

TEJIPARI ENZIMEK

Készítette:

Király Mihály Botond

Kovács Máté

Suszter Boglárka

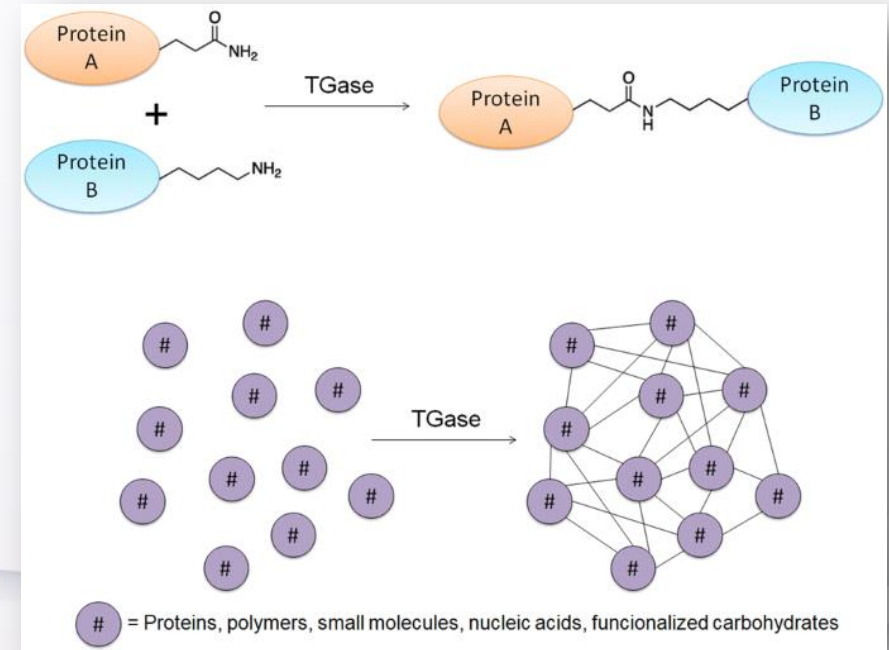
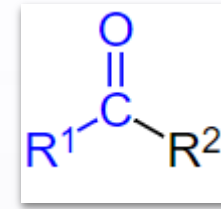


Transzglutamináz alkalmazása a tejiparban

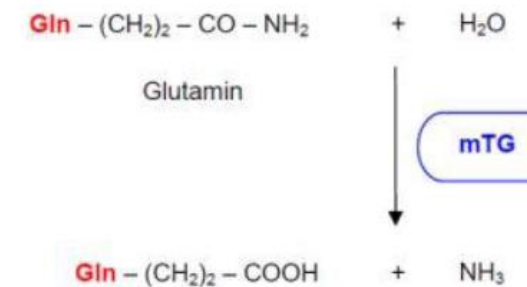


Transz glutamináz (TG, EC 2.3.2.13)

- **Transzferáz** → **Aciltranszferáz**
- **Kovalens kötés** kialakulását katalizálja a fehérjék **Lys** oldalláncainak szabad ϵ -amino-csoportja (acil-akceptorok) és **Gln** oldalláncok γ -karboxamid csoportja (acil donorok) **között** □ **intra- és intermolekuláris keresztkötések**
- Szabad NH₂-csoport hiányában □ **dezamináció** (a víz az acil-akceptor)
- **Változásokat a fehérjék fizikai és kémiai tulajdonságaiban** pl. viszkozitásában, hőstabilitásában és rugalmasságában

