



KEMI del 2

FÖR LANTMÄSTARPROGRAMMET

**Marie Bengtsson
Carl-Gustav Ekström**

Kemi del 2. För lantmästarprogrammet

Marie Bengtsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtskyddsbiologi

Carl-Gustav Ekström †, Sveriges lantbruksuniversitet

Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtskyddsbiologi
Utgivningsår:	2015
Utgivningsort:	Alnarp
ISBN (tryckt):	978-91-8124-134-1
ISBN (elektroniskt):	978-91-8124-135-8

© 2015 Författarna

INNEHÅLL

INLEDNING	1
FETT	2
Karboxylsyror som ingår i fett	3
Fetternas egenskaper.....	4
Härskning.....	5
Fetthårdning	5
Förtvålning	5
Förtvålningstal	6
Jodtal	6
Karboxylsyrabestämning	6
KOLHYDRAT	7
Monosackarider	7
Aldoser	7
Ketoser	8
Stereoisomeri	8
Analys av sockerarter	8
Cykliska former	9
Disackarider	10
Polysackarider.....	11
Stärkelse.....	11
Cellulosa	11
PROTEIN	12
Aminosyror.....	13
Peptider	13
Namn och formel för de vanligaste aminosyrorerna.....	14
Färgreaktioner	15
Proteinets struktur.....	15
Primärstruktur	15
Sekundärstruktur	16
Tertiärstruktur	17
Kvartärstruktur	17
Denaturering och koagulering	17
ENZYM	18
Enzymens byggnad.....	18
Enzymens verkningsätt.....	18
Enzymens reaktionsbetingelser	19
Hämning av enzym.....	19
Några vanliga enzym	20
Teknisk användning av enzym.....	20
CELLEN OCH DESS BYGGNAD	21

NUKLEINSYROR	22
Nukleotider.....	22
DNA	24
Duplicering av DNA.....	25
RNA.....	26
m-RNA.....	26
r-RNA	26
t-RNA	27
Proteinsyntesen	27
Den genetiska koden	29
ENERGIOMSÄTTNING I LEVANDE CELLER	30
Energirika föreningar	30
ADP och ATP.....	30
NAD och NADH ₂	31
Fotosyntesen	32
Ljusreaktionen	32
Mörkerreaktionen	32
Cellandningen	33
Glykolysen	33
Citronsyrcykeln	33
Andningskedjan	36
Alternativ till citronsyrcykeln	36
Mjölksyräjäsning	36
Alkoholjäsning	36
NEDBRYTNING AV FETT, KOLHYDRAT OCH PROTEIN	37
Fettets nedbrytning och förbränning	37
Kolhydratens nedbrytning och förbränning	37
Glykogen.....	37
Proteinets nedbrytning och förbränning	37
INSTUDERINGSFRÅGOR.....	39
LABORATIONER	
Laborationer	41
Ordningsregler och säkerhetsföreskrifter	42
Kopparsulfidens sammansättning	43
Syra-bastitrering	44
Kristallvattenhalten i kopparsulfat	46
Bestämning av hårdhet i vatten.....	47
pH-mätning	48
GRUNDÄMNE NAS PERIODISKA SYSTEM	50

INLEDNING

Biokemin (av det grekiska ordet bios = liv) behandlar de ämnen, som bygger upp den levande organismen samt de kemiska reaktioner, som äger rum i den.

Biokemin är en mycket ung vetenskap. Det finns två utvecklingslinjer till dagens biokemi. Den ena härrör från medicin och fysiologi, som biprodukt av tidiga undersökningar av den kemiska sammansättningen hos blod, urin och andra vävnader i samband med hälsa och sjukdom. Den andra linjen kommer från den organiska kemin, från tidiga studier av naturligt förekommande organiska ämnen. Under lång tid ansågs biokemin endast vara en gren av fysiologin eller en gren av kemin. Det är först under senare delen av 1900-talet som biokemin har blivit en egen vetenskap. Det finns två huvudorsaker till detta. En är upptäckten av multienzymsystem som styr alla reaktioner i cellen och upptäckten av hur energiöverföring sker. En annan är insikten att ärftlighet har en rationell molekylär grund.

De organiska ämnen som förekommer i levande organismer finns i oerhört många former, de flesta av dem är extremt komplicerat uppbyggda. I den mänskliga organismen anses det finnas uppemot 100 000 olika slags proteinmolekyler. Man har beräknat att hos alla levande organismer tillsammans finns det mellan 10^{10} och 10^{12} olika proteinmolekyler och ca 10^{10} olika nukleinsyror. Detta kan jämföras med att man känner ca 10^6 vanliga organiska ämnen.

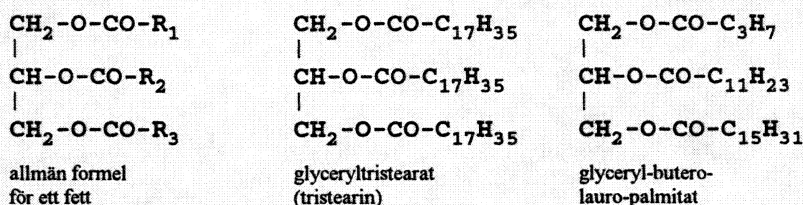
Paradoxalt nog är den oerhörda mängden biokemiska molekyler uppbyggda av ett mycket litet antal byggstenar, hopkopplade i långa kedjor. Så är t ex alla protein uppbyggda av enbart 20 aminosyror och alla nukleinsyror av 8 nukleotider.

Materialet till ämnena i levande organismer kommer ursprungligen från omgivningen i form av koldioxid, vatten, ammoniak och kvävgas. Dessa ämnen ombildas till de biokemiska byggstenarna: nukleotider, aminosyror, monosackarider, karboxylsyror och glycerol, vilka i sin tur bygger upp makromolekyler: nukleinsyror, protein, polysackarider och lipider. Makromolekylerna binds samman till supermakromolekyler, vilka slutligen bygger upp cellen med alla dess strukturer.

FETTER

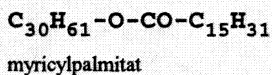
Lipider är den biokemiska ämnesgrupp som innehåller sådana ämnen från växt- och djurvärlden, som är lösliga i opolära lösningsmedel (bensin, eter, kloroform m fl) men är olösliga i vatten. Lipidgruppen innehåller många olika ämnen, vilka emellertid har det gemensamt, att deras molekyler till stor del består av kolvätekedjor.

Den grupp av lipider, som finns rikligast i naturen är *fetter*. Sådana ämnen utgörs av estrar av glycerol och karboxylsyror. Fetter är alltså glycerylestrar eller glycerider. Eftersom glycerol har tre hydroxylgrupper, kan det finnas mono-, di- och triglycerider. De flesta fetter är triglycerider.



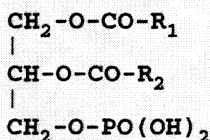
Exempel på fettmolekylers uppbyggnad

En annan grupp av lipider är *vaxer*, som är estrar av karboxylsyror och envärda alkoholer med en lång ogrenad kolvätekedja. Bivax t ex, består av myricylpalmitat. Vaxer finns som skyddande ytlager hos många organismer.



Exempel på ett vax

Fosfolipider ingår bl a i cellmembraner. De har liksom fetter glycerol som byggsten, men en av OH-grupperna är förestrad med fosforsyra i stället för en karboxylsyra.



Exempel på en fosfolipid

Steroider (t ex kolesterol, cortison, vitamin D) och andra ämnen som inte innehåller glycerol eller karboxylsyror tillhör också lipiderna. Även kombinationer av lipider med andra biokemiska ämnesgrupper förekommer, som t ex glukolipider (kolhydrat + lipid) och lipoprotein (lipid + protein).

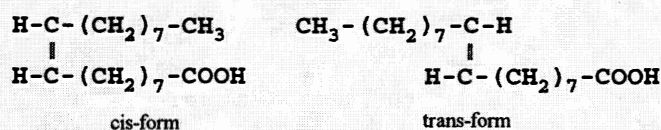
KARBOXYLSYROR SOM INGÅR I FETT

NAMN	FORMEL	BETECKNING	SMP (°C)
MÄTTADE:			
smörsyra	C_3H_7COOH	C4:0	-8
kapronsyra	$C_5H_{11}COOH$	C6:0	-2
kaprylsyra	$C_7H_{15}COOH$	C8:0	16
kaprinsyra	$C_9H_{19}COOH$	C10:0	31
laurinsyra	$C_{11}H_{23}COOH$	C12:0	44
myristinsyra	$C_{13}H_{27}COOH$	C14:0	54
palmitinsyra	$C_{15}H_{31}COOH$	C16:0	63
stearinsyra	$C_{17}H_{35}COOH$	C18:0	70
arakinsyra	$C_{19}H_{39}COOH$	C20:0	77
OMÄTTADE:			
palmitolsyra	$C_{15}H_{29}COOH$	C16:1	-1
oljesyra	$C_{17}H_{33}COOH$	C18:1	13
linolsyra	$C_{17}H_{31}COOH$	C18:2	-5
linolensyra	$C_{17}H_{29}COOH$	C18:3	-11
arakidonsyra	$C_{19}H_{31}COOH$	C20:4	-50
erukasyra	$C_{21}H_{41}COOH$	C22:1	34

I beteckningen anges totala antalet kolatomer i molekylen och antalet dubbelbindningar i kolvätekedjan

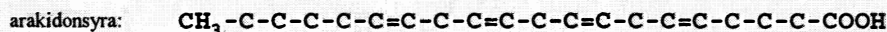
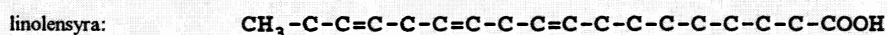
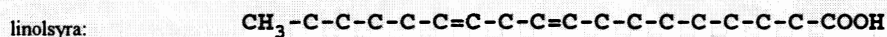
De omättade karboxylsyror har en eller fler dubbelbindningar i kolkedjan. En dubbelbindning finns nästan alltid mellan kolatomerna nr 9 och 10 (räknat från karboxylkolet). I den mer fullständiga beteckningen för en omättad karboxylsyra ingår placeringen av dubbelbindningarna. Linolsyra t ex, med två dubbelbindningar mellan kolatomerna 9 och 10 resp 12 och 13, betecknas C18:2^{Δ9,12}.

I alla karboxylsyror med dubbelbindningar är *cis*-formen den helt dominerande. Det finns karboxylsyror med *trans*-form, men de är ovanliga.



Cis- och transomerer av oljesyra

Vissa omättade karboxylsyror måste tillföras djurorganismen för att det inte ska uppstå bristsymptom och kallas av denna anledning essentiella karboxylsyror. De har två eller fler dubbelbindningar, vilket också medfört beteckningen fleromättade karboxylsyror.



FETTERNAS EGENSKAPER

Fetter förekommer både i djurvärlden och växtvärlden. De kan vara fasta, halvfasta eller flytande. Konsistensen beror på halten av glycerider av omättade karboxylsyror. Ju högre halt omättade karboxylsyror, desto mer lättflytande är fett. Växtfetter är i allmänhet flytande, kokosfett är dock fast. Djurfetter har ofta en fastare konsistens (undantag utgör valolja, fiskolja m fl).

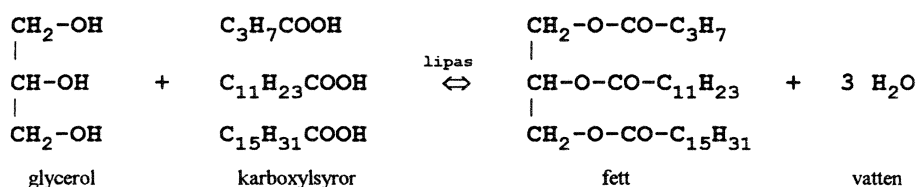
Fett är inte något enhetligt ämne utan består alltid av en blandning av många olika glycerider, framför allt sådana som innehåller karboxylsyror med 16 eller 18 kolatomer (palmitin-, stearin-, olje- och linsyra). Glycerider av syror med färre kolatomer förekommer, dock ej färre än 4 (smörsyra). I smörfett ingår smörsyrans glycerylester med några procent.

	Mättade fettsyror												Olje- syra	Linol- syra	Linolen- syra	Eruka- syra	C ₂₀₋₂₂
	C ₄	C ₆	C ₈	C ₁₀	C ₁₂	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₈	C ₂₀	C ₂₂	C ₂₄						
Mjök	4	1	1	1	3	8	24	12	1				38	6			1
Kvinnomjök					6	7	23	9	1				40	11			3
Späck							27	14					51	6			2
Kokosfett			8	10	45	18	8	4					6	1			
Olivolja							6	4					83	7			
Rapsfröolja					2			1			1	3	17	15	10	51	
Linfröolja							7	6					15	15	57		
Jordnötsolja							6	5	3	3	1		56	26			
Bomullsfröolja							20	2					35	43			
Sojabönlolja							11	1					30	52	6		
Majsolja							12	1					30	57			
Solrosfröolja							7						34	59			
Vallmofröolja							11						16	73			
Safflorfröolja							11	1					8	80			

Siffrorna anger förekommande syror i procent av totala karboxylsyramängden

Karboxylsyramönstret hos några vanliga fetter

En fettmolekyl bildas genom att tre karboxylsyramolekyler reagerar med en glycerolmolekyl under vattenavspaltning. Vid nedbrytning av fett är förloppet det motsatta. Både de enzym som bygger upp fett och de som spjälkar det kallas *lipaser*. Det är i allmänhet dock ej samma enzym som medverkar vid uppbyggnaden som vid nedbrytningen.



Bildning och nedbrytning av fett

HÄRSKNING

Fetter kan efter en tids förvaring börja härskna. Man skiljer mellan två typer av härskning: hydrolytisk och oxidativ härskning.

Den *hydrolytiska härskningen* orsakas av lipaser, som spjälkar fett i glycerol och fria karboxylsyror. Om de frigjorda karboxylsyror har korta kolkedjor (4 - 10 kolatomer) ger det upphov till obehaglig lukt och smak. Hydrolytisk härskning kan hindras genom att fettet förvaras torrt och kallt samt att bakterier som bildar fettnedbrytande lipaser förhindras från att få tillträde.

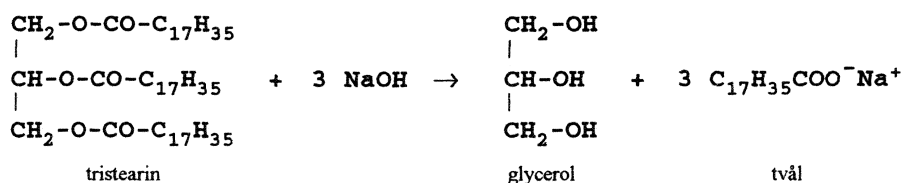
Den *oxidativa härskningen* beror på att syre reagerar med dubbelbindningarna i omättade karboxylsyror kolkedjor. Detta leder till klyvning av molekylerna och bildning av lågmolekylära aldehyder, syror, etc, vilka ger upphov till en härsken lukt och smak. Oxidativ härskning förekommer oftare i djurfett än i vegetabiliska oljor, eftersom de senare innehåller naturliga sk antioxidanter (ämnen som förhindrar oxidation). Det finns numera ett flertal syntetiskt framställda antioxidanter som kan sättas till fettet för att försvåra den oxidativa härskningen.

