

## アイスクリームと冷凍乳製品デザートにおけるホエイ製品

執筆者: Dr. Steven Young, Ph.D.

Steven Young Worldwide, Houston, Texas, USA

ホエイ(乳清)とホエイプロテイン(乳清タンパク質)製品が、アイスクリームとその他の冷凍乳製品デザートに活用されるようになり60年が経つ。ホエイプロテイン製品の中で最も一般的に使われるのが、スイートホエイ、濃縮ホエイプロテイン(タンパク質34~89%)、分離ホエイプロテイン(タンパク質90%以上)である。このほか、脱ラクトースホエイ、脱塩ホエイなどのホエイ成分も使われることがある。

ホエイ製品の利用で、鍵を握るのは費用効率と品質の向上である。また、栄養価が高いことも、米国を含む全世界でより多くの製造業者が、ホエイ製品を製法に加えつつある大きな理由の一つである。

アイスクリームに最初に添加されたホエイ製品は、ホエイ粉末だった。その人気は、他の無脂乳固形分(MSNF)原料と比べ、費用効率が高いことに関係していた。現在は、濃縮ホエイプロテイン(WPC)と分離ホエイプロテイン(WPI)に含まれるタンパク質の機能特性も、ミックスにホエイ製品を配合する根拠の一つとなっている。

世界市場では、冷凍乳製品デザートにホエイ製品の使用が一般的となった。これは、高品質の機能的ホエイ製品が入手しやすくなったことや、ホエイ製品の活用例や利点に

についての知識が広まったことによる。

この研究報告では、ホエイ成分の機能特性、並びにアイスクリームおよび冷凍乳製品デザートの製法に、ホエイ成分を加えることに伴う考慮事項に焦点を当てる。製品開発の好調なスタートを後押しすることが、この研究報告の目的である。詳しい情報を入手し、目標にいち早く到達したい方は、取引のある米国のホエイ成分サプライヤーにご相談いただくか、あるいは、アメリカ乳製品輸出協会([www.usdec.org](http://www.usdec.org))が配信するその他の資料をご覧ください。





## 市場のトレンドと、 冷凍乳製品デザートにおける ホエイ製品利用の拡大

全体の販売量で見た場合、米国では現在も、アイスクリーム(全脂製品と脂肪分調整製品を含む)が冷凍乳製品デザートの代表格である。フローズンヨーグルト、シャーベット、ソルベには目立った伸びは見られない。ノベルティ商品でも、伸びはアイスクリーム部門だけである。また、その部門の最新商品は、脂肪分調整(乳脂肪分10%未満)ではなく、全脂(乳脂肪分10%以上)が主体である。

世界と同様に、米国でも「アイスクリーム」には、脂肪分調整または糖分調整(無加糖)の冷凍乳製品デザートが含まれる。但し、他の「アイスクリーム」組成条件を満たすものに限る。こうした「栄養素調整」製品が市場に普及したのは、脂肪分や糖を抑えつつ、本物のアイスクリーム“食体験”のニーズが強まっていることを示す。

“アイスクリーム”は、米国の冷凍乳製品デザートの約90%を占める。内70%は全脂、残りが脂肪分調整(少脂肪、減脂肪、低脂肪、無脂肪)と糖分調整(無加糖)である。全ての新製品の3分の2近くは、全脂のアイスクリームである。

これもまた、アイスクリームの伝統的な食感品質を保ちながら、栄養素が調整された製品(低脂肪/無脂肪、低糖/無糖)に対する、消費者の需要を浮き彫りにしている。

ノベルティ商品には、無脂肪“アイスクリーム”で完全に無糖の商品(糖分0.5g未満/一食当たり)や高品質商品(風味、食感、舌ざわりの良さなど)および“グリセミック指数の低い”商品などがある。

ホエイとホエイ製品は多くの機能的利点と、コスト回避・削減のための高コストパフォーマンスを備え、品質向上をもたらす。また、栄養価に優れ、グリセミック指数を抑えるなどの栄養的利点も持っている。

## 規制による制限

冷凍乳製品デザートに関し、国際規格は存在しない。このため、ホエイ成分の使用も国際的な基準はない。製造業者は現地の法規をチェックし、特定成分の使用可能量を確認していただきたい。しかし、現在米国で検討されている案は、規制基準のベースとして“全乳固形分”または“無脂乳固形分”(MSNF)ではなく、“全乳タンパク質”(カゼインとホエイプロテイン)の使用を認める可能性がある。こうした新しい案は、科学的にも技術的にも正確性が高く、冷凍乳製品デザートにおいて、他の機能性と感覚的ニーズが満たされれば、ホエイプロテイン成分の使用量を増やすことも可能となる。もちろん、こういった変更の可能性がある規制環境では、ホエイおよびホエイプロテイン成分の使用に関する各国規則、あるいは制限を考慮する必要がある。

一般に、適切に選択したホエイ製品の慎重に決定した量を使用することで、原料コストを抑え、栄養価を高めつつ優れた品質、すなわち風味、食感、テクスチャー、凍結/解凍安定性を得ることができる。

## さまざまな機能性成分

アイスクリームと冷凍乳製品デザートに、最も良く使われる米国ホエイ製品には次のようなものがある。

スイートホエイ  
低ラクトースホエイ  
脱塩ホエイ  
酸ホエイ  
(酸味のあるシャーベット、ソルベのみ)  
濃縮ホエイプロテイン  
(WPC: タンパク質含有率34~89%)  
分離ホエイプロテイン  
(WPI: タンパク質90%以上)

他、カスタマイズ製品および既製ブレンド  
ホエイ成分の組成は、サプライヤー、原料となるチーズの種類、精製プロセスによって異なるが、いくつかの重要な製法ガイドラインに従えば、ホエイ製品をアイスクリームや冷凍乳製品デザートに配合することは比較的容易である。



## アイスクリームおよび関連製品における ホエイの機能的利点

### 水結合性

ホエイプロテインは、物理的、化学的に大量の水と結合する。これにより、ミックスの粘性を向上し、水・氷の変化を防いで製品の凍結/解凍安定性を高める。水・氷・氷の変化を抑えて小さな氷の結晶が維持される。この氷晶がヒートショック耐性を高め、滑らかでクリーミーな食感を保つことができる。

