

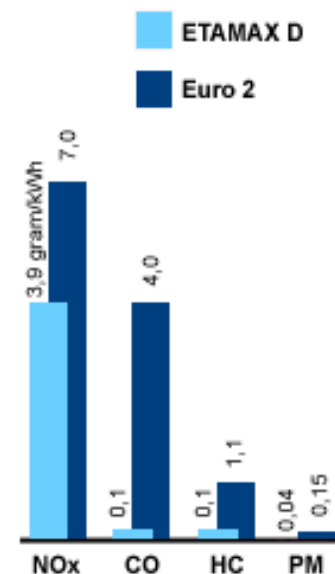

Bioenergia megújuló nyersanyagok zöldkémia(2)

BIOETANOL

Réczey Istvánné
ireczey@mail.bme.hu

Az üzemanyagalkohol felhasználási lehetőségei

- **tiszta etanol**
- **benzin + etanol adalék (5-10-22-85%)**
- **ETBE (Etil Tercier Butil Éter)**
- **gázolaj + etanol adalék**
- **biodízelt + etanol adalék**



a stocholmi etanolbusz és emiósos adatai

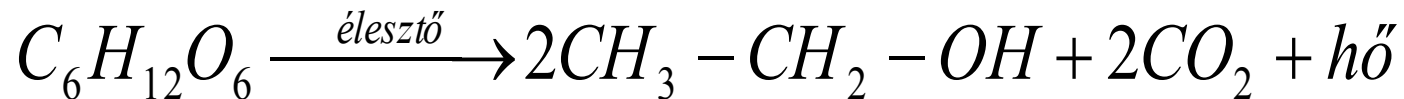


Alkohol előállítás:

1.) etilénből – szintetikus

kénsavas víz addíció (fosszilis nyersanyagforrás,
az összes alkohol termelés 5%-a)

2.) **erjesztéssel – megújuló forrásokból**





A szeszgyártás főbb műveletei

- Nyersanyagok előkészítése az erjesztéshez
- Erjesztés
- Nyersszesz kinyerés
- Finomítás
- Abszolútizálás



A szeszgyártás **nyersanyagai:**

1. **Közvetlenül** erjeszthető szénforrások:

- **melasz** (leginkább elterjedt): cukorgyártás (répa, cukornád) mellékterméke, amiből már nem érdemes kikristályosítani a „cukrot (szacharózt)”
- **hidrol** (a kristályos glükóz előállítás anyalúgja)
- **cukorrépából**
- **cukornádból**
- szulfitszennylég (cellulóz előállítás), Svédország, Finnország
- tejsavó (sajt és túrógyártás)



2. Közvetlenül nem erjeszthető szénforrások:

- **keményítő** (kukorica, búza, burgonya KB.70%-a)
- inulin (csicsóka, Jeruzsálem articsóka) 70%-ban fruktóz polimer
- cellulóz, hemicellulóz (mindennemű fás szárak, szalmák, fű, fa) remélhetőleg a jövő szénforrása (β 1-4 kötések)



Etanolvermentáció melasz szénforráson

- Fermentációs művelettel **9-11%-os** etilalkohol állítható elő
- Mikroba: *Saccharomyces cerevisiae* (közönséges pékélesztő)
- pH: 4-5, T: 32 °C
- Aerob/anaerob
- Fermentációs táptalaj:
 - szénforrás: melasz
 - segédanyagok: kénsav, foszforsav, ammóniumhidroxid, habzásgátló
- Fermentáció lehet:
 - szakaszos (elő, fő és utóerjesztés)
 - félfolytonos
 - folytonos



Szesz kifőzés és finomítás

Célja kettős: nagy alkohol tartalmú oldat előállítása, illó szennyezésektől való tisztítása (**96%**)

- **Cefreoszlopról** : nyersszesz (**70%**) + melaszmoslék
- Elő-párlat, vagy hidro-szelekciós oszlop
- **Finomító vagy rektifikáló oszlop**
- Végfinomító
- Utópárlat oszlop



CÉLJA: 100%-os Etilalkohol előállítása

- Termer azeotrop desztilláció:

Az etanol-víz elegyhez egy harmadik komponenst adagolnak, követelmények:

- harmadik komponens olcsó legyen
 - vízzel ne elegyedjen
 - elegy forrponjtja alacsonyabb legyen mint az egyes komponenseké
 - pl.: benzol, ciklohexán, metil-ciklohexán, kloroform
-
- Membrán elválasztással (pervaporáció)
 - **Adszorpció zeolitos tölteten**



Alkoholgyártás keményítőből (közvetlenül nem erjeszhető nyersanyag)

Alkoholgyártás lehetőségei:

- teljes gabonaszem feldolgozás:

száraz őrlés utáni etanol fermentáció – kisebb beruházási költségű
üzemanyag-etanol előállítás

DE ilyen pl. az ABSOLUT (vodka)- nagyon igényes szeszestital gyártás,

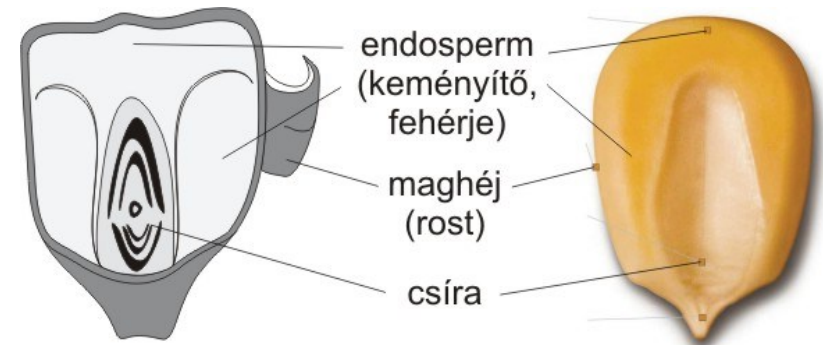
- csak a keményítő frakcióból:

pl. HUNGRANA Szabadegyházán (kukorica keményítőből) az un. „biorefinery” koncepcióval dolgozza fel a kukoricát, minden frakciót különválasztanak és értékesítenek – nagyobb beruházási költség, nagyobb gyárméret, de gazdaságosabb etanol előállítás



Kukoricaszem fő alkotói

- **Magcsúcs**
ezzel kapcsolódik a szem a csutkához,
szivacsos szerkezet, gyors vízfelvétel
főleg cellulóz és hemicellulóz
- **Héj**
több rétegű rostanyag
főleg cellulóz és hemicellulóz
- **Csíra**
a szem súlyának 11-12%-a,
olajban, fehérjében és cukorban gazdag
- **Endosperm**
a keményítőszemcsék egy beszáradt protein mátrixba vannak beágyazva
 - 34% lisztes (lágy rész), őrlés után
 - 66% szaru (kemény), csak előzetes fellazítás,
áztatás után mosható ki a keményítő





Kukoricaszem frakcióinak összetétele

Érett kukoricaszem frakciói, azok tömegaránya és átlagos összetétele a szárazanyag %-ában

Frakció	%	Keményítő	Olaj	Fehérje	Hamu	Cukor
Csíra	11,5	8,3	34,4	18,5	10,3	11,0
Endosperm	82,3	86,6	0,86	8,6	0,31	0,61
Magcsúcs	0,8	5,3	3,8	9,7	1,7	1,5
Héj	5,3	7,3	0,98	3,5	0,67	0,35
Teljes szem	100,0	72,4	4,7	9,6	1,43	1,94



Kukoricakeményítő előállítása (1)

Tárolás, betakarítás

- Betakarítás: **22-28% nedvességtartalommal**
- Szárítás

károsodott szemek esetén max. 13% nedvességtartalomra, szárítási hőmérséklet: 60°C

A kukorica egész éven át feldolgozható!

ősszel betakarított formában, később **16% nedvesség-tartalmúra szárítva**

Mechanikai tisztítás

- Rostálás: nagyobb szennyezések eltávolítása
- Aspirálás: por és könnyebb szennyezések eltávolítása levegő befuvással



Kukoricakeményítő előállítása (2)

- **Áztatás**

Célja: a **kemény endosperm előkészítése a keményítő kivonására.**

- Vízoldható anyagok extrakciója, **30-50 óra, 48-52°C.**

A szemek víztartalma **16%-ról 45%-ra** nő, a szárazanyag tartalom **6-6,5%-a** kioldódik.

