

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2013

Nikola Novotná

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta

Katedra výchovy ke zdraví

## **Zdroje a způsoby saturace organismu antioxidanty**

Bakalářská práce

Autor práce: Nikola Novotná

Studijní program: Bakalářské jednooborové studium

Studijní obor: Výchova ke zdraví

Vedoucí práce: prof. Ing. Milan Pešek, CSc.

České Budějovice, duben 2013

University of South Bohemia in České Budějovice

Faculty of Education

Department of Health Education

**Sources and methods of saturation of the organism  
with antioxidants**

Bachelor's thesis

Author: Nikola Novotná  
Study programme: Bachelor's study  
Field of study: Health Education  
Supervisor: prof. Ing. Milan Pešek, CSc.

České Budějovice, April 2013

## **ABSTRAKT**

NOVOTNÁ, Nikola. *Zdroje a způsoby saturace organismu antioxidanty*. České Budějovice 2013. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Pedagogická fakulta. Katedra výchovy ke zdraví. Vedoucí práce Milan Pešek.

**Klíčová slova:** antioxidanty, volné radikály, reaktivní formy kyslíku a dusíku, vitamíny, stopové prvky, polyfenoly, potraviny, výživa, doplňky stravy

Práce se zabývá charakteristikou zdrojů antioxidantů a zjišťuje hloubku znalostí o antioxidantech u studentů středních škol. Teoretická část charakterizuje a dělí antioxidanty významné pro lidské zdraví. Dále jsou zde rozděleny, popsány a srovnány hlavní zdroje antioxidantů v lidské stravě. Praktická část obsahuje dotazníkovou akci vztahující se k otázkám ohledně teoretického zájmu o antioxidanty a jejich příjmu v potravě u studentů středních škol ve věku 17-19 let. Výsledky jsou analyzovány a graficky znázorněny. Z výzkumu vyplývá, že více než polovina respondentů pojem antioxidanty zná a přijímá tyto látky ze stravy. Přesto je důležité zvýšit znalosti o antioxidantech již u mladých lidí a dbát na příjem těchto esenciálních látek z pestré stravy.

## **ABSTRACT**

### **Sources and methods of saturation of the organism with antioxidants**

**Key words:** antioxidants, free radicals, reactive oxygen and nitrogen species, vitamins, trace elements, polyphenols, food, nutrition, dietary supplements

The aim of the thesis is to characterize sources of antioxidants and inquire the depth of knowledge about antioxidants among students of secondary school. The theoretical part of the thesis describes and divides important antioxidants for human health. The main sources of antioxidants in human diet are there divided, described and compared as well. The practical part of the thesis includes the inquiry which evaluates the theoretical interest in antioxidants and dietary intake of antioxidant supplements among 17-19 years-old secondary school students. The results are analyzed and graphically displayed. Research shows that more than a half of the respondents know the term antioxidants and consume these substances in the diet. However, it is important to increase knowledge of antioxidants already among young people and ensure the intake of these essential substances from a varied diet.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to – v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne .....

Nikola Novotná

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Milanu Peškovi, CSc. za věnovaný čas, cenné rady a připomínky při tvorbě práce. Také bych na tomto místě chtěla poděkovat svým rodičům za jejich podporu při studiu.

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	9
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	10
2.1	Antioxidanty a volné radikály.....	10
2.1.1	Volné radikály a jejich účinky .....	10
2.1.2	Antioxidanty v organismu a jejich zdravotní účinky.....	11
2.1.3	Oxidační stres .....	12
2.1.4	Klasifikace antioxidantů významných pro zdraví člověka .....	12
2.1.4.1	Přirozené antioxidanty.....	12
2.1.4.1.1	Metabolity, kofaktory a antioxidační enzymy .....	12
2.1.4.1.2	Vitamíny a provitamíny s antioxidačními účinky.....	14
2.1.4.1.3	Stopové prvky s antioxidačními vlastnostmi .....	17
2.1.4.1.4	Antioxidanty rostlinného původu.....	19
2.1.4.2	Syntetické antioxidanty .....	20
2.1.4.3	Další antioxidanty.....	21
2.1.5	Příjem antioxidantů ve stravě .....	21
2.2	Zdroje antioxidantů.....	22
2.2.1	Antioxidanty v potravinách .....	23
2.2.1.1	Antioxidanty v ovoci .....	23
2.2.1.2	Antioxidanty v zelenině.....	26
2.2.1.3	Antioxidanty v bylinách a koření .....	27
2.2.1.4	Antioxidanty v nápojích .....	29
2.2.1.5	Antioxidanty v ostatních potravinách.....	31
2.2.2	Antioxidanty jako doplňky stravy.....	34
2.2.3	Srovnání přirozených a syntetických zdrojů antioxidantů.....	35
<b>3</b>	<b>METODICKÁ ČÁST</b> .....	37
3.1	Cíle práce .....	37
3.2	Hypotézy.....	37
3.3	Použité metody .....	37



3.4	Popis výzkumného souboru .....	37
3.5	Struktura dotazníku a formulace otázek .....	38
<b>4</b>	<b>ZJIŠTĚNÉ VÝSLEDKY A JEJICH DISKUZE</b> .....	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>51</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>52</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>58</b>

# 1 ÚVOD

Zdravý životní styl nabývá v dnešní době stále většího významu. V populaci se rozšířily civilizační onemocnění spojené s nevyváženou stravou, hypokinézou a stresem nepříznivě působícími na psychiku. Objevují se instituce, programy a obory podporující zdraví. Výchova ke zdraví se s těmito problémy také snaží pracovat. Mě, jakožto studentku tohoto oboru, zajímá právě oblast výživy a s tím spojená problematika antioxidantů. Vůle prohloubit znalosti byla motivací ke zvolení tohoto tématu.

Vliv antioxidantů a volných radikálů na zdraví jedinců je již několik let předmětem mnoha vědeckých studií. V poslední době se však zájem dostává také mezi laickou veřejnost, která má však znalosti většinou jen okrajové. Ze strany médií, reklamy i odborníků na racionální výživu přichází informace o tom, že v těle vznikají toxické volné radikály, které se podílejí na vzniku a rozvoji různých chorob i fyziologického stárnutí lidského organismu. Obranou proti těmto nepříznivým vlivům jsou právě antioxidanty, které člověk přijímá pestrou stravou z ovoce, zeleniny, čajů, luštěnin, semen, rostlinných olejů a dalších potravin.

Jedním z cílů teoretické části práce je podat ucelený přehled o funkci a působení antioxidantů a volných radikálů v organismu stručnou formou odpovídající rozsahu bakalářské práce na základě studia odborné literatury. Následujícím úkolem je shrnout zdroje antioxidantů v potravinách a přiblížit otázku týkající se vhodnosti konzumace potravinových doplňků s antioxidačními vlastnostmi. Dalším úkolem je podat srovnání přirozených a syntetických forem antioxidantů.

Cílem metodické části je podat ucelené výsledky nestandardizovaného dotazníku, který zjišťoval teoretické znalosti studentů středních škol o antioxidantech a způsoby získávání antioxidantů ze stravy. Cílem grafického zpracování odpovědí je podat přehledné vyhodnocení zjišťovaných údajů.

Téma antioxidantů se stalo obsahem četných sborníků i monografií. Základními oporami při zpracování byly české publikace Stanislava Štípka s kolektivem a Jaroslava Racka. Dále jsou čerpány informace od autorů Tomáše Komprdy, Jana Pokorného a Zdeňka Zlocha. Převážnou část zdrojů tvoří zahraniční články z amerických a britských odborných časopisů chemicky, biologicky a výživově zaměřených oborů.

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

Literární přehled je zaměřen na komplexní utřídění informací o funkci volných radikálů a antioxidantů v organismu. První polovina teoretické části se soustředí na utřídění obecných informací o volných radikálech a antioxidantech. Stručně, ale zároveň srozumitelně seznamuje s fungováním volných radikálů v organismu. Na základě toho je vysvětlen pojem oxidační stres, který vyjadřuje nerovnováhu mezi koncentracemi antioxidantů a volných radikálů. Samotné antioxidanty představují na základě rozdělení na přirozené a syntetické formy. Závěr první kapitoly věnuje přehledu současného a optimálního příjmu antioxidantů v potravě. Druhá kapitola je dle názvu práce zaměřena na zdroje antioxidantů. Stejně jako samotné antioxidanty, jsem i zdroje rozdělila na přirozené a syntetické. Přirozenými zdroji se rozumí potraviny, které člověk běžně konzumuje a to zejména potraviny rostlinného původu, které jsou primárními zdroji antioxidantů. Zmiňuji také roli doplňků stravy, které jsou spojeny se syntetickými antioxidanty a vysokými koncentracemi, ve výživě člověka. Závěrem kapitoly je srovnání syntetických a přirozených zdrojů antioxidantů dle různých hledisek.

### 2.1 Antioxidanty a volné radikály

Antioxidanty jsou první linií obrany organismu proti nebezpečnému vlivu volných radikálů. K pochopení celé problematiky je nutné začít od počátku, tedy vzniku volného radikálu přes jeho fungování k následnému pochopení činnosti antioxidantů. Tímto provází následující podkapitoly.

#### 2.1.1 Volné radikály a jejich účinky

Volné radikály jsou fyziologicky ale i patogeneticky významné a jsou proto středem pozornosti mnoha lékařských výzkumů. Volný radikál lze definovat jako částici (atom či molekulu), která ve svém orbitalu disponuje nepárovým elektronem. Vznikají z normální částice přijetím či ztrátou elektronu. Díky této skutečnosti se radikál stává vysoce reaktivní částicí, která se snaží vyrovnat stav elektronů tak, že se naváže na jinou strukturu a elektron se snaží předat nebo odejmout. Existují tři způsoby, jimiž volné radikály vznikají z neutrálních molekul: Homolytické štěpení - kdy vznikají dva volné radikály, z nichž každý získá jeden nepárový elektron, redukce - přidání jednoho elektronu normální molekule a oxidace - ztráta elektronu normální molekuly.

Volné radikály se účastní důležitých reakcí podmiňujících zdravé fungování organismu, jako jsou přenosy energie, enzymové mechanismy, imunitní ochrana či buněčná regulace. V organismu přirozeně vznikají látky spojené s metabolismem radikálů - reaktivní formy kyslíku a reaktivní formy dusíku. Tyto sloučeniny jsou také prostředníky fagocytů proti bakteriím a cizím strukturám nebo mohou sloužit jako signální molekuly, které prostřednictvím buněčné molekulární informační sítě ovlivňují životní cyklus buňky. Vymknou-li se však specializované buněčné kontrole, mohou škodit, dezinformovat buňky a působit zdravotní problémy. Nežádoucí radikálové produkty také mohou v organismu poškozovat lipidy, bílkoviny a nukleové kyseliny (Štípek et al., 2000).

### **2.1.2 Antioxidanty v organismu a jejich zdravotní účinky**

„Antioxidanty jsou obecně látky, které zabraňují oxidaci, zpomalují oxidační reakce, resp. inhibují reakce vyvolané účinkem reaktivních kyslíkatých částic (peroxydy, peroxidové radikály, singletový kyslík) v biochemických systémech (organismus člověka, potraviny) i v systémech dalších (Komprda, 2003, s. 151).“

Antioxidanty utváří komplex mechanismů k ochraně organismu, který udržuje rovnováhu s pro-oxidujícími látkami (Štípek a kol., 2000). Antioxidanty lze rozdělit na několik typů: (1) Inhibitory oxidačních reakcí volných radikálů (tzv. ochranné antioxidanty). (2) Antioxidanty přerušující řetězovou reakci. (3) Lapači singletového kyslíku. (4) Synergisté vlastních antioxidantů, kteří posilují jejich reakce. (5) Redukční činidla, která přeměňují reaktivní formy kyslíku a dusíku na stabilní částice. (6) Chelatační látky a (7) inhibitory pro-oxidačních enzymů (Pokorný, 2007).

Lidské tělo by mělo přijímat i antioxidanty, které nejsou přirozenou součástí organismu, v běžné stravě a v přiměřeném množství. Přírodní antioxidanty přítomné v potravinách působí kladně na lidský organismus, protože ničí volné radikály, které mohou v organismu způsobovat oxidační stres a podílet se na vzniku a progresi závažných onemocnění (např. kardiovaskulárních, neurodegenerativních, rakoviny, šedého zákalu). Antioxidanty chrání také DNA, lipidy a proteiny před poškozením volnými radikály. Dostatečný příjem těchto látek pak podle dosavadních výzkumů pomáhá snížit také riziko srdečně cévních chorob, určitých typů nádorových onemocnění, obstruktivních plicních chorob a působí preventivně proti vzniku dalších civilizačních onemocnění (Kalač, 2003). Obsah antioxidantů v potravinách zpomaluje

ve značné míře aterosklerotické procesy, inhibuje akumulaci cholesterolu v krevním séru a zvyšuje rezistenci cévních stěn proti lámavosti. Mnohé antioxidanty snižují riziko onemocnění koronárních cév způsobené peroxidovým radikálem (Fořt, 2011).

### **2.1.3 Oxidační stres**

Oxidační stres je výsledkem nerovnováhy mezi systémovým projevem volných radikálů a dalších reaktivních forem kyslíku a dusíku a biologickou schopností organismu pohotově jejich reaktivní meziprodukty odstraňovat a opravovat vzniklé poruchy. Při zvýšené koncentraci volných radikálů způsobují jejich mediátory defekty buněčných struktur, nukleových kyselin, lipidů a proteinů (Valko et al., 2006). V posledních letech velké množství výzkumů ukázalo klíčovou roli právě volných radikálů v mnoha základních buněčných reakcích a označilo oxidační stres významným v patofyziologii chorob jako je ateroskleróza, selhání ledvin, diabetes mellitus, zhoubné novotvary a další chronická degenerativní onemocnění (Young, Woodside, 2001).

### **2.1.4 Klasifikace antioxidantů významných pro zdraví člověka**

Jelikož jsou antioxidanty různorodou skupinou látek, existuje několik kritérií jejich rozdělení. Mohou být děleny podle původu (endogenní či exogenní), mechanismu účinku (katalyzátory, chelatační látky, inhibitory enzymů, ostatní), rozpustnosti (hydrofilní, lipofilní, amfofilní), velikosti molekuly (vysokomolekulární, nízkomolekulární) a dalších hledisek. V praktickém pojetí lze antioxidanty rozdělit na přirozené a umělé (Racek, 2003).

#### **2.1.4.1 Přirozené antioxidanty**

Jedná se o látky, které je organismus člověka schopen produkovat nebo je přijímá v potravě a které se zapojují do metabolismu, např. vitamíny (Racek, 2003, s. 34).

##### **2.1.4.1.1 Metabolity, kofaktory a antioxidační enzymy**

V organismu se přirozeně vyskytuje mnoho látek s antioxidačním účinkem, ale ne všechny slouží jako antioxidační terapie (Štípek a kol., 2000). Cílem následujících odstavců je shrnout a stručně popsat nejvýznamnější metabolity, kofaktory a enzymy s ochranným antioxidačním účinkem podstatným pro celkové zdraví organismu.

## **Koenzym Q10**

Koenzym Q10 plní v lidském těle svou funkci při přenosu elektronů v mitochondriích v dýchacím řetězci a je rovněž důležitým lipofilním antioxidantem. Je inhibitorem oxidace LDL a brání jeho ztrátám při oxidačním stresu. Koenzym Q10 má význam pro srdeční činnost - snižuje počet arytmií, snižuje krevní tlak a je vhodný jako suplement stravy před srdečními operacemi.

## **Melatonin**

„Spánkový“ hormon melatonin je rovněž významným antioxidantem. Jeho sekrece je výrazně ovlivněna denní dobou i ročním obdobím, působí tak jako mediátor cirkadiánních rytmů člověka. Antioxidační účinek melatoninu spočívá ve funkci sběrače volných radikálů a chrání před lipoperoxidací<sup>1</sup>. Vazbou na buněčné jádro je melatonin schopný chránit DNA před oxidačním poškozením, působí tedy rovněž protirakovinně. Význam antioxidačního účinku melatoninu je stále zdrojem výzkumů, protože v době nejvyšší koncentrace melatoninu v organismu, tedy v noci, nečelí tělo takovému náporu volných radikálů jako ve dne.

## **Glutathion**

Jedná se o nejvýznamnější neenzymový nitrobuněčný antioxidant. Vyskytuje se ve vysokých koncentracích a to ve dvou formách – redukovaný glutathion thiol (GSH) a v oxidované formě jako disulfid (GSSG). Mezi těmito formami se udržuje stabilní poměr, aby nedošlo k narušení antioxidační kapacity buňky<sup>2</sup>. Glutathion má význam v neenzymových reakcích chránících před volnými radikály, uplatňuje se v detoxikačních reakcích a je důležitý pro obnovu vitamínů E a C.

## **Superoxiddismutáza**

Enzym superoxiddismutáza (SOD) urychluje dismutaci<sup>3</sup> superoxidu a zabraňuje tak poškození organismu působením volných kyslíkových radikálů. SOD je možné podávat jako léčebný přípravek zejména u onemocnění s revmatoidní artritidou nebo po transplantaci ledvin.

---

<sup>1</sup> Lipoperoxidace je proces poškození lipidů volnými radikály (Racek, 2003).

<sup>2</sup> Antioxidační kapacita buňky je parametr, který koreluje se schopností tkáně odolávat oxidačnímu stresu (Ďuračková, 1999).

<sup>3</sup> Dismutace je reakce, při níž se některé molekuly téhož reaktantu oxidují a jiné redukují; dochází tedy k současné oxidaci a redukci jednoho reaktantu.

Jako další látku tělu vlastní lze uvést enzym katalázu, jejíž primární funkcí je štěpení peroxidu vodíku a chránit tak buňky (zejm. mitochondrie a cytoplasmu erytrocytů) před jeho toxickým vlivem. Kyselina močová je dalším metabolitem, který se podílí na antioxidační ochraně organismu. Její působení spočívá v přímé vazbě na volné radikály, bránění produkci hydroxylového radikálu, chránění před oxidací kyselinu askorbovou a  $\alpha$ -tokoferol. (Racek, 2003). Mezi významné kofaktory s antioxidačním účinkem, je řazen nikotinamid, který jako součást kyseliny nikotinové tvoří niacin (vitamín B3 neboli vitamín PP) (Velíšek, Hajšlová, 2009).

#### **2.1.4.1.2 Vitamíny a provitamíny s antioxidačními účinky**

##### **Provitamíny skupiny A (Karotenoidy)**

Karotenoidy jsou přírodní pigmenty produkované rostlinami, jež určují žluté, oranžové až červené zabarvení organismů, které je obsahují. Nerozpustnost ve vodě a lipofilní vlastnosti určuje jejich chemická struktura stejně jako systém vazeb, který umožňuje likvidovat rizikové volné radikály. Karotenoidy zahrnují významnou skupinu látek zvané karoteny, z nichž nejznámější je  $\beta$ -karoten. Ne všechny karotenoidy jsou provitamínem A, avšak mají antioxidační účinek. Jedná se například o lykopen, zeaxantin, lutein či kryptoxantiny a další (Kalač, 2003). Okolo šesti set druhů karotenoidů lze nalézt v přírodě a přibližně čtyřicet je přítomno v běžné lidské stravě.

