

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**BRNO 2015**

**AMÁLIE URBIŠOVÁ**



**Modulace imunitního systému člověka výživou**  
Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*  
prof. MVDr. Ing. Tomáš Komprda, CSc.

*Vypracovala:*  
Amálie Urbišová

---

Brno 2015

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci: Modulace imunitního systému člověka výživou vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu této bakalářské práce prof. MVDr. Ing. Tomáši Komprdovi CSc. za cenné rady a připomínky, poskytnutí materiálů a odborné vedení práce. Zároveň bych chtěla poděkovat své rodině a všem svým blízkým za podporu při studiu.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zaměřuje na nutraceutika, složky funkčních potravin, které lze využívat při léčbě i jako prevence poruch imunitního systému. V úvodu se práce zabývá strukturou a důležitými funkcemi imunitního systému. Následuje stručná klasifikace poruch, které s imunitou organismu souvisí. Podrobněji je v této kapitole popsána potravinová alergie, jedna z poruch imunity, jejíž projevy jsou snadno výživou ovlivnitelné. Dále práce objasňuje vliv mikroflóry tlustého střeva na imunitní systém. Další kapitola se zabývá problematikou funkčních potravin, jejich vlastnostmi a využitím. Důležitá část práce se věnuje jednotlivým složkám funkčních potravin, které svým imunomodulačním účinkem přispívají k lepšímu stavu imunitního systému člověka. Tato kapitola zahrnuje stručnou charakteristiku nutraceutik, jejich působení na imunitu, výskyt v potravinách a denní doporučený příjem.

**Klíčová slova:** obranyschopnost, potravinová alergie, mikroflóra gastrointestinálního traktu, funkční potraviny, nutraceutika, imunomodulace, civilizační choroby

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis focuses on nutraceuticals, compounds of functional food, that can be used for treatment or as a prevention of diseases. Structure and important functions of immune system are described in the introduction of the thesis. Following sententious classification diseases, which is connected with immunity of organism. In this chapter it is described food allergy in detail, because its demonstrations are closely connected with nutrition. Thesis demonstrates influence colon intestine microflora on immune system. Next chapter describes problems of functional food, their characteristics and utilization. The important part of the thesis attends to several compounds of functional food, that makes a better immune system. This chapter includes sententious characteristic of nutraceuticals, their functioning on immunity, listing of food sources and recommended daily intake.

**Key words:** immunity, food allergy, gastrointestinal tract microflora, functional food, nutraceuticals, immunomodulation, civilizing diseases

## OBSAH

1	Úvod.....	8
2	Cíl práce.....	9
3	Imunitní systém.....	10
3.1	Antigen.....	10
3.2	Orgány imunitního systému.....	11
3.2.1	Primární lymfatické orgány.....	11
3.2.2	Sekundární lymfatické orgány.....	12
3.3	Buňky imunitního systému.....	14
3.4	Nespecifická imunita.....	15
3.4.1	Buněčná nespecifická imunita.....	15
3.4.2	Humorální nespecifická imunita.....	16
3.5	Specifická imunita.....	16
3.5.1	Buněčná specifická imunita.....	17
3.5.2	Humorální specifická imunita.....	17
3.6	Zánět.....	18
3.7	Cytokiny.....	19
4	Poruchy imunitního systému.....	20
4.1	Imunodeficience.....	20
4.2	Autoimunitní onemocnění.....	21
4.3	Alergie.....	21
4.3.1	Potravinová alergie.....	21
4.3.2	Potravinová intolerance.....	23
5	Funkční potraviny ovlivňující imunitní systém.....	24
5.1	Nutriceutika.....	25
6	Imunita zažívacího traktu.....	26
6.1	Probiotika.....	27
6.2	Prebiotika.....	28
6.3	Synbiotika.....	30
7	Nutriceutika s imunomodulačním účinkem.....	31
7.1	Mastné kyseliny.....	31
7.1.1	Konjugovaná kyselina linolová.....	33

7.2	Bílkoviny a aminokyseliny .....	33
7.2.1	Arginin .....	34
7.2.2	Glutamin .....	34
7.2.3	Taurin.....	35
7.3	Sacharidy.....	35
7.3.1	Beta-glukany .....	35
7.4	Vitaminy.....	36
7.4.1	Vitamin A .....	37
7.4.2	Vitamin D .....	37
7.4.3	Vitamin E.....	38
7.4.4	Vitamin C.....	39
7.4.5	Vitamin B <sub>6</sub> .....	40
7.5	Minerální látky .....	41
7.5.1	Zinek .....	41
7.5.2	Selen.....	42
7.6	Fytochemikálie .....	42
7.6.1	Karotenoidy .....	42
7.6.2	Flavonoidy .....	43
8	Závěr .....	45
9	Seznam použité literatury .....	46

## 1 ÚVOD

Člověk se od narození setkává s nepřetržitým nápoem bakterií, virů a dalších látek, jež nepříznivě působí na organismus. Proto je důležité, aby tělo bylo schopno se proti těmto patogenům bránit. Funkci určitého obranného štítu vykonává imunitní systém člověka.

Na imunitní systém působí celá řada faktorů, jako je věk, fyzický i psychický stres, spánek či životní prostředí a v neposlední řadě také nutriční stav jedince. Pro správné fungování imunitní systém potřebuje dostatek energie. Tu získává převážně ze stravy v podobě živin.

Strava jako taková se uplatňuje nejen jako zdroj energie pro správnou funkci imunity, ale také jako imunomodulační složka, která je schopna ovlivnit průběh stále více rozšířených chronických onemocnění, jako jsou alergie, astma či zánětlivá střevní onemocnění. Právě výskyt alergických onemocnění v posledních desetiletích celosvětově stoupá. Konkrétně alergií na potraviny v současné době trpí 2-4% dospělých a 6-8% dětí do 3 let věku. Imunitní systém se také zúčastňuje dalších, v dnešní době stále více obávaných, civilizačních onemocnění, kardiovaskulárních onemocnění či rakoviny.

Průběh všech těchto nemocí lze tedy regulovat vhodnou výživou. Jednou z možností, jak snížit jejich výskyt nebo jak jim předcházet, je konzumace funkčních potravin. Hlavní myšlenkou funkčních potravin je podpořit prostřednictvím jejich složek (nutriceutik) zdraví konzumenta a přispět k jeho dobrému fyzickému i psychickému stavu.



## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem této bakalářské práce s názvem Modulační imunitního systému člověka výživou bylo vypracovat literární rešerši týkající se této tematiky. V úvodu práce je popsána struktura a důležité funkce i poruchy imunitního systému člověka. Dále práce objasňuje problematiku funkčních potravin, vysvětluje jejich základní charakteristiky a použití. Stěžejní část práce se věnuje nutriceutikům, která jako složky funkčních potravin mohou ovlivnit fungování imunitního systému.

### 3 IMUNITNÍ SYSTÉM

Imunitní systém patří ke třem hlavním systémům, které se podílejí na zachování homeostázy organismu. Mezi tyto regulační systémy dále řadíme systém nervový a endokrinní systém. Na rozdíl od těchto dvou systémů, je imunitní systém mechanismem obranným, který je schopen chránit organismus před cizorodými látkami, jako jsou například patogenní bakteriální a virové antigeny nebo toxiny (TUREK, ŠÍMA & MICHALOVÁ, 2013).

Od ostatních systémů se také imunitní systém odlišuje tím, že není tvořen přesně ohraničenou anatomickou strukturou. Je rozptýlen v celém lidském těle ve formě buněk a tkání a jeho hmotnost u dospělého člověka dosahuje až 1000 g (FERENČÍK, 2005).

Hlavní funkcí imunitního systému je rozeznání škodlivých a neškodných látek ze zevního i vnitřního prostředí. Tuto funkci umožňují mechanismy obranyschopnosti, autotolerance a imunitního dohledu. Obranyschopnost se stará o rozpoznání vnější škodliviny. Chrání tedy organismus proti mikrobům a jejich toxinům. Autotolerance umožňuje rozeznat tělu vlastní tkáně a molekuly. Předchází tím autoimunitním reakcím. Imunitní dohled je důležitý například pro ochranu organismu před onkologickými onemocněními, před stáráním produktů metabolismu a starých buněk (HOŘEJŠÍ et al., 2013).

Aby byla udržena homeostáza organismu a dobrý zdravotní stav člověka, musí tyto mechanismy dobře fungovat. Občas se ale může stát, že dojde k poruchám regulačních mechanismů, které způsobí narušení homeostázy. Tyto poruchy se projevují ve formě imunodeficiencí, alergií a autoimunitních onemocnění (ŠTERZL, 2005).

Organismus má k dispozici množství nescifických obranných mechanismů jako kůže, sliznice a mukózní sekreci. V případě, že jakýkoliv organismus prolomí tuto povrchovou bariéru, setkává se s dalšími úrovněmi obrany, vrozenou a získanou imunitní odpovědí (GREDEL, 2011).

#### 3.1 Antigen

Antigen je látkou, která vyvolává produkci protilátek imunitního systému. Nejčastějšími antigeny jsou látky zevního prostředí (exoantigeny), např. mikroorganismy a jejich toxiny. Existují také antigeny organismu vlastní (endoantigeny). Organismus reaguje na

přítomnost antigenu aktivací a tvorbou B- a T-lymfocytů. B-lymfocyty se následně přeměňují na buňky plazmatické, které jsou odpovědné za tvorbu protilátek. Antigenem mohou být proteiny, glykoproteiny, polysacharidy, lipoproteiny, nukleové kyseliny a jejich fragmenty, cytoplazmatické části mikrobů aj.

Komplexní reakce imunitního systému vede k eliminaci antigenu. Protilátka se váže na antigen jen ve zcela specifickém místě – epitopu. Část T- a B-lymfocytů se po styku s antigenem diferencuje v paměťové buňky. Tyto buňky uchovávají antigen jako „vzpomínku“ a umožňují tím rychlejší zásah imunitního systému při další expozici stejnému antigenu (SILBERNAGL & LANG, 2012).

## **3.2 Orgány imunitního systému**

Hlavními složkami imunitního systému jsou lymfatické tkáně a orgány. Ty dělíme na primární (centrální) lymfatické orgány a sekundární (periferní) lymfatické orgány. Mezi primární lymfatické orgány řadíme kostní dřeň a brzlík. V těchto místech vznikají buňky imunitního systému a dochází zde i k jejich diferenciaci a zrání. Zatímco periferní lymfatické orgány - slezina, lymfatické uzliny a slizniční lymfatická tkáň hrají důležitou roli při zahájení, koordinaci a paměti imunitní odpovědi (ČÁP & PRŮCHA, 2006).

### **3.2.1 Primární lymfatické orgány**

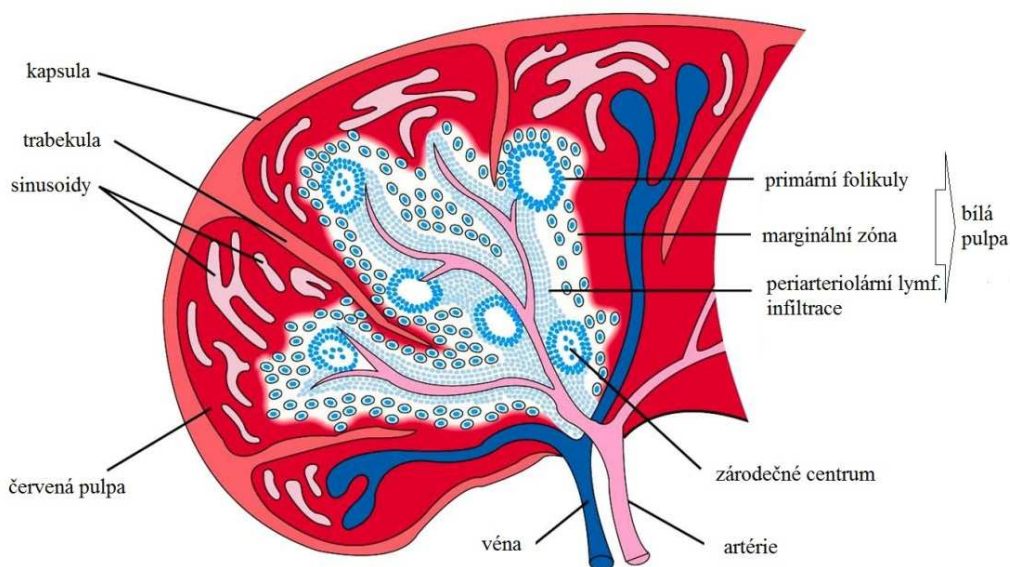
Kostní dřeň je hlavním hemopoetickým orgánem a je umístěna v těle dlouhých kostí. Existují tři typy kostní dřeně, červená, žlutá a šedá. V červené kostní dřeni se tvoří všechny typy leukocytů, erytrocyty a krevní destičky. Žlutá kostní dřeň vzniká v průběhu růstu těla nahrazením červené kostní dřeně a obsahuje tukové buňky. Šedá kostní dřeň je typická pro pozdní věk a vzniká ze žluté kostní dřeně ztrátou tuku (ČIHÁK, 2011).

Brzlík, nebo-li thymus, je endokrinní žláza, která je složena z kůry a z dřeně. V thymu vzniká obrovské množství různých imunohormonů, jež se podílejí na vývoji T-lymfocytů (FERENČÍK, ROVENSKÝ & MAŤHA, 2004). Thymus se nejvíce vyvíjí ihned po narození a v první fázi postnatálního vývoje. V období puberty dochází k jeho postupnému zmenšení. Chybějící brzlík nebo jeho odstranění v novorozeneckém období má zásadní vliv na imunitní systém (LOCHMANOVÁ, 2014).