- Tejsav és kéndioxid rezisztens, régen vörösfenyő, ma rozsdamentes acél kádakban, ellenáramban történik.
- Vízadszorpció: csíra 4, az endosperm 8 óra alatt telítődik vízzel a vízfelvétel a hőmérséklet növelésével gyorsítható, de 60°C fölött káros
- Kénessav hatása: a protein mátrixot fokozatosan duzzasztja, a fehérjék kollodiálisan diszpergálódnak, **biszulfit ion reagál a diszulfid hidakkal, redukálja azokat, a termék jobban hidratálódik és oldódik**
- Tejsavas erjedés: a kukoricaszem felületén **tejsavbaktériumok** Lactobacillus bulgaricus az áztatólé oldott szénhidrátjaiból tejsavat termel, ez savanyodást okoz, a kukoricából kioldódó bázikus anyagokkal reagálva pH 3,9-4,1-re pufferol
- 2 napos áztatás → puha szem (SO₂ miatt bűdös), a csíra kiroppantható, a szem frakcionálható



Kukoricakeményítő előállítása (3)

Durva őrlés célja a csíra rész leválasztása a magról

- kukorica + víz → őrlőberendezésre
- forgó és álló tárcsa távolsága → lehetőleg minimális csírasérülés, maximális csíraleválasztás

- **Csíra elválasztása**

- fajsúlykülönbség alapján **hidrociklonnal**
→ felül: csíra (kisebb fajsúly: $1,03 \text{ g/cm}^3$)
alul: endosperm + héj (nagyobb fajsúly: $1,6 \text{ g/cm}^3$)

- **Finom őrlés, majd rosteltávolítás**

- rost (héj) eltávolítása **ívszita** rendszeren
- rost elválasztása után a keményítő még **5-8% fehérjét** tartalmaz
ezeket **centrifugál szeparátorral**, vagy **hidrociklonokkal** választják el
keményítő fs.:1,5

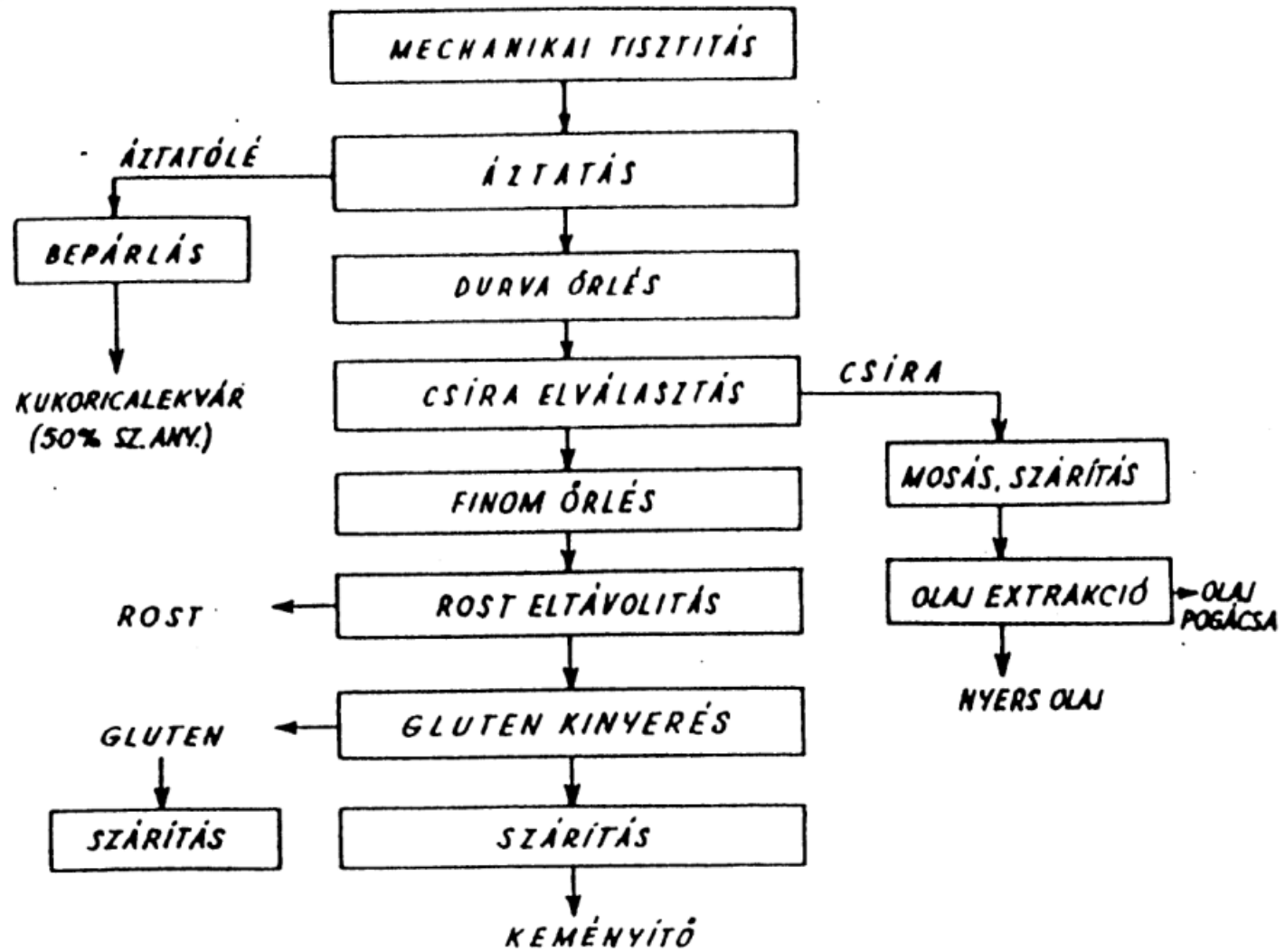
fehérje fs.:1,1

elválasztás → keményítő mellett max. 0,3% fehérje

- a fehérje elválasztása után a **keményítőtejet** dobcentrifuga, **vákuumdobszűrő** segítségével szikkasztják, majd **pneumatikus szárítóban** szárítják.



Kukoricakeményítőgyártás technológia





Kukoricakeményítő gyártás során nyert frakciók

A kukorica és az abból kapott termékek aránya és összetétele a szárazanyag %-ában

Frakció	%	Keményítő	Olaj	Fehérje	Hamu
Kukorica szem	100,0	71,5	5,1	10,5	1,4
Keményítő	68,6	<u>99,0</u>	0,65	0,3	0,08
Csíra	7,3	7,6	<u>58,9</u>	10,7	10,3
Rost	9,5	11,4	1,8	11,3	-
Glutén	5,8	25,8	3,7	70,0	-
Áztatólé	7,6	-	-	46,1	18,0



Keményítő hidrolízis

A keményítőt először építő elemeire kell hidrolizálni (glükózzá) lehet savasan, vagy enzimesen (a 70-es évek óta egyre inkább az enzimes technológia terjed el).

Alkalmazott enzimek:

- α -amiláz: termostabil (90 °C-ig) pH 5,0-6,5 **folyósító enzim**
- amiloglükozidáz (AMG): T: 60°C; pH: 4,2-4,8 **cukrosító enzim**
- pullulanáz: T: 60°C; pH: 4,2-4,8 AMG-vel együtt adagolják, **elágazás bontó enzim**



Keményítőtej

- 36-38%-os szuszpenzió
- a keményítő még **zárt szemcse**
- az enzimek nagyon lassan dolgoznának
- a kukoricakeményítő csirizedési pontja 62°C (ezen olyan lenne, mint a gumi), **nem szabad lassan felmelegíteni**

Jet cooker

- pillanatszerű felmelegítés **10-12 bar-os** direkt gőzzel 130-145°C-ra
- így oldat lesz és nem csiriz
- kevés α -amiláz és Ca^{2+} adagolás (E stabilitásához kell) mellett
- α -amiláz: Bacillus licheniformis/ Bacillus subtilis
- majd expanziós ciklonban szétrobbannak a szemcsék (termikus + enzimes feltárás)

Folyósítás

- 90-100°C, 60-90 perc
- újabb α -amiláz adagolás
- termék: 15-18 DE dextrin (kb. 5-ös tagszámú oligomerek, **jódpróba negatív**)



Cukrosítás

- alkalmazott E: amiloglikozidáz (AMG) (Hungara:amiloglikozidáz + pullulanáz)
- enyhén savas körülmények, pH 4,5-4,8
- a **dextrinláncok rövidülésével lassul a hidrolízis**
- reakcióidő: 60 óra
- termék DE: 97-98
- szűrés kovaföldes vákuumdobszűrőn
- aktívszenes derítés, szűrés

Főtermék -melléktermékek






- Agroetanol (*Svédország*):
2,65 kg búzából (búzaszemből):
 - 1 liter etanol (100%)
 - 0,85 kg rostanyag (takarmány)
 - 0,7 kg széndioxid
- Mellette: kb 2.12 kg búzaszalma keletkezik
- Azaz **1 kg** főtermék (etilalkohol) előállításához mellett **4,65 kg** melléktermék (takarmány, széndioxid, szalma) keletkezik



