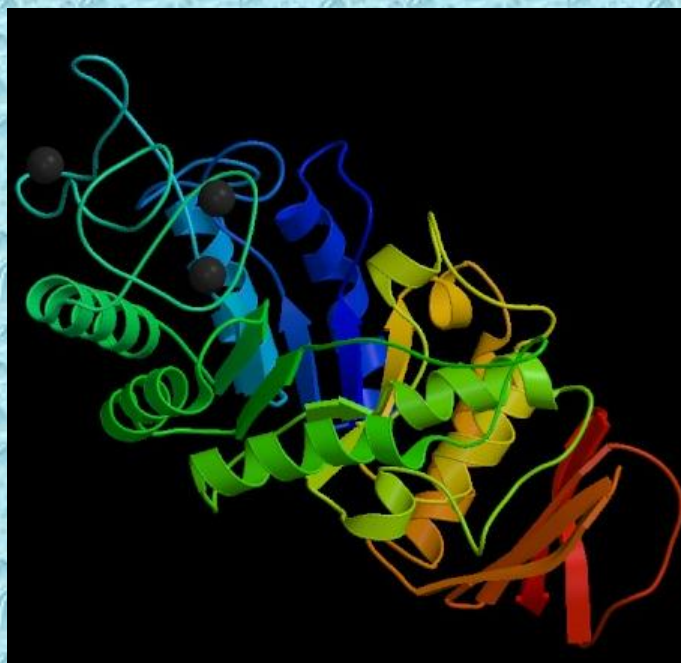


A keményítőiparban alkalmazott enzimkészítmények



Az enzimek csoportosítása

•E.C.: Enzyme Commission: az enzimeket hat csoportra osztja az általuk katalizált reakciók szerint:

•E.C.1....Oxidoreduktázok ☺: oxigénfelvételt + hidrogénes elektronátvitelt katalizálnak

E.C.2....Transzferázok ☺: fontos kémiai csoportok átvitelét katalizálják egyik vegyületről egy másikra (amino-, metil-, karboxil-, acetil-, stb.)

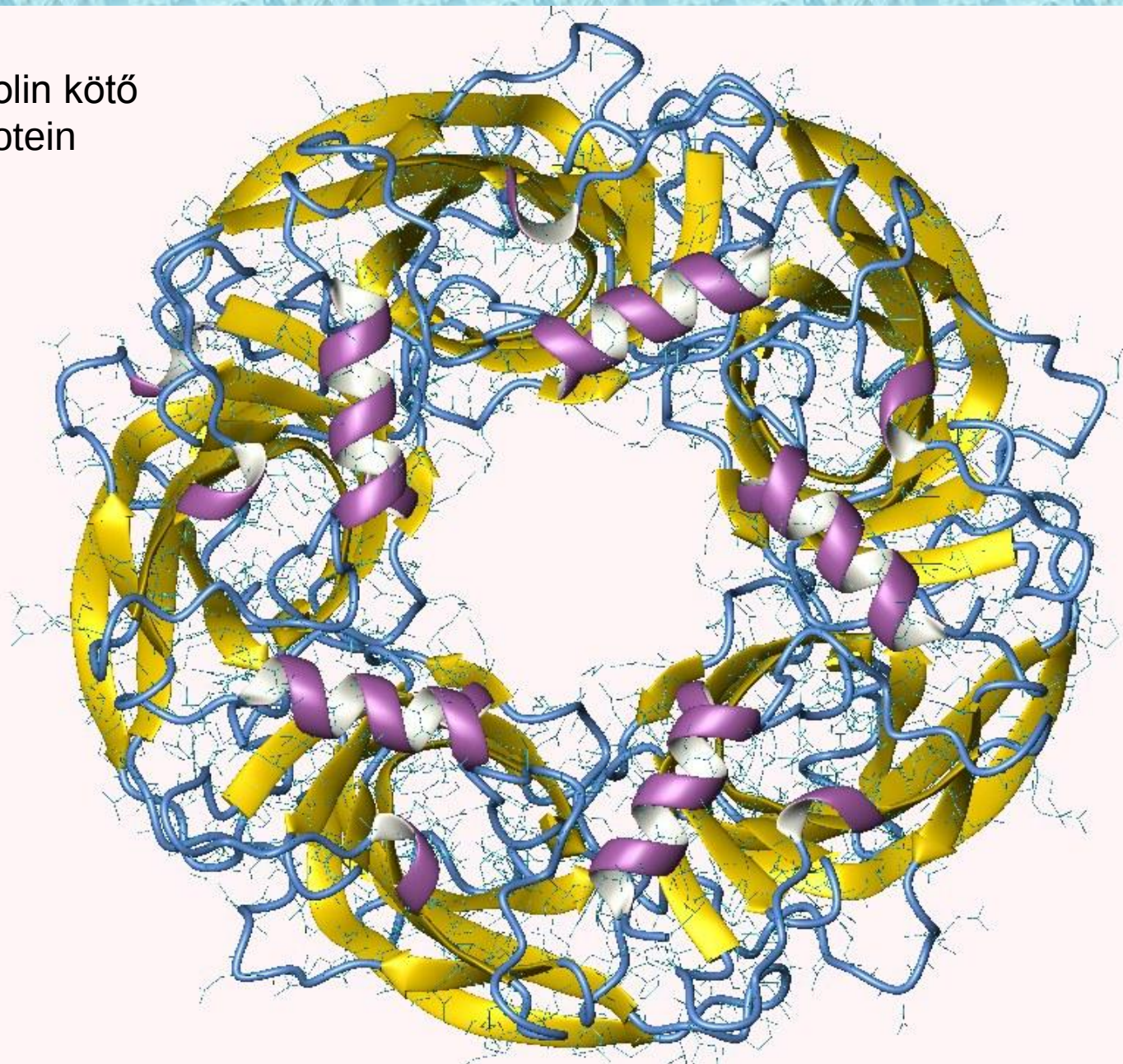
E.C.3....Hidrolázok ☺: nagyon különböző szubsztrátok (fehérjék, észterek, oligo- és polyszacharidok) peptid, félacetál, -C-N kötéseit hidrolízissel bontják

