

دراسة توزيع الحموض الدسمة في رسوبيات منطقة مصب نهر الكبير الشمالي باستخدام تقانة الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC)

الدكتور محمد ناصر *

الدكتور أحمد قره علي **

بشرى علي ***

(تاريخ الإيداع 9 / 3 / 2010. قُبِلَ للنشر في 12 / 4 / 2010)

□ ملخص □

جمعت عينات رسوبية من خمسة مواقع في منطقة مصب نهر الكبير الشمالي، وذلك خلال الفترة الممتدة من 22/2/2007 وحتى 7/11/2007، وجرى استخلاصها ودراستها كميًا ونوعيًا باستخدام تقانة الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) من أجل تحديد الحموض الدسمة لتحديد مصادر المادة العضوية في الرسوبيات المدروسة. تراوحت التراكيز الكلية للحموض الدسمة من (0.36-1245.5 µg/g dry weight). كانت الحموض الدسمة المشبعة مسيطرة في كل العينات وشكلت (100 - 12.1 %) من التراكيز الكلية للحموض الدسمة، وكانت مستويات الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع (PUFAs) منخفضة وبلغت نسبة (0-18 %) من التراكيز الكلية للحموض الدسمة، باستثناء عينة واحدة من الرسوبيات السطحية في الموقع St₃ خلال الجولة 8/8/2007، بينما كانت تراكيز الحموض الدسمة وحيدة عدم الإشباع منخفضة في الرسوبيات المدروسة وشكلت (21.6 - 0 %) من التراكيز الكلية للحموض الدسمة. يمكن استخدام الحمض الدسم المشبع طويل السلسلة (C₂₂) كمؤشر للمصادر الأرضية والحمض الدسم متعدد عدم الإشباع (C₁₈: 2006) كمؤشر بلانكتوني والحمض الدسم وحيد عدم الإشباع (C₁₈: 1007) كمؤشر بكتيري.

الكلمات المفتاحية: المادة العضوية، الحموض الدسمة، رسوبيات، مؤشرات حيوية، مصب نهر الكبير الشمالي.

* أستاذ مساعد في قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** باحث - المعهد العالي للبحوث البحرية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Distribution Study of Fatty Acids (FAs) in Sediments of Al-Kabeer Al-Shemali River Estuary Area Using (HPLC) Technique

Dr Mohammad Nasser*
Dr Ahmad Kura Ali**
Bishra Ali***

(Received 9 / 3 / 2010. Accepted 12 / 4 / 2010)

□ ABSTRACT □

Samples of sediments from five sites of Al-kabeer Al-shemali river estuary area were collected during the period (22/2/2007-7/11/2007). The samples were extracted to determine their content of Fatty acids qualitatively and quantitatively by using (HPLC) technique for determination resources of organic matter in studied sediments. The total concentrations of (FAs) varied from (0.36-1245.5µg/g dry weight). The saturated fatty acids were dominated in all samples (12.1 – 100 %) of total fatty acids. The levels of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) were tested percent (0-18 %) of total fatty acids except one sample from surficial sediments in St₃ during 8/8/2007. While the concentrations of monounsaturated fatty acids (MUFAs) were low (0 -21.6 %) of total fatty acids. We can use the saturated long chain fatty acid (C₂₂) as terrestrial biomarker. polyunsaturated fatty acid (C₁₈: 2ω6) as plankton biomarker and the Mono unsaturated fatty acid (C₁₈: 1ω7) as bacterial biomarker.

Key words: Organic matter, Fatty acids, sediments, biomarkers, Al-kabeer Al-shemali River

* Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Researcher in higher institute of marine researches

***postgraduate student, Department of Chemistry, Faculty of Science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

يبدأ معظم التلوث في مياه البحار والمحيطات من مياه الأنهار التي تصب فيها التي تكون عادة محملة بنواتج الصرف الصحي والصناعي والزراعي للمدن والقرى التي تمر عليها، وكذلك من الصرف الصحي المباشر للتجمعات السكانية والصناعية على البحار والمحيطات.

تتأثر وظيفة وحالة المصبات بالنشاطات البشرية المتعددة، وبما أن الأنهار هي طريق العبور الوحيد إلى تلك المصبات فلا بد من الإشارة إلى أن الأنهار تمتاز بغناها بالمغذيات والمركبات العضوية والمركبات الأخرى التي تنتج عن عمليات غسل أراضي الحوض الرافد للنهر، أو عن مياه الصرف للمنشآت الصناعية والتجمعات السكانية المجاورة، بينما تكون مياه البحر فقيرة بتلك المواد [1].

تعد المصبات واحدة من أهم الواجهات بين المناطق البرية والمناطق البحرية الشاطئية، كما تعد أنظمة بيئية معقدة، حيث تحدث فيها عملية مزج المياه العذبة مع المياه البحرية بنسب متغيرة تبعاً لعدة عوامل مثل تدفق النهر وقوة المد والجزر. تنتج المركبات العضوية في الرسوبيات الساحلية من مصادر متنوعة مثل المصادر البرية والبحرية والجوية والبشرية [2,3].

تعد المادة العضوية الموجودة في المصبات مزيجاً معقداً من المركبات التي تنتج من مصادر مختلفة، ومنها النباتات البرية والبلانكتون وبدرجة أقل متعضيات التغذية الدقيقة والطحالب القاعية الضخمة، كما تشكل المياه العادمة (الصناعية) نتيجة التطور البشري المساهمة الرئيسة الناتجة عن النشاط البشري [4].

يحدث التدفق الكلي للمواد العضوية من البر إلى المنطقة الشاطئية عبر المصب، ويكون مصير المركبات العضوية المعقدة والمتنوعة في منطقة المصب غير مفهوم بشكل واضح [5,6].

تنتقل المركبات المنحلة خارج منطقة المصب، بينما تكون المركبات الجزيئية غير المنحلة عرضة لآلية نقل جزيئية، وقد تبقى هذه المركبات لفترة طويلة في منطقة المصب، وهناك احتمال آخر لترسيبها. كل هذه العمليات سوف تتعقد فيما بعد عبر عمليات أخرى مثل إعادة النقل من الراسب لتبقى معلقة في عمود الماء أو تتحلل بيولوجياً أو تبقى معلقة عند السطح الفاصل ما بين المياه المالحة والعذبة.

إن المعلومات عن العمليات التي تقود إلى انتقال المواد العضوية إلى البيئات الشاطئية وكيفية تتبع اثارها وعمليات إعادة ترسيبها على شكل رسوبيات حديثة العهد تكون مهمة لفهم الدورة البيوجيوكيميائية لهذه المركبات [7].

يمكن للمؤشرات الحيوية أن تعطي معلومات قيمة بشأن منشأ وعملية التحول التي تؤثر على المواد العضوية سواء على القسم المنحل أو غير المنحل. تستخدم الجزيئات الليبيدية مثل n-الكانات والحموض الدسمة والكحولات والستيرولات لتحديد مصادر المادة العضوية في عينات البيئة البحرية والبرية [8,9].

تشكل الحموض الدسمة مجموعة من المؤشرات الجزيئية التي تميز بين مصادر الكربون الليبيدي البرية والنهرية والبحرية والبشرية في البيئات المائية عبر مقاييس زمانية ومكانية [10]، كما يمكن إن تستخدم نسبياً على طول الحدود الفاصلة المائية لتقدير التغيرات الأولية في نقل وتدوير المادة العضوية في حدود الفصل الساحلية.

في هذه الدراسة تم دراسة توزيع الحموض الدسمة في رسوبيات منطقة مصب نهر الكبير الشمالي التي تستخدم كمؤشرات حيوية للتمييز بين مصادر الكربون الليبيدي البري والبحري والنهري والبشري في البيئات المائية.