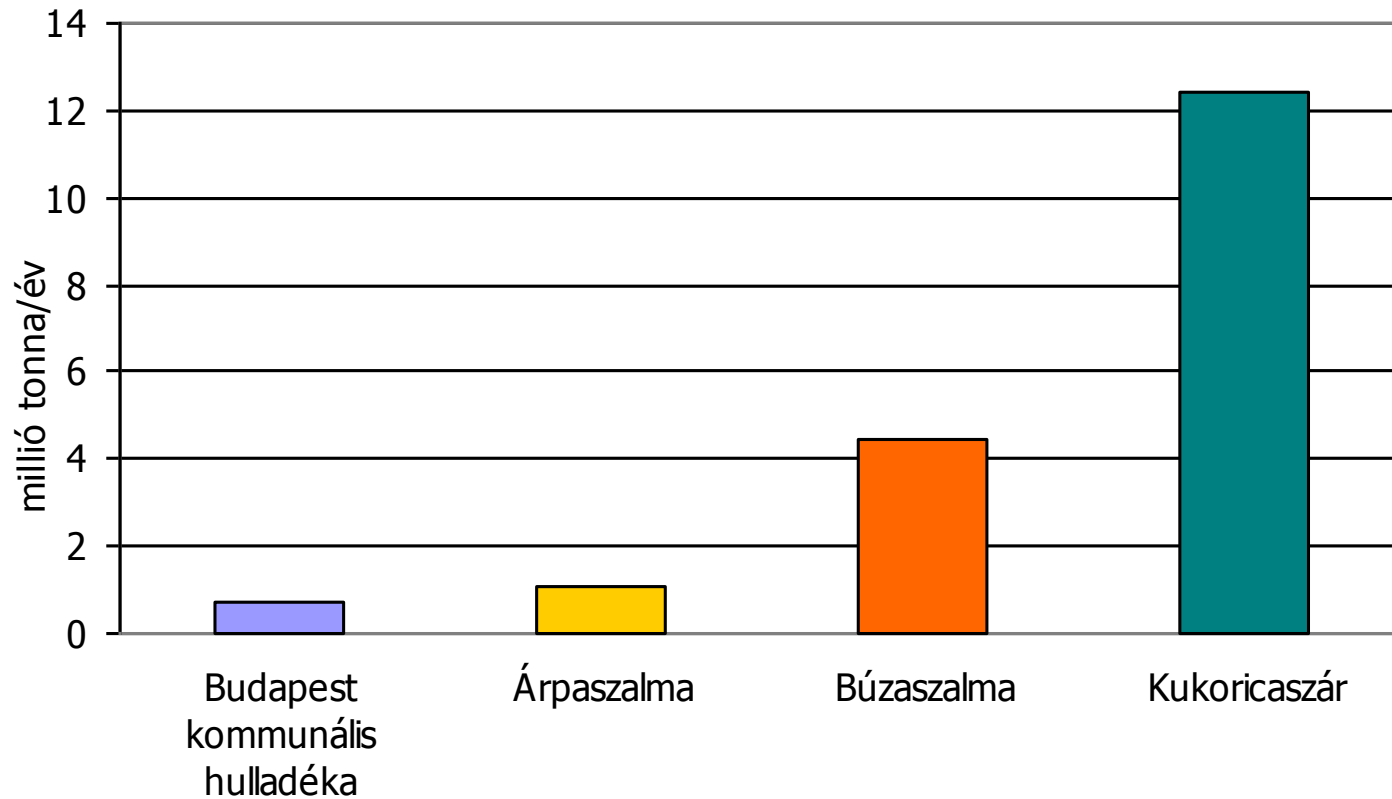


Új potenciális nyersanyag: cellulóz alapú biomassa

Erdészet	Növénytermesztés	Hulladék- hasznosítás
<p>vágási maradékok</p> <p>fűrészpor</p> <p>erdőirtási maradékok</p> 	<p>energiafű</p> <p>gyors növésű fák (energiaerdők)</p> <p>gabonák, kukorica, cukornövények melléktermékei</p> 	<p>ipari hulladékok cellulóz frakciója</p> <p>háztartási hulladékok cellulóz frakciója</p> <p>hulladék rostok</p> 



Melléktermékképződés a hazai mezőgazdaságban



Erdészeti és mezőgazdasági melléktermékek hasznosítása



Lucfenyő



Kukoricaszár



Fűzfa



Összetételük

◆ Cellulóz
[38-45%]



◆ Hemicellulóz
[25-40%]



◆ Lignin
[20-25%]

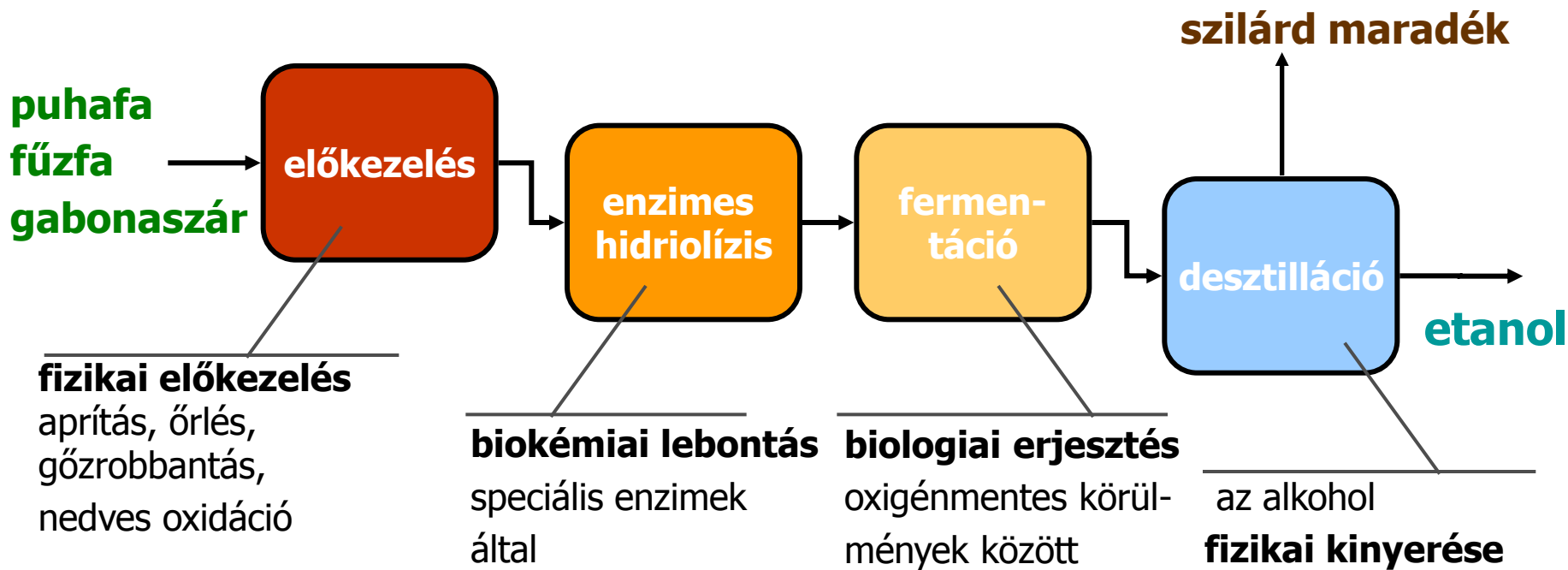


Hasznosítási lehetőségük

üzemanyag-etanol termelés

**a folyamat energiaellátása
(szilárd tüzelőanyag)**

Lignocellulózból etanol – az enzimes út



Feladat: olyan környezetvédelmileg biztonságos, zárt ciklusú technológiát tervezni, aminek a hulladék kibocsátása minimális.



Miért van szükség előkezelésre?



