The North African Journal of Scientific Publishing (NAJSP)
مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)
E-ISSN: 2959-4820
Volume 3, Issue 3, 2025
Page No: 148-160
Website: https://najsp.com/index.php/home/index
SJIFactor 2024: 5.49 معامل التأثير العربي (AIF) 2024: 0.71 ISI 2024: 0.696

مقارنة الزيوت النباتية قبل وبعد القلي

نعيمه إسماعيل حسن البرقلي*
كلية العلوم التقنية والفنية - مصراتة، ليبيا

Comparison of Vegetable Oils Before and After Frying

Naima Ismail Hassan Al-Barghathi*
College of Technical and Vocational Sciences – Misrata, Libya

*Corresponding author abdo.touba100@gmail.com *المؤلف المراسل
تاريخ الاستلام: 2025-06-12 تاريخ القبول: 2025-07-20 تاريخ النشر: 2025-08-08

الملخص
أجريت هذه الدراسة للتعرف على بعض الخصائص الكمية والنوعية لعينات الزيوت المباعة في مدينة مصراتة من خلال دراسة جودة وصلاحية الزيت قبل وبعد القلي. في هذه الدراسة تم اختيار عدة أنواع من الزيوت وهي زيوت الذرة وزيت دوار الشمس وزيت الزيتون وخليط من زيوت فول الصويا ودوار الشمس ونخيل العرب. تضمنت التحاليل المعملية الحموضة وقيمة التصبن والإستر وقيمة البيروكسيد وكشف الزنخ وبعض العناصر المعدنية مثل الزنك والكادميوم والنحاس والحديد والرصاص والمنجنيز. نتائج التحاليل الكيميائية لهذه الدراسة تقدر تجاوز الحدود المسموح بها لرقم البيروكسيد لجميع العينات المدروسة باستثناء عينة واحدة كانت مساوية للحدود المسموح بها وأن معظم العينات المدروسة تجاوزت الحدود المسموح بها فيما يتعلق بالزنك والكادميوم. أظهرت هذه الدراسة أيضًا انخفاض تراكيز بعض العناصر في عينات زيت القلي وارتفاعها في عينات الزيت الطازج ربما يعود السبب إلى استخلاص
المعدن من الطعام المقلي.

الكلمات المفتاحية: الزيوت النباتية، جودة الزيت، القلي، تحليل الزيوت، رقم الحموضة، رقم البيروكسيد.

Abstract
This study was conducted to identify some of the quantitative and qualitative characteristics of oil samples sold in the city of Misurata by studying the quality and validity of the oil before and after frying. In this study were selected several kinds of oils which are corn oils, sunflower oil, olive oil and mixture of soybean, sunflower and Arab palm oils. Laboratory analysis included acidity, saponification value, ester, peroxide value, detection rancidity and some metal mineral elements such as zinc, cadmium, copper, iron, lead and manganese. The results of chemical analyses for this study estimates exceeding allowable limits to No. peroxide for all samples studied except one sample were equal to the allowable limits and that most of the samples studied exceeding allowable limits regarding zinc and cadmium. This study also showed low concentrations of some elements in samples of fried oil and raising in fresh oil samples perhaps the reason is due to the extraction of metal by fried food.

Keywords: Vegetable oils, Oil quality, Frying, Oil analysis, Acid value, Peroxide value.

مقدمة

يُعدّ إنتاج الزيوت النباتية، مثل زيت الزيتون وزيت عباد الشمس وزيت الذرة وزيت جوز الهند، من الأنشطة التي عرفها الإنسان منذ العصور القديمة، وتُشكّل الزيوت الغذائية ثالث أهم عنصر في النظام الغذائي للإنسان بعد الكربوهيدرات والبروتينات.

ويُعرف الزيت النباتي بأنه مادة دهنية تُستخلص من مصادر نباتية طبيعية، وتتميّز بكونها أقل كثافة من الماء، ولا تمتزج به عادةً إلا بإضافة مواد مساعدة، غالبًا ما تكون كيميائية، وتُعد الزيوت النباتية من المركبات العضوية التي تتكوّن أساسًا من جزيئات ثلاثية تُعرف بالجليسيريدات الثلاثية، وهي ناتج تفاعل بين الجليسرول وثلاثة أنواع من الأحماض الدهنية.

تتكوّن الدهون عمومًا من مزيج من الدهون المشبعة وغير المشبعة؛ حيث توجد الدهون المشبعة بوفرة في المنتجات الحيوانية مثل اللحوم والكبد والزبدة والكريمة، وكذلك في بعض الزيوت النباتية مثل زيت النخيل وزيت جوز الهند، أما الدهون غير المشبعة فتتوافر في مجموعة من الزيوت مثل زيت الزيتون، وزيت الكانولا، وزيت الذرة، وزيت دوار الشمس، وزيت فول الصويا، فضلًا عن بعض الأطعمة النباتية والبحرية كالمكسرات والأسماك [2,1] .

وتُشير بعض الدراسات العلمية إلى أن الاستهلاك المفرط للدهون المشبعة يؤدي إلى ارتفاع مستوى الكوليسترول منخفض الكثافة(LDL) والذي يُعد ضارًا بالجسم، في حين يُسهم في خفض مستوى الكوليسترول عالي الكثافة(HDL) المفيد للصحة، ويُعد هذا الخلل أحد العوامل الرئيسية المؤدية إلى تصلب الشرايين وتكوّن ترسبات دهنية فيها [4,3] .

أهمية الزيوت النباتية المستخدمة في القلي:

تُعد زيوت القلي من المنتجات الغذائية التي تحظى باهتمام واسع من قبل المستهلكين، نظرًا لاستخدامها اليومي في إعداد الطعام سواء في المنازل أو المطاعم، ويحرص معظم الأفراد على اختيار زيوت موثوقة للاستخدام المنزلي، إلا أن التحدي الأكبر يكمن في مدى جودة الزيوت المستخدمة في المطاعم، خاصة تلك التي تُعد فيها الوجبات في أماكن مغلقة لا تُتيح للمستهلكين الاطلاع على ظروف الطهي أو نوعية الزيت المستخدم.

ويُعرب العديد من المستهلكين عن قلقهم تجاه الأطعمة الجاهزة، ولا سيما الأطعمة المقلية، وذلك بسبب احتمال إعادة استخدام زيوت القلي مرات متعددة دون استبدالها، وهو ما قد يؤدي إلى نتائج صحية سلبية، إذ تؤدي عمليات القلي المتكررة إلى أكسدة الزيت، مما ينتج عنه تكوّن مركبات ضارة قد تكون مسرطنة، كما أن الاستمرار في تسخين الزيت لفترات طويلة يُسهم في تحلله وفقدانه لخواصه الفيزيائية والكيميائية.

وتتأثر نواتج أكسدة الزيوت أثناء التسخين بعدة عوامل، من أبرزها نوع الزيت المستخدم، ودرجة الحرارة، ومدة التعرض للحرارة، فضلاً عن وجود الهواء والمعادن مثل الحديد والنحاس، إضافة إلى نسبة الرطوبة، كما أن خلط الزيوت الجديدة مع الزيوت المستعملة لا يُعد حلاً فعالًا، إذ إن الزيوت المستخدمة تكون قد تعرضت للتلف بفعل الحرارة والأكسجين والضوء، مما يؤدي إلى تغير لونها ورائحتها وقوامها، وبالتالي تدهور جودتها وفقدانها لقيمتها الغذائية[6,5] .

