

# OSOBITOSTI PROBAVNOG SUSTAVA I METABOLIZMA MAČKA VAŽNE ZA PRAVILNU PREHRANU

---

Skok, Dora

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Veterinary Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Veterinarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:178:167765>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Veterinary Medicine -  
Repository of PHD, master's thesis](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
VETERINARSKI FAKULTET**

**Dora Skok**

**OSOBITOSTI PROBAVNOG SUSTAVA I  
METABOLIZMA MAČAKA VAŽNE ZA  
PRAVILNU PREHRANU**

**Diplomski rad**

**Zagreb, 2022.**

**Zavod za prehranu i dijetetiku životinja**

**Predstojnica:** doc. dr. sc. Diana Brozić

**Zavod za kemiju i biokemiju**

**Predstojnik:** doc. dr. sc. Luka Krstulović

**Mentori:**

Prof. dr. sc. Tomislav Mašek

Doc. dr. sc. Kristina Starčević

**Članovi povjerenstva:**

1. doc. dr. sc. Luka Krstulović

2. doc. dr. sc. Kristina Starčević

3. prof. dr. sc. Tomislav Mašek

4. prof. dr. sc. Željko Mikulec (zamjena)

## **ZAHVALA**

*Zahvaljujem svima koji su mi pomogli pri izradi ovog diplomskog rada. Posebno se zahvaljujem mentoru prof.dr.sc. Tomislavu Mašku na brzim odgovorima i dobrim savjetima. Zahvaljujem se svim kolegicama koje su stajale uz mene sve ove godine studiranja. Iznimno sam zahvalna na skriptama i trikovima preživljavanja koje su samom dijelile Yasmin Idonea Yeoman, Leona Viličić i Marijana Marinović. Antoniji Šmisl i Leji Panzi. Zahvalna sam na razvoju novih metoda učenja i vječnom bodrenju u najtežim životnim situacijama. Svojim cimerima, mojoj privremenoj obitelji, zahvaljujem na miru u kući, zabavi i podršci, a posebno Gabrijeli Blažoti, Heleni Bešvir, Silviji Mikac i Marku Levaniću. Mama i tata, zahvalna sam što mi niste dopustili da odustanem.*

*Ljudi, hvala svima!*

## **POPIS PRILOGA:**

### POPIS TABLICA:

Tablica 1. Uloga i zastupljenost minerala, te znakovi viška i nestašice

### POPIS KRATICA:

ALA -  $\alpha$ -linolenska kiselina

AK - aminokiselina

Arg - arginin

Met - metionin

Cys – cistein

ARA – arahidonska kiselina

DHA – dokosaheksaenska kiselina

DNK – deoksiribonukleinska kiselina

EAK - esencijalna aminokiselina

EMK – esencijalna masna kiselina

EPA – eikozapentaenska kiselina

FEDIAF - European pet food industry (Europska industrija hrane za kućne ljubimce)

g/ $\mu$ g/mg – gram, mikrogram, miligram

HCl – klorovodična, želučana kiselina

IU/i.j. – international unit/internacionalna jedinica

kJ – kilodžul

kcal – kilokalorij (1 kcal = 4.1868 kJ)

LA – linolna kiselina

MDP – minimalna dnevna potreba

ME - metabolička energija

MK – masna kiselina

PDU – preporučeni dnevni unos

PUFAs - polyunsaturated fatty acids (višestrukonezasićene masne kiseline)

PUPD – polidipsija i poliurija sindrom

SAK - aminonokiseline koje sadrže sumpor

SB - sirova bjelančevina

SM – sirova mast

SMK - slobodna masna kiselina

ST – suha tvar

TM – tjelesna masa

# Sadržaj

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. OSOBITOSTI PROBAVE KOD MAČAKA</b>	<b>3</b>
<b>3. ODGOVARAJUĆA ZASTUPLJENOST HRANJIVIH I BIOLOŠKI AKTIVNIH TVARI U PREHRANI MAČAKA</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Bjelančevine i esencijalne aminokiseline</b>	<b>6</b>
<b>3.2 Masti i esencijalne masne kiseline</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Ugljikohidrati i sirova vlaknina</b>	<b>9</b>
<b>3.4 Vitamini</b>	<b>11</b>
<b>3.4.1 Vitamini topljivi u mastima („D-E-K-A“)</b>	<b>11</b>
<b>3.4.2 Vitamini topljivi u vodi (B-kompleks i vitamin-C)</b>	<b>12</b>
<b>3.5 Minerali</b>	<b>13</b>
<b>3.6 Energija</b>	<b>16</b>
<b>4. OBLICI HRANE ZA MAČKE</b>	<b>17</b>
<b>5. OSOBITOSTI PREHRANE U ŽIVOTNIM STADIJIMA MAČAKA</b>	<b>18</b>
<b>6. PROBLEMATIKA UGLJIKOHIDRATA KAO PRIMJER POGREŠKE U HRANIDBI</b>	<b>22</b>
<b>7. ZAKLJUČAK</b>	<b>24</b>
<b>8. LITERATURA</b>	<b>25</b>
<b>9. SAŽETAK</b>	<b>26</b>
<b>10. SUMMARY</b>	<b>27</b>
<b>11. ŽIVOTOPIS</b>	<b>28</b>

# 1. UVOD

„Ono si što jedeš” izreka je koja vrijedi i za naše kućne ljubimce, kako bi bili zdravi i uživali dugovječan život. Raznovrstan izbor hrane za ljubimce kao što su mačke ponekad dovodi vlasnika do pitanja ispravnog odabira hrane, a potom i pravilne raspodjele obroka. Mačke, kao izbirljivi gurmani, ponekad otežavaju procjenu ukusnog od hranjivog. Kako bismo shvatili razliku između starih mitova i preporuka struke, u ovom radu navodi se problematika zastupljenosti ugljikohidrata u komercijalnoj hrani za mačke i moguća povezanost s pretilošću i inzulinskom neosjetljivošću u sklopu dijabetesa melitusa. Kao dio standardâ u dijetetici bit će riječi o zastupljenosti potrebnih hranjivih i biološki aktivnih tvari u hrani mačaka.

Mačka je po tipu ishrane obligatni mesojed. Obligatni mesojed je pojam koji podrazumijeva prehranu na bazi mesnog obroka, iz kojeg će životinja svojom probavom najbolje iskoristavati bjelančevine za metaboličke procese u organizmu (VERBRUGGHE i HESTA, 2017.). Iako je mačka pripitomljena iz divljine prije 9.500 godina, iz evolucijske se perspektive probavni sustav i prehrambene navike mačke nisu znatno promijenile. Domaća, kućna mačka najbolje iskorištava bjelančevine i masti koje potječu iz namirnica animalnog podrijetla. Sjedočenje mnogih vlasnika čije su mačke „okućnice” govori da, iako ponuđeni obrok cjelovite kupovne hrane stoji u zdjelici, mačka će često otići u lov (BEITZ i sur., 2006.). Mačke su izrazito uspješni lovci, i kad im se pruži prilika za lovom iskoristit će je, vrebajući sitni plijen poput glodavaca i ptica. Takav plijen je zapravo idealni izbor hranjivih tvari, zato što ga mačka pojedu u potpunosti, tako da dobivaju i hranjiva iz probavnog sustava samog miša ili ptice. No to može ići i u drugom smjeru, zato što termički neobrađeno meso sadrži kemijski i biološki aktivne tvari, inhibitore određenih enzima važnih za metabolizam mačke. Intoksikacije nakon probavljanja plijena su rijetkost, dok veći problem leži u invaziji parazitima i bakterijskim infekcijama (BEITZ i sur., 2006.). Dobra, kvalitetna komercijalna potpuna hrana za mačke napravljena po standardima vodećih organizacija savršena je zamjena za plijen. Vlasnici mačaka obično hrane svoje ljubimce sa suhom, ekstrudiranom hranom ili poluvlažnom do vlažnom hranom iz konzerve ili vrećice. Mačke više preferiraju vlažnu hranu, što je i sa zdravstvene strane bolje, zbog toga što mačke imaju slabu potrebu za vodom, pa upravo preko vlažne hrane povećavaju unos vode. Zbog smanjenog unosa vode i hranjenja jednoličnom prehranom na bazi suhe hrane mogu se javiti patologije poput urolitijaze (mokraćni kamenci) (BEITZ i sur., 2006.). Komercijalna hrana je odgovarajuća prehrana jer je dobro balansirana s obzirom na energetski status i samu koncentraciju potrebnih hranjivih i biološki aktivnih tvari (VERBRUGGHE i HESTA, 2017.). Poanta je upravo ta da mačka mora



