

DIPLOMADOLGOZAT

Rózsa Máté

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

**Élelmiszerbiztonsági és -minőségi mérnök mesterképzési
szak**

**Zsírsav-összetétel alapú tápérték mutatók alkalmazása élelmiszer
reformulálás alapjául**

Belső konzulens: Tormási Judit
egyetemi adjunktus

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Élelmiszerkémia és Analitika
Tanszék

Készítette: Rózsa Máté

Budapest

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	1
2. Szakirodalmi áttekintés	3
2.1. A zsírsavak, mint makromolekulák.....	3
2.2. A zsírsavak metabolizmusa és élettani funkciói	5
2.3. Zsírsavak az élelmiszerekben: élettani hatások és jogi szabályozás.....	7
2.3.1. Az egyes zsírsavak élettani hatásai.....	8
2.3.2. Zsírsavakhoz kapcsolódó romlási folyamatok	11
2.3.3. Élelmiszerekben levő zsírsavak jogi szabályozása	12
2.4. Új generációs zsírsav-indexek.....	14
2.4.1. Többszörösen telítetlen és telített zsírsavak aránya	14
2.4.2. Aterogén index	15
2.4.3. Trombogén index	15
2.4.4. Hipokoleszterinémiás és hiperkoleszterinémiás zsírsavak aránya	16
2.4.5. Egészség-megőrző index	16
2.4.6. Telítetlenségi index	17
2.4.7. Hal zsiradék minősége	17
2.4.8. Egyéb mutatók.....	17
2.5. A zsírsavak helye az élelmiszer-reformulációban.....	18
2.5.1. Körkép az élelmiszer-reformuláció jelenlegi helyzetéről	18
2.5.2. A zsírsavprofil befolyásolásának lehetőségei és kihívásai	20
3. Alkalmazott anyagok és módszerek	23
3.1 Alkalmazott anyagok és eszközök	23
3.2 Vizsgálati módszerek	24
3.2.1. Zsírkinyerés.....	25
3.2.2. Észterezés	26
3.2.3. Gázkromatográfiás meghatározás.....	27
3.2.4. Mutatók kiszámítása, statisztikai elemzés	28
4. Eredmények és értékelésük	29
4.1. A minták zsírsavprofiljának és a mutatók értékeinek értelmezése.....	29
4.1.1. Természetes zsiradékok	29
4.1.2. Kenhető zsiradékok	32
4.1.3. Egyéb termékek.....	34
4.1.4. Snack termékek	35

4.1.5. Hevítés hatásainak vizsgálata	36
4.2. A mutatók befolyásolása termékfejlesztés során	40
5. Következtetések és javaslatok.....	42
6. Összefoglalás	44
7. Irodalomjegyzék	46
7.1. Internetes források.....	50
7.2. Használt rövidítések jegyzéke	50
8. Ábrák és táblázatok jegyzéke	52

1. Bevezetés és célkitűzések

Jelenleg hazánkban a szív- és érrendszeri betegségek az egyik leggyakoribb és legsúlyosabb népbetegségnek mondhatók. A Központi Statisztikai Hivatal 2022-es adatai alapján ezek az összes halálozási okok közel 30,3%-át tették ki (web5). Az efféle betegségek kialakulásához életmódunk jelentősen hozzájárulhat, ahogy azt az Észak-Karélia Projekt is igazolta. A projekt során az Észak-Karéliában gyakori szív- és érrendszeri megbetegedésekhez vezető magas vérkoleszterinszint, valamint az ehhez társuló magas vérnyomás előfordulását sikerült visszaszorítani a lakosság körében életmódváltoztatással, melyet a kísérlet során követtek nyomon. Az életmódváltoztatás táplálkozási vonatkozásai között a gyümölcs- és zöldségfogyasztás növelése, valamint a sócsökkentés mellett telített zsírsavak bevitelének redukálása is szerepelt. (Puska és Jaini, 2020)

A telített zsírsavakról több klinikai kutatás is bebizonyította, hogy összefüggésbe hozhatók az érelmeszesedéssel, valamint a magas vérkoleszterinszinttel. Emiatt az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság, az EFSA 2010-ben kiadott szakvéleményében is a telített zsírsavak bevitelének minimalizálását ajánlja, de konkrét határértékhez nem köti bevitelüket, hiszen azok a természetes zsiradékok mindegyikében megtalálhatók (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies, 2010). Hogy a fogyasztók könnyen tájékozódhassanak az általuk fogyasztott termékek ártalmasnak vélt telített zsírsavtartalmához, az európai szabályozás keretén belül kötelezővé tették a termékek tápérték táblázatában megjeleníteni azt (1169/2011/EU rendelet).

Az elmúlt évtizedek során jelentősen bővültek ismereteink a zsírsavak táplálkozás-élettani hatásaival kapcsolatban, melyeket klinikai kutatásokkal is alátámasztottak. Bebizonyosodtak a transz-zsírsavak káros, vagy az omega-3 és omega-6 zsírsavak pozitív hatásai is. A telített zsírsavak mennyisége, mint tápérték mutató elavulttá kezd válni, a fogyasztóknak szüksége van arra, hogy átfogóbb képet kapjanak az általuk vásárolt és fogyasztott termékek zsírsavprofiljával kapcsolatban. A helyzetet nem segíti az sem, hogy az elmúlt évek egyik élelmiszer-reformulációt monitorozó projektje, a Best-ReMaP is csak a telített zsírsavak mennyiségét követte nyomon a vizsgált termékekben, és nem került adatgyűjtés például az omega-3, vagy az omega-6 zsírsavakról (web2, web7). Magyarországi viszonylatban a fogyasztók érdekeltek lennének olyan termékek vásárlásában, melyek

hozzájárulhatnak a szív- és az érrendszerük egészségéhez (Plasek et al., 2020), ehhez pedig a kedvező zsírsav-profilú termékek kiválóak lehetnének. Azonban, ha a vásárlók számára nem jutnak el ezek az információk a terméken található jelölési elemeken keresztül, az gátat szabhat a termék sikerességének, és az egész reformulációs folyamatnak is.

A szakirodalmi kutatás célja, hogy összefoglalja a zsírsavak táplálkozás-élettani hatásairól szóló kutatásokból merítve az elmúlt évtizedek legjelentősebb eredményeit. Ezáltal betekintést nyújtson azokba a folyamatokba, melyekben az elfogyasztott zsírsavak részt vehetnek és kapcsolódhatnak a szív- és érrendszeri megbetegedések kialakulásához. Ezek után releváns szakirodalom alapján áttekintésre kerülnek olyan tápérték mutatók, melyeket kifejezetten a zsírsavak addig ismert élettani hatásai alapján alkottak meg. Végül pedig a tárgyaltaakat összefüggésbe hoznám az élelmiszer-reformulációs trendekkel, és ismertetném azok lehetőségeit és kihívásait.

Ahhoz, hogy az összegyűjtött tápérték mutatók általános körű alkalmazhatóságát és az élelmiszer-reformulációban való használhatóságát mérlegelhessem, a kiválasztott mutatókat saját mérési eredményeimen keresztül fogom vizsgálni. Ehhez minél szélesebb körű, lehetőleg jelentős zsírtartalommal rendelkező termékpalettát gyűjtök össze, melyeknek magam fogom mérni a zsírsav-összetételét. Mivel azonban az élelmiszer-reformuláció monitorozása hosszadalmas feladat lenne sokáig tartó mintavételezéssel és vizsgálatokkal, emiatt csak egyidejűleg a piacon levő termékeket fogok tudni begyűjteni és megmérni. A felvett zsírsavprofilok alapján kiszámítom a tápérték mutatókat, és összehasonlítom a kapott eredményeket. Ezután az arra alkalmasnak vélt mutatók segítségével próbálok elméletben olyan reformulált termékeket alkotni, melyek a felhasznált mutatók szerint táplálkozási szempontból pozitívabb zsírsav-összetétellel rendelkeznek. Az itt kapott eredmények alapján végezetül összesíteném tapasztalataimat a vizsgált tápérték mutatókkal kapcsolatban, hogy melyek azok, amik használhatóak termékfejlesztés céljából, valamint módosításokat ajánlanék, melyekkel jobbá tehetők lennének azok, amik nem felelnek meg erre a feladatra.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A zsírsavak, mint makromolekulák

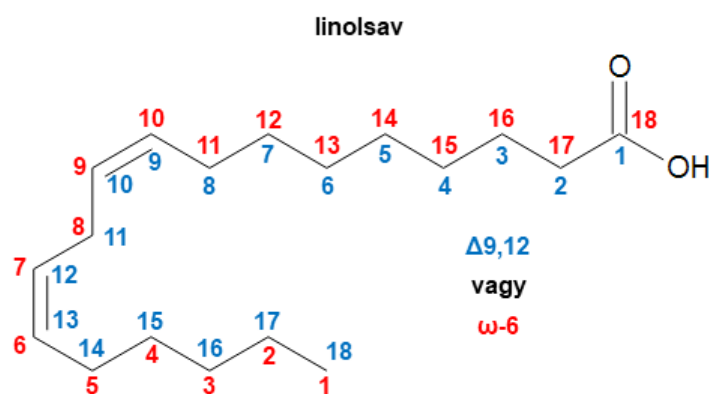
A lipidek, mint apoláris makromolekulák egyik legnagyobb csoportját alkotják zsírsavak (a továbbiakban: FA). Ezek 4-28, leggyakrabban páros szénatomszámú karbonsavak terminális karboxilcsoportokkal. A zsírsavmolekula gerincét alkotó szénlánc az esetek túlnyomó többségében elágazásmentes, de baktériumokban gyakran, egyes növények magjaiban ritkábban előfordulnak elágazó, vagy akár több szénatomból álló gyűrűvel rendelkező láncúak is. A molekula láncát tarkíthatják kétszeres szén-szén kötések, mely a leggyakrabban használt csoportosításuk alapját adja. Eszerint lehetnek telített (a továbbiakban: SFA), vagy telítetlen zsírsavak (a továbbiakban: UFA). A telítetlen zsírsavakon belül szokás megkülönböztetni egyszeresen (a továbbiakban: MUFA), illetve többszörösen telítetlen zsírsavakat (a továbbiakban: PUFA). A telítetlenség foka a szénlánc hidrogénatomokkal való telítettségének hiányát takarja. Ezek alapján, a zsírsav minél többszörösen telítetlen, annál több hidrogénatom hiányzik a telített láncú zsírsavhoz képest, tehát annál több kétszeres szén-szén kovalens kötést tartalmaz. A kettős kötések konformációja attól függően, hogy cisz vagy transz zsírsav izomerről van szó, a szénlánc hosszával és a telítetlenség mértékével együtt jelentősen befolyásolja az adott molekula fizikai és kémiai tulajdonságait, illetve biológiai szerepét is. (Petrovic és Arsic, 2016; Rustan és Drevon, 2005)

A zsírsav szénláncának növelésével a tömege mellett az apoláros felülete is nő, ezáltal erősebbek a molekulákat összetartó London-féle diszperziós kölcsönhatások. Ha a molekula tartalmaz legalább egy darab cisz konformációjú kétszeres szén-szén kovalens kötést, lánculata megtörik, mely kedvezőtlenül hat a molekulák elrendeződésére és a fellépő másodlagos kötésekre. Ezzel ellentétben a transz izomerek egyenesebb molekulái könnyebben rendeződnek egymás mellé, ezáltal erősebbek az egymás közt kialakuló kohéziós erők a cisz konformációhoz képest. A telítetlenség fokának növelésével tovább csökken az intermolekuláris kölcsönhatások ereje. A zsírsavmolekulák apoláros jellege az oldhatóságukra is kihatással van. Szerves oldószerekben könnyedén oldódnak, vizes közegben azonban nehezebben, valamint hajlamosak a micellaképzésre is. Ezen tulajdonságuk miatt jelentős

szerepük van a biológiai membránok létrehozásában is. (Petrovic és Arsic, 2016; Rustan és Drevon, 2005)

A zsírsavak egyetlen funkciós csoportjukat jelentő karboxilcsoport az állati és növényi zsíradékokban ritkán fordul elő szabadon, gyakrabban valamilyen hidroxilcsoporttal rendelkező molekulával alkotott észterkötésben vesz részt. Az egyik legjelentősebb ilyen molekula a glicerol, mely három zsírsavval kialakított észterkötésen keresztül hozza létre a trigliceridmolekulát, de a zsírsavak glicerinnel alkothatnak mono- és diglicerideket is. Különleges glicerin-észtereknek számítanak a glicerofoszfolipidek is, melyek esetében a kiindulási diacil-glicerol szerkezetben a glicerin harmadik szénatomjához egy foszfát-csoport kapcsolódik, mely további észterkötést létesíthet további molekulákkal. A glicerolon kívül számos más hidroxilcsoporttal rendelkező molekulával is alkothatnak a zsírsavak észterkötést, az egészen egyszerű alkoholoktól kezdve, mint a metanol, vagy etanol, a bonyolultabb szerkezetű szteránvázas koleszterinig. (Petrovic és Arsic, 2016)

A zsírsavak nevezéktana a szénhidrogénekével mutat nagy mértékű analógiát. Mivel a dolgozatban többször előfordul bizonyos zsírsavak triviális és tudományos neve, ezért szükséges a telítetlen zsírsavak kettős kötéseinek helyzetét leíró két féle számozási rendszer magyarázata. A kettős kötések pozícióját a karboxilcsoporttól számolva nagy görög deltával, az ellentétes végtől számítva pedig csak az első kettős kötés pozícióját görög omegával szokás jelölni. Az 1. ábrán a linolsav, vagy *cis*-9,12-oktadekadiénsav struktúrája látható a kettős kötések számozásával. (Petrovic és Arsic, 2016; Rustan és Drevon, 2005)

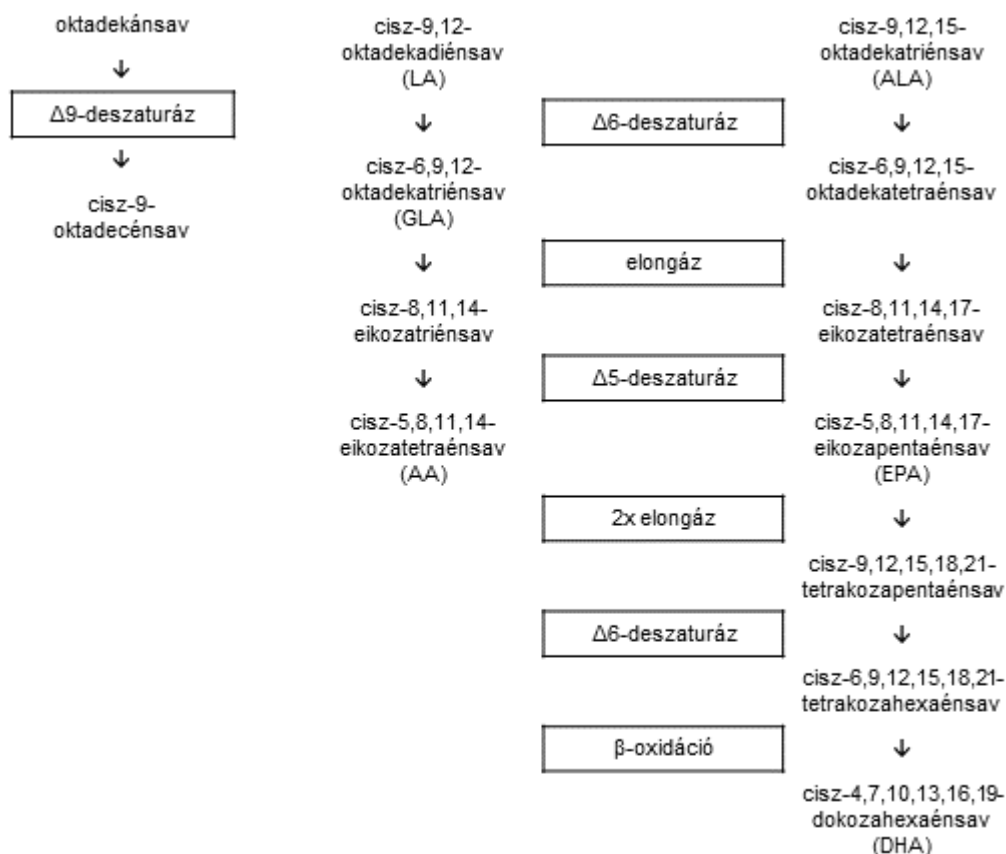


1. ábra: A linolsav struktúrája és a telítetlen kötéseinek számozási módjai.
(Forrás: saját szerkesztés)

2.2. A zsírsavak metabolizmusa és élettani funkciói

Mivel a dolgozat szempontjából kevésbé érdekesek a lebontó és felépítő folyamatok részletei, ezért csak érintőlegesen kerülnek említésre. Ami viszont már relevánsabb, az a telítetlen zsírsavak szintézise, ezért ezt a témakört részletesebben szeretném bemutatni. A zsírsavak az emberi szervezetben a máj, zsírszövet, az agy és a tüdő sejtjeiben szintetizálódhatnak. Építőköveik a lebontó folyamatok során képződő acetil-koenzim-A egységek. A legfeljebb 16 szénatomszám hosszú telített zsírsavak a citoplazmában, ennél hosszabbak viszont már csak az endoplazmatikus retikulum felszínén tudnak szintetizálódni. A lebontásukban a mitokondrium játszik fontos szerepet, mivel ennek belső mátrixában esnek át β -oxidáción az energiatermelő folyamatokra kijelölt zsírsavak. (Petrovic és Arsic, 2016)

A telítetlen zsírsavak szintézisét az acil-CoA-deszaturázok végzik. Az emlősökben, így az emberben is három fajtájuk található meg: a $\Delta 9$ -deszaturáz, a $\Delta 6$ - valamint a $\Delta 5$ -deszaturázok. Az egyszerűen telítetlen zsírsavak létrehozásában a $\Delta 9$ -deszaturáz játszik szerepet, mely a zsírsav karboxilcsoporttól számított 9. és 10. szénatomjai közt hoz létre kétszeres kovalens kötést. A $\Delta 6$ - és $\Delta 5$ -deszaturázok a többszörösen telítetlen zsírsavak szintézisében vesznek részt elongázok és β -oxidázok segítségével, ehhez azonban telítetlen zsírsav-CoA-ra van szükségük kiindulási szubsztrátként. A deszaturázok és elongázok a későbbiekben is fontos enzimes folyamatait a 2. ábra tartalmazza. Mivel az emlősökben megtalálható deszaturáz-enzimek csak a $\Delta 9$ -es szénatomig és azt is csak hosszú, legalább 18 szénatomszámú zsírsavakon képesek kettős kötéseket létrehozni, ezért minden, a karboxilcsoporttól távolabbi kétszeres kötést tartalmazó zsírsav, mint például az omega-3 és omega-6 zsírsavak, azon belül is kifejezetten a linol- és alfa-linolénsavak (cisz-9,12,15-oktadekatriénsav, a továbbiakban: ALA) esszenciálisak az emlősök, így az ember sejtjei számára is. (Petrovic és Arsic, 2016; Rustan és Drevon, 2005; Nakamura és Nara 2004)



2. ábra: A deszaturázok és elongázok telítetlen zsírsavakat felépítő folyamatai. (Forrás: saját szerkesztés, Nakamura és Nara 2004-es munkája alapján)

Az élettani funkcióikat összegezve, a zsírsavak lehetnek prekursorai számos különböző szerepet betöltő molekuláknak, de szolgálhatnak energiaforrásként is a sejtek számára. A trigliceridek elsődlegesen energiaraktározó szerepet töltenek be, mivel molekulánként három zsírsavat kötnek meg, de szerepük van például a mechanikai védelemben is a zsigeri szerveket körülvevő, vagy a bőr alatti kötőszövetekben megtalálható zsírsejteken keresztül. A foszfolipidek alkotják a sejtekben található membránok kettős rétegeit, így gyakorlatilag ezek biztosítják a sejt alapú élet egyik alapfeltételét. A zsírsavak koleszterin-észterei apolipoprotein B (a továbbiakban: apoB) molekulákba ágyazódva a koleszterin sejtek közti szállítására alkalmas formája (web1, Sniderman et al., 2019; Ference et al., 2020). A sejtben való szerepüket tekintve különleges zsírsavaknak számítanak a 20 szénatomszámú többszörösen telítetlen zsírsavak közül a dihomogamma-linolénsav (cisz-8,11,14-eikozatriénsav, a továbbiakban: DGLA), az arachidonsav (cisz-5,8,11,14-eikozatetraénsav, a továbbiakban: AA) és az eikozapentaénsav (cisz-5,8,11,14,17-eikozapentaénsav, a továbbiakban: EPA), ezek

ugyanis az eikozanoid jeltovábbító molekulák prekursorjaiként szolgálnak. Három fő csoportjuk a ciklo-oxigenázok által képződő prosztaglandinok és tromboxánok, a lipoxigenázok által létrehozott leukotriének, lipoxinok, mono-, di- és tri-hidroxi-zsírsavak, valamint az epoxigenázok segítségével keletkező epoxi-zsírsavak. Hatásuk szövet- és sejtfüggő, más hormonok hatását befolyásolhatják, vagy saját receptoraikon keresztül bizonyos enzimek, vagy ioncsatornák működését szabályozhatják. Hasonlóan a dokozanoidoknak is különféle, köztük idegsejt-védő hatásaik ismertek. Ezek a dokozapentaénsavból (cisz-7,10,13,16,19-dokozapentaénsav, a továbbiakban: DPA), vagy dokozahexaénsavból (cisz-4,7,10,13,16,19-dokozahexaénsav, a továbbiakban: DHA) az idegrendszer vagy a retinát ért káros hatásra válaszként képződnek. (Petrovic és Arsic, 2016; Rustan és Drevon, 2005; Smith, 1989; Mukherjee et al., 2007)

2.3. Zsírsavak az élelmiszerekben: élettani hatások és jogi szabályozás

Az elfogyasztott zsiradékok 90%-át trigliceridek teszik ki (Petrovic és Arsic, 2016). A FAO 2020-as adatai szerint (web3) az átlagos európai étrend napi energiabevitelének kb. 36%-át jelentik a bevitt zsírok, ezért a trigliceridek és az őket alkotó zsírsavak kellően jelentősnek mondhatók tápérték szempontjából.

