

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

ANTIOXIDANTY JAKO NEZBYTNÁ SOUČÁST VÝŽIVY REKREAČNÍHO SPORTOVCE

Diplomová práce  
(bakalářská)

Autor: Erika Prucková, Trenérství a sport  
Vedoucí práce: PhDr. Iva Klimešová, Ph. D.

Olomouc 2018

**Jméno a příjmení autora:** Erika Prucková

**Název bakalářské práce:** Antioxidanty jako nezbytná součást výživy rekreačního sportovce

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Vedoucí:** PhDr. Iva Klimešová, Ph. D.

**Rok obhajoby:** 2018

**Abstrakt:**

Hlavním cílem práce je ověřit množství antioxidantů v tělech sportovců měřením karotenoidů v kůži a provést výzkum příjmu ovoce a zeleniny u těchto osob. Za tímto účelem bylo provedeno měření karotenoidů v kůži a anketní šetření u 41 osob, 16 žen a 25 mužů. Analýza prokázala, že 43,9 % osob má nízké hodnoty karotenoidů, hodnotu v rámci normy mělo 26,83 % osob a vynikající hodnoty pak dosahovalo 29,27 %. Největší vliv na naměřenou hodnotu karotenoidů byl zjištěn u míry pravidelnosti konzumace ovoce, zeleniny a šťáv z ovoce.

**Klíčová slova:** antioxidanty, volné radikály, sportovní výživa, karotenoidy, ovoce, zelenina, ovocné šťávy

**Author's name and surname:** Erika Prucková

**Title of the bachelor thesis:** Antioxidants as an essential component in recreational athlete's diet

**Department:** Department of Natural Sciences in Kinantropology

**Supervisor:** PhDr. Iva Klimešová, Ph. D.

**Year of presentation:** 2018

**Abstract:**

The main objective of the work is to verify the amount of antioxidants in the bodies of athletes by measuring carotenoids in the skin and to carry out a research on the intake of fruits and vegetables among these people. For this purpose, measurements and surveys were carried out on 41 persons, 16 women and 25 men. The analysis showed that 43.9 % of people had low carotenoid amounts, 26.83 % standard and 29.27 % excellent. The greatest influence on the measured value of carotenoids was found in the level of regularity of consumption of fruits, vegetables and fruit juices.

**Key words:** antioxidants, free radicals, sports nutrition, carotenoids, fruits, vegetables, fruit juices

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením PhDr. Ivy Klimešové Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne

.....

Děkuji PhDr. Ivě Klimešové, Ph.D., za odborné vedení, pomoc a rady, které mi poskytla při vytváření této bakalářské práce.

<b>1.</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>VOLNÉ RADIKÁLY</b>	<b>11</b>
2.1.	Definice	11
2.2.	Význam, funkce a účinky volných radikálů	12
2.3.	Oxidační stres	12
<b>3.</b>	<b>ANTIOXIDANTY A ANTIOXIDAČNÍ OCHRANNÝ SYSTÉM</b>	<b>14</b>
<b>4.</b>	<b>ROZDĚLENÍ ANTIOXIDANTŮ</b>	<b>16</b>
4.1.	Vitamíny působící jako antioxidanty	16
4.1.1.	Vitamín C (kyselina askorbová)	17
4.1.2.	Vitamín E	18
4.1.3.	Vitamín A	19
4.1.4.	Vitamín D	20
4.2.	Fytochemikálie	21
4.2.1.	Karotenoidy	22
4.2.2.	Flavonoidy	23
4.2.3.	Katechiny	23
4.2.4.	Izoflavony	24
4.3.	Minerální látky působící jako antioxidanty	24
4.3.1.	Selen	24
4.3.2.	Zinek	24
4.3.3.	Mangan	25
4.3.4.	Měď	25
4.4.	Koenzym Q <sub>10</sub>	25
4.5.	Kyselina alfa - lipoová	26
<b>5.</b>	<b>ANTIOXIDANTY VE VÝŽIVĚ REKREAČNÍHO SPORTOVCE</b>	<b>27</b>
5.1.	Vliv antioxidantů na výkonnost	28
<b>6.</b>	<b>CÍLE PRÁCE</b>	<b>30</b>
6.1.	Hlavní cíl	30
6.2.	Dílčí cíle	30
6.3.	Hypotéza	30
<b>7.</b>	<b>METODIKA</b>	<b>31</b>
7.1.	Výzkumný soubor	31
7.2.	Postup měření hladiny karotenoidů	32
7.3.	Anketní šetření	33
7.4.	Metodika statistického zpracování dat	34
<b>8.</b>	<b>VÝSLEDKY A JEJICH ANALÝZA</b>	<b>35</b>
8.1.	Karotenoidové skóre	35
8.2.	Anketní šetření	37
8.3.	Analýza výsledků	41
<b>9.</b>	<b>ZÁVĚRY</b>	<b>42</b>
<b>10.</b>	<b>SOUHRN</b>	<b>43</b>
<b>11.</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>44</b>
<b>12.</b>	<b>REFERENČNÍ SEZNAM</b>	<b>45</b>
	<b>PŘÍLOHA 1 (ANKETNÍ ŠETŘENÍ - VZOR)</b>	<b>47</b>

# 1. Úvod

Téma antioxidantů jako nezbytná součást výživy rekreačního sportovce jsem si vybrala, protože se domnívám, že antioxidanty jsou často opomíjenou skupinou látek ve výživě jak sportovců, tak i osob s nízkou, nebo žádnou pohybovou aktivitou. Často se setkáváme s tím, že lidé nevědí, co to vlastně antioxidanty jsou, kam je zařadit či v jaké potravíně se nalézají v dostatečném zastoupení. Právě proto jsem se rozhodla zabývat se touto problematikou. Mým cílem tak je objasnit, co jsou to antioxidanty, kam tuto skupinu látek zařadit, jaké potraviny si vlastně vůbec k antioxidantům přiřadit a především zdůraznit význam konzumace ovoce a zeleniny ve výživě především sportovce. V neposlední řadě bylo mým cílem i prohloubení mých vlastních znalostí této problematiky, protože jako trenérky ve fitcentru se mne klienti často ptají co a kdy jíst, ale o antioxidantech a jejich významu ve stravě často nemají dostatek informací, které jim nyní také budu schopna předat, neboť důležitost zastoupení antioxidantů ve stravě je obrovská.

Každá buňka v našem těle je vystavena negativním účinkům volných radikálů mnohokrát denně. Prostředí, ve kterém žijeme, znečištěné ovzduší, toxické sloučeniny ve výrobcích a obalech ale i v potravinách, kouření, alkohol, špatná životospráva, nadměrné vystavování se slunečnímu záření a také stres jsou faktory ohrožující naše zdraví. Všechny tyto faktory přispívají k tvorbě volných radikálů s negativním vlivem na naše organismy. Volné radikály jsou vysoce reaktivní molekuly, které vznikají v lidském organismu, a to i v rámci běžných metabolických procesů. Buňky v těle radikály mohou vytvořit také poté, co jsou vystaveny škodlivým látkám, virům, mikrobům nebo plísním, či záření z různých zdrojů (ultrafialové, elektromagnetické, ionizující), nebo mohou radikály vniknout do organismu z vnějšího prostředí, např. skrze znečišťující látky v ovzduší nebo ve vodě, ze stravy, nebo po konzumaci alkoholu apod. Volné radikály jsou také například obsaženy ve žluklých a přepálených olejích a tucích, které obsahují všechny smažené potraviny. Volné radikály v těle působí na biologické sloučeniny, a to především tuky, bílkoviny a nukleové kyseliny, kde pozměňují strukturu buněk a v konečném důsledku mohou vést ke zhoubnému nádorovému bujení. Lidské tělo však může být chráněno, neboť je možné nerovnováhu v těle vyrovnat pomocí antioxidantů.

Pokud je tělo v nerovnováze a nemá dostatek antioxidantů, které by se postaraly o zničení volných radikálů, dostává se do tzv. oxidačního stresu. V tom případě se volné radikály v těle hromadí, porušují imunitní systém, narušují hormonální regulaci těla, poškozují tkáň a vyvolávají záněty. Tělo je pak mnohem více náchylné k nemocem.

Tato práce si proto klade za cíl odpovědět na otázku, co to jsou antioxidanty a jaký je jejich účinek na lidský organismus, v jakých typech potravin je možné antioxidanty nalézt a v jakém množství je možné je konzumovat a zda je vhodné je doplnit suplementy.

Na teoretickou část pak naváže část praktická, ve které bude zjišťováno, zda mají rekreační sportovci v těle dostatečnou hladinu karotenoidů, zda mají pravidelný příjem potravy a zda mají v potravě dostatečně zastoupené ovoce a zeleninu, případě také zda užívají doplňky stravy. Naměřené hodnoty budou porovnány s výsledky anketního šetření, přičemž jako základní předpoklad se jeví, že naměřené hodnoty budou u velké části probandů nízké, stejně jako množství konzumovaného ovoce a zeleniny.



## 2. Volné radikály

### 2.1. Definice

Radikál je z chemického hlediska látka, která má jeden, či více volných nespárovaných elektronů ve vnějším orbitalu. Takovýto volný elektron je zpravidla schopen velmi snadné výměny při styku s jinou vhodnou molekulou, což je chemickým a fyzikálním základem vysoké reaktivity radikálů. Velká většina radikálů je nestabilní a existuje jen po velice krátkou dobu (právě z důvodu nadbytečné energie vyplývající z volného elektronu) a velmi rychle se účastní chemických reakcí, které sníží jejich energii i reakční potenciál. Ve fyziologii se jako radikál, přesněji volný radikál označuje látka, která je z chemického hlediska radikálem, tedy jde o atom, molekulu, nebo ion s alespoň jedním nespárovaným elektronem, a která je přitom schopna samostatné existence. Na základě hlavního atomu je možné radikály dělit podle toho, zda je jejich centrálním atomem atom uhlíku, dusíku, síry nebo kyslíku (Karlsson, 1997).

Součástí mnoha patologických, ale i fyziologických biochemických pochodů jsou reakce s radikálovým mechanismem. Účastní se jich především specificky reagující látky obsahující kyslík, tzv. reaktivní formy kyslíku (ROS, reactive oxygen species), nebo dusík, tj. reaktivní formy dusíku (RNS, reactive nitrogen species). Reaktivní formy dusíku vždy obsahují i kyslík, který se jejich reakcí obvykle účastní, proto je označujeme i jako reaktivní formy kyslíku a dusíku, RONS (reactive oxygen and nitrogen species). ROS a RNS zahrnují jednak volné radikály, jednak látky, které volnými radikály nejsou (proto název reaktivní formy). Jako volný radikál označujeme jakoukoliv chemickou entitu, tj. atom, molekulu nebo ion, která má ve vnější sféře svého elektronového obalu alespoň jeden nespárovaný elektron, což jí propůjčuje relativně vysokou reaktivitu, a která je přitom schopna samostatné existence („Základní reaktivní formy kyslíku a dusíku“, n.d.).

Volné radikály v rámci lidského organismu reagují s různými biologickými strukturami - mastnými kyselinami a lipidy, aminokyselinami a proteiny, mononukleotidy a polynukleotidy (nukleovými kyselinami) i s řadou nízkomolekulárních metabolitů, koenzymů a jiných součástí živé hmoty. Díky tomu hrají volné radikály významnou roli při přenosu energie, ochranně imunitního systému a při buněčné regulaci signálními molekulami. Za určitých okolností však působí jako toxické látky a jako dezinformační agenti, schopní organismus poškodit a dokonce ho i usmrtit. Vznik radikálu může zahájit celý řetězec reakcí, neboť pokud radikál reaguje s jinou molekulou, která radikálem není, nutně ji na radikál změní, tím se radikálová reakce propaguje do okolí. Teprve reakcí dvou radikálů dojde k ukončení řetězu reakcí (Štípek et al., 2000).

