



美国乳清蛋白在肉制品加工中的应用

作者: Gitanjali Prabhu 博士

肉类和家禽制品工业顾问 PHD Technologies LLC

编辑: Annie Bienvenue Antonella da Camara

美国乳品出口协会

基于消费者、加工商和法规制定机构的态度正在发生的转变,乳清配料在肉制品加工中的应用呈现上升趋势。

乳清蛋白作为粘合剂、膨胀剂和质地改良剂被广泛应用于肉类和家禽制品中。

除了它们的功能特性外,乳清蛋白还有很好的营养价值,含有易消化和生物可利用的必需氨基酸。

有多种类型的美国乳清蛋白产品可以应用于肉类、家禽和海鲜制品中。其中最常用的产品有:甜乳清、乳清浓缩蛋白(蛋白质含量34–80%)、乳清分离蛋白(蛋白质含量 $\geq 90\%$)和其它定制的乳清浓缩蛋白(WPC)和/或乳清分离蛋白(WPI)产品。

因为没有任何一种乳清蛋白可以应用于所有肉制品中,所以要根据不同的肉制品加工要求选用具有特定功能的WPC或WPI产品。乳清蛋白既可作为优质蛋白质,部分取代肉类蛋白质;或部分或完全取代大豆蛋白产品或其他非肉类粘合剂,如变性淀粉或水状胶体。

美国乳清蛋白具有持水性、乳化性和乳化稳定性并可以结合脂肪,已经成功应用于碎肉(乳化)制品中,如热狗和大腊肠,以及粗研磨产品如晚餐香肠、早餐香肠和研磨肉馅。

在再制肉类和禽类产品,如鸡肉块、肉馅和再制火腿中,乳清蛋白被用于改善产品硬度和切片性、减少真空包装时的产品损失并可增强肉片之间的结合力。



乳清蛋白的功能特性

乳清蛋白的功能特性涵盖了作为一种蛋白质能够在食品中广泛应用的理化特性。任何一种食品配料,需要没有异味或异常颜色,必须与其他配料和加工工艺相容,并且容易获得且价格合理,而且需要具有一定的功能性。

乳清蛋白应用于肉制品加工中最为重要功能特性包括:溶解性、持水性和粘度、乳化性、粘合性、成胶性和感官特性。乳清蛋白的其他特性如分散性、食用膜的形成、抗氧化性和褐变等虽然也有作用,但在肉制品中的重要性要差一些。

乳清浓缩蛋白WPC和乳清分离蛋白WPI的典型组成

组分	WPC34 (%)	WPC80 (%)	WPI (%)
蛋白质	34.0-36.0	80.0-82.0	90.0-92.0
乳糖	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
灰分	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

乳清蛋白具有很高的溶解度,尤其是与酪氨酸钠和大豆蛋白相比。酪氨酸钠在pH值高于5时是溶解的,而大豆浓缩蛋白和大豆分离蛋白在pH值大于5.5时溶解。乳清蛋白的溶解性特别好,可以在整个pH范围(pH值2-10)内溶解。

乳清蛋白在很宽的pH值范围内的可溶解性使得它们成为注射类产品的理想选择。在注射类的肉类和禽类产品中,乳清蛋白溶解在含盐、磷酸盐、葡萄糖、亚硝酸盐和异抗坏血酸的盐溶液中。乳清蛋白在很宽的pH值范围内的溶解性对于制作注射类肉制品用的盐溶液是至关重要的。

持水性和粘度

结合大量水分时会产生粘度。当乳清蛋白受热时,维持蛋白球状结构的键断裂。一旦蛋白质分子被打开,就产生额外的持水位点从而使溶液的粘度增加。

在肉制品中,乳清蛋白产品的持水性对产品的质地起重要作用。持水可以减少蒸煮损失,并对改善最终产品的多汁性和湿度有重要作用。增加的汁液有助于增强肉制品的口感和感官轮廓。

乳化性

乳清蛋白被广泛应用于食品工业中用于稳定水油型(oil-in-water)乳状液。乳清蛋白具有亲水性和疏水性基团,这就使得蛋白质在油-水界面能快速展开,并形成一层界面来稳定油滴和防止絮凝和/或聚结。乳清蛋白分子的亲水位点结合水而亲油位点包裹油脂,使体系稳定。乳清蛋白可以作为传统乳化剂使用而且胆固醇含量较低。乳清蛋白乳状液的稳定性可以通过添加胶体或加热形成蛋白凝胶的方法得到进一步增强。加热蛋白质将减少脂肪移动并使聚结最小化,而凝胶化可以完全截留脂肪乳状液。

乳清蛋白的乳化特性在乳化产品,如在热狗和大香肠中,是非常有帮助的,可以改善产品稳定性。在使用较低档的肉类或代替价格较贵的瘦肉时尤其如此。

粘合性

乳清蛋白的粘合性有助于改善产品的均一性结构。乳清浓缩蛋白可以用于将面包屑和面糊等粘附到肉、禽或鱼的外表面。肉碎之间的有效粘合性对制作某些产品是非常重要的,如制作鸡肉块或再制汉堡。在肉制品中粘合的基本原则有两方面:肉碎之间相互粘合和肉类蛋白的持水性(由肌原纤维蛋白的热凝胶产生)。肉碎之间的粘合实际上发生在蒸煮过程中,因为这时发生蛋白质的热凝固。乳清蛋白有助于形成更牢固的、不可逆的凝胶以重建延展的三维网络结构,以达到有助于粘合的作用。



