الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم علوم الأغذية

مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في الزيوت النباتية سورية المنشأ ومنتجاتها

Trans-fatty acid profiles of Syrian vegetable oils and their Products

رسالة أعدت استكمالاً لنيل درجة الماجستير في علوم الأغذية

إعداد
المهندس رضوان بدر الدين

إشراف

الدكتور غيـــاث سمـينـة
أستاذ في قسم علوم الأغذية
كلية الزراعة-جامعة دمشق

الدكتـور محمــد مـحمـــد
أستاذ في قسم علوم الأغذية
كلية الزراعة-جامعة دمشق

٢٠١٠ م – ١٤٣١ هـ

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ ٢٠١٠/١٠/١٩ م وأجيزت من قبل لجنة الحكم المؤلفة من السادة:

- الأستاذ الدكتور غياث سمينة: الأستاذ في قسم علوم الأغذية
  كلية الزراعة–جامعة دمشق

- الأستاذ الدكتور عادل جواد: الأستاذ في قسم علوم الأغذية
  كلية الزراعة–جامعة حلب

- الدكتور نبيل بطي: مدرس في قسم علوم الأغذية
  كلية الزراعة–جامعة دمشق

كلمة شكر

أتوجه بخالص الشكر والامتنان إلى **الدكتور غياث سمينة والدكتور محمد محمد** لتكرمهما بالإشراف على هذه الرسالة وتقديمهما النصائح والتوجيهات القيمة التي أغنت هذا البحث.
كما أتوجه بالشكر الجزيل إلى الدكتور عادل جواد والدكتور نبيل بطي لتفضلهما بالإشراف على المناقشة العلنية لهذه الرسالة.

وأخص أيضاً بالشكر كافة العاملين في المخبر المركزي لإدارة التعيينات لمساهمتهم بتقديم الدعم والمساهمة في تأمين مسلتزمات هذا البحث.

وأخيراً أتوجه بالشكر إلى كل من المهندس فادي موسى والمهندس فادي القائد لمساهمتهما في تأمين المواد الكيميائية والمسلتزمات الخاصة بالتحليل الكروماتوغرافي. وجميع الزملاء الذين ساهموا في تقديم المساعدة لإنجاز هذا البحث.

المحتويات

الموضوع **رقم الصفحة**

الملخص I
Summary IV
قائمة الأشكال VII
قائمة الجداول VIII
قائمة الاختصارات IX
١- المقدمة وأهداف البحث ١
٢- الدراسة المرجعية ٥
٢-١- تشكل الأحماض الدهنية المفروقة ٥
٢-١-١-الهدرجة الحيوية ٥
٢-١-٢-التقسية / الهدرجة الصناعية ٦
٢-١-٣-القلي ٧
٢-٢- أهم مصادر الأحماض الدهنية المفروقة ٧
٢-٢-١-المرغرين ٧
٢-٢-٢-اللحوم ومنتجاتها ٨
٢-٢-٣-الحليب ومنتجات الألبان والأجبان ٨
٢-٢-٤-الأسماك ٩
٢-٢-٥-الشوكولا، البسكويت، الرقائق ٩
٢-٢-٦-الزيوت النباتية ١٠
٢-٢-٧- قوائم الطعام الكاملة ١٠
٢-٢-٨-الوجبات السريعة ١١
٢-٢-٩-بعض الأطعمة غنية بالأحماض الدهنية المفروقة ١١
٢-٣-مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في الوجبات ١٢
٢-٤-الخواص الفيزيائية الكيميائية لبعض الأحماض الدهنية ١٣
٢-٥- الأحماض الدهنية المفروقة في الغذاء و علاقتها بالأمراض ١٤
٢-٥-١- أمراض القلب ١٤
٢-٥-١-١-دراسة وبائية ١٤

٢-٥-١-٢- التأثير في ليبوبروتينات الدم ١٥
٢-٥-١-٣- عوامل الخطورة الأخرى لأمراض القلب ١٥
٢-٥-٢-مرض السرطان ١٦
٢-٥-٣- أمراض الحساسية ١٧
٢-٥-٤- مرض السكري ١٧
٢-٥-٥- الوزن الزائد ١٧
٢-٥-٦-اعتلال الكبد الوظيفي ١٧
٢-٥-٧- العقم ١٨
٢-٥-٨- تأثير الأحماض الدهنية المفروقة على المراحل المبكرة من العمر ١٨
٢-٥-٩-الاضطرابات العصبية ١٩
٢-٦-التشريعات العالمية المتعلقة بالأحماض الدهنية المفروقة ٢٠
٢-٧-الطرائق المتبعة في تحليل الأحماض الدهنية المفروقة ٢١
٢-٦-١-تجهيز العينة ٢١
٢-٦-٢-الأسترة ٢١
٢-٦-٣-التحليل بطيف الأشعة تحت الحمراء (IR) ٢٢
٢-٦-٤-التحليل بالكروماتوغرافيا الغازية (GC) ٢٢
٣- مواد وطرائق البحث ٢٣
٤- النتائج والمناقشة ٢٦
٤-١-المتوسطات العامة لنسب TFA الكلية في العينات المحللة ٢٦
٤-٢- تحويل كمية TFA من نسبة مئوية إلى غ / ١٠٠ غ دهن ٢٩
٤-٣- مستويات TFA في الأغذية المدروسة ٣١
٤-٣-١- الزيوت النباتية (زيت الزيتون، الصويا، دوار الشمس، الذرة والقطن) ٣١
٤-٣-١-١- زيت الزيتون ٣١
٤-٣-١-٢- زيت الصويا ٣٢
٤-٣-١-٣- زيت دوار الشمس ٣٤
٤-٣-١-٤- زيت الذرة ٣٥
٤-٣-١-٥- زيت القطن ٣٧
٤-٣-٢- السمن المهدرج ٣٨
٤-٣-٣- المنتجات المقلية ٤٠
٤-٣-٣-١- البطاطا المقلية ٤٠

٤-٣-٣-٢- الفلافل ٤٢
٤-٣-٣-٣- الرقائق ٤٤
٤-٣-٤- البسكويت ٤٦
٤-٣-٥- الشوكولا ٤٨
٤-٣-٦- البتيفور ٥٠
٤-٣-٧- أغذية الأطفال
..... ٥٢
٤-٤- تقييم الضرر الإجمالي للدهن المستخدم في تصنيع الأغذية المدروسة ٥٤
٤-٥- حساب المدخول اليومي من TFA وتقييم عوامل الخطورة ٥٦
٥- الاستنتاجات ٥٧
٦- التوصيات ٥٩
٧ – كلمة شكر ٦٠
٨- المراجع ٦١
٩- الملاحق ٦٩

الملخص

تعد الزيوت والدهون أحد أكثر المغذيات أهمية في المحافظة على صحة الإنسان، إذ تعتبر مصدراً هاماً لإمداد الجسم بالطاقة، كما أنها تمد الجسم بالفيتامينات الذوابة بالدهون، وتؤمن حاجة الجسم من الأحماض الدهنية الأساسية (EFA) الضرورية لصحة الجملة العصبية كما أنها تعتبر مصدراً للأحماض الدهنية متعددة عدم الإشباع (PUFA) ذات الأهمية الكبيرة في الوقاية من أمراض القلب الوعائية.

تتكون الزيوت والدهون بصورة أساسية من الغليسريدات الثلاثية التي تتكون بدورها من الغليسرول والأحماض الدهنية، وتتنوع الأحماض الدهنية التي تدخل في تركيب الغليسريدات الثلاثية بطريقتين: طول السلسلة الكربونية ودرجة عدم تشبعها.

توجد الأحماض الدهنية غير المشبعة بصورة عامة طبيعياً بالشكل المقرون (*Cis*)، حيث تتوضع ذرتي هيدروجين الرابطة المضاعفة في جهة واحدة بالنسبة لذرات الكربون. لكن تعرض الزيوت والدهون لعمليات التصنيع كالهدرجة والتكرير والحرارة يؤدي إلى تحول الأحماض الدهنية غير المشبعة إلى الشكل المفروق (*Trans*) غير الطبيعي بحيث تصبح ذرتي هيدروجين الرابطة المضاعفة في جهتين مختلفتين بالنسبة لذرات الكربون.

أكدت العديد من الدراسات الحديثة أن الأحماض الدهنية المفروقة (TFA) ضارة بالصحة، فهي مسؤولة عن الإصابة بأمراض القلب الوعائية ومرض السكري وزيادة الوزن واعتلال الكبد الوظيفي والحساسية، علاوة على خطورتها في المراحل المبكرة من العمر لأنها تعيق تَشَكُّل الأحماض الدهنية طويلة السلسلة متعددة عدم الإشباع الضرورية للنمو والرؤية وتطور الجملة العصبية المركزية.

دفعت الأضرار الصحية السابقة التي تسببها TFA العديد من دول العالم إلى العمل على تقدير مستوياتها في الأغذية –لا سيما دول الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية واستراليا وكندا– من جهة والعمل على وضع تشريعات لضبط كمياتها في الأغذية المختلفة من جهة أخرى، حيث قامت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) في تموز عام ٢٠٠٣ بتعديل بطاقة بيان الأغذية التقليدية وأغذية الحمية بحيث تتضمن تحديد كمية TFA، واقترحت منظمة الصحة العالمية (WHO) في العام ذاته أن الحد الأعلى من TFA المتناول يومياً يجب ألا يتجاوز ١ % من إجمالي الطاقة اليومية. أما في سورية فلا توجد دراسات تحدد مستويات TFA في الأغذية المختلفة ولا توجد أي تشريعات تحدد الكميات المسموح بها من TFA (باستثناء المواصفة القياسية السورية رقم ١٨٢ لعام ٢٠٠٠ الخاصة بزيت الزيتون)، أضف إلى ذلك أن بطاقة البيان الحالية لا تُلْزِم المنتجين بتوضيح كمية TFA في المنتج إلى جانب افتقار المستهلكين إلى الوعي بالأضرار الصحية الخطيرة التي تسببها الأحماض الدهنية المفروقة.

لذلك هدف هذا البحث إلى تحديد مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في الزيوت النباتية ومنتجاتها كنقطة انطلاق بهدف إدراجها في بطاقات البيان وتحديد المستويات المسموح بوجودها في المواصفات القياسية السورية مستقبلاً.

بهدف تحديد مستويات TFA في الأغذية، جُمِعَت ٩٣ عينة مختلفة من الأسواق السورية بين عامي ٢٠٠٧–٢٠١٠ م، توزعت على الشكل الآتي: ٢٥ عينة زيت مختلفة (زيت زيتون، صويا، دوار الشمس، ذرة، قطن)، ١٠ عينات سمن مهدرج (مكون من زيت النخيل المهدرج أو مزيج من زيت النخيل وزيت الصويا المهدرجين)، ٣٠ عينة للمنتجات المقلية (بطاطا مقلية، رقائق (Chips)، فلافل بمعدل ١٠ عينات لكل منها)، ١١ عينة بسكويت، ١٠ عينات شوكولا، ٣ عينات أغذية أطفال و ٤ عينات بتيفور.

استخلص الدهن من المواد الغذائية السابقة –باستثناء الزيوت النباتية والسمن المهدرج– بطريقة سوكسلت، واستخدم الدهن الناتج عن الاستخلاص في تحضير المشتقات الميثيلية للأحماض الدهنية (FAME) التي حُلِّلت بتقنية الكروماتوغرافيا الغازية (GC).

احتوى زيت الزيتون على نسبة قليلة من TFA بلغ متوسطها ٠,١٧ غ / ١٠٠ غ زيت، وقد شكل الحمض الدهني ترانس بالميتوليك (C16:1*t*) النسبة العظمى (٦٢ %) من مجموع TFA (برغم أنه غير مذكور في المواصفة القياسية السورية ١٨٢ لعام ٢٠٠٠ الخاصة بزيت الزيتون). وكانت أغلب العينات (٦ عينات من أصل ٩ عينات) مطابقة للمواصفة السورية سابقة الذكر بينما كانت ثلاث عينات مخالفة لها.

احتوت الزيوت النباتية المستخدمة في القلي على نسب أعلى من TFA بالمقارنة مع زيت الزيتون. فقد احتوى زيت الصويا على نسبة تراوحت بين ١,٥٥ و ٢,٢٩ وبالمتوسط ١,٧٩ غ/١٠٠ غ زيت. واحتوى زيت دوار الشمس على نسبة تراوحت بين ٠,٥٧–٦,٥٦ وبالمتوسط ٢,٣٣ غ/١٠٠ غ. في حين كانت نسبة TFA في زيت الذرة بين ٠,٢٣ و ٢,٢٦ وبالمتوسط ١,٤٧ غ/١٠٠ غ. بينما لوحظ وجود نسب عالية من TFA في زيت القطن، حيث تراوحت نسبتها ما بين ٠,١٤–١١,٢٢ وبالمتوسط ٣,٠٦ غ/١٠٠ غ.

لوحظ وجود نسبة مرتفعة من TFA في السمن المهدرج، تراوحت هذه النسبة بين ٠,٦٤–٩,٧٨ وبالمتوسط ٣,٦٩ غ/١٠٠ غ. ولوحظ أن أقل من ثلث العينات (٣ فقط من أصل ١٠ عينات) كانت خالية عملياً من TFA (أي أنها احتوت أقل من ١ % TFA) وبالتالي يمكن اعتبار السمن المهدرج من المصادر الأساسية للأحماض الدهنية المفروقة في الوجبات الغذائية في سورية.

خلت عملياً (أقل من ١% TFA) جميع عينات الفلافل والبطاطا المقلية والرقائق والبتيفور وأغذية الأطفال من TFA، وكانت أعلى نسب مسجلة فيها ٠,٤٧، ٠,٩٩، ٠,٢٥، ٠,٣٣، ٠,٢٠ غ / ١٠٠ غ على الترتيب.

تراوحت نسبة TFA في البطاطا المقلية ما بين ٠,١١-٠,٩٩ غ/١٠٠ غ، وتبين أن زيت الصويا هو الزيت الأكثر استخداماً في قلي البطاطا بمفرده أو ممزوجاً مع زيت القطن. وهذا يفسر الارتفاع النسبي في نسبة TFA بالمقارنة مع الفلافل والرقائق باعتبار زيت الصويا يحتوي على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية غير المشبعة وبخاصة حمض لينولينيك.

لوحظ وجود نسبة منخفضة من TFA في الفلافل تراوحت بين ٠,٠٣-٠,٤٧ غ/١٠٠ غ، وذلك نتيجة لاستخدام زيت القطن (الحاوي على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية المشبعة وبخاصة حمض بالمتيك) في قلي أغلب هذه العينات.

احتوت عينات الرقائق على نسبة منخفضة جداً من TFA تراوحت بين ٠,٠٧-٠,٢٥ غ/١٠٠ غ، وذلك بسبب استخدام زيت النخيل غير المهدرج الحاوي على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية المشبعة.

تبين أن عينات البسكويت قد احتوت على نسبة مرتفعة من TFA تراوحت بين ٠,١٢-٦,٨٥ وبالمتوسط ٢,٦٤ غ/١٠٠ غ. وكذلك احتوت عينات الشوكولا على نسب مرتفعة من TFA تراوحت بين ٠,٠٥-١٠,٤٣ وبالمتوسط ١,٩٥ غ/١٠٠ غ، ويعود السبب في وجود هذه النسب المرتفعة من TFA في البسكويت والشوكولا إلى استخدام الزيوت النباتية المهدرجة في تصنيعها. كما احتوى المنتجين السابقين على نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية المشبعة إلى جانب TFA مما يزيد الأضرار الصحية الناتجة عن تناولها.

Summary

Fats and oils are one of the major essential dietary nutrients to maintain human health. They are important sources to supply the body with energy, fat soluble vitamins, essential fatty acids (EFAs)-that are important to maintain central nervous system- and polyunsaturated fatty acids (PUFAs) that are considered to be very important in preventing cardiovascular heart diseases.

Fats and oils mainly consist of triglycerides which in turn are made of glycerol and fatty acids. Fatty acids may differ in two ways: carbon chain length and degree of saturation.

Unsaturated fatty acids naturaly occur in the *cis* form, where the Hydrogen atoms in the double bond are located on the same side of the carbon atoms, but when fats and oils undergo hydrogenation or refining process, the Hydrogen atoms in the double bond are transferred into *trans*, unnatural form, where Hydrogen atoms in the double bond are located on either side of the carbon chain.

Many researches proved that *trans* fatty acids (TFA) have deleterious health effects, they are implicated in cardiovascular heart diseases, diabetes, excess weight, allergy and Liver Dysfunction, in addition of the risks in the early life, because they inhibit the formation of long-chain polyunsaturated fatty acids which are important for both growth and the development of vision and the central nervous system early in life.

The deleterious health effects of trans fatty acids lead many countries to determine their levels in diets (the European union, USA, Canada and Australia) on the one hand, and to put regulation to limit their ammounts in diets on the other hand. In July 2003, FDA published a final rule in the Federal Register that amended its regulations on food labelling to require that trans fatty acids be declared in the nutrition label of conventional foods and dietary supplements. In the same year WHO recommended that the intake of TFA be less than 1% of the total daily intake of energy.

In Syria there is no research to determine the levels of TFAs in diets. Moreover, there are no regulations to limit their amounts in different diets (except for Syrian Standard 182/2000 for olive oil). The food labels in Syria do not declare the levels of TFAs, besides the consumers' knowledge about deleterious health effects of TFAs are missing.

Present research aimed to determine trans fatty acid levels in Syrian vegetable oils and their products as an inducing in declaring them in food labels and regluate their levels in Syrian regulations as a future objectives.

To determine TFAs levels in Syrian foods, 93 samples were collected from local market: 25 oil samples (olive oil, soybean,

sunflower, corn and cottonseed), 10 hydrogenated vegetable oil, 30 fried product (fried potato, Flafel, chips; 10 each), 11 biscuit, 10 chocolate, 3 baby food, 4 betfour.

Fat was extracted by using Soxhlet method, and the extracted fat was used to prepare fatty acid methyl ester derivatives (FAMEs) which are analysed by gas chromatography (GC).

Oilve oil contained low levels of TFAs, 0.17 g/100 g in average. Among TFAs trans palmitoleic (C16:1*t*) was the dominant (62 % of the total TFAs) although it is not mentioned in the Syrian standard for oilve oil (182/2000). Most of olive oil samples (6 of 9) were correspondent to the Syrian Standard mentioned above, while 3 were not.

Vegeable oils contained higher ammount of TFA than oilve oil. Soybean oil contained 1.55-2.29 and 1.79 in average g TFA/100 g, while sunflower oil contained 0.57-6.56 and in average 2.33 g /100 g. corn oil contained 0.23-2.26 and in average 1.47 g /100 g. cottonseed oil contained very high levels of TFA between 0.14-11.22 and in average 3.06 g TFA/100 g.

High levels of TFAs were recorded in hydrogenated vegetable oils between 0.64-9.78 and in average 3.69 g TFA/100 g. Only one-third the samples were practicaly TFAs free (less than 1 %). This means that hydrogenated vegetable oils are a main source of TFAs in diets.

All fried potato, Flafel, chips, betfour and baby foods samples were practicaly TFAs free (less than 1 %). The highest recorded levels were 0.47, 0.99, 0.25, 0.٣٣ and 0.20 g TFA/100 g respectively.

TFAs were 0.11-0.99 g/100 g in fried potato. Soybean oil was the dominant oil used in frying (alone or mixed with cottonseed oil), which explains the relative increase in TFAs level compared with Flafel and chips. This is because soybean oil contains high levels of USFAs especially linolenic acid.

Low levels of TFAs were recorded in Flafel (0.03-0.47 g/100 g) because cottonseed oil (which contains high levels of SFAs especially palmitic acid) was the dominant frying oil.

Chips samples contained very low levels of TFAs, between 0.07-0.25 g/100 g, because unhydrogenated palm oil (which contains high levels of SFAs) used to prepare these samples.

Biscuit samples contain very high levels of TFAs, between 0.12-6.85 and in average 2.64 g/100 g, as well as chocolate samples which contained 0.05-10.43 and in average 1.95 g/100 g, because hydrogenated vegetable oils were used in prepration of biscuit and chocolate. These products also contained high levels of SFAs, which give these products high potentially for deleterious health effects.

قائمة الأشكال

رقم الشكل	المحتوى	رقم الصفحة
شكل ١,١	مقارنة بين حمض أوليك، حمض إلائيديك وحمض ستياريك	٢
شكل ٢,٢	مسار تماكب حمض لينولييك	٥
شكل ٣,٢	مسار تماكب حمض لينولينيك	٦
شكل ٤,٣	المخطط الكروماتوغرافي لمزيج معايير FAMEs المقرونة والمفروقة والمشبعة	٢٥
شكل ٥,٤	مستويات TFA في الزيوت والسمن المهدرج	٢٨

شكل ٦,٤	مستويات TFA في منتجات الزيوت النباتية	٢٨
شكل ٧,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت الزيتون O8	٣٢
شكل ٨,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت الصويا S2	٣٣
شكل ٩,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت دوار الشمس SU1	٣٥
شكل ١٠,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت الذرة C1	٣٦
شكل ١١,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت القطن CO1	37
شكل ١٢,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة السمن المهدرج M6	٣٩
شكل ١٣,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة البطاطا المقلية P5	٤١
شكل ١٤,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة الفلافل F1	٤٣
شكل ١٥,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة الرقائق CH8	٤٥
شكل ١٦,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة البسكويت B6	٤٧
شكل ١٧,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة الشوكولا CHO6	٤٩
شكل ١٨,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة البتيفور BE1	٥١
شكل ١٩,٤	المخطط الكروماتوغرافي لعينة أغذية الأطفال BF2	٥٣

قائمة الجداول

رقم الجدول	المحتوى	رقم الصفحة
جدول ١,٢	مساهمة الأغذية المختلفة في مدخول الأحماض الدهنية المفروقة	٧
جدول ٢,٢	مستويات TFA في منتجات اللحوم	٨
جدول ٣,٢	مستويات TFA في الحليب ومنتجات الألبان	٨
جدول ٤,٢	مستويات TFA في الجبن (النسبة المئوية من الدهن الكلي)	٩
جدول ٥,٢	مستويات TFA في الأسماك (النسبة المئوية من الدهن الكلي)	٩

جدول ٦,٢	مستويات TFA في الشوكولاته، البسكويت، الرقائق، وأغذية أخرى (كنسبة مئوية من الدهون الكلية)	١٠
جدول ٧,٢	مستويات TFA في الأغذية الجاهزة	١٠
جدول ٨,٢	مستويات المدخول من الأحماض الدهنية المفروقة في بعض الدول الأوربية	١٢
جدول ٩,٢	الخصائص الفيزيائية للأحماض الدهنية	١٣
جدول ١٠,٢	مقارنة بين الأحماض الدهنية المشبعة والمفروقة من حيث تأثيرها على احتمال الإصابة بأمراض القلب	١٦
جدول ١١,٢	تفاصيل شروط التحليل الكروماتوغرافي لطريقة الاشتقاق بـ (DMOX)	٢١
جدول ١٢,٤	متوسطات نسب الدهون مع المتوسطات العامة لـ TFA في الزيوت والسمن المهدرج والمنتجات الغذائية الأخرى وفي الدهن المستخلص منها	٢٦
جدول ١٣,٤	كمية ونوعية TFA في عينات زيت الزيتون	٣١
جدول ١٤,٤	الحد الأقصى من TFA في زيت الزيتون بحسب المواصفة القياسية السورية رقم ٢٠٠٠/١٨٢	٣١
جدول ١٥,٤	مستويات TFA في عينات زيت الصويا	٣٢
جدول ١٦,٤	مستويات TFA في عينات زيت دوار الشمس	٣٤
جدول ١٧,٤	مستويات TFA في عينات زيت الذرة	٣٥
جدول ١٨,٤	مستويات TFA في عينات زيت القطن	٣٧
جدول ١٩,٤	محتوى السمن المهدرج من TFA	٣٨
جدول ٢٠,٤	مستويات TFA ونوع الزيت المستخدم في عينات البطاطا المقلية من الأسواق	٤٠
جدول ٢١,٤	مستويات الأحماض الدهنية المفروقة ونوع الزيت المستخدم في قلي عينات الفلافل	٤٢
جدول ٢٢,٤	مستويات الأحماض الدهنية المفروقة ونوع الزيت المستخدم في قلي عينات الرقائق	٤٤
جدول ٢٣,٤	مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في عينات البسكويت	٤٦
جدول ٢٤,٤	مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في عينات الشوكولا	٤٨
جدول ٢٥,٤	مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في عينات البتيفور	٥٠
جدول ٢٦,٤	مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في أغذية الأطفال	٥٢
جدول ٢٧,٤	متوسط النسبة USFA/(SFA+TFA) لدهن المواد الغذائية المدروسة	54

قائمة الاختصارات

AMP	2−amino−2−methyl−1−propanol
AOAC	Association of official analytical chemists
C	*Cis*
CLA	Conjugated linoleic acid
DMOX	4, 4.Dimethyloxazolin
DV	Daily value
EFA	Essential fatty acid

FAME	Fatty acid methyl ester
FAO	Food and agriculture organization
FDA	Food and drugs administration
FID	Flame ionization detector
GC	Gas chromatography
GC-MS	Gas chromatography−mass spectrometer
HDL	High density lipoprotein
IBFAN	International Baby Food Action Network
IR	Infrared
ISAAC	The International Study of Asthma and Allergies in Childhood
IUPAC	International union of pure and applied chemistry
LDL	Low density lipoprotein
SFA	Saturated fatty acid
T	*Trans*
TFA	Trans fatty acid
UHT	Ultra high temperature
USDA	United State department of agriculture
USFA	Unsaturated fatty acid
WHO	World health organization

١- المقدمة وأهداف البحث

الدهون مجموعة فرعية من المغذيات التي تدخل ضمن اللبيدات، التي تشمل كذلك الفوسفولبيدات والستيرولات وغيرها. تتألف الزيوت والدهون بشكل رئيسي من الغليسريدات الثلاثية. تأتي الغليسريدات الثلاثية بأحجام كثيرة وأنواع متعددة، لكنها تشترك جميعاً بتركيب متشابه: جميعها لها هيكل أساسي من الغليسرول الذي ترتبط به ثلاثة أحماض دهنية. فبينما تتشابه جزيئات الغليسرول، يمكن أن تتنوع الأحماض الدهنية بطريقتين: الطول ودرجة الإشباع (Wardlaw, 2003).

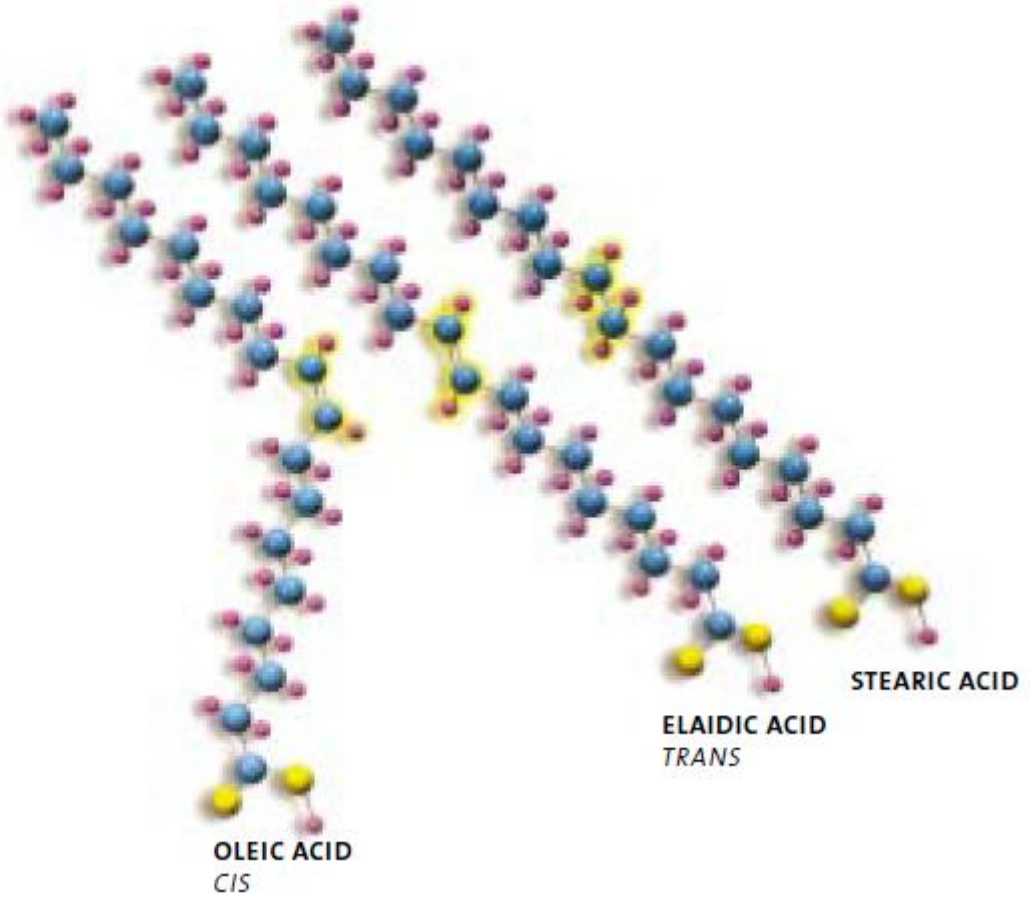
هناك ثلاثة أنماط من الأحماض الدهنية، وهي الأحماض الدهنية المشبعة، وحيدة عدم الإشباع ومتعددة عدم الإشباع. تتألف جميع الغليسريدات الثلاثية في الأغذية من مزيج من الأنماط السابقة للأحماض الدهنية (Wardlaw, 2003).

توجد الأحماض الدهنية المشبعة بكميات أكبر في دهون اللحوم ومنتجات الألبان وفي بعض الدسم النباتية مثل زيوت جوز الهند، النخيل، نوى النخيل. وهي عادة صلبة على درجة حرارة الغرفة، بينما توجد الأحماض الدهنية وحيدة عدم الإشباع بصورة رئيسية في زيوت الزيتون، الفستق السوداني، والكانولا، وهي عادة سائلة على درجة حرارة الغرفة. أما الأحماض الدهنية متعددة عدم الإشباع فتوجد في زيوت دوار الشمس، الذرة، فول الصويا، بذرة القطن وفي زيوت بعض الأسماك، وهي عادة سائلة على درجة حرارة الغرفة (Wardlaw, 2003).

تعد الزيوت والدهون واحدة من أكثر المغذيات الأساسية أهمية للمحافظة على صحة الإنسان فهي مثلاً هامة للتأثير الإيجابي للأحماض الدهنية طويلة السلسلة متعددة عدم الإشباع في الوقاية من أمراض القلب الوعائية. أثبتت الدراسات الوبائية التأثيرات السلبية للأحماض الدهنية المفروقة (TFA)، فهي قادرة على زيادة الليبوبروتين منخفض الوزن الجزيئي (الذي يسمى الكوليسترول السيئ LDL) وخفض الليبوبروتين عالي الوزن الجزيئي (الذي يسمى الكوليسترول الجيد HDL)، مؤدية إلى زيادة حدوث الأمراض القلبية الوعائية، الانسداد الشرياني، السكري، وسرطان الثدي ، ومرض الزهايمر وحتى التأثير على تطور الأطفال وصحة الجملة العصبية (Yan, 2000).

الأحماض الدهنية المفروقة (TFA) هي أحماض دهنية تحتوي على الأقل رابطة مضاعفة واحدة بالشكل المفروق ، حيث تتوضع ذرات هيدروجين الرابطة المضاعفة في جهتين مختلفتين بالنسبة لذرات الكربون، في حين تتوضع بالشكل المقرون في الجهة ذاتها (Stender and Dyerberg, 2003)، و يمتلك الشكل المقرون أو الشكل Z (من الكلمة الألمانية zusammen التي تعني معاً) جزأين من سلسلة الكربون تنحنيان إلى الأمام باتجاه بعضهما البعض، في حين يكون الشكل المفروق أو الشكل e (من الكلمة الألمانية entagegen التي تعني متعارض) جزأين لسلسلة الكربون يكونان بشكل خطي تقريباً، وبالتالي تكون الأحماض الدهنية المفروقة

مشابهة نوعاً ما في التركيب والخصائص للأحماض الدهنية المشبعة (FDA, 2003) ويبين الشكل ١,١ مقارنة بين حمض أولييك (المقرون) وحمض الإئيديك (المفروق) وحمض الستياريك (المشبع).



