



美国乳品配料在酸奶和酸奶饮品中的应用

传统酸奶、高蛋白酸奶和酸奶饮料的消费持续增长，广为普及，因为全球的消费者都喜爱这些产品的口味、柔滑质地和便捷性，并认可发酵乳类食品带来的健康益处。美国的牛奶和乳清配料都非常适合为各种酸奶产品提供营养、功能和风味的益处，以提高产品的价值和成本效益。这些益处对生产商和零售商，尤其是对消费者都极具吸引力。



适用于酸奶和酸奶饮品的美国乳品配料有许多种，包括甜乳清、乳清浓缩蛋白、乳清分离蛋白、改性乳清浓缩蛋白 / 乳清分离蛋白、超滤牛奶、脱脂和全脂奶粉、牛奶浓缩蛋白、牛奶分离蛋白、酪蛋白胶束和其他乳来源的原料。

配方中使用乳品配料的潜在优势包括：

- 增加粘度和硬度以改善产品结构；
- 减少水的析出；
- 蛋白质标准化以保持产品品质的一致性；
- 替代非乳品配料以获得更清洁的、消费者友好的标签；
- 与使用非乳品配料相比改善产品口味；
- 可增强营养组成，因为乳品配料中含蛋白质、矿物质和其他生物活性组分。

研究表明，乳品配料中的生物活性组分和蛋白质具有以下功能：发挥益生元的功效以促进益生菌（在产品中或肠道中）的生长；对心血管健康产生积极影响；构建肌肉；防止肌肉流失；有助于提升健康水平。

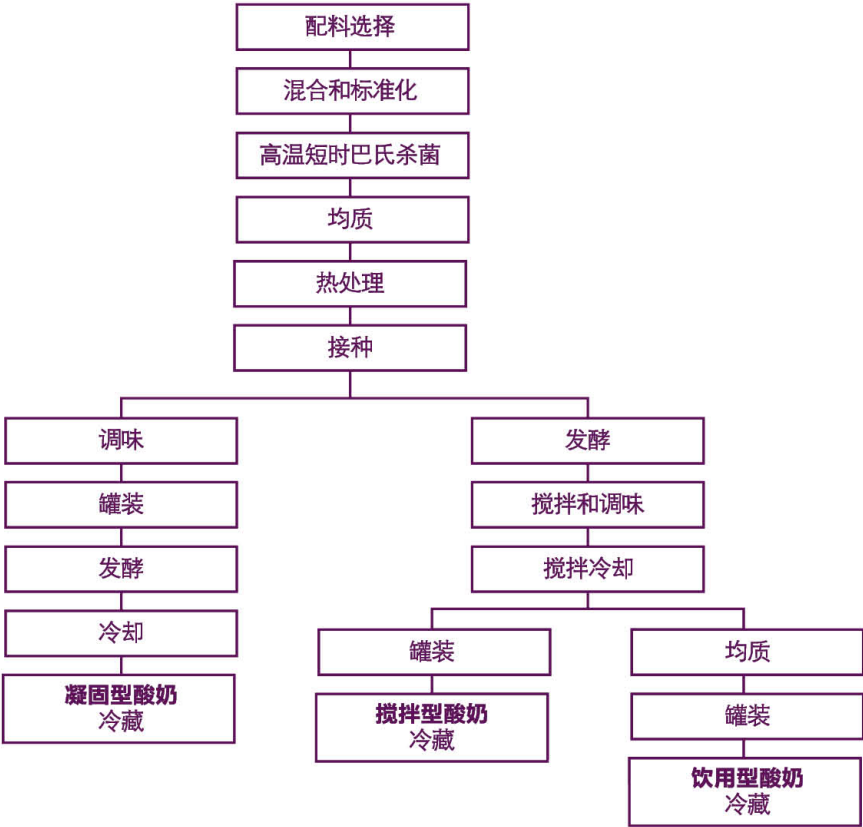


酸奶的基本组成

发酵乳制品的生产和消费已经有几百年的历史。制作酸奶需使用产乳酸的菌种，嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌，将牛奶在40-45℃下发酵。现在越来越普遍的做法是采用混合发酵剂，通常包括多种乳酸杆菌和双歧杆菌。这些菌种是经过精心筛选的益生菌，摄入足够数量时，可以起到改善肠道微生物菌群平衡从而促进人体健康的作用。

酸奶可基本分为三种：凝固型酸奶、搅拌型酸奶和饮用型酸奶。它们的生产工艺如图1所示。蛋白含量更高的产品可以通过加入乳蛋白原料和/或进一步过滤或浓缩获得。

图1：
酸奶的生产工艺流程



这些潜在健康益处已在酸奶和酸奶饮品上得到体现,它们是钙、维生素、矿物质、蛋白质和益生菌的来源。

本专题主要概述了在酸奶和酸奶饮品中添加乳品配料的功能益处,指出了最适于应用在现今市场上各类酸奶产品的乳品配料。

搅拌型/混合型杯装酸奶

搅拌型/混合型酸奶通常指欧式酸奶、法国或瑞士风格酸奶,通过额外添加配料,如果粒,制作多种组织结构的酸奶产品。顾名思义,该类酸奶是在发酵完成后再与果粒或和其他配料充分混合而成的。

发酵后的搅拌过程使发酵罐中形成的初始凝胶被破坏。通常,酸奶被冷却并泵入过滤网或通过无压均质阀,以柔和地打破酸奶的凝胶结构而又能在调味及拌入果料后保持均匀的、无凝块的一致性结构。

搅拌型/混合型酸奶中的高含量蛋白质或添加的稳定剂,如明胶,可使酸奶在冷藏过程中重新形成凝胶结构。有些类型的酸奶被期望在初始凝胶结构被破坏后保持稠厚的组织状态。过度搅拌或泵力会降低凝胶粘度,经剪切作用后其粘度只能部分恢复。

稳定剂可增加搅拌型/混合型酸奶产品的粘度。适用的稳定剂包括低甲氧基果胶、明胶、变性淀粉和乳清蛋白,或根据终产品及标签要求使用以上几种的混合物。

凝固型/杯底果料酸奶

凝固型/杯底果料酸奶的发酵过程是在零售产品的包装容器中完成的。这些酸奶通常具有中等硬度的蛋白质凝胶结构。随着乳糖发酵产生乳酸,凝胶结构也随之产生。

凝固型酸奶可以是原味的、调味的或常常仅添加少许糖。该类产品中的果料在容器的底部。在饮用时,消费者可将酸奶和果料混合。生产该类酸奶时,果料会在接种前沉积于容器底部,尚未发酵的酸奶被灌入果料上方,这可将果料中的成分可能对酸奶发酵过程和凝胶特性的影响降低到最小。果料中通常

