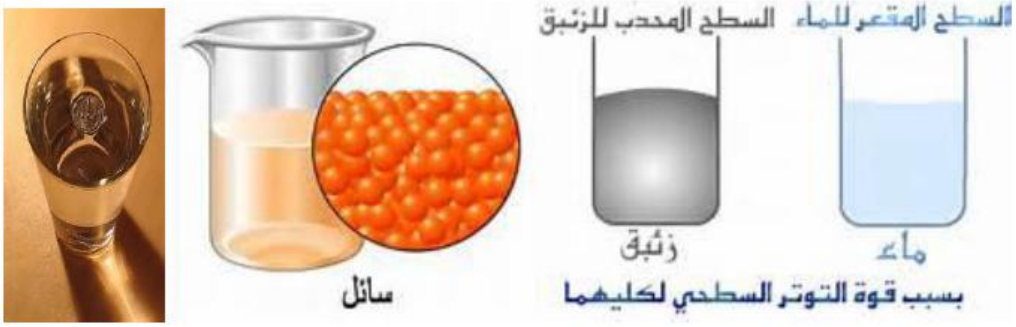
المحاضرة الثالثة – التوتر أو الشد السطحي

يعرف الشد السطحي :- بأنه القوة التي يبديها السائل لمقاومة التمدد ويعبر عنها بالقوة في وحدة الطول (داين / سم) او (نيوتن/ م). تتصف بعض السوائل بأن لها القابلية على الالتصاق بجدار الانبوبة الزجاجية التي تغمر فيها, هذه الصفة ناتجة عن قوة الجذب بين جزيئات المادة الزجاجية وجزيئات السائل وهي قوة اكبر من تلك الموجودة بين جزيئات السائل نفسها، ويعزى ارتفاع السائل (او الماء) في انبوبة ضيقة المقطع الى (الخاصية الشعرية) والتي تعتمد بدورها على وجود قوة الشد السطحي بالاضافة الى قوة التلاصق وهي المسببة لارتفاع السوائل في الانابيب الشعرية (كما يحصل في الماء المقطر) و يتوقف ارتفاع السائل لحد معين بسبب الجاذبية الارضية (حالة التوازن) بين قوة الجذب الارضي وقوة ارتفاع السائل اي الشد السطحي.

يعطي السائل الذي يرتفع في الانبوبة الشعرية سطحاً مقعراً (Concave) اما القسم الاخر من السوائل التي ليس لها القابلية على الالتصاق بجدران الانابيب الشعرية بسبب قلة الجذب بين هذه السوائل وجزيئات مادة الانبوبة الشعرية وهذه السوائل تعطي سطحاً محدباً (Convex) وهي لاترتفع في الانبوب الشعرية مثل الزئبق.



طرق قياس الشد السطحي

هناك طرائق مختلفة لقياس الشد السطحي وان ابسط هذه الطرق هي استعمال انبوبة شعرية زجاجية تغمر شاقولياً في السائل في درجة حرارة ثابتة ويترك السائل ليرتفع حتى يصل الى حد معين ويتوقف عنده وعند حالة الاستقرار تصبح قوة الشد السطحي التي تحاول رفع السائل الى الاعلى مساوية لقوة الجذب الارضي التي تحاول جذب السائل الى الاسفل.

يمكن قياس الشد السطحي بالاستعانة بالمعادلة التالية

$$ϑ = \frac{hdgr}{2}$$

ϑ: الشد السطحي (نيوتن /م ، داين /سم)

h: ارتفاع السائل في الانبوبة الشعرية (م)

d: كثافة السائل (كغم/م^3،غم/ سم^3)

g: التعجيل الارضي (م/ثانيه^2)

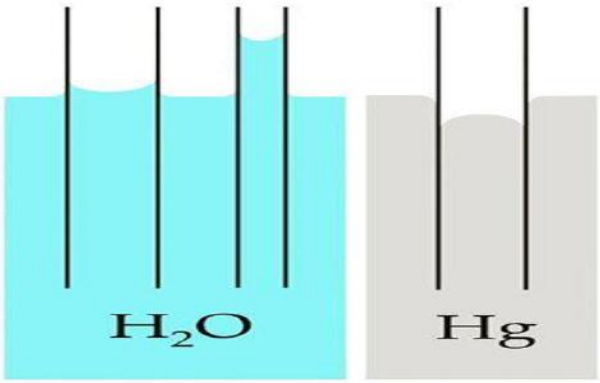
r^2 : مربع نصف قطر الانبوبه الشعرية (م^2)

عند استعمال انبوبة شعرية زجاجية لايعرف نصف قطرها الداخلي لتقدير الشد السطحي لسائل معين فمن الافضل استعمال سائل معلوم الشد السطحي كالماء المقطر مثلاً لمعرفة الارتفاع (h1) سم الذي يبلغه الماء في الانبوبة الشعرية في درجة ثابته، ثم وضع السائل المراد تقدير شده السطحي لمعرفة الارتفاع (h2) الذي يبلغه هذا السائل بنفس الدرجة الحرارية وفي نفس الانبوبة.

