

الوحدة الثامنة : الكربوهيدرات في الأغذية

الجدارة: التعرف على أهمية الكربوهيدرات في الأغذية وأقسامها وطرق تقديرها.

الأهداف: أن يتعرف المتدرب على أهمية تقدير الكربوهيدرات في الأغذية وتركيبها الكيماوي وأقسامها وطرق تقديرها في الأغذية.

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان الجدارة بنسبة 90%.

الوقت المتوقع للتدريب: 4 ساعات

الوسائل المساعدة:

- بعض الكتب والمراجع.
- جهاز عرض باستخدام الحاسب.
- بعض الصور والمعلقات ووسائل الإيضاح.

متطلبات الجدارة: الإطلاع على بعض الكتب والمراجع في مجال الكيمياء الحيوية والعضوية بالإضافة إلى بعض التكاليفات من مدرب المقرر بعمل بعض التقارير.

المواد الكربوهيدراتية في الأغذية

المواد الكربوهيدراتية عبارة عن مواد عضوية تحتوي على الأكسجين والهيدروجين بنسبة 1 : 2 أي بنسبة تواجدتها في الماء بالإضافة إلى الكربون ولذلك تُسمى بالكربوهيدرات أو أيدرات الكربون ولكن هذه النسبة تختلف أحياناً كما في سكر Rhamanose وهو سكر مثيلي رمزه $CH_3C_5H_7O_5$ وكذلك سكر Deoxyribose ، كذلك فإن هناك بعض المواد غير الكربوهيدراتية تحتوي على كل من الهيدروجين والأكسجين بنفس نسبة تواجدهما في الماء مثل حامض اللاكتيك والخليك وهي لا تخضع إلى المواد الكربوهيدراتية.

وعليه تُعرف الكربوهيدرات بأنها مركبات ألدهيدية أو كيتونية عديدة الهيدروكسيل أو أنها المركبات العضوية التي تنتج عن تحللها مائياً مركبات ألدهيدية أو كيتونية عديدة الهيدروكسيل. وتُوجد الكربوهيدرات مخزنة في البذور والدرنات بصورة معقدة مثل النشا والأنيلين كما في درنات البطاطس والبطاطا والقلقاس (كورمة) كذلك يُوجد النشا الحيواني (الجليكوجين) في الكبد كذلك تُوجد في الفاكهة بصورة أبسط كما تُوجد في العصارة النباتية والحليب وأنسجة الحيوان والدم. وتُعتبر الكربوهيدرات أكثر المواد الغذائية في العالم وفرة وأرخصها لإنتاج الطاقة اللازمة للكائن الحي كذلك تُشكل الكربوهيدرات الجزء الأكبر في تغذية الأطفال التي تعتمد على منتجات الحبوب كمصدر أساسي في التغذية.

أهمية الكربوهيدرات في التغذية

- 1- تُعتبر مصدراً أساسياً لإنتاج الطاقة اللازمة لنشاط الكائن الحي.
- 2- يحتاج الجسم للكربوهيدرات للمحافظة على مستوى الدهون داخل الجسم.
- 3- تُستخدم في التخلص من بعض المواد الغريبة خلال تكوين مركبات وسيطة يتخلص منها الجسم.
- 4- في حالة عدم مقدرة الجسم على تحويل وتمثيل السكر بكفاءة عالية تظهر أعراض مرض السكر.
- بعض المواد الكربوهيدراتية لها تأثير على بعض البكتريا التي تُوجد في الأمعاء.
- 5- تدخل الكربوهيدرات في تركيب الهيكل الخارجي لبعض الحيوانات والحشرات مثل مركب الجلوكوز أمين.
- 6- تعتمد كثير من الصناعات الغذائية على المنتجات الكربوهيدراتية مثل صناعة البيرة والخميرة والشراب والمربى.

تقسيم الكربوهيدرات

تُقسم تبعاً للمجموعة الفعالة بها إلى سكريات ألدهيدية أو كيتونية وتبعاً لطول السلسلة وقصرها في المركب أو الجزيء إلى:

1- سكريات بسيطة

والمقصود بالسكريات البسيطة هي التي لا يُمكن تحليلها مائياً إلى أبسط منها في التركيب وهذه تُقسّم تبعاً لعدد ذرات الكربون في الجزيء إلى سكريات خماسية مثل الأرابينوز- الريبوز- الديوكس ريبوز- الزيلوز والرحمانوز أو سكريات سداسية مثل الجلوكوز- الجالاكتوز والمانوز.

