

SZAKÁLY Sándor

Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet  
(Hungarian Dairy Research Institute)  
H-7614 Pécs, Pf.: 116., Tüzér u. 15.  
e-mail: mtkipecs@t-online.hu

## A PUFA-LIPID PARADOXON – TUDOMÁNY ÉS GYAKORLAT

THE PUFA-LIPID PARADOX – SCIENCE AND PRACTICE

Human physiological judgment of dietary lipids (fats) is driven by the lipid-theory of *Ansel Keys* published in 1954. It says that higher fatty acid and cholesterol content of animal fats can be accused for the leading mortality factors just as cardiovascular diseases, in other terms hypertension and heart attack resulting from arteriosclerosis.

Social effect of the theory was enormous. A cholesterol hysteria spread over the world (after some twenty years also in Hungary), cooking technologies changed, animal fat intake dropped by 25% while that of plant fats jumped four times higher, total fat intake increased by 30%. Rate of energy intake from fats in developed countries reached 40-42% instead of the recommended 30% value. In details it meant the blaming of animal and plant lipids with higher saturated fatty acids (SAFA) – among them milk fat (butter) – and the laudation of plant oils with high polyunsaturated fatty acid (PUFA, mainly omega-6) content.

The scientific and practical dominancy of the theory was so strong that no remarkable (even Nobel prize winning) findings could shake its position.

Beginning from the last decade of the 20th century, however, three major breaking points appeared in the frontline of dietary fats. Even separately but also together these three findings gave the final jab to the theory.

As an effect of the new findings lipids with saturated fatty acids and cholesterol became secondary risk factors while plant oils (saffron-, sunflower-, walnut-, wheat germ-, cotton seed-, soybean-, corn germ- and sesame seed oils) rich in PUFA became the primary ones. The three findings are as follows:

- In 1992 the Harvard team of Willet alarmed the world that hydrogen treatment of plant oils result in formation of trans fatty acids and through the oxygenated LDL (oxLDL) these acids are main factors of arteriosclerosis. In 2002 the Institute of Medicine of the National Academies declared that “trans fatty acid tolerance of human body is zero”. In some countries (Denmark, Canada, USA) legal regulations have been put in effect.
- At the end of the century it was proved that omega-6 and omega-3 fatty acids if their ratio exceeds 3:1 or max 5:1 are potent factors of arteriosclerosis (beside causing other diseases and complaints just as allergy, psoriasis, migraine, periods pain, premature birth.) In Hungary the same ratio is 97:1.
- In 2005 the final jab to PUFA-rich oils was performed by prof. Ágnes Saari-Csallány of University of Minnesota when she and her team proved that during frying the PUFA oils formed highly cytotoxic, mutagenic and carcinogenic aldehyd compounds (HNE, HHE, HOE, HDE.) Toxic compounds can be found in fried meals (just as French fries, breaded meats) in the same concentration. Such compounds fail to form in lipids with low PUFA content.
- The paradox quoted in the title has a dual meaning: first is that the practice failed to follow the science and the second is that the „extreme unktion” for the lipid theory was given where the theory itself was born.

### 1. BEVEZETÉS – INTRODUCTION

A PUFA-lipidekhez szinte kivétel nélkül azok a növényi olajok tartoznak, amelyek gazdagok többszörösen telítetlen, azon belül is főleg omega-6 (=n6) zsírsavakban. Közülük a legismertebbek a sáfrány-, napraforgó-, dió-, búzacsíra-, gyapotmag-, szója-, kukoricacsíra-, zab- és a szezámogolaj, amelyek – csökkenő értéksorrendben – 77,7 és 43,3 % között tartalmazznak n6 zsírsavakat, mégpedig rendszerint a legnagyobb arányú linolsav (C18:2) mellett gamma-linolénsavat (C18:3gamma), eikoza-triénsavat (C20:3), eikotetraénsavat, kereskedelmi nevén arachidonsavat (C20:4) és dokozatetraénsavat (C22:4).

Az étkezési zsiradékok humánéletteni megítélése területén az elmúlt fél évszázadban zajlott a táplálkozástudomány legnagyobb csatája, amelyet érdemben jellemeznek ezen *Összefoglaló Referátum* feltüntetett forrásmunkái.

A folyamatot KEYS (1957, 1970, 1974, 1980) ún. lipid-elmélete 1954-ben indította el, amely az állati zsírok koleszterin- és nagyobb telített zsírsav (SAFA)-tartalmát tette felelőssé az emberiség halálozási okai közül első helyre került szív- és érrendszeri betegségekért. A plazmalipid-profilra gyakorolt hatás tekintetében kezdetben az étrendi koleszterint vélték elsődlegesnek, majd a két tényezőt azonos mértékűnek, az 1980-as évektől viszont a telített zsírsavak 2/3 arányú dominanciáját hirdették,

végül a századvégen – amerikai kutatások alapján – az étrendi koleszterin kikerült a veszélytényezők közül.

A vázolt árnyalati módosulások ellenére a fő vonulatot a telített zsírsavakban gazdagabb állati és növényi lipidek kárhóztatása, a többszörösen telítetlen (PUFA), főleg nő zsírsavakban gazdag növényolajok és a margarinok felmagasztalása jellemezte. Az állati zsírok közül a tejszír (vaj) került igazán a vádlottak padjára, ami már önmagában is gyengítette az egész lipid-elmélet objektivitását. A vonulat mentén koleszterin-hisztéria söpört végig az egész világon, átalakult az emberiség konyhája és a 20. században 1/4-del csökkent az állati zsírok fogyasztása, míg a növényi eredetű lipideké közel 4-szeresére nőtt. A két tendencia eredményeként – nemkivánatosan – közel 30%-kal emelkedett az étrendi lipid-felvétel, a fejlett országokban – így hazánkban is 40-42%-ra emelkedett a zsírból származó energiafogyasztás a kívánatos 30% alatti helyett.

