

# دراسة الخواص السطحية للمحاليل المائية لمادة فعالة سطحياً غير أيونية ( $C_{12}E_7$ ) ومادة فعالة سطحياً أيونية (SDBS) ومزيجهما وتأثير إضافة مواد عضوية ولا عضوية لمحاليل كل منهما

منال أبو لبدة<sup>(1)</sup> و يحيى وليد البزرة<sup>(2)</sup> و ملك الجبة<sup>(3)</sup>

تاريخ الإيداع 2013/06/10

قبل للنشر في 2013/12/03

## المُلخَص

قيس التوتر السطحي للمحاليل المائية لمادة فعالة سطحياً غير أيونية من زمرة إيتوكسيلات الكحول ( $C_{12}E_7$ ) [ $CH_3(CH_2)_{10}CH_2(OCH_2CH_2)_7OH$ ] ومادة فعالة سطحياً أيونية دودوسيل البنزن سلفونات الصوديوم (SDBS) [ $CH_3(CH_2)_{10}CH_2C_6H_4SO_3Na$ ] ومزيجهما باستخدام جهاز الحلقة بطريقة Du.Nouy، عند درجة حرارة الغرفة ( $298 \pm 2$  °K)، واستخدم المنحنى البياني الممثل لتغير قيم التوتر السطحي مع لوغارتم التركيز في تعيين قيم التركيز الميسيلي الحرج critical micelle concentrations (CMC)، والتركيز السطحي الأعظمي ( $\Gamma_{max}$ ) والمساحة الأصغرية التي يشغلها الجزيء على السطح ( $A_{min}$ )، وطول محور الجزيء ( $\delta$ )، وكذلك ثابت توازن عملية الامتزاز في الطبقة الفاصلة ماء - هواء ( $\alpha$ ). وقيست تغيرات قيم التوتر السطحي بإضافات مختلفة من المواد العضوية واللاعضوية المستخدمة بشكل أساسي في صناعة المنظفات بحيث يكون تركيز المادة الفعالة الوزني (7%) وتركيز المادة المضافة التركيز الوزني نفسه المستخدم في المواصفة القياسية السورية الخاصة بتصنيع المنظفات المنزلية منخفضة الرغوة (2011/272).

وكذلك حُدد تأثير كل من الإضافات السابقة بتركيز مختلفة 2%، 4% و 6% في نقطة التعكر Cloud Point لمحلول المادة الفعالة غير الأيونية ( $C_{12}E_7$ ) 1%، ورسم المنحنى البياني  $T_c=f(c)$  لتغيرات درجة حرارة التعكر بدلالة التركيز لكل مادة على حدة.

الكلمات المفتاحية: إيتوكسيلات الكحول، دودوسيل بنزن سلفونات الصوديوم، كربونات الصوديوم، ميثا سيليكات الصوديوم، بيركربونات الصوديوم، بربورات الصوديوم، تري بولي فوسفات الصوديوم، بولي ثنائي ميثيل سيلوكسان، نقطة التعكر للمادة الفعالة سطحياً غير الأيونية  $C_{12}E_7$  بوجود هذه المركبات.

(1) طالب ماجستير، (2) الأستاذ المشرف، (3) الأستاذ المشرف المشارك، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

# A Study of the surface properties of the aqueous solution of nonionic surfactant ( $C_{12}E_7$ ), anionic surfactant (SDBS) and their mixture, and the effect of adding organic and inorganic compounds to their solutions

M. Abou Lebdeh<sup>(1)</sup>; Y. W. Al-Bizreh<sup>(2)</sup>, M. Al-Jebbeh<sup>(3)</sup>

Received 10/06/2013

Accepted 03/12/2013

## ABSTRACT

Surface tension measurement were carried out for nonionic surfactant Alcohol Ethoxylated ( $C_{12}E_7$ ) and anionic surfactant Sodium Dodecyl Benzene Sulphonate (SDBS) and their mixture by means of Du Nouy ring tensiometer in aqueous solution, at room temperature ( $298^{\circ}K \pm 2$ ), Critical micelle concentration (CMC), maximum surface excess ( $\Gamma_{max}$ ), minimum area per molecule ( $A_{min}$ ) and equilibrium constant of adsorption at water-air interfaces were evaluated from a surface tension vs  $\log_{10}C$  plot ( $C$  is concentration). The effect of adding organic or inorganic compounds used mainly in detergents on the surface tension values has been studied in the condition that the concentration of surfactant (7%) and the concentration of any additive is the concentration mentioned in the Syrian National Standard (SASMO) for low foam household detergent (272/2011).

Also the effect of adding the previous compounds at different concentrations 2%, 4%, 6% on the cloud point of nonionic surfactant ( $C_{12}E_7$ ) 1% has been studied, and changes of the cloud point with concentration of each compound separately  $T_{cl} = f(c)$  has been plotted.

**Keywords:** Alcohol Ethoxylates, Sodium Dodecyl Benzene Sulphonate, Sodium Carbonate, Metasilcate, Percarbonate, Barborate, TripolyPhosphate, Polydimethylesiloxane, cloud point of the  $C_{12}E_7$  nonionic surfactant in the presence of those compounds.

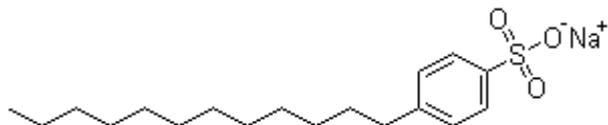
<sup>(1)</sup> MSC., Student, <sup>(2)</sup>Supervisor, <sup>(3)</sup> Associated Supervisor, Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria.

## المقدمة

تعدُّ المواد الفعالة سطحياً Surfactant أكثر المواد استخداماً وتوافراً في مجالات عديدة كيميائية وبيولوجية، وهي تحوي في بنيتها رأساً قطبياً هيدروفيلياً وذيلًا لاقطبياً هيدروفوبياً. هذه البنية الثنائية في المحلول المائي عند تركيز محدد تقود إلى تجمع بنيوي يطلق عليه الغروي micelle يشكل القسم الهيدروفوبي نواة هذا التجمع، والمجموعات القطبية الهيدروفيلية تكون بتماس مع الماء، يدعى هذا التركيز بالتركيز الميسيلي الحرج (CMC) critical micelle concentration.

وتكون المواد الفعالة سطحياً إما أيونية أو كاتيونية أو غير أيونية أو مذنبة [1].

يكون الجزء الحامل للفعالية السطحية في جزيئات المواد الفعالة الأيونية عبارة عن أيون طويل السلسلة، وتتضمن طائفة مهمة من المركبات مثل الأملاح القلوية للحموض الدسمة (RCOOM) التي تعرف منذ زمن بالصابون. وأملاح حمض السلفو (دوسيل) بنزن سولفونات الصوديوم  $(C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na^+)$  [2].

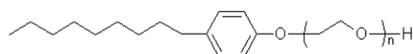


إن المواد الفعالة سطحياً غير الأيونية هي التي لا تترافق مع وجود أيوني في محاليلها المائية، وتعد ناتج تكاثف أكسيد الإثيلين مع أحوال دسمة طويلة السلسلة مثال ذلك:

إيتوكسيلات الكحولات الدسمة  $R-O(CH_2-CH_2O)_nH$  ومنها  $C_{12}E_7$  ذو الصيغة:  
 $C_{12}H_{25}(CH_2CH_2O)_7H$

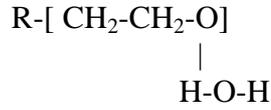


وإيتوكسيلات ألكيل فينول  $R-C_6H_4O(CH_2CH_2O)_nH$



وتعدُّ إيتوكسيلات الكحولات كبديل أساسي عن إيتوكسيلات ألكيل فنول المستخدمة بشكل واسع في صناعة المنظفات إذ تتميز بتفككها الحيوي الأفضل وتأثيرها السمي الأقل في البيئة المائية، وتمتاز بانحلالية جيدة (في درجات الحرارة المنخفضة وتنخفض تلك الانحلالية بارتفاع درجة الحرارة بعكس المادة الفعالة سطحياً الأيونية) ورغوة منخفضة وثباتية ممتازة فضلاً عن أنها لطيفة على البشرة حتى في التراكيز المرتفعة [3].

تتعلق انحلالية هذه المواد بعملية إماهة سلسلة متعددة الإيتوكسيلات إذ يزداد عدد جزيئات ماء الإماهة المرتبطة بالسلسلة بزيادة عدد الزمر الإيتوكسيلية، ومن ثم تتعزز الصفة الهيدروفيلية للمركب الفعال سطحياً غير الأيوني نتيجة الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الماء وذرات الأكسجين في الزمر الإيتيرية. [4].



