



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА

Никола С. Чикириз

**Утицаји полних разлика и дијете обогаћене  
полифенолима на стрес изазван акутним  
физичким оптерећењем**

докторска дисертација

Крагујевац, 2020. године



UNIVERZITET U KRAGUJEVCU  
FAKULTET MEDICINSKIH NAUKA

Nikola S. Čikiriz

**Uticaji polnih razlika i dijetne obogaćene polifenolima  
na stres izazvan akutnim fizičkim opterećenjem**

doktorska disertacija

Kragujevac, 2020.



UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC  
FACULTY OF MEDICAL SCIENCES

Nikola S Cikiriz

**The influences of gender differences and polyphenol-  
enriched diets on stress caused by acute physical  
activity**

doctoral dissertation

Kragujevac, 2020.

## ИДЕНТИФИКАЦИОНА СТРАНИЦА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<i><b>Аутор</b></i>
Име и презиме: Никола Чикириз
Датум и место рођења: 02.03.1974. Чачак, Република Србија
Садашње запослење: начелник Одељења за физиологију напора и дијететику на Војномедицинској академији у Београду
<i><b>Докторска дисертација</b></i>
Наслов: Утицаји полних разлика и дијете обогаћене полифенолима на стрес изазван акутним физичким оптерећењем
Број страница: 139
Број слика: 13 слика, 42 графика, 32 табеле
Број библиографских података: 159
Установа и место где је рад израђен: Војномедицинска академија у Београду и Факултет медицинских наука, Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац
Научна област (УДК): медицина, физиологија
Ментор: проф. др Владимир Јаковљевић, Факултет медицинских наука, Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац
<i><b>Оцена и одбрана</b></i>
Датум пријаве теме: 28.11.2017.
Број одлуке и датум прихватања теме докторске/уметничке дисертације: IV-03-247/14 od 04.04.2018.g
Комисија за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Доц. др Иван Срејовић, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Физиологија, председник;</li><li>2. Проф. др Зоран Хајдуковић, редовни професор Медицинског факултета Војномедицинске академије Универзитета одбране у Београду за ужу научну област Интерна медицина, члан.</li><li>3. Доц. др Весела Радоњић, доцент Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу за ужу научну област Клиничка фармација, члан.</li></ol>
Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације: <ol style="list-style-type: none"><li>1.</li></ol>
Датум одбране дисертације:

## IDENTIFIKACIONA STRANICA DOKTORSKE DISERTACIJE

<b><i>Autor</i></b>
Ime i prezime: Nikola Čikiriz
Datum i mesto rođenja: 02.03.1974., Čačak, Republika Srbija
Sadašnje zaposlenje: načelnik Odeljenja za fiziologiju napora i dijetetiku na Vojnomedicinskoj akademiji u Beogradu
<b><i>Doktorska disertacija</i></b>
Naslov: Uticaji polnih razlika i dijete obogaćene polifenolima na stres izazvan akutnim fizičkim opterećenjem
Broj stranica: 139
Broj slika: 13 slika, 42 grafika, 32 tabele
Broj bibliografskih podataka: 159
Ustanova i mesto gde je rad izrađen: Vojnomedicinska akademija u Beogradu i Fakultet medicinskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Kragujevac
Naučna oblast (UDK): medicina, fiziologija
Mentor: Prof. dr Vladimir Jakovljević, Fakultet medicinskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Kragujevac
<b><i>Ocena i odbrana</i></b>
Datum prijave teme: 28.11.2017.
Broj odluke i datum prihvatanja teme doktorske/umetničke disertacije: : IV-03-247/14 od 04.04.2018.g
Komisija za ocenu naučne zasnovanosti teme i ispunjenosti uslova kandidata: Komisija za ocenu naučne zasnovanosti teme i ispunjenosti uslova kandidata: 4. Doc. dr Ivan Srejović, docent Fakulteta medicinskih nauka Univerziteta u Kragujevcu za užu naučnu oblast Fiziologija, predsednik; 5. Prof. dr Zoran Hajduković, redovni profesor Medicinskog fakulteta Vojnomedicinske akademije Univerziteta odbrane u Beogradu za užu naučnu oblast Interna medicina, član. 1. Doc. dr Vesela Radonjić, docent Fakulteta medicinskih nauka Univerziteta u Kragujevcu za užu naučnu oblast Klinička farmacija, član.
Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije: 1.
Datum odbrane disertacije:

## DOCTORAL DISSERTATION IDENTIFICATION PAGE

<i>Author</i>
Name and surname: Nikola Cikiriz
Date and place of birth: 02.03.1974., Cacak, Republic of Serbia
Current employment: Head of the Department of Physiology of Effort and Dietetics at the Military Medical Academy in Belgrade
<i>Doctoral Dissertation</i>
Title: Hyperbaric oxygenation and statins in the treatment of sepsis in rats
No. of pages: 139
No. of images: 13 images, 42 graphs, 32 tables
No. of bibliographic data: 159
Institution and place of work: Military medical academy and Faculty of Medical Sciences, University of Kragujevac, Kragujevac
Scientific area (UDK): medicine, physiology
Mentor: Full prof. Vladimir Jakovljevic, Faculty of Medical Sciences, University of Kragujevac, Kragujevac
<i>Grade and Dissertation Defense</i>
Topic Application Date: 28.11.2017.
Decision number and date of acceptance of the doctoral/artistic dissertation topic: : no. IV-03-247/14 from 04.04.2018.g
Commission for evaluation of the scientific merit of the topic and the eligibility of the candidate: <ol style="list-style-type: none"><li>1. Ivan Srejovic, Assistant professor at the Faculty of Medical Sciences, University of Kragujevac, Physiology, president;</li><li>2. Prof. dr Zoran Hajduković , Full professor at the Medical faculty of Military medical academy, University of defense in Belgrade, Internal medicine, member;</li><li>3. Vesela Radonjic, Assistant professor at the Faculty of Medical Sciences, University of Kragujevac, Clinical Pharmacy, member.</li></ol>
Commission for evaluation and defense of the doctoral dissertation: <ol style="list-style-type: none"><li>1.</li></ol>
Date of Dissertation Defense:

## **Захвалница:**

Израда докторске дисертације „Утицаји полних разлика и дијете обогаћене полифенолима на стрес изазван акутним физичким оптерећењем“ израђена је на Одељењу за физиологију напора и дејететику, Института за хигијену ВМА и Катедри за физиологију Медицинског факултета у Крагујевцу. Сви запослени, на Одељењу за физиологију напора и дијететику, које одувек осећам као пријатеље и као моју другу породицу, су свесрдно и безрезервно дали подршку у изради и спровођења експеримента, а у овом случају издвојио би непосредне сараднике др Дениела Пешића и Биљану Јаковљевић, који су непосредно радили на спровођењу експеримента и сакупљању података. Они су ме држали на правом путу и водили рачуна да оно што мени промакне њима не.

Целокупној Катедри за физиологију Медицинског факултета у Крагујевцу, дугујем вечну захвалност, јер боравком са њима макар и краткотрајно, заљубите се у идеју да истражујете и да освајате нова пространства знања и вештина. Када њих гледате док раде у лабораторији, док дискутују о разним темама и проблемима, наука изгледа тако лака и доступна, да и ви похрлите њој у сусрет... Посебно бих овок пута издвојио др Исидору Милосављевић, која је моје почетничке кораке у науци са стрпљењем и мудрошћу трпела и исправљала и испратила цео процес до краја.

Дугујем своју захвалност својим родитељима, Слободану и Грозди, за то што сте имали толико разумевања, љубави, стрпљења. Да сам сам бирао савршеније и боље родитеље не бих имао. Када васпитавам дете, увек ми се чини да нисам довољно добар родитељ гледајући вас, јер сте подигли високо лествицу родитељства. Захваљујем се својој сестри и њеној породици, која је увек ту кад треба. Увек је лепо знати да уколико Вам је тешко постоји камен који ће вам бити ослонац.

Захваљујем се својој супрузи Марти, која је населила осећај љубави и лепе тренутке у мој живот. Она која трпи моје изостанке и кашњења и одсутности, а опет ме задиви добротом и саосећајем са туђом патњом и несрећом. Увек ме враћаш да будем бољи човек и да више разумем суштину живота. Хвала ти на томе.

Захваљујем се мом сину Борису. Нема веће радости него када хитам ка кући и знам да ћеш ти отворити врата. Разговори са тобом ми је одмор за мозак и тело. Твој поглед на свет ме враћа у детињство, где је свет игре једини свет који је разумљив, где нема побеђених и победника, већ другарство, емпатија и искреност.

И на крају захвалност дугујем мом ментору проф др Владимиру Јаковљевићу, који ме је у свет науке увео тихо као што то доликује науци, јер она на познаје силу, сила се спроводи када немате аргументе, а наука само то и подразумева. И када вратим све тренутке које смо провели заједно, више смо провели време причајући о животу, а наука је била само успутна станица коју смо дотицали у пролазу. Јер за професора Владу живот јесте наука и наука је живот. Једном сам приметио да не постоји већи човек ни са већом енергијом. И када га гледам кроз призму његове породице, сарадника и другара, професор Влада је Велики Човек и мој надам се вечни друг. Иако некад нисам знао где шта води, бројна питања су ме мучила на овом путу, на сва питања дао си одговоре и више него што сам очекивао. Хвала Професоре!

## САЖЕТАК

**Увод:** Спортисти без обзира на врсту спорта, посебно професионални, како би оптимизовали своје физичке перформансе уз адекватне тренинге морају да имају и адекватну исхрану. Тренутно у фокусу научних истраживања је суплементација различитим активним једињењима изолованим из биљака. Будући да су благотворни ефекти примене полифенола на организам већ истраживани, показано је да је главни механизам овог деловања инхибиција оксидационог стреса.

**Циљ:** Узимајући у обзир да су спортисти у посебном ризику за настанак оксидационог стреса услед великих физичких напора основни циљ ове студије био је управо да испита на који начин тромесечна примена сока од ароније (богатог полифенолима) утиче на оксидациони стрес, телесну композицију, основне биохемијске параметре и хормонски статус. Додатан циљ овог истраживања био је да се утврди да ли су ови ефекти потпуно зависни.

**Метод:** У истраживању је учествовало 40 професионалних спортиста, подељених у 4 групе (n=10), постојале су две контролне (оба пола) и две експерименталне групе (оба пола). Испитаници у експерименталним групама су током три месеца користили *per os* концентровани сок од ароније, док су остали користили плацебо. На почетку и крају експерименталног протокола спроведена су сва мерења од интереса (телесна композиција, функционална испитивања, анализа маснокиселинског састава плазме, редокс и хормонски статус, крвна слика).

**Резултати:** Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније код спортиста мушког пола унапредила је телесну композицију, крвну слику, повећала вредности релативне и апсолутне потрошње кисеоника и регулисала редокс и липидни статус. Са друге стране, ефекти у групи спортисткиња су били доста блажи. Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније код спортиста женског пола је у највећој мери утицала на крвну слику и редокс статус.

**Кључне речи:** полифеноли, полне разлике, акутно физичко оптерећење, телесни састав, оксидациони стрес



## **Abstract**

**Introduction:** Athletes regardless of the type of sport, especially professional ones, in order to optimize their physical performance, in addition to adequate training, they must also have adequate nutrition. Currently, the focus of scientific research is the supplementation with various active compounds isolated from plants. Since the beneficial effects of polyphenols on the body have already been investigated, it has been shown that the main mechanism of this action is the inhibition of oxidative stress.

**Objective:** Considering that athletes are at special risk for oxidative stress due to great physical effort, the main goal of this study was to examine how quarterly application of chokeberry juice (rich in polyphenols) affects oxidative stress, body composition, basic biochemical parameters and hormonal status. An additional goal of this study was to determine whether these effects were gender-dependent.

**Methods:** The study involved 40 professional athletes, divided into 4 groups (n = 10), there were two control (both gender) and two experimental groups (both gender). Subjects in the experimental groups used per os concentrated chokeberry juice for three months, while the others used placebo. At the beginning and end of the experimental protocol, all measurements of interest were performed (body composition, functional tests, analysis of plasma fatty acid composition, redox and hormonal status, blood count).

**Results:** Three-month consumption of concentrated chokeberry juice in male athletes improved body composition, blood count, increased values of relative and absolute oxygen consumption and regulated redox and lipid status. On the other hand, the effects in the group of athletes were much milder. Three-month consumption of concentrated chokeberry juice in female athletes had the greatest impact on blood counts and redox status.

**Key words:** polyphenols, sex differences, acute physical activity, body composition, oxidative stress

## САДРЖАЈ

1. УВОД.....	5
1.1 Спорт и полне разлике.....	5
1.1.1. Рукомет .....	5
1.1.2 Телесна композиција (састав) код спортиста.....	6
1.1.3. Полне разлике.....	6
1.2 Оксидациони стрес и спорт.....	7
1.3 Спорт и липидни профил .....	10
1.4 Суплементација у спорту .....	11
1.4.1 Антиоксиданси као суплементи .....	12
1.4.2 Биљке као суплементи.....	14
1.5 Полифенолна једињења.....	15
1.6. Аронија ( <i>Aronia melanocarpa</i> ) .....	18
1.6.1 Ботаничке и хемијске карактеристике .....	19
1.6.2 Полифеноли присутни у аронији .....	20
1.6.3 Антиоксидациони потенцијал ароније (In vitro).....	23
1.6.4 Биолошки (фармаколошки) ефекти ароније (In vivo) .....	25
2. ЦИЉЕВИ СТУДИЈЕ.....	29
3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ.....	31
3.1 Дизајн студије .....	31
3.2 Антропометријска мерења .....	32
3.3 Функционална испитивања.....	32
3.4 Узорковање за биохемијске анализе .....	35
3.5 Одређивање редокс равнотеже .....	36
3.5.1 Одређивање прооксиданаса .....	36
3.5.2 Одређивање антиоксиданаса .....	38
3.6 Одређивање крвне слике и биохемијских параметара .....	40
3.6.1. Одређивање крвне слике .....	40
3.6.2 Одређивање осталих биохемијских параметара .....	41
3.7 Одређивање масних киселина .....	43
3.7.1 Одређивање процентуалног удела масних киселина у фосфолипидима плазме.....	43
3.7.2 Одређивање активности ензима укључених у биосинтезу масних киселина.....	43
3.8 Статистичке анализе.....	44
4. РЕЗУЛТАТИ.....	46

4.1 Демографске и антропометријске карактеристике учесника .....	46
4.1.1 Демографске карактеристике спортиста мушког пола .....	46
4.1.2 Демографске карактеристике спортиста женског пола .....	46
4.1.3 Антропометријске карактеристике спортиста мушког пола .....	47
4.1.4 Антропометријске карактеристике спортиста женског пола .....	51
4.2 Биохемијски параметри .....	56
4.2.1 Крвна слика код спортиста мушког пола .....	56
4.2.2 Остали биохемијски параметри код спортиста мушког пола.....	58
4.2.3 Хормонски статус код спортиста мушког пола .....	60
4.2.4 Крвна слика код спортиста женског пола .....	61
4.2.5 Остали биохемијски параметри код спортиста женског пола.....	64
4.2.6 Хормонски статус код спортиста женског пола .....	67
4.3 Анализа маснокиселинског профила фосфолипида плазме .....	68
4.3.1 Заступљеност засићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста мушког пола .....	68
4.3.2 Заступљеност засићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста женског пола .....	69
4.3.3 Заступљеност мононезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста мушког пола .....	70
4.3.4 Заступљеност мононезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста женског пола .....	72
4.3.5 Заступљеност омега-6 полинезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста мушког пола.....	73
4.3.6 Заступљеност омега-6 полинезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста женског пола.....	75
4.3.7 Заступљеност омега-3 полинезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста мушког пола.....	77
4.3.8 Заступљеност омега-3 полинезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста женског пола.....	78
4.3.9 Укупни удео полинезасићених масних киселина и однос омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина код спортиста мушког пола.....	80
4.3.10 Укупни удео полинезасићених масних киселина и однос омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина код спортиста женског пола.....	81
4.3.11. Процена активности елонгаза и десатураза у плазми код спортиста мушког пола.....	82

4.3.12. Процена активности елонгаза и десатураза у плазми код спортиста женског пола.....	84
4.4 Функционална испитивања.....	86
4.4.1 Поређење вредности параметара функционалних испитивања у миру пре и након суплементације код спортиста мушког пола.....	86
4.4.2 Поређење вредности параметара функционалних испитивања у миру пре и након суплементације код спортиста женског пола.....	87
4.4.3 Поређење вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања максималне потрошње кисеоника пре и након суплементације код спортиста мушког пола .....	88
4.4.4 Поређење вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања максималне потрошње кисеоника пре и након суплементације код спортиста женског пола .....	89
4.4.5 Поређење вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања анаеробног прага пре и након суплементације код спортиста мушког пола .....	90
4.4.6 Поређење вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања анаеробног прага пре и након суплементације код спортиста женског пола .....	91
4.4.1 Поређење вредности параметара функционалних испитивања током теста оптерећења код спортиста мушког пола .....	92
4.4.2 Поређење вредности параметара функционалних испитивања током теста оптерећења код спортиста женског пола.....	95
4.5 Оксидациони стрес .....	98
4.5.1 Прооксиданси у групама спортиста мушког пола.....	98
4.5.2 Прооксиданси у групама спортиста женског пола .....	101
4.5.3 Антиоксиданси у групама спортиста мушког пола.....	104
4.5.4 Антиоксиданси у групама спортиста женског пола .....	107
5 ДИСКУСИЈА.....	111
5.1 Утицај примене концентрованог сока ароније на телесни састав код спортиста.....	111
5.2 Утицај примене концентрованог сока ароније на биохемијске параметре код спортиста .....	113
5.4 Утицај примене концентрованог сока ароније на параметре функционалних испитивања код спортиста .....	118
5.5 Утицај примене концентрованог сока ароније на параметре оксидационог стреса код спортиста .....	121
6. ЗАКЉУЧЦИ .....	126

7. Литература.....	129
8. Прилог.....	140
8.1 КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАТИКА.....	140
8.2. KEY WORDS DOCUMENTATION.....	143

# **І**

## **УВОД**

## 1. УВОД

### 1.1 Спорт и полне разлике

#### 1.1.1. Рукомет

Модерни рукомет (у дворани) је олимпијски тимски спорт од 1972. године за мушке екипе и од 1976. године за женске екипе. Рукомет је посебно развијен у Европи, мада је данас прерастао у спорт који се игра широм света.

Ово је тимски спорт са спортском лоптом, који карактеришу брзи одбрамбени и офанзивни поступци током игре, а основни циљ ове игре је постизање голова. У циљу постизања голова, офанзивни играчи покушавају да омогуће оптималну позицију за шут саиграчу на го, притом изводећи снажне промене правца (са и без лопте), бацајући лопту брзим покретима на кратке удаљености, акцијама један на један против одбрамбених играча и преношењем лопте коришћењем различитих офанзивних тактика (Michalsik 2012).

Тешко је описати рукометну игру, а још је теже одредити факторе који утичу на перформансе играча, јер је играње рукометне екипе сложено и на њу утиче велики број фактора. Играчи морају да имају одличну координирају покрета, јер је рукомет састављен од трчања, скакања, гурања, специфичних покрета карактеристичних само за рукомет, хватања, бацања, блокирања уз константну промену смера. Интензитет покрета се током игре константно мења и подразумева стајање, ходање, брзог ходање, умерено трчање, спринт и то напред, бочно и уназад (Ровоас 2012). За постизање таквог интензитета покрета кључан је висок ниво издржљивости, што условљава висок ниво током целе игре (2 × 30мин).

Рукомет захтева физичке напоре високог интензитета и кратког трајања уз директне контакте са супарничким играчима и посебну способност прављења и понављања експлозивних мишићних контракција. Током рукометне утакмице изводи се понекад чак и више од 825 акција високог интензитета, што захтева висок ниво снаге. Максимална снага, енергија и брзина бацања сматрају се главним одредницама за успех код професионалних рукометаша. Како би се то постигло, неопходни су посебно осмишљени кондициони тренинзи који подразумевају вежбе високог интензитета, као што су тренинг отпором. Циљ оваквих тренинга је развијања максималне снаге и/или мишићне снаге. Бацање је основна вештина рукомета, на коју највише утичу тачност и брзина бацања лопте. Што се брже баца лопта, то се мање времена оставља противничкој одбрани и голману да одбрани ударац. Како би се то обезбедило неопходни су напорни тренинзи високог интензитета, који обично укључују оптерећења од 70% са једним понављањем максимума, док за програме дизајниране за побољшање снаге кроз појачану неуронску координацију је неопходан интензитет од 85–100% са једним понављањем (Black 2016). Као резултат оваквих тренинга могу настати одређене последице по здравље изазване различитим адаптивним механизмима.

Рукомет је под снажним утицајем различитих тактичких замисли, друштвених фактора и когнитивних аспеката. Уз то, као и у другим тимским спортовима, исхрана, болести и повреде, као и спољни атмосферски услови могу утицати на перформансе играча у рукометном тиму.

### **1.1.2 Телесна композиција (састав) код спортиста**

Процена телесне композиције је неопходна да би се пратили степен гојазности, нутритивни статус, исходи тренинга и опште здравствено стање спортиста. Маса коју чине масти (ММ) и маса без масти (БМ) често се користе за идентификацију нутритивних потреба и потрошње енергије. Стручњаци за исхрану спортиста користе вредности добијене анализом телесне композиције за специфичне нутритивне интервенције, а тренери могу да користе те вредности како би осмислили и оптимизовали програме тренинга.

За одређивање телесног састава код спортиста се углавном користе антропометријска мерења (кожни набори и обими) и анализа биоелектричне импеданце (БИА). Показано је да телесни састав међу спортистима зависи од физичког напора и варира код различитих спортиста. Такође, показано је да пораст телесних масти смањује перформансе. У зависности од позиције на којој играју фудбалери могу имати проценат масти у организму 4 – 29 %, што сугерише да је у оквиру истог спорта, телесни састав врло променљив. Због таквих варијација телесног састава међу спортистима, неопходно је применити одговарајуће методе за процену тачног процената масти у циљу оптимизације програма тренинга и израчунавање нутритивних потреба спортиста. Метода биоимпеданце показала се обећавајућом да предвиди укупну количину воде у организму, проценат масти и мишића (Prior 2001).

### **1.1.3. Полне разлике**

Пол је објективно, специфично биолошко стање, појам са изразитим, фиксним аспектима, посебно генетским, хромозомским, гонадним, хормонским и фенотипским карактеристикама, од којих сваки има карактеристично дефинисан бинарни облик.

Најзначајније оправдање за класификацију полова у елитним спортовима је да мушкарци након пубертета производе 20 пута више тестостерона од жена, што резултује петнаест пута већом циркулишућом концентрацијом тестостерона него код деце или жена било које животне доби. Такмичарски спортски рекорди се међу половима не разликују значајно пре пубертета, док од пубертета па надаље постоји снажна и стална мушка предност (Handelsman 2017). Упадљиво повећање мушког постпуберталног тестостерона у крви пружа велику, континуирану, кумулативну и издржљиву физичку предност у спортским такмичењима због стварања дужих и чвршћих костију, веће мишићне масе и снаге и веће концентрације хемоглобина, као и могућих психолошких (бихевиоралних) разлика (Auchus 2017). Конкретно, ове разлике жене стављају у неповољнији положај од мушкараца и наводи на закључак да се оне не могу ефикасно надметати против мушкараца у спортовима заснованим на снази или издржљивости.

Рукомет је као спорт популарнији у мушкој популацији, тако да и значајно више научних резултата постоји у групи рукометаша. Такође, познато је да жене у спорту зарађују мање новца, присуство женских тимова у медијама је мање у поређењу с мушким, већину елитних женских тимова тренирају мушки тренери, те је и логично да су научне студије чешће усредсређене на мушке играче. Сходно томе, мање је знања о перформансама као и факторима који на њих утичу, у женским у поређењу с мушким рукометним тимовима.



*Michalsik* и сарадници су поређењем перформанси мушких и женских играча у данској рукометној Премијер лиги открили да мушки играчи трче већим интензитетом и да им је игра конципирана на тај начин да захтева снагу, док са друге стране жене прелазе већу укупну дистанцу (више трче) и имају веће релативно оптерећење током такмичења (*Michalsik 2015a*).

Међутим, оно што је заједничко у рукомету за оба пола су брзи и динамични покрети, који подразумевају убрзања, скокове, бацања, промене правца и телесне контакте, често помешани са покретима слабог интензитета, као што су стајање и ходање (*Luteberget 2017*). Сходно томе, код оба пола су адекватне физичке перформансе од пресудног значаја за омогућавање интензивних и динамичних покрета и спречавање повреда. Такође, врло је битно разумевање разлика у перформансама међу мушким и женским играчима. Мушки играчи су виши, тежи, јачи, бржи (спринт и перформансе за бацање) (*Michalsik 2015b*) и имају бољу аеробну кондицију (максимални унос кисеоника:  $57,0 \pm 4,1$  ml/kg/min за мушкарце vs.  $49,6 \pm 4,8$  ml/kg/min за жене) (*Michalsik 2015a*). Разлике између мушких и женских играча су присутне и у броју повреда током тренинга или игре, док су ризици за повреде колена код женских играчица значајно већи у поређењу са играчима мушког пола (*Giroto 2017*).

## 1.2 Оксидациони стрес и спорт

Откриће да живе ћелије стварају слободне радикале први пут је објављено 1954 године (*Commoner 1954*). Ова студија уз студију која је показала да јонизујуће зрачење оштећује ћелије посредством слободних радикала, покренуле су ново поље биолошких истраживања фокусираних на слободне радикале и ћелијску оксидоредуктивну (редокс) равнотежу.

Оксидациони стрес одражава неравнотежу између производње реактивних кисеоничних врста (ROS) и способности детоксикације реактивних интермедијара или поправљања насталих промена адекватном антиоксидационом одбраном (*Jones 2006*). Ово стање може оштетити све ћелијске компоненте, укључујући протеине, липиде, угљене хидрате, нуклеинске киселине. Сматра се да је оксидациони стрес укључен у бројна физиолошка стања (као што су старење и вежбање), али и патолошка стања (као што су инфламација, карциноми, кардиоваскуларне и неуродегенеративне болести).

Тек крајем 1970-их година је откривено да вежбање повећава оксидациона оштећења код људи и животиња (*Dillard 1978; Brady 1979*). Иако је биолошки значај овог запажања у почетку био нејасан, ове пионирске студије навеле су научнике на даља истраживања како би се испитала важна улога коју слободни радикали, реактивне азотне врсте (RNS) и реактивне кисеоничне врсте имају у скелетним мишићима и другим метаболички активним органима током вежбања. Заправо, све више је доказа да иако неконтролирана производња RNS и ROS оштећује ћелије, ови молекули имају и важну регулаторну улогу у модулацији снаге скелетних мишића, регулацији ћелијских сигналних путева и контроли експресије гена (*McClung 2010; Powers 2010*).

Наиме, ефекат вежбања на редокс-равнотежу је изузетно сложен, зависно од узраста, пола и нивоа тренинга, као и интензитета и трајања тренинга. Сматра се да редовни умерени тренинзи благотворно делују на оксидациони стрес и здравље, акутни и напорни аеробни и анаеробни тренинзи могу изазвати прекомерну производњу ROS. Без

обзира на то, иако вежбање повећава оксидациони стрес, вежбање представља и стимулус за стварање и активацију ензима антиоксидационе заштите (Valko 2007).

Насупрот томе, у спречавању оксидационог стреса за побољшање перформанси, спречавању старења, патолошког ризика код професионалних спортиста може се узети у обзир низ фактора, укључујући адаптивне механизме као и детоксикациону функцију антиоксидационих ензима (супероксид дисмутаза, каталаза, глутатион-пероксидаза, глутатион-редуктаза, глутатион-S-трансфераза) и неензимских антиоксиданаса (витамини Е, А, Ц, глутатион и мокраћна киселина) (Vassalle 2014).

Као што је већ поменуто *Dillard* и сарадници су први показали да је оксидациони стрес повезан са спортом код људи. Наиме, открили су да 60 мин вежбања на 50% од  $VO_{2max}$  повећава ниво пентана (биомаркер липидне пероксидације) и да суплементација витамином Е, који је антиоксиданс, смањује производњу пентана и током вежбања, а и у миру. Закључено је да вежбање подстиче повећану производњу прооксиданаса, међутим органи одговорни за производњу нису познати (Dillard 1978). Годину дана касније, *Brady* и сарадници су на анималном моделу потврдили да је и пливање повезано са повећаном пероксидацијом липида (Brady 1979). Након ових пионирских студија, многи истраживачи су показали да дуготрајно вежбање издржљивости или краткотрајно вежбање високог интензитета резултира повећаним вредностима биомаркера оксидационог стреса у крви и у скелетним мишићима код људи и животиња.

Откриће да је вежбање повезано са повећањем биомаркера липидне пероксидације подстакло је даља истраживања у области вежбања и оксидационог стреса. Овим истраживањима показано је да скелетни мишићи током контраховања производе прооксидансе. Револуционарне студије из ове области су откриле да редовна физичка активност условљава адаптивне промене ћелијских антиоксиданаса, као и да витамин Е има важну улогу у заштити мишићних мембрана од оштећења деловањем прооксиданаса. Касније је откривено да слободни радикали доприносе мишићном замарању код животиња (Novelli 1990). Пар година након открића да слободни радикали потпомажу умор мишића код животиња, *Reid* и сарадници су потврдили да прооксиданси доприносе мишићном замарању и код људи (Reid 1994). Уз то показали су и да редокс статус мишићних влакана утиче на модулацију производње мишићне силе, тј. да је максимална производња силе у влакнима скелетних мишића током оптималног редокс стања. Резултати ових истраживања навели су и друге истраживаче да истражују повезаност вежбања и оксидационог стреса.

Откриће да контраховање скелетних мишића ослобађа супероксидне радикале у интерстицијални простор подстакло је бројна питања о месту стварања супероксида током контракције мишића и поставила питање да ли су супероксид радикали способни да пролазе ћелијске мембране (Reid 1992). Такође, показано је да се хидроксилни радикали стварају у скелетним мишићима и да се стопа производње овог радикала повећава пропорционално проценту максималне силе (O'Neill 1996).

Наредни корак истраживања у овом пољу био је усмерен на утицај акутне и хроничне вежбе на антиоксидациони капацитет мишића. Бројним истраживањима је потврђено да вежбање подстиче повећање антиоксидационих ензима прве линије одбране у срчаном и скелетном мишићу и да се производња повећава у зависности од интензитета и трајања вежбања (Criswell 1993). Такође, праћен је утицај вежбања на редокс систем глутатиона (Leeuwenburgh 1997). Показано је да акутно интензивно вежбање делује депресорно на рад неколико антиоксидационих ензима (Lawler 1994). Ова открића подстакла су

додатна истраживања за откривање фактора који регулишу редокс-баланс у контракцији скелетних мишића.

Бројне студије током 1990-их година утврдиле су да тренинзи током којих се вежба издржљивост резултира фенотипом миокарда који одолева исхемијско-реперфузионом оштећењу, тј. кардиопротекцијом (Powers 2014). Без обзира на то, механизми одговорни за кардиопротекцију изазвану вежбањем остају непознати до почетка 21. века. Наиме, Yamashita и сарадници су накнадно доказали да вежбање повећава производњу супероксид дисмутазе тип 2 (SOD2) у миоцитима и да је оно неопходно како би се постигла оптимална кардиопротекција против исхемијо-реперфузионе повреде (Yamashita 1999, French 2008). Наиме, ове студије су потврдиле да су за у кардиопротекцију изазвану вежбањем промене активности ензима антиоксидационе заштите кључне.

Следеће важно откриће у овој области било је да скелетни мишић има две изоформе азот монооксид-синтегазе (NOS) и да мишићи који се контрахују производе азот монооксид (NO) (Balon 1994, Radak 1999). До открића азот монооксида, који је сигнални молекул одговоран за вазодилататорни ефекат, сматрало се да су слободни радикали искључиво штетни молекули.

Davies и сарадници су показали да производња ROS може представљати стимулус за адаптацију скелетних мишића на вежбање (Davies 1982). Након овог открића, кренула је читава плејада истраживања на ову тему која су потом и потврдила ову теорију на различите начине. На пример, инхибирање активности ксантин оксидазе *in vivo* током акутног вежбања код пацова спречава активирање сигналних путева, доводећи до адаптације скелетних мишића (Gomez-Cabrera 2005). Бројна *in vitro* испитивања показала су да излагање култивисаних миотуба водоник пероксиду повећава експресију многих гена, као и да су ROS генерално способни да измене генску експресију у културама ћелија (Irrcher 2009). Касније су ови ефекти потврђени и *in vivo* на анималним и хуманим моделима. Наиме, показано је да вежбање мења експресију гена у мишићима и тако утиче на адаптацију скелетних мишића. Најчешћи модели за оваква испитивања су употребе антиоксиданаса (Gomez-Cabrera 2008, Kang 2009).

Истраживања равнотеже између оксидационог оштећења изазваног вежбањем и ROS-зависних адаптивних сигналних механизма у срчаном и скелетном мишићу у спорту су и даље врло актуелна (Radak 2013). Нови концепт у регулацији редокс статуса подразумева укључивање регулационих протеина који утичу на цистеинске модификације (Jones 2015). С тим у вези, недавни напредак у редокс протеомици и разумевању тиола са оксидационим потенцијалом несумњиво ће представити нове могућности за процењивање улоге ROS у посредовању адаптације мишићних влакана срца и скелетних мишића изазваних вежбањем (McDonagh 2014). Такође, интересовање за утицај епигенетике вежбања нагло је порасло у последњих 5 година (Pareja-Galeano 2014). Чињеница да се редокс регулација епигенетских путева дешава метилацијом ДНК и пост-транслационом модификацијом хистона, указује на то да је производња ROS изазвана вежбањем важна у епигенетским догађајима (Mikhed 2015). Ипак, комплексни механизми који повезују производњу ROS изазвану вежбањем са епигенетским догађајима у скелетним мишићима и другим ткивима остају већински неразјашњени. Дуго се сматрало да је митохондрија доминантно место производње ROS у мишићима. Међутим, недавна истраживања указују да то и није баш у потпуности тачно већ да NADPH има кључну улогу у производњи ROS изазваној контракцијом мишића, а да

митохондрије представљају доминантан извор ROS током фазе опоравка, тј. одмора (Sakellariou 2013, Goncalves et al. 2015).

У миру оксидациони стрес код спортиста најчешће је мањи него код неактивних појединаца, међутим на супрот томе код неких спортиста је повећан или непромењен (Falone 2010). Многе варијабле утичу на ове резултате, две најважније су разлике у експерименталном дизајну (нпр. интензитет вежбања) и различите методе које се користе за процену стања оксидационог стреса. Неколико студија показало је мањи оксидациони одговор код спортиста него код контрола и у мировању и убрзо након вежбања, јер су малондиалдехид (MDA), карбонилисани протеини и 8-хидроксидеооксигуанозин били нижи у групи спортиста у поређењу са контролама, док је активност супероксид дисмутазе (SOD) била већа код спортиста у поређењу са контролама. Супротно томе, нивои антиоксидационих ензима, као што су каталаза и глутатион-пероксидаза, били су виши него код неактивних појединаца, што потврђује да су ове промене зависне од физичког статуса и нивоа тренинга (Dekeyn 2006).

Занимљиво је да су спортисти који су у форми отпорни на изненадне оксидационе промене изазване акутним и напорним вежбањем (Radak 2008). Акутна вежба високог интензитета повећала је ниво MDA у групи седантарних пацова, али не и код пацова у форми, и смањила активност супероксид дисмутазе код седатарних пацова, истовремено повећавајући активност овог ензима код утренираних пацова (Oztasan 2004).

### 1.3 Спорт и липидни профил

Под термином „липидни профил“ подразумевају се вредности различитих липида у крви, од којих се најчешће мере липопротеин мале густине (LDL), липопротеин велике густине (HDL) и триглицериди (TG). Високи нивои LDL холестерола указују на вишак липида у крви и повећан ризик за настанак кардиоваскуларних болести. HDL холестерол преноси липиде назад у јетру на обраду и складиштење и његове повишене вредности позитивно утичу на кардиоваскуларно здравље. Повишене вредности триглицерида позитивно колерирају са повећаним ризиком за настанак кардиоваскуларних болести и представљају независан фактор ризика за кардиоваскуларне болести. Холестерол врло мале густине (VLDL) се ређе помиње у литератури, али је показано да његове вредности позитивно корелирају са вредностима триглицеридима и да представља независан фактор ризика за настанак кардиоваскуларних обољења, чак и код особа са нормалним нивоима LDL холестерола (Mann 2014). Умерена физичка активност има значајан ефекат на метаболизам липопротеина, повећава концентрације липопротеина велике густине (HDL), а смањује нивое липопротеина мале густине (LDL) и триглицерида (TG) и на тај начин остварује протективан ефекат на кардиоваскуларни систем. Са друге стране, ефекти дуготрајних интензивних тренинга присутних код врхунских спортиста на липидни профил нису до краја изучени. Наиме, интензитети тренинга се разликују у различитим спортовима тако да не постоји јединствен резултат истражања у овој области (Petrović-Oggiano, 2010).

У организму масне киселине су присутне у две основне форме као естерификоване (FFA око 95%) и неестерификоване (NEFA око 5%). Естерификоване масне киселине присутне у циркулацији се углавном налазе у форми триглицерида, холестеролских естера и фосфолипида. Са друге стране у зависности од присуства, односно одсуства двогубих веза, масне киселине можемо поделити и на незасићене (SFA не поседују двогубе везе) и засићене (мононезасићене масне киселине (MUFA) – поседују једну

двогубу везу и полинезасићене масне киселине (PUFA) – поседују две или више двогубих веза) (Jeromson 2015). Физичка активност, било да се ради о акутној или хроничној форми вежбања, доводи до промена концентрација масних киселина у плазми. Код акутног вежбања су забележене промене у саставу слободних масних киселина у плазми, тј. долази до повећања вредности неестерификованих масних киселина, које представљају важан енергетски извор за функционисање скелетних мишића (Nikolaidis i Mougiios, 2004). Међутим, сматра се да овакве промене кратко трају и да убрзо по прекиду вежбања, након неколико сати, њихов ниво опада. Са друге стране, ефекти хроничног вежбања на профил масних киселина плазме је доста мање истраживан и резултати су слично као и код ефеката хроничног тренинга на липидни профил доста разнородни.

#### 1.4 Суплементација у спорту

Спортисти без обзира на врсту спорта, посебно професионални, се охрабрују да усвајају стратегије спортске исхране које оптимизују менталне и физичке перформансе и подржавају добро здравље. Ове стратегије подразумевају конзумацију добро одабране хране, која пружа довољно енергије током тренинга и такмичења, омогућава довољну количину макронутријентима и микронутријентима, постизање оптималне телесне масе (ВМ) и састава, и усвајање посебних стратегија у исхрани пре, током и након тренинга како би се оптимизовале перформансе. Такође, избор намирница богатих хранљивим састојцима је важан за смањење ризика од недостатка хранљивих материја што може нарушити здравље и перформансе, посебно када је унос енергије ограничен због потреба смањења телесне масе/процента масти. Поред савета спортских дијететичара о индивидуалним потребама за енергијом, хранљивим материјама и течностима неопходни су и савети о употреби суплемената. Међутим, употреба суплемената не би требала да надокнађује лош избор хране и неадекватну исхрану, осим да представља краткорочну стратегију када промене исхране нису могуће.

Најбоље је употребљавати суплеменате чија је ефикасност заснована на доказима и комбиновати их са адекватном исхраном, било да је циљ њихове конзумације омогућавање максималног учинка, одгађање умора, побољшање физичког или здравља генерално. На пример, спортиста који има компромитован статус гвожђа или који не одређује унос протеина у односу на тренинг вероватно неће остварити пуне предности суплемената чији је циљ оптимизација издржљивости или повећање мишићне масе (Thomas 2016).

У складу са олимпијским мотом “*Citius, Altius, Fortius*” (Брже, више, јаче!), истраживачки фокус у области спортске исхране углавном је усмерен на стратегије које могу побољшавати перформансе на дан такмичења. Преко 50 година се истражују стратегије за припрему за такмичење (нпр. узимање суплемената пред вежбање), подешавање перформанси током такмичења (нпр. унос течности и угљених хидрата) и опоравак од напора (нпр. унос угљених хидрата и протеина за подстицање опоравка мишића). Поред тога, многи истраживачи су истраживали ергогена помагала која могу побољшати перформансе и/или умор изменом средишњег или периферног аспекта умора. Када се све зброји, јасно је да се стратегије исхране, које су усмерене на довољан унос макронутријената и ергогених помагала за унапређење искоришћавања енергије и

одлагање појаве биохемијских маркера умора, у великој мери заснивају на здравим научним доказима.

Међутим, истраживања спроведена у последњој деценији су показала значајну улогу макронутритијената и микронутритијената у регулисању ћелијских сигналних путева изазваних вежбањем, кроз регулисање прилагођавања скелетних мишића на вежбање. Због тога истраживачи, али и тренери и спортисти, сада почињу да третирају „такмичарску исхрану“ и „тренинг исхрану“ као два одвојена ентитета, где је код такмичарске исхране фокус на перформансе, а код тренинг исхране фокус је на адаптацији. На пример, у случају тренинга издржљивости, нови подаци указују да периоди смањене доступности угљених хидрата (и потенцијално, велика доступност масти) могу да побољшају адаптацију, која је темељ за издржљивост, укључујући митохондријску биогенезу, повећану оксидацију липида и повећану отпорност на умор. Услед тога настају многа нова једињења, која могу да регулишу сигналне путеве својствене адаптацији током тренинга издржљивости. У контексту вежбања са оптерећењем, добро је познато да је неопходан повећан унос протеина за подстицање раста мишића, пружајући потребне аминокиселине како би се активирала и подстакла синтеза протеина у мишићима (Hardie 2011).

Вежбањем се активирају бројни молекулски путева који доприносе адаптивном ремоделовању скелетних мишића (Egan 2013). Ово су уједно и путеви који су осетљиви на нутријенте. Ова повезаност између путева осетљивих на хранљиве материје и вежбање отвара могућност да планиран унос хранљивих материја може утицати не само на акутне перформансе, већ и на адаптивни одговор након периода испланираних тренинга (Weigl 2012).

Иако суплементи чине саставни део свакодневне рутине елитних спортиста, све је већи помак у усвајању нових приступа који подразумевају испланиран унос хране. С обзиром на ризике које носи употреба суплемената и могућност позитивних резултата на тестовима за лекове, суплементи се данас углавном дају само када постоји јасно образложење за њихову употребу (Knapik 2015). Суплементи који се најчешће користе су приказани у Табели 1.

Суплементи су подељени на оне за које се тврди да повећавају издржљивост, снагу/величину адаптације или унапређују здравље генерално. Међутим, најзначајнији докази о ефикасности постоје за кофеин, креатин, нитрате, бета аланин, антиоксидансе и витамин Д (Outram 2015).

#### **1.4.1 Антиоксиданси као суплементи**

Познато је да нарушавање хомеостазе скелетних мишића изазвано вежбањем регулише адаптацију на вежбање са поновљеном активацијом (Cobley 2015.). То најбоље демонстрира смањење стварања реактивних кисеоничних врста (ROS) услед примене нутријената богатих антиоксидансима, утичући на редокс сигналне путеве покренуте вежбањем и тиме онемогућује адаптацију на вежбање (Morrison 2015.).

Табела 1. Неки од најчешће коришћених суплемената.

	<b>ЗЕЛЕНА</b>	<b>НАРАНЦАСТА</b>	<b>ЦРВЕНА</b>
<b>ИЗДРЖЉИВОСТ</b>	Кофеин Гелови/пића са угљеним хидратима Бета-аланин Сок од цвекле Сода бикарбона/ цитрат Антиоксиданси	Таурине L-карнитин	Ефедрин Метилхексамин Биљни додаци Цитрулин Малат L-аргинин Синефрин
<b>СНАГА/МАСА</b>	Креатин Протеини	Леуцин BCAAs (аминокиселине разгранатог ланца)	ЗМА (Zn, Mg, B6) Анаболици Тестостерон Појачала Биљни додаци Колострум
<b>ЗДРАВЉЕ</b>	Пробиотици Електролити Витамин Д	Витамин Ц Комплекс витамина Глукозамин Кверцетин Глутамин Рибље уље Колаген	Магнезијум Биљни додаци

Зелени - Снажни докази о учинку на перформансе, Наранцасти - умерени или новији докази или Црвени - Недостатак доказа, висок ризик од контаминације и/или тренутно забрањен од стране Светске Антидопинг Агенције на основу постојеће објављене литературе.

Последњих година фокус са изучавања настанка ROS током тренинга, је пребачен на изучавање исхране која може да спречи настанак ROS, јер оне представљају саставни део сигналних механизма укључених у адаптивне процесе скелетних мишића (Gomez-Sabrera 2009). У свету спорта и даље постоји велика конфузија у вези настанка ROS као последице вежбања. Због тога су савети који се често нуде атлетској популацији у најбољем случају погрешни, а у најгорем случају, штетни за перформансе и чак дугорочно здравље (Ristow 2009). Конфузија углавном произилази због три главне чињенице:

1. Неадекватне методолошке технике. ROS су нестабилни молекули и због њихове природе их је тешко директно измерити. На жалост, многи тестови који се користе у научне сврхе нису примењиви на спорт, јер је тешко утврдити да ли неко једињење са антиоксидационом активношћу делује као антиоксиданс. Пример за то су *in vivo* мерење укупног антиоксидационог потенцијала који се више не препоручује као одговарајући маркери за истраживања у спортској популацији (Forman 2015). Услед коришћења неадекватних тестова и не изненађују непримерени закључци у смислу како неки антиоксиданс делује на маркере крви. Да би заиста напредовали у овој области истраживања, научници

из света спорта треба да сарађују са медицинским стручњацима и молекуларним биолозима, како би се дошло до валидних закључака.

2. Антиоксиданси су хетерогени, делују на различите начине и оно што је јако важно они не регулишу само нивое ROS. Ово је важно јер само зато што се нешто користи као антиоксиданс, не значи да делује као антиоксиданс, што је посебно важно за нутритивне антиоксидансе (Murphy 2011). Да би се уклонила конфузија препоручује се да се информације и открића за један антиоксиданс или њихове комбинације не екстраполирају на друге (Cobley 2015).
3. Контекст је најважнији када се формулишу препоруке. На пример, N-ацетил цистеин (NAC) смањује адаптацију на тренинг, али побољшава акутне перформансе. Према томе, када је прилагођавање небитно (нпр. током такмичења), краткотрајна суплементација NAC-ом може бити корисна, мада треба нагласити да ефикасне дозе могу изазвати проблеме на нивоу гастроинтестиналног тракта (Petersen 2012). Тако да је најбоље да се употреба антиоксиданаса у спорту разматра кроз два различита исхода, један је прилагођавање тренингу, а други атлетске перформансе. Такође, одређена полифенолна једињења су идеална за употребу након вежбања, попут сока од вишања, како би се ублажио бол у мишићима (Howatson 2010). Тачан механизам деловања овог сока није разјашњен.

#### 1.4.2 Биљке као суплементи

Употреба биљних суплемената код спортиста изузетно се повећава током последње две деценије. Биљни производи су екстракти из семена, смола, корена, лишћа, коре, плодова или цвећа и садрже бројне фитохемикалије попут каротеноида и полифенола, укључујући фенолне киселине, алкалоиде, флавоноиде, гликозиде, сапонине и лигнани који имају бројне бенефите на здравље. Употребу биљних производа регулише Агенција за лекове и медицинска средства (ALIMS) као посебну категорију намирница и класификује их као „додатак прехрани“ према Закону о лековима и медицинским средствима.

*Herbold* и сарадници показали су да 17 % женских спортиста користи биљне додатке. У спорту се већина суплемената добијених из биљака и саме биљке користе за поспешивање раста мишића, сагоревање масти, побољшање издржљивост и перформанси (Herbold 2004). Показано је да биљке садрже неколико примарних метаболита као што су угљени хидрати, липиди и нуклеинске киселине и бројне секундарне метаболита као што су терпеноиди, алкалоиди и фенолна једињења. Биљке имају различите фармаколошке ефекте: антиалергијски, антиатерогени, антиинфламаторни, хепатопротективни, антимицробни, антивирусни, антибактеријски, антикарциногени, антитромботички, кардиопротективни и вазодилататорни (Ksourî 2007). Ова фармаколошка својства су посредована њиховим антиоксидационим и редокс карактеристикама. У ствари, они имају важну улогу у неутрализацији слободних радикала, уклањању реактивних кисеоничних врста или разградњи пероксида, а самим тим и превенцији оксидационог стреса. У том контексту, неколико студија је испитивало улогу биљних суплемената у смањењу оксидационог стреса изазваног вежбањем код спортиста (Sumbul 2011). Смањење оксидационог стреса побољшава опоравак мишића и одржавање енергије током интензивног тренинга. Одређени биљни производи попут гинсенга, кофеина и ефедрина су богати антиоксидансима и стога побољшавају



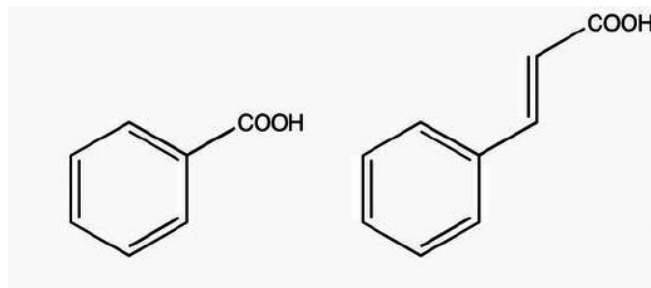
мишићне перформансе. Док биљке попут *Tribulus Terrestris*, *Ginkgo biloba*, *Rhodiolarosea* и *Cordyceps Sinensis* су корисне за раст и снагу мишића код спортиста (Chen 2012). На хетерогене клиничке резултате примећене у студијама утичу различити фактори као што су врста биљке, географски положај са којег је биљка прикупљена и употребљени метод екстракције. Без обзира на то да природни биљни додаци побољшавају здравље и физичке перформансе, треба имати на уму да неке биљке могу имати у свом саставу супстанце које подлежу допинг контроли и које су забрањене у спорту.

## 1.5 Полифенолна једињења

Постоји хиљаде различитих биљних полифенола, а стотине њих налазе се у јестивим биљкама и биљним производима. Врста и садржај полифенола знатно се разликује између различитог воћа, поврћа, лишћа и семенки. Иако већина намирница које садрже полифеноле имају различите врсте полифенола, оне су обично познате по полифенолу са највећим уделом. Полифеноли су значајни за фотосинтезу, метаболизам, заштиту биљака од патогена. Они показују бројне физиолошке активности, те се због тога данас све чешће користе као сировине у фармацеутској индустрији.

Полифеноли су подељени у групе на основу њихове хемијске структуре. Оно што је заједничко за сва полифенолна једињења је да поседују ароматични прстен за који је везан најмање један хидроксилни супституент. Постоји најмење 10 класа полифенола, од којих су четири главне и то су **фенолне киселине**, **флавоноиди**, **стилбени** и **лигнани**.

**Фенолне киселине** су подељене на деривате бензојеве киселине (најчешће деривати хидроксибензојеве) и деривате циметне киселине (најчешће деривати хидроксициметне) (Слика 1). У биљним врстама заступљенији су деривати хидроксициметне киселине (El Gharras 2009).

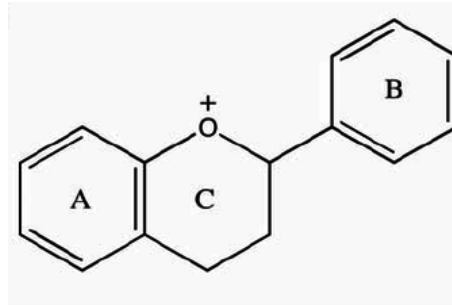


а) б)

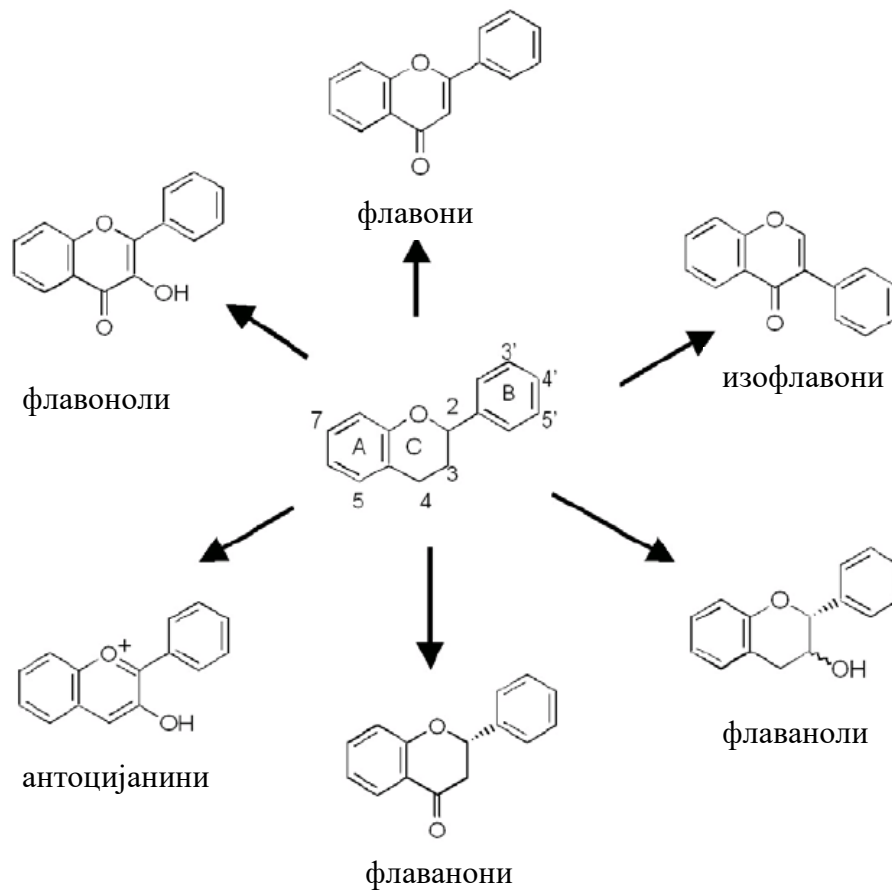
Слика 1. Опште структуре фенолних киселина

а) хидроксибензојева и б) хидроксициметна киселина

**Флавоноиди** су подељени на најмање шест подкласа на основу разлика у хемијској структури (Слика 2). У флавоноиде се убрајају: *флавоноли*, *флаволи*, *изофлаволи*, *антоцијанини*, *флаванони* и *флаваноли* (Bravo 1998) (Слика 3).



