الفصل الأول

طرق قياس تركيز المحاليل

تمثل المحاليل سواء كانت محاليل سكرية أو ملحية أو حامضية أو قلوية أو كحولية ركنا أساسيا فى مجال الصناعات الغذائية وذلك لتعدد استعمالاتها وفيما يلى امثلة لبعض استعمالات هذه المحاليل فى بعض الصناعات الغذائية :-

١ - فى صناعة الشراب والجيلى والمرملاد والمربى والمياه الغازية .

٢ - فى صناعة التخليل حيث تستخدم المحاليل الملحية بتركيزات مختلفة وكذلك لتجهيز المخللات وفيها تستخدم المحاليل الملحيه واحيانا السكرية .

٣ - فى صناعة الكحول حيث تحضر محاليل سكرية بتركيزات معينة تناسب نمو الخمائر التى تقوم بتخمير السكر وتحويلة الى كحول .

٤ - فى صناعة الخل حيث تحضر محاليل كحولية بتركيزات معينة تناسب نمو البكتريا التى تقوم بأكسدة الكحول وتحويلة الى حامض خليك .

٥ - فى صناعة التعليب وفيها تستعمل المحاليل فى عمليات الغسيل - التقشير - التعبئة ... الخ .

٦ - فى صناعة التجفيف حيث تستعمل المحاليل فى عمليات الغسيل - التقشير - الكبرته ... الخ .

مما سبق تتضح أهمية المحاليل فى الصناعات الغذائيه وسنقوم فى هذا المجال بدراسة عن المحاليل السكرية والملحية والكحولية من ناحية تحضيرها وطرق قياسها .

وتتكون المحاليل المستخدمة فى الصناعات الغذائية من مذاب (مادة صلبة) قد تكون سكر أو ملح طعام أو قلوى ... الخ مذابة فى مذيب (سائل) وهو الماء .. وبذلك يمكن تعريف

المحلول بانه عبارة عن المخلوط المتجانس الناتج عن اذابة مادة صلبة (تعرف بالمذاب أو الذائب) فى سائل هو الماء (يعرف بالمذيب) وله طعم المادة المذابة به .

ويمكن تعريف ظاهرة النوبان بأنها ظاهرة تلاشى جزيئات المادة الذائبة بين جزيئات المادة المذيبة بحيث يصبح المحلول متجانس .

ويلاحظ انه كلما زادت نسبة المواد الصلبة فى الماء كلما قل معدل الاذابة الى ان تقف عملية النوبان تماما عند درجة معينة من التركيز تعرف بدرجة التشبع وذلك على درجة حرارة الجو المحيط الا انه يمكن زيادة عملية الاذابة عن درجة التشبع هذه عن طريق رفع درجة حرارة المحلول المشبع (حتى درجة الغليان كحد أقصى) ويصبح المحلول فى هذه الحالة فوق مشبع ولكن عند رجوعه الى درجة حرارته الاولى التى كان عليها فانه يطرد الكمية المذابة الزائدة والتى ترسب بدورها على هيئة بللورات .

أهمية قياس تركيز المحاليل :

يعتبر قياس تركيز المحاليل السكرية والمحاليل الملحية المستعملة فى عمليات التصنيع الغذائى أولى الخطوات التى يجب ان يعنى بها لاهميتها الكبيرة فعلى سبيل المثال :

١ – نجد ان المصانع تستهلك كميات كبيرة من السكر وحدوث اى خطأ فى القياس مقدارة ١٪ فى تركيز السكر لمصنع يستهلك ١٠٠ طن سكر يسبب خسارة تصل الى ١٠٠٠ كيلوجرام سكر .

٢ – الخطأ فى القياس يؤدى الى استخدام محاليل بتركيزات أقل من التركيز الحافظ المفروض استعماله مما يؤدى الى فساد المنتجات المصنعة باستخدام هذه المحاليل.

٣ – كذلك نجد أن الخطأ فى القياس يؤدى الى ان يصبح المنتج مخالفا للمواصفات القياسيه والقوانين الغذائية وبالتالى التعرض الى العقوبات الخاصه بذلك بالاضافة الى انخفاض فى درجة جودة المنتجات المصنعة .

الاساس الذى تقوم عليها طرق التقدير المختلفة :

تعتمد طرق تقدير أو معرفة تركيز المحاليل المختلفة على أساس :

١ – تقدير كثافة المحاليل ويرجع ذلك لوجود علاقة بين كثافة محلول معين وتركيزه . فكثافة المحاليل السكرية أو الملحية تتناسب تناسب طردى مع تركيزها اما فى حالة المحاليل الكحولية فان الكثافة تتناسب تناسب عكسى مع تركيزها .

٢ – قياس معامل انكسار الضوء .

أولا : الطرق المعتمدة على الكثافة :

قبل الكلام عن الطرق المستخدمة سنذكر كلمة مبسطة عن الكثافة والعلاقة بينها وبين الوزن النوعى حيث يعبر عن الكثافة بأنها كتلة وحدة الحجم وتميز بالجرام /سم٣ تبعاً للنظام المترى أو رطل/ قدم ٣ تبعاً للنظام الانجليزى .

أى أن الكثافة = الكتلة/ الحجم

ونجد أن كثافة الماء = ١ جرام / سم٣ على درجة حرارة ٤م٥ وأن كثافة السكر النقى = ٥٨٨ر١جرام/ سم٣ على درجة حرارة ٢٥م٥ وكثافة كلوريد الصوديوم النقى = ١٦٥ر٢ جرام/سم٣ على درجة حرارة ٢٥م٥ .

وحيث من الصعب تقدير الكثافة خاصة فى حالة المواد الصلبة والغازية لذلك يفضل الاستعاضه عنها بتقدير الوزن النوعى وهو عبارة عن النسبة بين وزن حجم معين من المادة الى وزن نفس الحجم من الماء عند درجة حرارة محددة مع مراعاة ذكر درجة الحرارة التى يتم عندها تقدير الوزن النوعى حيث ان اختلاف درجات الحرارة يؤدى الى اختلاف فى الوزن النوعى للمادة .

العلاقة ما بين الوزن النوعى والكثافة :

الوزن النوعى عبارة عن وزن حجم معين من المادة منسوبا الى وزن نفس الحجم من الماء على درجة حرارة ٤م أو اى درجة حرارة أخرى .

$$\text{الوزن النوعى} = \frac{\text{وزن حجم معين من المادة}}{\text{وزن نفس الحجم من الماء على درجة حرارة ٤م}}$$

$$= \frac{\text{حجم المادة} \times \text{كثافة المادة}}{\text{حجم الماء} \times \text{كثافة الماء}}$$

$$= \frac{ح_1 \times ث_1}{ح_2 \times ث_2}$$

وحيث ان الحجمين متساويين

$$\therefore \text{الوزن النوعى} = \frac{\text{كثافة المادة}}{\text{كثافة الماء}}$$

وحيث أن كثافة الماء = ١ على درجة حرارة ٤°م .

∴ الوزن النوعى للمادة = كثافة المادة على درجة حرارة ٤°م.

وقد وضعت جداول تبين العلاقة ما بين تركيزات المحاليل وكثافتها أو الوزن النوعى لها عند درجات الحرارة المختلفة . لذلك عند استخدامها يلزم تعديل القراءة تبعاً لاختلاف درجة حرارة الجو المحيط عن تلك المحددة فى الجدول .

ا - قنينة الكثافة : Pycnometer

حيث تستخدم لتقدير كثافة المحلول وذلك عن طريق وزن حجم معين من السائل المراد معرفة كثافتة ووزن حجم مماثل من الماء باستخدام قنينة كثافه ثابتة الحجم وذلك على درجة حرارة ثابته .

وصف القنينة :

عبارة عن وعاء ذو أحجام مختلفه ٥سم ٣، ١٠سم ٣، ٥٠ سم٣ ... الخ على درجة حرارة معينة ولها غطاء به ثقب يسمح بمرور السائل الزائد عند ملأ القنينة تماماً وقفلها ، وتوجد انواع ذات غطاء مزود بترمومتر لقياس درجة حرارة المحلول مباشرة .

ويوضح شكل (١) بعض الانواع المستخدمة من قنينة الكثافة .

ويراعى عند تقدير الكثافة باستخدام هذه الطريقة ترك القنينة على درجة حرارة المعمل حتى تتساوى درجة حرارتها بمحتوياتها مع درجة حرارته .

ويمكن تلخيص خطوات العمل بها كما يلى :-

١ - وزن القنينة وهى فارغة ونظيفة وجافة (أ)

٢ - ملأ القنينة بالماء المقطر مع عدم ترك أى فقاقيع هوائية ثم يوضع الغطاء وتجفف من الخارج وتوزن (ب) .

٣ - تفرغ القنينة وتغسل بالسائل أو المحلول المراد معرفة وزنه النوعى عدة مرات ثم تملأ بهذا السائل أو المحلول وتوزن (جـ) .

٤ - يحسب الوزن النوعى كما يلى :-

$$\text{الوزن النوعى} = \frac{\text{وزن حجم معين من المحلول}}{\text{وزن نفس الحجم من الماء}} \quad \text{على درجة حرارة ثابتة .}$$

$$= \frac{(\text{جـ} - \text{أ})}{(\text{ب} - \text{أ})} \quad \text{على درجة حرارة ثابتة .}$$

قنينة كثافة ذات غطاء
خارجى لمنع التبخير

قنينة كثافة ذات
غطاء مثقب

قنينة كثافة مزودة بالترمومتر
وبها ذراع جانبى

شكل (١) انواع مختلفه من قنينة الكثافة

مثال :

فى تجربة لايجاد الوزن النوعى لمحلول سكرى كان وزن القنينة فارغة هو ٢٧ر٩٦٧١ جرام ووزنها بالماء المقطر هو ٧٨ر٢٢١٠ جرام ووزنها بالمحلول السكرى هو ٨٢ر٢٣٥١ جرام على نفس درجة الحرارة . احسب الوزن النوعى للمحلول السكرى .

الحل

وزن المحلول السكرى = ٨٢ر٢٣٥١ – ٢٧ر٩٦٧١ = ٥٤ر٢٦٨٠ جرام .

وزن الماء المقطر = ٧٨ر٢٢١٠ – ٢٧ر٩٦٧١ = ٥٠ر٢٥٣٩ جرام .

$$\text{الوزن النوعى} = \frac{٥٤ر٢٦٨٠}{٥٠ر٢٥٣٩} = ١ر٠٧٩٨ \text{ على درجة حرارة معينة .}$$

ب – ميزان ويستفال : Westphal balance

يعتمد عمل ميزان و يستفال على طريقة الاحلال وهى مبنية على قاعدة ارشميدس التى تقول " اذا غمر جسم فى سائل فانه يلقى دفعاً من أسفل الى اعلى بقوة تساوى وزن السائل المزاح .

أى أن :–

قوة الدفع من أسفل الى اعلى = وزن السائل المزاح .

= حجم السائل المزاح × كثافته .

وعلى هذا الاساس اذا أمكن قياس حجم السائل المزاح وقوة الدفع يمكن معرفة الكثافة ومن المعلوم ان حجم السائل المزاح يساوى حجم الجسم المغمور .

فإذا كان حجم الجسم المغمور ٥سم٣ يكون حجم السائل المزاح ٥سم٣ واذا كان حجم الجسم المغمور ١٠سم٣ يكون حجم السائل المزاح ١٠سم٣ – وهكذا ولتعيين قوة الدفع من اسفل الى اعلى يعتمد فى ذلك على قانون الروافع الذى ينص على أن :–

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

تركيب الجهاز :

يوضح شكل (٢) تركيب الجهاز وهو يتكون من :–

١ – حامل معدنى مزود بمسامير محواه للضبط الافقى .

٢ – عائق أحد طرفيه مقسم الى عشرة أقسام ويتحرك على منشور من العقيق مثبت فى الطرف العلوى للحامل وينتهى هذا الطرف بحلقة يعلق بها غاطس زجاجى ذو حجم معين وهو عادة ٥سم٣ وبه ترمومتر لقياس درجة حرارة المحلول .

٣ – الطرف الاخر من العائق غير مدرج وبه مؤشر يتحرك أمام مؤشر أخر ثابت وعندما يكون المؤشران على خط واحد يكون الجهاز فى حالة اتزان .

٤ – خمسة رواكب من المعدن الراكب الاول والثانى وزن كل منهما ٥ جرام والراكب الثالث وزنه ٥ر جرام والراكب الرابع وزنه ٠٥ر جرام اما الراكب الخامس فوزنه ٠٠٥ر جرام .

٥ – مخبار يوضع به المحلول المراد تعيين وزنه النوعى أو كثافته وعلى أساس ان الميزان رافعة من النوع الثانى فالقوة فيها عبارة عن الاوزان أو الرواكب التى تعادل هذه القوه وعلى هذا يمكن استخدام قانون الروافع .

القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

قوة الدفع من أسفل لأعلى × الذراع = المقاومة × ذراعها

وزن السائل المزاح × الذراع = المقاومة × ذراعها

حجم السائل المزاح × كثافته × الذراع = المقاومة × ذراعها

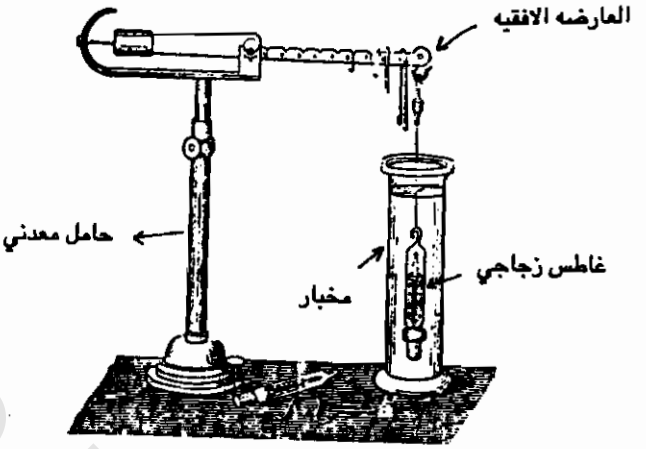
وحيث أن :

١ – حجم الغاطس = ٥سم٣ وبالتالى فعند غمرة يزيح ٥سم ٣ من المحلول .

