النيوكليوتيدات والأحماض النووية

تعد النيوكليوتيدات الوحدات البنائية للأحماض النووية، لذلك قبل إعطاء فكرة عن تركيب الأحماض النووية من الضروري شرح الوحدات البنائية التي تتكون منها الأحماض النووية.

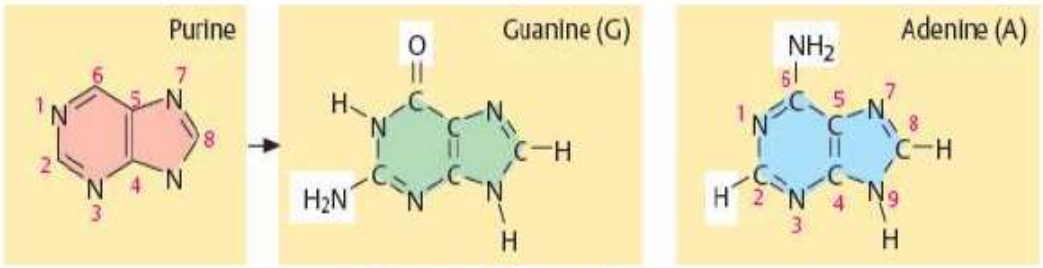
النيوكليوتيدات هي مركبات عضوية تحتوي على قواعد نيتروجينية وسكر خماسي وجزيئة واحدة او أكثر من حامض الفوسفوريك.

1- القواعد النيتروجينية Nitrogen bases

هناك **صنفان أساسيان** من القواعد النيتروجينية المكونة للنيوكليوتيدات وهما البريميدين Pyrimidine والبيورين Purine التي تعد من المركبات الحلقية غير المتجانسة وان القواعد النيتروجينية البيورينية مشتقة من قواعد البريميدين إذ تتكون من حلقة الإمدازول Imadazole ملتحمة مع حلقة البريميدين.

أ- قواعد البيورين Purine bases

توجد قاعدتان من قواعد البيورين الشائعة في الأحماض النووية وهما الأدنين(A) Adenine والكوانين Guanine (G) (تشير A و G إلى الإختصارات المستخدمة للقواعد النيتروجينية) **(الشكل 8-1)**.

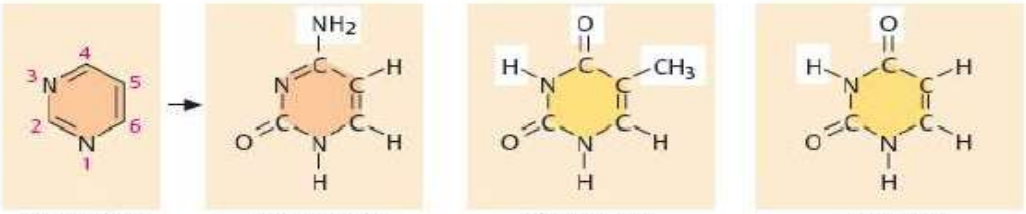


الشكل(1-8): قواعد البيورينات.

هناك قواعد نيتروجينية بيورينية تتكون نتيجة أيض الأدنين والكوانين والتي لا تدخل في تراكيب الأحماض النووية وهي الهايبوزانثين والزانثين وحامض اليوريك والتي سيتم التطرق لها في الجزء الثاني(أيض النيوكليوتيدات).

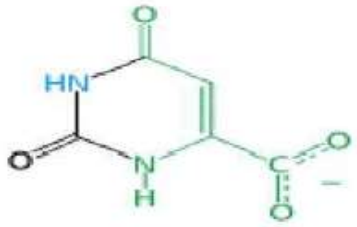
ب- قواعد البيريميدين Pyrmidine bases

توجد ثلاث قواعد بريمدينية شائعة في الأحماض النووية، وهي يوراسيل Uracil (U) وثايمين Thymine (T) وسايتوسين Cytosine (C) **(الشكل2-8)** (وتشير C, T, U إلى الاختصارات المستخدمة لهذه القواعد).



الشكل(2-8): قواعد البيريميدينات.

