

Univerzitet u Beogradu  
Fakultet veterinarske medicine  
Katedra za higijenu i tehnologiju namirnica animalnog porekla

# **Hemijski sastav mleka: enzimi, soli, mineralne materije, vitamini**

# Enzimi

- U mleku se nalazi preko 60 različitih enzima
- Poreklo: ćelije mlečne žlezde, krvna plazma, leukociti, mikroorganizmi
- Mali broj enzima ima praktični značaj: ukazuju na zdravlje mlečne žlezde, higijenu, procenu termičke obrade
- Proteini složene strukture na koji se veže neproteinski deo (prostetična grupa i kofaktor ili koenzim)
- Oksidoreduktaze: peroksidaza, katalaza, ksantin-oksidaza, superoksid-dismutaza
- Hidrolaze: fosfataze, proteaze, lipaze, amilaze, lizozim



# Enzimi

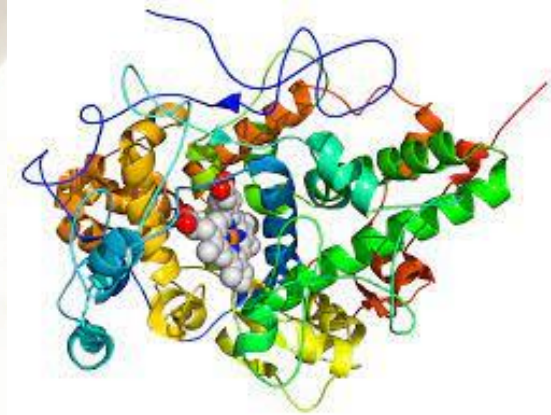
Enzim	Optimum		Nalaz u mleku
	pH	Temperatura (°C)	
Laktoperoksidaza	~ 6,5	25	Serum
Plazmin	~ 8	37	Micele kazeina
Lipoprotein-lipaza	~ 9	33	Micele kazeina (~80%)
Katalaza	~ 7	37	Leukociti
Ksantin-oksidaza	~ 8	37	Membrana masne kapljice
Alkalna-fosfataza	~ 9	37	Membrana (30—50%)

- Egzogeni enzimi, proteaze i lipaze, uglavnom su poreklom od psihrotrofnih mikroorganizama

- Endogeni enzimi poreklom iz mlečne žlezde ili iz somatskih ćelija



# Peroksidaza

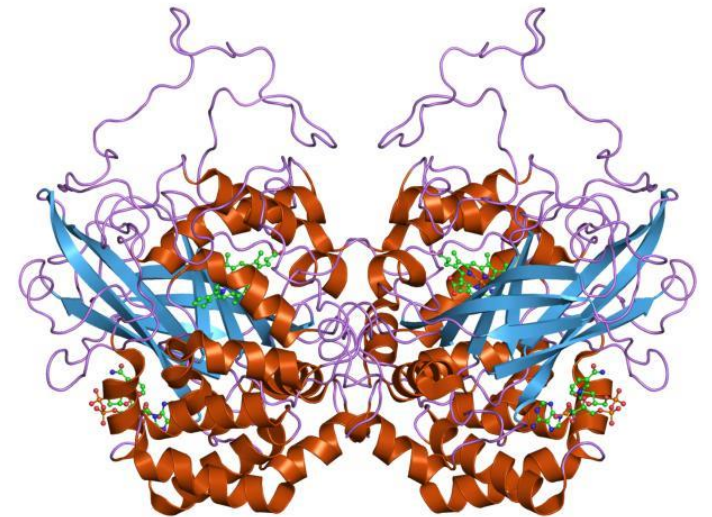


- Proteinski nosač + 2 atoma Fe - laktoperoksidaza
- Katalizuje razgradnju vodonik-peroksida na vodu i slobodni kiseonik
- Provera primenjenog režima visoke pasterizacije (mogućnost reaktivacije)
- Laktoperoksidaza u prisustvu tiocijanata i  $\text{H}_2\text{O}_2$  sprečava razmnožavanje bakterija u mleku