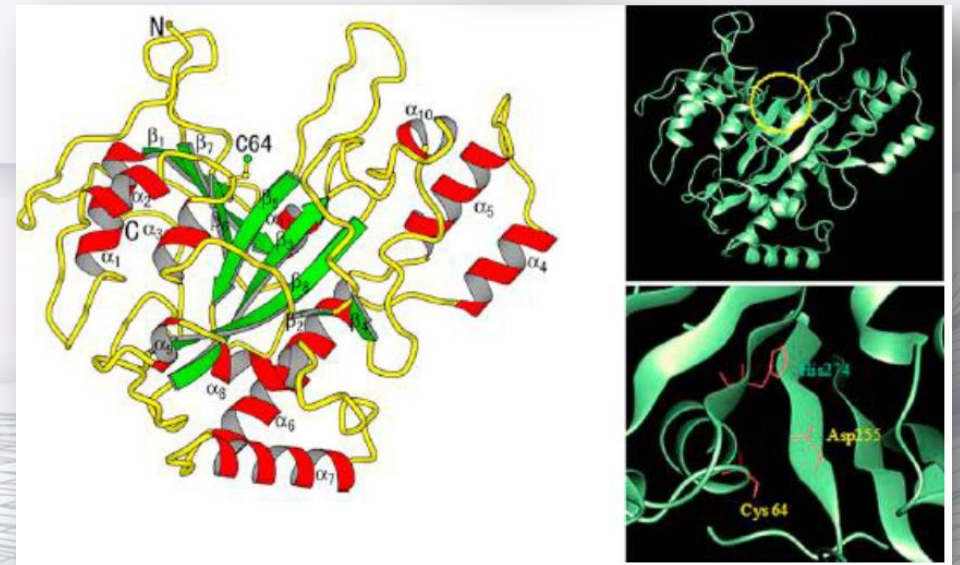


Dezaminálás



Mikrobiális transzglutamináz (mTG)

- 1987 óta, 5000 mikroorganizmus screenelését követően, japánok
- A termelő mikroorganizmusok között *Streptomyces* talajbaktériumok voltak a legígéretesebbek, hiszen számos törzsük **extracellulárisan** választotta ki mTG-t.
- A legjobban termelő ***Streptomyces mobaraensis***, ennek alkalmazása terjedt el **ipari léptékben**.
- Az első élelmiszeripari szabványt 1995-ben jegyezték be Japánban (húsipar).



Mikrobiális transzglutamináz (mTG) Ipari előállítása

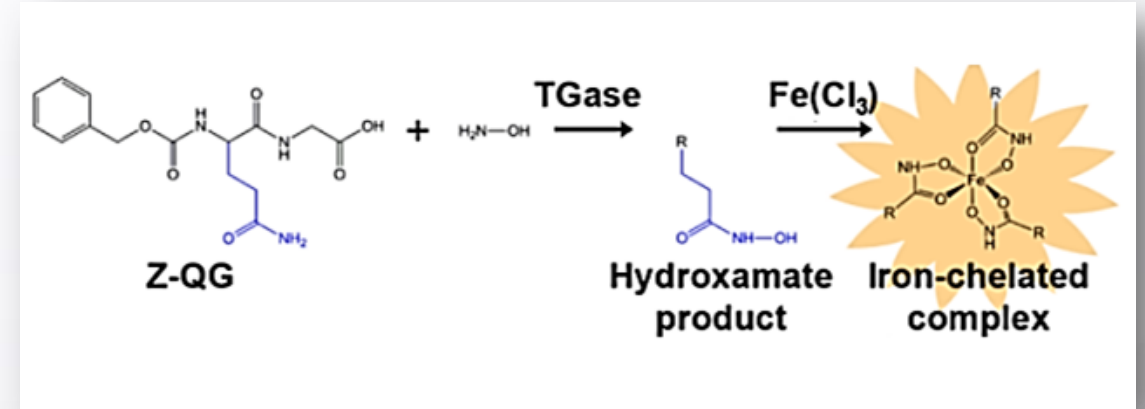
- ***Streptomyces mobaraensis*** szubmerz fermentációjával állítják elő nagyüzemi léptékben.
- Enzimekészítmények: tisztított és porított enzim + csomosódásgátlót és egyéb segédanyagokat (allergén! pl. laktóz) tartalmaznak. (pontos összetétel, az enzim részaránya ipari titok)
A gyártók és forgalmazók megadják a pontos enzimaktivitását (U/g) a megfelelő ipari alkalmazáshoz.
- Manapság a legnagyobb gyártó a japán **Ajinomoto** cég, termékei közül az Activa YG a tejtermékekhez dolgozta ki. (jelenlegi piaci ára kb. 160 USD/kg)
- Európában a spanyol **BDF Natural Ingredients** a legnagyobb cég, mely szintén az élelmiszeripari alkalmazáshoz szabott készítményeket forgalmaz. Pl.: a Probind CH elsősorban oltós és savas alvasztású sajtok enzimekezeléséhez ajánlott.