ونظراً إلى أن طاقة الرابطة الهيدروجينية من رتبة نحو (29 Kcal/mol)، فسوف يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى نزع الماء عن السلسلة الإيتوكسيلية، ويؤدي من ثم إلى تناقص انحلالية المادة الفعالة غير الأيونية، وباستمرار ارتفاع درجة الحرارة يمكن أن يحصل انفصال فجائي إلى طورين، تسمى درجة الحرارة الموافقة لهذا الانفصال بنقطة التعكر (أو التضبيب) (Cloud Point (T<sub>c</sub>)). تتعلق نقطة التعكر بدرجة إيتوكسيلية المادة الفعالة سطحياً غير الأيونية وتعدّ بعداً مميزاً لها. أمّا الكهرليات فيسبب وجودها نزع جزيئات ماء الإماهة بتخريبها الرابطة الهيدروجينية ويؤدي ذلك إلى انخفاض درجة حرارة التعكر وتناقص الانحلالية، ويتعلق هذا الانخفاض بالأيونات السالبة بصورة رئيسة [4].

يُحدّد خواص المادة الفعالة وسلوكها في المحلول المائي بتعيين قيمة CMC التركيز الذي يبدأ عنده التشكل الميسيلي، فالقيمة المنخفضة لـ CMC يعني فعالية سطحية أعلى، إذ يكون عدد جزيئات المادة الفعالة في البنية الميسيلية كبيراً وعددها في المحلول قليلاً ممّا يؤدي إلى انحلالية أفضل ورغوة أقل، وتعتمد قيمة CMC على بنية المادة وتتأثر بدرجة الحرارة وإضافة مواد عضوية أو لاعضوية إما زيادة أو نقصاناً بحسب نوع المادة الفعالة سطحياً أيونية أو غير أيونية [5]. ويعتمد في تعيين قيمة CMC على حدوث اختلاف في الخواص الفيزيائية والكيميائية عند بدء التشكل الميسيلي وهناك عدة طرائق منها: مطيافية التآلق الذري fluorescence spectroscopic techniques [6، 7]، NMR [6، 8]، والتبعثر الضوئي Rayleigh scattering signal (RRS) [9]، والناقلية الكهربائية Electrical conductivity [1، 10]، وأغلب البحوث اعتمدت على استخدام قياس التوتر السطحي surface tension بوصفها الطريقة الأسرع والأدق في تحديد الخصائص السطحية للمواد الفعالة سطحياً وتعيين قيمة CMC [1، 6-15]. يمكن باستخدام تغير قيم التوتر السطحي بتغير التركيز وتطبيق معادلة جيبس في الامتزاز حساب  $\Gamma_{\max}$  التركيز السطحي الأعظمي (الفائض من المادة الفعالة الممتزة على واحدة السطوح من السطح الفاصل ماء/ هواء)، إضافة إلى المساحة الأصغرية  $A_{\min}$  التي يشغلها جزيء المادة الفعالة على السطح، و  $\delta$  طول محور الجزيء و K ثابت توازن عملية الامتزاز.

تستخدم المواد الفعالة سطحياً بشكل كبير في صناعة المنظفات وفي عمليات صناعية مختلفة مثل التعويم ونقل النفط والاستحلاب واستخلاص الزيت، ويكون استخدامها عادة في المنتجات الصناعية وغيرها من التطبيقات العملية كمزيج ثنائي من مواد فعالة، مع إضافات مختلفة من مواد عضوية ولا عضوية، وذلك بسبب أن تقنيات تصنيع تلك المواد أساساً تشكل مزائج من عدة مواد من الصعب تنقيتها. أيضاً لأسباب اقتصادية وذلك لأن أداء المزائج أفضل من المواد الإفرادية [7، 9، 12، 15]. والانتشار الواسع لاستخدام مزائج المواد الفعالة في العمليات الصناعية أثار اهتمام كثير من الباحثين، ونشر في القرن الأخير عدة بحوث في خواص مزائج المواد الفعالة إذ تشكل المواد الفعالة سطحياً تجمعات ميسيلية تحوي مزيجاً من المكونات يمكن أن تؤدي إلى انخفاض إضافي في قيمة CMC زيادة عن أي من المكونات بشكل إفرادي بسبب فعل التآزر synergistic، ويختلف باختلاف نوع مكونات المزيج ففي بعض الحالات يؤدي مزج مادتين أيونية وغير أيونية إلى تشكيل المادة الفعالة غير الأيونية حاجزاً يعيق التناثر بين الرؤوس القطبية للمادة الفعالة الأيونية في داخل البنية الميسيلية يتسبب في استقرار البنية الميسيلية ومن ثم في انخفاض في قيمة CMC [7، 9، 11]. وقد لا يحدث التآزر [12، 13] ويدرس إمكانية حدوث التآزر بإجراء قياسات التوتر السطحي و CMC للمزيج ومقارنتها بتلك المحسوبة باستخدام معادلات جوس وميللر Miller, Joos. أيضاً يمكن أن تؤثر إضافة الكهرلينات إلى المادة الفعالة الأيونية في تشكيل حاجز يعيق التناثر بين الرؤوس القطبية في البنية الميسيلية؛ مما يؤدي إلى انخفاض قيمة CMC، في حين إضافتها إلى المادة الفعالة غير الأيونية يسبب اختلافاً بسيطاً إما زيادة أو نقصاناً في قيمة CMC [16].

#### الهدف من البحث

دراسة الخواص السطحية للمحاليل المائية لمادة فعالة سطحياً غير أيونية ومادة فعالة سطحياً أيونية ومزيجهما، فضلاً عن تأثير إضافة الأملاح المختلفة المستخدمة في صناعة المنظفات على تلك الخواص.

#### مواد البحث وطرقه

##### المواد المستخدمة

1- المواد الفعالة سطحياً وقد استخدمت مواد تجارية تم الحصول عليها من معامل محلية لصناعة المنظفات:

- إيتوكسيلات الكحول ذو الصيغة العامة  $(C_{12}-H_{25}(OCH_2CH_2)_7OH)$  كتلته المولية (g 501) ويرمز له بـ  $(C_{12}E_7)$ .

- دودوسيل البنزن سلفونات الصوديوم ذو الصيغة العامة  $(C_{12}-H_{25}C_6H_4SO_3Na)$  والكتلة المولية (g 348.48) يرمز له بـ (SDBS).

## 2- المواد العضوية واللاعضوية المضافة:

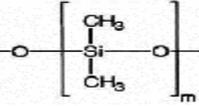
-كربونات الصوديوم اللامائية ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) نقي كيميائياً (Merck)

-ميتا سيليكات الصوديوم ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) تم الحصول عليه من معمل المنظفات.

-بيركربونات الصوديوم ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$ ) نقي كيميائياً (Merck).

-بربورات الصوديوم ( $\text{NaBO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) نقي كيميائياً (Merck).

-تري بولي فوسفات الصوديوم اللامائية ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) نقي كيميائياً (Merck).

-بولي ثنائي ميتيل سيلوكسان ذو الصيغة العامة  من معمل المنظفات.

### الأجهزة والأدوات المستخدمة

استخدم الجهاز SEO-DST30 (صناعة ألمانية) في قياس التوتر السطحي ( $\sigma$ ) للمحاليل المائية بطريقة نزع الحلقة (Du Nouy) بقياس القوة الميكانيكية اللازمة لاقتلاع حلقة بلاتين - إيريديوم معروفة القطر ( $R_R$ ) عن سطح السائل.

وتقاس درجة التعكر باستخدام سخان مع خلاط كهربائي لتأمين التجانس صناعة شركة BioCote الأيكليزية، وحمام مائي مع ميزان حرارة  $100-10^\circ\text{C}$ .

### طريقة العمل

#### أولاً: تحضير المحاليل:

1- يحضر محلول كل من المادتين الفعاليتين على حدة بحيث يكون تركيز المحلول الأم ( $10 \text{ g/l}$ )، ويمدد هذا المحلول للحصول على 15 محلولاً بتركيز مختلفة (7-3-1-0.7-0.3-0.1-0.07-0.03-0.01-0.007-0.003-0.001-0.0007-0.0003-0.0001  $\text{g/l}$ ).

2- يحضر مزيج المادتين الفعاليتين سطحياً بحيث يكون الكسر المولي لكل منهما 0.5 وتركيز المحلول الأم من المواد الفعالة ( $10 \text{ g/l}$ ) (أو بمزج حجوم متساوية من محلولي المادتين  $10 \text{ g/l}$ ) ويمدد هذا المحلول للحصول على التراكيز السابقة نفسها.

3- يحضر محلول مزيج المادة الفعالة مع كل من المواد العضوية واللاعضوية السابقة بحيث يكون تركيز المادة الفعالة ( $10 \text{ g/l}$ ) ونسبة المادة المضافة يختلف بحسب المادة المستخدمة كما هو وارد في المواصفة القياسية السورية كما يأتي:

كربونات الصوديوم اللامائية عدا المتولدة عن بير كربونات الصوديوم 15% وزناً.  
مواد سيليكاتية (ميتا سيليكات الصوديوم) مقدرة على شكل ( $\text{SiO}_2$ ) 2%. إذ نسبة  $\text{SiO}_2$  في المادة 28.67%.

مواد مبيضة (بيركربونات الصوديوم وبربورات الصوديوم) مقطرة كأكسجين فعال 2.5%.