成胶性

乳清蛋白会形成不可逆的凝胶。凝胶特性取决于蛋白质的浓度、溶液的pH值、钙离子浓度和钠离子浓度。

乳清蛋白中的主要蛋白质是 β -乳球蛋白，占干重的50—65%。 β -乳球蛋白也是形成热凝胶的蛋白质，在肉制品中具有最重要的作用。将乳清蛋白加热到70℃时，会发生变性和聚合，从而形成凝胶。乳清蛋白是通过重建延展的三维网络结构而形成不可逆凝胶的。凝胶会包裹在热处理过程中由于肉类蛋白矩阵收缩而释放出来的油脂和水。

牢固的凝胶网络结构有助于保持这部分水分并防止水分丢失，这会提高肉制品的得率。乳清蛋白的凝胶特性也起到保持肉制品的湿度以及改善质地和口感的作用。乳清蛋白的持水性和成胶特性还有助于减少储藏损失。肉制品在冷藏过程中释放游离水，这些游离水可能成为腐败微生物的潜在培养基，从而可能缩短产品的货架期。

在某些冷冻产品如完全煮熟的早餐香肠或牛肉饼中，乳清蛋白可以减少微波再加热过程中造成的冷冻—解冻损失。

为进一步了解乳清蛋白的物理特性与性能，研究人员对不同温度条件下的乳清蛋白凝胶和其它蛋白凝胶进行了比较。用于比较的蛋白质是乳清分离蛋白、乳清浓缩蛋白、大豆分离蛋白、大豆浓缩蛋白、组织化植物蛋白和酪朊酸钠。每种蛋白质的浓度是12%。蛋白质从40℃加热到90℃，并模拟肉制品的加工方式在其中添加了2%的盐。结果显示，与其他蛋白相比，乳清浓缩蛋白(WPC)和乳清分离蛋白(WPI)可以在65℃上形成最牢固的凝胶；当温度高于70℃时可以形成不可逆的弹性凝胶，其凝胶强度随温度增加而增强。

风味

纯净的乳清蛋白的风味是非常柔和的。然而，根据不同的应用，它既可以作为已经存在的风味的供体，也可以加强自身的风味。例如，当乳清蛋白受热时，可产生挥发性硫化物。

游离氨基酸也可以通过加热与其他化合物发生化学反应而转化成风味化合物。当乳清蛋白经过酶水解时，它们可以产生风味增强特性。蛋白酶是添加到乳清中用于水解蛋白的酶。水解的乳清蛋白可以增强和强化在汤、酱汁和蘸酱以及肉制品中的特征风味。

以乳清蛋白为基础的风味增强剂也有助于降低配方成本，这是通过增强价格昂贵的香精和香辛料的感知度来实现的。应用乳清浓缩蛋白的另一益处是它可改善产品的口感，产生更加丰富的风味。这对于开发减脂或低脂肉制品(部分由脂肪带来的风味损失了)来说尤其重要。相对于其他价格昂贵的气味增强剂来说，使用乳清浓缩蛋白是一种经济的选择。

分散性

总的来说，乳清配料具有良好的分散性。对于那些需要乳清配料快速溶解于水而不期望有过多搅拌的情况，可以使用速溶型的乳清浓缩蛋白和乳清分离蛋白。

速溶产品的加工涉及到独特的喷雾干燥方法的使用，该方法可改善产品的湿润度、下沉性和分散性。这一加工速溶乳清蛋白的工艺对于固体饮料来说比较普遍。当乳清蛋白被添加到盐溶液中用于注射肉类制品时，速溶产品可改善盐溶液中配料的分散性。蛋白质在搅拌时容易产生大量泡沫。这对于盐溶液来说是不利的。过多的泡沫可以通过使用消泡剂来解决。





可食用膜

可食用膜被定义为包裹在食品外表面或置于食品表面或食品组分之间的一层可以食用的薄膜。可食用膜用来隔绝水分、氧气、油和其他风味从而防止由这些因素导致的食品变质。

乳清蛋白配料可以形成可溶于水的食用膜，该膜是透明、无味、柔韧的并在很低的相对湿度条件下具有很好的隔绝氧气、香味和油脂的作用。浓度为5-10%的乳清分离蛋白常被用于该类产品中。最近的研究表明，采用聚合乳清浓缩蛋白制作的膜可有助于肉制品在加热过程中保持水分而不致影响其流变学特性，如质地。

此外，研究人员指出，当在乳清浓缩蛋白膜体系中加入抗菌剂时，可以有效抑制致病微生物和腐败微生物包括单增李斯特菌的生长。

抗氧化性

有一些针对乳清蛋白在食品中的抗氧化特性的研究对乳清在防止预制肉制品中油脂氧化的能力进行了评估，如在猪肉和鲑鱼中。乳清在抗氧化方面的商业化应用尚未得到评估但它在肉制品中的应用的确有利，尤其是对于含脂率较高的产品。