包括果粒、香精、色素、甜味剂、果胶(作为稳定剂)和食品级的防腐酸。

上层仅仅是牛奶和嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌和唾液链球菌的培养物,也可包括额外添加的乳品配料、稳定剂、甜味剂、香精和色素。

容器密封后被置于保温库中发酵,酸奶一旦达到期望温度(通常为40-42℃)和pH值(约4.6),便被转移到冷藏库或在鼓风式制冷机内快速冷却,以终止发酵。

转运过程必须格外小心,因为热杯中的凝胶非常脆弱,容易受损而破裂。凝固型酸奶在分销过程中也应轻拿轻放,不要摇晃,否则会破坏酸奶凝胶结构,造成水分的析出。在酸奶中添加乳蛋白可以减少这类现象。

酸奶饮品与奶昔

饮用型酸奶是以酸奶为原料制成的。产品的粘度可从稀的低粘度饮料到厚的粘性产品。

在生产此类产品时,酸奶凝胶被高剪切力破坏,不会再成胶。大多数产品都是在后发酵阶段进行剪切处理的,然而,也有部分产品通过添加水或果汁来稀释。香精和其他配料也可在后发酵均质工序之前加入。

乳清蛋白,如乳清浓缩蛋白和乳清分离蛋白,可用于饮用型酸奶或奶昔中以强化蛋白质含量,尤其是针对高蛋白的代餐产品。

后发酵均质工序对于大多数生产商来说具有较大的挑战性,这是因为既要获得适于饮用的粘度,也要防止储存过程中出现析水和蛋白质沉淀。通常采用的均质压力低于500psi(35bar),使用一级均质即可。可添加配料来提高产品稳定性,常用配料包括产生粘性的发酵剂(产胞外多糖)和水状胶体稳定剂如高甲氧基果胶。后者是带负电荷的,在pH为4时会包裹酪蛋白分子,并使这些粒子相互排斥。控制酸奶饮品粘度的另一方法是选择合适的乳清蛋白与酪蛋白比率 and 均质压力,以获得合适的粘度,将产品分层程度降到最低。

希腊式酸奶

希腊式酸奶在中东和欧洲非常常见，后来逐渐流行到美国乃至全球。在美国，希腊式酸奶并没有明确的标准，但其蛋白质含量通常为传统酸奶的两到三倍。它们的特点是具有非常稠厚的质地和顺滑的口感。希腊式酸奶有原味、混合味、底部有水果以及饮用型等多种形式。

制作希腊酸奶的方法有以下几种。

- 最传统的制作希腊式酸奶的方法包括制作酸奶和通过物理分离方法去除水分、乳糖和矿物质的步骤。物理分离可以通过手工进行，使用制作奶酪时用的过滤布实现，或使用工业夸克离心机。分离得到的液体叫希腊式酸奶的酸乳清或简称酸乳清。
- 还可以使用膜超滤得到组成相近的产品。这种方法也会产生希腊式酸奶的酸乳清。如何处理酸乳清是个挑战。
- 第三种方法是应用脱脂奶粉或无脂奶粉，加水复原为牛奶，经过发酵制作酸奶。这个方法的优点是将乳清的量降到最低。而应用这种方法时，控制酸度、防止高温破坏蛋白和适当的水合就显得尤为重要。
- 还有一种方法是在发酵前，在液体奶中加入牛奶浓缩蛋白，以达到8-10%的目标蛋白质含量（配方举例请见第5页）。这并不需要特别的设备，也不会产生酸乳清。在添加牛奶浓缩蛋白的基础上再添加乳清浓缩蛋白会使产品外观更顺滑，在储存过程中减少水分析出。但是，添加的乳清蛋白对热比较敏感，要格外小心，以防止在较高的巴氏杀菌温度下，乳清蛋白变性产生沙粒感。

另外一个关键的考量是在生产希腊式酸奶时，8-10%蛋白质含量的酸奶会比传统的4-5%蛋白质含量的酸奶具有更大的缓冲能力。这意味着酸奶的发酵剂要产生更多的酸才能实现pH4.6，也就意味着更长的发酵和加工时间。

其他酸奶类型

有些乳制品生产商也应用充气和气穴工艺生产慕斯或布丁型的酸奶产品。这些产品通常被视作更健康



的甜点，因为它们含有牛奶的全部营养、活菌的益处和更少的卡路里。可在这些特色酸奶中添加乳蛋白增加稳定性。

灌装于挤压管内的酸奶有其特殊要求。例如，该类产品对析水现象是零容忍，因为消费者食用时是通过挤压包装管来实现的。如果开始挤压出来的就是液体乳清，消费者会认为产品存在明显缺陷。高蛋白质含量的乳蛋白具有良好的持水性。它能改善挤压管内酸奶的质地，增加其粘度或硬度，同时可减少析水现象发生。

开菲尔产品广受欢迎，并保持增长，它是使用开菲尔菌种发酵而得的饮用型酸奶。发酵型牛奶产品也可以受益于添加乳原料。例如，液态的乳清益生菌产品可以提供高质量的蛋白质和有益于肌肉恢复的支链氨基酸，从而给消费者带来额外的营养价值。

应用MPC80强化蛋白的希腊式酸奶



原料

	使用量 (%)
脱脂牛奶	86.64
牛奶浓缩蛋白MPC80	8.29
奶油	4.89
果胶	0.18
合计	100.0

制备

1. 在高速搅拌机中将MPC80加入脱脂牛奶。加入奶油和果胶。在低速搅拌下进行水合，将蒸汽夹套罐加热至60℃，让溶液在22℃下水合至少1小时以达到MPC的充分水合并获得最佳的功能性。
2. 在60℃和2000 psi/500 psi (138 bar/34 bar)条件下均质。
3. 在85℃下进行间歇式巴氏杀菌30分钟，或者在95℃下高温短时巴氏杀菌5-7分钟以达到最大的粘度。若期望较低的粘度，就降低热处理温度。
4. 冷却至43℃，然后按照供应商推荐的比例加入发酵剂。
5. 在43℃下培养8-10小时以达到pH4.6。
6. 按需包装。

营养成分

每100克	
卡路里	80 kcal
总脂肪	2 g
饱和脂肪	1 g
反式脂肪	0 g
胆固醇	10 mg
总碳水化合物	5 g
膳食纤维	0 g
糖	5 g
蛋白质	10 g
钙	250 mg
钠	50 mg
铁	0 mg
维生素 A	100 IU
维生素 C	0 mg

配方由威斯康辛大学麦迪逊分校威斯康辛乳品研究中心开发

其他高附加值的酸奶品类持续被引入市场。例如冰岛Skyr脱脂酸奶的销售量获得了快速的增长,因为消费者发现它具有柔顺的质地和高蛋白质含量。澳大利亚式和全脂的酸奶品类也获得青睐,因为消费者在享受美味的同时,也获得了营养益处。

