

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Petra STOPAR

**RAZVOJ MESNIN Z ERGOGENIMI
PREHRANSKIMI DODATKI ZA RAZLIČNE TIPE
ŠPORTNIKOV**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja Prehrana

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Petra STOPAR

**RAZVOJ MESNIN Z ERGOGENIMI PREHRANSKIMI DODATKI ZA
RAZLIČNE TIPE ŠPORTNIKOV**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja Prehrana

**DEVELOPMENT OF MEAT PRODUCTS WITH ERGOGENIC
NUTRITIONAL SUPPLEMENTS FOR DIFFERENT TYPES OF
ATHLETES**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes: Field Nutrition

Ljubljana, 2013

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študija 2. stopnje Prehrana. Praktični del je bil opravljen na Katedri za tehnologijo mesa in vrednotenje živil Oddelka za živilstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje je za mentorico magistrskega dela imenovala prof. dr. Leo Demšar, za somentorja doc. dr. Tomaža Polaka in za recenzenta prof. dr. Blaža Cigića.

Mentorica: prof. dr. Lea Demšar

Somentor: doc. dr. Tomaž Polak

Recenzent: prof. dr. Blaž Cigić

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega magistrskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Petra STOPAR

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du2
- DK UDK 641.1 + 613.2: 796(043) = 163.6
- KG prehrana/prehrana športnikov/prehranski dodatki/ergogene snovi/koencim Q₁₀/CoQ₁₀/L-karnitin/kreatin/funkcionalna živila/mesne emulzije/fizikalnokemijske lastnosti/senzorične lastnosti
- AV STOPAR, Petra, dipl. inž. živ. in preh. (UN)
- SA DEMŠAR, Lea (mentorica)/POLAK, Tomaž (somentor)/CIGIČ, Blaž (recenzent)
- KZ SI – Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
- LI 2013
- IN RAZVOJ MESNIN Z ERGOGENIMI PREHRANSKIMI DODATKI ZA RAZLIČNE TIPE ŠPORTNIKOV
- TD Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja Prehrana)
- OP XII, 74 str., 20 pregl., 17 sl., 68 vir.
- IJ SI
- JI sl/en
- AI Namen našega dela je bil zbrati podatke o potrebah športnikov po ergogenih snoveh (CoQ₁₀, kreatinu in L-karnitinu), in sicer za rokometaša (prevladujoč mešani metabolizem), šprinterja (prevladujoč anaeroben metabolizem) in kolesarja (prevladujoč aerobni metabolizem). Na podlagi zbranih literaturnih podatkov o dnevni potrebi po CoQ₁₀ (rokometaš 100 mg, šprinter 120 mg in kolesar 100 mg), kreatinu (3 g za vse športnike) in L-karnitinu (rokometaš 4 g, šprinter in kolesar 2 g) smo nato za omenjene športnike izdelali mesne emulzije z različnimi dodatki ergogenih snovi in emulzijo brez dodatkov (kontrola). V mesne emulzije smo dodali ergogene snovi v količinah, s katerimi naj bi športnik z zaužitjem 100 g mesne emulzije pokrila 80 % dnevni potrebi po CoQ₁₀ oz. kreatinu in 30 % dnevni potrebi po L-karnitinu. Uspešnost naloge smo potrdili s kemijskimi analizami, saj smo v vseh mesnih emulzijah za športnike določili povečano vsebnost CoQ₁₀ (pokritje 96–109 % dnevni potrebi), kreatina (pokritje 73 % dnevni potrebi) in L-karnitina (pokritje 31–51 % dnevni potrebi). Že s kontrolno mesno emulzijo smo zagotovili dobro pokritje dnevni potrebi (13 % CoQ₁₀, 28 % kreatin in 5–10 % L-karnitin). Vsebnost dodanih ergogenih snovi v mesnih emulzijah se je med skladiščenjem zmanjšala (skladiščili smo tri tedne), in sicer vsebnost CoQ₁₀ za 43–62 %, kreatina za 11–16 % in L-karnitina za manj kot 1 %. Dodatek ergogenih snovi je poslabšal senzorično kakovost mesnih emulzij zaradi močne peskavosti in slabe gladkosti le-teh, vendar so bile užitne in se njihova senzorična kakovost med skladiščenjem ni slabšala.

KEY WORD DOKUMENTATION

- DN Du2
- DC UDC 641.1 + 613.2: 796(043) = 163.6
- DX nutrition/sports nutrition/nutritional supplements/ergogenic substances/coenzyme Q₁₀/CoQ₁₀/L-carnitine/creatine/functional foods/physiochemical properties/sensory properties
- AU STOPAR, Petra
- AA DEMŠAR, Lea (supervisor)/POLAK, Tomaž (co-advisor)/CIGIČ, Blaž (reviewer)
- PP SI – Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
- PY 2013
- TI DEVELOPMENT OF MEAT PRODUCTS WITH ERGOGENIC NUTRITIONAL SUPPLEMENTS FOR DIFFERENT TYPES OF ATHLETES
- DT M.Sc.Thesis (Master Study Programmes: Field Nutrition)
- NO XII, 74 p., 20 tab., 17 fig., 68 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB The purpose of our research was to collect data on the sportists' requirement for ergogenic nutritional supplements (CoQ₁₀, creatine and L-carnitine), a handball player (predominant mixed metabolism), a sprinter (predominant anaerobic metabolism) and a cyclist (predominant aerobic metabolism) in particular. Daily requirement data for CoQ₁₀ (100 mg for a handball player, 120 mg for a sprinter and 100 mg for a cyclist), creatine (3 g for all three types of athletes) and L-carnitine (4 g for a handball player, 2 g for either a sprinter and a cyclist) were collected and recorded. On the grounds of the given values we have produced meat emulsions with different ergogenic nutritional supplements and controlling non-additive emulsion. The value of ergogenic substances in 100g of ingested meat emulsions should cover 80 % of sportists' daily requirements for CoQ₁₀ or creatine and 30 % of daily requirements for L-carnitine. The success of the research has been proven by chemical analyses. In all types of meat emulsions intended to be used by sportists we have specified increased content of CoQ₁₀ (96–109 % daily requirement coverage), creatine (73 % daily requirement coverage) and L-carnitine (31–51 % daily requirement coverage). A very good coverage of daily requirements (13 % CoQ₁₀, 28 % creatine and 5-10 % L-carnitine) was already provided in controlling non-additive emulsion. The content of added ergogenic substances in meat emulsions reduced during storage (they were stored for three weeks). The content of CoQ₁₀ reduced for 43-62 %, the content of creatine lowered for 11-16 % and the content of L-carnitine reduced for less than 1 %. Ergogenic additives impaired sensoric quality of meat emulsions due to strong graininess and weak smoothness, nevertheless they were edible and their sensorial quality did not deteriorate.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORD DOKUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	X
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1 UVOD.....	1
1.1 NAMEN DELA	2
1.2 HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 PREHRANA IN ŠPORT	3
2.1.1 Kaj je šport, kdo je športnik?	3
2.1.2 Prehrana	3
2.1.3 Presnova.....	4
2.1.4 Trenažno-tekmovalni proces	5
2.2 ENERGIJSKI PROCESI MED TELESNO AKTIVNOSTJO	5
2.2.1 Energijske potrebe športnika	6
2.2.2 Aerobni in anaerobni napor	9
2.2.2.1 Aerobni napor	9
2.2.2.2 Aerobno-anaerobni napor	9
2.2.2.3 Anaerobno-aerobni napor	9
2.2.2.4 Anaerobni napor	10
2.2.3 Energijski sistemi glede na čas trajanja obremenitve	10
2.3 PREHRANA ŠPORTNIKA	11
2.3.1 Makrohranila v prehrani športnika.....	11
2.3.1.1 Ogljikovi hidrati.....	11
2.3.1.2 Beljakovine v prehrani športnika	12
2.3.1.3 Maščobe v prehrani športnika.....	13
2.3.2 Mikrohranila v prehrani športnika	14
2.3.3 Hidracija pri športnikih	14
2.4 PREHRANSKI DODATKI IN ŠPORT	15
2.4.1 Ergogena sredstva.....	15
2.4.1.1 Kategorije ergogenih snovi.....	16
2.4.2 Doping v športu.....	17
2.5 KOENCIM Q ₁₀	18
2.5.1 Odkritje	18

2.5.2	Kaj je koencim Q₁₀?	19
2.5.3	Biosinteza koencima Q₁₀	19
2.5.4	Absorpcija Q₁₀	20
2.5.5	Viri koencima Q₁₀	21
2.5.6	Metabolizem	22
2.5.6.1	Proces pretvarjanja energije.....	22
2.5.6.2	Vloga koencima Q v transportni verigi elektronov	23
2.5.7	Koencim Q₁₀ kot antioksidant	24
2.5.8	Okvirni odmerki koencima Q₁₀ v različnih stanjih	24
2.5.9	Uporaba koencima Q₁₀	25
2.5.9.1	Koencim Q ₁₀ in uporaba v športu	25
2.6	KREATIN	26
2.6.1	Uporaba nekoč	26
2.6.2	Kaj je kreatin?	26
2.6.3	Biosinteza kreatina	27
2.6.4	Kreatin in metabolizem	27
2.6.5	Viri kreatina	29
2.6.6	Razpoložljivost kreatina	29
2.6.7	Vrste kreatina	30
2.6.8	Uporaba kreatina	30
2.6.8.1	Kako jemati kreatin.....	32
2.6.8.2	Varnost pri jemanju kreatina	33
2.7	L-KARNITIN	34
2.7.1	Uporaba nekoč	34
2.7.2	Kaj je L-karnitin?	35
2.7.3	Biosinteza	36
2.7.4	Metabolizem maščob	36
2.7.5	Viri L-karnitina	37
2.7.6	Uporaba L-karnitina	37
2.7.6.1	Karnitin kot sredstvo za hujšanje.....	37
2.7.6.2	Pomoč pri vadbi	38
2.7.7	Varnost pri jemanju karnitina	39
2.8	POSEBNOSTI PREHRANE PRI NEKATERIH VRSTAH ŠPORTA	39
2.8.1	Rokomet (anaerobno aerobna telesna aktivnost)	39
2.8.1.1	Potrebe po ergogenih snoveh v rokometu	40
2.8.2	Šprinter (anaerobna telesna aktivnost)	41
2.8.2.1	Potrebe po ergogenih snoveh šprinterja.....	42
2.8.3	Kolesar (aerobna telesna aktivnost)	42
2.8.3.1	Potrebe po ergogenih snoveh kolesarja	43
3	MATERIAL IN METODE	44

3.1	MATERIAL IN POSTOPEK DELA.....	44
3.1.1	Izdelava mesnih emulzij	44
3.2	METODE DELA	45
3.2.1	Določanje vsebnosti koencima Q₁₀	45
3.2.1.1	Ekstrakcija	45
3.2.1.2	Odparevanje topila.....	46
3.2.1.3	SPE-postopek.....	46
3.2.1.4	Priprava vzorca za kromatografijo.....	46
3.2.1.5	Pogoji določanja CoQ ₁₀ z LC-MS	47
3.2.1.6	Priprava umeritvene krivulje s standardnim dodatkom	48
3.2.2	Določanje vsebnosti L-karnitina, kreatinina in kreatina.....	49
3.2.2.1	Priprava vzorca	49
3.2.2.2	SPE-postopek.....	49
3.2.2.3	Priprava vzorca za kromatografijo.....	49
3.2.2.4	Pogoji določanja L-karnitina, kreatina in kreatinina z LC-MS	49
3.2.2.5	Priprava umeritvene krivulje s standardnim dodatkom kreatina	50
3.2.2.6	Priprava umeritvene krivulje s standardnim dodatkom kreatinina	51
3.2.2.7	Priprava umeritvene krivulje s standardnim dodatkom L-karnitina	52
3.2.3	Osnovna kemijska sestava mesne emulzije	52
3.2.4	Instrumentalna analiza barve.....	52
3.2.5	Senzorična analiza	53
3.3	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	53
4	REZULTATI.....	55
4.1	OSNOVNA KEMIJSKA SESTAVA MESNE EMULZIJE	55
4.2	INSTRUMENTALNO MERJENA BARVA	56
4.3	VSEBNOST REDUCIRANEGA KOENCIMA Q ₁₀ V MESNIH EMULZIJAH.....	57
4.4	VSEBNOST KREATINA IN KREATININA V MESNIH EMULZIJAH.....	58
4.5	VSEBNOST L-KARNITINA V MESNIH EMULZIJAH	59
4.6	SENZORIČNA ANALIZA MESNIH EMULZIJ	60
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	63
5.1	RAZPRAVA.....	63
5.2	SKLEPI.....	67
6	POVZETEK	68
7	VIRI	70
ZAHVALA		

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Povprečna dnevna poraba energije za različne aktivnosti (Referenčne vrednosti..., 2004: 23)	7
Preglednica 2: Povprečne energijske potrebe športnika v različnih športnih panogah (Hlastan Ribič, 2010: 3).....	8
Preglednica 3: Vsebnost koencima Q ₁₀ v nekaterih živilih (Žmitek in Žmitek, 2009: 152; Crane, 2001: 596)	22
Preglednica 4: Okvirni odmerki koencima Q ₁₀ v različnih stanjih (Tržan–Herman, 2011: 48).....	25
Preglednica 5: Viri kreatina v živilih (Jeukendrup in Glesson, 2010: 276)	29
Preglednica 6: Športi, kjer kreatin zagotavlja različne ergogene učinke (Kreider in Joung, 2011: 57)	31
Preglednica 7: Vsebnost L-karnitina v nekaterih živilih (Jeukendrup in Glesson, 2010: 271).....	37
Preglednica 8: Dodatek ergogenih snovi v 100 g mesne emulzije za različne športnike glede na njihovih 80 % dnevne potrebe po CoC ₁₀ oz. kreatinu ter 30 % dnevne potrebe po L-karnitinu.....	44
Preglednica 9: Kromatografski pogoji pri določanju koencima Q ₁₀ z LC-MS (gradient).....	47
Preglednica 10: Pogoji detekcije pri določanju koencima Q ₁₀ z LC-MS	48
Preglednica 11: Kromatografski pogoji pri določanju L-karnitina, kreatina in kreatinina z LC-MS	50
Preglednica 12: Pogoji detekcije pri določanju L-karnitina, kreatina in kreatinina z LC-MS (ESI+)	50
Preglednica 13: Povprečna hranilna vrednost in kemijska sestava prašičjega mesa.....	56
Preglednica 14: Osnovna kemijska sestava in hranilna vrednost mesnih emulzij za različne vrste športnikov, podana na 100 g.....	56
Preglednica 15: Po izdelavi instrumentalno merjena barva mesnih emulzij za različne vrste športnikov.....	57
Preglednica 16: Vpliv eksperimentalne skupine (različnih dodatkov ergogenih komponent) in časa skladiščenja na vsebnost koencima Q ₁₀ (mg/100 g) v mesnih emulzijah (Duncanov test, $\alpha = 0,05$).....	58

Preglednica 17: Vpliv eksperimentalne skupine (različnih dodatkov ergogenih komponent) in časa skladiščenja na vsebnost kreatina in kreatinina v mesnih emulzijah (Duncanov test, $\alpha = 0,05$).....	59
Preglednica 18: Vpliv eksperimentalne skupine (različnih dodatkov ergogenih komponent) in časa skladiščenja na vsebnost L-karnitina (g/100 g) v mesnih emulzijah (Duncanov test, $\alpha = 0,05$).....	60
Preglednica 19: Vpliv eksperimentalne skupine (različnih dodatkov ergogenih komponent) in časa skladiščenja na senzorično kakovost mesnih emulzij (Duncanov test, $\alpha = 0,05$)	61
Preglednica 20: Zadostitev dnevniht potreb (%) po določenih ergogenih snoveh za različne športnike po zaužitju 100 g posameznemu športniku namenjene mesne emulzije.....	64

KAZALO SLIK

Slika 1: Redoks stanja koencima Q ₁₀ (Žmitek in Žmitek, 2009: 151)	19
Slika 2: Biosinteza koencima Q ₁₀ (Rus in Rus, 2008: 90).....	20
Slika 3: Absorpcija in transport koencima Q ₁₀ (Žmitek in Žmitek, 2009: 153).....	21
Slika 4: Transport elektronov (Boyer, 2005: 461).....	23
Slika 5: Reducirana oblika koencima Q ₁₀ – ubikinol (Žmitek in Žmitek, 2009: 151)	24
Slika 6: Molekula kreatina (Wyss in Kaddurah–Daouk, 2000:1109)	26
Slika 7: Biosinteza kreatina (Kreider in Jung, 2011: 53)	27
Slika 8: Pretvorba kreatina in kreatin fosfata v kreatinin (Došler, 2007: 15).....	28
Slika 9: Kreatin monohidrat (Brudnak, 2004: 124).....	30
Slika 10: Molekula L-karnitina (EFSA, 2012: 7).....	35
Slika 11: Funkcija karnitina pri transportu dolgoverižnih maščobnih kislin, oksidacija in uravnavanje acil-CoA/CoA ravnovesja (Vaz in Wanders, 2002: 417).....	37
Slika 12: Vakuumski rotavapor in aparatura za izvedbo SPE-postopka	46
Slika 13: Umeritvena krivulja za določanje koencima Q ₁₀ v mesni emulziji	48
Slika 14: Umeritvena krivulja za določanje kreatina v mesni emulziji.....	51
Slika 15: Umeritvena krivulja za določanje kreatinina v mesni emulziji.....	51
Slika 16: Umeritvena krivulja za določanje L-karnitina v mesni emulziji.....	52
Slika 17: Mesne emulzije za različne tipe športnikov (1 – rokometaš, 2 – kolesar, 3 – šprinter in 4 – kontrola)	55

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AAS	anabolični androgeni steroidi
ADP	adenozin difosfat
ATP	adenozin trifosfat
BMR	bazal metabolic rate (bazalna metabolizem)
CACT	karnitin-acilkarnitin translokaza
CAT	karnitin acetil transferaza
CoA	koencim A
CoQ ₁₀	koencim Q ₁₀
CŽS	centralni živčni sistem
GI	glikemični indeks
HMB	β-hidroksi-β-metilbutirat
ISSN	International Society of Sports Nutrition
LD	letalna doza – smrtna doza
NIR	near infrared spectroscopy (bližnja infrardeča spektroskopija)
OH	ogljikovi hidrati
PAL	physical activity level (raven telesne aktivnosti)
RDA	recommended dietary allowance (priporočeni dnevni odmerki)
SPE	solid phase extraction (ekstrakcija s trdno fazo)
TT	telesna teža
VO _{2max}	stopnja najvišje porabe kisika

1 UVOD

V zadnjem stoletju so se naše prehranjevalne navade zelo spremenile. Življenjski pogoji so se izboljšali, poraba energije se je zmanjšala, zato je treba velik poudarek v našem življenju nameniti zdravemu prehranjevanju in gibanju.

Zdravo prehranjevanje je eden izmed ključnih dejavnikov, če želimo biti zdravi in dolgo živeti. Neustrezna prehrana in neustrezen način življenja lahko delujeta kot dejavnika tveganja, ki ogrožata zdravje, večata obolevnost, povzročata prezgodnjo smrtnost in obratno.

Športnik mora biti toliko bolj pazljiv pri načrtovanju svoje prehrane, saj dnevno opravi vrsto naporov. Z ustrežno prehrano lahko športnik vpliva na boljše zdravje, počutje in boljše kondicijo. Skrbno načrtovana prehrana športnika zagotovi povečane potrebe po energiji, hranilih, esencialnih snoveh. Pri delu v profesionalnih športnih je ena glavnih lastnosti zdravstvenega in prehranskega osebja izobraževanje športnikov in trenerjev o pravilni prehrani. To vključuje razumevanje, zakaj se uživa določena hrana, v kolikšni količini in v kakšnih časovnih presledkih, da se izboljša njihova športna uspešnost. Glavno vprašanje, ki se poraja med športniki, je, kako je s prehranskimi dodatki. Prehranski dodatki so lahko del režima prehrane športnika, vendar se morajo uporabljati kot dodatek in ne kot nadomestek hrane.

Živimo v dobi, kjer je prehranski trg zasičen z raznoraznimi preparati in proizvodi. Ti proizvodi so med športniki zelo razširjeni, saj jim obljublajo večjo moč, hitrost, regeneracijo. Športnik je v kopici izdelkov zmeden, kateri dodatek bi izbral, da bi mu ta kar najbolj ustrezal. Za prehranska dopolnila namenijo športniki veliko denarja v upanju, da jim bodo pomagala izboljšati športne zmogljivosti. Prodaja športnih preparatov in preparatov za izgubo telesne teže je v ZDA ocenjena na okoli 18 bilijonov dolarjev. Ti dodatki so znani kot ergogeni prehranski dodatki. Namenjeni so izboljšanju športnikove zmogljivosti in presegajo učinek, ki ga lahko dosežemo samo s prehrano.

Športnik mora biti pri izbiri prehranskega dodatka pazljiv. Kar hitro lahko kupi »mačka v žaklju«, saj izdelek, od katerega je pričakoval dodatno pomoč, ne vsebuje ergogene snovi v količini, ki jo športnik želi. Res je, da je težko vedeti, kateri izdelki so kakovostni in zagotavljajo ustrezno količino snovi, kot je navedeno na deklaraciji. Zato je dobro, da se športnik pred uporabo določenega prehranskega dodatka posvetuje s strokovnjakom, ki izdelke bolje pozna.

1.1 NAMEN DELA

Glavni namen našega dela je bil zbrati podatke o tem, kakšne so potrebe za različne športnike predvsem z vidika določenih ergogenih snovi. Osredotočili smo se na tri ergogene snovi. To so CoQ₁₀, kreatin in L-karnitin. Želeli smo izdelati tri različne mesne emulzije z omenjenimi dodatki glede na obliko in trajanje telesne aktivnosti. Hoteli smo narediti mesno emulzijo za športnika s prevladujočim aerobnim metabolizmom, za športnika s prevladujočim anaerobnim metabolizmom in za športnika z mešanim metabolizmom. Vsebnost treh dodatkov (CoQ₁₀, kreatina in L-karnitina) smo preverjali takoj po izdelavi mesne emulzije in med tritedenskim skladiščenjem.

1.2 HIPOTEZE

Naše delovne hipoteze so bile naslednje:

- predvidevali smo, da bomo uspešno naredili mesnine za tri različne tipe športnikov in v njih s kemijskimi analizami potrdili povečano vsebnost CoQ₁₀, kreatina in L-karnitina;
- predvidevali smo, da se vsebnost dodanih ergogenih snovi med skladiščenjem ne bo zmanjšala;
- predvidevali smo, da dodatek ergogenih snovi ne bo vplival na senzorično sprejemljivost živila.

2 PREGLED OBJAV

2.1 PREHRANA IN ŠPORT

2.1.1 Kaj je šport, kdo je športnik?

Šport je v sodobnem svetu uveljavljen pojem za gibanje, ki je razširjeno po vsem svetu. Izraz šport je latinskega izvora, *disportare* v latinščini pomeni raztresti se, odvrniti se od dela in skrbi, oditi skozi mestna vrata (Bizjan, 1999). V SSKJ (2002) je definicija športa naslednja: **špórt** -

Optimalna prehranjenost oziroma optimalna nasičenost organizma s hranili je torej osnovni pogoj za dobro psihofizično kondicijo; vzdrževanje normalne prehranjenosti organizma oziroma uravnotežene prehrane pri normalno prehranjenem organizmu pa je osnovni pogoj za dobro zdravje, dobro kondicijo in hitrejšo ozdravitev bolnika.

Z ustrezno prehrano želimo vplivati na čim boljše zdravje in boljšo kondicijo rekreativca in vrhunskega športnika. Ustrezna telesna aktivnost v okviru zdravega načina življenja je pomemben dejavnik dobrega zdravja (Pokorn, 1998).

Količina, sestava hrane in čas hranjenja bistveno vplivajo na športnikovo zmogljivost, njegove športne dosežke ter na njegovo trenutno in kasnejše zdravje.

Dobre prehranske navade omogočajo športniku, da lahko bolje trenira, si hitreje opomore od vadbe in se nanjo hitreje prilagodi. Z njimi je tveganje poškodb in obolenj manjše. Zato morajo športniki razviti takšne prehranske navade, ki ustrezajo presnovnim zahtevam v posameznih obdobjih treniranja, pred in med športnimi tekmovanji ter v obdobju regeneracije. Pri načrtovanju prehranskih smernic športnika je treba upoštevati njegove osebne značilnosti, predvsem spol, starost in zdravstvene posebnosti.

Osnovna prehrana športnikov je mešana kakovostna prehrana, ki je pripravljena po načelih zdrave hrane in zadosti potrebam po energiji, makrohranilih in mikrohranilih (Praprotnik in sod., 2006).

2.1.3 Presnova

Pojem presnove ali metabolizma (grško: *metabalein* – premetavati; spremeniti se v nekaj drugega) označuje vse fizikalno kemijske procese, s katerimi živa organizirana snov nastaja, se vzdržuje in spreminja. Pri tej spremembi postane energija kemičnih vezi organskih molekul dostopna za presnovne reakcije. Presnovne reakcije so katabolne (razgradnje), v katerih se organske makromolekule (ogljikovi hidrati, beljakovine in maščobe) razgradijo v preprostejše spojine, in anabolne (reakcije ponovne izgradnje ali nastanka organskih makromolekul iz preprostejših spojin) (Koren, 2004).

Anabolizem je proces izgradnje in je zato odločilen za rast in razvoj organizma, katabolizem pa je proces razgradnje in je odločilen za pridobivanje energije. Katabolizem je intenzivnejši med intenzivno športno aktivnostjo, pogosto pa tudi med boleznijo (Dervišević in Vidmar, 2011).

Za nekatere bolezni (zlasti kronične) je značilen dolgotrajno povečan katabolizem, pri športniku pa kratkotrajnemu povečanemu katabolizmu med treningom sledi dolgotrajnejši pospešen anabolizem (regeneracija) (Dervišević in Vidmar, 2011).

2.1.4 Trenažno-tekmovalni proces

Treningi in tekme so pomembni v življenju športnika. Vsak, ki se ukvarja s športom, mora, če želi dosegati visoke rezultate, trenirati. Trening in regeneracija sta zato zelo pomembna za športnika in si izmenično sledita.

Bistvo trenažnega procesa je priprava organizma na obremenitve med tekmo. Gre za obremenitve, na katere naj bi se organizem navadil (se jim prilagodil) s pomočjo fizioloških mehanizmov, ki mu to omogočajo. Za tako prilagoditev organizem potrebuje primeren stimulans (trening) in seveda čas prilagoditve nanj (regeneracija). Trening vodi v utrujenost in izčrpanje organizma, regeneracija pa v ponovno vzpostavitev – obnovitev homeostaze in funkcionalnih sposobnosti, kar omogoča ponovno obremenitev. Regeneracija v času počitka po treningu oziroma izčrpanju vodi celo v izboljšanje funkcionalne sposobnosti športnika (superkompensacije) glede na stanje pred treningom. Ponavljajoče se obremenitve ob zadostnem času za regeneracijo privedejo do transformacijskih procesov v organizmu, ki v končni fazi omogočajo lažjo prilagoditev telesa na zahtevne obremenitve (izboljšane funkcionalne sposobnosti). Večje kot je izčrpanje v procesu treninga, močnejši je odziv zdravega organizma z izboljšanjem funkcionalnih sposobnosti. Organizem mora imeti za doseg te izboljšave dovolj časa. Pravilno načrtovanje treningov (trajanje, intenzivnost, vsebina, število) in regeneracije (čas trajanja, regeneracijska sredstva in postopki) omogoča športno uspešnost. Zagotovitev zadostne količine energije in počitka sta odločilnega pomena za uspešnost trenažno-tekmovalnega procesa (Dervišević in Vidmar, 2011).