## 2.2. Význam, funkce a účinky volných radikálů

Základní pochody živých organismů jsou, alespoň co se aerobních organismů týče, vždy založeny na uvolňování a přeměně energie za přítomnosti reaktivních forem kyslíku. Bez radikálových reakcí by nebyl možný vývoj života do dnešního stavu, neboť takové množství energie, jaké je potřebné k výstavbě a funkčnosti organismu není možné získat jinak, než přenosem elektronů ze živin na kyslík, což se děje uvnitř buněk v mitochondriální membráně, kde se tak uvolňuje energie nutná pro vznik ATP (Štípek et al.,2000).

Adenosintrifosfát (ATP) je látka zcela zásadní pro funkci buněk, protože slouží jako zásobárna energie. Štěpením ATP na ADP nebo AMP (odštěpením fosfátové skupiny vniká velké množství energie, kterou pak buňka využívá k dalším činnostem (glykolýza, transport látek, kontrakce myokardu i hladkých a kosterních svalů atd.). Spotřebovanou ATP je pak nutné opětovně vytvořit. V těle existuje řada procesů, které to umožňují, např. ve svalech vzniká ATP za spotřebování kreatinfosfátu, v buňkách obecně vzniká při glykolýze (rozkladu glukosy), nicméně nejvyšší význam na regeneraci ATP má právě buněčné dýchání, kdy v rámci chemických reakcí dochází k předávání elektronů na kyslík a zároveň změně koncentrace iontů na stranách buněčné membrány, tím právě vzniká elektrochemický potenciál pro tvorbu ATP a právě této reakce se tedy účastní ROS („Adenosintrifosfát“, n.d.).

Reaktivní formy kyslíku jsou rovněž využívány bílými krvinkami k odstraňování zbytků mrtvých buněk a zabíjení bakterií, některých virů, hub i některých nádorových buněk. Reaktivní formy kyslíku i dusíku se dále podílí na procesech v těle také jako signální molekuly, tedy látky, které ovlivňují aktivitu enzymů, expresi genů a celý životní program buňky (Štípek et al.,2000).

## 2.3. Oxidační stres

Volné radikály, které se přirozeně vyskytují v buňkách, musí být kontrolovány a musí být zabráněno tomu, aby se dostaly k buněčným složkám jako tukům, bílkovinám a dalším komplikovaným molekulám, jako jsou nenasycené mastné kyseliny, kyselina hyaluronová, DNA a RNA. Tyto molekuly nebo buněčné složky by s radikály okamžitě reagovaly a došlo by k jejich více, či méně nezvratnému přeskupení, rozložení nebo jinému z biologického pohledu nevratnému zničení. Za normální situace jsou volné radikály v rámci buňky aktivně drženy pod kontrolou za pomoci ochranného systému antioxidantů. Většina radikálů vzniká v tukových vrstvách, kde jsou enzymy nutné ke katalýze reakcí, které je vytváří. Hlavními antioxidanty, které zde působí, pak jsou vitamín Q (Koenzym Q10), vitamín E a beta karoten, které spolu tvoří první linii obrany. Druhou linii tvoří ve vodě rozpustné vitamíny, tedy vitamín C, několik vitamínů ze skupiny vitamínů B, vitamín P (bioflavonoidy), produkty metabolismu, jako močovina a bilirubin a dále antioxidantně působící

enzymy. V celkovém pohledu pak obraná strategie buňky spočívá v tom, že až na pár výjimek vznikají radikály v tukové vrstvě buňky a následně se přenáší do částí buňky s vodním prostředím, proto obrana začíná látkami rozpustnými v tucích a po ní následují ve vodě rozpustné látky (Karlsson, 1997).

Oxidační stres je stav, kdy dojde na straně buňky k vyčerpání jejich obranných schopností, resp. dojde ke stavu nerovnováhy v množství volných radikálů a antioxidantů, tak, že množství volných radikálů překročí množství antioxidantů. S ohledem na skutečnost, že v běžném buněčném metabolismu probíhá metabolismus kyslíku, je to právě kyslík, resp. reaktivní částice kyslíku, který stojí za vznikem oxidačního stresu.

### 3. Antioxidanty a antioxidační ochranný systém

Antioxidanty jsou v těle přirozeně se vyskytující látky, které organismu slouží k boji proti volným radikálům a jejich oxidačním účinkům, neboť dokážou volné radikály neutralizovat a pomáhají udržet buňky zdravé a nepoškozené. Antioxidační ochranný systém spočívá ve schopnosti těla bránit se oxidačnímu stresu. Organismu se nabízí tři možnosti, jak se bránit. V první řadě je možné zabránit tvorbě nadměrného množství radikálů, druhou možností je zachycování a odstraňování již vzniklých radikálů a naposled jde o uplatnění schopnosti organismu napravit již poškozené biomolekuly. Právě pro zachycování již existujících radikálů se pak uplatní antioxidanty (Štípek et al., 2000).

Část antioxidantů si organismus vytváří sám, je ale velice vhodné, a také prakticky nezbytné, je tělu dodávat prostřednictvím stravy. Správné fungování antioxidačního ochranného systému tedy závisí na správném fungování metabolismu a na výživě (Antioxidanty: snadná cesta ke zdraví, 2016).

Antioxidanty je možné členit na přirozené antioxidanty, které se běžně vyskytují v potravinách a na syntetické antioxidanty. Přirozeně se vyskytující antioxidanty se dále člení podle několika hledisek, například na antioxidanty rozpustné v tucích a rozpustné ve vodě, tedy na antioxidanty lipofilní a hydrofilní (Kalač, 2003). Ačkoli je známo okolo 4000 antioxidantů, největší význam jich má pouze několik a to vitamín C, vitamín E a karotenoidy. Mezi další látky s antioxidačními účinky patří fenolové nebo polyfenolové sloučeniny jako jsou flavonoidy a katechiny, některé druhy minerálních látek (selen, zinek, mangan, měď) a kyselin, např. kyselina alfa – lipoová (Hlúbik, Střítecká, & Fajfrová, 2006).

Dostatečný příjem antioxidantů ve stravě pomáhá snížit riziko srdečních cévních chorob a některých typů rakoviny. Proto je jim věnována ve výzkumu potravin mimořádná pozornost. Odborníci se shodují, že účinky přirozených antioxidantů ze zeleniny a ovoce, čaje a celozrnných obilovin jsou výrazně vyšší než při stejné dávce antioxidantů podávaných ve formě potravních doplňků, tablet a jiných upravených či syntetizovaných formách. V nedávné minulosti pak také bylo zjištěno, že vysoký a dlouhodobý příjem synteticky vyrobených antioxidantů může mít i opačný, než požadovaný účinek, vždy je tedy nutné k užití syntetizovaných antioxidantů přistupovat odpovědně (Kalač, 2003).

Příjem správného množství antioxidantů ve stravě může dle Mindell a Mundisová (2006) např.:

- zpomalit stárnutí
- snížit hladinu cholesterolu
- chránit proti infarktu a mozkové příhodě
- snížit riziko vzniku nádorů
- zpomalit průběh Alzheimerovy choroby

- potlačit růst zhoubných nádorů
- pomáhat při detoxikaci protirakovinných léků
- chránit zrak a chránit před degenerativními plicními chorobami - astma, chronická bronchitida a rozedma plic
- pomáhat při znečištění vzduchu prachem, kouřem a pyly.

## 4. Rozdělení antioxidantů

### 4.1. Vitamíny působící jako antioxidanty

„Vitamíny jsou součástí nejrůznějších enzymů, biokatalyzátory chemických reakcí v organismu, některé z nich jsou významnými antioxidanty. Jejich nejdůležitější funkcí v organismu je katalytický účinek při řadě reakcí látkové přeměny, některé vitamíny vytvářejí i důležité oxidačně-redukční systémy“ (Klimešová, 2016, 46).

Slovo vitamín pochází z latinského vita (život) a amine (amin), tedy dle názvu se jedná o „aminy nezbytné pro život“. Název vitamín se ujal přesto, že se ve skutečnosti nejedná o aminy a je nadále využíván jako zastřešující pojem pro řadu látek.

Vitamíny regulují metabolické procesy v těle, tedy nejzákladnější procesy, k nimž dochází přímo v buňkách při látkové výměně na té nejelementárnější (nejmenší) úrovni. Z tohoto důvodu je nutná jejich přítomnost právě přímo v buňkách, kde musí být dostatečně zastoupeny. Lidské tělo si vitamíny nedokáže ve většině případů vytvořit samo, nebo je nedokáže vytvořit v dostatečném množství (výjimkou je vitamín D), proto je nutné je tělu dodat prostřednictvím zdravé, vyvážené a pestré stravy, která případně také tělu dodá prekurzory k jejich výrobě. Takto může tělo získat všechny vitamíny potřebné pro svou správnou funkci a uložit je tam, kde jsou aktuálně potřeba, a právě proto je vyvážená výživa velice důležitá. V těhotenství, při kojení, v dětství, v pokročilejším věku a v období kdy organismus vyvíjí nadměrné úsilí například ve stresových situacích nebo při velké fyzické námaze potřeba dostatečného přísunu vitamínu ještě více nabývá na důležitosti. Shodně při konzumaci alkoholu, kouření či užívání jakýchkoliv léků, drog nebo obdobných látek organismus spotřebovává mnohem větší množství vitamínů než u osob, které se takového jednání vyvarují. V případě, kdy je organismus takto zatěžován, je pak velmi vhodné, aby byly organismu také dodávány vitamíny ve větším, než běžném množství, a to opět nejlépe z přirozených zdrojů. Vitamíny uměle vytvořené, neboli syntetické, nemohou zcela nahradit vitamíny obsažené v potravinách, zejména v ovoci a zelenině, nebo získané z dalších přírodních produktů jako jsou kvasnice, obilné klíčky, a to přestože molekuly uměle vytvořených vitamínů obsahují stejné stavební prvky jako vitamíny přírodní. Tyto prvky však nemusejí být vždy stejně prostorově uspořádané, čímž se vlastnosti daného vitamínu změní. Množství vitamínů v jednotlivých potravinách a jiných zdrojích se různí, bohužel však neexistuje žádná potravina, která by je obsahovala všechny, tím méně v množství, jež je pro tělo nezbytné. Proto je důležité organismu dodávat vyváženou a pestrou stravu, která musí obsahovat velké množství ovoce a zeleniny, neboť ty obsahují nejvíce vitamínů a dalších antioxidantů („Antioxidanty: snadná cesta ke zdraví“, 2016).

#### 4.1.1. Vitamín C (kyselina askorbová)

Vitamín C je nejznámějším ze všech vitamínů. Většina živočichů je schopna syntetizovat vitamín C z glukózy, pouze lidé, ostatní primáti a morčata jsou odkázáni na potravinové zdroje. V těle se vyskytuje ve dvou formách a právě možnost změny formy je to, co mu dodává funkci antioxidantu. Vitamín C má důležitou úlohu při tvorbě pevného druhu vaziva, kolagenu, který je nutný pro růst organismu a opravu poškozených vazivových tkání. Je nezbytný pro vytváření karnitinu, což je molekula podobná vitamínům, která se účastní metabolismu mastných kyselin v mitochondriích buněk, je účasten při vstřebávání železa. Rychleji se spotřebovává při opakovaném a déletrvajícím stresu. Jako doporučená minimální denní dávka vitamínu C se uvádí u dospělého člověka 75mg u žen a 90 mg u mužů. Tato uváděná hodnota je však pouze základní nejnižší dávkou nutnou pro udržení dostatečné hodnoty ve tkáních u běžné populace, vyšší dávky jsou nutné v těhotenství, při kojení, u kuřáků a starších a nemocných osob. Potřebu vitamínu C také navyšuje např. vystavení se vysoké teplotě prostředí, vyšší nadmořské výšce, nebo jiné zátěži (Driskel & Wolinsky, 2005).