### 3.2.2 Sekundární lymfatické orgány

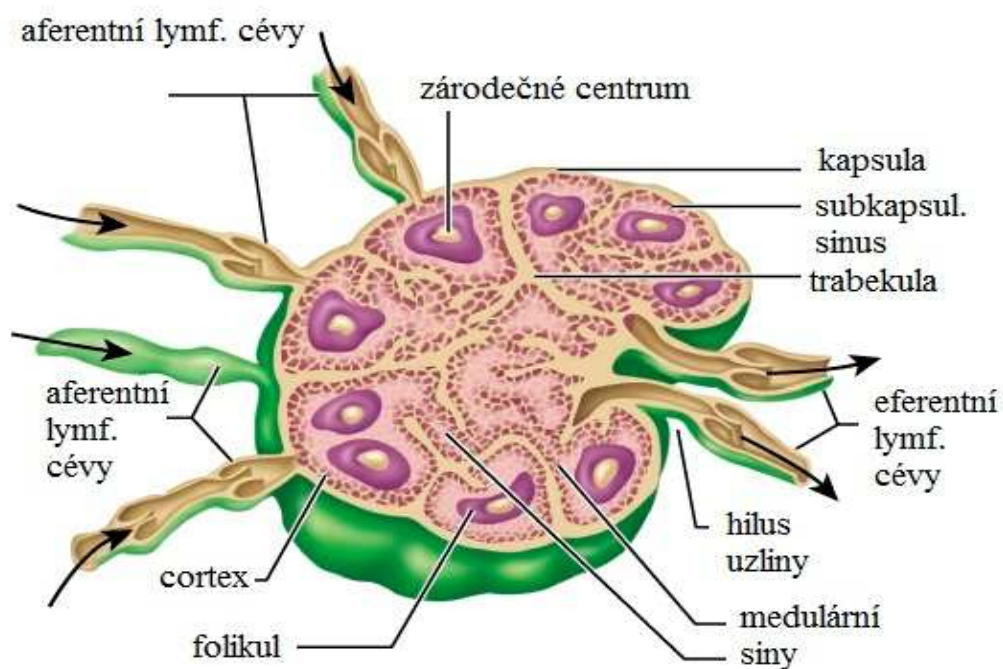
Imunokompetentní lymfocyty dále cestují krevním a lymfatickým řečištěm do sleziny, lymfatických uzlin a slizniční lymfatické tkáně, tedy do sekundárních lymfatických orgánů. Zde dochází k reakci T-lymfocytů a B-lymfocytů s antigeny a vzniká tak imunitní odpověď (JÍLEK, 2014).

Slezina je tvořena červenou a bílou pulpou. V červené pulpě se nacházejí makrofágy a erythrocyty. V bílé pulpě však můžeme najít lymfoidní tkáň s převažujícími T-lymfocyty. Ty reagují a vytvářejí imunitní odpověď s antigeny, jež přicházejí krevní cestou. V menším množství se zde vyskytují jiné buňky imunitního systému, například granulocyty nebo plazmatické buňky.



**Obrázek 1:** Orgány imunitního systému - slezina (ANONYM 1)

Lymfatická uzlina je opouzdřený orgán, který se skládá ze dřeně, parakortexu a kortexu. V lymfatické uzlině se vyskytují převážně lymfocyty, makrofágy a dendritické buňky. Zatímco ke slezině přicházejí antigeny krevní cestou, lymfocyty lymfatické uzliny reagují s antigenem, jenž je přenášen lymfou (FERENČÍK, ROVENSKÝ & MAŤHA, 2004). Uzlina má funkci bariéry, která jako první reaguje na antigeny, které přicházejí z kůže nebo z povrchu sliznice (LOCHMANOVÁ, 2014).

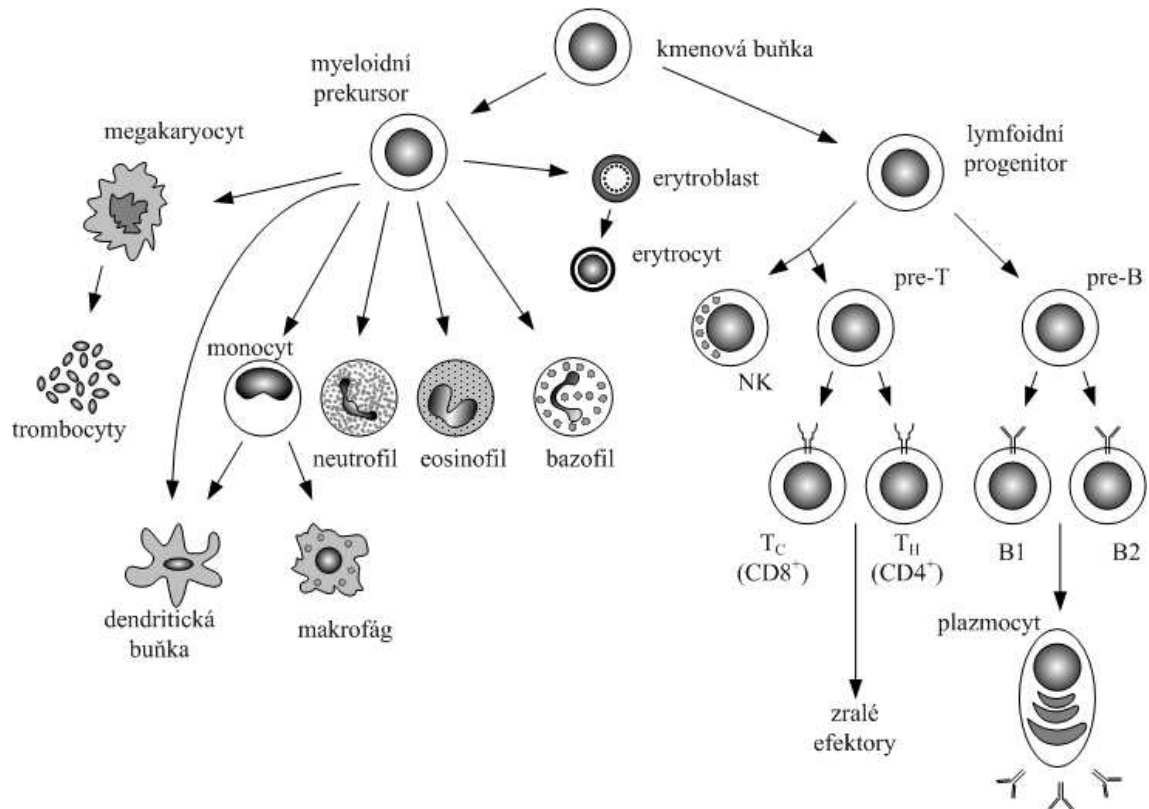


**Obrázek 2:** *Orgány imunitního systému - lymfatická uzlina (ANONYM 2)*

Slizniční lymfatickou tkáň z jedné části tvoří lymfatická tkáň rozptýlená ve sliznici zažívacího traktu, dýchacích cest a kůže. Tato tkáň se podle výskytu označuje jako MALT (mucosa associated lymphoid tissue = slizniční lymfoidní tkáň), GALT (gut associated lymphoid tissue = střevní lymfoidní tkáň) nebo BALM (bronchus associated lymphoid tissue = lymfoidní tkáň dýchacích cest) (BARTŮŇKOVÁ, 2011). Druhou částí slizniční lymfatické tkáně jsou pak organizované shluky. Vhodným příkladem těchto shluků jsou mandle nebo Peyerovy pláty ve střevě (ŠPIČÁK & PANZNER, 2004).

### 3.3 Buňky imunitního systému

K základním buňkám, které jsou součástí imunitního systému, řadíme různé druhy bílých krvinek - leukocyty. Leukocyty jsou produkovány v kostní dřeni z kmenových buněk, ze kterých vznikají dvě základní linie: myeloidní linie a lymfoidní linie.



**Obrázek 3:** Diferenciace různých druhů leukocytů z kmenové buňky (HOŘEJŠÍ et al. 2013)

Z myeloidní linie se diferencují monocyty a granulocyty. Mezi granulocyty patří neutrofilní, eosinofilní a bazofilní granulocyty. V rámci myeloidní linie dále vznikají červené krvinky (erytrocyty) a krevní destičky (trombocyty), které k leukocytům neřadíme, ale jsou přiřazovány k pomocným buňkám imunitního systému (FERENČÍK, 2005).

Dále do této vývojové linie patří ještě dendritické buňky a žírné buňky. Všechny druhy buněk, které vznikají z myeloidní linie, jsou základem pro nespecifickou část imunitního systému. Lymfoidní linii tvoří tři základní druhy lymfocytů, a to konkrétně B-lymfocyty, T-lymfocyty a NK buňky (HOŘEJŠÍ et al., 2013).

### 3.4 Nespecifická imunita

Tento evolučně starší typ imunity je také často nazýván jako neadaptivní nebo vrozená imunita. Základem je několik typů buněk, které pohlcují patogenní mikroorganismy. Vrozená imunita je tvořena buněčnou složkou a humorální složkou. Buněčnou nespecifickou imunitu představují fagocytující buňky a tzv. "přirození zabíječi", tedy NK buňky. K humorální složce nespecifické imunity patří komplementový systém, interferony, lektiny a další sérové proteiny. Na přítomnost cizorodé látky neadaptivní imunita reaguje velmi rychle, a to řádově v minutách. Od specifické imunity se liší tím, že nemá tzv. imunologickou paměť. To znamená, že si nepamatuje předchozí setkání s cizorodými mikroorganismy a nemůže být jimi ovlivněna.

#### 3.4.1 Buněčná nespecifická imunita

Hlavním reprezentantem této části imunity jsou fagocytující buňky, které mají schopnost pohlcovat a následně zničit cizorodé mikroorganismy, jako jsou například bakterie, viry apod. Touto schopností se vyznačují především neutrofilů, eozinofilů a makrofágů. Všechny zmiňované buňky jsou považovány za profesionální fagocyty. Prostřednictvím mechanismu, jenž se nazývá fagocytóza, buňky zabezpečují organismu obranyschopnost (HOŘEJŠÍ et al., 2013).

Neutrofilů vznikají v kostní dřeni, kde také dozrávají 9-11 dnů. Uplatňují se zejména při zánětlivém procesu, při kterém se v místě zánětu objevují jako první. V primárních a sekundárních neutrofilních granulích se nacházejí štěpící enzymy a látky ničící bakterie, které slouží při procesu fagocytózy. K nejvýznamnějším z nich řadíme peroxidázu, lysozym, kolagenázu a laktoferin (ČÁP & PRŮCHA, 2006). Neutrofilů jsou součástí krevního oběhu a mohou tvořit až 70 % celkového množství cirkulujících lymfocytů (FERENČÍK, ROVENSKÝ & MAŤHA, 2004).

Eozinofilní granulocyty se nejčastěji vyskytují ve sliznici dýchacího a trávicího ústrojí. Mají toxický vliv na parazity a nádorové buňky. Ve větším množství je můžeme najít u alergických onemocnění a parazitárních infekcí (LOCHMANOVÁ, 2014).

Monocyty jsou leukocyty, které se tvoří v kostní dřeni. Odtud migrují do krevního oběhu, kde cirkulují jako nezralé buňky. Jejich cesta dále vede do tkání, ve kterých se monocyty zvětšují, dozrávají a mění v makrofágy (MOUREK, 2012). Makrofágy mají v rámci imunitního systému za úkol eliminovat patogenní mikroorganismy, poško-

zené a mrtvé buňky. Můžeme je rozdělit na normální a zánětlivé. Za normální makrofágy považujeme například Kupfferovy buňky v játrech, Langerhansovy buňky v kůži nebo alveolární makrofágy v plicích (FERENČÍK, ROVENSKÝ & MAŤHA, 2004).

Součástí buněčné nespecifické imunity jsou také NK buňky, neboli přirození zabíječi. NK buňky nejsou ani B-lymfocyty ani T-lymfocyty, tvoří však třetí populaci lymfocytů. Jsou schopny zabít buňky, které jsou napadené virem nebo bakteriemi nebo buňky nádorově transformované.

Bazofilní granulocyty a žírné buňky jsou také důležitou součástí imunitního systému. Bazofily se nacházejí v krevním řečišti, naopak žírné buňky můžeme najít hlavně v podslizniční tkáni. Oba typy buněk se uplatňují zejména při zánětlivé reakci organismu. Po navázání antigenu na imunoglobulin E, který se soustřeďuje na povrchu těchto buněk, dochází k degranulaci. V granulích buněk jsou obsaženy látky, jako je například histamin, proteázy nebo proteoglykany. Při tomto procesu se tyto látky uvolní a způsobují pak alergické reakce (BARTUŇKOVÁ, PAULÍK et al., 2011).

### **3.4.2 Humorální nespecifická imunita**

Nejvýznamnější složkou humorální části nespecifické imunity je komplementový systém. Komplement je souborem více než třiceti proteinů a glykoproteinů, které se vyskytují převážně v krevním séru a v tělních tekutinách v neaktivní formě. Bílkoviny komplementu tvoří převážně jaterní buňky, které jsou doplněny monocyty a makrofágy. Komplementový systém je aktivován kaskádovitým způsobem, jehož výsledné meziprodukty mají velký význam při obraně organismu. Jednou z hlavních úloh komplementu je tzv. opsonizace. Opsonizací rozumíme navázání komplementu na mikroorganismy a následně jejich snadnější pohlcení fagocyty. Komplementový systém je také schopen ničit nádorové buňky, buňky infikované virem, dokonce i vlastní buňky organismu. Důležitou roli komplement hraje i při rozvoji zánětu. Častokrát tento systém doplňuje (komplementuje) funkci protilátek, které jsou sice schopny specificky rozpoznat antigen, ale samy nevystačí na jeho usmrcení (ŠTERZL, 2005).

