

Bioenergia Megújuló nyersanyagok zöldkémia

Bioműanyagok

Gáspár Melinda Réczey Istvánné

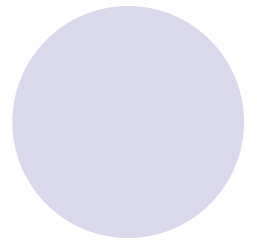
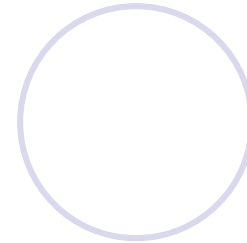
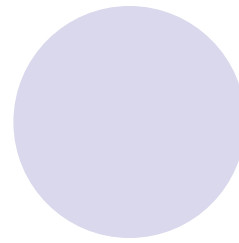
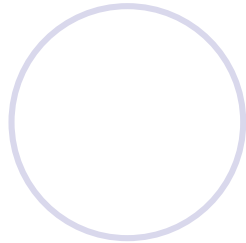
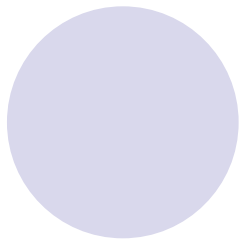
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék





A hulladékprobléma

- A hulladékok mennyisége és összetétele
 - Egyre növekvő, ellenőrizhetetlen mennyiség
 - Európai nagy városokban: **0,9 kg szemét/fő/nap**
 - A hulladékok **6-12%-át a műanyagok** teszik ki („white pollution”)
 - Hosszú élettartamúak
 - A hulladék **1-2%-a csomagoló anyagokból** ered
 - Több, mint a fele a háztartásokból származik
 - Főleg polietilén, PVC, polipropilén, polisztirol és poliuretán
 - Szelektív gyűjtés hiánya miatt a hulladék nagyobbik része a **lerakodókba** kerül, ahol szinte lebonthatatlan marad. Ma már ez változott. 2017-ben a lakossági hulladék 14%-át gyűjtötték szelektíven (2006-ban csak 1%). Ausztria nagyvárosaiban ez 50% felett van.



- <https://www.fkf.hu/budapest-szelektiv-hulladekgyujtesi-rendszer>
- <https://g7.hu/elet/20191112/megneztem-ke-t-szelektiv-hulladekkezelot-es-alig-hitem-el-amit-lattam/>

Hulladékkezelési technológiák

- **Eddigi megoldások**

- Talajfeltöltés (átlagosan a hulladékok **85%-a**)

- Dél-Amerikában **97%**

- Linköpingben, Svédországban **4%**)

- Égetés

- Újrahasznosítás (szelektív szeméthyűjtés kell!)

- **További lehetőségek:**

- A műanyag hulladékok és ezen belül a csomagolási hulladékok **mennyiségének csökkentése**

- (vásárláshoz kosár, textílszatyor...)**

- A természetben **lebomló biodegradálható polimerek** fejlesztése

Műanyag vs. „BIO”műanyag

Műanyag= szintetikus úton **szintetikus anyagokból** előállított termék

Bioműanyag= természetes vagy szintetikus úton **természetes alapanyagokból** (biopolimerekből) előállított termék

Közös bennük:

- mechanikai és fizikai tulajdonságaik
- küllemük (ez gond lehet a szelektív hulladék gyűjtésnél)
- felhasználási területük

Alapvető különbség:

lebonthatóság (pl. komposzt)

Polietilén szatyor



Bioműanyag szatyor



Bioműanyagok környezetvédelmi jelentősége, előnyeik

- a bioműanyag **előállításakor** nem keletkeznek környezetre káros melléktermékek
- **biodegradábilisak**, bomlásukkor nem keletkeznek mérgező anyagok
- lebonthatóságuk miatt **csökken a hulladékkezelés költsége**
- a **termelési hulladék** és a hibás termék visszavezethető a gyártási folyamatba
- előállításuk **megújuló nyersanyagokra** támaszkodik
- CO₂ semlegesek

