

**Élelmiszer-fehérjék
átalakulása a feldolgozás és
tárolás során**

Az aminosavak átalakulása a feldolgozás és tárolás során

A fehérjék hőkezelése \longrightarrow aminosavak deszulfurálódása, dezaminálódása, izomerizációja, és egyéb kémiai átalakulása.

A kéntartalmú aminosavak változása a tejkezelés során

Termék	Mennyiség az összes S-tart. As%-ban		
	Met+Cys	Met-szulfoxid	MetO ₂ + CysO ₃ H
Sovány tejpor	78	8,5	13
– hevített	84	8,0	7
– 0,015 M H ₂ O ₂	61	29,0	10
– 0,15 M H ₂ O ₂	42	37,0	21

Ciszteinsav, metionin-szulfon, formil-kinurenin



Nem hasznosulnak

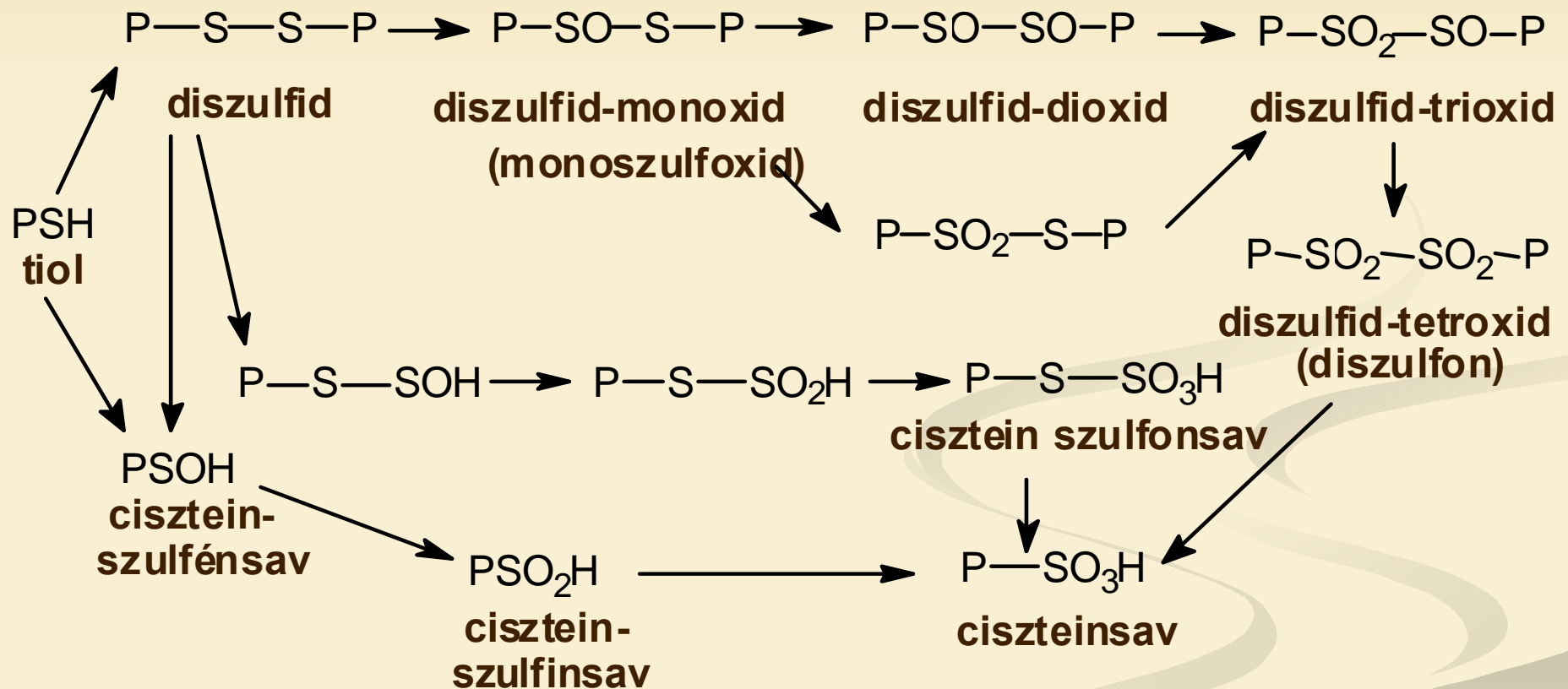
**Cisztin-szulfoxid, -diszulfoxid, cisztein-szulfénsav,
metionin-szulfoxid**



Részben hasznosulnak



A kéntartalmú oldalláncok oxidációjának lehetséges útjai



Deszulfurizáció

A cisztin, cisztein lebomlása magasabb hőmérsékleten \longrightarrow kén-hidrogén, metil-merkaptán, dimetilszulfid $\xrightarrow{\text{és}}$ egyéb reakcióképes csoportok.

Izomerizáció

Racemizáció és epimerizáció

Magas hőmérsékleten és/vagy lúgos körülmények között.

Táplálkozásbiológiai érték, emészthetőség csökken.

