كلية العلوم

القسم : **علم الحياة**

السنة : **الثانية**

المادة : كيمياء حيوية بنيوية

المحاضرة : الثالثة /عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر(What's app-Telegram)على الرقم 0931497960

الحموض الكربوكسيلية والاسترات

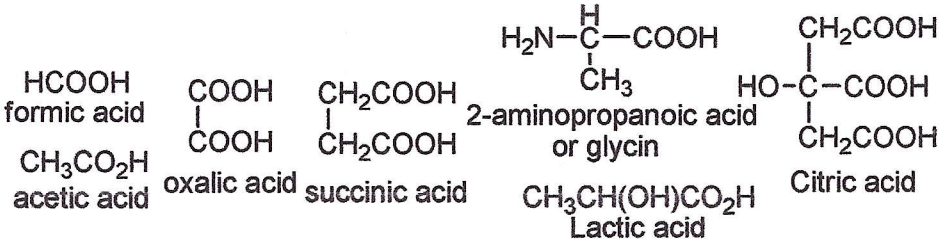
7-1. مقدمة :

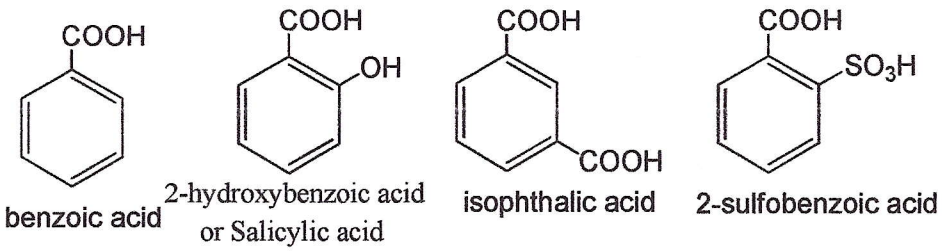
تدعى المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة كربونيل [-C(=O)-] مرتبطة مع مجموعة هيدروكسيل (-OH) على شكل مجموعة وظيفية مشتركة [-C(=O)-OH] الحموض الكربوكسيلية ، وتدعى المجموعة الوظيفية بمجموعة الكربوكسيل ويرمز لها اختصاراً بـ $-CO_2H$ أو -COOH.

تشتق الحموض الكربوكسيلية أحادية الوظيفة من الفحوم الهيدروجينية باستبدال ذرة هيدروجين بمجموعة كربوكسيل، من ثم تكون صيغتها العامة RCO_2H.

تتواجد مجموعة الكربوكسيل عادة بطرف السلسلة وتكون R إما ذرة هيدروجين أو جذر الكيلي . أما الحموض الكربوكسيلية العطرية فتكون مجموعة الكربوكسيل فيها مرتبطة مباشرة بالحلقة العطرية، وبالتالي تكون صيغتها العامة Ar-COOH.

تصنف الحموض الكربوكسيلية بأحادية أو ثنائية أو ثلاثية الزمرة الكربوكسيلية ، وأيضاً بحسب الزمرة الوظيفية المرافقة (الحموض الهيدروكسيلية أو الحموض الأمينية مثلاً) :





تعرف بعض الحموض الكربوكسيلية باسم الحموض الدسمة، لكونها أحد أركان الاسترات التي تؤلف المواد الدسمة الطبيعية ولكونها غير ذوابة في الماء، بل في مذيبات الدهون، ولأن طبيعتها تشبه طبيعة الدهون.

$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$
حمض الستياريك	حمض البالميتيك	حمض الميريستيك	حمض اللوريك

7-2. خواص الحموض الكربوكسيلية :

تعرف الحموض الكربوكسيلية بأسماء شائعة مشتقة ، تدل على مصدرها. يحوي الجدول 7-1 صيغ بعض الحموض الكربوكسيلية وأسمائها الشائعة وبعض خواصها الفيزيائية والجدير بالذكر أن الأسماء الشائعة لهذه الحموض تستخدم في معظم الأحيان ، ويشتق منها بعض أسماء المركبات الأخرى ، لذا ينبغي أن تحفظ بشكل جيد ، (انظر الجدول 7-2) .

تمتلك الحموض الكربوكسيلية درجات غليان وانصهار أعلى من درجات غليان وانصهار المركبات المشابهة في الكتلة الجزيئية، ويرجع سبب ذلك إلى وجود الروابط الهيدروجينية والتي تتميز بأنها أقوى من الروابط الهيدروجينية الموجودة في الأغوال .

تعمل الروابط الهيدروجينية أيضاً على ارتفاع انحلالية بعض الحموض الكربوكسيلية في الماء، ومع ذلك تنخفض هذه الخاصية حتى تنعدم مع ازد ياد الكتلة الجزيئية (الجدول 7-1) .

