

豆渣深加工及综合利用的研究现状

赵 影¹,韩建春^{1,2},郑环宇^{1,2},许 慧²,徐龙福¹

(1. 东北农业大学 食品学院,黑龙江 哈尔滨 150030;2. 国家大豆工程技术研究中心,黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:豆渣作为大豆加工副产物产量巨大,豆渣中含有丰富的蛋白质、脂肪、膳食纤维、多糖等成分,对其综合利用是增加企业经济效益、降低环境污染的重要途径。文章综述了豆渣以发酵豆渣形式和直接添加形式在饲料、食品和工业等方面的开发研究及综合利用现状,旨在为豆渣的综合开发利用研究提供借鉴。

关键词:豆渣;膳食纤维;食品;综合利用

中图分类号:TS209 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2013)04-0555-06

Research of Further Processing and Comprehensive Utilization of Soybean Dregs

ZHAO Ying¹, HAN Jian-chun^{1,2}, ZHENG Huan-yu^{1,2}, XU Hui², XU Long-fu¹

(1. College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. National Research Center of Soybean Engineering and Technology, Harbin 150030, China)

Abstract: As the by-product of soybean processing, the yield of soybean dregs is huge, and it is rich in protein, fat, dietary fiber, polysaccharide and other components. Comprehensive utilization of soybean dregs is an important way to increase the economic benefits of enterprise and reduce the pollution of the environment. This article summarized the development and comprehensive utilization of the soybean dregs in feed, food and industry by fermentation and direct adding forms to provide references for the comprehensive development and utilization of soybean dregs.

Key words: Soybean dregs; Dietary fiber; Food; Comprehensive development

目前我国是世界上加工大豆的主要国家之一,豆渣是加工豆油、酱油、豆腐等豆制品的副产物,作为大豆加工业中最大的副产物(约占全豆干重15%~20%),每年约产2 000万t湿豆渣^[1]。长期以来,豆渣在所有的农业废弃物中是一种重要的资源,由于豆渣所含热能低,口感粗糙,过去一直没有引起人们的足够重视,此外因其水分含量大,易腐败变

质,且运输困难,通常只用作饲料或废弃,没有得到很好的开发利用,不仅经济效益低、浪费了资源,而且造成了严重的环境污染。豆渣同大豆本身一样营养价值很高,在豆渣干物质中,仍含有蛋白质、脂肪、膳食纤维,此外还含有矿物质和维生素等营养物质(表1^[2]、表2^[2]、表3^[2])。

表1 豆渣中常见营养成分

Table 1 The bean dregs common nutrition(g·100 g⁻¹ dry sample)

营养成分 Nutrients	水分 Water	蛋白质 Protein	脂肪 Fat	膳食纤维 Dietary	灰分 Ash
含量 Content	8.31	19.32	12.40	51.80	3.54

表2 豆渣中矿物质和维生素

Table 2 The minerals and vitamins in bean dregs(mg·100 g⁻¹ dry sample)

成分 Ingredient	锌 Zinc	铁 Iron	铜 Copper	钙 Calcium	镁 Magnesium	钾 Potassium	磷 Phosphorus	V _{B1} VitaminB1	V _{B2} VitaminB2
含量 Content	2.263	10.69	1.148	210	39	200	380	0.272	0.976

表3 豆渣蛋白必需氨基酸组成

Table 3 The bean dregs protein essential amino acid(g·100 g⁻¹ protein)

必需氨基酸 Essential amino acids	异亮氨酸 Isoleucine	亮氨酸 Leucine	赖氨酸 Lysine	蛋氨酸 Methionine	苯丙氨酸 Phenylalanine	苏氨酸 Threonine	色氨酸 Tryptophan	缬氨酸 Valine	总量 Total
豆渣 Soybean dregs	4.68	9.25	5.86	1.24	5.97	3.94	1.48	4.72	37.14
大豆 Soybean	4.20	9.58	6.06	1.08	4.75	4.30	1.22	4.75	

