



## ヨーグルトおよびヨーグルト飲料における 米国の乳原料

通常のヨーグルトをはじめ、高たんぱく質ヨーグルトやヨーグルト飲料の人気は高まる一方で、消費も増え続けています。その味やクリーミーなテクスチャー、手軽さが世界の人々に受けているだけでなく、こうした発酵乳製品の摂取による健康効果が認識されているからです。乳とホエイから生まれる乳原料は、栄養、機能、フレーバーといった特質を持たせるのに適しており、それによって、あらゆる種類のヨーグルト製品の価値や費用対効果を高めています。こうした利点がメーカーや小売業者、そして最も大切な消費者にとって大きな魅力となっています。



ヨーグルトやヨーグルト飲料の製造には、さまざまな米国の乳原料を使用することができます。乳原料にはスイートホエイパウダー (SWP)、濃縮ホエイたんぱく質 (WPC)、分離ホエイたんぱく質 (WPI)、改質 WPC/WPI、限外濾過ミルク、脱脂粉乳 (SMP) および全脂粉乳 (WMP)、濃縮ミルクたんぱく質 (MPC)、分離ミルクたんぱく質 (MPI)、濃縮ミセラカゼイン (MCC)、その他の乳由来成分などがあります。

ヨーグルト製品に乳原料を処方すると次のようなメリットが考えられます。

- 粘度と硬度が増し、テクスチャーがよくなる
- ホエイの分離が少なくなる
- たんぱく質含有量が標準化され、製品の一貫性が維持できる
- 非乳原料を使わないと、添加物などを使わず消費者にわかりやすいラベルを表示できる
- 非乳原料よりフレーバーが良い
- たんぱく質、ミネラル、その他の生理活性成分が加えられているため、栄養成分が強化されている

研究によると、乳製品に含まれるたんぱく質と生理活性成分は、プレバイオティクス効果を発揮することで、プロバイオティクス細菌（製品や消費者の腸の中にいる）の成長を高め、心血管の健康に好影響を与え、筋肉量を増やし、筋肉低下を防ぎ、最適な健康状態を推進するはたらきがあることが示唆されています。



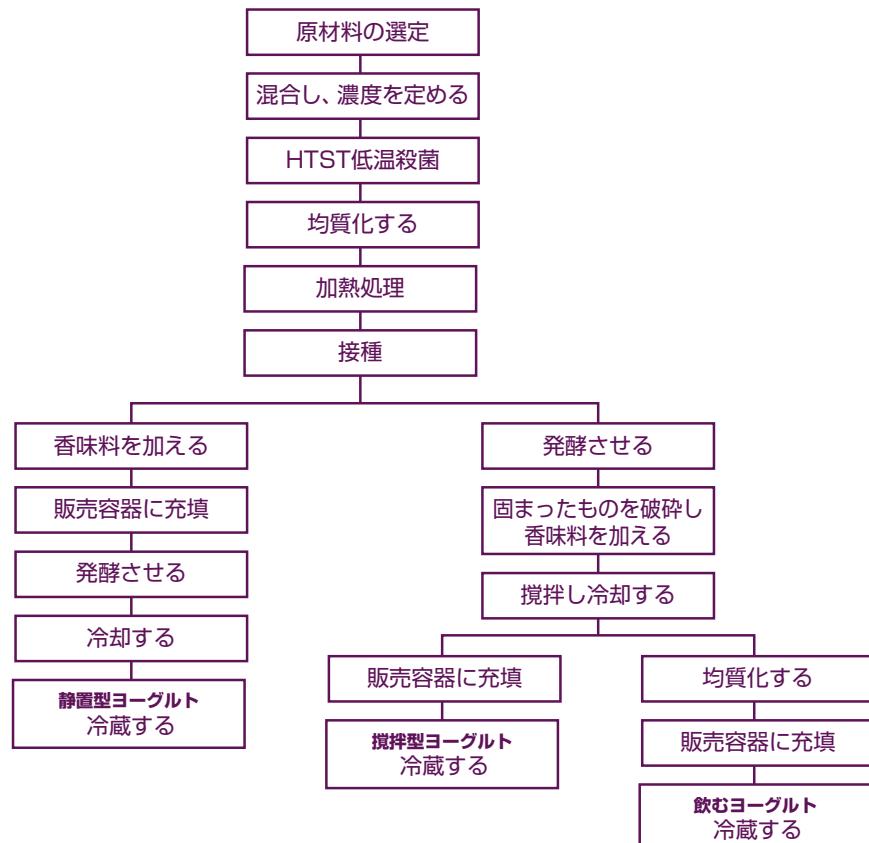
## ヨーグルトの成分の基本

発酵乳製品は何世紀にもわたって生産され消費されてきました。ヨーグルトは、必要な乳酸生産菌であるラクトバチルス・デルブルエッキ・サブスピーチーズ・ブルガリカスとストレプトコッカス・サリバリウス・サブスピーチーズ・サーモフィラスを用い、乳を40-45°Cで発酵させて製造されます。最近は混合種菌を用いることが増えていますが、これらの中にもさらにラクトバチルスやビフィドバクテリウムの株が多種類含まれています。こうしたラクトバチルス菌やビフィドバクテリウム菌は、十分な量を摂取すれば、プロバイオティック微生物とし

て、消費者の腸内フローラのバランスを改善し、健康を増進できると考えられます。

ヨーグルトには、静置型ヨーグルト、攪拌型ヨーグルト、飲むヨーグルトという3つの基本的な種類があります。この3種類をそれぞれ生産するのに用いる共通のプロセスは、図1に示した通りです。こうしたヨーグルトのたんぱく質強化製品も、乳由来たんぱく質成分を追加するか、または濾過／濃縮段階を追加すれば、作ることができます。

図1:  
ヨーグルト生産プロセス



こうした健康への潜在的なメリットは、カルシウム、ビタミン、ミネラル、たんぱく質、プロバイオティック培養菌が豊富であるというヨーグルトやヨーグルト飲料の持つ健康的なイメージを、さらに引き立てています。

本論文では、ヨーグルトやヨーグルト飲料に乳原料を追加することによる機能的なメリットを検討し、今日の市場における消費者に向けた画期的なヨーグルト製品を開発するには、どの原料が最も適しているかを特定します。

### 攪拌／混合型カップヨーグルト

攪拌／混合型ヨーグルトは、「コンチネンタル」「フレンチ」あるいは「スイス」式とも呼ばれています。フルーツプレパレーションやその他の含有物など、追加する原料によって、さまざまなテクスチャーを持ったヨーグルトが生まれます。その名が示すように、攪拌／混合ヨーグルトは、発酵が終了した後、フルーツプレパレーションやその他の原料を追加し、完全に混合したものです。

発酵プロセスが終わると、プロセス中にタンク内に生成された最初のゲルをかき混ぜて粉碎します。通常はこのヨーグルトを冷やし、吸い上げてホジモジナイザーバルブという網の隙間から圧力をかけずに押し出します。ここでは、ヨーグルトのゲル構造を緩やかに粉碎し、香味料や果実を混合した後に塊のない均質性を持たせることを目的としています。

攪拌／混合した高たんぱくのヨーグルト、またはゼラチンなどの安定剤を加えたヨーグルトは、貯蔵中にゲル構造が再構成される場合があります。そのため、最初のゲルを粉碎した直後に生じるどろりとしたクリーミーなテクスチャーを保つために、別に他のヨーグルトが生産されています。過度の攪拌や吸い上げはゲルの粘度を低下させてしまい、攪拌終了後、時間をおいても部分的にしか回復しません。

安定剤は攪拌／混合した製品の粘度を高める場合があります。適切な安定剤としては、望ましい製品やラベルの特徴によって、低メトキルペクチン、ゼラチン、化工でんぶん、WPC、あるいはこれらの組み合わせを使うことがあります。

### 静置型／フルーツ・オン・ザ・ボトム（果実が底に入った）のカップヨーグルト

静置型ヨーグルト／フルーツ・オン・ザ・ボトムのヨーグルトは、販売用容器に入れたまま発酵させます。こうしたヨーグルトのたんぱく質ゲルのテクスチャーは中程度～高度の硬さを持っています。乳糖の発酵中に酸が生成され、ゲル構造が形成されます。

静置型ヨーグルトはプレーンまたはフレーバーつきで、たいていほんのわずかに甘味がついています。フルーツ・オン・ザ・ボトムの静置型ヨーグルトは、

まさにその名の通り、容器の底に果実が入っていて、消費者が食べるときに果実とヨーグルトの層を混ぜ合わせます。この種類のヨーグルトでは、容器の底にフルーツプレパレーションを入れ、その後、菌を接種したヨーグルトミックスが発酵する前に、フルーツプレパレーションの上に注ぎ入れます。こうすることで、底の果実の原料がヨーグルトの発酵やゲルの性質に与える影響を最小限に抑えられるのです。フルーツプレパレーションには通常、本物の果実、香味料、着色料、甘味料、（安定剤としての）ペクチン、そして保存のために食品用の酸が含まれています。

上層は、乳と、ラクトバチルス・デルブルエッキ・サブスピーシーズ・ブルガリカスとストレプトコッカス・サリバリウス・サブスピーシーズ・サーモフィラスの培養菌だけで出来ています。しかし、これ以外の乳原料、安定剤、甘味料、香味料、着色料も加えられる場合があります。

