يقدم الغذاء الطاقة والمواد البنائية الضرورية للنمو واستمرارية الحياة, وتعتمد أهمية كل عنصر من عناصر الغذاء على خواصه الفيزيولوجية.

يميل الإنسان لاستهلاك منتج غذائي دون آخر بسبب عدد من العوامل كالشكل والقوام والطعم وفقا لتأثيرها على الحالة النفسية للمستهلك.

تساهم كل من الدسم والبروتينات والكربوهيدرات في تأمين حاجة الجسم من الطاقة. إن استخدام هذه الطاقة في بناء الخلايا والنمو واستمرارية الحياة يحتاج إلى الفيتامينات والمعادن التي تقوم بدور كو-انزيم ومحفزات ووقاءات في وسط الاستقلاب المائي.

**الطاقة energy**

تعرف الطاقة بأنها القدرة على العمل. المصدر الأساسي للطاقة في جميع الكائنات الحية هو الشمس. تقوم النباتات الخضراء خلال عملية التركيب الضوئي بالتقاط جزء من أشعة الشمس وتختزنها في أوراقها على شكل روابط كيميائية في جزيئات الغلوكوز ويتم تصنيع الدسم والبروتينات والكربوهيدرات الأخرى انطلاقا من الغلوكوز ووفقا لحاجة كل نبات, ويحصل الإنسان على الطاقة اللازمة له من استهلاك النباتات والحيوانات التي تستهلك النباتات بدورها.

تعرف الطاقة اللازمة للإنسان وفقا لمنظمة الصحة العالمية WHO بأنها الطاقة اللازمة للفرد للمحافظة على نشاطه الفيزيائي وصحة جسمه, ويضاف إليها بالنسبة للأطفال الطاقة اللازمة لزيادة حجم الأنسجة والنمو, وبالنسبة للحامل الطاقة اللازمة لتشكيل الجنين, وبالنسبة للمرضع الطاقة اللازمة لإفراز الحليب مع المحافظة على صحة جيدة للفرد.

تقسم الطاقة التي يصرفها الجسم إلى طاقة الراحة REE والطاقة اللازمة لهضم الغذاء TEF والطاقة المصروفة على الحركة EEPA .

ما عدا الأشخاص شديدي النشاط تشكل طاقة الراحة حوالي 60- 75 % من الطاقة الكلية.

تعرف طاقة الراحة بأنها الطاقة المصروفة لاستمرار النشاطات الضرورية للحياة وتتضمن التنفس والدوران وتشكيل مكونات الخلايا وتدفق الشوارد عبر الأغشية الخلوية والطاقة اللازمة لعمل الجملة العصبية المركزية والطاقة اللازمة للمحافظة على درجة حرارة الجسم.

حوالي 29% من هذه الطاقة تستخدم من قبل الكبد الذي يقوم بتصنيع الغلوكوجين والأجسام الكيتونية التي تستخدم من قبل الدماغ كمصدر للطاقة.

|  |  |
| --- | --- |
| العضو | النسبة المئوية للطاقة المصروفة |
| الكبد | 29 |
| الدماغ | 19 |
| القلب | 10 |
| الكلية | 7 |
| العضلات الهيكلية في وضع الراحة | 18 |
| الذاكرة | 17 |

تتأثر هذه الطاقة بالعديد من العوامل أهمها حجم الجسم وتركيبه والعمر والجنس والحالة الهرمونية.

يعطي 1غ من السكريات 4 كيلو كالوري, و1 غ من البروتين 4 كيلوكالوري, و 1غ من الدسم 9 كيلوكالوري.

الكربوهيدرات:

تتواجد الكربوهيدرات في الطبيعة بأشكال مختلفة من حيث حلاوتها وبنيتها وسرعة هضمها ودرجة امتصاصها من جهاز الهضم.

تقسم الكربوهيدرات إلى:

سكاكر أحادية monosaccharides

سكاكر ثنائية disaccharides

عديدات السكاكر oligosaccharides

كثيرات السكاكر polysaccharides

**السكاكر الأحادية:**

نادرا ما توجد في الطبيعة بالشكل الحر وإنما توجد عادة بشكل سكاكر ثنائية أو متعددة, وقليل منها يمتص من الأمعاء فقط الغلوكوز والفركتوز والغلاكتوز يمكن امتصاصها من قبل الإنسان, وتختلف درجة الحلاوة والطعم باختلاف البنية الكيميائية والمصدر.

**الغلوكوز:**

أكثر السكاكر الأحادية شيوعا في الطبيعة يوجد في السيللوز والنشا وفي جميع السكاكر الثنائية

**الفركتوز:**

أحلى السكاكر الأحادية وهو أحلى بمرتين من السكروز ويشكل 40% من العسل و1-7% من الفواكه.

**الغلاكتوز:**

نادرا ما يوجد بشكل حر في الطبيعة وهو موجود في الحليب (اللاكتوز) حيث ينتج من حلمهة اللاكتوز خلال عملية الهضم. بعض الأطفال لا يستطيعون هضم الغلاكتوز وتسمى هذه الحالة galactosemia .

**ثنائيات وقليلات السكاكر disaccharides and oligosaccharides :**

ترتبط السكاكر الأحادية مع بعضها برابط غليكوزيدي ينشأ بين الوظيفة الألدهيدية أو الكيتونية في جزيئة سكر مع زمرة الهيدروكسيل في جزيئة سكر ثانية.

في السكاكر الأحادية يمكن لزمرة الهيدروكسيل المرتبطة بذرة الكربون الفعالة ضوئيا أن تغير توضعها من فوق الحلقة (الموقعβ) إلى أسفل الحلقة (الموقع α) بسهولة ولكن عند تشكل الرابط الغليكوزيدي بين جزيئتي سكر أحادي تفقد هذه الخاصية وبما أن كل جزيئة من الهيكزوزات تملك ست زمر هيدروكسيل بذلك يكون لدينا عدد كبير من الاحتمالات لتوضعات α وβ وبالتالي تنوع كبير من ثنائيات وقليلات السكاكر في الطبيعة. مثلا يمكن أن ترتبط جزيئة غلوكوز مع جزيئة غلوكوز أخرى برباط غليكوزيدي لتعطي 11 احتمال مختلف وفقا للتوضع α و β.

أشيع ارتباط بين جزيئتي غلوكوز هو المالتوز (α) الذي يوجد في النشا, والسيللبيوز (β) الذي يوجد في السيللوز . تستطيع خمائر α-maltase أن تفكك الارتباط α فقط وهذا ما يفسر قدرة الجسم على هضم النشا وعدم قدرته على هضم السيللوز.

**قليلات السكاكر oligosaccharides**:

 هي متماثرات منخفضة الوزن الجزيئي تحتوي من 2-20- جزيئة سكر. ذات طعم حلو وقابلة للانحلال في الماء.

