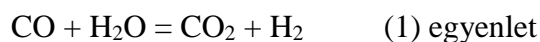


A CO, CO₂ és CH₄ bioszervetlen kémiája

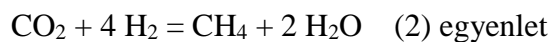
„A szén körforgásának egyik alapvető eleme a szerves anyagok anaerob baktériumok által történő lebontása. E folyamatok végső termékei az egyszerű, egy szénatomot tartalmazó vegyületek, melyek között a CO₂ a legnagyobb, a CH₄ pedig a legkisebb oxidációs állapotot képviseli. Míg egyes baktériumok a szerves anyagokat hidrogénné, szén-dioxidá, formiáttá, acetáttá alakítják, addig a metanogén baktériumok ezekből metánt állítanak elő. [...] Az utóbbi időkben e folyamatok tisztázása során néhány különleges biokémiai reakciólépésre derült fény, és számos új enzimet [...] fedeztek fel, [amelyek ezekben a folyamatokban szerepet játszanak].

[A CO átalakulását a CO dehidrogenáz enzim katalizálja. A dehidrogenázok katalizálják a hidrogénatomok és elektronok eltávolítását azokból a vegyületekből, amelyekre hatnak. A folyamat leegyszerűsítve az alábbi egyenlettel adható meg:



Valószínűleg helyesebb lenne a CO oxidoreduktáz elnevezés. Az oxidoreduktáz egy olyan enzim, amely egyidejűleg katalizálja az egyik molekula oxidációját és egy másik molekula redukcióját. Más szavakkal, az oxidoreduktázok képesek mind az oxidációs, mind a redukciós reakciókat katalizálni.]

A CO₂ redukciója metánná [az alábbi leegyszerűsített] kémiai egyenlettel jellemezhető:



Ez a reakció a valóságban azonban meglehetősen bonyolult. A [...] hidrogénmolekula [...] a hidrogenáz enzimek hatására, mint 8 e⁻ és 8 H⁺ kerül be a folyamatba. Az élő szervezetekben pedig a többelektronos redukció a nagyobb sebesség és hatékonyság, valamint a folyamat szabályozhatósága érdekében mindig több (lehetőleg egyelektronos) lépésben megy végbe. A folyamat részlépéseinek többségét metalloenzimek katalizálják. [...]

Az ilyen, meglehetősen különlegesnek látszó enzimek nagy valószínűséggel az evolúció korai szakaszaiban képződtek, és a fejlődés során többféle szervezet is felhasználta azokat. Így pl. az első autotróf élőlények, az anaerob acetogén baktériumok [...], illetve metanogén baktériumok [...] [voltak].

[Az acetogének olyan baktériumok, amelyek többnyire anaerob módon ecetsavat állítanak elő, különböző energia- és szénforrásokat használhatnak fel anyagcseréjük során. A legjobban tanulmányozott acetogén anyagcseréje során a szén-dioxid a tápanyagforrás és hidrogén az energiaforrás. A metanogének (metanogén baktériumok) olyan mikroorganizmusok, melyek anyagcseréjük során oxigénszegény (anaerob) körülmények között metánt állítanak elő. Vizes élőhelyeken gyakoriak, ahol a mocsárgáz kialakulásáért felelősek. A metanogének a kérődzők és az emberek emésztőrendszerében is élnek, és a kérődzők által felbőfögött levegő, illetve a bélgázok metántartalmát okozzák. Ezenkívül a metanogének növekedhetnek a szennyvíz emésztőkben, a talajvízben és a talajban is. Másrészt a meleg forrásokban élő hidrotermikus szellőzőnyílásokban élő extremofilek is metánt termelnek.]” A feladat bázisszövege az eredeti forrásszöveg módosításával (rövidítésével, nyelvtani egyszerűsítésével), de az eredeti szöveg integritásának megtartása mellett jött létre.

Az eredeti szöveg forrása: <http://eta.bibl.u-szeged.hu/2302/2/Elektronikus/Bioszervetlen-e-konyv.html#id>

- a) Milyen enzimek vesznek részt a szén-dioxid metánná való alakításában?
- b) A CO dehidrogenáz enzimet CO oxidoreduktáznak is nevezhetnénk. Állapítsa meg, hogy melyik anyagnak az oxidációját, illetve melyiknek a redukcióját katalizálja ez az enzim!
- c) Számítsa ki a szövegben szereplő (2) egyenlettel megadott reakció reakcióhőjét, ha a reakció szobahőmérsékleten játszódik le! Használja a függvénytáblázat adatait! Állapítsa meg, hogy a (2) reakció exoterm vagy endoterm!
- d) Milyen szerves vegyületet állítanak elő az acetogének, ill. a metanogének? Adja meg a vegyületek képletét és nevét!
- e) A lidércfényről (bolygóútz, ignesfaturi) sokáig azt gondolták, hogy a mocsárgáz égése idézi elő. Milyen éghető komponenst tartalmaz a mocsárgáz? Írja fel az égés reakcióegyenletét!

(2023. október)

Megoldás: (13 pont)

- a) Hidrogenáz enzim és metalloenzimek. **1 pont**
- b) Az enzim a CO oxidációját **1 pont**
és a víz redukcióját katalizálja. **1 pont**
- c) A megfelelő képződéshő értékek: **1 pont**
 $\Delta_k H(\text{H}_2\text{O}/f) = -286,0 \text{ kJ/mol}$ **1 pont**
 $\Delta_k H(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ kJ/mol}$, $\Delta_k H(\text{CH}_4) = -74,4 \text{ kJ/mol}$ **1 pont**
a reakcióhő: $\Delta_r H = \Delta_k H(\text{CH}_4) + 2 \cdot \Delta_k H(\text{H}_2\text{O}_f) - \Delta_k H(\text{CO}_2) =$ **1 pont**
 $-74,4 + 2 \cdot (-286,0) + 393,5 = -253 \text{ kJ/mol}$ **1 pont**
(ha rosszul kikeresett adattal jó a számolás, akkor jár az 1+1 pont)
A folyamat **exoterm**. **1 pont**
(Ha helytelen a számított végeredmény, de ennek megfelelően helyesen következtet, akkor jár az 1 pont; ha helytelenül számított végeredményből nem helyes a következtetést von le, akkor sem jár a pont, ha az véletlenül a fent szereplő helyes válasz.)
- d) Az acetogének által termelt szerves vegyület: ecetsav – CH_3COOH **1 pont**
A metanogének által termelt szerves vegyület: metán – CH_4 **1 pont**
- e) A mocsárgáz metánt tartalmaz. **1 pont**
 $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$ **2 pont**