



## アイスクリームとフローズンデザートに含まれる 米国のミルクおよびホエイ原料

アイスクリームは、誰もが知っている代表的なスイーツであり、世界中でさまざまなバリエーションが楽しまれています。アイスクリーム<sup>※</sup>、フローズンノベルティ、その他人気のあるフローズンデューリーデザート<sup>※</sup>の製造には、液乳やクリーム以外にも、粉乳、スイートホエイ、乳由来たんぱく質（ホエイや乳由来たんぱく質の濃縮物や分離物）、ホエイやミルクパーミエイトなどの乳製品成分も頻繁に使用されています。特定の乳製品成分を選択する際の決め手となるのが、製造される特定のアイスクリームやフローズンデザートの風味特性、栄養プロフィール（例えば、たんぱく質や脂肪の含有量）、形態、価格帯など、最終製品に求められる特徴なのです。また、乳製品を使用することで、風味、口当たり、食感、凍結・解凍安定性（保存可能期間の延長に寄与）など、製品の品質向上にもつながります。

本文では、アイスクリームやフローズンデューリーデザートにミルクやホエイ由来成分をうまく配合することで得られる機能面でのメリットや技術的なポイントについて解説しています。

※は次ページの規制上の制限事項をご参照ください。



## アイスクリームとフローズンデザートの市場動向

アイスクリームとフローズンデザートの分野は常に変化しており、消費者のニーズや予算に応じて、流行の新製品と定番のフレーバーやフォーマットが市場に投入されています。プレミアム化、新たなフレーバー開発、クリーンラベルや栄養価の向上は、新製品の提供に影響を与える主要な要因のひとつです。

シンプルな成分と洗練されたフレーバーを使用した、より本格的なアイスクリーム製品の人気は、ますます高まっています。こうした風味と甘味を兼ね備えた味のプロフィールの増加により、アイスクリームはスイーツのような楽しみ方だけでなく、日々のさまざまな食シーンにも消費の機会を拡大させています。

持続可能性に重点を置く米国の酪農家から生乳を調達することは、社会的責任の度合いをさらに高めることになり、今日の目の肥えた消費者に、罪悪感の少ない嗜好品という両面の魅力を提供することにつながります。新たな農法や技術を積極的に導入することで、米国の酪農家や乳製品成分加工業者は、より少ない資源で安全かつ栄養価の高い製品を継続して生産しています。米国の酪農家は、わずか数年前と比べて、より少ない頭数でより多くの生乳を生産し、使用する水の量を減らし、温室効果ガスの排出を減らし、土地の使用量を減らしています。牛乳の87%は水分であるため、新たな技術の活用により、チーズ製造や粉乳の乾燥が完了した時点で、加工業者はそれを回収・再利用する方法を見出しています。また、米国の酪農産業は、持続可能な慣行を採用し、5年ごとに進捗状況を報告することに継続的に取り組んでおり、農場から食卓までのバリューチェーン全体で責任ある生産慣行と継続的な改善に対する同産業の献身的な姿勢を一層明確に示しています。

### 規制上の制限事項

「アイスクリーム」を含む「フローズンデザート」、「フローズンデザート」、「ノベルティー」等は国際的に統一された基準が定められているわけではありません。基準は各地域の規制を確認する必要があります。本文で述べられている、米国の「フローズンデザート」や「フローズンデザート」は乳製品が入っている場合には、日本の「アイスマルク」や「ラクトアイス」に近い商品です。

特に、たんぱく質が健康にもたらす効果に対する認識と関心の高まりは、たんぱく質を追加したアイスクリームやフローズンデザートの発売を後押ししています。米国産乳由来たんぱく質は、科学的根拠に基づいた栄養価の高さ、マイルドなフレーバー、機能面での多様性といった利点があるため、このような拡大する市場機会に容易に適合します。乳由来たんぱく質は消化がよく、必須アミノ酸と非必須アミノ酸をすべて含む、高品質な完全たんぱく質です。このような効率性の高さから、乳由来たんぱく質を使用することで、多くの植物由来の代替品と比較して、最終製品の見た目、機能性、保存可能期間、官能特性に悪影響を及ぼすことなく、消費者の栄養ニーズを満たすために必要なたんぱく質量をより少量に抑えることが可能となります。これにより、望ましいカロリー制限を上回ることなく、また最終製品の機能性に悪影響を及ぼすことなく、栄養価を高めることができるのです。

## 多岐にわたる機能性成分

特定のミルクまたはホエイ由来成分の組成と機能性は、サプライヤー、原料、濃縮や分画に使用される製造方法によって異なる場合があります。サプライヤーと協力して、機能性のニーズを満たす成分を選択することが非常に重要となります。しかしながら、ミルクやホエイ由来成分は、その機能的特性に基づくいくつかの鍵となるガイドラインを用いれば、アイスクリームやフローズンデザートに比較的容易に取り入れることができるのです。

### アイスクリームやフローズンデザートに含まれるミルクやホエイ由来成分の機能面でのメリット

#### 水結合

ミルクおよびホエイたんぱく質は、物理的および化学的な手段によって大量の水と結合します。このような水との相互作用により、混合物の粘度や製品の滑らかさが増し、最終製品の凍結・解凍安定性を確保することができます。これは、水分移動性と氷結晶成長を制限することで、保存可能期間を最大化するのに役立ちます。氷結晶成長を制限することは、フローズンデザートの保存可能期間を延ばすための最良の手段であると言っても過言ではありません。氷結晶が微細であると、人間の舌では感知しにくいいため、最終的なフローズンデザートは、滑らかかつクリーミーな食感を維持することができるのです。

