

食品用酶制剂及其在肉类工业中的应用

郭玉华, 李钰金

(山东省海洋食品营养研究院, 山东 荣成 264309)

摘要: 食品用酶制剂是一类具有高效催化作用, 改进食品特性的蛋白质。由于其独特的功能和特性, 被广泛应用于食品工业中。本文简要介绍了酶制剂特有的性质, 影响酶制剂作用的影响因素, 食品加工中常用的酶制剂以及酶制剂在肉类工业中的应用。

关键词: 酶; 肉类; 工业; 应用

A Review on Food-grade Enzyme Preparations and Their Applications in Meat Industry

GUO Yu-hua, LI Yu-jin

(Marine Food and Nutrition Research Institute of Shandong Province, Rongcheng 264309, China)

Abstract: Food-grade enzyme preparations, a class of proteins that have effective catalytic action and can improve food characteristics, have been extensively used in the meat industry. This article briefly describes specific characteristics and affecting factors of enzyme preparations and their applications in the meat industry as well as commonly used enzyme preparations in food processing.

Key words: enzyme; meat; industry; application

中图分类号: Q814.4

文献标识码: A

文章编号: 1001-8123(2011)06-0041-06

肉用酶制剂辅以其他成分, 具有改善肉制品品质、提高肉制品出品率、降低生产成本等作用, 作为一种食品添加剂, 被广泛应用于肉类加工中, 已成为肉制品行业发展不可缺少的一部分^[1]。国内外对于酶制剂在肉制品中的应用进行了大量研究, 并取得了很大的进展。本文对酶制剂特有的性质、影响酶制剂作用的影响因素、食品加工中常用的酶制剂以及酶制剂在肉类工业中的应用进行简要介绍。

1 酶制剂特有的性质

1.1 高效率

由于酶能大大降低反应的活化自由能, 所以它的催化效率非常高。酶促反应是无机催化剂的 $10^7 \sim 10^{13}$ 倍。

1.2 反应条件温和

由于酶促反应的活化自由能大为降低, 酶能够在常温、常压和 pH 值接近中性的温和条件下, 以极高的效率发挥其催化功能。而一般的催化反应常需在高温、高压、强酸、强碱等剧烈条件下进行。从另一方面看, 酶比一般催化剂更为脆弱, 强酸、强碱、高温等条件很容易造成酶的失活变性, 所以酶作用一般要求比较温和的条件。

1.3 专一性

酶催化的专一性是指酶对其所催化的反应及其底物具有严格的选择性。一种酶只能作用于某一种或某一类特定的底物, 与其他化学催化剂不同。例如酸碱对糖苷键、肽键、酯键等没有什么选择性, 都可以催化水解, 而用酶催化时, 这 3 种键的水解就需要不同的酶来进行催化。

2 影响酶制剂作用的影响因素

2.1 温度

一般而言, 温度越高化学反应越快, 但酶是蛋白质, 若温度过高会发生变性而失去活性, 因而酶促反应一般是随着温度升高反应加快, 直至某一温度活性达到最大, 超过这一最适温度, 由于酶的变性, 反应速度会迅速降低。

2.2 pH 值

酶是蛋白质, 在极端的酸性或碱性条件下会变性而完全失去活性, 大多数酶的最适 pH 值在 4.5~8.0 范围内。

2.3 水分活度

收稿日期: 2010-07-15

作者简介: 郭玉华(1982—), 女, 硕士研究生, 主要从事水产品开发研究。E-mail: guoyuhua19820719@126.com

水能影响食品中酶反应的速度,通常可用降低食品中水分含量的方法来阻滞酶等作用引起的变质。这是由于在较低水分活度下酶蛋白变性的速度会显著减缓,而且能有效地防止微生物的生长。对于大多数酶制剂,在接近中性 pH 值和较低温度下将水分活度降到 0.30 以下,能防止因酶蛋白变性和微生物生长而引起的变质,从而保存较多的酶活力^[2]。

2.4 酶浓度

对大多数酶促反应,在适宜的温度、pH 值和底物浓度一定的条件下,反应速度至少在初始阶段与酶的浓度成正比。如果反应继续进行,则速度将降低,这主要是由底物浓度下降及终产物对酶的抑制造成的。