容器を密封した後、温度管理された暖かい部屋で細菌を培養します。温度はたいてい40°Cから42°Cの間です。ヨーグルトが望ましいpH（～4.6）に到達すると、容器を冷蔵室か急速冷却装置へ移し、急速に冷却して発酵を止めます。

ゲルは非常に形崩れしやすいため、暖かいカップは取扱いを極力少なくするよう注意しなければなりません。さらに、静置型ヨーグルトは移動や取扱時に物理的に粉碎したり振り混ぜたりしないようにすることが重要です。それもゲルが壊れる原因になるからです。ゲルが壊れるとホエイが分離してしまう可能性があります。ヨーグルトの中に乳由来たんぱく質が含まれていると、分離量を最小限に抑えるのに効果があります。

### ヨーグルト飲料とスムージー

飲むヨーグルトは、ヨーグルトをはじめいくつかの原料が含まれています。濃度によって、さらっとした低粘度の飲料から、どろりとした高粘度の製品まで、さまざまな製品があります。

ヨーグルト飲料の製造過程では、ゲルを高度な攪拌機によって粉碎し、決してもとの形には戻しません。ほとんどの製品は、発酵したヨーグルトを攪拌することで作られています。しかし、中にはヨーグルトを水や果汁で薄めて作られたものもあります。香味料やその他の原料も、発酵後の均質化の段階に入る前に加えることができます。

WPCやWPIなどのホエイたんぱく質を使って、飲むヨーグルトやスムージーの粘度を上げずに、たんぱく質のレベルを強化することができます。特に、代替食としてたんぱく質を強化しようという場合は、この方法が有効です。

発酵後の均質化は、大半の製造業者にとって非常

に難しい工程段階です。なぜなら飲料に適切な製品粘度を加え、しかも貯蔵中のホエイの分離とたんぱく質の沈殿を防がなければならないからです。普通はシングルステージ・ホモジナイザーを使って500psi (35 バール) 未満の圧力をかけねば十分です。ここで役立つ原料としては、粘性を高める培養菌 (エキソポリサッカライドなど) や、高メトキシルペクチンなどの親水コロイド安定剤があります。後者はマイナスに帯電するため、pH4になるとペクチンがカゼイン分子の表面を覆い、カゼイン分子上で電荷反発を起こします。飲むヨーグルトの粘性を操作するもう一つの方法は、ホエイたんぱく質とカゼインの最適な割合を見つけ、ホエイの分離を最小限に抑えつつ、飲むヨーグルトに望ましい粘度を持たせる均質化の圧力を特定することです。

### ギリシャスタイル・ヨーグルト

ギリシャスタイル・ヨーグルトは、かつては中東とヨーロッパでごく当たり前に作られていたものですが、現在、米国はじめ世界各地で人気が高まっています。米国では、ギリシャスタイル・ヨーグルトに特定の規格はありませんが、通常のヨーグルトの2、3倍のたんぱく質を含んでいるのが普通です。そのテクスチャーは非常に粘性が強く、なめらかな舌触りが特徴です。ギリシャスタイル・ヨーグルトはプレーン、ブレンド、フルーツ・オン・ザ・ボトム、あるいはさまざまなドリンクなどの種類があります。

ギリシャスタイル・ヨーグルトを生産する方法はいくつかあります。

- より伝統的なギリシャスタイル・ヨーグルトの製造方法では、まずヨーグルトを作り、それから物理的に水、乳糖、ミネラルを分離するやり方です。この方法としては、チーズクロスを使って手作業で分離する、あるいは企業レベルではクオーク遠心分離機を使うなどの方法があります。分離した液体はギリシャスタイル・ヨーグルト酸性ホエイ、または単に酸性ホエイと呼ばれています。
- もうひとつの製造方法は、同様の製造組成にするために、膜限外濾過を使う方法です。この方法でも、ギリシャスタイル・ヨーグルト酸性ホエイが生成されるのが難点です。
- 第三の方法は、再結合または再構成で、最初に脱脂粉乳またはスキムミルクを発酵させ、普通のヨーグルトを作るというプロセスです。この方法のひとつの利点は、ホエイの生産を最小限に抑えられることです。しかし、酸性化を管理し、高温の再構成によって生じるダメージからたんぱく質を守り、十分な再水和を行うことが重要です。
- さらにもうひとつの方法は、発酵前にMPCを液体乳に加え、たんぱく質の組成を8-10%にすることです (5ページの処方例を参照)。これな



る特別な装置は不要で、酸性ホエイも生じないという利点があります。MPC のほか WPC も加えると、見た目がよりなめらかで、貯蔵の間のホエイの分離も少くなります。しかし、加えたホエイたんぱく質は熱に弱いため、低温殺菌の温度を高めにする場合は、注意してホエイタンパク質の変性による粒状化を防止する必要があります。

ギリシャスタイル・ヨーグルトを生産する時に検討しなければならない、もうひとつの重要なポイントは、ギリシャスタイル・ヨーグルトはたんぱく質の量が8-10%あるため、4-5%しかない伝統的なヨーグルトより緩衝能力があるということです。このように緩衝能力が高いということは、ヨーグルトの培養菌がpH4.6に到達するまでに生成する酸の量が普通より多く、発酵や処理の時間がかかるということになります。

### その他のヨーグルト

ムースやプディングのようなヨーグルト製品を作るために、乳製品メーカーは通気やキャビテーション処理工程を使う場合があります。こうした製品は、乳の持つすべての栄養を含み、生きた活性培養菌のメリットをそなえながら、カロリーは低いことが多いので、しばしば健康的なデザートと見なされます。こうした特殊ヨーグルトに乳由来たんぱく質を加えると、すぐに安定度を高めることができます。

絞り出しチューブに充填されたヨーグルトには、独自の特別な要件があります。たとえば、この形態のヨーグルトは絶対に分離させてはなりません。なぜなら消費者はチューブを絞って製品を食べるため、チューブから最初に出てきたものが液体のホエイだったら、消費者はそれが欠陥品だと思うかもしれません。たんぱく質濃度の高い乳由来たんぱく質は、高い水結合力があります。こうしたたんぱく質は、絞り出しチューブのヨーグルトの粘度や硬度を高めてテクスチャーを改善し、同時に分離リスクを減らすことができます。

## MPC80を強化して作った ギリシャスタイル・ヨーグルト



### 成分

	使用量(%)
スキムミルク	86.64
MPC80	8.29
クリーム	4.89
ペクチン	0.18
<b>合計</b>	<b>100.0</b>

### 作り方

- 高速ミキサーで MPC80 とスキムミルクを混ぜる。クリームとペクチンを加える。低速で攪拌して水和させ、蒸気ジャケット付きのタンクで 60°Cまで熱し、溶液を最低 1 時間、22°Cに保って、MPC を完全に水和させ、最大の機能性を発揮できるようにする。
- 混合物を、2000psi / 500psi(138 バール / 34 バール)、60°Cで均質化する。
- 85°Cのバッチ低温殺菌で 30 分間低温殺菌、または 95°C で 5 – 7 分間高温短時間殺菌 (HTST) し、最大の粘性を引き出す。粘性を低くしたい場合は温度を下げる。
- 43°Cに冷却し、メーカーの推奨レベルの培養菌を加える。
- 43°Cで 8 – 10 時間培養し、pH を 4.6 にする。
- 必要に応じて充填する。

### 栄養素含有量

#### 米国の栄養表示

栄養成分表	
1食分の量 1カップ(285g) 容器当たりの分量	
1食当たりの栄養成分	
220カロリー	脂肪50カロリー
1日の摂取量(%)*	
脂肪合計 5g	8%
飽和脂肪 3.5g	18%
トランス脂肪 0g	
コレステロール 35mg	12%
ナトリウム 150mg	6%
炭水化物合計 15g	5%
食物繊維 0g	0%
糖 14g	
たんぱく質 28g	
ビタミンA 4%	ビタミンC 0%
カルシウム 80%	鉄 0%
*1日の摂取量(%)は2,000カロリーの食事をもとに計算している。個人に必要なカロリーによって、1日の摂取量はこれよりも上下する場合がある。	
カロリー 2,000	2,500
脂肪合計 65g未満	80g未満
飽和脂肪 20g未満	25g未満
コレステロール 300mg未満	300mg未満
ナトリウム 2,400mg未満	2,400mg未満
炭水化物合計 300g	375g
食物繊維 25g	30g
1g当たりのカロリー 脂肪9カロリー、炭水化物4カロリー、たんぱく質4カロリー	

#### 100g当たり

カロリー	80kcal
脂肪合計	2g
飽和脂肪	1g
トランス脂肪	0g
コレステロール	10g
炭水化物合計	5g
食物繊維	0g
糖	5g
たんぱく質	10g
カルシウム	250mg
ナトリウム	50mg
鉄	0mg
ビタミンA	100IU
ビタミンC	0mg

成長の兆しを見せているのがケフィアです。これはケフィアグレインを使って培養し発酵させた、人気の飲むヨーグルトです。発酵乳製品も、乳原料を加えると効果が高められます。たとえば、液体のプロバイオティックホエイを注入すると、筋肉の回復に効果のある高品質の分枝鎖アミノ酸を供給し、消費者はさらに高い栄養価を得ることができます。

