



美國乳品蛋白和滲透物在即飲飲料的應用

即飲飲料為現今的忙碌消費者提供了便利和易於攜帶的優點。它們還提供了整合創新與新穎功能性原料和包裝技術的機會。即飲飲料包含需冷藏與可常溫儲藏飲料，由於便於經銷和儲存，因此可常溫儲藏產品的需求較為強勁。不過，冷藏飲料的銷售也在攀升，因為消費者認為這種飲料比常溫儲藏產品更新鮮與天然。乳品蛋白由於具備優異營養特性、溫和風味，易於消化，以及在飲料系統的獨特功能性，所以經常是即飲蛋白飲料的首選蛋白質來源。更多關於乳清與牛奶蛋白以及乳清與牛奶滲透物之營養和功能特性的深入資訊，請參閱美國出口協會網站 (www.ThinkUSAdairy.org) 的線上文章。



本專題聚焦使用乳源性蛋白之即飲 (RTD) 飲料的配方與製造面向，包括將分離乳清蛋白 (WPI)、濃縮乳清蛋白 (WPC)、分離牛奶蛋白 (MPI)、濃縮牛奶蛋白 (MPC) 與濃縮膠束酪蛋白 (MCC) 作為蛋白質來源。文中還提及在即飲飲料配方如何使用美國牛奶與乳清滲透物原料。

乳品蛋白常被用於預混飲料粉的配方，而創造即飲飲料需要更高的技術、更精湛的加工專業能力，以及更精心挑選的原料。

即飲飲料市場

飲料市場的成長正轉向提供更好的營養與多樣消費者益處的產品。高蛋白飲食可幫助提升飽足感、抑制飢餓並維持精實身體質量。國際食品資訊協會 (International Food Information Council Foundation) 的「食品與健康調查」指出，蛋白質是美國消費者最渴望的營養素¹；且研究顯示，消費者不只追求傳統肉類以外的蛋白質來源，更樂於接受將乳品蛋白作為優質替代品。²蛋白質飲料與奶昔持續吸引新的消費者，而非傳統乳品飲料亦可幫助消費者達成其蛋白質攝取目標。

運動營養飲料、優格飲料與發酵飲料在全球各地越來越受歡迎。優格飲料與發酵飲料在過去五年的年均複合成長率 (CAGR) 高達12%。³此外，全球飲食與飲料產業的乳品滲透物使用量也持續增加。在過去十年推出的新食品與飲料中，使用乳品滲透物的數量持續增加，且在2010至2016年間，CAGR高達41%。烘焙食品、乳品與熱飲是應用乳品滲透物的領先產品類別。⁴

不同類型的蛋白質即飲飲料可滿足不同消費者在一天中的不同需求。嬰兒配方奶粉經常使用乳清蛋白製作以乳清為主的混合粉，藉此提供接近母乳的乳清蛋白與酪蛋白比例。為運動營養市場開發的飲料也特別傾向使用乳清蛋白，因為乳清蛋白能為運動員帶來獨特且經過充分證明的營養益處。醫療與治療性營養飲料則通常使用牛奶蛋白，因為它們富含蛋白質合成所需的必需胺基酸、易於消化，且具備健康益處。此外，我們也見到含有水果與牛奶或乳清蛋白的果昔型飲料，以及添加香精與色素以提升產品吸引力的蛋白水。為了增加營養價值與吸引消費者，越來越多即飲冷藏咖啡和茶飲被添加蛋白質。最後，老年人也可透過飲用添加蛋白質與營養素pH中性的奶昔型飲料，獲得乳品蛋白提供的好處以及所需的全面營養。

飲料創新考量因素

即飲飲料成品的產品特性會相互影響。無論目標飲料的種類為何，在展開產品與製程開發之前，都必須確認與評估以下因素：

1. 定義想要的包裝、運輸與儲藏環境，因為它們將決定適當的製程，包括熱處理。
2. 描述產品的pH值範圍。
3. 確認大致的成本目標／限制。
4. 決定綜合營養成分，這會顯示在產品的營養標示，且必須符合營養宣稱。
5. 確認所需或想要的非蛋白質原料。
6. 考量以上因素的相容性。

目標飲料的蛋白質含量將決定可使用的加工與包裝選項。乳品蛋白可在廣泛的pH值範圍內保持溶解性與穩定性，但必須考量它們會因溫度和濃度變化而凝膠的天然特性，尤其是乳清蛋白。飲料溶液裡的糖與礦物質離子濃度也會在加工過程和整個保存期限影響乳清與牛奶蛋白的反應。各因素的相互作用隨配方而異，所以在配方確定之前，一定要進行小型與中型生產模擬試驗。



環境選擇

一般而言，在安全性與儲藏穩定性方面，產品的pH值（酸度）決定其加工方式。除了果汁產品以外，美國食品藥物管理局 (FDA) 並未針對高酸性 (pH < 4.6) 產品的熱處理進行規範。為確保遵守當地法規，請在設計此類產品的配方時，查閱該國的具體規定。