Слика 2. Општа структура флавоноида



Слика 3. Општа структура главних подкласа флавоноида: флавоноли, флаволи, изофлаволи, антоцијанини, флаванони и флаваноли

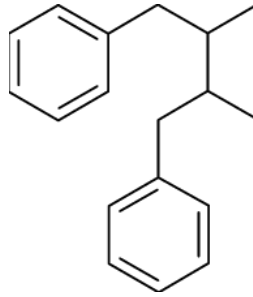
Флаваноли су присутни у великом броју воћа и поврћа, од којих су најчешће присутни кверцетин и кампферол. Они могу бити присутни у мономерном облику и као коњугати (нпр. кверцетин глукозиди). Најчешће су присутни у малим концентрацијама, стога је њихов унос најчешће низак, чак и уз здраву исхрану. Ово може бити фактор који доприноси популарности употребе ових једињења као додатака исхрани. Иако су присутни у вину и чају, флаваноли нису доминантни полифеноли у овим напцима. Уместо тога, чај садржи висок удео катехина који припадају флаванолима, а вино садржи више антоцијанина и проантоцијанидина.

Флавоноиди и изофлавоноиди су ређе присутни и то у одређеним намирницама. Слично томе, флаванони су углавном присутни у агрумима. Флаванони дају карактеристичан укус различитим цитрусима; на пример, наранџин се налази у великом проценту у грејпфруту и даје му горак укус. Цитруси су добар пример хране која се не може сматрати само „флаванонском“ храном. Сокови цитруса садрже значајно мање флаванона у односу на цео плод, јер се највиши нивои налази у белом месо испод коре. Сама кора садржи релативно масни полифенол, а хемијски састав је сврстава у извор флавоноида. Доста је тешко хемијском анализом одредити колико различитих полифенола и деривата има у соку (или другом суплементу), међутим ниво једног специфичног полифенола се може лакше одредити јер је потребан само један стандард. Слично томе, биорасположивост једног деривата полифенола може се одредити лакше него биорасположивост свих деривата. Без обзира на то, важно је утврдити укупну биорасположивост, јер много различитих деривата настаје у гастроинтестиналном тракту пре апсорпције (Manach 2005).

Антоцијанини су флавоноиди са неколико предности, али и једним недостатком. Прва предност је једноставно препознавање таквог воћа и поврћа, тј. воће и поврће са високим садржајем антоцијанина је тамно плаве до црне, црвене или тамно црвене боје. Друга предност је што храна која садржи антоцијане има највећу количину флавоноида по порцији. Нажалост, њихива биорасположивост је релативно лоша.

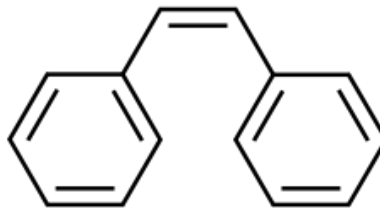
Флаванолни су највише познати по високом садржају катехина у чоколади и зеленом чају. Међутим, катехини и деривати катехина присутни су у великом броју воћа и поврћа као мономери, модификовани мономери (нпр. епикатехин) или се понекад димеризују са другим полифенолом попут галне киселине (галокатехин, епигалокатехин, епигалокатехин галат) димери, олигомери и полимери катехина укључују проантоцијанидине. Проантоцијанидини су присутни у великом броју воћа и поврћа, али концентрисани су у махунама, пасуљу и семену воћа, поврћа и других биљака, као и у незрелом воћу које се још није "засладило". Проантоцијанидини су често горки и црвеном вину дају опору, а какао горки укус (Santos-Buelga 2000). Да би се одредила количина катехина у суплементу, важно је измерити и коњуговане катехине и различите метаболите. На пример, епигалокатехин галат се налази претежно у слободном облику, док остали катехини могу да се метилују, сулфонују или глукуронидују. Стога се сви ови облици морају квантификовати да би се добило право стање. С друге стране, проантоцијанидини су присутни као полимери различитих дужина, пошто су то лабилне киселине расположивост делом зависи и од методе екстракције.

Лигнани се углавном налазе у уљаним семенкама и одређеним махунаркама, одређеном воћу и луковима (Слика 4). Највећи садржај има ланено семе, семе сусама, сочиво, купус, крушке и бели лук (деривати алицина), као и пулпа маслине и маслиново уље. Показано је да екстра девичанско маслиново уље има знатно већи садржај лигнана од рафинисаног маслиновог уља, али да чак и различита екстра девичанска маслинова уља доста варијају у садржају лигнана. Житарице садрже различите количине лигнана (Milder 2005).



Слика 4. Општа структура лигнана

Стилбени нису чести састојци хране. Ипак, добро истражени су ресвератрол и његови деривати, присутни у грожђу и вину (Слика 5). Међу црвеним грожђем и црвеним винима постоје различити нивои деривата ресвератрола, док се чини да сок црвеног грожђа садржи већи садржај пицеидних деривата од ресвератрола. Интересантно је да је садржај антоцијанина у црвеном вину већи од садржаја ресвератрола (Kennedy 2002).



Слика 5. Општа структура стилбена

Унос полифенола може се повећати одабиром намирница са високим садржајем полифенола, попут сока, топлих напитака, укључујући чајне инфузе, напитака који садрже кафу и какао, или вина. Како садржај полифенола у намирницама варира, дијетески суплементи су лакша метода повећања уноса полифенола. Контролисани унос не искључује сокове, јер се сокови могу правити реконституцијом екстраката. Потенцијални ефекти на перформансе и њихов значај за спортисте може се лакше испитивати узимањем екстраката јер се њихов садржај може лакше утврдити. Када се исти полифеноли у истим количинама али у другачијим облицима уносе у организам постоји ризик за различиту биорасположивост, интеракције са другим унесеним хранљивим материјама. Такође, биорасположивост варира између појединаца, због чега је потребна процена неког препарата код довољног броја појединаца за статистичку сигурност.

## 1.6. Аронија (*Aronia melanocarpa*)

Аронија је вишегодишњи грм и припада породици *Rosaceae*, подкласа *Maloideae*. Овом роду припадају две врсте које се разликују између осталог и по боји плода па отуда и називи *Aronia melanocarpa* (Michx.) Ell. (црна аронија) и *Aronia arbutifolia* (L.) Pers.

(црвена аронија) (Слика 6). Аронија је пореклом из источних делова Северне Америке, а у Европи је присутна од почетка двадесетог века. Корисни делови ароније су углавном плодови (Ochmian 2012). Постоји већи број сорти ароније: „Викинг“, „Неро“, „Галицјанка“, „Хугин“, „Н“, „Рубин“, „Арон“ и друге (Јакобек, 2012).

Свеже, необрађено воће ароније се ретко конзумира због адстригентног укуса који потиче од присутних танина, али се у прехранбеној индустрији користи за производњу сокова, нектара, сирупа, џемова, конзерви, компота, вина, тинктура, воћних дезерата, желеа, воћних чајева и дијететских суплемената. Антоцијанини ароније се додају храни као природна боје (Kitryte 2017).



а) б) в)

Слика 6. *Aronia melanocarpa* а) плод; б) грм; в) цвет

### 1.6.1 Ботаничке и хемијске карактеристике

Аронија је грм који може нарасти и до три метра. Млади грмови су збијени, док зрели подсећају на разгранато дрво. Листови су овалног облика, у пролеће и лето зелене боје, али у јесен постају црвенкастосмеђи. Плодови ароније сазревају већ половином јула, али и током августа. Најоптималнија величина и тежина бобица, као и садржај антоцијана је почетком септембра што може и представљати најприкладнији термин за жетву. Зрели плодови ароније су сферног облика, црне и плаве боје споља, као и на попречном пресеку. У зависности од сорте, њихов пречник је 6,1 - 17,8 mm, док је тежина 0,32 - 1,117 g, а понекад чак и око 2,8 g (Ochmian 2012).

Састав и здравствена вредност плода ароније зависи од многих фактора, нпр. сорте, зрелости, окружења и климатских услова (Sidor 2019). *Mayer-Miebach* и сарданици су анализом састава ароније утврдили да сува маса плода чини 17,9 - 26 %, сок 11,1 - 17,4 %, а комина 44,6 - 50 % (Mayer-Miebach 2012). Док су *Ochmian* и сарадници показали да плодови ароније садрже 15,3 - 19,5 % суве материје, укључујући 14,2 - 18,7 % растворљивих супстанци.

Количина протеина у плоду је мала и износи 3,7 g / 100 g (суве материје) воћа. Аргинин, тирозин, хистидин, лизин, цистеин,  $\alpha$ -аланин, аспарагин, серин, глутаминска киселина и треонин су неке од аминокиселина у аронији. Већина аминокиселина,

укључујући есенцијалне, пронађена је у комини, њихова укупна тежина износи 28,9 g / kg суве масе (Pieszka 2015).

Укупан садржај липида у свежем плоду ароније је 0,09 - 0,17 % (Сојка 2013). Највећи садржај липида је забележен у коштицама 13,9 % и кори плода 2,9 – 9,8 %. Садржај липида у комини ароније је 5 g / 100 g, укључујући 65 % полинезасићених масних киселина (PUFA), од којих су најзаступљеније линолеинска и олеинска киселина. Уље семена ароније садржи стероле и фосфолипиде (Dulf 2012).

Укупан садржај угљених хидрата у свежем воћу је 6,21 - 20,92 g / 100 g, а укупни редукујући шећери 5,71 - 19,36 g / 100 g, укључујући фруктозу 1,38 - 4,71 g / 100 g и глукозу 1,09 - 5,70 g / 100 g. Садржај сахарозе је 0 - 1,53 g / 100 g плода. Производи и плодови ароније садрже релативно велике количине сорбитола, тј. 8,56 g / 100 g воћа (Snebergrova 2014).

Комина, која се састоји од коре, коштица и унутрашњих структура воћних ћелија, богат је извор дијетних влакана, и износи око 70% суве материје. Више од 60% дијетних влакана чине нерастворне фракције (лигнин, целулоза, хемицелулоза) (Borycka 2008).

Аронија садржи и витамин Б, каротеноиде, токофероле, витамин Ц и витамин К. Пепео износи 6,8 g / 100 g суве масе плода ароније. Аронија садржи и макроелементе (К, Са, Р, Mg и Na), есенцијалне елементе у траговима (Zn, Fe, Se, Cu, Mo, Cr), елементе у траговима који су вероватно есенцијални (Mn, Si, Ni, B, V) и токсичне елементе (Pb, Cd, Hg, As). Производи и плодови ароније потенцијално су богати извори К, Са, Р, Mg, Na, Fe и Zn (Pavlovic 2015).

### 1.6.2 Полифеноли присутни у аронији

Полифеноли су биофактори који су заслужни за високу биоактивност ароније. Плодови ароније су један од најбогатијих извора полифенола, који укључују антоцијанине, флавоноле, флаваноле, проантоцијаниде и фенолне киселине (Gramza-Michalowska 2017). Количина полифенола у плоду ароније варира у различитим публикацијама 3760 mg; 6351,38 mg; и 7849 mg / kg суве материје (Oszmianski 2005, Teleszko 2015). Такође, производи и отпад ароније су богати полифенолима.

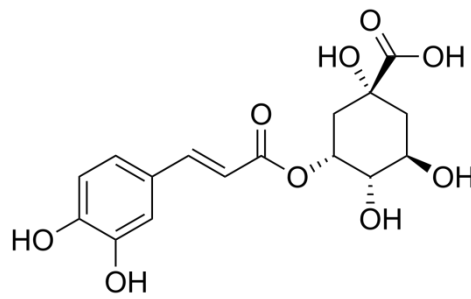
Треба напоменути да плод ароније садржи значајно више укупних полифенола од другог бобичастог воћа, укључујући боровнице, малину, црвену рибизлу, јагоде и купине. Упоређивањем садржаја укупних полифенола у различитом бобичастом воћу потврђено је да је количина укупних полифенола у *A. melanocarpa* слична као код црне рибизле (*Ribes nigrum*), што је око 2 - 4 пута више него у купини (*Rubus fruticosus*), 4 пута више него у боровници (*Vaccinium corymbosum*), 3 - 8 пута више него у малини (*Rubus idaeus*) и 10 пута више него код јагода (*Fragaria ananassa*) (Hwang 2014).

У најважније полифеноле ароније се убрајају фенолне киселине и флавоноиди попут антоцијанина, флаванола, флавонола и проантоцијанидина (Jakobek 2012). Од фенолних киселина најважније су хидроксицинаминске киселине и то **неохлорогенска киселина**. Од антоцијанина најзначајнији су **цијанидин-3-галактозид** и **цијанидин-3-арабинозид**; од проантоцијанидина, **процијанидин Б1**. Флаваноли (**епикатехин**) и флавоноли (углавном **кверцетин 3-О-глукозид**, **кверцетин 3-О-галактозид**) су мање заступљени у плоду ароније.

Фенолне киселине представљају нефлавоноидне полифеноле, у плоду ароније најзаступљенија је нехлорогенска киселина (Слика 7). Уз њу је у високом проценту присутна и хлорогенска киселина. Остале фенолне киселине се срећу у значајно мањој концентрацији: криптохлорогенска киселина, *p*-кумаринска киселина и њени деривати, кафеинска киселина и њени деривати, протокатехинска, ванилинска, ферулинска, салицилна, сиригинска, 4-хидроксibenзоева и елагинска киселина.

Осушени сок садржи и метил естре хлорогенских и неохлорогенских киселина, 2,4,6-трихидроксibenзалдехида, 3-хидроксibenзоеве киселине и деривата фенилацетатне киселине. Присутни су и ериодиктиол-7-глукуронид, 3,7-диглукуронид, 7-ксилоза и наранџеин-7-О-глукопиранозид и 7-О-β-D-глукопиранозид-5,7,3',5'-тетрахидроксифлаванон, као флаванони који се налазе у плоду и производима ароније (Parzonko 2015).

Фенолне киселине су значајне за антиоксидациони потенцијал ове биљке. Ова једињења су доста осетљива на промену температуре, тако да се током процеса пастеризације на 80 °C чак 59 % хидроксинаминске киселине губи.

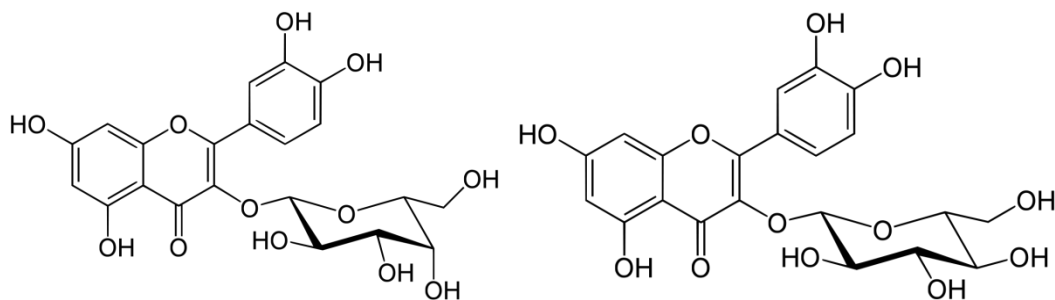


Слика 7. Структура најзначајније фенолне киселине присутне у аронији (нехлорогенска киселина)

Флавоноли ароније су разнолика група једињења која се углавном састоји од деривата кверцетина и они чине чак 10% од укупне количине полифенола.

Главни деривати кверцетина у аронији су: кверцетин-3-глукозид, 3-галактозид, 3-рутинозид, 3-робинобиозид и 3-вицианозид (Слика 8). Такође, плод ароније садржи флавоноле у облику изорхамнетин 3-галактозида, 3-глукозида, 3-неохесперидозида и 3-рутинозида, мирицетин и каемферол 3-галактозида и 3-глукозида (Tian 2017).

Антоцијанини утичу на појаву тамноплаве боје плода ароније. У плоду ароније су детектовани: цијанидин 3-глукозид, 3-галактозид, 3-ксилозид и 3-арабинозид, и у мањем проценту пеларгонидин-3-галактозид и пеларгонидин-3-арабинозид (Veberic 2015) (Слика 9).



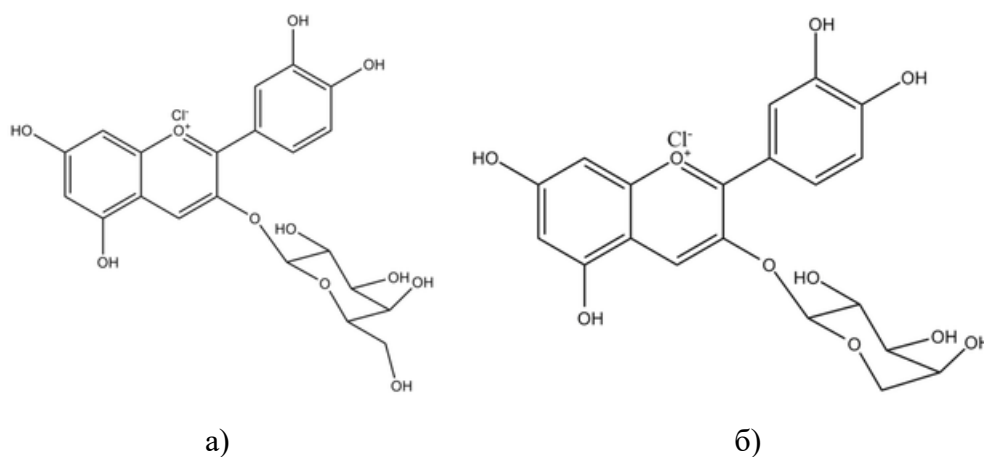
а)

б)

Слика 8. Структуре најзначајнијих флавонола присутних у аронији

а) кверцетин 3-О-глукозид (изокверцетин) и б) кверцетин 3-О-галактозид (хиперозид)

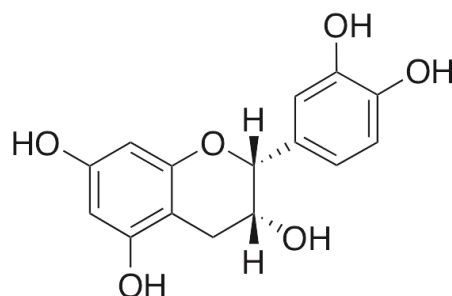
Антоцијанини су гликозилирана флавоноидна једињења и представљају врло значајна биолошки активна једињења у плоду ароније. Од свих откривених биолошки активних једињења у плоду ароније, антоцијанини су означени као најдоминантнија једињења. Сматра се да они чине 25 - 41% од укупног фенолног састава ароније. Укупна количина антоцијанина у соку и екстрактима варира и зависи од великог броја фактора. Пре свега на садржај антоцијанина у производу ароније утиче примењена температура током процеса производње и складиштења, ниже температуре позитивно утичу на садржај антоцијанина. Други значајан фактор је избор растварача за екстракцију. Поређењем водених, метанолних и етанолних екстраката, утврђено је да је највећи проценат антоцијанина сачуван у киселом метанолном екстракту (Oszmianski 2005).



Слика 9. Структуре најзначајнијих антоцијанина присутних у аронији

а) цијанидин-3-галактозид и б) цијанидин-3-арабинозид

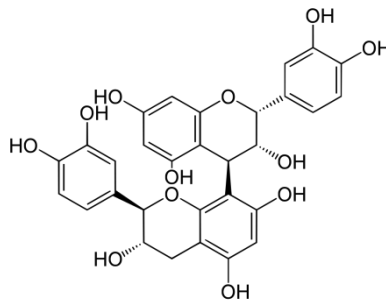
Флаванолни присутни у аронији су (-) - епикатехин и (+) – катехин у траговима, који може настати само на крају ланца проантоцијанидина (Слика 10).



Слика 10. Структура најзначајнијег флаванола присутног у аронији (епикатехин)



Појединачне подјединице повезане су везама C4 → C6 (А тип везе) и C4 → C8 (Б тип везе) (Braunlich 2013). У хемијском смислу, проантоцијанидини су олигомери и полимери флавана-3-ол (флаванола), повезани везама А и Б типа. Слободни епикатехин је присутан у плоду ароније, али у мањој мери у односу на полимерне проантоцијанидине (катехине) (Слика 11). Способност полимеризације проантоцијанидина је карактеристична за аронију и варира од 2 до 23 подјединице. Резултати бројних студија су показали да биолошке и хемијске особине проантоцијанидина зависе од њихове структуре и нарочито молекулске масе, која уједно изражава и степен полимеризације (DP). Полимеризација утиче и на биорасположивост ових молекула, јер се молекули са мањим степеном полимеризације (мања молекулска маса) апсорбују интактни у гастроинтестиналном тракту. Део (-) епикатехина у плоду ароније се налази у облику мономера, док епикатехин у праху и соку ароније може бити у комбинацији са цијанидинским гликозидима (Oszmianski 2016).



Слика 11. Структура најзначајнијег проантоцијанидина присутног у аронији (процијанидин Б1)

На стабилност проантоцијанидина не утиче повишена температура, стабилни су и када се загревају на 100 °C током 20 минута. Сличан садржај проантоцијанидина се бележи у сировим соковима, као и у пастеризованим соковима (Mayer-Miebach 2012).

### 1.6.3 Антиоксидациони потенцијал ароније (*In vitro*)

Одређивање антиоксидационог потенцијала (активности) један је од начина за дефинисање способности заштите од слободних радикала. Карактерише се као способност једињења (или смеше једињења) да инхибира оксидативну деградацију различитих биомолекула.

*A. melanocarpa* поседује велику количину антиоксиданаса, као што су витамин Ц и полифенолна једињења (антоцијанини, фенолне киселине, флаваноли, флавоноли и танини), због чега се каже да ова биљка има велики антиоксидациони потенцијал. Највећи антиоксидациони потенцијал има плод ароније, већи од осталих делова биљке. Антиоксидациона активност ароније је испитивана употребом различитих есеја, нпр. употребом прелазних метала за промене оксидационог стања и испитивањем способности инхибиције липидне пероксидације.

*Tarcko* и сарадници су поредили антиоксидациони потенцијал различитог воћа (боровнице, јабуке, шљиве, крушке, банане, диње и ароније) и утврдили су да плод ароније има највећи потенцијал за уклањање слободно радикалских катјона (Tarcko 2009). DPPH анализом (1,1-дифенил-2-пикрилхидразил) купине, црне рибизле, ароније и малине показан је релативно висок антиоксидациони потенцијал ароније и одређених

сорти црне рибизле (Benvenuti 2004). Такође, показано је да етанолни екстракти биљака из ове групе, богате антоцијанинима, имају способност уклањања DPPH радикала. Антиоксидациона активност екстракта ароније у највећој концентрацији (2 mg/ml) била је нижа од осталих екстраката, осим екстракта плода рибизле. Остале студије тестирале су потенцијал 26 плодова за супероксидне радикале (ROO•) коришћењем ORAC теста. Плодови ароније (160,8  $\mu\text{mol TE} / \text{g FW}$ ) били су мање активни од плодова рибизле (205,4  $\mu\text{mol TE} / \text{g FW}$ ) и дивље руже (201,1  $\mu\text{mol TE} / \text{g FW}$ ). Антиоксидациона активност осталих плодова била је 2,3 - 98,9  $\mu\text{mol TE} / \text{g FW}$  (Denev 2010).

Wu и сарадници су процењивали антиоксидациони потенцијал плодова коришћењем ORAC тестова и то H-ORAC за хидрофилна и L-ORAC за липофилна једињења. Од 15 различитих узорака воћа највеће антиоксидационо деловање имале су боровнице и аронија. Вредности H-ORAC за аронију (158,2  $\mu\text{mol TE} / \text{g FW}$ ) биле су много пута веће од L-ORAC вредности (2,42  $\mu\text{mol TE/g FW}$ ) (Wu 2004). Висок антиоксидациони потенцијал плода ароније потврђен је применом, ORAC, TRAP, есеја за хидроксилни радикал (HO•) и азот моноксид (NO). Способност екстракта ароније да уклања радикале (ROO•) у ORAC тесту износила је 5165  $\mu\text{mol TE} / \text{g}$  екстракта и била је само за 10,7 % мања од екстракта рибизле. TRAP тест показао је да се ROO• радикал ефикасније уклања екстракт плода ароније (4051  $\mu\text{mol TE} / \text{g}$  екстракта) него екстракт плода рибизле (екстракт 3230  $\mu\text{mol TE} / \text{g}$  екстракта). Антирадикалска активност екстракта ароније, црне рибизле и боровнице против хидроксилног радикала HO• није се значајно разликовала (1264 - 1293  $\mu\text{mol GAE} / \text{g}$  екстракта). Екстракт ароније има велику способност уклањања азот моноксида (NO) и инхибира оксидацију  $\alpha$ -линоленске киселине (Denev 2010). Плодови ароније ефикасно инхибирају оксидацију, показујући боља антиоксидациона својства од црне рибизле, шипка и глога (Strugala 2016).

Najda и Labuda су испитивали антиоксидациони потенцијал различитог воћа, при чему су доказали да плодови ароније имају већу антиоксидациону активност од осталих испитиваних плодова (Najda 2013). Активност је мерена кроз одређивање способности редуковања Fe у FRAP есеју и неутрализацији DPPH радикала. ABTS катјон (2,2'-азино-бис(3-етилбензтиазолин-6-сулфонска киселина)) ефикасно је неутралисан само деловањем црне рибизле и то сорте „Титанија“.

Екстракт плода ароније показао је антиоксидациону активност код DPPH, хидроксил (HO•), супероксид анион радикал ( $\text{O}_2^{\bullet-}$ ) и азот моноксид (NO) есеја и инхибирао је липидну оксидацију. Највећи антиоксидациони потенцијал показале су сорте „Викинг“ и „Неро“, док су „Фертоди“ и „Арон“ имале мањи антиоксидациони потенцијал (Rop 2010). Viskelis и сарадници су поредили антиоксидациону активност плодова различитих сорти ароније, рибизле и малине (Viskelis 2010). Екстракти плода ароније су показали највећу антиоксидациону активност, при чему су ефекти сорти „Викинг“, „Арон“ и „Клеата“ на DPPH радикал компарабилни.

Поред плода ароније и производи плода као и отпад који настаје обрадом плода имају антиоксидациони потенцијал. Анализа антирадикалске активности плода, сока и комине ароније против ABTS•<sup>+</sup> и DPPH• показала је да највећу активност има комина, а потом плод и сок. Антирадикалска активност је корелирала са полифенолским садржајем анализираних материјала (Oszmianski 2005).

Антиоксидациони потенцијал сока добијеног из плода ароније је тестиран и показано је да он има највећу способност неутрализације DPPH радикала (72,44  $\mu\text{mol TE} / \text{mL}$ ). Сок плода рибизле такође има високу антиоксидациону активност (62,14  $\mu\text{mol TE}$

/ mL), док је активност осталих сокова била бар за 50% нижа (4 - 30  $\mu\text{mol TE} / \text{mL}$ ) (Jakobek 2007). ORAC есеј је потврдио велику антирадикалску активност сока ароније, која је била већа од чак 14 других сокова (Keskin-Šašić 2012). Такође, концентрат сока ароније је показао већу антирадикалску активност од концентрата других сокова.

Комина ароније је показала већу способност неутрализације DPPH радикала и редукцију Fe у FRAP есеју него комина коприве, Јапанске дуње, рибизле и јагоде. Када говоримо о ABTS<sup>•+</sup> есеју ту је комина ароније показала умерену активност у поређењу са истим материјалом другог воћа. Осушена комина ароније показала је боље антиоксидационе особине (TRAP) у односу на комину јабуке, рибизле, јагоде, шаргарепе (Pieszka 2015). Ароније се у зависности од сорте разликују у антиоксидационој активности. Наиме сокови различитих сорти ароније имају и до пет пута различиту активност код ABTS, FRAP и DPPH есеја, док се чајеви ароније разликују 1,1, 1,3, 6,6 и чак 36,1 пут код FRAP, DPPH и ABTS есеја (Veljković 2014). Такође, антиоксидациона активност осушеног плода ароније, прашка, капсула и џемова се доста разликује.

Анализом свих ових резултата утврђено је да антиоксидациони потенцијал производа ароније зависи од годишњег доба када је прикупљена сирова аронија. Уз то главни фактор који утиче на антиоксидационе особине је технолошки процес који се користи за добијање производа ароније. На антиоксидациону активност сокова и праха ароније, који се добијају из сировог материјала, утиче одабрани метод и параметри сушења, као и растварач коришћен за екстракцију и температура (Oszmianski 2016, Samoticha 2016). Антиоксидациони потенцијал плода ароније, као и његових производа се у највећој мери приписује полифенолима. Активност појединачних полифенола: антоцијанина, проантоцијанидина, фенолних киселина и флавонола је такође одређивана. Најзначајнији за неутрализацију DPPH радикала су антоцијанини (66,7 %), потом проантоцијанидини (25,1 %), флавоноли и фенолне киселине (8,2 % од укупне активности) (Jakobek 2007). Zheng и сарадници су одређивали антиоксидациону активност ароније коришћењем ORAC есеја и показали су да та активност потиче од антоцијанина (53,1 %), фенолних киселина (38,2 %) и флавонола (8,7 %), проантоцијанидини нису анализирани у овој студији (Zheng 2003).

#### 1.6.4 Биолошки (фармаколошки) ефекти ароније (*In vivo*)

##### **Антиоксидациони ефекат**

А. *Melanocarpa* представља једно од воћа са највећом *in vitro* антиоксидационом активношћу, због присуства високог садржаја биоактивних састојака, углавном полифенола (фенолне киселине, флавоноиди, попут антоцијанина, проантоцијанидина, флаванола и флавонола). Антиоксидационо деловање плодова ароније омогућава њихово ефикасно коришћење у лечењу хроничних болести повезаних са оксидационим стресом, нарочито дијабетеса, кардиоваскуларних болести и карцинома. Изузев поменутих својстава, за екстракте ароније *in vitro* на ћелијама и ћелијским линијама су показана и друга позитивна лековита и терапијска својства, као што су имуномодулаторно, антибактеријско, хепатопротективно, гастропротективно и антиинфламаторно дејство (Ciosoiu 2013, Но 2014).

### ***Антиинфламаторни ефекат***

Антиинфламаторни ефекти плода ароније повезани су са спречавањем развоја хроничних болести, попут дијабетеса, кардиоваскуларних болести и хроничних имунских болести. Данас је познато да плод ароније утиче на јачање имунског система човека. Претпоставља се да тај ефекат остварује различитим механизмима, као што су инхибиција ослобађања цитокина IL-6, IL-8 и TNF- $\alpha$  у моноцитима и активирање NF- $\kappa$ B и простагландина E2 (PGE<sub>2</sub>) (Appel 2015).

Такође, плодови ароније остварују антибактеријско и антивирусно дејство, те се могу користити у превенцији инфламације. Антимикробно дејство биљних екстраката се приписује фенолним једињењима (прости феноли, фенолне киселине, кинони, флавоноли, флавоноиди, флавоноли, танини и кумарини), терпеноидима и есенцијалним уљима, алкалоидима, лектинима и полипептидима (Savoia 2012). Антимикробна активност плодова ароније се приписује антоцијанинима, а механизми овог дејства су сложени и укључују синергистичко деловање са slabим органским киселинама, фенолним киселинама и другим једињењима.

### ***Гастропротективни ефекат***

Плодови ароније познати су и по својим гастропротективним ефектима. Пептички улкус је сложено обољење које укључује инфекцију мукозе желуца. Показано је да сок ароније умањује оштећење слузнице желуца уз истовремено смањење пероксидације липида, што уједно потврђује његов антиоксидациони потенцијал (Valcheva-Kuzmanova 2005).

### ***Ефекат на метаболичке параметре***

Постоје докази да дуготрајна употреба сока и других производа ароније повољно утиче на метаболичке параметре, укључујући ниво глукозе у плазми и липидни профил (Broncel 2010). Овај ефекат се приписује великом садржају антоцијанина, који повећавају метаболизам глукозе и смањују апсорпцију глукозе и липида у дигестивном тракту. Полифенолна једињења из ароније могу инхибирати  $\alpha$ -глукозидазу и на тај начин контролисати постпрандијалну хипергликемију. *In vitro* истраживања су показала да метанолни, водени и ацетатни екстракти ароније инхибирају свињску панкреасну  $\alpha$ -амилазу и липазу. Метанолни и ацетатни екстракти су показали веће инхибиторне способности, а ови ефекти се приписују хлорогеној киселини у највећој мери (Worsztynowicz 2014).

### ***Кардиопротективни ефекти***

Деривати плода ароније делују на неколико фактора ризика за кардиоваскуларне болести. Плодови ароније су значајни, јер уједно утичу и на метаболизам липида, пероксидацију, инфламацију, коагулацију и оксидациони стрес. Показано је да екстракт ароније дозно зависно утиче на метаболизам липида код људи, тако што смањује експресију гена за синтезу, преузимање и ослобађање холестерола. Такође, смањује експресију гена кључних за метаболизам липида, а повећава ниво LDL рецептора (Kim 2013). Показано је да редовна конзумација сока од ароније смањује укупан ниво холестерола, LDL холестерола и триглицерида и повећава HDL холестерол код мушкараца са благом хиперхолестеролемијом без фармаколошког лечења (Skoczyńska 2007). *Kardum* и сарадници су испитивали корелацију антропометријских параметара жена старости 25 - 49 година и маркера липидне пероксидације, пре и након 12 недеља

редовне конзумације сока од ароније. Показана је позитивна корелација између редовне конзумације и маркера пероксидације липида, старости, индекса телесне масе, обима струка и процента масти у организму (Kardum 2014). Антоцијанини из ароније су вероватно одговорни за утицај на крвни притисак, ендотелин, липидну пероксидацију, липиде у серуму и редокс статус пацијената са метаболичким синдромом, који су два месеца лечени екстрактом ароније (Broncel 2010). Након периода терапије, дошло је до значајног пада систолног крвног притиска, LDL холестерола, укупног холестерола, триглицерида и значајног повећања ензима каталазе.

Полифенолни екстракт плода ароније остварио је значајно антикоагулантно деловање, продужено време коагулације крви (АРТТ-активирано парцијално тромбoplastинско време, РТ-продужено протромбинско време и ТТ-тромбинско време), као и смањење максималне брзине полимеризације фибрина у хуманој плазми (Вијак 2011). Такође, показано је да аронија има потенцијал да инхибира агрегацију тромбоцита. Наиме, она *in vitro* утиче на неке кораке активирања тромбоцита (адхезија тромбоцита за колаген и агрегација тромбоцита) и производњу реактивних врста кисеоника у тромбоцитима у миру и тромбоцитима активираних тромбином. Плод ароније значајно смањује инфламацију у крвним судовима и тако штити од атерогених промена у аотри и коронарним крвним судовима (Borowska 2016).

### ***Антитуморски ефекти***

Постоје епидемиолошки докази који указују да исхрана која подразумева конзумацију веће количине воћа богатог антиоксидансима смањује ризик од одређених врста карцинома. Стога неки антиоксиданси из хране могу представљати добру превенцију за појаву карцинома. За сада је идентификовано неколико механизма којим полифенолни екстракти ароније остварују хемопревентивне ефекте (спречавање оксидације, смањење оксидационог стреса, индукција ензима укључених у процесе детоксикације, индукција апоптозе за заустављање ћелијског циклуса, регулација имунског система домаћина, антиинфламаторна активност и промене у ћелијској сигнализацији) (Mates 2012).

# **II**

## **ЦИЉЕВИ СТУДИЈЕ**

## 2. ЦИЉЕВИ СТУДИЈЕ

Општи циљ студије био је да се испитају утицаји полних разлика и употребе концентрованог сока ароније богатог полифенолима на превенцију настајања оксидационог стреса током акутног физичког оштећења код појединаца који се активно баве рукометом.

Специфични циљеви били су:

- Испитивање ефеката тромесечне конзумације концентрованог сока ароније на нивое параметара оксидационог стреса: нитрита ( $\text{NO}_2^-$ ), супероксид анјон радикала ( $\text{O}_2^-$ ), водоник пероксида ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) и индекса липидне пероксидације, мереног као TBARS, током акутног теста оптерећења на тредмилу.
- Испитивање ефеката тромесечне конзумације концентрованог сока ароније на нивое параметара антиоксидационе заштите: каталазе (CAT), редукованог глутатиона (GSH) и супероксид дисмутазе (SOD), током акутног теста оптерећења на тредмилу.
- Испитивање ефеката тромесечне конзумације концентрованог сока ароније на телесни састав: индекс телесне масе (BMI), проценат масти у организму, укупна мишићна маса, укупна маса масног ткива, количина и расподела воде у организму и количина минерала у телу.
- Испитивање ефеката тромесечне конзумације концентрованог сока ароније на основне биохемијске параметре: глукоза, еритроцити, леукоцити, тромбоцити и хемоглобин.
- Испитивање ефеката тромесечне конзумације концентрованог сока ароније на параметре очуваности функцију бубрега, праћењем нивоа уреје и креатинина.
- Испитивање ефеката тромесечне конзумације концентрованог сока ароније на параметре очуваности функцију јетре, праћењем нивоа ензима и укупног билирубина.
- Испитивање ефеката тромесечне конзумације концентрованог сока ароније на нивое масних киселина и то засићених, мононезасићених и полинезасићених масних киселина.
- Испитивање ефеката тромесечне конзумације концентрованог сока ароније на спироергометријске параметре: максимална потрошња кисеоника ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ ) као основна и интегрална мера аеробне способности (тј. директна процена аеробне моћи), анаеробни праг (ANP) за процену стања тренираности (тј. процена аеробне ефикасности)
- Испитивање ефеката тромесечне конзумације концентрованог сока ароније на нивое хормона хипоталамусно-хипофизно-надбубрежне осовине: тиреостимулишући хормон (TSH), тироксин ( $\text{T}_4$ ), тријодтиронин ( $\text{T}_3$ ), кортизол (CORT) и инсулин.

**III**  
**МАТЕРИЈАЛ И**  
**МЕТОДЕ**



### 3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

#### 3.1 Дизајн студије

У студију је укључено укупно 40 спортиста који се професионално баве рукометом. Учесници студије су подељени у 4 групе у зависности на основу пола и дијететског режима и то:

1. група – здрави добровољци мушког пола који се професионално баве рукометом и користе концентровани сок од ароније (n=10)
2. група – здрави добровољци мушког пола који се професионално баве рукометом и користе плацебо (n=10)
3. група – здрави добровољци женског пола који се професионално баве рукометом и користе концентровани сок од ароније (n=10)
4. група – здрави добровољци женског пола који се професионално баве рукометом и користе плацебо (n=10)

Критеријуми за укључење у студију били су да се добровољац професионално бави рукометом, да је у тренутку укључења у студију здрав и без активних спортских повреда, да не користи никакве лекове и додатке исхрани најмање месец дана пре укључења у студију. У циљу добијања ових информација коришћени су стандардизовани упитници спроведени од стране квалификованог нутриционисте. Пре укључења у студију сви учесници (или њихове родитељи, у случају када су испитаници били млађи од 18 година) су били упознати са протоколом студије и потписали су документ за пристајак за учешће у студији.

Свим учесницима су у тренутку укључења одређене базалне вредности свих параметара од интереса. Након тога је током 3 месеца спроведен планирани дијететски режим, који је за учеснике 1. и 3. групе подразумевао узимање концентрованог сока од ароније, а за учеснике 2. и 4. групе узимање плацеба. Добровољци су сваког јутра, пре тренинга, током трајања експерименталне студије узимали 30 ml концентрованог сока ароније или плацеба. Након завршене нутритивне интервенције поновљено је мерење свих параметара од интереса. Током трајања студије учесници 1. и 2. групе, као и учесници 3. и 4. групе су имали исти програм тренинга и исхране (осим узимања концентрованог сока од ароније).

Студија је одобрена од стране Етичког комитета Војномедицинске академије (Београд, Србија). Студија је осмишљена у складу са законским прописима који регулишу област клиничких испитивања, свим етичким принципима Добре клиничке праксе (*Good Clinical Practice - GCP*), етичким принципима садржаним у Хелсиншкој декларацији.

### 3.2 Антропометријска мерења

У циљу квантификације морфолошких особина и добијања објективне слике о утицају тромесечне примене концентрованог сока ароније спроведена су антропометријска мерења. Сва антропометријска мерења урађена су по интернационалном биолошком програму (ИВР) и спроведена су ујутру на таште након обављања физиолошких потреба и то у тренутку укључења у студију и након спроведеног дијететског режима у све четири укључене групе спортиста.

Антропометријска мерења спроведена су на следећи начин:

- Употребом стадиометра је спроведено мерење висине тела и то коришћењем стандардизоване процедуре, прецизност мерења била је 1 cm, вредности су изражене у центиметрима (cm)
- Употребом апарата *Inbody 720*, спроведена је анализа биоелектричне импеданце (BIA). Ова анализа заснива се на принципу проласка наизменичне струје кроз тело различитим брзинама у зависности од његовог састава. Тело је већински састављено од воде са јонима кроз које лако циркулише електрична струја и других материја које спорије проводе струју (телесне масти, мишићна маса и кости). Упоредом овог апарата могуће је одредити:
  - Телесну масу изражену у килограмима (kg);
  - Количину воде у телу изражену у литрима (l) и то: укупну количину воде (TBW), количину воде у екстрацелуларном (ECW) и интрацелуларном простору (ICW);
  - Количину протеина у телу изражену у килограмима (kg);
  - Количину минерала у телу изражену у килограмима (kg);
  - Количину липида у телу изражену у килограмима (kg);
  - Однос удела мишића и липида изражену у килограмима (kg) (маса скелетних мишића (SMM) и маса телесних масти (BFM));
  - Процена гојазности кроз процену индекса телесне масе (BMI, kg/m<sup>2</sup>), проценат телесних масти (PBF, % ) и однос обима кука и струка (WHR);
  - Симетричност тела поређењем тежине левих и десних екстремитета, изражено у килограмима (kg);
  - Базални метаболизам изражен у килокалоријама (kcal).

### 3.3 Функционална испитивања

Функционална испитивања су коришћена за одређивање аеробне снаге. Ова испитивања су спроведена употребом траке за трчање Lode (Гронинген, Холандија). За потребе овог истраживања коришћен је модификован протокол оптерећења по *Brusse*-у који је у првој минути подразумевао потпуно мировање током којег су праћени сви параметри од интереса. Након тога је уследило загревање и сам тест који су подразумевали почетну брзину од 6 km/h која се повећавала за 2 km/h на свака три минута, док је почетни нагиб траке за трчање износио 3<sup>0</sup> и увећавао се циклично, као и брзина траке на свака три минута, за по 2<sup>0</sup>. Тест није био временски ограничен, већ су се ове вредности повећавале до достизања максимума сваког испитаника понаособ.



Слика 12. Апарат за анализу биоелектричне импеданце

Током теста оптерећења коришћен је систем за директно мерење аеробног капацитета *breath by breath* методом, употребом UltimaPro спироергометра (Medgraphic, St. Paul, Minnesota, USA). Током спровођења теста оптерећења испитаник на лицу има маску са протоком кисеоника, а спироергометар омогућава директно мерење потрошње кисеоника и производње угљен диоксида. Анализатор гасова се калибрише директно пре сваког мерења коришћењем стандардизованог референтне комбинације угљен-диоксида и кисеоника ( $\text{CO}_2:\text{O}_2$  - 2%:12%). Такође, сензор који мери проток и запремину гасова се калибрише непосредно пре сваког теста. Потрошња кисеоника је мерена *breath by breath* методом, при чему су се бележиле средње вредности у реалном времену (сензори за  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$  бележе промене на мање од 0,18 sec). Тест је прекидан када су учесници достигли максимални ниво оптерећења и када су испунили два од три критеријума (да приликом промене нивоа оптерећења не долази до повећања апсолутне вредности максималне кисеоничне потрошње  $\text{VO}_{2\text{max}}$  од 150 ml, да је достигнута максимална предвиђена фреквенца и да је респираторни коефицијент већи од 1,10).

Током теста оптерећења мерени су следећи параметри од интереса:

- $a\text{VO}_2$  – апсолутна потрошња кисеоника, изражена у ml/min
- $r\text{VO}_2$  - релативна потрошња кисеоника добијена на основу апсолутне потрошње кисеоника прерачунате на основу тежине испитаника, изражена у ml/min/kg
- $\text{VCO}_2$  – апсолутна производња угљен-диоксида, изражена у ml/min
- RER – респираторни коефицијент, коефицијент респираторне размене гасова, добијен из односа апсолутне потрошње кисеоника и апсолутне производње угљен-диоксида ( $\text{VCO}_2/\text{VO}_2$ )
- HR – срчана фреквенца, изражена као број откуцаја у минути
- $\text{VO}_2/\text{HR}$  – кисеонични пулс ( $\text{O}_2$  pulse), добијен из односа апсолутне потрошње кисеоника и срчане фреквенце и представља показатељ ударног волумена, изражен у ml  $\text{O}_2$ /број откуцаја срца
- $\text{Vt BTPS}$  – тидал (дисајни) волумен, апсолутна вентилација, представља волумен ваздуха који се у миру удахне или издахне из плућа, изражен је у l
- RR – фреквенца дисања, изражена као број удисаја у минути
- $\text{Ve BTPS}$ – релативна вентилација, представља волумен ваздуха који се у миру удахне или издахне из плућа у минути, изражен је у l/min
- $\text{VE}/\text{VCO}_2$  - представља однос вентилације и производње угљен-диоксида, вентилаторни еквивалент за угљен диоксид
- $\text{VE}/\text{VO}_2$  - представља однос вентилације и производње кисеоника, вентилаторни еквивалент за кисеоник
- $\text{PEtO}_2$  – парцијални притисак издахнутог кисеоника на крају издисаја (ендтидални)
- $\text{PEtCO}_2$  – парцијални притисак издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја (ендтидални)

Сви ови параметри су мерени у три тренутка у миру, код достизања максималне потрошње кисеоник и код достизања анаеробног прага.



Слика 13. Апарат за функционална испитивања

### 3.4 Узорковање за биохемијске анализе

За потребе различитих биохемијских анализа узимани су узорци венске крви (4,5ml по епрувети). За прикупљање крви користиле су се вакумске епрувете са или без пуфера (у зависности од потреба даље анализе).

Од свих учесника студије крв је прикупљена на почетку (тј. пре почетка суплементације) и на крају експерименталног протокола. Оба пута крв је узимана у три тренутка током истог дана и то на следећи начин: први пут пре теста оптерећења (*basal*), други пут након завршеног теста оптерећења (*peak*) и трећи пут десет минута након завршеног теста оптерећења (*recovery*).

За одређивање масних киселина, крвне слике, липидног профила и других класичних биохемијских параметара коришћени су само узорци венске крви узети пре теста оптерећења.

За одређивање параметара оксидационог стреса коришћени су и узорци узети у преостала два тренутка. Након прикупљања венске крви крв се центрифугирала (10 минута на 3000 rpm) ради издвајања плазме у којој су потом одређивани прооксиданси: водоник пероксид, супероксид анјон радикал, нитрити и индекс липидне пероксидације. Након издвајања плазме у супернатанту, преостали талог је испиран три пута са једнаким волуменима физиолошког раствора, тако да однос буде 1/3 еритроцита и 2/3 физиолошког раствора, у циљу испирања еритроцита. Након сваког додавања физиолошког раствора смеша се хомогенизује на вортексу, а потом центрифугира током 10 минута на 3000 rpm. По завршеном испирању еритроцита се спроводи њихова лиза коришћењем 3 ml ледене дестиловане воде. Тако добијен лизат еритроцита се даље користио за одређивање антиоксиданаса, тј. активности ензима каталазе и супероксид дисмутазе и концентрације редукованог глутатиона.

### 3.5 Одређивање редокс равнотеже

#### 3.5.1 Одређивање прооксиданаса

##### *Одређивање индекса липидне пероксидације мереног као TBARS*

За одређивање индекса липидне пероксидације коришћен је узорак плазме, добијен центрифугирањем пуне крви, на претходно описан начин. Код ове анализе коришћена је индиректна метода, која је подразумевала мерење концентрације реактивних супстанци насталих додатком тиобарбитурне киселине.

**Поступак извођења анализе:** У 400  $\mu\text{l}$  тестираног узорка додаје се 200  $\mu\text{l}$  28% ТСА (трихлорсирћетне киселине) и тако добијена смеша се хомогенизује на вортексу. Након хомогенизације смеша се инкубира током 15 минута на  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а потом центрифугира 15 минута на 6000  $\text{rpm}$  у циљу издвајања супернатанта. У 400  $\mu\text{l}$  извојеног супернатанта додаје се 100  $\mu\text{l}$  1% ТВА (2-тиобарбитурне киселине) и инкубира током 15 минута на воденом купатилу ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). По завршетку инкубације на повишеној температури наставља се инкубација на собној температури током 10 минута након чега се мери апсорбанца узорака на таласној дужини од 530  $\text{nm}$ . Као слепа проба користи се смеша дестиловане воде и тиобарбитурне киселине, која се припрема на исти начин као и узорак. Добијене вредности апсорбанце се множе са корективним фактором у циљу добијања коначних вредности индиректно мереног индекса липидне пероксидације.

##### *Одређивање нитрита*

За одређивање концентрације нитрита коришћен је узорак плазме, добијен центрифугирањем пуне крви, на претходно описан начин. Овом анализом мерењем концентрације ослобођених нитрита индиректно можемо одредити концентрацију азот монооксида.

**Поступак извођења анализе:** У 200  $\mu\text{l}$  плазме додаје се два пута већа количина 20mM етилендиаминтетрасирћетне киселине (EDTA), као и два пута мања количина перхлорне киселине (РСА). Тако добијена смеша се хомогенизује на вортексу, а потом инкубира током 10 до 15 минута на  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (у фрижидеру). Након инкубације смеша се центрифугира 15 минута на 6000  $\text{rpm}$  и декантује се супернатант, а за даљи ток анализе се користи талог. У добијени талог се додаје 220  $\mu\text{l}$  калијум-карбоната ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), а потом се из тога узима 220  $\mu\text{l}$  екстракта који се пребацује у нову епендорфу. У епендорфу са екстрактом се додаје 250  $\mu\text{l}$  Griess-овог реагенса (овај реагенс садржи једнаке запремине 1 % сулфанилне киселине растворене у 5 % орто-фосфорној киселини и 0,1 % воденог раствора N-(1-нафтил)-етиленамин дихидрохлорида) и 125  $\mu\text{l}$  амонијачног пуфера. Ова смеша се инкубира током 15 минута на собној температури, након чега се индиректно мери количина ослобођеног азот монооксида, односно директно се мери количина ослобођених нитрита спектрофотометријски на таласној дужини од 550  $\text{nm}$ . Слепа проба се припрема мешањем 200  $\mu\text{l}$  дестиловане воде, 250  $\mu\text{l}$  Griess-овог реагенса и 125  $\mu\text{l}$  амонијачног пуфера. Добијене вредности апсорбанце се деле корекционим фактором како би се добиле финалне вредности.

### Одређивање супероксид анјон радикала

За одређивање концентрација супероксид анјон радикала коришћен је узорак плазме, добијен центрифугирањем пуне крви, на претходно описан начин. Ова анализа заснива се на реакцији супероксид анјон радикала са нитро тетразолијумом плавим (енгл. *nitro blue tetrazolium*) у којој настаје нитро формазон плава (енгл. *nitro formazon blue*).

**Поступак извођења анализе:** У 50  $\mu\text{l}$  узорка плазме додаје се 950  $\mu\text{l}$  есејне смеше за одређивање супероксид анјон радикала (вишекомпонентна смеша *ex tempore* припремљена пре саме анализе). Ову есејну смешу чине: 50 mM TRIS (Трис (хидроксиметил) аминометан), 0,1 mM EDTA, 0,1 mg/ml желатин и 0,1 mM NBT (нитро-тетразолијум плаво хлорид). Након додавања есејне смеше у узорак плазме, на таласној дужини од 550 nm три пута узастопно се мери апсорбанца (пре сваког мерења потребно је штапићем промешати садржај смеше). Као слепа проба користи се само есејна смеша. Након спроведених спектрофотометријских мерења узорка, од највеће добијене вредности апсорбанце одузета је најмања добијена вредност апсорбанце и тако добијен резултат је помножен корективним фактором.

### Одређивање водоник пероксида

За одређивање концентрација водоник пероксида коришћен је узорак плазме, добијен центрифугирањем пуне крви, на претходно описан начин. Ова анализа се заснива на оксидацији фенол црвеног (енгл. *phenol red*) деловањем присутног водоник пероксида. Ова реакција не би била могућа без присуства катализатора, ензима пероксидазе из рена (енгл. *peroxidase from horseradish*, HRPO).

**Поступак извођења анализе:** У 200  $\mu\text{l}$  узорка плазме додаје се четири пута већа количина раствора фенол црвеног (енгл. *Phenol Red Solution - PRS*) и 10  $\mu\text{l}$  катализатора, тј. HRPO. Након додавања катализатора смеша се инкубира на собној температури током 10 минута, а концентрација ослобођеног водоник пероксида израчунава се на основу стандардне криве. За добијање стандардне криве користи се шток раствор водоник пероксида из којег се праве три раствора различитих концентрација. Узима се 5, 10 и 20  $\mu\text{l}$  овог стандарда који се додаје у епрувете у којима се већ налази фенол црвено, дестилована вода и HRPO. Овако добијени раствори се инкубирају на претходно описан начин, а потом се мери њихова апсорбанца на таласној дужини од 530 nm. На основу добијених апсорбанци конституише се крива која потом служи за прорачун концентрација  $\text{H}_2\text{O}_2$  у узорцима. Слепа проба се припрема на исти начин као и узорци, с тим што се уместо 200  $\mu\text{l}$  плазме, додаје иста запремина дестиловане воде.

### 3.5.2 Одређивање антиоксиданаса

#### Одређивање активности супероксид дисмутазе (SOD)

За одређивање активности супероксид дисмутазе коришћен је лизат еритроцита, добијен на претходно описан начин. Коришћена је метода са адреналином заснована на праћењу смањења брзине аутооксидације у базној средини. Наиме, SOD присутна у лизату еритроцита уклања супероксид анион радикал и на тај начин спречава аутооксидацију адреналина. Активност супероксид дисмутазе се процењује кроз брзину аутооксидације и детектује се мерењем апсорбанце на спектрофотометру на таласној тужини од 470 nm.

**Поступак извођења анализе:** У 100  $\mu$ l лизата еритроцита додаје се 1 ml карбонатног пуфера, након чега се смеша хомогенизује употребом вортекса. У тако измешану смешу се додаје 100  $\mu$ l адреналина. Мерење активности ензима се спроводи на спектрофотометру на таласној дужини од 470 nm у дупликату. Као слепа проба се користи комбинација карбонатног пуфера и адреналина. Активност супероксид дисмутазе се изражава по граму хемоглобина (број/gHb). Након мерења на спектрофотометру, измерене вредности апсорбанци се одузимају, а потом се добијена вредност множи са корективним фактором и то на следећи начин:

$$x = ((x_1 - x_2)) * k$$

где је:

$x_1$  – вредност апсорбанце након првог мерења

$x_2$  – вредност апсорбанце након другог мерења

k – корективни фактор

#### Одређивање активности каталазе (CAT)

Активност каталазе се одређује у лизату еритроцита, добијеном на претходно описан начин. Метода одређивања активности каталазе се заснива на праћењу брзине разградње водоник пероксида у присуству овог ензима. Мерење активности каталазе се спроводи на спектрофотометру у секстету на таласној дужини од 230 nm.