Mikrobiális transzglutamináz (mTG) Enzimaktivitás mérése

Az mTG enzim aktivitásának meghatározására számos módszert sorol fel a szakirodalom, de ezek közül referencia módszerré a **hidroxamát esszé** vált, amelyet az enzimgyártók kizárólagos módon alkalmaznak.

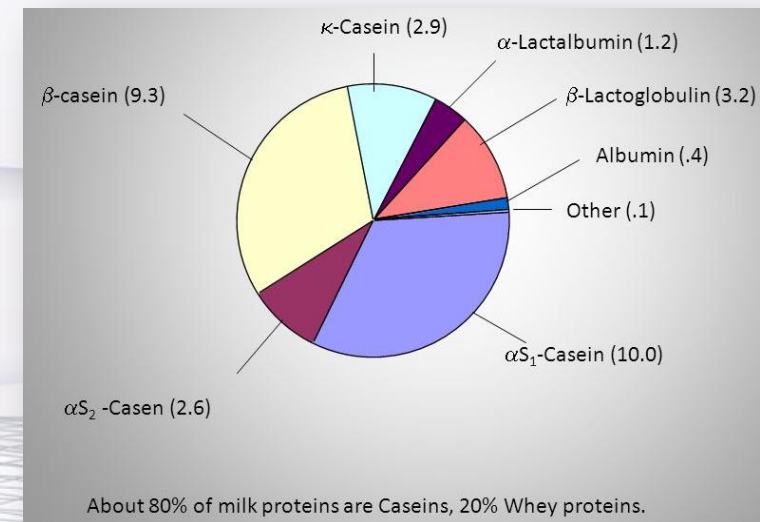
- A mérés a **hidroxil-amin** szintetikus **CBZ-glutamin-glicinbe** (karbobenzoxi-L-glutamin-glicin) való enzimés beépülésén alapul.
- Ennek során egy kétértékű ligand, a **glutamil-hidroxámsav** keletkezik, amely az **Fe³⁺ ionokat megkötve vörös színű komplexet** képez.
- Az enzim aktivitását a **színreakció** alapján **525 nm** hullámhosszon mért abszorbancia érték mutatja.



Mikrobiális transzglutamináz (mTG) Szubsztrátspecifitás

- Az mTG élelmiszeripari elterjedésének fő oka a **széles szubsztrátspecifitása** volt.
- A tehéntejben a tejszárnyék 80%-át adó **kazein az mTG kiváló szubsztrátja**.
- Jelentős különbség van az egyes kazeinfelhárjék keresztkötésre való alkalmassága között.
- mTG-zal való reakcióképességük alapján a következő sorrend állítható fel:
 α_2 -kazein > β -kazein > κ -kazein > α_1 -kazein.

Szubsztrát		Szubsztrátspecifitás
Tejszárnyék	kazein	jó
	Na-kazeinát	jó
	α -laktalbumin	alig
	β -laktalbumin	alig



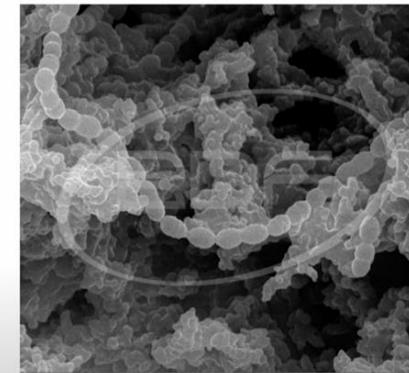
Mikrobiális transzglutamináz (mTG) felhasználásával készült tejtermékek