A történésekkel párhuzamosan ugyan jelentős tudományos megállapítások sora született:

- (a) BROWN ÉS GOLDSTEIN 1985-ben Nobel-díjat kapott a koleszterin-receptorok (antioxidánsok) felfedezéséért, mert csak az oxidálódott LDL okoz érlemeszesedést, míg
- (b) mások igazolták, hogy a telített zsírsavak hatásai – a mirisztinsav (C14:0) kivételével – előnyösek, vagy semlegesek az ember számára, de ezek nem voltak képesek a hólabdaszerű folyamat megállítására.

A 20. század utolsó évtizedében és fordulóján három hatalmas horderejű felfedezés kihúzta a talajt a lipid-elmélet alól. Mindhárom egybehangzóan, de külön-külön is azt igazolta, hogy nem a telített, hanem a telítetlen zsírsavak jelentik az igazi veszélyt az ember egészségére. A megállapítások a következők.

- 1992-ben tették közzé a Harvard Egyetemről Willet és mtsai (1993), hogy a növényi olajok hidrogénezése során keletkező transz-zsírsavak növelik a plazma LDL-koleszterin szintjét, majd 2002 júliusában az Amerikai Tudományos Akadémia Egészségügyi Intézete deklarálja, hogy a transz-zsírokkal szemben az emberi szervezet toleranciája zéró. Konkrét kutatási háttér munkaként Gilman és mtsai 1997-ben közlik, hogy a transz-zsírok 3,5-szerte, 2003-ban pedig Stender és Dyerberg (1994, 1995, 2001, 2003) dán professzorok szerint 12,5-szerte voltak érlemeszesítőbbek, mint a telített zsírsavak. A két professzor tanulmánya lett az alapja annak, hogy a Dán Kormány megtiltotta mindazon élelmiszerek forgalmazását, amelyekben zsírba vetítve 2% feletti, energiára vetítve pedig 1% feletti a transz-zsír-tartalom. 2003-ban megtörtént a kanadai, majd 2006-ban az amerikai törvényi szabályozás is.
- Szintén a 20. század végén igazolták, hogy az omega-6 és omega-3 zsírsavak 3:1, de max. 5:1-nél nagyobb aránya más bajok (allergia, pikkelysömör, migrén, menstruációs fájdalmak, koraszülés) mellett rendkívül érlemeszesítő. Magyarországon ez az arány 97:1 (Szakály és Széles, 1993).
- Végül 2005-ben a magyar származású Saari-Csallány Ágnes (Seppanen és Saari Csallany, 2002, 2004, 2006) professzor asszony a Minnesotai Egyetemről adta meg a PUFA-ban gazdag olajoknak a „kegyelemdőfést”. Munkatársaival igazolták, hogy a PUFA olajokban a sütés során olyan aldehid vegyületek (HNE, HHE, HOE, HDE) képződnek, ame-

lyek erősen sejttoxikusak és mutagének, rákkeltők. A toxikus vegyületek azonos koncentrációban találhatóak a sült ételekben (pl. rántott húsok, burgonya). Velük szemben, ilyen vegyületek a PUFA-ban szegény lipidekben nem képződtek.

## 2. AZ ÉTRENDI ZSÍROK NÓMENKLATÚRÁJA – NOMENCLATURE OF DIETARY LIPIDS

### SAFA-lipidek – SAFA-lipids:

Telített zsírsavakat nagyobb arányban tartalmazók – pl. kókuszszír, pálmaolaj, pálmamag-olaj, kakaóvaj, tejszír, faggyú, sertészsír.

### MUFA-lipidek – MUFA-lipids:

Egyszeresen telítetlen zsírsavakat nagyobb arányban tartalmazók – pl. olívaolaj, baromfi zsírok.

### PUFA-lipidek – PUFA-lipids:

Többszörösen (főleg omega-6=n6) telítetlen zsírsavakat nagyobb arányban tartalmazók – pl. sáfrány-, napraforgó-, dió-, búza-csira-, kukoricacsíra-, gyapotmag-, szója-, zab- és szeszámag-olaj.

Megjegyzés: A gyakorlati szóhasználat praktikusán és ártatlanul, egyes reklámok tudatosan különbséget tesznek a szobahőmérsékleten szilárd zsírok és a folyékony olajok között. Valójában kémiailag mindegyik csoportba tartozók lipidek, vagyis zsírok.

## 3. A FÉLÉVSZÁZADOS MÚLT RÖVIDEN – THE LAST HALF CENTURY, SHORTLY

### 3.1. A lipid-elmélet – The lipid-theory

Az étrendi zsíradékok (lipidek) humánéletteni megítélésére a 20. század második felében KEYS (1957, 1970, 1974, 1980) 1954-ben megfogalmazott ún. lipid-elmélete nyomta rá a bélyegét. Eszerint „az állati zsírok nagyobb telített zsírsav-tartalma (SAFA) és koleszterinjé (chol) lenne a felelőse a halálozási okok első helyére került szív- és érrendszeri betegségeknek (CHD), vagyis az érlemeszesedést követő magas vérnyomásnak és infarktusoknak.”

