

大豆肽的制备及其在养殖业中的应用

陈济琛¹, 李善仁², 蔡海松¹, 林新坚¹

(¹福建省农业科学院土壤肥料研究所, 福建 福州 350013; ²福建农林大学生命科学学院, 福建 福州 350002)

摘要:大豆肽是大豆蛋白经水解得到的低分子肽混合物, 具有比大豆蛋白更优越的理化特性和生理功能, 在很多领域引起广泛关注。综述大豆肽的制备方法及其在养殖业中的应用现状, 为大豆肽应用于饲料添加剂提供参考。

关键词:大豆肽; 生产工艺; 应用进展

中图分类号: S81

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2009)02-0341-05

Preparation of Soybean Peptides and Its Applications in Breeding Industry

CHEN Ji-chen¹, LI Shan-ren², CAI Hai-song¹, LIN Xin-jian¹

(¹Institute of Soil and Fertilizer, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, Fujian; ²College of Life Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China)

Abstract: Soybean peptides are mixtures of small molecular peptides hydrolyzed from soybean protein, which has received wide attention in various fields because of its special properties and physiologically function. This paper summarized the preparation of soybean peptides and its application in breeding industry, which will provide a reference for the application of soybean peptide in feed additive.

Key words: Soybean peptide; Production technology; Progress of application

20 世纪 40 年代以来, 动物饲养中广泛使用抗生素、化学合成药物、激素等促生长保健剂来提高动物的生产性能, 取得了一定的成效, 对畜牧业发展做出了巨大的贡献。但随着抗生素长期广泛使用, 导致畜禽产品品质下降, 产生细菌耐药性和药物残留等副作用, 给人类安全和生态环境带来很大威胁。因此, 许多国家都在纷纷禁用或限制抗生素的使用, 同时加速开发、推广新型安全高效的绿色饲料添加剂, 以减少或替代抗生素等药物添加剂。

大豆肽是大豆蛋白质的水解产物, 具有易消化吸收、低过敏性、抗氧化、降血压、降胆固醇、促进矿物质吸收和脂肪代谢、刺激微生物生长等特性, 是优质的蛋白质原料^[1]。大豆蛋白中蕴含着丰富的肽资源, 如果能利用现代生物技术将其制成成本低、安全、高效的饲料添加剂, 将在动物生产中发挥不可忽视的作用^[2]。

1 大豆肽的制备

大豆肽的制备方法技术很多, 不同的方法和使

用不同的技术以及在同一技术中不同条件的选择, 所获得大豆肽的品质和生化性质也大不一样。目前, 制备大豆肽方法主要有化学水解法、酶水解法和微生物发酵法。

1.1 化学水解法

化学水解法包括酸水解法和碱水解法, 最初的大豆肽生产方法是采用酸、碱化学试剂在一定温度下促使蛋白质分子的肽链断裂形成小分子多肽物质。酸解法相对简单、生产成本低, 但水解工艺很难控制, 生产的大豆多肽分子分布不均, 产品质量不稳定, 产物生理功能差异大, 同时氨基酸易发生破坏, 产生有害产物, 对环境污染大。除日本不二油脂株式会社外, 大都仅用于实验室^[3]。碱水解时, 丝氨酸和苏氨酸等大部分氨基酸被破坏, 并且发生消旋作用, 产生 D 型和 L 型氨基酸混合物, 营养成分损失大, 因此, 很少采用此法制取肽类。总之, 化学水解法多用于试验机构, 生产实践中使用较少, 研究进展也缓慢。

收稿日期: 2008-11-10

基金项目: 福建省科技重点资助项目(2006I0009)。

作者简介: 陈济琛(1964-)男, 研究员, 主要从事农业微生物研究。E-mail: chenjichen2001@163.com。

通讯作者: 林新坚, 研究员。E-mail: xinjianlin@163.com。

1.2 酶水解法

酶水解法是利用蛋白酶在最适温度和 pH 条件下进行大豆蛋白酶解反应,把大分子蛋白降解为小分子肽类,再经加工精制生产出大豆肽产品。酶水解法制备的大豆肽会有苦味产生需要分离精制,饲用大豆肽但为了降低成本,无需将制得的大豆肽进行脱苦和脱盐处理,只要将水解产物调至中性后直接浓缩干燥,必要时加以粉碎处理,即可制得含肽量高的饲料添加剂。