الشكل ١,١ مقارنة بين حمض أولييك، حمض إلائيديك وحمض ستياريك (Stender and Dyerberg, 2003)

تنتج الأحماض الدهنية المفروقة من الشكل المقرون غير المشبع الموجود طبيعياً عن طريق تسخين الزيوت النباتية السائلة بوجود وسائط من المعادن والهيدروجين كما في الهدرجة، التي تسبب أيضاً تماكب الروابط المقرونة إلى الشكل المفروق. تعد الزيوت النباتية المهدرجة جزئياً جذابة بالنسبة للصناعات الغذائية بسبب طول فترة صلاحيتها وثباتها للأكسدة، ولكونها نصف صلبة على درجة حرارة الغرفة (Mozaffarian *et al*., 2006) بالإضافة إلى أنها مقاومة للتزنخ (Ratnayake *et al*., 1993). للأحماض الدهنية المفروقة تأثيرات ضارة بالصحة (Ascherio and Willett, 1997; Stender and Dyerberg, 2004) توجد الأحماض الدهنية المفروقة عادة في المنتجات المخبوزة التجارية التي تحوي دهناً من أنواع المارجرين وزيوت الطبخ الصناعية.

أدت العلاقة بين الأحماض الدهنية المفروقة والآثار الصحية السلبية إلى العمل على تخفيض تناولها من قبل المستهلكين، ولإرشادهم إلى ذلك وضع في بطاقات البيان للمنتجات الغذائية فقرة تشير إلى ما تحتويه الأغذية من

TFA، وقد بدئ في ذلك من منتصف عام ٢٠٠٣، حيث نشرت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية تشريعات بضرورة تضمين بطاقات الأغذية ما تحتويه من TFA في الأغذية التقليدية وأغذية الحمية (FDA, 2003).

من الواضح في العديد من الدراسات المخبرية، الطبية والوبائية أن كمية ونوع الأحماض الدهنية في الوجبات مرتبط بالعديد من الأمراض المزمنة (WHO, 2003). توجد الأحماض الدهنية المفروقة في اللحم ومنتجات الألبان كناتج ثانوي لعملية التخمر التي تجري في الحيوانات المجترة، كما توجد في الدهون النباتية كنتيجة للهدرجة الجزئية (Ascherio et al., 1999).

نُشِرَت توصيات لتقليل الأحماض الدهنية المفروقة خلال العقد الأخير (Katan, 1995; Stender *et al*., 1995; FDA, 2003; WHO, 2003; EFSA, 2004)، وقد تأثرت الصناعة في العديد من الدول الأوربية بناء على هذه التوصيات، فانخفض محتوى الأحماض الدهنية المفروقة في الدهون بشكل كبير (Aro *et al*, 1998b; Brat and Pokorny, 2000; Clifton *et al*, 2004; Precht and Molkentin, 2000). لكن من غير المعروف كيف تؤثر هذه التوصيات على الممارسات التصنيعية في البلدان النامية، حيث الموارد نادرة وتطوير سياسة غذائية وتنفيذها صعب الإنجاز.

إن الزيوت الأوسع استخداماً في أمريكا اللاتينية هي زيت فول الصويا وزيت النخيل (FAOSTAT, 2004) وفي أمريكا الشمالية زيت الذرة ودوار الشمس. تعتبر البرازيل المنتج الرئيسي لفول الصويا في أمريكا اللاتينية، في حين يُنْتَج زيت النخيل بصورة أساسية في كولومبيا، الإكوادور وكوستاريكا (FAO, 2004).

تتوفر الأحماض الدهنية المشبعة، وحيدة عدم الإشباع، ومتعددة عدم الإشباع في وجبات العديد من الدول (Aro *et al*., 1998b; van Erp-baart *et al*., 1998; van Poppel *et al*., 1998; USDA, 2004)، لكن بطاقة بيان المنتجات الدهنية لا تشمل الأحماض الدهنية فلا يوجد فيها حمض لينولينيك بنوعيه ألفا وغاما ولا حمض لينولييك (WHO, 2003). ولا تضم جداول تركيب الأغذية معلومات عن الأحماض الدهنية المفروقة أو غير المشبعة التي تحوي على الأقل رابطة واحدة مضاعفة من النوع المفروق.

الأهداف

نخلص بعد هذه المقدمة التي تشير إلى خطورة وجود الأحماض الدهنية المفروقة في الأغذية وبخاصة في الدهون منها إلى أن هدف البحث

١-معرفة نوعية وكمية الأحماض الدهنية المفروقة، ومدى انتشارها في الأغذية الآتية، فلا توجد دراسة في سورية تشير إلى ذلك:

- دراسة زيت الزيتون السوري بالإضافة إلى زيوت القلي (زيت الصويا – دوار الشمس – زيت القطن – زيت الذرة) لمعرفة نتائج تعرضها لعمليات التكرير (التنقية القلوية- تبييض-إزالة الرائحة).
- دراسة نسبة الأحماض الدهنية المفروقة الموجودة في السمن النباتي المهدرج المنتج في سوريا أو المستورد من الخارج.
- دراسة الأحماض الدهنية المفروقة في بعض المنتجات التي تدخل فيها الزيوت النباتية المهدرجة كجزء أساسي في تركيبها (الشوكولا – البسكويت).
- دراسة الأحماض الدهنية المفروقة في المنتجات المقلية بالزيوت النباتية (الفلافل-أصابع البطاطاالمقلية-رقائق البطاطا).
- دراسة الأحماض الدهنية المفروقة في أغذية الأطفال.

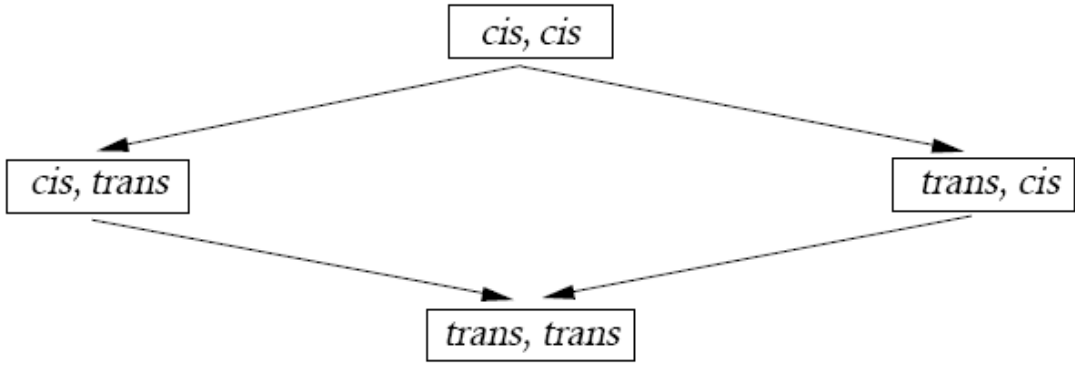
٢-توعية المصنع لتعديل عمليات التصنيع للحصول على منتجات صحية خالية من TFA.

٣-توعية المستهلك لتجنب شراء واستهلاك منتجات غذائية تحوي TFA.

٢-الدراسة المرجعية

٢-١- تشكل الأحماض الدهنية المفروقة :

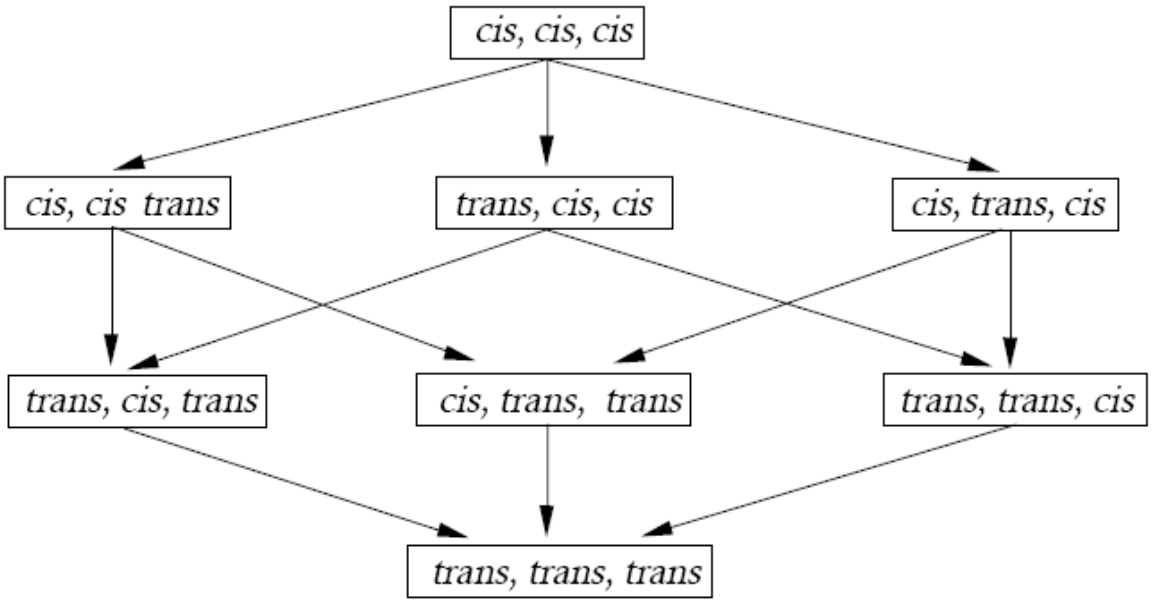
توجد الأحماض الدهنية غير المشبعة في الزيوت الطبيعية بالشكل المقرون، لكن الزيوت النباتية الغنية بالأحماض الدهنية غير المشبعة غير مناسبة في العديد من الصناعات الغذائية التي تتطلب استخدام المواد الدسمة الصلبة، ولذلك تُقسى هذه الزيوت النباتية بالهدرجة الوسيطية حيث تتحول الأحماض الدهنية المقرونة جزئياً إلى الشكل المفروق، بالإضافة إلى تشكل كميات قليلة إضافية من الأحماض الدهنية المفروقة خلال عملية إزالة الرائحة التي تتم في درجات حرارة عالية (Kovari *et al*., 1997; Bertoli *et al*., 1997)، ويكون مدى التماكب أكثر خطورة في الأحماض الدهنية متعددة عدم الإشباع، إذ يمكن أن تتشكل متماكبات مفروقة مختلفة للأحماض الدهنية غير المشبعة الموجودة ويبين الشكلان ٢,٢ و ٣,٢ المتماكبات المفروقة المحتملة التي يمكن أن تنتج عن حمضي لينولييك ولينولينيك.



الشكل ٢,٢ مسار تماكب حمض لينولييك (*cis, cis*-9,12 octadecadienoic acid) (Tang, 2002)

وبصورة عامة هناك مصدران أساسيان للأحماض الدهنية المفروقة في الوجبات، الهدرجة المحفزة حيوياً في كرش المجترات من جهة و التقسية الصناعية للزيوت النباتية من جهة أخرى. بالإضافة إلى ذلك، فالأحياء الدقيقة قادرة على تكوين الأحماض الدهنية المفروقة، وفيما يلي شرح لهاتين العمليتين:

٢-١-١-الهدرجة الحيوية: تنتج TFA من الهدرجة الحيوية في كرش الحيوانات المجترة (الأبقار، الأغنام)، ويتشكل متماكبات لحمض لينولييك المترافق (CLA) كمركبات وسطية للهدرجة الحيوية للأحماض الدهنية البكتيرية. ويسبق تشكل CLA تماكب أنزيمي لحمض لينولييك (C18:2 *C*9, *C*12) الناتج عن C18:2 *C*9, *C*11 والمُحَفَّز عن طريق بكتيريا *Butyrivibrio fibrisolvens* اللاهوائية يتبعه الهدرجة–المفروقة إلى حمض ڤاكسينيك (C18: 1*t* 11) أوإلائيديك (C18:1*t*9)



الشكل ٣,٢ مسار تماكب حمض لينولينيك (*Cis, cis*-9,12,15 octadecatrienoic acid) (Tang, 2002)

ينتج في هذه العملية حمض ستياريك (C18:0). تنعكس هذه التحولات في الدهن الحيواني ومنتجاته (الحليب، الجبن، اللحم)، ويقدر أن الحيوانات المجترة تعطي مقدار ٢-٩ % TFA (Steinhart *et al*., 1998). ويبدو أن المرحلة الأولى من الهدرجة الحيوية لحمض لينولييك المترافق (CLA) الناتجة عن ترافق الروابط المضاعفة ضرورية لتكوين TFA.

٢-١-٢-التقسية / الهدرجة الصناعية: تتكون الأحماض الدهنية المفروقة بكميات متفاوتة خلال الهدرجة الصناعية للزيوت النباتية وزيت السمك. تخفض الهدرجة الوسيطية باستخدام وسيط النيكل الثبات الحراري التأكسدي للزيوت، بخاصة بالنسبة للأحماض الدهنية متعددة عدم الإشباع (أي حمض لينولينيك، C18: 3 n-3) (Steinhart *et al*. 1998). تزيد هدرجة الروابط المضاعفة للأحماض الدهنية غير المشبعة بالإضافة الوسيطية للهيدروجين درجة انصهار الأحماض الدهنية وبالتالي الدهن. وتحدث التحولات الآتية اعتماداً على الشروط المطبقة على التفاعل وهي المادة المحفزة، درجة الحرارة، الزمن، الضغط:

١٨ : ٣	←	١٨ : ٢	←	١٨ : ١ 9c	←	١٨ : ١ 9t	←	١٨ : ٠
حمض *a*-لينولينيك		حمض لينولييك		حمض الأولييك		حمض إلائيديك		حمض ستياريك
-١١ْ م		- ٥ْ م		+ ١٦ْ م		+ ٥١ْ م		+ ٦٩,٦ْ م

يعتمد مدى تَشَكُّل الأحماض الدهنية المفروقة على نوع المحفز المستخدم في الهدرجة، فعلى سبيل المثال تبلغ نسبة الأحماض الدهنية المفروقة من الأحماض الدهنية أحادية الرابطة المضاعفة التي تكون في تماس مع النيكل ٤٠ %، والتي في تماس مع كبريتيد النيكل ٩٠ % ومع النحاس ١٠ % (Kempf, 2003).

٢-١-٣-القلي: تُسخن الزيوت والدهون على درجات حرارة عالية خلال عملية القلي، ويعد القلي العميق من الطرق الشائعة لتحضير الأغذية، وقد سجل العلماء الكثير من التغيرات الكيميائية التي تحدث خلال عملية القلي منها تكون الأحماض الدهنية الحرة ومركبات الكاربونيل والمركبات عالية الوزن الجزيئي، بالإضافة إلى التغيرات الفيزيائية مثل زيادة اللزوجة ودرجة اللون وانخفاض نقطة التدخين (Knize and Morgan, 1999).

حذر مجلس الغذاء الدانمركي من أن القلي العميق يمكن أن ينتج نسبة عالية من TFA أعلى من ١٠ %، حيث بإجراء دراسة على ٢٤ نوعاً مختلفاً من الوجبات السريعة ووجد مستويات عالية من TFA (Kleiner and Hansen, 2001).

٢-٢-أهم مصادر الأحماض الدهنية المفروقة

تعد بعض الأغذية المصدر الرئيسي للأحماض الدهنية المفروقة. ويبين الجدول ١,٢ أهم هذه المصادر.

الجدول ١,٢ مساهمة الأغذية المختلفة في مدخول الأحماض الدهنية المفروقة (Hulshof *et al.*, 1999)

الغذاء	المساهمة (%)	المنشأ (طبيعي – صناعي)
الحليب والجبن	١٨,٨	طبيعي
الزبدة	٥,٩	طبيعي
البيض	٠,٩	طبيعي
اللحوم ومنتجاتها	١٠,٣	طبيعي
الزيوت والدهون	٣٥,٥	تنتج عن الهدرجة بصورة أساسية
البسكويت والكعك	١٦,٥	تنتج عن الهدرجة بصورة أساسية
الفطائر المقبلة (Savoury pies)	٣,٥	تنتج عن الهدرجة بصورة أساسية
الرقائق	٤,٥	تنتج عن الهدرجة بصورة أساسية
مصادر أخرى	٤,١	ينتج عن الهدرجة بصورة أساسية
المجموع	١٠٠,٠	

٢-٢-١-المرغرين

قامت إدارة الغذاء و البيطرة الدانمركية بوضع برنامج لمراقبة المرغرين من خلال إجراء مسح للأحماض الدهنية المفروقة في المرغرين في أسواق الدانمرك. وقد أظهر المسح الذي أجري في عام ١٩٩٥ أن ٤٢ % من العينات كانت خالية من الأحماض الدهنية المفروقة (أقل من ١ %). بينما ظهر أن ٨٨ % من العينات كانت خالية منها في مسح عام ١٩٩٩ ونسبة متوسطة أقل من ١ %. وبلغ هذا المتوسط ٣ % في مسح عام ١٩٩٦، مع وجود عدد قليل من العينات زادت فيها النسبة على ٥ %، وسجلت أعلى نسبة ٩,٧ % (Hansen and Leth, 2000) .

٢-٢-٢-اللحوم ومنتجاتها

يعطي الجدول ٢,٢ ملخصاً لمستويات TFA (كنسبة مئوية من الدهن الكلي) في اللحوم المختلفة ومنتجاتها.

جدول ٢,٢ مستويات TFA في منتجات اللحوم (Steinhart and Fritsche, 1997)

الغذاء	C18 : 1 المفروق	الأحماض الدهنية المفروقة الكلية
لحم الغنم	٧,٥٣	٨,٦
الديك الرومي	٠,٨٩	٠,٩٩
لحم البقر (الشرائح / الكبد)	٢,٢٨	٢,٦٧
لحم الأرانب	٠,١٦	٠,٢٦
لحم الدجاج	٠,٥٢	٠,٧٣
السلامي	٠,٤١	٠,٦٧
المرتديلا	٠,٤١	٠,٤٩
نقانق الكبد	٠,٢١	٠,٢٧

٢-٢-٣-الحليب ومنتجات الألبان والأجبان:

تعد منتجات الألبان للحيوانات المجترة (للأبقار في الجدول ٣,٢) المصدر الرئيسي للأحماض الدهنية المفروقة في جسم الإنسان. أظهرت الدراسات أن تصنيع منتجات الألبان الموجودة في الجدول ٣,٢ لا يؤثر في محتواها من الأحماض الدهنية المفروقة ولا على توزعها.

جدول ٣,٢ مستويات TFA في الحليب ومنتجات الألبان (كنسبة مئوية من الدهن الكلي)

(Steinhart and Fritsche, 1997)

الغذاء	C18 : 1 المفروق	الأحماض الدهنية المفروقة الكلية
الحليب الخام	٣,١٣	٣,٩٦
الحليب المبستر	٢,٧٥	٣,٧٣
الحليب المعقم بطريقة UHT	٢,٤٦	٣,٠٩
الزبدة	٢,٥٣	٣,٤٩
الحليب المكثف	١,٥٩	٢,٤٦
اللبن	١,٨١	٢,٨٧

أما في الأجبان (جدول 4.2) فيمكن أن تتفاوت مستويات TFA لأنه لا يمكن مراقبة تأثير تخمر بكتريا حمض اللبن خلال التصنيع على مستويات هذه الأحماض.

جدول 4.2 مستويات TFA في الجبن (النسبة المئوية من الدهن الكلي)

(Steinhart and Fritsche, 1997)

الغذاء	C18 : 1 المفروق	الأحماض الدهنية المفروقة الكلية
الجبن الطري	١,٥	٢,٣٤
جبن Gouda	١,٦٠	٢,١٦
الجبن القشدي (butter cheese)	١,٦٥	٢,٦١
الجبن الأزرق	١,٢٣	٢,٠٠
جبن Gorgonzola	٢,٣٠	٣,٤٩
جبن Brie	١,٨٦	٢,٧١
جبن الماعز	١,٥٥	٢,٠٧
جبن حليب الغنم	١,٩٧	٢,٨٨

٢ – ٢ – ٤ – الأسماك

يتوقع أن تحتوي الأسماك وزيوتها على مستويات مهملة من الأحماض الدهنية المفروقة باستثناء سمك الشبوط، كما في الجدول٥,٢.

جدول ٥,٢ مستويات TFA في الأسماك (النسبة المئوية من الدهن الكلي) (Steinhart and Fritsche, 1997)

الغذاء	C18 : 1 المفروق	الأحماض الدهنية المفروقة الكلية
Victoria perch	٠,٤٨	٠,٧٢
سمك الشبوط	٠,٥٠	١,٠١
hecht	٠,٥٦	٠,٩٠
سمك القد	٠,٣٩	٠,٨٠
Ocean perch	٠,٥٤	٠,٨٢
سمك السلور	٠,٤٦	٠,٦٠
سمك السلمون	٠,٣٣	٠,٦٤
سمك الحدوق	٠,٢٧	٠,٤٣

٢ – ٢ – ٥ – الشوكولا، البسكويت، الرقائق

تتراوح مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في الشوكولا، البسكويت، المقبلات والمعجنات من ٠ % (الشوكولا، مسحوق شوكولا البودينغ) إلى ٣٤,١ % (الأغذية المقلية) (جدول ٦,٢). يرجع المجال الواسع لوجود الأحماض الدهنية المفروقة ضمن المنتج ذاته (كرقائق البطاطا ١,٢٢ – ٢٢,٠١) إلى سببين، أولاً استخدام أنواع مختلفة من الزيوت (زيت الصويا، دوار الشمس... الخ) وثانياً طرق الإنتاج المختلفة. كما يؤدي استخدام الدهون المهدرجة جزئياً إلى زيادة في مستويات الأحماض الدهنية المفروقة (Sebedio *et al*., 1990).

جدول ٦,٢ مستويات TFA في الشوكولاته، البسكويت، الرقائق، وأغذية أخرى

(كنسبة مئوية من الدهون الكلية) (Steinhart and Fritsche, 1997)

الغذاء	C18 : 1 المفروق	TFA الكلية
مسحوق شوكولاته البودينغ	< ٠,٠١	< ٠,٠١
Easy chocolate	< ٠,٠١	< ٠,٠١
الشوكولاته المحشوة بالقشدة	٠,٣٦	٠,٥٣
شوكولاته البندق	٠,٦٧	٠,٧٥
ويفر الفانيلا	٠,٣٩	٠,٤٤
الكرواسان	٥,٥١	٥,٩٥
الفطائر	١,٧٢	٢,١٨
رقائق البطاطا	١٥,٨٥-٠,٤١	٢٢,٠١-١,٢٢
رقائق الجبن	١,٨٥	٢,١٣
المنتجات المقلية	٢٩,٥٢-١٩,٦٧	٣٤,١٣-٢٦,٣٧
الصلصة الهولندية	١٧,١٨	٢١,٦٨
صفار البيض	٠,٠٩	٠,١٣

٢-٢-٦-الزيوت النباتية

نظرياً تعد الزيوت النباتية خالية من TFA، لكن هناك القليل من الدراسات في هذا المجال. وتسهم الزيوت النباتية بنسبة ١,٥ % من إجمالي TFA في الوجبات الغذائية (Kempf, 2003). وتنتج النسب القليلة من TFA عن عملية إزالة الحموضة في عملية التكرير الذي يحدث عند درجات حرارة عالية (Nardmann, 2000).

٢-٢-٧-قوائم الطعام الكاملة

تضمنت نتائج دراسة كل من Henninger و Ulberth (١٩٩٧) قوائم الطعام الجاهزة وليس مكونات معينة للأغذية (الأغذية التقليدية)، ويبين الجدول 7.2 مستويات TFA في هذه الأغذية.

جدول ٧,٢ مستويات TFA في الأغذية الجاهزة (Henninger and Ulberth, 1997)

الغذاء	C18 : 1 المفروق ملغ/١٠٠ غ منتج	TFA الكلية % من الدهن الكلي
أرز الكاري مع الدجاج	١٢٩	٩,٩٠
أرز مع اللحم	٦٧	٤,٣٤
صدر الديك الرومي مع الأرز البني	٤	٠,٢٧

بطاطا goulash* (لحم بقر مطبوخ)	٥٠	٠,٨٧
Ravioli (عجين محشو باللحم)	١٨	١,٠٨
لحم البقر مع الفطر	٦٢	١,٥٩
Baguette (نوع خبز فرنسي)	١٠٠	٠,٧٤
اللزانيا	٢٤٣	٤,٨٢
بيتزا نابولي	١٦٠٠	٢٤,٥٦
بيتزا Campagna	١١٠١	١٤,٥٧
معكرونة لحم مع الزبدة	١١	٠,٢٠
الفطائر (buff)	٣٦٦٠	١٥,٨٠

٢-٢-٨-الوجبات السريعة

حذر مجلس الغذاء الدانمركي من أن القلي العميق يمكن أن ينتج نسبة عالية من الأحماض الدهنية المفروقة، أعلى من ١٠ %، فعند إجراء دراسة على ٢٤ نوعاً مختلفاً من الوجبات السريعة وجدت مستويات عالية من الأحماض الدهنية المفروقة الناتجة عن التصنيع (Kleiner and Hansen, 2001).

تُسخن الزيوت والدهون على درجات حرارة عالية خلال عملية القلي، ويعد القلي العميق من الطرق الشائعة لتحضير الأغذية، وهي الطريقة المفضلة لأنها تعطي نكهة مرغوبة ولوناً ذهبياً وقواماً هشاً. سجل العلماء الكثير من التغيرات الكيميائية التي تحدث خلال عملية القلي منها تكون الأحماض الدهنية الحرة ومركبات الكاربونيل والمركبات عالية الوزن الجزيئي، بالإضافة إلى التغيرات الفيزيائية مثل زيادة اللزوجة ودرجة اللون وانخفاض نقطة التدخين، ويمر تفكك زيت القلي بخمسة مراحل وهي: مرحلة التحريض وتكون البيروكسيدات وتفكك البيروكسيدات والبلمرة، والتفكك (Knize and Morgan, 1999).

٢-٢-٩-بعض الأطعمة غنية بالأحماض الدهنية المفروقة

يمكن أن تحتوي كعكة على ٣,٢ غ من الأحماض الدهنية المفروقة، وقطعة من البطاطا المقلية يمكن أن تحوي ٦,٨ غ منها (Litin and Sacks, 1993)، ويمكن أن يحتوي كيس من البوشار وكعكة و قطعة كبيرة من البطاطا المقلية مجتمعة على ٢٠ غ من الأحماض الدهنية المفروقة، ويحتوي ١٠٠ غ من البسكويت وكيس من البوشار المحضر بطريقة الميكروويف على ١٠ غ من الأحماض الدهنية المفروقة لكل منهما، و قطعة من الشوكولا على ٣ غ .

٢-٣-مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في الوجبات

في الدراسة الأوربية التي أجريت في عامي ١٩٩٥-١٩٩٦ تم جمع ١٠٠ عينة من ١٤ دولة أوربية (Van Poppel, 1998)، والجدول ٨,٢ يبين معدلات مدخول الأحماض الدهنية المفروقة في الدول السابقة في عام ١٩٩٦ (Ricerus *et al*., 2002)

جدول ٨,٢ يبين مستويات المدخول من الأحماض الدهنية المفروقة في بعض الدول الأوربية

البلد	الفئة العمرية	الطاقة % من TFA	TFA غ/اليوم	المدخول السابق من TFA	
				غ/اليوم	الفترة الزمنية
أيسلندا	١٩-٦٤	٢,٠	٥,٤		
هولندا	١٩-٦٤	١,٦	٤,٣	١٠	١٩٨٤-١٩٨٥
بلغاريا	١٨-٦٣	١,٤	٤,١		
النرويج	١٩-٦٤	١,٥	٤,٠	٨	١٩٨٤-١٩٩١
المملكة المتحدة	٠-٧٥+	١,٣	٢,٨	٧	١٩٨٢
الدانمارك	١٩-٦٤	١,٠	٢,٦	٥	١٩٩١
السويد	١٩-٦٤	١,١	٢,٦	٧	١٩٨٤
فرنسا	١٩-٦٤	١,٢	٢,٣		
ألمانيا	١٩-٦٤	٠,٨	٢,٢	٤	١٩٩١
فنلندة	٢٥-٦٤	٠,٩	٢,١	٣	١٩٩٢
إسبانيا	٠-٧٥+	٠,٧	٢,١	٢	١٩٨٨
إيطاليا	١-٨٠	٠,٥	١,٦		
البرتغال	٣٨	٠,٦	١,٦		
اليونان	٢٣-٦٤	٠,٦	١,٤		

نتيجة للمخاطر الصحية الكبيرة التي تسببها الأحماض الدهنية المفروقة تم تخفيض مستوياتها في العديد من المواد الدسمة في بعض الدول، مثل السويد (Becher, 2003) ، النروج والدانمارك (Hansen and Leth, 2000)، اليونان (Triantafillou , 2003)، لكن للأسف ترافق ذلك بزيادة مستويات الأحماض الدهنية المشبعة في العديد من الحالات.

٢-٤-الخواص الفيزيائية الكيميائية لبعض الأحماض الدهنية

بسبب العدد الكبير للأحماض الدهنية المقرونة – المفروقة ستتم فقط مقارنة الأنماط الأكثر شيوعاً للخصائص المختلفة والتركيبات. إن الأحماض الدهنية المقرونة الأكثر شيوعاً هي حمضي الأوليك واللينولييك، والأحماض الدهنية المفروقة الأكثر شيوعاً هي حمضي ڤاكسينيك وإلائيديك (كما يحوي الجدول ٩,٢ حمض الستياريك المشبع للمقارنة).

الجدول رقم ٩,٢ الخصائص الفيزيائية الأحماض الدهنية (Kempf, 2003)

الاسم الشائع	تسمية IUPAC *	الصيغة المجملة	الوزن الجزيئي	نقطة الانصهار	نقطة الغليان	الكثافة
حمض لينولييك	حمض مقرون،مقرون-٩، ١٢ أوكتاديكاانويك	$C_{18}H_{32}O_2$	٢٨٠,٤٤	– ٥° م	٢٣٠° م	٠,٩٠١
حمض أولييك	حمض مقرون-٩-أوكتاديكاانويك	$C_{18}H_{34}O_2$	٢٨٢,٤٦	١٦° م	٢٢٣° م	٠,٨٩٣٥
حمض ترانس-ڤاكسينيك	حمض مفروق-١١-أوكتاديكاانويك	$C_{18}H_{34}O_2$	٢٨٢,٤٦	–	–	–
حمض إلائيديك	حمض مفروق-٩-أوكتاديكاانويك	$C_{18}H_{34}O_2$	٢٨٢,٤٦	٤٤-٥١° م	٢٢٥° م	٠,٨٥
حمض ستياريك	حمض أوكتاديكاانويك	$C_{18}H_{36}O_2$	٢٨٤,٤٧	٦٩-٧١° م	٢٣٢° م	٠,٨٤٥
* الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية						

يظهر الجدول السابق أن إشباع الرابطة المضاعفة في الحمض الدهني يقلل الكثافة ويرفع نقطة الانصهار. كما يلاحظ أن تحول الرابطة من الشكل المقرون إلى المفروق يؤدي إلى زوال التقوس الزاوي في الشكل الفراغي للجزيئة مما يؤدي إلى تجمع الجزيء بكثافة أقل بحيث يغدو أكثر ثباتاً.

