

Doktori (Ph.D.) értekezés

Egyes növényi olajok hőközlés hatására bekövetkező zsírsavösszetétel változásainak vizsgálata, kiegészítve a többszörösen telítetlen zsírsavak koronavírus okozta megbetegedésben történő esetleges felhasználásával

Szabó Zoltán

Pécsi Tudományegyetem

Egészségtudományi Kar

Ph.D. program: PR8, T-11

Témavezető: Dr. Figler Mária, egyetemi tanár

Társtémavezető: Dr. Decsi Tamás, egyetemi tanár

Programvezető: Dr. Figler Mária, egyetemi tanár

Doktori Iskola vezetője: Dr. Bódis József, egyetemi tanár

Pécs, 2022

1	Tartalom	
2	Az értekezésben szereplő rövidítések.....	4
3	Bevezetés.....	7
3.1	Az esszenciális zsírsavak és anyagcseréjük.....	9
3.2	A hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak klinikai jelentősége	14
3.3	Transz-zsírsavak.....	16
3.4	A zsírsavak hevítésre bekövetkező változásai	22
3.5	Táplálkozási indexek.....	24
4	Célkitűzés	26
5	A kémiai analitikai vizsgálat és a táplálkozási indexek anyaga és módszertana	27
5.1.1	Adatgyűjtési eszközök és módszerek:	27
5.1.2	Hőközlési protokoll.....	28
5.1.3	Minták tárolása	28
5.1.4	Minták előkészítésének folyamata.....	29
5.1.5	A táplálkozási indexek kiszámítása	29
5.1.6	Statisztikai eljárások	31
6	A kémiai analitikai vizsgálat eredményei.....	32
7	A kémiai analitikai vizsgálatunkból és a táplálkozási indexek kalkulációjából levont következtetések és megbeszélés	41
8	A 2019-es koronavírus pandémia rövid bemutatása	46
8.1	A 2019-es koronavírus pandémia és a citokin-vihar.....	47
8.1.1	Célkitűzés.....	49
8.1.2	A szakirodalom kutatás anyag és módszertana.....	50
8.1.3	A szakirodalom vizsgálatának eredményei.....	51
8.1.4	Szakirodalomvizsgálatunkból levont következtetések és megbeszélés	53
9	A vizsgálatok új eredményei	54
10	Az eredmények gyakorlati felhasználása.....	55

11	Vizsgálataink limitációi és jövőbeni kitekintések	56
12	Irodalmi hivatkozások jegyzéke	58
13	Publikációs jegyzék	77
14	Köszönetnyilvánítás	88

2 Az értekezésben szereplő rövidítések

AA	arachidonsav (C20:4n-6)
AFSA	Francia Élelmiszerbiztonsági Ügynökség (Agence française de sécurité sanitaire des aliments)
AHA	Amerikai Szív Szövetség (American Heart Association)
ALA	α -linolénsav (C18:3n-3)
AMI	miokardiális infarktus
Calu-3	tüdő karcinóma sejtvonala (Callosaurus cell line)
CD19 ⁺	differenciációs klaszter 19+ (Cluster of Differentiation)
CLA	konjugált linolsav (C9,t11-C18:2-t)
COC	kapilláris oszlopba történő direkt adagolással
COVID-19	koronavírus-betegség 2019, (coronavirus disease 2019)
COX	ciklooxygenáz
CPD	kardiopulmonáris bypass
CRP	C-reaktív protein
D-A-CH	Németország-Ausztria-Svájc (Deutschland (D), Österreich(A) und Schweiz (CH))
DHA	dokozahexénsav (C22:6n-3)
DHGLA	dihomo-gamma-linolénsav (C20:3n-6)
EFSA	Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (European Food Safety Authority)
EMMI	Emberi Erőforrások Minisztériuma
EPA	eikozapenténsav (C20:5n-3)
FADS2	délta 6 deszaturáz-enzim
FAO	Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezet (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
FID	lángionizációs detektor
GHP	jó higiénias gyakorlat (good hygiene practices)
H1N1	Influenza A vírus (subtype H1N1)
HDL	nagy sűrűségű lipoprotein (high density lipoprotein)
HH	hipokoleszterinémias/hiperkoleszterinémias index
HIV	(human immunodeficiency viruses)
HPI	egészségmegőrző index

IA	aterogenitási index
IL-10	interleukin-10
IL-1 β	interleukin-1 béta
IL-6	interleukin-6
IL-8	interleukin-8
IT	trombogenitás indexe
LA	linolsav (C18:2n-6)
LC-PUFA	hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak
LDL	alacsony sűrűségű lipoprotein (low density lipoprotein)
LOX	lipoxigenáz
MERS	közel-keleti légúti koronavírus (Middle East respiratory syndrome coronavirus)
m/m	tömegszázalék
MUFA	egyszeresen telítetlen zsírsavak
NÉBIH	Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
NNR	Északi Táplálkozási Ajánlás (Nordic Nutrition Recommendation)
OGYÉI	Országos Gyógyszerészeti és Élelmezés-egészségügyi Intézet
PAH	policiklikus aromás szénhidrogének
PBMC	perifériás vér mononukleáris sejtek (human peripheral blood mononuclear cell)
	Pediatrics-1)
PUFA	többszörösen telítetlen zsírsavak
RV-1B	Emberi rhinovirus 1B (Human rhinovirus 1B)
RV-43	Emberi rhinovirus 43(Human rhinovirus 43)
SARS	súlyos akut légzőszervi szindróma (Severe Acute Respiratory Syndrome)
SARS-CoV-2	súlyos akut légzőszervi szindróma-koronavírus 2 (Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2)
SDA	sztearidonsav (C18:4n-3)
SFA	telített zsírsavak
TFA	<i>transz</i> -zsírsav
TG	triglicerid (triacylglycerol)
THP-1	humán monocita-szerű sejtvonal elnevezése (Tohoku Hospital
TNF- α	tumor nekrozis faktor alfa

TPK	teljes poláros komponenseket
USDA	USA Mezőgazdasági Minisztériuma (United States Department of Agriculture)
USDHHS	Egyesült Államok Egészségügyi és Emberi Szolgálatok Minisztériuma (United States Department of Health and Human Services)
WHO	Egészségügyi Világszervezet (World Health Organisation)
w/w%	tömegszázalék
%E	Energiaszázalék (a teljes napi elfogyasztott energia valamekkora része százalékban kifejezve)

3 Bevezetés

A lipidek csoportjába nagyon változatos vegyületek sorolhatók, amelyek számos eltérő és összetett biológiai funkciót tölthetnek be az emberi szervezetben. A lipid gyűjtőnév alatt elsősorban zsiradékokat, zsírszerű anyagokat jelöl a nevezéktan, amelyek legjellemzőbb közös tulajdonsága, hogy vízben rosszul, vagy egyáltalán nem, szerves oldószerekben viszont jól oldódnak. Humán táplálkozásbiológiai szempontból kiemelt jelentőségük van a különböző típusú zsírsavaknak, a foszfolipideknek, a triglicerideknek és a koleszterinnek. A múlt század elején a zsírokat elsősorban energiatermelésben és raktározásban betöltött szerepük alapján, vagy épp struktúraalkotóként tartották számon, azonban ez a nézet az 1920-as évek végén az esszenciális zsírsavak megismerésével gyökeresen átalakult (Spector, & Kim 2015). A múlt században a folyamatosan bővülő tudásanyag mentén megismerhetővé vált a zsírsavak összetett szabályozó mechanizmusokban betöltött szerepe is. A táplálékkal felvett zsírsavak így nemcsak sejtalkotók, illetve az emésztésben résztvevő komponensek, vagy az energiatermelésben résztvevő tápanyagok, hanem olyan fontos helyeken kapcsolódnak a humán anyagcseréhez, mint a sejtek túlélése, differenciálódása, az intra- és extracelluláris jelátvitel, amely folyamatok többek között a sejtek túlélésében és differenciálódásában is központi szerepet játszanak. (Qian et al., 2018) Bizonyos hormonális rendszerek esetén kiindulási és köztes anyagcsere termékek is lehetnek. A szervezetünkben lejátszódó gyulladásos folyamatok szabályozásában is aktívan közreműködnek a különböző zsírsav metabolitok.

A zsírsavak anyagcseréjének kizárólag tudományos jelentőségen túlmutató körülmény, hogy a laikusok is rendszeresen találkoznak étkezéseik során ezekkel a táplálékösszetevőkkel. A különböző étkezési zsiradékok használata megfelelő tudatosságot igényel, hiszen az energiában leggazdagabb makrotápanyag forrásokról van szó. Mivel élelmiszereinket feldolgozzuk, azokat konyhatechnológiai eljárásokkal átalakítjuk, így a zsírsavak minősége és mennyisége is változékony lehet a különböző élelmiszerek használati ciklusának különböző fázisaiban. Az ipari standardizált, jól kontrollálható felhasználáson túl, a változó konyhai körülmények között lejátszódó folyamatok miatt ugyanakkor a tápanyagokban a zsírsavak minősége és mennyisége nem állandó.

A jelen értekezés tárgya a zsírsavak összetett hatásmechanizmusainak vizsgálata az elmélettől a gyakorlatig. Egyfelől olyan kísérleteket végeztünk, amelyekben arra kerestük a választ, hogy mi történik egyes zsírsavakkal, ha azokat sorozatos hőhatásnak tesszük ki, másfelől a szabályozó mechanizmusok közül a gyulladásos folyamatokban betöltött szerepüket vizsgáltuk. Ennek kapcsán azt vetettük fel, hogy a zsírsavbevitel hatást gyakorolhat a szervezetben akut és krónikus gyulladásokban egyaránt lejátszódó folyamatokra.

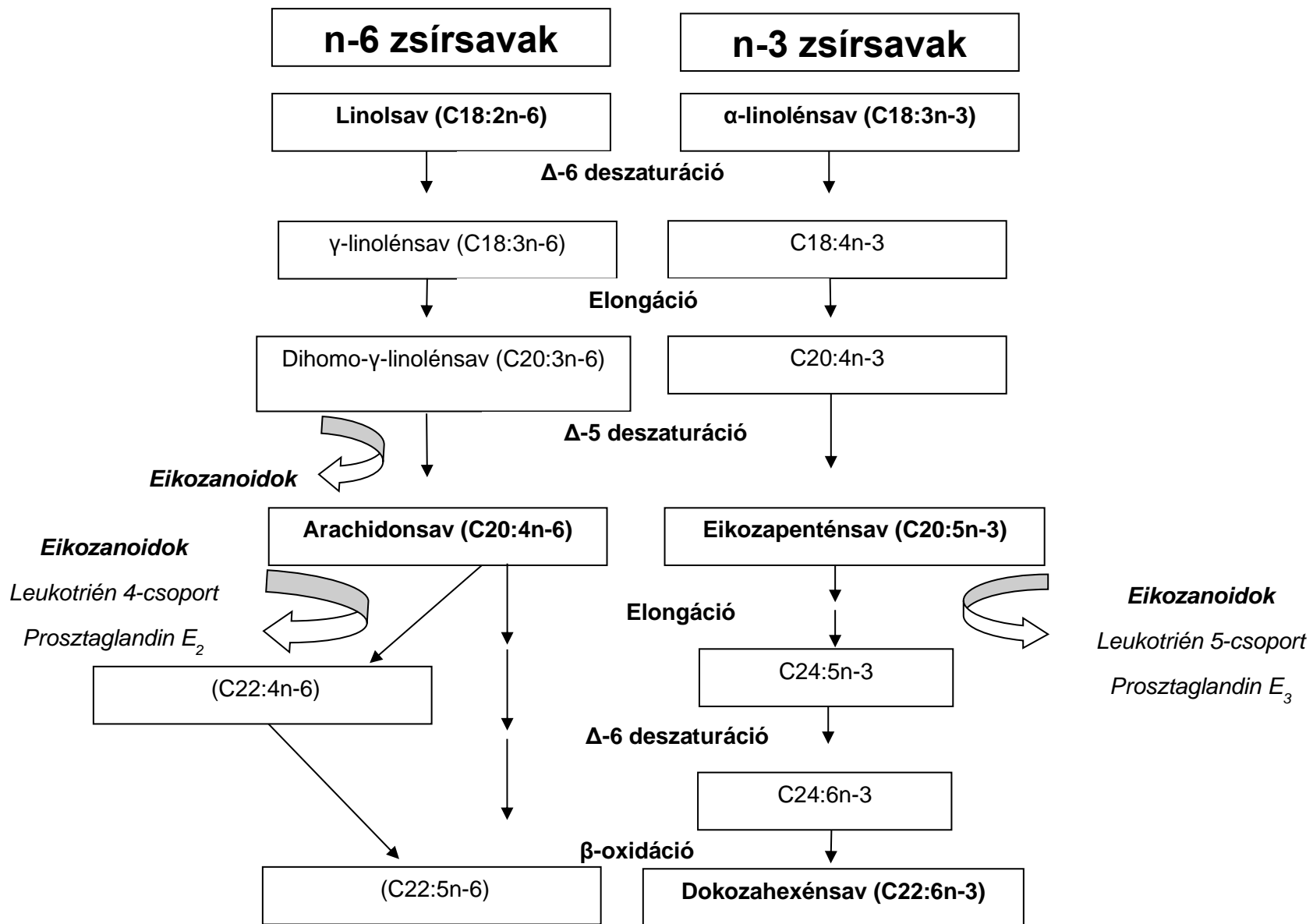
3.1 Az esszenciális zsírsavak és anyagcseréjük

Esszenciális tápanyagoknak nevezzük azokat a tápanyag komponenseket, amelyeket az emberi szervezet egyáltalán nem, vagy csak korlátozott mértékben képes előállítani, de megfelelő működéséhez elengedhetetlenül szükségesek (Tondt, Yancy, & Westman, 2020). Ezekhez a vegyületekhez a szervezet a táplálkozás útján jut hozzá. Az esszenciális tápanyag fogalma fajonként eltérő, humán táplálkozásban az egyik legismertebb esszenciális táplálékalkotók az esszenciális aminosavak, de a zsírsavak közt is találunk nélkülözhetetlen táplálékkomponenseket.

A zsírsavak biokémiai átalakulásai kapcsán ismert, hogy az ember anyagcsere enzimeit nem képesek kettős kötés kialakítására a zsírsavak szénláncait alkotó 9. szénatomtól távolabb (Ádám, 2016), mert hiányzik a szintézishez szükséges két kulcsenzim: a $\Delta 12$ és $\Delta 15$ deszaturáz. A jelenlegi legelfogadottabb nézet szerint humán vonatkozásban két esszenciális zsírsav ismert, az alfa-linolénsav (ALA - C18:3n-3) és a linolsav (LA - C18:2n-6). Előbbi az omega-3 (n-3), míg utóbbi az omega-6 (n-6) típusú zsírsavak csoportjába tartozik, mindkét zsírsav 18 szénatomot tartalmaz a zsírsavláncon. Ezek a zsírsavak a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA - polyunsaturated fatty acid) csoportjába tartoznak (Anderson, & Crowe 2012).

Az esszenciális zsírsavak a szervezeten belüli további átalakulása során hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak (LC-PUFA) jönnek létre. A zsírsavláncon ebben az esetben 20, vagy annál több szénatomot találhatunk. Ebbe a csoportba tartozik a dokozahexénsav (DHA - C22:6n-3), az eikozapenténsav (EPA - C20:5n-3) és az arachidonsav (AA - C20:4n-6) is. Számos LC-PUFA metabolit további anyagcsere termékek kiindulási anyaga lehet, így azokból kémiaiilag jelentősen eltérő szerkezetű összetett molekulák, leukotriének, prosztaglandinok, tromboxánok és egyéb eikozanoidok keletkezhetnek. Így ezeknek a zsírsav metabolitoknak szerepe van a szervezetünk immunrendszerének működésében és gyulladásos folyamatainak szabályozásában is (Fritsche, 2015) (Simopoulos, 2003).

Az esszenciális zsírsavak metabolizmusának egyik kulcs enzime a $\Delta 6$ deszaturáz (FADS2), amely jelentősen befolyásolja ezeknek a zsírsavaknak a további konverzióját. Az itt vázlatosan ismertetett folyamatokat az első ábra szemlélteti részletekbe menően (Szabó, 2008).



1. ábra – Az omega-6 és az omega 3 esszenciális zsírsavak metabolizmusa – Szabó É. *A telítetlen zsírsavak cisz és transz izomerjeinek jelentősége a gyermekgyógyászatban* – PhD dolgozat alapján módosítva és tovább szerkesztve

Számos ponton egyéni különbségek figyelhetőek meg a zsírsavak metabolizmusában résztvevő enzimek genotípusában, fenotípusában és funkciójában egyaránt (Truong et al., 2009). Ezek a különbségek jelentősen árnyalhatják bizonyos táplálkozással összefüggő betegségek kialakulásának kockázatát (Vaithinen et al., 2016). A FADS2 enzimnek mindkét típusú (n-3 és n-6) esszenciális zsírsav szubsztrátja, így az elfogyasztott élelmiszer zsiradékok esszenciális zsírsav tartalma – a további anyagcsere utakat illetően – gyakorlatilag egymás kompetitív antagonistáiként viselkedik ezen az enzimen. Attól függően, hogy melyik típusú (n-3 vagy n-6) esszenciális zsírsavak fogyasztása kerül túlsúlyba, a metabolikus utak elköteleződnek, közöttük nagyon csekély átjárhatóság valósulhat meg (De Caterina, 2011). A tipikus nyugati-típusú étrend (magasan feldolgozott élelmiszerek, bőséges cukor-, telített zsír-, és sófogyasztás, alacsony nyers élelmiszer fogyasztás) bővelkedik n-6 típusú zsírsavak bevitelében, így a FADS2 enzim túltelítődhet, ami zavart eredményezhet a további anyagcsere termékek szintézisében, így ez a fajta táplálkozás ronthatja az ALA átalakulását EPA-vá és DHA-vá (Kris-Etherton et al., 2000).

A zsírsavak metabolizmusának részeként keletkeznek a szintén lipidek csoportjába tartozó eikozanoidok (prostaglandinok, tromboxánok és a leukotriének), amelyek az emberi szervezeten belül arachidonsavból (C20:4n-6, AA), dihomogammalinolénsavból (C20:3n-6, DHGLA) és eikozapentaénsavból (C20:5n-3, EPA) szintetizálódnak. A lipidek ezen csoportjába tartozó vegyületek fontos mediátorok mind az egészséges szervezetben, mind bizonyos betegségekben (Tapiero et al. 2002). Az eikozanoidok elengedhetetlenül fontosak a szervezet megfelelő működéséhez, szabályozó szerepük tetten érhető a simaizmok összehúzódásánál, gyulladáso és allergiás folyamatokban, a láz kialakulásánál, valamint a vérnyomás szabályozásában és a trombociták aggregációjában is (Piper & Garelnabi, 2020).

Az esszenciális zsírsavak bevitele elsősorban növényi eredetű táplálékokkal történik (pl.: olajos magvak, növényi olajok, zöld levelű zöldség- és főzelékfélék), csak kisebb részük származik állati eredetű élelmiszereinkből (hús, tej, tojás). A hosszabb szénláncú zsírsav derivátumokat (LC-PUFA) elsősorban állati eredetű forrásokból (tengeri halak, busa, tej, húsfélék) vesszük be szervezetünkbe (Kaur, Chugh, & Gupta, 2012). Fiziológiai szempontból jelentős lehet az étrend-kiegészítőkből bevihető DHA és EPA mennyisége is, elérve akár a több g/nap mennyiséget is (Cave et al., 2020).

Az ALA fiziológiai hatásai között szerepel a szív érrendszerre gyakorolt pozitív hatása (Pan et al., 2012), ami több módon érvényesülhet: vérnyomáscsökkentés (Bhardwaj et al. 2021; Ma et al., 2021) a szívinfarktus (Campos, Baylin, & Willett, 2008), a koszorúér-betegség (de Lorgeril & Salen, 2004) és a hirtelen szívhalál kockázatának csökkentése (de Lorgeril & Salen, 2004). Pan és munkatársainak meta-analízise azt mutatja, hogy minden +1 gramm napi ALA bevitel 10%-os csökkenést eredményezett a szív-érrendszeri halálozás kockázatában. Az ALA bevitel tekintetében elérhető kutatási eredmények értékelésében jelentős módosító tényezőket kell figyelembe vennünk. Mindenekelőtt az ALA bevitel forrásai között is különbséget kell tenni. A közvetlenül növényi forrásokból származó ALA (magvak, növényi olajok) és az ezekből készülő más forrásai ennek a zsírsavnak (saláta dresszingek, állati eredetű élelmiszerek) az ALA források egyéb összetevőinek köszönhetően további pozitív és negatív hatásokat is kialakíthatnak. Az Egyesült Államokban például az ALA egyik fő beviteli forrása a húsok és húskészítmények, amelyek negatív hatást gyakorolhatnak a szív-érrendszer szempontjából fontos zsírsav beviteli arányokra (Rajaram, 2014), a magas állati eredetű élelmiszerbevitel fokozhatja a bármely okból kialakuló halálozást (Rajaram, 2014; Wang et al., 2015). Így, ezeknek az ALA forrásoknak a fogyasztása – az ALA bevitel pozitív hatásai ellenére – akár negatív tényezőként is megjelenhet. Fontos tényező az ALA egészségügyi hatásainak megítélésénél, hogy az emberi szervezet képes a rövidebb, 18 szénlánc hosszúságú ALA-t, hosszabb szénláncú (20 és 22 szénatom hosszúságú) zsírsavakká alakítani.

A LA bevitel esetén a szakirodalom szintén pozitív szív-érrendszeri hatásokról számol be (Farvid et al., 2014). Ezek közül említhető még, hogy megfelelő mennyiségben fogyasztva a LA hozzájárulhat a szervezet LDL-koleszterin szintjének csökkentéséhez (Harris, 2008), valamint beszámoltak arról is, hogy a keringő LA koncentrációja fordítottan arányos lehet a 2-es típusú diabetes mellitus incidenciájával (Hattersley et al., 2018). Egy 2020-ban publikált meta-analízis megerősíti a megfelelő mennyiségű LA bevitel pozitív hatásait. A vizsgálat eredményei szerint a magasabb LA bevitel, összehasonlítva az alacsonyabb tercilisekben lévők eredményeivel, csökkent rizikót eredményezett bármely okból bekövetkező halálozás, szív-érrendszeri betegségek és daganatos megbetegedések tekintetében (Hu, Li, Guasch-Ferré, & Li, 2020).

Az emberi szervezetben az LA is képes átalakulni hosszabb szénláncú derivátumokká, amelyek közül központi szerepet tölt be a 20 szénatomot tartalmazó AA. Az AA fontos

prekurzor molekula számos proinflammatorikus citokin szintézisében (Sonnweber, et al. 2018). Ez utóbbi jelenség megerősítése további vizsgálatokat igényel, mert korábbi randomizált klinikai vizsgálatok nem tudták bizonyítani, hogy az LA bevitel megnövelte volna az inflammatorikus biomarkerek szintjét (Hussein et al., 2005; Johnson & Fritsche, 2012). Ugyanakkor, más vizsgálatok ezzel ellentétben olyan eredményekről számoltak be, hogy az AA-ból származó eikozanoidok jelentősen befolyásolják a proinflammatorikus és immunszabályozásban szerepet játszó citokinek termelését (Calder, 1997; Caspar-Bauguil et al., 2012; Zhang et al., 2020).

A táplálkozási ajánlások szintjén az LA bevitel növelésének javaslata előnyös lehet, különösen a telített zsírsavak csökkentésének javára (Farvid et al., 2014).

3.2 A hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak klinikai jelentősége

Maga az LC-PUFA elnevezése két meghatározó kémiai tulajdonságra utal: a zsírsav szénlánc legalább 20 szénatomot, valamint kettő, vagy több kettős kötést tartalmaz. Szintézisük és átalakulásaik helye az emberi sejteken belül főként az endoplazmatikus retikulum és a peroxisómák (Jo, Park, & Cho, 2020). Az n-3 típusú LC-PUFA zsírsavak közül a DHA és az EPA a legismertebb, ezeket az emberi szervezet limitált mennyiségben akkor képes előállítani, ha a megfelelő prekursor molekula (ALA) megfelelő mennyiségben és arányban (1:1- 1:4; n-3:n-6 arány (Simopoulos, 2002)) rendelkezésre áll, és az enzimrendszer működése is biztosított (Metherel & Bazinet, 2019). Külön említésre méltó, hogy az ALA mellett a szintén 18 szénatomot tartalmazó sztearidonsav is (SDA – C18:4n-3) jó kiindulási anyag az LC-PUFA lipidek szintézisére (Deckelbaum & Torrejon, 2012). Ezen biokémiai átalakulások sebességét legjelentősebb mértékben a korábban ismertetett deszaturálási lépések, a prekursorok egymáshoz viszonyított aránya és a rendelkezésre álló enzimrendszer fenotípusa határozza meg, azonban ezek mellett, egyéb étrendi tényezők is befolyásolhatják (Orsavova et al. 2013).