2- سكريات مركبة

هي التي تنتج عند تحليلها مائياً جزيئين أو أكثر من السكريات الأحادية وهي تُقسّم إلى:

أ- السكريات الثنائية

وهي التي تتكون من جزيئين من السكريات الأحادية ومن أمثلتها:

1- السكروز: وهو يوجد في القصب والبنجر ويتحلل إلى جلوكوز وفركتوز وعملية التحلل هذه تُسمى عملية تحول Inversion وناتج التحلل يُسمى بالسكر المحول Inversion sugar ودرجة الحلاوة تُعتبر أعلى من سكر السكروز نفسه.

2- اللاكتوز: يتواجد في الحليب وعند تواجد اللاكتوز بدرجة كبيرة في الوجبة الغذائية قد يُسبب وجود غازات في المعدة نتيجة لتخميره بواسطة الميكروفلورا الداخلية ويتحلل اللاكتوز مائياً إلى جلوكوز وجالاكتوز.

3- المالتوز: ويُسمى بسكر الشعير ويتواجد في البيرة وفي الجلوكوز التجاري ولا يوجد في صورة حرة في الطبيعة وناتج تحلله مائياً جزيئاً جلوكوز.

ب- السكريات الثلاثية

ومن أمثلتها الراهينوز وهو يتكون من الجلوكوز، الجالاكتوز والفركتوز وينتج أثناء إنتاج السكروز من البنجر كذلك يتواجد في معظم البقول.

ج- السكريات العديدة

وفي هذا النوع من السكريات تتكون وحدات عديدة من السكريات الأحادية مرتبطة ببعضها وتُعطى بتحليلها مائياً جزيئات كبيرة من السكريات الأحادية وقد تدخل السكريات الثلاثية تحت هذا القسم في بعض الأحيان. ومن السكريات العديدة الديكستريانات والنشا والجليكوجين وأنواع أخرى من

الصبوغ والبكتين والسليلوز والهيمي سليلوز، وتُقسم السكريات العديدة إلى ثلاثة أقسام تبعاً لنوع السكر الأحادي الداخل في تكوين الجزيء العديد إلى:

- 1- Homopolysaccharides السكر الأحادي الداخل في تكوين هذا الجزيء من نوع واحد
- 2- Heteropolysaccharides السكر الأحادي الداخل في تكوين هذا الجزيء أكثر من نوع
- 3- Nitrogen containing polysaccharides أما هذا القسم فيدخل النيتروجين مع السكر الأحادي في تكوين الجزيء وذلك مثل الجلوكوز أمين الداخل في تكوين الكيتين المكون لجلد الحشرات والكابوريا وجراد البحر.

هذا وتُعطي السكريات الأحادية والثائية طعماً حلوياً كما تذوب في الماء بسهولة وقابليتها للهضم والامتصاص عالية على العكس من السكريات العديدة التي لا تذوب في الماء بسهولة ولكن تحت ظروف معينة يحدث لها تشرب للماء وتنتفخ وتكون غروباً وطعمها ليس حلوياً وقابليتها للهضم والامتصاص صعبة إلا بعد تحللها إلى السكريات البسيطة المكونة لها بفعل الإنزيمات المتواجدة في اللعاب والجهاز الهضمي.

استخلاص وتقدير الكربوهيدرات Extraction and determination of carbohydrates

الأساس في عملية تقدير الكربوهيدرات هو استخلاصها من العينات المتواجدة بها يتبع ذلك إزالة المواد الغروية المصاحبة لمستخلص العينة والتي قد تتداخل في التقدير ثم تقدير نسبة الكربوهيدرات بها، وفيما يلي خطوات استخلاص الكربوهيدرات وإعدادها للتقدير:

1- عملية الاستخلاص Extraction

عادةً يُؤخذ 10 جم عينة ويُضاف إليها 300-400 مل من الماء المقطر ويتم الغليان لمدة 2 ساعة على حمام مائي ولمنع أي تحول للسكرز بفعل الأحماض العضوية التي تُوجد في العينة يُضاف إليها كربونات كالسيوم وذلك لكي تُعادل فعل هذه الأحماض بمعنى أن الاستخلاص يتم في وسط متعادل كيميائياً.

وقد يتم الاستخلاص بواسطة الكحول الساخن لإيقاف نشاط الإنزيمات المحللة للكربوهيدرات أو قد يُستخدم الكحول البارد ويجب مراعاة أن يكون الكحول في النهاية (حسب نسبة الرطوبة في العينة) لا يقل تركيزه عن 75%.

وقد يُستخدم جهاز سوكسلت في الاستخلاص وبعد تمام الاستخلاص بالكحول يجري تبخيره إلى قرب الجفاف على حمام مائي وتتم إذابة المتبقي في ماء مقطر حتى يتم تحويل المستخلص من مستخلص كحولي إلى مستخلص مائي.

