総 説

$n-3$ 系植物油の利用 しそ油, あまに油について

平野 二郎・磯田好弘・西沢幸雄

日本油脂株式会社筑波研究所

(〒300-26, つくば市東光台 5-10)

Utilization of $n-3$ Plant Oils Perilla and Flaxseed Oils

Jiro HIRANO, Yoshihiro ISODA, and Yukio NISHIZAWA

Tsukuba Research Laboratory, Nippon Oil & Fats Co., Ltd.

(5-10, Tokodai, Tsukuba-shi, 〒300-26)

Perilla and flaxseed oils ($n-3$ family) have many beneficial effects as compared to common $n-6$ family oils. Based on the results of animal test, physiological functions of these oils are reviewed. While these oils suppressed the development of cancer, thrombosis and allergic reaction, they enhanced the activity of brain and nerve systems. In the long-term feeding test of animals, perilla oil diet gave less hydroperoxide concentration of plasma and liver phospholipid than that in the fish oil diet.

1 序 言

いま, われわれは物質的に豊かな生活を送り, 食生活も飽食の時代を迎えてグルメを楽しんでいる。現在の食生活に至るまでの歴史をかえりみると, この30年間で日本人の食生活は大きく変化して来た。すなわち, タンパク質摂取は微増で, 炭水化物の摂取はかえって減少しているのに対して, 脂肪摂取量は, 1960年以降劇的に増加し(3.8倍), とくに動物性脂肪は5倍も多量摂取されている。日本のこの摂取量(60 g/d/人, 1985年)は, 米国のレベル(100 g/d/人)には達していないが, 「欧米型」の高脂肪・低炭水化物食への方向をたどって来ている。一方, 日本の死因別死亡率のトップの座を占めるがん(癌)死亡率の推移についても, 1960年以降, 胃癌よりも肺癌や乳癌におかされやすい「欧米型」のパターンに近づきつつある。油脂と疾病の相関について科学的な検討が多数行われて来ており, 疫学的研究では油脂摂取量と乳癌, 大腸癌, 肺癌などの死亡率との間には正の相関があることが示されている。

そしてまた, この相関関係からかい(乖)離する特殊な事例や, 日本人の食生活の異質性と優れた健康状態など

から, 摂取する脂質の種類について多大の関心が向けられてきた。その中で, とくに欧米型食事における $n-6$ 系脂肪酸過剰摂取から来る弊害をきょう(矯)正する効果をもつ脂質として $n-3$ 系脂肪酸を多く含む海産油脂が注目された。われわれが日常摂取する植物油には $n-6$ 系高度不飽和酸(主としてリノール酸)が多量含まれているが, $n-3$ 系脂肪酸が主成分をなす $n-3$ 系植物油も存在している。その代表としてあまに油, えごま油(通称しそ油)が挙げられる。これらの油の主成分は α -リノレン酸($n-3$ 系)であり, この脂肪酸は生体内において海産油に多量含まれるイコサペンタエン酸(EPA)やドコサヘキサエン酸(DHA)に代謝されるため, 生体の細胞膜構造や機能調節に有効な脂肪酸と見なされ, $n-3$ 系植物油摂取の健康に及ぼす影響がにわかに注目を浴びようになっている。

2 脂質の種類—— $n-3$ 系と $n-6$ 系 不飽和脂肪酸

日本の脂肪摂取の歴史については, 図-1¹⁾に示したように, 全脂肪の摂取が急増しているが, その中でもリノール酸系列($n-6$ 系)油脂の摂取が1960年以降, 急

図-1 日本の過去40年における摂取脂肪の量と質の変化

速に上昇し、現在は14~15 g/dに達している。一方、魚介類からの α -リノレン酸系列(n -3系)は微増しているに過ぎず、現在は4 g/d以下の摂取となっている。

リノール酸(LA)は、動物の成長、妊娠、皮膚症状を正常に保つ上での必須の脂肪酸であるが、動物実験に基づいて判定されたその必要量は0.5~1 cal% (1~2 g/d/60 kg体重)であり、現在の日本人は、必要量の10倍前後のリノール酸を摂取していることになる¹⁾。

一方、脳神経機能や網膜機能¹⁾に必須と考えられている α -リノレン酸(ALA)の必要量は0.5 cal%前後と推定されているが、後述するように多くの慢性疾患を予防する観点からは、はるかに多量の α -リノレン酸系列が必要であるといわれている¹⁾。