### 泡立て/起泡

ホエイプロテインの泡立ちやすさと起泡作用は、凍結中の働きを高め、空気混合を促す。さらに、ミックス中の未冷凍部分の粘性を高め、気泡を安定させ強化する。これは空気を維持し、“シュリンケージ”(収縮)と呼ばれる組織の破壊を防ぐ。小さな気泡ができ維持されると、滑らかでクリーミーなアイスクリームが仕上がる。同時にヒートショック耐性も高まる。

### 乳化

ホエイプロテインは非常に効率の良い、脂肪と油分の乳化剤である。安定したエマルジョンを容易に形成し、冷凍乳製品デザートにおいて、化学乳化剤を全面または部分的に代替できる。さらに“結合した脂肪”はリン脂質(例:レシチン)を比較的多く含み、乳化力が高まる。最終目標とする乳脂肪分量を検討する際は、ホエイ成分中の乳脂肪を考慮する必要がある。ホエイ製品は、非常に経済的な乳脂肪の原料となる。ホエイはまた、攪拌(空気の取り込み)と凍結(氷の生成)時の脂肪の凝集に、直接または間接的に影響を与える。優れたヒートショック耐性と、“食感”(噛む・かじる)と“きめ”(滑らかさ・クリーミーさ)の優れた食感品質を得るには、脂肪の凝集が極めて重要である。

### 風味

ホエイ製品は、甘い/ミルク風味(スイートホエイ)で、それ自体に風味の特徴はない(濃縮ホエイプロテインと分離ホエイプロテイン)。製法によっては、スイートホエイが多いと“ホエイ風味”が強くなるが、適切な使用でこれを防ぎ、風味に関する良い面が引き出せる。さらに、一部のアイスクリームと大半のシャーベット、ソルベでは、有機酸(例:クエン酸、リンゴ酸、乳酸)やフルーツフレーバーを使用するが、この場合、多くの典型的な“ホエイ風味”やその影響は除かれる。製法の工夫で、ホエイ製品の使用と全体的な風味最適化の機能・バランスも容易となる。

### 粘性

ホエイプロテインの添加で、“食感”(噛む・かじる)と“きめ”(滑らかさ・クリーミーさ)が向上できる。ホエイプロテインは、未冷凍部分の粘性を高めて小気泡・小氷晶の維持を助け、氷のような感触や“ザラザラ感”を低減する。また、ここでもヒートショック耐性が生まれる。

### 視覚的アピール

ミックスのタイプによってはホエイプロテインの添加で、不透明性、白さ、“ミルキーさ”を与えることができる。ホエイ製品を適正に選択すれば、完成品の組織や形態を維持し、視覚的アピールを保つ。また、間接的にアイスクリームの組織を守り、ツブやシロップ(帯状)やまだらのソースを加えたとき、目で楽しませる効果もある。

### 増量剤

製法によっては、低コストの固形増量剤や、除去した機能の代替物質(例:低脂肪製品における脂肪の代替)として、ホエイ成分が利用できる。ホエイは“脂肪”ではないので、代替機能は高脂肪製品で最も発揮されるが、本物の脂肪の機能が必要な低脂肪製品ではそれほど発揮されない。

### 凝固点の管理

ホエイ成分に含まれるホエイプロテイン、ラクトース、ミネラル塩を考慮すれば、水から氷への凝結と変化が効率的に管理できる。これは、凍結状態、ミックスの特徴、“食感”(噛む・かじる)や“きめ”(滑らかさ)という品質に影響を与える。ホエイプロテインは、流通経路でのヒートショックなど不適切な取扱いによる、氷晶形成の管理で重要な役割を果たす。ホエイプロテインの使用で、優れた凍結/解凍安定性が得られる。成功のためには、ホエイ成分の正しい選択と使用が不可欠である。

### 風味を高める効果

ホエイプロテインなどの高分子量タンパク質は、バニラエッセンスなどの添加フレーバーから種々の化学成分を吸収する。ホエイプロテイン量が多いほど、フレーバーの影響は強くなる。これは他のタンパク質でも起こるので、タンパク質/フレーバーの添加に関し、製法を最適化する必要がある。

### コストパフォーマンス

ホエイ製品使用での重要要素として、ミックス成分のコスト管理・削減がある。最適な選択で、相当のコスト削減が可能となる。正しい配合で、どのホエイ成分でもコスト削減が図れる。さらに歩留まり(高いオーバーランを得る能力)の向上は、重要な副次的コスト削減の効果をもたらす。ホエイプロテインは、ミックスの凍結・攪拌中により多くの空気を取り込み、細かく強い気泡を維持し、高いオーバーランを実現する。

### 栄養価

ホエイは素晴らしい“買得な栄養素”である。高品質タンパク質、カルシウム、ホエイフラクシオンという様々な健康増進成分など、価格に見れば、これほど重要な栄養素を含む食品は他に類がない。“減”や“低”脂肪製品といったミックスの栄養素でも間接的に価値を高める。



