

# KVALITA DOPLŇKŮ VÝŽIVY S OMEGA-3 MASTNÝMI KYSELINAMI

## QUALITY OF DIETARY SUPPLEMENTS WITH OMEGA-3 FATTY ACIDS

Milan Vývoda<sup>1</sup> – Karolína Beranová<sup>1</sup> – Milena Matejovičová<sup>1</sup> – Tomáš Komprda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-048-1-0267>



### ABSTRAKT

Většina populace nedosahuje doporučeného příjmu  $\omega$ -3 polynenasycených mastných kyselin ( $\omega$ -3 PUFA) ve stravě, což přispívá k nedostatku  $\omega$ -3 PUFA v organismu s nepříznivými zdravotními dopady. Omega-3 index (O3i) je parametr, který měří podíl  $\omega$ -3 mastných kyselin, konkrétně eikosapentaenové (EPA), dokosahexaenové (DHA) a dokosapentaenové (DPA) v celkovém množství mastných kyselin v membránách erytrocytů (červených krvinek), přičemž O3i  $\geq 8$  % je spojen s nižším rizikem chronických onemocnění, zejména kardiovaskulárních. Z důvodu jejich nedostatečného příjmu ve stravě jsou často doporučovány doplňky stravy s obsahem těchto mastných kyselin. Problémem však může být kvalita běžně dostupných doplňků. Tento článek shrnuje informace o metodách sledování dostatečného příjmu  $\omega$ -3 FA a možnostech hodnocení kvality doplňků stravy s obsahem  $\omega$ -3 FA dostupných na českém trhu.

*Klíčová slova:  $\omega$ -3 mastné kyseliny, PUFA, doplňky stravy, kvalita*

### ABSTRACT

The majority of the population does not reach the recommended intake of polyunsaturated  $\omega$ -3 fatty acids ( $\omega$ -3 PUFA) in the diet, which contributes to the deficiency of  $\omega$ -3 PUFA in the body with adverse health effects. The omega-3 index (O3i) is a parameter that measures the proportion of  $\omega$ -3 fatty acids, specifically eicosapentaenoic (EPA), docosahexaenoic (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA) in the total amount of fatty acids in the membranes of erythrocytes (red blood cells), with O3i  $\geq 8\%$  being associated with a lower risk of chronic diseases, especially cardiovascular diseases. Due to their insufficient intake in the diet, nutritional supplements containing these fatty acids are often recommended. However, the quality of commonly available supplements can be a problem. This article summarizes information on methods for monitoring sufficient  $\omega$ -3 FA intake and options for assessing the quality of nutritional supplements containing  $\omega$ -3 FA available on the Czech market.

*Keywords:  $\omega$ -3 fatty acids, dietary supplements, quality*

### ÚVOD

Nedostatečný příjem polynenasycených  $\omega$ -3 mastných kyselin ( $\omega$ -3 PUFA) je celosvětový problém, což vyvolává vědecký i komerční zájem. Dostatečná konzumace  $\omega$ -3 PUFA je spojována se zlepšením kardiovaskulárního zdraví, snížením úzkosti a deprese, jakož i s nižší prevalencí rakoviny, Alzheimerovy choroby, diabetu 1. typu, roztroušené sklerózy a celkové úmrtnosti (McDonnell et al., 2019). Hlavními