1.2.1 植物蛋白酶水解作用 植物蛋白酶是指来源于植物组织的蛋白酶,这类酶价格便宜,安全性高,但催化活性偏低。常用的有木瓜蛋白酶和菠萝蛋白酶。木瓜蛋白酶是一种特异性的氨基酸内切酶,能有效的酶解大豆分离蛋白中的丝氨酸、苏氨酸、脯氨酸、组氨酸、蛋氨酸。菠萝蛋白酶属于植物巯基蛋白酶,其活性中心为巯基(—SH),能进行蛋白质水解等多种生化反应^[4]。

曹玉华等^[5]采用固定化木瓜蛋白酶流化床反应器水解大豆分离蛋白制备大豆肽,得到酶解液中的可溶性蛋白为 $1.384 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$,水解度 43.65%。顾仁勇等^[6]研究表明,在 pH 为 7.0,温度为 45℃ 的条件下,添加 15% 菠萝汁,水解 70 min,可使大豆蛋白的水解度达 18.60% 以上。在菠萝蛋白酶解液中添加适量的蔗糖和乳粉,再经乳酸发酵剂发酵可制得口感良好的大豆多肽发酵酸乳。

1.2.2 动物蛋白酶水解作用 动物蛋白酶来自于动物机体,这类酶安全性较好,催化活性较植物蛋白酶要高。动物蛋白酶来源有限,价格较高,且大豆中存在的抑制剂成分对水解反应也有一定的影响,限制了广泛应用。常见的有胃蛋白酶、胰蛋白酶。胃蛋白酶属于酸性蛋白酶,分子量约为 36 000D,可优先切断苯丙氨酸、亮氨酸或谷氨酸的氨基侧的肽键。胰蛋白酶是一种丝氨酸蛋白酶,属肽链内切酶,对由碱性氨基酸,如精氨酸、赖氨酸等的羧基与其他氨基酸的氨基所形成的键具有高度的专一性^[4]。

钱方等^[7]研究表明,在最适 pH 值为 2.0,37℃ 条件下水解 24 h,胃蛋白酶水解大豆蛋白的水解度达 68.45%,苦味最淡。曹玉华等^[8]研究了固定化胰蛋白酶水解大豆蛋白制备大豆肽的工艺,在底物浓度 $2.7 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、温度 60℃、pH 8.7、流速 $0.6 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 的条件下,酶解液中的可溶性蛋白含量最大为 $1.414 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$,水解度达 41.51%。

1.2.3 微生物蛋白酶水解作用 微生物来源的蛋

白酶是通过微生物发酵法生产的,随着微生物蛋白酶产酶技术日趋成熟,价格逐渐降低,而且来源广泛,因此微生物蛋白酶是比较理想的酶源。常见的有碱性 2709 蛋白酶、Alcalase 蛋白酶以及 Flavourzyme 风味蛋白酶等。2709 碱性蛋白酶来源于地衣芽孢杆菌,最适 pH 为 9~10,主要运用于加酶洗衣剂,需要经纯化后才能运用于食品加工中。Alcalase 蛋白酶来源于枯草芽孢杆菌,是一种非特异性碱性蛋白酶,属于内切酶,主要作用于含疏水性羧基的肽键,催化部位是丝氨酸。Flavourzyme 蛋白酶属真菌蛋白酶,是一种内切酶和外切酶混合的风味蛋白酶,在中性、酸性条件下均可有效的将疏水性氨基酸从蛋白质末端切除,降低多肽酶解液的苦味^[4]。

李玉珍等^[9]用 2709 碱性蛋白酶进行酶法改性大豆分离蛋白发现,在 70℃ 预处理 10 min 可使水解度得到极大地提高。大豆蛋白存在胰蛋白酶抑制剂(STI)等多种营养限制因子,限制了人体对大豆蛋白的吸收利用,杨晓泉等^[10]研究发现,碱性内切蛋白酶 Alcalase 可同时降解大豆蛋白和胰蛋白酶抑制剂,适用于大豆肽的生产。吕嘉彬等^[11]研究了利用天然复合风味蛋白酶水解豆粕液,制得的调味液色泽棕红,口感鲜美,无苦涩等异味,无毒副产物形成,是一种高级营养调味品。

1.2.4 双酶水解作用 双酶水解是将两种单酶两两组合,利用内切酶将大豆蛋白水解成分子量较小的多肽,再由外切酶将疏水性氨基酸从多肽链的端基切下来,这样不仅可以提高水解度,还能有效的减少苦味,添加风味蛋白酶还能改善大豆肽的风味,在食品工业中具有广阔的应用前景。