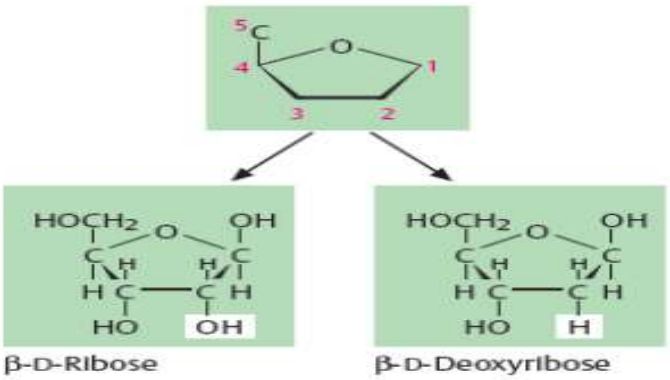
وهناك قاعدة نيتروجينية تسمى حامض الأوروتيك Orotic acid (الشكل 3-8) التي لا تدخل في تراكيب الأحماض النووية ولكنها تتكون أثناء بناء القواعد البريميدينية في الجسم. توجد قاعدة اليوراسيل في الحامض النووي الرايبوزي فقط Ribonucleic acid (RNA) بينما توجد قاعدة الثايمين فقط في الحامض النووي الديوكسي رايبوزي Deoxyribonucleic acid (DNA) .



الشكل(3-8): حامض الأورتيك.

2- السكريات الخماسية Pentose sugars

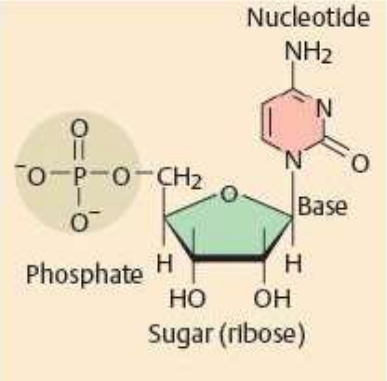
هناك نوعان من السكر الخماسي الموجود في النيوكليوتيدات والأحماض النووية وهما سكر الرايبوز D-Ribose في صيغته الحلقية Furan وسكر الديوكسي رايبوزي 2-Deoxyribose الذي تكون فيه مجموعة الهيدروكسيل في ذرة الكاربون رقم 2 مستبدلة بذرة هيدروجين (ويطلق عليه أيضاً منقوص



الشكل(7-8): سكر الديوكسي رايبوز والرايبوز .

3- حامض الفوسفوريك Phosphoric acid

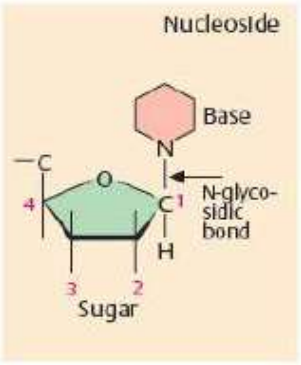
إن مجاميع الهيدروكسيل في المواقع 2′ ، 3′ ، 5′ لسكر الرايبوز وفي المواقع 3′ ، 5′ لسكر الديوكسي رايبوز يمكن أن تتأستر مع حامض الفوسفوريك لتوليد نيوكليوتيدات **(الشكل8-8)** التي تشارك في تكوين الأحماض النووية.



الشكل(8-8): مجموعة الفوسفات في موقع رقم 5′ لسكر الرايبوز في النيوكليوتيد.

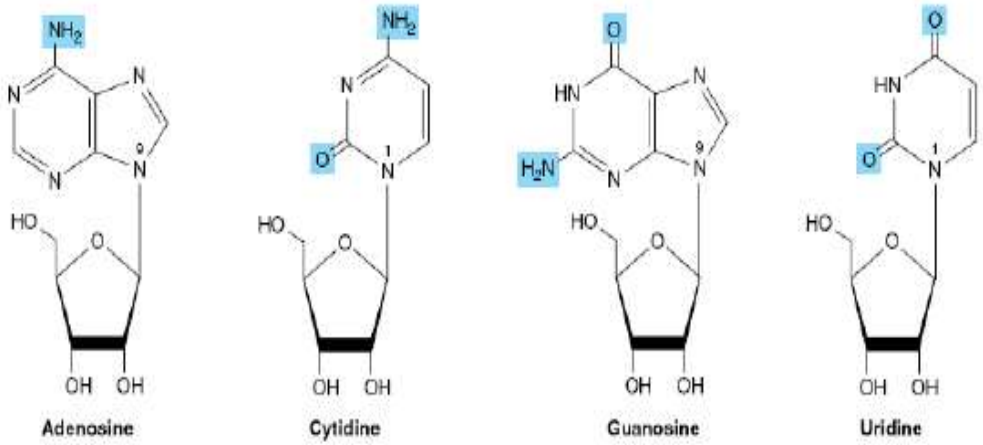
النيوكليوسيدات Nucleosides

تتكون النيوكليوسيدات بصورة عامة من قاعدة بيورينية او بريمدينية مرتبطة مع السكر الخماسي (الرايبوز أو الديوكسي رايبوز) وذلك من خلال آصرة كلايكوسيدية Glycosidic linkage من نوع بيتا (β) (إذا كانت مجموعة الهيدروكسيل المتصلة بالكاربون للسكر إلى الأعلى) وهو ارتباط بين ذرة كاربون رقم واحد للسكر مع ذرة النيتروجين في الموقع رقم 9 للبيورين او مع ذرة النيتروجين في الموقع رقم واحد للبيريميدين **(الشكل 9-8) وهناك نوعان من النيوكليوسيدات هما:**



الشكل(9-8): تكوين الآصرة الكلايكوسيدية N-glycosidic bond.