Összegezés: A fő veszélytényezőnek tehát a telített zsírsavakat és az étrendi koleszterint tekintették. Ezen a közel fél évszázad alatt csupán árnyalatnyi módosulások következtek be: kezdetben az étrendi koleszterin hatását vélték elsődlegesnek, majd mindkét tényezőt azonos mértékűnek, mígnem az 1980-as évektől a telített zsírsavak 2/3 arányú dominanciáját hirdették, végül a századvégen – amerikai kutatások alapján – az étrendi koleszterin kikerült a veszélytényezők közül.

### 3.2. A lipid-elmélet kihatásai – Effects of the lipid-theory

Az elmélet társadalmi kihatása oly hatalmas volt, hogy

- koleszterin-hisztéria söpört végig az egész világon (nálunk húsz éves késéssel!),
- átalakult az emberiség konyhája,

- 1/4-del csökkent az állati zsírok, míg közel 4-szeresére nőtt a növényi lipidek fogyasztása, összességében 30%-kal emelkedett a lipid-felvétel.
- A zsírból származó energiefelvétel a fejlett országokban elérte a 40-42%-ot, a kívánatos 30% alatti helyett.
- A részleteket a telített zsírsavakban (SAFA) gazdagabb állati és növényi lipidek kárhozzátása, ezen belül a tejszír (vaj) vádoltak padjára ültetése, míg
- a többszörösen telített (PUFA, főleg n6) zsírsavakban gazdag növényi olajok felmagasztalása jellemezte.

Összegezés: A vázolt helyzet tudományos és gyakorlati egyeduralkodóan olyanmennyire stabil volt, hogy jelentős – köztük Nobel-díjjal jutalmazott – felfedezések sem tudtak a hólabda-szerű folyamaton rést ütni, ill. azt megállítani.

#### 4. A JELEN KISSÉ RÉSZLETESEBBEN – THE PRESENT IN DETAILS

A 20. század utolsó évtizedétől az étkezési zsírok területén három olyan hatalmas horderejű felfedezés történt, amelyek külön-külön is, együttesen még inkább „kihúzták a talajt” a lipid-elmélet alól.

Az új felismerések hatására a CHD másodlagos veszélytényezőjévé szelídültek a SAFA- és a koleszterines-lipidek, ugyanakkor elsődleges veszélytényezőkké (szinte közellenségé) léptek elő a PUFA-lipidek, vagyis a telítetlen n6 zsírsavak, a következő három dimenzióban.

- 1 A transz-telítetlen zsírsavak (TFA).
- 2 Az n6 és n3 telítetlen zsírsavak 3:1-nél, max. 5:1-nél nagyobb aránya.
- 3 Az n6 PUFA-növényolajokban a sütés során nagy mennyiségben képződő, igen erősen sejt- és genotoxikus aldehidvegyületek (összegező nevükön alkenálok).

Összegezés: Mindez a korábbi tudományos hipotézishez és gyakorlathoz képest homlokegyenest ellentétes (180 fokos) változást jelent.

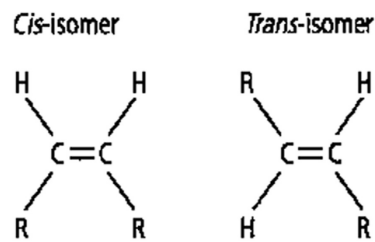
##### 4.1. A transz-telítetlen zsírsavak (TFA) – Trans fatty acids

A PUFA növényolajok ipari hidrogénezése során nagy mennyiségben képződnek transz-konfigurációjú zsírsavak (1. ábra).

A TFA-ban gazdag keményített zsírokat használják többek között

- a Completa kávéfehérítő-por,
- a leveskockák és -porok,
- a bolti és házi öntetek,
- az aprófánkok (Donuts),
- a muffinok,
- a bolti aprósütemények,
- a sós kekszek és ropik,
- a krémes sütemények,
- a növényi zsíros tejtermék-utánzatok,
- a csokoládék, részben pedig
- a chips-ek,

- a főzőolajok/zsírok és
- a margarinok gyártásához.



1. ábra

A cisz- és transz konfigurációjú zsírsavak térbeli kémiai szerkezete (The special chemical structure of the cis- and trans-isomer fatty acids)

Fig. 1.

##### 4.1.1. A TFA humánéletlani kárai – The human damages of the TFA

Fokozott érlelmeszesítés – Increased sclerosis

Elsőként WILLET ÉS MTSAL (1992) a Harvardról, majd sokan mások (EVERSON ÉS MTSAL, 1997; GILMAN ÉS MTSAL, 1997; MAUGER ÉS MTSAL, 2003) igazolták, hogy a TFA a koncentráció függvényében lineárisan növeli a vér LDL- és ugyanígy csökkenti a HDL-tartalmát, emellett fokozza az LDL oxidációját (oxLDL). Hatására nő az érlelmeszesedés és a CHD veszélye és csökken az arteriális áramlásminti értágulás (FMD). A TFA okozta tényleges CHD veszély növekedését szemlélteti az 1. táblázat.

