医療施設・福祉施設におけるDHA利用の試み

Development of DHA added dish to be provided in medical facilities and welfare institution

渡邉和子[1)]・河村　敦[1)]・桐野顕子[1)]・岩崎由香里[1)]・
仲克巳[1)]・額田眞喜子[1)]・藤原夏樹[2)]・藤井　淳[2)]・
花川容子[2)]・対馬忠広[2)]・三澤嘉久[2)]・万倉三正[1)]
Kazuko WATANABE[1)]・Atsushi KAWAMURA[1)]・Akiko KIRINO[1)]・Yukari IWASAKI[1)]・
Katsumi NAKA[1)]・Makiko NUKADA[1)]・Natsuki FUJIWARA[2)]・Jun FUJII[2)]・
Yoko HANAKAWA[2)]・Tadahiro TSUSHIMA[2)]・Yoshihisa MISAWA[2)]・Mitsumasa MANKURA[1)]

Abstract

Docosahexaenoic acid (DHA, 22:6 n-3), an essential n-3 polyunsaturated fatty acid, is associated with neurological dysfunction in aging, Alzheimer's disease and depression. Under the background, DHA is expected to apply to the care prevention food. Therefore, we contrived dishes used egg or curry in which DHA was combined. The analyses of peroxide value and fatty acid composition in total lipids from resulted dishes suggested that the lipid oxidation did not occur and DHA was not decomposed through heating process of cooking. In addition, thin layer chromatography (TLC) analyses suggested that oxidative polymerization of the lipids did not occur. The fishy odor of dishes was hardly sensed, and the addition of DHA seemed not to affect the taste. These results show that the invented recipes are available at the medical facilities and welfare institution.

Key words：*DHA added dish, thermal stability of DHA, medical facilities , welfare institution, fishy odor*

【緒論】

我が国は平均寿命と健康寿命の差が約10年と大きく、要介護・要支援の者が多い。要介護・要支援となる原因の上位を占めるのが脳血管疾患や認知症であり、これらは今後も増加することが推測されている[1, 2)]。これら疾患の医学的治療はもちろん有効であるが、第一に日常的な食事で疾患を一次予防することが望ましい。

ドコサヘキサエン酸（DHA）などのω３脂肪酸は、循環器系機能改善や抗炎症作用[3)]の他、ニューロン活性化機能を有し、脳血管疾患・認知症に対して有効であることが報告されている[4, 5)]。また、痛み抑制[6)]、不安抑制効果[7)]、酸化ストレス低減効果[8)]も報告されている。このような観点から、介護予防を目的とした食品の開発や活用が期待されており、特に医療施設や高齢者福祉施設において利用価値があると考える。

ω３脂肪酸は、青背魚や肝油などの食材100gあたりに１g ～３g含まれている[9)]。日本人の食事摂取基準（2015年度版）では、ω３脂肪酸の目安量は0.9 ～ 2.4g／日とされており、高齢者ほど多い摂取量が推奨されている。しかしながら、ω３脂肪酸は、含有する食材や量が限られることから、日常的に推奨量を摂取することは難しい。そこで、DHAのサプリメント、DHAを添加した一般食品や医薬品が多数販売されており、GOED（Global Organization of EPA and DHA Omega-３s）によると、

[1)] くらしき作陽大学食文化学部現代食文化学科　Kurashiki Sakuyo University, Faculty of Food Culture, Department of Contemporary Food Culture
[2)] 備前化成株式会社油脂事業本部　油脂開発部　Bizen Chemical Co., LTD., Research and Development Dept., Oleo Fine Chemical Div.