褐变

乳清中存在的乳糖和蛋白质是产品受热发生褐变的必需组分。乳清蛋白也会参与焦糖化反应。

乳清蛋白的褐变特性在焙烤食品中更为重要。然而，当乳清蛋白-乳糖褐变发生在肉制品的微波加热时也是有优势的，因为与常规烤箱相比，在微波条件下食品表面的温度通常较低不足以产生褐变。

乳清蛋白的营养特性

蛋白质质量是指特定蛋白质以一种平衡的必需氨基酸和非必需氨基酸的模式提供氮的能力。蛋白质消化校正氨基酸评分(PDCAAS)是基于人体对氨基酸的需求来测定蛋白质的质量的。蛋白质消化校正氨基酸评分(PDCAAS)的标准主要是氮组成、必需氨基酸模式和真正的消化率。根据这一方法，理想蛋白质的PDCAAS应该满足人体所需的所有必需氨基酸，其值为1.00。乳清蛋白的PDCAAS的值为1.14，高于1.00，这表明该蛋白质中含有的必需氨基酸的量高于人体的需求。这些额外的必需氨基酸可以作为对食物中可能存在的必需氨基酸的不足的一种补充，以得到更加营养的加工食品或膳食。

动物蛋白质和植物蛋白质的蛋白质消化校正氨基酸评分(PDCAAS)

蛋白质来源	PDCAAS
乳清分离蛋白和乳清浓缩蛋白	1.14
酪蛋白	1.00
牛奶分离蛋白	1.00
大豆分离蛋白	1.00
鸡蛋蛋白粉	1.00
碎牛肉	1.00
罐装扁豆	0.52
花生饼粉	0.52
小麦面筋	0.25

在所有的蛋白质来源中，乳清蛋白的支链氨基酸(L-异亮氨酸、L-亮氨酸和L-缬氨酸)含量最高。支链氨基酸必须存在于肌肉细胞中才能促进蛋白质合成，并为运动员和那些期望获得肌肉的人提供安全的营养支持。实际上，在乳清蛋白中存在的每种必需氨基酸都超过了联合国粮农组织和世界卫生组织(FAO/WHO)所规定的儿童和成年人的营养摄入推荐量。

肉制品和海鲜制品的
分类-配方

全肉制品

全肉制品包括整块猪肉切块(包括整块火腿和整块熏肉)、整块禽胸肉和禽腿肉、整块牛肉切块,和其他完整形态的加工切块。猪肉火腿是用含盐、糖、亚硝酸盐、异抗坏血酸和多聚磷酸盐的混合溶液腌制过的产品。熏肉是用猪的整个腹部来加工的。

通常来说,将含盐、多聚磷酸盐和乳清蛋白的溶液注入到红肉和禽类的整个切块或部分切块中,可以增强肉制品在烹制时的湿度和嫩度(水分吸收和保持)。

再制肉制品

在当今的食品市场上再制肉制品代表了大量的加工肉制品。肉类结构的重组技术包括将最初的畜体切块和下脚料重新整合成全肉制品。这些产品包括火腿、禽肉或烤牛肉。在这种类型的产品中,持水性受到完整肌肉细胞内部的水分以及肌肉纤维膨胀中保持的水分的影

响。含有WPC或WPI的盐溶液通常经注射、滚揉或翻滚的方式直接进入肉制品中。这样制作的肉制品更加结实、切片性更强,而且在真空包装时损失更少。乳清蛋白也可以用于增加产品加工后的多汁性并赋予产品更佳的风味。

在延展50%的火腿中,WPC80或WPI可以用于提高翻滚得率和烹制得率,并可增强切片得率并改善质地,减少为期8周的冷藏货架期的产品损失。

应用WPC80或WPI制作火腿(延展50%的火腿)

