

大豆豆渣的生理功能及其在食品中的应用

吴占威, 胡志和*

(天津市食品生物技术重点实验室, 天津商业大学生物技术与食品科学学院, 天津 300134)

摘 要: 豆渣是一种营养丰富的大豆制品副产物, 含有膳食纤维、蛋白质、黄酮等物质。本文综述豆渣的生理功能及其在食品生产中的应用。

关键词: 豆渣; 生理功能; 应用

Physiological Functions of Okara and Its Application in Foods

WU Zhan-wei, HU Zhi-he*

(Tianjin Key Laboratory of Food and Biotechnology, College of Biotechnology and Food Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

Abstract: Okara is a byproduct of soybean processing with abundant nutrients including dietary fiber, protein, flavonoids and other compositions. In this paper, physiological functions of okara and its application in foods are reviewed.

Key words: okara; physiological function; application

中图分类号: TS209

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)19-0358-05

大豆豆渣是豆腐、豆浆及豆制品加工中的副产物。研究表明, 豆制品生产中产生的豆渣占全豆质量的16%~25%^[1]。豆渣中含有丰富的营养成分, 包括蛋白质、膳食纤维、脂肪、维生素及黄酮物质, 具有很好的应用价值。但由于豆渣水分含量高, 口感粗糙, 因此不宜于加工、贮藏和直接食用。一般作为动物饲料贱卖, 甚至直接丢弃, 造成了资源的极大浪费和环境污染。因此豆渣如何有效处理是急需研究和解决的问题。本文对豆渣的生理功能及其在食品中的应用现状进行综述, 以期能够为豆渣的进一步开发和利用提供参考。

1 豆渣的功能

相关研究表明, 豆渣中含有大量的营养物质, 以干基计算, 蛋白含量约为28.5%, 脂肪含量约为10%, 膳食纤维含量为55%左右, 灰分含量为3.5%。此外还含有丰富的大豆异黄酮和维生素。同时根据加工方法的不同, 大豆豆渣的成分也会有所不同^[2]。大豆豆渣具有良好的生理调节功能, 可作为高纤维、高蛋白、低脂膳食摄入^[3]。特别是较高含量的膳食纤维, 近年来已经成为研究热点。由于其特殊的结构性质, 如疏松多孔、含有大量的—OH、—COOH等亲水基, 使其具有良好的

保健功能, 包括促进肠道蠕动、增加排便、降低血液胆固醇和调节血糖等作用^[4-5]。Jimenez-Escrig等^[6]通过给雌性大白鼠喂食含量为10%豆渣膳食纤维的食物, 28d后体质量、血液胆固醇增加量要明显小于常规饮食的雌性大鼠; 结肠组织的丁酸盐含量明显高于对照组, 并能够促进矿物质Ca²⁺、Zn²⁺的吸收。

1.1 对癌症预防的作用

对于豆渣这类高纤维、高蛋白膳食具有预防癌症的功效, 已经得到临床及动物实验的证明^[7]。首先, 豆渣中膳食纤维的吸水膨胀性使食物在胃肠道内的体积增加, 促进胃肠道蠕动和排便, 减少了吸附于纤维结构内的致癌和促癌物质的停留时间^[8]。其次, 大豆膳食纤维的发酵, 伴随结肠环境pH值降低, 次级胆汁酸生成减少, 同时发酵产生的丁酸盐可以通过抑制细胞核因子(NFκB)的活性而产生抗炎和抗肿瘤的作用^[9]。另外, 豆渣中的大豆黄酮类物质、膳食纤维具有一定的抗氧化性, 也能够降低癌症发病风险^[10-11]; 同时经蛋白酶酶解豆渣所产生的一些多肽也具抗氧化性能^[12]。