冷凍乳製品デザートにおけるホエイ製品の機能性と利点

機能	一般的な効果	冷凍乳製品デザートにおける具体的な利点
溶解性	ほとんどの使用レベルで滑らかなテクスチャー 幅広い pH 範囲での溶解性	高使用率でクリーミーなテクスチャー “ザラザラ感”や“粉っぽさ”を低減 培養組織(フローズンヨーグルト)ソルベ、シャーベットなど 酸性のミックスにおける溶解性の維持
水結合性	水を結合し、水分を取り込む 氷 氷 氷の変化を防ぐ	食感とテクスチャーを提供 氷晶の形成と増加を防ぐ 滑らかさとクリーミーさを向上
粘性	増粘効果	食感とテクスチャーを改善 気泡のサイズを安定し、強化する 滑らかさとクリーミーさを向上
ゲル化	熱処理中にゲルを形成 粘性の形成を促す	低脂肪、無脂肪の冷凍乳製品デザートにおいて、 乳脂肪に代わる働きをする 食感とテクスチャーを改善 ヒートショック耐性を向上
乳化	安定したエマルジョンを形成	カゼインタンパク質を部分的に代替 ミックス中の油分遊離や乳漿分離を防ぐ
泡立ち	安定した膜を形成 攪拌後の組織の安定性を高める	ミックス中に空気を活発に取り込む 組織を形成(ミックスの空気混合) 安定した組織の提供
不透明性	視覚的アピールの向上	不透明性と“ミルクィさ”を提供し、 低脂肪/無脂肪製品の魅力を高める 構造と外観的アピールを維持
フレーバーと香り	柔らかく、甘い乳製品のフレーバー	甘い乳製品のフレーバーと非常に良く合う ほとんど全ての添加フレーバーと相性が良い
栄養的特徴	優れたアミノ酸特性 プレバイオティクス機能	栄養食品にタンパク質とカルシウムを与える ビフィズス菌の増殖を助ける
凝固点の低下	糖質と塩分が凝固点を下げる	凝固点の管理が容易 ソフト製品に使用できる



© 2007 Wisconsin Milk Marketing Board, Inc.

ホエイ成分を使った  
冷凍乳製品デザートの生産

ホエイ製品が特定の製造工程に及ぼす効果

原料の混合、アイスクリームミックスの作成

個々のミックスに、ホエイ製品と他の液体原料・乾燥原料を加える。微生物学的品質と安全性を確保するため、殺菌前に添加する。ホエイとホエイ成分は、必ずミックスの原料混合時に加える。乾燥ホエイは、塊ができたり、先にゲル化しないように、液体原料(水、ミルク、スキムミルク、クリーム、液体砂糖、甘味料)の混合物に、高剪断ミキサーで加える。これらの条件下では、他の乾燥原料と予めの混合は必要ない。高剪断ミキサー以外(一般に小バッチサイズの場合)では、分散を促すために、他の乾燥原料(砂糖、固形コーシロップやマルトデキストリン)と予め混ぜるか、ファンネルポンプとバッチタンクで再循環させ“パウダーファンネル”で添加できる。何れの製法でも、ミックス中の過剰な泡(空気の入り過ぎ)に注意する必要がある。泡の原因は、タンパク質を含む原料(例:クリーム、スキム、ミルク、卵の固形分等)によるだけではない。ミックス中のタンパク質が増え、脂肪分が減るほど泡立ちやすくなる。泡成ちは、焦げ(バッチ式低温殺菌と連続式低温殺菌において)歩留まりの低下、コストの上昇、フリーザー性能の低下や、酸味または焦げた味などの望ましくない影響を起こす。泡成ちは、適切なミックス製法システムで容易に管理できる。

殺菌(バッチ式または連続式)

殺菌は、ミックス完成品でホエイ製品の機能性に影響する可能性がある。これは、そのミックス、組成、使用ホエイ成分、殺菌の正確な時間と温度により左右される。一般的な殺菌条件では影響しないが、加熱システムを制御しないと、焦げ、臭いが生じ、ホエイなど添加タンパク成分の機能性が変化する恐れがある。場合によっては、超高温または

超長時間の殺菌が、ホエイプロテインの機能性にプラス・マイナスの両面で影響することがある。ミックスにおいて、ホエイ成分の水結合性やゲル化特性を最大化するため、これら温度条件や時間条件には注意が必要である。

均質化

ホエイプロテインは、ミックスの脂肪/水の界面で安定したエマルジョンを形成し、乳漿(非脂肪)面の安定性を高める。これは、場所と時を改めて凍結するよう容器詰めされたミックスでは特に役に立つ。

凍結(バッチ式または連続式: -5~ -6 )

フリーザーからの実際の“取出し温度”は、ミックスの組成や機能性、完成品をどう処理するかで異なる。一般に、アイスクリーム製品をどの用途(容器入り、流し込み型、押し型)でも取扱い可能とするため、取出し温度は極力低く(アイスクリーム・フリーザーバレル内の氷を最大量に)することが望ましい。凝固点を管理することで、ホエイ製品の添加は、“取出し温度”と“取出し時の粘性(弱粘性の“液体状”か、堅い”乾燥状態”か)に影響を及ぼす。流し込み型式ノベルティアイスには弱粘性が望ましいが、押し型式や容器入



りには不向きである。さらに、ホエイとホエイ成分は、完成した乳製品デザートの食感品質に關与する小氷晶の凍結を促す。

流通(-28 未満)

温度は、流通網の具体的な条件と使用ハードウェアで変わる。ホエイとホエイ製品は、凍結/解凍時の不適切な取扱いによる氷-氷氷の変化を管理することで安定性を高め、重要な利益を提供する。氷-氷氷の変化は、流通経路での温度変化で起こるため、ホエイ製品が役立つ。ホエイ製品がヒートショック耐性を高め、冷凍乳製品デザートの“食感”(噛む・かじる)と“きめ(滑らかさ・クリーミーさ)を維持するからである。





プレミアムアイスクリームと栄養素調整アイス  
クリームに当てはまる。

一般に、大半のアイスクリームミックスでは、  
ホエイ製品をタンパク質間で使用すると、自然  
発生するカゼインの最大 50%を代替できる。  
これにより、“食感”“噛み心地”や“きめ”滑  
らかさ”ヒートショック耐性を向上するカゼイン

スィートホエイを使用したアイスクリームの製法

成 分	レギュラー アイスクリーム	プレミアム アイスクリーム	スーパープレミアム アイスクリーム
乳脂肪分	10.00%	12.00%	16.00%
無脂乳固形分	7.50%	7.50%	6.00%
スィートホエイ*	<b>2.50%</b>	<b>2.50%</b>	<b>2.00%</b>
スクロース	12.00%	12.00%	12.00%
コーンシロップ 36DE	6.00%	4.00%	4.00%
安定剤/乳化剤	0.30%	0.25%	0.25%
総固形分	38.30%	38.25%	40.25%

