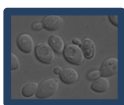
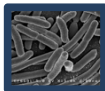


Bio 2. Biokemiska reaktioner och metabolism

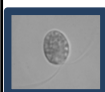
- Liv - Föröka sig, överföra information, energi från näringsmolekyler, anpassa sig till omgivningen
- För att leva och fortleva behöver cellen
 - Kopiera och uttrycka den genetiska koden för att bygga upp rätt byggstenar
 - Ta upp kol för att bygga upp cellmaterial
 - Ta upp energi och överföra den till användbar form



Jäst



Bakterier



Alger



Växter

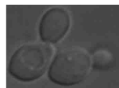


Djur

Användning av kol- och energikällor

Flöde av kol i cellen - kolmetabolism

- För att bygga upp cellmaterial
 - En källa för kol utifrån
 - Omvandla kolkällan i metabolismen till lämpliga byggstenar
 - Använda byggstenarna i metabolismen för att bygga upp cellmaterial från dessa

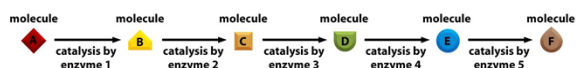


Flöde av energi i cellen - Bioenergetik

- För att driva metabolismen
 - En källa för energi utifrån
 - Överföra energin till en användbar form (energibärare) i metabolismen
 - Se till att tillgång och efterfrågan av energibärarna är i balans

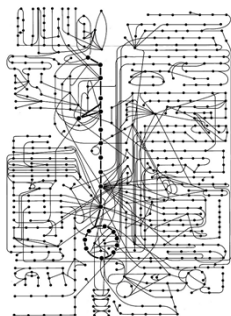
Metabolism – de kemiska reaktionerna i en cell

- Innefattar kemin samt samordning/reglering av reaktionerna
- Bioenergetik - flödet av energi i biologiska system
- Enzymer används för att katalysera reaktioner
- En molekyl omvandlas genom en serie av kemiska reaktioner till en annan molekyl – intermediär metabolism
- Intermediära molekyler - metaboliter



Metabola nätverk/reaktionsvägar

- Metabolismen består av flera reaktionsvägar (pathways)
- Reaktionsväg – serie av reaktioner som har en specifik funktion



Reaktionsvägarna grupperas i:

- Katabolism – nedbrytning av föreningar för att få byggstenar och energibärare
 - Socker, fett (källa för både kol och energi)
- Anabolism – uppbyggnad av cellmaterial
 - Bygga upp cellmaterial kostar energi

Organismer med olika typer av metabolism

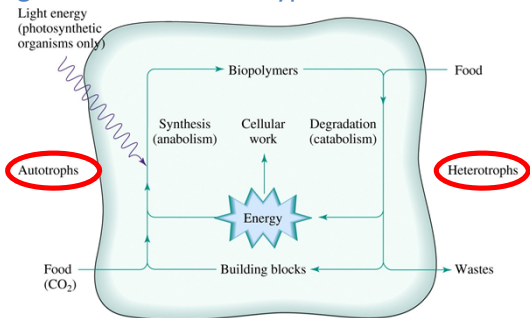


Figure 14-1 Concepts in Biochemistry, 3/e © 2006 John Wiley & Sons

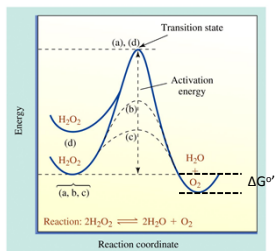
Aeroba – Anaeroba organismer

Bioenergetik och energibehov i cellens processer

- Den del av biokemin som behandlar flödet av energi i biologiska system
- Många processer energikrävande
 - Biosyntes, dvs uppbyggnad av cellmaterial
 - Förvaring och uttryck av genetisk information, dvs Replikation, transkription, translation
 - Transport
 - Rörelse
 - Homeostas (hålla förhållanden konstanta: pH, temperatur)