钱磊等^[12]在加碱性蛋白酶酶解 0.5 h 后再加风味蛋白酶同时酶解 3 h,可有效去除单酶水解后酶解物呈现的苦味,同时使水解度增加,水解物分子量主要集中在 500~1200 之间。刘静等^[13]研究在微波加热条件下,用碱性蛋白酶和胰蛋白酶双酶水解大豆分离蛋白,双酶水解优于单酶,制得的大豆肽分子量主要集中在 6 000 以下。张红梅等^[14]利用 AS1.398 中性蛋白酶与木瓜蛋白酶协同水解大豆蛋白制取低分子肽,表明双酶同时加具有操作简易、速率更快等优点。

1.2.5 多酶水解作用 由于单酶水解存在水解度不高、多肽得率低、水解过程中产生苦味等缺点,而复合酶法制备工艺可以克服单酶法的诸多不足,但

多酶复合水解工艺条件中需要考虑的因素也比单酶水解要复杂,除水解时间、pH、温度等常规因素外,还要考虑酶的配比和加入酶的方式等因素,此类研究目前尚在起步阶段。

周利亘^[15]采用中性蛋白酶、木瓜蛋白酶和菠萝蛋白酶按 1:2:2 比例配制成复合蛋白酶,在底物浓度 4%、pH 为 7.0 条件下酶解 9 h,酶水解度可高达 84.40%,表明复合酶的水解能力明显高于单酶。刘静等^[16]研究了在微波加热条件下,探索碱性蛋白酶、中性蛋白酶、酸性蛋白酶水解大豆蛋白的最佳工艺条件及三种酶复合水解的加酶顺序,将大豆蛋白最大限度的分解为小分子大豆多肽和氨基酸,毛细管电泳表明,多酶复合水解优于单酶。

1.3 微生物发酵法

微生物发酵法则采用高科技现代生物发酵工程技术,通过发酵过程中微生物分泌的酶将豆粕中的部分蛋白酶解为大豆多肽。生物发酵法把蛋白酶的发酵生产和大豆多肽的酶解生产有机地结合在一起,降低了大豆多肽的生产成本,发酵过程中还能产生各种生物活性物质,对动物具有一定的保健功能,应用前景较好。

1.3.1 细菌发酵法 芽孢杆菌能产生较强活性的蛋白酶,降解豆粕中的大分子蛋白,生成具高营养价值的小肽和氨基酸,从而提高蛋白质的消化率和转化率。常见的菌株有枯草芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、纳豆芽孢杆菌等。另外,生产中常添加乳酸菌、酵母菌、醋酸杆菌等益生菌,可以产生有机酸、益生菌等具有浓郁的酸香味,从而改善适口性,提高动物采食量。

陈宏军等以脱脂豆粕为原料,采用地衣芽孢杆菌发酵生产大豆肽,该菌株在加水量 94%,温度 37℃ 条件下发酵时间 48 h,发酵多肽溶液中酸性可溶氮含量可达 1384.65 mg·mL⁻¹,水解度 DH 为 23.89%。在选育菌株上,于长青等^[17]采用紫外线与亚硝基胍(NTG)多重诱变的方法选育芽孢杆菌 CAU208,选育菌株液态发酵大豆肽可缩短发酵周期约 12 h,遗传性能稳定。刘明等^[18]以透明圈和酶活力大小为指标从 12 株枯草芽孢杆菌中筛选得到适宜发酵生产大豆抗氧化活性肽的菌种 Jb009,为中试发酵生产大豆抗氧化活性肽奠定了基础。戚伟等^[19]利用枯草芽孢杆菌和产朊假丝酵母菌混合发酵生产富肽蛋白饲料,在优化条件下三氯乙酸可溶性氮(TCA-NSI)含量达到 33.61%。戚薇等利用纳

豆芽孢杆菌和凝结芽孢杆菌对豆粕进行发酵,发酵豆粕饲料的蛋白水解度为 20.14%,TI 降解率为 95%,并且产品中含有大量益生菌、蛋白酶、短肽和乳酸等生物活性物质,得到一种有利于动物消化吸收和生长发育等功效的豆粕发酵生物活性饲料。