# Katalaza

- Katalizuje razgradnju vodonik-peroksida na vodu i molekularni kiseonik
- Poreklo: **mlečna žlezda** ili bakterije
- **Povećanje kod zapaljenskih procesa u mlečnoj žlezdi, srazmerno povećanju leukocita** ↑
- Indirektni određivanje broja somatskih ćelija (otkrivanje mastitisa; do 4 sata nakon muže)



## Ksantin-oksidaza

- Dehidrogenaza koja učestvuje u oksidoredukcionim procesima prenosa vodonika sa donora na akceptor
- Katalizuje oksidaciju dehidrogenacijom formaldehida, pri čemu nastaje mravlja kiselina, uz istovremenu redukciju akceptora vodonika

## Superoksid-dismutaza

- Katalizuje dismutaciju superoksidnog jona  $O_2^-$  do  $H_2O_2$  i kiseonika
- Učestvuje u oksidacionim procesima pri stvaranju kiselih radikala
- Štiti sastojke mleka od oksidacije

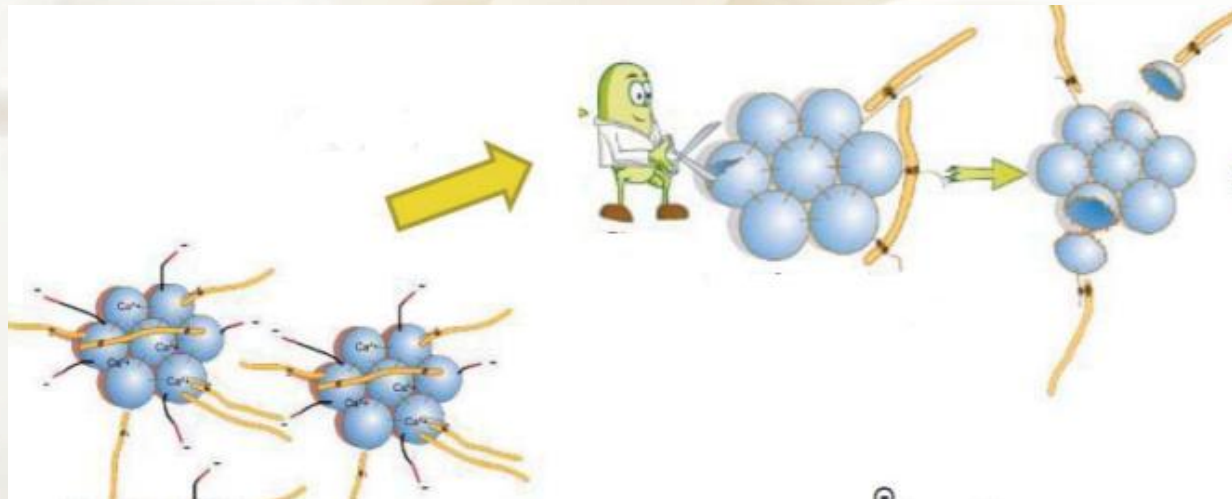
# Fosfataza

- Katalizuju hidrolizu estara fosforne kiseline
- Poreklom iz mlečne žlezde i bakterija
- Za mlekarstvo značajna **alkalna fosfataza**
- Delimično je slobodna, a delimično vezana za proteine adsorpcionog sloja masne kapljice
- Koristi se za ispitivanje da li je mleko obrađeno režimom niske ili kratkotrajne pasterizacije
- Kisela fosfataza nema značaja u mlekarstvu!



