

エゴマの栄養特性とその利用および荳油の酸化安定性

A Profile of Perilla Seed and the Oxidative Stability of Perilla Oil

市川 和昭
Kazuaki ICHIKAWA

n-3系多価不飽和脂肪酸の代謝系が、ヒトの健康や疾病に関与する重要な要因であることが認められるようになった。そこでn-6/n-3不飽和脂肪酸比の適切な摂取を確保する意味もあって最近エゴマや荳油（荳ゴマ油、荳胡麻種子油）が注目され、食用油や栄養補助食品の形で売られている。しかし、荳油は不飽和度が高いので酸化安定性が悪く十分に利用や応用がなされているとは言い難い。本報告ではエゴマの有効利用を目的として、(1) エゴマ種子、荳油の性状や栄養特性、(2) 荳油の酸化安定性、(3) ドレッシングやパンへの荳油の利用とそれらの酸化防止策について述べる。

キーワード：エゴマ, 荳油, 栄養特性, 酸化安定性, ドレッシング

perilla seed, perilla seed oil, nutritional properties, oxidative stability, dressing

1. はじめに

荳油は、エゴマ種子から搾油されるが、日本では古くから、灯油ならびに番傘やちょうちんの防水剤などとして用いられてきた。この油が栄養学的見地から注目されるようになったのはここ数十年のことである。すなわち荳油はn-6系のリノール酸とは生理作用の異なるn-3系の α -リノレン酸が豊富な油脂で、特殊な機能が認められている。しかし荳油は不飽和度が高いので酸化劣化しやすく、食用としての用途が制約されている。

ここでは、エゴマ種子（荳胡麻 *Perilla frutescens* Britton var. *japonica* Hara）および荳油について、成分、栄養効果、生理作用に関する調査ならびに脂質分析、利用法、酸化安定性に関する筆者らの検討結果について述べる。これまで各種油脂の酸化防止に関しては膨大な研究がなされているが、荳油に関して有効な酸化防止法は見出されていないし、系統的な酸化防止の研究報告もない。

エゴマ（荳胡麻 *Perilla frutescens* Britton var. *japonica*

Hara）はシソ科シソ属に分類される植物で、エゴマのほかシソ、アオジソ、チリメンジソ、レモンエゴマなどがこれに属している^{1)~4)}。エゴマは東南アジア原産の帰化植物で野原や道ばたにはえる1年草で、畑で栽培されている²⁾。現在中国で大量に栽培されている⁴⁾。全体にシソに類似の臭気がある。エゴマは種子が利用され飛弾地方では和え物、おはぎ、餅、ふりかけ、薬味、五平餅のたれの中に入れるなど日常的に食品として使用される^{1)~4)}。最近では、「荳胡麻」という商品名で、直径1~2mmの黒褐色の粒をパックした形態で健康食品として市販されている。エゴマはかつて普通のごまと同様に一般的な食材であり、日本人の食生活のなかで古代から受け継がれてきた。荳油はエゴマの種子を圧搾して絞った油である。平安時代には、エゴマ、荳油、ゴマおよびゴマ油の租税としての役割、室町時代には、京都・山城の大山崎離宮八幡宮の油座の利権独占、戦国時代には油行商から美濃一国の支配者となった斎藤道三の輩出など、エゴマ、荳油は日本の歴史に深く関わりを持つ⁵⁾。この時代まで油は食糧

より灯油として珍重され、エゴマは食糧および荏油の原料として重要視されていた^{3) 5)}。16世紀後半、菜種の到来によりエゴマは菜種に適さない寒冷地帯に追いやられていったとされる。現在、日本国内では、飛騨高山など岐阜県で年9.3トン、福島県で4.9トンなどの平均年収穫量が報告されている⁶⁾。

シソ（紫蘇 *Perilla frutescens* Britton var. *acuta* Kudo）はシソ科シソ属の1年生草本である。荏胡麻の変種で、シソ種子は荏胡麻より小粒である。中国、朝鮮、東南アジアなどで古来より栽培されてきた。葉は色素が多く梅漬けの色をつけるのに用いる。葉はシソの香りがあるので、そのほかの食材として使用する。果実は塩漬けにして食べる。

2. エゴマの栄養特性

(1) エゴマ種子およびシソ種子の脂質成分

エゴマ種子の含有する油分は約45%で、搾油により荏油（商品名シソ油）が得られる。α-リノレン酸の多い荏油はn-3系脂肪酸の重要な供給源である。奥山らの研究⁷⁾により荏油（シソ油）が栄養学的に注目されるようになった。

高木および筆者は、日本で栽培されているエゴマ種子およびシソ種子について、産地、含油量、中性脂質の脂肪酸組成について調査した（表1）⁸⁾。エゴマ種子はNo.2の34.5%を除くと45%以上と含油量が多

く、一方、シソ種子は平均34.5%でエゴマ種子より低い値となった。エゴマ種子とシソ種子の脂肪酸組成はほとんど同じである。またエゴマ種子の色や産地別による脂肪酸組成に特別の傾向は認められない。シソ種子のほうがシソ特有の香りが強くその点がエゴマとの大きな相違である。

