

三陸産イサダを原料とした高付加価値素材の効率的生産体系の構築*

高橋 亨**

イサダは三陸を代表する水産資源であり、EPA や DHA などを多く含むことから機能性素材としての活用が期待される。イサダの漁獲は春に限られるため、凍結保存により流通される。イサダに含まれるリン脂質、8-HEPE に着目し、凍結保存中の含有量の変化について検討したところ、保存温度が高いとリン脂質は減少し、8-HEPE は増加することが明らかになった。さらにイサダから調製される 8-HEPE 濃縮素材について、粉末化とその保存安定性について検討したところ、常温で 1 年以上安定な粉末を製造できる可能性が示された。

キーワード：イサダ、リン脂質、8-HEPE、冷凍保存、粉末化

Construction of efficient production system for high-value-added materials using *Euphausia pacifica* (Isada) of the Sanriku region

TAKAHASHI Tohru

Key words : *Euphausia pacifica* (Isada), phospholipids, 8-HEPE, frozen storage, powdered,

1 緒 言

イサダ (ツノナシオキアミ、*Euphausia pacifica*) は、三陸沿岸で春に漁獲される甲殻類で、三陸を代表する水産資源の一つである。年間約 1.5 万トンの漁獲があり、主な用途は釣りや養殖魚の餌である。一部は乾燥イサダ等として食用にされるが、食用としての利用率は低く新たな用途開発が必要である。

イサダにはエイコサペンタエン酸 (EPA) やドコサヘキサエン酸 (DHA) など豊富な脂質が含まれている。(公財) 岩手生物工学研究センター (生工研) では、イサダ抽出物に抗肥満成分を見出し¹⁾、抽出物中の 8-ヒドロキシエイコサペンタエン酸 (8-HEPE) が PPAR を活性化することを確認するなど²⁾、健康機能に寄与する成分が含まれることを明らかにしている。

そこで生工研を代表機関とし、他に、岩手県沿岸漁船漁業組合、(株) 國洋、(株) 川秀、京都先端科学大学、香川大学、岩手医科大学、(地独) 岩手県工業技術センターを加えた 8 団体で「三陸イサダ高付加価値化コンソーシアム」を設立し、イサダの全利用・高付加価値化を目的に研究開発を進めている。なかでも、8-HEPE などのイサダの脂質を、機能性を有する食品素材として高付加価値化することや、8-HEPE の新たな機能性の探索、脂質抽出残渣の有効活用などを目的に、以下の 6 課題に取り組んでいる。

1. イサダの漁獲と保存方法の開発
2. 油分、固形分、水溶液の分離・抽出体系の構築
3. イサダからの 8-HEPE 濃縮素材の製造工程の構築
4. 水溶性残渣活用技術の開発

5. 酸化安定性をもつ機能性脂質粉末化技術の開発

6. オキアミ由来の新規機能成分 8-HEPE 含有濃縮素材の機能性の評価

このうち、岩手県工業技術センターでは、課題 1 のうちの「イサダ原料の凍結保存技術開発」と、課題 5 のうちの「8-HEPE 粉末化技術開発」を担当している。

イサダの原料の凍結保存技術の開発では、イサダに含まれるリン脂質、8-HEPE に着目し、保存 1 年後のリン脂質、8-HEPE の含有量について調査した。イサダに含まれる 8-HEPE を濃縮したものは、粘性の高い液状となり変質しやすいため、サプリメント等に加工しやすいよう粉末化し、安定に保存できるように加工することが望ましい。このことから、8-HEPE 濃縮素材の乾燥粉末化と保存安定性について検討した。

以下に、これらの結果について報告する。

2 実験方法

2-1 イサダ原料の保存条件と脂質測定

① 保存条件と測定試料の調製

原料には平成 30 年産のイサダ 13.5kg を用い、水 1.5kg を加えて冷凍した。これを 1kg のブロックに裁断して、 -20°C ~ -80°C のフリーザーに 1 年間保存した。

この冷凍イサダを乳鉢で破碎し、Bligh-Dyer 法³⁾により抽出して 10 倍量のクロロホルムに溶解し、脂質測定試料とした。

② 脂質の測定

リン脂質量は、①で調製した脂質測定試料を、クロマトロッドを用いた薄層クロマトグラフィーを行い (クロロ

* 革新的技術開発・緊急展開事業 (うち経営体強化プロジェクト)