### **3.5 Specifická imunita**

Hlavním úkolem specifické imunity je rozpoznat, neboli identifikovat antigen. Tuto vlastnost mají lymfocyty, jež jsou vybaveny receptory, pomocí kterých dokážou jednotlivé antigeny identifikovat. Takové lymfocyty jsou základními buňkami specifické imu-



nity a nazývají se imunokompetentní buňky. Specifická, nebo-li adaptivní imunita, je stejně jako neadaptivní imunita rozdělena na humorální a buněčnou část. Buněčnou část specifické imunity tvoří T-lymfocyty a B-lymfocyty. Humorální specifická imunita je složena z protilátek, které jsou produkovány plazmatickými buňkami (konečné stádium B-lymfocytů). Na rozdíl od vrozené imunity, jejíž odpověď je velmi rychlá, se specifická imunita zcela projevuje až za několik dní až týdnů. Specifickou imunitu také charakterizuje imunologická paměť vůči konkrétnímu antigenu (MOUREK, 2012).

### **3.5.1 Buněčná specifická imunita**

Tato část imunity je tvořena především T-lymfocyty, které se vyvíjejí z lymfoidních předchůdců z kostní dřeně a dozrávají v brzlíku (BARTUŇKOVÁ, PAULÍK et al., 2011).

T-lymfocyty jsou velmi významné při likvidaci buněk, které jsou napadeny viry nebo bakteriemi. Podle funkcí se T-lymfocyty dělí na tři skupiny, a to na Tc-lymfocyty, Th-lymfocyty a Ts-lymfocyty. Úkolem Tc-lymfocytů je rozpoznání a zničení buněk, které jsou napadeny viry nebo usmrcení nádorových buněk. Od této funkce je pro ně odvozen i název - cytotoxické lymfocyty. Th-lymfocyty představují pomahače, tzv. helpery, kteří pomáhají B-lymfocytům při jejich tvorbě. Tato skupina lymfocytů produkuje cytokiny, které zásadně ovlivňují a urychlují imunitní mechanismy. Poslední skupinou T-lymfocytů jsou Ts-lymfocyty (supresorové). Prostřednictvím nich je potlačována aktivita ostatních dvou typů T-lymfocytů i aktivita B-lymfocytů (MOUREK, 2012).

B-lymfocyty dozrávají ve fetálních játrech, u dospělých v kostní dřeni a slezině. Konečným stádiem vývoje B-lymfocytů jsou plazmatické buňky, které následně tvoří protilátky. K této přeměně z B-lymfocytu na buňku plazmatickou dochází díky receptořům nacházejících se na povrchu B-lymfocytu, které po setkání s antigenem zapříčiňují tvorbu protilátek proti danému antigenu (BARTUŇKOVÁ, PAULÍK et al., 2011).

### **3.5.2 Humorální specifická imunita**

Protilátky (imunoglobuliny), můžeme z chemického hlediska považovat za glykoproteiny. Z větší části jsou tvořeny polypeptidy, které jsou doplněny sacharidy. Základní jednotkou imunoglobulinů je molekula ve tvaru Y. Je tvořen dvěma těžkými a dvěma lehkými řetězci, které jsou spojeny disulfidickými můstky. Imunoglobuliny se podle typu těžkého řetězce rozdělují na IgG, IgA, IgM, IgD a IgE. Hlavní úlohou imunoglobulinů je neutralizace toxinů, virů a patogenů, ochrana sliznic, aktivace komple-

mentu a opsonizace. Protilátky usnadňují fagocytózu navázáním na povrch antigenu (opsonizace) a také jsou zodpovědné za regulaci imunitní odpovědi. Jednotlivé třídy imunoglobulinů mají různé funkce při imunitní odpovědi. Tyto funkce se navzájem překrývají a doplňují. Imunoglobulin G je charakterizován tím, že jako jediný poskytuje ochranu dítěte v prvních měsících života. Vyšší hodnoty imunoglobulinu E mívají lidé, kteří trpí alergiemi. U jedinců s autoimunitními onemocněními se imunoglobulin A vyskytuje v malém množství (LOCHMANOVÁ, 2014).

**Tabulka 1:** Základní charakteristiky imunoglobulinů (BARTUŇKOVÁ, PAULÍK et al., 2011)

Třída (izotyp)	Obsah v séru u dospělých (g/l)	Výskyt	Biologický poločas (dny)	Funkce
IgG	8-18	sérum, intersticiální tekutina	21	opsonizace, neutralizace, sekundární imunitní reakce, přestupuje placentu
IgA	0,9-3,5	sérum, slzy, sliny, povrch sliznic, mateřské mléko	6	ochrana sliznic, opsonizace, neaktivuje komplement
IgM	0,9-2,5	sérum, membrána lymfocytů B	6	aktivace komplementu, primární imunitní reakce, receptor pro antigen na lymfocytech B
IgD	0,1	sérum, membrána lymfocytů B	3	receptor pro antigen na lymfocytech B
IgE	$3 \times 10^{-4}$ (IU/ml)	sérum, intersticiální tekutina	2	ochrana proti mnohobuněčným parazitům

### 3.6 Zánět

Přežití všech organismů vyžaduje schopnost eliminovat infekční agens a jinak poničenou tkáň. Cílem je destruovanou tkáň odstranit, či alespoň ohraničit. Tuto schopnost organismů umožňuje zánět – tedy vrozená obranná reakce proti škodlivým podnětům. Zánětlivou odpověď organismu mohou vyvolat mikroorganismy (bakterie, viry houby a

paraziti), cizorodé látky, poničené tkáně (mechanicky, chemicky, fyzikálně, endogenně) (SILBERNAGL, 2012).

### **3.7 Cytokiny**

Tato velmi početná skupina látek, která má charakter tkáňových hormonů a do které patří zejména glykoproteiny a proteiny, má funkci regulátorů imunitního systému. Tyto látky tvoří tzv. cytokinovou síť a v rámci imunitního systému zajišťují komunikaci mezi buňkami. Prostřednictvím buněčných receptorů komunikují také s ostatními tkáněmi organismu (FERENČÍK, ROVENSKÝ & MAŤHA, 2004).

K hlavním skupinám cytokinů patří lymfokiny, interleukiny, interferony, chemokiny, faktory nekrotizující nádory, faktory stimující růst kolonií a transformující růstové faktory. Podle funkce jsou cytokiny rozděleny na prozánětlivé, protizánětlivé, s aktivitou růstových faktorů, dále pak na cytokiny, jež se uplatňují v humorální imunitě nebo buněčně zprostředkované imunitě a také cytokiny s antivirovým účinkem (HOŘEJŠÍ et al., 2013).

## **4 PORUCHY IMUNITNÍHO SYSTÉMU**

Ne vždy imunitní systém funguje tak jak by měl a dochází k imunopatologickým dějům. Existují tři základní skupiny chorob, jejichž příčinu můžeme hledat právě v nedostatečné funkci imunitního systému. Těmito chorobami jsou imunodeficiencie, autoimunitní onemocnění a alergie. To, že tato onemocnění vznikají, je ovlivněno mnoha různými faktory. A to zejména genetickou predispozicí, vlivem prostředí, infekcí, léčbou, stresem a v neposlední řadě také výživou (ŠTERZL, 2005; HOŘEJŠÍ et al., 2013).

### **4.1 Imunodeficiencie**

V případě imunodeficiencie imunitní systém ztrácí obrannou funkci a organismus je více náchylný k infekcím. Imunodeficiencie se objevují buď jako vrozená (primární) nebo získaná (sekundární) onemocnění. U primárních imunodeficiencí je nejčastější příčinou porucha genů, která se projevuje různými příznaky od lehkých forem až k těžkým infekcím, které mohou vést dokonce ke smrti jedince (většinou v dětském věku). Za získané imunodeficiencie je odpovědná ztráta nebo nedostatek jednotlivých složek imunitního systému, jako jsou protilátky, T-lymfocyty, makrofágy, monocyty, komplement nebo může být narušen celý obranný mechanismus (BARTŮNKOVÁ, PAULÍK et al., 2011).

Mezi nejrozšířenější sekundární imunodeficiencie patří onemocnění AIDS (acquired immunodeficiency syndrome), tedy syndrom získané imunitní nedostatečnosti a těžký akutní respirační syndrom (SARS - severe acute respiratory syndrome).

Ke vzniku získaných imunodeficiencí také dochází při nedostatku a nevyváženém příjmu nutrientů v potravě. Například omezený příjem proteinů a energie vede k proteinově-kalorické malnutrici. Ta je rozšířena zejména v rozvojových zemích, kde přísun těchto nutrientů je opravdu nedostačující. S podvýživou se však můžeme setkat běžně také u anorexie, starších lidí nebo už zmiňovaného onemocnění AIDS. Z důvodu nedostatečného příjmu proteinů a energie dochází ke zmenšení lymfatických orgánů, thymu, sleziny a lymfatických uzlin a snižuje se tak obranyschopnost organismu proti infekcím a nádorům (FERENČÍK, 2005).

## **4.2 Autoimunitní onemocnění**

Jestliže imunitní systém není schopen rozlišit vlastní látky od cizích a napadá je, jedná se o autoimunitní onemocnění. V tomto případě se imunitní systém chová velmi přecitlivěle a prostřednictvím protilátek, B-lymfocytů nebo autoreaktivních T-lymfocytů napadá vlastní buňky a tkáně (NEČAS, 2009).

Autoimunitní onemocnění můžeme rozdělit na dva typy. Pokud imunitní systém napadá jen jeden orgán, mluvíme o orgánově specifických chorobách. K těmto onemocněním řadíme například juvenilní diabetes mellitus, ulcerózní kolitidu nebo Crohnovu chorobu. Naopak u systémových autoimunitních chorob je postiženo více orgánů najednou. Mezi mnohoorgánové autoimunitní onemocnění patří například lupus erythematosus a revmatoidní artritida.

V současné době postihuje autoimunitní onemocnění asi jednoho z dvaceti obyvatel Evropy a Severní Ameriky. Velmi častou příčinou těchto onemocnění je genetická predispozice (FERENČÍK, 2005).

## **4.3 Alergie**

Tato imunopatologická reakce vzniká v důsledku nadměrné reakce imunitního systému na jinak neškodné antigeny. Alergické reakce se rozdělují do čtyř základních typů a projevují se různými typy onemocnění. Poslední dobou velmi častá onemocnění jako je senná rýma, astmatický záchvat nebo kopřivka patří k imunopatologickým reakcím I. typu (NEČAS, 2009).

Antigen je u alergických onemocnění označován jako alergen. U přecitlivělých jedinců vyvolávají alergeny zvýšenou produkci protilátek IgE, histaminu a dalších mediátorů zánětu. To se může projevit zčervenáním kůže, zúžením dýchacích cest nebo otokem jazyka. Alergickou reakci mohou vyvolat alergeny vyskytující se například v lécích či potravinách (ABBAS, 2011).

### **4.3.1 Potravinová alergie**

K potravinové alergii dochází při abnormální imunologické odpovědi po konzumaci potravy obsahující alergeny. Při této přehnané imunitní reakci se uplatňují zejména imunoglobuliny třídy E. K nejčastějším potravinovým alergenům, které postihují děti, patří vejce, kravské mléko a burské ořechy. U dospělých potravinovou alergii vyvoláva-

jí zejména měkkýši nebo koryši, burské ořechy, lískové ořechy, ryby a vejce (NOVOTNÁ, 2005).

V následujícím seznamu, který je uveden ve Vyhlášce č. 113/2005 Sb. jsou vymezeny tyto alergeny:

1. Obiloviny obsahující lepek, konkrétně: pšenice, žito, ječmen, oves, špalda, kamut nebo jejich hybridní odrůdy a výrobky z nich, kromě:
  - a) glukózových sirupů na bázi pšenice, včetně dextrózy;
  - b) maltodextrinů na bázi pšenice;
  - c) glukózových sirupů na bázi ječmene;
  - d) obilovin použitých k výrobě alkoholických destilátů, včetně ethanolu zemědělského původu
2. Koryši a výrobky z nich
3. Vejce a výrobky z nich
4. Ryby a výrobky z nich, kromě:
  - a) rybí želatiny použité jako nosič vitaminových nebo karotenoidních přípravků;
  - b) rybí želatiny nebo vyziny použité jako čířící prostředek u piva a vína
5. Jádra podzemnice olejné (arašídy) a výrobky z nich
6. Sójové boby a výrobky z nich, kromě:
  - a) zcela rafinovaného sójového oleje a tuku;
  - b) přírodní směsi tokoferolů (E306), přírodního d-alfa tokoferolu, přírodního d-alfatokoferol-acetátu, přírodního d-alfa-tokoferol-sukcinátu ze sóji;
  - c) fytosterolů a esterů fytosterolů získaných z rostlinných olejů ze sóji
  - d) esteru rostlinného stanolu vyrobeného ze sterolů z rostlinného oleje ze sóji
7. Mléko a výrobky z něj (včetně laktózy), kromě:
  - a) syrovátky použité k výrobě alkoholických destilátů, včetně ethanolu zemědělského původu;
  - b) laktitolu
8. Skořápkové plody, konkrétně: mandle, lískové ořechy, vlašské ořechy, kešu ořechy, pekanové ořechy, para ořechy, pistácie, makadamie a výrobky z nich, kro-

mě ořechů použitých k výrobě alkoholických destilátů, včetně ethanolu zemědělského původu

9. Celer a výrobky z něj
10. Hořčice a výrobky z ní
11. Sezamová semínka a výrobky z nich
12. Oxid siřičitý a siřičitany v koncentracích vyšších než 10 mg/kg nebo 10 mg/l, vyjádřeno jako celkových SO<sub>2</sub>, které se počítají pro výrobky určené k přímé spotřebě nebo ke spotřebě po rekonstituování podle pokynů výrobce
13. Vlčí bob (lupina) a výrobky z něj
14. Měkkýši a výrobky z nich (TUREK, ŠÍMA & MICHALOVÁ, 2013).

