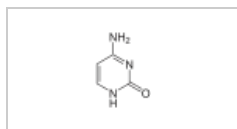


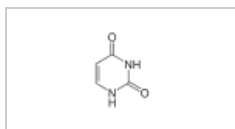
# Základní složky nukleových kyselin

**Mononukleotid** obsahuje tři složky, a sice **pentózu, fosfát a dusíkatou bázi**. Centrální postavení mezi nimi má pentóza, buď  $\beta$ -D-ribofuranóza (**ribóza**) nebo 2'-deoxy- $\beta$ -D-ribofuranóza (**deoxyribóza**). V nukleotidech se uhlíky pentózy číslují s apostrofem (C2'..cé dvě s čarou), aby se odlišily od uhlíků báze. Podle typu pentózy se rozlišují ribonukleové kyseliny (ribonucleic acid, **RNA**) a deoxyribonukleové kyseliny (**DNA**). Pentóza se vyskytuje v různých konformacích. Jestliže C2' vystupuje nad rovinu furanózového kruhu shodně s C5', jde o konformaci 2'-endo, jestliže takto vystupuje C3', konformace se nazývá 3'-endo. Konformace pentóz se mění při funkčně významných proměnách ve vyšší struktuře nukleových kyselin.

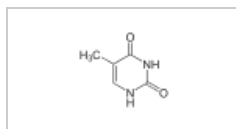
Na C1 pentózy je N- $\beta$ -glykosidovou vazbou navázána **báze**. Báze jsou odvozeny buď od pyrimidinu (**cytosin, uracil, thymin**) nebo od purinu (**adenin, guanin**). V RNA se thymin vyskytuje jen výjimečně, DNA neobsahuje uracil. Nositelem bazického charakteru těchto sloučenin jsou heterocyklické dusíky, které však v buňce při pH kolem 7 nejsou protonovány.



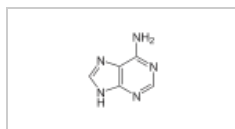
Cytosin



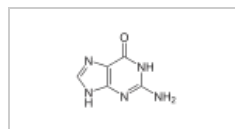
Uracil



Thymin

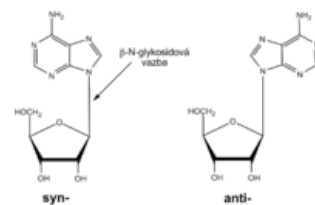


Adenin



Guanin

**Sloučenina dusíkaté báze se sacharidem** se nazývá **nukleosid**, podle pentózy ribonukleosid (konkrétně adenosin, guanosin, cytidin, thymidin) nebo deoxyribonukleosid (deoxyadenosin, deoxyguanosin, deoxycytidin, deoxyuridin). Heterocykly bází jsou ploché, jejich rovina je přibližně kolmá k rovině furanózového kruhu pentózy. Na první pohled se zdá, že báze může vzhledem k pentóze rotovat kolem glykosidové vazby. Sterické zábrany však umožňují zaujmout pouze *syn*- nebo *anti*-konformaci, podle toho, zda je báze kolem glykosidové vazby otočena nad plochu pentózy (*syn*-) nebo na stranu opačnou (*anti*-). V přirozené dsDNA převládá *anti*-konformace purinů i pyrimidinů.



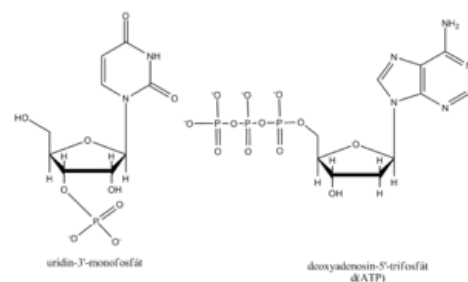
Syn- a anti- konformace nukleosidu adenosinu

**Esterifikací sacharidu kyselinou trihydrogenfosforečnou** z nukleosidu vzniká **nukleotid**. V ribonukleotidech může být fosfát navázán v poloze 2', 3' nebo 5', v deoxyribonukleotidech v poloze 3' nebo 5'.

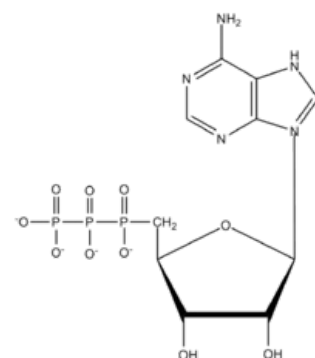
Vzhledem ke složitosti vzorců a délce názvů složek nukleových kyselin nomenklaturní komise **Mezinárodní unie pro čistou a použitou chemii (IUPAC)** stanovila pravidla pro užívání názvů, zkratk jedno- nebo třípísmenových symbolů. Nejužívanější z nich uvádí tabulka:

Názvosloví, symboly a zkratky nukleových kyselin a jejich složek

Báze	Ribonukleosid			Deoxyribonukleosid		
	N			dN		
Pyrimidinové	Pyr	-idin	Y	Pyd	Deoxy- -idin	dY dPyd
Cytosin	Cyt	Cytidin	C	Cyd	Deoxycytidin	dC dCyd
Uracil	Ura	Uridin	U	Urd	Deoxyuridin	dU dUrd
Thymin	Thy	Ribosylthymin	T	Thd	(Deoxy)thymidin	dT dThd
Purinové	Pur	-osin	R	Puo	Deoxy- -osin	dR dPud
Adenin	Ade	Adenosin	A	Ado	Deoxyadenosin	dA dAdo
Guanin	Gua	Guanosin	G	Guo	Deoxyguanosin	dG dGuo
Hypoxantin	Hyp	Inosin	I	Ino		
Xantin	Xan	Xantosin	X	Xao		
Orotát	Oro	Orotodin	O	Ord		



Příklady nukleotidů



Chemická struktura ATP

## Příklady

Uridin-5'-fosfát	Urd-5'-P	UMP
Uridin-3'-fosfát	Urd-3'-P	
Adenosin-5'-difosfát	Ado-5'-PP	ADP
Adenosin-5'-trifosfát	Ado-5'-PPP	ATP
Cyklický adenosin-3',5'-fosfát	Ado-3',5'-P	cAMP
Deoxycytidin-5'-fosfát	dCyd-5'-P	dCMP
Izoakceptorové RNA	tRNA <sub>1</sub> <sup>AA</sup> , tRNA <sub>2</sub> <sup>AA</sup> , tRNA <sub>5</sub> <sup>AA</sup>	
Aminoacyl-tRNA	AA-tRNA	
Heterogenní jaderná RNA	hnRNA	
Malá jaderná RNA	snRNA (small nuclear RNA)	
Malá jadérková RNA	snoRNA (small nucleolar RNA)	
DNA komplementární k mRNA	cDNA	

### Poznámky k tabulce:

1. Komise IUPAC rezervovala jednopísmenové symboly C, T, A, G apod. pro nukleosidy zařazené v oligo- nebo polynukleotidu. Píše se CpUpGpAp nebo C-U-G-Ap v případě RNA a d(pApGpT) nebo d(pA-G-T) v případě DNA. Fosfáty (a koncové fosfáty) se značí malým písmenem p. Pokud není polarita řetězce udána čísly nebo šipkami mezi písmeny, pak 5'-konec řetězce se v zápisu nalézá vlevo a 3'-konec vpravo. Je-li na některém konci symbol p, znamená to, že koncová 5'- nebo 3'-OH skupina je esterifikována fosfátem. Jednopísmenové symboly se nepoužívají pro mononukleotidy; ty se mohou popisovat pouze třípísmenovými symboly a fosfát je zapisován jako velké písmeno P.
2. Předpona deoxy- se zpravidla u thymidinu vynechává, takže dT je thymidin. T je ribosylthymín, vyskytuje se např. v transferových RNA.
3. Zkratky ATP, CDP, dGMP jsou rezervovány pouze pro nukleosid-5'-fosfáty, nikoli 3'- nebo 2'-fosfáty. První fosfát, označovaný jako  $\alpha$ , je na pentózu napojen esterovou vazbou, druhý ( $\beta$ ) a třetí ( $\gamma$ ) fosfát tvoří s předchozím fosfátem anhydrid.
4. Fosfát se může fosfodiesterovou vazbou vázat na dva uhlíky téže pentózy, čímž vzniká ve sloučenině další heterocyklus, proto se sloučenina nazývá cyklický nukleotid. Zkratkami cAMP a cGMP se označují příslušné 3',5'-fosfáty; mají významnou signální funkci v buňce.

### Minoritní báze

Vedle uvedených základních složek se v nukleových kyselinách vyskytují další, tzv. **minoritní báze a nukleosidy**. Většinou vznikají dodatečnou metylací báze nebo pentózy po jejich vestavění do polynukleotidu, existuje např. N-6-metyladenosin ( $m^6A$ ), 5-methylcytosin ( $m^5C$ ), 2'-O-methylguanosin (Gm). V transferových RNA se nachází dihydrouracil a thyminribosid. Minoritní báze a nukleosidy se asi účastní tvorby signálních míst nebo jejich substituenty chrání nukleovou kyselinu před štěpením nukleázami. Další báze jsou metabolity základních bází, např. hypoxantin (6-oxopurin), xantin (2,6-dioxopurin) a kyselina močová (2,6,8-trioxopurin). Methylxantiny kofein (1,3,7-trimethylxantin), theofyllin (1,3-dimethylxantin) a theobromin (3,7-dimethylxantin) jsou farmakologicky účinné látky rostlinného původu.