De ezen túl D-aminosavak toxikusak is lehetnek.

argininből \longrightarrow ornitin, karbamid, citrullin, ammónia

ciszteinből \longrightarrow dehidroalanin

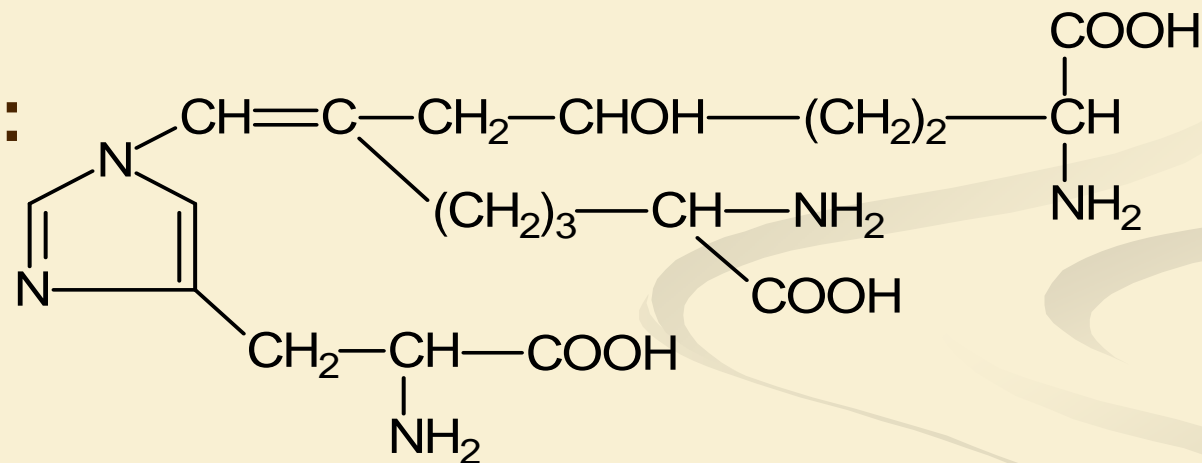
Fehérje-fehérje kölcsönhatások

Keresztkötések a polipeptidláncon belül
polipeptidláncok között.

Pl. keratinban és fibrinben:

γ -glutamil- ϵ -N-lizin vagy

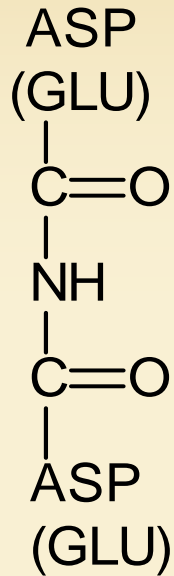
kollagénben:



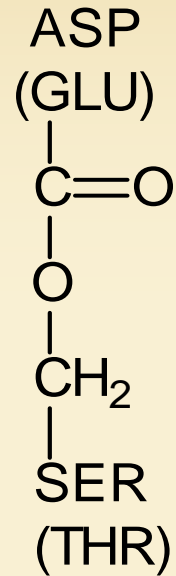
hisztidil-allyl-hidroxi-allizin

Plazmaalbumin $\xrightarrow{\text{hevítés}}$ kapcsolat glutamil- és lizil-
oldallánc között + NH₃

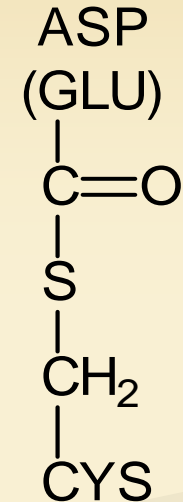
Lehetnek még:



imid kötés



észter kötés



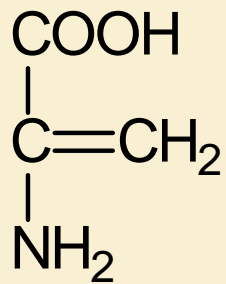
tioészter kötés

**Metionin szulfonium származékai → homoszerin
laktóná alakulhatnak.**

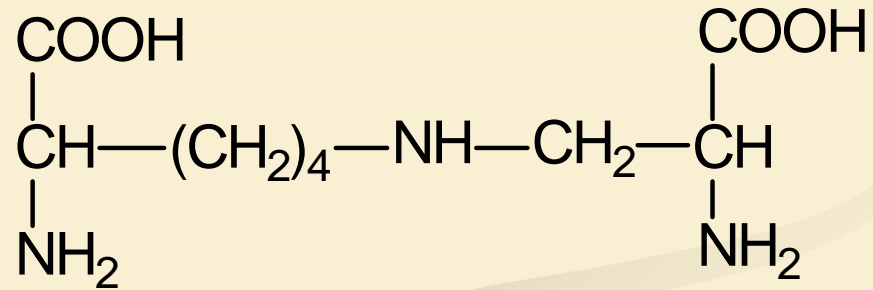
Az acilezett lizinszármazékok csökkent táplálkozási értékűek!

Származék	Hasznosulás az állatkísérletben (%)
ϵ -N-formil-Lys	50
ϵ -N-acetil-Lys	50
ϵ -N-(- γ -glutamil)-Lys	100
ϵ -N-(- α -glutamil)-Lys	100
α -N-glicil-Lys	80
ϵ -N-glicil-Lys	100
ϵ -N-(acetil-glicil)-Lys	0
α -N-(propionil)-Lys	0
ϵ -N-(propionil)-Lys	70

Lizinoalanin képződés (lúgos kezelés során) (LAL)