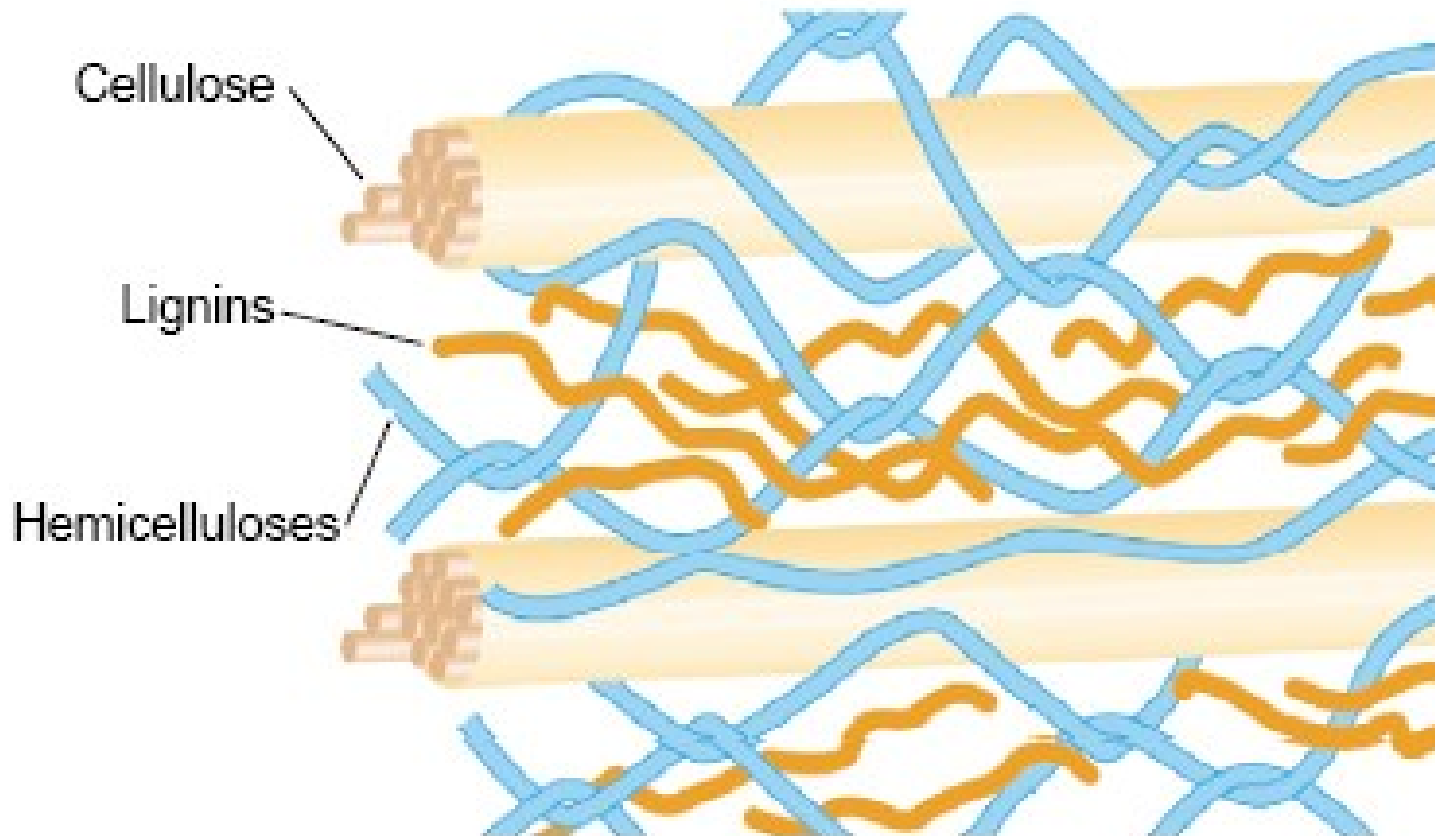
A lignocellulóz komplex & kompakt szerkezete akadályozza az enzimek hozzáférését a cellulóz polimerhez.



A cellulóz igen rendezett, tömör struktúrájú kristályos szerkezetű.



Lignocellulózok szerkezete



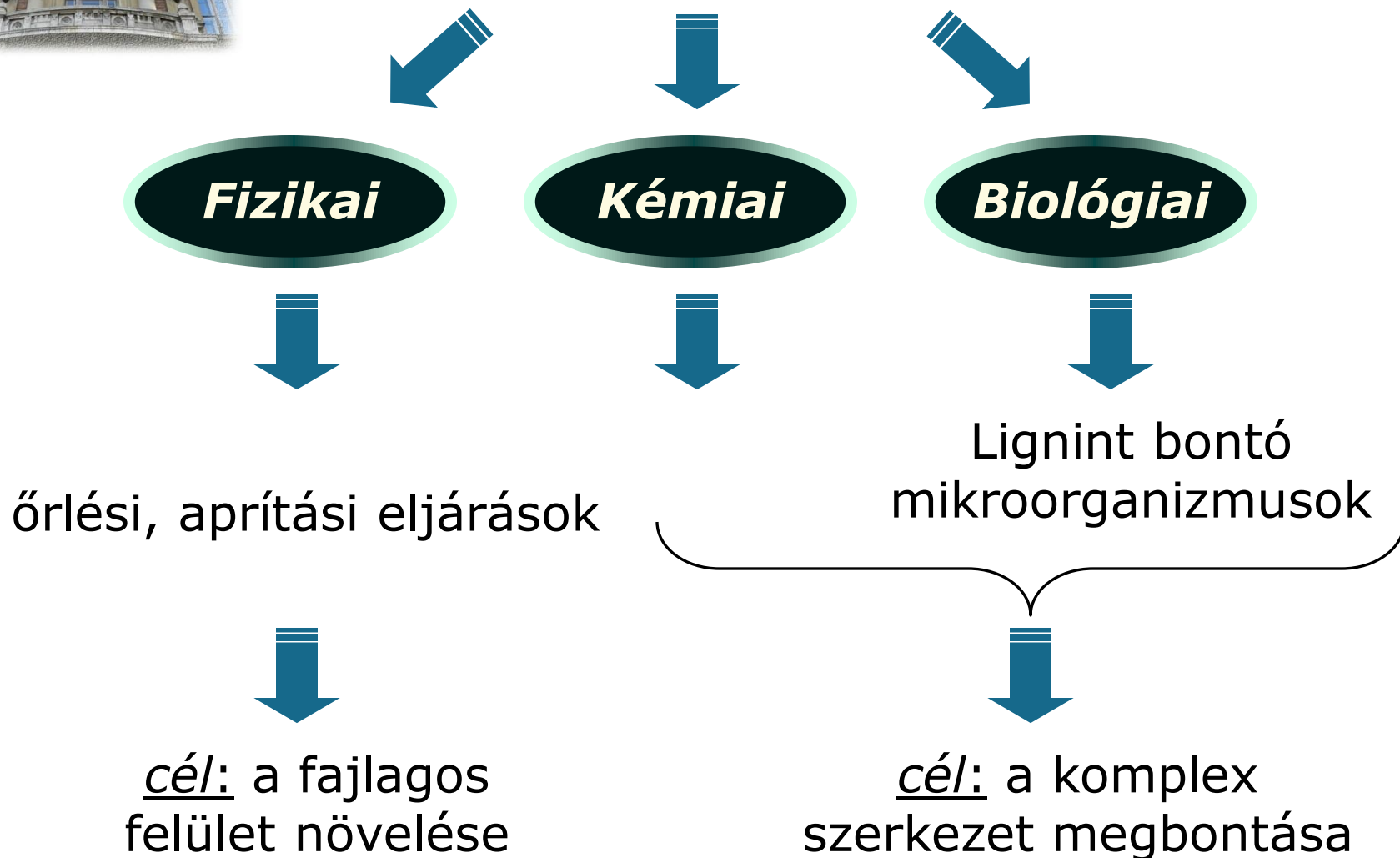
Lignocellulózok előkezelése, frakcionálása

Az előkezelésekkel szembeni elvárások, hogy az előkezelés hatására: amellett, hogy

- a cellulóz rost **enzimes bonthatósága javuljon,**
- **minimális legyen a cukorbomlás** az előkezelés alatt,
- **ne keletkezzenek** olyan melléktermékek, **inhibitorok**, amelyek a későbbi enzimes és mikrobiológiai folyamatokat gátolják,
- az egyes frakciókat (cellulóz, hemicellulóz, lignin) minél jobban el lehessen egymástól különíteni, lehetőséget teremtve a **szeparált hasznosításra**



Előkezelés





Kémiai, fizikokémiai előkezelések

- savas → **oldja a hemicellulóz frakciót**, és kisebb mértékben a lignint
- lúgos → **duzzasztja a cellulózt**, részben oldja a lignint és oldatba viszi a hemicellulózt
- szerves oldószeres → eltávolítja a **lignint**
- **gőzrobbantás** megváltozik a struktúra, autohidrolízis, a **hemicellulóz frakció** részben oldatba megy



További kémiai előkezelések

- **AFEX** → (Ammonia Fiber Explosion)
Az ammónia a cellulóz láncok közé férkőzve megduzzasztja a szerkezetet.
Nő a **cellulóz frakció porozitása**.
- Nedves oxidáció → A cellulóz kristályszerkezete nyitottabbá válik és a szerves molekulák jelentős része CO_2 -dá, vízzé és savakká bomlik.



Lignocellulózok enzimes hidrolízise

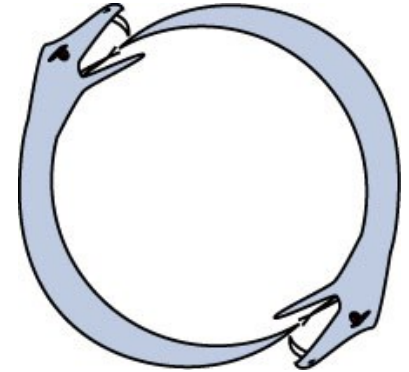
Cellulóz polimer glükózzá történő lebontása **celluláz enzim komplex** alkalmazásával (Többnyire *Trichoderma* eredetű enzimkomplex)

- Enzimes hidrolízis **előnyei** a savas hidrolízissel szemben:
 - Enyhe reakciókörülmények (pH:4,8;T:50°C)
 - Kevesebb vegyszer
 - Cukrok kevésbé degradálódnak
- **Problémák:**
 - Inhibíciók (lignin, cellobióz)
 - Hosszabb reakcióidő, mint a savas hidrolízisnél
 - Nagy enzimköltségek



Miért drága a celluláz enzim?