FETTHÄRDNING

Man har inte användning för den stora mängd flytande fett som utvinns ur naturprodukter. Flytande fetter kan inte heller lagras under någon längre tid, eftersom de ganska snabbt härsknar. Därför överför man en stor del av dem till mättade fetter. Detta sker genom hydriering, en process i vilken väte adderas till dubbelbindningarna. Additionen av väte sker med hjälp av katalysatorer, t ex nickelpulver. Man säger att man härdar fettet.

FÖRTVÄLNING

Om ett fett kokas med natriumhydroxidlösning sker följande reaktion:



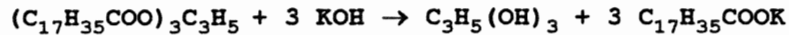
Förtvålning av fett

Vid hydrolysen bildas glycerol och natriumsalt av karboxylsyror. Vanligt tvål består till största delen av natriumpalmitat och natriumstearat.

ANALYS AV FETTER

Förtvålningstal

Alkalisk hydrolys av fett kallas förtvålning. Förtvålningstalet definieras som det antal mg **KOH** som erfordras för att fullständigt förtvåla 1 g fett. Ju mindre molmassa ett fett har, desto större blir förtvålningstalet. Förtvålning av glyceryltristearat sker enligt formeln:



Exempel: Beräkna medelmolmassan för fettet i kokosfett om förtvålningstalet är 258.

	fett	+	3 KOH	→	glycerol + 3 tvål
massa	1		0,258		g
molmassa	x		56,1		g/mol
antal mol	$4,60 \cdot 10^{-3} / 3 = 1,53 \cdot 10^{-3}$		$4,60 \cdot 10^{-3}$		mol

$$x = 1 / 1,53 \cdot 10^{-3} = 652,33$$

Svar: 652 g/mol

Jodtal

Jod kan adderas till dubbelbindningarna i omättade karboxylsyror. Varje dubbelbindning adderar en jodmolekyl, I_2 . Jodtalet definieras som antalet gram jod som kan adderas till 100 g fett. Ju mer omättat fett, desto större jodtal.

Exempel: Beräkna medelvärdet av antalet dubbelbindningar per fettmolekyl om medelmolmassan är 886 g/mol och jodtalet är 84.

	fett	+	x I_2	→	"jodfett"
massa	100		84		g
molmassa	886		253,8		g/mol
antal mol	0,11287		0,33097		mol

$$x = 0,33097 / 0,11287 = 2,93$$

Svar: 2,9 dubbelbindningar

Fett	Förtvålningstal	Jodtal
Smör	210 - 230	26 - 28
Späck	195 - 203	47 - 67
Kokosfett	253 - 262	6 - 10
Olivolja	185 - 196	79 - 88
Linfröolja	188 - 195	175 - 202

Förtvålningstal och jodtal hos några fetter:

Karboxylsyrabestämning

För att bestämma vilka karboxylsyror som ingår i ett fett, och hur mycket det finns av vardera, hydrolyseras fettet först, d v s det delas upp i glycerol och fria karboxylsyror. De fria karboxylsyrorerna får sedan bilda flyktiga metylestrar som därefter separeras, identifieras och mängdbestäms med hjälp av gaskromatografi.

KOLHYDRAT

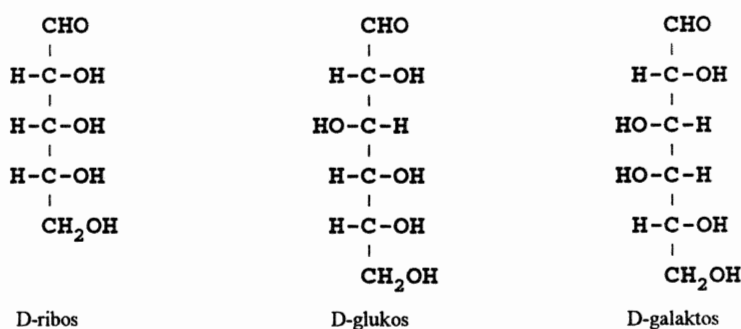
Kolhydrat är organiska ämnen som kan definieras som polyhydroxialdehyder eller polyhydroxiketoner. De enklaste kolhydraten kallas monosackarider. Di- och trisackarider är uppbyggda av två resp tre monosackarider. Polysackarider är uppbyggda av ett stort antal monosackarider. Alla kolhydrat, med undantag för polysackariderna, är lösliga i vatten och har mer eller mindre söt smak. De kallas därför också sockerarter.

MONOSACKARIDER

Monosackariderna indelas i aldoser och ketoser beroende på om de innehåller en aldehyd- eller en ketogrupp. Allt efter antalet kolatomer betecknas de som trioser, tetrosor, pentoser, hexoser etc. Pentoser och hexoser är de monosackarider som förekommer rikligast i naturen. De vanligaste monosackariderna har summaformeln $(\text{CH}_2\text{O})_n$, där n varierar från 3 och uppåt.

Aldoser

Det finns totalt 2 trioser, 4 tetrosor, 8 pentoser, 16 hexoser o s v. Av dessa finns i naturen i stor mängd tre pentoser: ribos, arabinos och xylos samt tre hexoser: glukos, mannos och galaktos. Den viktigaste är glukos (druvsocker).

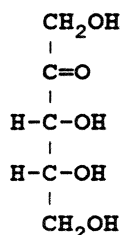


Exempel på vanliga aldoser

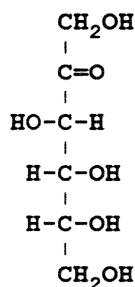
- Ribos ingår som byggsten i nukleinsyror (RNA).
- Arabinos ingår bl a i gummi arabicum.
- Xylos förekommer i polysackarider hos vedartade växtdelar.
- Glukos ingår i många polysackarider och disackarider. Den förekommer också fri i söta frukter, t ex i druvor (därav namnet).
- Mannos förekommer i fri form och ingående i polysackarider.
- Galaktos finns bunden till glukos i mjölksocker och ingår i polysackarider hos många växter.

Ketoser

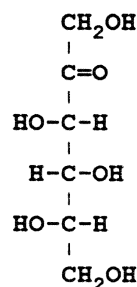
Av ketoser finns det totalt 1 trios, 2 tetros, 4 pentoser, 8 hexoser o s v. De vanligaste ketoserna i naturen är ribulos (pentos) samt fruktos och sorbos (hexoser). Den viktigaste är fruktos (fruktsocker).



D-ribulos



D-fruktos



L-sorbos

Exempel på vanliga ketoser

- Ribulos ingår som mellanprodukt i växternas fotosyntes.
- Fruktos förekommer i honung och många frukter samt hopkopplad med glukos i rösocker.
- Sorbos finns t ex i rönnbär. Den framställs syntetiskt i stora mängder för omvandling till C-vitamin.

Stereoisomeri

Många hydroxysyror (t ex mjölksyra), nästan alla aminosyror och sockerarter samt en stor mängd andra naturprodukter utgörs av molekyler som vrider det polariserade ljusets plan. Orsaken är att i molekylens finns en kolatom som binder fyra olika grupper. En sådan kolatom brukar benämnas asymmetrisk (vilket är något oegentligt, eftersom det inte är kolatomen själv utan dess omgivning som saknar symmetri).

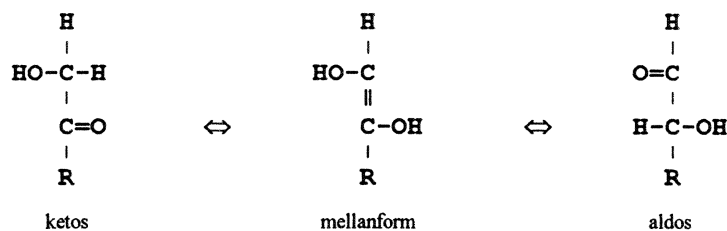
Eftersom kolatomens bindningar riktas mot hörnen i en tetraeder, kan fyra olika grupper bindas till kolatomen på två olika sätt. Denna typ av stereoisomeri kallas optisk isomeri. Den ena konfigurationen kallas D-form, den andra L-form. De flesta sockerarter som förekommer i naturen har D-form.

Två stereoisomera former av samma ämne vrider ljusets polarisationsplan åt motsatta håll men i övrigt är deras kemiska och fysikaliska egenskaper lika. Om polarisationsplanet vrider medurs anges detta i ämnets namn med ett plustecken (+), sker vridningen moturs är beteckningen (-). Det finns inget samband mellan konfiguration och vridningsriktning.

Analys av sockerarter

Aldoserna, som har en aldehydgrupp, kan reducera Cu(II) till Cu(I) i alkalisk lösning (Fehlings lösning). Härvid oxideras aldehydgruppen till en karboxylgrupp. Detta används som kvalitativt test på reducerande sockerarter och kan också utnyttjas för kvantitativ bestämning. Ett annat användbart reagens är en ammoniakalisk silverlösning ur vilken metalliskt silver kan reduceras.

Även ketoser ger positiv reaktion på ovannämnda reagens. Detta beror på att en ketos omvandlas i alkalisk lösning till en aldoss:

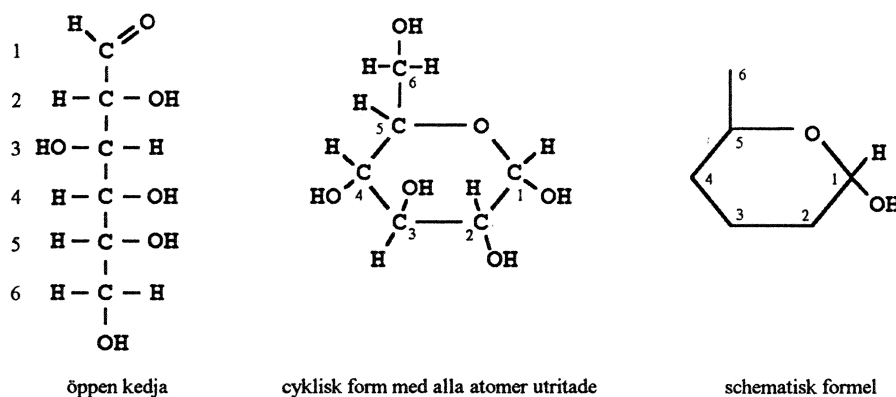


Omvandlingar mellan ketos och aldoss i alkalisk lösning

Cykliska former

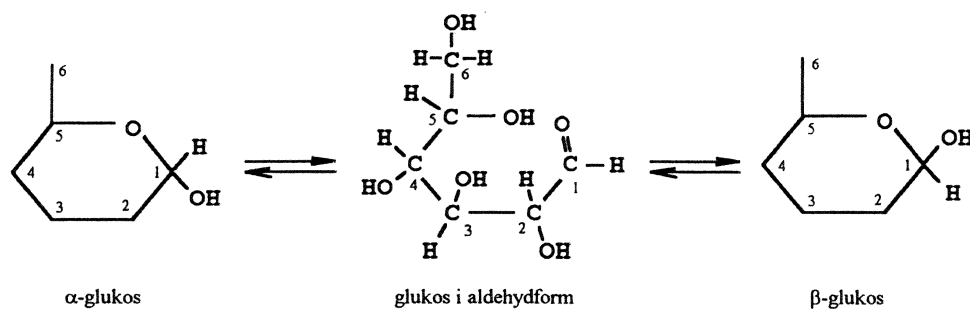
I vattenlösning föreligger monosackariderna endast till en mycket ringa del som öppna kedjor. Genom en intramolekylär omlagring står de öppna kedjorna i jämvikt med cykliska former (fem- eller sexringar). Kolatomerna i kedjan numreras så att aldehydkolet får nr 1. I den cykliska formen av glukos är kolatomerna nr 1 och nr 5 hopkopplade via en syreatom.

En strukturformel för en cyklisk monosackarid med alla atomer utsatta är ganska otymplig. Man brukar därför rita en förenklad, schematisk bild där man endast tar med sådana grupper som är intressanta för tillfället.



Olika sätt att skriva formler för monosackarider

I en glukoslösning finns ca 0,05 % av molekylerna i form av öppna kedjor. Vid omlagringen bildas två isomera former av cyklisk glukos, som kallas α -glukos och β -glukos:

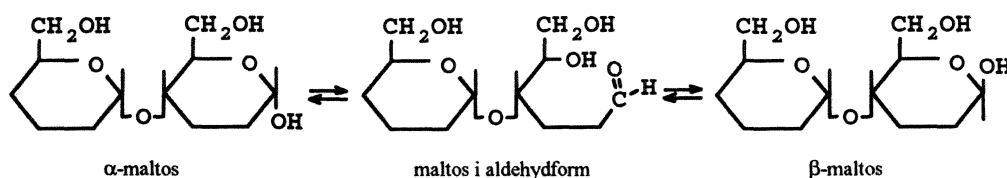


Olika isomera former av glukos

DISACKARIDER

De fyra vanligaste disackariderna är maltos (maltsocker), cellubios, laktos (mjölksocker) och sackaros (rörsocker).

Maltos bildas då stärkelse bryts ner med hjälp av t ex enzym (amylaser). Maltsockermolekylen består av två α -glukosrester som är hopbundna med en eterbindning mellan kolatom 1 i den ena glukosmolekylen och kolatom 4 i den andra. Man säger att glukosresterna binds samman av en 1,4-bindning. Den glukosrest som har kolatom nr 1 obunden kan öppnas på samma sätt som den enkla glukosmolekylen. Därvid får maltosmolekylen en aldehydgrupp och därför är maltos en reducerande sockerart.



Olika former av maltos

- Cellubios** bildas vid nedbrytning av cellulosa. Cellubios består av två β -glukosrester hopbundna med en 1,4-bindning och är liksom maltos reducerande.
- Laktos** är uppbyggd av en galaktos- och en glukosrest. Laktos är en reducerande sockerart där glukosresten bidrar med den fria aldehydgruppen.
- Sackaros** består av en glukos- och en fruktosrest som är hopkopplade mellan glukosmolekylen kolatom nr 1 och fruktosmolekylen kolatom nr 2. Genom att båda de potentiella aldehydkolatomerna är blockerade genom 1,2-bindningen kan ingen av ringarna öppnas och sackaros är därför inte reducerande.

maltos:	α -glukos	—1,4—	glukos
cellubios:	β -glukos	—1,4—	glukos
laktos:	β -galaktos	—1,4—	glukos
sackaros:	α -glukos	—1,2—	β -fruktos

Sammanfattning av disackaridernas byggnad

POLYSACKARIDER

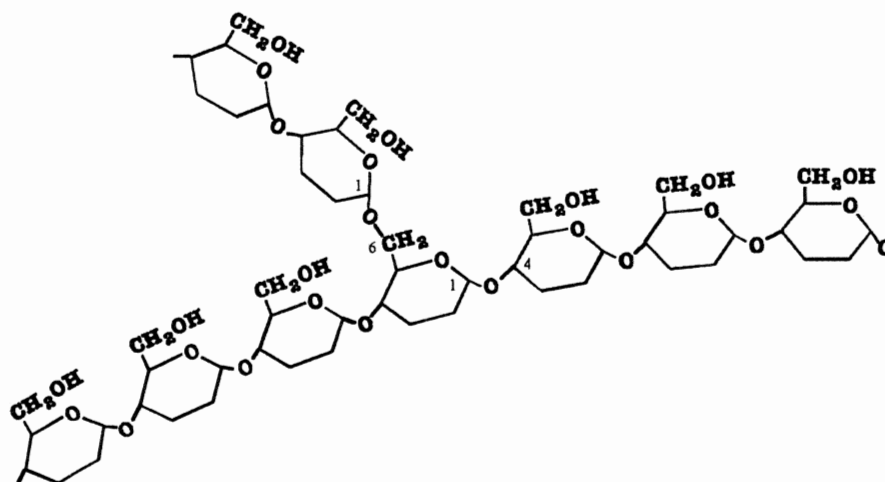
Av de vanligaste och viktigaste polysackariderna är stärkelse och glykogen uppbyggda av α -glukosenheter medan cellulosa är uppbyggt av β -glukosenheter.