zadovoljiti potrebe metabolizma tim hranjivim tvarima, a ne korištenjem raznih drugih hrana, poput one za ljudsku prehranu. Pribjegavanje ribljim konzervama, raznim kobasicama ili bilo kojem drugom obliku „hrane sa stola“ može dovesti do nestašice ili viška određenog nutrijenta – stanje koje, ako je dugoročno, može dovesti do pojave kliničkih znakova. Dakle, naglasak pravilne prehrane kod mačaka uvijek mora biti na uravnoteženoj prehrani. Druga komponenta, nešto subjektivnije prirode, leži u okusu i mirisu hrane, jer, kako je već spomenuto, mačke zaista jesu izbirljive u jelu. Kod organoleptike, za mačke je najvažnija palatabilnost. Specifični okus koje mačke posjeduju je onaj za određene aminokiseline, a između ostalog posjeduju receptore za kiselo, gorko i slano, dok slatki okus ne osjećaju. Od drugih prehranbenih navika važno je spomenuti da mačka ima potrebu jesti male obroke, 12 do 20 puta dnevno i to tijekom dana i noći (BEITZ i sur., 2006.). Vlasnici tu znaju griješiti hraneći mačke triput dnevno, prilagođavajući ih svojem tempu. Nadalje, mačke koje su fizički neaktivne i jedu velike obroke mogu završiti kao pretili sa svim drugim mogućim komplikacijama pretilosti (VERBRUGGHE i HESTA, 2017.). Jedna od loših navika pri hranjenju je davanje poslastica. Poslastice su dobar oblik nagrade kod nekih stresnih situacija, nakon igre i slično, no svakodnevna aplikacija nije poželjna jer se može razviti u lošu naviku. Loša strana je prekidanje samog režima hranjenja, upitna hranjiva vrijednost, količina atraktanata i drugih nehranjivih tvari. Poslastice lošeg nutritivnog statusa, ako se prečesto daju, u prevelikim količinama savršeno su sredstvo debljanja. Režim prehrane kod mladunaca i starijih je vrlo sličan, kako odrasla mačka jede mnogo obroka dnevno, što je tipično za mladunce drugih vrsta životinja (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.). Na starije mačke treba obratiti posebnu pažnju s obzirom na zdravstveni status, pa su one i najčešći potrošači kliničke, medicinske potpune komercijalne hrane za mačke.

## 2. OSOBITOSTI PROBAVE KOD MAČAKA

Probava uključuje mehaničko, kemijsko i mikrobnog djelovanje u postupnom procesu razjedinjavanja sastavnica hrane kako bi konačne, hranjive tvari apsorbacijom kroz sluznicu crijeva bile dostupne drugim organskim sustavima za određene metaboličke funkcije. Probavni trakt zahvaljujući svojim anatomskim jedinstvenostima i njima pripadajućim zadaćama obavlja taj složen proces.

Uzimanjem hrane počinje probava. Žvakanjem i natapanjem slinom dolazi do usitnjavanja i omekšavanja zalogaja te se oblikuje bolus koji refleksom gutanja prolazi jednjakom do želuca. U ustima je probava mehaničke prirode jer kod mačaka  $\alpha$ -amilaza nije prisutna, pa se smatra da je to jedan od razloga zašto mačke kao obavezni mesojedi izbjegavaju hranu bogatu škrobom, supstrat na koji navedeni enzim djeluje (BURGER, 1993.). To da je obligatni mesojed dokazuje i zubna formula, koja za razliku od svejeda ima značajno smanjeni broj kutnjaka, zuba za drobljenje biljne materije (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.).

Mački je važnije kidanje mesa koje postiže deračima (preobraženim gornjim četvrtim pretkutnjacima i donjim prvim kutnjacima). Kada takav mesni bolus dospje u želudac pokreće enzimatsku probavu najvažnijeg hranjive tvari za mačku – bjelančevina. Želudac mačke dijeli se na pet regija (kardija, fundus, tijelo, antrum i pilorus), no u funkcionalnom smislu bitna je podjela na proksimalni i distalni. Proksimalni dio luči želučani sok, dok je distalni dio zaslužan za oslobađanje klorovodične, želučane kiseline (HCl). Već pri uzimanju hrane želudac potiče lučenje pepsinogena te niske koncentracije gastrina i HCl-a. Kada se bolus nalazi u želucu gastrin se luči u visokoj koncentraciji, ponajviše potaknut aminokiselinama iz hrane (BURGER, 1993.). Gastrin potiče HCl, pepsinogen i želučanu sluz na lučenje, a inhibira samog sebe preko HCl-a zahvaljujući padu pH ispod 3.0. HCl djeluje na pepsinogen, zimogen, kojeg konvertira u aktivni pepsin. Pepsin razlaže bjelančevine na polipeptide. Proteolitička aktivnost pepsina smatra se važnijom kod probavljanja kolagena, koji obiluje u prehrani obaveznih mesojeda. U želučanom soku također se nalazi intrinzični čimbenik, bjelančevina koji veže vitamin B<sub>12</sub> (cijanokobalamin) u tankom crijevu. Želučana sluz služi kao zaštitni sloj od enzimatskih zbijanja. Osim enzimatske funkcije, mehanička leži u snažnoj mišićnici želuca te peristaltikom usitnjuje i miješa bolus sa želučanim sokom. Formirani himus iz želuca dospjeva u tanko crijevo, mjesto apsolutne enzimatske probave te najznačajnije apsorbacije hranjivih tvari preko sluznice lumena. Himus se miješa s izlučevinama sluznice duodenuma (enzimi i hormoni), gušterače (enzimi egzokrinog dijela i puferski

bikarbonati) te jetre (žučni produkti). Za probavljanje ugljikohidrata najvažnija je  $\alpha$ -amilaza koju luči gušterača, a razlaže škrob. Škrob je polimer glukoze, te da bi glukoza bila dostupna aktivnom transportu, mora prolaziti čitav niz odgovarajućih enzima. Aktivnost gušteračne amilaze tri puta je niža od one kod pasa (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.). Važnost te činjenice leži u tome da mačke slabije podnose probavu škroba, te im treba duži period prilagodbe pri uzimanju hrane bogate škrobom (podnose 4 kg/kg TM dnevno) (BURGER, 1993.). Drugi zastupljeni ugljikohidrat zasigurno je laktoza, koja je od velike važnosti kod mladunaca svih sisavaca, ali odrastanjem njezin glavni enzim- laktaza gubi aktivnost, čak do inaktivnosti (podnosi 1 kg/kg TM dnevno) (BURGER, 1993.). Polipeptidi kao djelomično probavljene bjelančevine podliježu glavnini enzimatskih reakcija u tankom crijevu. Proteolitički enzimi gušterače u duodenumu dolaze u obliku neaktivnih proenzima koji se aktiviraju posredstvom žuči. Žuč potiče lučenje enzima crijevne sluznice (enterokinaza) koji prevodi proteolitički tripsinogen do tripsina. Po istom principu dolazi do aktivacije kimotripsina i elastaze, a ti enzimi razbijaju lance polipeptida na manje peptide i slobodne aminokiseline. Aminokiseline (AK) aktivnim transportom ulaze u enterocite, a iz enterocita preko proteinskih nosača stižu u portalni krvotok. Iznimka aktivnog transporta i nosača pri apsorpciji bjelančevina je ta kod mladunaca u vidu primanja pasivne imunosti majčinih imunoglobulinima iz kolostruma, kada se odvija pinocitoza. Masti koje dolaze u obliku triglicerida, hidroliziraju se oralnom lipazom otpornom na pH želuca, te izlaze kao slobodne masne kiseline (SMK). Složene masti podliježu lipolizi enzimima gušterače (lipaza i ko-lipaza) te sekrecijom žučnih soli u duodenum. Gušterača također secenira puferske bikarbonate kako bi se pH povisio, naspram onog u želucu i omogućio lipolizu. Žučne soli emulgiraju kolesterol, liposolubilne vitamine i hidrofobne produkte lipolize do micela, kako bi se lakše apsorbirali kroz mikrovile enterocita. Za normalnu funkciju žučnih kiselina, kod mačaka izrazito, važna je AK taurin koja služi kao konjugat žučne soli za reapsorpciju žučnih soli u ileumu (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.). Miceli pasivno ulaze u enterocite gdje se vežu na bjelančevine, a zatim slijedi resinteza triglicerida. Trigliceridi, kolesterol i lipidi inkorporiraju se u lipoproteine (hilomikrone) koji se otpuštaju u limfu, te drenažom dospijevaju u krvotok. Minerali se apsorbiraju u ioniziranom obliku. Apsorpcija ovisi o potrebi za određenim mineralom. Kalcij će biti solubiln samo u kiseljoj sredini želuca. U duodenum ga transportiraju nosači preko mehanizma hormona i vitamina-D. Željezo je također apsorbirano u duodenumu, ali i proksimalnom jejunumu, i to samo polovica od onog unesenog (BURGER, 1993.). Apsorbira se u fero  $Fe^{2+}$  i to keliran s određenim AK.

