الفصل الأول

الكاربوهيدرات Carbohydrates

تشمل الكاربوهيدرات المواد السكرية والنشوية وتحتوي هذه المواد على عناصر ال C,H_2,O_2 حيث أن نسبة الهيدروجين إلى الأوكسجين كنسبتهما في الماء 2:1 .

أمثلة على المواد الكربوهيدراتية :-

السليلوز، النشا، الفركتوز، الكلوكوز، الصمغ، البكتينات، الكلوكوسيدات.

القانون العام للمواد الكاربوهيدراتية : $C_nH_{2n}O_n$

تحتوي المواد الكاربوهيدراتية على مجاميع هيدروكسيلية متعددة (كحولية) كما تحتوي على مجاميع كيتونية (−C=O) أو الديهايدية (−CHO) حرة في تركيبها الكيمياوي أو تعطي مركبات تحتوي على مثل هذه المجاميع عند تحللها مائيا.

تقسم المواد الكاربوهيدراتية إلى ما يلي :

1 – السكريات الأحادية :-

وهي مشتقات لكحول متعدد الهيدروكسيل مثل الكلوكوز ،الفركتوز ، الكالاكتوز، وهذه السكريات لا يمكن تحللها إلى سكريات ابسط منها وغالبا ما تمتاز بالحلاوة ويمكن تقسيمها تبعا لعدد ذرات الكربون أو الأوكسجين إلى :

ا – سكريات أحادية ثلاثية الكربون Trioses

ب – سكريات أحادية رباعية الكربون Tetroses

ج – سكريات أحادية خماسية الكربون Pentoses

د – سكريات أحادية سداسية الكربون Hexoses

أمثلة على السكريات الأحادية التي تحتوي على مجموعة الديهايدية :

الارابينوز ،الزايلوز ،الرايبوز ، الكلوكوز .

سكريات تحتوي على مجموعة كيتونية : الفركتوز .

2- **السكريات القليلة السكر Oligo saccharides**

وهي السكريات الناتجة من اتحاد عدد من وحدات السكر الأحادي مع بعضها البعض بواسطة الأواصر الكلايكوسيدية ويمكن تقسيمها الى ما يلي :

أ – السكريات الثنائية Di saccharides

وهي سكريات ناتجة من اتحاد جريئتين من السكريات الأحادية بآصرة كلايكوسيدية وهي أما نوع الفا أو بيتا مثل

سكر السكروز ←——— الكلوكوز + الفركتوز .

اللاكتوز ←——— كلوكوز + كالاكتوز .

المالتوز ←——— كلوكوز +كلوكوز .

القانون العام للسكريات الثنائية : $C_{12}H_{22}O_{11}$

تختزل السكريات الثنائية محلول بندكت عند احتوائها على مجموعة الديهايدية او كيتونية حرة .

ب – السكريات الثلاثية Tri saccharides

تتكون من اتحاد (3) جزيئات من السكر الأحادي (بعد فقد جريئتين من الماء). مثل سكر الرافينوز (Raffinose)

يتكون من سكرالكلوكوز، الفركتوز، كالاكتوز. والذي يوجد في المولاس الناتج من سكر البنجر.

القانون العام للسكريات الثلاثية $C_{18}H_{32}O_{16}$

3- السكريات المتعددة Poly saccharides

وهي السكريات التي تحتوي على أكثر من (10)جزيئات من السكريات الأحادية وتوجد اغلب المواد الكاربوهيدراتية في الطبيعة بصيغة جزيئات متعددة السكر ذات أوزان جزيئية عالية مثل :

النشا Starch ، الدكسترين Dextrin ، الكلايكوجين Glycogen

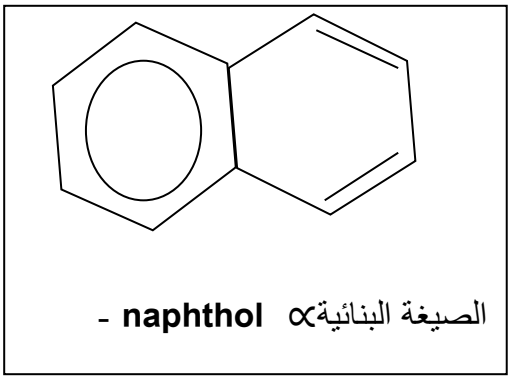
التفاعلات اللونية للمواد الكاربوهيدراتية

1- اختبار مولش Molish's Test

يعتبر كشف عام عن وجود الكاربوهيدرات سواء أكانت بصورة حرة مثل الكلوكوز، الفركتوز، أو متحدة مع غيرها من المواد مثل الدهون وبعض البروتينات المركبة .

