

## Živilska kemija

40 ur predavanj (Cigić, Abramovič)  
10 ur seminarja (Cigić, Abramovič)  
25 ur vaj (Abramovič)

Predavanja in seminarji

- TO 13:00-16:00
- SR 14:00-16:00
- ČE 12:00-16:00

V okviru seminarjev bomo predvsem utrejevali snov za izpit

Pisni izpit (ocena) – prijava po opravljenem kolokviju iz vaj

Kontakti:

doc. dr. Blaž Cigić  
mail: [blaz.cigic@bf.uni-lj.si](mailto:blaz.cigic@bf.uni-lj.si)  
tel: 01 320 37 84

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Obseg snovi

- Voda, vodna aktivnost, sorpcijske lastnosti
- Proteini – proteini v živilih, kemizem in funkcionalne lastnosti
- Lipidi- lipidi v živilih, kemizem in funkcionalne lastnosti
- Ogjikovi hidrati- ogjikovi hidrati v živilih, kemizem in funkcionalne lastnosti
- Naravna barvila, neencimsko porjavenje (Maillardova reakcija)
- Endogeni encimi v živilih, uporaba encimov v živilstvu
- Minerali in vitamini
- Aditivi
- Seminar-specifični primeri in ponavljanje

VIRI

- Fennema, O. R. 2008. *Food Chemistry*. Fourth Edition. Marcel Dekker, Inc., New York, ZDA, 1067 s.
- Belitz H. D., Grosch W. 1999. *Food Chemistry*. Second Edition. Springer Verlag, Berlin, Nemčija, 992 s.
- deMan J. M. 1999. *Principles of Food Chemistry*. Third Edition. Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland, ZDA, 520 s.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Beseda "protein"

Izhaja iz Grške besede *proteios*, ki pomeni "prvi, najpomembnejši"

Uvedel jo je Jon Berzelius  
Švedski kemik

Odkril je, da krompirjev ekstrakt učinkoviteje hidrolizira škrob kot žveplove kisline. Zakaj??



Jöns Berzelius (1779-1848)  
Figure 1.1

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Aminokisliline se povezujejo s peptidno vezjo in tvorijo proteine

V povezavi s 3-D zgradbo proteinov določimo štiri nivoje strukturne organiziranosti

### PRIMARNA STRUKTURA

• Zaporedje aminokislinskih ostankov znotraj ene polipeptidne verige ustreznega peptida ali proteina

### SEKUNDARNA STRUKTURA

• Prostorska struktura polipeptidne verige, ki jo z medmolekulskimi vezmi tvorijo aminokislinski preostanki, ki so si blizu po primarni strukturi

### TERCIARNA STRUKTURA

• Prostorska struktura celotnega proteina, ki jo z medmolekulskimi vezmi tvorijo vse AK znotraj proteina, tudi tiste, ki so daleč po primarni strukturi

### KVARTARNA STRUKTURA

• Prostorska struktura, ki se nanaša na polimerne proteine sestavljene iz več polipeptidnih verig, ki medsebojno niso povezane s peptidnimi vezmi

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Medmolekulske in kovalentne vezi definirajo 3-D strukturo proteinov

**Sekundarna struktura:**  
• H vezi med N-H in C=O v peptidni vezi

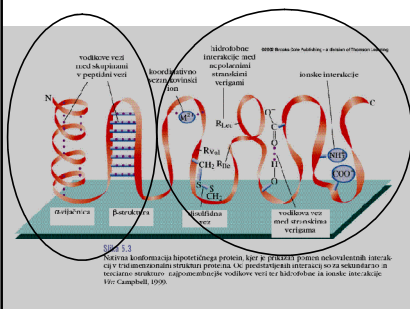
**Terciarna struktura:**

Terciarno strukturo definirajo:

**Medmolekulske vezi** med stranskimi skupinami  
AK ostankov  
• Ionske interakcije  
• Hidrofobne interakcije  
• Vodikove vezi

in

**Kovalentne disulfidne vezi** med cisteini.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

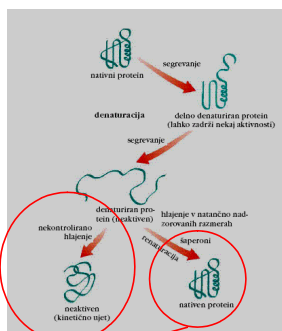
---

## Denaturacija proteinov

Strukturo proteina, ki je v nativni obliki, lahko z določenimi fizikalnimi in kemijskimi dejavniki porušimo (**temperatura, pH, kemijski denaturanti, detergenti, organska topila**)

Značilnosti denaturiranih proteinov

- Izguba biološke funkcije
- Slabša topnost, obarjanje (koagulacija) globularnih proteinov
- Boljša topnost fibrilarnih proteinov (kolagen-želatina)
- Največkrat slabša vezava vode
- ↑ dostopnost za proteinaze



• "Načeloma" se proteini lahko renaturirajo

PROBLEM: ↑ koncentracija

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Kako različni fizikalno-kemijski dejavni vplivajo na stabilnost proteinov

**pH**

• Sprememba naboja karboksilnih in amino skupin vpliva na elektrostatske interakcije

**Temperatura**

• Visoka temperatura destabilizira vodikove vezi (denaturacija pri visoki temperaturi)  
 • Nizka temperatura pri nekaterih proteinih oslabi hidrofobne interakcije (cold denaturation)

**Nepolarno okolje (lipidi, organska topila, zrak!!!)**

• Vzpostavijo se hidrofobne interakcije nepolarnih AK iz notranjosti proteina s topilom (lahko se tvorijo pene in emulzije)

**Kemijske modifikacije**

• Vzpostavitev nenativnih disulfidnih vezi, oksidacija nekaterih AK, deaminacija nekaterih AK, hidroliza peptidnih vezi

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Faktorji, ki vplivajo na termično stabilnost proteinov

**Aminokislinsko zaporedje in sestava**

(študije na osnovi proteinov iz termofilnih proteinov)

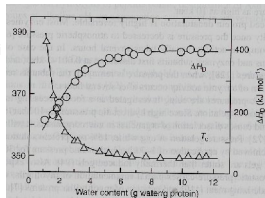
- Asn in Gln ↓  $T_d$  (deaminacija)-slabša stabilnost
- Cys, Met, Trp ↓  $T_d$  (možnost oksidacije) – slabša stabilnost
- Pro ↑  $T_d$  (večja rigidnost)-boljša stabilnost
- Veliko število ionskih vezi v notranjosti proteina-boljša stabilnost
- Relativno veliko kemijsko vezane v vode v notranjosti proteinov-boljša stabilnost

**Vsebnost vode (vlažnost)**

• Proteini so v dehidrirani obliki bolj termostabilni

**Dodatki soli, sladkorja, glicerola**

• Zaradi zmanjšane vodne aktivnosti, so proteini bolj stabilni




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Denaturacija proteinov: čas in temperatura

• Proteini se ne denaturirajo neskončno hitro

• Krajši čas/višja T in obratno

Table 3-7 Heat Coagulation Temperatures of Some Albumins and Globulins and Casein

Protein	Coagulation Temp. (°C)
Egg albumin	56
Serum albumin (bovine)	67
Milk albumin (bovine)	72
Legumelin (pea)	60
Serum globulin (human)	75
<b>β-Lactoglobulin (bovine)</b>	<b>70-75</b>
Fibrinogen (human)	56-64
Myosin (rabbit)	47-56
Casein (bovine)	160-200