Az elfogyasztott zsiradékok állati, vagy növényi eredetűek lehetnek és származásuk jelentősen befolyásolja zsírsav-összetételüket is. Egyes növényi zsiradékokra, mint például a kókuszszír, a rövid láncú, telített zsírsavak, míg ezzel ellentétben az olajos magvak olajaira inkább a hosszabb, többszörösen telítetlen láncúak a jellemzőek. A szárazföldi állatok zsírjaiban jellegzetesen nagy mennyiségben a hosszú, telített zsírsavak és az olajsav (cisz-9-oktadecénsav), valamint kisebb mennyiségben linolsav található meg. Az állatok közül a vízi élőlényeknél, elsősorban a hideg égővi halaknál jellemzőek a hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak (web6). Összességében elmondható, hogy a leggyakrabban előforduló zsírsavak az élelmiszerekben a telítettek közül a mirisztin-, palmitin- és sztearinsav (tetradekánsav, hexadekánsav és oktadekánsav), a telítetlenek közül pedig az olajsav, valamint a linolsav. Természetesen általában az állati és növényi zsiradékokban a telítetlen zsírsavak cisz konformereivel találkozhatunk, de ez alól viszont fontos kivételt képeznek a kérődzők húsa

és teje, mivel az emésztőrendszerükben megtalálható mikrobióta képes a számukra toxikus telítetlen cisz zsírsavakból transz izomereket, mint például az olajsavból transz-vakcénsavat (transz-11-oktadecénsav), vagy a linolsavból konjugált linolsavakat előállítani. (Petrovic és Arsic, 2016; EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA), 2010; den Hartigh, 2019)

2.3.1. Az egyes zsírsavak élettani hatásai

Élettani hatásai még nem teljes mértékben ismertek, jelenleg is számos kutatás alapjául szolgálnak. Az eddigi klinikai eredmények azonban szolgálnak néhány jól bizonyított fiziológiai hatással, melyeket az egyes zsírsavakhoz, vagy zsírsav-csoportokhoz tulajdonítottak. Az első említendő témakör az érelmeszesedés és az ebből adódó egyéb szív- és érrendszeri megbetegedések. Ahogy már korábban említésre került, a koleszterin a vérben zsírsavakkal észterezve, trigliceridekkel karöltve lipoprotein szemcséként szállítódik a vérben. A lipoprotein szemcse egy darab apoB fehérjemolekulából és az általa szállított, foszfolipidekkel körbevett koleszterin-észterekből és trigliceridekből áll. A lipoprotein szemcsék a májból indulnak útjukra a véráramban, hogy eljuttassák a célsejtekhez a triglicerideket és a koleszterint. A célsejtek ezeket a lipoprotein szemcséket a membránjukon megtalálható specifikus receptorokkal (LDLR) képesek megkötni, majd bekebelezni. Az ereken haladva azonban a lipoprotein szemcsék képesek az érfalhoz tapadni, ahol magas koleszterin-tartalmú üledéket képeznek, melyek újabb és újabb lipoprotein szemcsék bekötődését okozhatják. Mivel az érfalhoz tapadásért és ezáltal az érelmeszesedés kialakulásáért elsősorban az alacsony és a nagyon alacsony sűrűségű lipoproteinek (LDL és VLDL) tehetők felelőssé, emiatt az orvosi diagnosztikában is ezeknek a részecskéknek a mennyiségét igyekeznek megbecsülni vérvizsgálatok során. Ennek az egyik módja az LDL részecskék által szállított koleszterin mennyiségének mérése, tehát az LDL-C szint (Sniderman et al., 2019; Ference et al., 2020). Dietschy 1998-as munkájában foglalta össze az addigi kutatásokat, melyek az egyes zsírsavak bevitelének és a vérérszám LDL-C szintjének összefüggéseit tárgyalták saját kutatásokkal kiegészítve. Megállapítása szerint a zsírsavakat koleszterin-metabolizmust befolyásoló hatásai alapján három csoportra lehet osztani. Az első csoportot a 4 és 10 közötti, valamint a 18 szénatomszámmal rendelkező telített zsírsavak alkotják, melyek hamar lebontásra kerülnek a sejtekben az előzőekben tárgyalt módon, tehát fogyasztásuk nem függ össze a

koleszterin-metabolizmussal. A második csoportot a középhosszú, 12, 14 és 16 szénatomszámú zsírsavak alkotják. Ezek a zsírsavak az eredmények alapján bizonyítottan gátolják az LDL receptorokat, illetve növelik a májsejtek általi LDL-C kiválasztást, és ezáltal a vérérum LDL-C szintjét valamint az érlemezsedés kockázatát is. A harmadik csoportba, mely az utóbbival ellentétben növeli az LDL receptorok aktivitását, és csökkenti a szérum LDL-C szintjét, Dietschy az olajsavat és a linolsavat sorolja, de más források alapján az omega-3 és omega-6 többszörösen telítetlen zsírsavak általános érvényűen mind ide tartoznak (Ulbricht és Southgate, 1991; Poli et al., 2023). Érdemes megjegyezni, hogy Dietschy (1998) az oktadecénsavak transz izomerjeit is az első, neutrális csoportba sorolja.

Ulbricht és Southgate 1991-es munkájuk során a zsírsavak vérrögzépződéshez és az ezáltal bekövetkező szív-koszorúér megbetegedésekhez való kapcsolatáról szóló kutatások eredményeit elemezték. A zsírsavakat ezek alapján két csoportba sorolták: a vérrögzépződést elősegítő és az az ellen védő hatásúakra. A trombogén zsírsavak közé a hosszú szénláncú, telített zsírsavakat sorolják, mint a mirisztin-, palmitin- és sztearinsav. Ezek patkánykísérletekben és emberi megfigyelések során is hozzájárultak a vérlemezék aggregációjához és a vérrögök kialakulásához. Említik továbbá, hogy az olajsavból *de novo* keletkező cisz-5,8,11-eikozatriénsav felhalmozódása a vérlemezék foszfolipidjeiben jelentősen növeli azok rögzépződésre való hajlamát. Ahogy korábban említésre került, a cisz konformációjú zsírsavak szerkezetük miatt gyengébb kohéziós kölcsönhatásokat képesek kialakítani egymással, mely tulajdonságuk fontos a vérlemezék aggregációs képességének csökkentésében. Az omega-6 zsírsavak csökkentik a trombózis veszélyét, mely főként értágító hatásuknak köszönhető, de ugyanakkor a szintén omega-6 arachidonsavból sérülés esetén képződő tromboxán A₂ (a továbbiakban: TXA₂) a vérzés csillapítása érdekében a vérlemezék aktiválását és aggregációját segíti elő (Rucker és Dhamoon, 2022). Az omega-3 zsírsavak is a második kategóriába sorolhatók, de ezek elsősorban a vérlemezék összetapadásának, valamint az arachidonsav TXA₂-vé alakulásának gátlása által fejtik ki antitrombotikus hatásukat. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak közül csak az olajsavat említik a második csoport tagjaként, ám ennek szerepe sem egyértelműen tisztázott a cisz-5,8,11-eikozatriénsav keletkezésének tekintetében.

Az omega-3 és omega-6 zsírsavak élettani hatásai szorosan összefonódnak, összesen háromféle módon léphetnek egymással kölcsönhatásba. Ezek a kiszorítás, a kompetitív gátlás, valamint a közömbösítés. Magas alfa-linolénsav mennyiség esetén a linolsav kiszorítódik az

elongáz és a deszaturáz kötőhelyeiről, fordított esetben viszont ez a hatás sokkal gyengébb. Ez magyarázható a $\Delta 6$ -deszaturáz ALA iránti magasabb affinitásával. Ezek alapján magas ALA bevitel hatására csökkenhet a LA biokonverziója arachidonsavvá, ezáltal gyengítve az általa stimulált gyulladásos folyamatokat. Egyes források alapján azonban ez nem jár jelentős gátló hatással fiziológias körülmények közt (Poli et al., 2023). Az elkészült 20 szénatomszámú LA-, GLA- és ALA-származékok versengenek az eikozanoid-képző ciklo-oxigenázok és lipoxigenázok kötőhelyeiért, itt beszélhetünk kompetitív gátlásról. Érdekes módon az arachidonsav az eikozapentaénsavval, valamint a szintén omega-6 dihomogamma-linolénsavval szembeni versengése figyelhető meg, melynek során a DGLA és az EPA képesek kiszorítani az AA-t a hozzá tartozó eikozanoidokká történő átalakító enzimes folyamatokból. Közömbösítésről a már kész eikozanoidok esetében beszélhetünk. Ezek közül ugyanis többen egymással ellentétes hatásúak, vagy kifejezetten egy másik eikozanoid gátlásában vesznek részt. Például ilyen az EPA-ból keletkező prosztaglandin, a PGI_3 , mely erőteljesen vérlemezke-aggregációt gátló hatású, ellentétben az előzőekben bemutatott, AA-ból keletkező TXA_2 -vel. Az omega-3 és omega-6 zsírsavak hatásai tehát összehangolt, komplex módon szabályozott rendszert alkotnak, így mindkét csoport bevitelére rendkívül fontos. A kutatások alapján a LA:ALA optimális beviteli aránya 3:1-hez, vagy annál alacsonyabb, mely pozitív hatással van az EPA keletkezésére és hasznosulására, viszont ugyanez a további elongációs és deszaturációs termékeknél, az omega-3 DPA-nál és DHA-nál viszont nem megfigyelhető. Emiatt érdemes nem csak az alfa-linolénsav, de a többi, hosszabb szénláncú és magasabb telítetlenségi fokú omega-3 zsírsav bevitelére az étrendünk kialakítása során. (Kaur et al., 2012)

A transz-zsírsavak (a továbbiakban: TFA) megítélése is sokat változott az évek során. Eleinte, mint ahogy Dietschy 1998-as munkájában is említésre került, nem tulajdonítottak különösebben negatív hatásokat a TFA-k táplálékkal való bevitelének, így a hidrogénezett növényi olajok fogyasztása sem hordozott magával egészségügyi aggályokat (Lichtenstein, 2016). Későbbi kutatások azonban egyértelműek összefüggésbe hozták a hidrogénezett növényi olajokkal készült termékek és ezáltal a transz-zsírsavak fogyasztását a szív- és érrendszeri megbetegedések magas rizikójával. A TFA-k ugyanis bizonyítottan képesek befolyásolni a vér koleszterinszintjét, az eddig bemutatottaktól különböző módon. Hatásukra nem nő a vérben megtalálható koleszterin mennyisége, de jelenlétükkel az alacsony sűrűségű lipoprotein szemcsék lebonthatóságát csökkentik, a magas sűrűségűekét (HDL) pedig növelik, ezáltal a véráramban több LDL szemcse marad, melyek hozzájárulnak az erek

elmeszesedéséhez, valamint az ehhez társuló káros folyamatokhoz. Kaur és munkatársai 2012-es összefoglaló cikke alapján a TFA-k képesek csökkenteni továbbá a deszaturáz enzimek aktivitását is, melyek során az ALA EPA-vá, DPA-vá vagy DHA-vá alakulhatna tovább, így csökkentve az elfogyasztott ALA biológiai aktivitását is. Lichtenstein 2016-os munkájában említettek alapján ezek a káros hatások általánosan jellemzőek minden zsírsavra, melyben transz konformációjú kettős szén-szén kötés található meg, legyen az mesterséges eredetű, mint a hidrogénezett növényi olajokból származó transz linol- és linolénsav izomerek, vagy természetes eredetű, mint a kérődzőkből származó transz-vakcénsav, vagy a konjugált linolsavak. Az akkori kutatások ugyanis nem tudtak a származás szerinti két tábor közt jelentős és egyértelmű határvonalat húzni. (Lichtenstein, 2016)

Den Hartigh 2019-es cikkében a konjugált linolsavak (a továbbiakban: CLA) addig vizsgált élettani hatásait gyűjtötte össze. A három leginkább vizsgált tulajdonságuk a fogyást elősegítő, valamint a daganatok kialakulásának esélyét, és a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát csökkentő hatásuk volt. Den Hartigh összefoglalása alapján egyedül a testzsírsökkentő hatásuk szolgált pozitív eredményekkel hosszú távú folyamatos bevittel emberi páciensek esetében. Más oldalról megközelítve, a CLA-k prebiotikumként való bevitele képes megváltoztatni a bélmikrobióta összetételét, így ez kiindulópontként szolgálhatna a konjugált linolsavak pozitív hatásait vizsgáló jövőbeni kutatások számára.

Mindezek alapján érdemes megjegyezni, hogy több évtizednyi kutatás után sem teljes mértékben feltérképezettek bizonyos folyamatok, de az eredmények jelentősebb része arra mutat, hogy a közép- és hosszú szénláncú telített zsírsavak, valamint a transz zsírsavak inkább negatív, az egyszerűen telítetlenek semleges, míg a többszörösen telítetlen zsírsavak inkább pozitív hatással rendelkeznek az emberi szív- és érrendszer egészségének tekintetében. Ezek figyelembevételével érdemes fogyasztani a különböző zsírsav-összetétellel rendelkező zsiradékokat és magas zsírtartalmú élelmiszereket.

2.3.2. Zsírsavakhoz kapcsolódó romlási folyamatok

Élettani hatásaik tárgyalása után érdemes rátérni az élelmiszerekben levő zsírsavak romlási folyamataira, mivel telítetlenségi fokuk növekedésével nő az instabilitásuk is. A romlási folyamataikat három fő csoportba sorolhatjuk: a hidrolitikus bomlásra, az oxidációs reakciókra, valamint az egyéb hőhatás indukálta bomlási folyamatokra. Hidrolízisről a

trigliceridek és a foszfolipidek esetében beszélhetünk, ilyenkor hidroláz enzimek, hő, vagy más egyéb hatás eredményeképp szabad zsírsavak szabadulnak fel, melyek így fogékonyabbak lesznek az oxidatív káros hatásokra. Az oxidációs folyamatok szintén lehetnek enzim-katalizáltak, de oxigén jelenlétében bekövetkezhetnek spontán, hő- vagy elektromágneses sugárzás hatására is. Ezeket az oxidációs folyamatokat a peroxidképződés miatt peroxidációnak, láncreakciószerű lefutásuk miatt autooxidációnak is nevezik. A telítetlen zsírsavak oxidációjának központi folyamata a hidroperoxidképzés. A létrejött hidroperoxidok bomlékonyak, így további reaktív oxidációs termékek keletkezhetnek belőlük, mint például az aldehidek, a dialdehidek, vagy az epoxidok. Ha az oxidáció hőhatással társul, akkor a peroxidok polimerizálódhatnak, így kialakítva egy oxidált zsírsavakból álló térhálós szerkezetet. A peroxidok mellett, hogy kellemetlen érzékszervi tulajdonságokat kölcsönöznek az élelmiszerek számára, számos káros táplálkozás-élettani hatással rendelkeznek. Képesek lehetnek például enzimek oxidációjára, membránok szerkezetének megváltoztatására, szabályozó folyamatok zavarására. A zsírsavak hőbomlása során számos különböző vegyület alakulhat ki. Ez járhat di-, vagy polimerizációval, oxidációval, hidrolízissel, vagy lánchossz-csökkentő gyökös bomlással. (Rustan és Drevon, 2005; Csapó és Csapó Jánosné, 2004)

Ezek alapján érdemes megválasztani, hogy az adott zsiradékot milyen élelmiszeripari céllal kívánjuk felhasználni. A magas MUFA és PUFA tartalmú zsírok és olajok például nem feltétlenül lesznek alkalmasak sütéshez való felhasználásra az előbb bemutatott nem kívánatos folyamatok miatt. A magas hőmérséklet miatt érdekesebb lehet rövidebb, telített zsírsavakban gazdagabb zsiradékok használata, melyek a fentebb tárgyaltak alapján nem rendelkeznek a telítetlenek által nyújtott pozitív élettani hatásokkal, de sokkal stabilabbak, és emiatt kevésbé keletkeznek belőlük káros melléktermékek.

2.3.3. Élelmiszerekben levő zsírsavak jogi szabályozása

Az eddigiek alapján érthető, hogy az élelmiszerekben megtalálható zsírsavak kellően jelentős szerepet töltenek be ahhoz, hogy a jogalkotónak is szükséges legyen rájuk vonatkozó szabályozó lépéseket hoznia. Az Európai Közösség és később az Európai Unió országaiban korábban is voltak kezdeményezések a zsírsavak szerepeltetésére az élelmiszerek tápértékjelölésén belül. A jelenleg hatályos, az Európai Parlament és a Tanács 1169/2011/EU rendelete kötelezően előírja a telített zsírsavak mennyiségének feltüntetését és emellett

opcionálisan megjeleníthetővé teszi a telítetlen és a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyiségét is. Ez a rendelet 2016. decemberétől jogerős, az azóta forgalomba kerülő előre csomagolt élelmiszereken néhány kivételt leszámítva kötelező megjeleníteni a tápérték táblázatot. Sajnálatos módon az ételminiszterjelölés csak a telített zsírsavak mennyiségét kell, hogy tartalmazza, mely az eddig tárgyalta alapján nem ad kellő tájékoztatást az elfogyasztott zsiradék egészségre vonatkozó hatásairól.

Az utóbbi évtized sikeresebb szabályozó rendelkezései a TFA-k visszaszorítására irányultak. Az Egyesült Államokban az FDA 2015-ben visszavonta a hidrogénezett növényi olajok biztonságos besorolását a Generally Recognized as Safe (GRAS) listáról, 2023. december 22-ével pedig effektíve megtiltotta használatukat bármilyen ételminiszter előállítása során (web4). Az Európai Unió más irányból közelítve az élelmiszerekben megtalálható transz-zsírsavak mennyiséget kötötte maximálisan megengedhető 0,2 g/100 g zsír határértékhez a 2019/649 EU rendelettel. Hazánkban a jelenleg is hatályban levő 71/2013. (XI. 20.) EMMI rendelet kissé megengedőbb, zsírtartalom alapján három kategórián keresztül szabályozza a TFA-k mennyiségét. A 20%-os zsírtartalmat meghaladó termékek esetében az EU-s határérték a mérvadó, 20% és 3% között ez viszont már 4 g/100 g zsír, 3%-os zsírtartalom alatt pedig a megengedett transz-zsírsav-tartalom 10 g/100 g zsír. Mindhárom rendelkezés megkülönbözteti a természetesen előforduló transz izomereket a mesterségesen létrejövőktől, de egyik sem szabja meg, hogy konkrétan mely zsírsavak tartoznak a szabályozásba beleszámítandónak, vagy kivételnek. Szerencsés módon a Magyar Ételminiszterkönyv 3-2-2013/1 számú irányelvének 2. számú melléklete részletezi, hogy konkrétan mely zsírsav-izomerek tartozzanak bele a transz-zsírsav-tartalom számításába.

Ebben a fejezetben érdemes említeni még az élelmiszerekben engedélyezett adalékanyagokra vonatkozó 1333/2008/EU rendeletet is. A rendelet alapján azokban az élelmiszerekben, melyekben használható adalékanyagok, korlátlanul hozzáadhatók a zsírsavak nátrium-, kálium-, kalcium- (E470a), és magnéziumsói (E470b), mono- és digliceridjei (E471), illetve mono- és digliceridjeinek szerves savakkal alkotott észterei (E472a-E472f). Ennek megfelelően, amint az a későbbiekben még említésre kerül, a zsírsavak ilyen formában történő hozzáadásával lehetőség nyílik a termékek zsírsavprofiljának módosítására is.