2.2 ENERGIJSKI PROCESI MED TELESNO AKTIVNOSTJO

Telesna aktivnost je značilnost vseh športnih disciplin. Mišično tkivo, ki lahko predstavlja kar 45 % skupne teže telesa, je generator sile, potrebne za premikanje sklepov – telesno aktivnost (Burke in Deakin, 2000). Nastala sila je produkt mišične kontrakcije, ki za svoje delovanje potrebuje energijo. Vir energije za normalno delovanje organizma predstavljajo ogljikovi hidrati, beljakovine in maščobe (Hlastan Ribič, 2010) in njihove gradbene enote (glukoza, maščobne kisline, aminokisline) (Dervišević in Vidmar, 2011).

V športu so najpomembnejša štiri goriva:

- mišični glikogen,
- glukoza v krvi,
- proste maščobne kisline v krvi,
- trigliceridi v mišicah (Dervišević in Vidmar, 2011).

Iz teh goriv, ki so osnovne substance, se posredno tvori največji del ATP v celicah (Dervišević in Vidmar, 2011). Adenozintrifosfat – ATP je univerzalni prenašalec energije

biokemijskih procesih. Nastaja v katabolnih procesih. Energija potrebna za sintezo ATP se sprosti pri razgradnji hranil, ki jih človek zaužije s hrano. Pri mišičnem krčenju prihaja do hidrolize ATP v anorganski fosfat in ADP, pri čemer se sprosti energija. Zaloge ATP so v mišicah zelo majhne in zadoščajo približno za 2 sekundi dela, zato so potrebne različne metabolne poti, ki omogočajo resintezo ATP (McArdle in sod., 2009).

Energija, potrebna za sintezo ATP, se pridobiva iz anaerobnih in aerobnih energijskih procesov. Kratek čas trajanja napora visoke intenzitete vodi do anaerobnih procesov. Ker kisik ni razpoložljiv za aerobno tvorbo energije, se kot vir energije uporablja glukoza, ki se pretvori do laktata. Med lažjo in srednjo obremenitvijo (≤ 60 % maksimalne porabe kisika, VO_{2max}) je glavni vir energije v telesu maščoba, oziroma maščobne kisline. Pri večjih obremenitvah ($85-90$ % VO_{2max}) pa energija izhaja iz glikogena in glukoze v krvi. Športniki, ki izvajajo visoko intenzivne treninge/tekme, lahko ob neustrezni prehranski podpori hitro porabijo zaloge glikogena v mišicah še pred koncem treninga ali tekme (Hlastan Ribič, 2010).

2.2.1 Energijske potrebe športnika

Človek potrebuje energijo za rast, razvoj, telesno toploto in delo. Glavni dejavniki, ki vplivajo na energijsko porabo, so poraba energije med počitkom, fizična aktivnost in termogeneza. Energijsko neravnotežje lahko v daljšem časovnem obdobju povzroči zvišano ali znižano telesno maso. Z izgubo telesne mase, zlasti mišične, se zniža tudi največja možna količina vdihanega kisika. Posledica tega je manjša storilnost, moč in vzdržljivost pri delu in športu (Pokorn, 1998).

Na energijske potrebe posameznega športnika vplivajo velikost telesa, rast, težnja po izgubi ali povečanju teže ter same energijske zahteve treninga, ki se spreminjajo glede na pogostost, trajanje in intenziteto treninga (Burke, 2007). Program treninga se spreminja glede na tekme in njihovo pomembnost, pa tudi skozi sezono, čemur je treba prilagajati tudi prehrano. Da se doseže potreben vnos energije, je treba predhodno oceniti energijske potrebe. Energijske zahteve določajo predvsem štiri komponente, ki so:

- **bazalni metabolizem** – nanj vplivajo velikost in sestava telesa, spol, starost in dedna zasnova; običajno znaša okoli 60–70 % skupne energijske porabe;
- **termogeneza** – znaša okoli 10 % skupne energijske porabe;
- **telesna aktivnost** – običajno znaša okoli 15–30 % skupne energijske porabe;
- **rast** (tudi razvoj mišic), nosečnost in dojenje (Burke, 2007).

Človek v mirovanju prav tako porablja energijo. Energijska poraba v mirovanju je odvisna od starosti, višine, teže in spola. Za ugotavljanje energijskih potreb med počitkom se najpogosteje uporablja Harris-Benedictova enačba (ocena energijskih potreb v mirovanju – BMR). Telesna masa je razmeroma še najboljši in osnovni podatek za izračun energijskih

potreb v mirovanju. Za izračun energijskih potreb se običajno uporablja povprečna telesna masa populacije pri določeni starosti ali telesni višini.

Harris-Benedictova enačba za ugotavljanje energijskih potreb med počitkom (Pokorn, 1998):

Za moške:

$$\text{BMR (kcal)} = 66,5 + (13,77 \times \text{TT}) + (5,003 \times \text{TV}) - (6,78 \times \text{S}) \quad \dots(1)$$

Za ženske:

$$\text{BMR (kcal)} = 655,1 + (9,56 \times \text{TT}) + (1,85 \times \text{TV}) - (4,68 \times \text{S}) \quad \dots(2)$$

TT – telesna teža (kg)

TV – telesna višina (cm)

S – starost (leta)

Ko se določi vrednost metabolizma v mirovanju (BMR), se ga za določitev dnevnih energijskih potreb pomnoži z ustreznim faktorjem aktivnosti (preglednica 1) (Burke, 2007).

Preglednica 1: Povprečna dnevna poraba energije za različne aktivnosti (Referenčne vrednosti..., 2004: 23)

Delo in prosti čas	PAL	primeri
sedeč ali ležeč način življenja	1,2	stari in bolni ljudje
sedeča dejavnost z malo ali brez naporne aktivnosti v prostem času	1,4–1,5	pisarniški uslužbenci, finomehaniki
sedeča dejavnost, občasno tudi večja poraba energije za hojo in stoječe aktivnosti*	1,6–1,7	laboranti, vozniki, študenti
pretežno stoječe delo*	1,8–1,9	gospodinje, prodajalci,
fizično naporno delo *	2,0–2,4	gradbeni delavci, kmetovalci, tekmovalni športniki

PAL – (physical activity level) povprečne dnevne potrebe po energiji za fizično aktivnost kot večkratnik bazalnega metabolizma; * za športno udejstvovanje ali za naporne aktivnosti v prostem času (30–60 minut, 4–5-krat na teden) se lahko na dan doda še 0,3 enote PAL.

Primer: Izračun dneve potrebe po energiji za gospodinjo

Če za gospodinjo predpostavimo 8 ur dela z veliko povprečno porabo energije $2,4 \times \text{BMR}$ in 8 ur nadaljnjih aktivnosti s povprečno porabo energije $1,6 \times \text{BMR}$ ter 8 ur spanja z $0,95 \times \text{BMR}$, dobimo srednje dnevne potrebe po energiji kot $(2,4 \times 8 + 1,6 \times 8 + 0,95 \times 8)/24 = 1,65 \times \text{BMR}$.

Športnik mora zato zaužiti dovolj energije za vzdrževanje ustrezne telesne teže in telesne sestave. Poraba energije je za različne vrste vadbe odvisna od trajanja, pogostosti in

intenzivnosti vadbe, spola ter prehranskega statusa športnika. Na porabo energije prav tako vplivajo dednost, starost in velikost telesa (ADA..., 2009).

Energijske potrebe pretežno sedeče ženske oziroma sedečega moškega znašajo 1825–2580 kcal/dan. Telesna aktivnost, ki vsakodnevno vključuje treninge oziroma tekmovanje, poveča energijske potrebe za 430–860 kcal na uro telesne aktivnosti, odvisno od vrste športa (preglednica 2) (Hlastan Ribič, 2010). Več energije, ki jo porabimo med aktivnostjo, pomeni več zaužitih kalorij, potrebnih za doseganje energetske bilance (ADA..., 2009). Kratko trajajoče visoko intenzivnostne vrste športov zahtevajo veliko porabo energije v kratkem času, npr. maratonce porabijo okoli 2150–2580 kcal na uro telesne aktivnosti (Hlastan Ribič, 2010).

Preglednica 2: Povprečne energijske potrebe športnika v različnih športnih panogah (Hlastan Ribič, 2010: 3)

Aktivnost (kcal/min)	Telesna teža (kg)				
	50	60	70	80	90
aerobika					
– začetna	5,2	6,2	7,1	8,1	9,3
– nadaljevalna	6,7	7,9	9,5	10,7	12,1
ples	2,6	3,1	3,6	4,0	4,5
košarka	6,9	8,3	9,5	11,0	12,4
golf	4,3	5,0	6,0	6,7	7,6
tek					
5 min/km	10,5	12,4	14,5	16,7	18,6
hoja					
10 min/km	5,0	6,2	7,1	8,3	9,3
kolesarjenje					
9 km/uro	3,1	3,8	4,3	5,0	5,7
15 km/uro	5,0	5,7	6,7	7,9	9,0
nogomet	6,7	7,9	9,3	10,5	11,9
gimnastika	3,3	3,8	4,5	5,2	6,0

Športnik lahko višek energije uskladišči (glikogenoliza, lipogeneza) in ga ob pomanjkanju ponovno uporabi. Poznamo glikogenezo, glikogenolizo in glukoneogenezo.

Glikogeneza: anabolni proces pretvorbe glukoze v glikogen, ki se skladišči v jetrih in mišicah.

Glikogenoliza: katabolni proces, pri katerem ob pomanjkanju energije v mišicah iz glikogena nastaja glukoza, ki nato v procesu metabolizma omogoča sproščanje energije.

Glukoneogeneza: proces sinteze glukoze iz piruvata (Dervišević in Vidmar, 2011).

2.2.2 Aerobni in anaerobni napor

Z vidika intenzivnosti napora lahko definiramo napor glede na prevladujoče energijske procese pri neki obremenitvi. Definiramo lahko štiri območja intenzivnosti.

2.2.2.1 Aerobni napor

Aerobni napor so vsi nizko do srednje intenzivni napori, v katerih prevladujejo aerobni energijski procesi. Aktivnost teh procesov je mogoče zmeriti, tudi pri športnem naporu in v celotnem organizmu, na podlagi razlike v vsebnosti kisika v vdihanem in izdihanem zraku. Razlika pomeni količino porabljenega kisika. Meja aerobnega napora seže približno do 50 % največje porabe kisika. Pri intenzivnostih, ki presegajo ta napor, se namreč začnejo dodatno aktivirati tudi anaerobni laktatni energijski procesi. Za aerobni napor je značilno, da v svojih procesih uporablja dve vrsti goriv: tista, ki izhajajo iz ogljikovih hidratov (glukoza in glikogen), in tista, ki izhajajo iz maščob (glicerol in proste maščobne kisline) (Ušaj, 2003).

2.2.2.2 Aerobno-anaerobni napor

Aerobno-anaerobni napor presega nivo laktatnega praga (intenzivnost, pri kateri začne vsebnost laktata v krvi naraščati). To pomeni, da se v premagovanju napora začnejo vključevati tudi dodatna hitra mišična vlakna, ki do te intenzivnosti še niso bila pomembneje aktivirana. Mišica hkrati preide na porabo ogljikovih hidratov kot primernega goriva. Maščobe se vedno manj uporabljajo, kljub temu da so na razpolago v krvi. Opaziti je tudi manjši pomen uporabe glukoze iz krvi kot goriva ter večji pomen porabe mišičnega glikogena. Povečuje se tudi ventilacija pljuč (dihanje ostaja vse bolj izraženo), ki pripomore k uravnavanju sprememb v acidobaznem ravnovesju, ki je nastal s kopičenjem laktata v krvi (Ušaj, 2003).

2.2.2.3 Anaerobno-aerobni napor

Aerobno-anaerobni napor presega stopnjo največje porabe kisika. Vsako povečanje obremenitve povzroča povečanje aktivnosti anaerobnih laktatnih energijskih procesov (glikogenolize). Vsebnost laktata pri takšnem naporu narašča premo sorazmerno s trajanjem obremenitve. Tak napor lahko športnik premaguje le nekaj minut. Glikogenoliza je v tem primeru najpomembnejši vir energije. Uravnavanje energijskih procesov mora potekati hitro (Ušaj, 2003).

2.2.2.4 Anaerobni napor

Anaerobni napor je značilen za najvišjo intenzivnost obremenitve, ki jo mišice lahko premagujejo tja do 10 sekund in temelji izključno na anaerobnih alaktatnih energijskih procesih, katerih temelj je razgradnja kreatinfosfata. Ta se med tovrstnim naporom izredno hitro porablja. Na tak način se ohranja koncentracija ATP, vse do trenutka, ko se vsebnost kreatinfosfata zniža do neke kritične točke, pri kateri se začne tudi ATP zniževati. To vodi do hitrega pojava utrujenosti (Ušaj, 2003).

2.2.3 Energijski sistemi glede na čas trajanja obremenitve

Ker je vsak šport drugačen in traja različno dolgo, lahko energijske sisteme razdelimo v tri skupine glede na čas trajanja obremenitve.

Ločimo:

- fosfagenski sistem – anaerobni alaktatni energijski procesi
- glikogenski-laktatni sistem – laktatni energijski procesi
- aerobni sistem – aerobni energijski procesi

KRATKOTRAJEN NAPOR VISOKE INTENZIVNOST

Tu prevladujejo anaerobni alaktatni energijski procesi (razgradnja fosfagenov). Zaloge, ki se že v nekaj sekundah izčrpajo, je treba obnoviti, sicer se pojavi utrujenost in nezmožnost premagovanja intenzivnega napora. V odmoru se zaloge fosfagena relativno hitro obnovijo, odvisno od stopnje izčrpanosti. Če so zaloge kreatinfosfata le malo izčrpane, potem je njihova obnova kratkotrajna, saj zadošča odmor do ene minute za popolno obnovo zalog in superkompensacijo. Če pa so zaloge zelo izčrpane, se zaloge obnavljajo približno 3 minute (Ušaj, 2003).

SREDNJE TRAJAJOČI NAPOR

Tu prevladujejo anaerobni laktatni energijski procesi. Gorivo teh procesov je glikogen, ki je shranjen v mišicah. Glikogen se med naporom razgradi tudi do mlečne kisline (laktat), ki povzroča acidozo (zakisanje, spremeni se acidobazno ravnovesje v organizmu). Acidoza je povezana s pojavom utrujenosti pri tovrstnem naporu, ki je premo sorazmeren z velikostjo acidoze. V odmoru pride do zmanjševanja vsebnosti laktata v krvi zaradi njegove aerobne razgradnje. Laktat se razgradi na piruvat, ki se delno uporabi za obnovo glikogenskih rezerv v mišicah in jetrih. Zaradi tega je poraba kisika v odmoru dalj časa povečana. Pojav imenujemo kisikov dolg (Ušaj, 2003).

DOLGOTRAJNI NAPOR S PREKINITVAMI

Tu prevladujejo aerobni energijski procesi. Kisikov dolg in kopičenje laktata v krvi sta manjša, v odmoru pa prihaja do vračanja dolga na stopnjo, ki nekoliko presega tisto v mirovanju. Vsebnost laktata se zmanjša, toda ne do vrednosti v mirovanju. Zato prihaja v začetni fazi takšnega napora do povečevanja tako vsebnosti laktata v krvi kot kisikovega

dolga, v poznejših ponovitvah pa oba ustalita svoje vrednosti na določeni, višji ravni stacionarnega stanja. Ta stopnja je odvisna od intenzivnosti v fazi napora in trajanja odmora (Ušaj, 2003).

2.3 PREHRANA ŠPORTNIKA

2.3.1 Makrohranila v prehrani športnika

Dnevna prehrana vrhunškega športnika mora biti individualno načrtovana glede na športnikove potrebe. Dnevni jedilnik mora biti skladen s prehranskimi priporočili za vnos makro- in mikrohranil ter esencialnih snovi. Odvisno od režima treningov mora delež ogljikovih hidratov v prehrani športnika dosegati najmanj 55 % dnevnega energijskega vnosa. Idealen delež celodnevne energijske vnosa iz ogljikovih hidratov pa se giblje med 60 in 70 %. Priporočena količina beljakovin v prehrani vrhunškega športnika je 10–15 %, izjemoma do 20 % dnevnega energijske vnosa. Dokazano je, da dnevni vnos nad 2,5 g/kg telesne teže ne poveča mišične mase niti telesne zmogljivosti športnika. Prekomeren vnos beljakovin lahko le obremeni presnovo, poveča izločanje vode, sečnine in kalcija, povzroči hipertrofijo jeter in ledvic, poveča pa se tudi poraba energije zaradi specifičnega delovanja hranil. Priporočen delež maščob v prehrani vrhunškega športnika znaša 20–25 % dnevnega energijske vnosa (Hlastan Ribič, 2010).

2.3.1.1 Ogljikovi hidrati

Ogljikovi hidrati so količinsko najpomembnejši vir energije v prehrani ljudi in so odločilni za nemoteno delovanje centralnega živčnega sistema. Zagotavljajo polnjenje energijskih rezerv (glikogen) v jetrih in mišicah, kar je še posebej pomembno v športu. Če je količina ogljikovih hidratov v prehrani prevelika, se ti lahko spremenijo v maščobo. Primerna količina ogljikohidratne hrane oskrbi organizem z energijo in hkrati varuje (vzdržuje) tkivne beljakovine (ker ni potrebe po njihovem vključevanju v zagotavljanje energije) (Dervišević in Vidmar, 2011).

Ogljikovi hidrati zagotavljajo energijo pri aerobni in anaerobni vadbi. Ker zagotavljajo energijo, preprečijo nastanek ketonskih teles in poznejših ketoz. Viri ogljikovih hidratov so jetrni in mišični glikogen, glukoza v krvi ter laktat v jetrih (Genton, 2010). Aktivne mišice so po izčrpanju glikogenskih zalog prisiljene preiti na maščobe, katerih oksidacija ne poteka tako hitro, zato je športnik prisiljen upočasniti ali celo prekiniti telesno aktivnost. Poleg tega izčrpanje glikogena v jetrih pomeni, da ne morejo več zalagati in vzdrževati koncentracije krvnega sladkorja, zato začno v procesu glukoneogeneze (encimska sinteza glukoze iz piruvata) proizvajati glukozo iz proteinskih virov. Glukoneogeneza poteka počasneje kot mišično privzemanje sladkorja iz krvi. Prav zato je prehrana, bogata z ogljikovimi hidrati, pomembna za večino športov, ker omogoča regeneracijo in vzdrževanje glikogenskih zalog v jetrih in mišicah (McArdle in sod., 2009).

Potrebe po ogljikovih hidratih za športnike

Optimalni količinski vnos ogljikovih hidratov je odvisen od več dejavnikov, vključno s telesno težo, športno panogo, trajanjem in intenzivnostjo telesne aktivnosti. Splošno priporočilo za športnike tako znaša 6–10 g/kg telesne teže. Večje potrebe imajo vzdržljivostni športniki, športniki z velikimi trenajznimi zahtevami, športniki z manj telesne maščobe, športniki moškega spola; manjše pa športnice, športniki z manj zahtevnimi treningi, fitnes športniki, športniki izven sezone ter športniki z večjim deležem telesne maščobe (McArdle in sod., 2009).

Okvirne dnevne potrebe po ogljikovih hidratih pri športni aktivnosti:

- redno aktivni: 4,5–5 g OH/kg TT/dan,
- šport moči: 5–6 g OH/kg TT/dan in več,
- vzdržljivostni športi (trajanje več kot 90 minut): 8–10 g OH/kg TT/dan (Dervišević in Vidmar, 2011).

2.3.1.2 Beljakovine v prehrani športnika

Beljakovine oskrbujejo organizem z aminokislinami in drugimi dušikovimi spojinami, ki so potrebne za proizvodnjo telesu lastnih beljakovin in drugih metabolično aktivnih substanc. Beljakovine so pomembne za gradnjo različnih tkiv, pri nastajanju hormonov in encimov, torej jih je potratno uporabljati kot gorivo (Hlastan Ribič, 2010). Pomembne so zlasti v obdobju rasti in razvoja. Na metabolizem beljakovin med vadbo in po njej vplivajo starost, spol, intenzivnost, trajanje, vrsta vadbe, vnos energije, ogljikovih hidratov in razpoložljivost (ADA..., 2009).

Priporočen dnevni vnos beljakovin v mešani prehrani znaša 0,8 g/kg telesne teže na dan. V uravnoteženi prehrani to ustreza 8–10 % deležu prehranskih beljakovin pri vnosu energije za odrasle (Referenčne vrednosti..., 2004). Športniki, ki se ukvarjajo z vzdržljivostnimi športi, naj bi jih zaužili 1,1 g/kg na dan. Športniki, ki potrebujejo mišično moč, pa 1,3 g/kg beljakovin na dan. Vzdržljivostni trening v primerjavi s treningom moči zmanjša zaloge mišičnega glikogena, posledično se poveča poraba beljakovin. Trening lahko povzroča poškodbe mišic, kar prav tako poveča potrebo po beljakovinah, ki omogočajo hitrejšo regeneracijo tkiv. Višje potrebe se pojavijo zaradi oksidacije aminokislin med naporom ter zaradi rasti ali »popravila« mišičnega tkiva (Genton, 2010).

Pozornost je treba nameniti varnosti zaradi prevelikega vnosa beljakovin. Dokazov o škodljivih učinkih beljakovin pri zdravih ljudeh na delovanje ledvic ni. Raziskovalci so ugotovili, da ni večjih škodljivih učinkov pri vnosu beljakovin do 2,8 g/kg telesne teže. Večji vnos beljakovin je v prehrani nesmiseln, saj »dodatne« beljakovine ne povzročijo povečanja mišične mase ali moči (Genton, 2010). Pomembno je, da se v prehrano vključijo kakovostne beljakovine, ki jih organizem učinkovito izrabi. Presežke proteinov pa lahko

nadomestijo druga bolj pomembna hranila v prehrani športnika, ki bi bolje podprla zahteve treninga ali tekme (Burke in Deakin, 2000).

Cilj večine športnikov je doseči ravnotežje med vnesenim in izločenim dušikom. Negativno razmerje pomeni, da je bil delež izločenega dušika večji, kar neizogibno vodi v izgubo mišične mase. Obratna situacija, torej pozitivno ravnovesje, vodi v pridobivanje mišične mase.

Medtem ko večina športnikov uživa »preveč« beljakovin, pa je okoli 20 % takih, ki zaužijejo manj beljakovin kot je priporočeno. To je opazno pri športnikih z negativno energijsko bilanco, pri tistih, ki so v programih hujšanja, pri športnikih, ki se jim nenadno poveča raven usposobljenosti in vegetarijancih. Posledica nizkega vnosa beljakovin je izguba nemaščobnega tkiva, imunskega odziva, živčnomišičnega delovanja in moči (Genton, 2010).

Nezadosten vnos tako energije kot ogljikovih hidratov poveča potrebe po proteinih. Športniki z nizkimi zalogami energije presnovijo dvakrat več proteinov kot tisti z zadostnimi zalogami, večinoma zaradi presnove aminokislin v glukozo (McArdle in sod., 2009).

2.3.1.3 Maščobe v prehrani športnika

Maščobe so največji vir energije. Udeležene so pri toplotni zaščiti organizma in pri mehnični zaščiti vitalnih organov (ledvice in možgani). So vir vitaminov (A, D, E, K), zato so pomemben sestavni del prehrane (Dervišević in Vidmar, 2011).

Maščobe so kot triacilgliceroli shranjene pretežno v adipoznem tkivu in mišičnih celicah (intramuskularni triacilgliceroli), kjer predstavljajo zalogo energije. Maščobne zaloge v telesu so v primerjavi z ogljikohidratnimi bistveno večje, prav tako pa predstavljajo več izkoristljive energije. Pri izgorevanju 1 g maščobe se sprostijo 9 kcal, medtem ko se pri ogljikovih hidratih le 4 kcal (Glesson, 2005).

Za zmerne telesne dejavnosti je približno polovica energije pridobljena iz metabolizma prostih maščobnih kislin. Če traja napor več kot eno uro, lahko telo uporablja maščobe kot glavni vir energije. Uporaba maščob kot goriva je odvisna od trajanja napora ter od stanja športnika. Trenirani športnik uporablja maščobe kot vir energije hitreje kot netrenirani (Anderson in sod., 2010).

Pri maščobah je treba posebno pozornost nameniti vrsti maščob, saj lahko s pravilno izbiro izboljšamo zdravje, zavremo napredovanje bolezni, ni pa seveda nujno, da s tem izboljšamo uspešnost športnika (Campbell in Geik, 2004).

Pri izboru maščob se upoštevajo smernice zdravega prehranjevanja, količina maščob pa pokrije preostali delež dnevnih energijskih potreb, potem ko se primarno določijo potrebe po ogljikovih hidratih in proteinih. Vsekakor naj delež maščob v prehrani ne bi bil nižji od 15 %, saj ima to lahko škodljive učinke na zdravje, pojavi se suha koža, prizadete so imunske funkcije, poslabša se vzdržljivost (McArdle in sod., 2009).

2.3.2 Mikrohranila v prehrani športnika

Najpomembnejša mikrohranila za športnike so vitamini in minerali. Med pomembnejšimi so: kalcij, vitamin D, vitamini B-kompleksa, železo, cink, magnezij ter tudi nekateri antioksidanti kot sta vitamina C in E, β -karoten in selen (ADA..., 2009).

Redno, intenzivno treniranje poveča športnikove potrebe po vitaminih in mineralih. Neustrezen vnos mikrohranil pri športnikih vpliva na njihovo učinkovitost med naporom (Campbell in Geik, 2004). Športniki, ki so v nevarnosti za pomanjkanje mikrohranil, so tisti, ki omejujejo vnos energije, tisti, ki izključujejo posamezne vrste hranil, in tisti, ki uživajo neuravnoteženo in nizkomineralno hrano. Ti športniki se lahko poslužujejo mineralnih in multivitaminskih dodatkov, medtem ko pri osebah z normalno prehrano dodatki ne izboljšajo zmogljivosti (ADA..., 2009).

2.3.3 Hidracija pri športnikih

Delež vode v telesu se spreminja odvisno od spola, starosti in deleža telesne maščobe (Hlastan Ribič, 2010). Pri odraslem človeku predstavlja voda približno 60 % telesne teže. Vsebnost vode variira med različnimi telesnimi tkivi (Jeukendrup in Glesson, 2010). Že najmanjše izgube imajo lahko resne posledice za delovanje organizma, človek pa ne preživi brez vode več kot 10 dni (McArdle in sod., 2009).

Dobra hidracija je pomemben dejavnik za optimalno vadbo. V primeru neustrezne hidracije – dehidracije, se povečuje tveganje za potencialno nevarne življenjske poškodbe npr. kap, zato mora športnik zagotoviti ustrezno hidracijo pred, med in po vadbi. Zaradi dehidracije ter pomanjkanja elektrolitov lahko pride do skeletno mišičnih krčev (ADA..., 2009).