- „árkígyó”
 - viszonylag **kis felhasználás**, ezért **magas ár**
 - a **magas ár** miatt, viszonylag **kis mérvű felhasználás**



Hogyan változtathatunk ezen?

- „In situ” enzim fermentációval feldolgozási „down-stream” költségek jelentősen csökkenthetők.



Etanol fermentáció: SHF és SSF

SHF (Szeparált hidrolízis és fermentáció): Először lebontjuk a cellulózt **celluláz enzimmel**, majd az így kapott cukrokat élesztő segítségével alkohollá fermentáljuk, a hagyományos alkohol előállítási technológiát követve. Az SHF esetében külön lehet optimalni a két folyamatot, ami azért lehet előnyös, mert a **hidrolízis** és a **fermentáció pH** és **hőmérséklet** optimuma jelentősen eltér egymástól.

Az **SSF** (Szimultán cukrosítás és erjesztés) esetében egy reaktorban zajlik az enzimes hidrolízis és a hidrolizátum erjesztése. A celluláz enzimek és az erjesztő élesztő eltérő hőfok optimuma okoz gondot, viszont nincs végtermék inhibíció az enzimes hidrolízisnél, s emellett olcsóbb is.



Az SSF és SHF összehasonlítása

	Előnyei	Hátrányai
SHF	Optimális paraméterek mindkét lépésnél	Nagy beruházási költségek. Végtermék inhibíció.
SSF	Alacsonyabb beruházási költségek. Nincs végtermék inhibíció.	Az enzim és a mikroba optimális paraméterei eltérnek.



Keményítő és cellulóz alapú alkoholgyártás

Első generációs üzemanyag alkohol

keményítő, egyszerű cukrok (melasz)

létező ipari létesítmények

búza, kukorica, árpa,
cukorrépa, cukornád

egyszerű előkezelés

alacsony enzimdózis

alacsony enzimár

Második generációs üzemanyag alkohol (MA: advanced biofuel)

cellulóz (lignocellulóz)

főleg **demonstrációs** üzemek, félüzemek

fahulladék, mg-i melléktermékek

kommunális, ipari hulladék cellulóz frakciója

költséges előkezelés

magas enzimdózis

magas enzim ár

Miért kell mégis **második generációs** üzemanyag-etanol?

- Problémák a jelenlegi, **első generációs etilalkohol gyártással**:
miután búza, kukorica, cukorrépa, cukornád nyersanyagokat használ fel, valószínű a hatása
 - az élelmiszer- és takarmányárakra, s emellett
 - takarmány és élelmiszerhiányt is eredményezhet az egyre jelentősebb volumenű etilalkohol termelés
- A **második generációs** etilalkohol gyártás nyersanyagai:
mezőgazdasági, agro-ipari melléktermékek, ipari, kommunális hulladékok is lehetnek, melyeknek
 - nagy mennyisége,
 - nem megoldott hasznosítása
 - lerakási, elhelyezési problémái motiválják a felhasználásukat

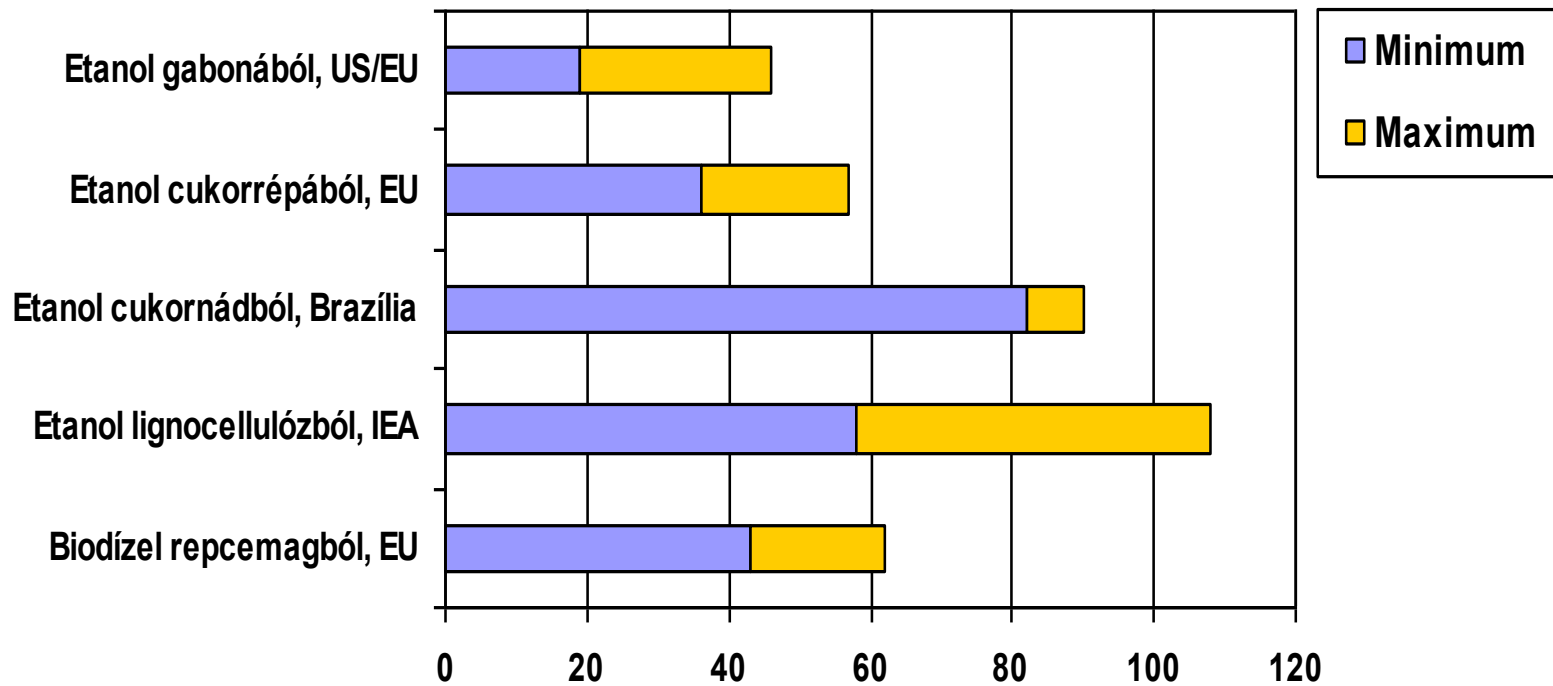


- Az **első generációs**, főleg a gabona és növényolaj alapú **bioüzemanyagok esetében** a CO₂ mérleg és fosszilis alternatívához viszonyított **megtakarítás nem kedvező annyira**, mint azt kezdetben mindenki remélte (Isd.következő ábra), de ebben a tekintetben – mint általában az elsőgenerációs bioüzemanyagokat érintő többi kérdésben is – **erősen megoszlanak a vélemények.**
- A különböző **életciklus-elemzések**, melyek a
 - **növénytermesztéshez** (talajművelés, műtrágya előállítás, vetőmag előállítás, vetés, növényvédelem, betakarítás), a
 - **termény- és etanolszállításhoz**, valamint az
 - **üzemanyagetanol előállításához**felhasznált **energiát** is figyelembe veszik, általában **kedvezőtlen véleménnyel** vannak a jelenleg gyártott bioüzemanyagokról.



Különböző eredetű etanol termelés és felhasználás

Üvegházhatású gázok kibocsátásának %-os csökkentése nyersanyagtól és technológiától függően változik (2000 körüli számítások).





Nagy különbségek láthatók **ugyanannál a nyersanyagnál is** a minimum és maximum értékek között

- (mutatva az **elemzések bizonytalanságát** és a
- **megközelítések sokféleségét** is), de az mindenképpen látszik, hogy **gabona** és **cukorrépa** nyersanyag esetén a **CO₂ kibocsátásban elérhető megtakarítás**
 - kedvezőtlen esetben csak 20-40%,
 - jó esetben pedig **45-55%**. Hungrana (Reng Zoltán, 2019) szerint a fejlesztések következtében ma : az EU átlag **71%**, a magyarországi átlag **75%**
- **Lignocellulóz** nyersanyagok esetében ezek az értékek 60 és 110%-ot mutatnak.



