

微生物发酵处理对豆粕抗营养因子的影响

熊智辉¹, 过玉英, 陈丽玲, 徐淑玲

(江西农业大学动物科学技术学院, 南昌 330045)

摘要 对豆粕的微生物发酵处理, 可降低抗营养物质对动物的影响, 减少不必要的应激, 提高豆粕的营养成份和饲喂价值。本文综述了发酵豆粕的特点及其加工工艺。

关键词 豆粕; 发酵; 抗营养物质; 加工工艺

中图分类号 Q815 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)03-0396-04

THE INFLUENCE OF THE MICROORGANISM FERMENTATION PROCESSING TO THE SOYBEAN MEAL ANTI-NUTRITION FACTORS

XIONG Zhi-hui, GUO Yu-ying, CHEN Li-ling, XU Shu-ling

(Animal Nutrition Laboratory of Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045)

Abstract The soybean meal by processed microorganism fermentation could be reduced the effect of the anti-nutrition to the animal, reduced the nonessential stress, enhances the nutrition ingredient and the feed value of the soybean meal. This article summarized the fermented soybean meal's characteristic and the processing craft.

Key words Soybean meal; Ferment; Anti-nutrients; Processing craft

1 豆粕的应用及其抗营养因子

豆粕是豆油加工副产品, 目前主要用作酱油、食醋等发酵原料及直接作为饲料用。豆粕的粗蛋白质含量很高, 可达到43%~48%, 是制备畜禽精饲料的基本原料, 且富含多种氨基酸(如表1)对家禽和猪摄入营养很有好处, 尤其是其它植物性饲料易缺的赖氨酸, 其含量高达2.5%~3.0%。

但是直接用豆粕饲喂畜禽它的蛋白质生物转化率较低, 主要是由于豆粕中含有许多抗营养因子。目前已在豆粕中发现了10余种抗营养因子(ANFS)(如表2), 根据热稳定性可将其分为两类: 热不稳定

性抗营养因子和热稳定性抗营养因子。前者包括胰蛋白酶抑制因子、植物凝聚素、尿素酶和致甲状腺肿因子; 后者包括植酸盐、胀气因子和过敏因子等, 它们以不同方式对动物生长产生不同程度的抑制作用^[1]。如胰蛋白酶抑制剂(TI)可以阻碍肠道内蛋白水解酶的作用, 且含量也比较高, 在豆粕中的含量为2%左右^[2]。TI能阻碍肠道内蛋白水解酶的作用而使蛋白质消化率下降, 引起恶心、呕吐等肠胃中毒症状; 另一方面TI还作用于胰腺本身, 刺激胰腺分泌过多的胰腺酶, 造成蛋白质内源代谢损失, 导致动物出现消化吸收功能失调或紊乱, 抑制了机体的生长; 另外, 由于胰脏大量地制造胰蛋白酶, 可造成胰脏肿大中毒等应激现象^[3]。

表 1 不同油籽粕的氨基酸组成比较

Table 1 The comparison of the different oil seed rice dregs' amino acid composition

	带皮豆粕 Hulled soybean meal	去皮豆粕 Shelled soybean meal	棉籽粕 Cotton seed meal	加拿大菜籽粕 Canada rapessed meal	花生粕 Peanut meal	菜籽粕 Rape seed meal	葵花籽粕 Sunflower meal
精氨酸 Arg	3.4	3.8	4.6	2.3	4.6	2.0	3.5
赖氨酸 Lys	2.9	3.2	1.7	2.3	1.8	1.7	1.7
蛋氨酸 Met	0.65	0.75	0.52	0.70	0.42	1.5	1.5
胱氨酸 Cys	0.67	0.74	0.64	0.47	0.73	0.7	0.7
色氨酸 Trp	0.6	0.7	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5
组氨酸 His	1.1	1.3	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
亮氨酸 Leu	3.4	3.8	2.4	2.6	3.7	2.6	2.6
异亮氨酸 Ile	2.5	2.6	1.3	1.5	1.8	2.1	2.1
苯丙氨酸 Phe	2.2	2.7	2.2	1.5	2.0	2.2	2.2
苏氨酸 Thr	1.7	2.0	1.3	1.7	1.2	1.5	1.5
总价值 Total value	2.4	2.7	1.9	1.9	1.9	2.3	2.3

资料来源: Soybean Meal InfoSource, January, p2(1997)