Bioműanyagok alkalmazhatóságának problémái

- **funkcionális tulajdonságaik** csak az esetek **kis hányadában érik el a hagyományos műanyagokét**, így fontos megvizsgálni, hogy szakítószilárdságuk, hegeszthetőségük, vagy záró tulajdonságaik megfelelőek-e az ipari elvárásoknak
- gyakran a bio-csomagolóanyag, illetve csomagolóeszköz előállításához a **feldolgozó- és csomagológépek átállítása**, vagy cseréje szükséges, és ennek költségei szintén jelentősek lehetnek
- gyakori, hogy maga a **nyersanyag** és /vagy az előállításához felhasznált **adalékok drágábbak**, a kőolaj alapú műanyagoknál használtaknál
- ahhoz, hogy a környezetvédelmi és gazdasági hatások objektíven mérhetőek legyenek, **ökomérleg készítése szükséges**.
- **ÁR ÁR ÁR ÁR ÁR!!!** A kőolaj alapú termékek óriási volumene, alacsony ára szinte lehetetlenné teszi a bioműanyagok elterjedését.

Bioműanyagok és a hulladékkezelés

A szelektív gyűjtés itt is fontos:

- szelektív gyűjtésnél a **komposztálható és a hagyományos** csomagolóanyagok **megkülönböztetése** nélkülözhetetlen, mivel a biodegradális csomagolóanyagok nagyon **hasonlóak** hagyományos társaikhoz, a felhasználásuk után viszont egészen más kezelést igényelnek!
- a lebomló csomagolóanyagok az élelmiszer hulladékokkal együtt kezelhetők

A biológiailag lebomló műanyagok hulladékká válva alapvetően kétféle módon hasznosíthatók:

- aerob módon, azaz **komposztálással**, melynek terméke a komposzt, vagy
- anaerob módon, vagyis **fermentálással**, mely folyamat során biogáz állítható elő.

Mindkét eljárásnál kizáró tényező az egészségre, illetve a környezetre káros bomlástermékek képződése.

A bioműanyagok néhány felhasználási területe

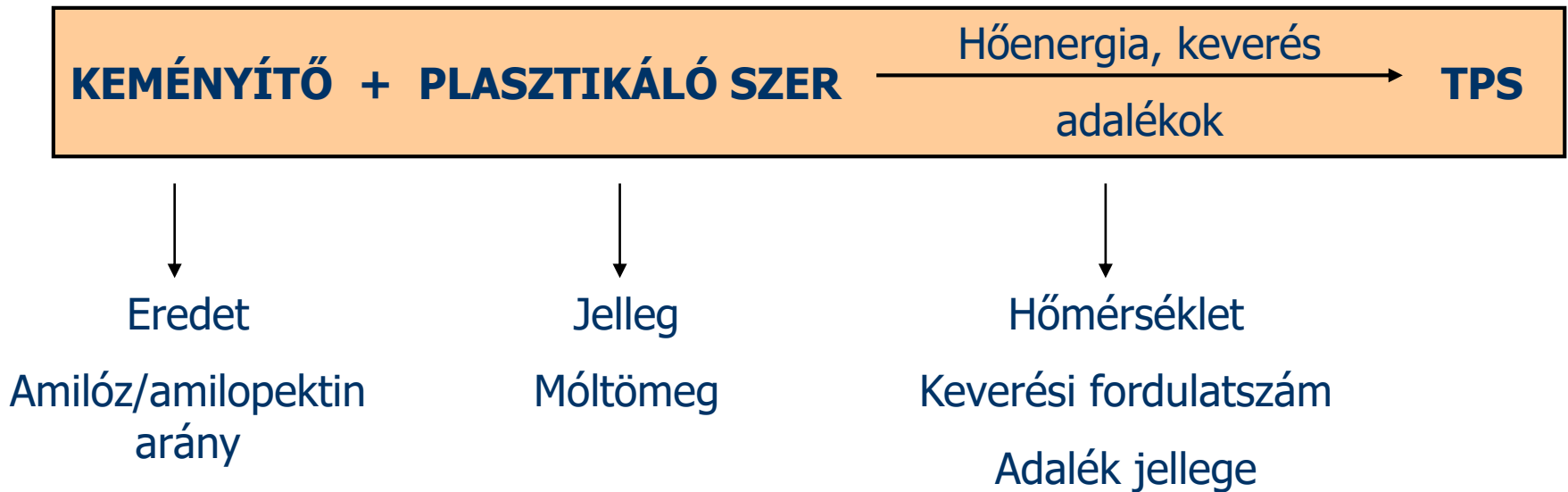
Terület	Példa	Érv/előny
Kertészet	„virágcserepek“, virágföldzsákok, kötözőanyagok	természetközeli, komposztálása kézenfekvő, a konvencionális újrahasznosítás a szennyeződések miatt nehéz, legtöbbször rövid használati idő
Mezőgazdaság fóliák	Isd. kertészet	
Orvostechnika operációs anyagok	cérnák, csavarok, kapszulák, implantátumok	ártalmatlan felszívódás és lebomlás a testben, rövid élettartam
Csomagolás	zsákok, bevásárlószatyrok, fóliák, poharak stb	a konvencionális újrahasznosítás a szennyeződések és az anyagok széles skálája miatt nehéz, rövid használati idő
Kényelmi termékek higiéniai termékek	pelenkák, egészségügyi betétek biohulladékzacskók, golf-tee	nehézkes az újrahasznosítás (Isd. csomagolás), természetközeli
Gyorséttermi/ catering termékek	tányérok, evőeszközök, szívószálak, poharak	Nem mindig lehetséges vagy gazdaságos a többutas termékek használata, nehézkes az újrahasznosítás (Isd. csomagolás)