常溫儲藏即飲飲料可分為以下四種基本產品類型：

1. 經無菌處理的商業無菌飲料。
2. 經二次高溫滅菌處理的商業無菌飲料。
3. 隧道式巴氏殺菌飲料。
4. 熱填充或巴氏殺菌冷填充飲料。

無菌與二次高溫滅菌處理的主要差異：

- 在無菌處理中，容器經過無菌處理，並在無菌環境填充無菌飲料並進行密封。
- 在二次高溫滅菌處理中，容器被填入飲料並密封，然後整個容器與其內容物一起被加熱滅菌。

一般而言，相較於熱填充與冷填充飲料，無菌與二次高溫滅菌飲料開發的加工與包裝研發成本會比較高。

儘管一些飲料可不經熱處理便進行冷填充，但含有乳品蛋白的飲料需要進行一定程度的熱處理才能確保儲藏穩定性。

乳清蛋白在pH中性飲料的應用

低酸性無菌處理與二次高溫滅菌處理的商業無菌飲料（第1和2類）的典型代表是pH中性、奶昔型產品。取決於它們的風味，其pH值通常介於4.6至7.5之間。舉例來說，草莓風味會比巧克力風味酸。這些產品必須透過無菌處理或二次高溫滅菌處理進行加熱消毒（「商業無菌」），或者必須經過巴氏殺菌處理並在飲用前冷藏保存。乳清蛋白有時被納入這些配方，但通常不是主要蛋白質來源。

主要蛋白是那些含有酪蛋白的蛋白，例如濃縮牛奶蛋白或膠束酪蛋白。pH中性飲料（例如奶昔產品）通常使用二次滅菌或UHT等高溫殺菌處理方式。未經熱穩定性強化改造的乳清蛋白在單獨用量超過3%時不具熱穩定性。未經改造的乳清蛋白會在這個條件下凝膠或沉澱，除非使用穩定系統。酪蛋白與乳清蛋白的搭配可為乳清蛋白提供一些保護和熱穩定性。因為乳清蛋白會被分散到酪蛋白並維持溶解狀態，而不是只有自己進行相互作用，進而形成膠塊或沉澱。

牛奶蛋白在pH中性飲料的應用

濃縮牛奶蛋白、分離牛奶蛋白與膠束酪蛋白等原料的蛋白質主要來自牛奶，並且非常適合低酸性飲料，因為它們具備酪蛋白的熱穩定特性。⁵牛奶蛋白原料的成分請見圖表1。

牛奶蛋白的良好水合能力是其在低酸性飲料發揮作用的關鍵。水合能力有幾種獲得認可的測量方式。^{6, 7, 8, 9}首先是用高速攪拌器讓蛋白粉在溶液裡溶解，但為了提升牛奶蛋白在整個飲料保存期限中的熱穩定性與溶解性，讓蛋白粉有充裕時間吸收水分也很重要。取決於目標飲料的種類，可使用牛奶或水作為溶解額外牛奶蛋白的溶液。牛奶或水的溫度，以及水合的時間都會影響整體的穩定性。

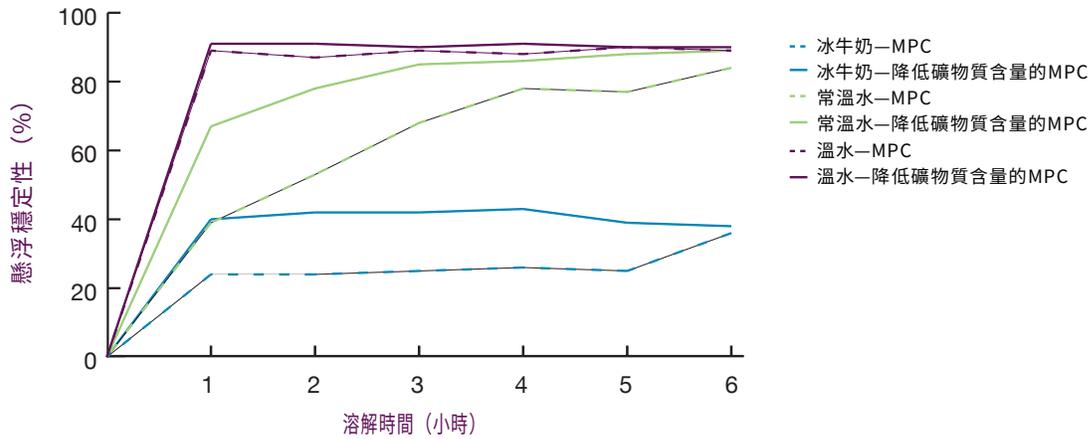
圖表2比較了濃度5%的MPC85溶液（虛線）在常溫水（RT，攝氏25度 [華氏77度]）、冰牛奶（CM，攝氏5度 [華氏41度]）與溫水（WW，攝氏50度 [華氏122度]）的可溶性（水合程度）。持續攪拌溶液六個多小時，可發現在溫水可最快達到水合，而在冰牛奶則最慢。即使

圖表1：
乳清與牛奶蛋白原料的典型成分

	蛋白質 (%)	乳糖 (%)	脂肪 (%)	灰分 (%)	水分 (%)
WPC34	33	52	4	7	4
WPC55	53	31	6	6	4
WPC80	77	9	6	4	4
WPI	89	2	1	3	5
MPC56	54.4	31.7	1.2	7.6	5.0
MPC70	68.3	18.2	1.2	7.3	5.0
MPC80	78.1	8.4	1.5	7.0	5.0
MPI	87.1	0.5	1.5	5.9	5.0
MCC85	84.5	3.0	3.0	4.5	5.0

（資料來源：Smith K. Dried Dairy Ingredients. Wisconsin Center for Dairy Research. May 15, 2008）¹⁰