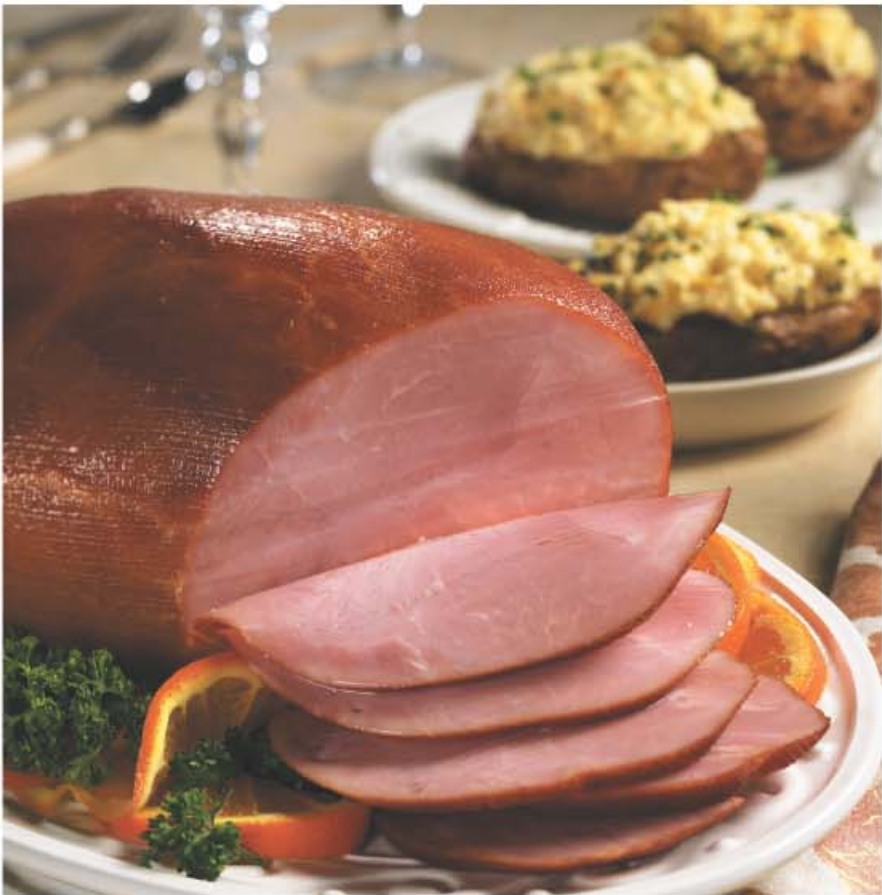
配料	使用量(%)		
	对照	WPC80	WPI
瘦火腿	66.67	66.17	66.17
水	29.78	29.28	29.28
盐	2.20	2.20	2.20
三聚磷酸钠	0.30	0.30	0.30
葡萄糖	1.00	1.00	1.00
异抗坏血酸钠	0.04	0.04	0.04
亚硝酸钠	0.01	0.01	0.01
WPC 80	0.00	1.00	0.00
WPI	0.00	0.00	1.00
总计	100.00	100.00	100.00

工艺:

- 1、去除火腿中多余脂肪。
- 2、先溶解磷酸盐,再溶解其他干混料,制作盐溶液。
- 3、注射盐溶液直至获得延展50%的火腿。
- 4、以8rpm的速度浸软和翻滚4小时。
- 5、充填入预制纤维质肠衣。
- 6、在烟熏室内烹制至火腿内部温度达到71℃。

使用乳清蛋白的益处:

乳清浓缩蛋白WPC80和乳清分离蛋白WPI可以提高产品得率,改善切片性,并赋予延展50%的再制火腿更加结实的质地,并且减少8周货架期内的产品损失。



粗研磨肉制品

粗研磨肉制品具有可见的脂肪和有颗粒的胶状结构。这类产品主要是一些粗研磨的香肠，包括各式新鲜的生香肠如早餐香肠、德国式小香肠、意大利式小香肠和波兰香肠。在这些产品中，持水性主要归功于热不可逆凝胶的形成，包裹水分，并有助于产品蛋白质吸收水分。

WPC或WPI的成胶特性可以起到包裹肉制品在加热收缩过程中肉蛋白矩阵释放的脂肪和水分的作⽤。牢固的凝胶网络结构可以保持这部分水分，阻止水分丢失。与持水性相类似，结合脂肪的能力也可以通过形成牢固的蛋白凝胶而得到加强，这是通过结合蛋白矩阵中的脂肪或者将脂肪裹在脂肪细胞膜(这些脂肪膜在切块过程中未遭破坏)内而实现的。

在烟熏香肠配方中，添加1% (重量百分比)的WPC80或WPI(按照1:3水合)可以提高蒸煮得率并通过替代4%的95%瘦猪肉而降低配方成本。与对照组相比，使用WPC80和WPI可以使蒸煮得率分别提高3.4%和4.1%，从而大大降低成本。

大多数干香肠和半干香肠如夏季香肠、意大利腊肠或意大利辣香肠也是用粗研磨肉来制作的。这些产品通常是加盐并经腌制的，糖是必须添加的，如葡萄糖。葡萄糖作为产生乳酸的起发培养基的底物。在这类产品中乳糖也可以用来替代葡萄糖作为底物，但是乳糖降解造成的pH值下降不如葡萄糖高，因而产品的“酸味”也有所不足。



应用WPC80或WPI制作烟熏香肠

配料	使用量(%)		
	对照	WPC80	WPI
牛肉 (90%瘦肉)	5.00	5.00	5.00
猪肉 (72%瘦肉)	19.00	19.00	19.00
猪肉 (95%瘦肉)	20.00	16.00	16.00
猪肉 (50%瘦肉)	28.00	28.00	28.00
水	18.75	21.75	21.75
盐	1.90	1.90	1.90
WPC80	0.00	1.00	0.00
WPI	0.00	0.00	1.00
三聚磷酸钠	0.40	0.40	0.40
盐卤(6.25%亚硝酸盐)	0.17	0.17	0.17
调味料	4.00	4.00	4.00
乳酸钠	2.75	2.75	2.75
异抗坏血酸钠	0.03	0.03	0.03
总计	100.00	100.00	100.00

工艺：

- 1、将肉切成能通过孔径为2.5cm的滤网的肉块。
- 2、分批将肉块与水和其他配料混合，时间不超过3分钟。
- 3、采用孔径为0.5cm的研磨机来研磨混合物。
- 4、充填入胶原肠衣。
- 5、在烟熏室内烹制至火腿内部温度达到71℃。