これらの高度不飽和脂肪酸は、食物から体内に吸収されると、細胞膜リン脂質中に取り込まれ、膜の流動性、物質透過性、レセプター活性などの膜機能に影響を及ぼすと共に、プロスタグランジン前駆体として多彩な生理機能を発揮する基因物質となる。

膜リン脂質への取り込みと代謝：

n -6系のサフラワー油と n -3系のしそ油を二世代にわたって与えたラットで、たとえば、脳のリン脂質(ホスファチジルエタノールアミン：PE)中の脂肪酸組成は、サフラワー油食群ではリノール酸の代謝産物である n -6系のアラキドン酸(AA)などが優勢であるのに対して、しそ油食群の場合には、 α -リノレン酸の代謝産物である n -3系のDHAが脳に多量蓄積する(図-2)³⁾。このDHAの多量蓄積が後述の学習能試験におけるしそ油の優位性の原因であると推定されている。

免疫細胞による取り込みでも、同様な摂取油脂の種類

図-2 脳リン脂質(PE)の高度不飽和脂肪酸

の効果が認められている⁴⁾：

離乳期のマウスに対し10 wt%のとうもろこし油(LA 60%)、あまに油(ALA 49%, LA 18%)を4週間食べさせた時のひ(脾)細胞膜のリン脂質の脂肪酸組成は大きく変化し、膜ホスファチジルコリン(PC)中のEPA含量はとうもろこし油食群(1.3%)に対してあまに油食群は4.2倍となり(5.4%)、 n -3脂肪酸が大きく増加しているのに対し、 n -6系のAAはとうもろこし油食群(20.7%)に対してあまに油食群では64%低下した(7.5%)。

α -リノレン酸(18:3, n -3)が生体内でEPA(20:5, n -3)やDHA(22:6, n -3)に代謝されることは、重水素標識化した α -リノレン酸を用いて立証されている(24 hで5%程度)⁵⁾。

このように食事性 α -リノレン酸は生体膜の中に取り込まれてイコサノイドの前駆体AAの水準を低下させ、自らはEPAやDHAに変換されて、低脂血効果や抗血栓効果を発揮する。しかし、この α -リノレン酸によるAA水準の低下効果は、食事油脂中に共存するリノール酸含量によって左右される⁶⁾：

血清脂質や肝ミクロソーム膜のリン脂質では、食事中に共存するリノール酸含量が低い時には、 α -リノール酸はEPAを与えた場合と同様にAA水準を40~60%低下させるが、リノール酸含量が高い時には、EPA(30%低下効果)に比べて低下効果が低くなる(15%低下)。すなわち、 α -リノレン酸のAAカスケードの調節効果は、食事性油脂の組成によって変化する。

また、 α -リノレン酸(DHAの前駆体)とDHAの脳への取り込みが比較検討されており、DHAが脳に取り込まれる速度は α -リノレン酸より30倍速かったと報告されている⁵⁾。

n -3系と n -6系脂肪酸の代謝の競合：

両系列の脂肪酸は代謝の過程において、リン脂質への取り込み、不飽和化~鎖長延長の段階ばかりではなく、プロスタグランジン(PG)やロイコトリエン(LT)の生成段階においても代謝をきつ(拮)抗的に阻害する。た

図-3 α -リノレン酸系列/リノール酸系列のバランスによる血小板凝集能の制御

たとえば、心筋こうそく(梗塞)や脳梗塞などの血栓性疾患の発症は、 $n-3$ 系によって抑制されるが、それは、 $n-6$ 系由来の血小板凝集促進能を有するトロンボキサン(TXA_2)の生成が $n-3$ 系のEPAによって競合的に阻害されるからである(図-3)¹⁾。

PG生成(シクロオキシゲナーゼ経路)ばかりではなく、LT生成段階(リポキシゲナーゼ反応)においてもこのような拮抗阻害が認められている。たとえば、ラットにしそ油とサフラワー油を二世世代にわたって食べさせ、その好中球を刺激して出てくるLTC、D、Eの作用(SRS-A活性)をモルモット回腸の収縮能により評価すると、しそ油食群の場合、5系統のLTが得られ、サフラワー油食群で産生されるLT(4系統)よりも40%ほど活性が低かった⁷⁾。したがって、気管支平滑筋収縮能を有し喘息症状を強めるLT活性がしそ油食によって弱められ、アレルギー症状が軽減されることになる。