收稿日期:2013-02-27

基金项目:国家高技术研究发展计划“863 计划”(2013AA102208);黑龙江省教育厅新世纪优秀人才培养项目(1154-NCET-003)。

第一作者简介:赵影(1988-),女,在读硕士,主要从事粮食、油脂及植物蛋白工程研究。E-mail: zhaoyinglovehua@163.com。

通讯作者:郑环宇(1975-),女,博士,副研究员,主要从事大豆精深加工研究。E-mail: zhenghuanYu1@163.com。

豆渣本身属于生物废弃物,通过工业化手段对其进行有效合理的再加工利用,提高豆渣中营养物质的利用率,不仅可以使豆渣营养成分得以全面开发,而且解决了废弃豆渣所造成的环境污染,实现了废物的循环利用,符合当前的环保理念和可持续发展战略。目前世界各国都十分重视对豆渣的开发应用研究,其中日本、美国、澳大利亚等国都已实现了豆渣食品的产业化,尤其是澳大利亚的豆渣食品已经成规模化生产并且畅销世界各地。

现主要针对以发酵豆渣形式和直接添加的形式在饲料、食品和工业中的开发研究现状与综合利用进行综述,以期充分开发利用豆渣中的营养成分,变废为宝,创造出更大的经济效益和社会效益。

1 发酵豆渣的应用

在豆制品加工过程中,豆皮一般进入豆渣中,而豆皮中含有丰富的膳食纤维,占豆皮干基的59.0%~62.8%,因此豆渣是生产膳食纤维的重要原料。膳食纤维^[3]已经被列为继传统的六大营养素之后,能够改善人体营养状况,调节机体功能的“第七类营养素”。膳食纤维对人体健康具有积极的

作用,主要表现在以下几个方面^[4-6]:(1)预防便秘、肠道疾病和结肠癌;(2)预防肥胖;(3)预防和减轻心血管疾病,改善Ⅱ型糖尿病患者健康状况;(4)预防胆结石;(5)改善口腔和牙齿的健康;(6)增强人体免疫力;(7)对阳离子有结合和交换能力;(8)豆渣中的钙极易在消化道中吸收。此外还可以促进许多生物过程,包括感染预防和改善情绪和记忆的能力。

Freund^[7]通过动物实验研究豆渣中的膳食纤维、蛋白质和异黄酮对血浆血脂、肝脏和粪便的影响。结果表明,豆渣的主成分膳食纤维和蛋白质,可能与血浆和肝脏中总脂质和胆固醇的降低,以及粪便排出的增加有关。豆渣在预防高脂血症扮演了一个有趣的角色且可以作为功能性食品的天然成分。Mateos-Aparicio^[8]研究发现大豆豆渣中的多糖具有多功能的抗氧化活性。

豆渣中富含膳食纤维、蛋白质、脂肪、维生素等多种营养成分,为微生物的生长提供了丰富的物质营养基础。经微生物发酵后,豆渣中的营养成分得到了提高,还获得了一些本身不具备的功能性成分,如多肽、功能性低聚糖等。豆渣发酵前后的营养成分对比如表4所示^[9]。

表4 豆渣发酵前后的营养成分

Table 4 The bean dregs fermentation before and after the nutrition

项目 Item	湿重的原料中的营养价值 Wet weight of the raw materials in the nutrition value/%							干物质中的营养价值(烘干后测定) Nutritional value in the dry matter (Determination of drying)/%					
	水分 Water	粗蛋白 Crude protein	粗脂肪 Crude fat	粗纤维 Crude fiber	无氮浸出物 Nitrogen free extract	粗灰分 Crude ash	钙 Ca	磷 P	消化能 Digestible energy	代谢能 Metabolic energy	可消化蛋白 Digestible protein	粗蛋白 Crude protein	粗纤维 Crude fiber
发酵前 Before fermentation	70	6.18	0.82	1.45	11.11	1.02	0.47	0.11	2.95	2.57	19.6	24.7	6.23
发酵后 After fermentation	68	7.08	0.85	1.24	10.23	1.15	0.89	0.30	3.12	2.87	25.4	28.1	4.10