遠藤らは、エゴマについて含油量とリノレン酸含油量の高い系統を探すことを目的にして、産地の異なる9系統の種子の産地別の検討をして、エゴマの産地、含油量、中性脂質および極性脂質の割合、中性脂質および極性脂質の脂肪酸組成について調査している（表2）⁹⁾。

エゴマの総脂質量は38.6~59.8%と高い。中性脂質の主な脂肪酸は、いずれもオレイン酸、リノール酸およびリノレン酸で、全脂肪酸の80%以上はこれらの不飽和酸で占められる。その中でもα-リノレン酸(18:3)がほとんどの場合について50%以上を占める。極性脂質の脂肪酸組成では、パルミチン酸やステアリン酸などの飽和酸とリノール酸の割合が、中性脂質の場合より高い値を示すが、リノレン酸は中性脂質の場合より少ない。エゴマの主ステロールは、いずれもシトステロールである。

(2) 微量成分

シソ種子に含まれる微量成分について、山本らが

表1 本邦エゴマ種子およびシソ種子の脂質の含油量と脂肪酸組成

種子	No.	産地	種子の色	エゴマ試料中の油分%	油分の脂肪酸組成%			
					16:0	18:1	18:2	18:3
エゴマ (<i>Perilla frutescens</i> Britton var. <i>japonica</i> Hara)	1	群馬	灰白色	45.0	6.2	11.8	13.3	66.7
	2	群馬	褐色	34.5	5.9	12.3	13.9	66.4
	3	群馬	灰白色	48.4	5.7	18.1	13.9	60.0
	4	福島	褐色	47.9	5.9	14.5	14.6	63.3
	5	埼玉	灰白色	47.4	6.3	10.9	13.1	67.8
	6	長野	灰白色	45.0	6.1	13.1	12.8	66.3
	7	青森	褐色味灰色	48.5	6.8	11.2	13.5	66.7
	8	岩手	灰褐色	48.2	6.5	13.7	16.3	61.6
	9	茨城	灰白色	48.7	6.7	12.8	14.6	63.8
		平均		46.0	6.2	13.2	14.0	64.7
シソ (<i>Perilla frutescens</i> Britton var. <i>acuta</i> Kudo)	1		褐色	33.0	5.9	17.4	11.6	62.2
	2		褐色	42.1	6.2	13.8	13.2	63.9
	3		褐色	28.3	5.7	12.8	14.0	64.6
			平均		34.5	5.9	14.7	12.9

表2 エゴマの産地、含油量、中性脂質と極性脂質の割合、中性脂質および極性脂質の脂肪酸組成およびステロール組成（遠藤 他, 1993）⁹⁾

試料 No.	産地	総脂質% エゴマ中の油分	a) b)		脂肪酸組成%							ステロール組成% c)			
			中性脂質 (総脂質中の比率%)	極性脂質	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	他	sito	campe	dihydro-spina	他	
2	日本・山形	38.6	85.7	14.3	中性脂質	6.1	2.8	17.8	17.3	49.5	6.5	73.7	6.1	5.5	8.0
8	日本・埼玉	56.0	70.4	29.6	中性脂質	6.5	1.8	14.9	13.6	58.0	5.2	80.0	5.8	12.2	14.2
9	日本・埼玉	52.7	78.8	21.2	中性脂質	7.1	1.9	16.4	15.5	57.8	1.3	79.3	14.7	6.0	
1	韓国・澤陽	42.0	88.9	11.1	中性脂質	7.3	2.7	17.4	15.2	55.5	1.9	74.5	9.4	5.9	10.2
3	韓国・ソウル	44.0	69.3	30.7	中性脂質	6.3	5.9	15.0	22.4	49.2	1.2	69.2	10.0		20.8
4	韓国・ソウル	59.8	86.3	13.7	中性脂質	5.1	5.0	14.1	24.2	49.9	1.7	81.8	8.3		9.9
5	韓国・南部	47.0	80.9	19.1	中性脂質	6.0	3.5	20.0	16.8	48.0	5.7	50.3	3.1		46.6
7	韓国・南部	48.5	85.4	14.6	中性脂質	6.2	3.9	18.7	11.1	53.5	6.6	83.2	11.3		
6	韓国・北東部	51.2	67.3	32.7	中性脂質	7.0	2.2	17.3	13.6	58.1	1.8	75.9	7.2		16.9
	平均 n=9	48.9	79.2	20.8	中性脂質	6.4	3.3	16.8	16.6	53.3	3.5	74.2	8.4	7.4	
6	韓国・北東部	51.2	67.3	32.7	極性脂質	21.1	17.1	15.5	18.6	15.8	-				