dietárními  $\omega$ -3 PUFA jsou  $\alpha$ -linolenová kyselina (ALA; C18:3  $\omega$ -3), eikosapentaenová kyselina (EPA; C20:5  $\omega$ -3) a dokosaheptaenová kyselina (DHA; C22:6  $\omega$ -3). Polynenasycené mastné kyseliny z řady  $n$ -3 se vyznačují tím, že obsahují v molekule dvě nebo více izolovaných dvojných vazeb, přičemž první dvojná vazba se vychází ze třetího uhlíku od methylového konce molekuly. Základní esenciální  $\omega$ -3 PUFA je ALA, která sestává z 18 atomů uhlíku a tří dvojných vazeb v pozicích 9,12,15 od karboxylového konce. Pro její tvorbu je nezbytný enzym  $\Delta$ 15-desaturáza. Tento enzym však u živočichů chybí, a proto u člověka musí být ALA získávána s potravou. ALA může být v lidském organismu konvertována na  $n$ -3 PUFA s delším řetězcem. Míra této přeměny není zcela objasněna a je obecně považována za velmi omezenou. Odhaduje se, že pouze 1–10 % ALA je přeměněno na EPA a 0,5–5 % na DHA (Goyens et al. 2005; Plourde a Cunnane, 2007). Většina  $\omega$ -3 PUFA s dlouhým řetězcem (více než 20 uhlíků) by tedy měla být taktéž přijímána ze stravy. Mezi tyto důležité PUFA patří zejména EPA a DHA. Metabolismus  $\omega$ -3 a  $\omega$ -6 mastných kyselin je vzájemně propojený, jelikož jejich dráhy „soutěží“ o stejné enzymy: desaturázy a elongázy (Soukup, 2023). Navíc, PUFA s dlouhým řetězcem ovlivňují nejen složení membrán a lipoproteinů v krvi, čímž ovlivňují interakce mezi cévní stěnou a lipoproteiny i erytrocyty, ale jsou z nich syntetizovány také eikosanoidy, regulující funkce imunitního systému, srážlivost krve a vasokonstriktci a vasodilataci (změny velikosti cévního průřezu). Na poměru, ve kterém jsou PUFA  $\omega$ -6 a  $\omega$ -3 přijímány závisí, které účinky eikosanoidů se projeví: prozánětlivé nebo protizánětlivé, vasodilatační nebo vasokonstrikční, protrombotické nebo antitrombotické.

### ADEKVÁTNÍ PŘÍJEM $\omega$ -3 PUFA

Zdroje ALA zahrnují rostlinné oleje, ořechy a semena a také některé řasy. EPA a DHA se nacházejí v tučných rybách, jako jsou losos, tuňák, sled' a makrela a v mořských řasách. Vzhledem k nedostatečné syntéze EPA a DHA z ALA doporučují organizace, zabývající se tvorbou výživových standardů, pravidelnou konzumaci ryb. Pokyny pro výživu Američanů z roku 2015 (DGA) a Americká kardiologická asociace doporučují konzumovat dvě porce ryb týdně, aby se dosáhlo příjmu 250 mg/d EPA a DHA. Data z NHANES odhadují průměrný příjem ryb mezi dospělými na 1/2 doporučeného množství týdně a 1/4 týdně, pokud jde o ryby s vysokým obsahem  $\omega$ -3 PUFA. Proto je nezbytné vytvořit nová doporučení a přístupy k doplňování  $\omega$ -3 PUFA založené na důkazech, které umožní zahrnout více  $\omega$ -3 PUFA do diety s cílem zajistit dlouhodobé zdraví (Dempsey et al., 2023).

Výzkum naznačuje, že ani jedinci, kteří pravidelně konzumují ryby, nedosahují doporučeného omega-3 indexu (O3i) (McDonnell et al., 2019), který je definován jako poměr EPA, DHA a DPA k celkovým mastným kyselinám v membránách erytrocytů a odráží celkový obsah  $\omega$ -3 PUFA v organismu. Bylo prokázáno, že O3i odráží distribuci  $\omega$ -3 PUFA ve tkáních a je reprezentativnějším parametrem pro sledování dlouhodobého dietárního příjmu  $\omega$ -3 PUFA, než jiné metody hodnocení. O3i se běžně měří v klinických a výzkumných podmínkách rychlou a neinvazivní analýzou krevních skvrn. Nicméně výpočet O3i se může v různých laboratořích lišit. V roce 2004 zahájili Harris a Schacky (Harris a Schacky, 2004) výzkum O3i poté, co ukázali, že jedinci s O3i >8 % měli nižší riziko kardiovaskulárních onemocnění než jedinci s hodnotami <4 %. Další