Športnik mora imeti zagotovljen zadosten vnos tekočine, saj že 2 % izgube vode preko znoja oslabi zmogljivosti športnika (Kreider in sod. 2010).

Zaradi dnevnih izgub tekočine z urinom, blatom, dihanjem in potenjem je treba dnevno nadomeščati izgubljeno tekočino s hrano in s pitjem tekočin. Za športnike se priporoča 1,5 ml tekočine na dan za vsako porabljeno kalorijo (Rolfes in sod., 2006).

Spreminjanje kemične energije v mehanično, ki omogoča gibanje telesa, je neučinkovito, saj pri tem nastajajo velike izgube (do 70 %) v obliki toplote. Pri telesni aktivnosti zato

nastaja zelo veliko toplote, ki jo je treba odvesti iz telesa, da se vzdržuje normalna telesna temperatura. Ko je temperatura okolja višja od temperature kože, je edini način, da se toplota odvede iz telesa, izhlapevanje vode skozi kožo in dihanje. Vsak liter vode, ki izhlapi preko kože, odvede 580 kcal toplote (Burke in Deakin, 2000).

2.4 PREHRANSKI DODATKI IN ŠPORT

»Dodatek« je krovno ime za vitamine, minerale, zeliščna zdravila, aminokislino in druge snovi, ki se jih jemlje peroralno (Petróczi in Naughton, 2007). Med športniki so zelo razširjeni različni prehranski dodatki in športni prehranski izdelki, ki športnikom obljublajo večjo hitrost, moč, vitkost, boljšo regeneracijo, večjo vzdržljivost, zdravje in podobno. Za športne prehranske dodatke se smatrajo produkti, ki pomagajo zagotavljati prehranske potrebe, značilne za športnike. To so športni napitki, ploščice, tekoči obroki in dodatki mikrohranil, ki so del predpisanega prehranskega načrta. Ti produkti pomagajo športniku zadostiti potrebam po energiji, tekočini in specifičnih hranilih predvsem v okoliščinah, ko se običajna hrana ne izkaže kot praktična. To je lahko pred, med ter po telesni aktivnosti in lahko na ta način pozitivno vpliva na športni rezultat (Mann in Truswell, 2007).

Prehrambeni trg je preplavljen s številnimi izdelki, ki so namenjeni športnikom za doseg zelenih ciljev. Široka ponudba številnih preparatov različnih proizvajalcev lahko nevednega športnika zavede v odločitev za nakup. Prodaja teh preparatov je regulirana z zakonodajo prometa z živili, ki pa je manj stroga kot pri zdravilih (Dervišević in Vidmar, 2011).

Prehranske dodatke, ki jih športniki pogosto uporabljajo, lahko delimo na:

- preparate za nadomeščanje tekočine: sem spadajo hipotonični ali izotonični mineralno-vitaminski napitki,
- energetske preparate: napitki z OH z različno vsebnostjo sladkorjev, energetske ploščice ali želeji,
- beljakovinske preparate: proteinski koncentrati, kompleksi aminokislin, posamezne aminokislino,
- lipolitike: pripomorejo k hitrejšemu izgorevanju maščob,
- ergogena sredstva: sredstva, ki naj bi pripomogla k boljšemu rezultatu glede na pričakovane rezultate (Dervišević in Vidmar, 2011).

2.4.1 Ergogena sredstva

Ergogene snovi so snovi, ki izboljšajo učinkovitost vadbe, zmogljivost ter pomagajo pri okrevanju (Kreider in sod., 2010). Prehranske ergogene snovi so produkti, ki med športniki vzbujajo veliko zanimanje, saj obljublajo takojšnje pozitivne učinke na športne rezultate. Mednje lahko spadajo vsi prehranski dodatki, pogosteje pa se ime uporablja samo za

nekatero substance. Športniki jih uporabljajo predvsem pred tekmo ali med regeneracijo. V praksi se veliko uporabljajo, čeprav za večino ni zanesljivih strokovnih dokazov o učinkovitosti (Dervišević in Vidmar, 2011). Pri uporabi je treba biti pazljiv, saj so ti produkti pogosto kontaminirani s snovmi, ki dajejo pozitivne rezultate na doping testu (Mann in Truswell, 2007).

Nekatere izmed ergogenih substanc in oglaševani učinki:

- **Proteinski dodatki ali posamezne aminokisliline** (arginin, ornitin, valin, levcin, isolevcin, karnitin, holin, glicin, inozin, lizin): uporabljajo se predvsem za povečanje mišične mase.
- **Kofein**: dokazano pozitivno učinkuje na vzdržljivost in stimulira CŽS.
- **Kreatin z OH**: povečanje kreatinfosfata, povečanje mišične mase in moči (za kratkotrajne aktivnosti velike intenzivnosti).
- **Karnitin**: pospeševanje oksidacije maščobnih kislin (redukcija maščob in telesne teže), zmanjšuje utrujenost, povečuje mišično moč in izboljšuje delovanje srca.
- **CoQ₁₀**: izboljšuje vzdržljivost, krepi imunski sistem in pripomore k hitrejši regeneraciji (Dervišević in Vidmar, 2011).

2.4.1.1 Kategorije ergogenih snovi

Ergogene snovi lahko razdelimo v kategorije na različne načine.

Delitev glede na namen jemanja:

- dodatki za povečevanje telesne mase in povečanja kalorij (prigrizki, praški in energijski napitki),
- dodatki za povečanje športne zmogljivosti, ki vključujejo podkategorije; to so dodatki za moč, hitrost, izboljšanje vzdržljivosti.

Delitev glede na komponente hrane:

- aminokislinski derivati,
- lipidni derivati,
- prehranske komponente, kot so kofein, kreatin, karnitin, ginseng in ostali.

Delitev, ki temelji na znanstvenih pogledih glede učinkovitosti:

- **učinkovite**: dopolnila, ki zagotavljajo ljudem njihove potrebe (večina raziskav je potrdila njihovo varnost in učinkovitost),
- **morda učinkovite**: dopolnila, ki imajo teoretično utemeljeno uporabo, vendar so potrebne nadaljnje raziskave,
- **učinkovitost težko določljiva**: dodatki, ki nimajo dovolj znanstvenih dokazov,
- **neučinkovite**: dodatki, katerih raziskave zatrjujejo, da niso učinkoviti (Dubnov-Raz in sod., 2011).

Svetovna uporaba prehranskih dodatkov se med športniki giblje med 40 in 60 %. Prehranske dodatke uporabljajo za povečanje zmogljivosti, vzdržljivosti, vzdrževanje zdravja in preprečevanje poškodb. Obseg jemanja ergogenih snovi je pri športnikih v porastu (Petróczi in Naughton, 2007).

Po letu 1999 se pojavlja čedalje več raziskovalnih skupin, ki s sodobnimi analitičnimi metodami preiskujejo sestavo prehranskih dodatkov in s tem dokazujejo njihovo sestavo, kontaminacijo ali ponarejanje. Med opravljenimi preiskavami je najjasnejša in najobsežnejša preiskava iz let 2001–2002. V njej so v 13 različnih državah proučevali kar 634 prehranskih dopolnil. Rezultati so pokazali, da je bilo 15 % izdelkov, ki niso bili klasificirani kot hormonski pripravki, kontaminiranih z anaboličnimi androgenimi steroidi. Na mednarodnem tržišču prehranskih dopolnil je bilo po letu 2002 dodatno dokazanih veliko število proizvodov, ki so bili kontaminirani s »klasičnimi« anaboličnimi steroidi, kot so metandienon, stanozolol, boldenon, dehidroklormetil – testosteron, oksandrolon ipd. Jasno je, da izdelki teh substanc niso imeli navedenih v svoji sestavi, zato je treba biti pri uporabi prehranskih dopolnil previden (Malovrh, 2009). Če se ukvarjamo z vrhunskim športom in jemljemo prehranska dopolnila, je seveda nezaželeno, da bi bili na doping testu pozitivni.

2.4.2 Doping v športu

Beseda doping izvira iz besede »dop«, ki je ime za substanco, pridobljeno iz olupka sadja, ki so jo bojevniki Zulu uporabljali z namenom povečevanja hrabrosti pred bojem (Houlihan, 2002). V SSKJ (2002) je definicija dopinga naslednja: **dóping**

Prepovedane substance, ki dajo na doping testu pozitiven rezultat, so naslednje:

- S1. anabolični agensi:
 1. Anabolični Androgeni Steroidi (AAS)
 - Eksogeni AAS
 - Endogeni AAS kadar so uporabljeni eksogeno
 2. Drugi anabolični agensi:
 - S2. peptidni hormoni, rastni dejavniki in sorodne snovi,
 - S3. beta-2 agonisti,
 - S4. antagonisti hormonov in modulatorji,
 - S5. diuretiki in ostali maskirni agensi,
 - S6. poživila,
 - S7. narkotiki (heroin, metadon, mofrin),
 - S8. kanabidoidi (hašiš, marihuana),
 - S9. glukokortikosteroidi,
 - P1. alkohol,
 - P2. beta blokatorji
- (Slovenska antidopinška organizacija, 2013).

Obseg dopinga se težko določi. Po ocenah naj bi po njem posegalo 10 % vseh športnikov, nekateri pa so mnenja, da je odstotek mnogo večji (Houlihan, 2002).

2.5 KOENCIM Q₁₀

Koencimi Q so lipofilne molekule, ki so naravno prisotne v vsaki živi celici. Zaradi njihove velike razširjenosti v naravi (ubikvitetne) jih imenujemo tudi ubikinoni (Žmitek in Žmitek, 2009). V telesu ima koencim Q vlogo koencima, kar pomeni, da skupaj s proteinskim delom tvori funkcionalen encim (Rus in Rus, 2008). CoQ₁₀ ne uvrščamo med vitamine, ker ga človeški organizem tudi sam izgrajuje. Sintetizira se v vseh tkivih, vendar je njegov nivo variabilen (najvišji v organih z velikim metabolizmom) (Rudan–Tasič, 2000).

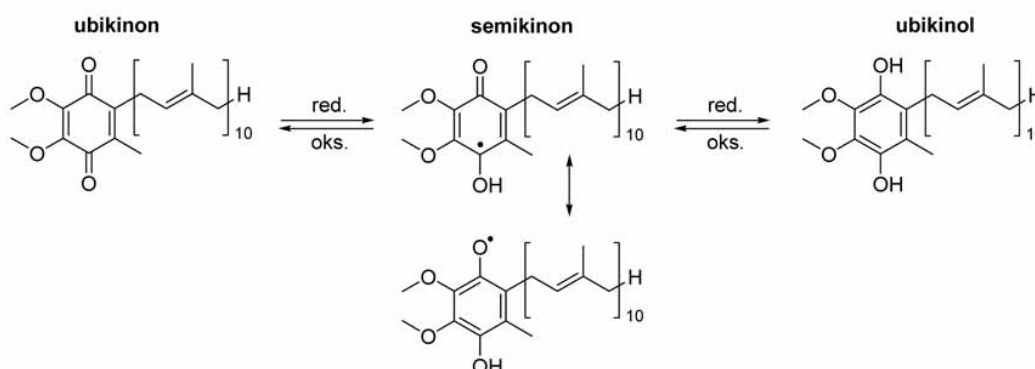
2.5.1 Odkritje

Podrobnosti o odkritju CoQ₁₀ so zapisane v okviru raziskav mitohondrijev v zgodnjih 1950-ih. Odkritje koencima Q ni bila nesreča, kot menijo nekateri. To je rezultat dolgo trajajočih preiskav mehanizmov in spojin, ki so vključene v biološko pretvorbo energije. CoQ₁₀ je prvič izoliral (iz mitohondrijev govejega srca) dr. Frederic Crane Wisconsin leta 1957. Leta 1958 pa je profesor Karl Folkers s sodelavci določil natančno kemijsko strukturo CoQ₁₀ (Crane, 2007).

2.5.2 Kaj je koencim Q₁₀?

CoQ₁₀ je rumena kristalinična snov s tališčem okrog 50 °C in relativno veliko molekulsko maso ($M_r = 863$) (Žmitek in Žmitek, 2009). Kemijsko gre za 2,3-dimetoksi-5-metil-6-poliizoprenil-1,4-benzokinone, ki jih poimenujemo glede na dolžino poliizoprenske verige: stranska veriga CoQ₁₀, najpogostejše oblike v človeku in večini sesalcev, je sestavljena iz 10 izoprenskih enot (Žmitek in Žmitek, 2009).

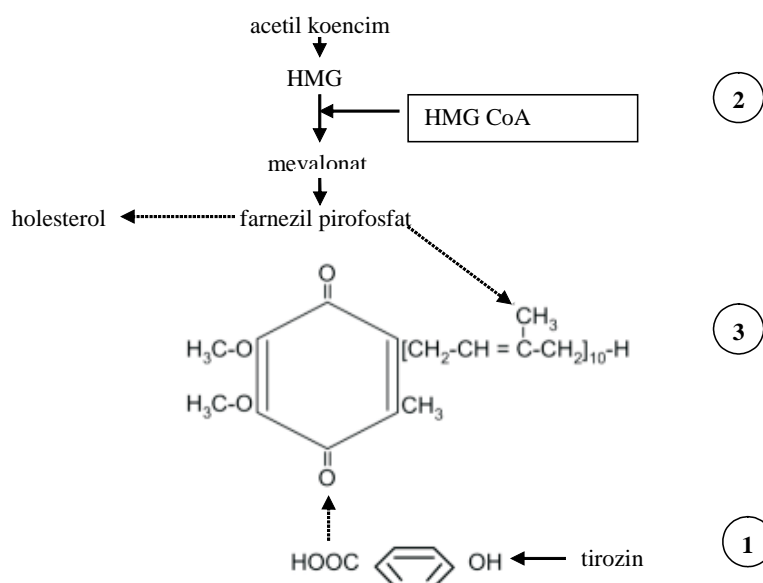
CoQ₁₀ je amfifilna molekula, ki ima zaradi dolge nepolarne stranske verige močno prevladujoč lipofilni značaj. V telesu se pojavlja v treh oblikah: v micelnih agregatih, v lipidnih membranah, ali je vezan na proteine. Večinoma se nahaja v membranah mitohondrijev, medtem ko je v citosolu le okrog 10 % skupnega CoQ₁₀. Vse biološke funkcije CoQ₁₀ temeljijo na njegovem redoks ravnotežju, saj relativno lahko prehaja med (polno oksidirano) ubikinonsko, semikinonsko in (polno reducirano) ubikinolno obliko (slika 1) (Žmitek in Žmitek, 2009). Ubikinol je prevladujoča oblika (90 %) CoQ₁₀ pri zdravih ljudeh (Misner, 2011).



Slika 1: Redoks stanja koencima Q₁₀ (Žmitek in Žmitek, 2009: 151)

2.5.3 Biosinteza koencima Q₁₀

V procesu biosinteze koencima Q igra pomembno vlogo encim hidrosimetilglutaril (HMG)-CoA reduktaza. Ta je pomemben tudi pri sintezi holesterola. Proces biosinteze koencima Q zajema tri glavne stopnje, prikazane na sliki:



Slika 2: Biosinteza koencima Q₁₀ (Rus in Rus, 2008: 90)

1. sinteza benzokinona iz aminokislin tirozina ali fenilalanina
2. sinteza izoprenske stranske verige iz acetilkoencima (CoA) prek mevalonatne poti
3. kondenzacija ali združenje benzokinona z izoprensko stransko verigo

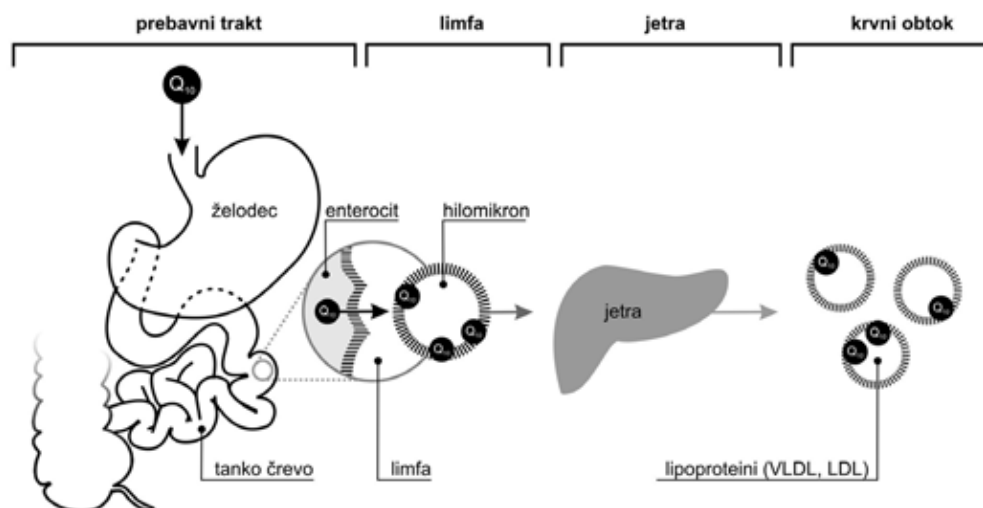
Praktično vsaka celica ima sposobnost sinteze CoQ₁₀. Endogena sinteza CoQ₁₀ je kompleksen proces, ki zahteva veliko vitaminov, kot so vitamin B₆, B₁₂, folno kislino, niacinamid, pantotensko kislino, vitamin C ter nekatere elemente v sledovih. Kinonska oblika se sintetizira iz aminokislina tirozina, metilnih skupin, ki se nahajajo na obroču metionina in izoprenskih stranskih verig, ki so nastale pri mevalonatni poti (po enaki poti se sintetizira tudi holesterol). Proizvodnja CoQ₁₀ je torej odvisna tudi od ustrezne oskrbe predhodnih sestavin in kofaktorjev. Pomanjkanje katerekoli sestavine, lahko negativno vpliva na proizvodnjo zadostnih količin CoQ₁₀ (Crane, 2001).

2.5.4 Absorpcija Q₁₀

CoQ₁₀ je v maščobah topna snov, zato se absorbira podobno, kot druge maščobe v naši prehrani (Bhagavani in Chopra, 2006). Učinkovitost absorpcije je odvisna od več dejavnikov, tudi od načina zaužitja in odmerka CoQ₁₀. Absorpcijo lahko povečamo s hkratnim uživanjem hrane in z delitvijo enega večjega na več manjših odmerkov CoQ₁₀ tekom dneva. Učinkovitost absorpcije je zelo odvisna tudi od oblike, v kateri učinkovino zaužijemo (Žmitek in Žmitek, 2009). Absorpcija se poveča, če so v hrani prisotne maščobe (Bhagavani in Chopra, 2006).

Prebava nam pomaga pri sproščanju CoQ₁₀ iz zaužite hrane. V tankem črevesju omogočajo izločki trebušne slinavke in žolča lažjo emulzifikacijo in tvorbo micel, ki so potrebne za absorpcijo maščob v tankem črevesju. Spojine iz micela prehajajo v enterocite (celice, ki

tvorijo površino tankega črevesja). Ko enterocite privzamejo CoQ₁₀, se ta nato prenaša prek limfnega sistema kot del hilomikronov, ki potujejo do jeter, kjer se spremenijo v različne lipoproteine in tako preidejo v krvni obtok (Bhagavani in Chopra, 2006).



Slika 3: Absorpcija in transport koencima Q₁₀ (Žmitek in Žmitek, 2009: 153)

2.5.5 Viri koencima Q₁₀

Pri zdravih ljudeh se koencim sintetizira v celicah iz tirozina (ali fenilalanina) in mevalonata. Pri bolnih in ostarelih ljudeh endogena sinteza CoQ₁₀ upada, zato postaja pomembnejši eksogeni vnos (Crane, 2001).

Z raziskavami so ocenili, da človek s hrano zaužije v povprečju od 3 do 5 mg CoQ₁₀ na dan. Vsebnost CoQ₁₀ v nekaterih živilih je prikazana v preglednici 3. Veliko CoQ₁₀ vsebuje meso, zlasti govedina, perutnina, drobovina in ribe (sardele), precej pa ga vsebuje tudi soja, kikiriki in drugi oreščki (Rus in Rus, 2008). Opazili so pomembne razlike med posameznimi deli živali (Žmitek in Žmitek, 2009). Zmerne količine CoQ₁₀ se nahajajo v sadju, zelenjavi, jajcih in mlečnih izdelkih. Na splošno velja, da so živila, ki vsebujejo veliko maščobe, bogatejša s CoQ₁₀. Od 14 % do 32 % CoQ₁₀ se izgubi med pečenjem zelenjave in jajc, kuhanje pa naj ne bi pomembno vplivalo na vsebnost CoQ₁₀ v hrani (Rus in Rus, 2008).

Z običajnim načinom prehranjevanja težko zadostimo povečanim potrebam po CoQ₁₀. Iz tega razloga so se na tržišču pojavila živila, ki so obogatena s koencimom Q, s katerim lahko povečamo vnos v telo (Žmitek in Žmitek, 2009).

Preglednica 3: Vsebnost koencima Q₁₀ v nekaterih živilih (Žmitek in Žmitek, 2009: 152; Crane, 2001: 596)

Hrana	koencim Q ₁₀ (mg/kg)
Meso	
govedina	16-40
svinjina	13-45
perutnina	8-25
Ribe	
sardine	5-64
skuše (rdeče meso)	43-67
skuše (belo meso)	11-16
postrv	11
Olja	
koruzno	106-139
olivno	109-160
sončnično	10-15
Oreščki	
arašidi	27
orehi	19
mandlji	5-14
Zelenjava	
peteršilj	8-26
brokoli	6-9
cvetača	2-7
Sadje	
avokado	10
črni ribez	3
jagode	1

2.5.6 Metabolizem

2.5.6.1 Proces pretvarjanja energije

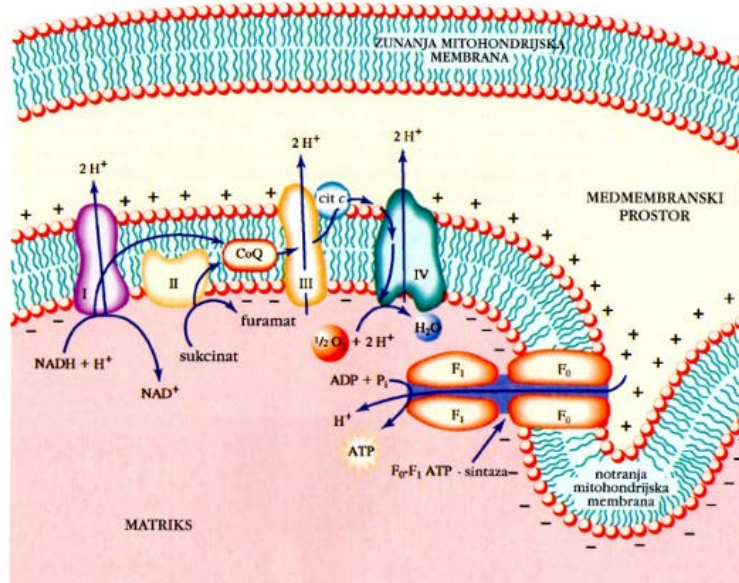
Človeško telo je sestavljeno iz ogromnega števila celic. Celice so strukturna in funkcionalna enota vseh živih organizmov. Te za opravljanje življenjskih procesov potrebujejo stalen dotok energije. Energijo pridobijo s pretvorbo hranilnih snovi v energijsko bogate molekule, imenovane ATP. CoQ₁₀ je del dihalne verige in se v tem procesu nenehno spreminja: iz reducirane (ubikinola) v oksidirano obliko (ubikinon) in nazaj. Če bi CoQ₁₀ popolnoma odstranili, bi s tem prekinili dihalno verigo in posledično sintezo energijsko bogatih molekul ATP. Brez dotoka energije pa se ustavijo tudi vsi življenjski procesi (Tržan–Herman, 2011).

2.5.6.2 Vloga koencima Q v transportni verigi elektronov

Glavna vloga dihalne verige je oksidacija reduciranih kofaktorjev, ki se tvorijo v katabolizmu. Sproščena energija se posredno porabi za porabi za sintezo ATP. CoQ₁₀ prenaša elektrone med nekaterimi kompleksi v dihalni verigi. Udeležen je v celičnem aerobnem dihanju.

Dihalna veriga, ki vključuje zaporedje reakcij, poteka na notranji mitohondrijski membrani. Verigo za prenos elektronov sestavlja vrsta zaporedno nameščenih prenašalcev. Vsak med njimi se lahko reducira in nato ponovno oksidira. Od predhodnega člena v verigi prejme elektrone in jih posreduje naslednjemu členu vzdolž vrste prenašalcev. Glavni deli verige za prenos elektronov so štiri beljakovinski kompleksi: NADH-dehidrogenaza (kompleks I), sukcinat-dehidrogenaza (kompleks II), citokrom c-reduktaza (kompleks III), citokrom c-oksidadza (kompleks IV) (Boyer, 2005).

Prenašalci so v verigi nameščeni tako, da njihova afiniteta do elektronov vzdolž verige narašča. To omogoča, da je tok elektronov od dajalca do sprejemnika elektronov nemoten in ne rabi dodatne energije. Elektroni, ki so vezani v NADH, so med vsemi prenašalnimi členi v verigi na najvišji energijski ravni (NADH je močan reducent). Elektroni z NADH potujejo na kompleks I, ki ga sestavljajo proteini, ki vsebujejo prostetično skupino FMN in železove-žveplove komplekse. FADH₂ oksidirajo Fe-S kompleksi, ki so del kompleksa II. Elektroni iz NADH in FADH₂ vstopajo v verigo za prenos elektronov na dveh različnih mestih, obe poti pa se srečata na CoQ. Elektroni z reducirane oblike CoQ (CoQH₂) potujejo na kompleks III, od tu pa se prek citokrom c-reduktaze prenesejo na citokrom c. Ta jih posreduje kompleksu IV, prek katerega se nato prenesejo na končni akceptor O₂, ki se tako reducira v vodo (Boyer, 2005).

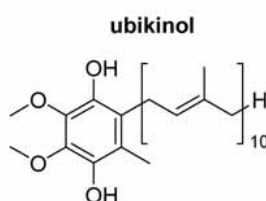


Slika 4: Transport elektronov (Boyer, 2005: 461)

2.5.7 Koencim Q₁₀ kot antioksidant

Antioksidativno delovanje je druga pomembna naloga CoQ₁₀. Pri različnih celičnih procesih nastajajo zelo reaktivni in posledično tudi nestabilni prosti radikali. Zaradi teh lastnosti hitro reagirajo z drugimi molekulami oziroma spojinami. Ti radikali nam lahko koristijo, dokler so pod nadzorom (npr. proces obrambe pred infekcijami temelji na sproščanju radikalov, ki napadajo in uničujejo bakterije). Pri nenadzorovanih reakcijah pa lahko poškodujejo celico oziroma njene komponente: beljakovine, DNK in membranske maščobe. Poškodbe le-teh lahko sčasoma povzročijo nastanek številnih bolezni (Tržan–Herman, 2011).

