

Biologické účinky *Chlorella pyrenoidosa* a mladého jačmeňa s možným využitím v prevencii civilizačných ochorení

Doc. RNDr. Peter Kubatka, PhD.

Ústav lekárskej biológie a Divízia onkológia Martinského centra pre biomedicínu, Jesseniova lekárska fakulta v Martine, Univerzita Komenského v Bratislave

V súčasnosti výskum v oblasti civilizačných ochorení poskytuje dôkazy o prospešnom pôsobení polyfenolov či terpenoidov na široké spektrum biologických funkcií v bunke. Početné predklinické, ale aj klinické štúdie preukázali schopnosť fytochemikálií ovplyvniť bioaktiváciu/deaktiváciu mutagénov, bunkovú signalizáciu, reguláciu bunkového cyklu či angiogénu. Zaznamenaný bol aj ich protizápalový, antioxidantný a imunomodulačný účinok. Benefity širokého spektra rôznych fytochemikálií nachádzajúcich sa v nutraceutikách či rastlinných funkčných potravinách vyplývajú zo vzájomnej kombinácie ich biologických aktivít. Viaceré štúdie naznačujú, že významné biologické účinky rastlinných prirodzených substancií boli dôsledkom aditívnych, prípadne synergických účinkov v nich obsiahnutých fytochemikálií a nie samostatne pôsobiacej látky.

Bohatými zdrojmi biologicky aktívnych látok v podobe hodnotných fytochemikálií sú aj tzv. zelené potraviny, napríklad *Chlorella pyrenoidosa* alebo listy mladého jačmeňa. Konzumácia oboch spomenutých nutraceutík je v strednej Európe v posledných rokoch veľmi populárna. Preto je cieľom tohto prehľadového článku podať odbornej, ale aj širokej verejnosti informáciu o dôležitých biologických účinkoch *Chlorella pyrenoidosa* a listov mladého jačmeňa na ľudský organizmus, so zameraním na ich antioxidantný a chelatačný efekt, a to vo vzťahu k viacerým civilizačným ochoreniam.

Kľúčové slová: civilizačné choroby, rastlinné funkčné potraviny, fytochemikálie, karotenoidy, polyfenoly, *Chlorella pyrenoidosa*, listy mladého jačmeňa

Biological effects of *Chlorella pyrenoidosa* and young barley leaves with possible use in the prevention of civilization diseases

Current research focused on the prevention of civilization diseases provides evidence of the beneficial effects of polyphenols or terpenoids on a wide range of biological effects in the cell. Plethora preclinical and clinical studies demonstrated that phytochemicals have the ability to influence bioactivation/deactivation of mutagens, cell signaling, cell cycle regulation, or angiogenesis. Their anti-inflammatory, antioxidant, and immunomodulatory effects were already well-described. Benefits of a wide range of different phytochemicals found in nutraceuticals or plant functional foods stem from a combination of their multiple biological activities. Several studies suggest that the significant biological effects of plant natural substances have been the result of additive or synergistic effects of plethora phytochemicals and not only of the one compound.

The rich sources of biologically active substances in the form of valuable phytochemicals are also so-called "green foods" such as *Chlorella pyrenoidosa* or young barley leaves. The consumption of these two nutraceuticals is very popular in Central Europe in recent years. For this reason, the purpose of this review article is to provide expert and broad public information on the important biological effects of *Chlorella pyrenoidosa* and young barley leaves on the human organism, focusing on their antioxidant and chelating effects in relation to most spread civilization diseases.

Key words: civilization diseases, plant-based functional foods, phytochemicals, carotenoids, phenolics, *Chlorella pyrenoidosa*, young barley leaves

Prakt. lekárn., 2018;8(1):45-49

Úvod

Chlorella pyrenoidosa predstavuje sladkovodnú jednobunkovú zelenú riasu z čeľade *Chlorellaceae*, ktorá je zaujímavá obsahom karotenoidov a polysacharidov. Najvyššie zastúpenie spomedzi karotenoidov má all-trans-luteín, potom nasleduje cis izomér luteínu, all-trans-alfa-karotén, zeaxantín, cis izomér beta-karoténu, all-trans-beta-karotén, cis izomér alfa-karoténu, beta-kryptoxan-