#### ホイッピングと泡立て

一般的なフローズンデザートの多くは、望ましい食感や機能性を提供するために、泡構造を作り出し、それを維持することが必要となります。ミルクやホエイ由来成分は、その化学構造から、空気を取り込むことで、自然にホイッピング能力と泡立て機能が高まります。さらに、混合物

の不凍部分の粘度が高くなると、ミルクやホエイ由来のたんぱく質が、結果として生じる気泡を安定化、強化するのに役立つ。「収縮」として知られる泡構造の崩壊や収縮を最小限に留めることができます。微細な気泡が形成・維持されることで、氷結晶も微細なものとなり、アイスクリームの食感は滑らかかつクリーミーなものとなります。そのため、製品流通時の温度変化に伴うヒートショックへの耐性が高まります。

### 乳化作用

厳選されたミルクやホエイ由来成分は、油脂の乳化剤として非常に優れた効果を発揮します。これらは、フローズンデザートの水相と脂質相の間の臨界面に存在し、エマルジョン構造に溶け込みやすい性質を持っています。このような二重の機能性により、ミルクやホエイ由来成分は、フローズンデザートにおいて、化学合成乳化剤の一部またはすべての代替として使用することができます。さらに、乳脂肪含有成分にはリン脂質（乳脂肪の天然成分で、化学的にレシチンとよく似た働きをする）が多量に含まれており、混合物の乳化性を高めることができます。各乳製品成分は、性能、標準化、一貫性、表示の正確さのために、製品の処方時に慎重に考慮する必要があります。ミルクおよびホエイ由来成分は、ホイッピング（空気の添加）および凍結（氷の生成）時の脂肪の凝集に直接的または間接的に影響を与える可能性があります。一部の凝集は、優れたヒートショック耐性と、口当たり（歯触りや噛みごたえ）および食感（滑らかさ、クリーミーさ）の点で、食味に大きく影響することが研究によって明らかになっています。

### フレーバー

ミルクおよびホエイたんぱく質分離物の風味はマイルドであり、市販されている多くの乳成分を含まないたんぱく質源と比較して、処方に最適な選択肢となります。スイートホエイやホエイ濃縮物を大量に使用すると、処方によっては、バニラのような繊細な風味系で特にホエイの風味が際立つ結果になる場合があります。しかし、適切に選択し、適量で使用すれば、特に複雑かつ力強い風味系を採用する用途において、ミルクとホエイの双方の風味に関する長所を最大限に活かすことができます。また、フローズンデザートに一般的に用いられる有機酸（クエン酸、リンゴ酸、乳酸など）やフルーツフレーバーを加えることで、ミルクやホエイの風味を抑えることができます。

### 粘度

ミルクやホエイたんぱく質を加えることで、口当たりや食感を改善することができます。ミルクやホエイ由来のたんぱく質は、フローズンデザートの不凍部分の粘度を高め、たんぱく質の構造と水の相互作用により、微細な気泡と微細な氷結晶を維持するのに役立ちます。



その結果、ミルクやホエイたんぱく質を使用したフローズンデザートは、より滑らかかつクリーミーな舌触りとなり、氷のようなザラザラとした食感が少なくなる傾向があります。さらに、ヒートショックに強く、保存可能期間が長くなるという利点もあります。

### 見た目の魅力

混合物の種類にもよりますが、ミルクやホエイ由来成分は、混合物や最終製品の見た目に不透明性や白さ、乳白色を加えることができます。例えば、ミルクパーミエイトはホエイパーミエイトよりも白く見えるので、バニラやその他の淡い色の最終製品に適しています。ミルクやホエイ由来成分は、適切に選択されれば、消費時に製品が溶けるような状況下でも、最終製品の構造か、または形態を維持するのに役立つ、見た目の魅力を保つこともできます。ミルクおよびホエイ由来成分はまた、製品の構造を維持するのに役立つ、クッキーおよびキャンディの破片、フルーツの細片、ナッツか、またはシロップなどの含有物（例えば、リボン、多彩なソース）のような微細な成分を添加したフレーバーの見た目の魅力を向上させることができます。



### 増量剤

低コストまたは安価な処方において、ミルク、ホエイ、およびパーミエイトの成分は、増量剤か、または脂肪代替物として使用することができ、製品の密度に関連して感覚的な改善をもたらされます。このカテゴリーの増量剤の他の選択肢と比較して、乳製品由来成分は、目の肥えた消費者市場向けに、自然でよく知られた響きの、クリーンラベルの選択肢を提供します。パーミエイトは、風味を高め、保水力を高める費用対効果の高い乳製品成分です。甘味をもたらす効果があるため、ソフトクリーム、チョコレート、塩キャラメルなどの塩味や香り高いフレーバーに最適です。ホエイやミルクパーミエイトは、基本的な処方レシピに従えば、フローズンデザートの用途に簡単に取り入れることができます。処方上の計算を正確に行うために、成分の選択と仕様を十分に検討することが推奨されます。