**Поступак извођења анализе:** 100  $\mu$ l лизата еритроцита се разблажује додатком 10 ml дестиловане воде. Разблажени узорак се хомогенизује на вортексу и потом се из те смеше узима 100  $\mu$ l узорка. У разблежени узорак се додаје 100  $\mu$ l етанола, 50  $\mu$ l 20mM EDTA (етилен диамин тетра сирћетна киселина) и 1 ml 10 mM раствора водоник пероксида. Каталаза присутна у узорку започиње разградњу додатог водоник пероксида и та активност се бележи на спектрофотометру на таласној дужини од 230 nm. Активност каталазе се изражава као количина редукованог водоник пероксида ( $\mu$ M) у минути по mg протеина. Као слепа проба користи се етанол, 20mM EDTA и 10 mM раствор водоник пероксида у истим запреминама као и за узорак. Након што се шест пута измери узорак прорачунава се активност на следећи начин:



$$x = ((x_1 - x_3) + (x_2 - x_4) + (x_3 - x_5) + (x_4 - x_6)) / 4$$

где је:

- x<sub>1</sub> – вредност апсорбанце након првог мерења
- x<sub>2</sub> – вредност апсорбанце након другог мерења
- x<sub>3</sub> – вредност апсорбанце након трећег мерења
- x<sub>4</sub> – вредност апсорбанце након четвртог мерења
- x<sub>5</sub> – вредност апсорбанце након петог мерења
- x<sub>6</sub> – вредност апсорбанце након шестог мерења

#### *Одређивање редукованог глутатиона (GSH)*

Концентрација редукованог глутатиона се одређује у лизату еритроцита коришћењем методе по *Beutler*-у. Принцип ове методе се заснива на оксидацији глутатиона коришћењем 5,5–дитио-бис-6,2-нитробензојеве киселине (DTNB).

**Поступак извођења анализе:** У 50  $\mu\text{l}$  лизата еритроцита додаје се 200  $\mu\text{l}$  0,1% етилен диамин тетра сирћетне киселине и 385  $\mu\text{l}$  преципитационог пуфера (састављен од метафосфорне киселине, натријумове соли етилен диамин тетра сирћетне киселине и натријум хлорида). Смеша се хомогенизује на вортексу а потом инкубира на  $-20^{\circ}\text{C}$  током 15 минута. Након инкубација центрифугирањем током 10 минута на  $4000\text{ rpm}$  се издваја супернатант који се користи за даљи ток анализе. Издваја се 300  $\mu\text{l}$  супернатанта у који се додаје 750  $\mu\text{l}$  дихидро натријум-хидроген фосфата ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) и 100  $\mu\text{l}$  DTNB. Тако добијена смеша се инкубира током 10 минута на собној температури. Као слепа се користи смеша састављена од 300  $\mu\text{l}$  дестиловане воде, 750  $\mu\text{l}$   $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  и 100  $\mu\text{l}$  DTNB. Мерење концентрације редукованог глутатиона се спроводи спектрофотометријски у кварцним киветама на таласној дужини од 412 nm.

За одређивање концентрације редукованог глутатиона неопходна је и припрема свежих стандарда глутатиона растућих концентрација (15  $\mu\text{M}$ , 30  $\mu\text{M}$ , 45  $\mu\text{M}$  и 60  $\mu\text{M}$ ). Овако свеже припремљени стандарди се даље користе за одређивање концентрације редукованог глутатиона у њима на начин који је описан и за слепу пробу, само се уместо дестиловане воде користи 300  $\mu\text{l}$  сваког од стандардних раствора глутатиона.

На основу измерених апсорбанци стандарда по следећој формули се добија корективни фактор за даље прерачунавање:

$$x = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) / 4$$

где је:

- x<sub>1</sub> – вредност апсорбанце првог стандарда
- x<sub>2</sub> – вредност апсорбанце другог стандарда
- x<sub>3</sub> – вредност апсорбанце трећег стандарда
- x<sub>4</sub> – вредност апсорбанце четвртог стандарда
- x – вредност корективног фактора

За коначно прерачунавање вредности редукованог глутатиона се користи следећа формула:

$$a = a_1 / x * 92000$$

где је:

a – концентрација редукованог глутатиона

x – вредност корективног фактора

### 3.6 Одређивање крвне слике и биохемијских параметара

#### 3.6.1. Одређивање крвне слике

За одређивање крвне слике (пре теста оптерећења), пре и након периода суплементације, крв је прикупљана коришћењем вакумских епрувета са етилен диамин тетра сирћетном киселином као пуфером (EDTA). Хематолошке анализе су спроведене у Централној лабораторији Војно медицинске академије коришћењем следећих метода:

- ✓ Леукоцити - ове крвне ћелије су бројене коришћењем хематолошког бројача *Beckman Coulter LH780*. Наиме, проласком леукоцита суспендованих у раствору кроз пукотину задатог промера долази до промене електричног отпора што бројач региструје.
- ✓ Еритроцити - ове крвне ћелије су бројене коришћењем хематолошког бројача *Beckman Coulter LH780*. Наиме, проласком еритроцита суспендованих у раствору кроз пукотину задатог промера долази до промене електричног отпора што бројач региструје.
- ✓ Хемоглобин - за одређивање хемоглобина коришћена је цијанметхемоглобинска метода, која се заснива на стварању комплекса цијанметхебоглобина између гвожђа у хемоглобину и додатих цијанидних јона. Тако добијени комплекс даје апсорпциони максимум на таласној дужини 540 nm, што се мери спектрофотометријски.
- ✓ MCV (просечан волумен еритроцита) - прорачунава се коришћењем бројача *Beckman Coulter LH780*.
- ✓ Хематокрит - прорачунава се математички као производ просечног волумена и броја еритроцита.
- ✓ MCHC (просечна концентрација хемоглобина у 11 еритроцита) - прорачунава се на основу односа концентрација хемоглобина у еритроцитима и хематокритне вредности.
- ✓ MCH (просечна количина хемоглобина у еритроцитима) - прорачунава се као однос просечне концентрације хемоглобина у 11 еритроцита и броја еритроцита.
- ✓ RDW (мера варијабилности еритроцита) – коришћењем бројача *Beckman Coulter LH780* мерена је варијабилност волумена еритроцита.
- ✓ Тромбоцити - ове крвне ћелије су бројене коришћењем хематолошког бројача *Beckman Coulter LH780*. Наиме, проласком тромбоцита суспендованих у раствору кроз пукотину задатог промера долази до промене електричног отпора што бројач региструје.

### 3.6.2 Одређивање осталих биохемијских параметара

За одређивање осталих биохемијских параметара (пре теста оптерећења), пре и након периода суплементације, крв је прикупљана коришћењем вакумских епрувета без пуфера. Хематолошке анализе су спроведене у Централној лабораторији Војно медицинске академије коришћењем следећих метода:

- ✓ Глукоза – коришћен је ензимски метод са хексакиназом. Принцип методе је фосфорилација присутне глукозе деловањем аденозин три фосфата, тако настали фосфат оксидује у присуству глукоза-6-фосфат дехидрогеназе до никотинамид аденин динуклеотида који се детектује коришћењем *Beckman Coulter AU680* бројача.
- ✓ Уреа – је одређивана индиректном ензимском методом. Ова метода се заснива на каталитичкој разградњи уреје деловањем ензима уреазе до амонијака. Настали амонијак се квантификује коришћењем *Beckman Coulter AU680* бројача.
- ✓ Креатинин – је одређиван коришћењем модификоване *Jaffe*-ове методе. Наиме, креатинин са пикринском киселином у алкалним условима гради комплекс наранцасто-црвене боје. Овај комплекс има максимални апсорпциони пик на таласној дужини од 490 nm, међутим пикринска киселина није селективна па са преко 50 различитих једињења у крви може стварати комплексе. Због тога није коришћена класична, већ модификована (кинетичка) *Jaffe*-ова метода где се мери почетна брзина развијања боје, јер од свих осталих супстанци креатинин најбрже ствара комплекс са пикринском киселином.
- ✓ Протеини укупни – су одређивани модификованом биуретском методом. Наиме, пептидна веза присутна у протеинима у јако базној средини са бакром гради комплекс љубичасте боје, који има два апсорпциона пика на 545 nm и 260 nm. Интензитет настале боје је директно пропорционалан броју пептидних веза, а самим тим и концентрацији укупних протеина у узорку крви.
- ✓ Албумин – је одређиван спектофотометријском методом бромкрезол-зелено. Наиме, у киселим условима (при рН вредности од око 4,2) албумин из серума ствара комплекс са бојом бромкрезол-зелено, чији је апсорпциони максимум на 630 nm. Измерена апсорбанца тако добијеног комплекса је пропорционална концентрацији албумина у серуму.
- ✓ Билирубин укупни – је одређиван модификованом дијазо методом и представља збирну концентрацију коњугованог и некоњугованог билирубина. Билирубин у базној средини реагује са сулфанилном киселином (рН вредност  $\approx 13$ ) стварајући два азодиприола плаве боје. Као акцелератор је коришћен кофеин бензоат, како би се убрзала реакција некоњугованог билирубина и сулфанилне киселине.
- ✓ Калцијум – је одређиван спектрофотометријски, методом са арсеназо III. Наиме, калцијум са арсеназо III (2,2-[1,8 -дихидрокси-3,6-дисулфонафтилен-2,7-бисазо]-бисбензенарсонска киселина) гради комплекс љубичасте боје, који има апсорпциони максимум на таласној дужини од 650 nm. Интензитет боје је директно пропорционалан концентрацији калцијума у серуму.
- ✓ Фосфор – је одређиван модификованом *Daly* и *Ertingshausen* методом. Наиме, неоргански фосфор у реакцији са молибдатом ствара хетероплоикисели

- комплекс, чији је максимум апсорпције на 360 nm. Донијена апсорбанца је директно пропорционална концентрацији неорганског фосфора у серуму.
- ✓ Гвожђе – концентрација серумског гвожђа је одређивана *Schade* методом, спектрофотометријски коришћењем *Beckman Coulter AU680* апарата.
  - ✓ Триглицериди – за одређивање триглицерида коришћен је GPO-PAO спектрофотометријски метод. Ова метода се заснива на хидролизи триглицерида деловањем липопротеинске липазе, при чему настају глицерол и масне киселине. У присуству глицерол киназе настали глицерол се фосфорилизује до глицерол-3-фосфата, који потом оксидује у присуству глицерол-3-фосфар оксидазе (GPO), стварајући водоник пероксид. Водоник пероксид у присуству пероксидазе са 4 аминоквинурином гради молекул чији се интензитет боје прати и директно је пропорционалан концентрацији триглицерида у серуму.
  - ✓ Холестерол - је одређиван ензимском методом. Ова метода се заснива на хидролизи холестеролских естера у присуству ензима холестерол естераза, при чему настају холестерол и масне киселине. Тако настали холестерол оксидује у присуству холестерол оксидазе и настаје холест-4-ен-3он и водоник пероксид. Водоник пероксид са хромогеном у присуству пероксидазе даље формира обојени комплекс. Интензите боје је директно пропорционалан концентрацији холестерола у крви и одређује се спектрофотометријски на таласној дужини од 510 nm.
  - ✓ AST – за одређивање активности аспартат аминоквинуриде коришћен је кинетички IFCC спектрофотометријски UV метод. Наиме, овај ензим учествује у катализи трансминације аминоквинуриде из аспартата на 2-оксоглутарат при чему настаје L-глутамат и окалацетат. Оксалацетат се даље у присуству ензима MDH и коензима NADH редукује до L-малата, док се NADH редукује до NAD<sup>+</sup>. Услед потрошње NADH смањује се и активност AST, што се прати спектрофотометријски на таласној дужини од 340 nm.
  - ✓ ALT - за одређивање активности ензима аланин аминоквинуриде (ALT) коришћен је кинетички IFCC спектрофотометријски UV метод. Наиме, овај ензим учествује у катализи трансминације аминоквинуриде из аланина на 2-оксоглутарат при чему настају пируват и L-глутамат. У присуству ензима LDH и коензима NADH пируват се редукује до L-лактата. Измерена брзина оксидације NADH је директно пропорционална заправо активности ALT.
  - ✓ GGT - активност гама-глутамил-квинуриде (GGT) је одређивана кинетичким IFCC спектрофотометријским UV методом. Наиме, принцип методе се заснива на катализи преноса гамаглутамила из супстрата ма глицилглицил, при чему настаје 5-амино-2-нитробензоат. Настајење овог молекула се прати спектрофотометријски на две таласне дужине 410 nm и 480 nm и ова промена је директно пропорционална активности гама-глутамил-квинуриде.
  - ✓ ALP – активност алкалне фосфатазе је одређивана кинетичким IFCC спектрофотометријским UV методом. Наиме, принцип методе се заснива на мерењу опсега квинуриде *p*-нитрофенил фосфата до *p*-нитрофенола у базним условима (рН вреднос 10,4). За одвијање ове квинуриде неопходно је присуство јона цинка и магнезијума као 2-амино-2-метил-L-пропанола. Степен промене апсорпције мери се на две таласне дужине 410 nm и 480 nm и ова промена је директно пропорционална активности алкалне фосфатазе.

### 3.7 Одређивање масних киселина

#### 3.7.1 Одређивање процентуалног удела масних киселина у фосфолипидима плазме

За потребе анализе маснокиселинског састава у узоцима плазме спортиста најпре су укупни липиди плазме екстраховани употребом смеше органских растварача и то хлороформа и метанола у односу 2:1 (v/v) (Folch 1957). У циљу спречавања оксидације масних киселина додат је 2,6-ди-терц-бутил-4-метилфенол (ВНТ; 10 mg/100 mL) као антиоксиданс. Тако добијена смеша се након мућкања пропуштала кроз слој натријум сулфата и упаравала до сува. Тако добијен пречишћени екстракт се поново растварао у претходно поменутој смеси растварача и потом су употребом једнодимензионалне танкослојне хроматографије (TLC) раздвојене класе липида и то пре свега фосфолипидна фракција која се користила за даљу анализу.

Танкослојна хроматографија је спроведена на плочама силика гела (*Merck, Darmstadt, Germany*), употребом неутралног система липидних растварача хексан: диетил етар: ацетатна киселина (87:12:1, v/v/v). Ултразубичаста лампа је коришћена за идентификацију издвојених фракција. Масне киселине присутне у издвојеној фракцији су даље подвргнуте трансметилацији при чему су добијени метил естри масних киселина. Добијање естара је спроведено додатком 2М натријум-хидроксида у метанолу у масне киселине издвојене из силика гела додатком хексана. Након додатка натријум-хидроксида смеша се захревала током једног часа на температури од 85 °C. Након тога у смешу је додата 1М сумпорна киселина у метанолу и наставило се даље загревање на истој температури током 2 часа. Након што је процес трансметилације завршен, смеша се центрифугирала током 15 минута а хексан је упарен (Tepsic 2009).

Гасно-течна хроматографија *Shimadzu GC 2014 (Shimadzu Co, Tokyo, Japan)* је даље коришћена за издвајање метил естара масних киселина. За издвајање је коришћена капиларна колона (*Rtx 2330, RESTEK, USA*). Издвојени метил естри масних киселина су растварани непосредно пре анализе у хексану и потом пребацивани у колону у циљу идентификације. Издвојене масне киселине су идентификоване поређењем њихових ретенционих времена са вредностима ових параметара за одговарајуће аналитичке стандарде (*Sigma Chemical Co, St. Louis, Missouri, USA* и *Restek Co, Bellefonte, Pennsylvania, USA*). Резултати добијени на овај начин биће представљени у процентима у делу резултати.

#### 3.7.2 Одређивање активности ензима укључених у биосинтезу масних киселина

Активности ензима који су укључени у биосинтезу масних киселина, десатуразе и елонгазе, процењени су као односи производа и прекурсора из којег производ настаје.

- Процена активности 5-десатуразе израчуната је коришћењем односа арахидонске и дихомо- $\gamma$ -линоленске киселине (20:4n-6/20:3n-6),
- Процена активности 6-десатуразе и елонгазе је израчуната из односа дихомо- $\gamma$ -линоленске и линолне киселине (20:3n-6/18:2n-6)
- Процена активности 9-десатуразе израчуната је на основу односа олеинске и стеаринске киселине (18:1n-9/18:0)

- Процена активности елонгазе израчуната је на основу односа стеаринске и палмитинске киселине (18:0/16:0) (Petrović 2014).

### 3.8 Статистичке анализе

Све вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација. За потребе анализе резултата коришћени су различити статистички тестови у оквиру програма SPSS 20.0. За поређење вредности параметара у оквиру исте групе пре и након суплементације коришћен је непараметарски тест за везане узорке тј. Wilcoxon тест. Док је за поређење вредности између група коришћен непараметарски тест за независне узорке тј. Mann Whitney U тест. Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ .

**IV**  
**РЕЗУЛТАТИ**

## 4. РЕЗУЛТАТИ

### 4.1 Демографске и антропометријске карактеристике учесника

#### 4.1.1 Демографске карактеристике спортиста мушког пола

Демографске карактеристике спортиста мушког пола (контролна и експериментална група) приказане су у Табели 1. Након завршеног третмана није дошло до значајне промене вредности демографских карактеристика ни у једној од испитиваних група спортиста мушког пола (Табела 1).

Табела 1. Демографске карактеристике спортиста мушког пола

Демографске особине	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>Старост</b> (године)	17,11 ± 1,17	17,44 ± 1,51	16,86 ± 0,90	17,11 ± 1,05
<b>Висина</b> (cm)	167,75 ± 7,09	168,89 ± 7,04	172,14 ± 8,51	173,11 ± 7,56
<b>Тежина</b> (kg)	87,77 ± 12,53	90,53 ± 13,47	92,96 ± 16,47	95,93 ± 17,43
<b>ВМИ</b> (kg/m <sup>2</sup> )	23,60 ± 2,82	24,50 ± 2,94	24,76 ± 4,67	25,10 ± 5,35

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . ВМИ – индекс телесне масе

#### 4.1.2 Демографске карактеристике спортиста женског пола

Демографске карактеристике спортиста женског пола (контролна и експериментална група) приказане су у Табели 2. Након завршеног третмана није дошло до значајне промене вредности демографских карактеристика ни у једној од испитиваних група спортиста женског пола (Табела 2).

Табела 2. Демографске карактеристике спортиста женског пола

Демографске особине	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>Старост</b> (године)	18,62 ± 0,52	18,62 ± 0,52	18,00 ± 1,07	18,12 ± 0,83
<b>Висина</b> (cm)	192,62 ± 6,43	192,62 ± 6,43	193,87 ± 5,44	193,87 ± 5,44
<b>Тежина</b> (m)	63,73 ± 8,37	63,74 ± 8,99	63,94 ± 7,39	65,23 ± 7,99
<b>ВМИ</b> (kg/m <sup>2</sup> )	22,33 ± 2,38	22,62 ± 2,66	21,33 ± 2,00	21,99 ± 1,75

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . ВМИ – индекс телесне масе



### 4.1.3 Антропометријске карактеристике спортиста мушког пола

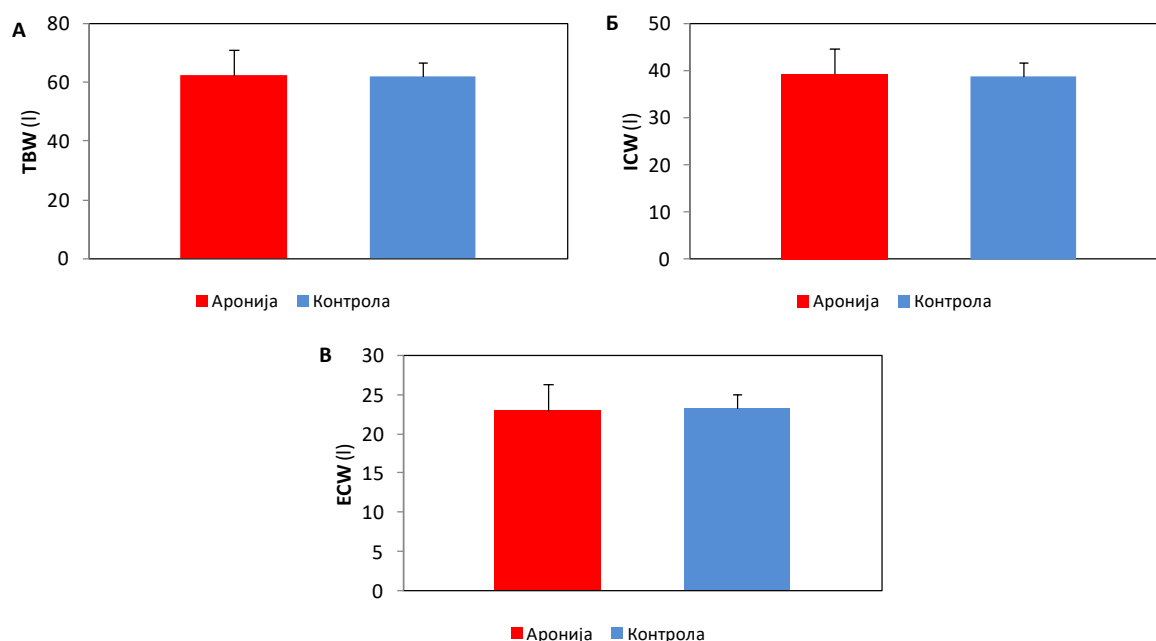
Антропометријске карактеристике спортиста мушког пола (контролна и експериментална група) приказане су у Табелама 3 - 5 и на Графицима 1 - 3.

Након завршеног третмана у групи спортиста мушког пола која је третирана аронијом статистички значајно се повећала количина укупне воде у организму ( $p=0,042$ ), као и количина воде у интрацелуларном ( $p=0,028$ ) и екстрацелуларном простору ( $p=0,046$ ), са друге стране те вредности се нису значајно мењале у групи контролној групи спортиста ( $p>0,05$ ) (Табела 3).

**Табела 3.** Количина и расподела воде код спортиста мушког пола

Антропометријске особине	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>TBW</b> (l)	59,85 ± 7,98	62,43 ± 8,65*	58,97 ± 5,73	61,96 ± 4,91
<b>ICW</b> (l)	37,66 ± 4,80	39,45 ± 5,27*	36,95 ± 3,53	38,76 ± 3,07
<b>ECW</b> (l)	22,20 ± 3,20	22,98 ± 3,40*	22,02 ± 2,22	23,20 ± 1,85

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . TBW - укупна количина воде; ECW - количина воде у екстрацелуларном простору и ICW – количина воде интрацелуларном простору



Вредности су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених након третмана у групама приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . TBW - укупна количина воде; ECW - количина воде у екстрацелуларном простору и ICW – количина воде интрацелуларном простору

**График 1.** Количина и расподела воде код спортиста мушког пола након спроведене суплементације

На графику 1 представљено је поређење вредности укупне количине воде, као и количине воде у екстрацелуларном и интрацелуларном простору након завршене суплементације соком од ароније или плацебом. Поређењем тих вредности нису уочене значајне разлике између група ( $p > 0,05$ ) (График 1 А-В).

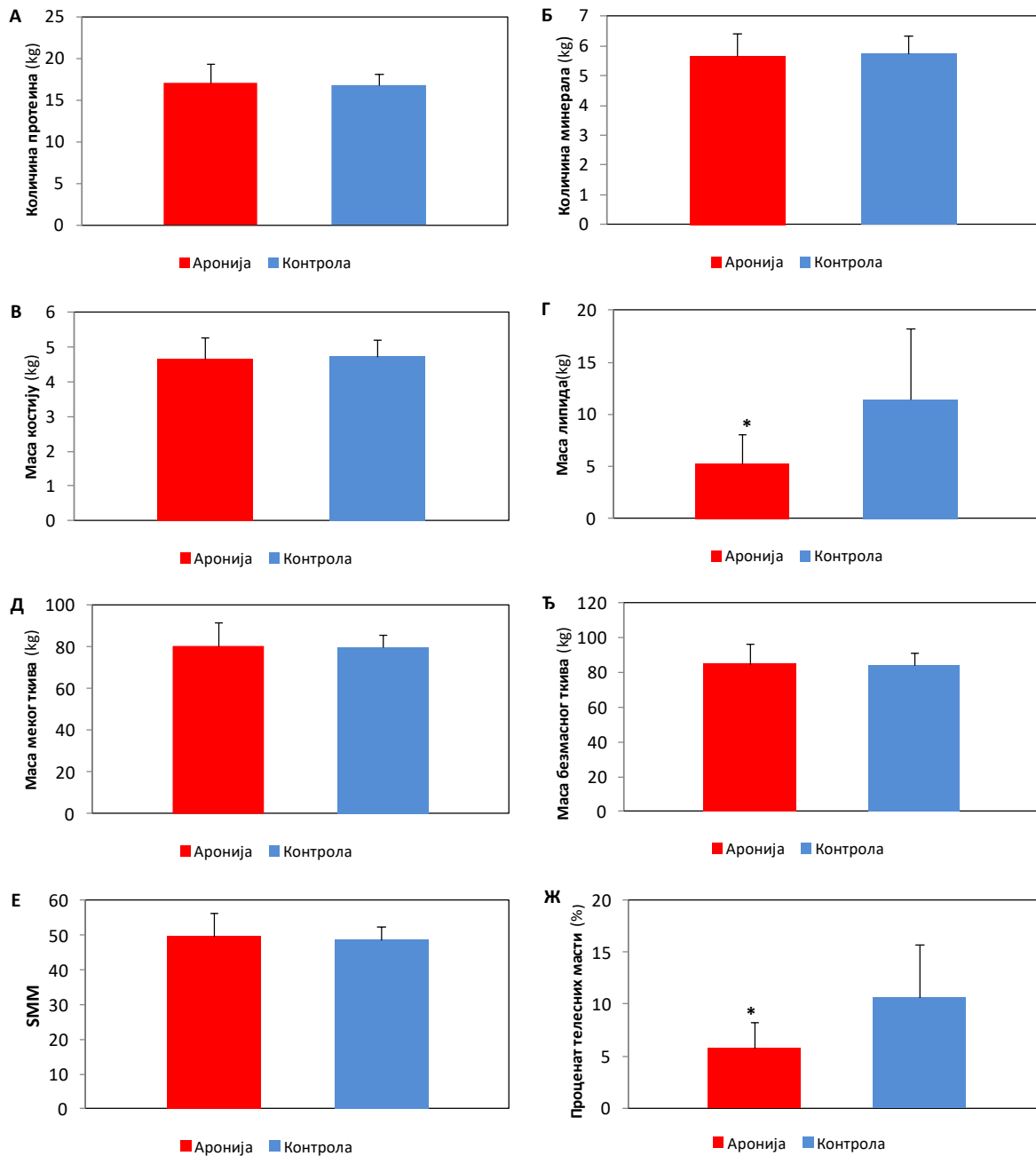
Количина протеина ( $p = 0,027$ ) се значајно повећала, док се маса ( $p = 0,046$ ), као и процентуални удео липида ( $p = 0,046$ ) значајно смањило у групи спортиста третираних аронијом, док то није био случај у контролној групи спортиста ( $p > 0,05$ ) (Табела 4). Такође, у групи спортиста третираних аронијом након завршеног третмана забележено је статистички значајно повећање масе: меког ткива ( $p = 0,028$ ), безмасног ткива ( $p = 0,028$ ) и скелетних мишића ( $p = 0,028$ ) (Табела 4). Ниједан од посматраних параметара се није статистички значајно променио у групи контролној групи спортиста мушког пола.

**Табела 4.** Заступљеност масти, протеина и минерала код спортиста мушког пола

Антропометријске особине	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
Количина протеина (kg)	16,27 ± 2,09	17,07 ± 2,26*	15,96 ± 1,52	16,76 ± 1,35
Количина минерала (kg)	5,49 ± 0,71	5,68 ± 0,74	5,59 ± 0,63	5,74 ± 0,59
Маса костију (kg)	4,50 ± 0,60	4,66 ± 0,62	4,63 ± 0,53	4,73 ± 0,49
Маса липида (kg)	6,19 ± 2,78	5,33 ± 2,73*	12,42 ± 8,78	11,47 ± 6,75
Маса меког ткива (kg)	77,07 ± 10,19	80,53 ± 11,07*	75,91 ± 7,34	79,73 ± 6,32
Маса безмасног ткива (kg)	81,59 ± 10,78	85,20 ± 11,67*	80,54 ± 7,86	84,46 ± 6,80
SMM	47,10 ± 6,28	49,47 ± 6,89*	46,17 ± 4,58	48,53 ± 4,05
% телесних масти (%)	6,87 ± 2,77	5,73 ± 2,58*	12,36 ± 7,57	10,69 ± 5,02

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . SMM - маса скелетних мишића

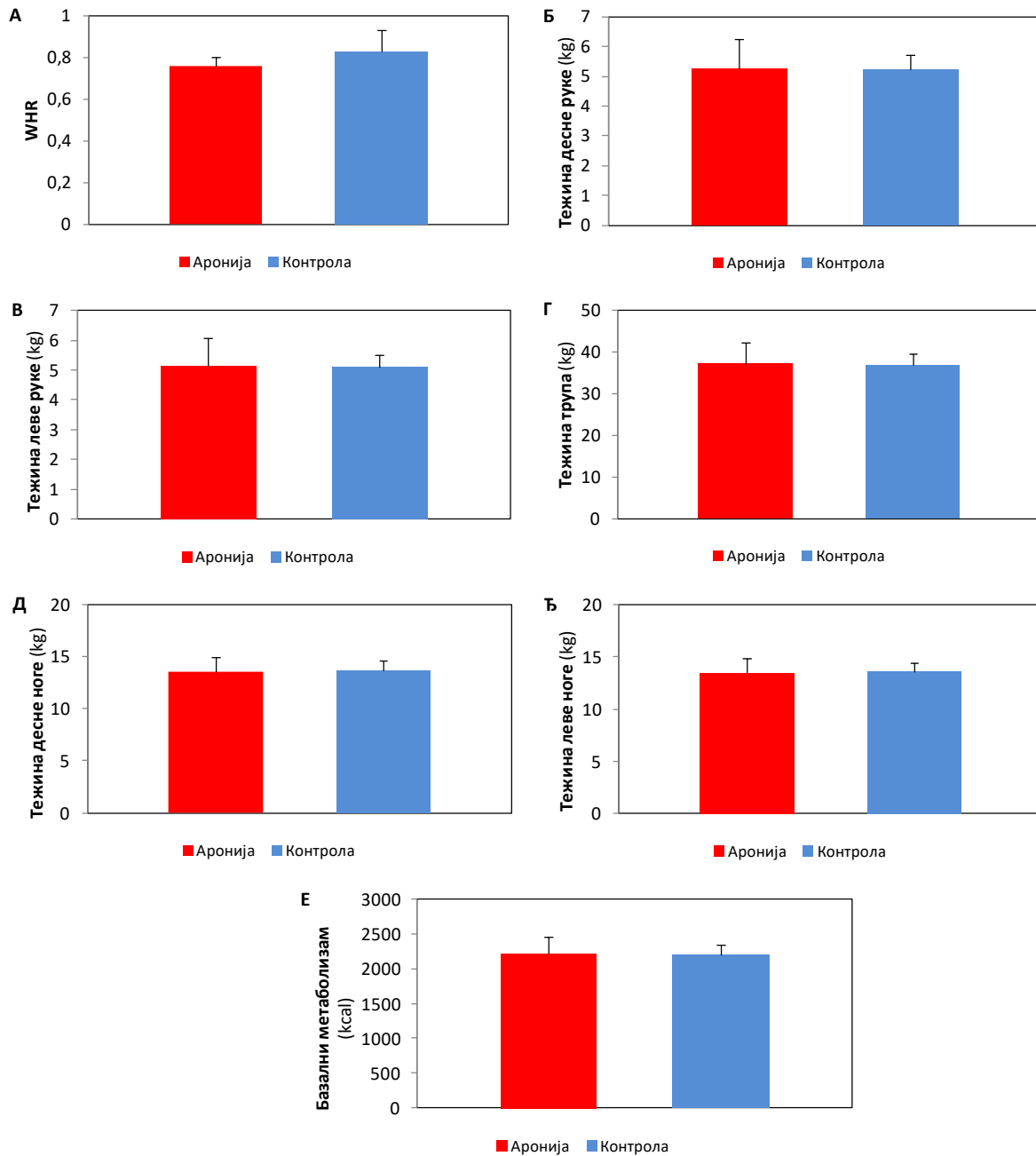
На графику 2 представљено је поређење вредности количине протеина и минерала, масе костију, скелетних мишића, липида, меког и безмасног ткива, као и проценат телесних масти након завршене суплементације соком од ароније или плацебом. Поређењем тих вредности уочене су значајно ниже вредности масе липида ( $p = 0,028$ ), као и процента телесних масти ( $p = 0,026$ ) у групи спортиста мушког пола који су користили сок од ароније у односу на групу спортиста која је користила плацебо (График 2 Г и Ж). Поређењем вредности осталих посматраних параметара након завршене суплементације соком од ароније и плацебом нису уочене значајне разлике између група ( $p > 0,05$ ) (График 2 А-В и Д-Е).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених након третмана у групама приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . SMM - маса скелетних мишића

**График 2** Заступљеност масти, протеина и минерала код спортиста мушког пола након спроведене суплементације

У групи спортиста третираној аронијом дошло је до значајног повећања масе горњих екстремита ( $p=0,046$ ) и тупа ( $p=0,048$ ), док се маса доњих екстремитета није значајно повећала ( $p>0,05$ ) (Табела 5). Такође, вредности базалног метаболизма су се у овој групи спортиста значајно повећале ( $p=0,028$ ) (Табела 5). У контролној групи спортиста мушког пола ниједан од посматраних параметара се није значајно променио ( $p>0,05$ ) (Табела 5).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . WHR - однос обима кука и струка

### График 3 Базални метаболизам и симетричност тела код спортиста мушког пола након спроведене суплементације

На графику 3 представљено је поређење вредности базалног метаболизма, тежине трупа, горњих и доњих екстремитета и однос обима кука и струка између групе спортиста мушког пола третиране соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности нису уочене значајне разлике међу групама спортиста мушког пола које су користиле сок од ароније и плацебо ( $p > 0,05$ ) (График 3 А-Е).

Табела 5 Базални метаболизам и симетричност тела код спортиста мушког пола

Антропометријске особине	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>WHR</b>	0,78 ± 0,04	0,76 ± 0,04	0,84 ± 0,09	0,83 ± 0,10
<b>Тежина десне руке (kg)</b>	4,99 ± 0,85	5,27 ± 0,98*	4,75 ± 0,60	5,22 ± 0,50
<b>Тежина леве руке (kg)</b>	4,92 ± 0,78	5,15 ± 0,93*	4,73 ± 0,50	5,08 ± 0,44
<b>Тежина трупа (kg)</b>	35,76 ± 4,46	37,15 ± 5,18*	34,74 ± 3,17	36,94 ± 2,67
<b>Тежина десне ноге (kg)</b>	13,07 ± 1,41	13,52 ± 1,43	12,92 ± 1,27	13,63 ± 1,00
<b>Тежина леве ноге (kg)</b>	13,11 ± 1,52	13,48 ± 1,43	12,86 ± 1,24	13,56 ± 0,92
<b>Базални метаболизам (kcal)</b>	2131 ± 233	2209 ± 253*	2109 ± 170	2194 ± 147

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . WHR - однос обима кука и струка

#### 4.1.4 Антропометријске карактеристике спортиста женског пола

Антропометријске карактеристике спортиста женског пола (контролна и експериментална група) приказане су у Табелама 6 – 8 и на Графицима 4 - 6.

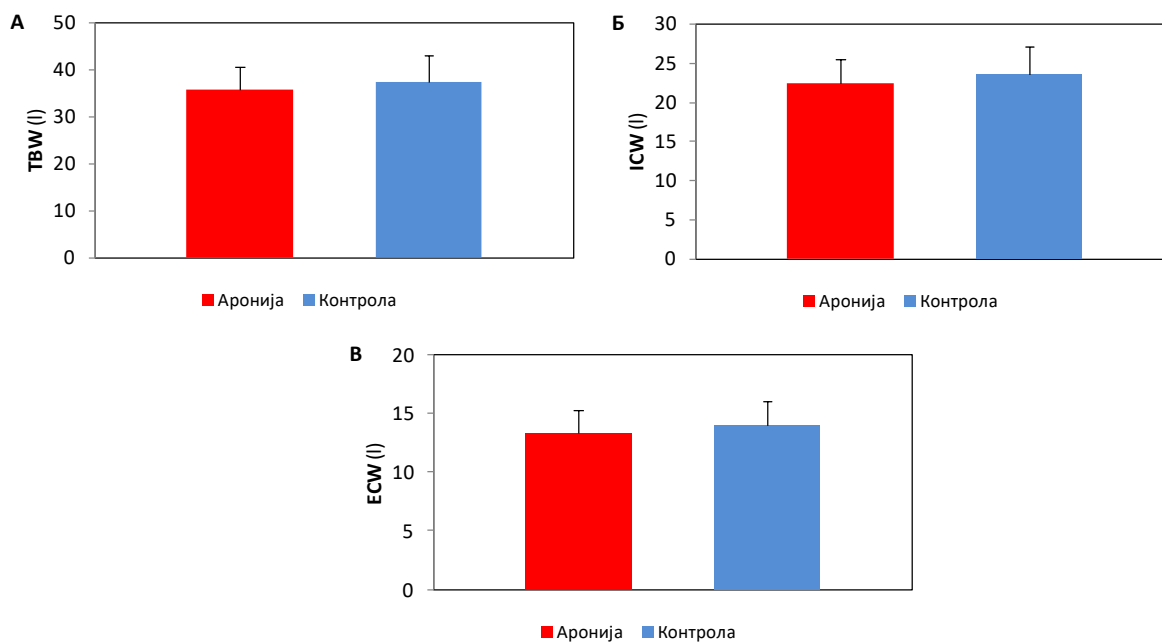
Код спортиста женског пола није дошло до значајне промене количине и расподеле воде у организму, без обзира на примењени дијететски режим ( $p > 0,05$ ) (Табела 6).

Табела 6. Количина и расподела воде код спортиста женског пола

Антропометријске особине	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>TBW (l)</b>	36,31 ± 4,94	35,80 ± 4,96	36,91 ± 4,86	37,50 ± 5,63
<b>ICW (l)</b>	22,50 ± 3,07	22,42 ± 3,09	22,74 ± 2,97	23,53 ± 3,55
<b>ECW (l)</b>	13,81 ± 1,89	13,37 ± 1,91	14,17 ± 1,92	13,97 ± 2,12

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . TBW - укупна количина воде; ECW - количина воде у екстрацелуларном простору и ICW – количина воде у интрацелуларном простору

На графику 4 представљено је поређење вредности укупне количине воде, као и количине воде у екстрацелуларном и интрацелуларном простору између групе спортиста женског пола третиране соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности нису уочене значајне разлике међу групама спортиста женског пола које су користиле сок од ароније и плацебо ( $p > 0,05$ ) (График 4 А-В).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . TBW - укупна количина воде; ECW - количина воде у екстрацелуларном простору и ICW – количина воде у интрацелуларном простору

**График 4** Количина и расподела воде код спортиста женског пола након спроведене суплементације

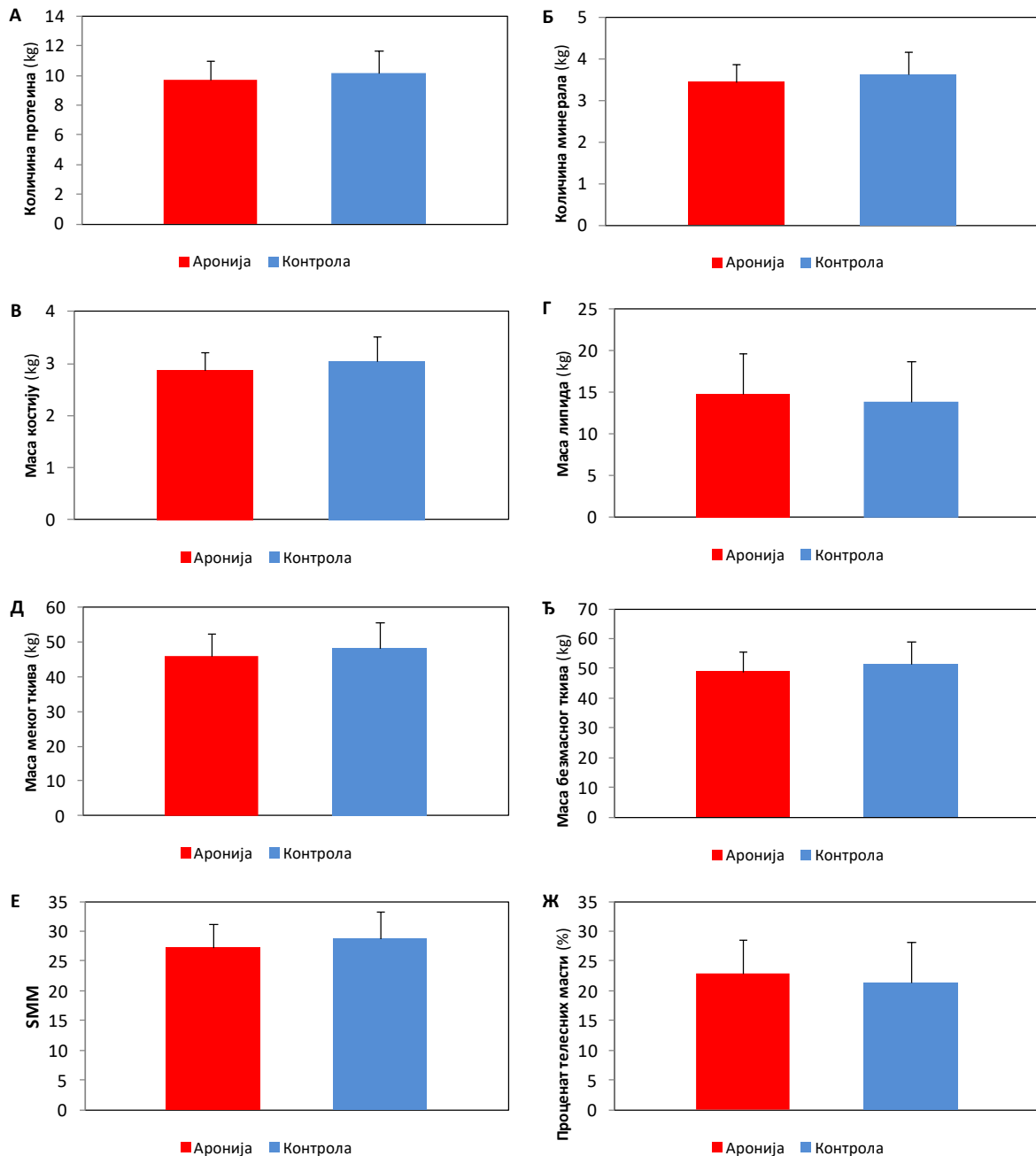
Код спортиста женског пола није дошло до значајне промене у заступљености масти, протеина и минерала у организму, без обзира на примењени дијететски режим ( $p > 0,05$ ) (Табела 7).

**Табела 7.** Заступљност масти, протеина и минерала код спортиста женског пола

Антропометријске особине	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
Количина протеина (kg)	9,71 $\pm$ 1,34	9,71 $\pm$ 1,31	9,83 $\pm$ 1,26	10,17 $\pm$ 1,55
Количина минерала (kg)	3,47 $\pm$ 0,47	3,46 $\pm$ 0,42	3,50 $\pm$ 0,47	3,64 $\pm$ 0,54
Маса костију (kg)	2,88 $\pm$ 0,36	2,87 $\pm$ 0,35	2,93 $\pm$ 0,41	3,04 $\pm$ 0,47
Маса липида (kg)	14,24 $\pm$ 3,91	14,79 $\pm$ 4,97	13,67 $\pm$ 3,89	13,91 $\pm$ 4,79
Маса меког ткива (kg)	46,61 $\pm$ 6,33	46,09 $\pm$ 6,39	47,38 $\pm$ 6,23	48,29 $\pm$ 7,26
Маса безмасног ткива (kg)	49,49 $\pm$ 6,70	48,96 $\pm$ 6,71	50,28 $\pm$ 6,61	51,31 $\pm$ 7,70
SMM	27,34 $\pm$ 4,01	27,27 $\pm$ 4,00	27,69 $\pm$ 3,86	28,67 $\pm$ 4,64
% телесних масти (%)	22,27 $\pm$ 4,47	22,97 $\pm$ 5,66	21,34 $\pm$ 5,51	21,33 $\pm$ 6,95

Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . SMM - маса скелетних мишића

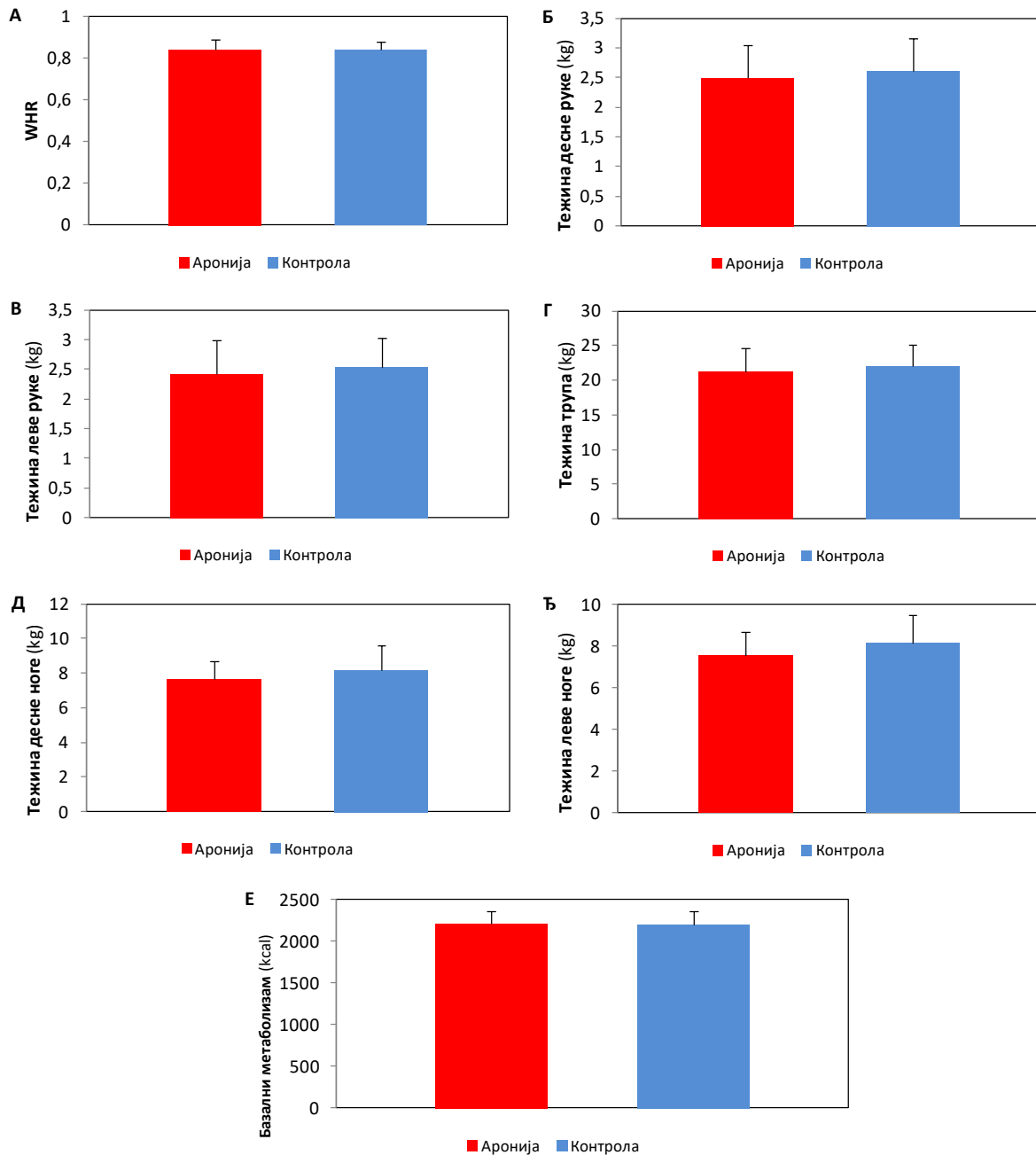
На графику 5 представљено је поређење вредности количине протеина и минерала, масе костију, скелетних мишића, липида, меког и безмасног ткива, као и проценат телесних масти након завршене суплементације соком од ароније или плацебом. Поређењем ових вредности нису уочене значајне разлике међу групама спортиста женског пола које су користиле сок од ароније и плацебо ( $p > 0,05$ ) (График 5 А-Ж).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . SMM - маса скелетних мишића

**График 5** Заступљеност масти, протеина и минерала код спортиста женског пола након спроведене суплементације

Код спортиста женског пола није дошло до значајне промене базалног метаболизма и симетричности тела, без обзира на примењени дијететски режим ( $p > 0,05$ ) (Табела 8).



Вредности су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . WHR - однос обима кука и струка

**График 6** Базални метаболизам и симетричност тела код спортиста женског пола након спроведене суплементације

На графику 6 представљено је поређење вредности базалног метаболизма, тежине трупа, горњих и доњих екстремитета и однос обима кука и струка између групе спортиста женског пола третиране соком од ароније и плацебом након завршеног



експерименталног протокола. Поређењем ових вредности нису уочене значајне разлике међу групама спортиста женског пола које су користиле сок од ароније и плацебо ( $p > 0,05$ ) (График 6 А-Е).

**Табела 8.** Базални метаболизам и симетричност тела код спортиста женског пола

Антропометријске особине	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>WHR</b>	0,84 ± 0,04	0,84 ± 0,05	0,83 ± 0,02	0,84 ± 0,04
<b>Тежина десне руке (kg)</b>	2,54 ± 0,52	2,50 ± 0,55	2,52 ± 0,48	2,60 ± 0,55
<b>Тежина леве руке (kg)</b>	2,49 ± 0,54	2,42 ± 0,56	2,49 ± 0,44	2,53 ± 0,49
<b>Тежина трупа (kg)</b>	21,50 ± 3,17	21,30 ± 3,28	21,57 ± 2,79	22,00 ± 3,15
<b>Тежина десне ноге (kg)</b>	7,79 ± 1,18	7,64 ± 1,02	8,24 ± 1,16	8,16 ± 1,41
<b>Тежина леве ноге (kg)</b>	7,75 ± 1,21	7,56 ± 1,13	8,25 ± 1,14	8,11 ± 1,38
<b>Базални метаболизам (kcal)</b>	1438 ± 145	1427 ± 145	1456 ± 143	1478 ± 167

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . WHR - однос обима кука и струка

## 4.2 Биохемијски параметри

### 4.2.1 Крвна слика код спортиста мушког пола

Вредности параметара крвне слике спортиста мушког пола у експерименталној и контролној групи приказане су у Табели 9 и на Графику 7.

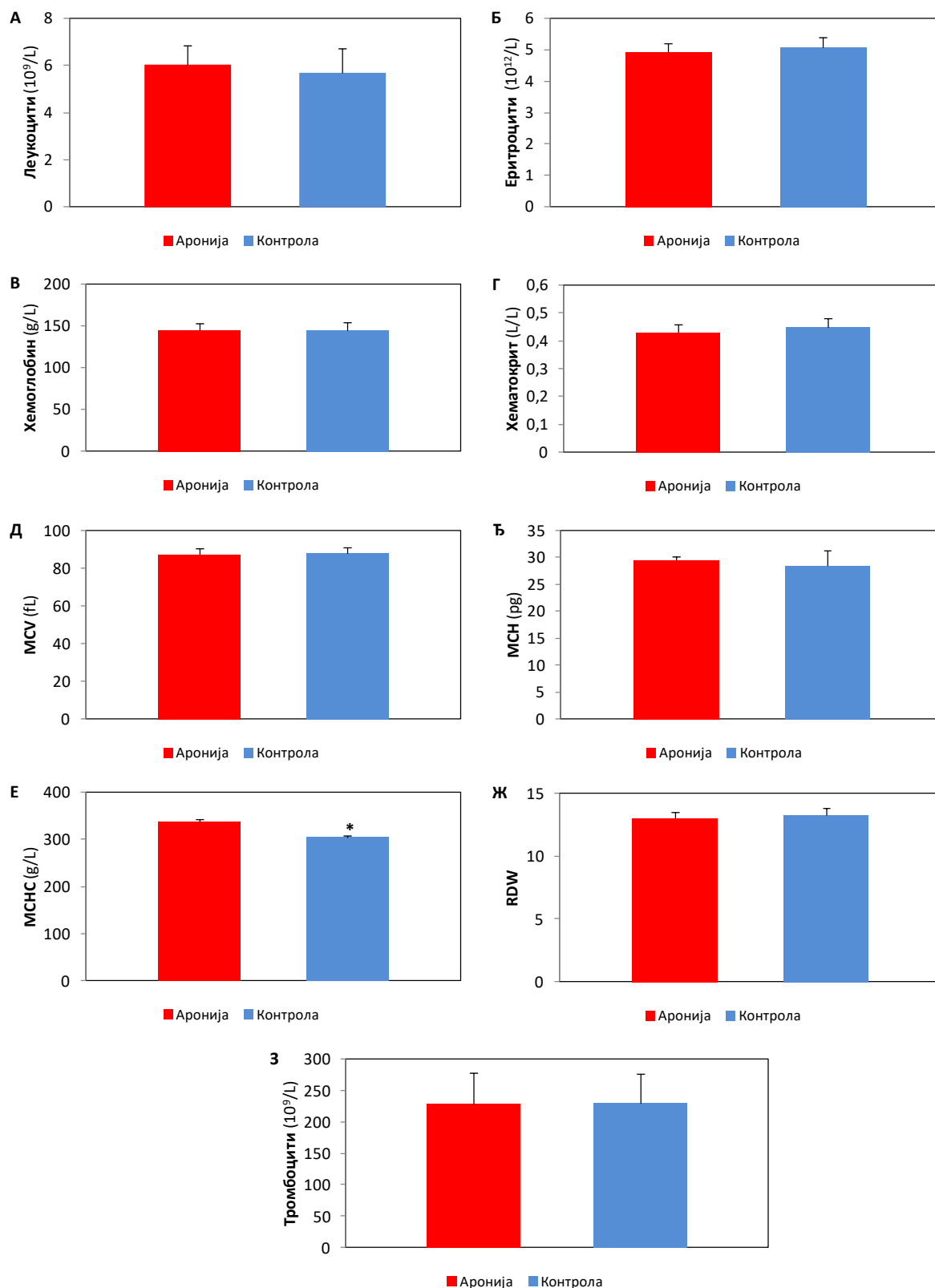
Табела 9. Параметри крвне слике код спортиста мушког пола

Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
Леукоцити ( $10^9/L$ )	6,06 ± 1,24	6,03 ± 0,82	6,34 ± 1,94	5,69 ± 1,04
Еритроцити ( $10^{12}/L$ )	5,07 ± 0,41	4,90 ± 0,30	5,14 ± 0,22	5,09 ± 0,31
Хемоглобин (g/L)	144,37 ± 12,58	144,17 ± 9,22	147,37 ± 6,74	144,29 ± 9,88
Хематокрит (L/L)	0,44 ± 0,04	0,43 ± 0,03	0,45 ± 0,02	0,45 ± 0,03
MCV (fL)	87,67 ± 2,75	87,57 ± 3,00	87,20 ± 3,61	88,04 ± 2,97
MCH (pg)	28,50 ± 1,50	29,38 ± 0,87*	28,71 ± 1,18	28,39 ± 1,54
MCHC (g/L)	325,12 ± 13,41	335,67 ± 7,94	329,50 ± 11,46	304,57 ± 4,40*
RDW	12,44 ± 0,77	13,03 ± 0,44*	13,00 ± 0,80	13,29 ± 0,54
Тромбоцити ( $10^9/L$ )	219,25 ± 42,60	228,67 ± 49,33	225,00 ± 39,10	228,86 ± 47,54

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . MCV – просечан волумен еритроцита, MCH – просечна количина хемоглобина у еритроцитима, MCHC – просечна концентрација хемоглобина у 11 еритроцита, RDW – мера варијабилности еритроцита

Наиме, у групи спортиста третираних аронијом дошло је до статистички значајног повећања вредности просечне количине еритроцита у хемоглобину ( $p=0,027$ ), као и варијабилности еритроцита ( $p=0,027$ ) (Табела 9). Док са друге стране у контролној групи спортиста дошло је до статистички значајног смањења просечне концентрације хемоглобина у 11 еритроцита ( $p=0,027$ ) (Табела 9).

