

プラントベースフード開発における アルギン酸の応用

並木 友亮

NAMIKI Yusuke

株式会社キミカ

1. はじめに

「プラントベースフード」という言葉が急速に普及している。これに伴い、当社の主要製品である「アルギン酸」をプラントベースフードの開発に利用したいという問い合わせも急増している。アルギン酸は海藻から抽出される天然の多糖類であり、増粘安定やゲル化を目的として利用される食品添加物である。プラントベースフードでは植物由来のタンパク質やその他素材を組み合わせるものが多い。食肉の「塊感」を演出するために、ほとんどのプラントベースフードは各素材をまとめた、ひと塊の形状となっている。このため、プラントベースフードの製造にあたってはそれぞれを「まとめる」または「固める」役割を担う素材が必要不可欠である。アルギン酸は植物由来であり、「増粘」または「ゲル化」という素材をまとめる機能があるということから、プラントベースフードのコンセプトと求められる機能を兼ね備えた素材といえる。さらに特筆すべきは、アルギン酸は熱に依存せずにゲル化させることができ、得られたゲルは加熱しても溶解することはない。このため、食肉と同様に鉄板やグリル上での加熱調理や、煮込み調理を経た後も開発者が意図した形状を維持することができる。この点においても、アルギン酸はプラントベースフードに適した素材であり、実際

にもバーガーパテやハンバーグ、ナゲットの中だねなどをまとめる素材としての引き合いが多い。これらの最終製品に特化したゲル化剤製剤も本稿内で紹介するが、アルギン酸の活用方法はそれだけに留まるものではない。本稿ではアルギン酸のプラントベースフードへの応用方法について幅広く紹介したい。

2. アルギン酸とは

アルギン酸とは海藻（褐藻類）から抽出される水溶性の高分子多糖類である。冷水、温水のいずれにも溶解し粘性を発現する。増粘安定剤やゲル化剤として食品分野はもちろんのこと、医療分野、化粧品分野、工業分野など幅広い領域で利用されている素材である。褐藻類には昆布やワカメといった非常に馴染み深く、古くからの食経験がある海藻が分類される。このため、その安全性は国連機関（JECFA：FAO/WHO 合同食品添加物専門委員会）などで高く評価されている。また、天然の海藻であるためBSEや遺伝子組換え、残留農薬などの影響のない安全な物質であることも広い分野で活用されている要因の1つである。そして、前述のとおり「海藻由来」であることはプラントベースフードのコンセプトにまさしく合致している。

2017年に食品表示基準が改正されたが、この際にはすべての加工食品において使用割合の最も多い原材料について原料原産地の表

示が必要となった。欧米ではさらに進んだ考え方として「クリーンラベル」の概念が浸透しつつある。これは原材料等の明確な表示はもちろんのこと、それらがどのような原料からできているのかなど、当該の食品について消費者の「知りたい、分きたい」という欲求に対し、ラベル表示で応えるという考え方である。アルギン酸は「海藻から抽出された物質で、食品にねばりを与える、または固める効果がある」と表すことのできる「わかりやすい物質」である。このような背景もあり、近年、海外ではクリーンラベルの観点からプラントベースフードのみならず多くの食品にアルギン酸が採用される例が多い。国内でもアルギン酸を利用した加工食品のパッケージにアルギン酸は海藻由来の物質である旨を明記した製品があるが、これも一連の潮流に沿ったものと考えられる。

アルギン酸にはさまざまな塩があるが、食品添加物公定書にはアルギン酸類として、アルギン酸、アルギン酸Na、アルギン酸K、アルギン酸アンモニウム、アルギン酸Ca、アルギン酸エステルの6種類が収載されている。一般に「アルギン酸」とよばれるものの多くはアルギン酸Naである。

最も利用されることが多いアルギン酸塩はアルギン酸Naであり、増粘安定やゲル化を目的として使用される。アルギン酸Naのゲル化には加温や冷却は必要がなく、この点が寒天などのほかの海藻由来ゲル化剤とは大きく異なる。アルギン酸Naをゲル化させるためにはその水溶液をCaイオンなどの二価カチオンと接触させるだけで良い。このときアルギン酸Naを構成する糖鎖同士が二価カチオンによって瞬時にイオン架橋されるためゲル化が起きる。ゲル化に際し温度管理は必要なく、冷たいものは冷たいまま、熱いものは熱いままゲル化させることができる。そして一度ゲル化したものはレトルト処理などを行っても溶けることはない。

3. プラントベースフードへの応用

アルギン酸のプラントベースフードへの応用例は数多くあるが、そのなかでも当社のゲル化剤製剤である「昆布酸429S」、「昆布酸ヘルシー」のプラントベースフードへの応用例について紹介する。

