

Szulmanné dr. Binet Mariann

## FOLYÉKONY BIOÜZEMANYAGOK (BIOETANOL, BIODÍZEL) – A MŰSZAKI ÉS IPARJOGVÉDELMI HÁTTÉR ÁTTEKINTÉSE

A környezettudatos és fenntartható energiagazdálkodás elterjedésével egyre inkább előtérbe kerülnek a *megújuló energiaforrások*, illetve az azok mind jelentősebb kihasználása érdekében végzett fejlesztőmunka.

A zöldenergia egyik igen jelentős növekedés előtt álló ága az úgynevezett *bioüzemanyaggyártás*. A *biodízel*- és *bioetanol*-üzemek elterjedését a környezettudatosság mellett nagyban elősegíti a magas olajárak miatt fellépő, egyre szignifikánsabb kereslet is. A kereslet óriási, és az EU előírásai miatt a jövőben ennek további növekedésére lehet számítani.

A tanulmány célja a megújuló energiaforrásokon belül a bioüzemanyagokkal kapcsolatos ismeretek elmélyítése. Ennek keretében a kapcsolódó fogalmi háttér, a jelenleg alkalmazott előállítási technológiák, valamint az irodalomból megismerhető fejlesztési irányok áttekintésére kerül sor. Vizsgáljuk, hogy a nemzetközi és a hazai iparjogvédelmi aktivitás hogyan illeszthető be ebbe a trendbe.

### **1. A bioüzemanyagokkal kapcsolatos általános gondolatok: mit tekintünk bioüzemanyagnak? (Miért bio-, miért üzemanyag?) Forrásai, eredete**

Az emlékezetes 1973. évi kőolajválság döbbsentette rá először a fejlett ipari országokat a fosszilis energiától és hajtóanyagoktól való függés komoly veszélyeire. Azóta a globális felmelegedés és a környezetszennyezés mérséklésére irányuló törekvések miatt is egyre nagyobb szerepet kaptak a megújítható, biológiai eredetű alternatív üzemanyagforrások alkalmazási lehetőségével kapcsolatos kutatások. Napjainkra már bőségesen rendelkezésünkre állnak olyan gyakorlati tapasztalatok, amelyek egyértelműen alátámasztják, hogy a biomasszából, tehát megújuló erőforrásból előállított bioüzemanyagok közvetlenül helyettesíthetik a fosszilis tüzelőanyagokat a közlekedésben, és egyszerűen bevezethetők az üzemanyag-ellátási rendszerekbe is.

*Bioüzemanyagnak* tekint a szakirodalom bármely, biomasszából nyerhető üzemanyagot. Fő forrásai a speciálisan erre a célra termesztett növények vagy a mezőgazdaságból, erdészetből, egyéb iparágakból adódó hulladékok, melléktermékek.

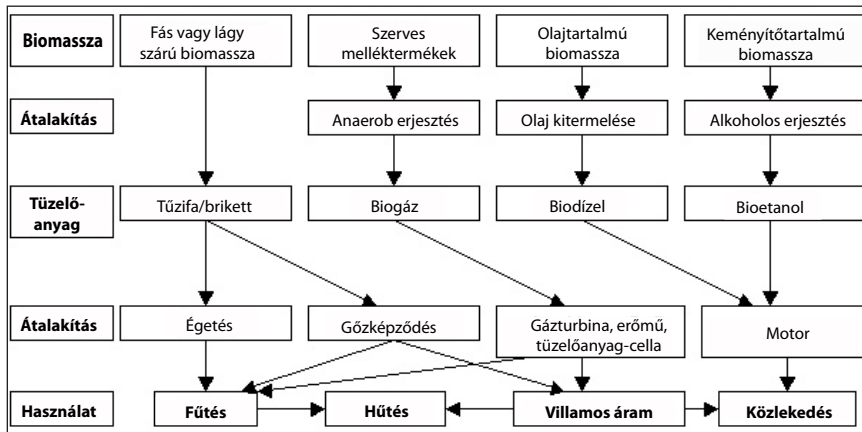
A *biomassza* – növényi és állati szervezetek által termelt szerves anyag – a napenergia átalakított, újratermelődő formája. Az ember különböző változatokban és célokra régóta alkalmazza, de jelentősége a fosszilis energiahordozókkal való kényszerű takarékoskodás időszakába lépés óta nőtt meg. Napjainkban elősorban az energetikailag hasznosítható nö-

vényekkel, a mezőgazdasági, erdészeti stb. hulladékokkal, melléktermékekkel kapcsolatban használják a kifejezést. A biomassa mint energiaforrás gyűjtőfogalmába a következőket soroljuk:

- hagyományos mezőgazdasági termények melléktermékei és hulladékai (például szalma, kukoricaszár),
- erdőgazdasági és feldolgozási hulladékok (például faapríték, -nyesedék, fűrészpor),
- energetikai célra termesztett növények (például fűfélék, fák: akác, nyárfa, éger, fűz; takarmánynövények: cukorrépa, köles, rozs, repce);
- másodlagos (állati) biomassa (például trágya).

Az, hogy újabban e fogalommal a napilapok hasábjain és a tudományos közleményekben nap mint nap találkozhatunk, abból ered, hogy a biomasszából közvetlenül vagy megfelelő átalakítással olyan energiaforrás nyerhető, amely folyamatosan megújul, hiszen a biomassa alkotói rövid életciklusban, általában egy éven belül újból megtermelődnek. Így felhasználásával fosszilis energiaforrások (kőszén, földgáz, kőolaj) válhatnak ki, azaz megvalósítható a fenntartható energiaszolgáltatás (fenntartható fejlődés). Az így megtakarított fosszilis energiaszolgáltatások nem fokozzák a levegő szennyezettségét és CO<sub>2</sub> tartalmának növekedését (üvegházhatás, globális felmelegedés). Napjainkban a biomassa – a szén, a kőolaj és a földgáz után – a világ negyedik legnagyobb energiaforrása. Világviszonylatban a felhasznált energiának kb. 14%-át, a fejlődő országokban mintegy 35%-át e forrásból nyerik.

### 1.1. A biomassa energetikai célú felhasználásának lehetőségei



1. ábra: A biomassa energetikai felhasználásának lehetőségei

A biomassa tehát energiaforrásként hasznosítható:

- közvetlen elégetéssel hőenergia termelésére,

- levegő jelenlétében erjesztve motorhajtásra alkalmas alkoholok (bioetanol, biometanol) előállítására,
- levegő kizárásával erjesztve hő és áram termelésére lehetőséget nyújtó biogáz gyártására,
- megfelelő átalakítással dízelhelyettesítő alapanyaggá.

A biomasszában kötött energiát *elégetéssel (tüzelhető biomasszák)* ősidők óta szabadítja fel az ember, és használja melegítésre, ételkészítésre és egyéb célokra (fa- és faszéntüzelés). Ez a legegyszerűbb, de viszonylag kis hatásfokú energianyerési forma. A legjellemzőbb, tüzelésre használható biomasszafajták: tűzifaapríték (erdei lágó vagy keménylombos erdőkből előállítva, fűrészüzemi hulladékokból, illetve lágófa-energiaültvényekből – pl. nyárfa – előállítva), fűrészpor (fűrészipari melléktermék), szalma, energiafű, illetve az ezekből előállított pellet. Ezek fűtőértéke légszáraz állapotban aránylag szűk határok, tonnánként 8,4-21 kJ között mozog.

A *biológiailag elgázósítható* biomasszákat jellemzően nagyobb nedvességtartalmú növényi vagy állati hulladékok alkotják, például cukortartalmú növények, zöld növények hulladéka, állati szennyvíziszap, trágya. Biomassza-elgázosítás történhet elgázosító kazánban is, ahol tökéletlen égés során nyerhető az ún. generátorgáz.

A *gépjármű-üzemanyagként hasznosítható* biomassza két alapvető csoportra bontható a helyettesített tüzelőanyag fajtája szerint.

A *benzin* helyettesítőként alkalmazható bioetanol alapanyagát a magas cukortartalmú (cukorrépa, cukornád), magas keményítőtartalmú (kukorica, burgonya, búza) vagy magas cellulóztartalmú (szalma, fa, nád, energiafű) növények képezik.

A *dízel* helyettesítőként alkalmazható biodízel alapanyagát olyan olajtartalmú növények (például repce, oliva, napraforgó) alkotják, amelyekből az olaj kisajtolható, és egyszerűbb vegyszeres kezelések után a dízelolajhoz hasonló tulajdonságprofilal rendelkező anyag nyerhető.

Sok esetben egymásnak ellentmondó felmérések és vizsgálatok állnak rendelkezésre arra vonatkozóan, hogy a bioüzemanyagok alkalmazása milyen tényleges energiamegtakarítást eredményez. Egyes számítások szerint a befektetett és kinyert energia aránya 20-22%, de van, aki 40%-ról is beszél. (Megjegyezzük, hogy napvilágra kerültek olyan számítások is, amelyek szerint ez a mérleg egyenesen negatív.) A környezetre gyakorolt tényleges hatást újabban az ún. életciklus-elemzéssel (life cycle assessment, LCA) a „bölcsőtől a sírig” analizálják, amelynek során figyelembe veszik például azt a ténytet is, hogy a bioüzemanyagok előállítása során fosszilis energiát használnak fel.

A biomassza energetikai felhasználása „CO<sub>2</sub>-semleges”, vagyis elégetésekor csak annyi szén-dioxid termelődik, amennyit a növényi fotoszintézis felhasznált. A megújuló forrást is tartalmazó gázolajat tankoló autósok 2-3 százalékkal kevesebb szén-dioxidot juttatnak a légkörbe, mint amennyit hagyományos gázolajjal tennének. Ezenkívül a biodízel-komponens előállítása is kevesebb fosszilis energiát igényel a gázolaj-előállításához képest, tehát maga a termelés is „szén-dioxid-megtakarítással” jár.

A bioüzemanyagok tisztán vagy hagyományos üzemanyagokhoz keverve kerülhetnek forgalomba. Széles körű elterjedésük feltétele, hogy a hagyományos, a szabványok előírásainak megfelelő üzemanyagokhoz keverve, a meglévő elosztóhálózaton keresztül forgalomba hozhatók legyenek. A hagyományos üzemanyagokhoz való keverés feltétele, hogy a bekeveréshez felhasznált bioüzemanyagnak szabványosnak kell lennie, és a kevert üzemanyagnak is teljesítenie kell a dízel- és benzinüzemanyag-szabványok előírásait, amelyek garantálják, hogy a gépkocsikban mindenféle probléma nélkül felhasználhatók legyenek.

## 2. Háttér – az első lépésektől napjainkig

A növényi olajok és alkoholok üzemanyagcélú vizsgálata, hasznosítása nem új keletű. A megújuló energiaforrásokból történő üzemanyag-előállítás gondolata már a belső égésű motorok szabadalmaztatásának időszakában felmerült. Egészen a múlt század elejéig a kőolaj alapú üzemanyagok a kőolaj-feldolgozás kezdetlegessége miatt újdonságnak számítottak, a széles közönség elsősorban csak a világításra használt petróleum formájában találkozott a finomított kőolajjal. Ekkor még a mai elsőgenerációs bioüzemanyagokhoz hasonló alkoholok, növényolajok, illetve ezek származékai kézenfekvő megoldásnak számítottak az akkor még csak kis mennyiségben kitermelt, nehezen hozzáférhető kőolajjal szemben.

