مقدمة في كيمياء المنظفات

An Introduction to Detergent Chemistry

دليلك الشامل إلى علم المنظفات:
الأسس العلمية والتطبيقات العملية

إعداد المهندس الكيميائي قاسم مطلق

مقدمة في كيمياء المنظفات

إعداد: المهندس الكيميائي قاسم مطلق

الطبعة الأولى لعام 2025

جميع الحقوق محفوظة © 2025 [أوراكس كيم]

الحمد لله والصلاة والسلام على رسوله وآله وصحبه ومن والاه

أما بعد.

ففي عصرنا هذا أصبحت العناية بالنظافة أمر من ضروريات الحياة لما لها من تأثير على صحة الإنسان ولما نرى من أوبئة منتشرة كانت الحيلولة دونها العناية بالنظافة.

فإنني في هذا الكتاب سأحاول أن أقدم لمحة عن المنظفات الصناعية بشكل مبسط بحيث ألقي الضوء على ما يهم المتعلمين لهذا المجال.

استندت في تأليف هذا الكتاب إلى مراجع عربية وأجنبية وإلى ما أملكه من خبرات تراكمت على مدار سنوات عديدة.

راجين من الله أن يعود النفع على مسلم فيكون ذاك حجيجنا في سؤال الله لنا

"عن علمك ماذا عملت به"

وسائلين قارئ هذا الكتاب أن يدعوا بالمغفرة لي ولوالديَّ وللمؤمنين والمؤمنات.

الفهرس

المواد الخافضة للتوتر السطحي 4

المواد البناءة 51

عوامل التبييض 61

الأنزيمات 66

العطور 70

الصبغات 75

التعقيم والمواد الحافظة في المنظفات 83

مفاهيم عامة "الأس الهيدروجيني – HLB – اللزوجة – التوتر السطحي" 98

المراجع العلمية 113

معلومات التواصل 114

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

مقدمة

إن النظافة، التي ترتبط ارتباطًا وثيقًا بصحة الإنسان، تُعدُّ ضرورة لا غنى عنها سواء في عصرنا الحالي أو في عصور مضت. إذ تُعتبر المحافظة على النظافة الشخصية من أهم الوسائل للوقاية من العديد من الأمراض والحفاظ على صحة الإنسان. ومع تطور العلوم وتقدمها، شهدت أساليب التنظيف تحولًا ملحوظًا؛ بدءًا من استخدام الماء والأتربة وبعض أنواع الحجارة في التنظيف الميكانيكي، وصولاً إلى صناعة الصابون الصلب وأخيرًا إلى تطوير المنظفات الصناعية بمختلف أشكالها.

ومن هنا يبرز التساؤل: كم نستهلك من المنظفات بمختلف أنواعها سنويًا؟

وفقًا لتقارير أبحاث السوق العالمية مثل Euromonitor International وStatista، يتفاوت متوسط استهلاك الفرد للمنظفات بشكل ملحوظ بين المناطق:

- في الولايات المتحدة، يُقدَّر الاستهلاك السنوي للفرد (يشمل جميع الأنواع: المنزلية والصناعية) بنحو 28 كجم.
- بينما يصل المتوسط في أوروبا إلى حوالي 21 كجم سنويًا.
- وفي العديد من الدول الناشئة، وخاصةً الدول العربية، يتراوح الاستهلاك السنوي للفرد بين 6.5 و8.5 كجم.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

فعلى سبيل المثال، إذا افترضنا أن متوسط استهلاك الفرد في الدول العربية يبلغ 7.5 كجم سنويًا، فإن ذلك يعادل حوالي 20 جرامًا يوميًا.

وعلى مستوى مدينة يبلغ عدد سكانها مليون نسمة، يلزم توفير حوالي 20 طنًا من المنظفات يوميًا.

تُبرز هذه الإحصاءات أهمية قطاع المنظفات كأحد الركائز الأساسية في الحفاظ على مستوى عالٍ من النظافة والصحة العامة، كما أنها تُظهر حجم الفرص التي تُمثلها هذه الصناعة بالنسبة للمستثمرين.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الفصل الأول: المواد الخافضة للتوتر السطحي

آلية عمل المنظفات:

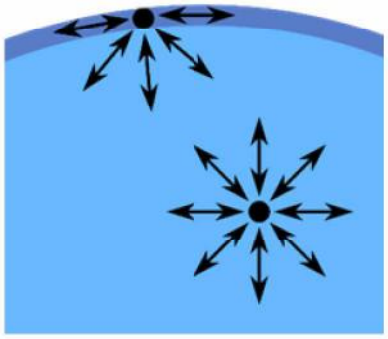
يوجد نظريتان تتظافران لشرح عمل المنظفات بمختلف أنواعها الصلبة والسائلة.

النظرية الأولى: *مبدأ خفض التوتر السطحي*

هل لاحظت يوما حشرة تسير على الماء وأبديت استغرابك من كيفية ذلك أو هل تساءلت لماذا تأخذ قطرة الماء شكلا كرويا أثناء سقوط المطر أو عندما ترى قطرات الندى المتجمعة على أوراق النباتات، يعزى هذا الأمر لظاهرة تسمى **التوتر السطحي** وهو قوة تجعل سطح السائل يتصرف كأنه غشاء مشدود، مما يسمح للحشرات بالمشي والوقوف فوق سطح الماء دون أن تغرق ويجعل لقطرات الماء شكل كروي وواحدة قياس التوتر السطحي هو نيوتن لكل متر(N/m) .

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

التوتر السطحي هو ظاهرة موجودة في العديد من السوائل ومنها الماء ويعزى كون سطح الماء به قوى توتر (شد) أن الجزيئات السطحية للماء يمارس عليها شدا نحو الجانب والداخل مما يجعل سطح الماء وكأنه مشدود أما الجزيئات الموجودة تحت السطح تأثر على بعضها بقوة متساوية من مختلف الاتجاهات فتُلغى القوى بين الجزيئات الداخلية.



وبالتالي ينشأ عند الماء وسوائل أخرى ظاهرة تسمى التوتر السطحي والتي هي أشبه بغشاء يحيط سطح هذه السوائل.

تؤدي ظاهرة التوتر السطحي لإيجاد قوى مقاومة لتغلغل جزيئات الماء الصغيرة داخل الأقمشة والملابس بفاعلية وسرعة مما يؤدي إلى ضعف التنظيف وخصوصاً في الماء البارد حيث أن قوى التوتر السطحي تتأثر بالحرارة فهي تزداد بانخفاض درجة الحرارة وتتناقص بارتفاع درجة الحرارة.

واجهة التلامس	درجة الحرارة (C°)	التوتر السطحي (mN/m)
ماء- هواء	5	74.9
ماء- هواء	15	73.5
ماء- هواء	25	71.9
ماء- هواء	35	70.4
ماء- هواء	45	68.7
ماء- هواء	65	65.3
ماء- هواء	85	61.7

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

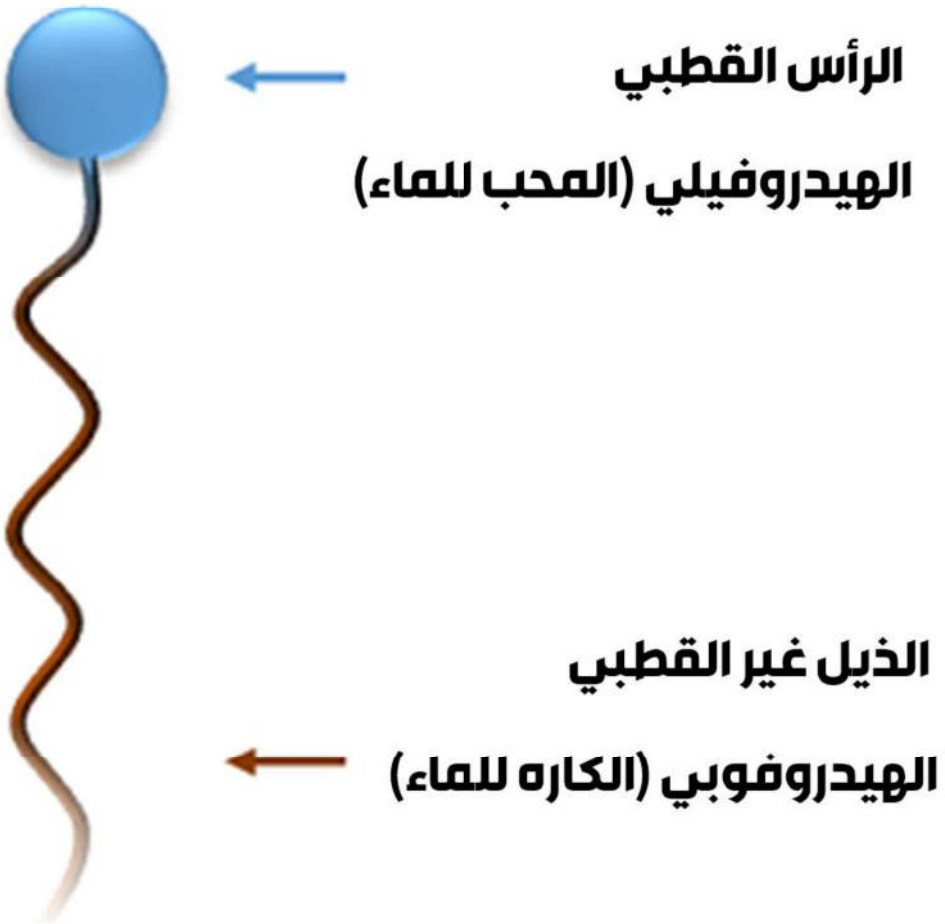
من هنا جاءت الحاجة لوجود مواد تســـاعد على خفض التوتر الســـطحي وبالتالي زيادة التبليل للأسطح وخصوصاً الكارهة للماء وبالتالي زيادة التنظيف.

ولنعرف ماهية عمل هذه المواد سوف نشرح مما تتكون؟

جزيئات المواد الخافضة للتوتر السطحي على اختلاف أنواعها تتألف من جزئين:

الجزء الأول وهو الرأس يكون شغوف بالماء ويتجه نحوه

الجزء الثاني وهو الذيل يكون كاره للماء ويبتعد عنه

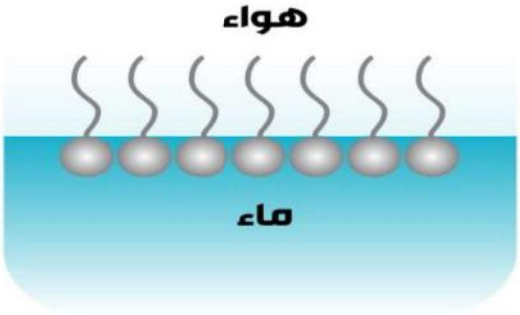


Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

ينجذب الجزء المحب للماء نحو جزيئات الماء الأخرى أما الجزء الكاره للماء يبتعد عنها و ينتج عن هذا التوجه انخفاض لقوى التوتر السطحي.

فلو افترضنا أن هناك وعاء يحوي ماء و أضفنا له مواد خافضة للتوتر السطحي ونريد دراسة الطبقة السطحية للماء للاحظنا اتجاه الرأس المحب للماء نحو الداخل والكاره للماء نحو الخارج.

تساهم هذه القوة الجديدة في إحداث إضعاف في قوى الشد السطحي نتيجة احداث قوة معاكسة لقوى الشد الداخلية.



يؤدي ذلك إلى زيادة درجة تبليل الماء للأسطح وبالتالي زيادة التنظيف.

الشكل التالي يبين تأثير المواد الخافضة للتوتر السطحي على شكل قطرة الماء

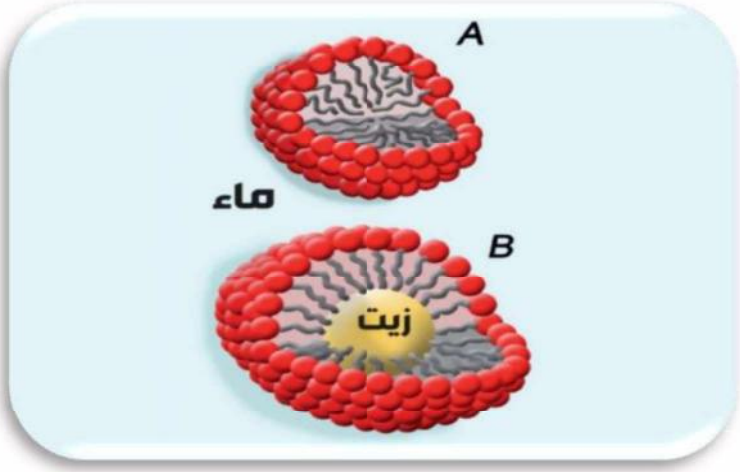
حيث يتحول الشكل الكروي لقطرة الماء الى شكل أكثر تسطحا بعد إضافة المواد الخافضة للتوتر السطحي حتى الوصول لزاوية تماس صفر وعندها يكون التبليل تام.

تنخفض زاوية التماس
بانخفاض التوتر السطحي

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

أما **النظرية الثانية** تتعلق بقاعدة الشـبيه يحل الشـبيه حيث أن جزيئات المنظف كما أسلفنا سابقا تتكون من جزئين كاره للماء ومحب للماء.

يحدث ارتباط بين الجزء الكاره للماء مع الأوســـاخ ذات الطابع الدهني أو الزيتي والطرف الأخر يرتبط مع الماء مما يؤدي إلى إزالة الأوسـاخ أثناء الغسـل والشـكل التالي يوضح ذلك.



نلاحظ تكرار مصطلح الرأس والذيل في جزيئات المواد الخافضة للتوتر السطحي، ويعود تفسير ذلك إلى شكل هذه الجزيئة:

حيث يتألف الجزء الكاره للماء(الذيل) من سلسلة هيدروكربونية طويلة تعود لحمض دسم أو غول دسم أو مشتقات نفطية تتألف من أكثر من مجموعة من ذرات الكربون (من 8 إلى 18 ذرة كربون) وهي الجزيئـات الكـارهـة للمـاء والمحبـة للـدهون والزيوت.

أما الرأس فيختلف حسب نوع المادة المنظفة فيكون أما شارجبة معدنية كالصوديوم والبوتاســيوم أو زمرة ســلوفنية أو فوســفاتية ويرتبط الجزءان فيما بينهما بروابط أيترية أو استرية أو أميدية.

كما إن المواد الخافضة للتوتر السطحي لها تأثير في القضاء على الجراثيم والبكتريا

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

آلية عمل المواد الخافضة للتوتر السطحي وتأثيرها على الجراثيم والبكتيريا:

1. تأثير تغيير الضغط الأسموزي:

- المواد الخافضة للتوتر السطحي تقلل التوتر السطحي بين الماء والأسطح المختلفة. عندما تلامس هذه المواد الخلايا البكتيرية، تؤثر على توازن الضغط الأسموزي بين داخل الخلية وخارجها، يمكن أن يؤدي هذا إلى تسرب السوائل والمكونات الأساسية من داخل الخلية إلى الخارج (أو العكس)، مما يسبب جفاف الخلية أو انفجارها حسب طبيعة المادة وتأثيرها.

2. تخريب الجدار الخلوي:

- أغشية الخلايا البكتيرية تحتوي على دهون فوسفورية تُشكّل طبقة مزدوجة. المواد الخافضة للتوتر السطحي لها طرف كاره للماء وطرف محب للماء، ما يجعلها قادرة على إضعاف الجدار الدهني وتفكيك الغشاء الخلوي.
- بمجرد تخريب هذا الجدار الدهني، تصبح الخلية البكتيرية غير قادرة على الحفاظ على بنيتها، مما يؤدي إلى موتها.

3. آلية القضاء على الجراثيم:

- المواد الخافضة للتوتر السطحي لا تقتل الجراثيم بشكل مباشر، بل تسهّل إزالتها عن الأسطح (عملية التنظيف). ومع ذلك، فإن بعض الأنواع (مثل المواد الكاتيونية الموجودة في المطهرات) تُظهر نشاطًا أقوى مضادًا للبكتيريا.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

أنواع المواد الخافضة للتوتر السطحي (المواد الفعالة سطحيا):

تنقسم هذه المواد إلى أربعة أقسام من حيث الشحنة:

1-المواد الخافضة للتوتر السطحي السالبة (الأنيونية)

2-المواد الخافضة للتوتر السطحي المذبذبة (الأمفوتيرية)

3-المواد الخافضة للتوتر السطحي الموجبة (الكاتيونية)

4-المواد الخافضة للتوتر السطحي اللاشاردية (اللأيونية)

ولكل من هذه الأصناف الأربع ميزات وسلبيات مختلفة، فهي تعمل في أوساط مختلفة فبعض هذه المواد يناسب مستحضرات العناية الشخصية كالشامبو والصابون السائل وبعضها مناسب لمنظفات الأسطح والآخر يتناسب مع مساحيق الغسيل، كل مادة توظف حسب نوعها وخصائصها في مكانها الأنسب.

ومن هذه المواد ما هو قابل للتحلل ومنها ما يصعب تحلله مما يسبب ضرر بيئي، سوف نشرح في هذا الفصل خصائص هذه المواد ومكان استخدامها الأفضل ونسلط الضوء على بعض طرق تصنيعها.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

1-المواد الخافضة للتوتر السطحي السالبة (المواد الفعالة سطحيا الأنيونية):

هي المواد التي يحمل الرأس المحب للماء فيها شحنة سالبة، وهي أكثر المواد الفعالة شيوعا.

لماذا تعتبر المواد الفعالة الأنيونية أكثر المواد الفعالة شيوعاً واستخداماً؟

- ثمنها الرخيص مقارنة ببقية أنواع المواد الفعالة.
- رغوتها العالية.
- لها قوة تنظيفية كبيرة.

لكن ما هي سلبيات هذه المواد؟

- غالبية هذه المواد تخرش الجلد وتسبب حساسية إن دخلت العينين.
- تتأثر بعسرة المياه مما يخفض من كفاءتها.
- تكسب الشعر والملابس شحنة سالبة.

أشهر مجاميع المواد الفعالة الأنيونية:

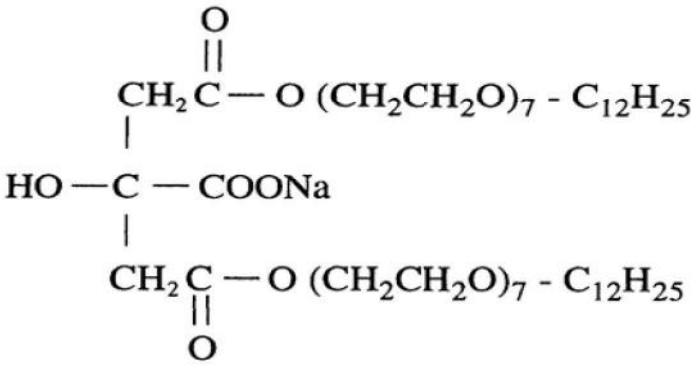
1- الأحماض الكربوكسيلية وأملاحها:

- **أملاح الأحماض الكربوكسيلية:** وهي الصابون المعروف لدينا بمختلف أنواعه حيث أن تفاعل الحموض الكربوكسيلية الدسمة "ذات عدد ذرات كربون بين 8 و18 ذرة" مع مواد قلوية يشكل الصابون، وأشهره الصابون الصوديومي "ألواح الصابون الصلب" حيث تكون المادة القلوية المتفاعلة مع الحمض الدسم هي هيدروكسيد الصوديوم، يستخدم الصابون إلى يومنا الحالي ولكن سلبيته أنه يشكل مع المياه العسرة أملاح غير ذوابة بالماء.

$R-COONa$	Sodium alkyl carboxylate
$(R-COO)_2Mg$	Magnesium alkyl carboxylate

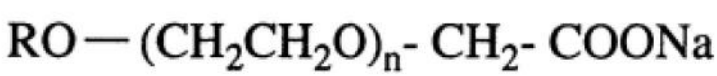
Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- **أسـترات الأحماض الكربوكسـيلية:** وتتشـكل من تفاعل ايثوكسـيلات الكحول الدسم مع حمض متعدد الوظيفة الكربوكسيلية مثل حمض الستريك ومن هذه المواد sodium dilaureth-7 citrate يمكن استخدام هذه المواد في صناعة الشامبو فهي ذات أثر تخريشي منخفض على الجلد.



Sodium dilaureth-7 citrate

- **ايثر الأحماض الكربوكسيلية:** تنتج من تفاعل ايثوكسيلات الكحول الدسم مع صوديوم كلوروأسيتات ومن أمثلتها Sodium alkyl ether carboxylate يستخدم كعامل استحلاب، كذلك يمكن أن تستخدم في منظفات العناية المنزلية كالمنظفات الحامضية وفي منتجات العناية الشخصية فهي لطيفة على الجلد.

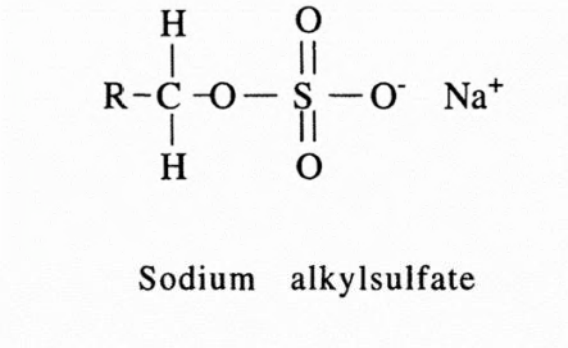


Alkyl polyglycol ether carboxylate, sodium salt

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

2- مشتقات حمض الكبريت(زمرة السلفات):

- **سلفات الألكيل:** ومن أشهرها صوديوم لوريل سلفات SLS حيث كانت هذه المادة عماد صناعة المنظفات لفترة طويلة أما اليوم فأصبح استخدامها محدودا في بعض الصناعات.



Sodium alkylsulfate

- **ألكيل ايثر سلفات:** وأهم هذه المواد صوديوم لوريل ايثر سلفات SLES "تنتجها شركة باسف باسم التكسابون" وتعتبر أحد أهم الركائز في صناعة المنظفات لما لها من تأثير تخريشي منخفض على الجلد ورغوة جيدة وإمكانية تحلل عالية.

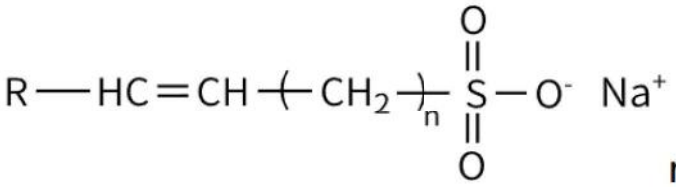
$$RO—(CH_2—CH_2—O)_n\text{-}SO_3—Na^+$$

Sodium alkyl ether sulfate

SLES

3- حمض السلفونيك ومشتقاته(زمرة السلفونات):

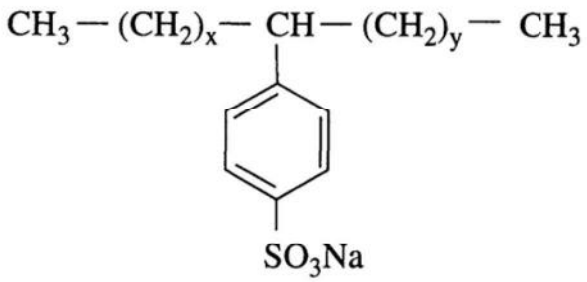
- **سلفونات الألكيل:** ومن أشهر هذه المركبات الفا اولفين سلفونات AOS له رغوة مميزة وقدرة تنظيف كبيرة، يمكن استخدامه كبديل عن SLES.



n=0, 1, 2 mainly;

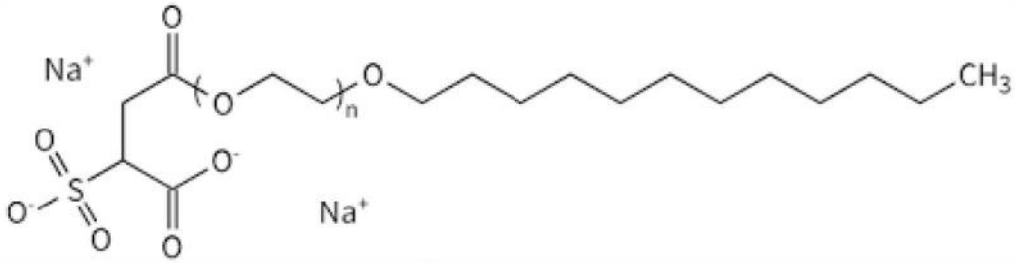
Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- **ألكيل اريل سلفونات:** ومن أهمها مادة ألكيل بنزن حمض السلفونيك الخطية **LABSA**، لقد اعتبرنا مادة صوديوم لوريل ايثر سلفات **SLES** هي ركيزة في صناعة المنظفات والركيزة الثانية هي مادة الكيل بنزن حمض السلفونيك لما لها من رغوة عالية وقوة تنظيف كبيرة وكذلك تحمل للحرارة.