圖表2：
MPC85的水合特性



(威斯康辛乳品研究中心根據Sikand et al, 2011的方法所進行的實驗)

經過六個小時的水合作用，MPC85在冰牛奶依然未完全溶解。已發表的研究確認了，蛋白質含量達70%以上的高蛋白MPC原料會有這種水合性不佳的問題。¹¹改善MPC原料水合速率的一種方法是減少其礦物質含量，尤其是鈣。¹²圖表中的另外三條實線代表礦物質減少25%的MPC85原料。降低礦物質含量的MPC85在冰咖啡與常溫水的水合速度明顯較快。

要瞭解牛奶蛋白原料在低酸性飲料的表現，另一個可測量的功能特性是熱穩定性。¹³圖表3比較濃度同樣為5%之MPC85溶液的熱穩定性。結果顯示，降低礦物質含量的MPC85在攝氏85度(華氏185度)加熱三分鐘後，其沉澱物比常規MPC85少，因此具備更好的熱穩定性。樣品均在室溫蒸餾水中攪拌一小時以進行溶解與水合作用。水合較快的樣品通常表現更好的熱穩定性，因為更多的牛奶蛋白被溶解了。

將高蛋白MPC原料應用於飲料時，還應考量其儲藏環境與新鮮程度。針對MPC85粉的研究顯示，在攝氏30度(華氏86度)以上的儲藏溫度儲藏60天，MPC85粉的可溶解性會降低。⁶當應用於飲料時，水合性不良的牛奶蛋白原料會出現較低的可溶解性與熱穩定性。

在UHT滅菌處理高蛋白、低酸性飲料提升蛋白質穩定性的基本處理方法為：

1. 使用高速攪拌器在攝氏50度(華氏122度)的水中溶解牛奶蛋白。
2. 添加甜味劑、色素、穩定劑與香精等其他原料，以低速攪拌，讓水合作用進行一小時。
3. 添加緩衝液等pH調節劑，讓pH值達到7.0。
4. 加熱至攝氏140度(華氏284度)，持續六秒。
5. 在2500 psi/700 psi壓力下進行均質化。
6. 將產品冷卻至攝氏24度(華氏74度)。

乳清蛋白在酸性飲料的應用

熱填充或巴氏殺菌冷填充飲料，以及隧道式巴氏殺菌飲料（第3與4類）的典型代表是酸性乳清蛋白飲料，其pH值範圍通常介於2.8至4.0。它們通常經過溫和的巴氏殺菌過程，而殺菌後的產品可在室溫進行常溫儲存。

使用WPI調配的pH值2.8至3.5飲料即使蛋白質含量較高，也具有較高的清澈度或較低的混濁度。能製作清澈蛋白質強化飲料是乳清蛋白的獨特優勢。WPI的低脂肪與礦物質含量可帶來最高的清澈度與最低的混濁度。



經過熱處理的酸性飲料可在處於高溫時填充至耐高溫容器（熱填充）。在酸性環境中，高溫液體產品基本上會為容器滅菌，而容器已事先經過臭氧水清洗，或其他殺滅空氣傳播汙染物方法的處理。熱填充容器可為金屬瓶、玻璃瓶，或可承受填充溫度與後續產品冷卻造成之真空效果的特定塑膠瓶。

冷填充與熱填充的相同點是產品經過熱處理。然而，不同於熱填充，冷填充產品在填充前要立即冷卻至攝氏38度（華氏100度）以下。立即冷卻產品能夠減少熱填充可能導致的維生素降解與風味變化問題。

密封金屬罐或玻璃瓶隧道式巴氏殺菌適合酸性蛋白飲料，並且是製作巴氏殺菌碳酸飲料的唯一可行方法。隧道式巴氏殺菌是製作巴氏殺菌啤酒的常見傳統方法，但它對酸性蛋白質飲料也很實用。然而，除了啤酒廠，只有少數製造商具備這種能力。

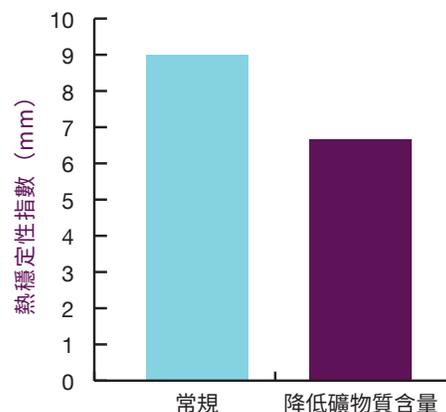
應用乳品蛋白原料的考慮因素

蛋白質即飲飲料最重要的成分就是蛋白質原料。

蛋白質的來源可能是濃縮乳品蛋白（蛋白質含量為34-89%）、分離乳品蛋白（蛋白質含量為90-92%）或蛋白胍，不同原料為飲料提供獨特的營養與功能性益處。有時，乳品蛋白會和植物性原料等其他蛋白結合，為產品提供獨特的整體胺基酸成分或質地特性，但植物性蛋白可能為配方設計師帶來嚴峻的風味和口感挑戰。熱處理之前或之後，各原料之間的相互作用會導致這些混合物非常難以保持穩定。乳品蛋白本身的等電點與分子大小範圍廣泛，且商用乳品蛋白原料是由多種不同分子類型組成。