Stärkelse

Stärkelse finns som upplagsnäring både hos växter och djur. I växter förekommer den i två former, amylos och amylopektin, och i djur som glykogen.

Amylos är en oöppnad kedjeliknande molekyl där glukosenheterna är sammanbundna med 1,4-bindningar. Flera hundra glukosrester ingår i molekylen. Kedjorna bildar spiraler med sex glukosrester per varv. Amylos ger blå färg med jod.

Amylopektin består av grenade kedjor av glukos. Kedjorna är hopbundna med 1,4-bindningar. Förgreningarna (mellan vilka det finns 24 - 30 glukosenheter) sker med 1,6-bindningar. I molekylen ingår många tusen glukosrester. Amylopektin ger rödviolett färg med jod.



Schematisk bild av en del av en amylopektinmolekyl

Glykogen liknar amylopektin men förgreningarna kommer tätare (8 - 10 glukosenheter mellan varje) och molekylen är inte lika stor. Glykogen ger liksom amylopektin rödviolett färg med jod.

Cellulosa

Cellulosa, som utgör huvuddelen av byggnadssubstansen i växter, är uppbyggd av långa oöppnade kedjor av β -glukos (flera tusen enheter per molekyl), hopbundna med 1,4-bindningar. Till skillnad från amylos bildar cellulosa raka kedjor. Parallella kedjor hålls samman av vätebindningar till fibrer.

PROTEIN

Ett protein är en organisk förening som innehåller kväve. Näst efter vatten utgör protein den största delen av cellernas innehåll. Ca 50 % av cellens torrsubstans är protein. Namnet protein används synonymt med beteckningen äggviteämne. Protein har många olika funktioner. De deltar i uppbyggnaden av och utgör en fundamental beståndsdel i muskler, senor, blod, hår, hud och membraner. De är framför allt den levande cellens verktyg. De kemiska reaktionerna i cellen katalyseras av enzym, som alla består av protein.

Protein skiljer sig från fett och kolhydrat genom att de inte fungerar som upplagsnäring. De används ej heller primärt som energikälla på samma sätt som fett och kolhydrat. Proteinet i födan bryts vid matsmältningen ner till aminosyror, vilka används vid uppbyggnaden av art-egna protein. Ett utmärkande drag för protein är nämligen deras stora specificitet. Varje djur- och växtart bygger upp sina egna specifika protein.

Proteiner är högmolekylära substanser med en molekylmassa som varierar mellan 5 000 u och 1 miljon u eller mer. Vid fullständig sönderdelning visar sig protein bestå av kol, väte, syre, kväve, svavel och ofta också fosfor. Då protein hydrolyseras bildas aminosyror. Hydrolys kan ske med syra, alkali eller enzym (trypsin, chymotrypsin, m fl). Vid nedbrytning av protein från olika källor erhålls endast ett tjugotal olika aminosyror. Proportionen mellan dessa aminosyror kan dock variera avsevärt mellan olika protein.

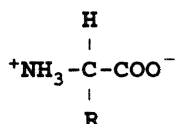
Proteinmolekyler är uppbyggda av aminosyror, som är hopkopplade i långa ogrenade kedjor med kovalenta bindningar. Sådana kedjor kallas polypeptider. De flesta enkla polypeptidkedjor innehåller 100 - 300 aminosyror med molekylmassor mellan 12 000 u och 36 000 u. Protein med molekylmassa >36 000 u består i allmänhet av två eller fler polypeptidkedjor.

Det finns två huvudklasser av protein: enkla protein och sammansatta protein. De enkla proteinen består endast av aminosyror, medan de sammansatta också innehåller ämnen från andra ämnesgrupper, t ex nukleinsyra (nukleoprotein), lipid (lipoprotein), kolhydrat (glukoprotein), fosfat (fosfoprotein) och metall (metalloprotein).

Med avseende på proteinens struktur indelar man dem i fiberprotein och globulära protein. Fiberprotein bildar fibrer eller skikt genom att olika molekyler binds samman med svaga bindningar. De är olösliga i vatten och utgör byggnadsmaterial i senor, brosk, hår, naglar, fjädrar, muskler m m. De globulära proteinen är klotformade, kompakta molekyler, som inte kopplas samman med andra proteinmolekyler. De är vattenlösliga och fungerar som enzym, antikroppar, hormon, transportmolekyler m m.

AMINOSYROR

Aminosyror i allmänhet har som namnet anger en eller fler karboxylgrupper samt en eller fler aminogrunder i molekylen. I sådana aminosyror som ingår i protein finns en aminogrupp och en karboxylgrupp, som båda är bundna till samma kolatom. Sådana aminosyror kallas α -aminosyror. I neutral vattenlösning är en proton dissocierad från karboxylgruppen medan aminogruppen har bundit en proton.



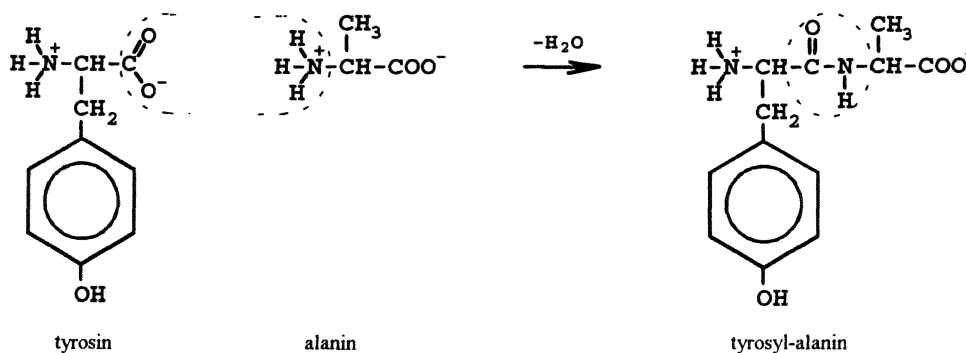
α -aminosyra

Aminosyrorna är således dipoler. Attraktionen mellan laddningarna medför att aminosyrorna är mycket kompakta molekyler och att de är lösliga i vatten men olösliga i eter, bensin och andra opolära lösningsmedel. Aminosyror är svårflyktiga, kristallina substanser som smälter under sönderdelning vid tämligen hög temperatur.

I aminosyrorna binder α -kolet fyra olika grupper (undantag glycin). Om man tänker sig väteatomen i toppen av en tetraeder, kommer sidokedjan (-R), aminogruppen (-NH₂) och karboxylgruppen (-COOH) att följa varandra medurs i den nämnda ordningen. I protein förekommer endast aminosyror med denna konfiguration.

Peptider

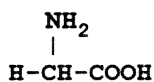
Två aminosyror kan reagera med varandra under avgivande av vatten. Bindningen -CO-NH- kallas peptidbindning och produkten som bildas en dipeptid. Tre aminosyror ger upphov till en tripeptid o s v. Om fler än tio aminosyror är hopkopplade talar man om en polypeptid. Protein är i allmänhet uppbyggda av fler än hundra aminosyror.



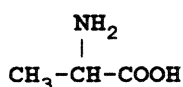
Exempel på bildning av en dipeptid

Namn, beteckning, molmassa och formel för de vanligaste aminosyrorerna

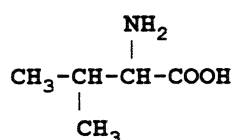
Glycin GLY 75 g/mol



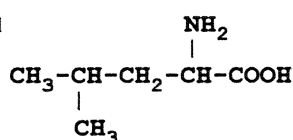
Alanin ALA 89 g/mol



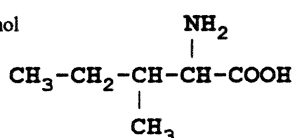
Valin VAL 117 g/mol



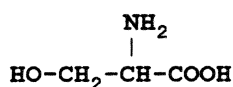
Leucin LEU 131 g/mol



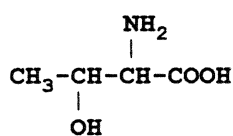
Isoleucin ILE 131 g/mol



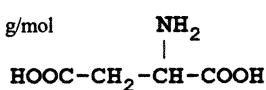
Serin SER 105 g/mol



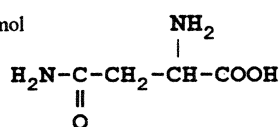
Treonin THR 119 g/mol



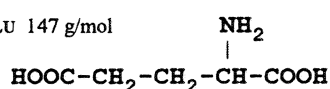
Asparaginsyra ASP 133 g/mol



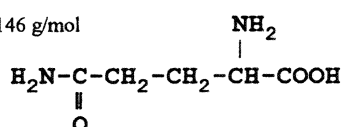
Asparagin ASN 132 g/mol



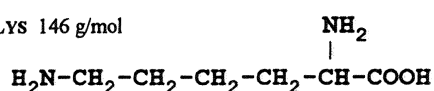
Glutaminsyra GLU 147 g/mol



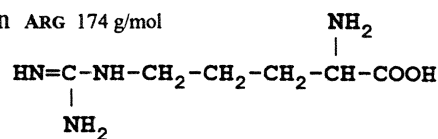
Glutamin GLN 146 g/mol



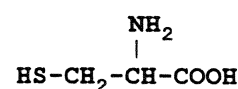
Lysin Lys 146 g/mol



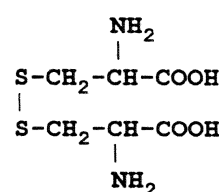
Arginin ARG 174 g/mol



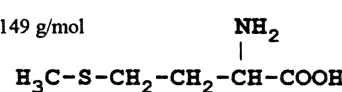
Cystein Cys 121 g/mol



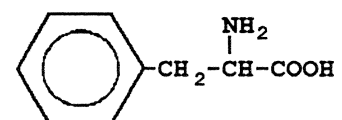
Cystin



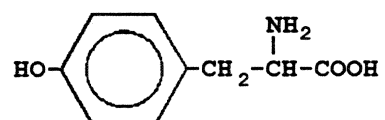
Metionin MET 149 g/mol



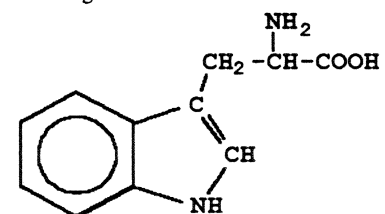
Fenylalanin PHE 165 g/mol



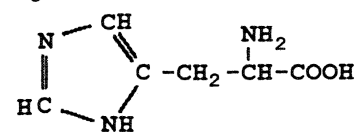
Tyrosin TYR 181 g/mol



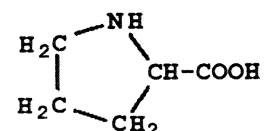
Tryptofan TRP 204 g/mol



Histidin His 155 g/mol



Prolin PRO 115 g/mol



FÄRGREAKTIONER

Det finns flera färgreaktioner, som är användbara för att påvisa närvaro av protein:

Biuretreaktionen

Om en proteinlösning blandas med natriumhydroxidlösning och därefter en utspädd koppar-sulfatlösning tillsätts, får lösningen en violett färg. Provet ger positivt utslag för peptider.

Millons reaktion

Protein som innehåller aminosyran tyrosin ger med kvicksilvernitratt i salpetersyra en svagt skär färg, som övergår i mörkrött efter en tid. Provet är ej lämpligt om det finns upplösta oorganiska salter i proteinlösningen.

Xantoproteinreaktionen

När ett protein upphettas med salpetersyra erhålls en gul färg, vilken övergår till orange vid tillsats av alkali. Framför allt är det tyrosin och tryptofan i proteinet som ger denna reaktion.

PROTEINETS STRUKTUR

Vid en beskrivning av proteinstrukturen är det lämpligt att göra det i termer av olika organisationsnivåer hos proteinmolekylen: primär-, sekundär-, tertiär- och kvartärstruktur.

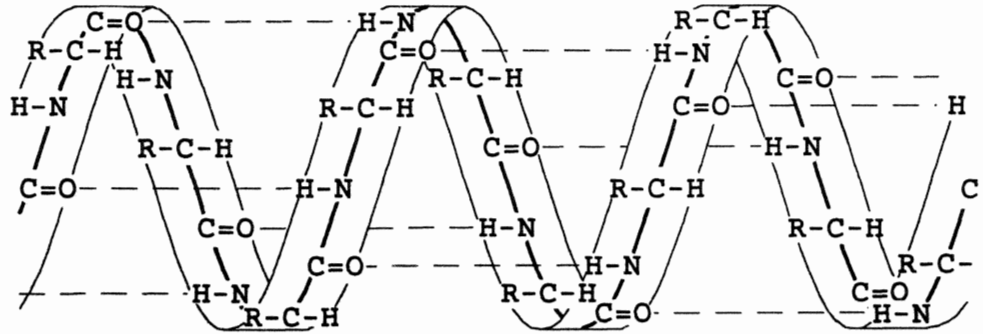
Primärstruktur

Med ett proteins primärstruktur menar man antalet och arten av de aminosyror som ingår i molekylen, samt den ordning i vilken aminosyror är hopkopplade (proteinets aminosyra-sekvens).

Sekundärstruktur

I en polypeptidkedja är aminosyraresterna orienterade så att sidogrupperna på intill varandra bundna aminosyrarester pekar åt motsatt håll. Alla typer av protein stabiliseras av vätebindningar. Hos globulära protein sker detta inom molekylen, medan det hos de flesta fiberprotein sker mellan olika molekyler.

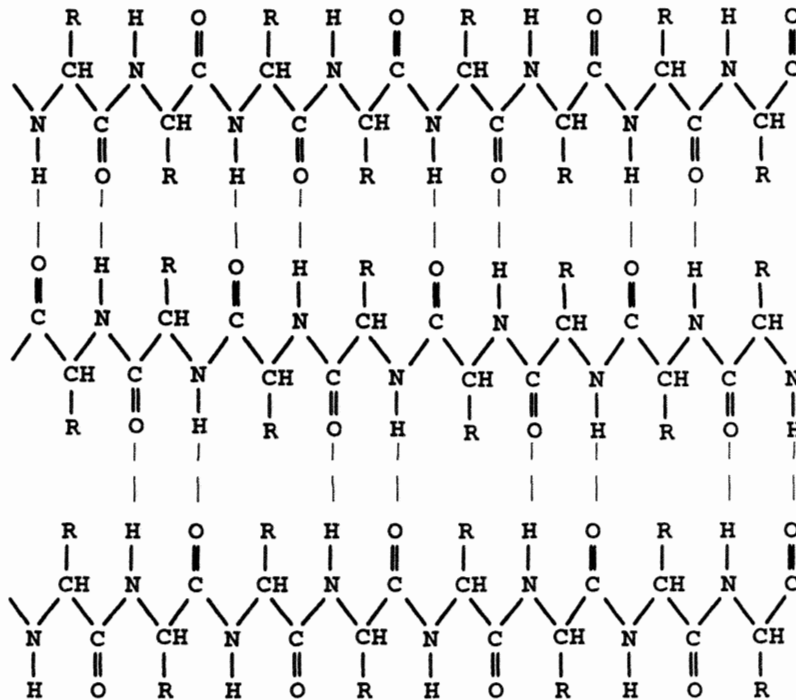
De globulära proteinens sekundärstruktur utgörs av en högervriden spiral, som hålls samman av vätebindningar mellan karboxylsyret i en aminosyrarester och NH-gruppen hos en aminosyrarester fyra enheter längre bort i polypeptidkedjan.