tín, neoxantín, cis izomér neoxantínu, neochróm, auroxantín, violaxantín a cis izomér violaxantínu (1). Ďalšie karotenoidy a fenolické látky sú v chlorelle zastúpené v nižších množstvách. Z ďalších látok sú v chlorelle významnejšie reprezentované kyselina listová, vitamín B₁₂ a železo (1). *Hordeum vulgare* L. (jačmeň siaty) patrí do čeľade lipnicovitých (*Poaceae*). Listy mladého jačmeňa (zber v dĺžke 10 – 15 cm)

sa vďaka bohatému zastúpeniu polyfenolov vyznačujú značným antioxidantným potenciálom. Listy mladého jačmeňa obsahujú najmä flavóny, leukoantokyanidíny, katechíny a kumaríny. Významnými antioxidantmi v mladých listoch jačmeňa sú flavónové glykozidy – saponarín a lutoonarín (2) a 2''-O-glykozylisovitexín, tiež apigenín-7-O-glukozid, tricín, glukotricín a tricínin (3). Obe nutraceutiká sú na

našom trhu ľahko dostupné, chlorella sa predáva v tabletovej forme, mladý jačmeň v práškovej podobe a konzumuje sa rozpustený v nápojoch.

Chlorella pyrenoidosa ako bohatý zdroj karotenoidov, ale aj polysacharidov a mladý jačmeň s vysokým obsahom flavonoidov vykazujú zreteľné antioxidantné, protizápalové a imunomodulačné účinky, čím ponúkajú ľudskému organizmu viaceré zdravotné benefity. *Chlorella pyrenoidosa* a mladý jačmeň vykazujú v klinických a predklinických štúdiách zreteľne pozitívne efekty v prevencii vážnych civilizovaných ochorení, akými sú kardiovaskulárne ochorenia (4, 5, 6, 7), rakovina (2, 8, 9), neurodegeneratívne ochorenia (10, 11, 12) či diabetes (13). Aktuálne výsledky predklinického výskumu preukázali proapoptotický a antiproliferatívny efekt *Chlorella pyrenoidosa* a mladého jačmeňa v modeli rakoviny prsníka *in vivo* a *in vitro*, chlorella navyše v animálnom modeli redukovala sérové hladiny LDL cholesterolu a triacylglycerolov (2, 8). Potvrdenie blahodarných účinkov zmesi fytochemikálií (prítomných v celých potravinách) na ľudský organizmus a lepšie pochopenie mechanizmu ich účinku môže priniesť nový pohľad na tieto potraviny ako zložky výživy s významným efektom v prevencii civilizovaných ochorení. Obe potraviny prostredníctvom genoprotektívneho účinku alebo tzv. „anti-aging“ efektu môžu pri pravidelnej a dlhodobej konzumácii významne znižovať riziko ich vzniku (14, 15, 16).

Na základe výskumu popredných svetových vedeckých laboratórií budú v tomto prehľadovom článku podrobnejšie vysvetlené otázky antioxidantného a chelatačného účinku chlorelly a mladého jačmeňa vo vzťahu k viacerým civilizovaným ochoreniam, ale tiež využiteľnosť vitamínu B₁₂ z chlorelly pre človeka, ktoré zaujímajú širokú odbornú a laickú verejnosť. Výsledky štúdií uvedených v tomto článku boli vyhľadávané vo vedeckých databázach Web of Science a PubMed.

Detoxikačná schopnosť chlorelly a mladého jačmeňa u človeka

K jedným z najdôležitejších účinkov chlorelly a mladého jačmeňa patrí

detoxikačná funkcia. Vychytávanie vysoko reaktívnych xenobiotík radikálovej povahy fytochemikáliami chlorelly a mladého jačmeňa prináša pozitívne účinky na zdravie u ľudí s environmentálnou záťažou, ktorú spôsobujú napríklad pesticídy, potravinové aditíva (farbivá, dochucovadlá, konzervanty), nevhodná tepelná príprava potravín, alkohol, fajčenie alebo znečistené ovzdušie (1, 2, 3). Obe potraviny dokázateľne znižujú škodlivé účinky ťažkých kovov, dokonca aj rádioaktívnych prvkov v ľudskom organizme mechanizmom znižovania ich reaktivity a aj následnej väzby na štruktúry buniek, čím predchádzajú mnohým civilizovaným ochoreniam, prípadne zmierňujú ich priebeh (môžu prejavovať aj čiastočný terapeutický efekt) (17, 18, 19, 20).