1.3.2 真菌发酵法 发酵豆粕的真菌常见有米曲霉、黑曲霉等,真菌具有较丰富的酶系,菌丝体易成型,培养条件粗放,形成大量菌体蛋白,还可降低发酵大豆肽的苦味,提高发酵大豆肽的品质。

邵伟等^[20]研究了米曲霉发酵生产大豆肽,在发酵液初始 pH 6.03、发酵温度 29.0℃、摇瓶转速 154.5 r·min⁻¹、发酵时间 60~70 h,大豆多肽的理论含量可达 0.765 mg·mL⁻¹。管风波等^[21]研究黑曲霉在接种量为 8.2%,pH 5.3,大豆粕浓度 1.7%的条件下,30℃ 发酵 48 h,大豆多肽含量可达 568.6 μg·mL⁻¹。李理^[22]研究了真菌液体发酵大豆多肽的制备工艺,在 28℃,pH 6,发酵 24~30 h 的条件下可获得色泽良好,风味纯正的大豆蛋白水解液,发酵液分子质量主要分布在 4 000 U,表明深层液体发酵法适合工业化生产。

2 大豆肽在养殖业中的应用

大豆肽源于大豆蛋白而营养品质优于大豆蛋白,如大分子量蛋白降解,抗营养因子去除,经微生物发酵还含有其他的生物活性物质,具有独特的饲料品质,尤其适合在动物特殊的生产阶段或生理状态下使用,如仔猪幼龄期、奶牛泌乳期、鸡鸭产蛋高峰期以及水产饲料、特种养殖饲料及宠物食品等。

2.1 在养猪业中的应用

大豆蛋白中含有过敏蛋白及抗营养因子,由于早期断奶的仔猪的消化系统尚未发育完全,消化率低易引起腹泻。大豆肽具有较低的过敏性,显著减少腹泻的发生,还富含许多氨基酸和小肽,能直接被动物吸收,促进仔猪生长。另外,饲喂大豆肽还能增加猪肉的瘦肉率,提高肉的品质。

张晶等^[23]研究表明,在 14 日龄早期断奶仔猪饲料中添加 4.9% 大豆活性肽能仔猪平均日增重和饲料的转化率,促进早期断奶仔猪生长发育。刘福星等大豆肽仔猪应用试验发现,添加 1.0% 大豆肽组仔猪腹泻率比对照组降低 43.8%,并能提高仔猪生长速度,降低料重比,提高养殖效益。Ferrini 等^[24]发现在实验仔猪感染了大肠杆菌病的情况下,饲喂大豆寡肽能够较好的促进仔猪的健康恢复。

Hosono 等^[25]报道,在猪日粮中加入 0.5% 的大豆蛋白水解物,可明显增加瘦肉率,减少猪胴体脂肪含量,从而提高猪肉品质。总的来说,大豆肽可以改善仔猪的健康状况和生产性能,是优良蛋白质资源。

2.2 在反刍动物中的应用

反刍动物具有特殊的消化系统,大豆肽可促进瘤胃微生物生长繁殖,加速蛋白质合成,提高饲料的利用率,还能提高奶牛免疫机能,减少应激反应,预防各种疾病发生。大豆肽作为饲料添加剂,为充分发挥反刍动物生产潜能提供了新途径。

在山羊养殖上,李丽立等^[26]研究表明,饲喂小肽较饲喂游离氨基酸能显著($P < 0.05$)提高氮沉积;饲喂小肽与灌注小肽能显著地提高能量和钙的消化率。程茂基等^[27]研究表明瘤胃细菌生长需要肽营养,肽可能是细菌生长的限制性因素之一,对于不同来源肽来说,瘤胃液肽和大豆肽对细菌生长的促进作用要明显好于玉米肽。在奶牛生产上,张永根等在泌乳奶牛日粮中添加乐能肽能提高产奶量,提高经济效益。Wallace 等^[28]研究表明,在反刍动物瘤胃内寡肽含量越高,蛋白分解菌生长繁殖越快、数量越多,进入动物肠道的微生物蛋白量也成倍增加,进而影响了动物蛋白质营养的消化、吸收与利用。

2.3 在养禽业中的应用

大豆活性肽能显著提高畜禽的抗病力、免疫力、生产性能,可以考虑用大豆活性肽替代抗生素在肉鸡和蛋鸡生产中应用,减少药物残留,提高畜禽产品品质,为开发新型绿色饲料添加剂开辟了一个新的领域。