2.4. Új generációs zsírsav-indexek

Ahogy az a korábban kifejtettek alapján jól látható, a zsírsavakkal kapcsolatos ismereteink jelenleg túlmutatnak a hagyományos telítettség alapú kategorizálásukon. Emiatt az elmúlt években számos tanulmány jelent meg, melyben olyan zsírsav-alapú tápérték mutatókat igyekeztek kidolgozni, melyek jobban tükrözik az elfogyasztott zsiradék emberi szervezetre gyakorolt hatását. Ezek az indexek már a zsiradékokat a bennük jelen levő zsírsavak a vér LDL-C szintjét, az érlelmeszesedést, vagy a véralvadást befolyásoló képességük alapján minősítik különböző számítási módszerek alapján. Ezen mutatók közül a tudományosan elismertebbeket és gyakrabban alkalmazottakat Chen és Liu (2020) foglalták össze.

2.4.1. Többszörösen telítetlen és telített zsírsavak aránya

Az első, és leginkább elterjedt a többszörösen telítetlen és telített zsírsavak aránya (a továbbiakban: PUFA/SFA). Számítása egyszerű, gyakorlatilag az összes telítetlen zsírsav mennyiségének és az összes telített zsírsav mennyiségének a hányadosa:

$$\frac{\Sigma PUFA}{\Sigma SFA} \quad (1)$$

Ez a mutató azt hipotézist veszi alapul, hogy a telítetlen zsírsavak a vérérum LDL-C szintjét csökkentik, míg a telített zsírsavak növelik azt. Egy zsiradék esetében, ha az index tehát egynél nagyobb értéket vesz fel, annál pozitívabb hatású, 1 alatt pedig kevésbé előnyös a szív- és érrendszer egészsége szempontjából, ajánlott értéke legalább 0,45 (Santos-Silva et al., 2002). A mutató ezen formájában korai vizsgálatok eredményére épül, és bár elterjedt és általánosan alkalmazható termékcsopottól függetlenül, a tudomány jelenlegi állása szerint elavultnak számít. A korábban tárgyaltak alapján a képlet pontosítható lehetne, ha a nevezőben csak a szív- és érrendszer szempontjából káros telített zsírsavak szerepelnének, a számlálóból a vérkoleszterin szintre negatív hatásuk miatt azonban kikerülnének a transz-zsírsavak, ahogy azt több forrás (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies, 2010; Lichtenstein, 2016) is alátámasztotta. (Chen és Liu, 2020)

2.4.2. Aterogén index

Ulbricht és Southgate 1991-es munkája már említésre került a zsírsavak érelmeszesedésben játszott szerepe kapcsán. Ugyanezen munkájukban tárgyalják azt is, hogy a többszörösen telítetlen és a telített zsírsavak aránya miért nem megfelelő az elfogyasztott zsírsavak érelmeszesedést, vagy vérrögképződést befolyásoló hatásának kifejezésére. Emiatt javasolták a következő képletet (2), melynek segítségével megkapjuk az úgynevezett aterogén indexet (továbbiakban AI), vagyis az érelmeszesedést kiváltó hatás arányszámát:

$$AI = \frac{C12:0 + 4 * C14:0 + C16:0}{C18:1 \Delta 9c + \Sigma MUFA + \Sigma (\omega - 6 + \omega - 3 PUFA)} \quad (2)$$

A számlálóban azoknak a zsírsavaknak a mennyisége található, melyek bizonyítottan hozzájárulnak az érelmeszesedés kialakulásához. A nevezőben az olajsav, az összes többi egyszeresen telítetlen, valamint az omega-6 és omega-3 többszörösen telítetlen zsírsavak összege szerepel. Leírásuk alapján mindegyik tagnak szüksége lenne egy szorzófaktorra, azonban csak a mirisztinsavnál határozták ezt meg 4-ként. Ez utóbbinak az alapja egy általuk említett korábbi kísérlet, mely szerint a mirisztinsav „a palmitinsavnál megközelítőleg négyszer akkora koleszterin-növelő potenciállal rendelkezik” (Ulbricht és Southgate, 1991). Munkájukban leírják az általuk adott aterogén index (2) képletének potenciális hiányosságait, többek közt, hogy szükség lenne a szorzófaktorok megállapítására a pontosabb eredmények érdekében, valamint, hogy transz-zsírsavak táplálkozás-egészségügyi hatásai akkoriban nem voltak kellően tisztázottak, és emiatt nem szerepelnek a képletben. Már Ulbricht és Southgate 1991-es munkájukban is közöltek adatokat különböző zsiradékok AI értékeire, melyet Chen és Liu 2020-as összefoglalójukban még inkább kiterjesztettek összegyűjtött eredményekkel. Ebből látható, hogy egy általánosan használható, elismert tápérték mutatóról van szó.

2.4.3. Trombogén index

Ulbricht és Southgate 1991-es munkájukban az aterogén index mellett további egy zsírsav-mutató használatát terjesztették elő. Ez az érelmeszesedést befolyásoló hatásuk helyett a táplálékként felvett zsírsavak vérrögképződésben játszó szerepüket hivatott számszerűsíteni. Az általuk trombogén indexnek (továbbiakban: TI) keresztelt mutató számítása a következő képlet szerint lehetséges:

$$TI = \frac{C14:0 + C16:0 + C18:0}{0,5 * \Sigma MUFA + 0,5 * \Sigma \omega - 6 + 3 * \Sigma \omega - 3 + \frac{\Sigma \omega - 3}{\Sigma \omega - 6}} \quad (3)$$

A számlálóban a vérrögzépződést elősegítő zsírsavak mennyiségének összege, míg a nevezőben az azzal szembeni védő hatással rendelkező zsírsavak szorzófaktorokkal korrigált mennyisége található. A szorzófaktorok az aterogén indexhez hasonlóan itt is empirikus módon kerültek megállapításra, melyhez hozzáteszik, hogy azok pontosítása szükséges lesz, amint további kutatási eredmények állnak rendelkezésre. Chen és Liu (2020) szerint az AI és a TI is elismert és tudományos körökben gyakran használt mutatók, de egyelőre nem rendelkeznek ajánlott határértékekkel.

2.4.4. Hipokoleszterinémiás és hiperkoleszterinémiás zsírsavak aránya

A mutató első iterációját Santos-Silva és munkatársai 2002-es tanulmányukban alkalmazzák a PUFA/SFA arány alternatívájaként, mely jobban leírja a jellemzett zsiradékban levő zsírsavak vérkoleszterin szintet befolyásoló hatását. A későbbiekben Mierliță 2018-as munkájában adta hozzá a laurinsavat a képlet nevezőjéhez, így a számlálóban a hipokoleszterinémiás, vagyis koleszterinszintet csökkentő, a nevezőben a hiperkoleszterinémiás, vagyis koleszterinszintet növelő zsírsavak mennyiségének összege a következő képlet szerint alakul:

$$H/H = \frac{\Sigma cisz - C18:1 + \Sigma PUFA}{C12:0 + C14:0 + C16:0} \quad (4)$$

Látható, hogy jobb leírást ad az elfogyasztott zsírsavak koleszterinszintet befolyásoló hatásáról, mint a PUFA/SFA arány, de ugyanakkor nem különböztet meg a többszörösen telítetlen zsírsavakon belül és nem használ súlyozófaktorokat, mint az AI, mely egy korábban bemutatott zsírsav-mutató. Santos-Silva és munkatársai (2002) bányahúsok, míg Mierliță (2018) juhtej minősítésére használták, de a későbbiekben több adat is rendelkezésre áll szélesebb körű alkalmazásáról (Chen és Liu, 2020).

2.4.5. Egészség-megőrző index

Chen és munkatársai 2004-es cikkükben különböző zsírsavprofilú táplálékkal etetett tehenek által adott tejek és az azokból készült tejtermékek zsírsav-összetételét vizsgálták. Az eredményeik számszerűsítéséhez az általuk egészség-megőrző indexnek (a továbbiakban: HPI) keresztelt mutatót használták, mely az aterogén index reciproka:

$$HPI = \frac{1}{AI} \quad (5)$$

A mutató ezek alapján nem szolgál többletinformációval az aterogén indexhez képest, valamint előnyeik és hátrányaik is megegyeznek egymáséival.

2.4.6. Telítetlenségi index

A telítetlenségi indexet (a továbbiakban: UI) Logue és munkatársai (2000) alkalmazták membránok fluiditásával kapcsolatos vizsgálatokban, így az nem közvetlenül köthető zsírsavak táplálkozás-élettani funkcióihoz. A mutató értékét úgy kapjuk meg, hogy a telítetlen zsírsavak százalékos megoszlását súlyozzuk a telítetlenségük fokával, majd az így kapott értékeket összegezzük az alábbi képlet szerint:

$$UI = 1 * \Sigma monoének\% + 2 * \Sigma diének\% + 3 * \Sigma triének\% + \dots \quad (6)$$

Előnye, hogy súlyozva vannak a telítetlen zsírsavak, azonban hátránya, hogy a súlyzófaktor nem a táplálkozás-élettani, hanem a membránszerkezetet befolyásoló hatásukkal van összefüggésben. Használata így korlátozott élelmiszerek vizsgálatának tekintetében.

2.4.7. Hal zsiradék minősége

Ahogy a neve is sugallja, ez a mutató hal minősítésére szolgál, azok zsírsav-összetétele alapján. Először Abrami és munkatársai (1992) alkalmazták eltérő körülmények közül származó angolnák hújának DHA és EPA szintjének összehasonlítására. A hal zsiradék minőségét (a továbbiakban: FLQ) a következő képlettel definiálták munkájukban:

$$FLQ = \frac{EPA+DHA}{zsírtartalom} \quad (7)$$

Látható, hogy gyakorlatilag a mutató azt adja meg, hogy az eikozapentaén- és dokozahexaénsav hány százalékát teszik ki a hal zsírtartalmának. Az index kiterjeszthető lehetne a halakon kívül más zsiradékok minősítésére is, amennyiben azok tartalmazznak EPA-t, vagy DHA-t. Ezek hiányában azonban nem szolgál információval a vizsgált zsiradék minőségéről.

2.4.8. Egyéb mutatók

A dolgozat keretein belül végzett kísérletek során további mutatók is kiszámításra kerülnek, melyek számítása egyszerű és nem igényelnek különösebb okfejtést a már eddig

bemutatottak mellett. Közülük több széles körben alkalmazott (Mierliță, 2018; Chen és Liu, 2020). Ezen mutatók a következők:

- a LA és az ALA hányadosa (továbbiakban: LA/ALA),
- az EPA és a DHA összege (továbbiakban: EPA+DHA),
- az omega-6 és omega-3 zsírsavak aránya (továbbiakban: n-6/n-3),
- az AA és az EPA és DGLA összegének hányadosa (továbbiakban: AA/(DGLA+EPA))
- valamint a transz-zsírsavak mennyisége, a Magyar Élelmiszerkönyv 3-2-2013/1 számú irányelvének 2. számú mellékletében leírtak alapján (továbbiakban: TFA*).

2.5. A zsírsavak helye az élelmiszer-reformulációban

2.5.1. Körkép az élelmiszer-reformuláció jelenlegi helyzetéről

Az élelmiszer-reformuláció célja, hogy megváltoztassa az élelmiszerek összetételét oly módon, hogy növelje azok táplálkozási értékét, illetve csökkentse azon komponenseiket, melyek hozzájárulhatnak káros táplálkozás-élettani folyamatokhoz. Ilyenek például a hozzáadott cukrok, a transz-zsírsavak, a telített zsírsavak, a só mennyiségének, vagy az elfogyasztott adagok energiasűrűségének csökkentése. A WHO (2022) leírása alapján a reformuláció ideális esetben úgy kell, hogy megtörténjen, hogy a fogyasztónak az egészséges táplálkozáshoz ne kelljen megváltoztatnia, hogy milyen élelmiszert vásárol, illetve készít el, valamint ne járjon ez számára többlet költségekkel. Végezetül pedig fenntartható is legyen az előállítás és a fogyasztás is a bolygó szempontjából.

A funkcionális élelmiszerek olyan élelmiszerek, melyek a tápértékükön felül valamilyen pozitív táplálkozás-élettani hatással is szolgálnak a fogyasztók számára (Plasek et al., 2020). Érzékelhető, hogy az élelmiszer-reformuláció céljának elérésében a funkcionális élelmiszerek is fontos szerepet töltenek be.

Az említettek alapján a transz-zsírsavak, illetve a telített zsírsavak mennyiségének csökkentése is célja az élelmiszer-reformulációnak. Az Európai Unión belül az első cél gyakorlatilag teljesültnek nyilvánítható, mivel a jelenleg hatályos 2019/649 EU és az az alapján készült 71/2013. (XI. 20.) EMMI rendeletek ezt hivatottak minimális mértékűre szorítani. A telített zsírsavak csökkentése azonban továbbra sem megoldott, ahogy az a Best-ReMaP eredményeinek áttekintése során is láthatóvá válik. Ezen felül, ahogy azt már a zsírsavakhoz

kapcsolódó jogi szabályozásnál láthattuk, a reformuláció esetében is figyelmen kívül maradtak a telítetlen zsírsavak, illetve azok különböző jellegű pozitív tulajdonságai.

A Best-ReMaP együttes fellépés az Európai Unió által támogatott több éves projekt, melynek egyik célja, hogy monitorozza olyan feldolgozott élelmiszerek összetételét a vizsgált időszakon belül, melyeket a fiatalkorúak és gyermekek rendszerint fogyasztanak. Így nyomon követhető azon élelmiszerek reformulációja, melyek hozzájárulhatnak a fiatalkori elhízás, illetve egyéb táplálkozás-egészségügyi problémák kialakulásához. A Best-ReMap keretén belül Európa szerte öt élelmiszercsoport reformulációját monitorozták 2020 és 2022 közt, melyek a pékáruk, a reggeliző pelyhek, a felvágottak és egyéb húskészítmények, a tejtermékek és az üdítőitalok. A vizsgált paraméterek a két időpont közt a következők: zsír-, telített zsír- és cukortartalom, nem minden esetben fehérje-, rost- és sótartalom. (web7, web2)

Az reformuláció-monitorozás eredményei 2023 év végén kerültek közlésre (web2). Az eredményekkel kapcsolatban az adatok áttekintése után több következtetést is le lehet vonni. Az első, mely inkább a magyarországi mintavételezésre vonatkozik, hogy a 2020-as, és a 2022-es időpontban vett minták sok esetben nem fedik le a teljes vizsgálandó spektrumot. E mellett több helyen is eltérés van a vizsgált termékcsoportok közt a kezdeti és a végső mintavétel során, így sok esetben nem lehet közvetlenül összehasonlítani a két időpontban keletkezett eredményeket. Néhány példa ennek illusztrálására: egyik időpontban sem került sor szárított gyümölcsdarabokat tartalmazó reggelizőpehely vizsgálatára, valamint míg a 2020-as húskészítményeket érintő mintamennyiség 30%-át tették ki a pástétomok, addig a 2022-es mintavételkor ez már csak 16%-ra csökkent, cserébe viszont több csomagolt baconszalonnát és sonkát vizsgáltak ezek helyett. Továbbá a tejtermékek esetében a kezdeti időpontban, a végső időponttal ellentétben nem voltak vizsgálva növényi eredetű tejtermék-imitátumok (web2). Ezek torzíthatták az eredményeket és ezáltal a levont következtetéseket is. Ami viszont a dolgozat szempontjából fontosabb: a vizsgált termékek nagy hányada olyan élelmiszer, melyek gyártástechnológiája kevés lehetőséget hagy a reformulációra, és javarészt az alapanyagon múlik a végtermék telített zsírsav-tartalma. Ez is lehet az oka annak, hogy nem volt megfigyelhető a telített zsírsavak mennyiségének szignifikáns csökkenése olyan termékek esetében, ahol volt összehasonlítási alap a kiindulási és a végső időpontok között. A pékáruknál és reggelizőpelyheknél a hozzáadott zsiradékok összetétele az, ami inkább meghatározza a termék zsírsavprofilját. Hús- és tejtermékek esetében bár befolyásolható az alapanyag zsírsav-összetétele, technológiája korántsem elterjedt gyakorlat. Egy további

hiányosság, mely kifejezetten a zsírtartalom szemszögéből fontos, hogy a monitorozás körébe nem tartoztak sem kenhető, sem sütő zsiradékok, mint például a margarinok, vagy étolajok, valamint a snack termékek sem, így kimaradtak olyan termékcsoporthoz, melyek a napi zsírbevitelben jelentős szerepet játszhatnak.

2.5.2. A zsírsavprofil befolyásolásának lehetőségei és kihívásai

Kitekintésként a következőkben olyan módszerek kerülnek áttekintésre, melyekkel javítható lehet egy termék zsírsavprofilja, és elérhetővé tehető a WHO (2022) által megfogalmazott reformulációs célok. Ezek után pedig néhány olyan kihívás kerül tárgyalásra, melyekkel az élelmiszer-előállító találkozhat, ha ilyen módon kívánja befolyásolni az általa előállított termék zsírsav-összetételét.

Az első megközelítés az alapanyag zsírsav-összetételének természetes módon történő javítása. Több forrás is beszámol arról, hogy az állati eredetű alapanyagok, mint például a hús, vagy a tej zsírsavprofiljára kihatással van az állat által fogyasztott táplálék. Chen és munkatársai (2004) olyan tejtermékeket vizsgáltak, melyek esetében a tejet adó tehenek telítetlen zsírsavakban gazdag étrendet folytattak. Santos-Silva és munkatársai (2002), illetve Mierliță (2018) szintén szabályozott étrendű juhokat és bárányokat vizsgáltak. Az előbbi kutatás során főként a bárányok húsának, míg az utóbbi kifejezetten a juhok tejének zsírsav-összetételére fókuszáltak. Abrami és munkatársai (1992) angolnák tartási körülményeinek és a táplálékuk minőségének hatását vizsgálták az állatok húsának zsírsavprofiljára. Az összes kutatás eredményeképp egyöntetűen elmondható, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavak megnövelt beviteli aránya megmutatkozott az állatok húsában vagy tejében. Ezek alapján az állati termékek alapanyagainak javítható a zsírsavprofilja a megfelelő takarmányozás alkalmazásával.

Egy másik megközelítés, mely inkább már a feldolgozott élelmiszerek esetében alkalmazható, az a zsiradékok keverékének alkalmazása. A margaringyártásnál például a szükséges növényi és állati zsiradékok blendelésével állítják elő azt a megfelelő zsírsav-összetételű keveréket, melyet aztán vízzel emulgeálva alakítják ki a kívánt tulajdonságú készterméket (Miskandar et al., 2005). A margarin előállításán kívül a zsiradékok keverése más termékek esetében is bevett gyakorlat. Ahogyan a kísérleti eredmények során látható lesz,

például chipsek sütésekor is különböző növényi olajok keverékét alkalmazzák, hogy a termék sütés után a megfelelő tulajdonságokkal rendelkezzen.

A harmadik megközelítés a termék zsírsavprofiljának befolyásolására, ha ahhoz közvetlenül kerülnek hozzáadásra a kívánt zsírsavak preparátumai. Ehhez a kiválasztott zsiradékot előbb a megfelelő módon extrahálják, hogy az alkalmas legyen élelmiszeripari felhasználásra. Majd ezek után olyan formába hozzák, például mikrokapszulázással, hogy hozzáadható lehessen a hordozó élelmiszerhez. Az omega-3 zsírsavakkal való dúsítás például egyik gyakori módja ez a fajta megközelítés. (Feizollahi et al., 2018)

A zsírsav-összetétel befolyásolása során azonban több kihívással is szembe kell néznie az élelmiszer-előállítónak. Az egyik, hogy nagyobb mennyiségű telítetlen és többszörösen telítetlen zsírsav jelenléte olyan élelmiszer-mátrixban, ahol ez természetes körülmények közt nem megszokott, járhat a korábban leírtak szerinti romlási folyamatokkal. Ezek leküzdésére a megoldás valamilyen antioxidáns hatású anyag hozzáadása lehet (Csapó és Csapó Jánosné, 2004). Chen és munkatársai (2004) a magas PUFA tartalmú tejek esetében a tokoferolokat említik, Feizollahi és munkatársai (2018) az omega-3 zsírsavak mikrokapszulázására fűszernövények, például rozmaring és oregánó kivonatait sorolják fel egyéb, szintetikus antioxidánsok mellett ilyen céllal való alkalmazásra.

Egy másik, szintén fontos kihívás pedig a fogyasztó magatartása a reformulált termékkel szemben. Krutulyte és munkatársai (2011) kutatásukban a hordozó élelmiszerek és a hozzáadott funkcionális összetevők kapcsolatának fogyasztói megítéléséről osztották meg tapasztalataikat. Ezek közül, ami a dolgozat témáját illetően releváns, hogy az omega-3 zsírsavak csak olyan termékekben voltak elfogadottak, melyekben az eleve megtalálható, illetve nem okoz velük kellemetlen asszociációt a hal-íz. Így például joghurtokban, mely egyébként kiváló közeg lenne mikrokapszulázott omega-3 zsírsavakkal való dúsításra, az elképzelt íz-asszociáció negatív, és a fogyasztók nem fogadnák el azt, ellentétben egy omega-3-dúsított tonhalsalátával.