2.5 抑制剂

有些物质能使酶活性中心的化学性质发生改变,导致酶活力下降或丧失,这种现象称为酶的抑制,引起酶抑制的物质叫酶抑制剂。酶抑制剂分为竞争性抑制剂和非竞争性抑制剂。竞争性抑制剂就是某些物质与底物的结构很相似,它们会与酶活性部位结合,造成与基质竞争而起到抑制酶促反应的作用。如丙二酸对琥珀酸脱氢酶的抑制^[2]。当底物浓度增加时,可以减少竞争性抑制剂对酶的抑制作用。因反应产物的结构往往类似于底物,所以反应产物是常见的竞争性抑制剂。非竞争性抑制剂就是某些物质并不与酶的活性部位结合,而是结合于其他部位,从而引起某些变化,造成抑制。增加底物浓度并不能消除抑制剂的影响,重金属、螯合剂、氧化剂、氰化物及能与—SH 作用的物质一般都属于非竞争性抑制剂。

2.6 激活剂

与抑制剂相反,把掩蔽酶活性部位的抑制剂以化学法除去,若能使酶还原到原来的性能,则酶被活化。此外还可在酶的其他部分结合活化剂,使酶的立体结构变化而活化。

3 食品加工中常见的酶制剂

酶制剂由于其独特的功能和特性,在食品工业中得到应用。目前,在食品加工中常用的酶制剂主要有以下几种。

3.1 木瓜蛋白酶

木瓜蛋白酶(papain)简称木瓜酶,又称为木瓜酵素。是利用未成熟的番木瓜果实中的乳汁,采用现代生物工程技术提炼而成的纯天然生物酶制品。它是一种含巯基肽链内切酶,具有蛋白酶和酯酶的活性,有较广泛的特异性,对动植物蛋白、多肽、酯、酰胺等有较强的水解能力,同时,还具有合成功能,能把蛋白水解物合成为类蛋白质。溶于水和甘油,水溶液无色或淡黄色,有时呈乳白色;几乎不溶于乙醇、氯仿

和乙醚等有机溶剂。最适 pH 值 5.7(一般 3~9.5 皆可),在中性或偏酸性时亦有作用,等电点 18.75;最适温度 55~60℃(一般 10~85℃皆可),耐热性强,在 90℃时也不会完全失活;受氧化剂抑制,还原性物质激活。木瓜蛋白主要用于啤酒抗寒、肉类软化、谷类预煮的准备、水解蛋白质的生产等方面^[3]。

3.2 谷氨酰胺转氨酶

谷氨酰胺转氨酶(transglutaminase,蛋白质-谷氨酸- γ 谷氨酰胺转移酶, TG)是一种能催化赖氨酸的 γ -氨基与谷氨酸的 γ -羟酰胺基形成共价键而导致蛋白质聚合的酶。TG 广泛存在于动物及微生物中。动物来源的 TG 需要 Ca^{2+} 激活,对温度和 pH 值的稳定性也较弱,而且由于酶的原料来源较少,分离纯化工艺复杂,价格十分昂贵,仅限于基础研究使用;微生物来源的 TG 热稳定性好, pH 值范围广,对 Ca^{2+} 无依赖性,价格低廉,可以广泛应用于食品工业中。目前食品工业中使用的 TG 主要来源于微生物。TG 黏合力极强,用该酶催化形成的共价键非常稳定, pH 值的稳定性很好,其最适作用 pH 值为 6.0,然而在 pH 值为 5.1~8.0 时,该酶都具有较高的活性;TG 的热稳定性也比较强,最适温度为 50℃左右,但在 45~70℃仍有较高的活性。特别是在蛋白质食品体系中, TG 的热稳定性会显著提高,这一特性使其在一般的食品加工过程中不会迅速失活;TG 使用安全,由于广泛存在于动物组织中,人们一直都在食用含有 TG 催化形成的 ϵ -(γ -谷氨酰基)-赖氨酸异肽键的食物,因此,可推测用 TG 生产的新型食品对人体是安全的^[4]。