**السكروزsucrose :**

يسمى سكر المائدة. يتشكل من اتحاد جزيئة غلوكوز مع جزيئة فركتوز ويعطي بالحلمهة الحمضية أو بوجود انزيم invertase مكوناته.

يوجد السكروز في العديد من الفواكه ويضاف إلى العديد من المنتجات الغذائية المصنعة كالعصائر والمشروبات الغازية.

**اللاكتوز lactose:**
يسمى أيضا سكر الحليب يفرز من الغدد الحليبية عند الثديات, ويشكل 7.5% من حليب الانسان وهو أقل حلاوة من السكروز بست مرات, يهضم في الأمعاء بواسطة أنزيم اللاكتاز lactase.

**كثيرات السكاكر polysaccharides :**

**النشا:**

وهو الشكل الذي تختزن فيه النباتات الكربوهيدرات, يتشكل من روابط α1-4 لتشكيل سلسلة خطية مع تفرعات بروابط α1-6 .يوجد نوعين من النشا في النباتات وهي الأميلوز الذي هو عبارة عن سلسلة خطية مع بعض التفرعات والأميلوبكتين الذي هو أكبر بكثير من الأميلوز كذلك مع عدد تفرعات أكبر من الأميلوز.

يضاف إلى ما سبق أشكال أخرى من الكربوهيدرات مثل الغليكوجين glucogen الذي هو الشكل الاختزاني للكربوهيدرات عند الحيوانات و السيللوز cellulose الذي يشكل هيكل النباتات ويعطي الفواكه شكلها, كذلك الهيمي سيللوز والصموغ التي تصنف ضمن الكربوهيدرات اللاغذائية.

**المواد الدسمة fats**

تشكل الدسم بشكل عام حوالي 30-35% من مدخول الطاقة الكلي للإنسان وتقدر الطاقة التي تقدمها ب 9 Kcal/g ولذلك يتمكن الإنسان من الحصول على طاقة كافية باستهلاكه كمية مقبولة من الأغذية الحاوية على المواد الدسمة يوميا.

إن إمكانية اختزان الدسم واستعمالها تمكن الإنسان من البقاء على قيد الحياة لعدة أسابيع بدون طعام.

لا تستهلك بعض الأنسجة الشحمية أثناء فترات الصيام وتسمى الشحوم البنيوية وهي الأنسجة التي تشكل وسائد شحمية تحمل أعضاء الجسم والأعصاب في أماكنها وتحميها من الرضوض وكذلك الوسائد الشحمية التي تحيط بالعظام \_كالتي توجد في منطقة الأرداف وباطن الكف\_ والتي تحميها من الكسور.كذلك يملك الانسان طبقة شحمية تحت الجلد تقوم بالمحافظة على درجة حرارة الجسم. أيضا تلعب الدسم دورا هاما في الهضم وامتصاص الفيتامينات الحلولة في الدسم وال phytochemicals مثل الكاروتين والليكوبين. كذلك تبطئ الدسم الإفراغ المعدي وتنشط إفراغ الصفراء وإفراز الأنزيمات من البنكرياس وبالتالي يسهل عملية الهضم.

تضم الدسم طيف واسع من المركبات غير المتجانسة التي تشترك مع بعضها بخاصية عدم انحلالها بالماء. تقسم إلى:

1-الدسم البسيطة: مثل الحموض الدسمة والدسم الغذائية التي نحصل عليها من أسترة الأحماض الدسمة مع الغليسرول, والشموع التي هي استرات للحموض الدسمة مع أغوال عالية الوزن الجزيئي.

2-الدسم المعقدة: مثل الفوسفوليبيدات والبروتينات الشحمية (مثل LDL, VLDL, HDL) والسترولات ( مثل الكولسترول والحموض الصفراوية والهرمونات الستيروئيدية).

نادرا ما توجد الحموض الدسمة في الطبيعة بالشكل الحر وغالبا ما تكون مرتبطة مع جزيئات أخرى بواسطة زمرتها المحبة للماء (cooh). تتواجد بشكل سلسلة غير متفرعة تحتوي ذرات كربون مرتبطة مع بعضها بروابط تختلف بدرجة إشباعها.

تصنف الأحماض الدسمة وفقا لطول السلسلة وعدد الروابط غير المشبعة ومكانها وموقع أول رابطة مضاعفة في السلسلة. يؤثر طول السلسلة ودرجة عدم الإشباع على درجة انصهار المادة الدسمة حيث نلاحظ أن أغلب الحموض الدسمة القصيرة السلسلة وغير المشبعة تكون سائلة في درجة حرارة الغرفة في حين أن الأحماض الدسمة طويلة السلسلة والمشبعة تكون صلبة في نفس درجة الحرارة.

يمكن الاستفادة من اختلاف درجة انصهار الحموض الدسمة في تنقية الزيوت حيث تحتوي الزيوت الطبيعية على حموض دسمة ذات درجات انصهار مختلفة يمكن عن طريق تكرار عملية التبريد والتصفية الحصول على زيوت لا تتجمد في الشتاء وبالتالي ذات مظهر مقبول للمستهلك.

من أشهر الحموض الدسمة المشبعة:

حمض الزبدة C4

حمض الكابروئيك C6

حمض الكابريليك C8

حمض الكابريك C10

حمض الغار C12

حمض الميرستيك C14

حمض النخل C16

حمض الشحم C18

الحموض الدسمة غير المشبعة:

حمض النخليك (البالميتيك) C16:1

حمض الزيت C18:1

حمض اللينوليئيك C18:2

حمض اللينولينيك C18:3

حمض الأراشيدونيك C20:4

كذلك يمكن تصنيف الأحماض الدسمة اعتمادا على موقع الرابطة المضاعفة حيث ترمز برموز α أو β أو Δ أو ω وذلك حسب ترقيم ذرات الكربون.

بالنسبة للترميز ω يعتمد الترقم من طرف زمرة الميتيل الأخيرة, وبذلك يعتبر حمض الأراشيدونيك arachidonic acid (20:2 ω-6) وهو أهم الاحماض الدسمة الموجودة في الأغشية الخلوية. كذلك حمض ايكوزابنتانوئيك eicosapentanoic acid (EPA) (20:5 ω-3) والذي يوجد في الحيوانات البحرية. تحوي النباتات أحماض ω-3 و ω-6 مثل حمض اللينوليئيك linoleic acid (C18:2 ω-6) وألفا لينولينيك α-linolenic acid (ALA;C18:3 ω-3), وحمض الزيت oleic acid (C18:1 ω-9) الذي يوجد في زيت الزيتون وزيت الكانولا.