důkazy podporují zdravotní přínosy udržování O3i >8 % (McDonnell et al., 2019). Současná doporučení pro příjem ALA a konzumaci ryb jsou pro většinu jedinců nedostatečná k udržení zdravého O3i. Podle průřezové studie mělo 83 % těch, kteří konzumovali alespoň dvě porce tučných ryb týdně, O3i <8 %, a pouze ti, kteří pravidelně konzumovali ryby a doplňovali >1 000 mg/d EPA a DHA, udržovali optimální O3i (McDonnell et al., 2019). Celosvětově jsou příjem  $\omega$ -3 PUFA a jejich koncentrace v krvi výrazně pod doporučovanými hodnotami, což poukazuje na zvýšená zdravotní rizika u velké části populace (Stark et al., 2016). Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) uvádí doporučení pro denní příjem dospělých osob 0,25–0,5 g EPA a DHA (EFSA, 2012). Světová zdravotnická organizace (WHO) navrhuje pro širší populaci denní příjem 0,3–0,5 g EPA a DHA (Kris-Etherton et al. 2002).

Možným řešením pro zvýšení konzumace  $\omega$ -3 PUFA s dlouhým řetězcem je obohacování potravin, například přídavky rybího oleje (Komprda et al., 2020), což však může narážet na senzorickou přijatelnost u konzumentů, nebo užívání speciálně vyrobených doplňků.

## **DOPLŇKY STRAVY A JEJICH KVALITA**

Doplňky stravy, obsahující EPA a DHA, jsou vyráběny z ryb jako sardinky, tuňák a tresčí játra, ale také z alternativních zdrojů jako jsou kril a speciálně pěstované mikrořasy. Doplnky obsahující EPA a DHA se vyrábějí v různých chemických formách, například jako triacylglyceroly, ethylestery a fosfolipidy. Konzumace těchto doplňků je výhodná pro přesnou regulaci příjmu EPA a DHA díky informacím o dávkování na obalu, což je bezpečný a kontrolovaný způsob jejich konzumace. Vzhledem k široké nabídce na trhu může být však obtížné vybrat vhodný produkt, ne všechny doplňky jsou srovnatelné a kvalita nemusí odpovídat ceně. Správné dávkování EPA a DHA je klíčové, zejména pokud se jejich suplementace využívá k řešení zdravotních problémů (Ritter et al. 2013).

Kvalita jedlých olejů včetně rybího oleje se běžně posuzuje prostřednictvím analýzy složení mastných kyselin, obsahu těžkých kovů, čísla kyselosti (peroxidového čísla) a měřením produktů oxidace lipidů (Galuch et al., 2017).

Kvalita výrobku, co se týče obsahu  $\omega$ -3 PUFA uvedeného na etiketě musí odpovídat aktuálním předpisům platným v oblasti distribučního trhu. Klíčový je nejen celkový obsah EPA a DHA, ale také jejich vzájemný poměr, protože tyto kyseliny fungují odlišně a mají různé biologické role v těle. Některé biologické procesy proto vyžadují specifický poměr EPA k DHA.

PUFA jsou náchylné k oxidačním reakcím za vzniku produktů, které negativně ovlivňují kvalitu, senzorickou přijatelnost, funkčnost, nutriční hodnotu a bezpečnost doplňků. Produkty oxidace PUFA jsou reaktivní sloučeniny, které přispívají ke vzniku mutací, poškození DNA, zánětů, srdečně-cévních chorob a také jsou zapojeny do procesů stárnutí. Sekundární produkty oxidace PUFA, které mají cytotoxické a genotoxické účinky, mohou po vstupu do krevního oběhu ovlivnit metabolismus lipoproteinů a funkci krevních destiček. Podmínky skladování umožňující kontakt se vzdušným kyslíkem, působení světla a UV záření i vysoká teplota

urychlují oxidaci lipidů a snižují stabilitu a trvanlivost produktů obsahujících rybí olej. Nízká oxidační stabilita  $\omega$ -3 PUFA vyžaduje účinnou antioxidační ochranu, aby se zabránilo oxidačnímu poškození a rozvoji pachuti u potravin, které byly obohaceny rybím olejem (Jacobsen et al. 2001).

