحرارة العالية و يمكن لأكسدة الدهون أن تعكس مباشرة العمر الافتراضي للمنتج ,كما أن الهواء والضوء ودرجة الحرارة تسرع ردود الفعل التأكسدية التي قد تنتهي بإنتاج مركبات غير مرغوبة بالإضافة للنكهة والرائحة المرتبطة بالمواد المتطايرة منخفضة الوزن الجزيئي (Navarroوزملاؤه, 2012) وذلك يؤثر مباشرة في جودة المنتج النهائي .إن حمضي اللينوليك واللينولينيك تشكل النقاط التي تبدأ منها اكسدة الدهون والزيوت حيث يتأكسد حمض اللينولينيك الذي يحتوي على مجموعتين ميتيليتين نشطتين بسرعة أكبر من سرعة أكسدة حمض اللينوليك ومن المعلوم أن مضادات الأكسدة تقلل من أكسدة زيوت القلي لكن فعالية مضاد الأكسدة تنخفض مع ارتفاع درجة حرارة القلي(Choeو 2006,Min)

ويبين الجدول (1) التركيب الكيميائي وبعض المؤشرات النوعية لزيت فول الصويا (كاخيا,2006).

الجدول (1) التركيب الكيميائي وبعض المؤشرات النوعية لزيت فول الصويا

الحمض الدسم	% وزناً	الحمض الدسم	% وزناً
اللوريك Lauric	0 – 0.2	اوليئيك Oleic	19 – 30
الميرستيك Myristic	0.1 – 0.5	لينوليئيك Linoleic	48 – 58
بالميتيك Palmitic	7 – 12	لينولينيك Linolenic	5 – 10
الستياريك Stearic	2 – 6	الغادوليئيك Gadoleic	0.1 – 1
الأراشيديك Arachidic	0.2 –1	بالميتوليئيك Palmitoleic	0.1 – 0.5

البهنيك Behenic	0.1 – 0.5	
المؤشرات النوعية		**القيمة**
قرينة الانكسار n^{25}_D		1.4700 – 1.4760
الرقم اليودي		120 - 141
أحماض دسمة حرة		أقل من 0.5%
رقم البيروكسيد		1 - 10
التوكوفيرولات الكلية		82-168 ملغ/100غ
الستيرولات		أقل من % 0.4

(كاخيا,2006)

2-4- زيت السمسم وفوائده Benefits of Sesame Oil

السمسم (Sesamum indicum .L) هو نبات زيتي ذو قيمة غذائية عالية, تتكون بذوره بشكل رئيسي من الأحماض الأمينية الكبريتية (الميثيونين) والأحماض الدهنية الأساسية والفيتامينات والمعادن، من بينها الكالسيوم الذي يوجد بتركيز عالٍ (Arrielوزملاؤه,2006). تحتوي بذور السمسم أيضًا على مجموعة كبيرة من مضادات الأكسدة القابلة للذوبان في الدهون (السيزامين والسيزامول والسيزامولين والتوكوفيرول)، والتي تلعب دوراً مهماً في التأثيرات المعززة للصحة (Rangkadilokوزملاؤه,2010)، والتي تعمل بشكل خاص ضد العمليات المؤكسدة في الخلايا. يعتبر زيت السمسم أحد الزيوت النباتية المعروفة منذ آلاف السنين, ويستحصل من عصر بذور السمسم التي تحتوي على نسبة عالية من الزيت (حوالي 50%) مقارنة بالزيوت الأخرى ذات الإنتاجية العالية مثل زيت فول الصويا(Bedigian,2004), يستخدم في الطبخ و يعتبر ثابتا مقارنة بالزيوت النباتية الأخرى، ربما يرجع ذلك لمضادات الأكسدة الموجودة في الزيت وهو أقل عرضة لإعادة التزنخ أثناء الطبخ و ذلك بسبب ارتفاع نقطة التدخين، زيت السمسم يبقي تركيبه طبيعيا، ولايهدم عند درجات الحرارة العالية(leeو choe,2006). وهو أحد زيوت النباتات السنوية الذي يستحصل عليه في معاصر السمسم إضافة إلى إنتاج مادة الطحينة,

وتنتج الصين حوالي 40% من الإنتاج العالمي, والهند حوالي 30% إضافة إلى بورما, تركيا, المكسيك. ومن أهم الأقطار العربية المنتجة لزيت السمسم هي السودان, ومصر, وسورية. وهو من أفضل أنواع الزيوت الغذائية ويستخدم الزيت الخام مباشرة كزيت للطعام أو السلطة مثل زيت الزيتون وهو ذو لون أصفر. وهو من الزيوت ذات المحتوى العالي من المواد غير القابلة للتصبن. الثبات التأكسدي للزيت مرتفع مقارنة بالزيوت الأخرى, على الرغم من أنه يحتوي على حوالي 85% أحماض دهنية غير مشبعة, ربما لاحتوائه على مضادات أكسدة قوية كما يعتبر من الزيوت ذات الثباتية العالية تجاه الأكسدة (Abou-Gharbiaوزملاؤه,2000) ويعود ذلك إلى مضادات الأكسدة الموجودة فيه وبشكل خاص السيزامول, والسيزامين, والسيزامولين التي تعتبر من أفضل المواد الطبيعية المانعة للأكسدة.

ويبين الجدول (2) التركيب الكيميائي وبعض المؤشرات النوعية لزيت السمسم (كاخيا, 2006).

الجدول (2) التركيب الكيميائي وبعض المؤشرات النوعية لزيت السمسم

الحمض الدسم	% وزناً	الحمض الدسم	% وزناً
الميرستيك Myristic	0 – 0.2	اوليئيك Oleic	38 – 44
بالميتيك Palmitic	10 – 16	لينوليئيك Linoleic	35 – 42
الستياريك Stearic	3 – 8	لينولينيك Linolenic	0.4 – 0.6
الأراشيديك Arachidic	0.4 – 1	بالميتوليك Palmitoleic	0 – 0.3
البهنيك Behenic	0.1 – 5	ليغنوسيريك Lignoceric	0 – 0.3
المؤشرات النوعية		**القيمة**	
قرينة الانكسار n^{25}_D		1.4700 – 1.4740	
الرقم اليودي		102 – 116	
أحماض دسمة حرة		0.5كحد أقصى	
رقم البيروكسيد		1–10	

(كاخيا,2006)

2-5-مضادات الأكسدة الطبيعية والمستخدمة في الحفاظ على جودة الزيوت :

مضادات الأكسدة الصناعية مثل (رباعي بوتيل هيدروكوينون TBHQ, بوتيل هيدروكسي أنيسولBHA ، بروبيل غالات PG, بوتيل هيدروكسي تولوينBHT) (Domingos وزملاؤه,2007) مفيدة فقط لتأخير أكسدة الدهن أو الزيت أثناء التخزين والتسويق وأقل فعالية أثناء القلي وبعضها يعتبر مسرطن لذا يسمح لنا في صناعة الأغذية استخدام تلك المركبات كمضادات أكسدة ولكن ضمن حدود قانونية. يعتقد أن مضادات الأكسدة الطبيعية أكثر أماناً وأقل أذى للإنسان ويمكن أن تؤمن فوائد صحية إضافية مقارنة مع مضادات الأكسدة الصناعية, كما يفضل المستهلكون مضادات الأكسدة الطبيعية على مضادات الأكسدة الصناعية (2007,Pokorný).

زيت الزيتون يمتاز بأنه مقاوم للأكسدة وذلك بسبب محتواه المنخفض من الأحماض الدهنية متعددة عدم الاشباع مثل حمض اللينولييك C18:2 واللينولينيكC18:3 ووجود مضادات الأكسدة الطبيعية كالتوكوفيرولات والفينولات(Christyوزملاؤه,2004).

يحتوي زيت السمسم على كميات كبيرة من السيزامول (0.1%)والسيزامولين(0.4%) ويلعب دوراً مضاداً الأكسدة ونحصل على السيزامول من التحلل المائي للسيزامولين .لاحظ(Kikugawa , وزملاؤه, 1983) أن السيزامول و السيزامول ثنائي البلمرة مهم كمضادات أكسدة نشطة في بعض أنواع بذور السمسم. وقد بين(leeوزملاؤه,2008)أن إضافة زيت السمسم بنسب مختلفة إلى زيت الصويا المعد لقلي رقائق العجين أدى إلى زيادة ثباتية زيت الصويا الذي تم تخزينه في الظلام بدرجة 60 درجة مئوية . كما أجريت عدة دراسات على مزج نوعين من الزيوت مع بعضهما للتوصل إلى زيت يتميز بالصفات السابقة, كمزج زيت السمسم مع زيوت أخرى أثناء القلي حيث يحتوي زيت السمسم على نسب كبيرة من الاستيرولات النباتية دلتا-5 ودلتا-7 أفيناسيترول (Lerckerو Rodriguez,2002) وهي تزيد من مدة صلاحية زيت القلي لعمليات قلي لاحقة, وتبعاً لذلك فهي تزيد من مدة صلاحية المنتجات المقلية (Massonوزملاؤه, 2002).

أظهرت دراسة حول ثباتية زيت فول الصويا المضاف إليه زيت السمسم أثناء القلي أن معدل انخفاض حمض اللينولينيك كان أقل في زيت فول الصويا الممزوج بزيت السمسم مقارنة بزيت

فول الصويا بدون إضافة وذلك لوجود مركبات السيزامولين في زيت السمسم (Chungوزملاؤه, 2006)

وفي دراسة قام بها (Chungوزملاؤه,2006) وجدوا بأن إضافة زيت السمسم المحمص بنسبة 20,10% إلى زيت فول الصويا أثناء القلي المتقطع أدى إلى التقليل من أكسدة الدهون في المنتجات المقلية كما أن التغيرات في تركيب الزيوت كانت أقل في مزيج الزيوت مقارنة بزيت فول الصويا بدون إضافة .

أدى إضافة زيت السمسم وزيت نخالة الأرز إلى تعزيز الاستقرار التأكسدي لزيت عباد الشمس ذو الأحماض الدهنية المرتفعة (2000,Kochhar).كما أن إضافة زيت السمسم إلى زيت عباد الشمس كان له نشاط أكسدة قوي لقمع أكسدة الدهون عند درجة حرارة 60مْ حيث تفوق على زيت الشاي بكل من قيم البيروكسيد وحمض الثيوباربيوتريك (Rajaeiوزملاؤه, 2008)

أظهرت دراسة حول جودة زيت الكانولا ومزيج زيت الكانولا وزيت نخالة الأرز وزيت السمسم بنسب (3,3,94%) بعد القلي على درجة حرارة 180مْ أن ثباتية المزيج تجاه الأكسدة كانت أعلى من زيت الكانولا (Farhooshو Esmaeilzadeh,2009).

إضافة زيت السمسم أثناء تصنيع النقانق التركية المخمرة الجافة أمكن من استخدام مضادات الأكسدة الطبيعية في زيت السمسم في تحسين الجودة والحصول على منتجات آمنة (2007,Bozkurt)

هناك أعداد كبيرة من التوابل تعمل على إبطاء اكسدة المنتج ولذلك اتجهت أنظار المستهلكين حالياً نحو استخدام المركبات الفينولية الطبيعية المتواجدة في النباتات الطبية والبهارات ومستخلصاتها وقد بين (Jaswirوزملاؤه,2000) أن مستخلصات اكليل الجبل والتي تحتوي مضادات أكسدة طبيعية قللت من تدهور زيت أولين النخيل أثناء القلي المتقطع لمدة 30 ساعة لرقائق البطاطا, وفي دراسة قام بها (Sasseوزملاؤه, 2009) تبينَ بأن مضادات الأكسدة في إكليل الجبل تمنع تشكل المركبات القطبية وخاصة تحلل الغليسيريدات الثلاثية بالإضافة إلى تحسن نكهة المادة المقلية ولونها وزيادة فترة صلاحية الزيت المستخدم مقارنة مع مضادات الأكسدة الصناعية.

تعتبر الخضار والفواكه مصدر جيد لمضادات الأكسدة الطبيعية حيث بين (2002,lee) أن إضافة مسحوق السبانخ الذي يحتوي على البيتا كاروتين وفيتامين C إلى عجين الدقيق أثناء القلي بزيت فول الصويا أدى إلى خفض تكوين المركبات القطبية في الزيت.

2-6-عملية القلي :

2-6-1-أنواع القلي :

- القلي العميق Deep Frying: يتم فيه غمر المادة الغذائية في الزيت أو الدهن حتى تغمر الطبقة الخارجية حيث يمتص الطعام المقلي بين (5–40%) من الزيت (2002,Boskou) وباختصار فإن القلي العميق عبارة عن غمر المادة الغذائية في زيت ساخن ولمدة زمنية معينة (2005,Sangdehi), تتم عادة على درجة حرارة 140-200 درجة مئوية، والتي تعد نظامًا معقدًا للغاية بسبب مزيج من انتقال الحرارة والكتلة بين الغذاء ووسط القلي, يصبح النظام أكثر تعقيدًا مع استمرار عملية القلي، لأن تكوين الأطعمة المقلية يتغير باستمرار بسبب التدهور التدريجي لوسط القلي, بالإضافة إلى التفاعلات الكيميائية والفيزيائية التي تحدث مثل تشكل الجيلاتين من النشاء، تسخين البروتين، انخفاض الرطوبة و هذه التغييرات تؤدي إلى تشكيل قشرة على سطح المنتج ، وظهور اللون الذهبي ، والملمس والمذاق الجيد وبالتالي تحويل الطعام إلى منتج نهائي مرغوب فيه(ParkashKochharوGertz,2004)
- القلي السطحي : توضع فيه المادة الغذائية على سطح معدني ساخن مطلي بزيت أو دهن
- القلي السريع : يتم ذلك بتعريض الطعام لحرارة عالية وسريعة حيث أن الطبقات الخارجية للطعام ستغلق ثقوبها بسرعة بسبب الحرارة الشديدة خصوصاً في بداية عملية القلي، و سيؤدي ذلك إلى طهي الأجزاء الداخلية من الطعام بسبب البخار المتوفر.
- القلي الجاف: تقلى فيه المادة الغذائية على سطح معدني بالإعتماد على سيلان الدهون الموجودة في المادة الغذائية إلى ذلك السطح لإنضاجها.

2-6-2-التغيرات التي تحدث خلال القلي العميق:

تتعرض الزيوت والدهون أثناء عملية القلي إلى تغيرات مختلفة غير مرغوبة تؤدي إلى تدهور نوعية الزيت نتيجة لتعرضه لدرجات الحرارة العالية وتحلله بواسطة رطوبة المادة المقلية مؤدية إلى تفاعلات أكسدة وحلمهة وتفاعلات تشكل المركبات الحلقية و البلمرة والتجزئة و إنتاج مركبات متطايرة وغير متطايرة(Innawongوزملاؤه,2004), بشكل عام جزء من المركبات

المتطايرة يتبخر في الجو مع البخار بينما بعض المركبات المتطايرة المتبقية في الزيت تخضع لمزيد من التفاعلات الكيميائية أو يتم امتصاصها من قبل الأطعمة المقلية. المركبات غير المتطايرة في الزيت تغير من الخصائص الكيميائية والفيزيائية للزيت والأطعمة المقلية وبالتالي تؤثر في استقرار النكهة وجودة وملمس الأطعمة المقلية أثناء التخزين. يؤدي القلي العميق إلى تقليل نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة بالزيت ويزيد من الرغوة المتشكلة واللون واللزوجة والكثافة(DOĞAN ,2015). يتعلق مدى التدهور بالتركيب الكيميائي للزيت ومحتواه من الأحماض الدهنية غير المشبعة والمشبعة ودرجة حرارة القلي وزمنه بالإضافة إلى طريقة القلي (مستمر أو متقطع),(عميق أو سطحي) إضافة إلى نوعية المادة الغذائية.

إن التغيرات التي تحدث للزيت أثناء عمليات القلي تكون إما فيزيائية أو كيميائية أو تداخل بين الفيزيائية والكيميائية وهي كما يأتي:

2-6-2-1-التغيرات الكيميائية :

- الأكسدة Oxidation:

تحدث عملية أكسدة الدهون بثلاث طرق وهي الأكسدة الذاتيةAutooxidation والأكسدة الضوئية photooxidation والأكسدة الأنزيمية Enzyme oxidation, وتحدث الأكسدة الذاتية بصورة تلقائية, أما التعرض الزائد للضوء يؤدي إلى زيادة أكسدة الأحماض الدهنية وتوليد الجذور الحرة ويطلق على هذه العملية بالأكسدة الضوئية (Wenging,2001), أما الأكسدة الأنزيمية فتحدث نتيجة نشاط أنزيمات الأكسدة مثل أنزيم Lipoxygenase, الذي الذي يعمل على تفاعل أكسدة الحموض الدهنية متعددة عدم الاشباع مكونة الهيدروبيروكسيدات (Hydro peroxides), التي تتفاعل مع الأوكسجين لتعطي جذر البيروكسيل peroxyl radical الذي يكون شديد الألفة للتفاعل مع الجزيئات الحيوية في الخلية (Fisher,2003).

في عملية القلي العميق يتفاعل الأوكسجين مع الزيت (Cuestaوزملاؤه,1993) وإن الألية الكيميائية للأكسدة الحرارية هي آلية الأكسدة الذاتية نفسها الا أن معدل الأكسدة الحرارية أسرع من الأكسدة الذاتية (Choeو Min,2006) اذ أن التغييرات التي تحدث للدهون في عملية القلي العميق تتضمن تأثير الأكسجين والحرارة, وتتضمن الأكسدة الحرارية مراحل ثلاث وهي الابتداء Initiation والازدياد Propagation والانتهاء Termination (Choeو Min,2006).حيث في مرحلة الابتداء تتكون جذور حرة فعالة بواسطة أحد المحفزات منها الحرارة أو الضوء أو المعادن

(النحاس,الحديد) أو بوساطة أنزيم اللايبيز ثم تأتي المرحلة الثانية وتحتوي هذه المرحلة على تفاعلات عديدة ومتسلسلة حيث تتحد الجذور الحرة المتكونة في المرحلة الأولى مع الاوكسجين ليكون البيروكسيدات والأخيرة تتحد مع الهيدروجين لتكون هيدروبيروكسيدات غير مستقرة في درجات الحرارة العالية ثم تنشطر إلى مركبات وسطية كثيرة مثل الكيتونات والألدهيدات والكحولات (1996,Perkins). إن الأكسدة الحرارية تنقسم إلى مرحلتين ففي المرحلة الأولى ينخفض الرقم اليودي أما في المرحلة الثانية فيقل معدل انخفاض الرقم اليودي وتزداد اللزوجة بسرعة. إن التغيير في الرقم اليودي يعد من المؤشرات المهمة للمراحل المتقدمة لتكوين بوليميرات متعددة ولكن ليست بالأهمية نفسها في المراحل السابقة (Sahasrabudheوزملاؤه،2017)، وأوضح(2005,Shahidi) ان الأكسدة التي تحدث في عملية قلي الزيوت النباتية بصورة عامة تعتمد على مجموعة من العوامل وهي درجة عدم التشبع أو عدد الروابط المزدوجة وموقعها ووجود محفز للأكسدة ومحتوى الزيت من مضادات الأكسدة .