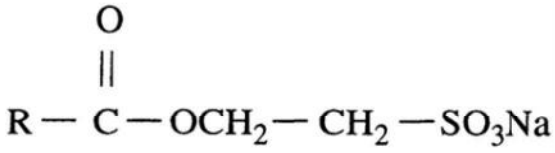


Sodium linear alkylbenzene sulfonate (LAS)

- **سلفوساكسينات:** تصنع من تفاعل تكثيف حمض الماليك مع كحول دسم أو ايثوكسيلات كحول دسم ومن ثم سلفنته مع بيسلفيت الصوديوم ($NaHSO_3$)، ومن هذه المركبات ثنائي صوديوم لوريث سلفوسكسينات **Disodium Laureth Sulfosuccinate** تستخدم في منتجات العناية الشخصية وخصوصا الشامبو لتأثيرها اللطيف على الجلد.



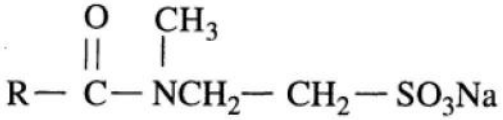
- **ايزثيونات وتورات الحموض الدسمة:** تنتج من تفاعل كلوريد الحموض الدسمة مع صوديوم ايزثيونات ومن هذه المواد صوديوم لوريل ايزثيونات **Sodium Lauroyl Isethionate**، مع الانتباه إلى إمكانية تحللها في الأوساط الحمضية.



Fatty acid isethionate

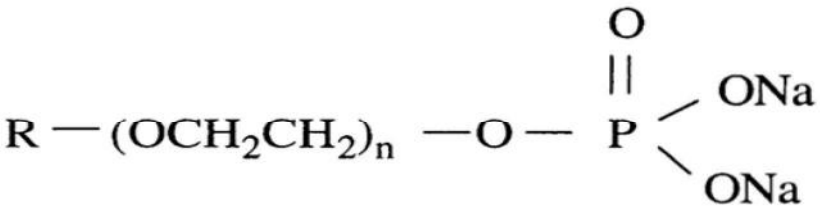
Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

أما التورات فتتشـكل من تفاعل كلوريد الحمض الدسـم مع نظامي ميثيل التورين ومن أمثلتها صـوديوم ميثيل لوريل تورات **Sodium Lauroyl Methyl Taurate** يمكن أن تستخدم هذه المواد في منتجات العناية الشـخصـية وكذلك في ألواح الصابون.



4- حمض الفوسفوريك أملاحه:

- **ألكيل ايثر فوسفات:** تنتج من تفاعل الكحولات الدسمة أو إيثوكسيلاتها مع حمض الفوسفور ومن هذه المركبات الكيل إيثر فوسفات الصوديوم **Sodium Laureth Phosphate.**



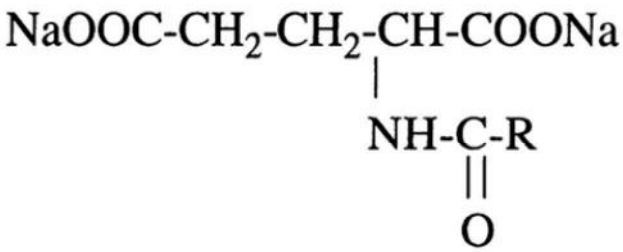
Sodium ethoxylated alkyl phosphate

تستخدم في المنظفات ذات الأوساط القلوية حيث تخضع إسترات الفوسفات الإيثوكسيلية للتحلل المائي فقط في الظروف الحمضية أما إسترات الفوسفات التي لا تحوي مجموعة إيثوكسـيلات فهي مسـتقرة في الظروف الحمضـية كذلك تتحمل الحرارة المرتفعة، ولها خصائص مضادة للكهرباء الساكنة كما لها أثر في حماية الأسطح المعدنية من التآكل.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

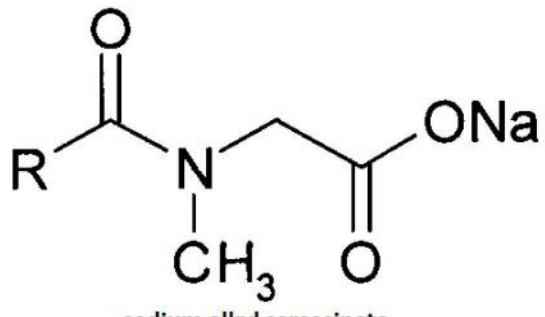
5- حمض أسيل أمينو وأملاحه:

- **أسيل غلوتامات:** تحضر من أسيلة الأحماض الأمينية (مثل حمض الجلوتاميك) ومن هذه المركبات صوديوم لوريل غلوتامات sodium lauroyl glutamate يمكن استخدامه في منتجات العناية الشخصية فهذه المنتجات متوافقة مع الجلد ولا تسبب تخريش.



Sodium acylglutamate

- **أسيل الببتيدات:** تحضر من التحلل المائي للبروتينات ومن هذه المواد صوديوم كوكويل بروتين القمح بولي ببتيد Cocoyl Wheat Polypeptide ، مناسب لمنتجات العناية الشخصية وخصوصا الشامبو لما له من تأثير إيجابي على الشعر.
- **أسيل ساركوسيد:** ينتج من تفاعل تكثيف حمض الساركوسين مع حمض دهني ومن هذه المواد صوديوم لوريل ساركوسينات sodium lauroyl sarcosinate تستخدم في منتجات العناية الشخصية كالشامبو فهي متوافقة مع الجلد وتعزز من الرغوة.



sodium alkyl sarcosinate

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الجدول التالي به عدد من أهم هذه المواد:

PRIMARY SURFACTANTS المواد الفعالة سطحيا الأساسية	INCI NAME الاسم العلمي	PERFORMANCE COMMENTS الأداء
صوديوم دودسيل بنزن سلفونات	Sodium dodecyl benzenesulfonate	مادة فعالة انيونية من أشهر المواد لكن تتأثر بالماء القاسي معروفة ب الزفتة
الصابون/ الملح الصوديومي للحموض الدسمة	sodium salts of fatty acids	مادة فعالة انيونية تتأثر جدا بالماء العسر وهي الصابون الصلب
الفا الفين سلفونات	Alfa olefin sulfanate	مادة فعالة انيونية ملائمة للزوجة الغير العالية جيدة في الماء القاسي
صوديوم لوريث سلفات	SODIUM LAURETH SULFATE	مادة فعالة انيونية ملائمة للزوجة العالية جيدة في الماء القاسي
صوديوم لوريل سلفات	SODIUM LAURYL SULFATE	مادة فعالة انيونية تعطي رغوة كريمية وخصوصا في الماء منخفض القساوة
امونيوم لوريث سلفات	AMMONIUM LAURETH SULFATE	مادة فعالة انيونية ذات أثر تخريشي منخفض . تعمل في مجال ph اقل من 7.5
امونيوم لوريل سلفات	AMMONIUM LAURYL SULFATE	مادة فعالة انيونية عالية الرغوة ورغوتها كريمية قليلة الاستقرار في الماء القاسي تعمل في مجال ph اقل من 7.5
مغنزيوم لوريث سلفات	MAGNESIUM LAURETH SULFATE	مادة فعالة انيونية له رغوة وفيرة وكريمية ذو توافق عالي مع العين والجلد

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

مغنزيوم لوريل سلفات	MAGNESIUM LAURYL SULFATE	مادة فعالة انيونية له رغوة وفيرة وكريمية ذو توافق عالي مع العين والجلد
تري ايتانول امين لوريل سلفات	TEA-LAURYL SULFATE	مادة فعالة انيونية له رغوة وفيرة وكريمية جيد الاستقرار عند درجة الحرارة الباردة
مونو ايتانول امين لوريل سلفات	MEA-LAURYL SULFATE	مادة فعالة انيونية له رغوة وفيرة وكريمية لا يستخدم مع الفورم الدهيد
صوديوم لوريل ساركوسيانات	Sodium lauroyl sarcosinate	مادة فعالة انيونية معتدلة لها قوة رغوية كبيرة .
زنك كوكيث سلفات	Zinc coceth sulphate	مادة فعالة انيونية له رغوة عالية وكريمية صيغة بشكل مناسب لتوفر ازالة الرائحة والتقشير والتعقيم ولها خواص مضادة للقشرة
زنك كوكو سلفات	Zinc coco sulphate	مادة فعالة انيونية له رغوة عالية وكريمية صيغة بشكل مناسب لتوفر ازالة الرائحة والتقشير والتعقيم ولها خواص مضادة للقشرة
ثنائي الصوديوم لوريث سلفوسكسينات	Disodium laureth sulfosuccinate	مادة فعالة انيونية تعطي فقاعات جيدة ورغوة مستقرة وقوة شطف عالية معتدلة على الجلد والعيون
صوديوم لوريل غلوتمات	Sodium lauroyl glutamate	مادة فعالة انيونية معتدلة جدا قادرة على الحفاظ على ترطيب الجلد.لا تترك أي بقايا على الجلد جيدة لمنتجات العناية بالطفل

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

2-المواد الخافضة للتوتر السطحي المذبذبة (المواد الفعالة سطحيا الأمفوتيرية)

المواد الفعالة الأمفوتيرية هي المواد التي تعطي شحنة موجبة وسالبة عندما تنحل بالماء نتيجة وجود مجموعتين وظيفيتين في نفس المركب أحدهما تحمل شحنة موجبة (ذرة أمونيوم رباعية) والأخرى سالبة (زمرة كربوكسيلية أو سلفونية أو فوسفاتية) وذلك يمنح هذا المركب خصائص متميزة عن بقية المواد الفعالة. وإن حجم سوق المواد الخافضة للتوتر السطحي الأمفوتيرية قُدر بـ 5.2 مليار دولار في عام 2024 ومن المتوقع أن يصل إلى 8.1 مليار دولار بحلول عام 2031، مع معدل نمو سنوي يبلغ 6.6% خلال الفترة من 2024 إلى 2031.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

ميزاتها

- أقل تهييج للجلد والعين من المواد الأنيونية والكاتيونية.
- تحللها البيولوجي جيد ولا تتأثر بالمياه الكلسية.
- تخفيض الأثر التخريشي على الجلد للمواد الأنيونية ولها قدرة أعلى على التنعيم.
- لا تعطي شحنة كهربائية للشعر.
- تعمل في الأوساط الحمضية والقلوية.

سلبياتها

- سعرها أعلى من المركبات الأنيونية.
- لها قدرة تنظيفية أقل من المركبات الأنيونية.

تُعد المواد الفعالة السطحية المذبذبة "الأمفوتيرية" من أكثر العوامل الفعالة تنوعًا في صناعة المنظفات، نظرًا لقدرتها على التكيف مع البيئات المختلفة. فهي تتميز بإمكانية التصرف كمواد أنيونية (سالبة الشحنة) أو كاتيونية (موجبة الشحنة) اعتمادًا على قيمة الأس الهيدروجيني (pH) للمحلول. تُستخدم هذه المواد بشكل شائع في المنتجات المنزلية والشخصية، مثل الشامبو والصابون السائل، بفضل خصائصها اللطيفة والمناسبة للبشرة، بالإضافة إلى دورها في تحسين خصائص الرغوة والتنظيف.

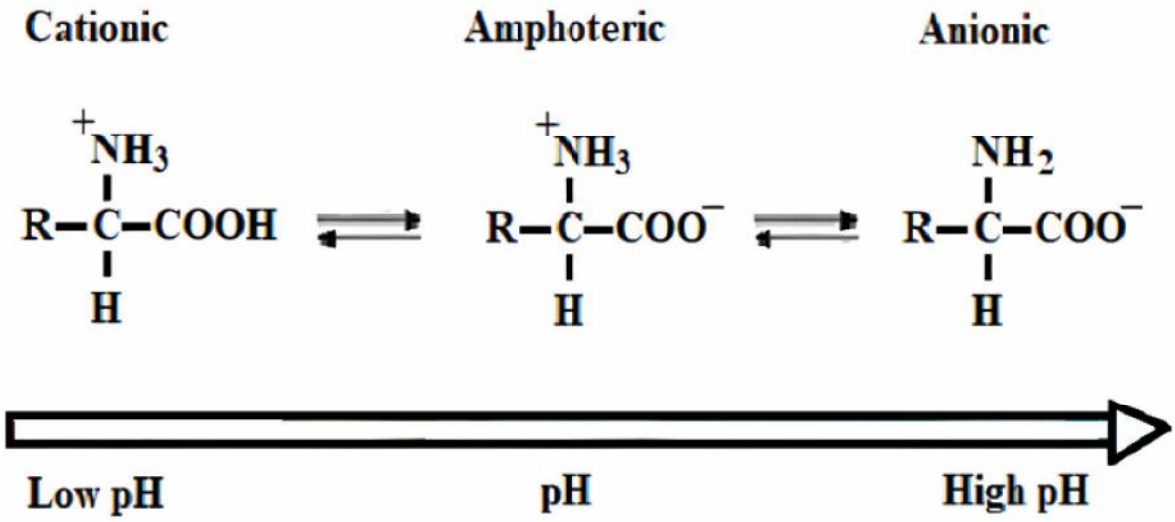
تعتمد طريقة عمل هذه المواد على قيمة الأس الهيدروجيني:

في الوسط الحمضي (pH منخفض): تكتسب المجموعة القاعدية (مثل مجموعة الأمين) بروتونًا وتصبح مشحونة إيجابًا، في هذه الحالة تتصرف المادة الفعالة السطحية بشكل أساسي كمادة فعالة سطحية كاتيونية.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

في الوسط القاعدي (pH مرتفع): تفقد المجموعة الحمضية (مثل مجموعة الكربوكسيل) بروتونًا وتصبح مشحونة سلبًا، في هذه الحالة تتصرف المادة الفعالة السطحية بشكل أساسي كمادة فعالة سطحية أنيونية.

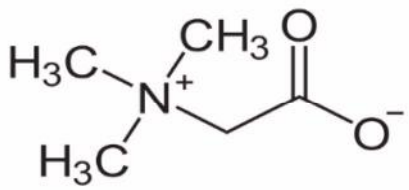
عند نقطة التعادل الكهربي (pH=7): تتعادل الشحنات الموجبة والسالبة داخل الجزيء، في هذه الحالة تتصرف المادة الفعالة السطحية وكأنها مادة غير أيونية.



أهم أنواع المواد الفعالة السطحية الأمفوتيرية

1- مشتقات البيتائين

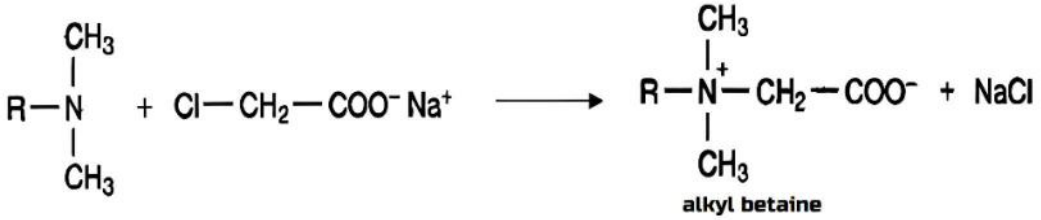
البيتائين مركب مذبذب يشير إلى مجموعة من المركبات الكيميائية التي تحتوي على زمرتين وظيفيتين إحداهما موجبة (زمرة أمونيوم رباعية) وأخرى سالبة والتي من الممكن أن تكون زمرة كربوكسيلية أو فوسفاتية أو سلفونية.



Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

ومشتقاته متنوعة منها:

- **ألكيل البيتائين** هي مشتقات من البيتائين وقد انتشرت ولاقت رواجا كبيرا في بداية استخدامها، يتم تحضيرها من خلال استبدال زمرة الميثيل المرتبطة بذرة النيتروجين في جزيء البيتائين بسلسلة دهنية طويلة. غالبًا ما تكون هذه السلسلة الدسمة مأخوذة من مشتقات نفطية أو مواد دسمة طبيعية مثل زيت جوز الهند.



- **ألكيل أميدوبروبيل بيتائين** تُعرف هذه المركبات بكونها لطيفة على الجلد، وتتمتع بقدرة ممتازة على تكوين الرغوة وتعزيزها، كما أنها متوافقة مع أنواع أخرى من المواد الخافضة للتوتر السطحي. بفضل هذه الخصائص، أصبح *ألكيل أميدوبروبيل بيتائين* مكونًا أساسيًا في العديد من منتجات العناية الشخصية والمنظفات الصناعية.

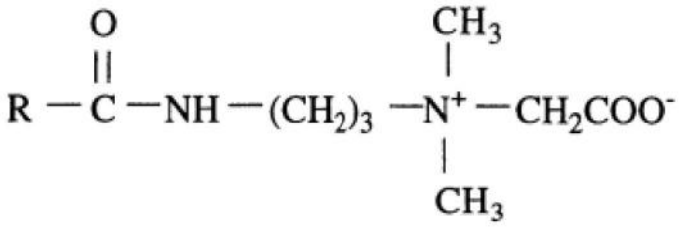
ألكيل أميدوبروبيل بيتائين يتميز بوجود مجموعة أميدوبروبيل بين السلسلة الألكيلية ومجموعة البيتائين، مما يمنحه خصائصه الفريدة. يشتمل تركيبه الأساسي على:

أ- السلسلة الألكيلية: مشتقة عادةً من الأحماض الدهنية، مثل حمض جوز الهند (كوكاميدوبروبيل بيتائين) أو حمض اللوريك (لوراميدوبروبيل بيتائين) . يؤثر طول السلسلة الألكيلية على خصائص المادة الخافضة للتوتر السطحي، مثل الذوبانية في الماء، والقدرة على تكوين الرغوة، والاستقرار في المحاليل المختلفة.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

ب- مجموعة أميدوبروبيل: وهي تربط السلسلة الألكيلية بمجموعة البيتائين، مما يعزز خواص الترطيب والتنعيم على الجلد، كما أنها تساهم في تحسين توافق المركب مع المواد الأخرى.

ت- مجموعة البيتائين: تتكون من ذرة نيتروجين رباعي الأمونيوم مرتبطة بثلاث مجموعات ميثيل، بالإضافة إلى مجموعة كربوكسيلة. هذا التوزيع يجعل المركب أمفوتيريا، أي أنه يحمل شحنات موجبة وسالبة داخل نفس الجزيء، مما يمنحه خصائص مميزة مثل الذوبانية العالية في الماء، والاستقرار في نطاق واسع من قيم الـpH ، والقدرة على تقليل التوتر السطحي بفعالية.



Alkylamidopropyl betaine

يتم تصنيع ألكيل أميدوبروبيل بيتائين (Alkyl Amidopropyl Betaine)عبر تفاعل مرحلي كالتالي:

- تحضير الأميد :يتم تفاعل حمض دهني (مثل حمض اللوريك) مع ثنائي ميثيل بروبيلين دي أمين (DMAPA) لتكوين ألكيل أميدو بروبيل أمين

$$R\text{-}COOH + H_2NCH_2CH_2CH_2N(CH_3)_2 \rightarrow R\text{-}CONHCH_2CH_2CH_2N(CH_3)_2$$

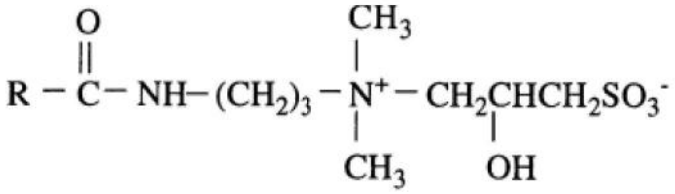
- التفاعل مع حمض كلورو أسيتيك :يتم تفاعل ألكيل أميدو بروبيل أمين مع حمض كلورو أسيتيك أو أملاحه، مما يؤدي إلى تكوين المركب النهائي.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

$$R\text{-}CONHCH_2CH_2CH_2N(CH_3)_2 +$$
$$ClCH_2COOH + NaOH \rightarrow RCONHCH_2CH_2CH_2N^+(CH_3)_2CH_2COO^- + NaCl + H_2O$$

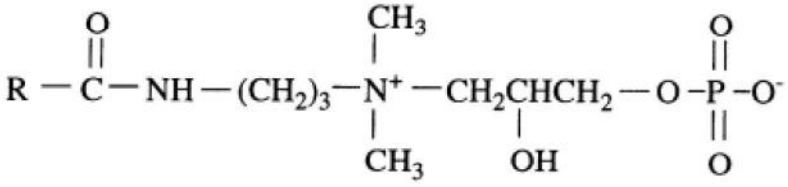
- **سـلفو وفوسـفو البيتائين (Sulfo-Phospho Betaine):** هو فئة من المركبات الكيميائية التي تنتمي إلى مجموعة المواد الفعالة سطحياً الأمفوتيرية. يُعتبر السلفو بيتائين مشتقًا من البيتائين، وهو مركب يحتوي على مجموعة أمونيوم رباعية موجبة الشحنة ومجموعة سالبة حيث تحل مجموعة السلفونات ($-SO_3^-$) محل الكربوكسيلات في هذا المركب.

يتكون السلفو بيتائين عادةً من سلسلة هيدروكربونية طويلة (غالبًا مشتقة من أحماض دهنية مثل زيت جوز الهند) مرتبطة بمجموعة أمونيوم رباعية موجبة الشحنة ومجموعة سلفونات سالبة الشحنة (SO_3^-).



Alkylamidopropyl hydroxysultaine

كما يمكن استبدال الزمرة الكربوكسيلية في البيتائين بزمرة فوسفاتية لنحصل على مركب فوسفو بيتائين



Alkylamidopropyl hydroxyphostaine

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

تتميز البيتائينات بانخفاض تأثيرها المهيج على الجلد والعينين، بالإضافة إلى إن وجود البيتائينات مع المواد الأنيونية يقلل من تأثير التخريشي الذي تسببه المواد الأنيونية.

بسبب هذه الخصائص، غالبًا ما يتم استخدامها بالاشتراك مع مواد سطحية أخرى بدلاً من استخدامها بمفردها.

لذلك، تعد البيتائينات مثالية للاستخدام في منتجات العناية الشخصية مثل الشامبو، وجل الاستحمام، والصابون السائل، وجل الاستحمام، بالإضافة إلى منتجات غسل الملابس يدويًا ومنظفات غسيل الأطباق.

2- مشتقات الإيميدازولين:

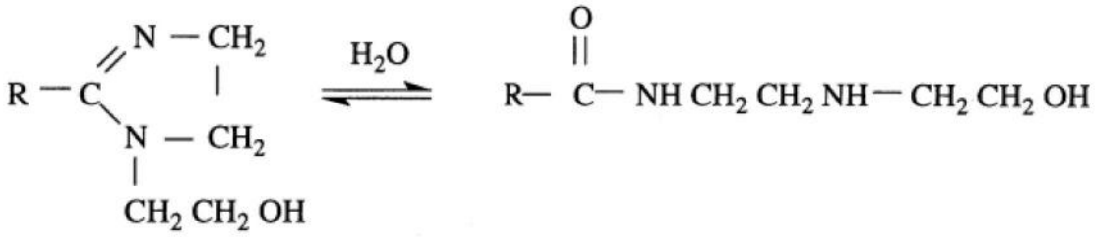
يتم تحضير هذه المواد السطحية بتفاعل مادة تُسمى "ألكيل إيميدازولين" مع حمض الكلوروأسيتيك أو حمض الأكريليك.

- عند تفاعلها مع حمض الكلوروأسيتيك نحصل على مركبات تُسمى "أمفوجليسينات."
- وعند تفاعلها مع حمض الأكريليك تنتج مركبات "أمفوبروبيونات."

يُصنع الإيميدازولين عن طريق تفاعل حمض دهني مع أمينو إيثيل إيثانول أمين، فينتج مركب أميدي يتحول إلى إيميدازولين عبر عملية تكاثف داخلي ونزع ماء وتتكون حلقة مغلقة.

