

テクニカルレポート：

クリーンラベル適用のための乳製品ソリューション



著者：
K. J. Burrington
Wisconsin Center
for Dairy Research

編集者：
Rohit Kapoor
National Dairy Council

はじめに

日本では無農薬や有機栽培などの農産物は、一部の健康志向の高い消費者マーケット向けとして馴染みのある商品です。また、加工品や外食シーンにおいても「保存料・合成着色料無添加」などといったキーワードは消費者へのアピールによく使われています。

一方、海外でもオーガニック市場という健康に関心をもつ消費者向けの大きなマーケットがありますが、今、アメリカでは消費者の食に対する意識が更に高まってきており、添加物や化学物質等を使用しない食品に対する需要が高まりつつあります。より製造工程をシンプルに、消費者が解り易い原材料を使い、そして出来るだけ添加物を使わない「クリーンな食品」を求める消費者が増えてきているのです。

クリーンラベルを定義する

これまで米国食品業界は、消費者のニーズに応えた製品の開発において功績を残してきました。かつて、これほどまでに多種に亘り、便利で手頃な価格、そして簡単に調理できる消費者向け食品が選択出来たことはなかったでしょう。長年にわたる研究開発によって新しい原材料や加工方法が生まれ、高い安全性、賞味期限の延長、保存方法も常温から冷凍までと多岐の温度帯で可能、そしていつでもすぐに調理することができるようになりました。現在では、加工調理済み食品の味は良く、食感や見た目も魅力的なものばかりです。しかしながら、こうした技術の進歩とともに、加工食品の原材料表には聞き慣れない原材料名が多数含まれるようにもなりました。もし、あなたが有識者ならば、一つ一つの原材料の使用用途を説明することができるでしょう。また、食品会社では、コスト削減、購入する原材料の数を減らし、承認された仕入先リストを増やさないようにすることに関心があるため、通常では不必要な原材料は出来るだけ使用しないということを、消費者に説明することもできるでしょう。とはいえ、最終的には、食品業界が、食品の原材料を消費者にとってわかりやすいものにしなければなりません。

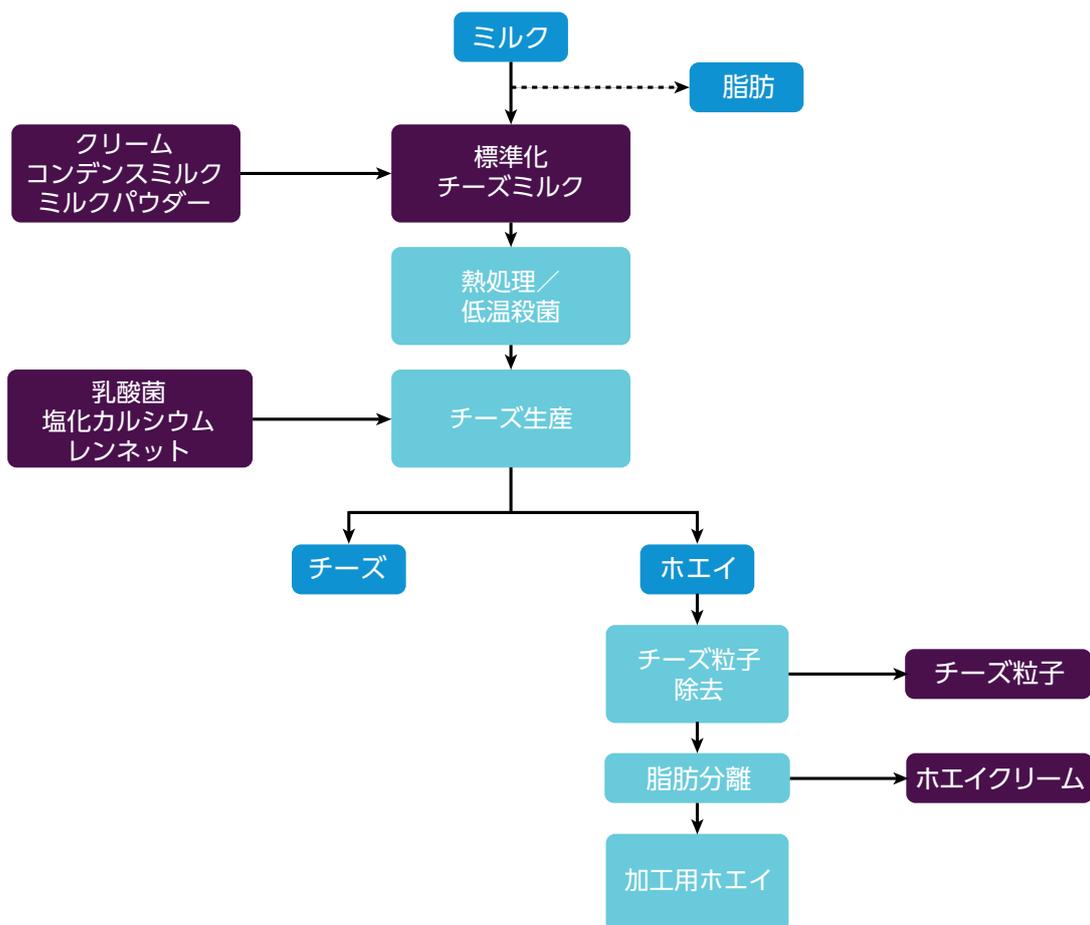
今日では、食品の原材料表を確認する消費者が増えています。自分が何を食べているのか、また、食品と健康的なライフスタイルの関係について関心と知識が高まっているのです。「クリーンラベル」に明確な定義はありません。しかし、クリーンラベルは、2015年に Mintel がリストアップした米国の食品・飲料市場のトレンド、トップ5の一つに数えられています。¹ クリーンラベル付きの製品とは、一般に、使用される原材料の数が少ない食品を指し、それらの原材料はわかりやすく、化学的なものを連想させる名称が使われていないことが必要です。また、そうした食品には、防腐剤または人工の香料や着色料、甘味料が含まれていないことが示唆されています。さらに、クリーンラベルは、食品が無加工、もしくは、最低限の加工しか施されていないことを示唆するものでもあります。¹ 一部の人のにとっては、遺伝子組み換え原材料（GMO）の不使用、または、オーガニック原材料のみの使用を意味することもあります。異性化糖や硬化油といった具体的な原材料までもが、近年ではターゲットにされています。これらの糖類や脂肪源を「含まない」ことによって、クリーンラベルであることを強調する製品をどこでも見かけるようになりました。² クリーンラベル・トレンドは、食品の産地を知る、地元の食品を買う、加工度合いの低い食品を購入するといった行動と連動しているのです。