生体膜の機能と構成脂肪酸：

生体膜のリン脂質は、膜マトリックス形成物質として膜物性を大きく支配する。そのため、リン脂質中に取り込まれた脂肪酸の種類により膜機能が変化する。

たとえば、大腸菌膜のパーマイアーゼによる糖の輸送速度は、大腸菌をエライジン酸培地で育成させた場合に比べて、 α -リノレン酸培地で育てた時には膜主成分のPE中で α -リノレン酸が優勢となり、低温における膜流動性が増し、輸送速度は8倍も増加した⁸⁾。

さらにまた、膜の流動性を決定する主要な因子として膜中に存在するコレステロール/リン脂質の比(C/P)が注目され、膜機能との関係が検討された⁶⁾。たとえば、サフラワー油食($n-6$ 系)を4週間与えた離乳期のラットの肝ミクロソーム膜でのC/Pは0.086となり、膜中の Δ^6 -デサチュラーゼ活性が617 pmol/min/mgタンパクであるのに対して、水素添加牛脂食(飽和脂肪が85%)群では、C/Pが0.077と低下し、 Δ^6 -デサチュラーゼ活性が大きく低下している(329 pmol/mm/mgタンパク)。

3 $n-3$ 系植物油の機能

各種の食用油が健康に及ぼす影響について、疫学的知見に基づいて動物モデルを使った比較研究が多数行われ

て来ており、 $n-3$ 系不飽和油脂の効果について今までに次のことが動物実験によって証明されている¹⁾：

- (1) $n-3$ 系は脳、神経、網膜の機能を高く保つ上で必須である。
- (2) $n-3$ 系を増やすことによって肺癌、大腸癌、乳癌、すい(膵)臓癌、じん(腎)臓癌などが予防できる。
- (3) $n-3$ 系は体のアレルギー反応を抑えるのに有効である。
- (4) $n-3$ 系は心筋梗塞、脳梗塞などの血栓性疾患に有効である。
- (5) $n-3$ 系は老化防止、老化抑制的な作用が認められる。

したがって、現在、日本で増加しつつある慢性疾患を予防し、発症率を下げるためには、食用油の種類、すなわち、 $n-6$ 系と $n-3$ 系の摂取バランスを考慮することが極めて重要であることは明らかである。現在わが国で供給されている油脂の8割前後が大豆となたねであり、 $n-6$ 系油脂が圧倒的に摂取されている現状を考えると、日本人の健康の維持と向上のためには $n-3$ 系油脂の摂取を増やす必要があると考えられる。そのために、魚油($n-3$ 系)の摂取が推奨され、上掲の各種機能に関連して魚油中に多量存在する $n-3$ 系のEPAやDHAについて活発な研究が行われて来ている。

一方、 $n-3$ 系の母体とも言うべき α -リノレン酸についても、しそ油(ALA $\sim$ 65%)を用いた奥山らの広汎な研究¹⁾や、米国の諸研究機関におけるあまに油($\sim$ 50%)を用いた研究が積極的に行われ、各種の慢性疾患の予防機能についての検討結果が発表されている。以下に、各事項ごとに概説し、 $n-3$ 系植物油の利用のための参考に供したい。

3.1 癌

日本人の死因別死亡率の年次推移を見ると、悪性新生物(癌)は、1985年以降、死亡順位でトップとなり、1988年には癌死者数は20.5万人に達している。

脂肪摂取量と乳癌、大腸癌、肺癌との間には正の相関があり、脂肪摂取量の増大が癌発症率を増大させている(図-4)⁹⁾。たとえば、日本と米国を比べると、脂肪摂取量が3.7倍の米国人の乳癌死亡率は日本人の4.6倍となっている。日本の乳癌死亡率は世界各国の中でも低位にあるが、それでも1970年から1986年の間に、死亡率は2.4人/10万人から4.3人と1.8倍となっている。この期間の日本人の脂肪摂取量は46.5 g/d/人から56.6 gと1.2倍に増えている。

肺癌についても、米国は日本の2.7倍という高い死亡率を示し、また、日本人の死亡率は1970年から86年の間に10.2人/10万人から24.4人と2.4倍となっている。