\*低ラクトースまたは脱塩ホエイも使用可能。

濃縮ホエイプロテイン(WPC タンパク質 34~ 80%)を使用した減脂肪、低脂肪、無脂肪アイスクリームの製法

成 分	対 照	減脂肪アイスクリーム			低脂肪アイスクリーム			無脂肪アイスクリーム		
		WPC 34 添加	WPC 60 添加	WPC 80 添加	WPC 34 添加	WPC 60 添加	WPC 80 添加	WPC 34 添加	WPC 60 添加	WPC 80 添加
乳脂肪分	5.00%	5.00%			4.00%			0.35%	0.40%	
無脂乳固形分	11.00%	8.90%	9.35%	9.50%	8.00%	9.00%	9.25%	8.25%	8.40%	8.80%
WPC 34		1.10%			2.50%			2.75%		
WPC 60			0.65%			1.00%			1.60%	
WPC 80				0.50%			0.50%			0.50%
スクロース	12.00%	12.00%			12.00%			13.00%		
コーンシロップ 36DE	5.00%	6.00%			6.00%			6.00%	6.50%	
マルトデキストリン 4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> 10DE	5.00%	5.00%			5.00%			5.00%	5.50%	
安定剤 / 乳化剤	0.30%	0.30%			0.30%			0.70%		
総固形分	38.30%	38.30%			37.80%			36.05%		36.10%

ミックス：完成品約 0.59kg/

分離ホエイプロテイン(WPI)を使用した無加糖アイスクリーム

成 分	レギュラーアイスクリーム		低脂肪アイスクリーム		無脂肪アイスクリーム	
	対 照	無加糖	対 照	無加糖	対 照	無加糖
乳脂肪分	10.00%		4.00%		0.35%	0.50%
無脂乳固形分	10.00%	9.00%	11.00%	10.00%	12.00%	
<b>WPI</b>		<b>1.00%</b>		<b>1.00%</b>		<b>1.00%</b>
スクロース	12.00%		12.00%		12.00%	
コーンシロップ 36DE	6.00%		6.00%		10.00%	
ポリデクトロース		6.00%		6.00%		8.00%
ソルビトール		6.00%		6.00%		6.00%
マルトデキストリン 4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> 10DE		6.00%	3.00%	8.00%	4.00%	8.00%
<b>アスパルテム*</b>		0.08%		0.08%		0.08%
安定剤/乳化剤	0.30%		0.70%		0.25%	1.00%
総固形分	38.30%	38.38%	36.70%	35.78%	38.60%	36.58%
完成品の最終的な質量	0.536 kg/		0.596 kg/		0.782 kg/	0.596 kg/

\*適度な甘みを出すために、アスパルテム、アセサルフェイム Kまたはスクラロースが使用できる。アスパルテムとアセサルフェイム Kの甘さはスクロース(砂糖)のおよそ 200倍。  
スクラロースの甘さはスクロース(砂糖)のおよそ 600倍。後味への影響を最小限に抑えるため、2種の甘味料または3種全ての甘味料を組み合わせることが望ましい。

標準的なアイスクリーム(乳脂肪分 10%)におけるスィートホエイの添加：コストパフォーマンスの実証(サンプル計算\*)

成 分	対 照 製 法			スィートホエイ 2.5%を添加した製法		
	乾燥ベースの 割合	1 kg当たりの コスト	100 kg当たりの コスト	乾燥ベースの 割合	1 kg当たりの コスト	100 kg当たりの コスト
無脂乳固形分	10.00%	\$3.86	\$38.58	7.50%	\$3.86	\$28.94
スィートホエイ				<b>2.50%</b>	<b>\$0.88</b>	<b>\$2.20</b>
乳脂肪分	10.00%	\$6.61	\$66.14	10.00%	\$6.61	\$66.14
砂 糖	12.00%	\$0.77	\$9.26	12.00%	\$0.77	\$9.26
コーンシロップ 36DE	5.00%	\$0.22	\$1.10	5.00%	\$0.22	\$1.10
安定剤/乳化剤	0.30%	\$4.41	\$1.32	0.30%	\$4.41	\$1.32
総固形分	37.30%			37.05%		
原料コスト			\$116.40			\$108.96
ミックス( \$/kg)			\$1.16			\$1.09
アイスクリーム完成品( \$/ )			\$0.63			\$0.59
削減コスト						6.97%

\*米国の原料原価(2006年秋) 全ての計算は実証のみを目的とする。場所や状況によって各原料の価格は変動する。

プレミアムアイスクリームへの濃縮ホエイプロテイン80%(WPC80)の添加：コストパフォーマンスの実証(サンプル計算\*)

成 分	対 照 製 法			WPC 80を添加した製法		
	乾燥ベースの 割合	1 kg当たりの コスト	100 kg当たりの コスト	乾燥ベースの 割合	1 kg当たりの コスト	100 kg当たりの コスト
無脂乳固形分	10.00%	\$3.86	\$38.58	7.00%	\$3.86	\$27.01
<b>WPC 80</b>				<b>1.50%</b>	<b>\$4.19</b>	<b>\$6.28</b>
乳脂肪分	14.00%	\$6.61	\$92.59	12.00%	\$6.61	\$79.37
砂 糖	12.00%	\$0.77	\$9.26	12.00%	\$0.77	\$9.26
コーンシロップ 36DE	5.00%	\$0.22	\$1.10	5.00%	\$0.22	\$1.10
安定剤/乳化剤	0.30%	\$4.41	\$1.32	0.30%	\$4.41	\$1.32
総固形分	41.30%			37.80%		
原料コスト			\$142.86			\$124.34
ミックス( \$/kg)			\$1.43			\$1.24
アイスクリーム完成品( \$/ )			\$0.77			\$0.67
削減コスト						15.00%

\*米国の原料原価(2006年秋) 全ての計算は実証のみを目的とする。場所や状況によって各原料の価格は変動する。





## 冷凍乳製品デザートにホエイを使用する場合の考慮事項

使用するホエイ成分の正確な量とタイプの選択は、以下の考慮事項に基づいて行う

### アイスクリームミックスの最終的な用途

**小売用パック:** 家庭用の 2 l (0.5ガロン) やその他の小パック。温度変化にさらされやすいため、高い凍結/解凍安定性が必要である。流通経路での不適切な取扱いが懸念される場合は、W PCまたはW Pで凍結/解凍安定性を高めることができる。