مواد مزيله لعسرة المياه (تري بولي فوسفات الصوديوم) 20%.

مواد مضادة للرغوة (بولي ثنائي ميثيل سيلوكسان) 0.07 % .

يمدد كل من المحاليل للحصول على 15 محلولاً بتركيز مختلفة (التركيز المحضرة نفسها لمحلول المادة الفعالة الصرفة دون ملح).

4- يحضر محلول 1% وزني من المادة الفعالة غير الأيونية ( $C_{12}E_7$ ) على أن يمزج

مع كل من محاليل المواد السابقة الحاوية 2% و 4% و 6% وذلك لقياس درجة التعكر.

## ثانياً : العمل التجريبي:

### 1- قياس التوتر السطحي:

تعلق الحلقة المصنوعة من البلاتين والإيريديوم بعد غسلها بالكحول الإيثيلي وحرقتها بلهب بنسن على ذراع الميزان ويملاً وعاء القياس إلى نصفه بالسائل المراد قياسه ويوضع على طاولة القياس.

ترفع طاولة القياس حتى تصبح الحلقة تحت مستوى السائل بنحو 0.5 cm، وتترك حتى يهدأ السائل، ثم يصفر الجهاز. بعد ذلك تخفض طاولة القياس حتى تنفصل الحلقة بشكل كامل عن سطح السائل، يظهر على الشاشة القوة العظمى اللازمة لانفصال الحلقة عن سطح السائل F، وقيمة التوتر السطحي: (R- قطر الحلقة، f - عامل تصحيح).

$$\sigma = \frac{f \times F}{2\pi R}$$

يعاير الجهاز بالماء المقطر ( $\sigma = 71.97 \text{ mN/m}$ ). وتُقاس المحاليل الأخفض تركيزاً قبل الأكثر تركيزاً. تعاد القياسات عدة مرات بحيث لا يتجاوز الخطأ ( $2\pm \text{ mN/m}$ ). تضبط درجة الحرارة 298 k° باستخدام ترموستات مائي.

### 2- تعيين نقطة التعكر:

نقطة التعكر هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها ظهور التعكر لمحلول المادة الفعالة سطحياً غير الأيونية نتيجة الانفصال الطوري. ولتعيينها يسخن ماء ابتداءً من درجة الحرارة العادية وبسرعة 3-5 min/c° مع استخدام خلاط لتأمين التجانس، يؤخذ 10 ml من كل من المحاليل السابقة وبشكل منفصل وتعين درجة الحرارة التي يبدأ عندها التعكر باستخدام ميزان حرارة 10-100 c°. بخطأ  $\pm 1 \text{ c}^\circ$ ، كذلك تلاحظ تلك الدرجة عند التبريد حيث يصبح المحلول صافياً [20,4].

### ثالثاً: حساب الأبعاد السطحية:

ترسم أولاً التابعية  $\sigma = f(\log C)$  لكل من محاليل التجربة، إذ نحصل على منحنى تتخفف فيه قيمة التوتر السطحي بارتفاع التركيز بسرعة حتى تركيز معين يصبح عنده الانخفاض بطيئاً يحدد هذا التركيز قيمة CMC، ويمكن تعيينه تجريبياً برسم المستقيمين الممثلين لهذا التغير، إذ نقطة تقاطع المستقيمين تحدد قيمة CMC .

ويمكن أيضاً تعيين التركيز السطحي الأعظمي ( $\Gamma_{max}$  maximum surface excess) بالتمثيل البياني  $\sigma_0 - \sigma = f(\ln C)$  وهي علاقة خطية بحسب معادلة شيشكوفسكي في حالة التراكيز الصغيرة [وهي معادلة مستمدة أصلاً من معادلة جيبس Gibbs equation المعادلة (1) في الامتزاز على السطوح الفاصلة] بحسب ما يأتي:

$$d\sigma = \Gamma_{max} R \cdot T \cdot d \ln c \quad \text{المعادلة (1)}$$

تمثل  $\alpha$  الفعالية، وعندما تكون تراكيز المحاليل المدروسة ممددة جداً تصبح  $\alpha=c$ ، وبمكاملة هذه العلاقة نحصل على علاقة شيشكوفسكي من أجل المحاليل الممددة:

$$\int_{\sigma_0}^{\sigma} d\sigma = \int_{c(\Gamma=0)}^{c(\Gamma=\max)} RT\Gamma \ln C$$

$$\Delta\sigma = \sigma_0 - \sigma = b \ln k \cdot C = b \ln k + b \ln C \quad \text{المعادلة (2)}$$

إذ:  $b = \Gamma_{max} RT$ ، ومنه يمكن حساب التركيز السطحي الأعظمي  $\Gamma_{max}$ :

$$\Gamma_{max} = \frac{b}{RT} \quad \text{المعادلة (3)}$$

إذ:  $R$  - ثابت الغازات العام ويساوي 8.313 J/mol.k .

$T$  - درجة الحرارة المطلقة، ثبتت في التجربة عند  $298 \text{ K} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  باستخدام

ترموستات.

يساعد حساب  $\Gamma_{max}$  في تحديد المقطع العرضي لجزيء المادة المدروسة أو المساحة الأصغر التي يشغلها جزيء المادة الفعالة على السطوح الفاصلة  $A_{min}$  ( $\text{m}^2$ ) بحسب العلاقة:

$$A_{min} = \frac{A_0}{N_0} = \frac{1}{\Gamma_{max} \cdot N_0} \quad \text{المعادلة (4)}$$

إذ:  $N_0$  - عدد أفوكادرو ويساوي  $6.023 \times 10^{23}$

وكذلك في حساب طول محور الجزيء  $\delta$  (m):

$$\delta = \frac{\Gamma_{max} \cdot M}{\rho}$$

المعادلة (5)

إذ:  $\rho$  - كثافة المحلول ( $\text{kg/m}^3$ )

$M$  - الكتلة المولية للمادة المدروسة ( $\text{kg}$ ).

ومن المعادلة (1) عندما  $\sigma_0 - \sigma = 0$  يكون  $\ln k = -\ln C$  أي  $\ln k = 0$  ومنه يمكن حساب ثابت توازن الامتزاز  $k$  من تقاطع المستقيم الممثل للعلاقة  $\sigma_0 - \sigma = f(\ln C)$  مع محور  $\ln C$ .

### النتائج والمناقشة

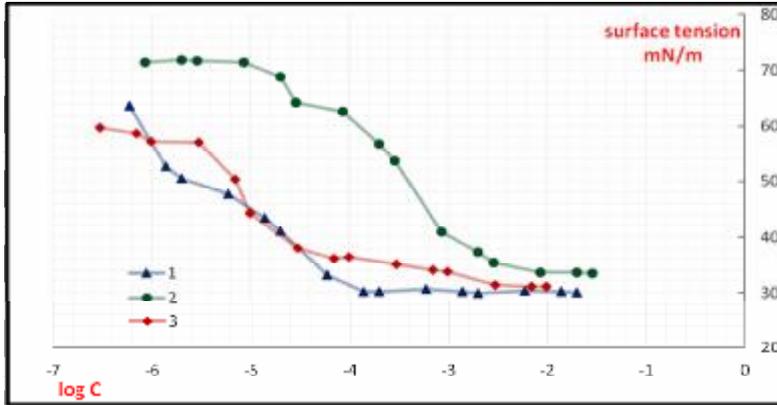
#### 1- تغير التوتر السطحي بتغير التركيز للمادتين الفعاليتين ومزيجهما:

تحضر محاليل التجربة بالتركيز الواردة بتحضير محاليل المواد الفعالة، ويقاس التوتر السطحي لكل محلول، يعاد القياس عدة مرات يعطي الجدول (1) قيمة الوسطي لقياسات للتوتر السطحي:

الجدول (1) تغير التوتر السطحي بتغير التركيز للمحاليل المائية لـ  $\text{C}_{12}\text{E}_7$  و  $\text{SDBS}$  ومزيجهما

