



食肉加工品における米国産ホエイプロテイン(乳清タンパク質)

執筆者: Gitanjali Prabhu, Ph.D.
Meat and Poultry Industry Consultant, PHD Technologies LLC

編集者: Annie Bienvenue, Antonella da Camara
アメリカ乳製品輸出協会(U.S. Dairy Export Council)

消費者、加工業者、および規制機関の意識変化によって、食肉加工品へのホエイプロテインの使用が増加している。

ホエイプロテインは、結合剤、增量剤、食感改良剤として、畜肉および家禽肉製品に広く使用されている。

それらの機能特性に加え、ホエイプロテインは消化しやすく生体に利用可能な、栄養価の高い必須アミノ酸を含んでいる。

加工された畜肉、家禽肉、魚介類食品に使用できる米国産ホエイプロテインには、いくつかの種類がある。最も広範に使用されているのは、スイートホエイ、WPC(濃縮ホエイプロテイン:タンパク質含有量 34~80%)、WP(分離ホエイプロテイン:タンパク質含有量 90% 以上)、その他目的に合わせて特別に調製されたWPCやWPである。

全ての食肉製品に利用できる一つのタイプのホエイプロテインというのではなく、利用条件に従い、WPCやWPの固有の機能を適合する必要がある。ホエイプロテインは単体のタンパク質として、あるいは食肉タンパク質の一部代替品として使用される以外にも、大豆タンパク製品や加工でんぶん、親水コロイド・ガムなどの非食肉性結合剤の一部、もしくは全代替品として利用できる。

米国産ホエイプロテインは、ホットドッグやボローニャ・ソーセージなどのエマルジョン(練り製品だけでなく、ディナー・ソーセージやブレックファスト・ソーセージ、粗挽きハンバーグのような粗挽き製品などにも、保湿性、脂肪結合性、乳化性、乳化安定性としての特性を発揮し、有効に利用されている。

また、チキンナゲットやミートパテ、成形されたハムのような成型畜肉および家禽肉製品では、質量の向上、スライシングの向上、真空包装でのドリップの軽減、肉片の結着向上に使用されている。



ホエイプロテインの機能特性

ホエイプロテインの機能特性には、食品に役立つタンパク質の物理化学的性質が含まれる。どのような食品素材であれ、不快な臭いや色がなく、他の材料や工程に調和し、安価で導入しやすく、製品に有効な働きが供与できなければならぬ。

食肉への利用で最も有用なホエイプロテインの機能は、溶解性、水結合性と粘着性、乳化、結着、ゲル化、食感の向上である。その他にも、分散、食用膜形成、抗酸化作用、褐色着色などの機能があるが、肉製品ではそれほど重要ではない。

**濃縮ホエイプロテイン(WPC)と分離ホエイプロテイン(WPI)の一般的な組成**

成分	WPC34 (%)	WPC80 (%)	WPI (%)
タンパク質	34.0 ~ 36.0	80.0 ~ 82.0	90.0 ~ 92.0
乳糖(ラクトース)	48.0 ~ 52.0	4.0 ~ 8.0	0.5 ~ 1.0
脂肪	3.0 ~ 4.5	4.0 ~ 8.0	0.5 ~ 1.0
灰	6.5 ~ 8.0	3.0 ~ 4.0	2.0 ~ 3.0
水分	3.0 ~ 4.5	3.5 ~ 4.5	4.5

溶解性

ホエイプロテインはカゼインナトリウムや大豆タンパクに比べ、特に高い溶解性を持っている。カゼインナトリウムはPH 5以上で、大豆タンパク濃縮物と大豆タンパク単離物はPH 5.5以上で溶解する。対して、ホエイプロテインは全PH域(PH 2~10)で優れた溶解性を発揮する。

広いPH域で溶解するため、インジェクション処理する製品に利用するには理想的である。インジェクション処理された畜肉や家禽肉製品においては、ホエイプロテインは塩、リン酸塩、デキストロース、亜硝酸塩、エリソルビン酸塩を含む塩水溶液に溶ける。広いPH域で簡単に溶ける性質は、食肉製品にインジェクション処理する塩水溶液を作る上で非常に重要となる。

水結合性と粘着性

大量の水を結合する製品は、粘着性を生じる。ホエイプロテインは加熱されると、その球形構造を作っていた結合が分解。タンパク質の分子が拡散し、さらに別の水結合サイトができ、溶液の粘着性が増す。

食肉製品ではホエイプロテインのこの水結合特性が、肉製品のテクスチャー向上に役立つ。水結合によって調理ロスが減り、最終製品にジューシーさやしつとり感を提供する。ジューシーさが増すと、肉製品の食感や口当たりが良好となる。

乳化

ホエイプロテインは水中油型乳化物を安定させるため、食品産業で広く使用されている。ホエイプロテインには、親水性と疎水性

の両グループがあり、そのためタンパク質が油と水の界面ですばやく吸収・拡散。油滴を安定させて、凝集や結合を防ぐ層を形成する。分子の親水性サイトは水を結合し、疎水性サイトで脂肪を包み込むため、結果として系が安定する。ホエイプロテインは従来の乳化剤と同じ働きをする上に、低コレステロールである。

ホエイプロテイン乳化物の安定性は、ガムを加えるか、系を加熱してタンパク質ゲルを作ることによって、さらに強化できる。タンパク質を加熱すると脂肪の可動性が低下して結合が最小となり、ゲル化によって脂肪エマルジョンを完全に閉じ込めることが可能となる。