Streckade linjer markerar vätebindningar

Schematisk bild av globulära proteins sekundärstruktur

Fiberproteinens sekundärstruktur utgörs av veckade band som är sammansatta av parallella polypeptidkedjor hophållna av vätebindningar mellan peptidgrupper.



Utsträckta peptidkedjor binds samman av vätebindningar i fiberprotein

Tertiärstruktur

De lösliga proteinen är mer eller mindre sfäriska till formen. Detta kan endast vara möjligt om sekundärstrukturens spiraler är hopvikta. Sättet på vilket spiralerna är hopvikta utgör tertiärstrukturen.

De krafter, som håller samman olika delar av polypeptidkedjan, utgörs av olika slags bindningar. I flertalet proteinmolekyler finns enstaka starka kovalenta bindningar mellan svavelatomerna i cysteinrester, vilket ger stabilitet åt tertiärstrukturen. Andra bindningar som håller samman polypeptidkedjan är jonbindningar mellan positivt och negativt laddade grupper (lysin och arginin resp asparaginsyra och glutaminsyra), vätebindningar mellan syre- och kvävehaltiga grupper samt svaga van der Waalsbindningar mellan icke-polära grupper.

Kvartärstruktur

Om en proteinmolekyl är mycket stor, är den i allmänhet uppbyggd av flera polypeptidkedjor. Dessa är var för sig veckade och ordnade i tertiär struktur. Kedjorna binds till varandra genom svaga vätebindningar. Eftersom kontaktytan är stor ger emellertid många sådana svaga bindningar tillsammans en stabil struktur åt proteinet. Det sätt på vilket polypeptidkedjorna är hopkopplade utgör proteinets kvartärstruktur. Hemoglobin är ett exempel på ett protein med kvartärstruktur. Det är uppbyggt av fyra likartade globulära proteinmolekyler.

DENATURERING OCH KOAGULERING

Ett proteins sekundär-, tertiär- och kvartärstruktur hålls samman med relativt svaga bindningskrafter som lätt kan brytas varvid strukturen förändras. Om protein behandlas med syror eller baser bryts i allmänhet de stabiliserande bindningarna och proteinets komplicerade struktur förstörs. Man säger att proteinet har blivit denaturerat. Många andra ämnen kan denaturera protein, t ex organiska ämnen som etanol och formaldehyd samt salter av tungmetaller som koppar, bly och kvicksilver. Protein denatureras också om temperaturen höjs över en viss gräns.

Om proteinets struktur inte har förändrats alltför mycket återtar det sin ursprungliga form när det störande ämnet avlägsnats. Om förändringen har gått för långt, eller om denatureringen åstadkommit genom temperaturhöjning kan den ursprungliga formen däremot inte återfås. I sådant fall talar man om en koagulering av proteinet.

ENZYM

Enzym är uppbyggda av protein och är specialiserade för att katalysera biologiska reaktioner till 100 % och utan några som helst biprodukter. De är bland de mest anmärkningsvärda biomolekylerna som är kända, på grund av deras exceptionella specificitet och katalytiska förmåga, som är långt större än den hos katalysatorer tillverkade på konventionellt laboratorievis. Enzym bildas i levande celler men kan verka både inom och utom dessa.

ENZYMENS BYGGNAD

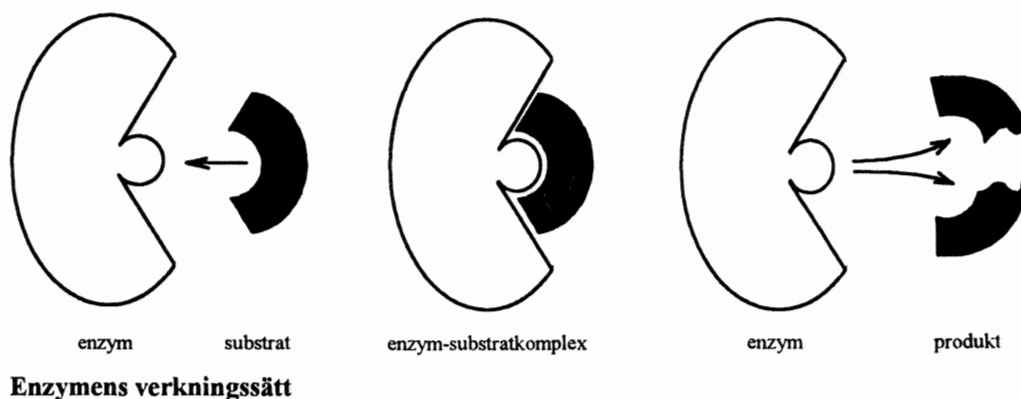
Många enzym består enbart av protein. Andra fordrar att en organisk eller oorganisk förening binds till proteinmolekylen för att enzymet ska kunna verka. En sådan löst bunden del kallas koenzym. Samma koenzym kan bindas till olika proteinmolekyler och därmed bilda olika enzym. Vitaminer har i många fall visat sig ingå i koenzym eller kunnat omvandlas till sådana. Skadliga verkningar som uppstår vid vitaminbrist beror ibland på att enzym inte kan fungera på grund av att deras koenzym saknas. Koenzym av oorganisk typ är ofta joner av spårmetaller

Molekylmassan för nu kända enzym varierar mellan 10 000 och flera miljoner u. Man har lyckats isolera över hundratalet enzym och erhållit dem i kristallin form.

ENZYMENS VERKNINGSSÄTT

För att en kemisk reaktion ska kunna ske, fordras att en viss energimängd tillförs systemet (aktiveringsenergi) även om reaktionsprodukterna har lägre energiinnehåll än reaktanterna och således reaktionen totalt avger energi. Katalysatorer fungerar genom att de minskar reaktionens aktiveringsenergi.

Då ett enzym verkar, binds det först till det ämne som skall ombildas. Detta ämne brukar kallas substrat. Det bildas härvid ett enzym-substratkomplex i vilket substratmolekylens bindningar förändras. Substratmolekylen kan nu lätt brista eller ingå förening med någon annan molekyl. Molekyler av de bildade produkterna lämnar enzymmolekylen, vilken sedan kan reagera med nya substratmolekyler.



Reaktionen mellan ett enzym och substrat sker endast på en speciell del av enzymmolekylens yta, den så kallade aktiva ytan. Man har sålunda funnit att man kan avlägsna delar av enzymmolekylens proteinkedja, sådana som befinner sig utanför den aktiva delen, utan att enzymets aktivitet avtar.

Reaktionerna sker med en hastighet som varierar inom vida gränser men som alltid är hög. En enzymmolekyl omsätter ett stort antal substratmolekyler per minut. Antalet varierar mellan 100 och 3 000 000 beroende på vilket enzym det gäller.

Ett enzym katalyserar i allmänhet endast en eller ett fåtal besläktade reaktioner. Om endast en reaktion katalyseras, talar man om absolut specificitet, t ex enzymet ureas verkar endast på substratet urea. Med ett grupp-specifikt enzym menar man ett enzym, som katalyserar en grupp likartade ämnen, t ex alkoholdehydrogenas katalyserar endast oxidation av alkoholer.

ENZYMERNAS REAKTIONSBETINGELSER

Temperaturberoende

Kemiska reaktioners hastighet ökar i allmänhet med stigande temperatur. En temperaturökning med 10 °C medför att reaktionshastigheten ökar 2 - 3 gånger. Detta förhållande gäller även enzymkatalyserade reaktioner, dock endast i ett begränsat temperaturområde. Eftersom alla enzym utgörs av protein, förändras deras struktur genom denaturering redan vid relativt måttlig uppvärmning (ca 40 °C). Strukturförändringen medför att aktiviteten hos de flesta enzym sjunker mycket drastiskt om temperaturen höjs över 55 - 60 °C, och avtar helt vid ännu högre temperaturer.

pH-beroende

Den katalyserande effekten hos ett enzym är beroende av surhetsgraden i den lösning i vilken det befinner sig. Varje enzym har sin maximala effekt vid ett bestämt pH. Effekten avtar om pH ökar eller minskar med någon enhet. Så verkar t ex amylas i saliven bäst vid ungefär pH = 7 medan magsaftens pepsin verkar bäst vid ungefär pH = 2 o s v. Orsaken är att laddningsförhållandena hos substratet eller på enzymets aktiva yta ändras om pH ändras.

Hämning

Enzymens verkan kan hämmas av vissa ämnen, hämmare eller inhibitorer. Sådana ämnen kan indelas i kompetitiva (konkurrerande) och icke-kompetitiva hämmare.

Till de icke-kompetitiva hämmarna hör många tungmetalljoner (t ex Hg^{2+} och Cu^{2+}), som verkar genom att de binds till proteinets svavelgrupper. Cyanidjoner verkar hämmande på cellernas andningsenzym och är därför ett farligt gift.

Orsaken till den kompetitiva hämningen av enzymverkan kan förklaras av att det främmande ämnet har en struktur som har stor likhet med substratets. Hämmaren kommer att konkurrera med substratet om tillgång till enzymets aktiva del, och hindrar därigenom enzymets normala verkan.

NÅGRA VANLIGA ENZYM

De flesta enzym har namn efter det substrat som påverkas, med ändelsen -as. Några tidigt upptäckta enzym har dock speciella namn (pepsin, trypsin, m fl).

Enzym	Substrat
Sackaras	Sackaros
Maltas	Maltos
Amylas	Amylos
Lipas	Lipider
Proteinas	Protein

Exempel på enzym och motsvarande substrat

Man kan dela in enzymen i olika grupper med avseende på deras funktion:

Hydrolyserande enzym hydrolyserar bl a peptidbindningar i protein, esterbindningar i lipider och eterbindningar i kolhydrat.

Transferenzym överför en grupp (väte, fosfat, amin) från ett substrat till ett annat. Dehydrogenaser överför väte, fosforylaser överför fosfat och transaminaser överför aminogrupper.

Bland övriga enzym kan nämnas sådana som medverkar i additionsreaktioner, sådana som katalyserar klyvning eller bildning av bindning mellan kolatomer och sådana som deltar i isomerisering.

TEKNISK ANVÄNDNING AV ENZYM

Enzym har kommit att användas i många tillverkningsprocesser. Som exempel kan nämnas: öltillverkning (amylas ur korn samt enzym i jäst), alkoholtillverkning (amylas ur sädeslag samt enzym i jäst), osttillverkning (löpe från löpmagen hos kalvar) och bakning (enzym i jäst). I de nämnda processerna behöver inte enzymen renframställas.

I andra fall isolerar man enzym i ren form innan de används. Vissa läkemedel utgörs av enzym, t ex proteinaser. Moderna tvättmedel innehåller ibland enzym, som hjälper till att rengöra tvätten genom att bryta ner bl a protein.

CELLEN OCH DESS BYGGNAD

Djur och växter är uppbyggda av ett varierande antal celler. Vissa organismer som amöbor, toffeldjur och en del alger består av en enda cell, medan andra, t ex människor eller träd är sammansatta av billionals celler.

Cellerna har vanligen en diameter av 0,01 - 0,1 mm. Storleken kan dock variera avsevärt. De minsta är endast ca 0,001 mm. Den största kända cellen (gulan i ett strutsägg) väger omkring ett halvt kg. Även cellernas form är mycket olika. De kan ha formen av runda skivor, stavar, spiraler, klot o s v.

Hos högre djur och växter är cellerna specialiserade för att utföra bestämda uppgifter. Det finns t ex muskelceller, nervceller o s v. Trots cellernas stora variation i storlek, form och uppgift är de i det väsentligaste byggda på samma sätt hos både växter och djur.

Cellen består av tre huvuddelar: *cellkärnan*, den centrala delen, *cytoplasman*, cellens substans utanför kärnan och *cellmembranen*, fastare cytoplasma, som begränsar cellen utåt. Hos växtcellerna tillkommer en *cellvägg* av cellulosa utanför cellmembranen.

Relativt små molekyler kan i lösning eller i gasform passera cellmembranen. Detta är nödvändigt för att cellen skall kunna leva. Större molekyler kan däremot inte komma genom membranen. Sådana membran kallas semipermeabla (halvgenomträngliga).

I cytoplasman finns ett kanalsystem, det *endoplasmatiska nätverket*, som sträcker sig mellan cellmembranen och cellkärnan. Längs detta nätverk sitter små korn, *ribosomerna*, på vilka cellens protein byggs upp.

Cytoplasman innehåller också ett annat slags strukturer med mycket varierande storlek, de s k *mitokondrierna*. Dessa innehåller många av de enzym, som medverkar vid förbränningen i cellen. Här reagerar olika näringsämnen, som tillförs cellen. Den energi som därvid frigörs omvandlas till sådana energiformer, som är nödvändiga för cellens funktioner. Mitokondrier finns därför i särskilt stort antal i celler med hög energiomsättning, t ex i muskelceller.

I växtceller i gröna växtdelar förekommer s k *kloroplaster*. I dessa finns klorofyll, växternas gröna färgämne. Med klorofyll som katalysator framställs i kloroplasterna kolhydrat ur koldioxid och vatten med hjälp av solljusets energi i den s k fotosynten. I icke-gröna växtdelar finns färglösa *leukoplaster*. I dessa bildas stärkelse ur det socker som transporteras dit från de gröna växtdelarna.

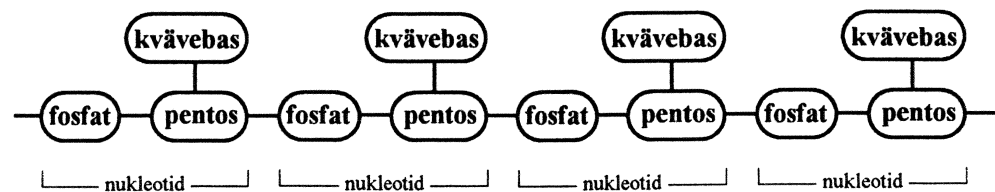
I cytoplasman förekommer också vätskefyllda rum, *vakuoler*, som hos äldre växtceller kan bli så stora, att övriga delar av cytoplasman trängs undan och förvandlas till en tunn beläggning på insidan av cellmembranen.

Cellkärnan är omgiven av en *kärnmembran*. Denna är försedd med porer, genom vilka ämnen kan passera mellan kärnan och cytoplasman. I en cell, som inte befinner sig i delning, har kärninnehållet kornig struktur. Vid celledningen framträder i kärnan kroppar, *kromosomer*. Varje växt- eller djurart har ett bestämt antal kromosomer, av vilka var och en är bärare av ett stort antal arvsanlag (gener) uppgradade efter varandra i den långa kromosomtråden. Människan har 46 kromosomer.

NUKLEINSYROR

Nukleinsyror är kedjeformade jättemolekyler, som har till uppgift att förvara och överföra genetisk information. De utgör en betydande del av alla celler (ca 10 % av cellens torrsubstans är nukleinsyror). Namnet nukleinsyra kommer av att de första nukleinsyrorerna isolerades från cellkärnor. Det finns två huvudtyper av nukleinsyror, *deoxiribonukleinsyra* (DNA) och *ribonukleinsyra* (RNA). DNA finns huvudsakligen i cellkärnan, medan RNA också förekommer i cytoplasman, där den största mängden finns.