ミルクのわかりやすさ

ミルク（牛乳）は、今日、販売されている食品の中で最もクリーンなものの一つに分類されています。ビタミン A と D 以外に添加物を含まず、低温殺菌の場合では、最低限の加工に抑えることができます。牛乳は何世紀の間、スープやソース、サラダドレッシング、キャセロール、クッキー、ケーキ、パン、プリン、菓子、そしてもちろん、チーズやヨーグルト、アイスクリームといったあらゆる食品において、原材料として使用されてきました。牛乳は、炭水化物、たんぱく質、脂肪、ミネラルといった栄養素を含んでいることから、これらすべての食品に機能性や風味、栄養をもたらすことができます。乾燥技術の発展に伴い、品質保持期間が数週間から 2 年にまで延長されたことにより、牛乳は原材料として一層利用しやすくなりました。脱脂粉乳は、業務用としてより実用的な利用が可能となった乳製品です。

乳製品業界は進歩を遂げチーズの生産も増大し、ホエイは乾燥されて新たな食品用の原材料になりました。ホエイ製品は、脱脂粉乳よりも低コストで、脱脂粉乳に在る栄養素の多くを、また、機能性の一部を提供します。膜ろ過技術が開発されたことにより、ホエイたんぱく質濃縮物（WPC）が利用可能となりました。導入された最初の WPC である WPC34 に、脱脂粉乳と同レベルのたんぱく質、すなわち 34% のたんぱく質が含まれていたことは、偶然ではありません。間もなくして、WPC34 は、脱脂粉乳に代わるより低コストの原材料として利用されるようになりました。

図 1. チーズとホエイの生産



† Smith K. Dried Dairy Ingredients. Wisconsin Center for Dairy Research: 2008

表1：ホエイたんぱく質濃縮物（WPC）の一般組成*

成分	WPC34	WPC55	WPC80	WPI
たんぱく質	33%	53%	77%	89%
ラクトース	52%	31%	9%	2%
灰分	7%	6%	4%	3%
脂肪	4%	6%	6%	1%
水分	4%	4%	4%	5%

*表1に示した粉末を、以降、ホエイたんぱく質と呼ぶ。

現在では、より一層高たんぱく質なWPCやホエイたんぱく質分離物（WPI）があり、また、ミルクたんぱく質濃縮物（MPC）やミルクたんぱく質分離物（MPI）と呼ばれる牛乳から作られた、同様の多種多様なたんぱく質原材料も存在します。これらの乳製品原材料はすべて、たんぱく質を濃縮し、分子量の違いを利用してラクトースとミネラルを除去するという、単純なろ過工程を経由して生産され、続いて蒸発と噴霧乾燥が行われています。これらの工程から流出したラクトースとミネラルについては、乾燥させて、ホエイまたはパーミエート、あるいは、精製ラクトースを生成することが可能です。このような製造工程は、物理的分離を行うためのものとみなされていることから、ほとんどの消費者はクリーンラベルの範疇と認識しています。

表2：ミルクたんぱく質濃縮物（MPC）の一般組成**

成分	MPC42	MPC56	MPC70	MPC85	MPI
たんぱく質	40.6%	54.4%	68.3%	83.1%	87.1%
ラクトース	45.5%	31.7%	18.2%	3.5%	0.5%
灰分	7.9%	7.6%	7.3%	6.9%	5.9%
脂肪	0.9%	1.2%	1.2%	1.5%	1.5%
水分	5%	5%	5%	5%	5%

**表2に示した粉末を、以降、ミルクたんぱく質と呼ぶ。

乳製品の栄養

乳製品原材料の栄養価の高さに匹敵する食品の選択肢はほとんどありません。カゼインとホエイたんぱく質の2種類の乳由来たんぱく質が、すべての食品たんぱく質の中でも最もたんぱく質の質が高いと考えられています。どちらのたんぱく質も、必須アミノ酸が豊富で、ホエイたんぱく質の方は、分枝鎖アミノ酸のロイシン、イソロイシン、バリンの含有量が高いことで知られています。⁴ 脂肪は日々の食生活に必要なものであり、乳脂肪は、必須のビタミンやミネラル、脂肪酸を体内に供給します。乳脂肪にはビタミンA、D、E、Kが含まれています。かつて、乳脂肪は、その飽和脂肪含有量が非難の対象となっていました。現在、追加調査が進行中でありさらなる研究が必要ですが、最近のエビデンスでは、すべての飽和脂肪酸が循環器疾患のリスクに関連しているわけではないことが示されています。⁵ それよりもむしろ、新しい研究では、乳製品に含まれる脂肪酸の一部が心疾患のリスク低減に関係していることを示唆しています。⁶

