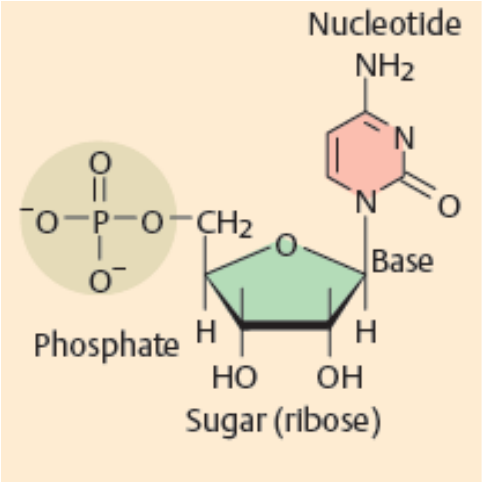
تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

3- حامض الفوسفوريك Phosphoric acid

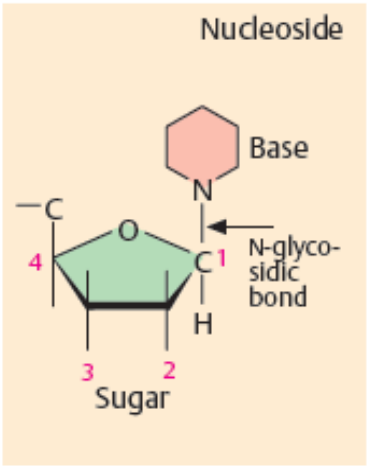
إن مجاميع الهيدروكسيل في المواقع 2′ ، 3′ ، 5′ لسكر الرايبوز وفي المواقع 3′ ، 5′ لسكر الديوكسي رايبوز يمكن أن تتأستر مع حامض الفوسفوريك لتوليد نيوكليوتيدات **(الشكل8-8)** التي تشارك في تكوين الأحماض النووية.



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:**

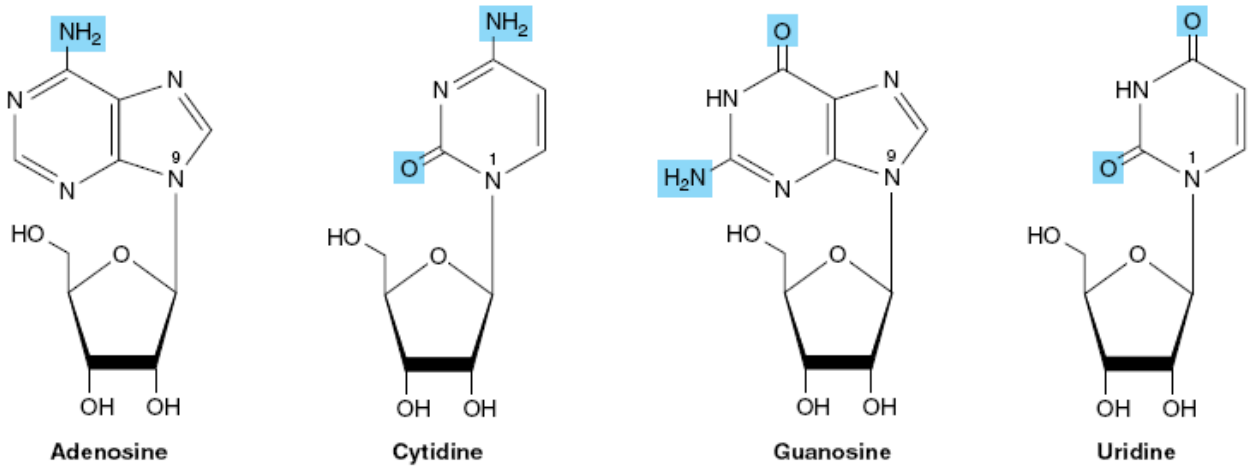


الشكل(9-8): تكوين الآصرة الكلايكوسيدية N-glycosidic bond.