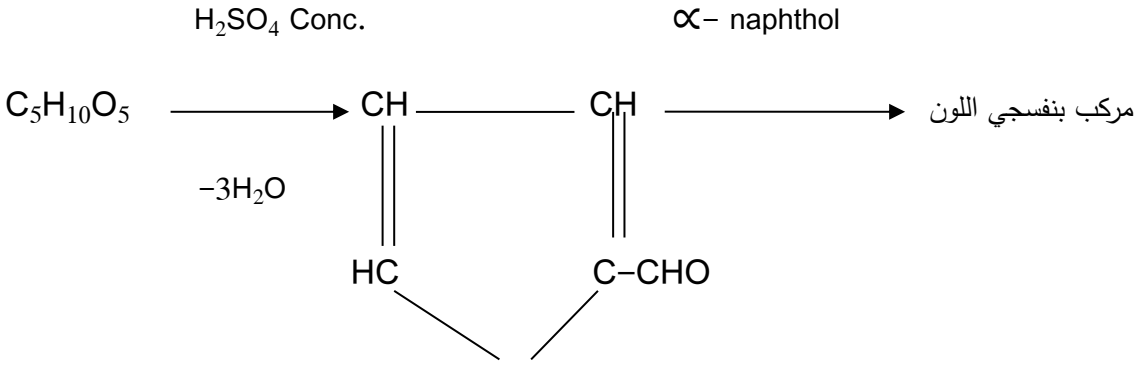
يعتمد هذا الاختبار على وجود المواد النازعة أو الساحبة للماء مثل حامض الكبريتيك المركز حيث تفقد المادة الكربوهيدراتية جزيئات الماء لتكون مركب الفورفورال أو مشتقاته وهي مركبات حلقية التركيب (Furfural، Hydroxy methyl Furfural)

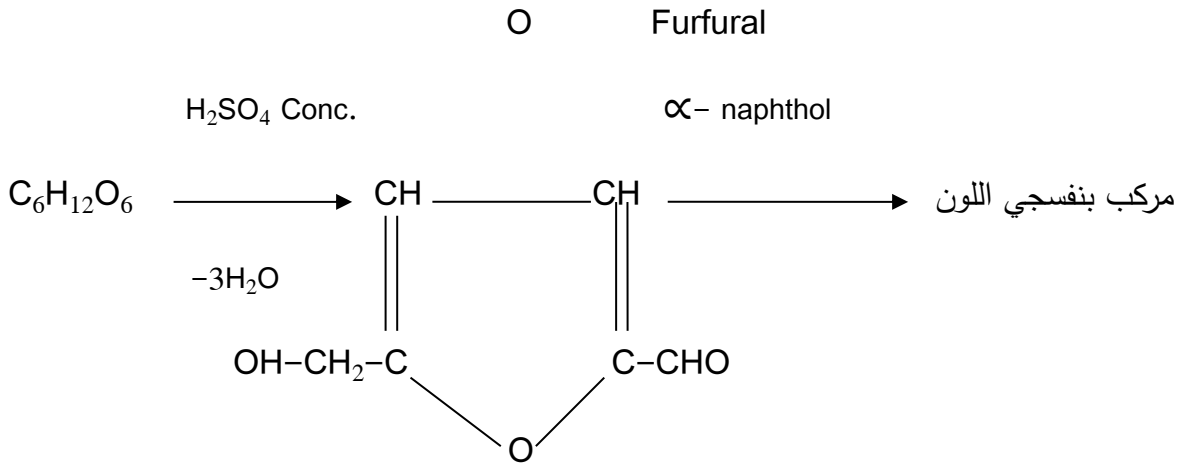
وهذه المركبات الحلقية تتكاثف مع مركب فينولي هو **naphthol**-∝ معطيا مركب بنفسجي اللون .



الصيغة البنائية∝ **naphthol** -

بعض الأحيان تتكون حلقة خضراء أسفل الحلقة البنفسجية وهذا ناتج من تفاعل حامض الكبريتيك مع صبغة **naphthol** -∝





Hydroxy Methyl Furfural

وتختلف السكريات الخماسية الكربون عن السكريات السداسية الكربون في أنها تعطي الفورفورال بوجود حامض (HCl) أو (H_2SO_4) في حين السداسية تعطي الفورفورال بوجود(H_2SO_4) فقط .

