

〈論文〉

## 食用亜麻仁油の加熱調理における 劣化の程度及び嗜好評価

榎戸 真理 大橋きょう子

Deterioration and Palatability of Flaxseed Oil during Pan-frying

Mari ENOKIDO, Kyoko OHASHI

To clarify appropriate conditions to use flaxseed oil for cooking and pan-frying as an edible oil, deterioration levels (AV, POV, and COV) were measured, and sensory analysis was performed. On comparison of the heating and preservation times between flaxseed and soybean oils, there were no differences in the deterioration level or palatability when heating the former for 4.5 minutes or less. The deterioration level or palatability of flaxseed oil did not change even when the temperature had decreased after heating, compared to immediately after heating.

This study clarified appropriate conditions to use flaxseed oil for cooking with heat, as well as its applicability as an edible oil and palatability.

### はじめに

近年、我々はレトルト食品や市販惣菜を手軽に購入できるようになり、脂質を多く含む食品及び油脂を用いた料理を摂取する機会が増加し、食生活は脂質摂取過多の状態となっている<sup>1)</sup>。そのため、脂質の種類が注目されており、特に n-3 系脂肪酸の摂取が重要視されている。n-3 系脂肪酸は、高血圧の改善や抗アレルギー作用、抗炎症作用などの有効性について多くの報告<sup>2~8)</sup>がされている。この n-3 系脂肪酸には、植物由来の  $\alpha$ -リノレン酸と魚由来のイコサペンタエン酸 (EPA) やドコサヘキサエン酸 (DHA) などがある。しかし、魚離れの食生活であることに加え、水銀やダイオキシンなどの環境汚染物質による魚の汚染や世界的な魚資源の不足が懸念されていることから、将来

的には n-3 系脂肪酸を  $\alpha$ -リノレン酸から摂取する必要性がますます高まると考えられる<sup>9)</sup>。

$\alpha$ -リノレン酸を多く含む油にはエゴマ油、亜麻仁油などがある。これらの油は、2007 年頃から大手の新聞などで取り上げられ、また多くのスーパーマーケットや百貨店等でも販売されていることにより、認知度は高くなっている。しかしながら、これらの油は加熱に弱く酸化しやすい特性を有することから、調理への利用範囲は狭いと考えられている。

エゴマ油の非加熱及び加熱調理についての調理性及び嗜好性に関する研究報告は多い<sup>10~14)</sup>が、亜麻仁油についての調理性及び嗜好性に関する研究<sup>15)</sup>はほとんどなく、特に加熱調理に関する報告は見当たらない。

加熱調理操作には、炒め物のように短時間で加熱を行うものもあり、亜麻仁油を用いた場合でも、調理条件によっては酸化が著しく進行する前に喫食することが可能であると考えられる。

そこで、本研究では、炒め加熱を想定した高温短時間調理における亜麻仁油の劣化度及び嗜好性を検討し、喫食可能な食用範囲を明らかにすることを目的とした。

## 食用油としての亜麻仁油について

亜麻仁油の原料となる亜麻仁（亜麻の種子）は学名を *Linum usitatissimum* といい、平らで、先の尖った楕円形をしている。亜麻仁は胡麻と似ているが約 4~6 mm で胡麻より少し大きい。サクサクとした噛み応えのある食感で、ナッツ類のような味を有する<sup>16)</sup>。2014 年の全世界における亜麻仁の生産量は 240 万トンを超え、カナダを中心に中国、アメリカ、インドなど世界の広い地域で栽培されている。亜麻仁は  $\alpha$ -リノレン酸や食物繊維、リグナンが豊富であるという特徴を有するため、機能性食品として世界各国で使用されており、2014 年にはカナダで、「亜麻仁粉末の摂取が血中コレステロール低減につながる」という健康強調表示が許可された<sup>17)</sup>。また、ヨーロッパでは亜麻仁をパンやマフィンに添加する等広く用いられ、食品としての利用が増加している。

亜麻仁油は、原料となる亜麻仁を低温圧搾法により搾油したもので、カナダやアメリカでの需要が多く、パンにつける、果物のスムージーに添加する、ドレッシングなどに用いられる他、 $\alpha$ -リノレン酸の摂取限の 1 つとしてサプリメントの利用も多い<sup>16, 18, 19)</sup>。日本国内では、古くから亜麻仁油は乾性油として知られ、塗料やインクなどの工業用途としての認識が強く、食用としての認知度は低かった。しかし、日本においても健康志向の高まりにより、亜麻仁油の食用としての認知度が高まってきている。

現在、日本で販売されている亜麻仁油は無精製のものと同様に精製されているものがある。本実験で用いた無精製の亜麻仁油は、濃い黄金色を呈し、亜麻仁油特有の風味や苦味（えぐ味）を有する。精製されている亜麻仁油は、他の精製油と同様に無色透明であり、亜麻仁油が有する特有の風味や苦味が軽減され、食べやすくなっている。しかし、精製の有無に関わらず、亜麻仁油は熱に弱く酸化しやすいという特性を有するため、生食用として調理に用いることが推奨されている。

## 実験方法

### 1. 試料油及び使用食材

試料油は、現在市販されている「有機亜麻仁油」（紅花食品株式会社製、以下、亜麻仁油）を用いた。この油は 40℃ 以下の低温圧搾法によって搾油された未精製油である。対照油として、一般に広く使用され、かつ食用油の中でも  $\alpha$ -リノレン酸含有量が約 6% と比較的多く含まれている大豆油

表 1 試料油及び対照油の一般特性

		大豆油*1	亜麻仁油*2
脂肪酸組成 (%)			
パルミチン酸	(C 16 : 0)	10.3	5.4
ステアリン酸	(C 18 : 0)	4.0	2.4
オレイン酸	(C 18 : 1)	24.6	11.1
リノール酸	(C 18 : 2)	54.7	15.9
$\alpha$ -リノレン酸	(C 18 : 3)	6.2	63.5
Iodine value (IV)		132	199*3
Acid value (AV)		0.05	0.26
Peroxide value (POV) (meq/kg)		0.00	0.40
Carbonyl value (COV) (meq/kg)		1.69	1.28
色*4	L	96.4	87.1
	a	-1.58	-6.07
	b	4.58	57.09
粘度 (mPa · s) (20℃)*5		59	46