- Egy 2012-es, az **Európai Bizottságtól** származó jogszabály-javaslat szerint a jövőben a **lignocellulóz melléktermékek felhasználásán alapuló etanol termelést fogják csak támogatni és elismerni a 2020-as megújuló célok elérésében.**
- Ennek oka, hogy az utóbbi időben (**2012 ősz**) - valószínűleg a nagy területeket sújtó aszály és magas gabona árak következtében - felerősödtek az **élelmiszer kontra bioüzemanyag viták**, valamint az **első generációs bioüzemanyagoknak a CO₂-emisszióra gyakorolt pozitív hatásával szembeni kételyek.**
- Ennek hangot adva az **Európai Bizottság két irányelvét módosítva 2012. október 17-én a fentebb említett új javaslatot tette közzé:**



- 2020 után **ne támogassák adókedvezményel** az első generációs üzemanyagok termelését.
- Az üzemanyagokra előírt **10%** megújuló aránynak **csak a felét legyen szabad első generációs bioüzemanyaggal biztosítani** (ez az első generációs gyártó kapacitások jelen szinten történő befagyasztását jelenti gyakorlatilag), ez természetesen nem tiltást jelent, hanem azt, hogy mit lehet elszámolni a **2020-as megújuló cél elérésében**.
- 2014. július 1. után csak olyan bioüzemanyag gyárat **szabad építeni**, ahol a **CO₂ megtakarítás minimum 60%-os**.
- **A jelenleg működő üzemek** esetében **2018. január 1-re 50%-os CO₂ megtakarítást** kell biztosítani (a technológia korszerűsítésével).
- A bioüzemanyagok esetében a közlekedésre vonatkozó 10% megújuló részarány számításánál **2-szeres és 4-szeres energiaszorzókat** kell használni a felhasznált nyersanyagtól illetve technológiától függően.



Megújuló energia használatáról szóló direktiva főbb vonalai (I)

- **2018 júni 13-14 EU** (Bizottság, Tanács és Parlament) 5 hónap intenzív tárgyalás után elfogadta a **Megújuló energia használatáról szóló direktíva** (RED II) főbb vonalait
- **Teljes megújuló energia felhasználási cél: 2030-ra 32%**
- **Bioüzemanyagok részaránya** az üzemanyagok felhasználásakor: **14%** (de 2023-ig még folytatják a tárgyalásokat, hogy 2030-ra emelkedjen ez a szám, hiszen a korábbi álmom 25% volt!)
- Úgy döntöttek, hogy az élelmiszerként is használható terményekből előállított biodízel és bioetanol részaránya **csak 7%** lehet (azonos a 2015/1531 –es direktívában foglaltakkal és 2%-kal magasabb a 2012-es elképzeléseknél)
- **RED II célok még: 2025-re minimum 1%; 2030-ra minimum 3,5%** olyan bioüzemanyag, melyet nem élelmiszer alapanyagokból állítottak elő **„advanced biofuel”** (korábbi második generációs üzemanyag).





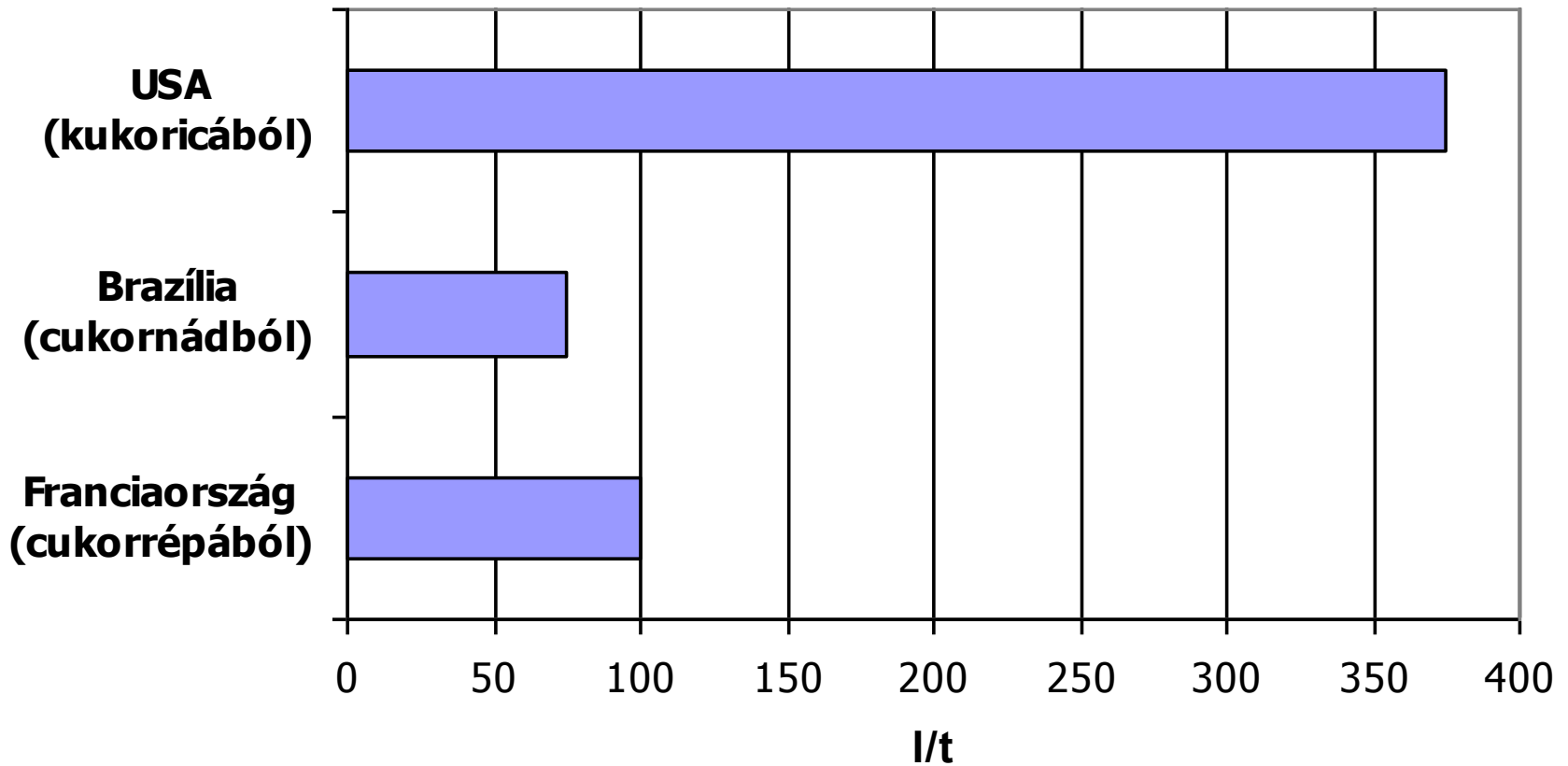
Megújuló energia használatáról szóló direktiva főbb vonalai (II)

A kedélyeket felborzolta az EU-ban, hogy Indonéziában és Malajziában erdőirtással indították a pálmaültetvények létrehozását, ezáltal jelentős ILUC hatást okozva. The **indirect land use change (ILUC) impacts of biofuels**, relates to the unintended consequence of **releasing more carbon emission due to land-use change** around the world induced by the expansion of croplands for biofuel production in response to the increased global demand for the biofuels

- **2019-re befagyasztják a pálmaolaj alapú biodízel gyártást** (nem emelik tovább a termelés volumenét).
- 2023-tól 2030-ig fokozatosan csökkentve a gyártást, megszüntetik a pálmaolaj alapú bioüzemanyag gyártást az EU-ban
- A fokozatosság mind a termelők (Indonéziában, Malajziában), mind az üzemanyag gyártók (EU nagy olajcégei) védelmét szolgálja