Az első kísérleti benzinmotorokat és automobiloikat a kőolajszármazékokon kívül más üzemanyagok is hajtották. Otto robbanómotorját etilalkohol üzemanyagra készítette el és szabadalmaztatta. A XX. század folyamán a motoralkoholokat részben vagy egészben gyakran alkalmazták motorüzemanyag-helyettesítőként. A legendás Ford T-modellnek is volt etanollal hajtott változata, az azt követő A-modell pedig a manapság univerzális, többféle üzemanyaggal hajtható (flex fuel) autók őse volt. A hatvanas évekig kísérleti jelleggel, illetve válsághelyzetek (háború, energiakrízis) kezelése céljából viszonylag szűk körben került sor az etanol motorhajtóanyagként történő felhasználására. Az etanol először az első világháború után került középpontba mint motorhajtóanyag. A vesztes országokban ekkor a nemzetközi blokádnak köszönhetően óriási benzinhiány lépett fel, s a szerény kőolajkincs következtében rászorultak az alternatív üzemanyagok kutatására és felhasználására. Hazánkban a húszas-harmincas évek fordulójától, egészen pontosan 1929-től foglalkoztak az alkoholok motorban való felhasználásának lehetőségeivel. Ez év november elsején lépett életbe az a törvény, amely egytödöt arányban tette kötelezővé víztelenített alkoholok motorbenzinhez való hozzákeverését. Az alkohol motorbenzinhez keverésének célja ekkor az oktánszám javítása volt. Ettől kezdve a második világháború végéig a magyar üzemanyag-felhasználás közel felét tette ki az úgynevezett „motalkó”.

A nyolcvanas évektől kezdődően a világ több országában megfigyelhető a motoralkoholok alkalmazásának előretörése, amelyet az energetikai szempontok mellett a növekvő környezetvédelmi erőfeszítéseknek és agrárgazdasági megfontolásoknak lehet tulajdonítani. A

bio-, illetve megújuló üzemanyagokkal kapcsolatos munka terén ki kell emelni Brazíliát, ahol 45 ezer négyzetkilométert, azaz csaknem fél magyarországnyi területet ültettek be cukornáddal, amelyből évi 14 millió köbméter etanolt gyártottak. A nyolcvanas évek közepén Brazíliában minden tíz eladott autóból kilenc etanollal is üzemeltethető volt. Azonban a kőolaj- és az alkoholcukor-árak változása, valamint az etanol használatának műszaki problémái gyakorlatilag leállították az etanollal működő gépjárművek terjedését. A brazil kőolajmezők feltárásával az etanol üzemanyagként történő felhasználása alapvetően szociális kérdéssé alakult.

Napjainkban a világ legnagyobb bioetanol-előállítója az Egyesült Államok (2005-ben 16,2 milliárd litert állítottak elő), megelőzve a korábbi piacvezető Brazíliát (a brazil termelés 15,5 milliárd liter volt 2005-ben). A harmadik legnagyobb termelő Kína (2005-ben 1,3 milliárd liter bioetanolt gyártottak), míg az Európai Unió jelentős lemaradással a negyedik helyre szorult, termelése mindössze 0,9 milliárd liter volt 2005-ben.

A zöldüzemanyagok iránti érdeklődés erősödését jelzi az a bejelentés is, amely szerint Bill Gates amerikai üzletember 2006-ban 25,5%-os részesedést vásárolt a bioetanolt előállító Pacific Ethanol nevű vállalatban. A Microsoft alapítójának befektetési cége, a Cascade 84 millió dollárt fizetett az 5,25 millió Pacific Ethanol-részvényért.

A biodízzel kapcsolatban Rudolf Diesel nevét kell megjegyeznünk. Mogyoróolajjal működtette első gépjárművét, amellyel a párizsi világkiállítás nagydíját is megnyerte 1900-ban. Egy Saint Louisban, (Missouri/US) tartott előadásában így fogalmazta meg a növényi olajok üzemanyagként történő hasznosításának jövőbeni perspektíváit: *„The use of vegetable oils for engine fuels may seem insignificant today, but such oils may become in course of time as important as petroleum and the coal tar products of present times.”*

1938-ban Walton a növényi olajok kémiai átalakításával összefüggő kutatásai során felismerte a glicerinhoz kapcsolódó zsírsavak lehasításának lehetőségét, elméletileg megalapozva ezzel a növényi olajok átészterezését.

1943-ban Jamieson több mint 350 olajnövényt azonosított, amelyekből a kivonható olaj tüzelőanyagként hasznosítható a belső égésű motorokban. Később Duke és Bagby ezt a listát 70-re szűkítette, legfőbb szempontként a termésátlagot véve figyelembe (minimálisan 200kg/ha).

Az ipari méretekben is alkalmazható eljárásokat az 1940-es években fejlesztették ki, illetve szabadalmaztatták. A XX. század első felében a Deutz cég (DE3800585) már sorozatban gyártott növényi olajokkal működő motorokat, az égéstéri lerakódásokat azonban nem sikerült akkoriban elfogadható szintre csökkenteni, így alábbhagyott a tudományos érdeklődés is.

Az első, motorokon végzett tesztekéről Meurier 1952-ben számolt be. Az átészterezett növényi olajok motorhajtóanyagként történő alkalmazását értékelő tanulmánya kiemeli a növényi olajok alternatív hajtóanyagként történő alkalmazásának lehetőségeit, ugyanakkor meghatározza a további kutatási irányokat is.

A '60-as, illetve '70-es években kezdődő olajválság további lendületet adott az alternatív hajtóanyagokkal összefüggő kutatásoknak. A 70-es években a német Ludwig Elsbett kifejlesztette a speciális ELSBETT-motort növényi olajokra. (E3343677; DE3314543; US4813389, AT174299B; AT175043B). Ezek hatásfoka több mint 40% volt, ami egyharmaddal több, mint a korabeli dízelmotoroké.

A '80-as, '90-es évek során, ahogy az élet számos egyéb területén, az üzemanyagok esetében is egyre nagyobb hangsúlyt kapott a fenntartható fejlődés és a környezetvédelmi szempontok biztosítása. E célok szellemében számos fejlesztés történt az autógyártás (pl. katalizátorok) és az üzemanyag-előállítás (ólom- és kénmentes, valamint csökkentett aromásanyag-tartalmú termékek) terén egyaránt. Az éghajlatváltozást okozó túlzott mértékű szén-dioxid-kibocsátás csökkentése érdekében végzett fejlesztőmunka jelentős lépcsőfoka az üzemanyagok biotartalmának növelése. A '80-as években elsősorban az Ausztriában, illetve Németországban folytatott K+F tevékenység eredményeként felgyorsultak a növényi olajokra alapozott adaptációs kutatások, amelyek egyaránt foglalkoztak a növényi olajok észterezett változatainak technológiai megoldásaival, illetve motortехnikai alkalmazásával. A célirányos kutatás-fejlesztés eredményeként Ausztriában a '80-as évek végén, illetve a '90-es évek elején eredményesen fejeződtek be az első, repce-olajsírsav-metilészter előállítására irányuló félüzemi kísérletek (Aschbach an der Donau, Wieselburg). Az eredményes kísérletekkel egyidejűleg vált fogalommá a szóvédjegyként alkalmazott biodízel elnevezés az ilyen alternatív motorhajtóanyagokra. A '90-es évek közepétől Ausztriában telepítettek ipari méretű termelést végző biodízelüzemeket (Mureck, Starrein, Bruck, Plauen). A repce alapanyagra épülő, és évi 1000-3000 tonna biodízelt (RME) kibocsátó üzemeket akkor még kompenzációs (a mezőgazdaságból származó növényolajjal egyenértékű biodízelt a mezőgazdasági gépekben használják fel) elszámolási rendszerben működtették. A '90-es évek második felében a biodízel-előállító üzemek építési üteme felgyorsult. Ezeknek az üzemeknek a végtermék-kibocsátási kapacitása jelentősen megnövekedett (50 000–100 000 t/év), jellemzővé vált a növényolaj-előállítás és az észterezés technológiai részegységeinek üzemenkénti elkülönülése. Az innen kikerülő olaj hasznosításánál a mezőgazdasági felhasználás mellett jelentős arányt képvisel a közúti, teherszállítási, a közcélú és személyszállítási felhasználás.

A biodízel-előállításban jelenleg az Európai Unió áll az élen. A tagországokban tevékenykedő vállalatok 2005-ben 3,2 millió tonna – gázolajhoz keverhető – zöldüzemanyagot állítottak elő, ez 65 százalékkal haladja meg az egy évvel korábbi mennyiséget. Az Európai Biodízeltanács (EBB) előrejelzése szerint a növekedés az elkövetkező években is folytatódik. Az EU-n belül Németország maradt a legnagyobb gyártó, miután biodízel-termelése tavaly meghaladta az 1,6 millió tonnát. Ezt Franciaország és Olaszország követte 492 ezer, illetve 399 ezer tonnával, míg az új tagországok közül Csehországban 133 ezer, Lengyelországban pedig 100 ezer tonna biodízelt termeltek 2005-ben.

A munka azonban még korántsem zárult le, helye van az új fejlesztéseknek, innovációnak, amit mi sem mutat jobban, mint az, hogy a bioüzemanyagok kiemelt helyet foglalnak el az

EU hetedik keretprogramjában is, elsősorban a „biomassza-finomítás” (ez értékes felhasználást keres a növény valamennyi része számára) és a második generációs bioüzemanyagok (a fa cellulóztartalmából előállított etanol, a Fischer–Tropsch-eljárással készülő biodízel- és a bio-dimetil-éter-kutatás). E kutatások eredményétől azt várják, hogy az előállítás költségei 2010-től jelentősen csökkenthetők lesznek. Az „Intelligens energia – Európa” elnevezésű program keretében a Bizottság a bevált technológiai megoldások piaci bevezetését és terjesztését támogatja. Az alábbi „főcsapások” mentén terveznek intézkedéseket a bioüzemanyagok előállításának és használatának előmozdítása érdekében:

- a bioüzemanyagok iránti kereslet serkentése;
- a környezetvédelmi előnyök kihasználása;
- a bioüzemanyagok előállításának és elosztásának fejlesztése;
- az alapanyag kínálatának bővítése,
- a kereskedelemben rejlő lehetőségek kiaknázása;
- a fejlődő országok támogatása.