2015年におけるω３脂肪酸市場（末端価格）は世界全体で314億ドル、日本国内では健康食品を含む一般食品220億円、エパデール（持田製薬）やロトリガ（武田薬品）などの医薬品約800億円とされる。

一方で、DHAなどのω３系高度不飽和脂肪酸は酸化しやすいことや特有の臭みがあること、調理前後での化学的安定性が十分には明らかにされていないことから、活用される食品や料理は限られるという問題がある。また、ω３脂肪酸を多く含む魚では調理の過程で脂質が溶出するなどして失われる可能性が指摘されている[10, 11]。さらに、DHA添加に伴うコストアップの問題も加わり、病院などの特定給食施設において利用者へ提供される食事への活用はこれまで殆ど実施されていない。

掛かる背景下、著者らはDHAを全卵の乳化物とした時、酸化安定性が特異的に向上し、かつ、DHA由来の生臭み（魚臭）の発現が抑制されることを見出した[12]。

そこで、本研究では病院等の医療施設や高齢者福祉施設等で提供される食事を想定した全卵を含むDHA添加料理を開発し、加熱調理後のDHAの熱安定性を明らかにすることを目的とした。さらに、食味等の評価から医療施設・福祉施設における活用が有効か否かを検討した。

【材料および方法】

１．材料

本研究に供したDHAは岩崎ら[13]が報告した精製油と同一のものを用いた。
すなわち，DHA精製油は、総脂肪酸組成中に70area%以上のDHAを含有するトリグリセリド型である備前化成株式会社製DHA70TG抗酸化タイプ（抗酸化剤として、ビタミンE及びアスコルビン酸パルミテートを含む）を用いた。脂質の抽出・分析に用いた試薬は、全て特級のものを用いた。

２．調理工程

２－１．親子焼き

フライパンにオリーブ油を加え、鶏ひき肉を炒めた。肉をほぐしながら、３mm角のサイコロ切りにした人参および調味料（砂糖、しょうゆ、水）を加え煮汁が無くなるまで煮た。小口切りにしたねぎを加えさっと混ぜ火を止め、あら熱を除いた。これらの具材を卵液に加え混合したものを、クッキングペーパーを敷いたプレートに流し込み、DHA70TG（食材量に対し0.7wt％）を添加した後、スチームコンベクションで190℃、15分間焼いた。

２－２．トマトオムレツ

クッキングペーパーを敷いたプレートに溶かしバターを流し、パルメザンチーズを加えた卵液、調味料（塩、こしょう）で味付け後、５分間煮たトマト（１cm角）、DHA70TG（食材量に対し0.7wt％）を加え、スチームコンベクションで190℃、15分間焼いた。

２－３．カレーチャウダー

フライパンにサラダ油、若鶏を入れ炒めたところに、イカ、玉ねぎ、マッシュルーム、シイタケを加えさらに炒めた。玉ねぎの色が透明になったところで食塩、水を加え15分間煮た。シチュウのもと、カレー粉、牛乳、DHA70TG（食材量に対し0.28 wt％）を加え５分間煮た。

作成した３種類の料理は、加熱前、加熱後に一部を採取し、分析に用いるまで－30℃で保存した。官能評価における比較対象には、DHA70TGの代わりに植物油脂を同量添加した料理を用いた。

３．脂質の抽出および分析方法

調理後－30℃で冷凍保存した食材を40～50g秤り取り、クロロホルム－メタノール系で全脂質を抽出した。全脂質中の脂肪酸組成はガスクロマトグラフィー（GC）により分析した。検出器はFID、使用カラムはDB-WAX（φ0.25mm×30m, アジレントテクノロジー）、メチル化は2013年度版基準油脂分析試験法（日本油化学教会編）に準拠し三フッ化ホウ素―メタノール法により行った。

脂質の過酸化物価（,PV）及び酸価（AV）は2013年度版基準油脂分析試験法（日本油化学教会編）に準拠して測定した。

４．官能評価法

20歳代から60歳代で構成されるパネル21名（男性７名、女性14名）によっておいしさ・味の濃淡・彩り・食感・レシピ採用・魚臭感・魚臭の不快感について官能評価を実施した。官能評価データは重複測定分散分析法により検定した。