- **التحلل المائي Hydrolysis:**

يؤدي إلى هدم تركيب الزيوت خلال عملية القلي, حيث ينتج عنها تحلل الغليسيريدات الثلاثية Triacylglycerol بوجود رطوبة المادة الغذائية المقلية ومن ثم تؤدي إلى إنتاج الأحماض الدهنية الحرة مع الغليسيريدات الأحادية monoglycerides والغليسيريدات الثنائيةdiglycerides وكذلك الغليسيرول glycerol وبذلك يزيد من سرعة الاستحلاب وبقاء الغليسيريدات مع الأغذية وان معظم الأحماض الدهنية الحرة المتكونة تكون متطايرة وتزال من الزيت (1996,perkins). ان كمية الأحماض الدهنية الحرة الناتجة من هدم الغليسيريدات ينتج منها رائحة كريهة أو غير مرغوب فيها أي أن الزيت والغذاء المقلي يسببان في زيادة النكهات غير المرغوبة. يتأثر التحلل المائي الحراري بعوامل كثيرة منها وجود الماء بكمية كبيرة يسرع من عملية التحلل (Liوزملاؤه,2016) والتحلل المائي بواسطة الماء أسرع من البخار (1989,Pokorony). إن الأحماض الدهنية الحرة تزداد بزيادة عدد مرات القلي (Chungوزملاؤه,2004) وان تكرار تبديل زيت القلي بزيت طازج يؤدي إلى التقليل من التحلل المائي (Romeroوزملاؤه,1998) واستخدام أو وجود هيدروكسيد الصوديوم أو أي مادة قلوية أخرى منظفة للمقلاة يزيد من التحلل المائي للزيت (Nazوزملاؤه,2005). وان وجود الغليسيريدات الثنائية والأحادية والغليسيرول والأحماض الدهنية الحرة في الوسط يسرع من

تفاعلات التحلل المائي للزيوت (Frega وزملاؤه,1999) وفضلاً عن التحلل الكيميائي للغليسيريدات الثلاثية فانها تتحلل مائياً بواسطة أنزيمات اللايبيز (1993,Miller).

- **البلمرةPolymerization :**

تؤدي إلى تشكيل مركبات ذات أوزان جزيئية عالية, والمركبات المتكونة من قلي الأغذية منها متطايرة و لها دور مهم في تكوين النكهة ولكنها لا تشكل الا نسبة ضئيلة وهي (ملغم/كغم), أما نواتج التفكك الرئيسية الأخرى فهي مواد غير متطايرة وتشمل المركبات القطبية والغليسيريدات ثنائية البلمرة ومتعددة البلمرة (Choeو2006,Min) كما إن كمية المركبات الحلقية التي تتكون خلال القلي تكون أقل اذا ما قورنت مع المركبات القطبية والثنائية ومتعددة البلمرة (Dobarganesوزملاؤه,2000). ان المركبات الثنائية ومتعددة البلمرة هي مركبات ذات أوزان جزيئية كبيرة بحدود 692 إلى 1600 دالتون وتتكون بواسطة الروابط (-c-o-c-, -c-o-o-c-, -c-c-)(Kimوزملاؤه,1999), وإن تكوين هذه المركبات يعتمد على نوع الزيت المستعمل ودرجة حرارة القلي وعدد مرات القلي (Cuesta وزملاؤه,1993) وإن الزيت الحاوي على نسبة عالية من حمض اللينوليك يساهم في تكوين البلمرة بشكل أسرع مقارنة مع الزيت الحاوي على حمض الأوليك (Takeokaوزملاؤه,1997). إن تكوين مركبات متعددة البلمرة نتيجة الأكسدة الحرارية هي مركبات مسببة للرغوة حيث تحصر فقاعات البخار في الزيت وتسرع من التحلل المائي, وإن البلمرة تسبب تغير اللون إلى البني وتكوين مركبات شبيهة بالراتنجات على سطح الزيت الحار والمكشوف في المقلاة. أما البلمرة المتعددة فتشمل البلمرة الثنائية والثلاثية والرباعية ومركبات أخرى ناتجة من عملية الأكسدة والتفاعلات الحرارية. وتظهر مركبات البلمرة المتعددة بمظهر أسود على جدران و أنابيب الصفائح المعدنية للمقلاة (Sahinو2009,Sumnu).

2-6-2-2-التغيرات الفيزيائية :

- **اللزوجة Viscosity:**

تعد اللزوجة من العوامل المهمة المحددة لخواص الزيوت حيث أن الزيوت المحتوية على أحماض دهنية منخفضة الوزن الجزيئي أقل لزوجة من المحتوية على أحماض دهنية مرتفعة الوزن الجزيئي , وتقل اللزوجة بزيادة عدم التشبع وتتأثر اللزوجة بدرجة الحرارة حيث تقل اللزوجة بزيادة درجة الحرارة. كما أن للزوجة دور مهم في معرفة الأكسدة التي يتعرض لها المنتج الغذائي خلال عملية القلي وكذلك فإن اللزوجة تزداد بتكوين مركبات غير متطايرة وثنائية البلمرة

(Alimو Morton,1974) اذ أن الأكسدة تزداد بزيادة تعرض الزيت للحرارة ونتيجة لذلك تزدادا اللزوجة بالتدريج وتتضمن نواتج الأكسدة الألدهيدات والكيتونات والهيدروكربونات وكذلك عدد من مركبات البلمرة. ويعد التغير في اللزوجة وكفاءة نقل الحرارة من مؤشرات تقدم وزيادة القلي(Sahinو Sumuu,2009).

- **معامل الانكسار Refractive Index:**

يعد معامل الانكسار من الاختبارات الهامة والسريعة المستعملة في تصنيف الزيوت وكذلك في متابعة درجة الهدرجة ويستعمل لفحص الزيوت عند تعرضها للأكسدة.

يعد معامل الانكسار رقماً أساسياً وله علاقة مع الوزن الجزيئي للأحماض الدهنية وطول السلسلة الكربونية ودرجة عدم التشبع وكذلك درجة الروابط المزدوجة المتقاربة وعادة يستخدم جهاز الرفراكتومتر مع تثبيت درجة حرارته عند 25 مْ لقياس معامل الانكسار (O' Brien,2009).

- **اللون Color:**

إن معظم الزيوت والدهون النباتية تحتوي على صبغات نباتية طبيعية تشمل صبغات الكلوروفيل والكاروتين والزانثوفيل. وخلال عملية القلي يصبح لون الزيت أو الدهن داكنا بمرور الوقت . وبصورة عامة تتكون مركبات ملونة كثيرة خلال تفاعلات الأكسدة وآلية تكوين هذه المركبات غير مفهومة بشكل كامل (Maskan,2003). والتغيرات اللونية التي تحدث للأغذية المقلاة تكون ذائبة في زيت القلي وتسبب تغير لونه ويصبح الزيت داكن اللون(Lalas,2008) ومثال على ذلك التفاعل بين الغذاء والزيت حيث يتحلل ويتأكسد الزيت وتتكون مركبات بنية ناتجة من تفاعلات ميلارد (Zamoraو Hidalgo,2005)

2-6-3-التغيرات في خصائص الزيوت وتركيبها أثناء القلي العميق:

تكرار استخدام الزيت في درجات الحرارة المرتفعة وبوجود الرطوبة والهواء يسبب حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية معقدة و تعد الأحماض الدهنية الحرة والغليسيريدات الأحادية والثنائية والبوليميرات المختلفة والمتنوعة (Innawongوزملاؤه,2004) من أهم المركبات الناتجة عن تفكك الزيت حيث يذوب قسم منها في الزيت المقلي وتعرف بالمواد القطبية (IUPAC,1992) وبالتالي تتدهور جودة الزيت تدريجياً ويصبح غير صالح للاستهلاك البشري خاصة إذا كان الزيت غير حاوي على مضادات أكسدة (O'brien,2009) كما يتعلق مدى التدهور بالتركيب

الكيميائي للزيت ومحتواه من الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة ودرجة حرارة القلي وزمنه (1991,Blumenthal), إذ تحصل هذه التغيرات بسرعة كبيرة وتخضع فوق الأكاسيد الناشئة وخلال زمن قصير إلى التحلل الفوري مخلفة جذوراً حرة قابلة للأكسدة, حيث يخضع ثلاثي الغليسيريد للتفكك إلى أحماض دهنية نتيجة الحلمهة بوجود الماء ويمكن أن يحدث التحلل الحراري بدون وجود ماء وبالنتيجة سيصبح الزيت داكن اللون وتزداد لزوجته وكثافته النسبية بعد عدة مرات من القلي إضافة إلى تحطم بعض المكونات الغذائية فيه مثل الفيتامينات والأحماض الدهنية الأساسية (2001,Wenging)

- **تحلل الأحماض الدهنية :**

تعد الأحماض الدهنية الوحدة الأساسية لبناء عناصر الليبيدات التي تشمل الزيوت والدهون والفوسفوليبيدات والغلوكولبيدات والشموع وغيرها (دهان,2012).معدل أكسدة الزيت يزداد مع زيادة محتوى الأحماض الدهنية غير المشبعة لزيت القلي وهذا مايفسر كون زيت الذرة ذو المحتوى الأقل من الأحماض الدهنية غير المشبعة بالمقارنة مع زيت فول الصويا المحتوى على نسبة أعلى من الأحماض الدهنية غير المشبعة(Warnerو1996,Nelsen) وإن وجود محتوى منخفض من حمض اللينولينيك ضرورياً لأداء عملية القلي واستقرار الزيت ونوعية ونكهة الطعام المقلي حيث يعد حمض اللينوليك و حمض اللينولينيك, النقاط التي تبدأ منها أكسدة الزيوت والدهون حيث يقاس مدى استعداد المادة الدهنية النقية للأكسدة بعدد الروابط المزدوجة, وكيفية توزيعها في سلسلة الأحماض الدهنية بسبب وجود مجموعة ميتل نشطة موجودة بين رابطتين مزدوجتين تجعل حمض اللينوليك يتفاعل بسرعة تعادل عشرة أضعاف سرعة تفاعل حمض الأوليك الذي تنقصه مجموعة مثلها حيث أن أكسدة حمض اللينولينيك أثناء القلي العميق يزيد من الرائحة السمكية (2014,Bruhl). يمكن مزج العديد من الزيوت لتغيير تركيب الأحماض الدهنية للزيوت وبالتالي التقليل من الأكسدة أثناء القلي العميق (Mamatوزملاؤه,2005).

- **قيمة البيروكسيد Peroxide Value:**

تعد عملية الأكسدة السبب الرئيسي لتدهور الليبدات حيث تتكون الهيدروبيروكسيدات نتيجة التفاعل بين الأكسجين والأحماض الدهنية غير المشبعة وتعد نواتج أولية لهذا التفاعل. والبيروكسيدات الناتجة ليس لها رائحة أو نكهة ولكن عند تكسرها تكون الألدهيدات ذات رائحة

قوية غير مرغوب فيها. ويعبر عن تركيز البيروكسيد بوساطة قيمة البيروكسيد وهي عبارة عن قياس مقدار الأكسدة للبيدات في المراحل الأولى(2009,O'Brien).اذ يلاحظ خلال وقت القلي ارتفاع في قيم البيروكسيد وزيادتها مع مرور الوقت في درجة حرارة 180مْ إلى أن تبلغ القمة ثم ينخفض بسبب هدم الهيدروبيروكسيدات وتحللها إلى مركبات وسطية من الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة والألدهيدات والكيتونات (Aliوزملاؤه,2015).

- **قيمة اليود Iodine Value:**

قيمة اليود هو اختبار تجريبي يشير إلى درجة عدم تشبع الزيوت أو الدهون و يعرف بأنه عدد الغرامات من اليود الممتص من قبل 100غم زيت. خلال عملية القلي يقل الرقم اليودي للزيت مع مرور الوقت ويدل هذا على زيادة الأكسدة وتعني كسر الروابط المزدوجة بوساطة الأكسدة والبلمرة (1987,Alexander)

- **المركبات القطبية Polar Compounds:**

تعد المركبات القطبية مؤشراً لتحطم الغليسيريدات الثلاثية وتكسرها ومنها تتكون نواتج رئيسية مثل مركبات ثنائية البلمرة للغليسيريدات الثلاثية مع جزيئات ذات أوزان جزيئية بحدود 1800 وكذلك غليسيريدات أحادية(Othoerferو2007,List) ولاحظ (Sanchez-Munizوزملاؤه,1994) الزيادة في المركبات القطبية خلال قلي 200غم من البطاطا في 3 لتر من زيت عباد الشمس بدرجة حرارة 180مْ.

- **تركيب الأحماض الدهنية الكلية Fatty Acids Composition:**

إن معرفة التركيب الكيميائي للدهون أو الزيوت تعد من المؤشرات الهامة, تؤدي عملية القلي إلى خفض نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة متعددة الروابط المزدوجة PUFA وتزداد نسبة الأحماض الدهنية المشبعة (Othoeferو1996,Cooper). حيث لاحظ (Sulieman وزملاؤه,2006),ازدياد في نسبة الأحماض الدهنية : البالميتيك والستياريك والأوليك بالمقابل تقل نسبة اللينوليك عند استعمال زيت عباد الشمس لقلي البطاطا لمدة 15 ساعة. كذلك لوحظ زيادة معنوية في نسبة حمض البالميتيك وبالمقابل انخفاض في نسبة كل من الحمضين لينولييك واوليك لزيت القطن عند استعماله لقلي البطاطا على درجة حرارة 185مْ (Houhoulaوزملاؤه,2003).

2-7- التصنيف النباتي للبطاطا وأهميته :

تنتمي البطاطا Solanum tuberosum إلى الفصيلة الباذنجانية Solanaceae وتعتبر من أهم نباتاتها, وهي نبات عشبي حولي موطنة الأصلي أمريكا الجنوبية (2001,peet). تحتل البطاطا المرتبة الرابعة في الأهمية الاقتصادية على مستوى العالم وهي من السلع الرئيسية التي تستخدم في تغذية سكان العالم(2003,Mathur), حيث تستهلك طازجة أو مصنعة بشكل متزايد حيث تعد غذاء متوازن عالي المحتوى من الطاقة والبروتين والفيتامينات والمعادن (Mehdiوزملاؤه,2008).

2-7-1-التركيب الكيميائي لدرنات البطاطا:

أشار (1977,Schoenemann) أن درنات البطاطا تحتوي80-75 % ماء, 20-16% كربوهيدرات,2.5-3.2 % بروتين خام, 1.2% معادن, 0.2-0.1% دهون0.6 ألياف وبعض الفيتامينات ويختلف ذلك باختلاف الأصناف كما تعتبر مصدراً رئيسياً للطاقة حيث تحتوي على مستويات مرتفعة من الكربوهيدرات وكميات من فيتامين B.

2-7-2-التغيرات التي تحدث في الطعام أثناء عملية القلي:

انتاج مركبات نكهة مرغوبة أو غير مرغوب بها(2002,Boskou) وفقدان الرطوبة من الطعام بتبخر الماء منه بالإضافة إلى أن الأطعمة المقلية في درجة الحرارة المثالية و الوقت الكافي لها لون بني ذهبي وتنتج هذه عن ما يسمى بالتفاعل البني(تفاعل ميلارد), مطبوخة بشكل جيد ومقرمشة ولها امتصاص زيت مثالي (2015,Dogan), يميل الزيت إلى التراكم على سطح الطعام المقلي أثناء عملية القلي في معظم الحالات (Moreiraوزملاؤه,1999) وينتقل إلى داخل الأطعمة أثناء التبريد (Moreiraوزملاؤه,1997)كما أن الأغذية التي تحتوي على الليسيثين تساهم في تكوين الرغوة في المرحلة الأولى من عملية القلي (Stevenson وزملاؤه,1984).

2-7-3-امتصاص الزيت Oil Absorpation:

يعتبر المحتوى العالي من الزيت في الأغذية المقلية من العوامل المهمة والمؤثرة في مدى قبول واستهلاك هذه الأغذية من قبل المستهلك(Bungerوزملاؤه,2003). إن الطريقة التقليدية لمعرفة الزيت الممتص من قبل الأغذية هي معرفة النسبة المئوية لوزن الناتج الكلي على أساسا الوزن الرطب. حيث أن الزيت الممتص يعتمد على كمية الماء المستبدل بالزيت

(1995,Pinthus) بالاضافة إلى طرائق كثيرة لقياس كمية الزيت الممتص تم تصنيفها من قبل (Moreiraوزملاؤه,1999) ومنها الاستخلاص بالمذيبات.

2-8- المواصفة القياسية السورية لنقطة التخلص من زيوت القلي المستعملة:

عرفت المواصفة القياسية السورية م.ق.س رقم 2745 تاريخ 29/3/2003 نقطة التخلص من زيت القلي المستعمل **بأنها:** الحالة التي تصبح عندها الزيوت المستخدمة في القلي المتكرر أو المستمر مضرة بالصحة العامة, وغير صالحة للاستهلاك البشري.

كما نصت المواصفة القياسية السورية على الاعتبارات التالية لعملية القلي :

1- يجب أن يكون الزيت المستخدم في القلي مطابقاً للمواصفة القياسية الخاصة بها.

2-يجب أن تكون أوعية القلي مصنوعة من مواد معدنية صالحة لملامسة المواد الغذائية وفي حال استخدام الأوعية المصنوعة من الحديد أوالنحاس يجب أن تكون مطلية أو ملبسة بمواد مسموح بملامستها للغذاء.

3- يجب تصفية زيت القلي عند ملاحظة وجود رواسب أو مواد معلقة في وعاء القلي، كما يفضل تصفيته بعد التوقف عن القلي وقبل المباشرة من جديد.

4- ينبغي عدم ترك زيت القلي بعد استعماله مكشوفاً بل يُحفظ بعيداًعن مصادر الضوء والحرارة والهواء والرطوبة.

5- يفضل ألا تزيد درجة حرارة القلي على (204) مْ لإطالة عمر الزيت.

6- يجب تنظيف وعاء القلي مرة واحدة على الأقل أسبوعياً.

7- يجب التخلص من زيت القلي المستعمل عندما تنطبق عليه واحدة أو أكثر من الحالات الحسية التالية: عندما يصبح لونه داكناً بشكل واضح ويعرف ذلك بوضع عينة من الزيت

المستعمل في كأس شفاف ومقارنتها بعينة من نفس الزيت قبل القلي, وذو رائحة وطعم غير مرغوبين, ظهور الدخان و الرغوة بكميات كبيرة.

8- يتم التأكد من مدى صلاحية الزيت المستخدم بإجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية وفقاً لما يلي: إذا تجاوزت نسبة المركبات البوليميرية 10%, وإذا تجاوزت نسبة المركبات القطبية الكلية 25%, وإذا تجاوز النسبة المئوية للحموضة 2.5%, وإذا انخفضت درجة التدخين إلى أقل من 170° س, و إذا زادت قيمة رقم البيروكسيد 14 ميلي مكافئ.

مواد وطرائق البحث

Research materials and modalities

3- مواد البحث وطرائقه Research materials and modalities :

3-1- جمع العينات:

جمعت عينات الزيوت المدروسة من السوق المحلي خلال عام 2018 بوزن 32 ليتر لزيت فول الصويا وصالحة لمدة عامين من تاريخ إنتاجها من شركة سولينا المحلية، وزيت السمسم التجاري بوزن5 ليتر من نفس الشركة، حفظت العينات بوضعها الراهن في درجة حرارة الغرفة العادية لحين استخدامها في مخابر قسم علوم الأغذية بكلية الزراعة، جامعة دمشق على درجة حرارة الغرفة. كما جمعت عينات البطاطا(Solanum tuberosum) المالحة من نوع سبونتا بشكل عشوائي من السوق المحلية في مواسم مختلفة من انتاجه لعام 2018و2019 وبكميات 4 كغ لكل 4 ساعات قلي ثم غسلت جيداً لإزالة الأوساخ والأتربة العالقة , ثم قشرت البطاطا و قطعت إلى أصابع (5سم طول×1سم عرض×1سم ارتفاع)وغسلت بالماء البارد لإزالة النشاء ونشفت جيداً لتحضيرها لعملية القلي .