※1：大豆油の脂肪酸組成及び IV は不二製油（株）より提供

※2：亜麻仁油の脂肪酸組成は紅花食品（株）より提供

※3：基準油分析試験法 2.3.4.1<sub>1996</sub> ヨウ素価（ウィイス-シクロヘキサン法）により測定

※4：色の測定は分光色差計により測定

※5：粘度はコーンプレート式回転粘度計により測定

(不二製油株式会社製)を用いた。試料油及び対照油は、入手後4℃で保存し、20℃で実験に供した。試料油の一般特性を表1に示した。

食材は季節変動に左右されず、産地が一定で年間を通じて入手可能なものとして緑豆もやし(栃木県日光市産、以下、もやし)を使用した。

## 2. 試料の調製方法

熱源としてIH調理器(KZ-PH30W, National社製)を使用し、火力を900Wに設定した。調理器具はフライパン(T-Fal社製, プロメタルプロコーティング加工, 内径24cm, 高さ5cm, 重量940g)を用いた。フライパンの中心温度が190℃に加熱した時点で試料油5gを入れ、直ちにもやし100gを投入した。調理用菜箸を用いてもやしを毎分120回の速さで攪拌し、一定時間加熱を行い、これを試料とした。

加熱時間を1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0分間とし、加熱後直ちに測定に供した。また、3.0分間加熱した試料は、加熱後室温(20℃)で0, 30, 60, 120, 240分間保存した。

## 3. 測定項目

### (1) 水分量

未加熱時及び加熱後の試料各15gを、乾燥減量法により水分測定をした。測定には赤外線水分計(FD-720, 株式会社ケット科学研究所製)を用いた。

### (2) 付着油量及び吸油量

加熱後の試料の付着油量及び吸油量、フライパン上に残った残油量を測定した。

加熱後、付着油と残油を各々キムワイプに吸収させた。加熱乾燥法により水分を蒸発させ、デシケーター内で放冷後、その重量を測定した。使用油量から付着油量と残油量を除いたものを吸油量とした。

### (3) 温度履歴

フライパンの中央に静止表面温度用センサ(安立計器株式会社製)を設置し、加熱中のフライパンの表面温度を測定した。また、もやしの内部温度用センサ(安立計器株式会社製)を縫うように刺し入れ、温度測定部位がもやしの中心部に来るように設定し、加熱中及び加熱後のもやしの内部温度を測定した。いずれも1秒毎の温度を自動記録した。

### (4) 劣化度の測定

加熱後の油の抽出は豊田ら<sup>20)</sup>の方法を改変して行った。抽出溶媒には石油エーテルを用いた。酸価(AV)、過酸化物価(POV)、カルボニル価(COV)は基準油脂分析試験法<sup>21~23)</sup>に従って測定した。

### (5) 官能評価

#### 1) 試料油の官能評価

10ml容褐色ねじ口試験管に未加熱の各試料油3mlを入れ、マドラーを添えて官能評価に供した。パネルは昭和女子大学生活科学部に在籍する20~24歳女子学生25名とし、事前に訓練を行い評価させた。評価項目は、①色、②におい、③油っぽさ、④コク、⑤香ばしさ、⑥味、⑦総合評価の7項目とした(表2)。コクについてはコクの定義<sup>24~26)</sup>を提示し、味の広がり、芳醇性(香りが高いこと)、立ち上がりの速さ、奥深さ、持続性(後味)、まろやかさの6項目中2項目以上該当した場合に「ややある」又は「ある」と評価させた。二点嗜好尺度試験法<sup>27)</sup>により、大豆油を基準(=0)とした時の亜麻仁油について、-2から+2の5段階で評価させた。各試料油を口に入れて評価する毎に60℃の微温湯で口をすすぎながら評価させた。

結果を平均値で示し、一元配置分散分析を行い、student-t検定により解析した。有意水準が5%未満の場合に有意差ありと判定した。解析にはMicrosoft Office Excel 2007を用いた。

表 2 試料油の官能評価における評価項目

評価項目	評点				
	-2	-1	0	1	2
① 色	薄い	やや薄い	同じ	やや濃い	濃い
② におい	ない	ややない	同じ	ややある	ある
③ 油っぽさ	ない	ややない	同じ	ややある	ある
④ コク	ない	ややない	同じ	ややある	ある
⑤ 香ばしさ	ない	ややない	同じ	ややある	ある
⑥ 味	ない	ややない	同じ	ややある	ある
⑦ 総合評価	好ましくない	やや好ましくない	同じ	やや好ましい	好ましい

表 3 炒め物の官能評価における評価項目

評価項目	評点				
	-2	-1	0	1	2
① 油っぽさ	ない	ややない	どちらとも言えない	ややある	ある
② 水っぽさ	ない	ややない	どちらとも言えない	ややある	ある
③ 味	悪い	やや悪い	どちらとも言えない	やや良い	良い
④ 苦味	ない	ややない	どちらとも言えない	ややある	ある
⑤ 総合評価	好ましくない	やや好ましくない	どちらとも言えない	やや好ましい	好ましい

## 2) 加熱試料の官能評価

加熱後、試料 15 g を白小皿に測りとり、官能評価に供した。パネルは昭和女子大学 生活科学部に在籍する 20～24 歳女子学生 20 名とした。評価項目は①油っぽさ、②水っぽさ、③味、④苦味、⑤総合評価の 5 項目とした (表 3)。評価方法は評点法<sup>28)</sup>を用い、-2 から +2 の 5 段階で評価させた。

結果を平均値±標準偏差で示した。同一試料油

間の比較には二元配置分散分析を行い、有意差が認められた場合は Tukey 法を用いて平均値の差について多重比較を行った。有意水準が 5% 未満の場合には有意差ありと判定した。解析は試料油の官能評価と同様に行った。

試料油及び加熱後の試料の官能評価は、ヘルシンキ宣言に基づき、昭和女子大学の倫理委員会の承認 (承認番号 11-08 及び 12-09) を得て行った。

結果及び考察

1. 加熱時間の違いによる水分量の変化

加熱時間の違いによる試料の水分量の変化を図1に示した。大豆油及び亜麻仁油を用いて炒め加熱をした結果、両試料油の水分量に差は認められなかった。加熱前のもやしの水分量は96%であり、3.0分間の加熱により、加熱前と比べて水分は6%減少した。3.0分程度の短時間加熱であ

