

特集 9

おいしいプラントベースフードの開発

●Development of Plant-Based Food Using Alginate

アルギン酸を用いた
プラントベースフードの開発

㈱キミカ 技術開発部 並木 友亮

はじめに

「プラントベースフード」の急速な普及に伴い、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が急増している。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は植物由来のたんぱく質やその他素材を組み合わせて食肉などの動物由来素材を代替するものが多く、その開発にあたっては食肉の「かたまり感」を再現するために、各素材を「まとめる」役割を担う素材が必要とされる。

海藻を起源とし「増粘」または「ゲル化」という機能を持つアルギン酸は、プラントベースフードに求められるコンセプトと機能を兼ね備えた素材といえる。さらにアルギン酸のゲル化にあたっては加熱や冷却は必要なく、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。

1. 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。

褐藻類には昆布やワカメといった馴染み深く、古くからの食経験がある海藻が分類されており、アルギン酸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、天然の海藻を原料としているためBSEや遺伝子組換え、残留農薬などの影響がなく、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。

現在、欧米では「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種類の塩があるが、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種類が記載されている。

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であり、食品への利用例も最も多い。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Caイオンなどの二価カチオンと接触させるだけで良い。アルギン酸Naを水に溶かすと粘性を発揮するが、このときアルギン酸分子鎖からはNaイオンが電離し、アルギン酸分子鎖自体はアニオンポリマーとなっている。これらの分子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ことでゲル化が起きる。このため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。

2. 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」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得意としている。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配合されており、