وفى نهاية عملية الاستخلاص تُنقل كل العينات بما فيها العينة إلى دورق معياري ذي حجم معين ويُكمل إلى العلامة بالماء المقطر مع مراعاة اختيار حجم الدورق المعياري حسب نسبة الكربوهيدرات التقريبية في العينة بحيث يكون تركيز السكر في المستخلص المناسب لطريقة التقدير المتبعة.

2- عملية الترويق Clarification

تُجرى هذه العملية لمعظم المستخلصات النباتية للمواد الغذائية وذلك لوجود العديد من المركبات المصاحبة للسكريات المستخلصة والتي تتداخل في التقدير ومنها بعض المركبات الدهنية والتانينات وبعض البروتينات والصبغات الذائبة وينحصر التداخل في الآتي:

1- وجود المواد السابقة تعيق عملية الترشيح وتجعلها صعبة جداً نتيجة لتكون مركبات غروية تسد مسام أوراق الترشيح.

2- وجود المواد الملونة والصبغات يُؤثر في تحديد نقطة التعادل في حالة استخدام طرق التنقيط.

3- البروتينات تؤدي إلى إعاقة تكوين بلورات أكسيد النحاس لفعالها الغروي وبذلك تعوق عملية فصلها كميّاً عند الترشيح.

4- بعض هذه المركبات لها نشاط ضوئي وبذلك يصعب استخدام طرق تحويل الضوء المستقطب في التقدير في حالة وجود هذه المواد.

5- قد تكون بعض هذه المركبات مختزلة وبذلك تتداخل في طرق التقدير المعتمدة على الاختزال.

ويتم الترويق باستخدام خلات الرصاص القاعدية أو المتعادلة أو كربونات الرصاص أو هيدروكسيد الألمونيوم، وتُعتبر خلات الرصاص وهيدروكسيد الألمونيوم أكثر استخداماً في ترويق محاليل الخضر والفاكهة، وتعمل على إزالة التانين، البكتين، الفلافونيات، الأحماض العضوية كذلك ترسيب معظم البروتينات، ويعيبها عدم قصرها للألوان ولذلك يجب استخدام الفحم النباتي النشط لإزالة الألوان.

3- عملية الترشيح Filtration

بعد عملية الترويق يجب التخلص من كل الرواسب المتكونة في المحلول السكري وذلك للتأكد من تمام عملية الترويق يتم إضافة خلات الرصاص حتى تنتهي كل العكارة وتترسب في القاع ويصير المحلول رائقاً تماماً في هذه الحالة يتم الترشيح وفي بعض الأحيان تُوجد صعوبة في عملية الترشيح فيُضاف مسحوق التلك على ورقة الترشيح أو استخدام الترشيح تحت تفريغ.

4- إزالة الرصاص الزائد Deleading

يُوجد هناك زيادة من الرصاص داخل المحلول السكري المرشح ويجب التخلص منه قبل التقدير حيث وجوده يؤدي إلى:

1- تغير بعض الخواص الضوئية لبعض السكريات.

2- يتعرض لفضل الاختزال بواسطة السكريات المختزلة عند التسخين.

هناك عدة مواد تُستخدم في إزالة الرصاص من المستخلص السكري ومنها أكسالات البوتاسيوم والصدوديوم- كربونات الصدوديوم- كبريتات الصدوديوم- حمض الكبريتوز المركز- فوسفات ثنائي الصدوديوم وكبريتوز الأيدروجين وتُضاف هذه المركبات إلى المستخلص السكري ويُلاحظ تكوين عطارة دليل على ترسيب الرصاص. ويُفضل أكسالات الصدوديوم أو البوتاسيوم وذلك لقلّة ذوبان بلورات أكسالات الصدوديوم أما أكسالات البوتاسيوم فتحتوي على كمية كبيرة من ماء التبلور في جزيئاتها وذلك قد يؤثر بعض الشيء ويُترك المحلول بعض الوقت لتمام الترسيب ويتم التخلص من الراسب بواسطة الترشيح. ويُجرى الكشف عن آثار الرصاص في المحلول الرائق عن طريق إضافة بلورة من إكسالات الصدوديوم فإذا لم يتكون أي عكارة دل ذلك على تمام التخلص من الرصاص وإذا ظهرت أي عكارة تُضاف كمية أخرى من بلورات أكسالات الصدوديوم ويُعاد الترشيح مرة أخرى وهكذا حتى يتم ترسيب الرصاص كلياً من المستخلص ويجب الحذر من استخدام كمية كبيرة من الأكسالات وبعد تمام عملية الترشيح يُصبح المحلول جاهزاً للتقدير الكمي، ويُفضل استخدام الأكسالات في حالة استخدام الطرق التي تعتمد على اختزال النحاس في التقديرات الكمية للسكريات ولكن في حالة استخدام كبريتات السيريك Seric يجب الامتناع كلياً عن الأكسالات لأنها تتأكسد بواسطة كبريتات السيريك ويُفضل في هذه الحالة استخدام فوسفات ثنائي الصدوديوم كعامل لإزالة الرصاص.