**バルクパック:** 外食産業や“ディップショップ”(量り売りアイスクリームショップ)向け 10ガロン以上のパック。ディップとサンプリングの繰返しによって、物理的な損傷の可能性がある。ここでも、W PCまたはW Pで物理的な強度を高め、ヒートショックおよび不適切な取扱いによる品質劣化への耐性が向上できる。

**直接充填式ノベルティアイス:** カップ、コーン、“プッシュアップ式容器”等に直接充填する方式。形状が容器により決まるので、製品を最終的に硬化させる前に、容器に均一に流し込む必要がある。このため、ミックスの組成、粘性、加工に注意する。こうしたアイスでは、一般にスイートホエイが原料に用いられる。“取出し温度”は、空洞を作らずに容器に流し込む点を考えて選択される。



**押し出し式ノベルティアイス:** 成形加工された開口部から押し出し、適切なサイズと形にカットする。流動性を維持しながら、押し出し後に形を保つ堅さが必要となる。W PCとW Pは、水分を結合し製品を硬化させ、工程における物理的耐性を助ける。

**流し込み型式ノベルティアイス:** 一般に、非常に流動性のある冷凍ミックスを流し込み型に入れた後、凍らせて成形する。空気混合と冷凍に耐えつつ流動性を保ち、急速な硬化(挿し込んだ棒を支えるため)と型から取出すための表面解凍、さらに、二次的処理(液体または乾燥コーティング)も可能でなければならない。流し込み型への充填が不十分だと空洞が生じ、問題が生じる恐れがある。一般にスイートホエイ(または脱塩ホエイ)が使用される。

**コーティング式ノベルティアイス:** コーティングするか否かは、ミックスの原料選択と配合で非常に重要である。ホエイは、コーティングの塗布と維持を助ける重要な機能特性を持つ。多くのコンパウンドノベルティ・コーティングには、ラクトースが適している。甘味が制御できる低コストの固形物だからである。コーティングには、乾燥および液体コーティングがある。

### 使用可能なミックス原料の量とタイプ

**ラクトースの分量:** 重要な要素は、ラクトースの総分量である。ラクトースの結晶化(製品の“ザラザラ感”)を最小限にするため、ミックス



に占める比率を 7.5% 以下に抑えたい。ラクトースの溶解性は限られ、また多くの要因により変化する。乳製品がベースならば常に結晶化は伴うが、“ザラザラ感”はラクトースの量と結晶の大きさで決まる。分量の管理で結晶化の可能性を減らし、結晶を小さくできる。この簡単な指針が、ザラザラ感の防止に役立つ。当然、ラクトースの分量が少ないほど“ザラザラ感”の可能性は低くなる。全乳製品原料に含まれるラクトースの影響を知り、計算し管理する必要がある。

**甘味:** ホエイ、特にスイートホエイを使うと、ある程度の甘味が加わる。ミックスの仕様によっては、消費者受けするように、ホエイを使って甘味を抑えることも可能だが、ほとんどの場合、乳製品原料に含まれるラクトース(甘さはスクロースのわずかに 20%)の甘味は無視できる程度である。ラクトースの甘味を考慮する場合は、比較される全ミックスについて考慮しなければならない。

**増量剤、安定剤、乳化剤:** ホエイプロテインは、分子量の大きい増量剤(でんぷん、でんぷん加水分解物、親水コロイド等)と相互作用し、ミックスの仕上がりに良い悪いの影響も与える。従って、比較的大量の“増量剤”を含むスペシャルティミックスに、W PCやW Pを添加する際は注意が必要である。ホエイ原料と化学乳化剤の相互作用は僅かだが、ホエイ成分と安定剤ガム(例:ホエイの遊離カルシウムや低メトキシルペクチン)では、相当の作用がある。ミックスが“安定化し過ぎた”場合は、ベトベト感や粘り気の強い製品となる。

**加工条件:** 一般に殺菌条件は、ミックスにおけるホエイプロテインの機能性にほとんど影響しないが、強力な(高温・長時間の)殺菌を検討する場合、加工方法によっては影響することがある。ホエイ製品、特にW PC(タンパク質 60~85%)とW Pは、熟成中に水和しやすいため、ミックスの粘性と仕上がりに大きく作用する可能性がある。フリーザーからの“取出し温度”が非常に重要となる。望ましい“取出し温度”は一般にできるだけ低く、しかも製造業者が必要に応じて(容器入り、押し出し式、流し込み型式、直接充填式等に)加工できる温度である。近代的な連続式硬化システムは、残っている水分を素早く凍結させることで、ホエイ製品の使用量の最大化を可能にする。これにより、最大許容量のスイートホエイの使用、もしくは特定の目的のために必要なW PCまたはW Pの量を減らすことができる。

流通経路において、温度に関する不適切な取扱いが予想される場合は、適正なホエイプロテイン製品の選択で、凍結・解凍安定性を著しく高めることができる。

ホエイ製品はミックスの重要な原料を提供し、歩留まり向上によるコスト削減をもたらす。ホエイ製品は、原料コストの削減と完成品の歩留まり向上で重要な役割を果たす(サンプル製法と原価表参照)。



## ソフトアイスの原料としてのホエイパーミエイト

執筆者: C.S. O'Neil, K. Lim, K.E. Smith, V. Jusuf, L. Jensen, S.A. Rankin  
Department of Food Science and Center for Dairy Research, University of Wisconsin-Madison, WI

ソフトアイスは滑らかで柔らかく、乳脂肪分は多くない。製造コストを削減するため、一部の乳固形分に代えてホエイ成分が添加できる。

ウイスコンシン大学マディソン校の研究者は、ホエイパーミエイトがソフトアイスのテクスチャーと風味に与える影響を調べるため研究を行った。研究では、次の3種のソフトアイスを製造した。