På samma sätt som protein är uppbyggda av aminosyror, är nukleinsyror uppbyggda av nukleotider. Enheterna i DNA kallas deoxiribonukleotider och de i RNA kallas ribonukleotider. Den sammanhållande kedjan i nukleinsyror består av omväxlande fosfat- och pentosgrupper, som är kovalent hopbundna med fosforsyraesterbindningar. Till varje pentosmolekyl är dessutom bunden en kvävebas. Kvävebaserna bildar sidogrupper som pekar ut från huvudkedjan på samma sätt som sidogrupperna i protein.



Schematisk bild av en nukleinsyras uppbyggnad

NUKLEOTIDER

Varje nukleotid är sammansatt av tre komponenter: en kvävehaltig heterocyklisk bas, som är derivat av antingen pyrimidin eller purin, en pentosmolekyl och en fosfatgrupp.

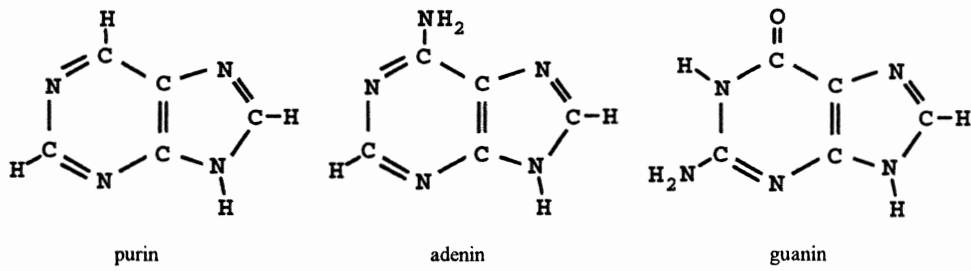
DNA är uppbyggd av fyra olika nukleotider, som skiljer sig åt genom att de innehåller olika kvävebaser: adenin (A), cytosin (C), guanin (G) och tymin (T). På motsvarande sätt är RNA-molekyler uppbyggda av fyra nukleotider med kvävebaserna adenin (A), cytosin (C), guanin (G) och uracil (U).

Förutom att DNA- och RNA-nukleotiderna har var sin speciella kvävebas, skiljer de sig åt genom att de har olika pentosmolekyler. I DNA-nukleotiderna ingår deoxiribos och i RNA-nukleotiderna ribos. Båda pentosmolekylerna har cyklisk form i nukleotiderna.

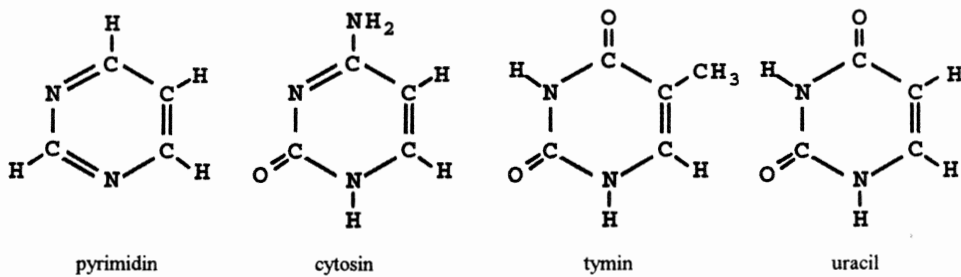
	DNA	RNA
pentos	Deoxiribos	Ribos
kvävebaser	Adenin (A) Guanin (G) Cytosin (C) Tymin (T)	Adenin (A) Guanin (G) Cytosin (C) Uracil (U)

Skillnader och likheter hos DNA- och RNA-nukleotider

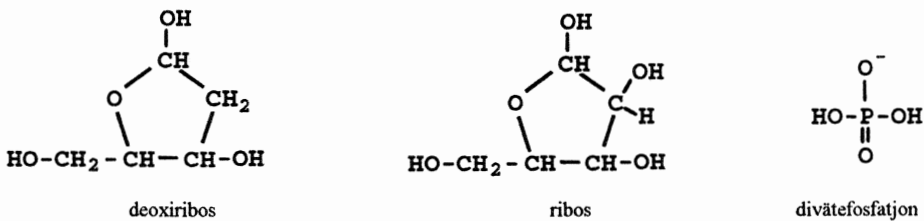
Fem olika kvävebaser, två pentoser och en fosfatmolekyl är således de utgångsämnen som bygger upp nukleotiderna, vilka i sin tur är byggstenar till de tusentals olika nukleinsyror som finns i cellen.



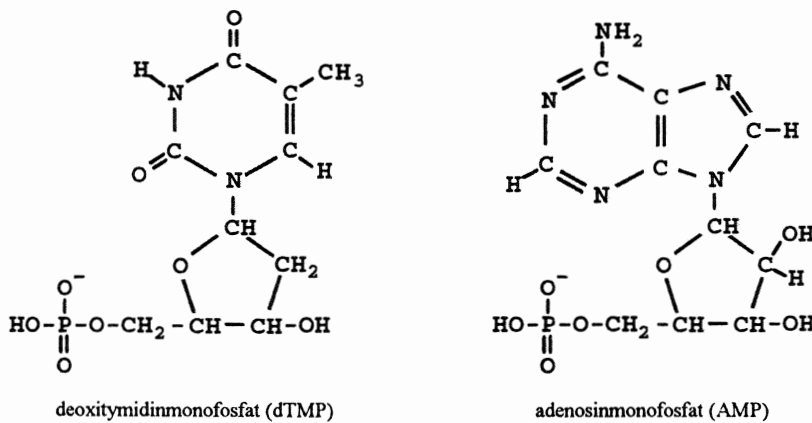
Purin och kvävebaser med purin som utgångsämne



Pyrimidin och kvävebaser med pyrimidin som utgångsämne



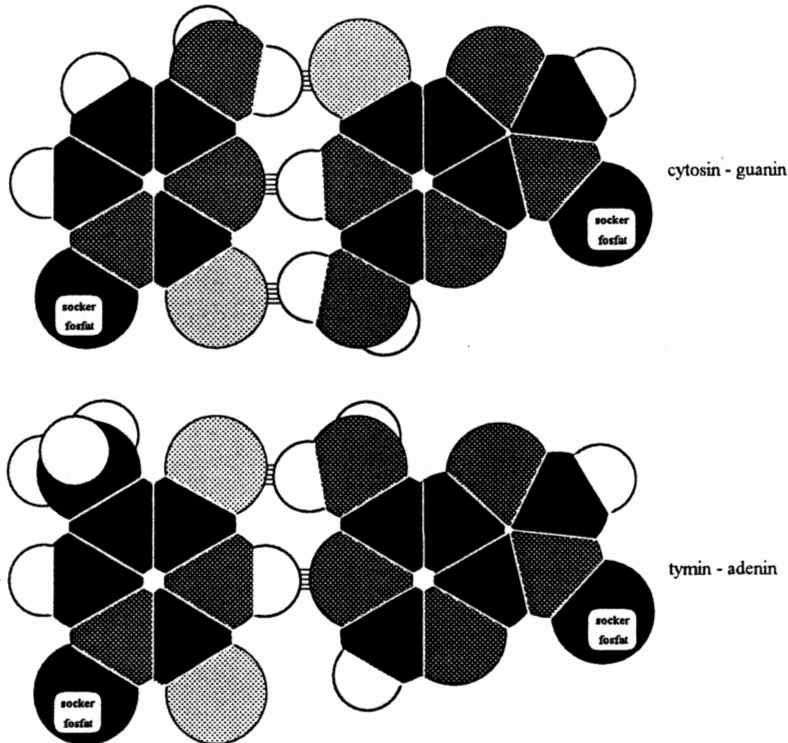
Sockermolekyler och fosfat i nukleotider



Exempel på en DNA-nukleotid och en RNA-nukleotid

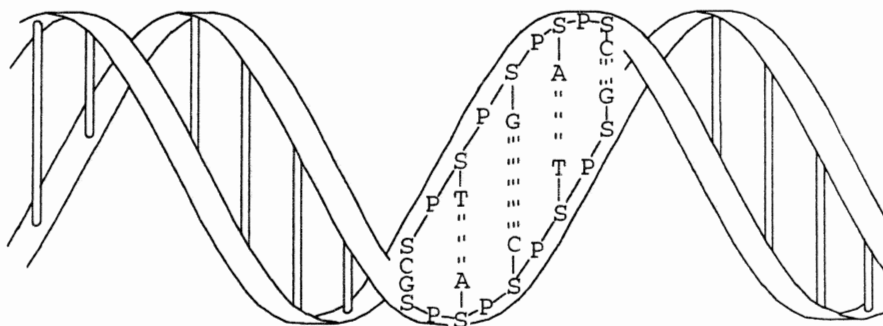
DNA

En DNA-molekyl är uppbyggd av två antiparallella nukleotidkedjor, som bildar en dubbelspiral. De två kedjorna hålls samman genom vätebindningar mellan kvävebaserna i de två kedjorna. I DNA är alltid adenin bunden till tymin och cytosin till guanin. Kvävebaserna i dessa par har just sådan storlek att avståndet mellan huvudkedjorna blir lika stort överallt. Dessutom är strukturen sådan att tillräckligt många vätebindningar kan bildas mellan dem. Kvävebasemolekylernas plan är vinkelrätt mot dubbelspiralens axel. I varje varv i spiralen finns det precis 10 kvävebaspar.



Den genomgående socker-fosfatkedjan går vinkelrätt mot papperet

De två kvävebasparen som förekommer i DNA



Bilden visar hur de två socker-fosfat-kedjorna slingrar sig om varandra och hålls samman av vätebindningar mellan kvävebaserna

DNA-molekylens dubbelspiral

Man har funnit att kvävebasförhållandet i DNA från olika arter varierar från art till art. DNA från närbesläktade arter har liknande sammansättning, medan DNA från vitt skilda arter har mycket olika sammansättning.

I en och samma organism har däremot DNA exakt samma sammansättning i olika delar av organismen. Sammansättningen beror inte på ålder, kondition eller förändringar i omgivningen.

I all DNA, från vilken art som helst, gäller för kvävebaserna att antalet A är lika många som T och antalet C är lika många som G.

DNA-molekylens storlek

DNA-molekyler är mycket stora. Varje kromosom i cellkärnan innehåller en DNA-molekyl, som hos däggdjur är ca 4 cm lång. En sådan molekyl innehåller ca 120 000 000 nukleotidpar och har molekylmassan ca 80 000 000 000 u.

Man kan få en viss uppfattning om DNA:s proportioner om man tänker sig molekylen förstorad 50 000 gånger: den blir då en 0,1 mm tjock tråd som är 2 km lång. Molmassan kan jämföras med molmassan för kolhydrat och protein. En mol kolhydrat eller protein väger mellan 10 och 100 kg. En mol däggdjurs-DNA väger 80 000 ton.

Den genetiska informationen i DNA består av ordningen mellan olika kvävebaser. Tre på varandra följande kvävebaser bildar en informationsenhet, som brukar kallas en kod. Eftersom det finns fyra olika kvävebaser i DNA finns det $4^3 = 64$ olika koder. En däggdjurscell med ca 50 kromosomer (och alltså lika många DNA-molekyler) innehåller ca $2 \cdot 10^9$ koder.

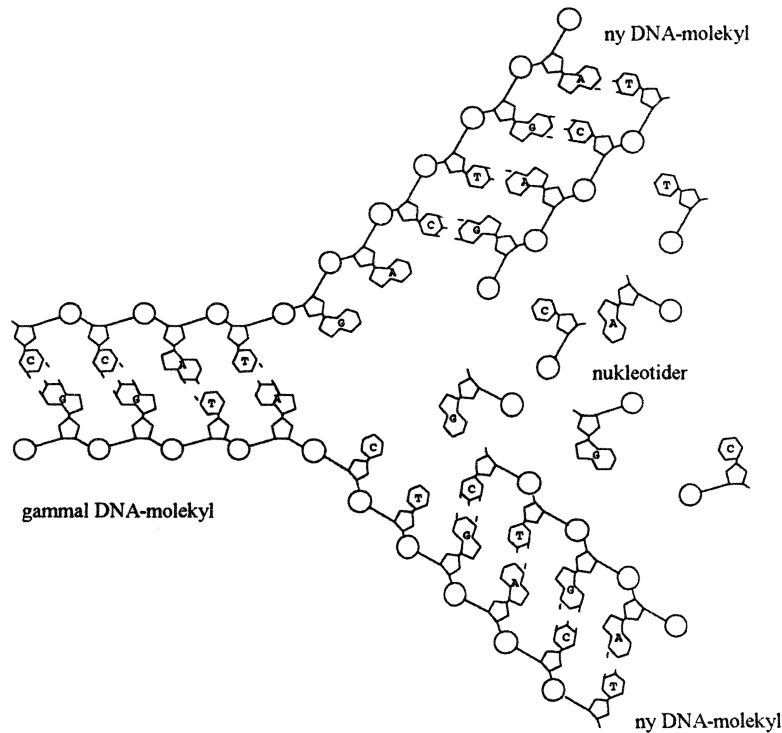
Antalet olika koder i DNA är jämförbart med antalet olika tecken som används i vanlig skrift (bokstäver, siffror, skiljetecken). Det totala antalet koder i DNA framgår tydligare vid en jämförelse med vanlig text. Det behövs ca 2 000 normalstora böcker som vardera innehåller ca 1 000 000 tecken (50 tecken/rad, 50 rader/sida, 400 sidor) för att rymma lika mycket information som DNA i en enda däggdjurscell.

Duplicering av DNA

En kromosom i cellkärnan är uppbyggd av en DNA-molekyl omgiven av protein. Vid celledningen klyvs varje kromosom på längden så att det bildas två nya kromosomer, exakt lika moderkromosomen, vilka vandrar till var sin cellhalva. Vardera cellhalvan utvecklas till en ny cell, identisk med den ursprungliga. Vid kromosomdelningen öppnas dubbelspiralen i DNA-molekylen från ena änden genom att vätebindningarna mellan kvävebaserna bryts. Man säger att DNA-molekylen spaltas ungefär som när ett blixtlås öppnas från ena änden.

Av varje DNA-molekyl bildas två enkelspiraler. Efter hand som enkelspiralerna frigörs från varandra, kompletteras de med nya nukleotider från omgivningen. Genom vätebindningar förenas därvid varje nukleotid i enkelspiralen med en ny nukleotid som innehåller den korresponderande kvävebasen.

De nya nukleotiderna binds samtidigt samman till en ny enkelspiral, som blir identisk med den som just spjälkats av. Båda de enkelspiraler som bildats genom spjälkningen blir alltså dubbelspiraler, som båda är exakt lika den ursprungliga. DNA-molekylen har således den viktiga egenskapen att kunna kopiera sig själv. Denna kopiering leder till att arvsanlagen bevaras oförändrade från generation till generation.