ば、もやしの水分はほとんど内部に残っていることが分かった。

2. 加熱時間の違いによる付着油量及び吸油量の変化

加熱時間の違いによる試料の付着油量及び吸油量、残油量の変化を図2に示した。結果は各値を使用油量で除し、各々を%で示した。大豆油及び

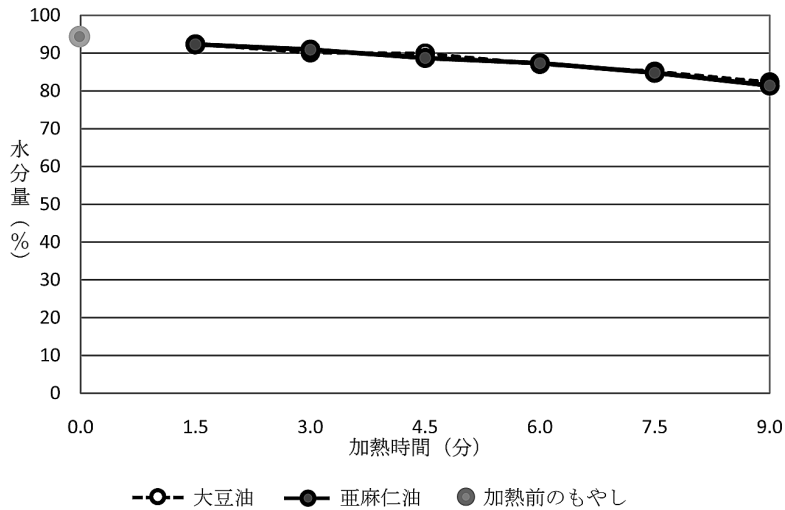


図1 加熱時間の違いによる試料の水分量の変化

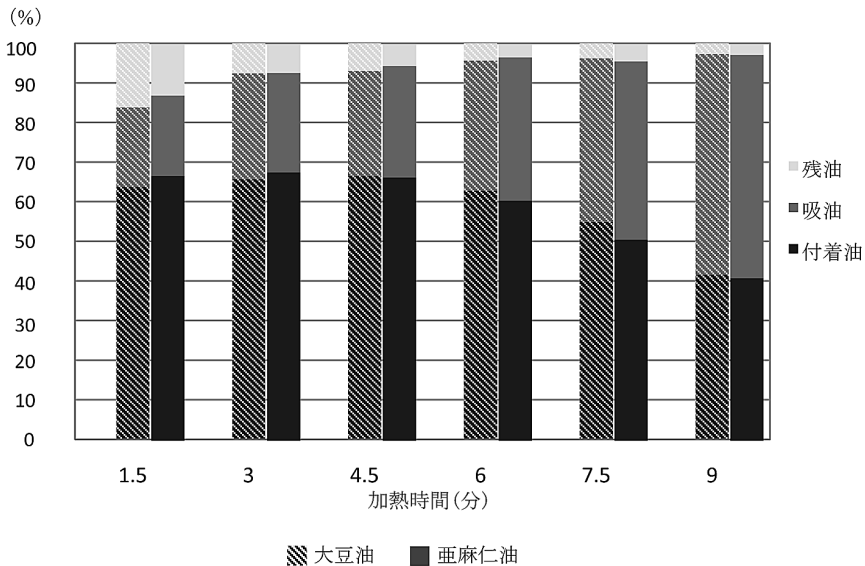


図2 加熱時間の違いによる付着油量及び吸油量の変化

亜麻仁油の付着油量、吸油量、残油量は、両試料油間で差はなかった。両試料油ともに付着油量は1.5～4.5分間の加熱では約65%でほとんど変化は見られず、6.0分以降徐々に減少した。吸油量は1.5分間の加熱で約20%、3.0～4.5分間で約25～28%であり、その後加熱時間が長くなるにつれて油はもやし内部に吸収された。残油量は3.0分～4.5分間の加熱で約7%であったことから、この間の油のもやしへの移行は少ないと考えられた。

### 3. 加熱時間の違い及び加熱後の時間経過に伴う温度履歴

加熱中のフライパン表面温度及びもやしの内部温度履歴を図3に示した。190℃に加熱したフライパンの表面温度は、油及びもやしを投入した直後に165℃まで低下し、その後約15秒で再び190℃となった。1.5分間の加熱までは190～200℃の間であったが、3.0分間で約210℃となった。3.0分以降9.0分までは、フライパン表面温度は

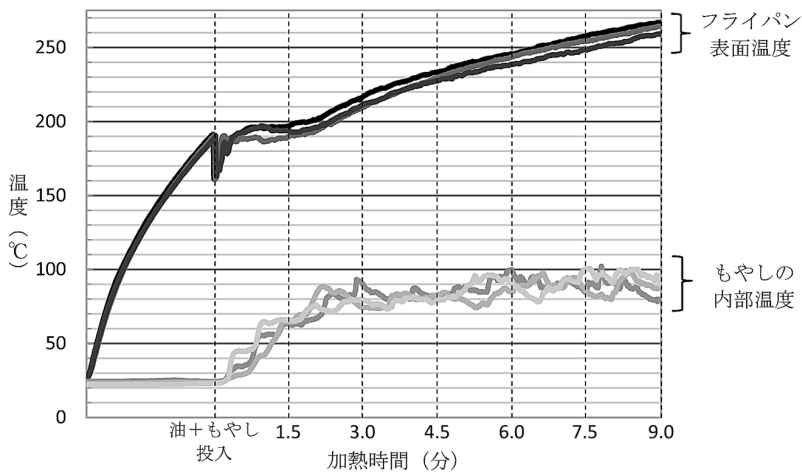


図3 加熱中のフライパン表面及び試料内部温度履歴

※3回の測定値を各々示した

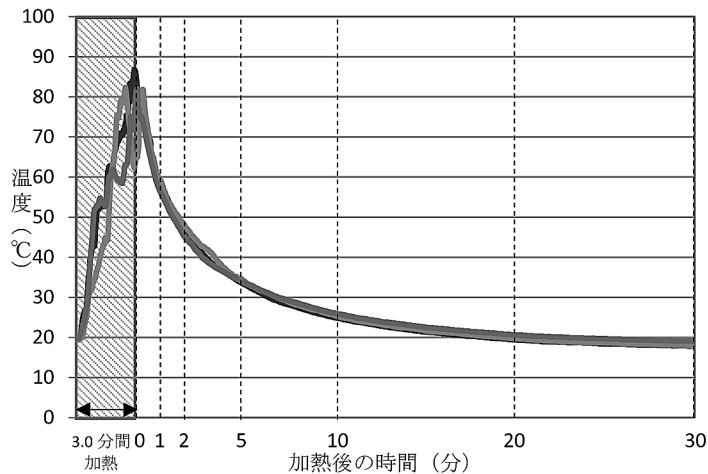


図4 加熱後の時間経過に伴うもやしの内部温度履歴

※3回の測定値を各々示した

210~270℃まで一定に上昇した。フライパンの表面温度は常に高温にさらされ、もやし内部から放出した水分は直ちに蒸発した。従ってフライパン及びもやしの表面温度はほぼ同等になったと考えられる。そのため、フライパン表面温度が250℃を超えた7.5分間の加熱では、試料表面に焦げによる褐変が認められ、喫食には適さないと考えられた。

一方、加熱前のもやしの内部温度は約20℃であったが、1.5分間の加熱で60℃となり、3.0分間で80℃まで上昇した。4.5分~9.0分間の加熱では、80~100℃の温度帯であった。もやしの表面は250℃近くで加熱されているものの、9.0分間の加熱でもやしに吸収された油はわずか3%程度であったため、内部温度は100℃以下となった。