ホエイプロテインの乳化特性は、ホットドッグやポローニャ・ソーセージのような乳化製品において、特に低級肉を使用する場合の安定性向上に、高価な赤身肉の代替に非常に有用である。

結着

ホエイプロテインの結着特性は、食品の均質なテクスチャーの向上に役立つ。WPCはパン粉や衣を肉、家禽肉、魚などに接着させるのに利用できる。チキンナゲットやハムのような成型品の製造では、肉片がしっかりと結着していることが重要な品質特性になる。

肉製品における結着の基本的メカニズムは二つある。肉の粒子の結着と、肉タンパク質による水結合(保持)で、これは加熱による筋原纖維タンパク質のゲル化によって起こる。実際の肉粒子の結合は調理中に、タンパク質のヒート・セットによって起こる。ホエイプロテインは強い不可逆性のゲルを形成し、それが伸長三次元の網目構造に再構成され結着を強めることによって結合を助ける。

ゲル化

ホエイプロテインは熱不可逆性のゲルを形成する。ゲルの性質はタンパク質の濃度、溶液のPH値、カルシウムイオン濃度、ナトリウムイオン濃度によって異なる。

ホエイプロテインの主要タンパク質はラクトグロブリンで、乾燥重量の50~65%を占める。ラクトグロブリンは熱によりゲルを形成するタンパク質であり、これは食肉製品では最も重要な点である。ホエイプロテインを70(158°F)以上に加熱すると、変成と重合を引き起こしゲルとなる。伸長三次元の網目構造に再構成されることで、不可逆性のゲルを形成する。このゲルは、肉製品の熱処理中に縮んで、肉タンパク基質から放出される脂肪と水を取り込む。

ゲルの強い網目構造が、水の保持を助けて水分消失を防ぎ、これが肉製品の調理歩留りを向上させる。ホエイプロテインのゲル化特性は、肉製品の湿潤性を維持し、食感と口当たりの改善に貢献する。また、水結合とゲル化の性質は、ドリップの削減に役立つ。ドリップとは、肉製品を冷蔵貯蔵している間

に出る遊離水のこと。この遊離水は、製品の賞味期限を短縮する腐敗微生物の温床にもなりうる。

調理済みフレックファスト・ソーセージや、ビーフ・ハンバーグのような冷凍製品では、ホエイプロテインの働きにより、電子レンジで再加熱する際に出る解凍ドリップを削減できる。

ホエイプロテインの物理的性質と能力をより良くるために、さまざまな温度でのゲル特性をモデル系の他のタンパク質と比較した。比較に使用したタンパク質は分離ホエイプロテイン(WPI)、濃縮ホエイプロテイン(WPC)、分離大豆タンパク、濃縮大豆タンパク、特殊加工植物性タンパク質、カゼイン酸ナトリウムである。いずれの系でも12%のタンパク質濃縮物を使用し、食肉加工環境を想定するために2%の塩を加え、40~90(104~194°F)度で加熱した。その結果、他のタンパク質と比べ、WPIとWPCは65(149°F)以上で、最も強いゲルを形成することがわかった。温度が上昇するにつれてゲル強度は増し、70(158°F)以上では不可逆性の弾性ゲルを形成した。

風味

ホエイプロテインの風味は、純粋な形では非常に淡白である。しかし利用方法によっては、製品の風味を際立たせたり、プロテイン自体の風味を加えたりすることも可能になる。例えば、ホエイプロテインを加熱すると揮発性の硫化物ができる。

遊離アミノ酸は、熱や他の化合物との化学的相互作用によって、風味豊かな化合物にも変わる。ホエイプロテインを酵素によって加水分解すると、風味を強める性質が生じる。プロテアーゼはタンパク質を加水分解するために加えられる酵素であり、加水分解された形のホエイプロテインは、スープ、ソース、ディップ、肉製品の風味を洗練し、磨き上げ、際立たせ、自然にその風味特性を強化する。

ホエイプロテインをベースとした調味料は、高価な香味料やスパイスの風味を知覚的に高めることで、調製コストの削減にも貢献する。WPCのもう一つの利点は、より豊潤でまろやかな風味を出し、口当たりを良くすることである。脂肪分を抑えることで旨味の一部を失った低脂肪製品では、特に重要なWPCの導入により、他の高価な添加調味料を経済的に代替できる。

分散性

ホエイプロテインは、一般的に優れた分散性を持つ。あまり攪拌せずに、成分をすばやく水に溶かす必要がある用途には、インスタント形状のWPCとWPがある。

インスタント化の工程では、湿潤性、沈殿性、分散性に優れた球塊を作るユニークなスプレードライ法を使用。このプロセスは、粉末飲料によく使用されている。肉に注入する塩水溶液に加える際、これをインスタント化すると塩水溶液中のホエイプロテインの分散性が向上する。タンパク質は攪拌すると過剰に泡立つことが知られており、この性質は塩水溶液にとっては好ましくない。過剰な泡立ちは消泡剤を使用することによって解決できる。





食用膜の形成

食用膜とは、コーティング剤として食品上やその構成材料上、またはその間に形成される食用素材の薄い層である。食用膜は水分、酸素、油脂、香りの防壁となり、食品の質の変化を防ぐことができる。

ホエイプロテインの成分には、透明かつ淡白で柔軟な水性の食用膜を作る能力があり、非常に低い相対湿度で、酸素、香り、油脂を遮断する優れた防壁の性質を持っている。

褐色着色

ホエイプロテイン中の乳糖とタンパク質の組み合わせは、熱により生じる褐色変成(メイラード反応)の必要成分となる。また、ホエイプロテインはカラメル化反応にも関与する。