食生活の欧米化による脂肪摂取量の増大が、日本人の

図-4 1 d 当たりの総脂肪摂取量と乳癌、大腸癌死亡率との関係

癌発症率の増加をもたらすことは、ハワイに移住した日本人について I 世より II 世の乳癌発生率が著しく高くなっていることから推定できる¹⁰⁾。

さらにまた、油脂摂取量において日本と米国で大差があるばかりではなく、油脂の種類、すなわち、 $n-3/n-6$ 比も異なっている。1985 年度で米国はこの比が 0.12 であり、 $n-6$ 系の割合が著しく高いが、日本ではこの比の値は 0.26 であり、米国に比べて $n-3$ 系の油脂を多く摂っていることがわかる¹¹⁾。

食用油の摂取量ばかりではなく、食用油の種類によっても発癌率が異なる。たとえば、自然発症乳癌マウスでは、乳癌ウィルスが親から子に伝えられる結果として自然に乳癌が発症する。このマウスにサフラワー油 (LA 78%), 大豆 (LA 48%, ALA 4%), しそ油 (ALA 64%, LA 12%) を継続して与えると、しそ油食群が他の食用油群に比べて低い発癌率をもたらしている (図-5)¹²⁾。

DMBA による化学発癌に対する $n-3$ 系と $n-6$ 系の食用油の抑制効果が検討された:

あまに油 (ALA 47%), 魚油 (EPA, DHA 合計 35%) などの $n-3$ 系油脂と、サフラワー油 (LA 72%), とうもろこし油 (LA 53%) などの $n-6$ 系油脂を 6% 含有

させたえさをマウスに与え、乳癌発症率を検討した。しゅよう (腫瘍) 発生数は、 $n-3$ 系ではあまに油 2 個、魚油 6 個と低値であったが、 $n-6$ 系ではサフラワー油 66 個、とうもろこし油 60 個の高い値を示した¹³⁾。

しそ油、とうもろこし油、魚油についても同様な実験が行われ、腫瘍の初発は、とうもろこし油食群で DMBA

図-5 自然発症乳癌マウスの発癌率に及ぼす食用油の影響

経口投与後 30 日目で、しそ油、魚油の $n-3$ 系群では 48 日目であった。8 週間経過後の腫瘍直径はとうもろこし油 (16 mm) > しそ油 (3.5 mm) > 魚油 (2 mm) であり、 $n-3$ 系油脂に乳癌抑制効果が認められた¹⁴⁾。

離乳直後の雌マウスを用いて 410.4 型の皮下移植乳せん(腺)癌の成長、転移、PG 産生などに及ぼす食用油の種類の検討が行われた¹⁵⁾：

あまに油、とうもろこし油、魚油・とうもろこし油混合物 (LA 14%, EPA 16%, DHA 5%) の 10% 配合飼料で 4 週間飼育した結果を図-6 に示した。腫瘍の成長(腫瘍の平均直径と重量)は、 $n-3$ 系のあまに油食群 $n-6$ 系のとうもろこし油食群に比べて有意に小さく、魚油・とうもろこし油混合物食群では減少しなかった。腫瘍の転移は、あまに油食群が最も少なく (7% 程度)、とうもろこし油、魚油・とうもろこし油食群はそれぞれ 40%、27% であった。また PGE_2 は各種の免疫細胞の機能を抑制すると言われ、腫瘍細胞は過剰の PGE_2 の産生を通して増殖・転移することができるとされている。腫瘍細胞による PGE_2 の産生は、あまに油やとうもろこし・魚油混合物により抑制された。

メチルニトロソウレアの注腸投与による大腸癌の発症に及ぼす食用油の影響が検討された¹⁶⁾：

発癌処理したラットに対して サフラワー油の 5% (sf), 12% 食 (SF), しそ油 (PR) やパーム油 (PL) の 12% 食で 35 週間飼育した後の大腸腫瘍の発生状況を検討した (表-1)。しそ油食群の腫瘍発生率は 19% で、サフラワー油食群 (46%, 56%) やパーム油食群 (58%) よりも有意に低く、しそ油食群が大腸癌の発生予防に有用であることを示唆している。

3.2 血栓性疾患

前述したように、 $n-3$ 系は AA カスケードを拮抗的に阻害することにより $n-6$ 系由来の血小板凝集能をもつ TXA_2 の産生を抑制し、血栓の生成を防止する。

ラットにしそ油食 ($n-3$ 系)、サフラワー油食 ($n-6$ 系) を与えてしきい(閾)値濃度の刺激剤 (コラーゲン)

表-1 MNU 誘発大腸癌に及ぼす食用油の影響

Dietary group	Effective no. of rats	No. of rats with tumors	No. of tumors per rat
sf	26	12 (46%)	0.6±0.1
SF	25	14 (56%)	0.8±0.2
PR	26	5 (19%)	0.2±0.1
PL	26	15 (58%)	0.9±0.2

