

アルギン酸エステル(PGA)による 気泡コントロール

宮島 千尋

Chihiro Miyajima

株式会社キミカ

1. はじめに

気泡のコントロールにアルギン酸？と意外に思われるかもしれないが、実はアルギン酸(特にアルギン酸エステル)は、古くから気泡安定剤として利用されてきた素材であり、実績も多い。

アルギン酸エステルは海藻から抽出される「アルギン酸」にプロピレングリコールがエステル結合した形の誘導体で、食品の安定剤や糊料として利用される増粘多糖類の一種である。海外では一般に Propylene Glycol Alginate という英語名か、その頭文字を取った略称「PGA」とよばれている。日本の食品添加物公定書には「アルギン酸プロピレングリコールエステル」という名称で収載されているが、一般的には別名である「アルギン酸エステル」とよばれることが多く、本稿でもアルギン酸エステルと記述する。

2. 構造

アルギン酸エステルの構造は図1の通り、アルギン酸のカルボキシル基にプロピレングリコールがエステル結合したものである。ア

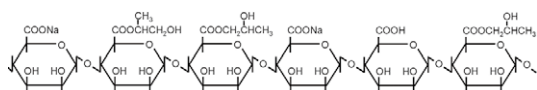


図1 アルギン酸エステルの化学構造

ルギン酸エステルは数万から数百万のウロン酸がつながった鎖状高分子だが、ウロン酸に備わったすべてのカルボキシル基がエステル化されているわけではなく、未反応の遊離酸の部分や、ナトリウム塩、カルシウム塩の部分も残っている。エステル化度が100に近い方が高品質とは限らず、塩として存在する部分がアルギン酸エステルの粘度や流動性に特長を与えることから、用途によって最適なエステル化度は異なる。食品添加物公定書や米国FCCなどでは、エステル化度として40%以上という規格が定められている。

また、分子鎖の長短すなわち重合度は、アルギン酸エステルを水溶液にしたときの粘度に影響する。当社では、実際の用途に応じて適切な粘度、エステル化度の製品をお選びいただけるよう、さまざまなタイプの製品を用意している。

3. 物性

アルギン酸エステルは白～淡黄白色の粉末で、冷水、温水によく溶け、粘りのあるコロイド溶液となる。比較的安定な物質で、アルギン酸やアルギン酸塩に比べて経時変化は少ない。

アルギン酸エステルの水溶液は酸性(濃度1%のときpH4程度)を示すので、果汁飲料や発酵食品など、pHの低い食品のなかでも不溶化することなく、増粘安定効果を発揮す

特集2 気泡をコントロールする素材・添加物

ることができる。逆にpHの高い条件下ではエステルが鹸化し、プロピレングリコールとアルギン酸塩に分解してしまうので、アルギン酸エステルは酸性～中性の食品に利用するのに適している。

さらに、親水性のアルギン酸分子に親油性のプロピレングリコール基を備えた構造のアルギン酸エステルには界面活性能力があり、これが気泡安定効果を生む原動力となっている。そしてアルギン酸エステル自体が増粘剤であり、液相に粘性を付与することから、生じた気泡はさらに消えにくくなり、安定した状態の泡が長く維持される。

4. 気泡安定効果

【ビール】アルギン酸エステルの気泡安定能力を最も有効に利用しているのは、ビールの泡沫安定剤である。欧州、南米を中心に、各国のブルワリーで長年利用されている。

ビールの泡には麦芽に含まれる起泡たんぱく質と、ホップ由来の苦味成分であるイソフムロンが含まれる。起泡たんぱく質には疎水性の高い部分があり、これが泡の気相に配向して安定な液膜をつくる。一方、苦味成分であるイソフムロンは弱酸性の水酸基と疎水性の側鎖を併せ持つ構造である。イソフムロンの水酸基はたんぱく質の塩基性残基と、側鎖はたんぱく質の疎水性の残基と親和性が高く、これが起泡たんぱく質同士を架橋させ