3-2- تحديد بعض المؤشرات الكيميائية لدرنات البطاطا :

قدرت البروتينات كنسبة مئوية من المادة الجافة للدرنات بحساب كمية الأزوت الكلي بعد هضم العينات بطريقة كلداهل ومن ثم تطبيق المعادلة : النسبة المئوية للبروتين = 5.7× N% حيث: 5.7هي المكافئ البروتيني للبطاطا .كما قدرت نسبة المادة الجافة للدرنات % بالتجفيف على حرارة 105 حتى ثبات الوزن. بينما تم حساب النسبة المئوية للنشاء من المعادلة الموضحة في (AOAC, 1970) كما يأتي :النسبة المئوية للنشاء = 17.55+0.98 (% للمادة الجافة - 24.18).

3-3-المعالجة الحرارية وعمليات القلي المطبقة على الزيوت ونسب خلطها:

المرحلة الأولى: وضع 2 ليتر من زيت فول الصويا كشاهد في مقلاة سعة 4 ل ماركة star way ذات منشأ كوري ومزودة بمؤقت للحرارة والوقت، سخن الزيت في المقلاة على درجة حرارة 180±2 درجة مئوية لمدة أربع ساعات تسخيناً مستمراً مع الحفاظ على درجة حرارة التسخين وقلي 4 كيلو غرام من البطاطا المقشرة والمقطعة بشكل أصابع، وبعد مرور 4 ساعات وعند

قرب انتهاء التسخين. تُرك الزيت ليبرد إلى درجة حرارة الغرفة، ثم وُزنت المقلاة مع الزيت. صُفي الزيت باستخدام مصفاة معدنية غير قابلة للصدأ، وأُخذ منه كمية محددة الوزن حوالي (20) مل، وضُعت في زجاجة عاتمة وحُفظت في البراد لحين تحليلها لاحقا، وكررت هذه العملية مدة عشرة أيام (40ساعة قلي) على الزيت نفسه مع ملاحظة إضافة كمية من الزيت تعادل الكمية المفقودة في اليوم التالي حتى يعود للوزن السابق.

المرحلة الثانية: أجُريت عمليات القلي كما وردت في المرحلة الأولى بإضافة نسب (20,15,10%) من زيت السمسم إلى زيت فول الصويا المعد للقلي.

3-4- الاختبارات الكيميائية للزيوت المدروسة:

حللت عينات زيت الصويا وخلائطها الممزوجة بزيت السمسم لتقدير رقم البيروكسيد معبراً عنه بوحدة (مللي مكافىء O_2/كغ) حسب(AOAC 28022) عام 2002، وقرينةاليود معبراً عنه بعدد غرامات اليود التي يمتصها 100غ من الزيت حسب (AOAC Cd 1-25) عام 2002، ونسبة الأحماض الدهنية الحرة مقدرة كنسبة مئوية من حمض الأوليك حسب (AOAC Ca 5a 40 -) عام 2002.

3-5- تحليل نسب الأحماض الدهنية في خلائط الزيوت بعد القلي:

حددت نسب الأحماض الدهنية لعينات الزيوت المختبرة بواسطة جهاز الكروماتوغرافيا الغازية GC17-AFW موديل Shimadzu 1998 المزود بنظام حقن Split/Splitless، بوجود وليجة زجاجية glass insert، وكاشف اللهب المتأين FID، المزود بأسطوانة غاز الهيدروجين النقي ومضخة هواء، واسطوانة هليوم نقي (الطور الحامل) وحاسوب مع برنامج إخراج البيانات والمسمى CLASS-GC10.

استخدم في التحليل عمود شعري ماركة Technokroma اسباني المنشأ يحمل الرمز TR-140533 والرقم التسلسلي M2056295، طول العمود 30 متر وقطره 0.32mm مطلي بطور ثابت من نوع TRB-WAX ثم حللت عينات الزيت وبواقع ثلاثة مكررات لكل عينة حسب الطريقة الموصى بها في المواصفة السورية لتحليل استرات الميثيل للأحماض الدهنية (المواصفة السورية 2111-ج2،1999) وفق شروط من حرارة العمود 195 درجة مئوية وحرارة الحاقن

250 درجة مئوية وحرارة الكاشف 250 درجة مئوية وتدفق الغاز الحامل 0.7 و نسبة التجزئة1:10 وحُدِّد زمن الاحتباس للأحماض الدهنية ضمن الشروط المذكورة أعلاه التي ضُبط عليها جهاز GC باستخدام تراكيب معيارية نقية للأحماض الدهنية (Standards) (FAME) والتي تم الحصول عليها من شركة Supelco الأميركية، وذلك لتحديد زمن الاحتجاز Retention Time والتقدير الكمي على أساس تناسبي بين مساحة الذروة في العينة ومساحة الذروة في المحلول القياسي ويبين الجدول (3) متوسطات زمن الاحتباس للأحماض الدهنية للمحاليل المعيارية عند حقنها في جهاز الكروماتوغرافيا الغازية في قسم علوم الأغذية :

الجدول (3) متوسطات زمن الاحتباس للأحماض الدهنية للمحاليل المعيارية

	اسم الحمض الدهني	الاسم بالعربي	الصيغة	زمن الاحتباس (دقيقة)
1	Lauric acid	حمض الغار	C14:0	3.78
2	Palmitic acid	حمض النخيل	C16:0	4.04
3	Palmitoleic acid	حمض البالميتوليك	C16:1	4.19
4	Stearic acid	حمض الشمع	C18:0	5.58
5	Oleic acid	حمض الزيت (الأولييك)	C18:1	5.87
6	Linoleic acid	حمض اللينوليئيك	C18:2	6.34
7	Linolenic acid	حمض اللينولينيك	C18:3	7.23
8	Arachidic acid	حمض الأراشيديك	C20:0	8.40
9	Gadoleic acid	حمض الأراشيدونيك	C20:1	8.71

3-6-الاختبارات الفيزيائية للزيوت المدروسة:

حددت قرينة الانكسار باستخدام جهاز رفراكتومتر نوع (Haensh-Shmid) بدرجة حرارة الغرفة 25 مئوية وفقا" لما جاء في كتاب (AOAC, 2000). كما حددت اللزوجة باستخدام جهاز قياس اللزوجة روكفيلد Visco Tester VT5 في الدرجة 25 مئوية مقدرة بوحدة سنتي بواز حسب (AOAC, 2000). وحددت المركبات القطبية باستخدام جهاز Ebro نموذج FOM 310 (صنع الماني) والذي يعتمد على مبدأ قياس فرق الكمون للمركبات القطبية خلال 20 ثانية بدرجة حرارة القلي 180 مئوية معبرً عنها بنسبة مئوية في الزيت الكلي .

3-7- تحديد لون العينات للزيوت المدروسة:

قيس لون عينات الزيت باستخدام جهاز Hunter lab meter من نوع CR-410-Chroma صنع شركة Konica minolita اليابانية بعد المعايرة بالقرص الأبيض والذي يضم تناسق

الألوان(Y=0.3224,X=0.3156,Y=87.5) والتي تعتمد على وضع العينات ضمن خلايا زجاجية دائرية بسماكة1.5سم, وقيست القيم اللونية بالجهاز على ارتفاع 7.5سم, وضبط الارتفاع بواسطة الرأس الاسطواني المعدني المزود بالجهاز .كررت عمليات القياس لكل عينة ثلاث مرات, وأخذت القيم المتوسطة للقراءات وعبر عن النتيجة وفق قيم L*,a*,b* حيث يشير مكون L*إلى درجة الاضاءةLightness وتتراوح قيمته مابين(100–0)ويشير مكون a* إلى الدرجة اللونية الواقعة مابين اللونين الأخضر والأحمر, ويشير مكونb* إلى الدرجة اللونية الواقعة مابين اللونين الأزرق والأصفر وتتراوح قيمة كل من هذين المكونين اللونيين (–120,+120).

3-8- التقييم الحسي لمعاملات البطاطا المقلية:

قيمت البطاطا المقلية حسياً عن طريق لجنة متذوقين باستخدام مقياس التقييم الحسي من Hedonic Scale, حيث أعطيت كل صفة من الصفات الحسية درجة من 5 إلى 9 (Lawlessو Heymann,1999) لجميع الخصائص (الطعم والرائحة واللون والقرمشة والجودة العامة) حيث9 تدل على صفة جيد جداً,8جيد, 7متوسط, 6مقبول, 5ضعيف.

نموذج (4)جدول اختبار تذوق عينات البطاطاالمقلية

المعاملة	الزمن/ساعة	الطعم	الرائحة	اللون	القرمشة	القبول العام
زيت الصويا (شاهد) بدون إضافة زيت السمسم	4					
	8					
	12					
	16					
	20					
	24					
	28					
	32					
	36					
	40					

90% زيت فول الصويا,10 % زيت السمسم	4					
	8					
	12					
	16					
	20					
	24					
	28					
	32					
	36					
	40					
85%زيت فول الصويا ,15 % زيت السمسم	4					
	8					
	12					
	16					
	20					
	24					
	28					
	32					
	36					
	40					
80% زيت فول الصويا ,20 % زيت السمسم	4					
	8					
	12					
	16					
	20					
	24					
	28					
	32					

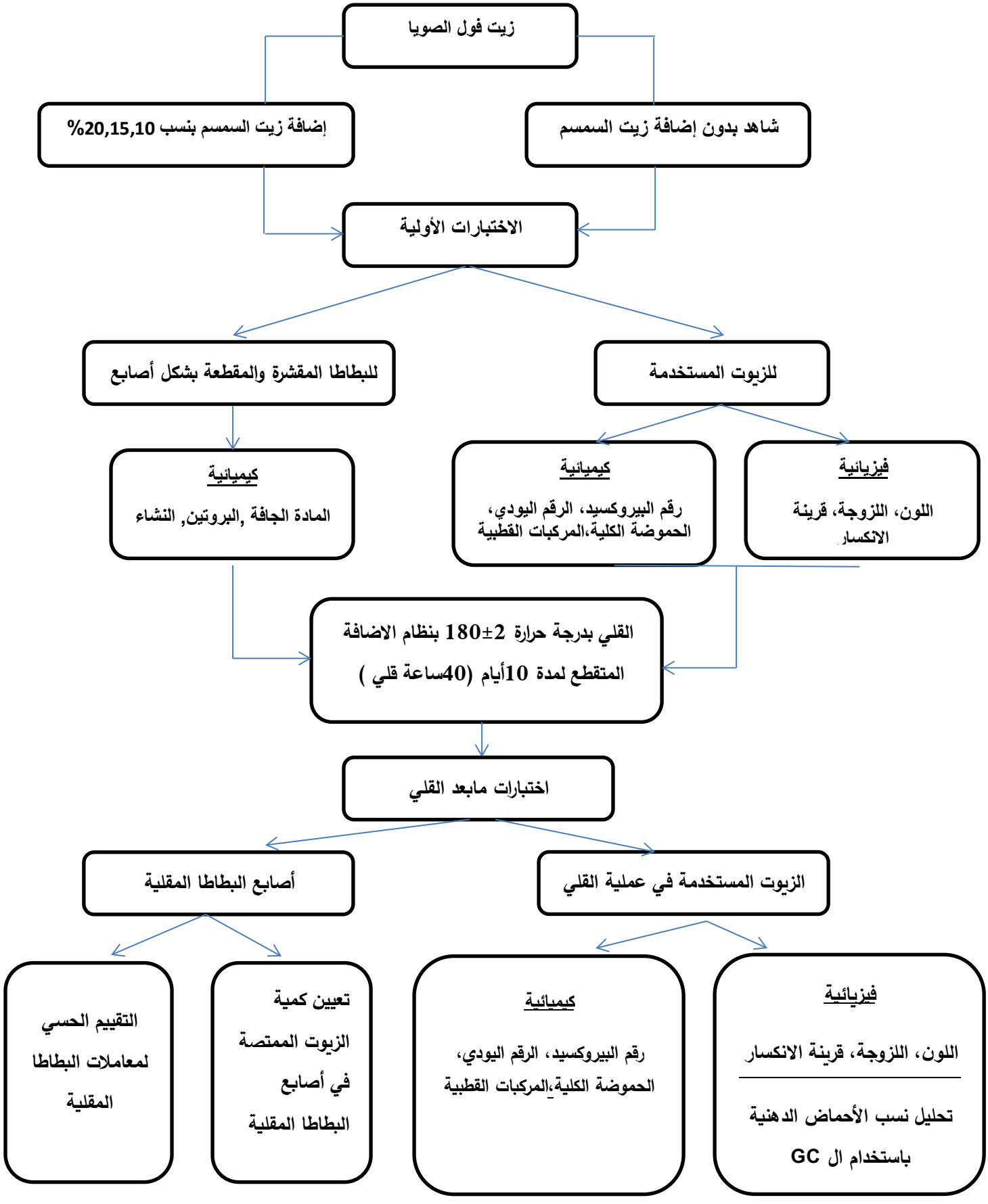
	36					
	40					

3-9- تعيين كمية الزيوت الممتصة في أصابع البطاطا أثناء عمليات القلي بزيت فول الصويا والزيوت الخليطة حسب (AOAC,2000) باستخدام 10 غرام من أصابع البطاطا المقلية وهرسها بالهكسان واستخلاصها بجهاز السوكسليت لمدة 4 ساعات وحساب كمية الدهن الممتصة مقدرة كنسبة مئوية بالحالة الرطبة.

3-10-التحليل الإحصائي للمعاملات(Statistical analysis)

صممت التجربة على أساس قطاعات عشوائية كاملة، ثم حللت النتائج المتحصل عليها من التجارب باستخدام برنامج SPSS اصدار 22 لمعرفة التباين (ANOVA) ولتحديد الفروق المعنوية وأقل فرق معنوي بطريقة (L.S.D) عند مستوى ثقة ($P \leq 0.05$) وعبر عن النتائج بالمتوسط الحسابي X والانحراف المعياري SD.

3-11- مخطط يوضح خطوات العمل :



الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

Results and discussion

4-1- تحديد الخصائص الكيميائية والفيزيائية للزيوت المدروسة:

4-1-1- رقم البيروكسيدperoxide value:

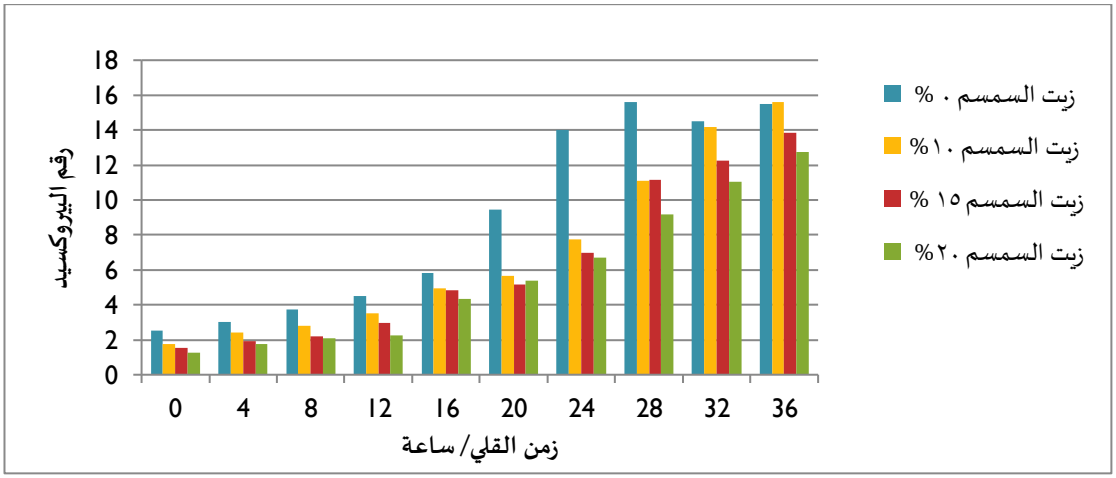
يبين الجدول (5) نتائج تغيرات متوسطات رقم البيروكسيد لزيت فول الصويا والخلائط المستخدمة في قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2 مْ، حيث لوحظ ازدياد لقيم قرينة البيروكسيد مع زيادة مدة القلي للزيوت المستخدمة، حيث كانت قيم قرينه البيروكسيد في الزمن 0 ساعة قلي 2.5و 1.75و 1.52و 1.25 ميلي مكافئo_2/كغ لكل من زيت فول الصويا الشاهد وخلائط زيت فول الصويا وزيت السمسم بنسب (90%,10%) (85%,15%) (80%,20%). على التوالي، وصلت بعد القلي لمدة 36 ساعة إلى 14.52و 15.62و 13.84و 12.72 ميلي مكافئo_2/كغ في الزيوت الآنفة الذكر وعلى التوالي، حيث لوحظ تفوق الخليط (80% زيت فول الصويا ,20% زيت السمسم) يليه الخليط (85% زيت فول الصويا,15% زيت السمسم) وبشكل معنوي عند مستوى ثقة P≤0.05على زيت فول الصويا الشاهد بدون إضافة والخليط (90% زيت فول الصويا,10% زيت السمسم) الذين كانا مخالفين للمواصفة القياسية السورية رقم 2745 لعام 2003 تبعاً لمؤشر رقم البيروكسيد بعد مرور 36 ساعة قلي، ويعزى ذلك إلى تأكسد الأحماض الدهنية غير المشبعة ذات الروابط الثلاثية والثنائية بواسطة الأوكسجين الممتص من الهواء، بالإضافة إلى أنه في درجات الحرارة العالية يتفكك الهيدروبيروكسيد وينتج عنه بعد ذلك منتجات أكسدة ثانوية أثناء التبريد، لذلك يزيد رقم البيروكسيد مع الوقت بغض النظر عن الزيت المستخدم في القلي (Debnath وزملاؤه,2012). بينما لم تصل في خلائط زيت فول الصويا وزيت السمسم (85%,15%) (80%,20%) بعد 36 ساعة قلي إلى الحد الذي تصبح بموجبه مخالفة للمواصفة ذاتها، وذلك لوجود مركبات السيزامولين في زيت السمسم وهذا يتوافق مع (chung وزملاؤه,2006). والشكل (1) يوضح تأثير إضافة زيت السمسم على قيم البيروكسيد في زيت فول الصويا خلال عملية القلي المتقطع لأصابع البطاطا بدرجة حرارة 180±2 مْ.

الجدول (5) نتائج تغيرات متوسطات رقم البيروكسيد لزيت فول الصويا والخلائط المستخدمة في قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2مْ

مدة القلي (ساعة)	رقم البيروكسيد ميلي مكافئo_2/كغ			
	زيت فول الصويا	90%زيت فول الصويا +10%زيت السمسم	85%زيت فول الصويا+15%زيت السمسم	80%زيت فول الصويا +20%زيت السمسم
	X± sd	X± sd	X± sd	X± sd
0	2.5 ±0.1^{d}	1.75±0.01^{c}	1.52±0.02^{b}	1.25 ±0.01 ^{a}
4	3.0 ± 0.5^{c}	2.4 ±0.2^{b}	1.93±0.02^{a}	1.75±0.015^{a}
8	3.74±0.01^{c}	2.8 ±0.1^{b}	2.2±0.1^{b}	2.06±0.02^{a}
12	4.5 ±0.2^{d}	3.52±0.53^{c}	2.95±0.01^{b}	2.24±0.02^{a}
16	5.84±0.46^{c}	4.96±0.02^{b}	4.86±0.02^{b}	4.36±0.36^{a}
20	9.44±0.86^{b}	5.76±0.02^{a}	5.14±0.01^{a}	5.37±0.02^{a}
24	14.02±0.02^{d}	7.75±0.02^{c}	6.98±0.01^{b}	6.68±0.02^{a}
28	15.62±0.02^{c}	11.12±0.26^{b}	11.16±0.2^{b}	9.2 ±0.2^{a}
32	15.51±0.01^{d}	12.62±0.26^{c}	12.24±0.26^{b}	12.05±0.2^{a}
36	14.52±0.01^{d}	15.62±0.01^{c}	13.84±0.02^{b}	12.72±0.26^{a}
40	12.64±0.2^{d}	12.5±0.1^{c}	15.32±0.01^{b}	14.06±0.02^{a}

تشير الأحرف المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة0.05≥ P.