E.C.4....Liázok: kémiai csoportok szubsztrátumról való eltávolítását vagy kapcsolását végzik de hidrolízis, oxidáció vagy redukció nélkül

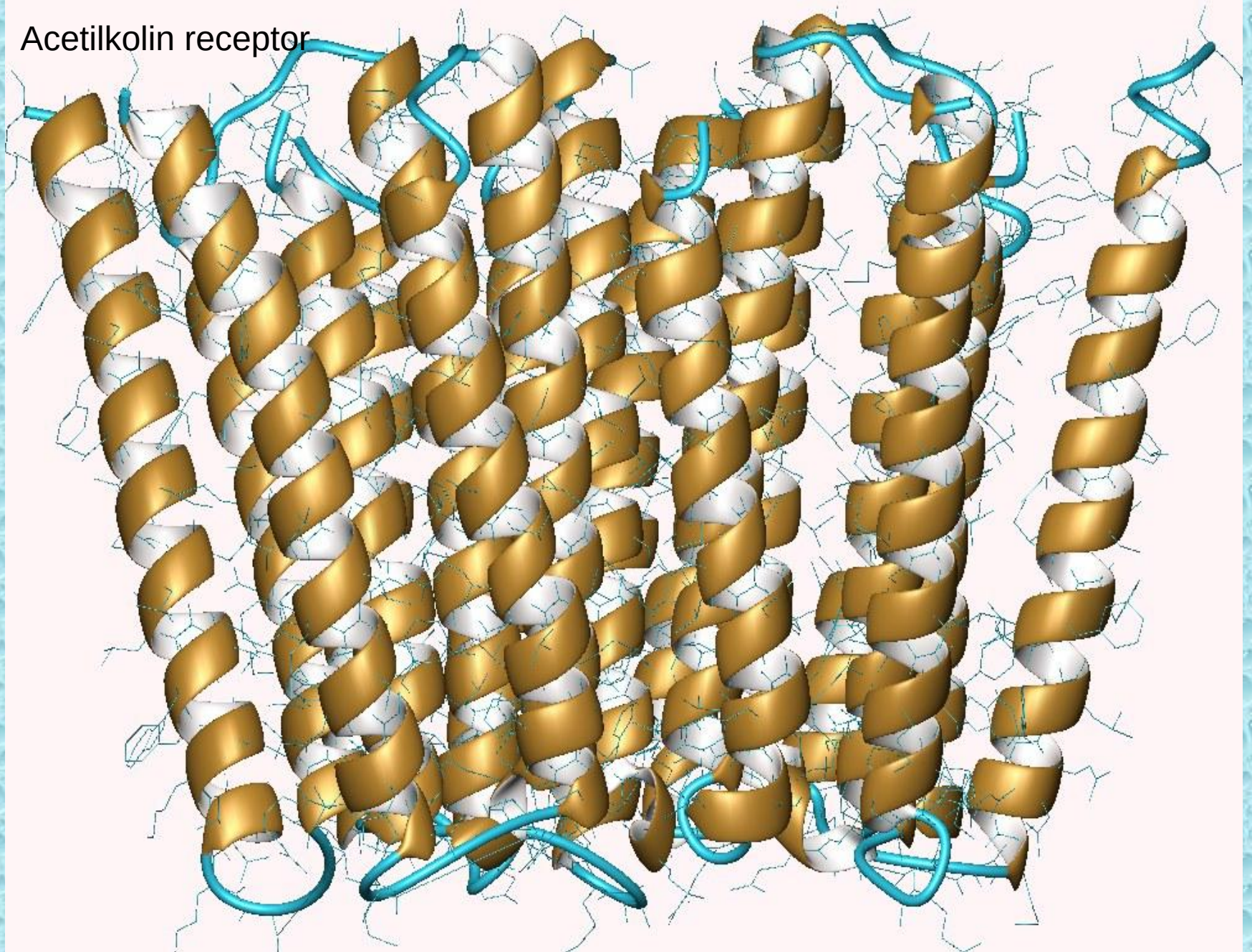
E.C.5....Izomerázok ☺: a víz elemeinek időleges eltávolításával és visszakapcsolásával egyes vegyületek izomerjeit képezik.