Antioxidační schopnost karotenoidů je založena zejména na schopnosti zhášení singletového kyslíku a pohlcování peroxylových radikálů. Sloučeniny karotenoidů (obsahující hlavně  $\beta$ -karoten, lutein a lykopen) nebo sdružení karotenoidů s dalšími antioxidanty (například s vitamínem E) může zvýšit schopnost ochrany před lipidovou peroxidací. Podle dosavadních výzkumů platí, že karotenoidy a  $\beta$ -karoten podporují zdraví, pokud jsou užívány v přiměřeném fyziologickém množství<sup>4</sup> (Paiva, Russell, 1999).

Ze všech karotenů je právě  $\beta$ -karotenu v literatuře a výzkumech věnována primární pozornost. Za bohaté zdroje  $\beta$ -karotenu je obecně považována zelenina s oranžovým až červeným zabarvením (viz Příloha I). V organismu slouží jako prekurzor vitamínu A, nepostradatelné látky pro lidské zdraví, důležité z hlediska oční funkce, schopnosti rozmnožování, výživy kůže a kostí. Uvádí se, že  $\beta$ -karoten působí při snižování hladiny

---

<sup>4</sup> Výživová doporučení pro příjem  $\beta$ -karotenu v potravě jsou 2-4 mg denně. (Kalač, 2003)

LDL cholesterolu a tak klesá i riziko kardiovaskulárních nemocí a pravděpodobně chrání organismus proti některým formám rakovinného bujení (Agerbo, Andersen, 1997). Některé protektivní schopnosti  $\beta$ -karotenu se ve skutečnosti nepotvrdily a nemá tedy jednoznačně prokazatelný účinek v prevenci civilizačních nemocí (kardiovaskulární onemocnění a nádorové choroby). Podle dosavadních poznatků je vhodné podávat retinol nebo karotenoidy v domnění, že jich není v organismu dostatek (např. při nedostatečném příjmu z potravy), při ochraně před UV zářením a u fotosenzibilizujících onemocnění (Štípek et al., 2000).

Lykopen, ačkoli byl dlouho používán spíše jako barvivo v potravinářství, získal v posledních letech pozornost vědců pro své antioxidační vlastnosti a potenciální roli v prevenci chronických onemocnění. Tyto poznatky vedly k myšlenkám o zvýšení hladiny lykopenu v rostlinách, které ho obsahují, zejména tedy v rajčatech, prostřednictvím křížení nebo genetické manipulace s cílem zvýšit podíl lykopenu v lidské stravě. Lykopen přijatý v přirozené formě je méně absorbován než v tepelně ošetřeném produktu. Zahřátí totiž zlepšuje biologickou dostupnost lykopenu. Předpokládá se, že role lykopenu jako antioxidantu spočívá v prevenci kardiovaskulárních onemocnění tím, že chrání lipoproteiny před oxidací. Spolu s dalšími prospěšnými látkami v rajčatech je považován za agenta snižujícího riziko rakoviny prostaty (Borguini, Torres, 2009).

Lutein a zeaxantin jsou karotenoidy, které jsou považovány za důležité v prevenci očních onemocnění spojených se stářím, jako jsou makulární degenerace a senilní katarakta. Tyto látky mohou absorbovat modré světlo, nejaktivnější složku slunečního záření a tím chránit fotoreceptory a pigmentový epitel sítnice. Kromě toho fungují jako antioxidanty omezující oxidační poškození buněk (Topliss et al., 2002).

## **Vitamín C**

Kyselina L-askorbová, jak zní přesný chemický název pro přírodní vitamín C, je životně důležitá složka potravy pro lidský organismus. Člověk je jednou z mála výjimek živočišné říše, jíž chybí enzym L-gulonolaktonoxidáza, a není tak schopen sám v těle syntetizovat vitamín C. Proto je odkázán na příjem tohoto vitamínu ze stravy (viz Příloha D) (Agerbo, Andersen, 1997). Vitamín C se snadno okysličuje. Je-li vystaven působení kyslíku, mědi, železa či dlouhodobému vaření při vysoké teplotě, v potravinách se ničí (Wolf et al., 1997, s. 37). Doporučená denní dávka tohoto



vitamínu u dospělých se pohybuje mezi 60 – 80 mg. Je to ovšem hodnota velice individuální ovlivněná mnoha faktory. Například se tato dávka zvyšuje u aktivních kuřáků, těhotných nebo kojících žen, v době oslabení organismu nemocí či stresem a také u žen, které dlouhodobě užívají antikoncepční prostředky (Janča, 1991). U tak esenciální látky jako je vitamín C lze při jeho nedostatku očekávat vážné příznaky, jako je úbytek kolagenu a postupná ztráta pružnosti cév, krvácení do kůže, sliznic a kloubů. Ve vážných případech, ke kterým už v dnešní době ve vyspělých zemích nedochází, se objeví kurděje (skorbut). Tato nemoc způsobí chudokrevnost, poruchy osifikace u dětí, krvácivost tkání a poruchu krvetvorby (Šebková, 2005).

Vitamín C se v organismu účastní mnoha klíčových procesů a antioxidačních reakcí. Podílí se na syntéze kolagenu, karnitinu a katecholaminů. Jako antioxidant je lapačem volných radikálů, brání oxidaci LDL cholesterolu, je esenciální látkou pro obnovu tokoferolu z tokoferoxylového radikálu a je donorem elektronů při vstřebávání železa v trávicím traktu (Komprda, 2003). Antioxidačnímu působení vitamínu C jsou přisuzovány i další pozitivní účinky jako zvýšení imunity a následná ochrana před vznikem rakovinných novotvarů, léčivé působení při nachlazení, prevence kardiovaskulárních onemocnění a jiné. Proto existuje ohromné množství studií, které se tímto účinkem kyseliny askorbové zabývají (Strunecká, Patočka, 2011). Bylo prokázáno, že jak samotný, tak v kombinaci s dalšími antioxidanty (Zn, vitamín E,  $\beta$ -karoten) askorbát snižuje krevní tlak. Vitamín C má možný antikarcinogenní účinek (jazyka, faryngu, jícnu, plic, pankreatu, děložního hrdla). Dvě studie v USA prokázaly snížení kardiovaskulárních nemocí vysokým příjmem vitamínu C. Vysoké dávky  $\beta$ -karotenu a vitamínů C a E snížily oxidovatelnost LDL u pacientů s kardiovaskulárními nemocemi (Štípek et al., 2003).

### **Vitamín E (tokoferoly)**

Lipofilní vitamín E se vyskytuje v osmi složkách  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  tokoferolů a tokotrienolů. Biologicky je pro lidský organismus nejvýznamnější  $\alpha$ -tokoferol a řadí se k nejučinnějším antioxidantům. Jedná se o poměrně stálou látku za stavu bez přístupu kyslíku a bez přítomnosti žluklých tuků. Ke ztrátám dochází při kuchyňských úpravách jako smažení, mražení a sušení. Průměrný denní příjem vitamínu E v potravě by se měl pohybovat u dospělé osoby v rozmezí 10 – 15 mg. Za nejbohatší zdroj vitamínu E je považován olej z pšeničných klíčků (viz Příloha I). Zvýšený příjem 40 – 60 mg denně tohoto vitamínu je žádoucí při prevenci srdečně cévních chorob a dalších nemocí,

kterým pomáhá  $\alpha$ -tokoferol předcházet (Kalač, 2003). Při vysoké konzumaci vitamínu E je důležité respektovat skutečnost, že může působit pro-oxidačně, pokud není současně podávána látka, která zajišťuje jeho obnovu. Při reakci s volným radikálem vzniká tokoferoxylový radikál, který je nutno redukovat, jinak může poškodit další biomolekuly. Kyselina askorbová nebo také selen jsou látky, které regeneraci tokoferolu umožňují a je tedy vhodné je podávat současně (Racek, 2003). Při nedostatku vitamínu E může docházet k poruchám propustnosti kapilár, objevuje se poškození metabolismu svalů a nervů a také existuje riziko anémie. Mezi příznaky, které nedostatek tokoferolu doprovázejí, patří únava, poruchy soustředění, ochablá pokožka a ve vážnějších případech i neplodnost, poruchy zraku a onemocnění srdce (Arndt, 2008).

Hlavní antioxidační efekt vitamínu E spočívá v bránění peroxidace lipidů a tím i předcházení rozvoji aterosklerózy (Racek, 2003). V dosavadních studiích bylo dále zjištěno, že tokoferol snižuje srážlivost krve, riziko kardiovaskulárních nemocí a omezuje počet úmrtí na tato onemocnění. V kombinaci s karotenoidy a selenem omezuje riziko katarakty a vzniku karcinomu žaludku. Tokoferol je významný také svými antiagregačními účinky. Tokoferol, zinek a selen je výhodná kombinace při antioxidační léčbě jater (Štípek et al., 2000).

### **2.1.4.1.3 Stopové prvky s antioxidačními vlastnostmi**

Stopové prvky jsou minerální látky, bez nichž by organismus nemohl fungovat, avšak jsou přijímány ve velice malém denním množství v řádech miligramů a méně. Disponují řadou funkcí a účastní se antioxidačních pochodů k ochraně lidského organismu. Právě antioxidačními účinky jsou významné látky jako selen, zinek, měď a mangan. Při preventivní i léčebné doplňkové stravě jsou často podávány ve směsích společně s vitamíny (Štípek et al., 2000).

#### **Selen**

Selen je velice významný antioxidační prvek v lidském těle. Jeho obsah v organismu je 20-30 mg a koncentruje se zejména v játrech, ledvinách a kosterní svalovině. Obecné doporučení pro množství přijatého selenu je stanoveno na 40  $\mu\text{g}$  denně. Selen lze ve stravě získávat z potravin rostlinného i živočišného původu (viz Příloha I). Nedostatek se projeví onemocněním srdeční svaloviny, svalů a kloubů, poruchami imunity. Pokud je naopak selen do organismu dodáván ve vyšších dávkách (600  $\mu\text{g}/\text{den}$ ) působí toxicky, což se projeví poškozením pokožky, lámavostí nehtů a vlasů, vypadáváním

zubů a poškozením srdečního svalu (Komprda, 2003). V přirozené míře se v organismu uplatňuje jako antioxidant, kofaktor glutathionperoxidázy. Suplementace selenem zvyšuje aktivitu tohoto enzymu. Vědecké výzkumy ukázaly, že selen snižuje riziko karcinogeneze, a to zejména v plicích a gastrointestinálním traktu savců.

### **Zinek**

Zinek se vyskytuje v lidském těle zejména ve vlasech, kůži, nehtech, očích a kostech, dále v játrech, ledvinách, slezině a varlatech a to v celkovém množství asi 2 g. Doporučený denní příjem zinku je 10 mg. Výborným zdrojem zinku jsou ječné klíčky a další potraviny zejména rostlinného původu (viz Příloha I). Při nedostatku dochází ke ztrátě chuti k jídlu, dermatitidám, vypadávání vlasů, poškození reprodukční funkce a imunitním poruchám. Toxicita zinku se při nadměrném užívání (>30 mg/den) projeví nevolností, zvracením a průjmem (Komprda, 2003). V lidském organismu se zinek uplatňuje zejména jako součást enzymů (Cu, Zn-SOD). Antioxidační účinky zinku se projevují v kompetici s vazebnými místy pro přechodné kovy a brání tak radikálovým reakcím (Štípek et al., 2000).

### **Měď**

V těle dospělého člověka je v průměru 100 mg mědi. Potřebná denní dávka k udržení zdraví je 1-1,5 mg. V běžných potravinách se měď ve výraznějším zastoupení nalézá ve vnitřnostech, cereáliích, rybách, ořechách, čokoládě, čaji a zelenině (Komprda, 2003). Ve zdravém organismu je měď důležitou součástí mnoha enzymů včetně SOD. Měď je dále významná pro ochranu pojivové a kostní tkáně tvorbou kolagenu a elastinu. Důležitá je její funkce při tvorbě hemoglobinu a pigmentu pro vlasy, oči a kůži. Enzymy obsahující měď mají podstatnou funkci pro správné fungování nervového systému (Arndt, 2008).

### **Mangan**

Mangan je v lidském organismu obsažen nejvíce v kostech, játrech a ledvinách, a to v koncentraci 10-40 mg. Potřeba manganu je stanovena pro dospělé osoby na 2-5 mg denně. Luštěniny a obiloviny jsou vhodnými zdroji manganu (Komprda, 2003). Mangan v organismu funguje v řadě fyziologických pochodů jako součást enzymů nebo jako jejich aktivátor. Jako kofaktor antioxidačních enzymů se podílí na ochraně tkání před poškozením volnými radikály. Dále je důležitý pro vývoj chrupavek a kostí, pro

správnou funkci pohlavních žláz, je významný pro činnost mozku, odolnost nervů a pomáhá využít vitamín C (Arndt, 2011).

#### **2.1.4.1.4 Antioxidanty rostlinného původu**

Rozsáhlé znalosti o léčebných účincích rostlin daly vzniknout fytoterapii, specifickému oboru využívajícímu k terapii léčivé rostliny, byliny apod. Zdraví prospěšné vlastnosti rostlin jsou dány biologicky aktivními látkami v nich obsažených. Koncentrace těchto sloučenin je odlišná v různých druzích rostlin a stejně tak i charakter působících látek. Mezi nejvýznamnější látky rostlinného původu jsou řazeny alkaloidy, lignany, kurkuminoidy, terpenoidy, flavonoidy, třísloviny, karotenoidy, éterické oleje, vitamíny, silymarin a další (Fořt, 2011). Následující odstavce seznamují s některými zmíněnými látkami, které jsou nejznámější svými antioxidačními vlastnostmi.

#### **Polyfenoly**

Polyfenoly tvoří jednu z nejpočetnějších skupin rostlinných metabolitů. V rostlinách se uplatňují jako stavební složky a ovlivňují také chuťové, barevné a vonné složky květů a plodů. Rovněž mohou fungovat jako ochrana před škůdci, chladem a dalším poškozením. Tyto látky mají také synergické účinky. Často vykazují antioxidační aktivitu, která převyšuje celkovou antioxidační kapacitu vitamínu C a E a karotenoidů vyskytujících se v téže potravine. Antioxidační vlastnosti fenolických sloučenin spočívají především ve funkci redukčního činidla, vodíkového donoru a zhasení singletového kyslíku. Biologická aktivita těchto přírodních látek byla opakovaně potvrzena zejména v oblasti indukce biotransformačních enzymů, inhibice přeměny prekarinogenů na karcinogeny *in vivo*, antioxidační aktivity aj. Nejslibnější výsledky byly získány se skupinou katechinů (jsou obsaženy v čaji a ovoci), některých flavonolů (morin a naringenin z citrusů) a resveratrolů (z hroznů). Středem pozornosti vědeckého výzkumu zůstávají i nadále skupiny flavonoidů, rostlinných fenolů a fenolických kyselin a rostlinných polyfenolů. Ve výživě člověka lze polyfenoly rozdělit do tří skupin – fenolové kyseliny, flavonoidy a skupina lignanů a stilbenů. V krevní plazmě je při běžném dietním příjmu fenolických látek jejich koncentrace 1  $\mu\text{mol/l}$  (Kaur, Kapoor, 2001; Mandelová, 2006; Zloch, 2003).

## Flavonoidy

Flavonoidy se rozdělují do skupin podle strukturních rozdílů (flavanon, flavon, flavonol, flavanol, antokyan, isoflavon). Jejich výskyt v potravinách rostlinného původu je přibližně v Příloze I. Nachází se prakticky ve všech rostlinných buňkách, kde plní především funkci barviv. V otázce působení flavonoidů na lidský organismus se hovoří o přímé interakci s DNA, na kterou se naváží a zabraňují vazbě již aktivovaného karcinogenu. Antioxidační působení flavonoidů zabraňuje peroxidaci lipidů, omezuje tvorbu hydroxylových radikálů a vazbu na přechodné kovy. Výrazné synergické působení se ukázalo s vitamínem C - flavonoidy chrání vitamín C před poškozením a výrazně zvyšují jeho účinnost a vstřebatelnost v organismu. Denní příjem flavonoidů by se měl pohybovat v rozmezí 1000 – 2000 mg (Komprda, 2003; Arndt, 2008).

Ve spojitosti s flavonoidy se často mluví o tzv. „francouzském paradoxu“, tedy zjištění, že Francouzi trpí méně kardiovaskulárním onemocněním navzdory tomu, že je jejich strava relativně bohatá na nasycené tuky. Pozitivní účinky na jejich zdraví jsou mimo jiné přisuzovány červenému vínu, které v různé míře obsahuje právě flavonoidy (resveratrol, quercetin, procyanidin, hydroxytyrosol, katechin aj.). Vysvětlení „francouzského paradoxu“ je stále úkolem výzkumů, protože není jasné, do jaké míry se tyto látky v organismu vstřebávají (Fernández et al., 2012).

Katechiny, látky ze skupiny flavanolů, se ukazují jako další významné antioxidanty. Přímo eliminují anion superoxidového radikálu. Mezi různými druhy katechinů funguje zřejmě synergický efekt, který zaručuje vysoký antioxidační účinek mnohonásobně vyšší než u vitamínů C a E (Kalač, 2003; Kaur, Kapoor, 2001).

Sylimarin tvoří směs flavonolignanů. Tyto látky působí hepatoprotektivně a zároveň antioxidačně – omezují lipoperoxidaci a vylučují singletový kyslík (Štípek et al., 2000).

### **2.1.4.2 Syntetické antioxidanty**

Již bylo vyvinuto mnoho syntetických látek s antioxidačními účinky, avšak z hlediska ochrany zdraví se neseťkávají s takovým využitím jako antioxidanty přirozené. Mezi umělé antioxidanty se řadí léčiva s vedlejšími antioxidačními účinky (dopamin, heparin, kortikoidy, estrogeny, tamoxifen a další), chemicky či jinak změněné přirozené látky (kyselina askorbová, trolox, modifikovaný glutation, flavonoidy aj.) a činidla

(butylhydroxytoluen, butylhydroxyanizol, dimetylsulfoxid, dimetylthiourea aj.) (Racek, 2003; Štípek a kol., 2000). Zejména v potravinářství je používání syntetických antioxidantů v posledních letech přísně kontrolováno, vzhledem k jejich potenciálnímu toxickému a karcinogennímu účinku (Kaur, Kapoor, 2001).

#### **2.1.4.3 Další antioxidanty**

##### **L-cystein**

L-cystein je aminokyselina působící samostatně nebo jako součást glutathionu. Mezi antioxidantní funkce L-cysteinu patří inhibice oxidace LDL, dále chrání játra a kardiovaskulární systém (Ortembergová, 2003).

##### **N-acetylcystein**

Stejně jako L-cystein se jedná o neesenciální aminokyselinu, účinky jsou ale silnější. Antioxidantní ochrana byla prokázána ve studiích *in vitro*. N-acetylcystein podporuje tvorbu glutathionu a zvyšuje koncentraci jeho redukované formy v tkáni (Štípek et al., 2000).

##### **Kyselina lipoová**

Kyselina lipoová je všestranným antioxidantem, protože je rozpustná jak ve vodě, tak v tucích. To posiluje možnost reagovat s nežádoucími volnými radikály. Má schopnost regenerovat většinu antioxidantů včetně sebe, významná je zejména obnova glutathionu. Zamezuje působení rakovinných genů. Chrání mozek, játra a také srdce před některými kardiovaskulárními onemocněními (Ortembergová, 2003).

#### **2.1.5 Příjem antioxidantů ve stravě**

Na základě provedených výzkumů se ukazuje, že není vhodné jednostranně preferovat druhy potravin s prokázanými laboratorními nálezy antioxidantních účinků, ale vhodnější je pravidelná konzumace pestrého sortimentu ovoce a zeleniny. Podle doporučení Světové zdravotnické organizace by průměrný denní příjem měl činit 3 porce zeleniny (250 g) a 2 porce ovoce (150 g). V České republice, podobně jako v polovině ostatních evropských států, je spotřeba ovoce a zeleniny výrazně pod touto dávkou (Zloch, 2003, s. 227).