表 2 常用豆科籽实及其饼粕类饲料中抗营养因子^[4]

Table 2 Commonly used leguminosae seed and the anti-nutrition factors in them

抗营养因子 Anti-nutrition factor	分布 Distribution	主要作用 Anti-nutrition factor
蛋白酶抑制剂 Proteinase inhibitor	大多数豆科籽实	影响生长、降低胰蛋白酶、糜蛋白酶活性、增加胰酶分泌、胰腺肥大与增生(鸡)
外源凝集素 Exterior agglutinin	大多数豆科籽实	肠壁损害、免疫效应、增加内源蛋白分泌损失、影响生长,死亡
抗原蛋白 Antigenic protein	大多数豆科籽实等	干扰肠壁完整性、免疫效应
单宁 Tanning	豆科籽实及其饼粕等	与蛋白质、碳水化合物、酶形成复合物,影响蛋白质、碳水化合物消化与利用
致甲状腺肿素 Goitrogen	菜籽及其饼粕类	影响碘利用、甲状腺、肝、适口性和生长,致甲状腺肿大
游离棉酚 Detaching gossypol	棉籽及其饼粕	影响赖氨酸有效性、矿物质生物有效性
植酸磷 P-phytate	大多数豆科籽实	干扰矿物质生物有效性,形成蛋白复合物
生物碱 Alkaloid	羽扇豆等	降低适口性,影响生长

2 消除方法

消除豆粕中抗营养因子的途径:可通过减少抗营养因子的含量,降低或钝化其活性来实现。国内外一直在研究这些抗营养因子的去除方法,目前主

要有物理、化学、育种、添加剂、生物技术等多种途径^[5]。

2.1 物理钝化法

物理钝化法是利用 ANFS 的热不稳定性,经适当热处理使大豆中的 TI 等热敏性抗营养因子灭活,同时使豆粕蛋白质的可溶性降低,从而提高豆粕养

分的消化率。目前公认的较好的热处理方法是 120℃ 热压处理 15 min 或 105℃ 蒸煮 30 min, 还有可以使用膨化技术生产膨化大豆, 这几种处理均可使 TI 活性降低 70% ~ 85%^[1]。热处理豆粕可以有效地破坏一些抗营养因子的分子结构。但是, 热加工处理工艺复杂, 能源消耗大, 加热法仅适用于对热不稳定的抗营养因子, 如蛋白酶抑制剂、凝血素、抗维生素因子等。它对热稳定的抗营养因子(如植酸、低聚糖类等)无效。而且加热不够, 不能消除抗营养因子, 加热过度则会破坏饲料中的氨基酸和维生素, 加热过程还会引起氨基酸与碳水化合物反应。如赖氨酸与还原糖反应生成不溶性复合物, 导致蛋白质消化率下降。降低饲料的营养价值, 影响豆粕的利用率^[6]。主要原因可能是加热过度会使豆粕中热敏氨基酸破坏, 易使赖氨酸、精氨酸等碱性氨基酸的 ϵ -氨基与还原性糖发生 Maillard 反应, 生成动物完全不能消化吸收的棕色聚合物, 从而降低蛋白质的营养价值。且热处理过度还会使大豆蛋白以化学交联键合形式附聚, 绝大部分酶不能水解这种结构的蛋白, 致使饲养效果下降。在轻度 Maillard 反应产物中, 大多数结合型氨基酸可用常规分析方法检测出来, 而深度 Maillard 反应产物中结合型的氨基酸则不能测出, 而这两种结合型氨基酸都不能被鸡利用^[7]。

2.2 化学钝化方法

化学钝化方法是近年来广泛尝试的方法, 其原理为通过改变 TI 的分子结构, 破坏二硫键, 达到钝化 TI 活性的目的。常见的化学钝化剂有戊二醛溶液、VC + CuSO₄、偏重硫酸钠(Na₂S₂O₅)和亚硫酸钠(Na₂SO₃)等。化学钝化应用的最大阻碍是化学物质残留, 处理费用高和大量处理困难^[1]。

2.3 植物育种法

通过植物育种途径, 育种低抗营养因子或无抗营养因子的植物品种, 这种方法可从根本上除去抗营养因子。但抗营养因子是植物用于防御的物质, 降低其含量可能对植物本身引起反作用, 如产量、抗病能力降低, 而且育种周期较长、成功率低, 成本较高^[5]。