أهمية البحث وأهدافه:

تشكل الحموض الدسمة أحد المكونات الأساسية و المهمة للمواد العضوية المترسبة في المصببات التي يمكن استخدامها كمؤشرات حيوية لتحديد مصادر المادة العضوية في الرسوبيات ،المدروسة، حيث يساعد ذلك على فهم أفضل لوظيفة و عمل الأنظمة البيئية الساحلية التي تشكل موضوعات ذات اهتمام كبير لكثير من الباحثين.تتلخص الأهداف الأساسية لهذه الدراسة بتحديد ودراسة توزع المادة العضوية الدسمة(حموض دسمة) في رسوبيات مصب نهر الكبير الشمالي واستعمال الحموض الدسمة كمؤشرات حيوية لتحديد مصادر المادة العضوية في الرسوبيات المدروسة.

طرائق البحث ومواده:

1- جمع العينات:

جمعت عينات من منطقة مصب نهر الكبير الشمالي، حيث تم اختيار خمسة مواقع جمعت منها الأعمدة الرسوبية. يوضح الشكل (1) مواقع الاعتيان الموزعة على النحو الآتي:

- 1- المحطة St₁:منطقة مجرى النهر، عمود رسوبي واحد على بعد 300م من منطقة المزج.
- 2- المحطة St₂ : منطقة المزج،عمود رسوبي واحد على بعد 50م من منطقة المزج.
- 3- المحطة St₃ : منطقة المزج .
- 4- المحطة St₄ :على يسار المصب بحوالي 300م
- 5- المحطة St₅: على يمين المصب بحوالي 300م.



الشكل (1) مواقع أخذ العينات من منطقة مصب نهر الكبير الشمالي

تم القيام بأربع جولات اعتيان خلال الفترة الممتدة من 2007/2/22 وحتى 2007/11/7 بفاصل زمني مدته ثلاثة أشهر .وتم في كل جولة إجراء قياسات حقلية للعوامل الهيدرولوجية.

جمعت العينات باستخدام انبوب خاص من البولي فينيل كلوريد(P.V.C) ، حيث تم غرس الأنبوب غرساً شاقولياً في الرسوبيات بعد غسله بمياه الموقع المدروس جيداً ، ثم جرى تقطيع العمود إلى أربعة أقسام من أجل أخذ العينات على أعماق مختلفة ضمن العمود الرسوبي الواحد وأخذت أربع عينات من كل عمود رسوبي هي : H₄(20-30)cm, H₃(10-20)cm, H₂(5-10)cm, H₁(Surficial Sediments). مزجت مكونات كل قسم بشكل جيد

لتحقيق تجانس جيد، ثم وضعت العينة في صفيحة من الألمنيوم وحفظت في صندوق مبرد بالتلج، ونقلت بعد ذلك إلى المخبر، حيث حفظت في الجمادة عند الدرجة (-20°C) لوقت الاستخلاص.

2- استخلاص العينات:

تم استخلاص الحموض الدسمة من الرسوبيات بحسب الإجراءات المستخدمة من قبل هارفي [11]، حيث استخدمت مذيبات عالية النقاوة، وقبل الاستخلاص تم تنظيف جميع الأدوات الزجاجية المستخدمة، وذلك بحرقها في فرن عند الدرجة 450°C لمدة 4 ساعات. شطفت بعد ذلك بالمذيبات (اسيتون و n-هكسان) للتخلص من الأوساخ والشوائب. يوزن 10 g من الرسوبيات الرطبة، وتمزج مع 10 ml من (ثنائي كلورو الميثان: متانول) بنسبة (1:1)، ثم تهرز العينات على حمام للأصواتية لمدة 10min وتكرر عملية الاستخلاص ثلاث مرات باستخدام مذيبات نقية من أجل استخلاص الليبيدات. تجمع الخلاصات وتبخر بواسطة المبخر الدوار حتى الحجم 10 ml، ثم تبخر تحت تيار لطيف من الأزوت حتى الجفاف. تعالج الخلاصة المتبقية باستخدام محلول 0.5M من البوتاس الكهولي KOH/MeOH مع تسخين لطيف بالدرجة 70°C لمدة 30min من أجل الحلمة قلووية. تبرد العينات وتفصل الليبيدات المعتدلة من المحلول القلوي بواسطة 2ml من n-هكسان ويحتفظ بها من أجل التحليل اللاحق. تؤخذ الطبقة المائية المتبقية التي تحوي أملاح الحموض الدسمة وتحمض حتى ($\text{pH}=2$)، ثم تفصل الحموض الدسمة في هذا الجزء من الليبيدات القطبية بواسطة 2ml من الهكسان. تبخر قطفة الليبيدات القطبية التي تحتوي على الحموض الدسمة باستخدام المبخر الدوار حتى الجفاف وتعالج بـ 10ml من الكاشف BF_3/MeOH 12% مع تسخين لطيف بالدرجة 70°C لمدة 30 min من أجل تحويل الحموض الدسمة (FA) إلى الأسترات الميثيلية للحموض الدسمة (FAMES). تفصل الـ (FAMES) من المزيج التفاعلي بواسطة 2ml من n-هكسان. تبخر طبقة الهكسان حتى الجفاف، ويعاد حل الخلاصة في ثنائي كلورو ميثان من أجل التحليل الكروماتوغرافي.

3- التقانة المستخدمة في التحليل:

جرى تحليل المستخلصات باستخدام تقانة الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) باستخدام جهاز من شركة JASCO اليابانية مزود بكاشف الأشعة فوق البنفسجية نوع UV-970، استخدم في تفريق مكونات العينة عمود معبأ بحبيبات من $\text{Rp} - \text{C}_{18}$ (Lichrosorb) أبعاده 250x4mm. i.d. جرت عمليات الفصل والتفريق بالاعتماد على أسلوب كروماتوغرافيا الطور المعكوس (Reversed - phase)، يتميز هذا الأسلوب بطور ساكن أقل قطبية من الطور المتحرك (الماء و الأسيتونتريل) المعد بنسب محددة.

تملص مكونات العينة باستخدام 40% اسيتونتريل كطور متحرك يمرر هذا الطور عبر العمود بتدفق 3 ml/min ويسجل القياس عند طول الموجة (280nm) باستخدام مكشاف الأشعة فوق البنفسجية UV، مع المحافظة على درجة حرارة العمود ثابتة (35°C) طيلة فترة التحليل.

النتائج والمناقشة:

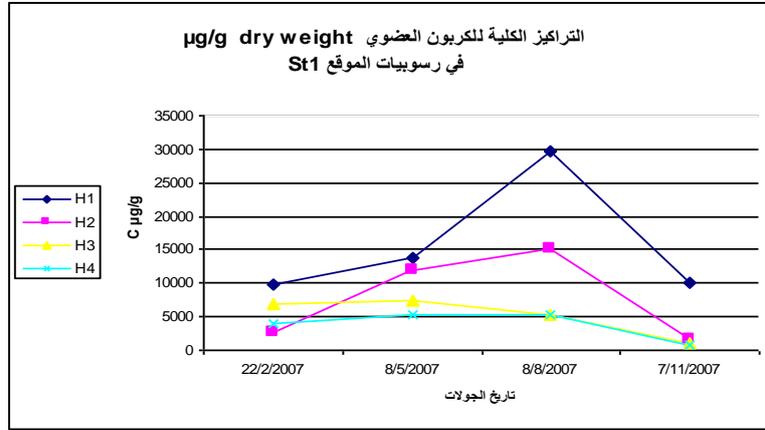
1- تحديد الكربون العضوي (TOC) Total Organic Carbon:

تم تحديد الكربون العضوي وفقاً لطريقة هارفي [11]، وذلك بأخذ 1g من الرسوبيات، وتعالج بـ 50ml من محلول حمض كلور الماء 2M. تترك العينة لمدة 24 ساعة بهدف التخلص من الكربون اللاعضوي على شكل غاز ثنائي أكسيد الكربون، ثم يفصل المحلول الحمضي عن العينة، وتوضع في الفرن عند الدرجة 60°C للتجفيف حتى

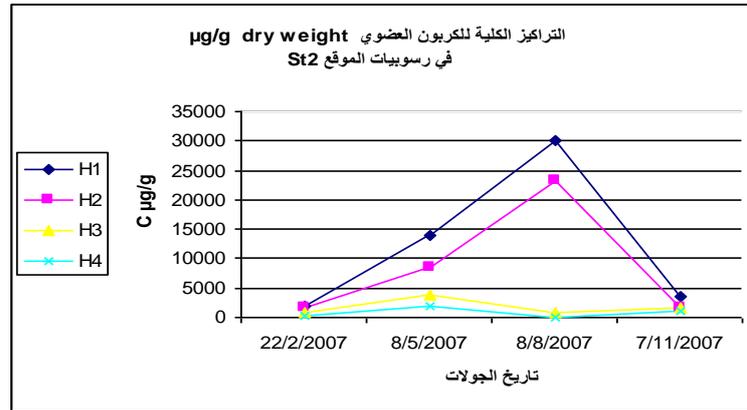
ثبات الوزن . تؤخذ العينات الرسوبية الجافة ويحدد فيها الكربون العضوي الكلي باستخدام جهاز التحليل العنصري Varioel II CHNS (Model 2400) Elementer Analyse .