Biodegradálható polimerek csoportosítása

A biopolimerek nyersanyagbázisuk és az előállítási mód alapján csoportosíthatók:

- **Poliszacharid alapúak**
 - keményítő
 - cellulóz
 - xilán
- **Lignin alapúak**
- **Fehérje alapúak** (állati és növényi eredetű)
 - állati eredetű (kollagén, zselatin, kazein, keratin)
 - növényi eredetű (búza glutén, kukoricazein, szójafehérje)
- **Monomerekből fermentációval előállított monomerek, vagy polimerek:** politejsav (PLA),¹⁰ polihidroxialkanoátok (PHA)

Keményítőtől előállított bioműanyag termékek I.



Jelentősége:

- ára összemérhető a polisztrénnel
- nem töltődik fel sztatikusan: elektronikai eszközök szállítására alkalmas
- kicsi a sűrűsége



Keményítőből előállított bioműanyag termékek II., példák



Motorola cég komposztálható mobiltelefon-tartók kifejlesztésébe kezdett. A termék érdekessége, hogy helyet kap benne egy kis zseb, amelybe a fogyasztó egy általa kiválasztott magot helyezhet el; ez akkor kezd el csírázni, ha a mobilfontartó a föld alatt van.

Mater-Bi® termékek: kukorica keményítőből készülnek, adalék: polikaprolakton (erősebb és vízálló lesz tőle a bioműanyag, ...de!!! Az adalék szintetikus, és drága).



Cd és optikai lemez: **Sanyo Electric**, majd a **Pioneer** olyan speciális polimer alapú új generációs *optikai lemezt* fejlesztett ki, melynek *alapanyaga kukorica*, ily módon a lemez környezetbarát módon újrahasznosítható.

[https://novamont.com/northamerica/page.php?id_page=74
&id_first=74](https://novamont.com/northamerica/page.php?id_page=74&id_first=74)

- **MATER-BI** is produced through **patented technologies** that use processed starches and vegetable oils. **MATER-BI bioplastics** are designed and developed by **NOVAMONT research** teams providing unique solutions to environmental challenges while promoting sustainable practices.