Fermentált tejtermékek

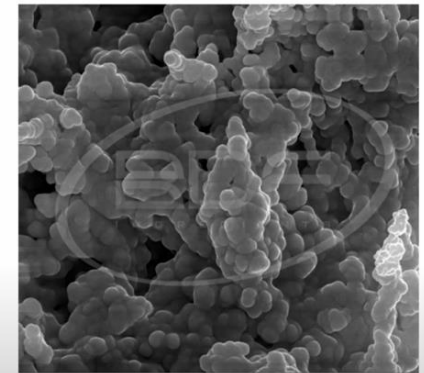
- Az enzimkezelés hatására a fermentált tejtermékekben „szorosabb” fehérjeháló alakul ki, amelyben a fehérjék egyenletesebben helyezkednek el.
- A fehérje aggregátumok olyan **stabilak**, hogy habarás sem hat rájuk.
- Az enzim alkalmazásával **alacsony zsírtartalmú tejből is** előállítható **jól kanalazható termék**.
- Pohárban alvasztott joghurt esetén megfigyelték, hogy a gélszilárdság lineárisan növekedett egy bizonyos (3 U/g) enzim koncentrációig, de ennél **nagyobb koncentrációnál** már savó kiválás tapasztaltak, a **joghurt törékennyé vált**.



Creates a protein mesh



Without using
PROBIND CH 2.0

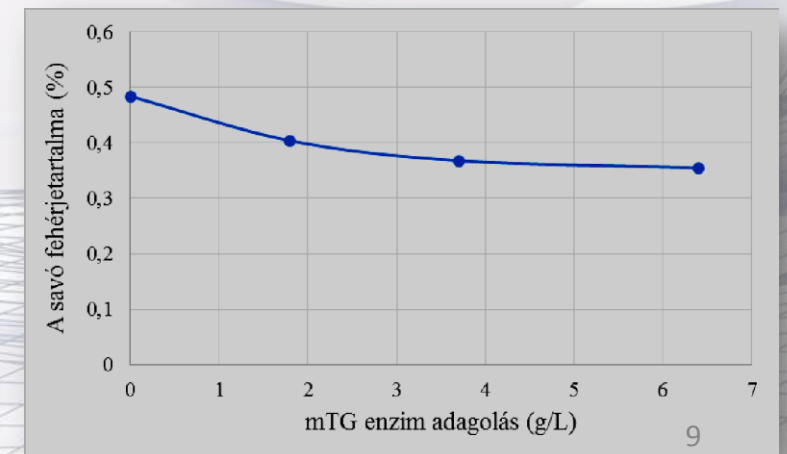
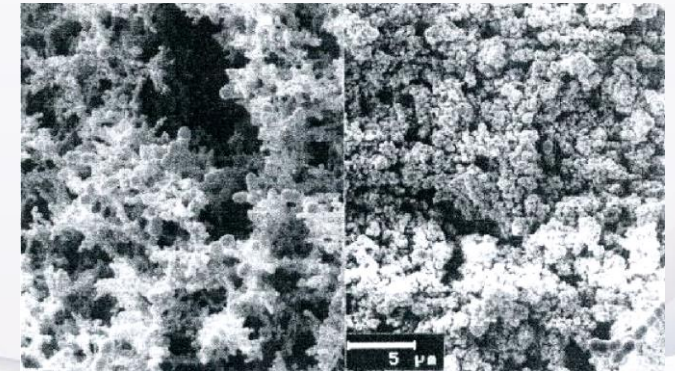


Using
PROBIND CH 2.0

Mikrobiális transzglutamináz (mTG) felhasználásával készült tejtermékek

Savas alvasztású sajtok

- Az enzimkezelt túróalvadék **kisebb fehérje részecskéket** tartalmaz, és **az azok közötti üres terek is kisebbé váltak** □ savóeresztés (szinerézis) jelentős **csökkenése/elmaradása**.
- Az mTG kereszt kötő mechanizmusa jelentős hatással van mind az **alvadék sűrűségére**, mind a **savófehérje alvadékba való beépülésére**.
- Az mTG által létrehozott **kereszt kötések visszatartották a savófehérjét a túróban** □ a savó fehérje tartalma az enzim koncentráció növelésével csökkent.



Mikrobiális transzglutamináz (mTG) felhasználásával készült tejtermékek

Oltós alvasztású sajtok

- **Jobb hozam** érhető el az oltó (Rennet) és a mTG egyidejű alkalmazásával. Azonos mennyiségű sajt előállításához 20%-kal **kevesebb alapanyagra volt szükség.**
- Az mTG létjogosultsága hazánkban a legnagyobb mennyiségben előállított trappista sajt esetén is csak kimagasló kihozatal mellett képzelhető el.