تغيرت قيم الكربون العضوي في الرسوبيات المدروسة ، حيث تناقصت قيم الكربون العضوي بالانتقال من الرسوبيات العلوية باتجاه العمق، وقد يعود ذلك إلى أن الطبقة العلوية من الرسوبيات تحوي عدد أعلى من البكتيريا، كما يقل عدد ونوع البكتيريا عن الطبقة السطحية نتيجة موت قسم من البكتيريا نتيجة تغير الشروط في الرسوبيات الأدنى. تكون قيم الكربون العضوي في المناطق ذات الملوحة المرتفعة أعلى منها في المناطق ذات الملوحة المنخفضة لأنها أغنى بالطحالب والبكتيريا [12] .

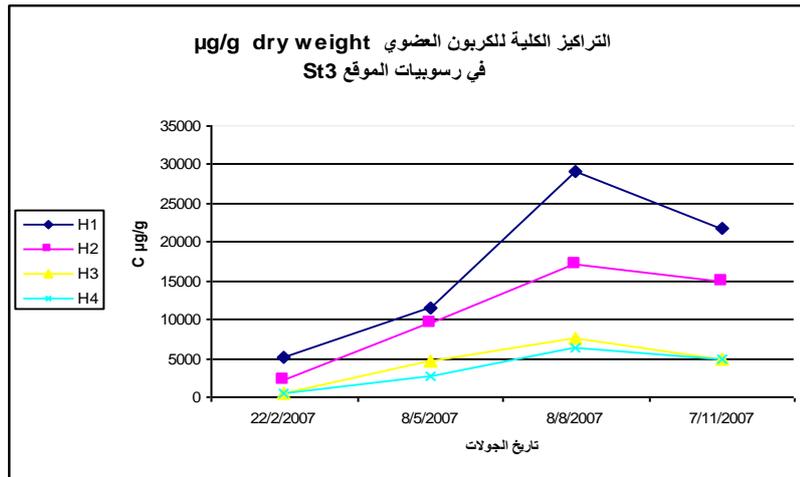
كانت التراكيز الكلية للكربون العضوي في المواقع St₄ و St₅ ذات الملوحة المرتفعة أعلى منها في المواقع St₁ و St₂ ذات الملوحة المنخفضة، ويعود ذلك إلى الموقعين St₄ و St₅ أغنى بالبكتيريا والطحالب، وتوضح الأشكال من (2-6) تراكيز الكربون العضوي في عينات المواقع المدروسة.



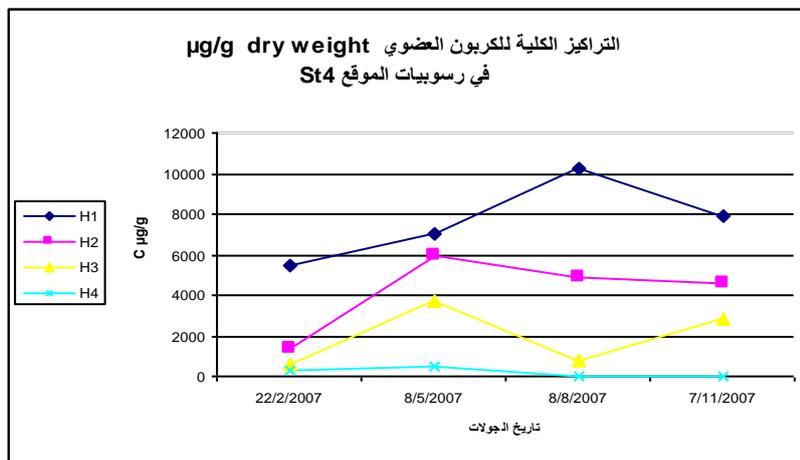
الشكل (2) التراكيز الكلية للكربون العضوي في رسوبيات الموقع St₁



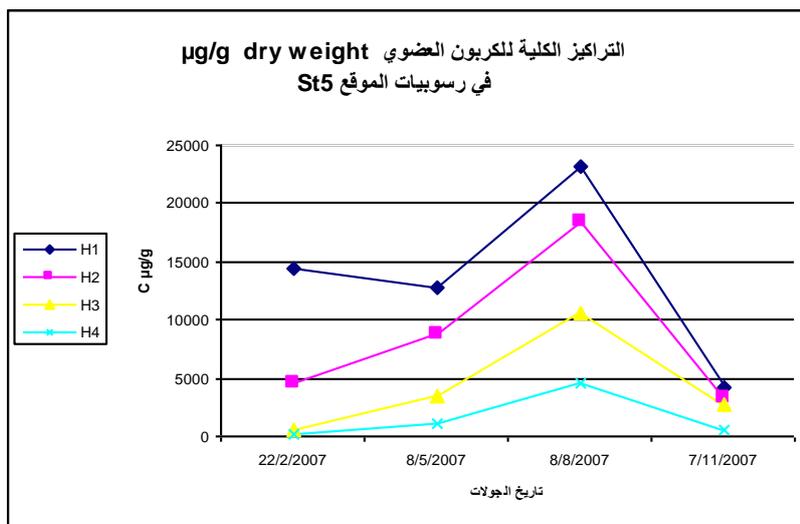
الشكل (3) التراكيز الكلية للكربون العضوي في رسوبيات الموقع St₂



الشكل (4) التراكيز الكلية للكربون العضوي في رسوبيات الموقع St₃



الشكل (5) التراكيز الكلية للكربون العضوي في رسوبيات الموقع St₄



الشكل (6) التراكيز الكلية للكربون العضوي في رسوبيات الموقع St₅

2- تحديد الحمض الدسمة:

سمحت الدراسة والأعمال المخبرية المنفذة على العينات المدروسة بتحديد هوية الحموض الدسمة وتحديد تراكيزها في العينات المدروسة.

1- الموقع St₁:

يبين الجدول (1) التراكيز الكلية للحموض الدسمة في الموقع St₁ خلال فترة الدراسة التي تراوحت ما بين (2.26-802.5 µg/g dry weight)، كما يبين الشكل (7) تغيرات تراكيز الحموض الدسمة µg/g dry weight في رسوبيات هذا الموقع. شكلت الحموض الدسمة المشبعة نسبة (78.3-100 %) من نسبة الحموض الدسمة الكلية، وكانت هذه الحموض مسيطرة في الجزء العلوي للرسوبيات حتى العمق (10 cm) ، ولوحظ أن الحموض الدسمة الطويلة السلسلة تبقى موجودة في الرسوبيات المأخوذة حتى العمق 30 cm، كما أن الحموض الدسمة أحادية عدم الإشباع (MUFAs) أبدت تناقصا مع ازدياد العمق، بينما تميل الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع (PUFAs) للاختفاء بدأ من العمق (10 cm) حتى نهاية العمود الرسوبي .

