



## 乳清产品在冰淇淋和冷冻乳制品甜食中的应用

作者: Steven Young 博士

美国德州休斯顿 Steven Young Worldwide

乳清和乳清蛋白产品在过去的60多年中已经被成功应用于冰淇淋和其他冷冻乳制品甜食中。甜乳清、乳清浓缩蛋白(蛋白质含量34-89%)和乳清分离蛋白(蛋白质含量 $\geq 90\%$ )是最常用的乳清产品。其他的乳清配料如脱乳糖乳清和脱盐乳清也是常用的配料。

成本优势和提升产品质量是使用乳清产品的主要出发点。而乳清产品的营养价值也是全世界日益增多的生产商在其配方中采用美国乳清产品一个重要原因。

在冰淇淋中最早应用的乳清产品是乳清粉,与其他来源的非脂乳固体相比,乳清粉更具成本优势,这也是它被广泛使用的原因之一。如今,乳清浓缩蛋白(WPC)和乳清分离蛋白(WPI)中蛋白质的功能特性也促进了它们在混合配方食品中的应用。

在全球市场,乳清产品在冷冻乳制品甜食中的应用日益普遍。这要归因于高品质功能性乳清产品的供应和对乳清产品的应用和益处的更深入的了解。

本专论主要讨论在冰淇淋和冷冻乳制品甜食配方中添加乳清配料的功能益处。若需要更多相关信息,请与美国乳清配料供应商联系,或从美国乳品出口协会([www.usdec.org](http://www.usdec.org))的其他出版刊物上获得相关信息。



## 市场趋势以及乳清产品在冷冻乳制品甜食中应用的增长

在美国，冰淇淋(包括全脂冰淇淋和减脂冰淇淋)仍是冷冻乳制品甜食产品中销量最高的产品。冷冻酸奶、冰糕(sherbet)和冰沙(sorbet)的销售增量并不显著。新产品继续增长但仅限于冰淇淋产品，其中又以全脂(乳脂含量 $\geq 10\%$ )为主(减脂冰淇淋的乳脂含量 $< 10\%$ )。

美国与世界上其他国家一样，“冰淇淋”包括了减脂和/或减糖(不添加糖)冷冻乳制品甜食，只要产品的其他组成满足冰淇淋的标准即可。此类经过营养素调整的产品表明，市场对于低脂和/或低糖冰淇淋产品的需求在上升，但要求此类产品仍要具有真正的冰淇淋口感。

“冰淇淋”几乎涵盖了美国90%的冷冻乳制品甜食，其中的70%是全脂产品，其余的产品则是减脂(“轻脂”、“减脂”、“低脂”和“无脂”)和减糖(不添加糖)冰淇淋。在所有的新产品中，接近2/3的产品是全脂冰淇淋。

这进一步揭示了消费者对经过营养素调整的产品(低脂/无脂；低糖/无糖)的持续需求，但这些产品仍需保持传统的冰淇淋的口感。

新型冰淇淋产品包括真正无糖(每份产品中总糖含量 $< 0.5\text{g}$ )的产品和优质(更好的风味、口感和质地)的无脂产品和/或低血糖指数产品。

乳清和乳清产品可提供显著的功能和经济方面的益处并带来产品品质的改善、更优的营养价值和其他营养益处如降低血糖指数。

## 法规限制

冷冻乳制品甜食尚没有国际标准，因此，没有国际认可的关于在冷冻乳制品甜食中应用乳清配料的标准。生产商应查询当地法规中对于特定原料在冷冻乳制品甜食中的最大使用量标准。然而，最近美国提议在法规标准中采用以“全乳蛋白”(包括所有的酪蛋白和乳清蛋白)为基准而不是以“乳固体总量”或“非乳固体总量”为基准。这一提议从科学性和技术上讲更加准确，这样就可以在最终产品的其他功能和感官指标均达到标准的情况下，在配方中添加更多的乳清蛋白。当然，也要考虑到不同国家关于使用乳清和乳清蛋白配料的法规或限制条件的不同。

正确使用恰当的乳清产品可提升最终产品的品质——风味、结构、质地和冷冻/融化稳定性——并可在降低原料成本的条件下改进产品的营养价值。

## 功能性配料系列

在冰淇淋和冷冻乳制品甜食中常用的美国乳清产品包括：

- 甜乳清
- 低乳糖乳清
- 脱盐乳清
- 酸性乳清(酸味冰糕和冰沙)
- 乳清浓缩蛋白(WPC，蛋白质含量34%—89%)
- 乳清分离蛋白(WPI，蛋白质含量 $\geq 90\%$ )
- 其他定制产品和即用预混合料。

乳清配料的组成会因不同的供应商和制作乳清时不同的干酪种类和不同的乳清纯化工艺而有差异。即使如此，只要遵循关键的配方设计原则，在冰淇淋和冷冻乳制品甜食配方中应用乳清蛋白是比较容易的。



## 乳清在冰淇淋和相关产品中的功能益处

### 持水性

乳清蛋白可以通过物理和化学途径结合大量水分，这样可以增加混合料粘度，还可以通过限制水-冰-水的转换以获得良好的冷冻/融化稳定性。限制水-冰-水的转换还有助于维持小冰晶的存在，从而提高产品抗热冲击的能力，使最终产品能保持其柔滑细腻的口感。

### 搅打/起泡性

乳清蛋白的搅打性和起泡性可使产品在冷冻时增加空气混入量。而且，通过增加未冻结部分混合料的粘度，乳清蛋白可以帮助稳定和增强空气泡，这有助于防止冰淇淋结构的塌陷(通常称之为收缩)。小空气泡的形成和保持使冰淇淋具有光滑细腻的口感，同时，也提高了冰淇淋抗热冲击的能力。