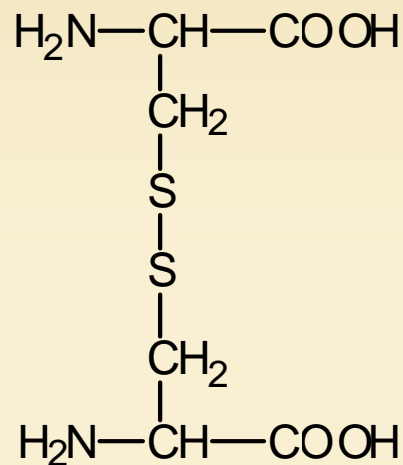


dehidroalanin

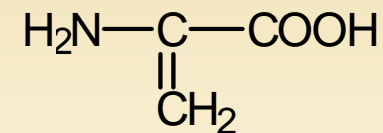
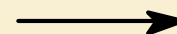
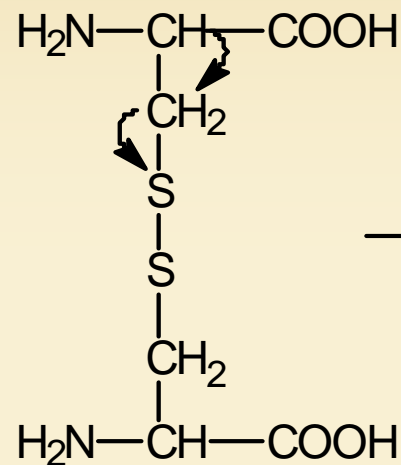


lizinoalanin

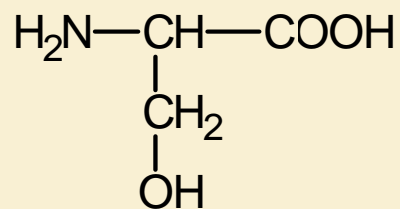
Prekurzor a dehidroalanin (DHA)



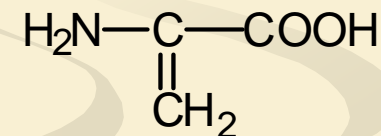
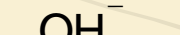
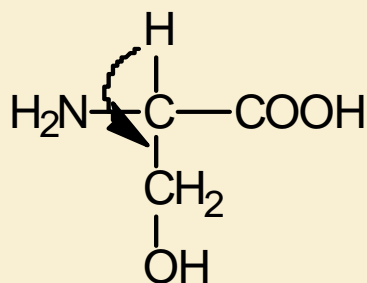
cisztin



dehidroalanin

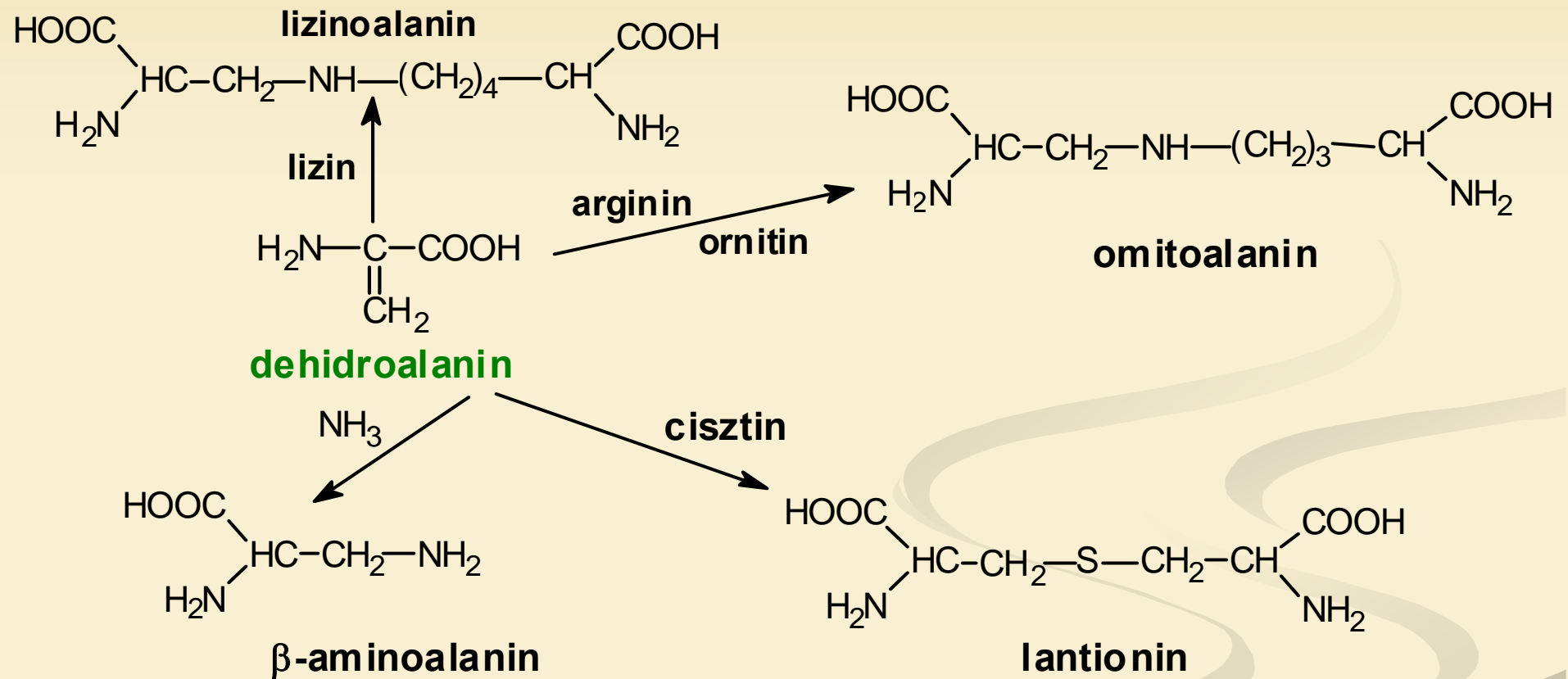


szerin



dehidroalanin

A dehidroalanin reakciói



A dehidroalanin biológiai hatásai:

- Patkány vese hámszövet sejtmagjai, annak DNS- és fehérjetartalma nő, a vesetubulusok sejtjei fokozottan osztódnak.
- Károsodás 50–100 mg/kg felett, 10000 mg/kg felett károsodás az egész vesében – nefrocitomegáliás tünetek.
- LAL szabad állapotban nefrotoxikus, kötött állapotban nem hatásos (2000–3000 mg/kg sem ad tüneteket).
- De! hidrolízis után a hatás megjelenik!
- LAL-mentes fehérje vagy S–S hidak csökkentik a hatást.

➤ **sztereoiszoméria hatása:**

LD > LL ≥ DL > DD LD 30-szor nagyobb mint a többi.

↙ ↘
Lys Ala részre vonatkozik.

- **Nyúl, aranyhőrcsög, egér, kutya, japán fürj, rhesus majom (10000 mg/kg LAL) negatív vagy minimális hatás.**
- **Emberi táplálék – alacsony LAL – nincs veszély.**

Egyes tápszerek és élelmiszerek LAL-tartalma

Termék	Linzinoalanin (mg/kg)
Tejfehérje koncentrátum	179–377
Robébi MCT	39–103
Roboprotein komplet	38–57
Kazein-hidrolizátum	1560
Na-kazeinát	387 (200–600)
Kolbász (nyersen és 10 perc főzés)	0 és 50
Sűrített tej 10 perc főzés	700
Sovány tejpor	25
Marhahús konzerv	25
Szérumalbumin (120 °C, 6 óra, pH=6)	8000

A fehérjék kölcsönhatása szénhidrátokkal

Maillard-reakció

Karbonilcsoport bázikus N-vegyület (pl. As) jelenlétében történő elváltozása.

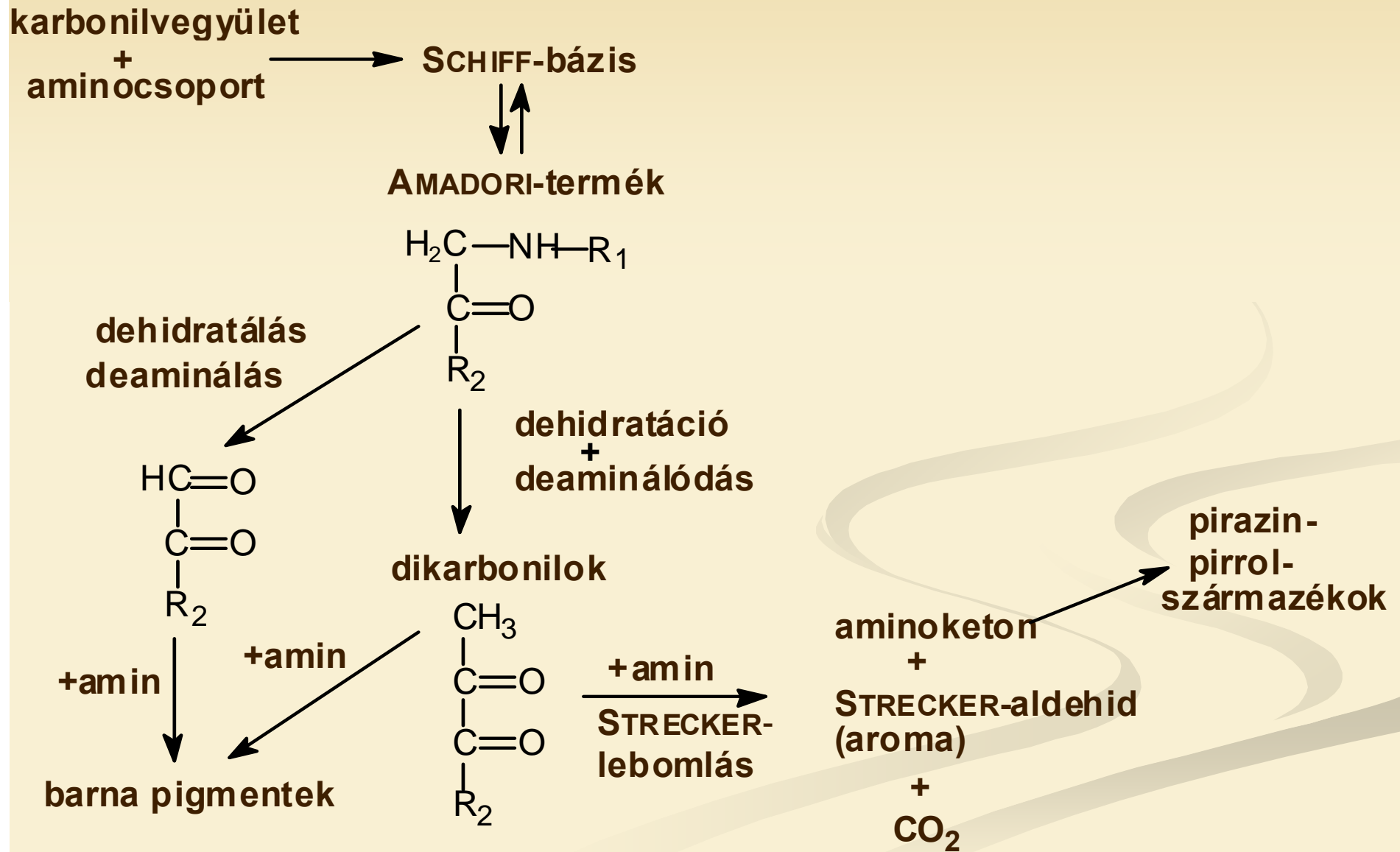
A reakció a hőmérséklettel nő.