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

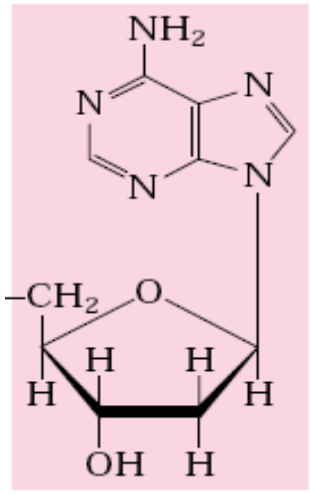
1- النيوكليوسيدات الرايبوزية Ribonucleoside إن القواعد النيتروجينية التي تحتوي على سكر الرايبوز مثل الأدنين تسمى أدينوسين Adenosine والسايتوسين الحاوي على رايبوز يسمى سايتدين Cytidine وكذلك الكوانسين Guanosine واليوردين Uridine **(الشكل 10-8)**.



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.

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

النيوكليوتيدات Nucleotides

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

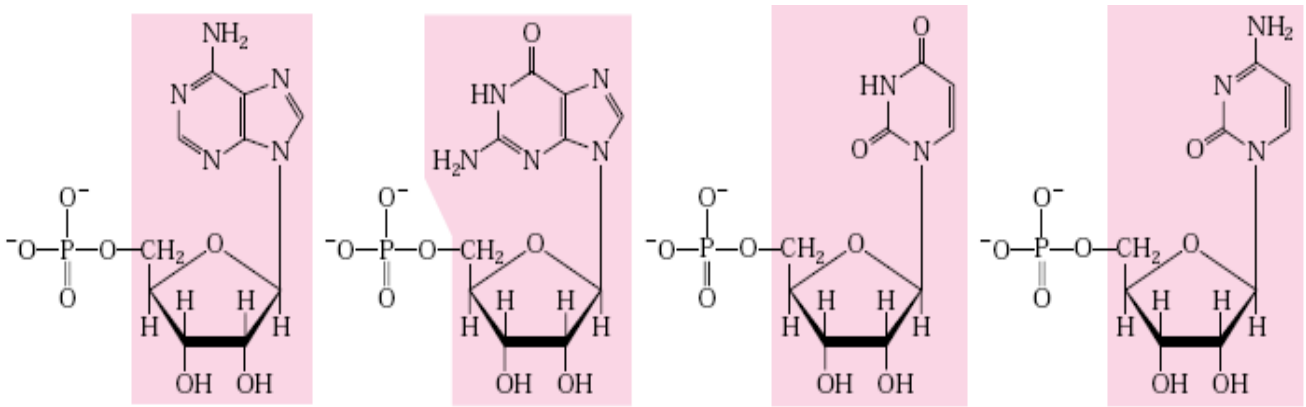
النيوكليوتيد = نيوكليوسيد (قاعدة نيتروجينية مع سكر خماسي) + حامض الفوسفوريك

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.

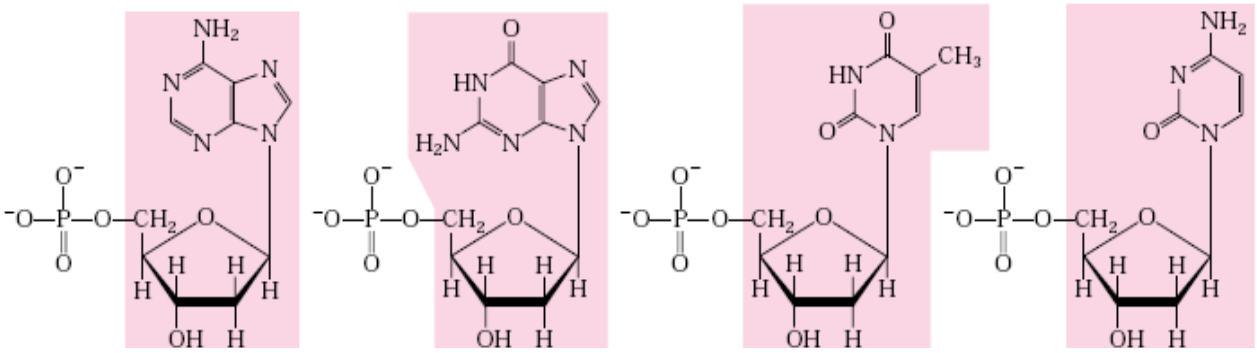
2– النيوكليوتيدات الديوكسي رايبوزية: إن النكليوتيدات التي تحتوي على سكر ديوكسي رايبوز لاحظ (**الجدول 2–8**) والذي يشمل انواع النيوكليوتيدات الديوكسي رايبوزية و**الشكل (12–8)** يوضح تراكيبها الكيميائية.