X±Sd: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.



الشكل (1) تأثير إضافة زيت السمسم على قيم البيروكسيد في زيت فول الصويا خلال عملية القلي المتقطع لأصابع البطاطا بدرجة حرارة 180±2 مْ.

4-1-2.النسبة المئوية للحموض الدسمة الحرة Percentage of free fatty acids :

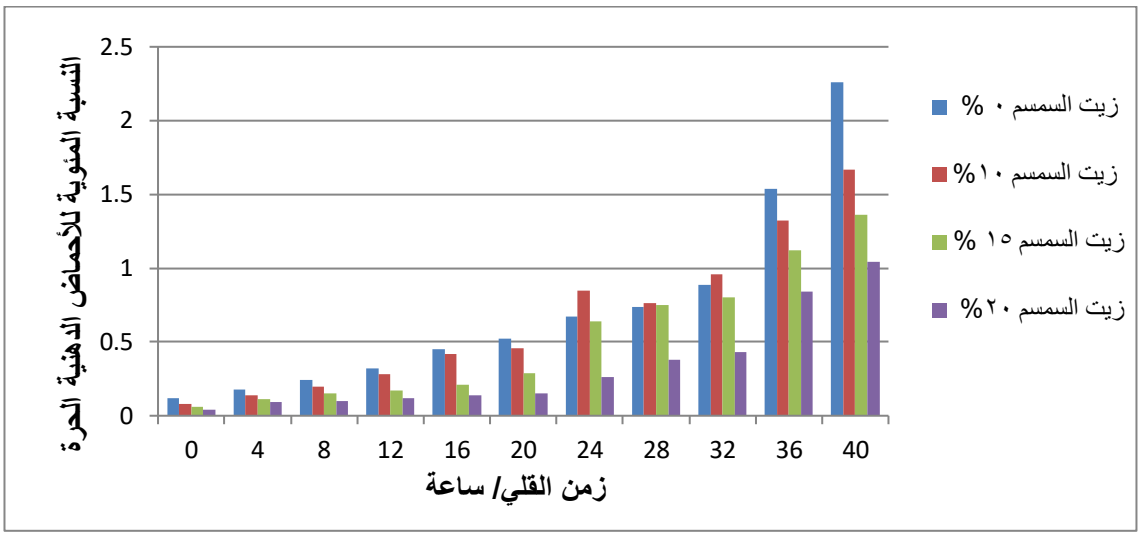
يبين الجدول (6) تغيرات متوسطات النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة مقدرة كحمض أوليك لزيت فول الصويا والخلائط المستخدمة في قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2 مْ. حيث لوحظ وجود زيادة معنوية في متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية الحرة في زيت فول الصويا (الشاهد) والزيوت الخليطة بازدياد مدة القلي، حيث بلغت النسبة المئوية للحموض الدهنية الحرة لزيت فول الصويا0.12 % في الزمن 0 ساعة قلي، وهي ضمن الحدود التي أقرت بها المواصفة القياسية السورية رقم 3770 لعام 2014، لتصل إلى2.26% بعد 40 ساعة قلي، ويمكن أن يفسر هذا الارتفاع في نسبة الأحماض الدهنية الحرة إلى تفكك جزء من الغليسيريدات الثلاثية كما أن الجلسرين المتبقي في الزيت بعد تبخر جزء من الجلسرين عند الدرجة 150مْ يعزز من انتاج الأحماض الدهنية الحرة بواسطة التحلل المائي (Nazوزملاؤه,2005)، كما يمكن أن يكون سبب هذه الزيادة حدوث تفاعلات الإماهة نتيجة ارتفاع حرارة الزيت المستخدم أثناء القلي ورطوبة المادة الغذائية الموجودة بتماس معه، أما بالنسبة للخلائط الثلاثة(90%,10%)(85%,15%)(80%,20%) زيت فول الصويا وزيت السمسم على التوالي، فقد كانت النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة (0.084 و 0.058و0.042) % على التوالي في الزمن 0 ساعة قلي ، وبعد مرور 40 ساعة قلي وصلت إلى القيم 1.67و1.36 و 1.04 % على التوالي، ونلاحظ بأن هذه القيم أقل مما هي عليه عند استخدام زيت فول الصويا الشاهد بدون إضافة زيت السمسم، حيث تفوقت وبشكل معنوي عند مستوى ثقة P≤0.05 النسبة (80%زيت فول الصويا و20%زيت السمسم) على باقي العينات المدروسة، وذلك بسبب احتواء زيت السمسم على مركبات الليغنان التي تحمي مضادات الأكسدة الموجودة في زيت الصويا من التفكك في درجات الحرارة المرتفعة وهذه النتائج تتوافق مع كل من (Chung وزملاؤه,2004) و(krishnamurthyr وزملاؤه ,2000). والشكل (2) يوضح تأثير إضافة زيت السمسم في النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة في زيت فول الصويا خلال عملية قلي أصابع البطاطابنظام الإضافة المتقطع بدرجة حرارة180±2 مْ.

الجدول(6) تغيرات متوسطات النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة لزيت فول الصويا والخلائط المستخدمة في قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2 مْ

مدة القلي (ساعة)	الأحماض الدهنية الحرة %			
	زيت فول الصويا	90%زيت فول الصويا +10%زيت السمسم	85%زيت فول الصويا+15%زيت السمسم	80%زيت فول الصويا +20%زيت السمسم
	X± SD	X± SD	X± SD	X± SD
0	0.120 ± 0.01^{c}	0.084 ± 0.04^{b}	0.058 ± 0.01^{a}	0.042 ± 0.01^{a}
4	0.181 ± 0.01^{b}	0.116 ± 0.05^{a}	0.112 ± 0.002^{a}	0.092 ± 0.01^{a}
8	0.240 ± 0.01^{d}	0.204 ± 0.001^{c}	0.156 ± 0.01^{b}	0.104 ± 0.02^{a}
12	0.322 ± 0.005^{d}	0.285 ± 0.01^{c}	0.172 ± 0.002^{b}	0.128 ± 0.002^{a}
16	0.454 ± 0.02^{d}	0.426 ± 0.006^{c}	0.216 ± 0.02^{b}	0.134 ± 0.003^{a}
20	0.520 ± 0.05^{d}	0.463 ± 0.001^{c}	0.291 ± 0.06^{b}	0.141 ± 0.03^{a}
24	0.670 ± 0.04^{d}	0.582 ± 0.1^{c}	0.647 ± 0.02^{b}	0.258 ± 0.002^{a}
28	0.740 ± 0.055^{b}	0.764 ± 0.2^{b}	0.758 ± 0.068^{b}	0.382 ± 0.049^{a}
32	0.890 ± 0.06^{b}	0.863 ± 0.3^{b}	0.802 ± 0.162^{b}	0.432 ± 0.064^{a}
36	1.540 ± 0.80^{c}	1.320 ± 0.09^{b}	1.120 ± 0.8^{b}	0.842 ± 0.07^{a}
40	2.260 ± 1.02^{c}	1.670 ± 0.24^{b}	1.360 ± 1.11^{b}	1.04 ± 1.03^{a}

تشير الأحرف المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة0.05≥ P.

X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.



الشكل (2) تأثير إضافة زيت السمسم في النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة في زيت فول الصويا خلال عملية قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع بدرجة حرارة180±2 مْ

4-1-3. المركبات القطبية Polar compounds:

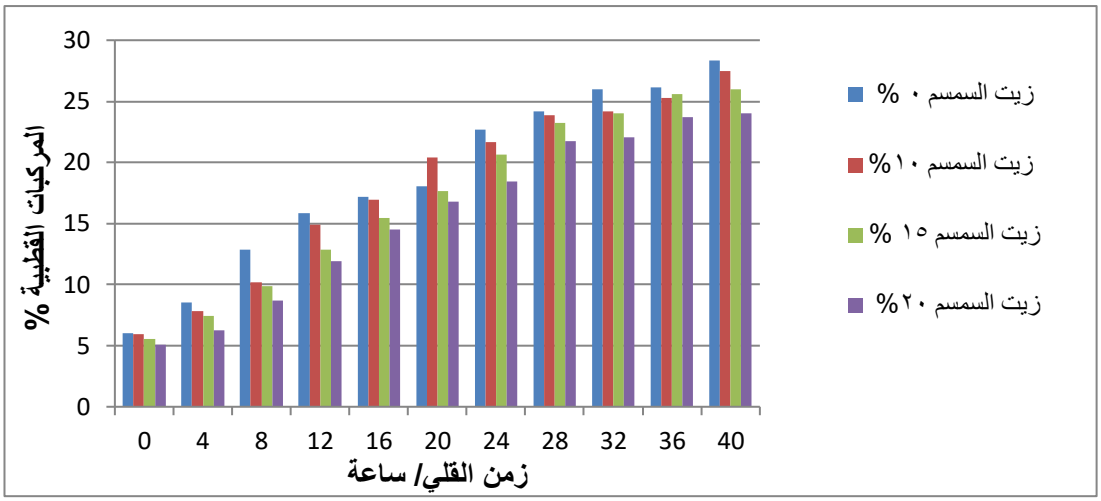
يبين الجدول (7) متوسطات النسب المئوية للمركبات القطبية لزيت فول الصويا والزيوت الخليطة المستخدمة في قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2مْ، والتي تكونت من البوليميرات والديميرات والكيتونات والألدهيدات والتي تملك قطبية أعلى من الغليسيريدات الثلاثية، حيث لوحظ بأن القطبية الكلية لزيت فول الصويا الشاهد كانت 6% في الزمن 0 ساعة قلي وازدادت تبعاً لزيادة مدة القلي لتصل إلى 28.35 بعد مرور 40 ساعة قلي مترافقاً بدكانة لون الزيت وظهور الرغوة، وتعتبر هذه القيمة مرفوضة حسب المواصفة القياسية السورية رقم 2745 لعام 2003 والتي حددت قيمة المركبات القطبية الكلية 25 % ويعود السبب في ذلك إلى تحطم جزء من بنية الغليسيريدات الثلاثية المكونة لزيت فول الصويا وتحولها إلى غليسيريدات ثنائية وأحادية وبوليميرات مختلفة (Innawongوزملاؤه،2004)، وهذا يتوافق مع ما توصل إليه (suleimanوزملاؤه,2006)، بينما أدى إضافة نسب مختلفة من زيت السمسم (20,15,10%) إلى زيت فول الصويا إلى التقليل من تشكل المركبات القطبية، وبالتالي زيادة ثباتية الزيت ليصبح صالح للاستهلاك لأطول فترة زمنية ممكنة وخاصة في الخليط (80% زيت فول صويا ,20% زيت سمسم) والذي تفوق معنوياً على باقي العينات المدروسة عند مستوى ثقة $P\leq0.05$ بعد 40 ساعة قلي بقيمة بلغت 24.01، ويفسر ذلك بالدور المهم الذي تقوم به مركبات السيزامولين الموجودة في زيت السمسم كمضادات أكسدة تحد من تشكل المركبات القطبية وفي حماية مضادات الأكسدة الموجودة في زيت فول الصويا من التفكك عند درجات الحرارة المرتفعة، وهذه النتائج تتوافق مع ما توصل إليه (Ghobadi وزملاؤه,2018).الشكل (3) يوضح تأثير إضافة زيت السمسم في نسب المركبات القطبية في زيت فول الصويا خلال عملية قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع بدرجة حرارة 180±2 مْ.

الجدول (7) متوسطات النسب المئوية للمركبات القطبية لزيت فول الصويا والزيوت الخليطة المستخدمة في قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2مْ

مدة القلي (ساعة)	المركبات القطبية%			
	زيت فول الصويا	90%زيت فول الصويا +10%زيت السمسم	85%زيت فول الصويا+15%زيت السمسم	80%زيت فول الصويا +20%زيت السمسم
	X± sd	X± sd	X± sd	X± sd
0	6.00±0.08^{d}	5.92±0.2^{c}	5.56±0.08^{b}	5.11±0.09^{a}
4	8.5±0.12 ^{d}	7.82±0.06^{c}	7.44±0.92^{b}	6.24±0.06^{a}
8	12.88 ±0.90^{c}	10.21±0.05 ^{b}	9.87±0.13 ^{b}	8.69±0.87^{a}
12	15.85±0.32 ^{d}	14.92±0.73 ^{c}	12.84±0.93 ^{b}	11.92±1.02^{a}
16	16.92±1.12 ^{b}	16.92±1.12 ^{b}	15.42 ±0.35^{a}	14.50±0.72^{a}
20	20.43 ±0.62^{c}	18.01 ±0.36^{c}	17.62±1.03 ^{b}	16.75±1.32^{a}
24	22.72± 1.03^{c}	21.16± 1.08^{c}	20.65±1.68^{b}	18.43±0.37^{a}
28	24.19±1.77^{c}	23.86±0.11^{b}	23.21±0.04^{b}	21.74±0.82^{a}
32	26.13±1.15^{b}	25.95 ± 0.20^{b}	25.28 ± 1.26^{b}	22.05±1.06^{a}
36	26.13± 0.5^{b}	25.28 ± 1.04^{b}	25.6 ± 0.5^{b}	23.5 ± 0.7^{a}
40	28.35 ± 0.76^{d}	27.5 ± 0.5^{c}	25.95 ± 0.76^{b}	24.01 ± 0.5^{a}

تشير الأحرف المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة0.05≥ P.

X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.



الشكل (3) تأثير إضافة زيت السمسم في نسب المركبات القطبية في زيت فول الصويا خلال عملية قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع بدرجة حرارة180±2 مْ.

4-1-4. الرقم اليودي Iodine value :

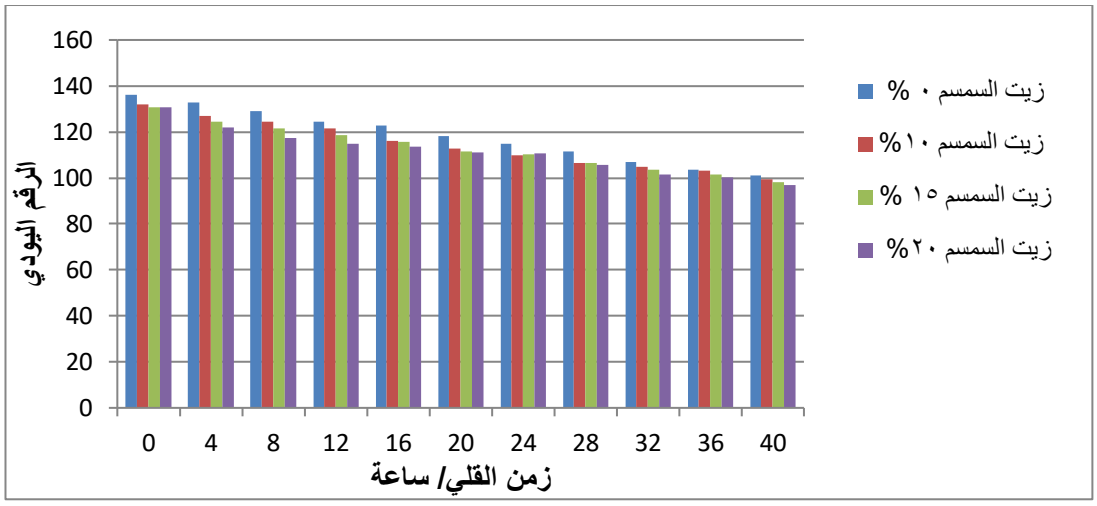
يبين الجدول رقم (8) تغيرات متوسطات الرقم اليودي لزيت فول الصويا والخلائط المستخدمة في قلي البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2 مْ. حيث يظهر انخفاض في متوسطات الرقم اليودي لزيت فول الصويا بدون أي إضافة تبعاً لزيادة مدة القلي، حيث كانت136.14 في الزمن 0 ساعة قلي، ثم انخفضت تدريجياً إلى 101.12 في الزمن 40 ساعة قلي، وذلك بسبب احتواء زيت الصويا على نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة، خاصة حمض اللينوليك C18:2 واللينولينيك C18:3 (Mcdonaldو2006,Eskin), كما انخفضت أيضاً متوسطات قيم قرينة اليود لجميع الخلائط المدروسة بزيادة فترة القلي، ويشير هذا الانخفاض في قيم متوسطات قرينة الرقم اليودي إلى تدهور زيوت القلي، نظراً لتحطم الروابط الثنائية نتيجة الأكسدة، وهذه النتائج تتوافق مع ما جاء به (Chebet وزملاؤه,2016)، حيث أدى إضافة زيت السمسم إلى زيت فول الصويا بنسب (20,15,10)% إلى التخفيف من حدة انخفاض الرقم اليودي والذي ظهر جلياً في النسبة (80%زيت فول صويا, 20%زيت السمسم) حيث بلغت قيمة متوسطات الرقم اليودي عند الزمن 0 ساعة132.13و 130.95و 130.48 وانخفضت هذه القيم خلال القلي لتصبح بعد مدة قلي 40 ساعة101.53و 100.12و 100.04 لكل من خلائط زيت فول الصويا وزيت السمسم بنسب(90%,10%) (85%,15%) (80%,20%) على التوالي. الشكل (4) يوضح تأثير إضافة زيت السمسم في الرقم اليودي في زيت الصويا خلال عملية قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع بدرجة حرارة180±2 مْ.

الجدول رقم (8) تغيرات متوسطات الرقم اليودي لزيت فول الصويا والخلائط المستخدمة في قلي البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2 مْ

مدة القلي (ساعة)	قرينة اليود			
	زيت فول الصويا	90%زيت فول الصويا +10%زيت السمسم	85%زيت فول الصويا+15%زيت السمسم	80%زيت فول الصويا +20%زيت السمسم
	X± sd	X± sd	X± sd	X± sd
0	136.14±1.68^{b}	132.13±0.39^{a}	130.95±0.24^{a}	130.48±0.5^{a}
4	132.6±1.66^{d}	126.9±0.39^{c}	124.64±0.59^{b}	122.03±0.1a
8	128.9±1.41^{d}	124.6±0.55^{c}	121.43±0.44^{b}	117.26±0.42^{a}
12	124.3±0.79^{d}	121.7±0.7^{c}	118.69±0.41^{b}	114.68±0.47^{a}
16	122.6±0.87^{d}	116.31±0.53^{c}	115.56±0.45^{b}	113.79±0.35^{a}
20	118.3±0.6^{c}	112.9±0.17^{b}	111.63±0.45^{a}	111.16±0.35^{a}
24	114.8±0.9^{b}	109.8±0.83^{a}	110.25±0.68^{a}	110.71±0.34^{a}
28	111.32±0.34^{c}	106.3±0.52^{b}	106.63±0.41^{b}	105.76±0.4^{a}
32	106.8±0.82^{d}	104.9±0.17^{c}	103.63±0.5^{b}	101.36±0.32^{a}
36	103.63±0.36^{b}	103.14±0.67^{b}	101.56±0.32^{a}	101.08±0.47^{a}
40	101.12±0.34^{a}	101.53±0.17^{a}	100.12±0.47^{a}	100.04±0.22^{a}

تشير الأحرف المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة0.05≥ P.