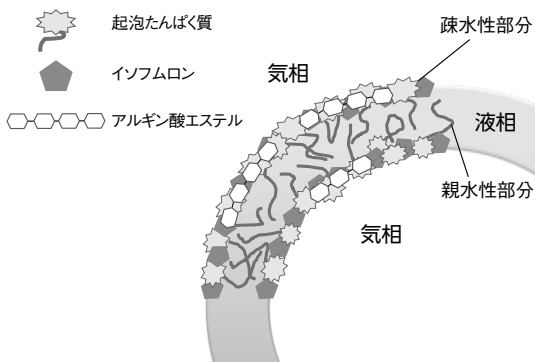


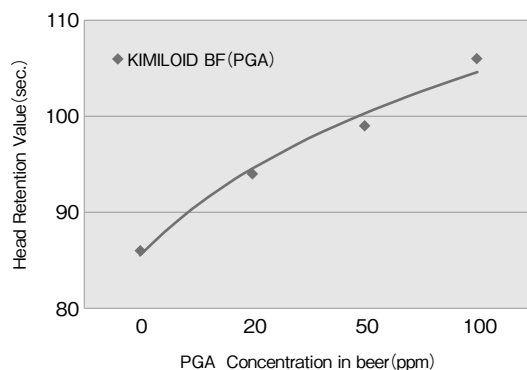
図2 ビール泡のモデル図

るように働くことで、泡の安定性を高める。このことは、ホップを使わないビールの泡が消えやすいことと符合する。

アルギン酸エステルは、起泡たんぱく質とイソフムロンとでつくられたマトリックスに複合して、さらに液膜の強度を高める働きをする（図2）。同時に、アルギン酸エステルの粘性によって液膜中から液体が流下する速度（排水速度）を遅くすることで泡の保持時間を延ばす。

ビールへのアルギン酸エステル添加量は数十ppm程度と極めて少量であるが、そのわずかな使用量でビールの泡保持時間を大幅に改善することができる（図3）。ビールの泡は、食品由来の油脂に接すると短時間で消えてしまうが、アルギン酸エステルの利用により油脂があっても消えにくい泡となる。

ヨーロッパや南米、インド、オーストラリアなどで、大手ブルワリーから小規模なクラフトビールまで、多くのビールメーカーが長年泡沫安定剤としてアルギン酸エステルを利用しており、この分野でのアルギン酸エステル消費量は年間数百tに上る。残念ながら、日本では酒税法に定められたビールの原材料リストにアルギン酸エステルが含まれていないため、「ビール」という種目の商品には使用できないが、発泡酒やリキュールなどのビアテイスト飲料、あるいは発泡性のカクテル、清涼飲料水などには利用されている。



A. D. Rudin, J. Inst. Brewing, 1957, 63, 506

図3 アルギン酸エステルによるビール泡安定効果

【パン】近年、アルギン酸エステルの利用度が急速に高まっているのがパン生地への利用である。パン生地に対粉0.1%程度のアルギン酸エステルを加えることで、生地への加水量を増やせると同時に、焼成後の容積が増し、さらに弾力性、復元性が向上して潰れにくいパンとなる。

パンの組織は、いわば糊化したデンプンの泡でできている。その泡が潰れないように支えているのが、小麦粉中のたんぱく質で形成されたグルテンである。アルギン酸エステルを加えたパン生地ではグルテンのネットワーク構造が均一かつ緻密に分布している様子が観察されており、これを焼成すると、膨らんだ泡の膜を支えるグルテンの力が強化される。その結果、パンの組織が底部からしっかりと立ち上がり、全体がボリュームアップするとともに、潰れにくくなる。

パン生地の発泡性を高め、ボリュームアップさせる働きを持つ材料は他にもあるが、いったん大きく膨らんでも、それを支える力がないと、最終的にはパンが萎んでしまい、商品価値を落とすことになる。アルギン酸エステルはパンを大きく膨らませるだけでなく、デンプンとグルテンで形成された気泡の膜そのものを補強しているため、膨らんだ状態のパンが萎まず、潰れにくくなる。パンを上から強く押し潰した時、アルギン酸エステルのないパンは潰れたまま元に戻らないが、アルギン酸エステルを加えたパンにはふんわりと元に戻る優れた弾力性、復元性が与えられている。

パンにとって冷蔵保存が大敵であることはよく知られている。一方CVSなどで流通するサンドイッチは新鮮な具材を保存する上で冷蔵が避けられず、パンにとっては非常に過酷な保管条件となる。冷蔵保存するパンを柔らかく維持するためにさまざまな工夫がなされているが、柔らかくなったパンは逆に潰れやすくなり、咀嚼すると口の中でクチャクチャ

した食感になりがちである。これはパンにとっては極めて望ましくない品質とされている。

アルギン酸エステルは、サンドイッチ用のパンにおいても生地の膜構造を強化し、目的とする“柔らかさ”を維持しながらも適度な復元性を与える。また同時に口中での歯切れも大きく改善され、クチャつかない食感のパンになる。こうしてアルギン酸エステルは、チルド流通するサンドイッチ用のパンの技術革新に人知れず貢献している。