1. táblázat

A TFA okozta tényleges CHD-veszély növekedése (Increase of the effective CHD-risk caused by TFA)

Table 1

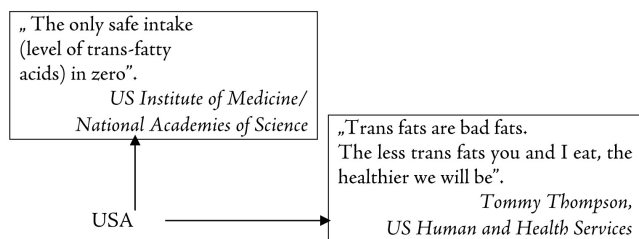
Szerzők (Authors)	TFA általi CHD-veszélynövekedés a SAFA-hoz képest (CHD-risk increase by TFA as compared to SAFA) SAFA=1
Gilman, M. W. et al. (1997)	14,9
Stender, S., Dyerberg, J. (2003)	12,5

Emlőrák – Breast cancer

Nagy TFA-felvétel növeli az emlőrák veszélyét, miután gátolja a PUFA deszaturálását.

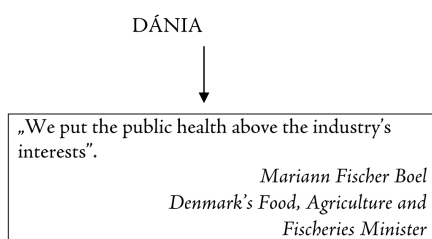
További életlani károk – Other physiological damages

- Az inzulin-érzékenység gátlása révén a deviáns tulajdonságú TFA közreműködik az inzulin-rezisztens 2-típusú diabetes kiváltásában.
- Az anyatejjel a csecsemőkbe jutott nagymennyiségű TFA rontja az újszülöttek agyfejlődését/-működését.
- Az USA Tudományos Akadémiájának Orvosi Intézete 2002 júliusában deklarálja, hogy „az étrendi transz-zsírsavakkal szemben az emberi szervezet toleranciája zéró” (KOH, 2003).



#### 4.1. 2. Törvényi következmények – Law consequences

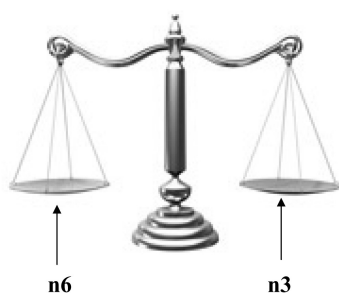
Dánia 2003. július 1-től megtiltotta minden olyan élelmiszer bolti árusítását, amelyekben a TFA-tartalom zsírra vetítve 2% felett, energiára vetítve 1% felett van (KOH, 2003, 2004; STENDER ÉS DYERBERG, 1994, 1995, 2001, 2003).



Kanadában 2003. január 1-től, az USA-ban 2006. január 1-től minden élelmiszeren első helyen kell feltüntetni a TFA-tartalmat (KOH, 2003; KOH, 2003a; KOH, 2003b; KOH, 2004; STENDER ÉS MTSAL, 1994; STENDER ÉS MTSAL, 1995; STENDER ÉS DYERBERG, 2001; STENDER ÉS DYERBERG, 2003).

#### 4. 2. Az n6:n3 zsírsavarány – The n6:n3 fatty acid rate

A humánélettanilag kiegyensúlyozott n6:n3 zsírsavarányt a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra

Fig. 3

Az n6:n3 zsírsavaránynek humánélettanilag egyensúlyban kell lennie (The n6:n3 fatty acid rate must be in balanced)

Ami pedig a konkrét arányokat illeti, azok a következők: az elfogyasztott zsírban, ill. a nemzet átlagdiétájában

- Az ajánlott optimális arány 3:1, de max. 5:1 alatti,
- A gyógyzsírban 1:1.
- A magyar diétában ez ma ténylegesen 97:1.
- A világdietában 1780-ban 1:3 volt, ma 7:1.

#### 4.2.1. Az n6:n3 zsírsavarány étrendi zsíradékokban - The n6:n3 fatty acid rate in dietary lipids

A címben jelölt konkrét arányokat összegezi a 2. táblázat.

2.táblázat

Table. 2.

Különböző étrendi zsírok n6:n3 zsírsavarányai (n6:n3 fatty acid rates of diverse dietary lipids)

Étrendi zsír (Dietary fat)	n6 : n3 arány (n6 : n3 ratio)
1. n3-többletűek (n3 excess): Halolaj (Fish oil) Lenolaj (Linseed oil)	1:5 1:4
2. Ideális arányúak (Ideal rate): Tejzsír (Milk fat) Repceolaj (Raps oil) Dióolaj (Walnut oil)	2:1 2:1 4:1
3. Enyhén n6-többletűek (Slight n6 excess): Szójaolaj (Soybean oil) Baromfiszír (Poultry fat)	7:1 9:1
4. Erősen n6-többletűek (Strong n6 excess): Földimogyoró-olaj (Peanut oil) Búzacsíra-olaj (Wheat-germ oil) Margarinok (Margarins) Kukoricacsíra-olaj (Corn-germ oil) Sertézsír (Pork fat)	17:1 26:1 36:1 68:1 82:1
5. n3-biányosak (n3 deficiency) Napraforgó-olaj (Sunflower oil) Sáfrányolaj (Safron oil) Gyapotmag-olaj (Cottonseed oil) Pálmaolaj (Palm oil) Kókuszszír (Cocos oil)	Végtelen (Infinite) Végtelen Végtelen Végtelen Végtelen

A táblázat adatai magyarázat nélkül is informatívak, fontos üzeneteket hordoznak, amelyek alapján könnyűszerrel kiszámíthatók egy-egy nemzet átlagdiétájának n6:n3 zsírsavarányai. Ez pl. hazánkban, mint már említettük, rendkívül nagy/rossz, annak összes hátrányos humánélettanilag következményével. Utóbbiakat a következő (4.2.2.) cím alatt részletezzük.