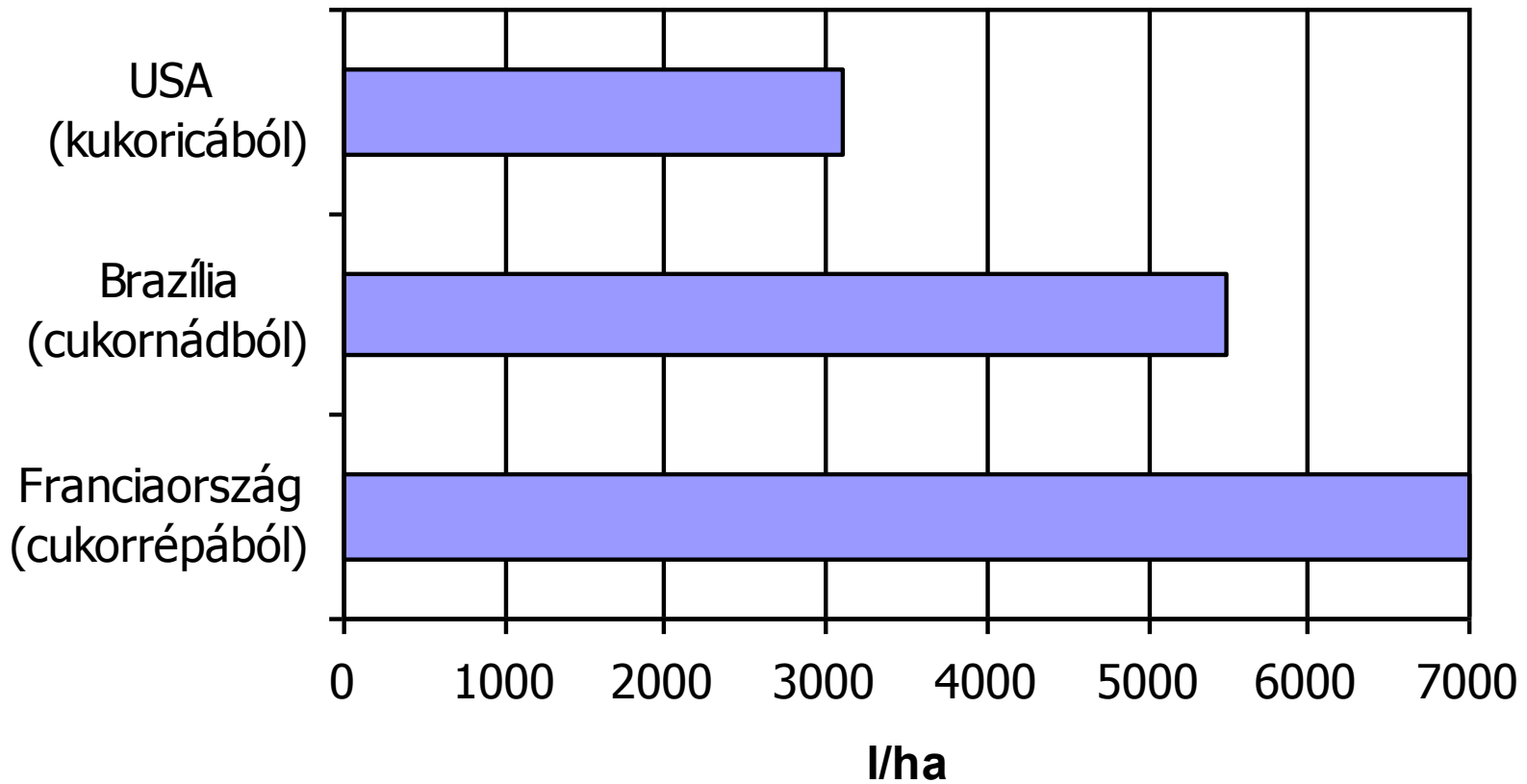


Alkohol gyártás liter/t



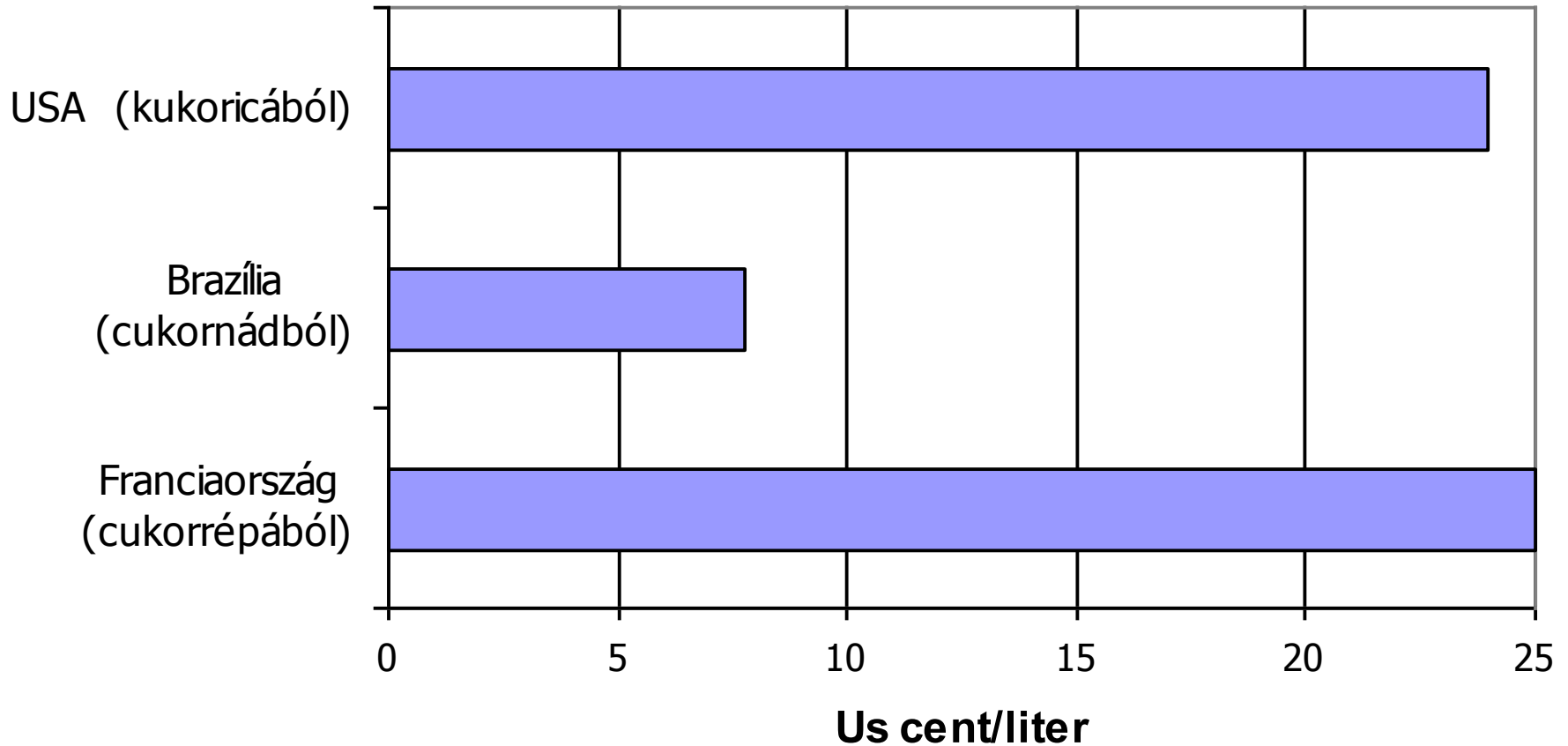


Alkohol gyártás liter/ha





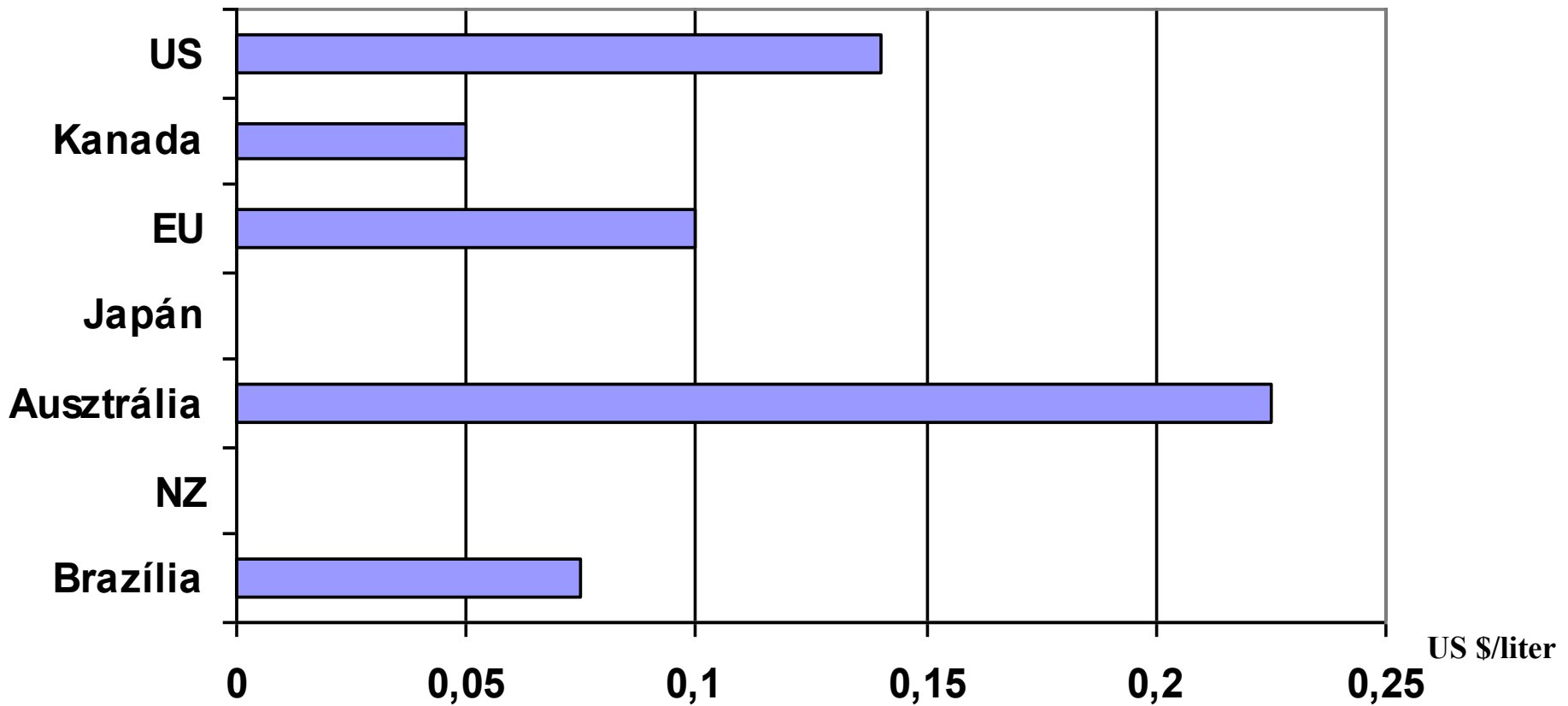
Alkohol gyártás ára US cent/l





Alkohol import védővámok US \$/l

Védővámok az üzemanyag alkohol importjakor országról-országra jelentősen változnak.