Vitamini topivi u mastima (A, D, E i K) apsorbiraju se zajedno s lipidima, a vitamini topivi u vodi (B i C) idu putem jednostavne difuzije, osim B<sub>12</sub> koji treba intrinzični čimbenik. Debelo crijevo izrazito je kratko kod mačaka. Osnovna zadaća je apsorpcija elektrolita i vode. Sastoji se od cekuma, kolona i rektuma. Cekum je kod mačke zakržljao (atavizam). Kolon se dijeli na ulazni, poprečni i silazni. Sluznica debelog crijeva obiluje sluzi bogatoj bikarbonatima, koja služi kao zaštita od produkata bakterijske fermentacije. Bakterijska fermentacija je proces mikroflore, simbiotskih bakterija. Mikroflora je najčešće sastavljena od anaerobnih bakterija, koje su kolonizirale crijevo nakon rođenja i kao takve su stabilne u toj sredini. To su bakterije iz rodova: *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Bacteroides* i *Clostridium* (BURGER, 1993.). Bakterijska flora varira o dijete; kod mladunaca obiluje kolonijama *Lactobacillus*, a kod odraslih klostridijama (zahvaljujući mesnoj prehrani). Zadaća flore je iskorištavanje dosad neprobavljenih hranjivih tvari, a produkti tog procesa (fermentacije) osim hranjiva su plinovi (ugljični dioksid, amonijak). Izrazita mehanička aktivnost dio je peristaltike koja gura sadržaj crijeva do ampule rektuma i time konačno dovodi do defekacije.

### **3. ODGOVARAJUĆA ZASTUPLJENOST HRANJIVIH I BIOLOŠKI AKTIVNIH TVARI U PREHRANI MAČAKA**

Mačkama je za normalan rast i razvoj potrebna hrana koja sadrži bjelančevine, masti, ugljikohidrate, vitamine i minerale, te vodu. Hrana mora imati zadovoljavajuću zastupljenost hranjivih tvari kako bi nakon probave omogućavala metaboličke procese u raznim organskim sustavima. Te tvari će sudjelovati u procesima prevođenja energije, za kretanje i toplinu, te za rast, reparaciju i reprodukciju, uključujući intermedijarne regulacijske procese. Osim zastupljenosti sastavnica bitna je i njihova koncentracija kako bi bila poznato pravilno doziranje obroka. Vrijednosti doziranja određenog hranjiva dane su dvjema vrijednostima: minimalna dnevna potreba (MDP) i preporučeni dnevni unos (PDU). PDU je mnogo praktičniji način prikazivanja vrijednosti hranjiva, jer uključuje sve potrebe zdravih pojedinaca unutar populacije, naspram MDP koja prikazuje najmanju moguću potrebu za hranjivom (BURGER, 1993.). Uz ta dva načina prikazivanja hranjivih tvari u hrani, koristi se jedinica unesenog hranjiva po jedinici tjelesne mase na dan. Najkorisnijim oblikom prikazivanja zastupljenosti hranjiva je koncentracija u obroku (pakiranju). The European Pet Food Industry Federation (FEDIAF, Europsko udruženje industrije hrane za kućne ljubimce) izdaje godišnje smjernice za mikronutriciju pasa i mačaka, između ostalog i režim hranjenja, mikronutriciju s obzirom na određena patološka stanja i bolesti. Podaci o hranjivim vrijednostima navedeni u ovom radu nalaze se u nutricionističkim tablicama smjernica, a podaci su izraženi kao jedinica mase (g ili mg) po 100g ST za minimalni dnevni unos odrasle mačke mase 4 kg, koja troši 1000 kcal metaboličke energije po kg mase (FEDIAF, 2019.).

#### **3.1 Bjelančevine i esencijalne aminokiseline**

Bjelančevine su molekule koje sadrže ugljik, vodik, kisik i dušik. Neke sadrže sumpor. Građene su poput lanaca aminokiselina (AK) koje su međusobno povezane peptidnim vezama. Postoji dvadesetak aminokiselina, od kojih je jedanaest esencijalno za mačke. Esencijalne aminokiseline (EAK) su one AK koje organizam mačke ne može sintetizirati, već koristi gotove iz bjelančevina hrane. Osim esencijalnih AK, postoje neesencijalne (organizam ih sam proizvodi na temelju genetskog koda), poluesencijalne (one slične esencijalnim, kod nestašice esencijalnih služe kao zamjena), limitirajuće (esencijalna AK koja je najmanje zastupljena u

bjelančevinama hrane). AK su gradivni element strukturalnih bjelančevina svih stanica, enzima, hormona, nosača, te mnogih drugih strukturalnih i aktivnih tvari. Zahvaljujući visokoj aktivnosti aminotransferaza i drugih enzima iz urea ciklusa AK putem glukoneogeneze predstavljaju izvor glukoze, opskrbljujući tijelo energijom. Potrebe za bjelančevinama kod odraslih mačaka veće su nego pri bilo kojoj drugoj vrsti odraslih domaćih životinja (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.). Istraživanja su pokazala da ako postoji koncentracija AK veća od minimalne potrebne, mačkama je potrebno 10% energije iz bjelančevina za ravnotežu bjelančevina (dušika) (BURGER, 1993.). Na temelju tih istraživanja smatra se da visoka potreba za bjelančevinama kod mačaka zasniva se na povećanoj potrebi za ukupnim bjelančevinama (uključujući neesencijalne i dušik), a ne na povećanoj potrebi za EAK. Hranidbena vrijednost bjelančevina određena je aminokiselinskim sastavom, ali i probavljivošću tih AK (BURGER, 1993.). Dakle, unos određenih AK je nužan, kao i njihova zastupljenost u pravoj koncentraciji. Visoka hranidbena vrijednost bjelančevina u hrani je ona kada sastav AK hrane odgovara onome potrebnom za izgradnju tkiva organizma mačaka. Namirnice životinjskog podrijetla mačke najbolje iskorištavaju po tom pitanju. U dijetetici, pri analizi bjelančevina koristi se koncept idealne bjelančevine, koji se definira kao omjer pojedinih AK naspram AK lizina (Lys) (BURGER, 1993.). Minimalna zastupljenost je 25.00 g bjelančevina na 100g suhe tvari (ST), a za rast i reprodukciju 28.00/30.00 g bjelančevina na 100g ST (FEDIAF, 2019.).

Jedanaest je esencijalnih AK, a to su: arginin (Arg), fenilalanin, histidin, leucin, izoleucin, lizin, metionin (Met), triptofan, valin, treonin i taurin. Dvije su uvjetno esencijalne: cistein (Cys) i tirozin (ove dvije AK postaju esencijalne ako je koncentracija metionina i fenilalanina u obroku nedostatna).

Arginin (Arg) je esencijalna AK toliko važna u obroku, da se već za nekoliko sati (2-5h) nakon uzimanja obroka bez dovoljne količine Arg mogu pojaviti klinički simptomi nestašice (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.). Arg je preteča ornitina, spoja koji veže amonijak nastao razgradnjom bjelančevina. Smanjena aktivnost ornitin aminotransferaze i pirolin-5 karboksilata dovodi do smanjenog stvaranja citrulina (sastavnice urea ciklusa). U tom slučaju, kako nema dovoljno supstrata za vezanje amonijaka, amonijak se nakuplja u krvi što dovodi do hiperamonijemije. Klinički znakovi hiperamonijemije su povraćanje, spazam, hiperestezija, konačno koma i smrt (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.). Potrebe za Arg proporcionalno rastu s povećanjem udjela sirove bjelančevine (SB) u hrani. Za svaki gram sirovih bjelančevina,

potrebno dodati je 0,01 g arginina (FEDIF, 2019.). Minimalna zastupljenost je 1 g Arg na 100g ST (FEDIF, 2019.).

Taurin je druga važna AK, visokokoncentrirana u živežnim namirnicama poput ribe i peradi, a u biljkama se nalazi u tragovima. Taurin se sintetizira iz aminonokiselina koje sadrže sumpor (SAK), Met i Cys, no mačke imaju enzime niske aktivnosti te nisu u mogućnosti pretvarati taurin iz drugih AK. Nestašica taurina kao esencijalne komponente dovodi do ozbiljnih kliničkih stanja: degeneracija mrežnice koja dovodi do sljepoće i kardiomiopatije sa posljedičnim zatajenjem srca. Osim za normalnu funkciju oka i miokarda, taurin je važan za konjugiranje žučnih kiselina i zdravu reprodukciju (posebice kod intrauterinog razvoja ploda) (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.). Pojedine tvrtke mogu imati različite razine taurina navedene na njihovim proizvodima, što je sasvim prihvatljivo, ako to osigurava održavanje odgovarajuće vrijednosti u krvi mačke (razina treba biti veća od 200  $\mu\text{mol/L}$  u punoj krvi) (FEDIAF, 2019). Pravilna zastupljenost kod suhe hrane je 0,1 g taurina po 100g ST, a kod vlažne 0,25 g taurina po 100g ST (FEDIAF, 2019.).

Metionin i cistein su SAK, mačke za njih imaju veće potrebe naspram drugih životinja. Met je esencijalna AK, Cys postaje esencijalnom kada se javi nestašica Met (BURGER, 1993.).

## 3.2 Masti i esencijalne masne kiseline

Sirove masti u prehrani služe kao koncentrirani izvor energije, a usto daju teksturu i palatabilnost hrani. Po kemijskom sastavu masti su trigliceridi, spojevi sastavljeni od tri masne kiseline (MK) i glicerola. Kombinacije MK su razne, a klasificiraju se po broju molekula ugljika i njihovih dvostrukih veza. Zasićene MK su one koje umjesto dvostrukih veza imaju jednostruke. Nezasićene MK sadrže više od jedne dvostruke veze, dok višestrukonezasićene (polyunsaturated fatty acids (PUFAs)) ih sadrže nekoliko (poput  $\Omega$ -6 i  $\Omega$ -3 kiseline) (BURGER, 1993.).