Kemiska reaktioner och energi

- G – Gibbs fria energi
- Under en reaktion ändring i Gibbs fria energi, ΔG
- $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
- ΔG° – vid standard förhållanden och pH=7



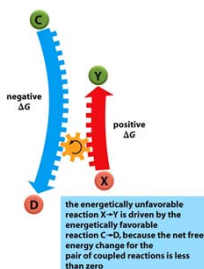
ΔG° och jämvikt

- $A + B \leftrightarrow C + D$
 - Jämviktskonstant $K'_{eq} = \frac{[C][D]}{[A][B]}$
 - $\Delta G^{\circ} = -2.303 RT \log K'_{eq}$
 - Vid jämvikt är $\Delta G^{\circ} = 0$
- ($\Delta G^{\circ} < 0$, spontan reaktion)

Livets processer - kopplade reaktioner

- Många reaktioner i cellen är energimässigt ofördelaktiga, ΔG° positiv

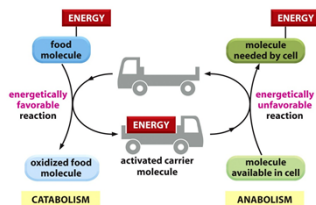
$A + B \rightarrow P$
 Energin (A+B) < Energin (P),
 reaktionen långsam



- Få bildning av sådan produkt om två reaktioner sker samtidigt, en som använder energi + en som frigör energi

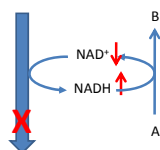
Viktiga energireaktioner

- $ATP \rightarrow ADP + P_i$
 - Kemisk energi
- $NADH \rightarrow NAD^+ + 2e^-$ (redox reaktioner)
 - Reducerande energi
- ATP och NADH är energibärare i cellen

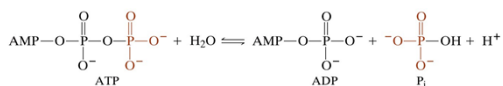


Bärare av energi i cellen

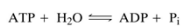
- ATP
- NADH och NADPH
- Viktigt balansera tillgång/efterfrågan
 - cellen är ett slutet system



ATP (adenosintrifosfat) som energimolekyl

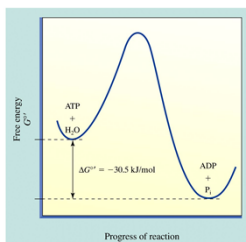


or



$$K_{eq} = \frac{[ADP][P_i]}{[ATP][H_2O]}$$

- Hydrolysis av fosfoanhydridbindningen
- $\Delta G^{\circ} = -30.5 \text{ kJ/mol}$
- Frigör P_i eller överför fosfatgruppen (fosforylering)



ATP bildning

- Fosforylering $\text{ADP} + \text{P}_i \rightarrow \text{ATP}$
 - Substratnivå fosforylering
 - Oxidativ fosforylering
 - Fotofosforylering
- Energin som behövs för att skapa de energirika bindningarna i ATP kommer från
 - Organiska molekyler med högt energi innehåll
 - Reducerade elektronbärare (NADH , FADH_2)
 - Ljus (fotoner)

Redoxreaktioner och standard reduktionspotentialer

- Redoxreaktioner

$$\text{A (red)} \rightarrow \text{e}^- + \text{A (ox)}$$
- Molekylen finns i oxiderad eller reducerad form, elektroner avges/tas upp av formerna
- Standard reduktionspotentialen, E° – mått på hur bra elektroner tas emot
- Två redoxreaktioner sker alltid tillsammans, elektroner kan inte finnas fritt i cellen
- För en kopplad reaktion med två redoxpar, ΔE°
- Korrelerad med Gibbs fria energi för reaktionen

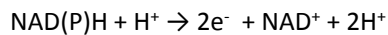
$$\Delta G^{\circ} = -nF \Delta E^{\circ}$$