通过 TG 的催化作用,在蛋白质分子之间或之内形成 ϵ -(γ -谷氨酰基)-赖氨酸异肽键,提高了蛋白质的吸水性、保水性、黏度、胶凝作用,以及黏着性、乳化性、起泡性和热稳定性等功能特性,从而改善蛋白质食品的外观形状、风味口感和质地结构,提高其市场价值。目前,转谷氨酰胺酶已应用于肉制品、鱼肉制品、乳制品、植物蛋白制品、焙烤制品、固定化酶、可食性包装中^[5]。

3.3 弹性蛋白酶

弹性蛋白酶(elastase)是一种以水解不溶性弹性硬蛋白(elastin)为特征的蛋白水解酶,其不是单一酶,它是含有弹性水解、黏糖水解和脂水解作用的 3 种酶的混合物。这种粗酶之所以能分解弹性纤维,是由于弹性黏多糖酶作用于弹性蛋白链间的黏多糖,弹性脂蛋白酶作用于弹性蛋白间脂质,促进弹性蛋白酶分解弹性蛋白。弹性蛋白酶主要存在于动物胰脏中,在皮肤、主动脉、血小板和白血球中也有分布;同时,该酶在微生物类群中也广有分布,细菌、放线菌、真菌中都有分泌胞外弹性蛋白酶的报道^[6]。其结构在不同生物源中有不同的



构型,从而导致对弹性蛋白有着不同的降解特异性。胰弹性蛋白酶和人中性细胞弹性蛋白酶属于丝氨酸族蛋白酶类。这两种酶作用于带有一小段碱性侧链的氨基酸的碳末端的肽键。而细菌中分泌的弹性蛋白酶多数属于金属蛋白酶类,它们的活性需要 Zn^{2+} 的参与。其作用位点正好与丝氨酸相对,主要裂解蛋白质分子氨基端的肽键。弹性蛋白酶水解弹性蛋白首先将弹性蛋白的结构变疏松使之溶解,然后将已溶解的弹性蛋白降解成可溶的多肽及氨基酸。弹性蛋白在碱性环境下易变性,结构疏松,有利于弹性蛋白酶对其水解。

弹性蛋白酶既可由动物胰脏提取,也可由微生物发酵制得。由动物胰脏提取纯化的弹性蛋白酶是一种肽链内切酶,由 240 个氨基酸残基组成,相对分子质量为 25900,等电点(pI)为 9.5,是一种单纯的蛋白酶,不含辅基和金属离子,也无变构中心,其活力取决于特异的三维结构。由动物胰脏提取的结晶弹性蛋白酶由弹性蛋白酶 I 和弹性蛋白酶 II 组成,其中弹性蛋白酶 I 具有分解弹性蛋白的活力,是药用制剂的主要成分,弹性蛋白酶 II 具有水解弹性黏蛋白的活力。这两种酶共同点在于对纤维状难溶的弹性蛋白具有较高的水解性,酶 I 主要作用于 Ala-Ala 和 Ala-Gly,酶 II 与胰凝乳蛋白酶家族有关,对于在羧基端中有中等或强疏水氨基酸的底物有转移性^[7]。微生物来源的弹性蛋白酶的相对分子质量为 21000~39500,等电点(pI)为 5.1~10.0,其最适 pH 值为 7.4~11.7。微生物生产的弹性蛋白酶都是胞外酶,易于分离、提纯,且部分微生物的弹性蛋白酶产量高。微生物弹性蛋白酶与猪胰脏弹性蛋白酶一样,具有广泛的水解活性,不但能降解弹性硬蛋白,而且对明胶、血纤维蛋白、血红蛋白、白蛋白等多种蛋白质都有降解作用,是一种广谱的肽链内切酶。利用微生物生产弹性蛋白酶不仅能够提供足够的治疗用药物酶,也能为开拓该酶的其他方面的应用提供充足的酶源,如降解环境中的猪、牛加工后的难降解废物,肉的嫩化等。我国生产的弹性蛋白酶主要从猪胰脏中提取,原料来源有限制,且酶含量不高,每 1kg 鲜胰脏含弹性蛋白酶仅 210000U,限制了生产的发展。国外,药用弹性蛋白酶有通过动物胰脏提取,也有用微生物发酵生产,其效果相似。