X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.



الشكل (4) تأثير إضافة زيت السمسم في الرقم اليودي في زيت فول الصويا خلال عملية قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع بدرجة حرارة180±2 مْ.

5-1-4.اللزوجة Viscosity:

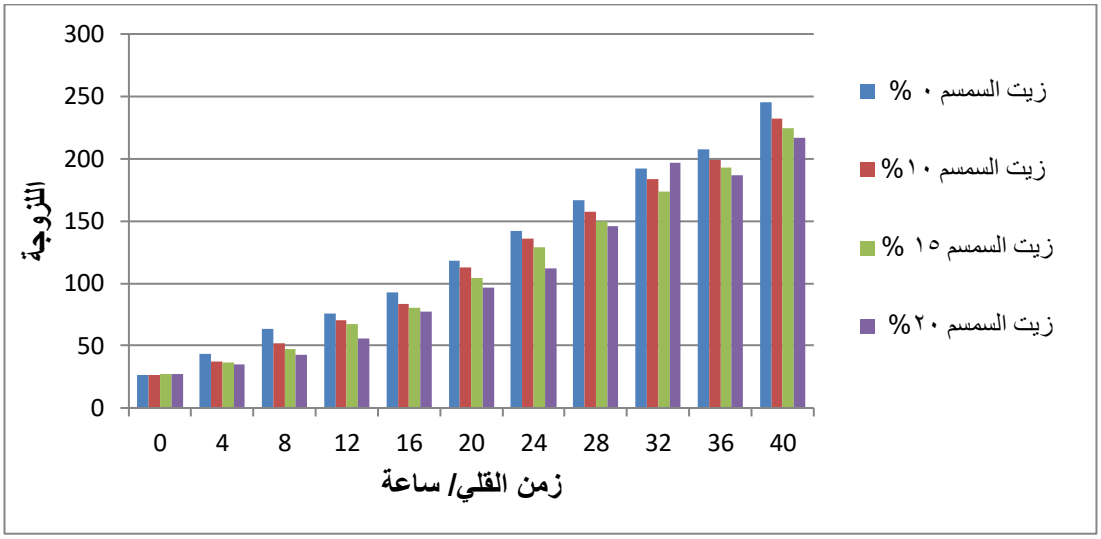
يبين الجدول (9) متوسطات قيم اللزوجة لزيت فول الصويا والخلائط المستخدمة في قلي البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2 مْ .حيث نلاحظ بأن قيم اللزوجة لزيت فول الصويا الشاهد قد كانت 26.2 سنتي بواز عند الزمن 0 ساعة وارتفعت تدريجياً حتى وصلت بعد 40 ساعة إلى 245.28 سنتي بواز والذي يعزى إلى ارتفاع درجة حرارة القلي وتسارع عمليات أكسدة الزيت بوجود الهواء والمحتوى المائي للمادة المقلية وتشكيل مركبات حلقية و زيادة اللزوجة بزيادة درجة الحرارة بغض النظر عن نوع الزيت المستخدم (Sahasrabudheوزملاؤه,2017) بينما أدى إضافة زيت السمسم إلى زيت فول الصويا بنسبه المختلفة إلى التخفيف من حدة تشكل البوليميرات الحلقية في مكونات الغليسيريدات الثلاثية بحيث وصلت قيم اللزوجة إلى232.1 و224.34 و 216.42 سنتي بواز بعد 40 ساعة لكل من النسب (90%,10%)(85%,15%)(80%,20%) زيت فول الصويا وزيت السمسم على التوالي أثناء القلي المتكرر لأصابع البطاطا وبذلك نلاحظ تفوق النسبة (80%زيت فول صويا,20% زيت السسمسم) في التقليل من حدة تغيرات تشكل البوليميرات الأحادية والمعقدة, وهذا يتوافق مع (1991,Yan). الشكل (5) يوضح تأثير إضافة زيت السمسم في قيم اللزوجة في زيت الصويا خلال عملية قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع بدرجة حرارة 180±2مْ.

الجدول (9) متوسطات قيم اللزوجة لزيت فول الصويا والخلائط المستخدمة في قلي البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2 مْ

مدة القلي (ساعة)	قيم اللزوجة / سنتي بواز			
	زيت فول الصويا	90%زيت فول الصويا +10%زيت السمسم	85%زيت فول الصويا+15%زيت السمسم	80%زيت فول الصويا +20%زيت السمسم
	X± sd	X± sd	X± sd	X± sd
0	26.2 ±1.67^{b}	26. 54 ± 1.78^{a}	27.06 ± 1.83^{a}	27.24 ± 2.27^{a}
4	43.26 ±1.43^{c}	37.4 ± 1.93^{b}	36.72 ± 1.06^{b}	35.12±2.17^{a}
8	63.11 ± 1.72^{d}	52.03 ± 2.47^{c}	47.12 ± 2.36^{b}	42.6 ±1.26^{a}
12	76.0 ± 1.86^{d}	70.5± 1.98^{c}	67.22 ± 2.26^{b}	56.03±1.05^{a}
16	92.52± 1.74^{d}	83.54 ± 2.47^{c}	80.16± 2.64^{b}	77.02 ±1.84^{a}
20	118.07± 1.65^{d}	112.77 ± 1.93^{c}	104.12 ± 2.28^{b}	96.33 ±1.54^{a}
24	142.13± 1.93^{d}	135.6 ± 0.98^{c}	129.25 ± 0.94^{b}	112.04 ±1.97^{a}
28	166.35 ± 2.17^{d}	157.22± 1.02^{c}	150.03 ±1.98^{b}	146.24 ±1.0^{a}
32	192.18 ± 2.01^{d}	183.63 ± 1.05^{c}	173.6±1.87^{b}	169.62 ±0.90^{a}
36	207.24 ± 2.28^{d}	198.77± 0.96^{c}	192.81± 1.93^{b}	186.78±0.90^{a}
40	245.28 ± 2.43^{d}	232.1 ± 2.04^{c}	224.34 ± 1.96^{b}	216.42± 0.92^{a}

تشير الأحرف المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة P ≤0.05.

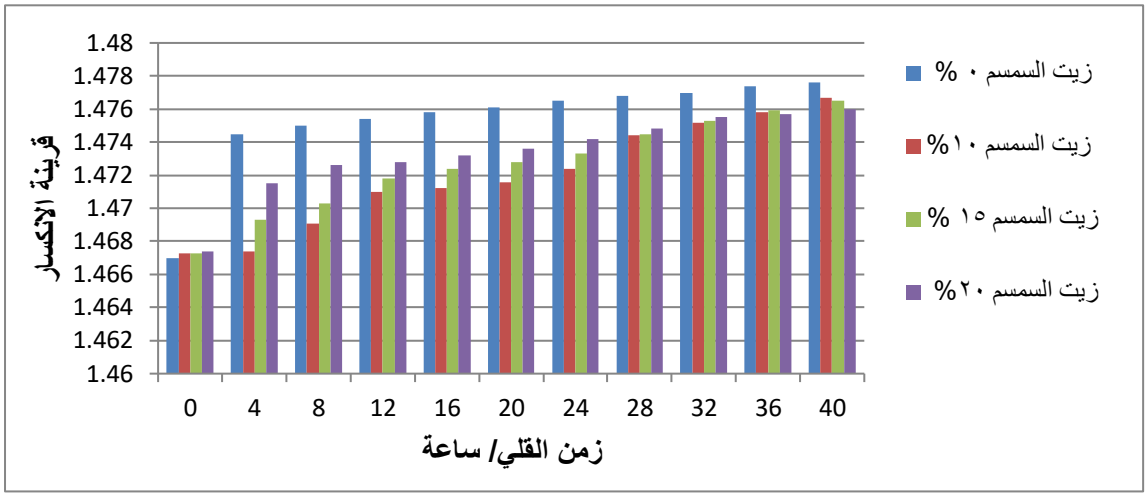
X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات



الشكل (5) تأثير إضافة زيت السمسم في قيم اللزوجة في زيت فول الصويا خلال عملية قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع بدرجة حرارة 180±2 مْ.

6-1-4. قرينة الإنكسار Refractive index:

يبين الجدول رقم (10) متوسطات قيم قرينة الإنكسار لزيت فول الصويا والخلائط المستخدمة في قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2مْ. حيث يلاحظ من الجدول بأن قيمة قرينة الانكسار في بداية التجربة عند الزمن 0 ساعة كانت1.4740 ثم ازدادت تدريجياً لتصل بعد 40 ساعة إلى 1.4784أثناء القلي المتقطع لأصابع البطاطا بدون إضافة زيت السمسم إلى زيت فول الصويا وهذا يعود إلى التحطم التدريجي لمكونات الغليسيريد الثلاثي وخاصة الحموض الدهنية غير المشبعة وهذا يتوافق مع (Chungوزملاؤه,2004) وكذلك تزداد القيم تدريجياً بشكل مستمر لجميع أنواع الزيوت الخليطة وذلك تبعاً لزيادة مدة القلي ولكن إضافة زيت السمسم إلى زيت فول الصويا أدى إلى التخفيف من حدة التغيرات في قيم قرينة الانكسار بحيث كانت 1.4730و 1.4730و1.4727 بالنسبة لخلائط زيت فول الصويا وزيت السمسم بنسب (90%,10%)(85%,15%)(80%,20%) في الزمن 0 ساعة وارتفعت تدريجياً لتصل بعد 40 ساعة إلى 1.4780و1.4779و 1.4776. الشكل (6) يوضح تأثير إضافة زيت السمسم في قيم قرينة الانكسار في زيت فول الصويا خلال عملية قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع بدرجة حرارة180±2 مْ.



الشكل (6) تأثير إضافة زيت السمسم في قيم قرينة الانكسار في زيت فول الصويا خلال عملية قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع بدرجة حرارة180±2 مْ

الجدول رقم (10) متوسطات قيم قرينة الإنكسار لزيت فول الصويا والخلائط المستخدمة في قلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2مْ.

مدة القلي (ساعة)	قرينة الانكسار			
	زيت فول الصويا	90%زيت فول الصويا +10%زيت السمسم	85%زيت فول الصويا+15%زيت السمسم	80%زيت فول الصويا +20%زيت السمسم
	X± sd	X± sd	X± sd	X± sd
0	1.4740±0.01^{a}	1.4730±0.05^{a}	1.4730±0.02^{a}	1.4727±0.01^{a}
4	1.4745±0.01^{b}	1.4734±0.01^{a}	1.4733±0.02^{a}	1.4732±0.02^{a}
8	1.4750±0.03^{b}	1.4739±0.02^{a}	1.4737±0.01^{a}	1.4736±0.02^{a}
12	1.4754±0.04^{c}	1.4744±0.01^{b}	1.4740±0.04^{a}	1.4739±0.01^{a}
16	1.4758±0.02^{c}	1.4746±0.03^{b}	1.4743±0.03^{a}	1.4742±0.03^{a}
20	1.4761±0.01^{b}	1.4750±0.02^{a}	1.4748±0.02^{a}	1.4746±0.04^{a}
24	1.4765±0.01^{b}	1.4754±0.04^{b}	1.4749±0.01^{a}	1.4749±0.02^{a}
28	1.4768±0.02^{b}	1.4757±0.02^{a}	1.4755±0.01^{a}	1.4752±0.01^{a}
32	1.4770±0.03^{d}	1.4767±0.02^{c}	1.4763±0.02^{b}	1.4757±0.03^{a}
36	1.4779±0.02^{a}	1.4777±0.01^{a}	1.4776±0.03^{a}	1.4762±0.03^{a}
40	1.4784±0.01^{a}	1.4780±0.02^{a}	1.4779±0.01^{a}	1.4776±0.01^{a}

تشير الأحرف المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات

4-1-7.الاختبار اللوني :

ويشير الجدول (11) إلى متوسط قيم الاختبار اللوني لتأثير إضافة زيت السمسم بنسب (20,15,10,0%) إلى زيت فول الصويا المعد للقلي. تتواجد الصبغات الخضراء (الكلوروفيل) بشكل رئيسي في الزيوت النباتية ومنها زيت فول الصويا وكذلك في زيت السمسم وخاصة الشكل غاما (1991,Yan). تم استخدام اللون على نطاق واسع كمؤشر لجودة الزيت وتمت مراقبته باستخدام قيم Hunter (L*,b*,a*), تتعلق درجة الإضاءة L* بدرجة نقاوة العينات ويشير مكون a* إلى الدرجة اللونية الواقعة مابين اللونين الأخضر والأحمر, ويشير مكون b* إلى الدرجة اللونية الواقعة مابين اللونين الأزرق والأصفر.

الجدول (11) إلى متوسط قيم الاختبار اللوني لتأثير إضافة زيت السمسم بنسب مختلفة إلى زيت فول الصويا المعد للقلي

المعاملة	مدة القلي (ساعة)	القراءات اللونية Hunter color		
		قيمة *L	قيمة *b	قيمة *a
		X± sd	X± sd	X± sd
زيت فول الصويا (الشاهد)	**0**	65.79±2.52^{a}	18.37±0.07^{a}	1.03±1.12^{a}
	4	64.27±2.24^{a}	24.35±0.03^{b}	2.26±1.42^{b}
	8	63.98±2.12^{a}	26.24±0.04^{c}	2.72±1.73^{b}
	12	59.72±2.24^{b}	29.07±0.09^{d}	3.75±1.08^{c}
	16	56.16±2.32^{c}	35.82±0.05^{e}	4.12±1.63^{c}
	20	54.12±2.26^{d}	37.12±0.12^{f}	4.92±1.74^{c}
	24	53.04±2.65^{d}	38.14±0.14^{i}	5.02±1.16^{c}
	28	51.28±2.53^{e}	39.27±0.1^{j}	5.73±1.08^{c}
	32	48.07±2.26^{f}	40.88±0.07^{k}	5.98±0.99^{c}
	36	47.74±2.34^{f}	41.62±0.02^{k}	6.24±1.16^{c}
	40	46.2±2.57^{f}	41.9±0.01^{k}	8.72±1.24^{d}
90% زيت فول صويا±10 % زيت سمسم	**0**	64.82±2.32^{a}	17.22±0.09^{a}	2.26±0.92^{a}
	4	64.43±2.46^{a}	18.62±0.07^{b}	2.4±1.02^{a}
	8	62.83±2.18^{b}	19.34±0.05^{c}	3.49±1.57^{b}
	12	60.48±2.63^{c}	21.64±0.1^{d}	3.81±1.16^{b}
	16	59.68±2.57^{c}	23.67±0.02^{e}	4.42±0.89^{b}
	20	58.89±2.06^{c}	25.18±0.12^{f}	5.06±1.12^{b}
	24	56.24±1.97^{d}	28.24±0.09^{i}	5.42±1.52^{b}
	28	53.97±2.24^{e}	34.37±0.01^{j}	5.86±1.63^{b}
	32	50.12±2.18^{f}	38.79±0.1^{k}	6.14±1.14^{b}
	36	50.04±2.54^{f}	40.02±0.09^{l}	7.84±1.73^{c}
	40	48.04±2.26^{g}	41.12±0.07^{m}	9.02±1.84^{d}
85%زيت فول صويا±15% زيت سمسم	**0**	63.67±2.16^{a}	15.39±0.07^{a}	2.24±0.97^{a}
	4	62.64±2.54^{b}	16.75±0.9^{b}	4.07±1.12^{b}
	8	61.06±2.07^{b}	19.76±0.02^{c}	4.12±1.67^{b}
	12	60.17±1.97^{b}	22.36±0.1^{d}	5.23±1.26^{c}
	16	59.96±2.24^{c}	24.84±0.01^{e}	5.36±0.99^{c}

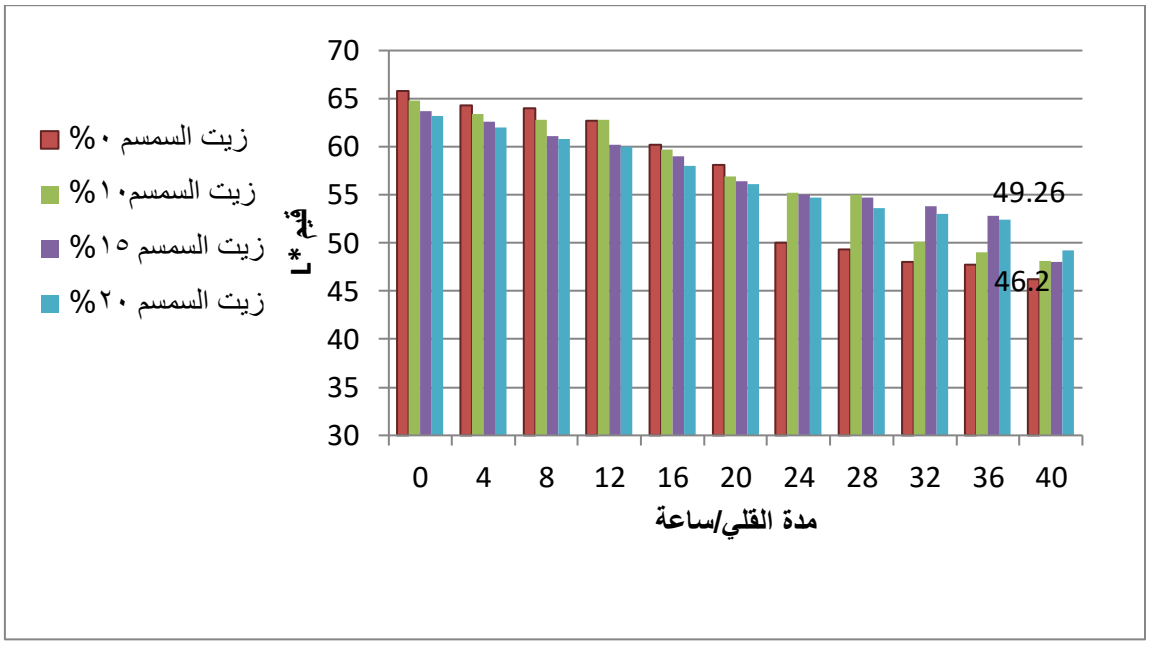
5.78±1.24^{c}	26.76±0. 6^{f}	57.43±2.72^{c}	**20**	
5.97±1.73^{c}	30.16±0.16^{i}	55.04±2.62^{c}	**24**	
6.18±1.73^{c}	34.94±0.22^{j}	54.62±2.24^{c}	**28**	
6.82±1.24^{c}	38.07±0.02^{k}	52.73±1.97^{c}	**32**	
7.96±1.82^{d}	39.14±0.1^{l}	50.82±2.06^{d}	**36**	
9.62±1.93^{e}	40.67±0.09^{m}	48.14±2.12 ^{e}	**40**	
3.07±1.28^{a}	15.47±0.08^{a}	63.18±2.07^{a}	**0**	80%زيت فول صويا±20 % زيت سمسم
4.38±1.47^{b}	16.39±0.07^{b}	62.14±1.98^{b}	**4**	
4.8±1.46^{c}	20.38±0.1^{c}	60.66±2.12^{b}	**8**	
4.92±1.27^{c}	22.78±0.01^{d}	59.02±2.24^{b}	**12**	
5.34±1.18^{c}	25.06±0.2^{e}	58.82±2.63^{b}	**16**	
6.45±0.98^{d}	27.84±0.02^{f}	57.62±2.36^{c}	**20**	
6.74±1.76^{d}	30.67±0.12^{i}	56.22±1.97^{d}	**24**	
7.06±1.6^{d}	35.62±0.07^{j}	55.34±2.02^{d}	**28**	
7.24±1.27^{d}	36.97±0.09^{k}	53.12±2.2^{d}	**32**	
8.67±1.46^{e}	37.68±0.2^{k}	50.86±2.14^{d}	**36**	
10.03±0.97^{f}	39.78±0.01^{l}	49.20±2.63^{e}	**40**	