Za prehranu mačaka bitne su tri esencijalne MK (EMK), dakle one MK koje organizam ne može sam proizvesti, već se unose hranom. Te tri EMK su linolna MK (18:2, oznaka za 18 ugljikovih atoma i 2 dvostruke veze) (LA),  $\alpha$ -linolenska MK (18:3) (ALA) i arahidonska MK (20:4) (ARA). Iz njih se, kod većine sisavaca, slijedom reakcija desaturacije i elongacije sintetiziraju višestrukonezasićene MK dugih lanaca (PUFA), no kod mačaka aktivnost enzima desaturaze, koji prevodi LA u ARA, je nedostatna (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.).

Linolna MK je preteča za liniju  $\Omega$ -6 kiselina koja se sastoji od njih nekoliko, a uključuje i ARA. Meso peradi, jaja, žitarice i orašasti plodovi bogati su tim MK. ARA se nalazi u masnoćama životinjskog podrijetla (BEITZ i sur., 2006.).  $\alpha$ -linolenska MK je preteča za liniju  $\Omega$ -3 kiselina, koja obuhvaća eikozapentaensku (EPA) i dokozaheksaensku (DHA) kiselinu, kiseline koje se u visokoj koncentraciji nalaze u mesu riba.

Uloga masti u organizmu je od velike značajnosti. Osim što je koncentrirani izvor energije, također predstavlja rezervu u obliku masnog tkiva, koje također služi kao mehanički i toplinski izolator organa i tijela. Na staničnoj razini važan je kao gradivni element membrane (fosfolipidi). Zajedno s bjelančevinama čini lipoproteine, transportne molekule. Transportiraju liposolubilne vitamine. Važan je u procesu upale, stvarajući prostaglandine, glasnike bola. Sudjeluju u izgradnji mijelina, pa su bitne za prijenos živčanog impulsa (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.).

Nestašica EMK, posebice  $\Omega$ -3, dovodi do anomalija živčanog sustava počevši od slabovidnosti pa do nedostatne mentalne sposobnosti. Također su važne za normalnu funkciju kardiovaskularnog sustava, bubrega i tijekom reprodukcije. Prvi znaci nestašice EMK vidljivi su po zdravlju kože i krzna (suho i bez sjaja) (BEITZ i sur., 2006.). Iako su mačke manje sklone patološkim stanjima uzrokovanim metabolizmom masti od pasa, svakako treba pripaziti da kod takvih bolesti (lipidoza jetre, dijabetes melitus) količina SM mora biti manja, no minimalna koncentracija EMK nikako (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.).

Visoka zastupljenost masti prihvatljiva je u vidu potreba za energijom, čiji minimum je 9 g sirove masti (SM) na 100g ST. Zastupljenost EMK: ARA 6 mg/100g ST za odraslu mačku, te 20 mg/100g ST za rast i reprodukciju; LA 0,5g/100g ST; ALA 0,02 g/100g ST za rast i reprodukciju (FEDIAF, 2019.).

### **3.3 Ugljikohidrati i sirova vlaknina**

Ugljikohidrati se dijele na jednostavne (mono-/di-/oligo-saharidi) i složene (polisaharidi) s obzirom na molekularnu građu, ovisno o broju monomera glukoze i kemijskih veza. U dijetetici postoji podjela na strukturne (celuloza, hemiceluloza i lignin) i nestrukturne (topljivi ugljikohidrati i pektin).

Sve životinje imaju potrebu za glukozom, koju podmiruju iz hrane te endogenom



sintezom. Ugljikohidrati kod mačaka nisu esencijalna hranjiva, osim u graviditetu i laktaciji (energetski zahtjevni procesi, potreba za stvaranjem majčinog mlijeka koji sadrži visoke koncentracije laktoze) (BURGER, 1993.). Odrasle mačke potrebu za glukozom nadoknađuju procesom glukoneogeneze, nanovo stvorene glukoze iz glukoneogenetski AK, glicerola, propionske i mliječne kiseline (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.). Kao što je već spomenuto u radu, mačke vrlo dobro apsorbiraju glukozu iz crijeva, no smanjen im je kapacitet jetrenih enzima za fosforilaciju glukoze i konverziju glukoze u glikogen. Jednako tako, mačke mogu probaviti ugljikohidrate te apsorbirati i iskoristiti glukozu na sličan način kao druge vrste. Prisutnost ili odsutnost i kinetika specifičnih crijevnih i jetrenih enzima su u skladu s prirodnim prehrambenim ponašanjem mačke (VERBRUGGHE i HESTA, 2017.). Ugljikohidrati neće dovesti do velikog povećanja apsorpcije glukoze, ali će osigurati supstrat za mikrobnu fermentaciju u debelom crijevu i uzrokovati gastrointestinalne simptome. Brzo djelovanje glukokinaze je suvišno jer samo male količine glukoze ulaze u krvotok u određenom trenutku. Unatoč tome, mačke nisu ograničene u svojim sposobnostima fosforilacije i metaboliziranja glukoze. Kompenzacija za nedostatak glukokinaze se još uvijek pretpostavlja, tako da su potrebna daljnja istraživanja (VERBRUGGHE i HESTA, 2017.).

Sirova vlaknina je pojam kojim se opisuju polisaharidi bogati strukturnim ugljikohidratima (celuloza, hemiceluloza). Vlaknina nije esencijalna hranjiva sastavnica, ali ipak ima značenje i to u vidu kvalitetne i zdrave probave. Vlakna se dijele s obzirom na fermentabilnost kao topiva (fermentabilna) i netopiva (nefermentabilna). Fermentacija vlaknine se odvija u debelom crijevu preko mikroflore, jer sama mačka ne može probaviti vlakna (zbog  $\beta$ -glikozidnih veza). Uspješnost fermentacije topljivih vlakana ovisi o gustoći i različitosti kolonija mikroflore. Produkt fermentacije su niže MK. Probavljanje vlaknine vrlo je individualno. Netopljiva vlakna poboljšavaju probavu tako što povećavaju volumen fecesa zadržavajući vodu poput gela. Sporim prolaskom održavaju sitost i optimiziraju motilitet debelog crijeva, no ako je unos prevelik ili prečest može se potaknuti sporije pražnjenje želuca i brži prolazak kroz tanko crijevo, čime se gubi probavljivost određenih tvari. Vlaknine ima u psiliumu, grahoricama, u žitaricama poput zobi, inulinu (VERBRUGGHE i HESTA, 2017.). Osim biljnih vlakana, postoje i životinjska vlakna – neprobavljivi glikoproteini iz kostiju, tetiva, hrskavice, kože, dlaka i perja. One su supstrat za fermentaciju u tankom crijevu.

## 3.4 Vitamini

Vitamini, kao što im ime govori, su spojevi koji život znače, oni nisu hranjiva, već biološki aktivne tvari, sudjeluju u raznim metaboličkim procesima kao regulatori i ko-faktori. Funkcija vitamina izrazito je važna za vrijeme rasta i razvoja, te pri podizanju imunosti. Postoje i esencijalni vitamini, koji se ne mogu sintetizirati iz prekursora, za mačke su to vitamin-A i niacin (B<sub>3</sub>). Vitamini se dijele na hidrosolubilne (vitamini topljivi u vodi) i liposolubilne (vitamini topljivi u mastima). Razlika u mediju topljivosti zrcali i razliku u nadoknadi te toksičnosti. Liposolubilni vitamini deponiraju se u adipocitima, pa dnevna nadoknada nije strogo potrebna, no uneseni u previsokoj koncentraciji mogu izazvati posljedice toksičnosti prije nego hidrosolubilni (BURGER, 1993.). Hidrosolubini vitamini kraće se zadržavaju u organizmu zbog bržeg klirensa.

### 3.4.1 Vitamini topljivi u mastima („D-E-K-A“)

**Vitamin A** obuhvaća više aktivnih tvari, od kojih je fiziološki najznačajniji retinol. Grupa prekursora vitamina A, karotenoidi (narančasti i žuti pigmenti) nalaze se u biljkama. β-karoten je najvažniji provitamin A. Mačke, naspram drugih domaćih životinja, ne mogu konvertirati karoten u aktivni vitamin-A jer ne posjeduju potrebni enzim. Mačke zbog tog nedostatka moraju unositi gotovi retinol (kao retinil acetat ili retinil palmitat) koji se nalazi u hrani životinjskog podrijetla (BURGER, 1993.). Dakle, činjenica o vitaminu-A kao esencijalnom u prehrani mačaka predstavlja još jedan dokaz o tome da je mačka obavezni mesojed (u biljkama se ne nalazi aktivni retinol, već samo prekursori). Mačke se izrazito oslanjaju na osjet vida, a oko je veoma ovisno o retinolu. U mrežnici se retinol veže na bjelančevinu opsin čineći rodopsin, spoj koji se pod utjecajem svjetla cijepa, a energija koja se oslobodi putuje kao impuls kroz vidni živac do mozga (BURGER, 1993.). Osim ovog važnog procesa, retinol regulira membrane epitelnih stanica potičući rast i diferencijaciju, te rast kostiju i zuba. Nestašica vitamina dovodi do konjunktivitisa, katarakta, degeneracije mrežnice, kožnih lezija i lezija sluznice. Hipervitaminoza pak s druge strane dovodi do lezija kostiju (spondiloza vratne kralježnice) i osteoporoze, a javlja se kod mačaka koje su dugoročno hranjene sirovom jetricom (BEITZ, 2006.). Potpuna, komercijalna hrana za mačke obično sadrži dovoljnu količinu aktivnog retinola, stoga je kontraindicirano davanje vitaminskih suplemenata s retinolom.