•E.C.6....Ligázok: fontos bioszintéziseket katalizálnak

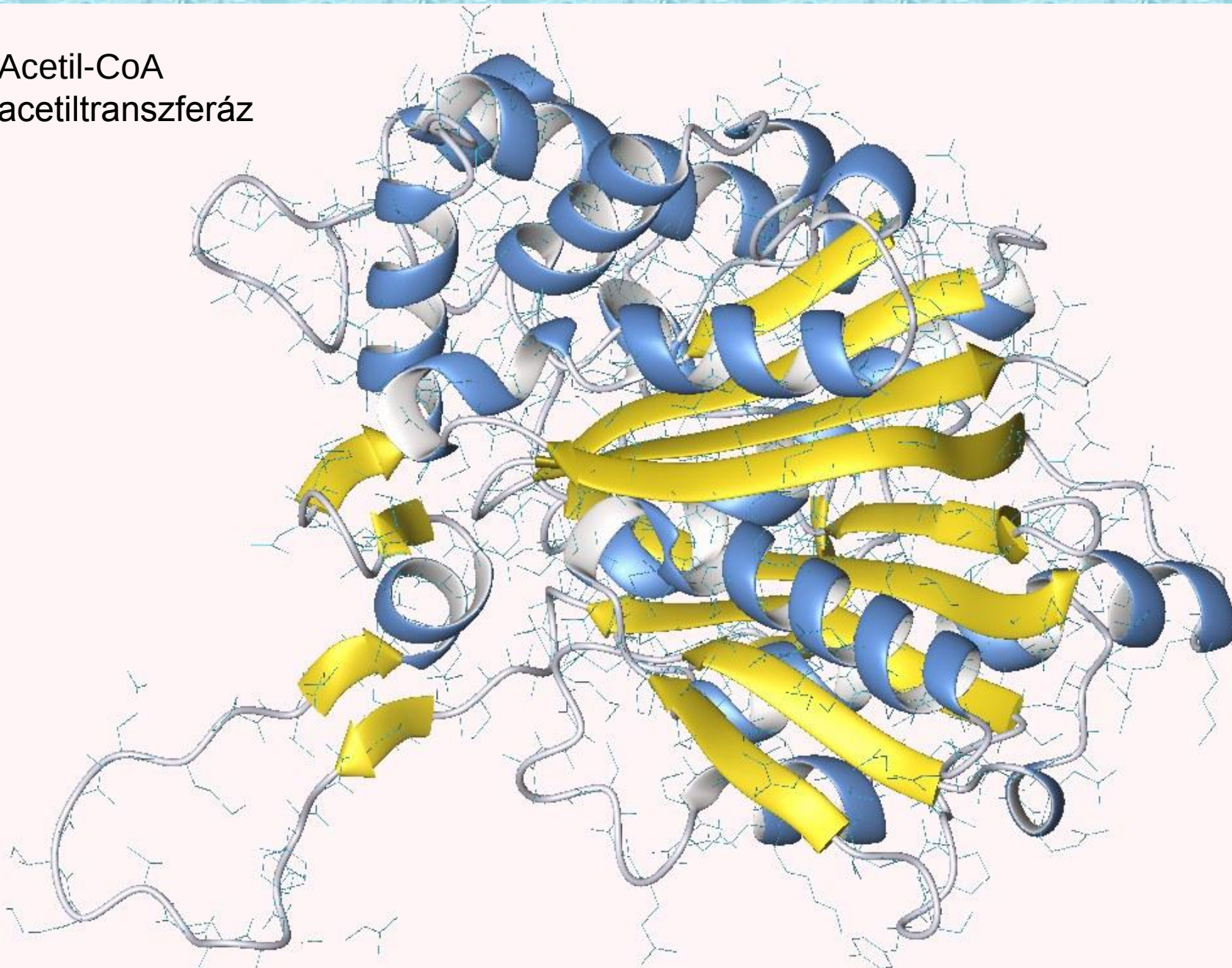
Acetilolin kötő
glikoprotein



Acetylcholine receptor



Acetil-CoA
acetyltransferáz



A keményítőhidrolízis enzimejei