【結果】

１．全卵中DHAの加熱前後における安定性の評価

全卵中DHAの加熱前後における安定性の評価結果は岩崎ら[13]の既報と同一である。

すなわち、調理工程中における加熱によるDHAの熱分解を防ぎ、魚臭をマスキングする可能性評価のため、全卵とDHAの乳化物を用いて有効性評価を行った。その結果、加熱によるDHAの分解は発生していないと判定した。また、加熱後の卵焼きは魚臭などのDHAに特有な臭いなどは発現しておらず、テクスチャー的にも違和感はなかった。

次いで、卵焼きに含まれる脂質クラスの確認をTLCにて定性的に行ったところ、原点にスポットは残存せず、ホスファチジルコリン（PC）やホスファチジルエタノールアミン（PE）等のリン脂質を示すスポットのみが出現し、テーリングの痕跡は認められなかった。

２．各料理に含まれる全卵中DHAの調理前後における熱安定性評価

表１　DHA70TG添加料理の加熱前後における脂質組成変化

料理名	親子焼き		トマトオムレツ風		カレーチャウダー	
	加熱前	加熱後	加熱前	加熱後	加熱前	加熱後
脂質含量(%)	10.5	11.6	8.5	8.7	1.8	1.9
, PV(mgeq/kg)	3.9	3.8	n.d.*	n.d.*	n.d.*	n.d.*
AV(mgKOH/g)	4.5	4.8	4.4	5.2	5.1	5.4
脂肪酸組成（GC area%）						
飽和脂肪酸	27.1	27.3	36.6	36.7	36.8	36.7
不飽和脂肪酸	70.4	70.2	58.4	58.4	55.1	55.2
ω3脂肪酸	5.2	5.2	6.2	6.3	10.5	10.5
C18:3n-3　ALA	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
C20:5n-3　EPA	0.5	0.5	0.5	0.6	1.7	1.7
C22:5n-3　DPAn-3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5
C22:6n-3　DHA	4.1	4.1	5.0	5.0	7.8	7.8
合計	97.5	97.5	95.0	95.1	91.9	91.9

*n.d., not detected

卵を活用した料理を２品（親子焼き、トマトオムレツ風）開発した。さらに、卵同様に魚臭をマスキングし得るカレー粉を使用した料理を１品（カレーチャウダー）作成した。料理は大量調理が可能であり、医療施設・福祉施設における利用者が好むものとした。

開発した３種類の料理に含まれる脂質の酸化についても前述の方法で検討を行った。表１は、調理前後の各料理に含まれる脂質含量（収率）、PV、AVを示している。この結果から、いずれの料理においても、脂質の酸化や熱分解は発生していないことが示唆された。さらに、脂肪酸組成分析の結果から、調理前後におけるDHA含有量には変化が認められず、加熱によるDHAの分解はいずれの料理においても起こっていないことが示唆された。また、GCチャート上では、DHAのピーク周辺に異性体等のピークは観察されなかった。

また、開発した料理に含まれる脂質クラスの確認をTLCにて行った。図１－Ⅰに示すように、いずれの料理からもトリグリセリドおよびステロール類のスポットが出現した。一方、原点に残ったものがリン脂質か極性重合脂質等によるものか否かを確認するため、クロロホルム：メタノール：水＝65：25：４（v/v/v）にて再度展開し検討を行った。その結果、原点にスポットは残存せず、PCやPE）等のリン脂質を示すスポットのみが出現し、テーリングの痕跡は認められなかった。（図１－Ⅱ）。