不管酸奶的品类是什么(传统、希腊式、Skyr、饮用型等)或采用何种生产方法,产品包装和定位是获得成功的关键。酸奶可以被定位成健康的享受型产品

或具有焦糖和巧克力风味的甜点。它可以与格兰诺拉燕麦卷、坚果或巧克力结合以增加质感与消费者的交互性。包装差异化可以帮助酸奶产品定位男性、儿童或对体重敏感的消费(100卡路里小包装)。总体而言,酸奶的生产是极具多样化的,可以满足不同消费者在各个生命阶段乃至一天不同时间段的消费需求。

应用于酸奶产品的乳品配料

美国和欧洲大多数的市售酸奶都是用牛奶生产的。新鲜全脂牛奶和新鲜脱脂牛奶仍然是主要的原料,然而奶粉和炼乳在实现酸奶的理想质地、风味和营养健康特性方面显得越来越重要。可用于酸奶的乳品配料的品种持续增多。

甜乳清粉

甜乳清粉是酸奶生产中最经济实惠的配料,可以成功替代2.0-5.2%的脱脂奶粉。在美国和其他许多国家的法规中,都允许应用甜乳清提高酸奶产品的非脂乳固体含量,然而,法规对最终酸奶产品中的蛋白质与总非脂固体的比率的最低值有所规定。在酸奶产品中限制甜乳清使用量的因素包括:可能存在的乳清风味,乳清产品在贮存过程中由于美拉德反应而造成的色泽变黄,以及蛋白含量低而乳糖和矿物质含量相对较高。

乳清浓缩蛋白

乳清浓缩蛋白(WPC)的蛋白质含量通常为34-89%。WPC是酸奶产品中最常用的乳清配料。搅拌型酸奶中采用0.7-2.0%的WPC34添加量(或0.5-0.8%的WPC80)强化蛋白含量,添加量过高会产生一些负面影响。在实际生产中,可以使用WPC34替代25-35%的原本来源于脱脂奶粉的非脂乳固体。用乳清蛋白替代脱脂奶粉可以使凝固型酸奶的凝胶强度提高,使搅拌型酸奶的粘度升高,降低这两类产品的乳清析出。添加WPC34有利于生产商保持蛋白质/非脂乳固体的比率,并提高酸奶中乳清蛋白/酪蛋白比率。添加WPC80使生产商非常容易



地提高蛋白质/非脂乳固体比率，提高乳清蛋白/酪蛋白比率，提高总的蛋白质含量并减少碳水化合物（乳糖）含量。

一些配料公司推出了由WPC与酪蛋白盐制成的预混料，作为酸奶稳定剂。添加配料使达到同样的蛋白质水平时，添加酪蛋白酸钠产生的粘度要高于添加乳清蛋白所产生的粘度。MPC也可以用来增加酸奶的稳定性。

相较于WPC，MPC可以提供更坚实的结构和更脆的凝胶。应用MPC需要比WPC更长的水合时间，这也就增加了加工时间。应用MPC的发酵时间也 longer，因为它的钙含量比WPC更高。蛋白质和钙都会提高缓冲能力。

乳清分离蛋白

乳清分离蛋白（WPI）是乳品配料中乳清蛋白浓度最高的（蛋白质含量不低于90%），其中仅含有少量乳糖、乳矿物盐和乳脂。WPI添加于酸奶中可以带来独特的营养、质地和风味益处。它也常被应用于一些新型的、低乳糖或低糖酸奶和奶昔类产品中。在美国和国际市场，有很多果味酸奶饮品和奶昔产品都应用WPC80和WPI。

脱盐乳清和水解乳清

乳清中的矿物质含量影响乳清蛋白的变性。例如，磷酸盐在牛奶产品中起到缓冲作用。因此降低矿物质含量可以使酸奶发酵时酸化速度加快，缩短发酵时间。

当采用脱盐乳清替代脱脂奶粉时，脱盐乳清中蛋白质含量较低，因此形成的酸奶凝胶的强度较弱。酸奶中添加牛奶水解蛋白可加快酸化速率，减少发酵时间，因为它可以为发酵剂提供生长因子。水解产物也可以促进益生菌的生长。

乳脂

新鲜稀奶油和全脂奶粉常被用于酸奶中作为额外的乳脂来源，而乳清产品是更经济的乳脂来源。在计算酸奶产品最终乳脂含量时要考虑到乳清产品中的乳脂。不管是何种形式的乳脂来源，在添加时都应该与其它乳品配料混合，经均质后进行热杀菌、接种和发酵。

乳脂对酸奶终产品的品质有重要影响。它赋予产品以风味、口感和丰富性。乳脂也对终产品的质地和稳定性有影响。酸奶产品的粘度和乳清析出现象的改善也与酸奶脂肪含量直接相关。当然，营养成分也随之改变，因此，也要注意调整以达到预期的营养目标。

接种前进行均质对于含有脂肪的酸奶尤为重要，以防止在终产品的表层形成奶油分层。均质会打破脂肪球的结构，产生更小的脂肪球，大大增加了表面积。

富含酪蛋白和乳清蛋白的蛋白膜附着在新的脂肪球表面上。脂肪球膜表面的蛋白质在酸化过程中与乳清当中的蛋白质相互作用，使脂肪球变成凝胶结构的一个组成部分。

对于乳脂营养价值的认知改变

乳脂是最为复杂的一种膳食脂肪，具有独特的脂肪酸组成。乳脂中65-70%的脂肪是饱和脂肪酸，因此低脂或脱脂乳制品被认为比全脂乳制品更健康。然而，越来越多针对心脑血管疾病、肥胖症和糖尿病的研究表明，摄入乳品 – 不管脂肪含量是多少 – 都在健康的饮食模式中发挥着积极的作用。如需了解更多信息，请登陆ThinkUSAdairy.org下载技术报告：乳脂和相关原料满足现今的市场需求。

粉状乳品配料的典型组成

配料	蛋白质 (%)	乳糖 (%)	脂肪 (%)	灰分 (%)	水分 (%)
全脂奶粉	24.5–27.0	36.0–38.5	26.6–40.0	5.5–6.5	2.0–4.5
脱脂奶粉	34.0–37.0	49.5–52.0	0.6–1.25	8.2–8.6	3.0–4.0
超滤脱脂牛奶	10.0–12.0	2.5–3.5	0.0–0.5	0–2.5	80.0–85.0
牛奶浓缩蛋白 MPC42	40.0–43.0	45.0–47.0	0.5–1.5	7.0–8.0	3.5–5.0
牛奶浓缩蛋白 MPC80	79.0–83.0	4.0–6.0	1.0–2.0	7.0–8.0	3.5–5.0
酪蛋白胶束 MCC85	85.0–87.0	1.0–3.0	1.0–3.0	4.0–6.0	4.0–6.0
牛奶分离蛋白	87.0–89.0	1.0–2.0	1.0–2.0	3.5–6.0	3.5–5.0
甜乳清粉	11.0–14.5	63.0–75.0	1.0–1.5	8.2–8.8	3.5–5.0
乳清浓缩蛋白 WPC34	34.0–36.0	48.0–52.0	3.0–4.5	6.5–8.0	3.0–4.5
乳清浓缩蛋白 WPC80	80.0–82.0	4.0–8.0	4.0–8.0	3.0–4.0	3.5–4.5
乳清分离蛋白	90.0–92.0	0.5–1.0	0.5–1.0	2.0–3.0	3.5–5.0