A magyarországi fogyasztókkal kapcsolatban Plasek és munkatársai (2020) kutatásukban vásárlók különböző betegségek iránti aggodalmairól gyűjtöttek információkat. Felmérték azt is, hogy a megkérdezettek hajlandóak lennének-e pénzt költeni ezen betegségek megelőzésére, és amennyiben igen, azt milyen formában tennék. Ez utóbbira lehetőségként a gyógyszeres kezelést, az étrendkiegészítőket, a funkcionális élelmiszereket, illetve az életmódváltást adták meg. Ami kiemelendő, hogy a megkérdezettek 49%-a válaszolta, hogy

hajlandó lenne pénzt költeni a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésére, melynek 29%-a vásárolna funkcionális élelmiszereket emiatt. A magas koleszterinszint ellen a válaszadók 32%-a lenne hajlandó tenni, és ezek 37%-a választaná a funkcionális élelmiszereket ilyen céllal. Ezek alapján látható, hogy hazai viszonylatban is lenne kereslet olyan funkcionális, vagy reformulált élelmiszerekre, melyek a szív- és érrendszer egészségét, valamint az optimális koleszterinszint megőrzését támogatnák, ezekre a célokra pedig a megfelelő zsírsavprofillal rendelkező termékek kiválóan alkalmasak lennének.

3. Alkalmazott anyagok és módszerek

3.1 Alkalmazott anyagok és eszközök

A vizsgálatokhoz kereskedelmi forgalomban levő termékeket vásároltam. Ahhoz, hogy a mutatók alkalmazhatóságát kellő pontossággal lehessen tanulmányozni, a cél minél szélesebb termékpaletta beszerzése volt. Emiatt tiszta növényi zsiradékok közül 11 féle, tiszta állati zsiradékokból 3 féle került vizsgálatra. Az élelmiszer-reformuláció nyomán követése hosszas mintavételezést igényelt volna, a dolgozatban viszont csak szűk időintervallumban állt rendelkezésemre. Ezen okból kifolyólag közel egyidejűleg a piacon levő, 16 féle termék vizsgálatára volt lehetőségem, a termékfejlesztést csak elméleti szintű modellezéssel tudtam megvalósítani. Egyes zsiradékokat 10 percen keresztül hevítettem 175°C-on, hogy az ezt követően felvett zsírsavprofiljuk, és az ezekből számolt mutatók alapján eldönthessem, termékfejlesztés során érdemes-e figyelembe venni a felhasznált zsiradékot ért hőhatást, ha azok a zsírsav-összetétel szerint optimalizált, reformulált termék előállításánál például sütésre lennének használva. A vizsgálati minták beszerzését követően a mintafeldolgozást és a méréseket a munkahelyemen, a Nemzeti Népegészségügyi és Gyógyszerészeti Központ Élelmiszerkémiai és Analitikai Laboratóriumában végeztem el.

A vizsgálatokhoz szükséges anyagokat és eszközöket a laboratórium biztosította. A mérésekhez szükséges vegyszereket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A mérésekhez szükséges vegyszerek, tisztaságuk és gyártójuk. A táblázat a következő oldalon folytatódik.

Vegyszer neve	Vegyszer tisztasága	Gyártó
Dietil-éter	analitikai reagens tisztaságú	Molar Chemicals Kft. Halásztelek
Abszolút etanol	analitikai reagens tisztaságú	Molar Chemicals Kft. Halásztelek
Kloroform (~1% etanollal stabilizált)	analitikai reagens tisztaságú	Molar Chemicals Kft. Halásztelek
Metanol	analitikai reagens tisztaságú	Molar Chemicals Kft. Halásztelek
n-Hexán	kromatográfiás tisztaságú	Merck Darmstadt, Németország

Vegyszer neve	Vegyszer tisztasága	Gyártó
Kálium-hidroxid	analitikai reagens tisztaságú	Molar Chemicals Kft. Halásztelek
Nátrium-klorid	analitikai reagens tisztaságú	Molar Chemicals Kft. Halásztelek
Nátrium-hidrogén-szulfát	vízmentes, >90% tisztaságú	Thermo Fisher Scientific Inc. Waltham, USA
Supelco 37 Component FAME Mix	hitelesített anyagminta	Merck Darmstadt, Németország
Larodan Mixture Me 93	hitelesített anyagminta	Larodan AB Solna, Svédország
Matreya PUFA-3 Mixture	hitelesített anyagminta	Matreya LLC State College, USA

A vizsgálatokhoz szükséges volt a felsorolt vegyszerekből készíteni módosított Folch-reagenst, mely metanol és kloroform 2:1 arányú elegye, metanolban oldott, 13,1 g/100 ml koncentrációjú kálium-hidroxid oldatot, valamint 40 g/100 ml-es nátrium-klorid oldatot. Az oldószeres extrakció során, valamint a gázkromatográfiás meghatározáshoz alkalmazott gázokat a 2. táblázatban foglaltam össze.

2. táblázat: A mérésekhez szükséges gázok, tisztaságuk és gyártójuk.

Gáz neve	Gáz tisztasága	Gyártó
Nitrogén	4.5 tisztaságú	Messer Hungarogáz Kft. Budapest
Hélium	6.0 tisztaságú	Messer Hungarogáz Kft. Budapest
Szintetikus levegő	5.0 tisztaságú	Messer Hungarogáz Kft. Budapest
Hidrogén	-	Hidrogén-generátor által a felhasználás helyén termelve

3.2 Vizsgálati módszerek

A mintákat felbontás után alaposan homogenizáltam, szilárd zsiradékoknál enyhe melegítés után, olajok esetében szobahőmérsékletű keveréssel. Egyéb mintáknál ez a lépés mintamátrixnak megfelelően aprítóval, vagy botmixerrel történt. A hevített zsiradékok

esetében ezekből vékony rétegben kristályosító csészékbe öntöttem, majd a csészéket egy hőmérsékletszabályozott fűtőlapon 175°C-ra hevítettem. A hőmérséklet elérése után 10 percen keresztül állandó hőmérsékleten tartottam, majd az idő lejártával levettem a csészéket a fűtőlapról, és lehűtöttem őket.

3.2.1. Zsírkinyerés

Zsírkinyerésre akkor volt szükség, ha a vizsgált minta zsírtartalma nem érte el a 90%-ot, e felett ugyanis elhanyagolható volt az egyéb komponensek mennyisége. A 90%-nál alacsonyabb zsírtartalmú minták esetében az alábbi, a laboratóriumban rutinszerűen folytatott zsírkinyerő eljárások közül az került alkalmazásra, amely a mintamátrixhoz illett.

3.2.1.1. Tej alapú minták zsírtartalmának kinyerése

Tejtermékek esetében Stefanov és munkatársai (2010) által leírt dietil-éteres extrakció módosított változatát alkalmaztam. Az extrakciót egy lépésben végeztem, és diklórmetán helyett dietil-éter volt használva extraháló oldószerként. Először a homogenizált tejtermékből 5 cm³-t csiszolt dugós kémcsőbe pipettáztam, majd hozzáadtam 5 cm³ abszolút etanolt és lezárva alaposan összeráztam. Ezután a kémcső tartalmához 10 cm³ dietil-étert adtam, az elegyet ismét összeráztam, majd néhány órán keresztül hagytam, hogy a fázisok szétváljanak egymástól. Néhány óra leteltével a felső, éteres fázist üveg Pasteur-pipettával egy kémcsőbe vittem át, melyről az oldószert nitrogéngáz befúvatása mellett 65 °C-on bepároltam. A bepárlás befejeztével a kémcsövet zárófóliával ellátva fagyasztóban tároltam a vizsgálatok megkezdéséig.

3.2.1.2. Egyéb minták zsírtartalmának kinyerése

Minden más minta esetében a zsírkinyerés a Bligh és Dyer (1959) által leírt módszer alapján történt kisebb módosításokkal. A homogén mintából várható zsírtartalomtól függően 10-20 g került bemérésre csiszolatos Erlenmeyer-lombikba. Ezt követően a mintához lett mérve 50-75 ml módosított Folch-reagens. A lombikot ezután ledugóztam és legalább egy percen keresztül alaposan ráztam, hogy annak tartalma kellően elegyedjen az extrahálószerrel. A rázás után a lombik dugóját kilazítottam, majd több órára, vagy egy egész éjszakára elszívófülke alatt állni hagytam, hogy megtörténjen a fázisszétválás és a minta nem

oldódó darabjai kiüledhessenek, mivel az a módszerben leírtakkal ellentétben nem került szűrésre. Miután megtörtént a fázisszétválás, az alsó, lipideket tartalmazó kloroformos fázisból üveg Pasteur-pipettával kémcsőbe szívogattam le, melyet aztán nitrogéngáz befúvatása mellett 65 °C-on bepároltam. Amint elegendő oldószermentes zsiradékot nyertem ki a kémcsőbe, a bepárlást leállítottam, és a kémcsövet zárófóliával lezárva fagyasztoóban tároltam a vizsgálatok megkezdéséig.

3.2.2. Észterezés

Ahhoz, hogy a zsírsavak gázkromatográfiásan meghatározhatóak lehessenek, szükséges belőlük illékony metilésztereket előállítani. Az általam alkalmazott észterezési eljárás az MSZ EN ISO 12966-2:2017 szabvány 5.2-es bekezdésében leírt kálium-hidroxidos gyors módszer volt. A szabványtól két pontban tértem el, az első, hogy feleztam a leírt mennyiségeket a leírtak alapján, mivel tapasztalatom szerint ez is elég kellő mennyiségű meghatározásra kész minta-preparátum előállításához. A másik pedig, hogy oldószerként nem izooktánt, hanem n-hexánt alkalmaztam, mely előzetes méréseim alapján nem járt semminemű különbséggel a meghatározás szempontjából. Az általam folytatott észterezés így a következők szerint zajlott: a kinyert, vagy tiszta zsiradékból 50-70 mg-ot mértem be kémcsövekbe, mintánként két-két párhuzamosban. Ezután a kémcsőbe pipettáztam 1-1 ml n-hexánt, majd addig kevertettem azt, míg a zsiradék szemmel láthatóan fel nem oldódott. A következőkben 50 µl metanolos kálium-hidroxid oldatot adtam a minta-oldathoz, majd 1 percre intenzíven kevertettem a kémcső tartalmát, hogy végbe mehessen a zsírsavak átésztereződése trigliceridekből metil-észterekké. Az 1 perc letelte után 1 ml telített sóoldatot pipettáztam a kémcsőbe, majd összeráztam a tartalmát és megvártam, míg lezajlik a fázisszétválás. A felső, hexános fázist, mely a zsírsav-metilésztereket tartalmazta, ávittem egy 4 ml-es dugózható mintatartó fiolába, melyhez aztán kb. 0,5 g nátrium-hidrogén-szulfátot adtam. A fiolát lezártam és alaposan ráztam addig, amíg a benne levő opálos folyadék közel víztiszta nem lett. A hexános oldatot ezután a gázkromatográfval kompatibilis 2 ml-es fiolába pipettáztam át, és végül ebben a formában került vizsgálatra.

3.2.3. Gázkromatográfiás meghatározás

A gázkromatográfiás vizsgálatot egy Perkin Elmer Clarus 580 (gyártó: PerkinElmer Inc., Shelton, USA) típusú automata mintaadagoló készülékkel végeztem. A műszer programozható hőmérsékletű split/splitless injektorral, termosztálható kolonnatérrel és lángionizációs detektorral rendelkezik. Az elválasztást egy 100 m hosszú, Supelco SP-2560 típusú kapilláris oszlopon (gyártó: Merck, Darmstadt, Németország) végeztem el. A meghatározáshoz alkalmazott gázkromatográfiás módszer az MSZ EN ISO 12966-4:2015 szabvány a rendelkezésre álló készülékre való átültetése, melynek paramétereit a 3. táblázatban gyűjtöttem össze.

3. táblázat: A meghatározás során alkalmazott gázkromatográfiás körülmények.

Injektálási hőmérséklet	180 °C
Injektált mennyiség	0,5 µl
Injektálási mód	Split injektálás, 50:1 splitarány
Vivőgáz	Hélium, 20 cm/másodperc állandó áramlási sebesség
Hőmérsékleti program	120 °C kiindulási hőmérséklet, 2,5 °C/perc felfűtés 240 °C-ra, 240 °C 17 percig tartva (teljes futási idő: 65 perc)
Detektor	Lángionizációs detektor, 250 °C
Detektorgázok	Szintetikus levegő 450 ml/perc áramlási sebesség Hidrogén 45 ml/perc áramlási sebesség

A műszer vezérlését és a kromatogramok kiértékelését 6.3.2-es verziószámú TotalChrom szoftverrel végeztem. A csúcsok beazonosításához a Supelco 37 komponensű FAME Mix, a Larodan Mixture Me 93, és a Matreya PUFA-3 Mixture referenciaanyagokat használtam. A Supelco 37 komponensű FAME Mix bizonylatában szereplő deklarált koncentrációk és a mért csúcsterület-arányok segítségével határoztam meg a detektorválasz-tényező értékét az egyes zsírsavakra. A mennyiségi meghatározás csúcsterület-százalék alapján, az MSZ EN ISO 12966-4:2015 szabvány szerint történt. Eszerint a két párhuzamos vizsgálat során kapott csúcsterület-százalékos arányokat átlagoltam, majd korrigáltam a detektorválasz-tényezőkkel, majd a zsírsavból trigliceridbe történő konverziós faktorokkal, melyek Møller (2011) adatbázisából lettek kigyűjtve. Így a zsírsav-összetétel az egyes zsírsavakra g/100 g zsírra lett meghatározva, melyből a vizsgált minta zsírtartalmának ismeretében átszámítható mg/100 g mintára is.

3.2.4. Mutatók kiszámítása, statisztikai elemzés

A zsírsavprofilozás során kapott adatokat egy Microsoft Excel munkafüzetbe gyűjtöttem, melyben kiszámításra kerültek a fent tárgyalt zsírsavmutatók a leírt képletek alapján. A hevítés hatásainak vizsgálata során végzett főkomponens-elemzést 29.0.1.0 verziószámú IBM SPSS Statistics szoftverrel, az egyéb statisztikai próbákat 2403 verziószámú Microsoft Excel 2021-gyel végeztem. A reformulált termékek elméleti fejlesztése az Excel Solver beépülő moduljának segítségével történt, evolutív megoldási módszert használva.

4. Eredmények és értékelésük

A zsírsav-összetétel vizsgálat meghatározási határa 0,02 g/100 g zsír minden zsírsav esetében. Emiatt az eredmények két tizedesjegyre, de legfeljebb négy értékesjegyre kerekítve kerülnek megjelenítésre. A vizsgálati eredmények bizonytalansága 0,1 g/100 g zsír alatti mennyiségek esetében $\pm 40\%$ (relatív), 0,1 és 1 között $\pm 20\%$ (relatív), 1 és 10 között $\pm 10\%$ (relatív), valamint 10 g/100 g zsír feletti mennyiségű zsírsavaknál $\pm 5\%$ (relatív). A továbbiakban nem kerülnek feltüntetésre a mérési bizonytalanság értékei a könnyebb átláthatóság érdekében. Ahhoz, hogy az eredmények áttekinthetőbbek legyenek, a dolgozatban nem kerülnek megjelenítésre a kapott zsírsav-összetételek, ezek az 1. számú mellékletben lesznek megtalálhatóak.

4.1. A minták zsírsavprofiljának és a mutatók értékeinek értelmezése

4.1.1. Természetes zsiradékok

Elsőként a vizsgált nyers növényi zsiradékokra kapott zsírsavmutatók értékeit mutatom be, melyek a 4. táblázatban láthatók. A természetes zsiradékoknál nem került feltüntetésre a zsírtartalom, illetve a telített zsírsavak mennyisége is a teljes zsírtartalom százalékában lett megadva, mivel ez jó indikátora a mennyiségüknek magas zsírtartalmuknak köszönhetően. Egy kivételt leszámítva egyik növényi zsiradékban sem voltak megtalálhatóak meghatározási határ fölötti mennyiségben a linolsavból és az alfa-linolénsavból felépülő arachidonsav, dihomo-gamma-linolénsav, eikozapentaénsav és dokozahexaénsav zsírsavak. Az egyetlen kivételt a tökmagolaj jelentette, de ebben az egy esetben is csak a DHA volt jelen. Ezek hiányában az EPA+DHA, az FLQ és az AA/(DGLA+EPA) mutatók nem adtak értelmezhető eredményeket, alkalmazásuk ezeknél a zsiradékoknál nem bizonyult hasznosnak.

4. táblázat: A vizsgált, természetes növényi eredetű zsiradékokra kapott zsírsav-mutatók értékei. Az SFA% a telített zsírsavak mennyisége g/100 g zsírra vonatkoztatva. A PUFA/SFA, AI, TI, H/H, HPI, UI, FLQ, LA/ALA, n-6/n-3, AA/(DGLA+EPA) dimenzió nélküli indexek. Az EPA+DHA és a TFA* mértékegysége g/100 g zsír.

	napraforgó étolaj	csipkebogyómag -olaj	dióolaj	tökmagolaj	szesámmagolaj	lenmagolaj	törökmogyoró- olaj	szőlőmagolaj	repceolaj	kókuszszír	olívaolaj
SFA%	10,68	6,72	9,45	17,80	14,66	9,41	7,43	10,63	6,68	95,74	14,49
PUFA/SFA	5,59	10,77	6,56	2,81	2,91	7,40	1,12	6,27	3,50	0,01	0,49
AI	0,07	0,05	0,08	0,16	0,13	0,07	0,06	0,08	0,05	26,57	0,14
TI	0,22	0,06	0,14	0,45	0,35	0,17	0,17	0,25	0,10	11,24	0,34
H/H	13,89	21,79	12,73	6,30	7,96	14,47	16,73	11,98	19,89	0,06	6,93
HPI	13,45	21,42	12,60	6,16	7,99	14,18	16,49	11,78	19,59	0,04	7,02
UI	144,6	182,0	157,2	125,1	121,2	157,1	94,15	149,2	115,1	5,54	86,03
EPA+DHA	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
FLQ	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-
LA/ALA	1029	2,33	5,70	270,4	164,1	16,14	102,4	164,8	2,95	-	10,39
n-6/n-3	403,1	2,32	5,70	226,2	154,9	16,10	91,74	152,4	2,96	-	10,39
AA/(DGLA+EPA)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TFA*	0,14	0,04	0,04	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,19	<0,02	<0,02

A kókuszszír és az olívaolaj esetében kaptam 1 alatti értékeket a PUFA/SFA mutató esetében, mivel ezeknél a telített zsírsavak nagyobb mennyiségben voltak jelen, mint a többszörösen telítetlenek. Az AI, TI, H/H és HPI mutatók a kókuszszírt leszámítva mindegyik természetes növényi zsiradéknál azt mutatta, hogy a pozitív élettani tulajdonságokkal rendelkező zsírsavak vannak jelen nagyobb arányban a potenciálisan szív- és érrendszeri betegségeket okozókkal szemben.

A telítetlenségi index értékei látható különbségeket mutattak attól függően, hogy mekkora a többszörösen telítetlenek aránya a vizsgált mintákban, de a kapott értékek csak nehezen hozhatók összefüggésbe az élettani hatásokat számszerűsíteni próbáló mutatókkal. Egyedül a kókuszszír telítetlenségi indexe kiemelendő, mely az összes vizsgált minta közül a legalacsonyabb volt. A linolsav/alfa-linolénsav, valamint az omega-6/omega-3 arányokat tekintve a legjobb, 4:1 alatti arányokkal a csipkebogyómag-olaj és a repceolaj rendelkeztek. Ezekkel ellentétben a napraforgó étolaj kiugróan magas LA/ALA aránnyal rendelkezett, ebben

a linolsav mennyisége 59,39 g/100 g zsír, míg az alfa-linolénsavé 0,06 g/100 g zsír volt a mérések alapján. Transz-zsírsavak a feldolgozási technológia miatt lehettek jelen a vizsgált napraforgó étolaj, repceolaj, dió- és csipkebogyómag-olaj mintákban meghatározható mennyiségben.

A természetes, állati eredetű zsiradékokra kapott zsírsav-mutatók értékei az 5. táblázatban láthatóak.