تُعدّ درجة الحموضة من المؤشرات الرئيسة التي تُستخدم لتقييم جودة الزيوت؛ إذ إن ارتفاعها يُعدّ دلالة واضحة على تدهور جودة الزيت، وعلى الرغم من أن قياس الحموضة يتطلب أجهزة وأدوات مخبرية قد لا تكون متاحة لدى جميع المستخدمين، إلا أن بعض الدراسات أشارت إلى إمكانية الاستدلال على ارتفاع الحموضة من خلال درجة دكانة اللون؛ حيث يُعدّ اللون الداكن قرينة محتملة على زيادة الحموضة ويُلاحظ أن الزيوت التي تحتوي على أحماض دهنية قصيرة السلسلة تُظهر ميلًا أكبر نحو تغير اللون، مما يجعل مؤشر اللون أقل استقرارًا، كما يُعدّ تصاعد الأدخنة بكثافة أثناء التسخين علامة إضافية على انخفاض جودة الزيت [3-7] .

في ظل ما يشهده العالم عامةً، وليبيا خاصةً، من تطورات متسارعة في مجالي الصناعة والزراعة، يُلاحظ تزايد الاعتماد على الأسمدة والمبيدات الكيميائية بكميات كبيرة، إلى جانب التوسع الكبير في شبكات الطرق ووسائل المواصلات، الأمر الذي أدى إلى زيادة استخدام المحروقات وانبعاث الأبخرة والغازات، ما يسهم بشكل مباشر أو غير مباشر في تلوث البيئة، ويؤدي بالتبعية إلى ارتفاع مستويات التلوث في كلٍّ من الماء والهواء والتربة، ويُضاف إلى ذلك الانتشار الواسع لمطاعم الوجبات السريعة، والتي غالبًا ما تعتمد على استخدام زيوت القلي في أوانٍ مكشوفة ومعرضة للهواء، مما يزيد من احتمالية تلوث الأغذية، بما في ذلك الزيوت ذاتها.

ومع تزايد الإقبال على استخدام الزيوت النباتية، نظرًا لانخفاض تكلفتها نسبيًا وخلوّها شبه التام من الكوليسترول، تبرز إشكالية تحلل هذه الزيوت وتعرضها للأكسدة، لا سيما عند تخزينها في ظروف غير مناسبة، كأن تحفظ في أوعية غير محكمة ومعرضة للهواء وأشعة الشمس المباشرة، أو توضع في بيئات رطبة؛ حيث تُهيَّأ بذلك الظروف الملائمة لنمو الكائنات الحية الدقيقة، مما يُفقد الزيوت جودتها وسلامتها للاستهلاك.

من المعروف أن الجليسريدات الثلاثية قد تتعرض للتحلل إلى أحماض دهنية حرة وجليسرول، الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع في درجة حموضة الزيت، وتُعدّ هذه الأحماض الدهنية الحرة عرضة للاتحاد مع الأكسجين، مما يُسفر عن تكوّن مركبات بيروكسيدية تُعدّ من المركبات السامة ذات التأثير الضار على الأغشية الخلوية في جسم الإنسان [8]، وبناءً عليه فإنه لا يجوز استخدام الزيت في التغذية سواء عند ارتفاع نسبة الحموضة أو عند زيادة تركيز المركبات البيروكسيدية فيه.

نظرًا لتعدد مصادر الزيوت النباتية المتوفرة في السوق الليبي، ولاعتبارها من المواد الغذائية التي تُستهلك بشكل مباشر، فقد أصبح من الضروري التحقق من مدى صلاحيتها للاستخدام البشري، وفي هذا السياق قمنا بإجراء تحليل مخبري لعدد من عينات الزيوت المتداولة محليًا، وذلك تحت ظروف معملية محددة، بهدف تقييم جودتها ومدى ملاءمتها للتغذية، وقد تم تحديد كل من الرقم الحمضي، وقيمة البيروكسيد، ودرجة التزنخ كمؤشرات رئيسة على صلاحية هذه الزيوت للاستهلاك، كما تم حساب رقم التصبن ورقم الإستر بوصفهما مؤشرين يعكسان الكتل الجزيئية التقريبية للأحماض الدهنية المكوّنة لجليسريدات الزيت.

الهدف من الدراسة:

نظرًا لندرة الدراسات العلمية السابقة التي تناولت مستوى تلوث الزيوت وجودتها في مدينة مصراتة، وفي ليبيا عمومًا، ومدى مطابقتها للمواصفات الصحية المعتمدة، تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

1. تحديد بعض الخصائص الكمية والنوعية لعينات الزيوت المدروسة، من خلال إجراء اختبارات تقييم الجودة والصلاحية قبل عملية القلي وبعدها.
2. إنشاء قاعدة بيانات تستند إلى نتائج التحاليل المخبرية للزيوت، بما يسهم في دعم جهود تحديث وتطوير المواصفات القياسية الليبية الخاصة بالزيوت النباتية.

الزيوت النباتية:

تُعرف الزيوت النباتية (Vegetable Oils) منذ آلاف السنين، حيث كانت تُستخرج بطرق بدائية من البذور والثمار الزيتية، وقد استُخدمت آنذاك في مجالات متعددة، مثل التغذية، وصناعة الصابون، والإضاءة، وتُعدّ الزيوت النباتية من المكونات الحيوية الأساسية التي تدخل في تركيب الكائنات الحية، سواء النباتية منها أو الحيوانية، وتؤدي دورًا بالغ الأهمية في حياة الإنسان والحيوان على حد سواء.

وتتميز الزيوت النباتية بقيمتها الغذائية العالية، إذ تُعدّ مصدرًا غنيًا بالطاقة؛ حيث يُنتج كل غرام واحد منها ما يقارب 9 كيلو سعر حراري، أي ما يزيد على ضعف ما تُنتجه الكمية المماثلة من البروتينات أو الكربوهيدرات، وتوفر الزيوت النباتية والمواد الدهنية عمومًا ما يقارب ثلث الاحتياجات اليومية من الطاقة للإنسان [9][10].

مكونات الزيوت النباتية:

تتكوّن الزيوت النباتية أساسًا من إسترات ناتجة عن اتحاد الأحماض الدهنية مع الجليسرين، ويُطلق على هذه المركّبات اسم "الجليسيريدات (Glycerides) "ويمكن لجزيء الجليسرين أن يرتبط بجزيء واحد أو اثنين أو ثلاثة من الأحماض الدهنية، مما يؤدي إلى تكوّن أحادي الجليسيريد (Monoglyceride)، أو ثنائي الجليسيريد(Diglyceride) ، أو ثلاثي الجليسيريد (Triglyceride) وتُعد الجليسيريدات الثلاثية المكوّن الرئيس في الزيوت النباتية، بينما توجد الجليسيريدات الأحادية والثنائية بكميات ضئيلة جدًا. كما تحتوي الزيوت النباتية الخام على نسب محدودة من المواد غير الجليسيريدية، والتي تتراوح عادةً بين 1% و5% من التركيب الكلي للزيت [11][12].

تصنيف الزيوت النباتية:

تصنف الزيوت النباتية حسب نسبة ونوعية مكوناتها من الأحماض الدسمة إلى عدة مجموعات:

زيوت حمض لوريك: وأهمها زيتا الزنجبيل ـ

زيوت حمض بالميتيك: وأهمها زيت النخيل.

زيوت حمض أوليئيك: وأهمها زيتا الزيتون والفستق السوداني.

زيوت حمض لينوليئيك: وأهمها زيوت القطن وعباد الشمس.