A bioüzemanyagokkal kapcsolatos megfontolásokat az európai uniós energiapolitika irányelvben fogalmazza meg. Ennek értelmében a megújuló energiaforrások arányának 2010 végére el kell érnie az 5,75%-ot a kész üzemanyag energiatartalmára vetítve. Ez csak úgy teljesíthető, ha a hagyományos benzin- és gázolaj-forgalmazásban kötelezően megjelenik, és egyre növekszik a növényi eredetű alapanyagok szerepe. Így nemcsak a légkörbe jutó szén-dioxid többletmennyisége csökken, hanem a bekevert növényi komponens hatására csökken a közlekedés és ezen keresztül a gazdaság olajfüggősége is, mivel kevesebb kőolajat kell az Európai Unióba importálni. A döntés másik lényeges eleme, hogy a repceből, napraforgóból, kukoricából és búzából meglévő agrárpiaci készletek egy részét a bioüzemanyaggyártó cégek is hasznosíthatják, illetve a nem étkezési célú többletigények viszonylag jól tervezhető piacot jelentenek a mezőgazdasági szektor számára. Mindez kiegyensúlyozó hatással van a termékárakra, és kedvezően befolyásolja a termelési költségeket.

Összességében tehát a biokomponensek alkalmazása számos kedvező hatással jár, előállításuk azonban új beruházásokat igényel, s gyártásuk, illetve felhasználásuk számos megoldandó problémát vet fel.

### **3. A bioüzemanyagok előállítási technológiája, fejlesztési trendek, kilátások a szakfolyóiratok és a nemzetközi szabadalmi irodalom tükrében**

#### *3.1. Bioetanol*

A motoralkoholok közül a világon a legelterjedtebben alkalmazott bioüzemanyag a bioetanol (víztelenített alkohol). Az etanolt, bár elvileg alkalmas az önálló üzemanyagként történő felhasználásra, többnyire benzinnel elegyítve alkalmazzák. A benzinhoz kevert eta-

nollal kedvező tulajdonságú üzemanyag nyerhető, hiszen nő a keverék oktánszáma és oxigéntartalma, így javulnak az égés feltételei. A keverési arányt tükrözi az elnevezés. Az E85 elnevezés például olyan üzemanyagra vonatkozik, amely 85% etanolt, és 15% benzint tartalmaz. 5-15% etanol hozzáadásával kapják a motalco vagy gasohol nevű üzemanyagokat, Braziliában a 20-22% alkoholtartalmú benzint is elterjedten használják. A másik felhasználási lehetőség éter és izobutilén hozzáadásával etil-tercier-butiléter (ETBE) előállítására, amely oktánszámnövelő anyag. Ez a területen széles körben használt metil-tercier-butiléter (MTBE) (előállítását tekintve nem bioüzemanyag) versenytársa. Az ETBE Magyarországon is a leggyakrabban használt hagyományos oktánszámnövelő üzemanyag-komponens.

Az üzemanyagként felhasználható bioetanol alapanyaga alapvetően két forrásból ered. Egyrészt készülhet keményítő vagy cukor alapanyagú mezőgazdasági terményekből (búza, kukorica, cukorrépa, burgonya, manióka, cukornád), másrészt alapulhat a gyártás cellulóztartalmú biomasszán (növényi eredetű szálak, rostok, de a nyersanyagok között szerepelhet a fa és a fű is). (Megjegyezzük, hogy a cellulózalapú nyersanyagok alkalmazásával kapcsolatos kísérletek a jelen egyik fontos kutatási irányát képviselik.)

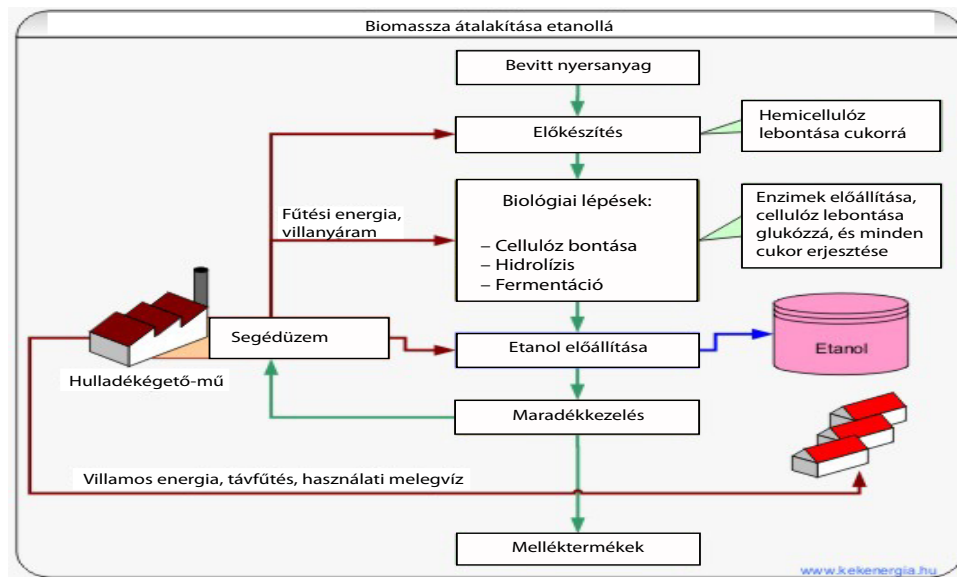
Az éghajlat- és talajviszonyoknak megfelelően Braziliában cukornádból, az USA-ban kukoricából állítanak elő igen nagy mennyiségben etanolt. Hazánkban az ipari alkohol előállítására a cukorrépa, édes cirok, kukorica, kalászos gabonafélék és a burgonya a legalkalmasabb.

A bioetanol előállításának egyik legelterjedtebb technológiája a keményítő enzimes hidrolízise, amelyet élesztővel végzett erjesztés követ. A folyamat végterméke az etanol, amelyet a fermentációból az alkohol desztillációjával távolítanak el. Az eljárás gyakorlatilag megegyezik az élelmiszer-ipari finomszesz-előállítással. Az etanol erjesztéssel történő átalakítása a következő részfolyamatok szerint megy végbe:

1. az alapanyag előkezelése (száraz, nedves őrlés, préselés);
2. a keményítő enzimatisz átalakítása cukrokká;
3. a cukor erjesztése, ez utóbbi lépésben az élesztőben lévő enzimek az erjeszhető cukrot etanollá és széndioxidá alakítják;
4. a desztilláció, amelynek során az etanolt elválasztják a reakcióelegyből.

A desztillációval kb. 95%-os tisztaságú etanol állítható elő. Az ennél kisebb víztartalmú etanol előállításához egyéb eljárásokat kell alkalmazni (például azeotrop desztilláció, membrános vagy molekulaszitítás elválasztás, vákumdesztilláció). Meg kell jegyezni, hogy a technika egyre inkább abba az irányba halad, hogy olyan adalékanyagokat dolgozzanak ki, amelyeknél ez az utólagos, energiaigényes és költséges víztelenítési lépés elkerülhető, és a desztilláció eredményeként nyert kb. 96%-os etanol közvetlenül felhasználható. Ezáltal a költség- és energiaigényes tisztítási műveletek elmaradhatnak.





2. ábra: Az előállítás lépései (forrás: [www.kekenergia.hu](http://www.kekenergia.hu))

Az alkohol-előállítás 1. szakaszának célja, hogy a keményítőt oldatba vigye és cukrokra bontsa le, mivel az élesztő csak az egyszerű cukrokat képes erjeszteni. A keményítő savakkal vagy enzimekkel (amilo-1,6-glükozidáz, amilázok, maltáz) átalakítható glükózzá. Enzimeként az utóbbi időszakban kifejlesztett eljárásokban egyre inkább a nagyipari módszerekkel előállított enzimpreparátumokat használják. Ezek az enzimek az  $\alpha$ - és  $\beta$ -amiláz és az amiloglükozidáz. Az enzimek hatékony működéséhez optimális pH-ra, hőmérsékletre és koncentrációra van szükség. A különböző kereskedelmi készítmények esetében a gyártócégek rendszerint megadják az alkalmazás optimális feltételeit. Az, hogy az átalakulás milyen sebességgel megy végbe, azaz mennyi idő alatt játszódik le a keményítő cukorra történő lebontása, függ az alkalmazott enzimek aktivitásától. Az eljárás 2. szakasza, az ún. szeszes erjedés hagyományos értelemben az a folyamat, amikor az élesztők az előző lépésben keletkezett cukrokat alkohorra és széndioxidra bontják le. A mai nézet szerint a cukor élesztővel történő fermentálása alkohollá nem „igényli élő élesztősejtek jelenlétét”, a szeszes erjedést az enzimek egész rendszere idézi elő, amelynek Buchner a zimáz összefoglaló nevet adta. A technológia úgy egyszerűsíthető, hogy a keményítőtartalmú, kiindulási anyaghoz adják az enzimeket és az élesztőt is.

Az Európai Szabadalmi Hivatal EPODOC adatbázisában végzett kulcsszavas kereséssel több mint 400 olyan rekord hozható felszínre, amely a fermentációból történő üzemanyag előállításához, alkalmazásához kapcsolódik.

A keményítő alkohollá történő lebontásával kapcsolatban a szabadalmi irodalom [például US4,490,469 (1984) (Production of ethanol by fermentation); GB1470325 (1977) (Enzymatic

hydrolysis of granular starch); EP806433 (High solids, single phase process for preparing enzyme converted starches); CA1247032 (1988) (Method for direct saccharification of raw starch using enzyme produced by a Basidiomycete belonging to the genus Corticum)] bőséges ismeretanyagot szolgáltat. Megismerhetőek a keményítő enzimes lebontásának szakaszai, az egyes szakaszokban alkalmazott enzimek, azok a szempontok, amelyeket a fermentálási eljárás megvalósítása során az enzimműködés optimális beállításával kapcsolatban ismerni kell. E tudás birtokában a területet ismerő szakember számára az adott üzemi feltételeknek megfelelő technológia beállítása rutinfeladat.

#### *Technikai trendek, kilátások*

A bioetanol előállításához kapcsolódó fejlesztések egyik fontos területe a képződő hatalmas szennyvízmennyiség (13 l/l bioetanol) hatékony kezelése (pl. biogáz-előállítás), illetve újrahasznosítása.

Fontos irány az alapanyag árának csökkentésére irányuló munka. Ennek egyik lehetséges útja a cellulóztartalmú anyagok fermentálásának megoldása, ami már olyan hulladék biomassza felhasználását is lehetővé teszi, mint amilyen a fa, a növényi magvak héjai. Ez az alapanyag új kezelési technológia kidolgozását igényli. Ennek egyik útja nagyon hatásos enzimrendszer kidolgozása, amely lehetővé teszi a cellulóz és hemicellulóz cukorra alakítását és az ezt követő fermentálást. E munka lényege elsődlegesen a celluláz- és hemicellulózenzim-rendszer minél olcsóbb előállítási technológiájának kidolgozása. Az EU-ban ennek megvalósítására három kísérleti üzemet hoztak létre Svédországban, Spanyolországban és Dániában. A másik megvalósítási mód, amelyen elsősorban japán kutatók dolgoznak, a cellulóztartalmú anyag hidrotermikus kezelése.

Ígéretes irány az egyelőre csak kísérleti-félüzemi szinten megvalósuló, a szintézisgázokból kiinduló eljárás, amelynek révén a biomassza elgázosítása során képződő termékből állítják elő a nagy tisztaságú etanolt (Pearson Gasification; JP57175136). Az így előállított bioetanol javított emissziós jellemzőkkel rendelkezik.