ホエイプロテインの褐色着色特性は、焼き上げ製品であり重要性を持つが、表面温度が低く、従来のオーブンで生じる褐色の色付けには不十分とされる電子レンジ調理の肉製品にも、ホエイプロテインと乳糖によって褐色変化が起こるというメリットもある。

抗酸化作用

ホエイプロテインを使った食品中の抗酸化特性も研究されている。これにより、ポークやサーモンなどの加熱処理済みの製品で、脂質の酸化防止能力があることが認められている。この目的への商業的な応用は、まだ評価されていないが、脂肪分の高い肉製品に使用した場合のメリットが期待されている。

ホエイプロテインの栄養特性

タンパク質の品質とは、タンパク質の窒素提供における、必須および非必須アミノ酸のバランスを指す。「タンパク質消化率補正アミノ酸スコア(PDCAAS)」では、人に必要なアミノ酸を基にタンパク質の品質を測定する。PDCAASの必要基準は、概ねの窒素成分、必須アミノ酸の特性、実際の消化率である。この方法では、人に必要な必須アミノ酸条件を満たす理想的なスコアは1.00であり、ホエイプロテインは1.14。スコアが1.00を超えるため、人が必要とする以上の豊富な必須アミノ酸を含むと考えられる。この余剰分が必須アミノ酸不足を補い、より栄養価の高い調理済み食品や加工食品が可能となる。

動物性・植物性タンパク質のPDCAAS

タンパク質源	PDCAAS
WPC & WPI	1.14
カゼイン	1.00
分離乳タンパク質	1.00
分離大豆タンパク質	1.00
卵白粉末	1.00
牛挽き肉	1.00
レンズ豆(缶詰)	0.52
落花生ミール	0.52
小麦グルテン	0.25

全タンパク質源の内、ホエイプロテインは最も高濃度の分岐鎖アミノ酸(L-イソロイシン、L-ロイシン、L-バリン)を含む。タンパク質の合成を促す分岐鎖アミノ酸は、アスリートやダイエット中の人々に、安全な栄養補助として必要不可欠である。ホエイプロテインに含まれる必須アミノ酸量は、食糧農業機関(FAO)や世界保健機関(WHO)が、子どもと成人で定める推奨栄養摂取量を上回っている。

肉・魚介製品の種類と製法

一枚肉(ホールミート) 製品

一枚肉(ホールミート)製品には、丸ごとのハムやベーコンのような豚肉のプライマルカットや、鶏やターキーの胸肉やもも肉、牛肉のプライマルカットやポーションカットなどがあり、そのままの形状を保ちながら加工される。ポーク・ハムは塩、砂糖、亜硝酸塩、エルソルビン酸塩、ポリリン酸塩の混合液で浸漬される。ベーコンは豚のバラ(ベリー)部位の全部を使って加工される。

一般的に、牛豚のような畜肉あるいは家禽肉のホールカットやポーションカットでも、塩、ポリリン酸塩、ホエイプロテインを含む塩水溶液をインジェクション処理すると、調理した際に肉のみずみずしさと柔らかさが水分の取り込みと保持によって増加する。

成型肉製品

今日の食品市場では、加工食肉としての成型肉製品は、広範囲に見られる。肉の成型技術は、枝肉から切り出したプライマルカットやトリミングを一枚肉のように作り替える技術が含まれる。このような製品にはハム、鶏肉、ローストビーフなどがあり、製品の保水性は、原料の肉細胞内の水分貯留と、肉繊維の膨張の影響を受ける。

WPCやWPIを含む塩水溶液は、通常、肉に直接インジェクションされるか、すり込まれるか、あるいはタンブリングされる。これらの製品は、調理した段階で締まりがあり、スライシング性が向上し、真空包装時のドリップが減少する。ホエイプロテインはしっとり感を高め、調理後の風味を良くするためにも使用される。

50%増量ハムでは、タンブリング歩留りと調理歩留りの向上、スライシング歩留りとテクスチャーの向上、そして8週間の冷蔵貯蔵した際のドリップ削減のために、WPC80やWPIが使用される。

50%増量ハムへの濃縮ホエイプロテイン80または分離ホエイプロテインの使用

材 料	使用量(%)		
	対照品	WPC80	WPI
豚の赤身もも肉	66.67	66.17	66.17
水	29.78	29.28	29.28
塩	2.20	2.20	2.20
トリポリリン酸ナトリウム	0.30	0.30	0.30
デキストロース	1.00	1.00	1.00
エリソルビン酸ナトリウム	0.04	0.04	0.04
亜硝酸ナトリウム	0.01	0.01	0.01
WPC80	0.00	1.00	0.00
WPI	0.00	0.00	1.00
合計	100.00	100.00	100.00

製 法

- 1 ハムから余分な脂肪を取り除く
- 2 リン酸塩を溶かし、残りの乾燥材料を入れて塩水溶液を作る
- 3 塩水溶液をインジェクションして50%増量する
- 4 液に浸し、8 rpm(回転数/分)で4時間回転させる

WPC80とWPIは、50%増量した成型ハムの調理歩留りとスライシング性を向上し、より引き締まったテクスチャーを与えるとともに、8週間の期間に出るドリップを削減する。