2.4 微生物发酵法

利用微生物发酵生产出发酵豆粕, 可分解和破坏有害因子, 使豆粕中的一些成份改变, 降低豆粕中有害因子的含量, 原来豆粕中的一些不能被消化吸收的多糖变得可以被吸收利用, 可有效提高蛋白质

生物转化率^[3]。

豆粕经少孢根霉 RT-3 发酵后, 能明显提高消化率(表 3), 且氨基酸比(AAS)、化学生物价(CBV)、必需氨基酸指数(EAAI)和蛋白功能比值(PER)都有不同程度提高(表 4)。豆粕经发酵, 粗蛋白含量变化不显著, 但可溶性蛋白、氨基态氮和可溶性固形物含量分别增加 3.2 倍、2.3 倍和 19.4 倍, 可溶性指数从 22% 上升至 63.2%。游离氨基酸总量增加近 15 倍, 其中必需氨基酸增加 35.2 倍, 亮氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸和蛋氨酸分别增加 128 倍、125 倍、68 倍和 61 倍。这也表明经发酵可产生许多小肽, 氨基酸易被家禽吸收, 从而改善大豆蛋白生物转化率。另外 Fe、Zn 等金属元素也有所增加, 植酸含量降低约 72%^[8]。

表 3 发酵对豆粕消化率影响(%)

Table 3 The influence of the fermentation to the nutritive value of soybean meal

大豆 Soybean	大豆粉 Soybean flour	大豆组织蛋白 Soybean tissue protein	豆浆 Soybean milk	发酵豆粕 Fermentation soybean meal	
消化率 True nutritive value	60 ~ 65	75	83 ~ 85	84.9	92.8

表 4 发酵对豆粕蛋白化学评分影响(%)

Table 4 The influence of the fermentation to the chemistry grading of the soybean meal

	AAS	CBV	EAAI	PER
未发酵豆粕 No-fermentation soybean meal	50.47	60.89	70.67	2.12
发酵豆粕 Fermentation soybean meal	64.1	68.20	84.10	2.92
提高率 Enhances rate	27	12	19	38

大豆异黄酮作为天然物质, 具有广泛的生物学活性。在豆粕中含有生物活性物质大豆异黄酮, 但是豆粕中的异黄酮主要以异黄酮糖苷形式存在, 即葡萄糖通过 β -葡萄糖苷键与异黄酮甙元结合形成异黄酮苷, 而只有游离的异黄酮甙元才具有生物学功能^[9,10]。大豆异黄酮甙元具有弱雌激素活性、抗氧化活性、抗溶血活性、抗真菌活性、强心功能、增强毛细血管功能、预防老年妇女骨质疏松症功能、抗血

管收缩功能,可用于防癌尤其是抑制乳腺癌、前列腺癌、结肠癌、胃癌等癌症发生^[11]。如大豆异黄酮能够抑制 DNA 拓扑异构酶 II 活性,使肿瘤细胞 DNA 单链和(或)双链断裂,或干扰能诱发乳腺癌病毒 mRNA 的合成,从而抑制和干扰瘤细胞和病毒基因表达和转录^[12,13]。

豆粕经过发酵后,其异黄酮的生物学活性如抗菌性能得到增强,如嵇美华研究表明,发酵豆粕中提取、精制的异黄酮对细菌的最低抑制浓度(MIC)为 0.24%,而豆粕中提取、精制的异黄酮对细菌的抑制浓度为 0.48%,说明了异黄酮经过发酵后,其抗菌活性明显增强。因此可以作为营养保健成份添加到其它产品中,或作为防腐剂添加到食品中,防止食品腐败变质和食物中毒及其它一些食源性疾病的发生^[14]。

且抗氧化性能也得到增强,从经过发酵处理的豆粕中提取的异黄酮与未经过发酵处理的豆粕中提取的异黄酮抗氧化性能的比较发现,前者的抗氧化效果较相同浓度的后者要好,在大豆油中添加量均为 20mg/kg 时,过氧化值的增加倍数分别是 17.6 和 19.6^[15]。异黄酮的抗氧化作用主要是由于它的双酚结构使得酚羟基能与自由基反应形成相应的离子和分子,淬灭自由基,终止自由基的连锁反应^[16]。

3 豆粕发酵工艺

发酵豆粕属于发酵饲料中的一种,所谓发酵饲料,就是利用微生物在饲料原料中的生长繁殖和新陈代谢,积累有用的菌体、酶和中间代谢产物来生产加工和调制的饲料,因此也称为微生物饲料^[17]。

