

食品製造における泡の制御技術に関する予備実験

佐合 徹*

Preliminary Experiment on Foam Control Technology in Food Manufacturing

Toru SAGO

Key words: Foam Control, Antifoam, Food Manufacturing, Soy Milk, Ice Cream

1. はじめに

泡とは、液体または固体の中に気体が分散した系であり、食品の製造工程や製品の品質に様々な影響を及ぼす。まず、食品の製造において、攪拌・混合・送液・充填といったいくつかの工程で泡が発生し、負の影響を与えることがある。例えば、タンク内で原料を混合する際に泡が形成され、製造ロス、製品の不均一化につながるものがあげられる。泡の発生を抑制するには、化学的処理方法、物理的処理方法の2つが行われており、化学的処理の一つである消泡剤の添加が広く実施されている¹⁾。食品用消泡剤には、シリコーンを主体としたものが多く利用されている。しかし、シリコーンを用いた消泡剤は、その残留による安全性が危惧されており²⁾、食品素材を用いた新たな消泡剤の開発が望まれている。大豆由来の食品素材は、その構造によって消泡効果を持つといわれており³⁾、新たな消泡剤への利用が期待される。

一方で、泡は、食感、風味といった品質の向上に寄与することから、泡を有効に利用した食品が多く発売されている。例えば、飲料としては、ビール、カフェラテ、炭酸飲料等、加工食品としては、ホイップクリーム、アイスクリーム、エアインチョコ、練り製品等がある。中でも、アイスクリームは、泡含有製品として、老若男女問わず人気があり、世界中で親しまれている。従来、アイスクリームの製造は、調製したアイスクリームミックスをアイスクリームフリーザーにより攪拌・

凍結し、容器等に充填して、急速凍結するという工程により行われる⁴⁾。アイスクリームフリーザーによる工程は、運転に多くのエネルギーを必要とすることや、攪拌作業により金属製の筒状のシリンダー部と攪拌部が摩耗し、その金属片が異物となって製品に混入する恐れがあることから、改善が望まれている。近年、簡易に泡を製造する装置や泡を保型した状態で市販された製品が開発されており、これらの装置や製品の利用が、装置・工程数の削減、省エネルギー、品質向上につながることを期待できる。

本報では、大豆由来の食品素材の一つとして納豆に着目し、その抽出液を調製して、従来のシリコーンを用いた消泡剤と消泡効果を比較することとした。食品の中でも製造中の泡の発生が際立つ豆乳について、これらの消泡性を評価した。また、アイスクリーム製造の工程改善を図ることを目的に、泡製造装置および泡製品を用いてアイスクリームを試作し、その品質を評価した。

2. 実験方法

2.1 納豆抽出液が豆乳の消泡に及ぼす効果

納豆抽出液は、以下の方法により調製した。市販の納豆を細断して重量の12倍の蒸留水を加え、室温で90分間攪拌した。これに3倍容のエタノール(99.5%)を入れ、遠心分離(5000 rpm, 20min)を行い、上清を得た。なお、市販の納豆および市販の豆乳中に人工的に消泡剤が添加されていない

* 食と医薬品研究課

ことを確認した。

次に示す振とう法^{5,6)}により泡の容積を測定して、納豆抽出液およびシリコーン入り消泡剤（シリコーン樹脂製剤，モメンティブ・パフォーマンス・マテリアルズ・ジャパン）の消泡効果を評価した。市販の豆乳 50mL を目盛り付き 100mL 試験管（透明摺り比色管，東京硝子器械）に量り入れ、納豆抽出液を 1% (v/v)，5% (v/v)，または消泡剤を 0.015% (v/v) 添加した。これら 3 種類の試料および豆乳 50mL のみを入れた試験管を室温で 30 秒間振とうし、振とう直後の泡の容積と、室温で 5 分間静置後の泡の容積を測定した。

2.2 泡製造装置および泡製品を用いたアイスクリームの試作

泡製造装置であるエスプーマ製造装置（エスプーマスパークリング L，日本炭酸瓦斯）を用いて、市販のアイスクリームミックスを原料として、以下の方法によりアイスクリームの試作を行った。このエスプーマ製造装置は、装置内に原料と炭酸ガスを充填し、一定時間静置した後、ノズルより泡を含んだ液体または固体を吐出するものである。アイスクリームミックス 400g を容量 1200mL のエスプーマ製造装置に投入し、冷蔵庫（10℃）にて炭酸ガス（9g）を 16 時間充填した。その後、容量 100mL の紙製カップに充填し、急速冷凍庫（-40℃，ブラストチラー EF20.1，エフ・エム・アイ）にて冷凍することによりアイスクリームを試作した。充填時の重量を測定し、(1) 式より空気量を算出した⁷⁾。この際、充填時の 100mL あたりの重量と、凍結後の 100mL あたりの重量に違いがないことを確認したので、充填時の重量をアイスクリーム重量として空気量を求めた。