زيوت حمض لينوليئيك واللينولينيك: وأهمها زيوت الصويا والكتان والقنب.

زيوت حمض إروسيك: وأهمها زيت بذور اللفت.

زيوت الحموض الهدروكسيلية: وأهمها زيت الخروع.

تحدد البنية الكيمياوية للأحماض الدسمة في الجليسيريدات الثلاثية خواص هذه الزيوت، ولعدد الروابط المضاعفة في سلاسل الاحماض الدسمة تأثير كبيرفي خواص الزيت [14,13,2,1].

أنواع الزيوت النباتية:

يوجد نوعان اساسيان من الزيوت النباتية يمكن توضحيهما كما يلي:

زيوت ثابتة:

تُستخلص الزيوت النباتية عادةً بنسبة كبيرة من بذور النباتات الزيتية، حيث تتراوح نسبتها في العادة بين 30% و40%، وتُستخدم هذه الزيوت بشكل رئيس في التغذية، نظرًا لاحتوائها على مجموعة من العناصر الغذائية المفيدة، كالفيتامينات، والأملاح المعدنية، والمواد الكربوهيدراتية، ومن أبرز أنواع الزيوت النباتية الثابتة المستخدمة في هذا السياق: زيت الزيتون، وزيت السمسم، وزيت الكتان، وزيت النخيل، وزيت جوز الهند، وزيت اللوز، فضلًا عن زيوت القطن، وحبة البركة، وفول الصويا، وغيرها من الزيوت النباتية [1][2][13][14].

زيوت طيارة:

توجد بعض الزيوت النباتية بنسبة قليلة جدًا لا تتجاوز عادة 2–3%، وتمتاز هذه الزيوت بقوامها الخفيف وطبيعتها المتطايرة، الأمر الذي يجعلها مناسبة للاستخدام في صناعة العطور والعلاجات الطبيعية، وتحتوي هذه الزيوت على مجموعة متنوعة من المركّبات الكيميائية، مثل التربينات، والفينولات، واللاكتولات، والألدهيدات، وتختلف نسب هذه المركّبات باختلاف نوع النبات الذي يُستخلص منه الزيت، ومن أشهر هذه الزيوت: زيت الزعتر، وزيت الياسمين، وزيت الكارفون [1][2][13][14].

فوائد الزيوت النباتية:

تُعتبر الزيوت النباتية السائلة في درجات الحرارة العادية، مثل زيت الزيتون، وزيت عباد الشمس، وزيت الذرة، وزيت الصويا، وزيت السمسم، وزيت الفستق السوداني، من أفضل أنواع زيوت الطهي وأكثرها فائدة لصحة الإنسان، إذ توفر الحموض الدسمة الأساسية التي يحتاجها الجسم. ويُعد زيت الصويا غنيًا (بحمض اللينولينيك) أوميغا-3 (Omega-3)، وهو حمض دهني ضروري يلعب دورًا مهمًا في خفض مستويات الكوليسترول في الدم. يُستخدم زيت الصويا عادة بشكل بارد، ولا يُنصح باستخدامه في القلي، إذ إن تعريضه للحرارة يؤدي إلى تكوين روائح غير مرغوبة تشبه رائحة السمك الفاسد نتيجة وجود حمض اللينولينيك [1][2][13][14].

كما يُحذر من الإفراط في استهلاك الزيوت المهدرجة، لا سيما لدى الأشخاص الذين لا يمارسون نشاطًا عضليًا كافيًا، في حين يجب على مرضى القلب والأشخاص المصابين بارتفاع ضغط الدم الامتناع تمامًا عن استهلاك هذه الزيوت حفاظًا على صحتهم [3][4].

مصادر الزيوت:

تنتشر الزيوت على نطاق واسع في الطبيعة، نظرًا لتواجدها في تركيب معظم النباتات، والحيوانات، والميكروبات، وتنتج الكائنات الحية، سواء النباتية أو الحيوانية، كميات متفاوتة من الزيت خلال دورة حياتها، بشكل عام تعتبر النباتات والحيوانات التي تنتج كميات كبيرة من الزيت قابلة للاستخدام التجاري قليلة العدد مقارنةً بتلك الموجودة في الطبيعة[15–24] .

تُعد النباتات الحولية أكبر مصادر الزيت في الوقت الحالي، ومن أبرز أمثلتها بذور القطن، فول الصويا، الفول السوداني، والخروع، يُزرع الخروع والكتان بشكل خاص للحصول على الزيت، نظرًا لنسب الزيت العالية التي تحتويها بذورهما، أما بعض النباتات الأخرى مثل فول الصويا والفول السوداني، فتُستخدم بذورها في غذاء الإنسان بالإضافة إلى استخراج الزيت منها، في المقابل تُعد النباتات التي تنتج بذورًا مثل القطن، والذرة، والأرز، مصادر ثانوية للزيت، حيث يُستخلص الزيت من منتجات زراعية يُراد الحصول عليها لأغراض أخرى غير الزيت.

وتأتي الأشجار أو النباتات المعمرة في المرتبة الثانية كمصدر للزيوت النباتية، حيث تحمل ثمارًا زيتية مثل جوز الهند، نخيل الزيت، والزيتون[15–24] .

الزيوت النباتية وتغذية الإنسان:

تعتبر الزيوت النباتية من المكونات الغذائية الأساسية التي تُستخدم منذ زمن طويل في إعداد الأطعمة سواء كانت نيئة أو مطبوخة، وتُعد المواد الدهنية الموجودة في هذه الزيوت ذات أهمية بالغة لجسم الإنسان، إذ اعتبرتها بعض الجهات سببًا في العديد من الأمراض، بينما خففت جهات أخرى من هذه المخاطر، فالدهون تعد عاملًا رئيسيًا في زيادة مستوى الكوليسترول في الدم، والكوليسترول هو مركب فيسيولوجي طبيعي يتواجد في دم الإنسان بتركيز متوسط حوالي 1.80 g/ml لدى الأشخاص الأصحاء، وعندما تتجاوز نسبة الكوليسترول هذا المستوى، فقد يؤدي ذلك إلى اضطرابات عضوية تصيب الأوعية الدموية مسببة أمراضًا خطيرة مثل أمراض القلب، وتكون الحصيات الصفراوية، وارتفاع ضغط الدم، والذبحة الصدرية. ومن الجدير بالذكر أن الدهون ذات المنشأ النباتي لا تساهم في هذه الأمراض، بل تعمل على تحلل الكوليسترول وخفض مستوياته، مما يجعلها عاملاً علاجيًا مهمًا، لذا فإن تناول الزيوت النباتية يُعد ضروريًا في البرامج الغذائية، سواء لبناء الجسم، أو لحل المواد الدهنية، أو لتقوية الجلد، بالإضافة إلى تسهيل وظائف الجهاز العصبي[25-30] .

تُستخدم الزيوت والدهون في عمليات الطبخ والقلي، حيث توفر وسطًا مناسبًا للتبادل الحراري المنظم، إضافة إلى كونها مصدرًا للون والطعم في الأطعمة، كما تُعد هذه الدهون مصدرًا هامًا للطاقة، إذ يحتوي كل جرام منها على حوالي 9 سعرات حرارية، أي ما يعادل تقريبًا ضعف الطاقة التي توفرها نفس الكمية من الكربوهيدرات أو البروتينات، بالإضافة إلى أن تلعب الدهون الغذائية دورًا جوهريًا في نقل الفيتامينات الذائبة في الدهون، وتوفير الأحماض الدهنية الأساسية اللازمة للجسم [9,10].