من الصعب استخدام الحموض الدسمة المشبعة القصيرة السلسلة كمؤشرات بيوكيميائية لمصادر المادة العضوية. و بالعكس، فإن هذه الحموض تصنف من الحموض الأكثر مقاومة للتفكك الحيوي بالمقارنة مع كل من الحموض الدسمة أحادية عدم الإشباع و المتعددة عدم الإشباع، كما أن سيطرتها ضمن المادة العضوية الرسوبية، يعدّ بشكل أساسي مؤشراً إلى أن المادة العضوية ذات أصل قديم. تنتج الحموض الدسمة الطويلة السلسلة من النباتات العليا و بشكل رئيسي الأرضية [11,13]، ويلاحظ وجود الحموض الدسمة المشبعة الطويلة السلسلة (C₂₂) في أغلب العينات وحتى في الرسوبيات المأخوذة على أعماق أكبر من (10 cm) ، فإن هذه المركبات تعود بمصدرها إلى النباتات الوعائية والأرضية، وهي أكثر مقاومة للتفكك الحيوي مقارنة بالأنواع الأخرى للمادة العضوية. توجد الحموض (MUFAs) ولاسيما (C₁₈ : 1ω9) و (C₁₈ : 1ω7) في البكتيريا وتستخدم كمؤشرات بكتيرية في الرسوبيات [14]، وتعد هذه الحموض مميزة للأصناف المختلفة الشائعة من البكتيريا.

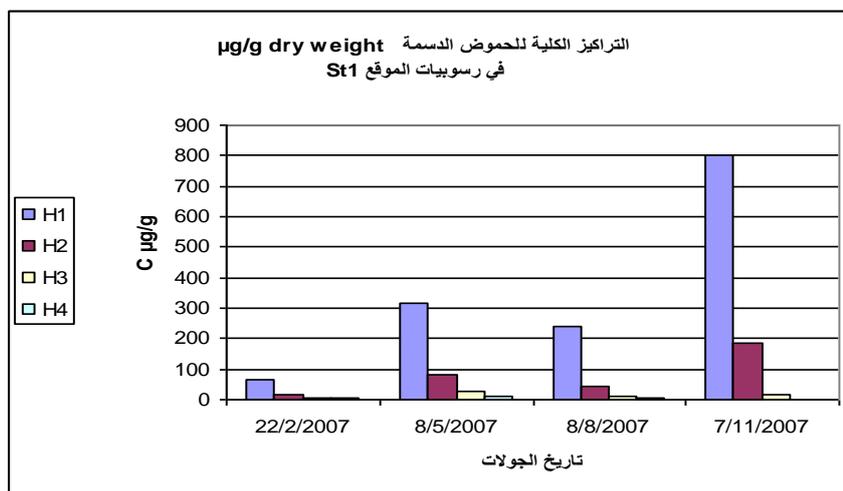
يشكل الحمض الدسم وحيد عدم الإشباع (C₁₈ : 1ω7) (0-21.6 %) من الحموض الدسمة الكلية ويلاحظ أن هذا الحمض موجود في أغلب العينات ، ويلاحظ غيابه في العينات المأخوذة على عمق من (20-30 cm)، وقد يعود ذلك إلى تفكك هذا المركب بتأثير البكتيريا، كما تعد الحموض متعددة عدم الإشباع (PUFAs) ناتجة من مصادر حديثة و بشكل رئيسي الفيتوبلانكتون وتستخدم كمؤشرات بلانكتونية [14].

من جهة أخرى تكون المركبات (C₁₈) غير المشبعة متوفرة في الطحالب الخضراء و الطحالب cryptomonds [15-17]. شكل الحمض (C₁₈ : 2ω6) (0-18.8 %) من الحموض الدسمة الكلية، ويلاحظ أن هذا الحمض موجود في أغلب الرسوبيات حتى عمق 10 cm ، وبلغ نسبة مرتفعة (87 %) في عينة واحدة من الرسوبيات السطحية في الموقع St₃ خلال الجولة 8/8/2007، هذا ويعدّ هذه الحمض من المركبات الحساسة للتفكك الحيوي الذي بدوره يفسر اختفاء هذه المركب في الجزء السفلي للعمود الرسوبي.

2- الموقع St₂:

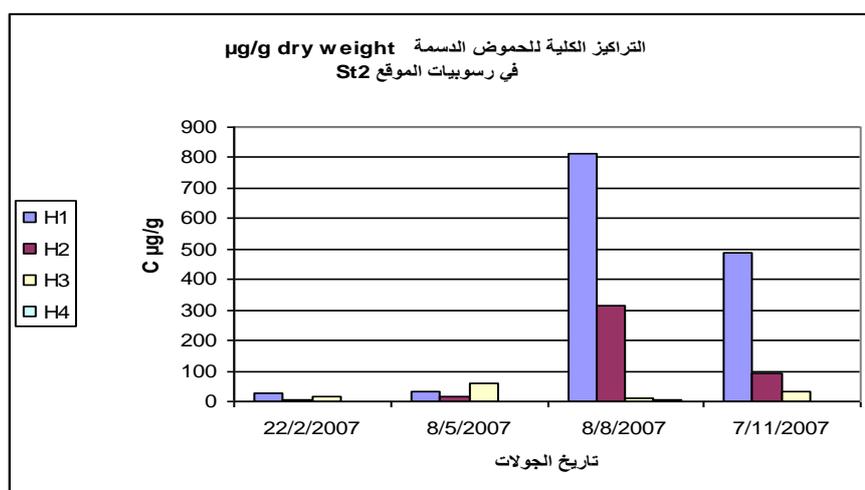
يبين الجدول (2) التراكيز الكلية للحموض الدسمة في رسوبيات الموقع St₂ التي تراوحت ما بين (2.42-811.9 µg/g dry weight)، كما يبين الشكل (7) تغيرات تراكيز الحموض الدسمة µg/g dry weight في رسوبيات هذا الموقع. شكلت الحموض الدسمة المشبعة نسبة (82.8-100 %) من نسبة الحموض الدسمة الكلية،

وكانت هذه الحموض مسيطرة في الجزء العلوي للرسوبيات حتى العمق (10 cm) وتبقى مسيطرة مع ازدياد العمق. بالنسبة إلى الحموض الدسمة أحادية عدم الإشباع (MUFAs)، فإنها تبدي تناقصا مع ازدياد العمق، بينما تميل الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع (PUFAs) للاختفاء بدءاً من العمق (10 cm) حتى نهاية العمود الرسوبي.



الشكل (7) تغيرات تراكيز الحموض الدسمة $\mu\text{g/g dry weight}$ في رسوبيات الموقع St₁

يشكل الحمض الدسم وحيد عدم الإشباع ($C_{18} : 1\omega 7$) نسبة تتراوح من (0-16.9%) من الحموض الدسمة الكلية، ويلاحظ أن هذا الحمض موجود في أغلب العينات، ويلاحظ غيابه في أغلب العينات المأخوذة على عمق من (20-30 cm)، وقد يعود ذلك إلى تفكك هذا المركب بتأثير البكتيريا، كما شكل الحمض متعدد عدم الإشباع (0-3.29%) ($C_{18} : 2\omega 6$) من الحموض الدسمة الكلية، ويلاحظ أن هذا الحمض موجود في جميع العينات الرسوبية حتى عمق 10 cm، إلا أنه يلاحظ اختفاء هذه المركب في الجزء السفلي للعمود الرسوبي الذي يفسر بالتفكك الحيوي له.