Za antioksidativne lastnosti CoQ₁₀ je odgovorna njegova reducirana oblika – ubikinol, ki velja za enega od najmočnejših v maščobah topnih antioksidantov. Nahaja se v membranah v bližini nenasičenih lipidnih verig, kjer deluje kot primarni lovilec radikalov. Poleg tega pa lahko ubikinol obnovi druge antioksidante, kot sta npr. vitamina C in E (Tržan–Herman, 2011).



Slika 5: Reducirana oblika koencima Q₁₀ – ubikinol (Žmitek in Žmitek, 2009: 151)

2.5.8 Okvirni odmerki koencima Q₁₀ v različnih stanjih

CoQ₁₀ je naravno prisoten tako v telesu kot hrani, zato ni presenetljivo, da klinična testiranja na velikem številu bolnikov z različnimi odmerki CoQ₁₀ (tudi do 3000 mg/dan) niso pokazala pomembnih stranskih učinkov.

Priporočen dnevni odmerek (RDA) za CoQ₁₀ ni določen, saj je v telesu le-ta tudi endogenega izvora in se potrebe po njem med posamezniki zelo razlikujejo. V Sloveniji se lahko priporoča dopolnjevanje prehrane do dnevnega odmerka 50 mg CoQ₁₀. Ta odmerek je relativno nizek, tudi v primerjavi z dovoljenimi odmerki v nekaterih drugih evropskih državah (npr. 200 mg v Belgiji). Razpon priporočenih odmerkov je v literaturi razmeroma velik in je povezan predvsem z namenom uporabe (preventiva, dejavniki tveganja, različna bolezenska stanja) (preglednica 4) (Žmitek in Žmitek, 2009).

Preglednica 4: Okvirni odmerki koencima Q₁₀ v različnih stanjih (Tržan–Herman, 2011: 48)

Stanje	odmerek
zdravi otroci	/
zdravi ljudje do 40. leta	do 50 mg
zdravi ljudje nad 40. letom	50–100 mg
zdrave nosečnice in doječe matere	/
ljudje z dejavniki tveganja (tudi uporabniki statinov)	okrog 100 mg
bolniki z različnimi bolezenskimi stanji	navadno nad 300 mg

2.5.9 Uporaba koencima Q₁₀

Nekateri raziskovalci navajajo, da naj bi bil učinkovit pri naslednjih boleznih:

- Bolezni srca: raba CoQ₁₀ pri srčnem popuščanju je razmeroma stara. Leta 1974 so z njo začeli Japonci in jo še danes cenijo in razvijajo. Uporaba pri boleznih srca je različna in se še razvija. Razširjeno je dajanje koencima bolnikom pred operacijo (dva tedna po 300 mg na dan), bolnikom, ki so operirani na srcu (izboljša se pooperacijsko delovanje srca, odmerki CoQ₁₀ so 100–200 mg na dan), bolnikom, ki čakajo na transplantacijo (dodajanje CoQ₁₀ štirikrat na dan po 60 mg, tri mesece).
- Parkinsonova bolezen: uporaba večjih odmerkov – 2400 mg na dan bolnikom s Parkinsonovo boleznijo.
- Akutni infarkt: dodatek koencima (100–200 mg na dan) 2–4 tedne po infarktu.
- Migrena: zmanjšanje pogostosti migrene pri uživanju 100 mg CoQ₁₀ 3-krat na dan.
- Alzheimerjeva bolezen: CoQ₁₀ naj bi upočasnil razvoj bolezni.
- Diabetes: dodatek izboljša glikemično stanje diabetikov (Pavlin, 2008).

2.5.9.1 Koencim Q₁₀ in uporaba v športu

CoQ₁₀ naj bi pri športnikih izboljševal vzdržljivost, krepil imunski sistem ter pripomogel k hitrejši regeneraciji (Dervišević in Vidmar, 2011). Opravljenih je bilo veliko študij o učinkovitosti CoQ₁₀. Nekatero študije so obljubljeni učinke CoQ₁₀ potrdile, spet druge so jih ovrgle in navajajo, da je dodatek CoQ₁₀ nesmiseln.

Opravljen je bila raziskava, kjer je 25 športnikov uživalo 90 mg CoQ₁₀ na dan šest tednov. Ugotovili so, da se je pri športnikih, ki so uživali CoQ₁₀, povečala plazemska koncentracija koencima iz 0,8 na 2,8 µg/ml. Doseženo je bilo izboljšanje vseh parametrov fizične zmogljivosti. Pri 94 % športnikov so ugotovili izboljšanje njihovih rezultatov, poznejši pojav utrujenosti in krajši čas regeneracije po naporu (Ylikoski in sod., 1997).

Kljub temu, da večina študij poroča o povišani koncentraciji plazemskega CoQ₁₀, druge študije navajajo, da ni opaziti sprememb pri uspešnosti športnikov. Uživanje 120 mg CoQ₁₀ na dan povzroči povečanje plazemske koncentracije CoQ₁₀, koncentracija mišičnega

CoQ₁₀ pa ostaja nespremenjen. Če se koncentracija mišičnega CoQ₁₀ ne poveča, ne more vplivati na uspešnost in povečevati zmogljivost športnikov (Jeukendrup in Glesson, 2010).

2.6 KREATIN

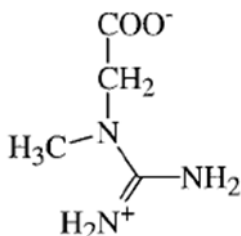
Kreatin je naravna spojina, ki spada v gvaninsko fosfagensko družino (Kreider in Joung, 2011). Odkrili so ga leta 1832 (Schönfelder, 2006). Ni esencialno hranilo, saj ga lahko sintetiziramo sami (Jeukendrup in Glesson, 2010). Najdemo ga v skeletnih mišicah (95 %), v majhnih količinah tudi v možganih in modih (5 %) (Kreider in Joung, 2011).

2.6.1 Uporaba nekoč

Kreatin je postal popularen kot prehranski dodatek po olimpijskih igrah v Barceloni leta 1992 (Bird, 2003). Dobitnik zlate medalje v teku na 100 m, Linford Christie, in dobitnica zlate medalje na 400 m z ovirami, Sally Gunnell, naj bi uživala kreatin kot prehranski dodatek. Na naslednjih olimpijskih igrah v Atlanti, leta 1996, pa naj bi že približno 80 % športnikov uživalo kreatin kot dodatek (Jeukendrup in Glesson, 2010).

2.6.2 Kaj je kreatin?

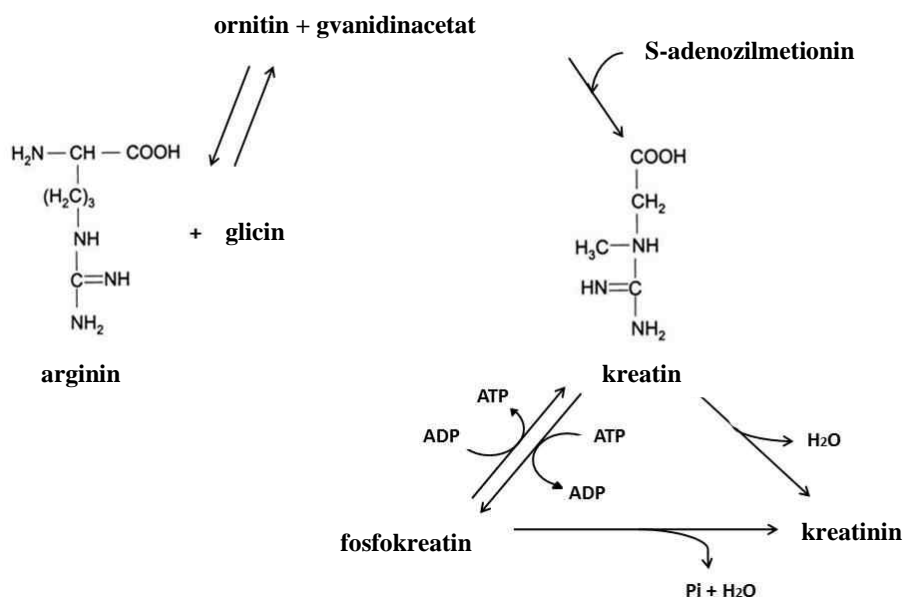
Kreatin ali N-(aminometil)-N-metil glicin je endogena snov (EFSA, 2004). Približno dve tretjini kreatina v mišicah je shranjenega kot fosfokreatin, medtem ko je preostali kreatin skladiščen kot prosti kreatin. Skupna vsebnost kreatina (fosfokreatin in kreatin) v mišicah posameznika znaša približno 120 g pri 70 kilogramov težkemu posamezniku. Najvišja vsebnost kreatina naj bi znašala 160 g. Približno 1–2 % mišičnega kreatina se razgradi v kreatinin in se nato izloči z urinom čez dan. Telo potrebuje za zapolnitev izgubljenih zalog približno 1–3 g kreatina dnevno. Približno polovica potreb po kreatinu je pridobljena iz naše prehrane. Preostala količina kreatina pa se sintetizira iz aminokislin arginina, glicina in metionina (Kreider in Joung, 2011).



Slika 6: Molekula kreatina (Wyss in Kaddurah-Daouk, 2000:1109)

2.6.3 Biosinteza kreatina

Sinteza kreatina v telesu poteka v dveh stopnjah. V prvi stopnji se gvanidinska skupina iz arginina prenese na glicin. Tvori se gvanidinacetat. V drugi fazi kreatin nastane s prenosom metilne skupine iz S-adenozilmationina na gvanidinacetat. Sinteza kreatina poteka večinoma v jetrih in ledvicah (Jeukendrup in Glesson, 2010).



Slika 7: Biosinteza kreatina (Kreider in Jung, 2011: 53)

2.6.4 Kreatin in metabolizem

Biokemično gledano je energija, ki je potrebna za regeneracijo ADP v ATP med telesnim naporom, odvisna od količine fosfokreatina, ki ga imamo v mišicah (Buford in sod., 2007). Ko se mišica skrči, adenzin trifosfat (ATP) razpade na adenzin difosfat (ADP) in anorganski fosfat (Pi), da se sprost energija:

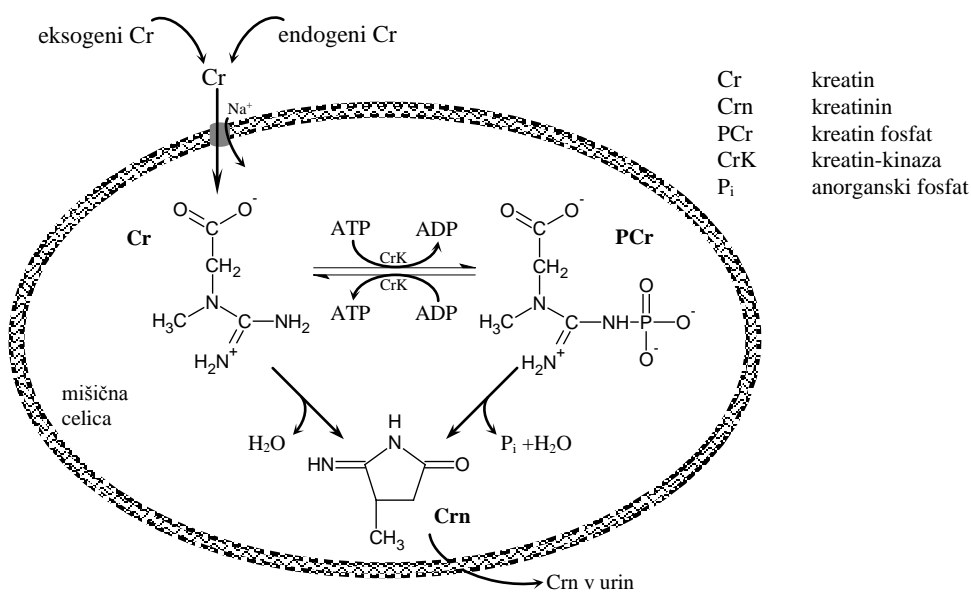


V primeru intenzivne vadbe ATP zagotavlja energijo za samo 1–2 sekundi. Ko koncentracija mišičnega ATP-ja pade za približno 30 %, postane mišica utrujena. Če želimo preprečiti utrujenost, je potrebna regeneracija ATP-ja. Pomembna funkcija fosfokreatina v mišicah je zagotovitev prenosa fosfatne skupine na ADP, ki je potrebna za regeneracijo ATP-ja v prvih sekundah visokointenzivne vadbe. Prenos fosfatne skupine iz kreatinfosfata na adenzindifosfat katalizira encim, kreatin kinaza. Rezultat je regeneracija ATP-ja in prosti kreatin (Jeukendrup in Glesson, 2010):



Tvorbo fosfokreatina katalizira kreatin kinaza. Ko ATP razpade na ADP in fosfat, se zagotovi energija za metabolno aktivnost. Prosto energijo, ki se sprosti ob hidrolizi fosfokreatina v kreatin in fosfat, lahko fosfat uporabi za resintezo ATP. Kreatinsko/fosfokreatinski sistem igra pomembno vlogo tudi pri prenosu znotrajcelične energije iz mitohondrija v citosol. V povezavi s tem kreatin vstopi v citosol s pomočjo transporterja za kreatin. V citosolu kreatin in pripadajoča citosolna in glikolitična kreatin kinaza pomagata ohranjati glikolitične ravni ATP-ja, nivo ATP/ADP in citosolne porabe ATP. Poleg tega kreatin difundira v mitohondrije in se tam fosforilira v reakciji, ki je katalizirana z mitohondrijsko kreatin kinazo. ATP in fosfokreatin lahko difundirata nazaj v citosol in pomagata pri zagotavljanju energije za anabolne procese. Na ta način lahko kreatinsko/fosfogenski sistem služi kot pomemben regulator presnove, s katerim morda lahko razložimo ergogeni pomen in potencialno pozitivne koristi za zdravje, v primeru uživanja kreatina, kot prehranskega dodatka (Kreider in Jung, 2011).

Mišični kreatin in kreatin fosfat se počasi pretvarja v ciklično obliko – kreatinin. Pri tej reakciji se odcepi voda, pri kreatin fosfatu pa anorganski fosfat. Kreatinin v neionski obliki konstantno difundira v kri in se nato izloča v urin. V telesu se dnevno pretvori okoli 1,1 % kreatina in 2,6 % kreatin fosfata v kreatinin. Reakcija pretvorbe kreatin in kreatin fosfata v kreatinin je ireverzibilna (Wyss in Kaddurah-Daouk, 2000).



Slika 8: Pretvorba kreatina in kreatin fosfata v kreatinin (Došler, 2007: 15)

2.6.5 Viri kreatina

Meso, perutnina in ribe predstavljajo bogat vir kreatina. Ti produkti vsebujejo približno 4–5 g kreatina na kg živila. Telo sintetizira samo okoli 1–2 g kreatina na dan, predvsem iz arginina, glicina in metionina (McArdle in sod., 2009). Sinteza poteka predvsem v pankreasu in jetrih (Buford in sod., 2007). Istočasno in v približno enaki količini kreatin razpade na kreatinin in se izloči z urinom (Jeukendrup in Glesson, 2010). Če želimo pridobiti gram kreatina, je treba pojesti velike količine rib in mesa (Buford in sod., 2007). Ker je kreatin zastopan predvsem v živalskih proizvodih, so vegetarijanci v slabšem položaju pri oskrbi z živili, s katerimi bi svoje telo oskrbeli s kreatinom (McArdle in sod., 2009). Vegetarijanci so odvisni predvsem od endogene sinteze kreatina. Zaužitje kreatina zmanjšuje njegovo biosintezo. Ko se poslužujemo diete, ki temelji na pomanjkanju kreatina, se zmanjša izločanje kreatina in kreatinina z urinom (Jeukendrup in Glesson, 2010).

Preglednica 5: Viri kreatina v živilih (Jeukendrup in Glesson, 2010: 276)

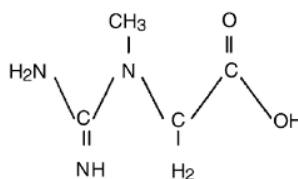
Vrsta hrane	Vsebnost kreatina (g/100 g)
Ribe	
kozice	v sledovih
trska	0,3
slanik	0,65–0,1
morski list	0,2
losos	0,45
tuna	0,4
Meso	
govedina	0,45
svinjina	0,4
Ostalo	
mleko	0,01
brusnice	0,002

2.6.6 Razpoložljivost kreatina

Ko zaužijemo kreatin, se ta absorbira v kri in nato prek krvi potuje do tarčnih tkiv. Plazemske koncentracije kreatina dosežejo vrh po približno 60 minutah, ko zaužijemo kreatin monohidrat. Nenadnemu dvigu plazemske koncentracije kreatina sledi zmanjšanje plazemske koncentracije kreatina, kar kaže na povečano porabo kreatina v tkivih (Kreider in Jung, 2011).

2.6.7 Vrste kreatina

Na tržišču obstaja veliko različnih oblik kreatina kot prehranskega dodatka. Potrošnik je v kopici izdelkov zmeden, katerega izbrati. Nekateri od teh pripravkov in kombinacij vsebujejo kreatin fosfat, kreatin + β -hidroksi- β -metilbutirat (HMB), kreatin + natrijev hidrogenkarbonat, kreatin magnezijev kelat, kreatin + glicerol, kreatin + glutamin, kreatin + β -alanin, kreatin etilni ester, kreatin z ekstraktom cimeta (cinnulin). Za večino teh oblik ni dokazov, da bi bile boljše od klasičnega kreatin monofosfata, ko želimo povečati moč in zmogljivost (Buford in sod., 2007).



Slika 9: Kreatin monohidrat (Brudnak, 2004: 124)

2.6.8 Uporaba kreatina

Povečanje mišične razpoložljivosti kreatina in fosfokreatina lahko vpliva na vadbo, trening ali na zdravje. Povečevanje razpoložljivosti fosfokreatina v mišicah je zelo pomembno za športnika. Fosfokreatin zagotavlja obnovo ATP-ja med visoko intenzivno vadbo, kot sta šprint in intenzivno dvigovanje uteži. Te prilagoditve omogočajo športniku opraviti več dela v seriji šprintov, omogočajo povečevati mišično maso, moč in/ali učinkovitost v daljšem časovnem obdobju. Zaradi omenjenih učinkov se kreatin uporablja kot ergogena substanca za povečevanje moči športnika, pri optimiziranju adaptacije na trening ali za športnike, ki morajo občasno šprintati in obnoviti svoje zaloge vzdolž tekmovanja (primer pri nogometu, košarki, tenisu, rokometu ...) (Kreider in Jung, 2011).

Obstajajo dokazi, da kreatin pomaga tudi pri vzdržljivostnih športnikih. Kreatin se skladišči pred ogljikovimi hidrati, zato spodbuja zadrževanje glikogena. Poleg tega študije kažejo, da uživanje kreatina skupaj z ogljikovimi hidrati med nalaganjem ogljikovih hidratov spodbuja večje zadrževanje kreatina in ogljikovih hidratov. Teoretično bi to lahko izboljšalo razpoložljivost glikogena za vzdržljivostne športnike in tako omogočalo športniku vzdrževati visoko intenzivnost vadbe v daljšem časovnem obdobju. Za kreatin so dokazali, da izboljša anaerobno mejo, kar lahko pomaga ohranjati vzdržljivost športnikov med tekmovanjem.

Študije kažejo, da lahko kreatin kot dodatek pomaga ohranjati telesno težo in mišično maso med vadbo. Ker ima veliko vzdržljivostnih športnikov težave pri vzdrževanju telesne mase med treningom, lahko kreatinski dodatki pomagajo ohranjati optimalno telesno sestavo (Kreider in Jung, 2011).

Kreatin monohidrat je trenutno eden izmed najbolj učinkovitih dopolnil pri športnikih za povečanje puste telesne mase in anaerobne zmogljivosti. Do danes so opravili več študij v zvezi z ovrednotenjem učinkovitosti kreatin monohidrata pri izboljšanju vadbene zmogljivosti. Skoraj 70 % študij poroča o pozitivnem učinku pri izboljšanju vadbene zmogljivosti, medtem ko ostale ne poročajo o učinkovitosti. Skoraj vse raziskave kažejo, da dodatek kreatin monohidrata poveča telesno maso za okoli 1–2 kg v prvih tednih uživanja (Buford in sod., 2007; Kreider in Joung, 2011).

Kratkoročno uživanje kreatin monohidrata se kaže tako, da izboljša moč kolesarjev, izboljša moč pri dvigovanju uteži, prav tako so se učinki kazali pri izboljšanju športnih dosežkov pri šprintu, plavanju, nogometu. Pri dolgoročnem uživanju kreatin monohidrata pride do povečanja mišičnega kreatina in fosfokreatina, puste telesne mase, moči in zmogljivosti pri šprintih. Pri dolgoročnih študijah se kaže, da osebe, ki jemljejo kreatin monohidrat, pridobijo približno dvakrat več telesne mase, oziroma puste mase (2–4 kg v času 4–12 tednov jemanja). Pridobitev mišične mase naj bi bil rezultat boljše sposobnosti za opravljanje visoko intenzivnostne vadbe prek večje dostopnosti fosfokreatina in izboljšane sinteze ATP. To omogoča športniku boljše treniranje in spodbuja večjo mišično hipertrofijo. Veliko število raziskav nas pripelje do ugotovitve, da je kreatin monohidrat najbolj učinkovito prehransko dopolnilo, ki je na voljo za povečanje telesne zmogljivosti in za gradnjo mišične mase (Buford in sod., 2007; Kreider in Joung, 2011).

Preglednica 6: Športi, kjer kreatin zagotavlja različne ergogene učinke (Kreider in Joung, 2011: 57)

Povečanje fosfokreatina	<ul style="list-style-type: none"> – šprint na 100, 200 metrov – plavalni šprint na 50 metrov – kolesarjenje
Povečanje resinteze fosfokreatina	<ul style="list-style-type: none"> – košarka – hokej na ledu – hokej na travi – ameriški nogomet – odbojka
Zmanjšanje mišične acidoze	<ul style="list-style-type: none"> – alpsko smučanje – plavanje na 100, 200 metrov – tek na stezi na 400, 800 metrov – veslanje
Povečanje telesne mase/mišične mase	<ul style="list-style-type: none"> – nogomet – bodibilding – atletika (met krogla, kopja, diska) – dvigovanje uteži – rokoborba

Poročali so, da dodajanje kreatina zagotavlja ergogene učinke pri vzdržljivostnih treningih, izboljšanju zmogljivosti šprinterjev, igralcev ameriškega nogometa, atletov, plavalcev, nogometašev. V zadnjem času raziskovalci ugotavljajo učinke kreatina, ki so mu dodane različne potencialno ergogene substance, kot so ogljikovi hidrati, beljakovine, HMB, konjugirana linolna kislina, α -lipoična kislina, izvleček božje rutice in β -alanin z namenom povečevanja zmogljivosti in prilagoditvam na trening. Te študije na splošno kažejo, da kreatin z dodatkom drugih snovi prav tako zagotavlja koristi. Znanstveni dokazi kažejo, da je kreatin učinkovita ergogena substanca za pomoč pri različnih vadbah za številne športnike (Kreider in Joung, 2011).

Mnenje ISSN (International Society of Sports Nutrition) v zvezi z dodajanjem kreatina v prehrano:

- Kreatin monohidrat je najbolj učinkovito ergogeno prehransko dopolnilo, ki je trenutno na voljo za športnike v primeru visoke intenzivnostne telesne zmogljivosti in puste telesne mase med treningom.
- Dodatek kreatin monohidrata ni le varen, temveč je koristen tudi v zvezi s preprečevanjem poškodb.
- Ni prepričljivih znanstvenih dokazov, da kratkoročna ali dolgoročna uporaba kreatin monohidrata škodljivo vpliva na zdravje posameznikov.
- Če so zagotovljeni ustrezni zdravstveni ukrepi in nadzor pri dopolnjevanju pri mladih športnikih, je jemanje kreatin monohidrata sprejemljivo in lahko zagotavlja prehransko alternativo potencialno nevarnih anaboličnih drog.
- Trenutno je kreatin monohidrat najbolj raziskana in klinično učinkovita oblika kreatina za uporabo kot prehransko dopolnilo v primeru želje povečanja mišične mase in sposobnosti za povečanje visokointenzivne telesne zmogljivosti.
- Dodajanje ogljikovih hidratov ali beljakovin h kreatinu verjetno povečajo mišično zalogo kreatina, čeprav učinek na vadbo ni večji, kot če bi uživali samo kreatin monohidrat.
- Najhitrejša metoda povečanja telesne mase je, če uživamo kreatin monohidrat v količini približno 0,3 g/kg/dan najmanj 3 dni, nato sledi 3–5 g/dan za vzdrževanje mišičnih zalog. Uživanje manjših količin kreatin monohidrata (2–3 g/dan) bo povečalo mišične zaloge kreatina po približno 3–4 tednih (Kreider in sod., 2010).

2.6.8.1 Kako jemati kreatin

Dodatek kreatina k prehrani poveča mišične zaloge kreatina in kreatin fosfata za približno 10–40 %. Najpogostejši način povečanja mišičnega kreatina je jemanje 5 g kreatin monohidrata 4-krat na dan 5–7 dni. To pomeni, da vnesemo približno 0,3 g/kg/dan. Ko se mišice nasičijo s kreatinom, je dovolj da zaužijemo 3–5 g kreatin monohidrata na dan (0,03–0,05 g/kg/dan). Novejše študije kažejo, da lahko v samo 2–3 dneh zapolnimo zaloge kreatina, zlasti če se kreatin zaužije skupaj z ogljikovimi hidrati ali beljakovinami.

Alternativa takšnemu uživanju je uživanje 3 g/dan kreatin monohidrata 28 dni. Študije kažejo, da je takšna tehnika povečevanja mišičnega kreatina prav tako uspešna kot »nalaganje« kreatina. Strokovnjaki so raziskovali in ugotovili, da je 6 g kreatina/dan v 12 tednih dovolj za pozitivne spremembe v moči in mišični masi (Kreider in Jung, 2011).

Obstaja veliko načinov, ki naj bi bili učinkoviti pri uživanju kreatina z namenom povečevanja mišičnih zalog. Količina povečanih mišičnih zalog je odvisna od nivoja kreatina v mišicah pred uporabo dodatkov. Pri tistih, ki imajo manjše zaloge mišičnega kreatina, je povečanje mišičnega kreatina za 20–40 %, medtem ko je pri tistih, ki imajo več zalog, povečanje le za 10–20 %. Obseg povečanja mišičnega kreatina je pomemben, ker so študije, ki poročajo o uspešnosti sprememb, povezane s povečanjem zmogljivosti.

Dodatne raziskave kažejo da lahko faza polnjenja traja tudi 2–3 dni, predvsem če se zraven uživa še beljakovine in ogljikove hidrate.

Nekaj študij navaja, da lahko povečamo mišični kreatin (3 g/dan 28 dni), velikost mišic in moč (6 g/dan 12 tednov) tudi brez faze polnjenja. To je enako učinkovito kot faza polnjenja, samo ergogeni učinek pride z zakasnitvijo (Buford in sod., 2007).

Dodatek kreatina (30 g/dan 5–6 dni) poveča telesno maso iz 0,5 na 3,5 kg. Povprečen prirast telesne mase je 1 kg. Teoretično je prirast telesne mase in morebitne spremembe v sestavi telesa rezultat povečanja intracelularne vode, stimulacije sinteze proteinov ali zmanjšanja razgradnje proteinov (Jeukendrup in Glesson, 2010).