## **MATERIÁL A METODIKA**

Z tržní sítě v České republice bylo vybráno pět doplňků stravy od známých i méně známých výrobců a dodavatelů. Výrobky byly pořízeny v první polovině roku 2024 a doba minimální trvanlivosti byla u všech výrobků, kromě doplňku 3, delší, než trvání experimentu. U výrobku 3 skončila doba minimální trvanlivosti těsně před začátkem experimentu. Tři výrobky byly želatinové tobolky obsahující EPA a DHA v deklarovaném množství (doplňky označené 1–3), jeden výrobek byl kapalným doplňkem ve formě ochuceného rybího oleje (doplňek 4) a jeden z těchto doplňků deklaroval veganské složení a jako zdroj směsi  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 a  $\omega$ -9 PUFA uváděl prášek ze lněných semen ve formě mikrokapsulí, dávkovaný ve veganských tobolkách, přičemž součástí názvu bylo označení omega 3 (doplňek 5). Vzorky byly skladovány po dobu 2 měsíců v různých podmínkách. Kontrolní podmínky představovaly skladování v původních uzavřených obalech při pokojové teplotě 24 °C (tobolky) a při chladírenské teplotě 4°C (olej) ve tmě. Pokusné podmínky představovaly skladování na denním světle v průhledných uzavřených nádobách při pokojové teplotě 24°C (vzorky PZ) a v průhledných otevřených nádobách v místnosti s neregulovanou teplotou, kde v průběhu experimentu teploty dosahovaly 27–33 °C s průměrnou hodnotou 31°C (vzorky PO). Na začátku a na konci experimentu byly změřeny profily mastných kyselin (MK) metodou stanovení methylesterů MK pomocí plynové chromatografie s FID detekcí. Dále byly na začátku, po jednom a dvou měsících skladování ve vodných extraktech doplňků analyzovány sloučeniny reagující s kyselinou thiobarbiturovou (TBARS) jako měřítko oxidačních procesů ve skladovaných doplncích. Extrakce oxidačních produktů z doplňků byla prováděna do vodného prostředí dle metodiky autorů Papastergiadis et al. (2012). Produkty reakce s kyselinou thiobarbiturovou byly měřeny spektrofotometricky při vlnové délce 532 nm..

## **VÝSLEDKY A DISKUZE**

### **NUTRIČNÍ HODNOTA VYBRANÝCH DOPLŇKŮ**

Výsledky analýzy mastných kyselin v doplncích skladovaných v optimálních podmínkách v porovnání s deklarovanými hodnotami na obalech doplňků, případně na webových stránkách prodejce jsou uvedeny v tabulce 1. S mírnými odchylkami jsme u doplňků 1–4 zjistili, že naše analýzy odpovídají deklarovaným hodnotám. Doplněk 5 však podle našich analýz vykazoval výrazné odchylky naměřených hodnot. Dle informace na stránkách prodejce měl obsahovat 85,2 % kyseliny olejové, 5,54 % kyseliny linolové a pouze 0,95 % kyseliny linolenové (bez bližšího určení, při porovnávání naměřených a deklarovaných hodnot jsme z logiky věci předpokládali, že jde o kyselinu  $\alpha$ -linolenovou). V čase ani při různých metodách skladování jsme nepozorovali signifikantní změny v obsahu jednotlivých PUFA, i když ve všech vzorcích kromě vzorku 1 jsme pozorovali nižší hodnoty obsahu EPA a DHA po dvouměsíčním skladování v pokusných podmínkách

při vystavení vzorků kyslíku, světlu a vyšším teplotám (skupina vzorků PO) oproti hodnotám naměřených ve vzorcích skladovaných v kontrolních podmínkách.