使用乳清蛋白的益处：

在烟熏香肠配方中使用WPC80或WPI替代4%的肉块，可以在保证最终产品品质的前提下提高产品得率并降低成本。



碎肉类制品

碎肉类制品如维也纳香肠、热狗、意大利大腊肠和午餐肉是采用精研磨方式制得的。这些香肠是由剥细的或乳化的肉和其他非肉配料制成的，原料中的肉和脂肪在研钵中在足够的剪切力下被研磨成细小的颗粒进而形成乳化液。在肉制品形成凝胶之前，细研磨后的脂肪会趋于聚集在一起形成更大脂肪滴。肉类蛋白质和WPC或WPI的乳化特性会包裹脂肪滴以防止脂肪聚集。这一经细研磨的体系会在蒸煮过程中完全稳定，此时会形成三维的网络凝胶结构，脂肪就可以被包埋凝胶结构中。

在全脂热狗配方中，可以使用WPC或WPI以使非肉蛋白质达到最大化，这样也就使配方中能够添加的水分最大化。美国农业部允许的非肉蛋白质的使用限量是1%，肉制品加工商要充分利用这一限量规定以获得竞争优势。使用WPC或WPI可以降低成本，并且获得口感风味良好的热狗产品。不同国家所允许的非肉蛋白质含量和/或蛋白质的最低含量是不同的。请在设计碎肉类制品的配方时核对当地的法规要求，以确保符合规定。

应用WPC80或WPI实现非肉蛋白质的最大化以制作热狗

配料	使用量(%)		
	对照	WPC80	WPI
猪肉(42%瘦肉)	25.64	25.64	25.64
牛肉(50%瘦肉)	14.00	10.00	10.00
机械去骨鸡肉	37.50	37.50	37.50
水	15.00	18.00	18.00
盐	2.00	2.00	2.00
乳酸钠/二乙酸钠	2.00	2.00	2.00
玉米糖浆固形物	2.00	2.00	2.00
三聚磷酸钠	0.40	0.40	0.40
香料	1.41	1.41	1.41
异抗坏血酸钠	0.04	0.04	0.04
亚硝酸钠	0.01	0.01	0.01
WPC 80	0.00	1.00	0.00
WPI	0.00	0.00	1.00
总计	100.00	100.00	100.00

工艺：

- 1、在小的研钵中将机械去骨鸡肉块切碎直至温度达到6-8℃。
- 2、低速研磨时加入干混料。
- 3、加入猪肉、牛肉和剩余的水，高速研磨直至温度达到13-15℃。
- 4、充填入可剥型的纤维素肠衣中。
- 5、蒸煮并烟熏至内部温度达到72℃，并在4℃以下贮藏。

使用乳清蛋白的益处：

肉制品加工商最大程度的使用乳清蛋白，最大化的增加非肉蛋白质的含量可以获得竞争优势。WPC80或WPI可以降低成本并且获得口感风味良好的热狗产品。



低脂肉制品

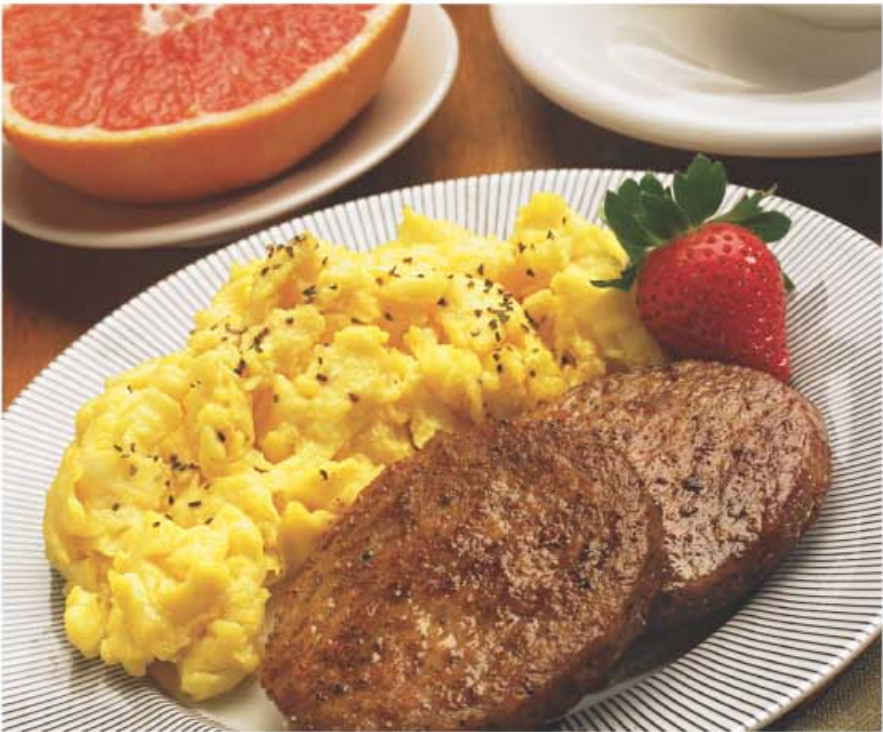
对低脂肉制品如清淡型热狗和意大利大腊肠和低脂牛肉饼的需求随着人们对限制脂肪摄入的需求的增长而增长了。由于脂肪是肉制品中的提供风味和加强质构、提高嫩度和口感的“功能性”组分，降低产品脂肪含量就会降低产品的可口度。