また、市販のアイスクリームミックスと卵白由来の泡製品⁸⁾（エスプーマベース，キューピー）を 9:1 または 1:1 の重量比にて混合し、容量 100mL の紙製カップに充填した後に急速凍結（-40℃）してアイスクリームを試作した。この場合、前述のエスプーマ製造装置は使用しなかった。空気量は、充填時の重量を測定し、これをアイスクリーム重量として、(1) 式より算出した。

$$\text{空気量 (\%)} = \frac{(\text{アイスクリームミックス重量} - \text{アイスクリーム重量})}{\text{アイスクリームミックス重量}} \times 100$$

ただし、重量は 100mL あたりを示す。

3. 結果と考察

3.1 納豆抽出液が豆乳の消泡に及ぼす効果

豆乳および豆乳に納豆抽出液またはシリコーン消泡剤を加えた試料の振とう直後における泡の容積（図 1），並びに振とう後 5 分間静置した後の泡の容積（図 2）を示す。豆乳に納豆抽出液（1%）を加えても、振とう直後における豆乳のみの場合と泡の形成は同等であった。納豆抽出液（5%）およびシリコーン消泡剤を加えると、豆乳のみの場合と比べて、泡の形成が抑制された。納豆抽出液（5%）とシリコーン消泡剤で振とう直後の泡量が同等であったため、一定量を添加すれば、納豆抽出液の消泡剤としての利用が期待できる。振とう後 5 分間静置した場合は、納豆抽出液（1%），納豆抽出液（5%），シリコーン消泡剤の順に消泡効果が高くなっていった。納豆抽出液については、今後、消泡効果の持続性を高める検討が必要である。

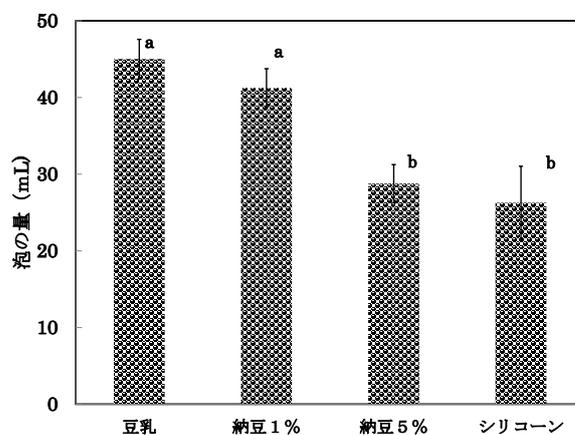


図 1 添加物が豆乳の消泡性に及ぼす影響（振とう直後）

平均値±標準偏差 (n=4)，a~b：異なる符号間には、最小有意差法の結果、5%水準で有意差があることを示す。

豆乳：豆乳のみ，納豆 1%：納豆抽出液 1% 添加，納豆 5%：納豆抽出液 5% 添加，

シリコーン：シリコーン樹脂製剤 0.015% 添加。

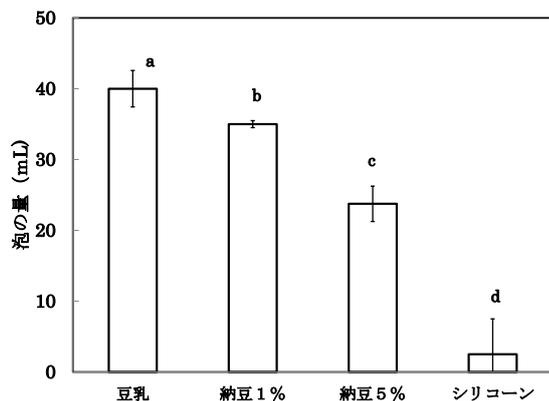


図 2 添加物が豆乳の消泡性に及ぼす影響(振とう 5 分後)

平均値±標準偏差 (n=4), a~d: 図 1 と同じ
 豆乳: 豆乳のみ, 納豆 1%: 納豆抽出液 1%添加,
 納豆 5%: 納豆抽出液 5%添加,
 シリコーン: シリコーン樹脂製剤 0.015%添加.