На графику 7 представљено је поређење вредности параметара крвне слике (леукоцита, еритроцита и тромбоцита) између групе спортиста мушког пола третиране соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности уочене су значајно ниже вредности просечне концентрације хемоглобина у еритроцитима у контролној групи спортиста мушког пола у односу на групу која је користила сок од ароније ( $p = 0,022$ ) (График 7 Е), док међу осталим посматраним параметрима није постојала значајна разлика ( $p > 0,05$ ) (График 7 А-Ђ и Ж-З).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . MCV – просечан волумен еритроцита, MCH – просечна количина хемоглобина у еритроцитима, MCHC – просечна концентрација хемоглобина у 11 еритроцита, RDW – мера варијабилности еритроцита

**График 7** Параметри крвне слике код спортиста мушког пола

#### 4.2.2 Остали биохемијски параметри код спортиста мушког пола

Вредности осталих биохемијских параметара мерених код спортиста мушког пола приказани су у Табели 10 и на Графицима 8 и 9. У контролној групи спортиста мушког пола након завршеног третмана дошло је до статистички значајног смањења вредности глукозе ( $p = 0,017$ ), док са друге стране у групи спортиста на третману аронијом вредности глукозе се нису значајно мењале ( $p > 0,05$ ) и остале су у рефернтном опсегу (Табела 10). Вредности урее су значајно биле повишене у контролној групи спортиста мушког пола ( $p = 0,028$ ), док су у групи спортиста третираној аронијом биле сличне базалним вредностима ( $p > 0,05$ ) (Табела 10). Након завршеног третмана аронијом значајно су се повећале вредности гвожђа ( $p = 0,028$ ), док су се вредности холестерола значајно смањиле ( $p = 0,046$ ), овакве промене нису забележене у контролној групи спортиста ( $p > 0,05$ ) (Табела 10). Остали мерене параметри се нису значајно мењали након третмана у обе групе спортиста мушког пола ( $p > 0,05$ ) (Табела 10).

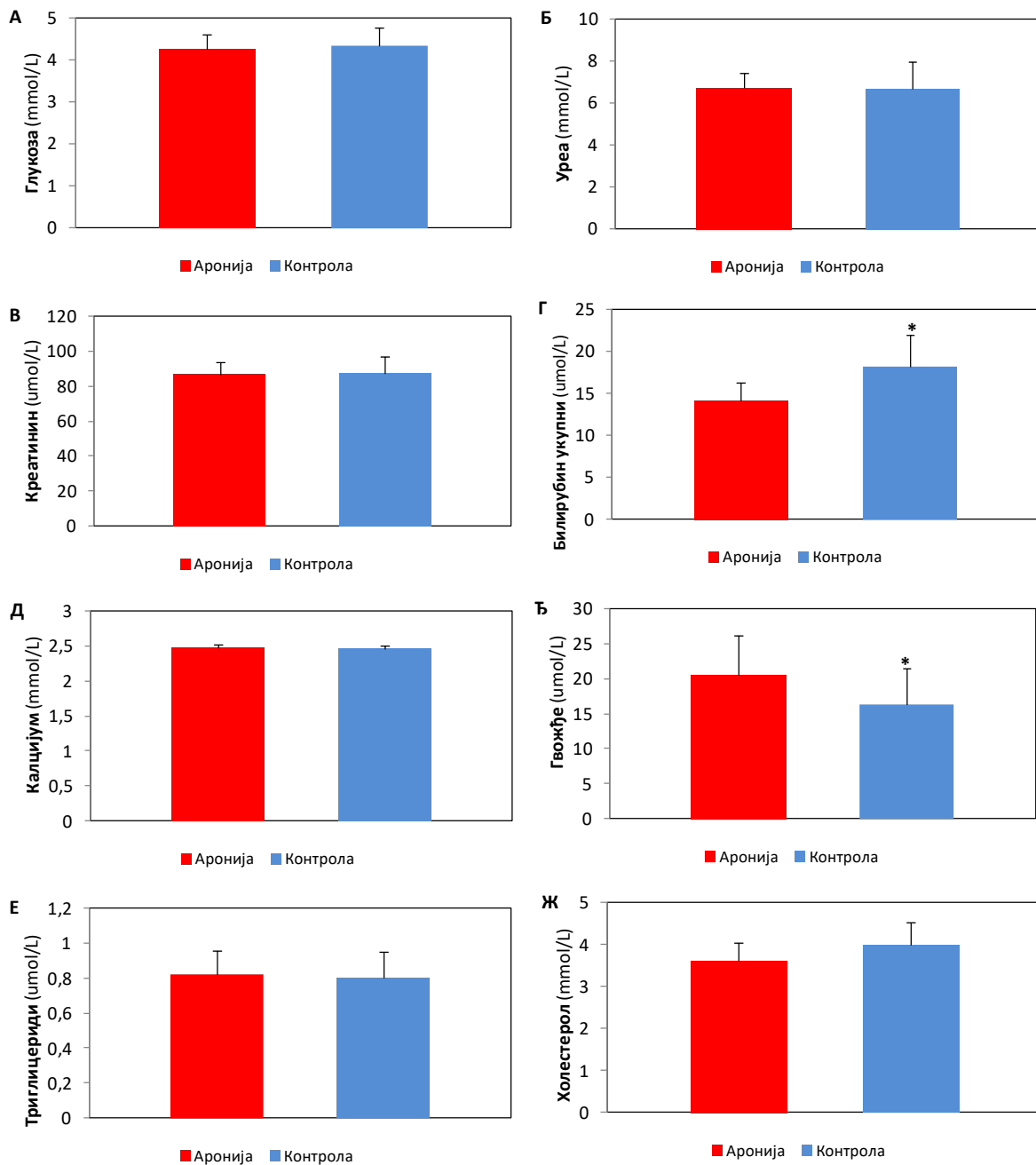
Табела 10. Остали биохемијски параметри код спортиста мушког пола

Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
Глукоза (mmol/L)	4,40 ± 0,34	4,27 ± 0,33	4,81 ± 0,26	4,33 ± 0,43*
Уреа (mmol/L)	6,27 ± 0,90	6,75 ± 0,66	5,95 ± 1,46	6,70 ± 1,30*
Креатинин (umol/L)	88,25 ± 14,62	86,83 ± 6,97	83,87 ± 5,64	87,29 ± 9,66
Билирубин укупни (umol/L)	11,50 ± 4,14	14,17 ± 2,14	15,12 ± 10,25	18,14 ± 3,80
Калцијум (mmol/L)	2,36 ± 0,11	2,47 ± 0,06	2,45 ± 0,07	2,45 ± 0,06
Гвожђе (umol/L)	13,25 ± 4,53	20,50 ± 5,68*	13,50 ± 3,37	16,29 ± 5,13
Триглицериди (umol/L)	0,85 ± 0,63	0,82 ± 0,14	1,02 ± 0,24	0,80 ± 0,15
Холестерол (mmol/L)	4,10 ± 0,40	3,61 ± 0,42*	4,21 ± 0,44	3,99 ± 0,54
AST (IU/L)	25,87 ± 5,89	29,50 ± 8,31	38,25 ± 21,17	40,00 ± 8,08
ALT (IU/L)	31,25 ± 11,55	25,33 ± 8,64	26,50 ± 9,30	28,86 ± 7,72
ALP (U/L)	178,00 ± 87,08	199,50 ± 52,32	210,00 ± 61,38	216,86 ± 43,30

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . AST –аспартат аминокиселин-трансфераза, ALT – аланин аминокиселин-трансфераза, ALP – алкална фосфатаза

На графику 8 представљено је поређење вредности биохемијских параметара (глукозе, урее, креатинина, укупног билирубина, калцијума, гвожђа, триглицерида и холестерола) између групе спортиста мушког пола третиране соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности уочене су значајно веће вредности укупног билирубина у контролној групи спортиста

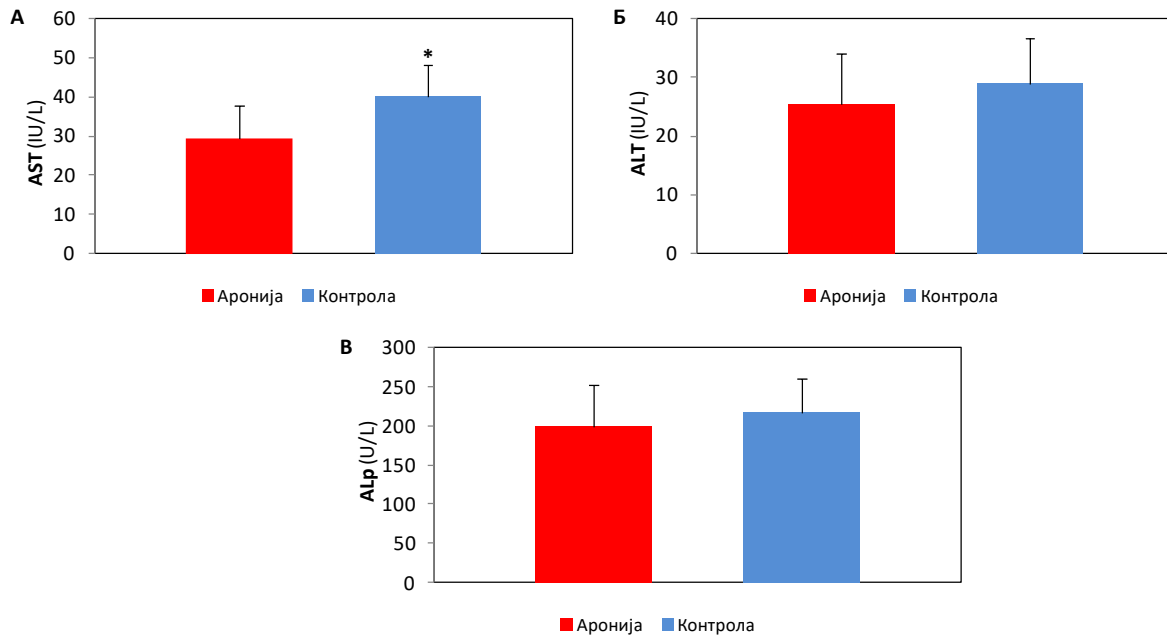
мушког пола у односу на групу која је користила сок од ароније ( $p = 0,044$ ) (График 8 Г). Такође, уочене су ниже вредности гвожђа у контролној групи спортиста мушког пола у односу на групу која је користила сок од ароније ( $p = 0,046$ ) (График 8 Ђ). Поређењем преосталих биохемијских параметара између група након завршене суплементације нису уочене значајне разлике ( $p > 0,05$ ) (График 8 А-В, Д и Е-Ж).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ .

График 8 Остали биохемијски параметри код спортиста мушког пола

На графику 9 представљено је поређење вредности ензима (аспартат аминокиселинске трансферазе, аланин аминокиселинске трансферазе, алкалне фосфатазе) између групе спортиста мушког пола третиране соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности уочене су значајно веће вредности аспартат аминокиселинске трансферазе у контролној групи спортиста мушког пола у односу на групу која је користила сок од ароније ( $p = 0,046$ ) (График 9 А). Поређењем вредности преосталих ензима између група након завршене суплементације нису уочене значајне разлике ( $p > 0,05$ ) (График 9 Б-В).



Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . AST –аспартат аминокиселинске трансфераза, ALT – аланин аминокиселинске трансфераза, ALP – алкална фосфатаза

График 9 Ензими код спортиста мушког пола

#### 4.2.3 Хормонски статус код спортиста мушког пола

Хормонски статус код спортиста мушког пола, обе групе, пре и након спроведене суплементације приказан је у Табели 11. У групи спортиста мушког пола након завршеног третмана концентрованим соком од ароније, уочено је статистички значајно повећање тетрајодтиронина ( $p = 0,044$ ) (Табела 11). Насупрот томе, у групи спортиста мушког пола третираних плацебом уочено је смањење тетрајодтиронина након завршене суплементације ( $p = 0,046$ ) (Табела 11).

Табела 11. Хормонски статус код спортиста мушког пола

Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>TSH</b> ( $\mu\text{U/ml}$ )	3,24 $\pm$ 0,78	3,81 $\pm$ 1,91	2,35 $\pm$ 0,72	2,31 $\pm$ 0,91
<b>T3</b> (nmol/L)	1,81 $\pm$ 0,08	2,19 $\pm$ 0,27	2,30 $\pm$ 0,29	2,05 $\pm$ 0,28
<b>T4</b> (nmol/L)	64,77 $\pm$ 3,56	100,73 $\pm$ 17,49*	79,53 $\pm$ 19,29	162,20 $\pm$ 1,84*
<b>Инсулин</b> ( $\mu\text{U/ml}$ )	3,75 $\pm$ 1,50	6,37 $\pm$ 2,75	7,95 $\pm$ 2,66	6,27 $\pm$ 2,72
<b>Кортизол</b> (nmol/L)	306,43 $\pm$ 50,67	391,83 $\pm$ 50,46	371,70 $\pm$ 58,26	634,45 $\pm$ 124,52*

Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . TSH – тиреостимулишући хормон, T3 – тријодтиронин, T4 – тетрајодтиронин

#### 4.2.4 Крвна слика код спортиста женског пола

Вредности параметара крвне слике спортиста женског пола у експерименталној и контролној групи приказане су у Табели 12 и на Графику 10.

Наиме, у групи спортиста третираних аронијом дошло је до статистички значајног повећања хематокрита ( $p=0,016$ ), хемоглобина ( $p=0,046$ ), тромбоцита ( $p=0,008$ ) и еритроцитних константи, као што су просечни волумен еритроцита ( $p=0,021$ ), просечна концентрација хемоглобина у 11 еритроцита ( $p=0,008$ ), и мере варијабилности еритроцита ( $p=0,008$ ) (Табела 12). Са друге стране у контролној групи спортисткиња забележено је статистички значајно смањење еритроцита ( $p=0,028$ ), хемоглобина ( $p=0,027$ ), хематокрита ( $p=0,018$ ) и мере варијабилности еритроцита ( $p=0,028$ ) (Табела 12).

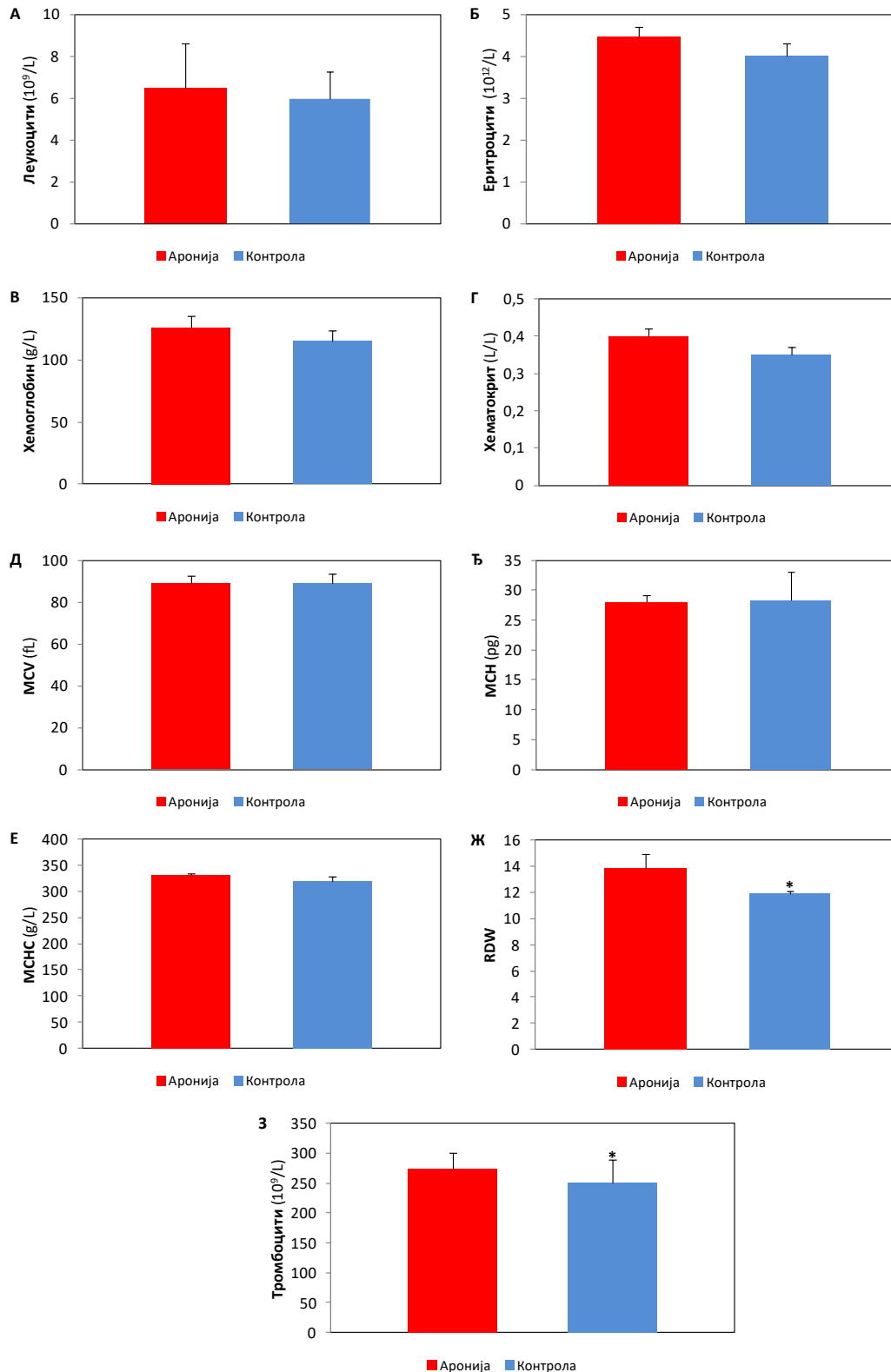
Табела 12. Патаметри крвне слике код спортиста женског пола

Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>Леукоцити</b> ( $10^9/L$ )	6,30 $\pm$ 2,45	6,49 $\pm$ 2,16	6,54 $\pm$ 1,91	5,99 $\pm$ 1,27
<b>Еритроцити</b> ( $10^{12}/L$ )	4,17 $\pm$ 0,30	4,48 $\pm$ 0,22	4,41 $\pm$ 0,28	4,02 $\pm$ 0,29*
<b>Хемоглобин</b> (g/L)	119,11 $\pm$ 7,62	125,67 $\pm$ 9,47*	124,57 $\pm$ 7,61	114,78 $\pm$ 9,01*
<b>Хематокрит</b> (L/L)	0,36 $\pm$ 0,02	0,40 $\pm$ 0,02*	0,39 $\pm$ 0,02	0,35 $\pm$ 0,02*
<b>MCV</b> (fL)	86,93 $\pm$ 3,77	89,01 $\pm$ 3,74*	87,97 $\pm$ 4,04	88,76 $\pm$ 4,65
<b>MCH</b> (pg)	28,61 $\pm$ 1,31	27,95 $\pm$ 1,27	28,60 $\pm$ 1,60	28,34 $\pm$ 1,62
<b>MCHC</b> (g/L)	314,11 $\pm$ 6,55	329,55 $\pm$ 4,13**	325,00 $\pm$ 8,35	319,29 $\pm$ 9,45
<b>RDW</b>	12,19 $\pm$ 0,90	13,84 $\pm$ 1,07**	13,13 $\pm$ 0,56	11,91 $\pm$ 0,21*
<b>Тромбоцити</b> ( $10^9/L$ )	228,67 $\pm$ 37,92	273,11 $\pm$ 26,82*	244,44 $\pm$ 39,79	249,57 $\pm$ 39,20

Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . MCV – просечан волумен еритроцита, MCH – просечна количина хемоглобина у еритроцитима, MCHC – просечна концентрација хемоглобина у 11 еритроцита, RDW – мера варијабилности еритроцита

На графику 10 представљено је поређење вредности параметара крвне слике (леукоцити, еритроцити и тромбоцити) између група спортиста женског пола третиране соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности уочене су значајно ниже вредности хемоглобина ( $p = 0,046$ , **График 10 В**), хематокрита ( $p = 0,044$ , **График 10 Г**), тромбоцита ( $p = 0,028$ , **График 10 З**), као и варијабилности еритроцита ( $p = 0,022$ , **График 10 Ж**) у контролној групи спортиста мушког пола у односу на групу која је користила сок од ароније. Поређењем вредности преосталих параметара крвне слике између група након завршене суплементације нису уочене значајне разлике ( $p > 0,05$ ) (**График 10 А-В** и **Д-Е**).





Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . МCV – просечан волумен еритроцита, МСН – просечна количина хемоглобина у еритроцитима, МСНС – просечна концентрација хемоглобина у 11 еритроцита, RDW – мера варијабилности еритроцита

**График 10** Параметри крвне слике код спортиста женског пола

#### 4.2.5 Остали биохемијски параметри код спортиста женског пола

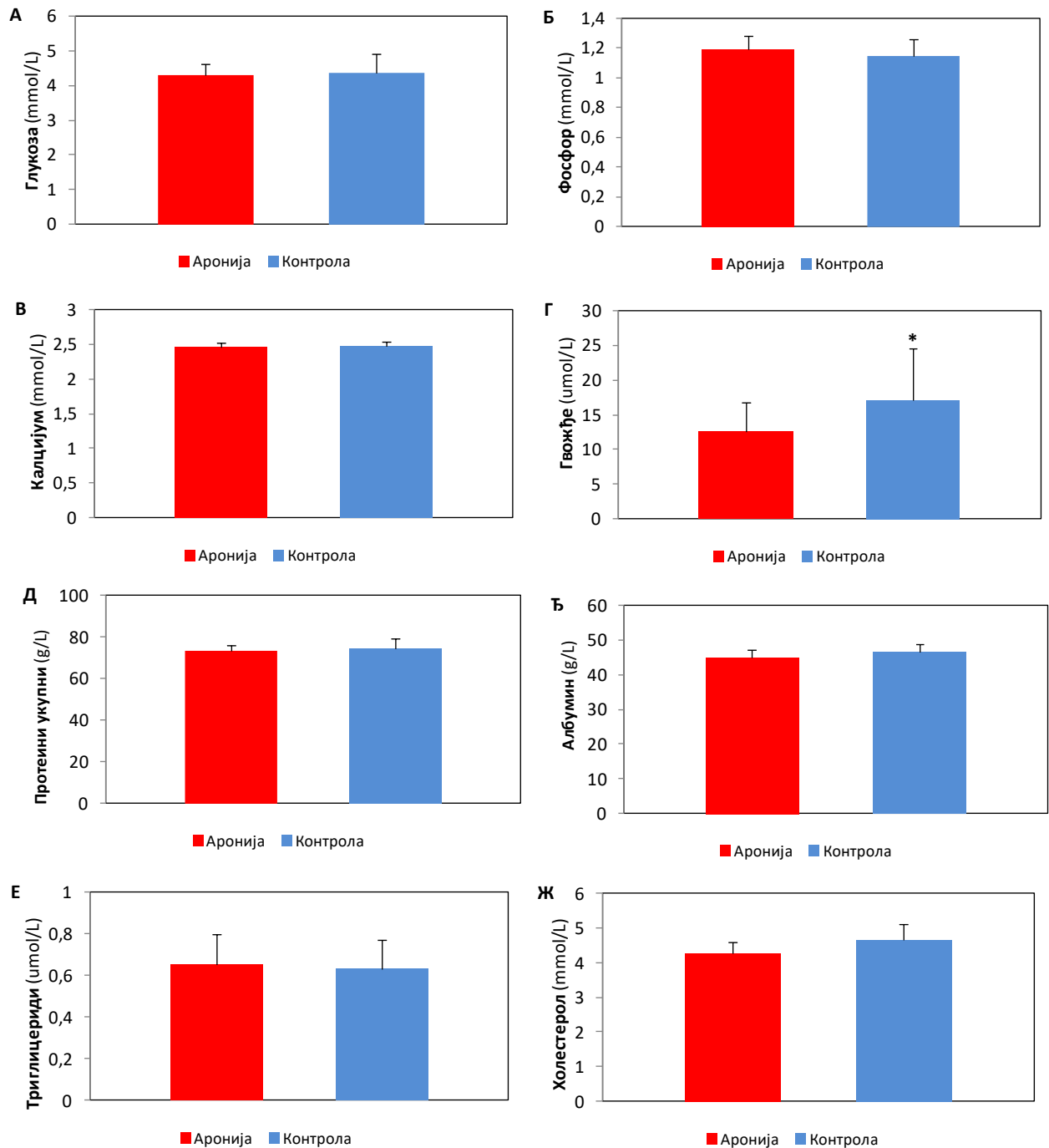
Вредности осталих биохемијских параметара мерених код спортиста женског пола приказани су у Табели 13 и на Графицима 11 и 12. Након примене ароније ниједан од посматраних биохемијских параметара се није променио у групи спортисткиња женског пола ( $p > 0,05$ ) (Табела 13). Са друге стране, у контролној групи спортиста женског пола након завршеног третмана дошло је до статистички значајног повећања холестерола ( $p=0,018$ ) и триглицерида ( $p=0,018$ ), док се остали биохемијски параметри нису значајно мењали током времена ( $p > 0,05$ ) (Табела 13).

Табела 13. Остали биохемијски параметри код спортиста женског пола

Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
Глукоза (mmol/L)	4,44 ± 0,28	4,31 ± 0,31	4,51 ± 0,24	4,37 ± 0,53
Уреа (mmol/L)	4,63 ± 1,28	4,31 ± 0,59	5,76 ± 1,74	4,87 ± 1,26
Креатинин (umol/L)	64,11 ± 8,82	60,44 ± 11,98	68,11 ± 8,31	66,00 ± 8,29
Протеини укупни (g/L)	75,25 ± 3,30	73,33 ± 2,69	81,00 ± 2,00	74,29 ± 4,68
Албумин (g/L)	45,50 ± 1,29	44,89 ± 2,20	48,00 ± 1,00	46,71 ± 2,21
Билирубин укупни (umol/L)	12,56 ± 4,00	14,33 ± 3,08	17,44 ± 10,21	19,86 ± 4,78
Калцијум (mmol/L)	2,49 ± 0,05	2,45 ± 0,07	2,51 ± 0,03	2,48 ± 0,06
Фосфор (mmol/L)	1,22 ± 0,22	1,19 ± 0,09	1,37 ± 0,32	1,15 ± 0,11
Гвожђе (umol/L)	13,22 ± 6,65	12,55 ± 4,27	14,00 ± 5,17	17,14 ± 7,51
Триглицериди (mmol/L)	0,54 ± 0,14	0,65 ± 0,15	0,51 ± 0,12	0,63 ± 0,14*
Холестерол (mmol/L)	3,94 ± 0,34	4,25 ± 0,33	3,92 ± 0,58	4,64 ± 0,48*
AST (IU/L)	31,11 ± 14,07	24,11 ± 2,47	27,67 ± 7,31	24,14 ± 5,27
ALT (IU/L)	20,56 ± 7,86	22,56 ± 8,40	16,67 ± 5,63	20,29 ± 10,03
GGT (IU/L)	11,75 ± 1,26	12,78 ± 3,67	13,00 ± 4,00	11,71 ± 4,07
ALP (U/L)	165,22 ± 32,66	170,44 ± 36,74	145,44 ± 21,45	166,71 ± 40,84

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . AST –аспартат аминокиселин-трансфераза, ALT – аланин аминокиселин-трансфераза, GGT – гама-глутамил-трансфераза, ALP – алкална фосфатаза

На графику 11 представљено је поређење вредности биохемијских параметара (глукозе, фосфора, калцијума, гвожђа, триглицерида, холестерола, албумина и укупних протеина) између група спортиста женског пола третиране соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности уочене су значајно више вредности гвожђа ( $p = 0,046$ , График 11 Г) у контролној групи спортиста женског пола у односу на групу која је користила сок од ароније. Поређењем вредности преосталих биохемијских параметара између група након завршене суплементације нису уочене значајне разлике ( $p > 0,05$ ) (График 10 А-В и Д-Ђ).

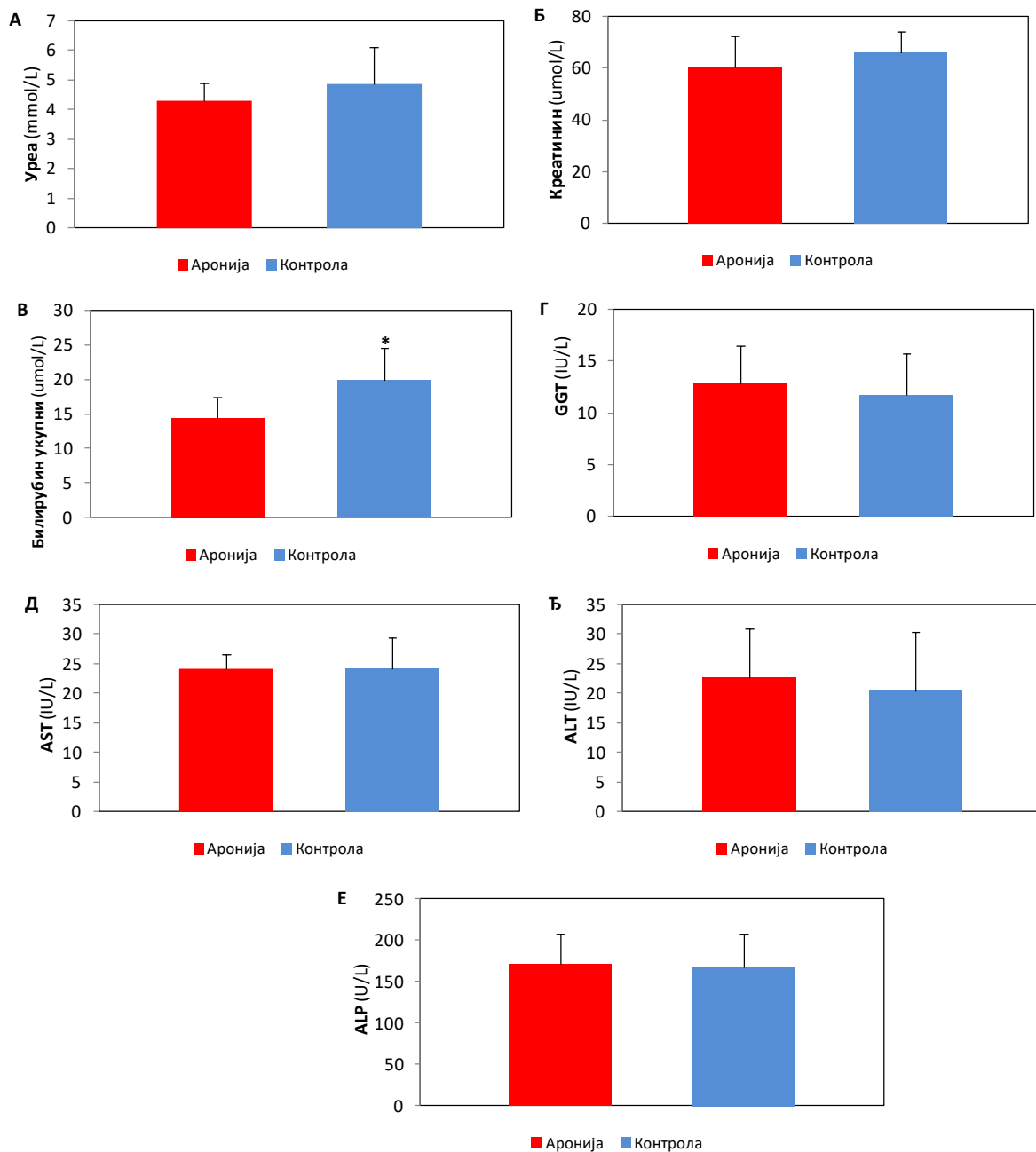


Вредности су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ .

### График 11 Остали биохемијски параметри код спортиста женског пола

На графику 12 представљено је поређење вредности биохемијских параметара (аспартат аминокиселинске трансферазе, аланин аминокиселинске трансфераза, гама-глутамил-трансфераза, алкална фосфатаза, укупног билирубина, урее и креатинина) између група спортиста женског пола третиране соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности уочене су значајно више вредности укупног билирубина ( $p = 0,026$ , График 12 В) у контролној групи спортиста мушког пола у односу на групу која је користила сок од ароније. Поређењем вредности

преосталих биохемијских параметара између група након завршене суплементације нису уочене значајне разлике ( $p > 0,05$ ) (График 12 А-Б и Г-Е).



Вредности су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ .

График 12 Ензими и параметри функције бубрега код спортиста женског пола

#### 4.2.6 Хормонски статус код спортиста женског пола

Хормонски статус код спортиста женског пола, обе групе, пре и након спроведене суплементације приказан је у Табели 14. У групи спортиста женског пола након завршеног третмана концентрованим соком од ароније ( $p = 0,028$ ) и плацебом ( $p = 0,044$ ) уочено је статистички значајно повећање тетрајодтиронина (Табела 14). Додатно, у групи спортиста женског пола третираних плацебом уочено је значајно повећање кортизола након завршене суплементације ( $p = 0,046$ ) (Табела 14).

Табела 14. Хормонски статус код спортиста женског пола

Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>TSH</b> ( $\mu\text{IU/ml}$ )	2,42 $\pm$ 1,04	2,32 $\pm$ 1,33	1,13 $\pm$ 0,32	1,68 $\pm$ 0,21
<b>T3</b> (nmol/L)	2,45 $\pm$ 0,53	2,36 $\pm$ 0,49	1,88 $\pm$ 0,17	2,58 $\pm$ 0,80
<b>T4</b> (nmol/L)	96,73 $\pm$ 9,02	171,35 $\pm$ 6,29*	97,13 $\pm$ 13,25	157,55 $\pm$ 15,06*
<b>Инсулин</b> ( $\mu\text{IU/ml}$ )	10,78 $\pm$ 8,03	9,24 $\pm$ 3,80	7,49 $\pm$ 2,46	9,63 $\pm$ 2,47
<b>Кортизол</b> (nmol/L)	294,35 $\pm$ 25,67	338,20 $\pm$ 71,28	373,57 $\pm$ 32,39	548,65 $\pm$ 91,43*

Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . TSH – тиреостимулишући хормон, T3 – тријодтиронин, T4 – тетрајодтиронин

### 4.3 Анализа маснокиселинског профила фосфолипида плазме

У узорцима фосфолипидима плазме детектовано је присуство 13 различитих масних киселина из група засићених масних киселина, мононезасићених масних киселина и полинезасићених масних киселина.

#### 4.3.1 Заступљеност засићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста мушког пола

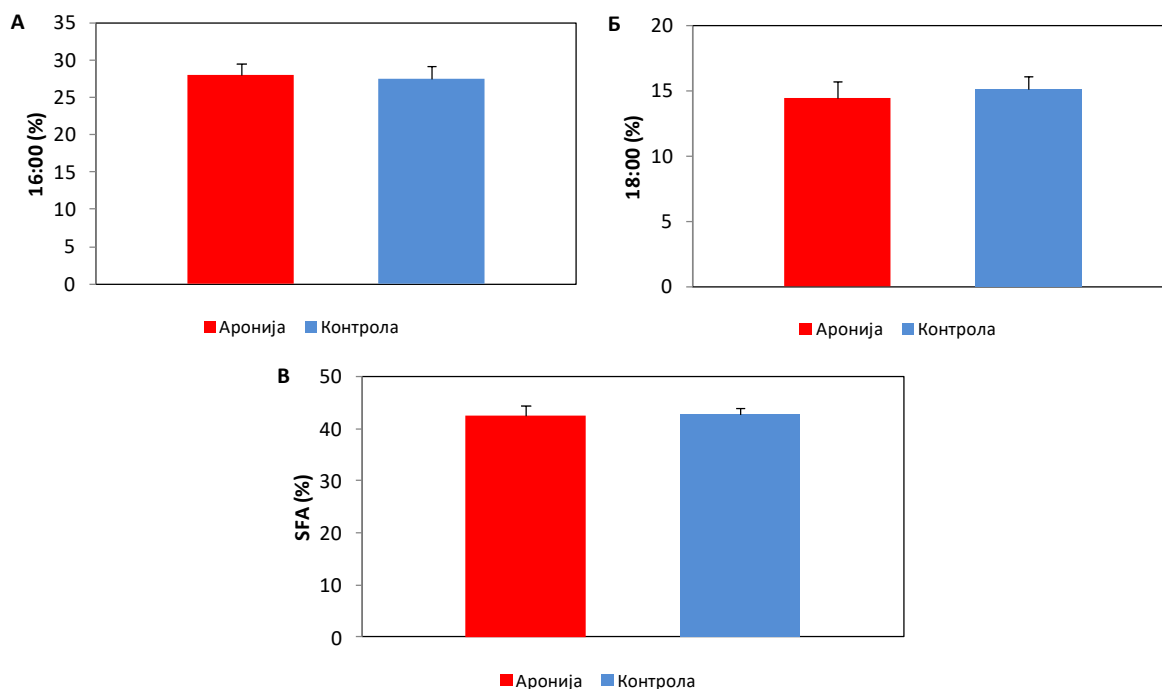
У табели 15 приказан је проценат заступљености засићених масних киселина у плазми спортиста мушког пола пре и након третмана у обе групе (контролна и експериментална). Након спроведеног дијететског третмана није дошло до значајних промена у проценту стеаринске ( $p > 0,05$ ), палмитинске ( $p > 0,05$ ), као ни укупних засићених масних киселина ( $p > 0,05$ ) у обе групе (Табела 15).

**Табела 15.** Процент заступљености засићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста мушког пола пре и након третмана

Масне киселине (%)	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>16:0</b>	26.59±2.06	28.07±1.60	26.20±2.51	27.53±1.76
<b>18:0</b>	14.79±0.82	14.46±1.27	15.68±1.46	15.12±1.02
<b>SFA</b>	41.38±1.68	42.53±1.82	41.88±1.22	42.65±1.39

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . SFA – засићене масне киселине, 16:0 - палмитинска киселина, 18:0 – стеаринска киселина

На графику 13 приказан је проценат заступљености засићених масних киселина (палмитинске киселине, стеаринске киселине и укупних засићених масних киселина) у плазми спортиста мушког пола третираних соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности нису уочене значајне разлике у процентуалној заступљености мерених засићених масних киселина ( $p > 0,05$ ) (График 13 А-В).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . SFA – засићене масне киселине, 16:0 - палмитинска киселина, 18:0 – стеаринска киселина

**График 13.** Процент заступљености засићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста мушког пола након третмана

#### 4.3.2 Заступљеност засићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста женског пола

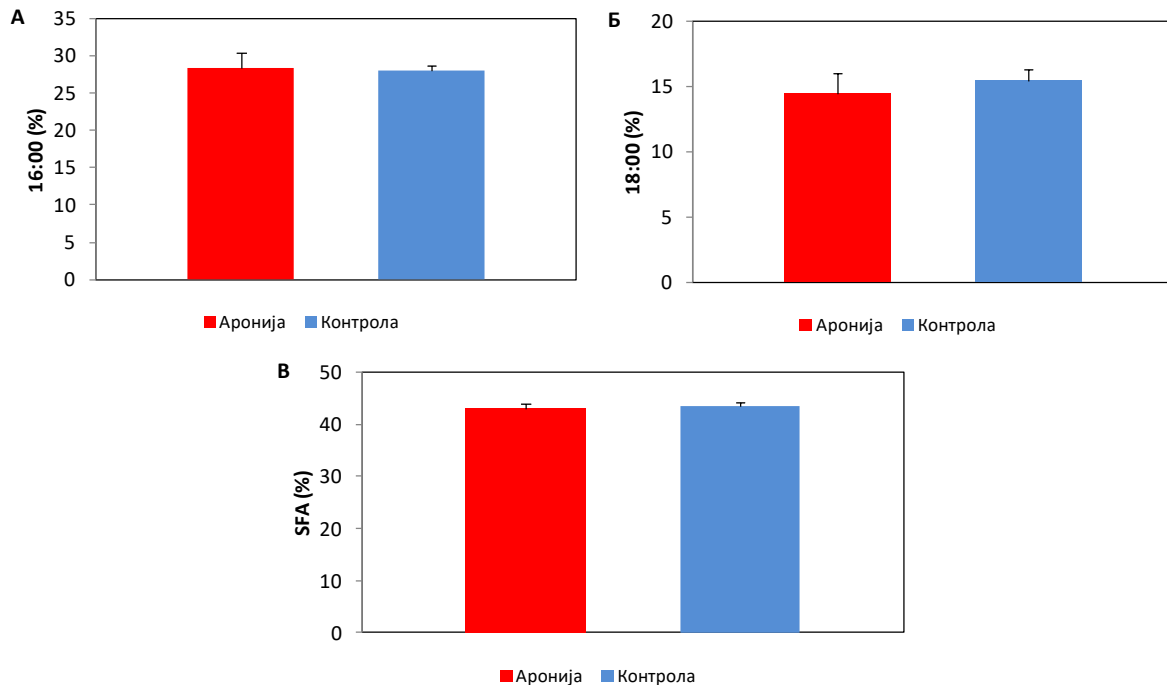
У Табели 16 приказан је проценат заступљености засићених масних киселина у плазми спортиста женског пола пре и након третмана у обе групе (контролна и експериментална).

**Табела 16.** Процент заступљености засићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста женског пола пре и након третмана

Масне киселине (%)	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>16:0</b>	28.07 $\pm$ 1.32	28.44 $\pm$ 1.94	27.90 $\pm$ 1.89	28.08 $\pm$ 0.64
<b>18:0</b>	13.93 $\pm$ 1.17	14.47 $\pm$ 1.52	14.76 $\pm$ 0.94	15.47 $\pm$ 0.80
<b>SFA</b>	42.00 $\pm$ 1.23	42.91 $\pm$ 0.96	42.67 $\pm$ 1.35	43.55 $\pm$ 0.73

Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . SFA – засићене масне киселине, 16:0 - палмитинска киселина, 18:0 – стеаринска киселина

Након спроведеног дијететског третмана није дошло до значајних промена у проценту стеаринске ( $p>0,05$ ), палмитинске ( $p>0,05$ ) као ни укупних засићених масних киселина ( $p>0,05$ ) у обе групе (**Табела 16**).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . SFA – засићене масне киселине, 16:0 - палмитинска киселина, 18:0 – стеаринска киселина

**График 14.** Процент заступљености засићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста женског пола након третмана

На графику 14 приказан је проценат заступљености засићених масних киселина (палмитинске киселине, стеаринске киселине и укупних засићених масних киселина) у плазми спортиста женског пола третираних соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности нису уочене значајне разлике у процентуалној заступљености мерених засићених масних киселина ( $p>0,05$ ) (**График 14 А-В**).

#### 4.3.3 Заступљеност мононезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста мушког пола

У Табели 17 приказан је проценат заступљености мононезасићених масних киселина у плазми спортиста мушког пола пре и након третмана у обе групе (контролна и експериментална). Након спроведеног дијететског третмана у групи спортиста које је била на третману аронијом дошло је до статистички значајног смањења вредности олеинске киселине ( $p=0,046$ ) (**Табела 17**). Насупрот томе у контролној групи

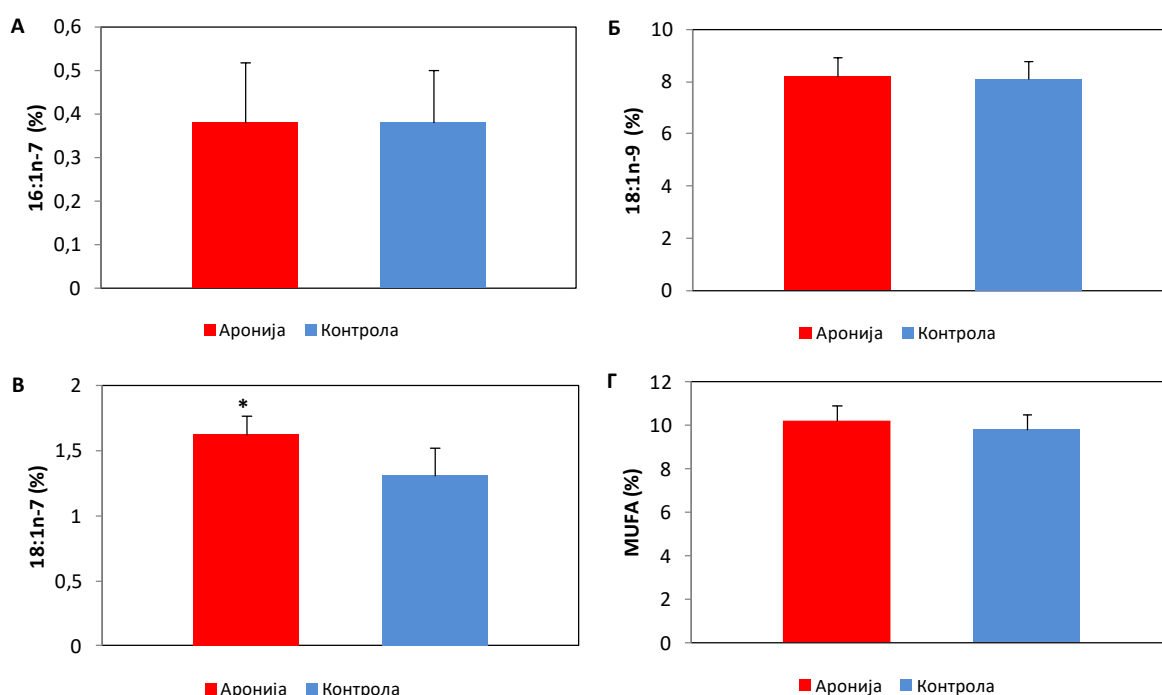


спортиста након спроведеног третмана су се статистички значајно смањиле вредности палмитолеинске ( $p=0,028$ ) и вакценске киселине ( $p=0,046$ ) (Табела 17).

**Табела 17.** Процент заступљености мононезасићених масних киселина фосфолипиди плазме у групама спортиста мушког пола пре и након третмана

Масне киселине (%)	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>16:1n-7</b>	0.54±0.29	0.38±0.14	0.60±0.17	0.38±0.12*
<b>18:1n-9</b>	9.31±1.34	8.23±0.71*	8.49±0.97	8.10±0.70
<b>18:1n-7</b>	1.60±0.24	1.62±0.15	1.53±0.22	1.31±0.21*
<b>MUFA</b>	11.44±1.72	10.23±0.69	10.62±0.97	9.79±0.69

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . MUFA – мононезасићене масне киселине, 16:1n-7 - палмитолеинска киселина, 18:1n-9 – олеинска киселина, 18:1n-7 – вакценска киселина



Вредности су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . MUFA – мононезасићене масне киселине, 16:1n-7 - палмитолеинска киселина, 18:1n-9 – олеинска киселина, 18:1n-7 – вакценска киселина

**График 15.** Процент заступљености мононезасићених масних киселина фосфолипиди плазме у групама спортиста мушког пола након третмана

На графику 15 приказан је проценат заступљености мононезасићених масних киселина (палмитолеинске киселине, олеинске киселине, вакценске киселине и укупних

мононезасићених масних киселина) у плазми спортиста мушког пола третираних соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности уочене су значајно ниже вредности вакценске киселине у контролној групи спортиста мушког пола у односу на групу спортиста третирану аронијом ( $p=0,028$ ) (**График 15В**). Поређењем осталих вредности нису уочене значајне разлике у процентуалној заступљености других мерених мононезасићених масних киселина ( $p>0,05$ ) (**График 15 А-Б и Г**).

#### 4.3.4 Заступљеност мононезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста женског пола

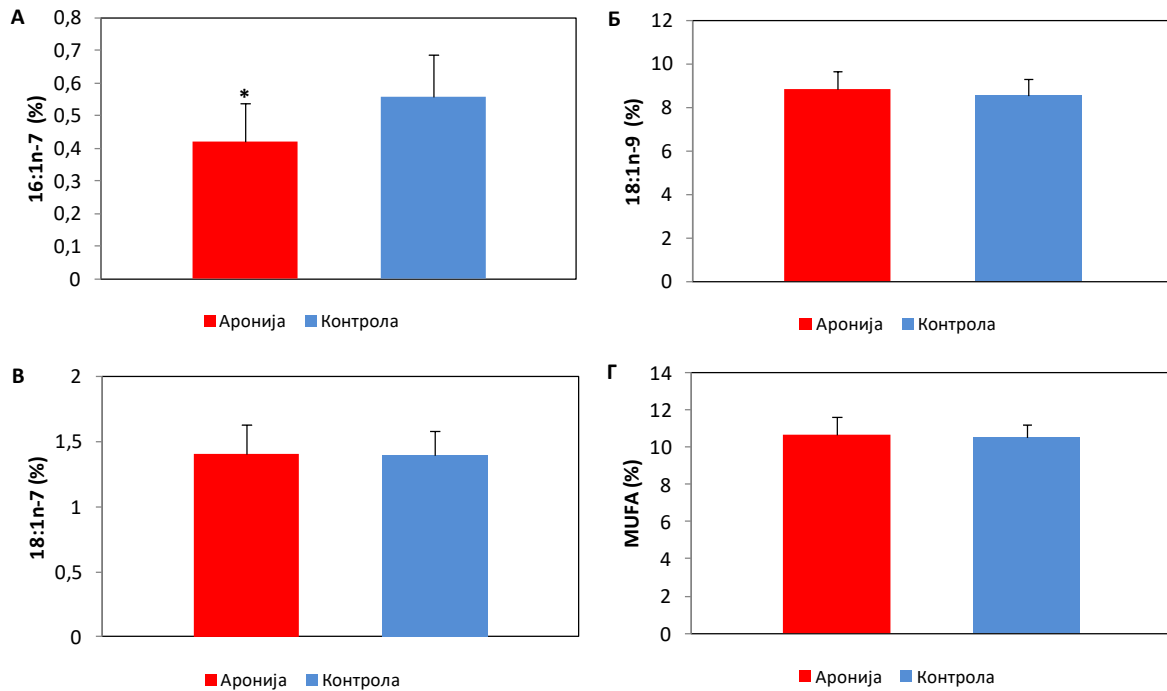
У Табели 18 приказан је проценат заступљености мононезасићених масних киселина у плазми спортиста женског пола пре и након третмана у обе групе (контролна и експериментална). Вредности мононезасићених масних киселина се нису значајно разликовале између група, без обзира на примењени дијететски режим ( $p>0,05$ ) (**Табела 18**).