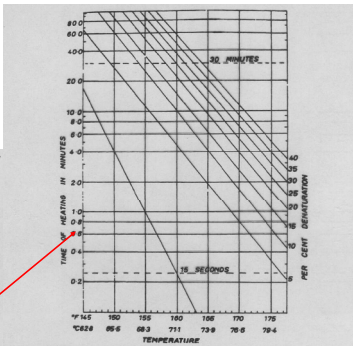


Figure 3-3 Time-Temperature Relationships for the Heat Denaturation of Whey Proteins in Skim Milk. Source: From H.A. Harland, S.T. Cocher, and R. Janney, The Effect of Various Steps in the Manufacture on the Extent of Serum Protein Denaturation in Nonfat Dry Milk Solids. J. Dairy Sci. 35: 363-368, 1952.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Viri proteinov v človeški (in živalski) prehrani

#### Proteini živalskega izvora

- Meso (svinjina, perutnina, govedina...)
- Ribe
- Mleko
- Jajca

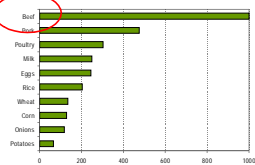
#### Proteini rastlinskega izvora

- Žita (pšenica, oves, riž, koruza...)
- Stročnice (soja, fižol,...)
- Zelenjava
- Oljne rastline

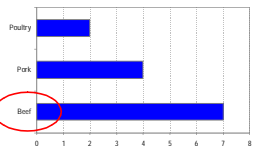
#### Alge

#### Mikrobni proteini

Kolicina vode v gramih, ki je potrebna za tvorbo 10 g proteinov



Koliko kg žita potrebujemo za 1 kg mesa




---

---

---

---

---

---

---

---

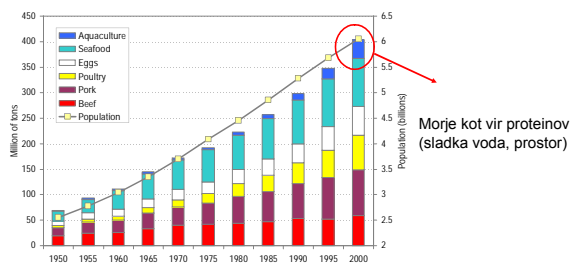
---

---

---

---

### Rast števila prebivalcev sovpada z rastjo produkcije živalske hrane




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Klasifikacija proteinov glede na kriterij topnosti

#### Albumini

- Dobro topni v vodi (goveji serumski albumin, jajčni albumin)

#### Globulini

- Slabo topni v vodi, toda topni v raztopinah soli (vsebujejo veliko Glu in Asp, beta-laktoglobulini v mleku)

#### Histoni

- Topni v kisljih raztopinah (vsebujejo mnogo Lys in Arg-vezava DNA)

#### Prolamini

- Netopni v vodi ali etanolu, topni v mešanici obeh topil (vsebujejo mnogo Arg, Glu, Asp in Pro- osnovni skladiščni proteini v semenih žit)

#### Skleroproteini

- Slabo topni v vodi in raztopinah soli (vsebujejo mnogo Gly, Pro, Ala-fibrilarni proteini vezivnega tkiva, npr. kolagen)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

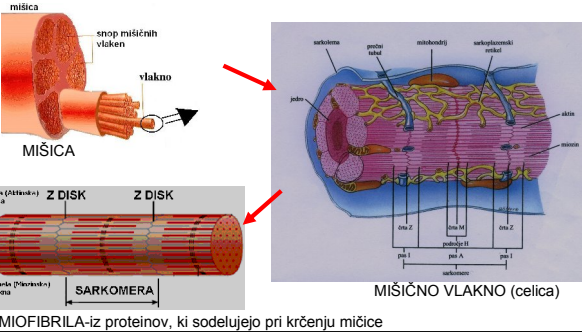
---

---

## Proteini v mesu

Pod pojmom meso največkrat razumemo mišično tkivo (skeletne mišice)

Skeletne mišice so sestavljene iz dolgih vlaken-celic (dolžina do nekaj 10 cm in premer nekaj 10 mikrometrov)




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Proteini v mesu

### Miofibrilarni proteini

- ≈ 60% vseh mišičnih proteinov
- tvorijo miofibrile in sodelujejo v procesu krčenja mišic
- fibrilarni, topni v raztopinah z veliko ionsko jakostjo