رقم الحموضة:

يُستخدم رقم الحموضة كمؤشر رئيسي على تحلل الزيوت، حيث يعكس تأثير العوامل البيئية مثل الحرارة والأكسجين، بالإضافة إلى وجود أثر للرطوبة، والتي تؤدي مجتمعة إلى زيادة نسبة الأحماض الدهنية الحرة المتحررة، هذه الأحماض الحرة تؤدي في النهاية إلى تحلل وفساد الزيت أو الدهون، كما قد تحتوي الزيوت النباتية على نسب مرتفعة من الأحماض الدهنية الحرة في حال تم استخراجها من بذور مخزنة بطريقة غير سليمة، ومن الملاحظ أن ارتفاع نسبة الأحماض الدهنية الحرة يرتبط غالبًا بظهور وتطور رائحة التزنخ التحللي، والتي تعد من العلامات الدالة على فساد الزيت، يُعرف رقم الحموضة بأنه "عدد ملليجرامات محلول البوتاسا الكاوية الكحولية اللازمة لمعادلة الأحماض الدهنية الحرة في 1 جرام من الزيت أو الدهن[31-36].

رقم البيروكسيد:

يعرف رقم التزنخ بأنه كمية المليجرامات من محلول ثايوكبريتات الصوديوم بتركيز 0.1 نيوتن (0.1 N)اللازمة لمعالجة اليود الناتج من معادلة جرام واحد من المادة الدهنية مع يوديد البوتاسيوم في وسط حمضي، يُعتبر هذا الرقم دلالة على مدى حدوث التزنخ الأكسدي في المادة الدهنية، والذي ينتج عن تكوّن مركبات بيروكسيدية تؤثر على جودة الزيت أو الدهن[37-50].

جمع العينات Samples Collection

تُعد عملية أخذ العينات من الخطوات الحيوية والحساسة التي تتطلب الالتزام بجميع الاحتياطات الضرورية لضمان دقة النتائج، تلعب عملية أخذ العينات والمعالجة الأولية لها، مثل عملية الهضم، دورًا

محوريًا في مدى دقة التحاليل والتفسيرات اللاحقة لها، ومن المبادئ الأساسية التي يجب اتباعها عند أخذ العينات من المصدر ما يلي.[46-56]:

1. تجانس العينة وكونها ممثلة بدقة للمصدر الذي أُخذت منه.
2. توفير كمية كافية من العينة تُمكن من إجراء جميع التحاليل المطلوبة.
3. ضرورة ترقيم العينات بطريقة منظمة.

تم جمع عينات الدراسة بطريقة عشوائية من عدة محلات لبيع المواد الغذائية، حيث تم قليها في المنزل لمدة تجاوزت ثلاث ساعات، أُخذت ثلاث عينات من كل موقع وتم مزجها معًا لإجراء التحاليل المخبرية، مع إجراء خمس تكرارات لكل عينة لضمان موثوقية النتائج، تجدر الإشارة إلى أنه لم يتسنَّ الحصول على عينات من مطاعم الوجبات السريعة المنتشرة في مدينة مصراتة، وذلك بسبب عدم تعاون وعدم ثقة أصحاب تلك المطاعم في هذا الجانب.[57-69]:

تجهيز العينات Preparation of samples

تم غسل كافة الأدوات والزجاجيات المستخدمة في تجهيز وتحضير العينات بشكل دقيق باستخدام الماء المقطر، ثم غُمرت في محلول مخلوط من حمض النيتريك المركز وحمض الهيدروكلوريك بنسبة 1:2. بعد ذلك، أُجريت عمليات غسيل متعددة متتالية بالماء المقطر لضمان إزالة أي شوائب أو ملوثات [60-69]. عقب هذه المرحلة، تم تجهيز العينات وفقًا للإجراءات التحليلية المتبعة والمستندة إلى المراجع [32-36، 70-74].

تحليل العينات Samples Analysis

للتعرف على بعض الخواص الكمية والنوعية لزيوت القلي، تم إجراء مجموعة من التحاليل الكيميائية وفقًا للطرق المعتمدة والمتبعة في هذا المجال [32-36,74-70].

تقدير الحموضة (رقم الحامض):

يمثل رقم الحموضة كمية ملليجرامات البوتاسا الكاوية الكحولية اللازمة لمعادلة الأحماض الدهنية الحرة المنفردة الموجودة في 1 g من الزيت، تُقدَّر الحموضة كنسبة مئوية من حمض الأوليك (حمض الزيت)، ويتم ذلك من خلال معايرة 5 ml من الزيت المذاب في محلول مكون من الإيثانول والإيثر بنسبة (1:1)، والمعدل بمحلول بوتاسيوم كحولي بتركيز 0.1 N بموجود دليل الفينول فتاليين (ph.ph) تم قياس رقم الحموضة باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{رقم الحامض} = \frac{56.1\times \text{N} \times \text{V}}{\text{وزن العينة}}$$

حيث إن:

V = حجم القلوي KOH المستخدم في التعادل بالملليلتر

N = عيارية القلوي KOH المستخدم في التعادل.

والقانون المستخدم في حساب النسبة المئوية للحموضة مقدرة كحامض أوليك كما يلي:

$$\text{\% للحموضة} = \frac{100\times 282 \times 56.1 \times \text{N} \times (\text{ml})\text{V}}{1000\times \text{وزن العينة}}$$

رقم البيروكسيد:

يمثل هذا الرقم كمية الأوكسجين الفعال معبرًا عنها بالميللي مكافئ لكل كيلوغرام من الزيت (meq/kg)يتم تحديده عن طريق خلط الزيت مع محلول مكون من كلوروفورم وحمض الخليك الثلجي بنسبة (3:2)، حيث يتفاعل هذا الخليط مع محلول مشبع من يوديد البوتاسيوم، تُقدَّر كمية اليود المتحررة من محلول يوديد البوتاسيوم بواسطة المعايرة بمحلول ثيوسلفات الصوديوم بتركيز 0.1 N. والقانون المستخدم لحساب رقم البيروكسيد هو:

$$\text{رقم البيروكسيد (meq/kg)} = \frac{1000 \times \text{N} \times \text{V}}{\text{وزن العينة}}$$

حيث إن:

V = حجم ثيوكبريتات الصوديوم بالملليلتر.

N = عيارية ثيوكبريتات الصوديوم.

دقة ومصداقية الطريقة المستخدمة:

للتأكد من دقة ومصداقية الطريقة المعتمدة في تقدير بعض العناصر الثقيلة في هذه الدراسة، تم هضم عينتين مرجعيتين صفريتين من الماء المقطر، عينة A وعينةB ، مرتين باستخدام نفس المواد والتقنيات المتبعة في عملية الهضم، أُضيفت تراكيز معلومة من المحاليل القياسية للعناصر الثقيلة إلى العينة A لقياس نسبة الاسترجاع (%)، بعد ذلك نُقلت العينتان إلى المختبر لتحليل محتواهما باستخدام جهاز الامتصاص الذري الطيفي (Atomic Absorption Spectrophotometer) أظهرت النتائج خلو العينة B من جميع العناصر الثقيلة، في حين تراوحت نسبة استرجاع العناصر المضافة في العينة A بين 97.3% و100% لجميع العناصر المختبرة، مما يدل على موثوقية ودقة الطريقة المستخدمة.