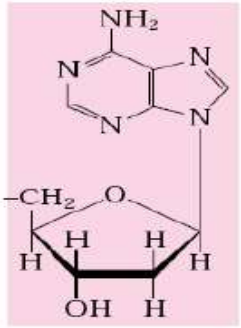
1- النيوكليوسيدات الرايبوزية Ribonucleoside إن القواعد النيتروجينية التي تحتوي على سكر الرايبوز مثل الأدنين تسمى أدينوسين Adenosine والسايتوسين الحاوي على رايبوز يسمى سايتدين Cytidine وكذلك الكوانسين Guanosine واليوردين Uridine **(الشكل 10-8)**.



الشكل(10-8): الرايبونيكليوسيدات

2- النيوكليوسيدات الديوكسي رايبوزية Deoxyribonucleoside إن القواعد النيتروجينية التي تحتوي على سكر الديوكسي رايبوز مثل الأدنين الحاوي على ديوكسي رايبوز يسمى 2′- ديوكسي أدينوسين Deoxyadenosine - 2′ والسايتوسين الحاوي على ديوكسي رايبوز يسمى 2′- ديوكسي سايتدين Deoxycytidine - 2′ **(الشكل 11-8)** وهكذا يلاحظ إن النيوكليوسيدات المشتقة من البيورينات تنتهي بالمقطع (وسين) osine أما النيوكليوسيدات المشتقة من البريميدينات تنتهي بالمقطع (دين) idine **(الجدول 2-8)**.

يمكن الحصول على النيوكليوسيدات من النيوكليوتيدات وذلك بتحلل حامض الفسفوريك من الأخيرة بوساطة بعض الإنزيمات أو بفعل محلول قاعدي.



الشكل(10-8): 2′- ديوكسي أدينوسين.

النيوكليوتيدات Nucleotides

النيوكليوتيدات هي مركبات ناتجة من أسترة للنيوكليوسيدات بحامض الفوسفوريك مع إحدى مجاميع الهيدروكسيل الحرة للسكر الخماسي أي أن:

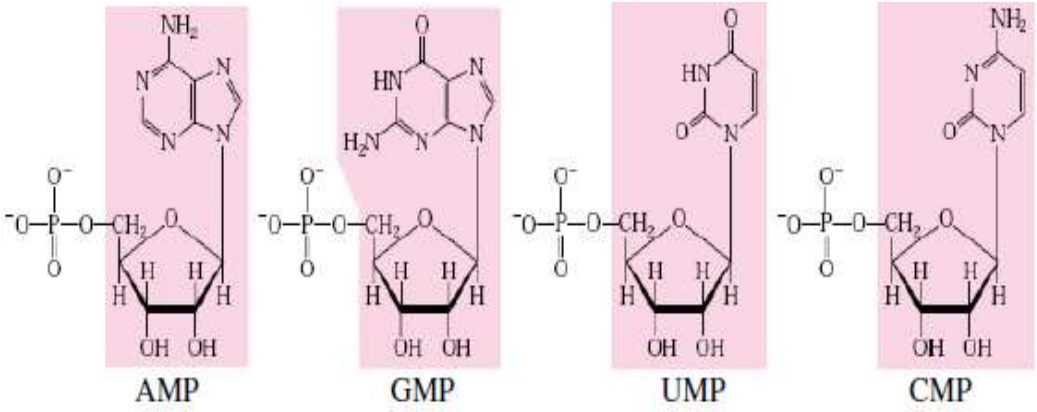
النيوكليوتيد = نيوكليوسيد (قاعدة نيتروجينية مع سكر خماسي) + حامض الفوسفوريك

وكما هو الحال مع النيوكليوسيدات هناك نوعان من النيوكليوتيدات (**الجدول 1-8 و 2-8**):

1- النيوكليوتيدات الرايبوزية : التي تحتوي على سكر الرايبوز لاحظ (**الجدول 1-8**) الذي يشمل أنواع النيوكليوتيدات الرايبوزية و(**الشكل 11-8**) يوضح تراكيبها الكيميائية.