赵芳芳等研究表明,大豆肽能极明显的促进和刺激蛋鸡胃肠道中常驻有益微生物乳酸菌的生长,并能极显著的抑制大肠杆菌和其他一些好氧菌(如沙门氏菌和梭菌等)的生长繁殖。在蛋鸡生产中,陈小莺等^[29]研究表明,大豆生物活性肽可以提高蛋鸡生产性能,改善蛋白质代谢。在肉鸡生产中,杨玉荣等^[30]研究表明,在肉鸡整个生长过程中,大豆生物活性肽能刺激肉鸡肠道 IEL 细胞和 IgA⁺ 生成细胞数量增加,对肠道淋巴细胞的发育有一定的调节作用。

2.4 在水产养殖业中的应用

在水产养殖中,鱼虾类对饲料的蛋白质水平要求比较高,由发酵生产的大豆肽产品除富含易被动物消化吸收的氨基酸和小肽外,还含有大量的益生

菌、消化酶、乳酸、维生素、矿物质等特殊营养成分,鱼虾对该原料的消化率高、适口性好,因而成为饲料中替代鱼粉的最佳选择之一。

李祖华等研究发现在高比例鱼粉的鳗鱼饲料中,大豆多肽可以等量替代 3% ~ 5% 的红鱼粉,不仅能获得较好的饲料效率,同时也能获得较好的经济效益。李惠等^[31]研究结果表明用发酵豆粕替代鱼粉对斑点叉尾鮰生长和消化无显著影响,可以 100% 的比例替代鱼粉,其中以 25% 的比例替代效果更佳。冷向军等^[32]研究表明,发酵豆粕替代鱼粉的效果优于脱皮豆粕,可取代饲料中鱼粉用量的 20% 而不会对虾体增重率、虾体肌肉组成产生显著影响。

3 前景展望

大豆肽具有比大豆蛋白更为丰富加工特性和营养特性,将其应用于养殖业中,可以改善畜禽品质,减轻环境污染,提高饲料利用率和动物生产性能。近几年,大豆肽的研究开发日益活跃起来,国内市场上大豆肽产品有:武汉的“肽黄金”;上海的“肽多乐”;黑龙江的“乐能肽”;广东的“普乐肽”等等,各种产品其生产工艺和功能特性各不相同,但在养殖上均有较好的应用。

我国大豆资源丰富、价格低廉、且大豆蛋白质含量高,氨基酸平衡优于其他植物蛋白,是一种重要的植物蛋白资源。大豆肽产品的开发,增加了大豆制品的附加值,丰富了大豆制品的种类,已成为大豆及大豆蛋白深加工的一个重要方向。随着微生物发酵法制备大豆肽技术的发展,进一步降低生产成本,利用大豆肽开发新型绿色饲料添加剂,在畜牧生产中将会有巨大的市场,应用前景广阔。

参考文献

- [1] 张莉莉,王恬. 大豆源生物活性肽的研究进展[J]. 中国油脂, 2005,30(4):33-36. (Zhang L L, Wang T. Advance in study on bioactive peptides from soybean protein[J]. China Oils and Fats, 2005,30(4):33-36.)
- [2] 陈路,张日俊. 生物活性肽(或寡肽)饲料添加剂的研究与应用[J]. 动物营养学报,2004,16(2):12-14. (Chen L, Zhang R J. Bioactive peptide(or oligopeptide) feed additive: research and applications[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2004,16(2):12-14.)
- [3] 乐国伟. 大豆肽的营养及其在食品工业中应用安全性探讨[J]. 中国食品添加剂,2007:140-145. (Le G W. Soybean peptide's nutrition and its safety used in food industry[J]. China