SDBS:C <sub>12</sub> E <sub>7</sub> 0.5:0.5		SDBS		C <sub>12</sub> E <sub>7</sub>	
التوتر لسطحي $\sigma$ mN/m	التركيز (C <sub>12</sub> E <sub>7</sub> ) C (M)	التوتر لسطحي $\sigma$ mN/m	التركيز C (M)	التوتر لسطحي $\sigma$ mN/m	التركيز C (M)
59.67	$3 \cdot 10^{-7}$	71.50	$8.6 \cdot 10^{-7}$	63.67	$6.0 \cdot 10^{-7}$
58.64	$7 \cdot 10^{-6}$	71.95	$2.0 \cdot 10^{-6}$	52.66	$1.4 \cdot 10^{-6}$
57.27	$1 \cdot 10^{-6}$	71.71	$2.9 \cdot 10^{-6}$	50.52	$2 \cdot 10^{-6}$
57.10	$3 \cdot 10^{-6}$	71.48	$8.6 \cdot 10^{-6}$	47.63	$6.0 \cdot 10^{-6}$
50.40	$7 \cdot 10^{-5}$	68.85	$2.0 \cdot 10^{-5}$	43.49	$1.4 \cdot 10^{-5}$
44.25	$1 \cdot 10^{-5}$	64.26	$2.9 \cdot 10^{-5}$	41.08	$2.0 \cdot 10^{-5}$
37.98	$3 \cdot 10^{-5}$	62.62	$8.6 \cdot 10^{-5}$	33.19	$6.0 \cdot 10^{-5}$
36.13	$7 \cdot 10^{-4}$	56.78	$2.0 \cdot 10^{-4}$	30.25	$1.4 \cdot 10^{-4}$
36.34	$1 \cdot 10^{-4}$	53.65	$2.9 \cdot 10^{-4}$	30.19	$2.0 \cdot 10^{-4}$
35.09	$3 \cdot 10^{-4}$	40.95	$8.6 \cdot 10^{-4}$	30.73	$6.0 \cdot 10^{-4}$
34.03	$7 \cdot 10^{-3}$	37.21	$2.0 \cdot 10^{-3}$	30.30	$1.4 \cdot 10^{-3}$
33.75	$1 \cdot 10^{-3}$	35.42	$2.9 \cdot 10^{-3}$	29.94	$2.0 \cdot 10^{-3}$
31.45	$3 \cdot 10^{-3}$	33.65	$8.6 \cdot 10^{-3}$	30.43	$6.0 \cdot 10^{-3}$
31.09	$7 \cdot 10^{-2}$	33.59	$2.0 \cdot 10^{-2}$	30.25	$1.4 \cdot 10^{-2}$
31.15	$1 \cdot 10^{-2}$	33.43	$2.9 \cdot 10^{-2}$	30.16	$2.0 \cdot 10^{-2}$

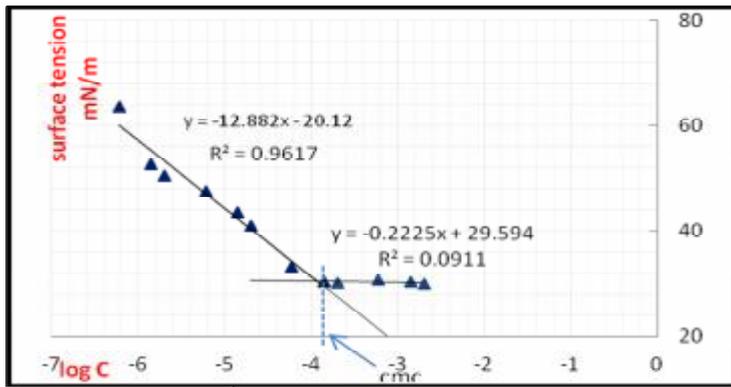
تمثل النتائج في الجدول السابق بيانياً بالمنحنيات  $\sigma = f(\log C)$  (الشكل 1) ويشمل العلاقة بين قيم التوتر السطحي ولوغارتم التركيز لكل من المادتين (المنحني 1، 2) وتركيز  $C_{12}E_7$  في المزيج (كسر جزيئي 0.5:0.5) (المنحني 3) بالشكل (1)، إذ يكون شكل المنحني متماثلاً في المنحنيات كلها بأن تتخفف قيم التوتر السطحي مع زيادة التركيز وتكون هذه العلاقة خطية في حدود التركيز القريب من قيمة التركيز الحرج للتشكل الميسيلي إذ يبدأ الميل الخطي بالتغير.



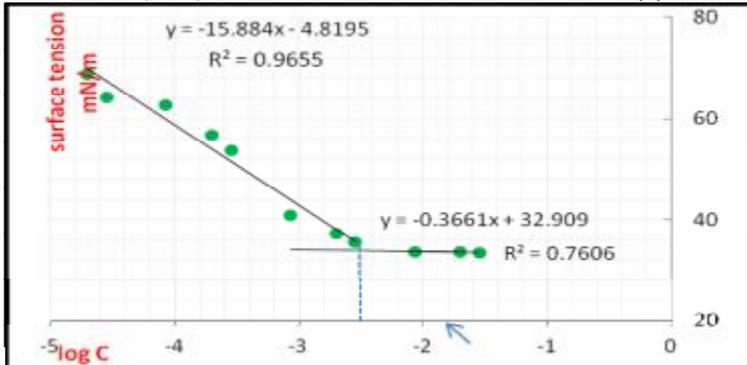
الشكل (1) تابعة التوتر السطحي للوغارتم التركيز لكل من  $C_{12}E_7$  (1)، SDBS (2)، مزيج (الكسر المولي 0.5:0.5)  $SDBS:C_{12}E_7$  (3)

ويظهر من الشكل أن قيم التوتر السطحي عند التركيز الميسيلي الحرج للمادة الفعالة غير الأيونية  $C_{12}E_7$  أقل بكثير من المادة الفعالة الأيونية SDBS :  $\sigma_{CMC}(SDBS) \approx 33$  mN/m ،  $\sigma_{CMC}(C_{12}E_7) \approx 30$  mN/m وهذا يتوافق مع القيم المرجعية [17، 18]، مما يدل على أن  $C_{12}E_7$  أكثر فعالية سطحية من SDBS. ومزيج المادتين يبدو أنه أقرب من المادة الفعالة غير الأيونية مع ارتفاع بسيط في قيم التوتر السطحي عند التركيز الحرج.

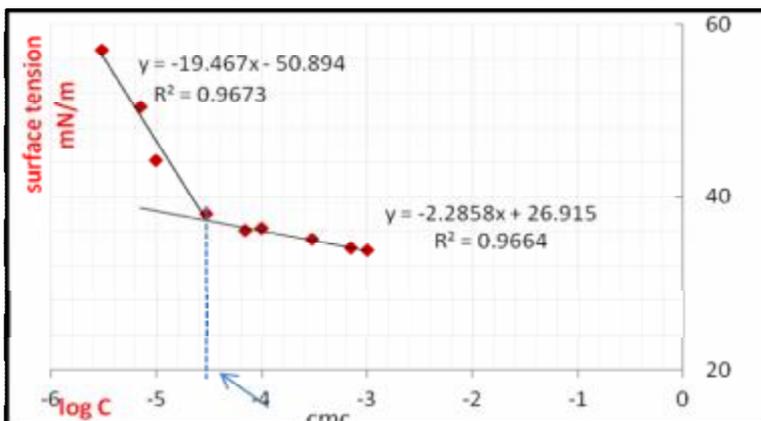
ولتحديد قيمة CMC يرسم المستقيمان الممثلان لتغيرات قيم التوتر السطحي بتغير التركيز في مجال التراكيز الصغيرة إذ يكون التغير كبيراً، وفي مجال التراكيز الأعلى عند التغير في ميل المنحني، إذ تمثل نقطة تقاطع المستقيمين التركيز الحرج الميسيلي CMC، كما في الأشكال (2، 3، 4).