その他にも、ニッチでさまざまなヨーグルトが絶えず市場に登場しています。たとえばアイスランドのスキールは、そのクリーミーなテクスチャーと高たんぱく質が消費者の目に留まり、急速な成長を遂

げています。オーストラリアの多種多様な全脂ヨーグルトも、栄養があつて美味しいおやつを食べたい消費者に、特に人気があります。ヨーグルトの種類(伝統的なヨーグルト、ギリシャスタイル・ヨーグルト、スキール、飲むヨーグルトなど)や生産方法は何であれ、成功に欠かせないのは製品の包装と位置づけです。ヨーグルトは健康的な楽しみ、あるいはキャラメルやチョコレートなどの甘いフレーバーを持ったデザートとして販売することができます。違ったテクスチャーを味わったり、消費者が製品をいろいろな方法で楽しんだりするために、グラノーラ、ナッツ、チョコレートを別に添えて包装することもできます。包装に区別をつけることで、男性、子供、体重を意識している消費者(100カロリーパック)などをターゲットにしたヨーグルトを作ることができます。全体として見ると、ヨーグルトにはさまざまな生産方法があるため、1日を通じて、また人生のあらゆる段階を通じて、多くの消費者のニーズに応える、きわめて用途の広い製品を作り出しているといえるでしょう。

## ヨーグルトに使われている乳原料

米国とヨーロッパのヨーグルト商品の大半は牛乳で作られています。今でも一次原料は新鮮な全乳と新鮮なスキムミルクですが、特別のテクスチャー、フレーバー、栄養などの特性を持たせたヨーグルトを処方する場合、粉状や濃縮した乳原料が重視されるようになっています。ヨーグルトの生産にはさまざまな乳原料を利用することができます。

### スイートホエイパウダー(SWP)

SWPはヨーグルトメーカーに経済的利益をもたらす原料で、脱脂粉乳(SMP)の2.0-5.2%をSWPで代用することができます。米国はじめ多くの国では、ヨーグルトの無脂乳固形分(MSNF)含有量を増やすためにSWPを加えることが規則で認められています。しかしこうした規則にはヨーグルトの完成品に含まれる無脂固形分に対するたんぱく質の割合を最小限に維持することについての規定が定められている場合があります。ヨーグルトに使うSWPの量を制限する理由としては、ホエイの匂いが検知される可能性、ホエイパウダー貯蔵中に生じる褐色反応によって淡黄色になる可能性、たんぱく質含有量は低いものの乳糖と無機塩が相対的に高濃度になる、などが挙げられます。

### 濃縮ホエイたんぱく質(WPC)

WPCに含まれるたんぱく質の含有量は通常34-89%です。WPCはヨーグルト製品に最も広く使われているホエイ原料です。攪拌ヨーグルトの強化には、WPC34を0.7-2.0% (またはWPC80を0.5-0.8%) 加えるものとされ、それ以上の量を



加えると何らかの悪影響が生じる場合があります。実際には、ヨーグルトミックスの無乳脂固形分を強化するため SMP を加えて得られた MSNF の量の最大 25 – 35% が WPC34 で代用されています。一般に SMP を WPC で代用すると、静置型ヨーグルトではゲルの硬度が増し、攪拌型ヨーグルトでは粘度が高まり、またどちらのヨーグルトでもホエイの分離が少なくなります。WPC34 を加えると、メーカーはヨーグルト内の MSNF に対するたんぱく質の比率はそのまま、カゼインに対するホエイたんぱく質の比率を高めることができます。WPC80 を加えると、MSNF に対するたんぱく質の比率、およびカゼインに対するホエイたんぱく質の比率を高め、たんぱく質の総含有量を増やし、炭水化物（乳糖）の含有量を減らすことができます。

WPC とカゼイン塩の混合物は世界各地で商業利用されており、中には、こうした混合物をヨーグルトの安定剤として販売している原材料企業もあります。たんぱく質の分量は一定のまま、ヨーグルトにカゼイン酸ナトリウムを加えると、ホエイたんぱく質を強化したヨーグルトよりも粘性が高くなります。濃縮ミルクたんぱく質 (MPC) も、ヨーグルトの安定度を高める方法として用いられることがあります。

WPC と比べると、MPC を加えた場合は、テクスチャーの硬さが増し、ゲルが壊れやすくなります。MPC を使う場合は、WPC より多くの水分を補給する必要があります、それだけ処理時間が長くなります。MPC を使うと WPC よりカルシウム含有量が多いため、発酵時間も長くなります。これは、たんぱく質とカルシウムのどちらにも緩衝能力があるからです。

### 分離ホエイたんぱく質 (WPI)

WPI はホエイたんぱく質の濃度が最も高い乳原料（たんぱく質の濃度は 90% 以上）で、乳糖、ミルクミネラル、乳脂肪は少量しか含んでいません。WPI は特別な栄養、テクスチャー、フレーバー特性を与るために、ヨーグルト製品に加えられます。また、低乳糖または減／低糖ヨーグルトやスムージー製品にも用いられます。WPC80 と WPI を添加した多種多様なフルーツフレーバーのヨーグルト飲料やスムージーが、米国内外の市場で発売されています。

### 脱塩ホエイと加水分解ホエイ

ホエイに含まれるミネラルは、ホエイたんぱく質の変性に影響を与えます。たとえば、リンは乳製品の緩衝能力を高めます。よって、ミネラルの減少は、ヨーグルトミックスの酸性化を早め、発酵時間の短縮に役立つはずです。

SMP に比べると、脱塩ホエイはたんぱく質含有量が少ないので、SMP の代用品として使われた場合

は、ゲルがもろくなります。加水分解ミルクたんぱく質をヨーグルトに加えると、種菌の成長因子が与えられるため、酸性化速度が高まり、発酵時間が短縮されます。加水分解物はプロバイオティック培養菌の成長も刺激する場合があります。

### 乳脂肪

新鮮なクリームや全乳粉 (WMP) を加えると、ヨーグルト製品の乳脂肪を増やすことができます。ホエイ製品を使うと非常に経済的に乳脂肪を増やすことができます。ヨーグルト製品に含まれる乳脂肪の最終目標値には、ホエイ原料の乳脂肪を計算に入れる必要があります。乳脂肪の供給源として何を使う場合でも、その原料を他の乳原料と混ぜ、さらにその混合物を均質化した後、加熱処理し、接種し、発酵させます。

乳脂肪はヨーグルト製品の特性に大きな影響をもたらします。フレーバーや舌ざわり、濃厚さを与え、ヨーグルトの最終構造や安定性にも影響を与えます。粘度の増加やホエイの分離の減少は、ヨーグルトの脂肪含有量に直接関係します。もちろん、栄養組成も変化するため、栄養目標値が達成されるように注意が必要です。

脂肪を含むヨーグルトミックスを、接種前に均質化しておくことは、完成品の表面にクリーム層を形成しないようにする上で非常に重要です。均質化によって脂肪球が粉碎され、さらに多くの細かい脂肪球が生じるため、表面積が大幅に増加します。

こうした新しい脂肪球の上に、カゼインとホエイたんぱく質を豊富に含んだ膜が形成されます。酸性

### 乳脂肪に関する栄養上の考え方の変化

乳脂肪は独自の脂肪酸プロフィールを持つ、最も複雑な食物脂肪のひとつです。乳脂肪に含まれる脂肪の 65 – 70% が飽和脂肪酸なので、低脂肪あるいは無脂肪乳製品は、全脂肪乳製品より健康的と思われる場合があります。しかし、心血管疾患や肥満、糖尿病などの分野では、(脂肪含量に関係なく) 乳製品の摂取が健康的な食事パターンにプラスの役割を果たす可能性があることを示す研究が増えています。詳しくは、ThinkUSAdairy.org から「Technical Report: Milkfat and Related Ingredients Serving Today's Marketplace (テクニカルレポート: 今日の市場で販売されている脂肪と関連原料)」をダウンロードしてください。

## 乳固体分における粉末乳原料の代表的組成

原料	たんぱく質 (%)	乳糖 (%)	脂肪 (%)	灰分 (%)	水分 (%)
全脂粉乳	24.5-27.0	36.0-38.5	26.6-40.0	5.5-6.5	2.0-4.5
脱脂粉乳	34.0-37.0	49.5-52.0	0.6-1.25	8.2-8.6	3.0-4.0
UFスキムミルク	10.0-12.0	2.5-3.5	0.0-0.5	0-2.5	80.0-85.0
MPC42	40.0-43.0	45.0-47.0	0.5-1.5	7.0-8.0	3.5-5.0
MPC80	79.0-83.0	4.0-6.0	1.0-2.0	7.0-8.0	3.5-5.0
MCC85	85.0-87.0	1.0-3.0	1.0-3.0	4.0-6.0	4.0-6.0
MPI	87.0-89.0	1.0-2.0	1.0-2.0	3.5-6.0	3.5-5.0
スイートホエイパウダー	11.0-14.5	63.0-75.0	1.0-1.5	8.2-8.8	3.5-5.0
WPC34	34.0-36.0	48.0-52.0	3.0-4.5	6.5-8.0	3.0-4.5
WPC80	80.0-82.0	4.0-8.0	4.0-8.0	3.0-4.0	3.5-4.5
WPI	90.0-92.0	0.5-1.0	0.5-1.0	2.0-3.0	3.5-5.0