1.2 对心血管疾病的影响

豆渣在控制心血管疾病上具有一定功效。日本的Fukuda等^[13]实验表明: 喂食豆渣4个星期后, 可以有效抑制小鼠血液胆固醇的增加。豆渣中所含有的纤维成分发

收稿日期: 2011-10-18

作者简介: 吴占威(1985—), 男, 硕士研究生, 研究方向为食品生物技术。E-mail: wuzhanwei1@163.com

*通信作者: 胡志和(1962—), 男, 教授, 硕士, 研究方向为专用功能食品。E-mail: hzhihe@tjcu.edu.cn

挥了很大的作用。首先,膳食纤维特别是水溶性的膳食纤维直接控制胆固醇的代谢,降低血液中低密度脂蛋白(LDL-C)的含量,从而降低由动脉粥样硬化引起的心血管疾病的产生^[14-15]。其次,膳食纤维可以降低食物中油脂的过氧化反应,也降低了心血管疾病的风险^[16]。最后,膳食纤维可以通过对肥胖和糖尿病的控制,降低心血管疾病作为并发症产生的几率。

1.3 对肥胖的控制

豆渣膳食的摄入对肥胖症有良好的控制作用。Matsumoto等^[17]通过小鼠实验证明,分别给实验组喂食10%、20%、40%豆渣含量的饲料10个星期,与对照组相比,体质量增加量明显偏低,并且随着豆渣含量的递增,小鼠体质量增加量逐渐下降;并且包括血液胆固醇、低密度脂蛋白及脂肪酸在内的生理指标均有所降低。

豆渣中含有的膳食纤维尤其是黏性的膳食纤维可以减缓胃排空,并通过降低胃肠消化酶的催化效率,减缓了蛋白质、脂肪等营养物质的吸收,降低了食品效能^[18]。其次,膳食纤维成分可以刺激小肠上皮黏膜细胞分泌胆囊收缩素,抑制胃排空,增加饱腹感^[19]。并且豆渣膳食纤维在结肠内的发酵会产生挥发性脂肪酸,刺激结肠L-细胞产生与食欲控制相关的激素,如胃肠激肽、胰高血糖素样肽-1(GLP-1)等,以此调节进食量^[20-21]。

1.4 对肠道菌群的调理

动物肠道内栖息大量的细菌,其中大部分为厌氧菌,如双歧杆菌、类杆菌、梭菌等^[22]。膳食营养结构的调整和改变能引起肠道微生物区系的变化^[23-24],这种改变往往与人体健康密切相关。

豆渣中膳食纤维、矿物质元素、维生素等都是肠道微生物生长繁殖所需的营养物质,能够影响肠道菌系的平衡。以豆渣膳食纤维来说,尤其是水溶性膳食纤维在结肠内发酵,降低了肠道环境pH值,促进了双歧杆菌和乳杆菌的增长的同时,也在一定程度上抑制了大肠杆菌和梭菌的生长^[25];豆渣在促进肠道蠕动和促进排便的同时,也携带出了大量的肠道细菌及其发酵产物,对肠道菌系和微环境具有良好的调节作用。

1.5 对矿物质吸收的影响

豆渣中含有丰富的矿物质元素,能够在一定程度上满足机体对矿物质的需求。同时,豆渣中含有的纤维物质影响矿物质的吸收和利用,如钙、铁、锌、镁、镉等^[26-27]。一方面,膳食纤维影响矿物质吸收的能力与可电离官能团的数量相关,如易于电离的羧基和羟基基团^[28]。另一方面,离子结合能力与膳食纤维的结构和组成有关。如水溶性膳食纤维可以在肠道内被细菌分解,其物理结构被破坏,内部结合的金属离子释放出来,促进了离子的重新吸收;非水溶性的膳食纤维难

以被酵解利用,对金属离子在肠道的吸收起到了屏障作用,抑制了矿物质的吸收。所以,膳食纤维摄入不适量时容易引起矿物质吸收减少、营养不良的症状^[29]。

1.6 补充人体必需氨基酸

豆渣是豆腐及豆浆制品的副产物,在加工过程中蛋白质用热水浸提,主要也是利用其中的蛋白成分。但据测定,豆渣中蛋白质含量依然较高,而且品质极佳,与全豆中氨基酸在组成上基本一致。因此,是一种优质的全蛋白原料^[30]。Desmond等^[31]证明,豆渣中的蛋白质甚至要优于豆浆及其他豆制品,豆渣的蛋白质利用效率为2.71,而豆浆中蛋白质利用率仅为2.11。