- Food Additive, 2007; 140-145.)
- [4] 易明花, 徐尔尼, 汪金萍, 等. 大豆蛋白水解酶及产物测定方法研究[J]. 大豆科学, 2007, 26(5): 766-769. (Yi M H, Xu E N, Wang J P, et al. Progress on determination and analysis of soybean peptide by enzymatic hydrolysis [J]. Soybean Science, 2007, 26(5): 766-769.)
- [5] 曹玉华, 杨惠萍. 固定化木瓜蛋白酶制备大豆肽的研究[J]. 中国油脂, 2005, 30(4): 53-55. (Cao Y H, Yang H P. Study on preparation of soy peptide with immobilized papain [J]. China Oils and Fats, 2005, 30(4): 53-55.)
- [6] 顾仁勇, 刘春成, 傅伟昌. 菠萝汁酶解大豆多肽发酵酸豆乳的研制[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(12): 117-119. (Gu R Y, Liu C C, Fu W C. Development of fermental sour soybean milk using soybean polypeptide hydrolysed by pineapple Juice [J]. Food and Fermentation Industries, 2005, 31(12): 117-119.)
- [7] 钱方, 刘海波, 刘阳, 等. 胃蛋白酶水解大豆蛋白的研究[J]. 中国乳品工业, 2001, 29(3): 10-13. (Qian F, Deng Y, Liu Y, et al. Study of the hydrolysis of the soybean protein by pepsin [J]. China Dairy Industry, 2001, 29(3): 10-13.)
- [8] 曹玉华, 杨惠萍. 固定化胰蛋白酶制备大豆肽正交实验的研究[J]. 食品科技, 2003(10): 33-35. (Cao Y H, Yang H P. Producing soy peptide with immobilized papain [J]. Food Science and Technology, 2003(10): 33-35.)
- [9] 李玉珍, 肖怀秋, 兰立新, 等. 2709 碱性蛋白酶酶解大豆分离蛋白的研究[J]. 中国酿造, 2008(5): 21-23. (Li Y Z, Xiao H Q, Lan L X, et al. Study on hydrolysis of soybean protein isolated by alkaline protease 2709 [J]. China Brewing, 2008(5): 21-23.)
- [10] 杨晓泉, 陈中, 黄纪昆. Alcalase 蛋白酶降解大豆胰蛋白酶抑制剂的研究[J]. 食品与发酵工业, 2001, 27(1): 18-22. (Yang X Q, Chen Z, Huang J K. Hydrolysis of soyprotein and trypsin inhibitor by alcalase [J]. Food and Fermentation Industries, 2001, 27(1): 18-22.)
- [11] 吕嘉彬, 张大为, 周玲, 等. 复合风味蛋白酶水解豆粕调味液的研究[J]. 中国调味品, 2003(6): 16-18. (Lu J L, Zhang D W, Zhou L, et al. Study on the flavourzyme hydrolyzed soy bean protein seasoning [J]. China Condiment, 2003(6): 16-18.)
- [12] 钱磊, 张业尼, 唐翔宇, 等. 双酶法制备大豆肽及其性质研究. 现代食品科技, 2007, 23(4): 6-10. (Qian L, Zhang Y N, Tang X Y, et al. Study on the hydrolysis of denatured soybean cake via hydrolysis by two enzymes and the properties of the obtained peptides [J]. Modern Food Science and Technolog, 2007, 23(4): 6-10.)
- [13] 刘静, 陈均志. 微波双酶协同水解大豆分离蛋白制备小分子肽的研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(8): 9-13. (Liu J, Chen J Z. Study on microwave to the hydrolysis soybean protein into low molecular weight peptides with double enzymes' cooperation [J]. Food Research and Development, 2006, 27(8): 9-13.)
- [14] 张红梅, 陶敏慧, 刘旭, 等. 双酶法酶解大豆蛋白制备大豆低分子肽的研究[J]. 中国油脂, 2008, 33(3): 23-25. (Zhang H M, Tao M H, Liu X, et al. Preparation of soy peptides by hydrolyzing soy protein with compound enzyme [J]. China Oils and Fats, 2008, 33(3): 23-25.)