V případech nižší než uvedené denní dávky se osoba vystavuje možnosti rozvoje nepříznivých reakcí, přičemž dlouhodobý deficit vede až ke vzniku kurdějí, což je choroba, která v minulosti postihovala zejména námořníky a vojáky. Tento vliv nedostatku vitamínu C, který může ohrozit nejen zdraví, ale i život je znám již po staletí. Právě na tomto vitamínu byl, i když bez znalosti jeho existence, proveden jeden z prvních klinických experimentů v historii, když v roce 1747 byl studován vliv pomerančů a citronů na námořníky s kurdějemi. V současnosti se některé následky nedostatku vitamínu C opět projevují, což je způsobeno zejména nedostatečnou konzumací ovoce a zeleniny. Na tento stav má zejména u dětí ve Velké Británii vliv stravování v řetězcích fast-food. Na snížený příjem vitamínu C má vliv také dlouhé vaření potravin, nebo jejich následné zmrazení, které tento vitamín ničí (Charlton, 2016).

Vitamín C má dle Mindell a Mundisové (2006) řadu pozitivních vlastností:

- brání oxidaci o LDL cholesterolu působením kyslíkových radikálů
- přispívá ke snadnějšímu hojení ran a spálenin
- snižuje krevní cholesterol
- stimuluje imunitní systém v průběhu virových a bakteriálních infekcí k větším výkonům
- zvyšuje ochranu proti nádorovému bujení
- tlumí vznik nitraminů (kancerogenní látky)
- snižuje riziko krevních sraženin
- pomáhá při léčení nachlazení
- snižuje sklon k alergickým reakcím
- snižuje krevní tlak

- lečí kurděje
- prodlužuje lidský život tím, že brání zaniknout bílkovinným buňkám.

Přírodním zdrojem vitamínu C jsou citrusové plody, jahody, listová a brukvovitá zelenina, rajčata, brambory, paprika a květák.

Vitamín C je nejčastěji užívaným vitamínem v syntetické podobě. Je snadno dostupný v tabletách, dražé, sirupu, prášku či pastilkách., syntetizuje se poměrně jednoduchým způsobem ze sacharidů. Přírodní vitamín C má však větší schopnost vstřebatelnosti než syntetický vitamín C. Při nadměrných dávkách vitamínu C hrozí riziko ledvinových kamenů, neboť kyselina askorbová se může vysrážet spolu s oxaláty a uráty v ledvinových pánvičkách a dát tím za vznik těmto kamenům. Dalšími příznaky nadměrného užívání jsou průjem, časté močení a kožní vyrážky (Mindell & Mundisová, 2006).

#### 4.1.2. Vitamín E

Vitamín E je vitamín rozpustný v tucích, který mimo jiné může posílit obranyschopnost organismu proti kardiovaskulárním nemocem a proti rakovině. Jako antioxidantní činidlo chrání vitamín E proti oxidaci volnými radikály zejména polynenasycené mastné kyseliny. Některé polynenasycené mastné kyseliny se nachází v buněčných membránách a právě zde tak může vitamín E chránit buňky před poškozením. Je prokázána souvislost zvýšení výskytu rakoviny a nízkého příjmu vitamínu E. Toto riziko je nejvyšší, pokud v kombinaci s nedostatkem vitamínu E dojde i k nedostatku minerálního selenu, protože oba tyto antioxidantní prvky mají ochranné účinky, jež se vzájemně doplňují (Agerbo & Andersen, 1997).

Dle Mindell a Mundisová (2006) vitamín E:

- přispívá k mladistvému vzhledu tím, že tlumí oxidační pochody v buňkách
- brání oxidaci LDL (škodlivého) cholesterolu
- usnadňuje využití kyslíku k podávání většího tělesného výkonu
- chrání plíce spolu s vitamínem A před vzduchem znečištěným exhaláty
- působí preventivně proti rakovině
- snižuje riziko vzniku šedého zákalu
- snižuje srážlivost a rozpouští krevní sraženiny
- odstraňuje únavu
- použit zevně při hojení brání vzniku velkých deformujících jizev
- urychluje hojení spálenin
- zvyšuje tvorbu moče a snižuje krevní tlak
- brání vzniku svalových křečí
- preventivně působí proti samovolnému potratu



- snižuje riziko vzniku infarktu myokardu a náhlých mozkových příhod
- působí preventivně proti Alzheimerově nemoci

Vitamín E nalezneme v rostlinných potravinách, zejména v rostlinném oleji. Dobrymi zdroji jsou ořechy, celozrnné výrobky a listová zelenina. Živočišná strava obsahuje vitamínu E velmi málo. Náš doporučený příjem vitamínu E je snadno pokryt běžnou stravou, ale pokud jíme příliš mnoho polynenasycených mastných kyselin, jeho potřeba se zvyšuje, protože právě tyto látky potřebují ochranu před volnými radikály (Agerbo & Andersen, 1997).

#### 4.1.3. Vitamín A

„Vitamin A má v organismu mnoho významných funkcí. Je životně důležitý pro oči, růst, schopnost rozmnožování, normální vývoj kůže a sliznic, růst kostí a zubů a imunitní systém.“ (Agerbo & Andersen, 1997, 42). Pro organismus je možné Vitamín A skladovat, a proto není potřeba jej každodenně doplňovat. V těle se vyskytuje v několika formách, a to jako retinol, retinal a kyselina retinová. Ve formě retinalu se vitamín A podílí na příjmu zrakových vjemů, jako součást pigmentu zvaného rhodopsin v tyčinkách sítnice. Jako kyselina retinová je potřebný při diferenciaci buněk (tedy při přizpůsobení buňky na funkci, kterou má provádět) v epitelových tkáních v rohovce a membránách v oku. Vitamín A je možné přijímat ve dvou formách, a to jako estery retinolu, dostupné ze živočišných zdrojů, nebo jako provitamín A. Jako provitamín, tedy látka, která není vitamínem, ale slouží tělu k jeho přímé výrobě, v případě vitamínu A slouží karotenoidy, které se naopak vyskytují ve zdrojích rostlinného původu (Driskel & Wolinsky, 2005).

Množství přijatého vitamínu A se se určuje nesnadně, neboť každý z karotenoidů (viz. dále) má jinou schopnost přeměny na tento vitamín, navíc je možné jej přijímat i v další již uvedené formě z živočišných produktů. Doporučenou míru lze vyjádřit v mezinárodních jednotkách (I.U.) a denní dávka se doporučuje pro dospělého muže 5000 I.U. a 4000 I.U. pro ženy. 1 jednotka I.U. pak odpovídá množství 0,3 µg retinolu, nebo 0,6 µg β-karotenu (Mindell & Mundisová, 2006; Driskel & Wolinsky, 2005).

Při nedostatku vitamínu A mohou nastat problémy se zrakem v podobě šerosleposti, snížené ochrany proti opotřebení a vysoušení rohovky. Ve vážných případech se mohou na rohovce vytvořit vřídky vedoucí ke slepotě. Nedostatek tohoto vitamínu oslabuje imunitu, což způsobuje větší náchylnost k bronchiální infekci a působí ztrátu chuti a vznik suché a drsné pokožky (Agerbo & Andersen, 1997).

Vitamín A dle Mindell a Mundisová (2006) prospívá takto:

- je lékem proti šerosleposti, posiluje zrak a uplatňuje se při léčení některých očních nemocí a poruch vidění
- podporuje odolnost proti infekcím postihujícím dýchací ústrojí

- bezprostředně se podílí na zvyšování aktivity imunitního systému
- zkracuje a ulehčuje průběh mnohých onemocnění
- udržuje správnou funkci a odolnost sliznic
- pomáhá proti stařeckým skvrnám na kůži
- podporuje růst kostí a ukládání minerálů v nich, zvyšuje odolnost a zlepšuje stav kůže, vlasů, nehtů a dásní
- léčí akné, povrchní kožní defekty, kožní záněty, spáleniny a vředy
- pomáhá při léčbě rozedmy plic a zvýšené funkce štítné žlázy

Důležitým zdrojem vitamínu A jsou jednak játra, rybí tuk, vajíčka, mléko a výrobky z něho a dále pak mrkev, žlutá a listová zelenina (špenát, brokolice). Příjem nadměrného množství Vitamínu A, může vyvolat nepříznivou reakci organismu, takovéto předávkování je však možné jen u živočišných zdrojů, předávkování karotenoidy není možné, nicméně u kuřáků může zvýšený příjem  $\beta$ -karotenu zvýšit pravděpodobnost výskytu rakoviny. Příznakem přímého předávkování vitamínem A je žlutě zbarvená kůže, ztráta vlasů, šupinatí se kůže, nevolnost, zvracení, průjmy, poruchy zraku, vyrážky, bolesti v kostech, nepravidelná menstruace, únava, bolesti hlavy a zvětšení jater. Byly dokonce zaznamenány smrtelné případy předávkování, a to u polárníků, kteří zkonzumovali příliš velké množství medvědích, tuleních, či psích jater (Driskel & Wolinsky, 2005).

#### 4.1.4. Vitamín D

Podle Agerbo a Andersen (1997) je vitamín D látkou, jejíž základní funkcí je zlepšení příjmu vápníku a fosforu pro budování kostí, dále brání ledvinám, aby vyloučily tyto minerály močí, čímž také udržuje jejich správnou hladinu v krvi. Vitamín D patří k vitamínům rozpustným v tucích. Jeho nedostatek může vést u dětí ke křivici (rachitidě) a u dospělých k měknutí kostí.

Vitamín D se vyskytuje v mnoha podobách, resp. tento název se používá pro řadu prekurzorů ze kterých vzniká steroidní hormon kalcitriol – tedy aktivní forma vitamínu D. Místem působení kalcitriolu je zažívací trakt, kdy zvyšuje množství vstřebaného vápníku a fosforu, dále ovlivňuje přenos těchto látek z kostí do krve a pomáhá přeměně kmenových buněk na buňky kostí. Mimo interakce s uvedenými minerály má kalcitriol vztah i k metabolismu vitamínu K a železa, nedostatek železa snižuje schopnost vstřebávání vitamínu D (Driskel & Wolinsky, 2005).

Dle Arnarsona (2018) jsou nejpodstatnějšími formami vitamín D<sub>2</sub> a vitamín D<sub>3</sub>. Vitamín D<sub>2</sub> je látka zvaná ergokalciferol a jejím zdrojem je potrava rostlinného původu, zejména houby (které rostou na UV světle), potraviny s přídavkem tohoto vitamínu, nebo přímo doplňky stravy. Vitamín D<sub>3</sub> je látka zvaná cholekalciferol a je naopak živočišného původu, jejím zdrojem jsou tučné ryby a rybí olej, játra, vaječné žloutky, máslo a další mléčné výrobky. Vitamín D<sub>3</sub> dále vzniká v kůži při jejím vystavení slunečnímu (konkrétně UVB) záření. Množství takto vytvořeného vitamínu pak závisí na

zeměpisné poloze, množství oblačnosti a oblečení. Čím dále od rovníku, tím je potřebná delší expozice, má-li dojít k vytvoření dostatečného množství, na druhou stranu vystavování se slunečnímu záření bez ochrany může vést k jiným zdravotním problémům. Arnason pak také uvádí, že v poslední době studie zjistily, že rostlinná forma není tak účinná, jako živočišná, přičemž ke stejnému závěru dospěli dříve i Driskel a Wolinsky (2005).