- 5 あらかじめセットした纖維性のケーシングに詰める
- 6 煙製室に入れて、製品内部温度が71(160°F)になるまで調理する



粗挽き肉製品

粗挽き肉製品は、脂肪と粒子が見えているからゲル状のテクスチャーを持つ。製品には、ブラックファスト・ソーセージ、ブロート・ヴルスト、イタリアン・ソーセージ、ポーランド・ソーセージなど、未調理の生ソーセージを含む多様な粗挽きソーセージがある。水分は主に水を取り込む熱不可逆性のゲル形成と、製品中のタンパク質の水分吸収によって保持される。

WPCやWPのゲル化特性は、肉製品を熱処理する際に縮み、肉タンパク基質から放出される脂肪と水を取り込む。強力なゲルの網目構造が水を保持し、水分の喪失を防止する。水結合と同様に脂肪結合も、タンパク基質中に脂肪が自然に取り込まれるか、脂肪の細胞膜内に脂肪が包まれることで、強力なタンパク質ゲルが形成され促進される。これは、粉碎工程を経てもほとんど破れない。

スモーク・ソーセージへの濃縮ホエイプロテイン80または分離ホエイプロテインの使用

使用量(%)			
材料	対照品	WPC80	WPI
牛肉(90%赤身)	5.00	5.00	5.00
豚肉(72%赤身)	19.00	19.00	19.00
豚肉(95%赤身)	20.00	16.00	16.00
豚肉(50%赤身)	28.00	28.00	28.00
水	18.75	21.75	21.75
塩	1.90	1.90	1.90
WPC80	0.00	1.00	0.00
WPI	0.00	0.00	1.00
トリポリリン酸ナトリウム	0.40	0.40	0.40
塩漬け用の塩(6.25%亜硝酸塩)	0.17	0.17	0.17
香料	4.00	4.00	4.00
乳酸ナトリウム	2.75	2.75	2.75
エリソルビン酸ナトリウム	0.03	0.03	0.03
合計	100.00	100.00	100.00

**濃縮ホエイプロテイン80または分離ホエイプロテインによる非肉タンパク質の最大化**

材料	対照品	WPC80	WPI
豚肉(42%赤身)	25.64	25.64	25.64
牛肉(50%赤身)	14.00	10.00	10.00
鶏肉すり身(CCM、MDM)	37.50	37.50	37.50
水	15.00	18.00	18.00
塩	2.00	2.00	2.00
乳酸ナトリウム / 二酢酸ナトリウム	2.00	2.00	2.00
コーンシロップ固形分	2.00	2.00	2.00
トリポリリン酸ナトリウム	0.40	0.40	0.40
香料	1.41	1.41	1.41
エリソルビン酸ナトリウム	0.04	0.04	0.04
亜硝酸塩	0.01	0.01	0.01
WPC80	0.00	1.00	0.00
WPI	0.00	0.00	1.00
合計	100.00	100.00	100.00

練り肉製品

ワインナー、ホットドッグ、ボローニャ・ソーセージ、ランチョンミートのような練り(エマルジョン)肉製品は、肉を細引きし、肉と肉以外の材料をボウルチョッパーで細刻し、乳化するなどして製造する。このチョッパーが剪断機となって、肉と脂肪を細かな粒子に粉碎して乳状液にする。細刻された脂肪は肉製品内でゲルを形成する前に拡散・結合し、大きな脂肪滴になる傾向がある。肉タンパク質やWPC、WPは乳化力を持っているので、この脂肪滴を覆って結合を防ぐ。この細刻された系は調理中に完全に安定、三次元ゲル構造が形成され、ゲル基質内に脂肪粒子が埋め込まれる。

脂肪分の高いホットドッグの製造では、WPCやWPを使用することで、許容される非肉タンパク質含有量を最大にし、それによって加える水の量を最大にできる。USDA(米国農務省)の許容する 1% の非肉タンパク質含有規制を最大限に利用する食肉加工業者は、利用しない業者に対して絶対優位となる。WPCやWPを使用することで、コストを抑えながら肉感に富んだ味わいのある製品が製造できるからである。なお、練り肉製品の製造には、許容される非肉タンパク質量や最小タンパク質量が国により異なるため、各国規制に従っていただきたい。

製法

- 1 チキンのすり身(CCM、MDM)を小型のボウルチョッパーで 6~8 (43~46F)の温度になるまで粉碎する
- 2 低速で粉碎しながら、他の内容成分を加える
- 3 4.2% 赤身豚肉と 50% 赤身牛肉と残りの水を加え、温度 13~15 (55~59F)になるまで高速で粉碎する
- 4 剥がしが可能なセルロースのケーシングに詰める
- 5 製品の中心温度が 72 (162F)になるまで調理、燻煙し、4 (39F)以下で貯蔵する

ホエイプロテイン使用の利点

許容される非肉タンパク質含有量を最大限に利用する食肉加工業者は、利用しない加工業者に対して絶対優位に立つ。WPCやWPを使用することで、コストを抑えながら豊かな肉の味わいを持つホットドッグが製造できるからである。

**製法**

- 1 肉の塊を 250g(1lb)のプレートを通して、あらかじめ切り刻む
- 2 処理一回分の肉をまとめ、水、その他の材料と 3 分以内で混ぜる
- 3 肉のミックスを 0.5m(3/16インチ)のプレートを通して、再び粉碎する
- 4 コラーゲンのケーシングに詰める
- 5 燻製室に入れて、製品内部温度が 71 (160F)になるまで調理する