Cellens användning av reducerande energi

- Reducerande energi - elektronbärare som är i sin reducerade form
- Elektronbäraren verkar som elektrondonator till en kopplad reaktion
- Flera reaktioner kan använda samma elektronbärare
- En viss reaktion kan använda sig av olika elektronbärare genom olika specifika enzym

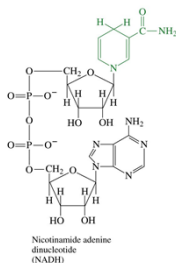
Cellens elektronbärare

- Viktiga elektronbärare: NADH, NADPH



Standard reduction potentials, E° for mitochondrial electron carriers

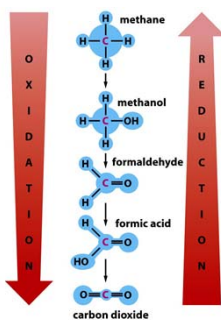
Redox Reaction ^a	E° (V)
$\text{NAD}^+ + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{NADH} + \text{H}^+$	-0.32
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0.00
$\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	0.82



- Användningsområden
 - NADH – bilda mer ATP
 - NADPH (viss del NADH) – driva redoxreaktioner i biosyntes

Bildning av NADH och NADPH

- Bildning av reducerade elektronbärare sker vid nedbrytning av kol- och energikällan, oxidativa processer
- Olika reaktionsvägar bildar de olika elektronbärarna
- NADH
 - Glykolysen
 - Citronsyracykeln (från pyruvat),
- NADPH
 - Pentosfosfatvägen (från intermediär i glykolysen)



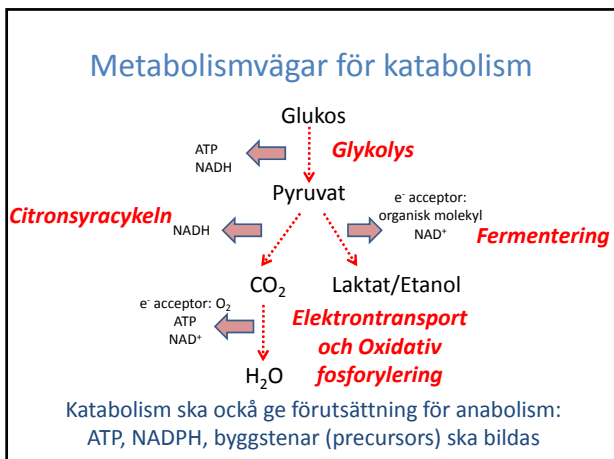
Metabolism-katabolism och anabolism

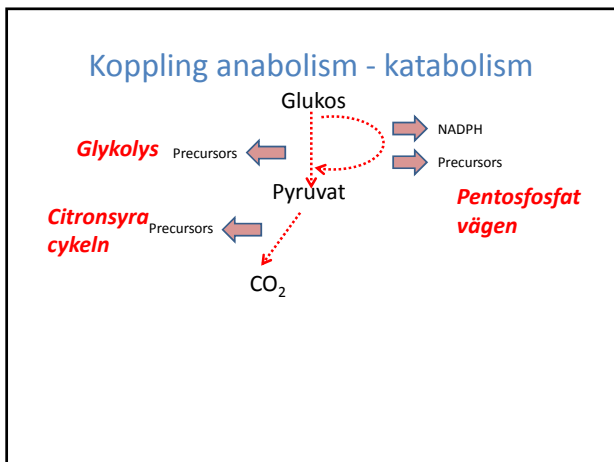
Katabolism

- Nedbrytning av biomolekyler, först bryta ner polymerer till monomerer
- Den är en oxidativ process och det bildas reducerade kofaktorer (NADH, NADPH, FADH₂)
- Frigör kemisk energi och ATP produceras från ADP

Anabolism

- Syntes av biomolekyler
- Den är en reduktiv process och det bildas oxiderade kofaktorer (NAD⁺, NADP⁺, FAD), främst NADPH används
- Kräver tillförsel av energi och ATP används