الجدول7-1 التسمية الشائعة لبعض الحموض الكربوكسيلية وبعض خواصها الفيزيائية

الحمض	الصيغة	د.إ (° س)	د.غ (° س)	الانحلالية غ/100 سم^3 ماء	pK_a
النمل	HCO_2H	8.4	101	∞	3.77
الخل	CH_3CO_2H	16.6	118	∞	4.76
البربيونيك	$CH_3CH_2CO_2H$	21-	141	∞	4.88
البيوتريك	$CH_3(CH_2)_2CO_2H$	5-	164	∞	4.82
ايزوالبيوتريك	$(CH_3)_2CHCO_2H$	46-	153	∞	4.84
الڤاليريك	$CH_3(CH_2)_3CO_2H$	34-	186	3.7	4.81
الكابرويك	$CH_3(CH_2)_4CO_2H$	3-	205	1.0	4.85
الكابريليك	$CH_3(CH_2)_6CO_2H$	17	239	0.1	4.85
الكابريك	$CH_3(CH_2)_8CO_2H$	32	270	0.02	-
الاوكساليك	HO_2CCO_2H	190	-	10	1.46
المالونيك	$HO_2CCH_2CO_2H$	136	*140	136	2.80
السكسينيك	$HO_2CCH_2CH_2CO_2H$	188	*235	6.8	4.17
الغلوتاريك	$HO_2C(CH_2)_3CO_2H$	99	*303	64	4.33
الأديبيك	$HO_2C(CH_2)_4CO_2H$	153	265	1.4	4.43
الغليكوليك	$HOCH_2CO_2H$	80	-	∞	3.83
اللاكتيك	$CH_3CHOHCO_2H$	17	-	∞	3.87
الأكريليك	$CH_2=CHCO_2H$	13	142	∞	4.26
البنزوئيك	$C_6H_5CO_2H$	122	249	0.21	4.19
الفتاليك	o - $C_6H_4(CO_2H)_2$	*210	-	0.54	2.89
الساليسيليك	o - $HOC_6H_4CO_2H$	159	-	0.4	2.97

(*) يتفكك عند هذه الدرجة من الحرارة

تعد الحموض الكربوكسيلية حموضاً ضعيفة حيث يبلغ ثابت تشردها في الماء $Ka = 10^{-4} - 10^{-5}$ ($pK_a = 4 - 5$) ، وهي أقوى من حمض الكربون ، من ثم فهي قادرة على طرده من أملاحه . تتفاعل الحموض الكربوكسيلية مع المعادن القلوية والقلوية الترابية محررة الهيدروجين ومشكلة الملح الموافق، كما تنحل الحموض الكربوكسيلية عموماً في المحاليل القلوية مشكلة أملاحاً، وتتميز بذلك عن الفينولات التي تتفاعل أيضاً مع القلويات (NaOH) لكنها (أي الفينولات) غير قادرة على طرد حمض الكربون من أملاحه (مثل ثاني كربونات الصوديوم $NaHCO_3$) . الأمر الذي يسمح باستخدام هذا التفاعل للتميز بين هذين الصنفين (الفينولات – والحموض الكربوكسيلية) من المركبات العضوية.

7-3. حموضة الحموض الكربوكسيلية

ضع قطرتين من حمض الخل الثلجي في أنبوب اختبار مع 2 سم^3 من الماء، ولاحظ رائحة محلول حمض الخل، ثم اختبر حموضة المحلول بواسطة ورقة عباد الشمس الزرقاء، واكتب معادلة تشارد حمض الخل في المحلول المائي.

ضع 0.5 غ من بلورات خلات الصوديوم في كأس زجاجية صغيرة، وأضف إليها 2 سم^3 من الماء ، ثم اختبر حموضة المحلول الناتج بورقة عباد الشمس...، ماذا تعني هذه النتائج بالنسب لحموضة حمض الخل ؟ .

أضف بحذر 1 سم^3 من حمض الكبريت المركز إلى محلول خلات الصوديوم ، وسخّن المزيج بلطف ، ولاحظ ما يحدث ، ثم اكتب معادلة التفاعل .

7-4. تفاعل الحموض الكربوكسيلية مع ثاني كربونات الصوديوم $NaHCO_3$:

أضف قطرات عدة من محلول حمض كربوكسيلي (حمض الخل ، حمض الأكساليك أو حمض السيتريك) إلى أنبوب اختبار يحوي 1 سم^3 من محلول مشبع من ثاني كربونات الصوديوم $NaHCO_3$ ، ولاحظ مباشرة الفوران الذي يحدث بسبب انطلاق ثاني أكسيد الكربون، هذا ويمكن الاستدلال على هذا الغاز بتقريب ورقة عباد الشمس الزرقاء المبللة بالماء. اكتب معادلة التفاعل.

7-5. تفكك حمض النمل بتسخينه مع حمض الكبريت المركز :

سخن بلطف مزيج من 1 سم^3 من حمض النمل (أو 0.5 غ من أحد أملاحه) مع 1 سم^3 من حمض الكبريت المركز فينطلق غاز (أول أكسيد الكربون) ، يتم التأكد من الغاز المنطلق بإشعاله ، إذ إنه يعطي لهباً أزرق ينزل داخل الأنبوب .