اختبار اليود Iodine Test

يعتبر من الاختبارات الحساسة جدا لوجود النشا والدكسترين والكلايكوجين كما إن الاختبار حساس بالنسبة للحرارة ووسط التفاعل حيث يعطي نتيجة موجبة في الوسط المتعادل والحامضي وسالبة في الوسط القاعدي .

يعتمد الاختبار على ادمصاص اليود الحر على سطح المادة الكاربوهيدراتية المتعددة السكر معطيا اللون الأزرق في حالة النشا والبنفسجي في حالة الدكسترين والأحمر الفاتح في حالة الكلايكوجين .

ولا يصح إجراء تجربة اليود في المحاليل القلوية حيث يختفي اليود الحر متحولا إلى ملح يوديد (Iodide) وملح ايودات (Iodate) كالأتي :

$$6NaOH + 3I_2 \longrightarrow \underline{5NaI} + \underline{NaIO_3} + 3H_2O$$

يوديد **ايودات**

لذا تكون نتيجة الاختبار سالبة ولا يظهر اللون الأزرق مع النشا ولكن عند إضافة حامض معدني مثل (HCl) ينطلق اليود الحر مرة أخرى عن طريق تفاعل الايودات مع اليود في الوسط الحامضي وبذلك يظهر اللون الأزرق مرة أخرى .

$$HCl + KI \longrightarrow HI + KCl$$

$$HCl + KIO_3 \longrightarrow HIO_3 + KCl$$

$$HIO_3 + 5HI \longrightarrow \underline{3I_2} + 3H_2O$$

اليود الحر

فعند إجراء كشف اليود يجب أن يكون النشا أو الدكسترين في درجة حرارة الغرفة لكون الحرارة لا تساعد على ادمصاص اليود على سطح النشا أو الدكسترين .

أما إضافة محلول ثايوكبريتات الصوديوم يختفي اللون الأزرق لتفاعل اليود مع الثايوكبريتات مكونا ملح اليود .

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow 2NaI + Na_2S_4O6$$

3-اختبار بندكت **Bendicts Test**

يستخدم هذا الاختبار للكشف عن وجود السكريات التي لها قابلية اختزالية (سكريات مختزلة) وهي السكريات الأحادية التي تحتوي على مجاميع الديهايدية أو كيتونية حرة في تركيبها حيث يتم أكسدة هذه المواد السكرية في المحاليل القاعدية بواسطة ايونات ألنحاسيك Cu+2 .

محلول بندكت أزرق اللون يتكون من (كبريتات النحاس و كاربونات الصوديوم وسترات البوتاسيوم او الصوديوم)

يستخدم كشف بندكت للتعرف على وجود سكر الكلوكوز في البول بالنسبة للمرضى للمصابين بالبول السكري .

النتيجة الموجبة للكشف هو ظهور راسب احمر أو برتقالي ويعتبر هذا الاختبار حساس جدا للسكريات الأحادية المختزلة .

4- اختبار بارفويد Barfoeds

اختبار خاص بالسكريات المختزلة محلول بارفويد عبارة عن محلول حامضي (لوجود حامض الخليك) لخلات النحاس .يتم في هذا الاختبار اختزال ايونات النحاسيك إلى ايونات النحاسوز وهذا يتم في حالة وجود السكريات الأحادية المختزلة والتي تعتبر من اقوي السكريات من حيث صفتها الاختزالية مقارنة مع السكريات الثنائية المختزلة لأن السكريات الأحادية كل جزيئه تحتوي على مجموعة مختزلة في حين السكريات الثنائية المختزلة بالرغم من كونها مكونة من وحدتين من السكر الأحادي إلا أنها تحتوي على مجموعة مختزلة واحدة لذا يتميز اختبار بارفويد بكونه يميز السكريات الأحادية عن السكريات الثنائية المختزلة بسبب تفاوت صفاتها الاختزالية .

ويلاحظ بأن زيادة وقت التسخين يمكن للسكريات الثنائية المختزلة أن تعطي نتيجة موجبة بسبب تحللها مائيا في الوسط الحامضي بالتسخين إلى سكريات أحادية مما تعطي نتيجة موجبة للاختبار إذ يجب التقيد بزمن التسخين .