5. táblázat: A vizsgált, természetes állati eredetű zsiradékokra kapott zsírsav-mutatók értékei. Az SFA% a telített zsírsavak mennyisége g/100 g zsírra vonatkoztatva. A PUFA/SFA, AI, TI, H/H, HPI, UI, FLQ, LA/ALA, n-6/n-3, AA/(DGLA+EPA) dimenzió nélküli indexek. Az EPA+DHA és a TFA* mértékegysége g/100 g zsír.

	sertészsír	libazsír	halolaj
SFA%	43,75	30,66	27,57
PUFA/SFA	0,34	0,30	0,99
AI	0,62	0,40	0,90
TI	1,56	0,94	0,26
H/H	1,76	2,49	1,72
HPI	1,60	2,49	1,11
UI	66,70	72,54	148,0
EPA+DHA	0,05	<0,02	25,08
FLQ	0,05	<0,02	19,14
LA/ALA	19,03	25,32	1,60
n-6/n-3	15,37	25,95	0,09
AA/(DGLA+EPA)	2,88	1,43	0,04
TFA*	0,03	0,32	0,78

Ezek mind 1 alatti PUFA/SFA aránnyal rendelkeztek. Az aterogén index értékei mindháromnál 1 alattiak, de a növényi zsiradékoknál megfigyelhetőkhöz képest rosszabbak voltak. A trombogén index esetében azonban a sertészsír már 1,5 feletti értékkel rendelkezett, mivel a vérrögzépződést feltételezhetően elősegítő mirisztin-, palmitin- és sztearinsavak a zsírtartalmának 42,81%-át tették ki. A H/H tekintetében mindháromnál 1-nél magasabbak az értékek, tehát vérkoleszterinszint-csökkentő zsírsavak magasabb arányban voltak jelen az azt növelőkkel szemben, de ugyancsak nem voltak tapasztalhatók a növényi zsiradékoknál láthatóknál magasabb értékek. A halolaj érte el a legmagasabb és talán az egyedüli számottevő

EPA+DHA, valamint FLQ értékeket. Szintén a halolajnál voltak megfigyelhetők a mérésben szereplő minták közt legalacsonyabb LA/ALA, illetve omega-6/omega-3 arányok is. Az állati eredetű zsiradékokban meghatározható mennyiségben voltak jelen linol- és alfa-linolénsav származékok, ezért ezeknél az arachidonsav és dihomogamma-linolénsav + eikozapentaénsav arányra értelmezhető értékeket kaptam. Az arány a halolaj esetében volt a legkedvezőbb, de a liba- és sertészsír esetében sem voltak túl magasak. A libazsírban és a halolajban volt számottevőbb a TFA-tartalom, mely valószínűleg a zsiradékok kinyerése során keletkezhetett.

4.1.2. Kenhető zsiradékok

A kenhető készítmények eredményeit a 6. táblázat tartalmazza. A kenhető zsiradékoknál és a többi termékénél is feltüntetésre került a táblázatban azok zsírtartalma (tápérték táblázat alapján), valamint a telített zsírsavak mért és számított mennyisége 100 g termékre vonatkoztatva a telített zsírsavak százalékos aránya mellett.

6. táblázat: A kenhető zsiradékokra kapott zsírsav-mutatók értékei. A zsírtartalom és a telített zsírsavak mennyisége g/100 g termékre értendő. Az SFA% a telített zsírsavak mennyisége g/100 g zsírra vonatkoztatva. A PUFA/SFA, AI, TI, H/H, HPI, UI, FLQ, LA/ALA, n-6/n-3, AA/(DGLA+EPA) dimenzió nélküli indexek. Az EPA+DHA és a TFA* mértékegysége g/100 g zsír. A táblázat a következő oldalon folytatódik.

	vaj	margarin	„omega” margarin	olívaolajos margarin	sütőmargarin
Zsírtartalom (g/100 g)	82,0	59,0	60,0	60,0	70,0
Telített zsírsavak (g/100 g)	55,72	18,96	17,15	17,09	33,60
SFA%	67,96	32,14	28,58	28,49	48,00
PUFA/SFA	0,05	0,53	0,62	0,58	0,24
AI	3,04	0,54	0,45	0,45	1,05
TI	3,51	0,62	0,49	0,51	1,50
H/H	0,49	2,21	2,67	2,66	1,09
HPI	0,33	1,85	2,22	2,21	0,95
UI	31,04	83,67	88,73	86,18	60,66
EPA+DHA	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
FLQ	0,03	-	-	-	-
LA/ALA	6,71	3,24	2,58	2,85	5,08

	vaj	margarin	„omega” margarin	olívaolajos margarin	sütőmargarin
n-6/n-3	5,57	3,25	2,59	2,86	5,08
AA/(DGLA+EPA)	1,28	-	-	-	-
TFA*	0,87	0,19	0,41	0,10	0,18

A telített zsírsavak aránya a vaj esetében haladták meg erősen a többszörösen telítetlenek arányát. Általánosságban véve elmondható azonban, hogy az összes termékénél ez az arányszám 1 alatti volt. Ez összefüggésbe hozható azzal a ténnyel, hogy ezek előállításakor a cél, hogy a magas zsírtartalmú termék szobahőmérsékleten is szilárd halmazállapotú maradjon.

Az aterogén és trombogén Indexek értéke 1 alatti a kenőmargarinok, 1 feletti a sütőmargarin és a vaj esetében. Ugyanez a tendencia volt megfigyelhető a H/H és HPI mutatók esetében is. Ezek szerint a sütőmargarinban és a vajban magasabb arányban fordultak elő olyan zsírsavak, melyek hozzájárulhatnak az érlelmeszesedéshez, a magas vérkoleszterinszinthez, illetve a vérrögképződéshez. A vaj esetében ez összefügg az Észak-Karélia Projekt során tapasztaltakkal, mely szerint a vaj fogyasztásának elhagyásával összefüggésbe hozható volt a szív- és érrendszeri betegségek gyakoriságának csökkenése (Puska és Jaini, 2020). Az állati eredetű természetesekhez hasonlóan a kenhető zsiradékoknál is csak a vajban voltak megtalálhatóak a linolsavnak és alfa-linolénsavnak a származékai, így csak ennél kaptam értelmezhető értéket az EPA+DHA, FLQ és AA/(DGLA+EPA) mutatókra.

A linolsav/alfa-linolénsav és az omega-6/omega-3 arányok 4 alatt voltak a kenőmargarinok esetében, a vaj és a sütőmargarin esetében azonban magasabb volt ennél, mely így kevésbé optimálisnak számít a Kaur és munkatársai (2012) által leírtak alapján.

Transz-zsírsavak mindegyik kenhető zsiradékban meghatározható mennyiségben voltak jelen. A Magyar Élelmiszerkönyv 3-2-2013/1 irányelve szerinti számítás alapján a vajban 0,87 g/100 g zsír a transz-zsírsavak mennyisége, azonban ha ehhez hozzávonnánk a természetesen előforduló transz-izomereket, ez az érték 1,97 g/100 g zsírra növekedne. A margarínok esetében ez a szám nem változna, ezek TFA-tartalma ugyanis kizárólag a margaríngyártás technológiájának köszönhetően keletkezik, a bennük megtalálható transz-izomerek nem természetes eredetűek.

4.1.3. Egyéb termékek

A 7. táblázatban az egyéb termékekre kapott zsírsav-mutatók eredményeit tüntettem fel.

7. táblázat: A vizsgált egyéb termékekre kapott zsírsav-mutatók értékei. A zsírtartalom és a telített zsírsavak mennyisége g/100 g termékre értendő. Az SFA% a telített zsírsavak mennyisége g/100 g zsírra vonatkoztatva. A PUFA/SFA, AI, TI, H/H, HPI, UI, FLQ, LA/ALA, n-6/n-3, AA/(DGLA+EPA) dimenzió nélküli indexek. Az EPA+DHA és a TFA* mértékegysége g/100 g zsír.

	mogyorókrém	müzliszelet	főzőtejszín	vajas keksz	baromfipárizsi	szalámi	trappista sajt
Zsírtartalom (g/100 g)	33,3	17,2	20,0	10,9	17,0	47,0	26,0
Telített zsírsavak (g/100 g)	6,40	6,87	13,17	6,95	4,63	19,2	17,48
SFA%	19,21	39,93	65,83	63,80	27,24	40,87	67,22
PUFA/SFA	0,89	0,23	0,06	0,10	1,01	0,27	0,05
AI	0,21	0,46	2,67	2,46	0,35	0,57	2,95
TI	0,41	1,29	3,22	2,84	0,73	1,40	3,41
H/H	5,12	2,26	0,55	0,61	2,88	1,90	0,48
HPI	4,83	2,18	0,37	0,41	2,87	1,74	0,34
UI	96,61	65,97	33,84	37,46	96,45	65,42	31,42
EPA+DHA	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02
FLQ	-	-	-	0,04	-	-	-
LA/ALA	4,82	26,91	6,07	9,07	18,76	15,32	6,02
n-6/n-3	4,82	23,75	6,81	8,02	18,64	11,86	5,78
AA/(DGLA+EPA)	-	-	1,36	1,01	6,67	3,09	1,61
TFA*	0,19	0,06	0,44	0,86	0,27	0,23	0,77

A PUFA/SFA arány a baromfipárizsin kívül mindegyik mintánál 1 alatti volt. Az AI és TI értékei a tejzsír tartalmú termékeknél 2 feletti értéket vett fel, mely igazodik az eddig megállapítottakhoz. A trombogén index szempontjából csak a mogyorókrém és a baromfipárizsi érték el 1 alatti értéket, a többi termék magasabb arányban tartalmazott vérrögképződést elősegítő zsírsavakat.

Az EPA+DHA és FLQ mutatók egyedül a vajas keksz esetében adtak értelmezhető eredményt, de ez az érték is elhanyagolhatóan alacsony. Az AA/(DGLA+EPA) indexet vizsgálva az állati eredetű termékek láthatóan elkülönültek növényiektől. A tejszír tartalmú termékek esetében kapott eredmény az eddigiek alapján a legalacsonyabb, közel 1:1-hez arányt mutattak az egymással versengő 20 szénatomszámú omega-3 és omega-6 zsírsavak közt. A LA/ALA, valamint n-6/n-3 arányok a Kaur és munkatársai (2012) által kedvezőnek vélt 4 alatti értéket egyik esetben sem érik el, ezt az arányt a vizsgált termékek közül legjobban a mogyorókrém közelítette meg. Az állati zsiradékokat tartalmazó termékek TFA tartalma jóval magasabb volt a maradék kettőénél, a vajas kekszé szinte teljes mértékben megegyezett a vajnál kapott értékekkel.

4.1.4. Snack termékek

A 8. táblázatban a vizsgált snack termékekre kapott zsírsav-mutatók eredményei láthatók. A lényeges információkat a termékek sütéséhez használt zsiradékok hordozzák, ezért itt a snack termékek fajtája helyett ezek kerültek feltüntetésre.

Ami észrevehető, hogy a mutatók alapján a legjobb eredményeket a tisztán repceolajban sült termék érte el. Ez rendelkezett a legalacsonyabb AI és TI, valamint a legmagasabb PUFA/SFA értékekkel. Ezek mellett kellően magasak a H/H és HPI mutatók eredményei is, illetve az LA/ALA és n-6/n-3 arányok is 4 alattiak. Ezzel szemben a legkevésbé kívánatos értékekkel a pálmaolajban sült termék rendelkezett. Általánosságban elmondható, hogy a repceolajban sült termék mutatói hibahatáron belül megegyeznek a tiszta repceolajra kapott számadatokkal. Érdekes volt tehát megvizsgálni, hogy a zsírsavprofil, illetve a mutatókat befolyásolja-e egyáltalán, ha egy zsiradék hevítésen megy keresztül.

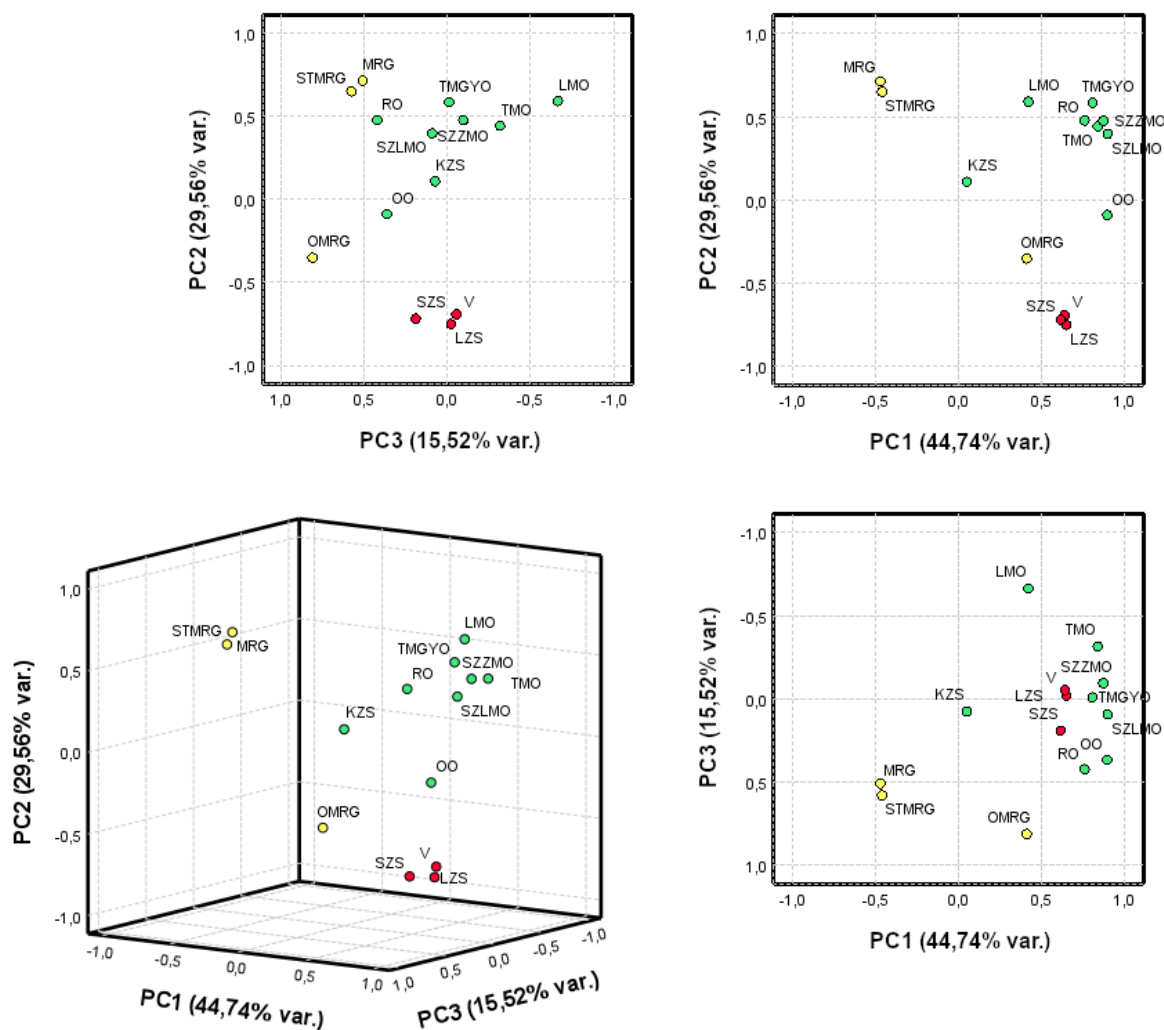
8. táblázat: A vizsgált snack termékekre kapott zsírsav-mutatók értékei. A termék megnevezése helyett a termék sütéséhez felhasznált zsiradék, vagy zsiradékkeverék lett feltüntetve. A zsírtartalom és a telített zsírsavak mennyisége g/100 g termékre értendő. Az SFA% a telített zsírsavak mennyisége g/100 g zsírra vonatkoztatva. A PUFA/SFA, AI, TI, H/H, HPI, UI, FLQ, LA/ALA, n-6/n-3, AA/(DGLA+EPA) dimenzió nélküli indexek. Az EPA+DHA és a TFA* mértékegysége g/100 g zsír.

	Napraforgó és repceolaj	Kukorica, napraforgó és repceolaj	Repceolaj	Pálmaolaj
Zsírtartalom (g/100 g)	33,0	32,0	14,0	24,0
Telített zsírsavak (g/100 g)	2,66	2,98	0,99	10,35
SFA%	8,07	9,32	7,06	43,11
PUFA/SFA	1,12	1,40	3,46	0,24
AI	0,05	0,07	0,05	0,82
TI	0,15	0,18	0,10	1,62
H/H	21,45	15,06	18,98	1,32
HPI	20,89	14,75	18,62	1,22
UI	95,01	97,53	116,7	61,86
EPA+DHA	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
FLQ	-	-	-	-
LA/ALA	9,87	24,88	2,95	48,72
n-6/n-3	9,68	24,88	2,96	48,72
AA/(DGLA+EPA)	-	-	-	-
TFA*	0,09	0,14	0,10	0,35

4.1.5. Hevítés hatásainak vizsgálata

A minták közül a tökmag-, szezám-, lenmag-, törökmogyoró-, szőlőmag-, repce- és olívaolajokat, kókusz-, sertés- és libazsírt, vaját és margarínokat vettem alá hőkezelésnek. A hőkezelés előtt és után felvett zsírsavprofilok különbségét képeztem, majd főkomponens-elemzés segítségével vizsgáltam, hogy az egyes mintamátrixok és a zsírsav-összetétel változások közt van-e összefüggés. A főkomponens-analízis eredményei a 3. ábrán összefoglalva láthatók. A scree plot és a sajátértékek alapján három változó lett megtartva, melyek együttesen az adathalmaz teljes varianciájának 89,82%-át fedték le. A főkomponens-elemzés jóságának vizsgálatára a Kaiser-Meyer-Olkin teszt 0,622-os értéket, Bartlett tesztje

pedig 0,001 alatti valószínűséget mutatott, így a változók elfogadható minőséggel írták le az adathalmazt.



3. ábra: A hevítés hatásának vizsgálata főkomponens-elemzés segítségével. Zöld színnel a növényi zsiradékok (lenmagolaj – LMO; kókuszszír – KZS; olívaolaj – OO; repceolaj – RO; szőlőmagolaj – SZLMO; szezámolaj – SZZMO; tökmagolaj – TMO; törökmogyoró-olaj – TMGYO), sárga színnel a margarínok (margarín – MRG; „omega” margarín – OMRG; sütőmargarín – STMRG), piros színnel pedig az állati eredetű zsiradékok (libazsír – LZS; sertészsír – SZS; vaj – V) láthatók. A főkomponensek mellett jelölésre került, hogy az adathalmaz teljes variációjának hány százalékát írják le.

A 3. ábrán jól látható, hogy a főkomponens-analízis eredményeképp három jól elkülöníthető csoportba tömörültek a vizsgált zsiradékok, mely származásukkal jó összefüggésbe hozható. Ez a három csoport a margarínok közül a margarín és a sütőmargarín

által alkotott, az állati eredetű zsiradékok, mint a vaj, a sertés- és a libazsír, valamint a növényi zsiradékok közül a lenmag-, a repce-, a szezámmag-, a szőlőmag-, a tökmag- és a törökmogyoró-olajat tartalmazó csoportok voltak. Mindhárom csoporttól elkülönültek a kókuszzsír, az olívaolaj és az „omega” margarin. A főkomponens-analízis elvégzése után a szoftver segítségével minden vizsgált zsírsavhoz rendeltünk három-három regressziós faktorpontot az alapján, hogy az egyes zsírsavak a három megtartott változó lineáris kiszámításában milyen mértékben vettek részt. Ezek közül a jelentősebbeket, melyeknél a faktorpont abszolútértéke 0,5 felett volt, a 9. táblázatban foglaltam össze.

9. táblázat: A zsírsavprofilozás során vizsgált komponensekhez a főkomponenseket befolyásoló hatásuk alapján rendelt regressziós faktorpontok (Factor Score). Zöld színnel a pozitív korrelációt mutató, narancssárgával a negatív korrelációt mutató komponensek kerültek jelölésre. A táblázatban csak a 0,5 abszolútérték feletti faktorponttal rendelkező zsírsavak szerepelnek.

Factor Score (PC1)	Zsírsav	Factor Score (PC2)	Zsírsav	Factor Score (PC3)	Zsírsav
4,991	ΣSFA	4,260	ΣMUFA	2,996	ΣMUFA
3,298	C16:0	3,683	C18:1 9c	2,895	C18:1 9c
0,917	C18:0	1,841	ΣPUFA	2,261	Σazonosítatlan
0,761	ΣMUFA	1,561	Σomega-6	-0,947	C16:0
0,646	C18:1 9c	1,437	C18:2 9c12c	-1,247	Σomega-3
-0,963	C18:2 9c12c	-0,515	C18:0	-1,305	C18:3 9c12c15c
-1,035	Σomega-6	-1,661	C16:0	-2,972	C18:2 9c12c
-1,152	ΣPUFA	-2,644	ΣSFA	-2,987	Σomega-6
-4,835	Σazonosítatlan	-3,815	Σazonosítatlan	-4,415	ΣPUFA

A táblázat alapján az látható, hogy az első főkomponensre leginkább a telített zsírsavak, a palmitinsav és az azonosítatlan komponensek mennyisége volt hatással, míg a másodikonál nagyobb hangsúlyt kapott az egyszeresen és a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége is. A harmadik változót, mely a legkevésbé fedte le az adathalmaz eredeti varianciáját a három főkomponens közül, leginkább az egyszeresen és a többszörösen telítetlen zsírsavak egymáshoz képesti aránya befolyásolta.

