

植物性ミルクを用いたフローズンデザートの特性

武藤 信吾 (管理栄養学科)

Characteristics of Plant Milk-Based Frozen Dessert

Shingo Mutoh

Department of Nutrition and Dietetics, Kamakura Women's University

Abstract

Frozen desserts were prepared using soy milk, almond milk, and oats milk as plant milks, and potato starch and cornstarch as thickeners. These characteristics were examined by measuring overrun and water release after thawing. The combination of soy milk and potato starch was considered suitable for allergen-free dessert. In this paper, we proposed that plant milk-based frozen dessert prepared by egg and dairy free products.

Key words : Plant milk, Frozen dessert, Soybean milk, Almond milk, Oat milk, Allergen-free

キーワード：植物性ミルク、フローズンデザート、豆乳、アーモンドミルク、オーツミルク、アレルギーフリー

緒言

様々なアイスクリームが出回り、一年中食することが出来、食生活に彩りや楽しみを与えている。最近では、記録の猛暑を更新する中、アイスクリーム類の売上は年々増加している⁽¹⁾。アイスクリーム類は乳及び乳製品の成分規格等に関する省令（乳等省令）により、乳脂肪分と乳固形分の含量により3種類（アイスクリーム、アイスミルクおよびラクトアイス）に分類されている⁽²⁾。また乳固形分3.0%未満のものは食品衛生法の規定により氷菓として定められている。さらに氷菓の中で気泡を含めて凍結したものをシャーベット、気泡を含めないで凍結させたものをアイスキャンディーとしている。

ほとんどのアイスクリーム類では牛乳および鶏

卵由来成分が含まれている。これらの食品は食物アレルギー表示を義務付けるもの（特定原材料）となっている⁽³⁾。食物アレルギーとは、食物を摂取した際、食物に含まれる原因物質（アレルゲン：主としてたんぱく質）を異物として認識し、自分の身体を防御するために過敏な反応を起こすことである⁽³⁾。アレルギーの症状は様々であるが皮膚や、呼吸器、消化器など身体のさまざまな臓器に現れる。これらの症状は、1つだけがあらわれる場合もあれば、急に複数の臓器に症状が現れることもある。深刻な場合には、さらに血圧低下や意識障害など急激に全身の症状が進行しアナフィラキシーショックを起こし、生命の危険にまで及ぶことがある。食物アレルギーの原因となる食べ物は、鶏卵が最も多く33.4%、牛乳が18.6%、木の実類が13.5%、小麦が8.8%と報告され

ている(4)。乳幼児の5～10%、学童期の1～3%が食品アレルギー患者であると推察されている(5)。卵と牛乳はほとんどのアイスクリーム類に入っており、食物アレルギーをもつ多くの子供はアイスクリームを食べることができない。乳幼児期の子どもに食事やおやつなどを提供する保育所などではアレルゲンフリー食に対する需要が高い(6)。

植物性ミルクとは豆乳に代表される、植物の種子を水に浸漬し、粉碎濾過した飲料である。植物性ミルクはラクトースやカゼインを含まないため乳糖不耐症や牛乳アレルギーをもつ人でも飲用する事ができる。そこで本研究は植物性ミルクとして豆乳、アーモンドミルク、オーツミルクを用いたフローズンデザートの製造方法について検討する。アイスクリーム類の美味しさの要因は適度な食感と口溶けの滑らかさであると考えられている(7)。アイスクリームの口溶けの滑らかさや食感に関わる指標としてオーバーランがある。オーバーランとはアイスクリームに含まれる空気の種類である。アイスクリームの作成において離水が生じると、氷結晶がアイスクリーム内で生成され滑らかな食感が損なわれる(8)。さらに、本研究ではフローズンデザートの嗜好性をオーバーラン、離水性の評価を基にアレルゲンフリーのフローズンデザートを家庭など小規模で作成可能か検討した。

実験材料および方法

1. フローズンデザートの調製

植物性ミルクとして無調整豆乳（キッコーマン株式会社）、アーモンドミルク（ボッカサッポロフード&ビバレッジ株式会社）、オーツミルク（ダノンジャパン株式会社）を用いた。固形分となるデンプンとして片栗粉、コーンスターチを用いた。脂肪分としてキャノーラ油（日清オイリオ）を使用した。