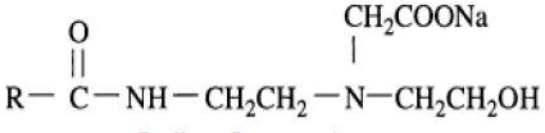
Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

$$R{-}COOH + H_2N{-}CH_2{-}CH_2{-}NH{-}CH_2{-}CH_2OH \rightarrow R{-}CONH{-}CH_2{-}CH_2{-}NH{-}CH_2{-}CH_2OH + H_2O$$

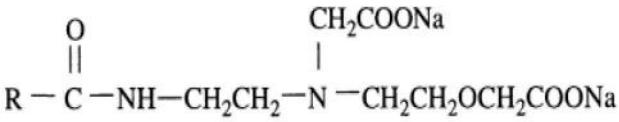


أثناء التفاعل مع حمض كلوروأسيتك (Chloroacetic Acid) تنفتح حلقة الإيميدازولين و مع تقدم العملية، يمكن الحصـــول على مركبات تحتوي على مجموعة كربوكســـيل واحدة أو اثنتين، وغالباً ما تكون المنتجات التجارية مزيجاً من هذه المركبات.

هذه المواد السطحية لها خصائص أمفوتيرية؛ فهي تحمل شحنة موجبة وسالبة في آن واحد، وتظهر هذه الحالة عند درجة حموضـــة قريبة من الحيادية. كما أنها تكون أقل قـابـلـيـة لـلـذوبـان فـي الـمـاء عـنـد نـقـطـة الـتـعـادل الـكـهـربـي. وظيفياً، تشبه هذه المواد البيتائينات؛ فهي لطيفة على البشرة لكنها ليست قوية جداً في اســتحلاب الدهون. كما أنها تتوافق مع مواد ســطحية أخرى وتتحمل المياه العســرة وارتفاع مستويات الأملاح في المنتجات.



Sodium Cocoamphoacetate



Disodium cocoamphodiacetate

تُستخدم هذه المواد من هذه الفئة بشكل رئيسي في منتجات العناية الشخصية؛ وعند إدخالها في شـــامبو الأطفال، فإنها تقلل من تهيج العين. تشـــمل التطبيقات المنظفات الصناعية، ومنظفات السيارات.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

3- مشتقات الأحماض الأمينية ذات السلسلة الألكيلية

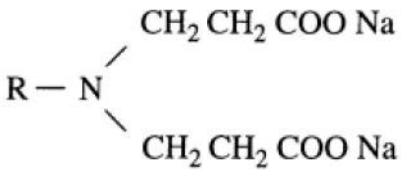
هي مشتقات كيميائية من الأحماض الأمينية يتم إنتاجها بتفاعل حمض الكلوروأسيتيك أو حمض الأكريليك مع أمين ألكيل، عند إجراء عملية الألكلة على الأمين الأساسي يتحول إلى أمين ثانوي أو ثالثي، وهو أكثر قدرة على استقبال البروتون (أي يعمل كقاعدة أقوى) مقارنةً بالأمين الأساسي.

$$R{-}NH_2 + nClCH_2COOH \rightarrow R{-}N(CH_2COOH)n + nHCl$$

$$R{-}N(CH_2COOH)n + nNaOH \rightarrow R{-}N(CH_2COO^{-}Na^{+})n + nH_2O$$

أملاح الصوديوم لهذه المركبات تكون قابلة للذوبان بسهولة في كل من المحاليل الحمضية والقاعدية، كما أن الجزيئات التي تحتوي على أكثر من مجموعة كربوكسيل تكون أكثر ذوباناً، مع وجود بعض العيوب في الذوبان عند نقطة التعادل الكهربي، خاصةً مع أمينات ألكيل البروبيونات.

تتميز هذه المركبات بتوافقها الممتاز مع المواد السطحية الأخرى، والإلكتروليتات، وأيونات المياه العسرة. كما أنها تظهر استقراراً عالياً تجاه العوامل المؤكسدة، والتحلل المائي، والأحماض، والقواعد.



Sodium alkyliminodipropionate

هذه المواد السطحية تعمل كمستحلبات جيدة وتقدم ترطيباً وتنظيفاً مثالياً عند الرقم الهيدروجيني القاعدي. تُشكل رغوة جيدة في الظروف المحايدة والقاعدية، لكنها تفقد قدرتها على تكوين الرغوة في الظروف الحمضية (حيث تتصرف بشكل أساسي

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

كمركبات كاتيونية). كما أنها تلتصـــق بالأســـطح مما يوفر تأثيراً مضـــاداً للكهرباء الساكنة، وتقلل من تهيج الجلد والعين عند استخدامها مع المواد الأنيونية.

تستخدم هذه المواد في منتجات التنظيف المنزلية، تعد هذه المواد مثالية للاستخدام في الســـوائل ذات المحتوى العالي من الإلكتروليتات (تركيز مرتفع من الأملاح الذائبة) بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم هذه المواد كـــ عوامل رغوية في صناعة رغوة مكافحة الحرائق، حيث تساعد في تكوين رغوة مستقرة وفعالة لإطفاء الحرائق.

4- أكاسيد الأمين

تُنتج أكاسـيد الأمين من أكسـدة الأمينات الثلاثية باسـتخدام محلول يحتوي على 35% من بيروكســـيد الهيدروجين كعامل مؤكســـد. في أكســـيدات الأمين التجارية، يكون المركب الأولي الفعّال على الســـطح عادةً عبارة عن ألكيل أمين ثنائي الميثيل يحتوي على سلسلة كربونية تتراوح بين C12 وC18 .

يمكن أن تحتوي هذه الأمينات على مجموعات وظيفية إضـافية؛ فمثلاً، يمكن اسـتبدال مجموعات الميثيل جزئيًا بمجموعة هيدروكســي إيثيل، أو يمكن أن تحتوي الســلســلة الرئيسية على مجموعة أميدوبروبيل ألكيلية.

الخصائص الفيزيائية والكيميائية:

- مقاومة عالية للأكسدة :تتحمل أكسيدات الأمين المؤكسدات القوية مثل مواد التبييض دون أن تتحلل.

- ثبات الذوبانية في الماء :لا تتأثر ذوبانيتها بشكل كبير بقوة الأيونات في المحلول.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- عزم ثنائي قطبي مرتفع :تمتلك أكسيدات الأمين رأسًا محبًا للماء بعزم ثنائي قطبي مرتفع، مما يمنحها خصائص فريدة مثل زيادة لزوجة المحاليل المائية للمواد الفعالة على السطح والمساهمة في تكوين هياكل منظمة ضمن النظام الغروي.

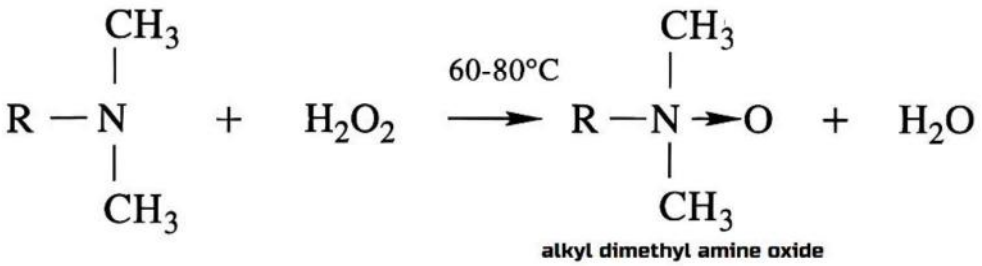
- تعزيز واستقرار الرغوة :عند خلطها مع المواد الفعالة الأنيونية، تُكوّن أكسيدات الأمين معقدات ذات نشاط سطحي أعلى مقارنة بكل من المواد المكونة للمعقد بمفردها.

- تحسين توافق المنتجات مع البشرة :يُحسن أكسيد الأمين من توافق المنظفات مع الجلد، مما يقلل من تأثيرها المهيج.

- رفع نقطة التعكر :إضافة كمية صغيرة من أكسيد الأمين إلى المواد غير الأيونية تؤدي إلى رفع نقطة تعكرها.

التفاعل الكيميائي الأساسي

يتم تصنيع أكسيدات الأمين وفق التفاعل التالي:



alkyl dimethyl amine oxide

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الاستخدامات الصناعية:

- في مستحضرات العناية الشخصية :تُضاف أكسيدات الأمين إلى الشامبوهات لتحسين اللزوجة وتقليل تهيج الجلد وتعزيز خصائص الرغوة وهي مناسبة بشكل خاص في التركيبات المعتدلة أو الحمضية قليلاً.

- في المنظفات المنزلية :تُستخدم في منظفات الأطباق اليدوية بالتوازي مع المواد الفعالة الأنيونية لتحسين التوتر السطحي، اللزوجة، والرغوة.

- في منتجات التبييض السائلة :نظرًا لقدرتها العالية على تحمل المؤكسدات والإلكتروليتات، تُستخدم كأساس للمواد الفعالة على السطح في هذه المنتجات.

- في التطبيقات الصناعية :تُستخدم أكسيدات الأمين في صناعة النسيج (كمضادات للكهرباء الساكنة)، وفي معالجة البوليمرات، وفي تكوين طبقات مضادة للتآكل، إضافةً إلى دورها في تثبيت الرغوة في بعض التطبيقات الكيميائية.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

جدول يبين أشهر هذه المواد وخصائصها:

PERFORMANCE COMMENTS الاداء	INCI NAME	Co-Surfactant
مادة فعالة امفوترية لها رغوة جيدة وتعتبر مادة مثخنة وتسهل عملية تسريح الشعر	Cocamidopropyl Betaine	كوكو اميدو بروبيل بيتائين
مادة فعالة امفوترية لها رغوة جيدة وتعتبر مادة مثخنة وتسهل عملية تسريح الشعر	Lauryl Betaine	لوريل بيتائين
مادة فعالة امفوترية تتميز بخصائص ممتازة لتكثيف وتعزيز الرغوة، وتستخدم في المنتجات ذات القلوية المرتفعة ومنتجات التنظيف.	Disodium Laurimino dipropionate	ثنائي الصوديوم لوروبل إيمينو ثنائي بروبيونيت
مادة فعالة امفوترية معروفة بلطفها وتوافقها مع البشرة الحساسة، وتستخدم في شامبوهات الأطفال والمنظفات اللطيفة.	Sodium Cocoamphoacetate	صوديوم كوكوامفوأستيت
مادة فعالة امفوترية تتميز بخصائص ممتازة لتكثيف وتعزيز الرغوة، وتستخدم في منتجات العناية الشخصية والتنظيف.	Cocamidopropyl Hydroxysultaine	كوكاميدوبروبيل هيدروكسي سولتين
مادة فعالة امفوترية تتميز بخصائص ممتازة لتكثيف وتعزيز الرغوة، وتستخدم في منتجات العناية الشخصية والتنظيف.	alkyl dimethyl amine oxide	ألكيل ثنائي ميثيل أمين أكسيد

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

3-المواد الخافضـــة للتوتر الســـطحي الموجبة (المواد الفعالة ســـطحيا الكاتيونية)

من منظور عام، تتميز المواد الخافضـــة للتوتر الســـطحي الكاتيونية عن نظيراتها الأنيونية وغير الأيونية بكونها تحمل شـــحنة موجبة. أما من الناحية الوظيفية، فهي تُعرف عمومًا بتمتعها بقابلية عالية جدًا للارتباط بمختلف الأسطح. وكنتيجة مباشرة لذلك، فإن المواد الكاتيونية تغيّر خصـائص السـطح، مما يجعل السـطح المحب للماء يتصرف كما لو كان كارهًا للماء، والعكس صحيح.

تتمتع الأمينات الدهنية طويلة الســـلســـلة وأملاحها، وكذلك المركبات الرباعية والإيميدازوليناتِ، بقدرة على قتل الكائنات الحية الدقيقة أو على الأقل تأخير نموها.

بالإضـــافة إلى ذلك، تُعرف المواد الكاتيونية بقدرتها على تكوين معقدات غير قابلة للذوبان في الماء مع المواد الأنيونية. وتبقى هذه المعقدات قابلة للذوبان في المذيبات العضـوية بشـكل عام، مما يتيح اسـتغلالها في مجموعة متنوعة من التطبيقات، مثل حماية الأسطح.

ميزاتها

- قدرتها العالية على التطرية والتنعيم.

- تعديل الشحنات السالبة لذلك تستخدم في منعمات الأقمشة وبلسم الشعر.

- تملك القدرة على قتل الكائنات الحية الدقيقة أو على الأقل إضـــعاف عملها لذلك تستخدم في المواد المطهرة.

سلبياتها

- قدرة تنظيفية ضعيفة نسبيا ورغوة ضعيفة.

- تدمع العينين وتهيج الجلد.

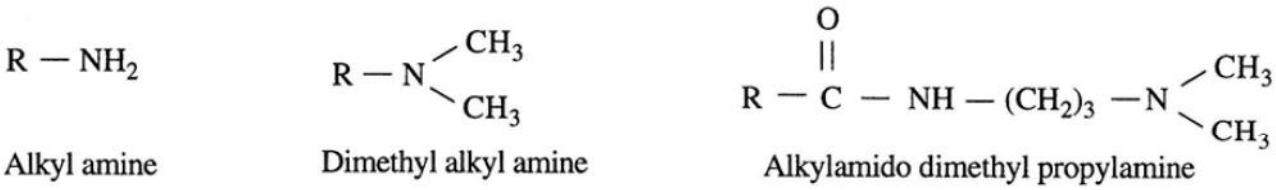
Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- لا يمكن خلطها مع المواد الفعالة سالبة الشحنة مع وجود استثناءات قليلة.

وفيما يلي سوف نستعرض بعض هذه المواد وموضع تطبيقها:

1- أمينات الألكيل:

تندرج ضمن هذه الفئة من المواد الخافضة للتوتر السطحي الأمينات الألكيلية بأنواعها الأولية والثانوية والثالثية، وبشكل خاص أملاحها. تكون الأمينات الألكيلية بدون شحنة في المحاليل المتعادلة، مما يعني أنها ليست كاتيونية تماما. ولهذا، فإن الأمينات الدهنية ذات السلاسل الطويلة، التي تشكل فيها مجموعة الأمين الجزء الوحيد المحب للماء، تُظهر عادة خصائص كارهة للماء عند ظروف pH التي لا تشجع على تكون الشكل الكاتيوني (أي عند pH= 7 فما فوق).



أما أملاح الأمينات الثلاثية، التي يتم الحصول عليها عن طريق معادلة الأمينات مع أحماض غير عضوية (مثل حمض الهيدروكلوريك) أو عضوية (مثل حمض الجليكوليك، اللاكتيك، الأسيتيك، وغيرها)، فتتمتع بدرجة ذوبان عالية تجعلها تُعتبر مواد فعّالة كاتيونية بشكل كامل. كما تكون الأملاح العضوية أكثر ذوباناً في الماء مقارنة بالأملاح غير العضوية، لكنها قد تتحول إلى أميدات، ومع ذلك نادرا ما تستخدم في تركيبات المنظفات ومواد التنظيف.

تعتمد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكاتيونات غير الرباعية بشكل كبير على قيمة pH ، والأيونات متعددة التكافؤ، والشوارد.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

كما أن أملاح الأمينات الدهنية قد تُظهر نشـــاطاً مبيداً للجراثيم، وتتحســـن قدرتها القاتلة للفطرية عند معادلتها مع حمض الســـاليســـيليك أو أورثو كلورو حمض البنزويك. وهناك نوع آخر من المواد الخافضة للتوتر السطحي يُعرف بـــ"الأمينو-أمينات"، والذي يتكون نتيجة تفاعل كلوريد حمضـــي مع ثنائي الأمين، ما يؤدي إلى تكوين أمينات أسيل أميد. تُعد هذه المركبات أكثر قطبية من الأمينات الألكيلية، لكنها أيضًـا عرضـة للتحلل المائي في ظروف pH قصـوى، ويمكن اسـتخدامها للحد من زيادة لزوجة المنتجات مع مرور الزمن.

التطبيقات:

تُستخدم الأمينات (وخاصة الثنائية والثلاثية) وأملاحها بشكل رئيسي في معالجة الأقمشة (مثل المعالجة المضادة للكهرباء الساكنة) وأحيانًا في منعمات الأقمشة.

كما تُعد الأمينات الثلاثية المادة الأســـاســـية لتصـــنيع المركبات الرباعية، وأكاســـيد الأمينات، وألكيل بيتائين. وتُستخدم أملاح الأمينات، إلى جانب المواد الخافضة للتوتر السطحي الأخرى، في صناعة مستحضرات التجميل؛ حيث يُقتصر استخدامها على التطبيقات المتخصـصـــة، إذ تظهر خصـائص تكييفية ومضـادة للكهرباء السـاكنة في منتجات العناية بالشعر.

كما تُستخدم الأميدو-أمينات في المنتجات التجميلية.

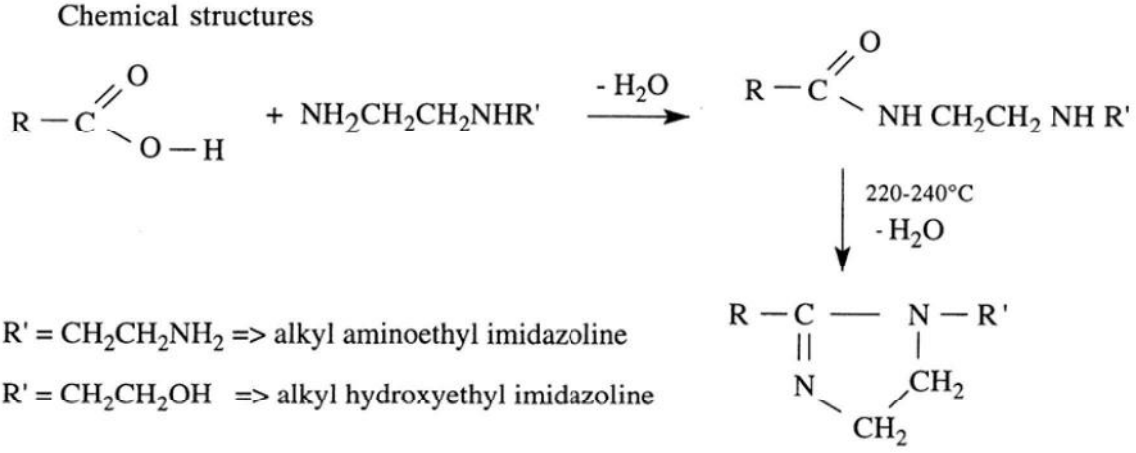
وتُستخدم الأمينات الدهنية، والثنائي الأمينات، والبولي أمينات أيضاً كمواد لاصقة في تغطية الأسطح الرطبة بالطلاء أو القار، وكمواد مثبطة للتآكل.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

2- ألكيل إيميدازولين.

تتكون مركبات الإيميدازولينات من تفاعل حمض دهني مع ثنائي أمين الإيثيلين مستبدل. يؤدي تسخين الأميدو-إيثيل أمين الناتج إلى تكوين الإيميدازولين، وهو حلقة خماسية مستبدلة. تصبح الإيميدازولينات محبة للماء عند pH أقل من 8، مما قد يؤدي إلى تحلل الحلقة وانفتاحها، مما يعيد تكوين الأميدو-إيثيل أمين المستبدل. لذلك، يُفترض أنه في المحاليل المائية، لم تعد الحلقة الإيميدازولين هي الجزيء النشط، بل يكون المركب النشط هو الأميدو-أمين المقابل. يمكن أيضًا تحويل ذرة النيتروجين الثالثية إلى مركب رباعي الأمونيوم.

Chemical structures



R' = $CH_2CH_2NH_2$ => alkyl aminoethyl imidazoline

R' = CH_2CH_2OH => alkyl hydroxyethyl imidazoline

التطبيقات:

تُعد الإيميدازولينات مستحلبات كاتيونية من نوع زيت في الماء (o/w) ، تعمل هذه المواد الخافضة للتوتر السطحي كعوامل مزيلة للماء، حيث تلتصق بأسطح المعادن بدلاً من الماء. عند إضافتها إلى الزيوت أو الشموع أو القار أو الدهانات، فإنها تعزز التصاق الطبقة المراد تطبيقها بالسطح.

نظرًا لاعتبارها مهيجة، نادرًا ما تُستخدم في مستحضرات التجميل ومنتجات العناية الشخصية.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

3- مركبات الأمونيوم الرباعية

تشـكل مركبات الأمونيوم الرباعية فئة من المواد الخافضـة للتوتر السـطحي، حيث تحتوي على ذرة نيتروجين موجبة الشـحنة مرتبطة بأربع مجموعات ألكيل أو أريل. على عكس الأمينات الأخرى والمركبات الأمفوتيرية، فإن الشـحنة الموجبة لهذه المركبات دائمة بغض النظر عن قيمة pH .

أملاح الأمونيوم رباعية الألكيل (-الأريل)

الوصف:

تتكون أملاح الأمونيوم رباعية الألكيل من البنية $[R_1R_2R_3R_4N^+]X^-$ ، حيث تمثل R_1 و R_2و R_3و R_4مجموعات ألكيل أو أريل، بينما X^- هو أنيون. يمكن أن تحتوي مجموعات R على وظائف كيميائية إضافية أو إضافة سلاسل أكسيد الإيثيلين أو أكسيد البروبيلين لتحسين خصائصها الذوبانية. وغالبًا ما تتكون هذه المجموعات من سلسلتين أو ثلاث سلاسل ميثيلية.

يتم تحضـير مركبات الأمونيوم الرباعية عن طريق تفاعل الأمينات الثلاثية ذات الصـلة مع عامل رباعي ، مثل كلوريد الميثيل، كلوريد البنزيل، ثنائي ميثيل سـلفات، أو في بعض الحالات، هاليدات الألكيل ذات السلسلة الطويلة.

تعتمد قابلية ذوبان هذه المركبات في الماء بشـكل أسـاسـي أطوال السـلسـلة الكارهة للماء، والقطبية، وما إلى ذلك.

المركبات التي تحتوي على سـلسـلتين أو أكثر من السـلاسـل الكارهة للماء تمتلك ذوبانية ضعيفة في الماء، بينما تُظهر أملاح نظامي ألكيل ثلاثي ميثيل أمونيوم وأملاح ثنائي الألكيل أو الألكيل/الأريل قصـيرة السـلسـلة (مثل بنزيل ألكيل) ثنائي ميثيل أمونيوم ذوبانية أفضل بكثير.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

تتميز المركبات الرباعية ذات الذوبانية المنخفضة بقدرتها على الامتزاز على أسطح مختلفة، مما يمنحها تأثيرات مفيدة مثل التلطيف، ومقاومة الكهرباء الساكنة، وتثبيط التآكل.

بشكل عام، باستثناء نظامي ألكيل تري ميثيل أمونيوم، تُظهر المواد الخافضة للتوتر السطحي الرباعية قدرة ضعيفة على التنظيف، والترطيب، والاستحلاب، كما أنها غير متوافقة مع المواد الأنيونية بسبب تكوين معقدات غير قابلة للذوبان في الماء.

التطبيقات:

يتمثل الاستخدام الرئيسي لمركبات الأمونيوم الرباعية في قدرتها على الامتزاز على ألياف المواد الطبيعية أو الاصطناعية. المركبات ذات السلاسل الكارهة للماء الطويلة والتي تمتلك ذوبانية منخفضة (على سبيل المثال، كلوريد ثنائي ألكيل ثنائي ميثيل الأمونيوم C16-C18) تترسب على الألياف وتمنح الأقمشة ملمسًا ناعمًا ورقيقًا، مما يجعلها شائعة الاستخدام كمواد منعمّة في منعمات الأقمشة. كما تُستغل خصائصها في الملينة ومقاومة الكهرباء الساكنة في شامبوهات تكييف الشعر أو مستحضرات الشطف بعد الشامبو.

يجدر بالذكر أن هذه المركبات قد تسبب تهيجًا موضعيًا للجلد أو للعين في التطبيقات التجميلية، إلا أن قدرتها على اختراق الجلد منخفضة جدًا.