Na základě studie Joudalové, Réblové (2012) se ukázalo, že průměrný příjem antioxidantů v České republice je 16,64 a 14,99 mmol/denně pro muže a ženy (viz

Příloha II). Primárními zdroji antioxidantů v Česku jsou káva (43,1 % z celkového příjmu u mužů a 54,6 % u žen) a pivo (15 % u mužů oproti 1,8% u žen). Dalšími významnými zdroji antioxidantů se ukázaly čaj, zelenina a zeleninové produkty, ovoce a ovocné produkty, obilné produkty, víno, cukr a sladkosti, koření a maso a masné produkty. Nízké dávky antioxidantů (méně než 1 % z celkového příjmu) jsou zastoupeny v konzumaci oříšků a semínek, mléka a mléčných produktů, zatímco luštěniny, vejce a sýry se ukázaly jako nejméně významné zdroje. Kategorie ovoce a ovocných produktů je zastoupena jablky jako signifikantními zdroji antioxidantů, zatímco v kategorii zeleniny a zeleninových produktů jsou papriky (30% příjem antioxidantů z této kategorie) a brambory (16 %) nejlepším zdrojem antioxidantů v zeleninové stravě. Ze studie mimo jiné také vyplývá, že nutričně vzdělávací programy v Česku by měly apelovat na zvýšení příjmu ovoce a zeleniny a to nejen takové s výrazně vyšší antioxidační aktivitou, ale soustředit se na pestrost a různorodost druhů.

## **2.2 Zdroje antioxidantů**

Následující kapitola je zaměřena na nejvýznamnější zdroj antioxidantů ve výživě člověka, a tedy potraviny rostlinného původu. Skrze široké spektrum potravin shrnu podíl antioxidantů v jednotlivých kategoriích a přiblížím některé vědecky prokázané účinky antioxidantů v rostlinných potravinách na lidské zdraví. Závěr kapitoly je věnován problematice antioxidantů jako suplementů ve výživě a srovnání syntetických a přirozených antioxidantů podle různých hledisek.

Potraviny rostlinného původu tvoří nezbytný zdroj antioxidantů, stopových prvků a dalších mikronutrientů ve výživě člověka. Mezi takovéto potraviny patří především zelenina, ovoce včetně ořechů, semena, rostlinné oleje lisované za studena, koření a byliny. Kromě toho se antioxidanty v menší míře nacházejí také v potravinách živočišného původu (mléko, vejce, maso atd.) (Honglian et al., 2001). Biologická aktivita potravin rostlinného původu v organismu člověka je v některých případech velmi výrazná. Potraviny obsahují mnoho látek s fenolickou a polyfenolickou strukturou, jejichž působení zejména v oblasti aterogeneze a karcinogeneze je předmětem mnoha výzkumů a s nadějí se očekává možnost jejich využití v prevenci i terapii těchto chorob (Zloch, 2003).

## **2.2.1 Antioxidanty v potravinách**

Rostlinná strava bohatá na ovoce, zeleninu a minimálně rafinované obiloviny je spojena s nižším rizikem vzniku degenerativních chorob způsobených oxidačním stresem. Každá potravina rostlinného původu obsahuje četné množství antioxidantů s různými vlastnostmi, které spolupracují na redukci oxidačního stresu (Blomhoff et al., 2006). Častými zástupci antioxidantů pocházejících z potravin rostlinného původu jsou  $\beta$ -karoten, vitamín E, vitamín C, selen a také vápník, vitamín D a kyselina listová. Stejně tak jsou přirozenými antioxidanty vyskytujícími se v rostlinách fenolické sloučeniny jako flavonoidy a fenolové kyseliny nebo dusíkaté sloučeniny (alkaloidy, chlorofylové deriváty, aminokyseliny a aminy). Tyto mohou fungovat jako lapači singletového kyslíku nebo antioxidanty rozbíjející radikálové řetězce. Určité fytochemikálie mohou bránit rozvoji rakoviny blokováním enzymů, které karcinogenezi podporují a naopak podporovat tvorbu enzymů, které karcinogeny zneškodňují. Existují přesvědčivé důkazy, že skupina rostlinných fenolů chrání DNA pravděpodobně tím, že poskytuje alternativní cíle pro útok karcinogenů. Vědci rovněž ukázali, že antioxidanty jako je vitamín E a  $\beta$ -karoten mohou být prospěšné v oddálení počáteční fáze autoimunitních onemocnění u některých pacientů, kde je prodlužována doba od nákazy k výskytu klinických příznaků (např. AIDS) (Kaur, Kapoor, 2001).

### **2.2.1.1 Antioxidanty v ovoci**

V ovoci a zelenině se nachází značné množství biologicky aktivních složek, které jsou zdrojem antioxidantů zvyšujících antioxidační kapacitu plazmy, což vede například ke snížení rizika aterosklerózy a příbuzným nemocem u lidí (Kaur, Kapoor, 2001). Je třeba si uvědomit, že preventivní působení složek ovoce a zeleniny je zřejmě komplexní a synergické a těžko může být nahrazeno aplikací pouze určitých izolovaných látek z nich (Kalač, 2003).

Ovoce obsahuje nutričně významné vitamíny, minerály a vlákninu. Většina druhů ovoce je bohatým zdrojem vitamínu C, karotenoidů a polyfenolických sloučenin. V tomto ohledu jsou cenné zejména bobulovité druhy ovoce, obsahují totiž mnoho různých látek s antioxidační aktivitou – ať už se jedná o bohatý zdroj vitamínu C či značné množství fenolických sloučenin (anthokyaniny, proanthokyaniny, flavonoly a katechin). Bobule s intenzivně fialovým zbarvením (aronie, borůvky, ostružiny) mají vyšší koncentrace fenolů než nažloutlé jeřabiny či moruše. Nebyl však prokázán



významný rozdíl v jejich antioxidační aktivitě. Extrakty z ostružin, černého a červeného rybízu, borůvek a malin mají vysokou schopnost odstraňovat superoxidové radikály. Borůvky a brusinky obsahují vysoký podíl vitamínu C, karotenoidů a fenolických sloučenin (20-30 mg/g v sušině). Je prokázáno, že biologicky aktivní fenolické sloučeniny přítomné v tomto ovoci díky antioxidačním vlastnostem snižují riziko aterosklerózy a nádorového bujení. Brusinková šťáva je považována za efektivní při léčbě infekcí močového systému. Proantokyandiny nebo taniny přítomné v borůvkách jsou označovány jako sloučeniny odpovědné za prevenci infekcí močových cest způsobené *E. coli*. O intenzitě antioxidačních účinků ostružin rozhoduje množství polyfenolů, které se pohybuje okolo 23 mg/g v sušině. Extrakty z ostružin jsou významněji aktivní při oxidaci LDL v porovnání s jinými druhy bobulovitého ovoce. Plody černého rybízu mají množství vitamínu C v rozsahu 120-215 mg/100 g a vysoký obsah karotenoidů, zejména luteinu a  $\beta$ -karotenu. V černém rybízu se rovněž nacházejí fenolické sloučeniny v množství okolo 25 mg/g v sušině. Plody jahodníku jsou bohatým zdrojem vitamínu C (35-104 mg/100 g) a fenolických sloučenin v množství asi 20 mg/g v sušině. Jako jeden z nejbohatších zdrojů polyfenolů (40-70 mg/g v sušině, kde polovinu tvoří antokyany) je označován méně známý druh ovoce aronie (temnoplodec černý). Naopak známým zdrojem polyfenolů jsou vinné hrozny. Semínka, slupka i dužina obsahují hlavně antokyany, flavonoly, stilbeny, katechiny, prokyanidin B<sub>2</sub>, kyselinu gallovou a trans-resveratrol. Poslední látka se ukazuje jako velmi aktivní antioxidant, který moduluje metabolismus lipidů, inhibuje oxidaci lipoproteinů a srážení krevních destiček, což má význam v prevenci aterosklerózy a podporuje teorii tzv. Francouzského paradoxu. V jedné ze studií se prokyanidin B<sub>2</sub> izolovaný ze semínek hroznů ukázal jako nejefektivnější ze složek antioxidantů v nich obsažených (Sikora et al., 2008; Yanishlieva, 2001). Šťáva z hroznů se ukázala jako zdraví podporující díky tomu, že vinné fenoly v ní obsažené snižují oxidaci LDL. Hroznová šťáva má v porovnání s ostatními ovocnými šťávami největší podíl antioxidantů. V sestupné řadě následuje grapefruitový džus, rajčatový, pomerančový a jablečný. Hrozny a víno z nich obsahují velké množství polyfenolů jako je kyselina kaftarová, estery kyseliny vinné, katechiny a anthokyanin (Kaur, Kapoor, 2001).

Citrusové plody (grapefruity, citrony, pomeranče) jsou bohatým zdrojem antioxidantů díky vysokému obsahu vitamínu C (40-50 mg/100 g) a fenolických sloučenin, mezi kterými dominují flavanony. Limonoidy, skupina triterpenů, přítomné

v citrusových plodech a některých druzích zeleniny se ukázaly jako ochranní agenti proti rakovině a ateroskleróze. Další významnou skupinou látek v ovoci jsou fytosteroly, které v těle eliminují LDL cholesterol. Z citrusového plodu semínka a slupky vykazují nejvyšší antioxidační aktivitu.

Mnozí autoři zdůrazňují význam jablek jako zdroj fenolických sloučenin (až 5 g/kg), jejich podíl je ve slupce až 7krát vyšší než v dužině. Konzumaci jablka včetně slupky jsou protirakovinné účinky značně zvýšeny. Fenolické kyseliny a flavonoidy přítomné v jablkách mají silnou antioxidační aktivitu v rakovinných buňkách tlustého střeva a jater (Kaur, Kapoor, 2001; Sikora et al., 2008).

### **Ořechy**

Různé druhy ořechů, zejména vlašské ořechy, pekanové ořechy a kaštiny, se řadí mezi potraviny rostlinného původu s nejvyšším podílem antioxidantů. Ořechy jsou vysoce výživné a jsou primárním zdrojem živin v některých chudých oblastech Asie a Afriky. V posledních letech se blíže zkoumá antioxidační schopnost látek v nich obsažených a tak se ořechy stávají jedním z nejvýživnějších dostupných druhů potravin. Jako další pozitivum se jeví pozoruhodně dlouhá trvanlivost většiny ořechů, které jsou skladovány ve skořápce a lze je konzumovat i v zimním období. Více než 20 mmol antioxidantů na 100 g obsahují vlašské ořechy. Pekany, kaštiny a pistácie jsou také velice bohaté na obsah antioxidantů a to v průměrném množství 8,3; 4,7 a 1,3 mmol/100 g. Lískové ořechy, mandle, makadamové ořechy, piniové oříšky a kešu ořechy obsahují přibližně 0,3-0,7 mmol/100 g antioxidantů. Významná dávka antioxidantů se nachází v bláně obalující jádro, a to zejména u těch ořechů skladovaných ve skořápce, které mají tendenci obsahovat více antioxidantů než jádra skladovaná bez ní. Například mandle obsahují množství flavonoidů zahrnujících katechiny, flavonoly a flavonony. Pistácie obsahují několik flavonoidů a jsou bohaté na resveratrol, zatímco vlašské ořechy obsahují různé polyfenoly a tokoferoly. Alkylové fenoly jsou hojně zastoupeny v kešu. Ořechy mají příznivé účinky na kardiovaskulární onemocnění prostřednictvím působení několika mechanismů. Mohou být zprostředkovány účinky mastných kyselin, vlákniny, antioxidačními látkami nebo kombinací všech těchto mechanismů. Několik nedávných pozorování naznačilo, že antioxidanty z ořechů mají zajímavé biologické účinky, které souvisí právě s příznivým vlivem na kardiovaskulární onemocnění. Například jeden z výzkumů u pacientů se zvýšenou hladinou cholesterolu ukázal, že konzumace vlašských ořechů (44-58 g denně po 4 týdny) zlepšila cévní endoteliální funkce, které

jsou ovlivněny oxidačním stresem. Ačkoli došlo ke zlepšení obsahu lipidů v plazmě, oxidace LDL nebyla ovlivněna. Jiná studie zaměřená na konzumaci mandlí a mandlového oleje u zdravých jedinců ukázala také zlepšení krevních lipidů. Autoři studie zkoumající vliv konzumace lískových ořechů u zdravých jedinců po dobu 30 dnů s dávkou 1 g/ kg denně došli k závěru, že tato doplňková strava zlepšila jak biomarkery lipidů tak oxidačního stresu. I když se již ukázalo, že ořechy mají antioxidační vlastnosti s pozitivními účinky na lidské zdraví, stále je třeba dalších studií, které toto působení upřesní a přinesou další cenné informace (Blomhoff et al., 2006).

### **2.2.1.2 Antioxidanty v zelenině**

V dietě založené na vysokém příjmu zeleniny a ovoce se ukázal vztah ke snižování rizika rakoviny a kardiovaskulárních nemocí. Kořenová a hlíznatá zelenina (mrkev, brambory, sladké brambory, červená řepa atd.), brukvovitá zelenina (zelí, brokolice atd.), listová zelenina (hlávkový salát, špenát atd.) a ostatní druhy zeleniny vykázaly v různých metodách měření značný podíl antioxidační kapacity.

Mezi zeleninou se jako nejlepší zdroje antioxidantů jeví rajčata, červené papriky, košťálová zelenina, cibule, česnek a červená řepa. Důležité je zmínit také brambory, které ačkoli disponují nízkou antioxidační kapacitou, se díky vysoké konzumaci řadí k primárním zdrojům antioxidantů mezi zeleninou. Červená paprika se vyznačuje zejména vysokým obsahem vitamínu C (144 mg/100 g) a kryptoxantinu. Rajčata obsahují rozličné množství antioxidantů důležitých pro zdraví jako je vitamín C, vitamín E, karotenoidy a fenolické sloučeniny. Rajčata jsou zdrojem lykopenu - ve slupce rajčete se nalézá množství lykopenu okolo 3-5 mg/100 g, ačkoli výrazně vyšší množství lze získat z rajčatových konzerv, jako je například kečup (9,9 mg/100 g). Kromě toho jsou rajčata také zdrojem polyfenolů, hlavně flavonolů. Podle studií je 98 % flavonolů přítomných ve slupce rajčete a z nich 96 % tvoří quercetin. Jeden z výzkumů ukázal, že užívání rajčatového pyré několik po sobě jdoucích dnů, může podstatně zvýšit koncentraci lykopenu a  $\beta$ -karotenu v krvi. Po takovémto doplnění vzrostla koncentrace lykopenu z 0,13  $\mu$ mol/l na 0,57  $\mu$ mol/l a u  $\beta$ -karotenu z 0,24  $\mu$ mol/l na 0,31  $\mu$ mol/l. Právě konzumace rajčat a s tím spojená hladina lykopenu v krvi naznačuje souvislost se snížením citlivosti k různým druhům rakoviny (Borguini, Torres, 2009; Pokorný, 2007; Sikora et al., 2008).

Košťálová zelenina jako je bílé zelí, růžičková kapusta, čínské zelí, červené zelí, brokolice nebo květák jsou všeobecně známé svými zdravými podporujícími vlastnostmi, které jsou mimo jiné způsobené přítomností mnoha antioxidantů. Obsahují vysoký podíl vitamínu C (do několika desítek mg/100 g) a fenolických sloučenin. Naopak antioxidanty jako vitamín E a karotenoidy zaujímají asi 20% podíl antioxidační kapacity košťálové zeleniny. Kapusta je zároveň dobrým zdrojem karotenoidů (17-34 mg/100 g), což je více než u mrkvi, rajčat nebo špenátu. Další odrůdy košťálové zeleniny jsou bohaté také obsahem fenolických sloučenin – jedná se zejména o kapustu, brokolici a růžičkovou kapustu. Obecně platí, že z polyfenolů obsažených v brukvovité zelenině dominují flavonoidy (51-79 %) (Podsědek, 2007; Sikora et al., 2008). Brokolice je považována za jednu z nejzdravější zeleniny, má totiž vysoký obsah  $\beta$ -karotenu, je výjimečným zdrojem vitamínu C, kyseliny listové, vitamínu E a jako jedna z mála druhů zeleniny je zdrojem vitamínu K. Voda přítomná v brokolici je bohatá na minerály (1100 mg/ 100 g brokolice). Převládá draslík a vápník, dále fosfor a hořčík. Brokolice je bohatá i na stopové prvky: železo, zinek, mangan, měď, nikl, fluor, kobalt, stopy jódu a selenu.

Pro své zdravé prospěšné vlastnosti je znám rovněž česnek. Obsahuje totiž mnoho látek důležitých pro lidský organismus. Vedle minerálů (vápník, železo, hořčík, sodík, draslík, fosfor, zinek, jód, selen, mangan, měď) je také užitečným zdrojem mnoha vitamínů (vitamín C, A, niacin, kyselina listová) a enzymů. Jednou z nejvýznamnějších složek česneku je alliin přeměňující se na allicin, silné přírodní antibiotikum (Cabálková, 2007).

### **2.2.1.3 Antioxidanty v bylinách a koření**

Bylinky a koření jsou jednou z cílových skupin ve výzkumech, které se zabývají přirozenými antioxidanty z hlediska zdravotního vlivu. Tyto suroviny jsou lidmi od pradávna využívány k dochucování jídel, zajištění delší trvanlivosti a stejně tak k doplnění stravy kvůli antiseptickým a léčebným vlastnostem. Fenolické látky, které se v koření přirozeně vyskytují, jsou účinné proti oxidačnímu žluknutí tuků a ztrátě barvy karotenoidových pigmentů. Silné antioxidační účinky vykazují koření jako hřebíček, skořice a zázvor. V české kuchyni existuje dlouhá tradice užívání majoránky a kmínu k dochucování pokrmů. Průměrná spotřeba koření v Evropě je asi 0,5 g/24 hod, kdežto v Asii a severní Africe je spotřebované množství mnohonásobně vyšší. Například

v hinduistické kuchyni se používá asi 60 různých druhů koření. Vzrůstající trend užívání různých druhů koření je pozorován ve více evropských zemích včetně České republiky. Tato skutečnost souvisí mimo jiné s multikulturním vlivem a zvýšenou popularitou jídel kuchyní z různých koutů světa (např. orientální, mexická či středomořská kuchyně) a také širokou nabídkou koření a bylin na trhu (Sikora et al., 2008). Výzkum provedený v Norsku Draglandem et al. (2003) zaměřený na obsah antioxidantů v kuchyňských a léčivých bylinách ukázal u sušeného oregana, šalvěže lékařské, máty peprné, zahradního tymiánu a meduňky lékařské velmi vysoké množství antioxidantů (75-138 mmol/100 g). Majoránka, yzop lékařský, anýz a třapatka nachová mají antioxidační kapacitu v rozmezí 23-56 mmol/100 g. Mezi další účinná koření patří tymián, kurkuma, zázvor, hřebíček, majoránka, červená paprika, černý pepř, muškátový květ, sezam a muškátový oříšek.