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

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)



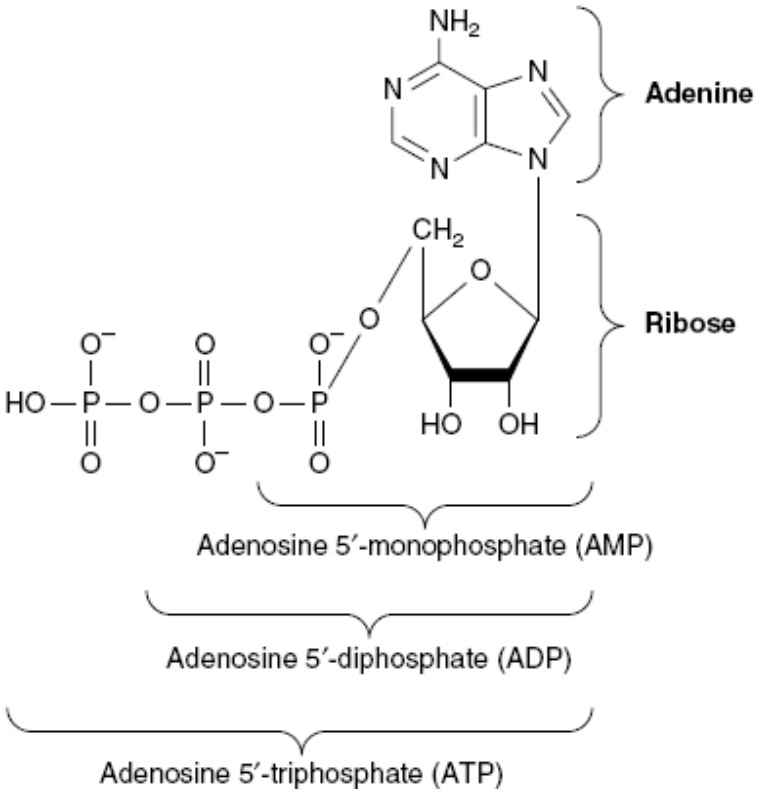
الشكل (12-8): تراكيب النيوكليوتيدات الديوكسي رايبوزية.

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 نيوكلييز 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.

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com



الشكل(13–8): تراكيب AMP و ADP و ATP.

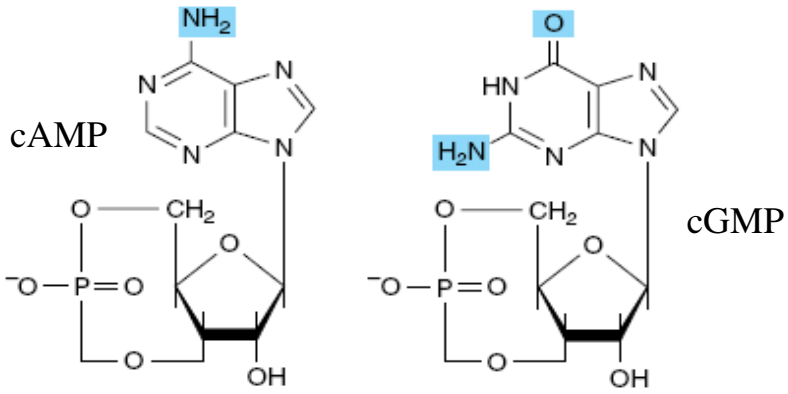
هناك بعض النيوكليوتيدات تنتج من التحلل المائي لبعض الروابط النيوكليوتيدية الرايبوزية في RNA والتي تكون غير شائعة تحوي مجموعة الفوسفات في الموقع 2′ أو 5′ من السكر الرايبوزي.