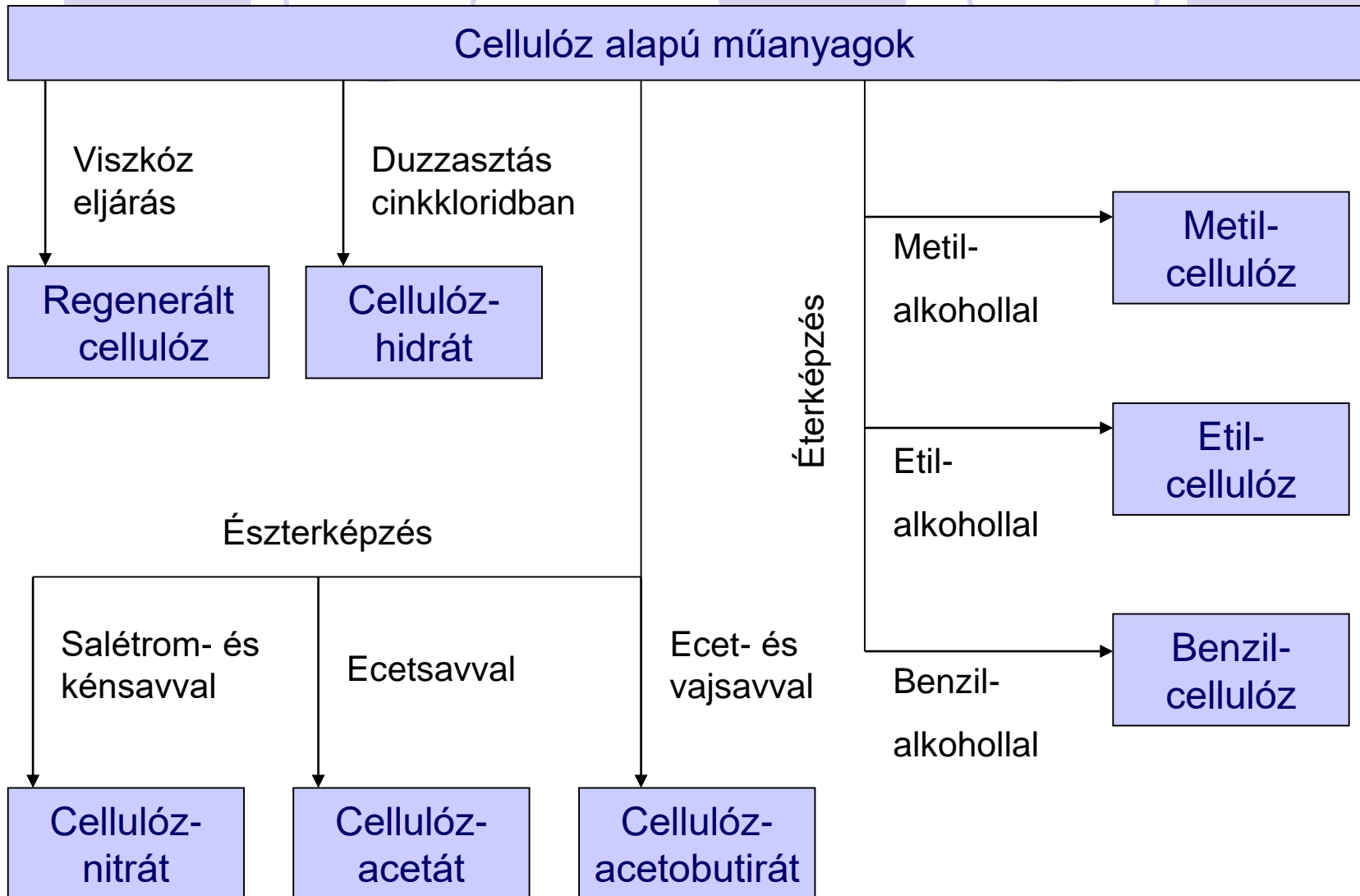
Bioplastics have similar material properties and characteristics to traditional plastics; however they are **vegetable-based**, **biodegradable** and **compostable**. They meet the **EN 13432 & ASTM D6400 standards**. These standards represent major technical references for bodies and manufacturers, public authorities, composting facilities, certification agencies, and consumers.

[https://novamont.com/northamerica/page.php?id_page=74
&id_first=74](https://novamont.com/northamerica/page.php?id_page=74&id_first=74)

- **MATER-BI products** are a fundamental tool for ensuring the quality of **organic waste collection**. Without MATER-BI products in the process, a vital link in the carbon cycle would be broken. Biodegradation is part of the Earth's natural life cycle, which is based on carbon. Due to photosynthesis, which is powered by the inexhaustible energy of the sun, plants and algae absorb carbon dioxide from the atmosphere. This process allows the plants and algae to grow and develop by synthesizing sugars and other substances. When communities use MATER-BI products, they **positively affect the carbon cycle**.