### Sarkoplazemski proteini

- ≈ 30% vseh mišičnih proteinov
- encimi, mioglobin, hemoglobin
- globularni, topni tudi v vodi

### Proteini vezinega tkiva

- ≈ 10% vseh mišičnih proteinov
- kolagen, elastin, mitohondrialni proteini, netopni encimi
- različnih oblik, ekstracelularni in intacelularni, topni šele v kislinah in bazah

---

---

---

---

---

---

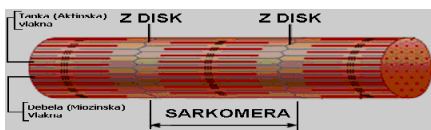
---

---

---

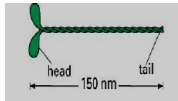
---

## Miofibrilarni proteini



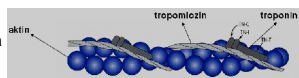
### Miozin

- 30% vseh mišičnih proteinov (50 %-miofibril)
- Mr = 500 kDa
- 60-70 % α-vijačnice
- topen v raztopinah z veliko ionsko jakostjo



### Aktin

- 13 % vseh mišičnih proteinov
- Mr monomera = 46 kDa
- tvori polimere z Mr nekaj milijonov kDa
- slabše topen kot miozin



Zgradba aktinskega miofilamenta

### Tropomiozin

### Troponin

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sarkoplazemski proteini

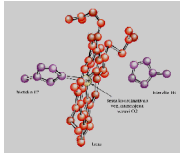
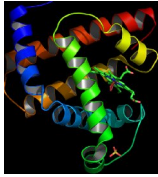
**Glikolitični encimi** –metabolizem glukoze

**Proteinaze**-mehčanje mesa

- Kalpaini (serinske proteinaze)
- Katepsini (cisteinske proteinaze)

**Mioglobin** –vezava kisika (17 kDa)  
•pomemben pigment

**Hemoglobin** -prenos kisika (68 kDa-tetramer)




---

---

---

---

---

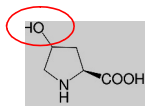
---

---

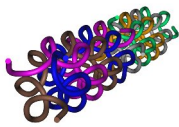
---

## Proteini vezivnega tkiva: kolagen

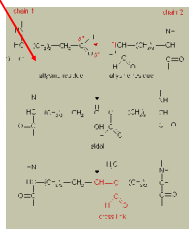
- Koža, mišice, kosti, zobje, kite
- V živalskem tkivu količinsko najbolj razširjen protein (20-25%)
- Vsebuje dosti glicina, prolina in hidroksiprolina (rigidnost)
- Fibrilarna struktura (preplet treh vijačnic-tropokolagen)
- Možne prečne povezave z drugimi verigami, ki vplivajo na topnost in čvrstost
- V prečne povezave je vključen lizin, in oksidiran lizin (amino→aldehidna)
- Delno topen v raztopinah soli, kislin in baz
- Delno hidroliziran, pri temperaturah nad 80 °C, topen kolagen, imenujemo **želatina**



hidroksiprolin



preplet 3  $\alpha$ -vijačnic




---

---

---

---

---

---

---

---

## Želatina - topen kolagen

- Vir želatine so kosti koža
- Kisla, bazična ali encimska hidroliza kolagena; nekaj jo nastane tudi pri termični obdelavi brez omenjenih dejavnikov (npr. žolca)
- Cepitev določenega števila peptidnih vezi in kovalentnih povezav (oksidiran lizin) med molekulami kolagena
- Želatine ločimo glede na dolžino peptidnih vezi in stopnjo zamreženosti med verigami
- Delno hidroliziran in denaturiran kolagen, se pri povišani temperaturi raztopi (ribji kolagen pri  $T \approx 45$  °C; sesalski kolagen pri  $T \approx 60-65$  °C)
- Po ohlajevanju se vrne v manj urejeno strukturo in tvori gel (veže zelo velike količine vode)
- Želatine ločimo glede na molekulsko maso ( $\alpha, \beta, \gamma$ );  $\alpha$ -ki ima najmanjšo Mr (80 kDa) je najvalitetnejša