الشكل (8) تغيرات تراكيز الحموض الدسمة $\mu\text{g/g dry weight}$ في رسوبيات الموقع St

الجدول (1) التراكيز الكلية للملوثات في رسوبيات الموقع S1

العينات مركبات العينة	22/2/2007				8/5/2007				8/8/2007				7/11/2007			
	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4
C ₁₀	39.7	4.9	2.3	1.1	214.2	40.16	28.9	1.15	85.8	35.5	6.5	0.5	222.4	46.5	11.1	-
C ₁₂	11.4	1.2	0.3	-	60.9	12.3	-	-	2.34	0.92	0.39	-	69.8	-	0.11	-
C ₁₄	6.2	6.1	-	0.4	-	-	0.85	0.35	146.23	4.21	3.96	-	10.4	1.1	-	0.84
C ₁₆	0.2	-	-	0.09	10.7	2.56	-	-	2.08	-	0.03	0.02	95.5	1.29	-	-
C _{18:2006}	0.75	0.52	-	-	4.01	0.04	-	0.03	3.02	0.05	-	0.05	45.9	34.98	0.02	-
C _{18:1007}	0.27	0.31	0.72	-	0.09	0.11	0.003	-	0.08	-	0.14	0.06	132.2	9.54	-	0.09
C ₁₈	-	0.88	0.01	0.09	11.6	11.03	0.008	1.02	-	0.44	0.05	1.61	22.8	0.05	1.23	0.2
C ₂₀	3.6	-	-	1.28	6.36	6.76	-	5.25	0.13	-	2.1	1.84	61.9	0.55	1.44	-
C ₂₂	4.36	0.26	-	1.36	8.94	8.003	-	4.9	0.53	0.13	0.14	0.11	141.6	91.41	0.76	1.13
Total	66.48	14.17	3.33	4.32	316.8	80.96	29.76	12.7	240.21	41.25	13.31	4.19	802.5	185.42	14.66	2.26
%Saturated	98.4	94.1	78.3	100	98.7	99.8	99.9	99.7	98.7	99.8	98.9	97.3	77.8	75.9	99.8	96.01
%MUFA	0.4	2.1	21.6	0	0.02	0.1	0.01	0	0.03	0	1.05	1.4	16.4	5.1	0	3.9
%PUFA	1.1	3.6	0	0	1.2	0.04	0	0.2	1.2	0.1	0	1.2	5.7	18.8	0.1	0

H1-عينة مأخوذة على عمق (0-5)cm

H2-عينة مأخوذة على عمق (5-10)cm

H3-عينة مأخوذة على عمق (10-20) cm

H4-عينة مأخوذة على عمق(20-30)

الجدول (2) التراكم الناجم عن الحوض النسيمة (dry weight) في رسوبيات الموقع S14

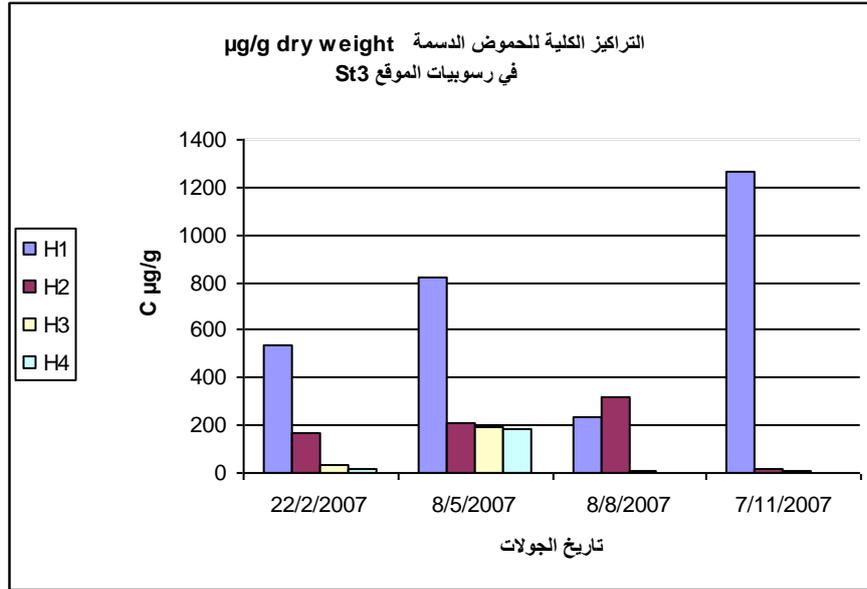
العينات مركبات العينة	22/2/2007				8/5/2007				8/8/2007				7/11/2007			
	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4
C ₁₀	14.2	-	7.015	-	31.2	15.2	40.3	-	383.5	245.7	12.4	4.53	311.5	64.8	27.7	1.43
C ₁₂	10.9	-	4.46	-	0.84	-	-	-	17.3	0.79	-	0.23	24.9	13.9	2.12	1.17
C ₁₄	-	1.13	0.85	1.01	0.62	0.32	-	-	141.7	1.05	0.25	-	32.2	2.5	2.27	-
C ₁₆	-	0.05	0.86	0.19	0.07	-	-	-	24.25	0.05	-	0.003	31.2	0.15	0.11	0.02
C _{18: 2ω6}	0.95	0.008	0.008	-	0.002	-	0.05	-	0.74	0.06	-	-	19.2	0.16	0.07	-
C _{18: 1ω7}	0.5	0.56	0.3	-	0.34	0.09	0.08	-	0.66	0.16	0.08	0.05	50.8	1.21	0.43	-
C ₁₈	0.23	0.14	0.03	0.02	0.16	0.07	-	-	-	-	0.03	-	5.64	4.49	0.1	-
C ₂₀	0.66	0.13	0.04	-	0.14	0.05	5.06	-	211.3	51.14	0.03	0.02	9.45	0.32	0.13	-
C ₂₂	1.36	1.29	1.16	1.2	0.5	0.31	13.15	-	32.52	16.8	0.21	-	4.75	1.95	0.09	-
Total	28.8	3.3	14.7	2.42	33.87	16.04	58.6		811.9	315.7	13	4.83	489.64	89.48	33.02	2.62
%Saturated	94.9	82.8	97.9	100	98.99	99.43	99.7		99.8	99.9	99.38	98.96	85.7	98.46	98.48	100
% MUFA	1.7	16.9	2.03	0	1	0.56	0.1		0.08	0.05	0.6	1.03	10.3	1.3	1.3	0
% PUFA	3.29	0.2	0.05	0	0.005	0	0.08		0.09	0.02	0	0	3.9	0.17	0.21	0

H1- عينة مأخوذة على عمق (0-5)cm
H2- عينة مأخوذة على عمق (5-10)cm
H3- عينة مأخوذة على عمق (10-20)cm
H4- عينة مأخوذة على عمق (20-30)cm

3- الموقع St₃:

تراوحت التراكيز الكلية للحموض الدسمة في رسوبيات الموقع St₃ ما بين (0.3-821.1 µg/g dry weight) كما هو مبين في الجدول (3) ، كما يبين الشكل (8) تغيرات تراكيز الحموض الدسمة µg/g dry weight في رسوبيات هذا الموقع. شكلت الحموض الدسمة المشبعة نسبة (12.1-100 %) من نسبة الحموض الدسمة الكلية ، وكانت هذه الحموض مسيطرة في الجزء العلوي للرسوبيات حتى العمق (10 cm) وتبقى مسيطرة مع ازدياد العمق. بالنسبة إلى الحموض الدسمة أحادية عدم الإشباع (MUFAs) فإنها تبدي تناقصا مع ازدياد العمق، بينما تميل الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع (PUFAs) للاختفاء بدءاً من العمق (10 cm) حتى نهاية العمود الرسوبي .

يشكل الحمض الدسم وحيد عدم الإشباع (C₁₈ : 1ω7) نسبة تتراوح من (0-21.8 %) من الحموض الدسمة الكلية ويلاحظ أن هذا الحمض موجود في أغلب العينات ، ويلاحظ غيابه في جميع العينات المأخوذة على عمق من (20-30 cm) الذي قد يشير إلى وجود نشاط بكتيري أدى إلى تفكك هذا المركب. لوحظ وجود الحمض متعدد عدم الإشباع (C₁₈ : 2ω6) في أغلب العينات حتى عمق 10 cm باستثناء عينة واحدة مأخوذة على عمق من (10-20 cm) خلال الجولة 22/2/2007، ولوحظ غياب كامل لهذا المركب في جميع العينات على عمق من (10-30 cm) ، الذي يشير إلى وجود تفكك حيوي له.