Kapcsolat figyelhető meg a gyulladásos folyamatok súlyossága és az n-3 típusú LC-PUFA zsírsavak bevitele között (Zárate et al., 2017). Az n-3 típusú LC-PUFA zsírsavak beépülhetnek a szövetek membránjába és ott az arachidonsav arányát csökkenthetik, amely változás befolyásolja a további eikozanoidok szintézisét és ezen keresztül a citokinfelszabadulást (Alexander, 1998). Számos klinikai tanulmány igazolta az n-3 típusú LC-PUFA zsírsavakkal történő étrendi kiegészítés pozitív hatásait olyan kórállapotokban, mint hasnyálmirigy-gyulladás (Lasztity et al., 2005; Lei et al., 2015), nem alkoholos eredetű májelégtelenség (Manousopoulou et al., 2019; Scorletti et al., 2014) és magas vérnyomás betegség (Alexander, 1998; Janczyk et al., 2013; Rodriguez-Leyva et al., 2013). Egyes szerzők epigenetikai hatásokról is beszámoltak az n-3 típusú LC-PUFA zsírsavakkal történő étrendi kiegészítést követően (Lee et al., 2013). Bár a jelenlegi eredmények nem egyértelműek, az n-3 típusú LC-PUFA zsírsavkiegészítés képes lehet megváltoztatni a metilációs mintázatot anélkül, hogy befolyásolná a metiláció mértékét, valamint további epigenetikus hatások révén befolyásolhatja a Th1/Th2 sejtek arányát is csecsemőknél.

A kardioprotektív hatás tekintetében ellentmondásos a szakirodalom. Bizonyos tanulmányok az n-3 típusú LC-PUFA zsírsavak pozitív, a primer és szekunder prevencióban is kifejezett hatásairól számolnak be (Innes & Calder, 2020). A DHA és

EPA zsírsavak bevitele kockázatot csökkentő hatással bír olyan szív- érrendszeri történésekkel szemben, mint az akut miokardiális infarktus (AMI), alacsony szérumszintű DHA és EPA szintek összefüggésbe hozhatók az AMI-n átesett betegek túlélési idejének csökkenésével (Hara et al., 2013). Kardiopulmonáris bypass (CPB) műtétet megelőzően a három alkalommal történő halolajat tartalmazó infúziós kezelés (Omegaven) szignifikánsan csökkentette a gyulladási folyamatokat jelző klinikai paramétereket (CRP, IL-6, IL-8, és IL-10). Továbbá jelentősen növelte a vérlemezék foszfolipid membránjában kimutatható LC-PUFA lipidek mennyiségét, ami kapcsolatba hozható trombozissal szembeni hatások megjelenésével is. Ezen mechanizmusok alapján a szív-érrendszert érintő műtétek előtt esetleg hasznos lehet ilyen és ehhez hasonló infúziós kezelések alkalmazása (Berger et al., 2013).

Ugyanakkor, újabb kutatások eredményei felvetik, hogy a kép jóval árnyaltabb a szív-érrendszer (Abdelhamid et al., 2018) és a prevenció más területein is. Egyes szerzők felvetik, hogy a férfiak magas plazma n-3 típusú LC-PUFA zsírsavkoncentrációja növelheti a prosztata rosszindulatú megbetegedésének kockázatát (Brasky et al., 2011; Brasky et al., 2013). Hosszú időtartamot és nagy esetszámot felölelő meta-analízisek szerint nem igazolható pozitív összefüggés az n-3 típusú LC-PUFA zsírsav bevitel és az összhalálozás csökkenése között (Rizos et al., 2012). A növényi étrendeket fogyasztók csoportjainál a plazma EPA és DHA szintje rendre alacsonyabb a lakosság átlag értékeihez viszonyítva (Sanders, 2009; Saunders, Davis, & Garg, 2013). Ennek ellenére, éppen erről a populációról mondható el, hogy a szív-érrendszeri állapotokat tekintve ők rendelkeznek a legalacsonyabb betegségkockázattal a vegyes táplálkozásúakkal összehasonlítva (Orlich et al., 2013). Ez az összefüggés felhívja a figyelmet a kutatási adatok mértéktartó értelmezésének szükségességére és a téma átfogó, összetett és bonyolult mivoltára egyaránt.

3.3 Transz-zsírsavak

A telítetlen zsírsavak az élő rendszerekben, néhány kivételtől eltekintve (pl.: β -oxidáció során a hosszú szénláncú zsírsavak dehidrogenálását követően kialakuló *transz* konfigurációjú kettős kötéssel rendelkező *transz*- Δ^2 -enoi-CoA; kérődzőkben fermentáló baktériumok által termelt konjugált-linolsav – CLA és egyéb *transz* izomerek) leginkább *cisz*-izomerek formájában fordulnak elő. A *transz*-zsírsavak (TFA) zömében ipari előállításúak, illetve kisebb mennyiségben állati eredetű élelmiszerekben fordulnak elő (Wanders, Zock, & Brouwer, 2017).

A *transz*-zsírsavak ipari előállítása a növényi olajok katalitikus hidrogénezése során történik. Az ilyen technológiával előállított, részben, vagy teljes egészében hidrogénezett félkemény vagy szilárd növényi zsírokat (pl. margarinok) magas TFA tartalom jellemezheti. Hidrogénezéskor a telítetlen zsírsavak akár 50%-a is TFA-vá alakulhat (Ghafoorunissa 2008). A korszerű margarinok azonban növényi olajok és zsiradékok (pl.: pálma és kókuszszsír) keverékei, az így előállított emulziók potenciálisan TFA mentesek. Mindez nem jelenti azt, hogy a margaringyártásból kiszorult technológiát más iparágak ne vették volna át, hiszen ez a technológia olcsó, és a részben hidrogénezett olajok és zsiradékok élelmiszeripari szempontból jó fiziko-kémiai tulajdonságokkal rendelkeznek. A feldolgozott élelmiszerek piacán a jelentős szabályozás ellenére is rendszeresen bukkannak fel magas *transz*-zsírsav tartalmú élelmiszerek, amelyek még napjainkban is jelentős kockázatot jelentenek a fogyasztók egészségére. Ugyanakkor nemzeti felmérések arról tájékoztatnak, hogy a szigorú szabályozás alapvetően hatékonynak tekinthető és a populációk korábbi TFA bevitelének forrásai átalakultak. Míg a 2010-es években elsődlegesen az iparilag előállított TFA jelentette a bevitel fő forrását (Li et al., 2021), addig napjainkra ebből a forrásból származó TFA bevitel jelentősen visszaesett, és mára már az élelmiszerekben természetesen megtalálható TFA-k jelentik a bevitel elsődleges forrásait (Wanders et al., 2017).

Az első tanulmányok, amelyek a TFA negatív egészségügyi hatásairól számoltak be az 1990-es években jelentek meg (Ascherio et al., 1999; Mensink & Katan, 1990; Willett, 1993). A TFA bevitel növeli a szérum triglicerid szintet, az összes koleszterin szintet, az LDL-koleszterin koncentrációt, valamint csökkenti a HDL-koleszterinszintet (Iqbal, 2014; Mozaffarian, Aro, & Willett, 2009). A TFA bevitel módosítja azoknak a laboratóriumi paramétereknek (CRP, IL-6, TNF- α) a szintjét is, amelyek összefüggésbe

hozhatók gyulladásszerű folyamatokkal, valamint az endothel diszfunkció kialakulásával is (Mozaffarian et al., 2006).

Egy 2013-as tanulmány felhívta a figyelmet arra, hogy az iparilag előállított TFA-k és a kérődzőkből származó élelmiszerekben megtalálható TFA-k bevétele azonos mértékben növeli a szervezet LDL és HDL-koleszterin szintjét (Brouwer, Wanders, & Katan, 2013). A szerzők külön kiemelték, hogy a TFA-k egészségre gyakorolt hatásainak kutatása jelenleg nem tekinthető elsődleges fontosságú kutatási stratégiának, annak ellenére sem, hogy jelenlegi ismereteink a témával kapcsolatban közel sem tekinthetők teljesnek.

A világ számos pontján (köztük Magyarországon is), a feldolgozott élelmiszerek *transz*-zsírsav tartalma szabályozott, illetve a nemzeti és nemzetközi táplálkozástudományi szervezetek is állásfoglalásaikban felhívják a figyelmet a TFA bevitel csökkentésére.

A *transz*-zsírsavbevitelre vonatkozó ajánlások felnőtt számára megfogalmazott, részben az energiabevitel százalékában kifejezett értékeit az 1. táblázatban foglaltam össze.

Régió	Szervezet/ország	Év	<i>Transz</i> -zsírsav bevitel
Nemzetközi	WHO/FAO (WHO/FAO, 2010)	2010	< 1 %E
Észak-Amerika	AHA (Sacks et al., 2017)	2017	lehető legalacsonyabb
	USDHHS és USDA Táplálkozási ajánlás a felnőtt lakosságnak (USDA, 2015)	2015	lehető legalacsonyabb, korlátozza az ipari <i>transz</i> -zsírsavbevitt
	American Diabetes Association ("Standards of Medical Care in Diabetes--2013," 2012)	2013	lehető legalacsonyabb

Európa	EFSA ("Scientific and technical assistance on trans fatty acids," 2018)	2018	lehető legalacsonyabb
	European Society of Cardiology (Piepoli et al., 2016)	2016	lehető legalacsonyabb, < 1 %E
	D-A-CH, Deutschland, Austria, Switzerland (DASCH, 2015)	2015	lehető legalacsonyabb, < 1 %E
	AFSA, Franciaország (AFSA, 2010)	2010	< 2 %E
	Health Council of the Netherlands (Netherlands, 2015)	2015	< 1 %E
	Società Italiana di Nutrizione Umana, Olaszország (SINU, 2014)	2014	lehető legalacsonyabb
	Conseil Supérieur de la Santé. Belgium (de la Santé, 2016)	2016	lehető legalacsonyabb
	Sociedad Española de Nutrición Comunitaria, Spain (RM, Pérez-Rodrigo, Castell, & JA, 2016)	2015	lehető legalacsonyabb
	Scientific Advisory Committee on Nutrition, United Kingdom (Shaw, Thompson, Minihane, & Williams, 2007)	2007	≤ 2 %E

	NNR, Nordic countries (NORDEN, 2012)	2012	lehető legalacsonyabb
	Magyarország – törvény (EMMI, 2013)	2014	< 2 g TFA/100 g fat
Ázsia, Csendes-óceáni térség	Food Safety Standards Authority of India, 2015 (India, 2018)	2015	5% /tömeg
	Department of Nutrition, Ministry of Health, Oman.2009 (FAO, 2009)	2009	< 0,1 %E
	Ministry of Health of P. R. China, 2017 (Y. Wang, Hsu, Ho, & Hwang, 2017)	2011	< 1 %E
Afrika	Dél- Afrika – törvény (Health, 2011)	2011	< 2 g TFA/100 g zsír

1. táblázat: Különböző országok és nemzetközi szervezetek transz-zsír-sav beviteli ajánlásai

Magyarországon 2013 óta van érvényben az a népegészségügyi céllal bevezetett minisztériumi rendelet (EMMI, 2013), amely meghatározza a forgalomban lévő élelmiszerek maximális TFA tartalmát. A rendelet tartalmából kitűnik, hogy a szabályozás minimális keretek közé igyekszik szorítani a lakosság TFA bevitelét, és ennek érdekében jelentősen korlátozza a feldolgozott élelmiszerek TFA tartalmát. A hazai szabályozás 2019-ben bekerült az Európai Bizottság jó gyakorlatokat tartalmazó adatbázisába is, így az hivatalosan is követendő példának tekinthető valamennyi európai uniós tagállam számára.

Magyarországon a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) végzi az élelmiszerek TFA tartalmának vizsgálatát, amelyet az Országos Gyógyszerészeti és Élelmezés-egészségügyi Intézet (OGYÉI) táblázatos formában közöl (OGYÉI, 2020). Az itt szereplő adatok a 2014. I. - 2020. III. negyedévben vizsgált élelmiszerek TFA

tartalmára vonatkoznak és az alábbi táblázatban azokat az élelmiszereket emeltük ki, amelyek a törvényi rendeletben megfogalmazottak szerint nem teljesítik a kívánalmakat.

<i>Termék neve</i>	<i>Gyártó/ Forgalmazó</i>	<i>Zsirtartalom [g/100 g termék]</i>	<i>Zsirtartalom Mértékegység</i>	<i>TFA élelmiszerben [g/100 g termék]</i>	<i>TFA élelmiszerben Mértékegység</i>	<i>TFA zsírban – g/100g zsír</i>
Dióolaj pirított dióból 250 ml	forg: Lidl Magyarország Kereskedelmi Bt.	100,00	% (m/m)	2,27	% (m/m)	2,27
Tojás 23g	Linga Élelmiszeripari Kft.	38,82	% (m/m)	1,09	% (m/m)	2,82
Puffasztott rizs és gabonafélék kakaókrémbe tejszokoládéval bevonva	Forg: Lidl Magyarország Kereskedelmi Bt.	29,44	% (m/m)	6,52	% (m/m)	22,15
Naty kakaós krémmel töltött (49%) és bevont ostya	Scandic Royal Kft.	29,31	% (m/m)	5,4	% (m/m)	18,44
Töltött csokiskeksz 200g	Eva-Süti Kft	32,6	% (m/m)	9,78	% (m/m)	30,01
Kakaós bevonómasszával bevont gabonagolyó, hozzáadott vitaminokkal 250g	Scandic Royal Kft.	25,2	% (m/m)	10,19	% (m/m)	40,44
Rollo gabonagolyó lédig	Scandic Royal Kft.	24,56	% (m/m)	9,5	% (m/m)	38,7
Rózsaszín tortabevonó	Bell-Office Hungary Kft.	32,6	% (m/m)	13,25	% (m/m)	40,65
Kovics zsírszegény kakaópor 75g	REÁL Élelmiszerüzlet	10,6	% (m/m)	1,48	% (m/m)	13,98

2. táblázat: Néhány példa a hazai magas transz-zsír-sav tartalmú élelmiszerek mért TFA tartalmára

3.4 A zsírsavak hevítésre bekövetkező változásai

Az étkezési olajok fogyasztása hevítetlen formában kevésbé jellemző, mint azok hevítését követő fogyasztásuk. Az olajok, zsírok hevítése közben azonban a lipidek oxidálódhatnak (Muik et al., 2005). Az oxidációs folyamatok során felbomlanak a zsírsavláncok, poláros és apoláros másodlagos vegyületek keletkezhetnek, például policiklikus aromás szénhidrogének (PAH) (Jiang et al., 2015). Az oxidációs folyamatok előtérbe kerülése szükségképpen magában hordozza a szabadgyökképződéssel járó reakciók bekövetkezését is (Ilker Durak, 1999). A hevítés során lejátszódó reakciók közben nemcsak az olaj íze, színe és illata változik meg, hanem azok egészségre gyakorolt hatása is módosul (Dobarganes & Márquez-Ruiz, 2015; Ng et al., 2014a).

Az olajok újra hevítésének biztonságossága napjainkban is számos kérdést vet fel azok negatív egészségügyi hatásai miatt. Bár igen korlátozottak az állat- és humán vizsgálatokból nyert adatok, jelenlegi ismereteink alapján az újra hevített olajok potenciálisan genotoxikusak (Dung, Wu, & Yen, 2006), karcinogén hatásúak (Ambreen, Siddiq, & Hussain, 2020), növelhetik a vérnyomást (Leong et al., 2009; Psaltopoulou et al., 2004), fokozhatják a szív-érrendszeri betegségek rizikóját (Ng et al., 2014b), növelhetik a lipid peroxidációt és az LDL koleszterin szintjét (Adam et al., 2008; Garrido-Polonio et al., 2007), rontják a vazorelaxációt (Jaarin, Mustafa, & Leong, 2011), károsítják az endothel sejteket (Perumalla Venkata & Subramanyam, 2016). A negatív hatások adatainak zöme állatkísérletes modellekből származik, és kevés vizsgálat irányult a hevített zsiradékok humán hatásainak pontos felderítésére. A negatív hatásokat a hevített zsiradék fajtája, a hevítés közben más élelmiszerekből származó egyéb molekulák (fehérjék, szénhidrátok), a hevítés hőfoka, újra hevítések száma, valamint egyéb külső fizikai tényezők (hőmérséklet, páratartalom) is jelentősen befolyásolhatják.

A számos további paraméter figyelembevétele miatt is, a vizsgálatok nagy része és a szakértők általános kíváncsisága is inkább a hevítés során keletkező egyéb molekulák hatásainak felderítésére és nem a zsírsavváltozások megismerésére irányul. Jó példa erre a PAH vegyületek részleteiben ismert táplálkozásélettani viselkedése (Grimmer, 2018) és kapcsolata a hevített zsiradékokkal. Régóta közismert ezeknek a vegyületeknek a karcinogén hatása (Lo & Sandi, 1978). Ezek a vegyületek nyers élelmiszerekben is jelentős mértékben megtalálhatók, azonban keletkezhetnek hevítés hatására is (Phillips, 1999). Mivel a kereskedelmi egységekből származó étkezési olajokban jól detektálható a PAH vegyületeknek a jelenléte (Hao et al., 2016), és a vizsgálatok arra utalnak, hogy a

legjelentősebb PAH forrást az élelmiszerek jelenthetik (Fontcuberta et al., 2006), könnyen arra következtethetünk, hogy a hevített zsiradékok és olajok negatív hatásainak létrejöttében is a legfontosabb szerepük ezeknek a vegyületeknek van.

Annak ellenére, hogy az étkezési olajok és zsiradékok hőközlés hatására bekövetkező zsírsav változásainak lehetnek egészségügyi kockázatai, kevés kutatás foglalkozik ezen változások hatásainak a felderítésével. Egy korábbi kémiai analitikai vizsgálatban 180°C-os hőmérsékletre melegített zsiradékokat vizsgáltak a hevítés különböző időpillanataiban. A szerzők eredményei szerint az LA tartalom szignifikáns csökkenésén kívül nem történtek további jelentős zsírsavváltozások (Hrncirik & Zeelenberg, 2013).

Egy 2008-as kanadai vizsgálatban a repceolaj bomlását értékelték kifejezetten magas hőmérséklet hatására, több tényező figyelembevételével. A kémiai analitikai vizsgálat eredményei szerint szignifikáns csökkenés jelentkezett az LA és az ALA mennyiségében valamint a TFA mennyisége is szignifikánsan emelkedett a hevítés idejével (Aladedunye & Przybylski, 2008).

3.5 Táplálkozási indexek

A táplálkozástudomány számos módszert ismer arra vonatkozóan, hogy egy-egy komplex összetételű élelmiszerről annak bizonyos markáns biológiai tulajdonságú összetevője alapján képet kaphasson azok táplálkozásbiológiai hatásáról. Az élelmiszerek zsírsav összetétele jelentős táplálkozás-élettani hatást képvisel és attól függően, hogy milyen zsírsavak dominálnak egy-egy élelmiszerben, azok eltérő, pozitív és negatív tulajdonságokra tehetnek szert. Kiemelkedő jelentőségű továbbá, hogy bizonyos betegségek megelőzésében és kezelésében egyaránt informatív, milyen az adott élelmiszer zsírsav profilja és ez milyen hatást képviselhet egy-egy kórkép alakulásában.

A táplálkozás, a komplex és dinamikusan változó összetételű élelmiszerek nagy kihívás elé állítják a szakembereket, az élelmiszerek táplálkozásbiológiai hatásainak megismerésében. Minden élelmiszer esetén olyan vizsgálatok elvégzése, amelyek felderítik azok pontos hatásait, vagy egy-egy betegségben betöltött pozitív vagy negatív szerepüket, életszerűtlen és nem is kivitelezhető. Viszont, az esetek többségében jobb megoldás lehet, ha egy-egy táplálékkomponens előzetes ismeretéből következtetünk egy-egy élelmiszer összetett biológiai hatásaira.

A különböző lipid tartalmú élelmiszerek egészségügyi hatásainak jellemzésére különböző indexek használhatók (Chen & Liu, 2020). Az aterogenitási index (IA) a fő telített (azaz többnyire pro-atherogén) zsírsavak és a fő telítetlen (azaz többnyire anti-atherogén) zsírsavak egymáshoz való viszonyából származtatható (Ulbricht & Southgate, 1991). A trombogenitási index (IT) olyan élelmiszerek trombogénikus potenciálját tükrözi, amelyek zsírsav összetételüket tekintve trombogén (többnyire telített zsírsavak)-, illetve antitrombogén (MUFA, n-3 és n-6 PUFA-k) zsírsavakat tartalmaznak eltérő arányban (Ulbricht & Southgate, 1991).

A 2000-es években további két táplálkozási indexet alkottak meg különböző élelmiszerek egészségre gyakorolt hatásainak megítélésére. Az egyik ezek közül a hipokoleszterinémias/hiperkoleszterinémias (HH) index (Santos-Silva et al., 2002). Ez az index a hipokoleszterinémias (többnyire az olajsav és PUFA zsírsavak) és a hiperkoleszterinémias (többnyire telített zsírsavak) hatású zsírsavtartalomtól származtatható. A másik index pedig az egészségmegőrző index (HPI) (Chen, et al., 2004), amely az IA fordítottja.

A telítetlenségi index (UI) a lipidek telítetlenségi fokát jelzi, és az egyes telítetlen zsírsavak százalékos arányának és az adott zsírsavakon belüli kettős kötések számának szorzataként számítható ki (Chen & Liu, 2020).

Az itt is bemutatott táplálkozási indexek használatának elsődleges célja csupán az élelmiszerek táplálkozásélettani hatásainak bemutatása és értékelése, ezek semmiképpen sem tekinthetők a táplálkozástudomány „arany standardjának”.

4 Célkitűzés

A kiválasztott növényi olajok (napraforgó étolaj, pálma étolaj, repce étolaj, extra szűz olívaolaj, szója étolaj), háztartási körülményeket modellezve, milyen zsírsavváltozásokon mennek keresztül hevítés hatására?

A növényi olajok nagy mennyiségben tartalmaznak többszörösen telítetlen zsírsavakat, köztük esszenciális zsírsavakat is. Ezeknek a zsírsavaknak a mennyisége és minősége is jelentősen változhat hevítés hatására. Nem ismert, hogy milyen irányú változások történnek többszöri hevítés hatására a növényi olajok esetén ezekkel a zsírsavakkal.

A hevítés hatásainak tanulmányozására kifejezetten konyhai körülményeket modellezve vizsgáltuk a kiválasztott étkezési olajok zsírsavváltozásait.

Az elérhető vizsgálatok nagy része hosszú ideig, akár napokig, vagy hetekig és ipari méretekben, akár több száz literes tartályokban hevített olajok változásairól tudósít. Modellrendszerünkben kifejezetten a lakossági ételkészítési szokásokat és a nemzetközi illetve hazai szakmai szervezetek ajánlásait vettük alapul a hevítési számok és hőmérsékletek tekintetében.

Saját hevítési protokollunk alapján elemezni, hogy a megengedhető legmagasabb hevítési hőmérsékleten (180°C) és legnagyobb ismétlésszámmal (10) hogyan változik a növényi olajok zsírsav összetétele?

Konyhai körülmények között elfogadott, maximális hőmérsékleten és ismétlésszámmal az élettanilag is fontos zsírsavak szintjének változásairól nem rendelkezünk adatokkal. Vizsgálatunk fókuszában nem a keletkező oxidációs melléktermékek, hanem a felhasznált zsiradék zsírsavösszetétele, illetve azok hevítéseket követően megjelenő változásaik állnak.

Az elvégzett hevítések hatására milyen változások következnek be az étkezési olajok táplálkozásbiológiai hatásaiban?

A hevítés hatására bekövetkező zsírsavváltozások befolyásolhatják az étkezési olajok emberi szervezetre gyakorolt hatásait. Ennek megítélésére táplálkozási indexek kerülnek kiszámításra (n3/n6 PUFA arány, telítetlenségi index, atherogenitási index, trombogenitási indexe, hipokoleszterinémias/hiperkoleszterinémias index), hogy a zsírsavváltozások követése mellett az étkezési olajok táplálkozásbiológiai hatásainak változásairól is előzetes képet kaphassunk.

5 A kémiai analitikai vizsgálat és a táplálkozási indexek anyaga és módszertana

Vizsgálatunk mintaválasztására az Egyesült Nemzetek Szervezetének Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezet által közölt növényi olajok mennyisége és aránya táblázatában felsorolt olajokat, és a globális olaj- és zsírfogyasztási adatokat (USDA, 2018) vettük figyelembe, az ezekből hazánkban is elterjedt és beszerezhető növényi olajokat választottuk ki. A hevítési protokollunkat az Európai Táplálkozási Információk Tanácsának (European Food Information Council – EUFIC) lakossági felhasználásra szánt ajánlásai alapján dolgoztuk ki (EUFIC, 2014). Az étkezési olajok hevítési hőmérsékletének megválasztásához, illetve a sütési gyakoriság kialakításához a hazai, lakossági felhasználási ajánlások közül a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal élelmiszerek hevítésével foglalkozó dokumentumának jó higiénias gyakorlat (good hygiene practices – GHP) ajánlását vettük alapul (NÉBIH, 2018). A kiválasztás folyamatát követően kizárólag kiskereskedelemből, szabadon beszerezhető növényi olajokat használtunk.