食パン以外にも、菓子パンやデニッシュ、ドーナツなど、さまざまなジャンルのパンでアルギン酸エステルが利用されており、腰折れの防止やボリュームアップなどの効果に定評がある。

【菓子類】薄力粉で作られるケーキなどの菓子類も、スポンジという名の通り、小麦成分でできた泡を焼き固めたものと位置づけることができる。パンと同じように、対粉0.1%程度のアルギン酸エステルを配合することで泡の膜が強化され、スポンジの弾力性、復元性が向上する。ロールケーキのような加工をする際に、スポンジの割れを防ぐ効果もある。

【低糖質、グルテンフリー】昨今は低糖質やグルテンフリーの加工食品に人気があり、市場が拡大している。パンやケーキなどの食品も、本来小麦粉で作っていた生地を他の穀物に変えることで糖質やグルテンを抑えるわけだが、穀物を代えればデンプンの種類が変わり、グルテンも失われる。当然加工は難しくなり、一般的なパンやケーキの外観や味、食感とはどんどん乖離してしまう。いったんはスポンジのように膨らんでもすぐに潰れてしまうので、食品の見た目が損なわれたり、餅のような重い食感になったりしてしまう。

こうした食品にもアルギン酸エステルの品質改良効果は有効である。米粉や大豆粉、ふすまなどを配合したパンやケーキを良好に膨らませ、また適度な弾力性でその形状を維持することができる。これも、アルギン酸エ

特集2 気泡をコントロールする素材・添加物

ステルの気泡コントロールの一つといえる。

【メレンゲ】食品に対するアルギン酸エステルの作用機序については解明されていない部分が多いが、ビールにせよ、パンにせよ、組成中のたんぱく質（ビールの起泡たんぱく質や、小麦のグルテン）に働きかけて、食品中の泡の構造を強化していると考えることができる。

たんぱく質で作られた泡状の食品といえ、もう一つ「メレンゲ」が挙げられる。アルギン酸エステルは、メレンゲに対しても興味深い品質改良効果を発揮する。

一般的なメレンゲのレシピにアルギン酸エステルを0.1%加えて攪拌すると、メレンゲのでき上がるまでの時間が短縮されるとともに、でき上がったメレンゲがきめ細かく、きれいな角の立つ状態になる（図4）。卵は産卵後に時間が経つほどpHが上がり、泡立ちにくくなる傾向にあるが、アルギン酸エステルを使うことで、卵の鮮度や品質を問わず高品質のメレンゲを作ることができる。

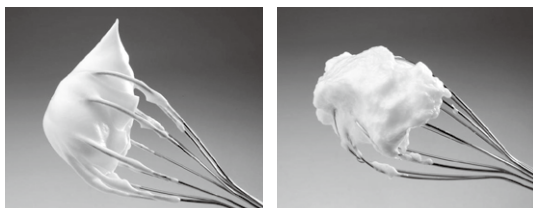


図4 メレンゲの起泡安定

【泡しょうゆ】健康志向の高まりから、多くの食品で塩分控えめが好まれている。しょうゆなどの調味料は、泡状にすることで味を感じやすくなることが知られており、塩分濃度を下げても十分な味を感じることができる。例えば寿司や冷奴などに、通常のしょうゆに代えて泡状にしたしょうゆを乗せてやること

で、従来よりも摂取する塩分量を下げることができる。見た目の斬新さもあり、面白い利用法である。

泡しょうゆの作り方は簡単で、しょうゆを泡の出るポンプに入れて押し出してやるだけで、泡状のしょうゆができる。ただ、いったんは泡立つものの、しょうゆの泡は比較的短時間（数分～数十分）で消えていく。そこでしょうゆにアルギン酸エステル水溶液を混ぜてやると、数時間安定な泡しょうゆを作ることができる。

食材や調味料を泡立てる手法は、エスプーマのような調理法にも応用されている。アルギン酸エステルを利用すれば、泡立てた食品の形状を長時間維持する効果が期待できる。

5. おわりに

気泡コントロールという観点で見たとき、アルギン酸エステルの特徴的な効果の多くが食品の「泡」に関わっていたことは興味深い。アルギン酸エステルの利用されているジャンルはまだ決して多くないので、今後さらに効果的な利用法が発明される可能性もある。利用される食品によって適するアルギン酸エステルの品質は異なるので、最適な製品の選定については遠慮なく当社営業部までご相談いただきたい。

みやじま・ちひろ

株式会社キミカ 技術開発本部

1965年生まれ、神奈川県出身。1990年、君津化学工業株式会社（現 株式会社キミカ）入社。アルギン酸の製造、品質管理、品質保証、商品開発などを担当。2011年、取締役就任。現在に至る。