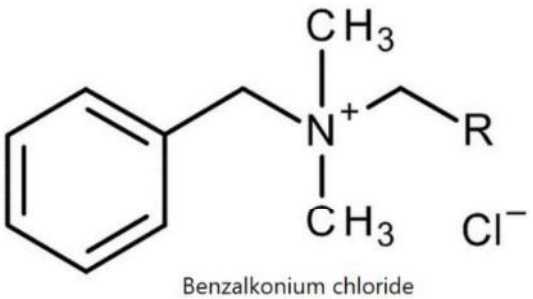
بعض المركبات الرباعية تُستخدم أيضًا كمبيدات جرثومية، مطهرات، أو معقمات (على سبيل المثال، كلوريدات ألكيل ثنائي ميثيل بنزيل الأمونيوم C10-C14، وكلوريدات ألكيل ثلاثي ميثيل الأمونيوم C12-C16) . وهي فعالة بشكل خاص ضد **البكتيريا موجبة الجرام** ، لكنها أقل فعالية ضد البكتيريا سالبة **الجرام** .كما أن تأثيرها المضاد للميكروبات يتعطل عند وجود المواد الأنيونية. وعلى عكس تأثيرات التليين

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

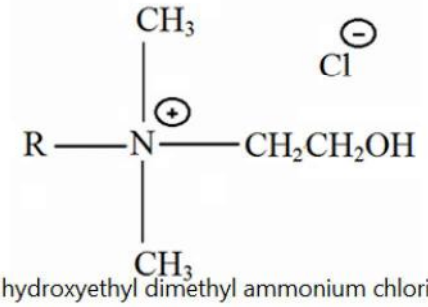
ومقاومة الكهرباء الساكنة، فإن أفضل نشاط مضاد للميكروبات يكون في المركبات الرباعية القابلة للذوبان في الماء.

بالإضافة إلى ذلك، تُستخدم المركبات الرباعية كـ مستحلبات في الكريمات.

كما تُستخدم أملاح نظامي ألكيل ثلاثي ميثيل الأمونيوم كعوامل استحلاب في التطبيقات التي تتطلب امتزازًا انتقائيًا للمستحلب على السطح المعالج، مثل تعزيز التصاق القار على الطرق الرطبة أو في تركيبات المبيدات الحشرية.



Benzalkonium chloride



Alkyl hydroxyethyl dimethyl ammonium chloride

4- الإستر كوات

تُنتج المركبات الرباعية الإسترية (الإيستر كوات) من خلال أسترة مجموعة أو عدد من مجموعات الهيدروكسيل في الكحولات الأمينية الثانوية أو الثلاثية (مثل ثنائي إيثانول أمين أو مشتقات الإيميدازولين) باستخدام أحماض دهنية محددة. يمكن أن تُشتق هذه الكحولات الأمينية الأولية من إضافة أكسيد الإيثيلين إلى الأمينات المستقيمة.

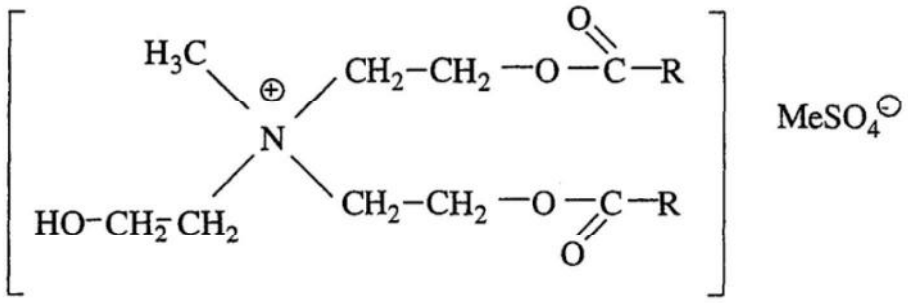
يتم بعد ذلك تحويل الإستر أمين إلى مركب رباعي الأمونيوم باستخدام عوامل مخصصة مثل ثنائي ميثيل سلفات أو كلوريد الميثيل.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

مثل غيرها من المركبات الرباعية، تتميز الإيستر كوات بقدرتها على تنعيم الأقمشة . كما يفترض إنها لا تسبب حساسية جلدية وسريعة التحلل البيولوجي.

التطبيقات:

تُعتبر الإيستر كوات بدائل مناسبة للمركبات الرباعية التقليدية، حيث تمتلك خصائص بيئية محسنة مع الحفاظ على قدرة تنعيم مماثلة .في الواقع، تتحلل هذه المركبات بسرعة أكبر مقارنةً بـ مركب ثنائي تالو"شحم حيواني"-ثنائي ميثيل أمونيوم (DTDMAC)، الذي كان المادة الخام الأساسية لمنعمات الأقمشة لمدة 30 عامًا ولكنه أصبح الآن موضع جدل من الناحية البيئية.



Esterquat

(*N*-Methyl-*N*,*N*-bis[$C_{16/18}$-acyloxy)ethyl]-
N-(2-hydroxyethyl)ammonium-methosulfate salt)

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

جدول يبين أشهر هذه المواد وخصائصها:

PERFORMANCE COMMENTS الاداء	INIC NAME	PRIMARY SURFACTANTS
تستخدم كعامل مطري للملابس في وسط حمضي	Dihydrogenated tallow dimethyl ammonium chloride	ثنائي الشحم المهدرج ثنائي ميثيل أمونيوم كلوريد
تستخدم كعامل مطري للملابس في وسط حمضي	Di(palmiticcarboxyethyl) Hydroxyethyl Methyl Ammonium Methylsulfate	ثنائي (نخيل كربوكسي إيثيل) هيدروكسي إيثيل ميثيل أمونيوم ميثيل كبريتات
تستخدم كعامل مطري في بلسم الشعر وبعض الكريمات	Cetrimonium Chloride	سيترمونيوم كلوريد
يستخدم كمطهر ومادة حافظة في المستحضرات الدوائية والمنظفات.	Benzalkonium chloride	بنزالكونيوم كلوريد

ملاحظة: قد نرى في بعض المراجع أن هناك تصنيفات مختلفة لبعض المواد وخصوصا المواد الأمفوتيرية لأنها تكون موجبة الشحنة في الأوساط الحمضية فيتم مثلا تصنيف كوكو أميدو بروبيل بيتائين على أنه مادة كاتيونية أو يتم تصنيف لوريل ثنائي مثيل أمين أوكسيد على أنه مادة غير أيونية لأنه لا يظهر شحنة سالبة قوية في الأوساط المعتدلة أو القلوية، راعيت في التقسيم تصنيف المواد حسب ما تصنفه الشركات المصنعة لهذه المواد و بما هي مشهورة به بين أوساط المصنعين.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

4 - المواد الخافضة للتوتر السطحي اللاشاردية (المواد الفعالة سطحيا اللا أيونية):

في هذا النوع من المواد فإن الرأس المحب للماء لا يحمل شحنة كهربائية.

ميزاتها

- لا تسبب تهيج للجلد ولا تدمع العينين.
- لها قدرة كبيرة على إزالة الزيوت.
- لا تتأثر بالمياه الكلسية.
- لا تعطي الشعر شحنة كهربائية.

سلبياتها

- رغوتها ضعيفة.
- قدرة ارتباطها بالماء أضعف من المواد الفعالة سالبة الشحنة حيث يمكن للرأس المرتبط بالماء أن يفقد ارتباطه في درجات الحرارة المرتفعة ويترسب وهذا ما يعرف بدرجة التغيّم أو الضباب (CLOUD POINT) .

بما أن هذه المواد لا تحمل رأسا قطبيا كبقية المواد فهذا يدفعنا للسؤال كيف تذوب هذه المواد بالماء؟

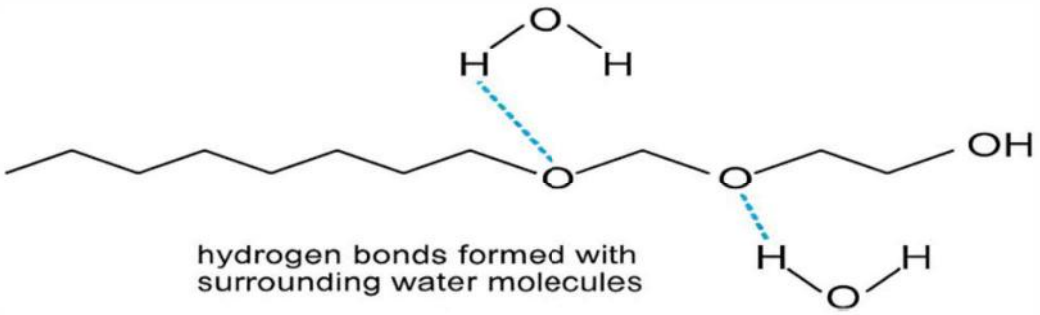
تحوي هذه المواد في بينيتها مجموعة محبة للماء (تشكل روابط هيدروجينية مع الماء)والتي تكون السبب وراء انحلال هذه المواد بالماء عن طريق:

1. **الرأس المحب للماء** :يحتوي على مجموعات مثل **الإيثوكسيل -CH_2CH_2O** أو **الهيدروكسيل -OH** والتي تشكل روابط هيدروجينية مع جزيئات الماء، مما يجعل هذه المواد تنحل بالماء.
2. **الذيل الكاره للماء** :عادةً ما يكون سلسلة كربونية طويلة غير قابلة للذوبان في الماء.
3. **التوازن بين القوى:** كلما زاد عدد المجموعات المحبة للماء، زادت قدرة هذه المواد على الذوبان في الماء، لأن الروابط الهيدروجينية مع الماء تصبح أكثر.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

بالتالي، تذوب هذه المواد في الماء لأن فيها مجموعات تشكل روابط هيدروجينة مع الماء.

ما هي الرابطة الهيدروجينية: تحدث هذه الرابطة عندما يرتبط الهيدروجين مع ذرة ذات شحنة سالبة جزئية قوية، مما يجعل الهيدروجين يحمل شحنة جزئية إيجابية، فيتجاذب مع ذرة أخرى في جزيئة ثانية تحمل شحنة سالبة جزئية مثل الأوكسجين أو النيتروجين.



على سبيل المثال، في جزيء الماء(H_2O) ، كل ذرة أوكسجين تحمل شحنة سالبة جزئية، بينما يحمل الهيدروجين شحنة جزئية إيجابية. لذلك، تتجاذب ذرة الهيدروجين في جزيء ماء مع ذرة أوكسجين في جزيء ماء آخر، مكونة رابطة هيدروجينية.

الرابطة الهيدروجينية تعتبر أقوى من الروابط التفاعلية العادية مثل الروابط الفانديرفالس، ولكنها أضعف بكثير من الروابط التساهمية أو الأيونية. هي مسؤولة عن العديد من الخصائص الفريدة للماء، مثل ارتفاع درجة الغليان والانصهار مقارنة بالمواد الأخرى ذات الجزيئات الصغيرة.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

وأشهر مجاميع هذه المواد نذكر منها :

أ. الكحولات الدسمة (Alcohols)

الكحولات الدهنية ليست مواد فعالة قوية بسبب ضعف ذوبانها في الماء، لكنها تُستخدم كمساعدات مستحلبة أو مواد فعالة مساعدة. تُعتبر أيضًا مقدمة لصناعة مواد فعالة أخرى مثل إيثوكسيلات الكحول.

تنتج عن طريق آليتين:

- عملية زيجلر (Ziegler Process): تُستخدم الإيثيلين وثلاثي ألكيل الألمنيوم لإنتاج كحولات بأعداد زوجية من الكربون.

- عملية الأوكسو (Oxo-Process): تُستخدم الأوليفينات والهيدروجين وأول أكسيد الكربون لإنتاج كحولات بأعداد فردية من الكربون.

تُستخدم في المنظفات المنزلية كمساعدات على الاستحلاب.

ب. إيثوكسيلات الكحول (Alkoxylated Alcohols)

تشمل هذه الفئة من المواد السطحية الكحولات الإيثوكسيليّة أو البروبوكسيليّة. يتم إنتاج الكحولات الإيثوكسيليّة (مثل بولي إيثيلين جليكول أو إيثرات PEG)من تفاعل الكحولات الدهنية مع أكسيد الإيثيلين (EO) وبالمثل، يتم الحصول على الكحولات البروبوكسيليّة (مثل بولي بروبيلين جليكول أو إيثرات PPG) عبر التفاعل مع أكسيد البروبلين(PO) .

نظرًا لانخفاض محبّة الماء في جزيء بروبيلين جليكول، فإن هذه المجموعة لا تزيد من الذوبانية في الماء، بل قد تقللها. لذلك، يتم دمج وحدات أكسيد الإيثيلين EO في الجزيء نفسه لتعويض الطابع الكاره للماء لسلاسل PPG ويمكن تعديل

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

نســبة PEG للتحكم في توازن المجموعات المحبة للماء والكارهة له (HLB) للمادة السطحية.

كما يوجد فئة أخرى من المواد السطحية غير الأيونية، تشبه هذه الفئة لكنها لا تُشتق مباشرةً من الكحولات، بل من الجمع بين سلاسل PPG و PEG تُعرف هذه المواد باسم **بوليمرات EO/PO المشتركة الكتلي** (EO/PO block copolymer nonionics)

تعتمد الخصـــائص الســـطحية للمواد غير الأيونية على التأثير التراكمي لأنواع الجزيئات المختلفة في الخليط. وبالنســـبة لبعض التطبيقات، يمكن إنتاج مواد ذات توزيع ضيق لوحدات EO حسب طلب العملاء.

تمتلك إيثرات بولي إيثيلين جليكول (PEG) خاصـــية غير اعتيادية في الذوبانية في الماء؛ إذ تنخفض قابليتها للذوبان مع ارتفاع درجة الحرارة ضمن نطاق معين.

الذوبانية وسلوك الخلط

غالبًا ما يحتوي النظام الثنائي للماء والكحولات الإيثوكســـيليّة غير الأيونية على فجوتي عدم امتزاج متميزتين:

- **الفجوة الســـفلى لعدم الامتزاج**، والتي تُلاحظ عادةً عند درجات حرارة أقل من درجة حرارة الغرفة، واسمها **(UCT – Upper Consolute Temperature)**
- **الفجوة العليا لعدم الامتزاج**، وتُحدد بحدي الامتزاج العلوي والســـفلي (LCT – Lower Consolute Temperature)، حيث يُعرف هذا الحد الأخير بين الكيميائيين باسم **"**نقطة التغيم (Cloud Point) **"**

هناك بعض التفسيرات العلمية لهذه الظاهرة، منها:

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

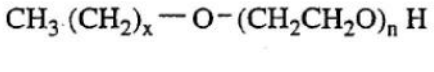
1. **اضطراب بنية الماء حول مجموعات أكسيد الإيثيلين:**

- عند درجات الحرارة المنخفضة، تحيط جزيئات الماء بسلاسل أكسيد الإيثيلين بشكل منظم.
- مع ارتفاع درجة الحرارة، يبدأ هذا التنظيم في مما يقلل من الذوبانية.

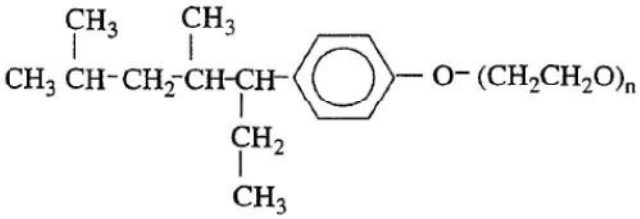
2. **تأثير الروابط الهيدروجينية:**

- تحتوي أنظمة المواد التي تحتوي على مجموعات إيثيلين جليكول على روابط هيدروجينية بين الماء وسلاسل الإيثيلين جليكول.
- طاقة هذه الروابط تقارب 7 كيلو كالوري/مول، وهي حساسة جدًا لدرجة الحرارة، مما يجعلها تتكسر بسهولة عند التسخين.

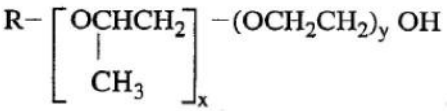
Chemical structures



Alkyl polyethyleneglycol ether
or alcohol ethoxylate



Alkylphenol ethoxylate



EO/PO Alkyl ether

تُستخدم الكحولات الإيثوكسيليّة في العديد من التطبيقات، نظرًا لقدرتها الممتازة على التنظيف والذوبان، ومنها:

- **المنظفات الصناعية والمنزلية :**

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- تُعتبر منظفات فعالة، وغالبًا ما يتم دمجها مع المواد الأيونية لتحقيق رفع في قوة التنظيف.

- أقل حساسية لأيونات العسر المائي مقارنةً بالمواد الأيونية.

- **منتجات العناية الشخصية :**

- عند اختيارها بشكل صحيح، تُعدّ الكحولات الألكوكسيليّة عوامل استحلاب وإذابة جيدة في مستحضرات العناية الشخصية.

ج- ألكيل بولي غلوكوسيدات (Alkylpolyglucosides - APG)

تُعرف ألكيل بولي غلوكوسيدات اختصارًا بـ APG، وهي تُنتَج من ألكلة الجلوكوسيدات قصيرة السلسلة، والتي يتم الحصول عليها عبر تحلل النشا باستخدام كحول (مثل الميثانول أو الإيثانول) في وجود حمض يعمل كمحفز.

تتميز هذه المواد بوجود توزيع متغير في عدد وحدات الجلوكوزيد ، عادةً ما يكون متوسط طول سلسلة بولي غلوكوسيد حوالي 1.5 وحدة، المنتجات الصناعية منها تعتبر خليطًا معقدًا، ويصعب الحصول على درجة نقاء موحدة.

الخواص الفيزيائية والكيميائية:

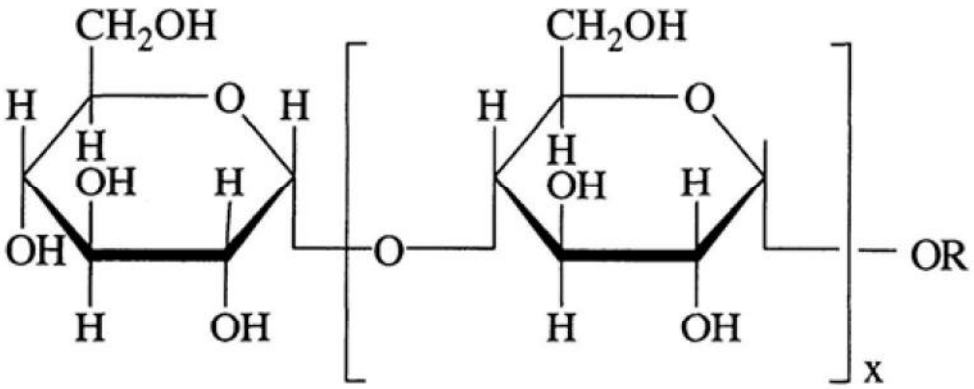
- تمتلك هذه المواد عدداً كبيراً من مجموعات الهيدروكسيل، مما يمنحها ذوبانية ممتازة في الماء.

- تتمتع بدرجة تغييم (Cloud Point) مرتفعة عادةً أعلى من 100 °C

- مقاومة نسبيًا للأملاح والأيونات، ولا تتأثر عادةً بعسر الماء.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- تُعد مستحلبات جيدة جدًا، خاصةً للمواد القطبية مثل الزيوت والدهون الطبيعية.
- توفر خصائص ترطيب ورغوة ممتازة، وتتفوق على الكحولات الإيثوكسيليّة التقليدية في توليد الرغوة.
- ومع ذلك، فهي حساسة نسبيًا لدرجات الحرارة العالية.



Alkylpolyglucoside

الخصائص التنظيفية والاستقرار الكيميائي:

- تصل أقصى فعالية تنظيفية (Detergency) عند متوسط طول سلسلة ألكيل ≈ 13 كربون، ومحتوى غلوكوزيدي ≈ 65% .
- مستقرة كيميائيًا في الأوساط المتعادلة والقلوية، لكنها تتدهور في البيئات الحمضية.
- تمتلك قابلية تحلل حيوي ممتازة، مما يجعلها صديقة للبيئة.

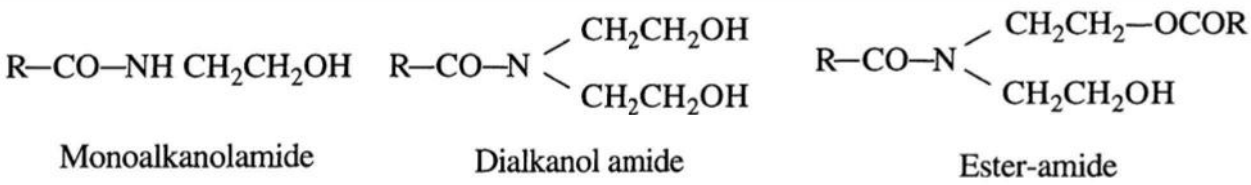
تُستخدم في الشامبو والمنظفات لأنها لطيفة على البشرة.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

د- الألكانولاميدات

الكانولاميدات

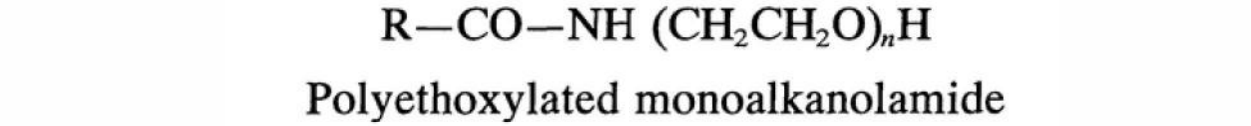
الكانولاميدات تُحضَّر من تفاعل حمض دهني أو إستر مع أحد مركبات الإيثانولامين (أحادي أو ثنائي إيثانول أمين). أثناء التفاعل، يُنتج كحول أو كحول متعدد الهيدروكسيل (أو جلسرين عند استخدام الإستر من ثلاثي غليسريد) كناتج ثانوي. تعتمد خصائص المركب الناتج على تفاصيل التفاعل، إذ قد يُحتوى المنتج على خليط من المركبات مما يؤثر على ذوبانيته في الماء؛ فبعض التركيبات تظهر ذوبانية ضعيفة عند درجة حرارة الغرفة، بينما يمكن تحسينها بوجود الإيثانول امين الحر.



تتميز الكانولاميدات بقدرتها على تعزيز تكون الرغوة واستقرارها عند استخدامها مع المواد السطحية الأنيونية، كما تساهم في رفع اللزوجة، مما يجعلها فعالة في بناء أنظمة مستحلبة مستقرة. وتستخدم هذه المركبات في تطبيقات متنوعة مثل منتجات التنظيف المنزلية، الشامبوهات، ومنظفات الأسطح الصناعية.

إيثوكسيلات الكانولاميد

يتم الحصول على إيثوكسيلات الكانولاميد من خلال تفاعل الكانولاميد مع أكسيد الإيثيلين، مما يؤدي إلى تكوين مركب يتمتع بخواص مشابهة لإيثوكسيلات الكحول. كما أنه يُساهم في تعزيز اللزوجة وتثبيت ترسبات الصابون.



Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

على الرغم من ارتفاع تكلفتها مقارنة بإيثوكسيلات الكحول، فإن إيثوكسيلات الكانولاميد تُستخدم في مستحضرات العناية الشخصية حيث توفر تأثيرات مثبتة للرغوة وتساهم في تكوين قوام سميك ومستقر. كما تستخدم في تركيبات غسيل السيارات لإضفاء لمعان يشبه تأثير الشمع على الأسطح.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

قائمة لبعض هذه المواد:

PERFORMANCE COMMENTS الاداء	INCI NAME	PRIMARY SURFACTANTS
تستخدم في المنظفات البودرة والسائلة لتعزيز التنظيف	Nonylphenol ethoxylated 9 EO	اثوكسليتد نونيل فينول 9 مول
تستخدم في المنظفات البودرة والسائلة لتعزيز التنظيف	Ethoxylated fatty alcohols 7EO	اثوكسليتد فاتي الكحول 7 مول
تستخدم كعامل استحلاب في الكريمات	Nonylphenol ethoxylated 50 EO	اثوكسليتد نونيل فينول 50 مول
تستخدم في منظفات العناية الشخصية،غير مهيجة للجلد و تعطي نعومة و تسهل تمشيط الشعر	Cocoyl Methyl Glucamide	كوكويل ميثيل جلوكاميد
يستخدم في العديد من منتجات التنظيف والصابون والمنظفات. كما يستخدم هذا المكون في بعض منتجات العناية الشخصية لخصائصه المنظفة اللطيفة والفعالة، ولتوافقه العام مع البشرة	Lauryl Glucoside	لوريل جلوكوزيد

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الفصل الثاني: المواد البناءة

المواد البناءة:

هي مواد تدخل في صناعة المنظفات لتعزيز عمل المواد الخافضة للتوتر السطحي ومن أهم وظائف هذه المواد:

- إزالة عسرة الماء.
- ترفع القلوية وقيمة ال PH فهي تعتبر مخزن للقلوية.
- تساهم في عمل محلول موقي.
- عامل استحلاب للزيوت والدهون.
- تكون حامل للمواد السائلة المضافة في مساحيق الغسيل.