En DNA-molekyls självkopiering

RNA

Den andra huvudgruppen nukleinsyror är RNA, där det finns tre varianter: m-RNA, r-RNA och t-RNA. I de flesta celler finns det 2 - 8 gånger mer RNA än DNA.

m-RNA

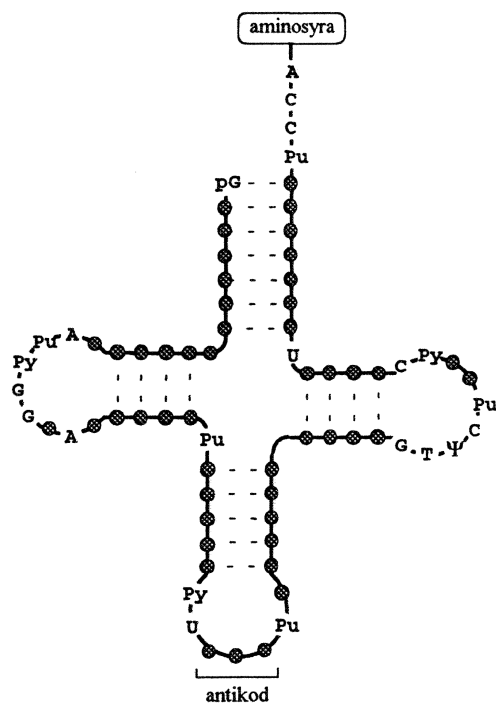
I en m-RNA-molekyl (budbärar-RNA) förekommer endast de fyra vanliga kvävebaserna A, C, G och U. Det finns mellan 100 och 1 000 olika m-RNA-molekyler och de innehåller mellan 300 och 6 000 kvävebaser. En m-RNA-molekyl bildas i kärnan, som en kopia av en del av DNA-molekylens ena nukleotidkedja. När RNA-molekylen är färdigbildad förflyttas den till cytoplasman och till ribosomerna, där den fungerar som mall vid proteinsyntesen.

r-RNA

Varje ribosom är uppbyggd av tre eller fler r-RNA-molekyler (ribosom-RNA) och ett större antal proteinmolekyler. Ca 65 % av ribosomen utgörs av r-RNA. De olika r-RNA-molekylerna har molekylmassor mellan 500 000 och 1 000 000 u. Ribosomerna fungerar som underlag vid proteinsyntesen.

t-RNA

Det finns ca 60 olika t-RNA-molekyler (transport-RNA). De är relativt små molekyler med mellan 75 och 90 kvävebaser, och de har molekylmassor på ca 25 000 u. Till skillnad från övriga nukleinsyror innehåller t-RNA några ovanliga kvävebaser, ca 10 % av kvävebaserna är sådana. Molekylerna har en form som liknar ett klöverblad. I ena änden av molekylen kan en aminosyra bindas och i andra finns en trippel av kvävebaser som motsvarar aminosyran. Denna kvävebastroppel kallas antikod. t-RNA-molekylerna transporterar aminosyror till ribosomerna vid proteinsyntesen.



Små cirklar och bokstäver markerar kvävebaser

t-RNA-molekylernas form

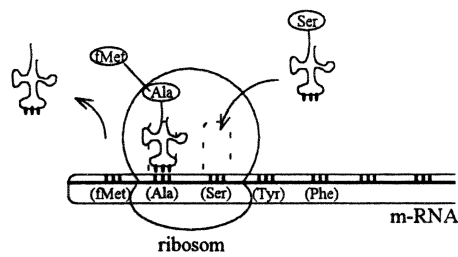
PROTEINSYNTESSEN

När ett visst protein ska bildas startar processen inne i cellkärnan. I en del av DNA-molekylens dubbelspiral (som motsvarar en gen) skiljs kedjorna åt så att kvävebaserna blir åtkomliga. RNA-nukleotider fäster mot den ena DNA-kedjans kvävebaser och binds därefter samman med esterbindningar, så att en m-RNA-molekyl bildas. Denna RNA-molekyl får därmed samma kvävebasföljd som den andra DNA-kedjan med undantag för att RNA innehåller kvävebasen U där DNA har T. Bildningen av m-RNA börjar med koden AUG (som motsvarar aminosyran metionin) och håller på tills en stoppkod påträffas.

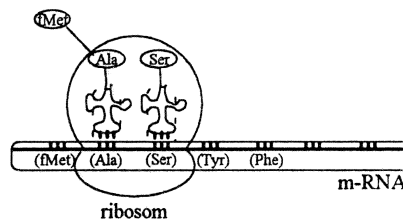
När m-RNA-molekylen är färdigbildad, lossnar den helt från DNA, lämnar kärnan, passerar kärnmembranen, kommer ut i cytoplasman och fäster vid en ribosom. Två kvävebastropplar (koder) i m-RNA får plats på en ribosom.

På m-RNA:s två koder binds två t-RNA-molekyler med fastsittande aminosyror via sina antikoder. När t-RNA-molekylerna är på plats, binds aminosyrorna samman med peptidbindning, samtidigt som den första aminosyran lossnar från sin t-RNA. Denna t-RNA lossnar från m-RNA och lämnar sin plats varefter m-RNA-molekylen flyttar sig en position på ribosomen. En ny t-RNA binds till den lediga platsen och en ny aminosyra binds till den växande polypeptidkedjan. Processen fortsätter med en hastighet av 1 - 100 aminosyror per sekund tills en stoppkod påträffas, då hela proteinmolekylen lossnar. Under bildningen antar proteinet spontant sin sekundär- och tertiärstruktur.

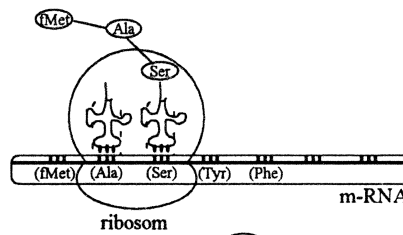
Den använda m-RNA-molekylen kan användas upprepade gånger. Den kan även samtidigt passera flera ribosomer och alltså samtidigt producera flera identiska proteinmolekyler. Hela proteinsyntesen är en mycket energikrävande process där den nödvändiga energin fås från ATP-molekyler.



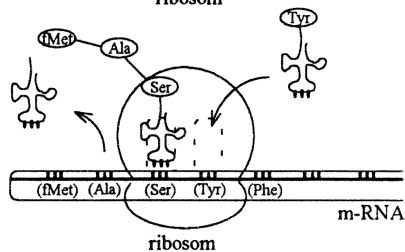
Proteinsyntesen har just startat



Två t-RNA-molekyler med aminosyror sitter på ribosomen



Aminosyrorna kopplas samman och släpper från den första t-RNA-molekylen



m-RNA med fastsittande t-RNA flyttas en position på ribosomen och ger plats för nästa t-RNA med sin aminosyra. Den tomma t-RNA lämnar ribosomen

De första stegen i en proteinsyntes

Den genetiska koden

Sambandet mellan en aminosyra och motsvarande kod i m-RNA (via t-RNA:s antikod) kallas den genetiska koden. Det visar sig att de flesta aminosyror svarar mot mer än en kod, de flesta har två, fyra eller sex koder. För dessa aminosyror gäller att den tredje kvävebasen i koden är mindre väsentlig än de två första.

	U	C	A	G
U	UUU Phe UUC Phe UUA Leu UUG Leu	UCU Ser UCC Ser UCA Ser UCG Ser	UAU Tyr UAC Tyr UAA (end) UAG (end)	UGU Cys UGC Cys UGA (end) UGG Trp
C	CUU Leu CUC Leu CUA Leu CUG Leu	CCU Pro CCC Pro CCA Pro CCG Pro	CAU His CAC His CAA Gln CAG Gln	CGU Arg CGC Arg CGA Arg CGG Arg
A	AUU Ile AUC Ile AUA Ile AUG Met	ACU Thr ACC Thr ACA Thr ACG Thr	AAU Asn AAC Asn AAA Lys AAG Lys	AGU Ser AGC Ser AGA Arg AGG Arg
G	GUU Val GUC Val GUA Val GUG Val	GCU Ala GCC Ala GCA Ala GCG Ala	GAU Asp GAC Asp GAA Glu GAG Glu	GGU Gly GGC Gly GGA Gly GGG Gly

Alanin	Ala	GCA	GCC	GCG	GCU		
Arginin	Arg	AGA	AGG	CGA	CGC	CGG	CGU
Asparagin	Asn	AAC	AAU				
Asparaginsyra	Asp	GAC	GAU				
Cystein	Cys	UGC	UGU				
Glutamin	Gln	CAA	CAG				
Glutaminsyra	Glu	GAA	GAG				
Glycin	Gly	GGA	GGC	GGG	GGU		
Histidin	His	CAC	CAU				
Isoleucin	Ile	AUA	AUC	AUU			
Leucin	Leu	CUA	CUC	CUG	CUU	UUA	UUG
Lysin	Lys	AAA	AAG				
Metionin	Met (start)	AUG					
Fenylalanin	Phe	UUC	UUU				
Prolin	Pro	CCA	CCC	CCG	CCU		
Serin	Ser	AGC	AGU	UCA	UCC	UCG	UCU
Treonin	Thr	ACA	ACC	ACG	ACU		
Tryptofan	Trp	UGG					
Tyrosin	Tyr	UAC	UAU				
Valin	Val	GUA	GUC	GUG	GUU		
	(stopp)	UAA	UAG	UGA			

Aminosyror och motsvarande koder

ENERGIOMSÄTTNING I LEVANDE CELLER

Alla levande organismer behöver energi för att överleva. Ytterst kommer energin från strålningensenergin i solljuset. Denna energi kan tas upp av gröna växtdelar och omvandlas till kemisk energi i en process som kallas *fotosyntes*.

Den kemiska energin finns i bindningarna mellan atomerna i en kemisk förening. Ju större molekyl är, desto mer energi finns lagrad i den. I fotosyntesen lagras kemisk energi genom att små energifattiga molekyler byggs samman till större energirika föreningar.

Andra organismer (även växterna) kan därefter tillgodogöra sig denna bundna kemiska energi genom att bryta ner de stora molekylerna. Frigörandet av bunden kemisk energi sker i olika processer som gemensamt kallas för respiration eller *cellandning*.

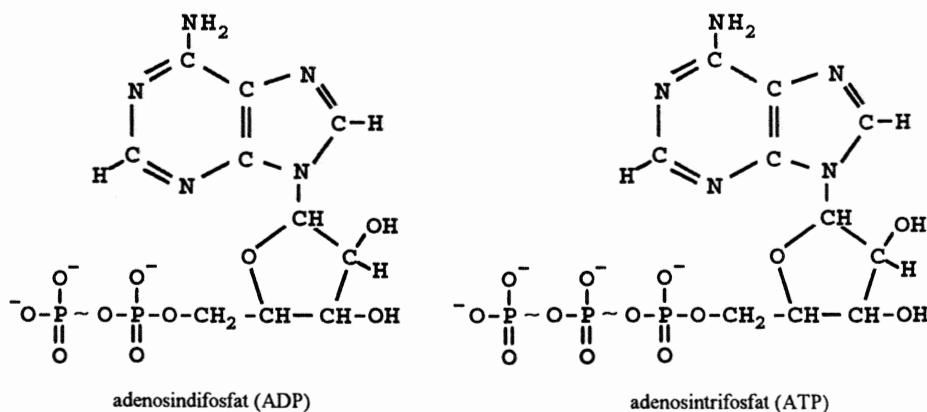
ENERGIRIKA FÖRENINGAR

I alla celler förekommer komplicerade processer som fordrar energi för att kunna ske. Exempel på sådana energikrävande processer är syntes av protein, nukleinsyror m fl, transport av olika ämnen genom cellväggar, muskelarbete och annan form av rörelse.

Dessa energikrävande processer sker emellertid ofta på speciella platser i cellen medan de energifrigörande reaktionerna sker på andra platser. För att energin, som frigjorts på ett ställe i cellen, ska kunna användas på ett annat ställe, fordras att energin transporteras från bildningsplatsen till förbrukningsplatsen. Sådan energitransport sker med speciella energirika föreningar

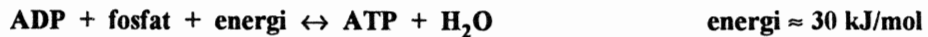
ADP och ATP

En av RNA-nukleotiderna är **adenosinmonofosfat**, AMP. Denna innehåller förutom fosfatgruppen kvävebasen adenin och pentosen ribos. Föreningen mellan adenin och ribos kallas adenosin, därav nukleotidens namn. Till AMP-molekylen kan bindas ännu en fosfatgrupp varvid det bildas **adenosindifosfat**, ADP. Denna kan i sin tur binda ytterligare en tredje fosfatgrupp och bilda **adenosintrifosfat**, ATP.



Strukturformler för ADP och ATP

ADP och ATP spelar en viktig roll vid energiomsättningarna i cellen. De övergår mycket lätt i varandra genom reaktionerna:

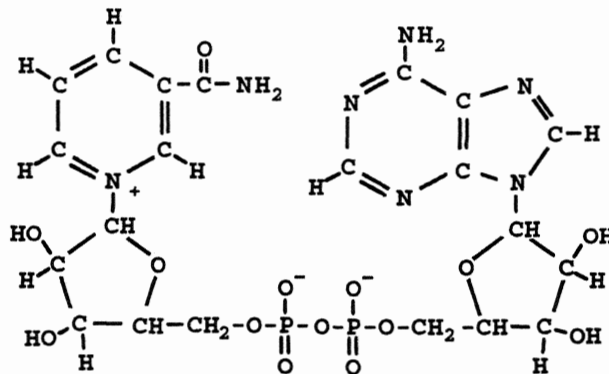


Reaktionen åt höger är *endoterm* (energi tas upp) och den vänster är *exoterm* (energi avges). Både reaktionen åt höger och den åt vänster kan kopplas samman med ett mycket stort antal av de reaktioner som försiggår i en cell. Energiförbrukande reaktioner får sålunda sitt energibehov tillgodosett genom att ATP samtidigt spjälkas till ADP och fosfat. Omvänt tas energi, som utvecklas vid exoterma reaktioner, om hand i cellen genom att fosfat binds till ADP. Det ATP som då bildas tjänar som energireservoar, som omedelbart kan ställa energi till förfogande.

Även övriga RNA- och DNA-nukleotider fungerar som energitransportörer i speciella reaktioner på samma sätt som ATP (CTP, GTP, UTP, dATP, dCTP, dGTP, dTTP).

NAD och NADH₂

Många reaktioner i cellen innebär överföring av väteatomer från en molekyl till en annan. Sådana reaktioner katalyseras av enzym som kallas dehydrogenaser. Koenzym i dehydrogenaser är ofta **nikotinamidadenindinukleotid (NAD)**. Vid reaktionen tar NAD upp två väteatomer (i nikotinamiddelen) och betecknas då NADH₂.



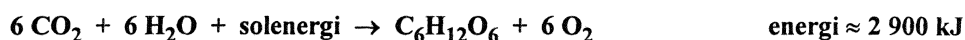
Strukturformel för nikotinamidadenindinukleotid (NAD)

Som framgår av formeln består NAD-molekylen av en ADP-molekyl som är hopkopplad med en nukleotid som har nikotinamid som kvävebas.

Andra vanliga väteöverförande koenzym är NADP (där ytterligare en fosfatgrupp är bunden till ADP-delen) och FAD (flavinadenindinukleotid), som liknar NAD, men har flavin som kvävebas där NAD har nikotinamid.

FOTOSYNTES

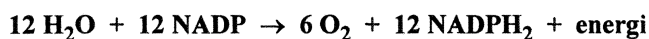
I de gröna växtdelarnas celler finns kloroplaster som innehåller klorofyll, ämnen som kan katalysera absorption av ljusenergi. Den primära produktionen av allt organiskt material på jorden sker i kloroplasterna i den så kallade fotosyntesen. Vid denna överförs solens strålningsenergi till kemisk energi med hjälp av klorofyll enligt följande schematiska reaktionsformel:



Fotosyntesen är en endoterm process vars hastighet beror av ljusets intensitet och av koldioxidhalten i luften. Den består av två delprocesser, ljusreaktionen eller den fotokemiska reaktionen samt mörkerreaktionen.