٢-٥- الأحماض الدهنية المفروقة في الغذاء و علاقتها بالأمراض

٢-٥-١- أمراض القلب

٢-٥-١-١-دراسة وبائية (epidemiology)

بينت الدراسات في العديد من الدول وجود علاقة غير موثوقة بين المدخول من TFA وأمراض القلب التي تظهر على هيئة عصيدة شريانية نتيجة لتناول هذه الأحماض لعدة سنوات، ويعود السبب في هذه الريبة إلى عدم موثوقية الدراسات التغذوية من جهة وإلى عدم دقة تحليل محتوى المنتجات الغذائية من TFA من جهة أخرى. فنجد أن محتوى الأحماض الدهنية المفروقة يمكن أن يختلف من صنف غذائي لآخر أو حتى ضمن الصنف ذاته. إذ تُعَبِّر الأحماض الدهنية المترسبة في أنسجة الجسم عن الأحماض الدهنية الداخلة إلى الجسم عن طريق الغذاء. فقد أعطت نتائج الدراسات التي استخدم فيها التركيب الكيميائي للأحماض الدهنية المفروقة في الأنسجة أو الدم كنقطة دالة على الأحماض الدهنية المفروقة المتناولة عن طريق الغذاء نتائج متعارضة. وللأسف كانت أغلب الدراسات غير قادرة على تحديد هذه العلاقة . لم تكن الدراسة التي أجراها Aro وآخرون (١٩٩٥) على ٦٧١ شخصاً مصاباً بالاحتشاء القلبي من ٩ دول أوربية مقنعة أبداً، والشيء المؤكد عدم وجود أية علاقة بين مدخول الأحماض الدهنية المفروقة وأخطار احتشاء العضلة القلبية، إلا أن دراسات أخرى أظهرت وجود علاقة إيجابية بين مدخول الأحماض الدهنية المفروقة المنخفض وحدوث أمراض القلب ولذلك اعتبر أنه من الصعب أن تفسر نتيجة الدراسة السابقة بصورة منطقية. و في دراسة أجريت على ٦٦ شخصاً لم يكن هناك علاقة بين محتوى الأنسجة الدهنية من الأحماض الدهنية المفروقة والموت المفاجئ الناتج عن أمراض القلب (Roberts *et al.*, 1995)، في حين أظهرت دراسة أجريت في النروج (Pedersen *et al.*, 2000) على ١٠٠ شخص من المرضى الذين أصيبوا لأول مرة باحتشاء عضلة القلب بالمقارنة مع ٩٨ شخصاً سليماً فروقاً معنوية كبيرة في تركيز الأحماض الدهنية المفروقة في الأنسجة الدهنية بين المرضى والشاهد.

إن أكبر دراسة مسحية عن العلاقة بين مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في الوجبات الغذائية وخطر الإصابة بأمراض القلب أتت من مجموعة من الدراسات شملت أكثر من ١٥٠٠٠٠ عينة تمت مراقبتها لمدة ٦-١٤ سنة وهي: الدراسة التي أجراها Ascherio وآخرون عام ١٩٩٦ في الولايات المتحدة (ونشرت في عام ٢٠٠٠)، والدراسة التي أجراها Pietinen وآخرون في فنلندا عام ١٩٩٧، وأخرى أجراها Hu وآخرون في الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٩٧ أتبعت بدراسة أخرى (Zegarska and Borejszo, 2001). أما في هولندا فقد أجريت دراسة شملت ٦٦٧ رجلاً لفترة تجاوزت ١٠ أعوام (Oomen *et al.*, 2001). اختبرت الدراسات السابقة مدخول الأحماض الدهنية المفروقة باستخدام استبيانات تفصيلية عن الوجبات المتناولة،

ولمعرفة صحة المعطيات المسجلة في الاستبيان تم إجراء اختبارات على عينات عشوائية للأنسجة الدهنية للأشخاص الخاضعين للدراسة. هذه الدراسات الأربع أظهرت علاقة إيجابية بين مدخول الأحماض الدهنية المفروقة واحتمال الإصابة بأمراض القلب، وتبين أن زيادة مقدارها ٢ % في الطاقة الناتجة عن الأحماض الدهنية المفروقة تؤدي إلى زيادة مقدارها ١,٢٥% في احتمال الإصابة بأمراض القلب. هذا ويذكر أن زيادة مدخول الأحماض الدهنية المفروقة قد يؤدي إلى ارتفاع خطورة الإصابة بأمراض القلب كما تدل عليها دراسة أجريت على ٢٠٠٠ مريض بالمقارنة مع ٢٠٠٠ شخص من الأصحاء (Slattery, 2001).

٢-٥-١-٢- التأثير في ليبوبروتينات الدم

نشر Ascherio ورفاقه (١٩٩٩) برهاناً مقنعاً عن التأثير الضار على الليبوبروتينات الناتج عن زيادة مدخول الأحماض الدهنية المفروقة (Ascherio *et al.*, 1999)، واعتمدت نتائج الدراسة السابقة جزئياً على دراستين أجراهما Lichtenstein وآخرون (١٩٩٩) و Katan وآخرون (١٩٩٥) . لخصت الدراسة الأولى هاتين الدراستين اللتين قارنتا تأثير تناول مستويات متساوية الحريرات من الأحماض الدهنية المشبعة والأحماض الدهنية المفروقة على تركيز كل من HDL و LDL. ترتبط المستويات العالية من HDL بحدوث انخفاض احتمال الإصابة بأمراض القلب ، بعكس المستويات العالية من LDL المسؤولة عن زيادة احتمال الإصابة بها. ولهذا السبب تستخدم النسبة بين LDL و HDL كمؤشر على احتمالات الإصابة بأمراض القلب لأن ارتفاع LDL يؤدي إلى ازدياد في خطورة الإصابة؛ ففي دراسة أجريت في المختبر (in vitro) على خلايا كبد الإنسان أدت الأحماض الدهنية المفروقة إلى زيادة كمية LDL مقارنة مع الأحماض الدهنية المشبعة (Dashti *et al.*, 2002) . أظهرت هذه الدراسات أن زيادة مقدارها ٢ % في مدخول الطاقة الآتية من الأحماض الدهنية المفروقة تؤدي إلى زيادة النسبة بمقدار ٠,١، وهذه النسبة ٠,١ تحتاج إلى زيادة الطاقة بمعدل ٥ % إذا كانت آتية من الأحماض الدهنية المشبعة، أي أن الأحماض الدهنية المفروقة أشد خطورة على القلب من الأحماض الدهنية المشبعة بمعدل مرتين ونصف. وتؤدي زيادة مقدارها ٠,١ في النسبة بين LDL وHDL إلى ارتفاع يساوي ٥ % في معدل احتمال الإصابة بأمراض القلب (Clevidence *et al.*, 1997)، وأثبت حالياً أن استهلاك وجبات تحتوي على الأحماض الدهنية المفروقة يؤدي إلى ارتفاع مؤذٍ في نسبة LDL (Mauger *et al.*, 2003). كما وجد أن ارتفاع مدخول الأحماض الدهنية المفروقة يؤدي إلى زيادة في تركيز الغليسريدات الثلاثية في الدم (Ascherio *et al.*, 1999)، وهذا بدوره عامل آخر خطر يؤدي للإصابة بأمراض القلب (Stensvold *et al.*, 1993؛ Jeppesen *et al.*, 2001) .

٢-٥-١-٣- عوامل الخطورة الأخرى لأمراض القلب

تؤدي زيادة مقدارها ٢ % في الطاقة المأخوذة من الأحماض الدهنية المفروقة (٥ غ / اليوم) إلى زيادة مقدارها ٥ % في الخطورة الناتجة عن زيادة النسبة LDL/ HDL كما تؤدي إلى زيادة خطورة الإصابة بأمراض القلب

بنسبة ٢٥ % على المدى البعيد، حيث ذكر Oomen وآخرون (٢٠٠١) أن استهلاكاً منخفضاً من الأحماض الدهنية المفروقة مقداره ٥ غ / يوم يؤدي إلى زيادة احتمال الإصابة بأمراض القلب الوعائية بنسبة ٢٥ % عند تناولها لمدة ١٠ سنوات، في حين تؤدي زيادة مقدارها ٢ % في الطاقة المأخوذة من الأحماض الدهنية المشبعة (٥ غ / اليوم) إلى زيادة مقدارها ٢ % في الخطورة الناتجة عن زيادة النسبة LDL/HDL كما تؤدي إلى زيادة خطورة الإصابة بأمراض القلب بنسبة ٢ % على المدى البعيد، كما هو موضح في الجدول ١٠,٢ (Stender and Dyerberg, 2003)، ويؤدي ارتفاع يساوي ٠,١٣ في النسبة LDL/HDL إلى ارتفاع احتمال الإصابة باحتشاء القلب بنسبة ٢٥ % (Rosenson, 2005)، ويرجع هذا الفرق الكبير في احتمال الإصابة بأمراض القلب عند تناول الأحماض الدهنية المفروقة إلى اتحادها مع خلايا عضلة القلب وجهاز النقل وبذلك تخفض من عتبة عدم انتظام ضربات القلب مما يمكن أن يهدد الحياة بسبب الإصابة الحادة لعضلة القلب (Stender and Dyerberg, 2003). وفي الدراسات على الحيوانات عززت الأحماض الدهنية المشبعة الإصابة باضطراب عضلة القلب (McLennan, 1993) وما يدعم النتيجة السابقة أن أحماضاً دهنية غير مشبعة في زيت السمك أدت إلى تأثير معاكس في التجارب التي أجريت على الحيوانات (McLennan, 1993) أو على الإنسان بجرعات ١-٢ غ (Christensen *et al*., 2001؛ Schmidt *et al*., 1999)، ولهذا السبب يؤدي تناول زيت السمك إلى إطالة العمر المأمول للمرضى الذين أصيبوا بنوبات قلبية حادة (Burr *et al*., 1989) . وفي دراسة أجريت على ١٧٩ حالة من المرضى الذين توفوا نتيجة نوبة قلبية مفاجئة ، لوحظ ارتفاع مستوى حمض اللينولييك المفروق في خلايا الدم الحمراء مقارنة بعينة شاهد تضم ٢٨٥ شخصاً (Lemaitre *et al*., 2002) . و تفسر آلية هذه النتيجة نظرياً بتغير التركيب الكيميائي للأحماض الدهنية في جدران الخلايا العضلية (Katz, 2002).

جدول ١٠,٢ مقارنة بين الأحماض الدهنية المشبعة والمفروقة من حيث تأثيرها على احتمال الإصابة بأمراض القلب (Stender and Dyerberg, 2003)

	المدخول غ / يوم	الارتفاع في النسبة LDL/HDL	احتمال الإصابة بأمراض القلب
الدهن المشبع	٥ غ (٢ % الطاقة)*	٢ %	٢ %
الدهن المفروق	٥ غ (٢ % الطاقة)*	٥ %	٢٥ %
* % الطاقة: النسبة المئوية للطاقة الآتية من الدهن المشبع/المفروق من إجمالي الطاقة اليومية.			

٢-٥-٢-مرض السرطان

وجد أن هناك علاقة إيجابية بين مدخول الأحماض الدهنية المفروقة والإصابة بسرطان الثدي، حيث سجلت إحدى الدراسات زيادة مقدارها ٤٠ % في احتمال الإصابة بالمرض السابق عند النساء اللواتي احتوت أنسجتهن نسبة مرتفعة من TFA بعد سن اليأس (Kohlmeier *et al*., 1997؛ Bakker *et al*., 1997). بينما أثبتت دراسة أخرى عدم وجود علاقة بين مستوى الأحماض الدهنية المفروقة وسرطان العقد اللمفاوية

(Petrek *et al.*, 1997)، ولكن هذه الدراسة لم تأخذ بعين الاعتبار العلاقة بين الأحماض الدهنية المفروقة والزمن المأمول للحياة. ولم يكن هناك أية علاقة بين مدخول الأحماض الدهنية المفروقة واحتمال الإصابة بأمراض السرطان في دراسة أجريت على ٥٠٠ شخص بالمقارنة مع شاهد مكون من ٥٠٠ شخص.

٢-٥-٣-أمراض الحساسية

وجد أن هناك علاقة إيجابية بين مدخول الأحماض الدهنية المفروقة والإصابة بأمراض الربو والحساسية والرشح التحسسي عند الأطفال بعمر ١٣-١٤ عاماً، ولم يلاحظ وجود علاقة بين مدخول الأحماض الدهنية وحيدة أو متعددة عدم الإشباع والإصابة بالأمراض السابقة (ISAAC, 1998 ؛Weiland *et al.*, 1999).

٢-٥-٤- مرض السكري

أظهرت الدراسة التي قام بها Salmeron وآخرون (٢٠٠١) وجود علاقة إيجابية بين مدخول الأحماض الدهنية المفروقة وزيادة خطورة الإصابة بمرض السكري من النمط الثاني، وقد استنتج الباحثون أن مدخول الأحماض الدهنية المفروقة يمثل ٣ % من الطاقة الكلية في الولايات المتحدة، وأن تقليل مدخولها إلى ٢ % من الطاقة الكلية سيقلل خطورة الإصابة بمقدار ٤٠ %. يؤدي حمض إلائيديك إلى زيادة مستويات الأنسولين في الدم بالمقارنة مع حمض الزيت، وهذا يشير إلى أن حمض إلائيديك يؤدي إلى انخفاض في مقاومة الأنسولين (Bray *et al.*, 2002)، لأن الأحماض الدهنية المفروقة تؤثر على حساسية الأنسولين وإفرازه (Alstrup *et al.*, 1999 ؛Christiansen *et al.*, 1997).

٢-٥-٥- الوزن الزائد

تحتوي الأحماض الدهنية المفروقة (سواء الناتجة عن التصنيع أو تلك الناتجة عن فعل البكتيريا في الكرش لدى المجترات) على نفس السعرات الحرارية الموجودة في الدسم، ونظرياً لا يوجد سبب لاعتبار الأحماض الدهنية المفروقة مسببة لزيادة الوزن، لكن وجد أن هناك علاقة إيجابية بين مدخول حمض لينولييك المترافق وزيادة تحمل الأنسولين عند الرجال مع ظهور سمنة في منطقة البطن (Ricerus *et al.*, 2002). يشكل حمض لينولييك المترافق أقل من ١٠ % من الأحماض الدهنية في الدسم الآتية من المجترات ويوجد أيضاً بكميات قليلة في المنتجات المصنعة و المهدرجة جزئياً، ويمثل مدخول اليومي منه ١٠٠-٣٠٠ ملغ / يوم (Jiang *et al.*, 1999 ؛Reitzenthaler, 2001) .

٢-٥-٦-اعتلال الكبد الوظيفي

تستقلب الأحماض الدهون المفروقة بصورة مختلفة في الكبد وتتداخل مع أنزيم delta-6-desaturase، وهو أنزيم مسؤول عن تحويل الأحماض الدهنية الأساسية إلى حمض أراشيديك وبروستوغلاندينات وكلاهما هام لعمل الخلايا (Mahfouz, 1981).

٢-٥-٧-العقم

وجد في دراسة أجريت عام ٢٠٠٧ أن زيادة مقدارها ٢ % من الطاقة الآتية من الدهون المفروقة تترافق مع ازدياد خطر الإصابة بعقم المبايض، وبالمقابل يمكن أن تحسن "أغذية الخصوبة" التي تحتوي على نسب منخفضة من TFA الخصوبة عند النساء الصحيحات، ولذلك يمكن أن يتم تجنب أغلب حالات العقم المتعلقة باختلال الإباضة عن طريق تعديل النظام الغذائي (Chavarro *et al*, 2007).

٢-٥-٨-تأثير الأحماض الدهنية المفروقة على المراحل المبكرة من العمر

وجد أن الأحماض الدهنية المفروقة لا تعبر المشيمة و أن الجنين محمي ضدها في دراسات أجريت على الحيوانات (Stender *et al*., 1994). ولكن دراسات أحدث أجريت على الإنسان أظهرت أن الأحماض الدهنية المفروقة تعبر المشيمة إلى الجنين، لأنها وجدت في دم حديثي الولادة بنفس مستوياتها في دم الأم (Elias and Innis, 2001 ؛ Berghaus *et al*., 1998).

بينت العديد من الدراسات العلاقة بين TFA المتناولة من قبل الأمهات والتأثير السلبي على صحة الأطفال الرضع، مع التأكيد على قابلية TFA للتأثير على استقلاب الأحماض الدهنية الأساسية، حيث اقترح Dalainas و Ioannou (٢٠٠٨) أن تناول كميات كبيرة من TFA الناتجة عن التصنيع من قبل الأمهات خلال فترة الحمل يمكن أن يؤثر سلبياً على تطور الجنين.

تؤثر الأحماض الدهنية المفروقة على تشكل الأحماض الدهنية طويلة السلسلة متعددة عدم الإشباع؛ ففي أبحاث أجريت على الحيوانات منع المدخول العالي من الأحماض الدهنية المفروقة تشكل الأحماض الدهنية طويلة السلسلة متعددة عدم الإشباع في المواليد (Pax *et al*., 1992)؛ ونظرياً يمكن أن ينطبق هذا الأمر على البشر (Koletzko, 1992). تعتبر الأحماض الدهنية متعددة عدم الإشباع طويلة السلسلة هامة لكل من النمو والتطور والجملة العصبية المركزية في مراحل العمر المبكرة. كما وجد أن فترة الحمل تكون أقصر في حال ارتفاع مستوى الأحماض الدهنية المفروقة في دم الجنين(Weiland *et al*., 1999؛ Olsen *et al*., 1992)، وهناك علاقة عكسية بين الأحماض الدهنية المفروقة والأحماض الدهنية طويلة السلسلة متعددة عدم الإشباع (Decsi *et al*., 2001). وجد Hornstra (٢٠٠٠) أنه يجب تقليل مدخول الأحماض الدهنية المفروقة في فترة الحمل وذلك نتيجة التأثير السلبي على مستويات الأحماض الدهنية طويلة السلسلة متعددة عدم الإشباع في دم الأطفال حديثي الولادة، كما أثبت الدراسات وجود علاقة بين مدخول الأحماض الدهنية المفروقة العالي وحدوث تشنجات أثناء الحمل (Williams *et al*., 1998)، وقد تم تقدير مدخول الأحماض الدهنية المفروقة في الدراسة السابقة بتحديد مستوياتها في غلاف كريات الدم الحمراء، وقد وجد أن مستوياتها كانت أعلى بمقدار ٣٠ % لدى النساء اللواتي حدثت لديهن مثل هذه الحالات.

٢-٥-٩-الاضطرابات العصبية

أكدت نتائج الدراسات المسحية والدراسات على الحيوانات وجود علاقة إيجابية بين الاضطرابات العصبية ودهون الوجبات الغذائية، حيث يظهر لدى الأشخاص الذين يتناولون وجبات غذائية ذات محتوى عالٍ من الأحماض الدهنية المشبعة والأحماض الدهنية المفروقة معدلات أسرع للهبوط الإدراكي (cognitive decline) (Parrott and Greenwood, 2007)، علاوة على ذلك وجد أن هناك علاقة إيجابية بين مرض النسيان (Alzheimer's disease) والمدخول العالي من الأحماض الدهنية المشبعة والمفروقة (Morris *et al*, 2003).

٢-٦-التشريعات العالمية المتعلقة بالأحماض الدهنية المفروقة

كانت الدانمرك أول دولة في العالم تضع تشريعات تنظم محتوى الأغذية من TFA في عام ٢٠٠٣، حيث حددت التشريعات الموضوعة الحد الأعلى المسموح به من TFA في الأغذية بـ ٢%(Leth et al., 2006). أما منظمة الصحة العالمية فقد اقترحت في العام ذاته أن الحد الأعلى للأحماض الدهنية المفروقة المستهلكة يجب أن لا يتجاوز ١ % من إجمالي الطاقة اليومية المستهلكة (WHO, 2005).

ونظراً للأخطار الكبيرة التي تسببها تناول الأحماض الدهنية المفروقة فقد عدلت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) تشريعاتها لبطاقة البيان التغذوية لتبين TFA للأغذية التقليدية وأغذية الحمية لتوضع مباشرة تحت الأحماض الدهنية المشبعة وذلك في السجل الفدرالي رقم ٦٨ الصادر في تموز عام ٢٠٠٣، هدف التشريع السابق إلى إعطاء معلومات تساعد المستهلكين للمحافظة على ممارسات غذائية صحية، بتضمين بطاقة البيان كمية TFA إلزامياً مع عدم إلزامية أن تتضمن النسبة المئوية للكمية المتناولة يومياً (DV %) التي تعد إلزامية لمغذيات أخرى مثل الدهون المشبعة (FDA, 2003).

٢-٧-الطرائق المتبعة في تحليل الأحماض الدهنية المفروقة

توجد طريقتان شائعتان لتحليل الأحماض الدهنية المفروقة. الطريقة الأولى هي التحليل بالأشعة تحت الحمراء وهي تتطلب جهداً قليلاً وتعطي الكمية الإجمالية الأحماض الدهنية المفروقة، والطريقة الأخرى هي التحليل بالكروماتوغرافيا الغازية، وهي تعطي فكرة عن توزع الأحماض الدهنية (Steinhart *et al*., 1998).

٢-٧-١- تجهيز العينة

تؤستر الزيوت والدهون مباشرة، ويصهر المارغرين والزبدة وتثفل ثم تؤستر. أما الحلويات والمنتجات المخبوزة فتهدم فيزيائياً وتستخلص بالهسكان. أما الأغذية المائية كاللحم، الحليب، منتجات الحليب، البيض والسمك فتجفد العينات أولاً ثم تستخلص (Pfalzgraf *et al*., 1994).

٢-٧-٢-الأسترة

توجد طرائق متعددة للحصول على مثيل إستر للأحماض الدهنية (FAMEs). والأساليب الأكثر شيوعاً استخدام ماءات البوتاسيوم في الميتانول أو $MeOH / BF_3$ (Seppänen-Laakso *et al*., 2002) بما أن FAMEs تعتبر غير مناسبة من أجل التحليل بجهاز الكروماتوغرافيا الغازية–مطياف الكتلة، و للحصول على معلومات عن موضع الرابطة المضاعفة يتم الاشتقاق بـ Pyrrolidin-Picoline أو بـ 4, 4- Dimethyloxazolin (DMOX) (Steinhart *et al*., 1998)، حيث يستخلص الدهن بمزيج الكلوروفورم/الميثانول (عينات الأغذية) أو بالهكسان (الزيوت النباتية)، وتحضر FAME، يضاف ٥٠٠ µ ل من 2-amino-2-methyl-1-propanol (AMP) إلى ٥ ملغ تقريباً من FAME ويحضن المزيج على درجة حرارة ١٨٠ ْ م طوال الليل، بعد التبريد يضاف ٥ مل من dichloromethane ويغسل المحلول بالكامل مرتين بـ ٢ مل ماء مقطراً، يجفف بكبريتات الصوديوم اللامائية ويبخر تحت تيار من النتروجين، يذاب الراسب بـ ٢٠٠ µ لتر من الهكسان (Fay and Richli, 1991).

ويبين الجدول –١١– تفاصيل شروط التحليل بالطريقة السابقة لمتماكبات حمض الزيت (C18:1) (Aro *et al*., 1998a).

جدول ١١,٢ يوضح تفاصيل شروط التحليل الكروماتوغرافي لطريقة الاشتقاق بـ (DMOX)

العمود	CP-Sil 88
الطول/القطر الداخلي سمك الطبقة المغلفة	١٠٠ م / ٠,٢٥ ملم ٠,٢٥ µ متر
نسبة التجزئة	١ : ٧٥
الغاز الحامل	H_2
السرعة الخطية (معدل التدفق)	١٩,٦ سم/ثانية (٠,٧ مل/دقيقة)

البرنامج الحراري	١٥٠ْ م ١٢٥ دقيقة ١٥٠ْ م – ٢٢٠ْ م (١٠ْ م / دقيقة) الثبات على ٢٢٠ْ م لمدة ١٣ دقيقة.
الزمن الإجمالي	١٤٥ دقيقة

٢-٧-٣-التحليل بطيف الأشعة تحت الحمراء (IR)

استخدمت هذه الطريقة منذ عقدين وهي الطريقة التقليدية لتقدير الأحماض الدهنية المفروقة في الأغذية. تعطي الرابطة المضاعفة امتصاصاً نوعياً لـ CH عند طول موجة ١٠,٣ µ متر.

وتوجد مشكلتان أساسيتان لتحليل TFA بالأشعة تحت الحمراء: تتمثل المشكلة الأول في عدم إمكانية تحديد أنواع TFA وإنما يتم تقدير النسبة المئوية الإجمالية، والمشكلة الثانية هي إعطاء نسبة أقل بـ ١,٥–٣ % بالنسبة للقيم التي تتراوح بين ١ و ١٥ %، كان هذا السبب كافياً لوضع عامل تصحيح من قبل الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية في الطريقة الدولية للاتحاد رقم ٩٦٥,٣٤ (Fritsche and Steinhart, 1998).

٢-٧-٤-التحليل بالكروماتوغرافيا الغازية (GC)

وهي الطريقة الأكثر شيوعاً وأهمية لتحليل الأحماض الدهنية المفروقة في الوقت الحالي باستخدام الأعمدة الشعرية. هناك إمكانية لاستخدام كروماتوغرافيا شوارد الفضة قبل الفصل بطريقة كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (TLC) أو HPLC + Ag. يعتبر كاشف اللهب التأيني (FID) شائعاً حتى لو تم التقدير باستخدام مطياف الكتلة (GC-MS).

تعتمد طريقة التحليل بالكروماتوغرافيا الغازية بدون معاملة بـ Ag + كروماتوغرافيا على استخدام الأعمدة الشعرية شديدة القطبية، أي Cyanoalkylisiloxan للسماح بفصل متماكبات الحمض الدهني C18: 1 المقرونة عن متماكبات الحمض الدهني C18: 1 المفروقة بشكل كامل . يمكن استخدام عمود شعري ٥٠ × ٠,٢٥ ملم مغلف بمادة Sil 88، سماكة الطبقة ٠,٢ µ م (Chrome pack, NL).

يكون الفصل الكامل لتماكبات C18:1 المفروقة بدون المعاملة بـ +Ag –– كروماتوغرافيا غير ممكن بسبب المدى الواسع من مواضع الهدرجة بالنسبة للزيوت والتماكب الموضعي، فهي تقنية مفيدة في تحضير العينات المعقدة أو فصل المتماكبات (Fritsche and Steinhart 1998). تعتبر تقنية GC-MS تقنية روتينية لتحليل الإسترات المثيلية الأحماض الدهنية المشبعة الطويلة، لكن الأنماط المجزأة للإسترات المثيلية للأحماض الدهنية غير المشبعة غير ملائمة لتحديد مواقع الرابطة المضاعفة. لذلك يجب استخدام طريقة الاشتقاق بـ Pyrrolidin-Picoline أو 4, 4-Dimethyloxazolin (DMOX). يمكن بهذا الاشتقاق الحصول على معلومات تركيبية كاملة باستخدام تقنية GC-MS (Steinhart *et al*., 1998).

٣-مواد وطرائق البحث

جُمِعَت ٩٣ عينة مختلفة من الأسواق السورية بين عامي ٢٠٠٧-٢٠١٠ م، توزعت على الشكل الآتي: ٢٥ عينة زيت مختلفة (زيت زيتون n=٩، صويا n=٥، دوار الشمس n=٤ ، ذرة n=٣، قطن n=٤)، ١٠ عينات سمن مهدرج، ٣٠ عينة للمنتجات المقلية (بطاطا مقلية، فلافل، رقائق بطاطا(Chips) n=١٠ لكل منها)، ١١ عينة بسكويت، ١٠ عينات شوكولا، ٣ عينات أغذية أطفال، ٤ عينات بتيفور.

استخلص الدهن من العينات السابقة (ما عدا الزيوت والسمن المهدرج) بطريقة سوكسلت (AOAC, 2000)، واستخدم الدهن الناتج عن الاستخلاص في تحضير المشتقات الميثيلية للأحماض الدهنية (FAMEs) باستخدام طريقة (Morrison and Smith, 1964) وذلك كالآتي:

- تم وزن ٠,٠٢ غ دهن في أنبوب اختبار سعة ١٥ مل مزود بسدادة حلزونية محكمة الإغلاق.
- أضيف ٢ مل من البنزين عالي النقاوة (Merck) و ٢ مل من BF_3 ٧ % في الميثانول (Merck).
- مُلِئ الفراغ الرأسي للأنبوب بالنتروجين وأغلق الأنبوب بإحكام ثم وضع في حمام مائي بدرجة الغليان (نموذج Memmert wb 14) لمدة ٦٠ دقيقة.
- بُرِّد الأنبوب بعد ذلك بتيار من ماء الصنبور ثم أضيف ٢ مل ن-هكسان (Merck) و ٢ مل ماء مقطر وثُفِّلَت المحتويات لمدة ٥ دقائق بسرعة متوسطة (٢٠٠٠ دورة / دقيقة).
- سحبت الطبقة العلوية ووضعت في أنبوب اختبار آخر واستبعدت الطبقة السفلية.
- أضيف ٢ مل ماء مقطر وثُفِّلَت المحتويات ثانية لمدة ٥ دقائق بسرعة متوسطة.
- نقلت طبقة الهكسان إلى أنبوب اختبار آخر وأضيف إليها قبصة من كبريتات الصوديوم اللامائية (Merck) وأخذ منها ١ ميكرو لتر حقنت في جهاز الكروماتوغرافيا الغازية (GC).

استخدم جهاز كروماتوغرافيا غازية من النوع SHIMADZU 17A مزود بحاقن من النوع split/splitless وكاشف اللهب التأييني (FID) وعمود شعري من النوع PRECIX HB-2340 (Hamilton)، طوله ٦٠ م، قطره الداخلي ٠,٢٥ ملم، سماكة الطبقة المغلفة ٠,٢٠ ميكرومتر لفصل الأحماض الدهنية المفروقة عن مثيلاتها المقرونة.

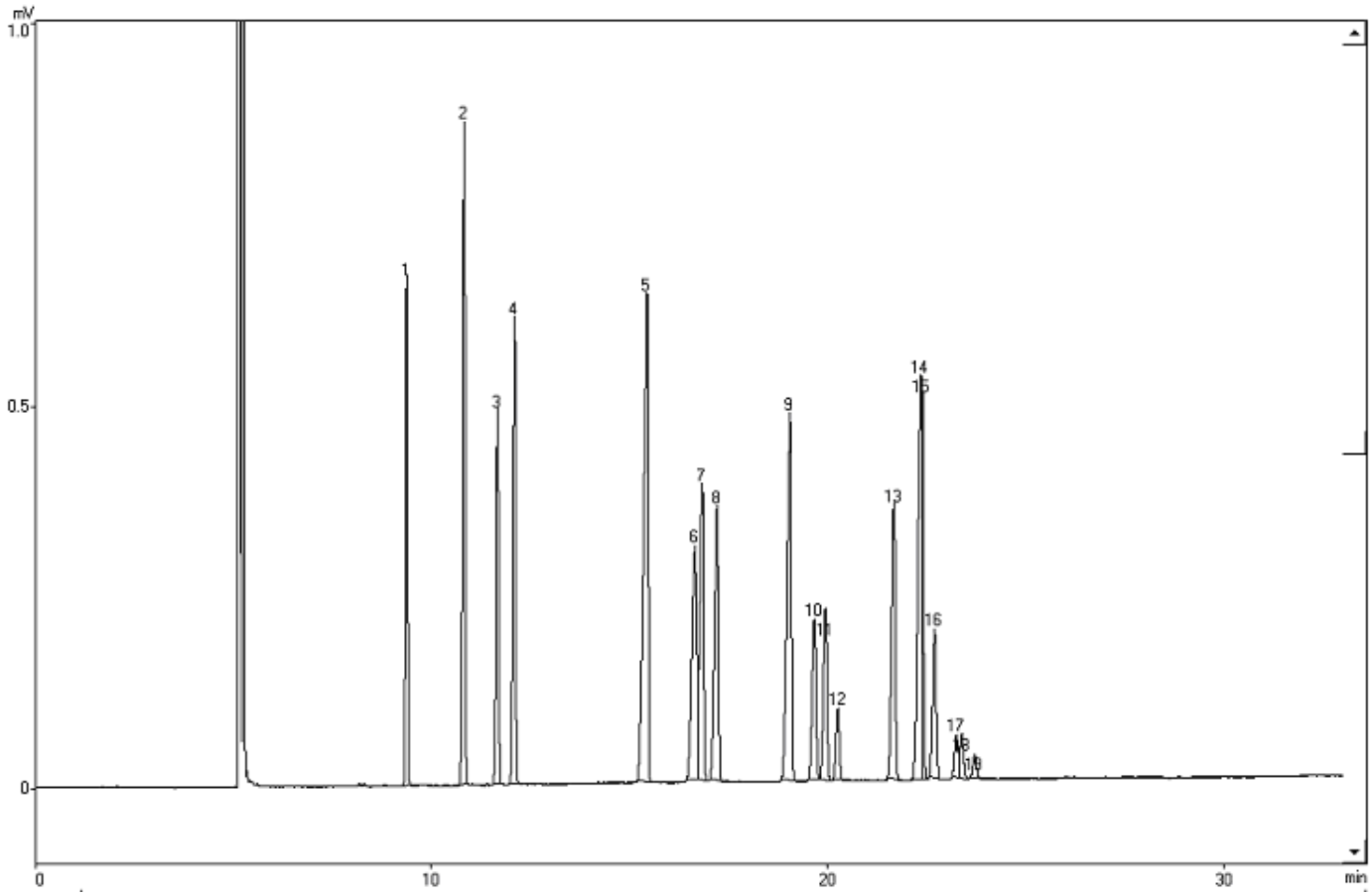
استخدم البرنامج الحراري الآتي ١٧٥ْ م لمدة ١٨ دقيقة، ثم رفع الحرارة ٥ْ م/د حتى الوصول إلى ١٩٠ْ م والاستمرار على هذه الدرجة لمدة ١٢ دقيقة.