ホエイプロテイン使用の利点

スモーク・ソーセージの製法で、肉ブロックの 4% を WPC80 や WP に水で置き替えると、調理歩留りが向上し、最終製品の質を維持しながらコストが削減できる。

低脂肪肉製品

低脂肪ホットドッグや低脂肪ボローニヤ・ソーセージ、低脂肪ハンバーガーのような低脂肪の食肉製品は、脂肪の摂取量を減らしたいという消費者の要望から、需要が拡大している。但し脂肪は、肉製品にとっての機能的な要素であり、食肉加工品に風味を与える、テクスチャーや柔らかさ、食感を向上させる。脂肪を減らすと、おいしさに欠ける製品になってしまう。

低脂肪ソーセージの製造で、単に脂肪を除去したり、赤身肉の分量を増やしたりすると、生産コストが激増するだけでなく、調理後の製品が固く、ぱさつき噛み切りにくくなる。WPCやWPⅡは、低脂肪肉製品の食感、テクスチャー、水結合、結着を向上させる。

肉の系内に水と脂肪を保持するホエイプロテインの能力は、低脂肪肉製品の潤滑さや食感に必須である。熱によりWPCやWPⅡはゲル化し、三次元ゲル網目構造ができると、低脂肪肉製品中に一般的にある余分な水を結合するのに役立つ。

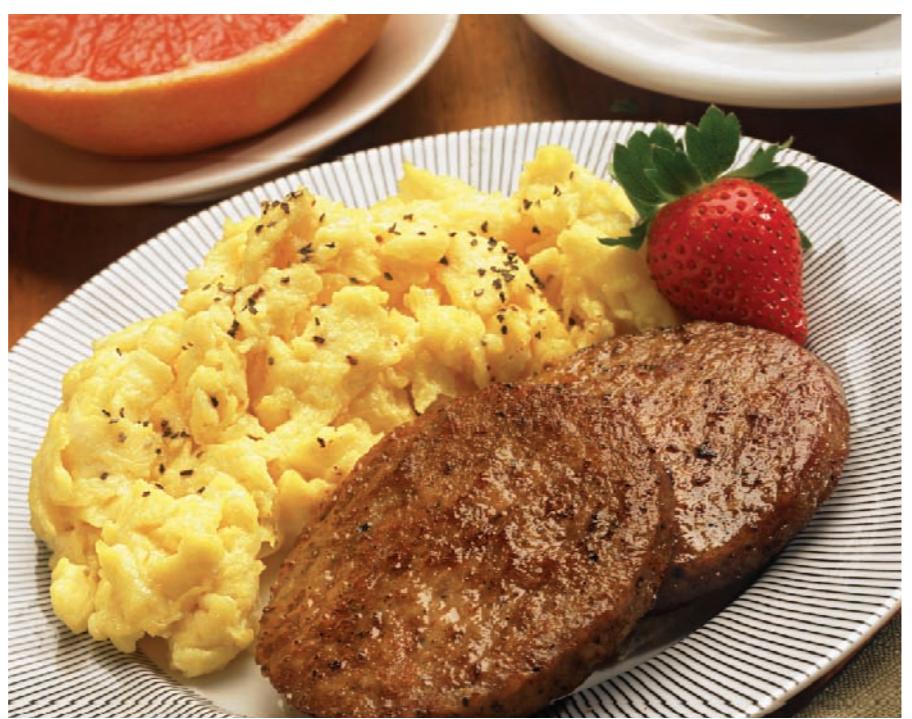
ホエイプロテインは、他の肉成分や、でんぶんのような脂肪擬態物と調和し、低脂肪肉製品の製法に融通性を高める。

97% 脂肪除去のターキーブレックファスト・ソーセージへの濃縮ホエイプロテイン80の使用

使用量(%)		
材 料	対照品	試験品
市販のターキーもも肉	86.90	86.40
香辛料と塩の混合物	2.25	2.25
水	10.35	10.35
加工コーンスターク	0.50	0.50
WPC80	0.00	0.50
合計	100.00	100.00

製 法

- 1.七面鳥の上もも肉を0.6m(14inch)プレートで粉碎する
- 2.肉、水、香辛料を1分以内で混ぜる
- 3.5.1m(2inch)のコラーゲンのケーシングに詰める
- 4.製品を冷凍し、その後部分的にテンパリングする
- 5.3.5m(125センチ)のバテに切り分ける
- 6.対流型オーブンで蒸気を当てながら、製品内部温度が71(160°F)になるまでバテを調理する
- 7.包装して冷凍庫に貯蔵する



すり身(Surimi)

“Surimi”は日本語であり、細刻して水晒しをした魚の組織をいう。商業的には、機械で魚肉を刻み骨と皮から分離し、水または薄い塩水溶液で水晒しすることで生産される。水晒しにより、水溶性物質と脂肪の大部分が除去される。すり身は、加熱して押出され、成形され、ロブスター・テールや蟹の脚、シリンプなどのイミテーション製品となる。

大部分のすり身製品は、金属型や機械で精巧に成形、調理し、蟹やエビのイミテーション製品となる。まず、薄いシート状にした魚肉ペーストを可動表面に押し出し、この上で加熱してゲル化する。

次に、ゲル化したシートを冷やし、縦に裂いて細い繊維にし、丸める。製品に使う魚肉ペーストには、高いゲル形成能力が必要となる。薄いゲル・シートが、纖維化の工程で相当のトルクにさらされるからである。

