

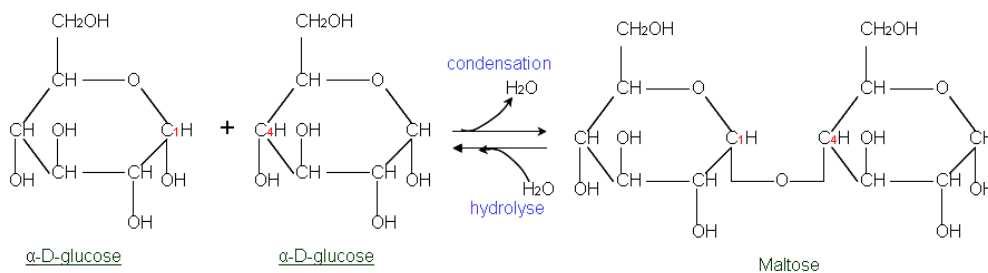
A keményítő

A keményítőről általánosságban:

A keményítő jellegzetesen növények tartaléktápanyagaként fordul elő. Különösen sok keményítőt tartalmaznak a magvak és gumók például a búza, a kukorica és a burgonya. A keményítő a természetben az egyik leggyakrabban előforduló szénhidrátok közé tartozik. A szénhidrátok sok gyűrűs monomer egységből felépülő óriásmolekulák, poliszacharidok.

A keményítő képződése és szerkezete:

A keményítőben α -D-glükóz monomer egységek kapcsolódnak egymáshoz, ugyanazon elv szerint, mint ahogyan a maltózban kapcsolódnak, tehát az 1-es számú szén a 4-es számú szénhez kapcsolódik, ez látható az *1. ábrán*.



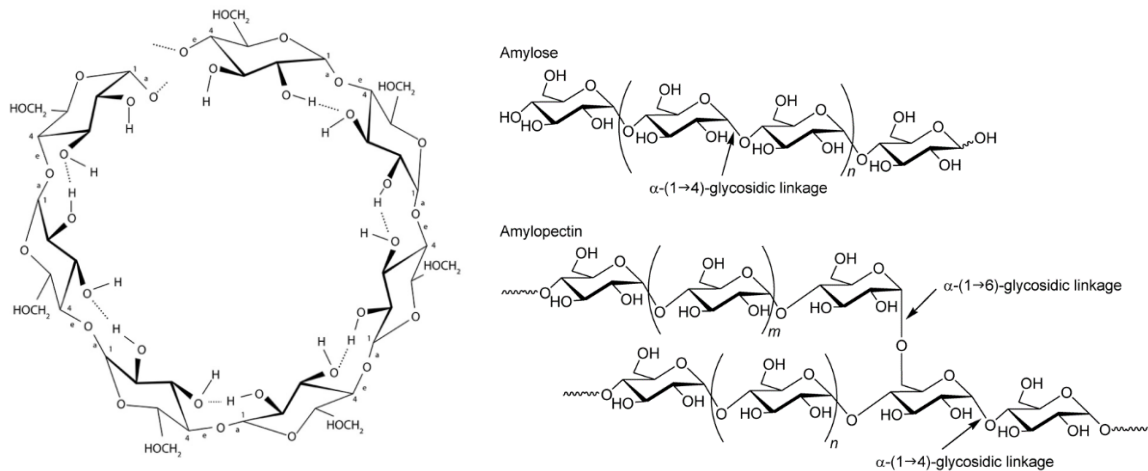
1. ábra: Két α -D-glükóz maltózzá kapcsolódása.

A keményítő két fontos építőeleme az amilóz és az amilopektin lánc.

Az **amilóz** lánc mintegy 1000 db monomer egységből épül fel. Az amilózláncon belül két cukorrészletet összekapcsoló oxigénatom az egyik, monomerhez képest axiális, míg a másikhoz képest ekvatoriális állású, emiatt a lánc behajlik és az éterkötés vegyértékszöge közel tetraéderszög, 105° lesz. Ilyen szerkezetben a molekula konformációja úgy a legkedvezőbb, ha a gyűrűk általános síkja nem fordul el egymáshoz képest, viszont a lánc elhajlik és felcsavarodik. 6-7 glükózzár után a következő monomer egység azonos helyre kerülne, de ez nem lehetséges ezért a lánc csavarodás közben egyre feljebb kerül, ez az **α -hélix szerkezet**.