**Табела 18.** Процент заступљености мононезасићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста женског пола пре и након третмана

Масне киселине (%)	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>16:1n-7</b>	0.46±0.06	0.42±0.12	0.49±0.12	0.56±0.13
<b>18:1n-9</b>	8.52±0.91	8.85±0.85	7.81±0.49	8.55±0.78
<b>18:1n-7</b>	1.45±0.17	1.40±0.23	1.34±0.18	1.39±0.19
<b>MUFA</b>	10.42±0.91	10.67±0.99	9.65±0.49	10.50±0.71

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . MUFA – мононезасићене масне киселине, 16:1n-7 - палмитолеинска киселина, 18:1n-9 – олеинска киселина, 18:1n-7 – вакценска киселина

На графику 16 приказан је проценат заступљености мононезасићених масних киселина (палмитолеинске киселине, олеинске киселине, вакценске киселине и укупних мононезасићених масних киселина) у плазми спортиста женског пола третираних соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности уочене су значајно више вредности палмитолеинске киселине у контролној групи спортиста женског пола у односу на групу спортисткиња третираних соком од ароније ( $p=0,028$ ) (**График 16А**). Поређењем осталих вредности нису уочене значајне разлике у процентуалној заступљености других мерених мононезасићених масних киселина ( $p>0,05$ ) (**График 16 Б - Г**).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . MUFA – мононезасићене масне киселине, 16:1n-7 - палмитолеинска киселина, 18:1n-9 – олеинска киселина, 18:1n-7 – вакценска киселина

**График 16.** Процент заступљености мононезасићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста женског пола након третмана

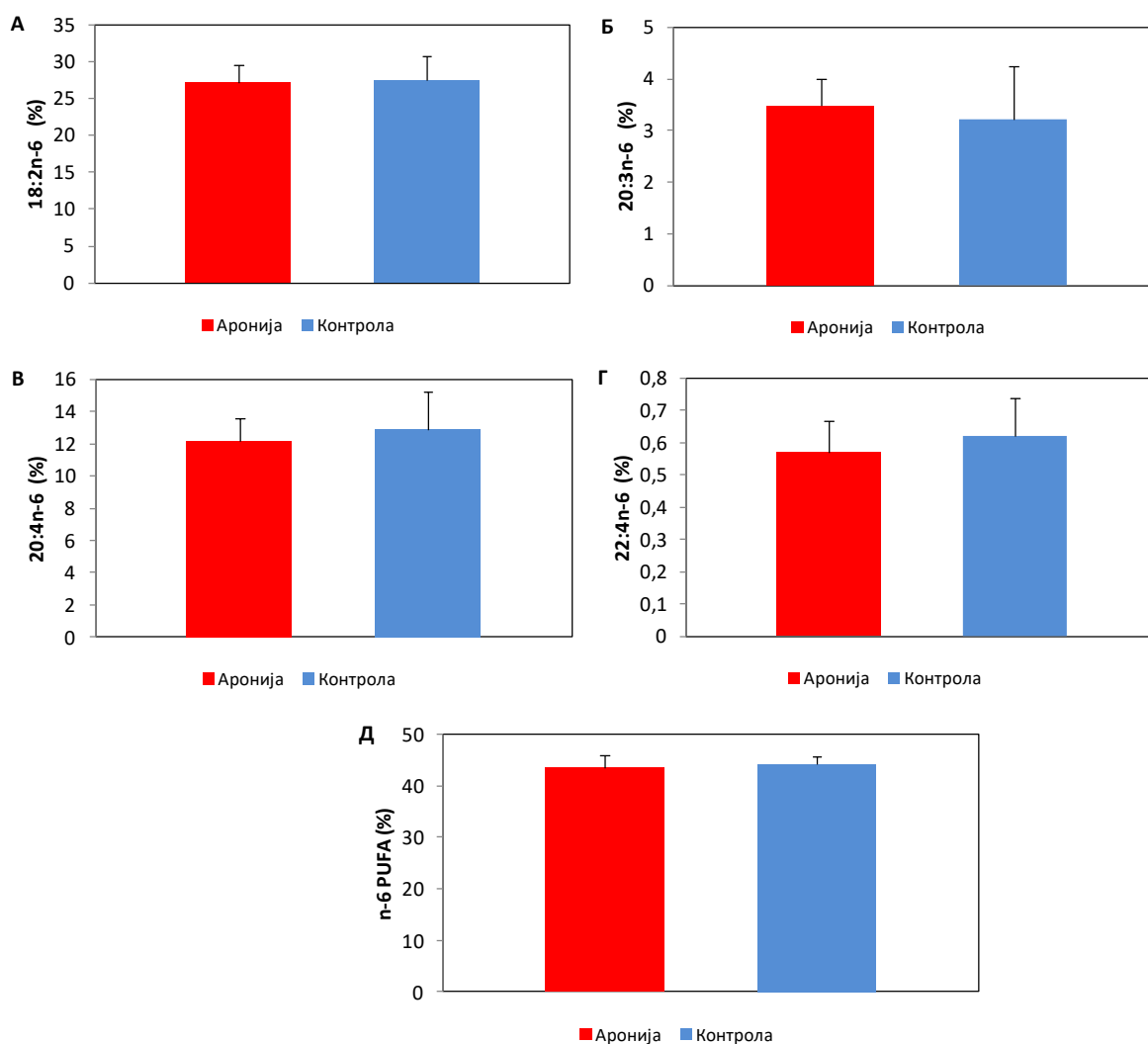
#### 4.3.5 Заступљеност омега-6 полинезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста мушког пола

У Табели 19 приказан је проценат заступљености омега-6 полинезасићених масних киселина у плазми спортиста мушког пола пре и након третмана у обе групе (контролна и експериментална). Након спроведеног дијететског третмана у групи спортиста које је била на третману аронијом није дошло до статистички значајних промена у вредностима омега-6 полинезасићених масних киселина ( $p > 0,05$ ) (Табела 19). Насупрот томе у контролној групи спортиста након спроведеног третмана дошло је до статистички значајног смањења вредности само адренске киселине ( $p = 0,028$ ), док се процентуалне заступљености осталих полинезасићених масних киселина није статистички значајно променила ( $p > 0,05$ ) (Табела 19).

**Табела 19.** Процент заступљености омега-6 полинезасићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста мушког пола пре и након третмана

Масне киселине (%)	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>18:2n-6</b>	26.96±2.66	27.20±2.41	26.03±2.79	27.46±3.33
<b>20:3n-6</b>	3.40±0.76	3.48±0.53	3.22±0.41	3.22±1.03
<b>20:4n-6</b>	12.44±2.07	12.19±1.41	13.79±2.73	12.85±2.35
<b>22:4n-6</b>	0.61±0.08	0.57±0.10	0.78±0.21	0.62±0.12*
<b>n-6 PUFA</b>	43.42±2.67	43.43±2.40	43.82±1.72	44.15±1.41

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . n-6 PUFA – омега-6 полинезасићене масне киселине, 18:2n-6 – линолна киселина, 20:3n-6 - дихомо-γ-линоленска киселина, 20:4n-6 – арахидонска киселина, 22:4n-6 – адренска киселина



Вредности су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . n-6 PUFA – омега-6 полинезасићене масне киселине, 18:2n-6 – линолна киселина, 20:3n-6 - дихомо-γ-линоленска киселина, 20:4n-6 – арахидонска киселина, 22:4n-6 – адренска киселина

**График 17.** Процент заступљености омега-6 полинезасићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста мушког пола након третмана

На графику 17 приказан је проценат заступљености омега-6 полинезасићених масних киселина (линолне киселине, дихомо- $\gamma$ -линоленске киселине, арахидонске киселине, адренске киселине) у плазми спортиста мушког пола третираних соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности нису уочене значајне разлике у процентуалној заступљености детектованих омега-6 полинезасићених масних киселина у групама спортиста мушког пола у ( $p > 0,05$ ) (График 17 А - Д).

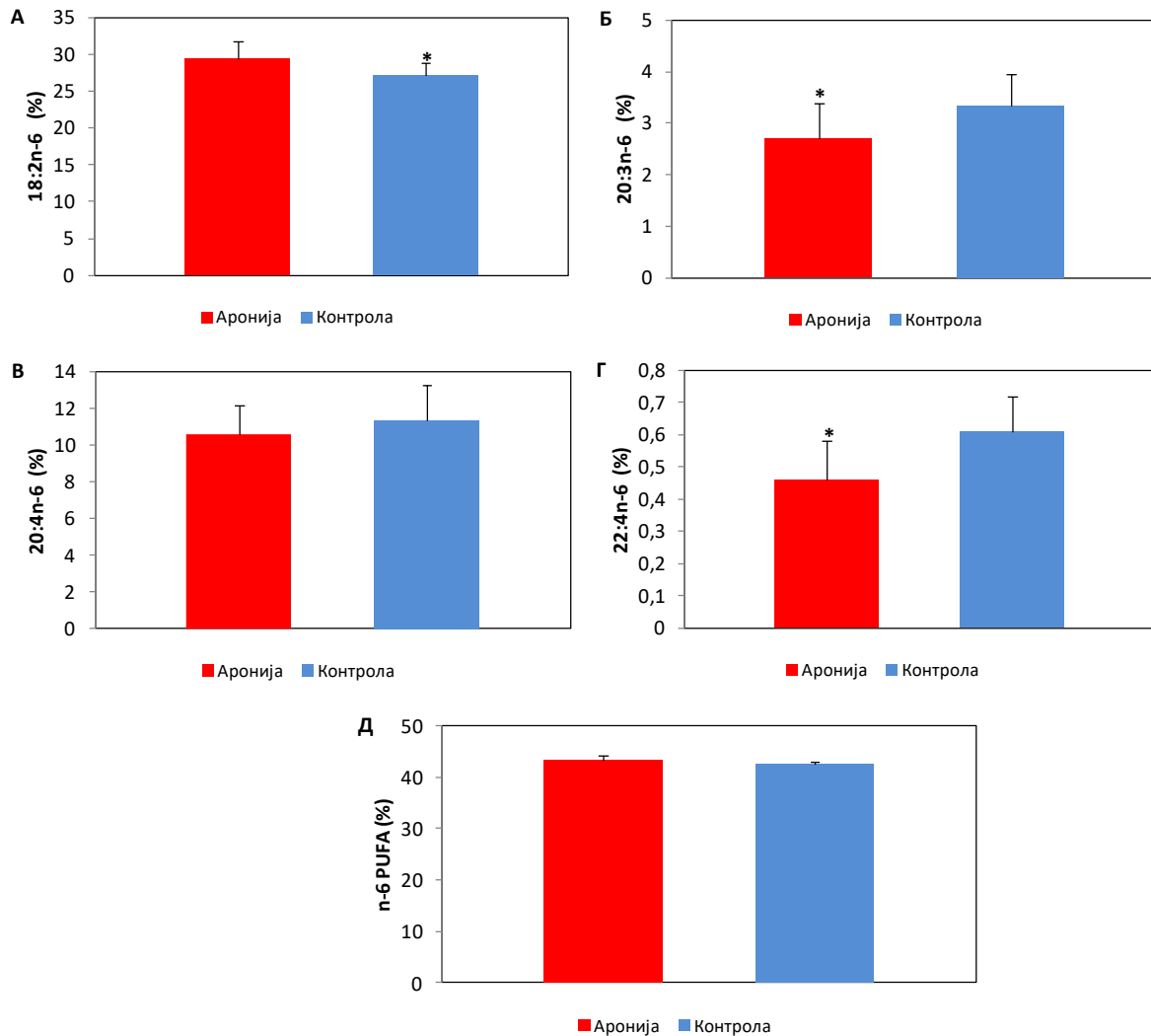
#### 4.3.6 Заступљеност омега-6 полинезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста женског пола

У Табели 20 приказан је проценат заступљености омега-6 полинезасићених масних киселина у плазми спортиста женског пола пре и након третмана у обе групе (контролна и експериментална). Након спроведеног дијететског третмана у групи спортиста које је била на третману аронијом није дошло до статистички значајних промена у вредностима омега-6 полинезасићених масних киселина ( $p > 0,05$ ) (Табела 20). Насупрот томе у контролној групи спортиста након спроведеног третмана дошло је до статистички значајног смањења вредности удела омега-6 полинезасићених масних киселина ( $p = 0,046$ ) (Табела 20).

**Табела 20.** Процент заступљености омега-6 полинезасићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста женског пола пре и након третмана

Масне киселине (%)	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>18:2n-6</b>	29.51±2.66	29.46±2.35	29.85±1.64	27.11±1.78
<b>20:3n-6</b>	2.74±0.75	2.71±0.69	2.69±0.77	3.34±0.62
<b>20:4n-6</b>	11.15±1.63	10.56±1.63	11.10±1.47	11.32±1.95
<b>22:4n-6</b>	0.51±0.06	0.46±0.12	0.50±0.19	0.61±0.11
<b>n-6 PUFA</b>	43.92±1.57	43.20±1.12	44.14±1.03	42.37±0.57*

Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . n-6 PUFA – омега-6 полинезасићене масне киселине, 18:2n-6 – линолна киселина, 20:3n-6 - дихомо- $\gamma$ -линоленска киселина, 20:4n-6 – арахидонска киселина, 22:4n-6 – адренска киселина



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . n-6 PUFA – омега-6 полинезасићене масне киселине, 18:2n-6 – линолна киселина, 20:3n-6 - дихомо- $\gamma$ -линоленска киселина, 20:4n-6 – арахидонска киселина, 22:4n-6 – адренска киселина

**График 18.** Процент заступљености омега-6 полинезасићених масних киселина фосфолипидна плазме у групама спортиста женског пола након третмана

На графику 18 приказан је процент заступљености омега-6 полинезасићених масних киселина (линолне киселине, дихомо- $\gamma$ -линоленске киселине, арахидонске киселине, адренске киселине) у плазми спортиста женског пола третираних соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности уочене су значајно ниже вредности линолне киселине у контролној групи спортиста женског пола у односу на групу спортисткиња третираних соком од ароније ( $p=0,026$ ) (**График 18А**). Са друге стране вредности дихомо- $\gamma$ -линоленске киселине и адренске киселине биле су значајно ниже у групи спортисткиња третираних соком од ароније у односу на контролну групу спортисткиња ( $p=0,028$ ) (**График 18Б**) и ( $p=0,044$ ) (**График 18Г**). Поређењем осталих вредности нису уочене значајне разлике у процентуалној заступљености арахидонске киселине, као ни укупних омега-6 полинезасићених масних киселина ( $p > 0,05$ ) (**График 18 В и Д**).

#### 4.3.7 Заступљеност омега-3 полинезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста мушког пола

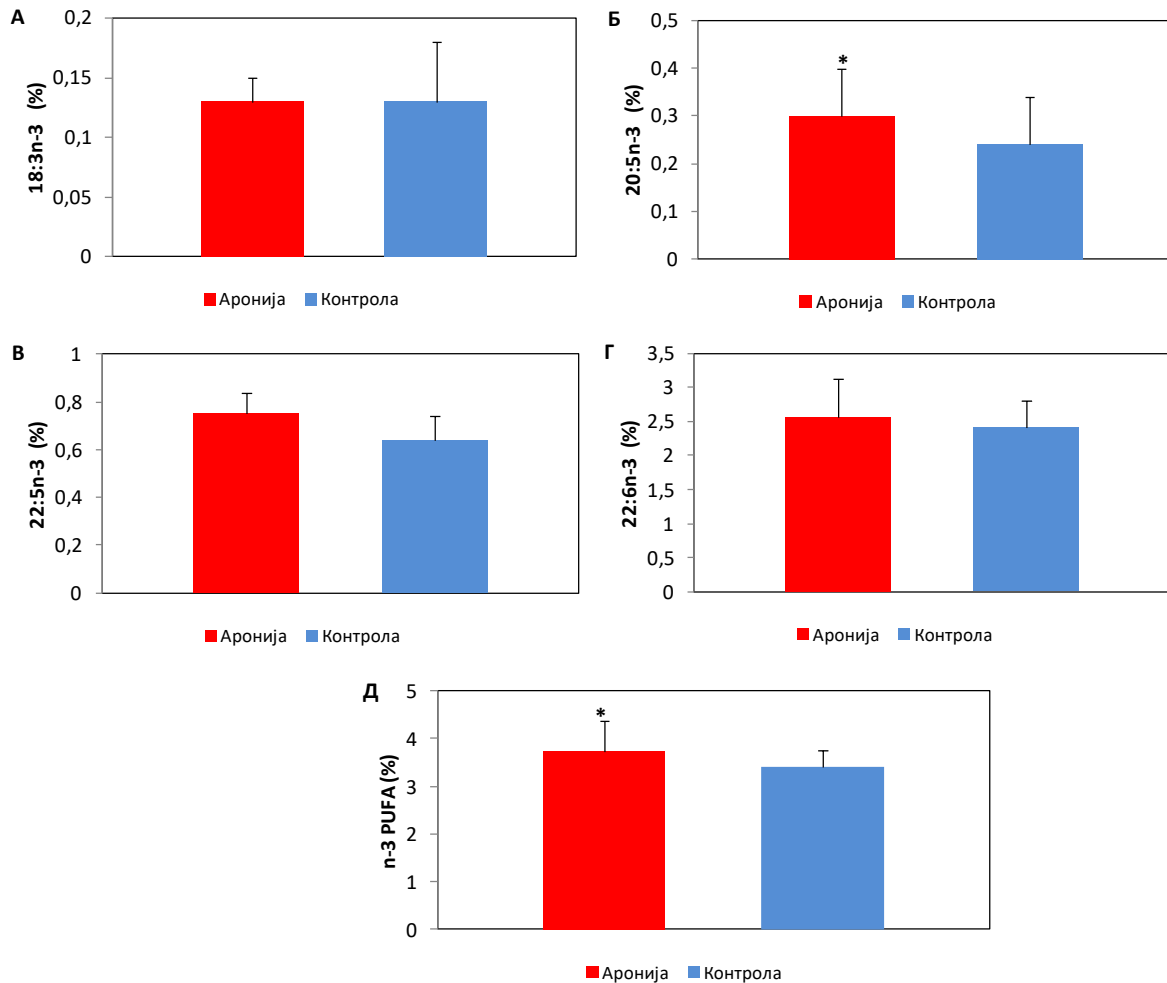
У Табели 21 приказан је проценат заступљености омега-3 полинезасићених масних киселина у плазми спортиста мушког пола пре и након третмана у обе групе (контролна и експериментална). Након спроведеног дијететског третмана у групи спортиста које је била на третману аронијом дошло је до статистички значајног смањења вредности  $\alpha$ -линоленске киселине ( $p=0,028$ ) (Табела 21). Док је у контролној групи спортиста након спроведеног третмана забележено статистички врло значајно смањење вредности  $\alpha$ -линоленске киселине ( $p=0,001$ ) и еикозапентаенске киселине ( $p=0,009$ ) (Табела 21).

**Табела 21.** Процент заступљености омега-3 полинезасићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста мушког пола пре и након третмана

Масне киселине (%)	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>18:3n-3</b>	0.26±0.15	0.13±0.02*	0.41±0.17	0.13±0.05***
<b>20:5n-3</b>	0.38±0.07	0.30±0.10	0.38±0.09	0.24±0.10**
<b>22:5n-3</b>	0.70±0.15	0.75±0.09	0.62±0.16	0.64±0.10
<b>22:6n-3</b>	2.41±0.77	2.56±0.56	2.31±0.17	2.41±0.39
<b>n-3 PUFA</b>	3.75±0.96	3.72±0.66	3.66±0.41	3.41±0.36

Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . n-3 PUFA – омега-3 полинезасићене масне киселине, 18:3n-3 –  $\alpha$ -линоленска киселина, 20:5n-3 – еикозапентаенска киселина, 22:5n-3 - докозапентаенска киселина, 22:6n-3p - докозахексаенска киселина

На графику 19 приказан је проценат заступљености омега-3 полинезасићених масних киселина ( $\alpha$ -линоленске киселине, еикозапентаенске киселине, докозапентаенске киселине, докозахексаенске киселине) у плазми спортиста мушког пола третираних соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности уочене су значајно ниже вредности еикозапентаенске киселине ( $p=0,026$ ) (График 19Б) и укупних омега-3 полинезасићених масних киселина ( $p=0,044$ ) (График 19Д) у контролној групи спортиста мушког пола у односу на групу спортиста третираних соком од ароније. Са друге стране вредности осталих мерених омега-3 полинезасићених масних киселина се нису разликовале у групама спортиста ( $p > 0,05$ ) (График 19 А и В-Г).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . n-3 PUFA – омега-3 полинезасићене масне киселине, 18:3n-3 –  $\alpha$ -линоленска киселина, 20:5n-3 – еикозапентаенска киселина, 22:5n-3 - докозапентаенска киселина, 22:6n-3p - докозахексаенска киселина

**График 19.** Процент заступљености омега-3 полинезасићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста мушког пола након третмана

#### 4.3.8 Заступљеност омега-3 полинезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста женског пола

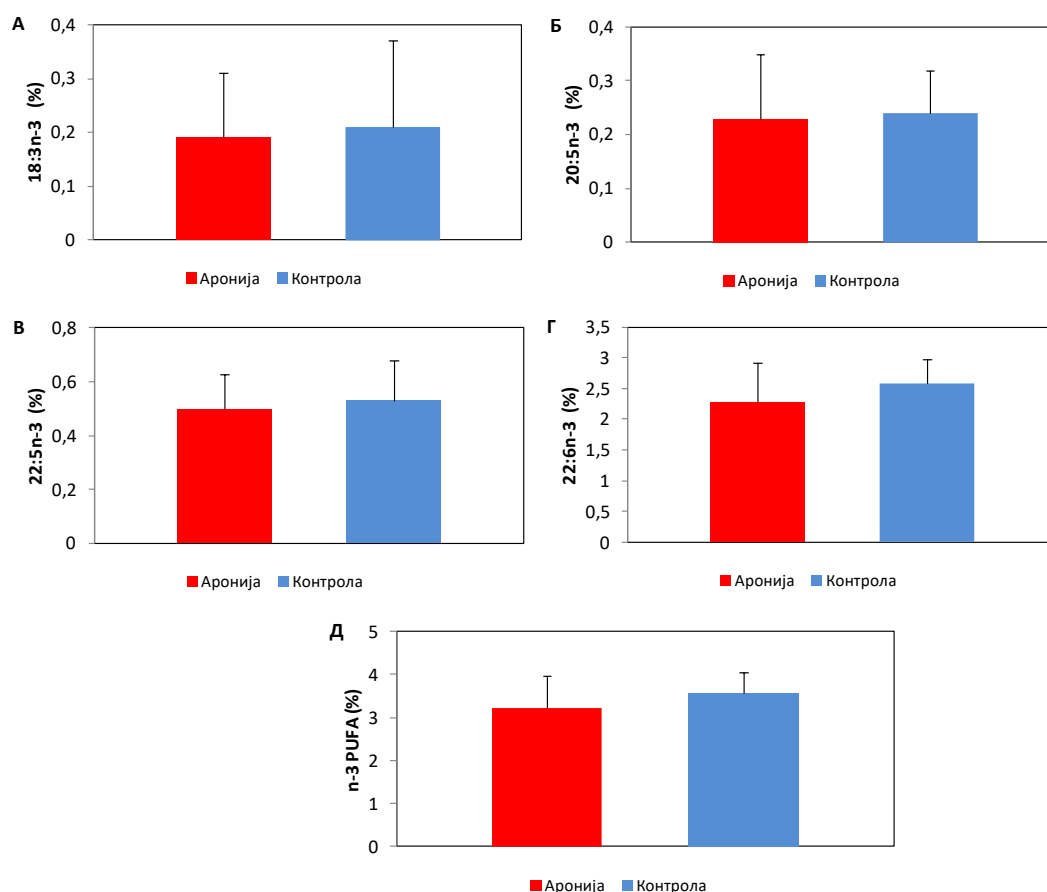
У Табели 22 приказан је проценат заступљености омега-3 полинезасићених масних киселина у плазми спортиста женског пола пре и након третмана у обе групе (контролна и експериментална). Вредности омега-3 полинезасићених масних киселина се нису значајно разликовале између група, без обзира на примењени дијететски режим ( $p > 0,05$ ) (Табела 22).



**Табела 22.** Процент заступљености омега-3 полинезасићених масних киселина фосфолипидна плазме у групама спортиста женског пола пре и након третмана

Масне киселине (%)	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>18:3n-3</b>	0.26±0.17	0.19±0.12	0.17±0.15	0.21±0.16
<b>20:5n-3</b>	0.25±0.09	0.23±0.12	0.19±0.12	0.24±0.08
<b>22:5n-3</b>	0.52±0.11	0.50±0.13	0.54±0.22	0.53±0.15
<b>22:6n-3</b>	2.63±0.49	2.29±0.63	2.64±0.75	2.59±0.39
<b>n-3 PUFA</b>	3.66±0.52	3.22±0.74	3.54±0.89	3.58±0.46

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . n-3 PUFA – омега-3 полинезасићене масне киселине, 18:3n-3 –  $\alpha$ -линоленска киселина, 20:5n-3 – еикозапентаенска киселина, 22:5n-3 - докозапентаенска киселина, 22:6n-3 - докозахексаенска киселина



Вредности су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . n-3 PUFA – омега-3 полинезасићене масне киселине, 18:3n-3 –  $\alpha$ -линоленска киселина, 20:5n-3 – еикозапентаенска киселина, 22:5n-3 - докозапентаенска киселина, 22:6n-3p - докозахексаенска киселина

**График 20** Процент заступљености омега-3 полинезасићених масних киселина фосфолипидна плазме у групама спортиста женског пола након третмана

На графику 20 приказан је проценат заступљености омега-3 полинезасићених масних киселина ( $\alpha$ -линоленске киселине, еикозапентаенске киселине, докозапентаенске киселине, докозахексаенске киселине) у плазми спортиста женског пола третираних соком од ароније и плацебом након завршеног експерименталног протокола. Поређењем ових вредности нису уочене значајне разлике у вредностима мерених омега-3 полинезасићених масних киселина ( $p > 0,05$ ) (**График 20 А - Д**).

#### 4.3.9 Укупни удео полинезасићених масних киселина и однос омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина код спортиста мушког пола

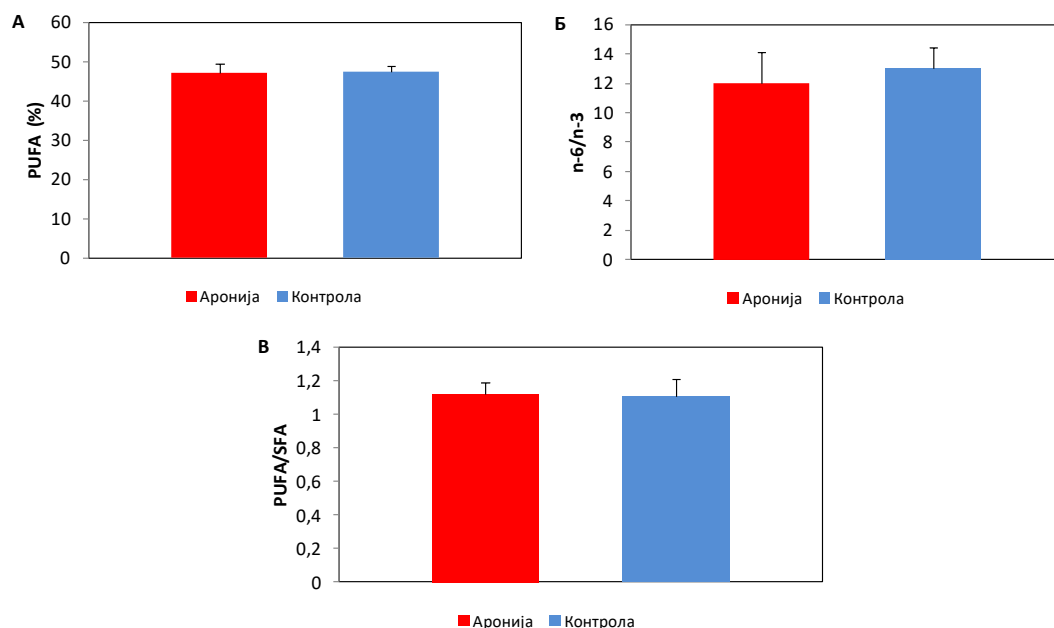
Однос омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина се није значајно разликовао у групама спортиста мушког пола (**Табела 23**). Такође, однос полинезасићених масних киселина и засићених масних киселина није био различит у испитиваним групама спортиста ( $p > 0,05$ ), без обзира на примењен дијететски режим (**Табела 23**).

**Табела 23.** Процент заступљености и однос омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста мушког пола пре и након третмана

Масне киселине (%)	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>PUFA</b>	47.18 $\pm$ 3.36	47.16 $\pm$ 2.31	47.49 $\pm$ 1.60	47.56 $\pm$ 1.44
<b>n-6/n-3</b>	12.10 $\pm$ 2.47	11.97 $\pm$ 2.15	12.11 $\pm$ 1.61	13.06 $\pm$ 1.36
<b>PUFA/SFA</b>	1.13 $\pm$ 0.07	1.12 $\pm$ 0.07	1.14 $\pm$ 0.13	1.11 $\pm$ 0.10

Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . n-3 PUFA – омега-3 полинезасићене масне киселине, n-6 PUFA – омега-6 полинезасићене масне киселине, SFA – засићене масне киселине

На графику 21 приказано је поређење група спортиста мушког пола након завршених третмана. Без обзира на примењени третман вредности укупних полинезасићених масних киселина се нису значајно промениле ( $p > 0,05$ ) (**График 21 А**). Такође, однос између измерених омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина није зависио од примењеног третмана у групи спортиста мушког пола ( $p > 0,05$ ) (**График 21 Б**). Додатно однос полинезасићених и засићених масних киселина се није разликовао у овим групама након завршених третмана ( $p > 0,05$ ) (**График 21 В**).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . n-3 PUFA – омега-3 полинезасићене масне киселине, n-6 PUFA – омега-6 полинезасићене масне киселине, SFA – засићене масне киселине

**График 21.** Процент заступљености и однос омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста мушког пола након третмана

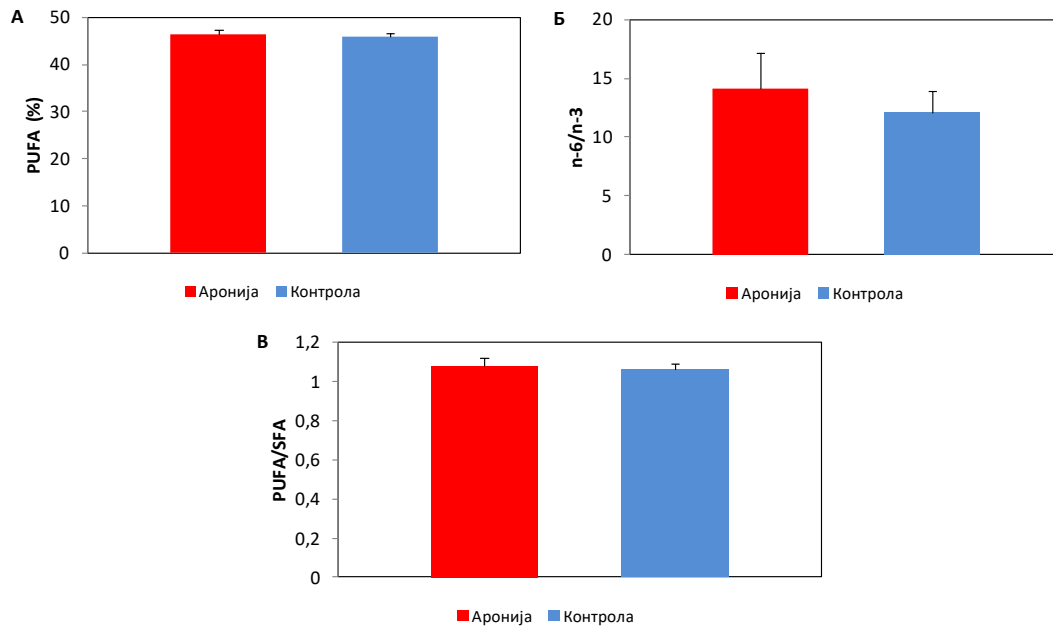
#### 4.3.10 Укупни удео полинезасићених масних киселина и однос омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина код спортиста женског пола

Однос омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина се није значајно разликовао ни у групама спортиста женског пола (**Табела 24**). У контролној групи спортисткиња након примене дијететског режима укупан удео полинезасићених масних киселина се статистички значајно смањило ( $p=0,046$ ) (**Табела 24**).

**Табела 24.** Процент заступљености и однос омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста женског пола пре и након третмана

Масне киселине (%)	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>PUFA</b>	47.58 $\pm$ 1.51	46.42 $\pm$ 0.92	47.69 $\pm$ 1.10	45.95 $\pm$ 0.85*
<b>n-6/n-3</b>	12.25 $\pm$ 2.02	14.08 $\pm$ 3.14	13.32 $\pm$ 4.15	12.05 $\pm$ 1.89
<b>PUFA/SFA</b>	1.13 $\pm$ 0.07	1.08 $\pm$ 0.04	1.12 $\pm$ 0.06	1.06 $\pm$ 0.03

Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . n-3 PUFA – омега-3 полинезасићене масне киселине, n-6 PUFA – омега-6 полинезасићене масне киселине, SFA – засићене масне киселине,  $p < 0,05$ \*



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . n-3 PUFA – омега-3 полинезасићене масне киселине, n-6 PUFA – омега-6 полинезасићене масне киселине, SFA – засићене масне киселине

**График 22.** Процент заступљености и однос омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина фосфолипида плазме у групама спортиста женског пола након третмана

На графику 21 приказано је поређење група спортиста женског пола након завршених третмана. Без обзира на примењени третман вредности укупних полинезасићених масних киселина се нису значајно промениле ( $p > 0,05$ ) (График 22 А). Такође, однос између измерених омега-3 и омега-6 полинезасићених масних киселина није зависио од примењеног третмана у групи спортиста женског пола ( $p > 0,05$ ) (График 22 Б). Додатно однос полинезасићених и засићених масних киселина се није разликовао у овим групама након завршених третмана ( $p > 0,05$ ) (График 22 В).

#### 4.3.11. Процена активности елонгаза и десатураза у плазми код спортиста мушког пола

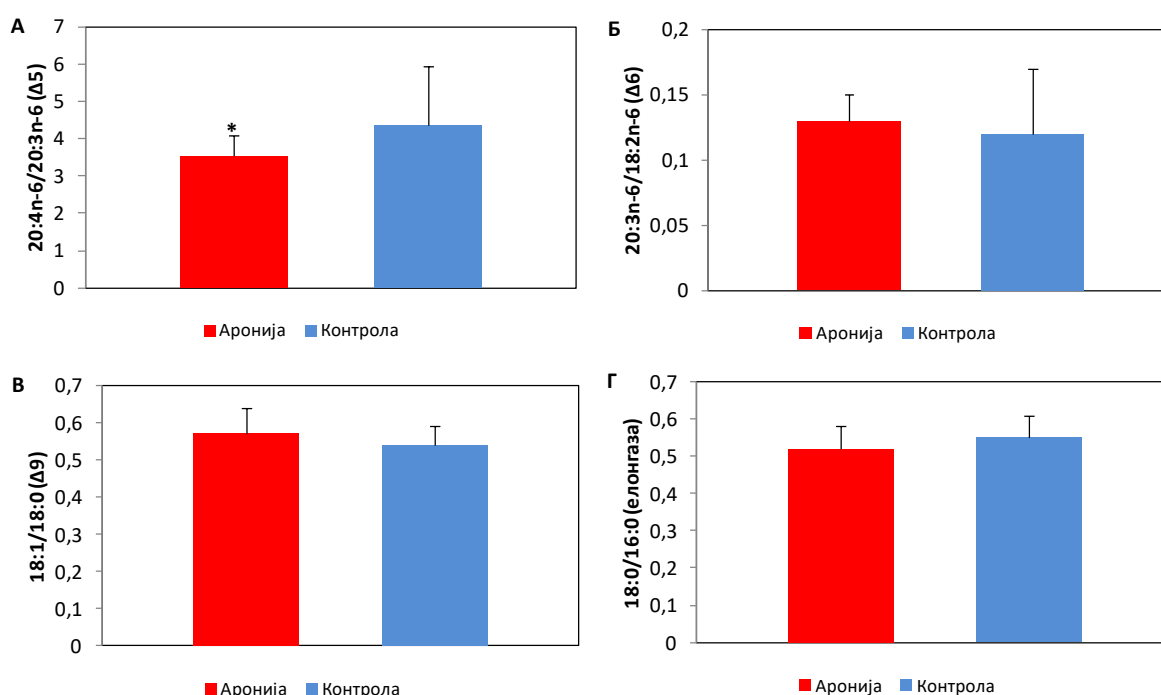
У Табели 25 је приказана индиректно мерена активност система елонгаза и десатураза у групама спортиста мушког пола, процењена као однос појединих масних киселина. Активност процењена на овакав начин се статистички није значајно разликовала између испитиваних група спортиста мушког пола, без обзира на примењени дијететски режим ( $p > 0,05$ ) (Табела 25).

**Табела 25.** Процењена активност десатураза и елонгаза плазме у групама спортиста мушког пола пре и након третмана

Десатуразе и елонгазе	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>20:4n-6/20:3n-6 (<math>\Delta 5</math>)</b>	3.82±1.06	3.56±0.55	4.35±0.97	4.38±1.58
<b>20:3n-6/18:2n-6 (<math>\Delta 6</math>)</b>	0.13±0.04	0.13±0.02	0.13±0.02	0.12±0.05
<b>18:1/18:0 (<math>\Delta 9</math>)</b>	0.63±0.11	0.57±0.07	0.55±0.09	0.54±0.05
<b>18:0/16:0 (елонгаза)</b>	0.56±0.06	0.52±0.06	0.61±0.12	0.55±0.06

Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ .  $\Delta 5$  – десатураза,  $\Delta 6$  – десатураза и елонгаза,  $\Delta 9$  – 9 десатураза.

На графику 23 је приказано поређење индиректно мерене активности система елонгаза и десатураза у групама спортиста мушког пола, процењена као однос појединих масних киселина. Активност десатуразе процењена на овакав начин је била значајно већа у контролној групи спортиста мушког пола ( $p=0,044$ ) (**График 23А**). Остале процењене активности ензима се нису статистички значајно разликовале између испитиваних група спортиста мушког пола, без обзира на примењени дијететски режим ( $p>0,05$ ) (**График 23 Б и В**).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ .  $\Delta 5$  – десатураза,  $\Delta 6$  – десатураза и елонгаза,  $\Delta 9$  – 9 десатураза

**График 23** Процењена активност десатураза и елонгаза плазме у групама спортиста мушког пола након третмана

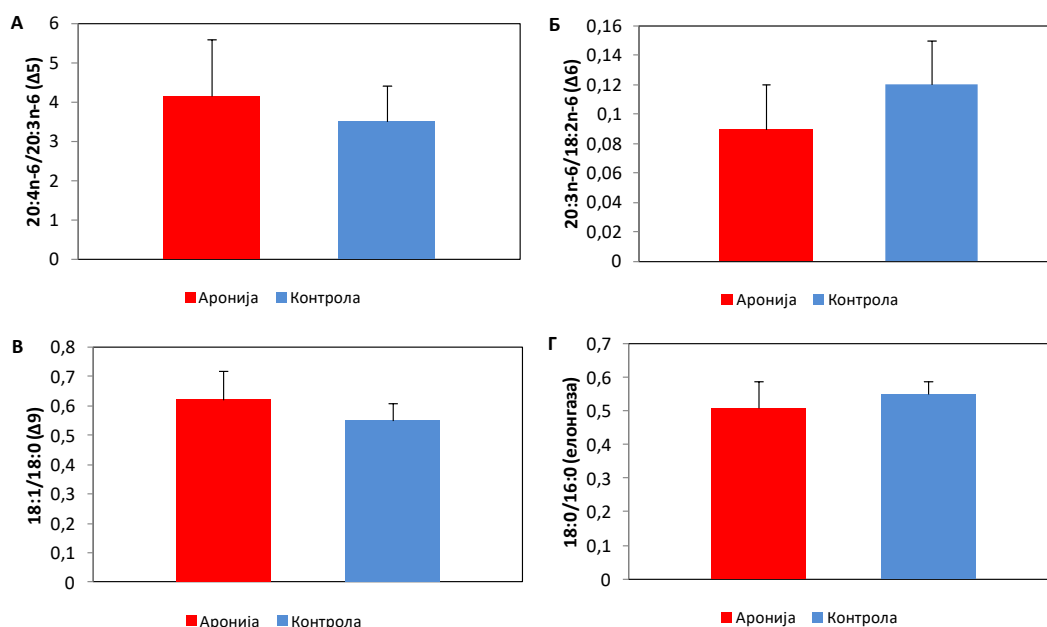
#### 4.3.12. Процена активности елонгаза и десатураза у плазми код спортиста женског пола

У Табели 26 је приказана индиректно мерена активност система елонгаза и десатураза у групама спортиста женског пола, процењена као однос појединих масних киселина. Бео бзира на примењени дијететски режим није дошло до статистички значајне промене у активности елонгазе и десатуразе код спортиста женског пола ( $p > 0,05$ ) (Табела 26).

**Табела 26.**Процењена активност десатураза и елонгаза плазме у групама спортиста женског пола пре и након третмана

Десатуразе и елонгазе	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>20:4n-6/20:3n-6 (<math>\Delta 5</math>)</b>	4.34±1.24	4.17±1.44	4.39±1.37	3.50±0.91
<b>20:3n-6/18:2n-6 (<math>\Delta 6</math>)</b>	0.09±0.03	0.09±0.03	0.09±0.03	0.12±0.03
<b>18:1/18:0 (<math>\Delta 9</math>)</b>	0.62±0.11	0.62±0.10	0.53±0.05	0.55±0.06
<b>18:0/16:0 (елонгаза)</b>	0.50±0.06	0.51±0.08	0.53±0.07	0.55±0.04

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ .  $\Delta 5$  – десатураза,  $\Delta 6$  – десатураза и елонгаза,  $\Delta 9$  – 9 десатураза.



Вредности су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ .  $\Delta 5$  – десатураза,  $\Delta 6$  – десатураза и елонгаза,  $\Delta 9$  – 9 десатураза

**График 24** Процењена активност десатураза и елонгаза плазме у групама спортиста женског пола након третмана

На графику 24 је приказано поређење индиректно мерене активности система елонгаза и десатураза у групама спортиста женског пола, процењена као однос појединих масних киселина. Процењене активности ензима се нису статистички значајно разликовале између испитиваних група спортиста женског пола, без обзира на примењени дијететски режим ( $p > 0,05$ ) (**График 24 А - В**).

#### 4.4 Функционална испитивања

##### 4.4.1 Поређење вредности параметара функционалних испитивања у миру пре и након суплементације код спортиста мушког пола

У групи спортиста мушког пола које су користиле сок ароније, забележено је повећање вредности како апсолутног тако и релативног капацитета тела да транспортује и користи кисеоник током теста оптерећења у миру ( $rVO_2$  ( $p = 0,046$ ) и  $aVO_2$  ( $p = 0,028$ ), као и апсолутна производња угљен-диоксида ( $p = 0,028$ ) (Табела 27). Са друге стране у контролној групи спортиста истог пола, након период коришћења плацеба ове вредности се нису статистички значајно промениле ( $p > 0,05$ ) (Табела 27).

Табела 27. Вредности параметара функционалних испитивања у миру пре и након суплементације код спортиста мушког пола

Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
$rVO_2$ (ml/min/kg)	5,41 ± 1,08	5,71 ± 2,52*	5,99 ± 1,18	5,93 ± 1,39
$aVO_2$ (ml/min)	462,43 ± 107,47	528,57 ± 167,81*	564,12 ± 176,46	583,00 ± 185,00
$VCO_2$ (ml/min)	411,14 ± 90,26	450,00 ± 112,09*	493,75 ± 142,49	481,17 ± 142,50
<b>RER</b>	0,89 ± 0,05	0,88 ± 0,10	0,88 ± 0,08	0,84 ± 0,09
<b>HR</b> (бр откуцаја/min)	82,29 ± 14,93	81,14 ± 14,52	86,62 ± 6,07	85,17 ± 7,49
<b>VO<sub>2</sub>/HR</b> (ml O <sub>2</sub> /број откуцаја)	5,57 ± 0,53	6,29 ± 2,14*	6,50 ± 2,27	7,00 ± 2,10
<b>Vt BTPS</b> (L)	0,79 ± 0,24	1,03 ± 0,12	0,78 ± 0,17	0,78 ± 0,17
<b>RR</b> (број удисаја/min)	17,86 ± 4,88	15,00 ± 5,42*	21,00 ± 4,57	21,50 ± 4,37
<b>Ve BTPS</b> (L/min)	13,57 ± 2,74	14,94 ± 3,68	16,17 ± 3,96	16,47 ± 4,21
<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	33,29 ± 3,30	33,43 ± 2,76	33,12 ± 1,81	34,83 ± 4,35
<b>VE/VO<sub>2</sub></b>	29,57 ± 3,41	30,00 ± 4,47	29,37 ± 3,29	29,17 ± 6,34
<b>PETCO<sub>2</sub></b>	36,29 ± 2,36	33,57 ± 3,46	36,63 ± 1,77	34,83 ± 3,43
<b>PETO<sub>2</sub></b>	105,86 ± 3,08	108,29 ± 5,96	105,25 ± 4,13	104,33 ± 6,41

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ .  $aVO_2$  - апсолутна потрошња кисеоника,  $rVO_2$  - релативна потрошња кисеоника,  $VCO_2$  - апсолутна производња угљен-диоксида, RER – коефицијент респираторне размене гасова, HR – срчана фреквенца,  $VO_2/HR$  – кисеонични пулс, Vt BTPS – апсолутна вентилација, RR – фреквенца дисања, Ve BTPS – релативна вентилација, VE/VCO<sub>2</sub> – вентилаторни еквивалент за угљен-диоксид, VE/VO<sub>2</sub> - вентилаторни еквивалент за кисеоник, PETO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог кисеоника на крају издисаја, PETCO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја.

У групи спортиста мушког пола третираних аронијом забележен је пораст и кисеоничног пулса ( $p = 0,028$ ), као и смањење фреквенце дисања ( $p = 0,028$ ) током теста оптерећења у миру (Табела 27). У контролној групи спортиста након примене плацеба



није дошло до значајне промене поменутих, као ни свих осталих параметара мерених током теста оптерећења у миру ( $p > 0,05$ ) (Табела 27).

#### 4.4.2 Поређење вредности параметара функционалних испитивања у миру пре и након суплементације код спортиста женског пола

У групи спортиста женског пола без обзира на примењени дијететски режим (сок од ароније или плацебо) вредности параметара током теста оптерећења у миру се нису значајно промениле ( $p > 0,05$ ) (Табела 28).

**Табела 28.** Вредности параметара функционалних испитивања у миру пре и након суплементације код спортиста женског пола

Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>rVO<sub>2</sub></b> (ml/min/kg)	5,10 ± 1,28	5,00 ± 0,89	5,05 ± 1,22	5,65 ± 1,97
<b>aVO<sub>2</sub></b> (ml/min)	329,14 ± 73,45	315,00 ± 58,60	319,25 ± 65,77	352,17 ± 104,28
<b>VCO<sub>2</sub></b> (ml/min)	290,86 ± 77,87	270,50 ± 52,10	240,67 ± 70,22	310,00 ± 97,80
<b>RER</b>	0,88 ± 0,10	0,86 ± 0,04	0,87 ± 0,10	0,87 ± 0,07
<b>HR</b> (бр откуцаја/min)	92,57 ± 8,62	86,75 ± 8,53	88,75 ± 16,32	91,67 ± 18,12
<b>VO<sub>2</sub>/HR</b> (ml O <sub>2</sub> /број откуцаја)	3,57 ± 0,53	3,62 ± 0,52	3,88 ± 0,99	4,00 ± 1,41
<b>Vt BTPS</b> (L)	0,60 ± 0,15	0,58 ± 0,13	0,74 ± 0,38	0,65 ± 0,26
<b>RR</b> (број удисаја/min)	19,14 ± 2,03	18,25 ± 5,99	16,00 ± 4,96	17,83 ± 6,58
<b>Ve BTPS</b> (L/min)	11,53 ± 3,15	9,95 ± 2,42	10,22 ± 1,35	10,70 ± 3,12
<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	39,71 ± 4,89	36,62 ± 2,62	37,75 ± 3,77	34,83 ± 2,32
<b>VE/VO<sub>2</sub></b>	35,00 ± 6,14	31,50 ± 3,07	32,75 ± 5,12	30,50 ± 2,74
<b>PETCO<sub>2</sub></b>	31,00 ± 3,74	34,37 ± 1,51	33,25 ± 3,01	34,83 ± 1,94
<b>PETO<sub>2</sub></b>	110,57 ± 5,80	107,12 ± 2,42	107,00 ± 4,81	107,17 ± 3,87

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . aVO<sub>2</sub> - апсолутна потрошња кисеоника, rVO<sub>2</sub> - релативна потрошња кисеоника, VCO<sub>2</sub> - апсолутна производња угљен-диоксида, RER – коефицијент респираторне размене гасова, HR – срчана фреквенца, VO<sub>2</sub>/HR – кисеонични пулс, Vt BTPS – апсолутна вентилација, RR – фреквенца дисања, Ve BTPS – релативна вентилација, VE/VCO<sub>2</sub> – вентилаторни еквивалент за угљен-диоксид, VE/VO<sub>2</sub> - вентилаторни еквивалент за кисеоник, PETO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог кисеоника на крају издисаја, PETCO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја.

#### 4.4.3 Поређење вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања максималне потрошње кисеоника пре и након суплементације код спортиста мушког пола

У групи спортиста мушког пола након суплементације соком од ароније дошло је до значајног повећања апсолутне потрошње кисеоника ( $p = 0,028$ ), као и релативне потрошње кисеоника ( $p = 0,046$ ) током извођења теста оптерећења приликом достизања максималне потрошње кисеоника (Табела 29). У контролној групи спортиста ови параметри се нису значајно променили током извођења теста оптерећења приликом достизања максималне потрошње кисеоника ( $p > 0,05$ ) (Табела 29).

Табела 29. Вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања максималне потрошње кисеоника пре и након суплементације код спортиста мушког пола

Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>rVO<sub>2</sub></b> (ml/min/kg)	51,46 ± 7,18	56,50 ± 4,36*	48,81 ± 7,68	51,20 ± 10,37
<b>aVO<sub>2</sub></b> (ml/min)	4350,57 ± 286,21	4888,43 ± 323,62*	4464,50 ± 539,30	4767,33 ± 562,12
<b>VCO<sub>2</sub></b> (ml/min)	4704,86 ± 449,10	4889,43 ± 465,76	4659,00 ± 693,85	4852,67 ± 560,86
<b>RER</b>	1,08 ± 0,05	1,03 ± 0,04	1,04 ± 0,07	1,00 ± 0,07
<b>HR</b> (бр откуцаја/min)	184,29 ± 13,07	183,29 ± 8,92	173,63 ± 13,65	172,83 ± 11,67
<b>VO<sub>2</sub>/HR</b> (ml O <sub>2</sub> /број откуцаја)	23,86 ± 2,54	26,71 ± 2,98	28,33 ± 3,44	25,87 ± 3,52
<b>Vt BTPS</b> (L)	2,52 ± 0,45	2,53 ± 0,26	2,40 ± 0,27	2,59 ± 0,30*
<b>RR</b> (број удисаја/min)	55,86 ± 10,14	61,28 ± 6,47	55,37 ± 16,03	57,83 ± 15,82
<b>Ve BTPS</b> (L/min)	137,41 ± 16,44	151,29 ± 12,04*	129,81 ± 25,45	146,23 ± 23,83*
<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	28,86 ± 3,72	31,14 ± 3,24*	27,88 ± 2,29	30,17 ± 2,64*
<b>VE/VO<sub>2</sub></b>	31,43 ± 2,99	31,00 ± 3,27	29,12 ± 3,44	30,00 ± 3,58
<b>PETCO<sub>2</sub></b>	38,14 ± 3,67	37,43 ± 3,41	39,87 ± 2,75	37,33 ± 2,06
<b>PETO<sub>2</sub></b>	111,43 ± 3,95	110,57 ± 3,55	108,63 ± 3,62	109,50 ± 4,32

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . aVO<sub>2</sub> - апсолутна потрошња кисеоника, rVO<sub>2</sub> - релативна потрошња кисеоника, VCO<sub>2</sub> - апсолутна производња угљен-диоксида, RER – коефицијент респираторне размене гасова, HR – срчана фреквенца, VO<sub>2</sub>/HR – кисеонични пулс, Vt BTPS – апсолутна вентилација, RR – фреквенца дисања, Ve BTPS – релативна вентилација, VE/VCO<sub>2</sub> – вентилаторни еквивалент за угљен-диоксид, VE/VO<sub>2</sub> - вентилаторни еквивалент за кисеоник, PETO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог кисеоника на крају издисаја, PETCO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја.

Са друге стране у обе групе спортиста мушког пола, без обзира на примењени дијететски режим дошло је до значајног повећања вентилације (експериментална група  $p = 0,028$ ; контролна група  $p = 0,042$ ), као и повећања односа вентилације и производње угљен-диоксида (експериментална група  $p = 0,041$ ; контролна група  $p = 0,042$ ) током извођења теста оптерећења приликом достизања максималне потрошње кисеоника

(Табела 29). Додатно, у контролној групи спортиста мушког пола након примене плацеба дошло је до значајног повећања тидалног волумен ( $p = 0,042$ ) (Табела 29).

#### 4.4.4 Поређење вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања максималне потрошње кисеоника пре и након суплементације код спортиста женског пола

У групи спортиста женског пола без обзира на примењени дијететски режим (сок од ароније или плацебо) вредности параметара током теста оптерећења приликом достизања максималне потрошње кисеоника се нису значајно промениле ( $p > 0,05$ ) (Табела 30).

Табела 30. Вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања максималне потрошње кисеоника пре и након суплементације код спортиста женског пола

Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>rVO<sub>2</sub></b> (ml/min/kg)	46,19 ± 2,04	49,04 ± 4,03	46,94 ± 8,57	46,85 ± 8,77
<b>aVO<sub>2</sub></b> (ml/min)	3011,43±354,61	3105,37±408,44	2978,12±531,98	2999,50±621,32
<b>VCO<sub>2</sub></b> (ml/min)	3171,86±426,63	3270,25±438,58	3154,00±467,06	3142,67±584,01
<b>RER</b>	1,05 ± 0,03	1,05 ± 0,06	1,06 ± 0,07	1,05 ± 0,06
<b>HR</b> (бр откуцаја/min)	182,71 ± 8,40	189,12 ± 6,06	182,62 ± 15,39	190,50 ± 5,47
<b>VO<sub>2</sub>/HR</b> (ml O <sub>2</sub> /број откуцаја)	17,00 ± 2,58	16,62 ± 2,13	16,50 ± 4,24	15,67 ± 3,56
<b>Vt BTPS</b> (L)	1,89 ± 0,23	1,92 ± 0,28	2,06 ± 0,40	1,82 ± 0,25
<b>RR</b> (број удисаја/min)	53,43 ± 9,98	50,37 ± 5,65	47,75 ± 14,95	54,00 ± 12,21
<b>Ve BTPS</b> (L/min)	100,27 ± 18,07	96,95 ± 16,77	93,82 ± 15,13	96,62 ± 17,52
<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	32,29 ± 2,63	29,50 ± 2,98	30,00 ± 5,01	30,83 ± 4,45
<b>VE/VO<sub>2</sub></b>	33,14 ± 3,85	31,25 ± 2,91	31,87 ± 5,25	32,33 ± 3,98
<b>PETCO<sub>2</sub></b>	34,29 ± 2,50	37,25 ± 3,24	36,87 ± 4,61	36,17 ± 4,26
<b>PETO<sub>2</sub></b>	112,43 ± 3,91	111,37 ± 3,16	111,12 ± 4,97	112,67 ± 3,61

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . aVO<sub>2</sub> - апсолутна потрошња кисеоника, rVO<sub>2</sub> - релативна потрошња кисеоника, VCO<sub>2</sub> - апсолутна производња угљен-диоксида, RER – коефицијент респираторне размене гасова, HR – срчана фреквенца, VO<sub>2</sub>/HR – кисеонични пулс, Vt BTPS – апсолутна вентилација, RR – фреквенца дисања, Ve BTPS – релативна вентилација, VE/VCO<sub>2</sub> – вентилаторни еквивалент за угљен-диоксид, VE/VO<sub>2</sub> - вентилаторни еквивалент за кисеоник, PETO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог кисеоника на крају издисаја, PETCO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја.

#### 4.4.5 Поређење вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања анаеробног прага пре и након суплементације код спортиста мушког пола

У групама спортиста мушког пола дошло је до значајног повећања вредности апсолутне потрошње кисеоника (експериментална група  $p = 0,028$ ; контролна група  $p = 0,028$ ), релативне потрошње кисеоника (експериментална група  $p = 0,041$ ; контролна група  $p = 0,042$ ), као и апсолутне производње угљен-диоксида (експериментална група  $p = 0,028$ ; контролна група  $p = 0,028$ ) током извођења теста оптерећења након достизања анаеробног прага (Табела 31). Такође, код обе групе спортиста мушког пола дошло је до значајног повећања срчане фреквенце (експериментална група  $p = 0,026$ ; контролна група  $p = 0,028$ ) током извођења теста оптерећења након достизања анаеробног прага (Табела 31).