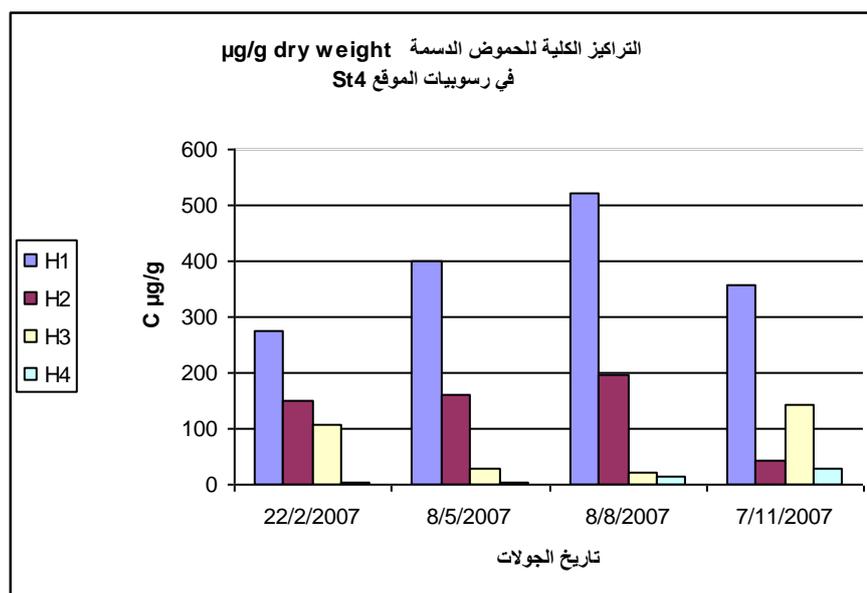


الشكل (8) تغيرات تراكيز الحموض الدسمة µg/g dry weight في رسوبيات الموقع St₃

4- الموقع St₄:

يبين الجدول (4) التراكيز الكلية للحموض الدسمة في رسوبيات الموقع St₄ التي تراوحت ما بين (2.19-520 µg/g dry weight) ، كما يبين الشكل (9) تغيرات تراكيز الحموض الدسمة µg/g dry weight في رسوبيات هذا الموقع. شكلت الحموض الدسمة المشبعة نسبة (86.5-100 %) من نسبة الحموض الدسمة الكلية ، وكانت هذه الحموض مسيطرة في الجزء العلوي للرسوبيات حتى العمق (10 cm) وتبقى مسيطرة مع ازدياد العمق. بالنسبة إلى

الحموض الدسمة أحادية عدم الإشباع (MUFAs) فإنها تبدي تناقصاً مع ازدياد العمق، بينما تميل الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع (PUFAs) للاختفاء بدءاً من العمق (10 cm) حتى نهاية العمود الرسوبي .
يشكل الحمض الدسم وحيد عدم الإشباع ($C_{18} : 1\omega 7$) نسبة تتراوح من (0-12.7 %) من الحموض الدسمة الكلية، ويلاحظ أن هذا الحمض موجود في أغلب العينات حتى العمق 20 cm ، ويلاحظ اختفاؤه بشكل كامل في جميع العينات المأخوذة على عمق من (20-30 cm)، وقد يعود ذلك إلى حدوث تفكك لهذا المركب بتأثير البكتيريا، أما الحمض متعدد عدم الإشباع ($C_{18} : 2\omega 6$) فقد شكل نسبة (0-0.9 %) فقط من نسبة الحموض الدسمة الكلية ويلاحظ انخفاض أو اختفاء لهذا الحمض في جميع العينات الرسوبية المأخوذة على عمق 20-30 cm حتى في بعض العينات على عمق من 10-20.

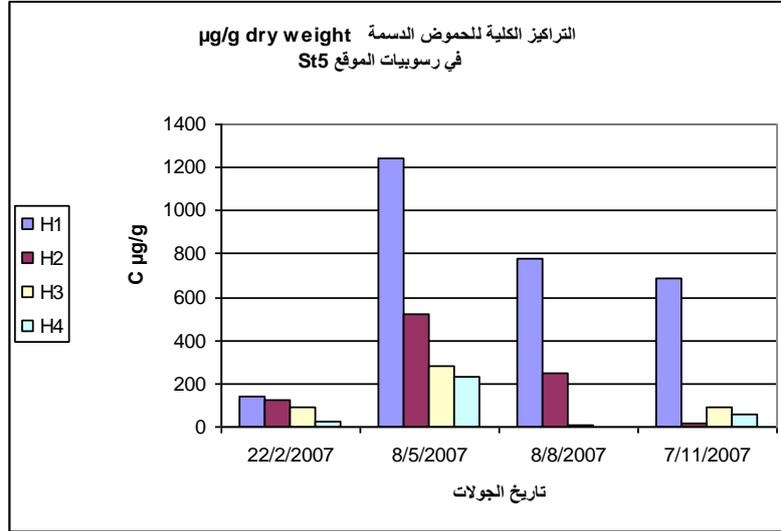


الشكل (9) تراكيز الحموض الدسمة $\mu\text{g/g dry weight}$ في رسوبيات الموقع St4

5- الموقع St5:

تراوحت التراكيز الكلية للحموض الدسمة في رسوبيات الموقع St5 ما بين ($3.7-1245.5 \mu\text{g/g dry weight}$) كما هو مبين في الجدول (5) ، كما يبين الشكل (10) تغيرات تراكيز الحموض الدسمة $\mu\text{g/g dry weight}$ في رسوبيات هذا الموقع. شكلت الحموض الدسمة المشبعة نسبة (78.9-100 %) من نسبة الحموض الدسمة الكلية ، وكانت هذه الحموض مسيطرة في الجزء العلوي للرسوبيات حتى العمق (10 cm) وتبقى مسيطرة مع ازدياد العمق. لوحظ ارتفاع في تراكيز الحموض المشبعة طويلة السلسلة (C_{20}, C_{22}) ، باستثناء بعض العينات المأخوذة على ارتفاع من 10-20 cm ، وذلك خلال الجولة 7/11/2007. شكل الحمض الدسم وحيد عدم الإشباع ($C_{18} : 1\omega 7$) نسبة تتراوح من (0-12.9 %) من الحموض الدسمة الكلية ، ولوحظ انخفاض في تراكيز الحموض الدسمة أحادية عدم الإشباع (MUFAs) وحتى اختفاؤها في الجولة 22/2/2007، بينما كانت شكل الحمض متعدد عدم الإشباع ($C_{18} : 2\omega 6$) نسبة تتراوح بين (0-8.05 %) الحموض الدسمة الكلية تراكيزها منخفضة في أغلب العينات ، ولوحظ غيابها في جميع العينات المأخوذة على عمق من (20-30 cm) من العمود الرسوبي . كانت تراكيز المواد الدسمة في جميع المواقع منخفضة بشكل عام في الشتاء مقارنة مع فصل الصيف ويعزى ارتفاعها أحياناً إلى عمليات عودة المواد المترسبة إلى مواد عالقة وإعادة ترسيبها من جديد، ثم تعود للانخفاض في

الخريف. قد يعود السبب في ذلك إلى أن كمية الطحالب في الصيف تكون مرتفعة مقارنة مع كميتها في الشتاء والخريف. وتجدر الإشارة إلى أنه تجري عمليات تعدين الدهون وتحويلاتها بعمليات حيوية وغير حيوية إلى مواد أخرى أو قد تغادر إلى القاع بوسائل أخرى مثل خلط الماء وهجرة البلانكتون الحيواني وتتم تلك العمليات في أواخر الصيف والخريف. [18,19].