---

---

---

---

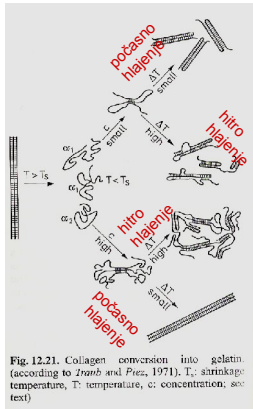
---

---

---

---

### Tvorba želatine



Koncentracija proteinov in temperatura ohlajevanja vplivata na tvorbo želatine

Fig.12.21. Collagen converted into gelatin. (according to Zborn and Piez, 1971). T.: shrinkage temperature, T: temperature, c: concentration; see text

---

---

---

---

---

---

---

---

### Posebnosti ribjih proteinov

#### Enaka delitev kot pri mesu

- Miofibrilarni, sakoplazemski in protein vezivnega tkiva

#### Razlike

- Miofibrile so krajše
- Vezivnega tkiva je manj kot pri sesalcih (krhkost)-verjetno manjša potreba za mehansko podporo zaradi tlaka vode
- Ribje miofibrile so precej bolj nestabilne kot pri sesalcih (spreminjajo se med obdelavo), bolj so dovzetene za delovanje proteolitičnih encimov
- Hidracija aktina in miozina se poslabša med zmrzovanjem-ribje meso otrdi
- Izoliran ribji miozin denaturira pri nevtralnem pH-ju in tvori agregate
- Vsebnost pigmentov (mioglobin in citokromi) je največkrat manjša kot pri sesalčjem mesu

---

---

---

---

---

---

---

---

### Mlečni proteini

Kravage mleko vsebuje približno 3-3,5 % proteinov (človeško le 1 %)

Dve osnovni proteinski frakciji

#### Kazeini

- Oborijo se pri pH 4.6
- Termostabilni (pri temperaturi vrelišča ne denaturirajo-seveda pri ustreznem pH-ju)
- Fosforilirani proteini (aminokislina serin)
- Komplicirana kvarтерна struktura (micele)
- Vsi se tvorijo v vimenu

#### Proteini sirotke

- Topni proteini pri predelavi mleka v sir
- Denaturirajo pri temperaturah na 72 °C
- Proteini niso fosforilirani
- Se ne tvorijo izključno v vimenu (kri)

---

---

---

---

---

---

---

---



### Mlečni proteini-kazeini

**Kazeini 80%-skupnih prot.**

- $\alpha_{s1}$ -kazein 31%
- $\alpha_{s2}$ -kazein 8%
- $\beta$ -kazein 31%
- $\kappa$ -kazein 10%

Kazeini tvorijo micelle

- Vezava vode
- Vezava kovinskih ionov
- Emulzije (homogenizirano mleko)
- Geli (jogurt)
- Pene (kapučino)
- Vir bioaktivnih peptidov

hidrolizira ga kimozin (Phe105-Met106; sir)

Pomembno vlogo pri stabilizaciji micel imajo

- Hidrofobne interakcije (nepolarne AK proteinov)
- Elektrostatke interakcije-fosforilirani proteini in  $Ca^{2+}$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Mlečni proteini-sirotka

**Proteini sirotke 19 %-skupnih proteinov**

- $\beta$ -laktoglobulin 10 %
- $\alpha$ -laktalbumin 4%
- goveji serumski albumin 1-2%
- Imunoglobulini (protitelesa)

Izjemno visoka biološka vrednost (aminokislinska sestava in prebavljivosti)

Proteinski izolati (prehranski dodatek)

Proteinski hidrolizati (prehranski dodatek)