a) クロロホルム溶出分

b) メタノール溶出分

c) sito : シトステロール ; campe : カンペステロール ; dihydro : ジヒドロスピナステロール

数多くの抗酸化物質（機能性物質）を分析し、それらの生理作用を評価している^{4) 10)}。ルテオリン、アピゲニン、クリソエリオールなどのフラボノイドやロスマリン酸などが多量に含まれていること、及びこれらのポリフェノール類が5-リポキシゲナーゼ阻害作用、抗炎症作用、抗アレルギー作用、抗ヒスタミン作用および虫歯予防作用を有することを明らかにしている^{4) 10)}。これらの抗酸化物質は葉には配糖体として、種子にはアグリコンとして多く存在していて、フラボノイドがアグリコンの状態では含有されていることは非常に稀な例として注目されると報告している⁴⁾。シソ種子のこれらフラボノイドやロスマリン酸などのポリフェノールは油中にはほとんど存在せず、油分を除いた脱脂カス中に存在していてエタノールで抽出されている¹¹⁾。産地によりシソ種子中のポリフェノールの含量は異なり、一般に中国産（湖南省、湖北省）に比較して、国産（飛騨高山）の種子にはポリフェノール含量が多いという。精製荏油の中にはトコフェロールが含まれているが、同族体の量も大豆油の場合と異なり、 α 、 δ 体が少なく、 γ 体が多い傾向がみられた（表3）。合計量は大豆油程度かそれよりやや少ない。

(3) 荏油の用途

荏油は特殊な栄養機能をもつ食用油として市販されている。商品名は、しそ油、エゴマ油、ペリーラ油などとして売られている。荏油は、酸化安定性の点で

表3 荏油の微量成分の分析値

	トコフェロール含有量 mg/100g 油				
	α	β	γ	δ	total
荏の油 B a)	8.1	—	54.2	5.8	68.1
荏の油 C a)	6.2	—	55.4	trace	61.6
大豆白絞油 a)	12.5	—	46.7	13.6	61.8

a) 酸化防止剤無添加

他の食用油に劣るので、抗酸化剤としてトコフェロール (Toc) + アスコルビン酸パルミテート (AP) などが微量添加してある。賞味期間は、他の食用油とほぼ同じでガラス瓶のもので製造日より1年半とされている。開封後は冷蔵庫保存で3ヶ月ぐらいである。通常の植物油としてドレッシング、炒め物、天ぷら等に利用できると推奨されている。また缶詰の油漬けにも利用されている。荏の油の特異な生理機能を期待して栄養食品用途すなわち粉ミルク（アレルギー抑制）、流動食（カロリー源）、経腸栄養剤などにも利用されている。荏油を搾った滓は養鶏（鶏卵やヨーロ生産）の飼料に利用されている。またエゴマ種子は小鳥の主要なえさで、これで育った小鳥は毛並みが良いという。エゴマのどの成分の寄与によるものか興味のあるところである。そのほかエゴマ種子の食用用途については前記した通りである。食用以外の用途では荏油を加熱重合させて床や柱のみがき塗装用として多量に利用さ

れている。エゴマは、胡麻とよく似た名称であるため、混同されることが多いが、明らかに異なるもので、エゴマはシソ科、胡麻はゴマ科に属する。なお、エゴマは α -リノレン酸の供給源として重要であるが、ロシアを含めた東ヨーロッパで従来より利用されてきたアマニ油も同様に α -リノレン酸の比率が高く、 α -リノレン酸の供給源でかつリグナン類を含むアマニ種子は欧米では健康食品として利用されるようになってい¹²⁾。しかし、日本ではアマニ油を食する習慣はないが、最近になってアマニ油を添加した食用油が日本でも市販されている。表4にエゴマの所在、成分、用途を、アマニとの比較で示した。

(4) α -リノレン酸の栄養的意義

奥山らの研究⁷⁾により n-3系脂肪酸が血栓、アレルギー、ガンなどに対する抑制作用が小動物を使った実験で明らかにされ、また脳、神経、網膜などの機能を高度に保つのに必須であることがわかった。構成脂肪酸として α -リノレン酸を多量に含む荏油に関心が高まるとともに n-3系脂肪酸の有用性は広く認知されつつある。論拠は次のようである。即ち不飽和脂肪酸はその代謝過程で、プロスタグランジン、トロンボキサン、ロイコトリエンなどの局所ホルモンの生成に関わり、不飽和脂肪酸の中で n-6系 (リノール酸系列) と n-3系 (リノレン酸系列) で生理作用、特に血小板凝集作