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

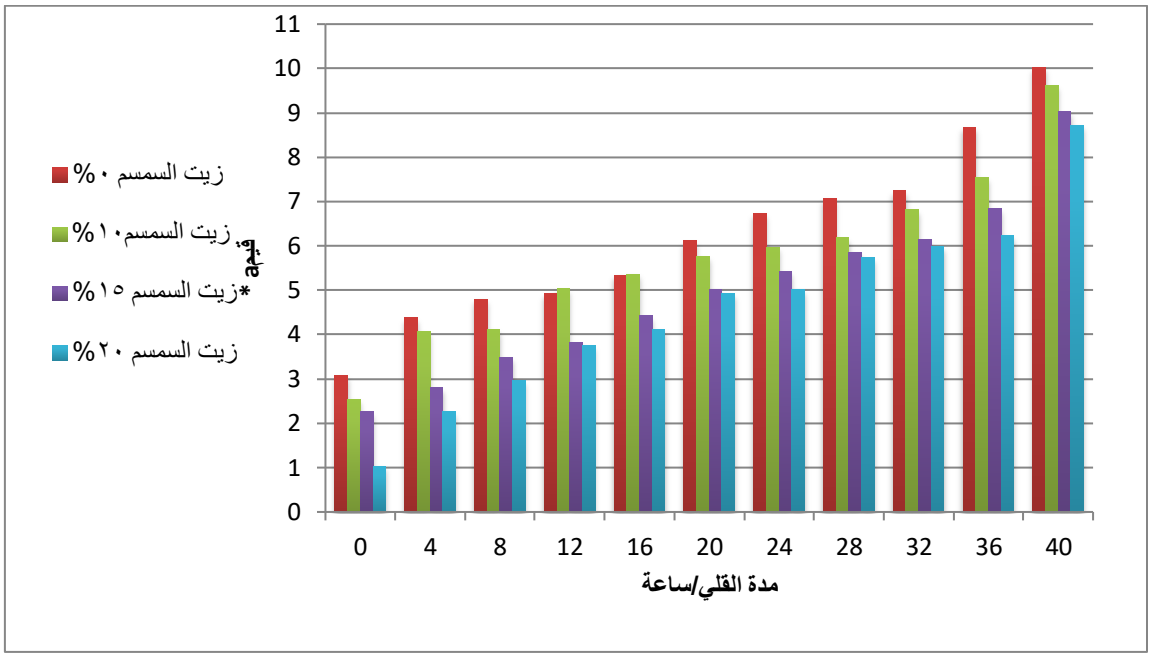
X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

نلاحظ من الجدول (11) التغيرات في اللون من الأصفر إلى اللون البني البرتقالي حيث بينت النتائج انخفاض في قيم *L خلال عمليات القلي المتكررة وبلغت قيمها في بداية التجربة 65.79و 64.82و 63.67و 63.18 عند الزمن 0 ساعة ووصلت بعد 40 ساعة قلي إلى القيم التالية 46.2و 48.04و 48.14و 49.20 لكل من زيت فول الصويا الشاهد وخلائط زيت فول الصويا وزيت السمسم (90%,10%)(85%,15%)(80%,20%) على التوالي, ويعزى هذا الانخفاض إلى التفاعلات الحاصلة من أكسدة , تحلل مائي , بلمرة وغيرها من التفاعلات الكيميائية وهذا يتوافق مع (Kusucharid وزملاؤه,2009) وزيادة في قيم *a و*b مع زيادة مدة القلي وذلك بشكل طردي حيث يعزى زيادة قيم *b إلى تشكل مركبات chroman5-6- quinones التي تتشكل نتيجة الأكسدة الجزيئية للمادة المقلية وهذا يتوافق مع (Warnerو Eskin,1995) . الأشكال(7) و (8) و(9) توضح تأثير إضافة زيت السمسم على

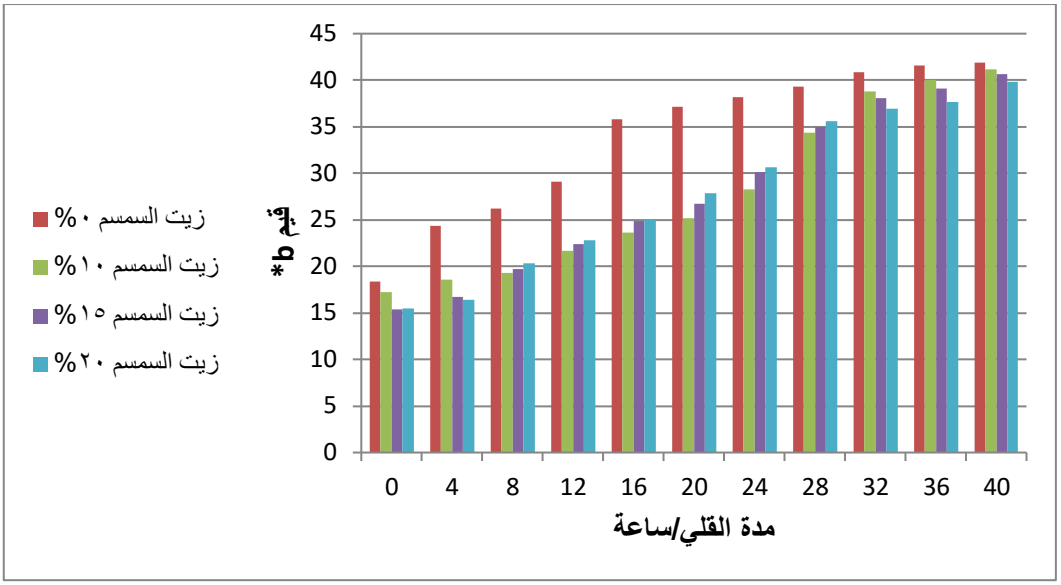
القراءات اللونية لكل من زيت فول الصويا الشاهد وخلائط زيت فول الصويا وزيت السمسم (%10,%90)(%15,%85)(%20,%80) على التوالي خلال عملية القلي.



الشكل رقم (7):تأثير إضافة زيت السمسم على قيم L* في زيت فول الصويا خلال عملية القلي



الشكل رقم (8):تأثير إضافة زيت السمسم على قيم a* في زيت الصويا خلال عملية القلي



الشكل رقم (9):تأثير إضافة زيت السمسم على قيم b* في زيت الصويا خلال عملية القلي

4-1-8.الأحماض الدهنية في زيت فول الصويا:

يبين الجدول (12) متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية في زيت فول الصويا المستخدم لقلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2 درجة مئوية, ويلاحظ أن تأثير مدة القلي كان معنوياً على مستوى ثقة $P\leq0.05$ في متوسطات النسبة المئوية للأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة في زيت فول الصويا, إن النسبة المئوية لحمضي اللينوليكC18:2 و اللينولينيك C18:3 كانت في بداية التجربة 53.91و 6.89 % على التوالي وقد انخفضت بزيادة مدة القلي حتى وصلت بعد 40 ساعة إلى 43.06و 3.27% , ويعد محتوى حمض اللينولينيك المنخفض ضرورياً لأداء عملية القلي واستقرار الزيت ونوعية ونكهة الطعام المقلي (Xuوزملاؤه,1999) باعتبار حمض اللينوليك و حمض اللينولينيك, النقاط التي تبدأ منها أكسدة الزيوت والدهون أما الأحماض الدهنية المشبعة الأوليك C18:1 والسيتاريكC18:0 و والبالميتك C16:0 فقد ازدادت أثناء القلي وكان الفرق معنوياً على مستوى ثقة$P\leq0.05$ في زيت فول الصويا, ويعزى ذلك إلى تحطم الأحماض ثلاثية وثنائية عدم الإشباع إلى أحماض أحادية عدم الإشباع وبالتالي ارتفاع نسبة حمض الأوليك في زيت الصويا. وهذا يتوافق مع (Peersو Swoboda, 1982).

الجدول (12) متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية في زيت فول الصويا المستخدم لقلي أصابع البطاطا بنظام الإضافة المتقطع على درجة حرارة 180±2مْ

مدة القلي (ساعة)	الأحماض الدهنية في زيت فول الصويا				
	اللينولينيك C18:3	اللينوليك C18:2	الأوليك C18:1	السيتاريك C18:0	البالمتيك C16:0
	X± sd	X± sd	X± sd	X± sd	X± sd
0	6.89±0.7^{a}	53.91±1.14^{a}	24.05±0.32^{a}	4.49±0.67^{a}	10.32±0.35^{a}
4	5.97±0.64^{ab}	52.85±1.37^{b}	24.32±0.43^{ab}	4.74±1.34^{ab}	10.51±0.23^{ab}
8	5.69±0.74^{b}	52.61±1.28^{bc}	24.93±0.27^{ab}	4.79±1.47^{ab}	10.53±0.23^{ab}
12	5.46±0.66^{bc}	51.41±1.38^{c}	25.11±0.68^{b}	4.92±0.65^{b}	11.29±0.78^{b}
16	5.30±0.01^{bc}	51.56±0.89^{c}	25.30±0.36^{bc}	4.93±1.34^{bc}	11.36±0.04^{bc}
20	5.07±0.25^{bcd}	50.21±1.25^{d}	25.44±0.17^{bc}	4.97±1.03^{bc}	11.49±0.55^{bc}
24	4.66±0.01^{cde}	48.93±0.73^{de}	27.69±0.26^{c}	5.03±0.72^{bcd}	11.58±0.48^{bc}
28	4.23±0.17^{cdef}	47.84±0.79^{de}	28.2±0.67^{cd}	5.12±0.78^{cde}	11.69±0.78^{bc}
32	4.16±0.26^{def}	47.62±0.72^{e}	29.67±1.02^{d}	5.27±0.43^{def}	11.86±0.28^{bc}
36	4.01±0.07^{ef}	45.65±1.53^{f}	30.43±0.86^{e}	5.32±1.26^{ef}	12.67±1.04^{c}
40	3.27±0.05^{f}	43.06±1.36^{g}	32.6±0.79^{f}	5.43±1.66^{f}	12.75±0.63^{c}

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

4-1-9.الأحماض الدهنية في خليط (90% زيت فول صويا+10%زيت السمسم):

يبين الجدول (13) متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية في خليط (90%زيت فول الصويا +10%زيت السمسم) و يُلاحظ انخفاض متوسطات النسب المئوية لحمضي اللينولينيك واللينوليك في الخليط مع زيادة مدة القلي حيث كانت في الزمن 0 ساعة 6.13 و 52.44% وبعد 40 ساعة وصلت إلى 3.01 و 44.65%, و ارتفاع متوسطات النسب المئوية لحمض الأوليك والأحماض الدهنية المشبعة مع زيادة مدة القلي أيضاً. وبالمقارنة مع زيت فول الصويا الشاهد نلاحظ بأنه لم يكن هناك أي فرق ملحوظ .

جدول (13): متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية في خليط (90%زيت فول الصويا +10%زيت السمسم)

مدة القلي (ساعة)	الأحماض الدهنية في خليط (90%زيت فول الصويا +10%زيت السمسم)				
	اللينولينيك C18:3	اللينوليك C18:2	الأوليك C18:1	السيتاريك C18:0	البالمتيك C16:0
	X± sd	X± sd	X± sd	X± sd	X± sd
0	6.13±0.17^{a}	52.44±0.59^{a}	24.29±0.1^{a}	4.04 ±0.03^{a}	10.43 ±0.13^{a}
4	5.68±0.54^{ab}	51.58 ±0.5^{ab}	25.12±0.6^{ab}	4.22 ± 0.08^{ab}	10.58 ±0.17^{ab}
8	5.35±0.49^{b}	50.52±0.39^{b}	25.28±1.16^{ab}	4.41 ±0.1^{ab}	10.92 ±0.13^{ab}
12	5.14±0.35^{bc}	49.11±1.00^{c}	25.56±0.97^{ab}	4.69 ±0.07^{b}	11.02 ±0.09^{ab}
16	4.92±0.09^{bc}	48.41±0.57^{cd}	25.91±1.33^{ab}	4.89 ±0.19^{bc}	11.08 ±0.05^{b}
20	4.81±0.20^{bc}	46.88±0.43^{d}	26.61±0.96^{ab}	4.96 ±0.13^{bc}	11.34 ±1.01^{bc}
24	4.78±0.51^{c}	46.76±1.02^{de}	27.14±0.56^{ab}	5.21 ±0.48^{c}	11.55 ±0.22^{bc}
28	4.07±0.60^{d}	45.96±0.60^{de}	28.79±1.03^{b}	5.25 ±0.30^{cd}	12.17 ±0.16^{c}
32	3.91±0.48^{de}	45.8±0.65^{de}	30.78±1.00^{c}	5.34 ±0.25^{cd}	12.41 ±0.13^{c}
36	3.51±0.91^{de}	44.76±0.62^{e}	32.90±0.88^{d}	5.36 ±0.15^{cd}	12.64 ±0.07^{cd}
40	3.01±0.32^{e}	44.65±0.51^{e}	34.09±1.20^{e}	5.85 ±1.02^{d}	12.95 ±0.15^{d}

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة P ≤0.05.

X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

4-1-10.الأحماض الدهنية في خليط (85%زيت فول الصويا+15%زيت سمسم):

يبين الجدول رقم(14) متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية في خليط(85%زيت فول الصويا+15%زيت سمسم) المستخدم لقلي أصابع البطاطا. ويُلاحظ من الجدول انخفاض متوسطات النسب المئوية لحمضي اللينوليك C18:2 واللينولينك C18:3 مع زيادة فترة القلي حتى وصلت بعد 40ساعة قلي إلى43.91 و3.07 % على التوالي أما متوسطات النسب المئوية لكل من حمض الأوليك والستياريك والبالميتك كانت 24.40و 4.13و 10.74% و ارتفعت بزيادة مدة القلي حتى وصلت بعد 40 ساعة قلي إلى 34.15و 6.10 و 12.97% على التوالي .

الجدول (14) متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية في خليط(85%زيت فول الصويا+15%زيت السمسم)

الأحماض الدهنية في خليط (85%زيت فول الصويا+15%زيت السمسم)					مدة القلي (ساعة)
البالمتيك C16:0	السيتاريك C18:0	الأوليك C18:1	اللينوليك C18:2	اللينولينيك C18:3	
X± sd	X± sd	X± sd	X± sd	X± sd	
10.74±0.30^{a}	4.13±0.09^{a}	24.40±0.18^{a}	51.85±0.63^{a}	6.02±0.16^{a}	0
11.02±0.26^{ab}	4.25±0.07^{ab}	24.74±0.46^{ab}	51.03±0.17^{ab}	5.67±0.57^{ab}	4
11.2±0.42^{ab}	4.41±0.07^{ab}	24.97±0.35^{ab}	50.58±0.35^{ab}	5.48±0.59^{ab}	8
11.27±0.14^{b}	5.02±0.52^{b}	25.42±0.55^{b}	49.14±0.93^{b}	5.37±0.36^{ab}	12
11.38±0.20^{bc}	5.11±0.5^{bc}	26.02±0.85^{bc}	47.83±0.31^{c}	4.78±0.12^{b}	16
11.43±0.44^{bc}	5.23±0.13^{bc}	26.67±0.19^{c}	46.45±0.49^{d}	4.67±0.14^{bc}	20
11.80±0.12^{c}	5.49±0.27^{bcd}	27.53±0.51^{cd}	45.96±0.78^{de}	4.38±0.51^{bc}	24
11.99±0.14^{cd}	5.62±0.23^{bcde}	28.48±0.55^{d}	44.97±0.13^{e}	4.17±0.60^{bc}	28
12.34±0.22^{d}	5.78±0.07^{cdef}	31.01±0.37^{e}	44.38±0.46^{ef}	3.48±0.44^{c}	32
12.63±0.16^{de}	5.96±0.06^{def}	32.94±0.12^{f}	44.18±0.67^{ef}	3.23±0.16^{c}	36
12.97±0.14^{e}	6. 10± 0.24^{f}	34.15±1.28^{g}	43.91±0.97^{f}	3.07± 0.28^{c}	40

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

4-1-11.الأحماض الدهنية في خليط (80%زيت فول الصويا+20%زيت سمسم):

يبين الجدول رقم(15) متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية في خليط(80%زيت فول الصويا+20%زيت السمسم) المستخدم لقلي أصابع البطاطا, ويُلاحظ من الجدول انخفاض متوسطات النسب المئوية لحمضي اللينوليك واللينولينك حيث كانت في بداية التجربة 49.81و 5.98% ووصلت بعد 40ساعة قلي إلى 37.89و 2.83% على التوالي مع زيادة فترة القلي أما متوسطات النسب المئوية لحمض الأوليك والأحماض الدهنية المشبعة فقد ارتفعت بزيادة مدة القلي ونلاحظ بأن الخليط (80%زيت فول الصويا+20%زيت سمسم) قد تفوق على زيت فول الصويا والخلائط الأخرى بقيم بلغت 35.12و 6.12و 13.17% لكل من حمض الأوليك والستياريك والباليميتيك على التوالي ويعزى ذلك إلى وجود مركبات السيزامول والسيزامولين

الجدول (15) متوسطات النسب المئوية للأحماض الدهنية في خليط(80%زيت فول الصويا+20%زيت السمسم)

الأحماض الدهنية في خليط (80%زيت فول الصويا+20%زيت سمسم)					مدة القلي (ساعة)
البالمتيك C16:0	السيتاريك C18:0	الأوليك C18:1	اللينوليك C18:2	اللينولينيك C18:3	
X± sd	X± sd	X± sd	X± sd	X± sd	
10.81 ± 0.18^{a}	4.21 ± 0.15^{a}	25.2 ± 0.44^{a}	49.81 ± 0.35^{a}	5.98 ± 0.09^{a}	0
11.01 ± 0.08^{ab}	4.30 ± 0.12^{ab}	25.32 ± 0.3^{ab}	49.14 ± 0.08^{ab}	5.18 ± 0.15^{ab}	4
11.29 ± 0.49^{ab}	4.48 ± 0.13^{ab}	26.03 ± 0.07^{b}	48.45 ± 0.48^{b}	4.38 ± 0.12^{b}	8
11.33 ± 0.05^{b}	4.81 ± 0.36^{b}	27.04 ± 0.07^{c}	47.22 ± 0.18^{c}	4.15 ± 0.07^{bc}	12
11.42 ± 0.30^{bc}	4.93 ± 0.44^{bc}	27.74 ± 0.18^{cd}	45.6 ± 0.44^{d}	3.98 ± 0.04^{bc}	16
11.65 ± 0.25^{bc}	5.25 ± 0.14^{c}	29.03 ± 0.08^{d}	44.58 ± 0.55^{e}	3.67 ± 0.14^{c}	20
11.91 ± 0.06^{c}	5.42 ± 0.32^{cd}	30.43 ± 0.19^{e}	42.97 ± 0.09^{f}	3.41 ± 0.47^{cd}	24
12.04 ± 0.2^{cd}	5.58 ± 0.24^{cd}	31.42 ± 0.54^{f}	40.68 ± 0.53^{g}	3.27 ± 0.35^{cd}	28
12.34 ± 0.23^{cd}	5.77 ± 0.06^{cd}	32.03 ± 0.34^{fg}	39.59 ± 0.49^{h}	3.02 ± 0.04^{d}	32
12.87 ± 0.08^{d}	6.01 ± 0.05^{d}	33.96 ± 0.09^{g}	38.87 ± 0.1^{hi}	2.91 ± 0.09^{e}	36
13.17 ± 0.08^{d}	6.12 ± 0.30^{d}	35.12 ± 0.21^{h}	37.89 ± 0.20^{i}	2.83 ± 0.15^{e}	40

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

4-2- الخصائص الكيميائية والحسية لعينات البطاطا المدروسة:

4-2-1. بعض المؤشرات الكيميائية للبطاطا نوع spunta

بينت نتائج متوسطات الاختبارات الأولية لأصابع البطاطا قبل عملية القلي أن المادة الجافة كانت 19.7% ونسبة النشاء16.2 %بينما نسبة البروتين 0.56 % وهي تتوافق مع (Abbasوزملاؤه,2011) وتعد هذه الاختبارات مهمة لمعرفة فيما إذا كانت البطاطا مناسبة لعملية القلي من حيث محتوى المادة الجافة والنشاء والبروتين والتي تعد من العوامل المحددة لجودة أصابع البطاطا المقلية .