- [15] 周利亘, 陈新峰, 王君虹, 等. 大豆多肽复合酶解工艺条件研究[J]. 食品科技, 2005(7): 22-25. (Zhou L G, Chen X F, Wang J H, et al. Study on the technology conditions of soy peptides by composite enzymatic hydrolysis [J]. Food Science and Technology, 2005(7): 22-25.)
- [16] 刘静, 陈均志, 张海平, 等. 多酶复合水解微波加热制备小分子大豆肽[J]. 化学研究与应用, 2007, 19(7): 752-755. (Liu J, Chen J Z, Zhang H P, et al. Study on protein hydrolyzed into soybean polypeptides with proteinic enzymes [J]. Chemical Research and Application, 2007, 19(7): 752-755.)
- [17] 于长青, 赵学明, 姚琨, 等. 高产蛋白酶芽孢杆菌的选育及其在大豆活性肽制备中的应用[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(1): 34-37. (Yu C Q, Zhao X M, Yao K, et al. Mutagenesis of high yield protease spore-forming and its application in soy-peptide preparation [J]. Journal of China Agricultural University, 2005, 10(1): 34-37.)
- [18] 刘明, 倪辉, 蔡慧农, 等. 大豆抗氧化活性肽发酵菌种的筛选[J]. 食品科学, 2007, 28(11): 327-330. (Liu M, Ni H, Cai H N, et al. Strains screening to ferment soybean antioxidative peptide [J]. Food Science, 2007, 28(11): 327-330.)
- [19] 戚伟, 赵树欣, 李艳敏, 等. 混菌发酵生产富肽蛋白饲料工艺条件的研究[J]. 饲料工业, 2007, 28(17): 6-9. (Qi W, Zhao S X, Li Y M, et al. Investigation on the technological condition of production protein feedrich in peptide by mix bacteria fermentation [J]. Feed Industry, 2007, 28(17): 6-9.)
- [20] 邵伟, 乐超银, 涂志英, 等. 响应面法优化发酵大豆多肽工艺条件研究[J]. 食品科技, 2007(6): 81-85. (Shao W, Yue C Y, Tu Z Y, et al. Study on optimization for craft of soybean peptide fermentation by Aspergillus oryzae with RSM [J]. Food Science and Technology, 2007(6): 81-85.)
- [21] 管风波. 大豆多肽液态发酵工艺优化[J]. 粮食与油脂, 2008(6): 14-17. (Guan F B. Optimization of condition for liquid state fermenting soybean peptide [J]. Cereals & Oils, 2008(6): 14-17.)
- [22] 李理, 潘进权, 杨晓泉, 等. 液体发酵法制备风味良好的大豆多肽[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(1): 23-26. (Li L, Pan J Q, Yang X Q, et al. Studies on the production of soy peptides with good flavor by liquid state fermentation [J]. Food and Fermentation Industries, 2003, 29(1): 23-26.)
- [23] 张晶, 李牧, 单安山, 等. 大豆活性肽对 14 日龄早期断奶仔猪生长性能和甲状腺素分泌的影响[J]. 东北农业大学学报, 2005, 36(4): 467-471. (Zhang J, Li M, Shan A S, et al. Effect of soybean active peptides on growth performance and serum T3, T4 content of 14-day old early weaned piglets [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2005, 36(4): 467-471.)
- [24] Ferrini G, Borda E, Martinez-Puig D, et al. Soy oligopeptides in the weaning pig nutrition [J]. Feed International, 2005, 26(3): 14-18.
- [25] Hosono T, Yujiro N, et al. Improvement in livestock raising [P]. US Patent. EP0589105, 1994.