### 乳化性

乳清蛋白是高效的脂肪和油脂的乳化剂。它们易形成稳定的乳状液，可以全部或部分取代冷冻乳制品甜食中的化学乳化剂。此外，乳清产品中的结合脂肪中磷脂(如卵磷脂)的含量相对较高，这也增加了乳清配料的乳化能力。在使用乳清配料进行配方设计时要考虑其中的乳脂含量。乳清产品是极为经济的乳脂来源。乳清也可直接或间接影响在搅打(混入空气)和冷冻(产生冰晶)过程中的脂肪凝聚。脂肪凝聚对于优良的抗热冲击能力和良好的口感与质地(光滑度或滑腻度)是非常重要的。

### 风味

乳清产品具有微甜的乳品风味(甜乳清)或几乎没有风味(乳清浓缩蛋白和乳清分离蛋白)。在某些配方中使用高含量的甜乳清可能会使最终产品的乳清味太重。然而，正确选择和应用乳清产品不但可以避免这一问题而且可以最大限度的发挥乳清的风味优势。另外，在有些冰淇淋和大多数冰糕和冰沙产品中使用有机酸(如柠檬酸、苹果酸和乳酸)和水果香精，乳清的风味就可以被掩盖。配方设计者可以轻松地平平衡乳清产品的添加量以优化产品的整体风味。

### 粘度

添加乳清蛋白能提高产品的口感和质地。乳清蛋白有助于提高冰淇淋未冻结部分的粘度并维持小的空气泡和小冰晶。因此，添加乳清蛋白的冷冻乳制品甜食的口感会更加光滑细腻，粗糙感会减少，同时也可以提高产品的抗热冲击能力。

### 视觉吸引力

根据不同混合料类型，乳清蛋白可增加混合料和最终产品的浊度、洁白度以及“乳状”特性。如果选择得当，乳清产品可以通过维持最终的产品结构和形态来保持产品的视觉吸引力。通过添加颗粒和/或糖浆(不同的沙司)来增强视觉效果时，乳清产品也可间接辅助维持冰淇淋的结构。

### 填充剂

在某些配方中，乳清配料可作为低成本固体填充剂和功能性组分替代物(如在低脂冷冻乳制品甜食中替代脂肪)。由于乳清不是脂肪，因此最好在高脂产品中采用乳清替代脂肪，而减少地在低脂产品中的替代，因为低脂产品中对真正脂肪功能性的需求是最大的。

### 冰点控制

乳清配料中的乳清蛋白、乳糖和矿物质可有效控制水-冰的冷冻和水-冰转换。反之，也会影响冷冻条件、混合料表现和最终产品质量如口感和质地。乳清蛋白在控制冰淇淋因经受热冲击和其他分销过程温度波动而造成的冰晶生成方面起重要作用。通过使用乳清蛋白可以获得较好的冷冻-融化稳定性。因此在使用乳清蛋白时，正确选择品种以及正确的应用对于成功设计配方是至关重要的。

### 对添加香精的影响

高分子量的蛋白质如乳清蛋白能从添加的香精如香草抽提物中吸收多种化学成分。乳清蛋白含量越高，对添加的香精的影响越大。使用其他蛋白质时也会造成这一影响，配方设计者应优化配方中的蛋白质/香精添加量。

### 节约成本

在冰淇淋和其他冷冻乳制品甜食中使用乳清产品的一个重要原因就是它们能控制或降低预混合料成本。通过选择最佳乳清产品可显著降低成本。如果配方设计合理，所有的乳清配料均可以提供降低成本的机会。另外，产品得率的提高(就是提高膨胀率)也可显著降低成本。乳清蛋白是通过在冷冻和搅拌时更多地混入并维持小空气泡来提高膨胀率的。

### 营养

乳清是一个极好的“营养卖点”。它们的价值在于很少有其他的营养来源能够提供优质蛋白质、钙和一系列健康促进组分这些关键的营养素。乳清对调整营养素的产品(如减脂和低脂产品)的混合料营养成分的间接影响也能带来价值。

乳清产品在冷冻乳制品甜食中的功能性和益处

功能	总体效果	在冷冻乳制品甜食中的特定益处
溶解性	<ul style="list-style-type: none"> <li>在大多数使用量水平上都能带来光滑质地</li> <li>在很宽的pH值范围内可溶解</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>在高使用量条件下带来细腻质地</li> <li>减少“砂质”和“粉状”口感</li> <li>在酸性混合料包括发酵体系(冷冻酸奶)、冰糕和冰沙中仍保持溶解</li> </ul>
持水性	<ul style="list-style-type: none"> <li>结合和包裹水</li> <li>限制冰-水-冰形态转换</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供优良口感和质构</li> <li>抑制冰晶形成和发展</li> <li>有助于改善光滑度和滑腻度</li> </ul>
粘度	<ul style="list-style-type: none"> <li>增稠效果</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>改善口感和质构</li> <li>有助于稳定空气泡大小和强度</li> <li>有助于改善光滑度和滑腻度</li> </ul>
成胶	<ul style="list-style-type: none"> <li>在热处理过程中成胶</li> <li>有助于构建粘度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>在低脂或脱脂冷冻乳制品甜食中作为脂肪替代物</li> <li>口感和质构</li> <li>增强抗热冲击能力</li> </ul>
乳化性	<ul style="list-style-type: none"> <li>形成稳定乳状液</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可替代部分酪蛋白</li> <li>可防止混合料中油脂析出和浆液分离</li> </ul>
起泡性	<ul style="list-style-type: none"> <li>形成稳定的膜</li> <li>稳定搅打体系</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>在混合料中更易混入空气</li> <li>提供结构(混合料充气)</li> <li>提供稳定结构</li> </ul>
浊度	<ul style="list-style-type: none"> <li>改善视觉效果</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过提供浊度和乳状特性增加低脂和脱脂产品的吸引力</li> <li>有助于维持产品结构和物理形态的吸引力</li> </ul>
风味和香味	<ul style="list-style-type: none"> <li>柔和、微甜的乳品风味</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>与其他乳品风味高度相容</li> <li>与添加的所有香精相容</li> </ul>
营养特征	<ul style="list-style-type: none"> <li>良好氨基酸模式</li> <li>益生生素功能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>在营养产品中提供蛋白质和钙</li> <li>促进双歧杆菌生长</li> </ul>
降低冰点	<ul style="list-style-type: none"> <li>碳水化合物和盐能降低冰点</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>实现冰点控制</li> <li>软冰淇淋的应用</li> </ul>