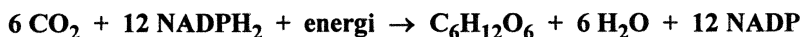
Ljusreaktionen

I ljusreaktionen sönderdelas vattenmolekyler och syrgas bildas. Väteatomerna binds till NADP och den frigjorda energin används för att bilda ATP ur ADP och fosfat. Reaktionen sker under inverkan av solljus med klorofyll som katalysator. Det är de blå och röda delarna av ljusets spektrum som är verksamma och inte de gula och gröna, vilket beror på att klorofyll absorberar rött och blått ljus (det är därför som klorofyll är grönt).

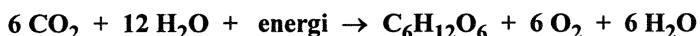


Mörkerreaktionen

Koldioxidmolekyler och väteatomerna i NADPH₂ byggs samman till socker i en serie reaktioner där energin fås från de ATP-molekyler som bildats i ljusreaktionen. Trots namnet på reaktionen sker mörkerreaktionen lika bra i ljus som i mörker. Den pågår så länge det finns tillgång till NADPH₂ och koldioxid.



Av delreaktionerna ovan framgår att syrgasen som bildas i fotosyntesen (all syrgas som finns i atmosfären har kommit från fotosyntes i gröna växter) kommer från vattnet och inte från koldioxiden. En bättre bruttoformel är därför:



Glukosen som bildats i fotosyntesen kan överföras till stärkelse eller till cellulosa. Den kan också genomgå mera omfattande omvandlingar och utgöra en del av utgångsmaterialet, när karboxylsyror och aminosyror bildas i cellerna. Dessa syror kan sedan användas för att bygga upp fett och protein hos både växter och djur.

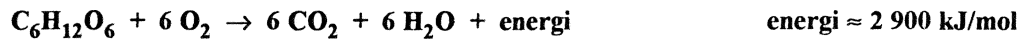
I alla de nämnda molekylslagen kan solens strålningsenergi anses lagrad.

CELLANDNING

Cellandningen eller respirationen har betydelse för organismen på olika sätt:

Den sker i en serie delreaktioner, där de olika mellanprodukterna används som utgångsämnen vid syntes av många av de ämnen som cellen är uppbyggd av.

Den energi som bundits vid fotosyntesen frigörs åter vid cellandningen genom att energirika föreningar (t ex glukos) bryts ner till energifattiga (t ex vatten och koldioxid). Totalförloppet är att glukos oxideras till koldioxid och vatten. Den process som sker vid cellandningen är således en omvändning till den som sker vid fotosyntesen.



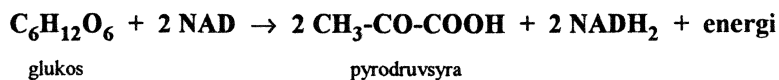
En stor del av energin som frigörs i cellandningen lagras temporärt genom att ATP bildas av ADP och fosfat. ATP kan därefter användas för att möjliggöra energikrävande förlopp som t ex muskelarbete, transport av joner och andra ämnen genom cellmembran samt syntes av stora molekyler (t ex protein och nukleinsyror).

Resten av den frigjorda energin fås som värmeenergi. Värmen kompenserar organismen för den värmeförlust som sker till omgivningen, så att en konstant temperatur kan upprätthållas.

Oxidationen av glukos sker i tre på varandra följande huvudförlopp, glykolysen, citronsyrcykeln och andningskedjan. Alla förloppen är exoterma. Den frigjorda nyttiga energin tas tillvara genom att ADP överförs till ATP.

Glykolysen

Till skillnad från de följande delprocesserna, sker glykolysen inte i någon bestämd del i cellen. Den består av flera steg, som totalt innebär att en molekyl glukos bryts ner till två molekyler pyrodruvsyra.

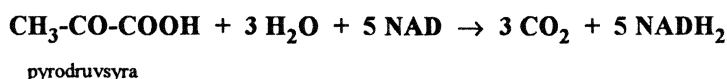


Totalförloppet för glykolysen

Energien som frigörs i glykolysen används för bildning av 2 ATP. Hos anaeroba organismer (lever utan syrgas) är detta all nyttig energi som sådana organismer får från cellandningen.

Citronsyrcykeln

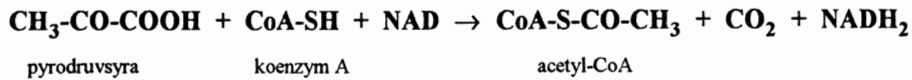
Den andra delreaktionen i cellandningen utgår från pyrodruvsyran som bildats vid glykolysen. I citronsyrcykeln bryts en molekyl pyrodruvsyra ner till tre molekyler koldioxid varvid fem molekyler NADH₂ bildas. Däremot frigörs ingen energi i form av bildade ATP-molekyler i citronsyrcykeln. Detta sker först i andningskedjan.



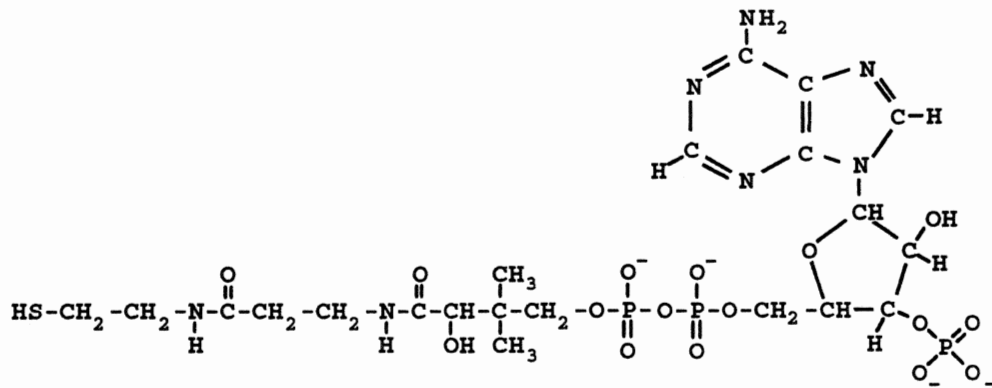
Totalförloppet för citronsyrcykeln

Till största delen sker reaktionerna i citronsyracykeln i ett enzymreglerat kretslopp där det förekommer ett mycket stort antal mellanprodukter och följaktligen ett mycket stort antal olika enzym. Reaktionerna i citronsyracykeln (och också reaktionerna i andningskedjan) sker i cellens mitokondrier.

Den första delen av citronsyracykeln innebär att pyrodruvsyran delas i två delar, ättiksyra och koldioxid. Ättiksyran binds till ett koenzym, CoA-SH (koenzym A)



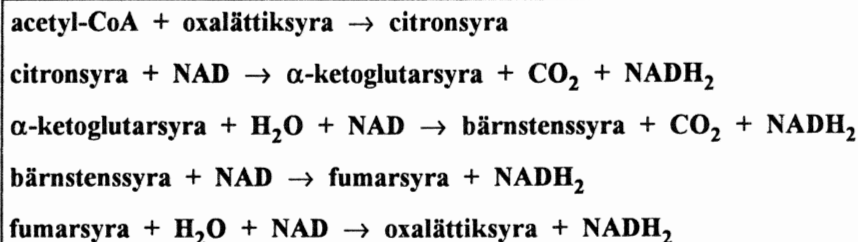
Första delen av citronsyracykeln



Strukturformel för koenzym A (CoA-SH)

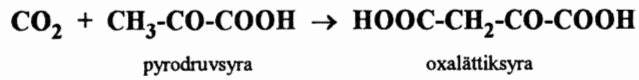
Resten av citronsyracykeln utgörs av den cykliska delen där totalresultatet är att bindningen mellan koltatomerna i ättiksyran bryts och två molekyler koldioxid bildas. Att det behövs en så komplicerad process beror på att ättiksyra är en mycket stabil förening. För att direkt oxidera ättiksyra till koldioxid och vatten, måste drastiska reaktioner ske. Sådana reaktioner är fullständigt uteslutna i levande celler.

Reaktionerna i den cykliska delen av citronsyracykeln börjar med att acetyldelen i acetyl-CoA (-CO-CH₃) kopplas samman med oxalättiksyra och bildar citronsyra (det är denna syra som gett namn åt hela processen). Därefter sker en successiv nedbrytning av citronsyrans, vilket resulterar i bildning av totalt två molekyler koldioxid, fyra molekyler NADH₂ och återbildning av oxalättiksyra. Därmed kan en ny acetyl-CoA behandlas.

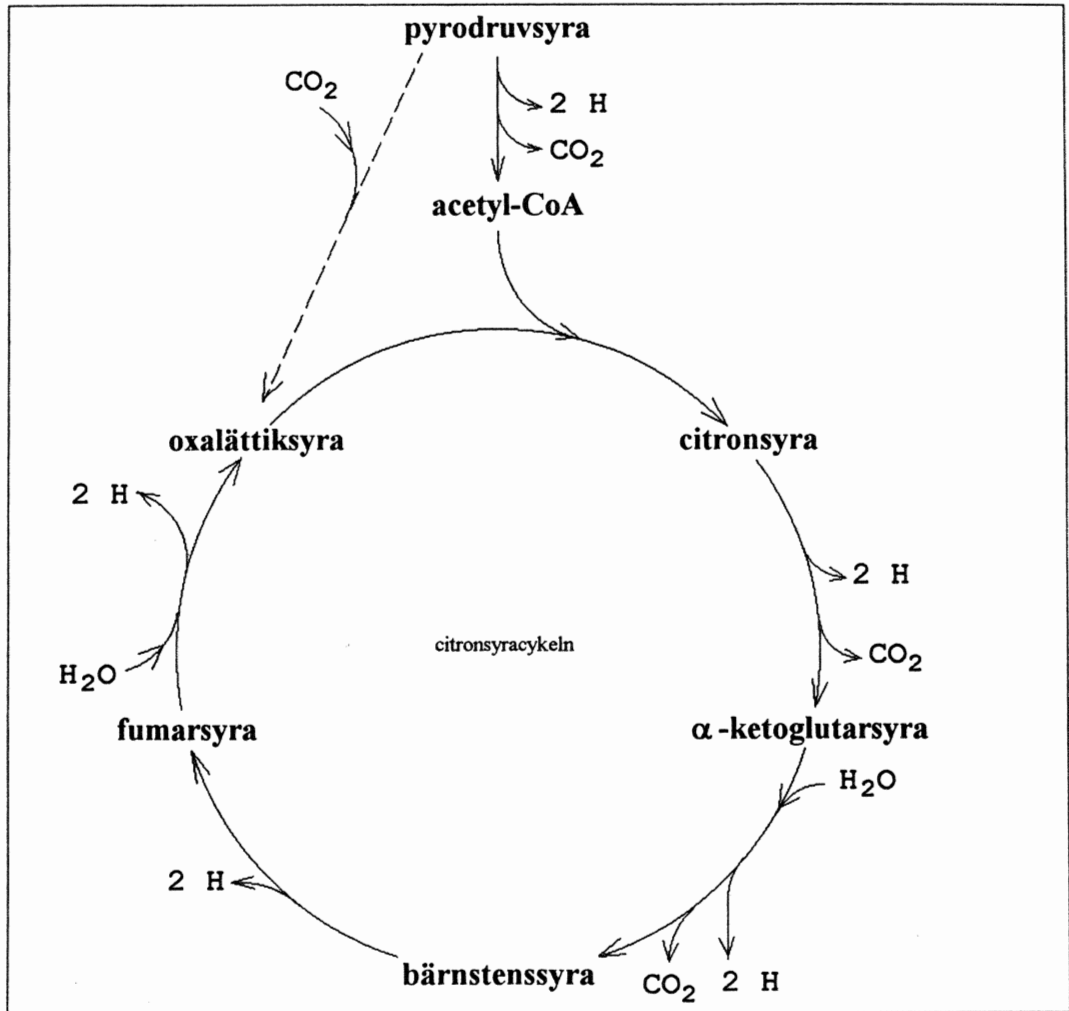


Reaktionerna i den cykliska delen av citronsyracykeln

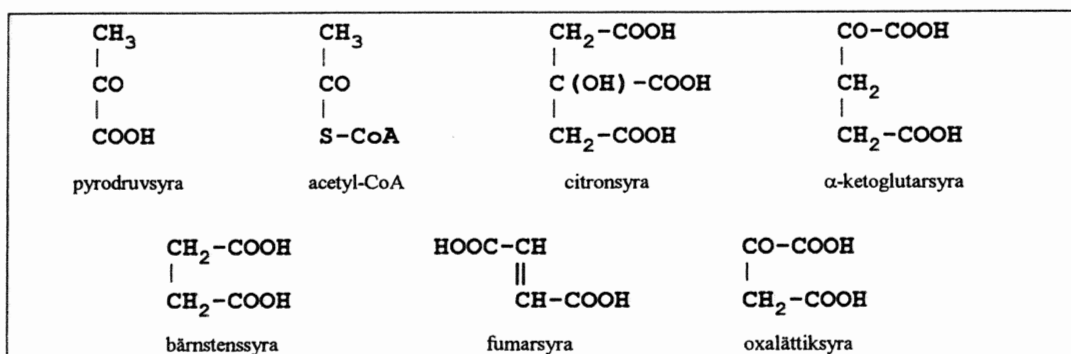
Mellanprodukterna i citronsyracykeln, vilka alla är karboxylsyror, används för syntes av bl a aminosyror i cellen. Oxalättiksyra förbrukas härvid delvis och måste därför nybildas vilket sker genom att pyrodruvsyra reagerar med koldioxid.



Återbildning av oxalättiksyra



Schematisk bild av citronsyracykelns reaktioner

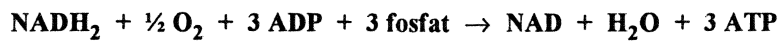


Formel för några av mellanprodukterna i citronsyracykeln

Andningskedjan

Reaktionerna i andningskedjan är en serie väte- och elektronöverföringsreaktioner. Elektronöverföringarna katalyseras av enzym som kallas cytokromer. Dessa har strukturer som liknar strukturerna hos klorofyll och hemoglobin.

I tre av delreaktionerna i andningskedjan frigörs så mycket energi att ATP kan bildas. Det totala resultatet av reaktionerna är att vätet i NADH_2 oxideras av syrgas till vatten och det bildas tre molekyler ATP per molekyl NADH_2 .



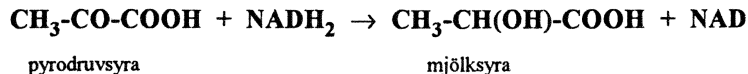
Totalförloppet för andningskedjan

Förbränningen av fetter och protein samt andra sockerarter än glukos kan också ske via glykolysen och citronsyracykeln. Dessa ämnen omvandlas då först genom andra reaktioner till något av de molekyllag som ingår i glykolysen eller citronsyracykeln.

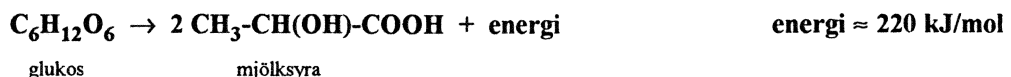
ALTERNATIV TILL CITRONSYRACYKELN

Mjölksyräjäsning

Uppsättningen av enzym i cellen är avgörande för vilka reaktioner som sker. Muskelceller innehåller t ex ett enzymssystem, som möjliggör reduktion av den vid glykolysen bildade pyrodruvsyran till mjölksyra:



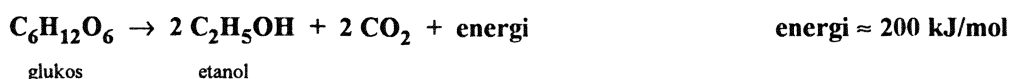
I en muskelcell kan sålunda energi frigöras även utan medverkan av syre. Vid en häftig ansträngning av muskelcellerna hinner ofta inte syret tillföras cellerna så snabbt som erfordras för att det skall kunna delta i reaktionen. Muskelarbetet kan ändå utföras genom att glykogen och glukos omvandlas till mjölksyra. Man talar om musklernas "mjölksyramotor".