További érdekes fejlesztési irányt jelent a bioetanol hagyományos dízelolajjal alkotott keverési lehetőségének vizsgálata. Az ún E-Diesel környezetvédelmi szempontból nagyon kedvező, előállítása azonban speciális adalékanyagok kifejlesztését igényli.

### *3.2. Biodízel*

A dízelmotorok növényi olajokkal történő üzemeltetésére irányuló kísérletek alapján bizonyítást nyert, hogy a biodízel fizikai tulajdonságai nagyon hasonlóak a hagyományos dízel üzemanyagéhoz, és így a növényi olajok még a nehéz hajtómotorok üzemeltetésére, valamint kenőolajként is beváltak. A biodízel alkalmazható tiszta formában (B100), illetve a hagyományos dízellel alkotott különböző arányú keverékei formájában, amelyek közül a legismertebb a B20 (20% biodízel és 80% dízel). Az utóbbi gyakorlatilag a dízel valamennyi hagyományos

felhasználási területén alkalmazható, így a mezőgazdaságban, erdőgazdaságokban, bányászásban használt berendezéseknél, a közlekedésben. Nem igényli a motor semmiféle módosítását. A tiszta biodízel (B100) alkalmazásakor már problémák jelentkezhetnek az üzemanyagrendszer tömítéseinél, illetve gond a megnövekedett nitrogén-oxid-emisszió.

A biodízel előállításához elvben bármely növényi olaj (napraforgó, repce, szója, pálma, len) alkalmas, a biodízel-iparág legelterjedtebb nyersanyagforrása azonban Európában a repce és a napraforgó, az USA-ban a szója és a napraforgó, Kanadában a repce és a fenyőpulpgyanta. A szóbajövő nyersanyagforrások között szerepelnek az állati zsiradékok, de még a használt sütőzsiradékok is. A jelenlegi biodízel-előállítási technológiák 55%-a bármely zsiradéktípusú nyersanyag – beleértve a használt sütőolajakat is – feldolgozását biztosítja, de ismertek olyan technológiák is, amelyek csak a növényi olajok feldolgozását teszik lehetővé.

Az olajos magvakból kinyert olaj (triglicerid) elvileg közvetlenül is felhasználható motorikus üzemanyagként, ám ez bizonyos hátrányokkal is együtt jár: át kell alakítani a motorokat, a dízelhez képest magas az üzemanyag viszkozitása, megnő a motor fogyasztása, bonyolult a szabványosítása, az oxidációs katalizátor használata nehézségekre ütközik, kellemetlen szagot bocsát ki („guruló lángossütő”). Ezek a hátrányok azonban egyszerűen kiküszöbölhetők a növényi olajok kémiai átalakításával, az ún. átészterezéssel, aminek során a növényi olajat, amely összetételét tekintve triglicerid, alkohollal (rendszerint metanollal) reagáltatják. A reakció végtermékeként keletkező, üzemanyagcélú felhasználásra alkalmas zsírsav-metilésztereket nevezik biodízelnak. (A reakció másik végterméke, az üzemanyag-felhasználás szempontjából mellékterméknek tekinthető glicerin ugyanakkor fontos nyersanyaga például a kozmetikai iparágak, a gyógyszeriparnak, a műanyaggyártásnak.)

A szakirodalom a lehetséges észterezési technológiák sokaságát ismerteti. Ezek között több olyan is létezik, amely egymással kombinálható is attól függően, hogy milyen nyersanyagból indulnak ki, mik az elvárások a katalizátor- és alkoholvisszanyeréssel kapcsolatban. Számos rendszer képes kezelni a nem egyenletes alapanyag-minőséget, illetve többféle nyersanyag kezelésére is alkalmas. A biodízel-előállítás történhet szakaszos eljárással, egy- és többlépéses reakcióval, folyamatos eljárással lúgos és savas katalízissel, illetve katalizátor alkalmazása nélkül ún. társoldószer alkalmazásával (Biox-eljárás) vagy szuperkritikus körülmények között. A napjainkban alkalmazott gyártástechnológiák az alábbi reakcióutak valamelyikének a követésével valósulnak meg.

1. Zsírsav-metilészterek előállítása trigliceridekből kiindulva, olcsó bázikus katalizátorok (NaOH, KOH) és metanol használatával alacsony hőmérsékleten (60-80°C) és nyomáson (0,14MPa), szakaszos vagy folyamatos eljárás alkalmazásával.

2. A másik lehetőség a zsírsavak felhasználásán keresztül vezet. Ez esetben a zsírokat szabad zsírsavvá és glicerinre hidrolizálják az eljárás első lépésében:

a) folyamatos eljárásban, nagy nyomáson, többlépéses reakcióval, 250°C hőmérsékleten katalizátor alkalmazásával vagy katalizátor nélkül. A katalizátor rendszerint cink-oxid, magnézium-oxid vagy citromsav, melyet a vízhez adagolnak, vagy

b) többlépcsős reakcióval, légköri nyomáson, kis mennyiségű kénsav vagy szulfonsav adagolásával. A metilésztereket a zsírsavakból erős ásványi savak (kénsav vagy szulfonált ioncserélő) alkalmazásával, metanollal történő reakcióval 80-85°C-on, enyhe nyomás alkalmazásával állítják elő. Amennyiben a betáplált alapanyag triglicerideket és szabad zsírsavakat is tartalmaz, az első lépésben savas észterezés játszódik le a teljes reakcióelegyben, amelyet az átészterezési lépés követ, ebben lejátszódik a maradék trigliceridek átészterezése.

Mindkét esetben elérhető a 97-99%-os kitermelés az egyensúlyi reakciók megfelelő kézben tartása mellett. A hőmérséklet és a nyomás növelésével az átészterezési reakció autokatalizálttá válik. A Henkel cég például ezt a módszert követte az 1970-es években nyers szójaolajból kiindulva. Az ismert biodízel-előállító cégek közül ezt a módszert alkalmazza például a BDT Biodiesel Technologies GmbH. Nem feltétlenül szükséges szuperkritikus metanol alkalmazása, elég magas hőmérséklet és nyomás alkalmazásával a folyamat autokatalizálttá válik.

A gyakorlatban alkalmazott eljárások a vázolt folyamatokon alapulnak, részmegoldásaikban, a reakciófolyamatot biztosító technológiai rendszerek kiépítésében eltérnek. Valamennyi eljárás célja a gázolaj helyettesítésére alkalmas zsírsavésztert nagy tisztaságban, nagy kitermeléssel, gazdaságosan előállítani. A biodízelgyártás egyes ipari eljárásai között az alapvető különbségek a következőkben foglalhatók össze:

- szakaszos vagy folyamatos eljárás;
- eltérő katalizátorok alkalmazása;
- a metanol-glicerin, triészter molarány;
- az átészterezési hőmérséklet;
- az átészterező lépések száma;
- a termékelegy szétválasztásának módja, a biodízel tisztítása;
- a glicerines fázis feldolgozása.

Az iparszerűen alkalmazott technológiák jelentős részéhez szabadalmazott megoldások köthetők. Az Európai Szabadalmi Hivatal EPODOC adatbázisában végzett kutatás során kulcsszavas kereséssel közel 300 olyan rekord tárható fel, amely a biodízel előállításához, alkalmazásához kapcsolódik. Maga az átészterezési reakció egy „régí”, jól ismert szerves kémiai eljárás, és a napjainkban alkalmazott úgymond modern előállítási technológiák a DuPont és a Colgate-Palmolive-Peet kémikusainak azon szabadalmaira vezethetők vissza, amelyeket még a II. világháború alatt, illetve közvetlenül azt követően nyújtottak be. Lényegében az alább felsorolt szabadalmi leírásokból megismerhető technológiák képezik az alapjait a biodízel napjainkban alkalmazott ipari előállításának.

*Bradshaw (1942, 1944): E.I. DuPont de Nemours & Company, US2,271,619 és US2,360,844*

*Allen (1945): Colgate-Palmolive-Peet, US2,383,579*

*Arrowsmith (1945): Colgate-Palmolive-Peet, US2,383,580 és US2,383,581*

*Percy (1945): Colgate-Palmolive-Peet, US2,383,614*

*Keim (1945): Colgate-Palmolive-Peet, US2,383,601 és 2,383,602*  
*Trent (1945): Colgate-Palmolive-Peet, US2,383,632 és US2,383,633*  
*Dreger (1945): Colgate-Palmolive-Peet, US2,383,596*

Az alábbiakban röviden összefoglaljuk azokat a főbb megállapításokat, amelyekkel a fenti szabadalmak megalkotói hozzájárultak a technika állásának fejlődéséhez.

Az 1940-es éveket megelőzően a szappangyártás a növényi olajok, zsírok (trigliceridek) elszappanosításával történt, nátrium- vagy kálium-hidroxid és víz adagolásával. A folyamat során felszabaduló glicerin a szappanban maradvá hidratáló hatást biztosított. A glicerin iránti növekvő kereslet (robbanóanyag-gyártás) indokolta az olyan technológiák kifejlesztése iránti igényt, amelyek a végtermékek (glicerin és észterek) nagy tisztaságban történő szétválasztását biztosították. G. Bradshaw (E.I. DuPont) (US2,271,619) tanítása szerint alkoholfelesleg (a sztöchiometrikusan számolt mennyiség 1,6-szorosa) és 0,1-0,5% nátrium- vagy kálium-hidroxid adagolása lehetővé teszi nagy tisztaságban, 98%-os konverzióval vízmentes glicerin és alkohol előállítását.

G. Bradshaw (E.I. DuPont) másik szabadalmi leírásában (US2,360,844) olvasható, hogy a reakció több (3-4) lépésben is lejátszható, ami az alkoholmennyiség jelentős csökkentését teszi lehetővé. A metanolon kívül egyéb alkoholok is feldolgozhatók.

Bradshaw munkáját a Colgate kutatóinak szabadalomSOROZATA követte, tovább tökéletesítve az átszterezési technológiát.

H.D. Allen folyamatos gyártási eljárást, és ezt lehetővé tevő reaktortípust ismertet (US2,383,579). G.I. Keim (US2,383,601 és 2,383,602) ismerte fel a savkatalizálta reakció lehetőségét. A reakció első lépésében a szabad zsírsavak észterezése történik meg savas katalízissal, a második lépésben pedig a trigliceridek átalakítása lúgos katalizátor alkalmazásával játszódik le. Mindez jelentősen csökkenti a reakcióidőt, tisztább végterméket eredményez.

Arrowsmith (US2,383,580 és US2,383,581) tárta fel, hogy a lúgos katalizátor mennyiségét minimalizálni kell, mivel ez a keletkező szappan mennyiségét növeli. Ez az alkoholmennyiség növelésével megoldható. Az utóbbi kedvezőtlen a glicerin és az észter szétválasztása szempontjából. Felismerte, hogy a gondok vízmentes folyamat alkalmazásával elkerülhetők. Az észterek tisztítása helyett vákuumdesztilláció alkalmazását előnyösebbnek ítéli meg.