乳脂肪については、バターやクリーム、乾燥クリーム、無水乳脂肪等、さまざまな形で利用することができます。牛乳中のラクトースは、炭水化物源として、他の糖類同様、エネルギーを供給しますが、GI値は低くなっています。⁷ 牛乳に含まれるビタミンやミネラル、また、カルシウムやマグネシウム、カリウム、リンといった多くの乳原料も、日々の食生活に重要な栄養素を提供します。

乳製品の機能性

乳原材料には、そのユニークな組成から多様な機能性があります。乳由来たんぱく質の力を借りれば、ホイップ化や乳化、ゲル化、水結合、溶解性、褐変といった特性を発揮させることができます。乳脂肪には、クリーム化やホイップ化、層形成、サクサク感を与える、風味を良くするといった、独自の一連の機能特性が備わっています。ラクトースは、その挙動がスクロースに類似しており、溶解・再結晶化を可能にしますが、スクロースに比べ、60%甘味が低くなっています。ラクトースはまた、保湿剤でもあり、たんぱく質と結合すると、メイラード褐変に寄与します。乳原材料に含まれるミネラルは、特に、チーズやヨーグルトといった、カゼイン酸性ゲル形成において機能性を示します。これらの特性はすべて、完成品としての食品の風味や機能、栄養に寄与するものです。クリーンラベル原材料としての可能性を最大限に引き出すために、各種の食品カテゴリーにおいて、乳製品原材料がどのように機能するかを理解することが重要です。

クリーンラベルのために乳製品を利用する

乳原材料には、ベーカリー製品や飲料、乳製品、デザート、スープ、ソース、加工調理済み食品において、クリーンラベルとして認識される機会があります。乳原材料を応用し、例えば、硬化脂肪や化学乳化剤、または、クリーンラベルに該当するとは言いえない炭水化物の代替品として優秀な代役を果たすことができるのです。



ベーカリー製品

脂肪の機能性

多くのベーカリー製品で、硬化油（ショートニング）が脂肪源として使われています。硬化油は1900年代初頭に発明され、ベーカリー製品にとっての最適な脂肪源として、徐々にバターやラードに取って代わるようになりました。⁸

それ以降、25年前にココナッツオイルやパーム核油といったトロピカルオイルの改質が行われたことを受けて、脂肪や油に対する健康志向と関心が高まり続けています。新しい処方では、飽和脂肪含有量を除去し、植物油から抽出した「健康に良い脂肪」に置き換えました。このような硬化植物油は、ベーカリー製品や菓子類で、トロピカルオイルの機能性に取って代わることはできましたが、同時に、厳密に調査されることにもなりました。

硬化反応は、脂肪分子の一部を異性化することにより、それら分子の自然なシス型をトランス配置に変更します。1999年までに、トランス脂肪は総血中コレステロール値を上昇させたという理由から、健康リスクを高める物質として特定されました。⁹ トランス脂肪は、動物性脂肪中で自然に発生しますが、健康関連のニュースによって、乳脂肪に関係しているかのように変更されてしまったのです。追加研究の実施が必要ですが、新しい研究では、心疾患と乳製品の摂取には何の関連性もないことが指摘されています⁶。また、調査の結果、高脂肪の乳製品を摂取している人は、低脂肪の乳製品を摂取している人よりも、循環器疾患または2型糖尿病を発症する確率が低いことが示されました。さらに、多くの研究者が、高脂肪の乳製品の方が、低脂肪の乳製品よりも肥満の原因になる可能性が低いと考えています。¹⁰ ベーカリー製品の多くで、従来はバターが使われていたことから、バターを使ったレシピに切り替えることは容易でしょう。

バターには成分規格の基準があり、乳脂肪分が80%以上でなければならないとされています。¹¹ 乳脂肪分以外は、水分、無脂肪乳固形分、塩分です。このような組成のため、部分的に硬化した100%脂肪の植物油とバターを1対1で置き換えることはできません。食品業界では、脂肪の溶解特性と結晶化挙動を、機能性の予測因子として利用しています。バターに含まれる、高融点油脂、中融点油脂、低融点油脂といったさまざまな油脂が、バターにユニークな機能性と風味をもたらしています。¹² バターの最も優れた特徴の一つはその風味ですが、この特徴を、マーガリンで、あるいは、ショートニングとバターの風味添加物の組み合わせで再現することは困難です。ほとんどの焼成食品が、特に、ペイストリーやクッキー、ケーキ、パンについては、バターの風味や機能性、クリーンラベルの恩恵を受けています。

食感、風味、外観を改善する

製パン業界では数十年にわたって褐変、水結合、卵の置き換え、脂肪の置き換え、栄養強化、品質保持期間の延長といった多様な機能性をもたらすために、乳製品パウダーとホエイ製品が使用されてきました。¹³ クラスト（皮）の黄金色やカラメル風味の開発に寄与する褐変特性を備えるために、一般的に、パーミエートまたはスイートホエイといった低たんぱく質原材料が使用されてきました。こうした原材料に含まれるラクトースが保湿剤として機能することにより、中身の食感が柔らかくなります。ミルクパーミエートを製パンに使用して評価した結果、外側の色が改善し、中身の食感が柔らかくなることがわかりました。¹⁴ かつて、乳原材料の使用をやめたベーカリー店が、同様の効果を得るために求めたのは、カラメル着色料や風味添加物の添加でした。これらの原材料は、乳製品ほどクリーンラベルではありません。WPCのような、より高たんぱく質の原材料は、脂肪の置き換え、卵の置き換え、水分保持、品質保持期間の延長のために使用されてきました。¹⁵ WPCを使用したパンおよび冷凍生地製品を評価したところ、熱調整したWPC原料では、グルテン構造と水結合の改善が認められました。¹⁶