を用いて血小板凝集能を調べると、しそ油食群はサフラワー油食群に比べて凝集能を有意に抑制した (図-7)¹⁷⁾。

3.3 寿命 (平均生存期間) と高血圧

脳卒中易症性ラット (SHR-SP) の雄についてしそ油食、サフラワー油食を与えた場合の生存率を測定した¹⁸⁾：

寿命は、しそ油食群 (417 d) がサフラワー油食群 (356 d) よりも 17% 長かった。脳卒中ラットの雌は雄よりも 40% も寿命が長い、やはり雌の場合もしそ油食群がサフラワー油食群より 15% も寿命が長くなっていた。

また、この場合にサフラワー油食群の雄ラットについて、生存中に発作を起こしているラットが 12 匹中 3 匹観察されたが、しそ油食群では脳卒中の発作は認められなかった。

そこで、ラットの血圧に及ぼす両食用油の影響が検討された¹⁸⁾：

最高血圧は、しそ油食群の方がサフラワー油食群に比べて 10% 低く、しかも血圧の上昇開始がしそ油食群の方が遅いことが示された。この血圧上昇の遅れもしそ油食の SHR-SP ラットの寿命延長の原因の 1 つとして考えられている¹¹⁾。

その他の高度不飽和脂肪酸 (PUFA) 食の SHR の血圧に及ぼす効果が比較検討されている¹⁹⁾：

雄 (4 週齢) の SHR を 14 wt% の油分を含む半合成飼料で 18 週間飼育した。その結果、PUFA に富む食事、すなわち、ひまわり種子油 (LA 46%)、あまに油 (ALA

図-6 乳腺癌に及ぼす食用油の影響

図-7 血小板凝集能に及ぼす食用油の影響

図-8 脳卒中易発症性ラットの血圧に及ぼす高度不飽和脂肪酸食の影響

62%), 月見草油 (LA 71%, γ -リノレン酸 9%) は, PUFA 欠乏食に比べて血圧の低下をもたらした。その効果は月見草油食が最高で, ひまわり種子油が最低であった (図-8)。

3.4 アレルギー

アレルギー患者は, 過去 30 年間で数倍増加したといわれ, その原因としてアレルゲンの増加と, 身体のアレルギー性反応のこう(亢)進の 2 つが考えられている。

アレルギー性反応は, アレルゲンの再侵入により活性化された肥満細胞などから放出されるヒスタミンや LT (ヒスタミンの 1,000 倍の作用をもつ), 好中球などから放出される血小板活性化因子 (PAF) などによって引き起こされる白血球遊走, 血管透過性, 気管支収縮などの亢進である。放出された LT の平滑筋収縮活性に及ぼすしそ油の効果については既に述べた。

アレルギー性の過敏反応や炎症に関与するとされている PAF の放出について, 食用油を 6 週間与えた場合の PAF の産生量が比較検討された²⁰⁾ :

各種濃度のホルミルメチオニルロイシルフェニルアラニン (fMLP) の刺激による多核白血球からの PAF の産生は, サフラワー油食群に比べてしそ油食群では 50% 以下に抑えられていた。

3.5 学習能

脂質の脂肪酸組成が食事油脂によって変わる (図-2) から, 食用油が脳の機能に及ぼす検討が行われている。明るさを識別するタイプの学習能 (明度識別型学習能) がサフラワー油, しそ油を 5% 含む飼料で二世世代にわたって飼育した雄ラット (11 週齢) について検討された²¹⁾。明光時にレバーを押してえさを得た回数 (R^+) と, 暗光時にレバーを押した回数 (R^-) を, 1 日 1 回 20 min, 30 d 継続して記録した結果を図-9 に示した。この図で R^+ と R^- で囲まれる面積が学習能に対応する。両食用油食群でえさを得た回数 (R^+) に大差はなかったが, R^- に大きな差があり, しそ油食群はサフラ

図-9 ラットの学習能に及ぼす食用油の影響

ワー油食群より速やかに明光, 暗光の条件を識別し, R^- が減少に転じている。

老齢ラット (19.7 か月, 平均生存期間の 80% の年齢) についてこの学習能をテストすると, 若齢ラット (11 週齢) の場合と異なり, R^+ も R^- もサフラワー油食群の方が多かったが, 結果として正答率 $[(R^+/R^++R^-) \times 100]$ は老齢ラットにおいてもしそ油食群の方が有意に高かった²²⁾。