- Etanol gyártó kapacitás (2005): 16,5 milliárd liter etanol /év (45,2%-a világ termelésének)
- Alapanyag: cukornád

(A termelt cukornád kb. 50%-át használják etanol gyártásra)
- export: kb. 2 milliárd liter

USA **5** milliárd liter vásárlási igényt jelzett.

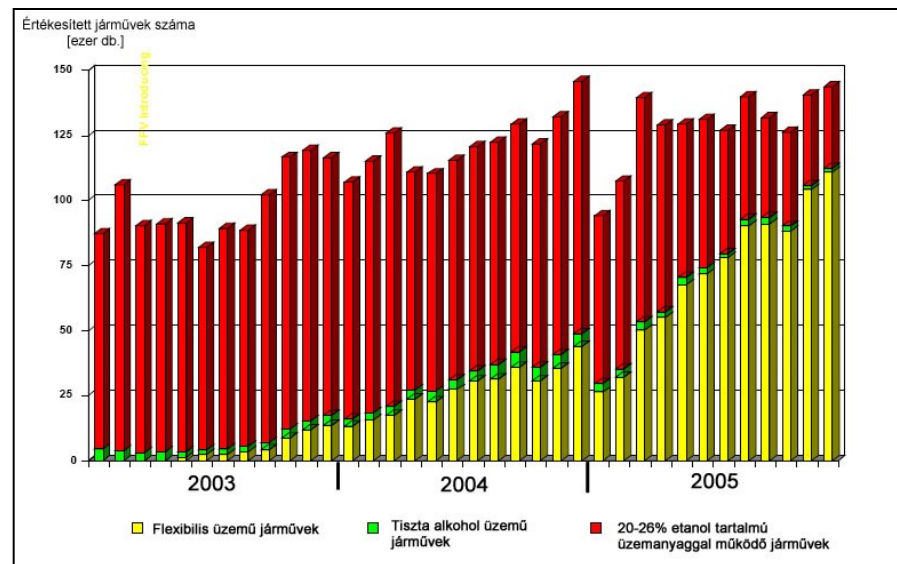
Hazai etanol igény 2005-ben 10%-al nőtt,
az export igény pedig **270%-kal**

A bioetanol részaránya a
benzinüzemanyag piacon Kb. **40%-os.**





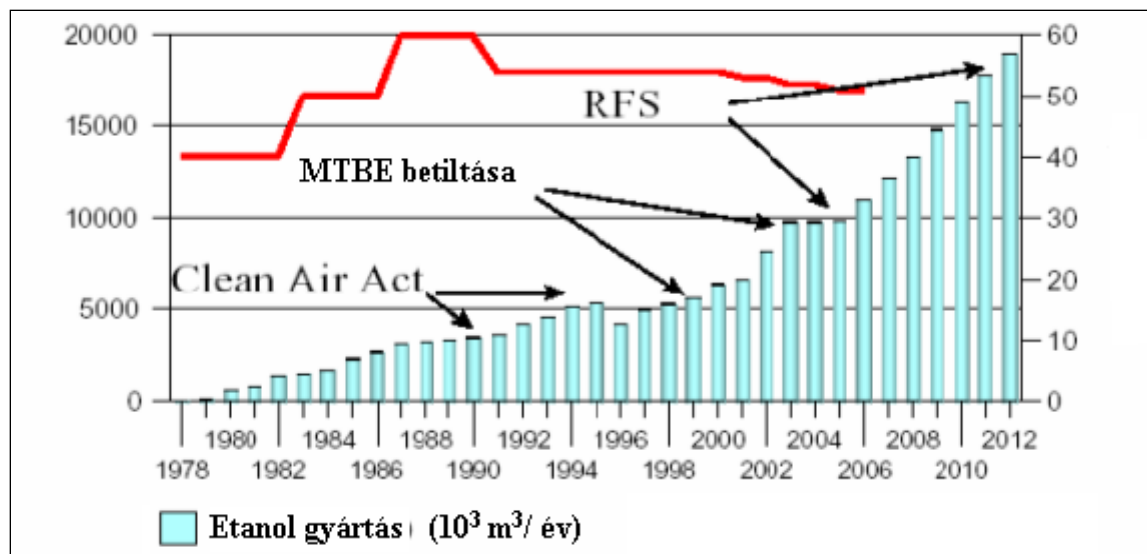
- Felhasználási mód
 - Tiszta etanol üzemű járművek
 - Közvetlen bekeverés (államilag előírt 20-26%-os etanol bekeverési arány)
 - FFV (Flexi Fuel Vehicle, Flexibilis Üzemű Jármű)



Brazília jelenlegi 20 milliós autóparkjából 15 millió etanol keveréket használ, 2,2 millió pedig tiszta alkoholt.

Amerikai Egyesült Államok

- Etanol gyártó kapacitás:
15,12 (16,2) milliárd liter (2006)
113 etanol gyár





- Clean Air Act
- MTBE betiltása (talajszennyezési problémák)
- RFS



Renewable Fuels Standard, a **2005** Energy Policy Act része:

- a **2006 évi 15-16 milliárd liter** éves etanol termelést 2012-re **28,4 milliárd** literre növelik (a valóság: 2009-re **33** milliárd literre növelték! 2016-ban **58,3** milliárd liter volt a termelés, 2018-ban **61,65** milliárd liter a gyártókapacitás)
- 2013-ra terv: 945 millió liter etanol **lignocellulózból** (a valóság: 2014-ben 2,7 millió liter, 2015-ben 8,2 millió liter, 2018-ban 87 millió liter)

2006-ban az alapanyag főleg: kukorica (36 millió tonna)

(Az ország éves kukoricatermelésének **14%-ából**

etanolt gyártottak, amit **2010-re 30%-ra akartak növelni**)

A benzinfogyasztás **2-3 %-át** helyettesítették 2006-ban etanollal, ma ez 10% körüli érték.

The Future of Cellulosic Ethanol



- Cellulosic ethanol under advanced biofuel policy still **has a long way to go before realizing its statutory mandate after 10 years of RFS implementation.**
- Development of advanced biorefinery technology to produce cellulosic ethanol **took longer to come to fruition** than what was anticipated in 2007.
- Even with the current seemingly viable production technology, the **economics of producing cellulosic ethanol has remained unclear, underscoring an urgent need for further applied research**, including understanding cellulosic ethanol yields per ton of biomass feedstock needed to make the fuel economically feasible while remaining ecologically sustainable.



- Crestentino (Észak Olaszország)
- 2013. október 9.-én
- **Beta renewables** a jelenleg legnagyobb cellulózalapú etanol gyár kezdte el működését
- Búzaszalma, rizsszalma, Arundo donax (nád) nyersanyagokkal
- **75 millió liter/ év kapacitással**
2017 októberében **az anyacég krízise miatt leállt a termelés** 2020-ban újraindították
- EU üzemanyag etanol termelése 5,6 milliárd liter

Nyersanyagok:

- 42% kukorica
- 33% búza
- 18% cukorrépa
- 7% egyéb



Cellulosic bioethanol production units in operation, under construction and planned

Company	Status	City	Country	Start-up year	Installed capacity (Tons/year)*
SEKAB Biorefinery Demo plant	In operation	Ornskoldsvik	Sweden	2004	160
Chempolis Ltd. Biorefining plant	In operation	Oulu	Finland	2008	5 000
Clariant Sunliquid	In operation	Straubing	Germany	2012	1 000
IFP Futurol	In operation	Bucy-Le-Long	France	2016	350
St1 Cellulonix Kajaani	In operation	Kajaani	Finland	2017	8 000
Versalis group Eni, former Beta Renewables/Biochemtex facility	In operation	Crescentino	Italy	2020 (restart)	40 000
AustroCel Hallein	Under construction	Hallein	Austria	2020-2021	30 000
Clariant Romania	Under construction	Podari	Romania	2021	50 000
Sainc Energy Limited	Planned	Villaralto	Spain	2022	25 000
Kanteleen Voima Nordfuel biorefinery	Planned	Haapavesi	Finland	2022-2023	65 000
St1 Cellulonix Kajaani 2	Planned	Kajaani	Finland	2024	40 000
St1 Cellulonix Pietarsaari	Planned	Pietarsaari	Finland	2024	40 000
St1 Cellulonix Follum	Planned	Ringerinke	Norway	2024	40 000
INA	Planned	Sisak	Croatia	n.c.	55 000
Enviral Leopoldov site	Planned	Leopoldov	Slovakia	n.c.	50 000
ORLEN Poludnie	Planned	Jedlicze	Poland	n.c.	25 000

* Estimation, EurObserv'ER research. Source: EurObserv'ER 2020