奶粉

脱脂奶粉 (SMP) 常用于酸奶产品中来强化非脂乳固体和蛋白质含量, 以改善酸奶凝胶的结构和稳定性。奶粉也可以复水成复原乳替代新鲜脱脂乳或全脂乳。使用乳清蛋白氮含量大于等于6mg/g的低温脱脂奶粉是最合适的, 因为这可使酸奶基料中的乳清蛋白在接种前的热处理过程中反应更加活跃。高温全脂奶粉也常被用于酸奶中。高温热处理钝化了脂肪酶活力, 降低了奶粉在贮存过程中可能发生的与脂肪降解有关的风味问题。

牛奶浓缩蛋白

牛奶浓缩蛋白 (MPC) 可以被复水以代替脱脂乳或用来强化酸奶的蛋白质含量。MPC的蛋白质含量一般为42-85%。牛奶分离蛋白 (MPI) 的蛋白质含量至少要达到87.1%。在酸奶中应用MPC代替SMP不会影响质地或乳清分层。但是, 必须在热处理之前进行适度的水合以防止沙粒化的口感。

乳蛋白的功能特性

乳品配料的功能性主要来自于蛋白质, 但其他组分也要在配方设计时考虑进去。这些组分包括乳糖、脂肪、水分和灰分 (维生素和矿物质)。乳品原料受酸奶制造商青睐的主要原因是其与产品的兼容性良好, 它们都源自牛奶, 可以在色泽、风味和营养组成上互补。乳蛋白原料可增强酸奶的健康益处。此外, 乳品原料也可以提高酸奶产品的质地、风味、外观和其他物理特性。

水合

要获得最佳的结果, 使原料在热处理前有充分的时间进行水合至关重要。在酸奶中应用粉状乳品原料时, 要在热处理前进行水合, 有大量的研究文献报道了在不同的时间和温度下进行水合的数据, 最极端的例子是不进行水合。¹

乳清蛋白原料在室温下进行缓慢搅拌, 通常需要20-30分钟的水合时间, 以获得较好的溶解性。²

牛奶蛋白原料的水合要慢很多,若水合不充分,还会给高蛋白含量的酸奶产品带来沙粒状的质地。研究人员评估了不同牛奶浓缩蛋白和牛奶分离蛋白的水合特性。³

表2比较了5%MPC85溶液在25℃室温水、5℃冷牛奶和50℃温水中的溶解性。溶液在相应的温度控制下被持续搅拌超过6个小时。结论是在温水中的水合最快,在冷牛奶中的水合最慢。即使水合6小时,MPC85在冷牛奶中还未完全溶解。发表的研究已证实,MPC原料在蛋白质含量为70%及以上时水合表现欠佳。⁴在冷牛奶中水合较慢对生产高蛋白含量的酸奶是个问题,因为很多情况下,MPC会被添加进冷牛奶。

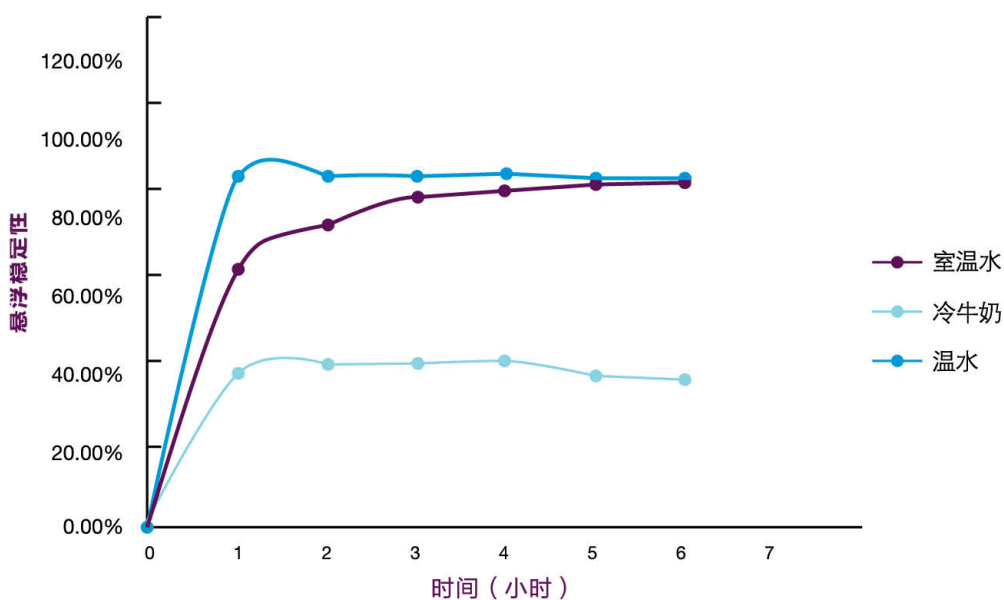
在水合过程中加热牛奶可以帮助在较短时间内实现较好的溶解性。50℃的温水可以使MPC85在一

小时后达到很好的溶解性。将MPC加入冷牛奶后,进行间歇式巴氏杀菌可能更好,因为将牛奶罐加热至85℃及以上温度并保持30分钟水合时间,而高温短时杀菌(95℃,5-7分钟)所需的时间就短很多。

针对酪蛋白胶束(MCC)的研究表明,在20℃下,水合5分钟后溶解度为17%,水合15小时后,溶解度为70%。⁶

还有研究评估了在蛋白质含量为9.8%的酸奶中,蛋白质含量分别为58%和88%的MCC的溶解性。在生产酸奶前,MCC原料要在4℃下水合18小时以保证较好的水合。⁷添加蛋白质含量为58%的MCC生产的希腊式酸奶在质地和口味上最接近脱乳清希腊式酸奶。

表2:
MPC85的水合特性



威斯康辛乳品研究中心用Sikand的方法进行测试⁵

质地

乳品蛋白可以通过物理和化学方式结合水。可通过提高产品粘度或改善硬度以及降低乳清分离或析水来达到改善酸奶质地的目的。例如，使用预先变性的乳清蛋白仍可以改善酸奶的硬度和粘度，这可能是由于这些复合物能与已经吸附在胶束表面的变性乳清蛋白形成架桥结构。