### 凝固点管理

フローズンデザートの製造を成功させるための重要なステップは、混合物の凝固点降下の管理と計算にあります。ミルクやホエイたんぱく質、乳糖、パーミエイト（ミネラル塩を含む）は、凍結性能や水から氷への相転移を効率的に管理するために、調整または選択することができます。その結果、凝固条件、混合物の特性、口当たりや食感などの最終製品の品質に大きな影響を与えます。ミルクやホエイたんぱく質は、ヒートショックやその他の貯蔵・流通上の課題において、氷結晶成長を管理する上で重要な役割を果たします。ミルクやホエイたんぱく質を使用することで、優れた凍結融解安定性を実現することができます。ミルク、ホエイ、パーミエイトの成分を適切に選択し使用することは、処方を成功させるために極めて重要な意味を持ちます。米国の乳原料サプライヤーにお問い合わせの上、最適な選択肢をご確認ください。

### 添加香味料に与える影響

ミルクやホエイたんぱく質などの高分子たんぱく質は、バニラエキスなどの添加香味料からさまざまな化学成分を吸収することができます。一般的に、ほとんどすべてのたんぱく質や脂質源の濃度を上げると、バニラのような揮発性の風味が減衰します。たんぱく質や脂質画分の濃度の変更を検討する場合は、風味系を含む製品の処方を十分に検討し直すことが推奨されます。

### 費用対効果

アイスクリームやその他のフローズンデリーデザートにミルク、ホエイ、パーミエイト製品を使用する際の重要な要素として、配合物の成分コストを最適化できるかどうか挙げられます。機能性と官能特性を最大化するために乳製品成分を適切に選択することで、大幅なコスト削減を実現することができます。ミルクやホエイたんぱく質を使用することにより、混合物の凍結やホイッピングの際に、より多くの空気を取り込むことができ、微細かつ強固な気泡を維持することができますようになります。オーバーランと呼ばれる空気の混入量の増加により、収量が向上し、結果としてさらなるコスト削減が期待できます。

### アイスクリームやフローズンデザートに含まれるミルクやホエイ由来成分の栄養面でのメリット

アイスクリームやフローズンデザートのカテゴリーでは、必ずしも栄養成分が最優先されるわけではありませんが、より健康に配慮した製品の選択肢が多く見られるようになってきています。今日の消費者は、自分の身体や健康目標に合っていると思うものを基準に、高たんぱく質や低炭水化物などの食習慣を取り入れるなど、自分に合った栄養管理を選択する傾向にあります。高品質なたんぱく質やクリーンラベルの原材料を使用したフローズンデザートやスナックは、健康志向の消費者から高く評価され支持されています。

例えば、フローズンヨーグルトやアイスクリームにプロバイオティクスや植物成分を添加したもの、筋肉の健康や維持のためにたんぱく質の量を増やしたもの、日中のエネルギー不足に対処するためにコーヒーや緑茶を添加したものなどがあります。

アイスクリームに乳製品成分を配合することで、カルシウム、マグネシウム、セレン、リボフラビン、ビタミンB12、パントテン酸などの体内の必要量を満たすことができます。ホエイやミルクたんぱく質などの乳製品成分は、添加する使用量に応じて、筋肉の健康、体重管理、満腹感などに関連するさまざまな健康効果をもたらします。乳製品に含まれる豊富な栄養素は、豊かで健康的な食生活を送る上で重要な役割を果たしていると認識されています。

アイスクリームは非常に複雑な食品であり、栄養価の目標値を達成するために、ベースとなる混合物の処方を変更する場合は、その変更がフローズンデザートにどのようなパラメータにどのように影響するかを理解した上で行う必要がある点に注意が必要です。アイスクリームの処方については、専門家に相談することが推奨されます。

## ミルクとホエイ由来成分を使用したフローズンデイリーデザートの製造

### 成分配合・混合物の調製

ミルクやホエイ由来成分は、他の液体成分や乾燥成分とともに、個々の混合物に添加されます。ミルク、ホエイか、またはパーミエイト成分は、完成した混合物の微生物学的品質と安全性を確保するために、低温殺菌に先立ち、混合物を構成する際に添加する必要があります。これらは、塊状化やプレゲル化を防ぐために、液体成分（水、ミルク、スキムミルク、クリーム、ホエイ、パーミエイト、液糖、甘味料）の全体に対して高いせん断力をかけながら添加する必要があります。こうした条件下では、他の乾燥成分と事前に混合する必要はないものの、熱安定性と貯蔵性確保の観点から、たんぱく質を十分に水和させるために、攪拌時間は20分以上とする必要があります。

少量のバッチの場合、高いせん断力はそれほど重要ではありません。このような場合、ミルク、ホエイ、パーミエイト成分の分量は、分散性を高めるために、単純に他の乾燥成分（砂糖、粉飴、マルトデキストリンなど）と事前に混合する、またはファンネルポンプとバッチタンクを介して再循環するパウダーファンネルまたはパウダーホーンを介して加えることができます。高せん断あるいは低せん断のいずれの方法で調製する場合も、混合物中の過剰な泡立て（空気の混入）を防ぐために十分注意する必要があります。泡立ては、ミルク、ホエイ、卵固形分などのたんぱく質を含む成分の添加だけによるものではありません。どのよ

うな混合物でも、たんぱく質が多く、脂質が少ないと、泡立ての可能性が高くなります。泡立ては、バッチ式や連続式の低温殺菌器における焼き付き、収量の低下、コスト増、冷凍庫の性能低下、酸化した風味や焦げた風味の発生など、さまざまな好ましくない影響を引き起こします。泡立ては、混合物の調製方法を適切に構築することで容易に制御することができます。