النتائج والمناقشة:

النـتـائـج:

في هذا الجزء من الدراسة، تم تحليل الخصائص الكيميائية لعينات الزيت المدروسة لتقييم جودتها ومدى صلاحيتها للاستهلاك. تم التركيز على ثلاثة مؤشرات رئيسية وهي: رقم الحموضة، النسبة المئوية للحموضة، ورقم البيروكسيد، لما لها من أهمية كبيرة في تحديد مدى تأكسد الزيت وتدهوره خلال مراحل التصنيع أو التخزين. يوضح الجدول (1) والشكل (1) قيمة رقم الحموضة (mg KOH/g oil) لكل عينة زيت، وهو مؤشر مهم يعكس كمية الأحماض الدهنية الحرة الناتجة عن تحلل الجلسريدات، ويعد من العوامل المؤثرة في الطعم والاستقرار الكيميائي للزيت. أما الجدول (2) والشكل (2)، فيعرضان النسبة المئوية للحموضة (%)، والتي تعد مقياسًا آخر لتقدير مستوى التزنخ والفساد الكيميائي للزيوت. وفيما يتعلق بتقييم درجة الأكسدة، تم حساب رقم البيروكسيد (meq/kg)، كما هو موضح في الجدول (3) والشكل (3)، والذي يعكس كمية بيروكسيدات الدهون المتكونة خلال عملية الأكسدة الأولية. ارتفاع هذا الرقم يشير إلى بداية تدهور الزيت، مما يجعله مقياسًا حساسًا لتقييم مدى تعرض الزيت للتلف. تمثل هذه الجداول والأشكال مرجعًا بصريًا وتحليليًا مهمًا لدراسة جودة عينات الزيت ومقارنتها بالمواصفات القياسية المعتمدة.

جدول (1): يوضح رقم الحموضة في عينات الزيت المدروسة (mg KOH/g oil):

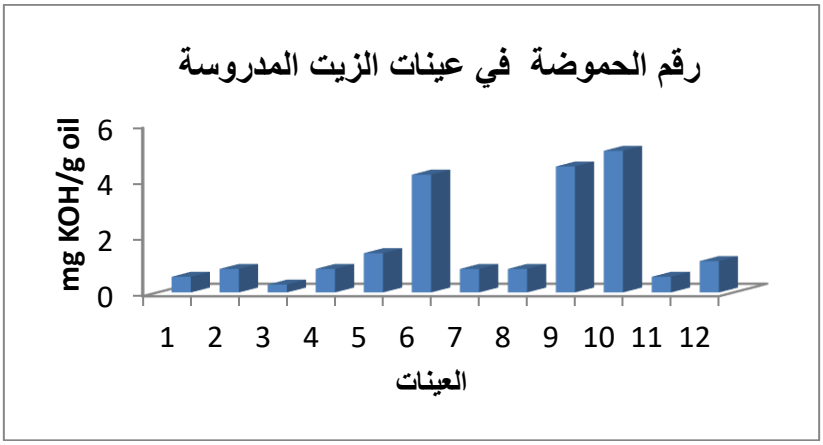
اسم العينة	رقم العينة	المتوسط	الانحراف المعياري ± S.E
زيت ذرة نجمة	1	0.56	017± 0.
زيت ذرة نجمة بعد القلي	2	0.84	097± 0.
زيت عباد الشمس نور	3	0.28	089 ± 0.
زيت عباد الشمس نور بعد القلي	4	0.84	± 0.027
خليط من زيوت الصويا وعباد الشمس والنخيل العربي	5	1.40	± 0.089
خليط من زيوت الصويا وعباد الشمس والنخيل العربي بعد القلي	6	4.20	± 0.06
زيت ذرة صافي	7	0.84	± 0.078
زيت ذرة صافي بعد القلي	8	0.84	± 0.093
زيت الزيتون	9	4.49	± 0.075
زيت الزيتون بعد القلي	10	5.05	± 0.093
زيت ذرة جديدة	11	0.56	± 0.038
زيت ذرة جديدة بعد القلي	12	1.12	± 0.992

جدول (2): يوضح النسبة المئوية (%) للحموضة في عينات الزيت المدروسة.

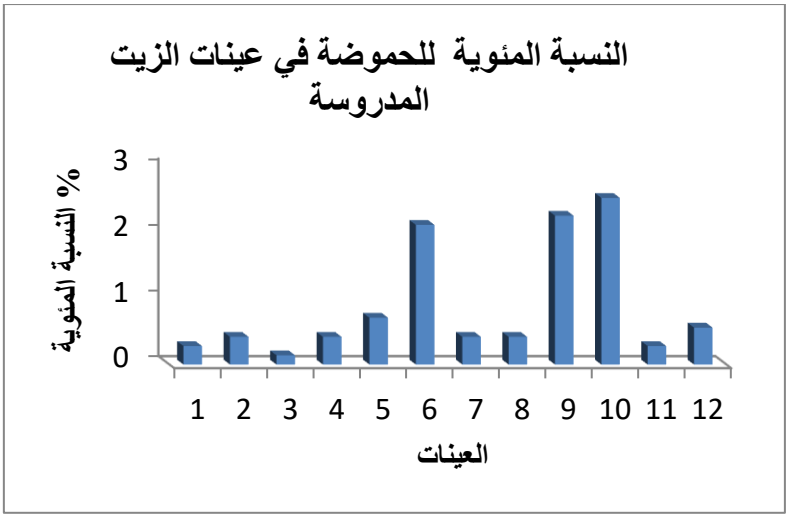
اسم العينة	رقم العينة	المتوسط	الانحراف المعياري ± S.E
زيت ذرة نجمة	1	0.28	001± 0.
زيت ذرة نجمة بعد القلي	2	0.42	065± 0.
زيت عباد الشمس نور	3	0.14	098± 0.
زيت عباد الشمس نور بعد القلي	4	0.42	± 0.046
خليط من زيوت الصويا وعباد الشمس والنخيل العربي	5	0.71	± 0.057
خليط من زيوت الصويا وعباد الشمس والنخيل العربي بعد القلي	6	2.12	± 0.065
زيت ذرة صافي	7	0.42	± 0.45
زيت ذرة صافي بعد القلي	8	0.42	± 0.097
زيت الزيتون	9	2.26	± 0.078
زيت الزيتون بعد القلي	10	2.53	± 0.093
زيت ذرة جديدة	11	0.28	± 0.013
زيت ذرة جديدة بعد القلي	12	0.56	± 0.092

جدول (3): يوضح رقم البيروكسيد في عينات الزيت المدروسة (meq/Kg).

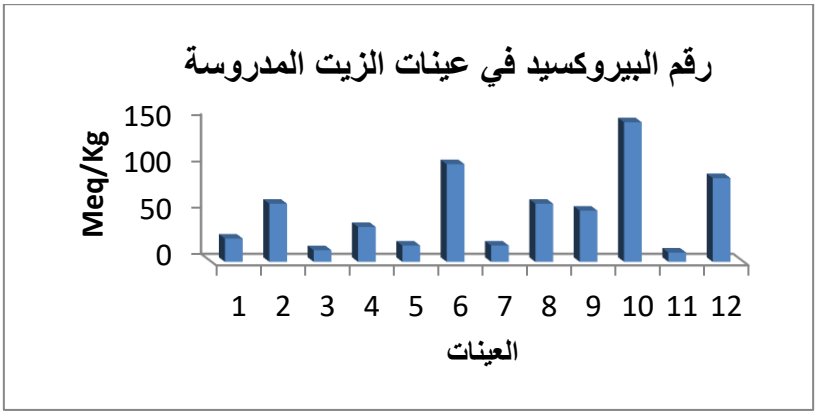
اسم العينة	رقم العينة	المتوسط	الانحراف المعياري± S.E
زيت ذرة نجمة	1	25.0	86± 0. 0
زيت ذرة نجمة بعد القلي	2	62.5	93± 0. 0
زيت عباد الشمس نور	3	12.5	20± 0.0
زيت عباد الشمس نور بعد القلي	4	37.5	± 0.005
خليط من زيوت الصويا وعباد الشمس والنخيل العربي	5	17.5	± 0.098
خليط من زيوت الصويا وعباد الشمس والنخيل العربي بعد القلي	6	105.0	± 0.083
زيت ذرة صافي	7	17.5	± 0.065
زيت ذرة صافي بعد القلي	8	62.5	± 0.060
زيت الزيتون	9	55.0	± 0.086
زيت الزيتون بعد القلي	10	150.0	± 0.030
زيت ذرة جديدة	11	10.0	± 0.075
زيت ذرة جديدة بعد القلي	12	90.0	± 0.092



الشكل (1): يوضح رقم الحموضة في عينات الزيت المدروسة



الشكل (2): يوضح النسبة المئوية (%) للحموضة في عينات الزيت المدروسة.