1.1 发酵豆渣在饲料中的应用

新鲜豆渣中水分含量约90%,由于新鲜豆渣干燥成本较高,因此一般采用煮熟后直接喂猪,用来代替部分猪饲料,从而降低饲料成本。直接用作饲料的豆渣有很多成分不能被畜禽充分利用吸收,还会造成环境污染。因此需要对豆渣进行饲料精加工,利用微生物发酵的方法制备豆渣饲料。

发酵活性豆渣饲料,是以豆渣和少量麦麸为原料,经腐乳生产用菌在适宜条件下进行发酵。发酵过程中,由于产生了大量的蛋白酶,可促进动物胃肠对有机物消化吸收。经蛋鸡饲养试验研究表明,豆渣发酵饲料可以完全代替鱼粉,不仅解决了鱼粉短缺的问题,而且与鱼粉相比还具有浓郁的香味和

增加畜禽适口性的优点,提高了饲料利用率,增加了豆渣的营养价值,可被广泛用作各种饲料的蛋白源,利于畜禽充分消化吸收。

Yang^[10]研究了通过用豆浆渣与花生壳混合,采用混合的瘤胃微生物进行发酵青贮饲料,发现当青贮饲料中豆浆渣和花生壳的鲜重比例为78:22时,能有效减少纤维和木质素的含量,提高发酵速率并加快体外瘤胃发酵模式。

莫重文^[11]采用在豆渣中生长良好,对纤维素和半纤维素降解率强的酱油酿造米曲霉、黑曲霉和廉价的啤酒酵母为菌种,来提高发酵料的蛋白质含量和可消化性,进行了固态混合菌的发酵研究,结果发现发酵豆渣产品中蛋白质含量可达29.76%,粗

蛋白质含量比原来增加 43.07%。

豆渣还可用来生产宠物食品。爱芬食品公司正在研究把豆渣作为原料添加到宠物食品中,不仅可以提高宠物食品的营养,还降低了生产成本。

1.2 发酵豆渣在食品中的应用

豆渣在微生物的作用下口感变得细腻,豆腥味消除,食用性能得到改善,经过发酵的豆渣具有多种功能性,如抗氧化、降血压、抑制糖尿病、降低胆固醇等^[12]。

1.2.1 霉豆渣和酱油 Kronengerg^[13]对雅致放射毛霉发酵得到的霉豆渣研究发现,在 15℃ 发酵 80 h 后,有酸性蛋白酶产生,还释放出大量氨基酸,非蛋白氮是发酵前的 8 倍。此外,将豆渣与麸皮等量混合,接入米曲霉发酵,按照制备酱油的工艺,也可以制得酱油。因此以豆渣为主要原料制造酱油是可行的,从产品的营养、味道、色泽等方面也得到了消费者的欢迎,是很有发展前景的生产工艺。

1.2.2 酱制品和调味品 刘晓庆等^[14]在制酱工艺中,经过曲精发酵后的豆渣曲,由原来的散落状态结合成块状,富有弹性,物料表层布满黄绿色的孢子,口感变细腻,无豆腥味,有霉香味,其中氨基酸态氮含量可以达到 0.85%,与传统豆酱风味和口感相差不大。以新鲜豆渣为主要原料,添加 20% 的花生饼,采用固态低盐发酵,发酵后,加入香菇、香辛料浸出液,在较短的时间内可酿造出美味可口的调味品。

1.2.3 面包和馒头制品 余永红^[15]采用面包串珠霉发酵豆渣 3~5 d 后,发现与新鲜豆渣相比,发酵后的产品中异黄酮、蛋白质和水溶性固形物的含量分别提高了 10%、32% 和 500%,发酵后产品的加工特性和营养成分均得到了改善及提高。孔捷^[16]用豆渣替代部分面粉制作馒头,将豆渣过胶体磨粉碎后添加到面粉中,结果表明膳食纤维能增强面团筋力,影响馒头的膨胀度,使出笼馒头口感更加松软,味道更加纯正,并伴有淡淡的甜味及豆香味。