加熱後のもやしの内部温度履歴の結果を図4に示した。加熱直後で約75℃であり、1分経過で約60℃、5分経過で約35℃となった。加熱後20分経過で室温(20℃)となった。

一般に加熱した食品の喫食に適する温度は60~70℃の間に美味しい温度があるといわれている<sup>29)</sup>。3.0分間の加熱では内部温度が80℃となり、煮熟も適当であるため、本実験条件下において喫食に適する加熱時間は3.0分~6.0分であると示唆された。また、加熱後フライパンから取り出した試料は、急激に温度低下するため、加熱後はなるべく早く喫食することが望ましい。

#### 4. 加熱時間の違いによる劣化度

AV, POV, COVの結果を図5に示した。

大豆油のAVは未加熱時で0.05, 3.0分間の加熱で0.12, 9.0分間の加熱で0.15であった。一方、亜麻仁油は未加熱時で0.26, 3.0分間の加熱で0.30, 9.0分間の加熱で0.32となり、大豆油より高値を示した。

一般に、AVの上昇は油脂の加水分解による遊離脂肪酸の増加と、過酸化物の分解によって生じ

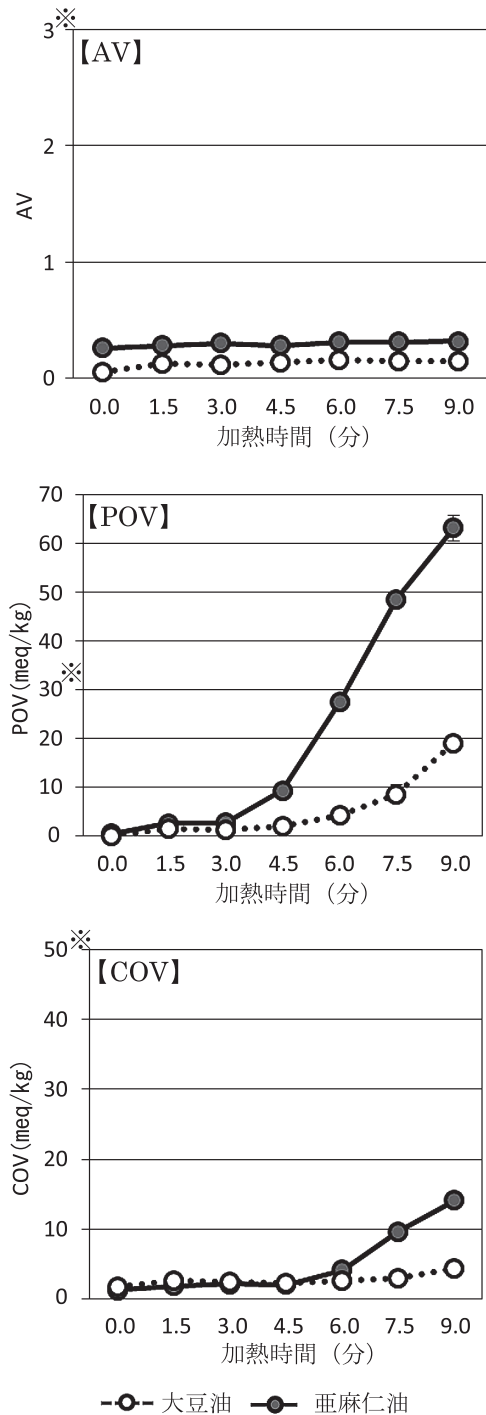


図5 加熱時間の違いによる劣化度の変化  
※食用可能な劣化度の限界値

るカルボニル類が酸化され短鎖脂肪酸となるものなどが考えられる<sup>30)</sup>。本実験では両試料油ともに、未加熱時と比べて1.5分間の加熱で、AVの値はわずかながら上昇した。しかし、加熱時間の違いによるAV値にほとんど変化はなかった。この理由として、もやしから放出された水分は200℃前後に加熱されたフライパン上に留まることなく蒸発したため、AV値の上昇に影響を及ぼさなかったことが考えられた。

大豆油のPOVは未加熱時で0.00、3.0分間の加熱で1.22となった。6.0分間の加熱以降で値は上昇し、9.0分間の加熱で18.90となった。一方、亜麻仁油は未加熱時で0.40、3.0分間の加熱で2.62、4.5分間の加熱で9.28となり、4.5分間以降、大豆油と比較して上昇は著しく、9.0分間で63.30となった。

大豆油のCOVは未加熱時で1.69、3.0分間で2.49、4.5分間で2.33、9.0分間で4.40まで上昇した。一方、亜麻仁油は未加熱時で1.28、3.0分間で2.08、4.5分間で2.03となり、それを過ぎると値は上昇し、9.0分間で14.10となった。両試料油は未加熱時から4.5分間の加熱までほとんど差は認められなかった。

本実験で用いた亜麻仁油は低温圧搾油であり、CODEX委員会において加熱前の低温圧搾油の規格基準が定められている。それによると、「AVが4以下、POVが15以下」<sup>31)</sup>としている。しかし、これは加熱前の規格であり、現在加熱後の低温圧搾油に関する規格はない。

我が国の食品衛生法では、即席めん類の成分規格<sup>32)</sup>として「含有油脂のAVが3を超え、またはPOVが30を超えるものであってはならない」と示され、菓子の指導要領及び洋生菓子の衛生規範<sup>33)</sup>においても同様の数値が定められている。また、弁当およびそうぎいの衛生規範<sup>33)</sup>では、揚げ油の使用限界として「COVが50を超えたものは新しい油脂と交換すること」と定められてい

る。現在、加熱後の油の規格としては前述した数値が用いられており、白杉ら<sup>14)</sup>はエゴマ油を薄膜加熱に用いた際の劣化度の指標値としてこれらの値を用いている。そこで、本実験においても「AVが3以下、POVが30以下、COVが50以下」という数値を劣化度の指標値とし、安全に喫食できる数値であるかを判断した。

本研究の結果から、大豆油及び亜麻仁油のAVは、9.0分間加熱しても指標値を下回った。大豆油のPOVは9.0分間の加熱でも指標値以下であった。一方、亜麻仁油は6.0分間の加熱までは、食用油としては問題のない値であったが、それ以上加熱すると食用としての安全な範囲を超えた。また、大豆油及び亜麻仁油のCOVは、亜麻仁油の方が熱酸化しやすいものの、両試料油共に9.0分間の加熱でも指標値の半分以下の値であった。

このことから、亜麻仁油を用いたもよしの炒め加熱では、7.5分間の加熱はPOVが食用の範囲を超えることが明らかとなり、喫食に適さないことがわかった。一方、3.0分間加熱では、両試料油の劣化の程度にほとんど差はないことから、亜麻仁油は3.0分間の加熱であれば、大豆油と同様に食用として使用可能であるということが明らかとなった。