## 应用乳清配料生产 冷冻乳制品甜食

### 乳清配料对特定生产工序的影响

#### 配料混合、混合料制备

乳清配料是和其他液体和干配料一起加入的。乳清产品必须在在进行灭菌前添加以确保最终混合料的微生物指标安全。乳清和乳清产品通常是在配料混合阶段加入的。乳清粉应在高速搅拌的条件下加入到液体配料中(水、牛奶、脱脂牛奶、奶油、糖浆、甜味剂),以防止结块或成胶。在有高速搅拌的条件下,并不需要把乳清配料同其它干配料预混合以帮助分散。若没有高速搅拌(如小批量生产),乳清和乳清产品可以预先和其他一些干配料(如蔗糖、玉米糖浆固形物或麦芽糊精)混合再加入以提高物料的分散,或者通过填料斗进行在漏斗泵和物料缸之间的物料循环。无论是高速或是低速搅拌,都要避免混合料过度起泡(空气混入)。起泡不单由于含有蛋白质配料的添加(奶油、脱脂粉、蛋粉等),在任何一个混合料中,蛋白质越多,脂肪越少,起泡的可能性就越大。起泡会引起灭菌过程(间歇式或连续式)的焦灼、产品得率降低、成本增加、灭菌和均质不充分、冷冻效果差及其他缺陷如过氧化的味道。通过正确设计混合料制备系统可以很容易地控制起泡。

#### 灭菌(间歇式或连续式)

灭菌可能会影响最终混合料中乳清产品的功能性,这取决于特定混合料、混合料组成、使用的乳清配料以及灭菌的时间和温度。冷冻乳制品甜食的典型灭菌条件不会影响乳清产品的功能性。然而,如果热处理系统控制不当会导致焦灼从而产生异味和添加的蛋白质如乳清蛋白功能性的变化。在某些情况

下,超高温灭菌或超长时间灭菌会影响乳清蛋白的功能性,有正面也有负面的作用。需要再次指出是,必须选择合理的温度和时间以使特定混合料中的特定乳清配料发挥最佳的持水性或成胶特性。

#### 均质

乳清蛋白有助于在混合料的脂肪与水的界面形成稳定的乳状液,并增加混合料非脂相的稳定性。这对于那些需要在其他地方和其他时间冷冻的物料尤为有用。

#### 冷冻(间歇式或连续式, -5°C到-6°C)

冷冻机出口的冰淇淋的实际温度取决于混合料组成、功能性和对最终产品的需求。通常来说,只要冰淇淋可进行后续的任何操作(包装、灌模、挤压),则出口温度越低越好(使冷冻机内产生最大量的冰晶)。通过控制混合料的冰点,混入乳清产品可影响出口温度和粘度(粘度低且具有流动性/硬度高且干燥)。低粘度的产品对灌模产品来说是合适的,但不适宜于挤压和包装产品。此外,乳清和乳清配料还有助于小冰晶的形成,从而改善最终产品的口感。



#### 分销(<-28°C)

温度会因分销链中的特定条件和硬件设施而波动。乳清和乳清产品能通过控制在冷冻-融化过程中冰-水-冰的转换而显著增强产品的稳定性。在分销过程中由于温度波动导致冰-水-冰的转换时乳清也可起作用,因为它可增强产品的抗热冲击力并可以保持冷冻乳制品甜食的口感和质地。



## 采用乳清产品进行配方设计

在进行配方设计时要控制好蛋白质(用量和功能性)、乳糖和盐以确保获得良好的冷冻效果(即产生大量的小冰晶)并防止“砂质”口感的出现。这对高档冰淇淋和调整营养素的冰淇淋均适用。

总体来说,乳清产品应用于蛋白基质配方中时,可替代绝大多数

冰淇淋混合料中高达50%的天然存在的酪蛋白。这有助于保持酪蛋白在改善产品口感和质构以及抗热冲击方面的独特功能特性。乳糖和盐的影响也应予以考虑。

采用甜乳清、乳清浓缩蛋白和乳清分离蛋白制作的全脂冰淇淋、减脂(减脂、低脂和无脂)冰淇淋以及低糖冰淇淋(不添加糖)的配方如下表所示。

### 应用甜乳清的冰淇淋配方

配料	普通冰淇淋	优质冰淇淋	超优质冰淇淋
乳脂肪	10.00%	12.00%	16.00%
非脂乳固体	7.50%	7.25%	6.00%
甜乳清*	2.50%	2.50%	2.00%
蔗糖	12.00%	12.00%	12.00%
玉米糖浆36DE	6.00%	4.00%	4.00%
乳化剂和稳定剂	0.30%	0.25%	0.25%
总固体	38.30%	38.25%	40.25%