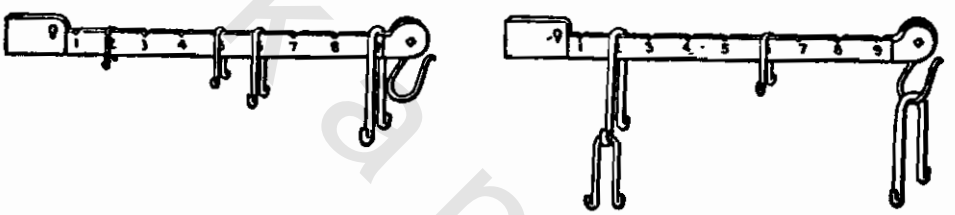
٢ – وطول الذراع = ١٠ سم٣ .

٣ – وأن المقاومة تمثل اوزان الرواكب المستعملة .

$$٥٠ \times ث = م_{١} \times ع_{١} + م_{٢} \times ع_{٢} + \cdots\cdots + م_{ن} \times ع_{ن}$$



شكل (٢) ميزان ويستفال



شكل (٣) قراءات الكثافة باستخدام ميزان ويستفال

طريقة العمل :

يمكن ذكر خطوات العمل فى النقاط الاتية :-

١ - توضع العارضة أفقياً فى حالة اتزان وذلك بمساعدة المؤشرين الخاصين لذلك .

٢ - يملأ المخبار بحجم مناسب من المحلول المختبر مع التأكد من خلو المحلول من أى مواد عالقة .

٣ - يعلق الغاطس فى طرف العارضة بحيث ينغمر تماما فى المحلول المختبر وتسجل درجة حرارة المحلول ، ومن الطبيعى نجد أن الاتزان الافقى للعارضة يختل نظراً للقوة التى يدفع بها الغاطس من أسفل الى اعلى ، ويجب التأكد من حرية حركة الميزان .

٤ - تستخدم الرواكب المعدنية وتوضع كلها أو عدد منها حتى تعود العارضة الى حالة الاتزان .

مثال :

أحسب كثافة المحلول باستخدام ميزان و يستقال اذا كان وضع الرواكب عند الاتزان كما يلى :-

الراكب الاول على التدريج العاشر.

الراكب الثانى لم يستعمل .

الراكب الثالث على التدريج الخامس .

الراكب الرابع على التدريج الثانى .

الراكب الخامس على التدريج الأول .

الحل

∵ القوة × ذراعها = المقاومة × ذراعها

∴ ٥ × ث × ١٠ = ٥ × ١٠ + ٥ × صفر + ٠ر٥ × ٥ + ٠ر٠٥ × ٢ + ٠ر٠٠٥ × ١

٥٠ ث = ٥٢ر٦٠٥

= ٥٢ر٦٠٥

∴ ث = $\frac{٥٢ر٦٠٥}{٥٠}$ = ١ر٠٥٢١ جرام / سم٣ .

كما يمكن ايجاد كثافة المحلول مباشرة دون اجراء العمليات الحسابية السابقه حيث يمكن استنتاج قيمة الكثافة من مواقع الرواكب شكل (٣) ويمكن توضيح ذلك بالنسبه للمثال السابق كما يلى :-

الراكب الاول ووزنه ٥ جرام عند التدريج العاشر يدل على الرقم الصحيح الاول .

الراكب الثانى ووزنه ٥ جرام لم يستعمل يدل على الرقم العشرى الاول .

الراكب الثالث ووزنه ٠ر٥ جرام عند التدريج الخامس يدل على الرقم العشرى الثانى .

الراكب الرابع ووزنه ٥ ر جرام عند التدريج الثانى يدل على الرقم العشرى الثالث .

الراكب الخامس ووزنه ٥ ر جرام عند التدريج الاول يدل على الرقم العشرى الرابع .

وبالتالى فتكون قيمة الكثافة = ١ر٠٥٢١ جرام / سم٣

والحصول على قيمة الكثافة بهذه الطريقة لابد أن يتبع الاتى فى وضع الرواكب .

الراكب الاول لا يستعمل الا على التدريج العاشر اما بقية الرواكب (الثانى حتى الخامس) فتستعمل فى أى موضع من التدريج الاول حتى التدريج التاسع .

ومن معرفة قيمة الكثافة للمحلول يمكن الحصول على تركيزه باستخدام الجداول الخاصه بذلك .

جـ - الايدرو ميترات : Hydrometers

بنى عمل الايدروميترات على أساس قانون الطفو وهو انه اذا طفا جسم فوق سطح سائل فان وزن الجسم يساوى وزن السائل الذى يزيحه الجزء المغمور من هذا الجسم فى السائل .

أى أن وزن الجسم = وزن السائل المزاح = حجم السائل المزاح × كثافته .

وعلى ذلك اذا طفا الجسم فى سائلين مختلفين فى الكثافة وكان الحجم المزاح = ح فإن

$$ح_1 \times ث_1 = ح_2 \times ث_2$$

$$\frac{ث_1}{ث_2} = \frac{ح_2}{ح_1} \quad \text{أو}$$

أى ان الحجوم المزاحة للسوائل المختلفة تتناسب مع كثافة هذه السوائل ونظراً لان الجسم ثابت فان الحجوم المزاحه تتناسب مع العمق الذى ينغمر فى السائل وعلى هذا فإذا غمر هذا الجسم فى سائلين مختلفين فى الكثافة فان مقدار ما ينغمر من الجسم فى كل منهما يختلف باختلاف كثافة السائل ونظراً لان كثافة المحاليل السكرية والملحية تتناسب تناسبا طرديا مع تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية فانه كلما زادت كثافة السائل كلما كان الجزء المغمور من الايدروميتر أقل والعكس صحيح وتساوى كثافة السائلين يعنى تساوى الجزء المغمور .

تركيب الايدروميتر :

يوضح شكل (٤) تركيب الايدروميتر وهو عبارة عن انبوبة زجاجية طويلة ملتحمة من الطرف العلوى الذى يحتوى بداخله على ورقة بها تدريج يبدأ من أعلى الى اسفل (فى حالة المحاليل السكرية والملحية) ومن أسفل الى اعلى (فى حالة المحاليل الكحولية) ويكتب على الورقة درجة حرارة التدريج . وتنتهى الانبوبة من أسفل بانتفاخين العلوى منها يعرف بانتفاخ العوام (مملوء هواء) للمساعدة على طفو الايدروميتر والسفلى بنهايته ثقل من كرات الرصاص أو الزنبق أو أى مادة معدنية أخرى ويعرف بانتفاخ الثقل لمساعدة الايدروميتر على أن يأخذ وضعا رأسيا فى المحلول المستعمل . ويحتوى الايدروميتر بداخله على ترمومتر لقياس درجة حرارة المحلول أثناء عملية القياس .

كيفية تدريج الايدروميترات :

يتم تدريج الايدروميتر باتباع الخطوات الاتية :

١ - يغمر الايدروميتر فى مخبار بعد ملئه بالماء المقطر ويترك حر الحركة وعندما يثبت الايدروميتر عن الحركة تعمل علامة الصفر على الساق الزجاجية .

٢ - يحضر محلول بتركيز معلوم وليكن ٥٪ بالضبط ويكرر غمر الايدروميتر داخلة وعندما يثبت عن الحركة تعمل علامة أخرى على الساق الزجاجية .

٣ - يكرر العمل السابق (خطوة ١) مع محلول ٠,٠١٠، ٠,٠١٥، ٠,٠٢٠ وهكذا حتى اخر تدريج مطلوب .

٤ - تقسم المسافه بين كل علامة وما يليها الى أقسام متساوية .

٥ - تدون درجة الحرارة اثناء عملية التدريج على ساق الايدروميتر .

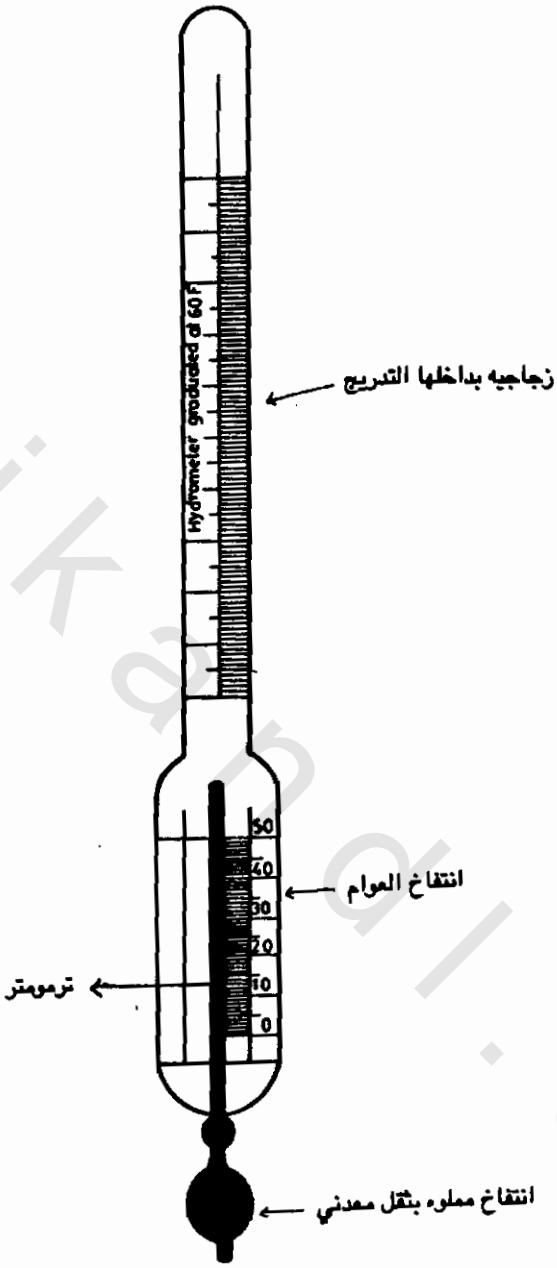
انواع الايدروميترات :

هناك انواع عديدة من الايدروميترات تختلف على حسب الغرض الذى تستخدم من اجله ويوضح شكل (٥) اهم الانواع وهى :

١ - ايدروميترات لقياس درجة تركيز المحاليل السكريه وتعرف باسم البالنج أو البركس.

٢ - ايدروميترات لقياس درجة تركيز المحاليل الملحية وتعرف باسم البوميه

٣ - ايدروميترات لقياس النسبة المئوية لدرجة تشبع المحاليل الملحية وتعرف باسم السالوميتر أو السالينوميتر .



شكل (٤) تركيب الايدروميتر

٤ - ايدروميترات لقياس درجة تركيز المحاليل الكحولية وتعرف باسم ترالز .

٥ - ايدروميترات لقياس الوزن النوعى وتنقسم الى :-

أ - ايدروميترات تعطى الوزن النوعى للمحاليل التى كثافتها اكبر من الواحد الصحيح مثل المحاليل السكرية والملحية .

ب -ايدروميترات تعطى الوزن النوعى للمحاليل التى كثافتها أقل من الواحد الصحيح مثل المحاليل الكحولية والزيوت .

ومن معرفة الوزن النوعى يمكن معرفة ما يقابلها من درجات التركيز المئوية من الجداول الخاصه بذلك (جدول ١) فمثلا نجد أن الوزن النوعى لمحلول ١٠٪ سكر ومحلول آخر ١٠٪ ملح على درجة حرارة ٢٠مْ هو ١٫٠٣٩٩٨ ، ١٫٠٧٤٠٤ على التوالى .

وبذلك يتضح انه رغم تساوى تركيز كل من المحلولين (السكرى والملحى) الا ان كثافة كل منهما مختلفة عن الاخر وعلى هذا فان الايدروميتر ينغمر فى كل منهما الى مسافة تتوقف على كثافة كل منهما وفى هذا المثال نجد ان المحلول الملحى الذى تركيزه ١٠٪ كثافته اكبر من المحلول السكرى وبناء على ذلك نجد ان انغمار الايدروميتر يكون اقل منه فى المحلول الملحى عن المحلول السكرى .