表4 エゴマおよびアマニの所在と成分・用途

項目	エゴマ (荏胡麻)	アマニ (亜麻仁)
1. 分類	学名 <i>Perilla frutescens</i> Britton シソ科 1年生草本 草丈80cm程度	学名 <i>Linum usitatissimum</i> L. アマ科
2. 所在	シソ科草本の種子：果実はそ果でその中に4個入り、球形で直径約1.2mmの種子がある。黒と白の2種類がある。原産地は東南アジア、栽培はインド、中国、朝鮮、日本で古くから行われている。	アマニは繊維作物 亜麻の成熟種子を指す。古代エジプト、ヘブライ、ペルシャ、アラビアで栽培されたが、その後ヨーロッパ諸国へ広まった。亜麻は、アマおよびその茎中のジン皮繊維を指し、亜麻からつくられた糸および織物をリネンとよぶ。亜麻仁油はアマの種子から得られる乾性油を指し、カナダ、中国、インドが主産地。
3. 用途	種子は製油原料で、荏油 (荏ゴマ油) (perilla oil) を得る。従来から住宅材の塗装用油、ペイントなどに利用されていた。 食用には種子が、ごま (sesame) の代用として用いられる。小鳥のえさにも使われる。 最近 α -リノレン酸の給源として健康食品としての食用油に用いられるようになった。 古くは灯明や食用に用いられた。	種子は製油原料で、アマニ油 (亜麻仁油 linseed oil) を得る。印刷インキ、塗料、印肉、リノリウムなどに使用。酸化されやすく食用油には不向きであるが、最近 α -リノレン酸の給源として健康食品用油に用いられる。ロシアなど東ヨーロッパでは従来より冷圧搾油を食用にする。アマニ種子は油分の半分が α -リノレン酸。欧米では健康食品として活用。
4. 成分 (全実)	水分約6%、脂質40-45%、灰分約4%。 K600mg%、Ca400mg%、Fe16mg%、VitaminB2 0.3mg%、ナイアシン8mg%。	脂質 (中性脂質がほとんどで極性脂質は少ない) 38~45%含む。
5. 脂肪酸	α -リノレン酸約60%、オレイン酸16%、リノール酸14%、飽和微量。	α -リノレン酸61%、オレイン酸15%、リノール酸15%、ステアリン酸3%、パルミチン酸7%など
6. 油の性状	乾性油、ヨウ素価200内外で植物油中最も高いものの一つ。淡黄色透明液体。粘度が低くサラサラしている。若干の魚臭様臭気がある。酸化安定性は大豆油より劣る。	ヨウ素価が190前後と高い。 黄色~褐色の乾性油
7. 微量成分	種子にはアグリコン、葉には配糖体が多い。シソ種子には、ポリフェノール類が多量に存在する。抗酸化物質のルテオリン、アピゲニン、クリソエリオールなどのフラボノイド、ロスマリン酸 (シソ種子抽出物である)。	リグナンを含む。 リナマリン (シアン化水素配糖体で毒性を示す) を少量含む。

用や血管収縮作用などが異なり、さらにヒトはn-6系とn-3系との間の変換酵素がないので互いに交換せず、これらを別々に摂取する必要がある。またこれらは互いに拮抗的に作用する。現在の日本人は食の欧米化、脂質摂取量増加によるn-6系多価不飽和脂肪酸の過剰摂取の状態にあり、その結果血栓症疾患（脳梗塞、心筋梗塞）、炎症、アレルギー、発ガン、高血圧症などが増えたとの説で、n-6系脂肪酸を減らしn-3系脂肪酸の摂取を増やすべきであるとしている。しかしn-6系多価不飽和脂肪酸の過剰摂取障害と同様、n-3系脂肪酸の過剰障害も認められていて、n-6/n-3の摂取バランスとそれらの摂取量の適正化については栄養学的に重要な問題で、その取り扱いについては慎重でなくてはならないとの意見がある¹³⁾。いずれにしても、通常の食生活での利用と臨床用とは区別して議論する必要があり、臨床用ではn-6/n-3=1以下でないと治療にならないと言われている。

リノール酸、 γ -リノレン酸、 α -リノレン酸、エイコサペンタエン酸（EPA）、ドコサヘキサエン酸（DHA）などの多価不飽和脂肪酸に富む油脂は飽和脂肪と比較して、血清脂質濃度を低下させる¹⁴⁾。この大きな原因は肝臓脂肪酸合成の低下作用である。実験動物において飽和脂肪酸の飼料への添加では肝臓の脂肪酸合成活性にほとんど影響を与えないが、多価不飽和脂肪酸は低下させ、低下活性はリノール酸、 γ -リノレン酸、 α -リノレン酸でほぼ同等であり、EPAやDHAに富む魚油ではさらに強い脂肪酸合成抑制活性を持つ¹⁴⁾。

n-3系多価不飽和脂肪酸は、n-6系脂肪酸であるリノール酸よりもさらに強い血清脂質濃度低下作用を示す。 α -リノレン酸高含有油脂は飽和脂肪と比較して肝臓の脂肪酸合成を低下させるが、その効果はリノール酸と同等であることから、 α -リノレン酸がリノール酸と比較してより強い血清脂質低下作用を示す原因は肝臓での脂肪酸合成の低下に加え、 β 酸化の亢進が大きな要因となると考えられている¹⁴⁾。食餌として与えた α -リノレン酸が量依存的に肝臓ミトコンドリアとペルオキシゾームの β 酸化活性を増加させることが示されている¹⁴⁾。血清脂質や貯蔵脂質の調節は遺伝子発現制御のレベルでかなりわかってきていて、最近では魚油の摂取の効果についてn-3系脂質が、PPAR (peroxisome proliferator-activated receptor) の活性化による β -酸化亢進とSREBP (sterol regulatory element-binding protein) のmRNA発現抑制による