- 1)対照 無脂肪ドライミルク 11.3%
  - 2)無脂乳固形分(MSNF)25%をスイートホエイ粉末で代替
  - 3)MSNF 25%をホエイパーミエイトで代替
- 各ミックスを殺菌し(84℃で15秒)均質化(2000/500psi)で24時間熟成。凍結前に12Mℓ/Lの天然バニラを添加。ソフトアイス・フリーザーで同じ取出し温度まで冷却。

比色テストでは、スイートホエイ粉末よりホエイパーミエイトが対照試料に類似していた。溶融速度、脂肪の不安定化、歩留まりに大きな差はなかった。感覚訓練を受けたパネラーは、3種のバニラフレーバーの強さと塩味に差があると指摘した。消費者パネラーは著しい差はないという結論だった。

結果から、ソフトアイスでは消費者の満足度を維持しながら、MSNFの一部をスイートホエイ粉末とホエイパーミエイトで代替できることがわかった。

・ホエイパーミエイト(高ラクトースホエイまたは乳固形物とも呼ばれる)の成分は、一般に、ラクトース65~85%、タンパク質3~8%、脂肪1.5%未満、灰分8~20%、水分5%未満。

## 冷凍乳製品デザートにおけるホエイ製品利用の奨め

ホエイ成分の使用を検討する場合は、次の点に注意していただきたい。

ミックスの凍結性能と、選択するホエイ成分の凍結性能のバランスを取る。

ラクトースの結晶化によって“ザラザラ”ができないよう、ミックスに含まれるラクトースの総量をミックス全体の7.5%未満に抑える。ラクトースが少ないほど、“ザラザラ”は生じにくい。

ホエイ成分自体の機能性(風味を含む)と添加フレーバーへの影響を、個々のミックスについて評価する。

規制による制限: 全ての原料の使用制限に関して現地の法規を確認する。

完成製品の使用、流通、販売方法を考慮する。

乾燥ホエイは、全ての液体原料を混合したものに高剪断ミキサーで添加するか、溶解性の高い乾燥原料と予め混ぜ合わせておく(小さなバッチサイズの場合)。

正しく設計されたバッチングシステムによって、泡の発生をできるだけ抑える。その他の加工上の考慮事項は、正しい製法によって管理する。

経済性: 正しく配合すれば、相当のコスト削減が実現する。

最も経済的なホエイ成分はスイートホエイだが、品質、一貫性、望ましい栄養的特性を得る場合は、W PCとW Pがよりコストパフォーマンスの高い原料の選択肢となりうる。W PCとW Pは多機能の原料であり、望ましくない原料や添加物を減らし、または代替できる。

製品と加工に関する全考慮事項に対処すれば、ホエイ製品は、実質上、全冷凍乳製品デザートミックスにおいて使用できる有益な原料である。



# Q&A

Q 冷凍乳製品デザートにおいてスイートホエイ、WPC、W Pを使用する場合、“ 典型的な ”望ましい使用率はどの程度ですか？

A 実際の使用率は、冷凍乳製品デザートの組成や、使用するホエイ成分の個々の機能性に影響を及ぼす全ての重要な考慮事項によって大きく左右されますが、一般には次の初期推奨使用率を指針とお考えください。

スイートホエイ	2.0~ 3.0%
WPC 34	1.5~ 3.0%
WPC 60~ 85	0.5~ 2.0%
WPI	0.5~ 1.0%

全乳タンパク質( 全カゼインとホエイプロテイン )が法的基準として使われる場合には、全乳タンパク質の少なくとも50%が自然発生のカゼインであることが推奨されます。このように、ホエイ成分の量は、この目安とそのホエイ成分のタンパク質含有量に基づいて簡単に計算することができます。これにより、凍結時、攪拌時に脂肪が凝集するように、アイスクリームミックスの熟成中に脂肪球を調整するというカゼインの機能を保ちながら、機能の活用、品質の向上、コスト削減を目的としてホエイプロテインを大量に使用することが可能になります。気泡を強化し、ヒートショック耐性を高めるためには脂肪の凝集が必要です。次の表は、上記およびその他の指針による製法を示したものです。



## 標準的なアイスクリーム：乳脂肪分11%

	原料コスト 米ドル / kg	対照製法	スイートホエイ 使用	WPC 34 使用	WPC 80 使用
植物性脂肪分	\$0.63	11.00%		11.00%	
スキムミルク 固形分	\$2.30	11.00%	8.25%	7.50%	6.25%
スイートホエイ	\$0.65		2.75%		
WPC 34	\$2.75			1.00%	
WPC 80	\$7.33				1.00%
砂 糖	\$0.48	14.00%		14.00%	
マルトデキストリン 10DE*	\$0.80			2.50%	3.55%
安定剤 / 乳化剤	\$5.20	0.45%		0.45%	
総固形分		36.45%	36.45%		36.25%
ミックス 100kg当たりのコスト		\$41.24	\$36.70	\$33.64	\$40.48
現在比コスト削減率**			11.00%	18.42%	1.83%
	目 安				
乳タンパク質比率	最低3.0%	3.96%	3.33%	3.05%	
カゼイン比率	カゼイン1.6%以上	3.2%	2.4%	2.2%	1.8%
カゼインとしての乳タンパク質の比率	50%以上	80.0%	71.4%	70.8%	59.0%
総脂肪分比率	必要に応じて	11.11%	11.11%		11.12%
ラクトース比率	極力少なく	6.2%	6.5%	4.7%	3.6%
甘 味	14 ~ 15%***	14.00%	14.00%	14.25%	14.36%

\*固形コーンシロップ( CSS)36 DE マルトデキストリン( MDX)10 DEの何れも使用可能。  
MDX 10 DE= テクスチャーが、より滑らかでクリーミーになる。CSS 36 DE= 甘味が強まる。滑らかでクリーミーなテクスチャーが得られる。  
\*\* 非脂肪分の固形物を増やし、ミックスの密度と歩留まりを高めれば、さらにコスト削減が可能。  
\*\*\* 対照製法との比較。