Табела 31. Вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања анаеробног прага пре и након суплементације код спортиста мушког пола

Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>rVO<sub>2</sub></b> (ml/min/kg)	35,83 ± 7,79	48,29 ± 4,84*	36,95 ± 5,54	46,60 ± 9,56*
<b>aVO<sub>2</sub></b> (ml/min)	3030,00±604,27	4373,43±395,60*	3390,37±472,47	4414,67±399,69*
<b>VCO<sub>2</sub></b> (ml/min)	2944,00±615,08	4326,86±367,69*	3219,75±412,65	4309,00±357,74*
<b>RER</b>	0,97 ± 0,03	0,99 ± 0,01	0,95 ± 0,04	0,97 ± 0,01
<b>HR</b> (бр откуцаја/min)	157,14 ± 14,50	172,29± 12,41*	151,00 ± 13,98	166,50 ± 6,98*
<b>VO<sub>2</sub>/HR</b> (ml O <sub>2</sub> /број откуцаја)	19,29 ± 2,69	25,29 ± 3,15	22,50 ± 3,62	26,50 ± 2,07
<b>Vt BTPS</b> (L)	2,38 ± 0,56	2,58 ± 0,39	2,33 ± 0,53	2,68 ± 0,32
<b>RR</b> (број удисаја/min)	32,86 ± 7,95	46,14 ± 10,68*	36,50 ± 10,92	46,67 ± 8,14
<b>Ve BTPS</b> (L/min)	75,23 ± 16,69	121,46± 10,12*	80,90 ± 12,85	123,28 ± 9,24*
<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	25,57 ± 2,76	29,00 ± 3,37*	25,25 ± 3,41	28,83 ± 2,14*
<b>VE/VO<sub>2</sub></b>	24,71 ± 2,43	28,86 ± 3,67*	24,00 ± 3,29	28,00 ± 2,10*
<b>PETCO<sub>2</sub></b>	42,57 ± 4,39	39,57 ± 4,20	43,62 ± 4,93	38,67 ± 2,16
<b>PETO<sub>2</sub></b>	103,00 ± 5,48	107,14 ± 6,52	101,12 ± 5,89	106,83 ± 2,14

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . aVO<sub>2</sub> - апсолутна потрошња кисеоника, rVO<sub>2</sub> - релативна потрошња кисеоника, VCO<sub>2</sub> - апсолутна производња угљен-диоксида, RER – коефицијент респираторне размене гасова, HR – срчана фреквенца, VO<sub>2</sub>/HR – кисеонични пулс, Vt BTPS – апсолутна вентилација, RR – фреквенца дисања, Ve BTPS – релативна вентилација, VE/VCO<sub>2</sub> – вентилаторни еквивалент за угљен-диоксид, VE/VO<sub>2</sub> - вентилаторни еквивалент за кисеоник, PETO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог кисеоника на крају издисаја, PETCO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја.

Поред већ поменутих параметара значајно се у обе групе спортиста мушког пола променила и вредност вентилације (експериментална група  $p = 0,028$ ; контролна група  $p = 0,028$ ), као и односа вентилације и производње кисеоника (експериментална група  $p$

= 0,023; контролна група  $p = 0,026$ ) и односа вентилације и производње угљен-диоксида (експериментална група  $p = 0,024$ ; контролна група  $p = 0,042$ ) током извођења теста оптерећења након достизања анаеробног прага (Табела 31). У групи спортиста мушког пола третираној соком од ароније забележено је значајно повећање фреквенце дисања ( $p = 0,028$ ), које није примећено у контролној групи спортиста мушког пола ( $p > 0,05$ ) током теста оптерећења приликом достизања анаеробног прага (Табела 31).

#### 4.4.6 Поређење вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања анаеробног прага пре и након суплементације код спортиста женског пола

Табела 32. Вредности параметара функционалних испитивања приликом достизања анаеробног прага пре и након суплементације код спортиста женског пола

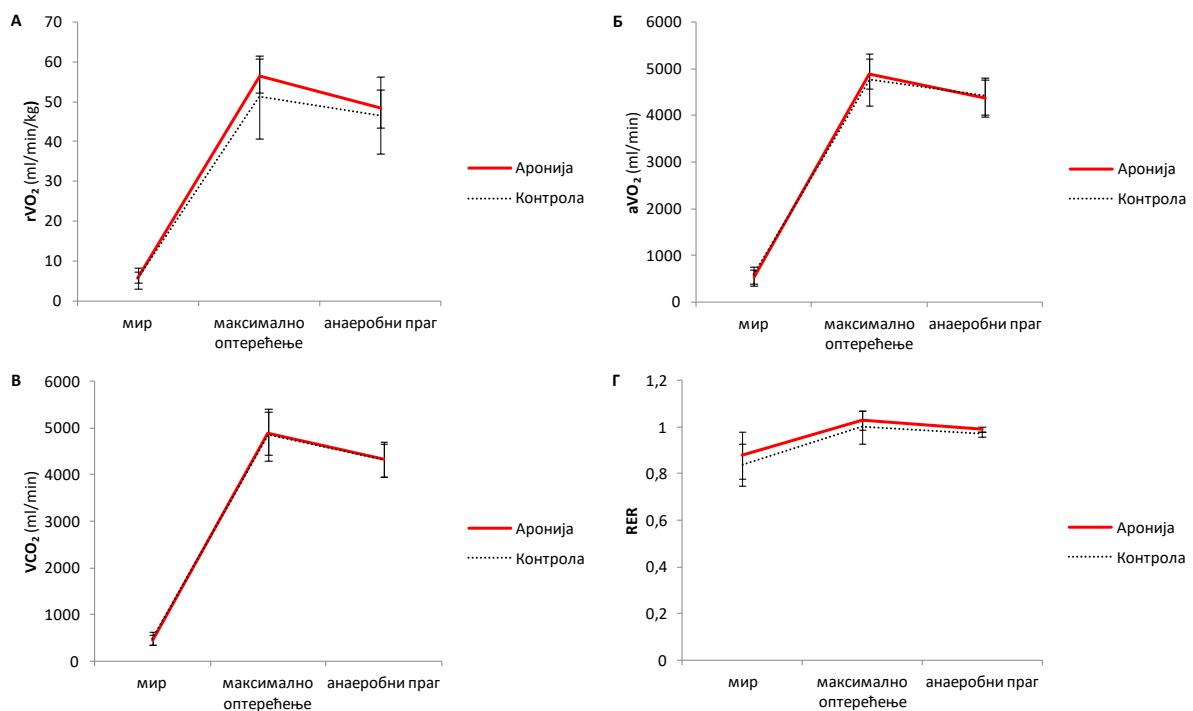
Параметар	Аронија		Контрола	
	Пре третмана	Након третмана	Пре третмана	Након третмана
<b>rVO<sub>2</sub></b> (ml/min/kg)	38,54 ± 5,53	40,94 ± 3,19*	39,72 ± 6,54	39,37 ± 5,49
<b>aVO<sub>2</sub></b> (ml/min)	2511,43±456,47	2596,62±372,97*	2527,12±466,34	2524,17±476,13
<b>VCO<sub>2</sub></b> (ml/min)	2417,43±489,82	2544,25±379,93*	2213,83±971,27	2478,83±465,86
<b>RER</b>	0,96 ± 0,03	0,98 ± 0,02	0,98 ± 0,02	0,98 ± 0,02
<b>HR</b> (бр откуцаја/min)	174,86 ± 6,18	171,25 ± 14,86	176,37 ± 8,68	176,17 ± 4,87
<b>VO<sub>2</sub>/HR</b> (ml O <sub>2</sub> /број откуцаја)	14,43 ± 2,57	15,12 ± 1,88	14,25 ± 2,66	14,33 ± 2,73
<b>Vt BTPS</b> (L)	1,77 ± 0,38	1,82 ± 0,44	2,01 ± 0,46	1,79 ± 0,34
<b>RR</b> (број удисаја/min)	41,14 ± 6,39	40,25 ± 7,19	37,75 ± 16,51	43,00 ± 15,54
<b>Ve BTPS</b> (L/min)	72,16 ± 16,07	72,07 ± 15,35	70,64 ± 18,76	74,60 ± 18,85
<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	29,71 ± 2,06	28,12 ± 2,59	28,50 ± 5,32	29,50 ± 5,68
<b>VE/VO<sub>2</sub></b>	28,71 ± 2,06	27,62 ± 2,61	27,87 ± 5,05	29,00 ± 5,10
<b>PETCO<sub>2</sub></b>	37,00 ± 2,65	38,87 ± 3,44	38,75 ± 5,62	38,17 ± 5,95
<b>PETO<sub>2</sub></b>	107,29 ± 3,25	107,00 ± 3,82	106,25 ± 6,47	108,17 ± 6,68

Вредности у табели су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ ; „\*\*“ ако је  $p < 0,01$ ; „\*\*\*“ ако је  $p < 0,001$ . aVO<sub>2</sub> - апсолутна потрошња кисеоника, rVO<sub>2</sub> - релативна потрошња кисеоника, VCO<sub>2</sub> - апсолутна производња угљен-диоксида, RER – коефицијент респираторне размене гасова, HR – срчана фреквенца, VO<sub>2</sub>/HR – кисеонични пулс, Vt BTPS – апсолутна вентилација, RR – фреквенца дисања, Ve BTPS – релативна вентилација, VE/VCO<sub>2</sub> – вентилаторни еквивалент за угљен-диоксид, VE/VO<sub>2</sub> - вентилаторни еквивалент за кисеоник, PETO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог кисеоника на крају издисаја, PETCO<sub>2</sub> – парцијални притисак издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја.

У групи спортиста женског пола без обзира на примењени дијететски режим (сок од ароније или плацебо) вредности параметара током теста оптерећења приликом достизања анаеробног прага се нису значајно промениле ( $p > 0,05$ ) (Табела 32).

#### 4.4.1 Поређење вредности параметара функционалних испитивања током теста оптерећења код спортиста мушког пола

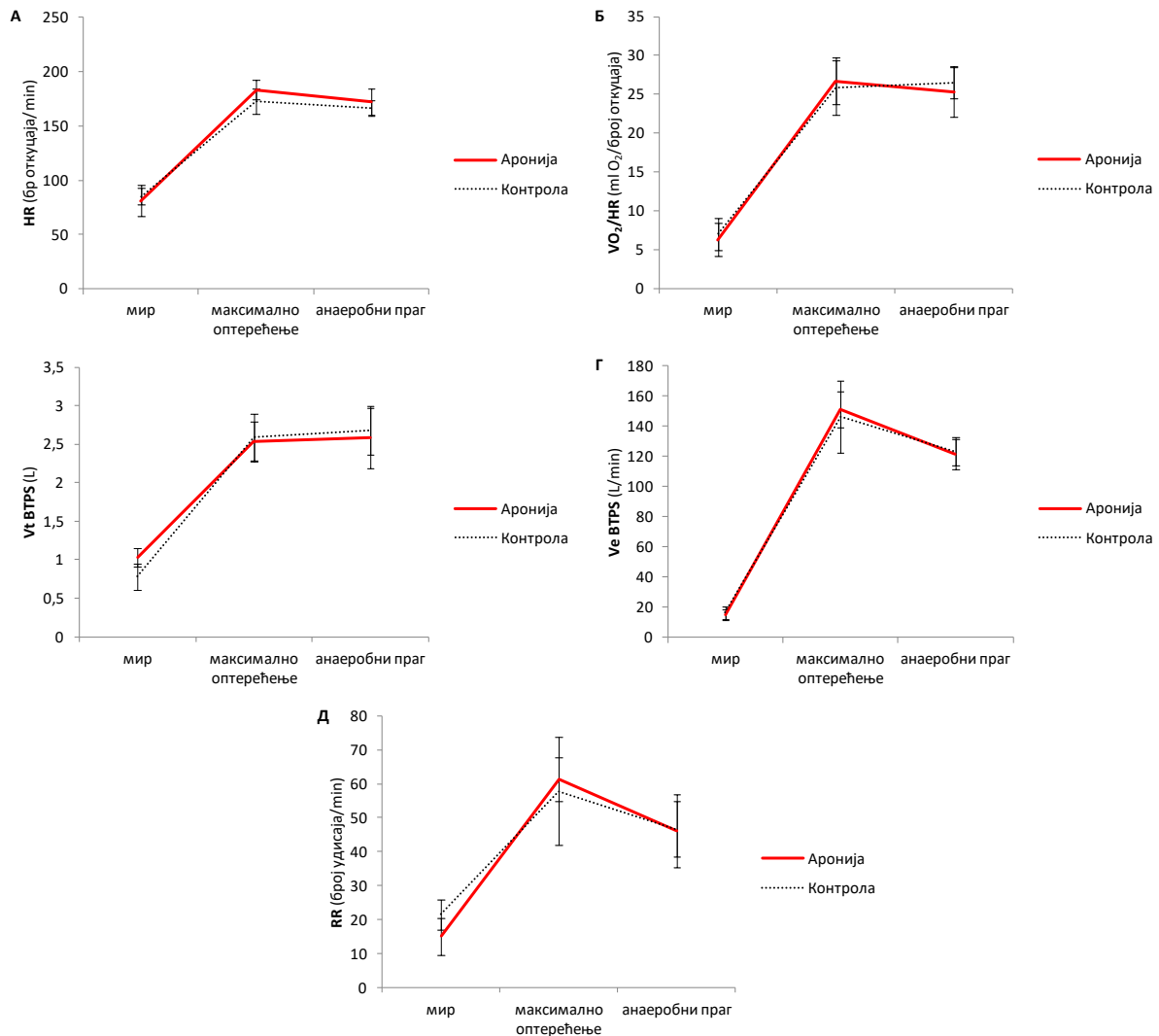
На графику 25 приказано је поређење апсолутне и релативне потрошње кисеоника, апсолутне производње угљен-диоксида и коефицијент респираторне размене гасова код спортиста мушког пола током теста оптерећења, а након завршене суплементације соком од ароније и плацебом. Поређењем ових вредности током теста оптерећења (у миру, након достизања максималног оптерећења и у анаеробном прагу) нису уочене статистички значајне разлике ( $p > 0,05$ ) (График 25 А - Г).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ .  $aVO_2$  - апсолутна потрошња кисеоника,  $rVO_2$  - релативна потрошња кисеоника,  $VCO_2$  - апсолутна производња угљен-диоксида, RER – коефицијент респираторне размене гасова

**График 25** Поређење апсолутне и релативне потрошње кисеоника, апсолутне производње угљен-диоксида и коефицијент респираторне размене гасова код спортиста мушког пола током теста оптерећења након третмана

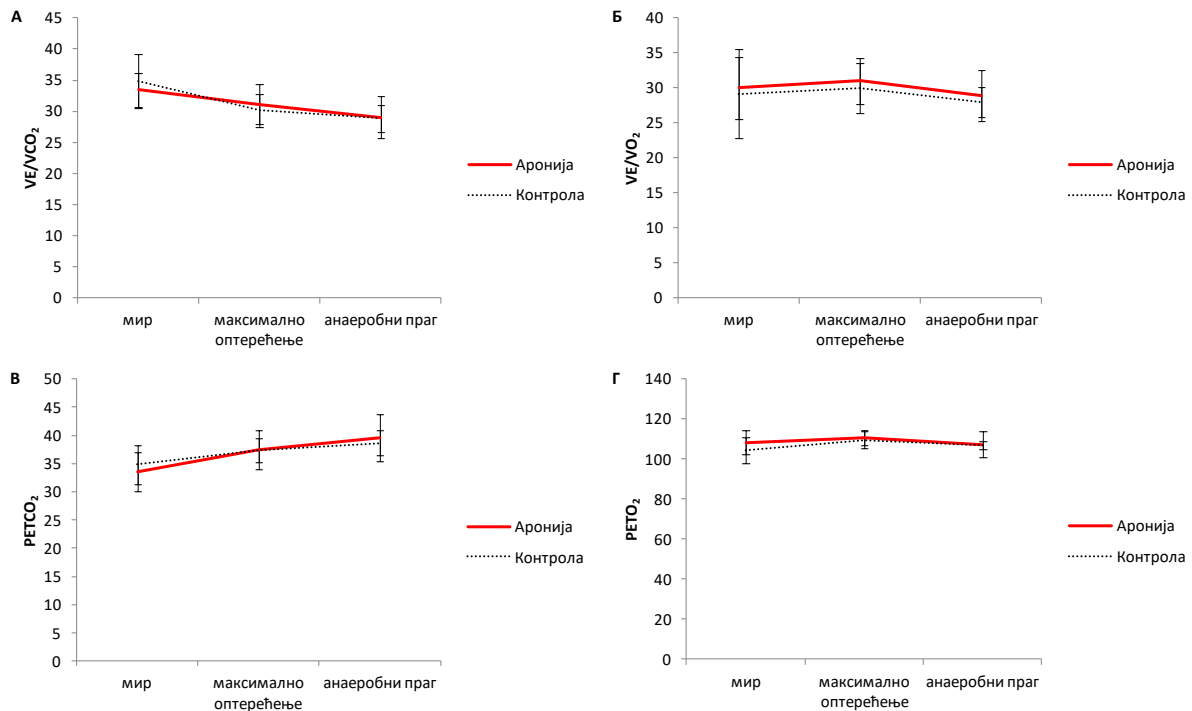
На графику 26 приказано је поређење срчане фреквенце, кисеоничног пулса, апсолутне вентилације, фреквенце дисања и релативне вентилације код спортиста мушког пола током теста оптерећења, а након завршене суплементације соком од ароније и плацебом. Поређењем ових вредности током теста оптерећења (у миру, након достизања максималног оптерећења и у анаеробном прагу) нису уочене статистички значајне разлике ( $p > 0,05$ ) (График 26 А - Д).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . HR – срчана фреквенца, VO<sub>2</sub>/HR – кисеонични пулс, Vt BTPS – апсолутна вентилација, RR – фреквенца дисања, Ve BTPS – релативна вентилација.

**График 26** Поређење срчане фреквенце, кисеоничног пулса, апсолутне вентилације, фреквенце дисања и релативне вентилације код спортиста мушког пола током теста оптерећења након третмана

На графику 27 приказано је поређење вентилаторног еквивалент за угљен-диоксид, вентилаторног еквивалента за кисеоник, парцијалног притиска издахнутог кисеоника на крају издисаја, парцијалног притиска издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја код спортиста мушког пола током теста оптерећења, а након завршене суплементације соком од ароније и плацебом. Поређењем ових вредности током теста оптерећења (у миру, након достизања максималног оптерећења и у анаеробном прагу) нису уочене статистички значајне разлике ( $p > 0,05$ ) (График 27 А - Г).



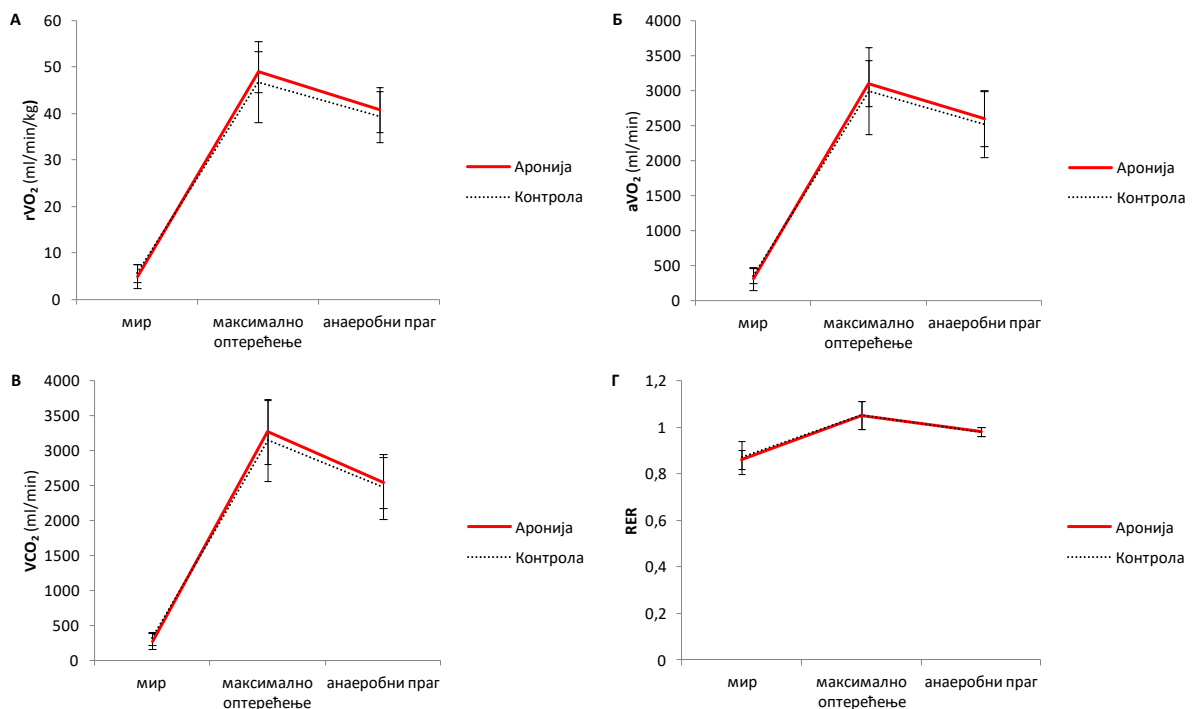
Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ .  $VE/VCO_2$  – вентилаторни еквивалент за угљен-диоксид,  $VE/VO_2$  – вентилаторни еквивалент за кисеоник,  $PETCO_2$  – парцијални притисак издахнутог кисеоника на крају издисаја,  $PETO_2$  – парцијални притисак издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја.

**График 27** Поређење вентилаторног еквивалент за угљен-диоксид, вентилаторног еквивалента за кисеоник, парцијалног притиска издахнутог кисеоника на крају издисаја, парцијалног притиска издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја код спортиста мушког пола током теста оптерећења након третмана



#### 4.4.2 Поређење вредности параметара функционалних испитивања током теста оптерећења код спортиста женског пола

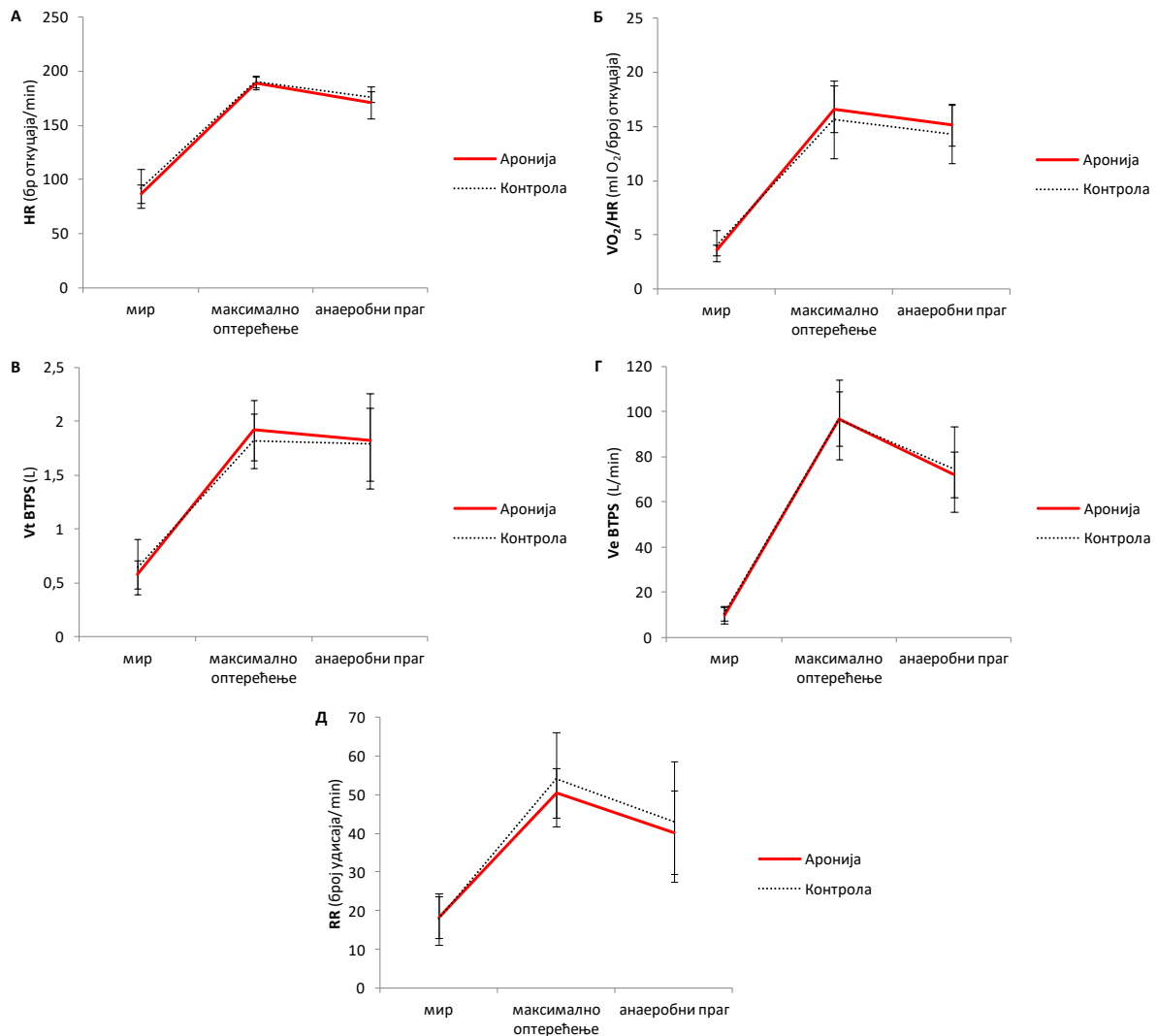
На графику 28 приказано је поређење апсолутне и релативне потрошње кисеоника, апсолутне производње угљен-диоксида и коефицијент респираторне размене гасова код спортиста женског пола током теста оптерећења, а након завршене суплементације соком од ароније и плацебом. Поређењем ових вредности током теста оптерећења (у миру, након достизања максималног оптерећења и у анаеробном прагу) нису уочене статистички значајне разлике ( $p > 0,05$ ) (График 28 А - Г).



Вредности у табели су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . aVO<sub>2</sub> - апсолутна потрошња кисеоника, rVO<sub>2</sub> - релативна потрошња кисеоника, VCO<sub>2</sub> - апсолутна производња угљен-диоксида, RER – коефицијент респираторне размене гасова

**График 28** Поређење апсолутне и релативне потрошње кисеоника, апсолутне производње угљен-диоксида и коефицијент респираторне размене гасова код спортиста женског пола током теста оптерећења након третмана

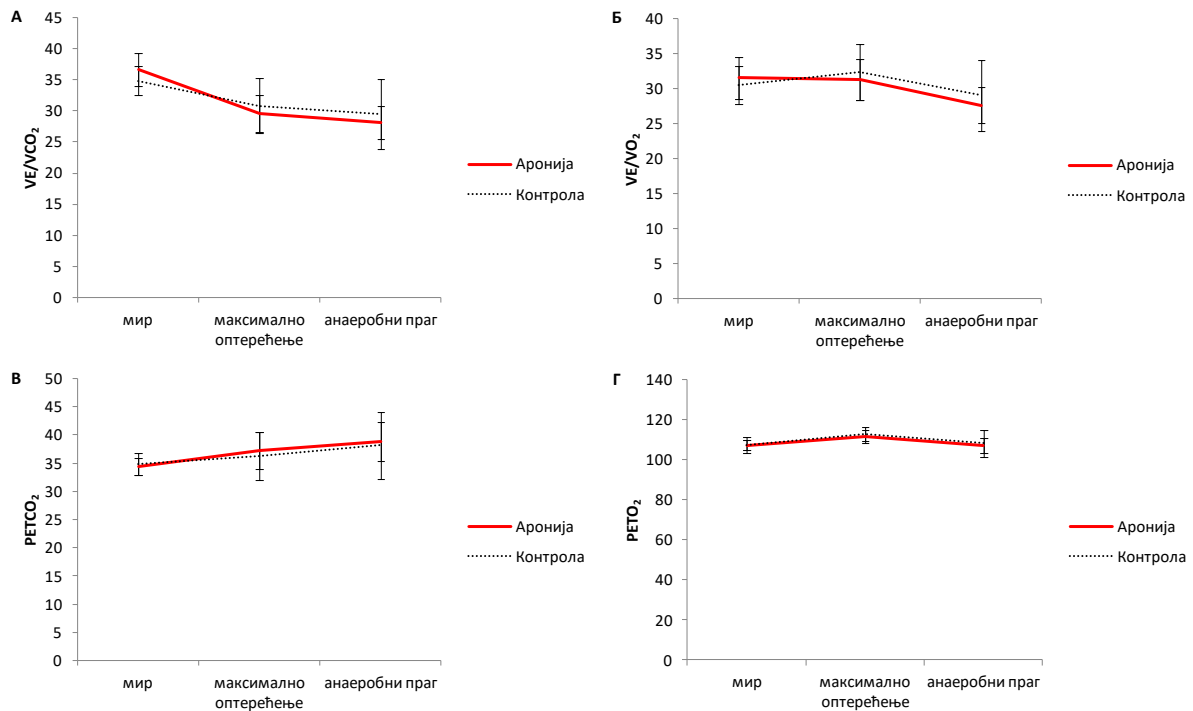
На графику 29 приказано је поређење срчане фреквенце, кисеоничног пулса, апсолутне вентилације, фреквенце дисања и релативне вентилације код спортиста женског пола током теста оптерећења, а након завршене суплементације соком од ароније и плацебом. Поређењем ових вредности током теста оптерећења (у миру, након достизања максималног оптерећења и у анаеробном прагу) нису уочене статистички значајне разлике ( $p > 0,05$ ) (График 29 А - Д).



Вредности су приказане као средња вредност ± стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . HR – срчана фреквенца, VO<sub>2</sub>/HR – кисеонични пулс, V<sub>t</sub> BTPS – апсолутна вентилација, RR – фреквенца дисања, Ve BTPS – релативна вентилација.

**График 29** Поређење срчане фреквенце, кисеоничног пулса, апсолутне вентилације, фреквенце дисања и релативне вентилације код спортиста женског пола током теста оптерећења након третмана

На графику 30 приказано је поређење вентилаторног еквивалент за угљен-диоксид, вентилаторног еквивалента за кисеоник, парцијалног притиска издахнутог кисеоника на крају издисаја, парцијалног притиска издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја код спортиста женског пола током теста оптерећења, а након завршене суплементације соком од ароније и плацебом. Поређењем ових вредности током теста оптерећења (у миру, након достизања максималног оптерећења и у анаеробном прагу) нису уочене статистички значајне разлике ( $p > 0,05$ ) (График 30 А - Г).



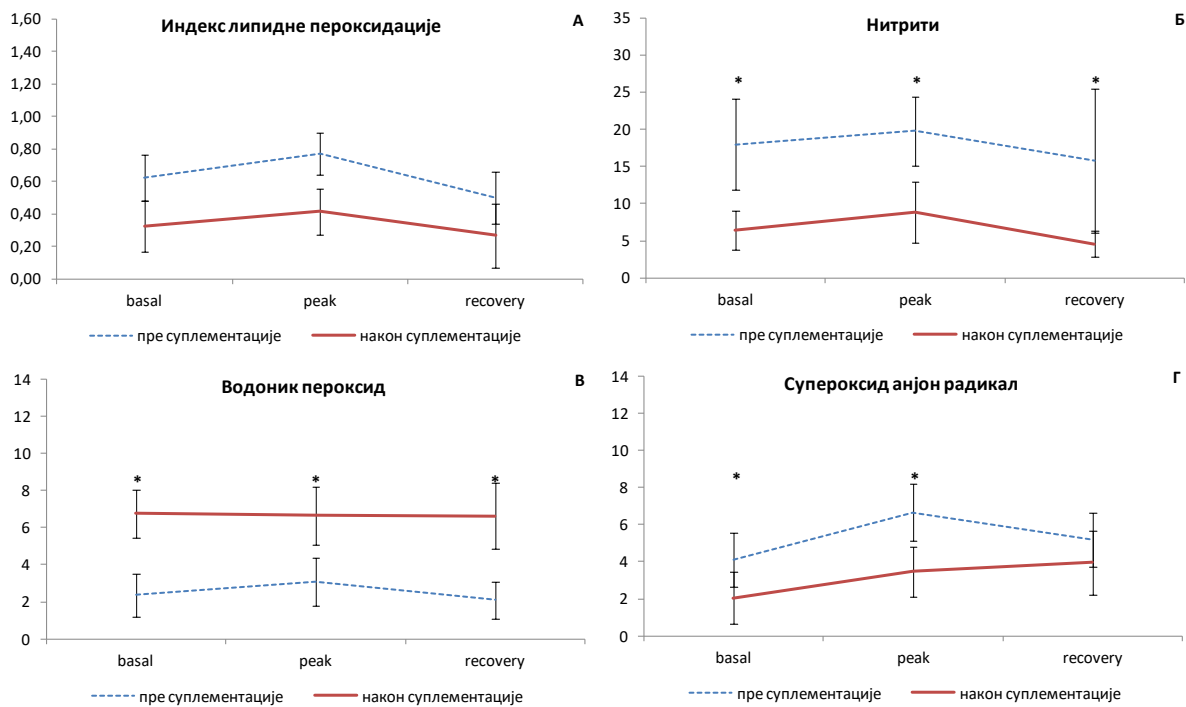
Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ .  $VE/VCO_2$  – вентилаторни еквивалент за угљен-диоксид,  $VE/VO_2$  – вентилаторни еквивалент за кисеоник,  $PETCO_2$  – парцијални притисак издахнутог кисеоника на крају издисаја,  $PETO_2$  – парцијални притисак издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја.

**График 30** Поређење вентилаторног еквивалент за угљен-диоксид, вентилаторног еквивалента за кисеоник, парцијалног притиска издахнутог кисеоника на крају издисаја, парцијалног притиска издахнутог угљен-диоксида на крају издисаја код спортиста женског пола током теста оптерећења након третмана

## 4.5 Оксидациони стрес

### 4.5.1 Прооксиданси у групама спортиста мушког пола

Вредности измерених прооксиданаса током теста оптерећења у групи спортиста мушког пола третираних концентрованим соком од ароније приказани су на **Графику 31** (А – Г). Примена концентрованог сока од ароније у групи спортиста мушког пола довела је до значајног смањења у продукцији нитрита (*basal*  $p = 0,022$ ; *peak*  $p = 0,028$ ; *recovery*  $p = 0,044$ ) и супероксид анјон радикала (*basal*  $p = 0,044$  и *peak*  $p = 0,046$ ) током поновљеног теста оптерећења, након завршене суплементације (**График 31 Б и Г**). Са друге стране, вредности водоник пероксида су се значајно повећале (*basal*  $p = 0,026$ ; *peak*  $p = 0,028$ ; *recovery*  $p = 0,022$ ) (**График 31В**), док се индекс липидне пероксидације није значајно променио ( $p > 0,05$ ) (**График 31А**).

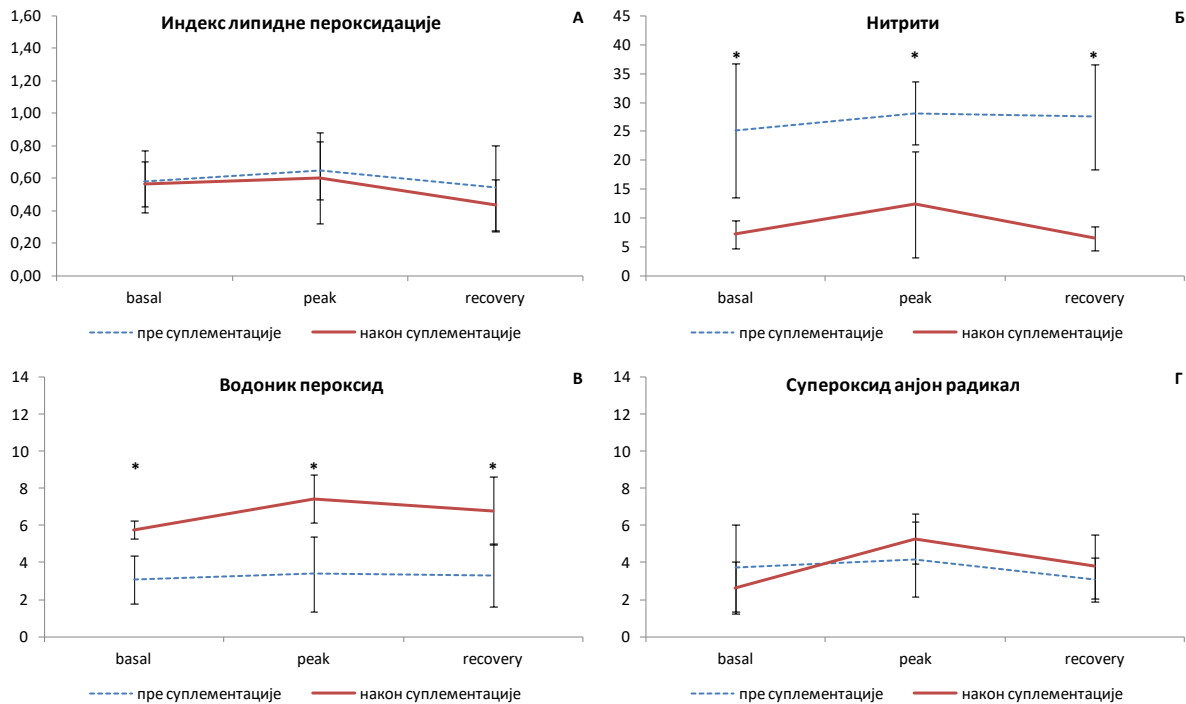


Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 31** Поређење вредности прооксиданаса код спортиста мушког пола третираних концентрованим соком од ароније током теста оптерећења пре и након завршене суплементације

Вредности измерених прооксиданаса током теста оптерећења у групи спортиста мушког пола третираних плацебом приказани су на **Графику 32** (А – Г). Примена плацеба у групи спортиста мушког пола довела је до значајног смањења у продукцији нитрита (*basal*  $p = 0,022$ ; *peak*  $p = 0,028$ ; *recovery*  $p = 0,044$ ) током поновљеног теста

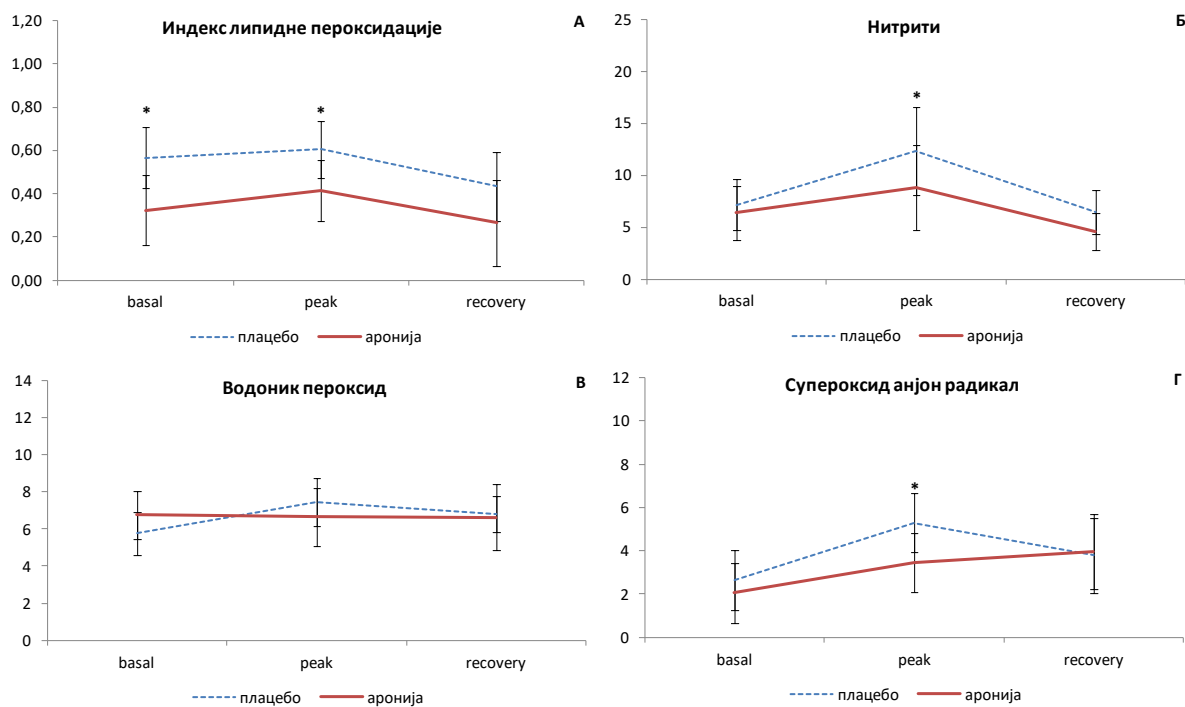
оптерећења, након завршене суплементације (**График 32Б**). Са друге стране, вредности водоник пероксида су се значајно повећале (*basal*  $p = 0,044$ ; *peak*  $p = 0,026$ ; *recovery*  $p = 0,046$ ) (**График 32В**), док се вредности супероксид анјон радикала, као и индекс липидне пероксидације нису значајно променили ( $p > 0,05$ ) (**График 32 А и Г**).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 32** Поређење вредности прооксиданаса код спортиста мушког пола третираних плацебом током теста оптерећења пре и након завршене суплементације

Поређење вредности измерених прооксиданаса након завршене суплементације током теста оптерећења у групи спортиста мушког пола третираних плацебом и концентрованим соком од ароније приказани су на **Графику 33 (А – Г)**. Примена концентрованог сока од ароније у групи спортиста мушког пола довела је до значајно мање продукције нитрита (*peak*  $p = 0,028$ ) и супероксид анјон радикала (*peak*  $p = 0,044$ ) у односу на примену плацеба (**График 33 Б и Г**) приликом достизања максималног оптерећења, током теста оптерећења. Додатно, примена концентрованог сока од ароније у групи спортиста мушког пола довела је до значајно мањег индекса липидне пероксидације у односу на примену плацеба (*basal*  $p = 0,044$  и *peak*  $p = 0,026$ ) (**График 33 А**) током теста оптерећења. Са друге стране, вредности водоник пероксида ( $p > 0,05$ ) се нису значајно разликовале између посматраних група током теста оптерећења између посматраних група (**График 33 В**).



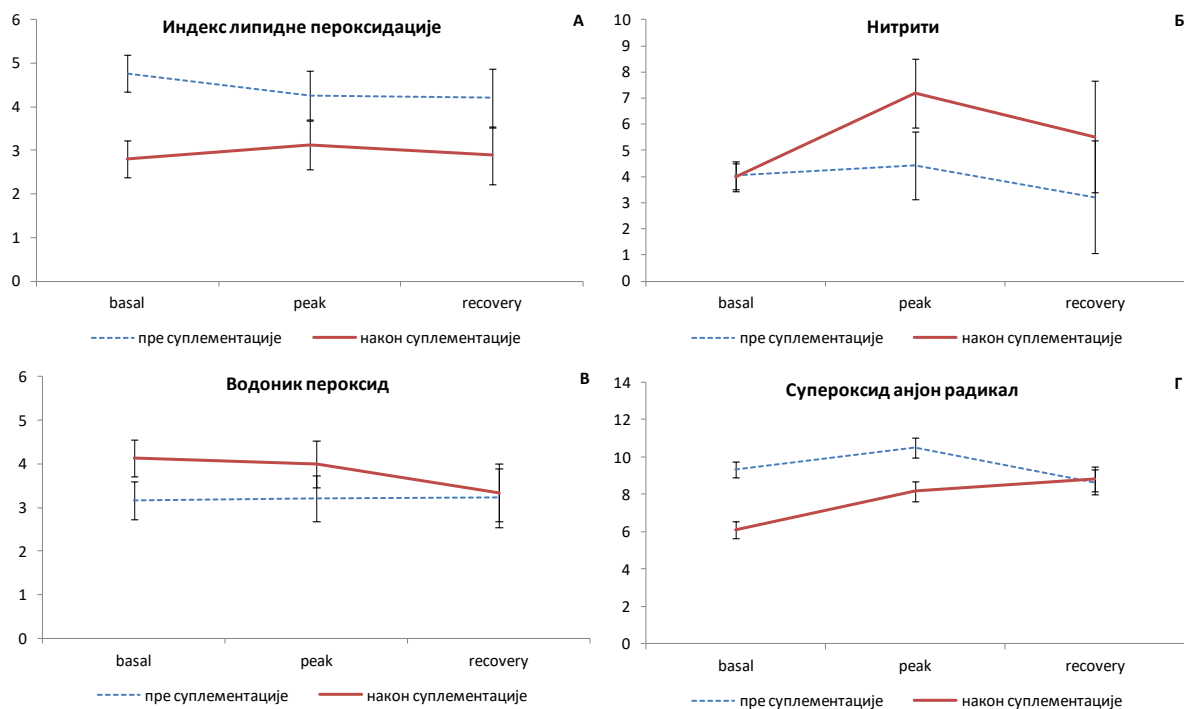
Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 33** Поређење вредности прооксиданаса код спортиста мушког пола између група третираних плацебом и концентрованим соком од ароније током теста оптерећења након завршене суплементације

#### 4.5.2 Прооксиданси у групама спортиста женског пола

Вредности измерених прооксиданаса током теста оптерећења у групама спортиста женског пола третираних концентрованим соком од ароније и плацебом пре и након третмана приказане су на **Графицима 34 и 35**, док је поређење између ове групе две групе спортиста женског пола након завршених третмана приказано на **Графику 36**.

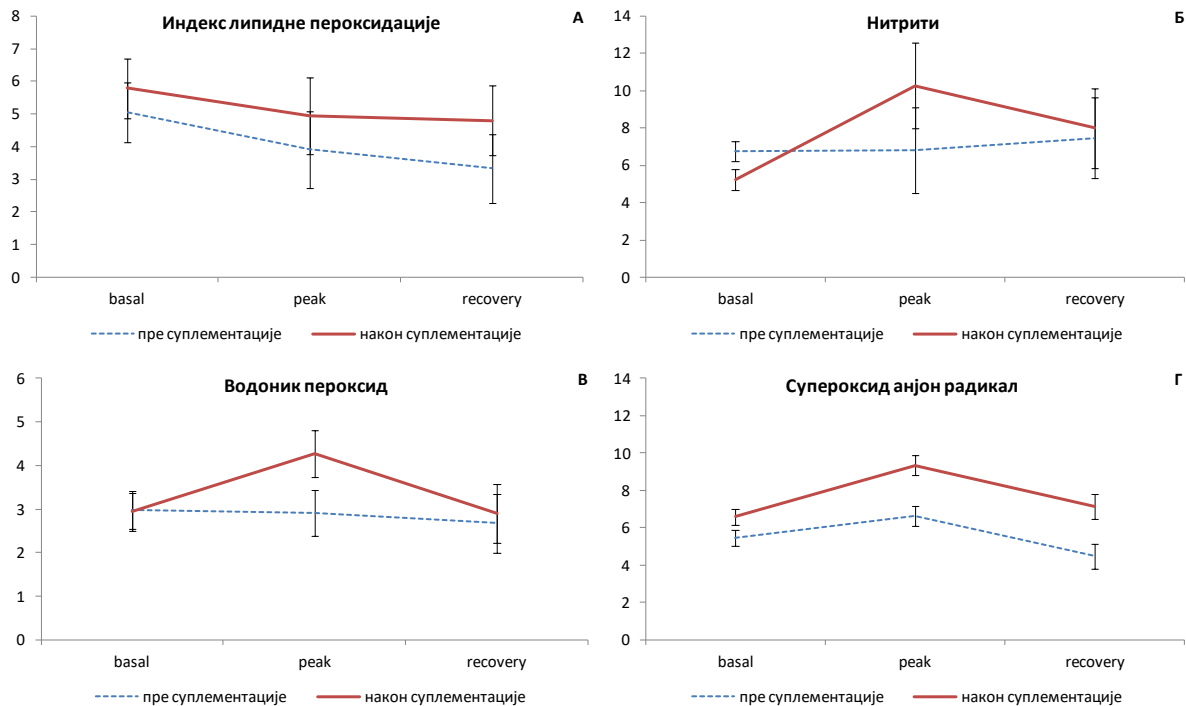
Вредности измерених прооксиданаса током теста оптерећења у групи спортиста женског пола третираних концентрованим соком од ароније приказани су на **Графику 34 (А – Г)**. Примена концентрованог сока од ароније у групи спортиста женског пола није довела до значајних промена у индексу липидне пероксидације, мереном као TBARS, као ни концентрација нитрита, водоник пероксида и супероксид анјон радикала током теста оптерећења ( $p > 0,05$ ) (**График 34 А - Г**).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 34** Поређење вредности прооксиданаса код спортиста женског пола третираних концентрованим соком од ароније током теста оптерећења пре и након завршене суплементације

Вредности измерених прооксиданаса током теста оптерећења у групи спортиста женског пола третираних плацебом приказани су на **Графику 35 (А – Г)**. Примена плацеба у групи спортиста женског пола није довела до значајних промена у индексу липидне пероксидације, мереном као TBARS, као ни концентрација нитрита, водоник пероксида и супероксид анјон радикала током теста оптерећења ( $p > 0,05$ ) (**График 35 А - Г**).

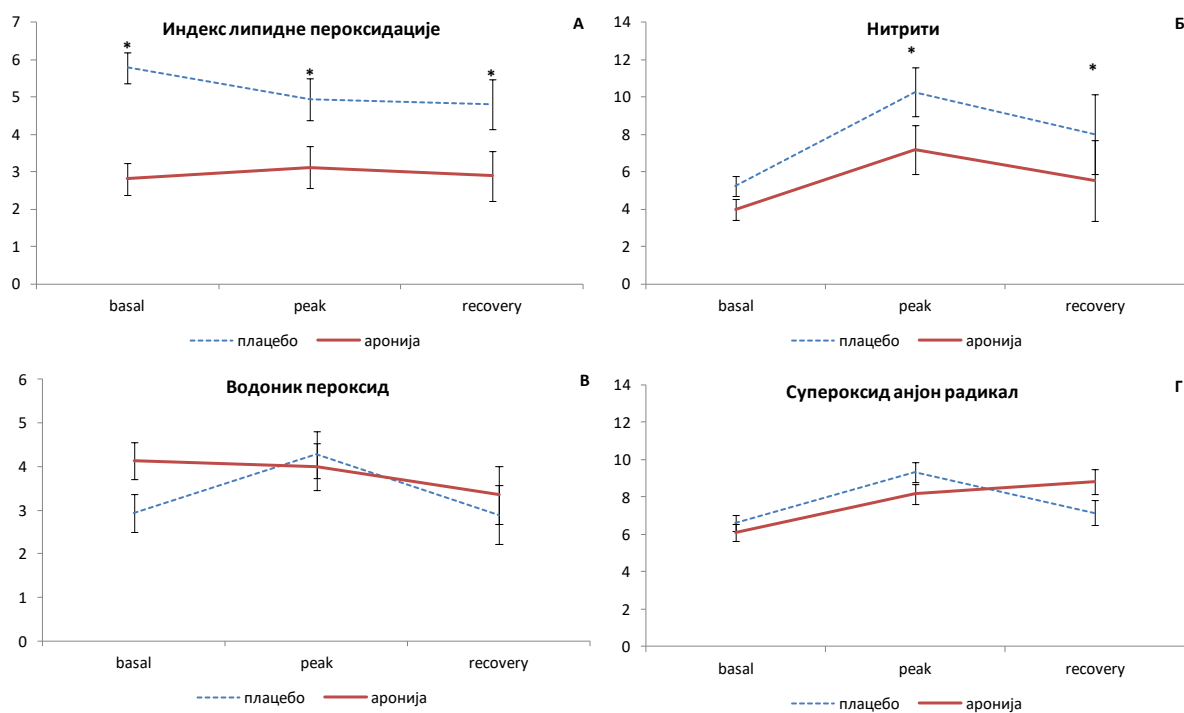


Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 35** Поређење вредности прооксиданаса код спортиста женског пола третираних плацебом током теста оптерећења пре и након завршене суплементације

Поређење вредности измерених прооксиданаса након завршене суплементације током теста оптерећења у групи спортиста женског пола третираних плацебом и концентрованим соком од ароније приказани су на **Графику 36 (А – Г)**. Примена концентрованог сока од ароније у групи спортиста мушког пола довела је до значајно мање продукције нитрита (*peak*  $p = 0,026$  и *recovery*  $p = 0,046$ ) у односу на примену плацеба (**График 36 Б**) током теста оптерећења. Додатно, примена концентрованог сока од ароније у групи спортиста мушког пола довела је до значајно мањег индекса липидне пероксидације (*basal*  $p = 0,012$ ; *peak*  $p = 0,026$ ; *recovery*  $p = 0,028$ ) у односу на примену плацеба (**График 36 А**) током теста оптерећења. Са друге стране, вредности водоник пероксида и супероксид анјон радикала се нису значајно разликовале између посматраних група током теста оптерећења између посматраних група (**График 36 В и Г**).





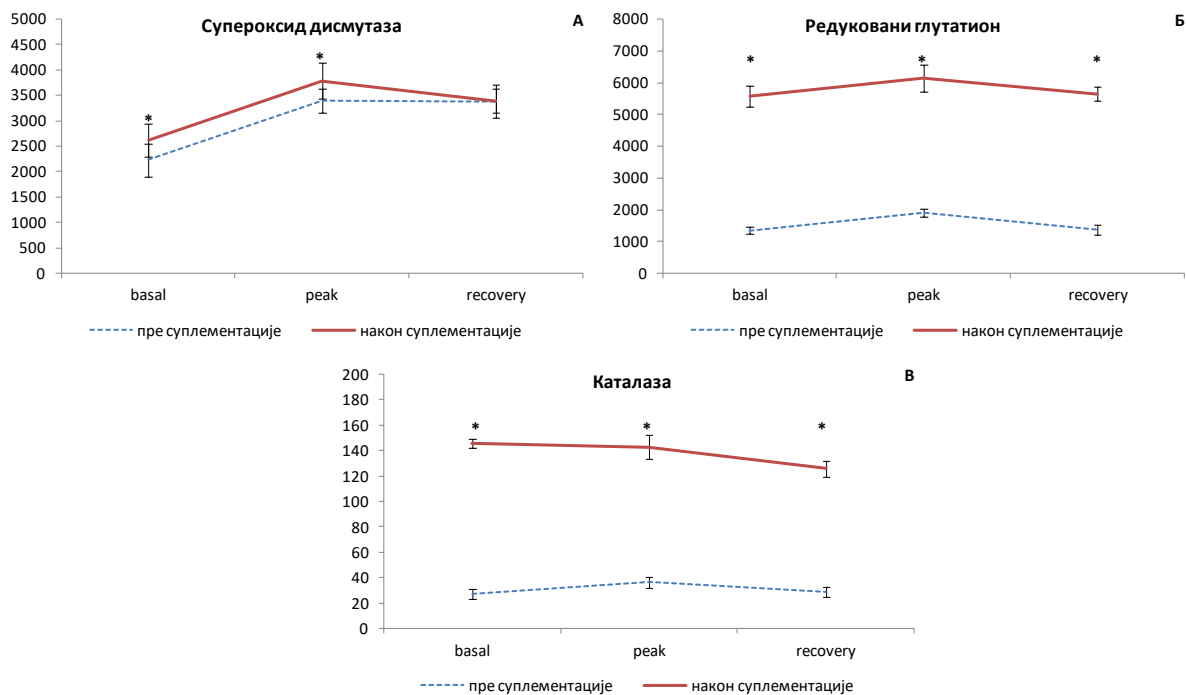
Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 36** Поређење вредности прооксиданаса код спортиста женског пола између група третираних плацебом и концентрованим соком од ароније током теста оптерећења након завршене суплементације

#### 4.5.3 Антиоксиданси у групама спортиста мушког пола

Активност антиоксидационих ензима (каталаза и супероксид дисмутаза), као и концентрација редукованог глутатиона током теста оптерећења у групи спортиста мушког пола третираних концентрованим соком од ароније, пре и након завршене суплементације, приказани су на **Графику 37 (А – В)**.