Trent (US2,383,632 és US2,383,633) olyan eszközt ismertet, amely lehetővé teszi az alkoholok és észterek egyszerű szétválasztását. Tanítása szerint kedvezőbb kitermelés biztosítható, ha a reakciópartnereket hidegen keverik össze, szemben a meglévő gyakorlattal, amikor is az előmelegített alapanyagokat keverik.

Percy (US2,383,614) felismerte, hogy az alkohol nem elegyedik a betáplált trigliceriddel, a végtermékként keletkező glicerin pedig a keletkező észterrel. A szappanképződés elkerüléséhez intenzív keverésre van szükség. Azonban ha mono- vagy digliceridek vannak a rendszerben, akkor a reakciókeverék homogén marad. Ez úgy biztosítható, hogy az alkohol- és a katalizátoradagolást úgy végzik, hogy mono- és digliceridek képződjenek, s ezt a

parciálisan reagált keveréket reagáltatják tovább. Percy tanítása szerint ha a rekción 1MPa nyomáson és 175°C-os hőmérsékleten végzik, akkor az katalizátor alkalmazása nélkül is lejátszható.

Dreger (US2,383,596) tanítása szerint etanolhoz vagy nagyobb szénatomszámú alkoholokhoz kis mennyiségű metanolt adagolva jó kitermeléssel, 40°C körüli hőmérsékleten nyerhetők az egymástól jól elkülönülő glicerin-/észterfázisok.

Az alábbi táblázatban összefoglaljuk, hogy néhány ismert biodízel-előállító cég mely alapanyagokból kiindulva, milyen technológia követésével dolgozik (illetve mely technológiák licenciáját kínálja). Ahol ez hozzáférhető, megadjuk a technológia alapját képező szabadalmak közzétételi számát is (forrás: EPODOC).

Cég	Technológia	Alapanyag	Iparjogvédelmi státusz
Desmet Ballestra (I)	az 1980-as években kifejlesztett folyamatos átészterezési technológia	növényi olajok, zsíradékok és sütóolaj	
BDT Biodiesel Technologies GmbH (AT)	folyamatos kétlépcsős átészterezés	növényi olajok, állati zsírok, hulladék sütóolaj; 10% mennyiségig szabad zsírsav	
Biodiesel Industries Santa Barbara (CA)	nincs információ	növényi olajok, állati zsírok	US6979426
Biodiesel International (AT)	teljesen automatizált PLC-vezérlésű rendszer	növényi olajok, állati zsírok, hulladék sütóolaj	
BioSource Fuels, LLC (Kenosah) (USA)	folyamatos eljárás a biodízel desztillációjával, teljesen automatizált PLC- és DCS-vezérlés	növényi olajok, állati zsírok, reciklált zsírok és olajok 100% szabadzsírsav-tartalomig	
BIOX Corporation (CA)	oldószeres technológia	bármilyen kiindulási alapanyag	WO0112581(&EP12006437); US6712867
Crown Iron Works Company (USA)	folyamatos, báziskatalizált átészterezés	bármilyen kiindulási alapanyag	US6262285, US4869910; EP0338941; US5024148;
Energea Biodiesel Technology (AT) Energea Umwelttechnology GmbH	automatizált folyamatos átészterezés és észterezés, előészterező modullal a sütőzsíradék számára; az alapanyag-nak megfelelő illesztés	növényi olajok, állati zsírok	WO03087278 (&EP1495099); WO0238529; US7045100; WO9926913 (&EP1034160; US6440057 WO996913 (&P0100416)
Imperial Western Products, Inc. (CA)	szakaszos eljárás	növényi olajok vagy sütőzsíradékok	
Lurgi PSI, Inc. (Memphis, TN) USA	folyamatos átészterezés	valamennyi alapanyag-típus esetében alkalmazható	
Pacific Biodiesel, Inc. USA	szakaszos eljárás	valamennyi alapanyag-típus	
Superior Process Technologies (MN) USA	folyamatos eljárás valamennyi alapanyag-típus esetére; szakaszos eljárás a kis gyártók számára	valamennyi alapanyag-típus esetében alkalmazható	

### *Technikai trendek és kilátások*

A fentiekből látható, hogy rendelkezésre állnak folyamatos technológiák minden szóba jövő alapanyagforrás esetére. Mivel a kitermelés valamennyi ipari méretű folyamatnál meghaladja a 98%-ot, kevés remény van arra, hogy a kitermelés javításával jelentős mértékben csökkenthetők a termelési költségek. Lényeges pont az eljárás szempontjából a melléktermékként keletkező glicerín kezelése. A glicerines fázis kb. 50% glicerint, vizet, metanolt, reagálatlan és parciálisan reagált zsírokat, észtereket, katalizátornyomokat tartalmaz. A legtöbb technológiaszolgáltató 80-88%-os arányig finomítja a glicerint vákuumdesztillációval annak érdekében, hogy a nagy víztartalomból adódó szállítási költségeket mérsékeljék. A glicerinnel kapcsolatban a legnagyobb gond a különféle szennyeződések, sók jelenléte, amelyek elsősorban akkor jelentkeznek, ha reciklizált alapanyagból indulnak ki. A sók eltávolítására többféle technológia (ioncserélők, fluidizált ágyas katalizátor, molekulaszita) alkalmazásával kísérleteznek, e területen még további fejlesztőmunkára van szükség. A metanolt és legtöbb esetben a zsírsav jelentős részét visszanyerik. Mindezek ellenére megállapítható, hogy lényegében csak viszonylag kismértékű elmozdulás történt a hagyományos szakaszos gyártási eljárásokhoz képest. Ilyen például a Cambridge University által kidolgozott speciális (Oscillatory Flow Mixing) technológia, amely a reakcióparaméterek, tartózkodási idő nagyon precíz kézben tartását biztosítja.

Sokan a jövőt az újabb, gázfázisú technológiák kifejlesztésében látják. E folyamat végtermékét az ún. szintézisgázok (hidrogén és szén-monoxid keveréke) alkotják. Ezt követően a szintézisgázt egy komplex katalizátorrendszeren (Fischer–Tropsch-reaktorok) vezetik keresztül. A katalizátorrendszertől függően a végtermék lehet dízelolaj vagy különféle alkoholok keveréke.

További vizsgálatok, fejlesztés indokolt a következő területeken: a biodízel és az ezzel készített üzemanyag-keverékek jellemzőinek javítása, a nitrogén-oxid-kibocsátás csökkentése, a vizsgálati eljárások szabványosítása, tárolási stabilitás, az emberi egészségre gyakorolt hatás vizsgálata, a környezeti hatások értékelése életciklus elemzés (Life Cycle Assessment, LCA) alapján. Alkalmazott kutatás elvégzése a szokásostól eltérő felhasználási környezetben, így például föld alatti környezetben, tengerben.

## **4. Magyarországi körkép**

Az EBB adatai szerint Magyarország az Európai Unió tagállamai között tavaly a 17. helyen állt a biodízelgyártó kapacitások nagyságát tekintve. Az újabb beruházásokkal a tavalyi év eleje óta bejelentett bioüzemanyag-beruházások értéke megközelíti a 250 milliárd forintot, és az EU által elvárt és ösztönzött „zöldenergia”-fejlesztések miatt ennek további jelentős bővülése várható. Ez mentőövet jelenthet az évek óta értékesítési gondokkal küszködő magyar mezőgazdasági termelőknek is, hiszen Magyarországnak kedvezőek az adottságai, és

jelentős az agrárpotenciálja ahhoz, hogy megtermelje a bioüzemanyagok, főleg a bioetanol alapanyagát. Mindez a remények szerint azt eredményezi, hogy a jelenleg „kétlábú”, élelmiszer-termelésre és takarmány-előállításra alapozott magyar mezőgazdaság az ipari és energetikai célú növénytermesztéssel „háromlábúvá” válhat. Az új beruházásoknál a finanszírozók és a beruházók legnagyobb kockázata a gyártáshoz szükséges növényi alapanyag-ellátás biztosítása, bár egyes nézetek szerint a Magyarországot borító parlagfű-„termőterület” ehhez elegendő lenne. A biodízelprojekt főként a repcére, a bioetanol-előállítás a takarmánykukoricára alapozódhat, bár más szántóföldi növényekből is készíthetők ilyen üzemanyagok. Az agrártárca hosszabb távon a repce-vetésterület megkétyszerzését is lehetségesnek tartja. Az étolajtermelésből esetlegesen kieső repce helyét pedig a napraforgó foglalná el. Jobb a helyzet az 1,1-1,2 millió hektáros vetésterületű kukorica esetében, hiszen itt a gyártás alapanyagául szolgáló termés általában jóval nagyobb a belföldi takarmány- és egyéb felhasználásnál. A szükséglet évente 4 millió tonnát tesz ki, miközben például 2006-ban 8-8,3 millió tonna kukorica termett. Így a bioetanol-gyártás hozzájárulhat ahhoz, hogy a gazdálkodók biztonságosan és jó áron értékesíthessék az árutöbbletet, illetve csökkentheti az uniós intervenciók felvásárlás iránti igényt a hazai terménytulajdonosok körében.

Az Európai Unió – hasonlóan az EU15 jogcsítványaihoz – engedélyezi, hogy az újonnan csatlakozott országok (köztük Magyarország) többlettámogatást adjanak az energetikai növények termeléséhez. Ennek értelmében például ha a gazda a Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatalnak (MVH) igazolja, hogy olyan regisztrált felvásárlóval kötött szerződést, aki az EU-ban hasznosított biodízel-alapanyagként értékesíti a repcét, az energianövények termelése után hektáronként 45 eurónyi extra támogatást kap. Az összeg a területalapú támogatásokon felül jár. E pénzek uniós pluszforrások, azaz nem a nemzeti költségvetést terhelik.

A bioüzemanyag-termelés ösztönzése az egyik kiemelt célja az Új Magyarország vidékfejlesztési programnak 2007–2013-ban. Ennek értelmében Magyarország meghatározó európai biodízel- és bioetanol-előállítóvá válhat. 2007-től az Európai Mezőgazdasági Vidékfejlesztési Alap – magyar társfinanszírozással együtt – mintegy 1300 milliárd forintnyi vidékfejlesztési forrást folyósít Magyarországnak, amelyből az energiaprogramokra is több juthat. Az agrártárca koordináló szerepet kíván betölteni abban, hogy az üzemanyaggyártás összhangban álljon a mezőgazdasági alapanyag-termeléssel, olyan komplex rendszer kiépítésére törekedve, amely a melléktermékek takarmányként való felhasználására és biogáz előállítására is kiterjed. Alapvetően a kisebb (évi 5 ezer tonnás kapacitású) gyárak létrehozásához kíván vidékfejlesztési támogatást nyújtani. Ezekből – kísérleti jelleggel – háromnegyvet építtetne fel jövőre. Fontos cél, hogy a beruházások az állattenyésztésre épüljenek, vagyis az etanolkészítés melléktermékei ne kerüljenek ki a takarmánybázisból. A modell lényege, hogy a bioetanol előállítását az állattenyésztéssel kötik össze, és a bioszeszüzemekben keletkező gyártási melléktermékeket állati takarmányként hasznosítanak. Az idén kísérletképpen régióként egy-egy ilyen egység létrehozására lehet támogatást nyerni, a későbbiek-



ben pedig a földművelésügyi tárca összesen hatvan-száz hasonló projekt megvalósítására lát lehetőséget, ezek együttesen a bioetanol-gyártás kapacitásának egyharmadát tehetik ki.