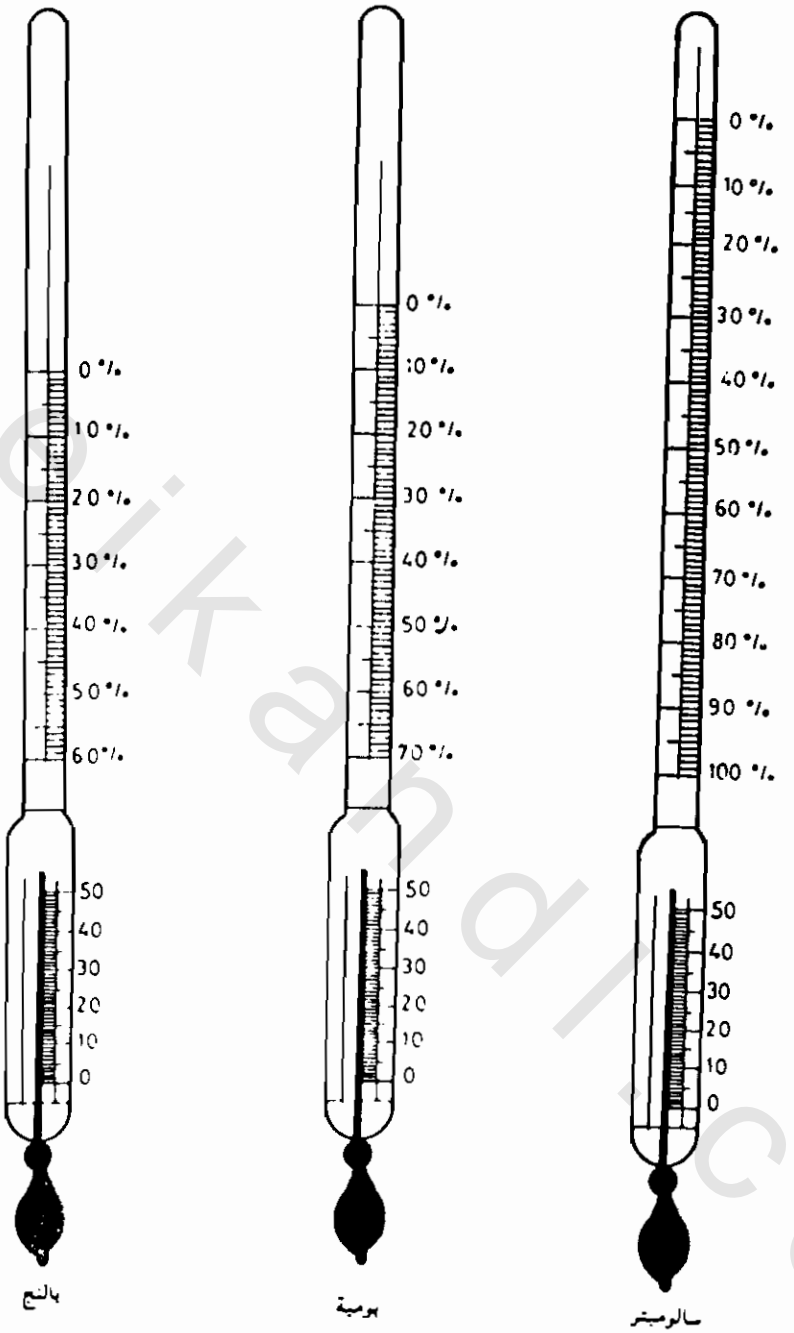
٦-ايدروميترات لقياس التركيز والوزن النوعى معا ويطلق عليها ثرموهيدروميتر Thermohydrometer .

وفيما يلى شرح مبسط لاهم الايدروميترات المستخدمة فى التصنيع الغذائى :-

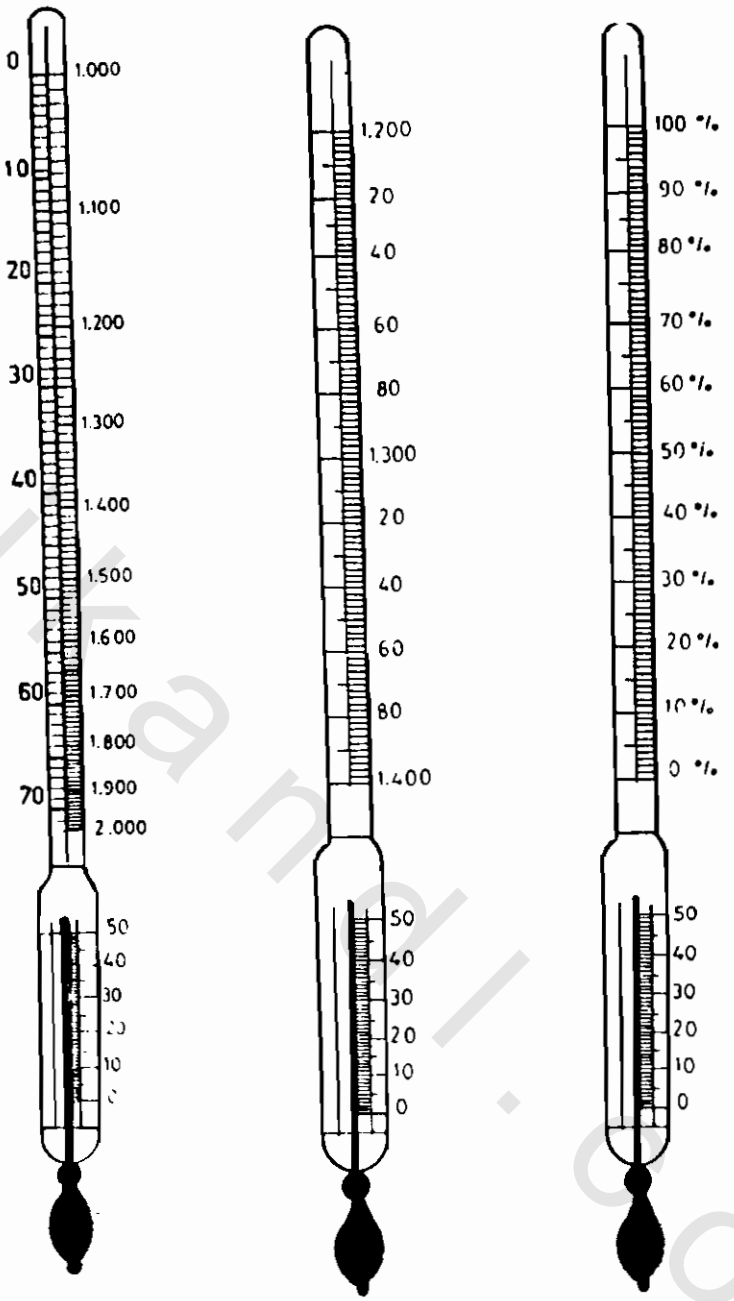
ا - ايدرو ميترات قياس درجة تركيز المحاليل السكرية :

وتشمل ايدروميتر البالنج او البركس Balling or Brix وهما مستخدمان فى قياس درجة تركيز المحاليل السكرية مباشرة وتبين القراءة النسب المئوية للسكر بالوزن بمعنى ان الدرجة الواحدة من تدريجه تمثل ١ جرام من السكروز النقى مذابة فى ١٠٠ جرام محلول .

وساقه مدرجه من اعلى الى اسفل لانه كلما زاد تركيز المحلول زادت تبعا له الكثافة مما يؤدى الى ان يطفو الايدروميتر بمعدل اكبر وبالتالى تزداد قراءة الايدروميتر . ويفضل عدم استخدامها فى محاليل سكرية يزيد تركيزها عن ٤٠٪ لزيادة لزوجة المحلول مما يؤدى الى عدم انغماره فيها الى الحد الحقيقى لذلك يجب أن تخفف هذه المحاليل ثم تستخدم



شكل (٥) انواع مختلفة من الابدروميترات



الوزن النوعى مع التركيز

الوزن النوعى

تورالز

تابع شكل (٥) انواع مختلفة من الايدروميترات

جدول (١) العلاقة بين قراءات أيدروميترى البالنج والبومية والوزن النوعى لمحاليل السكروز على درجة حرارة ٢٠مْ

قراءة البالنج أو ٪للسكروز بالوزن	الوزن النوعى	قراءة البومية	قراءة البالنج أو٪ للسكروز بالوزن	الوزن النوعى	قراءة البومية
١	١ر٠٠٣٨٩	٥٦ر	١٣	١ر٠٥٢٥٢	٧ر٢٤
٢	١ر٠٠٧٧٩	١ر١٢	١٤	١ر٠٥٦٧٧	٧ر٧٩
٣	١ر٠١١٧٢	١ر٦٨	١٥	١ر٠٦١٠٤	٨ر٣٤
٤	١ر٠١٥٦٧	٢ر٢٤	١٦	١ر٠٦٥٣٤	٨ر٨٩
٥	١ر٠١٩٦٥	٢ر٧٩	١٧	١ر٠٦٩٦٨	٩ر٤٥
٦	١ر٠٢٣٦٦	٣ر٣٥	١٨	١ر٠٧٤٠٤	١٠ر٠٠
٧	١ر٠٢٧٧٠	٣ر٩١	١٩	١ر٠٧٨٤٤	١٠ر٥٥
٨	١ر٠٣١٧٦	٤ر٤٦	٢٠	١ر٠٨٢٨٧	١١ر١٠
٩	١ر٠٣٥٨٦	٥ر٠٢	٢١	١ر٠٨٧٣٣	١١ر٦٥
١٠	١ر٠٣٩٩٨	٥ر٥٧	٢٢	١ر٠٩١٨٣	١٢ر٢٠
١١	١ر٠٤٤١٣	٦ر١٣	٢٣	١ر٠٩٦٣٦	١٢ر٧٤
١٢	١ر٠٤٨٣١	٦ر٦٨	٢٤	١ر١٠٠٩٢	١٣ر٢٩

obeikandl.com

تابع جدول (١) العلاقة بين قراءات أيدروميترى البالنج والبومية والوزن النوعى لمحاليل السكروز على درجة حرارة ٢٠مْ

قراءة البالنج أو ٪للسكروز بالوزن	الوزن النوعى	قراءة البومية	قراءة البالنج أو٪للسكروز بالوزن	الوزن النوعى	قراءة البومية
٢٥	١,١٠٥٥١	١٣ر٨٤	٣٧	١ر١٦٣٢٩	٢٠ر٣٥
٢٦	١ر١١٠١٤	١٤ر٣٩	٣٨	١ر١٦٨٣٣	٢٠ر٨٩
٢٧	١ر١١٤٨٠	١٤ر٩٣	٣٩	١ر١٧٣٤١	٢١ر٤٣
٢٨	١ر١١٩٤٩	١٥ر٤٨	٤٠	١ر١٧٨٥٣	٢١ر٩٧
٢٩	١ر١٢٤٢٢	١٦ر٠٢	٤١	١ر١٨٣٦٨	٢٢ر٥٠
٣٠	١ر١٢٨٩٨	١٦ر٥٧	٤٢	١ر١٨٨٨٧	٢٣ر٠٤
٣١	١ر١٣٣٧٨	١٧ر١١	٤٣	١ر١٩٤١٠	٢٣ر٥٧
٣٢	١ر١٣٨٦١	١٧ر٦٥	٤٤	١ر١٩٩٣٦	٢٤ر١٠
٣٣	١ر١٤٣٤٧	١٨ر١٩	٤٥	١ر٢٠٤٦٧	٢٤ر٦٣
٣٤	١ر١٤٨٣٧	١٨ر٧٣	٤٦	١ر٢١٠٠١	٢٥ر١٧
٣٥	١ر١٥٣٣١	١٩ر٢٨	٤٧	١ر٢١٥٣٨	٢٥ر٧٠
٣٦	١ر١٥٨٢٨	١٩ر٨١	٤٨	١ر٢٢٠٨٠	٢٦ر٢٣
			٤٩	١ر٢٢٦٢٥	٢٦ر٧٥

obeikandl.com

تابع جدول (١) العلاقة بين قراءات أيدروميترى البالنج والبومية والوزن النوعى لمحاليل السكروز على درجة حرارة ٢٠مْ

قراءة البالنج أو ٪للسكروز بالوزن	الوزن النوعى	قراءة البومية	قراءة البالنج أو٪للسكروز بالوزن	الوزن النوعى	قراءة البومية
٥٠	١ر٢٣١٧٤	٢٧ر٣٨	٦٣	١ر٣٠٦٥٧	٣٤ر٠٢
٥١	١ر٢٣٧٢٧	٢٧ر٨١	٦٤	١ر٣١٢٦٠	٣٤ر٥٣
٥٢	١ر٢٤٢٨٤	٢٨ر٣٣	٦٥	١ر٣١٨٦٦	٣٥ر٠٤
٥٣	١ر٢٤٨٤٤	٢٨ر٨٦	٦٦	١ر٣٢٤٧٦	٣٥ر٥٥
٥٤	١ر٢٥٤٠٨	٢٩ر٣٨	٦٧	١ر٣٣٠٩٠	٣٦ر٠٥
٥٥	١ر٢٥٩٧٦	٢٩ر٩٠	٦٨	١ر٣٣٧٠٨	٣٦ر٥٥
٥٦	١ر٢٦٥٤٨	٣٠ر٤٢	٦٩	١ر٣٤٣٣٠	٣٧ر٠٦
٥٧	١ر٢٧١٢٣	٣٠ر٩٤	٧٠	١ر٣٤٩٥٦	٣٧ر٥٦
٥٨	١ر٢٧٧٠٣	٣١ر٤٦	٧١	١ر٣٥٥٨٥	٣٨ر٠٦
٥٩	١ر٢٨٢٨٦	٣١ر٩٧	٧٢	١ر٣٦٢١٨	٣٨ر٥٥
٦٠	١ر٢٨٨٧٣	٣٢ر٤٩	٧٣	١ر٣٦٨٥٦	٣٩ر٠٥
٦١	١ر٢٩٤٦٤	٣٣ر٠٠	٧٤	١ر٣٧٤٩٦	٣٩ر٥٤
٦٢	١ر٣٠٠٥٩	٣٣ر٥١	٧٥	١ر٣٨١٤١	٤٠ر٠٣

تابع جدول (١) العلاقة بين قراءات أيدروميترى البالنج والبومية والوزن النوعى لمحاليل السكروز على درجة حرارة ٢٠مْ

قراءة البالنج أو ٪للسكروز بالوزن	الوزن النوعى	قراءة البومية	قراءة البالنج أو ٪للسكروز بالوزن	الوزن النوعى	قراءة البومية
٧٦	١ر٣٨٧٩٠	٤٠ر٥٣	٨٩	١ر٤٧٥٥٩	٤٦ر٧٣
٧٧	١ر٣٩٤٤٢	٤١ر٠١	٩٠	١ر٤٨٢٥٩	٤٧ر٢٠
٧٨	١ر٤٠٠٩٨	٤١ر٥٠	٩١	١ر٤٨٩٦٣	٤٧ر٦٦
٧٩	١ر٤٠٧٥٨	٤١ر٩٩	٩٢	١ر٤٩٦٧١	٤٨ر١٢
٨٠	١ر٤١٤٢١	٤٢ر٤٧	٩٣	١ر٥٠٣٨١	٤٨ر٥٨
٨١	١ر٤٢٠٨٨	٤٢ر٩٥	٩٤	١ر٥١٠٩٦	٤٩ر٠٣
٨٢	١ر٤٢٧٥٩	٤٣ر٤٣	٩٥	١ر٥١٨١٤	٤٩ر٤٩
٨٣	١ر٤٣٤٣٤	٤٣ر٩١	٩٦	١ر٥٢٥٣٥	٤٩ر٩٤
٨٤	١ر٤٤١١٢	٤٤ر٤٤	٩٧	١ر٥٣٢٦٠	٥٠ر٣٩
٨٥	١ر٤٤٧٩٤	٤٤ر٨٦	٩٨	١ر٥٣٩٨٨	٥٠ر٨٤
٨٦	١ر٤٥٤٨٠	٤٥ر٣٣	٩٩	١ر٥٤٧١٩	٥١ر٢٨
٨٧	١ر٤٦١٧٠	٤٥ر٨٠	١٠٠	١ر٥٥٤٥٤	٥١ر٧٣
٨٨	١ر٤٦٨٦٢	٤٦ر٢٧			

الايدروميترات فى القياس وتضرب قيمة القراءة المتحصل عليها فى معامل التخفيف للحصول على التركيز الحقيقى .