### Tautomerie bází a jejich další vlastnosti

Z vlastností bází je významná jejich **tautomerie**, kdy se izomery liší rozložením elektronů a protonů v molekule. Tato skutečnost je umožněna aromatickým charakterem heterocyklických kruhů, které existují v tautomerní rovnováze. U aminoskupin pozorujeme amino/imino tautomerii, u oxoskupin máme keto/enol tautomery. <sup>[1]</sup>

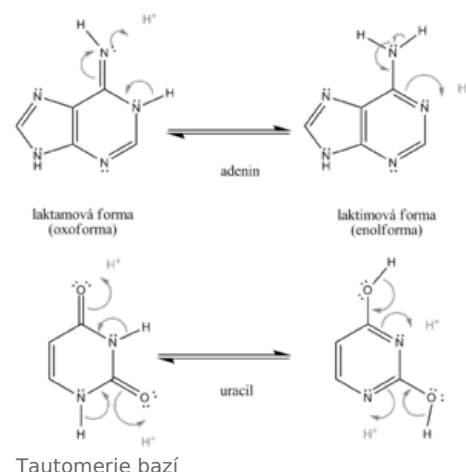
V buňce při pH kolem 7 převažuje laktamová forma u uracilu, guaninu a thyminu a laktimová forma u cytosinu a adeninu. Tautomerie je důležitá pro správné párování bází ve dvouřetězcových nukleových kyselinách.

Další vlastností bází je jejich charakteristické spektrum s maximem  $\lambda=260$  nm. Je využíváno v řadě metodických přístupů ke studiu nukleových kyselin (čistota preparátu nukleových kyselin, jejich koncentrace, denaturace apod.)

## Odkazy

### Související články

- Struktura nukleových kyselin
- Primární struktura nukleových kyselin
- Štěpení nukleové kyseliny hydrolýzou
- Metody sekvencování
- Sekundární struktura DNA
- Denaturace nukleových kyselin, molekulární hybridizace
- Sekundární struktura RNA
- Topologie DNA



- Interakce DNA s proteiny
- Bakteriální chromozom
- Eukaryotické chromosomy
- DNA mitochondrií

*Další kapitoly z knihy ŠTÍPEK, S.: Stručná biochemie uchování a exprese genetické informace:*

**Struktura nukleových kyselin:** Základní složky nukleových kyselin • Primární struktura nukleových kyselin • Řetězec nukleové kyseliny lze štěpit neenzymovou nebo enzymovou hydrolýzou • Metody sekvencování •

**Sekundární a vyšší struktura nukleových kyselin:** Sekundární struktura DNA • Denaturace a reasociace řetězců nukleových kyselin, molekulární hybridizace • Sekundární struktura RNA • Topologie DNA; • Interakce DNA s proteiny, struktura chromosomu • Bakteriální chromosom • Eukaryotické chromosomy • DNA mitochondrií

**Biosyntéza nukleových kyselin:** Replikace DNA • Transkripce

**Biosyntéza polypeptidového řetězce - translace:** Transferové RNA (tRNA) • Aktivace aminokyselin, syntéza aminoacyl-tRNA • Funkce ribozómů v translaci • Translace u prokaryotů • Struktura ribozómů • Iniciace translace • Elongace peptidů • Terminace translace • Inhibitory bakteriální translace • Translace u eukaryotů • Struktura ribozómů • Iniciace eukaryotické translace • Elongace eukaryotické translace • Terminace eukaryotické translace • Inhibitory eukaryotické translace

**Genetický kód**

**Biosyntéza nukleových kyselin a proteosyntéza v mitochondriích:** Replikace mitochondriální DNA • Mitochondriální transkripce • Mitochondriální translace

**Řízení genové exprese a proteosyntézy:** Řízení genové exprese a proteosyntézy u prokaryot • Regulace na úrovni transkripce • Regulace sigma-faktory • Jacobův-Monodův operonový model • Regulační význam cAMP u bakterií • Variace operonového řízení genů • Tryptofanový a arabinosový operon • Řízení terminace transkripce • Regulace bakteriální proteosyntézy na úrovni translace • Řízení genové exprese a proteosyntézy u eukaryot • Regulace na úrovni uspořádání genů • Regulace na úrovni transkripce • Regulace posttranskripčních úprav pre-mRNA • Regulace na úrovni translace • Řízení rychlosti degradace mRNA • Regulace funkce proteinu kotranslačními a posttranslačními úpravami

**Posttranslační úpravy a targeting proteinů:** Signální sekvence polypeptidu, volné a vázané ribozómy • Posttranslační glykosylace proteinů • Targeting nezávislý na glykosylaci proteinů • Targeting mitochondriálních proteinů • Targeting jaderných proteinů • Rozhodovací mechanismus k destrukci nefunkčních proteinů • Receptorem zprostředkovaná endocytóza

**Biochemie virů:** Reprodukce DNA virů • Reprodukce RNA virů • Interferony

**Biochemie genového inženýrství:** Štěpení DNA na definovaném místě řetězce • Účinné dělení fragmentů DNA elektroforézou • Identifikace restrikčních fragmentů • Syntéza umělé DNA • Pomnožení a exprese izolovaného nebo umělého genu v hostitelské buňce

## Zdroje

- ŠTÍPEK, Stanislav. *Stručná biochemie : Uchování a exprese genetické informace*. 1. vydání. Medprint, 1998. 92 s. s. 8-11. ISBN 80-902036-2-0.
- 1. MURRAY, Robert K. *Harperova Biochemie*. 23. vydání. Jihlava : Nakladatelství H+H, 2002. ISBN 80-7319-013-3.