#### 4. 2. 2. Az n6:n3 arány számszerű növekedése okozta humánegészségügyi károsodások – Human health damages of the numerical growth of the n6:n3 rate

A kívánatos 3:1, ill. a még eltűrhető 5:1 alattinál nagyobb arányoknál számos humánegészségügyi károsodás következhet be külön-külön, de együttesen is, amelyek súlyossága az aránynövekedéssel lineárisan nő. Ezeket összegezi a 3. táblázat.

## 3. táblázat

Table 3

Az n6:n3 arány számszerű növekedése okozta humánegészségügyi károsodások (Human health damages of the numerical growth of the n6:n3 rate)

- Erős érlemeszesedés: Nő a plazma TG-, csökken a HDL-szint, törékennyé, keménnyé válnak, az erek, nő a vérnyomás, a szívritmia esélye, végső soron a CHD-halálozás. (*Acute arteriosclerosis: higher plasm TG and lower HDL level, blood vessels become fragile and hard, hypertensio, increased chance for heart arrhythmia, CHD-exitus.*)
- Allergia: Minden tizedik embert érint. (*Allergy: One tenth of people affected.*)
- Reumás ízületi fájdalmak/gyulladás: A lakosság legkevesebb 18%-ánál fordul elő. (*Rheumatic pains/inflammatio: less than 18% of population.*)
- Psoriasis/pikkelysömör: A lakosság 3%-át érinti. (*Psoriasis: 3% of population affected.*)
- Lágyuló ízületek: A lakosság legkevesebb 10%-ánál. (*Softening joints: not less than 3% of population.*)
- Gyakoribb lesz a migrén, ami inkább a nőket érinti. (*More frequent migraine, mostly women affected.*)
- Gyakrabban és erősebben lesznek a menstruációs fájdalmak. (*More frequent and stronger period cramps.*)
- Nő a koraszülés gyakorisága. (*Increased rate of premature birth.*)

A táblázat érdemi kiegészítést nem is igényel.

#### 4.3. Sejt- és genotoxikus aldehid-vegyületek képződése sütéskor PUFA- növényolajokban – The formation of cell- and genotoxic aldehid-compounds through frying in PUFA- vegetable oils

##### 4.3.1. Helyzetelemzés – State analysis

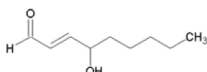
A magyar származású amerikai Saari Csallany Ágnes professzor asszony az Amerikai Olajkémikusok Társaságának 96. Évi Konferenciáján 2005 május 4-én Salt Lake City-ben (Utah állam) munkatársaival arról számolt be, hogy a PUFA-növényolajokban normál sütéskor (185°C) négyféle sejt- és genotoxikus aldehid-vegyület képződik (SEPPANEN ÉS SAARI CSALLANY, 2002, 2004, 2006).



A. Saari Csallany

Ezek a

- nonenal = HNE
- 4-hidroxi-2-trans- -hexenal = HHE
- octenal = HOE
- decenal = HDE



A fontosabb megállapítások a következők.

- A négy toxikus vegyület közül a HNE a fő termék.
- A képződött HNE-t minden esetben a linolsav (C18:2 n6) oxidációs termékeként azonosították.
- A HNE SAFA- és MUFA-lipidekben nem képződött.

##### 4.3.2. A HNE képződésének főbb paraméterei – The major parameters of the formation of HNE

- A HNE-koncentráció 6 óra sütésig nő, majd lassan csökken (lebomlás).
- A növekedés gyorsabb, mint a lebomlás.
- Megszakítások esetén is ugyanannyi képződik, mint folyamatos sütésnél.
- A sült élelmiszerekben (burgonya, húsok) már 10 perc után ugyanannyi hidroxialkenál volt, mint az olajban, mivel a vegyületek erősen reaktívak fehérjékkel, DNA-val és hasonló biomolekulákkal (4. ábra).



4. ábra

Fig. 4

Világviszonylatban a növényolajokban sült az egyik legjellemzőbb gyors étel (The most widespread fast foods in the world are fried in vegetable oils)

##### 4.3.3. A HNE humánegészségügyi vonatkozásai és a kialakult helyzet – Human health aspects of HNE and the evolved situation

- Erősen sejt- és genotoxikus.
- Kutatók összefüggésbe hozzák számos betegséggel, köztük az érlemeszesedéssel, a stroke-kal, a Parkinson-, az Alzheimer-, és a Huntington-kórral, továbbá a májbetegséggel és gyakori fogyasztás (mérgezés) esetén a rákkal.
- Saari Csallany professzor asszony (Seppanen és Saari Csallany, 2002, 2004, 2006) előadása felbolygatta egész Amerikát és a fél világot.
- Védekezési javaslata hirtelenjében annyi volt, hogy étteremben inkább főtt, mintsem olajban sült ételeket együnk, otthon pedig lehetőleg kerüljük a PUFA-olajok használatát.
- „Megtalálta” őt a teljes amerikai média és pár napra rá a HNE-ről oldalak százait lelte fel az internetező a nevének beírása után.
- Sorban állnak nála felvételre az egész világról PhD-hallgatók. Magyar egyelőre még nincs köztük.