# Proteinaze

- Razlažu peptidne veze u proteinima mleka ili proizvodima njihove degradacije
- Poreklo: mlečna žlezda i mikroorganizmi
- Zbog niske koncentracije, slabe aktivnosti i prisustva inhibitora, ne dolazi do razgradnje belančevina u mleku
- Alkalne i kisele, vezane za kazein
- Najznačajnije su proteinaze mikroorganizama (*Pseudomonas* spp.) - termostabilne





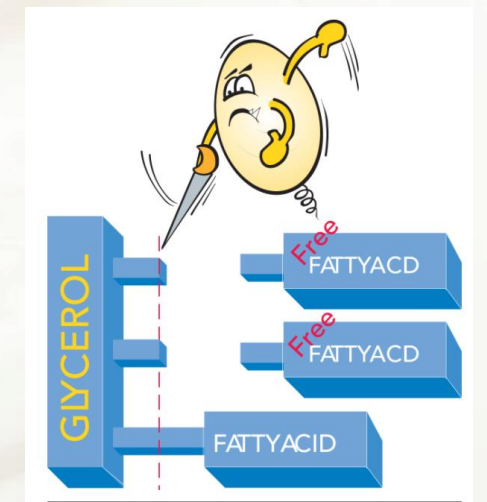
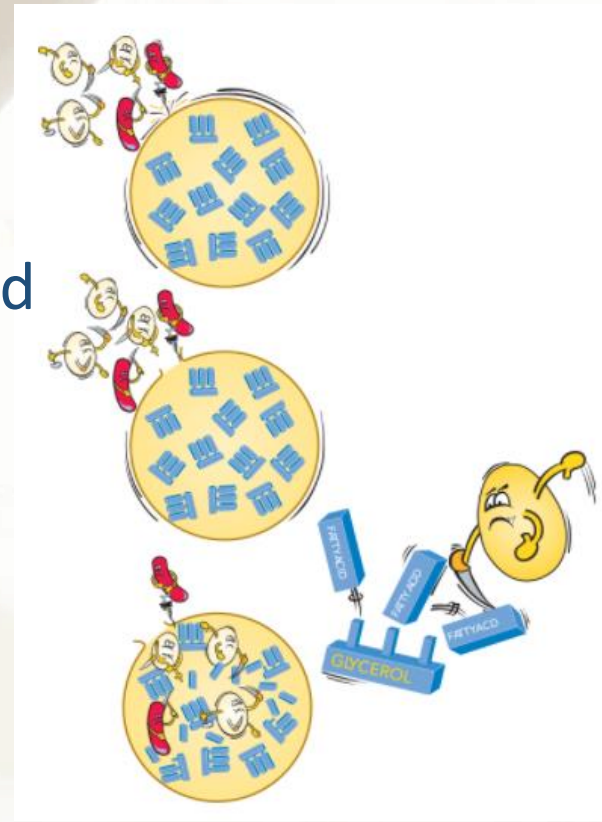


# Lipaze

- Katalizuju hidrolizu mlečne masti na masne kiseline i glicerol
- Poreklo: prirodne lipaze (lipoprotein lipaze), lipaze poreklom od mikroorganizama i iz leukocita

