

研究分野	5 いわてブランドの確立を支援する水産加工技術の開発	部 名	利用加工部
研究課題名	(4) 水産加工残滓等の低・未利用資源の有効利用に関する研究 ① 機能性成分（セレノネイン）の有効活用		
予算区分	国庫委託（先端技術展開事業費）		
試験研究実施年度・研究期間	令和元年度～令和2年度		
担当	（主）上田 智広（副）小野寺 宗仲		
協力・分担関係	国立研究開発法人水産研究・教育機構、県内水産加工業者		

### <目的>

サバ科魚類の血液には高い抗酸化性を示すセレンタンパク質が含まれることが、国の研究機関により明らかとなっている。この成分は「セレノネイン」と命名され、酸化障害を原因とするガンなどの疾病予防やアンチエイジングを目的とする健康食品への利用が期待されている。当センターでは東日本大震災を契機とした研究事業において、地域の水産加工業者のサバ加工残滓から、セレノネインの健康食品に添加する中間素材の製造技術開発を推進してきた。さらに、平成30年度からは県内企業による中間素材の製品化や販売を目標とする「実証研究事業」の取組において、製品の成分規格化や製造方法の改良による品質安定化などの技術支援を推進してきた。令和元年度には販売先である健康食品メーカーの希望に応じ、製品中のセレノネイン濃度の向上に取り組み、サバ残滓からの製品化が完了している。

今年度は、原料の安定供給の観点から、サバ水揚量の変動に備えサバ以外の魚種として、カツオ（頭部）からの製品化を検討した。また、セレノネインの普及のために最終製品を企画提案し、地元での製造販売を支援した。

### <試験研究方法>

#### 1 カツオを原料とするセレノネイン中間素材の製造

##### (1) 原料

宮城県気仙沼市内の加工業者が製造する「カツオたたき」の加工残滓である冷凍カツオの頭部を用い、解凍中に流下した血液を採集して中間素材の原料とした。なお、血液はセレノネインを抽出する作業を行うまで、ポリエチレンバックに1kgずつ小分けして-30℃で冷凍保管した。

##### (2) セレノネイン中間素材の試作

セレノネインの中間素材としてカツオ血液の適性を評価するために、抽出したエキスを噴霧乾燥して中間素材をラボスケールで試作し、各種分析に供した。すなわちエキスの抽出方法は、攪拌機付きステンレス容器に、冷蔵庫で約半日間解凍した血液とその5倍量の水道水を加え、全体量に対し0.1%の酵素製剤を添加後、タンクの底面をホットプレートで加熱調整しながら攪拌し50℃で2時間酵素分解した後、90℃まで加熱し酵素失活させて分解液とした。その後、予め珪藻白土の水溶液を吸引ろ過してプレコート層で覆った濾紙に、同じ珪藻白土を加えた分解液を吸引ろ過してエキスを抽出した。得られたエキスは、セレノネインの含有量を調べるため、酸化デンプンを賦形剤として添加し、ミニスプレードライヤー（日本ビュッヒ；B-290）により噴霧乾燥して粉末とした。

##### (3) セレノネイン中間素材のプロセス開発

上記(2)での試作結果を基に、県内企業では工場施設を用いた生産規模にスケールアップし、プロセス開発を行った。生産ラインの調整試験を兼ねながら開発製造を行い、得られた素材を後段に記述する販売促進、機能性食品の企画提案などに用いた。

##### (4) エキスの成分分析

得られた抽出エキスを試料として、セレノネインのほか、栄養価を示す一般成分、呈味成分と

して知られる遊離アミノ酸類、その他食品の安全性に係る各種成分について定量分析を行った。

(5) 機能性食品の企画とサンプル商品の試作

セレノネイン中間素材を用いたコンシューマ向け製品の製造と販売について、健康食品メーカーの取組を促進するために商品試作を行った。食品製造メーカー2社に依頼し、それぞれがセレノネイン中間素材を用いて試作品を調製した。このサンプルをもとに地元製造業者に対して商品化を提案した。