発酵したスキムミルクやバターミルク、酸ホエイには、パン製品の劣化を低減させる効果があります。¹⁷ 変性食用デンプンや乳化剤、親水コロイドといった他の多くの原材料も、焼成食品において、同様の機能を有していますが、クリーンラベルをアピールすることはできません。プロテインバーへの適用（冷間押し出し）では、ホエイたんぱく質の加水分解物を使うことにより、バーの経時硬化を低減する一方で、貴重なホエイたんぱく質を提供することができます。¹⁸ バーの硬化を低減するというよく似た特性を持つものの、クリーンラベルに該当するとは言いえない原材料には、乳化塩や、グリセロール、マルチトールといった糖アルコール等があります。

チーズは、必ずしも焼成食品と関連が高い乳原材料ではありませんが、チーズケーキやチーズペストリー、チーズパン、チーズクラッカーといった製品にとっては重要な原材料です。¹⁹ 風味と機能性にはナチュラルチーズを使用しますが、ナチュラルチーズに含まれるのは、牛乳、乳酸菌、凝乳剤、塩のみであるという原材料伝説があることから、クリーンラベルには最適な原材料です。クリームチーズは、チーズケーキやチーズフィリングに、ソフトでクリーミーな食感と酸味を与えます。変性食用デンプンやクリームチーズ香料は、クリーンラベルではない代替品の一つに数えられているといつてよいでしょう。²⁰



飲料

本来のクリーンラベルな乳製品飲料である牛乳は、何世紀にもわたって消費されてきました。今日、牛乳や乳原材料は、RTD（購入後そのまま飲む缶やペットボトル入り飲料）、またはドライミックス飲料等、さまざまな形態で使用されています。飲料に関する栄養面での付加目的が何であれ、乳原材料はそのニーズを満たすことが出来るでしょう。

ドライミックス

数ある原材料の中でもとりわけ、スイートホエイと（ミルク／ホエイ）パーミエートは、カルシウム、マグネシウム、カリウム、リンといった乳ミネラルを豊富に含み、経済的な乳製品源を提供するもので、ホットココアミックスに、さらには、乳製品ベースのアイソトニック・ドライミックスにも最適な原材料となっています。たんぱく質の強化が目標ならば、ミルクたんぱく質かホエイたんぱく質原材料がよいでしょう。分散性の向上には、インスタント・ホエイたんぱく質を推奨します。乳製品たんぱく質を使って高たんぱくなドライミックスを作るというのは、クリーンラベルの甘味料と天然香料をたんぱく質原材料に添加することと同じくらい簡単です。薄めで、より強い爽快感を得られるような濃度が必要であれば、ホエイたんぱく質のほうが、ミルクたんぱく質よりも水結合力が一般的には弱いため、水を添加した後にホエイたんぱく質を選ぶとよいでしょう。濃いめで、より粘性の高い飲料がよければ、ミルクたんぱく質を選んでください。フルーティな飲料ミックスで、果実風味を際立たせるためにドライアシッドを添加するというのであれば、ミルクたんぱく質中のカゼインは pH6 を下回ると溶解性を失い、ドライミックスを水に添加すると、きめの粗い食感が得られる可能性があるため、ホエイたんぱく質を推奨します。

RTD (レディ・トゥ・ドリンク)

RTD 飲料では、低温殺菌、ホット充填、超高温 (UHT) 殺菌やレトルト処理を行うことで、その安全性を確保することができます。これらすべての条件下で、飲料にホエイたんぱく質が使用されてきましたが、ホエイたんぱく質の熱感受性のために、成功のレベルにばらつきがありました。²¹ ミルクたんぱく質とホエイたんぱく質のどちらかを選ぶ場合、最も重要なパラメータの一つが、飲料の pH です。ミルクたんぱく質のほうが、圧倒的にカゼインを含んでいるため、ドリンクの pH が 6.0 超ならば、ミルクたんぱく質が乳製品原材料の中で最も熱安定性に優れています。このような特性があることから、ミルクたんぱく質は、UHT 処理もしくはレトルト処理が施される低酸飲料に適合しています。ホエイたんぱく質については、これらの条件下で飲料に使用することは可能ですが、カゼインがシャペロン効果をもたらし、ホエイたんぱく質の熱安定性を高めるため、ミルクたんぱく質と組み合わせて使用するというのが最善の方法です。²² 低酸飲料には、MPC や MPI またはミセラカゼインといったミルクたんぱく質を選択するのがよいでしょう。最高の機能性と熱安定性を得るには、高速ミキサーでこれらの粉末を水に溶解し、続いて最低 1 時間、水和時間を設けることが重要です。UHT 処理もしくはレトルト処理が施される低酸飲料の場合、最高の熱安定性を実現するためにはまた、たんぱく質の最低 50% をカゼインで利用し、pH を 6.8 ~ 7.0 に維持することを推奨します。水和時間と溶解性に不安がある場合は、液状 MPC とも呼ばれる限外ろ過 (UF) 乳の使用が、高たんぱく飲料の一部のメーカーにとっては良い選択となっています。UF 乳には、クリーンな乳製品の風味、良好な機能性、熱安定性が備わっています。よりクリーンなラベルを維持し、高濃度の緩衝塩や安定剤の使用を避けるには、これらの条件下で、より高濃度のミルクたんぱく質を使用し、ホエイたんぱく質の添加量を最小限に抑えなければなりません。