化される間に、新しい脂肪球膜上のミルクたんぱく質と血清中のミルクたんぱく質が相互作用するため、脂肪球はゲルを構成するのに不可欠な要素となっています。

### 粉乳

脱脂粉乳 (SMP) は通常、ヨーグルトの MSNF やたんぱく質含有量を強化し、ゲルのテクスチャーや安定性を改善するのに用いられます。また、水と再結合させると、新鮮な液体スキムミルクや全乳の代用にもなります。多くの場合は、1 グラム当たり 6mg 以上のホエイたんぱく窒素を含んだ低熱 SMP が推奨されます。この条件だと、培養菌を加える前の、ヨーグルトベースの加熱処理中に、ホエイたんぱく質が活発化しやすくなります。さらに高熱で処理した全脂粉乳 (WMP) もよく用いられます。高熱処理によってリパーゼが不活性化し、脂肪分解にともない、貯蔵中の粉にフレーバーの問題が生じる可能性が低くなります。

### 濃縮ミルクたんぱく質 (MPC)

MPC は再水和してスキムミルクの代用にする、あるいはヨーグルトベースのたんぱく質含有量を強化するのに用いることができます。MPC 粉末のたんぱく質含有量は通常、42-85% です。分離ミルクたんぱく質 (MPI) のたんぱく質含有量は 87.1% 以上です。一定のたんぱく質含有量で作られたヨーグルトの SMP を MPC で代用しても、テクスチャーやホエイの分離にはほとんど違いがありません。しかし、加熱処理の前に適切な水和を行わないと、舌触りがざらついたり粉っぽくなったりします。

## ヨーグルトに含まれる 乳由来たんぱく質の機能特性

乳原料の機能特性はたんぱく質由来のものが第一となります、しかし、製品の処方にはその他の要素も考慮しなければなりません。たとえば、乳糖、脂肪、水分、さらにビタミンやミネラルを含む灰分などがあります。ヨーグルト製品メーカーにとって乳原料が魅力的な理由は、原料と製品の親和性が高いことです。どちらも牛乳から生まれ、色やフレーバーや栄養プロフィールでは相互に補完しています。ミルクたんぱく成分も、発酵してヨーグルトにするミルクの栄養プロフィールを高めています。さらに、乳原料はテクスチャーやフレーバー、見た目、その他の物理的特徴を改善し、ヨーグルトの処方に好影響を与えることができます。

### 水和作用

加熱処理の前に十分な時間を取りて原料を再水和することが、最善の結果を得る上で不可欠です。ヨーグルトに含まれる粉末乳原料の使用に関する文献には、混合物を加熱処理する前に水和するさまざまな時間と温度についての記事が多く、中には水和時間を取りないという極端な例も報告されています。<sup>1</sup>

ホエイたんぱく成分は通常、室温水で 20 – 30 分間、水和を行う必要があります。この時、ゆっくり攪拌して溶解度を高めます。<sup>2</sup>

ミルクたんぱく成分は水和反応がはるかに遅いため、十分に水和させなければ、高たんぱく質ヨーグルトのテクスチャーにはざらつきや粉っぽさが残ってし

まいります。多くの研究者が、濃縮ミルクたんぱく質と分離ミルクたんぱく質の水和作用の特徴について評価を行っています。<sup>3</sup>

下に示したのは、室温水 (RT, 25°C)、冷乳 (CM, 5°C)、温水 (WW, 50°C) における、MPC85 の 5% 溶液の溶解度 (水和量) を比較した表です (図 2)。溶液は温度調整しながら 6 時間にわたって絶えず攪拌しました。最も早く水和したのは温水で、最も遅いのは冷乳です。6 時間の水和作用の後でも、冷乳に溶かした MPC85 の溶液は十分に可溶化していません。たんぱく質が 70% 以上の高たんぱく質 MPC 原料の再水和特性が低いというこの問題は、研究発表でも確認されています<sup>4</sup>。冷乳内の水和作用の遅さは、高たんぱく質ヨーグルトメーカーの課題になっています。これらのメーカーでは、冷乳に MPC を加えるケースがほとんどだからです。

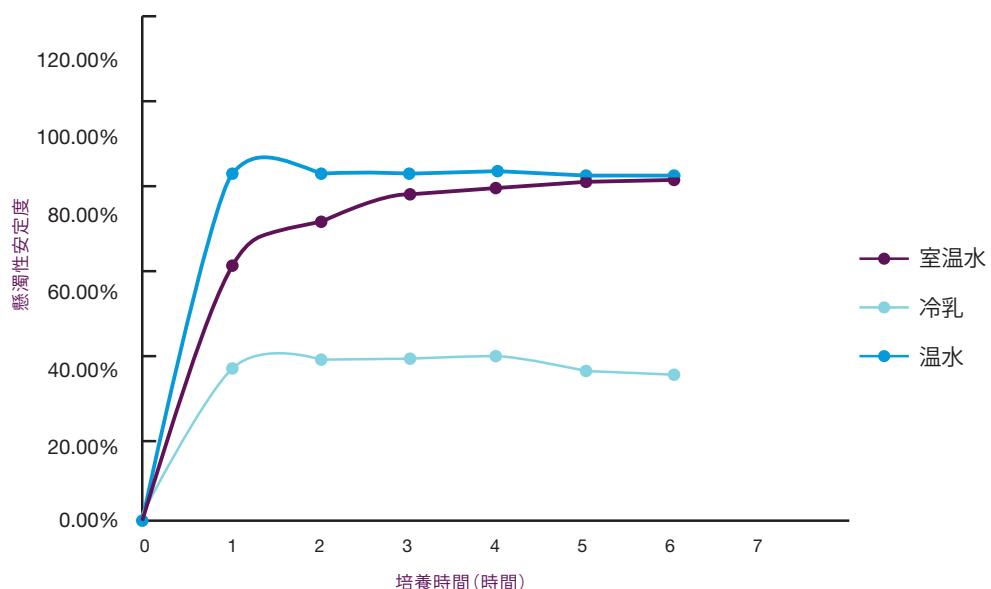
50°C の温水なら、MPC85 はわずか 1 時間後に最高の溶解度を示すことを考えると、水和作用中にミルクを温めると、より短時間に溶解性を高める効果があります。MPC を冷乳に加えた場合、その水和

にはバッヂ低温殺菌の方が効果的な場合もあります。なぜなら、タンクのミルクを 85°C (あるいはそれ以上) に温め、最大 30 分間そのままの温度に保つには時間がかかりますが、高温短時間処理 (95°C で 5 – 7 分) の方がはるかに短時間ですむからです。

濃縮ミセラカゼイン (MCC) を使った水和研究によると、20°C で再水和作用を行った場合、5 分後の粉末の溶解度は 17% ですが、15 時間後には約 70% を示しています。<sup>6</sup>

さらに 58% と 88% のたんぱく質を含む MCC を使ったいくつかの研究が、9.8% のたんぱく質を含むヨーグルトの製造で評価されています。ヨーグルトの製造前に、水和作用の効果を高めるため、MCC の原料を 4°C で 18 時間水和させておきました<sup>7</sup>。これらを濾過したギリシャスタイル・ヨーグルトと比較したところ、58% のたんぱく質を含む MCC で作ったヨーグルトがテクスチャーでもフレーバーでもギリシャスタイル・ヨーグルトに一番類似していました。

**図2:**  
MPC85の水和作用の特徴



(Testing done by The Wisconsin Center for Dairy Research according to the method of Sikand et al.)<sup>5</sup>

## テクスチャー

乳由来たんぱく質は物理的、科学的な方法で水を結合しています。よって、粘性を高める、硬度を上げる、あるいはホエイの分離を減らすなどして、ヨーグルト製品のテクスチャーを改善することができます。たとえば伝統的なヨーグルトに含まれる、前もって変性させたホエイたんぱく質は、ヨーグルトの硬度と粘度を改善することができます。それはおそらく、こうした合成物が、すでにミセルの表面にある、変性させたホエイたんぱく質で結ばれるからだと思われます。

しかしギリシャスタイル・ヨーグルトの最終製品を受け入れてもらえるかどうかについては、テクスチャーや粘度がさらに重要になります。ギリシャスタイル・ヨーグルトを作るのにホエイたんぱく質やミルクたんぱく質を使うこともあります、その手順はそれぞれ変更が必要な場合があります。さらに、ヨーグルトの最終製品の特徴も大きく違うことがあります。

ヨーグルトの製造において 6%、8%、10% のたんぱく質を含んだ WPC80 と MPC85 を比較しました（図 3）。これらはすべて 85°C と 68°C の 2 つの異なる温度条件で、それぞれ 15 分間加熱処理を行いました。