Примена концентрованог сока од ароније у групи спортиста мушког пола довела је до значајног повећања активности супероксид дисмутазе (*basal*  $p = 0,044$  и *peak*  $p = 0,046$ ) и каталазе (*basal*  $p = 0,022$ ; *peak*  $p = 0,012$  и *recovery*  $p = 0,028$ ) током поновљеног теста оптерећења, након завршене суплементације (**График 37 А и В**). Такође, примена концентрованог сока од ароније довела је до значајно повећане продукције редукованог глутатиона (*basal*  $p = 0,012$ ; *peak*  $p = 0,012$ ; *recovery*  $p = 0,012$ ) (**График 37 Б**), током теста оптерећења, након завршене суплементације.

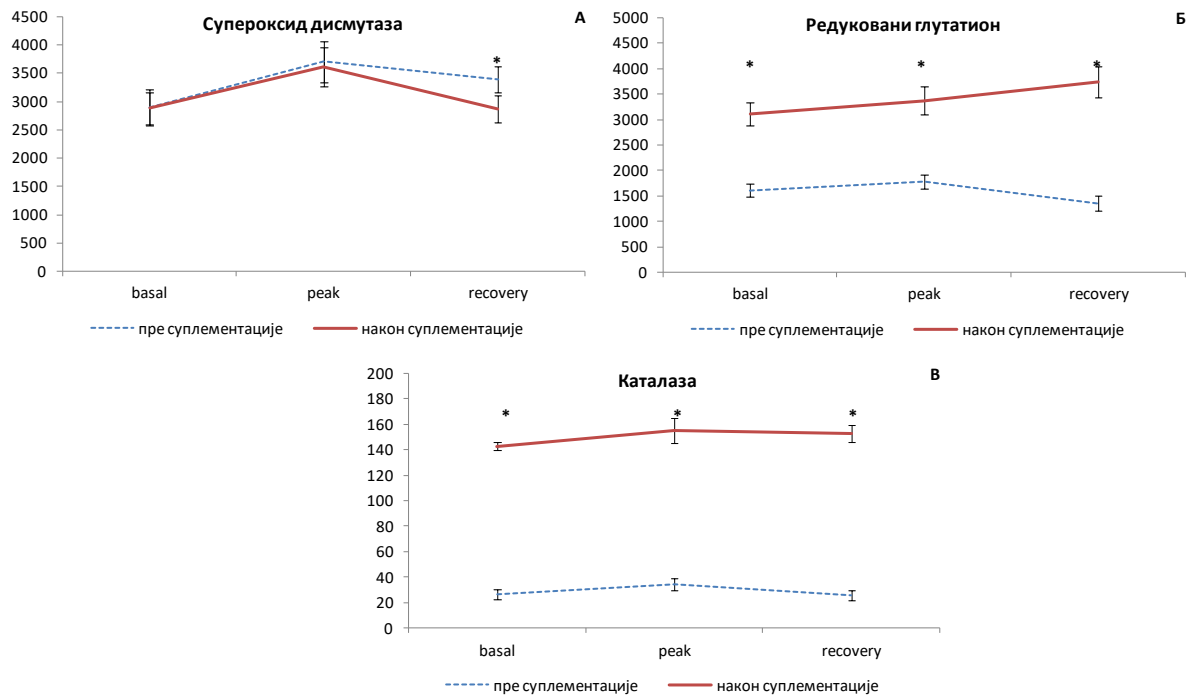


Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 37** Поређење вредности антиоксиданаса код спортиста мушког пола третираних концентрованим соком од ароније током теста оптерећења пре и након завршене суплементације

Активност антиоксидационих ензима (каталаза и супероксид дисмутаза), као и концентрација редукованог глутатиона током теста оптерећења у групи спортиста мушког пола третираних плацебом, пре и након завршене суплементације, приказани су на **Графику 38 (А – В)**.

Примена плацеба у групи спортиста мушког пола довела је до значајног повећања активности каталазе (*basal*  $p = 0,022$ ; *peak*  $p = 0,012$  и *recovery*  $p = 0,012$ ) током поновљеног теста оптерећења, након завршене суплементације (**График 38 В**). Са друге стране, активност супероксид дисмутазе је након завршеног третмана плацебом била смањена (*recovery*  $p = 0,044$ ) (**График 38 А**). Такође, примена концентрованог сока од ароније довела је до значајно повећане продукције редукованог глутатиона (*basal*  $p = 0,012$ ; *peak*  $p = 0,012$ ; *recovery*  $p = 0,012$ ) (**График 38 Б**), током теста оптерећења, након завршене суплементације.



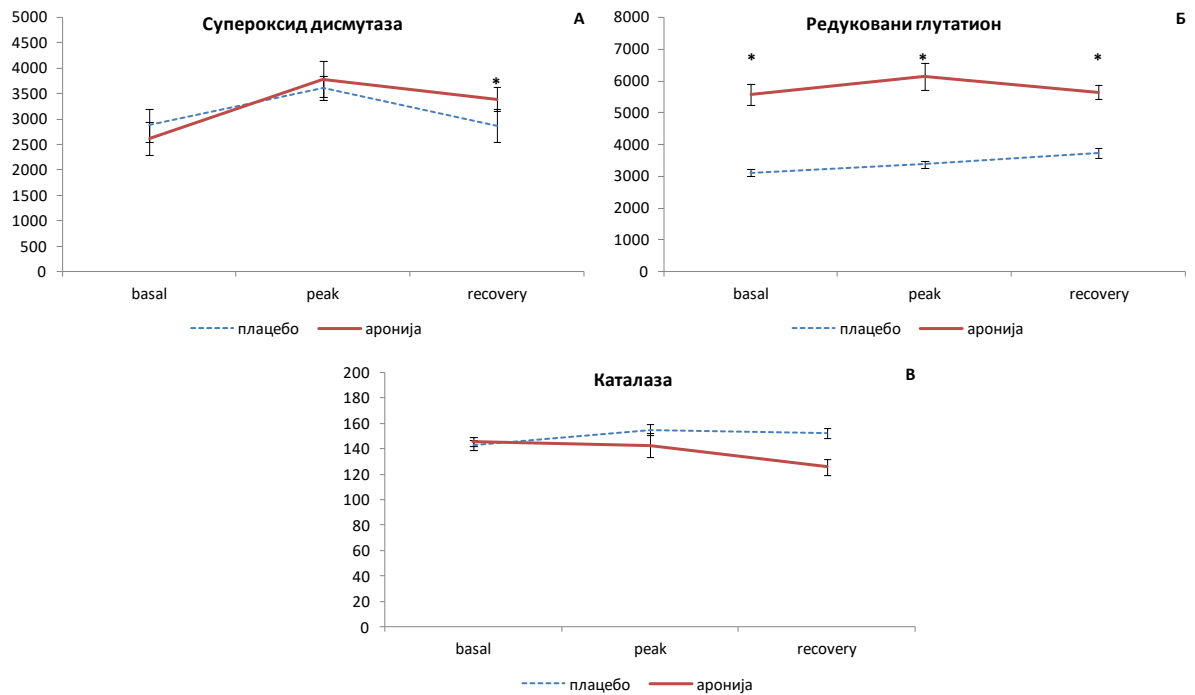
Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 38** Поређење вредности антиоксиданаса код спортиста мушког пола третираних плацебом током теста оптерећења пре и након завршене суплементације

Поређење измерених вредности антиоксиданаса након завршене суплементације током теста оптерећења у групи спортиста мушког пола третираних плацебом и концентрованим соком од ароније приказани су на **Графику 39 (А – В)**.

Примена концентрованог сока од ароније у групи спортиста мушког пола довела је до значајно веће активности супероксид дисмутазе (*recovery*  $p = 0,044$ ) у односу на примену плацеба (**График 39 А**). Додатно, примена концентрованог сока од ароније у групи спортиста мушког пола довела је до значајно веће продукције редукованог глутатиона у односу на примену плацеба (*basal*  $p = 0,022$ ; *peak*  $p = 0,026$  и *recovery*  $p = 0,044$ ) (**График 39 Б**) током теста оптерећења. Са друге стране, активност каталазе током теста оптерећења, након завршене суплементације, се није разликовала између

спортиста мушког пола третираних концентрованим соком од ароније и плацеба ( $p > 0,05$ ) (График 39 В).



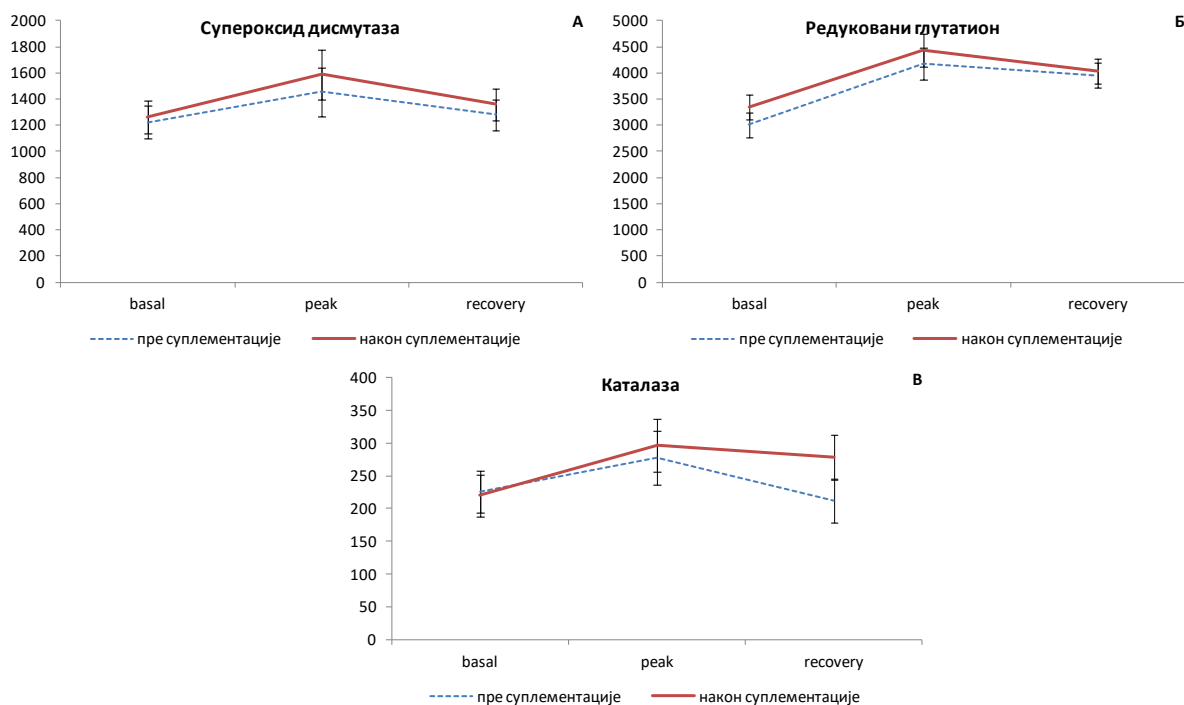
Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 39** Поређење вредности антиоксиданаса код спортиста мушког пола између група третираних плацебом и концентрованим соком од ароније током теста оптерећења након завршене суплементације

#### 4.5.4 Антиоксиданси у групама спортиста женског пола

Активност антиоксидационих ензима (каталаза и супероксид дисмутаза), као и концентрација редукованог глутатиона током теста оптерећења у групи спортиста женског пола третираних концентрованим соком од ароније, пре и након завршене суплементације, приказани су на **Графику 40 (А – В)**.

Примена концентрованог сока од ароније у групи спортиста женског пола није довела до значајне промене у активности супероксид дисмутазе ( $p > 0,05$ ) и каталазе ( $p > 0,05$ ) током поновљеног теста оптерећења, након завршене суплементације (**График 40 А и В**). Такође, примена концентрованог сока од ароније није довела до значајне промене у продукцији редукованог глутатиона ( $p > 0,05$ ) (**График 40 Б**), током теста оптерећења, након завршене суплементације.



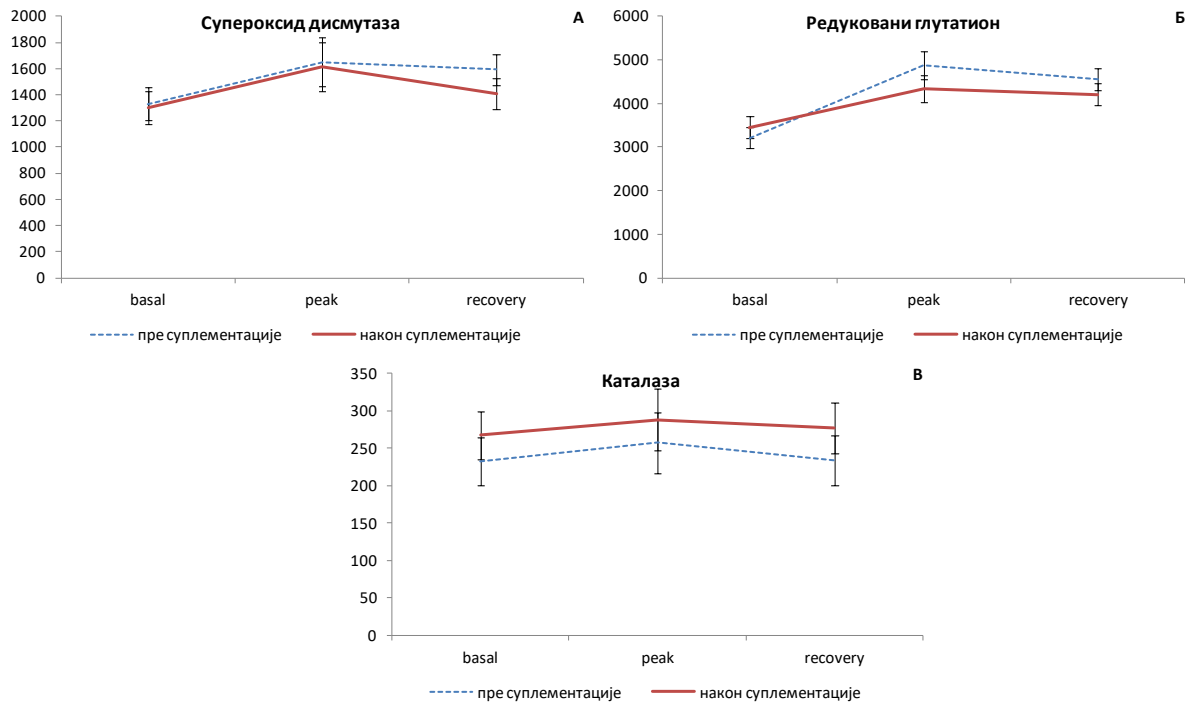
Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 40** Поређење вредности антиоксиданаса код спортиста женског пола третираних концентрованим соком од ароније током теста оптерећења пре и након завршене суплементације

Активност антиоксидационих ензима (каталаза и супероксид дисмутаза), као и концентрација редукованог глутатиона током теста оптерећења у групи спортиста женског пола третираних плацебом, пре и након завршене суплементације, приказани су на **Графику 41 (А – В)**.

Примена плацеба у групи спортиста женског пола исто као и примена концентрованог сока од ароније није довела до значајне промене у активности

супероксид дисмутаза ( $p > 0,05$ ) (**График 41 А**) и каталазе ( $p > 0,05$ ) (**График 41 В**) током поновљеног теста оптерећења, након завршене суплементације. Такође, примена плацеба није довела до значајне промене у стварању редукованог глутатиона ( $p > 0,05$ ) (**График 41 Б**), током теста оптерећења, након завршене суплементације.

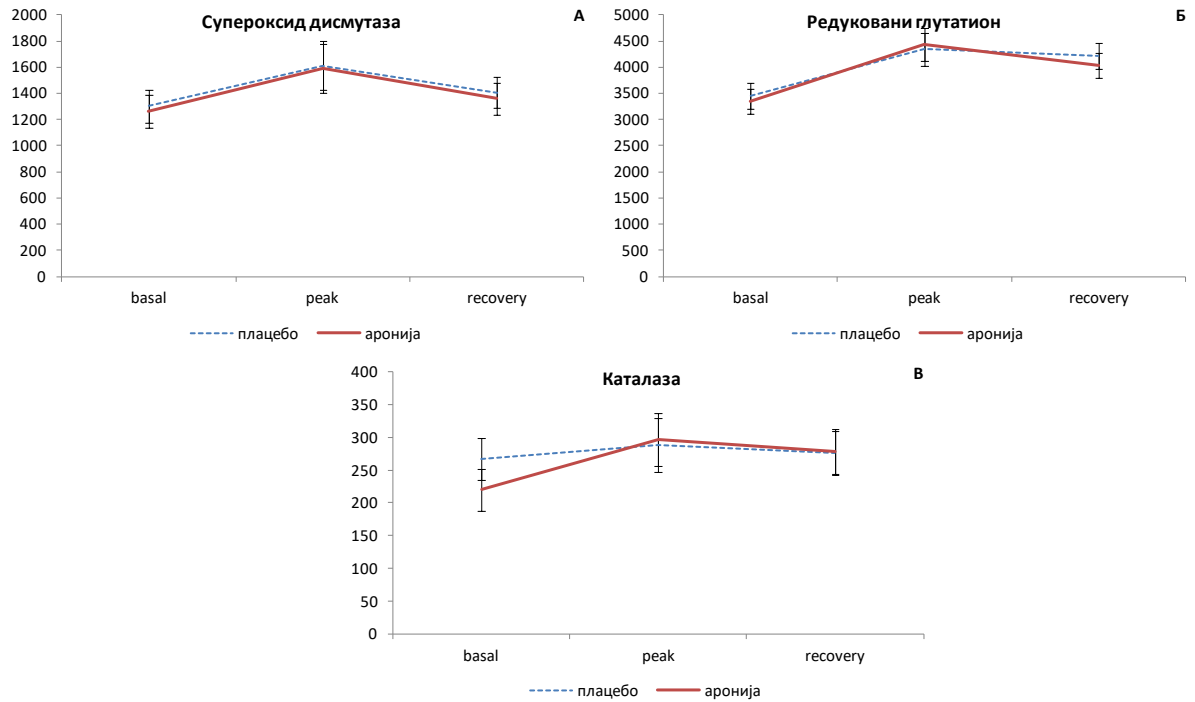


Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 41** Поређење вредности антиоксиданаса код спортиста женског пола третираних плацебом током теста оптерећења пре и након завршене суплементације

Поређење измерених вредности антиоксиданаса након завршене суплементације током теста оптерећења у групама спортиста женског пола третираних плацебом и концентрованим соком од ароније приказани су на **Графику 42 (А – В)**.

Поређењем активности мерених антиоксидационих ензима током теста оптерећења, након завршене суплементације, примећено је да примена концентрованог сока од ароније није довела до значајне промене активности супероксид дисмутаза ( $p > 0,05$ ) (**График 42 А**) и каталазе ( $p > 0,05$ ) (**График 42 В**) у односу на примену плацеба, код спортиста женског пола. Такође, није примећена значајна разлика у стварању редукованог глутатиона током теста оптерећења, након завршене суплементације, између поређених група спортиста женског пола ( $p > 0,05$ ) (**График 42 Б**).



Вредности су приказане као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација; Присутне статистички значајне разлике између вредности измерених пре и након третмана у истој групи приказане су као „\*“ ако је  $p < 0,05$ . *basal* - пре теста оптерећења, *peak* - након завршеног теста оптерећења и *recovery* - десет минута након завршеног теста оптерећења.

**График 42** Поређење вредности антиоксиданаса код спортиста женског пола између група третираних плацебом и концентрованим соком од ароније током теста оптерећења након завршене суплементације

**V**  
**ДИСКУСИЈА**



## 5 ДИСКУСИЈА

### **5.1 Утицај примене концентрованог сока ароније на телесни састав код спортиста**

Састав тела укључује анализу људског тела засновану на фракционисању целокупне телесне масе. У спорту процена састава тела је важна јер је један од главних фактора који може одредити атлетски потенцијал и вероватноћу успеха у одређеном спорту, у комбинацији са техничким/тактичким, физичким, функционалним и психосоцијалним факторима (Ramos-Serulveda, 2012). Сматра се да различити атрибути телесне грађе (величина тела, облик и састав) доприносе успеху у разним спортовима. Од свих њих најчешће су телесна маса и композиција фокус спортиста, јер њима се највише може манипулисати. Иако је јасно да процена и манипулација телесним саставом могу помоћи у напредовању атлетске каријере, спортисте и тренере треба подсетити да се атлетске перформансе не могу тачно предвидети само на основу телесне тежине и састава. Јединствена и крута „оптимална“ телесна композиција не би требало да се препоручује за било коју групу спортиста. Ипак, постоје везе између телесне композиције и спортских перформанси које је важно узети у обзир током припреме спортиста (Sundgot-Borgen, 2013). Мишићна маса значајно утиче на перформансе спортиста у спортовима код којих резултат директно зависи од мишићне снаге или енергије. Познато је да спортисти када покушавају да оптимизују телесну масу фокус стављају на тренинг снаге, а при том занемарују адекватну исхрану и позитиван енергетски биланс. Разлози за ово могу бити бројни и најчешће су повезани са страхом од гојења услед повећаног енергетског уноса и/или незнањем. Екстремне методе контроле тежине могу бити штетне по здравље и перформансе и обично су повезане са неадекватним уносом хране, тј. лошим дијететским навикама. Исхрана у такмичарским спортовима представља важан елемент у припреми спортиста и има своју специфичност у зависности од врсте спорта (Pilis 2019).

Када говоримо о рукомету, телесне мести треба пратити, јер одговарајући ниво масти омогућава играчима ефикасније кретање током тренинга и игара. Такође, битно је пратити и безмасну масу, нарочито мишићну, јер неодговарајућа оптерећења током тренинга (прекомерна или недовољна) могу довести до нежељених промена у телесној грађи, што може утицати на перформансе као што су брзина, снага и ризик од повреда (Collins, 2014.). Један од циљева ове студије био је да се испита како тромесечна конзумација сока од ароније утиче на телесни састав код особа оба пола које се активно баве рукометом. У групи мушкараца која је користила концентровани сок од ароније након три месеца конзумације значајно се повећала количина укупне воде у организму, као и количина воде у интрацелуларном и екстрацелуларном простору, са друге стране те вредности се нису значајно мењале у контролној групи спортиста (**Табела 3**). Такође, у групи спортиста мушког пола третираних соком од ароније уочено је значајно повећање измерене количине протеина, масе безмасног и меког ткива, као и масе скелетних мишића, док се маса липида као и проценат телесних масти значајно смањило (**Табела 4**). Ове промене нису уочене у другој групи спортиста мушког пола која је имала исти тренажни процес, али није конзумирала сок од ароније. Додатно, поређењем вредности масе липида и процента телесних масти између група спортиста мушког пола након завршеног третмана (соком од ароније и плацебом) уочене су значајно ниже вредности у групи која је конзумирала концентрован сок од ароније (**Фигра 2 Г и Ж**).

Овај резултат јасно наводи на закључак да тромесечна конзумација сока од ароније доводи до значајног смањења масне масе, а на супрот томе повећања безмасне масе и то скелетних мишића, воде и протеина у организму. Тачан механизам којим аронија испољава ове ефекте још увек није утврђен. Међутим, познајући хемијски састав ове биљке претпоставља се да ови ефекти потичу од високог садржаја флавоноида и то нарочито антоцијана. Наиме познато је да одређени молекули из ових група могу инхибирати апсорпцију холестерола на нивоу гастроинтестиналног тракта или пак ензима 3-хидрокси-3-метилглутарил коензим-А редуктазе одговорног за синтезу холестерола (Вок, 2002). У анималним студијама је показано да суплементација аронијом регулише експресију информационе РНК повезане са липогенезом, липолизом, енергетском хомеостазом и термогенезом у јетри и масним ткивима, што је највероватније посредовано сигналним путевима који обухватају рецептор за фарнезоид Х (FXR) и рецептор за жучне киселине (TGR-5) који побољшавају метаболизам липида (Zhu, 2020). Позитиван утицај конзумације сока од ароније на масу скелетних мишића је врло значај резултат, јер скелетни мишићи имају кључну улогу у регулисању хомеостазе глукозе, они су одговорни за базално преузимање глукозе, као и преузимање глукозе стимулирано лучењем инсулина (DeFronzo, 2009). Познато је да након интензивног вежбања спортисти уносе велике количине протеина како би убрзали опоравак мишића. Узимајући у обзир уочене разлике у саставу тела између група спортиста мушког пола може се претпоставити да конзумација сока од ароније утиче на бољу апсорпцију и искоришћавање протеина, јер је њихова количина у телу значајно порасла током времена и ово повећање је било праћено повећањем воде у свим одељцима телесних течности, као и повећањем безмасног ткива.

Мерењем масе екстремитета у оквиру анализе телесног састава уочено је значајно повећање масе горњних екстремитета и трупа у групи спортиста мушког пола која је била на хроничном третману соком од ароније (**Табела 5**). Узимајући у обзир да је дошло до повећања масе екстремитета и трупа уз повећање масе безмасног ткива, може се закључити да је дошло до повећања мишићне масе. Знајући да мишићна маса значајно утиче на перформансе спортиста у спортовима код којих резултат директно зависи од мишићне снаге или енергије, а да је рукомет један од таквих спортова можемо закључити да суплементација аронијом има вишеструке користе код ове групе спортиста.

Познато је да се састав тела разликује код мушкараца и жена. Мушкарци имају више безмасног ткива, док жене имају више масног ткива у односу на мушкараца (Bredella, 2017). С тим у вези још један од циљева био је да утврдимо како полне разлике утичу на ефекте које концентровани сок од ароније производи на телесни састав код професионалних спортиста. Наиме, још две групе спортисткиња биле су укључене у ову студију једна група третирана соком од ароније, а друга група третирана плацебом. Поређењем вредности измерених параметара нису уочене значајне разлике у саставу тела након завршеног третмана, што указује на то да аронија није остварила значајан ефекат на спортисткиње (**Табела 6 - 8**) и да су ефекти које производи на нивоу састава тела полно зависни.

## 5.2 Утицај примене концентрованог сока ароније на биохемијске параметре код спортиста

У циљу сагледавања ефеката хроничне конзумације сока од ароније на опште стање организма пре и након експерименталног протокола учесницима је анализирана крвна слика, као и други биохемијски параметри који могу бити промењени услед интензивних физичких напора којима су спортисти изложени. Анализирањем ових параметара уочени су бројни полно зависни ефекти. Из претходно наведеног можемо закључити да хронична конзумација концентрованог сока од ароније значајније утичне на састав тела код спортиста мушког пола што највероватније потиче од интензивнијих ефеката и на биохемијске параметре у овој групи спортиста.

Код спортиста мушког пола тромесечна конзумација сока од ароније довела је до значајног повећања просечне количине еритроцита у хемоглобину и варијабилности еритроцита (**Табела 9**). Док са друге стране у групи спортиста мушког пола која је користила плацебо имамо уочено значајно смањење просечне концентрације хемоглобина у еритроцитима (**Табела 9**). Детаљна анализа свих параметара повезаних са еритроцитима је од посебног значаја, јер су код спортиста анемије честе услед интензивних напора. Добро је познато да је исцрпљујућа физичка активност повезана са „спортском (атлетском) анемијом“ због смањења нивоа гвожђа. Ово стање се јавља као резултат повећане продукције цитокина и прекомерне производње хепцидина, који индукују смањену апсорпцију гвожђа на нивоу гастроинтестиналног тракта и последично смањене нивое гвожђа у плазми (Kong, 2014). Неадекватне залихе гвожђа у организму могу смањити физичке перформансе, а уз то и угрозити опште здравље спортиста. Конзумација концентрованог сока од ароније довела је до значајног повећања вредности гвожђа у серуму (**Табела 10**), измерене вредности биле су значајно веће него у групи спортиста која је конзумирала плацебо (**График 8Б**). Наиме, познато је да одређени флавоноиди присутни у биљкама имају потенцијал да хелирају гвожђе и смањују апсорпцију гвожђа путем механизма независног од хепцидина, хормона укљученог у хомеостазу гвожђа (Skaranska-Stejnborn, 2014). С друге стране, други флавоноиди могу смањити активност хепцидина што резултира смањеним преузимањем гвожђа и неговом повећаном концентрацијом у серуму, што може бити објашњење за пораст изазван суплементацијом концентрованим соком од ароније у нашем истраживању (Ми, 2016).

Суплементација концентрованим соком од ароније довела је до значајног смањења нивоа укупног холестерола у серуму (**Табела 10**), што је уједно повезано и са смањењем масног ткива у телесном саставу код ове групе спортиста (**Табела 4**). Претопоставља се да ови ефекти потичу од високог садржаја флавоноида и то нарочито антоцијана, за које је познато да могу инхибирати апсорпцију холестерола на нивоу гастроинтестиналног тракта или, пак, ензима 3-хидрокси-3-метилглутарил коензим-А редуктазе одговорног за синтезу холестерола (Вок, 2002).

У групи спортиста третираних плацебом уочено је значајно повећање концентрације урее (**Табела 10**). Повећана концентрација урее у серуму је маркер појачаног катаболизма протеина и стимулисане глуконеогенезе која је резултат интензивних тренинга и повећане потрошње енергије (Меуер, 2011). Оне аминокиселине које се не користе за енергетски метаболизам углавном се елиминишу путем бубрега након што се метаболишу до урее. Сходно чињеници да је интензитет тренинга био исти у обе групе спортиста мушког пола, може се закључити да је суплементација

концентрованим соком ароније превенирала овакве ефекте интензивног тренинга. Такође, у контролној групи спортиста уочено је значајно смањење вредности глукозе што се може објаснити интензивним тренинзима (Табела 10). Узимајући у обзир да су вредности глукозе остале непромењене (у оквиру физиолошког ранга) у групи спортиста која је користила концентровани сок од ароније може се закључити да овакав вид суплементације помаже у регулацији вредности глукозе током интензивних напора. Познато је да билирубин може бити повишен због континуиране хемоллизе и оксидационог стреса, што је типично за интензивне тренинге. Поређењем вредности укупног билирубина и АСТ у групама спортиста мушког пола на крају третмана уочавају се значајно веће вредности у контролној групи (График 8Г и График 9А), што не сумњиво указује на то да суплементација концентрованим соком од ароније смањује ове ефекте.

Како би се утврдило да ли су ови ефекти концентрованог сока од ароније полно зависни сва мерења су спроведена и у два група спортисткиња. У овим групама ефекти суплементације концентрованим соком од ароније су били још интензивнији на крвну слику. Наиме, уочено је значајно повећање хемоглобина и готово свих параметара везаних за еритроците (MCV, MCHC, RDW и хематокрит) у експерименталној групи и смањење ових параметара у контролној групи (Табела 12). Имајућу у виду претходно изнешено може се закључити да концентровани сок од ароније доводи до значајних позитивних ефеката у превенцији анемије изазване интензивним тренинзима, али да су механизми укључени у ове ефекте полно зависни јер се код спортиста мушког пола уочава повећање нивоа серумског гвожђа (Табела 10), док се код жена уочава повећање нивоа хемоглобина (Табела 12).

У групи спортисткиња третираних плацебом уочено је повећање нивоа укупног холестерола, као и триглицерида у серуму (Табела 13). Са друге стране, у групи спортисткиња третираних аронијом овакви ефекти нису уочени, што не сумњиво указује на протективне ефекте концентрованог сока од ароније на липидни статус.

Показано је да интензивни физички напор доводи до великог физиолошког стреса у организму, што резултује значајним реакцијама неуроендокриног система. Конкретно, осовина хипоталамус-хипофиза-надбубрежна жлезда стимулише лучење глукокортикоидног хормона, кортизол. Кортизол има много физиолошких ефеката у телу који помажу у мобилизацији супстрата за побољшање физичких перформанси, али утиче и на процес опоравка након вежбања (Brownlee, 2005). У нашој студији праћени су нивои кортизола у свим групама на почетку експерименталне студије и након завршене суплементације. Показно је да су вредности кортизола код спортиста оба пола третираних плацебом након завршене суплементације били значајно повишени (Табела 11 и Табела 14) и да су ове вредности биле изнад физиолошких вредности овог хормона. Са друге стране, вредности овог хормона су у обе групе спортиста (мушкарци и жене) третираних концентрованим соком ароније биле значајно ниже (Табела 11 и Табела 14). Сходно чињеници да су сви спортисти истог пола били изложени истом тренажном процесу и физичком напору ови ефекти на нивое кортизола се могу потенцијално приписати примени концентрованог сока од ароније. Према нашим сазнањима још увек не постоји студија која се бавила ефектима суплементације ароније на нивое кортизола. Оно што је до сада показано тиче се искључиво везе између кортизола и полифенола и то флавоноида. Наиме, подаци из литературе показују да флавоноиди имају способност да инхибирају 11 $\beta$ -хидроксистероид дехидрогеназу (11 $\beta$ -HSD) тип 1, ензим укључен у превођење кортизона у активни облик кортизол (Lee, 1996). Zhu и сарадници су показали да флавоноиди као што су апигенин, кверцетин и генистеин имају способност да

инхибицирају овај ензим и показали су да ови флавоноиди делују као некомпетитивни инхибитори хумане 11 $\beta$ -HSD тип 1 редуктазе (Zhu, 2007). Тако да је за забележени протективне ефекте ароније на нивоу кортизола највероватније заслужан висок садржај флавоноида, тј. полифенолних једињења.

Опште је познато да је штитна жлезда изузетно важна ендокрина жлезда код људи због својих дивергентних ефеката. Ова жлезда је одговорна за излучивање три хормона: тироксина (3,5,3',5'-тетрајодотиронина (Т4)), тријодтиронин (3,5,3'-тријодотиронина (Т3)) и калцитонина. За нормалну физиолошку функцију организма битно је да се вредности Т4 и Т3 одржавају у физиолошком рангу, нарочито јер они имају широк спектар деловања на већи број ткива и органа. Они утичу на метаболизам других хормона и делују синергистички са осталим хормонима (Haskney, 2019). Ефекти физичке активности на функционисање штитне жлезде и лучење тиреоидних хормона се константно испитују, резултати ових истраживања варирају и у највећој мери зависе од дужине и интензитета вежбања. Наиме, студије које су се бавиле испитивањем ефектата дуготрајних тренинга (дужих од 60 минута) код појединаца су показале различите резултате. Нека истраживања наводе да интензивни тренинзи немају утицаја на нивоу ТSH (Berchtold, 1978), док друга указују на то да се ТSH и/или слободни Т3 прогресивно повећавају током вежбања (Moore, 2005). Berchtold и сарадници су показали да током дуготрајног вежбања укупни Т4 расте, али да се у периоду опоравка он смањује. Супротно томе, у истој студији утврђено је да укупни Т3 континуирано опада током вежбе (Berchtold, 1978). Други истраживачи су известили да је укупни Т3 непромењен, али да се укупни Т4 повећа код дуготрајног вежбања у субмаксималном напору (Haskney, 1994). Резултати наше студије су показали да у свим групама, без обзира на дијететски режим и пол долази до значајног пораста Т4 (**Табела 11** и **Табела 14**). Једино објашњење за овакве ефекте је да дуготрајни интензивни тренинзи утичу на ове вредности и да суплементација концентрованим соком од ароније није успела да делује на ове негативне ефекте тренинга.

### 5.3 Утицај примене концентрованог сока ароније на профил масних киселина код спортиста

Код елитних спортиста хронични интензивни тренинг доводи до оксидативног стреса и метаболичких промена липидног профила и профила масних киселина. С обзиром на то да су липиди, а нарочито полинезасићене масне киселине, најосетљивији на оштећење деловањем слободних радикала, концентровани сок ароније богат полифенолима могао би заштитити фосфолипиде у ћелијској мембрани од оксидативног оштећења.

У овој студији праћен је маснокиселински профил фосфолипида у плазми и примећено је да су присутне одређене промене у зависности од примењеног дијететског третмана и пола. Укупне незасићене масне киселине (**Табела 13** и **14**), мононезасићене масне киселине (**Табела 17** и **16**), полинезасићене  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 масне киселине (**Табеле 17 - 21**) (осим  $\omega$ -6 полинезасићених масних киселина у контролној групи спортиста женског (**Табела 20**)) остале су непромењене након завршеног експерименталног протокола без обзира на дијететски режим и пол. Слично томе, нису пронађене разлике у активностима ензима одговорних за метаболизам масних киселина (**Табела 25** и **24**).

Утврђене су и умерене разлике у процентуалној заступљености одређених масних киселина. Код спортиста мушког пола у контролној групи уочено је значајно смањење мононезасићених масних киселина МУФА (палмитолеинске и вакценске киселине (**Табела 17**)) и антиинфламаторних полинезасићених  $\omega$ -3 масних киселина ( $\alpha$ -линоленске и еикозапентаенске киселине (**Табела 21**) и адренске киселине из групе полинезасићених  $\omega$ -6 масних киселина (**Табела 19**). Ови ефекти су већински ублажени уносом сока од ароније. Наиме, код спортиста мушког пола који су конзумирали сок од ароније су након завршеног експерименталног протокола забележене само снижене вредности мононезасићене олеинске масне киселине (**Табела 17**) и  $\alpha$ -линоленске киселине из групе  $\omega$ -3 масних киселина (**Табела 21**). У групи спортиста женског пола примена сока од ароније није довела до значајних промена у заступљености одређених масних киселина, док је са друге стране у контролној групи спортиста женског пола забележено снижење укупних  $\omega$ -6 масних киселина (**Табела 20**), а последично и укупних полинезасићених масних киселина (**Табела 24**).

Интересантна чињеница је да заправо све масне киселине које су биле снижене код спортиста мушког пола на крају студије имају врло значајне позитивне ефекте на здравље. Палмитолеинска киселина има јако значајну улогу у бројним физиолошким процесима, од раста и пролиферације ћелија до *de novo* синтезе и складиштења масти (De Fabiani 2011). Има антиапоптоску активност, повећава осетљивост на инсулин тако што сузбија инфламацију и инхибира уништавање ћелија панкреаса који секретују инсулин (Chajes 2011). Захваљујући својој пролипогеној активности палмитолеинска киселина присутна у масном ткиву штити друга ткива и органе од акумулације триацилглицерола и њихове липотоксичности (Cao 2008; Scherer 2011). Као што је већ поменуто још две мононезасићене масне киселине су у групи спортиста мушког пола биле снижене, и то вакценска киселина у контролној и олеинска киселина у експерименталној групи спортиста. Ове масне киселине утичу на побољшање флуидности ћелијске мембране и смањују ризик од коронарне болести срца (Djousse 2012; Naug 2007). Код обе групе спортиста мушког пола након завршеног експерименталног протокола забележено је снижење  $\alpha$ -линоленске масне киселине.  $\alpha$ -линоленске киселина је есенцијална масна киселина, и предствала прекурсор бројних

дуголанчаних  $\omega$ -3 полинезасићених масних киселина и њено смањење може бити последица интензивних тренинга. Ова масна киселина заједно са еикозапентаенском киселином има врло важну улогу у превенцији различитих физиолошких поремећаја, укључујући хиперлипидемије, инфламацију, смањену густину костију и коронарну болест срца (Vucic 2012). Смањење адренске киселине може утицати на синтезу простагландина и тромбоксана, што утиче на ендотелне ћелије аорте и функцију тромбоцита (Campbell 1985).

Потпуно исти дијететски режим је показао другачије резултате у групи спортисткиња, што доводи до закључка да су ефекти сока ароније полно зависни. Наиме, конзумација сока ароније није индуковала никакав ефекат на профиле масних киселина у серуму, док је са друге стране конзумација плацеба довела до смањења укупних полинезасићених масних киселина и то услед смањења полинезасићених  $\omega$ -6 масних киселина. Ова забележена смањења би се већински могла приписати смањењу линолне киселине. Опште је познато да  $\omega$ -6 полинезасићене масне киселине индукују синтезу проинфламаторних еикосаноида (простагландина Е2 и леукотриена Б4), који представљају моћне сигналне липидне, посреднике у различитим патофизиолошким процесима као што су астма, гојазност, реуматоидни артритис, атеросклероза и кардиоваскуларне болести (Burtscher 2013; Grimble 2012). Могући разлог за смањење полинезасићених масних киселина код спортисткиња је пероксидација липида изазвана оксидативним стресом услед интензивног тренинга (Dunford 2015). *Kardum* и сарадници су у својим истраживањима показали да тромесечна конзумација сока од ароније доводи до значајног пораста активности ензима антиоксидативне заштите (супероксид дисмутазе и глутатион пероксидазе) и смањења липидне пероксидације код наизглед здравих испитаника (Kardum 2014а, 2014б). Ипак, овакви ефекти нису забележени у нашој студији где су учествовали активни спортисти оба пола. Када смо упоређивали профиле масних киселина у групама које су конзумирале аронију на почетку и на крају студије, открили смо врло мале разлике код мушкараца и никакве разлике у групи жена. Када смо упоређивали експерименталну са контролном групом, није било значајних промена ни у једној од одређиваних масних киселина. У складу с тим је и добијен резултат за процењене активности десатуразе и елонгазе. Наиме, активности десатуразе и елонгазе су остале непромењене у свим испитиваним групама, што указује на то да уочене промене у профилима масних киселина нису последица измењеног метаболизма масних киселина.

#### **5.4 Утицај примене концентрованог сока ароније на параметре функционалних испитивања код спортиста**

Као што је већ речано рукомет је тимски спорт, који је врло динамичан и захтева одређене перформансе играча. На њихове перформансе не утичу само антропометријске карактеристике, које смо претходно анализирали, већ и техничке вештине, тактичко разумевање игре и физичке способности. Као најзначајнији физиолошки капацитет издваја се обезбеђивање адекватног аеробног профила. Велики аеробни капацитет је круцијалан за одржавање перформанси током 60 минута, колико траје рукометна утакмица (Chelly, 2010, Hermassi, 2018). Под аеробним капацитетом сматра се способност срца и плућа да доставе потребну количину кисеоника до мишића. Постоје различити начин да се аеробни капацитет одреди, један од најпрецизнијих је и коришћен у нашем истраживању и подразумева директно одређивање максималне потрошње кисеоника помоћу ергоспирометрије.

Резултати наше студије су показали да су се вредности релативне и апсолутне потрошње кисеоника значајно повећале након суплементације аронијом у групи спортиста мушког пола, како у миру, тако и током достизања максималног оптерећења и анаеробног прага (**Табела 27**, **Табела 29** и **Табела 31**). Са друге стране вредности ова два параметра су се у одговарајућој контролној групи након суплементације плацебом значајно повећале само код достизања анаеробног прага (**Табела 31**). Поређењем вредности  $r\dot{V}O_2$  након достизања максималног оптерећења између група уочавају се значајно више вредности у групи третираној аронијом (**График 25**). Раније студије су показале да се вредности релативне потрошње кисеоника код достизања максималног оптерећења у групи професионалних рукометаша мушког пола крећу у распону 50 – 60 ml/kg/min (Michalsik, 2015; Buchheit, 2010), а третман концентрованим соком од ароније је ове вредности повећао и приближио их вредностима од 60 ml/kg/min. Узимајући у обзир да су обе групе имале исти тренажни процес, овакви ефекти се потенцијално могу приписати конзумацији концентрованог сока ароније.

Наиме, ефекти хроноичне суплементације аронијом на функционалне параметре на овакав начин још увек нису истраживани, али се већи број истраживања бавио утицајем суплементације полифенолима пореклом из воћа на перформансе спортиста. У овим истраживањима постоји велика хетерогеност у избору полифенола, коришћеним дозама као и експерименталним протоколима тако да се резултати нашег истраживања не могу тако лако дискутовати у светлу досадашњих сазнања. Показано је да хронична употреба полифенола доводи до значајнијих протективних ергогених ефеката у групама рекреативаца, него у групама професионалних спортиста (Kang, 2012; Sadowska-Krepa 2008; Cook, 2015; Perkins 2015; Willems, 2016; Godwin 2017; Murphy, 2017; Braakhuis, 2014; Trinity, 2014; Allgrove, 2011).

Према нашим сазнањима, тренутно не постоје литературни подаци о ефектима суплементације полифенолима на промене у протеинима мишића. На основу података из литературе, може се претпоставити да ергогени ефекти полифенола највероватније потичу од њихових антиоксидационих својстава, тј. могућности смањења продукције прооксиданаса (Braakhuis, 2014; Allgrove, 2011) и повећане могућности за њихову разградњу услед активације антиоксидационих ензима (Sadowska-Krepa, 2008). Уз смањење оксидационог стреса уочено је повећање васкуларне функције, што повећава перфузију кроз мишиће и повећано искоришћавање кисеоника (Richards, 2010). Ови механизми могу представљати потенцијално објашњење протективних ефеката



концентрираног сока од ароније на релативну и апсолутну потрошњу кисеоника у групи рукометаша.

Поређењем вредности осталих мерених функционалних параметара пре и након суплементације у миру уочено је и значајно повећање кисеоничног пулса и смањење фреквенце дисања у групи третираној концентрованим соком од ароније након завршене суплементације (**Табела 25**). Кисеонични пулс представља количину кисеоника која се допрема до ткива приликом сваког откуцаја срца и он највећим делом зависи од функције леве коморе, а у мањој мери од потрошње кисеоника (Milani, 2006). Имајући у виду да је за нормално функционисање и опоравак мишића током и након напора неопходна добра снабдевеност ткива кисеоником овим је показано да суплементација соком од ароније има још један користан ефекат у овој популацији. Такође, смањење фреквенце дисања указује на повећање кондиционих способности спортиста у овој групи. Сходно томе да је поред групе третиране концентрованим соком од ароније праћена и група спортиста третирана плацебом која је имала исти тренажни програм, може се претпоставити да ови ефекти потичу од суплементације аронијом.

Док, са друге стране приликом достизања максималног напора уочено је повећање и додатна два параметра (апсолутне вентилације и вентилаторног еквивалента за угљен диоксид), али у обе групе спортиста, што указује на ефекат тренажног процеса и потенцијално искључује ефекат суплементације (**Табела 29**). Слична ситуација је забележена и код достизања анаеробног прага током теста оптерећења где су уочени и повећање срчане фреквенце, релативне вентилације, вентилаторног еквивалента за кисеоник и угљен диоксид (**Табела 31**). Имајући у виду повећање ових параметара у обе групе и ови ефекти се могу приписати тренажном процесу.

С обзиром да је максимална потрошња кисеоника заправо мера аеробног енергетског капацитета и да је за већину спортова пресудна мера опште моторичке способности, а да је суплементација соком од ароније довела до значајног повећања овог параметра можемо претпоставити да је овакав вид суплементације пожељан код рукометаша за оптимизацију кондиције.

Један од циљева овог истраживања био је и да се утврди да ли су ефекти суплементације концентрованим соком од ароније на функционалне параметре полно зависни. На основу добијених резултата могли бисмо да закључимо да јесу, тј. да значајније ефекте хронична употреба концентрираног сока остварује у групи спортиста мушког пола.

Наиме, хронична конзумација концентрираног сока од ароније довела до значајних промена у вредностима испитиваних параметара током теста оптерећења у миру и код достизања максималног напора. Једини значајни ефекти се бележе током достизања анаеробног прага где је уочено значајно повећање апсолутне потрошње кисеоника и апсолутне производње угљен диоксида, само у групи спортисткиња третираних концентрованим соком од ароније (**Табела 32**). Када говоримо о тестирању аеробног капацитета код рукометашица према нашим сазнањима две студије су до сада испитивале промене овог капацитета током такмичарске фазе, тј. током сезоне код рукометашица. У првој студији *Granados* и сарадници су показали да се током сезоне капацитет издржљивости не мења. У њихову студију било је укључено 16 рукометашица којиме је тест оптерећења рађен 4 пута током сезоне од 45 недеља (*Granados, 2008*). У другој студији на мањем узорку је показано благо повећање  $VO_{2max}$  и то у периду након 6 недеља током којих су постојала 2 - 3 недељна тренинга издржљивости (*Jensen, 1997*).

Потенцијално објашњење за забележене ефекте може бити антиоксидациони потенцијал ароније који је познат (Braakhuis, 2014; Allgrove, 2011; Sadowska-Krepa, 2008).

### **5.5 Утицај примене концентрованог сока ароније на параметре оксидационог стреса код спортиста**

Оксидациони стрес представља неравнотежу између производње реактивних кисеоничних и азотних врста и способности антиоксидационог одбрамбеног система да разгради настале реактивне интермедијере. С тим у вези, оксидациони стрес представља једну врсту стања организма, током којег може доћи до оштећења свих ћелијских компонента, укључујући протеине, липиде, угљене хидрате и нуклеинске киселине (Valko, 2007).

Ефекат физичке активности на редокс равнотежу је изузетно сложен и зависи од великог броја фактора (старост, пол, интензитет и трајање тренинга). Сматра се да је редовни умерени тренинг користан у превенцији оксидационог стреса и болести, краткотрајни, интензивни аеробни и анаеробни тренинзи могу повећати производњу реактивних кисеоничних врста. Без обзира на то, што вежбање повећава оксидациони стрес, тренинг је заправо неопходан стимулус како би се активирала ендогена антиоксидациона одбрана према теорији хормезе. Наиме, према овој теорији организам као одговор на оксидациони стрес током поновљеног вежбања ствара адаптивне механизме, којим се повећава синтеза и активност система антиоксидационе заштите, што повећава отпорност на оксидациони стрес (Vassalle, 2014).

Поређењем вредности прооксиданаса између седентарних појединаца и оних који се баве спортом, у стању мировања, утврђено је да је статус оксидационог стреса нижи код спортиста (Bloomer, 2008; Falone, 2010). Са друге стране, активност супероксид-дисмутазе и каталазе, као и концентрације глутатион-пероксидазе биле су веће код спортиста у поређењу са седентарним особама (Vassalle, 2002; Dekany, 2006).

Код професионалних спортиста током вежбања високог интензитета у дужем временском периоду где настанак реактивних кисеоничних врста премашује антиоксидациони капацитет организма постоји нарушена редокс равнотежа. Постоје индикације да акутна и хронична суплементација полифенолима екстрахованим из воћа, нарочито антоцијанима, код спортиста остварује ергогене ефекте. Овакав вид суплементације може представљати ефикасно оружје у борби против кумулативних ефеката вежбања на настанак слободних радикала и последичног оштећења срца и скелетних мишића, као и у превенцији умора и побољшању перформанси. Поређењем вредности прооксиданаса у групи спортиста мушког пола третираних концентрованим соком од ароније, пре и након суплементације, у миру можемо закључити да је примена овог нутритивног режима довела до значајног смањења у производњи нитрита и супероксид анјон радикала (**График 31 Б и Г**). Са друге стране вредности водоник пероксида биле су повећане (**График 31 В**), међутим то се потенцијално може објанити и повећањем активности ензима супероксид дисмутазе (**График 37 А**). Наиме, повећањем активности овог ензима долази до повећање разградње супероксид анјон радикала и стварања водоник пероксида као нуспроизвода ове ензим катализоване реакције. Поређењем вредности индекса липидне пероксидације, у миру, између спортиста мушког пола уочавамо да је суплементација концентрованим соком од ароније довела до значајно мање липидне пероксидације у односу на суплементацију плацебом (**График 33 А**). Потенцијално објашњење за овакве ефекте је висок садржај полифенола у аронији. Полифеноли представљају једну јако разнолику групу једињења (укључујући неколико хиљада молекула који имају полифенолску структуру) и разврстани су у различите групе у зависности од броја фенолних прстена и структурних

елемената који повезују ове прстенове. Антиоксидациона активност полифенола зависи од структуре њихових функционалних група, при чему број хидроксилних група у највећој мери утиче на њихову антиоксидациону активност (Heim, 2002). Полифеноли делују на различите начине: спречавају стварање реактивних кисеоничних врста, доводе до уклањања већ насталих радикалских честица или повећавају активност или концентрацију молекула који учествују у антиоксидационој заштити. Смањење TBARSa у групи спортиста који су третирани концентрованим соком од ароније, указује да овакав вид суплементације може ограничити количину оштећења мембрана еритроцита изазваних вежбањем. *Jankowski* и сарадници сугеришу да су за антиоксидациона својства антоцијанина (главних састојака сока ароније) одговорни њихови утицаји на метаболизам пуринских база (*Jankowski*, 2000). Антоцијанини ограничавају активност ксантин оксидазе, смањујући производњу супероксиданјон радикала и водоник-пероксида, што заузврат може довести до смањеног стварања хидроксилних радикала и последичних ћелијских оштећења. Такође, антиоксидациона својства могу потицати из способности антоцијана да уклањају слободне радикале и хелирају јоне прелазних метала, углавном гвожђе (*Minato*, 2003).

Осим поменутих ефеката на смањење продукције прооксиданаса након суплементације концентрованим соком од ароније, уочени су и ефекти повећане активности ензима каталазе и супероксид дисмутазе, као и концентрације редукованог глутатиона у миру (**График 37 А - В**). Додатно, поређењем вредности редукованог глутатиона у групи спортиста мушког пола уочавају се значајно више вредности овог параметра антиоксидационе заштите у групи третираној концентрованим соком од ароније, у миру (**График 39 Б**). Ови резултати говоре у прилог чињеници да полифеноли присутни у соку од ароније могу утицати на повећану активност антиоксидационих ензима и повећано стварање редукованог глутатиона у циљу одговора на оксидациони стрес изазван дуготрајним интензивним тренинзима. Механизма овог деловања антоцијана није у потпуности расветљен, али је показано да да они утичу на сигналне путеве, посебно сигналне путеве нуклеарног фактора 2 (Nrf2). Nrf2 је главни регулатор и фактор транскрипције, укључен у регулацију експресије гена за антиоксидационе протеине. Кеар1 је протеин богат цистеином који супримира Nrf2 сигнализацију, служећи као мост између Nrf2 и убиквитин лигазе кулин-3, која је потребна за разградњу протеина у протеазомима (*McMahon*, 2003). Прооксиданси индукују ковалентну модификацију остатака цистеина Кеар1 и због тога инхибирају деградацију зависну од убиквитинације и повећавају нуклеарну акумулацију Nrf2, што за последицу има повећану синтезу ендогених антиоксиданаса (*Forman*, 2014). Дијететски полифеноли нису присутни у довољној количини да би *in vivo* могли да делује као „хватачи“ слободних радикала, уместо тога они се након контакта са слободним радикалима претварају у електрофилне хиноне и хидрохиноне, који могу да ступе у интеракцију са Кеар1 и активирају Nrf2 (*Huang*, 2015).