قبل الحديث عن تفاصيل هذه المواد لا بد من أن نستعرض مفهوم عسرة المياه، مسبباته ومضاره.

عسرة المياه هي مصطلح يشير إلى محتوى المياه من شوارد الكالسيوم والمغنيسيوم بشكل خاص وبعض الشوارد المعدنية الأخرى ثنائية أو ثلاثية التكافؤ.
تتكون المياه التي نستخدمها في حياتنا اليومية عادة من مياه الأمطار التي ترشح عبر الصخور والتربة، والتي يمكن أن تحتوي على هذه المعادن.
تصنف عسرة المياه إلى نوعين رئيسيين:

- عسرة مؤقتة :تنتج عسرة المياه المؤقتة عن وجود بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبة في الماء. يمكن إزالة هذه العسرة عن طريق غلي الماء، حيث تترسب البيكربونات على شكل راسب أبيض.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- عســـرة دائمـة :تنتج عســـرة الميـاه الـدائمـة عن وجود كبريتـات وكلوريد وكربونات الكالســيوم والمغنيســيوم. لا يمكن إزالة هذه العســرة عن طريق الغليان، وعادة ما تتطلب استخدام مواد كيماوية لإزالتها.

تأثيرات عسرة المياه:

يمكن أن يكون لعسرة المياه تأثيرات عديدة، بما في ذلك:

- تقليل فعالية الصـــابون وبعض المواد الفعالة: تتفاعل أملاح الكالســـيوم والمغنيسـيوم مع الصـابون لتكوين مركبات غير قابلة للذوبان، مما يجعل من الصعب تكوين الرغوة.
- ترسبات على الأسطح :يمكن أن تترسب أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم على الأسطح، مما يؤدي إلى ظهور طبقة كلسية.
- عطب المعدات :يمكن أن تتســبب أملاح الكالســيوم والمغنيســيوم في عطب الغلايات والسخانات الكهربائية في الغسالات الأوتوماتيك.

يمكن تقسيم المواد البناءة إلى عدة أقسام:

- المواد البناءة الفوسفاتية
- المواد البناءة الغير فوسفاتية
- المواد البناءة البوليميرية والمخلبات

سنستعرض في هذا الفصل هذه الأنواع وخصائصها

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

المواد البناءة الفوسفاتية:

من أشهر هذه المواد

- ثلاثي متعدد فوسفات الصوديوم STPP
- فوسفات ثلاثي الصوديوم TSP
- بير فوسفات رباعي الصوديوم TSPP

ثلاثي متعدد فوسفات الصوديوم STPP:

صيغته الكيميائية: $Na_5P_3O_{10}$

الوزن الجزيئي: 367.8 g/mol

الانحلالية في الماء: (25 °C) 14.5 g/100 ml

فوسفات ثلاثي صوديوم TSP:

صيغته الكيميائية: Na_3PO_4

الوزن الجزيئي: 163.94 g/mol

الانحلالية في الماء: (25 °C) 14.5 g/100 ml

بير فوسفات رباعي صوديوم TSPP:

صيغته الكيميائية: $Na_4P_2O_7$

الوزن الجزيئي: 265.9 g/mol

الانحلالية في الماء: (25 °C) 6.7 g/100 ml

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

لكن أُصدرت عدة تشريعات في العديد من البلدان لمنع أو للحد من استخدام المواد الفوسفاتية.

لكن ما السبب؟

المركبات الفوسفاتية هو مركبات كيميائية تُستخدم على نطاق واسع كمواد بناءة (Builder) في المنظفات. تُعتبر هذه المركبات متعددة الاستخدامات بفضل قدرتها على تحسين كفاءة التنظيف من خلال تليين الماء، منع ترسب الأملاح، وتشتيت الأوساخ. ومع ذلك، أدى استخدامها إلى مشاكل بيئية خطيرة، خاصة تلوث المياه وتكاثر الطحالب الناتج عن التخصيب الزائد (Eutrophication)، مما دفع العلماء والصناعيين إلى البحث عن بدائل أكثر أمانًا. هذا البحث أدى بدوره إلى تطوير أنظمة مواد بناءة أكثر تعقيدًا لتحقيق نفس الأداء دون الإضرار بالبيئة.

المركبات الفوسفاتية تُستخدم في المنظفات لأداء عدة وظائف أساسية:

- تليين الماء(إزالة العسرة): ترتبط المركبات الفوسفاتية بأيونات الكالسيوم والمغنيسيوم في الماء العسر، مما يمنعها من التداخل مع المواد الخافضة للتوتر السطحي ويُحسن أداء التنظيف.

- تشتيت الأوساخ: تمنع إعادة ترسب الأوساخ على الأسطح أو الأقمشة أثناء الغسيل.

- التحكم في درجة الحموضة: تعمل كمخزن مؤقت للقلوية للحفاظ على بيئة مناسبة لعمل المنظفات.

بفضل هذه الخصائص، كان STPP خيارًا مثاليًا من حيث الكفاءة والتكلفة المنخفضة، مما جعله مكونًا شائعًا في المنظفات لعقود.

التأثير البيئي للمركبات الفوسفاتية:

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

على الرغم من فعاليته، فإن STPP تسبب في تلوث بيئي كبير بسبب احتوائه على الفوسفات. عند تصريف مياه الصرف الناتجة عن الغسيل في المسطحات المائية (مثل الأنهار والبحيرات)، يُطلق الفوسفات في البيئة، مما يؤدي إلى ظاهرة التخصيب الزائد.

آلية التخصيب الزائد:

1. زيادة نمو الطحالب: الفوسفات عنصر غذائي رئيسي للطحالب، وعندما يرتفع تركيزه في الماء، تتكاثر الطحالب بشكل مفرط.

2. نقص الأكسجين: عند موت الطحالب، تتحلل بواسطة البكتيريا التي تستهلك الأكسجين، مما يؤدي إلى استنفاد الأكسجين في الماء.

3. تأثيره على الحياة المائية: نقص الأكسجين يُسبب موت الأسماك والكائنات المائية الأخرى، مما يُخل بالتوازن البيئي.

وهذه بعض الدراسات تم نشرها للدلالة على خطر المركبات الفوسفاتية:

- دراسة نُشرت في مجلة *Environmental Science & Technology* بعنوان "Phosphorus and Eutrophication" أوضحت أن الفوسفات من مصادر مثل المنظفات يُساهم بشكل كبير في التخصيب الزائد وتدهور جودة المياه (Smith, 1998).

- تقرير من الوكالة الأمريكية لحماية البيئة (EPA) أشار إلى أن المنظفات المحتوية على الفوسفات تُعد من المصادر الرئيسية لتلوث المياه بالفوسفات (EPA, 2000).

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

المواد البناءة غير الفوسفاتية:

نظراً للسلبيات التي ظهرت مع استخدام المركبات الفوسفاتية عُقدت عدة مؤتمرات دولية لإيقاف أو الحد من استخدام المركبات الفوسفاتية وبالتالي ظهرت الحاجة لمواد بناءة جديدة.

ومن هذه المواد التي يمكن الاستعاضة بها عن مركبات الفوسفات:

- سيليكات الصوديوم
- كربونات الصوديوم
- بيكربونات الصوديوم
- الزيوليت
- سترات الصوديوم

سيليكات الصوديوم:

الصيغة الكيميائية: لسيليكات الصوديوم عدة صيغ كيميائية تختلف حسب معدل نسبة أوكسيد السيليكون $(SiO_2)_x$ لنسبة أوكسيد الصوديوم $(Na_2O)_x$ وهذه النسبة تختلف حسب الاستخدام، وتكون على شكل محلول مائي يأتي بتراكيز مختلفة.

الصيغة المجملة التقريبية $Na_2Si_2O_5$

الوزن الجزيئي يقارب 182 g/mol

تمتاز هذه المادة برفع قلوية المركب كما أنها تعبر مادة ربط جيدة وكذلك تلعب دور في تخفيض عسر المياه من خلال حجز وترسيب شوارد الكالسيوم والمغنسيوم.

كربونات الصوديوم:

صيغته الكيميائية: Na_2CO_3

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الوزن الجزيئي: 106 g/mol

الانحلالية في الماء: 30.7 g/100 ml (25 °C)

تدخل في تصنيع المنظفات منذ القديم حيث كانت تستخدم في صناعة الصابون وتدخل بشكل كبير في صناعة المنظفات البودرة فهي مادة رافعة للقلوية و لها قدرة كبيرة على ترسيب شوارد الكالسيوم والمغنسيوم

بيكربونات الصوديوم:

صيغته الكيميائية: $NaHCO_3$

الوزن الجزيئي: 84 g/mol

الانحلالية في الماء: 10 g/100 ml (25 °C)

يمكن أن تستخدم في صناعة المنظفات حيث أن لها قلوية لطيفة كما أنها تمتلك قدرة ترسيب شوارد الكالسيوم والمغنسيوم في المياه العسرة، تتفكك بيكربونات الصوديوم عند حرارة أعلى من (50 °C)

الزيوليت:

وهي مركبات سيليكات الألمنيوم غير ذوابة بالماء لها عدة أنواع حسب الشكل البنيوي للجزيئات والمعادن المرتبطة بها، ومن هذه المركبات $Na_2Al_2Si_3O_{10}$-$2H_2O$ حيث يملك الزيوليت خصائص تجعله يصلح كمادة مالئة ومنها رفع درجة القلوية والمسامية العالية وكذلك قدرته على التبادل الشاردي فهو يأخذ شوارد الكالسيوم والمغنسيوم المسببة لعسرة المياه ويبادلها بشوارد الصوديوم لكن ما يعيب الزيوليت أنه غير ذواب بالماء.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

سترات الصوديوم:

صيغته الكيميائية: $Na_3C_6H_5O_7$

الوزن الجزيئي: 258 g/mol

الانحلالية في الماء: 42.5 g/100 ml (25 °C)

تعتبر من مزيلات عســـرة الماء من خلال تشـــكيل معقدات ذوابة في الماء وبالتالي يعزز عمل المنظفات، لكن ما يعيب هذه المواد هو عدم فعاليتها في درجات الحرارة العالية.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

المواد البناءة البوليمرية والمخلبات:

تستخدم لتعزيز عمل المواد البناءة الأساسية وتكون نسبة إضافتها بشكل عام قليلة على عكس المواد البناءة الأخرى التي قد تصل نسب استخدامها إلى 30 بالمئة من إجمالي التركيبة.

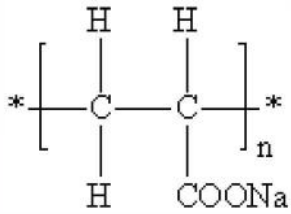
البوليمرات:

ومن أشهر البوليمرات المستخدمة بولي أكريليك وبولي أكريليك-ماليك المشترك

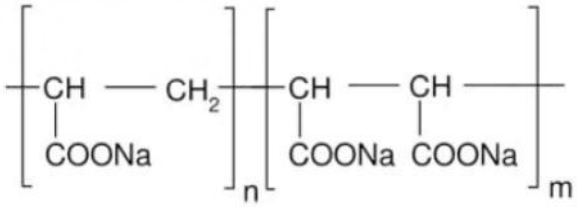
تعتبر بوليمرات البولي أكريليك والبولي أكريليك-ماليك المشترك من المواد البناءة المميزة لأن لها أكثر من وظيفة منها تشتيت وتعليق المواد غير الذوابة وحجز شوارد الكالسيوم والمغنسيوم بالإضافة لكونها تثبط نمو بلورات الكالسيوم وهي تعزز من عمل المواد البناءة الأخرى.

تأتي بأوزان مولية مختلفة وهي ذوابة في الماء وتضاف للمنظفات البودرة والسائلة.

الصيغة الجزيئية لبوليمر البولي أكريليك:



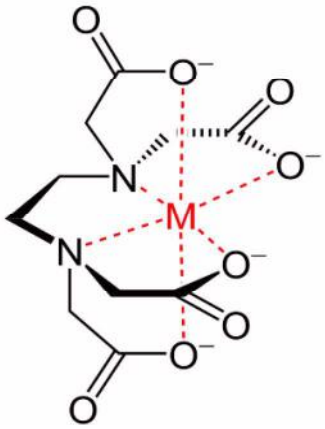
الصيغة الجزيئية لبوليمر البولي أكريليك-ماليك:



Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

المخلبات:

المخلبات هي مركبات عضوية قادرة على تشكيل رابطة تساهمية مع ذرة معدنية تسمى هذه الروابط بالمخلب لأنها تحجز هذه الشوارد كما تفعل ذوات المخالب مع فرائسها، مما يشكل مركبًا يسمى "المعقد"، يستفاد من هذه الخاصية في تحييد شوارد الكالسيوم والمغنسيوم.



وهذه الشكل يبين كيفية احتجاز الشوارد المعدنية M ضمن مخالب مادة EDTA

وفي هذا الجدول سوف نستعرض بعض هذه المخلبات

اختصار اسم المركب	اسم المركب
EDTA	Ethylene amine Tetra acetic.4Na
DTPA	Diethylene Triamine Penta acetic.5Na
GLDA	Glutamic acid Diacetic.4Na
MGDA	Methyl Glycine Diacetic.3Na
HEDP	Hydroxy Ethylidene DiPhosphonic acid
ATMP	Amino Trimethylene Phosphonic acid
DTPMP	Diethylene TriAmine Penta methylene Phosphonic acid

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الفصل الثالث: عوامل التبييض

أن البقع الزيتية والدهنية والبروتينية والأتربة يمكن الاعتماد في إزالتها على المواد الفعالة سطحياً والمواد البناءة والأنزيمات لكن البقع الصبغية مثل الشاي والقهوة والبقع الناتجة عن الفاكهة والخضروات لا بد لها من عوامل مؤكسدة لتفكيك حاملات اللون (الكروموفورم) حيث تقوم المؤكسدات بكسر روابط جزيئات حاملات اللون وبالتالي تتفكك وتُزال من الملابس أو الأسطح المختلفة، كما لهذه المركبات خاصية تعقيمية فهي تقضي على البكتريا والفيروسات والفطريات.

عوامل التبييض الأوكسجينية:

من أهم المبيضات الأوكسجينية في عالم المنظفات:

بربورات الصوديوم:

تأتي بربورات الصوديوم بشكلين الأول هو بربورات الصوديوم أحادية الماء والثاني هو بربورات الصوديوم رباعية الماء.

الصيغة الكيميائية لبربورات الصوديوم أحادية الماء: $NaBO_3.H_2O$

الوزن الجزيئي: 99.8 g/mol

المحتوى من الأوكسجين: ما يقارب 15 %

الصيغة الكيميائية لبربورات الصوديوم رباعية الماء: $NaBO_3.4H_2O$

الوزن الجزيئي: 153.9 g/mol

المحتوى من الأوكسجين: ما يقارب 10 %

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

بيركربونات الصوديوم:

الصيغة الكيميائية لبيركربونات الصوديوم: $Na_2CO_3.1,5H_2O_2$

الوزن الجزيئي: 157 g/mol

المحتوى من الأوكسجين: ما يقارب 15 % (عندما يكون تركيز البيركربونات 100%)

الماء الأوكسجيني:

الصيغة الكيميائية: H_2O_2

الوزن الجزيئي: 34 g/mol

المحتوى من الأوكسجين: ما يقارب 23.5% (لتركيز 50%)

منشطات تفكك الأوكسجين في مسحوق الغسيل:

تُستخدم منشطات تفكك الأوكسجين (Oxygen Bleach Activators) في منظفات الغسيل لتعزيز فعالية المواد المبيضة المعتمدة على الأكسجين، مثل البيربورات أو بيركربونات الصوديوم. هذه المنشطات تساعد على تحرير الأكسجين النشط عند درجات حرارة منخفضة، مما يزيد من قدرة مسحوق الغسيل على إزالة البقع وتنظيف الأقمشة.

آلية عمل منشطات تفكك الأوكسجين:

المواد المبيضة المعتمدة على الأكسجين تعمل بشكل فعال عند درجات حرارة عالية (60-90 درجة مئوية). ومع ذلك، عند استخدام مسحوق الغسيل في درجات حرارة منخفضة (30-40 درجة مئوية)، يقل تفاعل الأكسجين النشط. هنا يأتي دور

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

المنشـــطات، حيث تتفاعل هذه المنشـــطات مع البيربورات أو البيركربونات وتنتج جزيئات الأكســـجين النشـــط حتى في درجات الحرارة المنخفضـــة، مما يعزز فعالية التبييض.

أشهر المنشطات المستخدمة هي:

1. **تترا أسيتيل إيثيلين داي أمين (TAED)**: هو الأكثر شيوعًا، يتحلل في وجود البيربورات ليعطي بيروكســـيد الأســـيتيك الذي ينشـــط عند درجات حرارة منخفضة.
2. **NOBS (Nonanoyloxybenzene Sulfonate)**: يعتبر أقل شيوعًا من TAEDلكنه أكثر فعالية في بعض التطبيقات، خاصة في درجات حرارة أقل.

الاستخدام:

تختلف نســـب اســـتخدام منشـــطات تفكك الأوكســـجين حســـب نســـبة البربورات أو البيركربونات. بشـــكل عام، تتراوح نســـب اســـتخدام TAED بين 1-5% من وزن مســـحوق الغســـيل الكلي. وتضـــاف المنشـــطات غالبًا بحيث تعطي نســـبة ملائمة من الأكســـجين النشـــط الكافي للتفاعل عند درجات الحرارة المطلوبة. يتم ضـــبط نســـبة المنشط بحيث تضمن تحقيق التوازن بين الفعالية والاقتصادية والتأثير على النسيج.

فوائد منشطات تفكك الأوكسجين:

1. **فعالية في درجات حرارة منخفضـــة**: تجعل التبييض بالأكســـجين ممكنًا في غسلات باردة أو دافئة، مما يقلل من استهلاك الطاقة.
2. **إزالة البقع العنيدة**: مثل البقع العضوية (الشاي، القهوة، الدم) التي تحتاج إلى تفاعلات مؤكسدة قوية.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

عوامل التبييض الكلورية:

لها أهمية كبيرة في التبييض والتعقيم كما يمكن أن تدمج بعض المركبات الفعالة السطحية لإكسابها اللزوجة والقدرة التنظيفية وسوف نذكر أهم هذه المركبات:

هيبوكلوريت الصوديوم (تحت كلوريت الصوديوم):

الصيغة الكيميائية: NaClO

الوزن الجزيئي: 74.44 g/mol

المحتوى من الكلور: يوجد بتراكيز مختلفة، المحلول المركز الأكثر شيوعا يأتي بتركيز ما يقارب 15 %.

من أشهر المبيضات ومعقمات الأسطح يأتي بتركيز تجاري بين 4 – 6 % من محتوى الكلور لكن له ظروف تخزين خاصة حيث يراعى أن يحفظ بدرجة حرارة أقل من 30 درجة مئوية للحيلولة دون تفككه، كذلك يراعى أن تكون أغطية العبوات ذات سدادة نفوذه للغاز لمنع انتفاخ العبوات إذا حدث تفكك نتيجة سوء التخزين وكذلك فالمعادن الموجودة في الماء " مثل النحاس والنيكل الكوبالت" تساعد على سرعة تفكك الهيبوكلوريت فينصح باستخدام مياه معالجة ومنزوعة الشوارد المعدنية.

هيبوكلوريت الكالسيوم (تحت كلوريت الكالسيوم):

الصيغة الكيميائية: $Ca(ClO)_2$

الوزن الجزيئي: 143 g/mol

المحتوى من الكلور: يوجد بتراكيز مختلفة، الأكثر شيوعاً يأتي بتركيز 65 %.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

يستخدم في تعقيم أحواض السباحة ومياه الشرب لكن بسبب وجود مواد غير منحلة من كلوريد الكالسيوم وكربونات الكالسيوم الناتجة عن عملية التصنيع ووجود شوارد الكالسيوم المسببة لعسرة الماء فإن المفضل في الاستخدام هو هيبوكلوريت الصوديوم.

كما يمكن الحصول على هيبوكلوريت الصوديوم من تفاعل هيبوكلوريت الكالسيوم مع كربونات الصوديوم مع تشكل راسب من كربونات الكالسيوم وفق المعادلة التالية:

$$Ca(ClO)_2 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaClO + CaCO_3\downarrow$$

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الفصل الرابع: الأنزيمات

تعتبر الأنزيمات من أهم المكونات التي تتواجد في المنظفات الحديثة. فهي تعتبر تقنية مبتكرة تعمل على تحسين قدرة المنظفات على إزالة البقع والأوساخ المتراكمة على الأسطح المختلفة. في هذا الفصل، سنستكشف الدور الذي تلعبه الانزيمات في المنظفات وفوائدها.

ما هي الأنزيمات؟

الأنزيمات هي بروتينات طبيعية تتواجد في الكائنات الحية، بما في ذلك النباتات والحيوانات والبكتيريا. تعمل الأنزيمات كعوامل حيوية لتسريع العمليات الكيميائية في الجسم. وهي تعمل عن طريق كسر الروابط الكيميائية في المواد العضوية، مما يؤدي إلى تحويلها إلى مركبات أصغر وأكثر قابلية للتحلل.

الأنزيمات في المنظفات:

تم استخدام الأنزيمات في المنظفات لأول مرة في الثمانينات، ومنذ ذلك الحين أصبحت مكونًا أساسيًا في العديد من المنتجات التجارية. تعتبر الأنزيمات بديلاً فعالًا للمواد الكيميائية القاسية التي تستخدم في بعض المنظفات التقليدية. فهي تتحلل بشكل طبيعي ولا تترك آثارًا ضارة على البيئة.

فوائد الانزيمات في المنظفات:

- إزالة البقع العنيدة: تتمتع الأنزيمات بقدرة استثنائية على إزالة البقع العنيدة مثل الدهون والبروتينات والنشاء والدم. فهي تعمل على تفكيك هذه البقع إلى جزيئات أصغر يمكن غسلها بسهولة.
- تحسين كفاءة الغسيل: تعمل الأنزيمات على تحسين كفاءة الغسيل بشكل عام، حيث

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

تعمل على تليين الأنسجة وتفكيك الأوساخ المتراكمة. وبالتالي، يتم تحسين نتائج الغسيل وتقليل الحاجة إلى استخدام مستويات عالية من المنظفات الكيميائية.

- توفير الطاقة والماء: نظراً لفعالية الأنزيمات في إزالة البقع، يمكن الحد من عدد الدورات اللازمة لغسل الملابس والأواني. وبالتالي، يتم توفير الطاقة والماء المستخدمين في هذه العملية.

- تقليل تأثر البقع والروائح الكريهة: تعمل الأنزيمات أيضاً على تحلل الروائح الكريهة المتراكمة على الملابس والأسطح. فهي تفكك المركبات الكيميائية التي تسبب الروائح وتساعد في إزالتها بشكل فعال.

- صديقة للبيئة: تعتبر الأنزيمات صديقة للبيئة بشكل كبير. فهي تتحلل بشكل طبيعي ولا تتراكم في البيئة مثل بعض المواد الكيميائية الأخرى المستخدمة في المنظفات التقليدية. وبالتالي، فإن استخدام المنظفات التي تحتوي على الأنزيمات يساهم في الحفاظ على نظافة البيئة والمحافظة على التوازن البيئي.

التحديات المتعلقة بالأنزيمات في المنظفات:

على الرغم من فوائدها العديدة، هناك بعض التحديات المتعلقة بالأنزيمات في المنظفات. فعلى سبيل المثال، تعتبر الأنزيمات مادة حساسة للظروف المحيطة، مثل درجة الحموضة ودرجة الحرارة. قد يتطلب ذلك ضبط تركيبة المنظفات لضمان فعالية الأنزيمات.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تكون تكلفة إنتاج المنظفات التي تحتوي على الأنزيمات مرتفعة قليلاً مقارنة بالمنظفات التقليدية. ومع ذلك، تعوض هذه التكلفة الإضافية بفوائدها البيئية والأداء المتفوق.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

تعتبر الأنزيمات في المنظفات تقنية مبتكرة لتحسين كفاءة التنظيف والحفاظ على البيئة، فهي تعمل على إزالة البقع العنيدة والروائح الكريهة وتحسين نتائج الغسيل بشكل عام. كما أنها تقلل من الحاجة إلى استخدام مستويات عالية من المنظفات الكيميائية وتوفر الطاقة والماء. ومع ذلك، هناك بعض التحديات المتعلقة بالأنزيمات في المنظفات، مثل حساسيتها للظروف المحيطة وتكلفتها الإضافية.