## 5. 加熱後の時間経過に伴う劣化度

前項の結果をふまえて、劣化の程度も低く、煮熟程度が最も適当である3.0分間の加熱を最適加熱時間とし、加熱後室温で保存した際の油の劣化度について各々測定を行った。AV、POV、COVの結果を図6に示した。

大豆油のAVは加熱直後で0.14、240分間経過で0.16であった。一方、亜麻仁油は加熱直後で0.30、240分間経過で0.31であり、時間経過に関わらず、亜麻仁油は大豆油より若干高値を示した。また、両試料油共に加熱後の時間経過に伴うAVの値にほとんど変化は認められなかった。



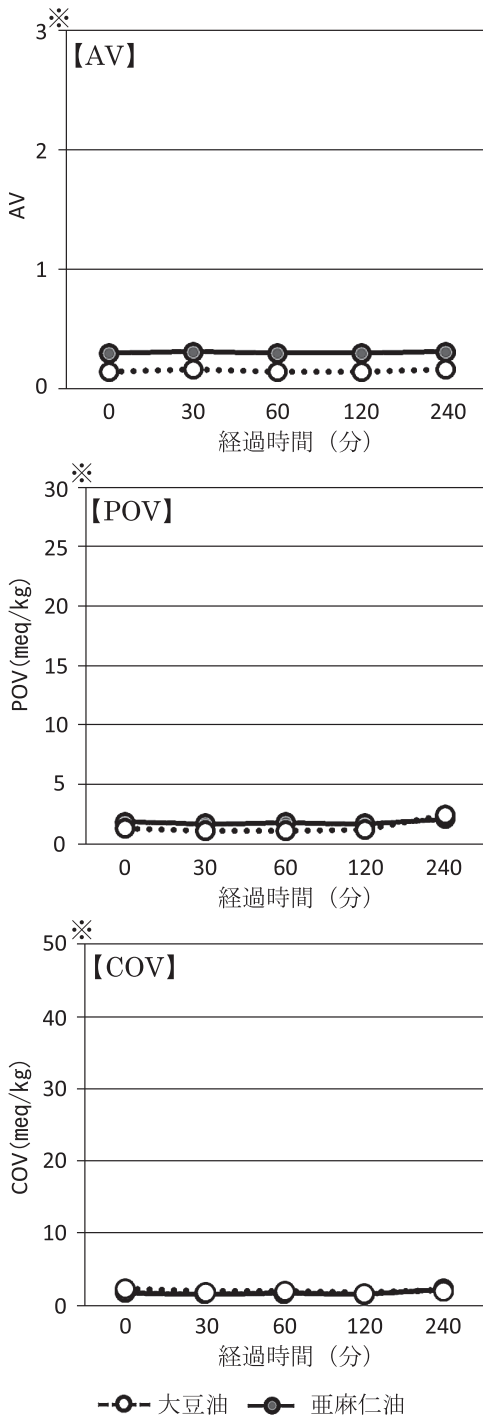


図6 加熱後の時間経過に伴う劣化度の変化  
 ※食用可能な劣化度の限界値

大豆油のPOVは加熱直後で1.31、120分間経過までほとんど変化せず、1.14~1.31の範囲であった。一方、亜麻仁油は加熱直後で1.86、120分間経過まで1.68~1.81の範囲であり、大豆油と比べて若干高値を示した。240分間経過した大豆油のPOVは2.43、亜麻仁油は2.11であり、大豆油より若干低値を示したものの、両試料油共に加熱後の時間経過に伴うPOVの値に大きな違いは認められなかった。

大豆油のCOVは加熱直後~240分間経過で1.74~2.39の範囲であり、時間経過による変化はほとんど認められなかった。亜麻仁油のCOVは加熱直後~120分間経過で1.76~1.68であり、大豆油のそれより若干低値を示した。しかし、240分間経過で2.23となり、大豆油とほぼ同程度の値となった。

以上の結果から、大豆油及び亜麻仁油共にAV、POV、COVの全ての劣化度の数値は前項で示した劣化度の指標値を下回った。また、両試料油間で劣化の程度にほとんど差はないことから、3.0分間加熱後240分経過保存しても、油の劣化はほとんど進行せず、大豆油と同様に加熱後の保存が可能であるということが明らかとなった。

## 6. 官能評価

### (1) 試料油の官能評価

大豆油を基準(=0)とした時の亜麻仁油について評価した結果を図7に示した。亜麻仁油は色、におい、油っぽさ、コク、香ばしさ、味、総合評価の全ての項目において大豆油と比べて有意差が認められた。すなわち、亜麻仁油は黄色味が強く、ややコクがあり、大豆油の無味無臭とは異なり、においが強く、油自体に香ばしい風味があると評価された。また、味があると評価され、その味は苦味であるとパネル全員が回答した。総合的に評価して亜麻仁油は大豆油と比べてやや好ましくないと評価された。

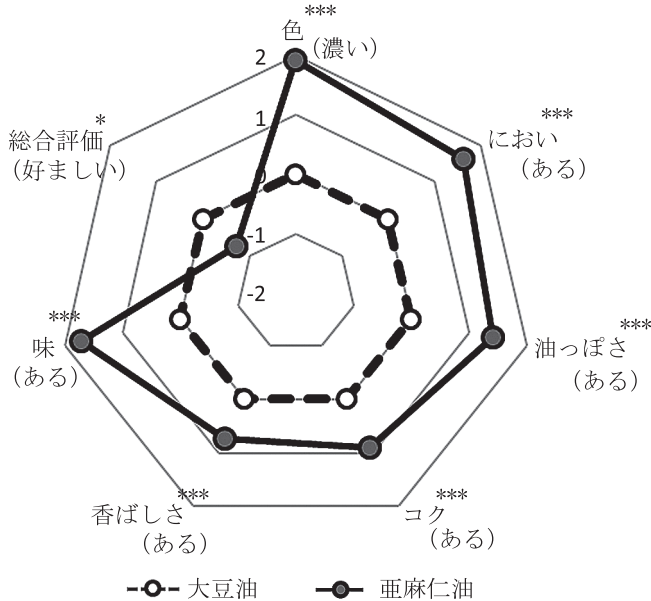


図7 試料油の官能評価

\*\*\*:  $p < 0.001$  \*:  $p < 0.05$

以上の結果から、亜麻仁油は大豆油と異なる特徴を有することが明らかとなった。亜麻仁油はコクや香ばしさが強いと評価されたことから、用いる食材の種類によっては総合評価に影響を及ぼすのではないかと考えられた。