У нашем истраживању редокс стаус је одређиван и након акутног физичког оптерећења, тј. током теста оптерећења на тредмилу. У групи спортиста мушког пола третираних концентрованим соком од ароније уочава се значајно мања продукција супероксид анјон радикала и нитрита након завршене суплементације (**График 31 Б и Г**). Док, су вредности водоник пероксида биле повишене након суплементације исто као и у миру (**График 31 В**). Поређењем вредности прооксиданаса након завршене суплементације између контролне и експерименталне групе, уочавају се значајно ниже вредности нитрита и супероксид анјон радикала, као и индекса липидне пероксидације у групи третираној аронијом (**График 33 А, Б и Г**). Такође, током акутног оптерећења код спортиста мушког пола третираних концентрованим соком од ароније забележено је

повећање активности супероксид дисмутазе и каталазе, као и концентрација редукованог глутатиона (**График 37 А - В**). Ови резултати говоре у прилог додатним протективним ефектима хроничне администрације концентрованог сока од ароније на оксидациони стрес изазван акутним физичким оптерећењем. Најзначајније ефекте је хронична суплементација остварила на концентрацију редукованог глутатиона, који је значајно био повишен и у поређењу са контролном групом, након акутног физичког оптерећења (**График 39 Б**). По спроведеном тесту оптерећења, након 10 минута, испитаницима је узиман још један узорак крви у којем је тестиран редокс статус. Тренд који је забележен у миру и током физичког оптерећења уочава се и овде (**График 32 А - Г** и **График 37 А - В**).

Један од додатних циљева био је да се испитају полно зависни ефекти хроничне суплементације концентрованим соком од ароније на редокс статус, те су вредности прооксиданаса и антиоксиданаса на исти начин анализирани и групама спортисткиња. Наиме, познато је да мушкарци и жене реагују на вежбање на сличан начин, јер су ћелијски механизми који регулишу већину физиолошких и биохемијских одговора на вежбање исти код оба пола (Dorsaj, 2011). Међутим, познато је да естроген *in vitro* има антиоксидациони потенцијал и да због његових виших концентрација код жена, оне могу бити потенцијално заштићене од оксидационог стреса (Kendall, 2002). У прилог овој теорији, у анималним студијама је показано да женке пацова након трчања до изнемоглости на тредмилу имају умерен оксидациони стрес, док је код мужјака пацова оксидациони стрес био знатно израженији. Међутим, естроген није једини антиоксиданс који се може разликовати између полова, већ и нивои витамина Е и глутатиона (Tiidus, 2000). Познато је да антиоксиданси делују заједно, стога није јасно да ли су жене боље заштићене од оксидационог стреса изазваног вежбањем само због повишеног естрогена. У нашој студији нисмо поредили вредности прооксиданаса и антиоксиданаса између мушкараца и жена, али смо пратили њихове различите одговоре након хроничне суплементације концентрованим соком од ароније. Уочено је да суплементација соком од ароније није довела до значајних промена у вредностима прооксиданаса (**График 34 А - Г**), као ни антиоксиданаса (**График 40 А - В**) унутар групе. Међутим, поређењем вредности прооксиданаса након завршене суплементације између групе третиране концентрованим соком од ароније и групе третиране плацебом уочавају се значајно ниже вредности нитрита, као и индекса липидне пероксидације у групи третираној аронијом (**График 36 А и Б**). Индекс липидне пероксидације је био значајно нижи базално, након излагања акутном физичком оптерећењу и након одмора од 10 минута, док су нитрити били значајно нижи након акутног излагања акутном физичком оптерећењу и након одмора од 10 минута.

Иако мушкарци и жене реагују на вежбање на сличан начин, постоји неколико специфичних проблема који се се чешће јављају код жена у спорту. Менструални циклус и неухрањеност су главни фактори одговорни за разлике у хематолошким параметрима код мушкараца и жена. Неадекватан унос гвожђа кроз исхрану, као и код опште популације, означен је као примарни узрок недостатка гвожђа код спортисткиња. Неадекватан статус гвожђа може смањити перформансе спортисткиња захваљујући празним депоима гвожђа и последично снизити нивое хемоглобина (Di Santolo, 2008). Студије су показале да је анемија заправо повезана са повећаним оксидационим стресом (Martinovic, 2010). У прилог овој теорији и резултати наше студије који су показали повећани оксидациони стрес уз смањене нивое хемоглобина у групи спортисткиња третираних плацебом (**Табела 12** и **График 36 А и Б**). Насупрот томе, у групи спортисткиња третираних концентрованим соком од ароније забележено је смањење

оксидационог стреса уз повећање концентрације хемоглобина (**Табела 12** и **График 36 А и Б**).

**VI**  
**ЗАКЉУЧЦИ**

## 6. ЗАКЉУЧЦИ

- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније доводи до значајног повећања количина укупне воде у организму, као и количина воде у интрацелуларном и екстрацелуларном простору код спортиста мушког пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније доводи до значајног повећања количине протеина, масе безмасног и меког ткива, као и масе скелетних мишића, док значајно смањује масу липида као и проценат телесних масти у организму код спортиста мушког пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније није довела до значајне промене телесне композиције код спортиста женског пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније довела је до значајног повећања просечне количине хемоглобина у еритроцитима, варијабилности еритроцита, серумског гвожђа код спортиста мушког пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније довела је до значајног смањења укупног холестерола у серуму и спречила повећање урее, AST-а у укупног билурубина, као и смањење глукозе у серуму код спортиста мушког пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније довела је до значајног повећања хемоглобина и готово свих параметара везаних за еритроците (MCV, MCHC, RDW и хематокрит) код спортиста женског пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније спречила је повећање нивоа укупног холестерола, као и триглицерида у серуму код спортиста женског пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније спречила је повећање нивоа кортизола и код спортиста мушког и код спортиста женског пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније довела је до смањења нивоа олеинске киселине и  $\alpha$ -линоленске киселине, али и спречила смањење нивоа вакценске киселине, адренске киселине и еикозапентенске киселине у фосфолипидима плазме код спортиста мушког пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније спречила је смањење омега-6 масних киселина, као и укупних полинезасићених масних киселина у фосфолипидима плазме код спортиста женског пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније довела је до повећања вредности релативне и апсолутне потрошње кисеоника код спортиста мушког пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније није утицала на функционалне параметре код спортиста женског пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније довела је до значајног смањења у продукцији прооксиданаса (супероксид анјон радикал и нитрити) и спречила повећање индекса липидне пероксидације код спортиста мушког пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније довела је до повећања активности каталазе и супероксид дисмутазе, као и концентрације редукованог глутатиона код спортиста мушког пола.
- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније довела је до значајног смањења у продукцији прооксиданаса (супероксид анјон радикал и нитрити) и повећања активности каталазе и супероксид дисмутазе, као и



концентрације редукованог глутатиона током акутног физичког оптерећења, код спортиста мушког пола.

- Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније спречила је повећање производње нитрита и индекса липидне пероксидације у групи спортиста женског пола.

**VII**  
**ЛИТЕРАТУРА**

## 7. Литература

- Appel K, Meiser P, Millan E, Collado JA, Rose T, Gras CC, Carle R, Munoz E. Chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) concentrate inhibits NF- $\kappa$ B and synergizes with selenium to inhibit the release of pro-inflammatory mediators in macrophages. *Fitoterapia*. 2015;105:73-82.
- Auchus RJ. Endocrinology and women's sports: the diagnosis matters. *Law Contemp Probl*. 2017;80:127–138.
- Balon TW, Nadler JL. Nitric oxide release is present from incubated skeletal muscle preparations. *J Appl Physiol* (1985). 1994;77(6):2519-2521.
- Berchtold P, Berger M, Uppers HJ: Non-glucoregulatory hormones (T4, T3, rT3 and testosterone) during physical exercise in juvenile type diabetes. *Horm Metab Res* 1978; 10:269–273.
- Bijak, M.; Bobrowski, M.; Borowiecka, M.; Podsiadek, A.; Golański, J.; Nowak, P. Anticoagulant effect of polyphenols-rich extracts from black chokeberry and grape seeds. *Fitoterapia* 2011;82, 811–817.
- Black GM, Gabbett TJ, Cole MH, Naughton G. Monitoring Workload in Throwing-Dominant Sports: A Systematic Review. *Sports Med*. 2016;46(10):1503-16.
- Bloomer RJ, Fisher-Wellman KH. Blood oxidative stress biomarkers: influence of sex, exercise training status, and dietary intake. *Gend Med* 2008;5:218-228.
- Bok SH, Park SY, Park YB, Lee MK, Jeon SM, Jeong TS, Choi MS. Quercetin dihydrate and gallate supplements lower plasma and hepatic lipids and change activities of hepatic antioxidant enzymes in high cholesterol-fed rats. *Int J Vitam Nutr Res*. 2002;72(3):161-169.
- Borowska S, Brzoska MM. Chokeberries (*Aronia melanocarpa*) and Their Products as a Possible Means for the Prevention and Treatment of Noncommunicable Diseases and Unfavorable Health Effects Due to Exposure to Xenobiotics. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*. 2016;15:982–1017.
- Borycka B, Stachowiak J. Relations between cadmium and magnesium and aronia fractional dietary fibre. *Food Chem*. 2008;107:44–48.
- Brady PS, Brady LJ, Ullrey DE. Selenium, vitamin E and the response to swimming stress in the rat. *J Nutr*. 1979;109(6):1103-1109.
- Braunlich M, Slimestad R, Wangensteen H, Brede C, Malterud KE, Barsett H. Extracts, anthocyanins and procyanidins from *Aronia melanocarpa* as radical scavengers and enzyme inhibitors. *Nutrients* 2013;5:663–678.
- Bravo L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr Rev*. 1998;56(11):317–33.
- Bredella MA. Sex Differences in Body Composition. *Adv Exp Med Biol*. 2017;1043:9-27.
- Broncel M, Kozirog M, Duchnowicz P, Koter-Michalak M, Sikora J, Chojnowska-Jeziarska J. *Aronia melanocarpa* extract reduces blood pressure, serum endothelin, lipid,

and oxidative stress marker levels in patients with metabolic syndrome. *Med. Sci. Monit.* 2010;16:28–34.

Brownlee KK, Moore AW, Hackney AC. Relationship between circulating cortisol and testosterone: influence of physical exercise. *J Sports Sci Med.* 2005;4(1):76-83.

Cao H, Gerhold K, Mayers JR, Wiest MM, Watkins SM, Hotamisligil GS. Identification of a lipokine, a lipid hormone linking adipose tissue to systemic metabolism. *Cell.* 2008;134(6):933-944.

Chelly MS, Hermassi S, Shephard RJ. Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(6):1480-1487.

Chen CK, Muhamad AS, Ooi FK. Herbs in exercise and sports. *J Physiol Anthropol.* 2012;31:34.

Ciociu M, Badescu M, Badulescu O, Tutunaru D, Badescu L. Polyphenolic extract association with renin inhibitors in experimental arterial hypertension. *J. Biomed. Sci. Eng.* 2013;6:493–497.

Cobley JN, McHardy H, Morton JP, Nikolaidis MG, Close GL. Influence of vitamin C and vitamin E on redox signaling: Implications for exercise adaptations. *Free Radic Biol Med.* 2015;84:65-76.

Commoner B, Townsend J, Pake GE. Free radicals in biological materials. *Nature.* 1954;174(4432):689-691.

Criswell D, Powers S, Dodd S, Lawler J, Edwards W, Renshler K, Grinton S. High intensity training-induced changes in skeletal muscle antioxidant enzyme activity. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(10):1135-1140.

De Fabiani E. The true story of palmitoleic acid: Between myth and reality. *Eur. J. Lipid. Sci. Technol.* 2011;113(7):809–811.

DeFronzo RA, Tripathy D. Skeletal muscle insulin resistance is the primary defect in type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2009;32(2):S157-163.

Denev P, Ciz M, Ambrozova G, Lojek A, Yanakieva I, Kratchanova M. Solid-phase extraction of berries' anthocyanins and evaluation of their antioxidative properties. *Food Chem.* 2010; 123:1055–1061.

Dillard CJ, Litov RE, Savin WM, Dumelin EE, Tappel AL. Effects of exercise, vitamin E, and ozone on pulmonary function and lipid peroxidation. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1978;45(6):927-32.

Djousse L, Matthan NR, Lichtenstein AH, Gaziano JM. Red blood cell membrane concentration of cis-palmitoleic and cis-vaccenic acids and risk of coronary heart disease. *Am J Cardiol.* 2012;110(4):539-544.

Dekany M, Nemeskeri V, Gyore I, Harbula I, Malomsoki J, Pucsok J. Antioxidant status of interval-trained athletes in various sports. *Int J Sports Med* 2006;27:112-116.

Egan B, Zierath JR. Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metab.* 2013;17(2):162-184.

El Gharras H. Polyphenols: food sources, properties and applications—a review. *International journal of food science & technology.* 2009;44:2512-2518.

Falone S, Mirabilio A, Pennelli A, Cacchio M, Di Baldassarre A, Gallina S, Passerini A, Amicarelli F. Differential impact of acute bout of exercise on redox- and oxidative damage-related profiles between untrained subjects and amateur runners. *Physiol Res* 2010;59:953-961.

Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem.* 1957;226(1):497-509.

Forman HJ, Davies KJA, Ursini F. How do nutritional antioxidants really work: Nucleophilic tone and para-hormesis versus free radical scavenging in vivo. *Free Radic. Biol. Med.* 2014;66:24–35.

Gomez-Cabrera MC, Domenech E, Romagnoli M, Arduini A, Borrás C, Pallardo FV, Sastre J, Vina J. Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *Am J Clin Nutr.* 2008;87(1):142-149.

Gomez-Cabrera MC, Viña J, Ji LL. Interplay of oxidants and antioxidants during exercise: implications for muscle health. *Phys Sportsmed.* 2009;37(4):116-123.

Goncalves RL, Quinlan CL, Perevoshchikova IV, Hey-Mogensen M, Brand MD. Sites of superoxide and hydrogen peroxide production by muscle mitochondria assessed ex vivo under conditions mimicking rest and exercise. *J Biol Chem.* 2015;290(1):209-227.

Granados C, Izquierdo M, Ibanez J, Ruesta M, Gorostiaga EM. Effects of an entire season on physical fitness in elite female handball players. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(2):351-61.

Grimble RF. Cytokines and nutrition. In *Artificial nutrition and support in clinical practice.* Editor Payne-James J, Grimble GK, Silk DBA. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 2012; str. 93–106.

Hackney AC, Gullledge TP. Thyroid responses during an 8 hour period following aerobic and anaerobic exercise. *Physiol Res.* 1994;43:1–5.

Hackney AC, Saeidi A. The thyroid axis, prolactin, and exercise in humans. *Curr Opin Endocr Metab Res.* 2019;9:45-50.

Handelsman DJ. Sex differences in athletic performance emerge coinciding with the onset of male puberty. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2017;87(1):68–72.

Hardie DG. Sensing of energy and nutrients by AMP-activated protein kinase. *Am J Clin Nutr.* 2011;93(4):891S-896S.

Haug A, Hostmark AT, Harstad OM. Bovine milk in human nutrition—a review. *Lipids Health Dis.* 2007;6:25.

Herbold NH, Visconti BK, Frates S, Bandini L. Traditional and nontraditional supplement use by collegiate female varsity athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004;14:586–593.

Hellstrom JK, Shikov AN, Makarova MN, Pihlanto AM, Pozharitskaya ON, Ryhanen EL, Kivijarvi P, Makarov VG, Mattila PH. Blood pressure-lowering properties of chokeberry (*Aronia mitchurinii*, var. Viking). *J. Funct. Foods.* 2010;2:163–169.

Hermassi S, Hoffmeyer B, Irlenbusch L, Fieseler G, Noack F, Delank KS, Gabbett TJ, Souhail Chelly M, Schwesig R. Relationship between the Handball-Specific Complex-Test and Intermittent Field Test performance in professional players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2018;58(1-2):8-16.

Ho GT, Braunlich M, Austarheim I, Wangensteen H, Malterud KE, Slimestad R, Barsett H. Immunomodulating activity of *Aronia melanocarpa* polyphenols. *Int. J. Mol. Sci.* 2014;15: 11626–11636.

Howatson G, McHugh MP, Hill JA, Brouner J, Jewell AP, van Someren KA, Shave RE, Howatson SA. Influence of tart cherry juice on indices of recovery following marathon running. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2010;20:843–852.

Huang Y, Li W, Su ZY, Kong ANT. The complexity of the Nrf2 pathway: Beyond the antioxidant response. *J. Nutr. Biochem.* 2015;26:1401–1413.

Hwang SJ, Yoon WB, Lee OH, Cha SJ, Dai Kim J. Radical-scavenging-linked antioxidant activities of extracts from black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *Food Chem.* 2014;146:71–77.

Irrcher I, Ljubicic V, Hood DA. Interactions between ROS and AMP kinase activity in the regulation of PGC-1alpha transcription in skeletal muscle cells. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2009;296(1):C116-123.

Jakobek L, Drenjancevic M, Jukic V, Seruga M. Phenolic acids, flavonols, anthocyanins and antiradical activity of “Nero”, “Viking”, “Galicianka” and wild chokeberries. *Sci. Hortic.* 2012;147:56–63.

Jakobek L, Seruga M, Medvidovic-Kosanovic M, Novak I. Anthocyanin content and antioxidant activity of various red fruit juices. *Deutsche Lebensm. Rundsch.* 2007;103:58–64.

Jankowski A, Jankowska B, Niedworok J. The influence of *Aronia Melanocarpa* in experimental pancreatitis. *Polski Merkuriusz Lekarski.* 2000;8(43):395-408.

Jensen J, Jacobsen ST, Hetland S, Tveit P. Effect of combined endurance, strength and sprint training on maximal oxygen uptake, isometric strength and sprint performance in female elite handball players during a season. *Int J Sports Med.* 1997;18(5):354-358.

Jeromson S, Gallagher IJ, Galloway SD, Hamilton DL. Omega-3 Fatty Acids and Skeletal Muscle Health. *Mar Drugs.* 2015;13(11):6977-7004.

Jones DP, Sies H. The Redox Code. *Antioxid Redox Signal.* 2015;23(9):734-46.

Jones DP. Redefining oxidative stress. *Antioxid Redox Signal.* 2006;8(9-10):1865-79.

- Kang C, O'Moore KM, Dickman JR, Ji LL. Exercise activation of muscle peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator-1alpha signaling is redox sensitive. *Free Radic Biol Med.* 2009;47(10):1394-1400.
- Kardum N, Petrovic-Oggiano G, Takic M, Glibetic N, Zec M, Debeljak-Martacic J, Konic-Ristic A. Effects of glucomannan-enriched, aronia juice-based supplement on cellular antioxidant enzymes and membrane lipid status in subjects with abdominal obesity. *ScientificWorldJournal.* 2014a;2014:869250.
- Kardum N, Takic M, Savikin K, Zec M, Zdunic G, Spasic S, et al. Effects of polyphenol-rich chokeberry juice on cellular antioxidant enzymes and membrane lipid status in healthy women. *J. Funct. Foods.* 2014b;9(1):89-97.
- Kardum N, Konic-Ristic A, Savikin K, Spasic S, Stefanovic A, Ivanisevic J, Miljkovic, M. Effects of polyphenol-rich chokeberry juice on antioxidant/pro-oxidant status in healthy subjects. *J. Med. Food* 2014;17:869-874.
- Kendall B, Eston R. Exercise-induced muscle damage and the potential protective role of estrogen. *Sports Med.* 2002;32(2):103-123.
- Kennedy JA, Mathews MA, Waterhouse AL. Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. *Am J Enol Vitic.* 2002;53:268-274.
- Keskin-Sasic I, Tahirovic I, Topcagic A, Klepo L, Salihovic M, Ibragic S, Toromanovic J, Ajanovic A, Velispahic E. Total phenolic content and antioxidant capacity of fruit juices. *Bull. Chem. Technol. Bosnia Herzeg.* 2012;39:25-28.
- Kim B, Park Y, Wegner CJ, Bolling BW, Lee J. Polyphenol-rich black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) extract regulates the expression of genes critical for intestinal cholesterol flux in caco-2 cells. *J. Nutr. Biochem.* 2013;24:1564-1570.
- Kitryte V, Kraujaliene V, Sulniute V, Pukalskas A, Rimantas Venskutonis P. Chokeberry pomace valorization into food ingredients by enzyme-assisted extraction: Process optimization and product characterization. *Food Bioprod. Process.* 2017;105:36-50.
- Knapik JJ, Steelman RA, Hoedebecke SS, Austin KG, Farina EK, Lieberman HR. Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2016;46(1):103-123.
- Kong WN, Gao G, Chang YZ. Hepcidin and sports anemia. *Cell Biosci.* 2014;4:19-29.
- Ksouri R, Megdiche W, Debez A, Falleh H, Grignon C, Abdely C. Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant Physiol Biochem PPB.* 2007;45:244-249.
- Lawler JM, Powers SK, Van Dijk H, Visser T, Kordus MJ, Ji LL. Metabolic and antioxidant enzyme activities in the diaphragm: effects of acute exercise. *Respir Physiol.* 1994;96(2-3):139-49.
- Lee YS, Lorenzo BJ, Koufis T, Reidenberg MM. Grapefruit juice and its flavonoids inhibit 11 $\beta$ -hydroxysteroid dehydrogenase. *Clin. Pharmacol. Ther.* 1996;59:62-71.

Leeuwenburgh C, Hollander J, Leichtweis S, Griffiths M, Gore M, Ji LL. Adaptations of glutathione antioxidant system to endurance training are tissue and muscle fiber specific. *Am J Physiol.* 1997;272(1 Pt 2):R363-369.

Luteberget LS, Spencer M. High-Intensity Events in International Women's Team Handball Matches. *Int J Sport Physio Perform.* 2017;12:56-61.

Manach C, Williamson G, Morand C, et al. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I: review of 97 bioavailability studies. *Am J Clin Nutr.* 2005;81:230S-242S.

Mann S, Beedie C, Jimenez A. Differential effects of aerobic exercise, resistance training and combined exercise modalities on cholesterol and the lipid profile: review, synthesis and recommendations. *Sports Med.* 2014;44(2):211-221.

Martinovic J, Kotur-Stevuljevic J, Dopsaj V, Dopsaj M, Stefanovic A, Kasum G. Paraoxonase activity in athletes with depleted iron stores and iron-deficient erythropoiesis. *Clin Biochem* 2010;43:1225-1229.

Mates JM, Segura JA, Alonso FJ, Marquez J. Oxidative stress in apoptosis and cancer: An update. *Arch. Toxicol.* 2012;86:1649-1665.

Mayer-Miebach E, Adamiuk M, Behnlian D. Stability of chokeberry bioactive polyphenols during juice processing and stabilization of a polyphenol-rich material from the by-product. *Agriculture* 2012;2:244-258.

McClung JM, Deruisseau KC, Whidden MA, Van Remmen H, Richardson A, Song W, Vrabas IS, Powers SK. Overexpression of antioxidant enzymes in diaphragm muscle does not alter contraction-induced fatigue or recovery. *Exp Physiol.* 2010;95(1):222-31.

McDonagh B, Sakellariou GK, Jackson MJ. Application of redox proteomics to skeletal muscle aging and exercise. *Biochem Soc Trans.* 2014;42(4):965-70.

McMahon M, Itoh K, Yamamoto M, Hayes JD. Keap1-dependent proteasomal degradation of transcription factor Nrf2 contributes to the negative regulation of antioxidant response element-driven gene expression. *J. Biol. Chem.* 2003;278:21592-21600.

Meyer T, Meister S. Routine blood parameters in elite soccer players. *Int J Sports Med.* 2011;32(11):875-81.

Michalsik LB, Aagaard P, Madsen K. Technical activity profile and influence of body anthropometry on playing performance in female elite team handball. *J Strength Cond Res.* 2015;29:1126-1138.

Michalsik LB, Aagaard P. Physical demands in elite team handball: comparisons between male and female players. *J Sport Med Phys Fit.* 2015a;55:878-891.

Michalsik LB, Madsen K, Aagaard P. Physiological capacity and physical testing in male elite team handball. *J Sports Med Phys Fitness* 2015b;55:415-429.

Michalsik LB, Aagaard P, Madsen K. Locomotion characteristics and match-induced impairments in physical performance in male elite team handball players. *Int J Sports Med.* 2013;34(7):590-9.



- Mikhed Y, Gorlach A, Knaus UG, Daiber A. Redox regulation of genome stability by effects on gene expression, epigenetic pathways and DNA damage/repair. *Redox Biol.* 2015;5:275-289.
- Milani RV, Lavie CL, Mehra MR, Ventura HO. Understanding the basics of cardiopulmonary exercise testing. *Mayo Clin Proc* 2006;81(12):1603-1611.
- Milder IE, Arts IC, van de Putte B, et al. Lignan contents of Dutch plant foods: a database including lariciresinol, pinoresinol, secoisolariciresinol and matairesinol. *Br J Nutr.* 2005;93(3):393-402
- Minato K, Miyake Y, Fukumoto S, Yamamoto K, Kato Y, Shimomura Y, Osawa T. Lemon flavonoid, eriocitrin, suppresses exercise-induced oxidative damage in rat liver. *Life Sci.* 2003;72(14):1609-1616.
- Moore AW, Timmerman S, Brownlee KK, Rubin DA, Hackney AC. Strenuous, fatiguing exercise: relationship of cortisol to circulating thyroid hormones. *Int J Endocrinol Metab* 2005;1:18-24.
- Morrison D, Hughes J, Della Gatta PA, Mason S, Lamon S, Russell AP, Wadley GD. Vitamin C and E supplementation prevents some of the cellular adaptations to endurance-training in humans. *Free Radic Biol Med.* 2015;89:852-862.
- Mu M, An P, Wu Q, Shen X, Shao D, Wang H, Zhang Y, Zhang S, Yao H, Min J, Wang F. The dietary flavonoid myricetin regulates iron homeostasis by suppressing hepcidin expression. *J. Nutr. Biochem.* 2016;30:53-61.
- Murphy MP, Holmgren A, Larsson NG, Halliwell B, Chang CJ, Kalyanaraman B, Rhee SG, Thornalley PJ, Partridge L, Gems D, Nyström T, Belousov V, Schumacker PT, Winterbourn CC. Unraveling the biological roles of reactive oxygen species. *Cell Metab.* 2011;13(4):361-366.
- Najda A, Labuda H. Content of phenolic compounds and antioxidant properties of fruits of selected orchard shrub species. *Mod. Phytomorphology* 2013;3:105-109.
- Nikolaidis GM, Mougios V. Effects of exercise on the fatty-acid composition of blood and tissue lipids. *Sports Med.* 2004;34:1051-1076.
- Novelli GP, Bracciotti G, Falsini S. Spin-trappers and vitamin E prolong endurance to muscle fatigue in mice. *Free Radic Biol Med.* 1990;8(1):9-13.
- O'Neill CA, Stebbins CL, Bonigut S, Halliwell B, Longhurst JC. Production of hydroxyl radicals in contracting skeletal muscle of cats. *J Appl Physiol* (1985). 1996;81(3):1197-206.
- Ochmian I, Grajkowski J, Smolik M. Comparison of some morphological features, quality and chemical content of four cultivars of chokeberry fruits (*Aronia melanocarpa*). *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca.* 2012;40:253-260.
- Ochmian I, Oszmianski J, Skupien K. Chemical composition, phenolics and firmness of small black fruits. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 2009;83:64-69.

- Oszmianski J, Lachowicz, S. Effect of the production of dried fruits and juice from chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) on the content and antioxidative activity of bioactive compounds. *Molecules* 2016;21:1098.
- Oszmianski J, Wojdylo A. *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. *Eur. Food Res. Technol.* 2005;221:809–813.
- Outram S, Stewart B. Doping through supplement use: a review of the available empirical data. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2015;25(1):54-59.
- Oztasan N, Taysi S, Gumustekin K, Altinkaynak K, Aktas O, Timur H, Siktar E, Keles S, Akar S, Akcay F, Dane S, Gul M. Endurance training attenuates exercise-induced oxidative stress in erythrocytes in rat. *Eur J Appl Physiol* 2004;91:622-627.
- Pareja-Galeano H, Sanchis-Gomar F, García-Giménez JL. Physical exercise and epigenetic modulation: elucidating intricate mechanisms. *Sports Med.* 2014;44(4):429-36.
- Parzonko A, Oswit A, Bazytko A, Naruszewicz M. Anthocyanins-rich *Aronia melanocarpa* extract possesses ability to protect endothelial progenitor cells against angiotensin II induced dysfunction. *Phytomedicine* 2015;22:1238–1246.
- Pavlovic AN, Bracanovic JM, Veljkovic JN, Mitic SS, Tosic SB, Kalicanin BM, Kostic DA, Dordevic MS, Velimirovic DS. Characterization of commercially available products of aronia according to their metal content. *Fruits* 2015;70:385–393.
- Petrovic S, Takic M, Arsic A, Vucic V, Drakulic D, Milosevic M, Glibetic M. Effect of sex hormones on plasma phospholipid fatty acid composition in intact rats and rats with bilaterally occluded carotid arteries. *Physiol. Res.* 2014;63(3):331–339.
- Petrovic-Oggiano G, Damjanov V, Gurinovic M, Glibetic M. Fizicka aktivnost u prevenciji i redukciji kardiovaskularnog rizika. *Med Pregl.* 2010;63:200-207.
- Pieszka M, Gogol P, Pietras M, Pieszka M. Valuable components of dried pomaces of chokeberry, black currant, strawberry, apple and carrot as a source of natural antioxidants and nutraceuticals in the animal diet. *Ann. Anim. Sci.* 2015;15:475–491.
- Pilis K, Stec K, Pilis A, Mroczek A, Michalski C, Pilis W. Body composition and nutrition of female athletes. *Rocz Panstw Zakl Hig.* 2019;70(3):243-251.
- Povoas SC, Seabra AF, Ascensao AA, Magalhaes J, Soares JM, Rebelo AN. Physical and physiological demands of elite team handball. *J Strength Cond Res.* 2012;26(12):3365-75.
- Powers SK, Smuder AJ, Kavazis AN, Quindry JC. Mechanisms of exercise-induced cardioprotection. *Physiology (Bethesda).* 2014;29:27–38.
- Prior BM, Modlesky CM, Evans EM, Sloniger MA, Saunders MJ, Lewis RD, Cureton KJ. Muscularity and the density of the fat-free mass in athletes. *J Appl Physiol* (1985). 2001;90(4):1523-1531.
- Radak Z, Chung HY, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. *Free Radic Biol Med.* 2008;44:153-159.

Radak Z, Pucso J, Mecseki S, Csont T, Ferdinandy P. Muscle soreness-induced reduction in force generation is accompanied by increased nitric oxide content and DNA damage in human skeletal muscle. *Free Radic Biol Med.* 1999;26:1059–1063.

Radak Z, Zhao Z, Koltai E, Ohno H, Atalay M. Oxygen consumption and usage during physical exercise: the balance between oxidative stress and ROS-dependent adaptive signalling. *Antioxid Redox Signal.* 2013;18:1208–1246.

Ramos-Sepulveda JA. Anthropometric and fitness indicators for the selection of young Vallecanean soccer players. *Ludica Pedagog.* 2012;2:120–129.

Reid MB, Shoji T, Moody MR, Entman ML. Reactive oxygen in skeletal muscle. II Extracellular release of free radicals. *J Appl Physiol.* 1992;73:1805–1809.

Reid MB, Stokic DS, Koch SM, Khawli FA, Leis AA. N-acetylcysteine inhibits muscle fatigue in humans. *J Clin Invest.* 1994;94:2468–2474.

Ristow M, Zarse K, Oberbach A, Klötting N, Birringer M, Kiehntopf M, Stumvoll M, Kahn CR, Bluher M. Antioxidants prevent health-promoting effects of physical exercise in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2009;106(21):8665–70.

Rop O, Mlcek J, Jurikova T, Valsikova M, Sochor J, Reznicek V, Kramarova D. Phenolic content, antioxidant capacity, radical oxygen species scavenging and lipid peroxidation inhibiting activities of extracts of five Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) cultivars. *J. Med. Plants Res.* 2010;4:2431–2437.

Sakellariou GK, Vasilaki A, Palomero J, Kayani A, Zibrik L, McArdle A & Jackson MJ. Studies of mitochondrial and nonmitochondrial sources implicate nicotinamide adenine dinucleotide phosphate oxidase(s) in the increased skeletal muscle superoxide generation that occurs during contractile activity. *Antioxid Redox Signal.* 2013;18:603–621.

Samoticha J, Wojdylo A, Lech K. The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries. *Lwt – Food Sci. Technol.* 2016;66:484–489.

Santos-Buelga C, Scalbert A. Proanthocyanidins and tannin-like compounds: nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. *J Sci Food Agric.* 2000;80:1094–1117.

Savoia, D. Plant-derived antimicrobial compounds: Alternatives to antibiotics. *Future Microbiol.* 2012;7:979–990.

Scherer T, O'Hare J, Diggs-Andrews K, Schweiger M, Cheng B, Lindtner C, Zielinski E, Vempati P, Su K, Dighe S, Milsom T, Puchowicz M, Scheja L, Zechner R, Fisher SJ, Previs SF, Buettner C. Brain insulin controls adipose tissue lipolysis and lipogenesis. *Cell Metab.* 2011;13(2):183–194.

Skarpanska-Stejnborn A, Basta P, Sadowska J, Pilaczynska-Szczesniak L. Effect of supplementation with chokeberry juice on the inflammatory status and markers of iron metabolism in rowers. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014;11(1):48.

Skoczynska A, Jedrychowska I, Poreba R, Affelska-Jercha A, Turczyn B, Wojakowska A, Andrzejak R. Influence of chokeberry juice on arterial blood pressure and lipid parameters in men with mild hypercholesterolemia. *Pharmacol. Rep.* 2007;59:177–182.

- Snebergrova J, Cizkova H, Neradova E, Kapci B, Rajchl A, Voldrich M. Variability of characteristic components of aronia. *Czech. J. Food Sci.* 2014;32:25–30.
- Sosnowska D, Podsedek A, Kucharska AZ, Redzynia M, Opchowska M, Koziolkiewicz M. Comparison of in vitro anti-lipase and antioxidant activities, and composition of commercial chokeberry juices. *Eur. Food Res. Technol.* 2016;242:505–515.
- Strugala P, Gladkowski W, Kucharska AZ, Sokol-Letowska A, Gabrielska J. Antioxidant activity and anti-inflammatory effect of fruit extracts from blackcurrant, chokeberry, hawthorn, and rosehip, and their mixture with linseed oil on a model lipid membrane. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2016;118:461–474.
- Sumbul S, Ahmad MA, Asif M, Akhtar M. *Myrtus communis* Linn. A review. *Indian J Nat Prod Resour.* 2011;2:395–402.
- Sundgot-Borgen J, Meyer NL, Lohman TG, Ackland TR, Maughan RJ, Stewart AD, Müller W. How to minimise the health risks to athletes who compete in weight-sensitive sports review and position statement on behalf of the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. *Br J Sports Med.* 2013;47(16):1012-1022.
- Sojka M, Kolodziejczyk K, Milala J. Polyphenolic and basic chemical composition of black chokeberry industrial by-products. *Ind. Crop. Prod.* 2013;51:77–86.
- Tarko T, Duda-Chodak A, Sroka P, Satora P, Michalik J. Transformations of phenolic compounds in an in vitro model simulating the human alimentary tract. *Food Technol. Biotechnol.* 2009;47:456–463.
- Teleszko M, Wojdylo A. Comparison of phenolic compounds and antioxidant potential between selected edible fruits and their leaves. *J. Funct. Foods* 2015;14:736–746.
- Tepsic J, Vucic V, Arsic A, Blazencic-Mladenovic V, Mazic S, Glibetic M. Plasma and erythrocyte phospholipid fatty acid profile in professional basketball and football players. *Eur J Appl Physiol.* 2009;107(3):359-365.
- Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48(3):543-568.
- Tian Y, Liimatainen J, Alanne AL, Lindstedt A, Liu P, Sinkkonen J, Kallio H, Yang B. Phenolic compounds extracted by acidic aqueous ethanol from berries and leaves of different berry plants. *Food Chem.* 2017;220:266-281.
- Tiidus PM. Estrogen and gender effects on muscle damage, inflammation, and oxidative stress. *Can J Appl Physiol.* 2000;25(4):274-87.
- Valcheva-Kuzmanova S, Marazova K, Krasnaliev I, Galunska B, Borisova P, Belcheva A. Effect of *Aronia melanocarpa* fruit juice on indomethacin-induced gastric mucosal damage and oxidative stress in rats. *Exp Toxicol Pathol.* 2005;56(6):385-392.
- Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MT, Mazur M, Telser J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol* 2007;39:44-84.

- Vassalle C, Lubrano V, L'Abbate A, Clerico A. Determination of nitrite plus nitrate and malondialdehyde in human plasma: analytical performance and the effect of smoking and exercise. *Clin Chem Lab Med* 2002;40:802-9.
- Vassalle C, Pingitore A, De Giuseppe R, Vigna L, Bamonti F. Biomarkers to estimate bioefficacy of dietary/supplemental antioxidants in sports. U *Antioxidants in Sport Nutrition*. Ed CRC Press/Taylor & Francis Group, 2014;16:255-72.
- Veberic R, Slatnar A, Bizjak J, Stampar F, Mikulic-Petkovsek M. Anthocyanin composition of different wild and cultivated berry species. *Lwt- Food Sci. Technol.* 2015; 60:509–517.
- Veljkovic J, Brcanovic J, Pavlovic A, Mitic S, Kalicanin B, Mitic M. Bagged Aronia melanocarpa tea: Phenolic profile and antioxidant activity. *Acta Fac. Med. Naiss.* 2014; 31:245–252.
- Viskelis P, Rubinskiene M, Bobinaite R, Dambrauskiene E. Bioactive compounds and antioxidant activity of small fruits in Lithuania. *J. Food Agric. Environ.* 2010;8:259–263.
- Vucic V, Ristic-Medic D. Eicosapentaenoic acid: The role in malignant diseases. In *Eicosapentaenoic acid: Sources, health effects and role in disease prevention*. Edited by T.G. Bradley, and F.P, Vargas. Nova Science Publishers, New York, U.S.A. 2012, str. 99–116.
- Weigl LG. Lost in translation: regulation of skeletal muscle protein synthesis. *Curr Opin Pharmacol.* 2012;12:377-382.
- Worsztynowicz P, Napierala M, Bialas W, Grajek W, Olkowicz M. Pancreatic  $\alpha$ -amylase and lipase inhibitory activity of polyphenolic compounds present in the extract of black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.). *Process Biochem.* 2014;49:1457–1463.
- Wu X, Gu L, Prior RL, McKay S. Characterization of anthocyanins and proanthocyanidins in some cultivars of Ribes, Aronia, and Sambucus and their antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.* 2004;52:7846–7856.
- Yamashita N, Hoshida S, Otsu K, Asahi M, Kuzuya T, Hori M. Exercise provides direct biphasic cardioprotection via manganese superoxide dismutase activation. *J Exp Med.* 1999;189(11):1699-1706.
- Zheng W, Wang SY. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. *J Agric Food Chem.* 2003;51(2):502-509.
- Zhu JT, Choi RC, Chu GK, Cheung AW, Gao QT, Li J, Jiang ZY, Dong TT, Tsim KW. Flavonoids possess neuroprotective effects on cultured pheochromocytoma PC12 cells: a comparison of different flavonoids in activating estrogenic effect and in preventing beta-amyloid-induced cell death. *J Agric Food Chem.* 2007;55(6):2438-2445.
- Zhu Y, Zhang JY, Wei YL, Hao JY, Lei YQ, Zhao WB, Xiao YH, Sun AD. The polyphenol-rich extract from chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) modulates gut microbiota and improves lipid metabolism in diet-induced obese rats. *Nutr Metab (Lond).* 2020;17:54.

## 8. Прилог

### 8.1 КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАТИКА УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ

Редни број:  
РБ

Идентификациони број:  
ИБР

Тип документације: Монографска публикација  
ТД

Тип записа: Текстуални штампани материјал  
ТЗ

Врста рада: Докторска дисертација  
ВР

Аутор: Никола Чикирић  
АУ

Ментор/коментор: проф. др Владимир Јаковљевић  
МН

Наслов рада: Утицаји полних разлика и дијете обogaћене  
полифенолима на стрес изазван акутним  
физичким оптерећењем

Језик публикације: српски/ћирилица  
ЈП

Језик извода: српски/енглески  
ЈИ

Земља публикавања: Србија  
ЗП

Уже географско подручје: Централна Србија  
УГП

Година: 2020.  
ГО

Издавач: Ауторски репринт  
ИЗ

Место и адреса: 34000 Крагујевац, Светозара Марковића 69  
МС

Физички опис рада: 139 страна, слика 13, 42 графика, 32 табеле  
ФО

**Научна област:**

Медицина

**Научна дисциплина:**  
**ДИ**

Клиничка и експериментална физиологија

**Предметна одредница/ кључне речи:**  
**ПО**  
оксидациони стрес

полифеноли, полне разлике, акутно физичко оптерећење, телесни састав,

**УДК**

**Чува се:** У библиотеци Факултета медицинских наука Универзитета у Крагујевцу  
**ЧУ**

**Важна напомена:**

**МН**

**Извод:**

**ИД**

Увод: Спортисти без обзира на врсту спорта, посебно професионални, како би оптимизовали своје физичке перформансе уз адекватне тренинге морају да имају и адекватну исхрану. Тренутно у фокусу научних истраживања је суплеметација различитим активним једињењима изолованим из биљака. Будући да су благотворни ефекти примене полифенола на организам већ истраживани, показано је да је главни механизам овог деловања инхибиција оксидационог стреса.

Циљ: Узимајући у обзир да су спортисти у посебном ризику за настанак оксидационог стреса услед великих физичких напора основни циљ ове студије био је управо да испита на који начин тромесечна примена сока од ароније (богатог полифенолима) утиче на оксидациони стрес, телесну композицију, основне биохемијске параметре и хормонски статус. Додатан циљ овог истраживања био је да се утврди да ли су ови ефекти полно зависни.

Методe: У истраживању је учествовало 40 професионалних спортиста, подељених у 4 групе (n=10), постојале су две контролне (оба пола) и две експерименталне групе (оба пола). Испитаници у експерименталним групама су током три месеца користили *per os* концентровани сок од ароније, док су остали користили плацебо. На почетку и крају експерименталног протокола спроведена су сва мерења од интереса (телесна композиција, функционална испитивања, анализа маснокиселинског састава плазме, редокс и хормонски статус, крвна слика).

Резултати: Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније код спортиста мушког пола унапредила је телесну композицију, крвну слику, повећала вредности релативне и апсолутне потрошње кисеоника и регулисала редокс и липидни статус. Са друге стране, ефекти у групи спортисткиња су били доста блажи. Тромесечна конзумација концентрованог сока од ароније код спортиста женског пола је у највећој мери утицала на крвну слику и редокс статус.

**Датум прихватања теме од стране ННВ:**  
**ДП**

**Датум одбране:**

**ДО**

**Чланови комисије:**

**КО**



**8.2. KEY WORDS DOCUMENTATION**

**UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC  
FACULTY OF MEDICAL SCIENCES KRAGUJEVAC**

**Accession number:**  
ANO

**Identification number:**  
INO

**Documentation type:** Monographic publication  
DT

**Type of record:** Printed textual material  
TR

**Contents code:** PhD Thesis  
CC

**Author:** Nikola Cikiriz  
AU

**Menthor/co-mentor** full prof. Vladimir Jakovljevic  
MN

**Title:** The influences of gender differences and polyphenol-enriched diets on stress caused by acute physical activity

**Language of text:** Serbian (cyrilic)  
LT

**Language of abstract:** Serbian/English

**Country of publication:** Republic of Serbia  
CP

**Locality of publication:** Central Serbia  
LP

**Publication year:** 2020.  
PY

**Publisher:** Author`s reprint  
PU

**Publication place:** Faculty of Medical Sciences, University of Kragujevac,  
Street Svetozara Markovica 69, 34000 Kragujevac  
PP

**Physical description:** 139 pages, 13 images, 42 graphs, 32 tables  
PD

**Scientific field:**

Medicine

**SF****Scientific discipline:**

Clinical and experimental physiology

**SD****Subject/key words:**polyphenols, gender differences, acute physical load,  
body composition, oxidative stress**SKW****UDC****Holding data:**Library of Faculty of Medical Sciences,  
University of Kragujevac, Republic of Serbia**Note:****N****Abstract:****AB**

Abstract:

AB

Introduction: Athletes regardless of the type of sport, especially professional ones, in order to optimize their physical performance, in addition to adequate training, they must also have adequate nutrition. Currently, the focus of scientific research is the supplementation with various active compounds isolated from plants. Since the beneficial effects of polyphenols on the body have already been investigated, it has been shown that the main mechanism of this action is the inhibition of oxidative stress.

Objective: Considering that athletes are at special risk for oxidative stress due to great physical effort, the main goal of this study was to examine how quarterly application of chokeberry juice (rich in polyphenols) affects oxidative stress, body composition, basic biochemical parameters and hormonal status. An additional goal of this study was to determine whether these effects were gender-dependent.

Methods: The study involved 40 professional athletes, divided into 4 groups ( $n = 10$ ), there were two control (both gender) and two experimental groups (both gender). Subjects in the experimental groups used per os concentrated chokeberry juice for three months, while the others used placebo. At the beginning and end of the experimental protocol, all measurements of interest were performed (body composition, functional tests, analysis of plasma fatty acid composition, redox and hormonal status, blood count).

Results: Three-month consumption of concentrated chokeberry juice in male athletes improved body composition, blood count, increased values of relative and absolute oxygen consumption and regulated redox and lipid status. On the other hand, the effects in the group of athletes were much milder. Three-month consumption of concentrated chokeberry juice in female athletes had the greatest impact on blood counts and redox status.

**Accepted by the Scientific Board on:**

**ASB**

**Defended on:**

**DE**

**Thesis defended board (Degree/name/surname/title/faculty):**

**DB**

## БИОГРАФИЈА

Никола Чикириз рођен је 02.03.1974. године у Чачку. Основно и средње образовање, завршио је у Чачку.

Медицински факултет Универзитета у Београду завршио је 2001. године са просеком 8,69. Специјалистичке студије из Медицине спорта завршио је на Медицинском факултету у Београду са одличном оценом.

Докторске академске студије на Факултету медицинских наука Универзитета у Крагујевцу уписао је 2006. године, а усмени докторски испит је положио 2008. године.

Професионалну каријеру започео је у школи резервних официра коју је завршио 2002. године. У периоду од 2002. до 2005. године радио је као лекар и потом као начелник санитетске службе у Гардијској бригади. Од 2008. до 2009. године радио као лекар на Институту за ваздухопловну медицину ВМА, да би од 2009. године до данас вршио дужност начелника Одељења за физиологију напора и дијететику, Института за хигијену, Војномедицинске академије.

Од 2002. године је председник медицинске комисије Бодибилдинг, фитнес и аеробик савеза Србије, председник медицинске комисије и лекар репрезентације Српског атлетског савеза од 2010. године, председник медицинске комисије у Бадмингтон савезу Србије од 2018 године, Члан медицинске комисије Цудо савеза Србије. Од 2012. године члан медицинске комисије Олимпијског комитета Србије. Члан Управног одбора Антидопинг агенције Србије од 2018. године.

Више пута био медицински директор такмичења Европског и Светског ранга, а 2009. године био асистент генералног медицинског директора и медицински директор за све објекте Универзијаде 2009. која се одржала у Београду.

Изабран је за асистента на предметима Функционална анатомија и Физиологија са биохемијом спорта на Факултету за спорт Универзитета Унион.

## БИБЛИОГРАФИЈА

РАДОВИ У ЦЕЛИНИ ОБЈАВЉЕНИ У НАУЧНИМ ЧАСОПИСИМА  
НАЦИОНАЛНОГ ЗНАЧАЈА:

- 1.Čikiriz N, Milosavljevic I, Jakovljevic B, Bolevich S, Jeremic J, Nikolic Turnic TR, Mitrovic M, Srejavic IM, Bolevich S, Jakovljevic The influences of chokeberry extract supplementation on redox status and body composition in handball players during competition phase. V.Can J Physiol Pharmacol. 2020 Jul 8. doi: 10.1139/cjpp-2020-0095. Online ahead of print.PMID: 32640181
- 2.Biljana Jakovljevic, Nikola Čikiriz, Tamara Nikolic, Vladimir Zivkovic, Nevena Jeremic, Isidora Stojic, Dragan Djuric, Vladimir Jakovljevic The effects of polyphenol – rich chokeberry juice on redox status in active handball players, preliminary results from a randomized, double blind study Atherosclerosis 263 (2017) e111- e282
- 3.Čikiriz N, Zdravkovic M, Simovic S, Zivkovic V, Jakovljevic B, Hinic S, Maksimovic R, Srejavic I, Javovljevic V. Focal Myocarditis in professional female athlete: a case report. Serbian Journal of Experimental and Clinical research. doi:10.1515/sjcer-2017-0062
- 4.Petrovic Snjezana, Arsic Aleksandra, Glibetic Marija, Čikiriz Nikola, Jakovljevic Vladimir, Vucic Vesna. The effects of polyphenol – rich chokeberry juice on fatty acid profiles and lipid peroxidation of active handball players: results from randomized, double – blind, placebo – controlled study Canadian journal of physiology and pharmacology, 2016, vol. 94 br. 10, 1058 -1063
- 5.Rabrenović M, Trešnjić S, Rabrenović V, Čikiriz N, Mašić S, Matunović R. Neurotoxic effects of oxygen in hyperbaric environment: A case report. Vojnosanit Pregl. 2015 Sep;72(9):827-30. doi: 10.2298/vsp140312059r.PMID: 26554116
- 6.Čubrilo D, Radovanović D, Čikiriz N, Krivokuća R, Milovanović M, Ristić P, Jakovljević V. Comparison of Nitric Oxide dynamics under maximal exercise in different sports. Medicus, 2006; 7 (3): 103-106.
- 7.Nikola Čikiriz, Zoran Jeftić, Zoran Hajdukovic, Medical care organization on venues during 25th Universiade in Belgrade 2009», 15 Congress of Balkan Medical Committee, Pieria-Greece, June 2010
- 8.Radakovic S Sonja, Radjen Slavica, Milivojevic Mladen, Tambur Zoran, Lazic Srdjan, Čikiriz Nikola, Ristanovic Elizabeta, Surbatovic Maja, Hajdukovic Zoran, Filipovic Nikola, Jevtic Miodrag “FOOD SAFETY CONTROL AS PART OF MEDICAL SUPPORT OF THE 25TH UNIVERSIADE IN BELGRADE 2009. 15 Congress of Balkan Medical Committee, Pieria-Greece, June 2010
- 9.Koprivica Zoran, Banković Dragić, Čikiriz Nikola „Markers of inflammation in troponin T-negative unstable angina pectoris”, Serbian Journal of Experimental and Clinical Research 2009, vol. 10, iss. 2, pp. 65-68

## СПЕЦИЈАЛИСТИЧКИ РАД

•Чикирић Н: Тренажни процес на великим надморским висинама. Специјалистички рад, Медицински факултет, Универзитета у Београду, 2008.

## КЊИГЕ

1. Здравље - више од злата, ИСБН: 978 – 86 – 335 – 0312 - 9  
Организација здравствене подршке током универзијаде (ПОГЛАВЉЕ)  
Пук. проф др Зоран Хајдуковић, мај. Др Никола Чикирић

Образац 1

**ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Ја, Никола (Слободана) Чикириз, изјављујем да докторска

дисертација под насловом:

**Утицаји полних разлика и дијете обогаћене полифенолима на стрес изазван акутним физичким оптерећењем**

која је одбрањена на Факултету медицинских наука Универзитета у Крагујевцу представља *оригинално ауторско дело* настало као резултат *сопственог истраживачког рада*.

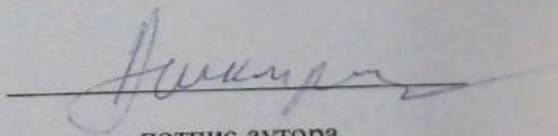
Овом Изјавом такође потврђујем:

да сам *једини аутор* наведене докторске дисертације,

да у наведеној докторској дисертацији *нисам извршио/ла повреду* ауторског нити другог права интелектуалне својине других лица,

да умножени примерак докторске дисертације у штампаној и електронској форми у чијем се прилогу налази ова Изјава садржи докторску дисертацију истоветну одбрањеној докторској дисертацији.

У Крагујевцу, 15.12.2020. године,

  
потпис аутора

Образац 2

**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Ја, Никола (Слободана) Чикириз,

 дозвољавам не дозвољавам

Универзитетској библиотеци у Крагујевцу да начини два трајна умножена примерка у електронској форми докторске дисертације под насловом:

**Утицаји полних разлика и дијете обogaћене полифенолима на стрес изазван акутним физичким оптерећењем**

која је одбрађена на Факултету медицинских наука Универзитета у Крагујевцу, и то у целини, као и да по један примерак тако умножене докторске дисертације учини трајно доступним јавности путем дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу и централног репозиторијума надлежног министарства, тако да припадници јавности могу начинити трајне умножене примерке у електронској форми наведене докторске дисертације путем *преузимања*.

Овом Изјавом такође

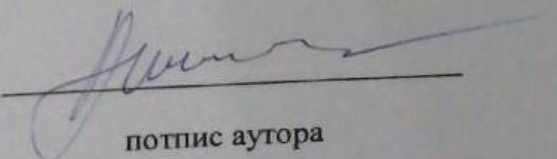
 дозвољавам не дозвољавам<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Уколико аутор изабере да не дозволи припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци, то не искључује право припадника јавности да наведену докторску дисертацију користе у складу са одредбама Закона о ауторском и сродним правима.

припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

- 1) Ауторство
- 2) Ауторство - делити под истим условима
- 3) Ауторство - без прерада
- 4) Ауторство - некомерцијално
- 5) Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
- 6) Ауторство - некомерцијално - без прерада<sup>2</sup>

У Крагујевцу, 17.12.2020. године,

  
\_\_\_\_\_

потпис аутора

<sup>2</sup> Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: <http://creativecommons.org.rs/>