### 低温殺菌（バッチ式、連続式）

低温殺菌は、完成した混合物におけるミルクおよびホエイ原料の機能性に影響を与える可能性があります。これは、使用される特定の混合物、組成、成分、および低温殺菌に適用される正確な時間と温度によって異なります。フローズンデイリーデザートの一般的な低温殺菌条件は、ミルクとホエイ製品の機能性に影響を与えることはありません。しかし、加熱システムが制御されていない場合、焼き付きが発生する可能性があり、その結果、ミルクやホエイ濃縮物/分離物などの添加されたたんぱく質成分の風味が損なわれる、または機能性に生じる可能性があります。また、場合によっては、超高温や超長時間での低温殺菌は、ミルクやホエイたんぱく質の機能性にプラスにもマイナスにも影響することも考えられます。繰り返しになりますが、このような温度や時間の選択肢を考慮する際には、どのような混合物であっても、ミルクやホエイ原料の水結合やゲル化に関する特性を最大化するため、注意が必要となります。

### 均質化

ミルクやホエイたんぱく質は、混合物の脂肪/水界面で安定した乳剤を形成し、混合物の血清（非脂肪）相に安定性を付加するのに役立ちます。これは、特に別の場所や時間において冷凍保存する目的で包装される混合物において効果的です。





### 熟成

フロースンデザート用混合物を製造した後、一般的には、数時間から一晩ほど寝かせて「熟成」させます。フロースンデザート用混合物の複雑な特性から、この熟成期間中に混合物の水和を完全に行い、比較的ゆっくりとした反応や相互作用を完了させることができます。熟成とは、混合物を冷蔵温度で保管し（例：7°C/45° F以下）、製品温度を維持するのに十分な攪拌を行うことを指します。一般的に、熟成を行うことで、加工性能と最終製品の品質が向上し、より滑らかな製品に仕上がります。

### 冷凍（バッチ式または連続式-5°C~-6°C）。

ドロー温度は、冷凍庫から混合物を取り出す際の温度を指します。この温度は、混合物の組成、機能性、完成したフロースンデリーデザートの包装・保管の計画により左右されます。通常、完成したアイスクリームを必要な目的（包装、成形、押し出し加工）に合わせて取り扱うことができる、可能な限り低いドロー温度（アイスクリームフリーザーのバレル内で作られる氷の量が最も多い状態）が望ましいとされています。ミルク、ホエイか、またはパーミエイトの成分を配合することで、混合物の凝固点管理に役立ち、ドロー温度および粘度（軟らかく流動性のあるものと、硬く乾燥したもの）を調整することができます。粘度が低い場合、成形型のノベルティには適切かつ望ましいものであっても、押し出し加工されたノベルティや包装されたアイスクリームには好ましくない場合があります。さらに、ミルク、ホエイ、パーミエイトの成分は、多数の細かな氷結晶の凍結に役立ち、完成したデリーデザートの食味を向上させることができます。

### 硬化

製品を凍結して包装した後、極低温と空気循環を伴う条件下で、より完全に硬化させることが極めて重要です。この工程では、残った水分の多くを凍結させ、通常18カ月という最も優れた長期保存性能を実現することができます。

### 流通（-28° C以下）

完成したフロースンデザートの温度は、流通チェーンで生じる特定の条件により変動します。流通時の温度変動により、氷から水、水から氷へと変化する中で、ミルクやホエイたんぱく質がヒートショック耐性を付与して安定性を高め、フロースンデザートの口当たりや食感を保護・維持します。

### ミルクやホエイ製品を処方する際の考慮点

適切な凍結性能（微細な氷結晶の生成の最大化）を確保し、砂状の食感不良として知られる乳糖の結晶化の可能性を排除するため、たんぱく質、乳糖、塩分の管理に十分注意する必要があります。これは、スーパープレミアム・アイスクリームや栄養調整アイスクリームでも共通しています。一般的に、ミルクとホエイたんぱく質成分は、たんぱく質対たんぱく質の基準で適用すると、多くのアイスクリーム用混合物に含まれる天然由来のカゼインの最大50%を置き換えることができます。これにより、口当たり、食感、ヒートショック耐性を付与するカゼイン特有の機能特性を保持することができます。また、乳糖や塩分の影響についても、十分に考慮する必要があります。



### 米国産乳製品成分：フローズンデザートにおける組成と利点

原料	たんぱく質(%)	乳糖(%)	脂肪(%)	灰分(%)	水分(%)	用途の利点
脱脂粉乳	34~37	49~52	0~1	8~9	3~4	安定的な乳製品固形分源、コスト効率に優れている
脱脂濃縮乳、脱脂練乳	7	11	0	1	80	コスト効率に優れた乳製品固形分源
濃縮ミルクたんぱく質 (MPC)	42~85	8~50	1~2	8~10	<5	一般的なミルクたんぱく質強化源
分離ミルクたんぱく質 (MPI)	>90	0.5	<2	<8	5	高度濃縮ミルクたんぱく質源
カゼイン*	80~85	0.5	1	4~8	5	様々な機能性を持つ濃縮カゼインたんぱく質
スイートホエイパウダー	10	>70	1	9	5	コスト効率に優れた乳製品固形分源
濃縮ホエイたんぱく質 (WPC)	34~80	10~50	4~6	3~7	4	機能性が高く、栄養価の高いたんぱく質
分離ホエイたんぱく質 (WPI)	>90	<1	<1	3	4	機能性が高く、栄養価の高いたんぱく質の濃縮源
ホエイパーミエート	2~6	70~85	<1	10	4	コスト効率に優れた乳製品固形分源
乳糖	<1	95+	<0.1	<0.5	5	乳糖源：全固形分、凝固点に寄与
ホエイたんぱく質リン脂質濃縮物	>50	1~5	>12	<8	<6	乳化作用・泡立て用たんぱく質およびミルクリン脂質源
乾燥バターミルクパウダー**	34	45~50	5	8~9	<4	コスト効率に優れた乳化作用・泡立て用たんぱく質およびミルクリン脂質源