3.4 溶菌酶

溶菌酶(lysozyme)又称胞壁质酶(muramidase)或 *N*-乙酰胞壁质聚糖水解酶(*N*-acetylmuramide glycanohydrlase),是一种能水解致病菌中黏多糖的碱性酶。主要通过破坏细胞壁中的 *N*-乙酰胞壁酸和 *N*-乙酰氨基葡萄糖之间的 β -1,4 糖苷键,使细胞壁不溶性黏多糖分解成可溶性糖肽,导致细胞壁破裂,内容物逸出而使细菌溶解。对于革兰氏阳性菌(G^+),如藤黄微球菌、枯草杆菌或溶壁

微球菌等,与革兰氏阴性菌(G^-),如大肠杆菌、变形杆菌、痢疾杆菌、肺炎杆菌等,由于其细胞壁中肽聚糖含量不同,溶菌酶对其作用效果不同; G^+ 细菌细胞壁几乎全部由肽聚糖组成,而 G^- 细菌只有内壁层为肽聚糖,因此,溶菌酶对于破坏 G^+ 细菌的细胞壁较 G^- 细菌强。溶菌酶还可与带负电荷的病毒蛋白直接结合,与 DNA、RNA、脱辅基蛋白形成复盐,使病毒失活。因此,该酶具有抗菌、消炎、抗病毒等作用。该酶广泛存在于人体多种组织中,鸟类和家禽的蛋清、哺乳动物的泪、唾液、血浆、尿、乳汁等体液以及微生物中也含此酶,其中以蛋清含量最为丰富。从鸡蛋清中提取分离的溶菌酶是由 18 种 129 个氨基酸残基构成的单一肽链。它富含碱性氨基酸,有 4 对二硫键维持酶构型,是一种碱性蛋白质,其 N 端为赖氨酸, C 端为亮氨酸。可分解溶壁微球菌、巨大芽孢杆菌、黄色八叠球菌等革兰氏阳性菌^[8]。

溶菌酶作为一种天然蛋白质,在胃肠内有助消化和吸收的作用,对人体无毒害,无残留,是一种安全性较高的食品保鲜剂、营养保健品和药品。溶菌酶属于冷杀菌,在杀菌过程中不需加热,避免了高温杀菌对食品风味的破坏作用,尤其对热敏感的材料更具有重要意义。现已广泛应用于水产品、肉制品等的防腐^[9]。

3.5 脂肪酶

脂肪酶(lipase)又称甘油酯水解酶,广泛存在于动物组织、植物种子和微生物中。植物中含脂肪酶较多的是油料作物的种子,如蓖麻籽、油菜籽,当油料种子发芽时,脂肪酶能与其他酶协同发挥作用催化分解油脂类物质生成糖类,提供种子生根发芽所必需的养料和能量;动物体内含脂肪酶较多的是高等动物的胰脏和脂肪组织,在肠液中含有少量的脂肪酶,用于补充胰脂肪酶对脂肪消化的不足,在肉食动物的胃液中含有少量的丁酸甘油酯酶。在动物体内,各类脂肪酶控制着消化、吸收、脂肪重建和脂蛋白代谢等过程;细菌、真菌和酵母中的脂肪酶含量更为丰富。由于微生物种类多、繁殖快、易发生遗传变异,具有比动植物更广的作用 pH 值、作用温度范围以及底物专一性,且微生物来源的脂肪酶一般都是分泌性的胞外酶,适合于工业化大生产和获得高纯度样品,因此微生物脂肪酶是工业用脂肪酶的重要来源^[10]。

脂肪酶是一类具有多种催化能力的酶,可以催化三酰甘油酯及其他一些水不溶性酯类的水解、醇解、酯化、转酯化及酯类的逆向合成反应,除此之外还表现出其他一些酶的活性,如磷脂酶、溶血磷脂酶、胆固醇酯酶、肽肽水解酶活性等。脂肪酶不同活性的发挥依赖于反应体系的特点,如在油水界面促进酯水解,而在有机相中可以进行酶促合成和酯交换。脂肪酶是重要