هناك العديد من **أنواع الأنزيمات** المختلفة التي يمكن استخدامها في المنظفات. وتشمل الأنواع الأكثر شيوعًا:

- **البروتياز**: البروتياز هو إنزيم يكسر البروتينات. وهو فعال في إزالة البقع البروتينية، مثل بقع الدم وبقع العرق.
- **الليباز**: الليباز هو إنزيم يكسر الدهون والزيوت. وهو فعال في إزالة البقع الدهنية، مثل بقع الطعام وبقع الزيت.
- **الأميلاز**: الأميلاز هو إنزيم يكسر النشا. وهو فعال في إزالة البقع النشوية، مثل بقع الطعام وبقع العرق.
- **السليلولاز**: السليلولاز هو إنزيم يكسر السليلوز. وهو فعال في إزالة الوبر من الملابس.

بالإضافة إلى هذه الأنزيمات الأربعة الرئيسية، يمكن استخدام أنواع أخرى من الإنزيمات في المنظفات، بما في ذلك:

- **البيكتيناز**: البيكتيناز هو إنزيم يكسر البيكتين. وهو فعال في إزالة البقع النباتية، مثل بقع الفاكهة وبقع الخضروات
- **المانانـاز**: المانانـاز هو إنزيم يكسر المانان، وهو نوع من السكريات الموجودة في بعض الأطعمة، مثل الفاصوليا والبازلاء.
- **الزيلانـاز**: الزيلانـاز هو إنزيم يكسر الزيلان، وهو نوع من السكريات الموجودة في بعض الأطعمة، مثل القمح والذرة.
- **اللاكتاز**: اللاكتاز هو إنزيم يكسر اللاكتوز، وهو نوع من السكريات الموجود في الحليب ومنتجات الألبان.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- **الغلوكوز أوكســـيديز**: الغلوكوز أوكســـيديز هو إنزيم يســـتخدم لإزالة البقع الملونة من الملابس.

يتم اختيار نوع الأنزيم المستخدم في المنظف بناءاً على نوع البقع والأوساخ التي من المتوقع أن يواجهها المنظف. على سبيل المثال، قد يحتوي منظف الغسيل على الليباز والأميلاز والبروتاز، بينما قد يحتوي منظف غسيل الأطباق على الليباز والبروتياز.

وتجدر الإشـــارة إلى أن الأنزيمات تعمل بشـــكل أفضـــل في درجات الحرارة المعتدلة (30 - 60 درجة مئوية). لذلك، من المهم اســـتخدام المنظفات التي تحتوي على إنزيمات في درجات حرارة لا تتجاوز 65 درجة مئوية، ويفضـــل حفظ المنتجات الحاوية على أنزيمات في درجات حرارة معتدلة لأن كفاءتها تنخفض بشـــكل كبير في الحرارة المرتفعة (فوق 30 درجة مئوية) وكذلك فإن الرطوبة ومحتوى الأوكســـجين له تأثير في كفاءة الأنزيمات أثناء التخزين.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الفصل الخامس: العطور

هي مجموعة من المواد الكيميائية العضـــوية الطيارة مختلفة الوزن الجزيئي وقد يصـل عددها في العطر الواحد إلى بضـع مئات من المكونات ويمكن أن تحوي هذه المواد على مجموعات وظيفية مختلفة (تتراوح من الهيدروكربونات الأليفاتية إلى الكحولات والألدهيدات والكيتونات والاســـترات والايثرات والتربينات)، ونتيجة لتعدد هذه المواد ووظائفها فمن المحتمل أن تحدث تفاعلات بين العطر والمكونات الداخلة في تركيبة المنظف وحتى أن العطر نفســـه قد يتغير لونه مع الوقت حيث يعود ذلك إلى حدوث أكسدة لبعض مكوناته مثل التربينات.

لماذا نستخدم العطر في المنظفات؟

المنظفات قادرة على إعطاء أداء قد يكون أفضـــل بغياب العطر، فالعطر ليس من المواد التي لها خصـــائص تنظيفية في المنتج باســـتثناء أنه يحمل بعض خصـــائص المذيبات لكونه مكون من مركبات عضـــوية وحتى أن الكيميائيين الذين يضـــعون التركيبات يواجهون بعض الصـــعوبات في دمج العطر في الخلطات المختلفة لأنه يؤثر على لزوجة المنتج وقد يسبب فصل في الأطوار إن لم يتم دمجه بشكل صحيح في التركيبة، فلماذا إذن نستخدم العطور؟

يعود ذلك لسببين:

- لكن يغطي العطر على روائح المركبات الكيميائية التي يمكن أن تحمل روائح كريهة.
- الناحية الجمالية حيث يعطي شعوراً مريحاً لدى المستهلك ولارتباط الرائحة الجميلة بتغيير الحالة النفسية للمستهلك.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

التفاعلات الكيميائية بين العطور والمكونات الداخلة في التركيب:

ومن الملاحظ من خلال الأبحاث تأثير بعض المواد على العطور ومن أبرزها:

- عناصر المعادن الثقيلة
- المواد المؤكسدة مثل الهيبوكلوريدات والأملاح فوق الأوكسجينية.
- الأنزيمات والحفازات.
- الرقم الهيدروجيني PH

التأثير الأهم يعود إلى الرقم الهيدروجيني PH فهو من الخواص المهمة عند اختيار العطر حيث أن المجال بين 4.5 و8 يسمح لصانع العطور باستخدام جميع المواد الكيميائية المتاحة تحت تصرفه ويقل الاختيار عند الانتقال إلى المجال (8-10) والمجال (2.5-4.5) أما الرقم الهيدروجيني الأعلى من 10 والأقل من 2.5 فلا يتبقى لصانع العطور سوى القليل من المواد التي يمكن استخدامها في تصنيع العطر.

من أشهر شركات العطور:

- شركة IFF (International Flavors & Fragrances)
- شركة Givaudan
- شركة Firmenich

أنواع العطور في المنظفات:

تُعدّ العطور عنصرًا أساسيًا في المنظفات، فهي تُضفي عليها رائحةً مميزة تعطي شعورًا بالنظافة والانتعاش. سنستعرض بعض أنواع العطور المستخدمة.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

1. العطور الطبيعية:

- تُستخرج من الزيوت العطرية والنباتات، مثل اللافندر، والنعناع، والليمون.
- وبعض هذه العطور يستخرج من الحيوانات مثل المسك المستخرج من بعض أنواع الغزلان والعنبر المستخرج من حوت العنبر.
- تتميز برائحتها العطرة الخفيفة، وتُناسب الأشخاص ذوي البشرة الحساسة.
- أغلى من العطور الاصطناعية.

2. العطور الاصطناعية:

- تُصنع من مواد كيميائية، وتُقلد روائح العطور الطبيعية.
- تتميز بتنوعها الكبير وسهولة تصنيعها.
- قد تُسبب تهيجًا للبشرة الحساسة.

3. العطور المُركبة:

- مزيج من العطور الطبيعية والاصطناعية.
- تُتيح إمكانيات واسعة لخلق روائح فريدة ومميزة.
- تُناسب مختلف الأذواق والاحتياجات.

4. العطور حسب نوع المنظف:

• مساحيق الغسيل: تُستخدم عطور قوية تدوم لفترة طويلة، وتتحمل الحرارة ودرجة القلوية المرتفعة كما يؤخذ بالحسبان تأثير المبيضات الأوكسجينية والأنزيمات على العطر المستخدم.

• منظفات الأطباق: تُستخدم عطور منعشة تُزيل رائحة الطعام، مثل عطور الليمون وبعض الفواكه (التفاح، الفراولة) ويجب أن تكون سهلة الشطف أي لا يبقى لها أثر على الأطباق.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

• منظفات الأرضـــيات: تُســـتخدم عطور منعشـــة وذات زخم تُعطي شـــعورًا بالانتعاش، مثل عطور الأزهار وبعض الأخشـاب (الياسـمين، اللافندر، الصـنوبر، الصـــندل) ويجب أن تتميز هذه العطور بفترة بقاء طويلة حيث لا تزول الرائحة بشكل سريع بل يبقى لها عبق لعدة ساعات.

• بقية أنواع المنظفات:

المنظفات الحمضـــية: وهي التي لها درجة درجة PH منخفضـــة مثل منظفات الحمامات فيجب أن تحتفظ هذه العطور برائحتها في الأوساط شديدة الحموضة.

المنظفات القلوية: وهي التي لها درجة درجة PH مرتفعة مثل منظفات المطابخ والأفران فيجب أن تحتفظ هذه العطور برائحتها في الأوساط شديدة القلوية.

المنظفات التي تتضـمن مبيضـات كلورية أو أوكسـجينية: هذه المنظفات تحوي مؤكسدات قوية فيجب استخدام عطور خاصة بها قادرة على أن تحتفظ برائحتها في الأوساط المؤكسدة.

العطور المكبسلة:

ظهر مفهوم العطور المكبسلة منذ عدة سنوات، وهو يشير إلى العطور المغلفة بكبسولات ذات أحجام تتراوح بين 1 إلى 1000 ميكرومتر، وقد يصل حجم بعضها إلى مرتبة النانومتر. وتتمثل مهمة هذه الكبسولات في الاحتفاظ بالعطر وإطلاقه على فترات أطول.

ما الدافع لتطوير العطر المغلف بالكبسولات؟

- حدوث مشـــاكل في الإنتاج أو التركيبة، حيث يؤدي وجود مواد مؤكســـدة أو إنزيمات أو مواد قلوية أو حمضية إلى التأثير سلباً على العطر.
- التخزين لفترات طويلة في مساحيق الغسيل، مما قد يؤدي إلى تبخر جزء من العطر نتيجة لتسربه عبر الغلاف الكرتوني المسامي أو بسبب وجود فتحات في التغليف البلاستيكي تسمح بخروج الهواء.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- تفاعل العطر مع بعض المواد داخل التركيبة، مما يتســـبب في تغيرات في الرائحة أو أكسدته.
- رغبة المستهلك في بقاء العطر لفترة أطول بعد الاستخدام.

هذه الأسباب أدت إلى تطوير آلية لتغليف العطر والتحكم في إطلاقه.

ما هي الكبسولة التي تحوي العطر؟

هي حاوية صغيرة جداً تصل أبعادها إلى مرتبة النانومتر، وتتميز بجدار رقيق يحيط بجزيئات العطر.

يتكون هذا الجدار من:

1. مواد عضوية :وهي بوليمرات تكون إما
   - طبيعية، مثل النشا والبروتينات النباتية والصمغ العربي،
   - أو مصنعة، مثل بولي إيثيلين جلايكول وبولي ميثيل ميثا أكريلات.
2. مواد لا عضـوية :مثل أوكسـيد السـيليكون وكربونات الكالسـيوم ذات الأبعاد النانومترية.
3. مواد عضـــوية لا عضـــوية :حيث تتكون الكبســـولة من مزيج من مكونين؛ أحدهما عضوي والآخر لا عضوي.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الفصل الخامس: الصبغات

نستعرض في هذا الفصل دور اللون في صناعة الصابون والمنظفات، حيث يُبيّن الحاجة الملحّة لإضافة اللون إلى المنتجات من منظور جمالي ووظيفي على حد سواء. يُسلّط الضوء على كيفية إدراك المستهلك للون وتاريخه في الصناعة، كما يقدم معلومات للمبتدئين عن تكنولوجيا المواد الملوّنة والخيارات المتعددة التي يتعين على صانع التركيبة مراعاتها، مثل التوافق مع المكونات الأخرى، اختيار الظل المناسب، ثبات اللون خلال مدة التخزين، الأداء العام، ومتطلبات السلامة.

أولاً: الرغبة في اللون

لطالما سعى الإنسان إلى تجميل بيئته؛ إذ إن استخدام اللون في الفنون والعمارة والطباعة والديكور يعود إلى عصور ما قبل التاريخ، كما يتضح من الرسومات الكهفية القديمة. وقد استُخدمت المواد الملوّنة في مجالات متعددة، منها المستحضرات التجميلية والأغذية والمنتجات الصيدلانية، إذ يساهم اللون في تحسين جاذبية المنتج وإخفاء اللون الأصلي للمكونات غير المرغوب فيها، كما في حالة المنظفات السائلة التي قد تحمل لوناً طبيعيًا باهتًا.

ثانياً: إدراك اللون وعلم نفس اللون

يعتمد الشعور باللون على تفاعل ثلاثة عناصر أساسية: مصدر الضوء، الجسم المُضاء، وجهاز الاستشعار البصري (العين). وتتأثر رؤية اللون بعوامل إضافية مثل نعومة أو خشونة السطح، لون الخلفية، والتجارب أو الانطباعات السابقة للمشاهد.

تُستخدم نظم تصنيف الألوان مثل نظام مونسل، الذي يقوم بتصنيف اللون اعتمادًا على ثلاث سمات:

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- اللون (Hue): الذي يُعبر عن اسم اللون (أحمر، أزرق، أخضر... إلخ).

- الصفاء (Chroma): الذي يقيس درجة نقاء اللون أو تشبعه.

- القيمة (Value): التي تُحدد درجة إضاءة أو ظلام اللون.

إضـــافة إلى ذلك، تم تطوير نظم لونية أخرى مثل CIELab وCIELCh لتقديم قياسـات موضـوعية ودقيقة للون، حيث يُسـهّل نظام CIELab قياس الفرق اللوني باستخدام معادلة ΔE التي تُحسب كالتالي:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$$

وهذا يسمح بتحديد مدى اختلاف لون عينة معينة عن المعيار المرجعي.

ثالثاً: تاريخ اللون في صناعة الصابون والمنظفات

يرجع اسـتخدام المواد الملونة في الصـابون والمنظفات إلى بدايات تاريخ الصـباغة الطبيعية؛ إذ كان يُســتخلص اللون من مصـــادر نباتية (مثل الزعفران)، وحيوانية ومعدنية منذ عصور قديمة حوالي 3000 قبل الميلاد في بلدان مثل مصر والصين.

وفي منتصـف القرن التاسـع عشـر، شـهدت الصـناعة نقلة نوعية بعد اكتشـاف وليام هنري بيركن لأول صبغة اصطناعية من "قطران الفحم"، ومن ثم توسعت صناعة الصبغات لتشمل عددًا هائلاً من الأنواع التي تُستخدم فيما بعد في تلوين المنسوجات، الصابون، والمنظفات.

كما انتقل اسـتخدام المواد الملوّنة من اسـتخدام عوامل التبييض الزرقاء التقليدية إلى الاعتماد على العوامل المضـيئة فوق البنفسـجية (Optical Brighteners) التي لا تكتفي بإخفاء اللون الأصلي للمنتج بل تُحسّن من مظهره العام.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

رابعاً: تصنيف المواد الملوّنة

يمكن تقسيم المواد الملوّنة إلى عدة فئات بناءً على خصائصها الكيميائية وطريقة استخدامها:

1. الصبغات (Dyes):

- تتميز بوزن جزيئي منخفض إلى متوسط وقابلية عالية للذوبان في الوسط المستخدم.

- مثال: صبغة CI Food Blue 2 المستخدمة في الصناعات الغذائية.

2. الأصباغ (Pigments):

- عادةً ما تكون ذات وزن جزيئي أعلى وغير قابلة للذوبان في الوسط؛

- تُستخدم غالبًا في التركيبات البودرة، مثل المنظفات الجافة، وتحتاج إلى عوامل مشتتة لضمان توزيع متجانس.

3. المواد الملوّنة البوليمرية:

- تُشتق من ربط الجزيء المسؤول عن اللون بسلسلة بوليمرية قابلة للذوبان، مما يمنحها خصائص محسّنة مثل السيولة وسهولة التوزيع.

4. المواد الملوّنة المنظمة (Regulated Colorants):

- تخضع لمراقبة الجهات التنظيمية مثل إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA)، وتشمل الألوان المعتمدة (FD&C) وتلك الخاصة بالاستخدام الخارجي (D&C).

كما يمكن تصنيف المواد الملوّنة بحسب طريقة التطبيق المستخدمة في صباغة الألياف:

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- الصـبغات الحمضـية: تحتوي على مجموعات مثل الكربوكسـيل أو السـلفون، وتُستخدم في صباغة الألياف البروتينية كالحرير والصوف.

- الصـبغات الأسـاسـية: تكون أيونية موجبة وتُسـتخدم أسـاسًـا لصـباغة الألياف الاصطناعية مثل الأكريليك.

- صـبغات المذيبات والصـبغات المشـتتة (Disperse Dyes): تُسـتخدم لصـباغة الألياف غير القابلة للذوبان في الماء مثل البوليستر.

- الصـبغات المباشـرة والصـبغات التفاعلية: تُسـتخدم في صـباغة الألياف السـليلوزية (القطن)، حيث ترتبط الصبغة بالألياف بشكل فيزيائي أو كيميائي.

- صـبغات الفات (Vat Dyes): تُسـتخدم تقليديًا لصـباغة القطن بعد تحويلها إلى صورة قابلة للذوبان وإعادة أكسدتها داخل الألياف.

وأيضـــاً يُمكن تصـــنيفها بنـاءً على التركيب الكيميـائي للكروموجين (المجموعة المسؤولة عن اللون) مثل:

- ألوان الآزو (Azo Colorants)

- ألوان الأنثراكينون (Anthraquinone Colorants)

- ألوان البوليميثين (Polymethine Colorants)

- ألوان ثلاثية الفينيل (Triphenylmethane Colorants)

- النظائر الحلقية (Heterocyclic Analogs)

كما يشـكل نظام تسـمية المواد الملوّنة (**مثل رقم الفهرس اللوني "Colour Index"**) يسـاهم مؤشـر الألوان في تسـهيل التواصـل بين الشـركات والمختبرات والهيئات

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

التنظيمية، كما يعزز الثقة في جودة المواد الملونة من خلال توفير مرجع موثوق فيه لتحديد المركبات الكيميائية وتقييمها.

بهذه الطريقة يُعتبر مؤشر الألوان أداة أساسية في صناعات الأصباغ والدهانات والأقمشة، بالإضافة إلى كونه مرجعاً أكاديمياً وعلمياً هاماً.

خامساً: اختيار المواد الملوّنة واختبار أدائها

يتطلب اختيار المادة الملوّنة المناسبة لتطبيق معين دراسة عدة عوامل:

- الذوبانية:

لضمان الحصول على لون متجانس سواء في الأنظمة الشفافة أو في الأنظمة المعلقة .

- التوافق:

يجب التأكد من عدم حدوث تفاعلات غير مرغوبة مع المكونات الأخرى في التركيبة، مثل تكوين راسب نتيجة تفاعل الصبغة مع أيونات معينة.

- ثبات اللون مع تغير الرقم الهيدروجيني pH:

نظرًا لأن منتجات الصابون والمنظفات قد تتراوح في قيمة الرقم الهيدروجيني من الحموضة إلى القلوية الشديدة، يجب اختيار مادة تحتفظ بلونها ضمن نطاق pH المستخدم.

- الثبات الحراري:

نظرًا لأن عمليات التصنيع أو التخزين قد تتعرض لدرجات حرارة مرتفعة، يجب اختبار قدرة المادة الملوّنة على الثبات تحت ظروف التسخين.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- ثبات اللون عند التعرض للضوء (Lightfastness):

خاصــةً للمنتجات الســائلة أو المعروضــة في عبوات شـفافة؛ حيث يُجرى اختبار تسريع للضوء باستخدام مصابيح زينون أو إضاءة اصطناعية.

- مسائل التخزين والتعامل:

تشــمل إضــافة مواد حافظة للمواد الســائلة وتجنب تكوين غبار في حالة المواد المسحوقة.

- احتمالية التلطيخ (Staining):

خصــوصــاً في المنتجات التي قد تتلامس مباشــرةً مع الملابس أو الأســطح، ما يستدعي إجراء اختبارات للتأكد من عدم حدوث تغيير غير مرغوب في لون النسيج.

- كما يجب مراعاة خطوات عملية التصنيع؛ مثلاً، هل تُضاف المادة الملوّنة مباشرةً إلى التركيبة أم يجب تخفيفها أولاً، وكيفية القياس والتحكم في الجرعات لتحقيق التوافق مع المواصفات المطلوبة.

سادساً: قياس اللون

رغم أن العين البشــرية تُســتخدم تقليديًا لتقييم اللون، إلا أن الاعتماد على القياســات الآلية يوفر دقة وموضوعية أكبر. تتضمن طرق القياس:

- التقييم البصري:

حيث يُجرى اختبار مقارنة اللون بين العينة والمقياس تحت ظروف إضاءة موحدة باستخدام غرف إضاءة (Light Booth) وفقًا لمعايير ASTM.

- التقييم الآلي:

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

باســتخدام مطياف اللون أو جهاز قياس اللون ثلاثي الأبعاد، الذي يعتمد على نظم مثل CIELab وCIELCh لقياس فروق اللون بدقة، مما يُمكن من تحديد قيمة الفرق اللوني ΔE* وإجراء تعديلات تلقائية إذا تجاوز الفرق المسموح به.

هذا النهج الآلي يُحسّـن من اسـتقرار الجودة ويُسـاعد في تطبيق عمليات التصـحيح اللحظية خلال الإنتاج.

سابعاً: السمّية والسلامة

نظرًا للتركيز المتزايد على السـلامة في بيئات التصـنيع والاسـتخدام الاسـتهلاكي، يُعتبر تقييم المخاطر خطوة أساسية عند اختيار المواد الملوّنة. يتضمن هذا التقييم:

- المخاطر الصحية:

من خلال قياس الجرعة القاتلة (LD50) ودراسات التأثيرات الجينية والسرطانية.

- المخاطر البيئية:

عبر اختبارات مثل LC50 لتحديد التأثيرات السامة على الكائنات المائية، بالإضافة إلى دراسة استمرارية المادة في البيئة ومسارها النهائي.

- الامتثال للتشريعات:

يجب التأكد من أن المادة الملوّنة مسـجلة ومعتمدة من الجهات التنظيمية مثل وكالة حمايـة البيئـة (EPA) في الولايـات المتحـدة أو الإدارات المكـافئـة في الأسـواق الأخرى، مع مراعاة اختلاف المتطلبات باختلاف البلدان.

يُعد ذلك مهمًا خاصـةً للمنتجات التي تُستخدم مباشرةً على الجسم أو تُغسل عنها، مما يستدعي الحد الأدنى من التعرض للمواد الكيميائية.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

يُبرز الفصل أن استخدام اللون في صناعة الصابون والمنظفات ليس مجرد مسألة جمالية فحسب، بل يُعد عنصرًا أساسيًا للتفريق بين المنتجات وإبراز جودتها. ومع التطور المستمر في تكنولوجيا المواد الملوّنة، يسعى مصنعو المنتجات إلى إيجاد التوازن المثالي بين المظهر الجذاب، الأداء المستقر، والسلامة الصحية والبيئية. تُعد المعلومات الواردة في هذا الفصل مرجعًا قيمًا لكل من يعمل في هذه الصناعة سواء من الناحية الفنية أو الإدارية.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الفصل السابع : المعقمات والمواد الحافظة

التطهير والحفظ في مواد التنظيف

نستعرض في هذا الفصل الآليات العلمية والعمليات التقنية المستخدمة في التطهير والحفظ داخل تركيبات مواد التنظيف. ويغطي النص النقاط الأساسية التالية:

- القدرات المطهرة للمواد السطحية والمركبات النشطة الأخرى
- الأساليب التجريبية المتبعة لتقييم فعالية المطهرات
- المنتجات المنزلية المضادة للبكتيريا وتصنيفها
- المبادئ الأساسية لعمليات الحفظ وطرق قياس كفاءتها

أولاً- المقدمة

أ. تعريف التطهير والتفرقة بين المصطلحات ذات الصلة

يُعرّف التطهير بأنه عملية تقلل بشكل كبير من الكائنات الحية الدقيقة القادرة على الحياة على الأسطح غير الحية. ومن المهم التمييز بين التطهير والتعقيم؛ يختلف التطهير عن التطهير الجلدي (الذي يُطبق على الأنسجة الحية مثل الجلد) وعن التعقيم الكامل (الذي يدمر جميع الكائنات الدقيقة بما فيها الأبواغ). يخضع التطهير الجلدي لتنظيم إدارة الغذاء والدواء (FDA) في الولايات المتحدة وجهات مماثلة في دول أخرى، ويركز على الاستخدامات الطبية والبيطرية. معظم المواد المطهرة يمكن استخدامها لكلا الغرضين مع مراعاة سمية الجلد والفعالية العالية المطلوبة طبيًا.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

النوع	الوصف	الاستخدام	التنظيم
التطهير	تقليل الكائنات الحية الدقيقة على الأسطح غير الحية	الأسطح مثل الأثاث والأدوات	غير محدد مباشرة
التطهير الجلدي	تقليل الكائنات الحية الدقيقة على الأنسجة الحية	الجلد، تحضير قبل الجراحة	FDA والهيئات المماثلة
التعقيم الكامل	تدمير جميع الكائنات الحية الدقيقة بما فيها الأبواغ	الأدوات الطبية	FDA ومعايير الصحة العامة

ب. الخلفية التاريخية والتطور التكنولوجي

كانت الإجراءات المطهرة تاريخياً تُستخدم للحد من انتشار الأمراض المعدية مثل الطاعون والكوليرا، حيث اعتمدت على مركبات فينولية ومركبات زئبقية إلى جانب استخدام الكلور واليود. كما كان للصابون التقليدي خواص مطهرة نوعاً ما ناجمة عن قلويته المرتفعة (PH≈10). ومع ظهور المواد الفعالة السطحية الاصطناعية في الأربعينيات من القرن العشرين، تم تطوير مطهرات جديدة تناسب التطبيقات التي تتطلب مستويات تطهير منخفضة، خاصةً في صناعات المواد الغذائية ومستحضرات التجميل؛ إذ إن التلوث الميكروبي الناتج عن البيئة (كالهواء والمياه والمواد الخام والاتصال البشري) وبالتالي يمكن تُدخل تلوثًا ميكروبيًا، قد يشمل سلالات مسببة للأمراض مثل السالمونيلا.