يستطيع الانسان أن يحول ALA إلى EPA وكذلك إلى decosahexanoic acid DHA (C22:6 ω-e) .ان زيادة كمية ω-6 في الغذاء يمنع تحول ALA إلى EPA و DHA الضرورية للجملة العصبية المركزية والدماغ لتقوم بوظيفتها على أكمل وجه, لذلك فإن نقص ω-3 أو زيادة نسبة ω-6/ω-3 يؤدي إلى حدوث مشاكل في التعلم وتغير في تركيب شحوم أغشية الأوعية الدموية وبالتالي حدوث الجلطات والأمراض الالتهابية المختلفة في الجسم, كذلك نقص ω-6 يؤدي إلى حدوث قرحات جلدية مع تأخر في النمو وفشل الانجاب وتشحم الكبد و نقص في الرؤية.

بشكل عام الحميات الخالية من الدسم تؤدي إلى عوز الفيتامينات الحلولة في الدسم.

**البروتينات :Protein**

تضم البروتينات 20 حمض أميني يوصف بعضها بأنها حموض أمينية أساسية (لايستطيع الجسم تصنيعها) ويجب أن يحصل عليها من الغذاء وهي: valine, leucine, isoleucine, methionine, phenylalanine, tryptophan, proline, وبعضها الآخر يستطيع تصنيعه.

تقدر القيمة الغذائية للبروتين اعتمادا على مشعرين: احتواء البروتين على الأحماض الأمينية الأساسية من جهة وكمية البروتين الحقيقية المستهلكة من قبل العضوية من جهة أخرى وهو ما يسمى بقيمة الآزوت. لوحظ أن قيمة الآزوت في البروتين الحيواني مرتفعة في حين تنخفض هذه القيمة في البروتين من مصدر نباتي.

يتأثر هضم البروتين بالعديد من العوامل كطريقة الطهو حيث وجد أن الروابط الهيدروجينة الموجودة ضمن بنية جزيئات البروتين تتفكك بفعل الحموضة والملح والحرارة حيث تقوم هذه العوامل بمسخ البروتين وكذلك تلين الغضاريف والأنسجة الضامة مما يساعد على هضم البروتين بسهولة.

كذلك فإن بعض طرق الطهي يمكن أن تخرب الحموض الأمينية وبالتالي تقلل من توافرها للهضم, مثلا في عمليات تصنيع الحليب يتفاعل اللاكتوز مع الليزين ويجعله غير قابل للامتصاص, كذلك الحرارة المرتفعة بوجود أو بغياب السكاكر تجعل الحموض الأمينية مقاومة للهضم, أيضا فإن معالجة البروتينات بالقلويات القوية تؤدي إلى تفاعل الليزين مع السيستئين وتشكيل مركب سام هو الليزينوالانين, كذلك ثاني أكسيد الكبريت يؤدي إلى خسارة الميتيونين.

بالنسبة للبروتينات النباتية وجد أنها أقل هضما من البروتينات الحيوانية كونها مغلفة بجدر خلوية لا يستطيع الجسم تفكيكها وبذلك تكون أقل تماسا مع الأنزيمات الهاضمة بالإضافة إلى احتواء بعض النباتات على أنزيمات تتدخل في عملية هضم البروتين ومثال ذلك الترمس وفول الصويا التي تحوي أنزيم trypsinase الذي يكبح فعالية أنزيم التربسين الذي هو أهم الأنزيمات الهاضمة للبروتين في الجسم.

**الأمراض المرتبطة بنقص البروتين:**

السغل Marasmus:

ينتج السغل عن نقص في الحريرات وقد يجاريه نقص معتدل في البروتينات, يلاحظ بشكل خاص عند الأطفال دون السنة حيث ينقص وزن الطفل عن أقرانه بسبب ذوبان النسيج الخلوي الشحمي تحت الجلد.

كواشيركو kwashiorkor:

ينتج عن النقص في الوارد البروتيني مع نقص بسيط في الراتب الحروري أو بقائه طبيعيا وأحيانا يكون مزدادا, ويكون مورد الحريرات غالبا من المواد النشوية. يصادف عند الأطفال بعد الشهر السابع وغالبا بين السنتين الأولى والثالثة, يتلو في كثير من الأحيان الفطام لأن المواد الغذائية التي تقدم للطفل بعد قطع الإرضاع تكون فقيرة جدا أو خالية من المواد البروتينية.

**الاعتيان sampling**

يعرف الاعتيان بأنه طريقة أخذ العينة والعمليات المحيطة بها. إن مرحلة الاعتيان مرحلة هامة جدا في التحاليل الغذائية لأن أي خطأ فيها يؤدي إلى خطأ في النتيجة النهائية وهذا ما يترتب عليه منعكسات صحية واقتصادية (كتلوث اللحوم بالجراثيم الوشيقية- انخفاض القيمة الغذائية للحليب بسبب زيادة الرطوبة.....).

عند أخذ العينة يجب مراعاة ما يلي:

التأكد من نظافة الأدوات وعقامتها (في حال كان الاعتيان بهدف التحديد الجرثومي) ويجب أن تكون الأدوات من الستانلس ستيل والتأكد من خلو مقتطع العينة من الأمراض التي قد تسيء إلى مواصفات العينة, ويجب أن تكون العينة ممثلة للمنتج الذي اقتطعت منه.

تقسم العينات إلى:

1. عينة عشوائية: تؤخذ العينة العشوائية دون انتقاء ويجب أن تمثل كل مكونات المادة موضوع البحث وأن تكون متجانسة.
2. عينة انتقائية تؤخذ بهدف البحث عن مادة معينة أو لكشف غش معين كالبحث عن المبيدات الحشرية في اللحوم حيث تؤخذ العينة من الخلايا الشحمية.
3. عينات تؤخذ بهدف تحقيق شروط عقدة: مثلا مواصفات الزيتون كحجم الحبة مثلا, أو رز بدرجة رطوبة معينة حيث يتم الاعتيان بهدف التحقق من شروط العقد.

قبل البدء بالاعتيان يجب معرفة شكل العينة وكميتها والسبب من أخذها ونوعيتها (سائبة أو مغلفة) والوحدة الغذائية والمصنع ورقم الدفعة وتاريخ التصنيع وانتهاء الصلاحية.

مراحل أخذ العينة:

1. اقتطاع العينة: يجب أن تكون الكمية المقتطعة كافية ويؤخذ عادة الجذر التربيعي لعدد العبوات الموجودة.
2. توثيق العينة: كمية العينة واسم المقتطع وشكل العينة ويجب ختم العينة بشكل لايسمح لأحد بالتلاعب بها, وتتضمن بطاقة الاعتيان ما يلي:

اسم مقتطع العينة

التاريخ والساعة والمكان

الجهة الطالبة أو صاحبة الصلاحية

اسم المنشأة أو حائز البضاعة

ظروف أخذ العينة (جزء من كل, جزء من جزء,.....)

طريقة أخذ العينة

طبيعة المادة

الوحدة الغذائية

عدد المجموعة ورقمها

تاريخ الصلاحية

الفحوص المطلوبة

ملاحظات

1. حفظ العينة ونقلها: يجب الانتباه إلى شروط حفظ المادة الغذائية فلا نضعها في شروط تؤثر على مواصفاتها كحفظ اللحوم بدرجة حرارة عالية أو استعمال عبوات غير كتيمة عند معايرة الرطوبة.