4-2-2. -كمية الزيت الممتص في العينات المدروسة:

يبين الجدول (16) متوسطات كمية الزيت الممتص في عينات أصابع البطاطا المقلية مقدرة كنسبة مئوية من المادة الغذائية بالحالة الرطبة حيث نلاحظ بأنه لا يوجد فرق ملحوظ لكمية

الزيت الممتصة سواء تمت عملية القلي باستخدام زيت فول الصويا بدون إضافة أو استخدام الزيوت الخليطة حيث أن كمية الزيت الممتص تتعلق بكمية المواد النشوية في المادة الغذائية وكمية الرطوبة المفقودة من المادة الغذائية (Garcia-Ariasوزملاؤه,2003).

الجدول (16) متوسطات كمية الزيت الممتص في عينات أصابع البطاطا المقلية مقدرة كنسبة مئوية

كمية الزيت الممتص					
رقم العينة	مدة القلي /ساعة	زيت فول الصويا	90%زيت فول الصويا +10%زيت السمسم	85%زيت فول الصويا+15%زيت السمسم	80%زيت فول الصويا +20%زيت السمسم
		X± sd	X± sd	X± sd	X± sd
1	4	23.67 ± 0.7^{a}	24.06 ± 0.01^{a}	24.2 ± 0.61^{a}	22.8 ± 0.02^{a}
2	8	26.01 ± 1.2^{b}	25.7 ± 0.02^{b}	24.56 ± 0.5^{a}	26.04 ± 0.05^{b}
3	12	24.8 ± 0.9^{b}	24.8 ± 0.001^{b}	25.72 ± 0.35^{a}	28.36 ± 0.02^{c}
4	16	23.7 ± 1.1^{b}	26.03 ± 0.04^{c}	28.32 ± 0.61^{b}	24.64 ± 0.08^{d}
5	20	30.2 ± 2.1^{c}	26.24 ± 0.003^{c}	26.2 ± 0.25^{c}	24.77 ± 0.03^{d}
6	24	26.47 ± 2.1^{d}	25.82 ± 0.02^{c}	26.46 ± 0.04^{c}	26.24 ± 0.02^{e}
7	28	28.5 ± 1.1^{d}	28.04 ± 0.01^{d}	25.62 ± 1.21^{c}	25.82 ± 0.08^{e}
8	32	26.4 ± 0.7^{e}	27.8 ± 0.01^{d}	26.7 ± 1.62^{d}	27.34 ± 0.06^{f}
9	36	28.24 ± 1.5^{e}	26.72 ± 0.01^{d}	25.64 ± 1.41^{d}	26.45 ± 0.03^{f}
10	40	25.6 ± 1.3^{f}	26.84 ± 0.02^{d}	26.32 ± 1.62^{d}	26.74 ± 0.04^{f}

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

4-2-3. التقييم الحسي لعينات البطاطا المقلية:

يبين الجدول (17) نتائج اختبارات التذوق لعينات البطاطا حيث توضح النتائج وفق الدرجات الأتية: 9(جيد جداً) , 8(جيد) , 7(متوسط) , 6(مقبول) , 5(ضعيف) وذلك بحسب ماورد في (Lawlessو Heymann ,1999). حيث يلاحظ أن أصابع البطاطا المقلية في الخليط (80% زيت فول الصويا و10% زيت السمسم) قد تفوقت معنوياً على مستوى ثقة $p\leq0.05$ في ثبات كل من الطعم والرائحة واللون والقرمشة والقبول العام في حين انخفضت القيم في كل من الطعم والرائحة واللون والقرمشة والقبول العام لأصابع البطاطا المقلية في عينة زيت الصويا بدون إضافة وكل من الخلائط (90% زيت الصويا و10% زيت السمسم),(85 % زيت الصويا

و15% زيت السمسم). وقد لوحظ أن إضافة زيت السمسم بنسبة 20% قد خفض من الرائحة السمكية الناتجة عن زيت فول الصويا.

الجدول(17) اختبار تذوق عينات أصابع البطاطا المقلية

المعاملة	رقم العينة	الزمن/ساعة	الطعم (X±SD)	الرائحة (X±SD)	اللون (X±SD)	القرمشة (X±SD)	القبول العام (X±SD)
زيت الصويا بدون إضافات	**A0**	0	9.42 ± 0.2^{a}	8.16 ± 0.1^{a}	$9.51^{a}\pm0.35^{a}$	9.72 ± 0.26^{a}	9.32 ± 0.21^{a}
	A1	4	8.73 ± 0.22^{b}	8.12 ± 0.21^{a}	9.20 ± 0.24^{a}	9.1 ± 0.25^{a}	9.11 ± 0.2^{a}
	A2	8	8.52 ± 0.21^{b}	8.04 ± 0.11^{a}	8.82 ± 0.21^{b}	8.24 ± 0.21^{b}	8.84 ± 0.22^{a}
	A3	12	7.12 ± 0.04^{c}	7.45 ± 0.08^{b}	7.96 ± 0.09^{c}	7.46 ± 0.06^{c}	7.57 ± 0.07^{c}
	A4	16	6.47 ± 0.11^{d}	6.41 ± 0.08^{c}	6.52 ± 0.01^{d}	6.48 ± 0.08^{d}	6.82 ± 0.05^{b}
	A5	20	5.72 ± 0.07^{e}	6.02 ± 0.09^{c}	6.48 ± 0.10^{d}	6.47 ± 0.20^{d}	6.74 ± 0.09^{c}
	A6	24	5.74 ± 0.07^{e}	5.23 ± 0.12^{d}	5.86 ± 0.06^{e}	5.75 ± 0.14^{e}	5.67 ± 0.05^{d}
	A7	28	5.54 ± 0.10^{e}	5.51 ± 0.38^{d}	5.77 ± 0.14^{e}	5.82 ± 0.15^{e}	5.72 ± 0.13^{e}
	A8	32	5.45 ± 0.10^{e}	5.30 ± 0.38^{d}	5.67 ± 0.14^{e}	5.64 ± 0.15^{e}	5.60 ± 0.13^{e}
	A9	36	5.4 ± 0.19^{e}	5.44 ± 0.07^{d}	5.23 ± 0.12^{e}	5.76 ± 0.06^{e}	5.45 ± 0.18^{e}
	A10	40	5.32 ± 0.15^{e}	5.45 ± 0.10^{d}	5.31 ± 0.38^{e}	5.57 ± 0.14^{e}	5.33 ± 0.15^{e}
%90 زيت فول الصويا + %10 زيت السمسم	**B0**	0	9.57 ± 0.1^{a}	8.76 ± 0.2^{a}	9.47 ± 0.2^{a}	9.77 ± 0.3^{a}	9.45 ± 0.1^{a}
	B1	4	8.96 ± 0.16^{b}	8.68 ± 0.2^{a}	9.0 ± 0.3^{a}	9.27 ± 0.2^{a}	9.24 ± 0.2^{a}
	B2	8	8.64 ± 0.32^{b}	8.54 ± 0.1^{a}	8.61 ± 0.1^{b}	8.45 ± 0.1^{b}	9.20 ± 0.12^{a}
	B3	12	7.47 ± 0.22^{c}	7.75 ± 0.09^{b}	7.75 ± 0.2^{c}	7.66 ± 0.09^{c}	7.88 ± 0.1^{c}
	B4	16	6.88 ± 0.2^{d}	6.82 ± 0.07^{c}	6.31 ± 0.1^{d}	6.68 ± 0.1^{d}	7.12 ± 0.1^{b}
	B5	20	5.92 ± 0.3^{e}	6.30 ± 0.1^{d}	6.28 ± 0.1^{d}	6.77 ± 0.2^{d}	7.05 ± 0.2^{c}
	B6	24	5.83 ± 0.09^{e}	5.92 ± 0.1^{d}	5.64 ± 0.09^{e}	5.95 ± 0.1^{e}	5.98 ± 0.09^{d}
	B7	28	5.74 ± 0.1^{e}	5.73 ± 0.3^{d}	5.56 ± 0.1^{e}	5.92 ± 0.2^{e}	6.03 ± 0.1^{e}
	B8	32	5.65 ± 0.22^{e}	5.68 ± 0.09^{d}	5.47 ± 0.12^{e}	5.85 ± 0.1^{e}	5.91 ± 0.2^{e}
	B9	36	5.54 ± 0.07^{e}	5.57 ± 0.1^{d}	5.22 ± 0.16^{e}	5.83 ± 0.2^{e}	5.76 ± 0.09^{e}
	B10	40	5.49 ± 0.1^{e}	5.52 ± 0.12^{d}	5.17 ± 0.3^{e}	5.64 ± 0.1^{e}	5.63 ± 0.1^{e}
%85 زيت فول الصويا + %15	**C0**	0	9.62 ± 0.2^{a}	8.82 ± 0.1^{a}	9.36 ± 0.09^{a}	9.83 ± 0.1^{a}	9.52 ± 0.1^{a}
	C1	4	8.84 ± 0.1^{b}	8.74 ± 0.09^{a}	9.12 ± 0.2^{a}	9.47 ± 0.09^{a}	9.35 ± 0.2^{a}
	C2	8	8.76 ± 0.2^{b}	8.63 ± 0.09^{a}	8.64 ± 0.2^{b}	8.53 ± 0.1^{b}	9.41 ± 0.12^{a}
	C3	12	7.62 ± 0.12^{b}	7.88 ± 0.1^{b}	7.82 ± 0.1^{c}	7.72 ± 0.07^{c}	7.96 ± 0.1^{c}
	C4	16	6.98 ± 0.1^{b}	7.47 ± 0.12^{b}	6.24 ± 0.09^{d}	6.78 ± 0.1^{d}	7.73 ± 0.1^{b}

زيت السمسم	**C5**	20	6.42 ± 0.11^{b}	7.14 ± 0.1^{b}	6.17 ± 0.14^{d}	6.83 ± 0.3^{d}	7.68 ± 0.2^{c}
	C6	24	5.93 ± 0.08^{c}	6.82 ± 0.1^{c}	5.66 ± 0.09^{e}	5.97 ± 0.2^{e}	6.54 ± 0.09^{d}
	C7	28	5.82 ± 0.1^{c}	6.23 ± 0.3^{d}	5.57 ± 0.2^{e}	5.94 ± 0.1^{e}	6.42 ± 0.1^{e}
	C8	32	5.73 ± 0.2^{c}	5.92 ± 0.09^{e}	5.42 ± 0.16^{e}	5.83±0.1e	6.24 ± 0.2^{e}
	C9	36	5.66 ± 0.17^{c}	5.87 ± 0.1^{e}	5.34 ± 0.12^{e}	5.76 ± 0.2^{e}	5.96 ± 0.09^{e}
	C10	40	5.62 ± 0.1^{c}	5.72 ± 0.12^{e}	5.12 ± 0.2^{e}	5.62 ± 0.1^{e}	5.83 ± 0.1^{e}
%80 زيت فول الصويا + %20 زيت السمسم	**D0**	0	9.76 ± 0.1^{a}	9.24 ± 0.09^{a}	9.34 ± 0.07^{a}	9.82 ± 0.09^{a}	9.72 ± 0.2^{a}
	D1	4	9.26 ± 0.1^{b}	8.94 ± 0.1^{a}	9.21 ± 0.1^{a}	9.49 ± 0.1^{a}	9.49 ± 0.1^{a}
	D2	8	8.77 ± 0.3^{c}	8.73 ± 0.08^{a}	8.53 ± 0.2^{b}	8.61 ± 0.2^{b}	9.47 ± 0.1^{a}
	D3	12	8.32 ± 0.1^{c}	8.36 ± 0.2^{b}	7.71 ± 0.1^{c}	7.82 ± 0.1^{c}	9.16 ± 0.09^{b}
	D4	16	7.96 ± 0.14^{d}	7.82 ± 0.16^{c}	6.13 ± 0.09^{d}	6.74 ± 0.2^{d}	8.83 ± 0.2^{c}
	D5	20	6.42 ± 0.1^{d}	7.47 ± 0.1^{c}	6.07 ± 0.1^{d}	6.80 ± 0.3^{d}	8.64 ± 0.1^{c}
	D6	24	6.33 ± 0.2^{d}	7.23 ± 0.1^{c}	5.56 ± 0.2^{e}	5.87 ± 0.1^{e}	7.57 ± 0.09^{d}
	D7	28	6.12 ± 0.1^{d}	6.93 ± 0.2^{d}	5.46 ± 0.1^{e}	5.93 ± 0.09^{e}	7.32 ± 0.2^{d}
	D8	32	5.97 ± 0.3^{d}	6.27 ± 0.07^{d}	5.31 ± 0.1^{e}	5.76 ± 0.1^{e}	6.87 ± 0.1^{e}
	D9	36	5.86 ± 0.1^{d}	6.16 ± 0.1^{d}	5.23 ± 0.2^{e}	5.68 ± 0.1^{e}	6.54 ± 0.09^{f}
	D10	40	5.82 ± 0.09^{d}	6.07 ± 0.1^{d}	5.08 ± 0.2^{e}	5.62 ± 0.2^{e}	6.03 ± 0.1^{g}

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة $P \leq 0.05$.

X±SD: المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لثلاثة مكررات.

4-3- بعض المؤشرات النوعية والكيميائية لزيت السمسم المستخدم :

جدول (18) بعض المؤشرات النوعية والكيميائية لزيت السمسم المستخدم

الحمض الدسم	**% وزناً**	**الحمض الدسم**	**% وزناً**
اللينولينيكC18:3	0.456	الستياريكC18:0	4.321
اللينوليكC18:2	36.213	البالميتيكC16:0	11.467
الأوليك C18:1	40.632		
المؤشرات النوعية		**القيمة**	
الرقم اليودي		106غ يود/100 غ زيت	
قرينة الانكسار		14710	
رقم الحموضة الكلية		0.002 % مقدرة كحمض أوليك	
رقم البيروكسيد		0.4 ميلي مكافئO_2 /كغ زيت	
اللزوجة		27.03 سنتي بواز	

الفصل الخامس

الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions and recommendations

5-1-الاستنتاجات

-ارتفعت قيم قرينة البيروكسيد ونسبة الحموض الدسمة الحرة والمركبات القطبية الكلية في كافة عينات الزيوت المدروسة، لكن هذه الزيادة في الخلائط كانت بنسبة أقل.

-انخفضت قيم قرينة اليود في كل من زيت فول الصويا الشاهد بدون إضافة والخلائط المضاف لها زيت السمسم، لكن هذا الانخفاض في الخلائط كان بنسبة أقل وخاصة الخليط (80%زيت فول الصويا +20%السمسم).

-بينت النتائج ارتفاع قيم قرينة الانكسار لزيت الصويا والخلائط المستخدمة خلال القلي المتقطع لأصابع البطاطا لمدة 40 ساعة .

-أظهرت نتائج التحليل الإحصائي بأن النسبة (80%زيت فول الصويا +20% زيت السمسم) كانت النسبة الأفضل من حيث النسبة المئوية للحموضة والمركبات القطبية ومحتوى الأحماض الدهنية ورقم البيروكسيد.

-أدى استخدام زيت السمسم في زيادة ثباتية زيت الصويا المستخدم في قلي أصابع البطاطا.

-انخفضت نسب الحموض الدهنية غير المشبعة تدريجياً وبنسب متفاوتة وكان التأثير واضحاً في كل من حمضي اللينولينيك C18:3 واللينوليك C18:2، كما زادت نسب الحمض الدهني الأوليك C18:1 والسيتاريك C18:0و البالميتك C16:0 بزيادة زمن قلي البطاطا.

- إضافة زيت السمسم إلى زيت الصويا قد حسن من الخواص الحسية لأصابع البطاطا المقلية وخاصة الرائحة والطعم والقبول العام .

5-2-التوصيات

امكانية استخدام زيت السمسم بعمليات القلي المختلفة(الشيبس, الفروج البروستد, المخبوزات, الخضار) عن طريق إضافته بنسب مدروسة والتوسع بدراسة تأثير إضافته إلى خصائص الزيوت النباتية المختلفة.

الفصل السادس

المراجع العربية والأجنبية

Arabic and foreign references

6-المراجع العربية والأجنبية

1. المقداد، فايز.، الجنادي، أسامة.،الرفاعي، أحمد.(2017).**دراسة اقتصادية تحليلية للطلب الاستهلاكي على الزيوت النباتية في مدينة دمشق** . المجلة السورية للبحوث الزراعية، العدد.4(4),27- 28.
2. دهان,محمود.(2012) **.تقانة الزيوت(القسم النظري),**منشورات جامعة حلب ,مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية.
3. كاخيا, طارق اسماعيل. (2006). **تكنولوجيا الزيوت والدهون والصناعات القائمة عليها, الجمعية الكيميائية السورية**,دمشق.سورية.
4. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية, وزارة الصناعة. (2003). **نقطة التخلص من زيوت القلي المستعملة** رقم 2745 ,دمشق, سوريا.
5. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية, وزارة الصناعة. (2014). **الزيوت النباتية المعدة للطعام** رقم 3770 ,دمشق, سوريا.
6. هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية, وزارة الصناعة.(1999). **الزيوت والدهون النباتية والحيوانية الجزء2: تحليل استرات الميتيل للأحماض الدهنية بجهاز كروماتوغراف غاز سائل رقم 2111** ,دمشق,سوريا.

7. Abbas, K.Rooq, I.A. Hafizi, Azhar Husain, N.A .Abbasi and Ghulam, S.(2011), **Assessment of processing and nutritional quality of potato genotypes in Pakistan**, Pak. J. Agri. Sci., Vol. 48(3),169-175.
8. Abou-Gharbia, H.A., Shehata, A.A.Y., and Shahidi, F. (2000) **Effect of processing on oxidative stability andlipid classes of sesame oil.** Food Res. Int. 33:331-340
9. Arriel, A.E. Araujo, J.J. Soares, N.E.M. Beltrão, P.T. Firmino (2006)**Cultivo do gergelim: Sistemas de produção Embrapa Cotton,** Campina Grande .
10. Ali, N. M., AbdelAziz, M. E., Khalid, E. A. A., & Adam, M. A. (2015). **Chemical Reactions Taken Place DuringDeep-Fat Frying and Their Products**: A Review.