الشكل (2) تحديد قيمة CMC للمادة الفعالة سطحياً غير الأيونية  $C_{12}E_7$

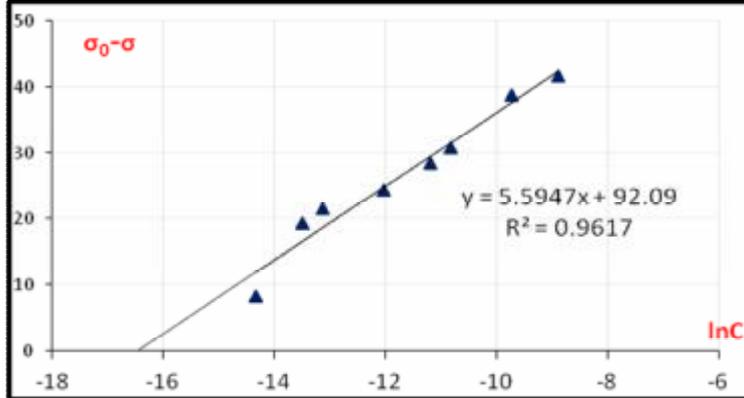


الشكل (3) تحديد قيمة CMC للمادة الفعالة سطحياً الأيونية SDBS

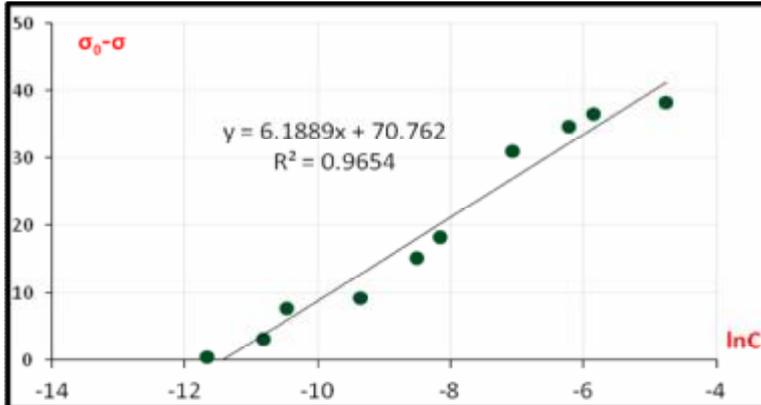


الشكل (4) تحديد قيمة CMC لمزيج الكسر المولي (0.5:0.5)  $SDBS:C_{12}E_7$

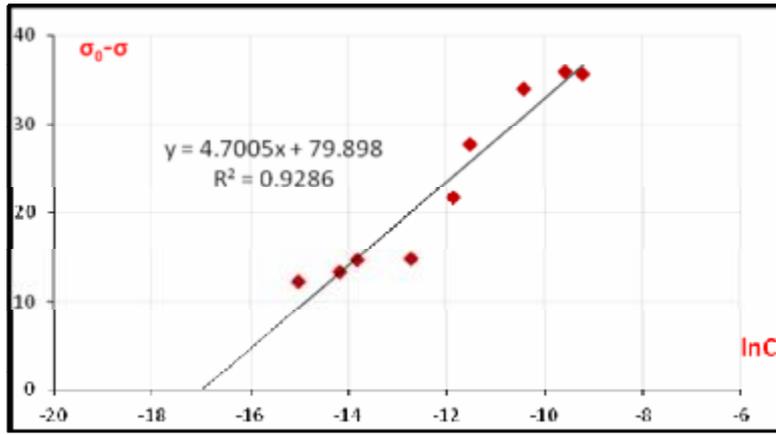
ولحساب قيمة التركيز السطحي الأعظمي من المادة الفعالة في كل وحدة سطحية من السطح الفاصل ماء/هواء  $\Gamma_{\max}$  والأبعاد السطحية لكل من المحاليل باستخدام معادلة شيشكوفسكي، ترسم التابعية  $\sigma_0 - \sigma = f(\ln C)$  لكل من المادتين ومزيجهما كل على حدة بحسب الأشكال (5، 6، 7) إذ  $b$  في معادلة شيشكوفسكي يساوي ميل المستقيم في كل من المواد المدروسة، ومن قيمة  $\Gamma_{\max}$  يمكن الحصول على المساحة الأصغر التي تشغلها الجزيئة من السطح الفاصل  $A_{\min}$ ، وكذلك طول محور الجزيء  $\delta$  على السطح باستخدام المعادلتين (4، 5). أيضاً يمكن باستخدام المنحنيات البيانية (5، 6، 7) ومن نقطة تقاطع كل من المستقيمتين مع محور  $\ln C$  نحصل على  $\ln k$  إذ  $k$  ثابت توازن عملية الامتزاج.



الشكل (5) التابعية  $\sigma_0 - \sigma = f(\ln C)$  للمادة الفعالة سطحياً غير الأيونية  $C_{12}E_7$



الشكل (6) التابعية  $\sigma_0 - \sigma = f(\ln C)$  للمادة الفعالة سطحياً الأيونية SDBS

الشكل (7) التابعية  $\sigma_0 - \sigma = f(\ln C)$  لمزيج الكسر المولي  $C_{12}E_7(0.5:0.5)$  و SDBS

والقيم الناتجة من حساب الأبعاد السطحية لكل من المادتين ومزيجهما مدرجة في الجدول (2).

الجدول (2) الأبعاد السطحية لكل من المواد الفعالة  $C_{12}E_7, SDBS$  ومزيجهما.

المادة الفعالة	CMC M	$\Gamma_{max}$ Mol/m <sup>2</sup>	A <sub>min</sub> A <sup>2</sup>	$\delta$ A <sup>o</sup>	Ln k	k
$C_{12}E_7$	$1.18 \cdot 10^{-4}$	$2.26 \cdot 10^{-6}$	73.52	11.31	16.28	$1.17 \cdot 10^{+7}$
SDBS	$3.70 \cdot 10^{-3}$	$2.50 \cdot 10^{-6}$	66.47	8.72	11.32	$8.28 \cdot 10^{+4}$
المزيج	$2.96 \cdot 10^{-5}$	$1.90 \cdot 10^{-6}$	87.51	9.51	16.64	$1.69 \cdot 10^{+7}$

نلاحظ أن قيمة CMC للمادة الفعالة سطحياً غير الأيونية  $C_{12}E_7$  أقل من المادة الفعالة الأيونية SDBS وهذا يعني وجوداً أكبر لجزيئات المادة الفعالة سطحياً غير الأيونية في البنية الميسيلية [5، 18] لكن تختلف تلك القيم قليلاً عن القيم المرجعية  $CMC_{C_{12}E_7} = 8.7 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$  [19]  $CMC_{SDBS} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$  [20] يمكن أن يعزى ذلك لاستخدام مواد فعالة تجارية، كذلك تحديدها معرض للخطأ لأن التغير يحدث في مجال ضيق جداً من التركيز. وبحساب قيمة CMC للمزيج باستخدام معادلة كلينت [14].

$$\frac{1}{CMC^*} = \frac{X_1}{CMC_1} + \frac{1-X_1}{CMC_2}$$

$CMC_1, CMC_2, CMC^*$  التراكيز الحرجة للتشكل الميسيلي لـ  $C_{12}E_7, SDBS$  والقيمة المحسوبة للمزيج على الترتيب.

$$X1 = \frac{n1}{n1+n2} \quad \text{-X1 الكسر الجزيئي للمادة الفعالة 1 (C}_{12}\text{E}_7) \text{ ويساوي 0.5:}$$

$n_1, n_2$  - عدد مولات لـ  $\text{C}_{12}\text{E}_7$ , SDBS. على الترتيب.

إذ يدل الحساب على قيمة  $\text{CMC}^* = 2.34 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$ ، وهذه القيمة أكبر من القيمة الناتجة تجريبياً؛ مما يدل على احتمال حدوث تآزر synergism في داخل البنية الميسلية للمادتين.

## 2- تأثير المواد العضوية واللاعضوية:

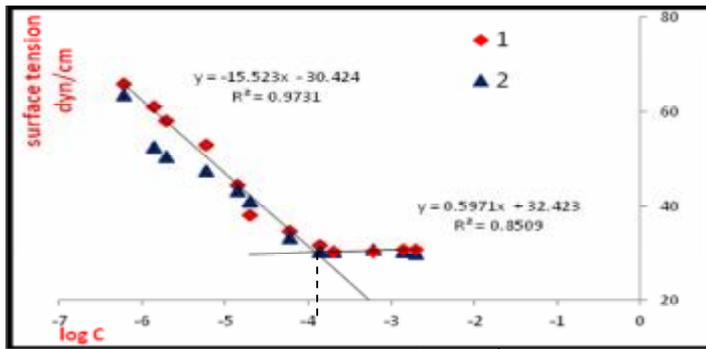
### 2-1- تغيير قيم التوتر السطحي بإضافة المواد العضوية واللاعضوية إلى $\text{C}_{12}\text{E}_7$ :

يحضر محلول المادة الفعالة مع كل من الأملاح الواردة في فقرة تحضير المحاليل، ويقاس التوتر السطحي لكل منها والقيم الناتجة مبينة في الجدول (3):

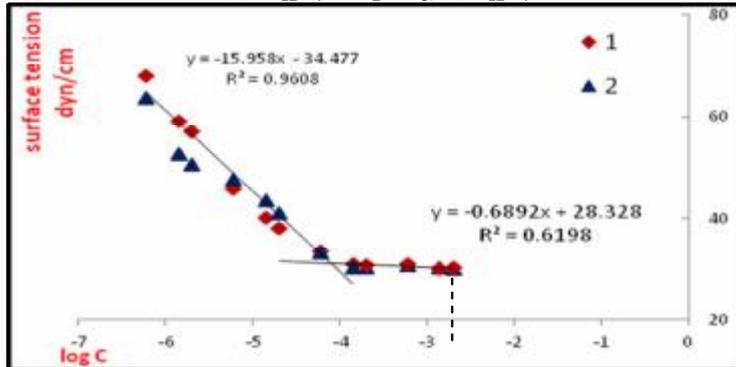
### الجدول (3) تأثير إضافة الأملاح المختلفة إلى $\text{C}_{12}\text{E}_7$ في قيم التوتر السطحي

التوتر السطحي $\sigma$ (mN/m)							التركيز (C) (M)
بولي تناني متيل سيلوكسان	تري بولي فوسفات الصوديوم	بيرورات الصوديوم	بير كربونات الصوديوم	ميثا سيليكات الصوديوم	كربونات الصوديوم	بدون ملح	
58.48	68.11	63.01	70.97	65.88	67.70	64.09	$6.0 \times 10^{-7}$
54.22	59.32	59.47	61.91	61.14	58.83	52.66	$1.4 \times 10^{-6}$
48.96	56.92	57.40	59.73	58.17	56.87	50.52	$2 \times 10^{-6}$
44.28	52.95	52.56	55.74	53.14	45.64	47.59	$6.0 \times 10^{-6}$
37.46	40.81	43.71	45.61	44.53	39.99	41.27	$1.4 \times 10^{-5}$
33.97	39.96	38.18	36.14	38.11	37.93	38.99	$2.0 \times 10^{-5}$
27.83	32.14	31.48	33.27	34.73	33.22	30.45	$6.0 \times 10^{-5}$
28.39	31.01	31.35	31.68	31.64	30.85	30.79	$1.4 \times 10^{-4}$
28.05	30.31	30.69	30.33	30.26	30.63	29.84	$2.0 \times 10^{-4}$
29.16	29.88	30.49	30.84	30.37	30.72	29.81	$6.0 \times 10^{-4}$
30.13	29.63	30.35	30.51	30.85	29.91	29.63	$1.4 \times 10^{-3}$
28.05	29.68	30.42	30.21	30.76	30.14	29.70	$2.0 \times 10^{-3}$
28.44	29.75	30.43	29.97	30.60	30.11	29.67	$6.0 \times 10^{-3}$
25.62	29.61	30.60	30.29	30.11	30.46	29.69	$1.4 \times 10^{-2}$
28.36	29.74	29.99	30.05	29.55	30.39	30.22	$2.0 \times 10^{-2}$