Zastupljenost u obroku bi trebala biti 333,00 IU/100g ST za odraslu mačku, a za rast 900,00 IU/100g ST (FEDIAF, 2019.).

**Vitamin-D** ima nekoliko sastavnica, od kojih su najaktivnije ergokalciferol (D<sub>2</sub>) i kolekalciferol (D<sub>3</sub>). Vitamin-D a bi bio aktivan mora proći čitav niz reakcija u jetri i bubrezima. On je vitamin kostiju, sudjeluje u mineralizaciji, tako što podiže razinu kalcija i fosfora u krvi, te potiče njihovu apsorpciju iz tankog crijeva. Hipovitaminoza uzrokuje rahitis. Hipervitaminoza uzrokuje kalcifikaciju mekih tkiva i deformaciju čeljusti. Za mačke se smatra da nisu ovisne o unosu vitamina-D (imajući na umu da se hrane dostatnim koncentracijama kalcija i fosfora i to u dobrom omjeru), jer ga deponiraju kao mačići nakon sisanja (BURGER, 1993.).

**Vitamin-E** (tokoferol) je najvažniji antioksidans, agens koji štiti stanicu od oksidacijskog stresa. Zajedno sa selenom daje stabilnost staničnoj membrani tijekom raznih staničnih procesa. U bliskoj je vezi s PUFA, čijim unosom proporcionalno raste potreba za unosom tokoferola. Nestašica vitamina-E dovodi do anoreksije, mišićne distrofije, depresije, atrofije reproduktivnog sustava (BEITZ, 1993.). Kod mačaka veza između PUFA i tokoferola, kada je negativni disbalans na vitaminu dovodi do bolesti masne jetre (BURGER, 1993.).

**Vitamin-K** čini grupa derivata kinona, spoja koji regulira stvaranje određenih faktora zgrušavanja. Stvaraju ga crijevne bakterije. Nestašica se rijetko javlja (krvarenje, produljeno vrijeme zgrušavanja), dok moguća hipervitaminoza može dovesti do anemije (BEITZ, 1993.).

### 3.4.2 Vitamini topljivi u vodi (B-kompleks i vitamin-C)

**Vitamin C** (askorbinska kiselina) kod životinja nije esencijalna jer ju mogu sintetizirati, to uključuje i mačke.

B-kompleks vitamina ima poglavitu svrhu u probavljanju hrane i prijenosu molekula u metaboličkim reakcijama, i to najčešće kao ko-faktor.

**B1-vitamin** (tiamin, aneurin) je važan u metabolizmu ugljikohidrata. Nestašica dovodi do živčanih poremećaja i srčane insuficijencije. Vitamin se uništava kuhanjem, tako da je u većini komercijalne hrane prisutan sintetski pripravak.

**B2-vitamin** (riboflavin) ima enzimatsku ulogu, a bez njega nije moguć rast stanica. Pri nestašici javljaju se lezije oka i kože te hipoplazija testisa.

**B<sub>3</sub>-vitamin** (niacin) uključuje dvije sastavnice, nikotinamid i nikotinsku kiselinu, koje čine važan ko-enzim nikotinamid adenin dinukleotid. Taj ko-enzim sudjeluje u redoks reakcijama nužnim za iskorištavanje hranjivih tvari. Kod sisavaca potreba za niacinom ovisi o unosu AK triptofan, čijom konverzijom navedeni vitamin i nastaje, što nije slučaj za mačke. Organizam mačaka ima potrebne enzime, no postoje dva metabolička puta, gdje je onaj za dobivanje energije iz AK jače izražen, tako da je produkta druge reakcije (niacina), mnogo manje. Niacin se nadoknađuje izravnim unosom. Nestašica se očituje ulceroznim stomatitisom, hipersalivacijom s primjesama krvi i zadahom te posljedičnom anoreksijom (BURGER, 1993.). Minimalna dnevna potreba je 3,20 mg niacina po 100g ST (FEDIAF, 2019.).

**B<sub>5</sub>-vitamin** (pantotenska) je dio ko-enzima A, važnog reaktanta u metaboličkim reakcijama. Zastupljena je u mnogim namirnicama te je nestašica slabo vjerojatna.

**B<sub>6</sub>-vitamin** (pidoksin) je ko-enzim reakcija uključenih u metabolizam dušika i AK (npr. u procesu stvaranja niacina iz triptofana). Kod djeteta bogate bjelančevinama unos pidoksina mora biti dostatan, kako bi se fiziološki izvršavale reakcije metabolizma AK. Nestašica dovodi do gubitka TM i anemije, dok je specifična patologija kod mačaka nefropatija povezana s tubularnim oštećenjem oksalatnim kristalima (pidoksin sprječava nakupljanje oksalata).

**B<sub>9</sub>-vitamin** (folna kiselina) ima ulogu ko-enzima u sintezi timidina, DNK nukleozida. Važan je kod zriobe eritrocita, u koštanoj srži, pa se u slučaju nestašice javlja anemija i leukopenija.

**B<sub>12</sub>-vitamin** (cijanokobalamin) dio je metabolizma masti i ugljikohidrata. Gradivni je element mijelina. U svojoj strukturi sadrži mikroelement kobalt. Iz crijeva se apsorbira uspješnije uz nosač, intrinzični čimbenik. Nestašica uzrokuje pernicioznu anemiju i degeneraciju živčanog tkiva.

### 3.5 Minerali

Minerali su anorganske tvari, najčešće u obliku soli vezane za druge organske ili anorganske spojeve. Iskoristivost minerala nije jednaka konverziji hrane. Po zastupljenosti u organizmu dijele se na makroelemente (kalcij, fosfor, natrij, klor, kalij i magnezij) i mikroelemente (željezo, bakar, cink, magnezij, selen i jod). Navedeni elementi su esencijalni u prehrani mačaka. Uloga minerala u organizmu je svestrana i različita, između ostalog regulacija acidobazne ravnoteže, sudjelovanje u enzimskim reakcijama i građa tkiva. Tablica (Tab.1.) navodi svih 12 elemenata uz njihovu svrhu u organizmu, te kliničke znakove nestašice i viška

minerala (BEITZ, 2006.). Zastupljenost određenog elementa izražena je kao minimalna potreba (MPD) u g/mg/μg po 100g ST (FEDIAF, 2019.).

ELEMENT	SVRHA	MDP*	VIŠAK	NESTAŠICA
KALCIJ	Građa kosti i zuba, zgrušavanje krvi, prijenos živčanog impulsa	0,59g, 1g	Smanjeni unos hrane i rast, povećana gustoća kostiju i potreba za magnezijem	Nutritivni II hiperparatireoidizam, smanjena gustoća kosti (patološki lom)
FOSFOR	Građa kosti, lokomocija, acidobazna ravnoteža	0,5g, 0,84g		Hemolitička anemija, metabolička acidoza
MAGNEZI J	Integritet membrana miocita i neurona, hormonska i enzimatska uloga	0,04g, 0,05g	Mokraćni kamenci medija visokog pH	Slabi prirast, mišićni tremor, konvulzije
NATRIJ	Acidobazna ravnoteža, regulacija onkotskog tlaka, stvaranje živčanog impulsa	0,08g, 0,16g		Smanjen prirast, PUPD

KALIJ	Acidobazna ravnoteža, prijenos živčanog impulsa	0,6g		Anoreksija, neurološki simptomi (ataksija)
KLOR	Acidobazna ravnoteža, onkotski tlak izvastaničnih tekućina	0,11g, 0,24g		Povišena koncentracija natrija u bubrezima i povišeno izlučivanje kalija
ŽELJEZO	Sinteza hemoglobina i mioglobina	8mg	Povraćanje i proljev	Proljev, letargija, anemija
BAKAR	Sinteza vezivnog tkiva, sinteza eritrocita i melanina, antioksidans	0,5mg, 1mg		Neplodnost i smanjen prirast
CINK	Regeneracija kože i cijeljenje rana	7,5mg		Lezije kože, usporen rast
MAGNEZIJ	Enzimatske reakcije, građa kosti i neurona	0,5mg, 1mg		
SELEN	Antioksidans, imunološka funkcija	30 $\mu$	Epifora, hipersalivacija, prhutanje kože	