Analýzy profilu mastných kyselin u doplňků stravy suplementujících  $\omega$ -3 PUFA s dlouhým řetězcem na českém trhu prováděli i další výzkumníci. Například v disertační práci Josefa Soukupa (Soukup, 2023) bylo zkoumáno také pět různých doplňků stravy obsahujících  $\omega$ -3 PUFA z českého trhu. Mezi analyzovanými produkty byl doplněk čistých Omega 3 od Reflex Nutrition, krilový olej také od Reflex Nutrition, rybí olej s tokoferoly Opti Omega-3 orange od společnosti Health Institute, směs rybích olejů a extra panenského olivového oleje Zinzino BalanceOil+, a rybí olej Möller's získaný z tresčích jater s obsahem vitamínu E a extraktu tokoferolů. Všechny tyto výrobky byly pořízeny v červnu 2021. Obsah nasycených mastných kyselin (SFA) ve vzorcích se pohyboval od 7,28 % do 38,70 %, obsah mononenasycených mastných kyselin (MUFA) v rozmezí od 18,27 % do 44,54 % a obsah polynenasycených mastných kyselin (PUFA) od 20,71 % do 54,71 % (Soukup, 2023). My jsme pozorovali obdobné hodnoty v našich vzorcích (kromě vzorku 5). Ve vzorcích 1–4 se obsah SFA pohyboval v rozmezí 5,6 % do 28,7 %, MUFA od 5 % do 34 % a obsah PUFA  $\omega$ -3 od 32,3 % do 81,9 % a PUFA  $\omega$ -6 od 3,9 % do 15 % z celkového množství mastných kyselin. Vzorek 5 se však vymykal úplně, protože podle našich analýz obsahoval pouze 0,4% PUFA  $\omega$ -3 ale 54,4 % PUFA  $\omega$ -6. Zastoupení MUFA podle naší analýzy (23,8 %) bylo ale také podstatně nižší, než bylo na stránkách prodejce deklarováno (85,2 %). Problémem při stanovení profilu mastných kyselin může být u vzorku 5 i komplexní matrice, ze které byly mastné kyseliny extrahovány. Narozdíl od ostatních čtyř vzorků jsme zde dosáhli výtěžnosti 266 mg FA /g výrobku oproti očekávaným hodnotám při extrakci z čistého tuku 800 mg FA/g. Zavádějící je pak název a pořadí  $\omega$ -3,  $\omega$ -6 a  $\omega$ -9 mastných kyselin na obalu, které neodpovídá zastoupení jednotlivých mastných kyselin (ani podle obsahu, který deklaruje výrobce). Užívání tohoto doplňku nebude mít zdravotní přínos, který od doplňků tohoto typu očekáváme a bylo by vhodné prověřit, zda se v tomto konkrétním případě nejedná o klamání spotřebitele.

**Tabulka 1:** Obsah mastných kyselin v mg na g doplňku v porovnání s deklarovanými hodnotami na obalech doplňků. (nd. - nedetekováno)