** 食品技術部

ホルム：メタノール：水=84：48：5で10分間展開後、ヘキサン：ジエチルエーテル=5：3で25分間展開)、TLC-FID (LSIメディエンス製イアトロスキャン)で測定した。

8-HEPEは、高速液体クロマトグラフィー質量分析(LC/MS:Waters製ACQUITY UPLC、AB SCIEX製3200QTRAP、カラム：Waters製XBridge BEH C18 2.5 μ m 2.1 \times 75mm、HPLC条件：移動相A 0.1%ギ酸10mMギ酸アンモニウム移動相B アセトニトリル 流速0.2mL/分 0 \rightarrow 20分 で%B 55 \rightarrow 95)で定量した。

冷凍イサダのリン脂質と8-HEPEの種々の保存温度での残存率は、-80 $^{\circ}$ Cで保存したときの値を100として評価した。

2-2 8-HEPE 粉末化条件の検討

イサダから抽出した8-HEPE濃縮素材は、エタノール溶液として生工研が調製したものを用い⁴⁾、以下の2つの方法で粉末を得た。

- ① 超純水100mLに γ -シクロデキストリン(WACKER製)10gを溶解し、8-HEPE濃縮素材を1ないし5mL加え攪拌後、スプレードライヤー(ヤマト科学製ADL310)を用いて、入口温度120 $^{\circ}$ C、出口温度65 $^{\circ}$ Cで噴霧乾燥して得る。
- ② ロータリーエバポレーター(日本ビュッヒ製R-215)を用いて8-HEPE濃縮素材に含まれるエタノールを除去した後、8-HEPE濃縮素材：水： γ -シクロデキストリン=1：7：10を乳鉢でよく攪拌し、品温が20 $^{\circ}$ Cで安定するまで、真空凍結乾燥機(共和真空技術製RLE-103)で乾燥して得る。

粉末化のための賦形剤には、 γ -シクロデキストリンを用いた。シクロデキストリンは、分子の空隙にほかの分子を包摂することで目的分子の安定化に寄与することが知られている。 α 、 β 、 γ の3種類あるが、機能性を有する食品素材としての活用のため、水溶性でヒトが消化できる γ -シクロデキストリンを採用した。

得られた粉末はアルミラミジップに入れて密封し、恒温恒湿器(東京理化器械製KCL-2000A)で30 $^{\circ}$ C、相対湿度50%の雰囲気下で1年間保存した。粉末に50倍量のメタノールを加えて8-HEPEを抽出し、上記2-1と同様にLC/MSで定量した。

8-HEPEの残存率は、1年保管した粉末に含まれる値を、粉末調製直後を100として評価した。

3 結果及び考察

3-1 イサダ原料の凍結保存による脂質含量変化

イサダ冷凍ブロックを-20 $^{\circ}$ C、-30 $^{\circ}$ C、-40 $^{\circ}$ Cで凍結保存した場合の、上記2-1で提示したリン脂質と8-HEPEのそれぞれの残存率を表1に示す。

リン脂質は保存温度が高いと減少するが、8-HEPEは増加している。山田らはイサダから抽出した粗タンパク質がEPAを8-HEPEに変換すること⁵⁾、イサダを20 $^{\circ}$ Cでインキュベートすることでリン脂質の一種であるフォスフ

ァチジルコリンが減少し、遊離脂肪酸が増加すること、しかしEPAは増加せず8-HEPEが増加すること、などを確認している⁴⁾。このことから、イサダ冷凍ブロックの保存中も酵素が働き、フォスファチジルコリンの分解に伴って生じるEPAから8-HEPEの生成が起こり、さらに増加すると考えられる。

イサダは、春に漁獲したものを冷凍保存して通年利用することが必要になる。8-HEPEは保存中に増加することが明らかとなり、保存中の損失を気にする必要はない。しかしリン脂質は保存中に分解する。リン脂質の利用を目的としたイサダの保存を考えると、-30 $^{\circ}$ Cでもおよそ2/3が失われるため、-40 $^{\circ}$ C以下で保存することが必要と考えられる。