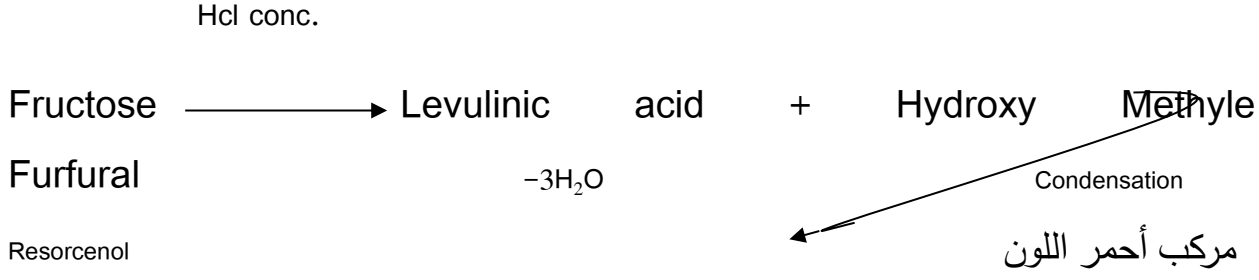
النتيجة الموجبة للكشف هي تكون راسب احمر قليل جدا في قعر أنبوبة الاختبار الذي يدل على وجود السكريات الأحادية المختزلة .

5- اختبار سلوانوف Seliwanoffs Test

يعتبر هذا الاختبار تعديل أو تحوير لكشف مولش حيث استبدل حامض الكبريتيك بحامض الهيدروكلوريك HCl ومادة α-naphthol بمادة Resorcenol .

حامض HCl الساخن يحول الفركتوز إلى حامض Levulinic acid وهيدروكسي مثيل فورفورال Hydroxy methyl Furfural بعد ذلك تحدث عملية تكثيف (Condensation) بين مركب الفورفورال ومادة الريزورسينول (Resorcenol) مما يعطي اللون الأحمر للمركب .

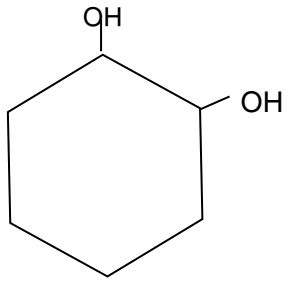
ينجح هذا الاختبار مع السكريات أو المواد الكاربوهيدراتية التي تحتوي على مجموعة كيتونية حرة أو التي تعطي سكريات كيتونية عند تحللها المائي مثل السكروز والانيولين وكلاهما يعطي سكر الفركتوز عند تحللهم المائي .السكروز عند تحلله المائي بوجود حامض HCl وبالتسخين إلى كلوكوز وفركتوز حيث يتفاعل الأخير مع الحامض ثم مع الكاشف ليعطي المركب الأحمر .



Hcl conc. Hcl conc.

Sucrose ⟶ Glucose+Frutose ⟶ Levulinic acid + Hydroxy Methyle Furfural $-3H_2O$ Condensation

Resorcenol مركب أحمر اللون



الصيغة البنائية لـ Resorcenol

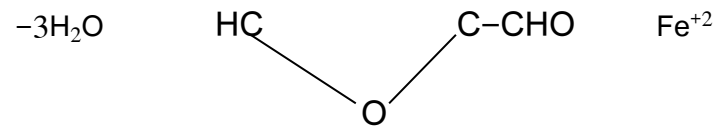
إذن يعتمد هذا الكشف على وجود المجموعة الكيتونية الحرة في سكر الفركتوز

6- اختبار بيال Bials Test

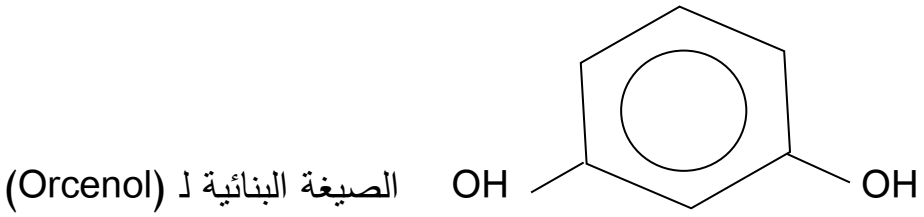
يعتبر هذا الاختبار خاص بالسكريات الأحادية خماسية الكربون مثل سكر الرايبوز وأيضا هو تحوير أو تعديل لكشف مولش حيث استبدل حامض H_2so_4 بحامض HCl المركز مادة ال naphthol- ∝ استبدلت بمادة الـ orcenol حيث تتحول السكريات الخماسية الكاربون إلى مركب الـ Furfural الذي بوجود ايونات الحديديك يتحد مع مادة الـ orcenol مكونا مركب اخضر اللون .