魚介製品においてホエイプロテインは、主にこのゲル形成能力と水結合力のため使用される。WPCやWPⅡは、魚のすり身だんごや、魚、甲殻類、その他のイミテーション製品といった、すり身をベースとする製品のテクスチャー特性を効果的に向上できる。

魚肉タンパク質では、最適なゲル化温度が40(104°F)前後。ホエイプロテインはそれより高い、通常70~80(158~176°F)のゲル化温度を必要とする。ホエイプロテインを加えることで、水を吸収し、魚肉タンパク質の網目構造が強化でき、ゲル剛性を高めることが可能となる。

ホエイプロテインと水の混合物で、製品材料である魚または肉の最大5%を代替した場合、ほぼ同様のゲル化特性が得られる。(但し、ゲル化に必要な高温で調理し、ホエイプロテインと水の比率が、自然の肉タンパク質と水の比率と同等である場合。)

製品の質を維持しながら、より高価な肉タンパク質の一部を安価に代替できるホエイプロテインの能力は、加工業者に大きな利益をもたらす。

一部の魚肉タンパク質は、例えば太平洋タラのようにプロテアーゼを含むことから、分解作用を持つ。プロテアーゼの大部分は、ゲル加熱中、特に製品温度が50~70で活性化し、タンパク質の鎖を切る。このため断面が小さくなり、加熱時に適切なタンパク

質ゲルができにくくなる。

ホエイプロテインの添加が、加熱中のプロテアーゼの活性化を抑え、タラのすり身の自己分解が制御できるため、ホエイプロテインはタンパク質分解酵素の有効な抑制剤であるとされている。

魚介類すり身製品への濃縮ホエイプロテイン80の使用

材 料	使用量(%)	
	対照品	試験品
すり身	47.50	42.50
加工スターク	8.00	8.00
砂糖	2.00	2.00
塩	1.40	1.40
蟹調味料	0.75	0.75
蟹エキス	0.35	0.35
グルタミン酸ソーダ	1.00	1.00
WPC80	0.00	1.25
氷水	39.00	42.75
合計	100.00	100.00

製 法

1.魚肉のすり身あるいは魚肉を1(34F)以下で解凍し、柔らかくする
2.ボウルカッターの低速で魚肉を粉碎し、塩と氷水の半量を交互に加えて、濃厚なペースト状にする

3.残りの材料を加え、10~12(50~54F)以上にならないよう高速で粉碎し、滑らかなペーストにする

4.ペーストを薄いシート状(厚さ2mmまたは0.08inch)にして熱いステンレススチールのベルトやドラム上に押し出し、ペーストの温度を90(194°F)まで上げてゲルを固定する

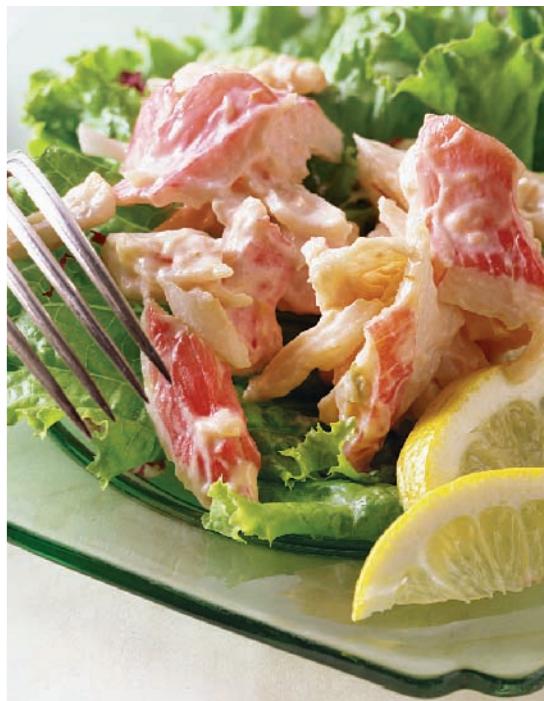
5.冷ましてベルトやドラムから外し、着色、切断、繩状回転の機械を通す

6.ステック状に切り分けて真空包装し、85~90(185~194°F)で5分間、低温殺菌する

7.急速冷却し、5(41°F)以下で貯蔵する

ホエイプロテイン使用の利点

肉の代替:魚肉すり身5に対して、WPC125と水3.75の割合で代用できる
製法コストの削減
調理歩留りの向上
テクスチャーの維持
ジューシーさの向上
包装によるドリップの減少



ソースとグレービーの製法

ソースやグレービーにW PCやW Pを使用すると、滑らかさや食感、口ざわりが良くなり、より濃厚で風味豊かなコクのあるものになる。また、不透明度と粘度も増し、いっそうおいしく見える。ソースやグレービーがより均質に見えるのは、粒子が強い懸濁状態にあるため、これはホエイプロテインの熱によるゲル形成能力による。加熱に伴いホエイプロテインは水を結合し、ソースやグレービーの粘度を増す。ホワイト・カントリーソーセージ・グレービーの製法でW PC80を使用すると、より濃厚でコクのあるクリーミーな食感が得られる。

規制について

加工肉に対する国際的な基準(国際食品規格など)は定められていない。

米国では、ホエイプロテインの成分はタンパク質含有量によって制限される。ソーセージ製品では、非肉材料のタンパク質含有量が乾燥重量の90%以下の場合、ホエイプロテイン成分を含む非肉性タンパク質は最終製品の35%までに制限されている。W Pなど、タンパク質含有量が90%を超える場合、非肉性タンパク質は最終製品の20%に制限されている。