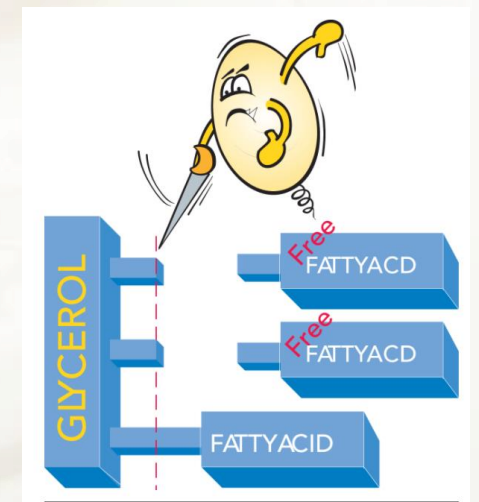
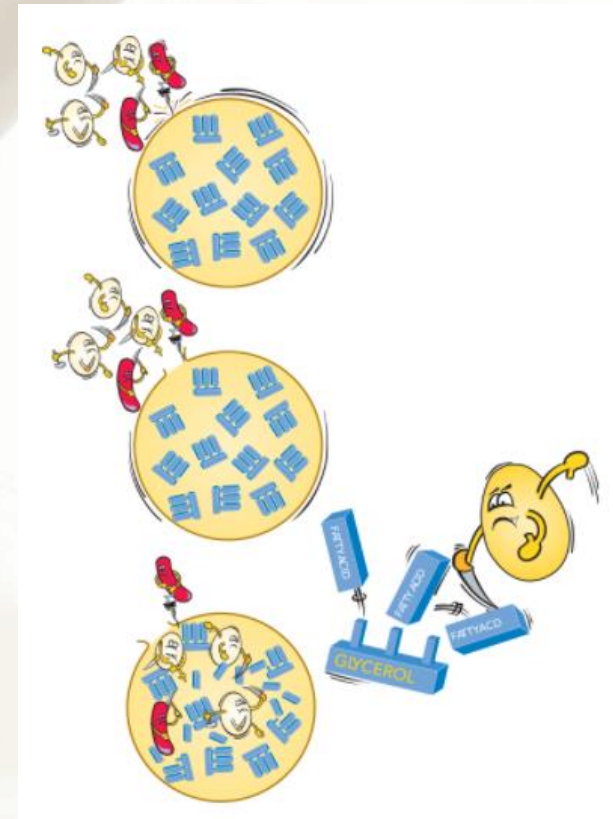
## Lipoprotein (prirodne) lipaze

- Posebnu aktivnost pokazuju prema trigliceridima sa kratkim lancima masnih kiselina i fosfolipidima
- Hidroliza na eksternim vezama na molekulu esterifikovanog triglicerida
- Vezane su za kazein i oslobađaju se dugim stajanjem
- Dejstvo prirodne lipaze nastaje samo ako je membrana masne kapljice oštećena ili postoji aktivator lipaze
- Na aktivnost ima uticaj pH, prisustvo inhibitora (masne kiseline sa dugim lancima) i aktivatora lipolize u mleku (lipoproteini i polipeptidi)
- Aktivnost zavisi od temperature i mehaničkih uticaja (mućkanje, prelivanje, transport)



# Lipaze

- Faktori koji utiču na lipolizu: temperatura hlađenja, promena temperature, homogenizacija, mastitis, faza laktacije
- Lipolitički mikroorganizmi (psihrotrofni mikroorganizmi)
- Lipaze hidrolizuju mlečnu mast, pri čemu se povećava koncentracija slobodnih masnih kiselina u mleku
- Masne kiseline od 4 do 12 C atoma izazivaju promenu ukusa mleka u konc. 2mEq/100g masti u mleku ili 1,5 mEq/100g u pavlaci ili maslacu
- Mogu da se reaktiviju



# Lizozim

- Lizozim hidrolizuje peptidoglukan cepajući  $\beta$ -1,4-glikozidne veze između N-acetil-muraminske kiseline i 2-acetamido-2-dezoksi-D-glukoze u mukopolisaharidu ćelijskog zida gram pozitivnih bakterija, što ima za posledicu njihovu lizu
- Baktericidna i litička aktivnost zavisi od afiniteta enzima za supstrat i specifičnosti anjona
- Niska aktivnost u kravljem mleku

# Amilaze

- Hidrolizuju skrob
- $\alpha$ -amilaza,  $\beta$ -amilaza
- Zavisi od stadijuma laktacije i zdravstvenog stanja mlečne žlezde (povećava se sadržaj  $\alpha$ -amilaze kod mastitisa)

# Mineralne materije

- 5% ukupne suve materije mleka
- Veliki značaj u ishrani, održavanju fizičko-hemijske ravnoteže i tehnoloških karakteristika mleka
- Mineralne materije se uglavnom nalaze u vidu disosovanih i nedisosovanih soli, manji deo je adsorbovan na proteine ili se nalazi kao sastavni deo enzima i vitamina
- Soli mleka sastoje se od neorganskih soli i soli neorganskih katjona i organskih anjona, a prosečno ih ima 0,9%
- Soli su ili adsorbovane na proteine ili rastvorljive (disosovane u manjem ili većem stepenu)