تم التعرف على قمم الأحماض الدهنية المفروقة بالاعتماد على مزيج معايير الأحماض الدهنية الآتية:

- المعيار E 4762: (C18:1 9*t* methyl ester) شركة Sigma
- المعيار V 1381: (C18:1 11*t* methyl ester) شركة Sigma
- المعيار P 9667: (C16:1 9*c* methyl ester) شركة Sigma
- المعيار P 0203: (C16:1 9*t* methyl ester) شركة Sigma
- المعيار ٤٦٩٠٢: (C18:1 9*c* methyl ester) شركة Supelco

- المعيار ٤٧٧٩١: (C18:2 *c, t* methyl ester) شركة Supelco
- المعيار ٤٧٧٩٢: (C18:3 *c, t* methyl ester) شركة Supelco
- المعيار ٧٦٥٦٠: (C15:0 methyl ester) شركة Fluka
- المعيار ٨٥٧٦٩: (C18:0 methyl ester) شركة Fluka
- المعيار P 5177: (C16:0 methyl ester) شركة Sigma
- المعيار 10941: (C20:0 methyl ester) شركة Fluka

ويبين الشكل ٤,٣ ناتج حقن المحاليل المعيارية السابقة ضمن شروط التحليل الكروماتوغرافي المذكورة سابقاً وزمن الاستبقاء لكل منها، حيث تم التعرف على أنواع الحموض الدهنية (المقرونة، المفروقة والمشبعة) عن طريق زمن الاستبقاء (retention time) وعلى كميتها عن طريق مساحات القمم الناتجة، كما تم التعرف على نوعية الدهن المستخدم من المخططات الكروماتوغرافية.



Peak No.	Retention Time	FA	Peak No.	Retention Time	FA
١	٩,٣٣٥	C15 : 0 (1)	١١	١٩,٩١١	C18 : 2 TC (3)
٢	١٠,٧٩٠	C16 : 0 (1)	١٢	٢٠,٢٢٨	C18 : 2 CC (2)
٣	١١,٦٣٢	C16 : 1 T (3)	١٣	٢١,٦٣٨	C18 : 3 TTT (3)
٤	١٢,٠٥٨	C16 : 1 C (2)	١٤	٢٢,٣٢٢	C18 : 3 TTC+TCT (3)
٥	١٥,٤٠٩	C18 : 0 (1)	١٥	٢٢,٣٥٧	C20 : 0 (1)
٦	١٦,٦١٤	C18 : 1 T 9 (3)	١٦	٢٢,٦٧٢	C18 : 3 CTT+CCT (3)
٧	١٦,٨٠٥	C18 : 1 T 11 (3)	١٧	٢٣,٢١٧	C18 : 3 CTC (3)
٨	١٧,١٧٢	C18 : 1 C (2)	١٨	٢٣,٣٦٠	C18 : 3 TCC (3)
٩	١٩,٠٢١	C18 : 2 TT (3)	١٩	٢٣,٦٨٢	C18 : 3 CCC (2)
١٠	١٩,٦٣٥	C18 : 2 CT (3)			

الشكل ٤,٣ المخطط الكروماتوغرافي لمزيج معايير إسترات الميثيل للأحماض الدهنية المقرونة والمفروقة والمشبعة
(١) الأحماض الدهنية المشبعة، (٢) الأحماض الدهنية المقرونة، (٣) الأحماض الدهنية المفروقة

حقنت FAMEs المحضرة بعد استخلاص الدهن في جهاز الكروماتوغرافيا الغازية بواقع مكررين لكل عينة، وحللت النتائج إحصائياً على اعتبارها قطاعات عشوائية كاملة باستخدام برنامج SPSS النسخة ١٧ وبرنامج Statistica النسخة ٦، لحساب المتوسطات والانحرافات المعيارية والفروق المعنوية بينها وذلك على مستوى ثقة ٥ %.

٤-النتائج والمناقشة

٤-١-المتوسطات العامة لنسب الدهن ونسب TFA الكلية

يلخص الجدول ١٢,٤ النتائج التي تم الحصول عليها لنسب الدهن ومجال تغير النسبة المئوية للدهن ونسبة TFA الكلية في كل من زيت الزيتون والزيوت النباتية وفي المنتجات الغذائية المختلفة و في الدهن المستخلص منها (غ / ١٠٠ غ).

جدول ١٢,٤ متوسطات نسب الدهون مع المتوسطات العامة للأحماض الدهنية المفروقة في الزيوت والسمن المهدرج والمنتجات الغذائية الأخرى وفي الدهن المستخلص منها

نوع العينة	عدد العينات	متوسط الدهن % (وزن/وزن)	مدى الدهن % (وزن/وزن)	متوسط TFA (غ/١٠٠ غ دهن)	مدى TFA (غ/١٠٠ غ دهن)	متوسط TFA (غ/١٠٠ غ عينة)	مدى TFA (غ/١٠٠ غ عينة)
فلافل	10	24.03±7.21(1)	38.99 – 10.56	0.73±0.69(1)	2.25 - 0.23	0.17±0.13(1)	0.47 - 0.03
بطاطا مقلية	10	19.46±6.65	31.50 – 8.69	1.79±0.81	2.60 - 0.56	0.38±0.28	0.99 - 0.11
الرقائق	10	34.19±6.42	45.16 – 23.31	0.46±0.12	0.61- 0.26	0.16±0.06	0.25 - 0.07
بسكويت	11	23.81±6.41	33.33 – 15.15	9.76±10.40	25.51- 0.81	2.64±3.02	6.85 - 0.12
بتيفور	4	32.36±3.48	35.72 – 28.49	0.67±0.42	1.17- 0.13	0.22±0.11	0.25 - 0.04
أغذية أطفال	3	6.40±3.67	9.00 – 2.20	2.53±0.53	3.14 - 2.17	0.15±0.06	0.20 - 0.07
شوكولا	10	49.59±12.16	58.10 – 16.45	3.64±5.33	17.95 - 0.11	1.95±3.05	10.43 - 0.05
سمن مهدرج	10	99.80±0.10	99.90 – 99.70	3.73±3.08	9.80 - 0.64	3.69±3.01	9.78 - 0.64
زيت زيتون	9	–	–	–	–	0.17±0.07	0.29 - 0.10
زيت صويا	5	–	–	–	–	1.79±0.29	2.29 - 1.55
زيت ذرة	3	–	–	–	–	1.47±0.98	2.26 - 0.23
زيت دوار الشمس	4	–	–	–	–	2.33±2.64	6.56 - 0.57
زيت قطن	4	–	–	–	–	3.06±5.03	11.22 - 0.14
المتوسط العام ١,٤٠ غ/١٠٠ غ عينة (٢,٤٧ غ/١٠٠ غ دهن)							

(١) المتوسط ± الانحراف المعياري

يلاحظ من الجدول ١٢,٤ أن نسبة TFA كانت قليلة في المنتجات المقلية (الفلافل وأصابع ورقائق البطاطا)، تراوحت هذه النسبة في الفلافل بين ٠,٠٣ و ٠,٤٧ وبالمتوسط ٠,١٧ غ TFA / ١٠٠ غ عينة، وفي البطاطا المقلية ٠,١١–٠,٩٩ وبالمتوسط ٠,٣٨ غ / ١٠٠ غ، والرقائق ٠,٠٧–٠,٢٥ وبالمتوسط ٠,١٦ غ / ١٠٠ غ. كانت هذه النسب قريبة من النسب التي سجلها Wagner وآخرون (٢٠٠٨) في المنتجات المقلية بطريقة القلي العميق (٠,٣٠ غ / ١٠٠ غ)، لكنها أدنى من النسب التي سجلها Kleiner و Hansen (٢٠٠١) اللذين وجدا أن القلي العميق يمكن أن ينتج نسبة عالية من الأحماض الدهنية المفروقة أعلى من ١٠ % وما استنتجه Steinhart و Fritsche (١٩٩٧) بوجود نسبة ٢٦,٣٧ – ٣٤,١٣ % من TFA في المنتجات

المقلية، ويعود السبب في هذا الاختلاف إلى استخدام الزيوت النباتية المهدرجة جزئياً في القلي (USDA, 2000)، بينما استخدمت الزيوت النباتية غير المهدرجة (زيت الصويا، بذرة القطن وزيت النخيل) في قلي العينات المقلية المحللة في هذا البحث.

لوحظ احتواء عينات البتيفور على نسبة قليلة من TFA تراوحت بين ٠,٠٤-٠,٢٥ غ/ ١٠٠ غ بسبب استخدام زيت النخيل غير المهدرج في تحضيرها.

أما في أغذية الأطفال فقد تراوحت نسبة TFA بين ٠,٠٧-٠,٢٠ وبالمتوسط ٠,١٥ غ/ ١٠٠ غ، وقد خالفت هذه النتيجة ما توصل إليه Ascherio وآخرون (١٩٩٩) الذين وجدوا أن نوعاً من أغذية الأطفال احتوى على ٣٧ % TFA. والسبب في انخفاض نسبة TFA هو انخفاض نسبة الدسم في العينات المحللة (٢,٢٠-٩,٠٠ وبالمتوسط ٦,٤٠ %) على الرغم من ارتفاع نسبة TFA في الدهن (٢,١٧-٣,١٤ وبالمتوسط ٢,٥٣ غ/ ١٠٠ غ دهن).

يلاحظ ارتفاع نسبة TFA في عينات البسكويت والشوكولا، حيث تراوحت هذه النسبة في الشوكولا بين ٠,١٢-٦,٨٥ وبالمتوسط ٢,٦٤ غ/ ١٠٠ غ (أي ٠,١١-١٧,٩٥ غ / ١٠٠ غ دهن). وقد كانت القيمة الأعلى المسجلة في هذا البحث في البسكويت قريبة من النتيجة التي توصل إليها Stender و Dyerberg (٢٠٠٣) اللذين وجدا أن نسبة TFA في البسكويت هي بالمتوسط ١٠ غ/١٠٠ غ بسكويت، بينما كان الحد الأدنى أقل مما وجده Saunders وآخرون (٢٠٠٨) (٠,٢-١,٣ غ/١٠٠ غ بسكويت). بينما خالفت ما وجده Wu وآخرون (٢٠٠٧) بأن نسبة TFA في البسكويت كانت ١٧,٦ غ/١٠٠غ بسكويت. وتراوحت نسبة TFA في الشوكولا ٠,٠٥-١٠,٤٣ وبالمتوسط ١,٩٥ غ/ ١٠٠ غ، وهذه النتيجة كانت قريبة مما تتوصل إليه Stender و Dyerberg (٢٠٠٣) باحتواء الشوكولا على نسبة ١,٧ غ / ١٠٠ غ، بينما خالفت ما وجده Mozaffarian وآخرون (٢٠٠٦) باحتواء الشوكولا على نسبة ٠,٦ غ / ١٠٠ غ TFA ويرجع ذلك الاختلاف إلى تباين نوع الدهن المستخدم في تصنيع الشوكولا (زيت جوز الهند أو زيت النخيل المهدرج أو مزيج منهما).

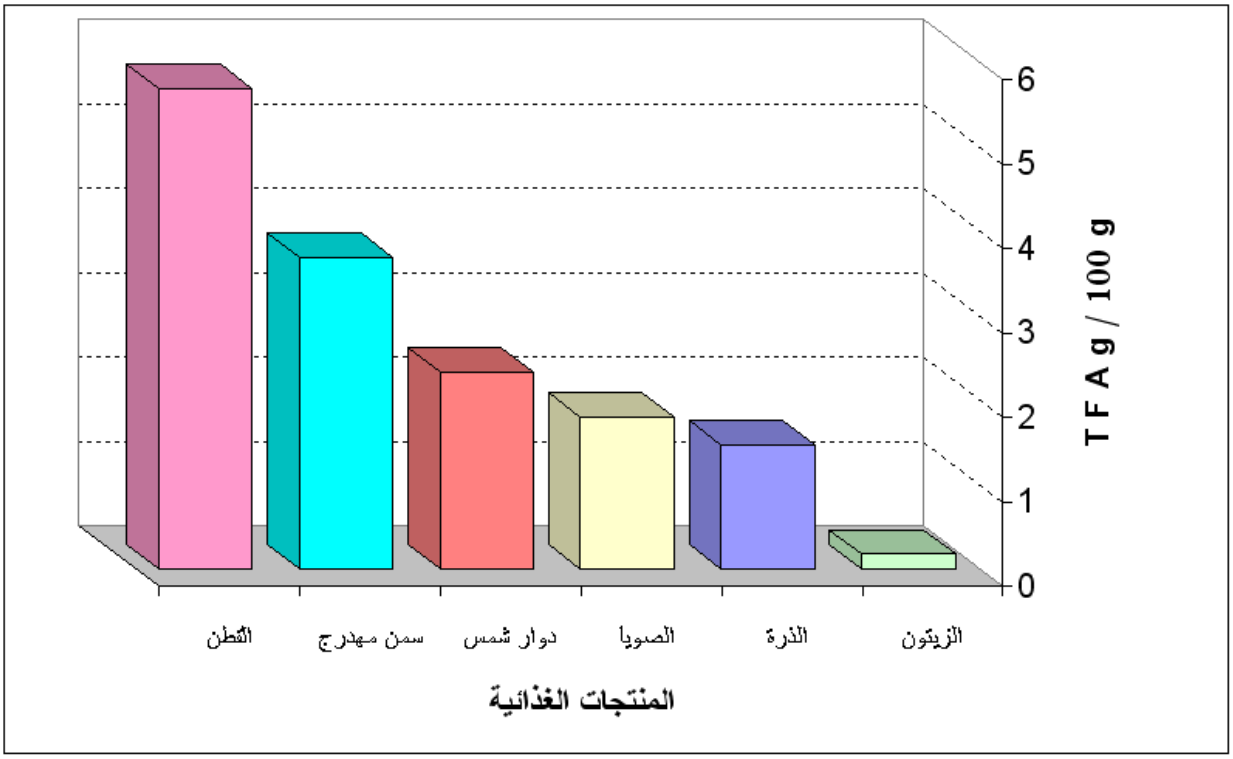
أما بالنسبة للزيوت النباتية فيلاحظ أن زيت الزيتون قد احتوى على أدنى نسبة من TFA (٠,١٠-٠,٢٩ وبالمتوسط ٠,١٧ غ/ ١٠٠ غ) مقارنة ببقية الزيوت النباتية.

احتوى زيت الصويا على نسبة TFA تراوحت بين ١,٥٥-٢,٢٩ وبالمتوسط ١,٧٩ غ / ١٠٠ غ، وهذه النتيجة قريبة من النسبة التي سجلها Tang (٢٠٠٠) الذي وجد أن زيت الصويا يحتوي على نسبة ١,٦٣-٣,٨٣ وبالمتوسط ٢,٩٤ %. واحتوى زيتي الذرة ودوار الشمس على نسبة متوسطها ١,٤٧ و ٢,٣٣ على الترتيب.

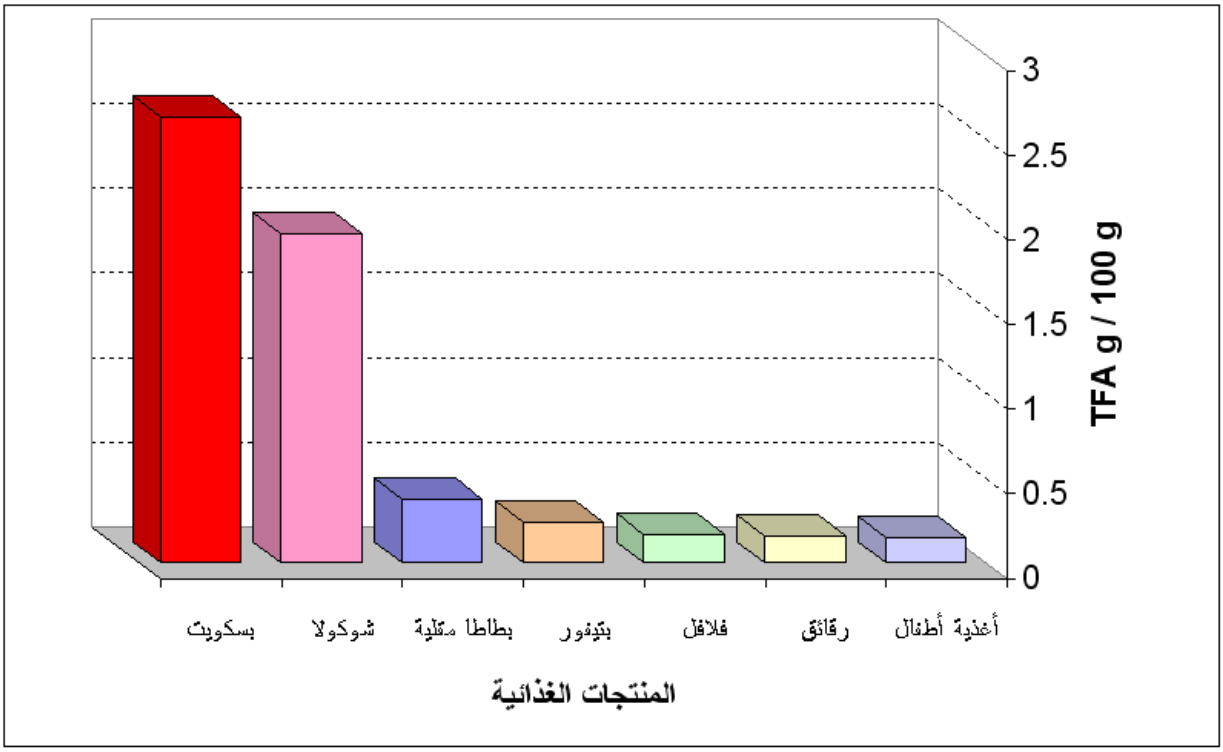
وجد أن زيت القطن قد احتوى على نسبة عالية من TFA تراوحت بين ٠,١٤-١١,٢٢ غ/ ١٠٠ غ بسبب تعرضه لدرجة حرارة عالية أثناء عمليات التكرير وبخاصة عملية إزالة الرائحة التي تتم على درجات حرارة عالية بحدود ٢٣٠ ْم (Brito *et al.*, 2007) من جهة ومحتواه العالي من حمض لينولييك من جهة أخرى.

احتوت عينات السمن المهدرج على نسبة عالية من TFA تراوحت بين ٠,٦٤–٩,٧٨ وبالمتوسط ٣,٦٩ غ / ١٠٠ غ وتعتبر أعلى نسبة مسجلة في هذا البحث مطابقة لأعلى نسبة سجلها Hansen و Leth (٢٠٠٠) وهي ٩,٧ %.

والشكلان ٥,٤ و ٦,٤ يبينان نسب TFA في الأغذية المدروسة.



شكل ٥,٤ مستويات TFA في الزيوت والسمن المهدرج



شكل ٦,٤ مستويات TFA في منتجات الزيوت النباتية

٤-٢-تحويل كمية TFA من نسبة مئوية إلى غ / ١٠٠ غ دهن حسب (شعار و سفور، ١٩٩٥)

تم حساب كمية TFA بالغرام / ١٠٠ غ دهن على الشكل الآتي:

- حساب متوسط الوزن الجزيئي للحمض الدهني

$$\text{متوسط الوزن الجزيئي للحمض الدهني} = \frac{\text{مجموع [النسبة المئوية للحمض الدهني} \times \text{الوزن الجزيئي للحمض الدهني]}}{١٠٠}$$

- حساب متوسط الوزن الجزيئي للغليسريد الثلاثي (الدهن)

$$\text{متوسط الوزن الجزيئي للغليسريد الثلاثي} = (\text{متوسط الوزن الجزيئي للحمض الدهني} - ١) \times ٣ + ٤١$$

تم طرح العدد ١ من متوسط الوزن الجزيئي للحمض الدهني بسبب نقص ذرة H عند ارتباط الحمض الدهني بالغليسرول عند تكوين الغليسريد الثلاثي.

تم الضرب بالعدد ٣ لأن الغليسريد الثلاثي يحتوي على ثلاثة أحماض دهنية.

تم جمع العدد ٤١ الذي يمثل الجزء المتبقي من الغليسرول.

- حساب كتلة الأحماض الدهنية في ١٠٠ غ من الدهن

$$\text{كتلة الأحماض الدهنية في ١٠٠ غ دهن} = \frac{٣ \times \text{متوسط الوزن الجزيئي للحمض الدهني} \times ١٠٠}{\text{متوسط الوزن الجزيئي للغليسريد الثلاثي}}$$

-حساب كتلة الحمض الدهني المطلوب في ١٠٠ غ من الدهن

$$\text{كتلة الحمض الدهني المطلوب في ١٠٠ غ دهن} = \frac{\text{كتلة الأحماض الدهنية في ١٠٠غ دهن} \times \text{النسبة المئوية للحمض الدهني المطلوب}}{١٠٠}$$

تم حساب كمية TFA بالغرام / ١٠٠ دهن باستخدام برنامج Excell لكل عينة على بصورة منفصلة، ثم تم ضرب الناتج بنسبة الدهن للحصول على كمية TFA في المادة الغذائية مقدرة بـ غ / ١٠٠ غ.

وبنتيجة هذه الطريقة تم استنتاج معامل تصحيح (وهو يمثل كتلة الحموض الدهنية في ١٠٠ غ دهن) يمكن من خلاله تحويل النسبة المئوية في المخطط الكروماتوغرافي إلى غ TFA / ١٠٠ غ دهن وهي على الشكل التالي:

- زيت الزيتون ٩٥,٦٢–٩٥,٦٥
- زيت الصويا ٩٥,٦٥
- زيت الذرة ٩٥,٦٤–٩٥,٦٥
- زيت دوار الشمس ٩٥,٦٦–٩٥,٦٧
- زيت القطن ٩٥,٥٨–٩٥,٥٩

أما بقية العينات فلا يمكن تحديد معامل تصحيح محدد لها لأن الدهن المستخدم في تحضيرها هو عبارة عن مزيج من نوعين أو أكثر من الدهن.

٤-٣-مستويات TFA في الأغذية المدروسة

٤-٣-١-الزيوت النباتية (زيت الزيتون، الصويا، دوار الشمس، الذرة والقطن)

٤-٣-١-١-زيت الزيتون

تم جمع ٩ عينات من زيت الزيتون البكر وتحضير FAMEs ثم حقنها في جهاز GC لمعرفة نوعية وكمية الأحماض الدهنية المفروقة التي تحتويها، وكانت النتائج كما هو مبين في الجدول ١٣,٤

جدول ١٣,٤ كمية ونوعية TFA في عينات زيت الزيتون

العينة	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
O1	0.1002±0.0001	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.1002±0.0001[b(1)]
O2	0.0972±0.0001	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.0972±0.0001[a]
O3	0.0771±0.0011	0.0421±0.0009	0.0290±0.0001	0.0000±0.0000	0.1481±0.0003[e]
O4	0.1239±0.0004	0.0794±0.0001	0.0195±0.0012	0.0234±0.0012	0.2460±0.0001[h]
O5	0.1005±0.0001	0.0000±0.0000	0.0253±0.0001	0.0000±0.0000	0.1259±0.0004[c]
O6	0.1103±0.0006	0.0000±0.0000	0.0246±0.0001	0.0000±0.0000	0.1349±0.0004[d]
O7	0.1075±0.0015	0.0743±0.0004	0.0178±0.0003	0.0178±0.0009	0.2172±0.0024[g]
O8	0.1433±0.0002	0.0417±0.0018	0.0209±0.0023	0.0830±0.0021	0.2888±0.0027[i]
O9	0.1174±0.0005	0.0447±0.0004	0.0363±0.0001	0.0155±0.0004	0.2139±0.0015[f]
mean	0.1086±0.0181	0.0313±0.0316	0.0193±0.0119	0.0155±0.0262	0.1747±0.0666

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

يلاحظ من الجدول ١٣,٤ احتواء جميع عينات زيت الزيتون على نسبة قليلة من TFA تراوحت بين ٠,١٠ و ٠,٢٩ وبالمتوسط ٠,١٧ غ / ١٠٠ غ زيت وهي قريبة من النسبة المسجلة في الدراسة التي أجريت في أستراليا عام ٢٠٠٥ م على خمس عينات من زيت الزيتون التي بلغت ٠,٢٢ % (NSW, 2008).

حددت المواصفة القياسية السورية لزيت الزيتون رقم ١٨٢ لعام ٢٠٠٠ م الحد الأقصى المسموح به من الحموض الدهنية المفروقة كما في الجدول ١٤,٤.

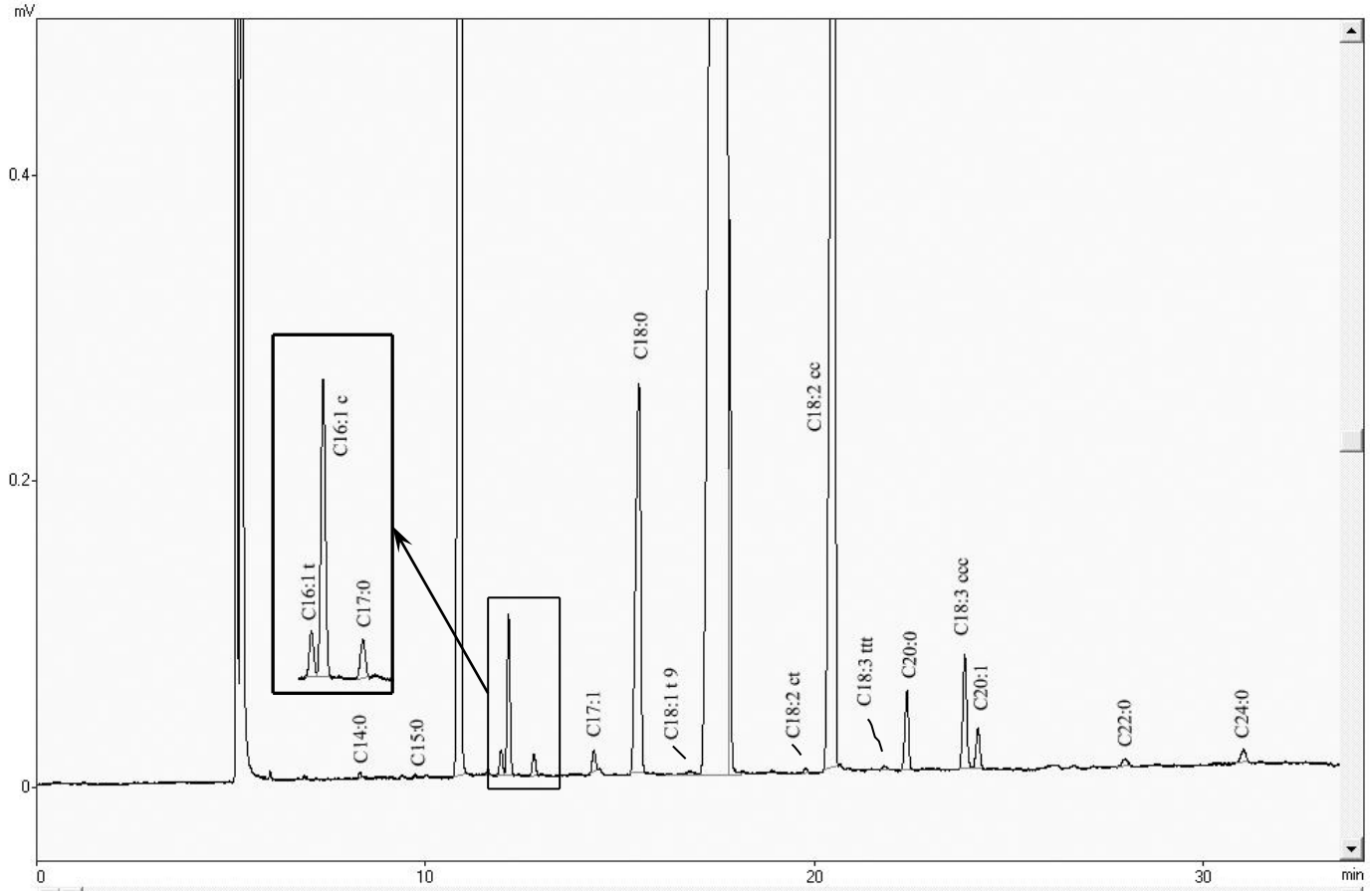
جدول ١٤,٤ الحد الأقصى من TFA في زيت الزيتون بحسب المواصفة القياسية السورية رقم ١٨٢/٢٠٠٠

الحمض الدهني المفروق	زيت الزيتون البكر %	زيت الزيتون المكرر-زيت الزيتون الخليط %
C18:1 *t* حد أقصى	٠,٠٥	٠,٢٠
C18:2 *t* + C18:3 *t* حد أقصى	٠,٠٥	٠,٣٠

بين الجدول ١٣,٤ أن أغلب العينات قد طابقت المواصفة القياسية السورية فيما يتعلق بنسبة C18:1 *t* ماعدا عينتين (O4، O7) احتوتا على نسبة من C18:1 *t* أعلى قليلاً من الحد المسموح به في زيت الزيتون

البكر (٠,٠٨، ٠,٠٧ غ / ١٠٠ غ زيت على الترتيب) كما طابقت جميع العينات المواصفة القياسية السورية في نسبة (C18:2 *t* + C18:3 *t*) باستثناء عينة واحدة وهي العينة O8 قد احتوت على نسبة من (C18:2 *t* + C18:3 *t*) مقدارها ٠,١٠ غ / ١٠٠ غ (شكل ٦,٤) وهي أعلى من الحد المسموح به في زيت الزيتون البكر، لذلك يمكن تصنيف العينات الثلاثة السابقة ضمن زيت الزيتون المكرر أو زيت الزيتون الخليط على الرغم من أن بطاقة بيانها صرحت بأنها زيت زيتون بكر.

لم تذكر المواصفة القياسية السورية السابقة الحد الأقصى المسموح به من C16:1*t* على الرغم من أنه يمثل النسبة العظمى من مجموع TFA في زيت الزيتون في جميع العينات المحللة (٦٢ % من مجموع TFA الكلية). وتجدر الإشارة هنا إلى أن المواصفة القياسية السورية لزيت الزيتون هي المواصفة القياسية السورية الوحيدة التي حددت نسب TFA من بين جميع المواصفات القياسية السورية.



الشكل ٧,٤ يوضح المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت الزيتون O8

٤-٣-١-٢-زيت الصويا

يبين الجدول ١٥,٤ مدى انتشار الأحماض الدهنية المفروقة في زيت الصويا للعينات الخمسة المحللة.