A biokomponensek felhasználását ösztönzi az adótörvény elmúlt év végi módosítása is, amelynek értelmében 2007. július 1-jétől literenként nyolc forinttal több jövedéki adót kell fizetni azoknak a gyártóknak, amelyek benzinében a biorész aránya nem éri el a 4,4 százalékot, míg a gázolaj esetében ugyanezek a feltételek 2008. január 1-jén lépnek életbe. Adómentességet kap viszont az úgynevezett E85-ös üzemanyag a 2007. január elsejétől hatályba lépő új szabályozás szerint. Az E85-ös hajtóanyagba legalább 85 százalékban kell bioetanol keverni.

Mindezek hatására egyre több agrártermelő látja úgy, hogy érdemes ezen a területen előrelépni. Az utóbbi egy évben Magyarországon két és félszeresére nőtt a káposztarepcével bevetett szántóterület. Ilyen mértékű növekedésre évtizedek óta nem volt példa a magyar mezőgazdaságban. Míg a korábbi esztendőkhöz alig haladta meg a 100 ezer hektárt a repce vetésterülete, sőt, volt amikor jóval alatta volt a 100 ezer hektárnak, addig az elmúlt év őszén, 2006-ban repceből 240 ezer hektárt vetettek el. A gazdálkodóknak azonban számolniuk kell azzal, hogy Románia is ráállt a repcetermesztésre, és Ukrajna is megtöbbszörözte termőterületeit. Mi azonban – egyelőre – lépéselőnyben vagyunk, ugyanis a legtöbb olajat termő fajta termesztésében élen járunk.

Magyarország a '90-es évek első felében kapcsolódott be a biodízzel kapcsolatos kutatásokba. Ezek döntően alkalmazás- és motortехnikai vizsgálatok voltak (RÁBA-MAN 2156 HM6U, Ikarus motorral városi üzemben végzett vizsgálatok IKARUS 260 típusú busznál). Újabban már a napilapok hasábjain is egyre többször olvashatunk Magyarországon már működő (Győri Szeszipari Rt., Hungrana Kft., kunhegyesi biodízel-feldolgozó), illetve létesítendő üzemekről, alkalmazástechnikai vizsgálatok tapasztalatairól, környezeti hatásokkal kapcsolatos tanulmányokról. Jelentős közelmúltbeli lépés a MOL által 2006 januárjában kiírt nyílt pályázat a biokomponens, illetve az ennek alapanyagául szolgáló növényi olaj beszerzésére. E tenderezési eljárás egyik legfőbb hozadéka az a szerződés, amelyet a MOL Nyrt. és az osztrák Rossi Beteiligungs GmbH egy 1,2 milliárd forint alaptőkéjű egyes vállalat alapításáról és működtetéséről írt alá 2006 júliusában. A megállapodás értelmében megalakuló Rossi Biofuel Zrt. (amelyben a MOL-csoport 25% plusz egy részvényt birtokol) 2007 negyedik negyedévére a régió egyik legnagyobb biodízelalapanyag-ellátó gyárát építi fel a MOL komáromi telephelyén. Az új üzem évi 150 ezer tonna kapacitásával európai léptékben is jelentősnek számít. A repcét, napraforgóolajat, használt sütőolajat feldolgozó üzem termelésének nagyobb hányadára a MOL előszerződést kötött. A bioetanol-beszállítók kiválasztására a MOL már 2005-ben lefolytatott egy hasonló pályázatot. Ennek eredményeképpen a benzin gyártásánál oktánszámnövelésre használt MTBE-t (metil-tercier-butil-étert) tavaly nyár óta részben a bioetanolból készülő ETBE-vel (etil-tercier-butil-éterrel) váltották fel. Így jelenleg az olajcég által Magyarországon árusított benzin 70 százaléká tartalmaz biokomponenst. A MOL a Veszprémi Egyetemmel közös projekt keretében élen jár a második generációs biodízel kutatásában is.

A napilapokban szinte minden nap találkozhatunk olyan hírral, amely újabb bioüzemanyag-beruházásról számol be. Az alábbiakban – a teljesség igénye nélkül – a legutóbbi tudósítások közül válogatunk.

Az Öko-Line Hungary Kft. első ütemben 3,4 milliárd forintot fordít bioüzemanyag-gyártó kapacitása kiépítésére, egy évi 25 ezer tonna kapacitású észterezőt, egy 30 ezer tonna kapacitású növényolaj-préselő üzemet és egy logisztikai kiszolgáló parkot létesítve Nagyigmándon. A biodízel nagy részét a MOL Nyrt. számára fogják értékesíteni. A cégnek évi 15 ezer tonnás kvótát sikerült lekötnie, és november közepén kell megkezdenie a szállításokat a MOL számára, míg termelése fennmaradó részét Németországban, Olaszországban és Romániában kívánja értékesíteni. A folyamatos alapanyag-ellátást a vállalat integrátorok közbeiktatásával biztosítja majd, emellett várhatóan a szomszédos országokból is importálnak repceolajat. Az Öko-Line Kft. Bábolnán egy második, szintén 25 ezer tonna kapacitású észterezőblokk építésének előkészítését is megkezdte. A biodízel-termelő kapacitás megduplázásával párhuzamosan pedig a vállalkozás további présüzemek létesítését tervezi Szerencsen, Szentesen és Zalaszentmihályon. A fejlesztések második üteme további több mint kétmilliárd forintba kerül.

A martfői növényolajgyárban biodízel-alapanyagot előállító, évi 20-30 ezer tonnányi repcemagot feldolgozó üzem építését jelentették be 2007 májusában. A beruházás nyomán 50-60 új munkahely jön létre. A martfői gyárat is üzemeltető Bunge Zrt. korábban is érdekelt volt a biodízelüzletben. Németországi társvállalatainak eddig is szállítottak Magyarországról biodízel előállításához használt repcét.

A Zöldolaj BB Zrt. olyan biodízelüzemet épít, amelynek működéséhez a hőt, az áramot és a vizet a Mátrai Erőmű biztosítja, a sajtolás után a repceből megmaradó „pogácsát” viszont az erőmű tüzelőanyagként hasznosíthatja.

Európában egyedülálló technológiát alkalmazó növényolajprés- és biodízelüzemet épít Hódmezővásárhelyen az ausztrál tulajdonú Central EU Biofuels Hungary Kft. (CEB), amely 125 millió eurót szán a beruházásra. A közvetlenül és közvetve több mint háromezer munkahelyet teremtő beruházás több lépcsőben valósul meg. A repce mellett napraforgó és szója feldolgozására is alkalmas, évi ötszázezer tonna névleges kapacitású présüzem a tervek szerint 2008 novemberében kezdi meg a működést. Az alapanyagokat az üzem kétszáz kilométeres körzetéből szerzik be, Magyarország mellett a Vajdaságból és a szomszédos romániai területekről. Az üzem hőellátására a helyszínen egy 3-6 MW teljesítményű, biomassza-tüzelésű hőerőművet is felépítenek. Emellett a második ütemben, 2009 végére egy évi 240 ezer tonna nyersolaj finomítására alkalmas üzem építenek, s ha a bioáram előállításának támogatása nem csökken, a CEB egy, a gyártás során keletkező mellékterméket hasznosító, 20-25 MW kapacitású biomassza-erőművet is létrehozna.

A svéd Svensk Etanolkemi AB 75%-os tulajdonában lévő BKZ Beruházásfejlesztő Zrt. négy, bioetanol gyártására alkalmas gyáregység építését kezdte meg 2006 júliusában. A beruházás összértéke meghaladja a 343 millió eurót. Az EnviroParks Projekt névre hallga-

tó fejlesztés jó lehetőséggel pályázik Magyarország első, nagy, komplex bioetanol-beruházásának címére. A négy biomassza-erőművel kombinált etanolüzem Mohácson, Gönyűn, Marcaliban és Kabán épül majd. A tervezett bioetanol-üzemek az ICM (Kansas, USA) technológiáját alkalmazzák, amely már számos esetben bizonyította hatékonyságát és gazdaságosságát az Egyesült Államokban. Az üzem tervezi zöldáram termelését is, amelyet részben a saját energiaigényének kielégítésére fordítana. A tervek szerint az üzemek működése 2008–2009-ben indulhat. Az EnviroParks Projekt keretében létrejövő négy üzem 2008 őszétől évente 1,5 millió tonna gabona felhasználásával 600 millió liter bioetanol termel, és melléktermékként mintegy 460 ezer tonna jó minőségű állattakarmány-alapanyag (DDGS – gabona törköly) keletkezik. A DDGS alkalmas arra, hogy jelentős mennyiségű – takarmány-alapanyagként – importált szóját váltson ki. A komplex technológia révén a négy üzemben működő biomassza-erőművek évi 612 ezer tonna szalmát és energiafűvet hasznosítanak majd, amely a teljes energiaigényüket kiszolgálja, sőt az itt keletkező zöldáram egy része az országos hálózatra kerül. A nyersanyag (kukorica, búza) megtermelése várhatóan összesen 10 000 gazdálkodó és a mezőgazdaság háttérparában működő munkavállaló megélhetését biztosítja. A gyárak összesen 300 új munkavállalót foglalkoztatnak majd, de az is fontos és lényeges, hogy a körzetben élő mezőgazdasági termelők kukoricájuk biztos értékesítésére számíthatnak. A beruházó a termékek szinte mindegyikének jelentős hányadát tervezi exportálni. A megtermelt bioetanol az európai tömegközlekedést biztosító buszok motorjaiban, illetve az egyre népszerűbb flexi-fuel (etanollal és benzinnel is működő) autókban hasznosul. Az állati takarmány részben hazai, részben exportpiacokon kerül értékesítésre. A tervek szerint évente 600 millió liter bioüzemanyagot (bioetanol) fognak gyártani úgy, hogy közben két 11 és két 8,5 MW-os, bioenergiát termelő erőművet is üzemeltetnek.

A volt kabai cukorgyár területén épül fel húszmilliárd forintos beruházás keretében Magyarország első bioetanol-üzeme, ahol a bioetanol gyártása során használt mellékterméket is felhasználva biogázt állítanak majd elő, amely további szolgáltatások alapját jelentheti. A bioetanol-üzem a tervek szerint 2008 tavaszán kezdi meg működését, naponta 300 000 liter bioetanol állít majd elő, amelyhez 909 tonna kukoricára lesz szükség naponta. Ez éves szinten 300 000 tonna kukoricafelhasználást jelent.

Évi 100 ezer tonna kukorica feldolgozására alkalmas bioetanolgyárat épít Kőszegen a norvég tulajdonú Global Green Hungary Kft. A tervek szerint a termelés 2009-ben 60-70 alkalmazottal indul.