# Mineralne materije

- Mleko sadrži oko 0,65% pepela (0,6-0,8%)
- Pepeo sadrži elemente koji su poreklom iz organskih i neorganskih sastojaka mleka
- Pri sagorevanju mleka deo sastojaka se može izgubiti, a deo prelazi u druga jedinjenja
- Tokom žarenja dolazi do isparavanja nekih mineralnih materija (hlora, kalijuma, natrijuma)

# Sadržaj mineralnih materija u mleku

Katjoni/Anjoni	Molekulska masa	Raspon (mmol kg <sup>-1</sup> )	Prosek (mg 100 g <sup>-1</sup> )	Prisutna frakcija (u serumu)
<b>Katjoni</b>				
Na <sup>+</sup>	23	17-28	48	0,95
K <sup>+</sup>	39,1	31-43	143	0,94
Ca <sup>2+</sup>	40,1	26-32	117	0,32
Mg <sup>2+</sup>	24,3	4-6	11	0,66
Amini (R-NH <sub>2</sub> )		~1,3		~ 1
<b>Anjoni</b>				
Cl <sup>-</sup>	35,5	22-34	110	1
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	60	~ 2	10	~ 1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	96,1	~ 1	10	1
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (samo neorganski)	95	19-23	203	0,53
Citrati	189	7-11	175	0,92
Karboksilna kiselina		1-4		~ 1
Estri fosforne kiseline (rastvorljivi)		2-4		1

# Makroelementi

- Kalijum, natrijum i hlor – potpuno rastvoreni
- Kalcijum, magnezijum, fosfati i citrati – delimično rastvoreni, a delimično u nerastvroljivom stanju

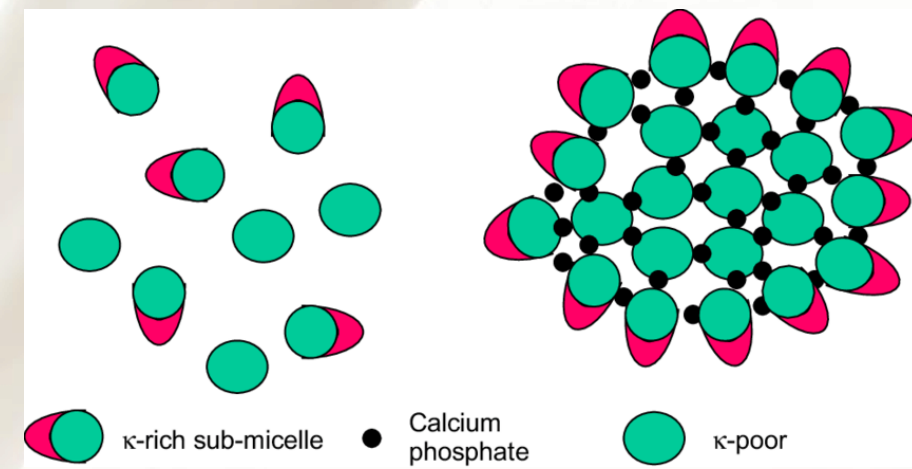
Sastojak	U mleku mg (%)	Hemijski oblik	U pepelu (%)
Kalijum	140	$K_2O$	22
Natrijum	58	$Na_2O$	8,6
Kalcijum	117,7	$CaO$	24,3
Magnezijum	12,1	$MgO$	2,2
Hlor	104,5	$Cl_2$	28,6
Fosfor	95,0	$P_2O_5$	14,3



# Kalcijum

Kalcijum se u mleku nalazi u nerastvornom, rastvornom obliku, a delom u obliku koloida (micelarni kalcijum-fosfat)