A kiválasztási szempontokat figyelembe véve vizsgálatunkba összesen 5 féle növényi olajat, választottunk ki:

- Spar finomított napraforgó étolaj,
- Goldpack fritőzolás 100% finomított pálma étolaj,
- Rapso 100% finomított repce étolaj,
- Floriol Olio Extra Vergine di oliva - extra szűz olívaolaj,
- Despar Olio di semi di soia - finomított szója étolaj,

A hevítési vizsgálat helyszínéül a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Karának Tankonyhája (Pécs Rét utca 4.) szolgált. A zsírsavmeghatározásokat a Pécsi Tudományegyetem Klinikai Központ Gyermekgyógyászati Klinika Kromatográfiai laboratóriumában (Pécs József Attila utca 7) végeztük, 2017 és 2018 között.

5.1.1 Adatgyűjtési eszközök és módszerek:

A kiskereskedelmi egységekben megvásárolt olajokat azok felhasználásáig hűvös, sötét helyen tároltuk. A sütéshez helyi kereskedelmi egységben beszerezhető sárga burgonyát vásároltunk. A burgonya kiválasztásának fő szempontja a nyomon követhetőség volt, így olyan előre csomagolt árut vásároltunk, amely visszakereshető információkat tartalmazott

legalább a burgonya fajtájáról és annak származásról. Az étkezési burgonyát 2,5 kg-os kiserelési egységekben vásároltuk meg. A burgonya fajtamegjelölésének „Musica” volt feltüntetve.

5.1.2 Hőközlési protokoll

5.1.2.1 Sütéselőkészítés

A burgonyák héját eltávolítottuk és körülbelül 1x1 cm-es széles hasábokat vágunk (hosszuk követte a burgonya formáját, jellemzően 4-6 cm között változott). A burgonyából minden sütéshez $100 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ -ot mértünk ki és használtunk fel.

A megvásárolt olajokat a kiserelési egységeikből, az olaj fajtájának megfelelően (nem a különböző fajta olajokat vegyítve) összeöntöttük. Az olajokból kimértünk az első sütési ciklushoz 2000 ml-t.

5.1.2.2 Elkészítés és mintavétel

Az első mintavétel a már összekevert olajokból történt. A sütési folyamat elvégzésekor az olajokat 180°C -ig melegítettük, közönséges acél lábosokban, gázsütőn. Az olajok hőmérsékletét hosszúszerű higany hőmérők segítségével monitoroztuk. Amikor a zsiradék elérte a 180°C hőmérsékletet a hasábra vágott burgonyát 5 perc alatt megsütöttük figyelve arra, hogy a hőmérsékletet továbbra is 180°C -on tartjuk. Az 5. perc eltelte után, a megsült burgonyát, konyhai lyukacsos fém lapátok segítségével eltávolítottuk. A zsiradékokat minden sütési ciklust követően műanyag szűrőháló segítségével leszűrtük, így a látható szennyeződésekeltávolítottuk. A felhevült olajat 70°C -ra hagytuk hűlni, szabad levegőn. Ezt követően – azaz az első sütés után - történt a 2. mintavétel. A leírt sütési folyamatot 10-szer végeztük el egymás után pontosan megismételve a lépéseket. További mintavételezést végeztünk az 5. és a 10. sütési ciklust követően.

5.1.3 Minták tárolása

A hőközlés után vett mintákat egy napig -20°C -on, majd ezt követően -80°C -on tároltuk a kémiai analitikai vizsgálatok megkezdéséig.

5.1.3.1 Zsírsavak meghatározása

A korábban -80°C -on tárolt mintákat vizsgálatunk előtt felolvasztottuk és hagytuk 37°C -ra melegedni.

5.1.4 *Minták előkészítésének folyamata*

A mintaelőkészítés során Beermann és munkatársainak módosított módszerét alkalmaztuk az alábbiak szerint (Beermann et al., 2003):

1. minden mintát először pár másodpercig összekevertünk,
2. 2,0-3,0 mikroliter olajat egy csavaros tetejű kémcsőbe helyeztünk,
3. a mintához 3 ml metanol/hexán (4:1;v/v) elegyet adtunk,
4. a mintához 0,5 % pirogallolt adtunk, antioxidánsként,
5. a mintát 30 percre -20°C-os fagyasztóba tettük,
6. a mintánkhöz hozzáadtunk 200 µl acetil-kloridot,
7. a mintát fűtőblokkban 60 percig 100°C-on forraltuk,
8. mintánkhöz a -20°C –ra hűtés követően 4,8 ml vizes K₂CO₃-oldatot (6 m/m %) óvatos keverés mellett adtunk,
9. a mintákat 15 percig centrifugáltuk (4000rpm, 4°C),
10. mintánkból a felső hexános fázist leszívtuk és kis üvegcsőbe vittük át,
11. az előkészített mintákat az analitikai vizsgálat megkezdéséig -80°C-on hűtőben tároltuk.

A mintákat gázkromatográfiás módszerrel vizsgáltunk.

A minták analitikai vizsgálata Agilent 6890N típusú gázkromatográf segítségével történt, lángionizációs detektor (FID) és a kapilláris oszlopba történő direkt adagolással (COC). Kapilláris oszlop paraméterei: Típus: Agilent J&W DB-23, hossza 60 méter, átmérője 0,25 mm, filmvastagság: 0,25 µm.

Vizsgálatunkban egy olaj egy adott hevítési ciklusából származó minta esetén 3 párhuzamos mérést végeztünk el kétszer megismételve azokat, így egy minta egy időpillanatából 6 mért ponton nyertünk zsírsavtartalomra vonatkozó adatokat, amelyeket átlagoltunk.

5.1.5 *A táplálkozási indexek kiszámítása*

A táplálkozási indexek közül az atherogenitási indexe (IA), a trombogenitás indexe (IT), a hipokoleszterinémiás/hiperkoleszterinémiás index (HH) és az egészségmegőrző index

(HPI) Chen és Liu tanulmánya alapján kerültek kiszámításra az alábbiak szerint (Chen & Liu, 2020):

n3/n6 PUFA arány:

$$\frac{\Sigma n - 3\text{PUFA}}{\Sigma n - 6\text{PUFA}}$$

Az $\Sigma n-3\text{PUFA}$ az n-3 többszörösen telítetlen zsírsavak összegét jelöli: (C18:3n-3).

A $\Sigma n-6\text{PUFA}$ az n-6 többszörösen telítetlen zsírsavak összegét jelöli: (C18:2n-6 + C20:2n-6 + C22:2n-6).

Telítetlenségi index (UI):

UI = 1 (% monoenoics) + 2 (% dienoics) + 3 (% trienoics) + 4 (% tetraenoics) + 5 (% pentaenoics),

monoenoics: C12:1 + C15:1n-5 + C16:1n-7 + C18:1n-7 + C18:1n-9 + C20:1n-9 + C22:1n-9;

dienoics: C18:2n-6 + C20:2n-6 + C22:2n-6;

trienoics: C18:3n-3.

Atherogenitási index (IA):

$$IA = \frac{C12 : 0 + 4C14 : 0 + C16 : 0}{\Sigma\text{UFA}}$$

ΣUFA = az összes telítetlen zsírsav: (C12:1 + C15:1n-5 + C16:1n-7 + C18:1n-7 + C18:1n-9 + C20:1n-9 + C22:1n-9 + C18:3n-3 + C18:2n-6 + C20:2n-6 + C22:2n-6).

Trombogenitás indexe (IT):

$$IT = \frac{C14 : 0 + C16 : 0 + C18 : 0}{0.5\Sigma MUFA + 0.5\Sigma n - 6PUFA + 3\Sigma n - 3PUFA}$$

$\Sigma MUFA$ = az összes egyszeresen telítetlen zsírsav: (C12:1 + C15:1n-5 + C16:1n-7 + C18:1n-7 + C18:1n-9 + C20:1n-9 + C22:1n-9);

$\Sigma n-6$ PUFA = az összes n-6 többszörösen telítetlen zsírsav: (C18:2n-6 + C20:2n-6 + C22:2n-6);

$\Sigma n-3$ PUFA = az összes n-3 többszörösen telítetlen zsírsav: (C18:3n-3).

Hipokoleszterinémias/hiperkoleszterinémias index (HH)

$$HH = \frac{cis\ C18 : 1n9 + \Sigma PUFA}{C12 : 0 + C14 : 0 + C16 : 0}$$

$\Sigma PUFA$ = az összes többszörösen telítetlen zsírsav: (C18:3n-3 + C18:2n-6 + C20:2n-6 + C2:2n-6).

5.1.6 Statisztikai eljárások

A kromatogramok adatainak integrálását Chromeleon 7.1 programmal végeztük.

Statisztikai vizsgálatunkhoz az IBM SPSS program 27. verzióját használtuk,

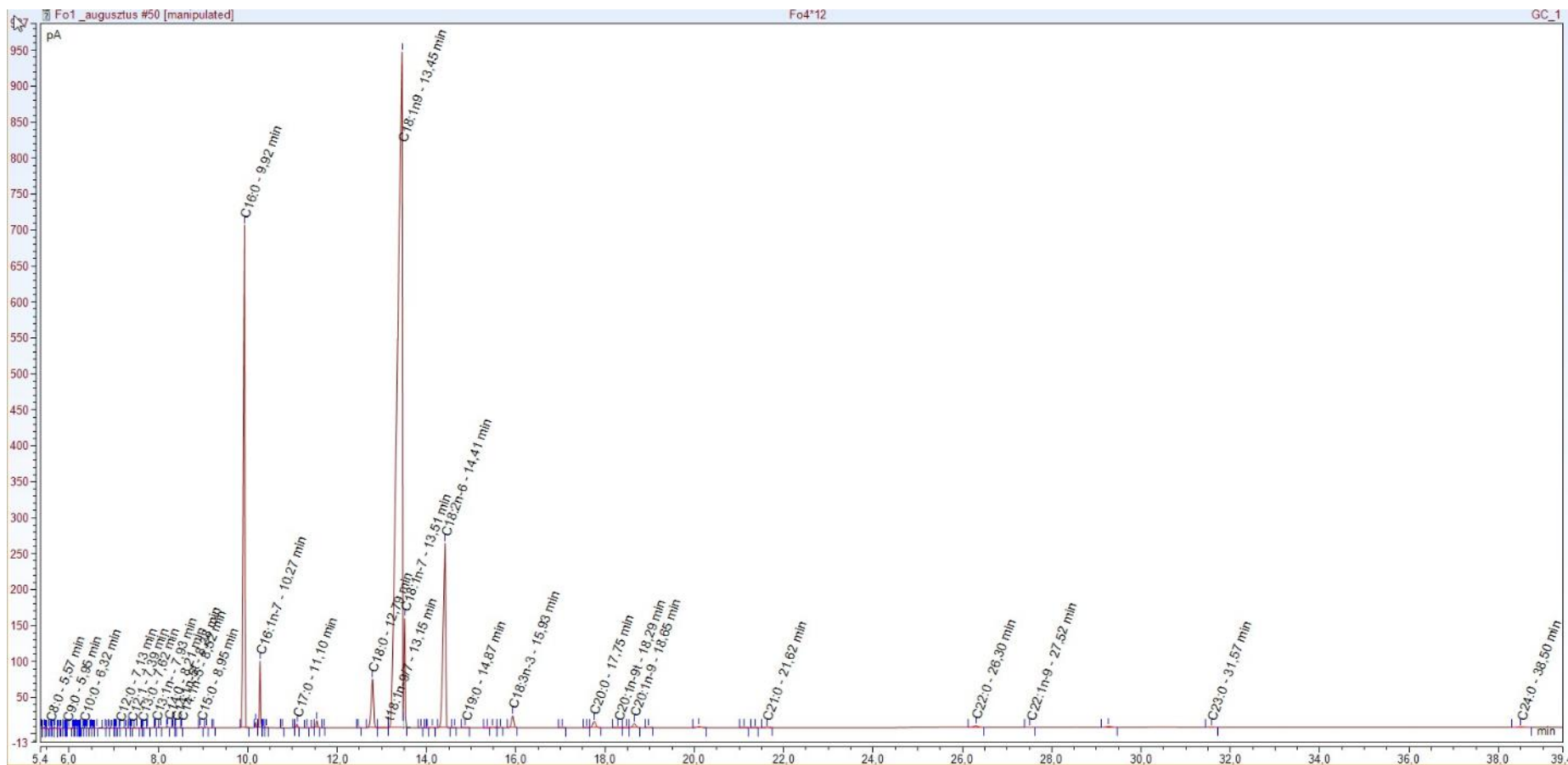
A csoportok átlagainak összehasonlítására egyutas ANOVA próbát végeztünk, ezt követően pedig Bonferroni próbát alkalmaztunk.

A zsírsavakat tömegszázalékban (w/w%) tüntettük fel, és az ábrákon szereplő adatok minden esetben átlag értékeként lettek feltüntetve a hozzájuk kapcsolódó szórásokkal.

Ábráinkat és táblázatainkat a MS Office programcsomag Excel 2016 programjával készítettük, és minden esetben feltüntettük az adott értékekhez tartozó szórásokat is.

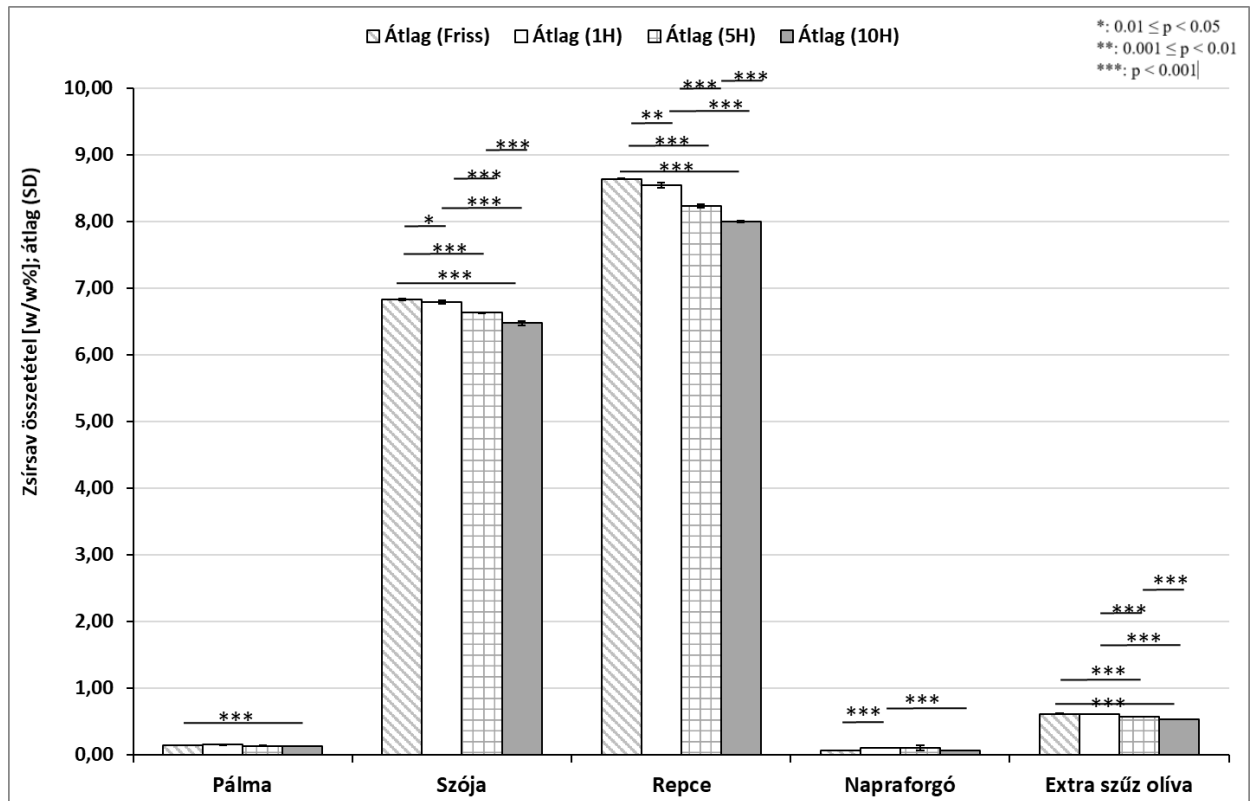
6 A kémiai analitikai vizsgálat eredményei

Az alábbi képen szemléltetés céljából az egyik étkezési olaj (napraforgó étolaj) hevítés előtti gázkromatogrammjára látható.



2. ábra – egy étkezési olaj tipikus gázkromatogramjának képe

A 3. ábra az öt növényi olaj esetében azok ALA tartalmának változásait mutatja.

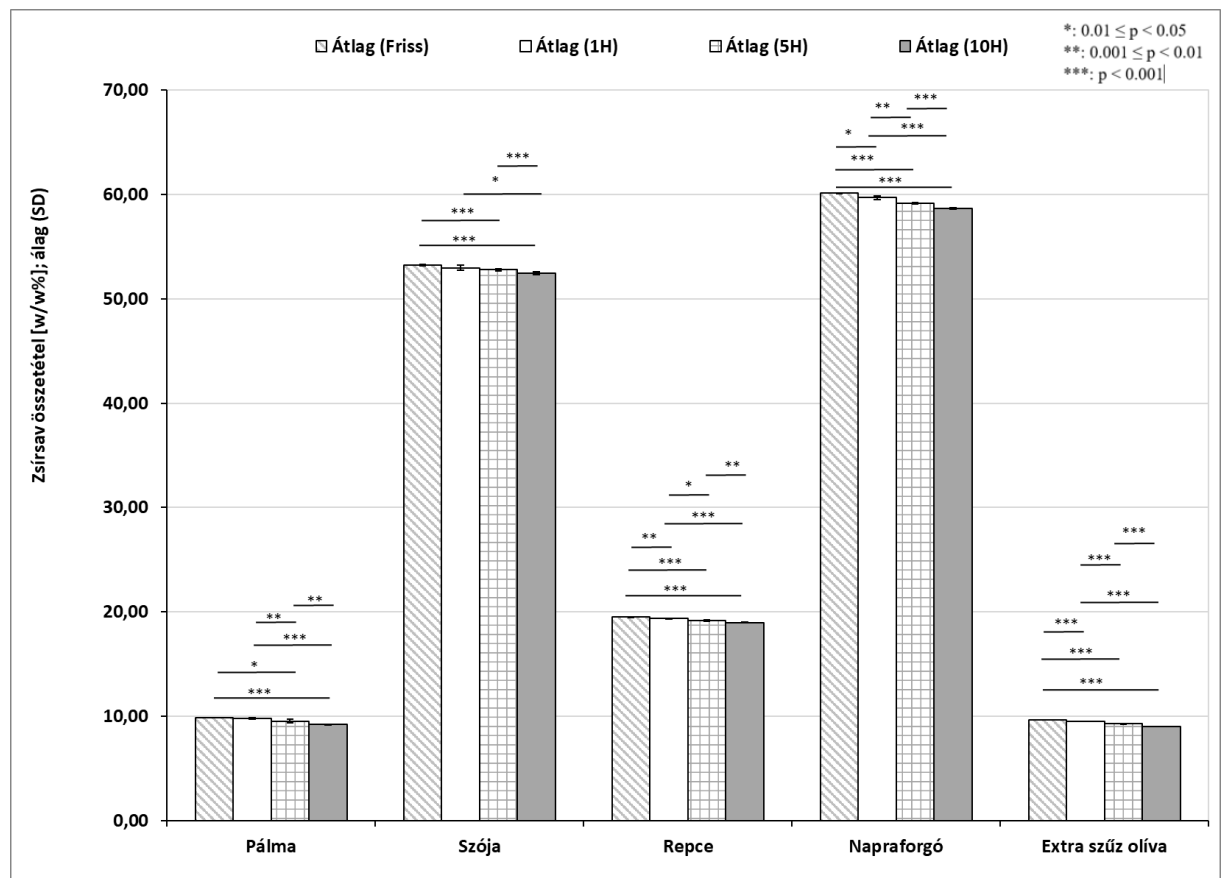


3. ábra – Növényi olajok ALA zsírsv. változásai hevítés hatására (180°C)

A legmagasabb ALA tartalommal a hevítést megelőzően a repceolaj rendelkezett, míg a legalacsonyabb ALA tartalma a napraforgó étolajnak volt. Legszembeötlőbb változásokat a repce étolaj esetében regisztráltuk. A sütési ciklusokat követve, folyamatos csökkenést mértünk a repceolaj ALA tartalmában. A csökkenés az első hevítési ciklust követően szignifikáns volt, valamint a hevítési ciklusokkal további csökkenést tapasztaltunk. A csökkenés mértéke minden hevítés között szignifikáns volt. A repce étolaj esetében a kiindulási értékről szignifikáns csökkenés következett be a 10 hevítési ciklus végére. Hasonló ALA csökkenést figyeltünk meg a szójaolaj esetében. A nyers szójaolaj esetében az ALA tartalom már az első hevítés hatására szignifikánsan csökkent. A hevítési ciklusok előre haladtával folyamatos és szignifikáns csökkenést tapasztaltunk minden hevítési alkalom között a szójaolaj ALA tartalmában. A szójaolaj esetében is a kiindulási értékről szignifikáns csökkenés következett be a 10 hevítési ciklus végére. Az alacsonyabb ALA tartalmú extra szűz olívaolaj esetében is hasonló trendet figyelhettünk meg. A kiindulási alacsonyabb ALA tartalomról az 5. hevítési ciklus végére

szignifikánsan alacsonyabb szintre csökkent az ALA tartalom. A csökkenés ebben az esetben is folyamatos volt, az 5. és a 10. hevítési ciklus végére szignifikáns csökkenést regisztráltunk. A pálmaolaj és a napraforgóolaj csekély mértékben tartalmazott ALA-t. Mindkét olajfajta esetén szignifikáns csökkenéseket mértünk. A pálmaolaj esetében a nyers, hevítetlen állapot és az első hevítési ciklus között ALA növekedést, majd ezt követően szignifikáns ALA csökkenéseket regisztráltunk a 10. hevítési ciklus végére. A pálmaolaj esetében a nyers, hevítetlen állapot és a tizedik hevítési ciklus között szignifikáns csökkenést tapasztaltunk az ALA tartalomban. Hasonlóan alakult a napraforgó étolaj ALA tartalmának változása is. A nyers, hevítetlen napraforgó étolaj esetében mért ALA tartalom az első hevítés hatására szignifikánsan növekedett. Az ezt követő hevítések hatására viszont csökkenés volt tapasztalható, az első hevítést követő mennyiségről a tizedik hevítési ciklus végére szignifikánsan csökkent a napraforgó étolaj ALA tartalma.

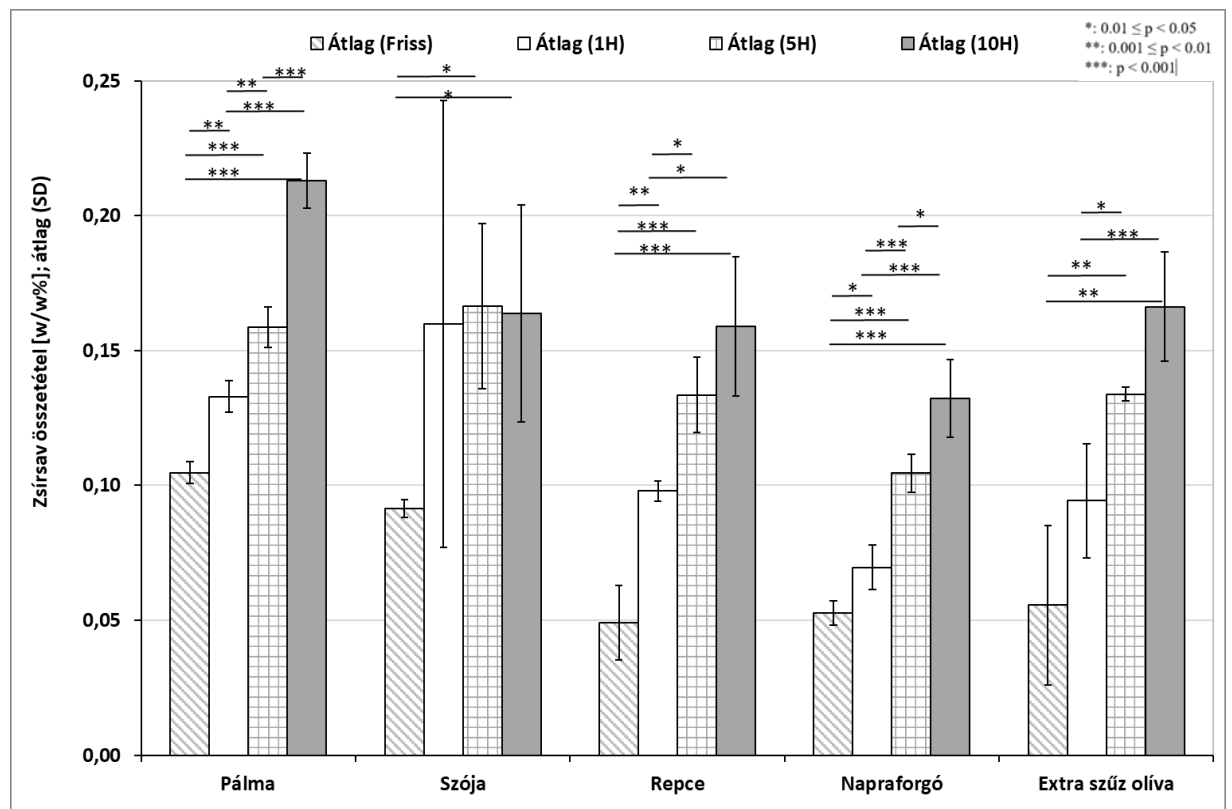
A 4. ábra a növényi olajok LA tartalmának változásait mutatja be.