Podle nařízení (EU) č. 1169/2011 mají výrobci potravin povinnost jasně označit látky, které alergii vyvolávají, ve složení uvedeném na obalu dané potraviny. Od 13. prosince 2014, kdy toto nařízení vstoupilo v platnost, jsou také provozovatelé restaurací, školních jídelen a rychlých občerstvení povinni uvádět seznamy alergenů v jídelních lístcích, na tabulích nebo je poskytnout spotřebiteli na vyžádání (ANONYM 3, 2011).

#### **4.3.2 Potravinová intolerance**

Na rozdíl od potravinové alergie, za kterou je zodpovědná přehnaná imunitní reakce organismu, příčinou potravinové intolerance je porucha metabolismu. Nejčastější potravinovou intolerancí je laktózová intolerance, tedy nesnášenlivost mléčného cukru. Lidé, kteří trpí touto nesnášenlivostí, mají v těle nedostatek enzymu laktázy, který je důležitý pro štěpení mléčného cukru (laktózy) při trávení mléka (STRÁNSKÝ, RYŠAVÁ, 2014). Potravinovou intoleranci mohou také vyvolat zrající sýry, fermentované produkty, ryby, čokoláda, víno a citrusové plody (SVAČINA et al., 2008).

V obou případech, ať už jde o alergii na potraviny či o potravinovou intoleranci, by se měli lidé vyhýbat konzumaci rizikových potravin a předcházet tak následné nežádoucí reakci.

## 5 FUNKČNÍ POTRAVINY OVLIVŇUJÍCÍ IMUNITNÍ SYSTÉM

Pojem funkční potravina se poprvé objevil v 80. letech 20. století v Japonsku, kdy se vědci podrobně zaměřili na schopnost některých potravin ovlivnit fyziologické funkce lidského těla. V 90. letech 20. století vznikl v Evropě projekt FUFOSÉ (Functional Food Science In Europe) podporovaný organizací ILSI (International Life Science Institut), který vytvořil pro funkční potraviny pracovní definici. Podle ní se jedná o potravinu, která prospěšně ovlivňuje jednu nebo více funkcí organismu a navíc má optimální výživové hodnoty. Tyto účinky musí být prokázány náležitými vědeckými studiemi. Funkční potraviny zlepšují zdravotní stav člověka a snižují riziko zejména civilizačních onemocnění (HOWLETT, 2008).

Za funkční potravinu tedy považujeme jakoukoliv potravinu, která má výživovou hodnotu a pozitivně ovlivňuje zdravotní, fyzický i duševní stav člověka. Její konzumace posiluje přirozené obranné mechanismy proti škodlivým vlivům prostředí a má příznivý vliv na proces stárnutí. Funkční potravina se vyrábí z přirozeně se vyskytujících látek a neobjevuje se ve formě kapslí, tablet nebo prášků. I když funkční potravina hraje významnou roli při prevenci mnoha onemocnění, lékem není. Příznivé účinky se při užití léků projeví v několika dnech až měsících, zatímco u funkčních potravin můžeme pozitivní vliv pozorovat řádově v letech (KALAČ, 2003).

Pokud hovoříme o funkční potravíně, musíme se zmínit zejména o složkách, které danou potravinu funkční dělají. Mezi ně patří jak nepostradatelná makro-živina se specifickým fyziologickým účinkem (rezistentní škrob, n-3 PUFA), tak nepostradatelná mikro-živina konzumovaná v množství, které přesahuje denní doporučenou dávku. Dále k funkčním složkám řadíme i takovou složku, která ohledně své nutriční hodnoty není oficiálně klasifikována jako nepostradatelná (některé oligosacharidy). Živé organismy a některé chemické sloučeniny rostlinných tkání, tedy složky bez nutriční hodnoty jsou také někdy považovány jako složky funkčních potravin (KOMPRDA, 2003).

Jestliže potravina obsahuje takovou složku, která určitým způsobem ovlivní tělesné funkce ve vztahu ke zdravotnímu stavu člověka, je tato potravina přirozeně funkční. Nebo složky potraviny můžeme různými způsoby upravit a potravina se tak funkční stane. K těmto způsobům řadíme například zvýšení koncentrace přirozené složky potraviny (fortifikace potraviny vitamínem nebo stopovým prvkem). Dále také přidání složky, která se v potravíně za normálních okolností nevyskytuje, ale má pozitivní vliv



na lidské zdraví. Dalším způsobem, kterým se potravinu stane funkční, je náhrada určité složky potravin. Nejčastěji se jedná o makro-živinu, která je přijímána ve velkém množství a negativně ovlivňuje lidské zdraví. Ta je nahrazena složkou, u níž byl naopak prokázán pozitivní vliv na zdravotní stav člověka (KOMPRDA, 2008).

## **5.1 Nutriceutika**

Nutriceutiky jsou myšleny součástí potravin, které prokazatelně pozitivně ovlivňují lidské zdraví. Jsou to tedy účinné složky funkčních potravin. Název je odvozen ze dvou slov - nutrition (výživa) a pharmaceutical (léčivý) (HOWLETT, 2008; KOMPRDA, 2003).

Mezi nutriceutika řadíme širokou škálu různých látek, jako například minerální látky, stopové prvky, vitaminy, alkaloidy, oligosacharidy, polysacharidy, aminokyseliny a látky bílkovinné povahy, mastné kyseliny nebo živé bakterie (probiotika). Tyto látky se využívají v prevenci různých onemocnění. Do této skupiny patří například látky, které tlumivě i stimulačně působí na nervový systém, vitaminy se stimulačním účinkem na imunitní systém a antioxidanty, mající vliv na metabolismus cholesterolu a tuků. Patří sem také látky, které působí na trávicí trakt, játra, žlučník a žlučové cesty a látky, které ovlivňují tělesnou hmotnost a složení těla (KOHOUT, 2010).

## 6 IMUNITA ZAŽÍVACÍHO TRAKTU

Velmi důležitým orgánem imunitního systému je slizniční lymfoidní tkáň a především tedy její střevní část (GALT). Díky přítomnosti přirozené střevní mikroflóry v tlustém střevě dochází k potlačení růstu potenciálních patogenních mikroorganismů a tak i ke stimulaci imunitního systému hostitele. Slizniční imunita tlustého střeva může být ovlivněna jak pozitivně, tak negativně. V dnešní době se stále více věnuje pozornost antibiotikům, kojení, ale také výživě (JÍLEK, 2014).

Ve střevní mikroflóře dospělého jedince je obsaženo přibližně  $10^{14}$  mikroorganismů. Některé mikroorganismy jen trávicí trubicí procházejí, jiné se v jejím určitém úseku usídlí. Největší koncentrace těchto bakterií je právě v tlustém střevě (KREJSEK, 2007).

Střevní mikroflóra obsahuje širokou škálu mikroorganismů, zejména bakterií, různých druhů a kmenů. V dnešní době se také můžeme setkat s označením mikrobiom. Pro člověka je mikrobiom v rámci imunitní funkce důležitý z hlediska poskytování esenciálních živin, jako jsou například vitaminy nebo mastné kyseliny s krátkým řetězcem (TUREK et al., 2010). Tyto mastné kyseliny jsou velmi důležité pro růst střevních buněk a pro ovlivnění imunitní odpovědi. Osídlení tlustého střeva přirozenou mikroflórou je zásadní z hlediska modulace imunitního systému hostitele (RAUCH & LYNCH, 2011).

Trávicí trubice jedince je bakteriemi osidlována až těsně po porodu. Mikroorganismy z rodu *Enterobacter*, *Streptococcus* a *Staphylococcus* pocházející z mateřské vaginální a fekální bakteriální flóry osidlují trávicí trubici dítěte jako první. V důsledku spotřebování kyslíku těmito rody bakterií se vytvoří vhodné prostředí pro další mikroorganismy z rodu *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*. Tyto bakterie začínají osidlovat střevo zdravého kojeného dítěte asi po týdnu od porodu. Kolonizace těmito mikroorganismy hraje podstatnou roli v rozvoji imunity střevní sliznice dítěte a později i dospělého člověka (KREJSEK, 2007). Pokud přirozené bakterie ve střevní sliznici dítěte chybí nebo se vyskytují jen v malém množství, dochází u něj často k rozvoji alergií. Mateřské mléko obsahuje látky, jako oligosacharidy a bifidogenní nukleotidy, které podporují růst těchto bakterií. Můžeme tedy tvrdit, že kojení má na střevní mikroflóru člověka pozitivní vliv (DELGADO et al., 2011).

Složení střevní mikroflóry můžeme také pozitivně ovlivnit prostřednictvím funkčních potravin. Probiotika, prebiotika a synbiotika jsou v dnešní době celosvětově nejčastěji používané složky funkčních potravin, které vedou k lepšímu zažívání a udržují tak dobrou fyzickou i duševní pohodu člověka (BINNS, 2013).

## 6.1 Probiotika

Poprvé bylo toto pojmenování použito v roce 1954 v souvislosti s označením látek, které jsou důležité pro lidské zdraví. Název vychází z latinského *pro* a řeckého *bios*, což v českém překladu znamená "pro život". V současnosti se pro probiotika nejvíce ujala definice, kterou v roce 2001 navrhly organizace FAO (Organizace pro výživu a zemědělství) a WHO (Světová zdravotnická organizace). Podle ní se jedná o živé mikroorganismy, které prokazují příznivý vliv na zdraví hostitele, jestliže jím jsou konzumovány v dostatečném množství (BINNS, 2013).

K neznámějším mikroorganismům s probiotickými vlastnostmi řadíme bakterie z rodu *Bifidobacterium* a *Lactobacillus*. Do této skupiny mohou být zahrnuty také bakterie mléčného kysání z rodu *Lactococcus* a *Streptococcus*. Dále sem mohou patřit také bakterie z rodu *Bacillus*, *Bacteroides*, *Enterococcus*, *Escherichia*, *Propionibacterium* nebo kvasinky z rodu *Saccharomyces* (PREIDIS & VERSALOVIC, 2009).

**Tabulka 2:** Nejčastěji používaná probiotika (NEVORAL, 2010)

Lactobacily	Grampozitivní koky	Bifidobaktérie	Kvasinky
<i>L. acidophilus</i>	<i>Lactococcus lactis</i> <i>supsp. cremoris</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Saccharomyces</i> <i>boulardii</i>
<i>L. rhamnosus GG</i>	<i>Streptococcus salivarius</i> <i>subsp. thermophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	
<i>L. casei Shirota</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	<i>B. animalis</i>	
<i>L. delbrueckii</i> <i>supsp. bulggaricus</i>	<i>S. diacetylactis</i>	<i>B. infantis</i>	
<i>L. reuteri</i>	<i>S. intermedius</i>	<i>B. longum</i>	
<i>L. brevis</i>	<i>E. coli</i> (sérotyp O83:K24:H1)	<i>B. thermophilum</i>	

<i>L. cellobiosus</i>			
-----------------------	--	--	--

Složky potravin mohou být označovány jako probiotika jen v případě splnění těchto podmínek:

- přirozený výskyt ve střevní mikroflóře
- odolnost vůči trávicím šťávám a enzymům žaludku a tenkého střeva
- bezpečnost kultury a vyloučení patogenity

Jestliže je mikroorganismus označován jako probiotikum, může být součástí potravin (ŠUSTOVÁ & SÝKORA, 2013). V současnosti jsou tyto kultury obsaženy v mléčných kysaných výrobcích (zejména rod *Bifidobacterium* a bakterie *Lactobacillus casei*). Rody *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* a propionové bakterie jsou součástí některých sýrů a fermentovaných masných výrobků. S probiotiky se můžeme setkat i u náplní do sušenek a oplatků ve formě bakterie *Enterococcus faecium* (RADA, 2010).

Probiotika pozitivně ovlivňují jak specifickou, tak i nespecifickou imunitní odpověď. V rámci nespecifické imunitní odpovědi podporují proces fagocytózy, cytotoxické aktivity a ovlivňují produkci cytokinů, které jsou zodpovědné za regulaci imunitního systému. Na specifickou imunitu mají vliv prostřednictvím stimulace tvorby protilátek IgA a IgG a potlačování tvorby protilátek IgE (KOHOUT, 2010).

Vědecky je dokázáno, že pravidelný příjem probiotik pozitivně ovlivňuje projevy alergií, atopických ekzémů i chronických střevních onemocnění (LACMANOVÁ et al., 2010). U dětí v kojeneckém věku se sklony k alergiím podávaná probiotika prokázala sníženou tvorbu IgE a tak i utlumení alergických projevů (KOSTIUK, 2011). Pozitivní vliv probiotik byl také prokázán u lidí trpících ulcerózní kolitidou nebo Crohnovou chorobou. U Crohnovy choroby jsou však výsledky studií rozporuplné (VÉGH, 2008).

## 6.2 Prebiotika

Prebiotiky jsou nazývány nestravitelné složky potravy, které mají nepřímý pozitivní vliv na hostitele a zlepšují tak jeho zdraví. Látky s prebiotickými vlastnostmi poskytují pozitivním střevním bakteriím jakýsi výživový substrát a tím podporují jejich růst a metabolickou aktivitu (NAGY et al., 2011).

Metabolity, produkované střevní mikroflórou, působí na imunitní systém zejména preventivně. Je však také prokázáno, že snižují počet střevních zánětlivých onemocnění (DELGADO et al., 2011).

Nejčastějšími prebiotiky, které jsou přidávány do funkčních potravin jsou nestravitelné oligosacharidy. Tyto sacharidy se do tlustého střeva dostávají nerozštěpené, aby zde mohly být fermentovány bifidobakteriemi na kyselinu máselnou, octovou a propionovou. Nejznámějším přirozeným prebiotikem je fruktooligosacharid inulin, který se nachází především v čekance, topinamburu, cibuli, česneku a pórku. V malém množství můžeme další nestravitelné oligosacharidy najít i v jiných potravinách, a to v chlebu nebo pivu (KALÁČ, 2003).