\* 也可以使用低乳糖或脱盐乳清。

### 应用乳清浓缩蛋白(蛋白质含量34-89%)制作减脂、低脂和无脂冰淇淋

配料	对照			减脂冰淇淋			低脂冰淇淋			无脂冰淇淋		
	WPC34	WPC60	WPC80	WPC34	WPC60	WPC80	WPC34	WPC60	WPC80	WPC34	WPC60	WPC80
乳脂	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	4.00%	4.00%	4.00%	0.35%	0.40%	0.40%		
非脂乳固体	11.00%	8.90%	9.35%	9.50%	8.00%	9.00%	9.25%	8.25%	8.40%	8.80%		
WPC34	1.10%				2.50%			2.75%				
WPC60		0.65%			1.00%			1.60%				
WPC80			0.50%			0.50%				0.50%		
蔗糖	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	13.00%	13.00%	13.00%		
玉米糖浆36DE	5.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.50%	6.50%		
麦芽糊精4DE或10DE	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.50%	5.50%		
乳化剂和稳定剂	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.30%	0.70%	0.70%	0.70%		
总固体	38.30%	38.30%	38.30%	38.30%	37.80%	37.80%	37.80%	36.05%	36.05%	36.10%		

混合料: 约0.59Kg/L。

### 应用乳清分离蛋白(WPI)制作无糖冰淇淋

配料	标准冰淇淋		低脂冰淇淋		无脂冰淇淋	
	对照	不添加糖	对照	不添加糖	对照	不添加糖
乳脂	10.00%	10.00%	4.00%	4.00%	0.35%	0.50%
非脂乳固体	10.00%	9.00%	11.00%	10.00%	12.00%	12.00%
WPI		1.00%		1.00%		1.00%
蔗糖	12.00%		12.00%		12.00%	
玉米糖浆36DE	6.00%		6.00%		10.00%	
聚葡萄糖		6.00%		6.00%		8.00%
山梨醇		6.00%		6.00%		6.00%
麦芽糊精 4 DE或10DE		6.00%	3.00%	8.00%	4.00%	8.00%
阿斯巴甜*		0.08%		0.08%		0.08%
乳化剂和稳定剂	0.30%	0.30%	0.70%	0.70%	0.25%	1.00%
总固体	38.30%	38.38%	36.70%	35.78%	38.60%	36.58%
终产品Kg/L	0.536	0.536	0.596	0.596	0.782	0.596

\* 可以应用阿斯巴甜、安赛蜜和/或蔗糖素达到适当的甜度。阿斯巴甜和安赛蜜的甜度大约是蔗糖的200倍;蔗糖素的甜度大约是蔗糖的600倍。

两种或三种甜味剂混合使用可以将回味最小化。

在标准冰淇淋配方(10%乳脂)中添加甜乳清:  
成本节约核算(范例\*)

配料	对照组配方			添加2.5%的甜乳清		
	干基%	单价/Kg	价格/100Kg	干基%	单价/Kg	价格/100Kg
非脂乳固体	10.00%	\$3.86	\$38.58	7.50%	\$3.86	\$28.94
甜乳清				2.50%	\$0.88	\$2.20
乳脂肪	10.00%	\$6.61	\$66.14	10.00%	\$6.61	\$66.14
蔗糖	12.00%	\$0.77	\$9.26	12.00%	\$0.77	\$9.26
玉米糖浆36 DE	5.00%	\$0.22	\$1.10	5.00%	\$0.22	\$1.10
乳化剂和稳定剂	0.30%	\$4.41	\$1.32	0.30%	\$4.41	\$1.32
总固体	37.30%			37.05%		
配料成本			\$116.40			\$108.96
混合料价格(\$/Kg)			\$1.16			\$1.09
冰淇淋价格(\$/L)			\$0.63			\$0.59
节约成本						6.97%

\* 配料成本是基于2006年秋季美国配料成本。该计算表格仅为演示。特定配料的实际价格可能会因产地和销售区域等因素而不同。

在优质冰淇淋配方中添加WPC80:  
成本节约核算(范例\*)

配料	对照组配方			添加1.5%的WPC80		
	干基%	单价/Kg	价格/100Kg	干基%	单价/Kg	价格/100Kg
非脂乳固体	10.00%	\$3.86	\$38.58	7.00%	\$3.86	\$27.01
WPC80		\$0.00	\$0.00	1.50%	\$4.19	\$6.28
乳脂肪	14.00%	\$6.61	\$92.59	12.00%	\$6.61	\$79.37
蔗糖	12.00%	\$0.77	\$9.26	12.00%	\$0.77	\$9.26
玉米糖浆36 DE	5.00%	\$0.22	\$1.10	5.00%	\$0.22	\$1.10
乳化剂和稳定剂	0.30%	\$4.41	\$1.32	0.30%	\$4.41	\$1.32
总固体	41.30%			37.80%		
配料成本			\$142.86			\$124.34
混合料价格(\$/Kg)			\$1.43			\$1.24
冰淇淋价格(\$/L)			\$0.77			\$0.67
节约成本						15.00%

\* 配料成本是基于2006年秋季美国配料成本。该计算表格仅为演示。特定配料的实际价格可能会因产地和销售区域等因素而不同。



## 冷冻乳制品甜食中使用乳清时应考虑的问题

乳清配料的使用量和选用类型是基于以下考虑:

### 混合料的最终用途

- **零售包装产品:** 供家庭消费的2L、1L、0.5L等小包装产品, 冷冻/融化稳定性尤为重要, 因为在这种产品的分销环节中的温度波动很大。WPC或WPI可显著增强产品的冷冻/融化稳定性。
- **大包装产品:** 10L的包装或更大包装, 通常供应食品店, 在食品店里不断的舀取会对冷冻乳制品甜食造成物理性损伤。WPC或WPI能增强产品的物理强度, 并增强产品的抗热冲击能力和抗物理性扰乱的能力。
- **花色产品:** 直接灌装在杯子、蛋筒中等。因为产品的最终形态取决于包装, 冷冻乳制品甜食在定型前必须能均匀流入包装中, 这就要求考虑混合料的组成、粘度和加工工艺。这类直接灌装的新型产品通常采用甜乳清。选择的冷冻出口温度要确保最终的产品能顺利灌装。

- **挤压产品:** 通过各种形状的成形口挤压并切割成适当的大小。冷冻乳制品甜食必须是流动的, 但也要有足够的硬度以挤压成形。WPC和WPI可以显著增加产品的持水性, 加强冷冻乳制品甜食的强度从而确保挤压出的产品能够抵抗在加工工艺中的物理性扰乱。

- **灌模产品:** 通常将流动性非常好的冷冻混合料灌入到模具中成形。冷冻乳制品甜食混合料必须能够承受空气的混入和冷冻, 但也要能流动并快速凝固(如果需要的话, 要能够冻住插入的冰糕棍), 能够表面融化脱模以及经受二次处理(应用液体/固体外膜涂层)。如果模具灌注不充分则会产生空隙而造成一系列的产品缺陷。甜乳清(或脱盐乳清)常用于该类产品。

- **涂层产品:** 不管冷冻乳制品甜食产品是否需要涂层, 产品的配方与原料的选择都是至关重要的。乳清可带来显著的功能特性, 帮助最终产品涂层的形成和保持。乳糖是许多新型复合涂层产品的理想配料, 因为乳糖可控制涂层甜度并具有低成本的优势, 这既包括干涂层也包括液体涂层。

### 配料的使用量和类型

- **乳糖含量:** 混合料中乳糖的总含量是非常重要的。为了减少乳糖结晶(在冷冻乳制品甜食中又称为“砂质”), 建议将混合料中乳



糖的含量控制在7.5%以下。乳糖溶解性有限且受多种因素的影响。虽说在所有乳基质冷冻甜食中都存在乳糖结晶, 但乳糖含量和乳糖结晶的实际大小对于是否存在“砂质”缺陷是非常关键的。通过控制乳糖含量, 乳糖结晶的可能性以及乳糖结晶的大小都可以减少。这一简单建议有助于防止“砂质”。当然, 乳糖含量越少, 发生“砂质”感的可能性越低。混合料中所有乳品配料的乳糖含量都必须进行精确计算与控制。

- **甜度:** 乳清, 尤其是甜乳清, 都会在一定程度上增加混合料的甜度。根据不同混合料的特殊要求, 可以采用乳清来适当降低甜度以改善消费者接受度。然而, 在大多数情况下, 源自乳品配料中的乳糖的甜度可以忽略(仅为蔗糖甜度的20%)。如果要考虑乳糖的甜度, 则必须比较所有配料的甜度。

- **填充剂、稳定剂和乳化剂:** 乳清蛋白可与多种大分子的填充剂(淀粉、淀粉水解物、胶体等)相互作用以增强或减弱混合料的性能。因此, 将WPC或WPI添加到含有较多填充剂的特定混合料中时应特别注意。尽管乳清配料组分与添加的化学乳化剂之间的相互作用非常少, 乳清与起稳定作用的胶体则会发生重要的反应(如乳清中的游离钙和低酯果胶)。如果混合料“过度稳定”, 该类反应将导致冷冻乳制品甜食过度粘稠和/或过度胶粘。



● **加工条件：**通常巴氏灭菌条件对乳清蛋白在混合物中的功能性影响甚微。然而，在强巴氏灭菌（高温、长时间）条件下，乳清蛋白的功能性则会受到影响，受影响程度根据特定乳清产品的加工方式而异。乳清产品，尤其是乳清浓缩蛋白（蛋白质含量为60-85%）和乳清分离蛋白在老化过程中会进一步水合，从而显著影响混合料的粘度和特性。冷冻机出口温度就变得非常关键。一般来说，建议出口温度尽可能低，只要可以进行后续操作（如包装、挤压、成形、直接灌注等）即可。现代连续式淬水系统能快速将剩余的自由水结成冰，这就可以最大限度的使用甜乳清或减少特定目的所需WPC或WPI的量。

如果预见到在分销过程中会有严重的热冲击，选择适当的乳清蛋白产品能显著增加产品冷冻/融化稳定性。

乳清产品能作为重要配料并节约成本。乳清产品在降低配料成本和改善产品得率方面有着重要作用（见配方范例和成本核算表）。



## 低蛋白乳清在软冰淇淋中的应用

C.S.Otte,\* K.Lim,\*\* K.E.Smith,\*\* V.Jusuf,\* L.Jensen,\* S.A. Rankin\*  
美国威斯康辛-麦迪逊大学食品科学系和乳品研究中心