Ako bolo uvedené už vyššie, *Chlorella pyrenoidosa* predstavuje bohatý zdroj zvlášť karotenoidov (v menšej miere polyfenolov) s výrazným antioxidantným potenciálom (1). Listy mladého jačmeňa sú bohaté na flavonoidy, pri ktorých boli potvrdené signifikantné antioxidantné účinky. 2'-O-glykozylizovitexín mladého jačmeňa potlačil tvorbu superoxidu o 97 % a hydroxylových radikálov o 91 %, čím prejavil výraznú antioxidantnú aktivitu *in vitro* (21). Tak karotenoidy chlorelly, ako aj flavonoidy mladého jačmeňa preukázali schopnosť vychytávať voľné kyslíkové radikály (hydroxylové, peroxylové a superoxidové anióny) a reaktívne elektrofilu širokého spektra xenobiotík (látky telu cudzie), inhibovať reaktivitu karcinogénu a potláčať zápal inhibíciou metabolizmu kyseliny arachidónovej (pokles aktivity cyklooxygenázy-1 a -2) a znižovaním produkcie oxidu dusnatého a sekrécie tumor nekrotizujúceho faktora alfa (1). Uvedené faktory sa pozitívne uplatňujú v procesoch znižovania oxidačného stresu bunky, a to zmierňovaním oxidačného poškodzovania dôležitých molekúl bunky, akými sú DNA, proteíny (štruktúrne a informačné, tiež enzýmy), lipidy (napríklad mastné kyseliny bunkových membrán), čím si bunka môže zachovať svoje geneticky naprogramované funkcie.

Kórejská klinická štúdia (22) mala vo svojich cieľoch vyhodnotiť, či 6-týždňová konzumácia chlorelly ochráni

bunky fajčiarov pred oxidačným poškodením. Štúdia bola randomizovaná, dvojito slepá, s použitím placebo. V experimente bolo zahrnutých 52 fajčiarov vo veku 20 – 65 rokov, ktorí konzumovali denne 6,3 g chlorelly (tbl. 25 x 250 mg), respektíve placebo počas 6 týždňov. Sledovali sa hladiny antioxidantných vitamínov, lipidových peroxidov a poškodenie DNA lymfocytov. Výsledky ukázali nárast plazmatického vitamínu C (o 44,4 %), alfa-tokoferolu (o 15,7 %), erytrocytarnej aktivity endogénnych antioxidantných enzýmov – katalázy a superoxid dismutázy, čo poukazuje na genoprotektívny efekt. Autori potvrdili jednoznačnú antioxidantnú kapacitu chlorelly a poukázali na fakt, že táto funkčná potravina predstavuje kľúčový komponent zdravej výživy. Yu et al. (23) hodnotili účinky mladého jačmeňa v kombinácii s vitamínmi C a E na oxidáciu plazmatických LDL častíc (lipoproteíny s nízkou hustotou bohaté na cholesterol) a antioxidantnú (scavengerovú) schopnosť mladého jačmeňa v podobe vychytávania voľných radikálov u pacientov s diabetes mellitus 2. typu. V tejto štúdiu boli diabetickí pacienti liečení počas 4 týždňov. Boli použité 3 experimentálne skupiny jedincov, ktorí denne konzumovali: I. 15 g mladého jačmeňa, II. 200 mg vitamínu C a E, III. mladý jačmeň spolu s vitamínmi C, E. Liečba vo všetkých skupinách spôsobila pokles hladiny reaktívnych produktov kyslíka (superoxidový radikál) v krvi. Jačmeň zvyšoval obsah vitamínu E naviazaného na LDL častice a potencioval inhibičnú schopnosť vitamínu E voči oxidácii LDL častíc (marker rizika kardiovaskulárneho poškodzovania). Autori konštatovali, že mladý jačmeň podporoval účinok antioxidantných vitamínov v prevencii cievnych porúch spojených s diabetes mellitus 2. typu.

Okrem karotenoidov obsahuje chlorella aj hodnotné polysacharidy s antioxidantným potenciálom. Chen et al. (24) analyzovali antioxidantnú aktivitu etanolového extraktu polysacharidov *Chlorella pyrenoidosa in vitro*. Sledovali schopnosť chlorelly vychytávať a redukovat hydroxylové, 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazylóvé (DPPH) a superoxidové radikály. Štúdia preukázala, že polysacharidy chlorel-