جدول ١٥,٤ مستويات TFA في عينات زيت الصويا

العينة	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
S1	0.0239±0.0001	0.0397±0.0004	0.7612±0.0047	1.0503±0.0009	1.8750±0.0036[d(1)]
S2	0.0373±0.0004	0.0000±0.0000	0.5980±0.0000	1.6578±0.0002	2.2930±0.0002[e]
S3	0.0150±0.0001	0.0000±0.0000	0.4576±0.0004	1.0731±0.0004	1.5456±0.0001[a]
S4	0.0134±0.0001	0.0324±0.0003	0.5068±0.0002	0.9985±0.0003	1.5511±0.0010[b]
S5	0.0000±0.0000	0.0229±0.0003	0.6571±0.0002	1.0127±0.0006	1.6926±0.0006[c]

Mean	0.0179±0.0130	0.0190±0.0173	0.5961±0.1137	1.1585±0.2646	1.7914±0.2931

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

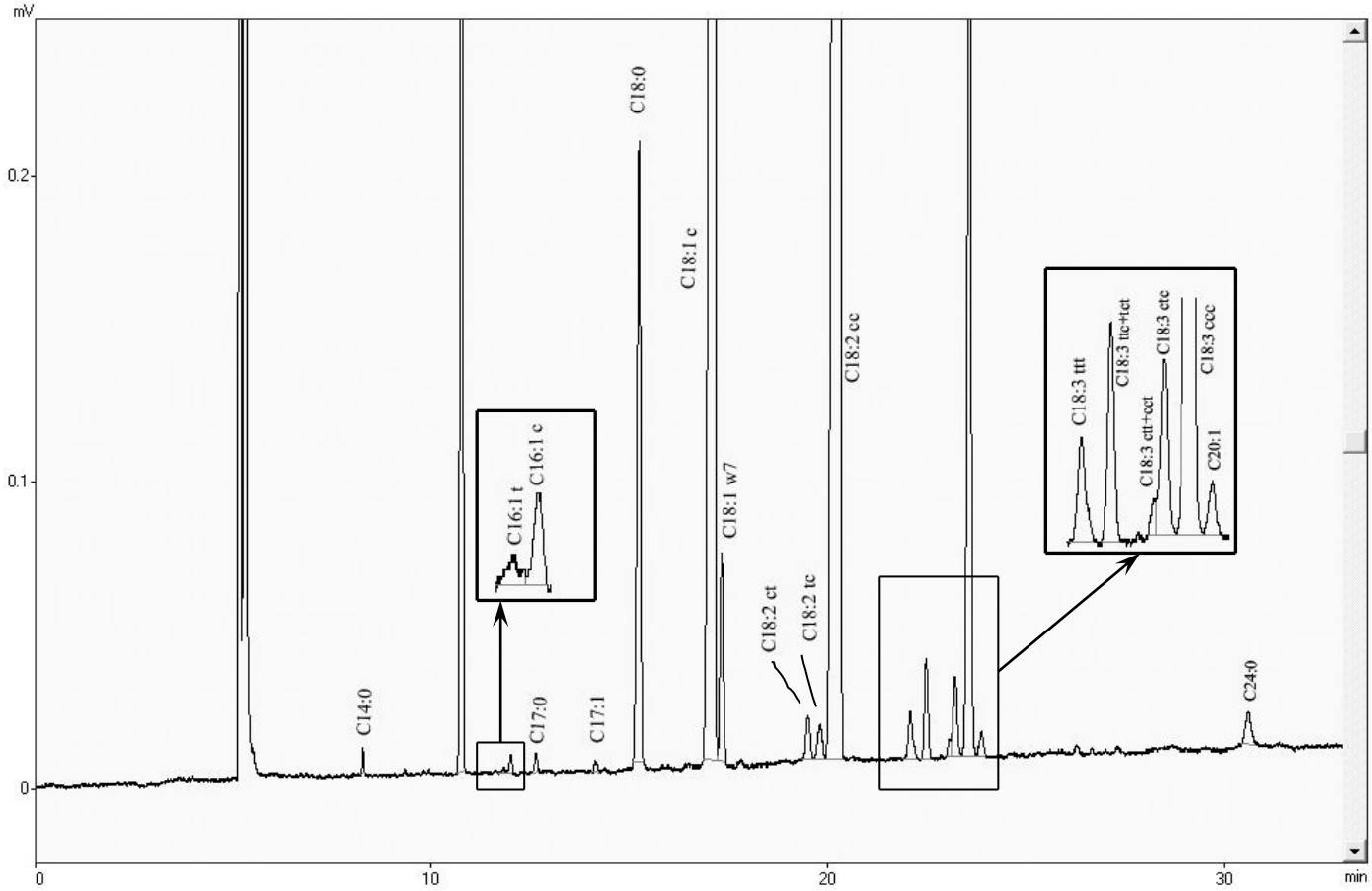
يلاحظ من الجدول ١٥,٤ وجود فروق معنوية بين العينات وأن أعلى نسبة مسجلة لـ TFA هي ٢,٢٩ وأدنى نسبة مسجلة ١,٥٥ وبالمتوسط ١,٧٩ غ/١٠٠ غ زيت. وكانت هذه النتيجة قريبة مما سجله Tang (٢٠٠٢) باحتواء زيت الصويا على نسبة ١,٦٣–٣,٨٣ % وبالمتوسط ٢,٩٤ % من TFA.

احتوت جميع العينات المحللة على نسبة أعلى من ١ % TFA وهي نسبة مرتفعة بحيث لا يمكن اعتبارها عملياً خالية من TFA بحسب Hansen و Leth (٢٠٠٠).

كما يلاحظ احتواء العينات على نسبة قليلة من C18:1 *t* بسبب كون زيت الصويا يحوي أصلاً نسبة منخفضة نسبياً من حمض أولييك، في حين يلاحظ احتواؤها على نسب عالية من C18:3 *t* بسبب محتواها المرتفع نسبياً من حمض لينولينيك بالمقارنة مع الزيوت النباتية المعروفة (شكل ٧,٤) وهو ما أكده Tang (٢٠٠٢).

تحتوي الزيوت النباتية على كميات قليلة من TFA نتيجة التماكب الناتج عن تعرضها لعملية إزالة الرائحة على درجات حرارة عالية (Kovari *et al*., 1997).

يبين الشكل ٨,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت الصويا S2، ويلاحظ فيه ارتفاع نسبة C18:3*t* لأن زيت الصويا يحوي أصلاً نسبة مرتفعة من حمض اللينولينيك.



الشكل ٨,٤ يبين المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت الصويا S2

٤-٣-١-٣-زيت دوار شمس

يوضح الجدول ١٦,٤ كمية الأحماض الدهنية المفروقة في عينات زيت دوار الشمس.

جدول ١٦,٤ مستويات TFA في عينات زيت دوار الشمس

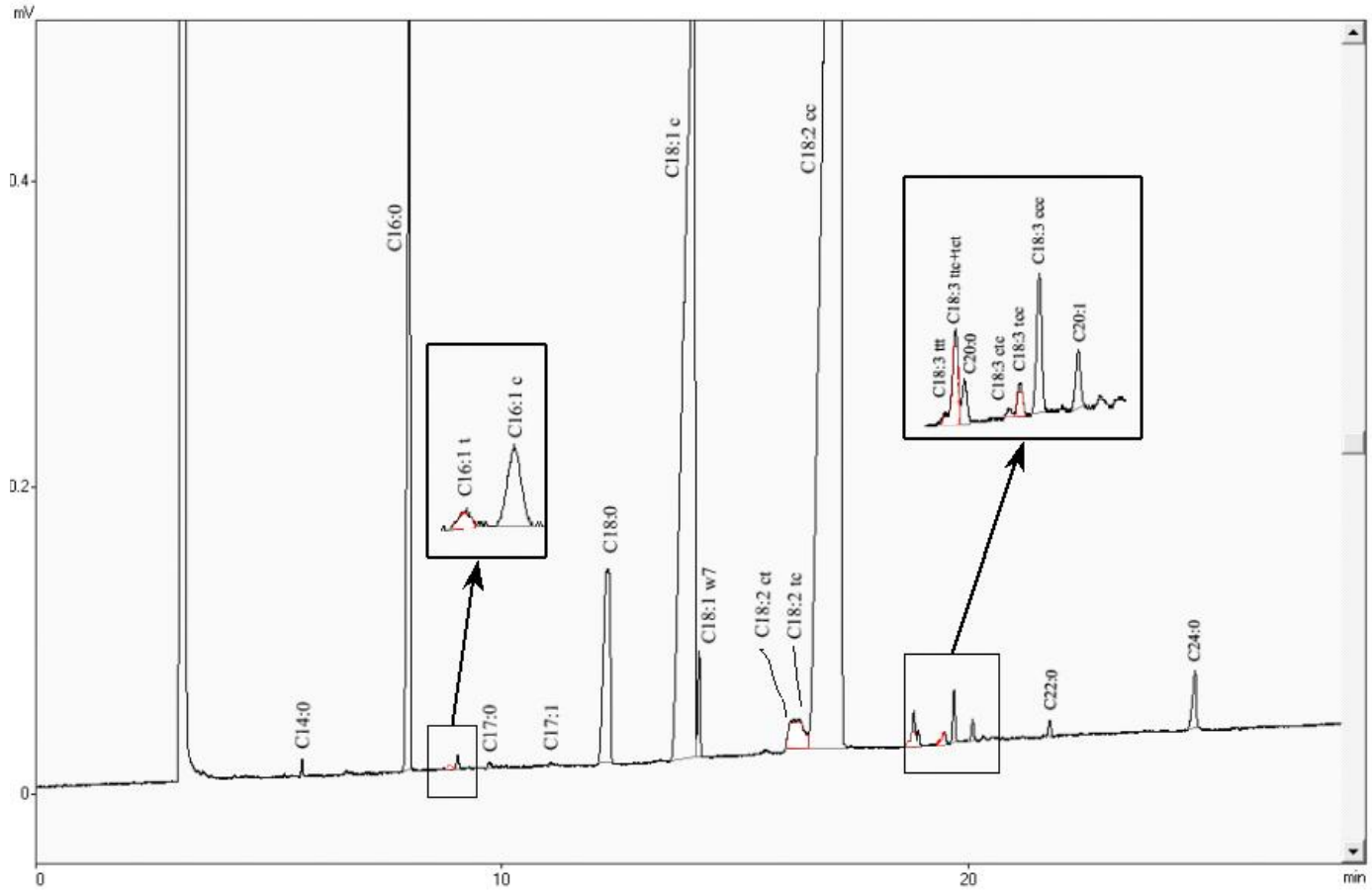
العينة	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
SU1	0.0165±0.0001	0.0000±0.0000	1.1196±0.0003	0.3509±0.0001	1.4870±0.0002$^{c(1)}$
SU2	0.0169±0.0010	0.0663±0.0032	4.9145±0.0014	1.5627±0.0019	6.5602±0.0002^{d}
SU3	0.0199±0.0013	0.0618±0.0043	0.3115±0.0009	0.2976±0.0002	0.6907±0.0020^{b}
SU4	0.0213±0.0002	0.0000±0.0000	0.5479±0.0004	0.0000±0.0000	0.5691±0.0001^{a}
mean	0.0186±0.0130	0.0320±0.0343	1.7234±0.1137	0.5528±0.6395	2.3267±2.6400

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

من خلال المخطط الكروماتوغرافي للعينة SU2 تبين أنها عبارة عن مزيج من زيت دوار الشمس وزيت الصويا على الرغم من أن بطاقة بيانها صرحت بأنها زيت دوار شمس صافي وهذا يفسر سبب ارتفاع نسبة C18:3 *t* لأن زيت الصويا يحوي نسبة عالية من حمض لينولينيك. كمايلاحظ الارتفاع الكبير في نسبة C18:2 *t* بسبب تعرضها لشروط تكرير قاسية أثناء عملية إزالة الرائحة (للحصول على منتج ذو خواص فيزيائية مشابهة لزيت دوار الشمس).

وباستثناء العينة SU2 المغشوشة، يلاحظ من الجدول ١٦,٤ أن أعلى قيمة مسجلة لـ TFA كانت ١,٤٩ وأدنى قيمة هي ٠,٥٧ وبالمتوسط ٠,٩٢ غ / ١٠٠ غ زيت، وهذه النسبة قريبة نوعاً ما من النتيجة التي سجلها Tang (٢٠٠٢) الذي وجد أن زيت دوار الشمس يحوي من ٠,٦٣-٢,٩٩ % وبالمتوسط ١,٤٢ %.

ويبين الشكل ٩,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت دوار الشمس SU1، حيث يلاحظ أن الحمض الدهني C18:2*t* يمثل النسبة العظمى من مجموع TFA الكلية، بسبب احتواء زيت دوار الشمس على نسبة مرتفعة من حمض لينولييك.



الشكل ٩,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت دوار الشمس SU1

٤-٣-١-٤- زيت الذرة

تم جمع ثلاث عينات من زيت الذرة من السوق المحلية وكانت النتيجة كما في الجدول ١٧,٤

جدول ١٧,٤ مستويات TFA في عينات زيت الذرة

العينة	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
C1	0.0356±0.0016	0.0000±0.0000	1.5838±0.0006	0.3155±0.0008	1.9349±0.0012[b(1)]
C2	0.0435±0.0006	0.0780±0.0008	1.5478±0.0013	0.5890±0.0043	2.2583±0.0016[c]
C3	0.0374±0.0003	0.0000±0.0000	0.1746±0.0003	0.0162±0.0004	0.2281±0.0004[a]
Mean	0.0388±0.0038	0.0260±0.0403	1.1021±0.7186	0.3069±0.2563	1.4737±0.9756

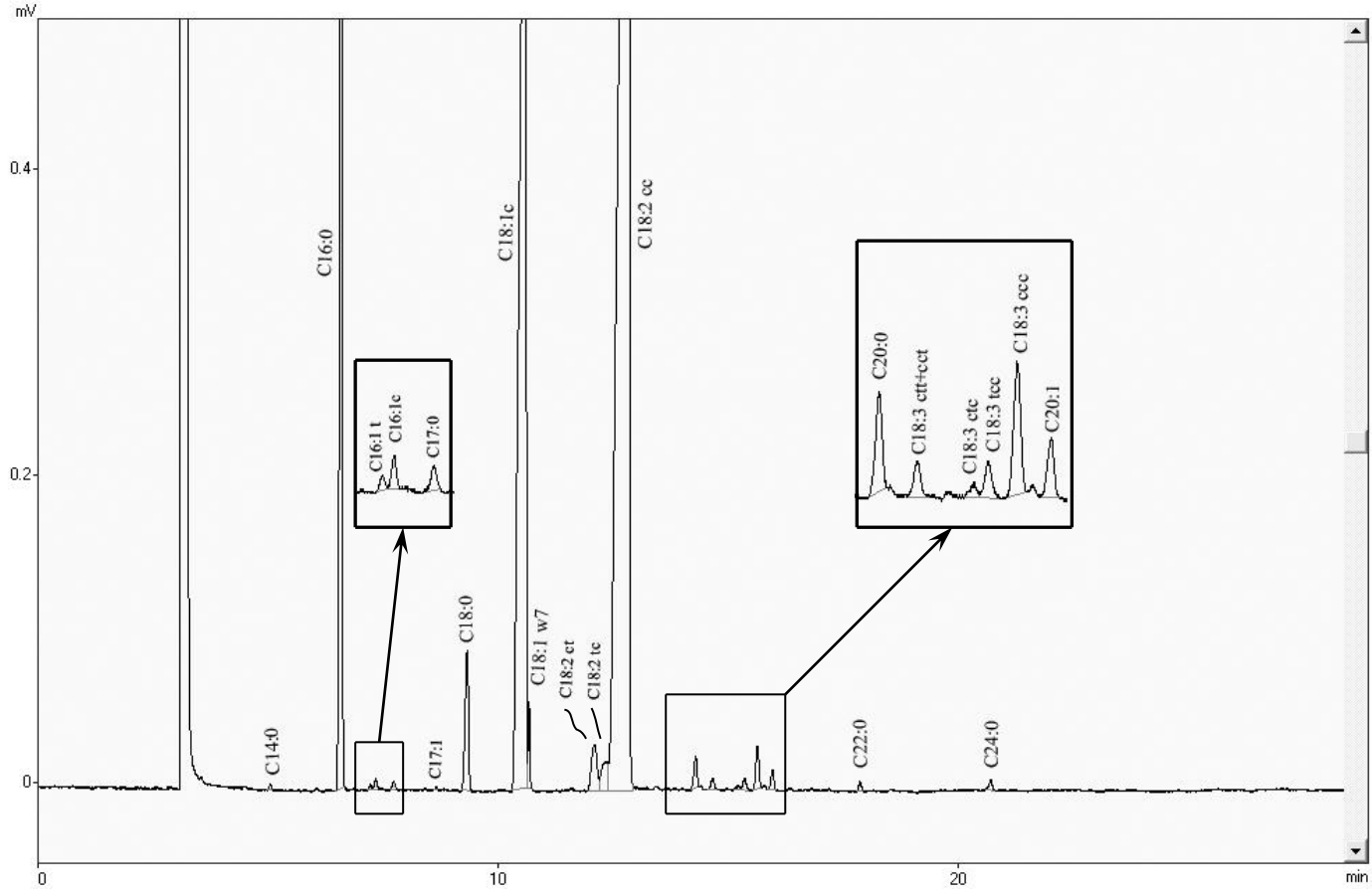
(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

يلاحظ من الجدول ١٧,٤ الارتفاع النسبي لقيمة C18:3 *t* (٠,٥٩ غ / ١٠٠ غ) في العينة C2 كما يلاحظ احتواء هذه العينة على نسبة من C18:1 *t* أعلى قليلاً من بقية العينات (٠,٠٧٨ غ / ١٠٠ غ) بسبب تعرض هذه العينة لدرجات حرارة عالية أثناء عملية التكرير.

بالمقابل يبين الجدول ١٧,٤ خلو العينتين C1 و C3 من C18:1 *t* لعدم تعرضها لدرجات حرارة عالية أثناء عملية التكرير، كما يلاحظ أن نسبة C18:2 *t* و C18:3 *t* في العينة C1 كانت أعلى من نسبتهما في العينة C3 بسبب اختلاف المعاملات التي تعرضت العينتين لها أثناء عملية التكرير.

كما يبين الجدول ١٧,٤ وجود فروق معنوية بين العينات، يلاحظ أن أعلى قيمة هي ٢,٢٦ غ / ١٠٠ غ وهي قريبة من أعلى نسبة سجلها Tang (٢٠٠٢) في زيت الذرة وهي ١,٩٦ %.

يبين الشكل ١٠,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت الذرة C1، يلاحظ من خلالها أن الحمض الدهني C18:2 *t* يشكل النسبة العظمى من مجموع TFA الكلية لأن زيت الذرة يحتوي نسبة عالية من حمض لينولييك.



الشكل ١٠,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت الذرة C1

٤-٣-١-٥-زيت القطن

يبين الجدول ١٨,٤ مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في عينات زيت القطن.

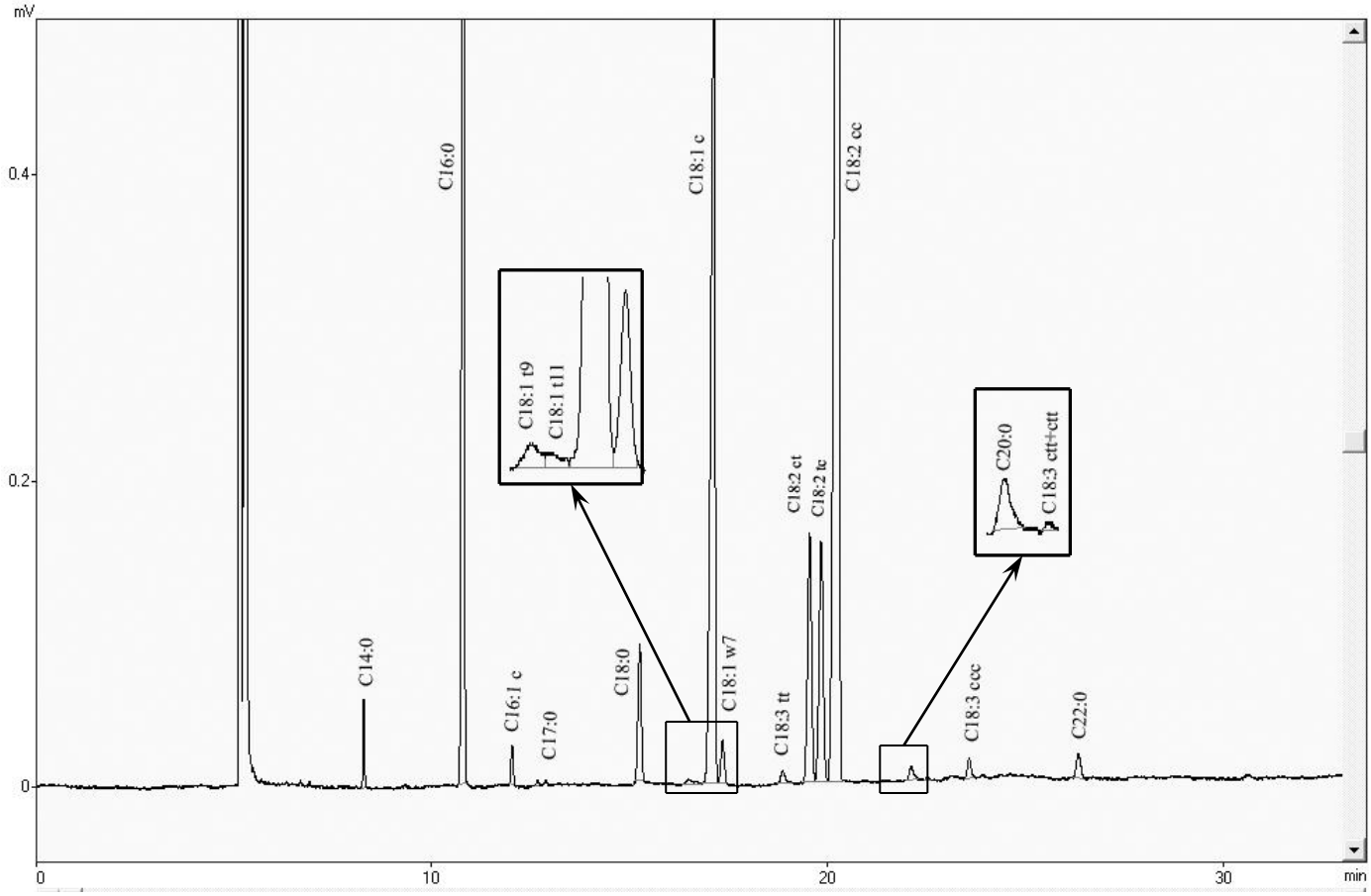
جدول ١٨,٤ مستويات TFA في عينات زيت القطن

العينة	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
CO1	0.0000±0.0000	0.2438±0.0540	10.6646±0.0040	0.3068±0.0015	11.2151±0.0515$^{d(1)}$
CO2	0.0155±0.0003	0.0411±0.0002	0.0795±0.0002	0.0000±0.0000	0.1360±0.0003^{a}
CO3	0.0000±0.0000	0.0123±0.0003	0.3136±0.0004	0.0000±0.0000	0.3260±0.0000^{b}
CO4	0.0000±0.0000	0.0359±0.0004	0.5358±0.0009	0.0000±0.0000	0.5716±0.0005^{c}
Mean	0.0039±0.0072	0.0833±0.1018	2.8983±4.7965	0.0767±0.1420	3.0622±5.0348

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

يلاحظ من الجدول ١٨,٤ وجود فرق معنوي كبير في نسبة TFA بين العينات. وقد يرجع السبب في احتواء العينة CO1 على نسبة مرتفعة جداً من TFA (١١,٢٢ غ/١٠٠ غ) إلى تعرض الزيوت النباتية المكررة إلى درجات حرارة أعلى من ٢٣٠ ْ م أثناء عملية إزالة الرائحة (Brito *et al*., 2007) إلى جانب احتواء زيت القطن على نسبة مرتفعة من حمض لينولييك.

يبين الشكل ١١,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت القطن CO1، ويلاحظ فيه وجود نسبة عالية من C18:2*t* بسبب تعرضه لدرجات حرارة عالية أثناء عمليات التكرير.



الشكل ١١,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة زيت القطن CO1 تبين المحتوى العالي من C18:2 *t*

٤-٣-٢-السمن المهدرج

تم جمع ١٠ عينات من السمن المهدرج وتم تحضير FAME التي حقنت في جهاز GC لمعرفة نوعية وكمية TFA التي تحتويها هذه العينات وكانت النتيجة كما هو مبين في الجدول ١٩,٤

جدول ١٩,٤ محتوى السمن المهدرج من TFA

العينة	*t* C 16:1 غ/١٠٠ غ	*t* C 18:1 غ/١٠٠ غ	*t* C 18:2 غ/١٠٠ غ	*t* C 18:3 غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
M1	0.0284±0.0013	0.0639±0.0024	0.3376±0.0013	0.3578±0.0004	0.7876±0.0028$^{c(1)}$
M2	0.0000±0.0000	4.8900±0.0016	0.2233±0.0022	0.0000±0.0000	5.1133±0.0006^{h}
M3	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	1.0480±0.0048	1.1143±0.0004	2.1622±0.0052^{e}
M4	0.0441±0.0002	0.1843±0.0003	0.3872±0.0014	0.0603±0.0003	0.6759±0.0011^{b}
M5	0.0000±0.0000	6.5619±0.0050	0.7876±0.0014	0.0685±0.0001	7.4179±0.0037^{i}
M6	0.0539±0.0062	8.1458±0.0021	1.3983±0.0052	0.1809±0.0028	9.7789±0.0002^{j}
M7	0.0254±0.0003	4.6756±0.0005	0.2106±0.0028	0.0000±0.0000	4.9116±0.0021^{g}
M8	0.0141±0.0008	2.1042±0.0002	0.8417±0.0002	0.3282±0.0001	3.2882±0.0009^{f}
M9	0.0192±0.0002	1.6190±0.0001	0.4665±0.0003	0.0000±0.0000	2.1047±0.0001^{d}
M10	0.0239±0.0002	0.0527±0.0004	0.4732±0.0004	0.0888±0.0002	0.6385±0.0004^{a}
Mean	0.0209±0.0180	2.8297±2.9416	0.6174±0.0466	0.2199±0.3313	3.6878±3.0143

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

يلاحظ من الجدول ١٩,٤ احتواء أغلب عينات السمن المهدرج على نسب عالية من TFA حيث كانت أعلى نسبة مسجلة ٩,٧٨ وأدنى نسبة ٠,٦٤ وبالمتوسط ٣,٦٩ غ / ١٠٠ غ سمن. إن أعلى نسبة مسجلة في هذا البحث قريبة جداً من أعلى نسبة سجلها Hansen و Leth (٢٠٠٠) (٩,٧ %) من خلال المسح الذي قاما به لتحديد محتوى المرغرين من TFA في أسواق الدانمارك. وقد وافقت نتيجة هذا البحث ما وجده Saunders وآخرون (٢٠٠٨) باحتواء المارجرين على نسبة أقل من ١٠ غ / ١٠٠ غ، بينما خالفت هذه النتيجة ما توصل إليه Kandhro وآخرون (٢٠٠٨) الذين بينوا أن نسبة TFA في المارجرين ٢,٢ إلى ٣٤,٨ %. ويرجع التباين في النتائج بين الباحثين السابقين إلى اختلاف شروط عملية الهدرجة، فقد بين Eller (٢٠٠٥) أن هدرجة زيت الصويا على الدرجة ١٤٠ – ١٧٠ ْ م تحت تأثير ضغط ١٤٠ كيلو باسكال يؤدي إلى إعطاء منتج يحوي ٤٠ % TFA مقابل ١٧ % TFA عند الهدرجة تحت ضغط ١٤٠٠ كيلو باسكال على درجة الحرارة ذاتها.

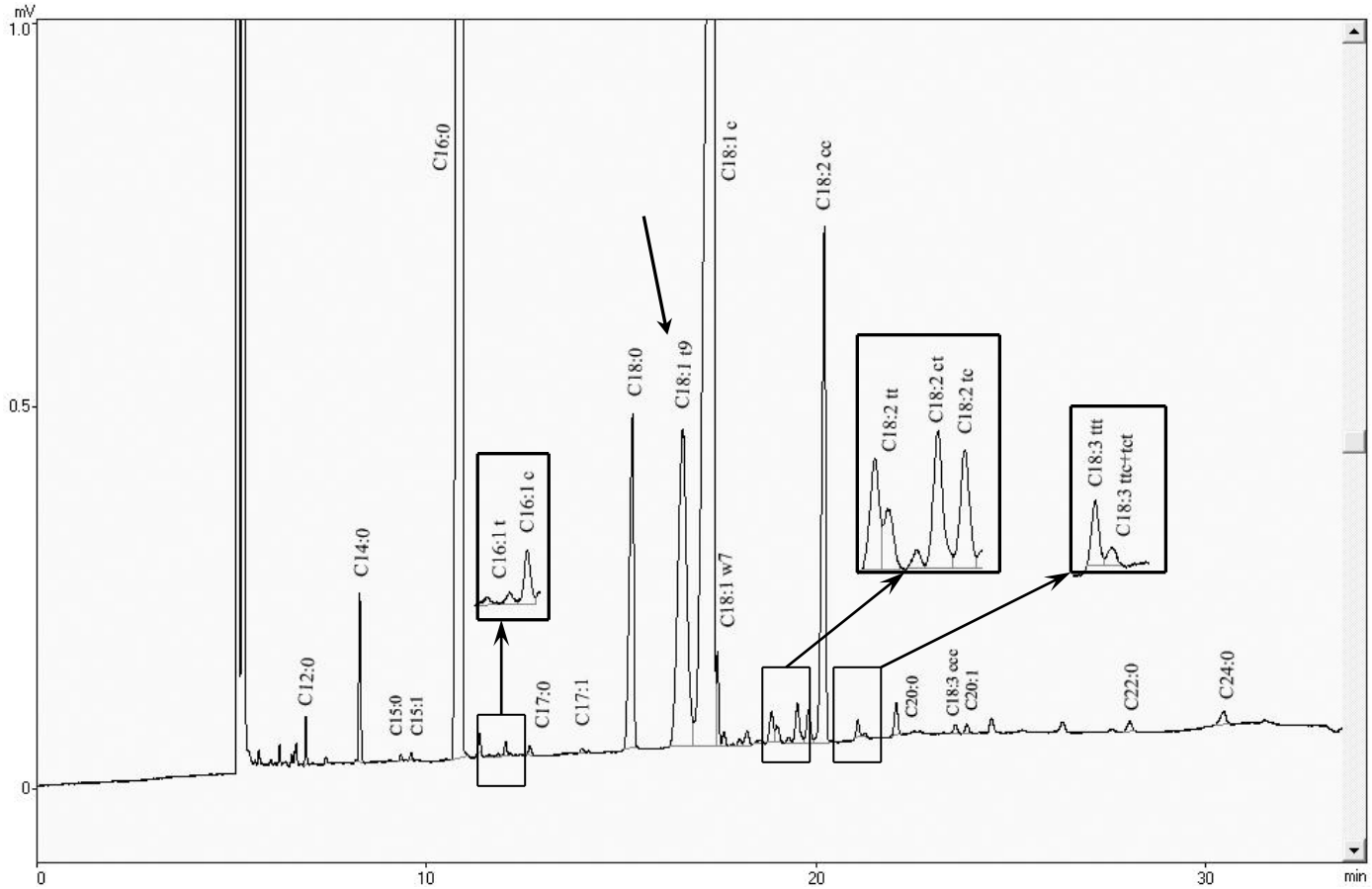
ويلاحظ أن نسبة ٣٣,٣ % من العينات المحللة في هذا البحث كانت خالية عملياً من TFA بحسب Hansen و Leth (٢٠٠٠) أي أنها تحوي أقل من ١ % TFA.

يمثل حمض إلائيديك (C18:1 *t*9) الحمض الدهني المفروق السائد في العينات المحللة –باستثناء العينة M3 التي كانت خالية منه– وهو ناتج عن الهدرجة الجزئية (Precht and Molkentin, 1995؛ Lock *et al.*, 2005) حيث يتحول حمض أولييك (C18:1 cis) إلى حمض إلائيديك كمرحلة وسيطية أثناء الهدرجة قبل التحول إلى حمض ستياريك المشبع (C18: 0) (Steinhart *et al.*, 1998).

يلاحظ انخفاض محتوى جميع العينات المحللة من C18:3 *t* بسبب استخدام زيت النخيل الحاوي على نسبة قليلة جداً من لينولينيك في تصنيع السمن المهدرج باستثناء العينة M3 التي احتوت على نسبة مرتفعة من

C18:3 *t* (١,١١ غ / ١٠٠ غ سمن) لأنها مكونة من مزيج من زيت النخيل وزيت الصويا المهدرج الحاوي على نسبة عالية من حمض لينولينيك.

يبين الشكل ١٢,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة السمن المهدرج M6 ويلاحظ فيها المستوى المرتفع من حمض إلائيديك (C18:1*t*9) الناتج عن عملية الهدرجة.



الشكل ١٢,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة السمن المهدرج M6 تبين المحتوى العالي من حمض Elaidic (C18:1 *t* 9)

٤-٣-٣-المنتجات المقلية

تم اختيار المواد الغذائية الأكثر شيوعاً من بين المنتجات المحضرة بطريقة القلي وهي البطاطا المقلية والفلافل والرقائق (١٠ عينات لكل منها) باعتبارها تعد ممثلة للأغذية المقلية وتستهلك بكميات كبيرة في سورية.