<結果の概要・要約>

1 カツオを原料とするセレノネイン中間素材の製造

小規模で手作業で実施した試作からスケールアップしたプロセス開発の概略を図1に示した。取組企業の機密情報に該当する内容も含むため、本報では詳細に示さないが、企業でコスト計算を行った結果、この素材の製造原価は健康食品に添加して販売することが可能な金額に収まっているものと判断している。



図1 セレノネイン中間素材の製造工程

表1 カツオ頭部の血液から抽出したエキス素材の一般成分

分類	分析項目	分析値
エネルギー		105.8 kcal
一般成分	水分	69.8 %
	粗タンパク質	24.0 %
	粗脂肪	0.2 %
	灰分	4.0 %
	炭水化物	2.0 %
塩分		2.2 %

表2 カツオ頭部の血液から抽出したエキス素材中のアミノ酸等の成分定量値

以上の工程を経て製造したセレノネインエキスの一般成分を表1に、呈味成分として知られるアミノ酸などのエキス成分量を表2に示した。一般成分では、エキスの水分量が70%に対して、粗タンパク質は24%と濃縮度が高いにもかかわらず、粗脂肪は0.2%と少なく、抽出工程で脂肪が除去されているものと推察される。

表3 カツオ頭部の血液から抽出したエキス素材中に含まれるセレノネイン他定量値

成分区分	分析項目	定量値
機能性 関連成分	セレノネイン	3.6 $\mu\text{g} \cdot \text{Se} / \text{g}$
	(乾燥粉末)	6.7 $\mu\text{g} \cdot \text{Se} / \text{g}$
	セレン	839 $\mu\text{g} / 100\text{g}$
安全性 関連成分	ヒスタミン	13.4 mg/100g
	鉛	検出せず (定量下限 0.05 ppm)
	カドミウム	0.16 ppm
	総水銀	0.01 ppm
	銅	0.4 mg /100g
	ヒ素 (Asとして)	4.1 ppm
その他 ミネラル成分	無機ヒ素	検出せず (定量下限 0.1 ppm)
	カルシウム	44.8 mg/100g
	マグネシウム	43.1 mg/100g
	鉄	2.76 mg/100g
	亜鉛	1.41 mg/100g
	マンガン	0.01 mg/100g
	リン	178 mg/100g

成分名	mg/100g	成分名	mg/100g
P-Ser	ホスホセリン 40.1	Ile	イソロイシン 449.3
Tau	タウリン 833.3	Leu	ロイシン 1070.3
Asp	アスパラギン酸 420.4	Tyr	チロシン 96.0
Thr	スレオニン 365.2	Phe	フェニルアラニン 585.1
Ser	セリン 431.9	b-Ala	$\beta$ -アラニン 9.6
Glu	グルタミン酸 373.3	b-AiBA	$\beta$ -アミノイソ酪酸 136.2
GluNH2	グルタミン 29.2	g-ABA	$\gamma$ -アミノ n-酪酸 19.9
a-AAA	$\alpha$ -アミノアジピン酸 25.4	Trp	トリプトファン 203.7
Pro	プロリン 147.0	EOH2	エタノールアミン 12.6
Gly	グリシン 229.7	NH3	アンモニア 105.0
Val	バリン 834.5	Hylys	ヒドロキシリジン 23.3
Cit	シトルリン 13.0	Orn	オルニチン 38.5
a-ABA	$\alpha$ -アミノ酪酸 3.0	Lys	リシン 785.8
Val	バリン 581.5	His	ヒスチジン 398.3
Cys	システチン 39.8	Arg	アルギニン 665.3
Met	メチオニン 283.5		
Cysthi	シスタチオニン 10.6	合計	9260.3