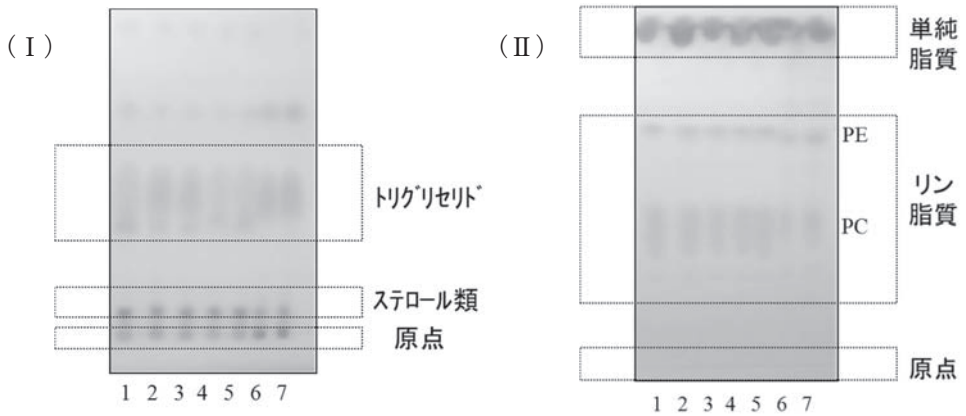


図１　DHA70TG添加料理由来脂質のTLCパターン

Plate, Silica gel plate；50% H_2SO_4/EtOHにて噴霧後、加熱にて焦化
展開溶媒；（Ⅰ）、ヘキサン：エーテル：酢酸＝80：20：１（v/v/v）；（Ⅱ）、クロロホルム：メタノール：水＝65：25：４（v/v/v）
試料；１、全卵＋DHA70TG；２、親子焼き（加熱前）；３、親子焼き（加熱後）；４、トマトオムレツ風（加熱前）；５、トマトオムレツ風（加熱後）；６、カレーチャウダー（加熱前）；７、カレーチャウダー（加熱後）

さらに官能評価結果から、開発した全ての料理においてDHA70TG添加の有無による、おいしさ・味の濃淡・彩り・食感・レシピ採用には有意差がないことが示された（図２－①、②、③、④、⑤）。一方、魚臭についてはDHA70TGの有無による差が認められた（F（2,80）=9.93、P<0.01）。一元配置分散分析による下位検定において差が認められ（F（5,125）=4.32、p<0.01）、DHA70TG添加の親子焼きとDHA70TG無添加の親子焼き・DHA70TG無添加のトマトオムレツ風との間に１%水準で差が認められた（図２－⑥）。魚臭による快・不快を感じるといった回答は、DHA70TG無添加の料理に３件（平均値：3.0）、DHA70TG添加の料理に20件（平均値：2.9）であり、DHA70TG添加の料理について一元配置分散分析した結果、料理による差は認められなかった。また、値的には「どちらでもない」に近い「やや不快」であった（図２－⑦）。

料理の種類による有意差が、おいしさ（F（2,80）=5.11、P<0.01）、彩り（F（2,80）=15.43、P<0.01）、レシピ採用（F（2,80）=11.75、P<0.01）に認められた。おいしさの下位検定において差が認められ（F（5,120）= 4.69、P<0.01）、DHA70TG添加のトマトオムレツ風と親子焼き・カレーチャウダーの４料理との間に５%と１%水準で差が認められた（図２－①）。彩りの下位検定においては差が認められ（F（5,120）=3.50、P<0.01）、DHA70TG添加の親子焼きとカレーチャウダーの２料理との間に５%水準で差が認められた（図２－③）。レシピ採用評価の下位検定においても差が認められ（F（2,80）=11.75、P<0.01）、DHA70TG添加のトマトオムレツ風と親子焼きの２料理との間に５%水準で差が認められた（図２－⑤）。

