

酵母细胞壁及其在动物生产中的应用

黄彪 吕东海

南京诺齐生物科技有限公司，南京 210014

摘要:酵母细胞壁作为一种环保型绿色饲料添加剂，在动物生产中的应用十分广泛。大量试验表明，它能提高动物免疫机能，增殖肠道有益菌，抑制有害菌，吸附霉菌毒素，从而提高动物的生产性能。本文综述了酵母细胞壁的主要成分、机理、作用、影响因素及其在畜牧生产中的应用。

关键词:酵母细胞壁； β -葡聚糖；甘露聚糖；应用

近年来，随着人们认识到滥用抗生素对环境 and 人类健康带来极大危害，欧盟从 2006 年起全面禁止在动物饲料中添加抗生素。由于多糖具有各种各样特殊、复杂的化学结构和不同的生理功能以及广泛的应用价值，如在抗肿瘤、抗炎、抗病毒、降血糖、抗衰老、抗凝血、免疫促进等方面发挥着重要的生物活性作用，已经成为当今科研最热门的研究领域之一。其中，酵母细胞壁作为一种很有发展前景的饲料添加剂和具有抗生素兼益生菌双重作用的免疫促进剂，越来越受到学术界和养殖业的重视。本文就酵母细胞壁在动物生产中的应用做一简述。

1 酵母细胞壁的主要成分及结构

酵母细胞壁主要成分是葡聚糖(57.0%)、甘露聚糖(6.6%)、糖蛋白(22.0%)和几丁质，共占细胞壁干重的 85%左右（图 1）。酵母细胞壁呈淡黄色粉末状，无苦味。

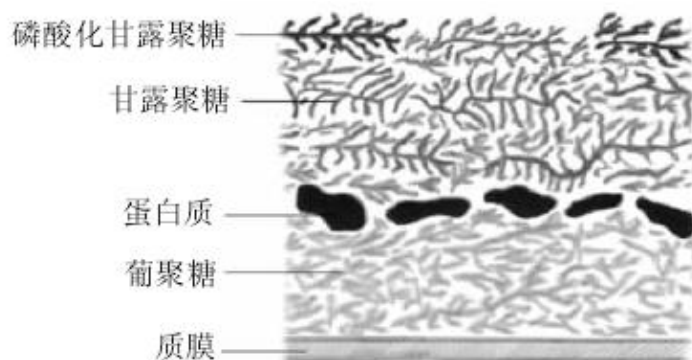


图 1 酵母细胞壁的基本结构

酵母细胞壁为坚韧的“三明治”结构。酵母细胞壁一般分为 3 层，中间层是糖蛋白层，内外两层分别为葡聚糖层和甘露聚糖层，这两层多糖也是酵母细胞壁

多糖的主要成分。有研究表明，酵母细胞壁的结构是动态且可被调控的，其结构和组成可以被严格调控并能对环境变化做出广泛地响应^[1]。

2 酵母细胞壁的作用机理

2.1 β -葡聚糖的作用机理

β -葡聚糖是一种具有特殊结构的多糖，通常由 10~20 个单糖组成，分子量约为 6500~7500，大多数为水不溶性或胶质的颗粒。与一般以 β -1,4 键相结合的糖不同， β -葡聚糖中的单糖之间以 β -1,3 键和 β -1,6 键相连。由于特殊的键结方式和分子氢键的存在， β -葡聚糖呈螺旋形分子结构，其特殊的构型容易被免疫系统接受，对动物的免疫系统具有较强的刺激作用。体内网状内皮系统(RES)在葡聚糖的刺激下产生大量对免疫功能起关键作用的巨噬细胞^[2]。当 β -葡聚糖通过细胞表面糖蛋白(LECTIN)与巨噬细胞结合后，巨噬细胞就被激活，并能诱导机体产生一系列的细胞免疫和体液免疫反应，增强机体非特异性免疫力。故又将 β -葡聚糖称为免疫多糖。