ヨーグルトの製造手順は次の通りに行いました。

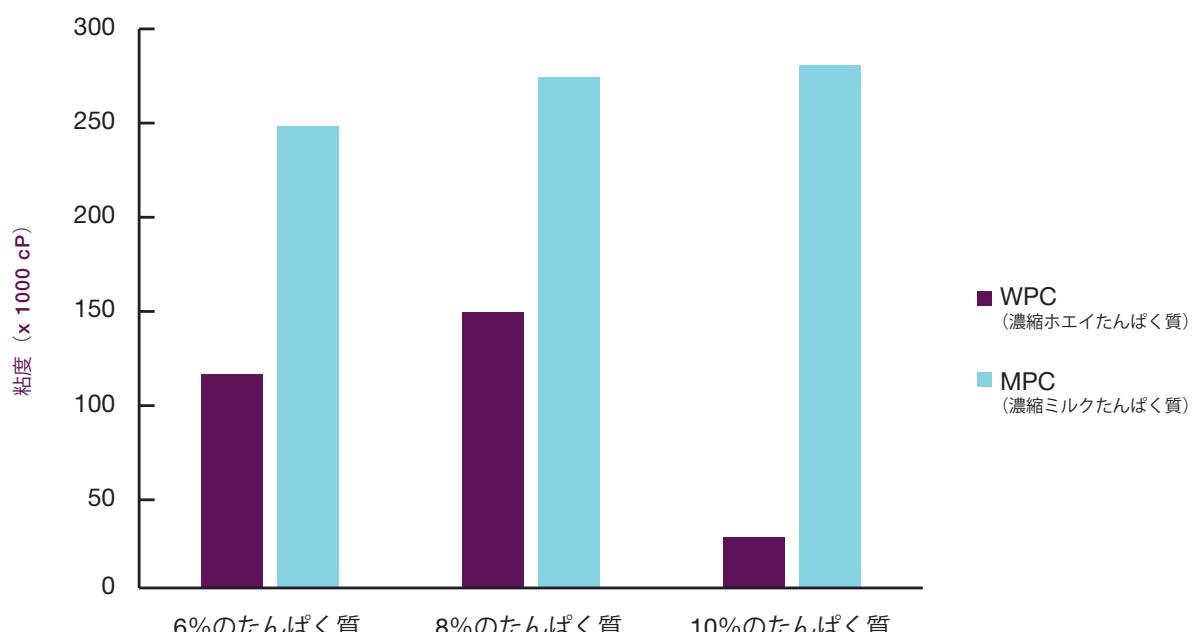
1. 粉末原料をミルクに混ぜ、低速で攪拌しながら 1 時間水和させる。
2. ミルク混合物を 68°C で 15 分間加熱し、その後 68°C または 85°C でさらに 15 分間加熱する。
3. 混合物を約 43°C に冷却する。
4. 0.01 – 0.02% の培養菌を混合物に加える。
5. 混合物を 43°C で培養し、pH4.6 にする。

ホエイたんぱく質は、加熱中に凝固の影響を受けやすいため、2 つの異なる加熱処理温度を使いました。

MPC85 強化ヨーグルトは、たんぱく質の分量に関わらず、はるかに高い粘度を示しました。MPC85 に含まれる主なたんぱく質であるカゼインは、ヨーグルトのゲル構造を形成する最も重要なたんぱく質です。ホエイたんぱく質は変性し、加熱中にカゼインと相互作用を起こしますが、酸性化プロセスの中でゲル化することはできません。

MPC85 で作った、たんぱく質の量の異なる 3 種類のヨーグルトを比較してみると、85°C で加熱処理したヨーグルトには、68°C で加熱処理したヨーグルトより、粘度がはるかに高くなっています

**図3：**  
たんぱく質の異なる WPC と MPC を使ったヨーグルトの粘度  
(68°C 15 分間加熱)



注：8%のたんぱく質と10%のたんぱく質のWPC80強化ヨーグルトミックスは、85°Cで15分加熱すると凝固した。

(図4)。高熱処理する方が、ホエイたんぱく質の変性が多く、テクスチャーが硬くなるため、この結果は予想通りです。また、ヨーグルトを高温まで加熱するには時間が長くかかり、そのおかげでMPC85の水和に時間をかけられるということも考えられます。

どの程度のテクスチャーが望ましいか、何%のたんぱく質含有量にするかによって、処方には異なる乳由來たんぱく質を選ぶ場合があります。たとえば飲むヨーグルトを生産する場合は、強化にWPC80を使用し、粘度の低い、飲みやすいヨーグルトを作るようにします。

WPC80とMPC85でそれぞれ強化したヨーグルトでは、培養時間も違いました。たんぱく質含有量が6%と8%のWPC強化ヨーグルトは、pH4.6に到達するのに5時間かかりましたが、MPC85強化ヨーグルトはそれぞれ6-8時間かかりました。たんぱく質含有量が10%の場合、WPC強化ヨーグルトはpH4.6に達するのに8時間、MPC強化ヨーグルトでは9時間かかりました。全体として見ると、含有量の多いたんぱく質で強化したヨーグルトの方が、培養時間が長くかかります。

たんぱく質はヨーグルトの緩衝能力を高めるため、目標値のpH4.6に到達するのに、より多くの酸を生成したり、発酵時間を長くしたりする必要があり

ます。カルシウムの含有量が多くても緩衝能力が高まります。そのため、たんぱく質の含有量が同じであれば、WPCよりMPCの培養時間の方が長くなります。

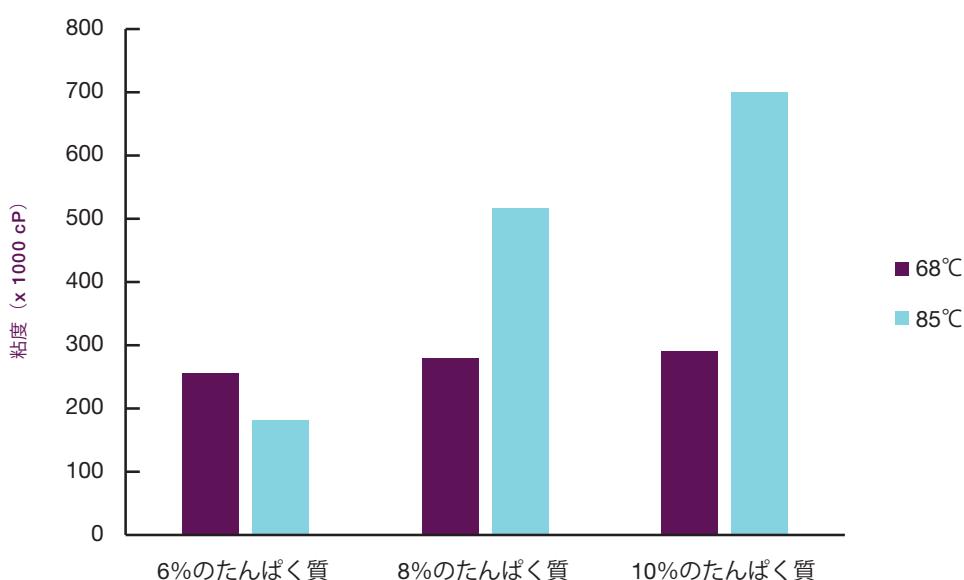
### フレーバー

非乳由来原料と違って、乳原料にはとてもマイルドで甘いミルクのようなフレーバーを持っており、それがヨーグルト製品と非常によく合っています。しかしギリシャスタイル・ヨーグルト製品を作るときは、たんぱく質の含有量の多さが、完成したヨーグルト製品の渋みに影響することがあります。

### ゲル化

ホエイたんぱく質は熱不可逆性ゲルを形成します。ゲルの特徴は、たんぱく質の濃度、溶液のpH、カルシウムとナトリウムイオンの濃度によって異なります。ホエイたんぱく質を70°C以上で熱すると変性と重合が生じ、ゲルが形成されます。ホエイたんぱく質は構造を変え、脂肪と水分を取り込む能力のある三次元のネットワークを形成することによって、不可逆性のゲルを形成します。強力なゲルのネットワークはこの水分を保持するはたらきがあり、水分が失われるのを防ぐため、ホエイの分離を抑える効果があります。

**図4:**  
MPC85を使い、たんぱく質量と加熱温度の異なるヨーグルトの粘度



## 見た目の魅力

ヨーグルト製品によっては、乳原料が完成品に不透明性や白さを加えることができます。WPC80の含有量を増やす(最大8-10%のたんぱく質)と、ヨーグルトはオフホワイトから淡褐色に色づきますが、同じたんぱく質含有量のMPC85で作ったヨーグルトは真っ白になります。

## 乳化作用

乳由来たんぱく質は、水中脂型乳剤を安定させるために、食品産業で広く使われています。ホエイたんぱく質には親水性と疎水性のグループがあります。そのため、たんぱく質は油水界面で急速に両者を吸収し、変性して、油滴の凝集や合体を防ぐ安定層を形成することができます。ホエイたんぱく分子の親水部分では水を結合し、疎水部分では脂肪をカプセル化して、システムの安定をはかるのです。特殊なヨーグルト製品には化学乳化剤が用いられていますが、その全部または一部をこれで代用することができます。また、ホエイ原料と結合した脂肪は、リン脂質(レシチン)が比較的多いため、乳化能力がさらに高くなります。

## ホイッピングと泡立て

ホイッピング能力と泡立て機能は、ムース風ヨーグルトや、濃厚なシェイク風のヨーグルト飲料などの特殊ヨーグルト製品を処方するのに役立ちます。乳由来たんぱく質は気泡を安定させ強化するはたらきがあります。

## 溶解性

乳由来たんぱく質は水に溶けやすい性質があります。未変性のホエイたんぱく質原料は、pHの全範囲(pH2から10まで)で非常によく水に溶けます。しかし熱を加えるとホエイたんぱく質の溶解性が低下し、特にpH3.5から6の間では、沈殿が生じやすくなります。また、乳由来たんぱく質の粉末を処理するとき、溶解性を長時間維持するには、ミネラルの含有量を最小限に抑えることが重要になります。