然而，希腊式酸奶产品对质地和粘度要求更高。乳清蛋白和牛奶蛋白可以用来生产希腊式酸奶，但生产过程可能需要作相应调整。此外，终产品的特点也可能有所不同。

将应用WPC80和MPC85的酸奶产品进行比较，它们的蛋白质含量分别为6%、8%和10%蛋白质（如表3所示），在85℃和68℃条件下分别进行15分钟热处理。

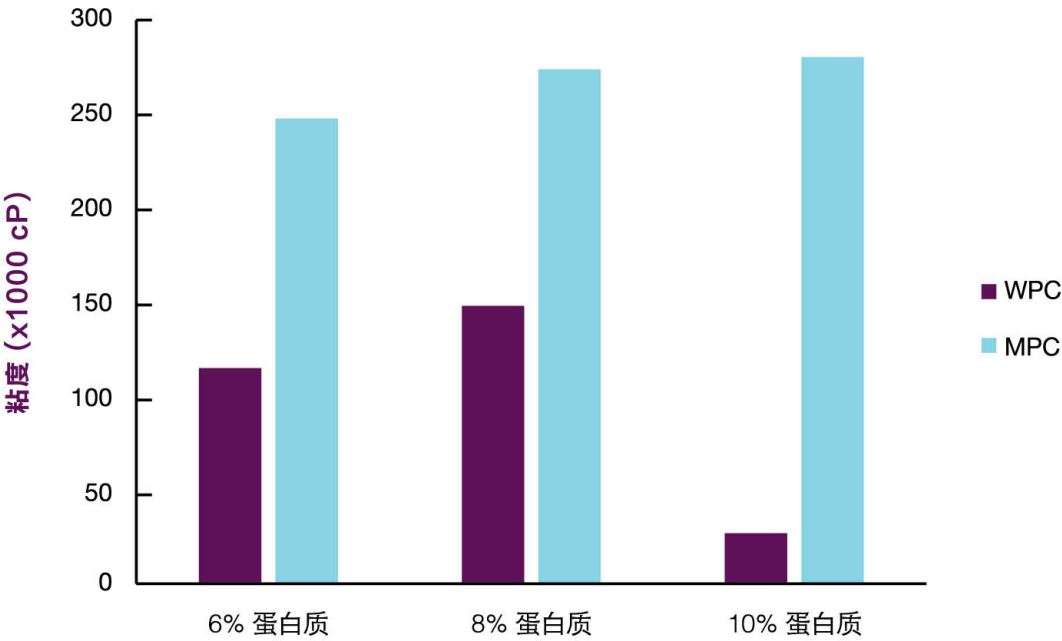
酸奶的生产工艺如下：

- 1. 将粉状原料在牛奶中混合搅拌，低速搅拌水合1小时。
- 2. 将混合物在68℃加热15分钟后，再在68℃或85℃下加热15分钟。
- 3. 将混合物冷却至43℃。
- 4. 将发酵剂按0.01–0.02%加入混合物。
- 5. 将混合物在43℃下发酵至pH4.6。

采用两种热处理温度是因为乳清蛋白在受热时容易结块。

强化MPC85的酸奶在不同蛋白质含量下粘度都较高。MPC85中主要的蛋白质是酪蛋白，它是酸奶中形成胶体结构的重要蛋白质。乳清蛋白在热处理时会变性，并与酪蛋白相互作用，但不会在酸化过程中成胶。

表3：
应用WPC和MPC的酸奶在不同蛋白质含量时的粘度（68℃保持15分钟）



注：强化WPC80的蛋白质含量为8%和10%的酸奶在85℃下保持15分钟时的结块情况

如果将应用MPC85的三种蛋白质含量的酸奶进行比较，在85℃热处理的酸奶比在68℃的酸奶具有更高的粘度（表4）。这一不同是缘于较高的热处理温度会使更多的乳清蛋白变性，从而产生更坚固的结构。也有可能是因为酸奶加热至更高的温度所需的时间更长，这会使得MPC85有更多的水合时间。

根据所期望的质地和蛋白质含量，配方设计者会选择不同的乳蛋白。例如，要生产饮用型的酸奶，配方设计者就要选择WPC80进行蛋白强化，以获得粘度小、更适于饮用的酸奶。

发酵时间不同也会使得应用WPC80和MPC85的酸奶之间有所不同。要达到pH4.6，应用WPC的蛋白质含量为6%和8%的酸奶需要5小时，而应用MPC85的酸奶需要6-8小时。当蛋白质含量为10%时，要达到pH4.6，应用WPC的酸奶需要8小时，而应用MPC的酸奶需要9小时。总之，蛋白质含量更高的酸奶的发酵时间就越长。

蛋白质会加强酸奶的缓冲能力，因此达到pH4.6的酸化时间或发酵时间也就越长。钙的含量越高，缓冲能力也越强，这也是为什么相同蛋白质含量的产品，MPC配方比WPC配方的发酵时间更长的原因。

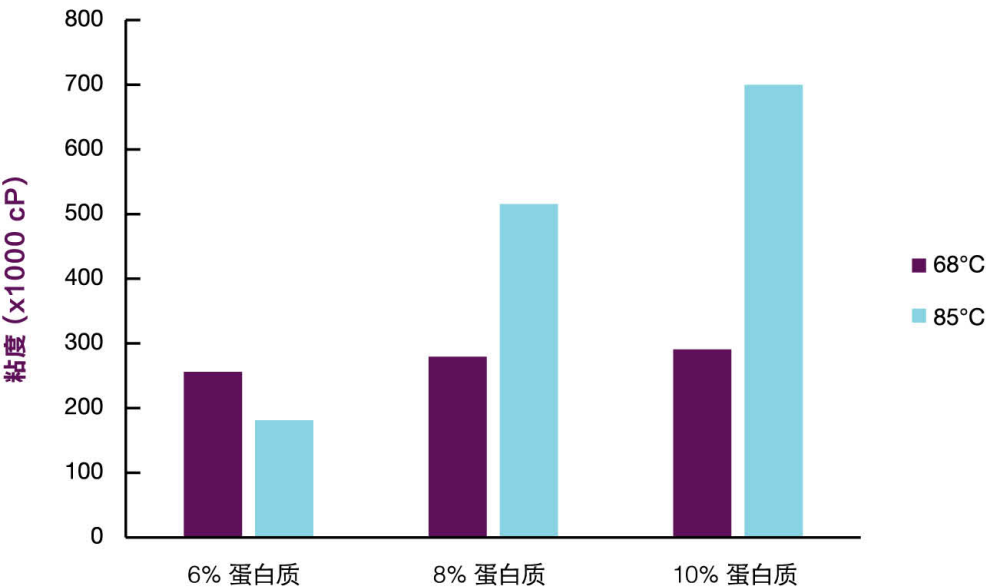
风味

和非乳原料不同，乳品原料赋予酸奶产品非常柔和并香甜的牛奶风味。然而，生产希腊式酸奶时，较高的蛋白质含量可能会给终产品带来涩味。

凝胶化

乳清蛋白可形成热不可逆凝胶。凝胶特性取决于蛋白质含量、溶液的pH值以及钙和钠离子浓度。将乳清蛋白加热到70℃以上可导致乳清蛋白变性和聚合，从而导致凝胶形成。乳清蛋白形成不可逆凝胶是通过重建延伸的三维网络结构而成，该三维网络结构具有包裹脂肪和水的的功能。高强度的凝胶网络结构有助于持水和防止水分流失，从而有助于控制析水。