V dnešní době se však prebiotika vyrábějí také průmyslově. K potravinářským oligosacharidům, které jsou vyrobeny pomocí různých technologických úprav, patří například galaktooligosacharidy, laktulóza, laktosacharóza nebo maltooligosacharidy (KVASNIČKOVÁ, 2000). Tyto látky se v současné době využívají při výrobě funkčních potravin. Často jsou součástí mléčných produktů, které se používají jako náhražka mateřského mléka (KREJSEK et. al, 2007).

**Tabulka 3:** *Prebiotika v potravinách a jejich příznivé účinky na zdraví* (CHARALAM-POPULOS & RASTALL, 2012)

Prebiotika	Příznivé účinky	Potraviny
inulin	rakovina tlustého střeva, modulace imunity, kardiovaskulární onemocnění	jogurty, mléčné dezerty, sýry, zmrzlina, pečivo
fruktooligosacharidy	modulace imunity, absorpce minerálů, kardiovaskulární onemocnění	jogurty, chleba, pečivo
galaktooligosacharidy	rakovina tlustého střeva, modulace imunity, průjmy	jogurty, ovocné džusy

Nejvíce informací o pozitivním účinku prebiotik na imunitní systém pochází z výzkumů inulinu a dalších fruktooligosacharidů. Je prokázáno, že konzumace inulinu zlepšila proces fagocytózy u makrofágů a zvýšila produkci sekrečních imunoglobuli-

nů A, které jsou důležité při obraně gastrointestinálního traktu. Vědecké studie také dokazují, že prebiotika, jako inulin můžou zvýšit vstřebávání zinku, tedy minerálu, který hraje podstatnou roli při potlačení přehnaných imunitních reakcí (DELGADO et al., 2011).

Některé výzkumy upozorňují na to, že prebiotika můžou přispívat k prevenci alergických onemocnění. Bylo zjištěno, že galaktooligosacharidy spolu s fruktooligosacharidy měly pozitivní vliv na atopickou dermatitidu, která se vyskytovala u dětí do 6 měsíců věku (MORO et al., 2006).

### **6.3 Synbiotika**

Jako synbiotika jsou označovány produkty, které obsahují kombinaci probiotik a prebiotik. Synbiotika podporují přežití a funkci probiotik a prospěšných mikroorganismů, které sídlí ve střevě. Bylo prokázáno, že konzumace synbiotik způsobuje větší změny střevní mikroflóry ve srovnání s konzumací samotných probiotik (GIBSON & ROBERFROID, 1995; PREIDIS & VERSALOVIC, 2009).

Název synbiotikum (často taky symbiotikum) je odvozen od pozorovaného jevu synergismu, což znamená, že přídavek obou složek do jednoho produktu současně má větší pozitivní vliv na lidské zdraví (ŠUSTOVÁ & SÝKORA, 2013).

Použití probiotika *Lactobacillus helveticus* společně s inulinem, laktulosou nebo rafinosou vedlo u myší k povzbuzení sliznice a celkové humorální imunitní odpovědi. Kombinace probiotika s inulinem tedy velmi dobře působila jak na střevní mikroflóru, tak také na správné fungování imunitního systému (FRECE et al., 2009).

Pozitivní vliv synbiotik na imunitní systém byl prokázán také při výzkumu na lidech. Výsledky ukazují, že kombinace probiotik a glukooligosacharidů podstatně snížila výskyt atopického ekzému u malých dětí. Nicméně účinky neměly dlouhého trvání (GOURBEYRE, DENERY & BODINIER, 2011).

## 7 NUTRICEUTIKA S IMUNOMODULAČNÍM ÚČINKEM

Mezi složky potravin, které mají podle mnoha studií a výzkumů na imunitní systém značný vliv patří zejména omega-3 mastné kyseliny, aminokyseliny jako je arginin, glutamin a taurin. Z mikronutrientů jsou to vitaminy A, D, E, C a B<sub>6</sub> a stopové prvky selen a zinek (DELGADO et al., 2011; ŠÍMA et al., 2013).

### 7.1 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny spolu s glycerolem tvoří lipidy, které jsou v přiměřeném množství důležitou součástí potravy. Mastné kyseliny rozdělujeme podle nasycenosti na nasycené a nenasycené. Jestliže mastná kyselina obsahuje jen jednu dvojnou vazbu, jedná se o mononenasyčenou mastnou kyselinu (kyselina olejová). Naopak polynenasycené mastné kyseliny mají ve svém řetězci dvě a více dvojných vazeb (kyselina arachidonová). Podle polohy první dvojně vazby od methylového konce molekuly se mastné kyseliny dále rozdělují na omega-3, omega-6 a omega-9 mastné kyseliny (BURDYCHOVÁ, 2009).

Takové mastné kyseliny, které člověk nedokáže syntetizovat, ale zároveň jsou pro něj důležité, se nazývají esenciální. Lidské tělo je proto musí přijímat potravou. Zástupcem esenciálních omega-6 mastných kyselin je kyselina linolová, která se nachází především v rostlinných olejích, jako je například slunečnicový olej, sójový olej nebo olej z kukuřičných klíčků. Kyselina  $\alpha$ -linolenová, patřící k esenciální omega-3 mastným kyselinám, je nejvíce obsažena v řepkovém oleji, v oleji ze lněných semínek a v oleji z vlašských ořechů.

Aby tyto mastné kyseliny přispěly k ovlivnění imunitního systému, musí být v těle přeměněny pomocí enzymů na kyseliny s dlouhými řetězci. Z kyseliny linolové je syntetizována kyselina arachidonová (ARA). Výchozí látkou kyseliny eikosapentaenové (EPA) a kyseliny dokosaheptaenové (DHA) je kyselina  $\alpha$ -linolenová. Kyselina eikosapentaenová a dokosaheptaenová se ve vysoké koncentraci nachází v rybím tuku. Zejména EPA se podílí na vzniku eikosanoidů, které hrají významnou roli při imunitní odpovědi (KASPER, 2015).

Eikosanoidy patří do skupiny hormonů, které jsou odvozeny právě z mastných kyselin s dlouhým řetězcem. Patří k nim prostaglandiny a leukotrieny a v rámci imunitního systému ovlivňují trvání zánětlivých procesů (GREDEL, 2011). Kyselina arachidonová je prekursorem prostagladinu E<sub>2</sub> a leukotrienu B<sub>4</sub>, které mají prozánětlivé účinn

ky. Oba tyto eikosanoidy zvyšují permeabilitu kapilár a aktivují NK buňky. Prostaglandin E<sub>2</sub> navíc zvyšuje tvorbu protilátek IgE a leukotrien B<sub>4</sub> aktivuje NK buňky. Z kyseliny eikosapentaenové vzniká prostaglandin E<sub>3</sub> a leukotrien B<sub>5</sub>, které však mají protizánětlivé účinky a příznivě tak působí na imunitu (KOHOUT 2010; KREJSEK & KOPECKÝ, 2004).

Je dokázáno, že podávání EPA ve vyšších dávkách zkrátilo průběh zánětlivých procesů. Díky protizánětlivým účinkům EPA se také výrazně snížil počet postchirurgických komplikací (MOUREK, 2007). Studie ukázaly, že výživa bohatá na omega-3 mastné kyseliny měla významně pozitivní vliv na funkci buněk podílejících se na vrozené i získané imunitní odpovědi u pooperačních komplikací. U pacientů po operaci, kterým byla v rámci léčby podávána kyselina eikosapentaenová ve větší koncentraci, byl zaznamenán kratší pobyt na jednotce intenzivní péče i v nemocnici.

Pozitivního vlivu mastných kyselin se také využilo při léčbě imunologických onemocnění, které doprovázely malnutrici. Klinické studie ukázaly, že výrazné zlepšení u pacientů nastalo při snížení obsahu linolové kyseliny (omega-6 mastná kyselina) a zvýšení obsahu kyseliny olejové (omega-9 mastná kyselina), kyseliny linolenové, EPA a DHA (omega-3 mastné kyseliny). Je známo, že omega-3 mastné kyseliny mají protizánětlivý účinek (SLOTWINSKI & SLOTWINSKA, 2012).

Mastné kyseliny napomáhají udržovat aktivitu imunitních buněk, jakou jsou neutrofilů, makrofágů a lymfocytů. Z hlediska správného fungování imunitního systému jsou důležité také proto, že ovlivňují pružnost membrán. Ta se snižuje s délkou řetězce a zvyšuje se stupněm nenasycenosti dané mastné kyseliny. Pružnost je důležitá pro receptory, které se vyskytují na povrchu imunitních buněk a hrají zásadní roli v imunitních funkcích. Strava bohatá na omega-3 mastné kyseliny vede k potlačení nadměrné imunitní odpovědi, která je spojována s chronickými zánětlivými onemocněními, jako je například revmatoidní artritida (GREDEL, 2011).

Mnoho studií také ukazuje, že se omega-3 mastné kyseliny uplatňují při prevenci alergií, infekčních a zánětlivých onemocnění (DESSEYN & GOTTRAND, 2010). Podle autorů FRONCZAK a kol. (2003) cit. podle MOURKA (2007) strava těhotných žen obohacená omega-3 mastnými kyselinami zapříčinila snížený výskyt alergických reakcí u jejich dětí.



Poměr omega-6 a omega-3 polynenasycených mastných kyselin by neměl být vyšší než 5, optimálně by však měl být 1. Příjem kyseliny linolové by měl být přibližně 7-10 gramů, kyseliny  $\alpha$ -linolenové 1-2 gramy, kyselinu eikosapentaenovou a kyselinu dokosahexaenovou bychom měli přijímat v množství kolem 1 gramu denně (KOMPR-DA, 2009).

### 7.1.1 Konjugovaná kyselina linolová

Příznivé účinky na imunitní systém má také konjugovaná kyselina linolová (CLA), která významně chrání lymfoidní i nelymfoidní tkáň během imunitní reakce. Tato ochrana je způsobena regulací eikosanoidů. Konjugovaná kyselina linolová zahrnuje izomery kyseliny linolové (C18:2) s konjugovanými dvojnými vazbami. Tyto izomery se přirozeně tvoří v bacheru přežvýkavců. CLA se proto vyskytuje ve větším množství v potravinách pocházejících právě z přežvýkavců. Konjugovaná kyselina linolová se nachází především v hovězím nebo skopovém mase zejména těch zvířat, které byly krmeny trávou na pastvách. Ve větším množství je konjugovaná kyselina linolová obsažena také v mléku a v mléčných výrobcích (MENON et al., 2010).

**Tabulka 4:** Obsah konjugované kyseliny linolové v potravinách (MENON et al., 2010)

<b>Mléčné výrobky</b>	<b>mg/g</b>	<b>Maso</b>	<b>mg/g</b>
homogenizované mléko	5,5	hovězí	4,3
máslo	4,7	telecí	2,7
smetana	4,6	skopové	5,8
nízkotučný jogurt	4,4	vepřové	0,6
zmrzlina	3,6	kuřecí	0,9

## 7.2 Bílkoviny a aminokyseliny

Další neopomenutelnou složkou výživy člověka jsou bílkoviny. Účastní se metabolických procesů, transportu látek, v těle fungují také jako enzymy. Bílkoviny se skládají z jednotlivých aminokyselin, které jsou spojeny peptidovou vazbou. K nejdůležitějším aminokyselinám, které pozitivně ovlivňují imunitní systém člověka, řadíme arginin, glutamin a taurin (PENG et al. 2007; SVAČINA, MÜLEROVÁ & BRETŠNAJDROVÁ, 2013).

### **7.2.1 Arginin**

Tato podmíněně esenciální aminokyselina vzniká v těle v rámci cyklu močoviny z ornitinu. V ledvinách, játrech a v mozku se však arginin z ornitinu netvoří, zde je syntetizován z citrulinu. Arginin slouží ke vzniku oxidu dusnatého, zejména v makrofázích, neutrofilech a nervových buňkách. Oxid dusnatý potlačuje růst nádorových buněk a bakterií. V souvislosti s imunitním systémem je prokázáno, že arginin zvyšuje počet lymfocytů a zlepšuje jejich zrání (ZADÁK, 2008).

Arginin, jako imunologická složka výživy, zvyšuje aktivitu buněk imunitního systému u operovaných pacientů. Výsledky několika studií ukazují, že podávání argininu pacientům se závažnými poraněními a popáleninami bylo prospěšné. Snížil se výskyt infekcí u operovaných pacientů a u pacientů po onkologických zákrocích (SLOTWINSKI & SLOTWINSKA, 2012).

Arginin se nachází ve všech bílkovinách, zejména v mléčných produktech, masu a vejcích. Tato aminokyselina je také v malém množství obsažena v arašídech nebo v čokoládě (VELÍŠEK & HAJŠLOVÁ, 2009). Běžná denní dávka argininu je 3,5-5 g. (SLÍVA & MINÁRIK, 2009).

### **7.2.2 Glutamin**

Za normálních okolností je glutamin považován za neesenciální aminokyselinu. Nicméně, několik studií dokazuje, že se glutamin stává podmíněně esenciální v okamžiku, kdy organismus postihne zánět v důsledku infekce nebo zranění. Je známo, že za těchto podmínek je glutamin významný pro proliferaci buněk, které mohou zlepšit funkci imunitního systému. Podporuje produkci cytokinů, fagocytózu makrofágů a funkci neutrofilů (NEWSHOLME, 2001).

Glutamin slouží jako zásobní látka pro rychle se dělící buňky imunitního systému, jakou jsou lymfocyty či enterocyty. Zásoby glutaminu jsou rychle vyčerpány při stresové reakci (trauma, transplantace kostní dřeně, chemoterapie, aj.) Dodávání glutaminu během onemocnění zvyšuje střevní bariéru a zlepšuje funkci lymfocytů. U pooperačních a onkologických pacientů podávání glutaminu snižuje produkci některých prozánětlivých cytokinů. Obecně můžeme tvrdit, že glutamin snižuje výskyt infekcí a zánětů a zlepšuje tak funkci imunitního systému (HYEYOUNG, 2011).