4. ábra - Növényi olajok LA zsírsv. változásai hevítés hatására (180°C)

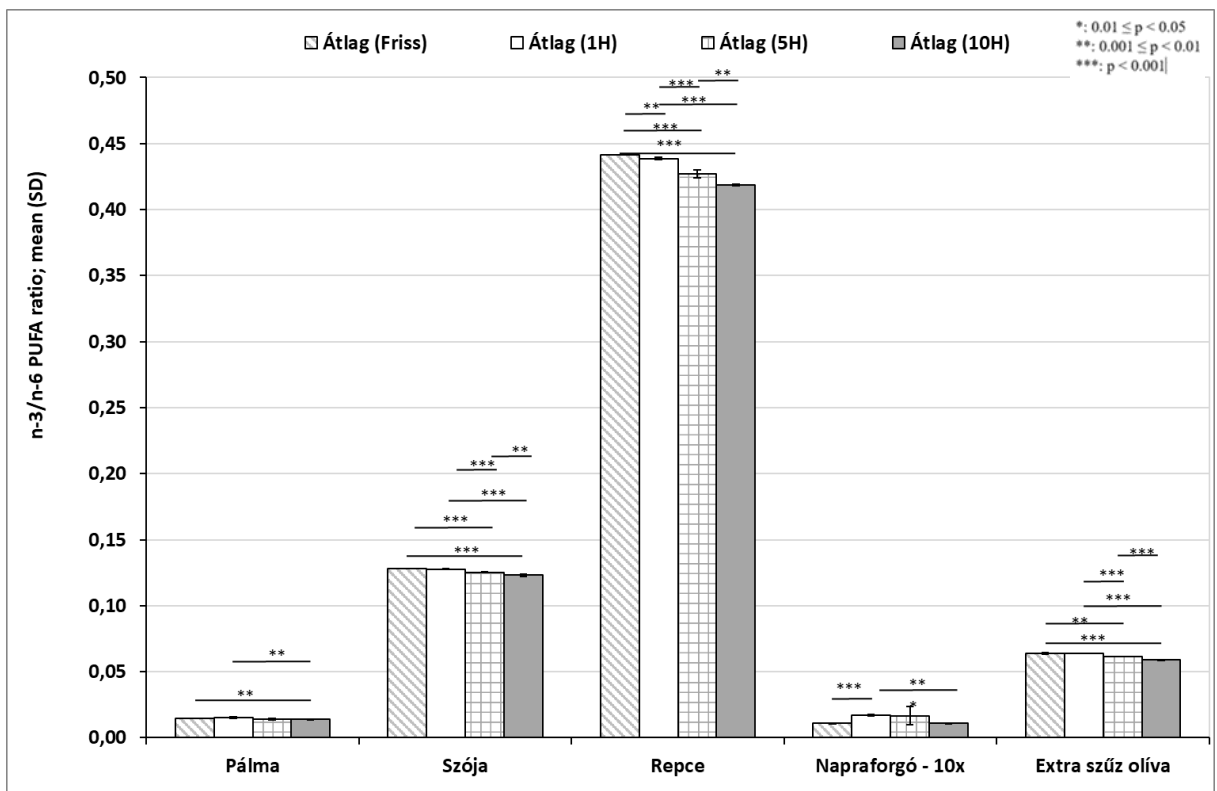
A LA nagyobb mennyiségben volt megtalálható mindegyik növényi olajban, mint az ALA. Legkiemelkedőbb mennyiségeket a napraforgó étolajban és a szójaolajban mértünk ebből az esszenciális zsírsavból. Mind a két étkezési olaj esetében a hevítések előre haladtával folyamatosan csökkent az olajok LA tartalma. Ez a csökkenés a napraforgó étolaj esetében szignifikáns volt már az első hevítést követően, míg a szójaolaj esetében a csökkenés nem bizonyult szignifikánsnak. A nyers olajok LA tartalmához viszonyítva az 5. és a 10. hevítést követően szignifikáns csökkenés következett be. Kiemelkedő LA tartalma volt a repceolajnak is. A repceolaj esetében is hasonló trendet figyelhettünk meg az LA változásában, mint a napraforgó- és szójaolaj esetében. A repce étolaj esetében az első sütési ciklust követően már szignifikánsan csökkent az LA mennyisége és ez a szignifikáns csökkenés folyamatosan jellemző is maradt a további hevítési ciklusokat követően is. Az extra szűz olívaolaj és a pálmaolaj egymáshoz hasonló mennyiségben tartalmaztak LA-t. Már az első hevítési ciklust követően is regisztráltunk LA csökkenést az extra szűz olívaolaj esetén, azonban a pálmaolaj esetén is megfigyelt csökkenés nem volt szignifikáns. Az 5. és a 10. sütési ciklus után további csökkenés volt tapasztalható az LA tartalomban mindkét olajnál.

A ötödik ábra az étkezési olajok TFA tartalmának változásait mutatja.



5. ábra - Növényi olajok TFA zsírsav változásai hevítés hatására (180°C)

Minden étkezési olaj – bár csekély mennyiségben – de tartalmazott TFA-t. Jellemző trendként tapasztaltuk, hogy általánosságban ez a csekély TFA tartalom a hevítések számával növekedést mutatott. Kiindulási értéket figyelembe véve, a pálmaolaj tartalmazta a legnagyobb mennyiségű TFA-t. Az első sütési ciklust követően a TFA mennyiség növekedése szignifikáns volt a pálmaolaj esetében. Az újabb hevítések hatására a TFA mennyiség folyamatosan és szignifikánsan növekedett a 10. hevítési ciklusig. Hasonló növekedési mintázatot regisztráltunk a repce és napraforgó étolaj esetében is. A nyers, hevítetlen olajban jelenlévő TFA mennyisége az első hevítési ciklust követően már szignifikánsan növekedett, és szintén szignifikáns növekedést tapasztaltunk az 5. és a 10. hevítési ciklust követően mindkét olaj esetében. Az extra szűz olívaolaj esetében a kiindulási TFA mennyisége az első hevítés hatására növekedett, de ez a TFA növekmény nem bizonyult szignifikánsnak. Minden következő hevítési ciklusban viszont szignifikáns TFA növekedést tapasztaltunk ennél az olajnál is. A szójaolaj esetében az ötödik és a tizedik hevítési ciklust követően regisztráltunk szignifikáns TFA növekedést.



6. ábra: Az étkezési olajok n-3/n-6 PUFA arányainak változásai

A repceolajban, a szójaolajban és az extra szűz olívaolajban az n-3/n-6 PUFA-arányok minden vizsgált időpontban szignifikánsan alacsonyabbak voltak az előzőkhöz képest (kivéve a friss mintát, valamint a szójaolaj és az extra szűz olívaolaj esetében az 1. hevítési ciklust követően) (6.ábra). A pálmaolajban az n-3/n-6 PUFA arány a 10. hevítési ciklust követően szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a friss és az első hevítést követően. A napraforgóolajban az n-3/n-6 PUFA arány ingadozást mutatott: az első hevítést követően szignifikánsan emelkedett, és a tizedik hevítést követően szignifikánsan alacsonyabb értéket ért el az első hevítéshez képest. A napraforgóolaj esetében a jobb reprezentálhatóság érdekében a kiszámított értékeket tízszeres szorzóval tüntettük fel az ábrán.

	Friss	1H	5H	10H
Telítetlenségi index [UI]				
Pálma	61.462^{aA} (0.104)	61.405^{BC} (0.458)	60.548^{aBD} (0.274)	59.646^{ACD} (0.275)
Szója	151.093^{AB} (0.206)	150.618^C (0.577)	149.923^{AD} (0.210)	149.100^{BCD} (0.229)
Repce	129.597^{aA} (0.022)	129.123^{BC} (0.125)	128.111^{aBD} (0.153)	127.422^{ACD} (0.081)
Napraforgó	149.138^{aAB} (0.039)	148.524^{abC} (0.336)	147.91^{AbD} (0.092)	147.112^{BCD} (0.120)
Extra szűz olíva	92.988^{AB} (0.114)	92.732^{CD} (0.057)	92.290^{ACE} (0.036)	91.643^{BDE} (0.117)
Atherogenitási index [IA]				
Pálma	0.895^{ab} (0.004)	0.898^{cA} (0.013)	0.915^{acB} (0.008)	0.937^{bAB} (0.011)
Szója	0.128^{AB} (0.001)	0.129^a (0.002)	0.131^{AC} (0.001)	0.133^{BaC} (0.000)
Repce	0.049^{ab} (0.000)	0.051^{cA} (0.000)	0.052^{acB} (0.002)	0.052^{bAB} (0.001)
Napraforgó	0.074^{aAB} (0.000)	0.077^{ab} (0.002)	0.078^A (0.001)	0.079^{Bb} (0.000)
Extra szűz olíva	0.178^a (0.001)	0.179^b (0.001)	0.180^c (0.001)	0.184^{abc} (0.002)
Trombogenitási indexe [IT]				
Pálma	1.830^{aA} (0.007)	1.832^{bB} (0.029)	1.872^{abC} (0.014)	1.917^{ABC} (0.018)
Szója	0.247^{AB} (0.002)	0.249^{ab} (0.003)	0.255^{AaC} (0.002)	0.261^{BbC} (0.001)
Repce	0.088^{aA} (0.000)	0.091^{bB} (0.000)	0.094^{abC} (0.002)	0.095^{ABC} (0.001)
Napraforgó	0.218^{AB} (0.000)	0.224^a (0.004)	0.227^{AC} (0.001)	0.231^{BaC} (0.001)
Extra szűz olíva	0.399^{ab} (0.003)	0.402^A (0.001)	0.405^{ac} (0.001)	0.414^{bAc} (0.003)
Hipokoleszterinémias/hiperkoleszterinémias index [HH]				
Pálma	1.056^{aA} (0.004)	1.054^{bB} (0.017)	1.033^{abC} (0.008)	1.009^{ABC} (0.010)
Szója	5.629^{AB} (0.040)	5.583^a (0.075)	5.496^{AC} (0.036)	5.406^{BaC} (0.022)
Repce	14.611^{aA} (0.034)	14.223^{bB} (0.035)	13.851^{abC} (0.353)	13.794^{ABC} (0.081)
Napraforgó	9.048^{AB} (0.013)	8.777^a (0.161)	8.672^{AC} (0.046)	8.524^{BaC} (0.020)
Extra szűz olíva	4.531^{ab} (0.029)	4.504^{ac} (0.017)	4.477^d (0.012)	4.384^{bcd} (0.037)

3. táblázat: További táplálkozási indexek kalkulált értékei (a közös betűk egy soron belül szignifikáns különbségeket jelölnek ugyanazon olaj különböző hevítési sorrendjei között; ^{abcd}: 0.05 < p ≤ 0.001; ^{ABCDE}: p < 0.001)

További négy kalkulált táplálkozási index értékét számoltuk ki és tüntettük fel a harmadik táblázatban.

A friss mintákban a különböző olajok UI indexeinek értékei között nagy eltérések voltak kimutathatók. A legmagasabb értékeket a szója- és napraforgóolajban, a legalacsonyabbakat pedig a pálmaolajban regisztráltuk. Az UI index körülbelül 2,5-szer volt magasabb a szójaolajban, mint a pálmaolajban. A szójaolajban a 10. hevítési ciklust követően az UI index szignifikánsan alacsonyabb volt, mint bármelyik korábbi mintában. Friss, hevítetlen állapotban a napraforgóolaj esetében volt a legmagasabb az UI index értéke, és a hevítési ciklusokat követően szignifikáns csökkenés volt tapasztalható. A szójaolajhoz hasonlóan, a tizedik hevítési ciklust követően az UI index értéke a napraforgóolajban is szignifikánsan alacsonyabb volt, mint az azt megelőző időpillanatokban. A többi vizsgált étkezési olajban az UI index értékei szignifikánsan csökkentek, és a 10. hevítési ciklust követően érték el a legalacsonyabb szintet. A legjelentősebb UI index csökkenés a friss és a tizedik hevítési ciklust követő minták között a pálmaolaj (2,95%), a legkisebb pedig a szójaolaj (1,32%) és a napraforgóolaj (1,36%) esetében volt tapasztalható.

Jelentős különbségeket tapasztaltunk a vizsgált olajok IA index értékei között is. A legmagasabb értéket a pálmaolaj, a legalacsonyabbat pedig a repceolaj esetében regisztráltuk, közöttük 18-szoros különbség volt kimutatható. Minden vizsgált növényi olaj esetében az IA index értékei egyenletesen növekedtek a hevítések során, és a legmagasabb értékeket a 10. hevítési ciklus után érték el. Minden olaj esetében a tizedik hevítési ciklust követően az IA index értékei szignifikánsan magasabbak voltak, mint a friss olajoké és az első hevítési ciklust követő minták értékei. A legnagyobb növekedést az IA index értékekben a friss és a tizedik hevítési ciklus mintái között a napraforgóolajban (6,76%), míg a legkisebb növekedést az extra szűz olívaolaj esetében (3,37%) regisztráltuk.

Az IT index értékei jelentősen eltérőek voltak a különböző friss növényi olajok között. Az IA index értékeihez hasonlóan a pálmaolajnak volt a legmagasabb, a repceolajnak pedig a legalacsonyabb IT index értéke, közöttük a különbség mintegy 20-szoros volt. Mindkét olaj esetében az IT index értékei szignifikánsan magasabbak voltak a 10. hevítési ciklus után, mint az azt megelőző mintákban. A legnagyobb növekedés a friss és a tizedik hevítési ciklus IA index értékei között a repceolaj (7,95%), míg a legalacsonyabb az extra szűz olívaolaj (3,76%) esetén volt tapasztalható.

Az előző esetekben bemutatott változásokhoz hasonlóan, a HH index értékei is nagyon eltérőek voltak a vizsgált friss olajok között, a legmagasabb értéke a repceolajnak, a legalacsonyabb pedig a pálmaolajnak volt, közöttük mintegy 13-szoros különbség volt tapasztalható. Valamennyi növényi olaj esetében a HH index értékei egyenletesen csökkenő értékeket mutattak a hevítési ciklusok során, a legalacsonyabb értékeket a 10. hevítés befejeztével regisztráltuk minden olaj esetében. A legkisebb mértékű csökkenést az extra szűz olívaolajban (3,24%), míg a legnagyobb mértékű csökkenést a napraforgóolaj esetében (5,79%) tapasztaltuk.

A hevítések során a MUFA és PUFA értékek szignifikánsan csökkentek, valamint a SFA és TFA értékek szignifikánsan növekednek, így a táplálkozási indexek esetén is atherogén és trombogén irányú változásokat regisztrálhatunk a vizsgált étkezési olajok esetén.

7 A kémiai analitikai vizsgálatunkból és a táplálkozási indexek kalkulációjából levont következtetések és megbeszélés

Vizsgálatainkban különböző növényi olajokat hevítettünk meghatározott sütési protokoll szerint. A gyártók és a nemzetközi szervezetek által megadott iránymutatások alapján saját vizsgálati protokollt dolgoztunk ki, ami elsősorban a hazai, végfelhasználói sütési módszereket modellezte. Az így kialakított hevítési protokoll (sütési hőmérséklet 180°C, burgonya 5 perces sütése, majd 70°C-ra történő lehűlést követően újra 180°C-ra hevítés egymás után tízszer elvégezve) a magyarországi háztartási körülmények modellezését tette lehetővé. Célkitűzésünkben azért választottuk a konyhai körülmények bemutatását, mert a szakirodalom jelentős része csupán a nagyipari illetve éttermi körülmények figyelembevételével tudósít a hevítések és a sütési eljárások okozta zsírsavváltozásokról.

Mivel vizsgálatunkban a nemzetközi és a hazai olajfogyasztási trendek képezték a mintaválasztás alapját, így összesen öt növényi olaj zsírsavváltozásait vizsgáltuk hevítési protokollunk kivitelezését követően.

Több ponton regisztráltunk szignifikáns eltéréseket a hevítések során. Legjelentősebb változásokat az étkezési olajok TFA tartalmában találtuk. Mindegyik nyers növényi étolaj tartalmazott TFA-t, és minden növényi olaj TFA tartalma folyamatosan és szignifikánsan emelkedett a hevítési ciklusok során. Hasonló korábbi vizsgálatokban (Song et al., 2015) csak a kukoricaolajban találtak nyers formában is kimutatható mennyiségben TFA-t, míg a további öt vizsgált növényi olajban (repce, szója, olíva, szezám és fekete csalánmag olaj) nem tudták kimutatni TFA jelenlétét. Vizsgálatunkban a TFA igen csekély mennyiségben volt jelen a nyers olajokban (0,05-0,1 g/100g) és a szignifikáns növekedés hatására (0,13-0,21 g/100g) sem nőtt a TFA tartalom olyan mértékben, amely potenciálisan veszélyeztetné a fogyasztók egészségét.

Az esszenciális zsírsavak mennyisége szignifikánsan csökkent az étkezési olajokban. A magasabb ALA tartalmú repce és szójaolajok esetén minden sütési periódust követően szignifikánsan csökkent az étkezési olajok ALA tartalma. A többi étkezési olaj esetében is következetesen szignifikáns eltéréseket mértünk, és a kiindulási értékhez képest minden olaj esetében csökkent azok ALA tartalma. A napraforgó étolaj esetében az első hevítés hatására növekedett az ALA mennyisége, amit a sütésre használt burgonya ALA tartalma is okozhatott (Lepage, 1968), azonban ennek a jelenségnek a tisztázása további vizsgálatokat igényel. A LA tekintetében is egyértelmű csökkenést regisztráltunk minden

olajban. A magasabb LA tartalmú napraforgó étolaj esetében minden sütési ciklust követően szignifikáns csökkenés következett be, hasonló jelenséget észleltünk a kisebb LA tartalmú repce- és extraszűz olívaolaj esetében. Mivel a vizsgált olajok LA tartalma jelentősen magasabb volt, mint azok ALA tartalma, így a burgonyából származó zsírsavak ebben a tekintetben nem befolyásolták jelentősen a mérési eredmények alakulását.

A különböző étkezési olajok eltérő táplálkozásbiológiai hatásokkal rendelkeznek. Ezek a hatások nagyban függenek az olajok zsírsavösszetételétől. Ahogy vizsgálati eredményeinkből is kitűnik, az olyan hevítési eljárások során is, amelyek elsősorban a lakosság által jellemző használati körülményeket modellezik, változik az étkezési olajok zsírsav tartalma, így azok táplálkozásbiológiai hatásai is változhatnak. Ezeknek a változásoknak a megismerésére különböző táplálkozási indexek kerültek kiszámításra. A különböző ételkészítési eljárások közül az erőteljes hőközléssel járó sütés növelheti a legnagyobb mértékben az IA- és IT-értékeket (Costa et al., 2013; Castro-Gonzalez, & Carrillo-Dominguez, 2015; Mekonnen et al., 2020; Abdel-Naeem et al., 2021). Vizsgálati eredményeink megerősítik a szakirodalomban korábban leírt IA és IT változásokat, ezeknek az indexeknek az értékei minden olaj esetén emelkedtek a hevítési ciklusok végére. Eredményeink szerint a hevítés hatására olyan zsírsavváltozások következtek be, amelyek az étkezési olajok atherogén és trombogén tulajdonságát fokozták. Egy kísérleti vizsgálat eredményei szerint (Sadhu et al., 2021) alacsonyabb hőmérsékleten, kis mennyiségű olajban és rövid ideig történő sütési eljárás eredményezte a legmagasabb IA és PUFA/SFA értékeket, így az ételkészítési eljárások gondos előkészítéssel és odafigyeléssel optimalizálhatók.

A HH index az élelmiszerek zsírsavösszetételének a vér koleszterinszintjére gyakorolt hatásának jellemzésére alkalmazható. Az olajsav és a többszörösen telítetlen zsírsavak hipokoleszterinémias hatásúak, míg a telített zsírsavak hiperkoleszterinémias hatásúak. A HH index csökkenése így potenciálisan előnytelen szív- és érrendszeri hatásokat jelöl. Vizsgálatunkban minden növényi olaj esetén csökkent a HH index, így az étkezési olajok olyan előnytelen változásokon mentek keresztül a konyhai körülmények modellezése során, amelyek negatívan befolyásolhatják a szív-érrendszer egészségét. Vizsgálatunkat megelőzően korábbi tanulmányok nem értékelték a hevítés hatását növényi olajok HH indexére, az elérhető vizsgálatok ebben a tekintetben csak a sült ételek (pl.: halak,

kagylók) HH indexének alakulását ismertetik (Biandolino et al., 2021; Mekonnen et al., 2020).

A korábbi tanulmányokban csak legfeljebb egy vagy két táplálkozási index változásait regisztrálták, míg a jelen vizsgálatunkban minden egyes olaj esetében minden egyes időpontban kiszámítottunk öt táplálkozási indexet. Vizsgálati eredményeink szerint mindegyik kiszámított index értéke kedvezőtlenebb irányba változott a hevítések hatására minden növényi eredetű olaj esetén. Az indexek értékelése szerint a zsírsavösszetételük alapján a legstabilabb étkezési olaj, a legkisebb változásokkal, az extra szűz olívaolaj volt, míg a legérzékenyebb olajok a napraforgó- és a repceolajok voltak, amelyeknél a táplálkozási indexek értéke a legnagyobb mértékben változtak. Vizsgálati eredményeink alapján észszerűnek tűnik, hogy az ideális sütési közegnek több olaj vagy zsíradék keveréke lenne optimális, amelyek egymást kiegészítő tulajdonságokkal rendelkeznek.

Eredményeinkből látható, hogy a növényi olajok hevítésre történő változásai nem befolyásolják pozitív irányba ezeknek az olajoknak a zsírsavösszetételét. Összességében elmondható, hogy az esszenciális zsírsavak mennyiségének csökkenése mellett a telített zsírsavak mennyisége növekszik a sorozatos hevítések hatására. Külön kiemelendő a minden növényi olaj esetében, minden hevítési ciklust követően leírt TFA növekedés. Utóbbi változásokat jellemzően magasabb hőmérsékleteken lehet kimutatni, és csak kevés vizsgálat hívja fel arra a figyelmet, hogy már alacsonyabb hőmérsékleten és rövidebb hevítés hatására is bekövetkezhet a *cisz-transz* izomerizáció (S. Bhardwaj et al., 2016). Az esszenciális zsírsavak csökkenése is kirajzolódott vizsgálatunkban mind az ALA, mind az LA zsírsavak esetében. Korábbi vizsgálatok felhívják a figyelmet arra, hogy magas hőmérsékletű hevítések hatására az ALA zsírsav hajlamos a degradációra (Gere, 1982) de a konyhai körülmények közötti ALA változásokról nem találhatunk szakirodalmi adatokat. Az extra szűz olívaolaj viszonylag kis mennyiségben tartalmazott ALA-t, és ez a kismérvű ALA több mint tíz százalékkal csökkent a tizedik hevítést követően, illetve mennyiségét tekintve a legtöbb ALA a repceolajból vészett el. Az LA veszteség magyarázatára is számos leíró magyarázat született már (Alfaia et al., 2010; Badiani et al., 2004; Berasategi et al., 2012), azonban ezek közül egy sem írja le pontosan a háztartási körülmények között bekövetkező változások közben történő LA veszteség pontos mechanizmusát.

Összességében elmondható, hogy a zsírsavváltozások magyarázatát illetően jelenleg még több ponton is hiányosak az ismereteink. Nem találhatóak olyan szakirodalmi adatok,

amelyek pontosan leírnák, hogy az általunk szimulált háztartási körülmények között milyen fiziko-kémiai változások magyarázhatják a leírt zsírsavváltozásokat.

Az előnytelen zsírsavváltozások egészségügyi hatásait tekintve ki kell emelnünk a TFA zsírsavak leírt növekedését. A WHO ajánlásai alapján a TFA bevitelt a napi elfogyasztott energia függvényében 1% alatt érdemes tartani (WHO, 2018). Vizsgálati eredményeink szerint, ha a gyártók és a nemzetközi szervezet ajánlásait figyelembe vesszük és tízszer hevítjük újra a sütéshez használt olajokat, akkor sem tűnik valószínűnek, a leírt változások ellenére sem, hogy a vizsgálatunk esetén megközelíthetjük ezt a maximális TFA beviteli mennyiséget. Az esszenciális zsírsavak egyöntetű csökkenése esetében is hasonló következtetéseket vonhatunk le. Sem az ALA nem az LA zsírsavak nem vesztek el olyan mennyiségben, amely egészségügyi szempontból aggodalomra adhatna okot. Az egészséges étrend szempontjából megfelelő zsírsav arány kialakítása és a telített zsírsavbevitel csökkentése érdekében ugyan érdemes az általunk modellezett bő zsírban sütési konyhatechnológiai eljárások kerülése, de pusztán a zsírsavváltozások szempontjából a növényi olajok többszöri hevítése sem befolyásolja azok esszenciális zsírsav tartalmát olyan mértékben, amely veszélyt jelentene a fogyasztók esszenciális zsírsavbevételére.