的工业酶制剂品种之一, 广泛应用于油脂加工、食品、医药、日化等工业。在肉类食品中应用主要是去除产品的脂肪, 改善产品的风味^[11]。

3.6 葡萄糖氧化酶

葡萄糖氧化酶(glucose oxidase, GOD)是一种需氧脱氢酶, 它能专一地氧化 β -D- 葡萄糖成为葡萄糖酸和过氧化氢(过氧化氢具有杀菌作用)。GOD 广泛分布于动植物及微生物体内。由于在动植物体中含量较少, 提取上有一定的局限性, 较少采用。鉴于微生物产生 GOD 的能力强, 便于大规模生产, 目前国内外大都采用微生物发酵法生产 GOD, 产生 GOD 的主要菌种有细菌(如弱氧化醋酸菌)和霉菌(如黑曲霉、米曲霉、点青霉等)。GOD 分两类, 即以 FAD 作辅基的酶和无需 FAD 作辅基的酶。GOD 粗制品呈淡褐色, 精制品呈淡黄色, 易溶于水, 完全不溶于乙醚、氯仿、丁醇和甘油等, 而质量分数为 50% 的丙酮和质量分数为 60% 的甲醇可使其沉淀。GOD 分子质量为 150000D 左右(来源于不同菌种的 GOD, 其分子质量略有差别), 最大光吸收波长为 377nm 和 455nm。在紫外光下无荧光, 但在热、酸或碱处理后具有特殊的绿色。固体酶制剂在 0℃ 条件下保存至少稳定两年, 在 -15℃ 条件下稳定 8 年。GOD 在 4~45℃ 条件下较稳定, 温度上升至 70℃, 酶活力几乎降至零。GOD 在 pH 值 4~9 范围内较稳定, 当 pH 值达到 7 左右稳定性好。GOD 专一作用于 β -D- 葡萄糖, 对其他单糖的作用效率很低。GOD 催化葡萄糖氧化生成葡萄糖酸的最适反应 pH 值为 5.5~5.7, 最适反应温度为 30~32℃。该酶不受乙二胺四乙酸、氰化钾及氟化钠抑制, 但受氯化汞、氯化银、对氯汞苯甲酸和苯胍抑制。一般要求 GOD 每毫克酶的活力单位达 100U/mg 以上。采用葡萄糖氧化酶可以除去食品和容器中的氧, 从而有效地防止食物变质, 因此可以应用于肉制品、茶叶、冰淇淋、奶粉、啤酒、果酒及其他饮料制品的包装中^[12-13]。

3.7 异淀粉酶

异淀粉酶是淀粉酶的一种, 又称糖化酶, 能使淀粉和糖原水解成糊精、麦芽糖和葡萄糖的酶的总称。能够专一性分解淀粉类物质中 α -1,6 糖苷键。在植物中, 如大米、蚕豆、马铃薯、麦芽和甜玉米等, 均发现有异淀粉酶存在。微生物中能产生异淀粉酶的菌种非常广泛, 酵母菌、细菌、放线菌均能产生。因其来源不同, 对底物作用的专一性也有所不同, 主要表现在对各种分支低聚糖以及霉菌多糖的分解能力上。淀粉酶是酶制剂中用途最广、消费量最大的一种。主要用于面包生产中的面团改良(降低面团黏度、加速发酵进程、增加糖含量、缓和面包老化); 婴幼儿食品中谷类原料的预处理, 啤酒制造中供糖化及分解未分解的淀粉; 清酒生产中淀粉的液化和糖化; 酒精工业中的糖化

和分解未分解的淀粉; 果汁加工中的淀粉分解和提高过滤速度; 以及应用于蔬菜加工、糖浆制造、饴糖生产、粉状糊精、葡萄糖等加工制造。

3.8 纤维素酶

纤维素酶是一种复合酶, 能水解纤维, 是生物催化剂, 其功能是将植物纤维素降解。纤维素酶用途极广, 可用于以植物为原料的加工业。纤维素酶在动物饲料、纺织、食品加工、污水处理、中草药有效成分提取等行业得到广泛应用, 可有效地改善产品质量、提高产量, 具有良好的经济效益。在果品和蔬菜加工过程中如果采用纤维素酶适当处理, 可使植物组织软化膨松, 能提高可消化性和口感; 纤维素酶用于处理大豆, 可促使其脱皮, 同时, 由于它能破坏胞壁, 使包含其中的蛋白质、油脂完全分离, 可增加从大豆和豆饼中提取优质水溶性蛋白质和油脂的得率, 既降低了成本, 缩短了时间, 又提高了产品质量^[14]。