النيوكليوتيدات الحلقية Cyclic nucleotides

تتكون النيوكليوتيدات الحلقية من أسترة مجموعة الفوسفات مع ذرتي كاربون، ومثال ذلك أدينوسين 3′ ، 5′ – أحادي الفوسفات الحلقي Adenosine 3′ , 5′ - cyclicmonophosphate (cAMP) والكوانوسين 3′ ، 5′ – أحادي الفوسفات الحلقي Guanosine 3′ , 5′ - cyclicmonophosphate (cGMP) **(الشكل 14–8)**. تلعب هذه النيوكليوتيدات دوراً مهماً في العمليات الأيضية لعدد من الهرمونات وقد أطلق عليها المرسل أو الرسول الثاني Second messenger ، لأنها تعمل على نقل وتجسيم الإشارات الكيميائية التي تصل عن طريق الدم من الهورمونات (تسمى الهورمونات بالمرسل الأول First messenger).

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

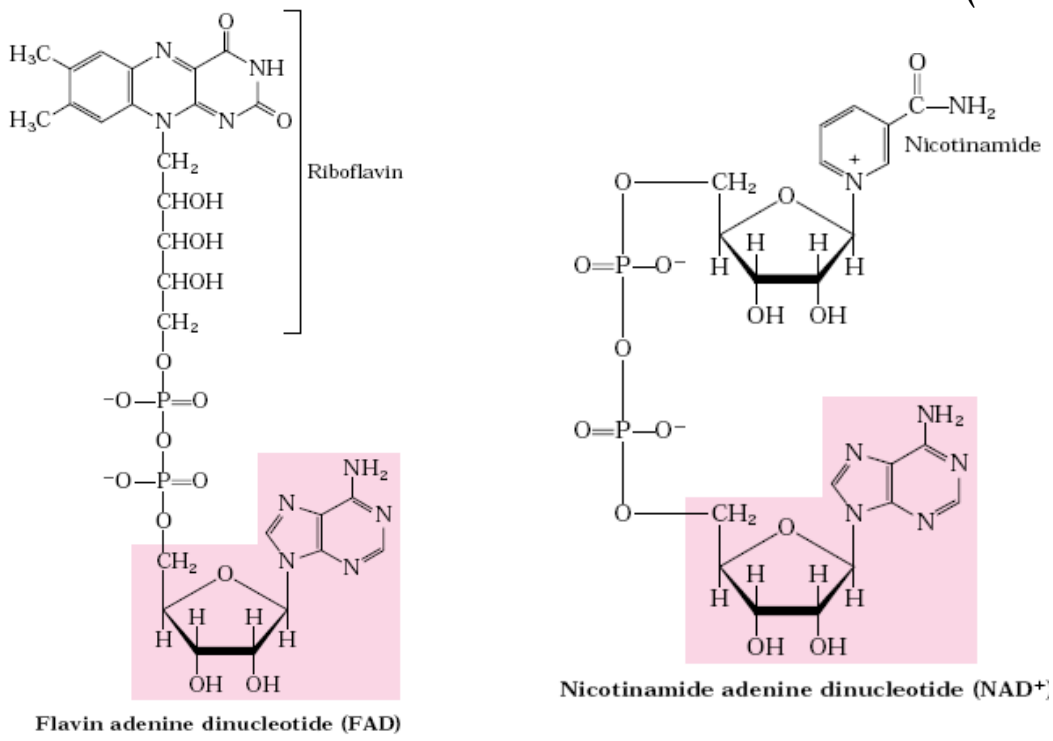
تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com



الشكل(14-8): أدينوسين ′3 ، ′5 – أحادي الفوسفات الحلقي والكوانوسين′3 ،′5 – أحادي الفوسفات الحلقي.

النيوكليوتيدات المقترنة Conjugated Nucleotides

النيوكليوتيدات المقترنة عبارة عن رايبونيوكليوتيدات أو الديوكسي رايبونيوكليوتيدات مرتبطة مع مجاميع مستبدلة وتحوي هذه المركبات أيضاً على مجموعة فوسفات أحادية أو ثنائية الفوسفات، والتي لها وظائف بايولوجية مهمة وتدخل بوصفها مرافقات إنزيمية (Coenzymes) أثناء بناء الدهون أو السكريات أو تفاعلات الأكسدة والاختزال ومثال ذلك: مساعد الإنزيم نيكوتنأميد أدنين ثنائي النيوكليوتيد (NAD$^+$) Nicotinamide adenine dinucleotide ونيكوتنأميد أدنين ثنائي النيوكليوتيد فوسفات (NADP$^+$) والفلافين أدنين ثنائي النيوكليوتيد (FAD) Flavin adenine dinucleotide والفلافين أدنين أحادي النيوكليوتيد (FMD) Flavin adenine mononucleotide ومرافق الإنزيم A(Coenzyme A) **(الشكل 15-8).**