ويختلف ايدروميتر البالنج عن ايدروميتر البركس فى أن الاول مدرج على درجة حرارة ٥ر١٧مْ اما الثانى مدرج على درجة حرارة ٦٠فْ .

من المعلوم ان الكثافة تتأثر بنسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية الموجودة فى المحلول وعلى ذلك فان استخدام الايدروميتر فى قياس تركيز السكر فى عصائر الفاكهة أو الخضروات لا يدل على النسبة المئوية الصحيحة لان درجة التركيز الناتجة تدل على درجة تركيز محلول سكرى مكون من السكروز النقى والماء تتساوى كثافته مع كثافة العصير ولكنها لا تدل على درجة تركيز المواد السكرية الموجودة بالعصير على حدة نظراً لاحتواء العصير الى جانب المواد السكرية على املاح ذائبة واحماض عضوية كحامض ستريك وفيتامينات .. الخ مثل هذه المواد تؤثر على كثافة المحلول ولزوجته وبالتالى على قراءة الايدروميتر اى ان قراءة الايدروميتر فى هذه الحالة لا تمثل المواد السكريه فقط وانما المواد الصلبه الذائبة السكرية وغير السكرية وعلى ذلك يجب طرح نسبة المواد الصلبة الذائبة غير السكرية من قراءة الايدروميتر وعادة تصل نسبة المواد الصلبة الذائبة غير السكرية فى عصير الموالح الى حوالى ٢٪ .

٢ - ايدرو ميترات قياس درجة تركيز المحاليل الملحية :

وهذه تشمل ايدروميتر البومية Baume حيث يعطى النسبة المئوية مباشرة ومدرج على درجة حرارة ٦٠فْ وتدريجة من اعلى الى اسفل . وتعبر كل درجة من البومية عن ١ جرام من كلوريد الصوديوم النقى مذابة فى ١٠٠ جرام محلول ملحى وعلى الرغم من ان اقصى درجة تركيز يصل اليها المحلول الملحى هى ٥ر٢٦٪ على درجة حرارة ٢٥مْ وتزداد بالغليان الى ان تصل ٢٩٪ نجد ان ايدروميترات البوميه مدرجة من صفر الى ٧٠ بوميه حيث تستعمل فى مصانع الزيوت والدهون وذلك لقياس درجة تركيز محاليل الصودا الكاوية اثناء اجراء عمليات المعادلة للاحماض الدهنية المنفردة من الزيت الخام .

ويمكن حساب قيمة الوزن النوعى من قراءة البومية باستخدام المعادلة الاتيه مع المحاليل التى كثافتها اكبر من ١

$$\text{البوميه} = ١٤٥ - \frac{١٤٥}{\text{الوزن النوعى على درجة حرارة ٦٠فْ}}$$

اما فى حالة المحاليل التى كثافتها أقل من ١

$$\text{البومية} = \frac{١٤٠}{\text{الوزن النوعى على درجة حرارة ٦٠ف}} - ١٣٠$$

٣ - ايدروميترات قياس النسبة المئوية لدرجة تشبع المحاليل الملحية :

وهذه تشمل ايدروميتر السالوميتر او السالينوميتر Salometer or Salinometer ويستخدم فى قياس النسبة المئوية لدرجة تشبع المحاليل الملحية وهو مدرج على درجة حرارة ٦٠فْ وساقه مدرجة من صفر الى ١٠٠ ويدل صفر تدريجه على ان السائل المختبر هو الماء المقطر كما تدل قراءة ١٠٠ على ان السائل المختبر هو محول ملحى مشبع .

∵ درجة تركيز المحلول المشبع للملح هى ٥ر٢٦٪

∴ ١٠٠ درجة سالوميتر = ٥ر٢٦ بومية

العلاقة ما بين قراءتى ايدروميتر البومية وايدروميتر السالوميتر :

∵ ٥ر٢٦ درجة بومية = ١٠٠ درجة سالوميتر

∴ ١ درجة بوميه = ×

$$\therefore \quad \times = \frac{١ \times ١٠٠}{٥ر٢٦} = ٣ر٧٧$$

الا أنه تجاوزا نعتبر أن :

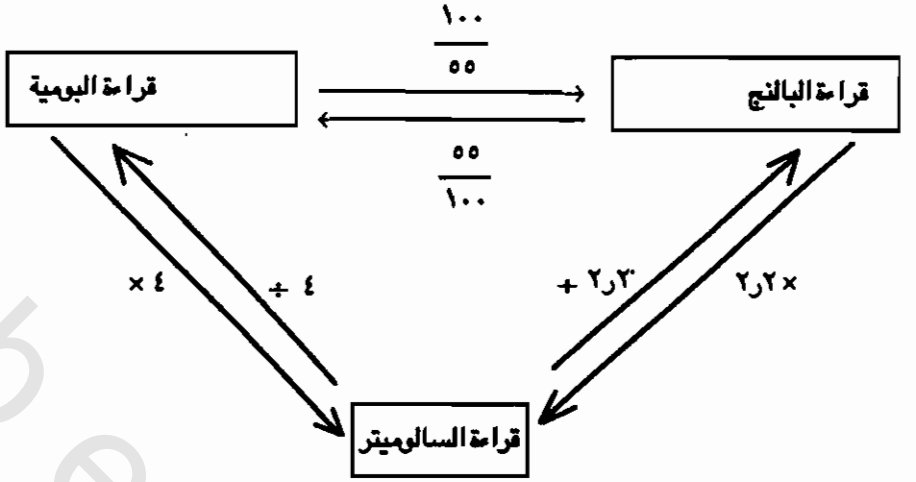
كل ١ درجة بومية = ٤ درجة سالوميتر

العلاقة مابين قراءات ايدروميترات المحاليل السكرية والملحية :

يمكن معرفة تركيز المحاليل السكريه عن طريق استخدام ايدروميتر البومية أو السالوميتر كما يمكن معرفة تركيز المحاليل الملحية باستخدام ايدروميتر البالنج وذلك باستخدام العلاقات بين قراءات الايدروميترات التى تتلخص فيما يلى :

كل ١ درجة بالنج = ٥٥ر درجة بومية = ٢ر٢ درجة سالوميتر

كل ١ درجة بومية = $\frac{١٠٠}{٥٥}$ درجة بالنج = ٤ درجة سالوميتر



٤ - ايدروميترات قياس درجة تركيز المحاليل الكحولية :

وهذه تشمل ايدروميتر ترالز Tralz وتدل قراءاته على عدد الاجزاء من الكحول المطلق الموجودة بالسائل الكحولى ونظراً لان كثافة المحاليل الكحولية تتناسب تناسبا عكسيا مع تركيزها أى كلما زاد تركيز المحلول الكحولى كلما قلت كثافته وعلى هذا فان الايدروميتر يزداد انغماره فى المحاليل الكحوليه كلما زاد تركيزها . لذلك يتم تدريج الايدروميتر من اسفل الى اعلى . وساقه مدرجة من صفر الى ١٠٠ .

التصحيح الحرارى :

تعتبر درجة الحرارة من اهم العوامل المؤثره على قراءة الايدروميتر حيث يتأثر الوزن النوعى للسوائل بدرجة حرارتها لذلك يجرى التصحيح الحرارى لقراءة الايدروميترات فى حالة استخدامها فى القياس على درجات حرارة غير المدرجة عليها ويرجع ذلك الى انه فى حالة القياس على درجة حرارة اعلى من الدرجة التى درج عليها (ارتفاع فى درجة الحرارة) يؤدى هذا الى زيادة الحجم وقلة الكثافة وبالتالى انخفاض فى اللزوجة مما يؤدى الى زيادة الجزء المغمور من الايدروميتر وانخفاض فى قيمة القراءة عن القراءه الحقيقية ومن هنا نرى انه للحصول على القراءه الصحيحة لا بد من اضافة قيمة التصحيح الحرارى . اما فى حالة القياس على درجة حرارة اقل من الدرجة التى درج عليها (انخفاض فى درجة الحرارة) يؤدى هذا الى نقص الحجم وزيادة الكثافة وبالتالى زيادة اللزوجة مما يؤدى الى قلة الجزء المغمور من الايدروميتر وبالتالى زيادة فى قيمة القراءة عن القراءة الحقيقية . ومن هذا نرى انه للحصول على القراءة الصحيحة لا بد عن طرح قيمه التصحيح الحرارى .

كما تتأثر قيمة التصحيح الحرارى باختلاف تركيز المحلول المقاس . لذلك وضعت جداول يمكن استخدامها لتحديد قيمة التصحيح الحرارى او التركيز الحقيقى للمحلول عند قياس تركيزه على درجات حرارة اعلى او اقل من التى تم تدريج الايدروميتر عليها ، يوضح هذا الكلام جدول (٢) فمثلا محلول سكرى تركيزه ١٠٪ على درجة الحرارة القياسيه (٦٣فْ) عند قياس تركيزه على درجة حرارة اخرى (٩٠فْ) نجد ان القراءة فى هذه الحالة تنخفض الى ٢ر٠٩٪ لذلك لا بد من اضافة قيمة التصحيح الحرارى ومقدارها ٩٨ر للحصول على التركيز الحقيقى للمحلول ولتوضيح تأثير اختلاف التركيز نجد ان المحلول السكرى تركيزه ٢٥٪ عند قياسة على نفس درجات الحرارة السابقة تكون قيمة التعديل الحرارى له ٠٨ر١ .

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند استخدام الايدروميترات فى قياس تركيز المحاليل أو الوزن النوعى لها :

يمكن تلخيص اهم الاحتياطات الواجب مراعاتها عند اجراء عملية القياس باستخدام الايدروميتر فى النقاط الاتية :

١ – التأكد من ان الايدروميتر مضبوط التدريج . وذلك باستخدامه فى قياس الماء المقطر لبيان صفر تدريجه .

٢ – التأكد من صفاء المحلول المختبر وخلوه من الشوائب أو المواد العالقه الصلبة .

٣ – مزج المحلول جيداً قبل اخذ عينة الاختبار منه .

٤ – استخدام مخبار نظيف وجاف وبطول مناسب لوضع العينة به .

٥ – امالة المخبار حوالى ٤٥ درجة وملئه بالعينة ببطء بحيث يسيل المحلول على جوانب المخبار الداخلية وحتى لا تتكون فقاعات هوائية ترفع الايدروميتر وبالتالى تغير من القراءه ولا تكون مطابقة للواقع .

٦ – يجب ملاء المخبار لقرب نهايته واسقاط الايدروميتر باحتراس وبحركة دائرية بسيطة.