Principle of the Enzymatic Reaction

Enzyme Molecule



Starch Molecule



Enzyme-Starch-Complex



Splitting of the
 α -1-4 Glucosidic Bond



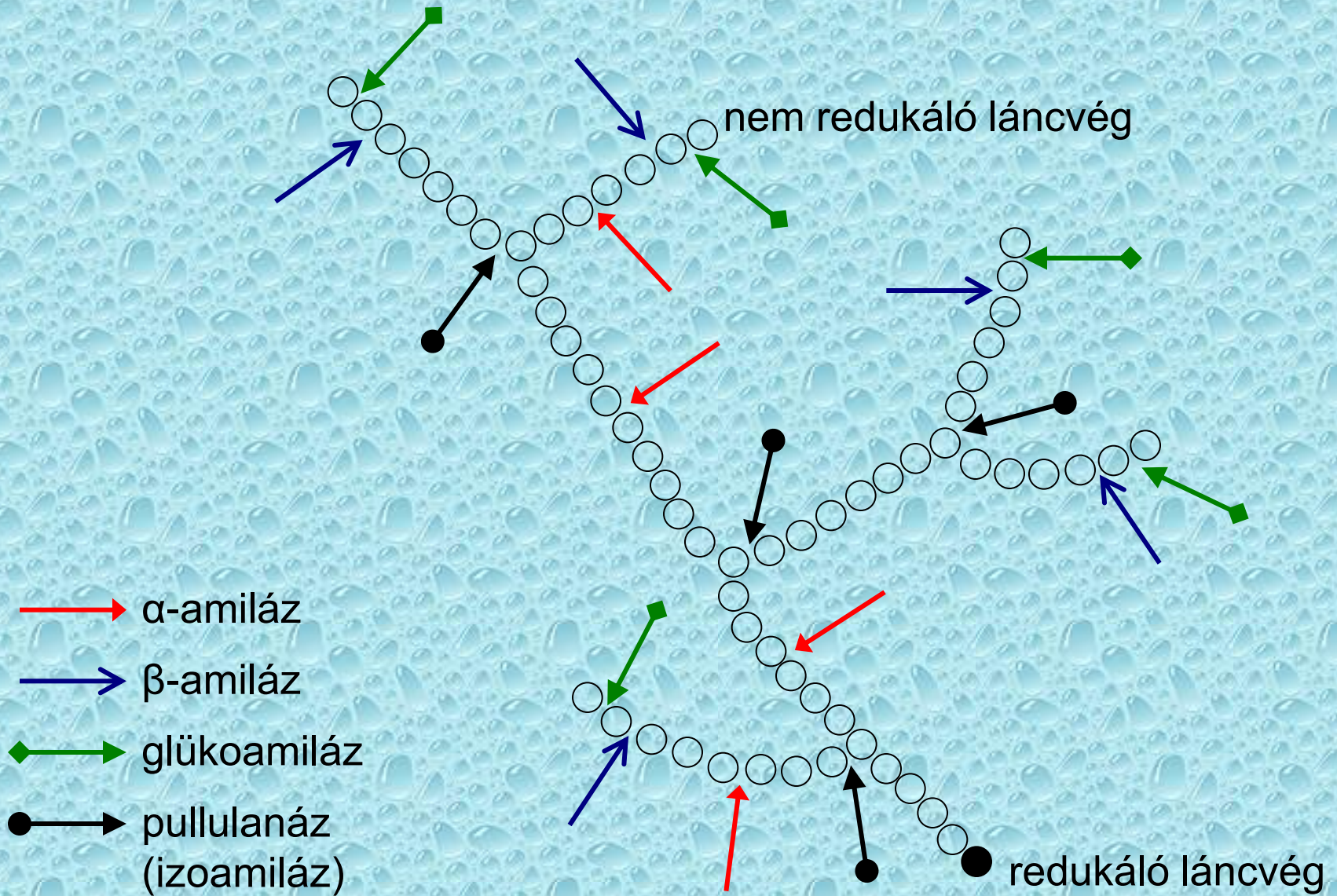
Watersoluble Products
of Decomposed Starch