## 低脂肪アイスクリーム：乳脂肪分5%

	原料コスト 米ドル / kg	対照製法	スイートホエイ 使用	WPC 34 使用	WPC 80 使用
乳脂肪分	\$3.95	5.00%		5.00%	
植物性脂肪分	\$0.63	5.50%		5.50%	
スキムミルク 固形分	\$2.30	7.65%		5.10%	
スイートホエイ	\$1.00	2.55%	5.10%		
WPC 34	\$2.75			2.50%	
WPC 80	\$7.33				1.00%
砂 糖	\$0.48	15.20%	15.20%	14.00%	
固形コーンシロップ 36DE*	\$1.60				
マルトデキストリン 10DE*	\$0.80			2.50%	3.55%
安定剤 / 乳化剤	\$5.20	0.82%		0.82%	
総固形分		36.72%	36.72%	35.42%	34.97%
ミックス 100kg当たりのコスト		\$51.46	\$48.14	\$51.34	\$52.63
現在比コスト削減率**			6.44%	0.23%	-2.29%
	目 安				
乳タンパク質比率	最低3.0%	3.09%	2.50%	2.71%	2.64%
カゼインとしての乳タンパク質の比率	カゼイン50%以上	69.4%	57.1%	52.7%	54.2%
総脂肪分比率	必要に応じて	5.10%	5.10%	5.14%	5.11%
ラクトース比率	極力少なく	6.0%	6.4%	4.1%	2.9%
甘 味	15%***	15.20%	15.20%	14.25%	14.36%

\*固形コーンシロップ( CSS)36 DE マルトデキストリン( MDX)10 DEの何れも使用可能。  
MDX 10 DE= テクスチャーが、より滑らかでクリーミーになる。CSS 36 DE= 甘味が強まる。滑らかでクリーミーなテクスチャーが得られる。  
\*\* 非脂肪分の固形物を増やし、ミックスの密度と歩留まりを高めれば、さらにコスト削減が可能。  
\*\*\* 対照製法との比較。

## メロリン：植物性脂肪分 10%

	原料コスト 米ドル / kg	対照製法	スイートホエイ 使用	WPC 34 使用	WPC 80 使用
パームオイル	\$0.63	6.30%	5.00%	7.00%	5.00%
ココナツオイル	\$0.68	4.20%		3.00%	
バターミルクパウダー	\$2.13	6.00%		3.00%	
スイートホエイ	\$1.60		3.00%		
WPC 34	\$2.50			1.50%	
WPC 80	\$6.32				0.80%
砂 糖	\$0.90	15.00%	14.00%	13.00%	14.00%
フルクトースシロップ( HFCS 42% )	\$0.40	2.80%	2.50%	3.00%	2.50%
固形コーンシロップ 36DE*	\$1.58				
マルトデキストリン 10DE*	\$0.79		5.00%	6.00%	5.00%
安定剤 / 乳化剤	\$1.65	0.55%	0.30%	0.55%	0.30%
総固形分		34.85%	35.80%	3705%	33.60%
ミックス 100kg当たりのコスト		\$33.98	\$33.40	\$33.90	\$33.66
現在比コスト削減率**			1.71%	0.23%	0.96%
	目 安				

乳タンパク質比率	最低3.0%	2.04%	1.41%	1.55%	1.66%
カゼイン比率	カゼイン1.6%以上	1.6%		0.8%	
カゼインとしての乳タンパク質の比率	50%以上	80.0%	57.9%	52.8%	49.2%
総脂肪分比率	必要に応じて	10.77%	8.17%	10.19%	8.18%
ラクトース比率	極力少なく	3.4%	3.8%	2.4%	1.7%
甘 味	15 ~ 18%***	17.80%	17.00%	16.60%	17.00%

\*固形コーンシロップ( CSS)36 DE マルトデキストリン( MDX)10 DEの何れも使用可能。  
MDX 10 DE= テクスチャーが、より滑らかでクリーミーになる。CSS 36 DE= 甘味が強まる。滑らかでクリーミーなテクスチャーが得られる。  
\*\* 非脂肪分の固形物を増やし、ミックスの密度と歩留まりを高めれば、さらにコスト削減が可能。  
\*\*\* 対照製法との比較。

## プレミアムアイスクリーム：乳脂肪分16%

	原料コスト 米ドル / kg	対照製法	スイートホエイ 使用	WPC 34 使用	WPC 80 使用
乳脂肪分	\$3.95	16.00%	16.00%	15.30%	15.50%
スキムミルク 固形分	\$2.30	10.20%	7.65%	7.50%	6.25%
スイートホエイ	\$0.65		2.55%		
WPC 34	\$2.75			1.00%	
WPC 80	\$7.33				1.00%
砂 糖	\$0.48	14.00%		14.00%	
マルトデキストリン 10DE*	\$0.80			2.50%	3.55%
卵黄固形分	\$2.00	1.70%		1.70%	
総固形分		41.90%	41.90%	42.00%	
ミックス 100kg当たりのコスト		\$96.78	\$92.57	\$92.56	\$95.89
現在比コスト削減率**			4.35%	4.37%	0.92%
	目 安				

乳タンパク質比率	最低3.0%	3.67%	3.09%	3.05%	
カゼイン比率	カゼイン1.6%以上	2.9%	2.5%		2.6%
カゼインとしての乳タンパク質の比率	50%以上	80.0%	82.1%	82.3%	85.2%
脂肪分比率	必要に応じて	16.10%	16.10%	15.41%	15.62%
ラクトース比率	極力少なく	5.7%	6.0%	4.7%	3.6%
甘 味	14 ~ 15%***	14.00%	14.00%	14.25%	14.36%

\*固形コーンシロップ( CSS)36 DE マルトデキストリン( MDX)10 DEの何れも使用可能。  
MDX 10 DE= テクスチャーが、より滑らかでクリーミーになる。CSS 36 DE= 甘味が強まる。滑らかでクリーミーなテクスチャーが得られる。  
\*\* 非脂肪分の固形物を増やし、ミックスの密度と歩留まりを高めれば、さらにコスト削減が可能。  
\*\*\* 対照製法との比較。