2.2 甘露寡糖(MOS)的作用机理

甘露寡糖(MOS)由 2~10 个单糖组成，单糖之间以 α -1,2; α -1,3 及 α -1,6 键相连，多为碱溶性的。MOS 与很多饲料纤维类似，都含有大量不能为消化酶切断的化学键，在小肠中几乎不能被消化利用而进入消化道后段，并为动物消化道菌群(主要为消化道后段菌群)的有益菌如双歧杆菌、乳酸杆菌等选择性发酵利用，以有机酸、 CH_4 、 CO_2 、 H_2 的形式放出或参与代谢，提供能量。同时，发酵产生的酸性物质使整个肠道的 pH 下降，抑制了有害菌的生长。

另外，有些病原菌粘附在寡糖底物上而不与动物肠道上皮细胞相接触，因而病原菌无法在肠道中固定下来，也就失去了对畜禽的危害作用。研究表明，许多病原菌的细胞表面均含有一种特殊的用于细胞识别的蛋白质，称为外源凝集素。它们能与肠内壁细胞表面上的受体结合而粘附在肠上皮上繁殖。而肠内壁细胞表面的受体，其结构就是短链带分支的糖类物质，故寡糖加入饲料中会竞争性地和病原菌细胞表面的外源凝集素结合，阻止病原菌在肠上皮上的粘附，减少肠道病原菌的数量。由于肠道内有益菌群和有害菌群具有竞争排斥作用，甘露寡糖有效

限制肠道有害菌群定植和繁殖的同时促进了有益菌群的生长繁殖,有效维护肠道微生态平衡^[3]。

3 酵母细胞壁的功能

3.1 激发、增强机体的免疫力和抗病力

酵母细胞壁含有大量的 β -(1,3)-D-葡聚糖和甘露寡糖,对细菌、真菌和病毒引起的疾病以及运输、转群、接种、气候变化等引起的应激反应产生非特异性的免疫力^[4]。甘露寡糖本身具一定的免疫原性,能够刺激机体免疫应答;寡糖分子与动物肠道内有害微生物肠内皮细胞上受体的结构相似,因此能与一定的毒素、病毒和真菌细胞的表面结合而作为这些外源抗原的佐剂,减缓抗原的吸收,增加抗原的效价,从而增强动物体的细胞和体液免疫反应;甘露寡糖能够刺激肝脏分泌甘露糖结合蛋白,因此可影响免疫功能;还可以促进有益菌如双歧杆菌等的大量增殖,而双歧杆菌可以提高机体的抗体水平,激活巨嗜细胞的吞噬活性,从而影响机体的免疫功能。

3.2 维护肠道微生态平衡、抑制有害菌的繁殖

β -葡聚糖作为一种高效免疫增强剂,对侵入动物体内的微生物具有防御功能。研究发现,一些磷酸化葡聚糖的价值在于它能与所感染的致病细菌、真菌和病毒结合,从而改善病灶的发展过程,抑制了有害菌的繁殖。甘露寡糖作为良好的益生元,为消化道后段的有益菌如双歧杆菌、乳酸杆菌等选择性利用,促进有益菌的增殖,同时抑制了有害菌的生长,从而维护肠道微生物的平衡。

3.3 吸附霉菌毒素的作用

霉菌毒素可以引起畜禽生产力下降、繁殖机能障碍,严重者可引起死亡。同时,霉菌毒素还可在畜禽产品中残留,给人类健康安全带来极大隐患。研究表明,甘露聚糖和 β -葡聚糖可选择性吸附霉菌毒素,而不影响其他养分的吸收。谭斌等研究表明,酵母细胞壁对各种霉菌毒素的结合率均较高(表1)。

