

報告（3）サバやカツオの加工残滓を利用した「地域循環型」

機能性食品の開発

上田智広（水産技術センター・利用加工部）

【目的】サバ、カツオは全国で漁獲され、乾製品（節）、塩蔵品、缶詰等、様々な加工がされている。可食部である普通肉と血合肉の部位以外の、頭、鰓、鰭、骨、内臓は食用として利用されていない。これらは加工残滓として、ミール（魚粉）向けに製造業者に引き渡されるが、これだけで大幅な利益は期待できない。資源有効利用を積極的に進めるには、企業の取組意欲を醸成するため、資源をより付加価値の高い製品に転換していく仕組みが重要と考える。

様々な食品に含まれる成分の健康機能性は、消費者の知識や関心を深め、いまや購買動機の主要軸となっている。付加価値の高い転換手段として地域資源の残滓から機能性素材を回収し、健康食品や医薬品向けの中間素材として安定した製造供給体制の確立を目標とした。

サバ・カツオには機能性成分「セレノネイン」が含まれている。セレノネインの構造式を図1に示した。このセレノネインは、エルゴチオネインの一部がセレン元素に置換されたイミダゾール基を有するセレン化合物の一つである。最近中国の疫学調査からコロナウィルスの重症化を抑制する可能性が報告されており注目されている。またセレンサプリに用いる亜セレン酸のような毒性がなく過剰摂取等の問題は起こりにくいと思われる。この成分の特徴は強い抗酸化性にある。同じ抗酸化成分であるエルゴチオネインに比べて800倍、ビタミンE誘導体の500倍の抗酸化性を示す。2010年に（国研）水産研究・教育機構によって発見後、基礎的研究により図2に示す様々な生物活性が報告されている。特に血液や脾臓、腎臓等の部位に多く含まれている。三陸沿岸はサバやカツオの回遊ルートにあたり、地元で様々な加工品が製造され、比較的残滓が入手しやすい。そこで、国の復興予算による委託事業を活用し、地元被災企業であり未利用資源から機能性素材製造を生業としている「（有）バイオケム釜石工場」と連携し、2012年度から9年間に渡り、製品開発及び商品開発を進めた。

【方法】全体計画のフローを図3に示した。中間素材の製造原料には地域の食品製造業者から入手したサバ加工残滓（頭、内臓）、カツオ加工残滓（血液）を入手した。それぞれ、頭、内臓等の残滓をチョッパーでミンチ化したあと、重量に対し一定の割合でプロテアーゼ製剤と水を加えて数時間加温攪拌して分解したのち、高温加熱して酵素を失活させてスラリー状の分解液を得た。これをろ過したのち、減圧濃縮して濃縮エキスを製造した。さらに、安定した性状の乾燥粉末とするため、吸湿と固着防止を目的として酸化澱粉を加えてスプレードライヤーによる噴霧乾燥を行った。得られた濃縮エキスあるいは乾燥粉末は中間素材製品として規格値を設定のため、40℃保管中の品質劣化試験（加速試験）、栄養成分、ミネラル分析、呈味成分の各種定量分析、安全性評価を行った。また中間素材の精製法を検討した。

【成果の概要】当初、セレノネイン素材はゴマサバ、マサバの加工残滓から製造開発に取り組んだ。ところが、分解液に油脂が多く含まれると、濾布が目詰まりを起こし、濾過ができなくなる事態が生じた。サバは漁獲時期や年級により、特に内臓には脂肪が含まれ変動が大きい。そのため原料選定には留意が必要である。また、粉末中の含有量も1~2 $\mu\text{g} \cdot \text{Se}/\text{g}$ 程度であり、この健康食品向け中間素材の取扱いを検討している一部の健康食品メーカーからセレノネイン含有量の向上が求められた。そこで、脂肪量が少なくセレノネインを多く含む血液から開発

を進めたところ中間素材のセレノネイン含量は $8\mu\text{g} \cdot \text{Se/g}$ 以上をクリアした。

近年は多獲魚であっても漁模様が不安定であり、原料入手が困難になる場合も想定される。そこでカツオ血液からも中間素材を製造した。超低温下に凍結保管されたカツオのたたき用ラウンド（丸魚）を冷凍のまま切断した頭部から、解凍中に流下する血液を回収し原料としており、加工した中間素材は劣化した魚臭が感じられず、最終製品に使いやすい素材が出来た（図4）。中間素材は加速試験からセレノネインの品質保持期限を2年間に設定した。なお紙面制約からデータ表示しないが、重金属（カドミウム、水銀）、ヒスタミン、ヒ素などは食品としての基準値以下にあった（詳細データは過去年報等を参照願いたい）。さらに、中間素材は逆浸透膜やGPCカラムを用いて、有機溶媒を用いず安全で効率的に精製度を高めることができた。この技術は実験用試薬や医薬品向けの素材製造に有望であり特許出願を行った。

これらの中間素材は、健康食品として添加、再分包されて最終消費者に展開される製品であることから、商品の企画提案を行いながら販売促進を進めたところ、地元食品業者によりゼリータイプの商品が製造され、2020年末より小売店舗で販売を開始した。

【今後の問題点】一般食品「いわゆる健康食品」としての販売では特徴を消費者に理解してもらうのは容易ではない。新規性成分の薬理効果を示し販促につなげたいが健康増進をアピールした表現は薬機法に抵触する。企業の責任においてヒトでのエビデンスとともに比較的認可されやすい「機能性表示食品」が2015年に制度化したことで、認可を受けていない食品は販売に苦戦している。セレノネイン含有食品を機能性表示食品としてアピールするためには、セレノネイン独自のヒトでのエビデンスが必要であり、その確立が待望される。一方、魚でのエビデンスは比較的揃っており、養殖やペットフード等への活用展開も考えられる。

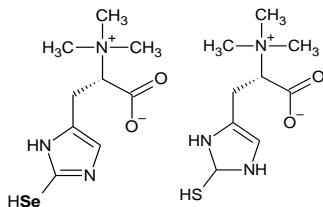


図1 セレノネインとエルゴチオネインの構造式

1. 酸化で生成するラジカルを消去し反応を抑制 [M Yamashita and Y Yamashita, 2015]
2. 酸化ストレス耐性向上させる [特許 5669056号]
3. メチル水銀の無機化と排出による解毒作用 [山下, 2011]
4. ACE阻害作用に期待 [Seko et al. 2019]
5. チロシナーゼ阻害によるメラニン合成阻害作用 [Seko et al. 2020]
6. 大腸ガン予防作用 [Masuda et al., 2018]
7. 酸欠ストレスへの耐性向上が期待? [M Yamashita and Y Yamashita, 2015]
8. 活性酸素の低下、酸化で起こる肉色変化（褐変）の抑制 [山下ら, 2013]

図2 サバ科魚類から抽出したセレノネイン（セレン化合物）の生物活性



図3 セレノネイン中間素材開発の取り組みと今後の展開



図4 カツオ頭部からのセレノネイン製造工程