

## A VERSENY DÖNTŐJE GYAKORLATI FORDULÓJÁNAK FELADATAI

Az utazás, a közlekedés bármilyen formája energiaigényes tevékenység. Az ehhez szükséges üzemanyagot többféleképpen próbálják biztosítani. Az egyik lehetőség a bioetanol gyártása, ill. hasznosítása. Ez a módszer azonban csak akkor gazdaságos, ha összekapcsolják a tüzelőanyag-cellás megoldással. Miért?

### **Feladat:**

Tervezzenek egy minél gazdaságosabb technológiai folyamatot a bioetanol előállítására és üzemanyagként történő hasznosítására, amelynek egyik lépése az etanol erjesztéssel történő előállítása. Az eljárást leírás helyett folyamatábrával szemléltessék!

### **Mérés:**

Erjesztési sebesség mérése a cukorkoncentráció függvényében.

A rendelkezésre álló eszközök segítségével határozzák meg, hogy milyen koncentrációjú cukoroldatot érdemes erjeszteni!

### **Eszközök:**

Gumidugóval és gázkivezető csővel ellátott lombik (fermentor), mérőhenger, vizes üveg- vagy műanyag-kád, főzőpohár és üvegbot (vagy kémcső) az élesztő elkeveréséhez, (saját) óra, táramérleg.

### **A rendelkezésre álló anyagok:**

1 csomag élesztő, 10, 20, és 30 tömeg %-os cukoroldat.

### **Segítség:**

A reakciósebességek – erjesztési sebességek – összehasonlíthatósága érdekében célszerű azonos körülmények között dolgozni (azonos hőmérséklet, azonos térfogatok és azonos mennyiségű élesztő).

Az azonos tömegű élesztő mennyiségeket célszerű a főzőpohárban először egy kevés cukoroldattal csomómentesre keverni, majd térfogatát  $100\text{ cm}^3$ -re kiegészítve a fermentorba önteni.

A fejlődő gáz a lombik falán történő megtapadásának elkerülése végett célszerű a fermentort lassan, de állandóan keverni.

Egy mintával célszerű több párhuzamos mérést is végezni.

### **További feladatok:**

a/. Ábrázolják egy ábrán a különböző koncentrációjú cukor-oldatokban mért erjedési sebességet!

b/. Az optimálisnak tartott koncentráció esetében számítsák ki, hogy mennyi alkohol képződik a mért idő alatt!

c/. Határozzák meg, hogy mekkora a töltésváltozás egyetlen etanol-molekula széndioxidra és vízre történő elektrokémiai oxidációja esetében.

d/. Számítsák ki, hogy elvileg mekkora áramot biztosítana a tüzelőanyag-elem egyetlen cellája, ha a b/. pontban keletkező alkoholmennyiség ugyanannyi idő alatt „égne el” az elektrokémiai folyamatban!

### **A feladat megoldása.**

Korunk egyik legnagyobb kihívása a növekvő energiaigény kielégítése a fosszilis energiahordozók mennyiségének csökkenése mellett. A mezőgazdasági termékek, hulladékok energiaforrásként történő hasznosítása (például üzemanyaggá alakítása) az ingyenes és „megújuló” napenergia hasznosítása miatt gazdaságos. A szőlőcukor-származékokból (keményítőből, cellulózból) történő alkoholtermelés ugyanakkor rendkívül energiaigényes, hiszen az erjesztési termék a belsőégésű motorokban közvetlenül nem égethető el. Ezért a híg oldatot (a pálinkafőzéshez hasonlóan) desztillálni kell. Az elektrokémiai eljárások fejlődése

azért kínált fel új lehetőséget, mert a „modern” galvánelemek, a tüzelőanyag-elemek az alkohol híg vizes oldatával működnek. Így nemcsak nem kell desztillálni, hanem az energia-átalakítás is a legjobb határfokú. A bioetanol üzemanyagként történő hasznosítása tehát a korábban egymástól független programok, eljárások egymásra építésével válik igazán gazdaságossá (ld. 1. folyamatábra). Elképzelhető, hogy egy jármű cukoroldatot tankol, amiből az erjedés folyamatosan alkoholt termel. Az élesztő gombáktól megszárt alkoholos oldat azonnal a tüzelőanyag-cellába kerül, ami (környezetkímélő) elektromotort hajt meg, az élesztő pedig újra hasznosítható.