软冰淇淋光滑、柔软并具有与硬冰淇淋相似的口味，但乳脂含量较低。为降低产品成本，乳清配料可用于软冰淇淋配方中替代部分乳固体。

美国威斯康辛-麦迪逊大学的研究人员进行了一项研究，以确定低蛋白乳清对软冰淇淋的质地和风味的影响。在该项研究中，研究人员制作了3种香草软冰淇淋：

- 1) 对照-11.3%的脱脂奶粉
- 2) 用甜乳清粉替代25%的非脂乳固体
- 3) 用低蛋白乳清替代25%的非脂乳固体\*

混合料经过巴氏灭菌(84℃, 15秒)、均质(2000/500psi)并在4℃下老化24小时。在冷冻前，在每种混合料中添加127ml/L天然香草。每种混合料在软冰淇淋冷冻机中冷冻，冷冻出口温度相同。

比色试验结果表明，同甜乳清粉试样相比，低蛋白乳清试样与对照组更相似。3个品种在融化速率、脂肪不稳定性和膨胀率方面并无显著性差异。训练有素的感官评定小组的评定结果表明，3个产品在香草风味和盐味的强度上存在显著差异。消费者测评小组在偏好测试中无显著差异。

这些结果表明甜乳清粉和低蛋白乳清可以成功替代软冰淇淋配方中部分非脂乳固体，并保持产品的消费者满意度。

\*低蛋白乳清(也叫作高乳糖乳清或乳固形物)通常含有65%-85%的乳糖、3%-8%的蛋白质、低于1.5%的脂肪、8%-20%的灰分和低于5%的水分。

## 乳清产品在冷冻乳制品甜食中的应用建议

考虑使用乳清配料时，应参照如下建议：

- 平衡混合料的冷冻表现和乳清配料之间的关系。
- 确保配方中总乳糖含量小于7.5%，以最大限度减少乳糖结晶造成的“砂质”口感。乳糖含量越低，产生“砂质”感的几率越低。
- 对每种混合料都应评估乳清配料本身的功能性(包括风味)以及它对添加香精的影响。
- 法规限制：核对当地法规中对所有配料用量的限制。
- 要考虑最终产品的用途、分销和市场销售。
- 在高速搅拌下将乳清粉加到液体配料中，或先和一些高溶解度的干配料预先混合(小批量)。
- 通过恰当设计配料定量系统将发泡降低到最低。其他工艺注意事项可通过恰当的配方来控制。
- 经济性：如果配方合适可显著节约成本。
- 甜乳清可能是最经济的乳清配料。然而，乳清浓缩蛋白和乳清分离蛋白是满足质量、一致性和营养需求的更经济的配料。乳清浓缩蛋白和乳清分离蛋白是多功能配料，可减少和替代其它配料或添加剂用量。

考虑到所有的产品类型和工艺注意事项，乳清产品是适用于几乎所有的冷冻乳制品甜食的有价值的配料。

# Q&A

**问题:** 甜乳清、乳清浓缩蛋白(WPC)和乳清分离蛋白(WPI)在冷冻乳制品甜食中的“典型”建议用量是多少?

**答案:** 具体的用量最大程度取决于影响冷冻乳制品甜食组成的所有关键因素以及所使用的特定乳清配料的功能性。但是通常可以用下面的初始建议量作为指导:

甜乳清粉	2.0-3.0%
WPC 34	1.5-3.0%
WPC 60-85	0.5-2.0%
WPI	0.5-1.0%

如果在规定标准中使用乳蛋白总量(酪蛋白和乳清蛋白总和),则建议天然酪蛋白含量至少占乳蛋白总量的50%。因此,任何乳清配料的用量可基于这一目标和特定乳清配料中蛋白质的含量进行简单的计算。这既保证了酪蛋白的功能性即在混合料制备老化过程中调节脂肪球以实现在冷冻和搅打过程中产生脂肪凝聚,也充分发挥了乳清蛋白在功能性、质量和成本等方面的优势。脂肪凝聚是构建空气泡强度和后续的抗热冲击能力所必须的。下列的表格将演示如何进行配方计算以及相关的指南。



## 标准冰淇淋 - 11%乳脂肪

	配料成本 USD/Kg	对照	使用 甜乳清	使用 WPC34	使用 WPC80
植物油	\$0.63	11.00%	11.00%	11.00%	11.00%
脱脂奶粉	\$2.30	11.00%	8.25%	7.50%	6.25%
甜乳清	\$0.65		2.75%		
WPC34	\$2.75			1.00%	
WPC80	\$7.33				1.00%
蔗糖	\$0.48	14.00%	14.00%	14.00%	14.00%
麦芽糊精 10 DE*	\$0.80			2.50%	3.55%
乳化剂/稳定剂	\$5.20	0.45%	0.45%	0.45%	0.45%
总固体		36.45%	36.45%	36.45%	36.25%
100Kg混合料成本		\$41.24	\$36.70	\$33.64	\$40.48
节约成本**			11.00%	18.42%	1.83%
<b>控制指标</b>					
乳蛋白含量 (%)	≥3.0%	3.96%	3.33%	3.05%	3.05%
酪蛋白含量 (%)	≥1.6%	3.2%	2.4%	2.2%	1.8%
酪蛋白比例 (%)	≥50%	80.0%	71.4%	70.8%	59.0%
总脂肪含量 (%)	根据需要	11.11%	11.11%	11.11%	11.12%
乳糖含量 (%)	最小化	6.2%	6.5%	4.7%	3.6%
甜度 (%)	14-15%***	14.00%	14.00%	14.25%	14.36%