1) 昆布酸429S

昆布酸429Sはアルギン酸Naを主体としたゲル化剤製剤であり、特に植物由来タンパク質の結着を目的としている。本製剤にはアルギン酸NaとCa塩、さらにゲル化速度を調整するためのリン酸塩などがプレミックスされており、水と接触させるだけでゲル化が始まる。例えば、プラントベースミート(バーガーパテやハンバーグなど)を製造するにあたっては植物性タンパク質などからなる生地に最後に練り込み・成形する、あるいは塩、コショウなどの粉末調味料とあらかじめ混合しておき、これらを生地に投入するタイミングで一緒に生地に投入し、練り込み・成形するといった使い方が可能である(図1)。



図1 大豆タンパク質を昆布酸429Sで結着した生地と焼成・調理後のハンバーグ

成形後に冷却や加温は必要なく静置するだけでゲル化が完了する。昆布酸429Sは水と触れた瞬間からゆっくりとゲル化が始まる。このため昆布酸429Sの投入後に混練などの機械的な力が長時間に渡って加わるとゲル化したものが崩れてしまうのでこの点は注意が必要である。

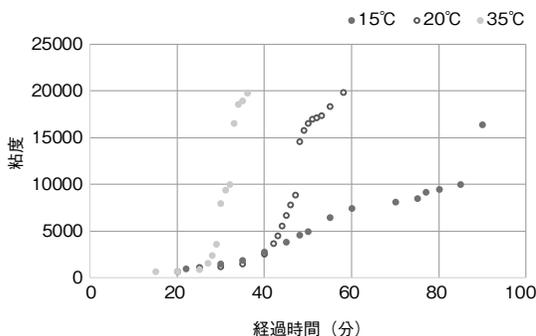


図2 異なる温度での昆布酸 429S のゲル化速度の違い

昆布酸429Sのゲル化速度を粘度変化として示したものを図2および図3に示す。この試験では昆布酸429Sを水に2%で溶解したものを使用し、溶解が完了した後の溶液の粘度を経時的に測定した。試験は温度およびpHの異なる条件で実施した。

いずれのグラフにおいても、各条件で特定の時間に粘度が急激に増大しており、この立ち上がりの時点からゲル化が急激に進行していると考えられる。アルギン酸NaとCaイオンの反応は一瞬でありこれを変えることはできない。昆布酸429Sではイオン化したCaをリン酸塩によって一度捕捉し、その後アルギン酸Naに供給している。このため、一定時間後に急激にゲル化が進行する。

温度やpH条件によってゲル化の開始時間が異なっている。これはアルギン酸Naのゲル化がイオン交換という化学反応の一種であるためである。一般的な化学反応と同様に反応温度が高いほど反応速度定数が大きくなるため、温度が高いほどゲル化の開始が早くなっていると考えられる。またpHはCaのイオン化速度に影響するためゲル化速度に影響を与えていると考えられる。ゲル化の開始時間や速度は製造ラインでのハンドリングや成形性に直結するため、温度や合わせる食材のpHなどの要因を加味した上で加工条件を詰めていく必要がある。

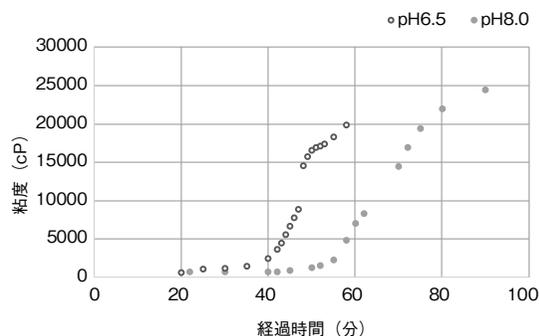


図3 異なる pH での昆布酸 429S のゲル化速度の違い

2) 昆布酸ヘルシー

昆布酸ヘルシーとは、アルギン酸Naのゲル化性、アルギン酸エステルの乳化安定性を利用したゲル化剤製剤である。植物性油脂は常温で液体であるが、本製剤を利用することで固化できる。その原理はマーガリンのような水素添加による硬化とは全く異なるものである。本製剤は水中に油が分散したエマルジョン(O/Wエマルジョン)をゲル化させることができる。ゲル化反応は①アルギン酸エステルによるO/Wエマルジョンの安定化、②アルギン酸Naによる連続相(水)のゲル化という2段階で進行する。本製剤にはCa塩やゲル化速度を調整するための副剤があらかじめ混合されているため、固化したい植物油と水があれば、本製剤と組み合わせることで容易に植物性固形油脂を得ることができる(図4)。固化できる植物油に制限



図4 昆布酸ヘルシーで作製した植物性固形油脂(角切りのもの)

はなく、菜種油、ごま油、オリーブ油、米油など幅広く利用できる。また、油そのものではなく、水を含んだエマルジョンをゲル化させるため摂取カロリーの抑制はもとより、動物性固形油脂と比べて飽和脂肪酸やコレステロールの摂取量低減も可能となる。