アイスクリームの調製には、牛乳（株式会社明治）100 mL、特選北海道純生クリーム35（タカナシ乳業株式会社）35 mL、卵黄一個（約20g）、上白糖30gを基本とした。アイスクリームミックスの調製は、卵黄と上白糖を白くなるまで泡だて器を用いて混合し、生クリームと牛乳を加えよく混ぜた後、70℃まで加熱し、4℃に冷却した。冷却したアイスクリームミックスは-18℃で冷却したアイスクリームメーカー（貝印株式会社 DL-5929）に注ぎ、20分間攪拌した。作成した試料は使用時までプラスチックタッパーに移し-18℃で保存した。植物性ミルクを用いたフローズンデザートでは、生クリームに含まれる油分の代替として、キャノーラ油を10.5 mL用いた。卵黄を用いないフローズンデザートには、増粘剤として片栗粉あるいはコーンスターチを1g用いた。増粘剤を用いた場合には、植物性ミルク、油脂と混合した後に加熱し1分間沸騰させた。加熱後は4℃にまで冷却した後、アイスクリームメーカーでのフローズンデザートの作成に供した。

本論文では、調製したサンプルは便宜上、乳脂

表1 本研究に用いたフローズンデザートの材料

材料	容量	卵/生クリーム				片栗粉/キャノーラ油				コーンスターチ/キャノーラ油			
		牛乳	豆乳	アーモンドミルク	オーツミルク	牛乳	豆乳	アーモンドミルク	オーツミルク	牛乳	豆乳	アーモンドミルク	オーツミルク
牛乳	100mL	○	—	—	—	○	—	—	—	○	—	—	—
豆乳	100mL	—	○	—	—	—	○	—	—	—	○	—	—
アーモンドミルク	100mL	—	—	○	—	—	—	○	—	—	—	○	—
オーツミルク	100mL	—	—	—	○	—	—	—	○	—	—	—	○
上白糖	30g	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
生クリーム	35mL	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—
卵黄	1個、約20g	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—
キャノーラ油	10.5mL	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○
片栗粉	1g	—	—	—	—	○	○	○	○	—	—	—	—
コーンスターチ	1g	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○

脂肪および乳固形分に関わらず、フローズンデザートとした。

2. オーバーランの測定

調製したフローズンデザートに含まれる空気量をオーバーランとして求め、フローズンデザートの食感の指標とした。オーバーランは30 mL 容器にフリージング前のアイスクリームミックスを容器の縁まで加え、重量を測定し(A)とした。凍結後のフローズンデザートを同容器にすりきり一杯に詰め、重量を測定し(B)とした。オーバーランは以下の式より求めた。

$$\text{オーバーラン}(\%) = (A/B - 1) \times 100$$

測定は5連で行い、平均し±標準偏差で示した。グループ間の比較にはt検定を用いた。

3. 離水量の測定

融解後のフローズンデザートから分離した水分を離水として、その水量を測定した。30 mL 容器に入れられたフローズンデザートを25℃で30分

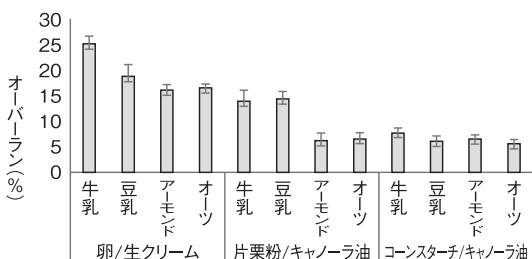


図1 植物性ミルクを用いて作成したフローズンデザートのオーバーラン

その他に加えた材料は下に記した。数値は5つのサンプルの平均値を示し、エラーバーは標準偏差で示した。

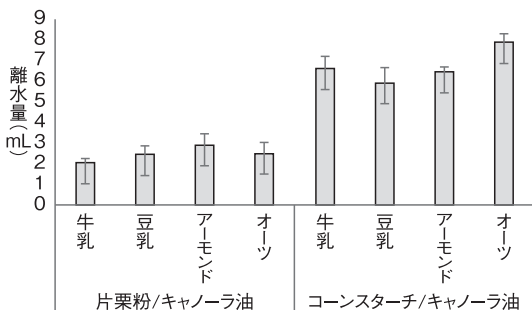


図2 植物性ミルクを用いて作成したフローズンデザートの解凍後の離水量

その他に加えた材料は下に記した。数値は5つのサンプルの平均値を示し、エラーバーは標準偏差で示した。

間、解凍した後、固形分と水分をステンレスザル（20メッシュ）で濾し、水分を回収した。測定は5連で行い、平均し±標準偏差で示した。各サンプル間の比較にはt検定を用いた。