(2) 加熱時間の違いによる炒め物の官能評価

劣化度の測定結果から、安全性を考慮して1.5分間、3.0分間、4.5分間加熱した3試料を官能評価に供した。結果を図8に示した。

大豆油で加熱した試料は、加熱時間が長くなるにつれてもやしの味及び総合評価の評点は高くなったが、いずれの項目においても有意差は認められなかった。一方、亜麻仁油の試料は、加熱時間の違いによって炒めたもやしの味と総合評価の2項目で有意差が認められた。すなわち、1.5分間の加熱と比べて3.0分及び4.5分間加熱した試料は、いずれも有意に味が良く、総合的に好ましいと評価され、嗜好性は向上した。以上の結果から、亜麻仁油は3.0~4.5分間の短時間加熱することで、嗜好性は向上し、またその嗜好性は大豆油と

同程度となることが明らかとなった。

(3) 加熱後の時間経過に伴う炒め物の官能評価

加熱後0~240分間経過までの5試料を官能評価に供した。結果を図9に示した。

大豆油を用いた試料の場合、加熱直後が最も油っぽく、60分間経過した試料は有意に油っぽさが低下した。大豆油は加熱直後と比べて240分経過すると、炒めもやしの味及び総合評価は有意に低下し、味が悪く、好ましくないと評価された。一方、亜麻仁油を用いた試料では、油っぽさは加熱直後と比べて30分間経過した試料で有意に低くなり、それ以降評点は高くなった。また、味及び総合評価については時間経過に伴う評価に有意差は認められなかった。

以上の結果から、大豆油は、加熱後の時間経過によって油っぽさが若干低下したことが大豆油の嗜好性に影響を与えたのではないかと考えられた。一方、亜麻仁油を用いたものは、加熱後に温度が低下しても加熱直後と嗜好性に差はなかった。このことから、亜麻仁油がもつ特有の風味が嗜好性

食用亜麻仁油の加熱調理における劣化の程度及び嗜好評価

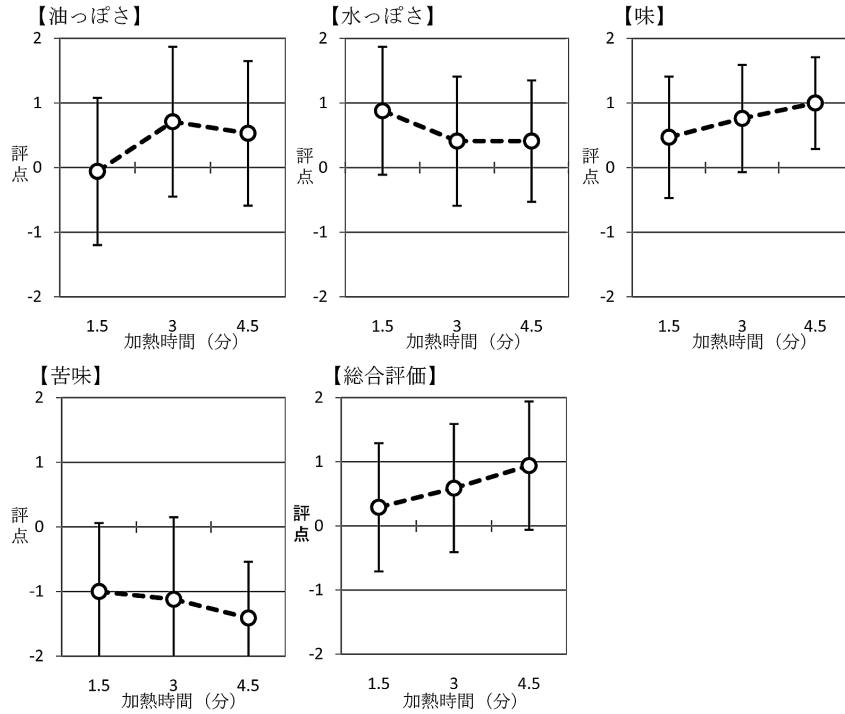


図 8-1 加熱時間の違いによる炒め物の官能評価 (大豆油)

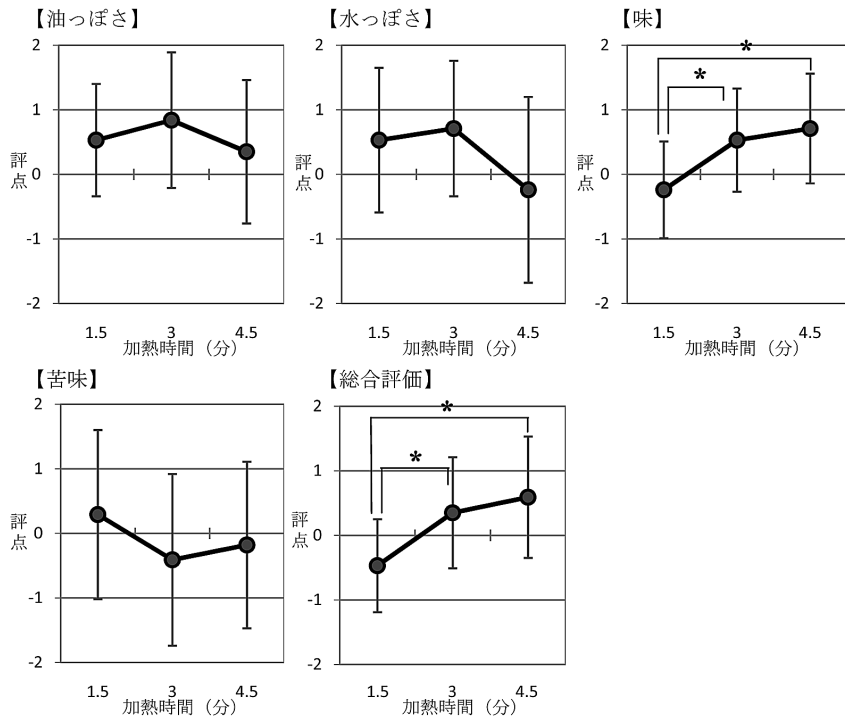


図 8-2 加熱時間の違いによる炒め物の官能評価 (亜麻仁油)