A Békés megyei Sarkadon több mint ötmilliárd forint költségvetésű komplex bioenergetikai beruházás valósul meg három ütemben a hajdani cukorgyár területén. A munkálatok 2006 novemberében kezdődtek. A biodízel-alapanyagot gyártó présüzem – a beruházás első üteme – olyan készülségi szinten van, hogy az itt létesülő munkahelyekre már megkezdődött a dolgozók felvétele. Megkezdődött a bioetanol- és biogáz-beruházás előkészítése is. A présüzem, illetve ezek az üzemszempontok a tervek szerint a jövő év közepétől tel-

jes kapacitással dolgozhatnak, és 135 fő foglalkoztatását tervezik. A biodízel és a bioetanol előállításához szükséges kukorica, cirok, repce és napraforgó termelésére már megkötötték a szerződést a Békés megyei gazdákkal.

64 milliárd forintos beruházással bioetanol-üzem építését tervezi Hajdúsámsonban a magyar Bio-Tech-Energy Kft. és a CSLM Group amerikai befektetési társaság. A várhatóan mintegy 150 főt foglalkoztató gyárban évente egymillió tonna kukoricát és egyéb gabonafélét dolgoznak majd fel. Hasonló üzem létesítését tervezik 18 milliárd forintos beruházással a Somogy megyei Marcaliban is, ahol évente félmillió tonna kukorica feldolgozásával számolnak.

Csurgón is bioetanol-üzem épül a svájci United Biofuels Holdings Europe AG és a Duna Fejlesztési Holding részvételével 12 milliárd forintos beruházás keretében. A gyárban a tervek szerint évente 300 ezer tonna kukoricát dolgoznak fel, s mintegy 80 ezer tonna bioetanol állítanak elő.

Mindezek eredményeként az előrejelzések szerint a hazai bioüzemanyag-felhasználás az évtized végére elérheti a 300 000 tonnát, és ezzel Magyarország eleget tehet annak az uniós előírásnak, amely szerint 2010-ben a forgalomba hozott benzin legalább 5,75 százalékának növényi biológiai komponensnek kell lennie. Emellett legalább 500 000 tonnányi bioetanolnak és biodízelnak exportpiacot is kell majd találni. A bioüzemanyagok elterjedésének európai uniós céljait Magyarország 2010-ig a bioetanol-gyártás jelenlegi alapanyag-feldolgozási technológiai mellett még képes teljesíteni, ám a 2020-as célok eléréséhez alapanyag- és területi korlátok miatt már újgenerációs megoldások alkalmazására lesz szükség, melyek révén a szóba jövő alapanyagok tárháza lényegesen kiszélesíthető, hiszen már kukoricaszárból, illetve egyéb növénytermesztési melléktermékekből, szalmából, fűből, fából vagy akár városi hulladékból is lehet bioüzemanyag.

#### *4.1. A bioüzemanyag tárgykörben Magyarországon benyújtott bejelentések áttekintése*

A PIPACS adatbázisban végzett kulcsszavas és NSZO-s keresés alapján több mint 100 olyan rekord található, amely a biomassza kezelésére, ebből mint kiindulóanyagból előállítható termékekre, illetve ilyenekkel kapcsolatos előállítási eljárásra vonatkozik. Ezek elsősorban tüzelőanyag célú (biobrikett, biopellet, szintézisgázgyártás, elégetés elektromos és hőenergia termelése céljából) felhasználásra vonatkoznak.

A bioetanol és biodízel témakörben több mint félszáz bejelentést nyújtottak be a Magyar Szabadalmi Hivatalhoz. Jelen tanulmánynak nem célja e bejelentések bibliográfiai adatainak, műszaki jellemzőinek részletes, egyenkénti áttekintése, az, hogy a bejelentés az engedélyezés mely szakaszában tart, a hivatal PIPACS adatbázisából (<http://pipacsweb.hpo.hu>) megismerhető. Itt csak az általános tapasztalatokat foglaljuk össze.

A hivatali nyilvántartás szerint 18 olyan bejelentéssel, illetve szabadalommal találkozhatunk, amelyek tárgya a bioetanolhoz kapcsolódik. Ezekből eddig hat bejelentés nyert szabadalmi oltalmat. A bejelentések nagyobb részét külföldiek nyújtották be nemzeti úton. Magyar bejelentője van a bejelentések kb. egynegyedének.

A hivatali adatbázisban végzett kutatás 41 biodízel tárgyú bejelentést tárt fel. Ennek több mint a felét (22) magyar bejelentők nyújtották be. E csoporton belül különösen magas a magánbejelentők aránya (14 bejelentés). 14 bejelentés nyert eddig szabadalmi oltalmat. A legkorábbi szabadalmi oltalmat nyert bejelentésnél az engedélyezés dátuma 1970, azaz megelőzi az 1973. évi olajválságot.

A „bejelentői kedv” mindkét területen 1999-ben volt a legerősebb, ebben az évben nyújtották be a legtöbb bioetanol és biodízel tárgyú bejelentést. A bejelentések számát és korát tekintve úgy tűnik, hogy a szabadalmi oltalom elnyerése folyamatosan vonzza a bejelentőket. Az alábbiakban elsősorban a kivonatokból nyerhető műszaki tájékoztatás alapján – a teljesség igénye nélkül – összefoglaljuk a két terület tanulmányozásakor felmerült általános jellemzőket.

#### *4.2. Bioetanol tárgyú bejelentések*

A bejelentések többségükben az irodalomból megismerhető fermentációs eljárás alapján üzemanyagcélú alkohol előállítását, az így nyert termékek üzemanyag-keverékben való alkalmazását, illetve a biokomponenst tartalmazó üzemanyag-kompozíciót ismertetik. Kiindulási anyagként elsősorban a búza-, kukorica-, árpa-, cirok-, rozs- vagy rizscefrét jelölik meg (P0105130). A bioetanol-előállítást általában keményítő enzimes hidrolízisével végzik, amelyet élesztővel végzett erjesztés követ. A folyamat végterméke az etanol, amelyet a fermentációból az alkohol desztillációjával távolítanak el. Találkozhatunk azonban olyan megoldással is, amelynél a szénhidráttartalmú táptalajok fermentálását olyan baktériumokkal végzik, melyek butanolt, acetont, etanolt és/vagy izopropanolt termelnek (HU203786).

Az „alapanyag” tulajdonságainak befolyásolására szolgáló megoldást ismertet a Pioneer HiBred International, Inc Iowa (US) P0002477 ügyszámú bejelentésében. A lignin-bioszintézis enzimeit kódoló gének lehetővé teszik a növényi anyag minőségének cellulóz- és papíripari szempontoknak megfelelő javítását, a gabonafélék állóképességének fokozását, valamint a növényi anyag olyan területeken történő alkalmazhatóságának javítását, ahol a lignintartalomnak vagy -összetételnek nagy jelentősége van (pl. a fokozott lignintartalmú növényi anyag üzemanyagforrásként történő alkalmazása).

Több bejelentés vonatkozik a biomassza és/vagy szerves hulladékok hasznosítását lehetővé tevő komplex eljárásra és berendezésre, a fermentálás megvalósítására, alkalmas reaktorra (P9800993, P0200907), továbbá vannak szabadalmak a biomassza tisztítási eljárására, a vizes fermentációs levek elválasztására, kezelésére (HU177363, HU180509).

A HU181771 számú szabadalom például olyan eljárást ismertet, amely takarmányélesztő és/vagy etilalkohol előállítását teszi lehetővé növényi hulladékokból kiindulva. Eszerint a *Candida utilis* var. *cellulotitica* CU 2 800 199 letéti számú élesztőtörzset híg ásványi savval és/vagy híg lúggal előkezelt növényi és/vagy cellulóztartalmú mezőgazdasági (pl. szalma, kukoricacsutka, cukornád-aratási hulladék) és/vagy ipari (pl. papírhulladék, bagasz) hulla-

dékokon elszaporítják. A fermentáció önmagában ismert módon, szakaszos vagy folytonos eljárással, aerob vagy anaerob módon megy végbe. Aerob eljárással takarmányélesztő, anaerob eljárással etilalkohol állítható elő. Az eljárás előnye, hogy a cellulózt nem kell glükózzá lebontani, csak hidratálni és parciálisan degradálni ahhoz, hogy a speciális élesztőtörzs alkalmazásával fermentáció útján takarmányélesztő és/vagy etilalkohol legyen előállítható. Ilyen módon a cellulóztartalmú anyagoknak és hulladékoknak legalább 25-60%-át lehet biokonverzióval takarmányélesztővé és/vagy etilalkohollá átalakítani.

A HU185816 számú szabadalmi leírásban feltárt eljárás mezőgazdasági üzemben kukorica fitomassza komplex hasznosítását teszi lehetővé oly módon, hogy az eljárás eredményeként etanol, takarmány, állati eredetű termékek és biogáz állítható elő. Az alapanyaghoz szükséges fitomasszát szemtermést nem képző, magas cukortartalmú hímsteril hibridkukoricával és/vagy normál szemtermést adó hibridkukoricával állítják elő a megtermékenyülés elmaradásával vagy minimális bekövetkezése mellett, a szacharózfelhalmozódás szárban és levélben történő biztosításával.

Érdekes módon több olyan, viszonylag régi elsőbbségű (elsőbbség: 2001.02.28., illetve 1993.03.26.) bejelentéssel is találkozhatunk, amelyek napjaink egyik fontos kutatási irányát, a cellulóztartalmú anyagok lebontását és az ezáltal további feldolgozásukat lehetővé tevő megoldásokat ismertetik. A P0303343 ügyszámú bejelentés az alábbi megoldást tárja fel a hemicellulózok hemicellulóz-tartalmú biomasszából történő elválasztására alkalmas eljárásra:

a) a hemicellulózt a hemicellulóz-tartalmú biomasszából komplex vegyület vizes oldatával végzett kezeléssel extrahálják hemicellulózok oldható komplexumának képződése közben, komplex vegyületként átmeneti fémből és egy- vagy többfajú, nitrogén- és/vagy oxigéntartalmú ligandumból álló koordinációs vegyületet alkalmaznak, majd

b) a komplexált hemicellulózt a biomasszából elválasztják.

Ugyancsak e feladat megoldására ismertet eljárást a P9502775 ügyszámú bejelentés is. Eszerint cellulóz- és hemicellulóz-tartalmú biomassza koncentrált savas hidrolízisével cukrokat állítanak elő. A biomasszában lévő cellulózt és hemicellulózt először kristálymentesítik, majd hidrolizálják a cukrokat és savat tartalmazó hidrolizátum előállítására céljából. A biomasszában lévő kóvasavat további feldolgozás során eltávolítják. A cukorkitermelés optimalizálása céljából a maradék szilárd anyagokat egy második kristálymentesítésnek és hidrolízisnek vetik alá. A találmány szerinti eljárásban a hidrolizátumban levő cukrokat elválasztják a savtól. Az így kapott cukoráramot olyan körülmények között erjesztik, hogy mind a hexóz-, mind a pentózcukrok egymás mellett alakulnak át.