对于低脂香肠来说，如果单纯地减少配方中的脂肪或加入额外的瘦肉不仅会显著增加成本，而且会使最终的产品产生橡皮似的、干燥的、坚硬的口感。而WPC或WPI可以提升低脂肉制品的口感、质地、持水性和粘合性。

乳清蛋白在肉制品体系中能保持水分和脂肪的特性是保持低脂肉制品的湿度和口感所必须的。受热后形成的WPC或WPI凝胶以及三维凝胶网络结构有助于锁定低脂肉制品中存在的多余水分。

乳清蛋白与其他肉类配料和脂肪替代物如淀粉具有良好的相容性，这也增加了设计低脂肉制品配方的灵活性。

与对照组相比，在97%脱脂的火鸡早餐香肠中，在配方中添加0.5%的WPC80可使产品得率提高1.4%，而且直径收缩损失更少。



应用WPC80制作97%脱脂火鸡早餐香肠

配料	使用量(%)	
	对照	测试
生产线上的火鸡腿肉	86.90	86.40
混合香辛料和盐	2.25	2.25
水	10.35	10.35
变性玉米淀粉	0.50	0.50
WPC80	0.00	0.50
总计	100.00	100.00

工艺：

- 1、通过孔径为0.6cm的绞肉机绞碎火鸡腿肉。
- 2、将肉、水和香辛料混合，混合时间不超过1分钟。
- 3、充填进5.1cm的胶原肠衣。
- 4、冷冻，接着部分调整韧度。
- 5、切成35克的小饼。
- 6、在蒸汽对流烘箱中蒸煮至内部温度达到71℃。
- 7、包装并冷藏。

使用乳清蛋白的益处：

在97%脱脂火鸡早餐香肠配方中使用WPC80时可显著增加产品得率并可降低直径收缩损失。



鱼糜

鱼糜这一名称来自日本，是指切碎和清洗后的鱼肉产品。鱼糜的商业化生产是通过机械化的方法将鱼肉与鱼骨和鱼皮分离并用清水或稀盐溶液进行漂洗。漂洗会去除大部分水溶性的组分和脂肪。鱼糜经过挤压工艺并加热形成类似龙虾尾、蟹腿和虾状的产品。

大多数鱼糜类产品是在金属模具或精致的成形机器中制作的，最终的产品类似于蟹肉或虾肉。要将鱼肉浆挤压成鱼肉薄片并放置到移动的加热平板表面以使鱼肉受热形成凝胶。

待形成的凝胶薄片冷却，纵向将其切成细的“纤维”并将其卷起。用于制作这类产品的鱼肉浆必须具有非常高的成胶性能，因为薄凝胶片在纤维化的过程中要经受相当大的扭矩。

在海鲜制品中使用乳清蛋白主要是由于其成胶能力和持水特性。乳清浓缩蛋白和乳清分离蛋白可以有效提升鱼糜类海鲜制品如鱼丸、鱼类、贝类和其他类似产品的组织特性。

鱼肉蛋白的最佳成胶温度是40℃左右，而乳清蛋白则需要更高的成胶温度，通常是70-80℃。在鱼肉蛋白中添加乳清蛋白可以通过吸收水分和强化鱼肉蛋白质的网络结构来提高凝胶强度。

当使用乳清蛋白和水的混合物替代配方中最多5%的鱼或肉时，可以获得近乎相同的凝胶强度（确保产品蒸煮到足够高的温度以使乳清蛋白成胶，乳清蛋白和水在溶液中的比例与天然的鱼肉组织中的肉蛋白和水的比例近似）。

价格较低的乳清蛋白可以部分替代价格较高的肉蛋白质并且保持产品的品质不变的特性，能给制造商带来显著的利润。

一些鱼肉蛋白，例如太平洋鲑鱼，由于存在蛋白酶而具有蛋白降解活性。大多数蛋白酶在蒸煮形成凝胶期间是有活性的(尤其是产品温度在50-70℃时)，蛋白酶会切割蛋白链，形成较小的蛋白片段，这样不利于在后续的加热过程中形成蛋白凝胶。

应用WPC80制作鱼糜海鲜制品

配料	使用量(%)	
	对照	测试
鱼糜	47.50	42.50
变性淀粉	8.00	8.00
糖	2.00	2.00
盐	1.40	1.40
蟹味调味料	0.75	0.75
蟹类抽提物	0.35	0.35
谷氨酸单钠	1.00	1.00
WPC80	0.00	1.25
冰水	39.00	42.75
总计	100.00	100.00