الشكل (3): يوضح رقم البيروكسيد في عينات الزيت المدروسة

المناقشة:

تم في هذه الدراسة الحصول على القيم والتقديرات المتعلقة بالعوامل المدروسة، والتي تم عرضها بالتفصيل في الفصل السابق، وسنقوم بمناقشتها وفقًا للتسلسل التالي، مع التركيز على متوسط القيم، مع الأخذ في الاعتبار التقديرات الخاصة بعينات الزيت الطازجة وعينات الزيت بعد القلي، كما تم حساب الانحراف المعياري للقيم المدروسة لتعزيز دقة التحليل وتقييم تباين البيانات.

تُعد جودة الزيوت المستخدمة ذات أهمية بالغة في تحديد جودة الغذاء المقلي، حيث تختلف كمية الزيت الممتصة من قبل المنتج المقلي باختلاف طبيعة وتركيب هذا المنتج، وتتعدد العوامل التي تؤثر على جودة الزيت، ومنها خواص وتركيب الزيت، وطريقة نقله وتخزينه وتعبئته، بالإضافة إلى طبيعة المنتج المقلي وتفاعله مع الزيت، فضلاً عن كفاءة ونوعية تجهيزات وأدوات القلي، وكمية الفقد في جودة الزيت أثناء الاستخدام.

تشير النتائج الموضحة في الجداول (3:1) والأشكال (3:1) إلى أن العينة رقم (10)، والتي تمثل زيت الزيتون بعد القلي، سجلت أعلى متوسط رقم حمضي حيث بلغ 5.05 mg KOH/g زيت، مع نسبة حموضة بلغت 2.53%، في المقابل كانت العينة رقم (3)، وهي زيت عباد الشمس (نور)، الأقل حموضة، حيث بلغ متوسط الرقم الحمضي لها 0.28 mg KOH/g زيت ونسبة حموضة 0.14%، وتجدر الإشارة إلى أن هذه القيم للحموضة أقل بكثير من الحدود المسموح بها في الزيوت المستخدمة للطهي، حيث يبلغ الحد المسموح به لرقم الحموضة في زيت الزيتون 17 mg KOH/g زيت، وللزيوت المكررة الأخرى 0.6 mg KOH/g زيت [83-76,71,34,32,6].

وترجع الحموضة بشكل رئيسي إلى تحلل الجليسيريدات في الزيت وانفصال الأحماض الدهنية الحرة، وبناءً عليه، فإن جميع الزيوت المدروسة لم تتجاوز المواصفات القياسية من حيث الحموضة، والتي قيسّت بوحدات mg KOH/g زيت وبالنسبة المئوية لكل عينة من عينات الدراسة.

عند مقارنة عينات الزيوت الطازجة بالعينات نفسها بعد القلي، لوحظ عدم وجود فروق كبيرة أو تغيرات جوهرية باستثناء العينة رقم (6)، والتي تمثل خليطاً من زيوت الصويا وعباد الشمس والنخيل العربي، إذ بلغ متوسط رقمها الحمضي قبل القلي 1.40 mg KOH/g زيت بنسبة حموضة 0.71%، بينما ارتفع بعد القلي إلى متوسط 4.20 mg KOH/g زيت بنسبة حموضة 2.12%. يُعزى هذا الارتفاع إلى تركيب الزيت نفسه، إضافة إلى أن فترة القلي لم تكن طويلة جداً.

يُعتبر مستوى الحموضة مؤشراً هاماً على جودة الزيت، حيث يشير ارتفاعه إلى تدهور جودته، وعادةً ما تتطلب عملية قياس الحموضة أدوات مختبرية دقيقة قد لا تتوفر للجميع، لذلك يمكن استخدام دكانة اللون كقرينة لارتفاع الحموضة، مع ملاحظة أن الزيوت التي تحتوي على أحماض دهنية قصيرة السلسلة تزيد من هذه الظاهرة، مما يسبب فقدان الزيت لثباته، لذا لا يُنصح باستخدامها، بالإضافة إلى ذلك فإن انخفاض لزوجة الزيت يدل على تدهور جودته وأدائه، كما أن تصاعد الأدخنة بكثافة أثناء القلي يُعد مؤشراً آخر على تراجع جودة الزيت [6, 32, 34, 71, 76-83].

بالنظر إلى النتائج المتحصّل عليها فيما يتعلق برقم البيروكسيد، والذي يُفترض ألا يتجاوز 15 ميلي مكافئ/كغم (meq/kg) في حالة زيت الزيتون، و10 ميلي مكافئ/كغم في الزيوت المكررة [6، 32، 34، 71، 76–83]، يتبيّن من خلال الجدول رقم (3) والشكل رقم (3) أن أعلى قيمة لرقم البيروكسيد سُجلت في العينة رقم (1)، وهي زيت ذرة من نوع "نجمة"، حيث بلغت قيمة البيروكسيد فيها meq/kg55 ، تلتها العينة رقم (9) وهي زيت زيتون طازج، بالقيمة نفسها.

أما فيما يخص العينات بعد القلي، فقد سُجلت أعلى قيمة لرقم البيروكسيد في زيت الزيتون (العينة رقم 10) والتي بلغت meq/kg150 ، بينما سُجلت أعلى قيمة بين الزيوت المكررة بعد القلي في العينة رقم (6)، وهي خليط من زيوت الصويا وعباد الشمس والنخيل العربي، إذ بلغت قيمة البيروكسيد فيها meq/kg105 . وبصورة عامة، يمكن القول إن معظم العينات المدروسة قد تجاوزت القيم المسموح بها لرقم البيروكسيد، باستثناء العينة رقم (11)، وهي عينة من زيت الذرة الجديد، حيث سُجلت فيها قيمة بيروكسيد بلغت meq/kg10 ، وهي مطابقة للحد المسموح به [6، 77–83].

وبناءً على ما سبق، يُستنتج أن معظم هذه الزيوت لا تصلح للاستهلاك البشري، نظرًا لما تسببه مركبات البيروكسيد من آثار ضارة على الأنسجة والخلايا الحية، حيث يُعد تراكم هذه المركبات مؤشراً على تدهور الزيت وبدء عمليات الأكسدة التي تقلل من جودته وسلامته الغذائية. جدول 4 يوضح نتائج تحيل مجموعة من الزيوت.

جدول (3): نتائج تحليل مجموعة من الزيوت.