جدول (٢) التصحيح الحرارى لمحاليل السكروز

درجة الحرارة	التركيز الحقيقي لمحاليل السكروز بالبالنج									
	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٧٥
ف°	قراءة البالنج علي درجة حرارة القياس									
٣٢	١٠ر٤١	١٥ر٥٢	٢٠ر٦٢	٢٥ر٧٢	٣٠ر٨٢	٤٠ر٩٨	٥١ر١١	٦١ر٢٢	٧١ر٢٥	٧٦ر٢٩
٤١	١٠ر٣٧	١٥ر٤٤	٢٠ر٥٢	٢٥ر٥٩	٣٠ر٦٥	٤٠ر٧٥	٥٠ر٨٠	٦٠ر٨٨	٧٠ر٩١	٧٥ر٩٤
٥٠	١٠ر٢٩	١٥ر٣٣	٢٠ر٣٦	٢٥ر٣٩	٣٠ر٤٢	٤٠ر٤٩	٥٠ر٥٠	٦٠ر٥٤	٧٠ر٥٨	٧٥ر٦١
٥٤	١٠ر٢٢	١٥ر٢٤	٢٠ر٢٦	٢٥ر٢٩	٣٠ر٣١	٤٠ر٣٤	٥٠ر٣٦	٦٠ر٤٠	٧٠ر٤٢	٧٥ر٤٦
٥٧	١٠ر١٦	١٥ر١٧	٢٠ر١٨	٢٥ر١٩	٣٠ر٢١	٤٠ر٢٢	٥٠ر٣٣	٦٠ر٢٦	٧٠ر٢٨	٧٥ر٣٢
٦١	١٠ر٠٨	١٥ر١٩	٢٠ر١٠	٢٥ر١٠	٣٠ر١١	٤٠ر١٢	٥٠ر١٢	٦٠ر١٤	٧٠ر١٦	٧٥ر١٨
٦٢	١٠ر٠٣	١٥ر٠٣	٢٠ر٠٣	٢٥ر٠٤	٣٠ر٠٤	٤٠ر٠٤	٥٠ر٠٤	٦٠ر٠٥	٧٠ر٠٥	٧٥ر٠٦
٦٣	١٠ر٠٠	١٥ر٠٠	٢٠ر٠٠	٢٥ر٠٠	٣٠ر٠٠	٤٠ر٠٠	٥٠ر٠٠	٦٠ر٠٠	٧٠ر٠٠	٧٥ر٠٠

تابع جدول (٢) التصحيح الحرارى لمحاليل السكروز

درجة الحرارة	التركيز الحقيقي لمحاليل السكروز بالبالنج								
	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٧٥
ف°	قراءة البالنج علي درجة حرارة القياس									
٦٤	٩ر٩٧	١٤ر٩٧	١٩ر٩٧	٢٤ر٩٧	٢٩ر٩٧	٣٩ر٩٧	٤٩ر٩٧	٥٩ر٩٧	٦٩ر٩٧	٧٤ر٩٨
٦٨	٩ر٩٢	١٤ر٩١	١٩ر٩١	٢٤ر٩٠	٢٩ر٩٠	٣٩ر٩٠	٤٩ر٩٠	٥٩ر٩٠	٦٩ر٩٢	٧٤ر٩٤
٧٢	٩ر٧١	١٤ر٦٩	١٩ر٦٩	٢٤ر٦٨	٢٩ر٦٨	٣٩ر٦٧	٤٩ر٦٦	٥٩ر٦٨	٦٩ر٧١	٧٤ر٧٥
٧٥	٩ر٥٩	١٤ر٥٧	١٩ر٥٦	٢٤ر٥٤	٢٩ر٥٤	٣٩ر٥٣	٤٩ر٥٠	٥٩ر٥٤	٦٩ر٥٧	٧٤ر٦٠
٧٩	٩ر٤٦	١٤ر٤٤	١٩ر٤٢	٢٤ر٤٠	٢٩ر٣٩	٣٩ر٣٨	٤٩ر٣٤	٥٩ر٣٨	٦٩ر٤٢	٧٤ر٤٥
٨٢	٩ر٣٢	١٤ر٣٠	١٩ر٢٨	٢٤ر٢٤	٢٩ر٢٤	٣٩ر٢٢	٤٩ر١٨	٥٩ر٢٢	٦٩ر٢٨	٧٤ر٣٩
٨٦	٩ر١٨	١٤ر١٣	١٩ر١٨	٢٤ر٠٨	٢٩ر٠٦	٣٩ر٠٢	٤٩ر٠٦	٥٩ر١٢	٦٩ر١٢	٧٤ر١٤
٩٠	٩ر٠٢	١٣ر٩١	١٨ر٩٧	٢٣ر٩٢	٢٨ر٩٢	٣٨ر٩٠	٤٨ر٨٦	٥٨ر٩٠	٦٨ر٩٧	٧٤ر٠٢

تابع جدول (٢) التصحيح الحرارى لمحاليل السكروز

درجة الحرارة	التركيز الحقيقي لمحاليل السكروز بالبالنج									
	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٧٥
ف°	قراءة البالنج علي درجة حرارة القياس									
٩٣	٨ر٨٦	١٣ر٨٤	١٨ر٧٩	٢٣ر٧٦	٢٨ر٨٦	٣٨ر٧٢	٤٨ر٧٠	٥٨ر٧٤	٦٨ر٨١	٧٣ر٨٣
٩٧	٨ر٦٨	١٣ر٦٧	١٨ر٦٢	٢٣ر٥٩	٢٨ر٥٩	٣٨ر٥٤	٤٨ر٥٣	٥٨ر٥٨	٦٨ر٦٥	٧٣ر٦٧
١٠٠	٨ر٥١	١٣ر٤٩	١٨ر٤٥	٢٣ر٤١	٢٨ر٤١	٣٨ر٣٦	٤٨ر٣٥	٥٨ر٤٠	٦٨ر٤٩	٧٣ر٥١
١٠٤	٨ر٣٣	١٣ر٢٩	١٨ر٢٧	٢٣ر٢١	٢٨ر٢١	٣٨ر١٨	٤٨ر١٧	٥٨ر٢٢	٦٨ر٣١	٧٣ر٣٥
١٠٨	٨ر١٤	١٣ر١١	١٨ر٠٧	٢٣ر٠١	٢٨ر٠١	٣٨ر٠٠	٤٧ر٩٩	٥٨ر٠٤	٦٨ر١٥	٧٣ر١٩
١١٠	٨ر٠٤	١٣ر٠١	١٧ر٩٧	٢٢ر٩١	٢٧ر٩١	٣٧ر٩٠	٤٧ر٩٠	٥٧ر٩٥	٦٨ر٠٧	٧٣ر١١
١١٢	٧ر٩٤	١٢ر٩٩	١٧ر٨٧	٢٢ر٨١	٢٧ر٨١	٣٧ر٨٠	٤٧ر٨١	٥٧ر٨٦	٦٧ر٩٨	٧٣ر٠٣
١١٥	٧ر٧٣	١٢ر٧٠	١٧ر٦٦	٢٢ر٦١	٢٧ر٦١	٣٧ر٦٠	٤٧ر٦١	٥٧ر٦٨	٦٧ر٨٠	٧٢ر٧٧

تابع جدول (٢) التصحيح الحرارى لمحاليل السكروز

درجة الحرارة	التركيز الحقيقي لمحاليل السكروز بالبالنج									
	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٧٥
ف°	قراءة البالنج علي درجة حرارة القياس									
١١٧	٧ر٦٢	١٢ر٥٩	١٧ر٥٥	٢٢ر٥١	٢٧ر٥١	٣٧ر٥٠	٤٧ر٥١	٥٧ر٥٩	٦٧ر٧١	٧٢ر٧٦
١١٩	٧ر٥١	١٢ر٤٨	١٧ر٤٦	٢٢ر٤١	٢٧ر٤١	٣٧ر٤٠	٤٧ر٤١	٥٧ر٥٠	٦٧ر٦٢	٧٢ر٧٥
١٢١	٧ر٤٠	١٢ر٣٧	١٧ر٣٣	٢٢ر٣١	٢٧ر٣١	٣٧ر٣٠	٤٧ر٣١	٥٧ر٤٠	٦٧ر٥٣	٧٢ر٥٨
١٢٢	٧ر٢٩	١٢ر٢٦	١٧ر٢٢	٢٢ر٢٠	٢٧ر٢٠	٣٧ر٢٠	٤٧ر٢١	٥٧ر٣٠	٦٧ر٤٤	٧٢ر٤٩
١٢٤	٧ر١٩	١٢ر١٦	١٧ر١١	٢٢ر١٠	٢٧ر١٠	٣٧ر٠٩	٤٧ر١١	٥٧ر٢٠	٦٧ر٣٥	٧٢ر٤٠
١٢٦	٧ر٠٨	١٢ر٠٦	١٧ر٠٠	٢١ر٩٩	٢٦ر٩٩	٣٦ر٩٨	٤٧ر٠١	٥٧ر١٠	٦٧ر٢٦	٧٢ر٣١
١٢٨	٦ر٩٧	١١ر٩٦	١٦ر٨٩	٢١ر٨٨	٢٦ر٨٨	٣٦ر٨٧	٤٦ر٩١	٥٧ر٠٠	٦٧ر١٧	٧٢ر٢٢
١٣٠	٦ر٨٦	١١ر٨٥	١٦ر٧٨	٢١ر٧٧	٢٦ر٧٧	٣٦ر٧٦	٤٦ر٨١	٥٦ر٩٠	٦٧ر٠٨	٧٢ر١٣

obeikandl.com

تابع جدول (٢) التصحيح الحرارى لمحاليل السكروز

درجة الحرارة	التركيز الحقيقي لمحاليل السكروز بالبالنج									
	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٧٥
ف°	قراءة البالنج علي درجة حرارة القياس									
١٣١	٦ر٧٤	١١ر٧٤	١٦ر٦٧	٢١ر٦٧	٢٦ر٦٧	٣٦ر٧١	٤٦ر٧٠	٥٦ر٨٠	٦٧ر٠٠	٧٢ر٠٤
١٣٣	٦ر٦١	١١ر٦١	١٦ر٥٦	٢١ر٥٦	٢٦ر٥٦	٣٦ر٥٤	٤٦ر٦١	٥٦ر٧٠	٦٦ر٩١	٧١ر٩٥
١٣٥	٦ر٤٨	١١ر٤٨	١٦ر٤٥	٢١ر٤٥	٢٦ر٤٥	٣٦ر٤٣	٤٦ر٥٧	٥٦ر٦٠	٦٦ر٨٢	٧١ر٨٦
١٣٧	٦ر٣٦	١١ر٣٦	١٦ر٣٤	٢١ر٣٤	٢٦ر٣٤	٣٦ر٢٢	٤٦ر٤٠	٥٦ر٥٦	٦٦ر٧٣	٧١ر٧٧
١٣٩	٦ر٢٤	١١ر٢٤	١٦ر٢٣	٢١ر٢٣	٢٦ر٢٣	٣٦ر٢١	٤٦ر٢٩	٥٦ر٤٠	٦٦ر٦٥	٧١ر٦٨
١٤٠	٦ر١٨	١١ر١٢	١٦ر١٢	٢١ر١٢	٢٦ر١٢	٣٦ر١٠	٤٦ر١٨	٥٦ر٣٠	٦٦ر٥٧	٧١ر٥٩
١٤٩	٥ر٤٧	١٠ر٤٦	١٥ر٤٩	٢٠ر٤٩	٢٥ر٥١	٣٥ر٥٢	٤٥ر٦٤	٥٥ر٧٩	٦٦ر٠٥	٧١ر١٢

تابع جدول (٢) التصحيح الحرارى لمحاليل السكروز

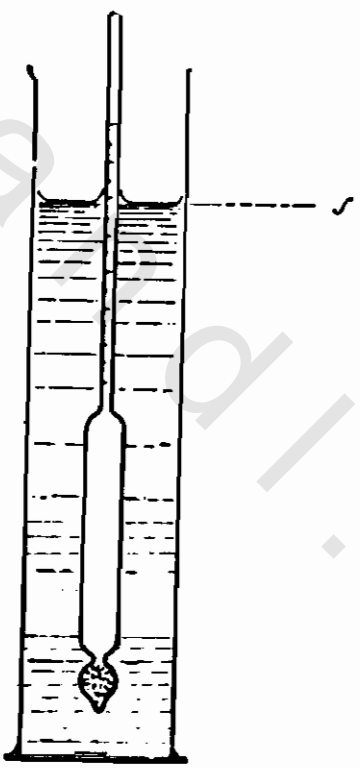
درجة الحرارة	التركيز الحقيقي لمحاليل السكروز بالبالنج								
	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٧٥
ف°	قراءة البالنج علي درجة حرارة القياس									
١٥٨	٤ر٨٢	٩ر٨٠	١٤ر٨٦	١٩ر٨٧	٢٤ر٩٠	٣٤ر٩٤	٤٥ر١٠	٥٥ر٦٨	٦٥ر٧٣	٧٠ر٦٥
١٦٧	٤ر٠٠	٩ر١٠	١٤ر١٦	١٩ر٢١	٢٤ر٢٦	٣٤ر٣٤	٤٤ر٥٧	٥٤ر٧٣	٦٥ر٠١	٧٠ر١٦
١٧٦	٣ر٣٨	٨ر٦١	١٣ر٤٦	١٨ر٥٤	٢٣ر٦٢	٣٣ر٧٤	٤٣ر٩٤	٥٣ر٦١	٦٤ر٥٠	٦٩ر٦٧
١٨٥	٢ر٥٦	٧ر٦٢	١٢ر٧٠	١٧ر٧٩	٢٢ر٩٠	٣٣ر٠٨	٤٣ر٣٢	٥٣ر١٨	٦٣ر٩٦	٦٩ر١٥
١٩٤	١ر٧٤	٦ر٨٤	١١ر٩٤	١٧ر٠٣	٢٢ر١٥	٣٢ر٤٢	٤٢ر٧٠	٥٣ر٠٤	٦٣ر٤٢	٦٨ر٦٣
٢٠٣	٠ر٨٦	٥ر٩٨	١١ر١١	١٦ر٣٣	٢١ر٣٩	٣١ر٦٥	٤٢ر٠٣	٥٢ر٤١	٦٢ر٨٣	٦٨ر١٠
٢١٢	٠ر٠١	٥ر١٣	١٠ر٢٨	١٥ر٤٦	٢٠ر٦١	٣٠ر٩٧	٤١ر٣٦	٥١ر٧٨	٦٢ر٢٤	٦٧ر٥٨

٧ – يجب ان يكون الايدروميتر حرا فى حركته بالمحلول وغير ملتصق بجوانب المخبار اثناء القراءة .

٨ – يجب ان يوضع المخبار فوق سطح أفقى تماما وعدم أخذ القراءة الا بعد سكون حركة الايدروميتر ويقرأ التدريج المقابل للقاع المقعر من سطح السائل وفى مستوى النظر تماما. (شكل٦).

٩ – عند استخدام الايدروميترات فى محاليل محتوية على غازات كالمياه الغازية يراعى تسخين المحلول لطرد الغازات حيث أن وجودها يعمل على رفع الايدروميتر عن وضعه المناسب ثم تؤخذ القراءة بعد ان يبرد المحلول .