ly majú zreteľné antioxidantné účinky *in vitro*. Autori poukazujú na chlorellu ako na zdroj hodnotných polysacharidov s potenciálne širokým využitím ako prirodzených antioxidantov. V ďalšej štúdií čínski autori zistili, že horúce vodné extrakty *Chlorella pyrenoidosa* majú silný potenciál vo vychytávaní voľných elektrónových radikálov, ale aj v aktivácii makrofágov s imunostimulačným efektom (25). Je dokázané, že mnohé fytochemikálie majú schopnosť chelatovať ióny prechodných kovov, napríklad katióny Fe, ktoré sú schopné generovať vysoko reaktívne hydroxylové radikály. Pri chlorelle boli navyše zistené aj schopnosti redukovat produkty pokročilej glykácie, čo je hlavný patogénny faktor diabetu. Zheng et al. (26) mali za svoj cieľ analyzovať antioxidantné účinky *Chlorella pyrenoidosa*, ale tiež jej inhibičné účinky smerom ku kľúčovým enzýmom relevantným s diabetes mellitus 2. typu (α -amyláza, α -glukozidáza). Riasa prejavila antidiabetický účinok vychytávaním voľných radikálov a chelataciou prechodných kovov. Výsledok jasne poukazuje na benefity konzumácie chlorelly ako funkčnej potraviny v prevencii a zmiernení prejavov diabetu.

Chlorella a ťažké kovy

Chlorella pyrenoidosa je bohatá na látky s potvrdeným antioxidantným účinkom, ktoré sa uplatňujú v mechanizmoch potlačania toxických účinkov ťažkých kovov v organizme. Shim et al. (17) hodnotili vplyv chlorelly na kadmiovú toxicitu *in vivo*. Vo svojej animálnej štúdií použili 60 potkanov, pričom chlorellu podávali v dávke 3, respektíve 50 g/kg diéty, kadmium v dávke 160 ppm. U zvierat sa kadmium akumulovalo najmä v pečeni, obličkách a tenkom čreve. Liečba chlorellou spôsobila signifikantný pokles akumulácie kadmia u zvierat užívajúcich chlorellu, ktorý bol sprevádzaný výrazne zvýšenou fekálnou a močovou exkréciou tohto ťažkého kovu. U liečených zvierat bol zistený pokles retencie a absorpcie kadmia. Ďalšou analýzou sa preukázalo zníženie syntézy metalotionéinu (kov viažuca bielkovina) v Golgiho komplexe bunky, čo zreteľne potvrdilo slabšiu retenciu kadmia v bunkách liečených potkanov. Autori na základe svojich vý-

sledkov sumarizovali, že chlorella predstavuje vhodnú potravinu chrániacu pred otravou ťažkými kovmi a poškodzovaním tkanív mechanizmom poklesu absorpcie ťažkých kovov. V inej štúdií chlorid ortuťnatý indukoval oxidačný stres a bunkové poškodenie obličiek u hlodavcov (18). Liečba chlorellou uvedené procesy významne redukovala, znižovala lipidovú peroxidáciu a množstvo kyslíkových radikálov a oxidantov v bunkách obličiek. Yun et al. (19) zistili schopnosť chlorelly znižovať stupeň oxidačného stresu vyvolaného pôsobením olova v mozgových bunkách potkana.

Vyššie uvedené štúdie preukázali, že chlorella zvyšuje exkréciu ťažkých kovov z organizmu, preto existuje hypotéza, že by mohla zvyšovať aj elimináciu rádioaktívnych prvkov z organizmu človeka. Ogawa et al. (20) publikovali svoje výsledky o dekorporačných schopnostiach *Chlorella pyrenoidosa* v prestížnom časopise. Analyzovali možnosti eliminácie rádioaktívnych prvkov Cs-137 a Sr-85 z bunky použitím dvoch experimentálnych modelov. Hodnotili adsorpčné schopnosti chlorelly v animálnej štúdií *in vivo* (zmeny biodistribúcie) a *in vitro* (použitím rôzneho pH média). V štúdií *in vitro* chlorella zvyšovala adsorpčný pomer Sr-85 s nárastom pH. Aj v animálnej štúdií akumulácia rádioaktivity spôsobená Sr-85 v skupine hlodavcov liečených chlorellou signifikantne poklesla. Autori konštatovali, že chlorella môže inhibovať absorpciu Sr-85 do telesných tekutín a súčasne zvyšovať jeho elimináciu z tela prostredníctvom poklesu absorpcie v čreve (20).

Využitelnosť vitamínu B₁₂ z chlorelly vo výžive ľudí

Je známe, že vitamín B₁₂ významným spôsobom zasahuje do celkového metabolizmu organizmu, reguluje najmä syntézu DNA, metabolizmus mastných kyselín a aminokyselín či energetický metabolizmus. Najnovší výskum popredných vedeckých laboratórií preukázal, že chlorella je vhodným využiteľným zdrojom vitamínu B₁₂ pre všetky populačné skupiny vrátane tehotných žien, ale aj vegetariánov a vegánov, ktorí predstavujú zvlášť rizikóvu skupinu, pokiaľ ide o deficienciu tohto vitamínu v organizme (27).