Předávkování příjmem ze slunce není možné (nicméně např. rakovina kůže je vážným rizikem při nadměrném vystavování se slunci), naopak předávkování z potravinových zdrojů možné je. Běžná denní dávka by se měla pohybovat v rozmezí 400-800 I.U. (tedy 10-20 µg), v suplementech se běžně nachází dávky od 1.000-2.000 I.U. U dospělých dochází k předávkování při dlouhodobém užívání na 20.000 I.U. denně, u dětí však předávkování mohou způsobit již dávky nad 1.800 I.U. K příznakům předávkování patří nepřírozená žízeň, svědění kůže, zvracení, průjem, ukládání vápenatých solí v játrech, ledvinách a jiných tkáních (Agerbo & Andersen, 1997; Arnason, 2008).

## 4.2. Fytochemikálie

Fytochemikálie jsou látky obsažené především v ovoci, zelenině, v zrninách a luštěninách. Jsou to chemické látky, které jim především dodávají barvu, vůni a chuť. V rostlinách jsou součástí vlastního imunitního systému. Tyto přirozeně vyskytující se chemické sloučeniny v rostlinách jako součást naší potravy chrání naše zdraví. Přenášejí do lidského organismu velký antioxidační efekt, projevující se zlepšením průběhu většiny závažných onemocnění včetně srdečních chorob, diabetu, vysokého krevního tlaku, osteoporózy, jaterních nemocí a rakoviny (Mindell & Mundisová, 2006).

Nejvýznamnější skupinu fytochemikálií představují karotenoidy. Jedná se o skupinu přírodních barviv, kterých dle Yabuzaki (2017) existuje přes 1100 (počet známých látek neustále narůstá), největší význam ve smyslu antioxidačních účinků jich má však pouze několik.

Fenolické antioxidanty jsou další četnou a chemicky pestrou skupinou rostlinných antioxidantů, kterou tvoří látky vyznačující se přítomností několika fenolických skupin. Patří do ní některé fenoly, fenolické kyseliny a jejich estery a glykosidy, lignany, flavonoidy, katechiny a některé třísloviny. Tyto látky jsou, a to zejména co do jejich výskytu, účinků a dalších vlastností, stále předmětem výzkumu. Role řady z těchto látek je považována za málo významnou, neboť se vyskytují jen v nízkých koncentracích, nejvíce poznatků je o flavonoidech a katechinech (Kalač, 2003).

S ohledem na množství látek obsažených v rostlinách pak samozřejmě existuje celá řada dalších látek, z nichž některé mají na lidské tělo příznivé účinky, pro účely této práce však bude zmíněno jen okrajově několik dalších látek s antioxidačním účinkem.

#### 4.2.1. Karotenoidy

V základním povědomí běžné populace je skutečnost, že karotenoidy (myšlen zejména  $\beta$ -karoten), mají vliv na správnou funkci očí a ochranu zraku, současné vědecké poznatky o karotenoidech ve výživě jsou však daleko širší. Jde o účinné antioxidanty, které jsou spojovány především s ochranou před některými typy rakoviny. Nyní je známo více než jedenáct set typů karotenoidů, které vytvářejí rostliny, řasy, houby a mikroorganismy. Živočichové nedokáží karotenoidy syntetizovat a tak karotenoidy přijaté potravou pouze ve svém organismu ukládají či přeměňují a využívají, člověk např. ve své stravě konzumuje asi 50 druhů karotenoidů (Driskel & Wolinsky, 2005; Yabuzaki, 2017).

Chemicky jsou karotenoidy uhlovodíky se čtyřiceti atomy uhlíku obecně se sestávající z nenasyceného řetězce s větvením typickým pro isoprenoidy. Molekuly některých karotenoidů obsahují skupiny kyslíku (jedná se o alkoholy, aldehydy apod. odvozené od karotenů), tyto látky pak nazýváme xanthofyly. Vlastnosti karotenoidů určuje jejich chemická struktura. Tyto vlastnosti mohou způsobit to, že jsou rozpustné v tucích (lipofilní), nerozpustné ve vodě, citlivé vůči oxidaci, zejména při působení ultrafialového záření a jsou intenzivně žlutě, oranžově či červeně zbarvené. Systém čtených dvojných vazeb střídajících se s vazbami jednoduchými umožňuje likvidovat rizikové volné radikály (Šivel, Klejdus, Kráčmar, & Kubáň, 2013).

Karotenoidy dělíme na sekundární a primární. Primární nalezneme v zelených částech rostlin, kde chrání fotosyntetický aparát před poškozením vlivem příliš intenzivního slunečního záření. Za sekundární karotenoidy se označují barviva plodů a květů (Kalač, 2003).

Šestice nejvýznamnějších karotenoidů je dle Mindell a Mundisová (2006)následující:

- Alfa-karoten: Podle potřeby se přeměňuje ve vitamín A a je asi 10krát účinnější v ochraně kůže, očí, jater a plic než beta-karoten. Nejbohatším zdrojem je vařená mrkev a dýně.
- Beta-karoten: I tento provitamín, který se podle tělesné potřeby mění ve vitamín, působí také jako antioxidant. Chrání proti rakovině, proti působení volných radikálů, posiluje imunitní systém, snižuje riziko arteriosklerózy, srdečního infarktu, mozkové příhody a očního zákalu. Je obsažen v červeně, žlutě a zeleně zbarvené zelenině a ovoci, ve sladkých bramborách, dýni, mangu a špenátu.
- Kryptoxantin: Tělo podle své potřeby ho dokáže přeměnit ve vitamín A. Kryptoxantin nalezneme v ovoci jako je například papája, mandarinky, broskve a pomeranče.
- Lykopen: Na rozdíl od jiných karotenoidů není provitamínem A, ale přitom je sám účinnějším antioxidantem než beta-karoten. Je barvivem červeně nebo oranžově zbarvených druhů ovoce a zeleniny jako jsou například melouny, rajčata a červený grapefruit. Základní vlastnost lykopenu je potlačování růstu nádorů. Tlumí též následky

kouření a ozáření ultrafialovými paprsky a preventivně působí proti srdečním chorobám. Jeho hladina v krvi klesá se stoupajícím věkem.

- Lutein: Další karotenoid, který se v těle nemění ve vitamín A, ale je účinným antioxidantem. Odstraňuje volné radikály, které vznikají působením ultrafialových paprsků na sítnici oka. Zastavuje také degenerativní změny na žluté skvrně, jež bývá příčinou slepoty. Najdeme ho dostatek v listové zelenině a špenátu.
- Zeaxantin: Je karotenoid chránící podobně jako lutein před volnými radikály, které mohou vyvolat degeneraci žluté skvrny sítnice a postupně oslepnutí a potlačuje růst nádorových buněk. Nachází se ve špenátu, řeřiše, řepě buráku, listech čekanky a ibišku.

#### **4.2.2. Flavonoidy**

Dle Kalače (2003) do této skupiny patří několik tisíc látek, nicméně řada z nich se vyskytuje v rostlinách, které člověk nekonzumuje, nebo jsou biologicky nevýznamné z důvodu nízké koncentrace.

Za poměrně významné lze považovat flavonoly, antokyanidiny a flavony. Jsou to přírodní barviva, která mají antioxidační účinek. Je prokázáno, že pomáhají chránit kardiovaskulární systém, působí preventivně proti ateroskleróze, brání zvyšování hladiny LDL (škodlivého) cholesterolu a tím snižují riziko vzniku trombózy. Tyto a další flavonoidy hrají také nezanedbatelnou roli v prevenci některých typů rakovin trávicího ústrojí, jako je rakovina tlustého střeva, jícnu, žaludku a jater, ale i jiných typů nádorových onemocnění, například rakoviny prsu, plic, kůže a močového měchýře. Kromě toho aktivují glutathionperoxidázu a katalázu, enzymy s antioxidačními účinky, které si organismus dokáže vytvářet sám. Najdeme je v citrusových plodech, v listové zelenině, červeném a modrofialovém ovoci, v cibuli, česneku, suchých plodech, v čaji a ve víně a čokoládě (Antioxidanty: snadná cesta ke zdraví, 2016).

#### **4.2.3. Katechiny**

Katechiny se vyskytují především v čaji, ale i v kakau a ovoci. Za nejvýznamnější látku ze skupiny katechinů je epigallokatechingallát, jehož antioxidační účinky jsou asi dvacetkrát větší než u vitamínu C. V čaji je přítomno několik katechinů a během fermentace se výrazně mění jejich složení. Mezi těmito látkami existuje synergické působení a to znamená, že účinky všech katechinů vyluhovaných do nápoje jsou silnější, než odpovídá součtu účinností jednotlivých přítomných katechinů (Kalač, 2003).

#### **4.2.4. Izoflavony**

Izoflavony jsou druhotné látky rostlinného původu, které mohou v těle působit jako estrogény a mají ochranné funkce. Izoflavony optimalizují v buňkách a v kožních vrstvách účinky estrogenu, pokud ho organismus obsahuje velké množství, a tím snižují riziko vzniku rakoviny. Regulují hormonální vyváženost u žen, mohou zabraňovat vzniku osteoporózy a chrání před rakovinou prsu svými oxidačními účinky. Najdeme je v sóje a v některých sójových výrobcích, jako jsou tofu a tempeh (Antioxidanty: snadná cesta ke zdraví, 2016).

### **4.3. Minerální látky působící jako antioxidanty**

Jako antioxidanty nemusí působit vždy pouze složité molekuly, ale obdobné účinky mohou mít v určitých případech i některé prvky samotné. Nejen z důvodu tohoto působení, ale i z důvodu, kdy tyto látky jsou stavebními prvky organismu, je podstatné, aby byl tělu dodáván také dostatečný přísun minerálních látek. Tato práce se věnuje pouze těm, které mají antioxidační vlastnosti.

#### **4.3.1. Selen**

Tento stopový prvek je součástí několika antioxidačních enzymů (především glutathion - peroxidázy). Selen se v organismu vyskytuje jako součást bílkovin a to nejčastěji vázaný na aminokyseliny metionin a cystein. Obsah selenu závisí na jeho obsahu v půdě. Selen má antioxidační účinky spolupůsobící s vitamínem E. Dále podporuje výkonnost a dělení bílých krvinek, tlumí shlukování trombocytů, snižuje LDL cholesterol, podporuje regeneraci jater a jaterní funkce, podporuje funkci prostaty a tvorbu spermií a je antagonistou těžkých kovů. Selen najdeme v para ořechách, obilovinách, celozrnných výrobcích, ve slunečnicových a dýňových semínkách, v rybách, v česneku, v houbách a v droždí (Bukovský, 2015, 99).

#### **4.3.2. Zinek**

Zinek má antioxidační účinky a uplatňuje se v lidském těle jako součást enzymů. Zinek má funkce strukturní a regulační a uplatňuje se v imunitní odpovědi. Podávání zinku příznivě ovlivní imunitu zprostředkovanou buňkami (Štípek et al., 2000).

Nejvíce zinku se v lidském těle vyskytuje v játrech, svalech, kostech, kůži, nehtech a vlasech. Zinek optimalizuje metabolismus tuků, podporuje tvorbu a metabolizování bílkovin, zlepšuje chuťové a čichové vjemy, syntetizuje nukleové kyseliny a hemoglobin a podílí se na transportu CO<sub>2</sub>. Zinek najdeme v mořských živočiších, červeném masu, luštěninách, obilovinách, v zelených fazolech a ořechách (Bukovský, 2015, 214).

### 4.3.3. Mangan

Většina manganu se nachází v kostech a tak se předpokládá, že tento minerál hraje svou roli v jejich růstu. Mangan je důležitý pro metabolismus energie. Organismus ho potřebuje pro syntézu mastných kyselin a tvorbu bílkovin a nukleových kyselin. Mangan zvyšuje produkci antitoxinů a tím posiluje imunitu. Napomáhá lepšímu vázání vápníku a železa. Najdeme ho v ořechách, pšeničných zrnech, čaji, ananasu, klíčcích a otrubách a v listové zelenině (Antioxidanty: snadná cesta ke zdraví, 2016).