٤-٣-٣-١-البطاطا المقلية

تم جمع ١٠ عينات من البطاطا المقلية من المطاعم المنتشرة في مناطق مختلفة من مدينة دمشق بطريقة عشوائية، واستخلص الدهن منها بطريقة سوكسليت (AOAC, 2000)، واستخدم الدهن الناتج في تحضير FAMEs التي تم حقنها في جهاز GC للوقوف على نوعية وكمية TFA التي تحتويها ولمعرفة نوع الزيت المستخدم في القلي، والجدول ٢٠,٤ يوضح النتائج التي تم التوصل إليها.

جدول ٢٠,٤ مستويات الأحماض الدهنية المفروقة ونوع الزيت المستخدم في عينات البطاطا المقلية من الأسواق

العينة	الزيت المستخدم	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
P1	قطن+صويا	0.0136±0.0001	0.0182±0.0003	0.0767±0.0002	0.1444±0.0001	0.2527±0.0003$^{d(1)}$
P2	قطن+صويا	0.0015±0.0001	0.0142±0.0002	0.0620±0.0004	0.0324±0.0001	0.1099±0.0001^{a}
P3	صويا	0.0179±0.0004	0.0108±0.0001	0.1120±0.0043	0.2693±0.0018	0.4098±0.0028^{f}
P4	صويا	0.0036±0.0001	0.0126±0.0004	0.1420±0.0018	0.2620±0.0117	0.4202±0.0129^{f}
P5	صويا	0.0798±0.0001	0.0215±0.0004	0.3779±0.0004	0.5131±0.0001	0.9922±0.0001^{h}
P6	قطن	0.0024±0.0001	0.0000±0.0000	0.1748±0.0057	0.0000±0.0000	0.1772±0.0055^{b}
P7	دوار شمس	0.0066±0.0015	0.0126±0.0018	0.0988±0.0028	0.0000±0.0000	0.1180±0.0005^{a}
P8	دوار شمس +زيتون	0.0210±0.0001	0.0510±0.0103	0.1167±0.0239	0.0263±0.0001	0.2150±0.0335^{c}
P9	صويا	0.0027±0.0000	0.0306±0.0000	0.1617±0.0000	0.1728±0.0000	0.3678±0.0001^{e}
P10	صويا	0.0628±0.0001	0.0169±0.0002	0.2972±0.0002	0.4035±0.0001	0.7802±0.0000^{g}
Mean		0.0212±0.0268	0.0188±0.0136	0.1620±0.0982	0.1824±0.1738	0.3843±0.2836^{a}

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

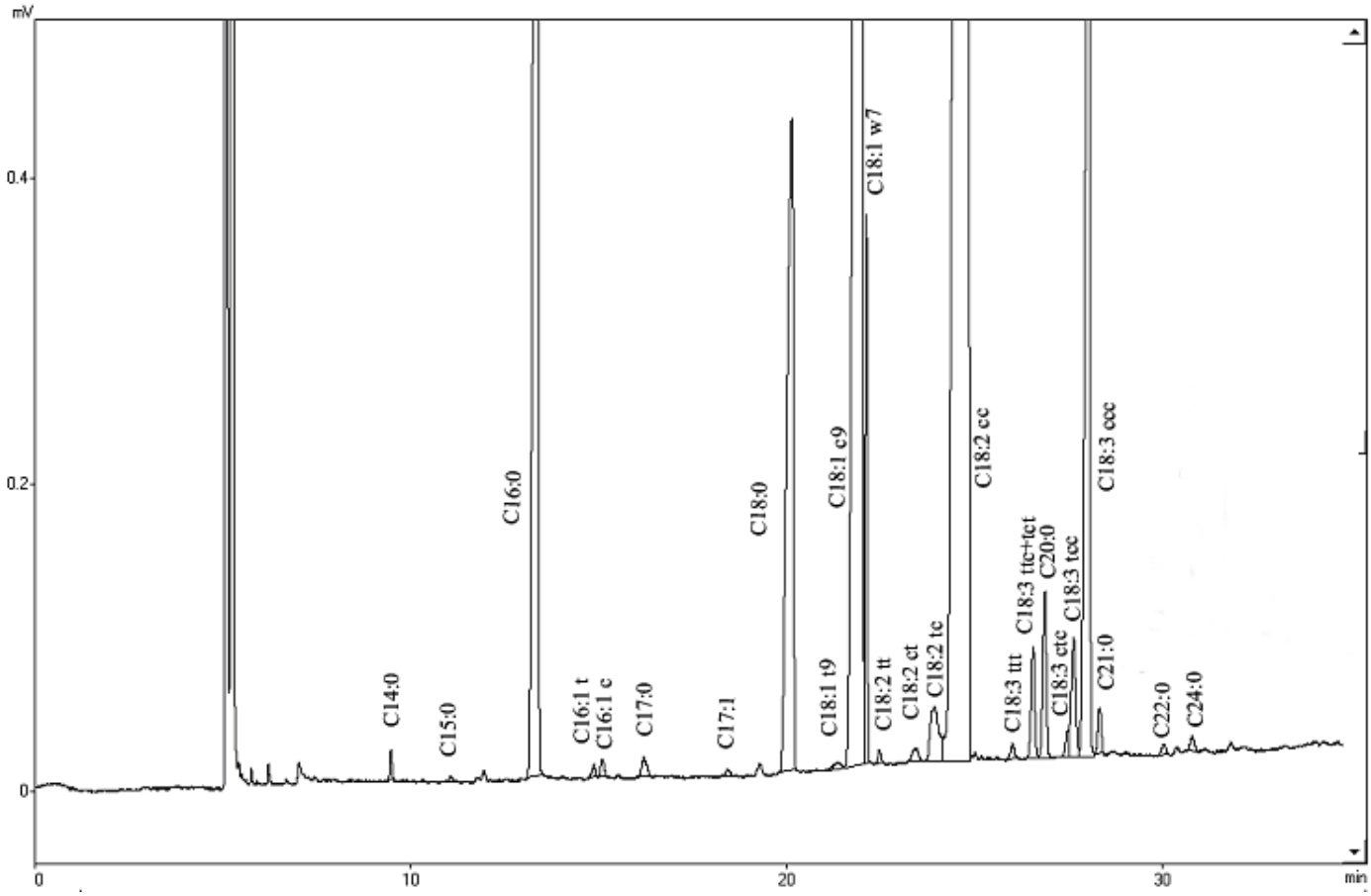
يلاحظ من الجدول ٢٠,٤ وجود فروق معنوية بين جميع العينات على مستوى ثقة ٠,٠٥، ما عدا العينتين P2 و P7، وأن أعلى نسبة مسجلة ٠,٩٩ وأدنى نسبة مسجلة ٠,١١ وبالمتوسط ٠,٣٨ غ TFA /١٠٠ غ، وقد كانت هذه النسبة قريبة مما وجده Wagner وآخرون (٢٠٠٨) باحتواء المنتجات المقلية بالطريقة العميقة (french fries) على ٠,٣٠ غ/١٠٠ غ. في حين خالفت ما توصل إليه Kleiner و Hansen (٢٠٠١) الذين وجدوا أن القلي العميق يمكن أن ينتج نسبة عالية من الأحماض الدهنية المفروقة أعلى من ١٠ % وما استنتجه Steinhart و Fritsche (١٩٩٧) بوجود نسبة ٢٦,٣٧ – ٣٤,١٣ % من TFA في المنتجات المقلية، ويعود السبب في هذا الاختلاف إلى استخدام الزيوت النباتية المهدرجة جزئياً في القلي (USDA, 2000)، بينما استخدمت الزيوت النباتية غير المهدرجة في القلي في هذا البحث.

لوحظ أن أعلى نسبة مسجلة كانت أدنى من ١ %، وبذلك يمكن اعتبار جميع هذه العينات خالية من TFA بحسب Hansen و Leth (٢٠٠٠).

عند حساب كمية TFA في الوجبة المأكولة (serving size) وهي ٢٨ غ نجد أن أعلى نسبة هي ٠,٩٩٢٢ × ٢٨ = ٠,٢٨ غ TFA في الوجبة الواحدة وهي أقل من ٠,٥ غ، وبالتالي يمكن اعتبار جميع العينات خالية من TFA بحسب Khan وآخرون (٢٠٠٣) الذين اعتبروا أن الغذاء يكون خالياً من TFA إذا كانت الوجبة المأكولة الواحدة (٢٨ غ) تحوي أقل من ٠,٥ غ TFA.

كما يلاحظ ارتفاع نسبة C18:3 *t* في العينات P3، P4، P5، P9، P10 بسبب استخدام زيت الصويا الحاوي على نسبة عالية من حمض لينولينيك. بينما يلاحظ احتواء العينة P8 على نسبة عالية نسبياً من C18:1 *t* (٠,٠٥ غ / ١٠٠ غ) بسبب استخدام مزيج من زيت الزيتون (الحاوي على نسبة مرتفعة من حمض أوليك) وزيت دوار الشمس في قليها.

يبين الشكل ١٣,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة البطاطا المقلية P5 ويلاحظ فيها أن C18:3*t* يشكل النسبة العظمى من مجموع TFA لأن هذه العينة مقلية بزيت الصويا الحاوي أصلاً على نسبة مرتفعة من حمض لينولينيك.



الشكل ١٣,٤ يظهر المخطط الكروماتوغرافي لعينة البطاطا المقلية P5

٤-٣-٣-٢-الفلافل

تم جمع ١٠ عينات فلافل من المطاعم المنتشرة في مناطق مختلفة من مدينة دمشق بطريقة عشوائية، واستخلص الدهن منها بطريقة سوكسليت، لمعرفة النسبة المئوية للدهن واستخدامه لتحضير FAMEs التي حقنت في جهاز GC لمعرفة نوعية وكمية TFA التي تحتويها ولمعرفة نوع الزيت المستخدم في القلي، والجدول ٢١,٤ يوضح النتائج التي تم التوصل إليها.

جدول ٢١,٤ مستويات الأحماض الدهنية المفروقة ونوع الزيت المستخدم في قلي عينات الفلافل

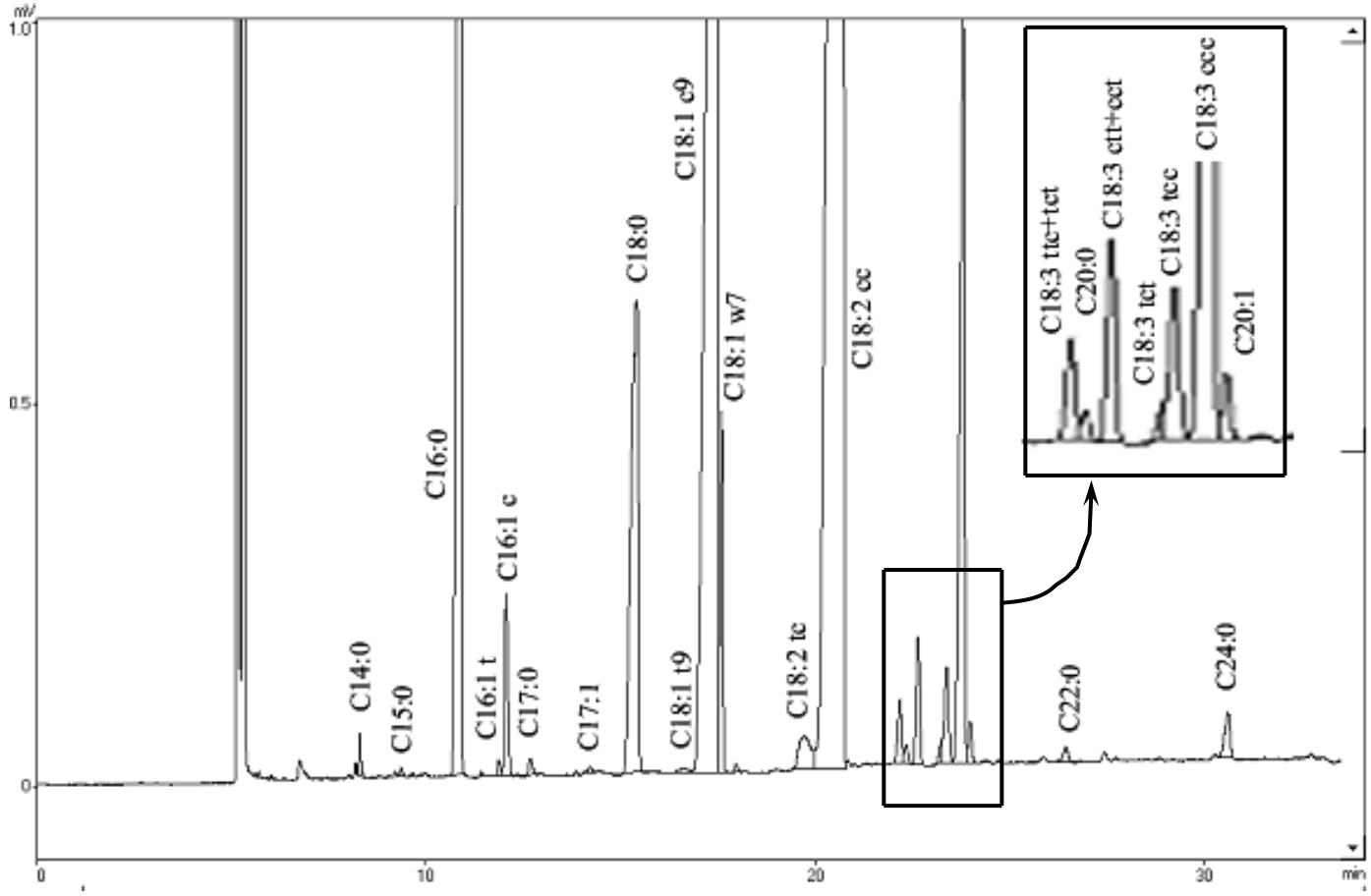
العينة	الزيت المستخدم	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
F1	صويا	0.0136±0.0002	0.0130±0.0001	0.1093±0.0003	0.3290±0.0004	0.4667±0.0001[g(1)]
F2	قطن	0.0171±0.0010	0.0289±0.0033	0.0418±0.0096	0.0236±0.0064	0.1114±0.0202[c]
F3	قطن	0.0164±0.0000	0.0060±0.0001	0.0582±0.0002	0.0772±0.0001	0.1577±0.0001[d]
F4	قطن	0.0040±0.0004	0.0129±0.0006	0.1316±0.0038	0.1842±0.0004	0.3308±0.0045[f]
F5	قطن	0.0079±0.0001	0.0370±0.0001	0.1339±0.0014	0.0042±0.0059	0.1830±0.0076[e]
F6	قطن	0.0159±0.0003	0.0334±0.0001	0.0332±0.0001	0.0287±0.0001	0.1111±0.0001[c]
F7	قطن	0.0019±0.0001	0.0079±0.0001	0.0152±0.0001	0.0022±0.0001	0.0270±0.0008[a]
F8	قطن	0.0178±0.0002	0.0498±0.0000	0.0808±0.0001	0.0047±0.0001	0.1530±0.0002[d]
F9	قطن	0.0043±0.0000	0.0299±0.0038	0.0268±0.0006	0.0000±0.0000	0.0610±0.0025[b]
F10	قطن	0.0628±0.0001	0.0235±0.0001	0.0391±0.0001	0.0000±0.0000	0.0668±0.0001[b]
Mean		0.0105±0.0064	0.0242±0.0139	0.0670±0.0431	0.0652±0.1059	0.1668±0.1316[a]

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

يلاحظ من الجدول ٢١,٤ أن أعلى نسبة مسجلة هي ٠,٤٧ وأدنى نسبة ٠,٠٣ وبالمتوسط ٠,١٧ غ TFA / ١٠٠ غ عينة، وهي قريبة من النسبة التي سجلها Wagner وآخرون (٢٠٠٨) في المنتجات المقلية بالطريقة العميقة (٠,٣٠ غ / ١٠٠ غ). في حين خالفت ما توصل إليه Kleiner و Hansen (٢٠٠١) الذين وجدوا أن القلي العميق يمكن أن ينتج نسبة عالية من الأحماض الدهنية المفروقة أعلى من ١٠ % وما استنتجه Steinhart و Fritsche (١٩٩٧) بوجود نسبة ٢٦,٣٧ – ٣٤,١٣ % من TFA في المنتجات المقلية، ويعود السبب في هذا الاختلاف إلى استخدام الزيوت النباتية المهدرجة جزئياً في القلي (USDA, 2000)، بينما استخدمت الزيوت النباتية غير المهدرجة (زيت الصويا، بذرة القطن) في قلي العينات المحللة في هذا البحث.

لوحظ احتواء العينة F1 على نسبة عالية (٠,٣٣ غ/١٠٠ غ) من C18:3 *t* (شكل ١٤,٤) بسبب استخدام زيت الصويا الحاوي على نسبة عالية نسبياً من حمض لينولينيك، كما تبين خلو العينتين F9 و F10 من C18:3 *t* بينما احتوت بقية العينات على نسب متوسطة من C18:3 *t* بسبب استخدام زيت القطن الحاوي على نسبة أقل من حمض لينولينيك.

وعملياً يمكن اعتبار جميع العينات خالية من TFA بحسب Hansen و Leth (٢٠٠٠) أي أنها تحوي أقل من ١% TFA، وحسب Khan وآخرون (٢٠٠٣) لأنها تحوي ٠,٤٦٦٧ × ٢٨ = ٠,١٣ غ TFA في الوجبة المأكولة.



الشكل ١٤,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة الفلافل F1

٤-٣-٣-٣-الرقائق

جُمِعَت ١٠ عينات من الرقائق (Chips) التي استخدم في إنتاجها إما دقيق القمح أو الذرة أو البطاطا تم انتقاؤها بطريقة عشوائية، استخلص الدهن من هذه العينات بطريقة سوكسليت لمعرفة النسبة المئوية للدهن

ولاستخدام الدهن الناتج في تحضير FAMEs التي تم حقنها في جهاز GC لمعرفة نوعية وكمية TFA التي تحتويها ونوع الدهن المستخدم في تحضيرها، وكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول ٢٢,٤

جدول ٢٢,٤ مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في عينات الرقائق

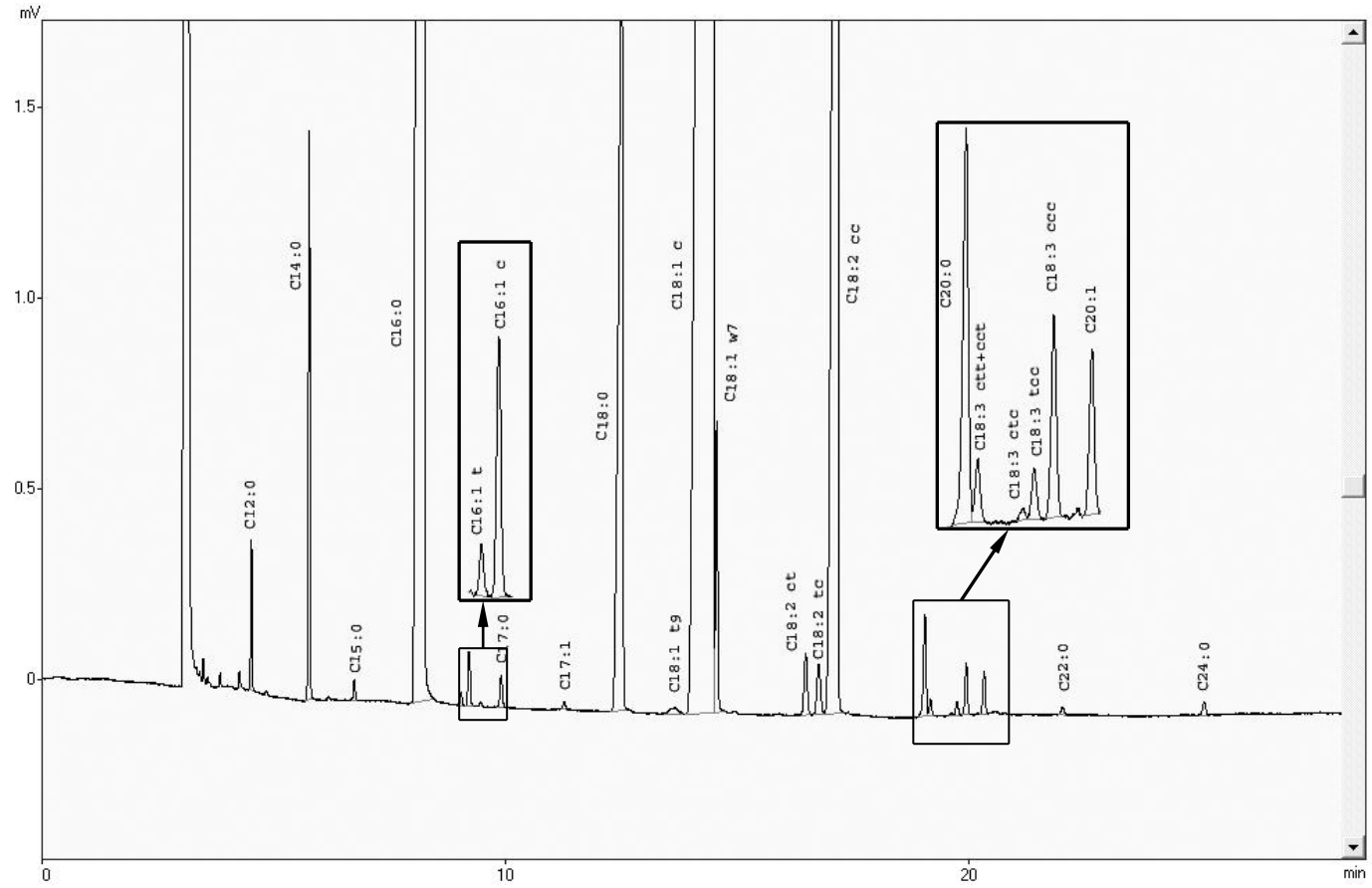
العينة	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
CH1	0.0133±0.0001	0.0000±0.0000	0.1461±0.0001	0.0267±0.0001	0.1860±0.0001$^{h(1)}$
CH2	0.0129±0.0001	0.0287±0.0009	0.1954±0.0001	0.0168±0.0002	0.2537±0.0006^{i}
CH3	0.0146±0.0001	0.0358±0.0001	0.0971±0.0001	0.0079±0.0001	0.1553±0.0001^{e}
CH4	0.0405±0.0001	0.0203±0.0001	0.0903±0.0001	0.0153±0.0001	0.1340±0.0000^{d}
CH5	0.0083±0.0001	0.0337±0.0001	0.1124±0.0002	0.0183±0.0001	0.1745±0.0001^{g}
CH6	0.0102±0.0001	0.0000±0.0000	0.0695±0.0001	0.0101±0.0001	0.0876±0.0001^{b}
CH7	0.0069±0.0001	0.0000±0.0000	0.0511±0.0001	0.0094±0.0001	0.0672±0.0000^{a}
CH8	0.0123±0.0001	0.0235±0.0001	0.1794±0.0001	0.0372±0.0001	0.2531±0.0001^{i}
CH9	0.0186±0.0000	0.0392±0.0001	0.0749±0.0001	0.0000±0.0000	0.1326±0.0001^{c}
CH10	0.0099±0.0000	0.0172±0.0001	0.1327±0.0001	0.0106±0.0001	0.1703±0.0001^{f}
Mean	0.0115±0.0035	0.0198±0.0149	0.1149±0.0466	0.0152±0.0102	0.1614±0.0596

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

يلاحظ من الجدول ٢٢,٤ احتواء عينات الرقائق على نسب قليلة جداً من TFA، وكذلك وجود فروق معنوية بين العينات بحيث كانت أعلى قيمة مسجلة ٠,٢٥ وأدنى قيمة ٠,٠٧ وبالمتوسط ٠,١٦ غ / ١٠٠ غ رقائق، وهذه النتيجة مطابقة إلى حد كبير للنتيجة التي توصل إليها Wagner وآخرون (٢٠٠٨) حيث وجدوا أن متوسط نسبة TFA في رقائق البطاطا كانت ٠,١٦ غ / ١٠٠ غ في دراستهم على ١٦ عينة مختلفة، وما توصل إليه Matthew وآخرون (٢٠٠٨) باحتواء الرقائق على نسبة قليلة جداً (غير معتبرة) من TFA.

استخدم زيت النخيل غير المهدرج (بدليل احتواء العينات المحللة على نسبة قليلة جداً من C18:1*t* وخاصة حمض إلائيديك الذي ينتج عن الهدرجة) في تحضير جميع عينات الرقائق المحللة وهذا ما يفسر انخفاض نسبة TFA لأن زيت النخيل يحوي نسبة مرتفعة من الأحماض الدهنية المشبعة وبخاصة حمض بالمتيك في حين يقل محتواه من الأحماض الدهنية وحيدة ومتعددة عدم الإشباع الخاضعة للتماكب عند تعرضها لدرجات حرارة عالية.

يبين الشكل ١٥,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة الرقائق CH8، ويلاحظ فيه أن الحمض الدهني C18:2*t* يشكل النسبة الأعلى من مجموع TFA الكلية.



الشكل ١٥,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة الرقائق CH8

٤-٣-٤-البسكويت

تم جمع ١١ عينة مختلفة من البسكويت (سادة، مغطس بالشوكولا، محشي بالكريما أو جوز الهند) اختيرت بطريقة عشوائية من الأسواق المحلية، استخلص الدهن من العينات السابقة بطريقة سوكسليت لتحديد النسبة المئوية للدهن ولاستخدام الدهن الناتج عن الاستخلاص في تحضير FAMEs التي حقنت في جهاز GC لمعرفة نوعية وكمية الأحماض الدهنية المفروقة التي تحتويها العينات ونوعية الدهن المستخدم في تحضيرها. والجدول ٢٣,٤ يوضح النتائج التي تم التوصل إليها

جدول ٢٣,٤ مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في عينات البسكويت

العينة	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
B1	0.2468±0.0006	0.2638±0.0005	0.1113±0.0001	0.2136±0.0000	0.8354±0.0013$^{e(1)}$
B2	0.0177±0.0004	0.8306±0.0000	0.0938±0.0001	0.0198±0.0000	0.9618±0.0003^{f}
B3	0.0138±0.0001	0.0594±0.0001	0.0498±0.0001	0.0000±0.0000	0.1229±0.0003^{a}
B4	0.0405±0.0001	0.0372±0.0003	0.0850±0.0004	0.0995±0.0001	0.2621±0.0000^{b}
B5	0.0128±0.0001	3.6942±0.0003	0.0807±0.0005	0.0000±0.0000	3.7877±0.0001^{h}
B6	0.0400±0.0008	8.2160±0.0092	0.2303±0.0006	0.0160±0.0000	8.5021±0.0094^{j}
B7	0.0188±0.0006	6.6908±0.0028	0.1247±0.0006	0.0112±0.0001	6.8454±0.0017^{k}
B8	0.0106±0.0001	0.9815±0.0003	0.1357±0.0001	0.0000±0.0000	1.1278±0.0004^{g}
B9	0.0218±0.0003	5.7203±0.0001	0.1897±0.0000	0.0463±0.0006	5.9781±0.0008^{i}
B10	0.0000±0.0000	0.2578±0.0001	0.0261±0.0000	0.0128±0.0000	0.2967±0.0001^{c}
B11	0.0193±0.0000	0.1991±0.0000	0.0387±0.0431	0.0519±0.0001	0.3090±0.0002^{d}
Mean	0.0402±0.0679	2.4501±2.9991	0.1060±0.0610	0.0428±0.0626	2.6390±3.0203

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

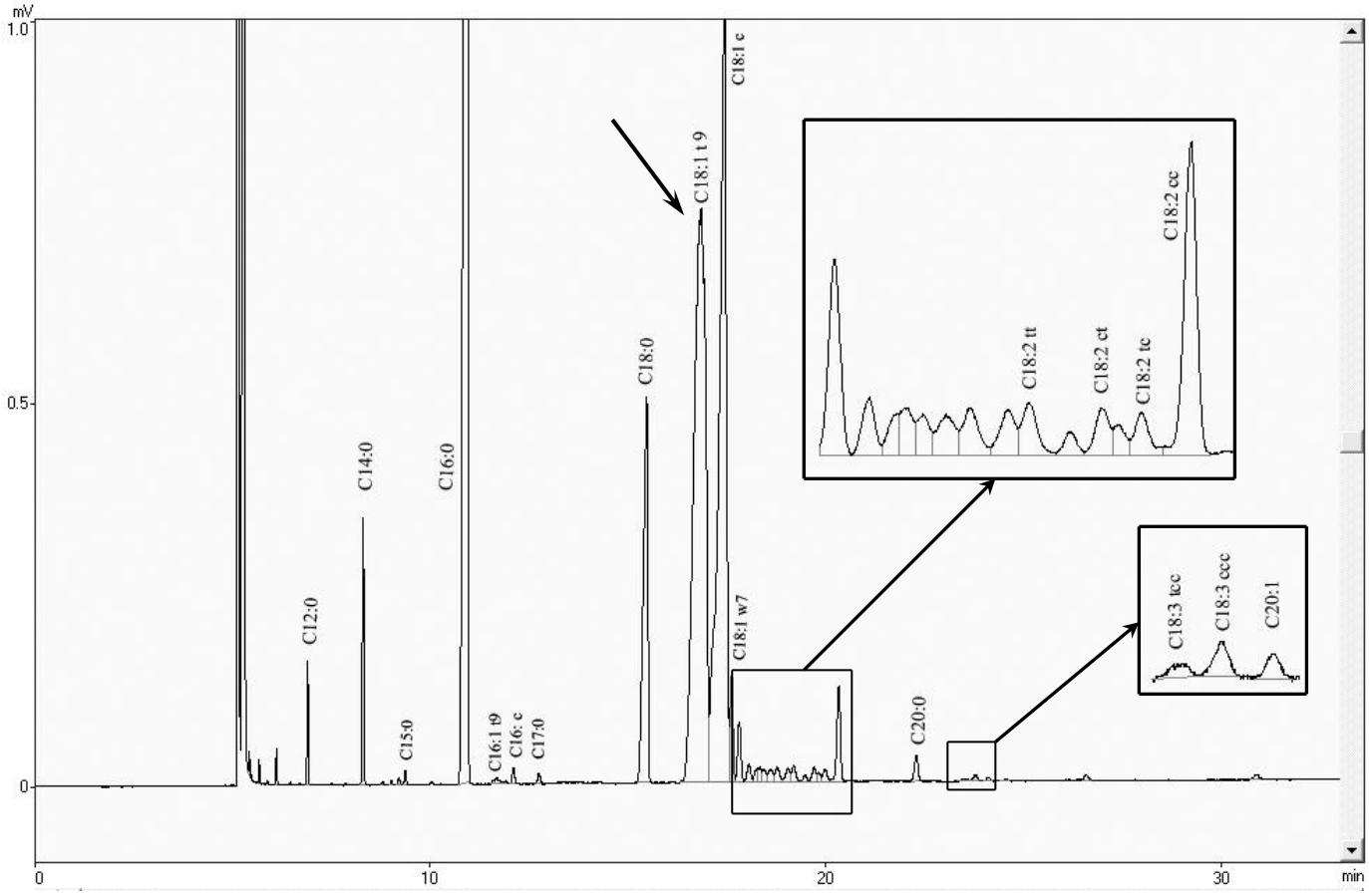
يلاحظ من الجدول ٢٣,٤ وجود فروق معنوية بين العينات المحللة، فكانت أعلى قيمة مسجلة هي 8.50 وأدنى قيمة ٠,١٢ وبالمتوسط ٢,٦٤ غ/١٠٠ غ بسكويت، وقد كانت القيمة الأعلى المسجلة في هذا البحث قريبة من النتيجة التي توصل إليها Stender و Dyerberg (٢٠٠٣) اللذين وجدا أن نسبة TFA في البسكويت هي بالمتوسط ١٠غ/١٠٠ غ بسكويت، بينما كان الحد الأدنى قريباً مما وجده Saunders وآخرون (٢٠٠٨) بأن نسبة TFA كانت ٠,٢-١,٣ غ/١٠٠ غ بسكويت. بينما خالفت ما وجده Wu وآخرون (٢٠٠٧) بأن نسبة TFA في البسكويت كانت ١٧,٦ غ/١٠٠غ بسكويت.