2.6.8.2 Varnost pri jemanju kreatina

Obstaja nekaj raziskav, ki govorijo o nevarnosti jemanja kreatina kot prehranskega dopolnila pri zdravih posameznikih. Negativni učinki naj bi se kazali predvsem na srčni mišici in delovanju ledvic (kreatin razpade na kreatinin pred izločanjem v urinu). Kratkoročno jemanje (20 g/dan 5 dni zapored) pri zdravem posamezniku nima učinka na krvni pritisk, koncentracijo plazemskega kreatina, plazemsko aktivnost kreatin kinaze ali odziv ledvic, ki se ga izmeri z globularno filtracijo in koncentracijo izločenih albuminov in skupnih proteinov. Med raziskavo niso opazili razlik pri posameznikih, ki so jemali kreatin (10 mesecev do 5 let), in pri tistih, ki kreatina niso jemali. Glomerulna filtracija, tubularna reabsorpcija in globularna permeabilnost je bila enaka kot pri posameznikih, ki so uživali kreatin. Kreatin kot prehransko dopolnilo zahteva manj strogo kontrolo, ki urejajo proizvodne standarde, čistost in poročila o neželenih stranskih učinkih, kot če bi bil klasificiran kot zdravilo. Jasno je, da je potrebnih več raziskav, ki se morajo osredotočati na varnost dolgoročnega jemanja kreatina (Mcardle in sod., 2009).

Medtem ko so kot edini klinični stranski učinki, o katerih poročajo v literaturi, v povezavi s telesno maso, je veliko nezanesljivih stranskih učinkov, ki vključujejo dehidracijo, krče,

ledvične in jetrne okvare, mišično-skeletne poškodbe, prebavne motnje. Ti simptomi se še vedno navajajo v literaturi in pri medijih. Športniki, ki jemljejo dodatke kreatin monohidrata, imajo lahko te simptome, vendar znanstvena literatura kaže, da imajo ti športniki enake ali celo nižje možnosti tveganja teh simptomov kot tisti športniki, ki kreatin monohidrata ne uživajo.

Nekatere študije poročajo o škodljivih učinkih kreatina na zdravje. Glede na nezanesljive študije naj bi kreatinski dodatki povzročali, prebavne, kardiovaskularne in mišične težave, slabost, bruhanje, drisko, spremembe v jetrih in ledvicah, mišične krče in zvišan krvni tlak. Kot je navedeno v poročilu American College of Sport Medicine (ADA..., 2009) dokazi niso dokončni in/ali je nepopolno, da bi obtožili jemanje kreatinskih dodatkov kot zdravstveno tveganje, hkrati pa je premalo dokazov, da bi popolnoma ovrgli škodljive učinke. Nevednost nam lahko ponuja veliko nezaželenih učinkov, ki jih še niso odkrili (Jeukendrup in Glesson, 2010).

Mnogi od teh strahov so nastali v medijih in podatkih, ki so jih vzeli iz študije primerov (podatke so pridobili iz ene študije). Poročajo, da so se trditve o stranskih učinkih kreatina kot prehranskega dopolnila na ledvične funkcije začele leta 1998. Te trditve so sledile po poročilu, da je bil kreatinski dodatek škodljiv za nivo ledvične globularne filtracije pri 25-letnemu moškemu, ki je imel ledvično obolenje. Tri dni pozneje je francoski častnik L'Equipe poročal, da je kreatin kot prehranski dodatek nevaren za ledvice. Več evropskih častnikov se je zgledovalo po njih in so poročali o isti zadevi. Od takrat naprej so bile objavljene posamezna študije o škodljivem vplivu kreatinskih dodatkov na ledvične funkcije.

Različni raziskovalci niso dokazali škodljivih učinkov kratkoročnega (5 dni), srednjeročnega (14 dni) in dolgoročnega (10 mesecev do 5 let) jemanja kreatina na delovanje ledvic (Buford in sod., 2007).

2.7 L-KARNITIN

L-karnitin (karnitin) je endogena snov, ki ima dobro uveljavljeno vlogo v metabolizmu (Brass, 2000). Gre za snov, ki je v relativno velikih količinah zastopana v mesu. Karnitin je postal popularen pred približno 20 leti (Jeukendrup in Glesson, 2010). Prisoten je v vseh živalskih vrstah, prav tako ga najdemo v številnih mikroorganizmih in rastlinah. Pri sesalcih homeostazo karnitina vzdržuje endogena sinteza, absorpcija iz prehranskih virov in učinkovita tubularna reabsorpcija v ledvicah (Vaz in Wanders, 2002). Ni vitamin, je pa vitaminu podobna substanca (Karlic in Lohninger, 2004).

2.7.1 Uporaba nekoč

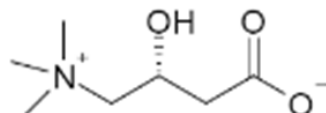
Kot prehransko dopolnilo je postal popularen predvsem med športniki, zato je postal tudi tarča številnih raziskav. Posebno pozornost so mu namenili, ko so začele krožiti govornice,

da je »pomagal« italijanski nogometni reprezentanci osvojiti naslov svetovnega prvaka leta 1982 (Jeukendrup in Glesson, 2010).

2.7.2 Kaj je L-karnitin?

L-karnitin sta v mišičnem ekstraktu prvič odkrila dva ruska znanstvenika. Substanco sta poimenovala po latinski besedi za meso – *carnis*. Kemijsko strukturo so določili leta 1927 in leta 1935 so že objavili prvi članek o L-karnitinu. Leta 1959 so dokazali, da karnitin poveča oksidacijo dolgoveržnih maščobnih kislin v jetrih in srcu. Drugo ime za L-karnitin je bil tudi vitamin B T (T = tenebrio). Tako ime je imel, ker ličinka črnega hrošča *Tenebrio molitor* potrebuje L-karnitin kot rastni faktor poleg folne kisline in nekaterih znanih vitaminov B-kompleksa (Karlic in Lohninger, 2004).

Glede na kemijsko strukturo holinu podobni komponenti je L-karnitin 3-hidroksi-4-N,N,N-trimetilaminobutirat kvarterni amin (Karlic in Lohninger, 2004). Najdemo ga predvsem v mesu in mlečnih izdelkih. Ledvice in jetra sintetizirajo L-karnitin iz aminokislin metionina in lizina (Mcardle in sod. 2009). V jetrih in ledvicah je le majhna količina L-karnitina (1,6 % vsega karnitina, kar znaša okoli 27 g). Približno 98 % karnitina je v srčni mišici in skeletnih mišicah (Jeukendrup in Glesson, 2010). Omnivori dnevno zaužijejo 2–12 μmol karnitina/dan/kg telesne teže. To je več, kot je endogena sinteza karnitina. Ocenili so, da ta znaša 1,2 μmol /kg telesne teže/dan. Pri omnivorih približno 75 % karnitina prihaja iz prehrane, 25 % pa je endogene sinteze. Ker je karnitin prisoten predvsem v živilih živalskega izvora, dobijo strogi vegetarijanci v svoji prehrani zelo malo karnitina (< 0,1 μmol /dan/kg telesne teže). Iz tega razloga dobijo strogi vegetarijanci kar 90 % karnitina iz endogene sinteze. Plazemske koncentracije karnitina pri strogih vegetarijancih in lakto-ovo vegetarijancih so se izkazale za nižje, kot jih imajo omnivori (Vaz in Wanders, 2002). Karnitin se izloči iz telesa z urinom in žolčem (Karlic in Lohninger, 2004). Dnevne izgube karnitina so majhne (< 60 mg/dan) in se še zmanjšajo na manj kot 20 mg/dan, če ne uživamo mesa (Jeukendrup in Glesson, 2010).



Slika 10: Molekula L-karnitina (EFSA, 2012: 7)

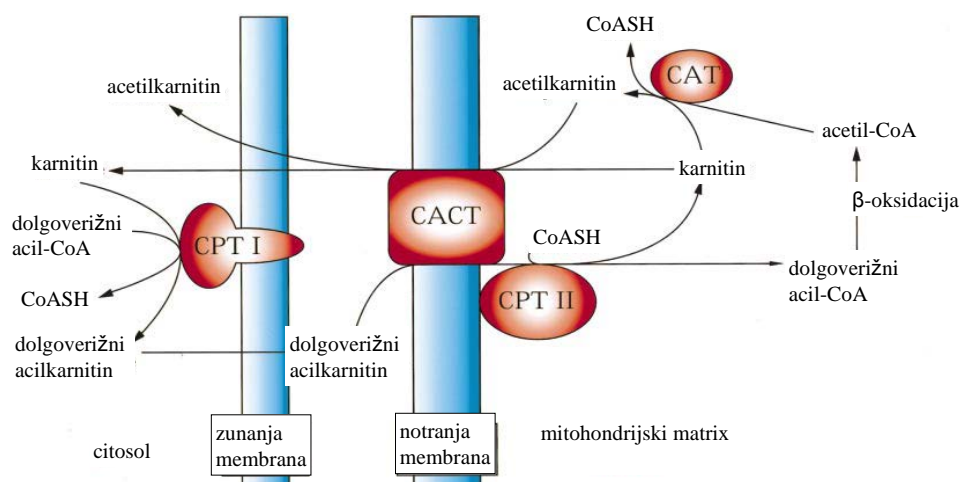
Živalska tkiva vsebujejo relativno velike količine karnitina. Te količine variirajo med 0,2 in 6 μmol /g, pri čemer so najvišje koncentracije v srcu in skeletnih mišicah.

2.7.3 Biosinteza

Karnitin se sintetizira v celicah sesalcev iz lizina in metionina. Razpoložljivost vmesnega presnovka trimetil lizina omejuje biosintezo karnitina. Večina trimetil lizina je shranjenega v skeletnih mišičnih beljakovinah. Zaradi tega se skeletne mišične beljakovine štejejo za omejevalni faktor pri biosintezi L-karnitina. Zadnji korak pri biosintezi, hidroksilacija butirobetaina do karnitina, je omejen na jetra, ledvica in možgane. Druga tkiva so odvisna od aktivnega privzema karnitina iz krvnega obtoka (Karlic in Lohninger, 2004).

2.7.4 Metabolizem maščob

L-karnitin igra pomembno vlogo v metabolizmu maščob. Med spanjem in med nizkointenzivno vadbo zagotavljajo dolgoverižne maščobne kisline večino energije za večino tkiv, vključno s skeletnimi mišicami. Primarna funkcija L-karnitina je prenos dolgoverižnih maščobnih kislin prek notranje mitohondrijske membrane, saj je notranja mitohondrijska membrana neprepustna za dolgoverižne maščobne kisline (Jeukendrop in Glesson, 2010). Prenos dolgoverižnih maščobnih kislin iz citosola na L-karnitin katalizira karnitin palmitoiltransferaza (CPT I) na zunanji membrani mitohondrija (Vaz in Wanders, 2002). Acilna skupina maščobne kisline se z acil-CoA prenese na karnitin v reakciji, ki jo katalizira karnitin-acil-transferaza I. Ta reakcija poteka v medmembranskem prostoru med zunanjo in notranjo mitohondrijsko membrano (Boyer, 2005). Acilkarnitin se nato preko membrane prenese s pomočjo translokaze (CACT). V mitohondrijskem matriksu se dolgoverižne maščobne kisline s pomočjo karnitin palmitoiltransferaze pretvorijo v intramitohondrijski CoA. Sproščeni karnitin lahko nato prehaja prek CACT v citosol za nadaljnji prenos maščobnih kislin. V mitohondrijskem matriksu karnitin acetiltransferaza (CAT) pretvarja acil-CoA v acilkarnitin. Ta lahko zapusti mitohondrij prek CACT (Vaz in Wanders, 2002). Zaradi tega mehanizma igra karnitin pomembno vlogo pri ohranjanju acetil-CoA:CoA ravnovesja v celici. Med visokointenzivnim naporom se tvori veliko acetil CoA, kot rezultat povečanega razmerja acetil-CoA:CoA. To povečano razmerje inhibira piruvat dehidrogenazni kompleks in zmanjšuje pretok skozi piruvat dehidrogenazni kompleks, zato pride do tvorbe acetil-CoA, kar se kaže v povečani koncentraciji laktata. Iz tega razloga bi bilo dobro ohranjati razmerje acetil-CoA:CoA. Acetil-CoA reagira s prostim kreatinom in dobimo acetil-karnitin in CoA (Jeukendrup in Glesson, 2010).



Slika 11: Funkcija karnitina pri transportu dolgoverižnih maščobnih kislin, oksidacija in uravnavanje acil-CoA/CoA ravnovesja (Vaz in Wanders, 2002: 417)

2.7.5 Viri L-karnitina

L-karnitin lahko najdemo v naši vsakodnevni prehrani. Veliko L-karnitina vsebuje rdeče meso (npr. ovčetina, jagnjetina, govedina). Manjše količine vsebujejo perutnina ter mleko in mlečni izdelki. Živila rastlinskega izvora vsebujejo zelo malo (skoraj nič) L-karnitina.

Preglednica 7: Vsebnost L-karnitina v nekaterih živilih (Jeukendrup in Glesson, 2010: 271)

Vrsta hrane	L-karnitin (mg/100 g)
ovčetina	210
jagnjetina	78
govodina	64
svinjina	30
perutnina	7,5
mleko in mlečni izdelki	2
jajca	0,8
oreški	0,1

2.7.6 Uporaba L-karnitina

2.7.6.1 Karnitin kot sredstvo za hujšanje

Uporaba karnitina kot sredstva za hujšanje temelji na dejstvu, da oralen vnos karnitina poveča koncentracijo mišičnega karnitina. Če koncentracija mišičnega karnitina naraste, pride do povečane oksidacije maščob, kar vodi v izgubo maščobnih zalog. Strokovnjaki so raziskovali in v študijah ugotovili, da oralen vnos karnitina ne poveča mišičnega karnitina.

To je verjetno zaradi slabe biološke razpoložljivosti (20 % pri 2–6 gramski dozi) in tudi zaradi tega, ker je transport karnitina v mišice omejen (Jeukendrup in Glesson, 2010).

2.7.6.2 Pomoč pri vadbi

Karnitin je pomemben zaradi treh reakcij:

- karnitin je pomemben pri oksidaciji dolgoverižnih maščobnih kislin,
- pomaga pri odstranjevanju nakopičene acilne skupine iz mitohondrijev,
- igra pomembno vlogo pri detoksifikaciji.

Mišice zahtevajo optimalno delovanje vseh teh sistemov med vadbo. Teoretično je razpoložljivost karnitina lahko omejevalni faktor pri oksidaciji maščobnih kislin ali pri odstranjevanju acil-CoA med vadbo. Če je vse to res, potem lahko karnitin kot prehranski dodatek pri zdravih ljudeh izboljša telesno zmogljivost (Karlic in Lohninger, 2004).

2.7.6.2.1 Vzdržljivostna vadba

Ideja, da ima karnitin ergogene učinke, temelji na treh predpostavkah. Prva je ta, da je koncentracija karnitina v mišicah premajhna, da bi karnitin aciltransferaza hitro delovala in zato podpirala večjo stopnjo oksidacije maščobe med vadbo. Koncentracija karnitina v mišicah se zmanjša in zato je premajhna aktivnost karnitin palmitoil transferaze I. Ta ne more delovati hitro, da bi zagotavljala povečano raven maščobne oksidacije med vadbo. Oralni vnos karnitina poveča koncentracijo karnitina v mišicah in to posledično poveča oksidacijo plazemskih maščobnih kislin in intramuskularnih triacilglicerolov med vadbo (Jeukendrup in Glesson, 2010). Drugič, zaužitje karnitina bi lahko povzročilo povečanje karnitina v mišicah. Tretjič, povečanje karnitina v mišicah se kaže kot povečanje stopnje oksidacije intracelularnih maščobnih kislin in triacilglicerolov med vadbo, s tem bi zmanjšali razgradnjo mišičnega glikogena in odložili utrujenost (Karlic in Lohninger, 2004).

2.7.6.2.2 Visokointenzivna vadba

Karnitin lahko poveča razpoložljivost prostega CoA in vzdržuje ravnotežje acetil-CoA:CoA. Ta funkcija karnitina je posebej pomembna med maksimalno vadbo, kot je tekmovalni šprint, tek na srednje razdalje in plavanje na 50–400 metrov. Če dodatek karnitina poveča koncentracijo mišičnega karnitina in zato razpoložljivost CoA v teh pogojih, je prenos skozi piruvat dehidrogenazni kompleks povečan, zato se zmanjša produkcija mlečne kisline. Teoretično lahko ta proces odloži utrujenost in izboljša zmogljivost vadbe. Vendar so vsi ti mehanizmi samo teoretični, kajti pri dopolnjevanju karnitina ni dokazov, da bi povečali mišično koncentracijo karnitina (Jeukendrup in Glesson, 2010).

Med visokointenzivno vadbo se koncentracija prostega karnitina v mišicah zmanjša, ker ta reagira z acetil-CoA. Med treningom visoke intenzivnosti se lahko koncentracija prostega karnitina zelo zmanjša. Zmanjšanje prostega karnitina je eden izmed mehanizmov za zmanjševanje plazemskih maščobnih kislin in intramuskularnega triacilglicerola med visokointenzivno vadbo (Karlic in Lohninger, 2004).

Večina študij je pokazala bolj ali manj izboljšanje vadbene zmogljivosti in maksimalno porabo kisika tako pri profesionalnih kot neprofesionalnih športih, še posebej, če so športniki uživali večje koncentracije L-karnitina daljše časovno obdobje. Vendar kljub temu nekaterim študijam ni uspelo dokazati učinka karnitina na večjo porabo kisika, zmogljivosti pri visokointenzivnih športih in akumulacije laktata pri zdravih športnikih (Karlic in Lohninger, 2004).

2.7.7 Varnost pri jemanju karnitina

Ni enostavno jasno postaviti klasifikacije za substanco, ki jo po eni strani sami sintetiziramo in jo po drugi strani dobimo s hrano. L-karnitin je substanca, ki se prodaja prek pulta kot prehranski dodatek, vendar se uporablja tudi kot zdravilo. Ker se raziskave nanašajo na veliko heterogeno populacijo, je treba upoštevati razlike, ki so pri posameznikih. LD (letalna doza – smrtna doza) za podgane so določili, da je 8,9 do 9,1 g/kg, kar ustreza 630 g/dan pri 70 kg težkih posameznikih.

Za izjemo je pri dializnih bolnikih klinični odmerek 48 mg ali 50–350 mg karnitina na kilogram telesne teže. Ekstrapolacija teh vrednosti za 70 kg človeka znaša dozo 3–3,5 g/dan kot najnižjo količino s farmakološkim učinkom, ki ga lahko pričakujemo. Dopolnitev L-karnitina v količinah, večjih od 4 g/dan, lahko povzroči rahle prebavne težave. Odmerek 2 g/dan je učinkovit za obnovo/okrevanje (Karlic in Lohninger, 2004).

2.8 POSEBNOSTI PREHRANE PRI NEKATERIH VRSTAH ŠPORTA

2.8.1 Rokomet (anaerobno aerobna telesna aktivnost)

Rokomet sodi med dvoranske športe. Je moštvena športna igra, kjer se igralci nasprotnih moštev neprestano menjavajo v vlogi napadalcev in branilcev, odvisno od tega, katero moštvo ima žogo (Šibila in sod., 2006).

Rokomet po svojih značilnostih spada med polstrukturne športne igre. Na tekmo preteče rokometas povprečno 2000 do 6000 metrov, odvisno od igralnega mesta, igralne situacije, taktike, značilnosti same tekme ipd. Ta razdalja je dosežena predvsem s kratkimi sprinti, skoki, hitrimi, nenadnimi spremembami smeri, kar pomeni, da je celotna dolžina sestavljena iz izmenjav ponavljajočih se visoko intenzivnih gibanj (485 gibanj visoke intenzivnosti na tekmo ali povprečno 8 na minuto) in vmesnih odmorov, kjer organizem

napajajo aerobni energijski procesi (prehod iz obrambe v napad po doseženem zadetku, minute odmora in ostale prekinitve, itd.). Energija se v glavnem tvori s fosfagenskimi procesi ter glikolitičnimi oziroma anaerobnim alaktatnimi in laktatnimi, medtem ko imajo vmesna gibanja nizke intenzivnosti nalogo aktivne obnove teh glikolitičnih in fosfagenskih rezerv (Šterbucelj in Bon, 2001).

Prehranske značilnosti in priporočila

Glede prehrane veljajo priporočila kot za večino športnih iger (mešana prehrana s poudarkom na ogljikovih hidratih). Po treningu se priporoča beljakovine, ki naj bodo visoke biološke vrednosti (mleko, jajce ali beljak, sirotka, pusto meso ...).

Rokometaš naj bi dnevno zaužil 5 obrokov. Vsaj 2–3 ure pred treningom, naj bi obrok vseboval ogljikove hidrate z nizkim GI.

Priporočljiv dnevni energetski delež osnovnih živil:

- 60 % ogljikovih hidratov,
- 15–20 % maščob,
- 20–25 % beljakovin.

Dnevne energetske zahteve v rokometu so približno 3500 kcal.

Treningi in tekme zanesljivo izpraznijo shranjene količine glikogena, zato je pomembna čimprejšnja resinteza. Takoj po treningu je priporočljiv energetski napitek (izotonični ali hipertonični) ali čvrst ogljikohidratni prigrizek (sadje, energetska ploščica). Dodatek majhne količine beljakovin k prigrizku pospeši obnovo glikogena. To se doseže z mlečnim napitkom (mlečni šejk, jogurt z 1,3 % maščob).

V prvih dveh urah po treningu je priporočljivo zaužiti vsaj 100–200 gramov ogljikovih hidratov, kar poveča produkcijo inzulina in hitrejšo resintezo porabljenega glikogena.

Čeprav je rokomet dvoranski šport, je izguba tekočine z znojenjem velika. Veljajo splošna priporočila glede uživanja tekočin v športu pred, med in po vadbi. Čista voda zadostuje le pri aktivnostih, ki trajajo manj kot eno uro, zato (naj bi) se uporabljajo športni napitki. Za žejo pridejo v poštev hipotonični napitki, izotonični pa pomagajo reševati tudi energetiko (vnos ogljikovih hidratov) (Dervišević in Vidmar, 2011).

2.8.1.1 Potrebe po ergogenih snoveh v rokometu

- **Koencim Q₁₀**

100 mg na dan (Burke in sod., 2010)

- **Kreatin**

3–5 g na dan (Cooper in sod., 2012)

- **L-karnitin**

4 g na dan (Chun in sod., 2011)

2.8.2 Šprinter (anaerobna telesna aktivnost)

Šprint je tek na kratke razdalje, ki vključuje tek na 100 metrov, 200 metrov, 400 metrov, 4-krat 100 metrov in 4-krat 400 metrov. Šprinterji se zanašajo na eksplozivno moč in anaerobno energijo (AIS, 2004).

Šprint je visokointenzivna oblika vadbe, ki povzroča veliko vplivov na telo. Če pogledamo šprinterje »bolj podrobno«, lahko opazimo, da imajo malo maščobe in zelo izoblikovane mišice. To je zaradi tega, ker šprint porabi veliko količino kalorij in spodbuja presnovo tudi v mirovanju (Tipton in sod., 2007).

Šprinterji imajo povečane prehranske zahteve, ki temeljijo na načelih beljakovin in zelenjave, kar se priporoča za splošno populacijo. Intervalni treningi lahko pri šprinterjih bistveno zmanjšajo zaloge glikogena in zato se povečajo potrebe po ogljikovih hidratih. Šprinterji in tudi drugi atleti se pri načrtovanju prehrane pogosto posvetujejo z dietetiki, ki jim pomagajo pri načrtovanju prehrane (Tipton in sod., 2007).

Šprinter ima cilj zmanjšati telesno težo, predvsem maščobo, ter pridobiti mišično maso, ki mu bo pomagala pri učinkovitosti. Zmanjšanje telesne maščobe optimizira moč šprinterja (AIS, 2004).

Šprint zahteva treninge, ustrezen počitek in dobro zasnovan načrt prehrane. Če želi športnik tekmovati na višji ravni, potrebuje njegovo telo ustrezne hranilne snovi. Čeprav se zdi, da šprint ni naporen, saj se konča že v nekaj sekundah, je potrebna ustrezna prehrana, ki zagotovi gorivo športniku (Tipton in sod., 2007).

Priporočljiv dnevni energetski delež osnovnih živil:

- 55–60 % ogljikovih hidratov,
- 25 % maščob,
- 15–20 % beljakovin.

Šprinterji naj bi uživali različne vire ogljikovih hidratov za zagotavljanje energije med treningom, tekmovanji in za okrevanje po tekmi. Priporočeni viri so testenine, riž, žita, sadje in kruh. V jedilnik je treba vključiti tudi vire beljakovin, kot so pusto meso, jajca,

leča, tofu. Šprinter naj bi posegal po zdravih prigrizkih, užival jogurt, sveža živila, izogibal po naj bi se sladice in alkohola (Tipton in sod., 2007).

2.8.2.1 Potrebe po ergogenih snoveh šprinterja

- **Koencim Q₁₀**

120 mg na dan (Burke in sod., 2010)

- **Kreatin**

3–5 g na dan (Cooper in sod., 2012)

- **L-karnitin**

2 g na dan (Burke, 2002)

2.8.3 Kolesar (aerobna telesna aktivnost)

Kolesarstvo sodi med ciklične monostrukturne športe s koncentričnim delovanjem mišic. Zato je pri tej aktivnosti najpomembnejši dejavnik uspeha dolgotrajna, pretežno aerobna vzdržljivost. Telesna aktivnost – kolesarjenje lahko traja dalj časa, tudi po več ur ali dni (etapne dirke).

Vzdržljivost je sposobnost, ki omogoča, da se telesni napor (telesna aktivnost) izvaja daljši čas brez zmanjšanja njegove intenzivnosti (brez pojava utrujenosti). Kolesarstvo je šport, pri katerem je vzdržljivost močno prisotna, saj se telesna aktivnost opravlja dlje časa, tudi po več ur (Markovič, 2008).

Pri kolesarstvu so treningi in tekme dolgotrajni, trajajo več ur, dirke so tudi večdnevne. Ker so to dolgotrajni napor, je velika nevarnost dehidracije (izgube z znojenjem tudi do 3 l/uro), zato so zahteve po tekočini velike. Velike energetske potrebe in potrebe po tekočini je treba optimalno rešiti. To se rešuje tako, da se dovaja energije tudi med treningom v obliki energetskih napitkov in čvrstih hranil (banane, energetske ploščice). Zlasti pri kolesarjenju, ki traja več kot dve uri, so priporočljivi prigrizki (vsakih 20–30 minut). Tako se poskuša preložiti čas utrujenosti zaradi izčrpanja energetskih rezerv in padca glukoze v krvi (Dervišević in Vidmar, 2011).

Dnevne energetske zahteve kolesarja so tudi do 6000 kcal (lahko tudi več – kolesar na dirki Tour de France porabi okoli 12000 kcal/dan) (Kreider in sod. 2010).

Kolesarja je pomembno poučiti o načinu prehrane, o ugotavljanju stanja hidriranosti (tehtanje, ocena barve urina) in o načelih rehidracije. Če trajajo tekme več ur, sta pomembna poznavanje energijskih potreb za vsako uro vožnje in temu primerno dodajanje energijskih dodatkov (Dervišević in Vidmar, 2011).