### 4.3.4. Měď

„Měď nacházíme v několika enzymech, včetně adrenalinu a důležitého antioxidačního enzymu nazývaného dismutáza superoxid, která chrání buňky před škodlivými volnými radikály“ (Agerbo & Andersen, 1997, 125). Posiluje imunitní systém, podílí se na tvorbě neurotransmiterů, enzymů a bílkovin. Působí proti zánětlivě. Měď dále umožňuje syntézu kolagenu a elastinu, které jsou v těle nezbytně nutné pro dobrý stav krevních cév, chrupavek, plic a pokožky. Usnadňuje vázání vápníku a fosforu. Měď najdeme v mořských plodech, rybách, játrech, obilninách a zelené zelenině (Antioxidanty: snadná cesta ke zdraví, 2016).

## 4.4. Koenzym Q<sub>10</sub>

Koenzym Q<sub>10</sub> je látka svými účinky podobná vitamínům, která se nachází téměř v každé živé buňce v organismu. Dle Maughan a Buruke (2006) je koenzym Q<sub>10</sub> nazývaný také ubiquinon neesenciální, v tučích rozpustná látka, nacházející se především v potravinách živočišného původu, ale v menší míře i v rostlinné stravě. V organismu se nachází nejvíce v buňkách kosterní a srdeční svaloviny, konkrétně pak v jejich mitochondriích.

Protože se jedná o enzym, vytváří si jej tělo samo, avšak s postupujícím věkem jeho produkce klesá, jeho hladinu snižuje špatná strava, nemoci a stresové situace. Dle některých studií je možné, že dokáže zpomalit proces degenerace buněk u pacientů s Parkinsonovou chorobou a může posilovat srdeční činnost u starších osob. (Mindell & Mundisová, 2006).

K základním funkcím koenzymu Q<sub>10</sub> patří to, že se podílí na procesu tvorby ATP v mitochondriích, má antioxidační účinky, kdy spolu s vitamínem E a karotenoidy chrání molekuly krevních tuků a příznivě ovlivňuje stabilitu a funkce všech buněčných membrán. Nad rámec výroby koenzymu v těle je možné jej přijímat z potravy, zejména z červeného masa, drůbeže, pomerančů, brokolice a dále z potravinových doplňků. Denní dávky dosud nebyly přesně stanoveny, obecně se však doporučuje 30mg denně. Negativní účinky dosud nebyly zaznamenány, a to ani při dávce 100mg denně po dobu 6 let (Bukovský, 2015).

#### **4.5. Kyselina alfa - lipoová**

Tato látka podobná vitamínu byla v minulosti nesprávně označována jako vitamín B<sub>13</sub>. Obsahuje síru, je neesenciální kyselinou má silné antioxidační účinky. Je snadno rozpustná v tucích a vodě, proto se snadno pohybuje v prostředí buněk a tkání, proniká i do mozku. Organismus si dokáže tuto látku vytvořit sám. Kyselina alfa-lipoová působí v součinnosti s vitamíny C a E jako antioxidant, podporuje vstřebávání koenzymu Q<sub>10</sub>, podporuje detoxikační procesy v játrech a podporuje účinek inzulínu. Kyselinu alfa-lipoovou najdeme ve špenátu, brokolici, bramborech, v Tebi droždí a pangaminu. Doporučené dávkování dosud nebylo stanoveno, nežádoucí účinky však dosud také nebyly odhaleny (Bukovský, 2015).



## 5. Antioxidanty ve výživě rekreačního sportovce

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, organismus každého člověka potřebuje v určitém množství celou škálu vitamínů, minerálních látek, stopových prvků a antioxidantů, které musejí být tělu dodávány stravou. Tyto látky hrají klíčovou úlohu v energetickém metabolismu nebo při stavbě tělesných tkání. Hraniční nedostatek těchto látek se může u osob s nižší pohybovou aktivitou projevit jen minimálně, ale u osob s vysokou pohybovou aktivitou je příjem těchto látek velice důležitý. U sportovců zapojených do velmi tvrdého fyzického tréninku a u osob se sedavým způsobem života po neobvyklé zátěži dochází k poškození membrán svalových buněk i nitrobuněčných struktur volnými radikály. Přísun antioxidantů ve stravě je vhodný způsob, jak omezit škodlivé účinky fyzické zátěže (Maughan & Burke, 2006).

Ke zmíněnému poškození membrán dochází proto, že při cvičení dojde k navýšení spotřeby kyslíku, a to i 10-15x oproti klidovému stavu, přičemž se má dokonce za to, že přílišné až chronické trénování může vyvolávat stav trvajících oxidačního stresu. Současně však také při cvičení dochází k navýšení funkce antioxidantního ochranného systému, který tak u dobře trénovaných osob může být rozvinutější, než u osob netrénovaných. Z takového důvodu může být pro dobře trénovanou osobu, která má vyvážený jídelníček bohatý na antioxidanty, jejich suplementace mnohem méně přínosná, než pro osoby trénované málo. Neexistuje jednoznačná studie, která by prokázala vliv antioxidantů na zlepšení sportovních výsledků, naopak se dokonce objevují názory v tom smyslu, že suplementace antioxidantů může nepříznivě ovlivnit efekty tréninku (Burke, Erdman, & Thomas, 2016).

Shodně i dle Klimešové (2016) se specialisté na výživu většinou shodují na tom, že pro naprostou většinu sportovců platí, že pokud dodržují vyváženou stravu, nepotřebují suplementovat žádné mikronutrienty. Pro příjem vitamínů, minerálních látek a antioxidantů neexistuje žádné speciální doporučení ani pro sportovce. Předpokládá se, že vyšší potřeba těchto látek u sportovců je zabezpečena díky vyššímu příjmu potravy. Ohroženou skupinou sportovců jsou ti, kteří mají omezený příjem potravy, z důvodů redukce své hmotnosti nebo ti, jejichž strava je dlouhodobě nevyvážená (neobvyklé stravovací návyky). Přesto je ale vhodné některým antioxidantům u sportovce věnovat více pozornosti, protože mohou pomoci sportovci lépe tolerovat trénink, ve větší míře snižovat oxidační poškození a pomoci k udržení dobré funkce imunitního systému a to zejména vitamín C, E a betakaroten. Vyšší dávky těchto látek pomohou tolerovat těžší trénink a vést ke zlepšení sportovní výkonnosti. Avšak existuje málo důkazů o tom, že se zvýšený příjem antioxidantů pozitivně projevuje na sportovním výkonu sportovce.

Především minerální látky s antioxidantním účinkem jsou ve výživě sportovce důležité. Při tělesné zátěži dochází například ke ztrátám zinku pocením. Tyto ztráty mohou sportovce

znepokojuvat, ale neexistuje důkaz, že by ztráty dosahovaly takového stupně, aby zasluhovaly pozornost (Maughan & Burke, 2006).

„Doplňování antioxidantů je možné doporučit v situacích s náhlým zvýšením tréninkové zátěže, při pobytu ve vysoké nadmořské výšce nebo v horském prostředí. V ostatních případech je vyvážená a pestrá strava dostatečná pro pokrytí všech potřeb mikronutrientů i u vrcholového sportovce“ (Klimešová, 2016, 49).

## **5.1. Vliv antioxidantů na výkonnost**

Podle Maughan a Burke (2006) je jakýkoliv antioxidant nutné podávat uváženě, protože může zasahovat do příznivých funkcí navozených oxidanty. Při nedostatku jednoznačných doporučení týkajících se potřeby antioxidantů se sportovcům doporučuje jíst stravu bohatou na přirozené zdroje antioxidantů. Užívání vitamínových doplňků je odůvodnitelné zejména v situacích souvisejících s náhlým zvýšením zátěže při tréninku - např. při náhlém zvýšení objemu tréninku nebo při sportu ve vysoké nadmořské výšce nebo v horkém prostředí.

Sportovcům by mělo být sdělováno, že příjem doplňků stravy s vitamíny a minerály nezlepšuje jejich sportovní výkon, pokud tímto příjmem není napraven již z existující deficit. Řada sportovců přesto zbytečně užívá velké množství doplňků, a to přesto, že jejich příjem z potravy je dostatečný. Za takové situace by bylo vhodnější, aby před jejich užíváním bylo provedeno klinické měření stavu mikronutrientů konkrétní osoby, a to v rámci celkového zhodnocení stravovacích návyků (Burke et al., 2016).

Podobný názor má také Vilikus (2015), který uvádí, že nedostatek vitaminů a to především vitaminů skupiny B nebo vitaminu C může nepochybně zhoršit sportovní výkon. Vitamin B zasahuje do metabolismu sacharidů, tuků i bílkovin a má určitý podíl na výrobě energie, tedy na důležitém předpokladu pro zátěž různé intenzity. Intenzivní sportovní zátěží v organismu vznikají volné kyslíkové radikály, které vedou k oxidativnímu poškození svalové tkáně, proto jsou sportovcům doporučené denní dávky vitaminů vyšší, než běžné populaci, ale ani tak by neměly dlouhodobě přesahovat dvojnásobek denní dávky.

Jako fakt je dnes již uznáváno to, že cvičením vyvolané narušení homeostázy v kosterním svalstvu je tím, co vyvolává odpověď organismu na trénink, a to ve smyslu pozitivní a požadované adaptace – tedy posílení, zvýšení výkonu apod. Snížení množství vznikajících ROS pomocí antioxidantů naopak může vést k otupění schopnosti těla se na trénink adaptovat, protože právě ROS jsou tím, co dává svalům signál k růstu. Za účelem zjištění vlivu antioxidantů na výkon sportovce by však bylo vhodné provést další studie, se zaměřením na konkrétní antioxidanty. Nic však nenasvědčuje tomu, že tomu, že by konzumace kvalitního ovoce a zeleniny mělo shodné efekty jako

užívání velkého množství suplementů, proto lze doporučit vyváženou stravu a naopak jen střídmé užívání doplňků stravy (Close, Hamilton, Philp, Burke, & Morton, 2016). K obdobným závěrům dospěli i Merry a Ristow (2016), když dle jimi provedeného výzkumu může užívání suplementů s antioxidanty také snížit schopnost těla reagovat na trénink. Uvádí, že jak ROS tak RNS mají významnou roli při adaptaci svalstva, nicméně zjištění, že antioxidanty tuto adaptaci snižují, není universálně použitelné, pouze ukazuje, že mezi hodnotou antioxidantů a adaptací existuje vztah. Nejvíce pak antioxidanty snižují reakci těla na vysoce intenzivní trénink a trénink s velkou zátěží, což naznačuje, že právě zde se nejvíce uplatňují ROS/RNS jako signál pro růst a adaptaci svalů. Předpokládá se však, že tento vztah ROS/RNS k adaptaci není lineární, fyziologicky běžné dávky jsou prospěšné, vyšší pak již škodlivé (nicméně takových je tréninkem těžké dosáhnout).

## **6. Cíle práce**

### **6.1. Hlavní cíl**

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit hladinu karotenoidů v kůži a zjistit zda hladina karotenoidů souvisí s vybranými stravovacími návyky.

### **6.2. Dílčí cíle**

Zjistit, zda pravidelnost příjmu potravy ovlivňuje hladinu karotenoidů v kůži

Zjistit, zda příjem ovoce ovlivňuje hladinu karotenoidů v kůži

Zjistit, zda příjem zeleniny ovlivňuje hladinu karotenoidů v kůži

Zjistit, zda příjem ovocných nebo zeleninových šťáv ovlivňuje hladinu karotenoidů v kůži

Zjistit, zda příjem potravinových doplňků ovlivňuje hladinu karotenoidů v kůži

### **6.3. Hypotéza**

Více než polovina probandů bude mít nedostatečnou hodnotu karotenoidů v těle.