بالرجوع إلى الجدول ١٢,٤ (صفحة ٢٦) يتبين أن نسبة TFA في البسكويت قد تراوحت بين ٠,٨١- ٢٥,٥١ وبالمتوسط ٩,٧٦ غ/١٠٠ دهن، أي أن النسبة الأعلى المستنتجة في هذا البحث (٢٥,٥١ غ/١٠٠ غ دهن) تقع ضمن المجال الذي سجله Lake وآخرون (٢٠٠٦) وهو ١٢,٢-٣١,٢ غ/١٠٠ غ دهن وهي مخالفة لما استنتجه Ascherio وآخرون (١٩٩٩) بأن نسبة TFA في البسكويت كانت ٣٧ % من الدهن الكلي. ويرجع سبب الاختلاف الكبير في نتائج الدراسات المذكورة سابقاً إلى تباين أنواع الدهون المستخدمة في صنع البسكويت من جهة وإلى اختلاف نسبة الدهن الكلي من جهة أخرى.

يمثل حمض إلائيديك (elaidic acid) (C18:1*t*9) الحمض الدهني المفروق السائد في العينات المحللة وهو ينتج عن الهدرجة الجزئية (Precht and Molkentin, 1995؛ Lock *et al*., 2005)، في حين كانت النسب المسجلة من C16:1 *t* و C18:2 *t* و C18:3 *t* قليلة جداً بسبب استخدام زيت النخيل المهدرج (الحاوي على نسبة قليلة من أحماض بالميتوليك و لينولييك ولينولينيك) في تصنيع البسكويت.

لم توضح بطاقات البيان لجميع العينات المحللة نسب TFA في المنتج باستثناء العينة B6 التي سجل في بطاقة بيانها أنها تحتوي على نسبة ٥,٩ % TFA وهي أقل من النسبة المسجلة في هذا البحث (٨,٥٠ غ/١٠٠ غ بسكويت)، لذلك ينصح بعدم تناول مثل هذه المنتجات إذا لم تحتوِ بطاقة بيانها على نسبة TFA لأنها يمكن أن تحوي نسبة عالية منها (Lake *et al*., 2006).

والشكل ١٦,٤ يبين المخطط الكروماتوغرافي للعينة B6 ويوضح المحتوى المرتفع من حمض Elaidic (C18:1 *t*9) الناتج عن الهدرجة.



الشكل ١٦,٤ يبين المخطط الكروماتوغرافي لعينة البسكويت B6

٤-٣-٥-الشوكولا

تم جمع ١٠ عينات مختلفة من الشوكولا (شوكولا بالبندق أو الفستق الحلبي، محشوة بجوز الهند، تحوي طبقة من البسكويت..) بصورة عشوائية من الأسواق، استخلص الدهن من العينات السابقة بطريقة سوكسليت لتحديد النسبة المئوية للدهن من جهة ولاستخدام الدهن الناتج عن الاستخلاص في تحضير FAMEs من جهة أخرى. حقنت إسترات المتيل للأحماض الدهنية في جهاز GC لتحديد نوع الدهن المستخدم وتحديد كمية ونوعية TFA التي تحتويها العينات. والجدول ٢٤,٤ يوضح نوعية وكمية TFA في عينات الشوكولا

جدول ٢٤,٤ مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في عينات الشوكولا

العينة	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
CHO1	0.0049±0.0001	0.3425±0.0001	0.0000±0.0000	0.0000±0.0000	0.3473±0.0000[d(1)]
CHO2	0.0100±0.0004	0.1441±0.0011	0.0137±0.0001	0.0096±0.0004	0.1771±0.0018[b]
CHO3	0.1091±0.0001	2.7707±0.0015	0.0810±0.0023	0.1099±0.0004	3.0706±0.0041[i]
CHO4	0.0558±0.0013	2.0206±0.0005	0.0631±0.0001	0.0000±0.0000	2.1395±0.0009[h]
CHO5	0.0040±0.0004	0.0354±0.0002	0.0000±0.0000	0.0177±0.0008	0.0571±0.0011[a]
CHO6	0.0443±0.0007	9.8283±0.0337	0.5549±0.0052	0.0000±0.0000	10.4275±0.0291[j]
CHO7	0.0403±0.0004	0.9229±0.0006	0.0000±0.0000	0.0283±0.0001	0.9914±0.0004[f]
CHO8	0.0310±0.0001	1.2160±0.0008	0.0287±0.0004	0.0446±0.0002	1.3203±0.0003[g]
CHO9	0.0342±0.0144	0.1114±0.0004	0.0095±0.0035	0.0584±0.0354	0.2135±0.0168[c]
CHO10	0.0344±0.0013	0.6949±0.0110	0.0000±0.0000	0.0305±0.0004	0.7596±0.0120[e]
Mean	0.0368±0.0302	1.8087±2.8765	0.0751±0.1665	0.0299±0.0345	1.9504±3.0471

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

يلاحظ من الجدول ٢٤,٤ وجود فروق معنوية بين عينات الشوكولا، ووجود اختلافات كبيرة في نسب TFA، حيث كانت أعلى قيمة مسجلة ١٠,٤٣ وأدنى قيمة ٠,١٨ وبالمتوسط ١,٩٥ غ / ١٠٠ غ شوكولا. وهذه النتيجة كانت قريبة مما تتوصل إليه Stender و Dyerberg (٢٠٠٣) باحتواء الشوكولا على نسبة ١,٧ غ/١٠٠ غ، وهي أعلى مما وجده Mozaffarian وآخرون (٢٠٠٦) باحتواء الشوكولا على نسبة ٠,٦ غ / ١٠٠ غ TFA والسبب في ذلك الاختلاف هو تباين نوع الدهن المستخدم في تصنيع الشوكولا (زيت جوز الهند، سمن نباتي مهدرج أو زبدة الكاكاو).

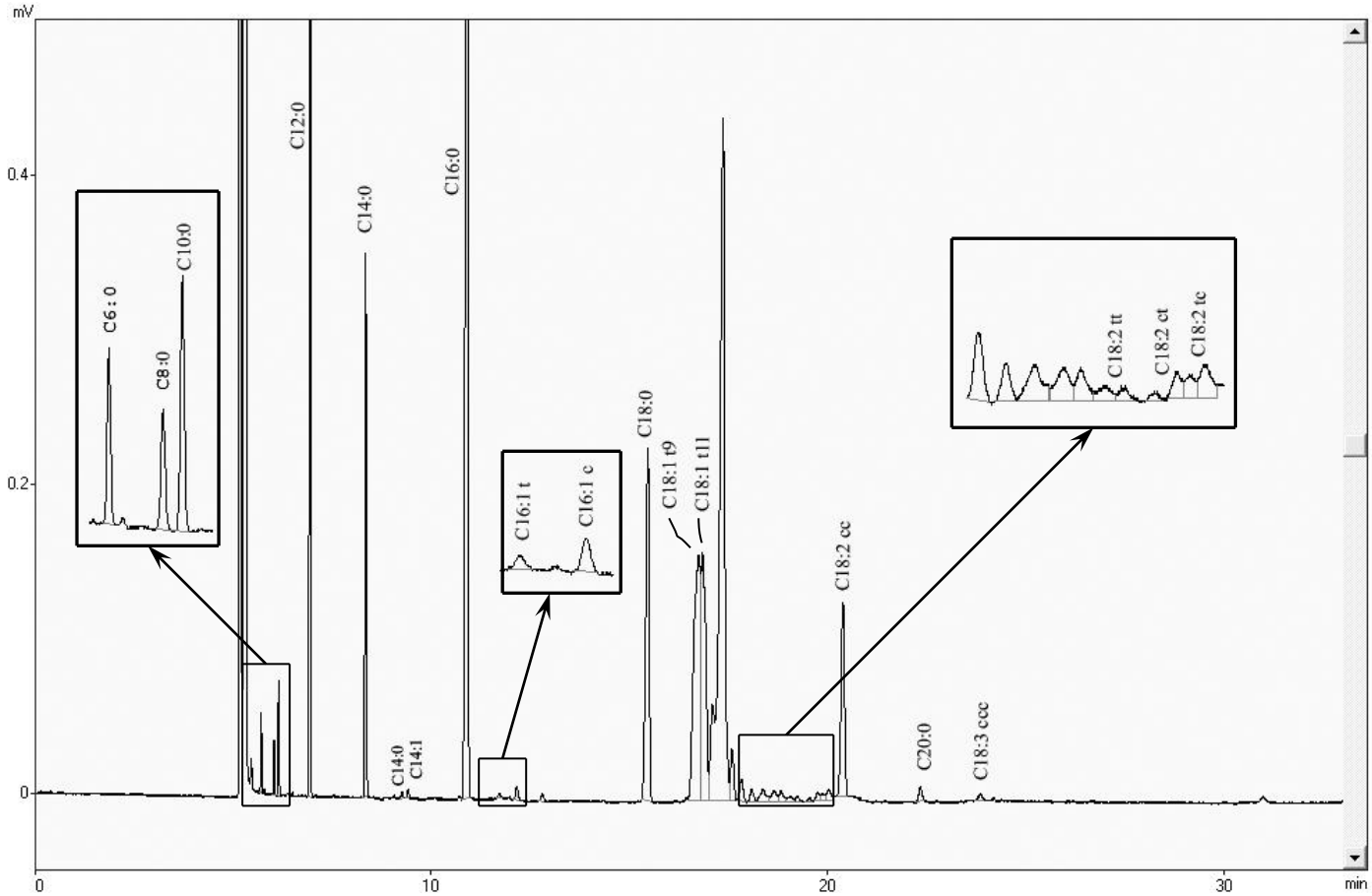
يلاحظ أن نسبة ٤٠ % من العينات المحللة قد احتوت على نسبة أعلى من ١ % TFA لذلك يمكن اعتبار الشوكولا من المصادر الرئيسية للحموض الدهنية المفروقة في الأغذية.

استخدم زيت جوز الهند (بديل زبدة الكاكاو) في تصنيع العينات CHO1، CHO2، CHO5، CHO9، CHO10 بدليل محتواها المرتفع من حمض لوريك (٤٦,٥١، ٣٩,٥٠، ٥١,٧٨، ٣٧,١١ و ٤٥,٠٢ % في العينات السابقة على الترتيب)، مع العلم أن العينة الأولى فقط كانت محشوة بجوز الهند، وهذا ما يفسر انخفاض محتواها من TFA (٠,٣٥ غ / ١٠٠ غ). بينما استخدم زيت النخيل المهدرج في تصنيع العينات CHO3، CHO4 لذلك كان محتواها من TFA عالياً (٣,٠٧، ٢,١٤ غ / ١٠٠ غ شوكولا على الترتيب) وبخاصة

حمض Elaidic. استخدم مزيج من زيت جوز الهند وزيت النخيل المهدرج في العينة CHO6 لذلك احتوت على نسبة ١٠,٤٣ غ TFA / ١٠٠ غ شوكولا. استخدم مزيج من زيت جوز الهند وزبدة الكاكاو في العينة CHO7 لذلك احتوت على كمية قليلة من TFA (٠,٩٩ غ TFA / ١٠٠ غ شوكولا).

احتوت العينتين CHO3، CHO4، على نسب عالية من C18:1 *t* (٢,٧٧، ٢,٠٢ غ / ١٠٠ غ على الترتيب) بسبب استخدام زيت النخيل المهدرج في تصنيعها كما ذكر سابقاً، لأن حمض إلائيديك ينتج بصورة رئيسية عن عملية الهدرجة (Precht and Molkentin, 1995؛ Lock *et al*., 2005).

والشكل ١٧,٤ يبين المخطط الكروماتوغرافي لعينة الشوكولا CHO6، ويلاحظ فيه المحتوى العالي من الحمض الدهني C18:1*t* بسبب استخدام مزيج من زيت جوز الهند وزيت النخيل المهدرج في هذه العينة.



الشكل ١٧,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة الشوكولا CHO6 يظهر المحتوى المرتفع من C18:1 *t*

٤-٣-٦-البتيفور

تم جمع ٤ عينات من البتيفور من الأسواق المحلية، واختيرت العينات بحيث يدخل في تصنيعهما السمن النباتي وتم تجنب اختيار العينات التي يستخدم في تصنيعها السمن الحيواني لكونها خارج نطاق البحث (لأنها لا تصنف ضمن الزيوت النباتية ومنتجاتها)، استخلص الدهن من العينات السابقة بطريقة سوكسليت لتحديد النسبة المئوية للدهن ثم استخدم الدهن الناتج عن الاستخلاص في تحضير FAMEs. حقنت إسترات المتيل للأحماض الدهنية في جهاز GC لتحديد نوع الدهن المستخدم وتحديد كمية ونوعية TFA. والجدول ٢٥,٤ يوضح نوعية وكمية TFA في عينات البتيفور.

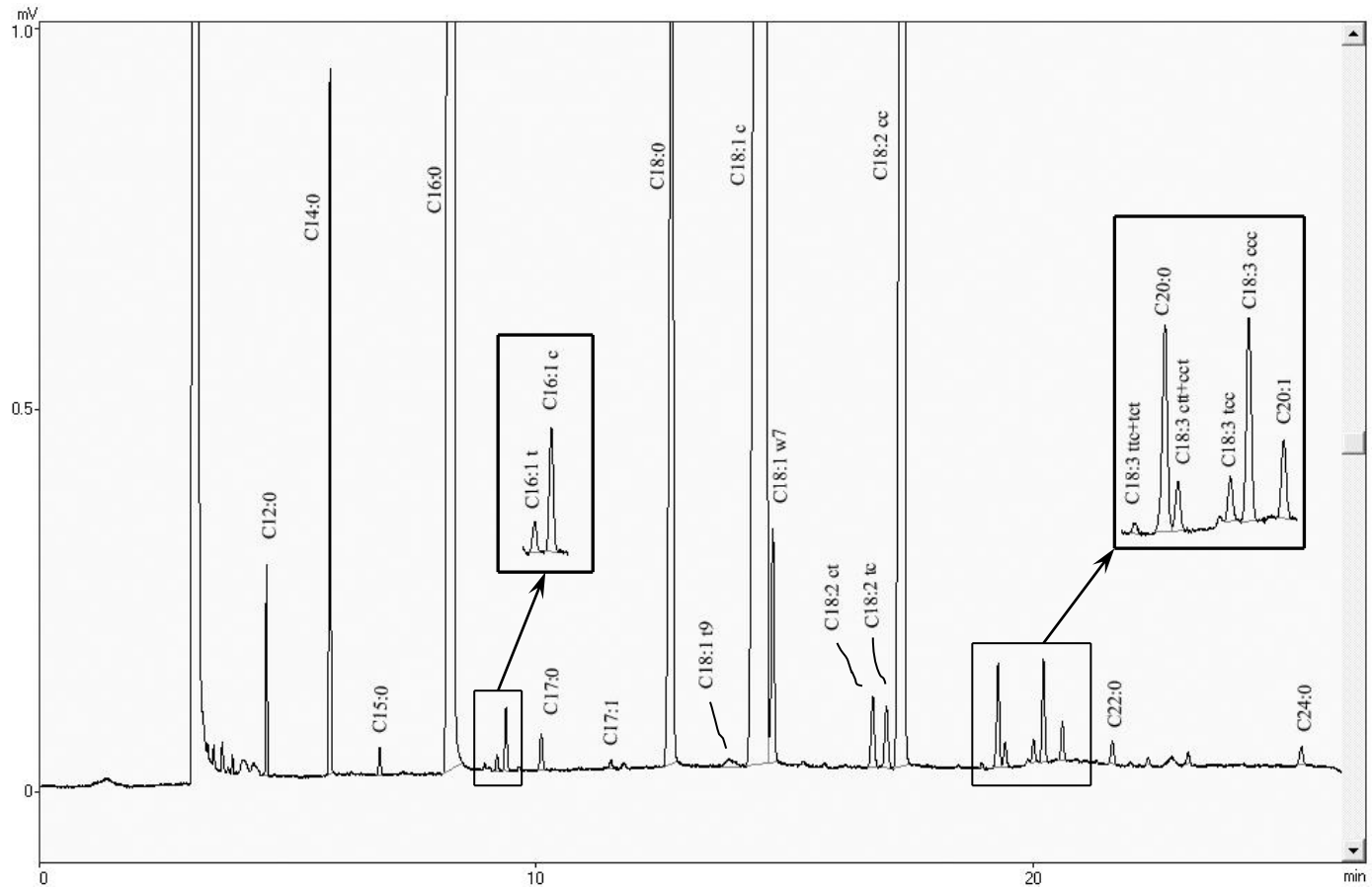
جدول ٢٥,٤ مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في عينات البتيفور

العينة	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
BE1	0.0124±0.0001	0.0240±0.0001	0.1514±0.0001	0.0481±0.0001	0.2359±0.0003[b(1)]
BE2	0.0134±0.0001	0.0270±0.0001	0.1584±0.0001	0.0552±0.0001	0.2540±0.0002[c]
BE3	0.0000±0.0000	0.2827±0.0005	0.0508±0.0001	0.0000±0.0000	0.3335±0.0004[d]
BE4	0.0000±0.0000	0.0235±0.0001	0.0176±0.0001	0.0000±0.0000	0.0410±0.0000[a]
Mean	0.0064±0.0069	0.0893±0.1194	0.0946±0.0658	0.0258±0.0277	0.2161±0.1150

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

يلاحظ من الجدول ٢٥,٤ احتواء العينتين المحللتين على نسبة قليلة جداً من TFA، واحتوائهما على نسبة قليلة جداً من C18:1 *t* و C18:3 *t* بسبب استخدام زيت النخيل غير المهدرج في صنعهما، وعملياً يمكن اعتبارهما خاليتين من TFA بحسب Hansen و Leth (٢٠٠٠) لأنهما تحويان نسبة أقل من ١ %.

يبين الشكل ١٨,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة البتيفور BE1، ويلاحظ فيها أن حمض C18:2*t* يشكل النسبة العظمى من مجموع TFA الكلية في هذه العينة.



الشكل ١٨,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة البتيفور BE1

٤-٣-٧-أغذية الأطفال

تم جمع ثلاث عينات من أغذية الأطفال من الصيدليات، مكوناتها دقيق القمح أو الأرز، الحليب إما المقشود جزئياً أو كلياً بالإضافة إلى زيت النخيل أو زيت الذرة أو مزيج منهما، استخلص الدسم منها بطريقة سوكسليت واستخدم الدهن الناتج في تحضير FAMEs التي حقنت في جهاز GC لمعرفة كمية ونوعية الأحماض الدهنية المفروقة التي تحتويها هذه العينات. والجدول ٢٦,٤ يبين نوعية وكمية TFA الموجودة في العينات السابقة.

الجدول ٢٦,٤ مستويات الأحماض الدهنية المفروقة في أغذية الأطفال

العينة	C 16:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:1 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:2 *t* غ/١٠٠ غ	C 18:3 *t* غ/١٠٠ غ	TFA الكلي غ/١٠٠ غ
BF1	0.0334±0.0000	0.0187±0.0000	0.0083±0.0000	0.0087±0.0000	0.0691±0.0001$^{c(1)}$
BF2	0.0312±0.0001	0.1276±0.0000	0.0366±0.0003	0.0000±0.0000	0.1954±0.0004^{b}
BF3	0.0263±0.0001	0.1114±0.0000	0.0362±0.0000	0.0095±0.0001	0.1833±0.0000^{b}
Mean	0.0303±0.0033	0.0859±0.0526	0.0270±0.0145	0.0061±0.0047	0.1493±0.0263

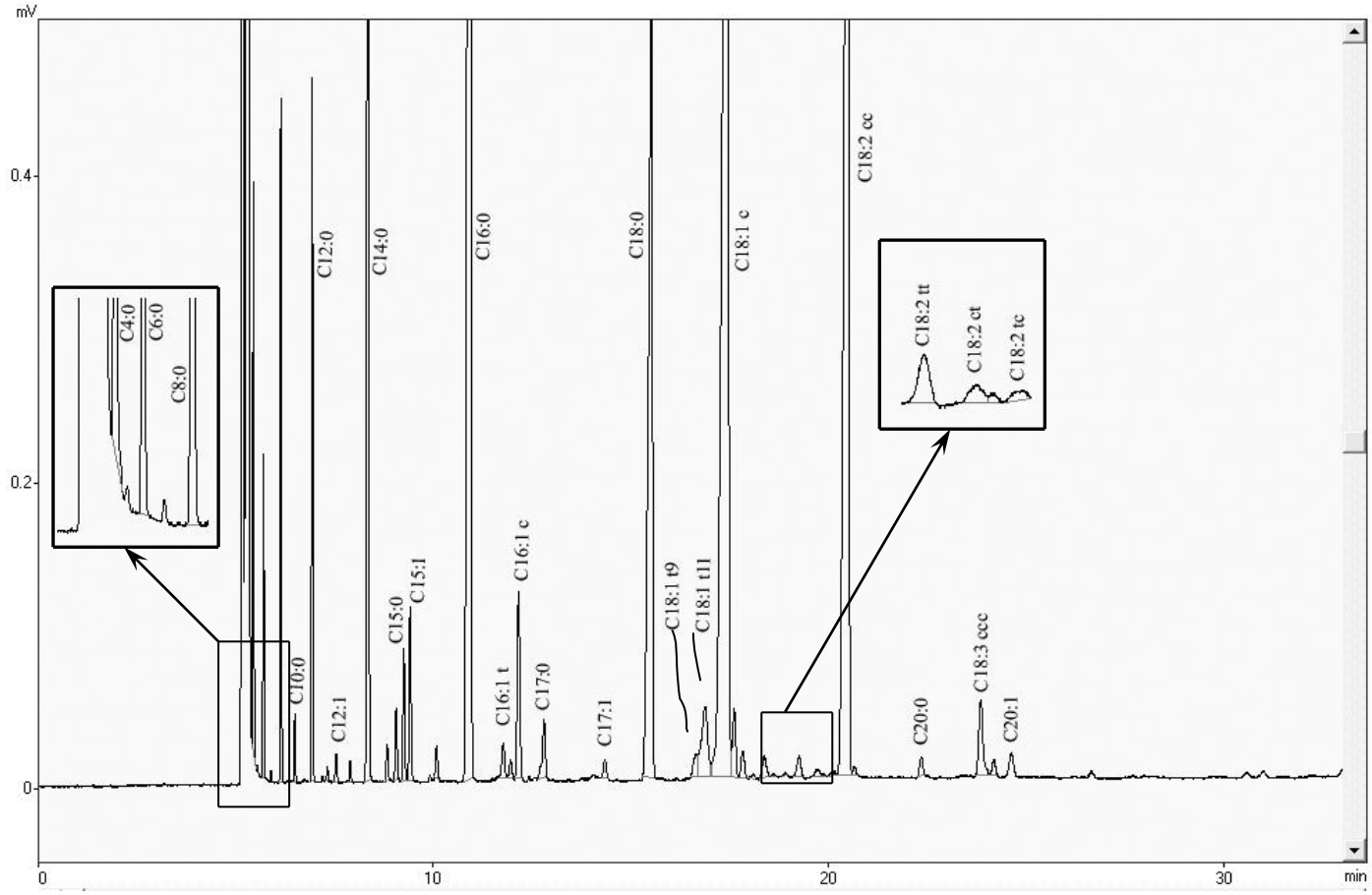
(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

يلاحظ من الجدول ٢٦,٤ أن العينات الثلاث المحللة قد احتوت على نسب متفاوتة من TFA تراوحت بين ٠,٠٧ و ٠,٢٠ وبالمتوسط ٠,١٥ غ / ١٠٠ غ، وقد خالفت هذه النتيجة ما توصل إليه Ascherio وآخرون (١٩٩٩) الذين استنتجوا أن نوعاً من أغذية الأطفال يحوي ٣٧ % TFA. على الرغم من أن هذه النسبة تعتبر قليلة إلا أن لها أهمية كبيرة، حيث تشير الدراسات المرجعية إلى خطورة TFA في المراحل المبكرة من العمر، لأنها تؤثر سلباً على تطور الجنين إذا استهلكت بكميات كبيرة من قبل الأم أثناء فترة الحمل (Dalainas and Ioannou, 2008)، كما أنها قادرة على تحطيم الأحماض الدهنية الأساسية (EFA) (Ascherio and Willett, 1997)، حيث تلعب EFA دوراً هاماً في النمو والتطور للجملة العصبية المركزية (Stender and Dyerberg, 2003). ولهذا السبب اقترحت ورشة العمل الدولية لأغذية الأطفال (IBFAN, 2003) أن تكون تلك الأغذية خالية من الدهون المهدرجة الحاوية على TFA.

يلاحظ أن الحمض الدهني ترانس ڤاكسينيك C18:1 *t*11 هو الحمض الدهني السائد في العينات المحللة، وهو ناتج عن الهدرجة الطبيعية لدهن الحليب، وهذه النتيجة أكدها Lock وآخرون (٢٠٠٥) الذين وجدوا أن حمض ڤاكسينيك هو الحمض الدهني السائد في دهن الحليب وهو ناتج عن الهدرجة الحيوية في كرش المجترات، حيث تستطيع العديد من أنواع البكتيريا وبخاصة المتطفلة تحويل الحموض الدهنية غير المشبعة إلى TFA (Heipieper *et al*., 2003).

لم تحتو بطاقة البيان على نسبة TFA وإنما اقتصرت على نسبة الدسم فقط على الرغم من عوامل الخطورة التي تسببها TFA المشار إليها سابقاً. والشكل ١٨,٤ يبين المخطط الكروماتوغرافي للعينة BF2، ويتبين من خلال هذا المخطط وجود الأحماض الدهنية المشبعة قصيرة السلسلة الكربونية (C4:0 وحتى C10:0)، مما يشير إلى أن الحليب المستخدم في التصنيع هو حليب كامل الدسم وليس مقشوداً كما كُتِب في بطاقة البيان.

يبين الشكل ١٩,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة أغذية الأطفال BF2 ويلاحظ فيها وجود الحمض الدهني ترانس ڤاكسينيك (C18:1*t* 11) والأحماض الدهنية المشبعة قصيرة السلسلة (C4 وحتى C10) الناتجة عن دهن الحليب.



الشكل ١٩,٤ المخطط الكروماتوغرافي لعينة أغذية الأطفال BF2

٤-٤-تقييم الضرر الإجمالي للدهن المستخدم في تصنيع الأغذية المدروسة

لا يقتصر الضرر الصحي الذي يمكن أن يسببه الدهن على الأحماض الدهنية المفروقة فقط إنما يرتبط أيضاً بمحتوى الدهن من الأحماض الدهنية المشبعة التي تعتبر ضارة بالصحة. ولاختيار الدهن الأفضل من الناحية التغذوية يجب أن يحوي أقل كمية ممكنة من الأحماض الدهنية المفروقة الناتجة أصلاً عن الأحماض الدهنية وحيدة أو متعددة عدم الإشباع بنتيجة تعرضها للتماكب بتأثير عمليات التصنيع (الهدرجة، التكرير) أو أثناء تعرض هذه المواد لدرجات حرارة عالية أثناء الطبخ، وبالنتيجة تكون الزيوت النباتية التي تحوي نسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة أكثر عرضة للتماكب والتحول إلى الشكل المفروق من الدهون المشبعة، وبالمقابل تعد الدهون المشبعة أقل عرضة للتماكب بنتيجة العوامل السابقة ولكنها ضارة من الناحية الصحية.

لذلك تم اقتراح استخدام النسبة USFA/(SFA+TFA) للتعبير عن القيمة الغذائية للزيوت والدهون الغذائية (Kandhro *et al*., 2008)، بحيث ترتفع القيمة الغذائية للدهن بارتفاع هذه النسبة، والجدول ٢٧,٤ يبين النسبة السابقة في المنتجات المدروسة

جدول ٢٧,٤ يبين متوسط النسبة USFA/(SFA+TFA) لدهن المواد الغذائية المدروسة

اسم المادة	الدهن غير المشبع	الدهن المشبع	الدهن المفروق	المشبع + المفروق	غير المشبع / (المشبع + المفروق)
فلافل	69.79±2.87	25.81±2.85	0.73±0.69	26.54±2.27	2.66±0.36^{b}
بطاطا	75.35±4.48	20.28±4.46	1.85±0.89	22.13±4.74	3.61±1.15^{c}
رقائق	49.80±0.79	45.72±0.78	0.46±0.12	46.19±0.83	1.08±0.04^{a}
بسكويت	30.46±13.77	64.85±13.57	9.76±10.40	74.61±20.10	0.49±0.35^{a}
بتيفور	43.98±3.61	51.52±3.58	0.44±0.32	51.96±3.30	1.11±0.26^{a}
أغذية أطفال	47.61±6.06	47.80±5.98	2.53±0.53	50.34±5.45	0.96±0.24^{a}
شوكولا	27.28±20.11	67.80±19.73	3.64±5.33	69.75±19.31	0.55±0.67^{a}
سمن مهدرج	47.20±4.89	48.34±4.88	3.58±3.23	51.92±6.73	0.93±0.21^{a}
زيت زيتون	77.72±1.26	17.92±1.25	0.17±0.07	18.09±1.27	4.32±0.37^{de}
زيت صويا	78.43±0.29	17.21±0.29	1.79±0.31	19.01±0.43	4.13±0.11^{cd}
زيت ذرة	81.00±1.69	14.64±1.69	1.47±1.09	16.12±2.77	5.15±1.07^{ef}
زيت دوار الشمس	83.13±2.98	12.53±2.98	2.33±2.85	14.86±5.82	6.17±2.00^{f}
زيت قطن	66.59±6.09	29.00±6.09	3.07±5.44	32.07±11.44	1.08±0.97^{a}

(١) تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود إلى وجود فرق معنوي على مستوى ثقة ($p < 0.05$)

يلاحظ من الجدول ٢٧,٤ أن النسبة USFA/SFA+TFA قد تراوحت بين ٠,٤٩ و ٦,١٧ وذلك بسبب الاختلاف الكبير في نوعية الدهن المستخدم في تصنيع المنتجات السابقة، وبالتالي يمكن اعتبار دهن البسكويت الأقل قيمة غذائية وزيت دوار الشمس الأعلى قيمة غذائية بين المنتجات المحللة. ويمكن ترتيب منتجات الزيوت على الشكل الآتي بحسب القيمة الغذائية المتناقصة للدهن: البطاطا المقلية، الفلافل، البتيفور، الرقائق، أغذية الأطفال، السمن المهدرج، الشوكولا وأخيراً البسكويت.

كما يستنتج من الجدول السابق أن الزيوت النباتية هي الأعلى قيمة غذائية بين جميع المنتجات الغذائية لارتفاع محتواها من USFA من جهة ولانخفاض محتواها من TFA و SFA من جهة أخرى، بحيث يمكن ترتيبها على الشكل الآتي وفق القيمة الغذائية المتناقصة زيت دوار الشمس، الذرة، الزيتون، الصويا و أخيراً زيت القطن الذي امتاز بانخفاض هذه النسبة بسبب محتواه المرتفع من الأحماض الدهنية المشبعة (وبخاصة حمض بالمتيك) من جهة ولاحتوائه على نسبة عالية من TFA من جهة أخرى.

٤-٥-حساب المدخول اليومي من TFA وتقييم عوامل الخطورة

بينت منظمة الأغذية والزراعية العالمية (FAO) أن متوسط مدخول الطاقة للفرد في سورية هو ٣٣٠٠ كيلو كالوري / يوم (FAO, 1998)، تمثل الدهون منها ما نسبته ٣٠ % منها (FAOSTAT, 2005)، أي أن الفرد السوري يستهلك ما يقارب ١١٠ غ دهن / يوم.

من الجدول ١٢,٤ نجد أن متوسط TFA في الأغذية المدروسة هو ٢,٤٧ غ/ ١٠٠ غ دهن، أي ما يعادل ٢,٧٢ غ TFA / يوم وهو يمثل ٢٤,٤٨ كيلو كالوري في اليوم أي بنسبة ٠,٧٤ % من الطاقة اليومية (٣٣٠٠ كيلو كالوري).

بينت منظمة الصحة العالمية أن مقدار الطاقة اليومية الموصى باستهلاكها هو ٢٩٠٠ كيلو كالوري للفرد بعمر ١٩-٢٤ عاماً (James *et al*., 2001)، أي أن الطاقة الناتجة عن TFA تعادل ٠,٨٤ % من الطاقة الموصى باستهلاكها يومياً.