11. Alim, H., & Morton, I. D. (1974, January). **Deep Fat Frying oil and absorption by a fried product. In Journal of the Science of Food and Agriculture** (Vol. 25, No. 8, pp. 1041-1042). BAFFINS LANE CHICHESTER, W SUSSEX, ENGLAND PO19 1UD: JOHN WILEY & SONS LTD.
12. A. O. A. C. (2002**). Official methods of analysis.** AOAC Internationa
13. AOAC,(2000). **Official Methods of Analysis,** 17th Ed., Association of official Analytical Chemists, Washington, DC.
14. A.O.A.C., 1970. **Official Methods of Analysis 11th ed. Washington**, D.C. Association of Official Analytical Chemists. P.1015.
15. Alexander, S. K., & Webb Jr, J. W. (1987, April). **Relationship of Spartina alterniflora growth to sediment oil content following an oil spill.** In International Oil Spill Conference (Vol. 1987, No. 1, pp. 445-449). American Petroleum Institute.
16. Bedigian, D. (2004**). History and lore of sesame in Southwest Asia**. *Economic botany*, *58*(3), 329-353.
17. Blumenthal MM. 1991. **A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying.** Food Technol 45:68–71.
18. Brenes,M., Hidalog, F .J., Garcia, A., Rios, J.J., Garcia, P., Zamora, R., and Garrido,A. (2000)**Pinoresinol and 1-acetoxypinoresinol, Tow New Phenolic Compounds Identified in Oilve** Oil. Journl of the American Oil Chemists Society.Vol. 77,pp.715-720.
19. Boskou D.2002 **Frying fats. In: Chemical and functional properties of food lipids**.
20. Brühl, L. (2014). **Fatty acid alterations in oils and fats during heating and frying**. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *116*(6), 707-715. okorski ZE, Kolakowska A. CRC Press., p. 385
21. Bunger A, Moyano P and Rioseco V,**2003 NaCl soaking treatment for improving the quality of French-fried potatoes.** *Food Res Int* 36:161–166
22. Chebet, J., Kinyanjui, T., & Cheplogoi, P. K. (2016). Impact of frying on iodine value of vegetable oils before and after deep frying in different types of food in Kenya. Journal of Scientific and Innovative Research, 5(5), 193-196.
23. Christy, A. A., Kasemsumran, S., Du, Y., & Ozaki, Y. (2004). **The detection and quantification of adulteration in olive oil by near-infrared spectroscopy and chemometrics.** Analytical Sciences, 20, 935–940.

24. Choe, E., & Min, D. B. (2006). **Mechanisms and factors for edible oil oxidation.** *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *5*(4), 169-186.
25. Chung, J., Lee, Y., & Choe, E. (2006). **Effects of sesame oil addition to soybean oil during frying on the lipid oxidative stability and antioxidants contents of the fried products during storage in the dark.** *Journal of food science*, *71*(3), C222-C226.
26. Chung, J., Lee, J., & Choe, E. (2004). **Oxidative stability of soybean and sesame oil mixture during frying of flour dough.** ***Journal of food science***, *69*(7), 574-578.
27. Cuesta, C., Sanchez - Muniz F. J., Garrido - Polonio C., Lopez-Varela S., and Arroyor.(1993)**Measurements of Frying Fat Deterioration.Journl of the American Oil Chemists Society** .Vol. 70, P. 1069.
28. Debnath, S., Rastogi, N. K., Krishna, A. G., & Lokesh, B. R. (2012**). Effect of frying cycles on physical, chemical and heat transfer quality of rice bran oil during deep-fat frying of poori: An Indian traditional fried food**. *Food and bioproducts processing*, *90*(2), 249-256.
29. DOĞAN, M. (2015). **Investigation of fatty acid composition and trans fatty acid formation in extracted oils from French-fried potatoes.** *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *39*, 80-90.
30. Dobarganes MC, Velasco J, Dieffenbacher A (2000) **Determination of polar compounds, polymerized and oxidized triacylglycerols, and diacylglycerols in oils and fats.** Pure Appl Chem 72:1563–1575.
31. Domingos, A. K., Saad, E. B., Vechiatto, W. W., Wilhelm, H. M., & Ramos, L. P. (2007). **The influence of BHA, BHT and TBHQ on the oxidation stability of soybean oil ethyl esters** (biodiesel). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, *18*(2), 416-423.
32. Erickson, D.R. (2006)**Production and composition of frying fats**.J Am oil Chem Soc.Vol, 75.pp.563–568
33. FAO (2006) FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, Italy. Available at http://faostat.fao.org (verified 25 October 2006)
34. Fisher, C. J. (2003). **Lipid hydroperoxide (LOOH) of the Fatty acid (FA) Nature. Radiation biology program B-180 med labs the University of Lowa City.** Free Radical in Biology and Medicine :77:222:3
35. Frankel E. N.,(1985)"**Chemistry of Autoxidation, Mechanism, Products and Flavo Significance,Flavor Chemistry of Fats and Oils**.

American Oil Chemists Society.Publication, Peoria,Illinois,. Vol 88, p.384
36. Frega, N, Mozzon, M, Lecker, G. 1999. **Effects of free fatty acids on oxidative stability of vegetable oil.** *J Am Oil Chem Soc* 76: 325– 9.
37. Garcia-Arias, M.T., Garcia-Linaris, M G, Capit, R.2003-**Deep frying of chicken meat and chicken passed product. change in proximate and fatty acids compositions**, *Ital. J. Food Sci*.15,225
38. Ghobadi, S., Akhlaghi, M., Shams, S., & Mazloomi, S. M. (2018). **Acid and Peroxide Values and Total Polar Compounds of Frying Oils in Fast Food Restaurants of Shiraz,** Southern Iran. *International Journal of Nutrition Sciences*, *3*(1), 25-30
39. Gendel, S. M., & Zhu, J. (2013). **Analysis of US Food and Drug Administration food allergen recalls after implementation of the food allergen labeling and consumer protection act**. Journal of food protection, 76(11), 1933-1938 .
40. Gigliotti, C., Daghetta, A. and Sidoli, A. (1993) **Research on Triglycerides Content in Oils of Different Geographic Orign**. La Rivista Italiana Delle. Sostanze Grasse.Vol.67,pp.343-412
41. Gunstone, F. (Ed.). (2011). **Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses.** John Wiley & Sons.
42. Hamm, W., Hamilton, R. J., & Calliauw, G. (Eds.). (2013). **Edible oil processing** (p. 342). UK: Wiley-Blackwell
43. Houhoula, D.P.; Oreopoulou, V. and Tzia, C. (2003). **Antioxidant efficiency of oregano during frying and storage of potato chips**. J. Sci. Food Agric. 83, 1499-1503.
44. Innawong,B.,P.Mallikarjunan,J.Irundayaraj,andJ.E.Marcy.(2004).**Thedetermination of frying oil quality using Fourier transform infrared attenuated total reflectance**.Lebensm-Wiss.U.-Technol.37:23-28.
45. IUPAC,1992 **Standard method 2.507Determination 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.
46. Jaswir, I., CheMan, Y. B., and Kitts, D. D. (2000). **Use of natural antioxidants in refined palm olein during repeated deep-fat frying. Food Research International,** 33, 501–508.
47. Kim, I.H; Kim, C.J and Kim, D.H.(1999). **Physicochemical properties of methyl linoleateoxidized at various temperatures**. Korean J Food Sci Technol 31:600–5
48. Krishnamurthyr., Tukasa Kawada G., and Chang So S., (2000) **Chemical reactions involved in the deep fat frying of foods**

A.,Laboratory apparatus for frying under simulated restaurant conditions. J. Am.. Oil Chem. Soc. - Vol. 42, PP. 878-882.

49. Kusucharid C, Anuvat J, Porjai T (2009) **Changes in characteristics of palm oil during vacuum and atmospheric frying conditions of sweet potato.** Kar J Nat Sci 43:298–304
50. Kikugawa, K., Arai, M., & Kurechi, T. (1983). Participation of sesamol in stability of sesame oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *60*(8), 1528-1533.
51. Lawless, H. T., & Heymann, H. (1999). **Acceptance and preference testing. In *Sensory evaluation of food*** (pp. 430-479). Springer, Boston, MA.4
52. Lee, K. (2002). **Oil–particle interactions in aquatic environments: influence on the transport, fate,** effect and remediation of oil spills.
53. Lee, W. H., Loo, C. Y., Nomura, C. T., & Sudesh, K. (2008). **Biosynthesis of polyhydroxyalkanoate copolymers from mixtures of plant oils and 3-hydroxyvalerate precursors**. *Bioresource technology*, *99*(15), 6844-6851.
54. Lee, J., & Choe, E. (2006). **Extraction of lignan compounds from roasted sesame oil and their effects on the autoxidation of methyl linoleate**. *Journal of food science*, *71*(7), C430-C436.
55. Lercker, G. & Rodriguez-Estrada, M.T. (2002).**Cholesterol andPhytosterol Oxidation Products Analysis, Occurrence,and Biological Effects**. AOCS Press, Champaign, IL, pp 1-25.
56. Li, Y., Ma, W. J., Qi, B. K., Rokayya, S., Li, D., Wang, J.,. & Jiang, L. Z.(2014). **Blending of soybean oil with selected vegetable oils: impact on oxidative stability and radical scavenging activity.** Asian Pacific Journal of Cancer Prevention, 15(6), 2583-2589.
57. Lalas, S. (2008). **Quality of frying oil.** ***Advances in deep-fat frying of foods***, 57-81.
58. Lee, J., Lee, Y., & Choe, E. (2008). **Effects of sesamol, sesamin, and sesamolin extracted from roasted sesame oil on the thermal oxidation of methyl linoleate.** *LWT-Food Science and Technology*, *41*(10), 1871-1875.
59. Li, J., Cai, W., Sun, D., & Liu, Y. (2016). **A quick method for determining total polar compounds of frying oils using electric conductivity**. *Food Analytical Methods*, *9*(5), 1444-1450.
60. Maskan, M. (2003). **Change in colour and rheological behaviour of sunflower seed oil during frying and after adsorbent treatment of used oil**. European Food Research and Technology, 218(1), 20-25.

61. Mamat, H., Nor Aini, I., Said, M., & Jamaludin, R. (2005). **Physicochemical characteristics of palm oil and sunflower oil blends fractionated at different temperatures.** Food Chemistry, 91, 731–736.
62. Masson, L., Robert, P., Dobarganes, M.C., Urra, C., Romero, N., Ortiz,J., Goicoechea, E.,Perez, P., Salame, M. & Torres, R. (2002).**Stability of potato chips fried vegetable oils with different degree of unsaturation**. Effect of ascorbyl palmitate during storage.Grasas y Aceites Vol.53.pp. 190-198.
63. McDonald,B.E.&Eskin,M.N.A.(2006).**Role of fat in the diet".Deep Frying; Chemistry, Nutrition, and Practical Applications**. AOCS Press, Urbana IL,pp176-171.
64. Mehdi, M., Saleem, T., Rai, H. K., Mir, M. S., & Rai, G. (2008). **Effect of nitrogen and FYM interaction on yield and yield traits of potato genotypes under Ladakh condition.** *Potato Journal*, *35*(3-4).
65. Moreira, R.G., Sun, X. & Chen, Y. (1997). **Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deepfatfrying.** *Journal of Food Engineering*, 31, 485-498.
66. Moreira RG, Castell-Perez ME, Barrufet MA1999:**Deepfat frying: Fundamentals and applications.** MD: Aspen Publishers,Gaithersburg, , p. 350.
67. Mathur, A. (2003). ***Studies on phosphorylation status of starch in potato tubers (Solanum tuberosum L.)*** **(Doctoral dissertation**, MSc. Thesis, Department of Biotechnology and Environmental Sciences, Thapar Institute of Engineering and Technology, Patiala).
68. Miller, K.L. (1993). **High stability oils. Cereal foods World**, 38(7):478-482
69. Navarro, R. D., Navarro, F. K. S. P., Ribeiro Filho, O. P., Ferreira, W. M., Pereira, M. M., & Seixas Filho, J. T. (2012). **Quality of polyunsaturated fatty acids in Nile tilapias (Oreochromis niloticus) fed with vitamin E supplementation**. *Food Chemistry*, *134*(1), 215-218.5
70. Naz, S., Siddiqi, R., Sheikh, H. and Sayeed, S.A. (2005**) Deterioration of Olive, Corn and Soybean Oils due to Air, Light, Heat and Deep-Frying**. Food Research International, 38, 127-134
71. O'Brien, R. D. (2009). **Fats and Oils (Formulating and Processing for Applications). Third edition.** CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business. London – New York.
72. Orthoefer, F. T., & List, G. R. (2007). **Evaluation of used frying oil**. In *Deep frying* (pp. 329-342). AOCS Press.

73. Orthoefer, F.T. & Cooper, D.S. (1996). "**Evaluation of used frying oil". Deep Frying; Chemistry,** Nutrition, and Practical Application. AOCS Press, Champaign, IL, pp 285-296.
74. Parkash Kochhar, S., & Gertz, C. (2004). **New theoretical and practical aspects of the frying process.** European Journal of Lipid Science and Technology, 106(11), 722-727.
75. Perkins, E. G. (1996). **Volatile Odor and Flavor Components Formed in Deep Frying, in Deep Frying Chemistry**, Nutritionand Practical Applications, edited by E.G. Perkins and M.D. Erickson, AOCS Press.
76. Peers K. E., Swoboda A. T.,(1982) : **"Deterioration of sunflower seed oil under simulated frying conditions, and during small, scale frying of potato chips**.I. Sci. Food Agric - Vol. 33, PP. 389 – 395.
77. Peet, M. (2001). **Potato, Sustainable Practices for Vegetable Production in the South**.
78. Pinthus, E. J. (1995). **Oil uptake during deep-fat frying: factors and mechanisms**. Food Technology, 142-145,152.
79. Piironen, V., Toivo, J., & Lampi, A. M. (2000). **Natural sources of dietary plant sterols**. Journal of Food Composition and Analysis, 13(4), 619-624.
80. Pokorný, J. (2007). **Are natural antioxidants better–and safer–than synthetic antioxidants**. European Journal of Lipid Science and Technology, 109(6), 629-642.
81. Pokorny J.,(1989)" **Flavor Chemistry of Deep Fat Frying**". American Oil Chemists Society Publication, Champaign, Illinois,PP73-98
82. Rangkadilok, N., Pholphana, N., Mahidol, C., Wongyai, W., Saengsooksree, K., Nookabkaew, S., & Satayavivad, J. (2010**). Variation of sesamin, sesamolin and tocopherols in sesame (Sesamum indicum L.) seeds and oil products in Thailand**. *Food Chemistry*, *122*(3), 724-730.
83. Rossell, J. B. (Ed.). (2001**). Frying: improving quality** (Vol. 56). WoodheadPublishin.
84. Romero, A .; Cuesta, C. and Sanchez-Muniz, F. J. (1998). **Effect of oil replenishment during deep-fat frying of frozen foods in sunflower oil and high-oleic acid sunflower oil.** J.Am, Oil Chem. Soc.,75:161-167
85. Rozendaal, A., & Macrae, A. R. (2018**). Interesterification of oils and fats**. In *Lipid technologies and applications* (pp. 223-263). Routledge.
86. Sanchez-Muniz, F.J., Bastidas, S., Marquez-Ruiz, G. And Dobarganes,C.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.511-535.6

87. Saguy, I.S. & Dana, D. (2003). Integrated approach to deep fat frying. engineering, nutrition health and consumer aspects. Journal of Food Engineering.Vol 56,PP. 143-152.
88. Sahin, S. and Sumnu, S. G. (2009**). Advances in deep-fat frying of foods.** Published by: CRC Press taylor & francis group, LLC, United States of America Edited by Servet Gulum Sumnu, Serpil Sahin.
89. Sasse, A., Colindres, P., Brewer, M.S. (2009). **Effect of natural and synthetic antioxidants on oxidative stability of cooked, frozen pork patties.** J. Food Sci. 74(1), 530-S35.
90. Sulieman, A.E., El-Markhazangy, A and Ramadan, M F. (2006) **Antiradical performance and physicochemical characteristics of vegetable oils upon frying of French fries: A preliminary comparative study.** Journal of Food Lipids 13,259-276..
91. Sanchez-Muniz, F. J.; Cuesta, C.and Garrido-Polonoio, M.C. (1994).**Evaluation of a sunflower oil used for frying by different analytical index and column and gas chromatography.**Z Ernahrungswiss 33:16-23.
92. Sahasrabudhe, S. N., Rodriguez-Martinez, V., O'Meara, M., & Farkas, B. E. (2017). **Density, viscosity, and surface tension of five vegetable oils at elevated temperatures**: Measurement and modeling. *International journal of food properties*, *20*(sup2), 1965-1981.
93. Sangdehi, S. K. (2005). **Quality Evaluation of Frying Oil and Chicken Nuggets Using Visible/Near infrared Hyper-Spectral Analysis**; M.Sc. Thesis, McGill university,Montreal.
94. Scrimgeour, C. (2005). **Chemistry of fatty acids.** *Bailey's industrial oil and fat products*.
95. Schoenemann, J. A. (1977). **Call for nominations for honorary life memberships.** *American Journal of Potato Research*, *54*(10), 511-511.
96. Shahidi, F. (2005). **Baileys Industrial Oil and Fat Products, Edible Oil and Fat Products: Chemistry, Properties, and Health Effects.** Sixth Edition,Volume1.
97. Stevenson, S. G.; Vaisey-Genser, M. and ESKIN, N. A. M. (1984). **Quality control in the use of deep frying fats.** J.Am, Oil Chem. Soc.,61 (6):1102-1108.
98. Takeoka, G. R.; Full, G. H. and Dao, L. T. (1997). **Effect of heating on the characteristics and chemical composition of selected frying oil and fats.** J. Agric. Food Chem. 45,3244-3249.
99. Vitrac, O., Dufour, D., Trystram, G., & Raoult-Wack, A. L. (2002).**Characterization of heat and mass transfer during deep-fat**

frying and its effect on cassava chip quality. Journal of Food Engineering, 53, 161–176.

100. Warner, K., & Eskin, M. (1995). **Methods to access quality and stability of oils and fat-containing foods.** AOCS Publishing.
101. Wagner, K. H.; Wotruba, F. and Elmadfa, I. (2001). **Antioxidative potential of tocotrienols and tocopherols in coconut fat at different oxidation temperatures**. European Journal of Lipid Science and Technology 103, 746-751.
102. Warner, K., & Nelsen, T. (1996). **AOCS collaborative study on sensory and volatile compound analyses of vegetable oils.** *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *73*(2), 157-166.
103. Wenging, S. (2001) . **Reactive oxygen species and Breast Cancer carcinogenesis**. Radiation biology program B-180 med labs the university of lowa lowa city. Free radical in Biology and medicine:77:222
104. Xu, X. Q., Tran, V. H., Palmer, M., White, K., & Salisbury, P. (1999). **Chemical and physical analyses and sensory evaluation of six deep-frying oils.** *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *76*(9), 1091-1099.
105. Yan, H. C. (1991). **A comparative study of analytical methods for evaluation of soybean oil quality . Journal of the American Oil Chemists Society**.Volume68,Number6,379-384.
106. Zamora, R., & Hidalgo, F. J. (2005). **Coordinate contribution of lipid oxidation and Maillard reaction to the nonenzymatic food browning**. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *45*(1), 49-59.
107. Zhu, Y. Y., Zhou, L., Jiao, S. C., & Xu, L. Z. (2011). **Relationship between soy food intake and breast cancer in China.** Asian Pac J Cancer Prev, 12(11), 2837-40 .
108. Zhou, C. H. C., Beltramini, J. N., Fan, Y. X., & Lu, G. M. (2008). **Chemoselective catalytic conversion of glycerol as a biorenewable source to valuable commodity chemicals.** *Chemical Society Reviews*, *37*(3), 527-549.

الملاحق