選擇乳品蛋白時應考量兩個關鍵因素：a) 將蛋白質從牛奶分離出來的方法，因為這會決定WPC、WPI、MPC、MPI或MCC的成分；及b) 該乳品蛋白的生產是否具備穩定的原料來源與製程。

圖表3：
MPC85的熱穩定性指數





80%濃縮乳清蛋白 (WPC80) 以及濃縮和分離牛奶蛋白是使用膜過濾這種物理分離過程進行製造的。脂肪和灰分的含量以及風味特色會因為原料供應商而出現差異，但整體的成分基本一致。

至於WPI，兩種主要製程是離子交換 (化學處理) 與膜過濾。離子交換與膜過濾產品之間存在成分差異，包括礦物質成分、碳水化合物含量與糖巨肽含量的差異，而這一切會影響其應用特性。

從營養的角度看來，食品製造商會想要選擇最符合其要求的原料，包括總蛋白質或礦物質含量，以及特定蛋白質片段或胺基酸。對製造商來說，最佳策略是在開發過程的初期階段就和乳品蛋白供應商密切合作。為了支援客戶開發產品，許多美國供應商可提供產品使用指南、典型配方與技術協助。

每一批次的原料保持穩定性十分重要，所以可能需要針對目標用途制定簡單的相關性能測試，因為這些項目會超出標準規格書或檢驗分析報告提供的資訊。若產品與製程對原料變化的適應性較差，或飲料的蛋白質含量接近可行範圍的上限，性能測試就格外必要。因此，盡早與美國乳品蛋白供應商密切合作是取得成功的關鍵因素。

應用乳品滲透物的考慮因素

滲透物 (Permeate, 又被稱為乳品固態物、低蛋白乳清或改造乳清) 指的是針對牛奶或乳清進行超過濾以生產牛奶或乳清蛋白時，生成的副產品。「滲透物」的意思是因分子較小，所以能「滲透」或通過超過濾膜的那些物質。牛奶與乳清裡的蛋白和脂肪的體積遠遠大於乳糖或礦物質，所以它們會被膜截留下來，並成為眾所皆知的濃縮乳清蛋白濃縮牛奶蛋白原料。

圖表4列出牛奶與乳清滲透物的成分。這兩種滲透物具備類似成分，其中乳清滲透物的鈉與鉀含量稍高。

圖表4：
牛奶與乳清滲透物的成分

成分	乳清滲透物	牛奶滲透物
蛋白質 ^a	典型 2-7% (最高: 7%)	典型 3-5% (最低: 2%)
脂肪 ^a	典型 0-1.0% (最高: 1.5%)	典型 0-1.0% (最高: 1.5%)
乳糖 ^a	典型 76-85% (最低: 76%)	典型 78-88% (最低: 76%)
灰分 ^a	典型 8-11% (最高: 14%)	典型 8-11% (最高: 14%)
水分 ^a	典型 3-4.5% (最高: 5%)	典型 3-4.5% (最高: 5%)
鈉 ^b	0.70-0.89%	0.38-0.66%
鈣 ^b	0.36-0.62%	0.36-0.46%
鎂 ^b	0.10-0.13%	0.10-0.12%
鉀 ^b	2.18-5.36%	1.91-2.58%

^a 美國乳品協會。乳品滲透物標準 | ^b 商業規格 | * 非蛋白質氮

在飲料使用滲透物的主要好處是礦物質的營養效益。滲透物可提供牛奶礦物質給飲料，讓飲料無須添加碳酸鈣或磷酸鉀等額外礦物質，因此有助於取得潔淨標章。滲透物的乳糖可作為碳水化合物來源，且其甜度低於蔗糖（甜度約低70%），而且該乳糖可使用β-半乳糖苷酶（乳糖酶）水解為葡萄糖和半乳糖，因此無須添加糖就能提升甜度。

關於液態牛奶滲透物的飲料應用，最早發表的研究文獻出現在1990年代初期，其題目為電解質飲料。¹⁴ 研究人員使用乳糖酶水解乳糖以提供甜味。乳清滲透物可用於相同的應用，但會有類似乳清的酸味，這種酸味來自乳酪製作過程使用的發酵菌種。後來的乳清滲透物研究顯示，用75%–100%液態滲透物製作的飲料會有肉湯味與酸乳品味。¹⁵ 這種乳清滲透物飲料還會有一種類似市售運動（等滲透壓）飲料的鹹味。為補充水分而設計的運動飲料並非滲透物原料的唯一應用機會。滲透物目前還被用於預混熱可與卡布奇諾飲料粉，以及兒童即飲巧克力和水果風味飲料。

由於蛋白質含量低，所以相較於乳品蛋白原料，滲透物原料擁有較高的熱穩定性。滲透物的配方問題主要與高礦物質含量有關。當用於pH中性飲料預混粉時，如果滲透物用量較高（滲透物粉用量大於7%），滲透物裡的鈣可能會沉澱。鈣在酸性環境下的溶解性較高，所以滲透物的用量超過7%後，比較適合用於調配高酸性飲料。在尚待探索的飲料類別中，滲透物有更多應用機會，例如混合果汁的即飲飲料，或兒童預混營養飲料粉。

應用非乳品原料的考量因素

以下是一些即飲蛋白質飲料經常需要或想要使用的其他原料種類。當開發具備絕佳風味與高消費者吸引力的常溫儲藏產品時，這些原料的精心挑選和實驗室評估極為重要。但無論如何，為確保遵守當地法規，請在設計此類產品的配方時，查閱該國的具體規定。