Fagylaltok

- Jobb **pszeudoplasztikus** tulajdonságok
- Jobb **olvadásállóság**
- **Alacsonyabb zsírtartalom** esetén is az átlagos zsírtartalmú fagylaltnak **hasonló viszkozitás**



Protein szeletek

- A mTG **javítja** a tejfehérje-koncentrátumból és micelláris kazein-koncentrátumból készült, magas fehérjetartalmú szeletek **állagát és tárolási stabilitását**



Rennet szerepe a sajtgyártásban



A kazein szerkezete

A magban található:

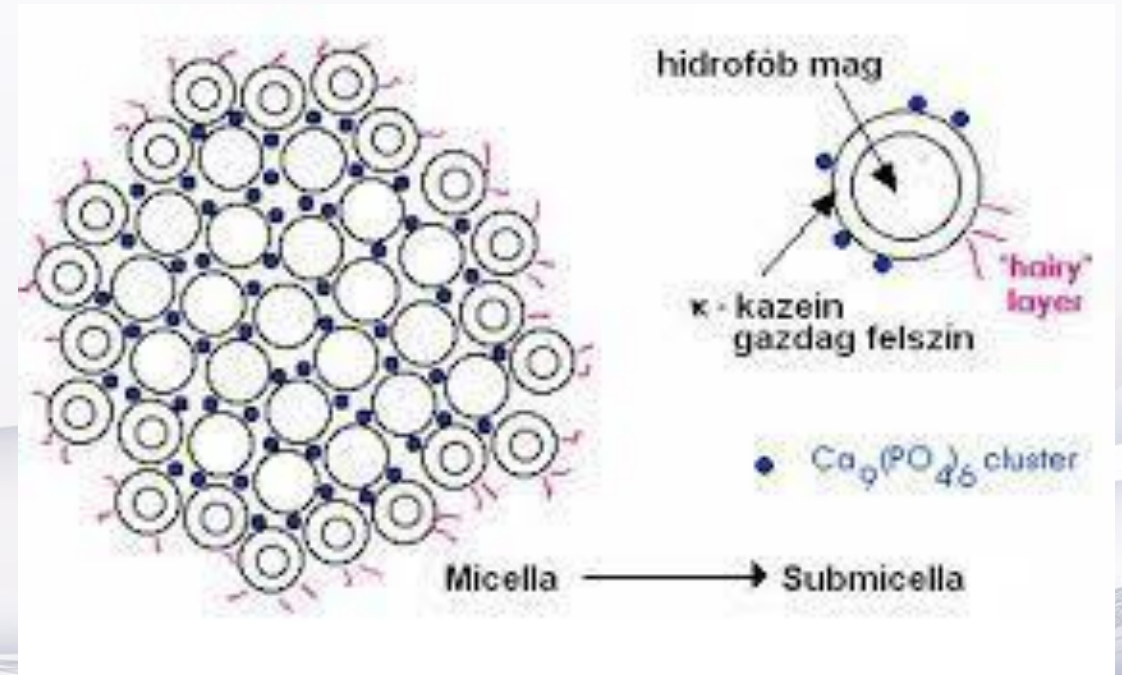
- α -kazein

- β -kazein

- γ -kazein

A burokokban található:

- κ -kazein



Koaguláció

Két szakasz:

Első szakasz: Itt van szerepe az enzimnek.

Második szakasz: Az összetapadás folyamata játszódik le.