## 7. Metodika

V praktické části této práce jsem se zaměřila na ověření toho, zda mají rekreační sportovci dostatečné množství antioxidantů v těle – tedy zda je jejich příjem u těchto osob dostatečný, když s ohledem na dostupnost měřících přístrojů byla jako referenční vybrána hodnota karotenoidů v těle. Současně s prováděním měření bylo u totožných osob provedeno anketní šetření položením předem připravených strukturovaných otázek s cílem zajištění dalších informací, jako množství a pravidelnost konzumace ovoce, zeleniny, doplňků výživy apod. Vzor použitých otázek tvoří Přílohu 1 této práce.

Výzkum byl schválen etickou komisí Fakulty tělesné kultury University Palackého v Olomouci pod jednacím číslem 22/2018. Výzkum proběhl v červnu 2018. Měření bylo dobrovolné, veškeré osoby souhlasily s užitím jeho výsledků v rámci práce, shodně jako s využitím odpovědí z anketního šetření.

### 7.1. Výzkumný soubor

Výzkumný soubor byl tvořen rekreačními sportovci. Největší část z nich byly osoby provozující cross-fit, ostatní byli sportovci věnující se jiným pohybovým aktivitám (běh, cyklistika apod.).

Měření bylo provedeno u celkem 41 osob. U všech osob bylo zaznamenáno pohlaví (zúčastnilo se 16 žen a 25 mužů), věk, výška a hmotnost. Z hodnoty výšky a hmotnosti byl vypočten BMI. Charakteristiky výzkumného souboru popisuje Tabulka 1.

Tabulka 1. Charakteristika výzkumného souboru

<b>Celkový soubor (N=41)</b>	<b>Průměr</b>	<b>Směrodatná odchylka</b>
Věk (roky)	28,56	6,45
Hmotnost (kg)	74,71	15,66
Výška (cm)	173,71	9,26
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24,50	3,29
<b>Ženy (n=16)</b>		
Věk (roky)	27,13	6,38
Hmotnost (kg)	58,81	5,72
Výška (cm)	165,25	5,41
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21,54	1,85
<b>Muži (n=25)</b>		
Věk (roky)	29,48	6,46
Hmotnost (kg)	84,88	10,58
Výška (cm)	179,12	6,80
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26,40	2,49

Průměrné BMI, a to zejména u mužů dosahovalo poměrně vysoké hodnoty a to 26,40 kg/m<sup>2</sup>, přičemž u dvou osob překračoval index hodnotu 30 kg/m<sup>2</sup>. Klasifikaci hodnoty BMI dle WHO (2000) popisuje Tabulka 2.

Tabulka 2. Klasifikace hodnot BMI

Kategorie	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
Podvýživa	< 18,5
Normální	18,5 - 25
Nadváha	25 - 30
Obezita I.stupně	30 - 35
Obezita II.stupně	35 - 40
Obezita III.stupně	> 40

Hodnoty BMI by tedy mohly naznačovat, že u mužů se jedná o osoby s nadváhou (nebo i obezitou), nicméně tomu tak není, protože vypočtená hodnota pouze porovnává výšku s hmotností, nikterak však již neřeší složení tělesné hmoty, proto je takto vypočtenou hodnotu nutno brát s rezervou. V současné době řada studií dospěla k závěru, že pouhé určení BMI osoby není dostatečně přesným ukazatelem toho, zda osoba má, či nemá nadváhu. Ačkoliv existuje dobrá korelace mezi BMI a procentem tělesného tuku, BMI již není schopen ukázat rozdíl mezi tělesným tukem a svalovinou, proto by pro stanovení závěru bylo vhodnější provádět přímá měření množství tělesného tuku (Romero-Corral et al., 2008), což však není cílem této práce.

## 7.2. Postup měření hladiny karotenoidů

Pro měření hodnoty karotenoidů u sportovců byl použit biofotonický skener (Pharmanex S3 BioPhotonic Scanner). Tento přístroj provádí neinvazivní měření hodnoty karotenoidů v živé tkáni, čímž poskytuje přehled o možném celkovém množství antioxidantů v těle. Výhodou tohoto měření je také jeho rychlost, neboť výsledek je znám prakticky okamžitě a může být také sdělen měřenému subjektu, který případně může následně upravit svůj jídelníček, či životosprávu.

Měření samotné probíhá tak, že se na senzor na těle skeneru přiloží dlaň a pomocí přidružené aplikace je spuštěno měření. Skener osvítí kůži nízkou energetickým modrým světlem a následně provede výpočet karotenoidového skóre. Skener tedy provádí měření optickými signály, které identifikují unikátní molekulovou strukturu karotenoidů, umožňující změření jejich koncentrace bez ovlivnění jinými molekulami. Na rozdíl od bílého světla, které se skládá ze světla různých vlnových délek využívá skener pouze modré světlo o konstantní vlnové délce 478 nanometrů (nm), pokud světlo (foton) o této vlnové délce narazí na karotenoid, dojde k jeho excitaci a změně vlnové délky na 518nm, tedy na světlo zelené barvy. Dopadající světlo má proto jinou vlnovou délku, než světlo

odražené zpět a na základě množství odraženého světla se změnou vlnovou délkou, které se vrací zpět do senzoru, je možné následně vypočítat množství karotenoidů v kůži („Pharmanex BioPhotonic Scanner S3 – Product page“, 2016).

Výrobce pak používá vlastní stupnici (viz. Obrázek 1), kdy jednotku pojmenoval, jako karotenoidové skóre, přičemž naměřená hodnota může být v rozmezí 0 až 100.000 jednotek. Za normální, resp. doporučenou je považována hodnota v rozmezí 40.000 – 49.000 jednotek.



Obrázek 1. Interpretace výsledku měření dle výrobce biofotonického skeneru ([www.nuskin.com/content/nuskin/cs\\_CZ/products/pharmanex/scanner/your\\_scanner\\_score.html](http://www.nuskin.com/content/nuskin/cs_CZ/products/pharmanex/scanner/your_scanner_score.html))

### 7.3. Anketní šetření

Současně s provedením měření množství karotenoidů v kůži bylo u shodných osob také provedeno anketní šetření, které tvoří Přílohu 1. Mimo základní informace (věk, výška, hmotnost) bylo zaměřeno na stravovací návyky, a to zejména pak ve vztahu k ovoci a zelenině.

Osoby odpovídaly na 10 otázek s možností uvedení vždy jedné konkrétní odpovědi z předem stanovených možností a dále na dvě doplňující otázky.

Prvních pět otázek se týkalo pravidelnosti a četnosti příjmu potravy, tedy snídaně, obědu, večere a případných svačin. Následující 4 otázky se týkaly četnosti konzumace ovoce a zeleniny a velikosti konzumovaných porcí. Další otázka se týkala četnosti pití šťáv, jejich typu (zelenina, ovoce,

nebo mix) a množství. Otázka jedenáct měla za cíl zjistit, zda neexistují u osoby překážky pro konzumaci ovoce/zeleniny, poslední otázka pak směřovala na užívání doplňků stravy.

#### **7.4. Metodika statistického zpracování dat**

Pro hodnoty získané měřeními a také pro veškeré odpovědi na otázky anketního šetření byly vypočítány základní statistické veličiny (aritmetický průměr, směrodatná odchylka, medián, minimum a maximum, variační koeficient). Pro vytvoření některých přehledů byla data uspořádána do kontingenčních tabulek a rozdíl hodnocen Pearsonovým chí-kvadrátem. Byl proveden Mann-Whitneyův U Test, který srovnával rozdíly mezi skupinou mužů a žen, a u kterého případně zjištěná hodnota  $p < 0,05$  značí statisticky významné rozdíly.

Pro získání odpovědi na otázku, zda, které a jakým způsobem ovlivňují stravovací návyky naměřenou hodnotu karotenoidů, byl spočítán korelační koeficient Spearmanovy korelace. Tento koeficient nabývá hodnot v intervalu  $<-1,1>$ , přičemž kladné hodnoty značí lineární vztah s tím, že čím blíže je hodnota k číslu 1, tím je závislost dvou zkoumaných množin hodnot vyšší.



## 8. Výsledky a jejich analýza

### 8.1. Karotenoidové skóre

Základem pro veškerá zjištění je naměřené karotenoidové skóre jednotlivých osob. Naměřeným hodnotám byl přiřazen slovní popis výsledku, kdy hodnoty pod 40.000 jsou považovány za nízké, hodnoty mezi 40.000 a 50.000 za normální a hodnoty nad 50.000 za vynikající. Tabulka 3 a Tabulka 4 obsahují přehled naměřených hodnot zvlášť u mužů a u žen.

Tabulka 3. Naměřené karotenoidové skóre mužů

Proband	Pohlaví	Výsledek měření	Klasifikace výsledku
1	Muž	23000	nízká hodnota
2	Muž	41000	normální hodnota
3	Muž	37000	nízká hodnota
4	Muž	32000	nízká hodnota
5	Muž	42000	normální hodnota
6	Muž	44000	normální hodnota
7	Muž	45000	normální hodnota
8	Muž	37000	nízká hodnota
9	Muž	38000	nízká hodnota
10	Muž	41000	normální hodnota
11	Muž	54000	vynikající hodnota
12	Muž	30000	nízká hodnota
13	Muž	56000	vynikající hodnota
14	Muž	49000	normální hodnota
15	Muž	23000	nízká hodnota
16	Muž	63000	vynikající hodnota
17	Muž	27000	nízká hodnota
18	Muž	45000	normální hodnota
19	Muž	38000	nízká hodnota
20	Muž	42000	normální hodnota
21	Muž	34000	nízká hodnota
22	Muž	52000	vynikající hodnota
23	Muž	44000	normální hodnota
24	Muž	50000	vynikající hodnota
25	Muž	44000	normální hodnota

Tabulka 4. Naměřené karotenoidové skóre žen

Proband	Pohlaví	Výsledek měření	Klasifikace výsledku
1	Žena	25000	nízká hodnota
2	Žena	38000	nízká hodnota
3	Žena	22000	nízká hodnota
4	Žena	51000	vynikající hodnota
5	Žena	60000	vynikající hodnota
6	Žena	37000	nízká hodnota
7	Žena	50000	vynikající hodnota
8	Žena	66000	vynikající hodnota
9	Žena	35000	nízká hodnota
10	Žena	53000	vynikající hodnota
11	Žena	34000	nízká hodnota
12	Žena	22000	nízká hodnota
13	Žena	37000	nízká hodnota
14	Žena	64000	vynikající hodnota
15	Žena	70000	vynikající hodnota
16	Žena	47000	normální hodnota

Analýzou výsledků měření bylo zjištěno, že průměrná naměřená hodnota karotenoidového skóre činí 42.488 bodů. Rozdíly u jednotlivých osob však byly poměrně vysoké. Mezi pohlavími v průměrném výsledku přílišný rozdíl zjištěn nebyl. Výsledky shrnuje Tabulka 5.

Tabulka 5. Průměrné karotenoidové skóre

Skupina	Průměrná hodnota	Směrodatná odchylka
Muži (n=25)	41240	9892
Ženy (n=16)	44438	15561
Celkový soubor (N=41)	42488	12329

Ačkoliv se z průměrných hodnot může zdát, že výsledky měření jsou, co se týče množství karotenoidů, uspokojivé, není tomu tak. U 43,9 % osob byly zjištěny nízké hodnoty karotenoidů (konkrétně u 40 % mužů a 50 % žen), hodnotu v rámci normy mělo 26,83 % osob (40 % u mužů a 6,25 % u žen), vynikající hodnoty pak dosahovalo 29,27 % z celkového počtu osob (20 % mužů a 43,75 % žen). Rozřazení výsledků do jednotlivých kategorií dle naměřených hodnot (nízká hodnota karotenoidů, normální hodnota karotenoidů a vynikající hodnota karotenoidů) je uvedeno v Tabulce 6.