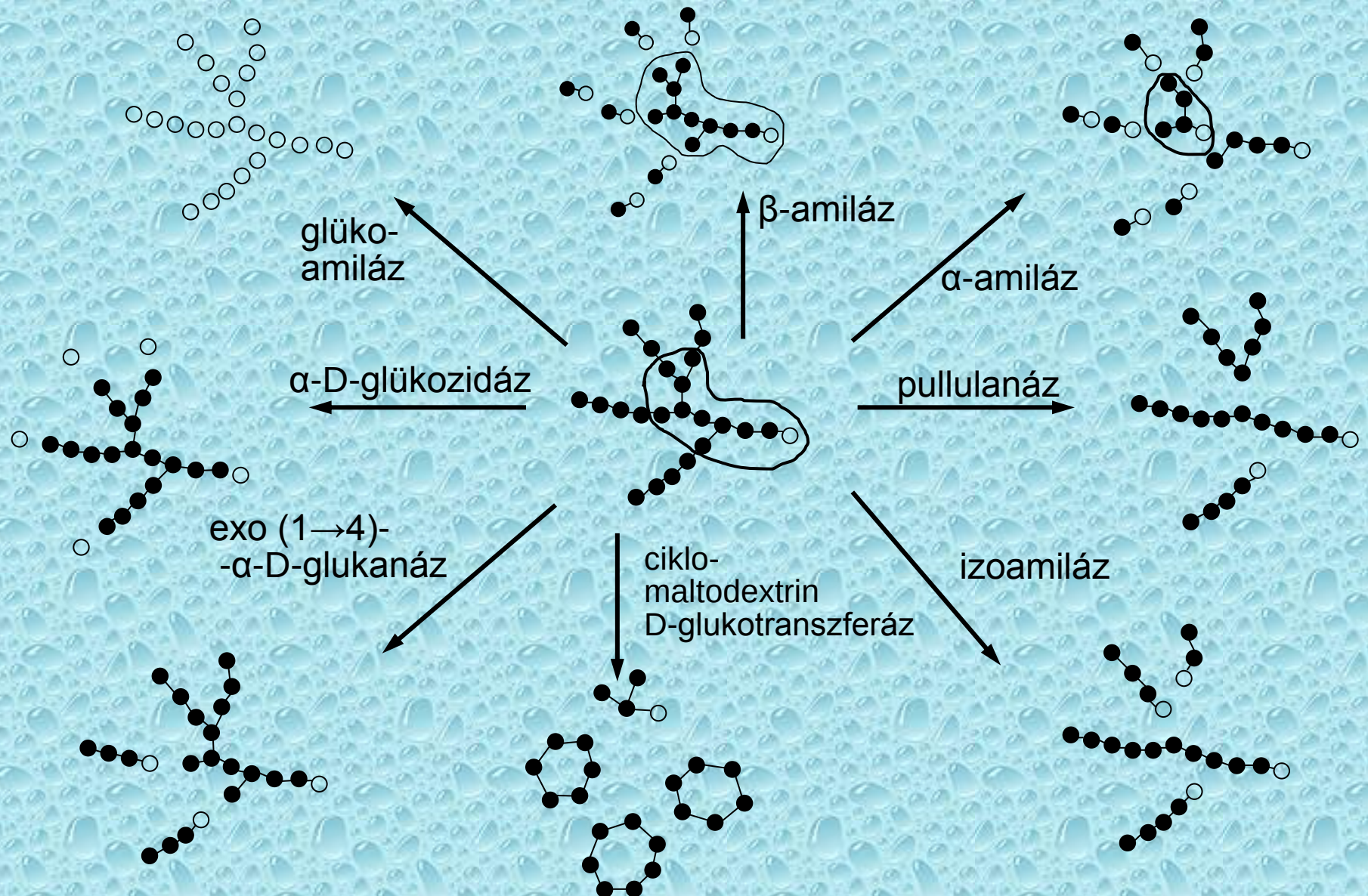
Enzyme Molecule Ready for the Next
Decomposition Reaction of Starch



Amilázok hatásmechanizmusa



A keményítő enzim hidrolízisében szerepet játszó enzimek mechanizmusa



α -amiláz I.