## 5. A PARADOXON - THE PARADOX

A címben foglalt paradoxon kettős:

- egyfelől a tudományt még nem követte le a gyakorlat,
- másfelől a „kegyelemdőfést” onnan adták meg fél évszázaddal később a lipid-elméletnek, ahol annak megalkotója maga is dolgozott.

## ÖSSZEFOGLALÁS – SUMMARY

Az étrendi lipidek (zsiradék) humánéletteni megítélésére a 20. század második felében *Ansel Keys* 1954-ben megfogalmazott ún. lipid-elmélete nyomta rá bélyegét. Eszerint az állati zsírok nagyobb telített zsírsavtartalma és koleszterinje lenne a felelőse a halálozási okok között első helyre került szív- és érrendszeri betegségeknek, vagyis az érlelmeszesedést követő magas vérnyomásnak és infarktusoknak.

Az elmélet társadalmi kihatása oly hatalmas volt, hogy koleszterin-hisztéria söpört végig az egész világon (nálunk húsz éves kiséssel!), átalakult az emberiség konyhája, 1/4-del csökkent az állati zsírok, míg közel 4-szeresére nőtt a növényi lipidek fogyasztása, összességében 30%-kal emelkedett a lipid-felvétel. A zsírból származó energiafelvétel a fejlett országokban elérte a 40-42%-ot, a kívánatos 30% alatti helyett. A részleteket a telített zsírsavakban (SAFA) gazdagabb állati és növényi lipidek kárhóztatása, ezen belül a tejszír (vaj) vádoltak padjára ültetése, míg a többszörösen telítetlen (PUFA, főleg omega-6) zsírsavakban gazdag növényolajok felmagasztalása jellemezte.

A vázolt helyzet tudományos és gyakorlati egyedurialma oly hatalmas volt, hogy jelentős – köztük Nobel-díjjal jutalmazott – felfedezések sem tudtak a hólabdaszerű folyamaton rést ütni, ill. azt megállítani.

A 20. század utolsó évtizedétől viszont az étkezési zsírok területén három olyan hatalmas horderejű felfedezés is történt, amelyek külön-külön, együttesen még inkább kihúzták a talajt a lipid-elmélet alól.

Az új felismerések hatására másodlagos veszélytényezőkké szelődültek a telített zsírsavas és koleszterines lipidek, ugyanakkor elsődleges veszélytényezővé (szinte közellenséggé) váltak a PUFA (főleg omega-6)-zsírsavakban gazdag növényolajok (sáfrány-, napraforgó-, dió-, búzacsíra-, gyapotmag-, szója-, kukoricacsíra-, zab- és szezámag-olaj). A három felfedezés röviden a következő.

- 1992-ben a Harvardról *Willet* és *mtsai* „kürtölték világgá”, hogy a növényi olajok hidrogénezése során nagy mennyiségben képződő transz-zsírsavak az oxidált LDL (oxLDL) révén vezető érlelmeszesítő. 2002-ben az USA Tudományos Akadémiájának Egészségügyi Intézete deklarálta, hogy a „transz-zsírsavakkal szemben az emberi szervezet toleranciája zéró”. Ezt követően több ország (Dánia, Kanada, USA) törvénykezési korlátozásokat realizált.
- Szintén a 20. század végén igazolták, hogy az omega-6 és omega-3 zsírsavak 3:1, de max. 5:1-nél nagyobb aránya más bajok (allergia, pikkelysömör, migrén, menstruációs fájdalom,

mak, koraszülés) mellett rendkívüli érlelmeszesítő. Magyarországon ez az arány 97:1.

- Végül 2005-ben a magyar származású *Saari Csallány Ágnes* professzor asszony a Minnesotai Egyetemről adta meg a PUFA-ban gazdag olajoknak a „kegyelemdőfést”. Munkatársaival igazolták, hogy a PUFA-olajokban a sütés során olyan aldehyd-vegyületek (HNE, HHE, HOE, HDE) képződnek, amelyek erősen sejttoxikusak és mutagének, rákkeltők. A toxikus vegyületek azonos koncentrációban találhatóak a sült ételekben (pl. rántott húсок, burgonya). Velük szemben ilyen vegyületek a PUFA-ban szegény lipidekben nem képződtek.

A címben foglalt paradoxon kettős: egyfelől a tudományt még nem követte le a gyakorlat, másfelől a kegyelemdőfést onnan adták meg fél évszázaddal később a lipid-elméletnek, ahol annak megalkotója maga is dolgozott.

*Megjegyzés:* Ezen Összefoglaló Referátum elkészítése a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet által elnyert, GVOP-3.1.1.-2004-05-0107/3.0. számú, „Transz-zsírsav-mentes (1% alatti) kenhető élelmiszerek (élőflórás, igény szerint probiotikus margarin-krémek, vegyeszírú krémek) kifejlesztése és humánéletteni hatásai klinikai vizsgálata” című támogatási szerződés keretében folyt.