\*カゼインには、特定の組成と機能特性を持つ酸、レンネット、カゼイン塩などの様々な形態があります。

\*\*バター製造に由来。

### 混合物から製造される最終製品

#### 小売包装

家庭用2リットル以下の包装では、流通時の温度変化が大きくなるため、凍結融解安定性が重要となります。ミルクやホエイたんぱく質濃縮物や分離物は、流通の乱れが懸念される場合、凍結融解安定性を大きく高めることができます。

#### バルク包装

外食産業や菓子店向けの10リットル以上の包装に繰り返し手を入れ、試食を行うことにより、完成したフローズンデリーデザートに物理的なダメージを与える可能性があります。この場合も、ミルクやホエイたんぱく質濃縮物や分離物は、完成したフローズンデリーデザートに物理的な強度を付与し、ヒートショックや物理的な負荷に対して耐性を与えることができます。

#### 直接充填タイプのノベルティ

カップやコーン、棒付きのアイスクリームなどのノベルティに直接充填する用途を指します。製品の最終的な形状は包装によって異なるため、最終的な硬化に先立ち、フローズンデリーデザートを包装内に均一に流し込む必要があります。混合物の組成、粘度、加工に注意が必要です。ミルクやホエイパーミートは、このような直接充填タイプのノベルティ用途に使用される一般的な原料として選択することができます。ドロー温度は、完成したフローズンデリーデザートを隙間なく包装内に流し込む必要性を反映して選択されます。

#### 押し出し加工ノベルティ

成形加工用の開口部から押し出し加工し、適切なサイズと形状にカットするノベルティ製品用のフローズンデリーデザート用混合物は、流動性に優れていると同時に、押し出し加工と形状保持のために十分な硬さが求められます。ミルクやホエイたんぱく質濃縮物や分離物は、いずれも水と結合し、フローズンデリーデザートの硬度を高め、押し出し加工された製品に製造過程で生じる物理的な負荷に耐えることができるよう、優れた機能性を提供します。

#### 成型型ノベルティ

成型型ノベルティには、非常に流動性の高いフローズンミックスを型枠に注入し、凍結させる必要があります。フローズンミックスは、空気の混入や凍結に耐性を有し、円滑に流動し、急速に硬化し（必要に応じて挿入されたスティックを保持するため）、型枠から製品を離型するための表面解凍を促進し、二次処理（液体またはドライコーティングの適用）を可能とする必要があります。型枠に十分に充填されない場合、隙間が生まれ、様々な望ましくない欠陥の原因となる可能性があります。スイートホエイやパーミートを使用することもできます。

#### コーティング加工ノベルティ

アイスクリームにコーティングを施す場合、原料の選択と混合物の処方が重要になります。ミルクやホエイたんぱく質は、完成したフローズンノベルティにコーティングを施し、その効果を維持する上で重要な機能特性を付加することができます。また、乳糖やパーミートは、甘味のコントロールや低コストの固形分を提供することができた





め、多くの調合型ノベルティコーティングに望ましい成分であると言えます。これには、液体コーティングだけでなく、乾燥コーティングも含まれます。

## 利用可能な混合物の成分量と種類

### 乳糖含有量

混合物に含まれる乳糖の総含有量は重要な要素となります。すべての乳製品成分由来の乳糖含有量を把握し、計算し、管理する必要があります。フローズンデイリーデザートにおける乳糖の結晶化（砂状の食感）を最小限に抑えるには、混合物の乳糖含有率を7.5%以下に抑えることが望ましいとされています。乳糖含有量が低いほど、乳糖が砂状の食感につながる可能性は低くなります。乳糖の溶解度には限界があり、いくつかの要因によって変化します。事実上すべての乳製品を使用したフローズンデイリーデザートにおいて、ある程度の乳糖の結晶化が見られるものの、乳糖含有量を管理することにより、乳糖が結晶化する可能性を減らし、形成される乳糖結晶の大きさも抑えることができるのです。乳糖含有量が高いパーミエイトは、ソフトクリーム用の混合物の処方により適している可能性があり、ソフトクリーム用の混合物はアイスクリームのものに比べて、幾分か柔軟性に富んでいることが特徴です。

### 甘味

メーカーによっては、様々な酵素加水分解技術を使って、乳糖を完全に除去する、あるいは甘味の原因となる糖の単糖類まで低減しています。このような技術は数多くの意味合いを持ち、そのほとんどがフローズンデザートの用途においてメリットをもたらすものです。2つの例として、処方中に加える砂糖の量を減らすことができると、低乳糖製品を販売することができることが挙げられます。