1.2.4 酸奶 豆渣中水溶性膳食纤维和果胶对酸奶有与明胶相似的作用效果,能够改善酸奶的品质,提高酸奶的保水性;促进双歧杆菌增殖的功能,进一步提高乳制品的营养价值和应用范围。白婕^[17]用压榨豆浆后得到的豆渣为原料,用超声波辅助化学法提取豆渣膳食纤维,利用超微粉碎改性后(豆渣膳食纤维 10%)与低聚木糖等辅料,并添加至全脂乳中发酵,制成一种膳食纤维保健酸奶。

1.3 发酵豆渣在其他方面的应用

还原糖作为生物质能源的先驱,在发酵过程中

通过微生物或酵母可以进一步转化为燃料酒精,具有良好的发展前景。Zhu 等^[18-19]研究了利用亚临界水条件下从废弃的豆渣中生产还原糖,通过研究反应温度、反应时间和 CO₂ 对还原糖产量的影响,发现反应温度为 300℃、反应时间 360 s 时还原糖产量最高可以达到 65.7%。

Shi 等^[20]采用固体发酵,研究了重复使用豆渣作为固体基质,通过绒状火菇在豆渣中发酵产生生物活性多糖,研究了多糖的抗氧化性和免疫调节活性。Fan^[21]以豆渣为碳源,液体培养能产生 EPA 和 DHA 的 9 株亚热带菌株,发现其中一株菌 *Schizochytrium mangrovei* 在 25℃ 下发酵 52 h 后,DHA 的产量可以达到 747.7~2 778.9 mg·L⁻¹。豆渣培养基经优化处理后能够满足苍白杆菌的生长及代谢需要,并且对培养基中的 Cr(VI) 还原效果与在 LB 培养中相当。

罗富英等^[22]研究发现使用抗菌肽豆渣发酵液,对伤根和未伤根香蕉幼苗枯萎病的防治效果分别达 85.10% 和 94.50%。潘进权等^[23]利用毛霉发酵过程中分泌的复合酶系水解豆渣中大分子物质,发现毛霉发酵可以显著增加豆渣中可溶性膳食纤维的含量,提高可溶性膳食纤维的得率。

2 豆渣直接添加在食品中的应用

2.1 饼干和糕点

饼干的烘焙对面粉筋力质量要求很低,可以较大比例地添加膳食纤维,因此有利于制作以膳食纤维功能为主的保健饼干。制作饼干时,直接向其中添加 6% 的豆渣,制备了口感松脆、香甜、热能低、高膳食纤维、低脂肪的健康食品。张锐利等^[24]将豆渣添加到糕点中,由于膳食纤维具有很高的持水力,可使产品组织松软富有弹性、口感细腻光滑、香甜,有利于产品的凝固或保鲜。

2.2 面条

在面条制作中,豆渣膳食纤维有较强的持水性,和面时容易吸水膨胀,与部分吸水的面筋蛋白一起形成网络结构,有利于改善面条的品质。孙小凡等^[25]将豆渣膳食纤维添加到面条中,豆渣膳食纤维颗粒度为 100 目、豆渣膳食纤维用量 9%、与海藻酸钠、食盐进行混合,制备的面条具有良好的烹煮品质,面条韧性良好、滑爽筋道、耐煮耐泡。

2.3 膨化和油炸食品

以豆渣为原料,利用有效的方法去除豆渣的腥味和粗糙感,加入一定比例的淀粉制成的大豆膳食

纤维膨化食品,改善了膨化食品原来的风味和口感,且具有保健功能、风味独特、口感酥脆的特点。在油炸的休闲食品中添加大豆膳食纤维,改变小食品的持油保水性,增加其蛋白质和纤维的含量,稍加调味即得快餐食品。