Hcl Conc. Orcenol

Ribose ⟶ CH=CH ⟶ مركب أخضر اللون



Furfural



7-اختبار الاوزازون Ozazone Test

تتفاعل جميع السكريات الأحادية والسكريات الثنائية المختزلة مع مركب الفنيل هيدرازين phenyl hydrazine مكونة مركبات بلورية صفراء أو برتقالية اللون لها شكل مميز .

عندما يكون السكر أحادي الدوزي مثل الكلوكوز عند تفاعله مع محلول الاوزازون تتكون بلورات الكلوكوزازون الابرية الصفراء .

أما في حالة السكريات الأحادية الكيتونية مثل الفركتوز فعند تفاعله مع مركب الفنيل هيدرازين ينتج مركب بلوري ابري اصفر يسمى بالفركتوزازون والذي يشابه من حيث صفاته الطبيعية والكيمياوية مركب الكلوكوزازون .

إذن تتفاعل السكريات المختزلة (جميع السكريات الأحادية وبعض السكريات الثنائية مثل الكالاكتوز والاكتوز) مع الفنيل هيدرازين مما يؤدي إلى تكون بلورات أو مركبات بلورية ذات شكل مميز تسمى بالاوزازونات لذا يمكن من خلال هذا الاختبار التمييز بين السكريات المختزلة ولكن بعض أنواع السكريات لا يمكن التمييز بينها لكونها تعطي نفس الاوزوزون مثل الكلوكوز والفركتوز .

ملاحظات

1-مادة الفنيل هيدرازين مادة سامة جدا لذا يجب الحذر عند استخدامها.

2-ينجح الكشف عند اضافة زيادة من الكاشف لأن كل جزيئه سكر تحتاج 3 جزيئات من الفنيل هيدرازين

3-تكون الاوزوزونات يعتمد على وجود المجاميع الالديهايدية والكيتونية الحرة في جزيئه السكر .

4-لا تعطي السكريات غير المختزلة نتيجة موجبة مع الاختبار لعدم وجود مجاميع الديهايدية أو كيتونية حرة .

طرق العمل:

كشف مولش

1-يؤخذ (1) مل من محلول السكر ويضاف له (3-2) قطرات من محلول الفانافثول.

2-ترج الأنبوبة جيداً ويضاف لها (1) مل من حامض الكبريتيك المركز بشكل قطرات على جدران الأنبوبة.

3-يلاحظ تكون حلقة بنفسجية بين طبقتي الحامض والألفانافثول والتي تدل على وجود الكاربوهيدرات بصورة عامة.

كشف اليود

1-يؤخذ (1) مل من محلول السكر ويضاف له (3-2) قطرات من محلول اليود.

2-ترج الأنبوبة جيداً ويلاحظ اللون المتكون ويعتبر كشف خاص عن السكريات المتعددة حيث تفاعل النشا مع اليود يعطي اللون الأزرق والدكسترين يعطي اللون البنفسجي والكلايكوجين يعطي اللون الأحمر الفاتح.

كشف بندكت

1-يضاف (1) مل من كاشف بندكت إلى (1)مل من محلول السكر.

2-تسخن الأنبوبة في الحمام المائي لمدة (3) دقائق حيث نلاحظ تكون الراسب الأحمر أو البرتقالي المتكون الذي يدل على وجود السكريات المختزلة.

كشف بارفويد

1- يضاف (1) مل من كاشف بارفويد إلى (1) مل محلول السكر.

2- تسخن الأنبوبة في الحمام المائي لمدة (3) دقائق حيث نلاحظ تكون الراسب الأحمر الذي يستقر في قعر الأنبوبة .

كشف سلوانوف

1- يضاف (1) مل من كاشف سلوانوف إلى الأنبوبة الحاوية على(1) مل محلول السكر.

2- ترج محتويات الأنبوبة جيداً وتسخن في الحمام المائي لمدة (5) دقائق حيث يلاحظ تكون اللون الأحمر الذي يدل على وجود الكيتوزات (السكريات الحاوية على مجموعة الكيتون).

كشف بيال

1- يؤخذ (1) مل من محلول السكر ويضاف له (1) مل من كاشف بيال.

2- ترج محتويات الأنبوبة جيداً وتسخن في الحمام المائي لمدة (5-3) دقائق حيث يلاحظ تكون اللون الأزرق المخضر الذي يدل على وجود السكريات الخماسية الكاربون (البنتوزات)

الكشف عن المحلول المجهول

حسب المخطط الآتي : يجرى كشف مولش على المحلول المجهول