

非淀粉多糖对饲料营养价值的影响 及其机理和消除方法(综述)

卢 峥^①

张日俊

(中国农业科学院畜牧研究所)

(动物科技学院)

摘 要 阐述了谷物饲料中所含非淀粉多糖(NSP)的种类、主要成分、对饲料营养价值的影响及其作用机理;提出了消除 NSP 的抗营养作用及提高饲料利用率的几种可行办法如添加酶制剂、水处理和添加抗生素等。

关键词 非淀粉多糖(NSP); 抗营养作用; 机理; 消除方法

中图分类号 S 816.15

The Anti-Nutritive Effect and Its Mechanism of Non-Starch Polysaccharides in Feed, and the Methods Improving Nutritive Value

Lu Zheng

Zhang Rijun

(Institute of Animal Science, CAAS)

(College of Animal Science and Technology)

Abstract This paper summarizes briefly the anti-nutritive effect of non-starch polysaccharides (NSP) in cereal feed. It discusses the antinutritive mechanism and main appearances of NSP to animals, as well as provides some applicable methods to improve the nutritive value of cereals: enzyme supplymentation, water treatment and dietary addition of antibiotics.

Key words non-starch polysaccharides(NSP); anti-nutritive effect; mechanism; improve methods

1 概述

近百年来,世界各国的营养学家在营养因子方面做了大量研究,目前人们对畜禽营养水平的需要已经有了比较深入的了解。随着动物科技事业的发展,人们逐渐意识到抗营养因子同样在营养学中占有重要的地位,因此,对抗营养因子的研究越来越受到广大营养学家的重视。

收稿日期: 1996-01-04

①卢 峥,北京海淀区圆明园西路中国农业科学院畜牧研究所,100094

所谓抗营养因子(antinutritional factors, ANFs)是指植物代谢产生的,并以不同机制对动物产生抗营养作用的物质^[1]。抗营养因子普遍存在于植物中^[2~5],其抗营养作用主要表现为降低饲料中蛋白质、脂肪、淀粉等营养物质的利用率、降低动物的生长速度和动物的健康水平^[6]。饲料原料中所含的抗营养因子很多,如豆类籽实中的尿酶、抗胰蛋白酶和凝集素,高粱中的单宁,棉籽饼中的棉酚,以及饲料中普遍存在的非淀粉多糖(non-starch polysaccharides, NSPs)等。它们对畜禽抗营养作用的表现各不相同,但都有降低饲料营养价值的作用。其中,大豆抗胰蛋白酶的抗营养作用已熟为人知,通过适度加热即可破坏其活性。而对于NSP的抗营养作用则近几年才引起重视。解除饲料中NSP的抗营养作用已取得了一些重要进展。本文将着重阐述NSP的来源(存在)、分类、主要组分、理化特性,对饲料营养价值的影响及其机理,以及解除NSP抗营养作用、提高饲料利用率(或营养价值)的方法。

2 饲料中非淀粉多糖的分类和主要特性

非淀粉多糖是指植物所含的、除淀粉以外的那部分多糖类物质,通常具有十分复杂的结构、组成和理化性质。根据非淀粉多糖的结构特点,可将其分为三类:(纤维素,为晶体类物质,不溶于水和碱溶液,但溶于浓酸;(非纤维素多糖,是组成植物细胞壁或纤维间质的物质,其中有一小部分可以溶于水中,但大部分不溶于水,而溶于稀碱溶液中,如阿拉伯木聚糖,(β -葡聚糖、甘露聚糖等);(果胶多糖,属于无定形物质,溶于水或稀碱溶液。另外,根据NSP在水中的溶解性分为可溶性NSP和不可溶性NSP。