إذا كانت العينة مجلدة يجب إزالة الجليد عنها باستخدام حرارة خفيفة ثم يعاد تجميد العينة حفاظا عليها من التخريب. وفي حال كان الهدف هو الفحص الجرثومي لا يجوز إضافة أي مواد حافظة إلى العينة في حين يمكن ذلك إذا كان الهدف هو الفحص الكيميائي وليس الجرثومي.

الوحدة الغذائية: هي أصغر شكل توجد فيه المادة الغذائية .

الأخيذة: مقدار محدد حجما أو وزنا يقتطع من العينة تستخدم لإجراء اختبار واحد فقط (تستخدم العينة لإجراء أكثر من اختبار) ويجب أن تكون متجانسة وممثلة للعينة التي اقتطعت منها.

**الفحوص الحسية:**

تعتمد هذه الفحوص على خبرة المحلل وحواسه ويمكن أن يستخدم عند إجرائها بعض الأدوات البسيطة كمقياس اللون واللزوجة والتهلم...وهي قد تؤدي أحيانا إلى رفض المنتج نهائيا أو توجه إلى نوع التحاليل اللازم إجراؤها.

تصف هذه التحاليل لون ورائحة (رائحة مسكية, لاذعة, نتنة, كافورية, محروقة......) وقوام المنتج (سائل, ليفي, هلامي, دهني, زجاجي, إسفنجي.....).

عند القيام بتحديد جودة منتج يجب الانتباه إلى الطرق المستخدمة فإما أن تكون طرق مرجعية معتمدة أو يجب إجراء عملية التأكد من صحة الطرق المستعملة (validation) وتتصف الطريقة التحليلية بالمواصفات التالية:

1. النوعية specifity: وهي القدرة على تقييم المادة المحللة بالرغم من وجود مواد أخرى من المتوقع وجودها كالشوائب ونواتج التخرب.
2. الدقة accuracy: تعرف بأنها مدى قرب النتيجة الحاصلة من النتيجة الحقيقية وتسمى أحيانا الصحة trueness .
3. الإحكام precision : يعرف بأنه مدى تقارب نتائج سلسلة من التجارب التي أجريت على نفس العينة وبنفس الشروط.
4. التكرارية repeatability : هي القدرة على إعطاء نفس النتائج على نفس العينة بنفس الشروط خلال فواصل زمنية قصيرة.
5. حد الكشف الكيفي detection limit : هي أصغر قيمة يمكن كشفها ولكن ليس بالضرورة إمكانية تحديدها كميا.
6. حد الكشف الكمي quantitation limit: هي أصغر كمية من المادة المفحوصة يمكن تحديدها بدقة و إحكام مقبولين.
7. الخطية linearity: هي قدرة الطريقة على إعطاء نتائج متناسبة خطيا مع التراكيز ضمن مجال معين من التراكيز.
8. المجال range: هو الفرق بين أعلى وأقل تركيز تعطي الطريقة بينهما دقة وإحكام وخطية.
9. المتانة robustness: هو مدى تأثر النتائج بالتغيرات الطفيفة في شروط الطريقة.

**الرطوبة**

يتواجد الماء بكثرة في العالم بأشكاله الثلاثة الصلب والسائل والغاز, وباعتبار أن أغلب الأغذية ذو مصدر حي لذلك فإن الماء مكون أساسي في الغذاء.

تختلف النسب المقبولة للماء في الغذاء باختلاف المنتج الغذائي والتغير في هذه الكميات يؤدي إلى تغير هام في جودة المنتج كذلك يمكن أن تتغير مواصفات بعض المواد سلبا (تتخرب) بزيادة زهيدة في كمية الماء.

إن قطبية الماء تجعله مادة نشطة كيميائيا مما يجعل من معايرته أمرا هاما في الصناعات الغذائية.

يستعمل مصطلح الماء أو الرطوبة بنفس الموضع حيث يقال الماء أو الرطوبة ويعبر عنها:

G water/100 g dry solid, or g water/100g food

يجب أن نتذكر أن الغذاء هو عبارة عن مادة جافة وماء وبذلك فإن تحديد الرطوبة يعطي كمية المادة الجافة والعكس صحيح.

إن تحديد الرطوبة من التحاليل الهامة في الأغذية من الناحية الاقتصادية وكذلك من ناحية الخواص الفيزيائية والكيميائية والجرثومية, حيث لوحظ أن نسبة الرطوبة تؤثر على ثبات الأغذية المجففة وكذلك على قوامها من خلال التأثير على ما يسمى glass transition temperature .

وبسبب هذه الأهمية الكبيرة لتحديد الرطوبة وجب تحديدها بطرق سريعة وقابلة للتطبيق على مجال واسع من المواد الغذائية وأن تكون آمنة وغير مكلفة وان يمكن تطبيقها بمعدات بسيطة وبدقة وإحكام جيدين.

يتعلق التحديد الدقيق للرطوبة بالعديد من العوامل وخاصة بشكل تواجد الماء في الغذاء والتركيب الكيميائي للغذاء, حيث أنه أحيانا لا يمكن التخلص من كامل الماء الموجود دون تخريب المنتج وأحيانا خسارة مادية للعينة بالإضافة إلى وجود المركبات الطيارة في بعض الأغذية والتي تؤثر في اختيار طريقة المعايرة.

**خصائص الماء في الغذاء:**

يوجد الماء في الغذاء بأشكاله الثلاثة بنسب تتفاوت حسب البنية الكيميائية للغذاء ودرجة حرارة حفظه, لفهم طرق تحليل الغذاء يجب أن نفهم تداخل الماء مع الغذاء:

يوجد الماء في الغذاء بشكلين حر ومدمص ومرتبط كيميائيا.

يوجد الماء الحر في مسامات الغذاء أو بين حبيباته يقوم بدور مبعثر للجزيئات الكبيرة المحبة للماء ويشكل محلول غرواني ويقوم بدور محل للمركبات القطبية الصغيرة الجزيئة وهذا الشكل من الماء أسهل أشكال الماء إزالة من الغذاء.

يمكن أن يدمص الماء على سطح بعض المكونات الصلبة مشكلا معها قوى فاندرفالس وروابط هيدروجينة.

كذلك يمكن أن يوجد الماء ضمن البنية البللورية لبعض المركبات مثل الماء الموجود ضمن بلورات الغلوكوز وطرطرات البوتاسيوم وغيرها, وهو أصعب أشكال الماء إزالة, وهو لا يتجمد بعكس الماء الحر.

ملاحظة: الماء الحر الموجود في الهلاميات ليس ماء مرتبط ولكنه لا يتجمد بسبب تأثير الهلاميات على بعض خواص الماء.