Vitamín B₁₂ pôsobí v organizme v dvoch metabolicky aktívnych formách ako metylkobalamín a adenozykobalamín. Adenozykobalamín premieňa kyselinu metylmalónovú na sukcinylkoenzým A (ktorý vstupuje do citrátového cyklu), čím zohráva dôležitú úlohu regulátora energetického metabolizmu v bunke. Metylkobalamín (ako kofaktor metyltransferázy) premieňa homocysteín na metionín, avšak súčasne premieňa 5-metyltetrahydrofolát na kyselinu listovú, ktorá podporuje replikáciu DNA a následne aj delenie buniek. Vysoké hladiny homocysteínu a kyseliny metylmalónovej sú typické pre vegánov a vegetariánov, ktorých rastlinná strava je všeobecne chudobnejšia na vitamín B₁₂ v porovnaní so živočíšnou stravou.

Bito et al. (28) v nedávnej štúdií analyzovali prítomnosť vitamínu B₁₂ v *Chlorella pyrenoidosa* pomocou metódy kvapalinovej chromatografie. Výsledok preukázal významné množstvo adenozykobalamínu a metylkobalamínu v tejto sladkovodnej riase. Americká pracovná skupina pod vedením Merchanta (27) hodnotila biologickú využiteľnosť vitamínu B₁₂ prítomného v *Chlorella pyrenoidosa*. V klinickej štúdií použila 17 zdravých vegánov alebo vegetariánov (vo veku 26 – 57 rokov) s potvrdenou deficienciou vitamínu B₁₂. Jedinci konzumovali 9 g chlorelly (tbl. 36 x 250 mg) denne počas 60 dní. Výsledky ukázali, že liečba chlorellou spôsobila nárast sérových hladín vitamínu B₁₂. Po 30, respektíve 60 dňoch liečby poklesli u vegánov a vegetariánov sérové hladiny kyseliny metylmalónovej v priemere o 34 %, pričom až 88 % jedincov dosiahlo minimálne 10 % pokles kyseliny metylmalónovej v krvi. Chlorella spôsobila mierny pokles aj pri homocysteíne. Na záver autori konštatovali, že vitamín B₁₂ prítomný v chlorelle je u človeka biologicky dostupný a chlorella predstavuje jeho vhodný zdroj pre vegánov a vegetariánov, ale aj širokú populáciu ľudí. Nakano et al. (29) odporúčajú chlorellu ako vhodný zdroj vitamínu B₁₂ aj u tehotných žien, u ktorých chlorella zlepšovala nielen hodnoty anémie, ale aj proteinúrie stabilizáciou funkcie obličiek, pravdepodobne mechanizmom protizápalového pôsobenia.

„Chlorella growth factor“ a rakovina

Pri chlorelle býva v súvislosti s rakovinou diskutovaný aj tzv. *Chlorella growth factor* (CGF), čiže rastový faktor chlorelly. Je to zmes nutrične a nenutrične významných zložiek výživy prítomných v chlorelle (30). Z vedeckého hľadiska je zrejme, že CGF nemôže vyvolávať rakovinu (31, 32, 33). Merchant a Andre (30) definujú CGF ako zmes aminokyselín, peptidov, vitamínov, minerálov a nukleových kyselín (nejde o jednu molekulu či hormón, ako sa často chybné uvádza). CGF na základe svojho zloženia podporuje rast či regeneráciu tkanív, a to mechanizmom podpory proliferácie buniek, v detskom veku podporuje rast a vývin organizmu (30). Diskutovaná býva otázka, či CGF na základe svojho mechanizmu pôsobenia (napomáhanie deleniu a rastu buniek) podporuje aj vznik a rozvoj rakoviny. Nadmerné/nepodstatné delenie buniek nastáva iba vtedy, ak to spustia porušené regulačné mechanizmy bunkového cyklu, pričom CGF tieto zmeny bunkového cyklu nevyvoláva. V tejto súvislosti treba uviesť, že izolovaný CGF (ktorý je tiež komerčne dostupný) nie je opodstatnené podávať onkologickým pacientom, u ktorých by do určitej miery mohol stimulovať delenie neoplasticky zmenených buniek (tumor promočný efekt). Čo je podstatné, výsledky predklinických štúdií favorizujú chlorellu ako celú potravinu, ktorá je potenciálne vhodným doplnkom výživy v prevencii niektorých typov rakoviny (8, 9). Izolovaný CGF sa môže nájsť svoje uplatnenie u vybraných skupín zdravej populácie, napríklad športovcov alebo ťažko fyzicky pracujúcich jedincov. Musíme si uvedomiť skutočnosť, že *Chlorella pyrenoidosa* ako celistvá potravina predstavuje komplexnú potravinu bohatú na fytochemikálie s nízkym obsahom CGF. Doteraz neexistuje vedecký dôkaz, ktorý by potvrdil, že chlorella vyvoláva alebo podporuje rakovinu. Naopak, viaceré klinické štúdie s chlorellou preukázali jej bezpečnosť u ľudí aj pri dlhodobjšom používaní (31, 32, 33).