\*:  $p < 0.05$

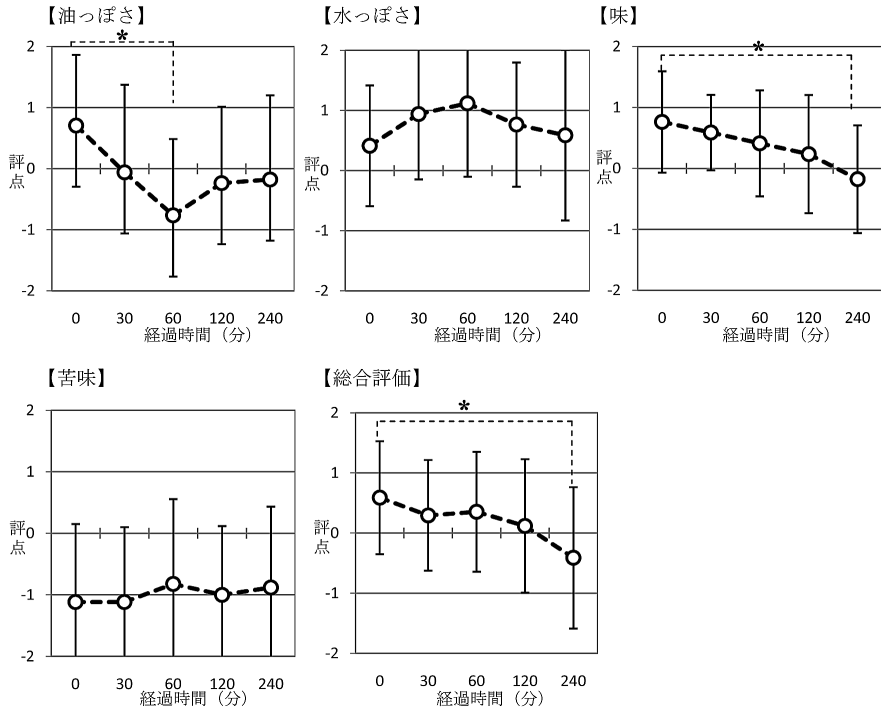


図 9-1 加熱後の時間経過に伴う炒め物の官能評価 (大豆油)

\*:  $p < 0.05$

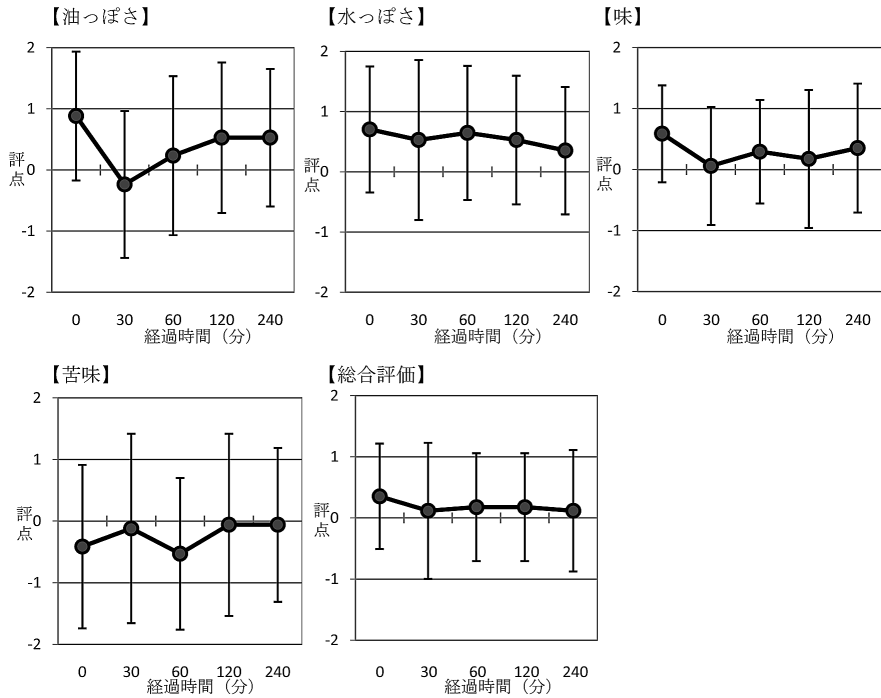


図 9-2 加熱後の時間経過に伴う炒め物の官能評価 (亜麻仁油)

\*:  $p < 0.05$

を持続させたのではないかと考えられた。

## まとめ

炒め加熱を想定した高温短時間調理における亜麻仁油の劣化度及び嗜好性を大豆油と比較検討し、以下の結果を得た。

- (1) 亜麻仁油の劣化度は、6.0分間の加熱まではAV, POV, COV共に食用として安全な範囲内であった。また、3.0分間の加熱であれば、大豆油の劣化度と差はなく、亜麻仁油は大豆油と同様に喫食可能であるということが明らかとなった。
- (2) 亜麻仁油を用いて3.0分間加熱後、保存した試料の劣化度は、加熱後の温度低下及び時間経過は劣化に大きな影響を与えず、大豆油と同様に保存可能であることが明らかとなった。
- (3) 亜麻仁油を用いて3.0分及び4.5分間加熱した試料は、有意に味が良く、総合的に好ましいと評価された。このことから、短時間の加熱であれば、亜麻仁油の嗜好性は大豆油と同程度であった。
- (4) 亜麻仁油を用いて3.0分間加熱後、保存した試料は、温度低下に伴う味及び総合評価に有意差は認められなかった。

以上のことから、亜麻仁油は、一般的に生食用に適すと言われているが、調理条件によっては加熱調理にも使用可能であるという新たな知見を得た。

本実験では未精製亜麻仁油を用い、新たな知見を得た。現在では精製された亜麻仁油も販売されており、加熱した油の劣化の程度は未精製亜麻仁油とは異なると推察される。そのため、精製された亜麻仁油を用いた検討も今後必要であると考えられる。

## 引用文献

- 1) [www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou/h25-houkoku.html](http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou/h25-houkoku.html). 厚生労働省ホームページ. “平成25年国民健康・栄養調査報告”. 2014-12-09 (入手日 2015-06-10)
- 2) 伊藤浩明, 菊池哲, 山田政功, 鳥居新平, 片桐雅博. アトピー性皮膚炎に対する $\alpha$ -リノレン酸強化食療法の効果について—6例の外來通院児によるパイロットスタディー—. 日本小児アレルギー学会. 1992, **6**, 87-91.
- 3) 平井和子, 樋口寿, 稲次直樹, 吉川周作. クロール病患者におけるn-3系脂肪酸摂取による緩解維持効果. 栄養学雑誌. 1998, **56**, 299-303.
- 4) Okamoto, M., Ashida, K., Mitsunobu, F., Hosaki, Y., Tsugeno, H., Nishida, N., Nagata, T., Yokoi, T., Takata, S., Tanizaki, Y. Effect of therapy Combined with Dietary Supplementation with n-3 Fatty Acids on Bronchial Asthma. 日本温泉気候物理医学会雑誌. 2003, **66**, 171-179.
- 5) Takata, S., Ashida, K., Hosaki, Y., Hamada, M., Iwagaki, N., Fujii, M., Mitunobu, F. The Effect of Spa Therapy Combined with Dietary Supplementation with n-3 Fatty Acids on Serum Eosinophil Cationic Protein in Asthmatic Subject. 日本温泉気候物理医学会雑誌. 2006, **69**, 261-268.
- 6) Neukam, K., De Spirt, S., Stahl, W., Bejot, M., Maurette, J.-M., Tronnier, H., Heinrich, U. Supplementation of Flaxseed Oil Diminishes Skin Sensitivity and Improves Skin Barrier Function and Condition. *Skin Pharmacol Physiol*. 2011, **24**, 67-74.
- 7) Paschos, G. K., Magkos, F., Panagiotakas, D. B., Votteas, V., Zampelas, A. Dietary Supplementation with Flaxseed Oil Lowers Blood Pressure in Dyslipidaemic Patients. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2007, **61**, 1201-1206.
- 8) 平野二郎, 磯田好弘, 西沢幸雄. n-3系植物油の利用 しそ油, あまに油について. 油化学. 1991, **40**, 942-950.