図1 大豆たんぱく質を昆布酸429Sで結着した生地と焼成・調理後のハンバーグ

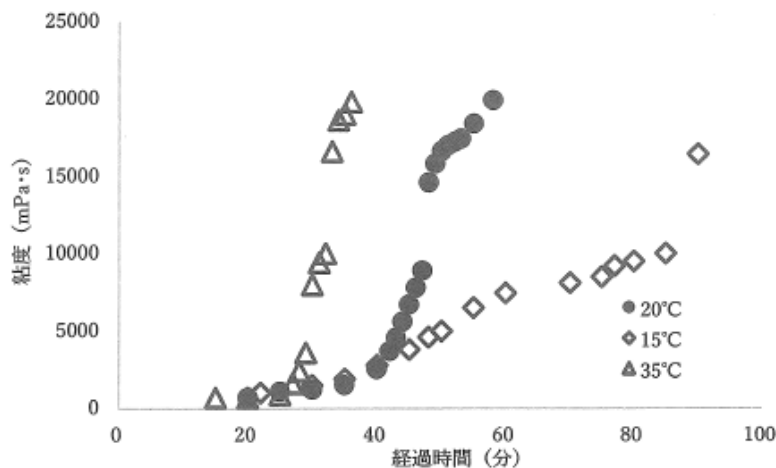


図2 異なる温度での昆布酸429Sのゲル化速度の違い

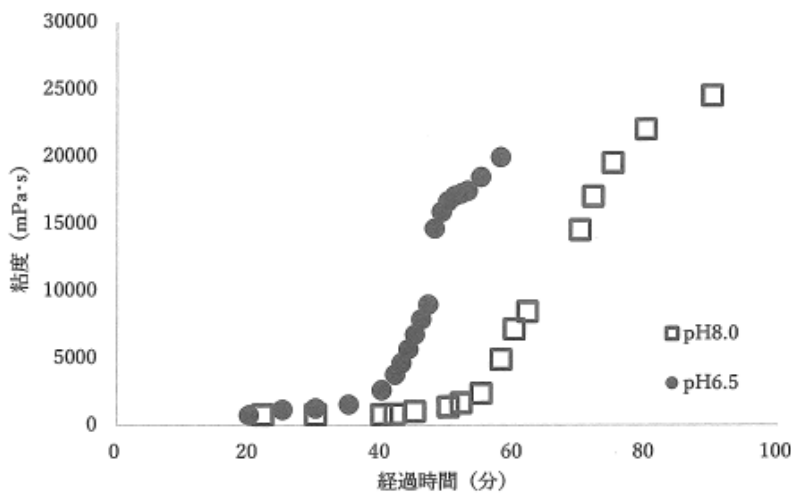


図3 異なるpHでの昆布酸429Sのゲル化速度の違い

水と接触させるだけでゲル化が始まる。例えば、プラントペースミート(パ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たんぱく質などからなる生地に本製剤を最後に練り込み・成形する、または混合を容易にするため、塩、こしょうなどの粉末調味料と本製剤をあらかじめ粉体混合しておき、こ

れらを生地に投入して練り込み・成形するような使い方も可能である(図1)。

成形後に冷却や加温は必要なく、単に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穏やかにゲル化が始まるため昆布酸429Sの投入後に混練などの機械的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注意が必要である。

温度やpHの異なる条件下での昆布酸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。

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起こるが、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、溶解して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が、これはアルギン酸Naのゲル化がイオン交換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。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、製造時の生地の温度やpHなどの要因を加味した上で加工条件を定める必要がある。

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。本製剤を利用することで、通常は常温で液体である植物性油脂を固化することができる。植物性油脂の固化にはマーガリンなどの製造時に用いられる水素添加による融点上昇技術が用いられることが多いが、本製剤の固化の仕組み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で植物性油脂を固化する。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、固形化したい植物性油脂と水があれば、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)。

固形化できる植物油脂に制限はなく、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、水を含んだエマルシ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できる。また、昆布酸ヘルシー、植物油脂、水のバランスを調整することで適度に柔らかく、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左)。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が作製できる(図5右)。

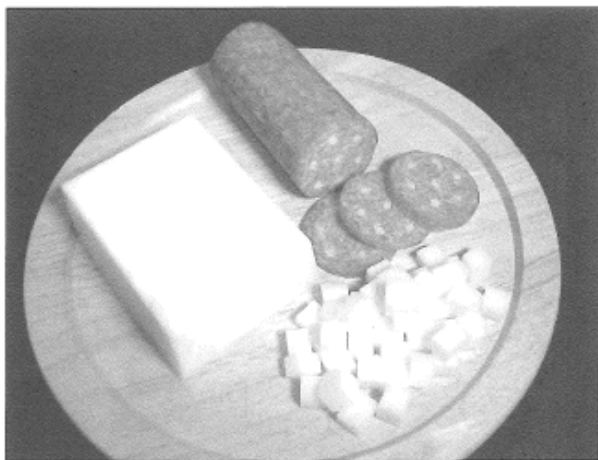


図4 昆布酸ヘルシーで作製した植物性固形油脂(角切りのもの)



図5 昆布酸ヘルシーで作製した「プラントベース背脂」(左)とこれを用いたラーメン(右)

3. 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ご紹介します。

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。

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。

3) ソーセージ用ケーシング素材

ソーセージ表面の薄皮はケーシングと呼ばれ、羊腸や豚腸など動物由来のものや、動物性のたんぱく質であるコラーゲンを利用したものなどがある。プラントベースのソーセージを開発するにあたっては「挽肉」と「ケーシング」を植物性素材で用意する必要がある。挽肉はプラントベースミート等で実績のある植物性たんぱく質が利用可能である。

一方、動物由来素材を利用しないケーシングは、セルロースや樹脂を利用した非可食性ケーシングがあるが、可食性のは極めて少ない。アルギン酸を利用した植物性の可食性ケーシングは数少ない選択肢の一つであり、既に欧米ではプラントベースソーセージのケーシングとして広く利用されている。

おわりに

昨今ではプラントベースフード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。プラントベースフードへの注目は健康志向のみならず、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く多くの魅力があり、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ただければ幸いである。

〈著者略歴〉

並木友亮(なみき ゆうすけ)

株式会社キミカ 技術開発部(ディレクター)
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・再生医学研究所へ出向。2022年 技術開発部ディレクターに就任、現在に至る。