Az **amilopektin** 1000-nél több glükóz egységből épül fel. Szerkezete annyiban különbözik az amilóztól, hogy 20-25 glükóz egységenként 1-6 glikozidkötéssel kapcsolódik a következő amilóz-szerű lánchoz. Az 1-6 glikozidkötés így egy nagy

elágazási számmal rendelkező polimert eredményez. Amilóz láncrészéből kemény gélek képzése lehetséges, az amilopektin láncrészéből pedig lágy gélek képződhetnek.



2. ábra: α -hélix metszete (balra), amilóz és amilopektin (jobbra).

A keményítő balmenetű csavar szerkezetű, amelynek a belseje üreges és apoláris, mivel a belsejét glükózgyűrűk axiális hidrogénatomjai és a gyűrűket összekapcsoló glikozidos hidroxilcsoportok alkotják.

A keményítő kinyerése, feldolgozása:

A keményítő kinyerésének módja nagyban függ a keményítő forrásától. Leggyakrabban a gabona-, a kukorica- és a burgonyakeményítővel találkozhatunk.

A **burgonya esetén** a keményítő kinyeréséhez a gumókat vízzel megmossák, majd eltávolítják a héját. Ezt követően a tiszta burgonyákat nátrium-metabiszulfid oldatba merítik és ezzel a növényi sejtfalakat lebontják. A szuszpenziót leszűrik és dekantálják. A kapott terméket 16 órán keresztül, 30 °C-on szárítják, így nyerik ki a keményítőt.

A **kukorica és a gabonák esetén vizes őrlési folyamatot** használnak a keményítő kinyerése céljából. Ehhez a kukoricát vagy gabonát először vízbe áztatják, majd több egyre kisebb méretű csiszolószitán engedik át. A gluténtól szitával elválasztják a keményítőt, végül mossák és 16 órán át, 30 °C-on szárítják.

Kémiai módosítása:

A keményítő kémiai módosításával lehetőség nyílik a polimer fizikai-kémiai tulajdonságainak megváltoztatására új funkciós csoportok beépítésével. Az ilyesfajta kémiai módosítások esetén igen befolyásoló tényező a szubsztituáltsági fok (**degree**

of substitution = DS), amely a szabad hidroxilcsoportok és a szubsztituált csoportok arányát mutatja meg. A legfontosabb kémiai módosítások közé tartozik az acetilezés, a kation képzés, a térhálósítás.

Acetilezés során a keményítő hidroxil csoportjait acetyl csoportokra cseréljük. A reakcióhoz *ecetsav-anhidrid* reagenst adnak a keményítőhöz nátrium-hidroxid katalizátor jelenlétében. Az **alacsony szubsztituáltsági fokú** acetilezett keményítőket ragasztóként, sűrítőként és állagjavítóként használják az élelmiszeriparban. A **közepes és magas szubsztituáltsági fokú** acetilezett keményítők jól oldódnak acetonban és kloroformban, ezáltal belőlük hőre lágyuló polimerek készíthetők.

A **kationos keményítőket** pozitív ionos töltéssel rendelkező molekularészlet – a hidroxil csoport helyén való beépítésével hozhatjuk létre. Ilyen beépíthető funkciós csoportok például az ammónium-; az imino-; az amino-; a szulfónium-; és a foszfónium-csoportok. A leggyakrabban használt reagens az *ETA*, ami *2,3-epoxi-propil-trimetil-ammónium-klorid* és felhasználásával ammónium-csoport építhető be. A reakció végezhető vizes és száraz közegben is. A **vizes kationozás** használata a legelterjedtebb, ekkor vízzel elegyítik a keményítőt úgy, hogy 40%-os oldatot készítenek. A kationozáshoz fontos a megfelelő pH érték, ami 11-12 között van. A reakciót 12-16 órán keresztül végzik 45 °C-on.

A **száraz kationozás** során az *ETA* reagenst száraz keményítőre permetezik és ezt a folyamatot addig ismétlik, ameddig egy félszáraz anyagot nem kapnak, majd ezután a terméket hőkezelik. A vizes kationozással szemben a száraz egy környezetbarátabb módszer, viszont magas valószínűséggel keletkezhetnek nem kívánt melléktermékek is a reakció során.