**طرق معايرة الماء:**

**طريقة التجفيف:**

تتم على مرحلتين حيث يتم في المرحلة الأولى تجفيف وجه العينة حيث تنتهي هذه المرحلة عندما يصبح معدل تبخر الماء من وجه العينة مساويا لمعدل هجرة الماء إلى سطح العينة وعندها تنقص سرعة التجفيف.

في عملية التجفيف ليس من الضروري المحافظة على نوعية الغذاء لذلك يمكن استعمال شروط تجفيف قاسية كاستعمال درجات حرارة عالية مع الانتباه لعدم حرق العينة ولحل هذه المشكلة يمكن الاستعاضة عن الحرارة العالية بان نلجأ إلى التجفيف تحت الضغط المنخفض مع درجات حرارة منخفضة وهذه الطرق مثالية للأغذية الغنية بالسكاكر ومنتجات الفواكه حيث تجفف تحت الضغط المنخفض بدرجة حرارة 70 م.

العوامل التي تؤثر على سرعة التجفيف:

1. حرارة التجفيف: وهي أكثر العوامل المؤثرة في عملية التجفيف. إن سرعة مرور الحرارة عبر الغذاء تزداد بازدياد فرق الحرارة بين الوسط الخارجي والغذاء, كذلك عندما يجري التجفيف يتشكل لدينا جو مشبع بالرطوبة قرب سطح العينة وبما أن الهواء الأسخن أقدر على حمل الماء فإن الحرارة الأعلى تتحمل كمية أكبر من الماء قبل الوصول إلى درجة الإشباع.
2. سرعة الهواء: عندما يتحرك الهواء يقوم بإزالة الرطوبة من سطح العينة ويساعد في منع حدوث الإشباع في الجو المحيط بالعينة. إن زيادة سرعة الهواء يترجم بزيادة حجم الهواء فوق العينة وبالتالي زيادة مفعول إزالة الرطوبة.
3. زمن التجفيف: تعتمد مدة التجفيف على درجة الحرارة المستعملة حيث تكون مدة التجفيف متناسبة عكسا مع درجة الحرارة. لوحظ أن استعمال درجات حرارة مرتفعة مع مدة تجفيف قصيرة تكون أقل تخريبا للغذاء من التجفيف باستعمال درجات حرارة منخفضة ومدة تجفيف طويلة, وبذلك يمكن أن ندمج شرط مدة التجفيف والحرارة بشرط عدم تخريب العينة.
4. الرطوبة: إن سرعة تجفيف العينة يتأثر برطوبة وسط التجفيف, وباستعمال هواء جاف تتحسن سرعة التجفيف.
5. الضغط والتخلية: يغلي الماء بدرجة حرارة 100 م تحت ضغط جوي (1 ضغط جو) وعند خفض الضغط فإن الماء يغلي بدرجة حرارة أقل, وبذلك بثبات درجة الحرارة وتخفيض الضغط تزداد سرعة التجفيف.تستخدم طرق التجفيف تحت الضغط المنخفض لمعايرة الرطوبة في الأغذية الحساسة للحرارة لتقليل زمن وحرارة التجفيف.

**الاعتيان من أجل تحديد الرطوبة:**

إن أخذ عينة من أجل تحديد الرطوبة هام جدا وذلك بسبب فعالية الماء حيث يمكن أن تتبادل العينة الرطوبة مع الوسط الخارجي وذلك حسب رطوبة الوسط الخارجي.

لذلك يجب أخذ العينة بسرعة ووضعها في عبوة بلاستيكية أو زجاجية جافة محكمة الإغلاق توضع عليها لصاقة واضحة وتحفظ في درجة الحرارة المناسبة. في حال كانت العينة مجمدة يجب اختيار العبوة بحيث تكون قابلة للتسخين تجنبا لتبادل الرطوبة مع الوسط المحيط عند تذويب العينة.

للحصول على أفضل النتائج يجب مجانسة العينة جيدا باستخدام بعض الأدوات الكهربائية كالفرامات والخلاطات, وفي حال العينات قليلة الرطوبة يجب أن تسحق العينة جيدا خلال مدة قصيرة تجنبا لفقد أو كسب الرطوبة ويجب أن تكون نعومة الحبيبات بين 18-40 mesh.

طرق معايرة الماء:

هناك طرق مباشرة وطرق غير مباشرة

تعتمد الطرق المباشرة على إزالة الماء من الغذاء بطرق التجفيف والتقطير والاستخلاص وتعطي نتائج جيدة ولكنها تحتاج إلى وقت طويل وتعتبر طرق يدوية إلى حد ما, أما في الطرق غير المباشرة لا يتم إزالة الماء من العينة وهي لا تعتمد على خواص الغذاء وإنما على كمية الماء المقاسة وهي سريعة وغير مخربة للعينات, ولكنها تتطلب استخدام مواد معيارية غالية الثمن مما يجعل هذه الطرق أغلى بكثير من الطرق المباشرة.

فرن التجفيف:

من أكثر الطرق استعمالا في التحديد الروتيني الرطوبة في المخابر على مستوى العالم.

يضبط الفرن في هذه الطريقة على درجة حرارة ثابتة ±0,5 م. تستخدم الأفران الحديثة الكهرباء للتسخين أو IR ويكون بعضها مزود بميزان مدمج لتسهيل وتسريع عملية التجفيف.

بما أن هذه الطريقة تعتمد على التسخين فإن العينة يجب أن تكون ثابتة حراريا ولا تحتوي على مواد طيارة. عند استخدام عينات سائلة كالحليب والعصائر يجب أن نقوم بتجفيفها على حمام مائي قبل وضعها داخل الفرن وكون هذه المنتجات تحتوي على كميات كبيرة من السكر يجب الانتباه لعدم تجاوز درجة حرارة الحمام المائي 70 م لتجنب تخرب العينة.

وفي حال كون العينة حساسة للحرارة نقوم بالتجفيف باستخدام ضغط منخفض ودرجات حرارة 60- 70 م لتجنب تخرب العينة.

التجفيف بالتجميد lyophilization:

تعتمد هذه الطريقة على تسامي الماء أي تحوله من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية دون المرور بالحالة السائلة مما يساعد على حفظ قوام الغذاء

هذه الطريقة مناسبة للمواد غالية الثمن كونها تحافظ على قوام العينة. تعتبر هذه الطريقة من الطرق المتطورة جدا ولكنها مكلفة حيث تبلغ تكلفتها حوالي خمس أضعاف تكلفة فرن التجفيف وتحتاج إلى وقت طويل بين 8 ساعات إلى عدة أيام.

طرق التقطير:

هناك طريقتين تستعملان في معايرة الماء هما التقطير العادي والتقطير المرتد.

في التقطير العادي يتم تسخين العينة مع سائل غير ممتزج بالماء ذو درجة غليان مرتفعة وبذلك يتقطر الماء الموجود في الغذاء أولا ويتكاثف في أنبوب التجميع وتقاس كمية الماء المتقطرة.