表4：
应用MPC85的酸奶在不同蛋白质含量和热处理条件下时的粘度



视觉吸引力

根据酸奶的不同类型，乳原料可以给不同的产品增加不透明度或白度。应用WPC80（终产品蛋白质含量高达8-10%）会给酸奶带来灰白色或褐色，而应用等量的MPC85会使酸奶很白。

乳化性

乳蛋白广泛应用于食品工业中，用以稳定水包油型乳化液。乳清蛋白不仅有亲水基团也有亲油基团，这使得乳清蛋白可以在油-水界面快速伸展开来，并形成保护层以稳定油滴并防止絮凝和/或接合的发生。乳清蛋白的亲水基可以持水，而亲油基则可包裹脂肪，从而起到稳定体系的作用。乳清蛋白在某些特殊的酸奶产品中可以全部或部分替代化学乳化剂。另外，乳清产品中的结合脂肪富含磷脂（即卵磷脂），这也有助于其进一步发挥乳化性能。

搅打性/起泡性

搅打性/起泡性主要起作用于某些特殊的酸奶产品中，例如一些慕斯产品和稠厚的、摇晃型酸奶饮品等。乳蛋白有助于稳定和强化气泡。

溶解性

乳蛋白是可溶的。未变性的乳清蛋白在pH2-10之间高度可溶。然而，受热会减少乳清蛋白的溶解性，使它们容易沉淀，特别是在pH3.5-6之间。在生产牛奶蛋白时将矿物质含量降至最低对保持乳蛋白的溶解性也很重要。

分散性

乳品配料具有良好的分散性。速溶乳清浓缩蛋白和乳清分离蛋白在应用时可快速溶解，而无需过度搅拌。速溶工艺涉及到独特的喷雾干燥方法，制成具有良好吸湿性、下沉性和分散性的产品。

在酸奶配方中添加乳品配料时要考虑的因素

风味

采用甜乳清粉或乳清浓缩蛋白替代脱脂奶粉应用于酸奶产品中对酸奶风味的影响会因产品类别不同而有所差异。有些研究表明酪蛋白会掩盖风味，酸奶生产商常常反映采用乳清蛋白替代部分酪蛋白时，配方中的果料和其他香精风味会得到加强。应用于酸奶的乳品配料的口味需柔和，且不含异味，以防这些异味带入到酸奶产品中。在风味酸奶和甜味酸奶中，对异味的考虑则要比在原味酸奶中少一些，因为这些产品本身味道浓郁。

乳糖含量

高乳糖含量会增加后酸化的风险，而高蛋白产品如WPI、WPC80、MPC80和MPI可降低这一风险。低乳糖也可降低酸奶中的糖含量，这一点受到部分消费者的欢迎。低乳糖、高蛋白产品如WPC80或WPI可降低乳清粉的用量，因为这些产品中富含乳清蛋白。

使用量

在确定最佳添加或替代水平时，需考虑如下因素：

- 用量过大会造成不期望的质地缺陷（例如用过量的WPC替代SMP容易造成结块）。
- 如果酸奶基料中乳清蛋白含量过高，容易在热处理过程中形成凝块。因此，根据所使用WPC类型，酸奶基料中的用量一般不应超过4%。
- 用酸性乳清生产的WPC对热凝聚的敏感性比用甜乳清生产的WPC要高，因为酸性乳清中矿物质含量更高。酸奶中强化矿物质含量也会影响到蛋白质的热敏性。
- 每克重量的蛋白质的质地构建能力依据牛奶蛋白的类型和聚合状态的不同而有差异。

多变性

我们鼓励生产商与美国供应商联系，共同讨论最适合使用的乳品配料及使用量，使终产品特性达到预期。现有多种蛋白质含量不同、功能性不同的WPC和MPC可供选择，也有改性产品如凝胶特性得到改善的产品可供选择。

产品组成相关标准

酸奶

酸奶产品根据其脂肪含量不同,有从采用全脂牛奶生产的全脂酸奶到无脂酸奶等产品。不同国家对酸奶产品的定义和组成规定有所不同。

在美国,法规规定了三种不同脂肪含量的酸奶产品。全脂酸奶必须在添加香精前含有不低于3.25%的乳脂和8.25%的非脂乳固体。低脂酸奶要求在添加香精前含有0.5-2%的乳脂,非脂乳固体不低于8.25%。无脂酸奶则要求在添加香精前含有小于0.5%的乳脂,不额外添加脂肪,非脂乳固体含量不低于8.25%。

值得注意的是,各国家对酸奶产品组成的规定各有不同。美国生产的大多数酸奶产品配方中含有甜味剂和稳定剂。稳定剂起到控制质地和防止乳清分离的作用。常用的稳定剂包括改性淀粉、明胶和果胶,偶尔也使用瓜尔胶和琼脂。

杯装酸奶分为不添加香精的、添加少量甜味剂的和添加香精和甜味剂的产品。管装的和饮用型产品通常是添加香精和甜味剂的。甜味剂分为天然的糖和高甜度无营养的甜味剂。

在美国,低糖和/或低卡路里酸奶日益受到欢迎。尽管这类产品在法规中没有特别规定,但它们通常含有更高的蛋白质/总固体比率和高甜度的甜味剂。

在其他国家,酸奶产品的甜度通常更低,不添加甚至是不允许添加稳定剂。这些产品通常是通过选择合适的发酵剂以提高乳蛋白含量和改变工艺参数等手段来控制产品质地并使乳清析出现象最小化。