Rozmarýn je považován jak za antioxidant lipidů, tak chelatační látku. U extraktů z rozmarýnu byla zjištěna funkce lapače superoxidových radikálů. V jedné ze studií byl objeven synergický efekt mezi extraktem rozmarýnu (0,02 %) a  $\alpha$ -tokoferolem (0,05 %) v sardinkovém oleji zahřátém na 30 °C a také v mraženém drceném rybím mase. Autoři naznačili, že rozmarýnový extrakt zde funguje jako donor vodíkového atomu, který regeneruje  $\alpha$ -tokoferoxylový radikál na  $\alpha$ -tokoferol. Synergické efekty byly nalezeny také mezi výtažky rozmarýnu a šalvěže nebo kyselinou citronovou. V literatuře existuje řada údajů vztahující se k antioxidačním vlastnostem jednotlivých sloučenin izolovaných z rozmarýnu. Ukázalo se, že například kyselina karnosová a karnosol jsou stejně efektivní jako butylhydroxytoluen, avšak jejich efektivita závisí na koncentraci. Sušené oregano i jeho extrakty byly testovány pro své účinky a ukázaly se jako látky omezující oxidaci lipidů. Tymián má svůj původ v regionech Středomoří a je používán jako lék proti kašli. Také je běžně využíván jako kuchyňská bylina. Stejně jako oregano obsahuje fenolické monoterpeny thymol a karvakrol, které určují charakteristickou vůni esenciálního oleje. Tyto látky jsou rovněž známé jako silné antioxidanty. Zázvor patří mezi koření, která jsou stejně jako bylinky populární jak v kuchyni, tak pro podporu zdraví. Z třiceti sloučenin izolovaných ze sušeného zázvoru se jako silně antioxidačně aktivní ukázaly gingerol, shogaol a zingeron. Sušený mletý oddenek kurkumovníku je užíván jako koření, barvivo a produkt lidového léčitelství. Žluté pigmenty kurkuminy, které obsahuje, jsou známé pro svou antioxidační aktivitu.

Porovnání výsledků studií, které se zaměřují na antioxidační účinky bylin a koření, jsou problematické hned v několika ohledech. Různou antioxidační kapacitu vykazují samotné rostliny a jinou extrakty z nich. Toto ovlivňuje i podnebí země a substrát, ve kterém rostlina vyrostla. Listové bylinky (tymián, majoránka, bazalka, šalvěj, saturejka) ukázaly pro-oxidační aktivitu v potravinách, které jsou vystaveny světlu, zatímco stejné potraviny skladované v temnu vykazují antioxidační vlastnosti bylin. Předpokládá se, že látky obsažené v různých částech rostliny fungují synergicky, a proto je vhodné používat rostlinu celou, aby nedocházelo k poklesu antioxidačních vlastností (Yanishlieva,2001; Peter, 2001).

#### **2.2.1.4 Antioxidanty v nápojích**

Nápoje jsou další důležitou skupinou potravin, ze kterých lze získat výživově cenné látky. Jedná se zejména o červené víno, pivo, kávu a čaj.

##### **Červené víno**

Červenému vínu je mnohdy přikládána role ve výživě díky obsahu fenolických látek, které inhibují oxidaci LDL, což zároveň podporuje teorii „Francouzského paradoxu“. Víno nemá stejný fenolický profil jako hrozny, ze kterých je vyrobeno, protože během zpracování a výroby vína probíhá mnoho změn. O koncentraci fenolických sloučenin rozhoduje mnoho faktorů jako je druh vína, zeměpisný původ, zemědělské faktory, klimatické podmínky, zátěžové podmínky pro rostlinu a v neposlední řadě také enologické postupy při zpracování. Červené víno má velký antioxidační potenciál, protože obsahuje mnoho fenolických sloučenin (taniny, antokyany), které jsou zastoupeny v dostatečném množství, aby zajistily optimální likvidaci volných radikálů a fungovaly navzájem synergicky (Kaur, Kapoor, 2001).

##### **Pivo**

Antioxidanty nacházející se v pivu jsou zejména fenolické sloučeniny, jejichž zdrojem je z 80 % ječmenný slad a z 20 % chmel. K nejdůležitějším fenolickým sloučeninám v pivu patří fenolické kyseliny, deriváty flavanolu a flavonoglykosidy. Jeden z výzkumů zaměřený na obsah antioxidantů v pivu, konkrétně na kyselinu ferulovou pocházející z ječmene, ukázal zajímavé výsledky. Bylo zjištěno, že kyselina ferulová zůstává v krvi déle než jiné antioxidanty. Naskytlo se tedy očekávání, že je v těle dostatečně dlouho, aby byla schopná pomoci se zachováním obrany proti volným radikálům (Sikora et al.,

2008; Walker, 2008). Etanol (v nízkých dávkách) a fenolické sloučeniny hrají důležitou roli v ochraně proti vzniku ischemické choroby srdeční. Srážlivost krevních destiček, která může vést k mechanismu vzniku infarktu myokardu, je ovlivněna právě etanolem a současně některými fenolickými sloučeninami obsaženými ve víně a pivu. Kromě přímého vlivu etanolu na funkci krevních destiček, metabolismu HDL a fibrinolýzy se může objevit také jeho nepřímý vliv, který zvýší absorpci fenolických sloučenin. Výsledky studie Ghiselli et al. (2000) ukázaly, že pivo ve spojení s nízkým obsahem etanolu, je alkoholickým nápojem, který je schopen zlepšit antioxidační kapacitu plazmy bez negativních účinků, jež doprovází vysoké dávky etanolu.

### **Káva**

Kávu tvoří komplex více než tisíce různých látek včetně sacharidů, lipidů, dusíkatých sloučenin, vitamínu, minerálů, alkaloidů a fenolických sloučenin. Podíl fenolických sloučenin v pražené kávě dosahuje 8 %, z nichž dominuje kyselina chlorogenová. Nálev z 5 g mleté pražené kávy může obsahovat až okolo 140 mg této látky. Pro ty, kteří ji pijí, představuje káva nejbohatší zdroj kyseliny chlorogenové a skořicové (respektive také jejího derivátu kyseliny kávové). Přestože byla prokázána antioxidační aktivita kyseliny chlorogenové i kávové *in vitro*, je stále nejasné, jaká je tato aktivita *in vivo*. Tyto kyseliny jsou v organismu rozsáhle metabolizovány a jako metabolity mají často nižší antioxidační činnost než původní sloučeniny. Káva obsahuje také vitamín E, ovšem v množství, které není výživově významné. Antioxidační aktivita kávy je ovlivněna intenzitou pražení - nejvyšší aktivita byla pozorována u lehce pražené kávy. Antioxidační aktivita plazmy vzrůstá po pití kávy podobně jako u pití čaje. V problematice konzumace kávy a jejího zdravotního vlivu je důležité zohlednit výrazný podíl kofeinu mezi ostatními látkami. Nadměrné pití kávy může vést ke zvýšenému riziku kardiovaskulárních chorob, zejména vysokému krevnímu tlaku. Navzdory tomu, umírněné množství konzumované kávy (3-4 šálky denně zásobující organismus 300-400 mg kofeinu denně) je spojeno s minimálním množstvím zdravotních rizik a naopak může zdraví pozitivně ovlivnit. Výsledky epidemiologických výzkumů ukázaly, že pití kávy může pomoci v prevenci chronických onemocnění, zahrnující *diabetes mellitus* 2. typu, Parkinsonovu chorobu a chronická onemocnění jater (Higdon, Frei, 2006; Pokorný, 2007; Sikora et al., 2008).

## Čaj

Existují tři hlavní formy produkovaných čajů z rostliny *Camellia sinensis*: zelený čaj (nefermentovaný), oolong a pu-erh čaj (částečně fermentovaný) a černý čaj (fermentovaný). Dle Gramza et al. (2006) celkový podíl fenolů klesá fermentací z 205 mg/g v zeleném čaji na 149 mg/g v čaji černém. V čaji se nachází tři majoritní polyfenolové skupiny: katechiny, theaflaviny a thearubiginy. Polyfenoly v zeleném čaji disponují antimutagenními vlastnostmi – vyvolávají detoxikační aktivitu enzymů (glutathion-S-transferáza), inhibují nádorové bujení, blokují vázání určitých karcinogenů na DNA, chytají volné radikály v prevenci lipidové oxidace. V čerstvých zelených čajových listech se nalézá přibližně 36 % polyfenolů, z nichž dominují katechiny (Ho et al., 1997). Katechiny v zeleném čaji jsou schopné zneškodnit volné radikály v kolagenu pokožky a podílí se tak na zpomalení stárnutí kůže. Konzumace dvou šálků zeleného čaje denně, zvyšuje antioxidační aktivitu plazmy a snižuje oxidativní poškození DNA a LDL cholesterolu (Pokorný, 2007). Mnoho zdraví podporujících látek s antioxidačními vlastnostmi má také čaj rooibos, připravovaný z keře čajovníkovce kapského, který se pěstuje v jižní Africe. Na základě studií věnovaných vlivu fermentace a dalších výrobních postupů na antioxidační aktivitu, byl rooibos přidán na seznam rostlin s ověřenou antioxidační aktivitou a to díky obsahu flavonoidů (Yanishlieva, 2001). Podíl antioxidantů v čaji je celkem různý, záleží zejména na druhu čaje, podnebí, technologii výroby, stáří listů a uchování surovin (Sikora et al., 2008).

### 2.2.1.5 Antioxidanty v ostatních potravinách

#### Kakao a čokoláda

Kakao je netučná složka kakaové hmoty (drcené kakaové boby), která je používána k výrobě čokolády nebo kakaového prášku na vaření. Čokoláda je kombinace kaka, kakaového másla, cukru a dalších složek. Kakao je bohaté na polyfenoly podobně jako čaj. Vliv těchto sloučenin na kardiovaskulární onemocnění je středem pozornosti mnoha výzkumů, které se zabývají účinky kaka na lidské zdraví. Ve výzkumech *in vivo* již bylo prokázáno, že tyto sloučeniny pozitivně ovlivňují cévní systém a je tak podporována hypotéza, že konzumace potravin bohatých na flavanoly, jako je například čokoláda či kakaový prášek, snižuje riziko kardiovaskulárních onemocnění. Zvýšený zájem o zkoumání kaka z hlediska antioxidační aktivity se objevil v roce 1996, kdy byl zveřejněn článek z výzkumu o antioxidantech v čokoládě. Byla zjištěna silná schopnost



kakaových polyfenolů inhibovat oxidaci LDL *in vitro*. Tento fakt byl v současnosti již prokázán u zdravých jedinců, u kterých došlo ke snížení oxidace LDL do dvou hodin po konzumaci kakového produktu bohatého na flavanoly. Zároveň se ukázalo, že konzumace čokolády bohaté na flavonoidy zvýšila u zkoumaných jedinců antioxidační kapacitu plazmy. Tuto skutečnost poněkud zastiňuje fakt, že efekt polyfenolů pocházejících z kakaava je krátkodobý, tedy pouze po dobu přítomnosti katechinů v plazmě. Zatím je obtížné zjistit jaké množství a jaký typ čokolády konzumovat k docílení optimálních zdravotních účinků. Je ovšem jisté, že nejprospěšnější je z hlediska množství polyfenolů tmavá čokoláda s vysokým podílem kakaava (Cooper et al., 2008; Lamuela-Raventós, Andrés-Lacueva, 2001; Keen et al., 2005; Sikora et al., 2008).

### **Luštěniny**

V průběhu mnoha studií již byly zpozorovány antioxidační účinky luštěnin, jejichž příkladem může být žlutý a zelený hrášek, cizrna, čočka, různé odrůdy fazolí, žlutá a černá sója. Z těchto luštěnin jsou fazole zahrady a její odrůdy řazeny mezi přední potraviny s vysokým antioxidačním účinkem. Tento účinek je připisován vysokému podílu fenolických sloučenin, z nichž v luštěninách převládají flavonoidy, fenolické kyseliny a prokyanidiny. Například obal semene běžných fazolí obsahuje mnoho flavonoidů, jako jsou antokyany, kvercetin a proantokyanidiny, jejichž antioxidační aktivita je srovnatelná s butylhydroxytoluenem. Z flavonoidů jsou isoflavony nejhojnější podtřídou vyskytující se v luštěninách (sójové boby, cizrna), avšak ve srovnání s jinými polyfenoly jsou relativně slabé antioxidanty. Tmavě zbarvené luštěniny jako čočka, barevné fazole a černé sójové boby vykazují vyšší obsah fenolických sloučenin a antioxidační kapacity než luštěniny světlých barev jako je žlutý hrách, zelený hrášek a sójové boby. Luštěniny s nejvyšším podílem fenolických sloučenin jsou červené kidney fazole a černé fazole. Vedle fenolických sloučenin obsahují některé luštěniny také podíl tokoferolů. Ze všech čtyř izomerů, které luštěniny obsahují, dominuje  $\gamma$ -tokoferol. V největším množství se nalézá v odrůdách čočky a hrachu. Odrůda rostlin ovlivňuje antioxidační kapacitu luštěnin, stejně jako technologický postup zpracování může ovlivnit množství přirozených endogenních antioxidantů (Amarowicz, Pegg, 2008; Wang et al., 2011).

## **Rostlinné oleje**

Zřejmé vyšší množství antioxidantů má panenský a extra panenský olivový olej oproti rafinovanému olivovému oleji nebo olejům ze semen (lněný, sójový, řepkový, slunečnicový). Primární fenolické sloučeniny identifikované v olivovém oleji lze rozdělit do tří kategorií: jednoduché fenoly (hydroxytyrosol, tyrosol), sekoiridiody a lignany. Všechny tyto třídy mají silné antioxidační vlastnosti. Fenolické látky izolované z olivového oleje se ukázaly jako mnohem účinnější než vitamín E nebo Trolox, syntetická forma vitamínu E. Pravidelný vysoký příjem extra panenského olivového oleje bohatého na tyto fenolické antioxidanty a stejně tak skvalenu a kyseliny olejové, by měl podpořit ochranu proti rakovině (tlustého střeva, prsu, kůže), ischemické chorobě srdeční a redukovat oxidační stres skrze inhibici lipidové peroxidace. Příkladem je středomořská strava jevící se jako chemoprotektivní proti rakovině a také vede ke snížení mortality na kardiovaskulární onemocnění. Současná epidemiologická data naznačují, že složky olivového oleje mohou mít větší roli v oblasti prevence nemocí, než se původně předpokládalo. V různých studiích se koncentrace fenolických látek v olivovém oleji značně liší v rozmezí 196 mg/kg-500 mg/kg (Owen et al., 2000).

## **Obiloviny**

Obilná zrna nejsou příliš bohatými zdroji antioxidantů – v podstatě v nich lze nalézt pouze fenolické sloučeniny, ale díky svému zastoupení ve stravě i toto množství hraje významnou roli. V obilných zrnech se z polyfenolů nachází zejména fenolické kyseliny (kyselina ferulová, kyselina vanilinová a p-kumarová). Oddělení ječmenného jádra a jeho následné zpracování ukázalo značné koncentrace antioxidantů, zejména flavonoidů a fenolických kyselin. Ječmenné klíčky jsou zdrojem 206 mg/kg tokoferolu a tokotrienolů. Zbylé zrno je pak také bohaté na vitamín B, což přispívá ke zvýšení nutriční kvality. Dalším potencionálním zdrojem přirozených antioxidantů je pohanka, která z flavonoidů obsahuje ve větším množství rutin (47 a 77 mg/100 g v semenech a slupkách). Kukuřice je mezi obilovinami ojedinelá tím, že obsahuje kromě flavonoidů také karotenoidy. V prosu byly identifikovány antioxidanty tricín, luteolin a N-serotonin. Všechny tyto antioxidanty mají schopnost pohlcovat volné radikály, což se nejvíce projevilo u druhu kalužnice křivoklasá. V obilovinách, konkrétně v ovsu, lze nalézt jedinečnou skupinu antioxidantů zvané avenanthramidy. Jedná se převážně o konjugáty kyseliny skořicové nacházející se v zrně ovsa. Avenanthramidy, kávová kyselina, deriváty kyseliny ferulové a vanilinová kyselina výrazně korelují

s antioxidační aktivitou (Pokorný et al., 2001; Sikora et al., 2008). Rýže je rovněž dobrým zdrojem antioxidantů (52 mg/kg celkového podílu flavonoidů a 195 mg/kg celkového množství polyfenolů) (Pokorný, 2007).

### **2.2.2 Antioxidanty jako doplňky stravy**

V ideálním případě bychom měli veškeré výživné látky včetně antioxidantů přijímat ze zdravé, pestré a vyvážené stravy. Vyváženou dietu zatím nelze nahradit žádnou pilulkou a extra podávání antioxidačních vitamínů nad běžné denní doporučené dávky u dostatečně živených osob medicínské zdůvodnění vlastně nemá. Během života však nastávají období, kdy dochází k oslabení antioxidační ochrany a stoupá produkce volných radikálů a je tedy žádoucí nebo i nezbytné obohatit jídelníček vhodným doplňkem stravy. Tato období mohou být ovlivněna například věkem (děti, senioři) nebo zdravotním stavem, který výrazně ovlivňuje vnitřní prostředí organismu (těhotenství, nemoc, oslabená imunita). Další determinanty, které mohou zvýšit potřebu antioxidantů, jsou nepříznivé environmentální vlivy (smog, výrazné změny počasí apod.) a v neposlední řadě také životní styl (kouření, alkoholismus, stres, nedostatek pohybu nebo naopak vrcholové sportování atd.). Suplementace stravy antioxidanty v těchto případech může hrát významnou roli (Mach, 2004; Pláteník, 2009).

V současnosti je legislativně doplňkem stravy (podle zákona 120 z roku 2008 § 2 písmeno i) potravina, jejímž účelem je doplňovat běžnou stravu a která je koncentrovaným zdrojem vitamínů a minerálních látek nebo dalších látek s nutričním nebo fyziologickým účinkem, obsažených v potravíně samostatně nebo v kombinaci, určená k přímé spotřebě v malých odměřených množstvích (Mach, 2004, s. 20). Je však důležité, aby si uživatel uvědomil, že suplementy jsou jen doplněním zdravé výživy, ne její náhradou. Při užívání doplňků stravy je podstatné zaměřit se na látky a jejich množství, které je skutečně třeba v nutrici doplnit, aby nedošlo k nežádoucímu narušení rovnováhy (Slimáková, 2013).

Průmyslově vyráběné vitamíny jsou získávány chemickou syntézou, fermentací či extrakcí z přírodních zdrojů. Většina takto vyráběných vitamínů je chemicky identická s látkami izolovanými z rostlin. Například vitamín C je totožný se sloučeninou izolovanou z přírodních zdrojů, jako jsou citrusy a je široce používán v potravinářství a farmacii. Pro tyto účely je ročně vyprodukováno přibližně 60 000 tun. Těmto laboratorně vyrobeným vitamínům ale často chybí přirození synergisté, kteří zvyšují

biologickou využitelnost těchto látek, a podpůrné živiny, se kterými se běžně nacházejí v potravinách (Topliss et al., 2002).