\* 玉米糖浆固形物(CSS)36DE或麦芽糊精(MDX)10DE都可以使用;糊精可以提供更光滑细腻的质地;玉米糖浆固形物可以提供更多甜味和光滑细腻的口感。

\*\* 增加非脂固体可以增加混合料密度和得率,可以节约更多。

\*\*\* 基于对照组。

## 低脂冰淇淋 - 5%乳脂肪

	配料成本 USD/Kg	对照	使用 甜乳清	使用 WPC34	使用 WPC80
乳脂肪	\$3.95	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
植物油	\$0.63	5.50%	5.50%	5.50%	5.50%
脱脂奶粉	\$2.30	7.65%	5.10%	5.10%	5.10%
甜乳清	\$1.00	2.55%	5.10%		
WPC34	\$2.75			2.50%	
WPC80	\$7.33				1.00%
蔗糖	\$0.48	15.20%	15.20%	14.00%	14.00%
玉米糖浆 36 DE*	\$1.60				
麦芽糊精 10 DE*	\$0.80			2.50%	3.55%
乳化剂/稳定剂	\$5.20	0.82%	0.82%	0.82%	0.82%
总固体		36.72%	36.72%	35.42%	34.97%
100Kg混合料成本		\$51.46	\$48.14	\$51.34	\$52.63
节约成本**			6.44%	0.23%	-2.29%
<b>控制指标</b>					
乳蛋白含量 (%)	≥3.0%	3.09%	2.50%	2.71%	2.64%
酪蛋白比例 (%)	≥50%	69.4%	57.1%	52.7%	54.2%
总脂肪含量 (%)	根据需要	5.10%	5.10%	5.14%	5.11%
乳糖含量 (%)	最小化	6.0%	6.4%	4.1%	2.9%
甜度 (%)	15%***	15.20%	15.20%	14.25%	14.36%

\* 玉米糖浆固形物(CSS)36DE或麦芽糊精(MDX)10DE都可以使用;糊精可以提供更光滑细腻的质地;玉米糖浆固形物可以提供更多甜味和光滑细腻的口感。

\*\* 增加非脂固体可以增加混合料密度和得率,可以节约更多。

\*\*\* 基于对照组。

## 植脂冰淇淋 - 10%植物脂肪

	配料成本 USD/Kg	对照	使用 甜乳清	使用 WPC34	使用 WPC80
棕榈油	\$0.63	6.30%	5.00%	7.00%	5.00%
椰子油	\$0.68	4.20%	3.00%	3.00%	3.00%
中脂奶粉	\$2.30	6.00%	3.00%	3.00%	3.00%
甜乳清	\$1.60		3.00%		
WPC34	\$2.50			1.50%	
WPC80	\$6.32				0.80%
蔗糖	\$0.90	15.00%	14.00%	13.00%	14.00%
高果糖浆(42%HFCS)	\$0.40	2.80%	2.50%	3.00%	2.50%
玉米糖浆 36 DE*	\$1.58				
麦芽糊精 10 DE*	\$0.79		5.00%	6.00%	5.00%
乳化剂/稳定剂	\$1.65	0.55%	0.30%	0.55%	0.30%
总固体		34.85%	35.80%	37.05%	33.60%
100Kg混合料成本		\$33.98	\$33.40	\$33.90	\$33.66
节约成本**			1.71%	0.23%	0.96%
<b>控制指标</b>					
乳蛋白含量 (%)	≥3.0%	2.04%	1.41%	1.55%	1.66%
酪蛋白含量 (%)	≥1.6%	1.6%	0.8%	0.8%	0.8%
酪蛋白比例%	≥50%	80.0%	57.9%	52.8%	49.2%
总脂肪含量 (%)	根据需要	10.77%	8.17%	10.19%	8.18%
乳糖含量 (%)	最小化	3.4%	3.8%	2.4%	1.7%
甜度 (%)	15-18%***	17.80%	17.00%	16.60%	17.00%

\* 玉米糖浆固形物(CSS)36DE或麦芽糊精(MDX)10DE都可以使用；糊精可以提供更光滑细腻的质地；玉米糖浆固形物可以提供更多甜味和光滑细腻的口感。

\*\* 增加非脂固体可以增加混合料密度和得率，可以节约更多。

\*\*\* 基于对照组。

## 高档冰淇淋 - 16%乳脂肪

	配料成本 USD/Kg	对照	使用 甜乳清	使用 WPC34	使用 WPC80
植物油	\$3.95	16.00%	16.00%	15.30%	15.50%
脱脂奶粉	\$2.30	10.20%	7.65%	7.50%	6.25%
甜乳清	\$0.65		2.55%		
WPC34	\$2.75			1.00%	
WPC80	\$7.33				1.00%
蔗糖	\$0.48	14.00%	14.00%	14.00%	14.00%
麦芽糊精 10 DE*	\$0.80			2.50%	3.55%
蛋黄粉	\$2.00	1.70%	1.70%	1.70%	1.70%
总固体		41.90%	41.90%	42.00%	42.00%
100Kg混合料成本		\$96.78	\$92.57	\$92.56	\$95.89
节约成本**			4.35%	4.37%	0.92%
<b>控制指标</b>					
乳蛋白含量 (%)	≥3.0%	3.67%	3.09%	3.05%	3.05%
酪蛋白含量 (%)	≥1.6%	2.9%	2.5%	2.5%	2.6%
酪蛋白比例 (%)	≥50%	80.0%	82.1%	82.3%	85.2%
总脂肪含量 (%)	根据需要	16.10%	16.10%	15.41%	15.62%
乳糖含量 (%)	最小化	5.7%	6.0%	4.7%	3.6%
甜度 (%)	14-15%***	14.00%	14.00%	14.25%	14.36%