また米国では、チリやミートソースのような肉を含む規格化された製品では、全ての種類のホエイ成分を最終製品の最大8%まで使用できる。規格化されていない製品、例えばイミテーションの肉製品や、栄養分を強化した肉製品、スープ、シチューなどでは、ホエイや乳糖の使用に関する規制は特ない。目的に対して十分な量かどうかという点が使用量の制限となる。

各国の製品規定を確認していただきたい。「低脂肪」や「脂肪少なめ」など、名称や栄養成分表示に適用できるその国の基準を考慮する必要がある。ホエイプロテインの使用はそれらの製品に、機能や栄養面で重要な働きを提供する。

アルフレッド・ソースへの濃縮ホエイプロテイン80の使用

材 料	使 用 量 (%)	
	対 照 品	試 験 品
粉末ショートニング	2.50	2.50
でんぶん(冷水で膨張する顆粒状)	1.56	1.56
でんぶん(低温ゲル化加工とうもろこし)	1.32	1.32
マルトデキストリン	2.17	1.67
塩	1.00	1.00
ロマーノチーズ粉末	1.08	1.08
パルメザンチーズ粉末	1.08	1.08
バターミルク粉末	0.80	0.80
WPC80	0.00	0.50
バター粉末	0.40	0.40
ガーリック粉末	0.06	0.06
粗挽き黒こしょう	0.02	0.02
粗挽きナツメグ	0.01	0.01
牛乳	88.00	88.00
合計	100.00	100.00

製 法

- 1 乾燥した成分を混ぜ合わせる
- 2 牛乳をゆっくりと加え、塊がなくなるまでかき混ぜる
- 3 オーブンまたは電子レンジにかけ、かき混ぜながらとろみがつくまで加熱する



ホエイプロテイン使用の利点

- W PC80は、より風味豊かでコクのある、クリーミーな食感をソースに与える。

製造コスト削減に貢献する
W PCとW Pの働き

ホエイ粉末や各タイプのW PCとW Pには、畜肉、家禽肉、魚介類製品を改良するための固有の機能があり、経済性も発揮する。

ホエイ粉末は、スパイスや調味料へブレンドすることにより、高価な輸入材料の代替品となる。

W PC34は1:1の割合でスキムミルク粉末の代替が経済的で、水結合の能力もあり、低脂肪製品では脂肪に似た働きをする。

W PC80は肉を機能面で代替でき、低脂肪製品では、水化によって脂肪に似た働きをする。

W Pは特に有効なゲル化剤で、とりわけ一枚肉製品に注入するマリネ液に使用し、水結合とジューシー感の改善に役立つ。

肉の代替

全般として、W PC80が畜肉、家禽肉、魚介類の加工製品に最も広く使われる。これは機能の高さと比較し、低成本のためにある。W Pはりは低成本で、タンパク質含有量の低いW PCはりはゲル化剤としてはるかに優れている。

肉を代替する場合の目標は、W PCを水化して、代替する肉とほぼ同等のタンパク質含有量にすることである。

肉はその種類によって、また肉の部位によって組成が非常に異なり、タンパク質含有量は14~20%までの開きがある。W PC80と水を1:4の割合で水化すると、そのペーストはタンパク質含有量16%の肉に匹敵する。同様に、1:3の割合で水化すると、ペーストはタンパク質含有量20%の肉を代替できる。

タンパク質含有量の高い肉は、低い肉よりも一般的に高価であり、どちらの場合も、割合に比例してコスト削減に繋がる。

製品に変化を与えずに効果的に肉を代



替するレベルは用途によって異なるが、最も低い5%の代替が可能になり、一般的にはそれよりはるかに高い代替率で使用される。

コスト節約の一例として、乾燥W PC80が1ポンド当たり1ドル、赤身肉一般的に水70%、タンパク質20%、脂肪10%が1ポンド当たり75セント~1ドルとすると、W PCを水3で水化した場合、材料中の赤身肉を直接代替するコストは1ポンド当たりわずか50セントとなり、代替される赤身肉は1ポンド当たり25~50セントの節約になる。W PC80の現在の価格と、代替したい肉の価格を上記計算式に入れ、どれだけコスト削減になるか計算していただきたい。タンパク質含有量の低い肉を代替する場合、W PCの水化に使用する水の量が増やせることもお忘れなく。

当然ここでは、水化したW PCで、生肉を代替した場合のコスト削減だけを計算しているが、W PCの使用で製品ドリップや調理ロスの減少、スライシング性の向上により、製品歩留りがさらに向上し、計算上総合的

な費用利益に繋がることも考慮する必要がある。

脂肪の代替

粗挽きソーセージや他の赤身肉製品では、脂肪は通常、赤身肉に白い粒子や斑点として存在する。これらの用途では、W PCゲルを粉碎するか薄片にし、脂肪と同様の視覚効果や食感を与えることができる。

W PC80を1:水を最大の割合で水化し、90(194°F)まで加熱すると、堅固な白いゲルになる。この技術により、肉脂肪を極めて安く効果的に代替できる。

製品の色が全体的に明るくなることを除けば、一般に脂肪が見えないホットドッグやボローニャ・ソーセージなどの練り製品で、脂肪は肉ゲルの堅さや噛み切りにくい性質を変化させ、ジューシーさを与える働きをする。これらの製品では、水化したW PCを加えることで、低コストかつ有効に脂肪成分が代替できる。

