nucleus
www.nucleus.dk

4

Enzymernes inddeling

I Bioteknologi 2, side 66 opsummeres hovedreglerne for klassifikation og navngivning af enzymerne.
Hvert enzym tildeles to navne og et firecifret klassifikationsnummer. Det *anbefalede navn* der anvendes i hverdagen, er typisk enzymets tidligere trivialnavn. Det *systematiske navn* er forklaret på side 66 i Bioteknologi 2. Klassifikationsnummeret har typen EC 1.1.1.1, hvor EC står for Enzyme Commission.
Fx har enzymet glucoseoxidase klassifikationsnummer EC 1.1.3.4. Det første tal (1) indikerer at enzymet hører til den 1. hovedgruppe, oxidoreduktaserne. Det andet tal (1) indikerer at enzymet reagerer med alkoholer. Det tredje tal (3) indikerer at oxygen er den endelige elektronacceptor, og fjerde tal (4) viser at enzymet er det fjerde enzym i den gruppe af oxidoreduktaser, der reagerer på alkoholer, og som har oxygen som den endelige elektronacceptor.
Læs evt. mere på http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_EC_numbers.

Oxidoreduktaser (EC 1)

Oxidoreduktaser katalyserer redoxreaktioner:

$$A^- + B \rightarrow A + B^-$$

Det sker ofte at H^+ overføres sammen med elektronerne. Det sker vha. coenzymer som NAD^+, $NADP^+$ og FAD. De tre coenzymer spiller en helt central rolle i opbygning og nedbrydning af organiske stoffer, ikke mindst i fotosyntese og respiration.

Transferaser (EC 2)

Transferaser katalyserer overførsel af en funktionel gruppe fra et molekyle til et andet:

$$A\text{-}B + C \rightarrow A + B\text{-}C$$

Ved at overføre bestemte funktionelle grupper spiller transferaser en vigtig rolle i forbindelse med syntese af cellens molekyler. Fx katalyserer aminotransferase transamineringen af aminosyrer.
Phosphorylaser oplader molekyler ved at overføre P_i fra ATP til molekylet, dvs. der sker en phosphorylering. Spaltning af ATP kobles på denne måde til en efterfølgende endoterm proces, se også Bioteknologi 2, side 27.
Enzymet phosphofructokinase har nummer EC 2.7.1.11. Det andet tal (7) viser at enzymet tilhører den 7. undergruppe hvor enzymerne flytter phosphorgrupper. Det tredje tal (1) fortæller at phosphorgruppen sættes på en alkoholgruppe, og det fjerde tal (11) er enzymets nummer i denne undergruppe. Det systematiske navn er 6-phosphofructokinase-1.

Hydrolaser (EC 3)

Hydrolaser spalter molekyler ved at addere H og –OH fra et vandmolekyle til bindingen:

$$A\text{-}B + H_2O \rightarrow A\text{-}OH + H\text{-}B$$

I første del af fordøjelsesprocessen hvor polymererne spaltes til monomerer, som så kan optages gennem tarmvæggen, spiller hydrolaserne en vigtig rolle.
De forskellige carbohydrater spaltes ved hydrolyse af glycosidbindingerne. Stivelse og amylose spaltes af amylaser, mens de forskellige disaccharider spaltes af fx suchrase, lactase og maltase.
Ved hydrolyse af peptidbindingerne spaltes proteinerne af proteaser, og lipaser spalter lipider ved hydrolyse af esterbindinger.

Hydrolyse er normalt exoterm, dvs. at der frigøres energi ved processen, og derfor forløber processen kun i en retning.
Den modsat rettede proces kræver energi der fx kan komme fra spaltning af ATP, se Bioteknologi 2, side 27. Processen katalyseres af ligaser, se hovedgruppe 6, eller molekylet lades energimæssigt op inden reaktionen, typisk ved at en transferase overfører P_i til molekylet.
Enzymet α-amylase har klassisfikationsnummeret EC 3.2.1.1. Her viser det andet tal (2) at enzymet spalter glycosylbindinger, og det tredje tal (1) indikerer at enzymet tilhører den undergruppe der hydrolyserer glycosidbindinger, mens det fjerde tal fortæller at enzymet er det første i denne undergruppe.

Lyaser (EC 4)
Lyaser katalyserer reaktioner hvor andre processer end redoxreaktioner eller hydrolyse spalter et molekyle. Ofte dannes en dobbeltbinding eller en ringstruktur:

$$\text{A-B-C-D} \rightleftharpoons \text{B=C + A-D}$$

Da reaktionen er reversibel, kan den modsatte reaktion anvendes til at addere en funktionel gruppe. Typisk adderes en funktionel gruppe, og de enzymer der forbindes med en sådan reaktion, navngives syntaser.
Decarboxylaser er lyaser som fraspalter CO_2 fra en carboxylsyre, og i citratcyklus findes der flere eksempler på dette.
Enzymet pyruvat-decarboxylase har nummeret EC 4.1.1.1. Her viser det andet tal (1) at enzymet bryder carbon-carbonbindinger. Det tredje tal (1) fortæller at enzymet fraspalter carboxylgrupper, mens det fjerde tal (1) fortæller at enzymet er det første i denne undergruppe.

Isomeraser (EC 5)
Isomeraser katalyserer isomeriseringsreaktioner, dvs. reaktioner hvor funktionelle grupper flyttes rundt i molekylet:

$$\text{A-B-C-D} \rightarrow \text{D-B-C-A}$$

Enzymet ændrer ikke molekylets bruttoformel, kun dets struktur.
Isomeraser indgår bl. a. i glycolysens proces 2 og 5 og i citratcyklus proces 2. Se Bioteknologi 2, side 36-37 og 40-41. Begge processer er reversible, og omdannelsen er afhængig af at produktet forbruges i næste proces.
Enzymet triosephosphatisomerase har nummeret EC 5.3.1.1. Her viser det andet tal (3) at der er tale om en intermolekylær oxidoreductase. Det tredje tal (1) viser at en aldose bliver omdannet til en ketose, mens det fjerde tal (1) fortæller at enzymet er det første i denne undergruppe.

Ligaser (EC 6)
Ligaser katalyserer reaktioner hvor to molekyler bindes sammen:

$$\text{A + B + } H_2O + \text{ATP} \rightarrow \text{A-B + ADP + } P_i$$

Reaktionen koster energi der typisk kommer fra hydrolyse af en energirig binding i ATP.
Ligaser kaldes også syntaser. DNA-ligase sætter DNA-stykker sammen. Carboxylaser katalyserer flere af stofskifteprocesserne hvor der sættes CO_2 på et molekyle. Enzymet rubisco er af særdeles vigtig betydning for hastigheden hvormed Calvins cyklus kan forløbe i fotosyntesens mørkeproces.
Citratsyntase overfører en acetylgruppe fra acetyl-CoA til oxaloacetat så der dannes citrat i citratcyklus.
Enzymet pyruvatcarboxylase har nummer EC 6.4.1.1. Her viser det andet nummer (4) at enzymet danner carbon-carbonbindinger. Der findes kun én undergruppe af denne type ligaser, derfor er det tredje nummer altid 1. Det fjerde nummer (1) viser at enzymet er det første i denne undergruppe.