脂肪酸合成抑制を行うことが示唆され注目されている¹⁵⁾。これらの研究結果は、脂質代謝改善機能を有する食品成分としての荳油の可能性を示唆する。

3. 荳油の利用と酸化安定性向上

荳油は日本古来からの油で、その生理作用がサフラワー油（紅花油）やコーン油などのn-6系の食用油とは異なりn-3系食用油としての特色があり、期待できる食品素材である。しかし不飽和度が高いため酸化安定性に考慮すべき点があり、その利用には限界があった。

そこで筆者は荳油の有効利用をめざして、荳油の酸化安定性の評価およびその向上を検討した。また荳油を用いて食パンやドレッシングの製造を試み製品を評価した。ここで、これらの結果について述べる。

(1) 荳油の自動酸化安定性（図1）

荳油、大豆油 および ショートニングの自動酸化の時間変化を図1に示した。

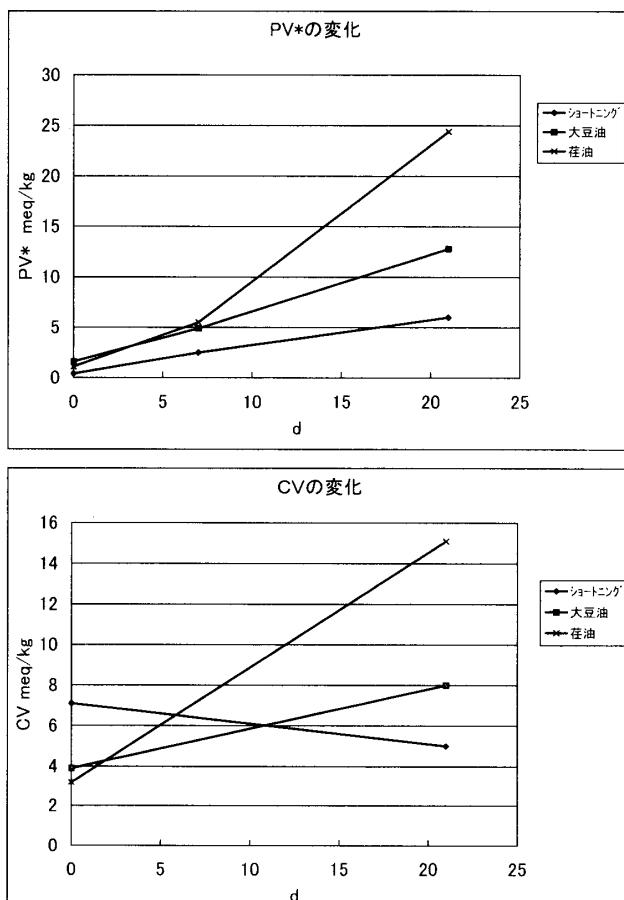


図1 荳油、ショートニング および 大豆油の自動酸化の時間変化

自動酸化のしやすさは、荏油が最も酸化しやすく、ついで大豆油、ショートニングの順に安定性が増した。天然の酸化防止剤として大豆油や荏油には天然の Toc が含まれていて酸化的劣化を抑制しているが、荏油は不飽和度が高いので天然の Toc を含むにもかかわらず酸化安定性が悪い。大豆油程度の酸化安定性を維持する為にも、何らかの酸化防止策が必要であることがわかる。そこで食用油として大豆油程度の酸化安定性を維持できるように、保存条件の検討および酸化防止剤として Toc やカテキンの添加を検討した。

油脂の自動酸化に関する研究は、これまで膨大な検討がなされていて、酸化的劣化に及ぼすいろいろな要因が挙げられている。しかし、酸化的劣化の評価条件がまちまちで、酸化安定性に対する指標もさまざまであり、ある条件での結果を、そのまま普遍的結論として受け入れることができない場合が多くある。荏油の自動酸化安定性に及ぼす主な要因について、その影響の大きさを把握するために、荏油について自動酸化試験を行って酸化的劣化の程度を過氧化物価 (PV meq/kg) で評価した実験結果¹⁶⁾ について解析を行った。自動酸化に及ぼす要因として、油の空気接触面積 (cm²/g)、静置温度、放置場所の照度、原料油の初期 PV、原料油のヨウ素価、酸化防止剤カテキン添加効果、酸化防止剤 Toc + AP の添加効果を選んだ。Evans らは、大豆油で過氧化物価 (PV, meq/kg) が10を越えると官能検査で好ましくない臭いになる事実に基づいて大豆油の酸化安定性を評価している¹⁷⁾。そこで荏油の酸化安定性を、PV (meq/kg) が10に達するまでの日数 (d) で示すこととした。従って数値が大きいほど自動酸化しにくく酸化安定性がよい。結果を表5にまとめた。