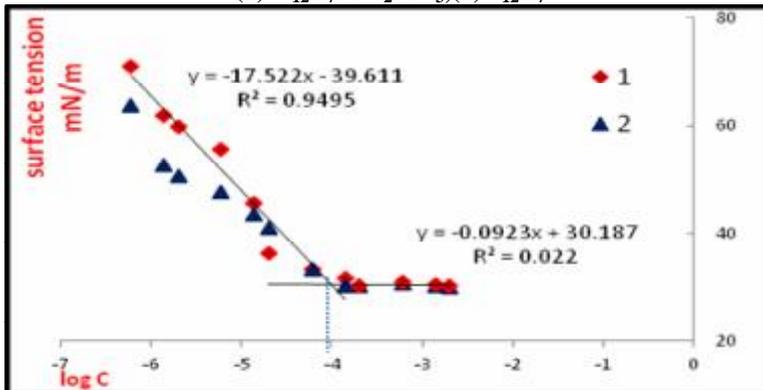
يلاحظ من الجدول أن قيم التوتر السطحي لكل من المحاليل قريبة من بعضها، إذ لم تؤثر إضافة أي من الأملاح في تلك القيم بشكل ملحوظ، وللمقارنة ترسم المنحنيات البيانية  $\sigma = f(\log C)$  للمادة الفعالة سطحياً من دون وجود الملح أو معه في الأشكال (8،9،10،11،12،13):



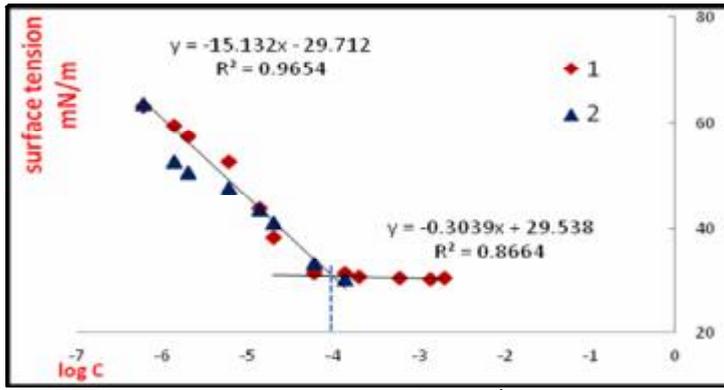
الشكل (8) تأثير إضافة كربونات الصوديوم إلى  $C_{12}E_7$   
(1)  $C_{12}E_7+Na_2CO_3$ , (2)  $C_{12}E_7$



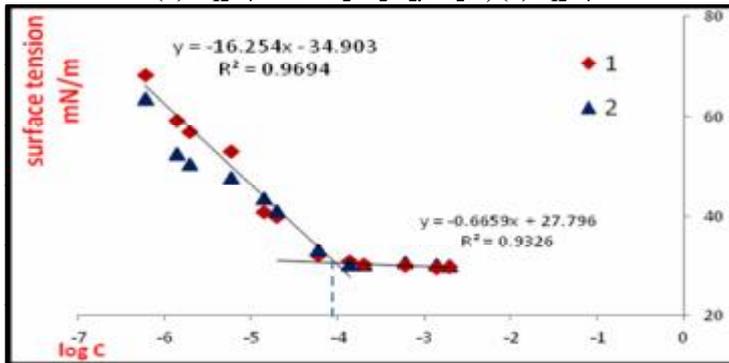
الشكل (9) تأثير إضافة ميتا سيليكات الصوديوم إلى  $C_{12}E_7$   
(1)  $C_{12}E_7+Na_2SiO_3$ , (2)  $C_{12}E_7$



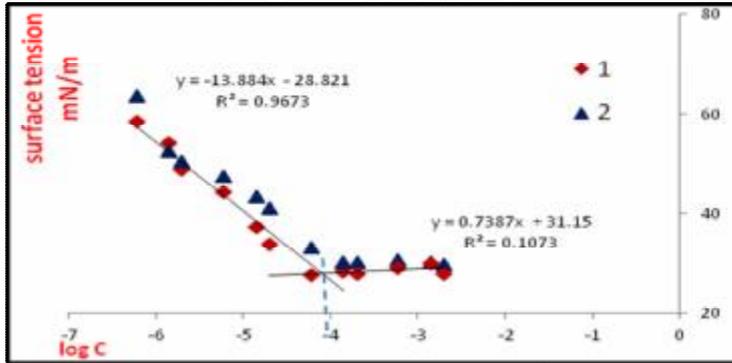
الشكل (10) تأثير إضافة بير كربونات الصوديوم إلى  $C_{12}E_7$   
(1)  $C_{12}E_7+Na_2CO_3 \cdot 1.5H_2O$ , (2)  $C_{12}E_7$



الشكل (11) تأثير إضافة يريورات الصوديوم إلى  $C_{12}E_7$   
(1)  $C_{12}E_7 + NaBO_2 \cdot H_2O_2 \cdot 3H_2O$ , (2)  $C_{12}E_7$



الشكل (12) تأثير إضافة تري بولي فوسفات الصوديوم إلى  $C_{12}E_7$   
(1)  $C_{12}E_7 + Na_5P_3O_{10}$ , (2)  $C_{12}E_7$



الشكل (13) تأثير إضافة بولي دي مثيل سيلوكسان إلى  $C_{12}E_7$   
(1)  $C_{12}E_7 + Polydimethylsiloxane$ , (2)  $C_{12}E_7$

تبدو أشكال المنحنيات من دون إضافة الملح أو معه لكل من المحاليل السابقة قريبة من بعضها ما عدا حالة إضافة بولي ثنائي ميثيل سيلوكسان إذ تنخفض قيمة التوتر السطحي  $\sigma$  قليلاً، وقيم CMC للمادة الفعالة بوجود كل من الأملاح السابقة تظهر في الجدول (4)، ويبدو أن تلك القيم مساوية تقريباً لقيمتها من دون إضافة الملح، وهي أقل قليلاً في حالة إضافة بولي ثنائي ميثيل سلوكسان وكربونات الصوديوم.

الجدول (4) قيمة التركيز الحرج الميسيلي للمادة الفعالة سطحياً  $C_{12}E_7$  من دون إضافة الأملاح أو معه.

المادة المضافة	من دون ملح	كربونات الصوديوم	ميثا سيليكات الصوديوم	بير كربونات الصوديوم	بريورات الصوديوم	تري بولي فوسفات الصوديوم	بولي ثنائي ميثيل سيلوكسان
CMC (M)	$1.18 \times 10^{-4}$	$7.70 \times 10^{-5}$	$1.26 \times 10^{-4}$	$9.89 \times 10^{-5}$	$1.01 \times 10^{-4}$	$9.50 \times 10^{-5}$	$7.92 \times 10^{-5}$

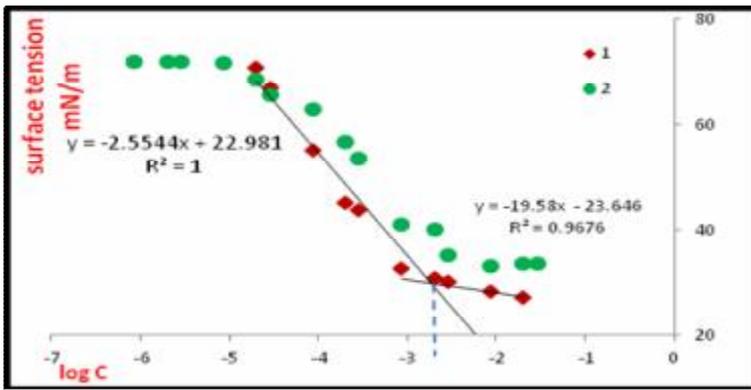
## 2-2- تغيير قيم التوتر السطحي بإضافة المواد العضوية واللاعضوية إلى SDBS:

تضاف المواد العضوية واللاعضوية إلى محلول دودوسيل البنزن سلفونات الصوديوم، وتحضر المحاليل كما في فقرة تحضير المحاليل ويقاس التوتر السطحي لكل منها، إذ يتم الحصول على النتائج الواردة في الجدول (5):