Glutamin se vyskytuje převážně v hovězím, vepřovém, drůbežím masu a v mléčných výrobcích. Můžeme jej najít také v rostlinných zdrojích, a to ve fazolích, špenátu či petrželi (ANONYM 4, 2006).

Doporučená denní dávka glutaminu je 0,1-0,3 g (SLÍVA & MINÁRIK, 2009).

### **7.2.3 Taurin**

Taurin obsahuje sulfonovou skupinu a vzniká z aminokyselin methioninu a cysteinu. I když v molekule taurinu chybí karboxylová skupina, často se řadí mezi aminokyseliny. Taurin má příznivý vliv na vývoj centrální nervové soustavy, reprodukci a imunitu (SLÍVA & MINÁRIK, 2009).

Taurin se ve vyšší koncentraci vyskytuje v leukocytech a v buňkách, které se účastní zánětu. Reaguje s kyselinou chlornou (HOCl) za vzniku taurin chloraminu (TauCl). Taurin chloramin je významným regulátorem imunitního systému. Taurin má anti-oxidační vlastnosti a schopnost regulovat uvolňování prozánětlivých cytokinů. Při jeho nedostatku se snižuje počet lymfocytů (SCHULLER-LEVIS & PARK, 2004).

Taurin se nachází převážně v potravinách živočišného původu, konkrétně v mléčných produktech, hovězím masu, rybách či vejcích. Doporučený denní příjem taurinu se odhaduje na 0,5-1,5 g (ANONYM 4, 2006).

## **7.3 Sacharidy**

Neopomenutelnou součástí výživy člověka jsou sacharidy, které slouží buňkám jako zdroj energie. K této skupině řadíme cukry, sacharidy s krátkým řetězcem (oligosacharidy), škrob a neškrobové polysacharidy (KOMPRDA, 2009). Ze sacharidů mají na imunitní systém největší vliv beta-glukany a tzv. prebiotika (viz. 4.2)

### **7.3.1 Beta-glukany**

Beta-glukany vznikají spojením mnoha molekul glukózy a jsou řazeny mezi přírodní polysacharidy. Existuje velké množství různých polymerů glukózy, které se od sebe liší svými fyzikálními, chemickými i biologickými vlastnostmi. V současné době byly beta-glukany izolovány zejména z hub. Často jsou beta-glukany označovány také jako biologické imunomodulátory (VĚTVIČKA, 2009).

Beta-glukany působí na receptory, jež se nacházejí na membránách buněk imunitního systému. Mezi cílové buňky, na které se molekula beta-glukanu pomocí recepto-

ru snadno naváže, patří monocyty, makrofágy, dendritické buňky, NK buňky a neutrofilny. Imunomodulační funkce vyvolané beta-glukany se týkají jak vrozené, tak i získané imunitní odpovědi. Beta-glukany také zlepšují proces fagocytózy a spouští uvolňování cytokinů (CHAN et al., 2009).

Konzumace hub má v asijských zemích jako je Japonsko nebo Čína dlouholetou tradici a v současnosti je o ně stále větší zájem i v evropských zemích. Houby shiitake, maitake nebo reishi obsahují sacharidy, které zlepšují komunikaci mezi buňkami imunitního systému a celkovou obranyschopnost člověka. Extrakty z těchto hub podporují imunitu jedinců, kterým byly diagnostikovány nemoci, jako rakovina tlustého střeva, ulcerativní kolitida a HIV infekce. V této souvislosti je nejvíce prostudován polysacharid lentinan, označovaný také jako 1,3-beta-glukan, který se nachází v houbě shiitake (HAAS & LEVIN, 2006). Následující tabulka ukazuje výčet dalších glukánů, které jsou součástí různých druhů hub.

**Tabulka 5:** *Přehled glukánů zjištěných v některých houbách (HLADÍK, 2005)*

<b>Druh houby</b>	<b>Název glukanu</b>
Shiitake ( <i>Lentinus edoses</i> )	Lentinan
Trsnatec lupenitý ( <i>Grifola frondosa</i> )	Grifolan, GRN, Grifron-D
Outkovka pestrá ( <i>Trametes versicolor</i> )	Krestin, (PSK), PSP (polysacharid Kureha)
Klanolístka ( <i>Schizophyllum commune</i> )	Schizophylan, SPG
Hlíva ( <i>Pleurotus ostreatus</i> )	Pleuran
<i>Sclerotinium sclerotiorum</i>	Skleroglukan (SSG)

## 7.4 Vitaminy

Vitaminy patří do skupiny tzv. mikronutrientů, které jsou z hlediska výživy pro člověka esenciální, organismus je není schopen sám syntetizovat. Proto je nutné je tělu dodávat v potravě. V těle vitaminy fungují zejména jako prekurzory koenzymů při různých metabolických reakcích nebo jako antioxidační látky. V potravinách se vyskytují v nízkých koncentracích. Obecně se vitaminy rozdělují na vitaminy rozpustné v tucích (A, D, E, K) a vitaminy rozpustné ve vodě (B komplex, C, H). Jejich nedostatečný příjem je častokrát příčinou mnoha různých onemocnění (HAAS & LEVIN, 2006; TURLEY & THOMPSON, 2013).

#### **7.4.1 Vitamin A**

Vitamin A byl poprvé objeven na začátku 20. století a kvůli jeho schopnosti předcházet smrti způsobené infekcí u laboratorních zvířat byl označen jako "protizánětlivý" vitamin (SHETTY, 2010). Existuje ve dvou hlavních formách jako vitamin A<sub>1</sub> a vitamin A<sub>2</sub>. Významnější formou je vitamin A<sub>1</sub>, nebo-li retinol. Z hlediska chemické struktury se řadí mezi alkoholy s beta-jononovým cyklem a bočním řetězcem. Organismus je schopen vytvářet vitamin A z provitaminu A. Důležitým provitaminem A je beta-karoten, který je řazen do skupiny karotenoidů (VELÍŠEK & HAJŠLOVÁ, 2009).

Vitamin A působí jako imunomodulátor a jeho suplementace ovlivňuje imunitní odpověď. Může ji ovlivnit jak pozitivně, tak negativně. Podávání vitaminu A snížilo výskyt průjmového onemocnění, ale na druhou stranu se zvýšily projevy infekcí dýchacích cest (PREEDY, 2012).

Nedostatek vitaminu A snižuje produkci jak T-lymfocytů, tak také B-lymfocytů. Při silném nedostatku tohoto vitaminu dochází k atrofii brzlíku a sleziny, tedy dvou důležitých orgánů imunitního systému (HAAS & LEVIN, 2006).

Dostatečný přísun vitaminu A je důležitý pro přirozený rozvoj a funkci mnoha typů krevních buněk, tedy i lymfocytů. Při nedostatku vitaminu A se počet těchto buněk snižuje a také dochází k narušení jejich funkcí. Důsledkem nedostatku tohoto vitaminu může být pozměněna cytokinová síť, což ovlivňuje imunitní odpověď. Dochází ke zhoršenému fungování neutrofilů a makrofágů a k poklesu počtu NK buněk. Sliznice střeva ztrácí funkci bariéry a patogenní mikroorganismy snadněji pronikají stěnou střeva a způsobují infekci (GREDEL, 2011).

Vitamin A se vyskytuje především v játrech, mléku a mléčných výrobcích a také v tučných rybách. Doporučený denní příjem vitaminu A je u dospělých mužů 1000 µg, u žen 800 µg (KOMPRDA, 2009).

#### **7.4.2 Vitamin D**

Vitamin D, nebo-li kalciferol, patří do skupiny vitaminů, které jsou rozpustné v tucích, a obecně se vyskytuje ve více formách. K významnějším formám řadíme vitamin D<sub>3</sub> (cholecalciferol) a vitamin D<sub>2</sub> (ergocalciferol). Cholecalciferol se oproti ergocalciferolu vyskytuje převážně v potravinách živočišného původu a jeho suplementace je pro organismus výhodnější (VYSKOČIL, 2011).

Vitamin D je důležitým regulátorem imunitních funkcí. Receptory pro tento vitamin se vyskytují v mnoha buňkách těla, včetně buněk imunitního systému. Stimulace Toll-like receptoru v makrofázích zvyšuje přeměnu prekursoru vitaminu D na jeho aktivní formu. Aktivní forma vitaminu D má přímý vliv na T-lymfocyty, B-lymfocyty a dendritické buňky. Je prokázáno, že tento vitamin má imunomodulační účinky. Příznivě ovlivňuje buňky vrozené imunity, vyvolává tvorbu antimikrobiálních peptidů a také snižuje tvorbu protizánětlivých cytokinů (ADAMS & HEWISON, 2008; GREDEL, 2011).

Výzkumy ukazují, že nedostatečný přísun vitaminu D souvisí se zvýšeným rizikem autoimunitních onemocnění. Podle jiných studií má vitamin D příznivý vliv na udržování a obnovu imunitní homeostázy a má schopnost regulovat autoimunitní onemocnění (PEELEN a kol., 2011).

K důležitým potravinovým zdrojům vitaminu D patří tuk z jater některých ryb, zejména tresky a tuňáka. Dále pak vaječný žloutek, mléko a mléčné výrobky (HOLICK, 2011). Doporučená denní dávka vitaminu D je 2,5 až 10 µg. Potřeba, která se blíží horní hranici je důležitá pro kojence, děti, těhotné a kojící ženy (VELÍŠEK & HAJŠLOVÁ, 2009).

### **7.4.3 Vitamin E**

Vitamin E není samostatnou molekulou, ale je souhrnným názvem pro příbuzné molekuly mající podobné vlastnosti. Tyto molekuly jsou rozděleny do dvou hlavních tříd - tokoferoly ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ) a tokotrienoly ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ). Vitamin E je důležitým antioxidantem. Jeho hlavní úlohou je chránit membrány před volnými radikály a zabraňovat peroxidaci polynenasycených mastných kyselin. Preventivně působí při kardiovaskulárním onemocnění. (MEDEIROS & WILDMAN, 2015).

Vitamin E je také důležitý pro správnou funkci imunitního systému. U dobře živěných zdravých jedinců je nedostatek vitaminu E velmi vzácný. Oproti tomu u lidí, kteří se stravují špatným způsobem, nedostatek vitaminu E zhoršuje funkci jak T-lymfocytů, tak také B-lymfocytů. Suplementace vitaminu E významně zlepšuje humorální imunitní funkce u lidí, především u starších osob (PEKMEZCI, 2011).

Oxidativně-redukční potenciál vitaminu E se významně uplatňuje na začátku a při vývoji mnoha zánětlivých a autoimunitních onemocnění, včetně revmatoidní artritidy.

dy či lupusu. Chrání tkáň před poškozením reaktivními formami kyslíku (ROS), které jsou při zánětlivé reakci produkovány aktivovanými makrofágy, monocyty a granulocyty (EITENMILLER, 2004).

Vitamin E se nejvíce vyskytuje v obilných klíčcích, rostlinných olejích, celozrnných výrobcích, listové zelenině a ořechách. Doporučený denní příjem je 3-15 mg ekvivalentu  $\alpha$ -tokoferolu (ZAVADILOVÁ, 2014).

#### **7.4.4 Vitamin C**

Vitamin C, nebo-li kyselina askorbová, patří mezi vitaminy rozpustné ve vodě. Stejně jako vitamin E je kyselina askorbová významným antioxidantem, který chrání buňky před volnými radikály a hraje tak významnou roli při prevenci mnoha různých onemocnění (MEDEIROS & WILDMAN, 2015).

Vitamin C je díky jeho antioxidační aktivitě schopen chránit buňky imunitního systému před oxidativním poškozením. Vitamin C se ve vyšším množství vyskytuje v imunitních buňkách a jeho koncentrace se během infekce rapidně snižuje. Reguluje funkce fagocytů, proliferaci T-lymfocytů a produkci cytokinů.

Studie prováděné na zvířatech naznačují, že při nedostatku vitamínu C jsou imunitní odpovědi na infekci abnormální. Vitamin C hraje důležitou roli ve fungování fagocytů. Při jeho nedostatku dochází k poškození těchto buněk, což vede ke zhoršené imunitní odpovědi na infekci. Zajímavostí je, že vysoké dávky vitamínu C (1g/den a více) mohou být důležité v prevenci některých typů infekcí, především respiračních infekcí. Výsledkem rozsáhlých studií, které byly prováděny u lidí, je příznivý účinek vitamínu C při běžném nachlazení. Studie ukázaly, že u lidí, kteří pravidelně přijímali vitamin C v dávkách 200 mg/den a více, probíhalo nachlazení kratší dobu než u jedinců, kterým tento vitamin podáván nebyl (GREDEL, 2011).

Další výzkumy tvrdí, že vzrůstající konzumace ovoce a zeleniny bohatých na vitamin C může snížit riziko jistých onemocnění, včetně běžného nachlazení, rakoviny či srdečně-cévních onemocnění. Jiné záznamy ukazují, že vyšší dávky vitamínu C mohou prospěšně přispívat fungování imunitního systému (MCGUIRE & BEERMAN, 2013).

Kyselina askorbová je ve vyšší koncentraci obsažena zejména v ovoci a v zelenině. V současné době se doporučuje přijímat vitamin C v množství 60-200 mg denně (VELÍŠEK & HAJŠLOVÁ, 2009).