2 豆渣在食品中的应用

豆渣含有大量的营养物质,且价格低廉,具有很大的开发价值。由于豆渣水分含量高,很容易腐败变质,且干燥、贮存豆渣的成本高,限制了其广泛应用;另外由于豆渣含有大量的纤维成分,口感粗糙,不适宜直接食用,因此大量豆渣至今未得到有效利用。以下介绍几种豆渣制品的开发及相关应用。

2.1 豆渣膳食纤维制品

大豆豆渣中含有丰富的膳食纤维,可以提纯制备高附加值的纤维产品,也可经过一定的加工处理,如超微粉碎,作为高纤维原料加入到其他食品的生产中,这方面研究是豆渣如何有效利用的热点。陈霞等^[32]首先通过碱-蛋白酶法制备高纯度的膳食纤维,再经超微粉碎,得到纤维产品。采用最佳工艺条件下制取豆渣膳食纤维素,产率可达到80%,产品总膳食纤维含量约为70%。王苏闽^[33]利用豆渣制品通过蛋白酶、脂肪酶酶解,去除蛋白质和脂肪,得到总膳食纤维含量为81.21%的粗纤维制品,并添加到面团中。实验表明,豆渣膳食纤维能够改良面团的粉质特性,但面团拉伸特性减弱。当添加2%的豆渣膳食纤维时,对面团流变学特性的综合效果能起到改良的作用。邱芳萍等^[34]以新鲜豆渣为原料,用生物与化学方法,再经分离提取和超微粉碎,制成一种膳食纤维咀嚼片,片剂的膳食纤维含量约为24%~28%。纤维片的色泽均匀,外观平整,片型一致,并有良好的口感。

2.2 豆渣发酵制品

2.2.1 在酸奶中的应用

豆渣添加到酸奶的生产中不仅增加了蛋白质和膳食纤维等营养物质,更能作为益生元促进酸奶的发酵过程中双歧杆菌和嗜热链球菌的增长和繁殖。Simoes等^[35]将经粉碎豆渣作为原料直接添加至发酵酸奶中,并证明当豆渣在酸奶中的添加量为3%时,其发酵酸奶的品质和风味最优。

2.2.2 在纳豆菌生产中的应用

纳豆菌可以调节肠道菌群平衡,预防痢疾、肠炎和便秘,其效果在某些方面优于现在常用的乳酸菌微生态制剂。豆渣营养全面且丰富,以豆渣为发酵基质生产繁殖纳豆菌具有很好的开发价值。李晓晖等^[36]得出用豆渣培养纳豆芽孢杆菌的最佳工艺条件为 $m_{\text{豆渣}}:m_{\text{麸皮}}:V_{\text{磷酸盐缓冲液}}$ 为5:1:10,豆饼粉添加量3%、接菌量15%、培养时间48h,最终发酵基质含菌量为 1.5×10^{11} CFU/g。这为豆渣的开发利用开辟了一条新途径。

2.2.3 在黑绿豆米饼中的应用

豆渣中含有大量的蛋白质,可为微生物发酵提供氮源。Rekha等^[37]制作一种黑绿豆米饼时,用豆渣替代部分黑绿豆使其比例为1:1时,加快了发酵速度,可将自然发酵时间由原来的14h缩短为10h,发酵成熟制品更加酥软和松散,对于这种产品商业化生产具有深刻意义。

2.3 豆渣发酵产物及活性物质制备

2.3.1 在柠檬酸生产中应用

营养丰富的豆渣可以作为土曲霉和黑曲霉的发酵基质,可以利用固态发酵技术制取柠檬酸。国外研究^[38]表明,当pH值为8.3,温度为30℃时,发酵11d后,每100g发酵物中含有柠檬酸为5~10g。