### 増量剤、安定剤、乳化剤

ミルクおよびホエイたんぱく質は、いくつかの高分子量の増量剤（でんぷん、でんぷん加水分解物、ハイドロコロイドなど）と相互作用して、所定の混合物の性能を向上または低下させることがあります。したがって、ミルクやホエイたんぱく質濃縮物および分離物を、比較的多量の増量剤を含む特製の混合物に添加する場合には注意が必要です。ミルクやホエイ原料の成分は、添加された化学乳化剤とはそれほど相互作用しませんが、ミルクやホエイ中の遊離カルシウムと低メトキシルペクチンなどの安定剤とは、著しく相互作用を起こす場合があります。このような相互作用により、フローズンデイリーデザートに粘着性やグミのような食感が生じる恐れがあります。米国産の乳製品成分は多岐に渡り特別な調整が施されているため、処方する際にどの成分を使用するかについては、必ずサプライヤーに確認する必要があります。



### 加工条件

一般的に、低温殺菌条件は、混合物中のミルクやホエイたんぱく質の機能性にほとんど影響を与えません。しかし、積極的な低温殺菌（高温長時間殺菌、UHT）を考慮すると、特定のミルクやホエイ原料の加工によっては、ミルクやホエイたんぱく質の機能性に影響を及ぼす可能性があります。ミルクやホエイ原料、特にたんぱく質含有量が60%から85%のホエイたんぱく質濃縮物やホエイたんぱく質分離物は、熟成中に水分量が増加し、混合物の粘度や混合物の性能に大きな影響を与える可能性があります。冷凍庫からのドロー温度が重要になります。推奨されるドロー温度は、一般的に、可能な限り低い温度で、かつメーカーが包装するために必要な分だけフローズンデザートを取り扱うことができる温度を指します。ミルクやホエイ原料を含む混合物の処方においては、残りの遊離水を氷として素早く凍らせる最新の連続硬化システムが最適です。また、たんぱく質の混合物を使用することで、ドロー温度と取り扱いを最適化することができます。流通時の温度変化が激しいと予想される場合、適切なミルクやホエイたんぱく質原料を選択することで、凍結融解安定性と収量を大幅に向上させ、コスト削減を図ることができます。



## アイスクリームおよびフロズンデリーデザートにおけるミルクおよびホエイ原料の使用に関する推奨事項

ミルク、ホエイ、パーミエイト原料の使用を検討する場合は、以下の点に注意が必要です：

- 混合物の凍結性能と選択した原料の凍結性能のバランスをとりましょう。
- アイスクリームの砂状の食感の原因となる乳糖の結晶化を最小限に抑えるため、処方上の乳糖の総量を混合物全体の7.5%以下に制御しましょう。
- 乳糖の量が少ないほど、砂状の食感をもたらす可能性は低くなります。
- ミルク、ホエイ、パーミエイトの機能性（フレーバーを含む）が、各混合物の個々のフレーバーに与える影響を考慮しましょう。
- すべての原料の規制上の使用制限について、各地域の法令を確認しましょう。
- 最終製品がどのように使用され、流通し、販売されるかを考慮しましょう。
- ミルク、ホエイ、パーミエイトの原料をすべての液体原料の合計に高いせん断力をかけて加えるか、溶解度の高い乾燥原料と共に事前に混合する（少量のバッチの場合）ことにより、適切な混合と水和を図りましょう。
- 適切に構築されたバッチシステムを使用することで、気泡の発生を最小限に抑えましょう。その他のプロセスに関する考慮事項は、適切な処方によって管理することができます。
- 乳製品由来のたんぱく質分離物および濃縮物は多機能成分であるため、他の原料を削減したり置き換えたりすることで、よりクリーンなラベルを作成できる可能性があることも検討しましょう。

すべての製品とプロセスの選択肢を考慮した場合、ミルクとホエイたんぱく質、粉乳、スイートホエイ、ホエイおよびミルクパーミエイトを含む乳製品成分は、アイスクリーム、フロズンデリーデザートおよびノベルティに使用できる、現実的かつ価値のある原料なのです。

## よくあるご質問とそれに対する回答

**質問：**ミルクやホエイ由来成分をアイスクリームのような複雑な食品にうまく取り入れるにはどうしたらよいでしょうか？

**回答：**原料サプライヤーは、購入しようとしている原料の明確な組成プロファイルを提供することができます。たんぱく質、乳脂肪、乳糖、ミネラルなどの各成分は、製品の特性に影響を及ぼします。製品性能を維持・向上させるために、アイスクリーム用の混合物を標準化した経験を有する人物と連携し、すべての変更点を考慮することが推奨されます。

**質問：**乳製品成分を購入する際に考慮すべきことは何ですか？

**回答：**サプライヤーと連携し、製品の一貫性と最終製品における製品特性に関する明確な仕様について確認し、合意することが推奨されます。組成、微生物学的基準、色、風味などが重要なポイントとなります。アイスクリームやその他のフロズンデデザートは、複雑な食品であることを忘れないでください。そのため、原料に狂いが生じると、製品の品質に影響を与える可能性が高くなります。

**質問：**必要な原料のサプライヤーが複数あるのですが、適切なサプライヤーを選ぶにはどうしたらよいですか？

**回答：**複数の米国のサプライヤーと連絡を取り、機能性とコストの目標を達成するための判断の参考にしてください。各サプライヤーに製品サンプルの送付を依頼し、色、風味、溶解性などの重要な特性について試用評価を行ってください。サプライヤーによっては、自社の原料を使用したサンプル用途の処方を提供できる場合もあります。