高酸飲料 (pH < 6.0) の場合は、ホエイたんぱく質が最適な選択となります。酸性飲料で、常温保存を可能にするには、ホット充填加工を行えば十分です。それでもやはり、飲料内でのホエイたんぱく質の機能性を良くするには、水和が重要です。ただし、水和時間は 30 分で十分です。ホエイたんぱく質は、pH がその等電範囲 (pH4.5 ~ 5.5) より低くなることで、溶解性と熱安定性を改善します。pH3.5 ~ 4.5 までの飲料は、使用しているのが WPC か WPI かに関係なく、たんぱく質分子間の静電相互作用により、白濁する傾向があります。WPI には脂肪がわずしか含まれておらず、また、たんぱく質分子は、高い正電荷を帯び、静電相互作用の度合いが低いことから、WPI を使えば、pH3.5 以下の透明な飲料を実現することができます。²² このような低い pH で、喉の渴きを癒すたんぱく質飲料を作って高品質なたんぱく質を提供するというのは、酸や天然香料、クリーンラベルの甘味料、また、おそらく天然の色素もそうでしょうが、これらを添加するのと同じくらい単純な工程です。

RTD タイプの高酸飲料で、総合的な栄養の提供を目標とするならば、ミネラル含有量が豊富で、喉の渴きを癒す飲料には、(ミルク／ホエイ) パーミエートを選ぶとよいでしょう。飲料への適用では、ミルクパーミエートとホエイパーミエートの両方が使用されており、ラクトースの加水分解と組み合わせることで、糖分を添加することなく甘味を増すことができます。²³ パーミエートから得られる乳ミネラル原材料も開発されました。こうした乳ミネラル原材料は、乳製品ベースのカルシウムやマグネシウム、カリウム、リンを供給することができるため、ミネラル強化を図るにあたって、炭酸カルシウム等の原材料を添加するよりも、はるかにシンプルなアプローチとなります。²⁴

乳製品とデザート

ヨーグルトやアイスクリームといった乳製品について、米国では成分規格の基準があり、例えば、無脂肪乳固形分の含有量は最小限にするとされています。^{25、26} プリンのようなデザートには成分規格の基準がありませんが、伝統的に乳製品ベースで作られてきました。これらの製品には、その全固形分の一部として、他の原材料を使用することも可能です。そうした原材料には、クリーム、栄養性および非栄養性甘味料、デンプン、親水コロイド、乳化剤等があります。乳固形分のコストが変動し、また、消費者が品質保持期限の長い低脂肪製品を求めていることから、食感や食感安定性を提供するために、メーカーは、デンプンや親水コロイド、乳化剤といった、乳製品以外の原材料への依存度を高めてきました。現在の消費者トレンドによれば、これらの原材料の多くが、一部の甘味料も含め、「クリーンラベル」とはみなされていません。

ヨーグルト

ヨーグルトは、滑らかな口当たりとクリーミーな食感を出すために、変性食用デンプンと親水コロイドが使用された代表的な無脂肪製品へと進化した製品の好例です。熱調整ホエイたんぱく質とバターミルク、たんぱく質濃縮物を組み合わせて使用することにより、ヨーグルトの脂肪分に置き換えることができます。²⁷ デンプンや親水コロイドへの依存度を減らすために、また、経済的に理に適っていれば、ヨーグルトの粘度を高め、離水を減少させるために、ホエイたんぱく質がヨーグルトの処方の一部を担うことはよくあります。²⁸ 調整ホエイたんぱく質を使った研究によって、ヨーグルトにデンプンを使用した場合と比較して、保水能力や粘度にプラスの影響があることが示されました。^{29、30} また、ホエイたんぱく質を、ヨーグルトに含まれるカゼイン塩とも比較した結果、保水能力が向上し、食感の滑らかさが増すことがわかりました。³¹

今日、クリーンラベルのヨーグルトは格段に一般的なものとなっており、ギリシャスタイルのヨーグルトは、乳製品の使用量を増やすことによって、コク、食感、味をどのように改善することができるかを示す好例です。ギリシャスタイルのヨーグルトは、伝統的な水切りヨーグルトで、クォークチーズタイプのセパレータまたは限外ろ過膜を使って、水、ラクトース、ミネラルを除去しながら、乳由来たんぱく質を濃縮します。米国では、一般的に、ギリシャスタイルのヨーグルトの多くに、10%のたんぱく質が含有されていますが、これは、従来のヨーグルトに含まれるたんぱく質の約3倍です。水切り用のろ過装置がなければ、別の方法として、MPC、MPI、ミセラカゼイン、WPC または WPI といった、乳由来たんぱく質を添加することによって、このレベルのたんぱく質を含有することができます。MPC、MPI、ミセラカゼイン原材料を含む濃縮ミルクたんぱく質には、定義された業界の基準があります。ミセラカゼインは、MPC または MPI に含まれるおよそ80%のカゼインよりも高濃度のカゼインを含有することになるでしょう。³² 58%と88%のたんぱく質を含むミセラカゼイン濃縮物（MCC）を、9.8%のたんぱく質で栄養価を高めたギリシャスタイルのヨーグルトで評価し、また、対照群のギリシャスタイルの水切りヨーグルトと比較しました。たんぱく質58%のMCCで、対照群と同様の物理特性を持つヨーグルトを作ることができました。³³



アイスクリーム

ミルクたんぱく質およびホエイたんぱく質は、伝統的にアイスクリームに使用され、無脂肪乳固形分の含有量に影響するとともに、脂肪の置き換えや安定化の実現、たんぱく質の強化に寄与してきました。アイスクリームでは、より低コストで同じメリットが得られるよう、クリーンラベル原材料の使用を減らす傾向があります。米国では、アイスクリームに成分規格の基準があり、その組成は、乳脂肪10%以上、無脂肪乳固形分10%以上と定義されています。いかなるホエイ製品または調整ホエイ製品も、