ホエイ材料の選択

製品の成功には、用途に適したホエイの量と種類を選択することが重要である。米国産ホエイ材料は、新たにカスタムメードされたりブレンドされたりすることで、その種類が増えている。製品開発の際は、ぜひ近くの米国産ホエイ材料サプライヤーにご相談いただきたい。きっと皆様の力となり、専門知識を提供し、目的に合った最良のホエイを勧めてくれるはずである。

ホエイ製品の選択は次のような点を考慮して行うのが良い。

栄養表示

特定の健康効果、構成や機能、栄養成分含有量などを表示をする場合、加工肉はそれに準ずる処理が必須となる。ホエイ製品は、質の高いタンパク質やカルシウムやリンのような乳ミネラルの重要な供給源になる。さらに、低脂肪や低糖の製法では、WPCやWPが低減した脂肪や砂糖の働きを代替し、間接的に貢献する。

加工条件

ホエイ成分の使用は、加工工程や条件に大きな変化を与えない。但し、完全な水化と機能性の確保には、ホエイや乳糖の扱いと添加に注意が必要となる。

経済性

ホエイ製品は、加工肉製品にタンパク質を加え、水を結合することで材料費を削減。最終製品の歩留りを向上させる重要な役割を果たす。

Q&A

Q 加工肉製品において推奨できる、スイートホエイ、WPC、WPの一般的な使用率はどのくらいですか？

A ホエイ材料の一般的な使用率というものはありません。実際の使用率は、加工肉製品の組成、使用するホエイ成分個々の機能、その地域の規制など、関わる全ての考慮事項によって大きく異なります。

アメリカにおいて、ソーセージに対するホエイ製品の標準的な使用限度は以下の通りです。

スイートホエイ	最大 3.5%
WPC 34~ 80%	最大 3.5%
WP I	最大 2.0%

しかし、一般には次のような初期推奨割合(最終製品に対する割合)が、米国産製品のガイドラインとして考えられています。

スイートホエイ	1~ 3%
WPC 34~ 80%	1~ 2%
WP I	1~ 2%

チリやソースのような処方する製品の場合は、8%までホエイ材料の使用が可能です。名称表示や組成についての基準がない不特定の肉製品では、ホエイ材料の使用に制限はありません。このような製品には、イミテーション肉、栄養強化肉食品、スープやシチューのような肉を含む製品などがあります。

Q 「ホエイ風味」は不味いと思われています。ホエイの使用で「ホエイ風味」が付いてしまいますか？

A ホエイ風味はポール紙風味、酸化風味、チーズのような風味とも呼ばれ、ホエイ材料の特にスイートホエイで生じます。しかし、そのような好ましくない風味特性の影響は、品質の良いスイートホエイで避けられます。また、WPCとWPはほぼ無風味です。一般にホエイ製品は、加工肉や香辛料・調味料ブレンドと非常によく調和する、乳製品のよい香りあるいはまろやかな風味があります。

Q 固形のスキムミルクより、高価なWPC80やWPがどうして経済的なのでしょうか？

A WPC80とWPの費用効果には、いくつかの要因が影響しています。これらの高機能性材料は、タンパク質含有量の低いWPCやスイートホエイと比較して、非常に優れた水結合力とゲル化能力を持っています。このため、必要な効果を得るために少量で済みます。さらに、WPC80やWPは親水コロイド安定剤、加工スターチ、大豆タンパク、一部の乳化剤のような高価な材料の代替物として使用できます。WPC80やWPは水化によって、通常の肉製品では肉の代替物として、低脂肪肉製品では脂肪の擬態物として使用できます。WPは特に、一枚肉使用の食品にインジェクションするマリネ液の素材として適し、水結合とジューシー感を高めます。

Q 肉製品にホエイ材料を使用するその他のメリットはありますか？

A ホエイプロテインには高い栄養価があり、消化しやすく、生体に利用可能な必須アミノ酸を含んでいます。ホエイに含まれるアミノ酸のほとんどは、食糧農業機関や世界保健機関が定めた、子どもと成人の望ましい栄養摂取量を上回っています。また、ホエイプロテインは完全に天然由来で、非遺伝子組み換えの材料です。

参考文献

Hettiarachchy, N. S. and Ziegler, G. R. 1994. *Protein functionality in Food Systems*. Marcel Dekker, Inc. New York, NY.

Lagrange, V. (Ed.). 2003. *Reference Manual for U.S. Whey and Lactose products*. U.S. Dairy Export Council.

Price, J. F. and Schweigert, B. (Eds.). 1987. *The Science of Meat and Meat Products*. 3rd edition. Food and Nutrition Press, Inc., Westport, CT.

Shuryo, N. and Modler, H. W. (Eds.). 1999. *Food Proteins: Processing Applications*. Wiley VCH Inc. New York, NY.

Yada, R. Y. (Ed.). 2004. *Proteins in Food Processing*. CRC Press, Boca Raton, FL.



Managed by Dairy Management Inc.TM

Published by U.S. Dairy Export Council[®]
2101 Wilson Boulevard / Suite 400
Arlington, VA 22201-3061 U.S.A.
Tel U.S.A. (703) 528-3049
Fax U.S.A. (703) 528-3705
www.usdec.org

アメリカ乳製品輸出協会(USDEC)日本事務所
〒102-0072 東京都千代田区飯田橋1-5-9 精文館ビル5階
マーケット・マイカーズ・インク内
Tel.03-3221-5852 Fax.03-3221-5960
e-mail:usdecjapan@gol.com