さらにまた, 学習能試験として“場の認識”のテストと目される水迷路学習能テストを行ったところ, やはり, しそ油食群の方がサフラワー油食群よりも学習能が高かった²³⁾。

3.6 網膜反射能 (視力)

目の網膜は脳や神経と同じく外は(胚)葉から発生するが, 網膜, とくに視細胞外節には DHA が多い。網膜に光が当たると化学反応が起こり, それに基づいて電気ポテンシャルの変化が生じ, それが神経を伝わって脳に伝達される。この網膜の反射能 (網膜電位の振幅) に及ぼす食用油の効果が検討された²⁴⁾ :

サフラワー油, 大豆油, しそ油で二世世代にわたって飼育したラットを順反応させ, 強さの異なるせん(閃)光を当てることにより発生した電気ポテンシャルの変化を網膜電位 (a 波と b 波) の振幅の大きさにより測定した (図-10)。

その結果, a-波, b-波ともに, しそ油食群 > 大豆油食群 > サフラワー油食群の順に減少した。

一方, サルを用いた実験により, α -リノレン酸欠乏によって視力が低下し, 網膜反射能の回復する時間が長くなることが示されているので, 図-10 に見られる網膜反射能の差は視力に対応すると考えられる。

二世世代にわたるこれらの食用油飼育において, 脳や網膜のリン脂質の組成や含量に差は見られなかったが, 網膜に多く現れる DHA 含量を比べると, リン脂質 PE 中では, サフラワー油食群では 7.4% となり, 大豆油食群

図-10 ラットの網膜反射能に対する食用油の影響

(16.4%), しそ油食群 (17.3%) の半分近くに減少していた。

3.7 免 疫

α -リノレン酸を多く含むあまに油食をマウスに食べさせると、免疫細胞の膜脂脂肪酸組成は $n-3$ 系側に大きく変化し、PG 合成能が劇的に低下した⁴⁾：

10 wt% のとうもろこし油またはあまに油を含む飼料で離乳期のマウスを8週間飼育すると、脾細胞の PGE の産生量は、あまに油食群ではとうもろこし油食群に比べて70%低下してしまう(図-11)。

さらにまた、腹膜浸出液細胞 (PEC) について、刺激を与えない時の LT 生合成は、あまに油食群はとうもろこし油食群に比べて50%以下に低下しているが、チオグリコレートで刺激した時にはその低下量は14%以下となった(図-11)。

細胞性免疫における細胞障害活性に及ぼす食用油脂の効果について、ワクシニアウィルスに感染した3T3細胞(線維芽細胞)に対する脾細胞の非特異的抗ウィルス活性が検討された⁴⁾：

脾細胞の細胞性抗ウィルス活性は、とうもろこし油食マウスに比べてあまに油食マウスの方が有意に高かった。非感染3T3やSV-T2細胞の場合には、細胞障害性は感染時に比べてかなり低くなっている(図-12)。

PGE₂ はリンパ球増殖抑制作用を示すので、あまに油食による脾細胞の PGE₂ の産生低下が、上掲のあま

図-11 免疫細胞の PGE, LTC 産生に及ぼす α -リノレン酸摂取の影響

に油食群における脾細胞の抗ウィルス活性の向上をもたらしたものと思われる。

ヒトの免疫反応能に対するあまに油食の影響も検討されており、総括的には、あまに油食は体液性免疫に影響を及ぼさずに細胞性免疫の方に影響する傾向があることが認められている²⁵⁾。

3.8 そ の 他

一般行動：

不安誘発に対する食用油の効果が検討された³⁾：

囲いのない白いオープンアーム(解放腕)と暗い囲いのあるアームを持った高架式十字迷路を用い、ラットが不安のために暗い囲いからオープンアームに出てくる回数と時間を測定して、不安誘発の程度を評価した(図-13)。その結果、オープンアームにいた時間も回数もサフラワー油食群の方がしそ油食群よりも多く、不安誘発の程度が高かった。

酸化安定性：

不飽和脂質が過酸化を受けやすいことは良く知られており、たとえば、不飽和脂肪酸メチルエステルの酸化速度は、オレイン酸(18:1, $n-9$)に対してリノール酸(18:2, $n-6$)は23倍、リノレン酸(18:3, $n-3$)は44倍である。