V kontextu ochrany organismu před volnými radikály a oxidačním stresem vzniklo zejména na základě reklamy u laické veřejnosti očekávání, že doplnění stravy antioxidanty (nejčastěji vitamín C, E,  $\beta$ -karoten a selen) by mělo působit protektivně proti celé řadě civilizačních chorob a zmírnit projevy stárnutí. Epidemiologické studie skutečně pro příznivý vliv některých dietních antioxidantů na lidské zdraví hovoří. Například byla popsána výrazná inverzní korelace mezi hladinou vitamínu E v krevní plazmě a úmrtností na ischemickou chorobu srdeční v různých zemích Evropy. Další výzkum dospěl k závěru, že denní vitamínová a minerální suplementace stravy  $\beta$ -karotenem (15 mg), vitamínem E (30 mg) a selenem (50  $\mu$ g) po dobu 5-6 let u dospělé populace v Číně, snížila riziko vzniku rakoviny o 13 %. Bjelakovic et al. (2007) shrnuje výsledky 68 studií, kterých se celkem zúčastnilo 232 606 dobrovolníků s průměrným věkem 62 let (18 – 103 let). Během studií byly antioxidanty podávány zpravidla orálně. Zkoumanými antioxidanty byly  $\beta$ -karoten, vitamín A, vitamín C, vitamín E a selen v průměrných dávkách 17,8 mg, 6 065,7  $\mu$ g, 488 mg, 379,5 mg a 99  $\mu$ g denně nebo v pravidelných denních intervalech. Průměrná doba trvání výzkumného procesu s podáváním doplňků byly 3,3 roky (28 dní – 14,1 let). Tyto intervenční výzkumy prováděné zejména v zemích Evropy a Ameriky ukázaly nejednoznačné a spíše negativní výsledky nadměrného užívání doplňků stravy s antioxidanty. Jednou z proměnných výrazně ovlivňujících výsledky studií, je výchozí nutriční stav populace, která je objektem studie. Dietní suplementace antioxidanty je jednoznačně prospěšná jen v případě předchozího deficitu antioxidantů, jinak je buď neúčinná, anebo dokonce škodí (Blot et al., 1993; Pláteník, 2009). V tomto kontextu je nutné zmínit problematiku kuřáků a suplementaci  $\beta$ -karotenem. Jestliže dojde k podávání vysokých dávek, které byly během prováděných výzkumů až desetkrát vyšší oproti běžným doporučením, se mohou objevit nežádoucí vlastnosti a tyto látky začnou působit pro-oxidačně a mohou usnadnit případnou karcinogenezi (Paiva, Russell, 1999).

### **2.2.3 Srovnání přirozených a syntetických zdrojů antioxidantů**

Obecně lze říci, že přirozené antioxidanty jsou veřejností přijímány více než syntetické antioxidanty z čistě subjektivních důvodů. Je obtížné porovnávat efektivnost těchto dvou typů antioxidantů, protože oba fungují na bázi podobných mechanismů. Přirozené

antioxidanty jsou většinou méně aktivní, ovšem jejich aktivita je velmi závislá na přítomných synergistech. Co se týká bezpečnosti užívání antioxidantů, v případě syntetických je relativně snadné zjistit, které antioxidanty a jaké koncentrace jsou bezpečné na základě provedených testů. Kvůli specifčnosti působení přirozených antioxidantů je obtížnější tuto skutečnost přesně zjistit a je třeba dalších výzkumů. Obecně platí, že extrémně vysoké koncentrace antioxidantů v přirozené i syntetické podobě v potravě jsou neefektivní až dokonce nežádoucí. Je doporučeno v případě zvýšené potřeby antioxidantů upřednostňovat konzumaci potravin s vysokou antioxidační kapacitou před výtažky nebo koncentráty.

Studie Vinsona a Boseho (1988) zkoumala rozdíly v biologické dostupnosti syntetické kyseliny askorbové a přírodního extraktu z citrusu. Ukázalo se, že askorbát z citrusového extraktu je u lidí biologicky dostupnější (vstřebává se déle a více) než samotná synteticky vyrobená kyselina askorbová. Je tedy vhodnější formou k saturaci organismu vitamínem C. Podobně je to se syntetickou formou  $\alpha$ -tokoferolu. Přírodní forma je déle vázána a udržena v lidském těle, zatímco syntetický vitamín E je ve větší míře metabolizován a jeho metabolity jsou rychleji vyloučeny močí (Topliss et al., 2002).

Stejně jako syntetické i přirozené antioxidanty mohou být využity jako barviva (např. flavonoidy, antokyany), konzervanty (např. fenolové antioxidanty) a některé slouží jako aditiva zlepšující sensorické vlastnosti potravin (chuť, vůně, textura). Z hlediska fortifikace potravin se syntetické antioxidanty uplatňují více než přirozené koncentráty a to převážně z ekonomických důvodů. Obohacování potravin látkami, které zvyšují biologickou hodnotu, se řídí zdravotním stavem populace a je závislé na množství i kvalitě přijímané potravin. Je to jedna z účinných forem rychlého řízení a ovlivňování výživy v podmínkách nedostatečné saturace obyvatelstva výživovými faktory (Pokorný, 2007; Vyskočilová, 2006).

## **3 METODICKÁ ČÁST**

### **3.1 Cíle práce**

Sběr dat je realizován s primárním cílem zjištění úrovně znalostí studentů středních škol o antioxidantech. Kromě základních a širokých znalostech o antioxidantech, bude zjišťováno také, jak studenti rozumí rozdílům mezi syntetickými a přírodními zdroji antioxidantů. Cílem výzkumu je také zjistit, jaké zastoupení mají antioxidanty ve stravě zvoleného souboru. Sekundárním cílem je potvrzení či vyvrácení stanovených hypotéz na základě vyhodnocení získaných výsledků.

### **3.2 Hypotézy**

Alespoň polovina respondentů má obecné znalosti o antioxidantech.

Desetina studentů dokáže přesně určit, které látky jsou antioxidanty.

Respondenti upřednostňují běžnou stravu bohatou na ovoce a zeleninu před konzumací doplňků stravy.

### **3.3 Použité metody**

Jelikož se jedná o kvantitativní průzkum, zvolila jsem písemnou dotazníkovou metodu sběru dat, která v tomto případě umožňuje získání reprezentativních výsledků. Analýzou výsledků je zjištěno, jak rozsáhlé jsou znalosti o antioxidantech u těchto respondentů a jakou formou jsou antioxidanty ve stravě studentů přijímány. Další postup zahrnuje statistickou metodu testování kvalitativních znaků pomocí  $\chi^2$  (chí-kvadrát) testu. Zpravidla testuji dva soubory podle dvou alternativních znaků a ověřuji, jestli existuje mezi těmito znaky průkazný vztah.

### **3.4 Popis výzkumného souboru**

Cílovou skupinou jsou studenti třetích a čtvrtých ročníků středních škol. Mým úmyslem je zaměřit se ve větším měřítku na konkrétní věkovou skupinu, kterou zároveň spojuje podmínka studia. Tím je možné získat ze souboru sta dotazníků hodnotnější informace. Navštívila jsem několik náhodně vybraných středních škol v Českých Budějovicích a také jeden internát. Získala jsem respondenty studující obory všeobecné, zdravotnické,

ekonomické, průmyslové a veterinární na celkem šesti školách. Skupinu dotazovaných tvoří 100 studentů ve věku 17-19 let. Soubor se skládá z 54 dívek a 46 chlapců.

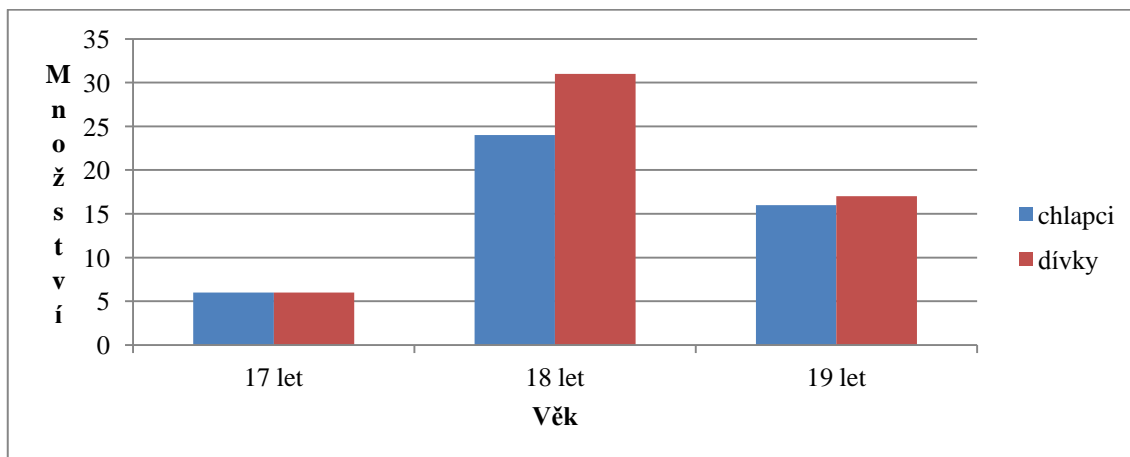
### **3.5 Struktura dotazníku a formulace otázek**

Dotazník se skládá z celkem 13- ti otázek. Z toho 11 je uzavřených, 1 polouzavřená a 1 otevřená. Uzavřené otázky jsou převážně dichotické nebo vícehodnotové, u kterých mají respondenti možnost více odpovědí. Na začátek jsou zařazeny 3 identifikační otázky určující pohlaví, věk a zaměření studovaného oboru. Následuje série filtračních otázek, které zjišťují, zda je respondent správným typem k poskytnutí požadovaných informací. Otázky jsou zaměřené na zájem o vlastní zdraví a zdravou životosprávu a s tím související problematiku antioxidantů. Pokud respondent zodpoví tyto otázky žádoucím způsobem, zaměřuji se u něj na odpovědi na další dotazy vyžadující hlubší znalosti. Tyto otázky pak mapují hloubku znalostí prostřednictvím dotazů na konkrétní antioxidanty a potraviny, ve kterých se nacházejí. Poslední dvě otázky zkoumají, jakou roli hrají antioxidanty v jídelničkách dotazovaných, zda jsou přijímány pravidelně ve formě ovoce a zeleniny a zda dotyční užívají doplňky stravy.

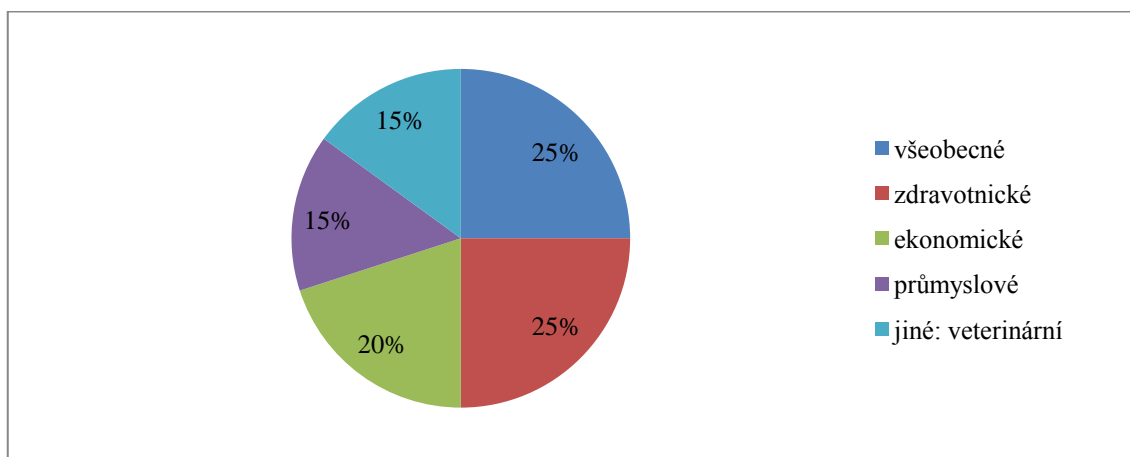
Získaná data jsem přenesla do tabulky, se kterou jsem následně pracovala. Vypracovala jsem 18 výsečových nebo sloupcových grafů vztahujících se k jednotlivým otázkám. Některé grafy jsou rozšiřující a srovnávají různé výsledky z několika otázek či porovnávají rozdíly v odpovědích u chlapců a dívek. Pod grafy shrnuji zjištěné výsledky a připojuji diskuzi.

## 4 ZJIŠTĚNÉ VÝSLEDKY A JEJICH DISKUZE

Jak již bylo zmíněno, cílovou skupinou respondentů jsou studenti středních škol ve věku 17 – 19 let. Celkové množství sta dotazníků vyplnilo 54 dívek a 46 chlapců.



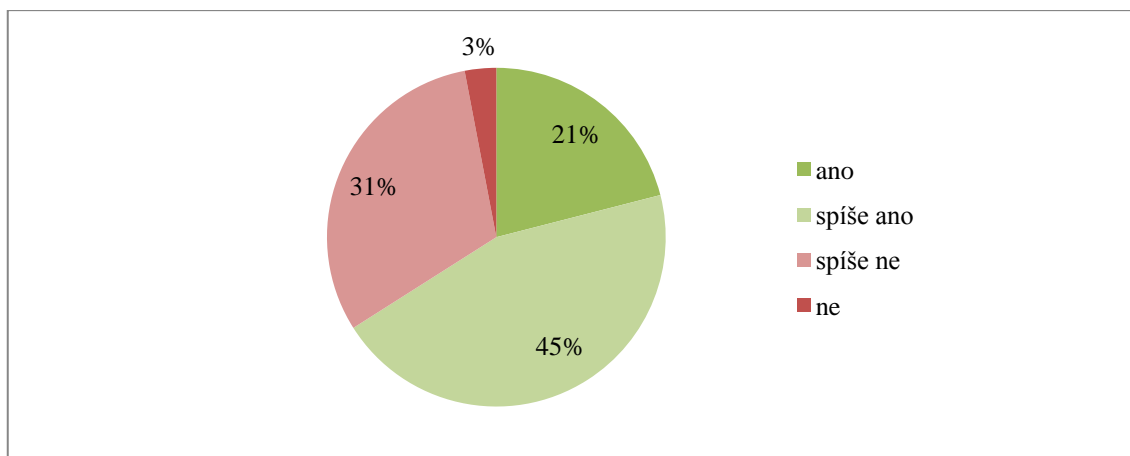
**Graf 1** Věk a pohlaví respondentů (Zdroj: vlastní)



**Graf 2** Zaměření studia respondentů (Zdroj: vlastní)

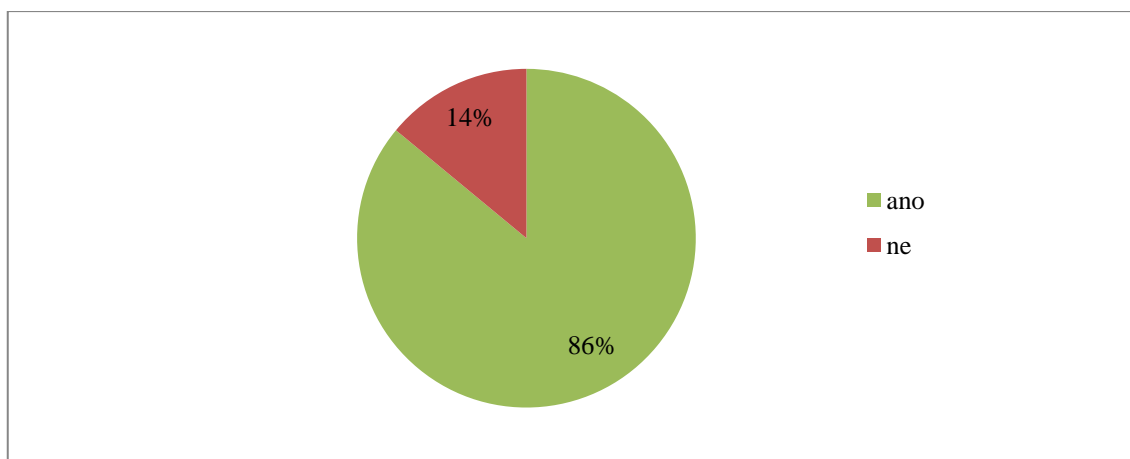
Grafy 1 a 2 jsou výsledkem série identifikačních otázek, které zjišťují pohlaví, věk a zaměření studovaného oboru. Vyplývá z nich, že soubor probandů tvoří převážně studenti třetích a čtvrtých ročníků ve věku 18-19 let. Studované obory se zaměřením všeobecným, zdravotnickým, ekonomickým, průmyslovým a veterinárním jsou zastoupeny v přibližně stejném poměru.





**Graf 3** Zájem respondentů o vlastní zdraví, zdravou výživu a zdravý životní styl (Zdroj: vlastní)

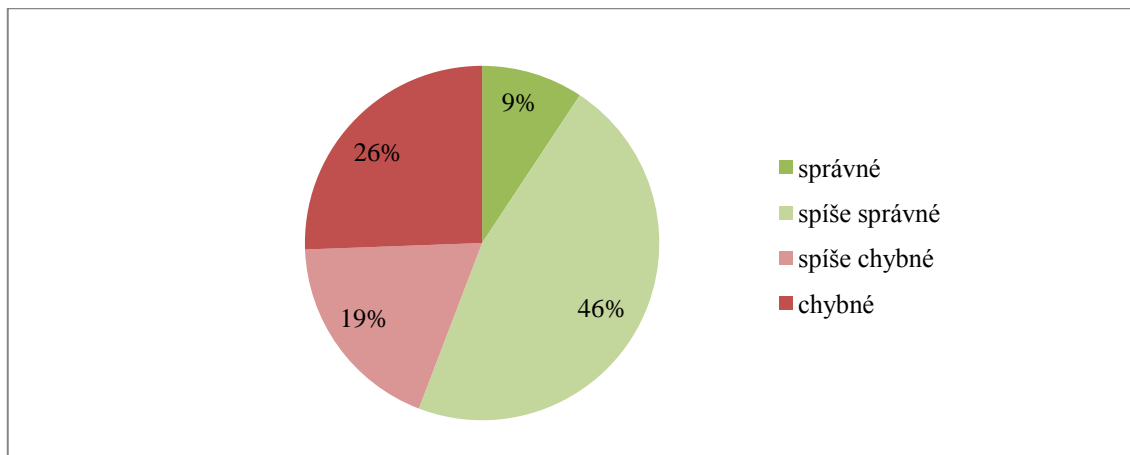
Otázka č. 4 směřující s dotazem na zájem o zdraví a zdravý životní styl ukázala, že více než dvě třetiny dotázaných se skutečně o zdravotní stránku sebe sama i obecně zajímají. Zbývá jedna třetina respondentů uvedla, že se o tuto stránku života příliš nebo vůbec nezajímá. V tomto věkovém období si lze snížený zájem o zdravou výživu či zdravý životní styl vysvětlit tím, že studenti středních škol zpravidla ještě bydlí v domácnosti se svými rodiči nebo se stravují na internátu či ve školní jídelně a nemají potřebu se otázkou zdraví příliš zabývat.



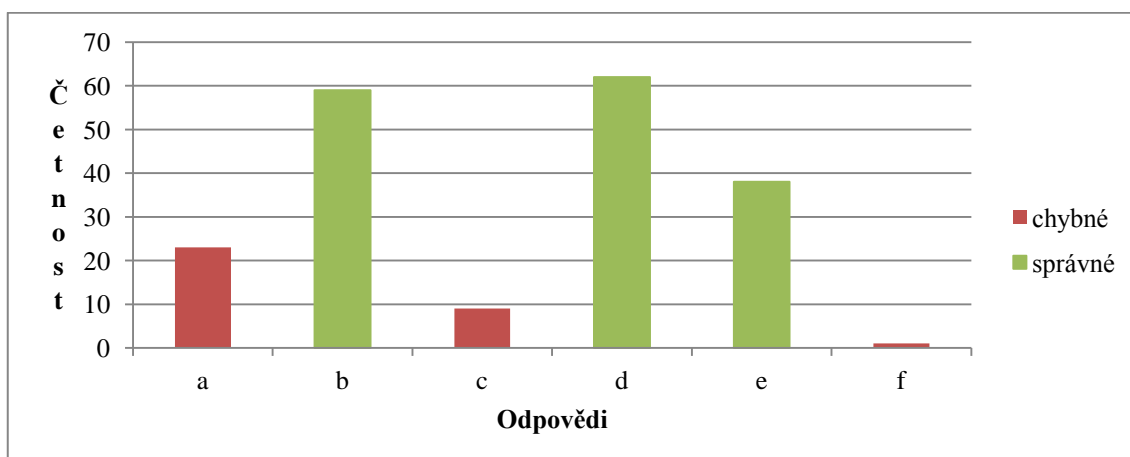
**Graf 4** Vyhodnocení otázky č. 5: „Myslíte si, že jsou antioxidanty pro zdraví člověka nezbytné?“ (Zdroj: vlastní)

V návaznosti na předchozí otázku je v otázce č. 5 kladen dotaz na podstatu antioxidantů v lidském zdraví. 86 % probandů se správně domnívá, že antioxidanty jsou důležité látky, bez kterých se správně fungující organismus člověka neobejde. 14 % respondentů, kteří nezodpověděli tuto otázku správně, jsem již do vyhodnocení

následujících čtyř otázek nezařadila, protože u nich není předpoklad dalších relevantních znalostí.