V súčasnosti už existujú predklinické vedecké práce, ktoré potvrdzujú protirakovinový potenciál chlorelly. *Chlorella pyrenoidosa* výrazne redu-

kovala riziko vzniku rakoviny mliečnej žľazy až o 61 % voči neliečenej kontrole u samíc potkanov (8). V liečených karcinómoch vyvolávala apoptózu a mala antiangiogénny efekt, ďalej zlepšovala prognózu liečených karcinómov, navyše u potkanov redukovala plazmatické triacylglyceroly a LDL cholesterol. V bunkách ľudských adenokarcinómov prsníka (MCF-7) chlorella vyvolala apoptózu a antiproliferatívny efekt (8). Japonskí autori analyzovali vplyv *Chlorella pyrenoidosa* na výskyt ložísk glutatión-S-transferázy (marker preneoplastických lézií) v pečeni u potkanov. U samcov potkanov, ktorí prijímali v diéte *Chlorella pyrenoidosa* (10 % w/w), iniciovali vznik lézií v pečeni najprv dietylinitrozamínom. Liečba chlorellou redukovala počet lézií o 68 % a objem lézií o 74 % voči neliečenej kontrole. V ďalšom experimente tých istých autorov pri použití karcinogénu 2-amino-3,8-dimetylimidazol[4,5-f] chinoxalínu bola veľkosť lézií v skupine liečenej chlorellou znížená o 52 % voči kontrole (9). Pozitívne účinky chlorelly z hľadiska liečby či prevencie nádorových ochorení boli zaznamenané aj v ďalších experimentálnych štúdiách (34, 35, 36, 37).

Výsledky uvedených predklinických štúdií poukázali na zreteľný chemopreventívny účinok *Chlorella pyrenoidosa* v mamarnej a hepatálnej karcinogenéze u potkanov. Tieto výsledky favorizujú chlorellu ako potenciálne vhodný doplnok výživy v prevencii rakoviny prsníka a pečene aj u človeka.

Záver

Zelené potraviny – *Chlorella pyrenoidosa* a mladý jačmeň – vykazujú v početných vedeckých štúdiách popredných svetových laboratórií významné antioxidantné a chelatačné aktivity. Chlorella preukázala ochranný efekt pred intoxikáciou ťažkými a rádioaktívnymi kovmi (Cd, Hg, Pb, Sr-85). Na základe chelatačných/detoxikačných aktivít tak chlorella, ako aj mladý jačmeň v denných dávkach do 10 g predstavujú vhodný doplnok prevencie a zmierňovania mnohých civilizačných chorôb – kardiovaskulárnych, neurodegeneratívnych, rakoviny či diabetu. Navyše, obe rastlinné funkčné potraviny, na základe antioxidantných účinkov, predstavujú prirodzené substancie s predpo-

kladnými genoprotektívnymi účinkami, ktoré sa prejavujú neskorším nástupom civilizačných ochorení. Klinický výskum potvrdil využiteľnosť vitamínu B₁₂ z chlorelly u ľudí. Predklinické štúdie dokázali zjavný protinádorový potenciál chlorelly, pričom klinické štúdie potvrdili bezpečnosť tejto riasy pri dlhodobej konzumácii. Podstata výrazného biologického účinku oboch nutraceutík na organizmus spočíva vo vysokom obsahu desiatok rôznych fytochemikálií pôsobiacich aditívne, prípadne synergicky (2, 8, 14, 15, 16). Početné vedecké výsledky ukazujú, že by bolo chybou ísť cestou konzumácie izolovaných jednotlivých fytochemikálií, pozitívny účinok na organizmus by bol pravdepodobne oveľa nižší. Sú však potrebné ďalšie ciele klinické či predklinické štúdie (predovšetkým pri nádorových a neurodegeneratívnych ochoreniach), ktoré potvrdia prospešnosť konzumácie chlorelly a mladého jačmeňa pre zdravie človeka.