2.4 豆沙

在新鲜豆渣中加适量水,用高速组织捣碎机搅拌破碎,用纱布滤至半干,经过蒸煮,加适量的白砂糖煮至稠糊状,用烘箱烘至表面无水即可。高纤维豆沙馅具有浓郁的豆香味,口感比纯豆沙粗糙,粘稠性也较低,膳食纤维丰富,可代替传统豆沙馅制作各种面点。

2.5 饮料及乳制品

水溶性膳食纤维类饮料是一种简单方便的补充膳食纤维的方法,饮用膳食纤维饮料,可以解渴、补充水分,还可以提供人体所需的膳食纤维。豆渣水溶性膳食纤维具有与果胶相似的稳定蛋白颗粒和增稠的作用,还有低粘度、良好的成膜性,能阻止蛋白质凝聚,使制备的酸性乳饮料性质稳定。日本开发研究的豆渣碳酸饮料,无大豆腥味、蛋白分散性好,稳定且无沉淀、营养丰富,包含二十几种氨基酸、风味佳、口感愉快,不需加乳化剂及凝胶剂。

速溶豆渣奶粉利用超细乳化理论学技术,使豆渣达到粉碎和乳化的目的,产品粒度在 $1\ \mu\text{m}$ 以下,能够悬浮于溶液中,经浓缩、喷雾干燥便得到速溶豆渣奶粉。该产品即冲即饮,食用比较方便。

2.6 肉食制品

研究表明可溶性膳食纤维与蛋白形成的可络合物是一种新型的凝胶体,能使肉汁中的香味成分发生聚集作用而不散逸,并能保持产品具有良好的弹性和柔软的质地,起到保水保油的作用。此外,膳食纤维也是一种优良的脂肪替代品。

Fernandez-Gines 等^[26]将大豆膳食纤维添加到香肠中,当添加量为 5% 时,其外观性状和内在质量均不低于普通香肠,其风味和口感也得到进一步改善。大豆膳食纤维还可应用于罐头制品、汉堡包、火腿肠、午餐肉、三明治、肉松、肉丸子和馅饼等肉制品中,不仅改变了肉制品加工特性,而且增加了蛋白质含量和纤维的保健性能。

3 豆渣在工业中的应用

3.1 吸附剂

李莲等^[27]研究表明豆渣在未经任何化学预处理情况下,对水中 Cd^{2+} 和 Zn^{2+} 有很好的去除效果,对二

者的最大吸附量分别为 19.61 和 $11.11\ \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

李景权等^[28]发现豆渣颗粒在卷烟滤嘴中可以有效降低主流烟气中的总粒相物、焦油和部分有害物质。其中各成分的降幅分别为总粒相物 3.48%、焦油 2.99%、CO 0.92%、B(a)P 18.21%、NNK 5.57%、巴豆醛 31.60%、 NH_3 6.12% 和苯酚 12.98%。

此外,还可以利用干豆渣与植物胶粘剂、表面活性剂、除臭剂等经粉碎、混合和成型制成用于掩埋宠物粪便和尿液的猫砂。这种猫砂为表面细微多孔结构组成且密度小重量轻,吸水速度和效果好,还具有除臭功能。

3.2 缓蚀剂

陈武等^[29]从豆渣中提取氨基酸制备缓蚀剂,采用静态挂片法对提取物的缓蚀性能进行研究,结果表明提取物对酸化介质中的 J55 钢缓蚀效率最高达 97.8%。提取物能显著增加电化学阻抗谱圆弧半径,缓蚀效果显著。因此,从豆渣中提取缓蚀剂具有一定的可行性。

3.3 胶合板

利用豆渣液化物生产木材用胶粘剂,对生物质原料制备木材用胶粘剂的发展具有重要的现实意义。利用豆渣苯酚液化物与甲醛在碱性环境中进行反应,制取热固性酚醛树脂。制取的胶粘剂用于胶合板的压制,胶合板的胶合强度可达到 II 类胶合板的标准要求。