Tehnološke lastnosti

- želira pri povišani temperaturi
- emulzije
- pene

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Kokošje jajce

- Beljak (55-60% mase jajca)**
  - 11% proteinov
  - 1% OH
  - 0,5 % mineralov
- Lupina (10 % mase jajca)**
  - 95 % apnenec
  - 2-3% organske snovi (proteini in OH)
- Rumenjak (30-35 % mase jajca)**
  - 17% proteinov
  - 33% lipidov
  - 1% OH

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





## Sojini proteini

### Soja-posušena

- 40 % proteinov
- 35 % OH
- 20 % lipidov
- 5 % pepel



- Sojini proteini so relativno dobro topni v vodi in v raztopini soli (albumini in globulini)
- Albumini**-heterogeni, vključujejo tudi inhibitorje proteinaz (prebava-vaje)
- Gliadini** –ločuje se jih s centrifugiranjem (2S, 7S, 11S, 15S –zaloga AK)
- Ker imajo malo (80 % se jih raztopini pri pH 6,8) slabo topnih proteinov (prolamini, glutelini), sojina moka ni primerna za kruh.
- Sojini proteini se oborijo pri pH 4,5; tisto kar preostane je sirotka
- Sojini proteini dobro vežejo vodo po termični obdelavi (sojino mleko)
- Če sojinemu mleku pri 65 °C dodamo Ca<sup>2+</sup> ione se tvori gel- (sojin sir ali Tofu)
- Dobra hranilna vrednost, za razliko od ostalih rastlin vsebujejo veliko lizina

---

---

---

---

---

---

---

---

## Kemijske modifikacije proteinov in aminokislin

Dejavniki ki vplivajo na kemijske modifikacije

- Temperatura
- pH
- Prisotnost kisika
- Prisotnost drugih organskih spojin, ki reagirajo s proteini/aminokislinami
- Prisotnost katalizatorjev
  
- Modifikacije funkcionalnih skupin na stranskih skupinah aminokislinskih preostankov
- Hidroliza peptidne vezi
- Kovalentno povezovanje polipeptidnih verig
- Izomerizacija aminokislin (L→D)
- Maillardova reakcija (posebno poglavje-zelo pomembna)
  
- Vplivajo na prehransko vrednost
- Vplivajo na funkcionalne lastnosti (topnost, penjenje, geli;...)
- Zaželjene/nezaželjene

---

---

---

---

---

---

---

---

## Najbolj reaktivne aminokisliline in aminokislinski preostanki v proteinih

V proteinih so naibolj reaktivne (občutljive) tiste AK, ki imajo na stranskih verigah funkcionalne skupine

- Dehidracija serina in treonina
- Oksidacija cisteina in metionina
- Deaminacija asparagina in glutamina
- Adicija lizina na karbonilne skupine in dvojne vezi

---

---

---

---

---

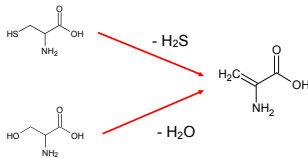
---

---

---

## Dehidroalanin

Nastane pri eliminaciji vode iz alanina in vodikovega disulfida iz cisteina



- Reakcija poteka v alkalnih raztopinah (npr. pri pripravi proteinskih izolatov) pri povišani temperaturi.
- Reakcija poteka tudi, če sta aminokislini vključeni v polipeptidno verigo
- Izguba prehranske vrednosti zaradi zmanjšane vsebnosti serina, cisteina in treonina
- Dehidroalanin je zelo reaktivna molekula in lahko reagira z drugimi aminokisljinami (npr. z lizinom)

---

---

---

---

---

---

---

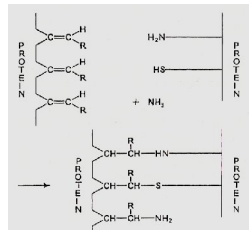
---

---

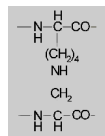
---

## Reaktivnost dehidroalanina → nastanek lizinoalanina

- Dehidroalanin, ki je vključen v polipeptidno verigo enega proteina, reagira z amino (taje dober nukleofil, saj ni protonirana) in s tiolno funkcionalno skupino, ki sta na drugem proteinu.
- Pride do kovalentnega povezovanja verig (slaša prebavljivost, zmanjšana vsebnost lizina)
- Nastanejo nove aminokisljine npr. lizinoalanin