(aktiválási energia: 80 kJ/mol)

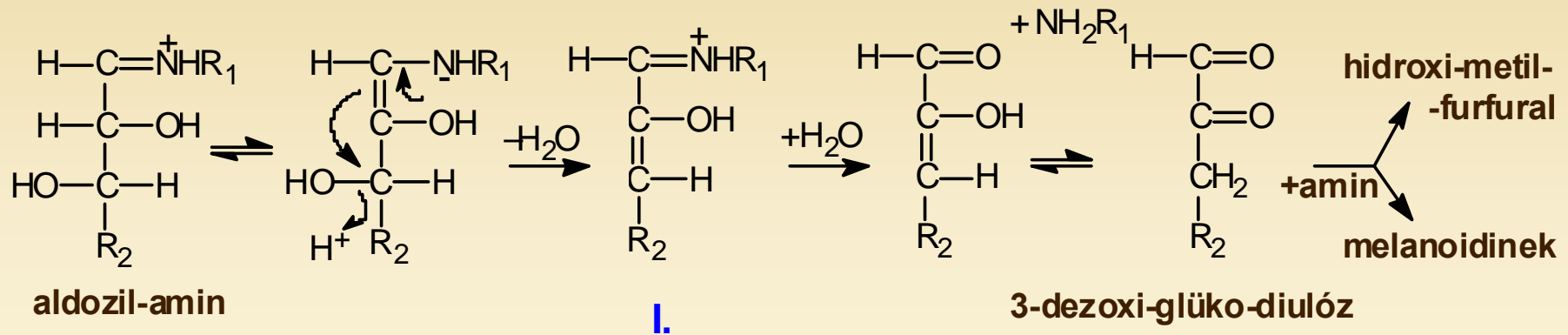
A reakciósebesség az izoelektromos ponton a legkisebb.

A reakciót befolyásolja még: lánchossz, a cukor szerkezete, az As fajtája.

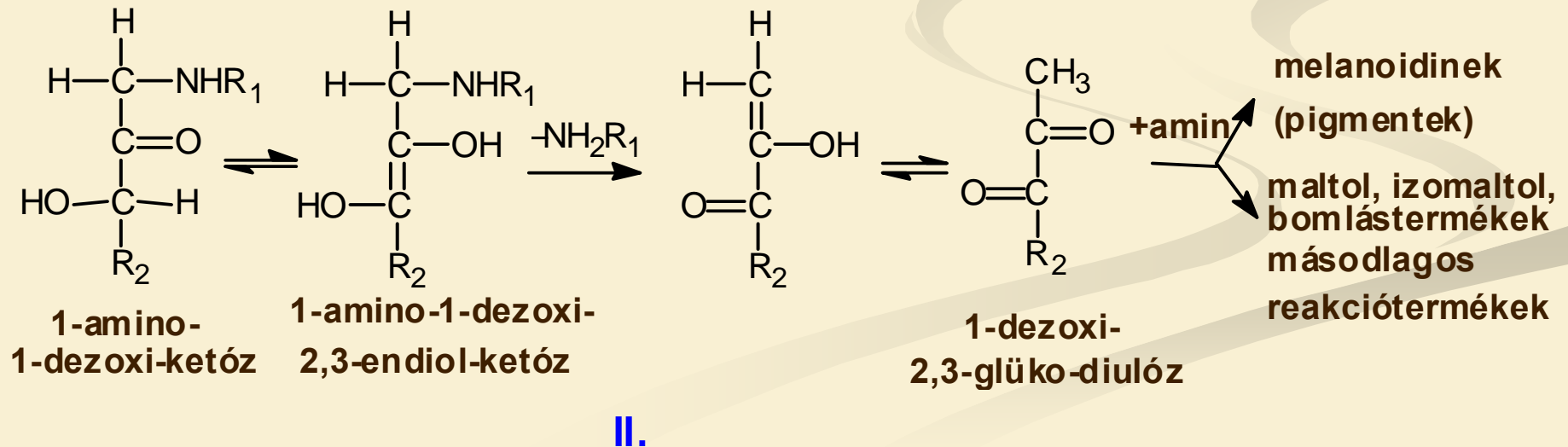
A Maillard-reakció vázlatos összefoglalása