JOD	Sinteza hormona štitnjače i diferencijacija stanica	0,13mg , 0,18mg		
-----	---	-----------------------	--	--

**Tablica 1.** Uloga i zastupljenost minerala, te znakovi viška i nestašice

\*/(100g ST) odrasli, za rast i reprodukciju

### 3.6 Energija

Energetske potrebe mačaka ovise o unutrašnjim čimbenicima (poput starosti, zdravstvenog statusa, živahnosti i kretanja, obujma krzna), i o vanjskim čimbenicima (veličina i temperatura prostora, vanjsko ili unutarnje držanje). Energija iz hrane odgovara brutto energiji, iznos izražen u jedinicama energije (kcal-kilokalorija) nakon testiranja metodom u kalorimetrijskoj bombi. Brutto energija hrane nije u potpunosti iskorištena tijekom probave (FEDIAF, 2019.). Umjesto brutto energije koriste se pojmovi probavljiva i metabolička energija, zbog jasnijeg uvida iskorištavanja hranjiva u organizmu. Probavljiva energija je brutto energija umanjena za energiju fecesa. Metabolička energija (ME) predstavlja probavljivu energiju umanjenu za energiju urina i plinova nastalih probavom, a izražava se u [kcal/kg]. Netto energija predstavlja dio brutto energije koji preostaje organizmu nakon svih gubitaka fecesom, urinom, plinovima i toplinom (BURGER, 1993.).

Izdaci energije otpadaju na bazalni metabolizam (disanje, kolanje krvi, filtracija u bubregu) i stvaranje topline. Bazalni metabolizam ovisi o konstituciji, tjelesnoj kondiciji i masi, starosti itd. Koncept energetske potrebe i izdataka opisuje se stvaranjem i predajom topline. Za to prevođenje nije bitna masa tijela već površina tijela, pa se za izračun energetske potrebe uveo čimbenik korekcije koji povezuje te dvije fizikalne veličine. Čimbenik korekcije ili modifikacije zapisuje se kao eksponencija na TM u kg. Za mačku koja je fizički aktivna i optimalne kondicije, uzima se čimbenik 0,67 (BURGER, 1993.).

Tjelesna kondicija kao jedan od individualnih čimbenika potrebe za energijom pokazala se vrlo korisnom. Na temelju zastupljenosti masti u potkožju životinja razvio se subjektivni test bodovanja tjelesne kondicije. Test se temelji na 9 ili 5 točaka koje korespondiraju s postotkom tjelesne masti. Svaka točka opisuje obujam masnih naslaga oko izraženih koštanih dijelova

tijela. Zastupljenost se bilježi nakon adspekcije tijela iz više kuteva, te palpacijom. Nakon određivanja kondicije, odnosno postotka tjelesne masti rade se preinake porcije obroka s obzirom na rezultat testa. Poanta je životinju dovesti u stanje optimalne kondicije, smanjenjem ili povećanjem unosa hranjivih tvari. Idealna kondicija zdrave, odrasle mačke je 5/9, a u testu s 5 točaka 3/5, dok je za kastriranu mačku, sklonu nakupljanju masnih naslaga, idealna kondicija 4/9 (FEDIAF, 2019.)

Povišene potrebe za energijom fiziološki se javljaju tijekom rasta, graviditeta i laktacije. O tome će riječi biti kasnije, u poglavlju *Osobitosti prehrane u životnim stadijima mačaka*.

## 4. OBLICI HRANE ZA MAČKE

Komercijalna potpuna hrana za mačke, prema postotku vode i načinu proizvodnje, dijeli se na vlažnu, poluvlažnu i suhu. Kategorija s obzirom na zastupljenost hranjiva obuhvaća potpunu hranu i dodatke prehrani (paste, poslastice, tekući probiotici itd.).

**Vlažna hrana** najčešće dolazi u obliku konzervirane hrane za životinje na bazi mesa peradi, ribe i govedine s dodacima poput iznutrica (pileća jetrica). Osim konzerve, pakiranje može biti plastični ili aluminijski spremnik. Mačkama je taj oblik hrane vrlo primamljiv zbog palatabilnosti: meki, mali komadi veličine zalogaja u želeu ili umaku intenzivnog mirisa. Vlažna hrana dobro je probavljiva, i time osigurava visoku razinu hranjivih tvari. Negativna strana vlažne hrane je u tome što nije energetski bogata, što zahtijeva velike obroke. Naspram suhe hrane, skuplja je po jedinici ST. Moguće je miješanje suhe (posebna kategorija – hrana za miješanje) i vlažne hrane kako bi se izbjegli problemi energije, vitamina i minerala koji su zastupljeniji u suhoj hrani, a da palatabilnost ostane visoka. Ova je hrana bakteriološki ispravna zahvaljujući toplinskoj sterilizaciji (BURGER, 1993.).

Vlažna se hrana priprema komadanjem ili mljevenjem mesa, dodavanjem umaka ili želea te drugih sastojaka. Sadržaj vode u hrani je visok, do 85% (BURGER, 1993.). Visoka temperatura obrade pri konzerviranju (120°C) ima utjecaj na probavljivost, no zanemariv je naspram termolabilnih spojeva poput vitamina. Esencijalni tijamin potrebno je dodati u zaštićenom obliku. Konzervirana hrana ima dugi rok trajanja, no otvorena na temperaturi hladnjaka održiva je nekoliko dana. Držanjem u hladnjaku hrana gubi palatabilnost, pa ju mačke odbijaju ako predugo stoji.



**Poluvlažna hrana** sadrži udio vode koji varira u širokom rasponu (15-30%) (BURGER, 1993.). Da bi se vlaga održala, dodaju se tvari koje vežu vodu poput šećera, soli i glicerola. Dodatkom sorbata prevenira se rast kvasaca i plijesni, a dodatkom organskih kiselina se snižava pH. Najbolji izbor poluvlažne hrane je onaj koji sadrži 20% vlage, zbog dostatnog sadržaja nutrijenata i prosječne probavljivosti (BURGER, 1993.).

**Suha hrana** dolazi u obliku ekstrudiranih i ekspandiranih peleta. Sadržaj vode u suhoj hrani je između 5 i 12% (BURGER, 1993.). Sastojci mačje hrane su na osnovi mesa. Škrob i drugi ugljikohidrati se dodaju kao vezivo. Suha hrana sadrži više nutrijenata naspram vlažne hrane, pa su potrebe za veličinom porcije obroka manje. U slučaju da ne sadrži visoku koncentraciju vlakana, suha hrana je dobro probavljiva, no slabije naspram vlažne. Psi bolje probavljaju suhu hranu naspram mačaka. Negativna strana je ta da nije toliko palatibilna. Ovaj oblik hrane lako se skladišti i nakon otvaranja pakiranja.

## **5. OSOBITOSTI PREHRANE U ŽIVOTNIM STADIJIMA MAČAKA**

Tijekom određenih perioda života, mačka ima različite energetske potrebe, bilo da se radi o rastu mačića, gravidnosti mačke ili sazrijevanju i starenju. Životinje uzimaju hranu kako bi održale životnu energiju, a ta hrana mora sadržavati izbalansirana hranjiva kako bi se postigla bolja iskoristivost metaboličkih procesa.

### **Mačić**

Mladunci imaju višu potrebu za energijom od odraslih. U prvom mjesecu života mačići se hrane sisanjem majčinog mlijeka. Mačiće koji su odvojeni od majke potrebno je hraniti komercijalnom zamjenskom mliječnom formulom u bočici koja se daje svaka 2-4 sata tijekom dana i noći. Kod odbijenih mačića nužno je poticanje probave (defekacije) masažom trbuščića. Nakon što ovo početno razdoblje prođe, hrana za mačiće može postati glavna namirnica u prehrani. Mačić obično pokazuje interes za hranom namijenjenoj majci mački s tri tjedna starosti.

Od 3-5 tjedna starosti, hranjenje odbijenih mačića uključuje ponudu mliječne zamjenice u plitkoj posudi za poticanje odvikavanja od bočice. Također je dodatak vlažne ili suhe hrane s malim komadićima (koja se lako žvače) u mlaku mliječnu zamjenicu dobar izbor. Takav obrok preporuča se poslužiti četiri do šest puta dnevno. Mačić u tom ranom periodu napreduje 100g TM na tjedan (BURGER, 1993). Kada se obrok sastoji od majčina mlijeka, mačić dobiva 10-40 kJ/kg TM (BURGER, 1993). Krajem petog tjedna života uzima 15-45 hrane dnevno, koja zadovoljava 250-300 kJ/kg TM.

U dobi od 5-8 tjedana mačić bi trebao moći žvakati vlastitu hranu. Hrana za mačiće mora biti bogata bjelančevinama, i visokoklorijska. U tom periodu, odbiću, mačiću se nudi obrok tri do četiri puta dnevno. Preporuča se vlažna hrana za mačiće jer će oponašati prirodnu prehranu i po konzistenciji i po formulaciji. Međutim, dobra prehrana može se sastojati i od kombinacije vlažne i suhe hrane za mačiće. Pri odbiću mačić bi trebao imati težiti 600-1000g, raspon je široki zbog uključenja pasiminskih različitosti i razlika u spolu (BURGER, 1993). Mužjak je veći od ženke, u prosjeku imaju veću tjelesnu masu. Taj spolni dimorfizam zadržat će se i kroz ostale faze života.