MATER-BI provides unique and **innovative solutions** to agriculture, retail, packaging, fast food, and waste sorting. MATER-BI products (such as collection bags and packaging) optimize waste management and organic collection. This, in turn, makes a **positive environmental impact**.

Cellulóz alapú műanyagok 1.



Hemicellulóz alapú biodegradálható műanyagok

Xilofán (xylophane):

- **magvak héjából** nyerik ki a vízoldható xilánt, amiből vékony filmeket készítenek
- használható minden olyan területen, ahol **gázok áramlását** kell megakadályozni, pl. aromatartó csomagolás kávénál
- egyszerűen **felkenhető a papírdobozra**, s mivel vízoldható, így más oldószert nem igényel. Felkenés (vagy fúvás) után hőre vagy infravörös fényre szárad.
- mechanikai tulajdonságok a plasztikáló anyag megválasztásával és mennyiségével szabályozhatóak (pl. xilit, szorbit)
- a xilán oldalláncainak minősége és mennyisége (elágazások mértéke) szintén befolyásolja a xilán vízoldhatóságát és mechanikai tulajdonságait


12 Februar 2009 - Xylophan AB Sweden: Pilot plant for Xylan-based coating material

Xylophane AB, developer of a renewable Xylan-based packaging material that **extends the shelf life of sensitive food products**, is planning to have a pilot factory running by early October 2009. This will enable production of material for pilot projects for potential customers as well as the optimisation of Xylophane's manufacturing process for future full-scale production.

Cost-efficient solution

Xylophane's material has qualities that offer major environmental advantages and cost savings. The need for cost-efficient barrier material and production techniques has increased in recent years within the packaging industry, due to factors such as the rising price of raw materials currently used in barrier packaging (i.e. oil and aluminium). Another advantage with Xylophane is that its technology does not demand complicated building alterations for producers with modern manufacturing facilities.