Az elemzett növényi olajok táplálkozásbiológiai értékét az adja, hogy ezeknek az olajoknak az alkalmazásával növelhető a PUFA bevitel, ezen belül pedig az esszenciális zsírsavak bevitel is biztosítható. Ha étrendünkben a telített zsírsavakat telítetlen zsírsavakra cseréljük, azzal bizonyosan kedvezőbb irányba befolyásoljuk egészségünk alakulását (A. G. Liu et al., 2017). Vizsgálatainkban modellezett háztartási körülmények között betartva a gyártók és a nemzetközi szervezetek ajánlásait, nem igazoltunk a hevített olajokban olyan mérvű zsírsavváltozásokat egyik zsírsav esetében sem, amely potenciálisan veszélyeztetné a fogyasztók egészségét.

Közismert, hogy az egészséges és változatos étrend a legjobb prevenció stratégia (Katz & Meller, 2014) és az egyénre szabott dietoterápiás megközelítés nagyban segítheti valamennyi beteg gyógyulását is (Verma et al., 2018). Szélesebb horizonton szemlélve a megfelelő zsírsavbevitel biztosítását a kíméletes konyhatechnológiai eljárások alkalmazása mellett a teljes értékű és elsősorban növényi nyersanyagok valamennyi tekintetben optimális prevenció potenciállal rendelkeznek mind az esszenciális zsírsavak biztosítására, mind a telített és *transz*-zsírsavak bevitelének csökkentésére.

Vizsgálatunkból hiányoztak az állati eredetű zsiradékok. Ennek oka, hogy bár hazai elterjedésük és felhasználásuk a különböző konyhatechnológiai eljárások során viszonylag magas, de a globális olaj és zsírfelhasználás tekintetében csak a vaj jelenik meg számottevő mennyiségben. Ezen felül előzetes vizsgálatunkban a vajat és a margarint is hőközlésnek tettük ki, de egyik zsiradék esetében sem tudtuk kialakítani a hevítési protokollunkban megszabott 180°C-fokos sütési hőmérsékletet. Tapasztalataink szerint nem jellemző az sem, hogy ezeket az étkezési zsiradékokat többszöri hevítéssel használná a lakosság ételkészítési eljárások során.

A megfelelő zsírsavbevitel biztosítása a kíméletes konyhatechnológiai eljárások alkalmazása mellett a teljes értékű és elsősorban növényi nyersanyagok szavatolják, optimális prevenciós potenciállal rendelkeznek mind az esszenciális zsírsavak megfelelő bevitelének biztosítására, mind a telített és transz-zsírsavak bevitelének csökkentésére.

8 A 2019-es koronavírus pandémia rövid bemutatása

A 2019-es év végén a kínai Wuhan városából elinduló, hamar pandémiává minősített koronavírus járvány a szakembereket nem érthette váratlanul. A SARS-CoV-2 a 7. olyan koronavírus, amely képes embereket is megfertőzni és akár súlyos megbetegedést is kiváltani. A SARS-CoV-2 genetikai állománya egyszálú RNS amelynek genomja 29 903 nukleotidot számlál, így ez a második legnagyobb ismert RNS-genomú vírus (Helmy et al., 2020).

Számos epidemiológus, infektológus és más kutató is már korábban figyelmeztetett a potenciálisan gyorsabban terjedő fertőző változatok kialakulására (Guan, Zheng, Zeng, & Zhong, 2013). A SARS-Cov-2-t az Egészségügyi világszervezet (WHO) 2020 január 30-án nyilvánította pandémiává (Wu, Wu, Liu, & Yang, 2020).

A SARS-CoV-2 által okozott betegség (COVID-19) jobb és alaposabb megismerésére óriási erőfeszítések történtek az elmúlt időszakban. A PUBMED adatbázisban ennek a dolgozatnak a megszületésekor, a pandémia alig másfél éves kirobbanását követően mintegy százezer hivatkozott tanulmányt lelhetünk fel. A COVID-19 betegség klinikai megjelenése igen eltérő, a betegség széles spektrumot mutat a klinikai tünetek megjelenése nélkül lezajló betegségtől, a közép súlyos náthás típusú tüneteken át, a súlyos életet veszélyeztető kórházi kezelést igénylő tünetekkel járó betegségig. A kórokozó nagy számban idéz elő halálos megbetegedéseket is, és rendkívül virulens, mivel nagyon könnyen terjed cseppfertőzéssel és aeroszol útján is (Pedersen & Ho, 2020).

A globális pandémia nem újkeletű jelenség, a korábbi H1N1 influenza törzs okozta pandémiát „spanyolnátha” néven ismerhetjük, vagy kisebb, lokalizált endémiák kitörését okozó vírusok közül említhetőek a HIV, az Ebola vagy a Marburg vírusok, illetve a különböző típusú koronavírusok (SARS és MERS) is okoztak már korábbi kisebb-nagyobb endémiákat (Váradi, Ferenci, & Falus, 2020).

Egy pandémia kirobbanásának okainak részletes ismertetése messzire vezetne, de a fő kiváltó okok alapvetően összekapcsolódnak az emberi tevékenység okozta környezetrombolással, a vadvilág szisztematikus pusztításával, a mértéktelen és kizsákmányoló erőforrásfelélésekkel épp úgy, mint a globális kereskedelem és turizmus robbanásszerű növekedésével (Madhav et al., 2017). A jelenlegi tapasztalatok arra a súlyos, emberéletekben mérhető hiányosságra is rávilágítottak, hogy a globális

egészségügyi szervezetek éppen annyira felkészületlenek voltak egy ilyen helyzettel kapcsolatban, mint a lokális, kisebb ellátórendszerek (Mirvis, 2020).

A SARS-Cov-2 vírus eredetét tekintve nem egyértelmű, hogy a korábbi koronavírusokhoz hasonlóan zoonotikus eredetű vagy sem. Jelenlegi szemléletek alapján legnagyobb valószínűség szerint természetes eredetű (Andersen et al., 2020; Lundstrom et al., 2020), bár a közelmúltban megjelentek olyan komoly kételyeket keltő írások, amelyek mégis a mesterséges eredet mellett érvelnek (Quay, 2021; Segreto & Deigin, 2020). Az eredettől függetlenül, a vírus pandémiát okozva a 2020-as évben minden ember számára nyilvánvalóvá tette, hogy milyen törékeny az ember alkotta gazdasági prosperitás, vagy épp saját egészsége. A pandémia kezdetén a tudományos kutatások a betegség megismerése és a különböző megnyilvánulási formáinak kezelésére irányultak (Bao et al., 2020). Ahogy telt az idő, egyre több tanulmány számolt be a D-vitamin preventív és szupportív szerepéről (Annweiler et al., 2020; N. Liu et al., 2021), illetve vetették fel más preventív táplálkozási tényezők szerepét a COVID-19 betegségben (Messina et al., 2020; Moscatelli et al., 2021).

8.1 A 2019-es koronavírus pandémia és a citokin-vihar

A COVID-19 betegség egyik súlyos szövődményét a szervezet túlzott reakciójából fakadó citokin-vihar (más elnevezések szerint hypercitokinemia, cytokine release syndrome, vagy macrophage overactivation syndrome) kialakulása idézi elő (Hojyo et al., 2020). A citokin-vihar gyorsan alakul ki és jelentősen fokozza a mortalitás kockázatát a súlyos állapotba kerülő betegek esetében. A citokin-vihar kialakulása a kritikus státuszú betegek életét veszélyeztető állapot, éppen ezért került a figyelem középpontjába már viszonylag hamar a járvány kitörését követően. A SARS-Cov-2 vírus megjelenése óta eltelt időszakban kiderült, hogy más patomechanizmusok is nehezítik a kritikus állapotú betegek túlélését, köztük a RAS-mediálta bradikinin-vihar (Garvin et al., 2020).

A citokin-vihar kialakulására a citokin hálózatok zavara jellemző, ami fontos szerepet tölt be a klinikai tünetek kialakulásában és a betegség súlyos kimenetelében. A citokin- és kemokintermelés szabályozása alapvetően zavart szenvedhet COVID-19 betegségben (egyres citokinek termelése inkább csökken, míg másoké erőteljessé válik), amelyre a beteg szervezet eltérően reagálhat. A zavart szenvedő proinflammatorikus citokinek közül központi szereplőnek tűnik az IL-6 (Copaescu et al., 2020) és az IL-1 β (Kothari et

al., 2021). A koronavírus fertőzés megjelenését megelőzően is ismert volt, hogy ezeknek a citokineknek a termelése függ a szervezet zsírsav ellátottságától (Vedin et al., 2008).

Az n-6 zsírsavak (különösen az AA) prekursorai az eikozanoidoknak, míg az n-3 zsírsavak elsősorban a kevésbé gyulladáskeltő eikozanoidok szintézisét propagálják. Számos *in vitro* és klinikai vizsgálat igazolta, hogy ha az étrend bővelkedik n-3 típusú zsírsavakban, akkor az csökkentheti bizonyos citokinek szintézisét (Endres et al., 1989; Babcock et al., 2002). A bevezetésben feltárt összefüggések értelmében azonban ezt a gondolatot ki kell egészíteni azzal, hogy az n-3 típusú zsírsavak bevitelének fokozása mellett, érdemes az n-6 típusú zsírsavak bevitelét is korlátozni (Blok et al., 1997). További kísérletes eredményekből kiderül, hogy az EPA és DHA zsírsavak bevitele szignifikánsan képes csökkenteni az IL-6 és TNF- α szérumszintjeit (Sundrarjun et al., 2004.).

8.1.1 Célkitűzés

Szakirodalmi adatok alapján megvizsgáljuk, hogy vajon az étrendi tényezők közül a hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavellátottság gyakorol-e hatást a COVID-19 betegség egyik magas kockázatú szövődményére a citokin-viharra?

A citokinek termelésében résztvevő enzimek prekursor vegyületei LC-PUFA lipidek, úgy, mint a DHA és az EPA. Ezeknek a zsírsavaknak a bevitele a szervezet interleukin és citokin termelésére hatást gyakorol, így kérdésfelvetésünk arra irányul, hogy az elérhető szakirodalmi adatok alapján feltételezhető-e bármilyen hatás EPA és DHA szupplementáció esetén?

Szakirodalmi adatok alapján megvizsgáljuk, hogy a citokin-viharban is központi szereplőnek tekinthető interleukinek szintjét hogyan befolyásolja az EPA és DHA bevitel?

A citokin-viharban központi szerepet betöltő IL-6 és IL-1 β mellett további proinflammatorikus citokinek is jelentősen fokozhatják a szervezet gyulladásos folyamatait. Kíváncsiak voltunk arra, hogy milyen további inflammatorikus citokin változások várhatóak EPA és DHA étrendi-kiegészítésével.

8.1.2 A szakirodalom kutatás anyag és módszertana

Vizsgálatunkban tájékoztató jellegű, nem szisztematikus szakirodalomkutatást végeztünk, mert a szisztematikus áttekintéshez szükséges források nem álltak rendelkezésünkre. Vizsgálati módszerünk alapját azonban ebben a korlátozott formában is a bizonyítékokon alapuló orvoslás (evidence-based medicine) szerinti hierarchia piramis rendszere képezte (Djulbegovic & Guyatt, 2017). Kereséseinket a pubmed adatbázisban végeztük a citokin-viharhoz kapcsolódó, előzetesen meghatározott intermedierek (IL-6, IL-1 β , TNF- α) tekintetében.

A publikációk áttekintésekor figyelembe vettük, hogy azok közzététele ne legyen 15 évnél régebbi. Irodalomkutatásunk alapjának az olyan *in vitro* vizsgálatokat tekintettük, amelyek az említett intermediereket n-3 LC-PUFA (EPA és DHA) kiegészítés kapcsán vizsgálták. Az így rendelkezésre álló kísérleti eredményeket felülvizsgáltuk klinikai tanulmányok tükrében is, ahol a keresés kritériumrendszere azonos volt az *in vitro* keresés feltételeivel. A nem szisztematikusán áttekintett szakirodalmakból kiválasztottunk 10 db *in vitro* és 10 db randomizált klinikai vizsgálatot, amelyeket részletesebben is értékeltünk, majd ezt követően az általunk legrelevánsabbnak tartott 3 *in vitro* és 5 randomizált klinikai vizsgálat eredményeit összesítettük. Ezt az előzetes irodalomkeresést a későbbiek során ki kívánjuk egészíteni az irodalom szisztematikus áttekintésével.

Arra a gyakorlati kérdésre kerestük a választ, hogy milyen dózisokban és milyen formákban lehet hatékony és biztonságos az EPA és DHA kiegészítés.

A pandémia első hullámában eredményeink gyors publikációja mellett köteleztük el magunkat, mivel akkor még kevés klinikai ismeret állt rendelkezésre a kibontakozó járvány megfékezésére. Ennek a szokatlan megközelítésnek az adott helyzetben való elfogadhatóságát utólag alátámasztotta irodalmi áttekintésünk magas hatástényezővel rendelkező folyóiratban, a pandémia első évében történő megjelenése.

8.1.3 A szakirodalom vizsgálatának eredményei

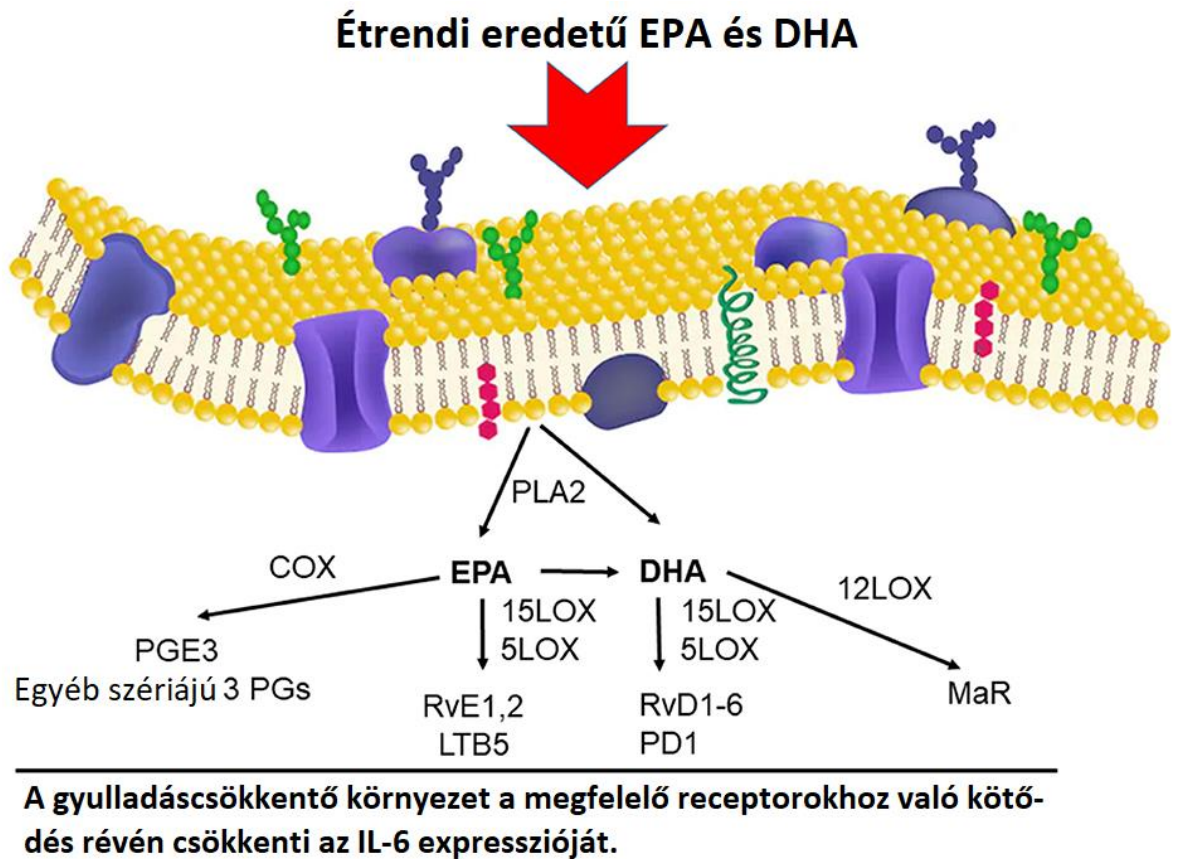
Az alábbi táblázatunkban szakirodalomkutatásunk eredményeit tüntettük fel összefoglalva.

Szerző, év	típus	kiegészítés	a kutatás tárgya	hatások
(Ramon, Gao, Serhan, & Phipps, 2012)	in vitro	a, 50 nM 17-hDHA b, 100 nM 17-hDHA	CD19 ⁺ B sejtek	IL-6 ↓44% ^a IL-10 ↓49 % ^a ; 54% ^b TNF-α
(Allam-Ndoul, Guenard, Barbier, & Vohl, 2017)	in vitro	a, 10 μM DHA b, 50 μM DHA c, 75 μM DHA d, 10 μM EPA e, 50 μM EPA f, 75 μM EPA	THP-1 acute monocytic leukemia sejtvonala	IL-6 ↓ 12% ^a ; 19% ^b ; 30% ^c ; 6% ^d ; 13% ^e ; 24% ^e TNF ↓ 6% ^a ; 12% ^b ; 15% ^c ; 18% ^f
(Saedisomeolia, Wood, Garg, Gibson, & Wark, 2009)	in vitro	a, 200 μM DHA b, 400 μM DHA c, 200 μM EPA d, 400 μM EPA	légtuti epithel sejtek (Calu-3) RV-43-al	IL-6 ↓ 16% ^b IL-8 IP-10 ↓ 28% ^b
			légtuti epithel sejtek (Calu-3) RV-1B-al	IL-6 ↓ 13% ^a ; 29% ^b IL-8 IP-10 ↓ 24% ^b
(Tan, Sullenbarger, Prakash, & McDaniel, 2018)	RCT	a, 1.5 g/nap DHA 4 th weeks b, 1.5 g/nap DHA 8 th weeks	krónikus vénás lábszárfekélyben szenvedő betegek plazmája	IL-6 ↓ 12% ^a ; 22% ^b IL-1β ↓ 29% ^a ; 44% ^b TNF-α ↓ 12% ^a ; 23% ^b
(Vedin et al., 2008)	RCT	1.7 g/nap DHA and 0.6 g/nap EPA	Alzheimer-kóros betegek vérének mononukleáris leukocitái	IL-6 ↓ 43% IL-1β ↓ 35% TNF-α
(Kiecolt-Glaser et al., 2012)	RCT	a, 2.5 g/nap n-3 PUFAs b, 1.25 g/nap n-3 PUFAs	egészséges felnőttek széruma	IL-6 ↓ ^{a, b} TNF-α ↓ ^{a, b}
(Zhou et al., 2019)	RCT	a, 3.6 g/nap EPA + DHA b, 1.8 g/nap EPA + DHA	perifériás vér mononukleáris sejtek (PBMC) hiperkoleszterinémias felnőtteknél	TG ↓ 20% ^a ; 13% ^b IL-6 ↓ 37% ^a ; TNF-α
(Muldoon et al., 2016)	RCT	0.4 g/nap DHA and 1.0 g/nap EPA	egészséges felnőttek széruma	IL-6

4. táblázat: EPA és DHA kiegészítés összefüggése a citokin termeléssel. (A citokinek termelődésének %-os változását a DHA és/vagy EPA kiegészítéskor vagy az eredeti adatokból számoltuk ki, vagy az adott tanulmányból vettük át, amennyiben azok rendelkezésre álltak. A jelöléseink a vizsgált citokinek mért szintjének statisztikailag szignifikáns csökkenését jelentik (Azonos felső jelölések a

“kiegészítés” és “hatások” oszlopokban az adott kiegészítéshez tartozó hatást jelölik)).

A szakirodalom áttekintésének főbb eredményeit az étrendi EPA és DHA bevitel IL-6 csökkentő hatásairól az alábbi ábrán foglaltuk össze.



7. ábra. A két legfontosabb n-3 LC-PUFA, a DHA és az EPA vagy a PLA2 által szabadulhat fel a sejtmembránból, vagy a táplálékkal kerülhet be a sejtekbe. A DHA és az EPA egyaránt a LOX és COX enzimek által katalizált reakciók szubsztrátja, amelyeknek végtermékei további bioaktív, gyulladáscsökkentő metabolitokat hoznak létre. Ezek a metabolitok a megfelelő receptorokhoz kötődnek, és elsősorban a transzkriptom átrendeződésén keresztül gyulladáscsökkentő változásokat alakítanak ki a sejtekben. Ezek a hatások összességében az IL-6, IL-1 vagy TNF α , a citokin-viharban kulcsfontosságú szerepet játszó citokinek koncentrációjának csökkenéséhez vezetnek

8.1.4 Szakirodalomvizsgálatunkból levont következtetések és megbeszélés

Vizsgálatunkban arra kerestük a választ, hogy EPA és DHA szupplementáció hatására milyen metabolikus változások következnek be azon citokinek koncentrációjában, amelyek részt vesznek és központi regulátorai a COVID-19 során is kialakuló, életveszélyes szövődménynek a citokin-viharnak. Irodalmi adatok szerint az IL-6 és az IL-1 β citokinek szintje különböző dózisú EPA és DHA kiegészítéssel csökkenthető. Vizsgálatunkban megállapítottuk továbbá, hogy a poly(ADP-ribóz) polimeráz enzim, amelynek szintén antiinflammatorikus hatása van és expressziója szintén befolyásolható EPA és DHA szupplementációval is, optimalizálhatja a citokin-vihar esetén elszabaduló gyulladási kaszkád folyamatot.

A hatásokat még a COVID-19 pandémiát megelőzően egyaránt igazolták „*in vitro*” tesztekben, állatkísérletes vizsgálatokban, valamint randomizált klinikai vizsgálatokban is. A leírt IL-6, IL-1 β csökkenés egységesen valamennyi kísérleti elrendezésben bekövetkezett EPA és DHA kiegészítés hatására.

Az EPA és DHA kiegészítés egyéb más metabolikus tényezőkön keresztül is javíthatja a COVID-19 betegek állapotát. A csökkenő triglicerid plazma szint jól ismert hatása az EPA és DHA kiegészítésnek, amely szintén jelentős preventív tényezőnek látszik a COVID-19 súlyos szövődményeivel szemben.

Az EPA és DHA kiegészítés – a megfelelő dózisok alkalmazása esetén – biztonságos és csekély mellékhatás profillal rendelkező, tömegesen alkalmazható eljárás, amely számos aspektusból javíthatja a betegek állapotát és segíthet a COVID-19 betegség prevenciójában is.

Irodalomkutatásunk eredményei támaszpontot és tudományos alapot biztosíthatnak további vizsgálatok elvégzéséhez. Felvetésünket egy kis elemszámú, randomizált klinikai vizsgálat eredményei jelenleg megerősíteni látszanak (Doaei et al., 2021).

9 A vizsgálatok új eredményei

1. A háztartásokban is gyakran használt növényi olajok esetében azokat konyhai körülményeket modellező alacsonyabb hőmérsékleten és rövidebb ideig hevítve jelentősen módosult azok zsírsav összetétele.
2. A vizsgálatban alkalmazott valamennyi növényi olaj (napraforgó étolaj, extra szűz olívaolaj, repce étolaj, szója étolaj, pálmaolaj) hevítetlen, nyers formában is kimutatható mennyiségben tartalmazott *transz*-zsírsavakat.
3. A vizsgálatban résztvevő valamennyi növényi olaj esetében a hevítések hatására a *transz*-zsírsav tartalom folyamatosan és szignifikánsan emelkedett, a legnagyobb mértékben a 10. hevítésig.
4. A sütési eljárás során az esszenciális zsírsavak tekintetében mind az alfa-linolénsav mind a linolsav esetében szignifikáns csökkenést regisztráltunk, valamennyi növényi olajban.
5. Mind az öt kiszámított táplálkozási index előnytelen táplálkozásbiológiai változásokat mutatott a növényi olajok hevítésének hatására.
6. Az új koronavírus betegség esetén is kialakuló súlyos, hirtelen létrejövő, a betegek életét jelentősen veszélyeztető citokin-vihar megelőzése és kezelése esetén az EPA és DHA kiegészítés elméletileg megalapozottnak látszik.