- Lizinoalanin povzroča ledvične okvare pri glodalcih
- Študije na primatih niso pokazale toksičnosti (previdnost!!)
- Veliko ga najdemo v termično obdelanem mleku, posušenem beljaku, kazeinskih izolatih




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

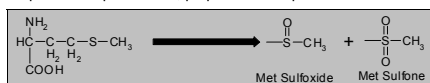
## Oksidacija aminokisljin

### Oksidacija cisteina

- Poteka v kislem (v alkalnem poteka eliminacija H<sub>2</sub>S-dehidroalanin)
- Oksidacija cisteina je reverzibilna, saj se nastali produkti *in vivo* lahko reducirajo nazaj v cistein
- Ko je cistein v obliki disulfida, je oksidacija irreverzibilna

### Oksidacija metionina

- Poteka v prisotnosti peroksidov, pri povišani temperaturi



metionin

*In vivo* se lahko reducira nazaj v metionin

Irreverzibilna izguba aminokisljine

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Racemizacija aminokislin (L→D)

•D-aminokislina nastanejo pri termičnem procesiranju v alkalnih raztopinah ter pri peki živil, ki vsebujejo proteine nad 200 °C

•Racemizacija (vzpostavljanje D-L ravnotežja poteka hitreje če so AK vključene v proteine, kot če so proste

•Slabša prebavljivost proteinov (proteaze določenih vezi ne bodo mogle hidrolizirati)

•Tudi če se resorbirajo, jih telo ne more uporabiti za biosintezo proteinov

•Nekatere D-AK so toksične (D-prolin)

**Table 1.30.** Formation of D-amino acids by alkali treatment of proteins\* (1% solution in 0.1 N NaOH, pH ~ 12.5, temperature 65 °C)

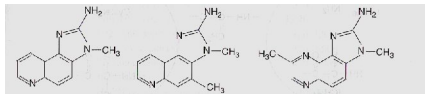
Protein	Heating time (h)	D-Asp (%)	D-Ala (%)	D-Val (%)	D-Leu (%)	D-Pro (%)	D-Glu (%)	D-Phe (%)
Casein	0	2.2	2.3	2.1	2.3	3.2	1.8	2.8
	1	21.8	4.2	2.7	5.0	3.0	10.0	16.0
	3	30.2	13.3	6.1	7.0	5.3	17.4	22.2
Wheat gluten	0	3.3	2.0	2.1	1.8	3.2	2.1	2.3
	1	29.0	13.5	3.9	5.5	3.2	25.0	23.3
	3	29.0	13.5	3.9	5.5	3.2	25.0	23.3
Promin (protein)	0	2.3	2.3	2.6	1.1	3.2	1.8	2.3
	3	30.1	15.8	6.6	8.0	5.8	18.8	24.9
Lactalbumin	0	3.1	2.2	2.9	2.7	3.1	2.9	2.3
	3	23.7	9.2	4.8	5.8	3.6	12.2	16.5

\* Results in % correspond to D- + L-amino acids = 100%.