ج. تعريف الحفظ وأهميته

الحفظ هو العملية التي تُحافظ على المنتج من الهجوم الميكروبي سواء أثناء الاستخدام من قبل المستهلك أو أثناء تعرضه لملوثات ميكروبية محتملة حتى تحت ظروف التصنيع المضبوطة. وعلى الرغم من أن الحفظ لا يُغني عن اتباع

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

ممارسات تصنيع صحيحة، فإنه يضمن استقرار تركيبة المنتج من حيث الفعالية والروائح والمظهر على المدى الطويل. وفي السابق كان يُستخدم الحفظ أساساً لحماية مستحضرات التجميل والدواء من التلوث الميكروبي، فيما أن التوجه الحديث نحو منتجات التنظيف الصديقة للبيئة والقابلة للتحلل الحيوي يتطلب استراتيجيات حفظ دقيقة نظرًا لأن هذه التركيبات تكون أكثر عرضة للهجوم الميكروبي.

ثانياً- التطهير

أ. المواد الفعالة السطحية المستخدمة في التطهير

1. المركبات السطحية الكاتيونية

تُعد المركبات الكاتيونية، وبالأخص مركبات الأمونيوم الرباعية"quats" ، من أهم الفئات المطهرة التي تُستخدم في صيغ التعقيم الجلدي والتنظيف المنزلي. يُمكن اعتبار الكاتيون في هذه المركبات أيون الأمونيوم الذي تم استبدال ذرات الهيدروجين الأربع بمجموعة عضوية.

- **على سبيل المثال :**

- مثل كلوريد البنزالكونيوم وبروميد السيتريمونيوم، تُستخدم في المنظفات متعددة الأغراض، تعمل هذه المركبات على اختراق الغشاء الخلوي البكتيري مما يؤدي إلى **تغيير نفاذية الغشاء** وتدمير البروتينات الخلوية، مما يسبب تسرب المكونات الداخلية.
- فعاليتها تعتمد على طول السلسلة الأليفاتية الأمثل C12-C14 .
- تكون هذه المركبات فعالة ضد البكتيريا موجبة الجرام والفيروسات المحبة للدهون، لكن أقل موثوقية ضد البكتيريا سالبة الجرام مثل **الزائفة الزنجارية،**

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

التي قد تبني أغشية بيولوجية مقاومة. يمكن تعزيز فعاليتها بـ EDTA لتدمير أغشية البكتيريا .

- تُستخدم في المستشفيات كمطهرات جلدية مع مواد أخرى مثل الكلورهيكسيدين، وهي منخفضة السمية لكن قد تسبب تهيجًا للجلد. تُستخدم بنسبة 0.1% و 2% على الأسطح حيث تعطي عادةً فعالية تطهير جيدة.

2. المركبات السطحية الأنيونية والأمفوتيرية

تُستخدم المركبات السطحية الأنيونية والأمفوتيرية أساساً كوسائط لنقل أو تعزيز نفاذية المركبات النشطة الأخرى، إذ إنها تُساعد على تعديل نفاذية جدار الخلية الميكروبية للسماح بدخول المواد النشطة.

- يُستخدم السلفوسكسينات (sulfosuccinate) مثلاً كوسيط لنقل الأيونات المعدنية أو لتعزيز ذوبان كحول البنزيل (benzyl alcohol) في صيغ المطهرات التجميلية.

- تُظهر المركبات الأمفوتيرية، وخاصة تلك القائمة على الكوكو أميدوبروبيل بيتائين، نشاطاً مطهراً حقيقياً، ويزيد النشاط الحيوي مع زيادة عدد مجموعات الأمين الثانوية وأحد المزايا التي تمتلكها مقارنة بال "Quats" هو أن نشاطها لا يتأثر بالماء العسر أوالكحول.

3. التركيبات القائمة على المركبات غير السطحية

- **اليودوفورات** : هي مركبات تحتوي على اليود المحتجز داخل مذيلات المواد الفعالة سطحيا. عند تخفيف المركب، يتم تحرير اليود من هذه المذيلات. يُستخدم اليود كمطهر في المستشفيات منذ أكثر من 150 عامًا، إلا أن أحد عيوبه الرئيسية يتمثل في تهيجه للجلد، بالإضافة إلى احتمالية تحسّس الجلد

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

منه بدرجة أقل. تســـهم **اليودوفورات** في تقليل التأثيرات الســـلبية لليود على الجلد.

- يُعد بوفيدون-اليود مســـحوقًا قابلاً للذوبان في الماء، يحتوي على ما يقارب 10% من اليود المعقـد مع بولي(فينيـل بيروليـدون) .يتميز هـذا المركـب بالاستقرار في المحاليل الحمضية، لكنه يتحلل عند تسخينه إلى درجات حرارة تتجاوز 40 °C يتمتع بوفيدون-اليود بفعالية واســـعة ضـــد كل من البكتيريا الموجبة والسالبة الجرام، مما يجعله مستخدمًا على نطاق واسع كمطهر جلدي (بتركيز 1% من اليود المتاح) لتعقيم الأيدي وتطهير الأجهزة.
- مؤخرًا، تم اســـتخـدام عوامـل ســـطحيـة أخرى، مثـل بولي(أوكســـي بروبيلين)جليكولات، وإيثرات ألكيل فينول بولي جليكول، وبعض مركبـات الأمونيوم الرباعية (quats) لتصـنيع اليودوفورات .وتعتمد القدرة التطهيرية لهذه المنتجات على تركيز **اليود المتاح** وليس إجمالي كمية اليود الموجودة في المركب. ومن الضـروري وجود فائض من العوامل السطحية النشطة إذا كان المطلوب هو تحقيق كل من التنظيف والتطهير معًا.

4. المطهرات التي لا تعتمد على المواد الفعالة سطحيا: عوامل التبييض

تشـــمل عوامل التبييض المســـتخدمة في التطهير كلّاً من التبييض بالأكســـجين وتبييض الهيبوكلوريت.

- يُعتبر الهيبوكلوريت، الذي يتوفر عادةً كملح صـوديوم أو كالسـيوم، من أكثر المطهرات فعـاليـة وتكلفتـه منخفضـــــة، وهو فعـال ضـــــد جميع البكتيريـا والفطريات، والخمائر، والفيروسات، وحتى الأبواغ.

وتظهر فعالية الهيبوكلوريت توازنًا بين التركيز والرقم الهيدروجيني؛ فمثلاً 100 جزء في المليون من الكلور المتاح عند pH= 7.6 يعادل في النشـــاط

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

1000 جزء في المليون عند pH= 9 فيما يتعلق بقتل أبواغ Bacillus subtilis.

من الملاحظ أيضاً أن الهيبوكلوريت يتأثر سلباً بوجود البروتينات والأوساخ، مما يستدعي استخدامه فقط على الأسطح النظيفة؛ لهذا السبب، ليس فعالًا كمطهر جلدي، على الرغم من أن له ميزة السمية المنخفضة للجلد.

كما أن تأثيره التآكلي على الأسطح المعدنية (وخاصة الفولاذ المقاوم للصدأ) يُعتبر من العوامل المقيدة لاستخدامه.

- كما يُستخدم بيروكسيد الهيدروجين كعامل تطهير حيث يعتبر أكالاً بدرجة أقل من الهيبوكلوريت على الأسطح المعدنية، لكنه مهيج للجلد بتركيزات عالية وهو أقل نشاطًا من الهيبوكلوريت ولا يؤثر على الفيروسات والأبواغ، كما تظهر الفطريات مقاومة نسبية له. يُستخدم على نطاق واسع في صناعات الأغذية والألبان لأنه يتحلل إلى منتجات غير سامة (الماء والأكسجين).
كما أن استخدام الأحماض المؤكسدة مثل حمض البيرأسيتيك مع بيروكسيد الهيدروجين يوفر قدرة مطهرة عالية ضد مجموعة واسعة من الكائنات الدقيقة كما تزداد قدرتهم على التطهير مع ارتفاع درجة الحرارة.

ب. تقييم فعالية التطهير:

تم تطوير عدة طرق تجريبية تعتمد على استخدام بكتيريا، وفطريات، وخمائر، وأبواغ أو فيروسات ككائنات اختبار. وعلى الرغم من اختلاف تفاصيل هذه الإجراءات التجريبية، فإنها تعتمد جميعًا على مبدأ إضافة عينة اختبار تحتوي على كائنات دقيقة محددة إلى المطهر، ومن ثم سحب عينات في أوقات محددة لتحديد عدد الكائنات الحية الدقيقة المتبقية.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

1. الاختبارات الأمريكية:

في الولايات المتحدة، تُعرف المطهرات بأنها مواد مضـــادة للميكروبات تقضـــي على أنواع معينة من الكائنات الحية الدقيقة، لكنها قد لا تقتل الأبواغ البكتيرية. يتم تصنيفها وفقًا لمستوى فعاليتها (عالي، متوسط، منخفض) وأيضًا حسب نوع الكائن المســتهدف (مثل الفطريات أو الأبواغ). قبل طرح أي مطهر في الســوق، يجب تسجيله في وكالة حماية البيئة (EPA).

طرق اختبار المطهرات

أ. طريقة التخفيف عند الاستخدام (AOAC Use-Dilution Test)

تُســتخدم هذه الطريقة بشــكل شــائع لتســجيل المطهرات، حيث يتم تجفيف بكتيريا على أسطوانات معدنية صغيرة، ثم تُعرَض للمطهر لمدة 10 دقائق، وبعدها تُنقل الأســطوانات إلى وســط مغذٍ يحتوي على مادة تُحيّد تأثير المطهر. يعتبر المنتج ناجحًا إذا لم يظهر نمو أكثر من عينة واحدة من أصــل 60. وقد وُجهت انتقادات لهذه الطريقة بسبب تباين نتائجها بين المختبرات.

ب. الاختبار المحسن (HSCT - Hard Surface Carrier Test)

تم تعديل الاختبار السابق لجعله أكثر دقة، حيث يتم استخدام أسطوانات زجاجية بدلاً من المعدنية، ويتم توحيد تركيز البكتيريا قبل التجربة، رغم التحســينات، لا يزال هناك نســبة فشــل تصــل إلى 30% عند اختبار بعض البكتيريا مثل Pseudomonas aeruginosa.

ت. اختبار الحد الأدنى للتركيز القاتل للبكتيريا (MBC Test)

يُســتخدم هذا الاختبار في المختبرات الســريرية ، حيث يتم تحديد الحد الأدنى

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

لتركيز المطهر الذي يمنع نمو البكتيريا (MIC) ثم يُختبر عند تركيز يعادل 10 أضعاف MIC لمعرفة ما إذا كان يقتل البكتيريا أم يثبط نموها فقط

ح. الاختبارات الكمية (Quantitative Tests)

تعتمد هذه الاختبارات على قياس عدد البكتيريا المتبقية بعد تعريضها للمطهر، وتُعبَّر النتائج عن الانخفاض اللوغاريتمي(Log Reduction) ، بحيث يُشير انخفاض 1 Log إلى قتل 90% من البكتيريا، و3 Log إلى قتل 99.9%. وقد طورت ASTM اختبارًا لتقييم المعقمات المستخدمة على الأسطح غير المسامية وغير الملامسة للغذاء، حيث يُعتبر المنتج مطهرًا إذا حقق تقليلًا بنسبة 99.9 % (Log 3) خلال 5 دقائق.

لتوضيح الفرق، إليك جدولًا يوضح تأثير الانخفاض اللوغاريتمي على عدد الكائنات الحية الدقيقة، مع افتراض عدد أولي 1,000,000:

الانخفاض اللوغاريتمي	التقليل (المعامل)	العدد المتبقي	النسبة المئوية للتقليل
1	10	100,000	90%
2	100	10,000	99%
3	1,000	1,000	99.90%
4	10,000	100	99.99%
5	100,000	10	99.9990%
6	1,000,000	1	99.9999%

2. الاختبارات الأوروبية:

في أوروبا جميع معايير اختبار المطهرات تعتمد على الاختبارات الكمية أي أنها تقيس فعليًا مدى قدرة المطهر على قتل الميكروبات. يتم تحديد تركيز المطهر اللازم لتحقيق 99.999% (log-5) تقليل في الخلايا الحية خلال 5 دقائق.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

توحيد معايير الاختبار في أوروبا

خلال السنوات الأخيرة، عملت اللجنة الأوروبية للتوحيد القياسي (CEN 216) على تحسين دقة وموثوقية اختبارات التطهير من خلال توحيد طرق تحضير محاليل المطهرات وتعليق البكتيريا.

مستويات الاختبارات الأوروبية

المستوى الأول (اختبار التعليق الأساسي)

يهدف إلى تحديد ما إذا كان المنتج مطهرًا وتحديد التركيز الفعّال؛ بحيث يُحقق انخفاضًا بمقدار 5 Log-للبكتيريا و4 Log-للفطريات والخمائر خلال ساعة واحدة.

المستوى الثاني (اختبار التطبيق)

يُقسم إلى ثلاثة مجالات: الطبي (المستشفيات والمختبرات)، والبيطري (تطهير الأماكن الحيوانية)، والصناعات الغذائية/الاستخدام المنزلي. وتُستخدم منهجية المستوى الأول مع اختيار سلالات ميكروبية ممثلة لكل مجال.

المستوى الثالث (اختبار الاستخدام العملي)

يُطبَّق على الأسطح غير الحية أو على الجلد لتقييم فعالية المطهر في ظروف الاستخدام الفعلية، بحيث تُستخدم نفس السلالات كما في اختبارات التعليق؛ على سبيل المثال، إذا ادعى منتج ما أنه مطهر للمستشفيات، يجب أن يجتاز:

1. اختبار التعليق البكتيري الأساسي.
2. اختبار التعليق البكتيري للمجال الطبي.
3. اختبار الأسطح البكتيرية في المجال الطبي

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

ضبط معايير الاختبار

كل شروط الاختبار محددة بدقة، وتشمل:

- السلالات البكتيرية المستخدمة.

- وسط النمو للحفاظ على السلالات وإجراء الاختبار.

- طريقة التخفيف والمواد المستخدمة في تحييد تأثير المطهر.

- ظروف الحضانة والمعدات المستخدمة.

بفضل هذا التوحيد الدقيق للمعايير أصبحت هذه الاختبارات أكثر قابلية للتكرار بين المختبرات، مما يضمن دقة وموثوقية تقييم فعالية المطهرات قبل اعتمادها ونشرها رسميًا.

ت- المنتجات المضادة للبكتيريا

النظافة المنزلية الجيدة مهمة في جميع أنحاء العالم لمنع الأمراض المعدية. لتوفير حماية إضافية، يطور المصنعون منتجات مضادة للبكتيريا مخصصة للاستخدام المنزلي. هذه المنتجات ليست مطهرات حقيقية؛ لا تتوافق مع التعريفات المذكورة أعلاه، لكنها تقلل من عدد الكائنات الحية الدقيقة على الجلد أو الأسطح إلى مستويات أقل بكثير.

1. المنتجات الموضعية

بدأت المنتجات المطهرة للجلد باستخدام الصابون المطهر الذي كان يُصمم لتقليل عدد للكائنات الدقيقة على الجلد، وقد استُخدمت هذه المنتجات في المستشفيات والعيادات والمرافق البيطرية.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- كانت يحتوي الصابون المطهرة في السابق على مركبات مثل التريكلوسان أو حتى الفورمالديهايد "، تم تقييد استخدام الفورمالديهايد في العديد من البلدان بسبب مخاوف صحية تتعلق بكونه مادة مسرطنة محتملة.

- ومع تزايد الطلب على منتجات أخف تأثيراً على الجلد، ظهر الصابون السائل حيث يعتمد على تركيبات معدلة لتحقيق توازن بين الفعالية المطهرة واللطف على البشرة.

2. المنتجات المنزلية المضادة للبكتيريا

تشمل هذه الفئة من المنتجات المنظفات التي تُستخدم في المطابخ والحمامات، مثل سوائل غسل الصحون التي تعتمد على مزيج من المركبات السطحية الأنيونية وغير الأنيونية مع إضافة مواد نشطة مضادة للبكتيريا.

- تُصمم هذه التركيبات بحيث تعمل المركبات السطحية على تدمير الغشاء الخلوي للبكتيريا مما يسهل اختراق المادة النشطة، ويتم تحديد نسب المكونات بحيث يتم تحقيق تأثير مثبط (bacteriostatic) دون الحاجة إلى تحقيق تعقيم كامل، مع مراعاة التأثير على الجلد والمتطلبات الاقتصادية يمكن أن تكون المكونات الفعالة التريكلوسان، أو الزيوت الأساسية مثل الجيرانيول أو الليمونين.

- تُستخدم عادة اختبارات مثل اختبار التركيز المثبط الأدنى (MIC) كأولى الخطوات لتوثيق فعالية هذه المنتجات، مع ضرورة الالتزام بالمتطلبات التنظيمية الخاصة بكل دولة أو مجموعة من الدول.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

ثالثاً- الحفظ

أ. مبادئ الحفظ

يهدف الحفظ إلى حماية التركيبات من التلوث الميكروبي خلال مراحل التصـــنيع والتخزين والاســتخدام، مما يضــمن اســتقرار المنتج من حيث الفعالية، الرائحة، المظهر والخصائص الفيزيائية والكيميائية.

- يُمكن تحقيق الحفظ عبر إضـــافة مادة حافظة أو أكثر تكون متوافقة مع باقي مكونات التركيبة وتحتفظ بنشـــاطها على مدى زمني طويل (عادة لا يقل عن 3 سنوات).

- كما يمكن تصميم التركيبة بحيث تكون معادية لنمو الميكروبات، مثل استخدام مكونات تُقلل من توفر الماء أو تعديل مســتوى الحموضـــة بحيث يكون بعيدًا عن المستويات التي تسمح بنمو البكتيريا.

- لقد غيرت الاهتمامات البيئية تمامًا طريقة صياغة الـــــمنظفات حيث يطالب الناس أكثر فأكثر بمنتجات صـــديقة للبيئة، مما يتطلب صـــياغتها بمواد خام قابلة للتحلل البيولوجي ومع درجة PH معتدلة مع الحفاظ على فعالية التنظيف العالية. لتحقيق ذلك صبح استخدام المواد الحافظة ضرورة.

ب. المواد الحافظة المستخدمة

تتعدد المواد الحافظة المســتخدمة في تركيبات التنظيف، وتُختار بناءً على كفاءتها عند نسب منخفضة واستقرارها وسلامتها البيئية والبشرية، ومن بين الأمثلة:

- **الفورمالديهايد ومشـــتقاته :**مثل مركبات الإيميدازوليدينيل أو ثنائي ميثيل هيدانتوين ، وهي مواد حافظة فعالة ورخيصـــة الثمن وتعمل ضـــد البكتيريا والفطريات والخمائر، رغم إمكانية تطور مقاومة خاصـــة لدى بكتيريا عائلة

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

Pseudomonas عند انخفاض تركيز الاستخدام ، لكن استخدامها قد يتعرض للقيود في بعض الأسواق بسبب مخاطر صحية.

- **النترات/بروميد الديوكسان :**تتميز بنطاق واسع من النشاط وثباتها في درجات حرارة - أقل من 60 °C- وعند pH الحمضي أو المعتدل؛ إلا أنها قد تتحلل بسرعة عند pH مرتفع (8 فأكثر) مما يؤدي إلى تكوين الفورمالديهايد والنترات، وقد تُشكّل مخاطر صحية عند تفاعلها مع الأمينات.
- **الإيزوثيازولونات :**تُعد من المواد الحافظة ذات الفعالية العالية عند نسب استخدام منخفضة، مع توافق واسع مع معظم مكونات التركيبات.
- كما يُمكن للمركبات الكاتيونية (المستخدمة في التطهير) أن تؤدي دور المواد الحافظة عند دمجها مع مركبات غير أيونية.

ج. أهمية حفظ التركيبات القائمة على المركبات السطحية الأنيونية

تحتاج التركيبات القائمة على المواد الفعالة السطحية الأنيونية إلى حفظ خاص؛ إذ إن البكتيريا، وبخاصة تلك سالبة الجرام، يمكنها استغلال المركبات الأنيونية المخففة كمصدر غذائي. بينما تكون التركيبات المركزة (أعلى من 70%) أقل عرضة لهذا الخطر بسبب انخفاض توفر الماء.

د. طرق تقييم فعالية الحفظ

تُجرى اختبارات فعالية نظام الحفظ على المنتج النهائي باستخدام تقنيات ميكروبيولوجية تقليدية تعتمد على تعداد المستعمرات على أطباق الآغار، وذلك عبر:

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- **اختبارات التحدي (Challenge Tests):** يتم خلالها تلقيح المنتج بعدد كبير من الكائنات الدقيقة (عادة 10^5–10^6 وحدة تكوين مستعمرات لكل مل أو لكل غرام) ومتابعة انخفاض أعدادها على مدى فترة تصل إلى 28 يومًا. حيث تُعتبر النتيجة مقبولة إذا تحقق انخفاض محدد (مثلاً: انخفاض بمقدار 2 لوغاريتم خلال 6 ساعات و3 لوغاريتم خلال 24 ساعة مع عدم استرداد أي كائنات دقيقة في العينة النهائية).

- نظراً للانتقادات التي وُجهت لاستخدام مستنبتات نقية لا تعكس التنوع البيئي الفعلي، تم تطوير اختبارات تعتمد على تحضير لُوح مختلط من سلالات الكائنات الدقيقة (يشمل سلالات من البكتيريا موجبة وسالبة الجرام، الخمائر والفطريات)، وقد أُجريت تعديلات على طرق التلقيح (مثل التلقيح المتكرر) لمحاكاة الظروف العملية.

- اقترح نظام ORTH طريقة اختبار للمادة الحافظة؛ حيث يُجرى تجربة تتضمن تعريض البكتيريا لتركيزات مختلفة (مثلاً: 1%، 2%، 3%) من المادة، ويتم قياس الزمن اللازم لخفض عدد البكتيريا بنسبة 90% (أي تخفيض العدد من 1000 إلى 100 بكتيريا)؛ ويُعرف هذا الزمن بوقت التخفيض العشري.(D value)

- تُرسم النتائج على محورين (التركيز على المحور الأفقي والزمن على المحور الرأسي)، ويتم استخدام الانحدار الخطي للتنبؤ بوقت التخفيض لأي تركيز جديد وتحديد التركيز الأمثل للمادة الحافظة.