A tüzelőanyag-cellák felépítésüket tekintve jobban hasonlítanak a kondenzátorokhoz, mint a klasszikus cink-karbon elemekhez. A platinából készült, filmszerű elektródák a fegyverzetekhez hasonlóan nagy felületűek, és az egyik leglassúbb elemi folyamat, a diffúzió szerepének csökkentése érdekében nagyon közel helyezkednek el egymáshoz. Ezeket az oxidációs és redukációs elemi lépések térbeni elválasztása céljából csak egy polimer membrán választja el egymástól, aminek az a különleges tulajdonsága, hogy csak a hidrogénionokat (protonokat) engedi át. Ennek a membránnak a kifejlesztése tette lehetővé a tüzelőanyag-elemek alkalmazását.

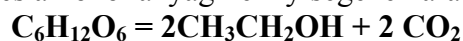
A platinafelületen megkötődő alkohol molekulák (adszorpció) kezdetben az oxigénatomon keresztül veszíthetnek elektronokat (oxidációs elemi lépés), melyek a külső áramkörön keresztül jutnak a másik platinán kötődő oxigénrészecskékre (redukációs elemi lépés). Az elektronhiányos alkoholszármazék hidrogénionok leadásával szabadul meg töltésfeleslegétől, melyek a nafion-membránon áthatolva a másik elektródon, az oxigénmolekulákból átmenetileg képződő negatív töltésű részecskékkel végül vízmolekulákká egyesülnek. Ahhoz, hogy az alkoholemolekulákból szén-dioxid képződhessen, az átmeneti termékeknek oxigénatomokat kell felvenniük. Ezek a közeg vízmolekuláitól származnak. Az átmenetileg pozitív töltésűvé váló szénatomok (elektrofil karbokationok) kötést létesítenek a vízmolekulák oxigénatomjával (nukleofil reagens), és a pozitív töltésfelesleg újra, de most már a vízmolekuláktól származó hidrogénionok formájában válik le.

### **Mérés:**

Az erjesztési sebességet a fejlődő szén-dioxid térfogatának mérésével követtük. A szén-dioxidot vízzel telt mérőhengerben fogtuk fel. A szén-dioxid oldódását az elegendően hosszú (műanyag) gázkivezető cső gáztérbe történő felvezetésével lehetett kivédeni (Néhány csapat erre rá is jött.) Mivel a mérés kivitelezése a versenyzők találékonyaságára volt bízva, a csapatok egyharmadának segítséget kellett nyújtani. A helyesen kivitelezett mérés esetén egy-cukorkoncentráció esetén állandó gázfejlődési sebességet tapasztalhattak a versenyzők

A fejlődő szén-dioxid térfogatának az idő függvényében történő ábrázolása egy lineáris függvényhez vezet. Érdekes (reakciókinetikai, enzimkinetikai) jellemzője az erjedésnek, hogy a cukorkoncentráció növelésével kezdetben nő, majd kb. a 20 tömeg %-os összetételről kezdődően állandósul a reakciósebesség. A függvények ábrázolásakor a 10 és 20 tömeg %-os összetételnek megfelelő egyeneseknek különböző a meredeksége, míg a 20 és 30 tömeg %-os összetételnek megfelelő egyenesek meredeksége (közel) azonos. A további feladatok szempontjából tehát a 20 tömeg %-os oldat tekinthető az optimális koncentrációnak.

A cukorkoncentráció és az alkalmazott élesztő mennyiségétől függően 50-100 cm<sup>3</sup> szén-dioxid fejlődött 5 perc alatt. 0,1 dm<sup>3</sup> szén-dioxid anyagmennyisége szobahőmérsékleten és 0,1 MPa nyomáson  $0,1 \text{ dm}^3 / 24,5 \text{ dm}^3 / \text{mol} = 0,004 \text{ mol}$ . A reakcióegyenlet alapján látható, hogy a képződő szén-dioxid és alkohol anyagmennyiségének aránya 1:1.



Vagyis 100 cm<sup>3</sup> (0,004 mol) szén-dioxid mellett 0,004 mol etanol keletkezik.

Az etanol molekulában -3 és -1 a szénatomok oxidációs száma, a szén-dioxidéban +4. Az oxidációs szám-változás összesen 12, ami molekulánként 12 darab, mólonként 12 mol

elektron transzportját jelenti. Ez töltésben kifejezve  $12F$  (coulomb) =  $12 \cdot 96500$  C-nak felel meg. Ha a  $0,004$  mól etanol 5 perc = 300 másodperc alatt „égne el” a tüzelőanyag-cellában, akkor az elektrokémiai reakció  $I = Q/t = 0,004 \cdot 12 \cdot 96500 / 300$  A =  $15,44$  A erősségű áramot termelne.

1. folyamatábra:

A folyamatok „szimbiózisa” a bioetanol tüzelőanyag-cellákban történő hasznosítása során.