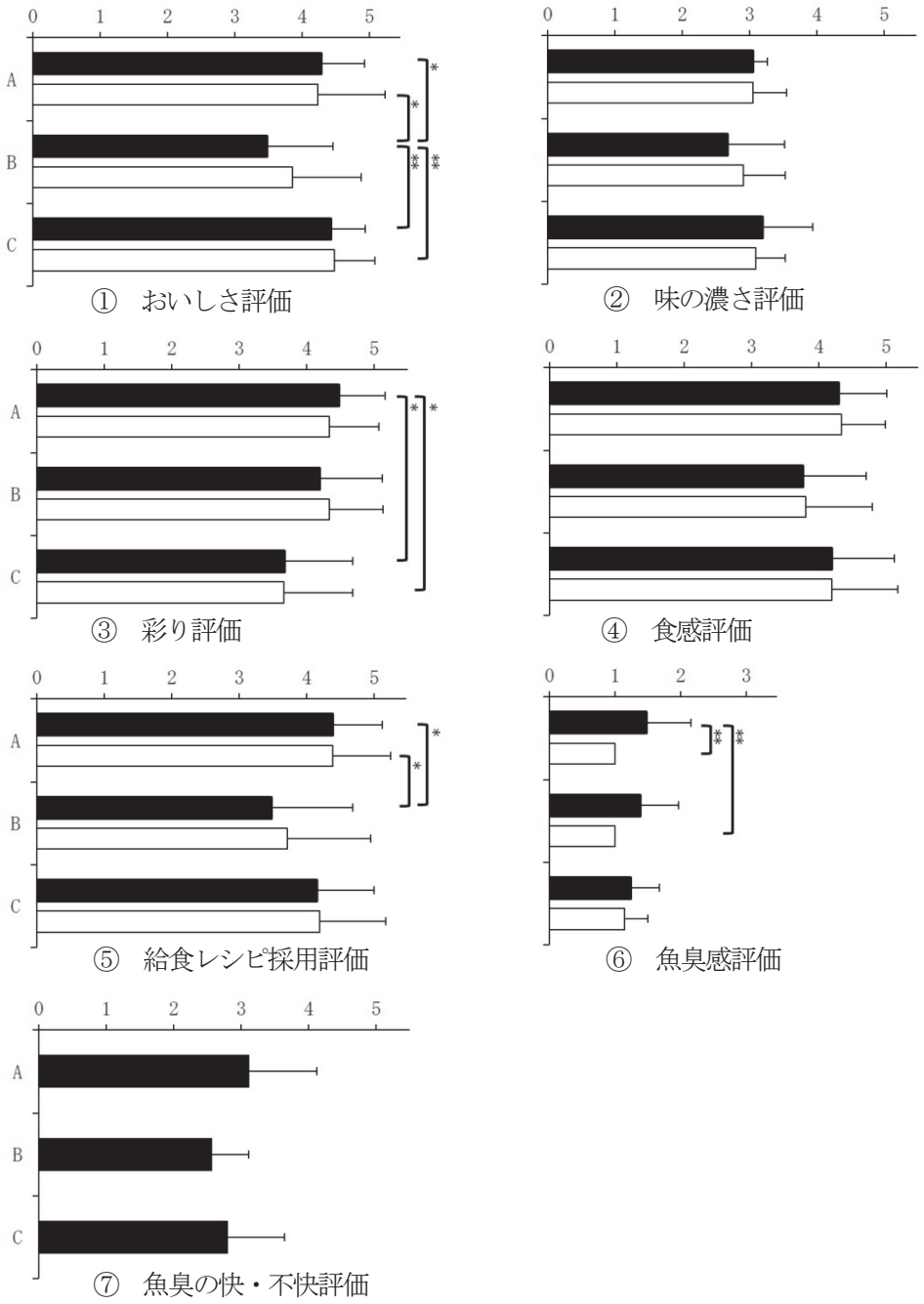


図2　DHA70TG添加料理における官能評価結果

A、親子焼き；B、トマトオムレツ風；C、カレーチャウダー。黒、DHA70TG添加；白、DHA70TG無添加。平均値±標準偏差。*, $p<0.05$; ** , $p<0.01$.（Tukey-Kramer法）

比較対象として調製されたDHA70TGの代わりに植物油脂を同量添加した料理は、親子焼き、トマトオムレツ風、及び、カレーチャウダーとも魚臭は感知されなかった。

【考察】

DHAやEPA等のω３系高度不飽和脂肪酸は、心臓機能改善、中性脂肪改善、抗炎症、血圧降下作用、抗うつ作用、視覚の改善、脳機能の改善など複数の機能が報告されており、無作為化二重盲検によるヒト摂取試験（RCT）では2,500件以上の報告が、さらにそれらの論文を統合して有効性の有無を確認したメタアナリシスの論文が190報以上あり（PubMed検索2017年時点）、エビデンスの豊富な食品

