

VERSENYHÍRADÓ



Dr. Róka András

A XXIV. Bugát Pál Országos Természetismereti Verseny gyakorlati fordulójának feladatai és azok megoldása

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 folyamat ábrával 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 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 cukoroldatokban mért erjedési sebességet!

b/. Az optimálisnak tartott koncentráció esetében számítsák ki, hogy mennyi alkohol képződik a kísérlet (mért) ideje alatt!

c/. Határozzák meg, hogy mekkora a töltésváltozás egyetlen etanolmolekula szén-dioxidra és vízre történő elektrokémiai oxidációja esetében.

d/. Számítsák ki, hogy elvileg mekkora áramot biztosítana a tüzelőanyag-elem egyetlen cellája, ha a b/. pontban keletkező alkohol mennyiség 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 (keményítőtől, 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” galváncellák, a tüzelőanyag-elemek az alkohol híg vizes oldatával működnek. Így nemcsak nem kell desztillálni, hanem az energia-átalakítás is a legjobb hatásfokú. A bioetanol üzemanyagként történő hasznosítása tehát a korábban egymástól független programok – eljárások egymásra építésével válik igazán gazdaságossá (ld. 1. folyamat-ábra). Elképzelhető, hogy egy jármű cukor oldatot tankol, amiből az erje-

dés 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 egy nafionnak nevezett 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, ill. elterjedését.

A platinafelületen megkötődő alkohol molekulák (adszorpció) kezdetben az oxigénatomon keresztül veszíthetnek elektronokat (oxidációs elemi lépés), melyek a külső áramkörtől 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 elektródán, az oxigénmolekulákból átmenetileg képződő negatív töltésű részecskével 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) gázvezető cső gázterbe történő felvezetésével lehetett kivédeni (Néhány csapat erre rá is jött.) Mivel a mérés kivitelezése a versenyzők találékonyságára volt bízva, a csapatok egyharmadának segítséget kellett nyújtani. A helyesen kivitelezett mérés esetén egy-egy cukorkoncentráció esetén állandó gázfejlődési sebességet tapasztalhattak a versenyzők.

A fejlődő szén-dioxid térfogatának az idő függvényében történő ábrázolá-

sa egy lineáris függvényhez vezet. Érdekes (reakciókinetikai, enzimkinetikai) jellemzője az erjedésnek, hogy a cukorkoncentráció növelésével kezdetben nő, majd kb. a 20 tömeg %-os összetételtől 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 cm³ szén-dioxid fejlődött 5 perc alatt. 0,1 dm³ szén-dioxid anyagmennyisége szobahőmérsékleten és 0,1 MPa nyomáson 0,1 dm³/24,5dm³/mol = 0,004 mól. A reakcióegyenlet alapján látható, hogy a képződő szén-dioxid és alkohol anyagmennyiségének aránya 1:1.



Vagyis 100 cm³ (0,004 mól) szén-dioxid mellett 0,004 mól 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 mól elektron transzportját jelenti. Ez töltésben kifejezve 12F (coulomb) = 12 · 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 $I = Q/t = 0,004 \cdot 12 \cdot 96500 / 300 \text{ A} = 15,44 \text{ A}$ erősségű áramot termelne.

1. folyamatábra:

2.

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