\* 玉米糖浆固形物(CSS)36DE或麦芽糊精(MDX)10DE都可以使用；糊精可以提供更光滑细腻的质地；玉米糖浆固形物可以提供更多甜味和光滑细腻的口感。

\*\* 增加非脂固体可以增加混合料密度和得率，可以节约更多。

\*\*\* 基于对照组。



**问题:**乳清浓缩蛋白(WPC80-85)和乳清分离蛋白(WPI)要比脱脂奶粉贵,它是如何节约成本的?

**答案:**有几个因素影响高蛋白含量的WPC和WPI的经济性。关键的是这些高功能性配料的用量(0.50-2.0%)要比标准的甜乳清用量(2.0-3.0%)低得多。此外,这些高功能性配料可以部分或全部替代配方中其他价格更高的配料(如亲水胶体稳定剂和乳化剂)。最后,因为冰淇淋是按重量或体积销售的,生产高膨胀率的优质产品就意味着增加得率。使用优质乳清产品可以少量增加膨胀率(5-6%)(也就是说同样体积的混合料可以生产更多的冰淇淋),可以带来较多配料和加工成本的降低(10-12%)。

**问题:**低蛋白乳清可用于冰淇淋和其他冷冻乳制品甜食吗?

**答案:**低蛋白乳清是生产乳清浓缩蛋白和乳清分离蛋白的副产物,其中盐和乳糖含量特别高。盐和乳糖会影响冰淇淋混合料的冰点、抗热冲击力,而且会给冰淇淋引入过高的乳糖,容易造成冰淇淋的“砂质”感缺陷。因此,一般不推荐在冰淇淋中使用低蛋白乳清。如果要使用乳糖,则必须考虑上述因素。

**问题:**乳清风味通常是冰淇淋和其它冷冻乳制品甜食的风味缺陷,使用乳清会增加冷冻乳制品甜食的清风味吗?

**答案:**“乳清风味”或其他风味缺陷如“纸板味”、“氧化味”或“奶酪味”等风味缺陷可能源于乳清配料,特别是甜乳清。这些缺陷可能在一些质量比较差或加工工艺比较差的配料中出现。美国乳清配料通常具有令人愉悦的乳香味,和冷冻乳制品甜食相容性很好。

**问题:**能在冰沙中使用乳清或乳清配料吗?

**答案:**可以。精心选择合适用量的乳清配料(限制乳糖含量 $\leq 7\%$ )可以提升产品的口感和质地,且满足低脂或无脂的需求。因为冰沙中添加少量或不添加乳品配料,添加乳清可以起填充作用、改善搅打效果和稳定性。另外,乳清蛋白可增加混合料粘度从而使最终产品更光滑爽口。在非果味冰沙(如巧克力味)中,添加乳清可以经济地增添产品的乳品基础风味和外观特征(浊度)。

**问题:**什么是“gelato”乳清配料可以成功应用于其中吗?

**答案:**“gelato”是意大利冰淇淋,并没有统一的定义或标准,然而,典型的“gelato”冰淇淋总固体含量高(乳脂含量可变化)、膨胀率非常低、有明亮和鲜明的颜色以及浓郁风味。乳清蛋白配料仍可以替代配方中的非脂乳固体。

**问题:**乳清和乳清浓缩蛋白在各式糖浆果汁和其他冰淇淋装饰料的应用情况怎样?

**答案:**乳清和乳清浓缩蛋白可用作装饰风味圈和装饰带等,也可用于其他如焙烤片、糖果等装饰物中,添加后要进行灭菌。这一用途的乳清和乳清浓缩蛋白必须具备以下特征之一:

- pH值低于4.7。
- 经过焙烤、烘烤、巴氏灭菌或任何其他热处理。
- 水分活度低于0.85。
- 乙醇含量高(如香草浸提物和其他液体风味料)。
- 是菌种培养基(冷冻干燥的乳酸菌),其中不含病原菌。
- 经过加工,确保不含病原菌。

这对于那些可能含有乳清配料的功能性基料(如慕丝)和复合香精来说也适用,可以在冷冻之前将乳清配料添加到调香罐中。

**问题:**乳清产品在冷冻酸奶中的应用情况怎样?

**答案:**在某个给定市场,冷冻酸奶的标准有可能存在或不存在。乳清产品在冷冻酸奶中的应用非常类似于在普通冰淇淋中的应用。有关乳蛋白总量、酪蛋白比例和乳糖含量的规则仍然有效。然而,任何调整如果改变了混合料培养基质的渗透压将导致发酵不完全,进而影响产品的风味和功能性。

冷冻酸奶混合料可采用多种方式生产:

1. 全部冰淇淋混合料进行发酵。不推荐采用原始的冷冻酸奶的生产方法,因为这种方法会导致非典型发酵,从而产生苦味和酸味。
2. 冷培养。在某些国家允许在经过巴氏灭菌和冷却的冰淇淋混合料中添加活的菌种培养物,但实际上并不进行培养。菌种培养物可以添加到调香罐中。添加的菌种的类型和用量决定了最终冷冻酸奶的功能和风味。
3. 乳品配料部分发酵法:
  - a. 将发酵乳部分(乳脂肪和非脂乳固体)和非发酵非乳品配料部分(糖、玉米糖浆、稳定剂等)这两部分混合。乳清可以部分替代非脂乳固体。
  - b. 将发酵混合料(占冰淇淋混合料的一定比率)和剩余未发酵混合料这两部分混合。同样,乳清可按普通冰淇淋制作原则添加。
  - c. 将发酵乳品(非脂乳固体)和非发酵糖/乳品混合料这两部分混合。乳清配料可以在任何一种混合料中部分替代脱脂乳固体。
  - d. 将酸奶(乳脂肪、非脂乳固体和/或糖)、未发酵乳制品和糖这三部分混合。乳清配料按普通冰淇淋制作原则添加。