A három csoport és a három elkülönülő zsiradék kezelés előtti és utáni zsírsavösszetételét és az ezek alapján számított mutatók különbségeit ezután külön-külön vizsgáltam

meg, hogy jobban megérthessem a hőhatás által bekövetkezett változások közti eltéréseket. A tapasztalataimat a következőképp tudtam összefoglalni: a növényi zsiradékok csoportjánál jelentősen csökkent a beazonosíthatatlan komponensek aránya, melyek mellett viszont megnőtt az egyszeresen telítetlen, a telített és a transz-zsírsavak mennyisége. A beazonosíthatatlan komponensek feltehetően többszörösen telítetlen zsírsavak lehettek, melyek nem szerepeltek a csúcsazonosításhoz használt referenciaanyagokban. Az olívaolaj ezektől csak annyiban tért el, hogy nagyobb mértékű csökkenést mutatott többszörösen telítetlen zsírsavtartalma. A kókuszszírnál érdekes módon a telítettek aránya csökkent az egyszeresen telítetlen zsírsavak javára. Az állati zsiradékok csoportjánál a telítetlen zsírsavak aránya csökkent, a telítetteké pedig jelentősen megnőtt. A margarinok csoportjánál a többszörösen telítetlen és a telített zsírsavak csökkenése mellett az egyszeresen telítetlenek és a transz-zsírsavak, illetve a beazonosíthatatlan komponensek arányának növekedése volt megfigyelhető. A kivételt képező „omega” margarin esetében a többszörösen telítetlen zsírsavak arányának csökkenése sokszorosa volt a többi margarinnál megfigyelhetőnek, és ezek mellett a telített zsírsavak mennyisége is nőtt.

A PUFA/SFA esetében minden mintánál kb. 1-20%-os csökkenés volt megfigyelhető, kivéve a margarinok csoportjánál, ahol kb. 1-6%-os növekedés volt jellemző. Az AI mutatóra nézve a minták többsége 1-8%-os növekedést mutatott, de kivételt képeztek ez alól a margarinok csoportja, valamint a vaj, melyeknél 1-13%-os csökkenés volt megfigyelhető. A H/H és HPI indexeknél ezekhez nagyon hasonló összefüggések voltak tapasztalhatók. A TI esetében csak a margarinok csoportja különült el 9-11%-os csökkenést mutatva a többi mintától, melyeknél 1-15%-os növekedés volt megfigyelhető. Ez azzal magyarázható, hogy a margarint és a sütőmargarint leszámítva minden mintánál 0,11-0,78 g/100 g zsír közti értéket vett fel a palmitinsav megoszlásának növekedése a sütés hatására. A két kivétel esetében ezzel szemben 1,78, illetve 3,60 g/100 g zsír volt a palmitinsav arányának csökkenése. Mivel ez volt az egyik legnagyobb mennyiségben változó zsírsav és az említett mutatók számításának alapját képezi, ezért érthető azok értékeinek a tapasztalatok szerinti változása. Ami általánosan minden mintára jellemző volt, az a LA/ALA arány növekedése a linolsav javára. Ezek alapján a linolsav kisebb arányban bomlott hő hatására, mint az eggyel több telítetlen kötést tartalmazó alfa-linolénsav. A többi mutató esetében nem volt megfigyelhető egyértelműen magyarázható tendencia.

4.2. A mutatók befolyásolása termékfejlesztés során

A következőkben az egyes mutatók alapján történő termékoptimalizálás során tapasztaltakat foglalnám össze. Próbálkozásaim során az egyes mutatókra való optimalizálás a leírt három féle esetből mutatónként egyféleképp zajlott le.

Az első eset, amikor a mutató kívánt értéke nincs konkrétan megadva, ideális esetben az a lehető legmagasabb, vagy a legalacsonyabb értéket veheti fel. Ezeknél a mutatóknál a hozzáadható opciók közül a szoftver csak azt az egyet választotta ki és azt is a számára megengedett legnagyobb mennyiségben, mely az optimalizálandó zsírsav-mutató szempontjából már önmagában is a legjobb paraméterekkel rendelkezik. Így a PUFA/SFA arány, valamint az AI, TI, H/H, HPI és UI mutatók javítására is a természetes zsiradékok közül a csipkebogyómag-olaj volt a preferált választása. Az EPA+DHA és FLQ mutatók esetében a halolaj az egyetlen opció, mellyel hozzáadhatók a számításának szempontjából fontos eikozapentaén- és dokozaheksaénsavak.

A következő lehetőség volt az AA/(DGLA+EPA) esete, amely nem rendelkezik ajánlott referenciaértékkel, valamint a vizsgált termékek nagy többsége egyik zsírsavat sem tartalmazta, mely a mutató számításához szükséges lenne. Ahhoz, hogy az arachidonsavnak és a dihomo-gamma-linolénsav és eikozapentaénsav összegének hányadosát 1-re állítsuk be olyan termékekben, melyek egyik zsírsavat sem tartalmazták ezek közül, az állati eredetű zsiradékok megszabott arányú keverékét kell alkalmaznunk. Libazsír és halolaj keverékének használatával ez az arány kb. 860:1, vaj és halolajnál kb. 610:1, sertészsír és halolaj esetében pedig kb. 140:1, ahol mindegyik arányban a viszonyítási alap a hozzáadott halolaj mennyisége.

A harmadik esetet a LA/ALA és az n-6/n-3 aránya jelentették, mely rendelkezik nemhivatalos ajánlott beviteli arányokkal, és a számítás alapjául vett zsírsavak is megtalálhatóak voltak a vizsgált termékek nagy többségében. Ennél a két mutatónál a 4-es, vagy az alatti érték beállítása repceolaj, csipkebogyómag-olaj, vagy halolaj hozzáadásával lehetséges a szükséges hozzáadandó mennyiség alapján csökkenő sorrendben. A három zsiradék közül a halolaj az egyetlen, melyben a vizsgált mutató szempontjából más alkalmazandó mennyiségre van szükség, ugyanis magas omega-3 tartalma miatt az n-6/n-3 arányt képes 1 alattira változtatni, míg a linolsav/alfa-linolénsav arányt nem. A transz-zsírsavak mennyiségét nem tekintettem optimalizálandó mutatónak, mivel a transz-zsírsavak keletkezését, vagy hozzáadását lehetőség szerint minden élelmiszer-előállítónak érdemes

elkerülnie. A 10. táblázatban összefoglaltam, hogy az egyes mutatók optimalizálására a vizsgált zsiradékok közül melyeket találtam a legalkalmasabbnak.

10. táblázat: Az egyes mutatók szerinti optimalizálásra legalkalmasabb zsiradékok.

Optimalizálandó mutató	Optimalizálásra alkalmas zsiradékok (legalkalmasabbal kezdve)
PUFA/SFA	csipkebogyómag-olaj, lenmagolaj, dióolaj
AI	csipkebogyómag-olaj, repceolaj, törökmogyoró-olaj
TI	csipkebogyómag-olaj, repceolaj, dióolaj
H/H	csipkebogyómag-olaj, repceolaj, törökmogyoró-olaj
HPI	csipkebogyómag-olaj, repceolaj, törökmogyoró-olaj
UI	csipkebogyómag-olaj, dióolaj, lenmagolaj
EPA+DHA	halolaj
FLQ	halolaj
LA/ALA	halolaj, csipkebogyómag-olaj, repceolaj
n-6/n-3	halolaj, csipkebogyómag-olaj, repceolaj
AA/(DGLA+EPA)	halolaj és libazsír, vaj, vagy sertészsír keveréke
TFA*	-

A fentiekhez érdemes hozzátenni, hogy ezek a zsiradékok csak elméletben képesek javítani egy termék zsírsavprofilját a vizsgált mutatók alapján. Az alkalmasnak bizonyult növényi olajok közül egyik sem olcsó, így a hozzáadásukkal jelentősen növekedhet a termék előállítási költsége és ezáltal az ára is. Amikre szintén nem világít rá ez a fajta megközelítés, azok a hozzáadással létrejövő termék érzékszervi tulajdonságai, és ezáltal annak fogyasztói elfogadása. Amint korábbiakban Krutulyte és munkatársai 2011-es kutatása kapcsán említésre került, a fogyasztó elképzelései alapján a terméknek tulajdonított érzékszervi tulajdonságok jelentősen befolyásolhatják annak elfogadottságát, mely közvetlenül hozzájárul a vásárlási hajlandóságához is. Ezek alapján érdemes azt is figyelembe venni a felsorolt zsiradékok hozzáadásánál, hogy az mennyire illik érzékszervileg a kiindulási termékhez, például nem kölcsönöz-e annak esetleg olyan idegen ízt, vagy illatot, mely negatívan befolyásolhatná a reformulált termék vásárlói megítélését.

5. Következtetések és javaslatok

A releváns szakirodalom áttekintése és a mutatók széleskörű alkalmazása után az alábbi következtetésekre jutottam azokkal kapcsolatban. A többszörösen telítetlen és telített zsírsavak aránya (PUFA/SFA) a telített zsírsavak mennyiségéhez hasonlóan nem szolgál jelentős információval az adott termékben található zsírsavak táplálkozás-élettani hatásairól. Ugyanez elmondható a telítetlenségi indexről (UI) is, mely bár alkalmaz súlyzófaktorokat a számításhoz, azok csak a zsírsavak telítetlenségi fokához kapcsolhatók, a kapott eredmény tehát nem szolgál táplálkozás-élettani szempontból hasznos információval. Az arachidonsavnak, valamint a dihomo-gamma-linolénsav és eikozapentaénsav összegének aránya ($AA/(DGLA+EPA)$), az eikozapentaénsavnak és dokozahexaénsavnak az összege ($EPA+DHA$), illetve a hal zsiradék minőség (FLQ) mutatók az esetek túlnyomó többségében nem szolgáltak értelmezhető információval. Ezek szinte kizárólag csak állati eredetű zsiradékok, és azon belül is főként a halak és egyéb tengeri állatok zsírjainak leírására szolgálhatnak, alkalmazásuk széles körben nem javasolt. Az egészség-megőrző indexnek (HPI) és a hipokoleszterinémiás és hiperkoleszterinémiás zsírsavak arányának (H/H) számítása nem különbözik jelentősen az aterogén indexétől (AI), emiatt használatuk nem szolgál többlet információkkal ahhoz képest. Ezek használata helyett érdekesebb lenne inkább további kutatásokat folytatni, mellyel pontosíthatók lehetnének az aterogén és trombogén indexek az alkalmazott súlyzófaktoraikkal, melyeket eredetileg Ulbricht és Southgate (1991) is javasoltak. Az indexek számítását bővíteni lehetne a jelenlegi tudásunk alapján is. Újabb tagokként hozzáadhatók lehetnének a transz-zsírsavak, mint aterogén és trombogén zsírsavak, valamint az omega-3 és omega-6 zsírsavak, mint érelmeszesedést és vérrögképződést gátlók, saját, klinikai kutatásokkal alátámasztott súlyzófaktoraikkal. A linolsav és alfa-linolénsav, valamint az omega-6 és omega-3 zsírsavak arányának gyakorlati alkalmazásában fontos előrelépést jelenthetne, ha rendelkeznének nemzetközileg elfogadott, ajánlott referenciaértékekkel. A transz-zsírsavak mennyisége továbbra is egy szükséges paraméter, melyet a hatóságoknak és jobb esetben az élelmiszer-előállítóknak is vizsgálniuk kell az élelmiszerek biztonsága szempontjából.

Úgy gondolom, hogy a mutatók minősítésének céljából sikerült elérnem a kitűzött céljaimat. Ami a termékpaletta lefedettségét és az élelmiszer-reformuláció nyomon követését

illeti, egy sokkal kidolgozottabb, több évet lefedő mintavételezési tervre lenne szükség a megvalósításához. Egy nagyobb szabású vizsgálat-sorozat során lehetőség volna a minták zsírtartalmát is szabványos eljárások szerint megmérni, ezáltal pontosabb eredményekre szert tenni. A reformuláció-monitorozás során a mintázott termékek teljes zsírsavprofilját fel kellene venni, ezáltal a mutatók közül a zsírsavak táplálkozás-élettani hatásait jobban kifejezők, mint az aterogén index, trombogén index, vagy az omega-6 és omega-3 arányok kiszámításra kerülhetnének. Ezekkel együttesen egy kellően átfogó képet lehetne kapni arról, hogy a különböző termékeknél és termékcsoporthoznál észrevehető-e a zsírsav-összetétel alapú reformulációra való törekvés az élelmiszerelőállítók részéről a vizsgált időintervallumban.

6. Összefoglalás

A szív- és érrendszeri betegségek a közel leggyakoribb és legsúlyosabb népbetegségeknek számítanak, melyekről több klinikai kutatás is bebizonyította, hogy kialakulásuk kockázatát életmódunk és táplálkozásunk jelentősen megnövelheti. Az egyik kockázatonövelő faktor, mint ahogy a korai kutatások feltárták, az élelmiszereinkben levő telített zsírsavak fogyasztása, melyek összefüggésbe hozhatók az érlemeszesedéssel, valamint a magas vérkoleszterin-szinttel. Emiatt, hogy a fogyasztók tájékoztatva legyenek az élelmiszerek telített zsírsavtartalmáról, Európa szerte kötelezővé tették a termékek tápérték táblázatában megjeleníteni azt.

Az elmúlt évek kutatásainak köszönhetően ma már sokkal jobban megértettük a különböző zsírsavak táplálkozás-élettani hatásait. Az újabb ismeretanyagokból kiindulva kutatócsoportok több olyan tápérték mutatót is igyekeztek kidolgozni az évek során, melyek jobban írják le az elfogyasztott zsiradékok emberi szervezetre gyakorolt hatásait. Ezek közül néhány tudományos körökben gyakran alkalmazott és elismert index, de sajnálatos módon egyik sem került azóta sem általánosan használható, hétköznapi gyakorlatban elterjedt tápérték mutatóvá.

A dolgozatom célja az volt, hogy a szakirodalmak alapján összegyűjtse ezeket a gyakrabban használt zsírsav alapú tápérték mutatókat, és minél szélesebb termékpalettán alkalmazva mérlegelje azok potenciális hasznosságát elsősorban élelmiszer-reformuláció céljával. Ehhez a begyűjtött élelmiszerminták feldolgozását követően felvettem azok zsírsavprofilját, melyekből kiszámítottam az összegyűjtött zsírsav-mutatók értékeit. A dolgozat során emberi fogyasztásra szánt, természetes növényi és állati zsiradékok, kenhető zsiradékok, snack és egyéb magas zsírtartalmú termékek kerültek vizsgálatra. Az eredmények kiértékelését követően összefoglalásra kerültek azok is, hogy esetleges élelmiszer-reformulációhoz kapcsolódó termékfejlesztés esetén mely vizsgált zsiradékokkal lehet az egyes mutatók alapján javítani azok zsírsavprofilját.

A vizsgált mutatók közül a többszörösen telítetlen és a telített zsírsavak aránya (PUFA/SFA), valamint a telítetlenségi index (UI) nem adott olyan mértékű többlet információt a termékről, mely alapján alkalmazásuk indokolt lehetne reformulált élelmiszer előállításánál. Az eikozapentaénsav és dokozahexaénsav összege (EPA+DHA), illetve az erre épülő hal

zsiradék minősége (FLQ), továbbá az arachidonsavnak, valamint a dihomogamma-linolénsav és eikozapentaénsav összegének aránya ($AA/(DGLA+EPA)$) ritkán szolgáltak értékelhető információval, így ezek alkalmazása is halászati termékek kivételével kerülendő. A hipokoleszterinémias és hiperkoleszterinémias zsírsavak aránya (H/H), valamint az egészségmegőrző index (HPI) számítási módjában és ezáltal a kapott eredményekben is azonos tendenciákat mutatott az aterogén index (AI) esetében kapottakkal, mely bár régebbi, de ugyanakkor további fejlesztésekre alkalmas mutató. Ezek alapján tehát az előző kettő index használata szintén nem javasolt. Az aterogén index (AI) mellett a trombogén index (TI) is magában hordozza a fejlesztés lehetőségét, melyet az eredeti alkotók is leírtak munkájuk során (Ulbricht és Southgate, 1991). Ha ezek a mutatók figyelembe vennék a transz-zsírsavak, valamint az omega-3 és omega-6 zsírsavak az utóbbi években bebizonyított élettani hatásait, pontosabban írhatnák le az elfogyasztott zsiradékok érlelmeszesedést, vagy vérrögződést befolyásoló hatásait. A linolsav és alfa-linolénsav (LA/ALA), illetve az omega-6 és omega-3 zsírsavak aránya ($n-6/n-3$) széleskörűen alkalmazható, könnyen használható mutatók lehetnének, ha rendelkeznének nemzetközileg elfogadott, klinikai kutatások eredményeivel alátámasztott ajánlott referenciaértékekkel.

További lehetőségeket jelenthetnének a fent említett mutatók pontosítására irányuló kutatások, melyekkel olyan általánosan alkalmazható indexeket lehetne létrehozni, amikkel jól jellemezhetőek lehetnének az elfogyasztott zsiradékok szív- és érrendszeri betegségek kialakulását, vagy egyéb táplálkozás-élettani folyamatokat befolyásoló hatásai. Emellett egy nagyszabású, hosszabb időintervallumot felölelő mintavételezési tervet követve, a fent említettek alapján jól alkalmazhatónak bizonyult mutatók használatával lehetőség volna pontosabban követni az élelmiszerek reformulációját azok zsírsav-összetételének tekintetében.

7. Irodalomjegyzék

1. 71/2013. (XI. 20.) EMMI rendelet 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
rövidítve: 71/2013. (XI. 20.) EMMI rendelet
2. A Bizottság (EU) 2019/649 rendelete (2019. április 24.) az 1925/2006/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet III. mellékletének az állati eredetű zsírokban természetes módon előforduló transzzsírsavaktól eltérő transzzsírsavak tekintetében történő módosításáról
rövidítve: 2019/649 EU rendelet
3. Abrami, G., Natiello, F., Bronzi, P., McKenzie, D., Bolis, L., Agradi, E. (1992): A comparison of highly unsaturated fatty acid levels in wild and farmed eels (*Anguilla Anguilla*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 101(1-2), pp. 79–81. [doi:10.1016/0305-0491\(92\)90161-j](https://doi.org/10.1016/0305-0491(92)90161-j)
4. Az Európai Parlament és a Tanács 1169/2011/EU rendelete (2011. október 25.) a fogyasztók élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásáról, az 1924/2006/EK és az 1925/2006/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról és a 87/250/EGK bizottsági irányelv, a 90/496/EGK tanácsi irányelv, az 1999/10/EK bizottsági irányelv, a 2000/13/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv, a 2002/67/EK és a 2008/5/EK bizottsági irányelv és a 608/2004/EK bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről
rövidítve: 1169/2011/EU rendelet
5. Az Európai Parlament és a Tanács 1333/2008/EK rendelete (2008. december 16.) az élelmiszer-adalékanyagokról
rövidítve: 1333/2008/EK rendelet
6. Bligh, E. G., Dyer, W. J. (1959): A RAPID METHOD OF TOTAL LIPID EXTRACTION AND PURIFICATION. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37(8), pp. 911–917.
[doi:10.1139/o59-099](https://doi.org/10.1139/o59-099)
7. Chen, J., Liu, H. (2020): Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 5695. [doi:10.3390/ijms21165695](https://doi.org/10.3390/ijms21165695)

8. Chen, S., Bobe, G., Zimmerman, S., Hammond, E. G., Luhman, C. M., Boylston, T. D., Freeman, A. E., Beitz, D. C. (2004): Physical and Sensory Properties of Dairy Products from Cows with Various Milk Fatty Acid Compositions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), pp. 3422–3428. [doi:10.1021/jf035193z](https://doi.org/10.1021/jf035193z)
9. Csapó J., Csapó Jánosné (2004): A lipidek biokémiai változásai. In: Csapó J. – Csapó Jánosné: *Élelmiszerkémia*. Kolozsvár, Románia: Scientia Kiadó, pp. 278-283. ISBN: 973-7953-24-7
10. Den Hartigh, L. J. (2019): Conjugated Linoleic Acid Effects on Cancer, Obesity, and Atherosclerosis: A Review of Pre-Clinical and Human Trials with Current Perspectives. *Nutrients*, 11(2), 370. [doi:10.3390/nu11020370](https://doi.org/10.3390/nu11020370)
11. Dietschy, J. M. (1998): Dietary Fatty Acids and the Regulation of Plasma Low Density Lipoprotein Cholesterol Concentrations. *The Journal of Nutrition*, 128(2), pp. 444S–448S. [doi:10.1093/jn/128.2.444s](https://doi.org/10.1093/jn/128.2.444s)
12. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA) (2010): Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *EFSA Journal* 8(3), 1461, 107 p. [doi:10.2903/j.efsa.2010.1461](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1461)
13. Feizollahi, E., Hadian, Z., Honarvar, Z. (2018): Food Fortification with Omega-3 Fatty Acids; Microencapsulation as an Addition Method. *Current Nutrition & Food Science*, 14(2), pp. 90–103. [doi:10.2174/1573401313666170728151350](https://doi.org/10.2174/1573401313666170728151350)
14. Ference, B. A., Kastelein, J. J. P., Catapano, A. L. (2020): Lipids and Lipoproteins in 2020. *JAMA*. [doi:10.1001/jama.2020.5685](https://doi.org/10.1001/jama.2020.5685)
15. 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), pp. 2289–2303. [doi:10.1007/s13197-012-0677-0](https://doi.org/10.1007/s13197-012-0677-0)
16. Krutulyte, R., Grunert, K. G., Scholderer, J., Lähteenmäki, L., Hagemann, K. S., Elgaard, P., Nielsen, B., Graverholt, J. P. (2011): Perceived fit of different combinations of carriers and functional ingredients and its effect on purchase intention. *Food Quality and Preference*, 22(1), pp. 11–16. [doi:10.1016/j.foodqual.2010.06.001](https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.06.001)
17. Lichtenstein, A. H. (2016): Fatty Acids: Trans Fatty Acids. *Encyclopedia of Food and Health*, pp. 645–648. [doi:10.1016/b978-0-12-384947-2.00280-4](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00280-4)