3. 2 泡製造装置および泡製品を用いたアイスクリームの試作

泡製造装置と泡製品を用いて製造したアイスクリームの空気量を図 3 に示す. 良好なアイスクリームは, 空気量が 40%以上とされており⁹⁾, 泡製造装置を用いた試作品とアイスクリームミックスと泡製品を 1:1 で混合した試作品は, この品質を満たしていた. 一方で, アイスクリームミックスと泡製品を 9:1 で混合した試作品は, 空気量が著しく少なかった. 泡製造装置を用いる方法および泡製品を用いた試作結果より, アイスクリームミックスに対して泡製品を一定量添加する方法は, 良好なアイスクリームの生産への利用が期待できる. 今回の試作方法は, ともにアイスクリームフリーザーを用いなかったため, アイスクリーム製造における装置・工程数の削減, 省エネルギーにつながる可能性がある. しかしながら, 泡製造装置は小規模生産用であり, 泡の保持が難しいことから, 市販品の生産に利用するには今後さらに検討を要する. また, 泡製品は卵白由来の原料を用いるため, 卵に対するアレルギーを持つ消費者が食することができる別素材を用いた泡製品の開発が求められる.

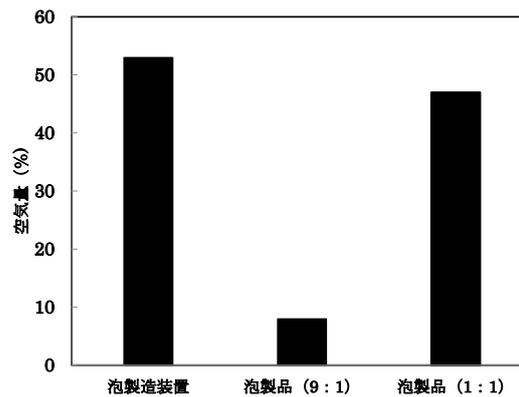


図 3 泡製造装置および泡製品を用いたアイスクリームの空気量 (%)

泡製造装置: エスプーマ製造装置を用いた,
 泡製品 (9:1): アイスクリームミックスと泡製品を 9:1 の比率で混合した,
 泡製品 (1:1): アイスクリームミックスと泡製品を 1:1 の比率で混合した.

4. まとめ

振とう法により, 豆乳に納豆抽出液を加えた場合の消泡性を評価した. 納豆抽出液は, 振とう直後ではシリコーン主体の消泡剤と同等の消泡効果を示したため, これを応用した消泡剤の開発が期待される. しかし, 納豆抽出液は, 消泡効果が持続しない傾向が見られるので, この点を改善する必要がある.

泡製造装置でアイスクリームミックスを調製すること, またはアイスクリームミックスに泡製品を添加することにより, アイスクリームフリーザーを用いなくてもアイスクリームの良品が製造できることが分かった. これらの方法によりアイスクリーム製造工程を簡素化することが期待できる. 今後, 泡製造装置は規模拡大, 泡製品はアレルギー対応といった課題があるので, これらの点を克服する検討が必要である.

参考文献

- 1) 嶋田昌彦: “具体現象を挙げた泡の制御(起泡・消泡)と安定性向上技術および泡の評価技術”. 情報機構. p1-9 (2012)
- 2) 小嶋慎太郎ほか: “加工食品中のシリコーン樹脂の残留実態調査”. 福岡市保健環境研究所報, 32, p78-80 (2007)

- 3) 菰田 衛：“レシチン その基礎と応用”．幸書房． p2-5 (1991)
- 4) H. Douglas Goff et al.：“Ice Cream 7th”．Springer. p193-248 (2013)
- 5) “A.S.T.M.Standard D3601 Standard test method for foam in aqueous media (bottle test)”． American Society for Testing and Materials, 25, p298 (1982)
- 6) 日本工業標準調査会：“JIS K2234 不凍液－第 8 部：試験方法－第 2 節：泡立ち性”． p5 (2006)
- 7) 山内邦男ほか：“ミルク総合事典”．朝倉書店, p336-337 (1992)
- 8) 渡辺正記ほか：“泡保持技術があらゆるメニューを革新させる「エスプーマベース」の開発”．日本食品工学会第 12 回 (2011 年度) 年次大会講演要旨集, p154 (2011)
- 9) 湯山荘平：“アイスクリームの製造”．光琳, p91-92 (1996)