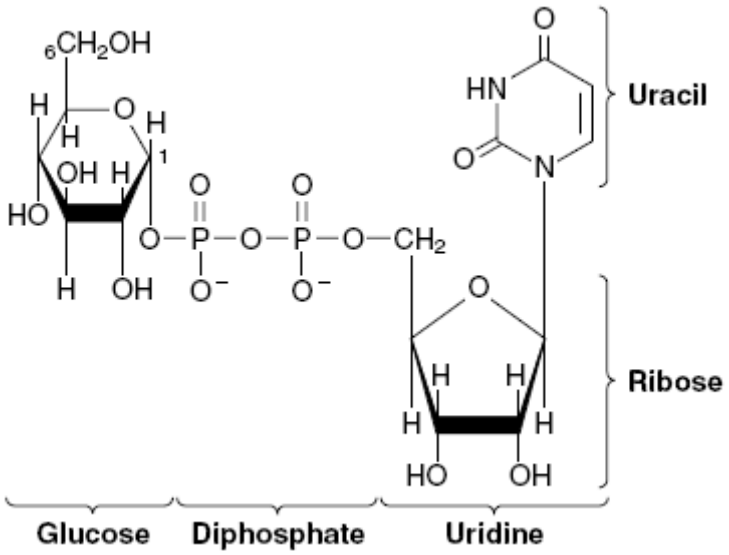


الشكل(15-8): تركيب النيوكليوتيدات المقترنة FAD و NAD^+.

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

فضلاً عن وظائفها بوصفها مرافقات إنزيمية، يمكن أن تستخدم أيضاً نواقل متخصصة لبعض الوحدات البنائية للجزيئات مثال ذلك اليوردين ثنائي فوسفات Uridine diphosphate (UDP) الذي يستخدم ناقلاً متخصصاً لوحدات سكر الكلوكوز أثناء البناء الحيوي للسكريات المتعددة (**الشكل 16-8**) ويستخدم كذلك نيوكليوتيد السايتدين ثنائي الفوسفات Cytidine diphosphate choline ناقلاً لمجاميع الكولين لبناء الدهون المفسفرة.



الشكل(16-8): يوردين ثنائي فوسفات الكلوكوز.

وظائف النيوكليوتيدات

1- تعد بعض النيوكليوتيدات مركبات حاملة للطاقة الكيميائية في الخلايا مثل ATP وGTP وان الشكل الرئيس للطاقة الكيميائية هو الأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP إذ يستهلك ATP في تفاعلات أيضية مختلفة وتشارك أيضاً في عمليات أخرى مثل تقلص العضلات والنقل الفعّال عبر الأغشية ومصدراً للفوسفات (واهباً لمجموعة فوسفات).

2- دور النيوكليوتيدات بوصفها وحدات بنائية متكررة في الأحماض النووية (DNA و RNA). إذ تستخدم جزيئات ATP, CTP, GTP, UTP كوحدات لبناء RNA. وجزيئات dCTP, dGTP, dTTP dATP في بناء DNA.

3- دورها بوصفها وسائط فسيولوجية للعديد من العمليات الحياتية فمثلاً تشارك النيوكليوتيدات الحلقية مرسلاً ثانياً للعديد من الهورمونات.

4- تدخل النيوكليوتيدات بوصفها مكونات للعديد من المرافقات الإنزيمية مثل NAD^+، $NADP^+$، FAD ، FMD ومرافق الإنزيم A والتي تدخل في العديد من التفاعلات الأيضية المختلفة.