表5の実験データを統計解析ソフト StatView5.0を用いて重回帰分析した。従属変数の日数 (d) を7個の独立変数の各要因による重回帰式において、各変数の係数を標準化した標準偏回帰係数が大きいほどその要因の寄与が大きいことを示す。また係数がマイナスの場合は要因の数値が大きくなると酸化安定性が低下し、係数がプラスの場合は要因の数値が大きくなると酸化安定性が向上することを示している。寄与率 r^2 %76.4%は従属変数 Y (PV (meq/kg) が10に達するまでの日数) が次式の重回帰式で比較的良好に説明されることを示している。

$$Y = 644.1 + 0.06X_1 - 0.87X_2 - 0.02X_3 + 0.54X_4 - 0.25X_5 + 0.26X_6 - 0.70X_7$$

ただし、YはPV10に達するまでの日数、 X_1 空気接触

面積、 X_2 温度、 X_3 照度、 X_4 初期 PV、 X_5 ヨウ素価、 X_6 カテキン0.1%添加、 X_7 [Toc+AP] 0.1%添加であり、式で切片と温度 (X_2) のみが有意水準0.05で予測に有用な項目であった。

なお日数 Y と各要因との相関係数は、温度 -0.82、照度 -0.57、空気接触面積 -0.56、油初期 PV -0.11、ヨウ素価 (油の不飽和度) -0.25となり、特に温度は強い逆相関があり、面積および照度は、弱い逆相関があるといえる (初期 PV とヨウ素価以外はいずれも $p < 0.05$)。すなわち、低温で遮光するほど、また空気との接触を少なくするほど安定性はよくなる。検討の範囲内で初期 PV やヨウ素価は相関係数からは酸化安定性への影響が温度や光の影響に比較して小さいか、影響があまりないといえる。

7要因中、温度の寄与がその他の要因に比べて著しく大きく、低温 (冷蔵庫) に保存すればきわめて安定となることが示された。これらの統計解析の結果は従来の知見と同様であるが、この検討で各要因の効果の大小が明確になった。表6に荏油の酸化安定性に及ぼす要因 (温度、照度、Toc+AP 添加、カテキン添加) の影響を示した。表は上から下へ安定性が増加する順に配列したが、この表より、低温保存、遮光、カテキンの添加を組み合わせることにより著しく荏油の酸化安定性が向上することがわかる。

酸化防止剤添加による保存性向上効果は、茶抽出物 (カテキン主成分、0.02%程度あるいはそれ以下) の添加が有効であったが、添加量が多くなると黄赤色に着色する欠点がある。一般の油脂製品に用いられる Toc や [Toc+AP] はカテキンほどには効果が認められない。また Toc 単独の場合には、0.2%添加 (通常の添加量は0.01~0.05%前後) では酸化を促進することを認めた¹⁸⁾。この現象は従来から大豆油などでも認められていて、過多の Toc があるとトコフェロキシラジカルが生成して開始剤となり酸化を促進するとの考察がなされているが¹⁹⁾、ラードなどでは通常の範囲で添加量が多いほど有効であり、何故 Toc の添加が荏油や大豆油のような液状の植物油の酸化防止にあまり効果的でないのか明確ではない。また、カテキンが Toc と異なり有効である理由も明かでない。今後の検討課題である。これまで食用油の酸化防止剤として Toc が多く用いられてきたが、この実験結果は Toc の使用に際してはかなり注意が必要であることを示している。その添加量、使用条件、他成分の影響、保存条件によっては、酸化防止の役割を果たさないこともあ

表5 荳油の自動酸化に及ぼす各種の要因とその影響

Run No.	食用油	食用油の 空気接触 面積cm ² /g	静置温度 ℃	照度 ルクス	食用油の 初期PV	食用油の ヨウ素価	カテキン 添加0.1%	Toc+AP 添加0.1%	PVが10に 達するま での日数
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	Y
1	荳油B a)	0.39	8	0	0.6	185.8	0	0	515
2	米油	0.39	8	0	0.6	105.2	0	0	580
3	荳油B + 米油1:1	0.39	8	0	0.2	145.5	0	0	300
4	コーン油	0.39	8	0	0.7	126.4	0	0	500
5	荳油 + コーン油1:1	0.39	8	0	0.2	156.1	0	0	160
6	荳油B カテキン0.1%	0.39	8	0	0	185.8	0.1	0	320
7	荳油A カテキン0.1%	0.39	8	0	2.4	185.8	0.1	0.1	260
8	荳油A b)	0.39	8	0	3.8	185.8	0	0.1	110
9	荳油B	1.19	30	660	0.6	185.8	0	0	10
10	米油	1.19	30	660	0.6	105.2	0	0	10
11	荳油B + 米油1:1	1.19	30	660	0.2	145.5	0	0	10
12	コーン油	1.19	30	660	0.7	126.4	0	0	32
13	荳油 + コーン油1:1	1.19	30	660	0.2	156.1	0	0	17
14	荳油B カテキン0.1%	1.19	30	660	0	185.8	0.1	0	18
15	荳油A カテキン0.1%	1.19	30	660	2.4	185.8	0.1	0.1	10
16	荳油A	1.19	30	660	3.8	185.8	0	0.1	7
17	荳油B	1.19	30	105	0.6	185.8	0	0	16
18	コーン油	1.19	30	105	0.7	126.4	0	0	62
19	荳油B	0.33	30	60	0.6	185.8	0	0	20
20	荳油B カテキン0.1%	0.33	30	60	0	185.8	0.1	0	70
21	コーン油	0.33	30	60	0.7	126.4	0	0	95
22	荳油B	0.25	20	0	0.6	185.8	0	0	28
23	荳油B カテキン0.1%	0.25	20	0	0	185.8	0.1	0	112

a) 荳油B: 酸化防止剤 [Toc+AP] を添加していない荳油で表中の条件 [Toc+AP] 0と記載.