## エンドウ豆、大豆、ミルクたんぱく質を使用したアイスクリームの物理化学的特性および官能特性の評価

健康増進の観点からたんぱく質を強化した製品への関心が高まるにつれ、たんぱく質の選択肢も拡大しており、乳製品由来のものに加え、植物由来のものも登場しています。他の食品・飲料製品と同様に、消費者が期待する機能性や官能特性を実現するために、たんぱく質の含有量が多いアイスクリームには、適切なたんぱく質原料を選択することが重要となります。また、大豆以外の植物由来の原料の多くは、主要な必須アミノ酸の一部を欠く不完全なたんぱく質であるため、栄養学的な観点からの選択も重要です。

シンガポール工科大学の学生Leng Wei Qi氏が、教員のDu Juan助教授（博士）の指導のもと行った2021年のキャップストーンプロジェクトでは、エンドウ豆、大豆、ミルクたんぱく質濃縮物を従来のアイスクリームに加え、そのサンプルについて、機能性、物理化学的特性および官能特性、アミノ酸の組成の観点から比較評価を行っています。粘度、オーバーラン、硬度、収縮率について、それぞれ記録を行いました。

本研究では、80%ミルクたんぱく質濃縮物（MPC80）が、従来のアイスクリームに最も近いたんぱく質強化製品を製造可能であることが明らかになりました。評価された溶解率、硬度、官能特性は、対照群に相対的に近いものであることが確認されました。エンドウ豆たんぱく質と大豆たんぱく質のサンプルは、風味や食感の特性、口当たりを改善するために、再度処方する必要があると思われます。また、エンドウ豆と大豆の好ましくない風味を抑え、必須アミノ酸の観点からたんぱく質の品質を向上させるには、複数のたんぱく質源を組み合わせる必要があるでしょう。



## サンプルの処方

### フローズンデザート: 無脂肪乳製品成分を使用したもの

原料		栄養成分	
	使用量 (%)		100gあたり
スキムミルク、液体タイプ	73.56	カロリー	150 kcal
砂糖 (スクロース)	13.00	総脂肪	5 g
ミルクたんぱく質濃縮物、80% (MPC80)	5.00	飽和脂肪	4 g
植物油	4.94	トランス脂肪	0 g
粉飴、42DE	2.00	コレステロール	5 mg
脱脂粉乳	1.00	ナトリウム	45 mg
安定剤	0.35	総炭水化物	19 g
ポリソルベート80	0.15	食物繊維	0 g
合計	100.00	総砂糖	18 g
		砂糖添加	14 g
		たんぱく質	7 g
		カルシウム	25%
		鉄	0%
		ビタミンA	10%
		ビタミンC	2%
		ビタミンD	6%

  

手順	
1.	すべての乾燥原料を事前に混ぜ合わせておきます。
2.	すべての水分を含む原料を混ぜ合わせ、55℃に加熱します。
3.	攪拌しながら、すべての乾燥原料を注意深く水分を含む原料に加えます。この時、あまり塊にならないように注意しましょう。
4.	適度に攪拌しながら、原料を混合し、55℃で30分間、水和させます。
5.	混合物を85℃で20秒間低温殺菌 (HTST) します。
6.	第一、第二段階でそれぞれ17.2、3.4MPaの圧力を加え、均質化させます。
7.	7℃以下に冷却し、4~8時間熟成させます (ゆっくりと攪拌しながら寝かせます)。
8.	60%から80%のオーバーランで、お好みのフレーバーを加え、冷凍します。



## アイスクリーム

### 原料

	使用量 (%)
水	45.85
クリーム、脂肪分40%	25.00
スクロース、グラニュー糖	16.00
脱脂粉乳	10.32
スイートホエイパウダー	2.58
安定剤・乳化剤	0.25
合計	100.00

### 手順

1. バッチタンクですべての原料を均一な懸濁液に混合します。
2. 混合物を試験し、必要であれば再度標準化します。
3. 混合物を82℃で23秒間低温殺菌します。
4. 混合物を均質化します。第一段階では14.1MPa (2045psi)、第二段階では3.5MPa (508psi) による二段階式の均質化が推奨されます。
5. 0～4℃まで急速に冷却します。
6. 混合物を少なくとも4時間熟成させます。
7. 任意：冷凍する前に、分散性の高いフレーバーを混合物に添加することもできます。
8. 二段階に分けて冷凍します。アイスクリームフリーザーで第一段階として-1～0℃まで急速に冷凍し、吐出温度を-7～-6℃に設定します。
9. 任意：フルーツフィーダーで粒子状原料やシロップを添加します。
10. 第二段階で、製品の温度をできるだけ早く包装の中心部で少なくとも-18℃まで冷却することにより、アイスクリームを硬化させます。

### 栄養成分

	100gあたり
カロリー	200 kcal
総脂肪	9 g
飽和脂肪	6 g
トランス脂肪	0 g
コレステロール	35 mg
総炭水化物	24 g
食物繊維	0 g
総砂糖	23 g
たんぱく質	5 g
カルシウム	187 mg
マグネシウム	19 mg
リン	130 mg
カリウム	200 mg
ナトリウム	100 mg
鉄	0 mg
ビタミンA	368 IU
ビタミンC	2 mg



## ミルクパーミエートを使用したソフトクリーム

### 原料

	使用量 (%)
スキムミルク、液体タイプ	64.91
クリーム、乳脂肪分36%	13.71
砂糖 (スクロース)	12.50
ミルクパーミエート	3.00
脱脂粉乳	3.00
粉飴、42DE	2.50
安定剤	0.28
ポリソルベート80	0.10
合計	100.00