الطرق العامة لتقدير السكريات

عادةً يتم تقدير السكريات المختزلة أولاً ثم يُجرى تحويل للسكريات غير المختزلة إلى سكريات مختزلة وتُقدر بعد عملية التحويل كسكريات مختزلة والفرق في كمية السكريات المختزلة قبل وبعد عملية التحويل يُعطى السكريات غير المختزلة ومجموع الاثنين معا يُعطى السكريات الكلية. ويتم تقدير السكريات بإحدى الطرق الآتية:

1- تقدير السكريات الكلية بواسطة الرفراكتومتر

يُستخدم لذلك جهاز رفراكتومتر آبي حيث يأخذ نقطة من محلول السكر الخالي من الرصاص وتنتقل إلى المنشور الزجاجي للجهاز ويُقدر معامل انكسار هذا المحلول ومن الجداول الخاصة يُمدد معرفة تركيز ونسبة السكر التي تُقابل قيمة معامل الانكسار.

وهذه الطريقة سريعة وتُعتبر تقريبية وتُفيد في مصانع الأغذية والسكر وكذلك تقدير نسبة السكر من قصب وبنجر السكر في الحقل.

- 1- تغير بعض الخواص الضوئية لبعض السكريات.
 - 2- يتعرض لفضل الاختزال بواسطة السكريات المختزلة عند التسخين.
- هناك عدة مواد تُستخدم في إزالة الرصاص من المستخلص السكري ومنها أكسالات البوتاسيوم والصوديوم- كربونات الصوديوم- كبريتات الصوديوم- حمض الكبريتوز المركز- فوسفات ثنائي الصوديوم وكبريتوز الأيدروجين وتُضاف هذه المركبات إلى المستخلص السكري ويُلاحظ تكوين عطارة دليل على ترسيب الرصاص. ويُفضل أكسالات الصوديوم أو البوتاسيوم وذلك لقلة ذوبان بلورات أكسالات الصوديوم أما أكسالات البوتاسيوم فتحتوي على كمية كبيرة من ماء التبلور في جزيئاتها وذلك قد يؤثر بعض الشيء ويُترك المحلول بعض الوقت لتمام الترسيب ويتم التخلص من الراسب بواسطة الترشيح. ويُجرى الكشف عن آثار الرصاص في المحلول الرائق عن طريق إضافة بلورة من إكسالات الصوديوم فإذا لم يتكون أي عكارة دل ذلك على تمام التخلص من الرصاص وإذا ظهرت أي عكارة تُضاف كمية أخرى من بلورات أكسالات الصوديوم ويُعاد الترشيح مرة أخرى وهكذا حتى يتم ترسيب الرصاص كلياً من المستخلص ويجب الحذر من استخدام كمية كبيرة من الأكسالات وبعد تمام عملية الترشيح يُصبح المحلول جاهزاً للتقدير الكمي، ويُفضل استخدام الأكسالات في حالة استخدام الطرق التي تعتمد على اختزال النحاس في التقديرات الكمية للسكريات ولكن في حالة استخدام كبريتات السيرك Seric يجب الامتناع كلياً عن الأكسالات لأنها تتأكسد بواسطة كبريتات السيرك ويُفضل في هذه الحالة استخدام فوسفات ثنائي الصوديوم كعامل لإزالة الرصاص.

الطرق العامة لتقدير السكريات

عادةً يتم تقدير السكريات المختزلة أولاً ثم يُجرى تحويل للسكريات غير المختزلة إلى سكريات مختزلة وتُقدر بعد عملية التحويل كسكريات مختزلة والفرق في كمية السكريات المختزلة قبل وبعد عملية التحويل يُعطى السكريات غير المختزلة ومجموع الاثنين معا يُعطى السكريات الكلية. ويتم تقدير السكريات بإحدى الطرق الآتية:

1- تقدير السكريات الكلية بواسطة الرفراكتومتر

يُستخدم لذلك جهاز رفرراكتومتر آبي حيث يأخذ نقطة من محلول السكر الخالي من الرصاص وتنتقل إلى المنشور الزجاجي للجهاز ويُقدر معامل انكسار هذا المحلول ومن الجداول الخاصة يُمكن معرفة تركيز ونسبة السكر التي تُقابل قيمة معامل الانكسار. وهذه الطريقة سريعة وتُعتبر تقريبية وتُفيد في مصانع الأغذية والسكر وكذلك تقدير نسبة السكر من قصب وبنجر السكر في الحقل.