**Tabulka 6:** Průměrný obsah vitaminu C ve vybraných potravinách, v miligramech na 100 g jedlého podílu (KOMPRDA, 2009)

Potravina	Vitamin C	Potravina	Vitamin C
šípky	500	kiwi	100
paprika	100	citrusy	50
kadeřavá petržel	200	jahody	55
křen	100	rybíz černý	200
kedluben	40	rybíz červený	30
zelí	40	jablko	5
brambory	20	mléko	1
rajčata	20	maso	2

#### 7.4.5 Vitamin B<sub>6</sub>

Vitamin B<sub>6</sub> je souhrnným názvem pro pyridinové deriváty - pyridoxin, pyridoxal a pyridoxamin a od nich odvozené fosfáty. Vitamin B<sub>6</sub> hraje důležitou roli při metabolismu aminokyselin a sacharidů (HAVLÍK & MAROUNEK, 2013).

Vitamin B<sub>6</sub> je nezbytný pro řadu dalších reakcí. Uplatňuje se při syntéze a metabolismu aminokyselin a je důležitý pro zvýšenou tvorbu bílkovin během imunitní odpovědi. Nedostatek vitaminu B<sub>6</sub> zhoršuje produkci protilátek a aktivitu T-lymfocytů. Při nedostatku tohoto vitaminu dochází i ke změně růstu lymfocytů a k poklesu aktivity NK buněk. (GREDEL, 2011).

Podle studie, při které bylo zdravým dospělým mužům podáváno přibližně 0,17 mg vitaminu B<sub>6</sub> a zdravým dospělým ženám 0,1 mg vitaminu B<sub>6</sub> denně, vedl nedostatek vitaminu B<sub>6</sub> k poklesu celkového počtu lymfocytů. Při zvýšení dávky na přibližně 1,9 mg u mužů a 1,1 mg u žen denně se imunitní parametry vrátily k původním hodnotám. Tato obsáhlá studie naznačuje, že nedostatek vitaminu B<sub>6</sub> narušuje imunitní funkce (CALDER & YAQOOB, 2012).



K důležitým zdrojům vitamínu B<sub>6</sub> patří především maso, zelenina či mléko a mléčné výrobky (VELÍŠEK & HAJŠLOVÁ, 2009). Doporučená dávka vitamínu B<sub>6</sub> je u dospělého člověka 1,5 mg za den (KOMPRDA, 2009).

## **7.5 Minerální látky**

Lidský organismus si minerální látky, stejně jako vitamíny, nedokáže vytvořit sám. Proto je musí přijímat spolu s potravou. Pro tělo jsou minerální látky velmi důležité, i když je denně potřebuje jen v malém množství (řádově miligramy až mikrogramy). Minerální látky, které jsou v těle člověka obsaženy řádově v desítkách až tisících gramů, jsou označovány jako majoritní. Minoritní minerální látky se v lidském těle vyskytují řádově v jednotkách gramů. Stopové prvky se v organismu člověka nacházejí v řádu miligramů. K minerálním látkám, které se zásadně podílejí na imunitních funkcích patří hlavně zinek a selen (HARRIS, 2014).

### **7.5.1 Zinek**

Zinek je pro lidský organismus důležitou součástí více jak 100 různých enzymů a účastní se mnoha chemických reakcí. Zinek má katalytickou a regulační funkci. Tělo zinek potřebuje například k tvorbě DNA a proteinů, k transportu vitamínu A či k regulaci imunitních pochodů (TURLEY & THOMPSON, 2013).

Suplementace tohoto stopového prvku významně ovlivňuje vrozenou i získanou imunitu. Existuje více způsobů, jakými zinek na obranyschopnost organismu působí. V první řadě je důležitý pro biologickou aktivitu thymulinu, tedy hormonu, který podporuje funkci T-lymfocytů a produkci cytokinů. Zinek také hraje důležitou roli při mezibuněčné komunikaci. V rámci imunitní odpovědi zinek působí jako kofaktor několika enzymů zúčastňujících se antioxidantních odpovědí, které snižují oxidativní poškození buněk imunitního systému (JOHN et al., 2010).

Navíc suplementace zinku zlepšuje imunitu a účinně reguluje chronická zánětlivá onemocnění. U dětí z rozvojových zemí ovlivnilo podávání zinku morbiditu a mortalitu tím, že snížilo riziko průjmů a akutních respiračních onemocnění (GREDEL, 2011).

Nejbohatším potravinovým zdrojem zinku jsou měkkýši a korýši, především ústřice. Dále se zinek ve větším množství nachází v hovězím mase, vaječném žloutku a mléčných výrobcích. Doporučený denní příjem zinku je u dospělých jedinců 11-40 mg (HARRIS, 2014).

### 7.5.2 Selen

Selen se v organismu vyskytuje jako selenomethionin a selenocystein, přičemž selenomethionin musí tělo přijímat potravou. Selen jako součást enzymu glutathionperoxidázy vykazuje antioxidační účinky a proto je důležitým prvkem při prevenci civilizačních onemocnění, jako je rakovina či kardiovaskulární onemocnění (HAAS & LEVIN, 2006).

Selen ovlivňuje všechny složky imunitního systému, včetně nespecifické, humorální a buněčné imunitní odpovědi. Suplementace selenu stimuluje funkci neutrofilů, produkci protilátek, proliferaci T- i B-lymfocytů a NK buňkami zprostředkovanou cytotoxicitu (SURAI, 2006).

Studie, při kterých byl zdravým lidem podáván selen v množství 50 a 100 µg denně po dobu několika týdnů, prokázaly výrazné zlepšení buněčné imunitní odpovědi. Humorální imunitní odpověď však zůstala nezměněna. Je prokázáno, že suplementace selenu může snížit morbiditu a mortalitu u několika onemocnění včetně HIV či Keshanové choroby (GREDEL, 2011). Podle výzkumů, suplementace selenu měla pozitivní vliv na jedince trpící astmatem, u atopické dermatitidy však nebyl zaznamenán žádný účinek. Při obraně proti nádorovým onemocněním byl selen vnímán příznivě (VERNEROVÁ, 2007).

Selen se ve vyšší koncentraci vyskytuje v potravinách, jako jsou ryby, ať už mořské či sladkovodní. Dále jsou bohatým zdrojem selenu měkkýši a korýši, maso, ořechy či semínka. Doporučená denní dávka selenu je u dospělých mužů 70 µg, u dospělých žen je to 55 µg (KERESTEŠ, 2011; VELÍŠEK & HAJŠLOVÁ, 2009).

## 7.6 Fytochemikálie

Na obranyschopnost organismu, kromě esenciálních složek potravy, významně působí také fytochemikálie. Takto jsou pojmenovány biologicky aktivní látky, které se nacházejí ve všech rostlinách. Doposud byl prokázán největší imunomodulační potenciál u karotenoidů a flavonoidů (GREDEL, 2011).

### 7.6.1 Karotenoidy

Jako karotenoidy označujeme skupinu přirozených barviv, které se vyskytují v přírodě. Nacházejí se jak v rostlinách, tak také v živočišných surovinách. V současné době je identifikováno více než 600 různých karotenoidů a z toho 50 má provitaminovou aktivi-

tu. Důležitou vlastností karotenoidů je jejich antioxidační aktivita. Významným karotenoidem s antioxidačním účinkem je provitamin A beta-karoten. Vzhledem k vzájemnému působení se doporučuje užívat beta-karoten současně s dalšími antioxidanty, s vitamínem E a C. Je prokázáno, že karotenoidy chrání organismus před onemocněními, jako je ateroskleróza či onemocnění kůže (BLATTNÁ, 2013).

V rámci imunitního systému je dokázáno, že strava bohatá na karotenoidy snížila u některých jedinců riziko respiračních onemocnění. Vysoký příjem karotenoidů má značný vliv na protizánětlivou aktivitu. Suplementace beta-karotenů pomohla při obnově klesajícího počtu NK buněk. U dobrovolníků s nízkým příjmem karotenoidů potravin bohaté na karotenoidy zvýšily imunitní odpověď. Naopak u zdravých jedinců s přiměřeným příjmem těchto látek, zvýšený obsah karotenoidů ve stravě nijak významně imunitní odpověď neovlivnil (GREDEL, 2011).

Bohatým zdrojem provitaminu A je především listová zelenina, jako je špenát nebo zelí.  $\beta$ -karoten je ve vyšší koncentraci obsažen v mrkvi či oranžových odrůdách rajčat. Doporučený denní příjem je 3 mg, skutečný příjem je ale nižší (KOMPRDA, 2009; VELÍŠEK & HAJŠLOVÁ, 2009).

### **7.6.2 Flavonoidy**

Flavonoidy představují rozsáhlou skupinu fenolických látek, které jsou součástí nadzemních částí cévnatých rostlin. Vyskytují se zde nejčastěji jako rostlinná barviva. Kvůli jejich biologické aktivitě jsou často označovány jako bioflavonoidy. Vyznačují se především svými antioxidačními účinky. Rostliny s vyšším množstvím flavonoidů obsahují více vitamínu C a zvyšují jeho obsah a účinek v jednotlivých tkáních a orgánech (VALÍČEK, 2014).

Mnoho studií tvrdí, že flavonoidy mají imunosupresivní účinek. Je dokázáno, že antokyanidiny, patřící do skupiny flavonoidů, mají protizánětlivou aktivitu (GREDEL, 2011). Příznivý vliv na žírné buňky byl také prokázán u flavonolů, tedy další podskupiny flavonoidů. Flavonoly, jako je fisetin, kaempferol, myricetin, quercetin a rutin potlačují protilátkami IgE zprostředkované uvolnění histaminu. Jejich další funkcí, kterou se podílejí na imunitní odpovědi, je potlačení prozánětlivých cytokinů (HAGENLOCHER & LORENTZ, 2015).

Jak už bylo výše zmíněno, flavonoidy se vyskytují v rostlinných zdrojích potravin. Ve vyšších koncentracích jsou obsaženy zejména v citrusových plodech, v černém rybízu, šípcech, špenátu či petrželi. Flavonoidy se nacházejí také v obilovinách (pohanka) či luštěninách. Doporučený denní příjem bioflavonoidů se odhaduje na 30 mg (VALÍČEK, 2014).

## 8 ZÁVĚR

Organismus ke svému správnému fungování potřebuje dostatečné množství energie, kterou získává z potravy. V případě omezeného přísunu důležitých živin se zhoršuje imunita jedince, tělo ztrácí svou obranyschopnost a je více náchylné k různým infekcím. Ze současných vědeckých tvrzení vyplývá, že úprava imunitní odpovědi dietárními opatřeními snižuje riziko a urychluje léčbu široké škály onemocnění, včetně zánětlivých onemocnění, virových a bakteriálních infekcí, astmatu či alergie.

Za pomoci stravy lze nejen přispět k příznivým výsledkům při léčbě onemocnění, ale díky ní je také možné těmto nemocem předcházet. Právě neméně důležitá prevence je základní myšlenkou funkčních potravin. Jejich hlavní funkcí je předcházet nemocem a příznivě působit na lidské zdraví a tedy i na imunitní systém člověka. Účinné složky funkčních potravin, které tuto funkci vykonávají, jsou označovány jako nutraceutika.

K hlavním nutričním složkám, které výrazně ovlivňují imunitní systém, patří nenasycené mastné kyseliny, konjugovaná kyselina linolová, aminokyseliny arginin, glutamin a taurin či polysacharidy beta-glukany. Na imunitu velmi příznivě působí také mikronutrienty, tedy vitaminy (zejména A, D, E, C a B<sub>6</sub>) a minerální látky (zinek, selen). Neopomenutelnými složkami výživy, jež zajišťují správnou funkci imunitního systému jsou probiotika, prebiotika a synbiotika. Významnou roli v působení na imunitní systém mají také fytochemikálie, konkrétně karotenoidy a flavonoidy.

Tyto imunomodulační složky potravin mají schopnost imunitní reakce podporovat, ale také tlumit, a proto je důležité je přijímat v rámci vyvážené stravy v přiměřeném množství. Vyvážená strava by měla obsahovat dostatek ovoce a zeleniny a také mléčných, zejména fermentovaných výrobků. Ať už se člověk z určité nemoci léčí, či jí chce jen předcházet, potraviny obsahující tyto složky by měly být součástí jeho jídelníčku.

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ABBAS A., LICHTMAN A., 2011: *Basic immunology: functions and disorders of the immune system*, Saunders Elsevier, Philadelphia, 312 s. ISBN 978-1-4160-5569.

ANONYM 1: Organs of the Immune System. Encyklopedie online [cit. 2015-03-28]. Dostupné na: <http://www2.nau.edu/~fpm/immunology/spleen.html>

ANONYM 2, 2001: Histology of the Lymf Node. Encyklopedie online [cit. 2015-03-28]. Dostupné na: <http://apbrwww5.apsu.edu/thompsonj/Anatomy%20&%20Physiology/2020/2020%20Exam%20Reviews/Exam%202/CH20%20Histology%20of%20the%20Lymph%20Node.htm>

ANONYM 3, 2011: Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Encyklopedie online [cit. 2015-03-02]. Dostupné na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:CS:PDF>

ANONYM 4, 2006: Vitamins and health supplements guide. Encyklopedie online [cit. 2015-03-14]. Dostupné na: <http://www.vitamins-supplements.org/amino-acids/>

ADAMS J., HEWISON M., 2008: Unexpected actions vitamin D: new perspectives on the regulation of innate and adaptive immunity. *Nature Reviews Endocrinology.*, 4 (2): 80-90.

BARTŮŇKOVÁ J., PAVLÍK M. et al., 2011: *Vyšetřovací metody v imunologii*, Grada, Praha 168 s. ISBN 978-80-247-3533-7.

BLATTNÁ J., 2013: Jaké jsou funkce karotenoidů? *Výživa a potraviny*, 68 (3): 60-61.

BURDYCHOVÁ R., 2009: *Preventivní výživa*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 113 s. ISBN 978-80-7375-280-4.

CALDER C., YAQOOB P., 2012: Nutrient regulation of the immune response, s. 688-708. In: ERDMAN J., MACDONALD I. & ZEISEL S. *Present Knowledge In Nutrition*, ILSI, Ames, 1305 s. ISBN 978-0-470-95917-6.