众多美味的酸奶和饮用型酸奶受到了全球消费者的喜爱。

发酵乳

酸奶在一些国家有不同叫法,这一名称也未通过法规规定或定义。这类产品统称为发酵乳,是当地文化的一部分,而且已经有悠久历史。



发酵乳,包括酸奶的国际标准可以在Codex第243号标准中查询到,该标准已经修订并在2003年得到采纳。该标准中规定用于制作酸奶的乳制品可以从牛奶或牛奶制品中获得,其组分构成可以改变,但牛奶蛋白质含量不应低于2.7%,乳脂应低于15%,滴定酸度至少为0.6%,酸奶中必须含有共生菌种,即唾液链球菌、嗜热链球菌和保加利亚乳杆菌。发酵剂活菌的数量级不得低于 $10^7/\text{g}$,标示的活菌数量级不得低于 $10^6/\text{g}$ 。在保质期内发酵剂微生物必须是活的、有活性的并大量存在(在适宜的贮存条件下)。

乳品配料的选择

选择合适种类和用量的乳品配料对于成功设计产品配方至关重要。美国乳品配料产业日益发展成可以为客户提供定制型和预混型乳品原料。请在产品开发阶段就与美国乳品原料供应商联系，获取帮助和建议，以选择满足需求且最合适的乳品配料。乳品配料的选择应考虑以下因素：

经济性

乳品原料可增加酸奶中的蛋白并起持水作用，在降低配料成本和提高终产品得率方面发挥重要作用。

营养标签声称

如果要对健康、结构/功能性或营养素含量进行声称，酸奶产品必须在配方设计时符合该要求。乳品是高品质蛋白和乳矿物盐，如钙的重要来源。另外，乳清浓缩蛋白、乳清分离蛋白、牛奶浓缩蛋白和牛奶分离蛋白可提供间接功能益处，因为配方中的脂肪和/或糖的含量有所减少。

加工条件

在处理和添加乳品原料时要格外小心以保证完全水合以实现功能性。此外，所期望的粘度和蛋白质含量也决定了应用牛奶蛋白还是乳清蛋白，以及选择最适合的发酵和处理时间。

巴氏杀菌酸奶产品有必要在标签中标示菌种已经被杀死。美国目前的法规允许把热处理酸奶叫作酸奶，而在其他一些国家则把该类产品叫作热处理发酵乳或其他相关名称而不是酸奶。

查询完整的Codex标准请访问网址www.codexalimentarius.net。

确保酸奶产品的品质

具备良好的卫生条件和质量保证的生产商可以生产出保质期为45-60天的酸奶产品，产品在需要在0-4℃下保存与分销。相对于其他食品，酸奶产品很少会发生微生物污染的问题，因为牛奶经过了高热处理、产品的pH值较低，且其乳酸含量比较高。

果料或果酱如果处理不当，可能会污染产品，其他添加至酸奶中的各式配料也是如此。良好生产规范对于生产来说至关重要。

很多消费者喜欢把酸奶带在路上吃，酸奶中的酸性环境和活菌有助于保证酸奶在脱离冷藏后的品质和安全。

酸奶产品的常见缺陷和可能的解决方案

缺陷	可能的产生原因	解决方案
析水 (乳清分离)	• 蛋白或脂肪含量低	• 增加蛋白质和/或脂肪含量
	• 牛奶的热处理或均质不充分	• 增强热处理强度和均质压力
	• 发酵温度过高	• 降低发酵温度至40-42℃
	• 酸度过低	• 确保pH值在4.4左右
	• 冷却前凝结核被搅动(例如摇动或震动)	• 减少震动, 充分冷却
	• 凝固型酸奶在分销过程中的不恰当操作	• 减少贮存过程中不恰当操作
	• 其他不确定因素	• 添加稳定剂、改变发酵剂类型, 在发酵剂中添加高产胞外多糖的菌种
颗粒/沙粒感 (结块)	• 干粉原料混合/水合不充分	• 调整加工工艺条件
	• 冷却前搅拌不够	• 充分冷却
	• 钙盐和或乳清蛋白沉淀	• 调整加工工艺条件
	• 发酵温度过高	• 降低发酵温度至42℃
	• 接种率过低	• 改变接种率或菌种类型
	• 稳定剂用量过大	• 降低稳定剂用量
	• 乳清蛋白与酪蛋白的比率过高	• 降低乳清蛋白与酪蛋白比率
低粘度	• 大分子蛋白凝块破碎不完全	• 使用过滤筛或网来破碎凝块
	• 蛋白或脂肪含量低	• 增加蛋白质和/或脂肪含量
	• 牛奶的热处理或均质不充分	• 增强热处理强度和均质压力
	• 发酵温度过高	• 降低发酵温度至40-42℃
	• 接种率过低	• 改变接种率或菌种类型
	• 酸奶冷却过程中过度剪切	• 调整加工工艺条件

来源: Tamime和Robinson, 2007⁸

酸奶配方示例

这一部分列出的配方是产品开发的第一步。根据所应用的原料、加工工艺和储存条件、以及不同市场的法规和目标消费者的喜好,可能需要进行必要的调整。请咨询您的美国乳品原料供应商以获得更多信息。在添加剂和包装要求方面,也请查询当地的法规。

希腊式酸奶酱料



原料

	应用量 (%)
希腊酸奶, 脱脂	97.96
青椒, 冻干, 剁碎	0.49
红椒, 冻干, 剁碎	0.49
黄瓜, 冻干, 剁碎	0.30
青葱, 冻干, 剁碎	0.30
蒜, 冻干, 剁碎	0.29
盐	0.07
罗勒, 干	0.06
莳萝, 干	0.02
黑胡椒粉	0.01
辣椒粉	0.01
合计	100.00

营养成分

每100克	
总脂肪	0 g
饱和脂肪	0 g
反式脂肪	0 g
胆固醇	7 mg
总碳水化合物	5 g
膳食纤维	0 g
糖	4 g
蛋白质	10 g
钙	111 mg
磷	133 mg
钾	147 mg
钠	67 mg
铁	0 mg
维生素 A	222 IU
维生素 C	12 mg

制备

1. 将酸奶、冻干蔬菜、香料、盐和调味品混合。
2. 冷藏温度下水合24小时。
3. 食用前搅拌。
4. 可选 – 可以放入馅饼杯或搭配饼干。

配方由加州州立理工大学乳品技术中心开发

低脂搅拌酸奶



原料

	使用量 (%)
脱脂牛奶	75.46
牛奶, 1%脂肪	18.87
奶油, 40%脂肪	2.98
脱脂奶粉	1.99
稳定剂	0.70
发酵剂	按照供应商推荐
合计	100.00

制备

1. 将发酵剂以外的原料混合。
2. 在85–90℃温度下巴氏杀菌15秒或在80–82℃温度下巴氏杀菌30分钟。在10–14 MPa (1450–2030 psi)均质。
3. 冷却至34–41℃。接入酸奶菌种发酵至pH4.20-4.65。
4. 冷却至15℃以下。
5. 搅拌。
6. 包装。
7. 冷藏保存。