2.3.2 在功能性多肽生产中应用

Akihiro等^[39]利用豆渣固态发酵生产脂肽类抗生素菌素A,接种枯草芽孢杆菌NB₂₂,在25℃条件下发酵时,发酵时间比常规液态发酵时间缩短一半,但酵素A的产量达到液态发酵的6~8倍,且需要少量的溶剂溶出酵素A,操作方便,能够大大降低生产成本和生产周期。

2.3.3 大豆异黄酮和多糖的提取

大豆豆渣中含有丰富的大豆异黄酮和大豆多糖。何恩铭等^[40]以乙醇为提取剂,采用超声波促进方法,对大豆异黄酮进行了提取,并进行了工艺优化,使最终提取率能达到0.07%左右。

廖劲松^[41]发明了一种基于美拉德反应来制备功能性大豆多糖的方法。将豆渣置于pH值为4~5,温度为120~150℃条件下蒸煮1~3h,调节该溶液pH6~7,并降温60~100℃,进行美拉德反应2~5h,反应完成后固液分离,液体浓缩、干燥,得到多糖成品。大豆异黄酮和多糖的提取为豆渣制备高附加值产品提供了线索。

2.3.4 单细胞蛋白的制备

单细胞蛋白是人工培养的微生物菌体,除蛋白质外还含有多种维生素、碳水化合物、脂类、矿物质以及丰富的酶类和生物活性物质,如辅酶A、辅酶Q、谷胱甘肽、麦角固醇等。因此豆渣可以通过微生物发酵制备单细胞蛋白制品。张强等^[42]以豆渣作为培养基主要原料,接种酵母菌B₁₈₈发酵制备单细胞蛋白。最佳的工艺条件为,麸皮与豆渣配比为1:6,尿素、硫酸铵添加量分别为3%和0.2%,接种量为12%,接种pH值为5.0,温度30℃条

件下培养48h,此时单细胞蛋白的含量最大,发酵制品的总蛋白质含量达到36.19%。

2.4 豆渣在面制品和焙烤制品中的应用

豆渣中的蛋白质、脂肪及膳食纤维不仅能够增加面制焙烤食品的营养,还能够改善成品的质地和风味,使其具有更加出众的品质。

2.4.1 豆渣面包

豆渣经过干燥和粉碎可以作为原料添加到面包中。臧荣鑫等^[43]将豆渣用碱去除蛋白质和脂肪以提纯膳食纤维,并用纤维素酶酶解得到疏松、软化的纤维制品。以5%的比例添加到面包中,再辅以膨松剂和面筋粉,所焙烤的面包内部结构松软,有筋度,色泽焦黄,外观平整。

2.4.2 豆渣馒头

豆渣粉与面粉混合制作馒头。当面粉90g、豆渣10g、酵母0.6g,采用二次发酵工艺,所制作的馒头色泽浅黄、组织结构均匀、质地松软、香味浓郁;并具有营养丰富的特点,与普通馒头相比,蛋白质、矿物质及膳食纤维含量较高^[44]。

2.4.3 豆渣面条

孙小凡等^[45]将豆渣用于面条的制作。研究豆渣膳食纤维颗粒度、豆渣膳食纤维添加量、食盐添加量、海藻酸钠添加量对豆渣膳食纤维保健面条烹煮品质特性的影响。实验表明,将豆渣添加到面条中,可使面条烹煮损失降低,面条品质得到改善。当豆渣颗粒度为100目、添加量为9%、海藻酸钠添加0.25%、食盐添加4.0%时,豆渣面条具有良好的烹煮品质。

2.4.4 豆渣蛋糕及饼干

张锐利等^[46]将豆渣用于蛋糕制作中。以面粉100g、豆渣乳35g、蛋糕油1.9g、泡打粉0.7g、鸡蛋35g的比例调和,烘烤后的豆渣蛋糕,外形完整、色泽金黄、组织松软、有豆渣特有香味、口感细腻光滑。平兆顶等^[47]发明了一种利用豆渣制作饼干的方法。豆渣粉与小麦粉约1:1混合,加入食用油、酵母、食盐,用水混合搅拌。在温度为28℃、湿度70%~80%进行发酵,发酵完毕后与植物油混合搅拌,再置于同样的条件下进行二次发酵,完毕后,成型烘烤,得到饼干成品,产品富含膳食纤维。