- Micelarni kalcijum-fosfat ima važnu ulogu u strukturi i stabilnosti micela kazeina
- Veliki tehnološki značaj (joni kalcijuma utiču na brzinu sirišnog zgrušavanja, količinu i kvalitet proizvoda, strukturu i konzistenciju sirnog testa)
- Mleko je bogato kalcijumom (za zadovoljenje potreba dovoljno je nešto više od pola litre mleka)
- Citrati se u mleku nalaze u vidu limunske kiseline, koja predstavlja oksitrikarboksilnu kiselinu. Ona se u ćelijama mlečne žlezde sintetiše iz pirogroždane kiseline i ima značajnu ulogu u održavanju puferskog kapaciteta mleka. Sa Ca i Mg stvara komplekse koju su važni za održavanje stabilnosti proteina mleka i sprečavanje koagulacije kod zagrevanja i zamrzavanja



# Soli

- Primarne soli u mleku su fosfati, citrati, hloridi, sulfati, karbonati i bikarbonati natrijuma, kalijuma, kalcijuma i magnezijuma
- Zavisi od vrste i rase životinja, faze laktacije i ishrane

So	Sadržaj (%)	So	Sadržaj (%)
NaCl	0,0962	$Mg_3(C_6H_5O_7)_2$	0,0367
KCl	0,0830	$CaHPO_4$	0,0671
$KH_2PO_4$	0,1156	$Ca_3(PO_4)_2$	0,0806
$K_2HPO_4$	0,0835	$Ca_3(C_6H_5O_7)_2$	0,2133
$MgHPO_4$	0,0336	Kalcijum vezan za kazein	0,0465
$K_3(C_6H_5O_7)$	0,0495		

# Mikroelementi

Element	$\mu\text{g/L}$
Kobalt	0,6
Bakar	130
Gvožđe	450
Mangan	22
Fluor	150
Jod	130
Selen	40-1270

# Vitamini

- Liposolubilni vitamini u mleku: A, D, E i K vitamini
- Hidrosolubilni vitamini u mleku: B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B6 (piridoksal i piridoksamin), B12 (kobalamin), B grupa (niacin, biotin, folna kiselina, pantotenska kiselina) i C (askorbinska kiselina) vitamin.

Vitamin	Sadržaj u mleku (mg/l)	Prosečne dnevne potrebe odraslog čoveka (mg)
A	0,2-2	1-2
B1	0,4	1-2
B2	1,7	1-4
C	5-20	30-1 00
D	0,002	0,01

# Vitamin A

- Mleko sadrži vitamin A i njegov provitamin  $\beta$ -karoten
- Vitamin A i karoten su rastvoreni u mlečnoj masti i vezani za omotač masne kapljice
- Sadržaj vitamina A u mleku zavisi od količine karotena u hrani muznih životinja
- Pri pasterizaciji mleka gubi se 20%, a pri proizvodnji mlečnih konzervi 10–20% vitamina A
- Gubitak vitamina A za vreme skladištenja: 25–50%
- Pri proizvodnji maslaca samo 5% smanjenja

# Vitamin D



- Mleko sadrži D2, D3, D4 i D5
- Sadržaj vitamina D u mleku zavisi od ishrane i načina držanja krava (ukoliko su hranjene na paši, sadržaj vitamina D je veći)
- Mleko se obogaćuje vitaminom D, jer prirodni sadržaj ne može da zadovolji potrebe čoveka
- Dodaje se koncentrat vitamina D u mleko
- Otporan na dejstvo visokih temperatura

# Vitamin E

- 95% vitamina E u mleku je u vidu  $\alpha$ -tokoferola, a ostatak pripada  $\gamma$ -tokoferolu
- Nalazi se u adsorpcionom sloju masnih kapljica
- Sadržaj zavisi od ishrane krava (pri ishrani krava zelenom masom dobija se mleko bogatije ovim vitaminom)
- Pri pasterizaciji i tokom čuvanja mleka sadržaj vitamina E se smanjuje za 20–30%
- U fermentisanim proizvodima od mleka smanjenje iznosi 10%, a u mleku u prahu 20%
- Utiče na stabilnost mlečne masti i time sprečava užeglost maslaca