## IRODALOM – REFERENCES

- (1) **Brown, M. S., Goldstein, J.L.:** Az érlelmeszesedés és az LDL-receptorok. *Tudomány - A Scientific American Magyar Kiadása* 1 (2) 48-57 (1985)
- (2) **Czuczy, P., Gaál, Ö.:** Az n-3 zsírsavak táplálkozási jelentősége és előfordulása az élelmiszerekben. *Élelmezési Ipar* 46 (1) 21-27 (1992)
- (3) **Eaton, P., Li, J. M., David, J., Shattock, H., Shattock, M.:** Formation of 4-hydroxy-2-nonenal-modified proteins in ischemic rat heart. *Am. J. Physiol.* 276 H935 (1999)
- (4) **Eckl, H., Esterbauer, H.:** Genotoxic effects of 4-hydroxyalkenals. *Adv. Biosci.* 76 141-157 (1989)
- (5) **Eckl, P. M., Ortner, A., Esterbauer, H.:** Genotoxic properties of 4-hydroxyalkenals and analogous aldehydes. *Mutation Res.* 290 183-192 (1993)
- (6) **Esterbauer, H.:** Aldehydic products of lipid peroxidation. in: *McBrien, D.C.H., Slater, T. F. (Eds.): Free Radicals, Lipid Peroxidation and Cancer.* Academic Press, London, 1982, 101-128.
- (7) **Esterbauer, H., Eckl, P.M., Ortner, A.:** Possible mutagens derived from lipids and lipid precursors. *Mutation Res.* 238 223-233 (1990)
- (8) **Esterbauer, H., Zollner, H., Schaur, R. J.:** Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. *Free Radic. Biol. Med.* 11 81-128 (1991)
- (9) **Everson, S.A. et al.:** Having hope will slow down progression of carotid atherosclerosis. *Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology* (17) 1491-1495 (1997)

- (10) **Fiedelsberger, H.:** Freu dich auf ein Butterbrot. Verlag A. Kirsch, Wien, 1989, 1-96.
- (11) **Gilman, M.W., Cupples, L. A., Gagnon, D., Millen, B.E., Ellison, R.C., Castelli, W. P.:** Margarine intake and subsequent coronary heart disease in men. *Epidemiology* **8** 144-149 (1997)
- (12) **Gurr, M.:** Polyunsaturates. Their role in health and nutrition. The butter Council, London, 1991, 1-32.
- (13) **Gurr, M.I.:** Dietary lipids and coronary heart disease: old evidence, new perspective. *Progress of Lipid Res.* **31** 195-243 (1992)
- (14) **Henninger, M., Ulberth, F.:** Trans fatty acid content of bovine milk fat. *Milchwissenschaft* **49** (10) 555-558 (1994)
- (15) **Hölund, U.:** New knowledge of fats. *Scandinavian Dairy Information* **7** (2) 30 (1993)
- (16) **Keys, A., Anderson, J.T., Grande, F.:** Prediction of serumcholesterol responses of man to changes in fats in the diet. *Lancet* (2) 959-966 (1957)
- (17) **Keys, A.:** Coronary heart disease in seven countries. *Circulation*, **41** (suppl. 1) 1-211 (1970)
- (18) **Keys, A., Anderson, J.T., Grande, F.:** Bias and misinterpretation revisited: „Perspective” on saturated fat. *Am. J. Clin. Nutr.* **27** 188-212 (1974)
- (19) **Keys, A.:** Seven Countries: A multivariate analysis of death and coronary heart disease. Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts), 1980.
- (20) **Koh, C.S.:** Zero tolerance level for trans-fats. *Nutrition briefs* **10** (January) 1-2 (2003)
- (21) **Koh, C.S.:** Regulatory aspects, nutrition claims and trans fatty acids. *Nutrition briefs* **11** (July) 1 (2003a)
- (22) **Koh, C.S.:** New laws on food labelling: The new nutrition facts label in Canada. *Nutrition briefs* **11** (July) 2 (2003b)
- (23) **Koh, C.S.:** Push to declare trans fat on food labels. *Nutrition briefs* **12** (January) 1 (2004)
- (24) **Malich, S.:** Gegen die Cholesterinhysterie. *D. Milchwirtschaft* **42** (20) 613-614 (1991)
- (25) **Mann, G.V. et al:** Cardiovascular disease in the Masai. *J. of Atheroscler. Res.* **4** 289-312 (1964)
- (26) **Mazza, G.:** Functional foods – Biochemical & Processing Aspects. Technomic Publishing Co., Lancaster – Basel, 1998, 1-468.
- (27) **Mauger, J.F., Lichtenstein, A.H., Ausman, L.M., Jalbert, S.M., Jauhiainen, M., Ehnholm, C., Lamarche, B.:** Effect of different of dietary hydrogenated fats on LDL particle size. *Am. J. Clin. Nutr.* **78** 370-375 (2003)
- (28) **Parodi, P.W.:** Milk Fat Components: possible chemopreventive agents for cancer and other diseases. *Austr. J. of Dairy Technol.* **51** (1) 24-32 (1996)
- (29) **Parodi, P.W.:** Cow's milk components with anti-cancer potential. *Aust. J. of Dairy Technol.* **56** (2) 65-73 (2001)
- (30) **Pécsi T.:** A kevés koleszterin átka. *Élet és Tudomány* **47** 1650-1651 (1992)
- (31) **Pécsi T.:** Koleszterin-mítosz – The cholesterol-mith. *Tejgazdaság* **60** (1) 1-8 (2000)
- (32) **Perédi J.:** A zsiradékox peroxidációja I. *Élelmezési Ipar* **46** (9) 261-265 (1992)
- (33) **Poli, G., Schaur, R.J.:** Hydroxynonenal in the pathomechanisms of oxidative stress. *IUBMB Life* **50** 1-7 (2000)
- (34) **Seppanen, C.M., Saari Csallany, A.:** Formation of 4-hydroxynonenal, a toxic aldehyde, in soybean oil at frying temperature. *Journal of the American Oil Chemists Society* **79** (10) 1033-1038 (2002)
- (35) **Seppanen, C.M., Saari Csallany, A.:** Incorporation of the toxic aldehyde 4-hydroxy-2-trans-nonenal into food fried in thermally oxidized soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists Society* **81** (12) 1137-1141 (2004)
- (36) **Seppanen, C.M., Saari Csallany, A.:** The effect of intermittent and continuous heating of soybean oil at frying temperature on the formation of 4-hydroxy-2-trans-nonenal and other alpha-, beta-unsaturated hydroxyaldehydes. *Journal of the American Oil Chemists Society* **83** (2) 121-127 (2006)
- (37) **Siems, W.G., Hapner, S.J., Kuijk, F.J. G.M.:** 4-Hydroxynonenal inhibits the Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase. *Free Radic. Biol. Med.* **20** 215-223 (1996)
- (38) **Stender, S., Dyerberg, J., Holmer, G., Ovesen, L., Sandstrom, B.:** Transfedtsyrers betydning for sundheden. A report from the Danish Nutrition Council. (Publ. No. 2) Copenhagen, 1994.
- (39) **Stender, S., Dyerberg, J., Holmer, G., Ovesen, L., Sandstrom, B.:** The influence of trans fatty acids on health. A report from the Danish Nutrition Council. *Clin. Sci.* **88** 375-392 (1995)
- (40) **Stender, S., Dyerberg, J.:** Transfedtsyrers betydning for sundheden – opdatering ar 2001. En rapport fra Ernaeringsradet. (Publ. No. 23) Copenhagen, 2001.
- (41) **Stender, S., Dyerberg, J.:** The influence of trans fatty acids on health. A report of the Danish Nutrition Council. Forth Edition (Publ. No. 29) Copenhagen 2003, 1-84.
- (42) **Szakály S., Schäffer B.:** Az állati és növényi eredetű zsír valós megítélése a táplálkozástudományi kutatások alapján. „25. Óvári Tudományos Napok” Kiadvány, Mosonmagyaróvár, 1993. November 10-11, 351.
- (43) **Szakály S., Schäffer B., Dohy J.:** Cholesterol intake of food origin and human health condition in 20 developed countries and in Hungary. *Hungarian Agricultural Research* **3** (2) 4-8 (1994)
- (44) **Szakály S., Schäffer B., Szűcs E., Dohy J.:** Cholesterol intake and health condition in developed countries. *Proceedings of 45th Annual Meeting of the European Association of Animal Production*, Edinburgh, PC5.8. 355 (September 5-8, 1994)
- (45) **Szakály S.:** A tej- és vajfogyasztás előnyei. „Magyar Elhízásellenes Alapítvány” Konferenciája, Budapest, 1995. március 18., 1-6.
- (46) **Szakály S.:** A vaj a lipid-elmélet szorításában – Butter in the grip of lipid-theory. *Tejgazdaság* **55** (1) 12-21 (1995)
- (47) **Szakály S.:** Tisztázó gondolatok a tejtermékek táplálkozásbiológiai szerepének valós megítéléséhez – Clarifying thoughts toward a true evaluation fo the nutritional role of dairy products. *Tejgazdaság* **60** (1) 9-14 (2000)