١٠ – قياس درجة حرارة المحلول واجراء التعديل الحرارى اذا لزم الامر .



شكل (٦) موضع القراءة الصحيحه عند القياس باستخدام الايدروميتر (ر)

مميزات استعمال طريقة الايدرو ميترات :

١ – سهلة وسريعة ولا تحتاج الى خبرة .

٢ – تفى بالغرض المطلوب فى كثير من العمليات التصنيعية .

٣ – يمكن استخدام ايدروميتر واحد لقياس تركيز المحاليل السكرية والملحية كما يمكن تقدير الوزن النوعى لها بعد عمليات التحويل السابق شرحها أو استخدام جداول خاصة لذلك .

عيوب استعمال طريقة الايدرو ميترات :

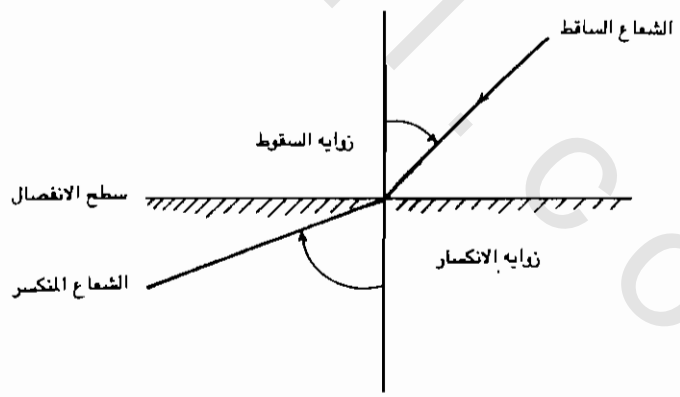
١ – ليست أدق الطرق المستخدمة .

٢ – تحتاج الى كمية كبيرة من السائل المختبر .

ثانيا : الطرق المعتمدة على انكسار الضوء

فى هذا الجزء سوف نتعرف على أجهزة الرفراكتوميترات وكيفية استخدامها لقياس معامل انكسار المحاليل وكذلك تركيزها .

ويعتمد إستخدام الرفراكتوميترات على قوانين الانكسار الطبيعية للضوء حيث انه عند مرور شعاع ضوئى من وسط الى وسط أخر يختلف عنه فى الكثافة الضوئية يحدث له انكسار عند سطح الانفصال ، فإذا مر الشعاع الضوئى من وسط اكبر كثافة ضوئية الى وسط آخر أقل كثافة ضوئية فان زاوية السقوط (الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام على سطح الانفصال) تكون أقل من زاوية الانكسار (الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود المقام على سطح الانفصال) يوضح ذلك شكل (٧) .



شكل (٧) مسار شعاع ضوئى خلال وسطين مختلفى الكثافة .

ونحصل على قيمة معامل الانكسار من ناتج قسمة جيب زاوية السقوط على جيب زاوية الانكسار عند درجة حرارة معينة .

$$\text{أى أن معامل الانكسار} = \frac{\text{جيب زاوية السقوط (أ)}}{\text{جيب زاوية الانكسار (ب)}}$$

ويقوم جهاز الرفراكتوميتر بقياس الوزن النوعى لمادة عن طريق قياس معامل الانكسار لها . ويقيس معامل الانكسار النسبه بين سرعة مرور الضوء فى الهواء مقارنة بسرعة مروره فى المادة . فمثلا معامل انكسار الماء = ١ر٣٣٣ على درجة حرارة ٢٠مْ فأن هذا يعنى ان سرعة مرور الضوء فى الماء أقل من سرعة مرور الضوء فى الهواء بنسبة ١ر٣٣٣ اى انه اذا كان سرعة مرور الضوء فى العينة = ١ر٠ فان سرعة مرور الضوء فى الهواء تحت نفس الظروف = ١ر٣٣٣ فمثلا اذا كان معامل انكسار محلول سكرى = ١ر٣٤٤٦ فان هذا يعنى ان سرعة مرور الضوء فى المحلول السكرى أقل من سرعة مرور الضوء فى الهواء بنسبة ١ر٣٤٤٦ : ١

وقيمة معامل الانكسار تعتبر صفة مميزة للمواد حيث يمكن استخدامها للدلالة على درجة نقاوة المادة . وتعتمد قيمة معامل الانكسار على طول الموجه الضوئية وعادة يؤخذ معامل الانكسار لكل مادة أو محلول بالنسبة لضوء الصوديوم الموحد الموجات عند موجه ضوئية طولها ٥٨٩ ملليميكرون على درجة حرارة ٢٠مْ . وتقل قيمة معامل الانكسار للمواد بازدياد طول الموجه الضوئية المستخدمة كما يتضح من الجدول الاتى :-

جدول (٣) العلاقه ما بين معامل الانكسار للماء وطول الموجة الضوئية على درجة حرارة ٢٠مْ

معامل الانكسار للماء على درجة حرارة ٢٠مْ	طول الموجه الضوئية المستخدمة بالمليميكرون
١ر٣٣٧١	٤٨٦
١ر٣٣٣٠	٥٨٩
١ر٣٣١١	٦٥٢

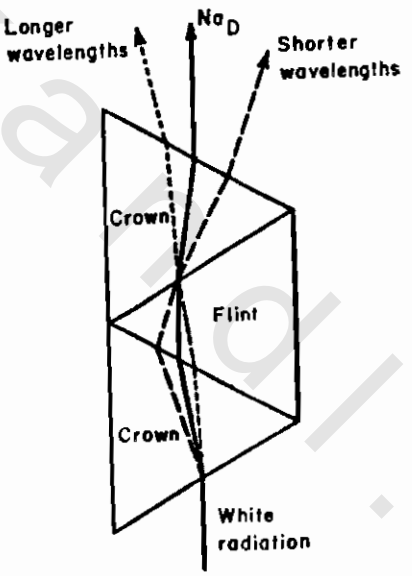
ويعبر عن معامل الانكسار بالرمز (n_D^t) حيث أن :-

n = معامل الانكسار

t = درجة حرارة القياس

D = ضوء الصوديوم

واستخدام الضوء العادى فى عملية القياس يؤدى الى اختلاف معامل الانكسار المقاس عنه فى حالة استخدام ضوء الصوديوم لذلك يفضل استخدام ضوء الصوديوم أو العمل على استخدام ضوء ذو موجه ضوئية طولها ٥٨٩ ملليميكرون عن طريق تزويد الاجهزة بمناشير خاصة Amici Prisms للحصول على هذا الضوء كما يتضح فى الشكل (٨) حيث نجد ان الشعاع الضوئى عند مروره خلال المنشور يتحلل الى أشعة ذات أطوال موجية مختلفة وفى النهاية نحصل من المنشور على الضوء بالطول الموجى المطلوب .



شكل (٨) منشور أميكى

الشعاع الحرج والزاوية الحرجة :

وكما سبق ذكره فانه بمرور الشعاع الضوئى من وسط اكبر كثافة ضوئية الى وسط أقل كثافة ضوئية فان زاوية السقوط تكون أقل من زاوية الانكسار وعلى ذلك فعند زيادة زاوية

السقوط تزداد تبعا لذلك زاوية الانكسار وعند زاوية سقوط معينة أقل من ٩٠° درجة تكون زاوية الانكسار مساوية ٩٠° وينطبق الشعاع المنكسر على سطح الانفصال ويسمى الشعاع الضوئى الساقط فى هذه الحالة باسم الشعاع الحرج وزاوية السقوط باسم الزاوية الحرجة وعند زيادة زاوية السقوط عن ذلك فإن الشعاع ينعكس انعكاسا كليا .

$$\text{معامل الانكسار} = \frac{\text{جيب زاوية السقوط}}{\text{جيب زاوية الانكسار}}$$

$$\text{معامل الانكسار} = \frac{\text{جيب زاوية السقوط}}{\text{جا ٩٠}}$$

$$\text{معامل الانكسار} = \frac{\text{جيب زاوية السقوط}}{١}$$

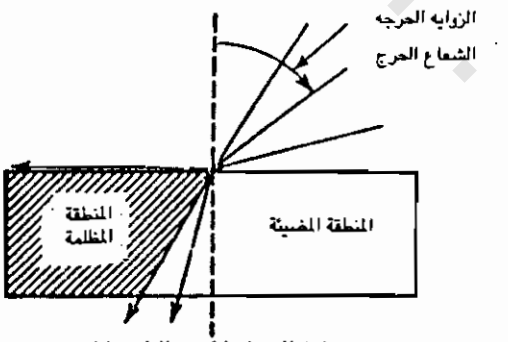
∴ معامل الانكسار = جيب الزاوية الحرجة

وهذه العلاقة السابقة تكون صحيحة عندما يمر الضوء خلال الهواء ولكن فى حالة عدم وجود الهواء كأحد الوسطين مثل مرور الضوء من الزجاج الى السائل تكون العلاقة :-

معامل الانكسار = معامل الانكسار للزجاج بالنسبة للهواء × جيب زاوية السقوط

وعلى ذلك فان اجهزة الرفراكتوميترات المستخدمة فى التصنيع الغذائى تعتمد على قياس الزاوية الحرجة للضوء الساقط بزاوية حادة على السطح الامامى للمنشور .

ويمكن ايضاح الزاوية الحرجة والشعاع الحرج فى الشكل الاتى :-



شكل (٩) الشعاع الحرج والزاوية الحرجة

من الشكل رقم (٩) يمكن توضيح أنواع الاشعة كما يلى :

١ – اشعة تسقط بزاوية سقوط أقل من الزاوية الحرجة وهذه تنكسر وتعطى المنطقه المضيئة Light Field

٢ – اشعة تسقط بزاوية سقوط مساوية أو أكبر من الزاوية الحرجة وهذه تعطى المنطقة المظلمة . Dark Field

أنواع الرفراكتوميترات :

توجد أنواع عديدة من الرفراكتوميترات حيث تحتوى بعض الانواع على تدريج يقيس معامل الانكسار فقط وأنواع أخرى تدريجها يقيس معامل الانكسار والنسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة . هذا بالاضافة الى اختلاف مدى القياس بين نفس الانواع ومن هذه الانواع على سبيل المثال وليس الحصر ما يلى :

أ -رفراكتوميتر آبى : Abbe refractometer

وهو أكثر الانواع انتشارا ويعطى معامل انكسار ما بين ١ر٣٣٠ – ١ر٥٣٠ بدقه مقدارها ٠٠٠١ر ويقيس المواد الصلبة الذائبة الكلية بتركيزات تصل الى ٩٥ ٪.

تركيب الجهاز :

يتكون رفراكتوميتر أبى من الاتى :

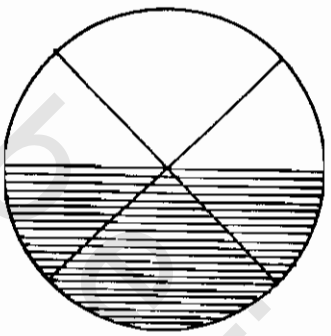
١ – منشوران زجاجيان متحركان احداهما علوى والاخر سفلى توضع بينهما العينة .

٢ – عدسة عينية بها خطين متعامدين يمكن بهما تعيين الحد الفاصل ما بين المنطقة المضيئة والمنطقة المظلمة شكل (١٠)

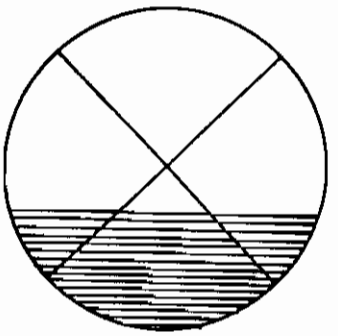
٣ – تدريج افقى مقسم بحيث يعطى معامل الانكسار للعينه مباشرة منسوبا للهواء ويقابل هذا التدريج آخر يعطى النسبة المئوية لتركيز المواد الصلبة الذائبة وتحدد القراءة بواسطة خط رأسى متعامد مع التدريج شكل (١١) .

٤ – مصدر اضاءة .

ويزود الجهاز بفتحتين لدخول وخروج ماء ذو درجة حرارة ثابتة لضبط درجة الحرارة حول المنشوران أثناء عملية القياس . كما يوجد ترمومتر لقياس درجة الحرارة المستخدمة .