表1 酵母细胞壁多糖对各种霉菌毒素的吸附力 %

霉菌毒素	吸附作用	解吸附作用	吸附力
黄曲霉毒素	92	12	80
T-2 毒素	86	10	76

呕吐毒素	59	10	49
玉米赤霉烯酮	58	18	40
赭曲霉毒素	70	36	34

注：试验数据为国家酵母技术中心谭斌、朱金林等(2009)的研究结果。

酵母细胞壁具有添加量低且有效，而且在胃肠道内稳定性高，排出后可以被降解等特点。是一种非常有前景的霉菌毒素吸附剂产品。

细胞壁通过增强机体的免疫力和抗病力、维护肠道微生态平衡、促进矿物质元素的吸收、吸附霉菌毒素等作用，改善动物的生产性能，促进动物生长。并且，酵母细胞壁多糖对酸解过程比较稳定，其碎片能完好无损地通过胃或皱胃，因此，酵母细胞壁在动物生产中的应用十分广泛。

4 酵母细胞壁在动物生产中的应用

4.1 酵母细胞壁在猪生产中的应用

在猪饲料中添加少量酵母细胞壁提取物，能改变其消化道微生物菌群，提高猪的日增重和饲料转化率。且对肠道组织具有保护和营养作用。

酵母细胞壁能改善仔猪的非特异性免疫能力，提高碱性磷酸酶活性，降低谷草转氨酶和谷丙转氨酶的水平。同时，酵母细胞壁有提高蓝耳病、伪狂犬、猪瘟疫苗抗体效价的趋势^[5]。Eicher 等研究表明，对于未断乳仔猪和断乳后仔猪，将β-葡聚糖与维生素 C 联合使用，比单独使用维生素 C 的对照组的平均日增重要高，差异达到显著水平^[6]。段丽娟、潘树德等研究了表明，在饲料中添加 0.05% 酵母细胞壁多糖可显著降低 28 日龄断奶仔猪腹泻率，可提高日增重 7.6%(P>0.05)^[7]。应用实践表明，在猪场长期坚持使用酵母细胞壁，可以起到净化部分病原的作用。

4.2 酵母细胞壁在家禽生产中的应用

大量研究表明酵母细胞壁同样能提高鸡的生产性能，增强机体免疫力。李志清发现，肉仔鸡免疫器官的发育同日粮中酵母细胞壁的添加量有关，随着酵母细胞壁添加量的增大，脾脏相对重量和法氏囊相对重量逐渐增加，至 2000mg/kg 时效果最好。酵母细胞壁不但能够增强机体的非特异性免疫，可显著提高肉仔鸡

日增重及饲料转化效率，并且添加酵母细胞壁有促进 21 日龄肉仔鸡盲肠内乳酸杆菌增殖的趋势^[8]。谭本杰等研究表明，在肉鸡日粮中添加酵母多糖能明显提高肉鸡生产性能，增强机体免疫力，最适宜的添加水平为 0.15%^[9]。Zhang 等在肉鸡日粮中添加 0.3% 啤酒酵母细胞壁可显著降低 0-3 周的料肉比和提高 0-5 周日增重^[10]。在蛋鸡方面，王允超研究证实，饲料中添加适当剂量啤酒酵母和提取的酵母多糖可以提高蛋鸡免疫 ND 疫苗和大肠杆菌疫苗的抗体水平，改善肠道内环境，促进生长^[11]。

4.3 酵母细胞壁在牛生产中的应用

杉浦创等采用犊牛口服干酵母细胞壁制剂 β -1,3 葡萄糖的试验方法发现，口服干酵母细胞壁制剂能促进新生犊牛未成熟 T、B 淋巴细胞转化率和 IgG 的产生，从而提高犊牛的免疫功能^[12]。李江林等研究发现，酵母葡聚糖应用于低脂乳中可以改善口感，使其细腻、风味饱满，品质稳定，显著延长货架期^[13]。