发酵豆粕在 1983 年王厚德教授发现的扣囊拟内孢霉时就已有研究。扣囊拟内孢霉 *Endomycopsis Sp* 是从酒精废醪中分离出的一株酵母菌,在固态基质上的好氧条件下可大量繁殖,并可达到较高的细胞数。用固体菌种地面蒲层发酵晒干,以豆粕为主作原料,无毒性问题,由于量小,产品质量易于控制,生物效价较高,只要适当平衡赖、蛋氨酸、钙磷后,接近或超过秘鲁鱼粉,产品一度供不应求^[18]。

豆类发酵一般流程:精选大豆—清洗—浸泡—脱皮—蒸煮—冷却—调酸—接种混匀—发酵—成品^[19]

常规豆粕发酵工艺:常规豆粕发酵采用米粉作发酵基质生产根霉孢子作为发酵剂,发酵时间要

48~72 h。传统发酵豆粕的发酵剂主要有三种:(1)前一批发酵豆粕饲料;(2)以前豆粕发酵时使用的覆盖物中霉菌残留物;(3)高热过度生长真菌菌丝体。

而吴定等用少孢根霉 RT-3 菌丝作发酵剂发酵豆粕新工艺,使得发酵时间缩短了 24~36 h。主要的步骤是先将豆粕置高压锅 115℃、20 min,取出加适量水,加 10% 麸皮,再用乳酸酸化基质,混匀,接种发酵剂,再混匀,置 39℃ 培养。待菌丝将豆粕完全覆盖,结成块后,40℃~50℃ 真空干燥,粉碎成颗粒饲料。利用菌种对豆粕进行发酵,生产大豆异黄酮甙元,提高豆粕的经济附加值^[8]。

也有的采用多菌种作发酵剂对豆粕进行混合发酵,如姚晓红等用酵母菌 y-021、y-028、乳酸菌 Lc 三种菌株共同作用于豆粕中^[3]。

4 结语

这几年鱼粉的价格狂涨,为了减少对鱼粉的依赖程度,都在考虑其他的替代物,其中发酵豆粕就是其中一种。发酵豆粕以其工艺简单、价格低廉、营养性好,得到很多饲料加工厂的青睐。目前在乳猪料中应用的比较多,在其他饲料中的应用有待进一步的发展。

参 考 文 献

- [1] 席鹏彬,张宏福,侯先志. 膨化加工对全脂大豆营养价值的影响及在仔猪饲料中应用效果的研究进展(仔猪营养生理与饲料配制技术研究)[M]. 北京:中国农业出版社,2001:415-422.
- [2] 周春晖,黄惠华. 大豆胰蛋白酶抑制因子失活方法的研究进展[J]. 食品科学,2001,22(5):84-87.
- [3] 姚晓红,吴逸飞,汤江武,等. 微生物混合发酵去除生豆粕中胰蛋白酶抑制剂的研究[J]. 饲料工业,2005,26(15):14-16.
- [4] 郭荣富,陈克嶙. 猪鸡饲料中植物蛋白抗营养因子研究进展[J]. 饲料博览,1995,(4):11-13.
- [5] 吴新民,傅仕洪. 豆粕中抗营养因子处理技术研究进展[J]. 中国畜牧业,2004,(18):68-69.
- [6] 吴新民,傅仕洪,陈小春. 豆粕中抗营养因子常用的几种处理技术的效果[J]. 草原与饲料,2004,(9):66-67.
- [7] 肖玲,龚月生. 热处理对豆粕品质的影响[J]. 粮食与饲料工业,2000,(4):23-25.
- [8] 吴定,江汉湖. 豆粕发酵饲料工艺研究[J]. 粮食与饲料工业,1998,(3):18-20.