الجدول(1-8) : تسمية القواعد عند تحولها الى الرايبونيكلوسيدات والرايبونيكلوتيدات.

القاعدة النيتروجينية والرمز	الرايبونيكليوسيدات	الرايبونيكليوتيدات والرمز
أدنين (A)	أدينوسين	أدينوسين أحادي الفوسفات(AMP)
كوانين (G)	كوانوسين	كوانوسين أحادي الفوسفات(GMP)
يوراسيل (U)	يوريدين	يوردين أحادي الفوسفات(UMP)
سايتوسين (C)	سايتيدين	سايتيدين أحادي الفوسفات(CMP)

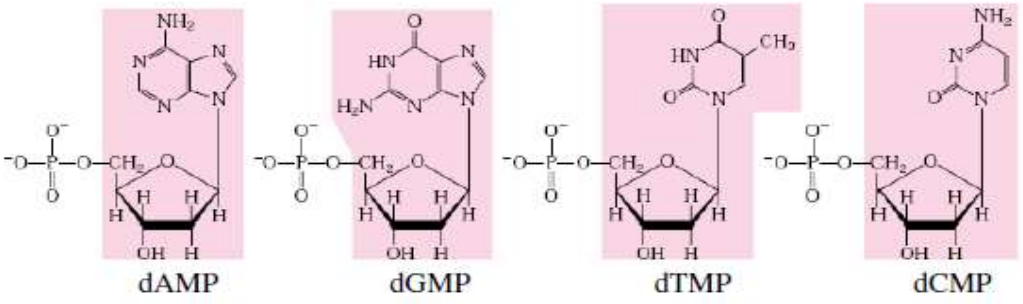


الشكل(11-8): التراكيب الكيميائية للنيوكليوتيدات الرايبوزية.

2- النيوكليوتيدات الديوكسي رايبوزية: إن النكليوتيدات التي تحتوي على سكر ديوكسي رايبوز لاحظ (**الجدول 2-8**) والذي يشمل انواع النيوكليوتيدات الديوكسي رايبوزية و**الشكل (12-8)** يوضح تراكيبها الكيميائية.

جدول(2-8) :تسمية القواعد عند تحولها الى الديوكسي رايبونيكلوسيدات والديوكسي رايبو نيكلوتيدات.

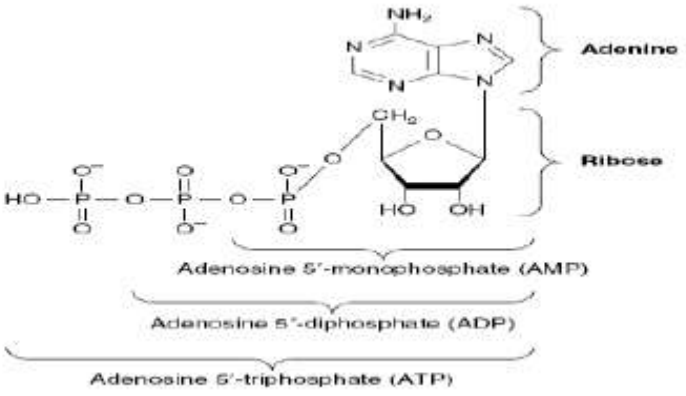
القاعدة النيتروجينية والرمز	الديوكسي رايبونيكليوسيدات	الديوكسي رايبونيكليوتيدات والرمز
أدنين (A)	ديوكسي أدينوسين	ديوكسي أدينوسين أحادي الفوسفات (dAMP)
كوانين (G)	ديوكسي كوانوسين	ديوكسي كوانوسين أحادي الفوسفات (dGMP)
ثايمين (T)	ديوكسي ثايميدين	ديوكسي ثايميدين أحادي الفوسفات (dTMP)
سايتوسين (C)	ديوكسي سايتيدين	ديوكسي سايتيدين أحادي الفوسفات (dCMP)



الشكل (12-8): تراكيب النيوكليوتيدات الديوكسي رايبوزية.

وكما هو معلوم توجد مجموعتان أو أكثر من مجاميع الهيدروكسيلية الحرة التي يمكن من خلالها مهاجمة مجموعة الفوسفات لتكوين الإستر ففي حالة النيوكليوتيدات الديوكسي رايبوز هناك موقعان فقط وهما 3′ و5′ لتتأستر مع حامض الفوسفوريك أما النيوكليوتيدات الرايبوزية فهناك ثلاثة مواقع وهم 2′ و3′ و5′ يمكن أن تكون فيها مجموعة الفوسفات والتي وجدت جميعها بوصفها نواتج التحليل المائي للحامض النووي الرايبوزي وبوساطة التحلل باستخدام مجموعة من الإنزيمات تسمى نيوكليز Nuclease.