表1 イサダ凍結保存温度とリン脂質、8-HEPEの残存率

保存温度 ($^{\circ}$ C)	リン脂質残存率 (%)	8-HEPE 残存率 (%)
-80	100.0	100.0
-40	85.2	116.4
-30	35.1	141.3
-20	14.6	168.5

3-2 8-HEPE 粉末の保存と安定性

8-HEPE含有粉末の保存1年後の残存率を表2に示す。

アルコールは、シクロデキストリンの目的分子の包摂を阻害するため、真空凍結乾燥ではエタノールを除去した8-HEPE濃縮素材を用いた。しかし噴霧乾燥では、工程の簡素化をはかるため、エタノールで溶解した8-HEPE濃縮素材をそのまま使用して試験をおこなった。

噴霧乾燥による粉末化で8-HEPEの安定性が真空凍結乾燥より低い傾向が見られたのは、エタノールの影響により8-HEPEが γ -シクロデキストリンに包摂されないまま粉末になり、安定性が劣った可能性が考えられる。

いずれの方法によっても、ばらつきは大きいものの、1年間経過後も平均75%以上の8-HEPEが残存し、8-HEPE濃縮素材粉末の実用化の可能性を示すことができた。

表2 8-HEPE含有粉末の1年後の8-HEPE残存率

	噴霧乾燥 (1mL)	噴霧乾燥 (5mL)	真空凍結乾燥
n数	7	3	4
平均	84.5	77.8	88.9
標準偏差	21.8	3.3	14.0

4 結 言

生工研を代表機関とするコンソーシアムにより進められた「三陸産イサダを全利用した高付加価値素材の効率的生産体系構築」の研究開発において、筆者らはイサダ凍結保存技術の開発と8-HEPE粉末化技術の開発を担当した。その結果、イサダ凍結保存技術の開発では、リン脂質の減少を防ぐのには-40 $^{\circ}$ C以下の低温で保存する必要があることを明らかにできた。また、8-HEPE粉末化

技術の開発では、1年間安定な8-HEPE含有粉末を製造できる可能性を示すこともできた。

コンソーシアム参加者である県内企業の(株) 國洋は、令和2年にイサダオイル工場を新設し(図1)、イサダオイル含有粉末「桜こあみパウダー(図2)」の事業化に向け取組を続けている。

令和2年のイサダの漁獲量は平年の約1/10の1,500トンと記録的な不漁であった。本事業の成果を活用するためイサダの安定した漁獲は必要不可欠であり、イサダ資源の回復が強く望まれる。



図1 (株) 國洋イサダオイル工場外観



図2 桜こあみパウダー試作品

謝 辞

この研究は、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センターの「革新的技術開発・緊急展開事業(うち経営体強化プロジェクト)」の支援を受けて実施した。

コンソーシアム参加者から多大なご助言、ご協力いただきましたことを深謝する。

文 献

- 1) Y. Sadzuka, I. Sugiyama, M. Miyashita, T. Ueda, A. Kikuchi, E. Oshiro, A. Yano, H. Yamada. Beneficial Effects by Intake of *Euphausiacea pacifica* on High-Fat Diet-Induced Obesity. Biol. Pharm. Bull. 35 (4) 568-572 (2012)
- 2) H. Yamada, E. Oshiro, S. Kikuchi, M. Hakozaiki, H. Takahashi, Kenichi. Kimura, Hydroxyeicosapentaenoic acids from the Pacific krill show high ligand activities for PPARs. .LIPID. RESEACH. 55 895-904 (2014)
- 3) E G BLIGH, W J DYER. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can J Biochem Physiol. 1959 Aug;37(8):911-917
- 4) H. Yamada, K. Kumagai, A. Uemura, S. Yuki. *Euphausia pacifica* as a source of 8(*R*)-hydroxyeicosapentaenoic acid (8*R*-HEPE), 8(*R*)-hydroxyeicosatetraenoic acid (8*R*-HETE) And 10(*R*)-hydroxydocosahexaenoic acid (10*R*-HDHA). Biosc. Biotec. Bioch., Vol. 84 455-462 (2020)
- 5) H. Yamada, Y. Yamazaki, S. Koike, M. Hakozaiki, N. Nagahora, S. Yuki, A. Yano, K. Tsurumi, T. Okumura, Lipids, fatty acids and hydroxyl-fatty acids of *Euphausia pacifica*. SCIENTIFIC REPORTS. 2017. 7. 9944