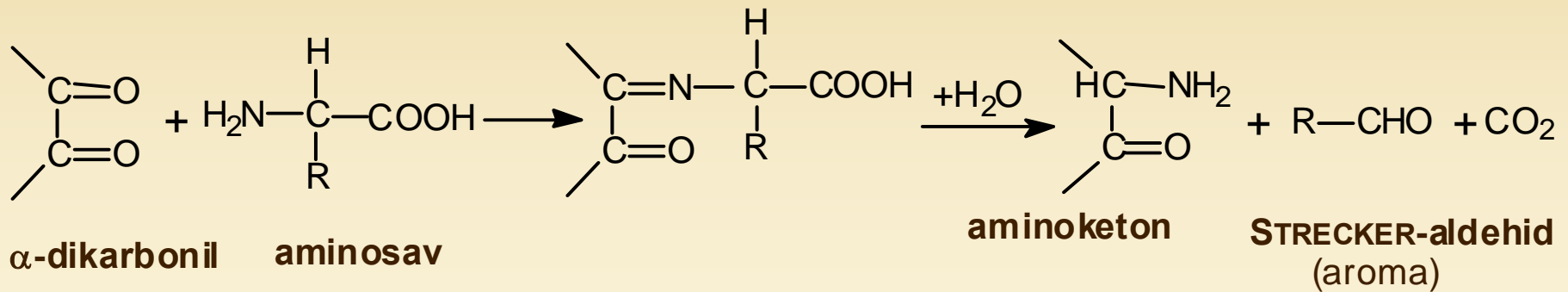
A Maillard-reakció 1. reakciósora



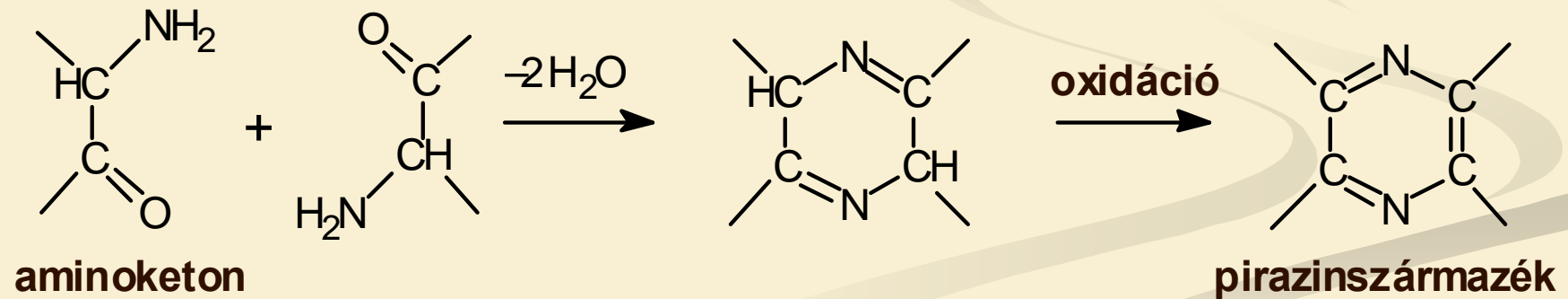
A Maillard-reakció 2. reakciósora



Aminosav Strecker-lebontása



Aminoketon átalakulása



Ribóz reakcióképesebb mint a xilóz, γ -As reakcióképesebb mint az α -As.

Fehérjékben kötött As-k is reakcióba léphetnek (N-terminális As, Lys, Met, Cys, Trp).

Csökken a hasznosítható Lys, Met, Cys, Trp-tartalom (Lys csökkenése a legjelentősebb).

Tej(fehérje) (Lys-ben és redukáló laktózban gazdag) a legérzékenyebb élelmiszer.

Gabonafélék: ha van keményítőbontó enzim érzékenyek.

Maillard-reakció \longrightarrow hozzáférhető Lys-tartalom csökken!

A lizintartalom csökkenése hőkezelés hatására

Fehérje (nyersanyag)	Lys-tartalom (mg/g)	Hőkezelési veszteség (%)
Globin	89,5	36
Albumin	94,0	40
Globulin	59,0	30
Állati szövet	48,0	18
Gabona	18,0	18

Kis szénhidráttartalmú élelmiszerek (húsok) nem érzékenyek.

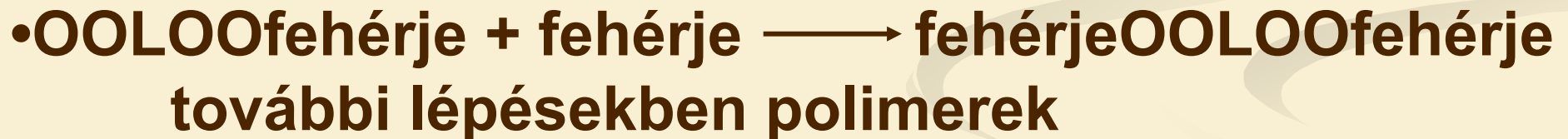
Reakciótermékek: lehet hogy toxikusak? (májrák, allergiás tünetek)

Melanoidinek (kenyér héjában) nehezen felszívódó mutagén vegyületek.

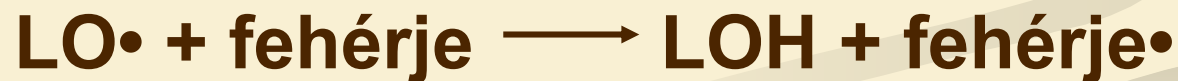
Fehérjék kölcsönhatása lipidekkel:

Fehérjekészítmények + oxidált linolsavészter

Lipidek szabad gyökei: L•, LO• (alkoxi), LOO• (peroxi)



Másik gyökös reakció:



Gyök az α C-atomon, ritkán Cys S-atomján.

**Hatás: fehérje molekulatömeg-növekedés,
veszteség: Met, Cys, His, Lys.**

Karbonil-amin reakció:

(oxovegyület és NH_2 -csoport között)



Bizonyíték: Schiff-bázis elnyelési színekép.