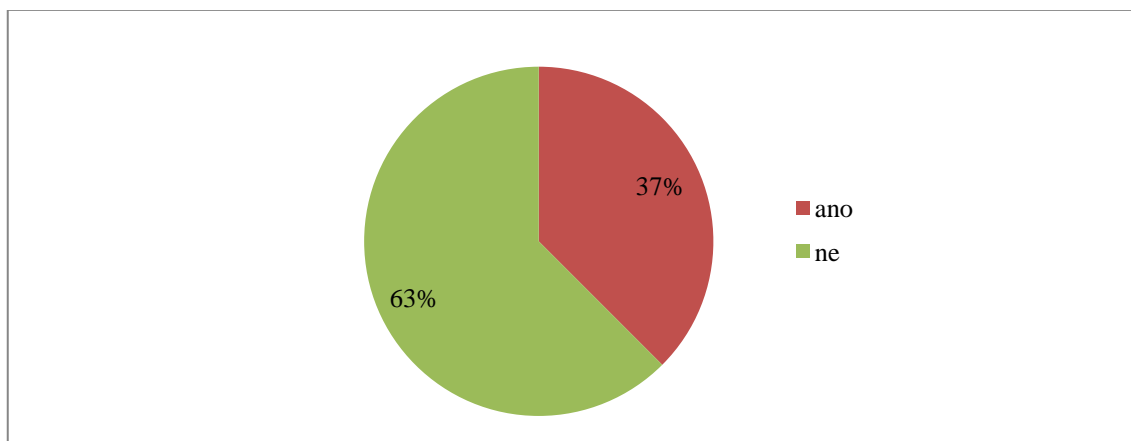
**Graf 5** Vyhodnocení správnosti odpovědi na otázku č. 6: „Jak byste definoval/a pojem antioxidanty na základě následujících tvrzení?“ (Zdroj: vlastní)



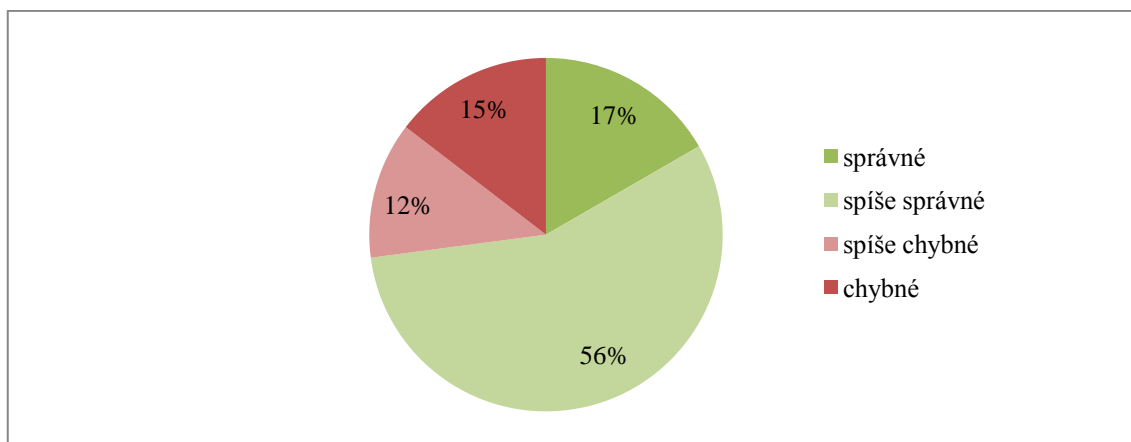
**Graf 6** Zastoupení označených možností u otázky č. 6 (Zdroj: vlastní)

U otázky č. 6 bylo cílem zjistit znalost pojmu antioxidanty a základních funkcí antioxidantů v organismu. Z odpovědí bylo možné vybrat tři správné z celkem šesti možností. Z grafů 5 a 6 lze vidět, že správné možnosti byly označovány nejčastěji. Nejjistější si probandi byli u tvrzení, že antioxidanty jsou látky, které neutralizují činnost volných radikálů (*b*) nebo že fungují také jako vitamíny (*d*). Zároveň se ale ve větší míře respondenti mylně domnívali, že antioxidanty jsou látky, které zajišťují oksylčení krve (*a*) nebo napomáhají tvorbě svalové hmoty (*c*). Pokud respondent zakroužkoval tři nebo dvě správné odpovědi, je takové hodnocení uvedeno jako *správné* nebo *spíše správné*. Jedna správná označená odpověď je v celkovém vyhodnocení uvedena jako *spíše chybná*, protože je zde vysoké riziko, že taková odpověď byla

vybrána náhodně a neznačí další předpoklad k vyšším znalostem. Posouzení *chybné* bylo přiřazeno respondentům s nejméně jednou nesprávnou odpovědí. Na základě těchto výsledků jsem vyhodnocovala odpovědi na dalších pět otázek. Analyzovala jsem tedy výsledky pouze těch probandů, kteří v otázce č. 6 odpověděli *správně* nebo *spíše* *správně*.



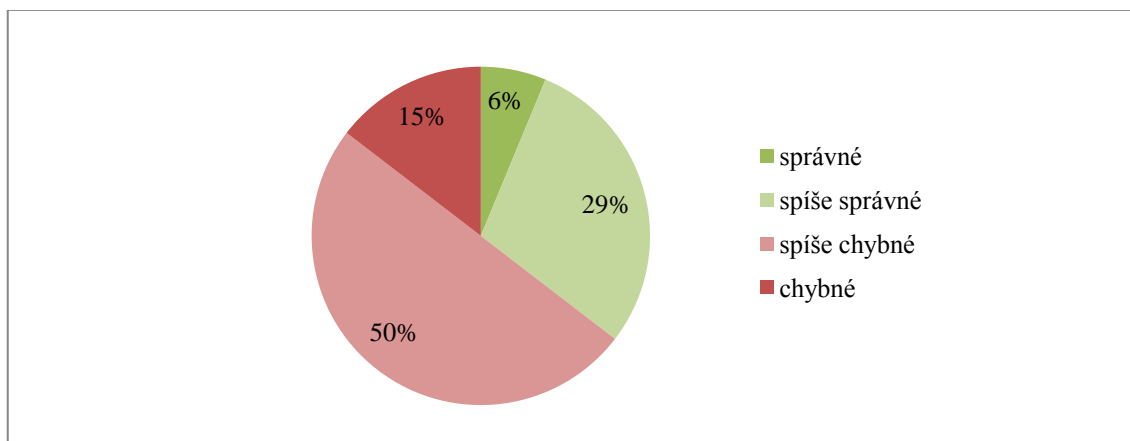
**Graf 7** Vyhodnocení odpovědí na otázku č. 7: „Domníváte se, že organismus využije přirozené antioxidanty (z potravin) stejně jako syntetické (z doplňků stravy v dražé, tabletách, kapkách apod.)?“  
(Zdroj: vlastní)



**Graf 8** Vyhodnocení správnosti odpovědí na otázku č. 8: „Jaké vybrané potraviny pokládáte za nejlepší zdroje přirozených antioxidantů?“ (Zdroj: vlastní)

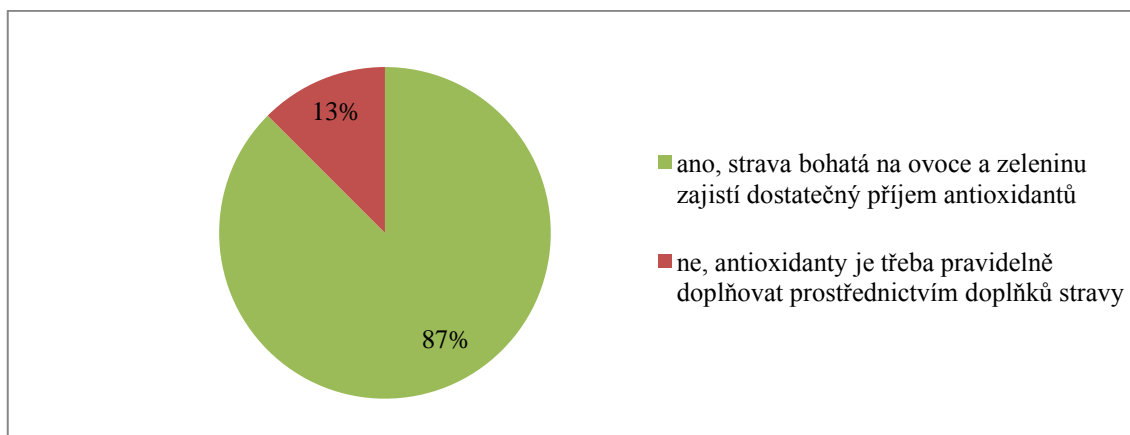
Otázka č. 7 je zařazena ve funkci spojovací otázky, která uvádí do problematiky přirozených a syntetických antioxidantů. Je zde položena zejména k tomu, aby si respondent uvědomil, jaký je v těchto druzích antioxidantů základní rozdíl ve výskytu. Správnou odpověď *ne* na tuto otázku označilo 30 ze 48 respondentů. Otázka č. 8 zjišťuje, zda studenti umí určit, ve kterých potravinách se nachází přirozené antioxidanty v nejvyšším množství. Na výběr bylo z šesti možností, ze kterých tři byly

správné – ovoce, zelenina a luštěniny. Tyto tři druhy potravin označilo 8 studentů, tedy 17 % ze 48 dotazovaných. 56 % respondentů označilo 2 správné odpovědi, a je tedy jejich úsudek považován za *spíše správný*. Stejně jako v předchozím hodnocení je pouze jedna správná odpověď, považována za *spíše chybnou* a nesprávné odpovědi jsou řazeny do kategorie *chybné*.

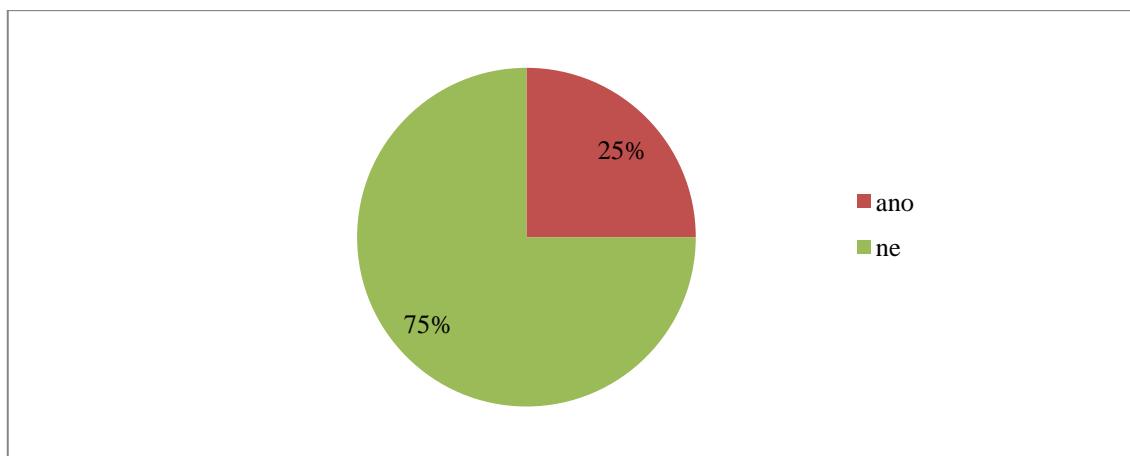


**Graf 9** Vyhodnocení správnosti odpovědí na otázku č. 9: „Které z vybraných látek považujete za přirozené antioxidanty?“ (Zdroj: vlastní)

Správnost odpovědí byla určována stejně jako u předchozích grafů na stejném principu. Z výsledků v grafu vyplývá, že otázka č. 9 je zaměřená na hlubší znalosti, kterými disponuje menší zlomek studentů. Respondenti měli vybrat z konkrétních látek ( $\beta$ -karoten, vápník, sodík, vitamín C, koenzym Q10 a selen) ty, které považují za přirozené antioxidanty. 3 studenti zodpověděli otázku zcela správně a 14 studentů zakroužkovalo 3 ze 4 správných odpovědí.

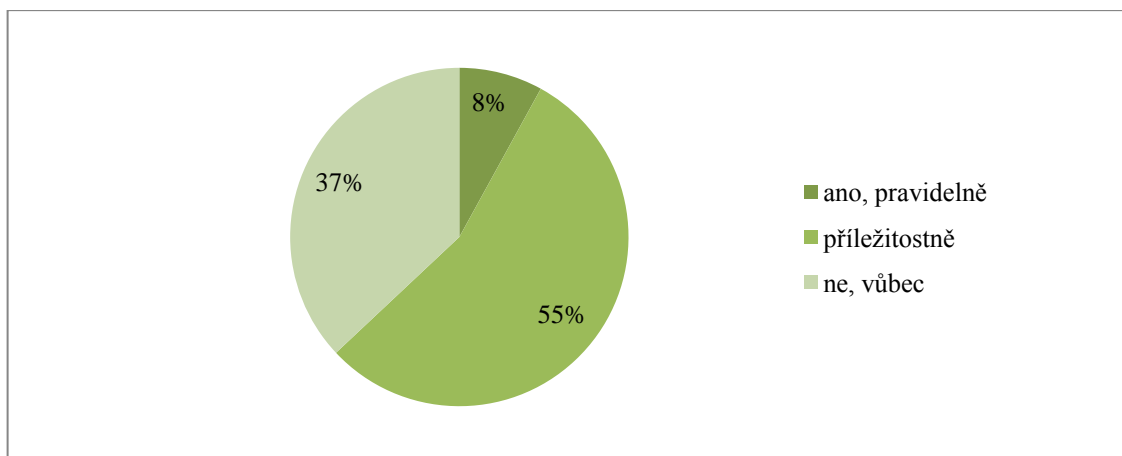


**Graf 10** Vyhodnocení odpovědí na otázku č. 10: „Myslíte, že lze dostatečný příjem antioxidantů zajistit běžnou stravou bohatou na ovoce a zeleninu nebo je třeba pravidelně doplňovat jejich příjem vhodným doplňkem stravy (dražé, tablety, kapky apod.)?“ (Zdroj: vlastní)



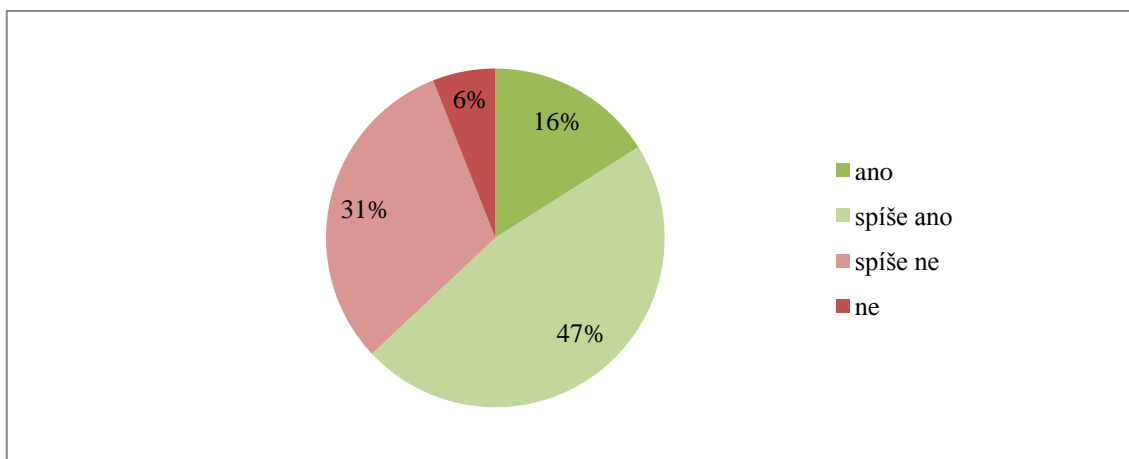
**Graf 11** Vyhodnocení odpovědí na otázku č. 11: „Domníváte se, že z hlediska pozitivních zdravotních účinků antioxidantů, je výhodnější jejich pravidelné užívání jako doplňků stravy?“ (Zdroj: vlastní)

V otázkách č. 10 a 11 jsem se zabývala tím, jak respondenti posuzují rozdíly ve zdravotních účincích přirozených a syntetických zdrojů antioxidantů. Vyhodnocené jsou odpovědi opět u 48 respondentů, kteří prokázali alespoň základní vědomosti o antioxidantech. Většina vyhodnocených odpovědí byla správná v obou případech. Studenti se správně domnívají, že strava bohatá na ovoce a zeleninu, základní zdroje antioxidantů, dokáže pokrýt doporučený denní příjem těchto látek a není tedy třeba dalšího pravidelného doplňování antioxidantů v rámci doplňků stravy. Tři čtvrtiny studentů správně zodpověděly, že i když se antioxidanty nacházejí v doplňcích stravy ve vysokých koncentracích a logicky se tedy jeví tento způsob užívání jako efektivnější, není pravidelné užívání suplementů stravy pro zdraví výhodné. Tyto výsledky lze považovat za uspokojivé, jelikož jak uvádí Pláteník (2009) ve svém přehledu o antioxidantech, pravidelná konzumace doplňků stravy s vysokou koncentrací antioxidačních látek nad doporučený denní příjem u zdravého člověka nemá význam, ba naopak příliš vysoký příjem antioxidantů může narušit fyziologickou rovnováhu těchto látek v těle.



**Graf 12** Odpovědi k otázce č. 12: „Obohacujete svůj jídelníček o doplňky stravy?“ (Zdroj: vlastní)

Otázku č. 12 jsem vyhodnocovala z odpovědí všech sta respondentů. Ukázalo se, že doplňky stravy pravidelně užívá sice jen 8 studentů, příležitostně je to už více než polovina. Ve větší míře uváděné příležitostné užívání doplňků stravy se nabízí jako logická možnost. Jak uvádí Mach (2004) v životě nevyhnutelně dochází k obdobím, kdy je potřeba určitých antioxidantů zvýšená a doplněk stravy může tento nedostatek kompenzovat. Tento fakt potvrzuje také Slimáková (2013), která doplňky stravy považuje za příležitostné a dočasné obohacení běžné stravy.