Glykolysen

- Oxidativ nedbrytning av glukos till pyruvat, 10 reaktionsteg
- Enzymkatalyserade reaktioner, i cytoplasman
- Intermediärer med fosfatgrupp,
- Kostar ATP i början av glykolysen, får ut mer ATP i slutet, substratnivå-fosforylering
- Anaerob process
- Resultat av glykolysen: **pyruvat, ATP, och NADH**

C1=CC(=O)C=C1
 Pyruvate

Glukos

Investering av ATP: 2 ATP → 2 ADP

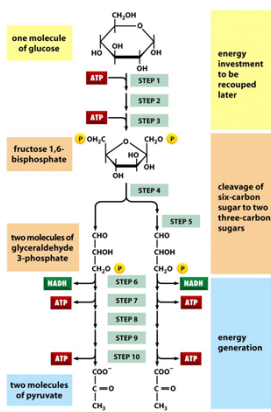
2 GAP
Glycerinaldehyd-3-fosfat

Återbäring av ATP: 4 ADP, 2 P_i, 2 NAD⁺ → 4 ATP, 2 NADH, 2 H⁺, 2 H₂O

2 Pyruvat

Glykolysen

- ATP investeringsfasen
 - Två irreversibla steg där ATP används (1 och 3)
 - Avslutas med att FBP spjälkas till 2 GAP
- ATP återbäringsfasen
 - Ett irreversibelt steg då pyruvat bildas
 - 2 GAP omvandlas till 2 pyruvat
 - Elektroner överförs till NADH
 - Pyruvat reagerar vidare
 - Substratnivåfosforylering

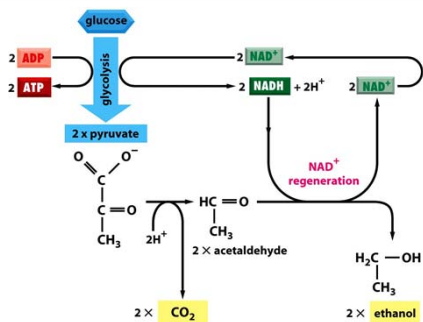


Fermentering

- Resultat av glykolysen: pyruvat och NADH
- Återbildning av NAD⁺, överföra elektronerna från NADH till en acceptor
 - I närvaro av O₂: I elektrontransportkedjan
 - Utan syre: Organisk molekyl är elektronacceptor
- Fermentering: organisk molekyl är elektronacceptor
 - Laktatfermentering (mjölksyra från pyruvat)
 - Etanolfementering

Etanolfementering

FERMENTATION LEADING TO EXCRETION OF ALCOHOL AND CO₂



Industriell etanolproduktion

- Jäst, *Saccharomyces cerevisiae*
- Etanolproduktion, biobränsle
- Råvara lignocellulosamaterial
- Olika processteg
 - flisning/sönderdelning, förbehandling, hydrolys, fermentering, destillation
- Trähydrolysat med socker – hexoser och pentoser
 - Glukos, galaktos, mannos
 - Xylos, arabinos