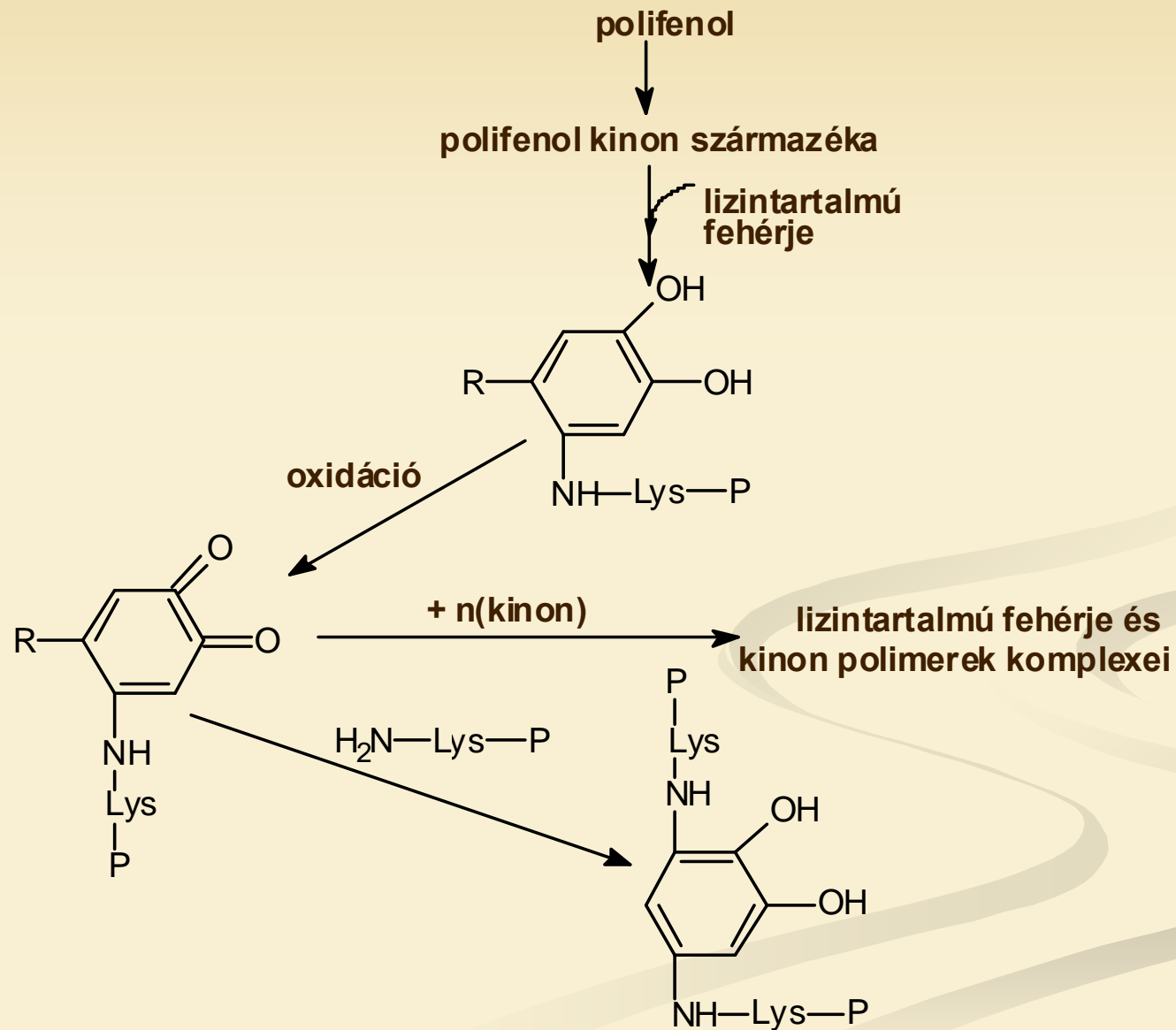
Veszteség: metionin, hisztidin, hozzáférhető-Lys.

Fehérjék kölcsönhatása polifenolokkal

Polifenolok oxidációja \longrightarrow oxidált polifenolok

Csökkenti a hozzáférhető Lys mennyiségét, valamint a fehérje biológiai értékét.