#### 4.3. Biodízel tárgyú bejelentések

A '90-es évek elején benyújtott bejelentések elsősorban a növényolaj tartalmú keverékek üzemanyagcélú felhasználására vonatkoztak (P9004994, P9303305, HU208994). Egyes esetekben említést tesznek adalékanyagokról, ezek szerepe az összeférhetőség javítása, a keze-

letlen növényi olaj kellemetlen szagának elnyomása. 1996-ban nyújtották be az első olyan bejelentést, amely növényi olaj átészterezési eljárását tárja fel. Az ezt követően benyújtott bejelentések szinte kivétel nélkül az átészterezési eljáráshoz, több esetben ezek ipari méretű megvalósítását biztosító berendezésekhez (P0100416) kapcsolódnak. A bejelentésekben feltárt eljárások zömmel a szakirodalomból megismerhető technológiai utat követik. A biodízel üzemanyag előállítása növényi olajból, elsősorban repceolajból történik. A zsírsavmetilészterek előállítását trigliceridekből kiindulva, olcsó bázikus katalizátorok (NaOH, KOH) és metanol használatával végzik, szakaszos vagy folyamatos eljárás alkalmazásával. Ettől eltérően azonban például a P9602440 ügyszámú bejelentésben ismertetett eljárás során az átészterezés katalizátora lipáz enzim, a HU158507 számú szabadalmi leírásban pedig titántartalmú katalizátor használatát tárják fel. A lúgos katalizátor visszanyerését is lehetővé tevő eljárással találkozhatunk a P9601910 ügyszámú bejelentésben. Az eljárás során a katalizátort egy olyan szerves, szerves vagy vegyes savanhidriddel, illetve latens módon savanhidridként viselkedő anyagokkal, pl. izo- vagy heteropolisav-származékokkal vagy a lúgokkal szemben savként viselkedő vízmentes ammóniumvegyületekkel reagáltatják, amelyek a katalizátorral alkotott vegyületeik formájában a glicerines fázisban jobban oldódnak, mint az észterfázisban.

Oldószer (legalább 0,2 térfogatrész 40-200°C forráspontú alifás szénhidrogén) jelenlétében végzett átészterezési eljárás ismertetésével találkozhatunk a P0203871 ügyszámú bejelentésben.

Sok bejelentés foglalkozik a keletkező végtermékek szétválasztásával, tisztítási lehetőségével (például ioncserélő alkalmazása, desztilláció, extrahálás, üleptetés). Van olyan bejelentés, amely a hangsúlyt a gyártás különböző szakaszaiban keletkező hulladék – beleértve a nyersanyagként használt napraforgómag héját, a keletkező szennyezett glicerint – hasznosítását tűzi ki célul (P0001665).

Környezetvédelmi szempontból napjaink nagy gondja a különféle sütőzsiradékok kezelésének megoldása. Néhány bejelentésből megismerhető erre vonatkozó megoldás is. A P0003732 számú bejelentés például olyan eljárást ismertet, amely a használt sütőolajok és zsiradékok biodízelnként történő feldolgozását oly módon valósítja meg, hogy a melléktermékeket komposztálásra alkalmas formában hasznosítja.

A szakirodalom a biodízel-előállítási technológiák ismertetésénél sok esetben felhívja a figyelmet, hogy az adott gyártási technológia kezelni tudja a nyersanyagban lévő szabad zsírsavakat. E probléma megoldására ismertet eljárást például a P0201656 ügyszámú szabadalmi bejelentés.

Napjainkban is aktuális probléma megoldására tár fel eljárást egy 1990-ben benyújtott bejelentés, amely biomassza elgázosítására és folyékony üzemanyag előállítására ismertet eljárást, 1:3 tömegarányú kobalt-molibdén vagy 1:2 tömegarányú cirkonium-mangán katalizátor alkalmazásával (P9004997).

## 5. Összefoglalás

A fosszilis energiahordozók által okozott környezeti károk csökkentésére irányuló törekvések napjainkban prioritást élveznek. A biomassából előállított bioüzemanyagok nagy előnye, hogy közvetlenül képesek helyettesíteni a közlekedésben felhasznált fosszilis tüzelőanyagokat, továbbá egyszerűen integrálhatók a meglévő energiaellátó és -elosztó rendszerekbe. A gazdaságpolitikai intézkedések ösztönző hatásának köszönhetően a bioüzemanyagok globális termelése 2005-ben elérte a 45 milliárd litert. Míg az USA-ban, Braziliában és Kína egyes tartományaiban előírják a kötelező bioüzemanyag-felhasználás arányát, illetve mennyiségét, az EU-ban ezzel szemben jelenleg erre vonatkozóan még célérték van érvényben.

Az ún. elsőgenerációs bioüzemanyagok előállítása jól ismert technológiák alkalmazásával történik. Így az elsőgenerációs bioetanol gyártása lényegében az alkoholerjesztés évezredek technológiáján alapszik, annak ipari méretekben megvalósult változata. A biodízel esetében a különböző növényi olajok, esetlegesen a használt sütőolaj vagy állati zsiradékok jelentik az alapanyagot. Ezekből megfelelő előkészítést követően, átészterezéssel állítják elő a biodízelt. E technológiák alkalmazásával a jelenlegi biodízelgyártás drágább alapanyagokból, de kisebb energiaigény mellett, míg a jelenlegi bioetanol-gyártás olcsóbb alapanyagokból, de magas energiaköltséggel valósul meg. Ez mindkét esetben a biokomponensek magas költségeihez vezet. A mennyiségi és gazdaságossági problémákra igazi megoldást a jelenleg még csak kísérleti fázisban lévő, úgynevezett második generációs bioüzemanyag-gyártási technológiák jelenthetnek. Ezek legnagyobb előnye, hogy mindkét esetben jelentősen megnövelik a felhasználható alapanyagok körét. Az elsőgenerációs technológiáknál összetettebb eljárás révén, de etanol nyerhető ki különböző, cellulózt tartalmazó anyagokból, így a fahulladékokból, a biomassából vagy akár az algából. Ezek egyrészt lényegesen nagyobb mennyiségben állnak rendelkezésre, másrészt gyakran másképp nem hasznosított melléktermékek, hulladékok. A biodízel előállítható magas széntartalmú alapanyagokból (szalma, faapríték, hulladékok) kiindulva Fischer–Tropsch-szintézissel, nehezen hasznosítható melléktermékek képződése nélkül.

A bioüzemanyag-termelés ösztönzése az egyik kiemelt célja az Új Magyarország vidékfejlesztési programnak 2007–2013-ban. Ennek következményeként egyre több agrártermelő látja úgy, hogy érdemes ezen a területen előrelépni. Az utóbbi egy évben Magyarországon két és félszeresére nőtt a káposztarepcével bevetett szántóterület. Ilyen méretű növekedésre évtizedek óta nem volt példa a magyar mezőgazdaságban. Az elmúlt időszakban biodízel és bioetanol gyártását célzó beruházások egész sorát jelentették be.

Összességében viszonylag sok, a Magyar Szabadalmi Hivatalhoz benyújtott bejelentés tárgyát képezik a bioüzemanyagok, ilyenek előállítási eljárása, alkalmazásuk. Mindkét részterületen magas a magyar bejelentők aránya (biodízelnél kb. 50%, bioetanolnál 25%), ami utal arra, hogy e terület fontos számukra, és fontosnak ítélik meg a hazai oltalomszerzést.



Összehasonlítva az átnézett magyar bejelentéseket a szakirodalomból, külföldi bejelentésekből megismerhető műszaki problémákkal, feladatmegoldásokkal látható, hogy a magyarországi bejelentéseken keresztül „kicsiben” hasonló képet kaphatunk a szakterületről, az itt jelentkező műszaki problémákról.

Mivel mindkét esetben a gyártási technológia kiindulópontját növényi kultúrák képezik, nagy kihívást jelenthet a hazai nemesítők számára a céltermék szempontjából legmegfelelőbb növényfajta kikísérletezése. Ismert például, hogy az őszi káposztarepce származási helye Észak-Afrika. Ezért egy kemény tél tönkretelheti az egész termést. Így a folyamatos és biztonságos alapanyaggyártás érdekében a megfelelő időjárásállósággal rendelkező, nagy olajtartalmú repcefajták, hibridek nemesítése kulcsfeladat.

Eddig egy európai szabadalom hatályosítására érkezett kérelem, amely közvetve kapcsolható a biodízelhez (Eljárás és berendezés dízelmotor növényi olajat, vagy újrafeldolgozott növényi olajat tartalmazó üzemanyaggal történő működéséhez).

Végül meg kell jegyezni, hogy a biodízel, illetve bioetanol szó Magyarországon védjegytalmon alatt is áll, a bioetanolra egy, a biodízel (illetve ebből képzett) szóra, ábrákra 19 védjegytalmonat jegyeztek be az országban.

## Irodalom

- A. K. Agrawal: Biodiesel Development and Characterization for Use as a Fuel in Compression Ignition Engines. Trans. ASME, Vol 123, April 2001, p. 440.
- Dr. Bai Attila, Zsuffa László: A biomassza tüzelési célú hasznosítása. Fűtéstechnika, Megújuló energiaforrások, 2001. IV. évf. február
- Bai Attila: A bioetanol előállítás gazdasági kérdései. Agrártudományi közlemények, 2004. 14. sz.
- N. Bataga, N. Burnete, Barabás I.: Motoare cu ardere interna: combustibili, lubrifianti, materiale speciale pentru autovehicule, economice, poluare. Kolozsvár, ÚT Press Könyvkiadó, 2000
- Christopher Flavin: Átmenet a fenntartható energiagazdaság felé. A világ helyzete 1992. World Watch Institute, 1992
- Kacz Károly, Neményi Miklós: Megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Agrárműszaki kiskönyvtár, 1998
- Dr. Kardon László: Megújuló energiák jogi és ökotudományi problémái, különös tekintettel a biogáz üzemekre. [www.kvvm.hu/cimq/documents/Dr.KardonLaszlo](http://www.kvvm.hu/cimq/documents/Dr.KardonLaszlo)
- Popp J.: Energia- vagy élelmiszer-függőség? (I); Magyar Mezőgazdaság, 61. évf. 2006. augusztus 9. p. 6–7.
- Popp J.: Energia- vagy élelmiszer-függőség? (II); Magyar Mezőgazdaság, 61. évf. 2006. augusztus 16. p. 8–9.
- Popp J.: Gyártás és alapanyag-termelés (I); Magyar Mezőgazdaság, 62. évf. 2007. január 3. p. 12–13.

*Popp J., Potori N.:* Gyártás és alapanyag-termelés (II); Magyar Mezőgazdaság, 62. évf. 2007. január 10. p. 10–12.

*Dick Talley:* Biodiesel: A Compelling business for the rendering Industry. Render Magazine, 2004. február, p. 20–21.

*K. Shaine Tyson, Joseph Bozell, Robert Wallace, Eugene Petersen, Luc Moens:* Biomass Oil Analysis: Research Needs and Recommendations. June 2004 NREL/TP-510-34796 (National Renewable Energy Laboratory), Technical Report

IP/06/135 Brüsszel, 2006. február 8. A Bizottság a bioüzemanyag-előállítás fellendítését szorgalmazza

[www.kekenergia.hu](http://www.kekenergia.hu)

<http://wikipedia.org>

[www.omgk.hu](http://www.omgk.hu)