# Vitamin B1 (tiamin)

- učestvuje u sastavu kofermenta karboksilaze koja katalizuje dekarboksilaciju pirogroždane kiseline u procesu transformacije ugljenih hidrata u organizmu
- Delom je slobodan, a delom vezan za fosforu kiselinu
- Prosečan sadržaj iznosi 0,5 mg/kg
- Pri niskoj pasterizaciji sadržaj tiamina se smanjuje 5,5–25%, a pri kratkotrajnoj 3–4%



# Vitamin B2 (riboflavin)

- sastavni deo flavin adenin dinukleotida i flavin mononukleotida (učestvuje u oksidaciji glukoze, masnih kiselina i aminokiselina)
- Sadržaj u mleku 1-2 mg/kg
- U toku termičke obrade mleka ne dolazi do smanjenja sadržaja riboflavina
- U nekim sirevima i fermentisanim proizvodima od mleka dolazi do povećanja sadržaja riboflavina, pošto bakterije mlečne kiseline imaju osobinu da stvaraju ovaj vitamin

## Vitamin B6 (piridoksin, piridoksal i piridoksamin)

- Biološki aktivan oblik je piridoksal
- Sadržaj 2,3 mg/kg
- Većinom slobodan, a u manjem procentu vezan je za proteine
- Otporan na temperaturu pasterizacije mleka
- Pri sterilizaciji i dužem čuvanju smanjuje se njegova količina.

## Vitamin B12 (kobalamin)

- Različiti oblici kobalamina, najviše adenzil i hidrosikobalamin
- Oko 95%, vezan za proteine surutke
- Sadržaj 0,003-0,005 mg/kg
- Najnestabilniji od svih vitamina u toku obrade mleka
- Cijanokobalamin najvećim delom potiče od mikroorganizama

## Vitamin PP (niacin)

- Ulazi u sastav dva kofermenta koji se nalaze u mleku i čine sastavne delove dehidrogenaze (nikotinamid-dinukleotid i nikotinamid-dinukleotid fosfat)
- Učestvuje u oksidoredukujućim procesima u organizmu
- Sadržaj 1-2 mg/kg (prosečno 1,5 mg/kg; 9-12% dnevnih potreba)
- Otporan je na visoke temperature, svetlo i kiseonik

## Vitamin H (biotin)

- U mleku 0,05 mg/kg (15% dnevnih potreba čoveka)
- Sadržaj zavisi od mikrobiote buraga
- Tokom pasterizacije sadržaj se smanjuje za 16%

## Folna kiselina

- Grupa jedinjenja derivata pteroiinske kiseline
- Biološki su aktivni samo redukovani oblici
- Sadržaj u mleku 0,06 mg/kg (14% dnevni potreba čoveka)
- Veći sadržaj u kolostrumu
- Tokom pasterizacije sadržaj se smanjuje za 5-15%, a pri sterilizaciji za 50%

## Pantotenska kiselina

- Ulazi u sastav kofermenta A koji ima ulogu u metabolizmu ugljenih hidrata, masnih kiselina i aminokiselina
- Mleko sadrži 3,1 mg/kg

# Vitamin C

The background of the slide features a dynamic splash of white milk against a light, neutral background. The milk is captured in mid-air, with several streams and droplets creating a sense of movement and freshness. The lighting is soft, highlighting the texture of the milk.

- Mleko je siromašni izvor ovog vitamina
- Vitamin C je podložan oksidaciji, pa se u posle muže i tokom različitih tehnoloških postupaka njegov sadržaj smanjuje
- Usled velike sklonosti ka oksidaciji, tokom pasterizacije sadržaj ovog vitamina se smanjuje za 30%
- Neki mikroorganizmi koji učestvuju u fermentaciji, imaju sposobnost produkcije vitamina C
- Vitamin C smanjuje oksidaciju mlečne masti i ima ulogu antioksidansa