- **Előfordulás:** növényi, állati, mikrobiális

(magok, nyál, pankreász, baktériumok, penészgombák)

baktériumok: *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. stearothermophilus*

penészgombák: *Aspergillus niger*, *Asp. oryzae*



- **Általános jellemzők:**

	Növényi	Állati	Baktérium	Penészgomba
pH tartomány	4,5 - 7,0	5,5 - 8,0	5,0 - 8,5	3,5 - 6,5
T tartomány (°C)	60 - 70	40 - 50	65 - 95	50 - 65
Molekulatömeg (kDa)	20 - 40	20 - 40	40 - 110	50 - 76
Kofaktor/ aktivátor	Ca ⁺⁺ Zn ⁺⁺	Ca ⁺⁺ Zn ⁺⁺	Ca ⁺⁺ Zn ⁺⁺	Ca ⁺⁺ Zn ⁺⁺

α -amiláz II.

- **Hatásmechanizmus:**

Endo/ csak lánc belsejében α -1,4-es glikozidos kötést bont

Két típus: folyósító

cukrosító

gyors polimerizációs fok
csökkenés nagy maltodextrin
arány

saccharogén, nagyobb 4-6
glükózból álló maltodextrin
arány, és jelentős G_1 - G_2

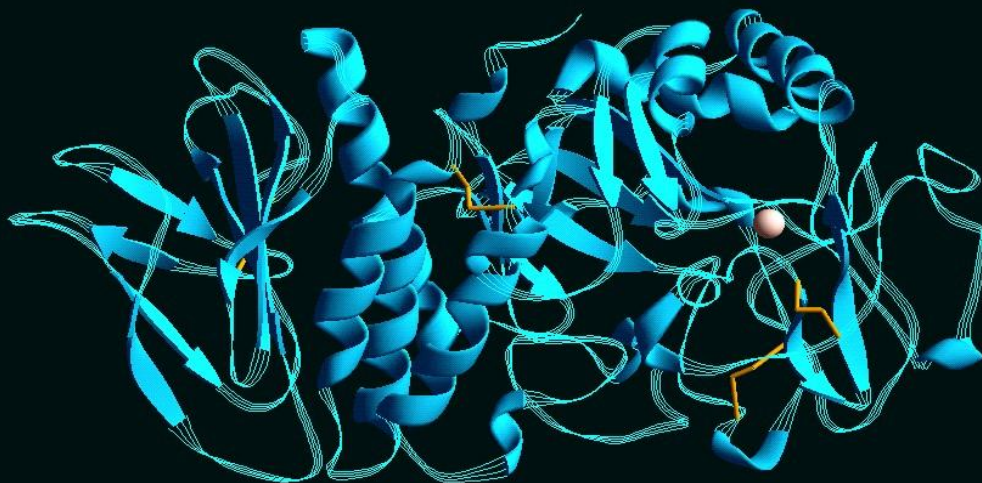
Véletlenszerű többlánc mechanizmus

Hidrolízis sebessége függ a szubsztrátkonc.-tól és a láncosszótól

- **Termékek:** G_1 - G_{15} tagszámú oligoszacharidok
 α -határdextrinek

- **Készítmények:** Tenase, Optispirit, Ceremix, Termamyl

Disulfide bonds
Calcium



Aspergillus niger amiláz



Hasnyálmirigy amiláz

Pullulanáz

- **Előfordulás:** ipari mikroorganizmusok:

Aerobacter aerogenes, B. acidopulluliticus, Klebsiella aerogenes

- **Általános jellemzők:** extracelluláris enzim, lipoprotein
2 aktív frakcióból áll (fő, mellék)

pH tartomány	4,5 - 7,0
T tartomány (°C)	40 - 65
Molekulatömeg (kDa)	50 és 150
Kofaktor/ inhibítor	-

- **Hatásmechanizmus:** endo / α -1,6-os glikozidos kötést bont
ideális szubsztrát: pullulán, de keményítőt is bont
elágazás után, ha egy glükóz van, nem bontja

- **Termékek:** lineáris maltodextrin, amilóz

- **Speciális alkalmazási lehetőségek:**

- GA + Pullulanáz: glükóz termelés fokozása, határdextrin csökkentése
- β -amilázzal: maltóz, maltitol
- maltozil - α - ciklodextrin szintézis