10 Az eredmények gyakorlati felhasználása

1. Konyhai körülményeket modellezve, az étkezési olajok gyártói által javasolt sütési eljárás irányelveit betartva, jelentős zsírsavváltozások következnek be növényi olajok egyszeri és többszöri hevítésére. A pozitív élettani hatásokkal rendelkező esszenciális zsírsavak csökkenése, a negatív élettani hatásokkal rendelkező *transz*-zsírsavak növekedése, valamint a táplálkozási indexek értékeinek alakulása tovább erősíti azt az általános dietoterápiás ajánlást, miszerint a bő zsírban történő és többszöri hevítést igénylő konyhatechnológiai eljárások nem javasolhatók.
2. Az általunk modellezett felhasználói körülmények között, az előnytelen zsírsavváltozások ellenére, betartva a gyártók, nemzetközi és hazai szervezetek étkezési zsiradékok hevítésére vonatkozó ajánlásait, nem jönnek létre olyan mérvű zsírsavváltozások, amelyek a javasolt zsírsavbeviteli értékektől eltérő mértékig befolyásolnák a fogyasztók megfelelő esszenciális zsírsav -, vagy káros *transz*-zsírsav bevitelét.
3. A napjainkban is folyamatosan jelenlevő COVID-19 pandémia szükségessé teszi hatékony prevenciós stratégiák kidolgozását. Az EPA és DHA étrendi kiegészítése elméleti megfontolások alapján előnyösen befolyásolhatja a szervezet citokin homeosztázisát, amin keresztül optimalizálható az IL-6, IL-1 β és más gyulladásszerű citokinek aktivációja. Ezek a mechanizmusok csökkentik, vagy akár jelentősen mérsékelhetik a citokin-vihar kialakulását.

11 Vizsgálataink limitációi és jövőbeni kitekintések

Mint minden vizsgálat esetén jelen dolgozatban szereplő eredményekre is igaz, hogy azok értékelésénél célszerű figyelembe venni bizonyos korlátozó tényezőket. Ezen felül az eredményeink mértéktartó értelmezése elengedhetetlen a további vizsgálataink irányának megszabását illetően is.

A hevítési protokollunk megalkotásával a háztartási körülményeket igyekeztünk jobban körül írni, azonban a modellvizsgálat korlátozottan érvényes, hiszen a háztartási körülményeket nem minden tekintetben tudtuk ellenőrzés alá vonni. Ilyen további kontrollálandó tényezők lehetnek a páratartalom ingadozásai, hőközlés mikéntje, az eltérő sütésre szánt nyersanyagok, az egy olajban történő, de különböző eredetű nyersanyagok együttes sütése vagy az olajok hosszabb távú tárolása és újra hevítése.

A zsírsav változások tekintetében az értekezésben nem esett szó a lipidperoxidáció vonatkozó kérdéseiről, amelyek szintén jelentősen befolyásolhatják hevítés során az élelmiszerek táplálkozásbiológiai hatásait. Hasonlóan nagy jelentőséggel bírnak a hevítés során keletkező egyéb termékek, úgy, mint a korábban említett policiklusos aromás szénhidrogének, szabad gyökök vagy a sütési eljárás közben felszabaduló füst. Vizsgálatunkban a sütés közegeként funkcionáló olajok zsírsav összetételének változásait vizsgáltuk, azonban a megsütött burgonya zsírsav összetételét nem elemeztük. Nem volt módunk annak a torzító tényezőnek sem a megfelelő kontrollálására, amelyet a burgonya zsírsav tartalma jelentett. A burgonyára kézenfekvő opcióként esett a választásunk, de további tervezett vizsgálatainkban többféle nyersanyag (mind alacsonyabb -, mind magasabb zsírsav tartalmú élelmiszerek) esetén tervezzük nem csak a hőközlés közegéül szolgáló olajok és zsiradékok zsírsav változásainak vizsgálatát, hanem a nyersanyagokban maradó zsírsavak változásának elemzését is elvégezni. Ez különösen hangsúlyos kérdés az újabb keletű növényi alapú élelmiszerek, egyes húshelyettesítők esetén.

Az EPA és DHA zsírsavak preventív alkalmazására vonatkozóan jó minőségű adatok állnak rendelkezésünkre az itt bemutatott figyelemfelkeltő vizsgálati eredmények tükrében. Saját vizsgálatunkban azonban nem szisztematikusan közelítettünk a vázolt problémakörhöz. A későbbiekben tervezzük az itt felvetett kérdések szisztematikus áttekintésének elvégzését is, további pontosabb és gyakorlatorientált megfontolások kialakításával.

Távlati célként, de reménykedve tekintünk olyan humán vizsgálatok elvégzésének irányába is, amelyek tisztázhatják az itt felvetett kérdések klinikai relevanciáit.

12 Irodalmi hivatkozások jegyzéke

1. Abdelhamid, A. S., Brown, T. J., Brainard, J. S., Biswas, P., Thorpe, G. C., Moore, H. J., . . . Hooper, L. (2018). Omega-3 fatty acids for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. doi:10.1002/14651858.CD003177.pub4
2. Abdel-Naeem, H., Sallam, K. I., & Zaki, H. (2021). Effect of different cooking methods of rabbit meat on topographical changes, physicochemical characteristics, fatty acids profile, microbial quality and sensory attributes. *Meat science*, 181, 108612. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108612>
3. Adam, S. K., Das, S., Soelaiman, I. N., Umar, N. A., & Jaarin, K. (2008). Consumption of Repeatedly Heated Soy Oil Increases the Serum Parameters Related to Atherosclerosis in Ovariectomized Rats. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 215(3), 219-226. doi:10.1620/tjem.215.219
4. Ádám, V. (2016). *Orvosi Biokémia*. In Ádám, V. (ed) A lipidek anyagcseréje (old. 205). Budapest: Semmelweis Kiadó.
5. AFSA. (2010). Opinion of the French Food Safety Agency on the update of French population reference intakes (ANCs) for fatty acids. Retrieved from: <https://www.anses.fr/en/system/files/NUT2006sa0359EN.pdf> (2021.06.10.)
6. Aladedunye, F. A., & Przybylski, R. (2008). Degradation and Nutritional Quality Changes of Oil During Frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(2), 149-156. doi:10.1007/s11746-008-1328-5
7. Alexander, J. W. (1998). Immunonutrition: the role of ω -3 fatty acids. *Nutrition*, 14(7-8), 627-633. doi:10.1016/s0899-9007(98)00004-5
8. Alfaia, C. M. M., Alves, S. P., Lopes, A. F., Fernandes, M. J. E., Costa, A. S. H., Fontes, C. M. G. A., . . . Prates, J. A. M. (2010). Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Science*, 84(4), 769-777. doi:10.1016/j.meatsci.2009.11.014
9. Allam-Ndoul, B., Guenard, F., Barbier, O., & Vohl, M. C. (2017). A Study of the Differential Effects of Eicosapentaenoic Acid (EPA) and Docosahexaenoic Acid (DHA) on Gene Expression Profiles of Stimulated Thp-1 Macrophages. *Nutrients*, 9(5), 424 doi: 410.3390/nu9050424. doi:10.3390/nu9050424

10. Ambreen, G., Siddiq, A., & Hussain, K. (2020). Association of long-term consumption of repeatedly heated mix vegetable oils in different doses and hepatic toxicity through fat accumulation. *Lipids in Health and Disease*, 19(1). doi:10.1186/s12944-020-01256-0
11. Andersen, K. G., Rambaut, A., Lipkin, W. I., Holmes, E. C., & Garry, R. F. (2020). The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nature Medicine*, 26(4), 450-452. doi:10.1038/s41591-020-0820-9
12. Anderson, D. M., RD, C., & Crowe, S. J. P. (2012). Krause's Food & The Nutrition Care Process 13. unitedvrg. htd.
13. Annweiler, C., Hanotte, B., Grandin de l'Eprevier, C., Sabatier, J.-M., Lafaie, L., & Célarier, T. (2020). Vitamin D and survival in COVID-19 patients: A quasi-experimental study. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 204, 105771. doi:10.1016/j.jsbmb.2020.105771
14. Ascherio, A., Katan, M. B., Zock, P. L., Stampfer, M. J., & Willett, W. C. (1999). Trans Fatty Acids and Coronary Heart Disease. *New England Journal of Medicine*, 340(25), 1994-1998. doi:10.1056/nejm199906243402511
15. Babcock, T. A., Helton, W. S., Hong, D., & Espat, N. J. (2002). Omega-3 fatty acid lipid emulsion reduces LPS-stimulated macrophage TNF- α production. *Surgical Infections*, 3(2), 145-149. <https://doi.org/10.1089/109629602760105817>
16. Badiani, A., Montellato, L., Bochicchio, D., Anfossi, P., Zanardi, E., & Maranesi, M. (2004). Selected Nutrient Contents, Fatty Acid Composition, Including Conjugated Linoleic Acid, and Retention Values in Separable Lean from Lamb Rib Loins As Affected by External Fat and Cooking Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16), 5187-5194. doi:10.1021/jf030696q
17. Bao, L., Deng, W., Huang, B., Gao, H., Liu, J., Ren, L., . . . Qin, C. (2020). The pathogenicity of SARS-CoV-2 in hACE2 transgenic mice. *Nature*, 583(7818), 830-833. doi:10.1038/s41586-020-2312-y
18. Berasategi, I., Barriuso, B., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2012). Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. *Food Chemistry*, 132(1), 439-446. doi:10.1016/j.foodchem.2011.11.018
19. Beermann, C., Green, A., Möbius, M., Schmitt, J. J., & Boehm, G. (2003). Lipid class separation by HPLC combined with GC FA analysis: Comparison

- of seed lipid compositions from Differentbrassica NAPUSL. varieties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(8), 747–753. <https://doi.org/10.1007/s11746-003-0767-0>
20. Berger, M. M., Delodder, F., Liaudet, L., Tozzi, P., Schlaepfer, J., Chiolero, R. L., & Tappy, L. (2013). Three short perioperative infusions of n-3 PUFAs reduce systemic inflammation induced by cardiopulmonary bypass surgery: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 97(2), 246-254. doi:10.3945/ajcn.112.046573
 21. Bhardwaj, K., Verma, N., Trivedi, R., & Bhardwaj, S. (2021). Effect of essential fatty acid blend on circadian variations of ambulatory blood pressure in patients with essential hypertension and coronary artery disease risk markers. *Journal of Human Hypertension*. doi:10.1038/s41371-021-00520-9
 22. Biandolino, F., Parlapiano, I., Denti, G., Di Nardo, V., & Prato, E. (2021). Effect of Different Cooking Methods on Lipid Content and Fatty Acid Profiles of *Mytilus galloprovincialis*. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(2), 416. <https://doi.org/10.3390/foods10020416>
 23. Bhardwaj, S., Passi, S. J., Misra, A., Pant, K. K., Anwar, K., Pandey, R. M., & Kardam, V. (2016). Effect of heating/reheating of fats/oils, as used by Asian Indians, on trans fatty acid formation. *Food Chemistry*, 212, 663-670. doi:10.1016/j.foodchem.2016.06.021
 24. BLOK, W. L., DESLYPERE, J.-P., DEMACKER, P. N., VAN DER VEN-JONGEKRIJG, J., HECTORS, M. P., VAN DER MEER, J. W., & KATAN, M. B. (1997). Pro- and anti-inflammatory cytokines in healthy volunteers fed various doses of fish oil for 1 Year. *European Journal of Clinical Investigation*, 27(12), 1003–1008. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2362.1997.2240775.x>
 25. Brasky, T. M., Darke, A. K., Song, X., Tangen, C. M., Goodman, P. J., Thompson, I. M., . . . Kristal, A. R. (2013). Plasma Phospholipid Fatty Acids and Prostate Cancer Risk in the SELECT Trial. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 105(15), 1132-1141. doi:10.1093/jnci/djt174
 26. Brasky, T. M., Till, C., White, E., Neuhouser, M. L., Song, X., Goodman, P., Thompson, I. M., King, I. B., Albanes, D., & Kristal, A. R. (2011). Serum phospholipid fatty acids and prostate cancer risk: results from the prostate

- cancer prevention trial. *American journal of epidemiology*, 173(12), 1429–1439. <https://doi.org/10.1093/aje/kwr027>
27. Brouwer, I. A., Wanders, A. J., & Katan, M. B. (2013). Trans fatty acids and cardiovascular health: research completed? *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(5), 541-547. doi:10.1038/ejcn.2013.43
 28. Calder, P. C. (1997). n-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Cytokine Production in Health and Disease. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 41(4), 203-234. doi:10.1159/000177997
 29. Campos, H., Baylin, A., & Willett, W. C. (2008). α -Linolenic Acid and Risk of Nonfatal Acute Myocardial Infarction. *Circulation*, 118(4), 339-345. doi:10.1161/circulationaha.107.762419
 30. Caspar-Bauguil, S., Fioroni, A., Galinier, A., Allenbach, S., Pujol, M. C., Salvayre, R., . . . Mauriège, P. (2012). Pro-inflammatory Phospholipid Arachidonic Acid/Eicosapentaenoic Acid Ratio of Dysmetabolic Severely Obese Women. *Obesity Surgery*, 22(6), 935-944. doi:10.1007/s11695-012-0633-0
 31. Castro-González, M. I., & Carrillo-Domínguez, S. (2015). IMPACTO DE SEIS TÉCNICAS DE COCCIÓN SOBRE LA COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN MARLÍN (MAKAIRA NIGRICANS) Y MERLUZA (MERLUCCIOUS PRODUCTUS) [IMPACT OF SIX COOKING TECHNIQUES ON FATTY ACID COMPOSITION OF MARLIN (MAKAIRA NIGRICANS) AND HAKE (MERLUCCIOUS PRODUCTUS)]. *Nutricion hospitalaria*, 32(3), 1289–1299. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.3.9258>
 32. Cave, C., Hein, N., Smith, L. M., Anderson-Berry, A., Richter, C. K., Bisselou, K. S., . . . Thompson, M. (2020). Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids intake by ethnicity, income, and education level in the United States: NHANES 2003–2014. *Nutrients*, 12(7), 2045.
 33. Chen, J., & Liu, H. (2020). Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review. *International journal of molecular sciences*, 21(16), 5695. <https://doi.org/10.3390/ijms21165695>
 34. Chen, S.; Bobe, G.; Zimmerman, S.; Hammond, E.G.; Luhman, C.M.; Boylston, T.D.; Freeman, A.E.; Beitz, D.C. Physical and sensory properties of

- dairy products from cows with various milk fatty acid compositions. *J. Agric. Food Chem.* 2004, 52, 3422–3428.
35. Costa, S., Afonso, C., Bandarra, N. M., Gueifão, S., Castanheira, I., Carvalho, M. L., Cardoso, C., & Nunes, M. L. (2013). The emerging farmed fish species meagre (*Argyrosomus regius*): How culinary treatment affects nutrients and contaminants concentration and associated benefit-risk balance. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.050>
 36. Copaescu, A., Smibert, O., Gibson, A., Phillips, E. J., & Trubiano, J. A. (2020). The role of IL-6 and other mediators in the cytokine storm associated with SARS-CoV-2 infection. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 146(3), 518-534.e511. doi:10.1016/j.jaci.2020.07.001
 37. DASCH. (2015). Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung - 2015. Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Retrived from: <https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/tool/> (2021.06.10)
 38. De Caterina, R. (2011). n–3 Fatty Acids in Cardiovascular Disease. *New England Journal of Medicine*, 364(25), 2439-2450. doi:10.1056/NEJMra1008153
 39. de la Santé, C. S. (2016). Recommandations nutritionnelles pour la Belgique-2016. *Brussel: CSS.* Retrived from: https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_the_me_file/css_9285_avis_rec_nutr.pdf (2021.06.10)
 40. de Lorgeril, M., & Salen, P. (2004). Alpha-linolenic acid and coronary heart disease. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 14(3), 162-169. doi:10.1016/s0939-4753(04)80037-1
 41. Deckelbaum, R. J., & Torrejon, C. (2012). The omega-3 fatty acid nutritional landscape: health benefits and sources. *The Journal of nutrition*, 142(3), 587S-591S.
 42. Djulbegovic B, Guyatt GH. Progress in evidence-based medicine: a quarter century on. *Lancet.* 2017 Jul 22;390(10092):415-423. doi: 10.1016/S0140-6736(16)31592-6.
 43. Doaei, S., Gholami, S., Rastgoo, S., Gholamalizadeh, M., Bourbour, F., Bagheri, S. E., . . . Goodarzi, M. O. (2021). The effect of omega-3 fatty acid supplementation on clinical and biochemical parameters of critically ill patients

- with COVID-19: a randomized clinical trial. *Journal of Translational Medicine*, 19(1). doi:10.1186/s12967-021-02795-5
44. Dobarganes, C., & Márquez-Ruiz, G. (2015). Possible adverse effects of frying with vegetable oils. *British Journal of Nutrition*, 113(S2), S49-S57. doi:10.1017/s0007114514002347
45. Dung, C.-H., Wu, S.-C., & Yen, G.-C. (2006). Genotoxicity and oxidative stress of the mutagenic compounds formed in fumes of heated soybean oil, sunflower oil and lard. *Toxicology in Vitro*, 20(4), 439-447. doi:10.1016/j.tiv.2005.08.019
46. EMMI. (2013). Az élelmiszerekben lévő transz-zsírsavak megengedhető legnagyobb mennyiségéről, a transz-zsírsav tartalmú élelmiszerek forgalmazásának feltételeiről és hatósági ellenőrzéséről, valamint a lakosság transz-zsírsav bevitelének nyomon követésére vonatkozó szabályokról. Retrieved from: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1300071.emm> (2021.06.10)
47. Endres, S., Ghorbani, R., Kelley, V. E., Georgilis, K., Lonnemann, G., van der Meer, J. W., Cannon, J. G., Rogers, T. S., Klempner, M. S., Weber, P. C., Schaefer, E. J., Wolff, S. M., & Dinarello, C. A. (1989). The effect of dietary supplementation with n—3 polyunsaturated fatty acids on the synthesis of interleukin-1 and tumor necrosis factor by mononuclear cells. *New England Journal of Medicine*, 320(5), 265–271. <https://doi.org/10.1056/nejm198902023200501>
48. EUFIC. (2014). How to choose your culinary oil. Retrieved from: <https://www.eufic.org/en/whats-in-food/article/how-to-choose-your-culinary-oil> (2021.06.10)
49. FAO. (2009). The Omani Guide to Healthy Eating. Department of Nutrition, Ministry of Health, Oman. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/as845e/as845e.pdf> (2021.06.10)
50. Farvid, M. S., Ding, M., Pan, A., Sun, Q., Chiuve, S. E., Steffen, L. M., . . . Hu, F. B. (2014). Dietary Linoleic Acid and Risk of Coronary Heart Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Circulation*, 130(18), 1568-1578. doi:10.1161/circulationaha.114.010236
51. Fontcuberta, M., ArquÉS, J. F., MartíÑez, M., SuÁRez, A., VillalbÍ, J. R., Centrich, F., . . . Casas, C. (2006). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food

- Samples Collected in Barcelona, Spain. *Journal of Food Protection*, 69(8), 2024-2028. doi:10.4315/0362-028x-69.8.2024
52. Fritsche, K. L. (2015). The Science of Fatty Acids and Inflammation. *Advances in Nutrition*, 6(3), 293S-301S. doi:10.3945/an.114.006940
 53. Ghafoorunissa G. Role of trans fatty acids in health and challenges to their reduction in Indian foods. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2008;17 Suppl 1:212-5
 54. Garrido-Polonio, C., García-Linares, M. C., García-Arias, M. T., López-Varela, S., García-Fernández, M. C., Terpstra, A. H. M., & Sánchez-Muniz, F. J. (2007). Thermally oxidised sunflower-seed oil increases liver and serum peroxidation and modifies lipoprotein composition in rats. *British Journal of Nutrition*, 92(2), 257-265. doi:10.1079/bjn20041174
 55. Garvin, M. R., Alvarez, C., Miller, J. I., Prates, E. T., Walker, A. M., Amos, B. K., . . . Jacobson, D. (2020). A mechanistic model and therapeutic interventions for COVID-19 involving a RAS-mediated bradykinin storm. *eLife*, 9. doi:10.7554/eLife.59177
 56. Gere, A. (1982). Decrease in essential fatty acid content of edible fats during the frying process. *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*, 21(3), 191-201. doi:10.1007/bf02028812
 57. Grimmer, G. (2018). Environmental carcinogens: polycyclic aromatic hydrocarbons. Boca Raton: CRC Press, Inc.
 58. Guan, W.-J., Zheng, X.-Y., Zeng, G.-Q., & Zhong, N.-S. (2013). Severe acute respiratory syndrome: a vanished evil? *Journal of Thoracic Disease*, S87-S89.
 59. Hao, X., Yin, Y., Feng, S., Du, X., Yu, J., & Yao, Z. (2016). Characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons in food oils in Beijing catering services. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(24), 24932-24942. doi:10.1007/s11356-016-7671-4
 60. Hara, M., Sakata, Y., Nakatani, D., Suna, S., Usami, M., Matsumoto, S., . . . Komuro, I. (2013). Low Levels of Serum n-3 Polyunsaturated Fatty Acids Are Associated With Worse Heart Failure-Free Survival in Patients After Acute Myocardial Infarction. *Circulation Journal*, 77(1), 153-162. doi:10.1253/circj.CJ-12-0875
 61. Harris, W. S. (2008). Linoleic acid and coronary heart disease. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 79(3-5), 169-171. doi:10.1016/j.plefa.2008.09.005

62. Hattersley, A. T., Imamura, F., Fretts, A., Marklund, M., Ardisson Korat, A. V., Yang, W.-S., . . . Mozaffarian, D. (2018). Fatty acid biomarkers of dairy fat consumption and incidence of type 2 diabetes: A pooled analysis of prospective cohort studies. *PLOS Medicine*, *15*(10), e1002670. doi:10.1371/journal.pmed.1002670
63. Health, D. o. (2011). Regulations relating to trans-fat in foodstuffs. Government Notices, 17th. Retrievd from: https://extranet.who.int/ncdccc/Data/ZAF_B22_Trans%20fats%20Reg%20127.pdf (2021.06.10)
64. Helmy YA, Fawzy M, Elasad A, Sobieh A, Kenney SP, Shehata AA. The COVID-19 Pandemic: A Comprehensive Review of Taxonomy, Genetics, Epidemiology, Diagnosis, Treatment, and Control. *J Clin Med*. 2020;9(4):1225. Published 2020 Apr 24. doi:10.3390/jcm9041225
65. Hojyo, S., Uchida, M., Tanaka, K., Hasebe, R., Tanaka, Y., Murakami, M., & Hirano, T. (2020). How COVID-19 induces cytokine storm with high mortality. *Inflammation and Regeneration*, *40*(1). doi:10.1186/s41232-020-00146-3
66. Hrnčirik, K., & Zeelenberg, M. (2013). Stability of Essential Fatty Acids and Formation of Nutritionally Undesirable Compounds in Baking and Shallow Frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *91*(4), 591-598. doi:10.1007/s11746-013-2401-2
67. Hu, F. B., Li, Y., Guasch-Ferré, M., & Li, J. (2020). Dietary intake and biomarkers of linoleic acid and mortality: systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *112*(1), 150-167. doi:10.1093/ajcn/nqz349
68. Hussein, N., Ah-Sing, E., Wilkinson, P., Leach, C., Griffin, B. A., & Millward, D. J. (2005). Long-chain conversion of [¹³C]linoleic acid and α -linolenic acid in response to marked changes in their dietary intake in men. *Journal of Lipid Research*, *46*(2), 269-280. doi:10.1194/jlr.M400225-JLR200
69. Ilker Durak, S. Y. M. K. (1999). High-Temperature Effects on Antioxidant Systems and Toxic Product Formation in Nutritional Oils. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, *57*(8), 585-589. doi:10.1080/009841099157520
70. India, G. o. (2018). Food safety and standards amendment to regulation act. The gazette of India, 4th August, 2015. New Delhi: Controller of Publications,

Ministry of Health and Family Welfare, Government of India. Retrived from:
<https://www.fssai.gov.in/> (2021.06.10)

71. Innes, J. K., & Calder, P. C. (2020). Marine Omega-3 (N-3) Fatty Acids for Cardiovascular Health: An Update for 2020. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1362. doi:10.3390/ijms21041362
72. Iqbal, M. P. (2014). Trans fatty acids—A risk factor for cardiovascular disease. *Pakistan journal of medical sciences*, 30(1), 194.
73. Jaarin, K., Mustafa, M. R., & Leong, X.-F. (2011). The effects of heated vegetable oils on blood pressure in rats. *Clinics*, 66(12), 2125-2132. doi:10.1590/s1807-59322011001200020
74. Janczyk, W., Socha, P., Lebensztejn, D., Wierzbicka, A., Mazur, A., Neuhoff-Murawska, J., & Matusik, P. (2013). Omega-3 fatty acids for treatment of non-alcoholic fatty liver disease: design and rationale of randomized controlled trial. *BMC Pediatrics*, 13(1). doi:10.1186/1471-2431-13-85
75. Jiang, D., Xin, C., Li, W., Chen, J., Li, F., Chu, Z., . . . Shao, L. (2015). Quantitative analysis and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible vegetable oils marketed in Shandong of China. *Food and Chemical Toxicology*, 83, 61-67. doi:10.1016/j.fct.2015.06.001
76. Jo, D. S., Park, N. Y., & Cho, D.-H. (2020). Peroxisome quality control and dysregulated lipid metabolism in neurodegenerative diseases. *Experimental & Molecular Medicine*, 52(9), 1486-1495. doi:10.1038/s12276-020-00503-9
77. Johnson, G. H., & Fritsche, K. (2012). Effect of Dietary Linoleic Acid on Markers of Inflammation in Healthy Persons: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 112(7), 1029-1041.e1015. doi:10.1016/j.jand.2012.03.029
78. Katz, D. L., & Meller, S. (2014). Can We Say What Diet Is Best for Health? *Annual Review of Public Health*, 35(1), 83-103. doi:10.1146/annurev-publhealth-032013-182351
79. Kaur, N., Chugh, V., & Gupta, A. K. (2012). Essential fatty acids as functional components of foods- a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2289-2303. doi:10.1007/s13197-012-0677-0
80. Kiecolt-Glaser, J. K., Belury, M. A., Andridge, R., Malarkey, W. B., Hwang, B. S., & Glaser, R. (2012). Omega-3 supplementation lowers inflammation in healthy middle-aged and older adults: a randomized controlled trial. *Brain*