工艺：

- 1、将鱼糜或鱼肉解冻软化，温度不能超过1℃。
- 2、将鱼肉在斩拌机中低速搅拌，交替地添加盐和一半量的冰水，直至形成稠厚浆液。
- 3、加入剩余配料，在高速搅拌下形成精细的浆液，温度不超过10-12℃。
- 4、将浆液挤压成2mm厚的薄片并置于热的不锈钢传送带或转鼓上；提高浆液温度至90℃以形成凝胶。
- 5、冷却、将形成的鱼肉凝胶从不锈钢传送带/转鼓上取下，并进行上色、切割和卷曲成形。
- 6、切成条状，真空包装并进行巴氏杀菌，温度85-90℃，时间50分钟。
- 7、快速冷却并在5℃或5℃以下贮存。

乳清蛋白是有效的蛋白酶抑制剂，在太平洋鲑鱼鱼糜中添加乳清蛋白可以降低在制作过程中的蛋白酶的活性。

使用乳清蛋白的益处：

- 替代肉：5%的鱼肉或鱼糜可以用1.25%的乳清蛋白和3.75%的水来替代。
- 降低配方成本
- 增加产品得率
- 维持组织结构
- 提高多汁性
- 减少包装损失



酱汁和肉汁类配方

在酱汁和肉汁产品中可以使用WPC和WPI来提高产品的奶油感、改善质构并使口感更加稠厚、味道更加丰富。WPC和WPI也有助于增加酱汁和肉汁类产品的浊度和粘度从而使外观更加诱人。酱汁和肉汁看上去均一性更好，因为产品颗粒的悬浮状态更好。这是由于乳清蛋白可以形成热凝胶的缘故。温度上升时，乳清蛋白可结合水分而使酱汁和肉汁变得更粘稠。在一种白色的乡村香肠肉汁配方中，WPC80可以用来提供更加丰富的奶油口感。

法规考虑

关于再制肉制品没有通用的国际标准。

在美国，乳清蛋白的使用量是以蛋白质含量的形式来限制的。在香肠产品中，如果非肉组分的蛋白质含量低于90%（干重），则非肉组分的添加量不应超过3.5%；如果非肉组分的蛋白质含量高于90%（如WPI），则其用量应不超过2.0%（以最终产品为准）。

同样，在美国，所有乳清配料在标准的含肉产品如红辣椒酱汁中的用量最多可以达到8%。在非标准的含肉产品（例如，“仿制”肉、营养改良肉、汤、炖肉等）中，则对乳清或乳糖的用量没有特别的限制。在这类产品中，主要是根据需求来进行添加。

请核对当地的产品法规，对于有营养宣称的产品，如“低脂”或“减脂”再制肉制品，也要考虑合乎当地标准中的相关要求。乳清蛋白可以在此类产品中提供显著的功能和营养特性。

应用WPC80制作阿尔费雷多酱汁

配料	使用量(%)	
	对照	测试
起酥粉	2.50	2.50
淀粉，冷水膨胀颗粒	1.56	1.56
淀粉，低温凝胶改性蜡质玉米淀粉	1.32	1.32
麦芽糊精	2.17	1.67
盐	1.00	1.00
罗马诺干酪粉(Romano)	1.08	1.08
帕玛森干酪粉(Parmesan)	1.08	1.08
中脂奶粉	0.80	0.80
WPC80	0.00	0.50
黄油粉	0.40	0.40
大蒜粉	0.06	0.06
黑胡椒粉	0.02	0.02
肉豆蔻粉	0.01	0.01
牛奶	88.00	88.00
总计	100.00	100.00

工艺：

- 1、将所有干配料混合。
- 2、将牛奶缓慢添加到干配料中，搅拌至无块状颗粒。
- 3、在炉中或微波炉中加热至混合物变稠，偶尔搅拌。

使用乳清蛋白的益处：

WPC80可以改善酱汁的口感和风味，使其更加稠厚、丰富。



WPC和WPI在降低配方成本上的作用

乳清粉和各种类型的乳清浓缩蛋白和乳清分离蛋白都具有独特的功能，都可以降低成本并改善肉、禽和海鲜类制品的质量：

- 乳清粉可以替代价格较贵的香辛料和风味混合料的载体配料。
- WPC34是可以1:1替代脱脂粉的价格低廉的配料，既可以持水，又可以在低脂产品中起到替代脂肪的作用。
- WPC80是功能性的肉类替代品，水合后可以作为低脂产品中的脂肪替代品。
- WPI是特别有效的凝胶剂，特别适用于注射到全肉制品中作为盐卤的组成成分，改善产品的持水性和多汁性。

肉类替代

总体来说，WPC80在肉、禽和海鲜制品中应用最为广泛，这是由于其性价比较高(价格低廉，功能性强)。WPC80价格低于WPI，而且其成胶能力比其它蛋白质含量低的乳清浓缩蛋白要强得多。

在替代肉时，目的是要将乳清浓缩蛋白水合，使产品的蛋白质含量基本不变。

不同种类以及不同部位的肉类在组成方面差别会很大，其蛋白质含量可以介于14-20%之间。1份WPC80与4份水水合相当于蛋白质含量为16%的肉类。同样，如果1份WPC80与3份水水合则相当于蛋白质含量为20%的肉类。