3.9 超氧化物歧化酶

超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD) 是广泛存在于生物体内的含 Cu、Zn、Mn、Fe 的金属酶类。它作为生物体内重要的自由基清除剂, 可以清除体内多余的超氧阴离子自由基, 在防御生物体氧化损伤方面起着重要作用。SOD 由于其独特的功能和特性, 被广泛应用于医疗、食品、化妆品等工业中。在食品工业中, SOD 可以作为保健食品的增效因子或食品营养强化剂添加到各类食品中, 如 SOD 牛奶、SOD 蛋黄酱等; 或者作为罐头、啤酒等食品的抗氧化剂, 防止过氧化酶引起的食品变质及腐败现象。此外, 还可作为水果、蔬菜的保鲜剂^[15]。

3.10 菠萝蛋白酶

菠萝蛋白酶属巯基蛋白酶, 是从菠萝植株中提取的一种蛋白水解酶系, 主要存在于菠萝的茎和果实中。根据提取部位的不同, 可分为茎菠萝蛋白酶和果菠萝蛋白酶两种。菠萝蛋白酶的分子质量为 30000~33000D, 等电点为 9.55, 酶液的最大吸收波长为 280nm。因其由多种酶分子构成, 故在催化底物上具有多样性。它能分解蛋白质、肽、脂和酰胺, 其水解蛋白的活性较木瓜蛋白酶高 10 倍以上。菠萝蛋白酶的催化活性易受到 pH 值、温度、金属离子、EDTA 及还原剂等的影响。该酶最适 pH 值为 7.1, 最稳定的 pH 值范围为 3.9~4.2, 最适反应温度为 55℃。菠萝蛋白酶是目前国内能够大规模生产的仅有的两种植物蛋白酶之一, 虽然开发起步较木瓜蛋白酶晚, 但随着人们对其认识的不断深入, 其应用的领域也越来越广泛。菠萝蛋白酶已经被广泛应用于食品加工工业、纺织工业、皮革工业、饲料工业、美容保健及医药工业等领域。在食品工业, 菠萝蛋白酶可以在肉类嫩化、鱼露生产、干酪生产等方面应用^[16]。

3.11 无花果蛋白酶

无花果蛋白酶是来自无花果的一种巯基肽链内切酶,其活性部位含半胱氨酸残基,优先水解酪氨酸及苯丙氨酸残基,但特异性较低。无花果蛋白酶的外观为橙黄色至乳白色的粉末,具有苦味,粉末疏松且易吸潮。无花果蛋白酶不完全溶解于水,水稀释后仍有2%~10%的不溶物。水溶液加热至100℃,蛋白酶将丧失活性。它作用于蛋白质时,一般pH6~8时稳定,但是作用于弹性蛋白质时,pH5.5最佳。无花果蛋白酶可以提高肉的嫩度,改善肉制品的风味,作为肉类的嫩化剂广泛应用于肉类工业中。

3.12 生姜蛋白酶

生姜蛋白酶在结构与性质上与木瓜蛋白酶、菠萝蛋白酶以及无花果蛋白酶等有很多的相似性,被认为是木瓜蛋白酶家族的又一新成员。生姜蛋白酶在肉类嫩化、酒类澄清以及乳制品凝乳中均广泛应用。生姜蛋白酶用于肉类嫩化,不仅可以显著提高肉的嫩度,而且可以去除腥臭味,提高产品的质量,其在使用时,温度应控制在65℃以下。如超过70℃,生姜蛋白酶将迅速丧失其降解蛋白质的活性^[17]。

4 酶制剂在肉制品加工中的应用

酶制剂由于具有改变肉制品的结构、增强肉制品的持水能力、改善肉制品的风味、提高碎肉的利用率等作用,作为一种食品添加剂,被广泛应用于肉制品加工中。

4.1 改善肉制品的风味

肉制品的风味是影响肉制品品质的一个重要指标,是影响消费者购买欲的决定性因素,在肉制品加工中具有重要的意义。在肉制品加工过程中加入酶制剂可以改善肉制品的风味,提高肉制品的质量。Zalacain等^[18]研究添加微生物脂肪酶对发酵香肠品质的影响。通过与未添加微生物脂肪酶发酵香肠对比,发现添加脂肪酶后其游离脂肪酸(以油酸计)含量较高,其中饱和游离脂肪酸含量明显高于未添加脂肪酶发酵香肠,而多不饱和游离脂肪酸含量较低,两者单不饱和和游离脂肪酸含量相似。

