

未利用海藻からの新規食品素材の開発

辻 浩司・宮崎亜希子

海藻（海の野菜）

コンブ、ワカメ、ノリ等の「海藻」は「海草」とは異なり、海水中に生育している隠花植物（花が咲かない植物）です。「根」らしきものは藻体を岩に固着させる付着器で、栄養は藻体の表面から直接取り入れて生活しており、そのため海藻の繁茂は豊かな海のバロメーターともいわれています。また、海藻が生育している海は小魚から貝類、甲殻類まで多くの種類の水産物が生息しており、一次生産の場として重要な役割を果たしています。

種の起源とされる海の中には多くのミネラルが含まれていますが、そのほとんどが海藻中に取り込まれ、また海中で藻体を柔軟かつ強靱に維持するために多量の実食物繊維が海藻には含まれていません。このため、最近の健康食ブームもあり、海藻が海の野菜（シーベジタブル）として注目され始めました。

従来から海藻は乾物、佃煮等の加工品や寒天、カラギーナン、アルギン酸工業まで幅広く利用されていますが、これらは一部の種類に限られています。

一般に、海藻はコンブ、ワカメ等の褐藻類、ノリに代表される紅藻類、アオサ等の緑藻類に大別されます。とくにコンブの生育場所には未利用の褐藻類が繁茂し、コンブの成長を促進するためにコンブ以外の海藻を駆除、廃棄しているのが現状です。また、これらの褐藻類の採取は比較的容易なことから、利用途を開発することにより、高齢化が進む漁業者の収入の安定が見込めます。

そこで、褐藻類の原料性状と加工適正の把握を通じて、海藻全体の利用を考慮し、さらには高齢者や幼児にも好まれるソフトな食品素材の開発を目指しました。

今回の食品素材化では、資源量が豊富なスジメ、アイヌワカメ、ウガノモクの3種類の褐藻類を選びました。

原料性状の把握（一般成分）

釧路の前浜でスジメ、アイヌワカメ、ウガノモクを採取し、流水で洗浄後、乾燥、粉碎し、成分分析を行いました。

何れも、炭水化物が約50%、次いでミネラル（灰分）が30%程度、たんぱく質は10～15%で、脂質は3%ほど含まれていました。主成分の炭水化物はそのほとんどをアルギン酸（食物繊維）が占め、その他にマンニトールも含まれていました。

マンニトールは乾燥したコンブの表面に析出する白粉の主成分で、爽やかな甘味を呈し、コンブの旨味成分であるグルタミン酸（味の素で有名）とともにコンブの味を決定づける重要な成分です。しかし、未利用海藻にはマンニトールとグルタミン酸はコンブの30%しか含まれておらず、ダシとしての活用は望めませんでした。

原料性状の把握（光合成色素）

海藻には陸上植物と同様に緑色の光合成色素クロロフィルが含まれていますが、その他に褐藻類はフコキサンチンという色素を多く含むため、生鮮や乾燥状態では褐色を呈します。しかし、75℃以上で湯通し（ブランチング）することにより緑変します。スジメ、アイヌワカメ、ウガノモクもブランチングで緑色とし、退色することなく冷凍保管が可能でした。このため、時期にかかわらず加工が可能となります。

原料性状の把握（アルギン酸）

コンブやワカメを水に浸けておくとネバリ（粘性）が出てきますが、この成分の一部がアルギン酸です。アルギン酸は褐藻類にだけ含まれる食物繊維で、人間には消化できる酵素が無く（腸内細菌の酵素で一部は分解）、エネルギー源にはなりません（低カロリー）。また、他の食物繊維と異なり、高血圧の原因とされる食塩（塩化ナトリウム）

ム) 中のナトリウムと腸のなかで結合し、さらにコレステロールまで吸着し、体外に排出する機能もあります。

アルギン酸は身近なところでも利用されています。例えば、安定剤や増粘剤として歯磨き粉、ドレッシング、アイスクリーム、ジュース、ビール、化粧品等に、さらには錠剤の成形剤としても添加されており、安全性は世界的にも認められています。これらはアルギン酸の特性を利用しており、アルカリ性のもとでナトリウムと結合すると溶解性が増し(ゾル)、カルシウムが存在するとアルギン酸カルシウムとなりゼリー状に固化する(ゲル)性質があります。

アルギン酸の構造はマンヌロン酸(M)とグルロン酸(G)が不均一につながった高分子で、褐藻の種類、季節によりMとGの割合(M/G比)が異なります。

未利用海藻類に含まれるアルギン酸の量はほとんど変わりませんが、スジメとアイヌワカメのM/G比は6月から7月にかけて2.4~1.2まで急激な減少がみられました。ウガノモクも同様な季節変化を示しましたが、M/G比は低く、1.3~0.7でした。M/G比が夏に低下するのは成長と関係があると言われています。陸上の植物は夏に大きく成長しますが、海藻は逆に夏枯れ(成長の終期)するため、アルギン酸中のGの割合が増加し、結果としてM/G比の低下がみられました。