4.4 酵母细胞壁对水产动物生产中的应用

酵母细胞壁可使鱼、虾、蟹等免疫器官的发育加快。淋巴细胞数量增加，既可增强非特异性免疫，又能激发机体体液免疫的产生。大量的试验证实，酵母细胞壁及其提取物在畜禽和水产养殖中发挥了很好的防病、治病和保健作用，可以显著改善动物成活率、质量增加率和饵料系数。殷海成在黄河鲤鱼饲料中添加酵母细胞壁，显著提高鲤鱼的生长性能^[14]。张恒研究表明，在饲料中添加一定浓度的酵母细胞壁，能够提高草鱼的摄食量、质量增加率，并降低草鱼的死亡率和饵料系数^[15]。陈昌福等在南美白对虾饲料中添加 10.0mg/kg 的酵母细胞壁，能显著提高南美白对虾血清和肌肉中 ACP 和 ALP 活性($P<0.05$)，极显著地提高肝胰腺中 ACP、ALP 和 POD 的活性($P<0.01$)，增强抗哈维弧菌感染的能力^[2]。汪成竹研究表明，在中华鳖的饵料中按每千克鳖重添加 1000.0 mg 左右的酵母细胞壁能有效地增强白细胞的吞噬活性，说明该物质对中华鳖的免疫系统具有刺激作用^[16]。

5 影响酵母细胞壁作用效果的因素

5.1 应用的动物种类与生理阶段

不同种类和生理阶段的动物由于自身免疫系统的完善程度与发育状况不同，对酵母细胞壁的免疫识别与应答程度不同，最终表现在对生产性能的影响效果不一样。一般来说，免疫系统相对简单的低等动物如虾、蟹类，免疫系统发育不成熟的幼龄动物及处于非正常状态（如疾病、应激、高强度生产等）下的动物应用酵母细胞壁效果比较理想。

5.2 酵母细胞壁的纯度

酵母细胞壁在提取过程中，不同工艺水平导致细胞内容物的残留量不同，甚至还会含有其它杂质如从啤酒酵母中提取时可能带来大麦芽、啤酒糟等。使细胞壁的纯度降低，影响到酵母细胞壁的作用效果。一般优质的酵母细胞壁总氮在 2.5% 以下，氨基氮 0.25% 左右，不含非酵母来源的其它杂质。

5.3 酵母细胞壁中多糖的含量。

酵母细胞壁中的功效成分主要是 β -葡聚糖和甘露寡糖。不同种类，不同加工方法来源的酵母细胞壁中多糖含量不同，作用效果也不一样。优质的酵母细胞壁 β -葡聚糖含量在 25% 以上，甘露寡糖含量在 20% 以上。

5.4 酵母细胞壁的破壁技术与工艺

由于酵母细胞壁是一种坚韧的“三明治”结构， β -葡聚糖、甘露寡糖和糖蛋白嵌合在一起，在动物肠道内难以释放出来发挥作用。优秀的破壁技术和工艺能够实现完全破壁，达到两糖分离的效果，使 β -葡聚糖和甘露寡糖充分释放出来。破壁完全的产品肉眼观察应为极细的粉末状，在高倍显微镜下观察呈不规则状而非球型。