18. Logue, J. A., De Vries, A. L., Fodor, E., Cossins, A. R. (2000): Lipid Compositional Correlates of Temperature-Adaptive Interspecific Differences in Membrane Physical Structure. *Journal of Experimental Biology*, 203(14), pp. 2105–2115.
[doi:10.1242/jeb.203.14.2105](https://doi.org/10.1242/jeb.203.14.2105)
19. Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 3-2-2013/1 számú irányelv
Az élelmiszerek összes zsírtartalmának, zsírsavösszetételének és az élelmiszerekben
lévő transz-zsírsavak mennyiségi meghatározásának vizsgálati módszerei, 2. kiadás,
2019
20. Mierliță, D. (2018): Effects of diets containing hemp seeds or hemp cake on fatty acid composition and oxidative stability of sheep milk. *South African Journal of Animal Science*, 48(3), pp. 504-515. [doi:10.4314/sajas.v48i3.11](https://doi.org/10.4314/sajas.v48i3.11)
21. Miskandar, M. S., Man, Y. C., Yusoff, M. S., Rahman, R.A. (2005): Quality of margarine: fats selection and processing parameters. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 14(4), pp. 387-395.
22. Møller, A. (2011): Fatty Acid Molecular Weights and Conversion Factors. *Danish Food Information*, 2011
23. MSZ EN ISO 12966-2:2017 Állati és növényi zsírok és olajok. Zsírsav-metil-észterek gázkromatográfiás meghatározása. 2. rész: A zsírsav-metil-észterek előkészítése.
24. MSZ EN ISO 12966-4:2015 Állati és növényi zsírok és olajok. Zsírsav-metil-észterek gázkromatográfiás meghatározása. 4. rész: Kapilláris gázkromatográfiás meghatározás.
25. Mukherjee, P. K., Chawla, A., Loayza, M. S., Bazan, N. G. (2007): Docosanoids are multifunctional regulators of neural cell integrity and fate: Significance in aging and disease. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 77(5-6), pp. 233–238.
[doi:10.1016/j.plefa.2007.10.022](https://doi.org/10.1016/j.plefa.2007.10.022)
26. Nakamura, M. T., Nara, T. Y. (2004): STRUCTURE, FUNCTION, AND DIETARY REGULATION OF $\Delta 6$, $\Delta 5$, AND $\Delta 9$ DESATURASES. *Annual Review of Nutrition*, 24(1), pp. 345–376. [doi:10.1146/annurev.nutr.24.121803.063211](https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.24.121803.063211)
27. Petrovic, S., Arsic, A. (2016): Fatty Acids: Fatty Acids. *Encyclopedia of Food and Health*, pp. 623–631. [doi:10.1016/b978-0-12-384947-2.00277-4](https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00277-4)

28. Plasek B., Lakner Z., Kasza G., Temesi Á. (2020): Consumer Evaluation of the Role of Functional Food Products in Disease Prevention and the Characteristics of Target Groups. *Nutrients*, 12(1), 69. [doi:10.3390/nu12010069](https://doi.org/10.3390/nu12010069)
29. Poli, A., Agostoni, C., Visioli, F. (2023): Dietary Fatty Acids and Inflammation: Focus on the n-6 Series. *International Journal of Molecular Sciences* 24(5), 4567. [doi:10.3390/ijms24054567](https://doi.org/10.3390/ijms24054567)
30. Puska, P., Jäni, P. (2020): The North Karelia Project: Prevention of Cardiovascular Disease in Finland Through Population-Based Lifestyle Interventions. *American Journal of Lifestyle Medicine* 14(5), pp.495-499. [doi:10.1177/1559827620910981](https://doi.org/10.1177/1559827620910981)
31. Rucker, D. – Dhamoon, A. S. (2022): Physiology, Thromboxane A2. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; Letöltés dátuma: 2024.02.11. forrás: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539817/>
32. Rustan, A. C., Dreven, C. A. (2005): Fatty Acids: Structures and Properties. *Encyclopedia of Life Sciences*. [doi:10.1038/npg.els.0003894](https://doi.org/10.1038/npg.els.0003894)
33. Santos-Silva, J., Bessa, R. J., Santos-Silva, F. (2002): Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. *Livestock Production Science*, 77(2-3), pp. 187–194. [doi:10.1016/s0301-6226\(02\)00059-3](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(02)00059-3)
34. Smith W. L. (1989): The eicosanoids and their biochemical mechanisms of action. *Biochemical Journal*, 259(2), pp. 315-324. [doi:10.1042/bj2590315](https://doi.org/10.1042/bj2590315)
35. Sniderman, A. D., Thanassoulis, G., Glavinovic, T., Navar, A. M., Pencina, M., Catapano, A., Ference, B. A. (2019): Apolipoprotein B Particles and Cardiovascular Disease. *JAMA Cardiology*. [doi:10.1001/jamacardio.2019.3780](https://doi.org/10.1001/jamacardio.2019.3780)
36. Stefanov, I., Vlaeminck, B., Fievez, V. (2010): A novel procedure for routine milk fat extraction based on dichloromethane. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(8), pp. 852–855. [doi:10.1016/j.jfca.2010.03.016](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.03.016)
37. Ulbricht, T. L., Southgate D. A. (1991): Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*. 338(8773), pp. 985-992. [doi:10.1016/0140-6736\(91\)91846-m](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-m)
38. World Health Organization (2022): Reformulation of Food and Beverage Products for Healthier Diets: Policy Brief. Genf, Sváj: World Health Organization, 2022. ISBN: 978-92-4-003991-9. Letöltés dátuma: 2024.02.25. forrás: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240039919>

7.1. Internetes források

1. web1: Christie, W. W. (2024): Sterols: 1. Cholesterol and Cholesterol Esters. Letöltés dátuma: 2024.02.02. forrás: <https://www.lipidmaps.org/resources/lipidweb/index.php?page=lipids/simple/cholesterol/index.htm>
2. web2: D5.3 Report on reformulation monitoring – Annexes (2023). Letöltés dátuma: 2023.10.05. forrás: <https://bestremap.eu/wp-content/uploads/2023/09/Annexes-D5.3-Report-on-reformulation-monitoring.pdf>
3. web3: Daily caloric supply derived from carbohydrates, protein and fat, Europe (FAO), 1961 to 2020. Letöltés dátuma: 2024.02.04. forrás: <https://ourworldindata.org/grapher/daily-caloric-supply-derived-from-carbohydrates-protein-and-fat?country=~Europe+%28FAO%29>
4. web4: FDA Completes Final Administrative Actions on Partially Hydrogenated Oils in Foods (2023). Letöltés dátuma: 2024.02.16. forrás: <https://www.fda.gov/food/cfsan-constituent-updates/fda-completes-final-administrative-actions-partially-hydrogenated-oils-foods>
5. web5: Központi Statisztikai Hivatal: 22.1.1.10. Halálozások a gyakoribb halálokok és nem szerint. Letöltés dátuma: 2024.03.04. forrás: https://www.ksh.hu/stadat_files/nep/hu/nep0010.html
6. web6: Omega-3 Fatty Acids: An Essential Contribution. Letöltés dátuma: 2024.02.06. forrás: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/what-should-you-eat/fats-and-cholesterol/types-of-fat/omega-3-fats/>
7. web7: A Best-ReMaP honlapja. Letöltés dátuma: 2023.10.05. forrás: <https://bestremap.eu/>

7.2. Használt rövidítések jegyzéke

AA: arachidonsav

AA/(DGLA+EPA): az arachidonsavnak és a dihomo-gamma-linolénsav és eikozapentaénsav összegének hányadosa

AI: aterogén index
ALA: alfa-linolénsav
apoB: apolipoprotein B
CLA: konjugált linolsav
DGLA: dihomogamma-linolénsav
DHA: dokozahexaénsav
DPA: dokozapentaénsav
EPA: eikozapentaénsav
EPA+DHA: eikozapentaénsav és dokozahexaénsav összege
FA: zsírsav
FLQ: hal zsiradék minősége
H/H: hipokoleszterinémias és hiperkoleszterinémias zsírsavak aránya
HDL: magas sűrűségű lipoprotein
HPI: egészség-megőrző index
LA: linolsav
LA/ALA: linolsav és alfa-linolénsav aránya
LDL: alacsony sűrűségű lipoprotein
LDL-C: alacsony sűrűségű lipoprotein-koleszterol
MUFA: egyszeresen telítetlen zsírsav
n-6/n-3: omega-6 és omega-3 zsírsavak aránya
PUFA/SFA: telítetlen és telített zsírsavak aránya
PUFA: többszörösen telítetlen zsírsav
SFA: telített zsírsav
TFA: transz-zsírsav
TFA*: transz-zsírsav-tartalom a Magyar Élelmiszerkönyv 3-2-2013/1 irányelve szerinti számítás alapján
TI: trombogén index
TXA₂: tromboxán A₂
UFA: telítetlen zsírsav
UI: telítetlenségi index
VLDL: nagyon alacsony sűrűségű lipoprotein

8. Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra: A linolsav struktúrája és a telítetlen kötéseinek számozási módjai.	4. oldal
2. ábra: A deszaturázok és elongázok telítetlen zsírsavakat felépítő folyamatai.	6. oldal
3. ábra: A hevítés hatásának vizsgálata főkomponens-elemzés segítségével.	37. oldal
1. táblázat: A mérésekhez szükséges vegyszerek, tisztaságuk és gyártójuk.	23-24. oldal
2. táblázat: A mérésekhez szükséges gázok, tisztaságuk és gyártójuk.	24. oldal
3. táblázat: A meghatározás során alkalmazott gázkromatográfiás körülmények.	27. oldal
4. táblázat: A vizsgált, természetes növényi eredetű zsiradékokra kapott zsírsav-mutatók értékei.	30. oldal
5. táblázat: A vizsgált, természetes állati eredetű zsiradékokra kapott zsírsav-mutatók értékei.	31. oldal
6. táblázat: A kenhető zsiradékokra kapott zsírsav-mutatók értékei.	32-33. oldal
7. táblázat: A vizsgált egyéb termékekre kapott zsírsav-mutatók értékei.	34. oldal
8. táblázat: A vizsgált snack termékekre kapott zsírsav-mutatók értékei.	36. oldal
9. táblázat: A zsírsavprofilozás során vizsgált komponensekhez a főkomponenseket befolyásoló hatásuk alapján rendelt regressziós faktorpontok (Factor Score).	38. oldal
10. táblázat: Az egyes mutatók szerinti optimalizálásra legalkalmasabb zsiradékok.	41. oldal
1. képlet: Többszörösen telítetlen és telített zsírsavak arányának számítása	14. oldal
2. képlet: Aterogén index számítása	15. oldal
3. képlet: Trombogén index számítása	15. oldal
4. képlet: Hipokoleszterinémiás és hiperkoleszterinémiás zsírsavak arányának számítása	16. oldal

5. képlet: Egészség-megőrző index számítása	16. oldal
6. képlet: Telítetlenségi index számítása	17. oldal
7. képlet: Hal zsiradék minőségének számítása	17. oldal

Rózsa Máté Diplomadolgozat 1. számú melléklete

A vizsgált minták zsírsav-összetétele

			napraforgó étolaj	csipkebogyómagolaj	dióolaj	tökmagolaj	szezámagolaj	lenmagolaj	törökmogyoró-olaj	szőlőmagolaj	repceolaj	kókuszszír	olívaolaj
Telített zsírsavak:	C4:0	vajsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C6:0	kapronsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,96	<0,02
	C8:0	kaprilsav	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	10,58	<0,02
	C10:0	kaprinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	6,76	<0,02
	C11:0	undekánsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02
	C12:0	laurinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	50,10	<0,02
	C13:0	tridekánsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02
	C14:0	mirisztinsav	0,07	0,03	0,03	0,11	<0,02	0,04	0,03	0,05	0,05	17,94	<0,02
	C15:0	pentadekánsav	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02
	C16:0	palmitinsav	6,00	3,97	6,70	11,72	9,80	5,71	5,07	6,79	4,17	6,66	11,16
	C17:0	heptadekánsav	0,04	0,07	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,05	<0,02	0,04
	C18:0	sztearinsav	3,38	2,24	2,65	5,37	4,15	3,28	2,14	3,52	1,50	2,58	2,64
	C20:0	arachinsav	0,24	<0,02	<0,02	0,36	0,47	0,09	0,11	0,13	0,47	0,06	0,43
	C21:0	arachidinsav	<0,02	0,10	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:0	behénsav	0,71	0,15	0,03	0,11	0,10	0,12	0,02	0,05	0,26	<0,02	0,14
	C24:0	lignocerinsav	0,23	0,14	<0,02	0,07	0,08	0,09	<0,02	<0,02	0,12	0,02	0,05
Egyszeresen telítetlen zsírsavak:	C14:1 9t (n-5)	mirisztelaidinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C14:1 9c (n-5)	mirisztoleinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C15:1 10c (n-5)	pentadecénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:1 9t (n-7)	palmitelaidinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:1 9c (n-7)	palmitoleinsav	0,08	0,10	0,08	0,12	0,14	0,08	0,17	0,10	0,20	<0,02	0,73
	C17:1 10c (n-7)	heptadecénsav	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 6t (n-12)**		<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 9t (n-9)**	elaidinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 11t (n-7)	transz-vakcénsav	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 9c (n-9)	olajsav	23,97	14,37	22,90	23,86	34,33	12,85	76,08	14,44	57,83	4,07	68,51
	C18:1 7c (n-11)		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 11c (n-7)	cisz-vakcénsav	0,57	0,46	0,81	0,68	0,96	0,72	0,99	0,72	2,74	0,04	1,83
	C20:1 11t (n-9)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:1 11c (n-9)	gadolénsav	0,15	0,32	0,19	0,08	0,16	0,11	0,15	0,17	1,52	0,02	0,26
	C22:1 13t (n-9)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:1 13c (n-9)	erukasav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,10	<0,02	<0,02
	C24:1 15c (n-9)	tetrakozénsav	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,10	<0,02	<0,02

Rózsa Máté Diplomadolgozat 1. számú melléklete

A vizsgált minták zsírsav-összetétele

			napraforgó étolaj	csipkebogyóolaj	dióolaj	tökmagolaj	szezámagolaj	lenmagolaj	törökmogyoró-olaj	szőlőmagolaj	repceolaj	kókuszszír	olívaolaj
Többszörösen telítetlen zsírsavak:	C16:2 9c12c (n-4)	hexadekadiénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:3 7c10c13c (n-3)	hexadekatriénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:2 9t12t (n-6)**	transz-linolsavak	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:2 9c12t (n-6)**		0,14	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,11	<0,02	<0,02
	C18:2 9t12c (n-6)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,08	<0,02	<0,02
	C18:2 9c12c (n-6)		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,08	<0,02	<0,02
	C18:2 9c12c (n-6)	linolsav (LA)	59,39	50,56	52,69	49,77	42,39	65,52	8,26	66,20	17,28	0,70	6,43
	C18:3 6c9c12c (n-6)	γ-linolénsav (GLA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12t15t (n-3)**	transz-α-linolénsavak	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12t15c (n-3)**		<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12c15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12t15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12c15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12t15c (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12c15c (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12c15c (n-3)	α-linolénsav (ALA)	0,06	21,74	9,25	0,18	0,26	4,06	0,08	0,40	5,85	<0,02	0,62
	C20:2 11c14c (n-6)	eikozadiénsav (EDA)	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	0,03	0,06	<0,02	<0,02
	C20:3 8c11c14c (n-6)	dihomo-γ-linolénsav (DGLA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:3 11c14c17c (n-3)	eikozatriénsav (ETE)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:4 6c9c12c15c (n-3)	sztearidonsav (SDA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:4 5c8c11c14c (n-6)	arachidonsav (AA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:4 8c11c14c17c (n-3)	eikozatetraénsav (ETA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:2 13c16c (n-6)	dokozadiénsav (DDA)	0,03	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:5 5c8c11c14c17c (n-3)	eikozapentaénsav (EPA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:5 7c10c13c16c19c (n-3)	dokozapentaénsav (DPA)	0,09	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:6 4c7c10c13c16c19c (n-3)	dokozahexaénsav (DHA)	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Összes telített zsírsav:			10,68	6,72	9,45	17,80	14,66	9,41	7,43	10,63	6,68	95,74	14,49
Összes egyszeresen telített zsírsav:			24,83	15,28	24,00	24,74	35,59	13,80	77,39	15,43	62,48	4,13	71,32
Összes többszörösen telített zsírsav:			59,70	72,41	61,98	49,99	42,73	69,65	8,35	66,66	23,39	0,70	7,05
Egyéb azonosítatlan komponensek:			4,79	5,58	4,57	7,46	7,01	7,14	6,84	7,28	7,44	<0,02	7,14
Összes transz-zsírsav:			0,16	0,04	0,04	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,19	<0,02	<0,02
Összes transz-zsírsav a MÉ 3-2-2013/1 irányelve alapján (**-gal jelölt):			0,14	0,04	0,04	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,19	<0,02	<0,02
Összes Omega-3 zsírsav:			0,15	21,79	9,25	0,22	0,27	4,07	0,09	0,43	5,85	<0,02	0,62
Összes Omega-6 zsírsav:			59,41	50,62	52,69	49,77	42,41	65,58	8,26	66,23	17,35	0,70	6,43

Rózsa Máté Diplomadolgozat 1. számú melléklete

A vizsgált minták zsírsav-összetétele

			sertézsír	libazsír	halolaj	vaj	margarin	"omega" margarin	olívaolajos margarin	sütőmargarin	mogyorókrém	műliszelet	főzőtejszín
Telített zsírsavak:	C4:0	vajsav	<0,02	<0,02	<0,02	3,45	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	3,22
	C6:0	kapronsav	<0,02	<0,02	<0,02	2,37	0,03	0,04	0,04	0,03	<0,02	<0,02	2,20
	C8:0	kaprilsav	<0,02	<0,02	<0,02	1,46	0,42	0,56	0,51	0,37	<0,02	<0,02	1,36
	C10:0	kaprinsav	0,11	<0,02	0,02	3,36	0,37	0,45	0,42	0,33	<0,02	0,03	3,21
	C11:0	undekánsav	<0,02	<0,02	<0,02	0,43	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,09
	C12:0	laurinsav	0,09	0,02	0,12	3,83	4,67	4,34	4,48	4,02	0,07	0,49	3,66
	C13:0	tridekánsav	<0,02	<0,02	0,04	0,26	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,13
	C14:0	mirisztinsav	1,40	0,50	6,97	11,09	1,99	1,84	1,82	2,20	0,33	0,47	10,73
	C15:0	pentadekánsav	0,05	0,03	0,46	1,25	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	1,09
	C16:0	palmitinsav	25,54	23,18	15,28	30,83	21,08	18,04	17,73	36,52	14,40	23,45	29,61
	C17:0	heptadekánsav	0,34	0,04	0,37	0,73	0,07	0,06	0,06	0,09	0,07	0,13	0,54
	C18:0	sztearinsav	15,87	6,81	3,00	8,36	2,80	2,52	2,69	3,83	3,95	13,69	9,68
	C20:0	arachinsav	0,23	0,05	0,18	0,13	0,42	0,43	0,42	0,38	0,14	0,67	0,15
	C21:0	arachidinsav	0,08	0,03	0,25	0,36	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	0,03
	C22:0	behénsav	<0,02	<0,02	0,09	0,03	0,18	0,18	0,18	0,12	0,13	0,56	0,06
	C24:0	lignocerinsav	<0,02	<0,02	0,77	<0,02	0,08	0,08	0,09	0,07	0,07	0,42	0,07
Egyszeresen telítetlen zsírsavak:	C14:1 9t (n-5)	mirisztelaidinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C14:1 9c (n-5)	mirisztoleinsav	<0,02	0,05	0,05	1,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,97
	C15:1 10c (n-5)	pentadecénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:1 9t (n-7)	palmitelaidinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02
	C16:1 9c (n-7)	palmitoleinsav	1,66	3,44	8,46	1,65	0,14	0,14	0,17	0,12	<0,02	0,16	1,75
	C17:1 10c (n-7)	heptadecénsav	<0,02	<0,02	0,17	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	0,04	0,24
	C18:1 6t (n-12)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 9t (n-9)**	elaidinsav	<0,02	0,26	<0,02	0,42	0,05	0,31	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 11t (n-7)	transz-vakcénsav	0,24	<0,02	0,13	1,10	<0,02	<0,02	0,18	<0,02	<0,02	<0,02	1,58
	C18:1 9c (n-9)	olajsav	30,99	48,36	8,42	18,08	42,53	44,88	45,66	33,89	56,92	45,45	19,96
	C18:1 7c (n-11)		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 11c (n-7)	cisz-vakcénsav	1,69	1,55	2,80	0,68	1,71	1,88	1,86	1,04	1,69	0,57	0,55
	C20:1 11t (n-9)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:1 11c (n-9)	gadolénsav	0,58	0,17	0,66	0,05	0,80	0,87	0,87	0,35	0,54	0,63	0,06
	C22:1 13t (n-9)**		<0,02	<0,02	0,25	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:1 13c (n-9)	erukasav	<0,02	<0,02	0,13	<0,02	0,09	0,09	0,12	0,03	0,09	0,07	<0,02
	C24:1 15c (n-9)	tetrakozénsav	<0,02	<0,02	0,35	<0,02	0,06	0,08	0,07	0,03	0,04	0,14	<0,02