Tabulka 6. Výsledky klasifikace karotenoidového skóre

Klasifikace výsledku	Muži (n = 25)	Ženy (n = 16)	Celkový soubor (N=41)
nízká hodnota	40 %	50 %	43,90 %
normální hodnota	40 %	6,25 %	26,83 %
vynikající hodnota	20 %	43,75 %	29,27 %

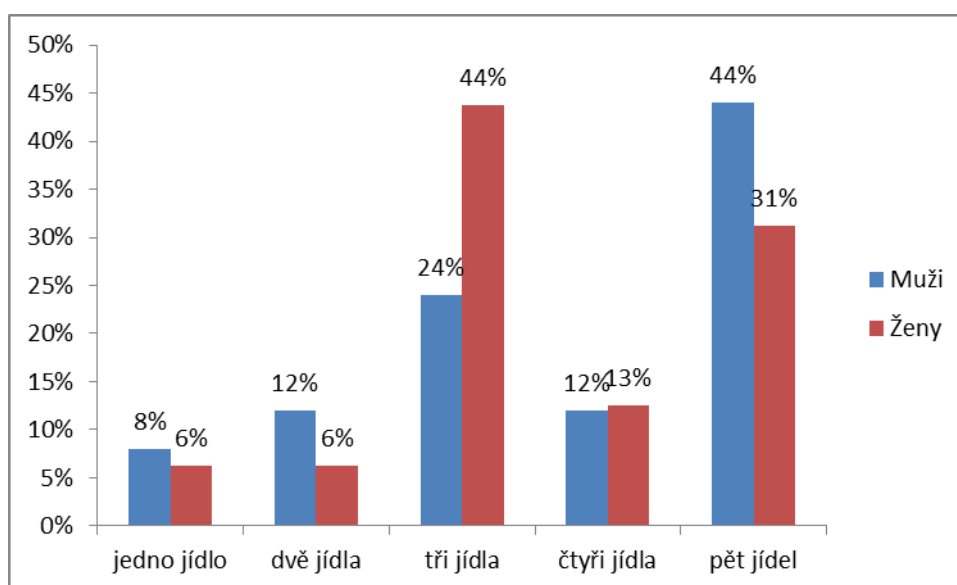
Při rozřazení probandů podle klasifikace hodnot karotenoidů na podskupiny s nízkými, normálními a vynikajícími hodnotami karotenoidů byl zjištěn genderový rozdíl, i když hodnoty statistické významnosti se pohybovaly na hranici daného kritéria ( $p = 0,044$ ).

## 8.2. Anketní šetření

Prvních pět otázek šetření zjišťovalo, jak pravidelně jsou osoby zvyklé jíst jednotlivá denní jídla (snídaně, svačina, oběd, svačina, večeře). U jídel, u kterých bylo subjekty uvedeno, že taková jídla jí každý den, bylo pro účely statistiky rozhodnuto, že tato jídla budou považována za pravidelná. Bylo zjištěno, že větší množství pravidelných jídel je u mužů než u žen. Průměrný počet denních pravidelných jídel je uveden v Tabulce 7. Rozřazení osob do skupin podle počtu těchto jídel pro větší názornost ukazuje graf na Obrázku 2.

Tabulka 7. Průměrný počet pravidelných jídel denně

	Počet pravidelných jídel	Směrodatná odchylka
Muži	3,72	1,37
Ženy	3,56	1,21
Celkový soubor	3,66	1,30



Obrázek 2. Procentuální zastoupení osob dle počtu pravidelných jídel denně (dle pohlaví)

Další část anketního šetření byla zaměřena na pravidelnost konzumace ovoce a zeleniny a velikost konzumovaných porcí. Pravidelnost konzumace ovoce je pak jedinou hodnotou, u které byl mezi muži a ženami v rámci anketního šetření zjištěn statisticky významný rozdíl ( $p=0,044$ ). Počty osob dle jednotlivých možných odpovědí (pravidelnosti konzumace) uvádí Tabulka 8 a Tabulka 9.

Tabulka 8. Rozdělení osob dle pravidelnosti konzumace ovoce

	Zřídka	1-2x Týdně	3-4x Týdně	5-6x Týdně	Každý den
Muži	2	4	11	2	6
Ženy	0	1	4	4	7
Celkem	2	5	15	6	13

Tabulka 9. Rozdělení osob dle pravidelnosti konzumace zeleniny

	Zřídka	1-2x Týdně	3-4x Týdně	5-6x Týdně	Každý den
Muži	1	4	4	7	9
Ženy	1	0	4	3	8
Celkem	2	4	8	10	17

Dále byla posuzována velikost konzumovaných porcí ovoce a zeleniny, resp. počet porcí konzumovaných denně, kdy za jednu porci byla považována jedlá část 1 ks ovoce/zeleniny střední velikosti nebo 2 ks menší velikosti. Bylo zjištěno, že nejčastější množství konzumované napříč pohlavími jak u ovoce, tak zeleniny odpovídá přibližně dvěma porcím denně (nebylo zkoumáno, zda je konzumováno najednou, nebo rozloženě), jak v podrobnostech uvádí Tabulka 10.

Tabulka 10. Počet denních porcí ovoce a zeleniny

	Ovoce		Zelenina	
	Průměrný počet porcí/den	Směrodatná odchylka	Průměrný počet porcí/den	Směrodatná odchylka
Muži	2,00	1,16	1,96	0,84
Ženy	1,94	0,68	2,25	0,86
Celkový soubor	1,98	0,99	2,07	0,85

Na základě pravidelnosti porcí ovoce a zeleniny a jejich velikosti byla stanoveno, zda proband splnil, nebo nesplnil doporučené množství konzumovaného ovoce a zeleniny (pro každé zvlášť). Přitom za splnění se považovalo, pokud osoba konzumuje ovoce, resp. zeleninu každý den a to vždy nejméně dvě porce denně. Bylo zjištěno, že 70,7 % probandů nesplnilo doporučenou konzumaci ovoce, mezi muži a ženami nebyl zjištěn rozdíl ( $p = 0,354$ ) a dále, že 80,5 % probandů nesplnilo

doporučenou konzumaci zeleniny, mezi muži a ženami opět nebyl zjištěn rozdíl ( $p = 0,129$ ). Podrobné údaje ohledně splnění/nesplnění doporučené konzumace uvádí Tabulky 11 a 12.

Tabulka 11. Splnění doporučené konzumace ovoce

	Splnění ovoce		Nesplnění ovoce	
	Počet osob	Poměr k celku	Počet osob	Poměr k celku
Muži	6	24%	19	76%
Ženy	6	37,50%	10	62,50%
Celkový soubor	12	29,27%	29	70,73%

Tabulka 12. Splnění doporučené konzumace zeleniny

	Splnění zeleniny		Nesplnění zeleniny	
	Počet osob	Poměr k celku	Počet osob	Poměr k celku
Muži	3	12%	22	88%
Ženy	5	31,25%	11	68,75%
Celkový soubor	8	19,51%	33	80,49%

Následně byla zkoumána pravidelnost konzumace šťáv, jejich druh a velikost porcí. Oproti konzumaci ovoce a zeleniny byla zjištěna nižší frekvence konzumace šťáv u většiny osob. Na rozdíl od ovoce a zeleniny řada osob šťávy nekonzumuje vůbec. Odpovědi osob na tuto otázku shrnuje Tabulka 13.

Tabulka 13. Rozdělení osob dle pravidelnosti konzumace šťáv

	Konzumace šťáv				
	Nikdy	Zřídka	1-2x Týdně	3-4x Týdně	5-6x Týdně
Muži	6	16	1	1	1
Ženy	4	7	4	1	
Celkem	10	23	5	2	1

Dále bylo zjištěno, že pokud osoby konzumují šťávy, jedná se zejména o šťávy z ovoce, nebo kombinace ovoce a zeleniny, konzumaci čistě zeleninové šťávy uvedla pouze jedna osoba. Počty osob konzumujících jednotlivé druhy uvádí Tabulka 14. Preferované druhy šťáv u osob, které je konzumují, přehledně znázorňuje graf na Obrázku 3.

Tabulka 14. Rozdělení osob dle druhu šťáv

	Žádná	Ovocná šťáva	Zeleninová šťáva	Mix
Muži	6	10	1	8
Ženy	4	11	0	1
Celkem	10	21	1	9



Obrázek 3. Preferovaný druh šťáv u osob, které některý druh šťávy konzumují

Ohledně velikosti konzumované porce bylo zjištěno, že nejčastěji se jedná o 300ml šťávy, nebo množství menší, Tabulka 15 uvádí podrobné rozřazení výsledků.

Tabulka 15. Rozdělení osob dle velikosti porcí šťávy

	100 ml	200 ml	300 ml	400 ml	500 ml
Muži	1	5	10	2	1
Ženy	2	4	5	1	0
Celkem	3	9	15	3	1

Poslední otázka se vztahovala k potravinovým doplňkům, kdy bylo zjištěno, že většina mužů je užívá, u žen je tomu naopak. Počty osob, dle odpovědi na tuto otázku uvádí Tabulka 16.

Tabulka 16. Rozdělení osob dle užívání potravinových doplňků

Pohlaví	Neužívá	Užívá
Muž	10	15
Žena	11	5
Celkem	21	20

### 8.3. Analýza výsledků

Porovnáním výsledků měření hodnoty karotenoidů v kůži a odpovědí v rámci anketního šetření byly zjištěny vztahy mezi některými hodnotami. Pro určení závislosti naměřených hodnot na stravovacích návycích dle odpovědí byl vypočítán korelační koeficient. Tento koeficient může nabývat hodnoty od  $-1$  do  $+1$  a vyjadřuje míru závislosti změny jedné hodnoty na změně hodnoty jiné. V případě, kdy tento koeficient nabývá kladné hodnoty, vyjadřuje vztah lineární závislosti (přímou úměru). V rámci této práce jde tedy vždy o určení toho, jaký vliv na naměřenou hodnotu karotenoidů má konkrétní stravovací návyk.

Jak vyplývá z Tabulky 17, byl zjištěn lineární vztah mezi hodnotou karotenoidů a pravidelností konzumace ovoce, zeleniny a rostlinných šťáv, když hodnota korelačního koeficientu u těchto odpovědí nabývá nejvýznamnějších hodnot. Největší vliv na naměřenou hodnotu karotenoidů měla u žen pravidelnost konzumace šťáv a následně ovoce, u mužů pak s téměř shodnou hodnotou pravidelnost konzumace ovoce a zeleniny. Naopak nebyl zjištěn žádný vztah mezi počtem pravidelných denních jídel a naměřenou hodnotou karotenoidů.

Tabulka 17. Korelace stravovacích návyků a hodnoty karotenoidů

Skupina	Počet pravidelných jídel	Pravidelnost ovoce	Porce ovoce	Pravidelnost zeleniny	Porce zeleniny	Pravidelnost šťáv
Všichni	0,210	0,572*	0,365*	0,363*	0,100	0,469*
Ženy	0,1702	0,628*	0,323	0,157	0,047	0,723*
Muži	0,218	0,531*	0,361	0,525*	0,138	0,164

*Poznámka* \*=Statisticky významná korelace

## 9. Závěry

Hlavním cílem práce bylo provedení měření hodnoty antioxidantů v tělech rekreačních sportovců, s konkrétním zaměřením na karotenoidy. Za předpoklad bylo považováno, že polovina osob nebude mít hodnoty karotenoidů dostatečné.

Analýzou výsledku měření bylo zjištěno, že průměrná naměřená hodnota karotenoidového skóre činí u celkového souboru probandů 42.488 bodů, směrodatná odchylka činila 12.329 bodů. U mužů byla průměrná hodnota 41.240 a směrodatná odchylka 9.892, u žen byl průměr 44.438 a směrodatná odchylka 15.561 bodů. Průměrná hodnota se tedy pohybovala v rámci rozmezí stanoveného pro normální hodnotu karotenoidů.