4.2 嫩化肉类,提高产品质量

用蛋白酶嫩化一些粗糙、老硬的肉类,是最有效的嫩化方法。蛋白酶能将肉类结缔组织及肌纤维中结构复杂的胶原蛋白及弹性蛋白进行适当的分解,使部分氨基酸与氨基酸之间的连接键发生断裂,破坏它们的分子结构,从而大大提高肉的嫩度,并使风味得到改善。用蛋白酶作为肉类嫩化剂,不但安全、卫生、无毒,而且有助于提高肉类的色、香、味,增加肉的营养价值,并且不产生任何不良的风味,是一种极有前途的肉类嫩化剂。国外已经在肉制品中普遍使用,我国也

已经开始研究和应用。如浙江大学开发出的弹性蛋白酶与商品应用的嫩化粉相比,不仅嫩化后的肉类具有良好的感官品质,还能达到与嫩化粉同样的嫩化效果,而且不会出现过度软化的现象^[5];唐晓珍等^[19]对生姜蛋白酶在猪肉嫩化的应用进行了研究,发现生姜蛋白酶对猪肉的嫩化效果显著。

4.3 提高产品的成品率

肉制品的保水性是一项重要的质量指标,它不仅影响制品的色香味、营养营养成分、多汁性、嫩度等食用品质,而且关系着制品的成品率和成本,具有重要的经济意义。酶制剂如转谷氨酰胺酶所催化形成的凝胶有牢固的空间网络,能较强包容大量水分,从而防止肉制品在加工过程中产生的皱缩现象,提高产品嫩度,同时也提高了产品的成品率。吴立根等^[20]报道了适量的TG添加水平(0.25%)可降低混合肌肉(鸡肉与猪肉的混合肌肉)凝胶的失水损失。

4.4 保证肉制品的安全性

传统的肉类加工工艺中,通常加入大量的盐和(或)磷酸以提高其持水力、连贯性和质地。近来,由于健康的需求,低盐和少磷酸的肉制品受到人们的青睐。如何既能保持产品的良好品质,又能降低盐和磷酸盐的用量,成为肉类加工业所面临的重要课题。酶制剂的应用有望解决上述问题,为人类提供健康、美味的食品。如以猪肉为原料,在低盐维也纳香肠的生产过程中,分别加入不同剂量的食盐和转谷氨酰胺酶制剂,结果表明,即使食盐用量降低到普通香肠的1/4,产品仍然可获得同样的弹性,说明转谷氨酰胺酶能大大增强凝胶效果,弥补低盐造成的凝胶减弱缺陷,使产品具有与高盐时同样的质构特征^[21]。

4.5 提高肉制品附加值,降低生产成本

酶制剂在高效利用碎肉、骨头上的残肉、猪皮、猪血等下脚料,降低成本,提高产品附加值等方面发挥着越来越重要的作用。如应用谷氨酰胺转氨酶处理碎肉,将碎肉、淀粉调味料和谷氨酰胺转氨酶混合、成型,做成肉丸、烧麦等,可以大大地提高肉的利用率,且外观、质地、风味、口感也得到了极大的改善;利用中性蛋白酶回收骨头上的残存肉,不仅肉蛋白回收率较人工回收率大大提高,而且成本降低;利用酶法生产无色猪血粉,可为猪血的高效利用开辟新的途径^[1]。

4.6 在肉制品保鲜中的应用

酶法保鲜原理是利用酶的催化作用,防止或消除外界因素对食品的不良影响,从而保持食品原有的优良品质。目前应用较多的是葡萄糖氧化酶和溶菌酶保鲜技术。顾仁勇等^[22]研究发现:0.05%Nisin和0.05%溶菌酶混合液能有效延长猪肉的保鲜期,结合真空包装技术则保鲜效果更好。李永富等以冷却猪肉为试样,采用浸