Koaguláció: Első szakasz

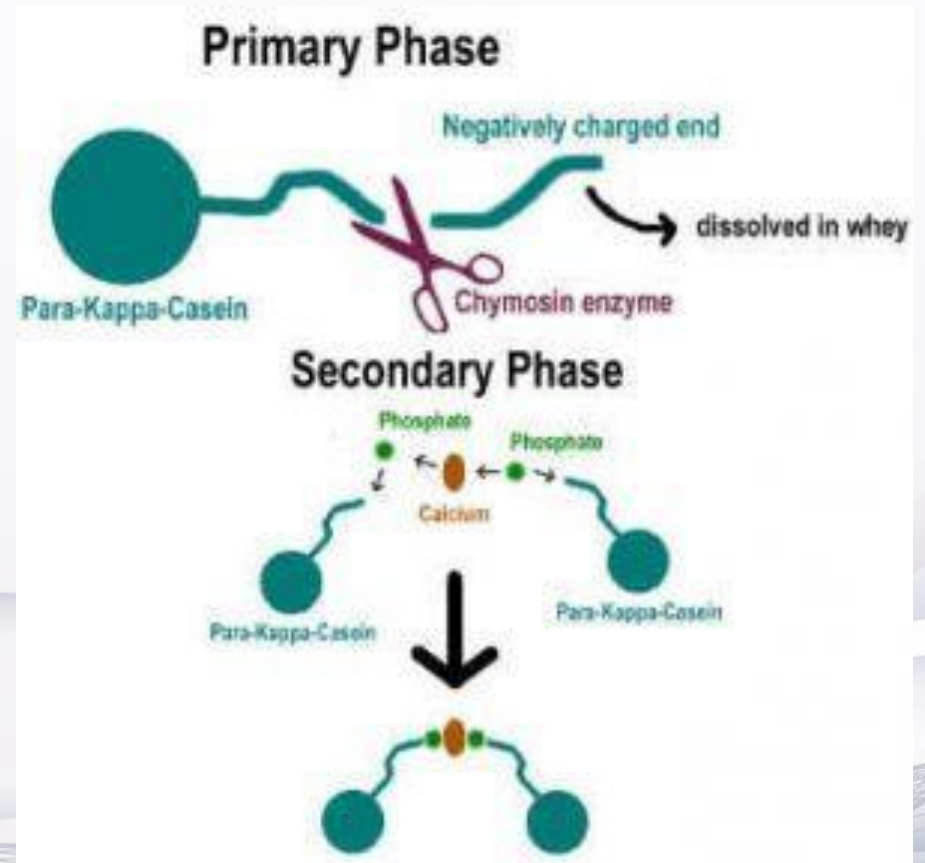
Folyamat kulcsenzime: -kimozin

Szerepe: A kazein negatív töltésű farki részét lehasítja.

Kialakuló részek:

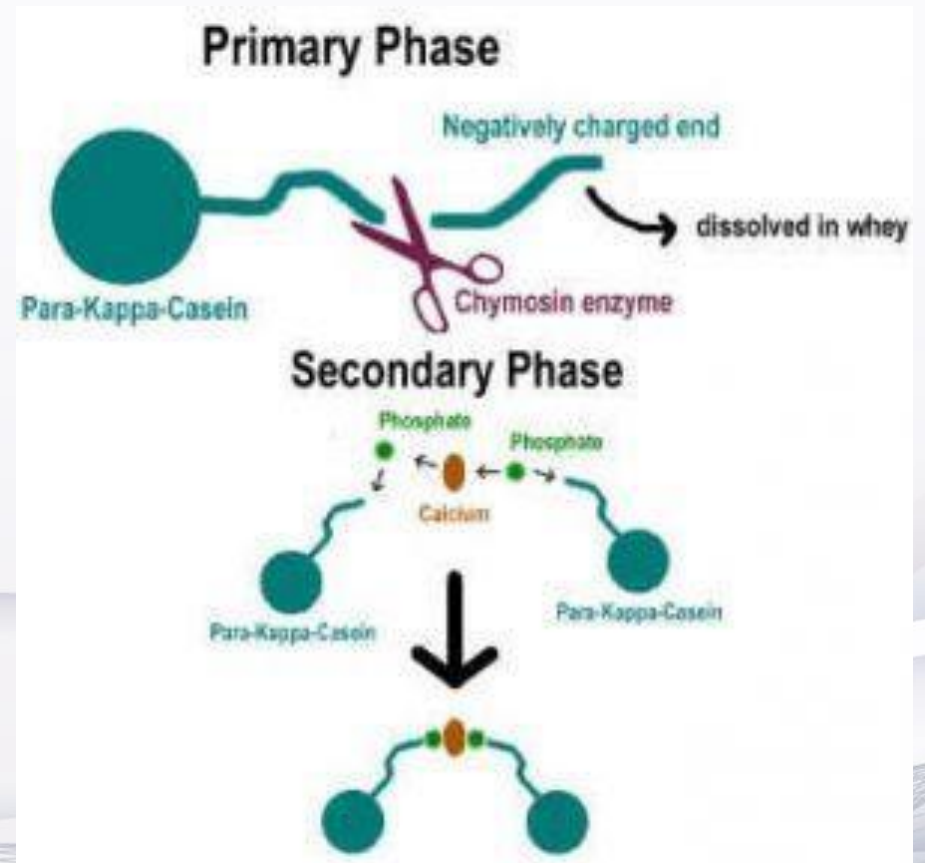
-Para-Kappa-Kazein

-Vízoldható, negatív töltésű farki rész



Koaguláció: Második szakasza

- A Para-Kappa-Kazeinek képesek foszfáttal összekapcsolódni.
- A foszfátcsoporttal rendelkező Para-Kappa-Kazeinek képesek egy kalciumon keresztül egy fonalat létrehozni.
- Háló forma létrejötté.
- A hálóba akadnak:
 - Lipidek
 - Ásványi anyagok

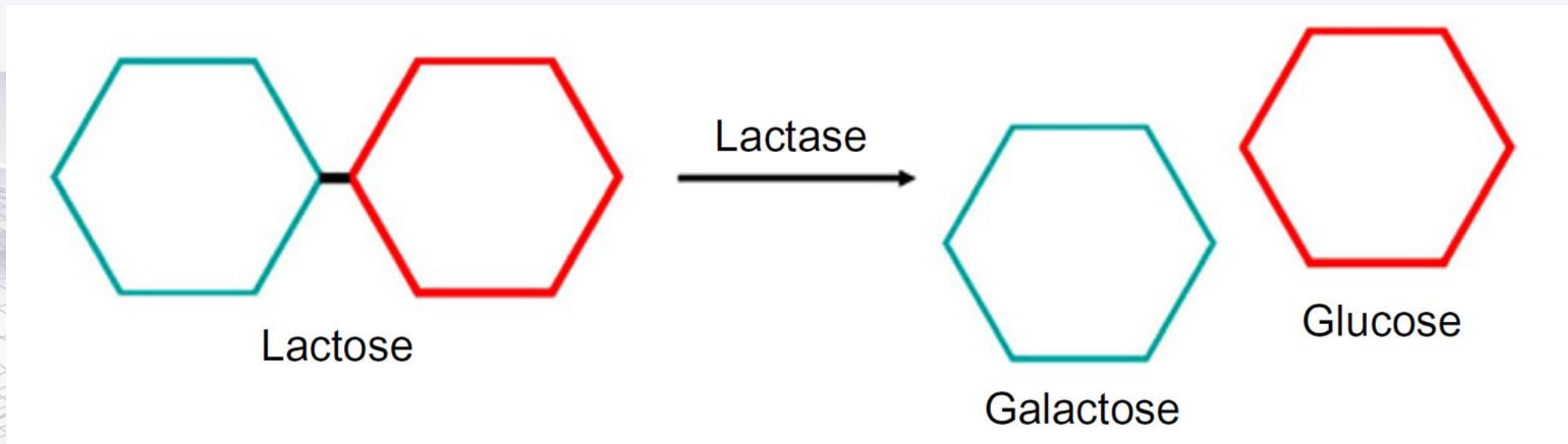


A sajt létrejötté



Laktáz (β -D-galaktozidáz, EC 3.2.1.23)

- Glikozid-hidroláz enzimcsalád
- Glikozidos kötés hasítását katalizálja laktózban
- Termékei: galaktóz és glükóz



Mire jó a laktáz?

- Édesség növelése
- Oldhatóság növelése
- Emészthetőség növelése (laktóz intolerancia)
- Textúra javítása
- Sajt érés gyorsítása
- Berendezések kímélése (kristályosodás)
- Egyéb ipari folyamatok (tejsav előállítás tejsavóból)



Köszönjük a figyelmet!

The background features a light blue and white color palette. It consists of several overlapping, wavy, semi-transparent layers. The bottom portion of the image is dominated by a fine, light blue grid pattern that follows the contours of the wavy layers, creating a sense of depth and movement.