U dobi od 10 tjedana energetske potrebe su 840 kJ/kg TM, što predstavlja vrhunac potrebe za kalorijama (BURGER, 1993).

Do kraja 6. mjeseca života mačić teži 75% svoje odrasle težine. Mačić se u tom periodu života razvija u mladu mačku (BURGER, 1993). Tada je bolje napustiti hranu za mačiće i početi s ponudom hrane za odrasle. Tijekom puberteta vidi se značajna razlika u veličini i masi mužjaka i ženke.

Hrana za mačiće obično je vrlo bogata bjelančevinama, kalorijama i mastima, što je sve potrebno za podršku zdravog rasta i funkciju organizma. Posebno se treba paziti na kalcij i fosfor, no kako hrana za mačiće sadrži dovoljnu koncentraciju, a patološka stanja su moguća u slučaju viška minerala, ne preporuča se intenzivno suplemeniranje. Taurin je nužan za rast i razvoj, pa je zastupljenost te AK obavezna u hrani (BURGER, 1993).

Hranjenje odgovarajuće hrane za mačiće, u točnim količinama i u pravo vrijeme tijekom dana bitno je za mačke koje rastu. Svježa voda uvijek mora biti ponuđena.

## **Odrasla mačka**

Iako je suha mačja hrana vrlo popularna među vlasnicima mačaka, treba je smatrati drugim izborom. To je zato što suha hrana ima veći udio ugljikohidrata od onoga što se smatra optimalnim (BURGER, 1993). Osim toga, izbor proteina u suhoj hrani obično je bogatiji bjelančevinama biljnog, a ne životinjskog podrijetla. Visoke razine ugljikohidrata i biljnih proteina mogu dovesti do debljanja i probavnih smetnji, osobito kod starijih mačaka koje su manje fizički aktivne. Međutim, suha hrana je prikladna i najbolji izbor za mnoga kućanstva.

Mokra hrana za mačke može imati profil hranjivih tvari koji oponaša vrstu prehrane koju bi mačke odabrale u divljini. Bjelančevine u konzerviranoj mačjoj hrani obično su životinjskog porijekla, što znači da konzervirana mačja hrana ima nutritivni profil koji nadopunjuje mačji evolucijski profil i fiziološke potrebe. Konzervirana mačja hrana također obično ima nizak udio ugljikohidrata i visok sadržaj vode. Energetska potreba tijekom života za odraslu, zdravu mačku je 250-290 kJ/kg TM (BURGER, 1993.).

### **Breda mačka**

Nakon parenja, ako mačka ostane bređa, unutar nekoliko dana poveća joj se potreba za unosom energije. Postupno dobiva na tjelesnoj masi. Mačka tijekom graviditeta može težiti 39% svoje normalne tjelesne mase (BURGER, 1993). Mačka nosi mlade 64 dana u prosjeku. Energetska potreba tijekom bređosti je 370 kJ/kg TM (BURGER, 1993). U tom periodu života preporuča se *ad libitum* hranjenje. Tijekom kasnog gravititeta, kada se razvijaju kosti plodova, treba se više paziti na omjer kalcija i fosfora (1:1). Hrana za gravidne mačke mora biti visokovrijedna hranjivima.

Laktacija je energetski zahtjevan proces, gdje izdaci energije odlaze na proizvodnju majčinog mlijeka. Energetska potreba veća je naspram perioda bređosti, i to 3-4 puta potreba održavanja za odraslu, zdravu mačku. Mačić pri okotu teži 85-120 g (BURGER, 1993), a leglo može varirati između 1 i 8 mladunaca. Energetska potreba proporcionalna je s brojem mačića u leglu. Kraljica bi mačice trebala uzdržavati kvalitetnim mlijekom do četvrtog tjedna dojenja, kada polako kreće odbiće mačića. Mladunci će imati potrebu za sisanjem sve do osmog tjedna života, no energija će dolaziti primarno iz mesnog obroka. Kraljičino mlijeko izuzetno je hranjivo naspram kravljeg. Preporuča se nastavak *ad libitum* hranjenja i ponude vode, koja je bitna u stvaranju mlijeka (BURGER, 1993). Izbor hrane trebao bi biti posebna linija za mačke

u laktaciji kako bi se mlijeko koncentriralo hranjivima (EAK i PUFA) i zadovoljavalo ovaj fiziološki, ali naporan proces za mačku.

## **Stare mačke**

Počevši oko 7. godine starosti, mačke počinju prijelaz iz odrasle u zrele doba života. Ovaj prijelaz uzrokuje promjene u zdravlju i načinu života mačke: tjelesna masa, koža, zglobovi, zubi i unutarnji organi (posebice bubrezi i srce). Ako mački odgovara trenutna prehrana, možda nema potrebe za prelaskom na drugačiju formulu. Određeni proizvođači mačje hrane nude liniju za starije mačke koja je posebno formulirana, sadrži hranjiva koja se lakše probavljaju od standardne hrane za odrasle mačke (BURGER, 1993). Starije mačke imaju veću vjerojatnost da će razviti zdravstvene probleme povezane s crijevnim i bubrežnim bolestima, u skladu s time potrebno je nuditi hranu čiji sastav odgovara potrebnim nutrijentima za specifično stanje organizma, kako bi se spriječio napredak bolesti. Pretilost kod starih mačaka predstavlja primjer greške u hranidbi, a ona je u ovom periodu života mačke izrazito nepoželjna, predstavljajući važan čimbenik u nastanku bolesti (BURGER, 1993). Druga patologija koja je važna pri odabiru oblika hrane povezana je sa zubalom. Mačke su sklone kamencima, pa je pri pojavi preporuka davanje suhe hrane zbog njezinog abrazivnog djelovanja na zube. U slučaju istrošenog zubala bolje je davati vlažnu hranu (BURGER, 1993). Navike u hranjenju ostaju iste, više manjih obroka visoke energetske vrijednosti. Cilj prehrane starih mačaka je produljenje životnog vijeka uz očuvanje kvalitete života.

## 6. PROBLEMATIKA UGLJIKOHIDRATA KAO PRIMJER POGREŠKE U HRANIDBI

Pretilost kod mačaka ozbiljan je problem koji može dovesti do različitih bolesnih stanja. Osim što pretilost dovodi do bolesti, mačka s prekomjernom težinom teško će ispoljiti ponašanja specifična za vrstu. Neki od ovih ponašanja su penjanje, lov, istraživanje i igranje.

Njihov jedinstveni probavni sustav doista je postao prilagođen mesnoj prehrani. Mačke se oslanjaju na bjelančevine kao glavni izvor energije. Imaju apsolutnu potrebu za tim hranjivim tvarima, kao i za aminokiselinama koje se nalaze samo u izvorima životinjskog podrijetla. Budući da su obvezni mesojedi, mačke imaju smanjenu sposobnost probave i iskorištavanja ugljikohidrata. Ishrana pravog mesoždera siromašna je ugljikohidratima. Istraživanja koja su se bavila slobodnim mačkama, koje se neovisno kreću i oslanjaju isključivo na lov i traženje hrane, koristila su njihovu prehranu kao idealnu. Podaci istraživanja otkrili su da prirodna prehrana mačaka koje se slobodno kreću sadrži 52% bjelančevina, 46% masti, a samo 2% ugljikohidrata.

Komercijalna hrana za mačke, pogotovo u obliku suhe hrane, sadrži do 55% ugljikohidrata (VERBRUGGHE i HESTA, 2017.). Njihova funkcija nije toliko vezana za hranjivost, već za proizvodnju, gdje se koristi kao vezivo. Popularnost alternativne prehrane je u rastu, tu se posebice ističe sirova prehrana. Sirova hrana bogata je bjelančevinama i mastima, a ugljikohidrate sadrži u malim količinama. Zahvaljujući sastavu nutrijenata mačići je dobro probavljaju, međutim postoji rizik od zaraze poput salmoneloze, kolibaciloze i kampilobakterioze, čiji su uzročnici zagađivači sirovog mesa mačke (VERBRUGGHE i HESTA, 2017.). Osim rizika od zaraze, problem predstavlja i nebalansirani obrok, siromašan vitaminima i mineralima.

Vodeći uzrok pretilosti mačaka nastao prehranom jest prekomjeren unos energije, bilo davanjem preobilnih obroka i/ili hranjenje nebalansiranom dijetom. Najčešća greška vlasnika jest hranjenje mačke *ad libitum* suhom hranom za mačke (VERBRUGGHE i HESTA, 2017.). *Ad libitum* hranjenje, osim što dovodi do pretilosti, predstavlja rizik od pojave dijabetesa melitusa, endokrinološkog poremećaja inzulinske neosjetljivosti stanica. Svaki dobiveni kilogram tjelesne mase dovodi do 30% smanjene inzulinske neosjetljivosti (ŠERMAN, MIKULEC, MAS, 2011.). Prijašnja hipoteza nastanka dijabetesa na temelju hranidbe, temeljila

se na povišenom udjelu ugljikohidrata u hrani kao glavnom uzroku dijabetesa. Novija istraživanja pokazuju da je veći problem visokoenergetska hrana bogata mastima, naspram one bogate ugljikohidratima (VERBRUGGHE i HESTA, 2017.).