## Toksični produkti, ki nastanejo pri ekstremnih temperaturah

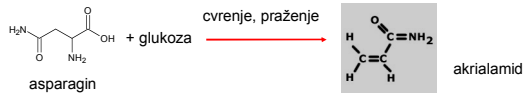
### Heterociklični aromatski amini

- So kondenzacijski produkti določenih aminokislin, sladkorjev in kreatina
- Nastanejo pri pečenju mesa pri zelo visokih temperaturah (npr. žar)
- So mutageni; dejanska nevarnost ni zelo velika, ker so prisotni le v zelo majhnih koncentracijah



### Akrlamid

- Zelo reaktiven-polimerizira (akrialmidni geli pri elektroforezi)
- Neurotokičen, kancerogen
- Verjetnost za nastanek akrilamida se da zmanjšati z ustrezno pripravo hrane



## Zaželjene modifikacije proteinov

- Delna hidroliza proteinov-izboljšane funkcionalne lastnosti.
- Popolna hidroliza proteinov do kratkih peptidov-proteinski hidrolizati (medicinska aplikacija).
- Maillardova reakcija (porjavenje) je do določene mere zaželjena zaradi barve in arome (kruh).
- S kovalentno modifikacijo lahko spremenimo naboj proteina (npr. modifikacija lizina, kar vpliva na funkcionalne lastnosti).
- Z nekaterimi encimi lahko načrtno, kovalentno povežemo proteine-povečana trdnost gelov.
- Deaminacija glutamina in asparagina-vedemo negativni naboj in pri tem bistveno ne vplivamo na prehransko vrednost

### Prehranska vrednost proteinov

Esencialne aminokisljine (9)

- Histidin
  - Izoleucin
  - Leucin
  - Lizin
  - Metionin
  - Fenilalanin
  - Treonin
  - Triptofan
  - Valin
- Aminokisljine telo izrabi za sintezo proteinov
  - Aminokisljine lahko uporabimo kot vir energije
  - Nekatere aminokisljine lahko telo pretvori v glukozo

Proteini	PDCAAS
• kazein	1.00
• jajčni beljak	1.00
• sojin proteinski koncentrat	0.99
• govedina	0.92
• fižol	0.68
• leča	0.52
• gluten	0.25
• želatina	0.08

Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS)

•Prehranska vrednost (normirana na prebavljivost in vsebnost esencialnih AK)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Aminokislinska sestava nekaterih proteinov

Table 3-2 Amino Acid Content of Some Selected Foods (mg/g Total Nitrogen)

Amino Acid	Meat (Beef)	Milk	Egg	Wheat	Peas	Corn
Isoleucine	301	399	393	204	267	230
Leucine	507	782	551	417	425	783
Lysine	556	450	436	179	470	167
Methionine	169	156	210	94	57	120
Cystine	80	—	152	159	70	97
Phenylalanine	275	434	358	292	287	305
Tyrosine	225	396	260	187	171	239
Threonine	287	278	320	183	254	225
Valine	313	463	428	276	294	303
Arginine	395	160	381	288	595	262
Histidine	213	214	152	143	143	170
Alanine	365	255	370	226	255	471
Aspartic acid	562	424	601	308	685	392
Glutamic acid	955	1151	796	1866	1009	1184
Glycine		Ile	Lys	Met	Trp	
Proline	Legumes	✓	✓			621
Serine	Grains	✓	✓	✓	✓	281
	Together	✓	✓	✓	✓	271

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Proteini kot antinutritivni dejavniki

#### Inhibitorji proteaz

•Stročnice vsebujejo inhibitor proteinaz v prebavnem traktu (tripsin), zato je potrebna termična obdelava-denaturacija

#### Alergeni

- Nekateri ljudje imajo protitela, ki prepoznajo določena polipeptidna zaporedja proteinov zaužitih s hrano
- Alergeni so nekateri proteini iz jajc, oreščkov, pšenice, soje, rib...
- Za alergijsko reakcijo so pogostokrat dovolj že izjemno majhne količine (oreščki, anafilaktični pok)
- Laktorna intoleranca ni posledica alergijske reakcije

#### Celiakija-posledica alergijske reakcije

- Določen peptid, ki nastane iz pšeničnega prolamina (gliadin), sproži imunski odziv v celicah sluznice tankega črevesa
- Antigen vsebujejo tudi prolamin nekaterih drugih žit (rž, ječmen)
- Za sproženeje imunskega odziva so dovolj že zelo majhne koncentracije gliadinov

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---