2.8.3.1 Potrebe po ergogenih snoveh kolesarja

- **Koencim Q₁₀**

100 mg na dan (Burke in sod., 2010)

- **Kreatin**

3–5 g na dan (Cooper in sod., 2012)

- **L-karnitin**

2 g na dan (Burke, 2002)

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL IN POSTOPEK DELA

Potrebe športnikov po določenih ergogenih snoveh so različne. V magistrski nalogi smo se osredotočili na tri vrste športnikov z različnim prevladujočim metabolizmom.

Namen našega dela je bil zbrati literaturne podatke o tem, kakšne so potrebe za različne športnike, predvsem z vidika določenih ergogenih snovi. Ugotovitve so predstavljene v poglavju Pregled objav. V nadaljevanju smo izdelali tri skupine mesnih emulzij z različnimi dodatki ergogenih snovi glede na intenzivnost in trajanje telesne aktivnosti športnikov oz. njihov prevladujoč metabolizem. Izdelali smo mesno emulzijo za rokometša (prevladujoč mešani metabolizem), kolesarja (prevladujoč aeroben metabolizem) ter šprinterja (prevladujoč anaerobni metabolizem). Mesna emulzija brez dodatkov nam je služila kot kontrola.

Prašičje meso slovenskega porekla (hrbet, *m. longissimus dorsi*) in sončnično olje Cekin (Tovarna olja GEA) smo kupili v lokalni trgovini. Mesno emulzijo smo naredili iz 50 % prašičjega mesa, 18 % sončničnega olja in 30 % ledu. Dodali smo 1,4 % nitritne soli, 0,7 % aroma UK in 0,2 % Aroma mix hrenovka. Iz naštetih surovin in aditivov smo izdelali štiri skupine mesnih emulzij, v katere smo dodali še ergogene snovi, CoQ₁₀, kreatin (creatine monohidrate (SU014, BV&S, d.o.o. Novo Mesto)) in L-karnitin (l-carnitin tartrate (SU009, BV&S, d.o.o. Novo Mesto)), in sicer v količini, ki pokriva določen delež dnevnih potreb za različne športnike (rokometšaše, šprinterje in kolesarje) (preglednica 8). Predvidoma naj bi športnik z zaužitjem 100 g mesne emulzije pokrival 80 % dnevnih potreb po CoC₁₀ oz. kreatinu ter 30 % dnevnih potreb po L-karnitinu.

Preglednica 8: Dodatek ergogenih snovi v 100 g mesne emulzije za različne športnike glede na njihovih 80 % dnevne potrebe po CoC₁₀ oz. kreatinu ter 30 % dnevne potrebe po L-karnitinu

Športnik/dodatek	koencim Q ₁₀ (mg)		kreatin (g)		L-karnitin (g)	
	potrebe	dodatek	potrebe	dodatek	potrebe	dodatek
rokometšaš	100	80	3	2,4	4	1,2
šprinter	120	96	3	2,4	2	0,6
kolesar	100	80	3	2,4	2	0,6

3.1.1 Izdelava mesnih emulzij

Izdelali smo štiri skupine mesnih emulzij, vsaka skupina je tehtala 1 kg. Kontrolno skupino smo izdelali po naslednjem postopku. Prašičji hrbet (2 °C) smo očistili grobega vezivnega tkiva, hrustancev in mastnega tkiva ter ga zmleli v volku skozi luknjačo premera 3 mm. Mesno testo smo izdelali iz 500 g mletega mesa in aditivov (14 g nitritne soli in 7 g Aroma UK) ter polovice ledu (150 g), ki smo jih sekljali v kutru Stephan pri 2400 obratih in 64 %

vakuumu do središčne temperature 6 °C. Nato smo mesni emulziji dodali 180 g sončničnega olja, 2 g začimbne mešanice Aroma mix hrenovka in preostalo drugo polovico ledu (150 g). Sledila je ponovna homogenizacija, približno 5 minut dokler homogenizat ni dosegel temperature 10 °C. Nadev smo napolni v plastične ovitke premera 40 mm in oblikovali 10 cm dolge vzorce. Drugo skupino mesnih emulzij, imenovano rokometaš, smo pripravili po zgoraj opisanem postopku, le da smo mletemu mesu dodali 3 g kreatina in 4 g L-karnitina ter v sončničnem olju raztopljen CoQ₁₀ (100 mg). Tretji skupini mesnih emulzij, imenovani šprinter, smo dodali 3 g kreatina in 2 g L-karnitina ter 120 mg CoQ₁₀, raztopljenega v sončničnem olju. V zadnji, četrti skupini, poimenovani kolesar, pa smo dodali 3 g kreatina in 2 g L-karnitina ter 100 mg CoQ₁₀, raztopljenega v sončničnem olju.

Vse vzorce smo hkrati obdelali v konvektomatu (Rational Selfcooking Center) do končne T_s 72 °C, ohladili in skladiščili pri temperaturi 4 °C do senzorične in kemijske analize.

Vzorce za senzorično, instrumentalno analizo barve in kemijske analize smo odvzeli po 1, 8, 15 in 22 dneh v hladilniku pri temperaturi 4 °C, za kemijske analize pa še dodatno pred toplotno obdelavo (presne emulzije).

3.2 METODE DELA

3.2.1 Določanje vsebnosti koencima Q₁₀

Za določanje CoQ₁₀ v mesni emulziji smo uporabili modificirano metodo po Lušnic (2008).

3.2.1.1 Ekstrakcija

- Odtehtali smo 3 g vzorca mesne emulzije v 50 ml centrifugirko (Sarstedt, 62.548.004),
- dodali 15 ml vode,
- centrifugirke z vsebino smo 5 minut močno stresali,
- za 15 minut smo centrifugirke prenesli na ultrazvočno kopel (Bransonic 3510E – DHT, Branson, Nemčija) pri temperaturi 40 °C,
- v vsako centrifugirko (Sarstedt, 62.548.004) smo dodali 25 ml organskega topila dietileter (Merck, 1.00921),
- ponovno stresali 5 minut,
- prenesli za 15 minut na ultrazvočno kopel (Bransonic 3510E – DHT, Branson, Nemčija) (tokrat brez segrevanja),
- s centrifugo (Eppendorf, centrifuge 5810) smo pri 1700 × g in času 6 minut ločili organsko in vodno fazo,
- 20 ml, zgornje, organske faze smo prenesli v 100 ml steklene bučke z okroglim dnom,
- v centrifugirke s preostalo vsebino smo ponovno dodali 25 ml dietiletra (Merck, 1.00921) in celoten postopek ekstrakcije ponovili,

- 20 ml organske faze smo prenesli v bučko k organski fazi prve ekstrakcije.

3.2.1.2 Odparevanje topila

Po končani ekstrakciji smo na vakuumskem rotavaporju (Büchi, Rotavapor R-114 Vac® V-500, Švica) odparevali topilo pri tlaku 562 mbar pri 40 °C v programu za odparevanje topila – dietiletra.

Suh preostanek v bučki smo raztopili v 2 ml heksana (Merck, 1.04371) in tako pripravili vzorec za ekstrakcijo s trdno fazo (Solid Phase Extraction – SPE).

3.2.1.3 SPE-postopek

Za SPE smo uporabili kolono Supelclean™ENVI™Florisil (Supelco, 57053). Kolono smo najprej kondicionirali s 3 ml heksana (Merck, 1.04371) (eluat zavržemo). Nato smo na kolono uvajali naš, predhodno pripravljen vzorec (eluat zavržemo), sledilo je izpiranje s 3 ml heksana (Merck, 1.04371) (eluat zavržemo). V naslednji fazi je sledilo zbiranje eluata v čisto epruveto, in sicer s spiranjem kolone s 5 ml mešanice heksan (Merck, 1.04371) : dietileter (Merck, 1.00921) (3:1).



Slika 12: Vakuumski rotavapor in aparatura za izvedbo SPE-postopka

3.2.1.4 Priprava vzorca za kromatografijo

Epruvete z vzorci smo prepihal z dušikom in v suhi ostanek dodali 5 ml 2-propanola (Merck, 1.00998). Vsebino smo temeljito premešali na vrtničnem mešalniku (IKA minishaker MS2). Vsebino smo nato redčili ($R = 20$; $R = 10$). Pri prvem določanju koencima Q_{10} (takoj po tem, ko smo naredili mesno emulzijo) je bil $R = 20$, ko pa smo koencim Q_{10} določali po tritedenskem skladiščenju, je bil $R = 10$. Pri prvem določanju smo 20 μ l pripravljenega vzorca prenesli v majhne vialne in dodali 380 μ l 2-propanola (Merck, 1.00998). Po tritedenskem skladiščenju pa smo 20 μ l pripravljenega vzorca prenesli v vialne in dodali 180 μ l 2-propanola (Merck, 1.00998). Vzorce smo tako pripravili za nadaljnjo analizo s tekočinsko kromatografijo skopljeno z masnim spektrometrom (LC-MS).

3.2.1.5 Pogoji določanja CoQ₁₀ z LC-MS

Vsebnost CoQ₁₀ smo določili s HPLC-sistemom Agilent Technology 1100.

Sistem je sestavljen iz:

- vakuumskega razplinjevalnika: G1379A
- binarne črpalke: G1312A
- avtomatskega vzorčevalnika: G1330B
- termostata kolone: G1316A
- detektorja DAD: G1315B

Pogoji določanja so bili naslednji:

- način kromatografije: RP
- kromatografska kolona: Kinetex C18 2,6 μm × 2,1 × 100 mm; Phenomenex
- mobilna faza A: 2-propanol
- mobilna faza B: AcN
- volumen injiciranja: 10 μl
- temperatura vzorcev: 4 °C
- temperatura kolone: 40 °C

Preglednica 9: Kromatografski pogoji pri določanju koencima Q₁₀ z LC-MS (gradient)

Čas (min)	mobilna faza A (%)	mobilna faza B (%)	pretok (ml/min)
0,00	20	80	0,400
4,00	20	80	0,400
7,00	80	20	0,400
7,10	20	80	0,400
12,00	20	80	0,400

Kot detektor smo uporabili masni spektrometer Micromass Quattro Micro; Waters z elektrorazpršilno ionizacijo (electrospray ionization – ESI). Masni spektrometer je deloval pri naslednjih pogojih:

- napetost vhodne leče (V): 0,5
- temperatura izvora (°C): 120
- napetost kapilare (kV): 4,10
- temperatura razpršilnega N₂ (°C): 350
- pretok N₂ Cone (l/h): 50
- pretok razpršilnega N₂ (l/h): 400
- energija trkalne celice (V): 20
- tlak trkalne celice (mbar): 3,00 × 10⁻³

Detekcija na masnem detektorju je potekala v MRM (Multiple Reaction Monitoring)

Preglednica 10: Pogoji detekcije pri določanju koencima Q₁₀ z LC-MS

m/z	prehod	cona (V)	(V)	Rt (min)
863,78	197,28	34	46	4,92

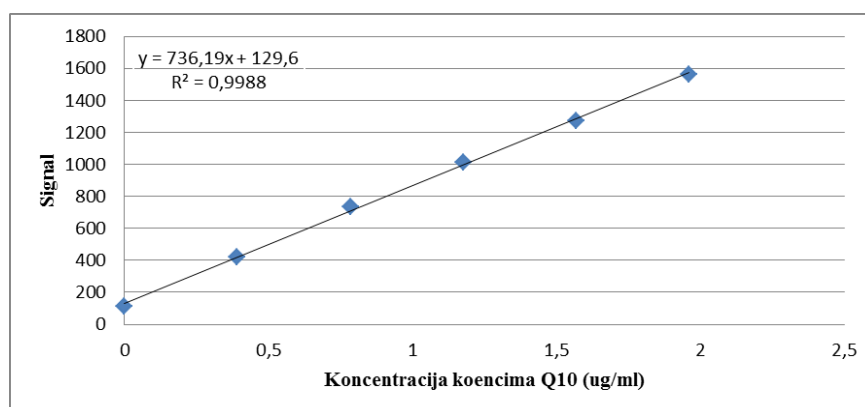
Kontrola DAD 200-300 nm.

Obdelava podatkov s programom Quantify v MassLynxTM V4.0.

3.2.1.6 Priprava umeritvene krivulje s standardnim dodatkom

Za kvantitativno določanje CoQ₁₀ smo uporabili standard sigma (C9538). V 10 ml bučko smo odtehtali 4,9 mg standarda CoQ₁₀ in s heksanom (Merck, 1.04371) dopolnili do oznake. Tako smo pripravili standardno raztopino.

Za umeritveno krivuljo smo uporabili metodo standardnega dodatka. V izbrani vzorec mesne emulzije (1,50 g mesne emulzije brez dodatkov) smo odpipetirali različne volumne (0,0 ml, 0,1 ml, 0,2 ml, 0,3 ml, 0,4 ml in 0,5 ml) predhodno pripravljene standardne raztopine CoQ₁₀ in naprej postopali enako kot z vzorci.



Slika 13: Umeritvena krivulja za določanje koencima Q₁₀ v mesni emulziji

Izračun vsebnosti CoQ₁₀:

$$\text{CoQ}_{10} \text{ (mg/100 g)} = \frac{A_{\text{Q}_{10}}}{F_{\text{um}} \times m_{\text{vz}}} \times R \quad \dots(5)$$

A_{Q₁₀} – površina pod vrhom za koencim Q₁₀

F_{um} – faktor naklona umeritvene krivulje

m_{vz} – masa vzorca mesne emulzije (g)

R – faktor razredčitve (12,5)

3.2.2 Določanje vsebnosti L-karnitina, kreatinina in kreatina

3.2.2.1 Priprava vzorca

- V 50 ml centrifugirko (Saerstedt, 62.548.004) smo zatehtali 3,000 g mesne emulzije,
- dodali smo 30 ml destilirane vode,
- 2 minuti smo homogenizirali s homogenizatorjem (Ultra-turrax T25, nastavek S25N-18G; IKA Nemčija) pri 11000 obratih/minuto,
- suspenzijo smo filtrirali skozi filter papir (Sartorius 388, FT-3-101-150),
- filtrat shranimo za nadaljevanje analize.

3.2.2.2 SPE-postopek

Za SPE-postopek smo uporabili kolono Strata™ – X33u 100 mg/3 ml, ki smo jo najprej kondicionirali s 3 ml metanola (Merck, 1.06018) (eluat zavržemo). Na kolono smo uvajali 3 ml vode (eluat zavržemo), nato smo na kolono uvajali 1 ml našega vzorca (eluat zavržemo). Sledilo je zbiranje eluata v čisto epruveto s spiranjem vzorca s 3 ml vode. Kolono smo na koncu osušili v pretoku zraka.

3.2.2.3 Priprava vzorca za kromatografijo

Po končanem SPE-postopku je bil naš vzorec pripravljen za nadaljnjo analizo. Vzorčke smo prenesli v majhne vialne in nato vzorcem določili vsebnost L-karnitina, kreatina in kreatinina z LC-MS.

3.2.2.4 Pogoji določanja L-karnitina, kreatina in kreatinina z LC-MS

Vsebnost L-karnitina, kreatina in kreatinina smo določili s HPLC-sistemom Agilent Technology 1100. Sistem je bil sestavljen iz:

- vakuumskega razplinjevalnika: G1379A
- binarne črpalke: G1312A
- avtomatskega vzorčevalnika: G1330B
- termostata kolone: G1316A
- detektorja DAD: G1315B

Pogoji določanja so bili naslednji:

- način kromatografije: HILIC
- kromatografska kolona: Xbridge™ HILIC 5 µm × 3,0 × 100 mm; Waters
- mobilka A: 100 mM amonijev formiat v H₂O
- mobilka B: AcN
- volumen injiciranja: 10 µl
- temperatura vzorcev: 4 °C
- temperatura kolone: 30 °C

Preglednica 11: Kromatografski pogoji pri določanju L-karnitina, kreatina in kreatinina z LC-MS

Čas (min)	mobilna faza A (%)	mobilna faza B (%)	pretok (ml/min)
0	10	90	0,200
25	90	10	0,200
25,10	10	90	0,200
33	10	90	0,200

Kot detektor smo uporabili masni spektrometer Micromass Quattro Micro; Waters z elektrorazpršilno ionizacijo (electrospray ionization – ESI). Masni spektrometer je deloval pri naslednjih pogojih:

- napetost vhodne leče (V): 0,3
- temperatura izvora (°C): 120
- napetost kapilare (kV): 3,5
- temperatura razpršilnega N₂ (°C): 350
- pretok N₂ Cone (l/h): 50
- pretok razpršilnega N₂ (l/h): 400

Detekcija na masnem detektorju je potekala v SIR (Single Ion Recording).

Preglednica 12: Pogoji detekcije pri določanju L-karnitina, kreatina in kreatinina z LC-MS (ESI+)

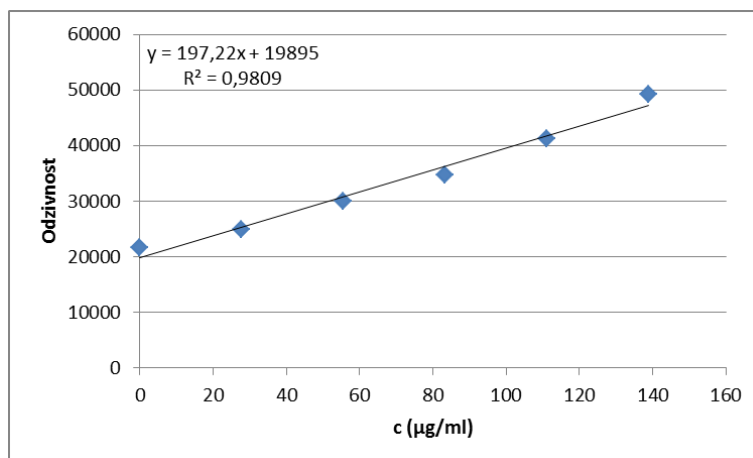
	m/z (ESI+)	cona (V)	Rt (min)
L-karnitin	162,3	43	14,23
kreatin	132,3	43	12,44
kreatinin	114,3	43	6,95

Obdelava podatkov s programom Quantify v MassLynxTM V4.0.

3.2.2.5 Priprava umeritvene krivulje s standardnim dodatkom kreatina

Za kvantitativno določanje kreatina smo uporabili standard sigma (C0780). V 10 ml bučko smo odtehtali 250 mg standarda kreatina in dopolnili z vodo do oznake. Tako smo pripravili standardno raztopino.

Za umeritveno krivuljo smo uporabili metodo standardnega dodatka. V izbrani vzorec mesne emulzije (1,50 g mesne emulzije brez dodatkov) smo odpipetirali različne volumne (0,0 ml, 0,1 ml, 0,2 ml, 0,3 ml, 0,4 ml in 0,5 ml) predhodno pripravljene standardne raztopine kreatina in naprej postopali enako kot z vzorci.

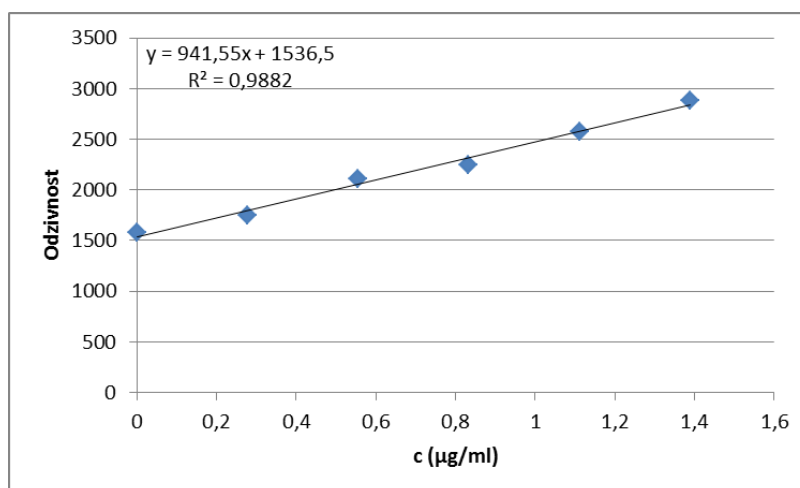


Slika 14: Umeritvena krivulja za določanje kreatina v mesni emulziji

3.2.2.6 Priprava umeritvene krivulje s standardnim dodatkom kreatinina

Za kvantitativno določanje kreatinina smo uporabili standard sigma (C4255). V 10 ml bučko smo odtehtali 2,5 mg standarda kreatinina in dopolnili z vodo do oznake. Tako smo pripravili standardno raztopino.

Za umeritveno krivuljo smo uporabili metodo standardnega dodatka. V izbrani vzorec mesne emulzije (1,50 g mesne emulzije brez dodatkov) smo odpipetirali različne volumne (0,0 ml, 0,1 ml, 0,2 ml, 0,3 ml, 0,4 ml in 0,5 ml) predhodno pripravljene standardne raztopine kreatinina in naprej postopali enako kot z vzorci.

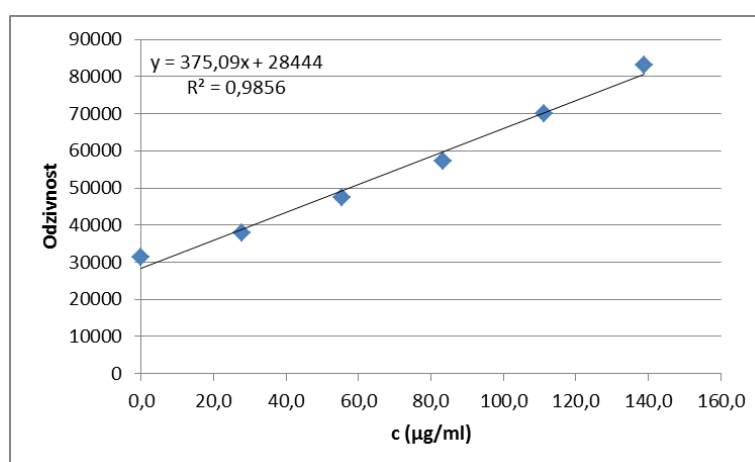


Slika 15: Umeritvena krivulja za določanje kreatinina v mesni emulziji

3.2.2.7 Priprava umeritvene krivulje s standardnim dodatkom L-karnitina

Za kvantitativno določanje L-karnitina smo uporabili standard sigma (C0158). V 10 ml bučko smo odtehtali 250 mg standarda L-karnitina in dopolnili z vodo do oznake. Tako smo pripravili standardno raztopino.

Za umeritveno krivuljo smo uporabili metodo standardnega dodatka. V izbrani vzorec mesne emulzije (1,50 g mesne emulzije brez dodatkov) smo odpipetirali različne volumne (0,0 ml, 0,1 ml, 0,2 ml, 0,3 ml, 0,4 ml in 0,5 ml) predhodno pripravljene standardne raztopine L-karnitina in naprej postopali enako kot z vzorci.



Slika 16: Umeritvena krivulja za določanje L-karnitina v mesni emulziji

3.2.3 Osnovna kemijska sestava mesne emulzije

Osnovno kemijsko sestavo mesne emulzije smo določili z NIR-spektroskopijo. NIR je razmeroma nova tehnika, poznana okoli trideset let. Njena osnova je merjenje odboja elektromagnetnega valovanja v infrardečem in tudi v vidnem delu svetlobnega spektra. Je fizikalna metoda, ki služi tako za kvalitativno kot tudi kvantitativno presojo (Qui in sod., 1999). Z NIR-spektroskopijo smo v mesnih emulzijah določili koliko beljakovin, maščob, vode in soli vsebuje posamezna mesna emulzija.

3.2.4 Instrumentalna analiza barve

Barvo rezin smo instrumentalno določili s kromometrom Minolta CR 200b (Minolta, Japonska). Pred merjenjem smo kromometer (vir svetlobe (angl. illuminant) C, osvetljevanje pod kotom 45°) umerili na bel standard ($L^* = 92,8$; $a^* = 0,3136$; $b^* = 0,3196$). Aparat poda barvo v treh koordinatah, kot so v L^* , a^* in b^* . Vrednost L^* opisuje svetlost barve, pri čemer višje vrednosti pomenijo svetlejšo barvo vzorca in obratno. Vrednost a^* določa intenziteto rdeče barve v pozitivnem območju (rdeča barva je odvisna od prisotnosti barvila mioglobina) in zelene barve v negativnem območju (samo v primeru diskoloracij

na površini mesa). Vrednost b^* pa predstavlja intenziteto rumene barve v pozitivnem območju (rumena barva je povezana s stopnjo oksigenacije mesnega barvila) in modre v negativnem območju (samo v primeru diskoloracij na površini mesa). Barvo smo merili na štirih mestih za vsak vzorec (paralelke), tako smo dobili vrednosti, ki nam opišejo barvo posameznega vzorca.

3.2.5 Senzorična analiza

Senzorične lastnosti mesnih emulzij je ocenjeval panel, sestavljen iz štirih šolanih preskuševalcev Katedre za tehnologijo mesa in vrednotenje živil Oddelka za živilstvo na Biotehniški fakulteti. Degustacijo so opravili v senzoričnem laboratoriju te katedre. Senzorično ocenjevanje so izvedli s testom točkovanja lastnosti iz skupine deskriptivnih testov, in to z nestrukturirano točkovno lestvico (od 0 do 4 točke).

Panel je iz vrednotil naslednje senzorične lastnosti:

- obarvanja
 - 0 – za razsoljeno prašičjo mesno emulzijo značilen rožnat odtenek, brez obarvanj,
 - 1 – rahlo izraženo obarvanje,
 - 2 – srednje (močnejše) izraženo obarvanje,
 - 3 – močno izraženo obarvanje,
 - 4 – zelo močno izraženo obarvanje;

- tuji vonji, tuje arome, peskavost, sprejemljivost, gladkost:
 - 0 – lastnost ni izražena,
 - 1 – rahlo izražena,
 - 2 – srednje (močnejše) izražena,
 - 3 – močno izražena,
 - 4 – zelo močno izražena lastnost.

3.3 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

V poskusu zbrane podatke smo pripravili in uredili s programom EXCEL XP. Osnovne statistične parametre smo izračunali s postopkom MEANS, s postopkom UNIVARIATE pa smo podatke testirali na normalnost porazdelitve (SAS Software, 1990). Rezultati poskusa so bili analizirani po metodi najmanjših kvadratov s postopkom GLM.

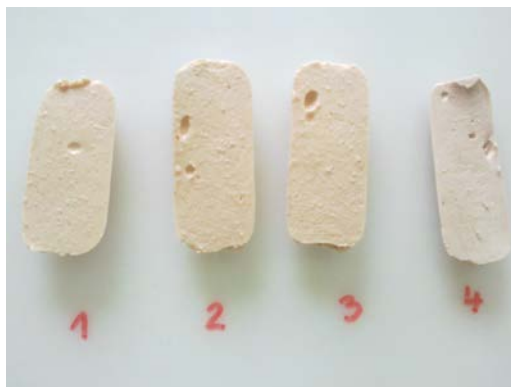
Za analizo vpliva skupine (različnega dodatka ergogenih komponent) na kemijske parametre (osnovna kemijska sestava, vsebnost soli in kolagena) mesnih emulzij smo uporabili statistični model 1, v katerega smo vključili fiksni vpliv skupine (S: kontrola, kolesar, šprinter in rokometaš: $y_{ij} = \mu + S_i + e_{ij}$).