成分として注目されている。本研究では、DHAが脳血管疾患や認知症予防に有効であることに着目し、介護予防の切り口からDHAが利用拡大されることを最終目標とするが、その第一段階として、まずは医療施設や高齢者福祉施設における食事を想定したレシピ開発を目的としている。

備前化成株式会社製DHA70TGの特徴は、無色透明であり、過酸化物価（PV）も小さく、かつDHAの純度が高いことである。しかし一方で、僅かではあるが魚油特有の臭みを有しており、植物油と比較すると酸化速度も大きい。一般に、脂質の過酸化物、重合物及びその分解物の摂取は食品の安全性の観点からも好ましくない。このような酸化と臭いの問題を解決すべく、我々は主として卵を活用した料理を考案した。卵黄は栄養学的に優れた食品素材であり脂質量は約30％を占めるが、そのうち30％がリン脂質であり、油脂の乳化特性を有する[14]。DHAはリポソームなどの乳化状態では酸化安定性が高くなることが知られている[15), 16]。さらに、原ら[17] および石原ら[18] は、リン脂質がDHAの酸化を抑制することを報告していることから、本研究においては卵のリン脂質による乳化作用を利用することが有効であると考えた。

予備実験として、全卵とDHA70TGの二成分による乳化物の熱安定性を評価した結果、EPAやDHAなどの高度不飽和脂肪酸の減成や過酸化物の蓄積は認められず、臭いも問題がなかった[13]。また、TLCによる定性的な評価において、DHAを含む高度不飽和脂肪酸類と他の食品成分との脂溶性熱反応物や脂質の極性高分子酸化重合物は殆ど含まれていないこと、及び、GC分析の結果から、DHAの熱異性体等は生じていない可能性が示唆された[13]。

このように卵の乳化物がDHAの酸化の進行抑制およびマスキング効果を示したことから、次いで我々は、医療施設・福祉施設における利用者の嗜好に合わせた卵料理を考案した。料理のAVおよびPVの数値を確認した結果、調理前後の料理において酸化は進行していないことが示され（表１）、臭いの発現も認められなかった（図２）。卵料理と同様に、カレー粉を活用した料理（材料に牛乳を含む）においても酸化の進行は認められず、魚臭感も官能評価的にマスキングされていた。

一般に調理に際してのDHA利用上の問題点として、酸化しやすいことや熱分解しやすいことの他、脂質成分が流失しやすいことが知られている。例えば、DHAを豊富に含む青背魚をフライにした場合は、表層部の温度は調理開始後すぐに約200℃（DHAの分解温度）に達し、DHAが最も多く存在する魚の表層部分の脂質の保持率は40～50％程度まで低下する[19]。また他の調理法においても、焼き油や煮汁にDHAが流れ、保持率が低くなるとされている。

しかし、本研究で開発した料理においては、いずれもDHAの保持率が非常に高く（100％）、熱分解は全く認められなかった（表１）。この理由の一つは水分を多目に含む料理であったためと考える。水分がある限り、食材内部の温度は100℃以下になり、DHAの熱分解が抑制されたのではないかと推察される。Araseki[15] や渡邊ら[16] によっても、水系であることがDHAの熱安定性にとって有効であることが報告されている。また、カレーチャウダーは言うまでもなく添加したDHAを逃がさず摂取できる調理法であるが、卵料理においても卵白の素早い熱凝固と卵黄リン脂質の介在がDHAの物理的保持に寄与したと考える。

図１－Ⅰに示すように、全ての料理中全脂質のTLC分析結果において、酸化脂質特有のテーリング等は認められず、トリグリセリドおよびステロール類の鮮明なスポットが認められた。さらに、原点のスポットはホスファチジルコリン（PC）とホスファチジルエタノールアミン（PE）を主成分とするリン脂質であり極性重合脂質ではない可能性が示唆された（図１－Ⅱ）。これらの結果から、調理工程でのDHAの酸化重合は検出限界以下であり、食品衛生上のリスクはないと考えられた。