泡鲜液的方式,研究了冷藏条件下溶菌酶和溶菌酶复合保鲜剂的保鲜效果,研究表明:80000U/mL溶菌酶液能够较好抑制微生物的繁殖,猪肉色泽保持较好。80000U/mL酶液与0.1%异VC钠和5%霉菌多糖复合保鲜剂保鲜效果最好,能够有效抑制微生物繁殖、抑制或延缓挥发性盐基氮浓度的上升和抑制感官评定等级下降^[23]。

5 结 语

酶制剂在食品行业发展中发挥着重要的作用,推动了食品行业的进步。随着生物工程技术 and 食品加工技术的发展,更多优质、高效、安全的食品酶制剂将被研究开发,应用于食品行业不同领域中,为人类提供更富有营养、更安全的高附加值食品,保证人体的健康和营养。

参 考 文 献:

- [1] 于见亮,李开雄.酶制剂在肉制品加工中的应用[J].肉类工业,2007(6):35-38.
- [2] 王璋.食品酶学[M].北京:中国轻工业出版社,1991:92-97;305-308.
- [3] 惠丽娟.木瓜蛋白酶的研究进展[J].中国西部科技,2007(8):19-20.
- [4] 韩晶,李开雄,贺家亮.谷氨酰胺转氨酶的功能特性及在动物性食品中的应用研究[J].中国食品添加剂,2008(5):96-91.
- [5] 翁航萍.谷氨酰胺转氨酶特性及其在肉制品中的应用[J].肉类研究,2008,22(1):15.
- [6] 方尚玲,胡家俊.微生物产弹性蛋白酶[J].食品与药品,2007,9(1):50-53.
- [7] 张娟,刘书亮.弹性蛋白酶在肉类工业中的应用[J].肉类研究,2007(4):19-20.
- [8] 张新宝,陈红兵.溶菌酶的性质及其在食品防腐中的应用[J].江西食品工业,2008(4):42-44.
- [9] 谷绒,车振明,万国福.溶菌酶在食品工业中的应用[J].乳业科学与技术,2006,28(6):5-6.
- [10] 纵伟,董海丽.脂肪酶及其在食品工业中的应用[J].安徽农学通报,2007,13(15):14-15.
- [11] 贾洪峰,贺稚非,刘丽娜,等.微生物脂肪酶研究及其在食品中应用[J].粮食与油脂,2006(7):16-20.
- [12] 赵慧秋,赵国先,张晓云,等.葡萄糖氧化酶及其在畜牧业中的应用研究进展[J].河南畜牧兽医,2007,28(9):11-12.
- [13] 刘成江,李开雄.浅谈几种酶在食品加工中的应用[J].中国食物与营养,2006(11):33.
- [14] 邵学良,刘志伟.纤维素酶的性质及其在食品工业中的应用[J].中国食物与营养,2009(8):34-36.
- [15] 李伟.超氧化物歧化酶及其在食品中的应用[J].山东食品发酵,2002(2):21-23.
- [16] 杨筱静.菠萝蛋白酶研究与应用[J].安徽农学通报,2009,15(9):40-42.
- [17] 孙国梁,刘涛,王玉林,等.生姜蛋白酶的研究进展[J].中国食物与营养,2007(5):34-36.
- [18] ZALACAIN I, ZAPELENA M J, ASTIASAR N I, et al. Dry fermented sausages elaborated with lipase from *Candida cylindracea* comparison with traditional formulations [J]. Meat Science, 1995, 40(1): 55-61.
- [19] 唐晓珍,黄雪松,乔旭光,等.生姜蛋白酶超滤法提取工艺及其在食品工业中的应用[J].食品与发酵工业,2002,28(12):28-30.
- [20] 吴立根,王岸娜,周跃勇.谷氨酰胺转氨酶对鸡肉猪肉混合肉糜的作用研究[J].食品与药品,2006,8(10):60-62.
- [21] 何京.酶制剂在肉制品加工中的新应用[J].杭州食品科技,2007,16(3):9-10.
- [22] 顾仁勇,傅伟昌,马美湖,等.延长猪肉保鲜期的研究[J].肉类工业,2002(5):29-33.
- [23] 李永富,孙震,史锋,等.溶菌酶对猪肉的保鲜作用[J].上海农业学报,2009,25(4):61-63.