### 手順

1. すべての乾燥原料を事前に混ぜ合わせておきます。
2. すべての水分を含む原料を混ぜ合わせ、55℃に加熱します。
3. 攪拌しながら、すべての乾燥原料を注意深く水分を含む原料に加え、この時、あまり塊にならないように注意しましょう。
4. 適度に攪拌しながら、原料を混合し、55℃で30分間、水和させます。
5. 混合物を85℃で20秒間低温殺菌 (HTST) します。
6. 第一、第二段階でそれぞれ17.2、3.4MPaの圧力を加え、均質化させます。
7. 7℃以下に冷却し、4～8時間熟成させます。
8. 風味付けをし、ソフトクリーム用冷凍庫の指示に従い、冷凍します。

### 栄養成分

	100gあたり
カロリー	140 kcal
総脂肪	5 g
飽和脂肪	3 g
トランス脂肪	0 g
コレステロール	20 mg
ナトリウム	50 mg
総炭水化物	20 g
食物繊維	0 g
総砂糖	18 g
砂糖添加	13 g
たんぱく質	4 g
カルシウム	15%
鉄	0%
ビタミンA	15%
ビタミンC	2%
ビタミンD	6%



## たんぱく質含有量の高いフローズンデザート：クリーンラベル、低カロリー

原料	使用量 (%)
水	64.18
レモン果汁	12.00
ホエイたんぱく質分離物	10.55
はちみつ	5.00
砂糖、グラニュー糖 (スクロース)	5.00
スパイスジンジャー、ペースト状	3.00
レモンフレーバー、天然由来	0.15
ポリソルベート80	0.12
合計	100.00

### 手順

1. すべての乾燥原料を事前に混ぜ合わせておきます。
2. 混ぜ合わせた原料を、あらかじめ計量しておいた水とレモン果汁に加えます。
3. 乾燥原料がすべて完全に溶けるまでゆっくり混ぜ合わせます。
4. ホットサーモミキサーで10～15分間、低～中程度のせん断力をかけて混ぜ合わせます。
5. ジンジャーペースト、フレーバー、着色料を加えます。
6. 93° Cで3秒間低温殺菌します。
7. 型枠に充填し、冷凍します。
8. 冷凍保存し、お召し上がりください。

栄養成分	100gあたり
カロリー	170 kcal
総脂肪	12 g
飽和脂肪	8 g
トランス脂肪	0 g
コレステロール	40 mg
ナトリウム	50 mg
総炭水化物	14 g
食物繊維	0 g
総砂糖	7 g
砂糖添加	2 g
たんぱく質	7 g
カルシウム	20%
鉄	0%
ビタミンA	25%
ビタミンC	2%
ビタミンD	6%



## 参考文献：

本研究論文の作成にあたり、以下の資料を参照しました。

1. E. Daw and R.W. Hartel. (2014) Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. *Int. Dairy J.* 43:33-41.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition*. Available at: [www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/CRC/artigo\\_FAO.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/CRC/artigo_FAO.pdf). Accessed on June 4, 2014.
3. M.R. Patel, R.J. Baer, and M.R. Acharya. (2006) Increasing the Protein Content of Ice Cream. *J. Dairy Sci.* 89:1400-1406.
4. S.S. Deosarkar, D.C. Khedkar, S.D. Kalyankar, and A.R. Sarode. (2016) *The Encyclopedia of Food and Health* 3:391-397.
5. V.B. Alvarez, C.L. Wolters, Y. Vodovotz, and T. Ji. (2005) Physical Properties of Ice Cream Containing Milk Protein Concentrates. *J. Dairy Sci.* 88:862-871.

謝辞：USDEC wishes to acknowledge Dr. Scott Rankin, University of Wisconsin-Madison Food Science Department, and Mary Wilcox, Significant Outcomes, LLC, for contributing their expertise.

## 米国の酪農・乳製品業界について

米国の酪農業界は単一国としては世界最大の牛乳生産国で、安定した生乳生産を行い、その生産量も増加しています。米国の乳製品生産者は、改善を重ね、競争力を持った乳製品で積極的に世界的に拡大している乳製品への需要者へ供給を行っており、重要な乳製品の供給国となっています。米国は、持続可能な方法で生産される乳製品と乳原料の主要なサプライヤーとして認知されています。米国は長年にわたる豊富な環境へ配慮した酪農と、研究と技術革新への継続的な投資を行い、伝統的な乳製品や多種に亘る高品質な製品を供給しています。米国の酪農と乳製品を供給するサプライチェーン全体（酪農家、牛乳加工業者、製品・原料メーカー、酪農機関）が連携して、高品質で栄養価の高い製品を提供し、顧客のニーズに応え、事業を推進しています。



お問い合わせ先

発行：アメリカ乳製品輸出協会  
アメリカ乳製品輸出協会 (USDEC) 日本事務所  
〒102-072 東京都千代田区飯田橋1丁目5番9号 精文館ビル5階  
tel: 03-3221-5852 fax: 03-3221-5960  
E-mail: [usdecjapan@marketmakers.co.jp](mailto:usdecjapan@marketmakers.co.jp) ウェブサイト: [ThinkUSAdairy.org](http://ThinkUSAdairy.org)



U.S. Dairy  
Export Council.

Ingredients | Products | Global Markets