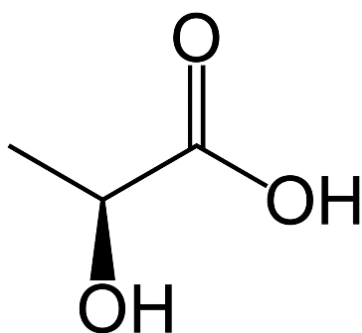


A politejsav és kopolimerjei – egy biológiailag lebomló polimer család

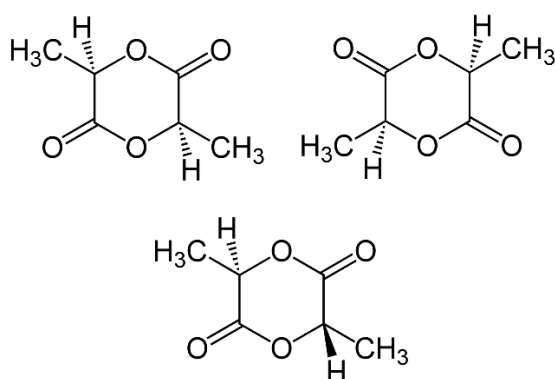
(előállításuk reakcióegyenlettel, tulajdonságaik, feldolgozásuk, alkalmazásaik)

A politejsav egy biológiai alapanyagokból előállítható hőre lágyuló polimer.

Monomerje a tejsav ($C_3H_6O_3$), mely molekulát más néven 2-hidroxipropionsavként is ismerhetünk. Királis molekula, ezért megkülönböztetünk L és D izomert. Az L-tejsav természetben megtalálható vegyület, mely a glikolízis melléktermékeként az izomszövetekben keletkezik. Mindkét izomer vízben és alkoholban jól oldódik. A monomerek képesek egymással gyűrű összekapcsolás útján dimert alkotni, amit laktidnak hívunk.



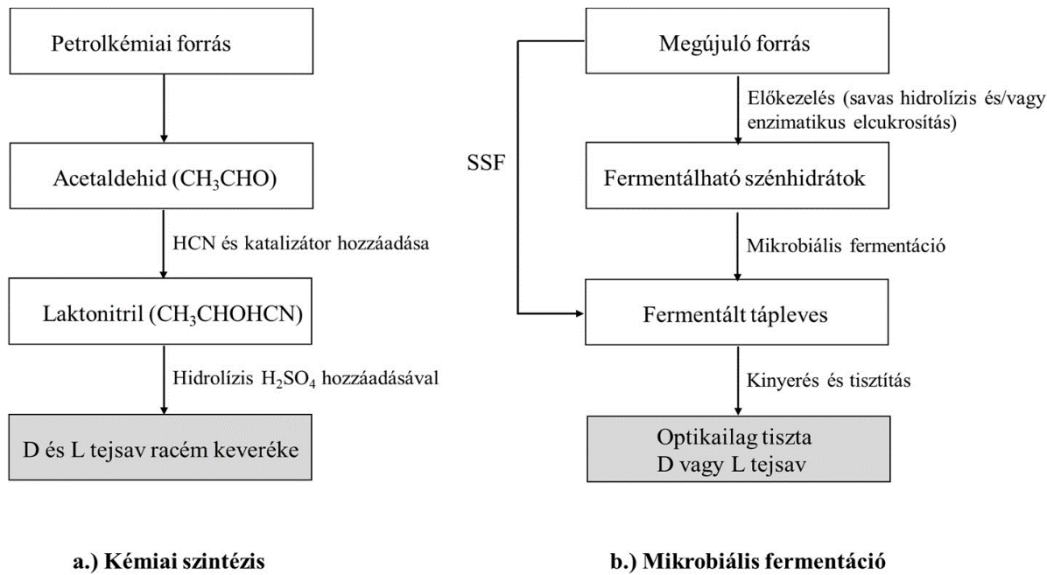
A tejsav szerkezete



(*R,R*)-laktid (balra fenn), (*S,S*)-laktid (jobbra

fenn) és *mezo*-laktid (lenn)

A polimer előállításához a monomer előállítása szükséges, melyet magas keményítő tartalmú növények erjesztése után kivonással kapnak meg. A korai hatvanas évek óta azonban már kémiai úton is lehetőség van a szintézisére, azonban a két módszer során más minőségű tejsav állítható elő. A kémiai szintézis folyamata során egy L és D izomerből álló racém keveréket kapunk, míg fermentáció során optikailag tiszta L vagy D tejsav állítható elő.



a tejsav gyártási lehetőségei. az SSF a szimultán elcukrosítást és fermentációt reprezentálja

A politejsav előállítás:

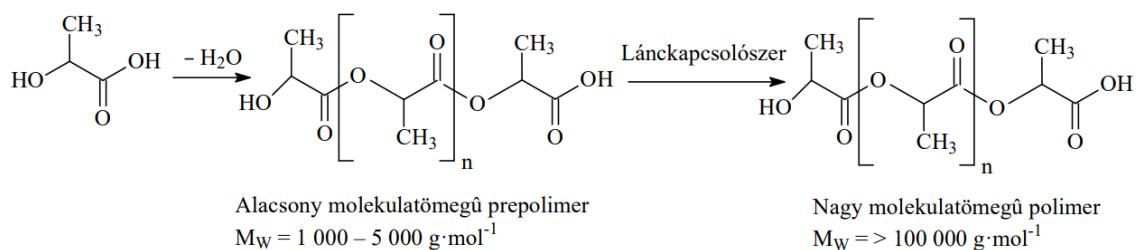
A polimert két eljárással kaphatjuk meg:

- Polikondenzáció
- Gyűrűfelfnyílásos polimerizáció (ROP)

Először tekintsük át a polikondenzáció folyamatát. Ezt a folyamatot is további két kategóriába sorolhatjuk:

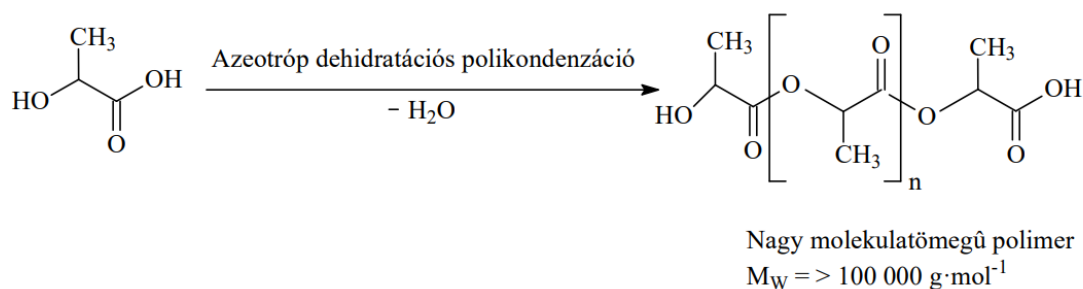
- Direkt kondenzációs polimerizáció
- Azeotróp dehidratációs kondenzáció

A direkt kondenzációs eljárás a legolcsóbb, ám magas molekula tömegű polimer előállítása hosszú időt vesz igénybe és nehéz. Különböző lánckapcsoló szerek hozzáadásával lehet elérni a kívánt lánchosszt és molekulatömeget, ám ezek az anyagok komplexé tehetik az egyébként egyszerű eljárást és a végén a maradékok eltávolítása jelentős költségekkel bír. Láncnövelő szerek (fém-alkokoxidok, izocianátok) is alkalmazhatóak, melyek előnye, hogy kisebb mennyiség is elegendő a kívánt hatás eléréséhez, viszont fémtartalmuk szennyezőként marad a kész termékben, melyek eltávolítása külön tisztítási lépést igényel. A szennyezők befolyásolják a polimer biodegradabilitását, az izocianátok pedig kimondottan mérgezőek a környezetre.



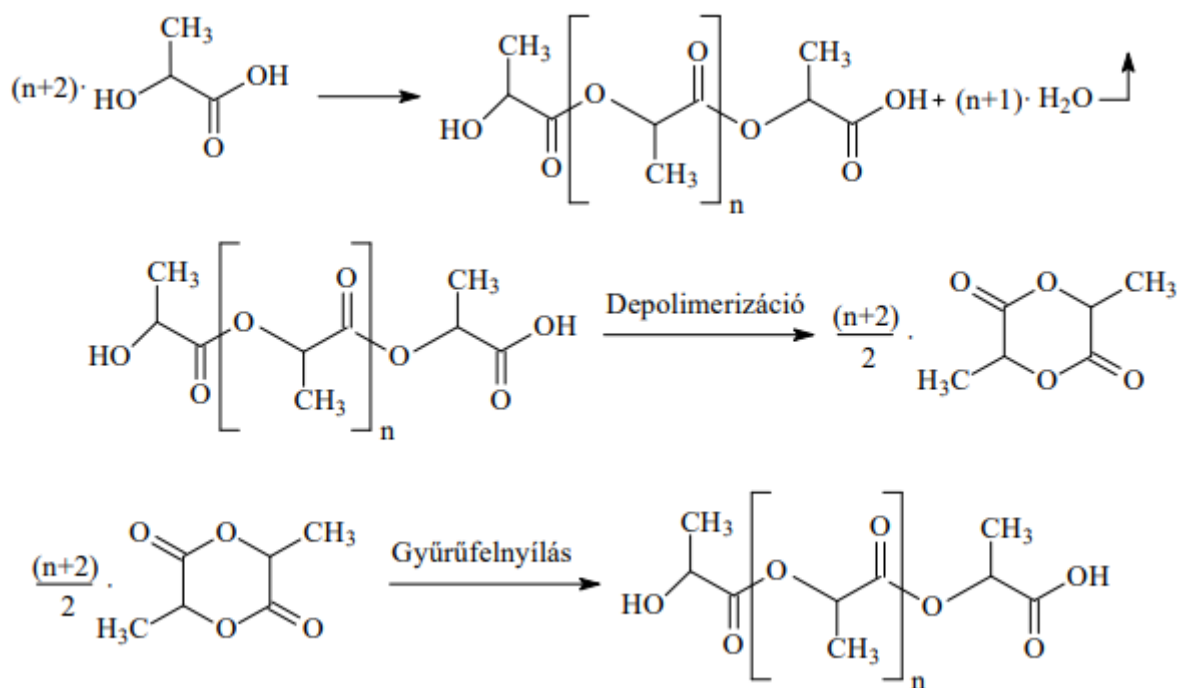
A direkt kondenzációs polimerizáció folyamata