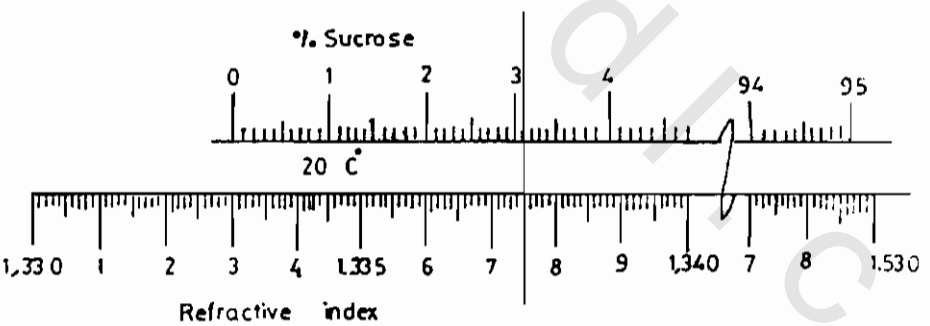


ضبـــط دقيـــق ق



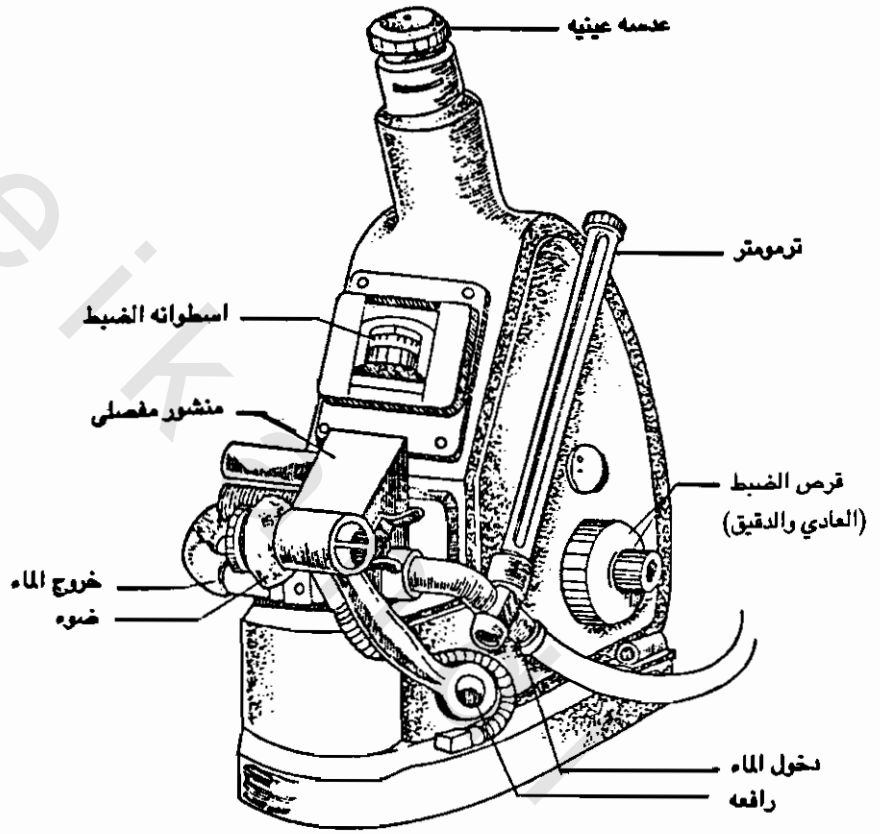
ضبـط غير دقيـــق

شكل (١٠) المنطقة المضيئة والمنطقة المظلمة فى رفراكتوميتر آبى

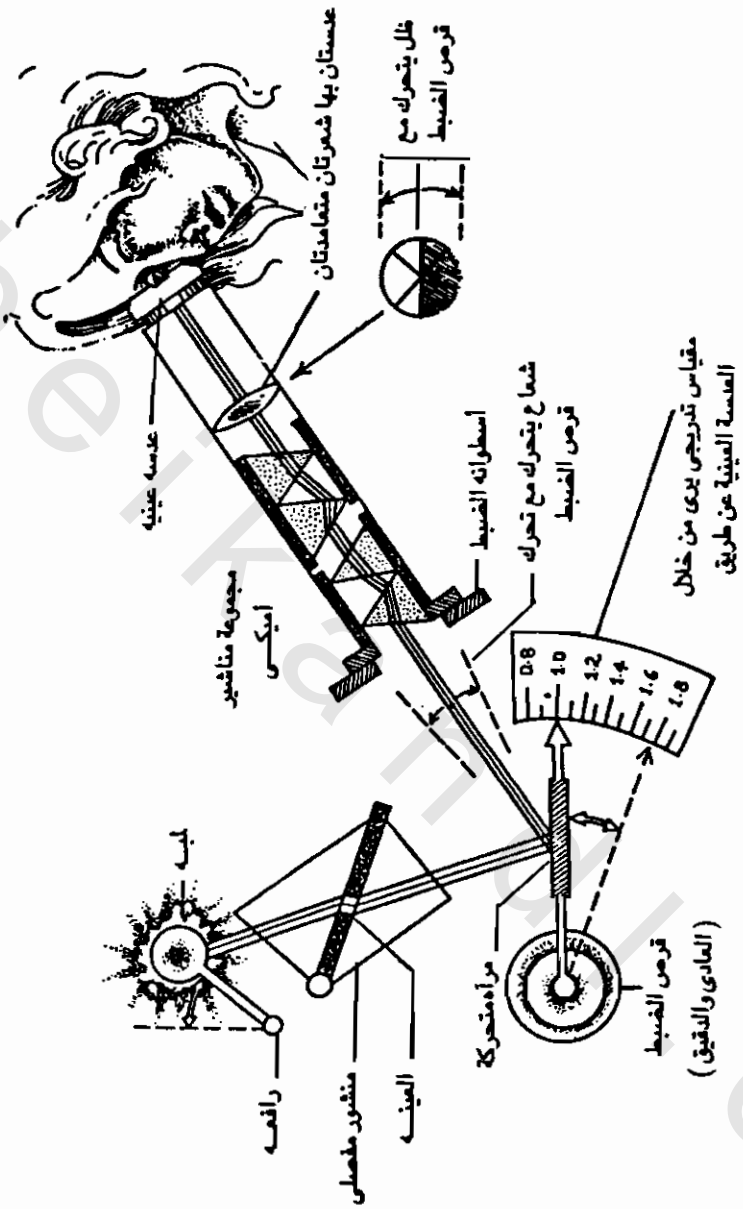


٪ لتركيز محلول السكروز ١ر٣ ومعامل الانكسار له ١ر٣٣٧٥ على درجة حرارة ٢٠°م

شكل (١١) قراءات رفراكتوميتر آبى



شكل (١٢) رافراكتوميتر آبى .



شكل (١٣) مسار الضوء خلال رفراكتوميتر آبى .

ويوضح شكل (١٢) احد أنواع رفراكتوميتر آبى كذلك يوضح شكل (١٣) مسار الضوء خلال رفراكتوميتر آبى .

ب - رفراكتوميتر زايس : Ziess refractometer

ويعطى معامل انكسار ما بين ١ر٣٠٠ - ١ر٤٠٥ بدقة مقدارها ٠ر٠٠١ ويقيس تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية من صفر الى ٩٥ ٪

تركيب الجهاز :

يتكون الرفراكتوميتر من الآتى :

١ - منشوران زجاجيان السفلى ثابت والعلوى متحرك توضع بينهما العينه.

٢ - عدسة عينية بها ثلاث خطوط أفقية متجاورة لتحديد الحد الفاصل ما بين المنطقة المضيئة والمنطقة المظلمة .

٣ - تدريج رأسى مقسم بحيث يعطى معامل الانكسار للعينة مباشرة منسوبا للهواء ويقابل هذا التدريج تدريج اخر يعطى النسبة المئوية لتركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية . شكل (١٤) .

٤ - مصدر اضاءة .

ويزود الجهاز بفتحتين لدخول وخروج ماء ذو درجة حرارة ثابتة لضبط درجة الحرارة حول المنشوران أثناء عملية القياس . كما يوجد ترمومتر لقياس درجة الحرارة المستخدمة

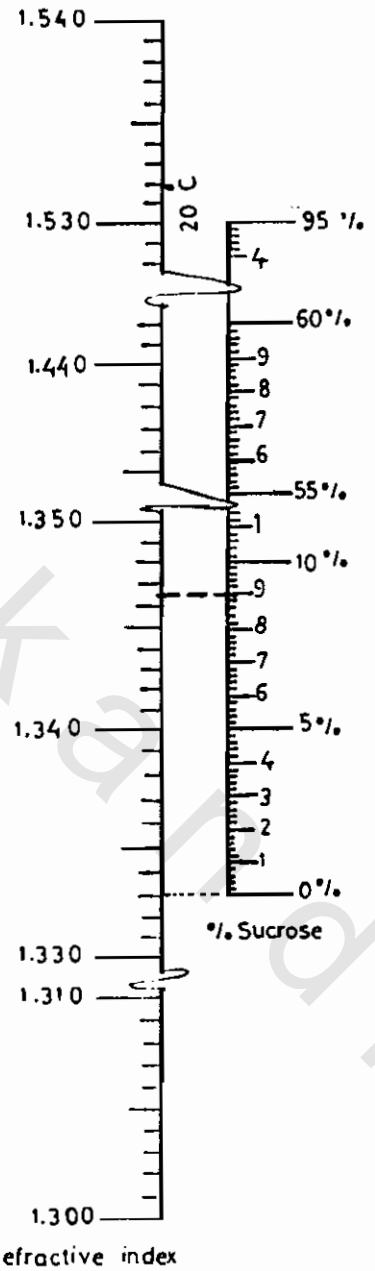
جـ - الرفراكتوميتر اليدوى :

ويمتاز هذا النوع بخفة وزنه ودقة قراءته لذلك يستعمل فى الحقل أو على خطوط الانتاج . ويستخدم لقياس تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية . ويوجد منه أنواع يختلف تدريجها تبعاً للغرض الذى تستخدم فيه حيث نجد منه ما يعطى تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية من صفر الى ٣٠٪ وأنواع أخرى تعطى تركيزات من ٣٠٪ الى ٧٥٪ .

تركيب الجهاز :

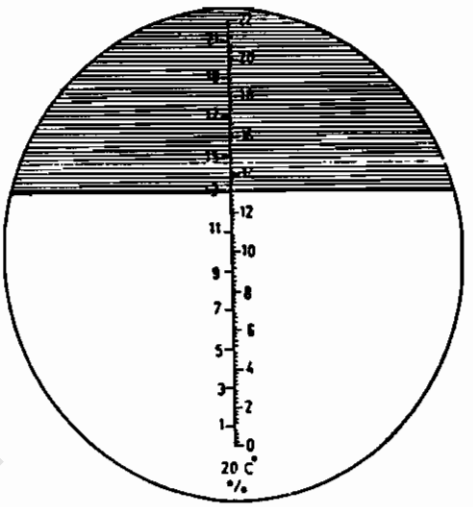
١ - منشوران زجاجيان السفلى ثابت والعلوى متحرك توضع بينهما العينه.

٢ - عدسة عينية يمكن بها تحديد المنطقة المظلمة والمنطقة المضيئة ويظهر بها تدريج رأسى مقسم بحيث يعطى تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية شكل (١٥)



٪ لتركيز محلول السكروز ٩ ومعامل الانكسار له ١ر٣٤٦٥ على درجة حرارة ٢٠°م

شكل (١٤) قراءات رفراكتوميتر زايس



٪ لتركيز محلول كلوريد الصوديوم ٥ر١٢ على درجة حرارة ٢٠مْ

شكل (١٥) قراءات الرفراكتومبتر اليدوى

شكل (١٦) قراءات الرفراكتومبتر اليدوى

ويوضح شكل (١٦) أحد الرفراكتوميترات اليدوية ويوجد حاليا أنواع حديثة تمتاز بالدقة والسهوله فى أخذ القراءة وتعرف باسم Digital refractometers .

طريقة العمل باجهزة الرفراكتوميترات :

للحصول على ادق النتائج لا بد من اتباع الاتى عند استخدام الرفراكتوميتر فى القياس .

١ - تنظيف المنشورين جيدا ثم تجفيفهما ويفضل استخدام أحد المذيبات العضوية فى عملية التنظيف مثل كحول الايثانول .

٢ - ضبط درجة حرارة القياس بإمرار تيار من الماء على درجة الحرارة المناسبه خلال المنشورين .

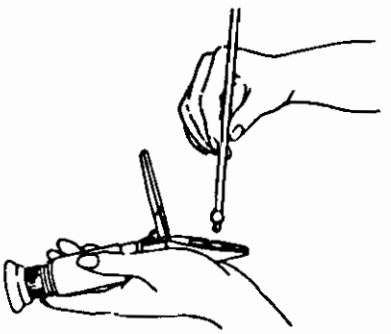
٣ - تتم عملية ضبط لقراءة الرفراكتوميتر قبل الاستخدام وذلك بقياس معامل انكسار الماء المقطر على درجة حرارة ٢٠مْ حيث يجب ان يكون ١٫٣٣٣٠ كذلك قياس معامل انكسار مادة اورثوبرومونافثالين Orthobromo naphthalene على نفس درجة الحرارة السابقة حيث يجب أن يكون ١٫٦٥٨٠ .

٤ - توضع العينة المراد معرفة تركيزها أو معامل انكسارها ما بين المنشورين ويجب أن لا تحتوى على مواد عالقة .

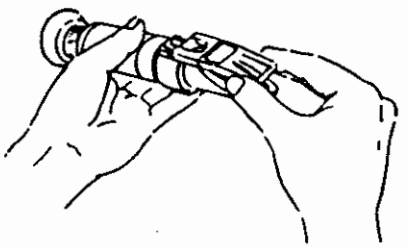
٥ - تستخدم العدسة العينية لتحديد الخط الفاصل ما بين المنطقة المضيئة والمنطقة المظلمة ثم ينظر الى التدريج وتؤخذ القراءة .

٦ - يجرى التعديل الحرارى اذا كان هناك اختلاف فى درجة الحرارة المقاسة عليها العينة عن الدرجة القياسية .

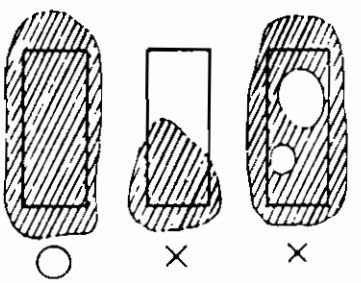
ويوضح شكل (١٧) خطوات العمل باستخدام الرافركتوميتر اليدوى .