このM/G比の違いがアルギン酸ゲル(アルギン酸カルシウム)の物性(硬さ、脆さ)に関与すると言われています。

アルギン酸ゲルの調製

未利用海藻から食品素材を開発するに当たり、従来の加工品の形態にとらわれない、イクラのような「球状ゲル」を想定し、その製造条件について検討しました。

はじめに、藻体からアルギン酸を抽出すると残渣が排出されるため、全体を利用するための効率的なアルギン酸の溶出条件を検討しました。各海藻を流水で洗浄後、ブランチングを行い(褐色から緑色へ)、水切り後にミートチョッパーで細かく砕いたものを試料とし、0.4%炭酸ナトリウム

(アルカリ)で15分間煮沸することによりアルギン酸を十分に溶出(ゾル)させることができました。また、加熱時間が30分以上、また炭酸ナトリウムの濃度が高すぎるとアルギン酸の低分子化が生じ、粘度が低いゾルとなり効率的な抽出はできませんでした。

つぎに、ゾル状態のアルギン酸(アルギン酸ナトリウム)をソフトな食感の球状ゲルに成形するための食感の数値化(硬さ)とカルシウムの種類、濃度、反応時間について検討しました。球状ゲルの硬さはレオメーター(物性を測定する機械)を用いて、ピアノ線による切断力(g)を測定しました。

その結果、人が試食した場合にソフトだと感じる切断力は30~60gの範囲であり、大きさ(直径)はイクラと同様の7mmを指標にしました。各種カルシウム溶液に未利用海藻のアルギン酸ナトリウムを滴下し、球状ゲルを試作しましたがウガノモクのアルギン酸ナトリウムはどの条件でも指標に合致したゲルは形成されませんでした。これは、原料性状の把握でも述べましたがアルギン酸の量ではなく、M/G比が低い(平均1.0)のが原因と考えられました。

一方、スジメとアイヌワカメのアルギン酸ナトリウムは2%乳酸カルシウム溶液に30~60分間、滴下することでソフトな食感のイクラ様球状ゲルの製造が可能となりました。

貯蔵性の検討

スジメ、アイヌワカメの貯蔵性はブランチング後に凍結保存しても、炭酸ナトリウムで溶解したゾルの状態で凍結しても球状ゲルの調製には影響がないため、夏枯れを起こす前の3~6月に採取した海藻を使用することで通年の製造が可能となりました。

一方、球状ゲルは凍結や乾燥後の復元は困難で、貯蔵には水溶液が適していました。

水溶液のpHを調製したところ、pH 6以下(酸性)ではゲルの色が緑から茶色へ変色し、アルカリ性側では球状を保持できませんでした。このため、水溶液中で冷蔵貯蔵したところ5日後には一般生菌数が 10^6 cfu/gまで増加し、食用の限界で

した。つぎに、水溶液中での加熱殺菌を試みました。煮沸では球状ゲルの径が小さくなるとともに、切断力が150gまで増加し、ソフトな食感が得られませんでした。そこで、各種温度帯での加熱時間を検討した結果、80℃で30分間処理することで大きさ、切断力ともに保持可能となり、さらに冷蔵で2週間の貯蔵期間の延長も図ることができました。

食品素材として

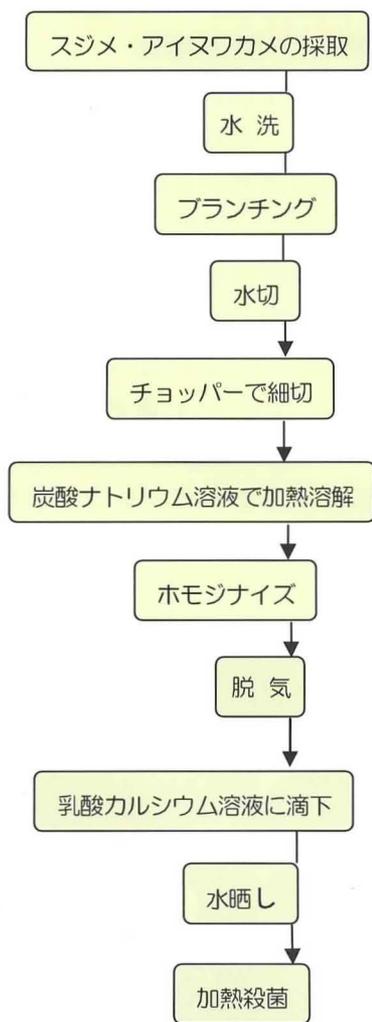
未利用海藻からの球状ゲルは、製造に際し廃棄物がゼロ、低カロリー（3kcal）、食物繊維（アルギン酸）とカルシウムに富む等の特徴があり、スープや酢の物の具材、乳製品のトッピング、サラダ等に利用可能な食品素材です。

この球状ゲルは2002年8月に厚岸町の水産加

工会社により商品化・発売され、その2カ月後の10月には「第13回全国水産加工品総合品質審査会」において、水産庁長官賞（応募製品979点）を受賞しました。また、商品化に向けた技術開発に係る筆者らの取り組みは「平成15年度北海道職員表彰」という形で評価されました。

今後も、豊かな海のバロメーターである「海藻」資源の利用技術開発を進めるとともに、民間への技術移転を積極的に行いたいと思います。（本文は北海道自治政策研修センターの転載承諾のもとに、「ほっかいどう政策研究 第14号」に掲載された「試験研究活動から・未利用海藻からの新規食品素材の開発」に一部追加記載したものです）

（つじ こうじ・利用部）
（みやざき あきこ・利用部）



スジメ



アイヌワカメ



ゲル状食品（製品）

製造フロー