من الضروري أيضًا إجراء اختبارات على المنتجات الجديدة والمخزنة لفترات طويلة لضمان استقرار المادة الحافظة، مع الالتزام بالممارسات

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الصحيحة أثناء التصنيع لتقليل احتمال تكيف البكتيريا مع المادة الحافظة عند استخدامها بمستويات دون الحد الفعال.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

الرقم الهيدروجيني (pH)

هو مقياس لقياس درجة **الحموضـــة أو القلوية** في محلول مائي. يعتمد هذا المقياس على **تركيز أيونـات الهيدروجين** H^+ في المحلول، ويُعبَّر عنه بلوغاريتم شـــوارد الهيدروجين مقدرة بالمول في 1 لتر:

$$pH=-\log[H^+]$$

يتراوح مقياس **pH** من **0** إلى **14**:

- **pH = 7 محلول متعادل**، مثل الماء النقي.
- **pH < 7 محلول حمضي**، مثل عصير الليمون والخل وتزداد الحموضـة كلما انخفضت القيمة.
- **pH > 7 محلول قلوي (قاعدي)**، مثل صـــابون اليد ومحلول الأمونيا وتزداد القلوية كلما ارتفعت القيمة.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

يجب ملاحظة أن pH هو مقياس لوغاريتمي، مما يعني أن كل انخفاض أو ارتفاع بمقدار وحدة واحدة يمثل تغيرًا بعشرة أضعاف في تركيز أيونات الهيدروجين.

كيفية قياس الـ pH:

1. باستخدام ورق مؤشر pH:

- هذا الورق يحتوي على مواد كيميائية تتغير ألوانها حسب درجة الحموضة.
- يتم غمس الورقة في العينة ومقارنتها مع مخطط ألوان محدد يعكس قيم الـ pHالمختلفة.

2. باستخدام مقياس pH الإلكتروني:

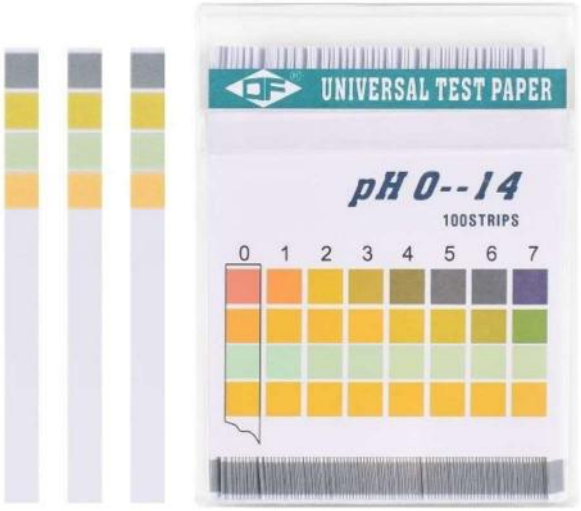
- هو جهاز يحتوي على قطب زجاجي حساس لأيونات الهيدروجين.
- يُغمس القطب في المحلول ويتم قراءة القيمة الرقمية للـ pHعلى الشاشة.
- يُعتبر هذا الجهاز أكثر دقة مقارنة بورق المؤشر ويستخدم في المختبرات.

3. طرق أخرى:

يمكن استخدام مؤشرات كيميائية أخرى في بعض التفاعلات لتحديد تغير الحموضة، لكنها غالبًا تكون أقل دقة.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

صور لبعض الأدوات المستخدمة في قياس PH

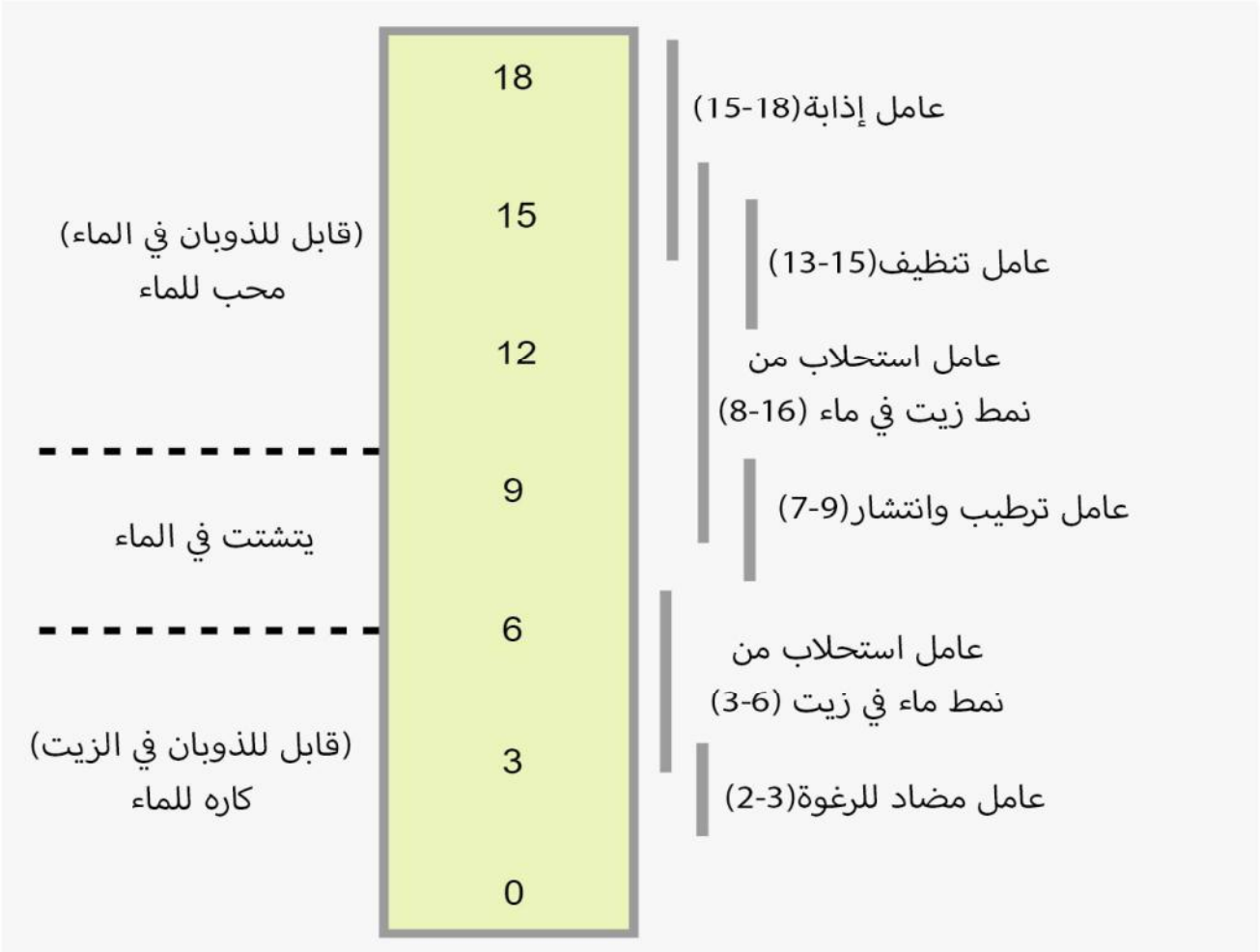


Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

ميزان الألفة بين الطور الزيتي والمائي HLB:

يعتبر مقياس الألفة مؤشرا لمدى ميل المواد الخافضة للتوتر السطحي لانحلالها في الطور المائي أو الزيتي وقد وضـــع العالم Griffi مقياســـا لهذا الميزان حيث يكون المقياس بين 1 إلى 20 فالمواد ذات HLB فوق 10 تكون ذوابة في الماء بشكل جيد وتستخدم كعوامل تنظيف أو كعوامل إذابة أو استحلاب من نمط زيت في ماء أما

المواد ذات HLB أقل من 7 فهي تستخدم كعامل استحلاب من نمط ماء في زيت أو كمثبطات للرغوة والصورة أدناه توضح ذلك.



Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

ولحساب رقم HLB يوجد عدة طرق سنشرح منها طريقتين وسوف نبينهم مع الأمثلة:

1- **طريقة Griffin**: وتستخدم للمواد غير الأيونية (اللاشاردية)

$$HLB = \frac{E}{5}$$

حيث E هي النسبة المئوية للوزن الجزيئي المحب للماء على الوزن الجزيئي للمركب ككل ونوضح ذلك بمثال ايثوكسيلات فاتي الكحول 7 مول Fatty (Alcohol C_{12}. 7 Moles EO)

وصيغته كالتالي: $CH_3\text{-}(CH_2)_{11}\text{-}(C_2H_4O)_7\text{-}OH$

الوزن الجزيئي الكلي هو494 غرام/مول

الوزن الجزيئي للجزء المحب للماء $(C_2H_4O)_7$ هو 308 غرام/مول وبالتالي:

$$E = \frac{308}{494} \times 100 = 62{,}34$$

$$HLB = \frac{62{,}34}{5} = 12{,}46$$

2- **طريقة Davies**: وهي بإضافة العدد 7 لمجموع قيم المجموعات المحبة للماء زائد قيم المجموعات الكارهة للماء

$$HLB = 7 + \sum \text{قيمة المجموعات المحبة للماء} + \sum \text{قيمة المجموعات الكارهة للماء}$$

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

والجدول التالي يبين قيم بعض المجموعات

قيم المجموعات الكارهة للماء		قيم المجموعات المحبة للماء	
- 0.475	CH	38.7	$-SO_4Na$
- 0.475	CH_2	21.1	-COOK
- 0.475	CH_3	9.4	-COONa
- 1.66	C_6H_5	2.1	-COOH
		1.9	-OH
		1.3	-O-
		2.4	-COO-

لنأخذ مثال على ذلك مركب صوديوم لوريل سلفات ذو الصيغة $CH_3(CH_2)_{11}SO_4Na$

ونحسب قيمة HLB

نلاحظ عدد المجموعات الكارهة للماء $CH_3(CH_2)_{11}$ هو 12 مجموعة ونأخذ قيمها من الجدول فنلاحظ أن لها قيمة واحدة وهي 0.475-

أما المجموعات المحبة للماء فهي مجموعة واحدة $-SO_4Na$ ولها قيمة 38.7 نعوض ذلك بالمعادلة

$$\text{HLB} = 7 + \sum \text{قيمة المجموعات المحبة للماء} + \sum \text{قيمة المجموعات الكارهة للماء}$$

$$\text{HLB} = 7 + 38.7 + 12 \times (-0.475) = 40$$

فقيمة HLB هي 40

وقد يستغرب البعض لأننا ذكرنا أن قيم HLB لا يمكن أن تتجاوز 20 لكن ذلك فقط وفقط طريقة Griffin وللمواد اللاشاردية.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

اللزوجة(Viscosity)

أ. التعريف والمفهوم

- اللزوجة هي مقاومة السـائل للتدفق، أي مدى صـعوبة تحرك طبقاته فوق بعضها.
- يُمكن تخيّل اللزوجة على أنها "الاحتكاك الداخلي" بين جزيئات المادة أثناء حركتها.
- كلما زادت اللزوجة، زادت صـعوبة تدفق السـائل (مثل العسـل)، وكلما قلت اللزوجة، أصبح التدفق أسهل (مثل الماء).

ب. وحدات قياس اللزوجة

- تقاس اللزوجة بوحدة الباسكال-ثانية (Pa·s) أو السنتي بواز(cP) .
- الماء له لزوجة منخفضـة تقريبا 1 cP ، بينما العسـل له لزوجة عالية قد تصل ل 10000 cP.

ج. العوامل المؤثرة في اللزوجة

1. **درجة الحرارة** :كلما زادت درجة الحرارة، قلت اللزوجة بسـبب زيادة طاقة حركة الجزيئات.
2. **الضغط** :عند زيادة الضغط، قد تزيد اللزوجة في بعض السوائل.
3. **التركيب الجزيئي** :السوائل التي تحتوي على جزيئات معقدة وطويلة السلاسل تكون أكثر لزوجة.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

د. تطبيقات اللزوجة

- في **الصناعات الغذائية** مثل تحديد سماكة الصلصات والمشروبات.
- في **صناعة الزيوت والشحوم** لضبط كفاءة محركات السيارات.
- في **المجالات الطبية**، مثل قياس لزوجة الدم لتشخيص بعض الأمراض.

اللزوجة وعلاقتها بالمنظفات

1. تعريف اللزوجة في المنظفات

- اللزوجة هي مقياس لمقاومة السائل للتدفق. في صناعة المنظفات، تحدد اللزوجة مدى سُمك وقوام المنتج وتأثيره على كفاءة التنظيف.
- بعض المنظفات يجب أن تكون لزوجتها متوسطة مثل سوائل الجلي، بينما تحتاج بعض المنتجات إلى لزوجة أعلى مثل الصابون السائل أو الشامبو لضمان تجربة استخدام مناسبة.

2. دور اللزوجة في كفاءة التنظيف

- إذا كانت اللزوجة مرتفعة جدًا، فقد يكون من الصعب توزيع المنتج بالتساوي على السطح.
- إذا كانت منخفضة جدًا، قد لا يلتصق المنتج جيدًا بالسطح ويُشطف بسرعة قبل أن يُزيل الأوساخ.

3. كيفية ضبط اللزوجة في صناعة المنظفات

يتم تعديل اللزوجة باستخدام عوامل مُغلِّظة (Thickening Agents) مثل :

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- **الصمغيات الطبيعية** مثل صمغ زانثان .(Xanthan Gum)
- **المواد البوليمرية** مثل كربومير.(Carbomer)
- **الملح (NaCl)** الذي يزيد اللزوجة في المنظفات المحتوية على سلفات لوريث الصوديوم.(SLES)

أجهزة قياس اللزوجة المستخدمة في المنظفات:

هناك عدة أنواع من الأجهزة التي تستخدم في قياس اللزوجة، وأهمها:

1. **مقياس اللزوجة الدوراني(Rotational Viscometer – Brookfield Viscometer)**

- يعتمد على دوران مغزل داخل العينة وقياس المقاومة التي يواجهها أثناء الحركة.
- جهاز بروكفيلد هو الأشهر في هذه الفئة، ويُستخدم على نطاق واسع في صناعة المنظفات لقياس اللزوجة سواء كانت نيوتونية أو غير نيوتونية بدقة عالية.

2. **جهاز سقوط الكرة المعدنية (Falling Ball Viscometer)**

- يقيس اللزوجة عن طريق حساب الزمن الذي تستغرقه كرة معدنية للسقوط داخل السائل تحت تأثير الجاذبية.
- مناسب للسوائل التي تتبع قوانين نيوتن في اللزوجة، ويعطي قراءات دقيقة خاصة للمنظفات الشفافة.

3. **مقياس اللزوجة بالكأس والتدفق (Ford Cup or Zahn Cup)**

- يعتمد على قياس الزمن الذي يستغرقه السائل للمرور عبر فتحة صغيرة في الكأس.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- يُستخدم للفحوصات السريعة لكنه أقل دقة من الأجهزة الدورانية أو أجهزة السقوط.

الفرق بين المائع النيوتوني وغير النيوتوني:

تخيل أنك تحرك ملعقة في كوب ماء (أو زيت معدني) – ستجد أن الماء يسيل بسهولة، سواء حركته بسرعة أو ببطء. هذا لأنه **مائع نيوتوني**، حيث تبقى لزوجته ثابتة دائمًا.

الآن، جرب تحريك ملعقة في جل الشعر أو معجون أسنان – ستلاحظ أنه يكون سميكًا إذا حركته ببطء، لكنه يصبح أخف وأسهل في الحركة إذا حركته بسرعة. هذا مثال على مائع **غير نيوتوني**، حيث تتغير لزوجته حسب القوة التي تؤثر عليه.

- الماء (أو زيت معدني) = نيوتوني (لزوجته لا تتغير).

- جل الشعر ، معجون الأسنان = غير نيوتوني (لزوجته تتغير حسب القوة المؤثرة- معدل القص).

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

قياس التوتر السطحي

يُعد التوتر السطحي خاصيةً أساسيةً للسوائل ناتجةً عن قوى التجاذب بين الجزيئات، ويؤثر على سلوك السائل في العديد من التطبيقات العلمية والصناعية. نستعرض في هذا الفصل الأسس النظرية لظاهرة التوتر السطحي مع التركيز على الطرق التجريبية الشائعة لقياسه، والمعادلات المرتبطة بكل طريقة، مما يساهم في الحصول على نتائج دقيقة ومتكاملة لتحليل سلوك السوائل.

- يُعرّف التوتر السطحي بأنه القوة المؤثرة على وحدة طول السطح نتيجة اختلاف قوى التجاذب بين الجزيئات داخل السائل وتلك الموجودة عند السطح (حيث تُواجه جزيئات الهواء أو الوسط الآخر). تُعبر قيمة التوتر السطحي عادةً عن الطاقة اللازمة لزيادة مساحة السطح بوحدة المساحة .(N/m) تُستخدم هذه الخاصية في فهم ظواهر مثل تكون القطرات، ارتفاع السوائل في الأنابيب الدقيقة، واستقرار الرغوات، مما يجعل قياسه أمرًا محوريًا في العديد من المجالات التطبيقية.

الخلفية النظرية

القوى المسببة للتوتر السطحي

- **قوى التماسك :** تنشأ نتيجة التجاذب بين جزيئات السائل نفسها (على سبيل المثال، قوى فان دير فالس).
- **قوى الالتصاق :** تنشأ بين جزيئات السائل والسطح الذي يتلامس معه السائل، وتؤثر في توزيع الطاقة على السطح.

المعادلة الأساسية (معادلة يونغ-لابلاس)

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

تُعد معادلة يونغ-لابلاس الأســـاس النظري لفهم الفرق في الضـــغط عبر ســـطح المنحني لقطرة سائلة، حيث تُعطى بالعلاقة:

$$\Delta P = \gamma \left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}\right)$$

حيث:

- ΔP هو فرق الضغط عبر السطح.
- γ هو التوتر السطحي.
- R1 و R2 هما أنصاف الأقطار الرئيسية للسطح المنحني.

طرق قياس التوتر السطحي والمعادلات المرتبطة

1. طريقة حلقة Du Noüy

تعتمد هذه الطريقة على استخدام حلقة معدنية تغمس في السائل ثم تُسحب عموديًا حتى تنفصـــل عن الســـطح. تُقاس القوة F اللازمة لفصـــل الحلقة، وتُحســـب قيمة التوتر السطحي باستخدام العلاقة الأساسية:

$$\gamma = K \frac{F}{2\pi R}$$

حيث:

- R هو نصف قطر الحلقة.
- F القوة القصوى لانتزاع الحلقة من السائل.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- k هو معامل تصحيح يعتمد على هندسة الحلقة وظروف الاختبار. تعتبر هذه الطريقة دقيقة نسبيًا، وقد تم تعديل معامل التصحيح بناءً على التجارب العملية.

2. طريقة لوح ويلهملي

في هذه الطريقة يُستخدم لوح رقيق يغمس في السائل بحيث يكون سطحه ملامسًا للسائل. تُقاس القوة F المؤثرة على اللوح عند حافته، وتُحسب قيمة التوتر السطحي من خلال العلاقة:

$$\gamma = \frac{F}{P}$$

حيث:

- P هو المحيط الملامس للسائل، والذي يُحسب عادةً بناءً على أبعاد اللوح. تُعتبر هذه الطريقة من الطرق البسيطة والدقيقة لقياس التوتر السطحي خاصةً عند استخدام سوائل ذات تماسك جيد.

3. طريقة القطرة المعلقة(Pendant Drop)

تعتمد طريقة القطرة المعلقة على تحليل شكل قطرة معلقة من فوهة دقيقة باستخدام تقنيات تصوير متقدمة. تستند هذه الطريقة إلى معادلة يونغ-لابلاس، إذ يُستخلص التوتر السطحي من توازن القوى بين الجاذبية والتوتر السطحي الذي يؤثر على شكل القطرة. يتم تطبيق تقنيات تحليل الصور لمطابقة شكل القطرة مع النماذج النظرية، مما يُتيح حساب قيمة التوتر السطحي بدقة.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

4. طريقة ارتفاع السائل في الأنبوب الدقيق(Capillary Rise)

تســـتند هذه الطريقة إلى ظاهرة ارتفاع الســـائل في أنبوب رفيع نتيجة لقوى الالتصاق والتماسك. يُعبر ارتفاع السائل h في الأنبوب عن العلاقة:

$$\gamma = \frac{h\rho gr}{2\cos\theta}$$

حيث:

- h هو ارتفاع السائل في الأنبوب.
- θ هو زاوية التماس بين السائل والأنبوب.
- ρ هو كثافة السائل.
- g هو تسارع الجاذبية.
- r هو نصف قطر الأنبوب.

تُعد هذه الطريقة مفيدة بشكل خاص عند دراسة السوائل في أنظمة صغيرة مثل الأنابيب الدقيقة.

الاعتبارات التجريبية

لضمان دقة القياسات، ينبغي مراعاة العوامل التالية:

- **درجة الحرارة :** يجب إجراء القياسات في بيئة ذات درجة حرارة ثابتة، حيث يؤثر التغير في درجة الحرارة على حركة الجزيئات وقوة التماسك بينها.
- **نقاء الســـائل :** قد تؤثر الشـــوائب والإضـــافات الكيميائية على قيمة التوتر السطحي؛ لذا يُفضل استخدام سوائل نقية أو معايير معايرة محددة.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

- **الاستقرار والتكرار :** يجب إجراء القياسات عدة مرات للتأكد من استقرار النتائج وتكرارها، كما يمكن استخدام طرق تصحيح معامل الخطأ لتحسين دقة الحسابات.

التطبيقات العملية

تشمل تطبيقات قياس التوتر السطحي العديد من المجالات مثل:

- **الصناعات الدوائية والكيماوية :**لضمان تمازج المكونات وتوزيعها المتجانس في التركيبات.
- **تقنيات الطلاء والطلاءات :**حيث يؤثر التوتر السطحي في توزيع المادة وتماسك الطلاء على الأسطح المختلفة.
- **البحوث البيئية :**في تحليل خصائص المياه والتلوث، وتحديد تأثير الشوائب على الخصائص الفيزيائية للسوائل.

يُعتبر قياس التوتر السطحي خطوة حاسمة لفهم سلوك السوائل في البيئات المختلفة، حيث توفر الطرق التجريبية مثل طريقة حلقة Du Noüy ، ولوح ويلهملي، والقطرة المعلقة، وارتفاع السائل في الأنبوب الدقيق أدوات دقيقة للحصول على قيم التوتر السطحي. ويُظهر إدراج المعادلات المرتبطة بكل طريقة كيف يمكن ربط القياسات التجريبية بالمبادئ الفيزيائية النظرية، مما يساهم في تطوير تطبيقات صناعية وبحثية متقدمة. إن مراعاة العوامل التجريبية مثل درجة الحرارة ونقاء السائل يُعد أمرًا أساسيًا للحصول على نتائج موثوقة تسهم في تحسين فهمنا للظواهر السطحية.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

المراجع:

1. **Handbook of Industrial Surfactants: An International Guide to More Than 16,000 Products by Tradename, Application, Composition and Manufacturer**. Michael Ash, Irene Ash. Noyes Publications, 1989.
2. **Surfactants in Consumer Products: Theory, Technology and Application**. Edited by Jürgen Falbe. Berlin: Springer-Verlag, 1987.
3. **MR Porter. Handbook of Surfactants**. München: Hanser Publishers, 1994.
4. **Handbook of Surfactants**. M.R. Porter. London: Blackie Academic & Professional, 1991.
5. **Detergent Manufacture**. Marshall Sittig. Noyes Data Corporation, 1979.
6. **Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 20: Silicon Compounds**. New York: John Wiley & Sons.
7. **Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 22: Surfactants and Detersive Systems**. New York: John Wiley & Sons.
8. **Rhone-Poulenc Technical Notices**. Internal technical documentation, Rhone-Poulenc.
9. **The Chemistry of Synthetic Dyes and Pigments**. Edited by H.A. Lubs. American Chemical Society Monograph Series. Malabar, FL: Robert E. Krieger, 1955.
10. **The Chemistry of Synthetic Dyes**. Edited by K. Venkataraman. New York: Academic Press, 1978. (8 volumes).
11. **Cosmetic and Drug Preservation: Principles and Practice**. Edited by J.J. Kabara. New York: Marcel Dekker, Inc., 1984.
12. **Reinigung und Desinfektion von Behältern in Spritzreinigungsanlagen**. R. Kreuter. *Seifen, Öle, Fette, Wachse*, Vol. 114, No. 9, 1988.
13. **Russell, A.D., Furr, J.R., & Maillard, J.Y.** "Microbial resistance to biocides: ASM perspective." *ASM News*, American Society for Microbiology, 1997.

Copyright © All rights reserved by www.oraxchem.com
Email: info@oraxchem.com

معلومات التواصل

Website: www.oraxchem.com

Email: info@oraxchem.com

Facebook: https://www.facebook.com/oraxchem

TEL: +90 531 617 95 71