Štúdie animálneho modelu rakoviny prsníka boli podporené grantom Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR, VEGA č. 1/0108/16. Článok nebol sponzorovaný žiadnou farmaceutickou spoločnosťou a materiály k nemu si zaobstaral autor sám.

Literatúra

1. Inbaraj BS, Chien JT, Chen BH. Improved high performance liquid chromatographic method for determination of carotenoids in the microalga *Chlorella pyrenoidosa*. *J Chromatogr A*. 2006;1102:193-199.
2. Kubatka P, Kello M, Kajo K, et al. Young barley indicates antitumor effects in experimental breast cancer in vivo and in vitro. *Nutr Cancer*. 2016;68:611-621.
3. Markham KR, Mitchell KA. The mis-identification of the major antioxidant flavonoids in young barley (*Hordeum vulgare*) leaves. *Z Naturforsch C*. 2003;58:53-56.
4. Yu YM, Chang WC, Liu CS, Tsai CM. Effect of young barley leaf extract and adlay on plasma lipids and LDL oxidation in hyperlipidemic smokers. *Biol. Pharm. Bull.* 2004;27:802-805.
5. Koga R, Tsubata M, Ikeguchi M, et al. Hypercholesterolemia-reducing effect of young barley leaf powder. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.* 2013;60:19-24.
6. Cherg JY, Shih MF. Preventing dyslipidemia by *Chlorella pyrenoidosa* in rats and hamsters after chronic high fat diet treatment. *Life Sci*. 2005;76:3001-3013.
7. Merchant RE, Andre CA, Sica DA. Nutritional supplementation with *Chlorella pyrenoidosa* for mild to moderate hypertension. *J. Med. Food*. 2002;5:141-152.
8. Kubatka P, Kapinová A, Krzuziak P, et al. Antineoplastic effects of *Chlorella pyrenoidosa* in the breast cancer model. *Nutrition*. 2015;31:560-569.
9. Takekoshi H, Mizoguchi T, Komasa Y, et al. Suppression of glutathione S-transferase placental form-positive foci development in rat hepatocarcinogenesis by *Chlorella pyrenoidosa*. *Oncol Rep*. 2005;14:409-414.
10. Chen PB, Wang HC, Liu YW, et al. Immunomodulatory activities of polysaccharides from *Chlorella pyrenoidosa*