pH és hőmérséklet optimumok

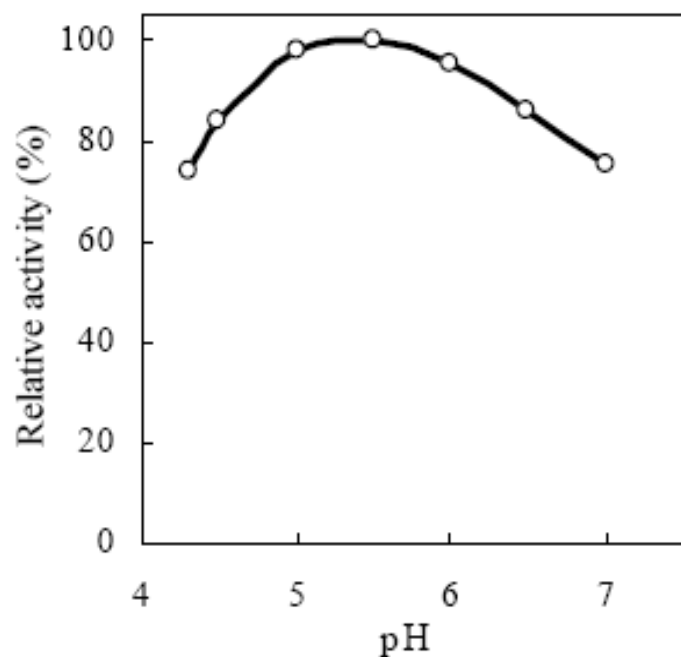


Fig.1 pH - Activity
40°C, 30min, 1.0% pullulan
100mmol/L acetate buffer

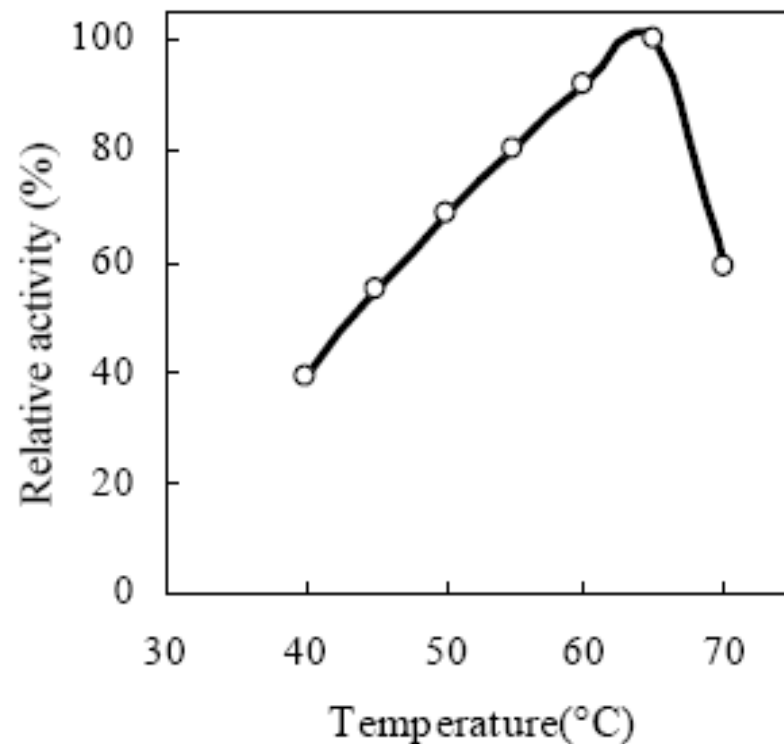


Fig.3 Temperature - Activity
pH5.0, 30min, 1.0% pullulan

Egyéb endoenzimek

R-enzim:

Előfordulás: hüvelyesek, burgonya, édeskukorica

Hatásmechn.: α -1,6-os glikozidos kötést bont

Izoamiláz:

Előfordulás: élesztő, gabonafélék

Hatásmechn.: α -1,6-os glikozidos kötést bont

A *pullulánt* [α -D(1 $\rightarrow$ 6) kötéseket tartalmazó maltotrióz polimer] nem tudja bontani!

β -amiláz I.

- **Előfordulás:** növényekben, mikroorganizmusokban (magvak, pl.: árpa, *B. cereus.*, *B. polimyxa*, *B. circulans*)
- **Általános jellemzők:**

	Növényi	Mikrobális
pH tartomány	4,8 - 7,0	6,0 - 7,5
T tartomány (°C)	45 - 65	35 - 60
Molekulatömeg (kDa)	50 - 60	35 - 80
Kofaktor/ inhibítor	-	-

β -amiláz II.

Hatásmechanizmus:

exoenzim/cukrosító

nem redukáló láncvégen, egylánc mechanizmus
csak az α -1,4-es glikozidos kötéseket bontja
minden második kötést hidrolizál
az elágazásokat nem tudja átugrani

Termékek:

páros lánc hossz: maltóz

páratlan lánc hossz: maltóz, maltotrióz
 β -határdextrin

Glükoamiláz I.