Cellerna tål emellertid inte en för hög halt av mjölksyra. När muskelarbetet minskar och syremängden i cellen åter blivit normal, förbränns en del av mjölksyran till koldioxid och vatten. Samtidigt byggs ATP upp. Denna ATP kan i sin tur användas till att återföra en annan del av mjölksyra till glukos och glykogen. Cellen utnyttjar på så sätt sitt bränsleförråd av glukos och glykogen så fullständigt som möjligt.

Alkoholjäsning

För jästsvampar och många bakterier som lever med ringa tillgång till syre, är glykolysen den enda möjliga energikällan. Pyrodruvsyran förvandlas då ej alltid till mjölksyra på det sätt som ovan beskrivits för muskelcellerna. I stället bildas andra produkter, t ex alkohol hos jästsvampar. Både när det gäller jästsvampar och bakterier kallar man dessa förlopp jäsning.



NEDBRYTNING AV FETT, KOLHYDRAT OCH PROTEIN

FETTETS NEDBRYTNING OCH FÖRBRÄNNING

Fettet i födan sönderdelas i matsmältningsapparaten till glycerol och karboxylsyror. Dessa ämnen sugs upp i tunntarmens väggar, där de åter bildar fett som förs ut i kroppen i form av små droppar.

Det fett som ibland i stora mängder finns upplagrat i kroppen kan komma från fett som intagets med födan. Det kan emellertid också komma från kolhydrat, vilka vid sin nedbrytning bildar acetyl-CoA, från vilket karboxylsyror kan bildas.

Vid behov kan det lagrade fettet helt förbrännas under bildning av energi, koldioxid och vatten. Härvid hydrolyseras fettet först till glycerol och karboxylsyror. Glycerol kan omvandlas till pyrodruvsyra genom att matas in i glykolyzen. Karboxylsyrorerna kan brytas ned till acetyl-CoA som ingår i första steget i citronsyracykeln. Därefter följer en fullständig oxidation av karboxylsyrorerna till koldioxid och vatten.

KOLHYDRATENS NEDBRYTNING OCH FÖRBRÄNNING

Av de kolhydrat som ingår i födan kan endast monosackariderna (glukos, fruktos, galaktos) sugas upp i blodet utan att först brytas ner. Uppsugningen sker i tunntarmens slemhinna. Övriga kolhydrat måste först spjälkas till monosackarider.

Disackariderna hydrolyseras till monosackarider i tunntarmen under medverkan av enzym. Stärkelse hydrolyseras till maltsocker av amylas, som finns i saliv och bukspott. Maltsockret, som är en disackarid, spjälkas därefter i sin tur till glukos i tunntarmen.

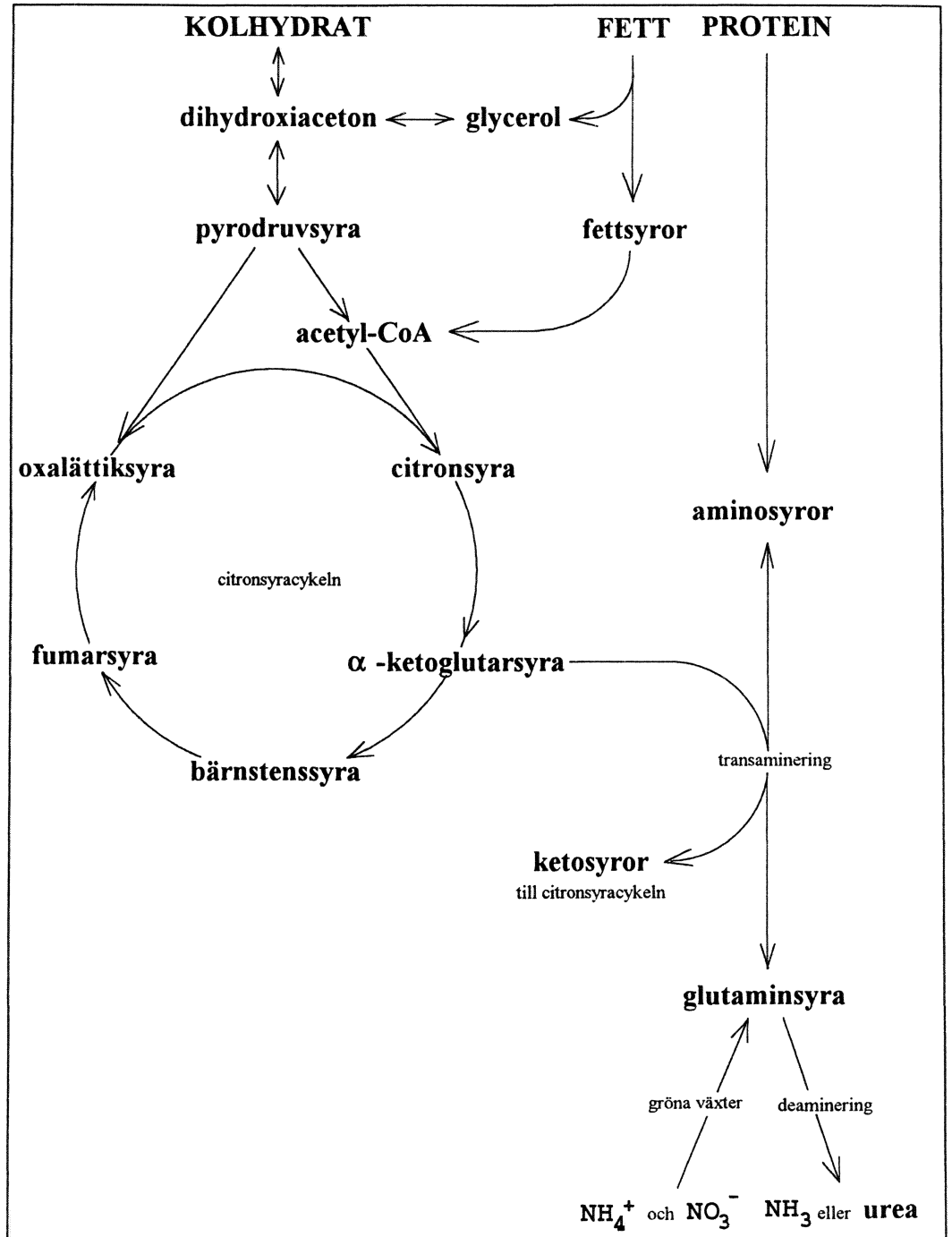
Glykogen

Liksom växterna lagrar glukos genom att bygga upp stärkelse, lagrar människor och djur glukos i form av polysackariden glykogen. Glykogen finns i musklerna och i levern och kallas därför ibland leverstärkelse. Den kan snabbt omvandlas till glukos igen och utgör därför en lättillgänglig energireserv för kroppen. Om kroppen tillförs så mycket glukos att levern och musklerna inte förmår lagra mer i form av glykogen, bildas i stället fett.

PROTEINETS NEDBRYTNING OCH FÖRBRÄNNING

Under inverkan av matsmältningsapparatusens enzym spjälkas födans protein till aminosyror. Aminosyrorerna upptas i tunntarmen och transporteras av blodet till cellerna. Här används de huvudsakligen för nybildning av protein. De kan emellertid också brytas ned under energitveckling, alltså tjäna som bränsle.

Nedbrytningen av aminosyrorerna sker med olika hastighet i olika organ, snabbast i levern. Vid nedbrytningen kan aminogruppen, $-NH_2$, avskiljas och omvandlas till ammoniak (deaminering). Ammoniaken förenas sedan med koldioxid och bildar urea, NH_2CONH_2 , som utsöndras via njurarna. Den återstående delen av aminosyramolekylen kan gå in i citronsyracykeln och brytas ner till koldioxid och vatten varvid energi frigörs.



Schema över nedbrytning och förbränning av kolhydrat, fett och protein

INSTUDERINGSFRÅGOR

Linolsyrans beteckning är C18:2. Vad menas med denna beteckning?

Vilka ämnen ingår förening vid bildning av fett?

Vad innebär härdning av fett?

Det finns två typer av härdning av fett. Hur kan man undvika dessa?

Vad är jodtalet ett mått på? Hur definieras det?

Hur analyseras karboxylsyrasammansättningen?

Ge exempel på en monosackarid, en disackarid och en polysackarid.

Vilka två monosackarider ingår i mjölksocker?

Vilka bindningar finns mellan glukosresterna i en grenad polysackarid?

Vilka två slags stärkelse finns i växter?

Vilka likheter och olikheter finns det i dessa ämnens uppbyggnad?

Vad är ett protein uppbyggt av?

Hur kan en aminosyra reagera både som syra och bas?

Vad menas med ett proteins sekundärstruktur?

Vad händer kemiskt när ett protein koagulerar?

Vad orsakar att ett protein koagulerar?

Vad är ett enzym uppbyggt av?

Vilken funktion har enzym i cellen?

Förklara vad som menas med specifik verkan, aktiv yta och koenzym i samband med enzym.

Vilka faktorer påverkar enzymaktiviteten?

Vad händer med ett enzym om temperaturen överstiger 60 °C?

Varför reagerar enzymet på detta sätt?

Beskriv hur en RNA-nukleotid är uppbyggd. Vilka är byggstenarna och hur är dessa hopkopplade?

Vad skiljer DNA och RNA?

Hur sker duplikationen av DNA?

Beskriv hur proteinsyntesen går till.

Vilka funktioner har m-RNA och t-RNA vid proteinsyntesen?

Den process där solenergi omvandlas till kemisk energi kallas fotosyntesen. Var i cellen sker fotosyntesen?

Hur tar cellen tillvara på energin för användning vid senare behov?

Vilken funktion har ADP och ATP i cellen?

Vilket ämne bildas i glykolysen?

Vilket ämne måste finnas för att reaktionerna i citronsyracykeln ska ske?

GRUNDÄMNE NAS PERIODISKA SYSTEM

Grupp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Period																		
1	1 1,008 H 1																	2 4,00 He 2
2	3 6,94 Li 2.1	4 9,01 Be 2.2											5 10,8 B 2.3	6 12,0 C 2.4	7 14,0 N 2.5	8 16,0 O 2.6	9 19,0 F 2.7	10 20,2 Ne 2.8
3	11 23,0 Na 2.8.1	12 24,3 Mg 2.8.2											13 27,0 Al 2.8.3	14 28,1 Si 2.8.4	15 31,0 P 2.8.5	16 32,1 S 2.8.6	17 35,5 Cl 2.8.7	18 39,9 Ar 2.8.8
4	19 39,1 K 2.8.8.1	20 40,1 Ca 2.8.8.2	21 45,0 Sc 2.8.9.2	22 47,9 Ti 2.8.10.2	23 50,9 V 2.8.11.2	24 52,0 Cr 2.8.13.1	25 54,9 Mn 2.8.13.2	26 55,8 Fe 2.8.14.2	27 58,9 Co 2.8.15.2	28 58,7 Ni 2.8.16.2	29 63,5 Cu 2.8.18.1	30 65,4 Zn 2.8.18.2	31 69,7 Ga 2.8.18.3	32 72,6 Ge 2.8.18.4	33 74,9 As 2.8.18.5	34 79,0 Se 2.8.18.6	35 79,9 Br 2.8.18.7	36 83,8 Kr 2.8.18.8
5	37 85,5 Rb 2.8.18.8.1	38 87,6 Sr 2.8.18.8.2	39 88,9 Y 2.8.18.9.2	40 91,2 Zr 2.8.18.10.2	41 92,9 Nb 2.8.18.12.1	42 95,9 Mo 2.8.18.13.1	43 (99) Tc 2.8.18.14.1	44 101,1 Ru 2.8.18.15.1	45 102,9 Rh 2.8.18.16.1	46 106,4 Pd 2.8.18.18.0	47 107,9 Ag 2.8.18.18.1	48 112,4 Cd 2.8.18.18.2	49 114,8 In 2.8.18.18.3	50 118,7 Sn 2.8.18.18.4	51 121,8 Sb 2.8.18.18.5	52 127,6 Te 2.8.18.18.6	53 126,9 I 2.8.18.18.7	54 131,3 Xe 2.8.18.18.8
6	55 132,9 Cs 2.8.18.18.8.1	56 137,3 Ba 2.8.18.18.8.2	57 138,9 La * 2.8.18.18.9.2	72 178,5 Hf 2.8.18.32.10.2	73 180,9 Ta 2.8.18.32.11.2	74 183,9 W 2.8.18.32.12.2	75 186,2 Re 2.8.18.32.13.2	76 190,2 Os 2.8.18.32.14.2	77 192,2 Ir 2.8.18.32.17.0	78 195,1 Pt 2.8.18.32.17.1	79 197,0 Au 2.8.18.32.18.1	80 200,6 Hg 2.8.18.32.18.2	81 204,4 Tl 2.8.18.32.18.3	82 207,2 Pb 2.8.18.32.18.4	83 209,0 Bi 2.8.18.32.18.5	84 (210) Po 2.8.18.32.18.6	85 (210) At 2.8.18.32.18.7	86 (222) Rn 2.8.18.32.18.8
7	87 (223) Fr 2.8.18.32.18.8.1	88 (226) Ra 2.8.18.32.18.8.2	89 (227) Ac ** 2.8.18.32.18.9.2	104 (261) Rf 2.8.18.32.32.10.2	105 (262) Db 2.8.18.32.32.11.2	106 (263) Sg 2.8.18.32.32.12.2	107 (264) Bh 2.8.18.32.32.13.2	108 (265) Hs 2.8.18.32.32.14.2	109 (266) Mt 2.8.18.32.32.17.0									
			6 *	58 140,1 Ce 2.8.18.20.8.2	59 140,9 Pr 2.8.18.21.8.2	60 144,2 Nd 2.8.18.22.8.2	61 (147) Pm 2.8.18.23.8.2	62 150,4 Sm 2.8.18.24.8.2	63 152,0 Eu 2.8.18.25.8.2	64 157,3 Gd 2.8.18.25.9.2	65 158,9 Tb 2.8.18.27.8.2	66 162,5 Dy 2.8.18.28.8.2	67 164,9 Ho 2.8.18.29.8.2	68 167,3 Er 2.8.18.30.8.2	69 168,9 Tm 2.8.18.31.8.2	70 173,0 Yb 2.8.18.32.8.2	71 175,0 Lu 2.8.18.32.9.2	
			7 **	90 232,0 Th 2.8.18.32.18.10.2	91 (231) Pa 2.8.18.32.20.9.2	92 238,0 U 2.8.18.32.21.9.2	93 (237) Np 2.8.18.32.22.9.2	94 (244) Pu 2.8.18.32.24.8.2	95 (243) Am 2.8.18.32.25.8.2	96 (247) Cm 2.8.18.32.25.9.2	97 (247) Bk 2.8.18.32.26.9.2	98 (252) Cf 2.8.18.32.28.8.2	99 (254) Es 2.8.18.32.29.8.2	100 (257) Fm 2.8.18.32.30.8.2	101 (257) Md 2.8.18.32.31.8.2	102 (255) No 2.8.18.32.32.8.2	103 (256) Lr 2.8.18.32.32.9.2	