|                          | 1             |            | 2             |            | 3             |             | 4             |             | 5 (Vegan)    |              |
|--------------------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|-------------|---------------|-------------|--------------|--------------|
|                          | tobolky       |            | tobolky       |            | tobolky       |             | olej          |             | lněný prášek |              |
|                          | naměřen       |            | naměřen       |            | naměřen       |             | naměřen       |             | naměřen      |              |
| Mastná kyselina          | (mg/ml)       | (mg/g)     | (mg/g)        | (mg/g)     | (mg/g)        | (mg/g)      | (mg/g)        | (mg/g)      | (mg/g)       | uveden (%)   |
| myristová                | 4,43          |            | 2,20          |            | 12,97         |             | 50,78         |             | 4,90         | 1,84         |
| palmitová                | 4,17          |            | 17,30         |            | 49,76         |             | 106,20        |             | 25,46        | 9,55         |
| palmitoolejová           | 2,74          |            | 7,25          |            | 16,86         |             | 88,87         |             | 3,68         | 1,38         |
| heptadekanová            | 1,94          |            | 3,72          |            | 3,27          |             | 8,91          |             | 0,28         | 0,11         |
| stearová                 | 31,84         |            | 39,73         |            | 28,98         |             | 24,96         |             | 19,94        | 7,48         |
| olejová                  | 35,47         |            | 54,92         |            | 251,82        |             | 137,68        |             | 63,51        | <b>23,83</b> |
| linolová                 | 5,44          |            | 10,33         |            | 79,64         |             | 13,08         |             | 34,95        | <b>13,11</b> |
| alfa linolenová          | 3,25          |            | 3,16          |            | 1,19          |             | 1,62          |             | 1,02         | <b>0,38</b>  |
| gama linolenová          | 7,69          |            | 5,87          |            | 31,18         |             | 6,33          |             | 107,65       | 40,39        |
| eikosadienová            | 3,00          |            | 3,77          |            | 5,60          |             | 2,43          |             | 1,75         | 0,66         |
| gama homolinolenová      | 2,36          |            | 3,65          |            | 2,12          |             | 1,80          |             | 2,33         | 0,87         |
| arachidonová             | 18,86         |            | 22,86         |            | 8,73          |             | 4,65          |             | nd.          |              |
| <b>Eikosa-pentaenová</b> | <b>350,67</b> | <b>420</b> | <b>319,98</b> | <b>330</b> | <b>146,68</b> | <b>152*</b> | <b>87,78</b>  | <b>75*</b>  | nd.          |              |
| Dokosa-tetraenová        | 19,99         |            | 12,17         |            | 6,88          |             | 4,77          |             | 1,08         | 0,40         |
| Dokosa-pentaenová        | 40,09         |            | 32,31         |            | <b>25,57</b>  | <b>9,5*</b> | 15,10         |             | nd.          |              |
| <b>Dokosa-hexaenová</b>  | <b>228,71</b> | <b>280</b> | <b>170,58</b> | <b>220</b> | <b>109,58</b> | <b>110*</b> | <b>110,88</b> | <b>100*</b> | nd.          |              |

\* Přepočítáno z hodnot uvedených na dávku

## OXIDAČNÍ STABILITA DOPLŇKŮ VÝŽIVY

Při sledování obsahu sloučenin reagujících s kyselinou thiobarbiturovou (TBARS) jsme zjistili, že míra oxidace je závislá na způsobu skladování ale i na formě doplňku. Nejvyšší obsah TBARS byl podle očekávání nalezen ve vzorcích skladovaných 2 měsíce na denním světle při vyšší teplotě (průměrně 31 °C v rozsahu 27–33 °C) za přístupu kyslíku (v otevřené průhledné nádobě bez víka). Koncentrace oxidačních produktů se zvyšovala v čase také ve vzorcích skladovaných na světle v uzavřených nádobách při pokojové teplotě 24 °C, i když nárůst byl pomalejší a koncentrace po dvou měsících byla nižší než v otevřených vzorcích. Ve vzorcích 2, 3 a 4 byly po dvou měsících naměřeny signifikantně vyšší hodnoty koncentrací oxidačních produktů oproti vzorkům skladovaným v kontrolních podmínkách při skladování jak v uzavřených, tak i v otevřených nádobách na světle. Ve vzorku 1, kterým byl doplněk v tobolkách, byly naměřeny dvojnásobné počáteční hodnoty v porovnání s doplňky 2 (tobolky) a 4 (olej), stejně jako v doplňku 3 (tobolky), který byl ale již po datu minimální trvanlivosti. Nicméně ve vzorku 1 jsme v čase nepozorovali signifikantní nárůst nezávisle na způsobu skladování. U doplňku 5 stanovení TBARS bránila pravděpodobně komplexní matrice obsahující všechny složky lněných semen včetně bílkovin, vlákniny a dalších nutrientů, které po inkubaci s kyselinou thiobarbiturovou interferovaly a absorbance v extraktech byla více než desetinásobně