和 2 级的材料在生产实际中还要进一步的验证。

参考文献

- [1] 丁海荣,洪立州,王茂文,等. 星星草耐盐生理机制及改良盐碱土壤研究进展[J]. 安徽农学通报,2007,13(16):58-59. (Ding H R, Hong L Z, Wang M W. Research progress on physiological mechanism of the salt tolerance of *Puccinellia tenuiflora* and ameliorated effects of saline-alkaline soil[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin,2007,13(16):58-59.)
 - [2] 郭宝生,翁跃进. 大豆耐盐机理及相关基因分子标记[J]. 植物学通报,2004,21(1):113-120. (Guo B S, Weng Y J. Salt tolerance mechanism and molecular markers of genes associated with salt tolerance in soybean[J]. Chinese Bulletin of Botany,2004,21(1):113-120.)
 - [3] 邵桂花,宋景之,刘惠令. 大豆种质资源耐盐性鉴定初报[J]. 中国农业科学,1986,(6):30-35. (Shao G H, Song J J, Liu H L. Preliminary studies on the evaluation of salt tolerance in soybean varieties[J]. Scientia Agricultura Sinica,1986,(6):30-35.)
 - [4] 马淑时,王伟. 大豆品种资源的抗盐碱性研究[J]. 吉林农业科学,1994,(4):69-71. (Ma S S, Wang W. Studies on the salt-alkaline tolerance in soybean germplasm resources[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences,1994,(4):69-71.)
 - [5] 陈德明,俞仁培. 作物相对耐盐性的研究 II. 不同栽培作物的耐盐性差异[J]. 土壤学报,1996,33(2):121-128. (Chen D M, Yu P R. Studies on relative salt tolerance of crops II. Salt tolerance of some main crop species[J]. Acta Pedologica Sinica,1996,33(2):121-128.)
 - [6] 於丙军,罗庆云,曹爱忠,等. 栽培大豆和野生大豆耐盐性及离子效应的比较[J]. 植物资源与环境学报,2001,10(1):25-29. (Yu B J, Luo Q Y, Cao A Z, et al. Comparison of salt tolerance and ion effect in cultivated and wild soybean[J]. Journal of Plant Resources and Environment[J]. 2001,10(1):25-29.)
 - [7] 王敏,朱怀海,苏琳婧,等. 野生大豆耐盐性材料初步筛选[J]. 河南农业科学,2005,(7):31-34. (Wang M, Zhu H H, Su L J, et al. Preliminary screen on salt-tolerance materials in wild soybean[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences,2005,(7):31-34.)
 - [8] 盖如玉. 大豆种质资源耐盐性鉴定和多样性分析[D]. 北京:中国农业科学院,2007. (Gai R Y. Salt-tolerance evaluation and genetic diversity analysis on soybean germplasm resources[D]. Beijing:Chinese Academy of Agricultural Sciences,2007.)
 - [9] 寇贺,曹敏建,那桂秋. 大豆种子萌发期耐盐性综合鉴定指标的初探[J]. 杂粮作物,2007,27(5):352-354. (Kou H, Cao M J, Na G Q. Preliminary study on comprehensive evaluation of salt tolerance for soybean during seedling stage[J]. Rain Fed Crops,2007,27(5):352-354.)
-
- (上接第 345 页)
- [26] 李丽立,陈宇光,谭支良,等. 小肽对山羊氮平衡和营养物质消化率的影响[J]. 草业学报,2004,13(2):73-78. (Li L L, Chen Y G, Tan Z L, et al. Small peptide effects on the nitrogen balance and nutrient digestibility rate of goats[J]. Acta Prataculturae Sinica,2004,13(2):73-78.)
 - [27] 程茂基,卢德勋,王洪荣,等. 不同来源肽对培养液中瘤胃细菌蛋白产量的影响[J]. 畜牧兽医学报,2004,35(1):1-5. (Chen M J, Lu D X, Wang H R, et al. Studies on the effect of different peptides on ruminal bacterial protein yield in the culture[J]. Chinese Journal of Animal and Veterinary Sciences,2004,35(1):1-5.)
 - [28] Wallace R J, Atasoglu C, Newbold C J. Role of peptides in rumen microbial metabolism- A review[J]. Asian- Australasian J Animal Science,1999,12(1):139-147.
 - [29] 陈小莺,张日俊. 大豆生物活性肽对蛋鸡生产性能和蛋白质代谢的影响及调控机理[J]. 饲料工业,2005,26(23):33-36. (Cheng X Y, Zhang R J, Modulating mechanism of soybean bioactive peptides on performance and protein metabolism in laying hens[J]. Feed Industry,2005,26(23):33-36.)
 - [30] 杨玉荣,余锐萍,张日俊,等. 大豆生物活性肽对肉鸡肠道黏膜上皮内淋巴细胞和 IgA⁺ 生成细胞的影响[J]. 中国预防兽医学报,2006,28(4):412-415. (Yang Y R, She R P, Zhang R J, et al. Effect of soybean bioactive peptide on IEL and IgA⁺ forming cells of broiler intestinal mucous membrane[J]. Chinese Journal of Preventive Veterinary Medicine,2006,28(4):412-415.)
 - [31] 李惠,黄峰,胡兵,等. 发酵豆粕替代鱼粉对斑点叉尾鲴生长和饲料表观消化率的影响[J]. 淡水渔业,2007,37(5):41-44. (Li H, Huang F, Hu B, et al. Effects of replacement of fish meal with fermented soybean in the Diet for channel catfish (*Ictalurus punctatus*) on growth performance and apparent digestibility of feed[J]. Freshwater Fisheries,2007,37(5):41-44.)
 - [32] 冷向军,王文龙,李小勤. 发酵豆粕部分替代鱼粉对凡纳滨对虾的影响[J]. 粮食与饲料工业,2007,(3):40-41. (Leng X J, Wang W L, Li X Q. Experiment on feeding *Penaeus Vannamei* boones with fermented soybean meal as partial substitute for fish meal[J]. Cereal & Feed Industry,2007,(3):40-41.)