从本质上讲,可溶性NSP是降低饲料中脂肪、淀粉和蛋白质营养价值的主要因素。可溶性NSP有:(阿拉伯木聚糖,由戊糖、阿拉伯糖和木糖构成,不同的谷物其分子量不等,部分溶于水,部分不溶于水,均能溶于稀碱溶液,若溶于水,可吸收约10倍于本身重量的水,进而形成高度粘性的水溶液^[7];(β -葡聚糖,存在于大多数谷物中,其中大麦和燕麦含量较高。其构型和分子量随种类而异,可溶于水;(甘露聚糖,主要存在于植物细胞壁中,其存在形式有所不同,谷物籽实中为半乳甘露聚糖,小麦面粉中为阿拉伯甘露聚糖,大米中为木葡聚糖,它们的物理化学性质尚不清楚;(果胶多糖,主要存在于禾谷类作物的茎叶细胞壁及大米中^[8],谷类籽实不含存^[9],溶于水或稀碱。

由于单胃动物不像反刍动物那样通过瘤胃大量的微生物产生许多降解NSP的酶,可消除NSP的抗营养作用。因此,NSP的抗营养作用在单胃动物表现十分明显。

3 非淀粉多糖对饲料营养价值的影响及其机理

3.1 可溶性NSP对单胃动物生产性能的影响

谷物饲料中含有的大量可溶性NSP,能结合大量水分,增加了消化道内容物的稠粘度^[10]。这种影响影决定于许多因素,如NSP分子大小、分子结构、是否存在电荷基团以及NSP本身的浓度等。

一般来说,NSP的分子量愈大、分子愈复杂,对消化道中液体的粘稠度的增加愈明显,对家畜的抗营养作用也更加突出。较低浓度的NSP会直接与水分子相互结合,使粘稠度增

加^[11]。而当 NSP 浓度较高时, NSP 就相互结合缠在一起成为网状物,更容易使肠道内容物的稠粘度增加。小肠内容物粘稠度增加后,会显著增加食糜在肠道停留的时间,降低单位时间内养分的同化作用,使饲料中脂肪、蛋白质和碳水化合物的消化作用降低,家畜的生产性能下降。试验证明,可溶性 NSP 对畜禽生产性能的影响十分显著^[12,13]($P < 0.05$)。

许多谷物饲料如小麦、黑麦和小黑麦等含有大量可溶性阿拉伯木聚糖,可以相互结合,降低谷物饲料的营养价值;而高粱、玉米中的阿拉伯木聚糖大部分是不溶性的,因而不对饲料的营养价值产生任何负影响。大麦和燕麦中主要含有大量的 β -葡聚糖,可以与纤维素一起同葡萄糖残基相连,因此饲喂含有 β -葡聚糖的饲料就会产生抗营养的作用。豆科饲料如大豆、豌豆等,均含有大量的果胶,其骨干碳水化合物是由半乳糖醛酸和鼠李糖组成,可与半乳糖、阿拉伯糖、阿拉伯聚糖、半乳糖或阿拉伯半乳糖结合。试验表明,用果胶喂鸡,也会降低饲料的营养价值。毛燕花糖(verbascose)、水苏糖(stachy)和棉籽糖(raffinose)都有类似 α -半乳糖的结构,相对属于短链糖类,能使畜禽产生腹泻和胃病。

3.2 可溶性 NSP 对饲料表现代谢能的影响

饲料中可溶性 NSP 的含量直接影响饲料的表现代谢能值^[14]。而且 NSP 含量越高则表现代谢能值越低,几乎呈线性变化^[15](图 1)。禾谷类和豆科饲料中均含有可溶性 NSP,但植物种子间 NSP 多糖的含量、存在形式及组成成分差异很大^[16],如不同品种小麦对家畜表现代谢能影响的变化范围为 10.4~15.9 MJ·kg 干物质(Annison, 1993)^[17]。种子的成熟度也会影响其 NSP 的含量,如豆科植物在开花期后 14 d,种子干物质中 NSP 含量平均为 5.63 g·kg⁻¹,到开花期后 42~43 d 时,其含量达 13.93 g·kg⁻¹^[18]。