通常来说，蛋白质含量更高的肉要比蛋白质含量低的肉价格要高，因此在任何一种应用中节约的成本都是相应成比例的。



实现“有效程度”的肉类替代而又不产生可察觉的质量变化当然因应用于不同产品而异。乳清蛋白的水合物最少可以替代5%的肉类，但通常的替代量可以更高。

下面是应用WPC80节约成本的例子。如果WPC80的成本是2美元/磅(约合36元/公斤)，而瘦肉(通常是70%水分，20%蛋白和10%脂肪)的价格是0.75-1美元/磅(约合13.2-17.6元/公斤)，则当1份WPC80与3份水水合时，其成本只有0.5美元/磅(约合8.8元/公斤)，在配方中直接替代瘦肉可以节约成本0.25-0.5美元/磅(约合4.4-8.8元/公斤)。在进行成本核算时，应该考虑实际的WPC80的价格以及所期望被替代的肉类的价格。请记住一点，如果替代低蛋白质含量的肉类则可在水合WPC时加入更多的水分。

以上讨论的仅限于用水合WPC来替代肉而产生的成本节约。但是如果添加的WPC有助于减少产品损失或可以改善切片性，则在计算总成本的时候也应该考虑这部分由于得率提高而产生的成本优势。

脂肪替代

在粗研磨香肠和一些其它黑肉制品配方中，脂肪通常以白色颗粒或斑点的形式存在，在此类产品应用中，WPC凝胶可被碾碎或压成薄片以提供相似的视觉效果和口感特征，就像脂肪所能赋予产品的特征一样。

当1份WPC80与7份水水合，并加热到90℃时可以形成坚固的白色凝胶。因此可以通过该技术经济地替代肉类脂肪以降低成本。

在精研磨肉制品中(热狗、意大利大腊肠等)，脂肪颗粒通常是不可见的(除非在整体上提亮肉制品的颜色)，脂肪会改善肉凝胶的坚韧度或橡皮状的口感，并赋予产品多汁性。对此类产品来说，添加水合WPC也可以有效替代脂肪组分并降低成本。

乳清配料的选择

对于成功开发一个特定产品来说,选择特定的乳清配料和合适用量是非常重要的。随着定制的乳清产品和乳清预混料的出现,美国乳清配料也越来越多样化。在产品开发时请与美国乳清供应商联系,以获得支持,并得到适合特定产品的最佳乳清配料。

选择乳清配料时应考虑以下几点:

营养宣称标识

如果要标识特定的健康、结构/功能或营养素含量,则再制肉制品必须符合要求。乳清产品可以提供优质蛋白质和乳矿物质如钙和磷。另外,WPC和WPI还为低脂和低糖配方提供额外的功能。

加工条件

应用乳清配料不会显著改变肉制品的加工条件,但也必须注意在使用乳清和乳糖时要确保充分水合以保证其功能性。

经济性

乳清产品可以为肉制品增加蛋白质含量和提高持水性,会显著降低成本,并提高最终产品的得率。



问题:在再制肉制品中,甜乳清、WPC和WPI的典型推荐用量是多少?

答案:没有关于乳清配料的“典型”用量。实际用量要基于影响再制肉组分的所有关键因素、特定乳清配料的独特功能以及当地法规等。在美国,在香肠中乳清产品的限量标准如下:

甜乳清 最大量为3.5%

WPC34-80 最大量为3.5%

WPI 最大量为2.0%

然而,总的来说,在美国产的产品中,可以推荐如下用量:

甜乳清 1-3%

WPC34-80 1-2%

WPI 1-2%

对于红辣椒酱汁这类调制产品来说,乳清配料的用量可以达到8%。对于非特定肉制品来说,则没有关于乳清配料的应用限制。这些产品可能是“仿制”肉、营养改良肉和含肉产品如汤或炖肉产品等。

问题:“乳清风味”被认为是风味缺陷;使用乳清会带来“乳清味”吗?

答案:“乳清风味”,也叫“纸板味”、“氧化味”或“奶酪味”,可来自乳清配料,尤其是甜乳清。然而,购买优质甜乳清则可以避免带入这种风味。而且,WPC和WPI本身并没有味道。通常来说,乳清产品具有愉悦的乳品风味(柔和),它可与再制肉制品和香辛料很好地相容。

问题:WPC80或WPI的价格比脱脂乳粉高,它们是怎样降低成本的?

答案:应用WPC80和WPI节约成本可以从几个方面来考虑。与甜乳清和低蛋白质含量的乳清蛋白相比,WPC80和WPI具有极好的持水性和成胶能力,因此为获得期望的功能对应的用量较少。另外,WPC80和WPI可以用于替代价格昂贵的配料如水状稳定剂、变性淀粉、大豆蛋白和一些乳化剂。WPC80和WPI水合后可以替代普通肉制品中的肉以及低脂肉制品的脂肪。WPI尤其适用于注射到全肉制品中的盐卤成分以提高持水性和多汁性。

问题:在肉制品中使用乳清蛋白有哪些其他益处?

答案:乳清蛋白具有极高的营养价值:它们含有极易消化和高生物利用率的必需氨基酸。事实上乳清蛋白中存在的每一种氨基酸的含量都超过了FAO/WHO所规定的儿童和成年人营养摄入推荐量。而且,乳清蛋白是完全天然的、非转基因的食品配料。

REFERENCES

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.