A **térhálósítás** során a keményítőszálak szálközi összekapcsolása a cél. Ehhez keresztkapcsoló reagensek használata szükséges. A térhálósító reagensek lehetnek *nátrium-trimetáfoszfát (STMP)*; *a nátrium-tripolifoszfát (STPP)*; *epiklórhidrin (ECH)* és a *foszforil-klorid ecetsavanhidriddel* és *adipinsavval* alkotott keverékei. Ezek közül leggyakrabban STMP reagenst használják, alacsony toxicitása és effektív keresztkapcsoló-képessége miatt. A keresztkapcsolással további intra és intermolekuláris kötések alakulnak ki különböző helyeken, amellyel a molekula stabilizálódik. Az amilóz és amilopektin szálak egyaránt ki tudnak alakítani keresztkapcsolódást, habár az amilóz kisebb valószínűséggel. A térhálósított

keményítőből készült paszta nagyon viszkózus, ezért kedvelt élelmiszeripari adalékanyag.

A keményítőt **savas hidrolízise** során ásványi savakkal (például sósav, kénsav) reagáltatjuk. A savval kezelt keményítők vízben való oldhatóságát növelhetjük. Erélyesebb savas hidrolízis esetén monomer egységeire bonthatjuk szét.

A **keményítő oxidációja** a legmegfelelőbb mód az iparban is használatos használt jó tulajdonságainak fejlesztésére. A reakciót kontrollált hőmérsékleten és pH-n végzik egy erős oxidálószer jelenlétében. Ilyen oxidálószer lehetnek a kálium-permanganát; a hidrogén-peroxid, a perecetsav és a leggyakrabban használatos nátrium-hipoklorit. Az oxidálószer a keményítőlánc amorf részeit támadja meg leginkább és a kristályos részeket nem. A reakció folyamán a hidroxilcsoportok helyén karboxilcsoportok alakulnak ki. Nagyon széleskörű a felhasználása. Jobb fagyási-olvasadási stabilitás, nagyobb vízmegkötő és fényáteresztő képesség, enzimérzékenység a hidroxil propilezett keményítők esetében.

Fontos megjegyezni, hogy a valóságban kettős módosításokat használnak, azaz két egymást követő kémiai módosítást hajtanak végre a keményítőn a feldolgozása során, így több hasznos tulajdonságának kombinálására is lehetőség nyílik.

A keményítő tulajdonságai:

A keményítő egy szemcsés szerkezetű íztelen és szagtalan fehér porszerű anyag, amely hideg vízben és alkoholban nem oldódik, de meleg vízben opalizáló kolloid rendszert képez.

Az α -hélix szerkezet által kialakult cső szerkezet ad magyarázatot arra, hogy a keményítőt barna színű jóddal reagáltatva kék oldatot kapunk. Az apoláris jódmolekulák beférnek a keményítő üreges spiráljába és gyenge van der Waals kölcsönhatásba lépnek a keményítővel ez a jód elektronszerkezetét befolyásolja és így kék színelváltozást látunk. Ezt egyaránt használják elemi jód és keményítő kimutatására is.

Felhasználása:

Az egyszerű keményítőt jellemzően az élelmiszeriparban használják fel sűrítőanyag, emulgeálószer, stabilizátor és állagjavítóként, többek között levesekben, szószokban, bébiételekben. A duzzasztott keményítőből csirizt készítenek, amely alkalmas

ragasztásra, szövetek keményítésére. A keményítő ipari szőlőcukor előállítására is használatos és a keményítőtartalmú anyagokból nyert szőlőcukorból alkoholt gyártanak.

A módosított keményítők felhasználása is elsősorban az élelmiszeripar, de használják őket ragasztóként is. Kiváló nehézfémabszorbensek. A kationos keményítőt magas viszkozitása miatt gyakran használják a papíriparban adalékanyagként és kötőanyagként.

Források:

1. Kajtár Márton: Változatok négy elemre 1. kötet, **Budapest 1984** 499-502
2. Zia-ud-Din, Xiong, H. & Fei, P. **2015** *Physical and chemical modification of starches: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(12), 2691-2705
3. Kringel, D. H., Halal, S. L. M. E., Zavareze, E. da R., & Dias,, A. R. G. **2020** *Methods for the Extraction of Roots, Tubers, Pulses, Pseudocereals, and other Unconventional Starches Sources: A Review* 1900234
4. Zhang, R. et al. **2021** *Comprehensive utilization of corn starch processing by- products* *Grain & Oil Science and Thecnology*, 4(3), 89-107
5. Wikipedia (<https://hu.wikipedia.org/wiki/Starch>) elért: 2024. április