vyšší, než jsme očekávali. TBARS tedy nebyly ve vzorku 5 stanovovány. Výsledky měření jsou shrnuty v tabulce 2. Ukazuje se, že vyšší stabilitu při dlouhodobém skladování v nepříznivých podmínkách vykazují doplňky v kapslích v porovnání s olejem, i když v oleji je deklarován obsah antioxidantů ve formě tokoferolů, rozmarýnového extraktu a askorbylpalmitátu. V disertační práci Josefa Soukupa (2023) bylo zjištěno, že rybí oleje s vyšším obsahem  $\omega$ -3 PUFA měly kratší indukční periodu a podléhaly oxidačnímu žluknutí mnohem rychleji. PUFA, které měly přidané antioxidanty, vykazaly prodloužení indukční periody a zpomalení oxidačního procesu. Množství  $\omega$ -3 PUFA v konečném produktu přitom záviselo na typu, původu a způsobu zpracování výchozí suroviny (Soukup, 2023). Pozitivní korelaci nárůstu oxidačních produktů s obsahem PUFA jsme v našich podmínkách nepozorovali, nejvyšší obsah PUFA s dlouhým řetězcem měl vzorek 1, a i když na začátku experimentu patřil mezi dvojici vzorků s vyšší koncentrací oxidačních produktů, k výraznému zvýšení v průběhu skladování nedošlo ani při dvouměsíčním skladování v nepříznivých podmínkách. Zato v oleji (vzorek 4) došlo téměř k 20násobnému zvýšení koncentrace oxidačních produktů i za přítomnosti antioxidantů. V ostatních dvou vzorcích ve formě kapslí ke zvýšení produktů oxidace po dvouměsíčním skladování na světle za přístupu kyslíku sice došlo, ale nárůst oxidačních produktů byl oproti oleji poloviční.

**Tabulka 2:** Obsah TBARS ve vybraných doplňcích na začátku experimentu v kontrolních podmínkách - tobolky při teplotě 24 °C, olej při 4 °C v temnu bez přístupu kyslíku v původních obalech (kontrola), v uzavřených průhledných nádobách na světle při 24°C (PZ) a v otevřených průhledných nádobách na světle při 31°C (PO). Indexy 0,1,2 znamenají časový úsek 0 - začátek experimentu, 1 – jeden měsíc skladování a 2 - dva měsíce skladování.

| Skladování  | 1<br>tobolky<br>( $\mu\text{g MDA/g tuku}$ ) | 2<br>tobolky<br>( $\mu\text{g MDA/g tuku}$ ) | 3<br>tobolky<br>( $\mu\text{g MDA/g tuku}$ ) | 4<br>olej<br>( $\mu\text{g MDA/g tuku}$ ) |
|-------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Kontrola -0 | 4,8                                          | 2,3                                          | 5,2                                          | 2,8                                       |
| Kontrola -1 | 4,4                                          | 4,6                                          | 6,8                                          | 3,9                                       |
| Kontrola -2 | 8,8                                          | 4,6                                          | 4,6                                          | 8,3                                       |
| PZ -1       | 5,7                                          | 5,5                                          | 4,1                                          | 4,4                                       |
| PZ -2       | 6,1                                          | 12,7                                         | 12,1                                         | 12,6                                      |
| PO -1       | 8,8                                          | 10,5                                         | 19,9                                         | 26,4                                      |
| PO -2       | 7,0                                          | 23,8                                         | 16,5                                         | 49,1                                      |