2- تقدير السكريات الكلية بواسطة الأيدرومترات

يُنقل المحلول المحتوي على السكر إلى مخبار مدرج مناسب ثم يستخدم أيدرومتر البركس لمعرفة نسبة السكر في المستخلص وهي أيضاً طريقة سريعة ويجب عمل التصحيح الناتج عن اختلاف درجة الحرارة حتى نحصل على تركيز السكر الصحيح للمستخلص.

3- الطريقة اللونية باستخدام الفينول وحمض الكبريتيك المركز

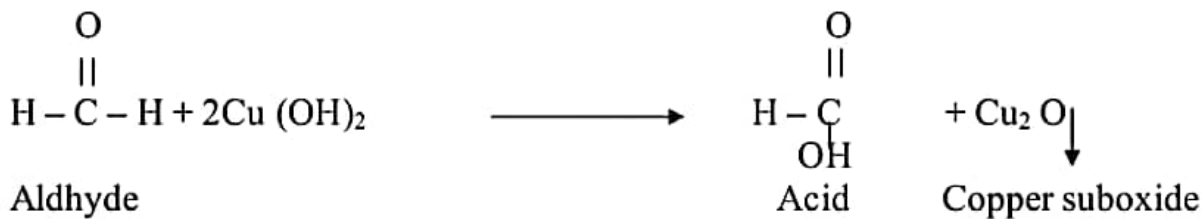
يؤخذ حجم معلوم من المستخلص السكري حوالي 0.1 - 0.2 مل ويضاف إليها ماء مقطر حتى يكون الحجم النهائي 1 مل ثم يضاف 1 مل من الفينول 5% ثم الرج ثم يضاف حمض كبريتيك مركز حوالي 5 مل دفعة واحدة وليس على جدار الأنبوبة والرج سريعاً، ويُستحسن أن تكون الأنابيب واسعة لسهولة الرج والتداول، ويحدث في هذه الحالة تكون لون برتقالي نتيجة تأثير حمض الكبريتيك على السكريات وتكون مركبات الفورفيورال وهيدروكسي ميثيل فورفيورال والتي تتفاعل مع الفينول فتُعطي اللون البرتقالي والذي يُقاس على طول موجة 485 نانومتر في حالة السكريات الخماسية و 490 نانومتر في حالة السكريات السداسية ويتم عمل منحني قياسي من سكر الجلوكوز أو الريبوز ومنه يُمكن معرفة تركيز السكريات بالعينة.

وهذه الطريقة تُعتبر حساسة جداً لحوالي 2- 3 ميكروجرام/ 1 مل لذلك يُمكن استخدامها في تقدير السكر في البول السكري.

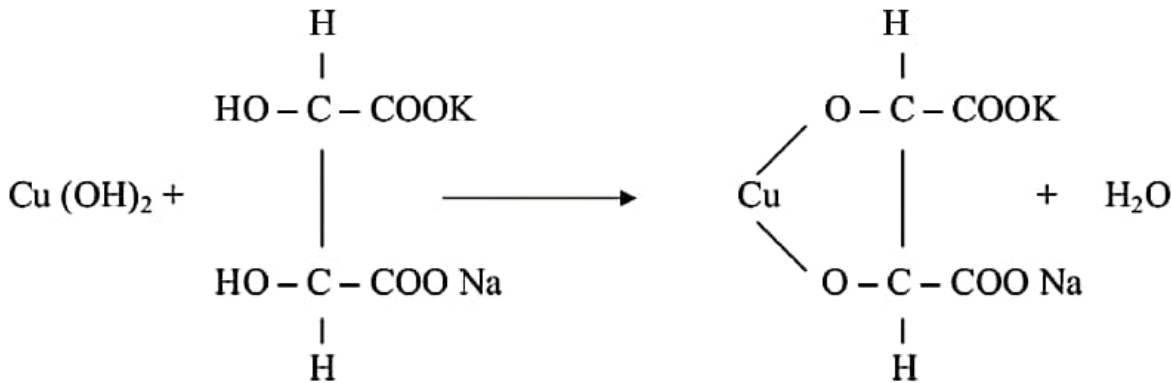
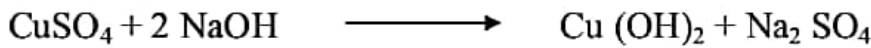
4- تقدير السكريات المختزلة باستعمال محاليل قلوية من النحاس والطرطرات (طريقة Lane-Eynon)

جميع السكريات الأحادية وكذلك بعض السكريات الثنائية مثل المالتوز واللاكتوز لها المقدرة على اختزال المحاليل القلوية لبعض الأملاح المعدنية مثل النحاس، الفضة والزنك، وهذه التفاعلات تعتمد أساساً على وجود المجموعة المختزلة لجزيء السكر في صورة حرة سواء كانت هذه المجموعة ألدهيد أو كيتون حسب نوع السكر.