2.5 豆渣酱油及酱制品

豆渣可以作为调味酱的原料,不仅增加酱制品的营养,还可以增加制品的黏度^[48]。利用豆渣生产酱油,可以增加酱油的鲜味。

2.6 豆渣可食性膜

以豆渣为原料,羧甲基纤维素和海藻酸钠为成膜剂,以甘油为增塑剂,制备可食性膜。当豆渣的添加量2.0g、羧甲基纤维素1.4g、海藻酸钠1.0g、甘油1mL时,可食性复合膜的综合性能良好。豆渣可食性膜的研究不仅实现了废物利用,同时自身具有丰富的营养价值,具

有绿色环保、可生物降解的优点^[49]。

2.7 豆渣冲剂和饮料

汪洪涛^[50]将豆渣利用微生物发酵,并蒸熟,将黑豆、黑米、黑芝麻炒熟,并按照一定的配比混合进行超微粉碎,得到超细粉末。食用时用3倍开水冲释,口感好,营养价值高,且方便食用。豆渣也可以制成饮料,李洁等^[51]以新鲜豆渣为主要原料,辅以稳定剂、酸味剂等,并添加VA,生产出新型功能性饮品——豆渣“双维”饮料。

2.8 豆渣蛋白质和油脂的提取

豆渣虽然是豆腐及豆浆制品的副产物,但是豆渣中还含有大量的蛋白质和脂类未被充分利用,据测定干豆渣蛋白质含量在23%左右。Ma等^[52]研究从豆渣中制备蛋白的过程,在pH值为9.0, 80℃提取30min,之后在pH值为4.5时分离粗蛋白,据测定蛋白的提取率超过80%。杜文娟等^[53]利用超临界二氧化碳技术优化了豆渣中提取油脂的工艺参数,并表明萃取压力35MPa,萃取温度为40℃,萃取时间为1.5h时,100g豆渣可产生油脂为4.96g。

2.9 其他制品

可以利用板栗、豆渣和调和油为主要原料制成一种酥饼。在饼皮的水油皮面团的小麦粉和豆渣的用量比例为10:1.5,馅料中的板栗和豆渣的用量比例为7:3,酥饼的皮馅比为3:7条件时酥饼质量较好;与普通酥饼相比,其膳食纤维和蛋白质的含量要高些,具有较高的营养价值^[54]。

豆渣也可以通过微粉碎及酶处理后,使其中的纤维结构细化,加入豆腐中。实验证明,豆渣对硫酸钙凝固豆腐和内酯豆腐表现出了不同的影响。豆渣的添加增加了硫酸钙凝固豆腐的强度,但对内酯豆腐的硬度有降低作用^[55]。

目前日本市场上有一种豆渣糊状制品,被称为“mira-soy”。它具有以下特征:含水高、可直接饮食、无色无味、低热低糖、无热变性、不易褐变、易于保存。在2008年,此种产品在美国市场已经得到推广。

另外,以豆渣为原料可以生产食品工业中的添加剂羧甲基纤维素,目前国外已经生产出相应的产品。

3 豆渣应用存在的问题

大豆豆渣价格低廉,营养成分丰富,具有良好的生理调节功能,因此有广泛的开发应用价值。但是目前并没有得到大规模的商业应用。从多种方面考虑,还有很多的限制性因素,主要集中于以下几个环节。