Za analizo vpliva skupine (različnega dodatka ergogenih komponent) in čas skladiščenja izdelka na kemijske parametre (vsebnost CoQ₁₀, L-karnitina, kreatina in kreatinina) mesnih emulzij smo uporabili statistični model 2, v katerega smo vključili fiksne vplive skupine (S: kontrola, kolesar, šprinter in rokometas), čas skladiščenja (D: takoj in po enem mesecu) in interakcijo skupina×čas skladiščenja: $y_{ijk} = \mu + S_i + C_j + S \times C_{ij} + e_{ijk}$.

Pričakovane povprečne vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane z Duncanovim testom in primerjane pri 5 % tveganju.

4 REZULTATI

Prvi cilj magistrskega dela je bil zbrati podatke o tem, kakšne so potrebe športnikov predvsem z vidika ergogenih snovi, kot so CoQ₁₀, kreatin in L-karnitin. Podatki so predstavljeni v poglavju Pregled objav. V nadaljevanju smo izdelali tri različne mesne emulzije z različnimi dodatki omenjenih ergogenih snovi. Tako smo izdelali mesno emulzijo za športnika z mešanim metabolizmom (rokometas), za športnika s prevladujočim anaerobnim metabolizmom (šprinter) in za športnika s prevladujočim aerobnim metabolizmom (kolesar). Dodatek ergogenih snovi v mesne emulzije je variiral glede na 80 % dnevne potrebe različnih športnikov po CoQ₁₀ in kreatinu oz. 30 % dnevnih potreb po L-karnitinu. Vsebnosti CoQ₁₀, kreatina in L-karnitina v modelnih emulzijah smo določali ob izdelavi ter med tritedenskim skladiščenjem. Rezultati kemijskih in instrumentalnih (meritve barve) analiz so prikazani v nadaljevanju. Na sliki 17 pa je prikaz izdelanih mesnih emulzij, na katerih smo opravljali instrumentalne meritve barve.



Slika 17: Mesne emulzije za različne tipe športnikov (1 – rokometas, 2 – kolesar, 3 – šprinter in 4 – kontrola)

4.1 OSNOVNA KEMIJSKA SESTAVA MESNE EMULZIJE

Osnovno kemijsko sestavo prašičjega mesa (*m. longissimus dorsi*) in mesnih emulzij smo določili z NIR-spektrometrijo, ki nam je podala vsebnost beljakovin, maščob, vode in soli. Meritve smo opravljali v paralelkah, kot rezultate pa podali (preglednici 13 in 14) povprečne vrednosti analiz.

V povprečju je prašičji hrbet, porabljen za izdelavo mesnih emulzij, vseboval 23,86 g/100 g beljakovin, 70,33 g/100 g vode, 5,21 % maščobe in 1,25 g/100 g pepela (preglednica 13).

Preglednica 13: Povprečna hranilna vrednost in kemijska sestava prašičjega mesa

Parameter/meso	na 100 g
energijska vrednost	598 kJ (142 kcal)
beljakovine (g)	23,86 ± 0,54
maščobe (g)	5,21 ± 0,45
voda (g)	70,33 ± 0,46
pepel (g)	1,25 ± 0,05

V preglednici 14 sta predstavljeni osnovna kemijska sestava in hranilna vrednost mesnih emulzij za tri vrste športnikov, ki smo jim dodali različne količine ergogenih snovi, in kontrola, v katero ergogenih snovi nismo dodali. Med različnimi eksperimentalnimi skupinami nismo zasledili pomembnih razlik, tako da lahko trdimo, da so manjše razlike v osnovni kemijski sestavi med eksperimentalnimi skupinami le naključne. Posledično je podobna tudi energijska vrednost emulzij (507–537 kJ oz. 120–126 kcal). Energijsko vrednost mesa in mesnih emulzij smo izračunali iz vsebnosti beljakovin in maščob. Vsebnosti ogljikovih hidratov nismo upoštevali, saj v mesno emulzijo nismo dodajali ogljikovih hidratov, zato smo predpostavili, da je njihova energijska vrednost nič. Energijska vrednost beljakovin (in tudi ogljikovih hidratov) je 4 kcal/g oziroma 17 kJ/g, energijska vrednost maščob pa je 9 kcal/g oz 37 kJ/g.

Preglednica 14: Osnovna kemijska sestava in hranilna vrednost mesnih emulzij za različne vrste športnikov, podana na 100 g

Parameter (g/100 g)	Skupina			
	rokometas	šprinter	kolesar	kontrola
beljakovine	13,66 ± 0,06	13,59 ± 0,03	13,56 ± 0,06	12,48 ± 0,06
maščobe	17,91 ± 0,05	17,87 ± 0,02	17,86 ± 0,02	17,44 ± 0,01
voda	65,67 ± 1,10	65,73 ± 0,05	65,77 ± 0,60	66,06 ± 0,01
sol	0,65 ± 0,12	0,64 ± 0,02	0,61 ± 0,04	0,71 ± 0,03
energijska vrednost	537 kJ (126 kcal)	535 kJ (126 kcal)	534 kJ (126 kcal)	507 kJ (120 kcal)

4.2 INSTRUMENTALNO MERJENA BARVA

Iz preglednice 15, ki prikazuje rezultate instrumentalne analize barve štirih eksperimentalnih mesnih emulzij, lahko povzamemo, da dodatek ergogenih snovi značilno vpliva na vse tri vrednosti, L^* , a^* in b^* . Dodatek statistično značilno vpliva na vrednost L^* (meri svetlost), statistično visoko značilno na vrednost a^* (meri rdeč odtenek) in statistično zelo visoko značilno na vrednost b^* (meri rumen odtenek). V primerjavi s kontrolno so ostale eksperimentalne emulzije bistveno manj rdeče (manjša vrednost a^*) in bolj rumene (večja vrednost b^*). Rečemo lahko, da je pri eksperimentalnih emulzijah prevladoval marelčni odtenek barve, ki je za potrošnika, ki pričakuje rožnat odtenek mesne emulzije,

nekoliko moteč. Ugotovitve instrumentalne analize smo poskušali potrditi s senzorično analizo, rezultati le-te sledijo v poglavju 4.6.

Preglednica 15: Po izdelavi instrumentalno merjena barva mesnih emulzij za različne vrste športnikov

Vrednost	Skupina				
	rokometaš	šprinter	kolesar	kontrola	znač.
L [*]	82,3 ± 0,4B	83,1 ± 0,6A	82,8 ± 0,2AB	83,1 ± 0,3A	*
a [*]	5,8 ± 0,1B	5,5 ± 0,1C	5,7 ± 0,1B	6,9 ± 0,1A	**
b [*]	13,8 ± 0,2A	14,1 ± 0,3A	14,1 ± 0,3A	8,7 ± 0,1B	***

znač. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; ** $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; * $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; nz – $p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv; srednje vrednosti z različno črko (A, B, C, D) znotraj vrstice se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med skupinami)

4.3 VSEBNOST REDUCIRANEGA KOENCIMA Q₁₀ V MESNIH EMULZIJAH

V preglednici 16 je prikazan vpliv različnih dodatkov ergogenih komponent in časa skladiščenja na vsebnost CoQ₁₀ v mesnih emulzijah za različne tipe športnikov. Ugotovili smo, da dodatek ergogenih snovi značilno ($p < 0,001$) vpliva na vsebnost CoQ₁₀. Čas skladiščenja na vsebnost CoQ₁₀ vpliva le pri eksperimentalnih emulzijah z dodanimi ergogenimi snovmi ($p < 0,001$), pri kontrolni pa se njegova vsebnost ne spreminja značilno ($p > 0,05$).

Največjo potrebo po CoQ₁₀ ima šprinter, sledita mu rokometaš in kolesar (oba potrebujeta približno isto količino). Zato smo po teh priporočilih dodali največjo količino CoQ₁₀ v mesno emulzijo, namenjeno šprinterju. S kemijsko analizo smo dokazali, da je v emulziji šprinter 9-krat, v emulziji kolesar 8-krat in v emulziji rokometaš 7-krat več CoQ₁₀ kot v kontrolni emulziji, kjer ga nismo dodali. V kontrolni emulziji smo določili 12,85 mg CoQ₁₀/100 g, zato smo predvidevali, da bomo v eksperimentalnih emulzijah določili toliko več CoQ₁₀, kot smo ga dodali, npr. 92,85 oz. 108,85 mg/100 g. Analizirane vrednosti so nekoliko manjše. To je lahko zaradi napake zatehte, slabega raztapljanja CoQ₁₀ v olju, eventualnega nekvantitativnega prenosa analita v mesno testo, lahko pa je tudi posledica neznanih interakcij CoQ₁₀ s sestavinami mesne emulzije.

Preglednica 16: Vpliv eksperimentalne skupine (različnih dodatkov ergogenih komponent) in časa skladiščenja na vsebnost koencima Q₁₀ (mg/100 g) v mesnih emulzijah (Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Dan	Skupina (dodatek v mg/100 g)				znač.
	rokometoš (80)	šprinter (96)	kolesar (80)	kontrola (0)	
1.	96,32 ± 1,18aC	121,85 ± 8,48aA	109,59 ± 0,88aB	12,85 ± 2,00D	***
8.	72,18 ± 0,50bA	109,18 ± 0,03bC	82,20 ± 0,09bB	13,46 ± 1,13D	***
15.	57,75 ± 0,40cB	87,35 ± 0,03cA	52,61 ± 0,06cC	13,19 ± 1,11D	***
22.	46,20 ± 0,32dB	69,88 ± 0,02dA	42,09 ± 0,05dC	12,93 ± 1,09D	***
znač.	***	***	***	nz	

znač. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; ** $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; * $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; nz – $p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv; srednje vrednosti z različno črko (A, B, C, D) znotraj vrstice se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med skupinami); srednje vrednosti z različno črko (a, b, c, d) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med časi skladiščenja)

Po vsakem tednu skladiščenja smo v eksperimentalnih emulzijah z dodanimi ergogenimi snovmi opazili pomembno zmanjšanje vsebnosti CoQ₁₀, izjema je bila kontrolna emulzija, kjer je vsebnost CoQ₁₀ ostala nespremenjena. Do zmanjšanja vsebnosti CoQ₁₀ (52 % emulzija rokometoš, 62 % emulzija kolesar in 43 % emulzija šprinter), je lahko prišlo zaradi oksidacije, pretvorbe ubikonola v ubikinon. Mi pa smo določali reducirano obliko CoQ₁₀.

4.4 VSEBNOST KREATINA IN KREATININA V MESNIH EMULZIJAH

V preglednici 17 je prikazan vpliv različnih dodatkov ergogenih komponent in časa skladiščenja na vsebnost kreatina in kreatinina v mesnih emulzijah za različne tipe športnikov. Ugotovili smo, da dodatek ergogenih snovi značilno ($p < 0,01$) vpliva na vsebnost tako kreatina kot kreatinina.

V vse skupine (razen kontrolne) smo v mesno emulzijo dodali enako količino kreatina (2,4 mg/100 g), ker smo po literaturnih podatkih ugotovili, da ga vse vrste športnikov potrebujejo približno enako. Po toplotni obdelavi mesnih emulzij smo v kontrolni emulziji (kreatin ni bil dodan) določili 0,83 mg kreatina/100 g emulzije, v eksperimentalnih pa 2,6-krat več (emulziji kolesar in šprinter) oz. 2,7-krat več kreatina (emulzija rokometoš). Razlika je sicer značilna, vendar je lahko le naključna ali pa posledica interakcij med kreatinom in ostalimi dodanimi ergogenimi snovmi, predvsem z L-karnitinom, ki ga je v emulziji rokometoš dodanega bistveno več kot pri emulzijah kolesar in šprinter.

Med tritedenskim skladiščenjem se je vsebnost kreatina v eksperimentalnih mesnih emulzijah značilno zmanjšala (izjema je le emulzija šprinter), in sicer za 5 % pri kontrolni, 16 % v emulziji kolesar in 15 % v emulziji rokometoš.

Zanimive so tudi ugotovitve o kreatininu (preglednica 17). Po toplotni obdelavi mesnih emulzij smo v kontrolni emulziji (kreatin ni bil dodan) določili 0,07 mg kreatinina/100 g, v eksperimentalnih pa 3,1 do 5,5-krat več kot v kontrolni (0,22-0,24 mg kreatinina/100 g). Med tritedenskem skladiščenjem se vsebnost kreatinina v eksperimentalnih mesnih emulzijah ni značilno zmanjšala, razlike med kontrolno in ostalimi eksperimentalnimi pa so se ohranile.

Preglednica 17: Vpliv eksperimentalne skupine (različnih dodatkov ergogenih komponent) in časa skladiščenja na vsebnost kreatina in kreatinina v mesnih emulzijah (Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Parameter	dan	Skupina (dodatek kreatina v mg/100g)				znač.
		rokometas (2,4)	šprinter (2,4)	kolesar (2,4)	kontrola (0)	
kreatin (mg/100 g)	1.	2,24 ± 0,02aA	2,19 ± 0,02B	2,19 ± 0,02aB	0,83 ± 0,01cC	***
	8.	2,03 ± 0,02bC	2,12 ± 0,02B	2,23 ± 0,02aA	0,82 ± 0,01dD	***
	15.	1,62 ± 0,02dB	2,30 ± 0,18A	1,72 ± 0,02cB	0,68 ± 0,01aC	***
	22.	1,90 ± 0,02cB	2,04 ± 0,02A	1,85 ± 0,02bC	0,77 ± 0,01bD	***
	znač.	***	nz	***	***	
kreatinin (mg/100 g)	1.	0,24 ± 0,02A	0,23 ± 0,02A	0,22 ± 0,02A	0,07 ± 0,01B	**
	8.	0,21 ± 0,02A	0,22 ± 0,02A	0,22 ± 0,02A	0,07 ± 0,01B	**
	15.	0,19 ± 0,02B	0,23 ± 0,01A	0,18 ± 0,02B	0,06 ± 0,01C	***
	22.	0,20 ± 0,02A	0,21 ± 0,02A	0,20 ± 0,02A	0,07 ± 0,01B	**
	znač.	nz	nz	nz	nz	

znač. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; ** $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; * $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; nz – $p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv; srednje vrednosti z različno črko (A, B, C, D) znotraj vrstice se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med skupinami); srednje vrednosti z različno črko (a, b) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med časi skladiščenja)

4.5 VSEBNOST L-KARNITINA V MESNIH EMULZIJAH

V preglednici 18 je prikazan vpliv različnih dodatkov ergogenih komponent in časa skladiščenja na vsebnost L-karnitina v mesnih emulzijah za različne tipe športnikov. Ugotovili smo, da dodatek ergogenih snovi značilno ($p < 0,001$) vpliva na vsebnost L-karnitina.

Največjo potrebo po L-karnitinu ima rokometas, ki ga potrebuje kar dvakrat več kot ga potrebujeta šprinter in kolesar. Ker smo v mesno emulzijo, namenjeno rokometasu, dodali največ L-karnitina (1,2 g/100 g), smo ga zato tudi določili največ – 1,22 g/100 g. Mesni emulziji za kolesarja in šprinterja sta vsebovali za 20 oz. 16 % manj L-karnitina, medtem ko je kontrolna emulzija vsebovala bistveno manj L-karnitina, 0,19 g/100 g oz. 84 % manj kot emulzija za rokometasa. V primerjavi z literaturnimi podatki (Jeukendrup in Glesson,

2010), po katerih je v prašičjem mesu do 30 mg L-karnitina/100 g, smo v kontrolni emulziji in posledično emulzijah kolesar in šprinter določili razmeroma veliko vsebnost te komponente (190 mg/100 g oz. 970 mg/100 g in 1020 mg/100g). Treba bi bilo preveriti metode, s katerimi so te vrednosti v literaturi pridobljene, vendar to ni natančno opisano.

Preglednica 18: Vpliv eksperimentalne skupine (različnih dodatkov ergogenih komponent) in časa skladiščenja na vsebnost L-karnitina (g/100 g) v mesnih emulzijah (Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Dan	Skupina (dodatek v g/100 g)				znač.
	rokometas (1,2)	šprinter (0,6)	kolesar (0,6)	kontrola (0)	
1.	1,22 ± 0,01aA	1,02 ± 0,01B	0,97 ± 0,01bC	0,19 ± 0,00D	***
8.	1,14 ± 0,01bA	0,97 ± 0,01C	0,99 ± 0,01aB	0,17 ± 0,00D	***
15.	0,93 ± 0,01dA	1,03 ± 0,09A	0,76 ± 0,01dB	0,25 ± 0,00C	***
22.	1,10 ± 0,01cA	0,94 ± 0,01B	0,90 ± 0,01cC	0,21 ± 0,00D	***
znač.	***	nz	***	***	

znač. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; ** $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; * $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; nz – $p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv; srednje vrednosti z različno črko (A, B, C, D) znotraj vrstice se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med skupinami); srednje vrednosti z različno črko (a, b) znotraj stolpca se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med časi skladiščenja)

Po tritedenskem skladiščenju se je vsebnost L-karnitina povečala za 11 % le v kontrolni emulziji. L-karnitin je zaestren z maščobnimi kislinami, katere prenaša preko notranje mitohondrijske membrane zato predvidevamo, da je do povečanja prišlo zaradi sprostitve vezanega L-karnitina. V eksperimentalnih emulzijah z dodanimi ergogenimi snovmi je vsebnost te komponente med tritedenskim skladiščenjem nihala, zato lahko povzamemo, da se je celo zmanjšala (manj kot 1 %). V primeru emulzije za šprinterja je zmanjšanje med tritedenskim skladiščenjem neznačilno.

4.6 SENZORIČNA ANALIZA MESNIH EMULZIJ

V preglednici 19 je prikazan vpliv različnih dodatkov ergogenih komponent in časa skladiščenja na senzorično kakovost mesnih emulzij za različne tipe športnikov. Povzamemo lahko, da dodatek ergogenih snovi značilno ($p < 0,01$) vpliva na obarvanje, sprejemljivost, peskavost in gladkost emulzij. Čas skladiščenja na nobeno od opazovanih lastnosti mesnih emulzij ne vpliva značilno ($p > 0,05$).

V primerjavi s kontrolo, ki je imela za razsoljeno prašičjo mesno emulzijo značilen rožnat odtenek, brez obarvanj, so preskuševalci na vseh ostalih emulzijah z dodanimi ergogenimi komponentami ugotovili rahlo do srednje izraženo obarvanje (1,6–1,7 točke). Obarvanje so opisali kot marelični odtenek. Dodane ergogene komponente niso vplivale na vonj in aromo, tako da preskuševalci niso opazili tujih vonjev in arom (z redkimi izjemami).

Preglednica 19: Vpliv eksperimentalne skupine (različnih dodatkov ergogenih komponent) in časa skladiščenja na senzorično kakovost mesnih emulzij (Duncanov test, $\alpha = 0,05$)

Lastnost (0-4 točke)	dan	Skupina				znač.
		rokometoš	šprinter	kolesar	kontrola	
obarvanja	1.	1,6 ± 0,3A	1,7 ± 0,2A	1,7 ± 0,2A	0,2 ± 0,3B	***
	8.	1,5 ± 0,0A	1,5 ± 0,0A	1,5 ± 0,0A	0,0 ± 0,0B	***
	15.	1,6 ± 0,3A	1,5 ± 0,0A	1,5 ± 0,0A	0,0 ± 0,0B	***
	22.	1,5 ± 0,0A	1,5 ± 0,0A	1,5 ± 0,0A	0,0 ± 0,0B	***
	znač.	nz	nz	nz	nz	
tuji vonji	1.	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,1	nz
	8.	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	nz
	15.	0,1 ± 0,3	0,1 ± 0,3	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,0	nz
	22.	0,1 ± 0,3	0,1 ± 0,3	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,0	nz
	znač.	nz	nz	nz	nz	
tuje arome	1.	0,0 ± 0,0B	0,1 ± 0,3B	0,5 ± 0,4A	0,0 ± 0,1B	*
	8.	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	nz
	15.	0,0 ± 0,0	0,1 ± 0,3	0,3 ± 0,3	0,0 ± 0,0	nz
	22.	0,0 ± 0,0	0,1 ± 0,3	0,1 ± 0,3	0,0 ± 0,0	nz
	znač.	nz	nz	nz	nz	
sprejemljivost	1.	2,4 ± 0,4B	2,8 ± 0,2aAB	1,8 ± 1,3B	3,9 ± 0,2A	**
	8.	2,4 ± 0,3C	2,5 ± 0,0bBC	2,8 ± 0,3B	3,9 ± 0,3A	***
	15.	2,1 ± 0,3C	2,5 ± 0,0bB	2,5 ± 0,0B	3,9 ± 0,3A	***
	22.	2,3 ± 0,3B	2,3 ± 0,3bB	2,5 ± 0,0B	4,0 ± 0,0A	***
	znač.	nz	nz	nz	nz	
peskavost	1.	3,4 ± 0,5A	2,8 ± 0,2AB	2,7 ± 0,2B	0,3 ± 0,5C	***
	8.	3,4 ± 0,5A	2,9 ± 0,3A	2,8 ± 0,6A	0,0 ± 0,0B	***
	15.	2,8 ± 0,5A	2,5 ± 0,0A	2,6 ± 0,3A	0,0 ± 0,0B	***
	22.	2,6 ± 0,5A	2,6 ± 0,3A	2,4 ± 0,3A	0,0 ± 0,0B	***
	znač.	nz	nz	nz	nz	
gladkost	1.	2,1 ± 0,3C	2,5 ± 0,0B	2,5 ± 0,0B	3,9 ± 0,3A	***
	8.	2,6 ± 0,3B	2,6 ± 0,6B	2,4 ± 0,3B	3,8 ± 0,3A	**
	15.	2,3 ± 0,3B	2,5 ± 0,0B	2,6 ± 0,3B	3,8 ± 0,3A	***
	22.	2,4 ± 0,3B	2,5 ± 0,0B	2,6 ± 0,3B	3,8 ± 0,3A	***
	znač.	nz	nz	nz	nz	

znač. – značilnost: *** $p \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; ** $p \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; * $p \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; nz – $p > 0,05$ statistično neznačilen vpliv; srednje vrednosti z različno črko (A, B, C, D) znotraj vrstice se statistično značilno razlikujejo ($p < 0,05$; značilnost razlik med skupinami)

V primerjavi s popolnoma sprejemljivo kontrolo so preskuševalci vse ostale emulzije z dodanimi ergogenimi komponentami ocenili kot delno sprejemljive (1,8–2,8 točke).

Slabšo sprejemljivost eksperimentalnih emulzij so ocenjevalci ugotovili predvsem na račun dveh karakterističnih lastnosti emulzij, in sicer zaradi močne peskavosti in slabe gladkosti, bolje rečeno, izražene grobosti emulzij. V kontrolnih emulzijah praktično niso zaznali peskavosti (0–0,3 točke), opisali so jih kot gladke (3,9 točke). Med ostalimi emulzijami izstopata v slabem pomenu emulziji kolesar in šprinter, ki so ju ocenjevalci ocenili kot močno peskavi (2,7–2,8 točke) in grobi (2,5 točke). Obe lastnosti sta zelo moteči in bi ju bilo treba popraviti z boljšo topnostjo kreatina ali boljšo tehnologijo izdelave emulzij.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Na tržišču obstaja veliko izdelkov, ki športnikom obljublajo večjo moč, hitrost, zmogljivost. Športniki so v kopici izdelkov zmedeni, kateri izdelek je najbolj primeren za njih. Vprašanje je tudi, kako učinkoviti so ti izdelki. Pomembno je, da se športnik zaveda, da teh izdelkov ne sme uporabljati kot nadomestek hrane, temveč kot dopolnilo. Pri vrhunskih športnikih je pomembno izobraževanje športnikov in njihovih trenerjev o pomenu pravilne prehrane.

Potrebe športnikov po določenih ergogenih snovi so različne. V magistrski nalogi smo se osredotočili na tri vrste športnikov glede na prevladujoč metabolizem.

Namen našega dela je bil zbrati podatke o različnih potrebah športnikov, predvsem z vidika določenih ergogenih snovi. Delo je temeljilo na izdelavi treh mesnih emulzij z dodatki glede na vpliv intenzivnosti in trajanja telesne aktivnosti. Glede na to, da imajo različni športniki različne potrebe, smo temu prilagodili tudi naše izdelke. Izdelali smo mesne emulzije za tri različne športnike glede na prevladujoč metabolizem. Mesne emulzije so bile izdelane za rokometaša (prevladujoč mešani metabolizem), šprinterja (prevladujoč anaerobni metabolizem) ter kolesarja (prevladujoč aeroben metabolizem). Opredeliti prevladujoč tip metabolizma za posameznega športnika je zelo težko, saj ni noben šport takšen, kjer bi prevladoval samo en tip metabolizma. V literaturi nismo zasledili podatka, da bi se športi delili glede na posamezen tip metabolizma. Kljub temu smo iz literature predvideli, kateri tip metabolizma prevladuje pri posameznem športu, zato smo glede na prevladujoč metabolizem določili tudi tip metabolizma za posameznega športnika. Omeniti moramo, da so pri omenjenih športih vključeni vsi tipi metabolizma (tako aeroben, anaeroben in mešani), le da določeni nekoliko izstopajo. Ne moremo trditi, da ima posamezen šport prevladujoč tip metabolizma. Drugi problem, na katerega velja opozoriti, pa je potreba posameznega športnika po ergogenih snoveh. Podatki se med seboj razlikujejo in zelo težko je opredeliti, koliko posamezne ergogene snovi posameznik dejansko potrebuje. Problem se pojavi tudi pri tem, ker so narejene različne študije, ki na eni strani opisujejo pozitivne učinke določenih ergogenih snovi, na drugi strani pa ne zaznajo nobenega pozitivnega učinka. Komu tedaj verjeti? Količino posameznih ergogenih snovi smo »določili« na podlagi dostopne literature. Omeniti moramo, da je te literature zelo malo in je bilo težko opredeliti posamezne potrebe za posameznega športnika. Potrebe so povečini enotne oziroma se določena ergogena snov uporablja v enakih količinah za različne vrste športa.

Izdelali smo štiri skupine mesnih emulzij. V mesne emulzije smo dodali CoQ₁₀, kreatin in L-karnitin v količinah, s katerimi naj bi športnik z zaužitjem 100 g mesne emulzije pokrival 80 % dnevnih potreb po CoQ₁₀ oz. kreatinu ter 30 % dnevnih potreb po L-karnitinu.

Vsebnost dodanih ergogenih snovi smo preverili takoj po izdelavi ter med tritedenskim skladiščenjem. Izdelali smo tudi mesno emulzijo brez dodatkov, in sicer kot kontrolo.

Preglednica 20: Zadostitev dnevni potreb (%) po določenih ergogenih snoveh za različne športnike po zaužitju 100 g posameznemu športniku namenjene mesne emulzije

Parameter	Skupina (% dnevnih potreb/100 g mesne emulzije)			
	rokometoš	šprinter	kolesar	kontrola
koencim Q ₁₀	96	100	109	13
kreatin	75	73	73	28
L-karnitin	31	51	49	5-10

Iz preglednice 20 lahko ugotovimo, da smo uspešno naredili mesnine za tri različne tipe športnikov in v njih s kemijskimi analizami potrdili povečano vsebnost CoQ₁₀, kreatina in L-karnitina. Športniki, katerim je mesna emulzija namenjena, z zaužitjem 100 g te mesne emulzije (manjša hrenovka) zagotovi zadovoljivo dnevno pokritje po določenih ergogenih snoveh. Tudi pokritje dnevnih potreb s kontrolno mesno emulzijo ni slabo.