وأساس هذا التفاعل يرجع إلى سحب الأكسجين من قاعدة المعدن Metallic base وهو Cu (OH)_2 ويترسب الأخير في صورة تحت الأكسيد Suboxide أو في صورة المعدن نفسه وفي الغالب يتأكسد الألدheid إلى الكربونيل المقابل حسب التفاعل الآتي:



ونتيجة لفعل القلوية فإن السكريات يحدث لها تكسير في السلسلة الكربونية وينتج مخاليط من مركبات مختلفة وتختلف نسبتها أيضاً سيُوضح هذه التفاعلات فيما بعد، وعموماً فأملاح النحاس هي الأكثر شيوعاً في تقدير السكريات المختزلة والمحلول الشائع الاستعمال هو محلول فهلنج وهو يتكون من محلولين الأول يُسمى فهلنج أ (عبارة عن كبريتات نحاس مذابة في ماء مقطر)، والثاني فهلنج ب (وهو يحتوي على هيدروكسيد الصوديوم وطرطرات الصوديوم والبوتاسيوم) وهو عديم اللون. ويجب تحضير كلٍ منهما على حدة ويتم خلطهما قبل التفاعل مباشرةً وينسب متساوية حجماً ويُضاف للمحلول المراد الكشف عن السكريات المختزلة فيه ويُسخن المخلوط لمدة 2 دقيقتان ويُلاحظ وجود راسب أحمر من أكسيد النحاسوز يُرسب في قاع الدورق المخروطي وتتناسب درجة الراسب وكميته تناسباً طردياً مع كمية السكر المختزل الموجود في العينة، وسوف نُوضح تفاعل فهلنج أ، ب كالآتي:



ملح روشيل (صوديوم بوتاسيوم طرطرات)

مركب معقد لونه أزرق

والمركب المعقد من الطرطرات والنحاس يحدث له تأين في حالة وجود السكر المختزل ويمد البيئة أو وسط التفاعل بأيونات أيدروكسيد النحاس.

نظريات تفسر ما يحدث لجزيء السكر

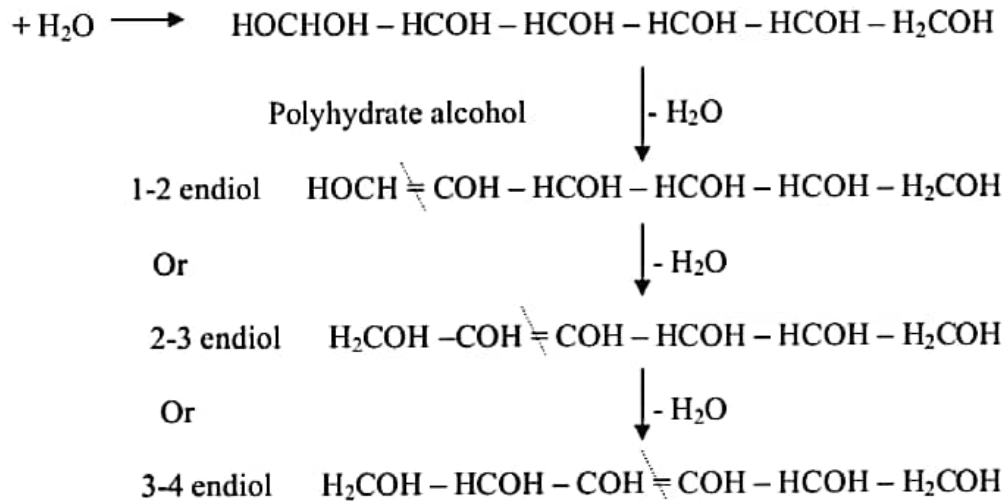
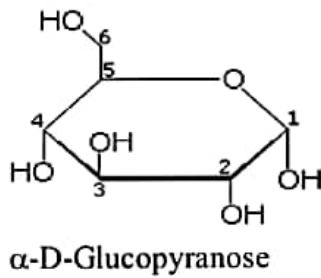
1- نظرية NEF

1- يأخذ جزيء السكر الموجود في التركيب الحلقي α -D-Glucopyranose جزيء ماء ويتحول إلى السلسلة المفتوحة Polyhydrate alcohol.