3.4 可食用纸

酶解豆渣提取豆渣纤维后,与山药、糊精、蔗糖和卡拉胶等混合,采用普通纸的生产方法制得可食性包装纸成品。可食用纸的柔软度与普通包装纸相近,定量及紧度和脆性较大,吸水性大于普通包装纸,水溶性较好。具有可食性、安全性、无污染的特点,是集环保、经济且实用于一体的新型纸张。可食纸在食品工业中的用途非常广泛,如快餐面的调料包装纸、糖果、饼干、粉状食品和饮品内包装纸等。

3.5 塑料

塑料可以分为两种:第一种是最近利用榨油后的豆渣为原料成功制备出大豆分离蛋白塑料片材和大豆渣塑料片。将工业木质素、 TiO_2 纳米粉、陶瓷纳米粉和纤维素粉添加到大豆分离蛋白中制备出各种塑料,有效地提高了抗水性、强度、断裂伸长率和杨氏模量。第二种是可降解塑料,利用玉米黄粉与豆渣混合后,用双螺杆挤压机挤压制成粒,然后

母粒再被挤压成型为可降解性塑料。

3.6 生物柴油

日本专家利用豆渣进行了生物柴油的研制。从豆渣所提炼出来的生物柴油,混合汽油后可变成汽车可用油,这个制作过程与用玉米提炼的生物柴油一样,具有 99.5% 的纯净度。

3.7 杀虫剂

日本大阪府立大学的林英雄在对微生物来源的杀虫化合物的研究中发现,从土壤样品中分离得到了一个可以产生杀虫物质的真菌菌株—AK-40 株。经过鉴定发现该菌为简青霉。当用豆渣碱培养该菌,其菌株产生了 2 种有杀虫活性的吡啶生物碱。因此,豆渣可用来制备杀虫剂,其中简青霉产生的新杀虫化合物—豆渣碱对 4 种害虫具有良好的杀虫效果。豆渣碱 B 对甜菜夜蛾的二龄幼虫,在 0.001% 浓度下就有杀虫活性^[30]。

4 其他方面的应用

4.1 面膜

利用新鲜的湿豆渣为原料,经过干燥、粉碎、面膜制备、灭菌、包装等工艺可制备豆渣美白粉质面膜和面膜膏。该款面膜纯天然、无污染、性能温和、无刺激、无副作用,且能够彻底清除面部死皮细胞,有清洁和美白的双重功效。

4.2 微胶囊壁材

豆渣可溶性膳食纤维油脂壁材感官及理化指标良好,用作粉末油脂壁材,能更好地增强产品的保健功能^[31]。因为豆渣可溶性膳食纤维本身就有降低血脂和血清胆固醇的功效,对人的健康十分有益。豆渣酶解产物作为花生油-西藏酥油微胶囊壁材,油脂微胶囊化后可以降低油脂对外界环境的敏感性,延长储存时间,易于称量、运输,提高与其他物料的混合性^[32]。

此外,研究人员还对大豆豆渣中糖化菌粉、Iturin A、DHA、异黄酮以及抗氧化剂 V_E 的提取进行了研究。

5 展 望

随着国内外研究的逐渐深化及加工技术的不断改革,人们营养保健认识不断提高,对豆渣的加工有必要做更多更系统的深入研究。把豆渣应用在不同产业中,不但解决了豆渣废弃的问题,而且使豆渣的经济效益最大化,环境污染最小化,真正做到了变废为宝。实现大豆资源的二次利用,豆渣