في التقطير المرتد نستعمل محلات عضوية كالتلوين والكزيلن تتقطر مع الماء مباشرة ويتم جمع الماء والمحل العضوي المستعمل في أنبوب التجميع فإذا كان الماء أثقل من المحل العضوي فإنه يتجمع في أسفل الأنبوب ويقاس حجم الماء المتقطر.عند استعمال هذه الطريقة نستعمل درجات حرارة أقل (مزيج الماء والتولوين يغلي بدرجة حرارة 80 م) وهذا ما يساعد على إنقاص تخرب العينة أثناء التقطير كذلك تنقص تفاعلات الأكسدة.

هذه الطريقة مناسبة للعينات الحاوية على مركبات طيارة وتعطي دقة عالية قريبة من دقة فرن التجفيف.

طريقة كارل-فيشر karl- fischer:

تعتمد هذه الطريقة على إرجاع اليود بواسطة ثاني أكسيد الكبريت بوجود الماء:

2H2o+ SO2+ I2→ H2SO4+ 2HI

هذا التفاعل عكوس بالشروط العادية ويمكن جعله بالاتجاه المباشر عن طريق استعمال البيريدين كوسط للتفاعل.

هذه الطريقة ذات دقة وانتقائية عالية وسريعة التطبيق وهي مناسبة للأغذية التي لا يمكن استعمل الطرق الحرارية لمعايرة رطوبتها كالزيوت والدسم ومنتجات الكاكاو.

التجفيف الكيميائي:

تستخدم هذه الطريقة في تحديد رطوبة الأغذية الجافة حيث توضع العينة في مجفف زجاجي desiccator يحوي على مادة عالية الامتصاص للرطوبة. تعتمد سرعة إزالة الرطوبة على قوة امتصاص المادة المجففة للرطوبة.

أكثر المواد الماصة للرطوبة فعالية هي بنتوكسيد الفوسفور ولكنها عند امتصاصها لكميات كبيرة من الماء تنفجر لذلك لا تستعمل.عادة تستخدم سلفات الكالسيوم التي تعتبر آمنة بالرغم من قلة فعاليتها.

تطبق هذه الطريقة في درجات الحرارة العادية وتحتاج إلى زمن طويل قد يصل إلى بضعة أشهر حتى الوصول إلى الوزن الثابت.

ندرج في الجدول التالي مقارنة بين الطرق المباشرة لتعيين الرطوبة وفقا ل AOAC:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| الطريقة | درجة الحرارة(م) | الضغط(مم ز) | وزن العينة | زمن التجفيف | المنتج الغذائي المناسب |
| فرن التجفيف | 100-1-2100130100 | 760760760760 | 2552 | 16-1831-2حتى الوزن الثابت | منتجات اللحومالحلويات والأغذية الحاوية على السكرالطحينمنتجات الكاكاو |
| التجفيف تحت الضغط المنخفض | 60-7098-10010075 | 50-10025100100 | 2-52-52-35 | 2-654-55 | الفواكه المجففة -العسلالقهوة -الطحين -المعكرونةالحليب المجفف -الشاي-الجوز- الجبنةالسمن -الزيت |
| التقطير | 129- 13485 | 760760 | 10- 1540 | 1-2 1-2 | الجبنةالبهارات |
| كارل- فيشر |  |  | 5-152-35-25 | بضع دقائق | الكاكاوالخضار المجففةالزيت والسمن |

الطرق غير المباشرة تتضمن:

 مقياس الانكسار refractometr

 امتصاص الأشعة تحت الحمراء

امتصاص الأشعة الحمراء القريبة

الناقلية الكهربائية

امتصاص الأمواج الصوتية وفوق الصوتية

طريقة الانجماد

ونورد في الجدول التالي النواحي الايجابية و السلبية لطرق تحديد الرطوبة:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| الطريقة | الإيجابيات | السلبيات |
| فرن التجفيف | 1. مثالية
2. سريعة ودقيقة
3. يمكن تجفيف عدد كبير من العينات بنفس الوقت
 | 1. تتأثر بعدد من العوامل كحجم الجزيئات ووزن العينة وموقع العينة داخل الفرن
2. صعوبة التخلص من كامل الرطوبة في العينة
3. فقدان المركبات الطيارة
4. تخرب العينة (مثلا السكريات)
 |
| التجفيف تحت الضغط المنخفض | 1. استخدام درجات حرارة أقل من فرن التجفيف
2. تجنب تخرب العينة
3. تسخين متجانس لكامل العينات مع معدل تبخر ثابت
 | 1. إمكانية خسارة المركبات الطيارة
2. يتسع لعدد عينات أقل من فرن التجفيف العادي
3. فعالية أقل في تجفيف المنتجات عالية الرطوبة
 |
| التجفيد | 1. مناسبة للأغذية الحساسة والعالية الرطوبة
2. تحافظ على شكل وقوام الغذاء
3. تجنب حدوث تفاعلات الأكسدة أثناء التجفيف
4. تجنب حدوث النمو الجرثومي أثناء التجفيف

تجنب قساوة المنتج الغذائي | 1. مكلفة
2. يجب أن يكون الغذاء مجمدا
3. تعطي نتائج أفضل في حال كان محتوى الغذاء من الرطوبة أعلى
4. تستغرق زمن طويل
 |
| طرق التقطير | 1. تعطي قيمة الرطوبة مباشرة وليس خسارة الوزن
2. الأجهزة بسيطة وسهلة الاستخدام
3. تعطي دقة أعلى من فرن التجفيف
4. تحتاج إلى وقت قصير
5. تجنب حدوث تفاعلات الأكسدة
6. لا تتأثر برطوبة الوسط المحيط
7. مناسبة للأغذية الحاوية على مركبات طيارة
 | 1. قليلة الاحكام
2. خطورة اشتعال استعمال المحلات العضوية كالتولوين
3. بعض المحلات العضوية المستعملة سامة
4. يمكن أن تعطي نتائج عالية كاذبة بسبب تقطر المركبات الحلولة بالماء كالغليسرول والكحول
5. يمكن أن تعلق كريات الماء بأجزاء الجهاز وتعطي نتائج خاطئة
6. إمكانية حدوث مستحلبات في المزيج المقطر
 |
| كارل- فيشر | 1. تعتبر من الطرق المعتمدة لتحديد الرطوبة
2. تعطي دقة وإحكام أعلى من باقي الطرق الأخرى
3. مناسبة لتحديد رطوبة المواد الدسمة والزيوت مع تجنب أكسدتها
4. تستغرق بضع دقائق فقط منذ بدء تشغيل الجهاز
 | 1. يجب استعمال مواد عالية النقاوة
2. لا يمكن تحديد نقطة نهاية المعايرة عيانيا
3. الكواشف المستخدمة غير ثابتة وتحتاج لمعايرة بشكل دائم
4. يجب حماية المحلات من الرطوبة الجوية وذلك بسبب حساسيتها الشديدة للرطوبة
5. وجود فيتامين C في وسط التفاعل يعطي نتائج مرتفعة خاطئة
6. تحتاج إلى وقت طويل
 |
| التجفيف الكيميائي | 1. يمكن استخدامها كطريقة مرجعية لباقي الطرق
2. يمكن تطبيقها في درجات الحرارة العادية
3. مناسبة للمواد الحاوية على مركبات طيارة
 | 1. تحتاج إلى وقت طويل جدا للوصول إلى الوزن الثابت
2. تعتمد على قوة المادة المجففة
 |
| التفريق اللوني الغازي عالي الأداء | 1. طريقة سريعة جدا (تستغرق العينة 5- 10 دقائق)
2. تعطي نتائج مشابهة للطرق التقليدية
 | 1. مكلفة جدا
2. يجب تحضير العينة قبل التحليل
3. تحتاج إلى أجهزة غالية
 |