昆布酸ヘルシーで固形化した植物性油脂をプラントベースのバーガーパテに合わせることで油のジューシー感を付与することができる。また、昆布酸ヘルシーによって固形化した植物性油脂を炭酸Naなどで軟化させた後に適度に崩すことで、まるで背脂のような外観をもつ細かなゲルを得ることができる(図5)。この「プラントベース背脂」を植物性素材のみで作製したラーメンと合わせることで、見た目は「背脂系」であるがプラントベースなラーメンを作製することもできる(図6)。

4. 多様なアプリケーション

これまで挙げた以外にもアルギン酸のプラントベースフードへのアプリケーションは数多くあるが、ここではその一端を紹介する。

1) 卵代替食品

アルギン酸類は業務用の調理済み卵製品(スライス卵、目玉焼き、スクランブルエッグなど)において増粘安定やゲル化を目的として以前から使用されている。近年ではプラントベースの卵代替食品が開発されているが、これらの製品にも本来の卵製品と同じく

アルギン酸類が使用されておりテクスチャーの向上や耐熱性の付与などに寄与している。

アルギン酸Naの水溶液は、なめらかでニュートン流体に近い流動性を示す。またアルギン酸のゲルは加熱しても溶解しないという特徴を持つ。これらのアルギン酸類ならではの特徴は実際の卵を含む製品のみならず、卵代替食品にも応用されている。

2) 人工魚卵, 人工フカヒレ

「人工いくら」はアルギン酸アプリケーションの代表的な存在であるが、このほかにも、サイズや色味、味を調整することで、キャビア様、とびこ様の食品(人工魚卵)を製造することができる。また、形状をコントロールすることで、「フカヒレ」様にも加工することができる。このように作製した食材はプラントベースをコンセプトとした料理のあしらいとして見た目のおいしさの演出にも利用が可能である。SDGsの目標の1つとして「海の豊かさを守ろう」という目標が掲げられているが、アルギン酸を利用した人工魚卵や人工フカヒレの活用でサメの乱獲防止などを通じた水産資源の保護にも寄与できる。

上記に挙げた以外にも、特許や論文などの公知の情報ではソーセージケーシングとしてアルギン酸を利用し羊腸などの動物由来素材を代替する、プラントベースシーフードのゲル化剤としてイカやタコの質感を表現するなどの利用用途が示されている。



図5 昆布酸ヘルシーで作製した「プラントベース背脂」



図6 プラントベース背脂の調理例

5. おわりに

昨今ではプラントベース食品の開発を目的としたアルギン酸の引き合いが急増している。プラントベース食品への注目は、健康志向はもとより、ベジタリアンやヴィーガンなどの食の多様化、畜産活動による地球環境負荷の軽減など多くの要因がある。

当社のアルギン酸は、ライフサイクルを終え海岸に漂着した海藻のみを原料として製造されている。この点はSDGsの観点から高く評価され、2020年には日本政府主催のジャパン SDGsアワード 特別賞を受賞した。これを皮切りに公的機関、民間機関から多くの賞を頂き、「アルギン酸」という素材がSDGsという新たな観点から改めて評価されている。

アルギン酸には「植物性」という特徴だけでない多くの魅力があり、これらを製品の改良や新製品開発などにぜひ利用いただきたい。使用方法やサンプル提供については当社営業部まで問い合わせいただければ幸いです。



なみき・ゆうすけ

株式会社キミカ

技術開発部（マネジャー）

1989年生まれ、埼玉県出身。2014年株式会社キミカ入社。アルギン酸の技術開発、品質保証、商品開発などを担当。2018年～2019年 京都大学ウイルス・再生医科学研究所へ出向。2020年 技術開発部マネジャーに就任、現在に至る。

防災・減災×サステナブル大賞2023にてレジリエンス賞を受賞

キミカ

キミカはこのほど、減災サステナブル技術協会が主催する「防災・減災×サステナブル大賞2023」において、「防災・減災×レジリエンス賞 カンパニー部門 グローバル賞」を受賞した。本賞は、より安全・安心で真にサステナブルな社会の実現に向けた防災・減災への取り組みを評価して授与されたものである。

防災・減災×サステナブル大賞2023は、今回で第3回目の開催となり、全31褒賞41団体が受賞した。キミカは、海藻由来の天然多糖類であるアルギン酸のトップメーカーとして安定供給の責務を果たすため、1980年代の原産地・南米への進出以来、現地民とともに海藻資源保全とサプライチェーン強化に取り組んできた。

アルギン酸市場における同社の国内シェアは現在90%を誇る。今回、長年にわたる取り組みがレジリエンス性、サステナブル性、さらにはSDGsへの寄与度の側面から総合的かつ客観的に評価され、「防災・減災×レジリエンス賞 カンパニー部門 グローバル賞」の受賞に至った。

減災サステナブル技術協会は、あらゆる自然災害の被害を少なくしていくための技術研究・開発、勉強会・シンポジウムの開催などを行う団体として2018年に設立された。防災・減災×サステナブル大賞2023の表彰式は2月、東京ビッグサイトでのリアルと、リモート参加のハイブリッド形式で開催された。