Q スキムミルク固形分に対し、コストの面で優位な WPC80~85とWPは、どのようにコストパフォーマンスが高いのですか？

A いくつかの要素が、高タンパクのWPCとWPのコストパフォーマンスに影響を及ぼします。これらの高機能成分は、標準的なスイートホエイ（2.0~3.0%）より少量（0.50~2.0%）の使用ですみます。さらに、製法の中で、他の高価な成分（親水コロイド安定剤や一部の乳化剤）を全面的または部分的に代替できます。最後に、アイスクリームは量と目方で販売されるため、高いオーバーランで高品質の製品を生産すれば、高い歩留まりが達成できます。高級なホエイ製品を使用した場合、オーバーラン（一定量のミックスからより多くのアイスクリーム完成品が生産されることが）副次的に向上（5~6%）し、原料と加工コストが大幅に削減（10~12%）できます。

Q ホエイパーミエイトをアイスクリームその他の冷凍乳製品デザートに使用できますか？

A 濃縮ホエイプロテイン、分離ホエイプロテインの生産工程の副産物であるパーミエイトは、非常に多くの塩分とラクトースを含んでいます。ラクトースは、アイスクリームの凝固点、ヒートショック耐性に悪影響を及ぼし、ミックスのラクトース含有率が異常に高くなります（その結果“ザラザラ感”が強まる恐れがあります）。このため、一般にパーミエイトはアイスクリームにはお奨めできません。アイスクリームでの使用を検討する場合は注意が必要です。

Q ホエイの“風味”は、一般にアイスクリームその他の乳製品デザートの欠点とされます。ホエイを使用することで、冷凍乳製品デザートの“ホエイ風味”は強まりますか？

A “ホエイ風味”あるいはその他の香りの欠陥（ボール紙臭、酸化臭、チーズ臭と呼ばれる）は、ホエイ成分、特にスイートホエイが原因です。この欠点は、低品質の原料、あるいは加工が不完全な原料において発生することがあります。米国産ホエイ成分の香り是一般に心地よい乳製品の香りで、冷凍乳製品デザートミックスにも良く合います。

Q ホエイまたはホエイ成分をソルベに使用することはできますか？

A はい。適正量のホエイ成分（ラクトース含有量が7%以下）は、低脂肪または無脂肪を保ち、滑らかな食感とテクスチャーを提供します。ソルベには乳製品成分がほとんど、または全く添加されないため、ホエイを加えることで量が増し、攪拌性能と安定性が向上します。さらに、ミックスの粘性が高まり、より滑らかでさっぱりした製品となります。フルーツフレーバー以外のソルベ（チョコレート味など）では、ホエイが低コストの乳製品バックグラウンドフレーバーとなり、加えて外観（不透明性）特性を高めます。

Q 「ジェラート」とは何ですか？ホエイ成分を上手く使うことはできますか？

A 「ジェラート」（イタリア語でアイスクリーム）の定義や規格はありませんが、一般に、固形分が多く（乳脂肪分レベルは多様）、オーバーランが低く、明るくはっきりした色で、強い香りをもつアイスクリームを指します。ここでも、ホエイプロテイン成分で無脂乳固形分を代替できます。ジェラートがアイスクリームであることをお忘れなく。

Q まだら模様のシロップその他、アイスクリームを彩る素材にホエイや濃縮ホエイプロテインを使用するのはどうでしょうか？

A ホエイや濃縮ホエイプロテインは、渦巻きやリボン状の風味付け、クッキーやキャンディなど、殺菌後に加えられる粒状の飾りに使用できます。但し、下記何れかの条件が必要です。

pHが4.7未満

焼く、炒る、殺菌する、またはその他の方法で熱処理されている

水分活性が0.85未満

アルコールを多く含む（バニラエッセンスその他の液体フレーバーなど）

病原体を含まない細菌培養物（フリーズドライした乳酸菌の菌株）

その素材が病原体フリーになるよう加工されている。

これは、凍結前にフレーバータンクにおいて添加される、原料にホエイ製品を含む機能ベース（ムース、ホイップ）混合フレーバーベースにも当てはまります。

Q フローズンヨーグルトについてはどうですか？

A フローズンヨーグルトに関する規格は、市場によって存在する場合としない場合があります。ホエイ製品は、標準的なアイスクリームと同様に添加することができます。乳タンパク質の総量、カゼインとラクトースの割合に関するルールは同じように適用されますが、ミックスの菌株側の浸透圧が変化すると、発酵が不完全になり、風味や機能性が低下する恐れがあります。

フローズンヨーグルトミックスには、いくつかの加工法があります。

1. アイスクリームミックス全体の培養。昔ながらのフローズンヨーグルト製法は推奨できません。この方法では異型発酵が起こり、苦く酸っぱい、嫌な味になってしまいます。

2. 低温培養。国によっては、殺菌し、冷やしたアイスクリームミックスに生きた菌を加えることが認められています。実際のミックスの培養は行われません。菌株はフレーバータンクにおいて加えることができます。菌株の量とタイプによって、仕上がったフローズンヨーグルトの機能と風味が決まります。

3. 乳製品原料の部分的培養：

a. 培養乳製品（乳脂肪分および無脂乳固形分）と無培養非乳製品原料（砂糖、コーンシロップ、安定剤など）の二元ブレンド（Two way blend）前出のルールを適用し、ホエイを添加して無脂乳固形分を部分的に代替することができます。

b. 培養ミックス ミックス全体の特定の割合と残った無培養のミックスの二元ブレンド。ここでも、標準的なアイスクリームのルールでホエイを使用することができます。

c. 培養乳製品（無脂乳固形分）と無培養の砂糖 / 乳製品の二元ブレンド。何れかの側でホエイ成分を適宜使用し、スキムミルク固形分を部分的に代替することができます。

d. ヨーグルト（乳脂肪分、無脂乳固形分およびまたは砂糖）無培養乳製品および砂糖の三元ブレンド（Three way blend）ここでも、ホエイ成分の使用は標準的なアイスクリームの指針に従って判断します。