Az azeotróp dehidratációs kondenzáció folyamata során adalékanyagok nélkül érhető el hosszú lánchossz és nagy molekula tömeg. Katalizátor jelenlétében a tejsavat azeotróp körülmények között dehidratálják magas forráspontú oldószerben és csökkentett nyomás alatt. A cél, hogy a folyamat során a lehető legtöbb vizet leválasszák, mely a kondenzáció során keletkezik. Ezt követően katalizátor, difeniléter és egy speciális betét hozzáadásával futtatják 130°C-on 30-40 órán át. Az eljárás hátránya, hogy a katalizátor szennyezi az elkészült polimert, mely későbbi felhasználásban okoz gondokat. A bioműanyagok esetében ezek a katalizátorok toxikusak, így ezek eltávolítása nélkülözhetetlen lépés. A tisztított politejsavban már csak néhány ppm nagyságrendű szennyező anyag található.



Az azeotróp dehidratációs kondenzációs folyamata

A gyűrű felnyíló polimerizáció (Ring-Opening Polymerization)



A gyűrűfelnyíló polimerizáció (ROP) folyamata

Az első lépés során víz és az oldószerek leválasztásával prepolimer (oligomerek) állítható elő. Második lépésben a polikondenzáció során képződött oligomerek depolimerizációjával laktid nyerhető ki. A kinyert laktid gyűrűk felnyitásával és a felnyílt dimerek összekapcsolásával szintetizálható a magas molekulatömegű polimer a befejező lépésben. Az alkalmazott hőmérséklet optimális megválasztása az egyik kulcsa a módszer hatékony alkalmazásának. A dehidratáció során olyan hőmérsékletet célszerű választani, amely lehetőséget ad a víz, illetve az alkalmazott oldószerek kinyerésére, viszont a folyamat során esetleg képződő laktidok és oligomerek még nem távoznak a leválasztott anyagokkal.

Ez a folyamat a leghatékonyabb a nagy molekulatömegű politejsavak előállításának. A polimerizációhoz többnyire sikeres alkalmazható katalizátor az ón(II) és ón(IV) sói, gyakorlatban az ón(II)-oktoát (ón(II)-2-etilhexanoát) és ón(IV)-klorid a legelterjedtebb.

A politejsav felhasználása

A politejsavból számos termékeket készítenek, főként egyszer használatos műanyag evőeszközöket és táányérokát és csomagoló anyagokat. Szál formában szövetekben adalékanyagként, illetve a 3D nyomtatás egyik formájának az FDM, melyben egy műanyag filament tekercs szolgálja az alapanyagot.

Mivel az L-tejsav a természetben is előfordul, így az ebből készült polimer, azaz a PLLA (poli-L-tejsav), alkalmazható orvosi és gyógyászati területeken. Könnyen felszívódó tulajdonsága miatt például a törött csontok fixálására. A gyógyulás közben folyamatosan szívódik fel, így a beültetés után nincs szükség további műtétre a kivételhez. Ez a termék a Fixorb néven ismert.

Forrásjegyzék:

1. Horváth Tibor, Doktori (PhD) értekezés 2022 Miskolci egyetem
https://www.kerpely.uni-miskolc.hu/files/18003/Horvath_Tibor_ertekezes.pdf
2. Pukánszky Béla, Moczó János, 2011 Műanyagok (Budapest, Typotex)
3. Yang, Yadie & Zhang, Minglonghai & Ju, Zixin & Tam, Po & Hua, Tao & Waseem Younas, Muhammad & Hasan, Kamrul & Hu, Hong. (2020). Poly(lactic acid) fibers, yarns and fabrics: Manufacturing, properties and applications. Textile Research Journal. 91. 004051752098410. 10.1177/0040517520984101.
4. R. Guo, J.E. McGrath, in [Polymer Science: A Comprehensive Reference](#), 2012
<https://www.sciencedirect.com/topics/pharmacology-toxicology-and-pharmaceutical-science/ring-opening-polymerization>
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Polylactic_acid