- 9) “脂質”. 日本人の食事摂取基準 (2010 年版). 初版, 東京, 第一出版株式会社, 2009, 77-108.
- 10) 笹田怜子, 松本絵美, 小泉千嘉, 吉岡美子, 長坂慶子. エゴマ油を揚げ油として利用するための検討. 岩手県立大学盛岡短期大学部研究論文集. 2012, 14, 1-9.
- 11) 酒向史代, 森悦子, 渡部博之. エゴマ油のフレンチドレッシングへの利用. 日本調理科学会誌. 1995, 28, 247-252.
- 12) 酒向史代, 森悦子, 榎賢治, 勝田啓子. エゴマ油で調整したフレンチドレッシングの保存安定性. 日本調理科学会誌. 1997, 30, 206-212.
- 13) 丸谷伸子, 白杉 (片岡) 直子, 岡本裕子, 谷口智子, 服部美穂, 中尾百合子, 津久田貴子, 早崎華. エゴマ (シソ) 油の加熱安定性と食品成分添加の影響. 日本栄養・食糧学会誌. 1998, 51, 323-332.
- 14) 白杉 (片岡) 直子, 丸谷宣子, 近藤康夫, 堀川友香, 風呂理恵, 高木枝美子. エゴマ (シソ) 油の薄膜加熱と炒めもののモデル実験における酸化安定性. 日本食品化学学会誌. 1999, 6, 8-15.
- 15) 久保加織, 川勝聡美, 堀越昌子, 石永正隆. あまに油の保存性と食品への利用. 日本家政学会誌. 2001, 52, 351-358.
- 16) Thompson, L. U., Cunnane, S. C. Flaxseed in Human Nutrition Second Edition. Champaign, Illinois, AOCS Press, 2003.
- 17) カナダの生産量 80 万トンを超えるも高値維持 円安が国内アマニ油採算を引き続き圧迫. 油脂. 2015, 68, 22-25.
- 18) 福光聡, 小堀真珠子. 特集 健康・機能性食品素材の開発 I アマニリグナンの食品機能性とそのメカニズム. 食品工業. 2008, 5, 44-52.
- 19) 大和正幸. フラックスシードオイル (食用亜麻仁油) の起源とその効用. 食品と開発. 1997, 32, 18-20.
- 20) 豊田正武, 伊藤誉志男, 原田基夫. 市販フライ食品からの抽出油脂における家兎赤血球の溶血量と理化学的指標との相関. 食品衛生学雑誌. 1984, 25, 272-277.
- 21) 日本油化学協会編. 2.3.1\_1996 酸価. 基準油脂分析試験法. (社) 日本油化学協会. 2003.
- 22) 日本油化学協会編. 参 2.4\_1996 過酸化価 (クロロホルム法). 基準油脂分析試験法. (社) 日本油化学協会. 2003.
- 23) 日本油化学協会編. 暫 13\_2003 カルボニル価 (ブタノール法). 基準油脂分析試験法. (社) 日本油化学協会. 2003.
- 24) 宮村直弘. 食品の「コク味」とその活用. 日本醸造協会誌. 2007, 102, 520-526.
- 25) 山本隆, 三浦靖, 今田純雄, 和仁皓明, 山口静子, 吉田集而, 都甲潔, 大塚滋. “5. 味覚計量心理学”. 21 世紀の調理学 3 美味学. 増成隆士, 川端晶子編. 初版. 東京, 株式会社健帛社, 1997, 95-122.
- 26) 山本隆. おいしさとコクの科学. 日本調理科学会誌. 2010, 43, 327-332.
- 27) “第 6 章 数点のサンプルの直接的比較”. 新版 官能検査ハンドブック. 初版. 東京, 株式会社日科技連出版社, 1973, 249-259.
- 28) 青柳康夫, 松本伸子, 柳澤幸江, 筒井知己, 庄司一郎, 太田英明, 國崎直道, 笹子謙治, 佐々木弘子, 安田直子, 小谷隆. “2 官能評価”. 新版 食品の官能評価・鑑別演習. (社) 日本フードスペシャリスト協会編. 第三版. 東京, 株式会社建帛社, 2010, 15-41.
- 29) 島田淳子, 的場輝佳, 松本幸雄, 鳥居邦夫, 二宮くみ子, 河野一世, 早瀬仁美, 竹井瑠子, 丸井隆之, 内藤俊史, 赤羽ひろ, 田村咲江, 山口静子, 太田泰弘. “2. おいしさの科学”. 調理とおいしさの科学. 島田淳子, 下村道子編. 初版, 東京, 株式会社朝倉書店, 1993, 53-161.
- 30) 太田静行, 湯木悦二. “第 5 章 フライ食品保存上の諸問題”. フライ食品の理論と実際. 初版, 東京, 株式会社幸書房, 1976, 208-220.
- 31) <http://www.codexalimentarius.org/>. CODEX ALIMENTARIUS. “International Food Standards”. 2015-09-23. (入手日 2015-09-24)
- 32) [http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryou/shokuhin/jigyousya/shokuhin\\_kikaku/index.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/shokuhin/jigyousya/shokuhin_kikaku/index.html). 厚生労働省. “食品別の規格基準について” (入手日 2015\_11\_11)
- 33) [http://www.shoku.pref.ibaraki.jp/kanren\\_jigyosha/eisei/eisei09.html](http://www.shoku.pref.ibaraki.jp/kanren_jigyosha/eisei/eisei09.html). 茨城県保健福祉部 生

活衛生課 食の安全対策室 “食の安全情報 Web Site” (入手日 2015-11-11)

(2012) 及び第 65 回大会 (2013) において発表した。

研究を進めるにあたり、実験にご協力頂いた昭和女子大学 生活科学部 管理栄養学科、健康デザイン学科の学生の皆様に感謝すると共に、試料油をご提供頂きました不二製油株式会社様に厚く御礼申し上げます。

#### 謝辞

本研究の一部は、(一社) 日本家政学会 第 64 回

(えのきど まり 生活科学研究専攻修了生)

(おおはし きょうこ 生活機構学専攻教授)

受理年月日 平成 27 年 9 月 28 日

審査終了日 平成 27 年 12 月 2 日