إن الخلايا الحية تحوي أيضاً على النيوكليوسيدات الثنائية أو ثلاثية الفوسفات (في الموقع رقم 5′) فمثلاً الأدينوسين الأحادي الفوسفات يمكن أن يكوّن أدينوسين ثنائي الفوسفاتADP وأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP (الشكل 13-8). إن مجاميع الفوسفات لهذه المركبات يرمز لها بالرموز α و β و γ وكذلك بقية القواعد الأحادية الفوسفات.



الشكل(13-8): تراكيب AMP و ADP و ATP.

الاحماض النووية Nucleic acid

هي وحادت متكررة من النيوكليوتيدات مرتبطة مع بعضها باواصر فوسفاتية ثنائية الاستر وتسمى السلسة الطويلة من النيوكليوتيدات التي يكون فيها السكر الخماسي ديوكسي ريبوز منقوص الاوكسجين (بالديوكسي رايبونيوكلك اسد) (Deoxyribo nucleic acid) وتختصر (DNA) ، اما اذا كان السكر الخماسي من نوع الرايبوز يسمى (رايبو نيوكللك اسد) (Ribonucleic acid) وتختصر (RNA).

تقوم الاحماض النووية بالسيطرة على حفظ ونقل المعلومات الوراثية في الكائنات الحية وتخليق البروتينات في الخلية .

1- الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين (DNA):-

وضع العالمان واتسون وكريك Watson and Crick نظريتهما حول تركيب جزيئة DNA والتي تفيد بأن جزيئة ال DNA تتالف من سلسلتين من النيوكليوتيدات المتعددة تلتف حلزونيا حول بعضهما البعض لتشكل مايشبه الحلزون المزدوج (Double Helix) وتكون متعاكستين في الاتجاه. تتماسك هاتين السلسلتين مع بعضهما من خلال الاواصر الهيدروجينية التي تنشا بين الازواج المناسبة من القواعد النتروجينية خيث يرتبط A= T و G≡C .

2- الحامض النووي الرايبوزي(RNA) :-

تحتوي خلايا الكائنات الحية عى انواع من RNA تختلف عن بعضها بالتركيب الكيميائي او الحجم او الوظيفة واماكن تواجدها في الخلية . تؤلف جزيئة RNA حوالي(10-5%) من الوزن الكلي للخلية الحية وقد تم التعرف على ثلاث انواع اساسية من RNA وهي :-

1- الحامض النووي الرايبوزي المرسل Messenger Ribonucleic acid (mRNA)

يحتوي على القواعد النتروجينية الاساسية الاربعة وهي (A, G, C, U). ويكون على شكل خيط مفرد ذو اطوال مختلفة نسبته 5% من الحامض النووي الرايبوزي الكلي في الخلية . يتم بناء هذا الحامض داخل النواة بمساعدة بعض الانزيمات بعملية الاستنساخ Transcription وبعد اكتمال تكوينه داخل النواة ينتقل الى السايتوبلازم متجه الى الرايبوسوم حيث مكان صنع البروتين. يلعب

دورا مهما في عملية ترتيب الاحماض الامينية داخل البروتين حيث تنتقل الصفات لوراثية المميزة لجزيئة DNA (أي تحمل الشفرات الخاصة ببناء جزيئة او اكثر من البروتينات).

2- الحامض النووي الرايبوزي الناقل (Transfer Ribonucleic acid (tRNA :-

يتالف من سلسة منفردة ذات وزن جزيئي واطىء نسبيا تتالف تلك السلسلة من عدد من النيوكليوتيدت من (92-37) وحدة ويشكل 15% من RNA الخلية الكلي.

يلعب دورا مهما في عمية تصنيع جزيئات البروتين حيث يقوم بنقل الاحماض الامينية الى اماكن صنع البروتين في الرايبوسومات داخل الخلية.

3- الحامض النووي الرايبوزومي (Ribosomal Ribonucleic acid (rRNA :-

تتالف الرايبوسومات في الخلية من كمية كبيرة من الاحماض النووية المتحدة مع البروتينات (البروتينات النووية). في عملية تصنيع البروتين داخل الخلية يتحد rRNA مع mRNA ليكونا القالب الرايبوزومي الذي يتحكم في تكوين جزيئة البروتين ونوعه.