- (48) Szakály S.: Tejgazdaságtan. Dinasztia Kiadó, Budapest, 2001, 425-446.
- (49) Szakály S., Schäffer, B., Horn P., Sarudi Cs., Szakály Z., Dohy J.: A tej táplálkozásbiológiai értéke a közelmúlt új kutatási eredményeinek tükrében – Nutritional value of milk based on the latest research findings. Tejgazdaság 61 (2) 1-10 (2001)
- (50) Szakály S.: Megújításra váró hivatalos táplálkozási ajánlások és az élelmiszer-fejlesztés globális főirányai – Official nutritional recommendations waiting for renewal and main global directions of food development. Tejgazdaság 64 (2) 17-25 (2004)
- (51) Szakály Z.: Korszerű állati eredetű alapélelmiszerek piacképességének vizsgálata. Ph.D. Disszertáció, PATE Kaposvár, 1993, 1-178.
- (52) Szakály Z., Széles Gy.: Az állati-növényi eredetű zsír fogyasztásának dilemmája a népegészségügy és a piacutatók tükrében. „Állattenyésztési Tudományos Napok” Kiadványa. Kaposvár, 1993. szeptember 1-2. 51-61.
- (53) Willet, W.C., Stampfer, M.J., Manson, J.E., Colditz, G.A., Speizer, F.E., Rosner, B.A., Sampson, L.A., Hennekens, C.H.: Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. The Lancet 341 (March 6) 581-585 (1993)
- (54) Yurawecz, M.P., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G., Panza, M.W., Nelson, G.J.: Advances in conjugated linoleic acid research. AOCS Press, Champaign, Illinois, 1999, I-II., 1-470.
- (55) Zarkovic, N., Zarkovic, K., Schaur, R.J., Stolc, S., Schlag, G., Redl, H., Waeg, G., Borovic, S., Loncaric, I., Juric, G., Hlavka, V.: 4-Hydroxynonenal as a second messenger of free radicals and growth modifying factor. Life Sci. 65 1901-1904 (1999)
- (56) Zollner, H., Schaur, R.J., Esterbauer, H.: Biological activities of 4-hydroxyalkenals. In: Oxidative stress. (Ed) Sies, H., Academic Press, London-San Diego, 1991, 337-369.