## ZÁVĚR

Z údajů v literatuře a doporučení odborných společností vyplývá, že velká část populace nedosahuje cílových hodnot O3i 8 %, a zdá se, že běžně konzumovanou stravou nelze těchto hodnot plošně docílit. Proto lze užívání doplňků stravy ve formě olejů či kapslí doporučit. Kvalita těchto doplňků je však závislá nejen na způsobu výroby a výchozích surovinách, ale kvůli nízké stabilitě PUFA s dlouhým řetězcem jsou velmi důležité také podmínky při transportu, skladování u prodejců a také to, jak se zakoupenými doplňky zacházejí samotní konzumenti v domácích podmínkách. Při vyšším příjmu  $\omega$ -3 PUFA se také doporučuje zvýšit ve stravě příjem vitamínu E (0,6 mg  $\alpha$ -tokoferolu /g PUFA).

## LITERATURA

Dempsey, M. et al. (2023): The influence of dietary and supplemental omega-3 fatty acids on the omega-3 index: A scoping review. Online. *Frontiers in Nutrition*. 2023.

Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36742439/>. [cit. 2025-02-04].

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA); Scientific Opinion related to the Tolerable Upper Intake Level of eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA) and docosapentaenoic acid (DPA). *EFSA Journal* 2012; 10(7):2815. [48 pp.] doi:10.2903/j.efsa.2012.2815. [cit. 2025-02-07]

Galuch, M. B. et al. (2018): Quality Assessment of Omega-3 Supplements Available in the Brazilian Market. Online. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2018. Dostupné z: <https://www.scienceopen.com/document?vid=073ff8bc-e989-4c35-b312-218790f7c3e8>. [cit. 2025-02-04].

Harris, W. S., Schacky, C. (2004): The Omega-3 Index: a new risk factor for death from coronary heart disease? Online. *Preventive Medicine*. 2004. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091743504000878?via%3Dihub>. [cit. 2025-02-04].

Jacobsen, C. et al. (2001): Lipid oxidation in fish oil enriched mayonnaise: calcium disodium ethylenediaminetetraacetate, but not gallic acid, strongly inhibited oxidative deterioration. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11262064/>. [cit. 2025-02-04].

Komprda, Tomáš et al. (2020): Effect of High Dietary Level (8%) of Fish Oil on Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acid n-3 Content in Pig Tissues and Plasma Biochemical Parameters. *Animals* 2020. 10, no. 9: 1657. <https://doi.org/10.3390/ani10091657> Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/9/1657>. [cit. 2025-02-08].

Kris-Etherton, P. M. et al. (2002): Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. Online. *American Heart Association. Nutrition Committee*. 2002. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12438303/>. [cit. 2025-02-04].

Mcdonnell, S. L. et al. (2019): Cross-sectional study of the combined associations of dietary and supplemental eicosapentaenoic acid + docosahexaenoic acid on Omega-3 Index. Online. *Nutrition Research*. 2019. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0271531719305950?via%3Dihub>. [cit. 2025-02-04].

Papastergiadis, A. et al. (2012): Malondialdehyde Measurement in Oxidized Foods: Evaluation of the Spectrophotometric Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) Test in Various Foods. Online. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2012 60 (38), 9589–9594 DOI: 10.1021/jf302451c. Dostupné z <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf302451c> [cit. 2025-02-08].

Ritter, J. C. S. et al. (2013): Quality analysis of commercial fish oil preparations. Online. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2013. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23255124/>. [cit. 2025-02-04].

Stark, K. D. et al. (2016): Global survey of the omega-3 fatty acids, docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid in the blood stream of healthy adults. Online. Progress in Lipid Research. 2016. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0163782715300333?via%3Dihub>. [cit. 2025-02-04].

Soukup, J. (2023): Změny lipidů při zpracování a skladování potravin z hlediska jejich nutriční a senzorické jakosti: Disertační práce. Online. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. 2023. Dostupné z: <https://theses.cz/id/li30zd/>. [cit. 2025-02-04].

*Kontaktní adresa: Ing. Milan Vývoda, Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, MENDELU, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika, e-mail: mvyvoda@gmail.com*