酸化劑

乳清蛋白具備很強的酸鹼緩衝能力，因此配方需要使用數量足夠的酸，將起始pH值從6.5左右降到3.5以下。製作低pH值乳清蛋白飲料最常使用的酸為：

1. 磷酸—對風味影響最小的強酸。
2. 鹽酸—味道不好的強酸，但可用於醫學營養產品中，因為腸胃道系統裡也有鹽酸。
3. 檸檬酸—儘管酸性較弱，不過是非常理想的酸化劑，因為它能提升水果風味飲料的整體風味特色。檸檬酸不適合單獨用於蛋白質含量非常高的飲料，因為當用量過高時，會產生過高的酸味。
4. 蘋果酸—類似檸檬酸的弱酸，在蘋果或莓果風味配方是非常有用的添加物，因為這些水果本身就含有蘋果酸。

包裝選擇

包裝選擇（玻璃、塑膠、多層材料、軟或硬金屬）是決定飲料加工條件與產品穩定性的重要因素，而且會影響製造與經銷成本。歸納起來，選項如下：

加工方式

瓶	冷填充	熱填充	隧道式巴氏殺菌	二次高溫滅菌	無菌處理
玻璃
熱填充塑膠
冷填充塑膠
二次高溫滅菌塑膠
多層材料
金屬

二氧化碳(碳酸化)

將碳酸化納入本章節是因為除了作為製程，它也能發揮原料的作用，並且會對酸度造成影響。現在有越來越開發人員想要藉由添加乳品蛋白提升碳酸化非酒精性飲料的營養成分。

香精

不同於一些植物蛋白來源，乳品蛋白符合許多大眾風味，甚至能帶來互補效果。蛋白質飲料需要添加較多的香精，因為在飲料的保存期限內，蛋白質會吸收香精。而且，相較於乳品蛋白，植物蛋白更容易出現這種效應，進而造成香精用量更多，以及更高的成本。

甜味劑

許多天然與人工含熱量及不含熱量甜味劑適合用於蛋白質飲料。隨著許多注重健康的消費者持續警惕糖分攝取，我們見到更多種類的甜味劑被開發出來。

包括：

1. 傳統甜味劑，例如蔗糖、果糖與高果糖玉米糖漿。
2. 其他天然甜味劑，包括蜂蜜、楓糖漿與果泥。
3. 糖醇，例如乳糖醇與赤藻糖醇。
4. 人工合成高甜度甜味劑，包括三氯蔗糖與醋磺內酯鉀(K)。
5. 天然高甜度甜味劑，例如甜菊糖、羅漢果與菊苣根萃取物。

甜味劑會因配方的不同而影響產品的口感與蛋白質穩定性。然而，甜味劑的選擇通常是依據熱量與風味要求。請注意，在特定的即飲蛋白質飲料配方中，只使用一種甜味劑可能取得不錯的效果，但兩種甜味劑的結合使用通常能達到最佳整體甜味效果，並提供與基礎風味更高的相容性。

色素

色素分為人工與天然色素，而使用透明或半透明瓶裝時，光穩定性是必須考量的重要因素。在罐裝飲料的保存期限中，抗壞血酸(維生素C)透過過氧化物分解而緩慢降解並逐漸讓飲料脫色。色素供應商可在產品開發過程為製造商提供指引。

果汁

在開發能吸引消費者的風味乳品蛋白飲料時，果汁是絕佳選擇。果汁能增添風味，也可提升甜度。天然果汁的使用可能影響巴氏殺菌的需求。在加入果汁、酸化劑與其他飲料成分前，必須先讓乳品蛋白充分水合。

礦物質

酸性乳清蛋白飲料的穩定性與清澈度被認為會受其所含的礦物質離子濃度(鈉或鈣)影響。因此，礦物質對飲料成品的影響可能會限制礦物質的選擇與添加量。整體而言，添加鹽會增加熱處理乳清飲料的凝結，進而導致穩定性下降。

維生素

如同任何食品或飲料產品，必須根據維生素與整體系統的相容性，選擇與調配維生素。大多數水溶性維生素在酸性環境相當穩定。

然而，也必須考量對顏色與風味的影響、加工損失，以及光穩定性(針對採用透明或半透明瓶裝的即飲飲料)。此外，還必須考量原料之間的相互作用。

穩定劑與乳化劑

穩定劑與乳化劑對中性、奶昔型飲料十分重要，尤其是使用混合蛋白質與／或可可粉的飲料。鹿角菜膠、纖維素凝膠與纖維素膠是中性蛋白質飲料常用的穩定劑。果膠則被用於pH值範圍介於3.5至4.6之間的乳清蛋白飲料，其作用是在熱處理過程與整個保存期限，保護與穩定蛋白質。pH值低於3.5的酸性分離乳清蛋白即飲飲料基本上不需要穩定劑。

單酸甘油酯與二酸甘油酯等乳化劑，以及焦磷酸鈉等緩衝劑常被用於使用乳清蛋白與其他牛奶蛋白的pH中性飲料。對於酸性與pH中性蛋白質強化飲料來說，適當的穩定劑、緩衝劑與乳化劑用量對確保長期穩定性十分重要。