Rózsa Máté Diplomadolgozat 1. számú melléklete

A vizsgált minták zsírsav-összetétele

			sertészsír	libazsír	halolaj	vaj	margarin	"omega" margarin	olívaolajos margarin	sütőmargarin	mogyorókrém	műliszelet	főzőtejszín
Többszörösen telítetlen zsírsavak:	C16:2 9c12c (n-4)	hexadekadiénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:3 7c10c13c (n-3)	hexadekatriénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:2 9t12t (n-6)**	transz-linolsavak	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,13
	C18:2 9c12t (n-6)**		0,03	0,06	0,19	0,30	0,07	0,06	0,06	0,07	0,04	0,03	0,13
	C18:2 9t12c (n-6)**		<0,02	<0,02	0,09	0,15	0,06	0,04	0,04	0,06	0,03	0,03	0,11
	C18:2 9c12c (n-6)	linolsav (LA)	13,18	8,46	0,97	2,23	12,97	12,72	12,11	9,56	14,01	8,78	2,67
	C18:3 6c9c12c (n-6)	γ-linolénsav (GLA)	0,03	0,05	0,26	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03
	C18:3 9t12t15t (n-3)**	transz-α-linolénsavak	<0,02	<0,02	0,07	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	0,08
	C18:3 9t12t15c (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12c15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12t15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12c15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12t15c (n-3)**		<0,02	<0,02	0,14	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12c15c (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,10	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12c15c (n-3)	α-linolénsav (ALA)	0,69	0,33	0,61	0,33	4,00	4,92	4,25	1,88	2,91	0,33	0,44
	C20:2 11c14c (n-6)	eikozadiénsav (EDA)	0,47	0,04	0,03	0,02	0,04	0,04	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,03
	C20:3 8c11c14c (n-6)	dihomo-γ-linolénsav (DGLA)	0,08	0,05	0,14	0,10	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,11
	C20:3 11c14c17c (n-3)	eikozatriénsav (ETE)	0,08	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:4 6c9c12c15c (n-3)	sztearidonsav (SDA)	<0,02	<0,02	2,80	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:4 5c8c11c14c (n-6)	arachidonsav (AA)	0,22	0,07	0,84	0,16	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,15
	C20:4 8c11c14c17c (n-3)	eikozatetraénsav (ETA)	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:2 13c16c (n-6)	dokozadiénsav (DDA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:5 5c8c11c14c17c (n-3)	eikozapentaénsav (EPA)	<0,02	<0,02	19,14	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:5 7c10c13c16c19c (n-3)	dokozapentaénsav (DPA)	0,07	<0,02	2,00	0,06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02
	C22:6 4c7c10c13c16c19c (n-3)	dokozahexaénsav (DHA)	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Összes telített zsírsav:			43,75	30,66	27,57	67,96	32,14	28,58	28,49	48,00	19,21	39,93	65,83
Összes egyszeresen telített zsírsav:			35,17	53,83	21,43	23,02	45,39	48,25	48,93	35,47	59,34	47,09	25,11
Összes többszörösen telített zsírsav:			14,93	9,07	27,32	3,45	17,14	17,78	16,50	11,63	17,12	9,21	3,89
Egyéb azonosítatlan komponensek:			6,15	6,44	23,69	5,58	5,34	5,39	6,08	4,90	4,33	3,77	5,18
Összes transz-zsírsav:			0,27	0,32	0,91	1,97	0,19	0,41	0,28	0,18	0,19	0,09	2,02
Összes transz-zsírsav a MÉ 3-2-2013/1 irányelve alapján (**-gal jelölt):			0,03	0,32	0,78	0,87	0,19	0,41	0,10	0,18	0,19	0,06	0,44
Összes Omega-3 zsírsav:			0,91	0,33	24,55	0,46	4,00	4,92	4,25	1,88	2,91	0,37	0,44
Összes Omega-6 zsírsav:			13,99	8,67	2,24	2,54	13,01	12,76	12,15	9,56	14,01	8,78	3,00

Rózsa Máté Diplomadolgozat 1. számú melléklete

A vizsgált minták zsírsav-összetétele

			vajas keksz	baromfi-párizsi	szalámi	trappista sajt	snack, napraforgó, repcelajban sült	snack, kukorica, napraforgó, repcelajban sült	snack, repcelajban sült	snack, pálmalajban sült	tökmagolaj (hevített)	szeszamagolaj (hevített)	lenmagolaj (hevített)
Telített zsírsavak:	C4:0	vajsav	3,80	<0,02	<0,02	3,41	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C6:0	kapronsav	2,33	<0,02	<0,02	2,32	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C8:0	kaprilsav	1,35	<0,02	<0,02	1,42	0,03	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	0,02
	C10:0	kaprinsav	3,08	<0,02	0,06	3,33	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02
	C11:0	undekánsav	0,39	<0,02	<0,02	0,41	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C12:0	laurinsav	3,46	0,05	0,11	3,79	<0,02	<0,02	<0,02	0,31	<0,02	<0,02	<0,02
	C13:0	tridekánsav	0,22	<0,02	<0,02	0,24	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C14:0	mirisztinsav	10,06	0,65	1,44	11,00	0,04	0,05	0,05	1,02	0,11	<0,02	0,04
	C15:0	pentadekánsav	1,11	0,12	0,04	1,20	<0,02	<0,02	0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:0	palmitinsav	28,46	20,52	24,40	30,42	3,90	5,49	4,41	37,35	12,06	10,06	5,84
	C17:0	heptadekánsav	0,66	0,18	0,26	0,67	0,03	0,03	0,06	0,10	0,05	0,06	0,06
	C18:0	sztearinsav	8,27	5,60	14,21	8,45	2,69	2,45	1,69	3,75	5,45	4,22	3,33
	C20:0	arachinsav	0,14	0,08	0,30	0,14	0,28	0,29	0,44	0,34	0,36	0,47	0,09
	C21:0	arachidinsav	0,42	0,05	0,06	0,40	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:0	behénsav	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,80	0,71	0,26	0,06	0,11	0,10	0,12
	C24:0	lignocerinsav	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	0,27	0,27	0,11	0,06	0,07	0,08	0,09
Egyszeresen telítetlen zsírsavak:	C14:1 9t (n-5)	mirisztelaidinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C14:1 9c (n-5)	mirisztoleinsav	0,95	0,16	<0,02	1,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C15:1 10c (n-5)	pentadecénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:1 9t (n-7)	palmitelaidinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:1 9c (n-7)	palmitoleinsav	1,48	4,80	1,98	1,63	0,12	0,14	0,17	0,16	0,12	0,14	0,08
	C17:1 10c (n-7)	heptadecénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 6t (n-12)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 9t (n-9)**	elaidinsav	0,46	0,22	0,23	0,45	0,05	0,04	0,02	0,08	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 11t (n-7)	transz-vakcénsav	1,25	<0,02	<0,02	1,32	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,03	<0,02
	C18:1 9c (n-9)	olajsav	18,29	31,78	35,53	17,40	74,73	69,66	57,94	39,84	24,03	34,55	12,97
	C18:1 7c (n-11)		<0,02	<0,02	<0,02	0,78	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 11c (n-7)	cisz-vakcénsav	0,76	1,70	2,79	0,71	0,85	0,83	2,38	0,71	0,73	1,02	0,74
	C20:1 11t (n-9)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:1 11c (n-9)	gadolénsav	<0,02	0,27	1,15	0,05	0,34	0,31	1,08	0,19	0,08	0,17	0,11
	C22:1 13t (n-9)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:1 13c (n-9)	erukasav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C24:1 15c (n-9)	tetrakozénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	0,09	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Rózsa Máté Diplomadolgozat 1. számú melléklete

A vizsgált minták zsírsav-összetétele

			vajas keksz	baromfi párizsi	szalámi	trappista sajt	snack, napraforgó, repceolajban sült	snack, kukorica, napraforgó, repceolajban sült	snack, repceolajban sült	snack, pálmolajban sült	tökmagolaj (hevített)	szeszámagolaj (hevített)	lenmagolaj (hevített)
Többszörösen telítetlen zsírsavak:	C16:2 9c12c (n-4)	hexadekadiénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:3 7c10c13c (n-3)	hexadekatriénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:2 9t12t (n-6)**	transz-linolsavak	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:2 9c12t (n-6)**		0,32	0,05	<0,02	0,32	0,02	0,05	0,05	0,14	0,04	0,05	0,05
	C18:2 9t12c (n-6)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,03	0,13	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:2 9c12c (n-6)	linolsav (LA)	5,13	25,54	9,24	2,41	8,17	12,43	18,13	9,87	49,90	42,41	66,01
	C18:3 6c9c12c (n-6)	γ-linolénsav (GLA)	<0,02	0,05	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12t15t (n-3)**	transz-α-linolénsavak	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12t15c (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12c15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12t15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12c15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12t15c (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12c15c (n-3)**		0,08	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12c15c (n-3)	α-linolénsav (ALA)	0,57	1,36	0,60	0,40	0,83	0,50	6,14	0,20	0,18	0,26	4,06
	C20:2 11c14c (n-6)	eikozadiénsav (EDA)	0,02	0,13	0,55	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,07
	C20:3 8c11c14c (n-6)	dihomo-γ-linolénsav (DGLA)	0,09	0,06	0,09	0,10	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:3 11c14c17c (n-3)	eikozatriénsav (ETE)	<0,02	<0,02	0,14	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:4 6c9c12c15c (n-3)	sztearidonsav (SDA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:4 5c8c11c14c (n-6)	arachidonsav (AA)	0,12	0,37	0,27	0,17	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:4 8c11c14c17c (n-3)	eikozatetraénsav (ETA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:2 13c16c (n-6)	dokozadiénsav (DDA)	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:5 5c8c11c14c17c (n-3)	eikozapentaénsav (EPA)	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:5 7c10c13c16c19c (n-3)	dokozapentaénsav (DPA)	0,06	0,04	0,11	0,07	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:6 4c7c10c13c16c19c (n-3)	dokozahexaénsav (DHA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,03	0,04
Összes telített zsírsav:			63,80	27,24	40,87	67,22	8,07	9,32	7,06	43,11	18,25	15,02	9,61
Összes egyszerűen telítetlen zsírsav:			23,22	38,92	41,68	23,36	76,14	70,98	61,74	40,98	24,99	35,90	13,93
Összes többszörösen telítetlen zsírsav:			6,48	27,60	11,01	3,49	9,05	13,03	24,40	10,34	50,18	42,77	70,24
Egyéb azonosítatlan komponensek:			6,49	6,24	6,43	5,92	6,74	6,67	6,80	5,57	6,58	6,31	6,22
Összes transz-zsírsav:			2,11	0,27	0,23	2,09	0,09	0,14	0,10	0,35	0,07	0,08	0,07
Összes transz-zsírsav a MÉ 3-2-2013/1 irányelve alapján (**-gal jelölt):			0,86	0,27	0,23	0,77	0,09	0,14	0,10	0,35	0,04	0,05	0,05
Összes Omega-3 zsírsav:			0,67	1,40	0,86	0,47	0,84	0,50	6,15	0,20	0,23	0,29	4,10
Összes Omega-6 zsírsav:			5,41	26,14	10,15	2,71	8,17	12,43	18,18	9,87	49,90	42,42	66,08

Rózsa Máté Diplomadolgozat 1. számú melléklete

A vizsgált minták zsírsav-összetétele

			törökmogyoró-olaj (hevített)	szőlőmagolaj (hevített)	repcelaj (hevített)	kókuszszír (hevített)	olívaolaj (hevített)	sertészsír (hevített)	libazsír (hevített)	vaj (hevített)	margarin (hevített)	"omega" margarin (hevített)	sütőmargarin (hevített)
Telített zsírsavak:	C4:0	vajsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	4,05	<0,02	<0,02	<0,02
	C6:0	kapronsav	<0,02	<0,02	<0,02	0,97	<0,02	<0,02	<0,02	2,50	0,04	0,05	0,04
	C8:0	kaprilsav	<0,02	0,06	<0,02	10,87	<0,02	0,02	<0,02	1,50	0,48	0,69	0,51
	C10:0	kaprinsav	<0,02	<0,02	<0,02	6,85	<0,02	0,11	<0,02	3,42	0,38	0,48	0,37
	C11:0	undekánsav	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	0,42	<0,02	<0,02	<0,02
	C12:0	laurinsav	<0,02	<0,02	<0,02	49,68	<0,02	0,09	0,02	3,92	4,60	4,60	4,23
	C13:0	tridekánsav	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	0,26	<0,02	<0,02	<0,02
	C14:0	mirisztinsav	0,03	0,05	0,05	18,43	<0,02	1,41	0,51	11,23	1,86	1,91	2,11
	C15:0	pentadekánsav	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,03	1,27	0,03	0,03	0,04
	C16:0	palmitinsav	5,19	7,06	4,31	6,94	11,59	26,02	23,69	31,37	19,30	18,83	32,92
	C17:0	heptadekánsav	0,04	0,06	0,05	<0,02	0,05	0,33	0,05	0,72	0,07	0,07	0,08
	C18:0	sztearinsav	2,17	3,64	1,54	2,68	2,70	16,48	6,96	8,41	2,63	2,63	3,61
	C20:0	arachinsav	0,11	0,13	0,48	0,07	0,44	0,24	0,05	0,13	0,41	0,45	0,38
	C21:0	arachidinsav	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	0,02	0,07	0,03	0,19	<0,02	0,03	<0,02
	C22:0	behénsav	0,02	0,05	0,27	<0,02	0,14	<0,02	0,05	0,02	0,18	0,18	0,13
	C24:0	lignocerinsav	<0,02	<0,02	0,13	0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	0,08	0,07
Egyszeresen telítetlen zsírsavak:	C14:1 9t (n-5)	mirisztelaidinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C14:1 9c (n-5)	mirisztoleinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	1,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C15:1 10c (n-5)	pentadecénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:1 9t (n-7)	palmitelaidinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:1 9c (n-7)	palmitoleinsav	0,17	0,10	0,20	<0,02	0,75	1,62	3,43	1,57	0,15	0,14	0,14
	C17:1 10c (n-7)	heptadecénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 6t (n-12)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 9t (n-9)**	elaidinsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,29	0,41	0,08	0,44	0,18
	C18:1 11t (n-7)	transz-vakcénsav	0,03	0,02	0,05	<0,02	0,03	0,23	<0,02	1,11	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 9c (n-9)	olajsav	76,28	14,75	58,14	4,18	68,76	30,59	47,96	17,44	44,36	45,56	36,98
	C18:1 7c (n-11)		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:1 11c (n-7)	cisz-vakcénsav	0,96	0,76	2,78	0,03	1,65	1,68	1,56	0,69	1,83	1,74	1,26
	C20:1 11t (n-9)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:1 11c (n-9)	gadolénsav	0,15	0,17	1,52	0,02	0,26	0,57	0,17	0,05	0,84	0,88	0,39
	C22:1 13t (n-9)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:1 13c (n-9)	erukasav	<0,02	<0,02	0,10	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,07	0,07	0,03
	C24:1 15c (n-9)	tetrakozénsav	<0,02	<0,02	0,11	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	0,07	0,04

Rózsa Máté Diplomadolgozat 1. számú melléklete

A vizsgált minták zsírsav-összetétele

			törökmogyoró-laj (hevített)	szőlőmagolaj (hevített)	repceolaj (hevített)	kókuszszír (hevített)	olívaolaj (hevített)	sertészsír (hevített)	libazsír (hevített)	vaj (hevített)	margarin (hevített)	"omega" margarin (hevített)	sütőmargarin (hevített)
Többszörösen telítetlen zsírsavak:	C16:2 9c12c (n-4)	hexadekadiénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C16:3 7c10c13c (n-3)	hexadekatriénsav	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:2 9t12t (n-6)**	transz-linolsavak	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:2 9c12t (n-6)**		<0,02	0,05	0,11	<0,02	<0,02	0,03	0,07	0,28	0,08	0,06	0,08
	C18:2 9t12c (n-6)**		<0,02	<0,02	0,08	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,14	0,06	0,05	0,07
	C18:2 9c12c (n-6)	linolsav (LA)	8,28	66,05	17,19	0,70	6,16	12,66	8,18	1,94	12,97	11,11	9,13
	C18:3 6c9c12c (n-6)	γ-linolénsav (GLA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12t15t (n-3)**	transz-α-linolénsavak	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12t15c (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12c15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12t15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12c15t (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9c12t15c (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:3 9t12c15c (n-3)**		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,06
	C18:3 9c12c15c (n-3)	α-linolénsav (ALA)	0,08	0,40	5,72	<0,02	0,56	0,65	0,31	0,26	3,79	3,67	1,53
	C20:2 11c14c (n-6)	eikozadiénsav (EDA)	<0,02	0,03	0,06	<0,02	<0,02	0,45	0,04	<0,02	0,03	0,03	<0,02
	C20:3 8c11c14c (n-6)	dihomo-γ-linolénsav (DGLA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,07	0,05	0,07	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:3 11c14c17c (n-3)	eikozatriénsav (ETE)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,08	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C18:4 6c9c12c15c (n-3)	sztearidonsav (SDA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:4 5c8c11c14c (n-6)	arachidonsav (AA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,20	0,07	0,10	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:4 8c11c14c17c (n-3)	eikozatetraénsav (ETA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:2 13c16c (n-6)	dokozadiénsav (DDA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C20:5 5c8c11c14c17c (n-3)	eikozapentaénsav (EPA)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:5 7c10c13c16c19c (n-3)	dokozapentaénsav (DPA)	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,07	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02
	C22:6 4c7c10c13c16c19c (n-3)	dokozahexaénsav (DHA)	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,03
Összes telített zsírsav:			7,60	11,09	6,91	96,59	15,01	44,82	31,39	69,45	30,05	30,03	44,51
Összes egyszeresen telített zsírsav:			77,58	15,81	62,90	4,24	71,45	34,70	53,45	22,31	47,39	48,90	39,03
Összes többszörösen telített zsírsav:			8,36	66,62	23,19	0,70	6,74	14,32	8,78	2,89	16,94	14,98	10,91
Egyéb azonosítatlan komponensek:			6,46	6,48	7,00	<0,02	6,79	6,16	6,38	5,35	5,62	6,10	5,55
Összes transz-zsírsav:			0,03	0,07	0,24	<0,02	0,04	0,27	0,37	1,95	0,22	0,56	0,39
Összes transz-zsírsav a MÉ 3-2-2013/1 irányelve alapján (**-gal jelölt):			<0,02	0,05	0,19	<0,02	<0,02	0,04	0,37	0,83	0,22	0,56	0,39
Összes Omega-3 zsírsav:			0,08	0,49	5,75	<0,02	0,58	0,85	0,31	0,33	3,79	3,71	1,56
Összes Omega-6 zsírsav:			8,28	66,08	17,25	0,70	6,16	13,42	8,38	2,14	13,00	11,15	9,14

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Rózsa Máté
A Hallgató Neptun kódja: LQJT6B
A dolgozat címe: Zsírsav-összetétel alapú tápérték mutatók alkalmazása
élelmiszer reformulálás alapjául
A megjelenés éve: 2024.
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024. év április hó 15. nap



Hallgató aláírása

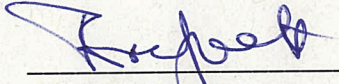
NYILATKOZAT

Rózsa Máté (hallgató Neptun azonosítója: LQJT6B) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakedolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2024 év április hó 16 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.