首先,鲜豆渣的水分含量高达80%左右,特别容易被微生物侵染和发酵,腐败变质。因此鲜豆渣的及时干燥是豆渣能否得到广泛应用的关键步骤。目前主要有热

风烘干、螺杆挤压干燥、冷冻干燥及微波干燥等方式,但干燥的效率很低、能源消耗大、成本偏高。日本国内比较先进的干燥设备1h能够干燥豆渣50kg,使其含水量降至10%,但相对于豆渣产量来说处理能力依然有限。因此,具有高效、节能、环保特点的豆渣新型烘干工艺的开发和烘干设备的研制显得尤为重要。

其次,豆渣具有口感粗糙的特点。这是由于豆渣中含有大量纤维成分造成的,使其入口性差。因此,改善豆渣口感更有助于其推广。目前,能够改善口感的主要方式为物理和化学方法。如超微粉碎,即通过球磨机、胶体磨或均质机使产品的粒径小至微米级别。通过纤维素酶酶解方式,使其结构软化。这些经处理的豆渣可作为添加物用于食品的制作。

最后,目前市场上豆渣制品形式非常少,一般与面粉、荞麦粉等搅拌食用,真正实现商业化大规模生产的产品还未出现。日本在豆渣产业化应用上逐渐形成规模,并有新型的豆渣制品出现。2010年12月由和雪食品株式会社举办的豆渣食谱大赛,获得冠军的制品是一种以豆渣、面粉和鸡肉为主要原料,再辅以调味品制成的油炸食品,外形类似于炸鸡块,色泽诱人,外形美观,可蘸番茄酱食用。因此,开发豆渣新型食品是实现豆渣高效利用的途径。

参考文献:

- [1] 李华. 低脂高纤维大豆食品[J]. 农产品加工, 2011(8): 28-29.
- [2] REDONDO-CUENCA A, VILLANUEVA-SUAMÁJOSE M A, MATEOS-APARICIO I. Soybean seeds and its by-product okara as sources of dietary fibre. Measurement by AOAC and Englyst methods[J]. Food Chemistry, 2008, 108(3): 1099-1105.
- [3] MATEOS-APARICIO I, REDONDO-CUENCA A, VILLANUEVA-SUÁREZ M J, et al. Pea pod, broad bean pod and okara, potential sources of functional compounds[J]. Food Science and Technology, 2010, 43(9): 1467-1470.
- [4] 刘成梅, 李资玲, 梁瑞红, 等. 膳食纤维的生理功能与应用现状[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(1): 122-125.
- [5] KUTOS T, GOLOB T, KAC M, et al. Dietary fibre content of dry and processed beans[J]. Food Chemistry, 2003, 80: 231-235.
- [6] JIMENEZ-ESCRIG A, TENORIO M D, ESPINOSA-MARTO S, et al. Health-promoting effects of a dietary fiber concentrate from the soybean byproduct okara in rats[J]. Food Chemistry, 2008, 106(16): 7495-7501.
- [7] LEVI F, PASCHEB C, LUCCHINI F, et al. Dietary fibre and the risk of colorectal cancer[J]. European Journal of Cancer, 2001, 37: 2091-2096.
- [8] LYNNETTE R, FEGUSON A, PHILIP J, et al. Studies on the role of specific dietary fibres in protection against colorectal cancer[J]. Mutation Research, 1996, 350(1): 173-184.
- [9] SCHEPPACH W, LUEHRS H, MELCHER R, et al. Antiinflammatory and anticarcinogenic effects of dietary fibre[J]. Clinical Nutrition Supplements, 2004, 1(2): 51-58.
- [10] FERGUS L R, PHILPOTT M, KARUNASINGHE N. Dietary cancer and prevention using antimutagens[J]. Toxicology, 2004, 198(1/3): 147-159.