العلامة التجارية	الرطوبة	رقم البروكسيد	الحموضة	رقم التحمض
نجمة دور الشمس	0.015	3.4	0.004	0.168
زاد	0.03	2.87	0.12	0.24
خليج	0.002	2.08	0.1	0.2
الجيد ذرة	0.00	0.4	0.03	0.06
لمتنا	0.06	1.03	0.2	0.4
النحبة	0.04	1.24	0.3	0.6
لامار	0.04	0.79	0.3	0.6
الامتياز	0.00	0.94	0.4	0.8
الشريف	0.00	2.34	0.1	0.2

الخلاصة:

أُجريت هذه الدراسة بهدف تقييم بعض الخصائص الكمية والنوعية لعينات الزيوت النباتية المتداولة في أسواق مدينة مصراتة، وذلك من خلال إجراء اختبارات معملية لتحديد جودة وصلاحية هذه الزيوت قبل عملية القلي وبعدها.وقد تم في هذه الدراسة اختيار مجموعة من الزيوت الأكثر استهلاكًا في المدينة، شملت زيوت الذرة، وزيوت عباد الشمس، وزيت الزيتون، بالإضافة إلى خليط من زيوت الصويا وعباد الشمس والنخيل العربي.شملت التحاليل الكيميائية المنجزة في المختبر كلًّا من: الحموضة، رقم التصبن، رقم الإستر، رقم البيروكسيد، مؤشرات التزنخ، إلى جانب تقدير بعض العناصر المعدنية مثل: الزنك، الكادميوم، النحاس، الحديد، الرصاص، والمنغنيز.أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية تجاوزًا للحدود المسموح بها لرقم البيروكسيد في جميع العينات المدروسة، باستثناء عينة واحدة كانت مطابقة للمعايير المعتمدة. كما بيّنت النتائج أن معظم العينات احتوت على نسب من عنصري الزنك والكادميوم تفوق الحدود المقبولة، مما يشير إلى احتمالية تلوثها أو تدهور جودتها نتيجة سوء الحفظ أو التداول.

المراجع

اولاً: المراجع العربية:

1- دلالي ب، الحكيم. ص. تحليل الأغذية. كليـة الزراعة والغابات. جامعة الموصل. العراق. 1987.
2- محمد ر.ص. التحاليل الطبيعية والكيماوية للزيوت والدهون. المكتبة الأكاديمية. القاهرة. 1995.
3- الجيار.ع. مجلة العثيم. العدد 26. 41. 2003.
4- باوزير.ن. مجلة السكري. العدد 16. 18. 2001.
5- شعار.م.ع. تكنولوجيا الزيوت ومنتجاتها (منشورات جامعة البعث، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية) سورية 1994.
6- الشيخ. ف. ع. صناعة الزيوت والدهون. الطبعة (1). دار النشر للجامعات. 1993
7- الورقي. أ. ج. تكنولوجيا الزيوت والدهون ــ الطبعة (1) جامعة الملك سعود. السعودية. 199
8- صفر. ح. ن. المحاصيل الزيتية والسكرية. كلية الزراعة. جامعة بغداد. العراق. 1983.
9- زويل. م. أ. الزيوت والدهون. الطبعة (3). دار المعارف. القاهرة. 1965
10- جاسم. ح. ن. صناعة الزيوت والدهون والنشأ والسكر وصناعات أخرى. الجزء (3). الجمهورية العراقية. 1988.
11- التكروري. ح. د، المصري. خ. علم التغذية العام أساسيات التغذية المقارنة. الدار العربية للنشر والتوزيع. القاهرة. 1989.
12- التكروري. ح. د، المصري. خ. علم التغذية العام أساسيات التغذية المقارنة. الدار العربية للنشر والتوزيع. القاهرة. 1989.
13- هاشم. ح، عسكر. أ، نوفل. م. أساسيات كيمياء الأغذية ــ الدار العربية للنشر والتوزيع ــ القاهرة 1996
14- القباني، ص. الغذاء لا الدواء ــ الطبعة (4) ــ دار العلم للملايين.
15- علي. ل. ح. التلوث الصناعي. المصادر. كيمياء التلوث. طرق السيطرة. منشورات وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الموصل. 1987.
16- الهندسي. العدد 36. مجلة فصيلة تصدر عن النقابة العامة للمهن الهندسية بليبيا .1997
17- محمد.ع.س. الكيمياء الحيوية للعناصر النادرة، دار الكتب للطباعة والنشر العراق. 1988.
18- شحاتة. ع.أ. أمراض ناتجة عن الغذاء. الطبعة الأولى. جامعة عين شمس. 1999
19- عويضة. ع. ح. أساسيات تغذية الإنسان. كلية الزراعة جامعة الملك سعود السعودية. 1993
20- محمد. عبد الله. علم السموم أسس ومفاهيم. الطبعه الاولى، منشورات جامعة قاريونس. 2002.
21- المواصفات القياسية الليبية. رقم (8، 263، 264-262) لزيوت الطهي. المركز الوطني للمواصفات والمعايير القياسية. 1983.
22- الزقطاط، أ. أ. دراسة كمية بعض المعادن الثقيلة في دجاج اللحم المحلي. رسالة ماجستير قسم علوم الأغذية كلية الزراعة جامعة طرابلس. 1992.

23- بن زيتون. س، الزقطاط. أ، الخضار. و. ضبط جودة المشروبات الغازية من الناحية الكيميائية والتكنولوجية. مجلة البحوث الصناعية. العدد التاسع. طرابلس. 1995.
24- الدومي. ق، الماجي. ب، الحسن. ج. (ترجمة). طرق تحليل التربة والنباتات والمياه. تأليف (شابمان، هـ، د. سرات، ب.ف) منشورات جامعة عمر المختار. البيضاء. 1995.
25- الصطوف. ع. التلوث البيئي – مصادره- آثاره – طرق الحماية. الطبعة الأولى. جامعة سبها. 1995.
26- عويضة. ع. ج. أساسيات تغذية الإنسان. كلية الزراعة. منشورات جامعة الملك سعود. المملكة العربية السعودية. 1993.
27- الحايك. ت. طرق تحلي المياه. ديوان المطبوعات الجامعية. جمهورية الجزائر. 1989.
28- محمد. أ. ع. مقدمة في علم السموم والتلوث البيئي. دار الكتب الوطنية. منشورات جامعة قاريونس. بنغازي. 1999.
29- عفيفي. ف. ع. دورة السموم والملوثات البيئية في مكونات النظام البيئي. الطبعة الأولى. دار الفجر للنشر. القاهرة. ج. م. ع. 2000.
30- عبدالمولى. ن. ع. دراسة الرصاص والكادميوم في جمع الدروم المحلي في منطقة الجبل الأخضر. رسالة ماجستير قسم علوم الأغذية. كلية الزراعة جامعة طرابلس. 1990.
31- التيس. س. ع. دراسة مدى كفاءة التقنية الذاتية لمياه الصرف الجضرية في بحيرة ستيديه. رسالة ماجستير في الكيمياء التطبيقية. الجمهورية الجزائرية. 1994.
32- ثابت. ح. ع، الأشقر. ن.م. الرقم الحمضي. ورقم البيروكسيد. ورقم التصبن. لبعض عينات زيوت طعام محلية ومستوردة. مجلة الجامعة الإسلامية المجلد التاسع – العدد الأول. 1. .2001.
33- عطية. ر. م. دراسة مقارنة لتحليل بعض المعادن الثقيلة في بعض الزيوت النباتيه. رسالة ماجستير بقسم الكيمياء كلية العلوم جامعة مصراتة 2001.