防腐劑

一些酸性蛋白質飲料配方會添加山梨酸鉀與苯甲酸等化學防腐劑，其目的是控制會導致產品腐化的酵母、黴菌和細菌的生長。

營養成分

即飲蛋白質飲料是可添入其他營養成分進行強化的高價值營養飲料，例如可降低膽固醇的植物固醇、改善眼睛健康的葉黃素，以及提升能量的原料。活性益生菌常被添入含蛋白質的發酵乳品飲料。這類飲料通常經過巴氏滅菌、發酵並且需要冷藏，但有些產品經過熱處理，因此可以常溫儲藏。隨著消費者趨勢與需求的改變，市場上出現越來越多功能性營養飲料的選項。

加工的考量因素

重點應放在為每一批飲料的製備制定經過驗證、可定義與可重複的加工流程。這包括投料溫度、混合程序、原料（尤其是酸化劑）添加順序，當然還有用於巴氏殺菌或滅菌的熱處理加工。

乳清蛋白在二次高溫滅菌飲料的應用

以下研究是由美國德州德州農工大學 (Texas A&M University) 動物科學系的Ron Richter博士所進行。此研究的目標是開發一款能承受商業二次高溫滅菌的高乳清蛋白含量飲料，以及檢驗其保存期限內的穩定性。

熱穩定性

對乳清蛋白含量超過1%的飲料進行必要的滅菌熱處理會導致乳清蛋白的不穩定性和凝結。一些食品添加物的使用可改善飲料的穩定性。

酪蛋白：MPC、MPI與MCC的酪蛋白具有無序分子結構，並能從脂滴表面延伸較遠的距離，進而增加立體排斥力並改善熱穩定性和乳化穩定性。

磷脂：在含有脂肪的飲料中，常規、水解與乙醯化卵磷脂可提升乳清蛋白含量高達5%之乳化液的熱穩定性。相較於常規卵磷脂，具備較高親水親油平衡值 (HLB) 的改造卵磷脂可提供更好的防止熱變性保護。

多磷酸鹽：多磷酸鹽可改善乳清蛋白飲料的熱穩定性，在不添加脂肪的狀況下，讓乳清蛋白含量達5%的二次高溫滅菌飲料保持清澈。

水合膠：水合膠會對乳清蛋白乳狀液的熱穩定性帶來不良影響，而最可能的原因是熱力學不相容性造成蛋白質濃度局部增加並促進熱聚合。

乳狀液穩定性

均質化壓力會對脂滴粒子的大小與表面積帶來重大影響，而這兩者會影響乳狀液的穩定性。含有乙醯化卵磷脂的乳狀液能有效防止乳油分離。

儲藏穩定性

在為期28天的儲藏測試期內，含有5%蛋白質、3%脂肪與0.3%卵磷脂，並在90兆帕 (MPa) 進行均質化的乳狀液具備最好的穩定性。然而，乳狀液的乳油分離的現象依然十分明顯。

簡單來說，為了提升乳清蛋白二次高溫滅菌飲料的乳油分離穩定性，添加物必須能夠增加產品黏性，且不影響熱穩定性。若要增加熱穩定性與乳狀液穩定性，原料的選擇取決於飲料的成分，並有許多參考選項。請聯絡您的美國乳品原料供應商，讓他們協助您開發成功的飲料產品。

充足的水合時間可提升WPI飲料的清澈度

將WPI添入清澈飲料的一項難題是加熱通常會導致飲料變得混濁。一個提升清澈度的簡單、便宜方法，就是在熱處理前讓WPI在溶液裡有充足的水合時間。對於消費者來說，濁度少於40 NTU[†]就算是清澈。

程序：

- 混合乾式原料
- 與水混合
- 水合20分鐘
- 用攝氏88度（華氏190度）加熱兩分鐘

益處：

- 藉由充足的水合時間，熱處理後的溶液濁度可降低約50%。

WPI溶液隨水合時間的濁度變化

（溶液的蛋白質濃度為25公克／公升，pH值3.2，熱處理為攝氏88度（華氏190度）加熱兩分鐘）

水合時間（分鐘）	熱處理前的濁度（NTU） [†]	熱處理後的濁度（NTU） [†]
0	55	79
10	52	39
20	49	38
30	49	37
40	47	39
50	47	38
60	47	37
70	47	39
80	46	37
130	46	38

[†]NTU= 散射濁度單位（Nephelos Turbidity Units）

資料來源：威斯康辛大麥迪遜分校，M. Etzel博士

舉例來說，在每批產品的製備穩定使用乳品蛋白原料，pH值的調節方法以及暴露／處理溫度也非常重要，並且需要仔細監測與控制才能確保成功。

第一步通常是粉狀蛋白質的再水合。此步驟需要較長的時間，並且容易起泡。製造商應在所有加工步驟小心防止空氣混入。過多泡沫的產生會導致熱處理時出現絮凝現象，而且對穩定的飲料來說，可能造成脫水收縮或分離現象。建議使用高速攪拌器混合乳品蛋白原料，並在低於攝氏38度（華氏100度）下，轉為低速攪拌，用配方中大約一半的水進行水合。在水合階段，蛋白原料可混合糖與其他乾式原料。為了提升乳品蛋白原料的熱穩定性與儲藏穩定性，水合時間不可少於20分鐘。

投料的順序、方法與速度對特定配方十分重要，在酸化階段要特別注意，此步驟通常會將蛋白質溶液的pH值從大約6.5調節到通過主要蛋白質的等電點區域（約4.5）。乳清蛋白具備高緩衝能力，所以高蛋白含量配方需要使用更多的酸進行pH調節。