- [11] AMIN, MUKHRIZAH O. Antioxidant capacity of methanolic and water extracts prepared from food-processing by-products[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006, 86(5): 778-784.
- [12] YOKOMIZO A, TAKENAKA Y, TAKENAKA T. Antioxidative activity of peptides prepared from okara protein[J]. *Food Science and Technology Research*, 2002, 8(4): 357-359.
- [13] FUKUDA M, SUGIHARA Y, ITO M, et al. Effects of feeding with okara on plasma and liver lipid levels in rats[J]. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology*, 2006, 53(4): 195-199.
- [14] BEN-AVRAHAM S, HARMAN-BOEHM I, SCHWARZFUCHS D, et al. Dietary strategies for patients with type 2 diabetes in the era of multi-approaches; review and results from the Dietary Intervention Randomized Controlled Trial (DIRECT)[J]. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 2009, 86(1): 41-48.
- [15] BROWN L, ROSNER B, WILLET W W, et al. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis[J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1999, 69(11): 30-42.
- [16] LECUMBERRI E, GOYA L, MATEOS R, et al. A diet rich in dietary fiber from cocoa improves lipid profile and reduces malondialdehyde in hypercholesterolemic rats[J]. *Nutrition*, 2007, 23(4): 332-341.
- [17] MATSUMOTO K, WATANABE Y, YOKOYMA S I. Okara, soybean residue, prevents obesity in a diet-induced murine obesity model[J]. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2007, 71(3): 720-727.
- [18] SLAVIN J L. Dietary fiber and body weight[J]. *Nutrition*, 2005, 21(3): 411-418.
- [19] INGEBORG B, BETH O, ROBERT B, et al. Beans, as a source of dietary fiber, increase cholecystokinin and apolipoprotein B48 response to test meals in men[J]. *Journal of Nutrition*, 2001, 131(5): 1485-1490.
- [20] 杨胜华, 杨华章. 胰高血糖素样肽-1及其类似物治疗2型糖尿病的优势[J]. *循证医学*, 2010, 10(6): 374-384.
- [21] PETERS H P, BOERS H M, HADDEMAN E, et al. No effect of added β -glucan or of fructooligosaccharide on appetite or energy intake[J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2009, 89(1): 58-63.
- [22] 王爱丽, 武庆斌, 孙庆林. 肠道菌群与肠道黏膜免疫系统的相互作用机制[J]. *中国微生态学杂志*, 2009, 21(4): 382-384.
- [23] DAVIS C D, MILNER J A. Gastrointestinal microflora, food components and colon cancer prevention[J]. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2009, 20(10): 743-752.
- [24] MONTAGNE L, ARTURO-SCHAAN M, Le FLOCH N, et al. Effect of sanitary conditions and dietary fibre on the adaptation of gut microbiota after weaning[J]. *Livestock Science*, 2010, 133(1/3): 113-116.
- [25] GREEN C J. Fibre in enteral nutrition[J]. *Clinical Nutrition*, 2001, 20(1): 23-39.
- [26] KAZUKI S M S, HIROSHI H, TARO T, et al. Ingestion of water-soluble soybean fiber improves gastrectomy-induced calcium malabsorption and osteopenia in rats[J]. *Nutrition*, 2002, 18(7/8): 636-642.
- [27] BOZENA B, JADWIGA S. Relations between cadmium and magnesium and aronia fractional dietary fiber[J]. *Food Chemistry*, 2008, 107(1): 44-48.