ثانيا: المراجع الاجنبية:

34- Rajah. K.K. Fats in Food Technology. Sheffield, Academic Press. Uk 2002.
35- Okpuzor. J, Okochi. V.I, Ogbunugafor. H.A, Ogbonnia. S, Fagbayi. T. And Obidiegwu. C. Estimation of Cholesterol Level in Different Brands of Vegetable Oils. Pakistan Journal of Nutrition. 8 (1). 57. 2009
36- Bloor. W.R. The Determination of Cholesterol in Small Amounts of Blood. J. Biol. Chem. 24. 227. 1916.
37- Firestone. D. Regulation of Frying Fat and Oil. In: Deep Frying: Chemistry, Nutrition and Practical Applications – 2nd Edition. 373. (Ed. M.D. Erickson, Aocs Press, Champaign) 2007.
38- Fennema O. R, Food Chemistry, Third Edition, Marcel Dekker Inc. New York 1996.
39- Gunstone. F. Fatty Acids and Lipid Chemistry. Blackie Academic and Professional. Chapman And Hall. London 1996.
40- Egan. H, Kirk. R, Sawyer. R. Pearson's Chemical Analysis of Foods. Eighth Edition. Churchill Living Stone. New York 1981.
41- SIKORSKI. Z.E. Chemical and Functional Properties of Food Components. CRC Press LLC. U.S.A 2002.
42-GUNSTONE. F. Vegetable Oil in Food Technology, Culinary and Hospitality. Industry Publications Services. U.S.A 2002.
43- Carter. F.J. Sunflower. Science and technology. Ed. Ameri-can Society of Agronomy crop Science-USA. 1978.
44-Feinberg. M, Ducauze C. Anal. Chem. 52. 207. 1980.
45- Frediediem-Apute. The seed lipids of the palm family-JA-COS. 56. (4). 528. 1979.
46- Veies.D. R.J. Utilization of Malaysian Palm Oil and Palm Kernel Oil for Fatty Acids and Derivatives-JAOCS.61 (2). 404. 1984
47- Mostafa. A.A. Characteristics and Composition of Some consumer Available Oil-The Journal of Agriculture. 09.63. 1980
48- Biochemistry-A case Oriented Approach. The E. V. Mosby Company-First Edition 342 London. 1980 1977
49- Codex Alimentarius-Fats. Oil and Related Products-Volume 8-(F.A. O) (W.H.O).
50-Marvin R.R.A. W.F-Oil and Fat-153-New York. 1982.

50- Hoffmann. G. Quality control in the food industry. Vol 2,2nd ed. Chapter 5: Edible oils and fats, Acadmic press Inc. London. Ltd. 407. 1986.
51- AOCS Official Method Cd 3a–63. Acid value. Sampling and analysis of commercial fats and oils. Champaign, Illinois: American Oil Chemists'Society. 1989.
52- Sikiric. M, Brajenovic.N, Pavlovic. I, Havranek.J. L, pavljanic. N. J. Anim.Sci. 48. (11). 481.20
53- ISO 660. animal and vegetable fats and oils – determination of acid value and acidity (ICS 67.200.10). Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization. 1996.
54- Osborne. D. R, Vooget. P. The Analysis of Nutrients in Foods. Academic Press, London. 1978.
55- AOAC. Ocial Methods of Analysis. 14th end. Washington. DC 1984.
56- List. G. R, Evans. C.D., Kwolek. W. F. JAOCS. 48. 438. 1971.
56- Lachas. H, Richaud. R, Jarvis. K. E, Herod A. A Dugwell D. R. Kandiyoti Analyst. 124. 177. 1999.
57- Reilly. C. MetalContamination of Food Applied. Sci. Publishers (1st Ed). London.UK. 1980.
58- Alfassi. Z. B, Lavi. N. Analyst 115. 817. 1990.
59- Sandell. E. B. Colorimetric Determination of Traces of Metals (2nd Ed.) Interscience Publishers Inc. New York. USA. 1950.
60- Menden. E.E, Brockman. D. M, Choudhury. H, Pctering. H. G. Anal. Chem. 49.(11). 1644.1977
61- Martin. T. D. Determination of trace elements in drinking water by ICP. National Exposure Research laboratory. office of research and development, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. 2003.
62- Arnould. J, favier. A. Analyst 117. 1593.1992
61- Jones. J. W, Gajan. R.J., Boyer. K.W, Fiorino. J.A. THE AOAC 60. (4). 826. 1977.
62- Palrecha. M. M, Kulkarni A. V, Dhaneshwar. R. G. Analyst.111 .375. 1986.
63- Holak. W. E. J A. O. A. C. 66.(3). 620. 1983
64- Krinitz. B, Tepedilo N. J A. O. A. C. 64. (4). 1014. 1981.
65- Lehnrt. G, Stadelmann. G, Schaller. K.H, Szadkowski. D. Arch Hyg. Bakt. 153. 403. 1969
66- Yeager. D. W, Cholak. J, Henderson. E. WEnvir. Sci. Technol. 5. 1020.1971
67- AOCS the official and tentative methods of the American Oil Chemists'Society. 1996.
68- Ktyszejko-Stefanowicz, Cwiczenia. Z, Biochemii. P.W.N. Warszawa.Poland. 1972.
69- Osborne. D. R, Vooget. P. the Analysis of Nutrients in Foods. Academic Press. London. 1978.
70- AOAC. Official Methods of Analysis. 14th edn. Washington, DC 1984.
71- Guidelines for Data Acquisition and Data Quality Control in Enivironmental Chemistry, Anal Chem. 52. 2242. 1980
72- Fennema. O. R. Food Chemistry. Third Edition, Marcel Dekker Inc. New York 1996.
73- Maiti PC. Determination of critical solution temperature as a means of identification of vegetable oils. J Forensic Sci Soc.17. (1). 45. 1977.
74- AOAC official method 993.20 iodine value of fats and oils Wijs (cyclohexane-acetic acid solvent) method. AOAC Official Methods of Analysis 41.7. 1995.
75- Pavlovic. I, Sikiric. M, Havranek. L, plavijanic. Vand Brajenovic. N, J. Anim.Sci. 49. (4). 164. 2004.
76- Ceirwyn S. J. Analytical Chemistry of Foods. Blackie Academic and Professional. Chapman and Hall. London 1995.
77- Megahed. M, Nashy. E, Al-Ashkar. E. Evaluation of fried edible oil and determination of trace elements content by FAAS. Agriculture and biology of America.doi:10.5251/abjna.2011.2.4.687.692.2011
78- Sansoni. B. Multi element analysis for environmental characterization and its future trends. Pure and applied chem. 59.576. 1978.
79- AOAC official method 993.20 iodine value of fats and oils Wijs (cyclohexane-acetic acid solvent) method. AOAC Official Methods of Analysis 41.7. 1995.
80- Pavlovic. I, Sikiric. M, Havranek. L, plavijanic. Vand Brajenovic. N, J. Anim.Sci. 49.(4). 164. 2004.
81- Ceirwyn S. J. Analytical Chemistry of Foods. Blackie Academic and Professional. Chapman and Hall. London 1995.
82-Sansoni. B. Multi element analysis for environmental characterization and its future trends. Pure and applied chem. 59.576. 1978.
83- Megahed. M, Nashy. E, Al-Ashkar. E. Evaluation of fried edible oil and determination of trace elements content by FAAS.Agriculture and biology.j.of.n
America.doi:10.5251/abjna.2011.2.4.687.692.2011