酸化乳清蛋白飲料的pH值通常會在熱處理後下降。pH值下降的可能原因如下：1) 梅納反應的最初階段；2) 蛋白質結構的打開導致一些官能基的解離常數發生變化；及3) 蛋白質的凝結改變了游離狀態。pH值的變化取決於蛋白質的添加量。

舉例來說，針對一款蛋白質含量為5%的飲料，若希望最終pH值為3.2，那麼在熱處理之前，應將pH值調節到3.3至3.35。

最終產品的處理經銷與儲藏期間的環境條件

蛋白質飲料的行銷人員應熟悉整個經銷通路、地點與氣候可能帶來的極端環境風險。極熱與極冷是不理想的，而冷熱環境之間的反覆循環也會對產品穩定性帶來不好的負面影響。對開拓新市場的製造商來說，為了取得這些特有狀況的資訊，應在開發過程的早期階段諮詢該地區的經銷商代表與儲藏合作夥伴。針對不同

溫度進行加速儲藏研究有助於模擬保存期限，以及幫助預測營養成分、風味、可接受度、穩定性與其他物理或化學參數方面的變化。

飲料配方範例

本章節提供的配方可作為產品開發的起點。應根據使用之原料的具體特性、加工與儲藏差異、當地法規與個別市場目標消費者的偏好，進行適當調整。

如需更多資訊，請諮詢您的美國乳品原料供應商，並查閱當地的添加物使用與標示法規。

乳品礦物質解渴飲料



原料

	用量(%)
牛奶滲透物 (乳品固態物)	77.38
糖	18.05
蘋果酸	2.58
天然檸檬香精 - WILD香精	1.99
食用黃色五號	.001
總計	100.00

製備

1. 混合所有原料。
2. 將20公克混合原料加入8盎司的冰水並攪拌

營養成分

	每100公克
熱量	28大卡
總脂肪	0公克
飽和脂肪	0公克
反式脂肪	0公克
膽固醇	0毫克
總碳水化合物	7公克
膳食纖維	0公克
糖	7公克
蛋白質	0公克
鈣	32毫克
鉀	162毫克
鈉	40毫克
鐵	0毫克
維生素A	0國際單位 (IU)
維生素C	0毫克

配方由威斯康辛大學麥迪遜分校威斯康辛乳品研究中心開發。

樹莓冷凍健康果昔



原料

	用量 (%)
水	97.96
樹莓 - Fruitcrown - 60白利糖度	0.49
分離乳清蛋白	0.49
赤藻糖醇粉 - Cargill 16952	0.30
水溶性纖維 - Tate and Lyle Promitor (水溶性玉米纖維70)	0.30
82%磷酸	0.07
柑橘香精WONF - Biosun MZ6187815	0.06
總計	100.00

製備：

1. 將水、分離乳清蛋白與水溶性纖維放入槽中。用輕型攪拌器攪拌並水合至少30分鐘。
2. 將水合好的纖維/WPI與其他原料一起混合，使用低速攪拌。用磷酸將pH值調節到3.4。
3. 加熱至攝氏85度（華氏185度）並持續30秒，然後冷卻至攝氏15.5度（華氏60度）左右。
4. 將經過巴氏殺菌並冷卻好的產品放入滅菌容器，並在攝氏2.2度（華氏36度）進行儲藏。
5. 將部分產品放入「Frozen Slushy」果昔機進行冷凍與供應。

營養成分

	每100公克
熱量	66大卡
總脂肪	0公克
飽和脂肪	0公克
反式脂肪	0公克
膽固醇	0毫克
總碳水化合物	23公克
膳食纖維	1公克
糖	11公克
蛋白質	4公克
鈣	9毫克
鈉	31毫克
鐵	0毫克
維生素A	0國際單位 (IU)
維生素C	1毫克

配方由威斯康辛大學麥迪遜分校威斯康辛乳品研究中心開發。

蔬菜汁



原料

	用量(%)
水	70.40
濃縮胡蘿蔔汁	10.00
濃縮番薯汁	6.30
分離乳清蛋白	4.50
濃縮菠菜汁	4.20
濃縮芹菜汁	2.10
濃縮蘿美生菜汁	0.80
濃縮奶油南瓜汁	0.80
薑泥	0.40
牛奶礦物質	0.30
甜菜泥	0.20
總計	100.00

製備：

1. 秤好所有原料。
2. 將分離乳清蛋白 (WPI) 與牛奶礦物質放入配方水，在室溫進行兩個小時的水合，期間偶爾攪拌。
3. 將所有蔬菜汁加入WPI與牛奶礦物質溶液。
4. 將步驟3準備好的溶液以攝氏73度 (華氏163度) 進行約15秒的巴氏殺菌，然後進行均質化 (2,000/500 psi)。
5. 裝瓶並冷藏。
6. 冷藏供應。

營養成分

	每100公克
熱量	53大卡
總脂肪	0公克
飽和脂肪	0公克
反式脂肪	0公克
膽固醇	0毫克
總碳水化合物	8公克
膳食纖維	0公克
糖	7公克
蛋白質	5公克
鈣	128毫克
鎂	4毫克
磷	9毫克
鉀	433毫克
鈉	65毫克
鐵	0毫克
維生素A	6,476國際單位 (IU)
維生素C	5毫克