- in a mouse model of Parkinson's disease. *J. Funct. Foods*. 2014;11:103-113.
11. Miyazawa T, Nakagawa K, Takekoshi H, et al. Ingestion of chlorella reduced the oxidation of erythrocyte membrane lipids in senior Japanese subjects. *J. Oleo Sci.* 2013;62:873-881.
12. Nakashima Y, Ohsawa I, Konishi F, et al. Preventive effects of Chlorella on cognitive decline in age-dependent dementia model mice. *Neurosci. Lett.* 2009;464:193-198.
13. Cherng JY, Shih MF. Potential hypoglycemic effects of chlorella in streptozotocin-induced diabetic mice. *Life Sci.* 2005b;77:980-990.
14. Kubatka P, Uramova S, Kello M, et al. Antineoplastic effects of clove buds (*Syzygium aromaticum* L.) in the model of breast carcinoma. *J Cell Mol Med.* 2017;21:2837-2851.
15. Kubatka P, Kello M, Kajo K, et al. Oregano demonstrates distinct tumor-suppressive effects in the breast carcinoma model. *Eur. J. Nutr.* 2017;56:1303-1316.
16. Kapinova A, Stefanicka P, Kubatka P, et al. Are plant-based functional foods better choice against cancer than single phytochemicals? A critical review of current breast cancer research. *Biomed Pharmacother.* 2017;96:1465-1477.
17. Shim JA, Son YA, Park JM, Kim MK. Effect of Chlorella intake on cadmium metabolism in rats. *Nutr Res Pract.* 2009;3:15-22.
18. Blas-Valdivia V, Ortiz-Butron R, Pineda-Reynoso M, et al. Chlorella vulgaris administration prevents HgCl₂-caused oxidative stress and cellular damage in the kidney. *J App Phycol.* 2011;23:53-58.
19. Yun HJ, Kim I, Kwon SH, et al. Protective effect of Chlorella vulgaris against lead-induced oxidative stress in rat brains. *J Health Sci.* 2011;57:245-254.
20. Ogawa K, Fukuda T, Han J, et al. Evaluation of chlorella as a decorporation agent to enhance the elimination of radioactive strontium from body. *Plos One.* 2016;11:e0148080.
21. Arimoto T, Ichinose T, Yoshikawa T, Shibamoto T. Effect of the natural antioxidant 2"-O-glycosylisovitexin on superoxide and hydroxyl radical generation. *Food Chem Toxicol.* 2000;38:849-852.
22. Lee SH, Kang HJ, Lee HJ, et al. Six-week supplementation with Chlorella has favorable impact on antioxidant status in Korean male smokers. *Nutrition.* 2010;26:175-183.
23. Yu YM, Chang WC, Chang CT, et al. Effects of young barley leaf extract and antioxidative vitamins on LDL oxidation and free radical scavenging activities in type 2 diabetes. *Diabetes Metab.* 2002;28:107-114.
24. Chen YX, Liu XY, Xiao Z, et al. Antioxidant activities of polysaccharides obtained from Chlorella pyrenoidosa via different ethanol concentrations. *Int J Biol Macromol.* 2016;91:505-509.
25. Zhuang X, Zhang D, Qin W, et al. A comparison on the preparation of hot water extracts from (CPEs) and radical scavenging and macrophage activation effects of CPEs. *Food Funct.* 2014;5:3252-3260.
26. Zheng S, et Feng Ch. Evaluation of the green alga Chlorella pyrenoidosa for management of diabetes. *J Food Drug Anal.* 2012;20:246-249.
27. Merchant RE, Phillips TW, Udani J. Nutritional Supplementation with Chlorella pyrenoidosa Lowers Serum Methylmalonic Acid in Vegans and Vegetarians with a Suspected Vitamin B₁₂ Deficiency. *J Med Food.* 2015;18:1357-1362.
28. Bito T, Bito M, Asai Y, et al. Characterization and quantitation of vitamin B12 compounds in various Chlorella supplements. *J Agric Food Chem.* 2016;64:8516-8524.
29. Nakano S, Takekoshi H, Nakano M. Chlorella pyrenoidosa supplementation reduces the risk of anemia, proteinuria and edema in pregnant women. *Plant Foods Hum Nutr.* 2010;65:25-30.
30. Merchant RE, Andre CA. A review of recent clinical trials of the nutritional supplement Chlorella pyrenoidosa in the treatment of fibromyalgia, hypertension, and ulcerative colitis. *Altern Ther Health Med.* 2001;7:79-91.
31. Merchant RE, Rice CD, Young HF. Dietary Chlorella pyrenoidosa for patients with malignant glioma: Effects on immunocompetence, quality of life, and survival. *Phytotherapy Res.* 1990;4:220-231.
32. Merchant RE, Andre CA, Sica DA. Nutritional supplementation with Chlorella pyrenoidosa for mild to moderate hypertension. *J Med Food.* 2002;5:141-152.
33. Miyazawa T, Nakagawa K, Takekoshi H, et al. Ingestion of chlorella reduced the oxidation of erythrocyte membrane lipids in senior Japanese subjects. *J Oleo Sci.* 2013;62:873-881.
34. Kyadari M, Fatma T, Azad R, Velpandian T. Evaluation of antiangiogenic and antiproliferative potential of the organic extract of green algae Chlorella pyrenoidosa. *Indian J Pharmacol.* 2013;45:569-574.
35. Wang X, Zhang X. Separation, antitumor activities, and encapsulation of polypeptide from Chlorella pyrenoidosa. *Biotechnol Prog.* 2013;29:681-687.
36. Cha KH, Koo SY, Lee DU. Antiproliferative effects of carotenoids extracted from Chlorella ellipsoidea a Chlorella vulgaris on human colon cancer cells. *J Agric Food Chem.* 2008;56:10521-10526.
37. Chon JW, Sung JH, Hwang EJ, Park YK. Chlorella methanol extract reduces lipid accumulation in and increases the number of apoptotic 3T3-L1 cells. *Ann NY Acad Sci.* 2009;1171:183-189.

Doc. RNDr. Peter Kubatka, PhD.

Ústav lekárskej biológie a Divízia onkológia
Martinského centra pre biomedicínu, Jesseniova
lekárska fakulta v Martine, Univerzita
Komenského v Bratislave
Malá Hora 4, 036 01 Martin
kubatka@fmed.uniba.sk