- **Előfordulás:** állati szövetek, mikrobiális

Asp. niger

Asp oryzae

Asp. awamori

Humicola lanuginosa

Rhizopus delemar

Rhizopus niveus

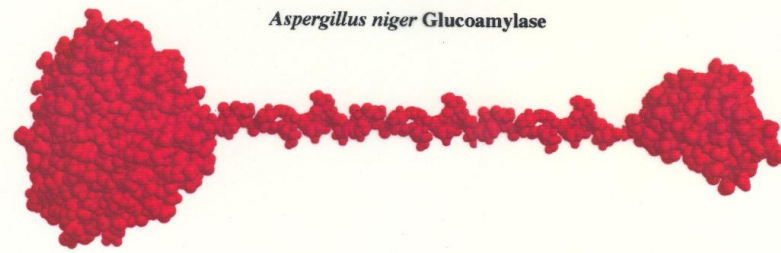
Thermomyces lanuginosus

S. diastaticus

- **Általános jellemzők: glükoprotein** (5-20% glükóz, mannóz, galaktóz, glükózamin)

pH tartomány	3,5 – 5,5
T tartomány (°C)	40 - 60
Molekulatömeg (kDa)	40 - 110
Kofaktor/ aktivátor	-

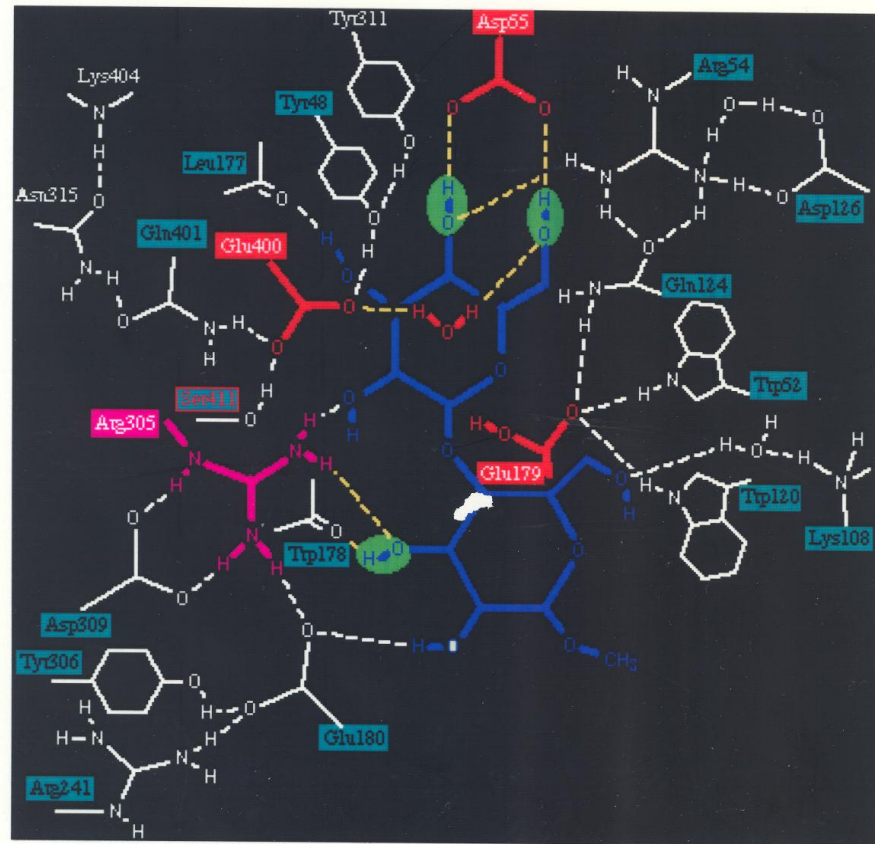
Aspergillus niger Glucoamylase



Catalytic Domain
~ 60 Å

Linker
~100 Å

Starch-Binding Domain
~ 30 Å



Glükoamiláz II.

- **Hatásmechanizmus:**

- Proton katalizált reakció
- Nem redukáló láncvégen hasít (egy lánc mechanizmus)
- Minden kötést hasít (α -1,4-es, α -1,6-os, α -1,3-as glikozidos kötések)
- A hidrolízis sebessége függ a szubsztrát koncentrációtól és a polimerizációs foktól, ill. a kötés típustól: $1,4 > 1,6 > 1,3 = 100:1:0.2$
- Kis polimerizációs foknál többlánc mechanizmus is lehet
- Reszintézis 1-3% di. és triszacharid

- **Termék: β -glükóz**

- **Készítmények: Optidex, Dextrináz, SAN**