Xylophane – the material



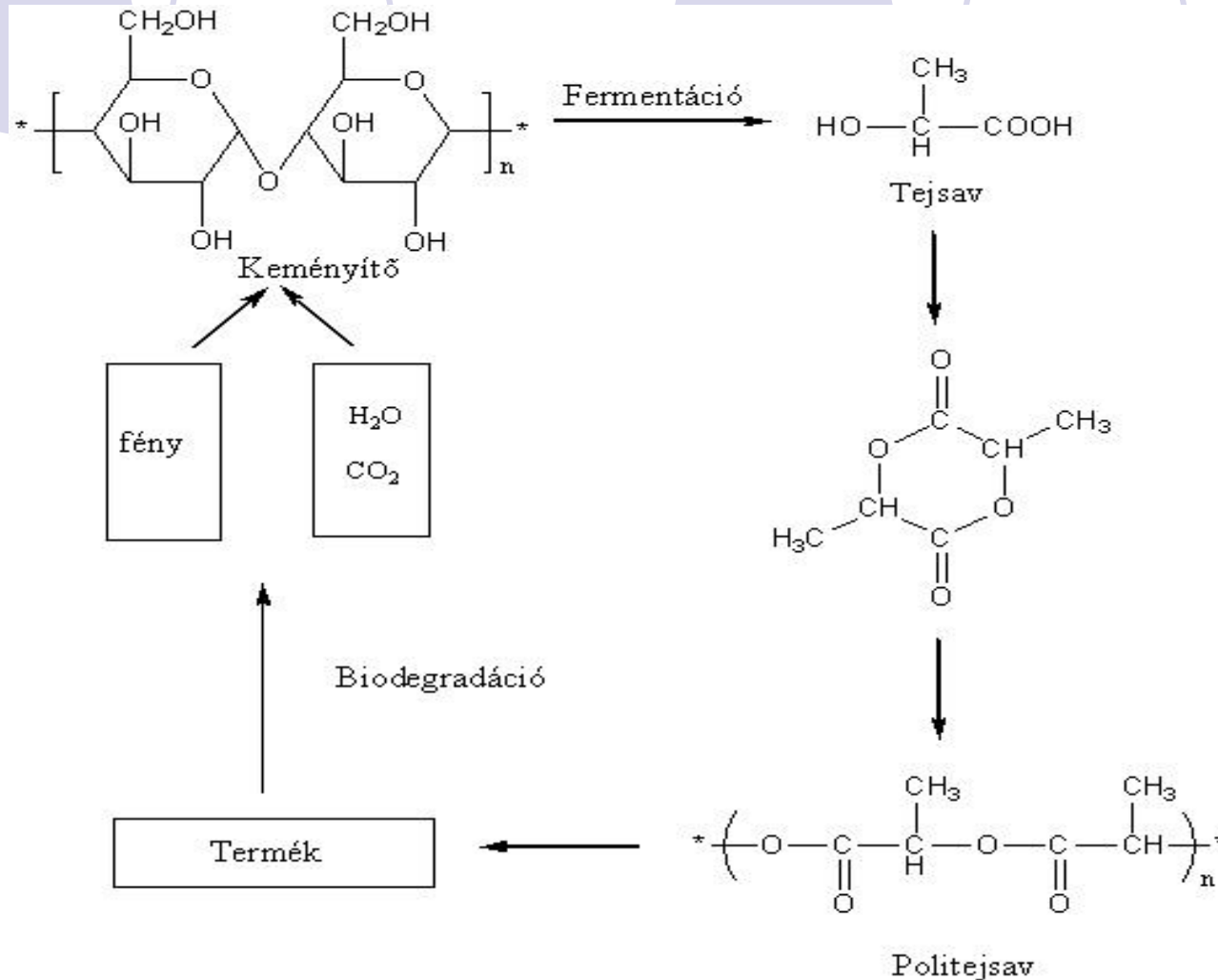
Xylophane consists of the natural carbohydrate xylan and additives that are approved for food contact to tailor-make properties for different application areas. Xylan is one of the most abundant carbohydrates in nature, but despite of this fact is not used in industrial applications. **Xylan can be isolated from by-products from agriculture, such as hulls and husks from cereals.** The chemical structure varies depending on the origin, but all xylans contain a backbone of **β -(1-4)-linked xylose units.**

The material is based on natural raw material and is renewable and biodegradable. **It is an efficient barrier against oxygen, grease and aroma and can thus prolong the shelf life of sensitive food stuffs.** Since the raw material is water soluble, the product can be coated onto for example paper, board or plastics without using other solvents. Migration tests show that Xylophane can be used in contact with greasy and dry food stuffs.

<https://seelution.se/products/renewable-barriers/>
2016-ban megvásárolták a **Xylophane technológiát**

- **Skalax[®]**
- Skalax is a bio-based barrier material consisting of natural polysaccharides and additives in water. Skalax is applied by dispersion coating.
- We offer an efficient barrier against oxygen, grease, and aroma that can prolong shelf life of sensitive food stuffs in multi-layer packaging.
- Our barrier materials can also prevent the migration of volatile organic substances, such as mineral oils, that occur in recycled paper and board.
- Available for delivery in IBC containers (1000 kg) or bulk.

Politejsav alapú biodegradálható műanyagok



Keményítő \rightarrow Glükóz \rightarrow Tejsav \rightarrow Politejsav

hidrolízis konverzió polimerizáció

Politejsav alapú biodegradálható műanyagok

Burgonyakeményítőből **Solanyl**[®] márkanev alatt gyárt politejsav alapú műanyagokat a Rodenburg Biopolymers (Hollandia).