Zakaj je CoQ₁₀ deležen take pozornosti? Znan je kot pomemben, v maščobi topen antioksidant, ki ščiti celice pred poškodbami, ki jih povzročajo prosti radikali (Brea-Calvo in sod., 2006, Navas in sod., 2007). Študije kažejo, da reducirana oblika CoQ₁₀ pri ljudeh zaščiti LDL-holesterol pred oksidacijo in da v reakcije oksidacije lipidov vstopa pred tokoferoli (Mohr in sod., 1992; Stocker in sod., 1991). CoQ₁₀ športniki uporabljajo, ker naj bi krepil imunski sistem, izboljševal vzdržljivost ter pripomogel k hitrejši regeneraciji (Dervišević in Vidmar, 2011).

Zakaj je kreatin priljubljen dodatek? Kreatin naj bi športnikom zagotavljal večjo mišično moč ter jim pomagal pri vzdržljivosti (Bird, 2003). Kreatin izboljša zmogljivost in okrevanje po športnem naporu. Izboljšana je resinteza energije, ker pride z uživanjem kreatina do hitrejša tvorbe fosfokreatina, ki je pomemben pri resintezi ATP (Burke in sod., 2010). Kot prehransko dopolnilo ga uporabljajo ljudje, ki obolevajo za mišično distrofijo in nevrodegenerativnimi boleznimi. Kreatin naj bi imel pomembno vlogo tudi pri delovanju možganov (Bronsnan in Bronsnan, 2007).

Zakaj L-karnitin? L-karnitin naj bi povzročil povečanje karnitina v mišicah, kar se kaže kot povečanje stopnje oksidacije maščobnih kislin in triacilglicerolov med vadbo. S tem se zmanjša razgradnja mišičnega glikogena, zmanjša se kopičenje laktata med vadbo in odloži utrujenost (Brass, 2000). Dodatek L-karnitina ima lahko pozitiven vpliv pri hujšanju, ko pazimo na energijski vnos in smo fizično aktivni. Pospeševal naj bi izrabo maščobnih kislin. L-karnitin podpira tudi delovanje srca in srčnega utripa. Pomagal naj bi ljudem, ki imajo angino pectoris, aritmijo in srčne okvare (Kohlmeier, 2003).

V nadaljevanju moramo zavrniti hipotezo, da se vsebnost dodanih ergogenih snovi med skladiščenjem ne bo zmanjšala. Med tritedenskim skladiščenjem se je namreč vsebnost kreatina v eksperimentalnih mesnih emulzijah značilno zmanjšala (izjema je le emulzija šprinter), in sicer za 5 % pri kontrolni, 16 % pri skupini kolesar in 15 % pri skupini rokometaš.

Poskušali smo najti tudi razlago za to zmanjšanje. Zato smo v poskusu analizirali tudi vsebnost kreatinina, saj smo pričakovali, da se bo del kreatina in kreatin fosfata med skladiščenjem pretvoril v ciklično obliko – kreatinin zaradi temperature (Maillardova reakcija). Vendar smo ugotovili, da se je vsebnost kreatina med tritedenskim skladiščenjem praviloma zmanjševala, ni pa naraščala vsebnost kreatinina. Predvidevamo, da je bil najbrž kreatin vključen v interakcije z nekaterimi drugimi, neidentificiranimi sestavinami emulzij.

Med tritedenskim skladiščenjem se je zmanjševala tudi vsebnost CoQ₁₀, izjema je bila kontrolna skupina, kjer je vsebnost CoQ₁₀ ostala nespremenjena. Do zmanjšanja vsebnosti CoQ₁₀ v eksperimentalnih emulzijah z dodanimi ergogenimi snovmi (52 % rokometaš, 62 % kolesar in 43 % šprinter) je lahko prišlo zaradi oksidacije, pretvorbe ubikonola v ubikinon. Ker mi nismo »zaščitili« mesnih emulzij pred oksidativnimi procesi (nismo dodajali večjih količin antioksidantov), se je posledično v mesnih emulzijah zmanjšala vsebnost CoQ₁₀. Če gledamo raziskave, lahko vidimo, da kjer so v poskusu preverjali tudi stopnjo oksidacije, so ugotovili, da je vsebnost CoQ₁₀ višja v primeru, kjer je stopnja oksidacije nizka (Polak in sod., 2011, Koren, 2009). Iz tega lahko predvidevamo, da je v našem primeru prišlo do oksidacije in se je zato vsebnost CoQ₁₀ zmanjšala. Verjetno bi, podobno kot pri kreatinu, po daljšem času skladiščenja vsebnost CoQ₁₀ še bolj upadla.

Nasprotno pa se je po tritedenskem skladiščenju povečala vsebnost L-karnitina za 11 % le v kontrolni skupini, predvidevamo da zaradi »zorenja« mesne emulzije. V eksperimentalnih skupinah z dodanimi ergogenimi snovmi je vsebnost te komponente med tritedenskim skladiščenjem nihala, lahko povzamemo, da se je celo zmanjšala (za manj kot 1 %). V primeru emulzije za šprinterja je zmanjšanje med tritedenskim skladiščenjem neznačilno. Možna razlaga za rahlo povečanje je, da je L-karnitin nastal iz beljakovin, vendar o tem nismo zasledili nobenih utemeljenih rezultatov, zato lahko to le domnevamo.

Tudi tretjo hipotezo, da dodatek ergogenih snovi ne bo vplival na senzorično sprejemljivost živila, moramo zavrniti. Dodatek ergogenih snovi močno spremeni senzorično kakovost mesnih emulzij, vendar pa se dosežena kakovost s skladiščenjem ne slabša. Dodatek ergogenih snovi emulzije obarva z mareličnim odtenkom, ne vpliva pa na vonj in aromo. Slabšo sprejemljivost eksperimentalnih emulzij so ocenjevalci ugotovili predvsem na račun dveh karakterističnih lastnosti emulzij, in sicer zaradi močne peskavosti in slabe gladkosti, bolje rečeno, izražene grobosti emulzij. Obe lastnosti sta zelo moteči in bi ju bilo treba popraviti z boljšo topnostjo kreatina ali boljšo tehnologijo izdelave emulzij.

Kljub peskavosti in slabi gladkosti so mesne emulzije užitne in bi jih športniki lahko uživali brez kakršnih koli zadržkov.

5.2 SKLEPI

- na podlagi literaturnih podatkov smo za različne športe določili potrebe po ergogenih snoveh
 - rokometaš (anaerobno aerobna telesna aktivnost): 100 mg CoQ₁₀ na dan, 3 g kreatina na dan, 4 g L-karnitina na dan
 - šprinter (anaerobna telesna aktivnost): 120 mg CoQ₁₀ na dan, 3 g kreatina na dan, 2 g L-karnitina na dan
 - kolesar (aerobna telesna aktivnost): 100 mg CoQ₁₀ na dan, 3 g kreatina na dan, 2 g L-karnitina na dan
- uspešno smo izdelali mesne emulzije, primerne za različne tipe športnikov:
 - rokometaš z zaužitjem 100 g mesne emulzije zagotovi dnevno pokritje 96 % potreb po CoQ₁₀, 75 % potreb po kreatinu in 31 % potreb po L-karnitinu
 - šprinter z zaužitjem 100 g mesne emulzije zagotovi dnevno pokritje 100 % potreb po CoQ₁₀, 31 % potreb po kreatinu in 41 % potreb po L-karnitinu
 - kolesar z zaužitjem 100 g mesne emulzije zagotovi dnevno pokritje 109 % potreb po CoQ₁₀, 73 % potreb po kreatinu in 49 % potreb po L-karnitinu
- vsebnost dodanih ergogenih snovi v mesnih emulzijah se med tritedenskim skladiščenjem spremeni
 - vsebnost CoQ₁₀ se značilno zmanjša za 52 % pri emulziji rokometaš, 43 % pri emulziji šprinter in 62 % pri emulziji kolesar, v kontrolni ostane nespremenjena
 - vsebnost kreatina se značilno zmanjša za 15 % pri emulziji rokometaš, 16 % pri emulziji kolesar, 11 % pri emulziji šprinter (neznačilno), za 5 % pri kontrolni in
 - vsebnost L-karnitina se značilno poveča za 11 % v kontrolni, v emulzijah za športnike pa rahlo zmanjša (za manj kot 1 %)
- dodatek ergogenih snovi poslabša senzorično kakovost mesnih emulzij na račun močne peskavosti in slabe gladkosti, vendar so mesne emulzije uporabne in se njihova senzorična kakovost med skladiščenjem ne slabša

6 POVZETEK

Športniki, ki se profesionalno ukvarjajo s športom, imajo povečane potrebe po določenih hranilih. Njihovo telo je izčrpano, saj dnevno opravljajo velike napore. Ker je na tržišču kopica izdelkov, ki športnikom obljublajo moč, hitrost, povečanje mišične mase in hitro regeneracijo, športniki posegajo po njih.

Namen našega dela je bil zbrati podatke o tem, kakšne so potrebe za različne športnike, predvsem z vidika naslednjih ergogenih snovi: CoQ₁₀, kreatin in L-karnitin. Športniki uporabljajo CoQ₁₀, ker naj bi krepil imunski sistem, izboljševal vzdržljivost in pripomogel k hitrejši regeneraciji. Kreatin naj bi športnikom zagotavljal večjo mišično moč ter jim pomagal pri vzdržljivosti. L-karnitin naj bi povzročil povečanje kreatina v mišicah ter posledično povečanje oksidacije maščobnih kislin in triacilglicerolov med vadbo. To zmanjša razgradnjo mišičnega glikogena in odloži utrujenost. Vse tri ergogene snovi športniki uporabljajo v obliki prehranskih dodatkov v upanju, da jim bodo pomagali pri doseganju boljših rezultatov. Vprašanje pa je, ali so te snovi res tako učinkovite, da jim bodo pomagale. Na eni strani obstaja vrsta študij, ki poroča o pozitivnih učinkih omenjenih snovi, medtem ko je na drugi strani vrsta študij, ki ne poroča o pozitivnih učinkih oziroma poročajo, da učinkov sploh ni.

Glede na prevladujoč metabolizem smo izpostavili tri športe. Pri rokometasu naj bi prevladoval mešani tip metabolizma, pri kolesarju aerobni tip metabolizma in pri šprinterju anaerobni tip metabolizma. Zelo težko je opredeliti, kateri tip metabolizma prevladuje pri določenem športu. Pri vseh športih so prisotni vsi tipi metabolizma, le da nekateri izstopajo.

Izdelali smo štiri skupine mesnih emulzij v tipu hrenovke. V mesne emulzije smo dodali CoQ₁₀, kreatin in L-karnitin v količinah, s katerimi naj bi športniki, z zaužitjem 100 g mesne emulzije, pokrili 80 % dnevnih potreb po CoQ₁₀ oz. kreatinu ter 30 % dnevnih potreb po L-karnitinu. Tako smo v mesno emulzijo za rokometasa dodali 100 mg CoQ₁₀/100 g, 2,4 mg kreatina/100 g in 1,2 g L-karnitina/100 g, za kolesarja 100 mg CoQ₁₀/100 g, 2,4 mg kreatina/100 g in 0,6 g L-karnitina/100 g, ter za šprinterja 120 mg CoQ₁₀/100 g, 2,4 mg kreatina/100 g in 0,6 g L-karnitina/100 g. Vsebnost dodanih ergogenih snovi smo preverili takoj po izdelavi ter med tritedenskim skladiščenjem. Izdelali smo tudi mesno emulzijo brez dodatkov, kot kontrolo.

Cilj naše študije smo dosegli, saj smo uspešno izdelali mesnine za tri različne tipe športnikov in v njih s kemijskimi analizami tudi potrdili povečano vsebnost CoQ₁₀, kreatina in L-karnitina. Rokometas z zaužitjem 100 g mesne emulzije (manjša hrenovka) zagotovi dnevno pokritje 96 % potreb po CoQ₁₀, 75 % potreb po kreatinu in 31 % potreb po L-karnitinu. Šprinter z zaužitjem 100 g mesne emulzije zagotovi dnevno pokritje 100 %

potreb po CoQ₁₀, 31 % potreb po kreatinu in 41 % potreb po L-karnitinu. Kolesar pa z zaužitjem 100 g te mesne emulzije zagotovi dnevno pokritje 109 % potreb po CoQ₁₀, 73 % potreb po kreatinu in 49 % potreb po L-karnitinu. Tudi pokritje dnevnih potreb s kontrolno mesno emulzijo ni slabo, 100 g zagotavlja dnevno pokritje 28 % potreb po kreatinu, 13 % potreb po CoQ₁₀ in 5–10 % potreb po L-karnitinu.

Hipotezo, da se vsebnost dodanih ergogenih snovi med skladiščenjem ne bo zmanjšala, smo zavrnil. Med tritedenskim skladiščenjem se je namreč vsebnost CoQ₁₀ v eksperimentalnih mesnih emulzijah zmanjšala (52 % rokometaš, 43 % šprinter in 62 % kolesar), izjema je bila kontrolna skupina, kjer je vsebnost CoQ₁₀ ostala nespremenjena. Tudi vsebnost kreatina se je med skladiščenjem emulzij značilno zmanjšala (izjema je le emulzija šprinter), in sicer za 5 % pri kontrolni, 15 % pri skupini rokometaš in 16 % pri skupini kolesar. Nasprotno pa se je po tritedenskem skladiščenju povečala vsebnost L-karnitina za 11 % v kontrolni skupini, v eksperimentalnih skupinah z dodanimi ergogenimi snovmi pa rahlo zmanjšala (za manj kot 1 %).

Tudi tretjo hipotezo, da dodatek ergogenih snovi ne bo vplival na senzorično sprejemljivost živila, moramo zavrniti. Dodatek ergogenih snovi spremeni senzorično kakovost mesnih emulzij, vendar pa se dosežena kakovost s skladiščenjem ne slabša. Dodatek ergogenih snovi emulzije obarva z mareličnim odtenkom, ne vpliva pa na vonj in aromo. Slabšo sprejemljivost eksperimentalnih emulzij so ocenjevalci ugotovili predvsem na račun dveh karakterističnih lastnosti emulzij, in sicer močne peskavosti in grobosti emulzij.

7 VIRI

- ADA - American dietetic association, DC - Dietetians of Canada, ACSM - American College of Sports Medicine. 2009. Nutrition and athletics performance. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 41, 3: 709–731.
- AIS – Australian Institute of Sport. 2004. Sprinting. Belconnen, Australian Government, Australian Sports Commission: 4 str.
<http://www.ridethetrack.com/pdf/ais-nutrition2.pdf> (september, 2013).
- Anderson J., Young L., Prior S. 2010. Nutrition for the athlete. Colorado, Colorado State University Extension. 12/10, no 9,362: 6 str.
<http://www.ext.colostate.edu/pubs/foodnut/09362.html> (april, 2013).
- Bhagavani H. N., Chopra R. K. 2006. Coenzyme Q10: Absorption, tissue uptake, metabolism and pharmacokinetics. *Free Radical Research*, 40, 5: 445–453.
- Bird S. P. 2003. Creatine supplementation and exercise performance: A brief review. *Journal of Sport Science and Medicine*, 2: 123–132.
- Bizjan M. 1999. Šport od mladosti k zrelosti: iskanje poti. Ljubljana, Knjigarna Karantanija: 149 str.
- Boyer R. F. 2005. Temelji biokemije. Ljubljana, Študentska založba: 617 str.
- Brass E. P. 2000. Supplemental carnitine and exercise. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72: 618–623.
- Brea-Calvo G., Rodriguez-Hernandez A., Fernandez-Ayala D. J., Navas P., Sanchez-Alcazar J. A. 2006. Chemotherapy induces an increase in coenzyme Q₁₀ levels in cancer cell lines. *Free Radical Biology and Medicine*, 40: 1293–1302.
- Bronsnan J. T., Bronsnan M. E. 2007. Creatine: Endogenous metabolite, dietary, and therapeutic supplement. *Annual Review of Nutrition*, 27: 241–261.
- Brudnak M. A. 2004. Creatine: are the benefits worth the risk? *Toxicology Letters*, 150: 123–130.
- Buford T. W., Kreider R. B., Stout J. R., Greenwood M., Campbel B., Spano M., Zeigenfusst., Lopez H., Landis J., Antonio J. 2007. Creatine supplementation and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 4, 6. doi:10.1186/1550-2783-4-6: 26 str.
- Burke E. R. 2002. Serious cycling. 2nd ed. Champaign, Human Kinetics: 291 str.

- Burke L. 2007. Practical sports nutrition. Champaign, Human Kinetics: 544 str.
- Burke L., Cort M., Cox G., Crawford R., Desbrow B., Farthing L., Minehan M., Shaw N., Warnes O. 2010. Supplements and sports foods V: Clinical sports nutrition. Burke L., Deakin V. (eds.). Sydney, McGraw-Hill: 485–580.
- Burke L., Deakin V. 2000. Clinical sports nutrition. 2nd ed. Sydney, McGraw-Hill Book company Australia Pty Limited: 759 str.
- Campbell W., Geik R. A. 2004. Nutritional considerations for the older athlete. Nutrition, 20: 603–608.
- Chun Y., Lee K., Kang S., Lee N., Kim J. 2011. Influence of L-carnitine intake for maximal exercise performance and fatigue recovery exercise athletes: based on elite soccer players. Journal of Exercise Nutrition and Biochemistry, 15, 1: 28–34.
- Cooper R., Naclerio F., Allgrove J., Jimenez A. 2012. Creatine supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 9, 33: 1–11.
- Crane F. L. 2001. Biochemical functions of coenzyme Q₁₀. Journal of the American College of Nutrition, 20, 6: 591–598.
- Crane F. L. 2007. Discovery of ubiquinone (coenzyme Q) and an overview of function. Mitochondrion, 7S: S2–S7.
- Dervišević E., Vidmar J. 2011. Vodič športne prehrane. Ljubljana, Fakulteta za šport: 178 str.
- Došler D. 2007. Vpliv kakovosti, proteolize in stopnje pečenosti na nastanek HCA v dolgi hrbtni mišici prašiča. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 123 str.
- Dubnov – Raz G., Lahav Y., Constantini N. W. 2011. Non-nutrients in sports nutrition: Fluids, electrolytes, and ergogenic aids. e-SPEN, 6: 217–222.
- EFSA. 2004. Creatine monohydrate for use in foods for particular nutritional uses. The EFSA Journal, 2, 36, doi:10.2903/j.efsa.2004.36: 6 str.
- EFSA. 2012. Scientific Opinion on the safety and efficacy of L-carnitine and L-carnitine L-tartrate as feed additives for all animal species based on a dossier submitted by Lonza Benelux BV. EFSA Journal, 10, 5, doi:10.2903: 23 str.
- Enciklopedija Slovenije. 13. zvezek. 1999. Javornik M. (ur.). Ljubljana, Mladinska knjiga: 416 str.

- Genton L. 2010. Calorie and macronutrient requirements for physical fitness. *e-SPEN*, 6: 77–84.
- Glesson M. 2005. *Biochemistry of exercise*. V: *Nutrition in sport*. Maughan R. J. (ed.). Malden, Blackwell: 17–38.
- Hlastan Ribič C. 2010. *Prehrana pri vrhunskem športu*. Učbenik za študente medicine in stomatologije. Ljubljana, Medicinska fakulteta: 39 str.
- Houlihan B. 2002. *Dying to win: Doping in sport and the development of anti-doping policy*. 2nd ed. Strasbourg, Council of Europe: 247 str.
- Jeukendrup A., Glesson M. 2010. *Sport nutrition: an introduction to energy production and performance*. Nutrition supplements. 2nd ed. Champaign, Human Kinetics: 475 str.
- Karlic H., Lohninger A. 2004. Supplementation of L-carnitine in athletes: Does it make sense? *Nutrition*, 20: 709–715.
- Kohlmeier M. 2003. *Nutrient metabolism*. London, Academic press: 829 str.
- Koren A. 2004. *Presnova, termoregulacija in prebava*. Temelji fiziologije prehrane. 2. izd. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 155 str.
- Kreider R. B., Jung P. Y. 2011. Creatine supplementation in exercise, sport and medicine. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 15, 2: 53–69.
- Kreider R. B., Wilborn C. D., Taylor L., Campbell B., Almada A. L., Collins R., Cooke M., Conrad P., Earnest C. P., Greenwood M., Kalman D. S., Kerksick C. M., Kleiner S. M., Leutholtz B., Lopez H., Lowery L. M., Mendel R., Smith A., Spano M., Wildman R., Willoughby D. S., Ziegenfuss T. N., Antonio J. 2010. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7: 1–43.
- Lušnic M. 2008. *Razvoj analitske metode za določanje koencima Q₁₀ v maščobno bogatih tkivih piščancev*. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 89 str.
- Malovrh T. 2009. *Prehranska dopolnila in prepovedane snovi v športu*. *Naša lekarna*, 3, 35: 48–55.
- Mann J., Truswell A. S. 2007. *Essentials of human nutrition*. 3rd ed. Oxford, Oxford University Press: 599 str.
- Markovič I. 2008. *Nekatere značilnosti telesne pripravljenosti v cestnem in gorskem kolesarstvu*. Diplomsko delo. Ljubljana, Fakulteta za šport: 79 str.

- McArdle W. D., Katch F. I., Katch V. L. 2009. Sports and exercise nutrition. 3rd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins: 672 str.
- Misner B. 2011. Coenzyme Q₁₀ Effects endurance performance – a case report. WebmedCentral, Alternative medicine, 2, 11, ID: WMC002400: 7str.
http://www.webmedcentral.com/article_view/2400 (april, 2013).
- Mohr D., Bowry V. W., Stocker, R. 1992. Dietary supplementation with coenzyme Q₁₀ results in increased levels of ubiquinol-10 within circulating lipoproteins and increased resistance of human low-density lipoprotein to the initiation of lipid peroxidation. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1126: 247–254.
- Navas P., Villalba J. M., de Cabo R. 2007. The importance of plasma membrane coenzyme Q in aging and stress responses. *Mitochondrion*, 7S: S34–S40.
- Pavlin R. 2008. Koencim Q₁₀ – Klinična raba. *Zdravstveni vestnik*, 77: 159–162.
- Petróczi A., Naughton D. P. 2007. Supplement use in sport: is there a potentially dangerous incongruence between rationale and practice? *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 2, 4, doi:10.1186/1745-6673-2-4: 6 str.
- Pokorn D. 1998. Gorivo za zmagovalce: prehrana športnika in rekreativca. Ljubljana, Forma 7: 137 str.
- Polak T., Žlender B., Lušnic M., Gašperlin L. 2011. Effects of coenzyme Q₁₀, α -tocopherol and ascorbic acid on oxidation of cholesterol in chicken liver pâté. *LWT - Food Science and Technology*, 44: 1052–1058.
- Praprotnik U., Rotovnik Kozjek N., Šimnovec K., Petrović S. 2006. Tekaški trener. Ljubljana, Palestra: 79 str.
- Qui P. Y., Ding H. B., Tang Y. K., Xu R. J. 1999. Determination of chemical composition honey by Near-Infrared spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 2760–2765.
- Referenčne vrednosti za vnos hranil. 1. izdaja. 2004. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje: 215 str.
- Rolfes S. R., Pinna K., Whitney E. R. 2006. Understanding normal and clinical nutrition. 7th ed. Belmont, Thomson/Wadsworth: 903 str.
- Rudan-Tasič D. 2000. Vitamin C, vitamin E in koencim Q₁₀. V: *Antioksidanti v živilstvu*. 20. Bitenčevi živilski dnevi 2000. Portorož, 26. in 27. oktober 2000. Žlender B., Gašperlin L. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 48–51.

- Rus P., Rus R. R. 2008. Koencim Q₁₀. Zdravstveno varstvo, 47, 2: 89–98.
- Schönfelder M. 2006. Nutritional supplements – Creatine. V: Congress manual: Biomedical side effects of doping. International Symposium October 21st, 2006. Munich, Germany. Sarikaya H., Peters C., Schulz T., Schönfelder M., Michna H. (eds.). München, Institute of Public Health Research, Technische Universität München: 154–185.
- Slovenska antidopinška organizacija. 2013. Lista prepovedanih snovi in postopkov 2013, mednarodni standard. Ljubljana, Olimpijski komite Slovenije: 9 str.
- SSKJ - Slovar slovenskega knjižnega jezika. 2002. Ljubljana, Mladinska knjiga: 1714 str.
- Stocker R., Bowry V. W., Frei B. 1991. Ubiquinol-10 protects human low density lipoprotein more efficiently against lipid peroxidation than does α -tocopherol. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 88: 1646–1650.
- Šibila M., Bon M., Pori P. 2006. Skripta za tečaj rokometnega trenerja – 2. stopnja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Inštitut za šport: 274 str.
- Šterbucelj J., Bon M. 2001. Tudi prehrana (lahko) vpliva na večjo učinkovitost rokometašev. Trener rokomet, 8, 2: 51–57.
- Tipton K. D., Jeukendrup A. E., Hespel P. 2007. Nutrition for the sprinter. Journal of Sport Sciences, 25, Suppl. 1: 5–15.
- Tržan–Herman N. 2011. Koencim Q₁₀ – pomemben člen v dihalni verigi. Naša lekarna, 50: 44–49.
- Ušaj A. 2003. Kratek pregled osnov športnega treniranja. Ljubljana, Fakulteta za šport: 299 str.
- Vaz F. M., Wanders R. J. A. 2002. Carnitine biosynthesis in mammals. Biochemical Journal, 361: 417–429.
- Wyss M., Kaddurah-Daouk R. 2000. Creatine and creatinine Metabolism. Physiological Reviews, 80, 3: 1107–1213.
- Yilkoski T., Piirainen J., Hanninen O., Penttinen J. 1997. The effect of coenzyme Q₁₀ on the exercise performance of cross-country skiers. Molecular Aspects of Medicine, 18: 283–290.
- Žmitek J., Žmitek K. 2009. Koencim Q₁₀ kot prehransko dopolnilo in zdravilo. Farmacevtski vestnik, 60, 3: 150–157.

ZAHVALA

Za sodelovanje in pomoč pri izdelavi magistrskega dela se iskreno zahvaljujem mentorici prof. dr. Lei Demšar. Hvala za ves trud, ki ste ga vložili v nastajanje tega dela.

Hvala somentorju dr. Tomažu Polaku, za pomoč in napotke v laboratoriju.

Zahvalila bi se recenzentu dr. Blažu Cigiču za strokoven pregled naloge.

Hvala univ. dipl. inž. Lini Burkan Makivić za pomoč pri urejanju literature.

Iz srca hvala staršem, družini in tebi Simon za potrpljenje, vso pomoč in podporo v času študija.

Nenazadnje hvala tudi vsem, ki jih nisem imenovala in ste mi na kakršen koli način pomagali pri premagovanju ovir na poti do zelenega cilja in ste verjeli vame.

Hvala vsem!