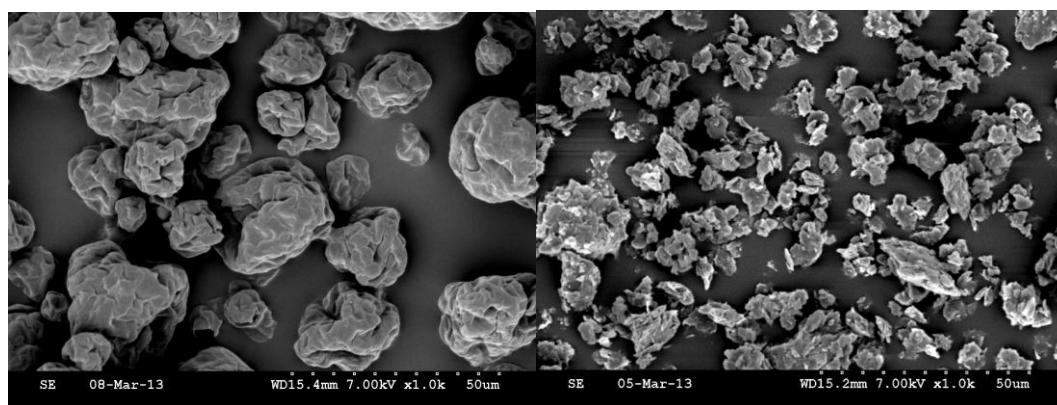


图 2 扫描电镜下（1000 倍）的未破壁酵母细胞壁（左）与破壁的酵母细胞壁（右）

综上所述, 酵母细胞壁多糖能平衡肠道菌群, 提高免疫力和吸附霉菌毒素, 是一种高效的免疫促进剂; 在生产上, 能明显增强动物机体的抗病能力, 提高生产性能。而且酵母细胞壁是天然成分, 不会带来污染。随着对酵母细胞壁多糖研究的不断深入, 其实际应用也越来越普及, 定会在今后要求日益严格的动物生产中发挥巨大作用。

参考文献:

- [1] 绍明丽, 许梓荣. 酵母细胞壁对动物机体的免疫作用及其作用机理[J]. 饲料研究, 2002, 5: 26-27.
- [2] 陈昌福, 姚鹃, 陈萱, 等. 口服免疫多糖(酵母细胞壁)对南美白对虾抗哈维弧菌感染的作用[J]. 安徽农业大学学报, 2004, 31(4): 402-405.
- [3] Spring P., Wenk C., Dawson K., et al., The effects of dietary mannaoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks [J]. Poultry Science, 2000, (79): 201-211.
- [4] 罗毅, 戴晋军, 周小辉. 酵母细胞壁多糖在鸡生产中的应用[J]. 中国牧业通讯, 2009, 11: 22-23.
- [5] 王学东, 李永, 姚娟等. 酵母细胞壁对仔猪部分免疫指标影响的初步研究[J]. 中国饲料, 2008, 22: 16-18.
- [6] Eicher S. Supplemental vitamin C and yeast cell wall β -glucan as growth enhancer in new born pigs and as immunomodulators after an endotoxin challenge after weaning[J]. American Society of Animal Science, 2006, 84: 2352-2360.
- [7] 段丽娟, 潘树德, 边连全, 等. 酵母 β -葡聚糖对仔猪生产性能的影响[J]. 饲料工业, 2006, 2: 41-42.
- [8] 李志清. 日粮中酵母细胞壁及其 β -葡聚糖对肉仔鸡生长及免疫力的影响: 硕士学位论文[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [9] 谭本杰, 李萍萍, 朱雅静, 等. 酵母多糖对肉仔鸡生产性能和免疫功能的影响[J]. 饲料广角, 2011, 7: 20-22.
- [10] Zhang A, Lee B, Lee S, et al. Effects of Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Cell Components on Growth Performance, Meat Quality and Ileal Mucosa Development of Broiler Chicks[J]. Poultry Science, 2005, 84: 1015-1021.
- [11] 王允超. 破壁蜂花粉、啤酒酵母及其提取多糖对蛋鸡免疫功能的影响: 硕士学位论文[D]. 山东: 山东农业大学, 2003, 5: 69-78.
- [12] 杉浦创等. 干酵母细胞壁制剂对新生犊牛免疫细胞的影响[J]. 2003, (30) 2: 48-49.
- [13] 李江林, 谢爱英, 刘劲文. 酵母葡聚糖在低脂牛奶中的应用研究[J]. 农业与技术, 2012, (32) 7: 7-8.
- [14] 殷海成. 酵母免疫多糖对黄河鲤鱼生长和非特异性免疫的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2009, 6: 38-39.
- [15] 张恒, 刘立鹤, 贺国龙, 等. 酵母细胞壁对草鱼生长和免疫性能的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2011, 11: 57-60.
- [16] 王成竹, 姚鹃, 吴凡, 等. 免疫多糖(酵母细胞壁)对中华鳖非特异性免疫功能的影响[J]. 华中农业大学学报, 2006, (25) 4: 421-425.