配方由加州州立理工大學乳品科技中心開發。

摩卡咖啡



原料

	用量(%)
水	92.26
濃縮牛奶蛋白85	4.52
顆粒白糖	1.54
Autocrat Columbian冷凍乾燥咖啡	0.77
香草粉	0.09
食鹽	0.04
鹼化處理Barry Callebaut可可粉	0.77
甜菊糖	0.01
總計	100.00

製備：

1. 混合所有乾式原料（濃縮牛奶蛋白、糖、咖啡、香草、鹽、可可粉與甜菊糖）。
2. 將20公克混合物加入8盎司的熱水。
3. 均勻攪拌。
4. 享用。

營養成分

	每100公克
熱量	28大卡
總脂肪	0公克
飽和脂肪	0公克
反式脂肪	0公克
膽固醇	4毫克
總碳水化合物	2公克
膳食纖維	0公克
糖	2公克
蛋白質	4公克
鈣	101毫克
鈉	22毫克
鐵	0毫克
維生素A	0國際單位 (IU)
維生素C	0毫克

配方由加州州立理工大學乳品科技中心開發。

印度茶那堤



原料

	用量(%)
水	87.27
糖	6.14
濃縮牛奶蛋白85	4.34
天然紅茶粉 #23863 Virginia Dare TE48	2.05
肉桂粉	0.07
小荳蔻粉	0.06
丁香粉	0.03
薑粉	0.03
肉荳蔻粉	0.01
總計	100.00

製備：

1. 混合所有乾式原料（糖、濃縮乳清蛋白、紅茶粉與香料）。
2. 將33公克混合物加入8盎司的熱水或冰水。
3. 均勻攪拌。
4. 享用。如有需要，可以加冰塊。

營養成分

	每100公克
熱量	46大卡
總脂肪	0公克
飽和脂肪	0公克
反式脂肪	0公克
膽固醇	2毫克
總碳水化合物	7公克
膳食纖維	0公克
糖	6公克
蛋白質	4公克
鈣	96毫克
磷	58毫克
鈉	6毫克
鐵	0毫克
維生素A	0國際單位 (IU)
維生素C	0毫克

配方由威斯康辛大學麥迪遜分校威斯康辛乳品研究中心開發。

參考文獻：

1. "A Healthy Perspective: Understanding American Food Values," 2017 Food & Health Survey, The International Food Information Council (IFIC) Foundation.
<http://www.foodinsight.org/2017-food-and-health-survey>
2. *Emerging Diets: Protein/Local Snapshot*. Innovation Center for U.S. Dairy 2010.
3. *Innova Database. Drinking Yogurt/Fermented Beverages*. October 2013.
4. *Innova Database. Permeate, Global Market Analysis*. October 2017.
5. Patel, H. and Patel, S., *Technical Report: Understanding the role of dairy proteins in ingredient and product performance*. 2015. U.S. Dairy Export Council.
6. 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.
7. Gaiani, C., Schuck, P, Scher, J. Desobry, S. and Banon, S. 2007. *Dairy powder rehydration influence of protein state, incorporation mode, and agglomeration*. *J Dairy Sci* 90 (2) 570-581.
8. Mimouni, A. Deeth, H., Whittaker, A., Gidley, M., and Bhandari, B. 2010. *Dairy Sci and Technol*. 90(2) 335-344.
9. 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.
10. Smith K. *Dried Dairy Ingredients*. Wisconsin Center for Dairy Research. May 15, 2008.
11. 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.
12. Marella C, Salunke P, Biswas AC, Kommineni A, Metzger LE. *Manufacture of modified milk protein concentrate utilizing injection of carbon dioxide*. 2015. *J Dairy Sci* 98 (6) 3577-3589.
13. Crowley, S., Megemont, M., Gazi, I., Kelly, A., Huppertz, T., O' Mahoney, J., *Heat stability of reconstituted milk protein concentrate powders*. 2014. *Int. Dairy J* 37:104-110.
14. Geilman, W., Schmidt, D., Herfurth-Kennedy, C., Path, J., and Cullor, J., 1992. *Production of an electrolyte beverage from milk permeate*. *J Dairy Sci* 75 (9) 2364-2369.
15. Beucler, J., Drake, M., and Foegeding, E. *Design of a beverage from whey permeate*. 2006. *J Food Sci* 70 (4) 277-285.

USDEC在此感謝Steve Rittmanic與Kimberlee (K.J.) Burrington為本專題提供他們的專業知識。

關於美國乳業

美國是世界最大的牛奶生產國，而憑藉充裕與不斷提升的牛奶供應量，以及具備競爭力、多樣化的產品，美國乳業已做好充分準備，可滿足全球日益增長的乳製品需求。對研究與創新的持續投資，加上傳承已久的精湛工藝，支持美國成為優質乳製品與原料的全球領導供應國。從家庭農場、牛奶加工商、乳品與乳原料製造商，到乳品經銷商，美國乳業的整個供應鏈通力合作，提供滿足客戶需求的高品質、營養產品，並幫助客戶的業務發展。



聯絡我們

美國乳品出口協會 台灣聯絡處

聯絡電話：+886-2-8789-8939

電子郵件：Tpe@prcon.com

聯絡地址：110台北市信義區信義路五段五號七樓7D07室

官方網站：www.ThinkUSAdairy.org

LinkedIn：[@Think-USA-dairy](https://www.linkedin.com/company/think-usa-dairy)