## 分散性

乳原料は均一に分散する性質があります。原料を必要以上に攪拌しないで、素早く水に溶かさなくてはならない用途に使う場合は、インスタント化されたWPCやWPIを使用することができます。独特のスプレードライ法を用いて、湿潤性、沈降性、分散性の高い塊成物を生成しておけば、すぐ使うことができます。

## ヨーグルト製品の処方に乳原料を加えるとき、考慮すべき要素

### フレーバー

SMPをSWPやWPCで代用した場合、ヨーグルトのフレーバーに生じる影響は、製品の種類によってさまざまです。いくつかの研究では、カゼインはすぐれたフレーバーマスキング特性を示しているとされていますが、ヨーグルト加工業者からは、カゼインの代わりに一部ホエイたんぱく質を使うと、レシピに添加したフルーツなどの香味料の香りが高まるという意見が頻繁に出されています。ヨーグルトの強化に使われる乳原料は無臭でなくてはなりません。異臭があると、ヨーグルトにその匂いがうつる恐れがあるからです。プレーンヨーグルトより、香りが強く甘いヨーグルトの方が、こうした異臭の問題は少ないといえます。

### 乳糖濃度

乳糖の量が多いと、後酸性化の危険性が増す場合があります。よって、WPI、WPC80、MPC80、MPIなどの高たんぱく粉末を使うと、この不具合が生じる危険性を減らすことができます。乳糖の量が少ないと、ヨーグルトの糖分が低下するため、それを魅力に感じる消費者もいます。WPC80やWPIなどの低乳糖・高たんぱくパウダーは濃縮したホエイたんぱく質なので、こうした原料を使うと、ホエイパウダーの必要量が少なくてすみます。

### 使用量

最適な添加/代用量を決める上で、考慮すべき重要な点は以下の通りです。

- 必要以上に多くの量を使うと、テクスチャーに不快な欠陥が生じる場合があります。(SMPの代わりにWPCを使いすぎると塊ができる)
- ホエイたんぱく質の含有量が多すぎると、ヨーグルトミックスの加熱処理中に、凝固が生じる可能性があります。よって、使用するWPCの種類によっては、ホエイたんぱく質を4%以上ヨーグルトミックスに添加することは推奨しません。
- 酸性ホエイから作ったWPCはミネラル含有量が多いので、甘性ホエイから作ったWPCより熱凝固に弱い性質があります。ヨーグルトミックスのミネラル強化もたんぱく質の熱感度に影響を及ぼします。
- たんぱく質1グラム当たりのテクスチャー生成能力は、ミルクたんぱく質の種類と、ミルクたんぱく質の凝集状態によって異なります。

### 変動性

完成品に思い通りの特徴を持たせるため、乳由来たんぱく質原料の種類や使用量を、米国のサプライヤーと話し合うとよいでしょう。たんぱく質の量と機能性の異なる、複数の種類のWPCとMPCがあります。改質製品、たとえばゼラチンの特徴を改善した製品などもあります。

## 組成規格

### ヨーグルト

ヨーグルト製品は、全乳を原料とする全脂肪ヨーグルトから無脂肪ヨーグルトまで、脂肪含有量はさまざまです。ヨーグルトの定義と組成に関する規定は国によって異なります。

米国では、ヨーグルトは脂肪含有量の違いによって、法律で3種類に定義されています。ヨーグルト（全脂肪）は、香味料を加える前の状態で、3.25%以上の乳脂肪と8.25%以上の無脂乳固形分（MSNF）を含んでいなければなりません。低脂肪ヨーグルトは、香味料を加える前の状態で、0.5%以上2.0%以下の乳脂肪と8.25%以上のMSNFを含んでいなければなりません。ノンファットまたはファットフリー（無脂肪）ヨーグルトは、香味料を加える前の状態で、乳脂肪含有量は0.5%未満で、添加脂肪を含まず、8.25%以上のMSNFを含んでいなければなりません。

世界各地のヨーグルト製品と比べると、いくつかの注目すべき違いがあります。米国で生産されるヨーグルト製品の大半には、レシピに甘味料と安定剤が含まれています。安定剤はテクスチャーワークの操作やホエイの分離を最小限に抑えるのに役立ちます。一般的には加工でんぶん、ゼラチン、ペクチンが使われ、グアガムやアガーベが使われることもあります。

カップヨーグルト製品は香味料や甘味料を加えたものだけでなく、香味料を加えていないもの、わずかに甘味料を加えただけのものもあります。チューブ入りや飲むヨーグルトはたいていどれも香味料と甘味料が加えられています。甘味料は標準的な天然糖から高甘味度非栄養性甘味料までさまざまな種類があります。

米国では、低糖ヨーグルトや低カロリーヨーグルトが人気を集めています。規則で定義されてはいないものの、こうした製品は通常、乳原料に含まれるたんぱく質の固形分に対する割合が普通より高く、高甘味度甘味料が含まれています。

米国以外の国々では、ヨーグルト製品は米国ほど甘くなく、その多くは安定剤を含まないか、あるいは安定剤の添加が認められていません。むしろ、培養菌の種類、濃縮ミルクたんぱく質の増量、製造工程の要素を変更するなどの方法を用いて、こうした製品のテクスチャーを操作し、ホエイの分離を最小限に抑えています。

今では多くのヨーグルトや飲むヨーグルトに塩気のあるセイボリー味も登場し、世界の消費者の関心が集まっています。



### 発酵乳

ヨーグルトは世界各地で、様々な名前で呼ばれています。それは法律の規定や定義には関係のない名前です。単に発酵乳として分類される製品は、多くの国々の文化の一部として、何世紀にもわたって存在してきました。

ヨーグルトをはじめとする発酵乳の国際基準は、2003年に改訂され採択されたコーデックス規格の基準243項に記載されています。この基準では、ヨーグルトに用いる乳は、組成を調整した乳または無調整の乳から得られた製品を用いて製造してよいと規定しており、その調整については次のように制限されています。たんぱく質は2.7%以上、乳脂肪は

## 乳原料の選択

製品が消費者に受け入れられるためには、特定の用途に合った乳原料の量と種類を選ぶことが何より重要です。現在、特殊な乳製品や特製の乳製品、あるいはそれらのブレンドが販売されているので、米国の乳原料もさまざまな種類が登場しています。製品の開発段階で、米国乳原料サプライヤーにご相談頂ければ、顧客の目的に応じた最適な乳原料を見つけることをお手伝いいたします。乳原料の選択には、以下の点を考慮いたします。

### 経済性

乳原料はヨーグルト製品にたんぱく質を加え、製品内の水と結合します。材料費を減らし、最終製品の収量を高める上で重要な役割を果たす可能性があります。

### 栄養表示内容

健康、構造／機能、または栄養内容に関する表示があれば、ヨーグルト製品はそれに従って処方しなくてはなりません。乳製品は高品質のたんぱく質や、カルシウム、リンといった乳由来ミネラルの重要な供給源です。また、低脂肪や低糖のレシピでは、間接的にWPC、WPI、MPC、MPIも機能的なメリットをもたらすことができます。

### 加工条件

乳原料の扱いや添加については、完全に水和させ十分な機能性を持たせるように注意が必要です。また、望ましい粘度やたんぱく質の目標値によって、ミルクたんぱく質を使うかホエイたんぱく質を使うか、あるいはどれくらいの発酵／加工時間が最適かが決まります。

15%未満、滴定酸度は0.6%以上であること。製品には共生菌のストレプトコッカス・サリバリウス・サブスピーシーズ・サーモフィラスとラクトバチルス・デルブルエッキ・サブスピーシーズ・ブルガリカスが含まれていること。こうした種菌は1グラム当たり合計 $10^7$ 個以上含まれ、標識微生物は1グラム当たり $10^6$ 個含まれていること。種菌は（適切に貯蔵された場合）保存可能期間の終了時まで生存能力があり活発で製品中に豊富に含まれていること。

ヨーグルト製品を低温殺菌する場合は、培養菌が死滅していることを知らせるラベルが必要になることがあります。米国では現在の規則で、加熱処理したヨーグルトを「ヨーグルト」と呼ぶことが認められていますが、世界の多くの国々では、こうした製品は「加熱処理発酵乳」など、「ヨーグルト」以外の関連用語で呼ばなくてはならないことになっています。

コーデックス規格の全文は  
[www.codexalimentarius.net](http://www.codexalimentarius.net) をご覧ください。

## ヨーグルト製品の品質保持

適切な衛生・品質保証プログラムを備えたメーカーが生産するヨーグルトは、保管・販売期間中に適温(0 – 4°C)で冷蔵すれば、45 – 60日間の保存が可能です。他のいろいろな食品に比べると、ヨーグルト製品は、ミルクに高熱処理を施していること、製品のpHが低いこと、そのため乳酸の濃度が高いなどの理由から、微生物の問題が少ないといえます。

果実やピューレは、その香味組織を十分処理してから貯蔵しないと、製品が汚染される恐れがあります。これは、ヨーグルト製品に添加するすべての原料に言えることです。適正な製造管理が非常に重要です。