完成したアイスクリームの総無脂肪乳固形分の、重量で25%まで寄与することができます。²⁶ 製品がフローズンデザートと呼ばれるものであれば、ホエイ原料の使用を制限する必要はありません。現在の米国の基準では、他の任意の乳原材料を添加することが可能です。そうした原材料には、例えば、「濃縮することのできるスキムミルク」があり、濃縮または乾燥した状態で、「そこから、安全かつ適切な手順によって、ラクトースの一部もしくは全部が除去されます」。UF ミルクや MPC、MPI 等も、こうした原材料に含まれるとあってよいでしょう。²⁶ 無脂肪乳固形分に置き換える割合を変えながら、UF ミルクを使用して作られたアイスクリームに関して行われた初期の研究から、WPC で作られたアイスクリームに比べて、コク、食感、熱ショック安定性が改善されることが示されました。³⁴

ホエイ製品は、評価され、アイスクリームやフローズンデザートで幅広く使用されてきました。³⁵ 脂肪の置き換えに関しては、MPC と WPC の両方が評価されています。アイスクリームにおける脂肪の置き換えでは、WPC のほうが MPC よりも優れています。^{36、37} アイスクリームでは、乳化剤の置き換えとして、WPC と組み合わせてプロテオースペプトンのホエイフラクションが使用されています。その結果、乳化剤としてモノグリセリドやジグリセリドを使用した対照群と比較して、アイスクリームの物理特性と官能特性が、同等もしくはより優れていることがわかりました。³⁸

アイスクリームで、WPI の副産物であるホエイたんぱく質／リン脂質濃縮物と、ラクトース製造の副産物である脱ラクトースパーミエートを混合して評価しました。これらのホエイ製品を混合することにより、対照群と比較して、氷晶の平均サイズは同等で、溶解速度は向上し、脂肪不安定化が低減されたアイスクリームを作ることができました。³⁹

その他、ホエイパーミエート等の WPC の副産物が、ソフトクリームや他のフローズンデザートで使用されています。^{35、40} たんぱく質が 56% および 85% の MPC 製品は、アイスクリームの物理特性に有為に変更を行うことなく、無脂肪乳固形分 11% と脂肪分 12% で作られた標準的なアイスクリームの無脂肪乳固形分の一部として評価されています。⁴¹ 2000 年代半ばに低炭水化物ダイエットがトレンドになったときには、アイスクリームのたんぱく質含有量を増量することが人気となりました。良好な貯蔵安定性と官能結果を有した状態で、アイスクリームのたんぱく質含有量を 4.9% から 7.2% に増やすために、MPC と WPC の両方の研究が行われてきました。⁴²



プリン

成分規格の基準が存在しない他の乳製品ベースの食品同様、プリンも、その特徴的な食感を出すために、乳製品以外の多くの原材料が使用されている食品の一つです。消費者は、今でも、コーンスターチと香料以外に、牛乳や他のいくつかの原材料を使ってプリンを作っています。冷蔵保存された、または常温保存可能なプリンでは、変性食用デンプン、植物性脂肪、乳化剤、親水コロイドの添加に依存する傾向が高くなっています。低コストで便利さを提供できるよう開発された他の食品同様、プリンの場合も、乳原材料の使用は少なく、一方で、クリーンラベルではない原材料が多く使用されています。



加工調理済み食品、ソース、スープ

チーズは常に、ソースやスープといった食品の一部でした。コスト削減のために、チーズの使用量を減らし、デンプンや植物性脂肪、チーズ香料、乳化剤、親水コロイドの使用量を増やすというのが、主流になりつつあります。チーズの使用量を増やす方向に戻ることは、いつでも可能です。今では、新しい風味をスープやソースに加えることのできるチーズが何百種類も存在しています。チーズに、MPC や WPC といった、製品の水結合や口当たり等に寄与する乳原材料を組み合わせることで、よりクリーンラベルな製品を作り出すことができます。MPC は、WPC よりも熱安定性が高く、また、一般的に水結合力にも優れていることから、レトルト処理された常温保存可能なスープやソースでは、MPC が最適であると言えます。スープまたはソースで、栄養面の目標としてたんぱく質の増量を掲げるのであれば、MPC80、MPI またはミセラカゼインを選択するとよいでしょう。

加工調理済み食品、ソース、スープには、ナトリウムが多く含まれていることがよくありますが、代表的なナトリウムの代替品は、クリーンラベルに該当するとはいえません。パーミエートは、塩気を感じさせる特徴があることから、ナトリウムの低減に役立ちます。⁴³ スープやソースといった多くの製品で、パーミエートを添加することにより、ナトリウムを最大 75% まで低減することができました。塩分 1 グラムに置き換えるために、パーミエート 10 ~ 11 グラムの使用を推奨します。このような割合でパーミエートを使用すれば、他のマクロ原材料や、場合によっては、風味添加物に置き換えることもできるでしょう。⁴⁴

まとめ

ミルクおよびその原材料のすべてが、常に、最も健康に良いクリーンラベルの原材料として、食品に使用されてきました。これまでよりも少ない数の、消費者により優しい原材料を使った食品の処方追求の中で、機能性が高く、風味と栄養価に優れたさまざまな原材料のために、食品科学者が頼りにできるのが乳製品です。乳製品業界は、食品における乳原材料の使用をサポートすることによって、消費者の皆さまが食べることに喜びを感じられるよう、これからも研究を続けていきます。