結果

1. オーバーラン

図1に示すように、調製した各フローズンデザートのオーバーランを測定した。卵/生クリームのグループでは、牛乳が最も高く25%であり、次いで豆乳の18%であった。アーモンドミルクとオーツミルクでは16%程度であった。牛乳と豆乳のオーバーランのt検定によるP値は0.05以下となり、有意差があった。すなわち一般的なアイスクリームの材料である卵/生クリーム/牛乳を用いて作成したフローズンデザートが最も高いオーバーランを示した。片栗粉/キャノーラ油のグループのオーバーランでは、牛乳と豆乳は14%程度であった。また、アーモンドミルクとオーツミルクのオーバーランは6%程度であった。牛乳と豆乳に対しアーモンドミルクとオーツミルクのt検定によるP値は0.05以下となった。したがって片栗粉/キャノーラ油を用いた場合、牛乳と豆乳は空気を含みやすく、アーモンドミルクとオーツミルクでは空気を含みにくいことが明らかとなった。コーンスターチ/キャノーラ油のグループのオーバーランは、それぞれのミルクで6~7%程度であった。したがってコーンスターチを用いた場合、それぞれのフローズンデザートの空気の含有量は差異がないことが明らかとなった。また、牛乳と豆乳で作成したフローズンデザートのオーバーランを比較すると、片栗粉を用いた場合は14%程度であり、コーンスターチでは7%であったので、使用する増粘剤によりフローズンデザートの空気含有量が変化することが明らかとなった。

2. 離水量

フローズンデザートをフリージングした後に、融解した透明感のある水分を離水とし、その量を

測定した。卵／生クリームを用いたフローズンデザートからは離水は認められなかった。片栗粉／キャノーラ油のグループでは離水量は2～3mLで、約10%程度であった。またコーンスターチ／キャノーラ油のグループでは6～7mLの離水が認められ、片栗粉／キャノーラ油のグループのその、2倍程度であった。

考察

フローズンデザートの製造におけるオーバーランとは、そのフローズンデザートの空気含有量のことを指す。市販のアイスクリームのオーバーランは約40～100%、シャーベットなどの氷菓では20～40%程度である。フローズンデザートでは、一般的にオーバーランが高いほどあっさりとした味わいで、オーバーランが低いと濃厚な味わいになると言われている⁽⁹⁾。

本研究では家庭用の攪拌式アイスクリームメーカーを用いて、フローズンデザートを作成した。そのため多くの空気をアイスクリームミックスに送り込むことは難しく、卵／生クリーム／牛乳を用いたサンプルでもオーバーランは25%程度であった。無理なくスクープできる程度の硬さであったので、簡易的なアイスクリームメーカーで作成したフローズンデザートとしては、十分な柔らかさを持っていると考えられる。また豆乳から作られている豆乳ホイップクリームが市販されている。本研究では、生クリームを用いたが、豆乳ホイップクリームと豆乳を使用することにより乳製品アレルギーフリーのフローズンデザートを作成できると考えられる。また、アーモンドミルクとオーツミルクを用いたフローズンデザートでは、片栗粉とコーンスターチを用いた場合、十分なオーバーランを得られず、適度な柔らかさを持つフローズンデザートができなかった。オーバーランが低下すると、氷結晶が大きく形成され硬さが増す⁽⁸⁾。これらのサンプルは氷結晶が大きく生成されたと考えられた。氷結晶が大きくできる要因としては、不十分な乳化が考えられる。図2で示すように、コーンスターチを用いた

場合には離水量が多く、氷結晶が大きくできているものと推察される。片栗粉とコーンスターチは両方ともデンプンに分類されるが、片栗粉の方がアミロペクチンの含有量が高い⁽⁹⁾。一般的にアミロペクチンは保水量が多く、老化しづらいと考えられている。したがって片栗粉を用いたフローズンデザートで離水が少なかったのはアミロース含量が関係しているのかもしれない。また、デンプン平均粒子の大きさは片栗粉に比べてコーンスターチの方が小さい⁽⁹⁾。したがってデンプン粒子の小さいコーンスターチを用いたフローズンデザートでは保水量が低く、解凍後の離水が増加した可能性がある。したがって本研究で得られた結果を考慮しアレルギーフリーのフローズンデザートを作成するには、豆乳、増粘剤としては片栗粉を使用し、生クリームの代替として豆乳ホイップの使用が適している可能性がある。また、近年の豆乳と牛乳を用いたフローズンデザートの物性に関する研究では、豆乳のフローズンデザートは従来の牛乳のフローズンデザートと同等のオーバーラン、レオロジー特性、テクスチャー特性が得られることが示唆されている⁽¹⁰⁾。本研究で得られた成果は、豆乳を用いたフローズンデザートが最も従来の牛乳を用いたアイスクリームに近いオーバーラン、離水を示していることと一致する。このような加工特性を理解することで、アレルギーフリーで動物性タンパク質および脂質を、植物性のそれに置き換えたユニークな加工食品の創出につながると期待できる。