21名のパネルによる官能評価からは、DHA70TG添加により食味には影響を及ぼさないことが示唆されたが、一方で特有の臭いは、数値的に殆ど感じない程度ではあったものの、数名のパネルにより感知されており（最も魚臭感を感じた者が多かった親子焼きにおいては３名）、完全にはマスキングされていないことが示された。そこで、今後はより一層マスキング効果が高い料理を開発するため、食材料の組み合わせを検討する必要がある。また、DHA70TG添加量の増加やコストダウンも今後の検討課題である。

いくつかの問題点は残されているが、本研究はDHA70TGを食品に添加し、加熱調理後の酸化安定性や熱分解率を料理レベルで明らかにした初の報告である。今後、さらに有効なレシピが多数考案され、DHA添加料理が疾病の一次予防に寄与することが期待される。

【結論】

DHAと全卵の混合物を用いた大量調理可能なレシピとして、親子焼き、トマトオムレツ風、及び、カレーチャウダーのレシピを考案し、作成した料理に含まれる脂質の分析から、酸化重合やDHAの熱分解は発生していない可能性が示唆された。官能評価からは、DHA添加料理は無添加の料理と比較すれば魚臭はあるが、数値的には殆ど感じない程度であることが示された。また、DHAを添加することに伴う食味等の変化は感知されないことが示唆されたことから、考案した料理は大量調理レシピとして利用可能であることが明らかとなった。

今後、DHAの医療施設・福祉施設における利用拡大のためには、DHAの酸化分解進行や調理過程における魚臭の発現を抑えるためのレシピ開発、調理工程の改善の他、コストアップを最小限に抑制するためのDHA生産工程の見直しなどが求められる。

【謝辞】

本研究を進めるにあたり、官能検査に快く御協力いただいた本学食文化学部教員及び学生諸子に感謝致します。

【引用文献】

1）筒井孝子：厚生の指標，54(11)，23－30（2007）.
2）厚生労働省：平成28年国民生活基礎調査.
3）万倉三正・鹿山光：『AA,EPA,DHAの生理機能と利用』，AA,EPA,DHA―高度不飽和脂肪酸（鹿山光編），恒星社厚生閣（東京），pp.207－224（1995）.
4）橋本道男：オレオサイエンス，6（2）, 67－76（2006）.
5）池本敦：脂質栄養学，21（1），17－25（2012）.
6）徳山尚吾・中本賀寿夫：日本緩和医療薬学雑誌，4，45－51（2011）.
7）原馬明子：脂質栄養学，22（1），59－67（2013）.
8）TAKAYAMA F. et al. : J. Oleo Science，59（8），407－414（2010）.
9）社団法人大日本水産会魚食普及センター:おさかな食べようネットワーク交流シンポジウム，「なぜ，魚食が大切か」―離れ緊急提言―（石垣記念ホール，東京）（2012）.
10）玉利正人・池田まどか・久冨貴子・青山佐和子：長崎大学教育学部自然科学研究報告，51，75－82（1994）.
11）青木貴子・菅原龍幸：日本食生活学会誌，10（3），81－100（1999）.
12）万倉三正　他：特開2017－114776（2017.6.29公開）.
13）岩崎由香里・桐野顕子・河村敦・渡邉和子・額田眞喜子・仲克己・藤原夏樹・藤井淳・花川容子・対馬忠広・三澤嘉久・万倉三正:くらしき作陽大学・作陽音楽短期大学紀要，51（1）　19－27（2018）.
14）藤野安彦：栄養と食糧　24（6），317－324（1971）.
15）Araseki M, Yamamoto K, Miyashita K : Biosci Biotechnol Biochem, 66(12)，2573－2577（2002）.
16）渡邊将人・原節子・戸谷洋一郎：日本油化学会誌，46（1），21－27（1997）.
17）原節子・岡田則男・日々野英彦・戸谷洋一郎：油化学，41（2），130－135（1992）.
18）石原賢司：中央水産研究所研究報告．8，139－146（1996）.
19）レニー チャン・冨田晴雄・竹森利和：サンマのEPA・DHA 保持率に及ぼす加熱調理の影響，日本調理科学会平成27年度大会要旨集（2015）.