カツオ頭部から抽出したエキス中のセレノネイン、安全性に関連する成分、ミネラル成分の定量値を表3に示した。セレノネインの含有量を前年度にサバで製品化した粉末ベースの中間素材と比較すると、カツオ原料では6.7  $\mu\text{g} \cdot \text{Se} / \text{g}$  となり、サバの11.9  $\mu\text{g} \cdot \text{Se} / \text{g}$  を下回った。しかし、製品の規格としては8  $\mu\text{g} \cdot \text{Se} / \text{g}$  としていることから、濃縮率を少し高めることで、カツオを原料とした中間素材の商品化は可能と考えられた。

この素材の食品としての安全性を確認するため、アレルギー様食中毒を引き起こす

原因物質であるヒスタミンの含有量を調べたところ、コーデックスが定めた「安全性指標」である200ppmを下回っていた。また摂取すると人体に有害性を示すリスクがある重金属類のうち、素材中には総ヒ素が4.1ppmと比較的高い濃度で含まれていた。これは普段食しているワカメ湿重量中の含有値と同レベルにある。ヒ素の毒性は化合物の存在状態で異なることが知られており、無機ヒ素は毒性が極めて強い一方、有機ヒ素は毒性が弱いことが知られている。素材中に無機ヒ素は検出されておらず、食品としての摂取量もワカメより少ないと考えられることから問題となるレベルにないものと判断している。表中に示した他の重金属類の含有量についても、摂取して安全性に問題とならないレベルと判断できる。栄養成分としてのミネラル群では、カルシウム、マグネシウム、リンが量的に多く含まれていた。

図2には、釜石市内の水産加工業者が一般消費者向けに販売した、スティックジュレ（商品名：セレノネイン $\alpha$ ）とそれを店舗販売している写真を示した。このスティックジュレは、中間素材を製造する企業が水産加工業者に対して県外のジュレ製造工場による委託製造を提案し実現した商品である、ミックスベリーなど2種の香料を用いて、カツオ由来の魚臭をマスキングするとともに、甘味調整に還元水飴、エリスリトール、スクラロース、アセスルファムKを、酸味料としてクエン酸、クエン酸Naを配合し、寒天や増粘多糖類（グァーガム、ローカストビーンガム）を用いて食感を調整したジュレ製品である。機能性成分としてスティックゼリー1本あたり、2  $\mu\text{g} \cdot \text{Se}$  のセレノネインを含有しているほか、サケ白子由来の核酸を配合した企画商品となっている。商品発売に併せて、セレノネインについて解説したリーフレットとミニのぼりを作成し、一般消費者に新規機能性成分セレノネインの普及を図った。



15g入りスティックジュレ 5本/袋  
 1袋小売販売価格 500円  
 ミックスベリー味  
 セレノネイン 2 $\mu$ g $\cdot$ Se/1スティック  
 (計算値)

図2 コンシューマ向け商品「セレノネイン含有スティックジュレ」(釜石市内道の駅で商品販売)した。今後は機能性を明示した販売が可能となるよう、ペットフード、ヒトを対象とする機能性表示食品、特定保健用食品などの認可をうけるための活動が必要と考えられる。



図3 サバ、カツオ加工残滓を用いた機能性素材開発の取組経過と今後の展開

<今後の問題点>

1 今後の推進体制について

令和2年度で委託事業が終了することから、今後は技術導入先の企業が主体的に取り組むこととなるが、機能性を表示した販売にはエビデンスとともに認可が必要であるなど、企業の安定した経済活動として推進するために未だ多くの解決すべき課題があると考えられる。企業の依頼に応じて、技術的側面からのフォローアップを継続する必要がある。

<結果の発表・活用状況等>

1 研究論文・報告書等

上田智広、藤原三十郎、村瀬宜也 サバやカツオの加工残滓からセレノネインを抽出ー「地域循環型」機能性食品素材の開発、月刊アクアネット、2021.2月号、pp.-、湊文社、東京 (2021)。

山下倫明、山下由美子、石原賢司。今村伸太郎、世古卓也、上田智広、藤原三十郎 セレノネインの分離

方法、特許6884345号.

2 その他

上田智広 令和2年度先端技術展開事業成果報告会（福島市、R2.12.11）