الشكل (10) تراكيز الحموض الدسمة µg/g dry weight في رسوبيات الموقع St5

المؤشرات الحيوية:

قمنا في هذه الدراسة بتحديد بعض المركبات ضمن الحموض الدسمة التي يمكن استخدامها كمؤشرات حيوية biomarkers لتحديد المصادر المختلفة للمادة العضوية في الرسوبيات المدروسة التي يمكن تصنيفها كمؤشرات بلانكتونية كالحموض متعدد عدم الإشباع [15-17] وبكتيرية كالحموض الدسمة وحيدة عدم الإشباع [11] وأرضية كالحموض الدسمة المشبعة طويلة السلسلة [11,13]. فمن بين الحموض الدسمة التي تم تحديدها نجد أن الحمض متعدد عدم الإشباع (C₁₈: 206) يعتبر عادة مؤشر بلانكتوني والحمض الدسم وحيد عدم الإشباع (C₁₈: 107) مؤشر بكتيري والحمض الدسم المشبع طويل السلسلة (C₂₂) مؤشر لمصادر برية.

الاستنتاجات والتوصيات:

1- كانت تراكيز المواد الدسمة في جميع المواقع منخفضة بشكل عام في الشتاء مقارنة مع فصل الصيف، وقد يعود السبب في ذلك إلى أن كمية الطحالب في الصيف تكون مرتفعة مقارنة مع كميتها في الشتاء والخريف كما يعزى سبب ارتفاعها أحياناً إلى عمليات عودة المواد المترسبة إلى مواد عالقة وإعادة ترسبها من جديد، كما أن تراكيز هذه المركبات مالت للانخفاض في الخريف .

2- تناقصت قيم الكربون العضوي بالانتقال من الرسوبيات العلوية باتجاه العمق ، كما كانت قيم الكربون العضوي في المواقع ذات الملوحة المرتفعة أعلى منها في المواقع ذات الملوحة المنخفضة وذات المياه العذبة الموجودة ضمن مجرى النهر لأن منطقة المصب تحوي تنوع حيوي من الكائنات الحية micro و macro أكثر من المياه العذبة.

- 3-تميزت رسوبيات المواقع ذات الملوحة المرتفعة بتراكيز مرتفعة من الحموض الدسمة الكلية مقارنة مع المواقع ذات الملوحة المنخفضة.
- 4-شكلت الحموض الدسمة المشبعة النسبة الأعلى من الحموض الدسمة الكلية ، وكانت هذه الحموض مسيطرة في الجزء العلوي للرسوبيات حتى العمق (10 cm) ، ولوحظ أن الحموض الدسمة الطويلة السلسلة تبقى موجودة في الرسوبيات المأخوذة حتى العمق 30 cm.
- 5- أبدت الحموض الدسمة أحادية عدم الإشباع (MUFAs) تناقصاً مع ازدياد العمق.
- 6- تتناقص تراكيز الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع (PUFAs) بالانتقال من رسوبيات العينات المأخوذة على عمق (0-5 cm) باتجاه الرسوبيات المأخوذة على عمق (10-20 cm) ، ويلاحظ غيابها في نهاية العمود الرسوبي (العينات المأخوذة على عمق (20-30 cm) .
- 7- تم تحديد ثلاثة حموض دسمة كمؤشرات حيوية هي الحمض متعدد عدم الإشباع (C₁₈: 206) الذي يعد كمؤشر بلانكتوني، والحمض الدسم وحيد عدم الإشباع (C₁₈ : 107) الذي يعد مؤشراً بكتيرياً والحمض الدسم المشبع طويل السلسلة (C₂₂) الذي يعد كمؤشر للمصادر الأرضية.
- 8- إن مصادر المادة العضوية في الرسوبيات المدروسة متنوعة، وهي من مصادر بلانكتونية وبكتيرية وأرضية.

الجدول (3) التراكيز الكلية للحموض الدسمة (dry weight) في رسوبيات الموقع Sts

العينات مركبات العينة	22/2/2007				8/5/2007				8/8/2007				7/11/2007			
	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4
C ₁₀	474.7	141.6	28.9	-	817.8	209.2	189.3	148.2	13.7	89.7	9.27	-	181.2	12.3	7.24	-
C ₁₂	1.5	1.02	0.84	0.76	0.7	0.6	-	0.31	5.28	223.6	1.36	0.21	792.5	2.28	1.9	0.38
C ₁₄	26.86	0.62	-	2.05	1.7	1.64	1.55	-	3.58	2.29	-	-	3.9	0.49	-	-
C ₁₆	6.09	0.56	0.35	0.19	-	-	0.06	-	0.46	0.16	-	-	0.17	-	-	-
C _{18: 206}	0.17	0.15	0.14	-	0.012	-	-	-	202.4	-	0.15	-	0.07	0.23	-	-
C _{18: 107}	1.8	0.93	0.9	-	0.12	0.04	0.03	-	0.43	4.3	0.04	-	276.8	0.38	-	-
C ₁₈	0.16	0.06	-	-	0.06	0.05	0.03	-	0.25	0.12	0.04	0.01	0.35	0.2	-	-
C ₂₀	20.09	21.86	-	11.32	0.44	0.07	0.01	-	0.83	1.8	0.08	0.04	8.4	0.47	0.8	1.67
C ₂₂	2.73	2.55	1.56	2.82	0.35	0.13	0.11	-	4.01	0.25	0.26	0.1	2.39	0.31	-	-
Total	534.1	169.3	32.6	17.1	821.1	211.7	191.09	148.5	230.9	322.2	11.2	0.36	1265.7	16.6	9.94	2.05
%Saturated	99.6	99.3	96.8	100	99.9	99.9	99.9	100	12.1	98.6	98.3	100	78.1	96.3	100	100
% MUFA	0.33	0.5	2.7	0	0.01	0.01	0.01	0	0.1	1.3	0.3	0	21.8	2.28	0	0

H1-عينة مأخوذة على عمق 0-5cm

H2-عينة مأخوذة على عمق 5-10cm

H3-عينة مأخوذة على عمق 10-20cm

H4-عينة مأخوذة على عمق 20-30cm

الجدول (4) التراكم الكلي للمرض المسمة (dry weight) في رسوبيات الموقع S14

العينات مركبات العينة	22/2/2007				8/5/2007				8/8/2007				7/11/2007			
	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4
C ₁₀	246.3	139.4	105.3	1.94	382.7	134.8	27.6	-	399.5	94.3	18.5	14.2	106.5	27.9	70.3	7.25
C ₁₂	7.5	-	-	-	0.54	0.26	0.19	-	0.71	18.5	2.28	1.03	43.5	4.43	14.3	4.9
C ₁₄	7.03	7.7	1.6	0.14	8.16	0.04	-	-	3.32	10.7	0.56	-	25.4	2.68	1.24	-
C ₁₆	0.66	0.12	-	-	0.22	0.03	0.02	-	0.2	5.6	0.03	-	21.8	0.56	1.5	0.17
C _{18:206}	1.02	-	-	-	0.25	0.18	0.07	-	0.28	1.8	-	-	2.5	0.29	0.1	-
C _{18:107}	4.53	0.31	0.04	-	1.28	0.47	0.11	0.05	0.64	2.6	0.07	-	45.5	3.7	2.5	-
C ₁₈	0.5	-	0.03	-	0.74	3.47	-	-	5.02	1.2	-	-	5.46	0.4	0.36	-
C ₂₀	1.12	0.48	0.31	-	1.4	5.14	0.03	0.9	14.24	5.8	0.53	-	14.3	0.65	1.16	0.02
C ₂₂	5.9	2.27	1.23	0.21	3.7	15.9	0.6	1.24	96.26	56.8	-	-	91.5	4.03	50.6	17.24
Total	274.56	150.2	108.5	2.2	398.9	160.2	28.6	2.19	520.1	197.3	21.97	15.23	356.46	44.64	142.06	29.58
%Saturated	97.9	99.7	99.9	100	99.6	99.5	99.3	97.7	99.8	97.7	99.6	100	86.5	91.06	98.17	100
%MUFA	1.6	0.2	0.03	0	0.3	0.2	0.3	2.2	0.1	1.3	0.3	0	12.7	8.28	1.7	0
%PUFA	0.3	0	0	0	0.06	0.11	0.2	0	0.05	0.9	0	0	0.7	0.6	0.07	0