### **Smjernice dobre prakse hranjenja**

Dnevni unos energije treba biti raspoređen na minimalno pet porcija tijekom dana i noći. Praćenje tjelesne mase mačke i određivanje tjelesne kondicije nužni su kako bi se odredila pravilna energetska dnevna potreba, a pogotovo su važni kod promjene zdravstvenog stanja.

Posebne hranilice i labirint zdjelice pogodne su za noćno hranjenje, te pri hranjenju halapljivih mačaka. Hranilice mogu biti kućne izrade, poput kartona za jaja. Mačke će trebati neko vrijeme da se naviknu na novu zdjelicu. Korištenje plastičnih zdjelica potrebno je izbjegavati, pogotovo za vodu. Preporučuju se široke i plitke, keramičke ili staklene zdjelice zbog osjetljivih brkova. Mačke koje se drže samo u kući potrebno je poticati na kretanje, stavljanjem zdjelica na visoke površine, imajući više zdjelica na drugim lokacijama. U kućanstvima s više mačaka potrebno je svakoj mački osigurati vlastitu zdjelicu i to na zasebnim mjestima. U prevenciji pretilosti dobro je usklađivati suhu i mokru hranu. Potrebno je osigurati mački svježu vodu svaki dan. Mačke radije piju odvojeno od hrane. Ovo je prirodno ponašanje u divljini kako bi izbjegle piti vodu potencijalno kontaminiranu mrtvim plijenom. Najbolje je ponuditi nekoliko izvora vode na različitim mjestima u kući.

## 7. ZAKLJUČAK

Mačka je obligatni mesojed pa kao takva iziskuje prehranu bogatu bjelančevinama. Bjelančevine životinjskog podrijetla idealni su izbor zbog visokog sadržaja potrebnih hranjivih tvari, a između ostalog zbog aktivnih oblika vitamina i raspona aminokiselina, čime zadovoljava esencijalne potrebe.

Nebalansirana prehrana bogata kalorijama iz masti i lakoprobavljivih ugljikohidrata, pogotovo kada se daje u preobilnim obrocima ili *ad libitum* predispozicija je za pretilost.

Za zdravlje mačaka važno je držati se režima hranjenja s obzirom na životni stadij.

## 8. LITERATURA

1. FEDIAF (2019.): Nutritional Guidelines. For Complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs. Smjernice. Bruxelles, Belgija
2. BURGER, I.H. (1993): The Waltham book of companion animal nutrition, 1st ed., Pegamomon. Oxford, Engleska. str. 5-69
3. BEITZ, D. i sur (2006): Your cat's nutritional needs temeljem Committee on Nutrient Requirements of Dogs and Cats
4. ŠERMAN V., Ž. MIKULEC, N. MAS (2011): Bolesti i liječenje pasa i mačaka. U: Dijetetika mačaka i pasa. ( Dobranić, T., V. Matijatko, ur.). Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb. str. 382-388
5. VERBRUGGHE A., M. HESTA (2017): Cats and carbohydrates: The Carnivore Fantasy?. Vet.Sci. 4, 55
6. Optimum Feline Nutrition - What Should You Feed Your Cat?  
<https://www.catcarecenter.com/services>, 12. rujna 2020.



## 9. SAŽETAK

### Osobitosti probavnog sustava i metabolizma mačaka važne za pravilnu prehranu

Mačka je obligatni mesojed, tako da od svih hranjivih tvari najbolje iskorištava bjelančevine životinjskog podrijetla za energetske potrebe organizma. Svaki mačji obrok trebao bi sadržavati minimalni preporučeni dnevni unos esencijalnih tvari. Za mačku su najvažnije slijedeće esencijalne hranjive tvari: taurin i arginin od aminokiselina, od masnih kiselina linolna,  $\alpha$ -linolenska i arahidonska, a niacin i retinol od vitamina. Pri nestašici tih navedenih hranjiva dolazi do pojave teških kliničkih znakova, zbog toga što organizam bez tih hranjivih tvari ne može fiziološki odgovarati na metaboličke zahtjeve. Pravilan omjer koncentracija kalcija i fosfora, te visoka koncentracija esencijalnih aminokiselina i masti važni tijekom graviditeta i laktacije, te ranog razvoja. Ugljikohidrati nisu esencijalno hranjivo kod mačaka. Mačke zadovoljavaju potrebe za glukozom procesom glukoneogeneze, gdje se kao supstrat koriste određene aminokiseline i masne kiseline. Lakoprobavljivi ugljikohidrati poželjni su samo u prehrani malih mačića, te u prehrani kraljice tijekom graviditeta i laktacije. Vlankina ima ulogu u probavljivosti i dugotrajnom pulzirajućem oslobađanju glukoze, tako da je njezina primjena dobra kod pretilih i starih mačaka. Kod hranjenja, pri odabiru količine obroka u obzir se uzima kondicija i tjelesna aktivnost. Mačke treba hraniti s više manjih obroka (barem 5) tijekom dana i noći. Mladunci zahtijevaju više obroka dnevno i to visokokalorijskih. Bređe mačke je najbolje hraniti *ad libitum*, dok je kod starih mačaka potrebno davati slabije kaloričnu, visokonutritivnu hranu. Suha hrana *ad libitum*, kod odraslih i starijih mačaka, može biti uzrokom pretilosti zbog visoke koncentracije energije (masti) i ugljikohidrata. Pretilost kod mačaka je česta pojava u populaciji kućnih mačaka, a ozbiljan je problem jer dolazi kao predisponirajući čimbenik mnogih bolesti (bolest masne jetre, dijabetes melitus). Mačke valja hraniti kombinacijom obroka sa suhom (iskoristivost vitamina i minerala) i mokrom hranom (kalorična, bogata mesom, palatabilna, visok udio vode). Mački je potrebno osigurati stalan izvor svježe vode.

**Ključne riječi:** mačka, obligatni mesojed, probavljivost, bjelančevine animalnog podrijetla, esencijalne aminokiseline, esencijalne masti, esencijalni vitamini, oblici hrane, životni stadiji, pretilost i ugljikohidrati

## 10. SUMMARY

### Peculiarities of the digestive system and metabolism of cats important for proper nutrition

The cat is an obligate carnivore, so it makes the best use of animal proteins for the body's energy needs. Each cat's meal should contain the minimum recommended daily intake of essential substances. The following essential nutrients are the most important for cats: taurine and arginine from amino acids, linoleic,  $\alpha$ -linolenic and arachidonic fatty acids, and niacin and retinol from vitamins. In the case of a shortage of these nutrients, severe clinical signs appear, because the organism without these nutrients cannot physiologically respond to metabolic demands. The correct ratio of calcium and phosphorus concentrations, and a high concentration of essential amino acids and fats are important during pregnancy and lactation, as in the early development. Carbohydrates are not an essential nutrient in cats. Cats meet their glucose needs through the process of gluconeogenesis, where certain amino acids and fatty acids are used as a substrate. Easily digestible carbohydrates are only desirable in the diet of small kittens, and in the diet of the queen during pregnancy and lactation. Fiber plays a role in digestibility and long-term pulsatile release of glucose, so its application is good for obese and old cats. When feeding, fitness and physical activity are taken into account when choosing the amount of meal. Cats should be fed several small meals (at least 5) during the day and night. Kittens require several high-calorie meals a day. It is best to feed pregnant cats ad libitum, while old cats should be given low-calorie, high-nutrition food. Dry food ad libitum, in adult and older cats, can cause obesity due to the high concentration of energy (fat) and carbohydrates. Obesity in cats is a common phenomenon in the domestic cat population, and it is a serious problem because it comes as a predisposing factor for many diseases (fatty liver disease, diabetes mellitus). Cats should be fed with a combination of dry food (usefulness of vitamins and minerals) and wet food (calorie-rich, meat-rich, palatable, high water content). The cat needs to be provided with a constant source of fresh water.

**Key words:** cat, obligate carnivore, digestibility, proteins of animal origin, essential amino acids, essential fats, essential vitamins, food forms, life stages, obesity and carbohydrates

## 11. ŽIVOTOPIS

Dora Skok rođena je 30.01.1996. godine u Varaždinu. Osnovnu školu završila je u Petrijancu 2010. godine, iste godine upisala je Prvu gimnaziju Varaždin po prirodoslovno-matematičkom programu. Srednju školu završila je 2014. godine kada upisuje Veterinarski fakultet na Sveučilištu u Zagrebu. Na višim godinama fakulteta opredijelila se za usmjerenje Kućni ljubimci. Sudjelovala je na dvije izložbe životinja „Reptilomanija+“ (2016. i 2017. godine) kao volonterka. Tijekom akademske godine 2017./2018. volontirala je u Zoološkom vrtu grada Zagreba.