b) 荳油A: 酸化防止剤 [Toc+AP] 0.1%を添加した荳油で表中の条件 [Toc+AP] 0.1と記載.

りうる.

(2) 荳油ドレッシングの酸化安定性

荳油は不飽和度が高く、前述のように他の市販の食用油と比較して酸化劣化しやすいので、その用途が制約されているが、ドレッシングやマヨネーズのような低温で使用する食品への利用は適する。筆者らは荳油を用いたドレッシングについて、大豆油の場合との比較で酸化安定性評価と酸化防止策について検討した。荳油、卵黄、食酢、食塩を原料に用いて乳化型ドレッシングを調製した。ドレッシングにした場合は、水、乳化剤、酸が共存して食用油自体の自動酸化の場

合と環境が異なるが、油脂の種類の違いによる酸化劣化の傾向は、空気中における食用油の自動酸化の傾向と同じであった。すなわち、ドレッシングにした場合も荳油が大豆油と比較して著しく酸化しやすいことが認められた。また荳油自体の場合と同様に、ドレッシングの油分に対して茶抽出物（カテキン主成分）0.2%程度の添加が有効であり、大豆油ドレッシング程度の酸化安定性を得ることができた。

mix-Toc 0.2% あるいは mix-Toc 0.2% + AS0.2%の添加はわずかな酸化防止効果しかなく保存性向上に大きな効果は期待できない。冷蔵庫保存では、荳油ドレッシング、大豆油ドレッシングともに、数ヶ月後もPV

表6 荳油の酸化安定性に及ぼす要因の影響

No.	条件					PVが10に達するまでの日数
	油	温度°C	光ルクス	Toc+AP	カテキン	
16	荳油A a)	30	660	0.1	0	7
9	荳油B b)	30	660	0	0	10
19	荳油B	30	60	0	0	20
22	荳油B	20	0	0	0	28
20	荳油B	30	60	0	0.1	70
8	荳油A	8	0	0.1	0	110
23	荳油B	20	0	0	0.1	112
7	荳油A	8	0	0.1	0.1	260
6	荳油B	8	0	0	0.1	320
1	荳油B	8	0	0	0	515

a) 荳油Aは [Toc+AP] 0.1%添加したもので表中の条件 Toc+AP 0.1と記載.

b) 荳油Bは [Toc+AP] を添加していない無添加品で表中の条件 Toc+AP 0と記載.

の増加はわずかであり、著しく酸化劣化が遅延され、低温保存が有効であった。しかし、荳の油ドレッシングは1ヶ月を越えると、大豆油ドレッシングに比較してPVの増加が大きくなり酸化しやすいことが確認された(表7)。

なお、これらの検討では、筆者が開発した過酸化物価の簡易測定法²⁰⁾も用いたが、この方法は食用油、エマルジョン、脂肪酸、抽出油分などのいずれの形態の試料にも適用でき、少量の試料で一度に迅速に多数の試料を測定できる特徴がある。特にエマルジョンで油分を抽出することなく、そのままPVを測定できる利点がある。

(3) 食パンへの利用

油脂はパンの物性や食味を改善するので、従来からバターやショートニングが添加されている。筆者は、食パンへの荳油の添加効果を検討した²¹⁾。パンの製造、保存中の脂質酸化は、空気中で油脂自体の酸化とほぼ同じ傾向で、マグロ油>荳油>大豆油>ショートニング~バターの順であり、荳油がパン中でも酸化劣化しやすいことが問題となる。またショートニングやバターの固体脂に比較して、荳油など液体油はパンのふくらみが悪く比容積の減少、硬くなりやすいなどの好ましくないパンの物性となった。そこで物性改良を試み、リパーゼにより荳油をグリセロリシスしてモノアシル

表7 荳油ドレッシングの酸化安定性

放置温度 光	放置(d)	大豆油	荳の油	荳の油	荳の油
		ドレッシング	ドレッシング	ドレッシング	ドレッシング
かきませ				カテキン油性(対油分%)	
				0.2%	0.4%
25°C 320ルクス 回転子 1000rpm	0	2.3	0.3	0.3	0.3
	7	9.7	19.0	7.0	2.7
	14	21.5	45.2	31.7	8.5
	21	38.0	—	—	—
0°C 暗所 静置	0	0.2	0.3	—	—
	28	4.1	3.8	—	—
	49	4.7	5.2	—	—
	76	4.1	11.5	—	—
	112	4.0	24.0	—	—
	119	5.5	26.8	—	—
	378	20.3	80.0	—	—

油脂44g, 穀物酢24g, 食塩1g, 卵黄8g 合計77g.