Bylo zjištěno, že 43,9 % osob má nízké hodnoty karotenoidů (konkrétně 40 % mužů a 50 % žen), hodnotu v rámci normy mělo 26,83 % osob (40 % u mužů a 6,25 % žen), vynikající hodnoty pak dosahovalo 29,27 % z celkového počtu osob (20 % mužů a 43,75 % žen).. Hypotézu, že více než polovina probandů bude mít nedostatečnou hodnotu karotenoidů v těle zamítáme.

Dalším cílem pak bylo porovnání naměřených hodnot karotenoidů se stravovacími návyky zjištěnými z anketního šetření, a to s předpokladem, že bude nalezena souvislost mezi výší naměřené hodnoty karotenoidů v těle a množstvím konzumovaného ovoce a zeleniny, případně šťáv nebo doplňků stravy.. Korelační koeficient pro pravidelnost konzumace ovoce činil 0,572 (0,531 u mužů a 0,628 u žen), pro pravidelnost konzumace zeleniny 0,363 (0,525 u mužů a 0,157 u žen) a pro pravidelnost konzumace šťáv 0,469 (0,164 u mužů a 0,723 u žen). Na základě korelačního koeficientu byl tedy zjištěn lineární vztah mezi naměřenou hodnotou karotenoidů a pravidelností konzumace ovoce, zeleniny a rostlinných šťáv

Na základě těchto uvedených zjištění lze proto doporučit, aby rekreační sportovci konzumovali ovoce a zeleninu častěji a ve větším množství, než tak dosud činí, to stejné platí i pro šťávy z ovoce.



## 10. Souhrn

V této práci jsem se zabývala studiem antioxidantů jako nezbytná součásti výživy rekreačního sportovce. Cílem práce pak bylo analyzovat hodnoty antioxidantů v tělech takovýchto sportovců, a to s tím, že byla měřena hodnota karotenoidů, k čemuž byl použit biofotonický skener (Pharmanex S3 BioPhotonic Scanner).

Teoretická část práce obsahuje popis toho, co jsou to volné radikály a jak působí na lidský organismus, dále se věnuje popisu antioxidantů a působení antioxidačního ochranného systému a jeho funkci při ochraně před volnými radikály. U jednotlivých nejvýznamnějších antioxidantů pak práce tyto antioxidanty rozděluje do kategorií, popisuje jejich konkrétní vlastnosti, účinky jejich nedostatku a nadbytku a jejich zdroje.

Praktická část se věnuje měření hodnoty karotenoidů v kůži skupiny 41 rekreačních sportovců a anketnímu šetření stravovacích návyků stejných osob. Následně je pak provedena analýza získaných dat za účelem nalezení souvislostí. Hodnoty byly pro lepší přehlednost zpracovány formou tabulek a grafů.

Analýzou výsledků jsem zjistila, že 43,9 % osob má nízké hodnoty karotenoidů, hodnotu v rámci normy mělo 26,83 % osob a vynikající hodnoty pak dosahovalo 29,27 %. Největší vliv na naměřenou hodnotu karotenoidů jsem našla u míry pravidelnosti konzumace ovoce a zeleniny a šťáv z ovoce.

Bylo tedy zjištěno, že více, než polovina osob měla uspokojivý, nebo výborný výsledek měření hodnoty karotenoidů, současně však také téměř polovina osob vykazovala hodnoty nedostatečné. Za této situace je tedy možné doporučit, aby osoby s nedostatečnými hodnotami zařadily do svého jídelníčku další porce ovoce a zeleniny, či případně šťávy z nich vyrobené.

## **11. Summary**

In this work, I studied antioxidants as an essential part of the nutrition of a recreational athlete. The aim of the work was to analyze the values of antioxidants in the bodies of such athletes by measuring the carotenoid score, using a bio-photonic scanner (Pharmanex S3 BioPhotonic Scanner).

The theoretical part of the thesis contains a description of what the free radicals are and how they affect the human organism, it also deals with the description of antioxidants and the purpose of the antioxidant protection system and its function in protection against free radicals. For each of the most important antioxidants, the work divides these antioxidants into categories, describes their specific properties, the effects of their lack and surplus and their sources.

The practical part deals with the measurement of the carotenoid value in the skin of a group of 41 recreational athletes and an inquiry into the eating habits of the same persons. Subsequently, the data obtained is analyzed to find connections. The values were processed in the form of tables and graphs for better clarity.

By analyzing the results, I found that 43.9% of people had low amounts of carotenoids present, 26.83% standard amounts and 29.27% excellent amounts. The greatest influence on the measured value of carotenoids was found in the regularity of consumption of fruits and vegetables and fruit juices.

Therefore, it was found that more than half of the people had a satisfactory or excellent result in the measurement of carotenoid value, but at the same time nearly half of the persons showed inadequate values. In this situation, it is therefore advisable to recommend that people with insufficient values include in more portions of fruits, and vegetables and juices made from them.

## 12. Referenční seznam

Agerbo, P., & Andersen, H. F. (1997). *Vitaminy a minerály pro zdravý život*. Praha: Grada.

Arnarson, A. (2018). *Vitamin D2 vs. D3: What's the Difference?* Retrieved from: <https://www.healthline.com/nutrition/vitamin-d2-vs-d3>

*Antioxidanty: snadná cesta ke zdraví*. (2016). Říčany: Sun.

Bukovský, I. (2015). *Nová miniencyklopedie přírodní léčby*. Ostrava: Bookmedia.

Driskell, J. A., & Wolinsky, I. (2005). *Sports nutrition: vitamins and trace elements* (2nd ed). Boca Raton, FL: Taylor&Francis.

Burke, L. M., Erdman, K. A., & Thomas, D.T. (2016). Nutrition and Athletic Performance. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 48(3), 543-568. doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852

Close, G. L., Hamilton, D. L., Philp, A., Burke, L. M., & Morton, J. P. (2016). New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radical Biology And Medicine*, 98, 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016>

Hlúbik, P., Střítecká, H., & Fajfrová, J. (2006). Antioxidanty v klinické praxi. *Interní Medicína*, 8, 79-81

Charlton, K. (2016). *Explainer: what is scurvy and is it making a comeback?*. [online]. [cit. 25.06.2018]. Retrieved from: <https://theconversation.com/explainer-what-is-scurvy-and-is-it-making-a-comeback-69709>

Kalač, P. (2003). *Funkční potraviny: kroky ke zdraví*. České Budějovice: Dona.

Karlsson, J. (1997). *Antioxidants and exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Klimešová, I. (2016). *Základy sportovní výživy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

Maughan, R. J., & Burke, L. M. (2006). *Výživa ve sportu: příručka pro sportovní medicínu*. Praha: Galén.

Merry, T. L., & Ristow, M. (2016). Do antioxidant supplements interfere with skeletal muscle adaptation to exercise training?. *The Journal Of Physiology*, 594(18), 5135-5147. <https://doi.org/10.1113/JP270654>

Mindell, E., & Mundis, H. (2006). *Nová vitaminová bible: nejnovější informace o vitamínech, minerálních látkách, antioxidantech, léčivých rostlinách, o doplňcích stravy, léčebných účincích potravin i lécích používaných v homeopatii*. Praha: Ikar.

*Pharmanex BioPhotonic Scanner S3 – Product page*. (2016). Retrieved from: [https://www.nuskin.com/content/dam/office/n\\_america/shared/en/scanner/s3\\_scanner\\_pip.pdf](https://www.nuskin.com/content/dam/office/n_america/shared/en/scanner/s3_scanner_pip.pdf)

Romero-Corral, A., Somers, V. K., Sierra-Johnson, J., Thomas, R. J., Collazo-Clavell, M. L., Korinek, J., et al. (2008). Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population [Online]. *International Journal Of Obesity*, 32(6), 959-966. <https://doi.org/10.1038/ijo.2008.11>

Štípek, S. (2000). *Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci*. Praha: Grada.

Šivel, M., Klejdus, B., Kráčmar, S., & Kubáň, V. (2013). Lutein - Významný karotenoid ve výživě člověka. *Chemické Listy*, 107(6), 456–463.

Vilikus, Z. (2015). *Výživa sportovců a sportovní výkon*. Praha: Karolinum.

WHO. (2000). *Obesity: preventing and managing the global epidemic : report of a WHO consultation*. Geneva: World Health Organization.

Yabuzaki, J. (2017). Carotenoids Database: structures, chemical fingerprints and distribution among organisms. *Database*, 1–11, <https://doi.org/10.1093/database/bax004>

WikiSkripta. (n.d.) *Adenosintrifosfát*. Retrieved from: <https://www.wikiskripta.eu/w/Adenosintrifosf%C3%A1t>

WikiSkripta. (n.d.). *Základní reaktivní formy kyslíku a dusíku*. Retrieved from: [https://www.wikiskripta.eu/w/Z%C3%A1kladn%C3%AD\\_reaktivn%C3%AD\\_formy\\_kysl%C3%ADku\\_a\\_dus%C3%ADku](https://www.wikiskripta.eu/w/Z%C3%A1kladn%C3%AD_reaktivn%C3%AD_formy_kysl%C3%ADku_a_dus%C3%ADku)

## Příloha 1 (Anketní šetření - vzor)

Věk:

Pohlaví:

Hmotnost:

Výška:

1. Jste zvyklý/á snídat?

Nikdy	Zřídka	1-2/Týdně	3-4/Týdně	5-6/Týdně	Každý den

1. Jste zvyklý/á mít dopolední svačinku?

Nikdy	Zřídka	1-2/Týdně	3-4/Týdně	5-6/Týdně	Každý den

2. Jste zvyklý/á obědvat?

Nikdy	Zřídka	1-2/Týdně	3-4/Týdně	5-6/Týdně	Každý den

3. Jste zvyklý/á mít odpolední svačinku?

Nikdy	Zřídka	1-2/Týdně	3-4/Týdně	5-6/Týdně	Každý den

4. Jste zvyklý/á večeřet?

Nikdy	Zřídka	1-2/Týdně	3-4/Týdně	5-6/Týdně	Každý den

5. Jste zvyklý/á jíst ovoce?

Nikdy	Zřídka	1-2/Týdně	3-4/Týdně	5-6/Týdně	Každý den

6. Kolik porcí ovoce obvykle denně sníte? (1 porce = jedlá část 1 ks ovoce střední velikosti nebo 2 ks menší velikosti)

Nejím	1 porce	2 porce	3 porce	4 porce	5 a více porcí

7. Jste zvyklý/á jíst zeleninu?

Nikdy	Zřídka	1-2/Týdně	3-4/Týdně	5-6/Týdně	Každý den

8. Kolik porcí zeleniny obvykle denně sníte? (1 porce = 1 miska čerstvé nebo mražené zeleniny nebo 1 ks zeleniny střední velikosti)

Nejím	1 porce	2 porce	3 porce	4 porce	5 a více porcí

9. Jste zvyklý/á pít ovocné či zeleninové šťávy?

Nikdy	Zřídka	1-2/Týdně	3-4/Týdně	5-6/Týdně	Každý den

Pokud alespoň 1x týdně, kterému druhu dáváte přednost?

Ovocné	Zeleninové	Mix

Pokuste se odhadnout průměrné množství jedné porce:

100ml	200ml	300ml	400ml	500ml

11. Brání vám něco v konzumaci ovoce a zeleniny? (chronické onemocnění, trávicí potíže, nežádoucí reakce, specifická dieta, alergie apod.)

Ne

Ano:.....

12. Užíváte v současné době nějaké potravinové doplňky? (především minerální látky nebo vitamíny). Pokud ano, vypište které a jak často.

Ne

Ano:.....