後で食べるつもりで、外出時にヨーグルト製品をバッグに入れて出かける消費者は大勢います。食べる直前まで冷蔵していないても、酸性環境と活性培養菌が、ヨーグルト製品の品質と安全性を守るはたらきをするというのは、そうした方々にとって嬉しいニュースでしょう。

## ヨーグルトによく見られる問題と改善策

問題	問題の原因	改善策
<b>離水 (ホエイの分離)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>たんぱく質または脂肪の含有量が少ない</li> <li>ミルクの加熱処理や均質化が不十分だった</li> <li>培養温度が高すぎる</li> <li>酸性度が低い</li> <li>冷却前の凝固による障害(振とうや振動)</li> <li>流通チェーンにおいて静置型ヨーグルトの不適切な扱いがあった</li> <li>不明</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>たんぱく質や脂肪の含有量を増やす</li> <li>加熱処理を増やし、均質化圧力を高める</li> <li>培養温度を40–42°Cに下げる</li> <li>pHを4.4程度にする</li> <li>振動を減らし十分に冷却する</li> <li>貯蔵中の乱暴な扱いを減らす</li> <li>安定剤を加える、培養菌の種類を変える、種菌にエキソ多糖類を生成する培養菌を加える</li> </ul>
<b>粒状化／ざらつき (団塊)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>粉末の混合／水和が足りない</li> <li>冷却前に攪拌した</li> <li>カルシウム塩やホエイたんぱく質が沈降する</li> <li>培養温度が高すぎる</li> <li>培養率が低すぎる</li> <li>安定剤の添加が多すぎる</li> <li>カゼインに対するホエイたんぱく質の比率が高すぎる</li> <li>攪拌ヨーグルトを作るための混合中、たんぱく質の大きな塊の粉碎が不十分だった</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>加工条件を修正する</li> <li>十分に冷却する</li> <li>加工条件を修正する</li> <li>培養温度を42°Cに下げる</li> <li>培養率または培養菌の種類を変える</li> <li>添加率を変える</li> <li>カゼインに対するホエイたんぱく質の比率を下げる</li> <li>網またはメッシュを使って塊を粉碎する</li> </ul>
<b>粘度が低い</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>たんぱく質または脂肪の含有量が少ない</li> <li>ミルクの加熱処理や均質化が不十分だった</li> <li>培養温度が高すぎる</li> <li>培養率が低すぎる</li> <li>冷却時にヨーグルトを必要以上に攪拌した</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>たんぱく質や脂肪の含有量を増やす</li> <li>加熱処理を増やし、均質化圧力を高める</li> <li>培養温度を40–42°Cに下げる</li> <li>培養率または培養菌の種類を変える</li> <li>加工条件を修正する</li> </ul>

(Tamine and Robinson, 2007より)<sup>8</sup>

## ヨーグルトの処方サンプル

本セクションでは、製品開発に役立てるための出発点として、処方をご紹介します。使用する原料そのものの性質、加工と貯蔵に関するさまざまな要素、現地の規則、各市場でターゲットとする消費者の好みなどに応じて、調整が必要なところもあります。詳しくは米国の乳原料サプライヤーにご相談ください。また、添加物の使用やラベル表示の要件について、現地の規則をご確認ください。

### セイボリー ギリシャスタイル・ヨーグルト



#### 成分

	使用量(%)
無脂肪ギリシャスタイル・ヨーグルト	97.96
あらみじん切りしたフリーズドライのグリーンペッパー	0.49
あらみじん切りしたフリーズドライのレッドペッパー	0.49
あらみじん切りしたフリーズドライのきゅうり	0.30
あらみじん切りしたフリーズドライのエシャロット	0.30
あらみじん切りしたフリーズドライのにんにく	0.29
塩	0.07
乾燥バジル	0.06
乾燥ディル	0.02
あらびき黒コショウ	0.01
パプリカ	0.01
<b>合計</b>	<b>100.00</b>

#### 栄養素含有量

##### 米国の栄養表示

栄養成分表	
1食分の量 1カップ(225g)	
1食当たりの栄養成分	
130カロリー	脂肪0カロリー
	1日の摂取量(%)*
脂肪合計 0g	0%
飽和脂肪 0g	0%
トランス脂肪 0g	
コレステロール 15mg	5%
ナトリウム 150mg	6%
カリウム 330mg	9%
炭水化物合計 12g	4%
食物繊維 1g	4%
糖 10g	
たんぱく質 22g	42%
ビタミンA 10%	ビタミンC 45%
カルシウム 25%	鉄 2%
チアミン 6%	リボフラビン 0%
リン 30%	
*1日の摂取量(%)は2,000カロリーの食事をもとに計算している。個人に必要なカロリーによって、1日の摂取量はこれより上下する場合がある。	
カロリー 2,000	2,500
脂肪合計 65g未満	80g未満
飽和脂肪 20g未満	25g未満
コレステロール 300mg未満	300mg未満
ナトリウム 2,400mg未満	2,400mg未満
カリウム 3,500mg	3,500mg
炭水化物合計 300g	375g
食物繊維 25g	30g
たんぱく質 50g	65g
1g当たりのカロリー 脂肪9カロリー、炭水化物4カロリー、たんぱく質4カロリー	

##### 100g当たり

脂肪合計	0g
飽和脂肪	0g
トランス脂肪	0g
コレステロール	7mg
炭水化物合計	5g
食物繊維	0g
糖	4g
たんぱく質	10g
カルシウム	111mg
リン	133mg
カリウム	147mg
ナトリウム	67mg
鉄	0mg
ビタミンA	222IU
ビタミンC	12mg

#### 作り方

- ヨーグルト、フリーズドライの野菜、ハーブ、塩、スパイスを混ぜる。
- 混ぜたものを冷蔵温度で24時間水和させる。
- 食べる前に攪拌する。
- お好みで、タルトカップに入れて、またはクラッカーに添えて食卓へ。

## 低脂肪攪拌型(ソフト)ヨーグルト



### 成分

	使用量(%)
スキムミルク	75.46
乳脂肪1%のミルク	18.87
乳脂肪40%のクリーム	2.98
脱脂粉乳	1.99
安定剤	0.70
培養菌	サプライヤーの推奨による
<b>合計</b>	<b>100.00</b>

### 作り方

1. 培養菌以外の全部の材料を混ぜる。
2. 85 – 90°Cで15秒間、または80 – 82°Cで30分間、低温殺菌する。10 – 14 MPa (1450 – 2030 psi) で均質化する。
3. 34 – 41°Cで冷却する。ヨーグルト培養菌を接種し、pHを4.20 – 4.65にする。
4. 15°C未満になるまで冷却する。
5. 攪拌する。
6. 包装する。
7. 冷蔵する。

### 栄養素含有量

#### 米国の栄養表示

##### 栄養成分表

1食分の量 1カップ(245g)  
容器当たりの分量

1食当たりの栄養成分	
190カロリー	脂肪40カロリー
1日の摂取量(%)*	
脂肪合計 4.5g	7%
飽和脂肪 3g	15%
トランス脂肪 0g	
コレステロール 30mg	10%
ナトリウム 125mg	5%
炭水化物合計 13g	4%
食物繊維 0g	0%
糖 12g	
たんぱく質 24g	
ビタミンA 4%	ビタミンC 0%
カルシウム 70%	鉄 0%
*1日の摂取量(%)は2,000カロリーの食事をもとに計算している。個人に必要なカロリーによって、1日の摂取量はこれより上下する場合がある。	
カロリー 2,000	2,500
脂肪合計 65g未満	80g未満
飽和脂肪 20g未満	25g未満
コレステロール 300mg未満	300mg未満
ナトリウム 2,400mg未満	2,400mg未満
炭水化物合計 300g	375g
食物繊維 25g	30g
1g当たりのカロリー 脂肪9カロリー、炭水化物4カロリー、たんぱく質4カロリー	

#### 100g当たり

カロリー	50kcal
脂肪合計	1.5g
飽和脂肪	1g
トランス脂肪	0g
コレステロール	6mg
炭水化物合計	5g
食物繊維	0g
糖	5g
たんぱく質	3g
カルシウム	120mg
マグネシウム	11mg
リン	98mg
カリウム	151mg
ナトリウム	50mg
鉄	0mg
ビタミンA	237IU
ビタミンC	0mg

## きゅうりとレモンのヨーグルト飲料



### 成分

	使用量 (%)
低脂肪ミルク	90.21
ミルクパーミエイト (乳固体分)	6.49
脱脂粉乳	0.92
きゅうりのピューレ	2.20
天然レモン香料	0.15
ヨーグルト培養菌 (CHRハンセン YCX11)	0.02
プロバイオティック菌 (CHRハンセンF-DVSABC)	0.01
<b>合計</b>	<b>100.00</b>

### 作り方

- パーミエイトと脱脂粉乳をミルクに入れ、高速ミキサーで混ぜる。30分間水和させる。
- 混合物を 60°C に温め、2,500/700 psi で均質化する。
- 85°C で 30 分間低温殺菌する。
- 42°C に冷却する。
- 培養菌を接種し、プロバイオティック菌を加える。
- 42°C で、pH が 4.2 になるまで 4 – 5 時間培養する。
- きゅうりのピューレとレモン香料を混ぜる。
- 4°C に冷却し、冷蔵温度で貯蔵する。