生じた過酸化脂質は、食品の味覚・風味、栄養価ばかりではなく、安全性に影響を及ぼす。

しそ油は50%以上の α -リノレン酸を含むので、しそ

図-12 脾細胞の抗ウィルス性細胞障害活性に及ぼす α -リノレン酸食摂取の影響

図-13 不安誘発に及ぼす食用油の影響

図-14 精製しそ油の自動酸化に及ぼす添加リン脂質の効果

図-15 ラット臓器の過酸化脂質に及ぼす食用油の影響

油の酸化安定性の向上のための検討が行われている。たとえば、内因性の酸化防止剤と相乗的な酸化安定性向上効果が期待される物質としてリン脂質の添加効果がテストされた²⁶⁾：

37℃の暗所での貯蔵安定性テストでは、リン脂質無添加の場合に比べて、500 ppmのPEやPS（ホスファチジルセリン）の添加は、精製しそ油（トコフェロール含量 366 ppm）の安定性を顕著に向上させた（図-14）。しかし、トコフェロールを含まないしそ油に対してはリン脂質添加はほとんど酸化防止効果を示さない。

また、不飽和油脂の生体内での過酸化に及ぼす摂取油脂の影響について、各種不飽和油脂を投与した時のラット臓器の過酸化脂質量が検討されている²⁷⁾：

魚油（サフラワー油 10% 含有）、しそ油（ALA 58%）、サフラワー油（LA 77%）、オリーブ油（サフラワー油 5% 含有、オレイン酸 75%）などについて、トコフェロール含量を統一し（80 mg/100 g 油）、さらに酸化防止剤（0.01% BHT）を添加した飼料油を 10% 配合した粉末飼料を雄ラット（5 週齢）に 12 週間自由摂取させた。肝臓と血しょう（漿）の抽出総脂質を化学発光-HPLC

分析に供してホスファチジルコリンヒドロペルオキシド（PCO-OH）を定量した。その結果は、肝臓と血漿の PCOOH 含量は魚油食で有意に高く、オリーブ油食の 2 倍であったが、しそ油食は α -リノレン酸を多量含むにもかかわらず、各臓器において、リノール酸を多く含むサフラワー油の PCOOH 量よりも低い値を示していた（図-15）。

4 おわりに

われわれは今、カロリーは足りていても栄養バランスの偏りから生じる各種の慢性疾患の増加に直面している。とくに脂質の過剰摂取に由来する現代食のゆがみが強調され、広汎な面での検討が行われて来ている。その中でも、 $n-6$ 系脂質の過剰摂取からの弊害に対する $n-3$ 系脂質の競合的抑制効果が注目され、 $n-3$ 系植物油としてしそ油（えごま油）やあまに油について活発な研究が進められている。とくに、米国の国立癌研究所では 1990 年 5 月癌予防のための食品開発を目的とする「デザイナー・フード計画」を発表し、その有効物質の 1 つとして「あまに（アマの種子）」の検討が取り上げられている。わが国でも奥山らのしそ油に関する基礎的研究に基づいて癌予防やアレルギー体質改善食品などの開発が検討されている²⁸⁾。

〔平成 3 年（1991 年）5 月 31 日受理〕

文 献

- 1) 奥山治美, “油—このおいしくて不安なもの”, 農文協 (1989); 油化学, 37, 774 (1988); 同誌, 39, 196 (1990)
- 2) R.T. Holman, S.B. Johnson, T.F. Hatch, *Am. J. Clin. Nutr.*, 35, 617 (1989)
- 3) 「DHA シンポジウム」DHA シンポジウム実行委員会 (1990) 12 月
- 4) K.L. Fritsche, P.V. Johnston, *Lipids*, 24, 305 (1989)
- 5) E.A. Emken, R.O. Aldoff, H. Rakoff, W.K. Rohwedder, *Proc. Third Intern. Symp. Innsbruck, Austraria*, 17~21 July (1988)
- 6) M.L. Garg, A.B.R. Johnson, M.T. Clandinin, *J. Lipid Res.*, 31, 271 (1990)
- 7) A. Hashimoto, M. Karagiri, S. Torii, J. Dainaka, A. Ichikawa, H. Okuyama, *Prostaglandins*, 37, 3 (1988)
- 8) 大西俊一, “生体膜の動的構造” 東京大学出版会 (1986)
- 9) K.K. Carol, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 61, 1888 (1984)
- 10) E.L. Wynder, *Cancer*, 58, 1804 (1986)
- 11) W.E. M. Lands, T. Hamazaki, K. Yamazaki, H. Okuyama, K. Sakai, Y. Goto, T.S. Hubbard, *Am. J. Clin. Nutr.*, 51, 991 (1990)
- 12) K. Kamanoh, H. Okuyama, H. Konishi, H. Nagasawa, *Anticancer Res.*, 10, 1905 (1990)
- 13) E. Cameron, J. Bland, R. Marcuson, *Nut. Res.*, 9, 383 (1989)