كانت الدانمرك أول دولة في العالم تضع تشريعات تنظم محتوى الأغذية من TFA في عام ٢٠٠٣، حددت هذه التشريعات الحد الأعلى المسموح به من TFA في الأغذية بـ ٢ % (Leth *et al*., 2006)، ويمكن أن نستنتج أن العديد من الأغذية في هذا البحث احتوت على نسب من TFA أعلى من ٢ % وهي: البسكويت، الشوكولا، السمن المهدرج، زيت دوار الشمس، زيت القطن (جدول ١٢,٤).

اقترحت منظمة الصحة العالمية (WHO) عام ٢٠٠٣ تحديد مستويات TFA المستهلكة بما لا يزيد عن ١% من إجمالي الطاقة الكلية المتناولة (Hunter, 2005)، وقد تحقق المقترح السابق في الأغذية السورية بحيث كان إجمالي الطاقة الناتجة عن TFA المتناولة ٠,٧٤ % من الطاقة الكلية.

ويمكن مناقشة عوامل الخطورة الناتجة عن استهلاك TFA من خلال التأثيرات التي تحدثها زيادة مقدارها ٢ % في الطاقة الناتجة عن الأحماض الدهنية المفروقة، حيث تؤدي إلى الأخطار الآتية:

١-زيادة مقدارها ١,٢٥% في احتمال الإصابة بأمراض القلب (Ascherio *et al*., 1996؛ Pietinen *et al*., 1997 ؛ Zegarska and Borejszo, 2001)، و زيادة احتمال الإصابة بأمراض القلب بنسبة ٢٥ % على المدى البعيد (Stender and Dyerberg, 2003)

٢- ارتفاع نسبة $\frac{LDL}{HLD}$ بمقدار ٠,١ يؤدي إلى زيادة ٥ % في احتمال الإصابة بأمراض القلب (Clevidence *et al*., 1995).

وقد أضاف Salmeron وآخرون (٢٠٠١) أن خطر ارتفاع مدخول الطاقة الناتجة من الأحماض الدهنية المفروقة لا يقتصر فقط على ارتفاع نسبة $\frac{LDL}{HLD}$ إنما ينعكس أيضاً على احتمالات الإصابة بالداء السكري، فقد أورد هؤلاء الباحثون أن تقليل مدخول الطاقة من الأحماض الدهنية المفروقة بمقدار ١ % (من ٣ % إلى ٢ %) يقلل خطورة الإصابة بمرض السكري من النوع الثاني بمقدار ٤٠ %.

٥-الاستنتاجات

١- هناك تباين واضح في كمية TFA في الأغذية المدروسة، ويعود السبب في ذلك لعوامل عدة منها تباين نسب الدسم المهدرجة والدسم المكررة والمادة الغذائية وشروط تحضيرها.

٢- يحتوي زيت الزيتون السوري على نسب قليلة جداً من الحموض الدهنية المفروقة بسبب عدم تعرضه لعمليات التكرير المختلفة، ولكونه يستخرج بطرق فيزيائية تعتمد على استخراج الزيت بالضغط وتنقية الزيت الناتج بالطرد المركزي أو الترقيد من جهة ولعدم احتوائه على نسب عالية من الحموض الدهنية متعددة عدم الإشباع من جهة أخرى.

٣- يمثل الحمض الدهني ترانس بالمتوليك (C16:1 *t*) النسبة العظمى من مجموع الأحماض الدهنية المفروقة في جميع عينات زيت الزيتون على الرغم من عدم ذكر الحد الأعلى المسموح به من الحمض الدهني السابق في المواصفة القياسية السورية رقم ١٨٢ لعام ٢٠٠٠.

٤- تحتوي الزيوت النباتية المدروسة الأخرى (عدا زيت الزيتون) على نسب عالية من الحموض الدهنية المفروقة، فجميعها يحوي نسبة أعلى من ١ غ TFA/١٠٠ غ، بسبب تعرضها لعمليات التكرير وبخاصة عملية إزالة الرائحة التي تتم بدرجات حرارة عالية. ويمكن ترتيبها بحسب نسبة TFA من الأدنى إلى الأعلى على الشكل الآتي: الذرة–الصويا–دوار الشمس وأخيراً القطن، وهذا يدل على الشروط القاسية المستخدمة في معامل تكرير زيت القطن في سورية.

٥- تحتوي المنتجات المقلية بالزيت (الفلافل–البطاطا) على نسبة منخفضة من الحموض الدهنية المفروقة (أقل من ١%) في المنتج النهائي، حيث تساهم درجة حرارة القلي في ارتفاع طفيف في نسبة TFA في الزيت المستخدم لأنها تتم بدرجة حرارة منخفضة نسبياً إذا ما قورنت بدرجة الحرارة المطبقة أثناء عملية إزالة الرائحة والهدرجة.

٦- تحتوي كل من رقائق البطاطا والبتيفور على نسبة منخفضة من الحموض الدهنية المفروقة بسبب استخدام زيت النخيل غير المهدرج في تحضيرها، ولكنها تحتوي بالمقابل على نسبة عالية من الحموض الدهينة المشبعة، لذلك ينصح بعدم الإكثار من تناولها.

٧- احتواء بعض عينات البسكويت على نسبة مرتفعة جداً من الحموض الدهنية المفروقة بسبب استخدام السمن النباتي المهدرج بطريقة خاطئة بحيث يحتوي على نسبة مرتفعة جداً من TFA (١٧,٩٥غ / ١٠٠ غ دهن في إحدى العينات). بالإضافة إلى محتواه المرتفع من الحموض الدهنية المشبعة، مما يزيد الضرر الصحي الناتج عن تناوله.

٨- تحوي عينات السمن النباتي المهدرج على نسب متفاوتة من الحموض الدهنية المفروقة بحسب ضبط الشروط المطبقة أثناء عملية الهدرجة، حيث وجد أن ٣٣,٣ % من العينات فقط تعتبر عملياً خالية من TFA (لاحتوائها على أقل من ١ % TFA)، بينما احتوت بقية العينات على نسب عالية من TFA تراوحت بين ٢,١٠ و ٩,٧٨ غ/ ١٠٠ غ سمن، وبالتالي يمكن اعتبار السمن المهدرج مصدراً رئيسياً للحموض الدهنية المفروقة.

٩- اتضح وجود نسبة مرتفعة من الحموض الدهنية المفروقة في الشوكولا وأن ٤٠ % من العينات لم تكن عملياً خالية من الحموض الدهنية المفروقة وقد احتوت هذه العينات على نسبة تراوحت بين ١,٣٢–١٠,٤٣ غ / ١٠٠ غ شوكولا. بالإضافة إلى احتواء الدهن المستخدم في التصنيع على نسب مرتفعة من الحموض الدهنية المشبعة

لأنه يتكون إما من زيت جوز الهند أو زيت النخيل أو مزيج منهما (بدائل زبدة الكاكاو)، مما يزيد الضرر الصحي الناتج عن تناول الشوكولا.

١٠- وجود نسبة قليلة من الحموض الدهنية المفروقة في أغذية الأطفال تراوحت بين ٠,٠٧ و ٠,٢ % معظمها طبيعي المنشأ، حيث يشكل حمض ترانس ڤاكسينيك (C18:1 *t*11) النسبة العظمى وهو ناتج عن هدرجة دهن الحليب في كرش الحيوانات المجترة، رغم أن العينات المحللة جميعاً كتب في بطاقة بيانها أن الحليب المستخدم في صنعها هو حليب مقشود أو مقشود جزئياً.

٦-التوصيات

١- دراسة العوامل المؤثرة على تكون الأحماض الدهنية المفروقة سواء بما يتعلق بشروط التصنيع (شروط الهدرجة، عمليات التكرير المختلفة للزيوت وطبيعة الزيت وطبيعة الغذاء وشروط التصنيع) لاختيار أفضل الشروط والحد من تكون الحموض الدهنية المفروقة أثناء التصنيع، أو شروط تحضير المنتجات الغذائية كالقلي وإنتاج الرقائق.

٢- نتيجة للأضرار الصحية الكثيرة التي تسببها الأحماض الدهنية المفروقة من الضروري وضع تشريعات خاصة لتحديد النسب القصوى المسموح بها في الأغذية المختلفة.

٣- ضرورة إدراج نسب الأحماض الدهنية المفروقة بصورة إلزامية في بطاقات بيان جميع المنتجات الغذائية إلى جانب نسبة الدهن الكلي والدهن المشبع.

٤- إمكانية استخدام الطريقة المتبعة في هذا البحث لحساب كمية الحموض الدهنية المفروقة مقدرة بالغرام / ١٠٠ غ من المادة الغذائية ومعاملات التصحيح المحسوبة كبديل عن طريقة المعيار الداخلي.

المراجع

المراجع العربية

١- شعار محمد علي، سفور سمير. ١٩٩٥. تكنولوجيا الزيوت ومنتجاتها (القسم العملي). منشورات جامعة البعث. ص ٩٨– ١٠٢.

المراجع الأجنبية

2- Alstrup KK, Gregersen S, Jensen HM, Thomsen JL, Hermansen K. 1999. Differential effects of cis and trans fatty acids on insulin release from isolated mouse islets. Metabolism; 48: 22-9

3- AOAC. 2000. Official method of analysis of the association of official analytical chemists, 945.16 , 17ed, Maryland. USA.

4- Aro A, Kardinaal AF, Salminen I. 1995. Adipose tissue isomeric trans fatty acids and risk of myocardial infarction in nine countries: the EURAMIC study. Lancet; 345: 273-8

5- Aro A, Kosmeijer-Schuil T, Van de Bovenkamp P, Hulshof P, Zock P, Katan B. 1998a. Analysis of C18:1 *cis* and *trans* fatty acid isomers by the combination of gas–liquid chromatography of 4,4-dimethyloxazoline derivatives and methyl esters 978.

6- Aro A, Van Amelsvoort J, Becker W, van Erp-Baart MA, Kafatos A, Leth T, van Poppel G. 1998b. Transfatty acids in dietary fats and oils from 14 European countries: the TRANSFAIR Study. *Journal of Food Composition and Analysis* 11, 137–149.

7- Ascherio A, Katan MB, Zock PL, Stampfer MJ, Willett WC, 1999. Trans Fatty Acids and Coronary Heart Disease. Sounding Board. *New England Journal of Medicine*; 340(25): 7

8- Ascherio A and Willett WC. 1997. Health effects of trans fatty acids. *American Journal of Clinical Nutrition* 66, 1006–1010.

9- Ascherio A, Rimm EB, Giovannucci EL, Spiegelman D, Stampfer M, Willett WC. 1996. Dietary fat and risk of coronary heart disease in men: cohort follow up study in the United States. *British Medical Journal* 313: 84-90.

10- Bakker N, van't Veer P, Zock PL. 1997. Adipose Fatty Acids and Cancers of the Breast, Prostate and Colon: An Ecological Study. *International Journal of Cancer*; 72: 587-97

11- Becher W. 2003. Trans fatty acids in foods (Transfettsyror i livsmedel) *Swedish National Food Administration*, Uppsala.

12- Berghaus TM, Demmelmair H, Koletzko B. 1998. Fatty acid composition of lipid classes in maternal and cord plasma at birth. *Eurpean Journal Pediatr*; 157: 763-8

13- Bertoli C, Bellini A, Delvechio A, Gumy D, Stancanelli M. 1997. Changes occurring during the deodorization of low erucic rapeseed oil.

14- Brat J and Pokorny J. 2000. Fatty acid composition of margarines and cooking fats

available on the Czech market. *Journal of Food Composition and Analysis* 13, 337–343.

15- Bray GA, Lovejoy JC, Smith SR, DeLany JP, Lefevre M, Hwang D, Ryan DH, York DA. 2002. The Influence of Different Fats and Fatty Acids on Obesity, Insulin Resistance and Inflammation. *Journal of Nutrition*; 132:2488-91

16- Brito MS, Villavicencio ALCH, Mancini-Filho J. 2007. Effects of irradiation on trans fatty acids formation on ground beef. *Journal of Radiation Physics and Chemistry*. Vol. 63. P. 337.

17- Burr ML, Fehily AM, Gilbert JF. 1989. Effects of changes in fat, fish, and fibre intakes on death and myocardial infarction: Diet And Reinfarction Trial (DART). Lancet; 2: 757-61

18- Chavarro E, Rich-Edwards W, Rosner A, Willett C. 2007. Dietary fatty acid intakes and the risk of ovulatory infertility *American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 85, No. 1, 231–237

19- Christensen JH, Skou HA, Fog L, Hansen VE, Vesterlund T, Dyerberg J, Toft E, Schmidt EB. 2001. Marine n-3 Fatty Acids, Wine Intake, and Heart Rate Variability in Patients Referred for Coronary Angiography. Circulation; 103: 651-7

20- Christiansen E, Schnider S, Palmvig B, Tauber-Lassen E, Pedersen O. 1997. Intake of a diet high in trans monounsaturated fatty acids or saturated fatty acids. Effects on postprandial insulinemia and glycemia in obese patients with NIDDM. Diabetes Care; 20: 881-7

21- Clevidence BA, Judd JT, Schaefer EJ, Jenner JL, Lichtenstein AH, Muesing RA, Wittes J, Sunkin ME. 1997. Plasma Lipoprotein (a) Levels in Men and Women Consuming Diets Enriched in Saturated, Cis-, or Trans-Monounsaturated Fatty Acids. *Arteriosclerosis Thrombus Vascular Biology* 17: 1657-61

22- Clifton PM, Keogh JB, Noakes M. 2004. Trans fatty acids in adipose tissue and the food supply are associated with myocardial infarction. *Journal of Nutrition* 134, 874–879.

23- Dalainas I and Ioannou HP. 2008. The role of trans fatty acids in atherosclerosis, cardiovascular disease and infant development. *International Angiology*, 27, 146-156.

24- Dashti N, Feng Q, Freeman MR, Gandhi M, Franklin FA. 2002. Trans Polyunsaturated Fatty Acids Have More Adverse Effects than Saturated Fatty Acids on the Concentration and Composition of Lipoproteins Secreted by Human Hepatoma HepG2 Cells. *Journal of Nutrition* :132;2651-9

25- Decsi T, Tjoonk HM, Molnar SZ, Wildeman JAL, Bakker RR, Hadders-Algra M, Muskiet FAJ, Boersma ER. 2001. Trans fatty acids are inversely related to arachidonic and docosahexaenoic acids and positively related to mead acid in cord blood vessel lipids of term infant. *Journal of Pediatric Gastroent Nutrition*; 32: 395

26- EFSA. 2004. Opinion of the Scientific Panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the Commission related to the presence of trans fatty acids in foods and the effect on human health of the consumption of trans fatty acids. *The EFSA Journal* 81, 1–49.

27- Elias SL and Innis SM. 2001. Infant plasma trans, n-6, and n-3 fatty acids and

conjugated linoleic acids are related to maternal plasma fatty acids, length of gestation, and birth weight and length. *American Journal of Clinical Nutrition*; 73: 807-14

28- Eller FJ. 2005. Preparation of spread oils meeting U.S. Food and Drug Administration Labeling requirements for trans fatty acids via pressure-controlled hydrogenation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (15): 5982–5984.

29- FAO. 2004. Major food and agricultural commodities and producers. Retrieved April, 2005: http://www.fao.org/es/ess/top/country.jsp

30- FAO. 1998. Large gap in food availability between rich and poor countries. WWW.FAO.org/WAICENT/ois/PRESS_NE/PRESSENG/1998/Pren 9870.

31- FAOSTAT. 2004. Food balance sheets. FAOSTAT data. FAO Retrieved April, 2005.

32- FAOSTAT. 2005. Diet Composition: Share in total Dietary Energy Consumption. WW.FAO.org/faostat/foodscurity/Files/DietNutrients_en

33- Fay L and Richli U. 1991. Location of Double Bonds in Polyunsaturated Fatty Acids by Gas Chromatography–Mass Spectrometry After 4,4-Dimethyloxazoline Derivatization, *Journal of Chromatography*. 541:89–98.

34- FDA. 2003. Food labeling: trans fatty acids in nutrition labeling, nutrient content claims, and health claims, Final rule. Federal Register 68, 41433–41506.

35- Fritsche J and Steinhart H. 1998. Analysis, occurrence, and physiological properties of trans fatty acids (TFA) with particular emphasis on conjugated linoleic acid isomers (CLA) - a review. *Fett/Lipid*, 100, 190-210.

36- Hansen K and Leth T. 2000. Overvøgning af margarine. The Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, The Danish Veterinary and Food Administration, Copenhagen.

37- Heipieper HJ, Meinhardt F, Segua A. 2003. The cis-trans isomerase of unsaturated fatty acids in Pseudomonas and Vibrio: Biochemistry molecular biology and physiological function of a unique adaptive mechanism. *FEMS Microbiology Letters*: 229, 1–7.

38-Henninger M and Ulberth F. 1997. Content of trans-fatty acids in convenience food, Z. Ernährungswiss., 1997, 36, 161-168.

39- Hornstra G. 2000. Essential fatty acids in mothers and their neonates. *American Journal of Clinical Nutrition*; 71(5): 1262S-9S

Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE. 1997. Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. *New England Journal of Medicine*; 337:1491-9

40- Hulshof K, van Erp-Baart MA, Anttolainen M, Becker W, Church SM, Couet C, Hermann-Kunz E, Kesteloot H. 1999. Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on trans fatty acids: The TRANSFAIR study. *European Journal of Clinical Nutrition*; 53: 142-57.

41- Hunter JE. 2005. Dietary levels of trans fatty acids basis for health concerns and industry efforts to limit use. *Nutrition Research* 25: 499–513.

42- IBFAN. 2003. Comment on the Proposed Draft Revised Standard for Processed Cereal-Based Foods for Infants and Young Children, 3.

43- ISAAC Steering Committee. 1998. Worldwide variation in prevalence of symptoms of

asthma, allergic rhinoconjunctivitis, and atopic eczema: ISAAC. Lancet; 351: 1225-32

44- James M, Lyznicki MS, Donald C, Young MD, Joseph A, Riggs MD, Ronald M, Davis MD. 2001. Obesity: Assessment and Management in Primary Care. *American Family Physician*. 63-11, P: 2186.

45- Jeppesen J, Hein HO, Suadicani P, Gyntelberg F. 2001. Low Triglycerides-High High-Density Lipoprotein Cholesterol and Risk of Ischemic Heart Disease. *Archive of International Medicine*; 161: 361-6

46- Jiang J, Wolk A, Vessby B. 1999. Relation between the intake of milk fat and the occurrence of conjugated linoleic acid in human adipose tissue. *American Journal of Clinical Nutrition*; 70: 21-7

47- Kandhro A, Sherazi STH, Mahesar SA, Bhanger MI, Younis Talpur M, Rauf A. 2008. GC-MS quantification of fatty acid profile including trans FA in the locally manufactured margarines of Pakistan. *Journal of Food Chemistry* 109 :207–211

48- Katan MB, Zock PL, Mensink RP. 1995 Trans fatty acids and their effects on lipoproteins in humans. *Annual Review Nutrition*; 15: 473-93

49- Katan MB. 1995. Exit trans fatty acids. Lancet 346, 1245–1246.

50- Katz AM. 2002. Trans fatty acids and sudden cardiac death. Circulation; 105: 669-71

51- Kempf M. 2003. trans-Fettsäuren Eine Risikobetrachtung (Trans fatty acids A risk assessment). Institute of Food Chemistry.

52- Khan M, Pehrsson P, Lemar L, Teter B, Sampugna J. 2003. Changes in *Trans* Fatty Acid Profiles for Selected Snack Foods in the USDA National Nutrient Database for Standard Reference.

53- Kleiner AH and Hansen GL. 2001. Pizzaen er en bombe. Tænk +Test no. 11,2001: 8-11

54- Knize GM and Morgan NJ. 1999. Impact of processing on food safety. p. 67-68

55- Kohlmeier L, Simonsen N, van t, Veer P, Strain JJ, Martin- Moreno JM, Margolin B, Huttunen JK, Fernndez-Crehuet Navajas J, Martin BC, Thamm M, Kardinaal AFM, and Kok FJ. 1997. Adipose Tissue Trans Fatty Acids and Breast Cancer in the European Community Multicenter Study on Antioxidants, Myocardial Infarction, and Breast Cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*; 6: 705-10

56- Koletzko B. 1992. Trans fatty acids may impair biosynthesis of long-chain polyunsaturates and growth in man. *Acta Paediatr*; 81: 302-6

57- Kovari K, Denise J, Zwoboda F, Kemeny Z S, Recseg K, Henon G. 1997. Kinetics of trans-isomers fatty acids formation during heating.

58- Lake R, Saunders D, Jones S. 2006. Level of Trans Fatty acids in the New Zealand food supply: Christchurch, NZ: Institute of Environmental Science and Research Ltd, Christchurch Science Centre.

59- Lemaitre RN, King IB, Raghunathan TE, Pearce RM, Weinmann S, Knopp RH. 2002. Cell membrane Trans-Fatty Acids and the Risk of Primary Cardiac Arrest. Circulation; 105: 697-701

60- Leth T, Jensen HG, Mikkelsen AA, Bysted A. 2006. The effect of the regulation on trans fatty acid content in Danish food. *Atheroscler Supple*. 7(2):53–6.

61- Lichtenstein AH, Ausman LM, Jalbert SM, Schaefer EJ. 1999 Effects of different forms of dietary hydrogenated fats on serum lipoprotein cholesterol levels. *New England Journal of Medicine*; 340(25): 933

62- Litin L and Sacks F, 1993. Trans-fatty-acid content of common foods. *New England Journal of Medicine*; 329: 1969-70

63- Lock AL, Parodi PW, Bauman DE. 2005. The biology of trans fatty acids: implications for human health and the dairy industry. *Austerian Journal of Dairy Technology* 60:134–42.

64- Mahfouz M. 1981. Effect of dietary trans fatty acids on the delta 5, delta 6 and delta 9 desaturases of rat liver microsomes in vivo. *Acta biologica et medica germanica* 40 (12): 1699–1705

65- Matthew J, Albers MPH, Lisa J, Harnack PH, Lyn M. Steffen RD, David R, Jacobs JR. 2008. 2006 Marketplace Survey of *Trans*-Fatty Acid Content of Margarines and Butters, Cookies and Snack Cakes, and Savory Snacks. *Journal of American Diet Association* 108:367-370.

66- Mauger JF, Lichtenstein AH, Ausman LM, Jalbert SM, Jauhiainen M, Ehnholm C, Lamarche B. 2003. Effect of different forms of dietary hydrogenated fats on LDL particle size 1-3. *American Journal of Clinical Nutrition*; 78: 370-5

67- McLennan OL. 1993. Relative effects of dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on cardiac arrhythmias in rats. *American Journal of Clinical Nutrition*; 57: 207-12

68- Morris C, Evans A, Bienias L, Tangney C, Bennett A, Aggarwal N, Schneider J, Wilson S. 2003. Dietary fats and the risk of incident Alzheimer disease. *Archives of Neurology*, Volume 60, 194-200

69- Morrison WR, Smith LM. 1964. Fatty acid analysis: Samples that are primarily (>99 %) triglyceride. *Journal of Lipid Research* 5, 600.

70- Mozaffarian D, Katan MB, Ascherio A, Stampfer MJ, Willett WC. 2006. Trans fatty acids and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine*;15, 1601–1613.

71- Nardmann B. 2000. Trans-Fettsäuren: Risiko fürs Herz? UGB Forum, 1, 39-42.

72- NSW Food Authority. 2008. Trans fatty acid survey, A survey to determine the level of trans fatty acids in a range of Australian processed and takeaway foods; 13.

73- Olsen SF, Srensen JD, Secher NJ, Hedegaard M, Henriksen TB, Hansen HS, Grant A. 1992. Randomised controlled trial of effect of fish-oil supplementation on pregnancy duration. Lancet; 339:1003-7

74- Oomen CM, Ocké MC, Feskens EJM, van Erp-Baart MJ, Kok FJ, Kromhout D. 2001. Association between trans fatty acid intake and 10-year risk of coronary heart disease in the Zutphen Elderly Study: a prospective population-based study. Lancet; 357: 746-51

75- Parrott D and Greenwood E. 2007. Dietary influences on cognitive function with aging:

from high-fat diets to healthful eating. *Annuals of the New York Academy of Science,* Volume 1114, pp. 389-397

76- Pax J, Douglass L, Sampugna J. 1992. Effects of linolenic and trans-fattyadics on neonatal survival of C57BL/6 Mice. *Journal of Nutritional Biochemistry*; 3(7): 342-8

77- Pedersen JI, Ringstad J, Almendingen K, Haugen TS, Stensvold I, Thelle DS. 2000. Adipose tissue fatty acids and risk of myocardial infarction – a case-control study. *European Journal of Clinical Nutrition*; 54: 618-25

78- Petrek JA, Hudgins LC, Ho M, Bajorumas DR, Hirsch J. 1997. Fatty Acid Composition of Adipose Tissue, and Indication of Dietary Fatty Acids, and Breast Cancer Prognosis. *Journal of Clinical Oncology*; 15(49): 1377-84

79- Pfalzgraf A, Timm M, Steinhart H. 1994. Gehalte von trans –Fettsäuren in Lebensmitteln, Z. Ernährungswiss, 33, 24-43.

80- Pietinen P, Ascherio A, Korhonen P, Hartman AM, Willett WC, Albanes D, Virtamo J. 1997. Intake of fatty acids and risk of coronary heart disease in a cohort of Finnish men. The Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Study. *American Journal Epidemiology* 15; 145(10): 876-87

81- Precht D and Molkentin J. 1995. Trans fatty acids: implications for health, analytical methods, incidence in edible fats and intake. Nahrung 39: 343–74

82- Precht D and Molkentin J. 2000. Recent trends in the fatty acid composition of German sunflower margarines, shortenings and cooking fats with emphasis on individual C16:1, C18:1, C18:2, C18:3 and C20:1 trans isomers. Nahrung 44, 222–228.

83- Ratnayake WM, Hollywood R, O'Grady E, Pelletier G. 1993. Fatty acids in some common food items in Canada. *Journal of the American College of Nutrition* 12, 651–660.

84- Reitzenthaler KL. 2001. Estimation of conjugated linoleic acid intake by written dietary assessment methodologies underestimates actual intake evaluated by food duplicate methodology. *Journal of Nutrition*; 131: 1548-54

85- Ricerus U, Arner P, Brismar K, Vessby B. 2002. Treatment With Dietary *trans*10-*cis*12 Conjugated Linoleic Acid Causes Isomer-Specific Insulin Resistance in Obese Men With the Metabolic Syndrome. *Diabetes Care* ; 25: 1516-21

86- Roberts TL, Wood DA, Riemersma RA, Gallagher PJ, Lampe FC. 1995 Trans isomers of oleic and linoleic acids in adipose tissue and sudden cardiac death. Lancet; 345: 278-82

87- Rosenson RS. 2005. Low HDL-C: a secondary target of dyslipidemia therapy. *American Journal of Medicine*: 118(10):1067–77

88- Salmeron J, Hu FB, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz GA, Rimm EB, Willett WC. 2001. Dietary fat intake and risk of type 2 diabetes in women. *American Journal of Clinical Nutrition*; 73: 1019-26

89- Saunders D, Jones S, Devane GJ, Scholes P, Lake RJ, Paulin SM. 2008. Trans fatty

acids in the New Zealand food supply. *Journal of Food Composition and Analysis* 21. p. 320-325.

90- Schmidt EB, Skou HA, Christensen JH, and Dyerberg J. 1999. n-3 fatty acids from fish and coronary artery disease: implications for public health. *Public Health Nutrition*; 3(1): 91-8

91- Sebedio JL, Bonpunt A, Grandgirard A, Pervost J. 1990. Deep fat frying of frozen prefried french fries: influence of the amount of linolenic acid in the frying medium. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 38, 1862-1867.

92- Seppänen-Laakso T, Laakso I, Hiltunen R. 2002. Analysis of fatty acids by gas chromatography, and its relevance to research on health and nutrition, *Analytical Chimical Actable*. 465, 39-62.

93- Slattery ML. 2001. *Trans* -fatty acids and colon cancer. *Nutritional Cancer* ; 39: 170-5

94- Steinhart H, Fritsche J, Sehat N. 1998. Determination of trans-fatty acids and conjugated linoleic acid isomers (CLA) and their amounts in foods, *GIT*, 42, 359-361

95- Steinhart H and Fritsche J. 1997. Contents of trans fatty acids (TFA) in German foods and estimation of daily intake 99, 314-318.

96- Stender S, Dyerberg J, Holmer G, Ovesen L, Sandstrom B. 1995. The influence of trans fatty acids on health: a report from the Danish Nutrition Council. *Clinical Science*; 88, 375–392.

97- Stender S, Dyerberg J, Hømer G, Ovesen L, Sandstr◌m B. 1994 Transfedtsyrers betydning for sundheden. *A report from the Danish Nutrition Council*. Publ. no. 2. Copenhagen.

98- Stender S and Dyerberg J. 2003. The influence of trans fatty acids on health. 4th edition. *A report from the Danish Nutrition Council*.

99- Stender S and Dyerberg J. 2004. Influence of trans-fatty acids on health. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 48, 61–66.

100-Stensvold I, Tverdal A, Urdal P, Graff-Iversen S. 1993. Non-fasting serum triglyceride concentration and mortality from coronary heart disease and any cause in middle aged Norwegian women. *British Medicine Journal*; 307:1318

101-Tang TS. 2002. Fatty acid composition of edible oils in the Malaysian market, with special peference to trans-fatty acids. *Journal of Oil Palm Research* Vol. 14 No. 1. p. 1-8

102-Triantafillou D. 2003. Fatty acid content of margarines in the Greek market (including trans-fatty acids): a contribution to improving consumers' information. *International Journal of Food Science and Nutrition;* 54: 135-141.

103-USDA and US Department of Health and Human Services. 2000. Nutrition and Your Health: Dietary Guidelines for Americans 5th ed. Washington DC. *Home and Garden Bulletin* 232, p. 28.

104-USDA. 2004. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 17.

105-Van Erp-baart MA, Couet C, Cuadrado C, Kafatos A, Stanley J, van Poppel G. 1998.

Transfatty acids in bakery products from 14 European countries: the TRANSFAIR Study. *Journal of Food Composition and Analysis* 11, 161–169.

106-Van Poppel G, van Erp-Baart MA, Leth T, Gevers E, Van Amelsvoort J, Lanzmann-Petithory D, Kafatos A, Aro A. 1998. Transfatty acids in foods in Europe: the TRANSFAIR Study. *Journal of Food Composition and Analysis* 11, 112–136.

107-Van Poppel G. 1998. Intake of *trans* fatty acids in western Europe: the *TRANS*FAIR Study. Lancet; 351: 1099

108-Wagner KH, Plasser E, Proell C, Kanzler S. 2008. Comprehensive studies on the trans fatty acid content of Austrian foods: Convenience products, fast food and fats. *Journal of Food Chemistry* 108, 1054–1060. Department of Nutritional Sciences, University of Vienna, Althanstrasse 14, 1090 Vienna, Austria.

109- Wardlaw GM. 2003. Contemporary nutrition: Issues and Insights.

110-Weiland SK, von Mutius E, Hüsing A, Asher MI. 1999 on behalf of the ISAAC Steering Committee. Intake of trans fatty acids and prevalence of childhood asthma and allergies in Europe. Lancet 353: 2040-1

111-WHO. 2003. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultaton: Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. WHO, Geneva.

112- Williams MA, King IB, Sorensen TK, Zingheim RW, Troyer BL, Zebelman AM, Luthy DA. 1998. Risk of Preeclampsia in Relation to Elaidic Acid (Trans Fatty Acid) in Maternal Erythrocytes. *Gynecol Obstet Invest*; 46: 84-7

113-Wu HQ, Huang XL, Lin XS, Huang F, Zhu ZX, Ma YF. 2007. Gas Chromatographic Retention Time Rule and Mass Spectrometric Fragmentation Rule of Fatty Acids and Its Application in Food. *Chinese Journal of Analytical Chemistry* . vol. 37-7. p. 1002.

114-Yan H. 2000. *Chinese Journal of Front Health and Quarantine* 2000, 23(3): 175–178

115-Zegarska Z and Borejszo Z. 2001. Trans fatty acid content of some food products in Poland. *Journal of Food Lipids* 8: 271-9