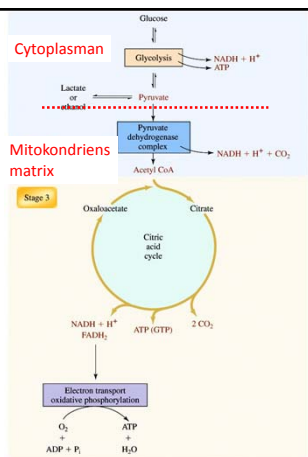
Sekab - Örnsköldsvik

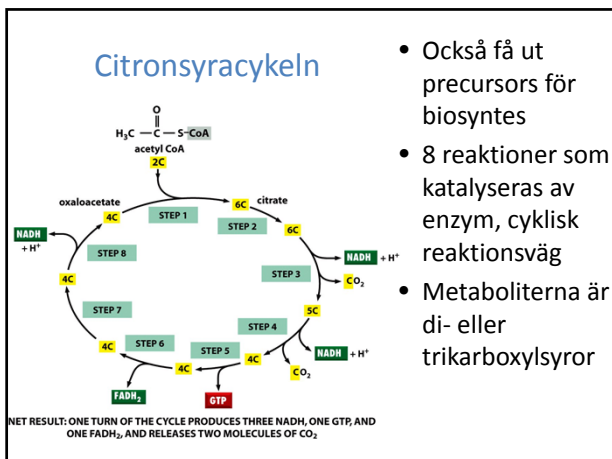


- Demoanläggning
- 300-400 l/dygn
- 2 ton träflis
- Hydrolys med syra, ca 200°C eller enzymer
- Fermentering

Fortsättning av glykolysen

- Transport av pyruvat till mitokondrierna
- Pyruvat till AcCoA
- Citronsyracykeln, TCA cykeln, Krebs cykel
 - Oxidation till CO_2
 - Får ut NADH, FADH_2 , ATP





- Också få ut precursors för biosyntes
- 8 reaktioner som katalyseras av enzym, cyklisk reaktionsväg
- Metaboliterna är di- eller trikarboxylsyror

Summering citronsyracykeln

$$\text{AcCoA} + 3 \text{ NAD}^+ + \text{FAD} + \text{ADP} + \text{P}_i + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ CO}_2 + 3 \text{ NADH} + 3 \text{ H}^+ + \text{FADH}_2 + \text{ATP} + \text{CoA}$$

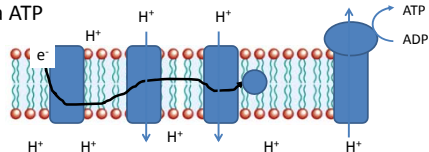
- NADH och FADH₂ överförs till oxidativ fosforylering för att ge mer ATP
- Nedbrytning av fett och vissa aminosyror ger AcCoA, leds in i citronsyracykeln

Pentosfosfatvägen

- Katabolisk reaktionsväg för att få
 - NADPH, används i biosyntes, regenerera antioxidanter glutation
 - Precursors (nukleotider, aminosyror mm)
- 5 reaktioner i en oxidativ del som startar från glukos-6-fosfat
- och en ickeoxidativ del som leder tillbaka metaboliter till glykolysen
- Regleras via behov av NADPH (halter av NADP/NADPH)

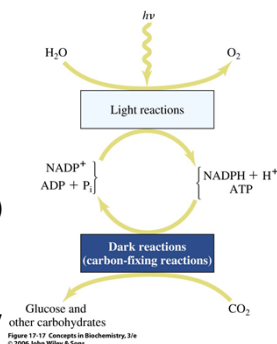
Elektrontransportkedjor och ATP bildning – kemiosmotisk mekanism

- Sker i respirationen och fotosyntes
- Frigjorda elektroner transporteras mellan olika enzymkomplex som sitter i membranet till en elektronacceptor (●)
- Under elektrontransporten överförs protoner från ena sidan till den andra (skillnad i protonkoncentration)
- ATP-syntaset låter protoner strömma igenom för att bilda ATP



Fotosyntes

- Växter och alger använder fotosyntes för att bygga upp cellmaterial och få tillgång till ATP
 - Kolkälla - luftens koldioxid
 - Energikälla – ljus
- Reduktiv process, elektroner måste avges från donator (H₂O)
- Energiinfångningen är kopplad till ATP bildning - fotofosforylering
- Sker i kloroplaster med hjälp av klorofyll



Reglering av metabolism

- Justera flödet av kolmolekyler genom systemet
- Påverka metabolitkoncentrationer
 - Halter av substrat/produkt påverkar reaktionshastigheten
- Påverka enzymerna
 - Mängd: bildning, nedbrytning
 - Aktivitet: effektorer, kovalent modifiering (fosforylering, metylering), proteolytisk klyvning
 - Isoenzym med olika egenskaper, affinitet, specificitet, olika effektorer, lokalisering