营养成分

每100克	
卡路里	50 kcal
总脂肪	1.5 g
饱和脂肪	1 g
反式脂肪	0 g
胆固醇	6 mg
总碳水化合物	5 g
膳食纤维	0 g
糖	5 g
蛋白质	3 g
钙	120 mg
镁	11 mg
磷	98 mg
钾	151 mg
钠	50 mg
铁	0 mg
维生素 A	237 IU
维生素 C	0 mg

配方由威斯康辛大学麦迪逊分校威斯康辛乳品研究中心开发

黄瓜柠檬酸奶饮料



原料

	使用量 (%)
牛奶, 减脂	90.21
牛奶矿物盐乳糖粉 (乳固形物)	6.49
脱脂奶粉	0.92
黄瓜泥	2.20
天然柠檬香精	0.15
酸奶发酵剂 (CHR Hansen YCX11)	0.02
益生菌 (CHR Hansen F-DVSABC)	0.01
合计	100.0

制备

1. 在高速搅拌机中将矿物盐乳糖粉和脱脂奶粉混合入牛奶。水合30分钟。
2. 将混合物加热至60℃并在2,500/700 psi下均质。
3. 在85℃巴氏杀菌30分钟。
4. 冷却至42℃。
5. 接种并加入益生菌。
6. 在42℃培养4-5小时直到pH达到4.2。
7. 加入黄瓜泥和柠檬香精。
8. 冷却至4℃并冷藏储存。

营养成分

每100克	
卡路里	70 kcal
总脂肪	2 g
饱和脂肪	1 g
反式脂肪	0 g
胆固醇	7 mg
总碳水化合物	11 g
膳食纤维	0 g
糖	11 g
蛋白质	4 g
钙	220 mg
钠	57 mg
铁	0 mg
维生素 A	176 IU
维生素 C	1 mg

问答

问题：哪种乳清产品有助于形成硬度最强的酸奶凝胶？

答案：因为乳清产品中与改善酸奶质地相关的主要组分是 β -乳球蛋白，因此在相同用量的情况下，蛋白质含量高的乳清浓缩蛋白（如WPC80）或乳清分离蛋白（WPI）与低蛋白含量的乳清产品（如甜乳清和WPC34）相比，具有更好的改善酸奶质地的功能。在同等用量时，强化 β -乳球蛋白的改性WPC比未改性WPC/WPI能产生硬度更强的酸奶凝胶。

问题：当酸奶配方中酪蛋白/乳清蛋白比率降低时会对产品产生怎样的影响？

答案：酪蛋白/乳清蛋白比率降低时，产品硬度和粘度会提高。这对于不同的酸奶市场定位来说，可以是有利因素，也可以是不利因素。另一方面，酪蛋白/乳清蛋白比率的降低可减少乳清析出，这对酸奶产品来说往往是有利的。

问题：如果酸奶产品中添加过量乳品蛋白会产生何影响？

答案：添加过多的乳品蛋白或过多替代脱脂奶粉会导致产品产生颗粒感、结块、色泽发黄，而且产生脆性质地。

问题：如何才能在不影响产品粘度的情况下增加酸奶饮品的蛋白质含量？

答案：可以采用在酸奶配料中混入经过巴氏杀菌的WPC80或WPI溶液的方法来达到增加蛋白质含量的目的。溶解（未变性）WPI可提高蛋白含量而不提高产品粘度，只要能保证乳清分离蛋白保持未变性状态（即在酸奶热处理后加入或直接添加到发酵产品中）。

问题：在确保每批产品的粘度保持一致方面，乳清产品如何发挥其作用？

答案：乳品配料的组成和加工工艺的不同以及酸奶生产工艺的不一致性等因素都可能造成酸奶产品凝胶强度和粘度的不一致。这些影响因素包括所有乳固形

物的类别和来源、牛奶热处理强度、热处理时牛奶的pH值、发酵剂、培养温度、发酵后的剪切速率，这些因素都会对酸奶的凝胶强度和粘度造成影响。在分析造成酸奶粘度变化时，以上所有因素都应该考虑进去。多数人认为若配方中包含高蛋白含量的乳清蛋白将有助于克服产品粘度不一致的缺陷。

问题：在杯装酸奶中使用WPC如何能起到减少析水的作用？

答案：多数研究结果以及生产实践经验证实，在酸奶配方中添加乳清蛋白与减少析水现象的发生之间存在直接联系。然而，发酵温度过高或者粗暴的物理损伤（如摇动）可对凝胶产生压力从而导致析水现象的发生。稳定剂，如变性食物淀粉可起到保护作用，在生产搅拌型酸奶以及需要经过长距离分销的酸奶产品时必须添加稳定剂。添加淀粉的一个不利因素是其对风味的影响。减少淀粉的使用量，同时增加WPC和其他稳定剂，如明胶或低甲氧基果胶的使用量可起到更好的效果。另外，通过减少经受高热处理而膨胀的淀粉颗粒的剪切损伤，也可使淀粉的使用量减少。

问题：如何才能安全地对酸奶饮品进行热处理？

答案：对于酪蛋白和乳清蛋白来说，在酸奶中的pH值是最不稳定的。蛋白质沉淀导致的组织状态呈现颗粒感并发生乳清分离现象值得关注。如果发酵后的酸奶饮品要经过杀菌，则需要额外添加高甲氧基果胶和WPC或WPI。酸奶饮品的典型pH值为3.8-4.4，此时高甲氧基果胶带负电荷。果胶吸附在乳清蛋白和酪蛋白表面可有助于防止由于蛋白粒子之间静电排斥作用增强而产生的热凝聚。降低温度和保持时间，加上加热时保持湍流可降低热凝聚的发生。与供应商联系，获得热稳定性最好的WPC或WPI极为重要。

References:

1. Karam, M., Gaiani, 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.

美国乳品出口协会在此感谢Alan Hugunin博士, Sharon K. Gerdes, John A. Lucey博士, Kimberlee (K.J.) Burrington, Mary Wilcox和Shannon Koski为这一专题提供的专业知识。

关于美国乳业

美国是世界最大的牛奶生产国,拥有充足且不断提升的牛奶生产能力以及富有竞争力的产品组合,美国乳业具备有利条件,正努力满足全球不断增长的乳品需求。在研发和创新上的持续投入及历史悠久富有传承的工艺,使美国逐渐成为全球领先的优质乳品和原料供应国。从奶农和加工商到产品和原料生产商及乳品机构,美国乳品的整条供应链都全心投入,提供高品质营养丰富的产品以满足客户需求并推动其业务的持续发展。



联系
我们

想要获取更多关于美国乳品的信息和资源吗? 请访问我们的官方网站ThinkUSAdairy.org (点击页面右上方“中文”可访问我们的中文网站) 或联系美国乳品出口协会中国联络处垂询相关问题。

美国乳品出口协会中国联络处
电话: +8621 6319 0668
电邮: usdec@prcon.com