詳細について、また、乳製品を使った処方については、ThinkUSAdairy.org を参照してください。

参考文献

- ¹ Giles-Smith K. Keeping labels simple, ingredients clean. Dairy Foods. May 8, 2015. <http://www.dairyfoods.com/articles/91141-keeping-labels-simple-ingredients-clean>. Accessed December 1, 2015.
- ² Innova Market Insights. Clean label enters the US mainstream as manufacturers list ingredients to avoid. Food and Beverage Innovation. 2015;13:4.
- ³ Innova Market Insights. Kellogg's reveals 3-year US target to remove artificial ingredients. Food and Beverage Innovation. 2015;13:6.
- ⁴ Kreider R. Whey proteins and seniors nutrition. U.S. Dairy Export Council. <http://www.wheyoflife.org/sites/default/files/whey-proteins-and-senior-nutrition.pdf>. Published 2004. Accessed December 1, 2015.
- ⁵ de Oliveira Otto MC, Mozaffarian D, Kromhout D, et al. Dietary intake of saturated fat by food source and incident cardiovascular disease: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Am J Clin Nutr.* 2012;96(2):397-404. doi:10.3945/ajcn.112.037770. Accessed December 1, 2015.
- ⁶ de Oliveira Otto MC, Nettleton JA, Lemaitre RN, et al. Biomarkers of dairy fatty acids and risk of cardiovascular disease in the multi-ethnic study of atherosclerosis. *J Am Heart Assoc.* 2013;2(4):e000092. doi:10.1161/JAHA.113.000092. Accessed December 1, 2015.
- ⁷ Björck I, Liljeberg H., Östman E. Low glycaemic-index foods. *Br J Nutr.* 2000;83(Suppl. 1):S149-S155. doi:10.1017/S0007114500001094. Accessed December 1, 2015.
- ⁸ Gupta MK. Transforming shortenings. *Baking and Snack.* 2003;61-66.
- ⁹ Fischer K. Sorting fat from fiction. *Prepared Foods.* 2002;39-44.
- ¹⁰ Crichton GE, Alkerwi A. Dairy food intake is positively associated with cardiovascular health: findings from Observation of Cardiovascular Risk Factors in Luxembourg study. *Nutr Res.* 2014;34(12):1036-1044. doi:10.1016/j.nutres.2014.04.002. Accessed December 1, 2015.
- ¹¹ Food and Drugs, U.S. Code Title 21, Sec. 321a. Butter defined. <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/USCODE-2010-title21/pdf/USCODE-2010-title21-chap9-subchapII-sec321a.pdf>. Accessed December 1, 2015.
- ¹² Kaylegian KE, Hartel RW, Lindsay RC. Applications of modified milk fat in food products. *J Dairy Sci.* 1993;76(6):1782-1796. doi:10.3168/jds.S0022-0302(93)77510-4. Accessed December 1, 2015.
- ¹³ Mannie E, Asp EA. Dairy ingredients for bread baking. *Cereal Foods World.* 1999;44(3): 143-146.
- ¹⁴ Al-Eid SM, Al-Neshawy AA, Al-Shaikh Ahmad SS. Influence of substituting water with ultrafiltered milk permeate on dough properties and baking quality of white pan bread. *J Cereal Sci.* 1999;30(1):79-82. doi:10.1006/jcres.1998.0246. Accessed December 1, 2015.
- ¹⁵ Burrington K. Whey products in baked goods. U.S. Dairy Export Council: 1999.
- ¹⁶ Asghar A, Anjum FM, Allen JC. Utilization of dairy byproduct proteins, surfactants, and enzymes in frozen dough. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2011;51(4):374-382. doi:10.1080/10408391003605482. Accessed December 1, 2015.
- ¹⁷ Hassan AA, El-Shazly HAM, Sakr AM, Ragab WA. Influence of substituting water with fermented skim milk, acid cheese whey or buttermilk on dough properties and baking quality of pan bread. *World J Dairy Food Sci.* 2013;8(1):100-117. doi:10.5829/idosi.wjdfs.2013.8.1.1123. Accessed December 1, 2015.
- ¹⁸ Burrington K. U.S. whey ingredients in nutrition bars and gels. U.S. Dairy Export Council: 2007. <http://www.thinkusadairy.org/resources-and-insights/resources-and-insights/application-and-technical-materials/us-whey-ingredients-in-nutrition-bars-and-gels>. Accessed December 1, 2015.
- ¹⁹ Stoliar M. U.S. whey ingredients in bakery products. U.S. Dairy Export Council: 2009. http://www.thinkusadairy.org/Documents/Customer%20Site/C3-Using%20Dairy/C3.7-Resources%20and%20Insights/03-Application%20and%20Technical%20Materials/BAKERY_ENG.pdf. Accessed December 1, 2015.
- ²⁰ Nelson K. Reference Manual for U.S. Cheese. U.S. Dairy Export Council: 2007;41, 149. <http://www.thinkusadairy.org/resources-and-insights/resources-and-insights/product-resources/reference-manual-for-us-cheese>. Accessed December 1, 2015.
- ²¹ Rittmanic S. U.S. whey proteins in ready-to-drink beverages. U.S. Dairy Export Council: 2006. http://www.thinkusadairy.org/Documents/Customer%20Site/C3-Using%20Dairy/C3.7-Resources%20and%20Insights/03-Application%20and%20Technical%20Materials/RTDBEVERAGES_ENG.pdf. Accessed December 1, 2015.
- ²² Burrington K. Technical report: whey protein heat stability. U.S. Dairy Export Council: 2012. <http://www.usdairy.com/~~/media/usd/public/technicalreportwheyproteinheatstability.pdf>. Accessed December 1, 2015.