7-6. أكسدة حمض النمل ، حمض الأكساليك :

ضع في أنبوب اختبار بضع بلورات من حمض الأكساليك (حمض الحماض) و1 سم^3 من الماء وقطرتين من حمض الكبريت المركز، وسخّن المحلول بهدوء ثم أضف محلول فوق منغنات البوتاسيوم قطرة . قطرة ، فيزول لون محلول البرمنغنات :

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5(COOH)_2 \longrightarrow$$
$$\longrightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$$

أعد التجربة مستبدلاً حمض الأكساليك بحمض النمل ، تلاحظ النتيجة ذاتها، أما عند استخدام حمض الخل فلا يحدث أي تغيير.

7-7. إرجاع حمض النمل بكلور الزئبق

أضف بضع قطرات من محلول كلور الزئبق إلى أنبوب اختبار يحوي 0.5 سم^3 من محلول حمض الفورميك (أو محلول الفورمات) ، وسخنه بلطف فيتشكل راسب أبيض من كلور الزئبق I (لا ينحل في محلول ممدد من حمض كلور الماء ، وفي بعض الأحيان يتم الإرجاع ليعطي الزئبق Hg الذي يظهر على شكل راسب رمادي) .

$$HCOOH + HgCl_2 \longrightarrow Hg\downarrow + CO_2 + 2HCl$$

افصل الراسب المتشكل وحاول أن تحله بحمض كلور الماء الممدد، سجل ملاحظاتك . كرر التجربة مع حمض الخل، ماذا تلاحظ ؟ وماهي استنتاجاتك ؟ .

7-8. التميز بين حمض النمل وحمض الخل باستخدام نترات الفضة :

خذ في أنبوب اختبار ثلاث قطرات من محلول معتدل لحمض النمل[1] وثلاث قطرات من محلول نترات الفضة ، ولاحظ تشكل راسب أبيض (فورمات الفضة) ، يتحول إلى الأسود ببطء على البارد وبسرعة إذا سُخِّن المحلول (يُرجَع ببطء إلى معدن الفضة) .

أعد التجربة مع محلول معتدل لحمض الخل، فيتشكل راسب أبيض (خلات الفضة) لا يتغير لونه مع الزمن.

7-9. تفاعل الحموض الكربوكسيلية مع كلور الكالسيوم :

أضف قطرات عدة من محلول كلور الكالسيوم إلى أنبوب اختبار يحوي قطرات عدة من محلول معتدل لحمض الأكساليك ، فيترسب راسب أبيض (أكسالات الكالسيوم) ، لا ينحل في حمض الخل ، ولكنه ينحل في حمض كلور الماء الممدد .

أجرِ التفاعل مرة ثانية مع محلول معتدل لحمض الطرطر، ثم حك جدران الأنبوب الداخلية بواسطة قضيب زجاجي ، وانتظر قليلاً فيترسب راسب أبيض (إذا كان محلول حمض الطرطر مركزاً يتشكل الراسب مباشرة) من طرطرات الكالسيوم التي تنحل في حمض الخل ، اكتب معادلة التفاعل.

أعد التفاعل مرة ثالثة مع محلول معتدل لحمض السيتريك، لا يحدث الترسيب إلا بعد الغليان ، لذلك سخن أنبوب الاختبار حتى يغلي المحلول قليلاً، فيتشكل راسب من سيترات الكالسيوم لا ينحل في حمض الخل.

كرِّر التفاعل مرة رابعة مع محلول معتدل لحمض السكسنيك ، لا تترسب سكسينات الكالسيوم إلا بعد الغليان، وهي تنحل في حمض الخل.

7-10. أسترة الحموض الكربوكسيلية :

ضع 1 سم^3 من حمض الخل الثلجي و1سم^3 من الغَوْل الأميلي في أنبوب اختبار، ثم أضف قطرات عدة من حمض الكبريت المركز، وسخِّن بلطف على حمام مائي ، ثم برِّد المحلول وأضف ببطء قليلاً من محلول Na_2CO_3 حتى عدم حدوث فوران . شُمّ رائحة خلات الأميل المميزة ، واكتب معادلة التفاعل.

7-13. تفاعل الحموض العطرية مع كلور الحديد III :

ضع بلورات عدة من حمض البنزوئيك في أنبوب اختبار، وكمية مماثلة تقريباً في أنبوب اختبار آخر، ثم أضف 3 سم^3 من الماء إلى الأنبوب الأول ، و3 سم^3 من محلول NaOH (6 مول) إلى الأنبوب الثاني، خضخض كلا الأنبوبين ولاحظ ما يحدث، ثم فسِّر ذلك.

أضف قطرات عدة من محلول كلور الحديد III إلى أنبوب اختبار يحوي 1 سم^3 من محلول **معتدل لحمض البنزوئيك** (أضف قليلاً من الإيتانول لزيادة ذوبانية حمض البنزوئيك أثناء تحضير محلول هذا الحمض) ، فتلاحظ ظهور راسب لونه لحمي .

أعد الاختبار مستبدلاً محلول حمض الساليسيليك المعتدل بمحلول حمض البنزوئيك ، فتلاحظ ظهور لون بنفسجي . ، واكتب معادلات التفاعلات الحاصلة السابقة .

مكتبة A to Z