2- يحدث نزع لجزيء الماء من السكر بواسطة عملية Dehydration ويتكون مركب Endiols عن طريق تكوين رابطة مزدوجة بين الكربون 1، 2.

3- يحدث فقد لجزيء ماء آخر وتتولد رابطة مزدوجة في جزيء السكر المختزل وتزحف هذه الروابط داخل الجزيء ويؤدي وجود هذه الروابط المختزلة إلى ضعف الجزيء في أماكن الروابط المزدوجة المتكونة.

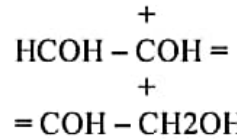
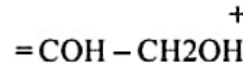
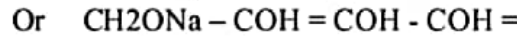
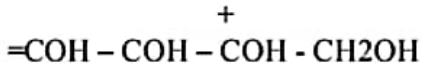
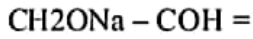
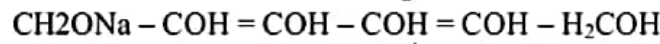
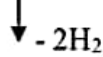
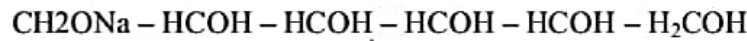
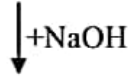
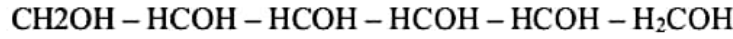
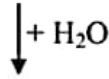
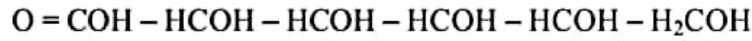
4- يحدث تكسير لجزيء السكر في أماكن الروابط المزدوجة مكوناً ما يُسمى بالشظايا الفعالة Free radical، وهي عوامل مختزلة قوية تتأكسد بواسطة أيون النحاس الذي يختزل مكوناً أكسيد النحاسوز وتستمر هذه العملية لجزيئات السكر الداخلة في التفاعل إلى أن تنتهي كل أيونات النحاس من وسط التفاعل.



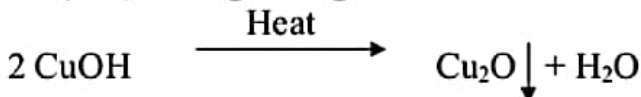
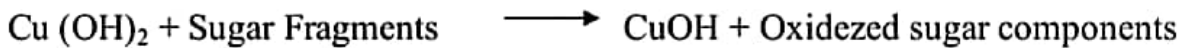
2- نظرية Polyhydrate theory

وهي نظرية شائعة الاستعمال لتفسير تأثير قلوية محلول فهلنج على جزيء السكر المختزل ويمكن تلخيصها في الآتي:

- 1- تنقسم الرابطة المزدوجة في جزيء السكر على ذرة الكربون رقم واحد بين الكربون والأكسجين ويمتص جزيء ماء ويتكون مركب Polyhydrate alcohol
- 2- المركب الناتج يحدث له تأين بسيط ويتفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم مكوناً الملح.
- 3- المركب الملحي غير ثابت ويفقد 2 جزيء ماء من على الكربون 2، 3 و 3، 5 حسب التفاعل، وتتكون روابط مزدوجة بين ذرات الكربون السابقة.
- 4- يحدث كسر في مناطق الروابط المزدوجة وتتكون مركبات فعالة ونشطة كيميائياً وهي خمس نواتج.



وبذلك فإن هذه المواد الفعالة المتكونة بفعل القلوي والحرارة هي مركبات ذات قدرة اختزالية كبيرة وبذلك فإنها تتأكسد بسرعة بفعل أكسيد النحاسيك الذي يختزل إلى أكسيد النحاسوز. والمركب المعقد من النحاس والطرطرات الزائد يعمل على مد الوسط بأيونات النحاسيك كلما استهلكت في التفاعل مع أجزاء السكر المتكونة بفعل تأثير القلوي والحرارة حتى تنتهي كل أيونات النحاسيك في المخلوط وهيدروكسيد النحاسيك المتكون يفقد جزيء ماء نتيجة التسخين وبالتالي يتكون أكسيد نحاسوز غير ذائب ذو لون أحمر، وبانتهاء كل أيونات النحاس في وسط التفاعل نجد أن أول نقطة من المحلول السكري المختزل بعد ذلك يُسبب اختزال صبغة أزرق الميثيلين ويتحول إلى عديم اللون دليلاً على انتهاء التفاعل