Fehérjék kölcsönhatása polifenolokkal

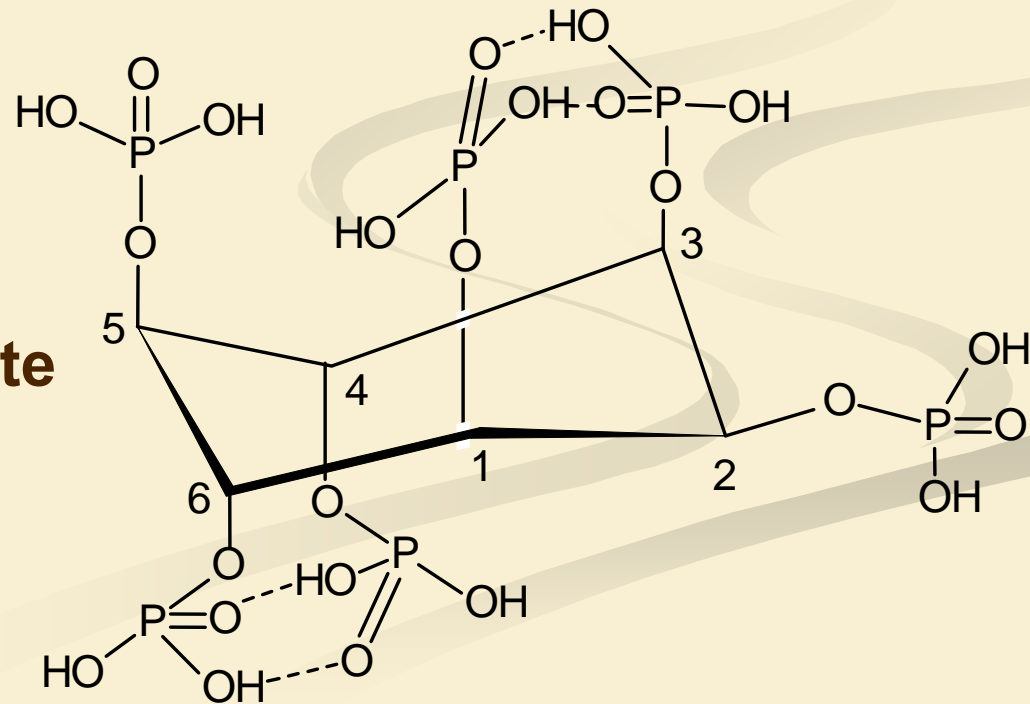


Fehérje–fitinsav kölcsönhatások

Biológiai szerepe:

- **foszfor + inozittárolás**
- **mikroelemek felszívódása**
(kelát-képző)
- **kölcsönhatás a fehérjékkel**

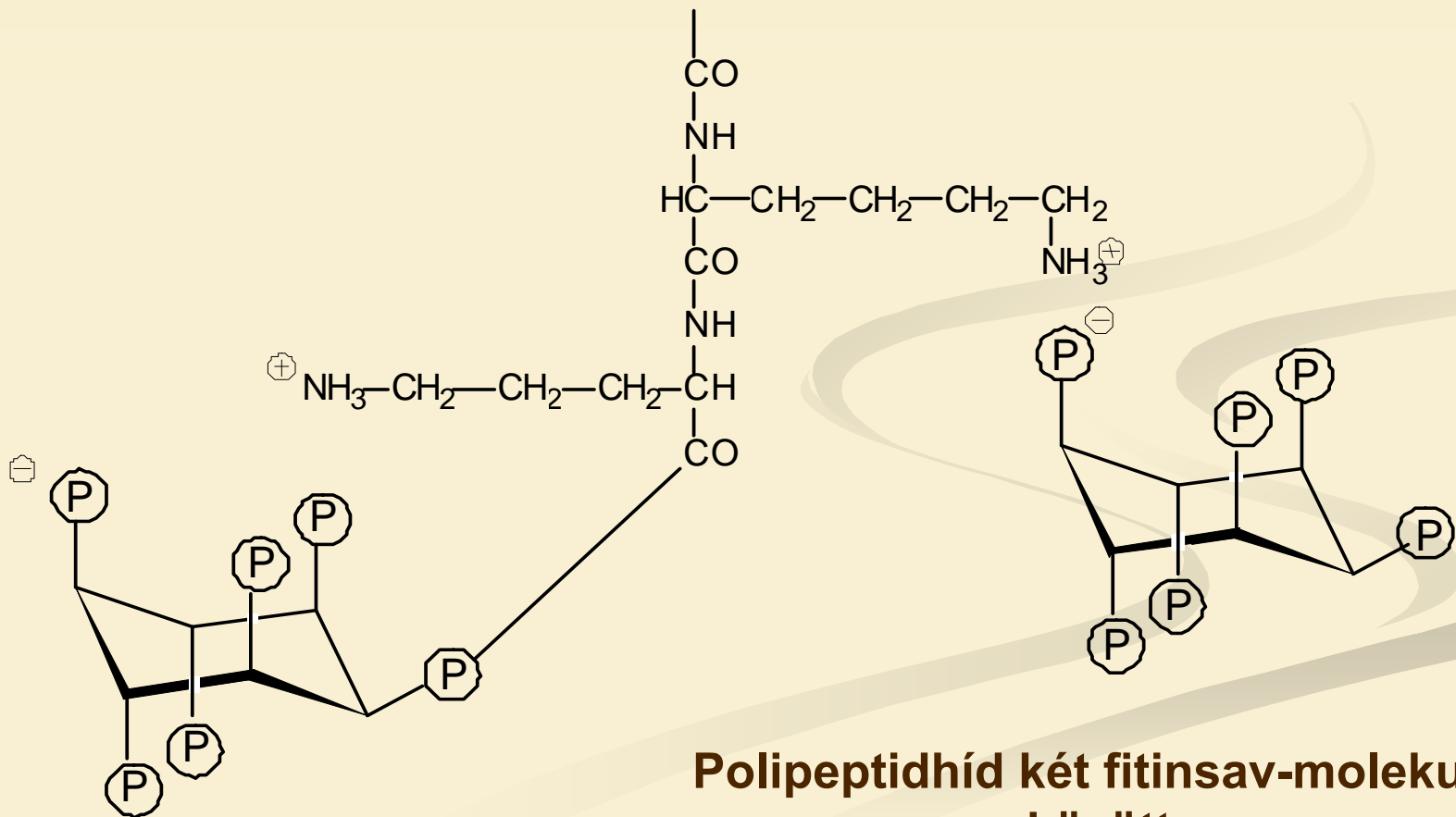
A fitinsav szerkezete



Kation jelenlétében: fitinsav-fém-fehérje (hármás komplexek)



stabil komplex



Polipeptidhíd két fitinsav-molekula között