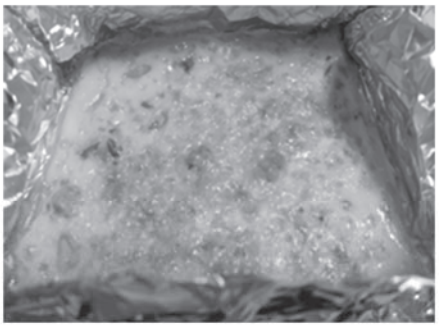
【参考資料】 開発したDHA70TG添加料理のレシピ

親子焼き

【 材料 】1人分

DHA70TG	0.7 g (*)
鶏卵	50 g
鶏むねひき肉	20 g
人参	5 g
ねぎ	5 g
A さとう	2 g
A 濃口しょうゆ	2 g
A 水	25 ml
オリーブ油	3 g

*DHAとして0.49g 含む



【 作り方 】

①卵はほぐしてDHA70TGを加えて混ぜる。

②人参は3mmのサイコロ切り，ねぎは小口切りにする。

③鶏ひき肉をフライパンに入れ火をつける。肉をほぐしながら，人参とＡを加え煮汁が無くなるまで煮る。ねぎを加えさっと混ぜ火を止める。あら熱をとる。

④①に③を混ぜる。

⑤プレートにクッキングシートを敷き④を流し込み，コンビモード（蒸し焼き）190℃で15分間焼く。

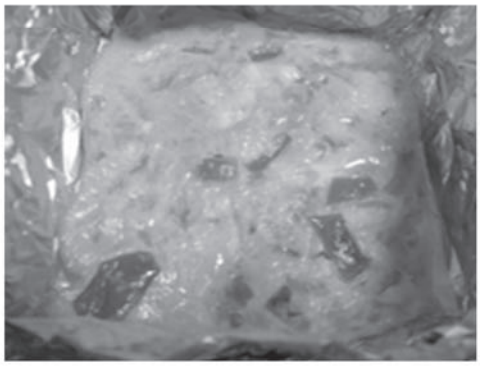
⑥切り分けて器に盛る。

トマトオムレツ風

【 材料 】1人分

DHA70TG	0.7 g (*)
鶏卵	50 g
トマト	40 g
食塩	0.25 g
こしょう	少々
パルメザンチーズ	1 g
有塩バター	2 g

*DHAとして0.49g 含む



【 作り方 】

①卵はほぐしてDHA70TG，チーズを加えて混ぜる。

②トマトは1cm角に切り，鍋に入れ塩，こしょうで味付けして5分間煮る。

③プレートにクッキングシートを敷き溶かしバターを流し，①，②の順に入れ，コンビモード（蒸し焼き）190℃で15分間焼く。

④切り分けて器に盛る。

カレーチャウダー

【 材料 】1人分

DHA70TG	0.7 g(*)
鶏肉細切れ(もも)	20 g
冷凍イカ	20 g
玉ねぎ	80 g
ニンジン	10 g
マッシュルーム	5 g
シイタケ	1 g
サラダ油	1 g
食塩	0.8 g
水	100 g
シチュウのもと	1.6 g
カレー粉	0.4 g
牛乳	20 g
	*DHAとして0.49g 含む

【 作り方 】

①シイタケは水戻し，薄くスライスする。

②フライパンにサラダ油，鶏肉を入れ炒める。表面の色が変わったらイカ，玉ねぎ，マッシュルーム，シイタケを加えさらに炒める。玉ねぎの色が透明になったら食塩，水を加え15分間煮る。

③にシチューのもと，カレー粉，牛乳，DHA70TGを加えて濃度が出るまで煮る。