- Behav Immun*, 26(6), 988-995 doi:10.1016/j.bbi.2012.1005.1011.
doi:10.1016/j.bbi.2012.05.011
81. Kothari, H., Williams, C. M., McSkimming, C., Drago, F., Marshall, M. A., Garney, J., . . . McNamara, C. A. (2021). Identification of human immune cell subtypes most responsive to IL-1 β -induced inflammatory signaling using mass cytometry. *Science Signaling*, 14(673), eabc5763. doi:10.1126/scisignal.abc5763
82. Kris-Etherton, P. M., Taylor, D. S., Yu-Poth, S., Huth, P., Moriarty, K., Fishell, V., . . . Etherton, T. D. (2000). Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1), 179S-188S. doi:10.1093/ajcn/71.1.179S
83. Lasztity, N., Hamvas, J., Biró, L., Németh, É., Marosvölgyi, T., Decsi, T., . . . Antal, M. (2005). Effect of enterally administered n-3 polyunsaturated fatty acids in acute pancreatitis—a prospective randomized clinical trial. *Clinical Nutrition*, 24(2), 198-205.
84. Lee, H.-S., Barraza-Villarreal, A., Hernandez-Vargas, H., Sly, P. D., Biessy, C., Ramakrishnan, U., . . . Herceg, Z. (2013). Modulation of DNA methylation states and infant immune system by dietary supplementation with ω -3 PUFA during pregnancy in an intervention study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 98(2), 480-487. doi:10.3945/ajcn.112.052241
85. Lei, Q., Wang, X., Xia, X., Zheng, H., Bi, J., Tian, F., & Li, N. (2015). The Role of Omega-3 Fatty Acids in Acute Pancreatitis: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients*, 7(4), 2261-2273. doi:10.3390/nu7042261
86. Leong, X.-F., Najib, M. N. M., Das, S., Mustafa, M. R., & Jaarin, K. (2009). Intake of Repeatedly Heated Palm Oil Causes Elevation in Blood Pressure with Impaired Vasorelaxation in Rats. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 219(1), 71-78. doi:10.1620/tjem.219.71
87. Lepage, M. (1968). The lipid components of white potato tubers (*Solanum tuberosum*). *Lipids*, 3(6), 477-481. doi:10.1007/bf02530889
88. Li, C., Richter, P., Cobb, L. K., Kuiper, H. C., Seymour, J., & Vesper, H. W. (2021). Dietary Sources of Plasma trans Fatty Acids among Adults in the United States: NHANES 2009–2010. *Current Developments in Nutrition*, 5(5). doi:10.1093/cdn/nzab063

89. Liu, A. G., Ford, N. A., Hu, F. B., Zelman, K. M., Mozaffarian, D., & Kris-Etherton, P. M. (2017). A healthy approach to dietary fats: understanding the science and taking action to reduce consumer confusion. *Nutrition Journal*, *16*(1). doi:10.1186/s12937-017-0271-4
90. Liu, N., Sun, J., Wang, X., Zhang, T., Zhao, M., & Li, H. (2021). Low vitamin D status is associated with coronavirus disease 2019 outcomes: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Infectious Diseases*, *104*, 58-64. doi:10.1016/j.ijid.2020.12.077
91. Lo, M.-T., & Sandi, E. (1978). Polycyclic aromatic hydrocarbons (polynuclears) in foods. 35-86. doi:10.1007/978-1-4612-6281-7_2
92. Lundstrom, K., Seyran, M., Pizzol, D., Adadi, P., Mohamed Abd El-Aziz, T., Hassan, S. S., . . . Brufsky, A. M. (2020). The Importance of Research on the Origin of SARS-CoV-2. *Viruses*, *12*(11), 1203. doi:10.3390/v12111203
93. Ma, M., Yang, F., Wang, Z., Bao, Q., Shen, J., & Xie, X. (2021). Association of plasma polyunsaturated fatty acids with arterial blood pressure. *Medicine*, *100*(3), e24359. doi:10.1097/md.00000000000024359
94. Madhav N, Oppenheim B, Gallivan M, Mulembakani P, Rubin E, Wolfe N. Pandemics: Risks, Impacts, and Mitigation. In: Jamison DT, Gelband H, Horton S, Jha P, Laxminarayan R, Mock CN, Nugent R, editors. *Disease Control Priorities: Improving Health and Reducing Poverty*. 3rd ed. Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank; 2017 Nov 27. Chapter 17. PMID: 30212163.
95. Manousopoulou, A., Scorletti, E., Smith, D. E., Teng, J., Fotopoulos, M., Roumeliotis, T. I., . . . Garbis, S. D. (2019). Marine omega-3 fatty acid supplementation in non-alcoholic fatty liver disease: Plasma proteomics in the randomized WELCOME* trial. *Clinical Nutrition*, *38*(4), 1952-1955. doi:10.1016/j.clnu.2018.07.037
96. Mensink, R. P., & Katan, M. B. (1990). Effect of Dietary trans Fatty Acids on High-Density and Low-Density Lipoprotein Cholesterol Levels in Healthy Subjects. *New England Journal of Medicine*, *323*(7), 439-445. doi:10.1056/nejm199008163230703
97. Mekonnen, M. F., Desta, D. T., Alemayehu, F. R., Kelikay, G. N., & Daba, A. K. (2020). Evaluation of fatty acid-related nutritional quality indices in fried

- and raw Nile tilapia, (*Oreochromis Niloticus*), fish muscles. *Food science & nutrition*, 8(9), 4814–4821. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1760>
98. Messina, G., Polito, R., Monda, V., Cipolloni, L., Di Nunno, N., Di Mizio, G., . . . Sessa, F. (2020). Functional Role of Dietary Intervention to Improve the Outcome of COVID-19: A Hypothesis of Work. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(9), 3104. doi:10.3390/ijms21093104
 99. Metherel, A. H., & Bazinet, R. P. (2019). Updates to the n-3 polyunsaturated fatty acid biosynthesis pathway: DHA synthesis rates, tetracosahexaenoic acid and (minimal) retroconversion. *Progress in Lipid Research*, 76, 101008. doi:10.1016/j.plipres.2019.101008
 100. Mirvis, P. H. (2020). Reflections: US Coronavirus Crisis Management—Learning From Failure January–April, 2020. *Journal of Change Management*, 20(4), 283-311. doi:10.1080/14697017.2020.1836721
 101. Moscatelli, F., Sessa, F., Valenzano, A., Polito, R., Monda, V., Cibelli, G., . . . Messina, A. (2021). COVID-19: Role of Nutrition and Supplementation. *Nutrients*, 13(3), 976. doi:10.3390/nu13030976
 102. Mozaffarian, D., Aro, A., & Willett, W. C. (2009). Health effects of trans-fatty acids: experimental and observational evidence. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(2), S5-S21.
 103. Mozaffarian, D., Katan, M. B., Ascherio, A., Stampfer, M. J., & Willett, W. C. (2006). Trans Fatty Acids and Cardiovascular Disease. *New England Journal of Medicine*, 354(15), 1601-1613. doi:10.1056/NEJMra054035
 104. Muik, B., Lendl, B., Molina-Díaz, A., & Ayora-Cañada, M. J. (2005). Direct monitoring of lipid oxidation in edible oils by Fourier transform Raman spectroscopy. *Chemistry and Physics of Lipids*, 134(2), 173-182. doi:10.1016/j.chemphyslip.2005.01.003
 105. Muldoon, M. F., Laderian, B., Kuan, D. C., Sereika, S. M., Marsland, A. L., & Manuck, S. B. (2016). Fish oil supplementation does not lower C-reactive protein or interleukin-6 levels in healthy adults. *J Intern Med*, 279(1), 98-109 doi:110.1111/joim.12442. doi:10.1111/joim.12442
 106. NÉBIH. (2018). Útmutató a Vendéglátás és Étkeztetés Jó Higiéniái Gyakorlatához. Retrieved from: https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/21392/2018_GHP_2_kiadas_online.pdf/53bef22b-c3d2-2a7f-cd7e-307ad586db21 (2021.06.10)

107. Netherlands, H. C. o. t. (2015). Dutch Dietary Guidelines 2015. Retrived from: <https://www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2015/11/04/dutch-dietary-guidelines-2015> (2021.06.10)
108. Ng, C.-Y., Leong, X.-F., Masbah, N., Adam, S. K., Kamisah, Y., & Jaarin, K. (2014a). Heated vegetable oils and cardiovascular disease risk factors. *Vascular Pharmacology*, *61*(1), 1-9. doi:10.1016/j.vph.2014.02.004
109. Ng, C.-Y., Leong, X.-F., Masbah, N., Adam, S. K., Kamisah, Y., & Jaarin, K. (2014b). Reprint of “Heated vegetable oils and cardiovascular disease risk factors”. *Vascular Pharmacology*, *62*(1), 38-46. doi:10.1016/j.vph.2014.05.003
110. NORDEN. (2012). Nordic Nutrition Recommendations 2012: Integrating Nutrition and Physical Activity. Nordic Nutrition Recommendations. Retrived from: <https://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:704251/FULLTEXT01.pdf> (2021.06.10)
111. OGYÉI. (2020). A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) hatósági ellenőrző vizsgálatának eredményei az egyes élelmiszerek transz-zsírsav tartalmáról. Retrived from: https://ogyei.gov.hu/a_lakossag_transz_zsirsavbevitelenek_csokkentese (2021.06.10)
112. Orlich, M. J., Singh, P. N., Sabaté, J., Jaceldo-Siegl, K., Fan, J., Knutsen, S., . . . Fraser, G. E. (2013). Vegetarian Dietary Patterns and Mortality in Adventist Health Study 2. *JAMA Internal Medicine*, *173*(13), 1230. doi:10.1001/jamainternmed.2013.6473
113. Orsavova, J., Misurcova, L., Ambrozova, J. V., Vicha, R., & Mlcek, J. (2015). Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids. *International Journal of Molecular Sciences*, *16*(6), 12871-12890.
114. Pan, A., Chen, M., Chowdhury, R., Wu, J. H. Y., Sun, Q., Campos, H., . . . Hu, F. B. (2012). α -Linolenic acid and risk of cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *96*(6), 1262-1273. doi:10.3945/ajcn.112.044040
115. Pedersen, S. F., & Ho, Y.-C. (2020). SARS-CoV-2: a storm is raging. *The Journal of clinical investigation*, *130*(5), 2202-2205.

116. Perumalla Venkata, R., & Subramanyam, R. (2016). Evaluation of the deleterious health effects of consumption of repeatedly heated vegetable oil. *Toxicology Reports*, 3, 636-643. doi:10.1016/j.toxrep.2016.08.003
117. Phillips, D. H. (1999). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the diet. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 443(1-2), 139-147. doi:10.1016/s1383-5742(99)00016-2
118. Piepoli, M. F., Hoes, A. W., Agewall, S., Albus, C., Brotons, C., Catapano, A. L., . . . Verschuren, W. M. M. (2016). 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *European Heart Journal*, 37(29), 2315-2381. doi:10.1093/eurheartj/ehw106
119. Piper, K., & Garelnabi, M. (2020). Eicosanoids: Atherosclerosis and cardiometabolic health. *Journal of Clinical & Translational Endocrinology*, 19, 100216. doi:10.1016/j.jcte.2020.100216
120. Psaltopoulou, T., Naska, A., Orfanos, P., Trichopoulos, D., Mountokalakis, T., & Trichopoulou, A. (2004). Olive oil, the Mediterranean diet, and arterial blood pressure: the Greek European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(4), 1012-1018. doi:10.1093/ajcn/80.4.1012
121. Qian X, Yang Z, Mao E, Chen E. Regulation of fatty acid synthesis in immune cells. *Scand J Immunol*. 2018 Nov;88(5):e12713. doi: 10.1111/sji.12713.
122. Quay MD PhD, S. C. (2021). A Bayesian analysis concludes beyond a reasonable doubt that SARS-CoV-2 is not a natural zoonosis but instead is laboratory derived. Retrieved from: <https://www.scienceopen.com/document?vid=23853f40-72f5-443a-8f87-89af7fce1a92> (2021.06.10)
123. Rajaram, S. (2014). Health benefits of plant-derived α -linolenic acid. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(suppl_1), 443S-448S. doi:10.3945/ajcn.113.071514
124. Ramon, S., Gao, F., Serhan, C. N., & Phipps, R. P. (2012). Specialized proresolving mediators enhance human B cell differentiation to antibody-secreting cells. *J Immunol*, 189(2), 1036-1042 doi: 10.1016/j.jimmunol.1103483. doi:10.4049/jimmunol.1103483
125. Rizos, E. C., Ntzani, E. E., Bika, E., Kostapanos, M. S., & Elisaf, M. S. (2012). Association Between Omega-3 Fatty Acid Supplementation and Risk of Major

- Cardiovascular Disease Events. *Jama*, 308(10), 1024.
doi:10.1001/2012.jama.11374
- 126.RM, O. A., Pérez-Rodrigo, C., Castell, S., & JA, T. M. (2016). Dietary Guidelines for the Spanish population (SENC, diciembre 2016); the new graphic icon of healthy food. *Nutricion hospitalaria*, 33(Suppl 8), 1-48.
- 127.Rodriguez-Leyva, D., Weighell, W., Edel, A. L., LaVallee, R., Dibrov, E., Pinneker, R., . . . Pierce, G. N. (2013). Potent Antihypertensive Action of Dietary Flaxseed in Hypertensive Patients. *Hypertension*, 62(6), 1081-1089.
doi:10.1161/hypertensionaha.113.02094
- 128.Sacks, F. M., Lichtenstein, A. H., Wu, J. H. Y., Appel, L. J., Creager, M. A., Kris-Etherton, P. M., . . . Van Horn, L. V. (2017). Dietary Fats and Cardiovascular Disease: A Presidential Advisory From the American Heart Association. *Circulation*, 136(3). doi:10.1161/cir.0000000000000510
- 129.Sadhu, T., Banerjee, I., Lahiri, S. K., & Chakrabarty, J. (2021). Enhancement of nutritional value of fried fish using an artificial intelligence approach. *Environmental science and pollution research international*, 10.1007/s11356-021-13548-8. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13548-8>
- 130.Saedisomeolia, A., Wood, L. G., Garg, M. L., Gibson, P. G., & Wark, P. A. (2009). Anti-inflammatory effects of long-chain n-3 PUFA in rhinovirus-infected cultured airway epithelial cells. *Br J Nutr*, 101(4), 533-540 doi: 510.1017/S0007114508025798. doi:10.1017/S0007114508025798
- 131.Sanders, T. A. B. (2009). DHA status of vegetarians. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 81(2-3), 137-141.
doi:10.1016/j.plefa.2009.05.013
- 132.Santos-Silva, José & Bessa, Rui & Santos Silva, Maria. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*. 77. 187-194.
10.1016/S0301-6226(02)00059-3.
- 133.Saunders, A. V., Davis, B. C., & Garg, M. L. (2013). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and vegetarian diets. *Medical Journal of Australia*, 199(S4).
doi:10.5694/mja11.11507
- 134.Scientific and technical assistance on trans fatty acids. (2018). *EFSA Supporting Publications*, 15(6). doi:10.2903/sp.efsa.2018.EN-1433

135. Scorletti, E., Bhatia, L., McCormick, K. G., Clough, G. F., Nash, K., Hodson, L., . . . Byrne, C. D. (2014). Effects of purified eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in nonalcoholic fatty liver disease: Results from the WELCOME* study. *Hepatology*, *60*(4), 1211-1221. doi:10.1002/hep.27289
136. Segreto, R., & Deigin, Y. (2020). The genetic structure of SARS-CoV-2 does not rule out a laboratory origin. *BioEssays*, *43*(3), 2000240. doi:10.1002/bies.202000240
137. Shaw, D., Thompson, A., Minihane, A., & Williams, C. (2007). Update on trans fatty acids and health: Position statement by the Scientific Advisory Committee on Nutrition (SACN). Retrived from: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/339359/SACN_Update_on_Trans_Fatty_Acids_2007.pdf (2021.06.10)
138. Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *56*(8), 365-379.
139. Simopoulos, A. P. (2003). Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acid Ratio: The Scientific Evidence. *92*. doi:10.1159/isbn.978-3-318-01018-3
140. SINU. (2014). Livelli di Assunzione di Riferimento di Nutrienti ed energia per la popolazione italiana. IV Revisione. Retrived from: <https://sinu.it/tabelle-larn-2014/> (2021.06.10)
141. Song, J., Park, J., Jung, J., Lee, C., Gim, S. Y., Ka, H., . . . Lee, J. (2015). Analysis of Trans Fat in Edible Oils with Cooking Process. *Toxicological Research*, *31*(3), 307-312. doi:10.5487/tr.2015.31.3.307
142. Sonnweber, T., Pizzini, A., Nairz, M., Weiss, G., & Tancevski, I. (2018). Arachidonic Acid Metabolites in Cardiovascular and Metabolic Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(11), 3285. doi:10.3390/ijms19113285
143. Spector AA, Kim HY. Discovery of essential fatty acids. *J Lipid Res*. 2015 Jan;56(1):11-21. doi: 10.1194/jlr.R055095.
144. Sundrarjun, T., Komindr, S., Archararit, N., Dahlan, W., Puchaiwatananon, O., Angtharak, S., Udomsuppayakul, U., & Chuncharunee, S. (2004). Effects of N-3 fatty acids on serum interleukin-6, tumour necrosis factor- α and soluble tumour necrosis factor receptor P55 in active rheumatoid arthritis. *Journal of*

- International Medical Research*, 32(5), 443–454.
<https://doi.org/10.1177/147323000403200501>
145. Standards of Medical Care in Diabetes--2013. (2012). *Diabetes Care*, 36(Supplement_1), S11-S66. doi:10.2337/dc13-S011
146. Szabó, É. (2008). A telítetlen zsírsavak cisz és transz izomerjeinek jelentősége a gyermekgyógyászatban. *PhD értekezés.*
147. Tan, A., Sullenbarger, B., Prakash, R., & McDaniel, J. C. (2018). Supplementation with eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid reduces high levels of circulating proinflammatory cytokines in aging adults: A randomized, controlled study. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 132, 23-29 doi:10.1016/j.plefa.2018.1003.1010. doi:10.1016/j.plefa.2018.03.010
148. Tapiero, H., Nguyen Ba, G., Couvreur, P., & Tew, K. D. (2002). Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(5), 215-222. doi:10.1016/s0753-3322(02)00193-2
149. Tondt, J., Yancy, W. S., & Westman, E. C. (2020). Application of nutrient essentiality criteria to dietary carbohydrates. *Nutrition Research Reviews*, 33(2), 260-270. doi:10.1017/s0954422420000050
150. Truong, H., DiBello, J. R., Ruiz-Narvaez, E., Kraft, P., Campos, H., & Baylin, A. (2009). Does genetic variation in the $\Delta 6$ -desaturase promoter modify the association between α -linolenic acid and the prevalence of metabolic syndrome? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(3), 920-925. doi:10.3945/ajcn.2008.27107
151. Ulbricht, T. L., & Southgate, D. A. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet (London, England)*, 338(8773), 985–992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-m](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-m)
152. USDA. (2015). U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture. 2015 – 2020 Dietary Guidelines for Americans. 8th Edition. December 2015. Retrieved from: https://health.gov/sites/default/files/2019-09/2015-2020_Dietary_Guidelines.pdf (2021.06.10)
153. USDA. (2018). Consumption of vegetable oils worldwide from 2013/14 to 2017/2018, by oil type. Retrieved from:

<https://www.statista.com/statistics/263937/vegetable-oils-global-consumption/>
(2018. 05.11)

154. Vaittinen, M., Walle, P., Kuosmanen, E., Männistö, V., Käkälä, P., Ågren, J., . . . Pihlajamäki, J. (2016). FADS2 genotype regulates delta-6 desaturase activity and inflammation in human adipose tissue. *Journal of Lipid Research*, 57(1), 56-65.
155. Váradi, A., Ferenci, T., & Falus, A. (2020). A koronavírus okozta COVID–19-pandémia. Korábbi tapasztalatok és tudományos evidenciák 2020. március végén. *Orvosi Hetilap*, 161(17), 644-651. doi:10.1556/650.2020.31830
156. Vedin, I., Cederholm, T., Freund Levi, Y., Basun, H., Garlind, A., Faxen Irving, G., . . . Palmblad, J. (2008). Effects of docosahexaenoic acid-rich n-3 fatty acid supplementation on cytokine release from blood mononuclear leukocytes: the OmegAD study. *Am J Clin Nutr*, 87(6), 1616-1622 doi: 1610.1093/ajcn/1687.1616.1616. doi:10.1093/ajcn/87.6.1616
157. Verma, M., Hontecillas, R., Tubau-Juni, N., Abedi, V., & Bassaganya-Riera, J. (2018). Challenges in Personalized Nutrition and Health. *Frontiers in Nutrition*, 5. doi:10.3389/fnut.2018.00117
158. Wanders, A., Zock, P., & Brouwer, I. (2017). Trans Fat Intake and Its Dietary Sources in General Populations Worldwide: A Systematic Review. *Nutrients*, 9(8), 840. doi:10.3390/nu9080840
159. Wang, X., Lin, X., Ouyang, Y. Y., Liu, J., Zhao, G., Pan, A., & Hu, F. B. (2015). Red and processed meat consumption and mortality: dose–response meta-analysis of prospective cohort studies. *Public Health Nutrition*, 19(5), 893-905. doi:10.1017/s1368980015002062
160. Wang, Y., Hsu, B. Y., Ho, C. T., & Hwang, L. S. (2017). Safety of Fats and Oils. *Food Safety in China: Science, Technology, Management and Regulation*, 503-520.
161. WHO. (2018). Nutrition: Trans fat. Retrived from: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/nutrition-trans-fat> (2021.06.10)
162. WHO/FAO. (2010). Fats and Fatty Acids in Human Nutrition Rome: FAO Food and nutrition paper # 91. Report of an expert consultation. Retrieved from <http://www.fao.org/3/i1953e/i1953e.pdf> (2021.06.10)

163. Willett, W. (1993). Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *The Lancet*, 341(8845), 581-585. doi:10.1016/0140-6736(93)90350-p
164. Wu, D., Wu, T., Liu, Q., & Yang, Z. (2020). The SARS-CoV-2 outbreak: what we know. *International Journal of Infectious Diseases*, 94, 44-48.
165. Zárate, R., Jaber-Vazdekis, N., Tejera, N., Pérez, J. A., & Rodríguez, C. (2017). Significance of long chain polyunsaturated fatty acids in human health. *Clinical and Translational Medicine*, 6(1). doi:10.1186/s40169-017-0153-6
166. Zhang, Y., Chen, H., Zhang, W., Cai, Y., Shan, P., Wu, D., . . . Liang, G. (2020). Arachidonic acid inhibits inflammatory responses by binding to myeloid differentiation factor-2 (MD2) and preventing MD2/toll-like receptor 4 signaling activation. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, 1866(5), 165683. doi:10.1016/j.bbadis.2020.165683
167. Zhou, Q., Zhang, Z., Wang, P., Zhang, B., Chen, C., Zhang, C., & Su, Y. (2019). EPA+DHA, but not ALA, Improved Lipids and Inflammation Status in Hypercholesterolemic Adults: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Mol Nutr Food Res*, 63(10), e1801157 doi:1801110.1801002/mnfr.201801157. doi:10.1002/mnfr.201801157

13 Publikációs jegyzék

Az értekezés alapjául szolgáló publikációk

1. Szabó Z., Marosvölgyi T., Szabó E., Koczka V., Verzár Z., Figler M., Decsi T. Effects of Repeated Heating on Fatty Acid Composition of Plant-Based Cooking Oils. *Foods*. 2022; 11(2):192. <https://doi.org/10.3390/foods11020192>
IF: 4,350
2. Szabó, Z., Marosvölgyi, T., Szabó, É., Bai, P., Figler, M., & Verzár, Z. (2020). The Potential Beneficial Effect of EPA and DHA Supplementation Managing Cytokine Storm in Coronavirus Disease. *FRONTIERS IN PHYSIOLOGY*, 11. <http://doi.org/10.3389/fphys.2020.00752>
IF:4,566
3. Szabó, Z., Marosvölgyi, T., Breitenbach, Z., Gubicskóné, K. A., Kovács, R., Raposa, L. B., ... Figler, M. (2016). Lipidmetabolizmus aktuális kérdéseinek bemutatása. In *25 év a táplálkozástudományban a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Karán* (pp. 74–82).
4. Szabó, Z., Marosvölgyi, T., Raposa, L. B., & Figler, M. (2014). Az Omega-3 típusú hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak szerepe a humán táplálkozásban. *EGÉSZSÉG-AKADÉMIA*, 4(4), 252–258.
5. Tamás, M., Zoltán, S., Ibolya, M. H., Mátyás, W., Tamás, D., & Éva, S. (2021). Fatty acid composition and variability of commercially available plant-based drinks. *JOURNAL OF PEDIATRIC GASTROENTEROLOGY AND NUTRITION*, 72(Suppl 1), 1122.
6. Koczka, V., Szabó, Z., Raposa, L. B., Varjas, T., Gerencsér, G., Varga, V., & Figler, M. (2017). Hevítetlen és hevített napraforgó étolaj karcinogenezisben betöltött szerepének vizsgálata állatkísérletes tesztrendszerben. *EGÉSZSÉG-AKADÉMIA*, 8(2), 108–117.