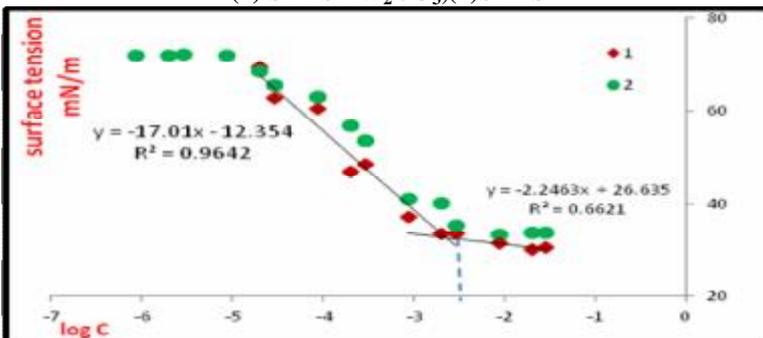
الجدول (5) تأثير إضافة الأملاح المختلفة إلى SDBS في قيم التوتر السطحي

التوتر السطحي $\sigma$ (mN/m)							التركيز (C) (M)
بولي ثنائي ميثيل سيلوكسان	تري بولي فوسفات الصوديوم	بريورات الصوديوم	بير كربونات الصوديوم	ميثا سيليكات الصوديوم	كربونات الصوديوم	بدون ملح	
66.64	—	71.21	71.76	—	71.09	71.50	$8.6 \times 10^{-7}$
64.71	—	71.05	70.02	—	70.86	71.95	$2.0 \times 10^{-6}$
63.04	—	68.19	70.28	—	70.49	71.71	$2.9 \times 10^{-6}$
61.60	70.89	65.51	71.76	71.10	70.87	71.48	$8.6 \times 10^{-6}$
55.26	68.96	59.77	70.02	69.39	70.54	68.85	$2.0 \times 10^{-5}$
48.22	68.04	59.24	66.74	62.68	66.58	64.26	$2.9 \times 10^{-5}$
34.52	60.86	50.96	60.58	60.42	55.00	62.62	$8.6 \times 10^{-5}$
45.35	49.91	47.98	56.46	47.01	45.03	56.78	$2.0 \times 10^{-4}$
44.29	38.21	45.14	51.26	48.46	43.61	53.65	$2.9 \times 10^{-4}$
39.51	33.06	35.29	45.99	37.01	32.49	40.95	$8.6 \times 10^{-4}$
36.65	31.01	32.52	34.60	33.46	30.65	37.21	$2.0 \times 10^{-3}$
35.92	30.63	31.81	31.00	33.52	30.04	35.42	$2.9 \times 10^{-3}$
34.60	29.09	29.15	29.10	31.42	28.12	33.65	$8.6 \times 10^{-3}$
29.56	27.60	28.30	27.92	29.96	27.18	33.59	$2.0 \times 10^{-2}$
32.34	27.36	28.51	27.45	30.44	—	33.43	$2.9 \times 10^{-2}$

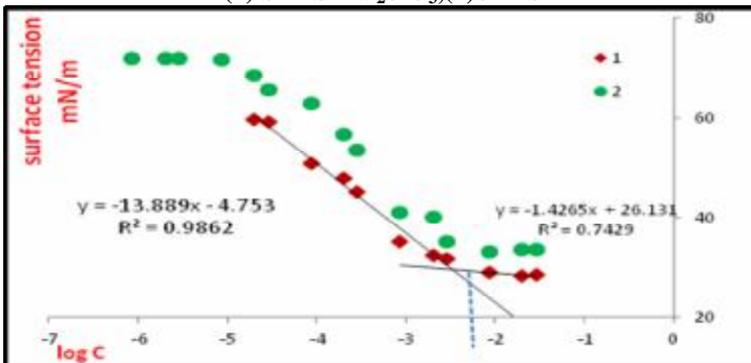
وللمقارنة ترسم المنحنيات البيانية للعلاقة بين قيم التوتر السطحي والتركيز  $\sigma = f(\log C)$  لمحاليل المادة الفعالة من دون إضافة الأملاح أو معه، إذ نحصل على الأشكال (14،15،16،17،18،19):



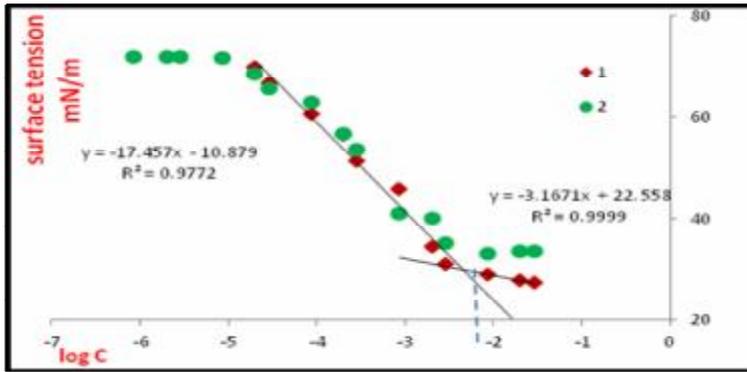
الشكل (14) تأثير إضافة كربونات الصوديوم إلى SDBS  
(1) SDBS+Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, (2) SDBS



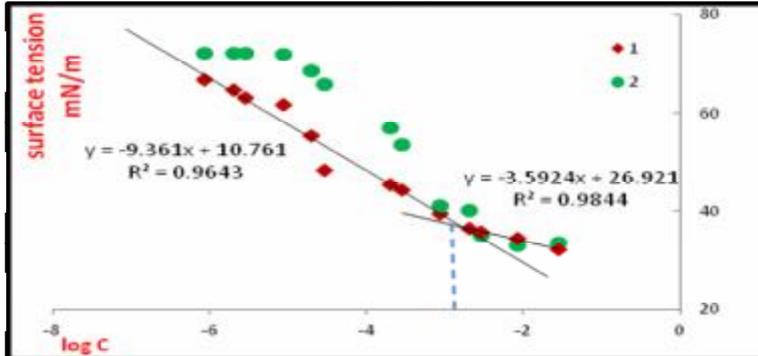
الشكل (15) تأثير إضافة ميتا سيليكات الصوديوم إلى SDBS  
(1) SDBS+Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, (2) SDBS



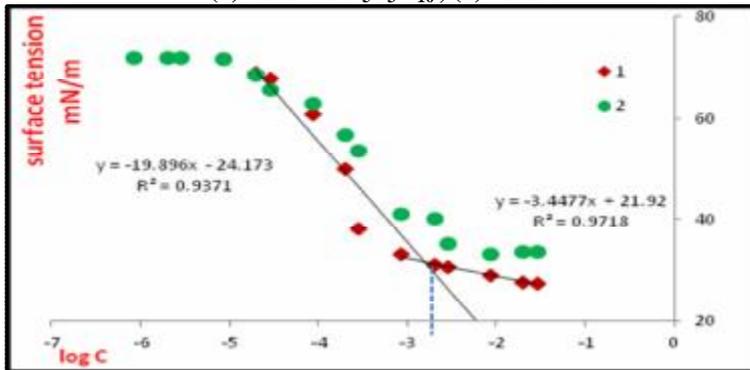
الشكل (16) تأثير إضافة بير كربونات الصوديوم إلى SDBS  
(1) SDBS+Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.1.5H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, (2) SDBS



الشكل (17) تأثير إضافة بربورات الصوديوم إلى SDBS  
(1) SDBS+NaBO<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.3H<sub>2</sub>O, (2)SDBS



الشكل (18) تأثير إضافة تري بولي فوسفات الصوديوم إلى SDBS  
(1) SDBS+Na<sub>5</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>, (2) SDBS



الشكل (19) تأثير إضافة بولي ثنائي ميثيل سيلوكسان إلى SDBS  
(1) SDBS+Polydimethylsiloxane, (2)SDBS

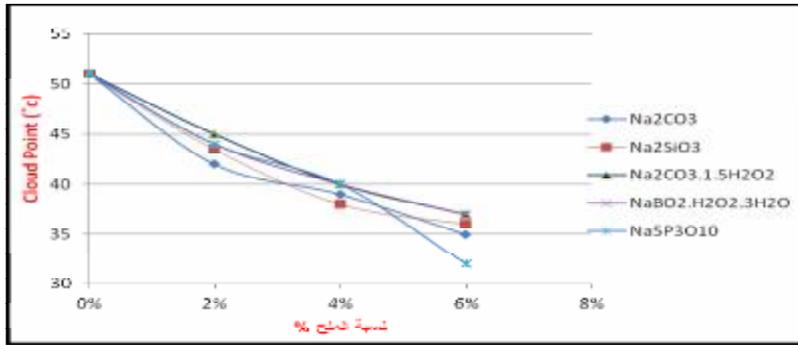
يلاحظ من الأشكال السابقة في حالة المادة الفعالة سطحياً الأيونية كيف تنخفض قيم التوتر السطحي والتركيز الحرج الميسيلي بشكل واضح بوجود الكهليليات، قد يكون ذلك بسبب الفعل المتبادل بين أيونات المادة الفعالة والأيونات المعاكسة من الكهليليت الذي يؤدي بدوره إلى تناقص قيم التوتر السطحي وزيادة الفعالية السطحية. والجدول (6) يبين قيم CMC للمادة الفعالة بوجود وبعدم وجود الملح.