ポリエチレンフィルムでふたをした200ml ビーカー使用.

グリセロール (MG) やジアシルグリセロール (DG) の混合物 (荳油 GL) に変換し、パンに添加して物性を評価した²²⁾。荳油 GL が比容積増加やパンのやわらかさの維持に幾分かの効果があることを確認できた。なお荳油および荳油 GL をパンに添加すると、パンにわずかな荳油臭がしたが、酸化防止剤としてカテキンを添加すると、この臭気は消え好ましいパンの香りとなった。

荳ゴマのパンへの利用は、油分として利用すると酸化的劣化や物性劣化が問題となるが、荳ゴマ種子の利用では酸化安定性の確保や食物繊維などの栄養の面から実用的であるかもしれない。

4. 結語

荳油は、n-3系の不飽和脂肪酸である α -リノレン酸を豊富に含む油脂で、適切な摂取量で、抗アレルギー作用、アトピー性皮膚炎やガンの抑制作用、高血圧予防、血小板凝集抑制、気管支ぜん息抑制など、その栄養学的、生理学的意義が次第に明らかになり注目されている。しかし、不飽和度が高く酸化されやすい油脂であり用途が限られている。揚げ物や加熱調理には不向きで、低温で利用できるマヨネーズやドレッシングなどへの利用が現在のところ適切であろう。荳油の酸化防止に、カテキンがきわめて有効であったが、

よく用いられる抗酸化剤のトコフェロールがなぜ荳油でほとんど効果を示さないのか、カテキンと Toc との対比による機構解明が必要である。またエゴマ中の自己酸化を防ぐ為に内在している抗酸化物質の抗アレルギー性などの生理作用は興味深い。エゴマ種子の形で食生活に利用することは、食物繊維や機能性成分の摂取の意味から有益であると同時に、種皮に覆われ脂質が酸化しにくい点もメリットである。脂質が生活習慣病の要因として、食生活の面から脂質の摂取過剰がクローズアップされている今、特定の食品に偏ることなく脂質摂取量の適正化をはかるとともに、荳油やエゴマのような日本古来の食品を上手に利用することも再考されるべきである。

文献

- 1) 杉田浩一, 堤忠一, 森雅央, 新編日本食品事典, p.138, 医歯薬出版 (1991).
- 2) 牧野富太郎, 原色牧野植物大図鑑, p.478, 北陸館 (1986).
- 3) 深津正, 食の科学, **44**, 25-29 (1978).
- 4) 山本浩代, 食品と開発, **32**, 41-43 (1997).
- 5) 同誌編集部, 吉川誠次, 男の食彩 2・3, pp.56-59 (1992).
- 6) 古澤典夫監修日本エゴマの会, エゴマ～作り方, 生かし方～, p.33, 創森社 (2000).
- 7) 奥山治美 編, 第1版 シソ油の生理機能に関する論文要約集1987-1998 (株)スギヤマ薬品 (1999).
- 8) T.Takagi, K. Ichikawa, *AOCS Annual Meeting and Expo., Florida, USA: Abstracts*, S84 (1999).
- 9) 遠藤節子, 石崎貴子, 木俣美樹男, 東京学芸大学紀要, 第4部, 第45集, 27-32 (1993).
- 10) 山本浩代, 食品と開発, **34**, 57-59 (1999).
- 11) H.Yamamoto, J. Sakakibara, A.Nagatsu and K.Sekiya, *J.Agric. Food Chem.*, **46**, 862-865 (1998).
- 12) 岡部正明, 坂井緑, 前田徳秀, 宮本有美, 立花宏文, 山田耕路, 日本食品科学工学会誌, **51**, 352-357 (2004).
- 13) 菅野道廣, あぶらは訴えるー油脂栄養論, p.42, 講談社 (2000).
- 14) 井出隆, 日本食品科学工学会誌, **48**, 555-563 (2001).
- 15) 安藤進, 第41回日本油化学会年会講演要旨集 E102, p.59 (2002).
- 16) 石井貴子, 小山吉人, 市川和昭, 杉浦美咲, 名古屋文理短期大学紀要, **26**, 19-25 (2001).
- 17) J.C.Evans, D.R.Kodali, and P.B.Addis, *J.Amer.Oil Chem. Soc.*, **79**, 47-51 (2002).
- 18) 市川和昭, 日本食品科学工学会第49回大会発表データ, 講演集3Ca3 (2002).
- 19) 寺尾純二, 日本食品科学工学会誌, **43**, 775-779 (1996).
- 20) 市川和昭, 石田重紀, 日本油化学会誌, **49**, 945-950 (2000).
- 21) 市川和昭, 財団法人エリザベス・アーノルド富士財団 平成8年度報告書 p.157-166 (1998).
- 22) 市川和昭, 西野由紀, 谷口奈美, 名古屋文理大学紀要, **3**, 103-110 (2003).