- [28] SERGUSCHENKO I, KOLENCHENKO E, KOLENCHENKO M. Low esterified pectin accelerates removal of lead ions in rats[J]. *Nutrition Research*, 2007, 27(10): 633-639.
- [29] DOUWINA B, CAILLIE-BERTRAND M V, GAUWENBERGH R V, et al. Availabilities of calcium, iron, and zinc from dairy infant formulas is affected by soluble dietary fibers and modified starch fractions[J]. *Nutrition*, 2003, 19(7): 641-645.
- [30] 祝团结, 郑为完. 大豆豆渣的研究开发现状与展望[J]. *食品研究与开发*, 2004, 25(4): 25-28.
- [31] DESMOND K, TOOLE O. Characteristics and use of okara, the soybean residue from soy milk productions: a review[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, 47(2): 363-371.
- [32] 陈霞, 赵贵兴, 孙子重. 大豆加工副产物: 豆渣及油脚的利用[J]. *黑龙江农业科学*, 2006(6): 57-60.
- [33] 王苏闽. 豆渣膳食纤维对面团流变学特性的影响[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(15): 8194-8196.
- [34] 邱芳萍, 关丽红, 田野. 酶解法制备豆渣膳食纤维的咀嚼片[J]. *长春工业大学学报*, 2003, 24(1): 1-2.
- [35] SIMOES I. Okara as a novel prebiotic ingredient in the manufacture of a probiotic yogurt[D]. Columbia: University of Missouri-Columbia, 2004.
- [36] 李晓晖, 沈涛, 潘俊杰. 豆渣固态发酵生产纳豆芽孢杆菌的研究[J]. *饲料工业*, 2007, 28(2): 40-41.
- [37] REKHA C R, VIJAYALAKSHMI G. Accelerated fermentation of 'idli' batter using soy residue okara[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2011, 48(3): 329-334.
- [38] KHARE S K. Citric acid production from okara (soy-residue) by solid-state fermentation[J]. *Bioresource Technology*, 1995, 54(3): 323-325.
- [39] AKIHIRO O, TAKASHI A. Use of soybean curd residue, okara, for the solid state substrate in the production of a lipopeptide antibiotic, iturin A, by *Bacillus subtilis* NB22[J]. *Process Biochemistry*, 1996, 31(8): 801-806.
- [40] 何恩铭, 李慧华, 常强, 等. 超声波法提取豆渣中大豆异黄酮的工艺研究[J]. *大豆科学*, 2011, 30(4): 680-682.
- [41] 廖劲松. 一种基于美拉德反应来制备功能性大豆多糖的方法: 中国, CN102120777A[P]. 2011-07-13.
- [42] 张强, 马齐, 徐升运, 等. 面包酵母 B_{188} 发酵豆渣制备单细胞蛋白的研究[J]. *新疆农业科学*, 2010, 47(1): 130-134.
- [43] 臧荣鑫, 杨具田, 潘和平. 非溶性大豆膳食纤维在面包中的应用研究[J]. *甘肃农业大学学报*, 2003(4): 422-426.
- [44] 杨君. 豆渣馒头的研制及营养分析[J]. *广东农工商职业技术学院学报*, 2011, 27(2): 57-61.
- [45] 孙小凡, 杨依红. 豆渣膳食纤维保健面条烹煮品质特性研究[J]. *粮食加工*, 2011, 35(1): 57-59.
- [46] 张锐利, 刘华英, 吕骥. 豆渣纤维蛋糕的研制[J]. *粮食加工*, 2011, 36(3): 61-63.
- [47] 平兆顶, 朱阳平. 豆渣饼干及其制备方法: 中国, CN102106361A[P]. 2011-06-29.
- [48] 张慧, 郑丹丹, 张慧霞, 等. 一种高膳食纤维含量的均质番茄酱的制作方法: 中国, CN102028187A[P]. 2011-04-27.
- [49] 潘旭琳, 卞雪, 曹龙奎. 豆渣可食性膜的制备及性能研究[J]. *包装工程*, 2011, 32(11): 34-37.
- [50] 汪洪涛. 一种豆渣保健谷物茶的制作方法: 中国, CN102125146A[P]. 2011-07-20.
- [51] 李洁, 王清章, 何明生. 豆渣“双维”饮料的研制[J]. *食品工业科技*, 2005, 26(9): 111-113.
- [52] MA C Y, LIU W S, KWOK K C, et al. Isolation and characterization of proteins from soymilk residue (okara)[J]. *Food Research International*, 1997, 29(8): 799-805.
- [53] 杜文娟, 鲁涛峰. 超临界二氧化碳萃取豆渣中的脂类物质的工艺研究[J]. *广州化工*, 2011, 39(15): 95-96.
- [54] 罗松明. 板栗豆渣酥饼的工艺研究[J]. *食品工业*, 2011(8): 1-3.
- [55] 程永强, 清水直人, 木村俊俊, 等. 超微处理豆渣制品添加对腐质地的影响[J]. *食品科学*, 2004, 25(Suppl 1): 47-50.