5- بعض النيوكليوتيدات تدخل بوصفها نواتج وسطية ناقلة للعديد من التفاعلات مثال ذلك اليوردين ثنائي الفوسفات كلوكوز UDP-glucose ويوردين ثنائي الفوسفات – كالاكتوز UDP-galactose ويوردين

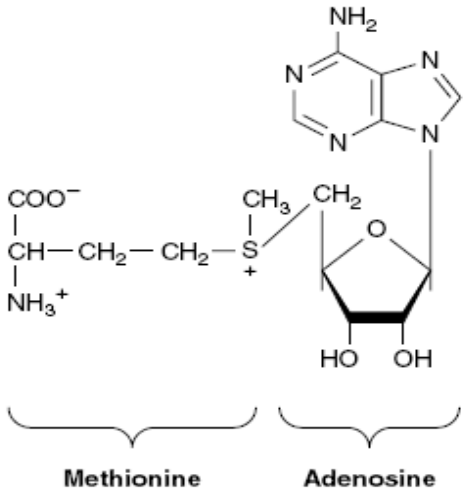
تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com

ثنائي الفوسفات لحامض الكلوكورونيك UDP-glucuronic والكوانوسين ثنائي الفوسفات مانوز GDP-mannose وتستخدم هذه المركبات لبناء الكلايكوجين وأيض الكلاكتوز والبليروبين أو نقل وحدات السكر أثناء بناء البروتينات السكرية.

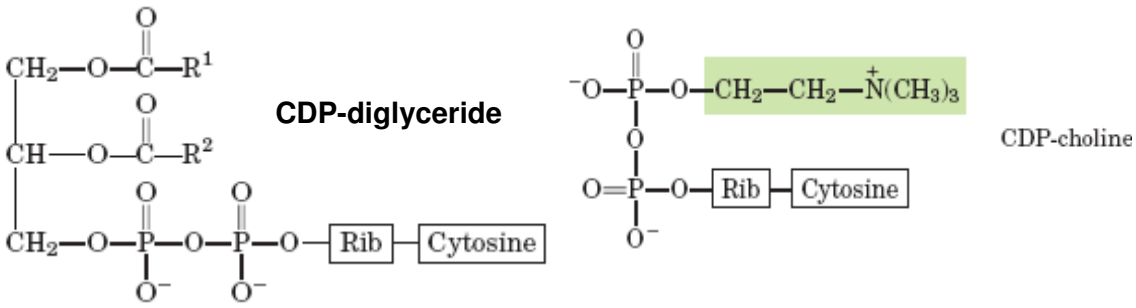
6- تدخل بعض النيوكليوتيدات بوصفها منظمات ألوستيرية Allosteric في المسارات الأيضية من خلال تراكيزها في الخلية فمثلاً نسبة ATP إلى ADP تؤثر على تفاعلات مسار الكلايكولسيز Glycolysis إذ أن زيادة النسبة أو نقصانها تؤدي إلى تثبيط أو تنشيط بعض إنزيمات المسار.

7- تعد بعض النيوكليوتيدات ناقلة لبعض المجاميع الفعالة، فعلى سبيل المثال تنقل جزيئة ATP مجموعة المثيل الفعالة Active methyl وتحمل جزيئة AMP الأحماض الأمينية الفعالة أثناء بناء البروتينات فيلاحظ إن مشاركة الحامض الأميني ميثونين في التفاعلات عبر إضافة مجموعة المثيل تحتاج في البداية تكوين الميثونين النشط وقد وجد بأن هذا المركب هو في الواقع نيوكليوسيد أدينيني هو S- أدينوسيل الميثيونين S-Adenosyl methionine **(الشكل 17-8)**.



الشكل(17-8): S- أدينوسيل الميثيونين.

8- السايتدين يستفاد منه في بناء سايتدين ثنائي الفوسفات كولين Cytidine diphosphate choline (CDP-choline) وسايتدين ثنائي الفوسفات ثنائي الكلسيريد Cytidine diphosphate diglyceride (CDP-diglyceride) **(الشكل 18-8)** الذين يدخلان في عملية بناء الدهون والدهون المفسفرة.



الشكل(18-8): سايتدين ثنائي الفوسفات كولين CDP-choline وسايتدين ثنائي الفوسفات ثنائي الكلسيريد CDP-diglyceride .

تم رفع هذا الكتاب من طرف موقع exophy :
www.exophy.blogspot.com