Az értekezés alapjául szolgáló konferencia absztraktok

1. Koczka, V., Marosvölgyi, T., Szabó, Z., Figler, M., Varga, V., Kedves, A., & Szabó, É. (2020). Többszöri hevítés hatására bekövetkező zsírsavváltozások növényi étkezési olajokban. In *Táplálkozástudományi Kutatások X. PhD online konferencia programja és az előadások összefoglalói* (pp. 13–13).
2. Marosvölgyi, T., Koczka, V., Szabó, Z., Poór, V., Dergez, T., Anditi, B. C., ... Szabó, É. (2019). Effects of Repeated Heating on the Changes of Fatty Acid Composition of Plant-based Cooking Oils. In *12th Balaton Symposium on High-Performance Separation Methods* (p. 128).
3. Viktor, K., Tamás, M., Zoltán, S., Mária, F., Veronika, V., András, K., & Éva, S. (2019). Change of fatty acid composition of edible vegetable oils by multiple heating sequences. In *Medical Conference for PhD Students and Experts of Clinical Sciences* (pp. 56–56).
4. Koczka, V., Szabó, Z., Raposa, L. B., Gerencsér, G., Varga, V., Varjas, T., & Figler, M. (2018). The effect of unheated and heated sunflower oil on carcinogenesis in animal test system. In *VII. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia 2018 absztraktkötet = = 7th Interdisciplinary Doctoral Conference 2018 book of abstracts* (p. 109).
5. Koczka, V., Szabó, Z., Raposa, L. B., Gerencsér, G., Varga, V., Varjas, T., & Figler, M. (2017). Hevített és hevítetlen olajok karcinogenezisben betöltött szerepének vizsgálata állatkísérletes tesztrendszerben. In *DKK17-Doktoranduszok a Klinikai Kutatásokban absztraktkötet* (pp. 79–79).

Az értekezés alapját nem képező publikációk

1. Szabó Z, Koczka V, Figler M, Breitenbach Z, Verzár Z, Polyák É. Az időben korlátozott energia- és tápanyagbevitellel járó étrendek élettani hatásai és szerepük egyes krónikus megbetegedésekben - Bőjtök a 21. században. *Orv Hetil.* 2022 May 1;163(18):726-732. doi: 10.1556/650.2022.HO2698.

IF:0,540

2. Szabó, Z., Polyák, É., Frank, E., Marosvölgyi, T., Szabó, É., Koczka, V., ... Figler, M. (2021). A növényi alapú étrend pozitív egészségügyi hatásairól. *Táplálkozástudományi És Dietetikai Szemle*, 1(1), 10–20.
3. Szabó, Z. (2021a). Alkoholok és drogok metabolizmusa. In *Klinikai táplálkozástudomány alapjai* (pp. 188–234).
4. Szabó, Z. (2021b). Egészségmegőrző diéták. In *Táplálkozás - epidemiológia* (pp. 106–180).
5. Szabó, Z. (2021c). Nutrigenetika és nutrigenomika. In *Táplálkozás - epidemiológia* (pp. 95–105).
6. Szabo, Z., Koczka, V., Marosvolgyi, T., Szabo, E., Frank, E., Polyak, E., ... Figler, M. (2021). Possible Biochemical Processes Underlying the Positive Health Effects of Plant-Based Diets—A Narrative Review. *NUTRIENTS*, 13(8). <http://doi.org/10.3390/nu13082593>

IF:5,717

7. POLYÁK, É., HAHNER, D., ASZTALOS, Á., SZABÓ, Z., SZEKERESNÉ, S. S., VARGA, Z., ... FIGLER, M. (2020). KÉZILABDÁZÓK ANTROPOMETRIAI ADATAINAK ÉS TESTVÍZ VÁLTOZÁSÁNAK VIZSGÁLATA. *SPORT- ÉS EGÉSZSÉGTUDOMÁNYI FÜZETEK*, 4(1), 21–32.
8. SZABÓ, Z., BALÁZS, D., SZEKERESNÉ, S. S., UNGÁR, T. L. P. É., & FIGLER, M. (2020). FITOKEMIKÁLIÁK JELENTŐSÉGE A SPORTTÁPLÁLKOZÁSBAN. *SPORT- ÉS EGÉSZSÉGTUDOMÁNYI FÜZETEK*, 4(1), 3–20. <http://doi.org/10.15170/SEF.2019.04.01>

9. Szabó, Z., Makai, A., & Figler, M. (2019). A növényi alapú étrend aktuális kérdései. In *A városi környezet egészséghatásai* (pp. 93–102).
10. Vágási, A., Tamás, K., Szabó, Z., Figler, M., & Szekeresné, S. S. (2019a). A fenntartható fejlődés és táplálkozásunk összefüggései. *ÚJ DIÉTA: A MAGYAR DIETETIKUSOK LAPJA (2001-),* 28(1), 10–12.
11. Vágási, A., Tamás, K., Szabó, Z., Figler, M., & Szekeresné, S. S. (2019b). A fenntartható fejlődés és táplálkozásunk összefüggései. *ÚJ DIÉTA: A MAGYAR DIETETIKUSOK LAPJA (2001-),* 28(2–3), 13–15.
12. Kovacs, D., Ponusz, R., Boncz, I., Szabo, Z., & Endrei, D. (2018). SURVEY OF THE HUNGARIAN HEALTH CARE PRACTITIONERS' ECONOMIC MIGRATION AND CAREER CHANGING ATTITUDE. *VALUE IN HEALTH,* 21(Suppl.1), S115–S115. <http://doi.org/10.1016/j.jval.2018.04.779>
13. Szabó, Z., Simon, S., GUBICKSKÓNÉ KISBENEDEK, A., SZEKERESNÉ SZABÓ, S., UNGÁR, T. L. P. É., & Figler, M. (2018). Az állatifehérje-fogyasztás és egyes betegségek összefüggései. *ORVOSTOVÁBBKÉPZŐ SZEMLE,* 25(4), 55–58.
14. Breitenbach, Z., Kuklis, E., Szabó, Z., Csölle, I., & Figler, M. (2017). A széklethabitus változása és megoldási lehetőségei az intenzív ellátásban. *ÚJ DIÉTA: A MAGYAR DIETETIKUSOK LAPJA (2001-),* 26(5), 2–5.
15. Breitenbach, Z., Szabó, Z., Raposa, L. B., Kubányi, J., & Figler, M. (2017). Egyetemisták életmódjának és testösszetételének felmérése. In *Nemzetközi Egészségtudomány-történeti Konferencia [International Conference on the History of Health Sciences]* (pp. 20–20).

16. Jurasek, J., Raposa, L., Gubicskone, K. A., Varga, V., Szabo, Z., & Varjas, T. (2017). A nátrium-glutamát génexpresszióra gyakorolt hatásainak vizsgálata. *ORVOSI HETILAP*, 158(10), 380–385. <http://doi.org/10.1556/650.2017.30678>

IF: 0,322

17. Kubányi, J., Breitenbach, Z., Raposa, B. L., & Szabó, Z. (2017). E3 - Energia-egyensúly Egészségprogram Egyetemistáknak. *EGÉSZSÉGFEJLESZTÉS*, 58(1), 55–59. <http://doi.org/10.24365/ef.v58i1.146>

18. Szabó, Z., Gubicskóné, K. A., Szekeresné, S. S., & Figler, M. (2017). A növényi alapú étrend múltja, jelene és jövője. In *Nemzetközi Egészségtudomány-történeti Konferencia [International Conference on the History of Health Sciences]* (pp. 72–72).

19. Breitenbach, Z., Szabó, K., Szekeresné, S. S., Szabó, Z., Raposa, L. B., Kovács, R., ... Figler, M. (2016). Depresszióban szenvedő betegek táplálkozásának vizsgálata. In *25 év a táplálkozástudományban a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Karán* (pp. 65–73).

20. Breitenbach, Z., Raposa, L. B., Szabó, Z., Kubányi, J., & Figler, M. (2016). E3 - Energia- Egyensúly Egészségprogram Egyetemistáknak 2. rész. *ÚJ DIÉTA: A MAGYAR DIETETIKUSOK LAPJA (2001-)*, 25(2–3), 3–7.

21. Csölle, I., Breitenbach, Z., Gubicskóné, K. A., Kovács, R., Polyák, É., Raposa, L. B., Szabó, Z., ... Figler, M. (2016). Kiegészítő vizsgálata egy egészségügyi szegmensben. In *25 év a táplálkozástudományban a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Karán* (pp. 83–92).

22. Gubicskóné, K. A., Breitenbach, Z., Polyák, É., Szekeresné, S. S., Szabó, Z., Raposa, L. B., ... Figler, M. (2016). A mustármag analitikai vizsgálata. In *25 év a táplálkozástudományban a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Karán* (pp. 36–44).

23. Kovács, R. E., Breitenbach, Z., Csölle, I., Gubicskóné, K. A., Raposa, L. B., Szabó, Z., ... Figler, M. (2016). Táplálkozási jellemzők vizsgálata súlyos

elhízásban, különös tekintettel a vitamin, ásványi anyag és nyomelem bevitelre. In *25 év a táplálkozástudományban a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Karán* (pp. 103–111).

24. Kubányi, J., Breitenbach, Z., Raposa, L. B., & Szabó, Z. (2016). E3-Energia-egyensúly Egészségprogram Egyetemistáknak. In *25 év a táplálkozástudományban a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Karán* (pp. 113–123).
25. Kubányi, J., Breitenbach, Z., Raposa, L. B., & Szabó, Z. (2016). E3 - Energia-Egyensúly Egészségprogram Egyetemistáknak. *ÚJ DIÉTA: A MAGYAR DIETETIKUSOK LAPJA* (2001-), 25(1), 17–19.
26. Polyák, É., Fülöp, L., Gubicskóné, K. A., Breitenbach, Z., Szekeresné, S. S., Kovács, R., Szabó, Z., ... Figler, M. (2016). Serdülő esztétikai sportolók tápláltsága és az étkezési zavarok kockázatának vizsgálata. In *25 év a táplálkozástudományban a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Karán* (pp. 46–53).
27. Raposa, B., Pónusz, R., Szabó, Z., Szabó, S., Kovács, R., Kisbenedek, A., ... Kiss, I. (2016). MESTERSÉGES SZÍNEZÉKEK MOLEKULÁRIS EPIDEMIOLOGIAI VIZSGÁLATA ÁLLATKÍSÉRLETES TESZTRENDSZERBEN. In *Tavaszi Szél 2016 Konferencia. Nemzetközi Multidiszciplináris Konferencia* (pp. 375–375).
28. Raposa, B., Szabó, Z., Szabó, S., Kovács, R., Kisbenedek, A., Breitenbach, Z., ... Kiss, I. (2016). Mesterséges színezékek génexpresszió módosító hatásainak vizsgálata „in vivo” állatkísérletes tesztrendszerben. In *Táplálkozástudományi Kutatások című VI. PhD Konferencia* (pp. 14–14).
29. Raposa, L. B., Szabó, Z., Szabó, S., Kovács, R., Kisbenedek, A., Breitenbach, Z., ... Figler, M. (2016). Mesterséges színezékek tumor kialakulásában betöltött szerepének és génexpresszió modifikáló hatásainak vizsgálata. In *25 év a*

táplálkozástudományban a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Karán
(pp. 93–102).

30. Schiszler, B., Endrei, D., Karamánné, P. A., Szabó, Z., & Radnai, B. (2016). A földi és légi mentésben dolgozók körében mért munkahelyi stressz és megküzdési stratégiák vizsgálata. *EGÉSZSÉG-AKADÉMIA*, 7(2), 134–141.
31. Schiszler, B., Karamánné, P. A., Endrei, D., Szabó, Z., & Radnai, B. (2016). Munkahelyi stressz és megküzdési stratégiák vizsgálata földi és légi mentésben dolgozók körében. In *XI. Pécsi Sürgősségi Napok [11th Critical Care Days in Pécs]* (pp. 52–52).
32. Schiszler, B., Karamánné, P. A., Szabó, Z., Raposa, L. B., Pónusz, R., Radnai, B., & Endrei, D. (2016). Munkahelyi stressz és megküzdési stratégiák vizsgálata földi és légi mentésben dolgozók körében. *ORVOSI HETILAP*, 157(45), 1802–1808. <http://doi.org/10.1556/650.2016.30581>
- IF: 0,349**
33. Szabó, Z., Erdélyi, A., Gubicskóné, K. A., Ungár, T. L. P. É., Szekeresné, S. S., Kovács, R., ... Figler, M. (2016). A növényi alapú étrendről. *ORVOSI HETILAP*, 157(47), 1859–1865. <http://doi.org/10.1556/650.2016.30594>
- IF: 0,349**
34. Szekeresné, S. S., Breitenbach, Z., Csölle, I., Gubicskóné, K. A., Kovács, R., Polyák, É., Szabó, Z., ... Figler, M. (2016). A növényi csírák beltartalmi összetételének analitikai vizsgálata, egészségre gyakorolt hatásuk. In *25 év a táplálkozástudományban a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Karán* (pp. 54–64).
35. Zita Breitenbach, Bence Raposa, Zoltan Szabó, Éva Polyák, Zsuzsanna Szűcs, Jolán Kubányi, Mária Figler., (2016). Examination of Hungarian college students' eating habits, physical activity and body composition. *EUROPEAN JOURNAL OF INTEGRATIVE MEDICINE*, 8(2 Suppl.), 13–17. <http://doi.org/10.1016/j.eujim.2016.11.007>

IF: 0,801

36. Zoltán Szabó, Judit Lengyel, Andrea Kisbenedek Gubicskóné, Szilvia Szabó Szekeresné, Zita Breitenbach, Mária Figler,. (2016). Different salt products and public perceptions in the adult population of Hungary. *EUROPEAN JOURNAL OF INTEGRATIVE MEDICINE*, 8(Sup1), 50–50.
37. Breitenbach, Z., Nagy, R., Szekeresné, S. S., Szabó, Z., Csölle, I., Gubicskóné, K. A., ... Figler, M. (2015). Gasztroezofageális refluxban szenvedő betegek táplálkozásának és életminőségének vizsgálata. *ÚJ DIÉTA: A MAGYAR DIETETIKUSOK LAPJA (2001-)*, 24(4), 22–26.
38. Pónusz, R., Kovács, D., Szabó, Z., & Endrei, D. (2015). A magyar gyógytornászok migrációs magatartásának felmérése. In *II. Pécsi Szakkollégiumi Nap Konferencia kötet* (pp. 5–12).
39. Sárközi, E., Figler, M., & Szabó, Z. (2015). A krónikus gyulladáshoz vezető bélbetegségek gondozásának eredményesség-vizsgálata. *EGÉSZSÉG-AKADÉMIA*, 6(2), 108–118.
40. Szabó, Z. (2015a). Az egészséges táplálkozás. In *Fitness-wellness és táplálkozás terápia elmélete és gyakorlata* (pp. 217–230).
41. Szabó, Z. (2015b). Az elhízás jellemzői. In *Fitness - wellness és táplálkozás terápia elmélete és gyakorlata* (pp. 226–239).
42. Szabó, Z. (2015). Huszonöt éves a dietetikus szak Pécssett - jubileumi konferencia és könyvbemutató. *ÚJ DIÉTA: A MAGYAR DIETETIKUSOK LAPJA (2001-)*, 24(2–3), 22–22.
43. Armbruszt, S., Breitenbach, Z., Gubicskóné, K. A., Mohás, M., Szabó, Z., Szekeresné, S. S., ... Figler, M. (2014). *A táplálkozástudomány alapjainak megvalósítása*. (M. Figler, Ed.). Pécs: Pécsi Tudományegyetem.

44. Bence, R., Kata, F., György, Á. S., Zoltán, S., & Viktória, P. (2014). Graduate Career Tracking Programme of Faculty of Health Sciences, University of Pécs (UP). In *9th ORPHEUS Conference* (pp. 19–19).
45. Breitenbach, Z., Szabó, Z., Szekeresné, S. S., & Figler, M. (2014). *Életkor, életciklus és az egészség védelmének feladatai*. (M. Figler, Ed.). Pécs: Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar (PTE ETK).
46. Raposa, B., Szijártó, G., Soltész, D., Pónusz, R., Szabó, Z., Tibold, A., ... Varjas, T. (2014). Élelmiszer-adalékanyagok tumorkialakulásra gyakorolt hatásainak molekuláris epidemiológiai vizsgálata. *MAGYAR EPIDEMIOLOGIA*, 11(3–4), 87–98.
47. Raposa, L., Szijártó, G., Soltész, D., Szabó, Z., & Varjas, T. (2014). Tumorpromócióban szerepet játszó gének expresszió-változásainak vizsgálata mesterséges színezék valamint tartósítószer expozíció hatására. In *III. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia 2014* (pp. 240–241).
48. Szabó, Z., Bóna, Á., Szekeresné, S. S., Gubicskóné, K. A., & Figler, M. (2014). A szőlőtörköly analitikai kémiája. In *Aktualitások a táplálkozástudományi kutatásokban című workshop összefoglalói* (pp. 7–7).
49. Szabó, Z., Szekeresné, S. S., Gubicskóné, K. A., & Figler, M. (2014). A szőlőtörköly analitikai kémiája. In Gelencsér, É; Horváth, Z, (szerk.), *Aktualitások a táplálkozástudományi kutatásokban című workshop összefoglalói*. (pp. 7)
50. Gubicskóné, K. A., Jekkel, A., Szekeresné, S. S., Breitenbach, Z., Szabó, Z., Ungár, T., & Figler, M. (2013). A zeller klinikai dietetikai vizsgálata. In *Magyar Gasztroenterológiai Társaság 55. nagygyűlése program és előadáskivonatok [Program and Abstracts of 55th Annual Meeting of the Hungarian Society of Gastroenterology]* (pp. 93–93).

51. Polyák, É., Molnár, K., Kisbenedek, A., Szabó, S., Breitenbach, Z., Szabó, Z., & Figler, M. (2013). Az ischaemias szívbetgségben szenvedő betegek tápláltsági állapotának felmérése. In *Magyar Gasztroenterológiai Társaság 55. nagygyűlése program és előadáskivonatok [Program and Abstracts of 55th Annual Meeting of the Hungarian Society of Gastroenterology]* (pp. 115–115).
52. Raposa, B., Szíjártó, G., Berényi, K., Szabó, I., Szabó, Z., Varjas, T., ... Ember, I. (2013). Rövid összefoglaló a tartazin (E102) egészségre gyakorolt hatásairól. *MAGYAR EPIDEMIOLOGIA, IX-X(4-1)*, 41–45.
53. Szabó, Z. (2013). Hogyan ne fogyókúrázzunk? *E3 – Energia-egyensúly Egészségprogram Egyetemistáknak*, Kaposvár.
54. Szabó, Z., Szekeresné, S. S., Raposa, B., & Figler, M. (2013). Analytical chemistry examination of grape pomace extract. In *Magyar Gasztroenterológiai Társaság 55. nagygyűlése program és előadáskivonatok [Program and Abstracts of 55th Annual Meeting of the Hungarian Society of Gastroenterology]* (pp. 119–119).
55. Szabó, Z. (2013). Szőlőtörköly extraktum analitikai-kémiai vizsgálata. *Fiatal Oktatók Kutatói Fóruma*. Pécs,
56. Szekeresné, S. S., Breitenbach, Z., Gubicskóné, K. A., Polyák, É., Szabó, Z., & Figler, M. (2013). Az étkezési csírák fogyasztási gyakorisága. *ÚJ DIÉTA: A MAGYAR DIETETIKUSOK LAPJA (2001-)*, 22(4), 21–23.
57. Szabó, Z., Szekeresné Szabó, S., Raposa, B., Figler, M (2013). Analytical chemistry examination of grape pomace extract. *ZEITSCHRIFT FÜR GASTROENTEROLOGIE*, 51.
58. Gubicskóné, K. A., Kovács, B., Polyák, É., Szekeresné, S. S., Breitenbach, Z., Szabó, Z., ... Figler, M. (2012). A bogyós gyümölcsökből készült készítmények rezveratrol-, rutin- és kvercetin-tartalmának meghatározása. *ÚJ DIÉTA: A MAGYAR DIETETIKUSOK LAPJA (2001-)*, 21(5–6), 34–35.

59. Polyák, É., Varjas, T., Berta, B., Szekeresné, S. S., Szabó, Z., Breitenbach, Z., ... Ember, I. (2012). Egyes étrendkiegészítők kemopreventív hatásának vizsgálata in vivo biológiai rendszerekben. In *Magyar Táplálkozástudományi Társaság 37. vándorgyűlése* (pp. 4–4).

14 Köszönetnyilvánítás

Köszönöm témavezetőimnek, hogy elvállalták és segítették ennek a munkának az elkészítését. Köszönöm szépen dr. Figler Mária Professzor Asszonynak, hogy akkor se mondott le rólam, amikor én már feladtam volna. Mindvégig számíthattam támogatására, megértésére és segítségére. Köszönöm szépen Dr. Decsi Tamás Professzor Úrnak, hogy tagja lehettem a kutatócsoportjának.

Hálás köszönettel tartozom Marosvölgyi Tamásnak és dr. Szabó Éva kutatótársaimnak, akik gyakorlati munkája, szakmai alaposága és embersége nélkül ez a dolgozat nem készülhetett volna el.

Köszönöm szépen a Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar Táplálkozástudományi és Dietetikai Intézetének valamennyi munkatársának, hogy elviseltek nehéz pillanataimban és folyamatosan támogattak.

Köszönöm szépen szüleimnek hogy tanulhattam és mindig mellettem álltak. Őszinte szeretettel köszönöm kedvesemnek, Talabér Krisztinának, hogy kitartott mellettem a mellőzöttség pillanataiban is, és, mert támogatása mindvégig sziklaszilárd volt.

7. sz. melléklet

**DOKTORI ÉRTEKEZÉS BENYÚJTÁSA ÉS NYILATKOZAT A DOLGOZAT
EREDETISÉGÉRŐL**

Alulírott

név: Szabó Zoltán

születési név: Szabó Zoltán

anyja neve: Nagy Ilona

születési hely, idő: Békéscsaba, 1984.06.10.

**Egyes növényi olajok hőközlés hatására bekövetkező zsírsavösszetétel
változásainak vizsgálata, kiegészítve a többszörösen telítetlen zsírsavak
koronavírus okozta megbetegedésben történő esetleges felhasználásával
című doktori értekezésemet a mai napon benyújtom a(z)**

Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar Egészségtudományi Doktori Iskola
ÉLELMISZERTUDOMÁNY, TÁPLÁKOZÁSTUDOMÁNY, DIETETIKA és
HIDRATÁCIÓ (PR-8) Programjához/témacsoportjához

Témavezető(k) neve: Prof. Dr. Figler Mária, Prof. Dr. Decsi Tamás

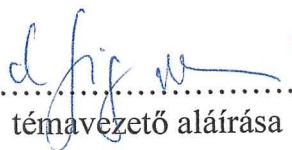
Egyúttal nyilatkozom, hogy jelen eljárás során benyújtott doktori értekezésemet

- korábban más doktori iskolába (sem hazai, sem külföldi egyetemen) nem nyújtottam be,
- fokozatszerzési eljárásra jelentkezésemet két éven belül nem utasították el,
- az elmúlt két esztendőben nem volt sikertelen doktori eljárásom,
- öt éven belül doktori fokozatom visszavonására nem került sor,
- értekezésem önálló munka, más szellemi alkotását sajátomként nem mutattam be, az irodalmi hivatkozások egyértelműek és teljeseek, az értekezés elkészítésénél hamis vagy hamisított adatokat nem használtam.

Dátum: Pécs 2022. 06. 15



.....
doktorjelölt aláírása



.....
témavezető aláírása



.....
társtémavezető aláírása