**الرماد ash**

يطلق مصطلح الرماد على البقية اللاعضوية المتبقية بعد الحرق الكامل للمادة العضوية الموجودة في الغذاء. ويحسب الرماد بفقدان الوزن الحاصل بعد حرق وتطاير كامل المواد العضوية في العينة باستخدام درجات حرارة مرتفعة (500- 600 م). لا يحوي الرماد بالضرورة على نفس التراكيب المعدنية الموجودة في العينة الأصلية وذلك بسبب التحولات البنيوية الحاصلة أثناء الترميد كالأكاسيد والسلفات والفوسفات بالإضافة إلى خسارة بعض المعادن نتيجة تطايرها.

للحصول على الرماد نقوم بتسخين العينة بشكل متواصل حتى الحصول على رماد بلون أبيض أو رمادي ولا يحتوي على جزيئات عضوية غير محترقة (بقع سوداء). يمكن أن يتم الترميد على لهب في مكان مغلق أو ضمن فرن أو في وسط مغلق بوجود الأوكسجين أو بالطريقة الرطبة باستخدام حمض الآزوت أو حمض الكبريت أو حمض فوق الكلور أو بوجود مزيج منها, أو بالهضم باستخدام أمواج المكيروويف microwave .

يعتبر تحديد الرماد هاما لعدد من الأسباب. حيث أن محتوى الغذاء من الرماد يعتبر مشعرا عاما للجودة, مثلا المحتوى العالي من الرماد في السكر والنشاء والهلاميات يدل على انخفاض جودة المنتج, كذلك تحديد الرماد في أجزاء النبات المختلفة يعطي فكرة عن توضع المعادن في أجزاء النبات, كذلك يستعمل الرماد لكشف غش الغذاء حيث أن المحتوى العالي من الرماد يعطي فكرة عن غش الغذاء بمواد غير عضوية كالرمل مثلا.

عند تحديد الرماد لا يفضل طحنها أو تكسيرها أو استعمال محركات زجاجية كونها يمكن أن تلوث العينة بالمعادن (مثلا الستانلس ستيل يحوي الكروم والنيكل التي يمكن أن تلوث العينة) كذلك الماء المستعمل في تحضير العينات يجب أن يكون مضاعف التقطير وخاصة عندما يكون الهدف من الترميد تحديد المعادن في العينة.

**طرق الترميد:**

تستعمل طرق الترميد الرطب والترميد الجاف بشكل أساسي في تحديد الرماد, حيث يتم في الترميد الجاف حرق العينات بدرجات حرارة عالية بوجود الأكسيجين أما في الترميد الرطب فيتم الحرق بوجود مزيج من حموض قوية مركزة.

الترميد الجاف: يعتبر الترميد الجاف أكثر الطرق المستخدمة في الترميد حيث يتم حرق العينة بدرجة حرارة 500- 600 م والبقية غير المحترقة تسمى الرماد.

الترميد الرطب: يسمى أيضا الأكسدة الرطبة أو الهضم الرطب, الاستخدام الأهم له هو تحضير العينات لتحديد المعادن فيها (مثل Fe, Cu, Zn, …) وذلك لأن التطاير يحدث في الترميد الجاف كذلك مدة الترميد أقل ودرجة حرارة الترميد أقل, ولكن هذه الطريقة تحتاج إلى عناية خاصة ونظام تهوية جيد بالإضافة إلى خطورة الحموض المركزة المستعملة. لسوء الحظ لا يمكن الحصول على نتائج جيدة باستعمال حمض واحد لذلك يستعمل مزيج من الحموض: حمض الكبريت وحمض الآزوت وحمض فوق الكلور, ولوحظ أن استعمال مزيج من حمض الآزوت وحمض فوق الكلور يعطي نتائج أسرع من مزيج حمضي الآزوت والكبريت.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| الطريقة | المبدأ | الإيجابيات | السلبيات | مصدر الخطأ في الطريقة | التطبيقات العملية |
| الترميد الجاف | يتم حرق جميع المكونات العضوية بدرجة حرارة عالية (500- 600) وتبقى المواد غير العضوية | لا يحتاج إلى تقنيات خاصة ويمكن تطبيقه لعدد من العينات بنفس الوقت, آمن, لا يحتاج إلى شاهد | بطيء (8- 12 ساعة),ويمكن خسارة بعض المعادن بالإضافة إلى صعوبة استخلاص المعادن من الرماد | التلوث بالمعادن من المجانسات المستخدمة والماء المستعمل لغسل الأدوات, الحرق غير الكامل للعينة | التحديد الكلي للرماد, في الخطوات التحضيرية لمعايرة بعض المعادن |
| الترميد الرطب | أكسدة المواد العضوية باستخدام حموض مؤكسدة قوية والإبقاء على المواد اللاعضوية | أقصر من الترميد الجاف والخسارة بالتطاير قليلة أو معدومة, سهولة استخلاص المعادن | يحتاج إلى انتباه خاص بسبب خطورة الحموض المستعملة, خسارة العينة بالتناثر | التلوث بالمعادن الزهيدة من المواد المستعملة بالتحضير, يجب عمل شاهد لإزالة تداخل المعادن الموجودة في الحموض المستعملة, وقد تحدث خسارة بعض المعادت بالتناثر | خطوة تحضيرية لمعايرة المعادن |

**معايرة السكاكر:**

إن تحديد السكاكر كميا وكيفيا ذو أهمية كبيرة في تحديد تركيب الغذاء, تعاير السكاكر بطرق متعددة أهمها:

1. قرينة الانكسار refractive index (RI)
2. مقياس الاستقطاب polarimetry
3. الطرق المرتكزة على الخاصة الإرجاعية للسكاكر المرجعة
4. الطرق الكروماتوغرافية
5. الطرق الأنزيمية
6. قرينة الانكسار: عندما تعبر الأشعة الكهرومغناطيسية من وسط إلى آخر فإنها تغير اتجاهها ويعبر عن نسبة جيب زاوية الورود إلى جيب زاوية الانكسار (RI). تختلف هذه القرينة باختلاف المادة ودرجة الحرارة وطول موجة الضوء المستخدم وتركيز المادة وبتثبيت الشروط الثلاثة الأولى يمكن قياس تركيز المادة بواسطة هذه القرينة, لكن تعتبر هذه الطريقة دقيقة فقط بالنسبة للمحاليل السكرية النقية.
7. مقياس الاستقطاب: تؤثر السكاكر في النور المستقطب فيحرفه بعضها نحو اليمين فيدعى ميمنا ويحرفه بعضه نحو اليسار فيدعى ميسرا. ويمكن معايرة السكاكر استنادا إلى هذه الخاصية وذلك بتعيين درجة حرف محاليلها المفحوصة للنور المستقطب واستخراج مقدار السكر بتطبيق العلاقة:

يه = $\frac{س×ه×ل}{ح}$

*يه= مقدار الانحراف المشاهد على مقياس الاستقطاب*

*س= مقدار المادة المعايرة في الحجم ح*

*ل= طول أنبوب مقياس الاستقطاب مقدرا بالديسيمتر*

*ح= حجم المحلول المفحوص*

*ه= القدرة التدويرية النوعية للسكر المراد معايرته*

*إذا جعلنا كل من ل و س و ح مساوية الواحد تصبح العلاقة السابقة:*

*يه = ه أي أن القوة التدويرية النوعية لمادة ما تعادل الانحراف الذي يحدثه محلولها الحاوي على 1 غ في 1 سم3 حينما يفحص في أنبوب طوله 1 دسم*

*وعلى هذا إذا فحصنا محلول من الغلوكوز في مقياس الاستقطاب فأعطى انحرافا قدره درجة واحدة فإن مقدار الغلوكوز في اللتر منه يكون مساويا:*

**س=** $\frac{ح×يه}{ه×ل}$ **=** $\frac{1000}{52.5×2}$ **= 9.5 غ**

أي أن كل درجة من درجات مقياس الاستقطاب تعادل (9.5) غ من الغلوكوز في اللتر.

أما الدرجات السكرية فإن كل درجة منها تعادل $\frac{1}{4.6}$ *درجة استقطابية أي أن كل درجة سكرية تعادل* $\frac{9.5}{4.6}$ *=* 2.065 *غ من الغلوكوز في اللتر.*

*وبذلك يمكن معايرة السكاكر بسهولة بمقياس الاستقطاب بتعيين درجة حرفه للنور المستقطب بالدرجات السكرية أو الدرجات الاستقطابية.*

*ونورد فيما يلي قيم القوة التدويرية للسكاكر المختلفة بالدرجة 20 م بالنسبة لشعاع الصوديوم, يرمز للسكر الميمن بإشارة (+) وللسكر الميسر بإشارة (-) .*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *تركيز 10%* | *تركيز 15%* | *تركيز 20%* | *تركيز 25%* |
| *الغلوكوز* | *+ 52,5* | *+52,9* | *+53,1* | *+ 53,5* |
| *الفركتوز* | * *90,7*
 | * *92*
 | * *93,3*
 | * *94,6*
 |
| *السكر المنقلب* | * *19,8*
 | * *20,8*
 | * *20,4*
 | * *20,6*
 |
| *السكروز* | *+ 66,5* | *+ 66,5* | *+ 66,5* | *+ 66,5* |
| *اللاكتوز المائي* | *+ 52,5* | *+ 52,5* | *+ 52,5* | *+ 52,5* |
| *المالتوز* | *+ 138* | *+ 138,2* | *+ 138,1* | *+ 138* |

1. *الطرق المرتكزة على الخاصة الإرجاعية للسكاكر المرجعة:*
* *إزالة لون محلول فهلنغ: تتم معايرة السكاكر المرجعة بتحديد الحجم اللازم من الخلاصة السكرية للمادة الغذائية المعايرة الذي يزيل لون محلول فهلنغ (محلول نحاسي قلوي طرطيري) وهو في حالة الغليان فالسكر المرجع يحيل الملح النحاسي إلى أول أكسيد النحاس ذو اللون الأحمر الآجري والذي يرسب في حين يزول لون المحلول النحاسي تدريجيا ويكون المشعر في هذا التفاعل هو زوال اللون الأزرق تماما , وتقارن النتيجة بمحلول شاهد مؤلف من الغلوكوز 5غ/ل.*
* *خطة كوس- بونان: تعتمد هذه الطريقة على نفس مبدأ طريقة فهلنغ ولكن بوجود محلول فروسيانور البوتاسيوم (5- 10 %) حيث يرجع السكر الملح النحاسي ويحيله إلى أول أكسيد النحاس الذي ينحل بفعل فروسيانور البوتاسيوم, ويخف اللون الأزرق تدريجيا حتى يزول تماما وعند إضافة نقطة زائدة من المحلول السكري تحول اللون إلى الأسمر ليدل على نهاية التفاعل.*
1. *الطرق الكروماتوغرافية: يمكن استخدام هذه الطرق لكشف السكاكر البسيطة ومعايرتها, ويوجد أربع طرق كروماتوغرافية هي:*

*الكروماتوغرافيا على الورق*

*الكروماتوغرافيا على طبقة رقيقة من السيللوز أو هلامة السيليس.*

*الكروماتوغرافيا على الطور السائل وهي أكثر الطرق الكروماتوغرافية استخداما وهي سريعة ويمكن استخدامها في مجال واسع من التراكيز السكرية بالإضافة إلى كونها ذات دقة وإحكام عاليين و لا تحتاج هذه الطريقة إلى اشتقاق سابق. يكون عادة الطور الثابت قطبي (عادة من مشتقات السيليكا جل) والطور المتحرك قليل القطبية (مزيج من الماء والأسيتونتريل بنسب 50- 85 %), يمكن استعمال طور ثابت قليل القطبية والطور المتحرك قطبي (النسبة العظمى منه ماء) ولكن هذه الطريقة تعطي زمن مرور قصير مما يؤدي إلى عدم فصل السكاكر بطريقة جيدة. ويستعمل عادة متحري قرينة الانكسار كونه يعطي خطية في مجال واسع من التراكيز السكرية.*

*الكروماتوغرافيا الغازية: تحتاج هذه الطريقة إلى عملية اشتقاق سابقة لتحويل السكاكر إلى مركبات طيارة ولصعوبة هذه العملية وعدم امكانية تحقيقها بنسبة 100% (أي حدوث فقد في السكاكر أثناء عمليات الاشتقاق) فإنها قليلة الاستخدام, ويستخدم فيها متحري* FID.

1. *الطرق الأنزيمية: تستخدم هذه الطرق الأنزيمات كوسائط للتفاعل وهذه الأنزيمات نوعية لكل مادة وتتم في شروط محددة من الحرارة وال PH وأي تغيير في شروط التفاعل يؤدي إلى تغيير في نتيجة التفاعل.*