Solanyl[®] termékek:

- Solanyl IM (fröccsönthető)
- Solanyl EX (extrudálható)
- Solanyl CM (rosttal erősített)
- Solanyl CR (időzített lebomlású)
- Solanyl BM (degradálható poliészterrel kombinált)

PLA előállításával foglalkozó vállalatok:

- **Natureworks Cargill-Dow LLC (USA)**
- Lacty Shimadzu (Japan)
- Lacea Mitsui Chemicals (Japan)
- Heplon Chronopol (USA)
- CPLA Dainippon Ink Chem. (Japan)
- PLA Galactic (Belgium)



NatureWorks (PLA)

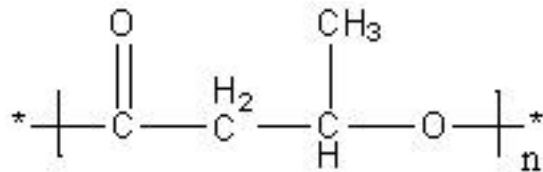


<https://www.natureworksllc.com/What-is-Ingeo/How-Ingeo-is-Made>

In the process of polymerization, the lactide ring is opened and linked together to form the long chain of polylactide polymer we call **Ingeo**. We form this long chain of Ingeo PLA into **pellets** that are shipped around the world to our customers and partners who transform them into a wide-range of innovative products including **coffee capsules, yogurt cups, baby wipes, and appliances.**

Polihidroxibutirát (PHB)

A polihidroxibutirát (PHB) a **polihidroxialkanoátok (PHA)** csoportjába tartozik – melyet néhány **baktériumfajta** termel –, a ma használatos **polipropilén** műanyagok tulajdonságaival bír, ezáltal képes kiváltani azokat a csomagolóanyagokat, hálókat, koffereket, lengéscsillapítókat és számos egyéb tárgyat is, amelyet a mindennapokban használunk.



PHA előállításával foglalkozó vállalatok:

- Metabolix cég Biopol termékei (USA)
- BioCycle brazil termékek
- **Nodax (Procter & Gamble, USA)**



- <https://danimerscientific.com/pha-the-future-of-biopolymers/>
- **PHA Comes from Nature and Returns to Nature**
- **Danimer Scientific's PHA: Toward a More Sustainable Tomorrow**
- Danimer Scientific's PHA (polyhydroxyalkanoate) is a breakthrough in the production of plastics—and in the health of our environment. Starting with natural **canola** (repce), it eventually returns to the earth after serving a useful life as the plastic items people use every day.
- In use for everything from toys and cups to plates and film packaging, our PHA is also FDA approved for food contact. Best of all, it is Vinçotte certified as **biodegradable and compostable in all mediums, including soil, aerobic and anaerobic compost, and freshwater and saltwater environments**. Embrace the future with us!

- <https://www.plasticstoday.com/packaging/danimer-scientific-open-worlds-first-pha-commercial-production-plant/98060730659534>
- Danimer Scientific (Bainbridge, GA) is opening a fermentation facility in Winchester, KY, for its Nodax-brand polyhydroxyalkanoate biopolymer that will be the world's first PHA commercial production plant. Startup is expected in Q4 2019.
- The September 25 announcement follows another from earlier this month that the [company created the first fully biodegradable plastic straw](#) using Nodax PHA.
- It's a milestone for Danimer and the plastics industry.
- "It will be the world's first PHA commercial production plant," said Danimer Scientific CEO Stephen Croskrey. "It positions us to provide Nodax PHA biodegradable plastic material for a wide variety of applications, from food packaging to drinking straws and more."



- SZÍVÓSZÁL BIOMŰANYAGBÓL:
- Danimer Scientific and WinCup are the joint winners of the **2020** Innovation in Bioplastics Award presented by the Bioplastics Division of the Plastics Industry Association (PLASTICS). The two companies jointly developed the **first commercially sold straws** made of polyhydroxyalkanoate (PHA), a material verified as a reliable biodegradable alternative to traditional plastic.
- <https://www.plasticstoday.com/materials-research/danimer-scientific-and-wincup-receive-2020-innovation-bioplastics-award>

Monomerekből fermentációval előállított műanyagok (PLA, PHA)

- közvetett úton, mikrobiális szintézissel készülnek
- vízállóak, de már viszonylag alacsony (55°C-tól) hőmérséklettől deformálódnak



0. nap



12. nap



33. nap



45. nap²⁷

Ismertető jelek a bioműanyagból készült termékek csomagolásán