١ - وضع بضع نقط من العينة على سطح المنشور

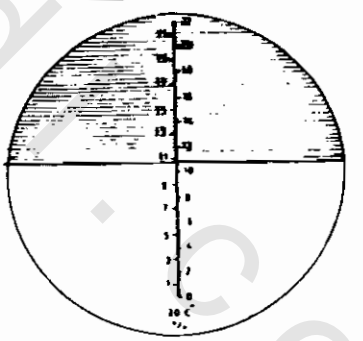


٢ - غلق غطاء المنشور باحتراس

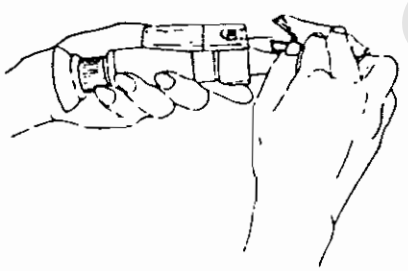


٣ - يجب ان تكون العينة منتشرة على سطح كل المنشور

٤ - ينظر الي التدريج من خلال العدسة العينيه



٥ - تسجيل القراءة عند الحد الفاصل بين المنطقة المضيئة والمنطقة المظلمة



٦ - ينظف المنشور من العينه باستخدام الماء

شكل (١٧) خطوات العمل لقياس تركيز محلول باستخدام الرفراكتوميتر اليدوى

تأثير درجة الحرارة على قراءات معامل الانكسار والتركيز للمحاليل :

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة على معامل الانكسار والتركيز للمحاليل حيث تنخفض قراءات معامل الانكسار وتركيز المحاليل مع ارتفاع درجة حرارة القياس عن الدرجة القياسية ، لذلك لا بد من الاهتمام بضبط درجة الحرارة اثناء اجراء الاختبار .

ويمكن ايضاح ما سبق بالنسبة لمعامل الانكسار من الجدول رقم (٤) حيث يظهر انخفاض قيمة الانكسار للماء المقطر بارتفاع درجة حرارة القياس .

جدول (٤) العلاقه ما بين درجة الحرارة ومعامل الانكسار للماء المقطر باستخدام رفراكتوميتر آبى

درجة الحرارة بالمئوى	معامل الانكسار
٢٠	١ر٣٣٣٠
٢٢	١ر٣٣٢٨
٢٤	١ر٣٣٢٦
٢٦	١ر٣٣٢٤

ولكل مادة درجة حرارة يجب قياس معامل الانكسارعليها فمثلاً يقاس معامل الانكسار للزيوت على درجة حرارة ٢٥مْ اما فى حالة الدهون فيتم على درجة حرارة ٤٠مْ . وعند اجراء القياس على درجة حرارة غير القياسيه يجرى التعديل الحرارى للقراءات باستخدام المعادلة الاتية :

$$م = مَ + ث (عَ - عـ)$$

حيث أن :

م = قيمة معامل الانكسار الحقيقية

مَ = قيمة معامل الانكسار على درجة حرارة القياس

عَ = درجة حرارة القياس

عـ = درجة الحرارة القياسية

ث = رقم ثابت (٠٠٠٣٦٥ر) فى حالة الزيوت اما فى حالة الدهون (٠٠٠٣٨٥ر) .

أما بالنسبة لقياس تركيز المحاليل فيتم على درجة حرارة ٢٠مْ وعند تغير درجة الحرارة عن ذلك بالانخفاض أو الارتفاع يمكن الاستعانه بجدول (٥) فى حالة محاليل السكروز الذى يبين التعديل الحرارى لمحلول سكر السكروز سواء بطرح قيمة التعديل فى حالة انخفاض درجة الحرارة عن ٢٠مْ أو إضافة التعديل الحرارى فى حالة ارتفاع درجة الحرارة عن ٢٠مْ فمثلاً اذا كان قراءة الجهاز ٢٥ر٧٪ على درجة حرارة ٢٤مْ فان القراءة المعدلة تكون ٢٥ر٧ + ٣ر = ٢٦ر٪ على درجة حرارة ٢٠مْ .

جدول (٥) التعديل الحرارى لقراءات محاليل سكر السكروز عند القياس على درجات حرارة تختلف عن ٢٠مْ باستخدام الرفراكتوميتر .

درجة حرارة القياس بالمئوى	النسبة المئوية لتركيز محلول السكروز									
	صفر	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠
	يطرح من قيمة القراءة										
١٠	٥٠ر	٥٤ر	٥٨ر	٦١ر	٦٤ر	٦٦ر	٦٨ر	٧٢ر	٧٤ر	٧٦ر	٧٩ر
١١	٤٦ر	٤٩ر	٥٣ر	٥٥ر	٥٨ر	٦٠ر	٦٢ر	٦٥ر	٦٧ر	٦٩ر	٧١ر
١٢	٤٢ر	٤٥ر	٤٨ر	٥٠ر	٥٢ر	٥٤ر	٥٦ر	٥٨ر	٦٠ر	٦١ر	٦٣ر
١٣	٣٧ر	٤٠ر	٤٢ر	٤٤ر	٤٦ر	٤٨ر	٤٩ر	٥١ر	٥٣ر	٥٤ر	٥٥ر
١٤	٣٣ر	٣٥ر	٣٧ر	٣٩ر	٤٠ر	٤١ر	٤٢ر	٤٤ر	٤٥ر	٤٦ر	٤٨ر
١٥	٢٧ر	٢٩ر	٣١ر	٣٣ر	٣٤ر	٣٤ر	٣٥ر	٣٧ر	٣٨ر	٣٩ر	٤٠ر
١٦	٢٢ر	٢٤ر	٢٥ر	٢٦ر	٢٧ر	٢٨ر	٢٨ر	٣٠ر	٣٠ر	٣١ر	٣٢ر
١٧	١٧ر	١٨ر	١٩ر	٢٠ر	٢١ر	٢١ر	٢١ر	٢٢ر	٢٣ر	٢٣ر	٢٤ر
١٨	١٢ر	١٣ر	١٣ر	١٤ر	١٤ر	١٤ر	١٤ر	١٥ر	١٥ر	١٦ر	١٦ر
١٩	١٦ر	٠٦ر	٠٦ر	٠٧ر	٠٧ر	٠٧ر	٠٧ر	٠٨ر	٠٨ر	٠٨ر	٠٨ر

تابع جدول (٥) التعديل الحرارى لقراءات محاليل سكر السكروز عند القياس على درجات حرارة تختلف عن ٢٠م° باستخدام الرفراكتوميتر .

درجة حرارة القياس بالمئوى	النسبة المئوية لتركيز محلول السكروز									
	صفر	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠
	يضاف الى قيمة القراءة										
٢١	٠٦ر	٠٧ر	٠٧ر	٠٧ر	٠٧ر	٠٨ر	٠٨ر	٠٨ر	٠٨ر	٠٨ر	٠٨ر
٢٢	١٣ر	١٣ر	١٤ر	١٤ر	١٥ر	١٥ر	١٥ر	١٥ر	١٦ر	١٦ر	١٦ر
٢٣	١٩ر	٢٠ر	٢١ر	٢٢ر	٢٢ر	٢٣ر	٢٣ر	٢٣ر	٢٤ر	٢٤ر	٢٤ر
٢٤	٢٦ر	٢٧ر	٢٨ر	٢٩ر	٣٠ر	٣٠ر	٣١ر	٣١ر	٣١ر	٣٢ر	٣٢ر
٢٥	٣٣ر	٣٦ر	٣٦ر	٣٧ر	٣٨ر	٣٩ر	٤٠ر	٤٠ر	٤٠ر	٤٠ر	٤٠ر
٢٦	٤٠ر	٤٢ر	٤٣ر	٤٤ر	٤٥ر	٤٦ر	٤٧ر	٤٨ر	٤٨ر	٤٨ر	٤٨ر
٢٧	٤٨ر	٥٠ر	٥٢ر	٥٣ر	٥٤ر	٥٥ر	٥٥ر	٥٦ر	٥٦ر	٥٦ر	٥٦ر
٢٨	٥٦ر	٥٧ر	٦٠ر	٦١ر	٦٢ر	٦٣ر	٦٣ر	٦٤ر	٦٤ر	٦٤ر	٦٤ر
٢٩	٦٤ر	٦٦ر	٦٨ر	٦٩ر	٧١ر	٧٢ر	٧٢ر	٧٣ر	٧٣ر	٧٣ر	٧٣ر
٣٠	٧٢ر	٧٤ر	٧٧ر	٧٨ر	٧٩ر	٨٠ر	٨٠ر	٨١ر	٨١ر	٨١ر	٨١ر

استخدامات الرفراكتوميترات :

يعتبر الرفراكتوميتر من افضل الطرق المستخدمه لتقدير المواد الصلبة الذائبة الكلية أو معامل الانكسار فى العينات مقارنة بالطرق الاخرى وذلك لدقته وسرعته وقلة الكمية المطلوبة لاجراء عملية التقدير حيث انها لا تزيد عن بضع نقط ويمكن حصر أهم استخداماته فى مجال التصنيع الغذائى فيما يلى :

١ – فى تقدير المواد الصلبة الذائبة الكلية فى المحاليل السكرية أو عصائر الفاكهة والخضروات كذلك الشراب والمربات كذلك المحاليل الملحية كما هو الحال اثناء عمليات التخليل او التعبئة فى محاليل فى حالة الاغذية المعلبة .

الا انه فى حالة عصائر الفاكهة والخضروات ومركزاتها توجد بعض المواد الصلبة غير الذائبة وهذه تؤثر على التركيز النهائى للمواد الصلبة الكليه ولا يمكن قياسها بالرفراكتوميترات لذلك عند الرغبة فى معرفة المواد الصلبة الكلية (الذائبة وغير الذائبة) يتم ذلك عن طريق تقديرها باستخدام فرن التجفيف تحت تفريغ ويمكن ايضاح ذلك من المقارنة التالية .

جدول (٦) المواد الصلبة الكليه المقدرة باستخدام طريقة التجفيف تحت تفريغ وطريقة الرفراكتوميتر .

العينة	المواد الصلبة الكلية	
	بطريقة الفرن	بطريقة الرفراكتوميتر
سكروز وحامض الطرطريك وماء		
٥٠ ١ر١٣ ٤٨ر٧٨	٥١ر٣٣	٥١ر١٠
٤٩ر٠٣ ٠ر٩٠ ٥٠ر٠٧	٥٠ر٤١	٤٩ر٩٠
٤٩ر٦٦ ٠ر٣٠ ٤٩ر٤٨	٥٠ر٥٢	٥٠ر٢٥
جيلى التفاح	٦٤ر٦١	٦٣ر٨٧
مربى التفاح	٧١ر٦٠	٧١ر٠٦

من الجدول السابق يتضح لنا انخفاض قيمة قراءة الرفراكتوميتر من القيمة المتحصل عليها بإستخدام الفرن . ويرجع ذلك لوجود المواد الصلبة غير الذائبة .

٢ – فى قياس معامل الانكسار لعصير الطماطم ومنتجاتة ومن قيمة معامل الانكسار المقاس فى الراشح للمنتج يمكن معرفة النسبة المئوية للمواد الصلبة الكلية باستخدام المعادلات

أ – اذا كانت النسبه المئوية للمواد الصلبه الكلية تتراوح ما بين ٤ – ٤ر١٣ .

النسبة المئوية للمواد الصلبة الكلية بدون ملح

= ٣ر٧١٤ (معامل الانكسار على درجة حرارة ٢٠مْ – ١ر٣٣٢٩)

ب – اذا كانت النسبة المئوية للمواد الصلبة الكلية تتراوح ما بين ٤ر١٣ – ٦ر٢٠

النسبة المئوية للمواد الصلبة الكلية بدون ملح

= ٢ر٦٧٠ (معامل الانكسار على درجة حرارة ٢٠مْ – ١ر٣٣١٦)

جـ – اذا كانت النسبة المئوية للمواد الصلبة الكلية تتراوح ما بين ٦ر٢٠ – ٣٥

النسبة المئوية للمواد الصلبة الكلية بدون ملح

= ٠ر٦١٨ (معامل الانكسار عل درجة حرارة ٢٠مْ – ١ر٣٢٩٠) .

اما بالنسبة للصلصة الحريفه (الكاتشب)

النسبة المئوية للمواد الصلبة الكلية = ٢ر٣٥ + ٢٠٤ (الكثافة على درجة حرارة ٢٠مْ–١ر٠٠).

٣ – يمكن الحصول على كثافة المحاليل السكرية (سكروز) عن طريق معرفة معامل الانكسار لها باستخدام المعادلة الاتية :

$$ث = \frac{(م^{٢} - ١)}{(م^{٢} + ٢) \times ٠ر٦١٤٠٢}$$

حيث أن :

ث = كثافة المحلول السكرى

م = معامل الانكسار للمحلول السكرى

٠ر٦١٤٠٢ = رقم ثابت لمحلول السكروز Lorentz - Lorentz constant

٤ – فى معرفة درجة نقاوة الزيوت والدهون حيث ان قيمة معامل الانكسار للزيوت والدهون ثابته على درجة حرارة معينة لذلك فان التغير فى قيمة معامل الانكسار على نفس درجة الحرارة يدل على حدوث غش للزيت أو الدهن بمواد اخرى وفيما يلى مدى معامل الانكسار لبعض انواع الزيوت على درجة حرارة ٢٥مْ والدهن على درجة حرارة ٤٠مْ .

زيت القطن ١ر٤٦٥ - ١ر٤٧٣ زيت فول الصويا ١ر٤٧٣ - ١ر٤٧٧ زيت الذرة ١ر٤٧٢ - ١ر٤٧٥ زيت الكتان ١ر٤٧٩ - ١ر٤٨٤ زيت الزيتون ١ر٤٦٨ - ١ر٤٧٠ السمن البلدى ١ر٤٥٣ - ١ر٤٥٧ .

٥ - يمكن استخدام التغيير فى قيمة معامل الانكسار اثناء اجراء عملية هدرجة الزيوت الغذائية لانتاج المسلى الصناعى كوسيلة سريعة ودقيقة لتتبع عملية الهدرجة وتحديد نهايتها وذلك بدلا من قياس درجة الانصهار للزيت المهدرج حيث تحتاج الى وقت طويل لاجراء عملية القياس .