**Graf 13** Hodnocení odpovědí na otázku č. 13: „Dbáte na dostatečný příjem antioxidantů ze stravy konzumací doporučeného množství 400 g čerstvého ovoce a zeleniny denně?“ (Zdroj: vlastní)

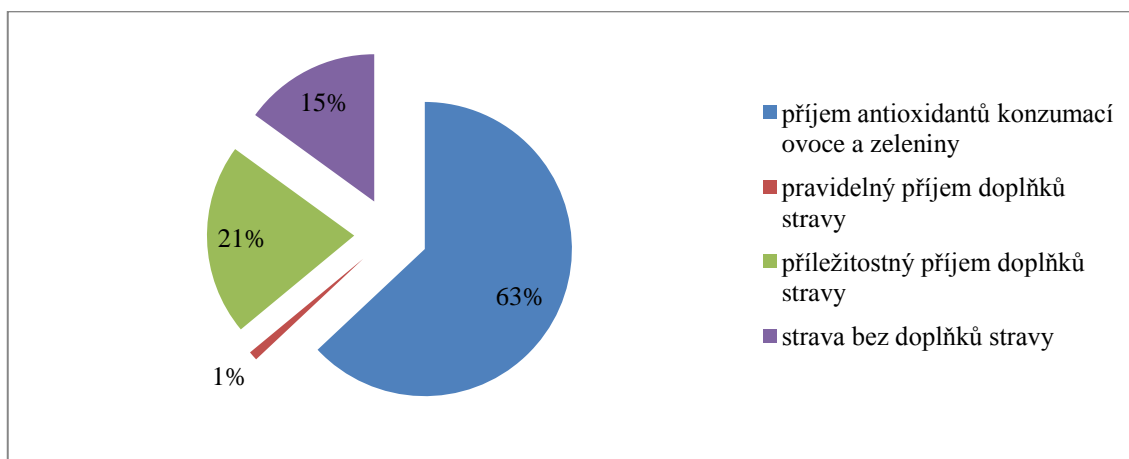
V obecném měřítku je Česká republika zemí, kde je nízká konzumace ovoce a zeleniny. Z doporučených 400 g ovoce a zeleniny (vyjma zeleninových a ovocných šťáv) na osobu denně dle Světové zdravotnické organizace je v Česku průměrný příjem těchto potravin dle Zlocha (2003) výrazně pod touto dávkou. V současnosti je denní příjem těchto potravin v Česku na průměrné hodnotě 253 g. Rovněž z výsledků

dotazníků vyplývá, že pouze 16 studentů ze sta dotazovaných dbá na pravidelný příjem ovoce a zeleniny ve své dietě. 47 respondentů uvedlo, že se toto množství snaží přijímat, ale nepravidelně. Zbýlých 37 probandů se na tyto složky stravy nesoustředí a doporučený příjem spíše nedodrží.

**Tab. 1** Srovnání výsledků získaných dotazníkovým šetřením a šetřením ÚZIS ČR (Zdroj: vlastní, ÚZIS ČR (2004))

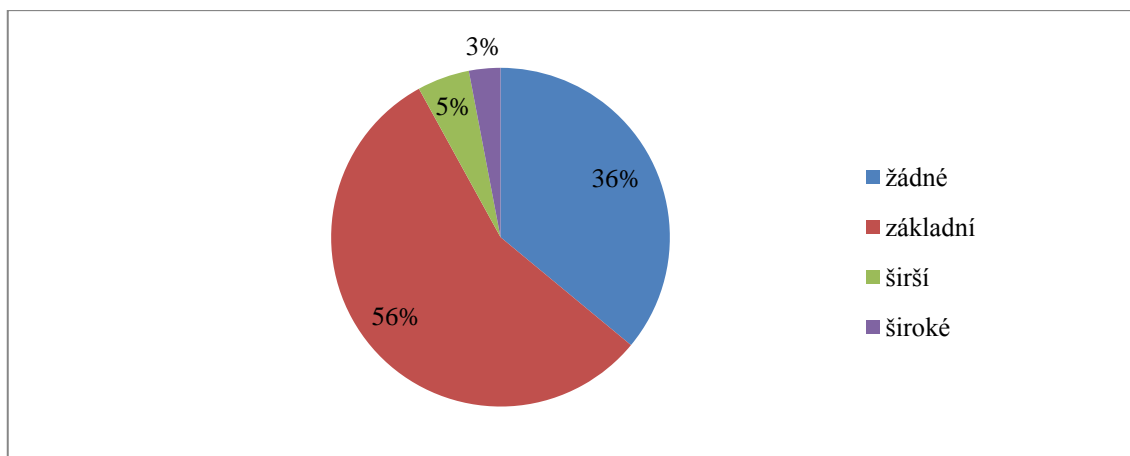
Věková skupina	Prevalence nedostatečného příjmu ovoce a zeleniny (%)	
	muži	ženy
17-19 let	30	43
18-29 let	82,4	75,3

Šetření o zdraví Ústavu zdravotnických informací a statistiky vypracované Hrkalem (2004) přineslo poměrně rozdílné výsledky ve srovnání s dotazníkovou akcí, i když se stejným závěrem. Z obou výsledků je v různém poměru patrné, že pouze relativně malá část naší populace splňuje jeden z požadavků zdravé výživy, kterou je konzumace 400 g ovoce a zeleniny denně. Výrazné rozdíly obou šetření mohou být důsledkem rozdílnosti věkové kategorie skupin a částečně také téměř desetiletým rozdílem mezi oběma šetřeními.

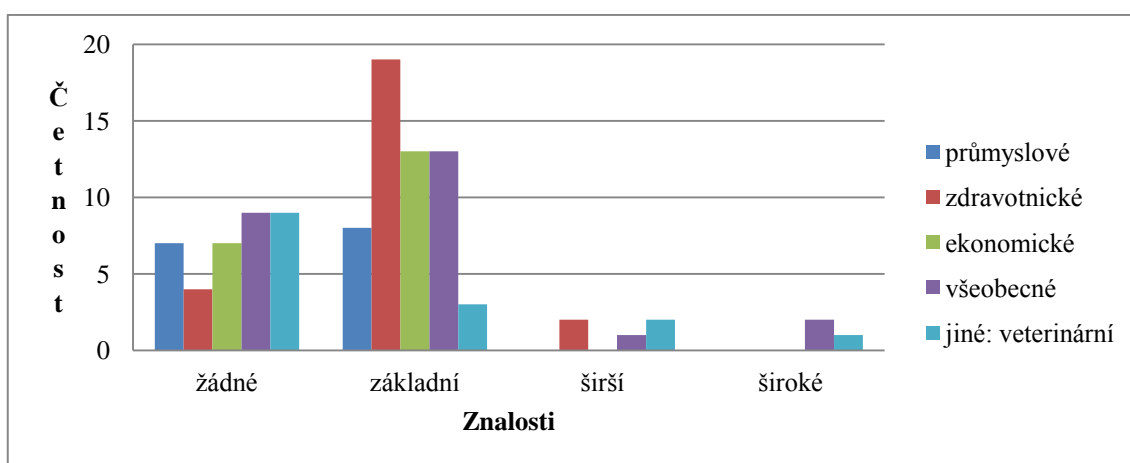


**Graf 14** Konzumace doplňků stravy při nedostatku ovoce a zeleniny v dietě (Zdroj: vlastní)

V návaznosti na otázku č. 13, jsem vytvořila graf, který uvádí, jak respondenti, kteří se nedrží doporučeného denního příjmu zeleniny a ovoce v běžné dietě, nahrazují tento nedostatek doplňky stravy. Navzdory faktu, že příjem ovoce a zeleniny ve stravě není u těchto probandů dostatečný, výsledky ukazují, že suplementy jsou jen příležitostným doplněním stravy.



**Graf 15** Schéma úrovně znalostí o antioxidantech mezi respondenty (Zdroj: vlastní)



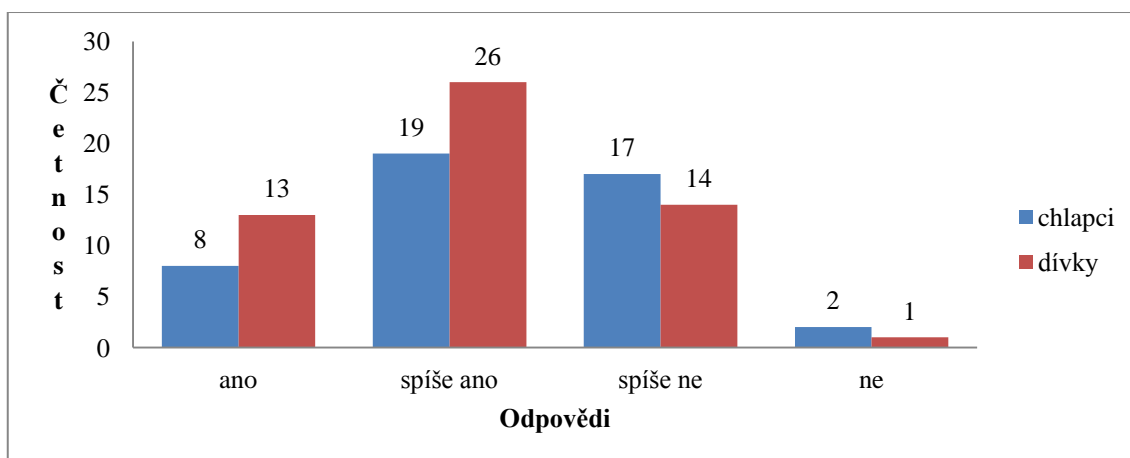
**Graf 16** Porovnání úrovně znalostí dle studovaných oborů (Zdroj: vlastní)

Výšečový graf 15 ukazuje rozdělení respondentů dle úrovně vědomostí o antioxidantech prokázaných při vyplňování dotazníků. Označení vědomostí jako *žádné* získalo 36 % respondentů, kteří v otázce č. 5 odpověděli, že antioxidanty jsou pro člověka postradatelnými látkami nebo chybně určili definici pojmu v otázce č. 6. 56 % probandů, kteří mají *základní* vědomosti o antioxidantech, ví, že antioxidanty jsou esenciální látky pro lidský organismus, u 6. otázky označili dvě možnosti ze tří správných, ale u otázky č. 8 už nedokázali přesně určit, ve kterých potravinách se antioxidanty nacházejí. *Širší* znalosti o antioxidantech bylo uznáno u 5 % studentů, kteří dokázali přiřadit tři správná tvrzení o antioxidantech v otázce č. 6, zároveň přesně ví, ve kterých potravinách lze antioxidanty nalézt, ale v otázce č. 9 nedokázali přesně označit látky, které jsou antioxidanty. Ve zkoumaném souboru byli 3 studenti se *širokými* znalostmi o antioxidantech, kteří správně zodpověděli všechny otázky. Provedla jsem srovnání úrovní znalostí v závislosti na zaměření studovaných oborů. Studenti, kteří

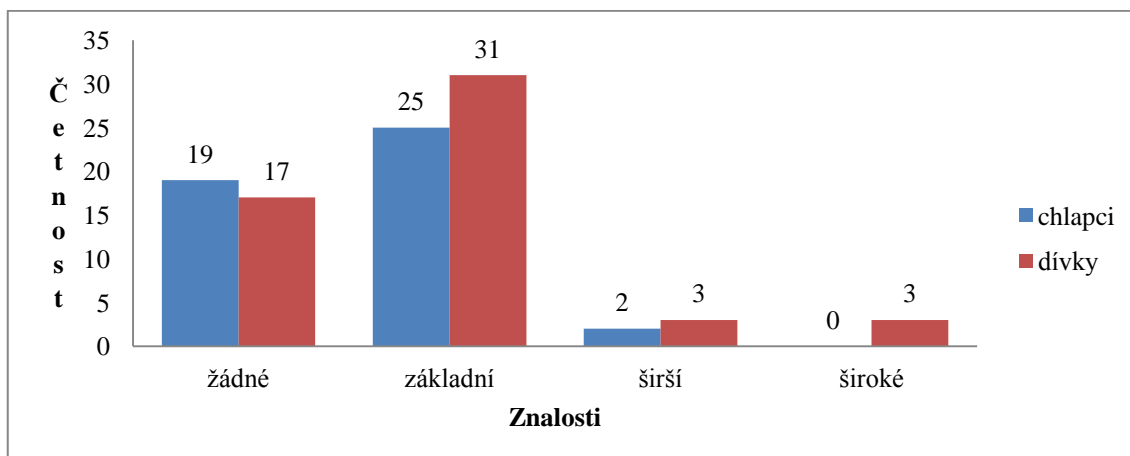


prokázali širší nebo široké znalosti antioxidantů pocházeli z gymnázií, zdravotnické a veterinární střední školy. Nejméně vědomostí o antioxidantech mají průmyslově a ekonomicky zaměřené obory. Tyto výsledky jsou odpovídající vzhledem k zaměření oborů.

Z dotazníků jsem dále porovnávala rozdílné odpovědi u chlapců a dívek na otázku č. 4 zaměřené na zájem o zdraví a zjišťovala jsem, zda se tento zájem projevil i na celkovém zhodnocení úrovně vědomostí.



**Graf 17** Rozdíly v zájmu o zdraví u chlapců a dívek u otázky č. 4 (Zdroj: vlastní)



**Graf 18** Rozdíly v úrovních znalosti antioxidantů u chlapců a dívek (Zdroj: vlastní)

Z výsledků odpovědí v grafech 17 a 18 u otázky č. 4, která zjišťuje zájem o zdraví, zdravou výživu a zdravý životní styl je zřetelné, že dívky projevují větší zainteresovanost do této problematiky než chlapci. 39 dívek a 27 chlapců projevuje zájem o zdravý životní styl. Tento fakt se odrazil také v úrovni znalosti antioxidantů. Nejlepšími vědomostmi o antioxidantech disponují pouze dívky, vedle toho širší

informovanost mají 3 dívky a 2 chlapci. I v základních vědomostech mají dívky lepší výsledky. Zde se nejspíše projevila skutečnost, že na ženy je obecně směřován větší tlak společnosti než na muže, co se týče péče o sebe sama, zdraví své i rodiny, o kterou pečují. Tato neznalost může být jednou z příčin, proč jsou muži častěji postiženi civilizačními chorobami, které vedou k obecněmu dřívějšímu úmrtí mužů oproti ženám.

### **Vyhodnocení hypotéz**

Stanovené hypotézy byly z většiny potvrzeny. První hypotéza udala předpoklad, že alespoň polovina respondentů má obecné znalosti o antioxidantech. Analýza výsledků ukázala u 56 % studentů základní neboli obecné vědomosti o antioxidantech a tím se hypotéza potvrdila. Druhá hypotéza zněla tak, že desetina studentů dokáže přesně určit, které látky jsou antioxidanty. Skutečné výsledky však ukázaly, že takovými znalostmi disponují pouze 3 % z dotazovaných. Tato hypotéza se tedy nepotvrdila. Třetí hypotézou byl předpoklad, že studenti upřednostňují běžnou stravu bohatou na ovoce a zeleninu před konzumací doplňků stravy. Na pravidelný příjem ovoce a zeleniny dbá 63 % studentů, zatímco pravidelné obohacování diety doplňky stravy zvolilo 8 % respondentů. Z výsledků tedy vychází předpoklad, že jsou antioxidanty přijímány převážně v běžné stravě.

### **Statistické vyhodnocení výsledků**

Na základě postupu Šilera, Váchala, Vinše (1967) je pomocí  $\chi^2$  (chí-kvadrát) testu u otázek č. 5, 7 a 10 zjišťováno, zda mezi dvěma kvalitativními znaky existuje statisticky průkazný vztah. Hladina významnosti je stanovena na 0,01 při stupni volnosti rovném 1 s tabulkovou hodnotou pro  $\chi^2$  6,64.

Otázka č. 5: *Myslíte si, že jsou antioxidanty pro zdraví člověka nezbytné?*

**Tab. 2** Úprava hodnot otázky č. 5 pro určení  $\chi^2$  pomocí Yatesovy korekce<sup>5</sup> (Zdroj: vlastní)

Odpovědi	Ano	Ne	Součty
Dívky	50,5	3,5	54
Chlapci	35,5	10,5	46
Součty	86	14	200

$$\chi^2 = \frac{(35,5 \times 3,5 - 50,5 \times 10,5)^2 \times 200}{86 \times 14 \times 54 \times 46} \cong 11,02$$

$$\chi^2 > 6,64$$

Z výsledku vyplývá, že mezi odpověďmi dívek a chlapců existuje průkazný vztah na hladině významnosti 0,01.

Stejným způsobem byly vyhodnoceny odpovědi u otázky č. 7 a 10. Výsledky ukázaly neprůkazné vztahy mezi odpověďmi na hladině významnosti 0,01.

---

<sup>5</sup> Yatesova korekce vyrovnává problém binomického rozdělení, které na rozdíl od  $\chi^2$  není spojité. Princip úpravy spočívá v tom, že hodnoty, které přesahují očekávání, se snižují o 0,5, a naopak ty hodnoty, jež nedosahují očekávání, se o 0,5 zvětšují. (Šiler, Váchal, Vinš; 1967)

## 5 ZÁVĚR

Antioxidanty jsou esenciální látky, které se ve zdravém organismu nachází v rovnováze s volnými radikály. Dostatečnou saturací organismu antioxidanty je bráněno vzniku oxidačního stresu, který je označován za původce vzniku civilizačních onemocnění. Jako nejvýznamnější zdroj přirozených antioxidantů ve výživě člověka je považováno ovoce a zelenina. Ve studii zabývající se příjmem antioxidantů ve stravě obyvatel ČR se však ukázalo, že antioxidanty jsou významně získávány především z nápojů, jako je káva, čaj, pivo a červené víno. Navzdory tomu, že trh nabízí rozmanité druhy ovoce a zeleniny i ostatních racionálních potravin, sestavený dotazník i obecné průzkumy ukazují na nedostatečný příjem těchto surovin v populaci. Česká republika patří mezi země, ve kterých se konzumace zeleniny a ovoce nachází pod doporučeným denním příjmem, který dle Světové zdravotnické organizace činí 400 g. V problematice doplňků stravy se ukazuje jejich užívání jako významné pouze v případě předchozího deficitu antioxidantů v těle. Suplementace by měla být nasazena s rozvahou a přijímány by měly být potřebné látky v přiměřeném množství pro doplnění běžné stravy.

Vyhodnocení praktické části ukázalo důležité výsledky týkající se úrovně znalostí antioxidantů u studentů středních škol a aplikací antioxidantů ve stravě. Pojem antioxidanty zná 64 % ze sta respondentů, z nichž 56 % dokáže tento termín definovat, 5 % zná potravinové zdroje antioxidantů a 3 % ví, jaké látky mezi antioxidanty přiřadit. 63 % z dotázaných studentů přijímá antioxidanty převážně v doporučené denní dávce ovoce a zeleniny denně. Zbývajících 22 studentů, kteří se doporučeného denního příjmu ovoce a zeleniny nedrží, příležitostně doplňuje antioxidanty formou doplňků stravy, z nichž jeden pravidelně a patnáct respondentů vůbec suplementy nepřijímá. Z výzkumu dále vyplývá, že více než polovina respondentů pojem antioxidanty zná a přijímá tyto látky ze stravy. Přesto je důležité zvýšit znalosti o antioxidantech již u mladých lidí a dbát na příjem těchto esenciálních látek z pestré stravy. V rámci výchovy ke zdraví je nutné posílit v populaci Česka stoupající trend racionální výživy a prohloubit informovanost o důležitosti příjmu antioxidantů v jejich přirozené podobě. Pozornost populace by se měla soustředit zejména na kvalitu a pestrost potravin, které kupují.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

AGERBO, Pia, ANDERSEN, Hanne F. *Vitaminy a minerály pro zdravý život*. Praha: Grada, 1997. 146 s. ISBN 80-7169-489-4.