H1- عينة مأخوذة على عمق 0-5cm
 H2- عينة مأخوذة على عمق 5-10cm
 H3- عينة مأخوذة على عمق 10-20 cm
 H4- عينة مأخوذة على عمق 20-30cm

الجدول (5) التراكيز الكلية للحموض الدسمة (µg/g(dry weight) في رسوبيات الموقع St₅

المركبات مركبات البيئة	22/2/2007				8/5/2007				8/8/2007				7/11/2007			
	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4
C ₁₀	43.79	36.93	27.66	1.8	677.7	125.7	-	16.8	636.4	203.9	4.6	3.7	398.2	11.9	87.1	56.4
C ₁₂	1.46	1.18	1.11	-	1.11	0.58	-	-	93.6	7.4	-	-	80.6	1.83	3.7	0.44
C ₁₄	2.6	0.3	0.2	-	2.47	0.45	-	-	23.9	13.1	1.1	-	33.5	1.9	1.6	0.13
C ₁₆	0.09	0.04	-	-	61.27	0.23	-	-	14	8.2	0.13	0.02	18.7	0.13	0.05	0.004
C _{18: 20:6}	0.11	0.02	0.01	-	2.12	0.05	0.02	-	0.28	7.4	0.07	-	55.5	0.1	0.15	-
C _{18: 10:7}	0.21	-	-	-	14.83	0.14	0.12	-	0.61	3.2	0.15	-	89.4	0.46	-	-
C ₁₈	30.6	22.9	21.36	-	105.6	90.7	43.02	14.89	6.8	5.4	0.03	0.02	5.6	0.22	-	-
C ₂₀	41.48	42.05	27.9	13.7	164.55	113.46	80.04	-	0.24	-	0.06	-	4.9	0.2	-	-
C ₂₂	24.36	17.94	9.09	9.5	215.9	193.4	201.3	202.1	1.3	0.3	0.15	-	2.8	0.91	-	-
Total	144.7	121.3	87.3	25	1245.5	524.7	281.48	233.79	777.13	248.9	6.29	3.7	689.2	17.6	92.6	56.9
%Saturated	99.7	99.9	99.9	100	98.6	99.9	99.9	100	99.8	95.7	96.5	100	78.9	96.8	99.8	100
%MUFA	0.1	0	0	0	1.1	0.02	0.04	0	0.07	1.2	2.3	0	12.9	2.6	0	0
%PUFA	0.07	0.01	0.01	0	0.17	0.009	0.007	0	0.03	2.9	1.11	0	8.05	0.56	0.1	0

H1- عينة مأخوذة على عمق (0-5)cm
H2- عينة مأخوذة على عمق (5-10)cm
H3- عينة مأخوذة على عمق (10-20) cm
H4- عينة مأخوذة على عمق (20-30)cm

المراجع:

- 1-SALIOT, A., *Biogeochimie de la matière organique en milieu estuarian* Oceanis,V.9,, № 7,1983, 531-538.
- 2-GOGOU, A., BOULOUBASSI, I. and STEPHANOU, E.G. *Marine organic geochemistry of the Eastern Mediterranean: 1. aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in Cretan Sea surficial sediments*, Mar Chem 68 , 2000, 265–282.
- 3- WANG, X.-C.; SUN, S.; MA H.-Q.; and LIU, Y. *Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Jiaozhou Bay, Qingdao, China*, Mar Pollut Bull 52 , 2006, 129–138.
- 4-GUY THOUMELIN, BODNEAU, L.; WARTEL , M. *Origin and transport of organic matter across the Seine estuary : Fatty acids and sterol variations*, Marine chemistry 58,1997,59-71.
- 5- WU, Y. ; ZHANG, J.; CHO, K.W.; HONG G.H.; and CHUNG, C.S. *Origin and transport of sedimentary organic matter in the Yalujiang Estuary, North China*, Estuaries 27 , 2004, 583–592.
- 6- HEDGES, J.I.; KEIL R.G.; and BENNER, R. *What happens to terrestrial organic matter in the ocean?*, Org Geochem 27 , 1997, 195–212.
- 7-RANJITA, R. HARJI, YVENAT, A. and NARAYAN, B. BHOSLE, *Sources of hydrocarbons in sediments of the Mandovi estuary and the Marmugoa harbour, west coast of India* ,Environment International, Vol. 34,Issue 7,2008,959-965.
- 8- TOLOSA, I.; LEBLOND, N.; MONTEGUT, C.C.; MARTY, C.; DEMORA S.; and PRIEUR, L. *Distribution of sterol and fatty alcohol biomarkers in particulate matter from the frontal structure of the Alboran Sea*, Mar Chem 82 , 2003, 161–183.
- 9- VOLKMAN, J.K.; HOLDSWORTH, D.; NEILL G.; and BAVOR, H. *Identification of natural, anthropogenic and petroleum hydrocarbons in aquatic sediments*, Sci Total Environ 112 ,1992, 203–219.
- 10- CANUEL, E.A., *Relations between river flow, primary production and fatty acid composition of particulate organic matter in San Francisco and Chesapeake Bays: a multivariate approach*. Organic Geochemistry 32, 2001, 563-583.
- 11-HARVEY, H.R., *Fatty acids and sterols as source markers of organic matter in sediments of the North Carolina continental slope*. Deep-Sea Res. (II Top. Stud. Oceanogr.) V.41,№ 4-6, 1994, 783-796.
- 12- RENAUD, S. M. ,PARRY, D. L., *Microalgae for use in tropical aquaculture II:effect of salinity on growth, gross chemical composition and fatty acid composition of three species of marine microalgae*, Journal of Applied Phycology 6,1994,347-356.
- 13- BIANCHI, G. , PINAROSA, O. , SCARPA, O. , MURELLI, G. ,AUCISIO, A. ,ROSSINI,A. ,*Composition and structure of maize epicuticular wax esters*.Phytochemistry,28,1989, 165-171.
- 14- THOUMELIN GUY, BODINEAU, L. , WARTEL M. ,*Origin and transport of organic matter across the Seine estuary : Fatty acids and sterol variations*. Marine Chemistry 58 ,1977, 59-71.
- 15- CHUECAS, L., RILEY, J. P., *Component of fatty acids of the total lipids of some marine phytoplankton* .Journal of Marine Biology Association of United Kingdom 49, 1969, 97-116 .

- 16- VOLKMAN, J.K., JEFFREY, S .W., NICHOLS, P .D., GARLAND, C .D., *Fatty acid and composition of 10 species of microalgae used in mariculture* .J .Exp .Biol .Ecol . 128, 1989, 219-240.
- 17- VOLKMAN, J.K., JOHNS, R.B., GILLAN, F.T., PERRY, G.J., BAVOR, H.J . *Microbial lipids of an intertidal sediment-I .Fatty acids and hydrocarbons* . Geochimica et Cosmochimica Acta 44, 1980, 1133-1143.
- 18- VAN WAMBEKE, F., GOUTX, M., STRIBY, L., SEMP'ER'E, L., AND VIDUSSI, F.: *Bacterial dynamics during the transitional from spring bloom to oligotrophy in the Northwestern Mediterranean sea. Relationships with particulate detritus, dissolved organic matter and the structure of the microbial food web*, Mar. Ecol. Prog. Ser., 212, 2001, 89–105.
- 19- BOURGUET, N., GOUTX, M., GHIGLIONE, J. F., PUJO-PAY, M., M'LEVEL,G., MOMZIKOFF, A., MOUSSEAU, L., GUIGUE, C., GARCIA, N., RAIMBAULT, P., PETE, R., ORIOL, L., AND LEF'EVRE, D.: *Lipid biomarker and bacterial lipase activities as indicators of organic matter and bacterial dynamics in contrasted regimes at the Defamed site, NW Mediterranean*, Deep-Sea Res. II, 56, 2009, 1454-1469.