مثال

أحسب النسبة المئوية للسكريات المختزلة باستخدام جداول Lane Eynon Table (جدول 8) لو فرض أن عينة عصير فاكهة وزنها 10 جم، أجر استخلاص السكر ونقل المستخلص كميًا إلى دورق معياري سعته 250 مل ثم أجر الترويق وإزالة الرصاص الزائد وقدرت السكريات المختزلة بالطريقة السابقة وذلك بتنقيط 10 مل من محلول فهلنج فكانت النتائج كآآتي: حجم المحلول السكري في تجربتين كان 21.4 و 21.2 مل على التوالي، احسب النسبة المئوية للسكريات المختزلة في العينة

الحل

متوسط حجم المحلول السكري اللازم لاختزال 10 مل من محلول فهلنج

$$42.6$$

$$21.3 = \frac{42.6}{2} = 21.2 + 21.4 =$$

وبالرجوع إلى جداول Lane نجد أن كمية السكر المرتبطة بالحجم 21 = 235.8 مل، 22 = 225.5 مل

$$\text{الفرق بينهم} = 235.8 - 225.5 = 10.3 \quad \leftarrow 10.3 = 1 \text{ مل} \quad x = 0.3 \text{ مل}$$

$$10.3 \times 0.3$$

$$x = \frac{3.09}{1} = 3.09 \text{ ملليجرام}$$

$$\text{كمية السكر المقابل لـ } 21.3 \text{ مل} = 235.8 - 3.09 = 232.71 \text{ ملليجرام} / 100 \text{ مل}$$

$$\text{كمية السكر المختزلة بالجرامات} = \frac{232.71}{1000} = 0.23271 \text{ جرام} / 100 \text{ مل}$$

$$250 \times 100 \times 0.23271$$

$$\% \text{ للسكر المختزل} = \frac{48.2}{10 \times 100} = 48.2\%$$

ويطرح منها قيمة السكريات المختزلة المقدرة قبل عملية التحليل ويضرب الناتج في 0.95 وذلك للحصول على السكريات غير المختزلة بالعينة. ويتم تقدير النشا في الخطوات التالية كما يلي:

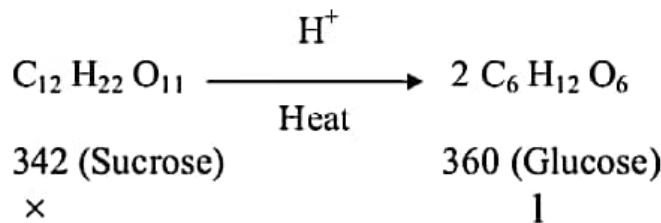
أولاً: التحليل المائي للسكروز بالحامض

يضاف لحجم معلوم من مستخلص العينة الخالي من الرصاص (50 مل) في دورق مخروطي 10 مل حامض هيدروكلوريك 20% ثم يسخن المخلوط على 70°م لمدة 20 دقيقة في حمام مائي مع الرج من وقت لآخر ثم يبرد الدورق لدرجة حرارة الغرفة ثم يعادل بواسطة هيدروكسيد الصوديوم (50%) في وجود دليل الفينول فيثالين، وفي النهاية تكمل محتويات الدورق إلى 100 مل بالماء المقطر (هذا المحلول جاهز لتقدير السكريات المختزلة الكلية).

ثانياً: طريقة التقدير

يجرى التقدير بواسطة Lane-Eynon باستخدام 10 أو 25 مل من محلول فهلنج أ، ب كما سبق في تقدير السكريات المختزلة ثم يتم حساب السكريات المختزلة الكلية بعد عملية التحليل المائي بالحامض كالتالي:

% للسكريات الغير مختزلة = (% للسكريات الكلية - % للسكريات المختزلة) × 0.95 على أساس سكروز



342

$$0.95 = \frac{342}{360} = \times$$

8- تقدير السكريات الألدهيدية Determination of aldoses sugars

تُسمى بالطريقة الأيودومترية Iodometric method وتعتمد هذه الطريقة على أكسدة السكريات الألدهيدية بواسطة اليود في الوسط القلوي حيث يتأكسد السكر الألدهيدي إلى الحامض المقابل له في وجود زيادة من اليود والتي يتم معايرتها بواسطة محلول الثيوكبريتات وتُكافئ كمية اليود المستهلكة في التفاعل كمية السكر الموجود بالعينة وتمتاز هذه الطريقة بتقدير السكريات الألدهيدية فقط في وجود السكريات الكيتونية لأن اليود لا يؤكسدها.