- ²³Suresh KB, Jayaprakasha HM. Process optimization for preparation of a beverage from lactose hydrolyzed whey permeate. *J Food Sci Technol.* 2004;41(1):27-32. doi:10.1007/s13197-011-0563-1. Accessed December 1, 2015.
- ²⁴Mekmene O, Leconte N, Rouillon T, Quillard S, Bouler JM, Gaucheron F. Physicochemical characterization of calcium phosphates prepared from milk ultrafiltrates: effect of the mineral composition. *Int J Dairy Technol.* 2012;65(3):334-341. doi:10.1111/j.1471-0307.2011.00819.x. Accessed December 1, 2015.
- ²⁵Food and Drugs, 21 C.F.R. Sect. 131.200 (2015). <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=131.200>. Accessed December 1, 2015.
- ²⁶Food and Drugs, 21 C.F.R. Sect. 135.110 (2015). <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=135.110>. Accessed December 1, 2015.
- ²⁷Saffon M, Richard V, Jiménez-Flores R, Gauthier SF, Britten M, Pouliot Y. Behavior of heat-denatured whey: buttermilk protein aggregates during the yogurt-making process and their influence on set-type yogurt properties. *Foods.* 2013;2(4):444-459 doi:10.3390/foods2040444. Accessed December 1, 2015.
- ²⁸Huginin A. U.S. whey ingredients in yogurt and yogurt beverages. U.S. Dairy Export Council: 2009. <http://www.thinkusadairy.org/resources-and-insights/resources-and-insights/application-and-technical-materials/us-whey-ingredients-in-yogurt-and-yogurt-beverages>. Accessed December 1, 2015.
- ²⁹Firebaugh JD. Characterization and application of a derivatized whey ingredient [thesis]. Raleigh: North Carolina State University; 2004. <http://www.lib.ncsu.edu/resolver/1840.16/437>. Accessed December 1, 2015.
- ³⁰Matumoto-Pintro PT, Rabiey L, Robitaille G, Britten M. Use of modified whey protein in yoghurt formulations. *Int Dairy J.* 2011;21(1):21-26. doi:10.1016/j.idairyj.2010.07.003. Accessed December 1, 2015.
- ³¹Akalin AS, Unal G, Dinkci N, Hayaloglu AA. Microstructural, textural, and sensory characteristics of probiotic yogurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. *J Dairy Sci.* 2012;95(7):3617-3628. doi:10.3168/jds.2011-5297. Accessed December 1, 2015.
- ³²American Dairy Products Institute. Concentrated milk proteins standard. <http://www.adpi.org/Portals/0/Standards/Concentrated%20Milk%20Proteins%20Standard%20final.pdf>. Accessed December 1, 2015.
- ³³Bong DD, Moraru CI. Use of micellar casein concentrate for Greek-style yogurt manufacturing: effects on processing and product properties. *J Dairy Sci.* 2014;97(3):1259-1269. doi:10.3168/jds.2013-7488. Accessed December 1, 2015.
- ³⁴Lee FY, White CH. Effect of ultrafiltration retentates and whey protein concentrates on ice cream quality during storage. *J Dairy Sci.* 1991;74(4):1170-1180. doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78270-2. Accessed December 1, 2015.
- ³⁵Young S. Whey products in ice cream and frozen dairy desserts. U.S. Dairy Export Council: 2007. http://www.thinkusadairy.org/Documents/Custom%20Site/C3-Using%20Dairy/C3.7-Resources%20and%20Insights/03-Application%20and%20Technical%20Materials/ICECREAM_ENG.pdf. Accessed December 1, 2015.
- ³⁶Roland AM, Phillips LG, Boor KJ. Effects of fat replacers on the sensory properties, color, melting, and hardness of ice cream. *J Dairy Sci.* 1999;82(10):2094-2100. doi:10.3168/jds.S0022-0302(99)75451-2. Accessed December 1, 2015.
- ³⁷Lim SY, Swanson BG, Ross CF, Clark S. High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for improved body and texture of lowfat ice cream. *J Dairy Sci.* 2008;91(4):1308-1316. doi:10.3168/jds.2007-0391. Accessed December 1, 2015.
- ³⁸Innocente N, Comparin D, Corradini C. Proteose-peptone whey fraction as emulsifier in ice-cream preparation. *Int Dairy J.* 2002;12(1):69-74. doi:10.1016/S0958-6946(01)00166-2. Accessed December 1, 2015.
- ³⁹Bund RK, Hartel RW. Blends of delactosed permeate and pro-cream in ice cream: effects on physical, textural and sensory attributes. *Int Dairy J.* 2013;31(2):132-138. doi:10.1016/j.idairyj.2013.02.010. Accessed December 1, 2015.
- ⁴⁰Rexroat TM, Bradley Jr. RL. Acceptance of frozen desserts made with concentrated, decolorized, deionized, hydrolyzed whey permeate. *J Dairy Sci.* 1986;69(5):1225-1231. doi:10.3168/jds.S0022-0302(86)80527-6. Accessed December 1, 2015.
- ⁴¹Alvarez VB, Wolters CL, Vodovotz Y, Ji T. Physical properties of ice cream containing milk protein concentrates. *J Dairy Sci.* 2005;88(3):862-871. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72752-1. Accessed December 1, 2015.
- ⁴²Patel MR, Baer RJ, Acharya MR. Increasing the protein content of ice cream. *J Dairy Sci.* 2006;89(5):1400-1406. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72208-1. Accessed December 1, 2015.
- ⁴³Frankowski KM, Miracle RE, Drake MA. The role of sodium in the salty taste of permeate. *J Dairy Sci.* 2014;97(9):5356-5370. doi:10.3168/jds.2014-8057. Accessed December 1, 2015.
- ⁴⁴Burrington K. Permeate for sodium reduction. U.S. Dairy Export Council: 2011.

索引

項目	ページ
クリーンラベルを定義する	1
ミルクのわかりやすさ	2
乳製品の栄養	3
乳製品の機能性	4
クリーンラベルのために乳製品を利用する	4
ベーカリー製品	4
脂肪の機能性	4
食感、風味、外観を改善する	5
飲料	5
ドライミックス	6
レディ・トゥ・ドリンク	6
乳製品とデザート	7
ヨーグルト	7
アイスクリーム	7
プリン	8
加工調理済み食品、ソース、スープ	9
まとめ	9
参考文献	10