الجدول (6) قيم التركيز الحرج الميسيلي للمادة الفعالة سطحياً SDBS من دون إضافة الأملاح أو معه.

المادة المضافة	من دون ملح	كربونات الصوديوم	ميثا سيليكات الصوديوم	بير كربونات الصوديوم	بربورات الصوديوم	تري بولي فوسفات الصوديوم	بولي ثنائي ميثيل سيلوكسان
CMC (M)	$3.70 \times 10^{-3}$	$1.83 \times 10^{-3}$	$2.29 \times 10^{-3}$	$4.57 \times 10^{-3}$	$3.33 \times 10^{-3}$	$1.58 \times 10^{-3}$	$1.58 \times 10^{-3}$

### 2-3- تغيير نقطة التعكر لـ $C_{12}E_7$ بالإضافات المختلفة:

أولاً: درس تأثير إضافة الأملاح السابقة (كربونات، ميثا سيليكات، بير كربونات، بربورات، تري بولي فوسفات) بتركيز 2%، 4%، 6% في درجة الحرارة التي يظهر عندها التعكر لمحلول 1% من  $C_{12}E_7$ . وتمثل النتائج في الشكل (17) للخط البياني لتغيرات درجة حرارة التعكر بدلالة تركيز الملح المضاف:



الشكل (20) المنحنى البياني لتغيرات  $T=f(c)$

إن وجود الكهليليت يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة التعكر وتناقص الانحلالية، بسبب نزع جزيئات ماء الإمهاة بتخريبها للرابطة الهيدروجينية المسببة في انحلال المادة الفعالة غير الأيونية. وغالباً يتعلق هذا الانخفاض بالأيونات السالبة بصورة رئيسة ويختلف تأثير تلك الأيونات بحسب المخطط  $B O_2^{-1} < CO_3^{-2} \sim SiO_3^{-2} < P_3O_{10}^{-5}$ ، وهذا يتوافق مع المخطط التجريبي المرجعي للأيونات  $(Cl^{-1} < CO_4^{-2})$  من حيث إن الشاردة الأحادية هي الأقل تأثيراً.

ثانياً: درس تأثير إضافة المادة الفعالة سطحياً الأيونية SDBS بتركيز مختلفة (2%)، 4%، 6%) إلى محلول المادة الفعالة سطحياً غير الأيونية  $C_{12}E_7$  (1%) في نقطة التعكر، ولوحظ أن وجود المادة الفعالة الأيونية بالتركيز المدروسة كلها أدى إلى اختفاء نقطة التعكر للمادة الفعالة سطحياً غير الأيونية، أي إلى دعم عملية الإماهة في المحلول بارتفاع درجة الحرارة.

### الاستنتاجات

- دُرستُ الخواص السطحية لمادتين فعالتين غير أيونية وأيونية ومزيجهما وذلك بدراسة تغيرات قيم التوتر السطحي، و من النتائج وبرسم المنحنيات البيانية لتغيرات التوتر السطحي بدلالة التركيز حُسبت الأبعاد السطحية لكل من المحاليل وحصلنا على النتائج الآتية:
- قيم التوتر السطحي و CMC للمادة الفعالة سطحياً غير الأيونية أقل بكثير من المادة الفعالة الأيونية، مما يدل على فعاليتها السطحية العليا.
  - إن نقطة التعكر المنخفضة للمادة الفعالة سطحياً غير الأيونية تدل على انحلاليتها الضعيفة في درجات الحرارة المرتفعة نسبياً، لذلك لا تعمل تلك المواد بشكل جيد إلا في درجات الحرارة المنخفضة (أقل من 50°c) وينصح بالغسيل عند درجات حرارة أقل.
  - إن مزج المادتين ينتج عنه اختفاء في نقطة التعكر حتى في درجات الحرارة المرتفعة وتناقص في التركيز الحرج لذلك يعد مزيج المادتين أكثر فعالية ويمكن استخدامه في درجات الحرارة المختلفة.
  - إضافة المواد العضوية واللاعضوية تسهم في زيادة الفعالية السطحية أي خفض قيم التوتر السطحي CMC للمادة الفعالة سطحياً الأيونية. فضلاً عن دور كل منها في عمليات التنظيف كمواد مبيضة، وخافضة للرغوة، ومالئة.
  - إن الحالة المثلى تتمثل في الإضافات التي تؤدي إلى انخفاض التوتر السطحي لمحلول المادة الفعالة، والخلطات المثالية هي التي تتوافق مع تلك الانخفاضات.

## REFERENCES

1. Domínguez, A. Fernández, A. González, N. Iglesias, E. and Montenegro, L. (1997). Determination of Critical Micelle Concentration of Some Surfactants by Three Techniques, *Journal of Chemical Education*, vol. 74, No. 10.
2. [Chemicaland21.com](http://Chemicaland21.com) / Dodecyle Benzene Sulphonate, (2011).
3. [Chemicaland21.com](http://Chemicaland21.com) / Alcohol Ethoxilate, (2011).
4. Neiman, R. Practicum, E. (1972). *Colloidal chemistry*, Page 149, Vishay Shkola, Moscow.
5. Lezama, B. (2002). Deinking of flexographic newspaper, *Université du Québec À Trois-Rivières*.
6. Kjellina, U. Reimer, J. and Hansson, P. (2003). An investigation of dynamic surface tension, critical micelle concentration, and aggregation number of three nonionic surfactants using NMR, time-resolved fluorescence quenching, and maximum bubble pressure tensiometry, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 262, Issue 2, p506-515.
7. Zhang, R. Zhang, L. and Somasundaran, P. (2004). Study of mixtures of n-dodecyl- $\beta$ -D-maltoside with anionic, cationic, and nonionic surfactant in aqueous solutions using surface tension and fluorescence techniques, *Journal of Colloid and Interface Science*, Volume 278, Issue 2, p453-460.
8. Razavizadeha, B. Khoshdelb, M. Gharibib, H. Ardakanib, R. Javadiand, S. and Sohrabib, B. (2004). Thermodynamic studies of mixed ionic/nonionic surfactant systems, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 276, Issue 1, p197-207.
9. Islam, M. and Kato, T. (2005). Effect of temperature on the surface phase behavior and micelle formation of a mixed system of nonionic/anionic surfactants, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 282, Issue 1, p142-148.
10. Patel, T. Ghosh, G. Aswal, V. and Bahadur, P. (2009). Micellization of sodium dodecyl sulfate and polyoxyethylene dodecyl ethers in solution, *Colloid Polym Sci*, vol. 287, p1175–1181.
11. Sharma, K. Rodgers, C. Palepu, R. and Rakshit, A. (2003). Studies of mixed surfactant solutions of cationic dimeric (gemini) surfactant with nonionic surfactant  $C_{12}E_6$  in aqueous medium, *Journal of Colloid and Interface Science*. vol.268, issue2, p.242-288.
12. Jańczuk, B. Zdziennicka, A. and Wojcik, W. (2003). The properties of mixtures of two anionic surfactants in water at the water / air interface, *Journal of Colloid and Interface Science*, vol.220, issue1-3, p61-68.
13. Szymczyk, K. Zdziennicka, A. Jańczuk, B. and Wójcik, W. (2005). The properties of mixtures of two cationic surfactants in water at water/air interface, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 264, Issues 1–3, p147-156.
14. Singh, K. and Marangoni, G. (2007). Synergistic interactions in the mixed micelles of cationic gemini with zwitterionic surfactants: The pH and spacer effect, *Journal of Colloid and Interface Science*, Volume 315, Issue 2, p620-626.

15. Szymczyk, K. and Jańczuk, B. (2007). The adsorption at solution–air interface and volumetric properties of mixtures of cationic and nonionic surfactants, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol.293, Issues 1–3. p.39-50.
16. Andersson, C. Seiler, L. (2011). Oil spill remediation by mixtures of amino acidbased surfactants and dodecyl glucoside: Effect of pH and salinity. Sweden.
17. Shia, Y. Luoa, H. and Bing Li, N. (2011). Determination of the critical premicelle concentration, first critical micelle concentration and second critical micelle concentration of surfactants by resonance Rayleigh scattering method without any probe, *Molecular and Biomolecular Spectroscopy*.
18. Domínguez, A. Fernández, A. González, N. Iglesias, E. and Montenegro, L. (1997). Determination of Critical Micelle Concentration of Some Surfactants by Three Techniques. Vol.74. No.10.
19. Inoue, T. and Yamakawa, H. (2011). Micelle formation of nonionic surfactants in a room temperature ionic liquid, 1-butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate: Surfactant chain length dependence of the critical micelle concentration. *Journal of Colloid and Interface Science*.
20. Rajdeep Singh, Solubilization of Organic Dyes in Surfactant Micelles. Goteborg, Sweden, 2012.