- 14) 米倉郁美, 佐藤章夫, 医学のあゆみ, 150, 233 (1989)
- 15) K.L. Fritsche, P.V. Johnston, *J. Nutr.*, 120, 1601 (1990)
- 16) 成沢富雄, 高橋政弘, 磯田好弘, 平野二郎, 医学のあゆみ, 153, 103 (1990)
- 17) S. Watanabe, E. Suzuki, N. Kojima, Y. Suzuki, H. Okuyama, *Chem. Pharm. Bull.*, 37, 1572 (1989)
- 18) T. Shimokawa, A. Moriuchi, T. Hori, M. Satoh, M. Naito, A. Kabasawa, Y. Nagae, M. Matsubara, H. Okuyama, *Life Sci.*, 43, 2067 (1988)
- 19) P. Hoffman, H.-U. Block, J. Beitz, C. Taube, W. Foster, P. Wortha, P. Singer, F. Naumann, H. Heine, *Lipids*, 21, 733 (1986)
- 20) T. Horii, Y. Kobayashi, K. Satouchi, K. Saito, S. Watanabe, Y. Yoshida, H. Okuyama, Tokyo PAF Symp. on Allergic, Respiratory & Cardiovascular Diseases, Abstracts, Tokyo (1991) p. 150
- 21) N. Yamamoto, A. Hashimoto, H. Okuyama, M. Nomura, R. Kitajima, R. Togashi, Y. Tamai, *J. Lipid Res.*, 29, 103 (1988)
- 22) N. Yamamoto, Y. Okaniwa, S. Mori, M. Nomura, H. Okuyama, *J. Gerontol.*, 46, B17 (1990)
- 23) 大原辰雄, 奥山治美, 内藤幸雄, 中島好恵, 鍋島俊隆, 亀山 勉, 第19回日本神経精神薬理学会 (1989)
- 24) I. Watanabe, M. Kato, H. Aonuma, A. Hashimoto, Y. Naito, A. Moriuchi, H. Okuyama, *Adv. Biosci.*, 62, 563 (1987)
- 25) D.S. Kelley, L.B. Branch, J.E. Love, P.C. Taylor, Y.M. Rivera, J.M. Iacono, *Am. J. Clin. Nutr.*, 33, 40 (1991)
- 26) M. Kashima, G.-S. Cha, Y. Isoda, J. Hirano, T. Miyazawa, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 68, 119 (1991)
- 27) 宮澤陽夫, 宇佐見浩一, 藤本健四郎, 金田尚志, 第44回日本栄養・食糧学会総会講演, 1990.5.8, 仙台
- 28) 磯田好弘, 西沢幸雄, 油脂, 44 (6), 49 (1991)

《新刊図書案内》

書 名 : World Conference on Oleochemicals : Into the 21st Century
(1990年マレーシア・クアラルンプールで開催された国際会議の technical session 及び poster session の内容を網羅)

編 集 者 : Thomas H. Applewhite

発 行 所 : The American Oil Chemists' Society, P.O. Box 3489,

(申込先) Champaign, IL 61826-3489 USA

(telefax : 217 351 8091 ; telex 4938651 AOCS UI)

発 行 年 : 1991年6月

書 式 : A 4判, 325 p.p.

価 格 : U.S. \$125 (\$95 for AOCS members)

送 料 : 船 便 \$15:00

航空便 \$25:00

書 名 : Biotechnology of Plant Fats and Oils

(1989年アメリカのシンシナチで開催されたシンポジウムの内容を網羅)

編 集 者 : James B.M. Rattray

発 行 所 : The American Oil Chemists' Society, P.O. Box 3489,

(申込先) Champaign, IL 61826-3489 USA

(telefax : 217 351 8091 ; telex 4938651 AOCS UI)

発 行 年 : 1991年7月

書 式 : A 5判, 176 p.p.

価 格 : U.S. \$65 (\$50 for AOCS members)

送 料 : 船 便 \$15:00

航空便 \$25:00