- CHAN G. et al., 2009: The effects of  $\beta$ -glucan on human immune and cancer cells. *Journal of Hematology and Oncology*, 25 (2).
- CHARALAMPOPOULOS D., RASTALL R., 2012: Prebiotics in food. *Current Opinion in Biotechnology*, 23 (2): 187-191.
- ČÁP P., PRŮCHA M., 2006: *Alergologie v kostce*, Triton, Praha, 142 s. ISBN 80-7254-779-8.
- ČIHÁK R., 2011: *Anatomie*, Grada, Praha, 534 s. ISBN 978-80-247-3817-8.
- DELGADO G. et al., 2011: The putative effects of prebiotics as immunomodulatory agents. *Food Research International*, 44: 3167-3173.
- DESSEYN J., GOTTRAND F., 2010: Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids: Immunomodulators in Disease, s. 155-172. In: WATSON R., ZIBADI S. & PREEDY V. *Dietary Components and Immune Function*, Humana Press, New York, 693 s. ISBN 978-1-60761-060-1.
- EITENMILLER R., LEE J., 2004: *Vitamin E: food chemistry, composition, and analysis*, Marcel Dekker, New York, 530 s. ISBN 0-8247-0688-9.
- FERENČÍK M., ROVENSKÝ J. & MAŤHA V., 2004: *Ilustrovaný imunologický slovník*, Galén, Praha, 288 s. ISBN 80-7262-243-9.
- FERENČÍK M., 2005: *Imunitní systém pro každého*, Grada, Praha, 236 s. ISBN 80-7262-265-x.
- FRECE J. et al., 2009: Synbiotic effect of *Lactobacillus helveticus* M92 and prebiotics on the intestinal microflora and immune system of mice. *The Journal of Dairy Research*, 76: 98-104.
- FRONCZAK M. et al., 2003: In utero dietary exposures and risk of islet autoimmunity in children. *Diabetes Care*, 26: 3237-3242.
- GREDEL S., 2011: *Nutrition and Immunity in Man*, ILSI Europe, Belgium, 33 s. ISBN 978-9-07863-727-1.

- GOURBEYRE P., DENERY S. & BODINIER M., 2011: Probiotics, prebiotics, and synbiotics: impact on the gut immune system and allergic reactions. *Journal of Leukocyte Biology*, 89 (5): 685-695.
- HAAS E., LEVIN B., 2006: *Staying healthy with nutrition: the complete guide to diet and nutritional medicine*, Celestial Arts, Berkeley, 927 s. ISBN 978-1-58761-179-7.
- HAGENLOCHER Y., LORENTZ A., 2015: Immunomodulation of mast cells by nutrients. *Molecular Immunology*, 63 (1): 25-31.
- HARRIS E., 2014: *Minerals in food: nutrition, metabolism, bioactivity*, DEStech Publications, Lancaster, 368 s. ISBN 978-1-932078-97-8.
- HAVLÍK J., MAROUNEK M., 2013: *Živiny a živinové potřeby člověka: učebnice pro studenty ČZU v Praze*, Česká zemědělská univerzita, Praha, 131 s. ISBN 978-80-213-2374-2.
- HLADÍK L., 2005: Houby při podpoře imunity. Encyklopedie online [cit. 2015-02-24]. Dostupné na: <http://hladik.hopem.cz/byliny/lecive-ucinky-hub.pdf>
- HOLICK M., 2010: *Vitamin D: Physiology, Molecular Biology and Clinical Applications*, Humana Press, New York, 1155 s. ISBN 978-1-60327-300-8.
- HOŘEJŠÍ V., 2014: *Jak (ne) funguje imunitní systém*, Academia, Praha, 19 s. ISBN 978-80-904392-3-8.
- HOŘEJŠÍ V., BARTŮŇKOVÁ J. BRDIČKA T. & ŠPÍŠEK R., 2013: *Základy imunologie*, Triton, Praha, 330 s. ISBN 978-80-7387-713-2.
- HOWLETT J., 2008: *Functional Foods: From science to health and claims*, ILSI Europe, Belgium, 37 s. ISBN 978-9-07863-711-0.
- HYEYOUNG K., 2011: Glutamine as an Immunonutrient. *Yonsei Medical Journal*, 52 (6): 892-897.
- JÍLEK P., 2014: *Imunologie stručně, jasně, přehledně*, Grada, Praha, 96 s. ISBN 978-80-247-4822-1.



JOHN E. et al., 2010: Zinc in innate and adaptive tumor immunity. *Journal of Translational Medicine*, 8: 118.

MOUREK J., 2012: *Fyziologie, učebnice pro studenty zdravotnických oborů*, Grada, Praha, 224 s. ISBN 978-80-247-3918-2.

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

KASPER H., 2015: *Výživa v medicíně a dietetika*, Grada, Praha, 572 s. ISBN 978-80-247-4533-6.

KERESTEŠ J., 2011: *Zdravie a výživa ľudí*, CAD Press, Bratislava, 1037 s. ISBN 978-80-88969-57-0.

KOHOUT P., 2010: Možnosti ovlivnění imunitního systému nutraceutiky. *Klinická farmakologie a farmacie*, 24 (1): 47–50.

KOMPRDA T., 2012: *Základy výživy člověka*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 162 s. ISBN 978-80-7157-655-6.

KOMPRDA T., 2009: *Výživou ke zdraví*, TeMi CZ, Velké Bílovice, 112 s. ISBN 978-80-87156-41-4.

KOMPRDA T., 2008: *Funkční potraviny: cyklus přednášek*, Brno, ISBN 978-80-7375-219-4.

KOSTUIK P., 2011: *Probiotika/prebiotika v prevenci vzniku astmatu u dětí s atopickou dermatitidou*. Databáze online [cit 2015-03-08]. Dostupné na: <http://www.edukafarm.cz/c1090-probiotika-prebiotika-v-prevenci-vzniku-astmatu-u-deti-s-atopickou-dermatitidou>

KREJSEK J., KUDLOVÁ M., KOLÁČKOVÁ M. & NOVOSAD J., 2007: Nutrice, probiotika a imunitní systém II. část: Nutrice, přirozená slizniční mikroflóra a individuální imunitní reaktivita. *Pediatric pro praxi*, (3): 156-162.

KREJSEK J., KOPECKÝ O., 2004: *Klinická imunologie*, Nucleus HK, Hradec Králové, 941 s. ISBN 80-86225-50-x.

- KVASNIČKOVÁ A., 2000: *Sacharidy pro funkční potraviny: probiotika - prebiotika - symbiotika*, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 81 s. ISBN 80-7271-001-x.
- LACMANOVÁ I., DRÁB V. & VOLNÁ L., 2010: Aplikace probiotických kultur laktobacilů v mléčných výrobcích typu kefíru. *Mlékařské listy*, 18-20 s.
- LOCHMANOVÁ A., 2014: *Základy imunologie: skriptum*, Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava, 177 s. ISBN 978-80-7464-570-9.
- LOCHMANOVÁ A., 2014: *Úvod do klinické imunologie: studijní opora*, Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava, 70 s. ISBN 978-80-7464-622-5.
- LY N., LITONJUA A., GOLD D. & CELÉDON J., 2011: Gut microbiota, probiotics, and vitamin D: Interrelated exposures influencing allergy, asthma, and obesity? *Clinical Reviews in Allergy and Immunology*, 127 (5): 1087-1094.
- MCGUIRE M., BEERMAN K., 2013: *Nutr*, Cengage Learning, Wadsworth, 389 s. ISBN 978-1-111-57892-3.
- MEDEIROS D., WILDMAN R., 2015: *Advanced human nutrition*, Jones & Bartlett Learning, Burlington, 438 s. ISBN 978-1-284-03666-4.
- MENON S. et al., 2010: Immunomodulatory Potential of Conjugated Linolenic Acid, s. 217-226. In: WATSON R., ZIBADI S. & PREEDY V. *Dietary Components and Immune Function*, Humana Press, New York, 693 s. ISBN 978-1-60761-060-1.
- MOUREK J., 2009: *Mastné kyseliny Omega-3: zdraví a vývoj*, Triton, Praha, 187 s. ISBN 978-80-7387-310-3.
- MORO G. et al., 2006: A mixture of prebiotic oligosaccharides reduces the incidence of atopic dermatitis during the first six months of age. *Archives of Disease in Childhood*, 91 (10): 814-819.
- NAGY I., VINKLEROVÁ V. & LUKEŠOVÁ, O., 2011: Probiotika, prebiotika, synbiotika a jejich vztah k imunitě. *Výživa a potraviny*, 66 (4): 86-87.
- NEČAS E., 2009: *Obecná patologická fyziologie*, Karolinum, Praha, 377 s. ISBN 978-80-246-1688-9.

NESWHOLME P., 2001: Why Is L-glutamine Metabolism Important to Cells of the Immune System in Health, Postinjury, Surgery or Infection? *J. Nutr.*, 131: 2515-2522.

NEVORAL J., 2005: *Probiotika a jejich klinické využití*. Databáze online [cit. 2015-03-07]. Dostupné na: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina-priloha/probiotika-a-jejich-klinicke-uziti-452403>

PEELEN E. et al., 2011: Effects of vitamin D on the peripheral adaptive immune system: a review. *Autoimmunity Reviews*, 10 (12): 733-743.

PEKMEZCI D., 2011: Vitamin E and Immunity. *Vitamins & Hormones*, 86: 179-215.

PENG L. et al., 2007: Amino acids and immune function. *British Journal of Nutrition*, 98 (2): 237-252.

PREIDIS G., VERSALOVIC J., 2009: Targeting the human microbiome with antibiotics, probiotics, and prebiotics: Gastroenterology enters the metagenomics era. *Gastroenterology*, 136: 2015-2031.

PREEDY V., 2012: *Vitamin A and carotenoids : chemistry, analysis, function and effects*, RSC Pub, Cambridge, 555 s. ISBN 978-1-84973-368-7.

NOVOTNÁ B., 2005: Alergie zažívacího traktu. *Interní medicína pro praxi*, 11: 492-495.

RADA V., 2010: Využití probiotik, prebiotik a synbiotik. *Interní medicína pro praxi*, 12 (2): 92-97.

RAUCH M., LYNCH S., 2011: The potential for probiotic manipulation of the gastrointestinal microbiome. *Current Opinion in Biotechnology*, 23: 1-10.

SCHULLER-LEVIS G., PARK E., 2004: Taurin and its chloramine: modulators of immunity. *Neurochemical Research*, 29 (1): 117-126.

SILBERNAGL S., LANG F., 2012: *Atlas patofyziologie*, Grada, Praha, 406 s. ISBN 978-80-247-3555-9.

SHETTY S., 2010: *Nutrition, immunity, and infection*, CABI, Cambridge, 206 s. ISBN 978-85199-531-1.

SLÍVA J., MINÁRIK J., 2009: *Doplňky stravy*, Triton, Praha, 124 s. ISBN 978-80-7387-169-7.

SLOTWINSKI R., SLOTWINSKA S., 2012: Immunomodulation in nutritional treatment - effects on the immune system and future directions. *Central European Journal of Immunology*, 37 (1): 75-80.

STRÁNSKÝ M., RYŠAVÁ L., 2014: *Fyziologie a patofyziologie výživy*, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, České Budějovice, 273 s. ISBN 978-80-7394-478-0.

SURAI P., 2006: *Selenium in nutrition and health*, Nottingham University Press, Nottingham, 974 s. ISBN 1-904761-16-X.

SVACHINA Š., MÜLLEROVÁ D. & BRETŠNAJDROVÁ A., 2013: *Dietologie pro lékaře, farmaceuty, zdravotní sestry a nutriční terapeuty*, Triton, Praha, 341 s. ISBN 978-80-7387-699-9.

ŠTERZL I. et al., 2005: *Základy imunologie pro zubní a všeobecné lékaře*, Karolinum, Praha, 207 s. ISBN 80-246-0972-X.

ŠUSTOVÁ K., SÝKORA V., 2013: *Mlékárenské technologie*, Mendelova univerzita, Brno, 223 s. ISBN 978-80-7375-704-5.

TUREK B., ŠÍMA P. & MICHALOVÁ I., 2013: *Jak a proč výživa ovlivňuje zdraví: zdravotní tvrzení na potravinách*, Potravinářská komora České republiky, Praha, 48 s. ISBN 978-80-905096-8-9.

TUREK B., ŠÍMA P. & ŠEVČÍK J., 2010: Střevní mikroflóra včera a dnes. *Hygiena*, 55 (2): 61-63.

TURLEY J., THOMPSON J., 2013: *Nutrition: your life science*, Wadsworth Cengage Learning, Belmont, 537 s. ISBN 978-0-538-49484-7.

VALÍČEK P., 2014: *Rostliny pro zdravý život*, Start, Benešov, 230 s. ISBN 978-80-86231-60-0.

VELÍŠEK J., HAJŠLOVÁ J., 2009: *Chemie potravin*, OSSIS, Tábor, 580 s. ISBN 978-80-86659-17-6.

VERNEROVÁ E., 2007: Výživa a alergie. *Pediatric pro praxi*, 3: 168-172.

VĚTVIČKA V., 2011: *Beta Glukan: tajemství přírody*, Gynpharma, Brno, 126 s. ISBN 978-80-254-9143-0.

VÉGH V., 2008: Probiotika a idiopatické střevní záněty. Databáze online [cit. 2015 03-10]. Dostupné na: <http://www.edukafarm.cz/c826-probiotika-a-idiopaticke-strevni-zanety>

VYSKOČIL V., 2011: Vitamin D. *Klinická farmakologie a farmacie*. 25 (2).

ZADÁK Z., 2008: *Výživa v intenzivní péči*, Grada, Praha, 542 s., ISBN 978-80-247-2844-5.

ZAVADILOVÁ V., 2014: *Výživa a zdraví: studijní opora*, Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava, 78 s. ISBN 978-80-7464-512-9.