- [52] Banks S. W. , Dewick P. M. Biosynthesis of glyceollins I, II and III in soybean [J]. *Phytochemistry*, 1983, 22 (12): 2729 ~ 2733.
- [53] Bhattacharyya M. K. , Ward E. W. B. Expression of gene - specific and age - related resistance and the accumulation of glyceollin in soybean leaves infected with *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* [J]. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 1986, 29: 105 ~ 113.
- [54] Kimpel J. A. , Kosuge T. Metabolic regulation during glyceollin biosynthesis in green soybean hypocotyls [J]. *Plant Physiology*, 1985, 77: 1 ~ 7.
- [55] Ward E. W. B. , Lazarovits G. , Unwin C. H. , et al. I. Hypocotyl reaction and glyceollin in soybean inoculated with zoospores of *Phytophthora megasperma* var. *sojae* [J]. *Phytopathology*, 1979, 69(9): 951 ~ 954.
- [56] Grisebach H. , Edelmann L. , Fischer D. , et al. Biosynthesis of phytoalexins and non - gene inducing isoflavones in soybean. *Signal Molecules in Plants and Plant - Microbe Interactions* [M]. Edited by Lugtenberg B. J. J. Springer - Verlag Berlin Heidelberg, 1989: 57 ~ 64.
- [57] Ebel J. Phytoalexin synthesis; the biochemical analysis of the induction process [J]. *Annual Review of Phytopathology*, 1986, 24: 235 ~ 264.
- [58] Hagmann M. L. , Grisebach H. Enzymatic rearrangement of flavanone to isoflavanone [J]. *FEBS letter*, 1984, 175: 199 ~ 202.
- [59] Kochs G. , Grisebach H. Enzymic synthesis of isoflavones [J]. *European journal of biochemistry*, 1986, 155: 311 ~ 318.
- [60] Graham T. L. Constitutive conjugates of daidzein and genistein may play multiple roles in early race specific antibiotic resistance in soybean (Abstract) [J]. *Phytopathology*, 1989, 79: 1199.
- [61] Dann E. K. , Diers B. W. , Hammerschmidt R. Suppression of *Sclerotinia* stems rot of soybean by lactofen herbicide treatment [J]. *Phytopathology*, 1999, 89: 598 ~ 602.
- [62] Graham T. L. , Graham M. Y. Role of hypersensitive cell death in conditioning elicitation competency and defense potentiation [J]. *Physiological and molecular plant pathology*, 1999, 55: 13 ~ 20.
- [63] Graham T. L. , Graham M. Y. Defense potentiation and competency; redox conditioning effects of salicylic acid and genistein [J]. *Plant Microbe Interactions*, 2000, 5: 181 ~ 220.
- [64] Landini S. , Graham M. Y. , Graham T. L. Lactofen induced isoflavone accumulation and glyceollin elicitation competency in soybean [J]. *Phytochemistry*, 2003, 62: 865 ~ 874.
- (上接 399 页)
- [9] Murakami H. Antioxidative stability of tempe and liberation of isoflavones by fermentation [J]. *Agricultural and Biological Chemistry*. 1984, (48): 2971 - 2975.
- [10] Naim M. Soybean isoflavones , characterization , determination , and antifungal activity [J]. *Agriculture Food Chemistry* , 1974 , 22 (5) : 806 - 810.
- [11] 吴定, 袁建, 周建新, 等. 固态发酵豆粕生产大豆异黄酮研究 [J]. *中国粮油学报*, 2004, 19(2): 72 - 75.
- [12] Adlercreutz H , Hockerstedt K. Effect of dietary components , including lignans and photestrogens , on enterohepatic circulation and liver metabolism of estrogens , and on sex hormone binding globulin [J]. *Steroid Biochem.* , 1987, 27(4) : 1135 - 1144.
- [13] Constantinou A , Kiguchi K. Induction of differentiation and strand breakage in human HL - 60 and K - 562 leukemia cells by genistein [J]. *Cancer Res.* , 1990 , 50(19) : 2618 - 2624.
- [14] 嵇美华. 发酵豆粕中异黄酮对细菌抑制作用的研究 [J]. *四川粮油科技*, 2003, (2): 11 - 12.
- [15] 姚明兰, 周建新, 孙明, 等. 发酵豆粕中异黄酮的抗氧化性研究 [J]. *中国油脂*, 2003, 28(5): 67 - 68.
- [16] 汪立君, 李里特. 大豆及大豆制品中的抗氧化物质. *中国食品报*, 2004, 1.
- [17] 余伯良. 发酵饲料生产与应用新技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999, 10: 2 - 7.
- [18] 钟启平. 固态发酵设施与发酵蛋白饲料 [J]. *江西饲料*, 1997, 4: 20 - 22.
- [19] 王华, 陈有容, 齐凤兰. 丹贝发酵新工艺的研究 [J]. *食品工业*, 2002, (3): 44 - 46.