الشد السطحي للماء $ϑ = \frac{h1d1gr}{2}$ ---------1

الشد السطحي للسائل $ϑ = \frac{h2d2gr}{2}$ ----- --2

الشد السطحي= $\frac{ϑ1}{ϑ2} = \frac{h1d1}{h2d2}$



مقارنة واضحة لخاصية الشعرية للماء مع الزئبق

اي انه من معرفة الشد السطحي للماء وكثافتة يمكن تقدير الشد السطحي للسائل اذا علمت كثافتة ومقدار ارتفاعه في الانبوبة الشعرية على ان تكون هذه القياسات جميعها في نفس درجة الحرارة لذا تستعمل حمامات مائية ذات درجات حراره ثابتة .

قياس التوتر السطحي (Surface Tension) في الأغذية : له أهمية كبيرة من النواحي الفيزيائية والتكنولوجية ، إذ يؤثر في العديد من العمليات الصناعية وخصائص المنتجات النهائية. وفيما يلي توضيح لأهميته:

1. استقرار المستحلبات والرغوات

التوتر السطحي يتحكم في قدرة المكونات السائلة على الامتزاج (مثل الزيت والماء).
انخفاض التوتر السطحي بوجود المستحلبات (مثل الليسيثين أو البروتينات) يساعد على تكوين واستقرار المستحلبات والرغوات في منتجات مثل الحليب، الكريمة، المايونيز، والصلصات.

2. مراقبة جودة المكونات السطحية

يمكن من خلاله تقييم نشاط المواد الفاعلة سطحياً (مثل البروتينات والليبيدات الفوسفاتية).
يساعد في دراسة التغيرات الناتجة عن المعالجة الحرارية أو الميكانيكية على الخصائص البينية في الأغذية.

3. تأثيره في عمليات المعالجة الصناعية

في عمليات مثل التجفيف بالرش، البسترة، أو التجميد، يؤثر التوتر السطحي على شكل القطرات وحجمها وانتشارها.
ضبط التوتر السطحي يساعد على تحسين كفاءة المعالجة وجودة المنتج النهائي (مثل الملمس والنعومة واللون).

4. علاقة التوتر السطحي بالخصائص الحسية

يؤثر على ملمس الفم (mouthfeel) والانسيابية في المشروبات والألبان والعصائر.
المنتجات ذات التوتر السطحي المنخفض تكون عادةً أكثر نعومة وانسياباً.

5. تطبيقات في تكنولوجيا الأغشية والنقل

في الأغذية السائلة، التوتر السطحي يؤثر على انتقال الكتلة والحرارة، وعلى أداء الأغشية المستخدمة في عمليات الترشيح والفصل (مثل Ultrafiltration).

مثال: (1)/- اذا كان نصف قطر انبوبة شعرية 0.0335 سم وعند غمرها في سائل كثافتة 0.866 غم/سم^3 ارتفع السائل في الانبوبة الشعرية 2.0 سم فاذا علمت ان التعجيل الارضي 981 سم/ثانية^2 احسب الشد السطحي ؟

الحل :

$$\gamma = \frac{h1d1gr}{2}$$

$$\gamma = \frac{\text{سم}2\times \ 0.866\frac{\text{غم}}{\text{سم}^3}\times 981\frac{\text{سم}}{\text{ثا}^2}\times 0.0335\text{سم}}{2}$$

الشد السطحي= 28.46 داين/سم

مثال: (2)/- احسب ارتفاع الماء داخل انبوبة شعرية نصف قطرها 0.002 عنده درجة حرارة 30ْ علماً بأن كثافة الماء تساوي 996 كغم/م^3 والتعجيل الارضي 9.8 م/ثانيه^2 والشد السطحي للماء $71.18*10^{-3}$ نيوتن/م ؟ مطلوب واجب