### 栄養素含有量

#### 米国の栄養表示

栄養成分表	
1食分の量 1カップ(240ml)(227g) 容器当たりの分量	
1食当たりの栄養成分	
160カロリー	脂肪35カロリー
	1日の摂取量(%)*
脂肪合計 4g	6%
飽和脂肪 2g	10%
トランス脂肪 0g	
コレステロール 15mg	5%
ナトリウム 130mg	5%
炭水化物合計 24g	8%
食物繊維 0g	0%
糖 24g	
たんぱく質 8g	16%
ビタミンA 8%	ビタミンC 2%
カルシウム 50%	鉄 0%
*1日の摂取量(%)は2,000カロリーの食事をもとに計算している。個人に必要なカロリーによって、1日の摂取量はこれより上下する場合がある。	
カロリー 2,000	2,500
脂肪合計 65g未満	80g未満
飽和脂肪 20g未満	25g未満
コレステロール 300mg未満	300mg未満
ナトリウム 2,400mg未満	2,400mg未満
炭水化物合計 300g	375g
食物繊維 25g	30g
たんぱく質 50g	65g
1g当たりのカロリー 脂肪9カロリー、炭水化物4カロリー、たんぱく質4カロリー	

#### 100g当たり

カロリー	70kcal
脂肪合計	2g
飽和脂肪	1g
トランス脂肪	0g
コレステロール	7mg
炭水化物合計	11g
食物繊維	0g
糖	11g
たんぱく質	4g
カルシウム	220mg
ナトリウム	57mg
鉄	0mg
ビタミンA	176IU
ビタミンC	1mg

# Q & A

**質問：どのホエイ原料を使うとヨーグルトのゲルが最も硬くなりますか。**

**回答：**ヨーグルトのテクスチャーの操作に最も関係が深いのは、ホエイ原料に含まれるr3-ラクトグロブリンであるため、たんぱく質WPC (WPC80など) やWPIは、同量の低たんぱく質製品 (SWPやWPC34など) より、テクスチャーを硬くするはたらきがあります。r3-ラクトグロブリンを強化した変性WPC製品は、同量のたんぱく質を使った未変性WPC/WPI製品より、ヨーグルトのゲルが硬く粘性も高くなると思われます。

**質問：ヨーグルトの処方で、ホエイたんぱく質に対するカゼインの比率を減らすとどうなりますか。**

**回答：**ホエイたんぱく質に対するカゼインの比率を減らすと、硬度と粘度が高まります。それが望ましいかどうかは、ヨーグルト製品の市場での位置づけによって異なります。しかし、このように比率を減らすと、ホエイの分離も少なくなります。これは普通、どんなヨーグルトにとっても望ましいことです。

**質問：ヨーグルトミックスに乳由来たんぱく質を加えすぎるとどうなりますか。**

**回答：**たんぱく質を必要以上に加えたり、適切な水和処理を行わなかったりすると、ざらつきやかたまりができ、黄色くなり、テクスチャーがもろく崩れやすくなる可能性があります。

**質問：ヨーグルト飲料の粘度に影響を与える、たんぱく質含有量を増やすにはどうすればいいでしょうか。**

**回答：**ヨーグルト飲料のたんぱく質含有量を増やすには、低温殺菌したWPC80またはWPIの溶液を、飲料のヨーグルトに混ぜることです。溶けやすい(未変性の)WPIは、粘度を高めずにたんぱく質の含有量を増やすことができます。ただし、WPIは未変性のものに限ります(つまり、加熱処理後に加えるか、発酵製品に直接加える)。

**質問：バッチごとの粘度を一定に保つ上で、乳原料はどのようなはたらきをしますか。**

**回答：**乳原料の組成や加工はさまざまで、ヨーグルトの生産プロセスも同じではありません。そのため、ヨーグルトのゲルの硬度や粘度も一定でない可能性があります。あらゆる乳固形分のさまざまな種類や由来、ミルクの熱処理、熱処理した時のミルク

のpH、種菌、培養温度、発酵後の製品の搅拌、これらすべてがゲルの硬度や粘度に影響を及ぼします。粘度を一定に保つ原因を特定するには、すべてを考えに入れる必要があります。高品質の乳由来たんぱく質が、ざらつきを克服するのに効果があるという認識が多数を占めています。

**質問：WPCを使うとカップヨーグルトのホエイの分離が少なくなるのはなぜですか。**

**回答：**多くの研究や業界の経験から、ヨーグルトのレシピに含まれるホエイたんぱく質と離水の抑制には直接の関係があることが分かっています。

しかし、培養温度が高かったり、物理的に乱暴な扱い(振るなど)をしたりすると、ゲルにストレスが生じ、ホエイが分離することもあります。加工食品でんぶんなどの安定剤を加えると、ゲルをさらに保護することができ、一般に、搅拌型ヨーグルトや、国内外の厳しい流通システムを通っていくヨーグルトには必要なものと考えられています。でんぶんのデメリットは、香りに影響することです。加えるでんぶんの濃度は最小限におさえることが望ましく、それは、レシピにWPCや、ゼラチンや低メトキシリペクチンといった他の安定剤を加えることで解決できます。また、ミルクの高温処理によってでんぶんの顆粒が膨張した後、搅拌によってその顆粒になるべくダメージを与えないようにすれば、でんぶんの使用量を少なくすることができます。

**質問：ヨーグルト飲料を安全に加熱処理するにはどうすればいいでしょうか。**

**回答：**カゼインとホエイたんぱく質にとって最大の不安定要素は、ヨーグルトのpH範囲です。たんぱく質の凝集によって、テクスチャーのざらつきや、ホエイの分離が生じる心配があるからです。ヨーグルト飲料を発酵した後、低温殺菌するのであれば、高メトキシリペクチン溶液を、ヨーグルトや、発酵後に加えるWPCまたはWPIに混ぜます。通常のヨーグルト飲料のpH範囲である3.8から4.4では、高メトキシリペクチンは負の電荷を帯びています。それがホエイたんぱく質やカゼインに吸収されると、たんぱく分子同士の静電反発力を高めるため、熱凝固を防ぐはたらきがあります。加熱温度と加熱時間を最小限にし、加熱中に乱流を加えることが、熱凝固を抑えるのに効果的です。サプライヤーと協力し、こうした条件下で加熱するのに最も安定したWPC/WPIを手に入れることができ非常に大切です。

## 参照文献：

1. Karam, M., Galani, C., Hosri, C., Burgain, J., and Scher, J. *Effect of dairy powders fortification on yogurt textural and sensorial properties: a review.* 2013. *J Dairy Res.* 80:400-409.
2. Rittmanic, S. U.S. Whey Proteins in Ready to Drink Beverages. 2006. U.S. Dairy Export Council.
3. Anema, S. Pinder, D., Hunter, R., and Hemar, Y. 2006. *Effects of storage temperature on the solubility of milk protein concentrate (MPC85).* 2006. *Food Hydrocolloids* 20 386-393.
4. Crowley, S., Desautel, B., Gazi, I., Kelly, A., Huppertz, J. and O'Mahoney, J. *Rehydration characteristics of milk protein concentrate powder.* 2015. *J Food Eng.* 149:105-113.
5. Sikand, V., Tong, P., Roy, S., Rodriguez-Saona, L. and Murray, B. 2011. *Solubility of commercial milk protein concentrates and milk protein isolates.* *J Dairy Sci.* 94(12) 6194-6202.
6. Karam, M., Gaiani, C., Barbar, R., Hosri, C., and Scher, J. 2012. *Effect of dairy powder rehydration state on gel formation during yogurt process.* *J. Dairy Res.* 79:280-286.
7. Bong, D., Moraru, C. *Use of micellar casein concentrate for Greek-style yogurt manufacturing: Effects on processing and product properties.* 2014. *J. Dairy Sci.* 97:1259-1269
8. Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. *Tamime and Robinson's Yoghurt Science and Technology, Third Edition.* Cambridge: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2007.

USDECは、専門知識を提供して頂いた故 Alan Hugunin 博士、Sharon K. Gerdes、John A. Lucey 博士、Kimberlee (K.J.) Burrington、Mary Wilcox、Shannon Koski に感謝の意を表します。

## 米国酪農産業について

米国は単独で世界最大量の牛乳を生産していますが、その担い手である米国酪農産業は、牛乳供給量の豊富な増産と、競争力のある製品ラインナップの開発を続け、乳製品に対する世界の需要増加に対応する態勢を整えています。研究と技術革新への継続的な投資と、長く豊かな伝統を持つ熟練技術によって、米国は世界有数の良質な乳製品や原料の供給国となりました。お客様のニーズに対応し、そのビジネスの推進力となるために、米国の乳製品サプライチェーン、すなわち酪農農家、牛乳加工業者、製品や材料のメーカー、酪農研究機関が一丸となって協力し、高品質で栄養価の高い製品を提供しています。



お問い合わせ先

### アメリカ乳製品輸出協会 (USDEC)

〒102-0072

東京都千代田区飯田橋1-5-9 精文館ビル5F

Tel: 03-3221-5852 Fax: 03-3221-5960 Email: [usdecjapan@marketmakers.co.jp](mailto:usdecjapan@marketmakers.co.jp)

### 乳由来たんぱく質の購入については

「[ThinkUSAdairy.org](http://ThinkUSAdairy.org)」で「U.S. Dairy Supplier Directory」(サプライヤーリスト)より検索してください。