北米では乳製品を植物性素材に置き換える動きが注目されている。古くから乳製品を利用してきた欧米人は、日本人と比較して乳糖不耐症、乳製品アレルギーの割合が低い⁽¹¹⁾。しかしながら植物ミルク由来のフローズンデザートは健康志向のため、酪農を基本とする乳製品を製造するための環境負荷を低減するため、今後も需要が拡大し続けると考えられている⁽¹²⁾。また、日本国内でも、大手アイスクリーム販売会社から、豆乳を用いたフローズンデザートが販売されるなど、植物性ミルクを用いたフローズンデザートの需要は高まっていると考えられる。また、植物性ミルク

を用いたフロゼンデザートは、乳製品アイスクリームに比べて安価に作成できる。本研究で作成したフロゼンデザートの100 mLあたりのコストは以下の通りであった。

- ・牛乳／卵／生クリーム 110円
- ・豆乳／片栗粉／キャノーラ油 30円

植物性ミルクを用いたフロゼンデザートは安価に作成できるので、家庭や食育などの機会にも良いと考えられる。

本研究では、植物性ミルクを用いて作成したフロゼンデザートの特徴をオーバーランと離水性から検討した。いずれも簡単な方法で作成したものであるため食物アレルギーや植物ミルクの利用に関心のある方などに気軽に試して頂けると期待したい。また、フレーバーの添加や作成方法の開発に取り組んでいきたい。

引用文献

- (1) 2023「2022年度 アイスクリーム類及び氷菓」販売実績 一般社団法人 日本アイスクリーム協会 [https://www.icecream.or.jp/assets/iceworld/data/pdf/2022 result.pdf](https://www.icecream.or.jp/assets/iceworld/data/pdf/2022%20result.pdf)
- (2) 乳及び乳製品の成分規格等に関する省令 厚生労働省 [https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=326 M 50000100052](https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=326%20M%2050000100052)
- (3) 2023 加工食品の食物アレルギー表示ハンドブック 消費者庁 [https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_sanitation/allergy/assets/food_labeling_cms 204_210514_01.pdf](https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_sanitation/allergy/assets/food_labeling_cms_204_210514_01.pdf)
- (4) 2022 令和3年度 食物アレルギーに関連する食品表示に関する調査研究事業・報告書 消費者庁 [https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_sanitation/allergy/assets/food_labeling_cms 204_220601_01.pdf](https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_sanitation/allergy/assets/food_labeling_cms_204_220601_01.pdf)
- (5) アレルギーポータルサイト（厚生労働省・一般社団法人日本アレルギー学会）<https://allergyportal.jp/>
- (6) 2011 保育所におけるアレルギー対応ガイドライン 厚生労働省 https://www.mhlw.go.jp/bunya/kodomo/pdf/hoiku_03.pdf
- (7) 2013 Goff, H. D., Hartel, R. W. Ice Cream (Springer, New York).
- (8) 2010 井上 恵介 Milk Science 59 (1) 37-47
フリージング工程によるアイスクリームの品質制御 https://www.jstage.jst.go.jp/article/milk/59/1/59_37/_pdf/-char/ja
- (9) 2012 阿久澤 さゆり 日本調理科学会誌、45、238-243 調理におけるデンプンの物性と利用
- (10) 2021 Qualitative analysis of the structural, thermal and rheological properties of a plant ice cream based on soy and sesame milks. Sajad Ghaderi, Mostafa Mazaheri Tehrani, Mohammad. Food Science & Nutrition 9, (3) 1257-1830 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/fsn.3.2037>
- (11) 2007 海老澤元宏 アレルギー 56(1)10-17 食物アレルギーの疫学（我が国と諸外国の比較）https://www.jstage.jst.go.jp/article/are-rugi/56/1/56_KJ00004494173/_pdf
- (12) 2023 Plant based ice creams market Market data forecast 175 <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/plant-based-ice-creams-market>

要旨

植物性ミルクとして豆乳、アーモンドミルク、オーツミルク、増粘剤として片栗粉、コーンスターチを使用してフロゼンデザートを作成し、オーバーラン、離水量の測定をして、その特性を検討した。豆乳と片栗粉の組み合わせがフロゼンデザートとして適していると考えられた。卵および乳製品不使用のフロゼンデザートとして植物性ミルクの活用方法について提案した。

(2023年9月19日受稿)