也将成为一种优质的加工原料,为人类做出更大的贡献。

参考文献

- [1] Liu X B, Jin J, Wang G H, et al. Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China[J]. Field Crops Research, 2008, 105: 157-171.
- [2] 高金燕. 豆渣的营养与药用价值[J]. 中国食物与营养, 2003 (11): 48-50. (Gao J Y. Bean dregs nutrition and medicinal value [J]. Chinese Food and Nutrition, 2003 (11): 48-50.)
- [3] Woo G H, Shibutani M, Kuroiwa K, et al. Lack of preventive effects of dietary fibers or chlorophyllin against acrylamide toxicity in rats [J]. Food and Chemical Toxicology, 2007, 45: 1507-1515.
- [4] Yan H, Wang Z J, Xiong J, et al. Development of the dietary fiber functional food and studies on its toxicological and physiologic properties[J]. Food and Chemical Toxicology, 2012, 50: 3367-3374.
- [5] Jimenez-Escrig A, Tenorio M D, Espinosa-Martos I, et al. Health-promoting effects of a dietary fiber concentrate from the soybean byproduct okara in rats [J]. Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56 (16): 7495-7501.
- [6] Kaczmareczyk M M, Miller M J, Freund G G. The health benefits of dietary fiber; Beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer [J]. Metabolism Clinical and Experimental, 2012, 61: 1058-1066.
- [7] Freund G. The health benefits of dietary fiber; Beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer [J]. Metabolism Clinical and Experimental, 2012, 61: 1058-1066.
- [8] Mateos-Aparicio I, Mateos-Peinado C, Jiménez-Escrig A, et al. Multifunctional antioxidant activity of polysaccharide fractions from the soybean byproduct okara [J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 82: 245-250.
- [9] 吴迎春. 发酵豆渣在生猪养殖中的应用[J]. 山东畜牧兽医, 2010, 31(10): 26. (Wu Y C. Fermentation bean dregs in the application of pig breeding [J]. Shandong Animal Husbandry and Veterinary, 2010, 31(10): 26.)
- [10] Yang C M J. Soybean milk residue ensiled with peanut hulls: fermentation acids, cell wall composition, and silage utilization by mixed ruminal microorganisms[J]. Bioresource Technology, 2005, 96: 1419-1424.
- [11] 莫重文. 混合菌发酵豆渣生产蛋白质饲料的研究[J]. 中国饲料, 2007 (14): 36-38. (Mo C W. Mixed bacteria fermentation bean dregs production protein feed research [J]. China Feed, 2007 (14): 36-38.)
- [12] Couto S R, Sanromán M A. Application of solid-state fermentation to food industry—A review [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 76: 291-302.
- [13] Kronenberg H J, Hang Y D. Biochemical changes in okara during meitauza fermentation [J]. Nutrition Reports International, 1984, 30: 439-443.
- [14] 刘晓庆, 殷丽君, 鲁排, 等. 豆渣酱制曲工艺条件优化[J]. 食品