AMAROWICZ, Ryszard, PEGG, Ronald B. Legumes as a source of natural antioxidants. A review. *Eroupean Journal of Lipid Science and Technology*, 2008, roč. 110, s. 865-878.

ARNDT, Tomáš. Bioflavonoidy. *Celostnimedica.cz* [online]. 2004, poslední aktualizace 26. 11. 2008 [cit. 2012-12-27]. Dostupné z: <<http://www.celostnimedica.cz/bioflavonoidy.htm>>.

ARNDT, Tomáš. Mangan. *Celostnimedica.cz* [online]. 2004, poslední aktualizace 11. 12. 2011 [cit. 2012-12-27]. Dostupné z: <<http://www.celostnimedica.cz/mangan.htm>>.

ARNDT, Tomáš. Měď. *Celostnimedica.cz* [online]. 2004, poslední aktualizace 21. 8. 2008 [cit. 2012-12-27]. Dostupné z: <<http://www.celostnimedica.cz/med.htm>>.

ARNDT, Tomáš. Vitamin E. *Celostnimedica.cz* [online]. 2004, poslední aktualizace 29. 8. 2008 [cit. 2012-12-27]. Dostupné z: <<http://www.celostnimedica.cz/vitamin-e-tocoferolum-aceticum-tokoferol.htm>>.

BJELAKOVIC, Goran et al. Mortality in Randomized Trials of Antioxidant Supplements for Primary and Secondary Prevention: Systematic Review and Meta-analysis. *The Journal of the American Medical Association*, 2007, roč. 297, č. 8, s. 842-857.

BLOMHOFF, Rune et al. Health benefits of nuts: potential role of antioxidants. *British Journal of Nutrition*, 2006, roč. 96, č. 1, s. 52-60.

BLOT, William J. et al. Nutrition Intervention Trials in Linxian, China: Supplementation With Specific Vitamin/Mineral Combinations, Cancer Incidence, and Disease-Specific Mortality in the General Population. *Journal of the National Cancer Institute*, 1993, roč. 85, č. 18, s. 1483-1491.

- BORGUINI, Renata G., TORRES, Elizabeth A. Tomatoes and Tomato Products as Dietary Sources of Antioxidants. *Food Reviews International*, 2009, roč. 25, č. 4, s. 313-325.
- CABÁLKOVÁ, Iva. *Antioxidační účinky ovoce a zeleniny*. Brno, 2007. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Danuše Lefnerová.
- COOPER, Karen A. et al. Cocoa and health: a decade of research: A review. *British Journal of Nutrition*, 2008, roč. 99, s. 1–11.
- DRAGLAND, Steinar et al. Several Culinary and Medicinal Herbs Are Important Sources fo Dietary Antioxidants. *The Journal of Nutrition*, 2003, roč. 133, s. 1286-1290.
- ĎURAČKOVÁ, Zdenka. et al. *Volné radikály a antioxidanty v medicíně II*. Bratislava: Slovak Academic Press, 1999. 351 s. ISBN 80-8890-846-9.
- FERNÁNDEZ-MAR, M.I. et al. Bioactive compounds in wine: Resveratrol, hydroxytyrosol and melatonin: A review. *Food Chemistry*, 2012, roč. 130, č. 4, s. 797-813.
- FOŘT, Petr. *Zdraví a potravní doplňky*. 2. vyd. Praha: Euromedia Group, 2011. ISBN 978-80-86938-96-7.
- GHISELLI, Andrea et al. Beer increases plasma antioxidant capacity in humans. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2000, roč. 11, s. 76-80.
- GRAMZA, Anna et al. Antioxidant activity of tea extracts in lipids and correlation with polyphenol content. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2006, roč. 104, s. 351–362.
- HIGDON, Jane V., FREI, Balz. Coffee and Health: A Review of Recent Human Research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2006, roč. 46, č. 2, s. 101-123.
- HO, C.-T. et al. Natural Antioxidants from Tea. In SHAHIDI, Fereidoon et al. *Natural Antioxidants: Chemistry, Health Effects, and Applications*. Champaign, Illinois: The American Oil Chemists' Society, 1997. s. 213-223. ISBN 0-935315-77-2.

HRKAL, Jakub. Světové šetření o zdraví: Výživa a fyzická aktivita. *Aktuální informace Ústavu zdravotnických informací a statistiky České republiky*. 2004, č. 6, 4 s.

JANČA, Jan. *Co nám chybí: kovy, jiné prvky a vitamíny v lidském těle*. Praha: Eminent, 1991. 124 s. ISBN 80-900302-4-6.

JOUDALOVÁ, Kristýna, RÉBLOVÁ, Zuzana. Dietary Intake of Antioxidants in the Czech Republic. *Czech Journal of Food Sciences*, 2012, roč. 30, č. 3, s. 268-275.

KALÁČ, Pavel. *Funkční potraviny kroky ke zdraví*. České Budějovice: Dona, 2003. 130 s. ISBN 80-7322-029-6.

KAUR, Charanjit, KAPOOR, Harish C. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health: A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 2001, roč. 36, s. 703-725.

KEEN, Carl L. et al. Cocoa antioxidants and cardiovascular health. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2005, roč. 81, s. 298-303.

KOMPRDA, Tomáš. *Základy výživy člověka*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. 164 s. ISBN 80-7157-655-7.

LAMUELA-RAVENTÓS, Rosa M., ANDRÉS-LACUEVA, Cristina. More Antioxidants in Cocoa: Letter to the Editor. *The Journal of Nutrition*. 2001, roč. 131, s. 834.

MACH, Ivan. *Doplňky stravy*. Praha: Svoboda Servis, 2004. 157 s. ISBN 80-86320-34-0.

MANDELOVÁ, Lucie. *Antimutagenní aktivita obsahových látek v zelenině a v ovoci*. Brno, 2006. Disertační práce. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. Vedoucí práce Jiří Totušek.

ORTEMBERGOVÁ, Adriana. *Mládneme s antioxidanty*. Praha: Ivo Železný, 2003. ISBN 80-237-3742-2.

OWEN, Robert W. et al. Olive-oil consumption and health: the possible role of antioxidants. A review. *The Lancet Oncology*, 2000, roč. 1, s. 107-112.

- PAIVA, Sergio A. R., RUSSELL, Robert M. Antioxidants and their Clinical Applications:  $\beta$ -Carotene and Other Carotenoids as Antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, 1999, roč. 18, č. 5, s. 426–433.
- PETER, K., V. *Handbook of Herbs and Spices*. díl 1., Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd, 2001. ISBN 1-85573-562-8.
- PLÁTENÍK, Jan. Volné radikály, antioxidanty a stárnutí. *Interní medicína pro praxi*, 2009, roč. 11, č. 1, s. 30-33.
- PODSEDEK, Anna. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT- Food Science and Technology*, 2007, roč. 40, s. 1-11.
- POKORNÝ, Jan. Are natural antioxidants better – and safer – than synthetic antioxidants? *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2007, roč. 109, s. 629-642.
- POKORNÝ, Jan, YANISHLIEVA, Nedyalka, GORDON, Michael H. *Antioxidants in food: Practical applications*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd, 2001. Kapitola 9, 10. Sources of natural antioxidants. s. 159–248. ISBN 0-8493-1222-1.
- RACEK, Jan. *Oxidační stres a možnosti jeho ovlivnění*. Praha: Galén, 2003. 89 s. ISBN 80-7262-231-5.
- SIKORA, Elbieta et al. The Sources of Natural Antioxidants. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 2008, roč. 7, č. 1, s. 5-17.
- SLIMÁKOVÁ, Margit. Potřebujeme suplementovat vitamíny?. In: *Mgr. Margit Slimáková, PhD.: Odborný průvodce zdravím a výživou* [online]. 2013, 30. 3. 2013 [cit. 2013-03-31]. Dostupné z: <http://www.margit.cz/potrebujeme-vitaminy/>.
- STRUNECKÁ, Anna, PATOČKA, Jan. *Doba jedová*. Praha: Triton, 2011. 295 s. ISBN 978-80-7387-469-8.
- ŠEBKOVÁ, Sylva. Vitamin C. *Celostnimediceina.cz*. [online]. 2004, poslední aktualizace 1. 4. 2005 [cit. 2012-12-27]. Dostupné z: <  
<http://www.celostnimediceina.cz/vitamin-c.htm>>.



- ŠILER, Rudolf, VÁCHAL, Jan, VINŠ, Jan. *Matematika v chovatelské praxi*. Praha: SZN, 1967. 238 s.
- ŠTÍPEK, Stanislav et al. *Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci*. Praha: Grada, 2000. 320 s. ISBN 80-7169-704-4.
- TOPLISS, J. G. et al. Natural and synthetic substances related to human health. *Pure and Applied Chemistry*, 2002, roč. 74, č. 10, s. 1957-1985.
- VALKO, Marian et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease: a review. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 2007, roč. 39, s. 44–84.
- VELÍŠEK, Jan, HAJŠLOVÁ, Jana. *Chemie potravin 2*. Tábor: Osis, 2009. 644 s. ISBN 978-80-86659-16-9.
- VINSON, Joe A.; BOSE, Pratima. Comparative bioavailability to humans of ascorbic acid alone or in a citrus extract. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1988, roč. 48, s. 601-4.
- VYSKOČILOVÁ, Jindřiška. *Problematika přídatných látek v potravinářství*. Zlín, 2006 [cit. 2013-02-14]. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, fakulta technologická, vedoucí práce Jak Kupec.
- WALKER, Caroline J. Antioxidants in beer and cider. *AIM* [online]. Poslední aktualizace 18. 11. 2008 [cit. 2013-01-27]. Dostupné z: <<http://www.aim-digest.com/gateway/pages/general/articles/antiox/cider.htm>>.
- WANG, Sunan et al. How natural dietary antioxidants in fruits, vegetables and legumes promote vascular health. A review. *Food Research International*, 2011, roč. 44, s. 14-22.
- WOLF, Augustin et al. *Elixíry života*. Praha: Pragma, 1997. 306 s. ISBN 80-7205-432-5
- YOUNG, I. S., WOODSIDE, J. V. Antioxidants in health and disease. *Journal of Clinical Pathology*, 2001, roč. 54, s. 176–186.
- ZLOCH, Zdeněk. Zdravotní efekt polyfenolů z hlediska jejich příjmu a využitelnosti. *Vojenské zdravotnické listy*, 2003, roč. 72, č. 5, s. 226-230.

## **7 SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha I      Tab. 3 Obsah některých antioxidantů v jedlém podílu vybraného ovoce a zeleniny
- Tab. 4 Obsah vybraných flavonoidů ve vybraných potravinách
- Příloha II      Tab. 5 Příjem antioxidantů v určitých kategoriích potravin u mužů a žen v ČR
- Příloha III     Vzor dotazníku použitého k metodické části bakalářské práce

## 8 PŘÍLOHY

### Příloha I

**Tab. 3** Obsah některých antioxidantů v jedlém podílu vybraného ovoce a zeleniny (Zdroje: Velíšek, Hajšlová, 2009; Kalač, 2003; Ortembergová, 2003; Komprda, 2003)

<b>Vitamín C</b>			
<b>Potravina</b>	<b>mg/kg</b>	<b>Potravina</b>	<b>mg/kg</b>
Šípky	2500-10000	Kiwi	700-1270
Petržel kadeřavá	1500-2700	Papája	620-980
Rybíz černý	1100-3000	Křen	450-1200
Brokolice	1100-1130	Špenát	350-840
Kapusta růžičková	1000-1030	Angrešt	330-480
Paprika (různé druhy)	620-3000	Citrony	300-640
Kapusta hlávková	700-1400	Rybíz červený	200-500
<b>Vitamín E</b>			
<b>Potravina</b>	<b>mg/kg či mg/l</b>	<b>Potravina</b>	<b>mg/kg</b>
Olej z pšeničných klíčků	1650-3000	Ryby	4-80
Sójový olej	530-2000	Vejce	5-30
Slunečnicový olej	270-900	Sýry	3,0-3,5
Řepkový olej	140-850	Rajčata	3,6-4,9
Vlašské ořechy	35,4	Sójové boby	2,7-13
Mouka pšeničná	15-50	Mrkev	2,5-4,5
Špenát	16-25	Pomeranče	2,4-2,7
Máslo	10-50	Jablka	1,8-7,4
Vepřové sádlo	6-30	Rýže	0,4-4,5
<b>β-karoten</b>			
<b>Potravina</b>	<b>mg/kg</b>	<b>Potravina</b>	<b>mg/kg</b>
Mrkev	76	Kopr	45
Brokolice	10	Kadeřavá petržel	55
Růžičková kapusta	4,3	Rajčata	6,6
Špenát	33	Paprika červená	29
Hlávkový salát	9,8	Paprika žlutá	1,5
Celerová nať	29	Paprika zelená	2,4
Pór	10		

<b>Selen</b>			
<b>Potravina</b>	<b>µg/100 g</b>	<b>Potravina</b>	<b>µg/100 g</b>
Kokosový ořech	800	Petržel	70
Ječmen	200	Křen	60
Pšenice	130	Hrášek	50
Obilné klíčky	110	Sója	50
Obilné vločky	100	Ledviny	100-190
Kešu ořechy	100	Ryby	5-40
<b>Zinek</b>			
<b>Potravina</b>	<b>mg/100 g</b>	<b>Potravina</b>	<b>mg/100 g</b>
Ječné klíčky	20	Ovesné vločky	12
Vejce	18	Maso	1-4
Obilné klíčky	15	Játra	1- 11
Piniová jádra	14	Mléčné výrobky	2-4

**Tab. 4** Obsah vybraných flavonoidů ve vybraných potravinách (Zdroj: Mandelová, 2006)

<b>Podtřída flavonoidů</b>	<b>Potravina či nápoj</b>	<b>Množství (mg/kg)</b>	<b>Podtřída flavonoidů</b>	<b>Potravina či nápoj</b>	<b>Množství (mg/kg)</b>
Flavanoly	Olivy	270-830	Flavanoly	Hrušky	70-420
	Cibule	347		Červené víno	274
	Kapusta	321		Bílé víno	35
	Salát listový	308		Čaj zelený, listy	128-226 g/kg
	Brusinky	249	Isoflavony	Sójové boby, zralé, suché	888-2407
Flavony	Celer	130		Sójové ořechy	1437-2363
	Olivy	6-29		Sójová mouka	1036-1778

## Příloha II

**Tab. 5** Příjem antioxidantů v určitých kategoriích potravin u mužů a žen v ČR (Zdroj: Joudalová, Réblová, 2012)

Kategorie potravin	Příjem antioxidantů (mmol/den)		Podíl příjmu antioxidantů (%)	
	muži	ženy	muži	ženy
Tuky	0,102	0,082	0,6	0,5
Cukr a cukrovinky	0,428	0,378	2,7	2,5
Káva	7,168	8,184	43,1	54,6
Čaj	1,241	1,400	7,5	9,3
Ostatní nealkoholické nápoje	0,920	1,050	5,5	7,0
Pivo	2,496	0,266	15,0	1,8
Víno	0,421	0,544	2,5	3,6
Destiláty	0,002	0,001	0,0	0,0
Obilné produkty	0,717	0,459	4,3	3,1
Zelenina a zeleninové produkty	1,014	0,827	6,1	5,5
Ovoce a ovocné produkty	0,604	0,790	3,6	6,5
Luštěniny	0,030	0,029	0,2	0,2
Maso a masné produkty	0,437	0,184	2,6	1,2
Sýr	0,022	0,018	0,1	0,1
Mléko a mléčné produkty	0,090	0,127	0,5	0,8
Vejce a produkty z vajec	0,031	0,023	0,2	0,2
Koření	0,526	0,277	3,2	1,8
Ořechy a semena	0,157	0,102	0,9	0,7
Polotovary	0,058	0,023	0,3	0,2
Ostatní potraviny	0,070	0,048	0,4	0,3

## Příloha III

### Vzor použitého dotazníku k metodické části bakalářské práce (Zdroj: vlastní)

Dobrý den,

jmenuji se Nikola Novotná a jsem studentkou oboru Výchova ke zdraví na Pedagogické fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Toto je anonymní dotazníkové šetření, které bude výhradně sloužit ke zpracování bakalářské práce na téma „Zdroje a způsoby saturace organismu antioxidanty“. Základním cílem tohoto dotazníku je zjistit, jaké jsou znalosti u studentů středních škol o antioxidantech a jejich zdrojích.

Zakroužkujte, prosím, pouze jednu příslušnou možnost Vaší odpovědi, pokud není uvedeno jinak.

1. Jaké je Vaše pohlaví?
  - a) muž
  - b) žena
  
2. Jaký je Váš věk? .....
  
3. Zaměření studovaného oboru:
  - a) všeobecné
  - b) zdravotnické
  - c) ekonomické
  - d) průmyslové
  - e) jiné: .....
  
4. Zajímáte se o své zdraví, zdravou výživu a zdravý životní styl?
  - a) ano
  - b) spíše ano
  - c) spíše ne
  - d) ne
  
5. Myslíte si, že jsou antioxidanty pro zdraví člověka nezbytné?
  - a) ano
  - b) ne
  
6. Jak byste definoval/a pojem antioxidanty na základě následujících tvrzení? (Možnost více odpovědí)  
„Antioxidanty jsou látky, které...
  - a) ... zajišťují oxysličení krve.“
  - b) ... neutralizují negativní účinky volných radikálů.“
  - c) ... napomáhají tvorbě svalové hmoty.“
  - d) ... fungují také jako vitamíny.“
  - e) ... pomáhají snižovat hladinu škodlivého LDL cholesterolu v krvi.“
  - f) ... způsobují obezitu.“

7. Domníváte se, že organismus využije přirozené antioxidanty (z potravin) stejně jako syntetické (z doplňků stravy v dražé, tabletách, kapkách apod.)?  
a) ano  
b) ne
8. Jaké vybrané potraviny pokládáte za nejlepší zdroje přirozených antioxidantů?  
(Možnost více odpovědí)  
a) uzeniny  
b) ovoce  
c) vejce  
d) bílé pečivo  
e) zelenina  
f) luštěniny
9. Které z vybraných látek považujete za přirozené antioxidanty?  
(Možnost více odpovědí)  
a)  $\beta$ -karoten  
b) vápník  
c) sodík  
d) vitamín C  
e) koenzym Q10  
f) selen
10. Myslíte, že lze dostatečný příjem antioxidantů zajistit běžnou stravou bohatou na ovoce a zeleninu nebo je třeba pravidelně doplňovat jejich příjem vhodným doplňkem stravy (ve formě dražé, tabletách, kapkách apod.)?  
a) ano, strava bohatá na ovoce a zeleninu zajistí dostatečný příjem antioxidantů  
b) ne, antioxidanty je třeba doplňovat prostřednictvím doplňků stravy
11. *Doplňky stravy vyráběné farmaceutickým průmyslem obsahují ve srovnání s běžnými potravinami zpravidla vysoké koncentrace antioxidantů. Domníváte se, že z hlediska pozitivních zdravotních účinků antioxidantů, je výhodnější jejich pravidelné užívání jako doplňků stravy?*  
a) ano  
b) ne
12. Obohacujete svůj jídelníček o doplňky stravy?  
a) ano, pravidelně  
b) příležitostně  
c) ne, vůbec
13. Dbáte na dostatečný příjem antioxidantů ze stravy konzumací doporučené dávky 400 g čerstvého ovoce a zeleniny denně?  
a) ano  
b) spíše ano  
c) spíše ne  
d) ne

Děkuji za Vaši ochotu a spolupráci.