- 发酵与工业,2008,34(7):111-114. (Liu X Q, Yin L J, Lu P, et al. Study on the fermentation conditions of okara sauce [J]. Food and Fermentation Industries, 2008, 34(7):111-114.)
- [15] 余永红,邓泽元,李静,等.面包串珠霉发酵对豆渣成份影响研究[J].食品科学,2005,26(9):147-149. (Yu Y H, Deng Z Y, Li J, et al. The change of components in soybean residue fermented by *Morçilia sitophila mont* [J]. Food Science, 2005, 26(9):147-149.)
- [16] 孔捷.豆渣馒头制作工艺的研究[J].农产品加工·学刊,2009(5):44-46. (Kong J. Study on the steam bun with beans dregs [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2009(5):44-46)
- [17] 白婕,沈银梅,余庆斌.豆渣膳食纤维酸奶的研制[J].中南林业科技大学学报,2012,32(10):179-183. (Bai J, Shen Y M, Yu Q B. Development of soybean dregs dietary fiber yoghurt [J]. Journal of Central South University of Forestry Technology, 2012, 32(10):179-183.)
- [18] Zhu G Y, Zhu X, Fan Q, et al. Production of reducing sugars from bean dregs waste by hydrolysis in subcritical water [J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2011, 90:182-186.
- [19] Zhu G Y, Zhu X, Xiao Z B, et al. Pyrolysis characteristics of bean dregs and in situ visualization of pyrolysis transformation [J]. Waste Management, 2012, 6:1-6.
- [20] Shi M, Yang Y N, Guan D, et al. Bioactivity of the crude polysaccharides from fermented soybean curd residue by *Flammulina velutipes* [J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 89:1268-1276.
- [21] Fan K W, Chen F, Jones E B G, et al. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids production by and okara-utilizing potential of *thraustochytrids* [J]. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 2001, 27:199-202.
- [22] 罗富英,汪云,李典.抗菌肽豆渣发酵液对香蕉枯萎病的防治效果研究[J].植物保护学现代农业科技,2012(10):150. (Luo F Y, Wang Y, Li D. Effect of antimicrobial peptides—bean dregs fermentation on fusarium wilt disease of banana [J]. Plant Protection Modern Agricultural Science and Technology, 2012(10):150.)
- [23] 潘进权,伍惠敏,陈雨钊.毛霉发酵法制备豆渣可溶性膳食纤维的研究[J].食品科学,2012,33(15):210-215. (Pan J Q, Wu H M, Chen Y D. Preparation of soluble dietary fiber from soybean dregs by *mucor* fermentation [J]. Food Science, 2012, 33(15):210-215.)
- [24] 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):61-64. (Zhang R L, Liu H Y, Lyu Y. Development of bean dregs fibre cake [J]. Grain Processing, 2011, 36(3):61-64.)
- [25] 孙小凡,曾庆华.豆渣膳食纤维面条烹煮品质特性研究[J].中国食物与营养,2009(11):46-49. (Sun X F, Zeng Q H. Bean dregs dietary fiber noodle cooking quality characteristic research [J]. Food and Nutrition in China, 2009(11):46-49.)
- [26] Fernández-Ginés J M, Fernández-López J, Sayas-Barber E. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages [J]. Meat Science, 2004, 67(1):7-13.
- [27] 李莲,袁兴中,刘先锋,等.豆渣对水中 Cd^{2+} 和 Zn^{2+} 的吸附 [J]. 化工环保, 2008, 28(4):296-299. (Li L, Yuan X Z, Liu X F, et al. Adsorption of Cd^{2+} and Zn^{2+} in water by bean dregs [J]. Environmental Protection of Chemical Industry, 2008, 28(4):296-299.)
- [28] 李景权,马涛,尧珍玉,等.豆渣颗粒在卷烟滤嘴中的应用研究 [J]. 大豆科学, 2012, 31(5):827-830. (Li J Q, Ma T, Yao Z Y, et al. Application of soybean residue particles in cigarette filter [J]. Soybean Science, 2012, 31(5):827-830.)
- [29] 陈武,胡园,王大勇,等.酸化介质中豆渣提取物的缓蚀性能 [J]. 腐蚀与防护, 2012, 33(7):548-551. (Chen W, Hu Y, Wang D Y, et al. Corrosion inhibition performance of bean dregs extracts in acidification mediums [J]. Corrosion & Protection, 2012, 33(7):548-551.)
- [30] 幸兴球.筒青霉产生的新杀虫化合物—豆渣碱 [J]. 昆虫知识, 1993, 30(6):371-372. (Xing X Q. Jianxing mold to produce new insecticidal compounds—solids alkaline [J]. Entomological Knowledge, 1993, 30(6):371-372.
- [31] 周德红,郑为完,祝团结,等.酶法水解豆渣制备水溶性膳食纤维及其作为微胶囊壁材的研究 [J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(5):55-58. (Zhou D H, Zheng W W, Zhu T J, et al. Preparation of soluble dietary fiber from soybean residue and its uses as microencapsulating wall material [J]. Food and Fermentation Industries, 2005, 31(5):55-58.)
- [32] 周德红,郑为完,熊华,等.豆渣酶解产物作为花生油-西藏酥油微胶囊壁材的研究 [J]. 食品工业科技, 2006, 27(2):87-89. (Zhou D H, Zheng W W, Xiong H, et al. Soybean residues soluble enzymatic hydrolysates peanut oil-tibet better microencapsulate processing research [J]. Science and Technology of Food Industry, 2006, 27(2):87-89.)