不同植物中所含 NSP 的成分是不同的。禾谷类植物中 NSP 的组成成分主要是阿拉伯木聚糖(arabinoxylans), β -葡聚糖(β -glucans)和纤维素,而豆科植物中 NSP 的组成成分主要是果胶(pectin), α -半乳糖苷(α -galactosides)和纤维素(表 1)。

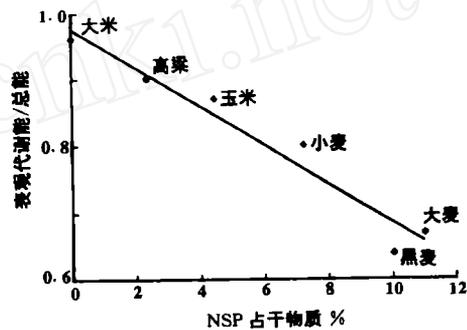


图 1 饲料中 NSP 含量与能量代谢率的关系

表 1 不同禾谷类饲料中 NSP 含量

禾谷类饲料	β -葡聚糖(g·kg ⁻¹ 干物质)	戊聚糖(g·kg ⁻¹ 干物质)	总计
稻,去壳	0	0	0
高粱	1	28	29
玉米	1	43	44
小麦	5	61	66
小黑麦	7	70	77
大麦	33	76	109
黑麦	12	89	101

引自:Annette, 1995

Graham 等研究表明,小麦表观代谢能值低的原因可能主要是由于小麦含的 NSP^[12], NSP 中水溶性戊聚糖含量的变化对小麦的表观代谢能值也有直接的影响^[19]。

3.3 可溶性 NSP 对养分消化率和利用率的影响

可溶性 NSP 在饲料中的抗营养作用还表现为降低脂肪的消化率、饲料能量利用率以及日粮干物质的消化率^[20]。由于 NSP 在畜禽消化道中增加了饲料稠粘度,使正常的消化作用堵塞,降低了对养分的消化作用。在消化过程中由于粘稠度增加,阻碍了内源酶与肠道内容物的接触,使消化道中的内源酶无法充分工作。更详细的作用机制尚进一步研究^[21]。黑麦中的阿拉伯木聚糖(戊聚糖)或大麦中的 β -葡聚糖达到一定水平都会降低谷物的营养价值。许多试验证明,分离小麦或黑麦中的戊聚糖,添加于肉仔鸡日粮中,会降低谷物的营养价值^[6]。Antoniou 等^[22,23]报道,在日粮中加入 3.4% 碱提取黑麦阿拉伯木聚糖后,使肉鸡的饲料转化效率和采食量分别降低 33% 和 34%,同时显著降低了氨基酸和脂肪的消化率,并出现明显的生长抑制,生长速度降低 50%。

3.4 NSP 对消化道酶活性等的影响

日粮中含有的可溶性阿拉伯木聚糖和 β -葡聚糖能直接结合消化道中多种消化酶,使其活性降低。NSP 也能显著增加蛋白质、脂类和电解质等内源物质的分泌,从而降低它们在体内的贮留^[24]。

4 消除 NSP 抗营养作用的方法

针对我国目前玉米价格升高而麦类成为许多地区饲料原料的实际情况,解除谷物饲料中 NSP 的抗营养作用,提高饲料利用率,具有十分重要的意义。

一般通过消除或钝化抗营养因子来解除对饲料营养价值的影响,如物理、化学、生物学和育种等方法以及控制饲料等措施。对于饲料中 NSP 的消除,宜采用以下几种方法。

4.1 添加酶制剂

NSP-降解酶目前专门推荐用于小麦、黑麦和小黑麦为基础日粮的一种 NSP 降解酶,可降解黑麦、小黑麦和小麦中高含量的戊聚糖。荷兰 Jeroch 等试验表明,日粮中添加 NSP-降解酶后,NSP 的不利作用即可消失。许多试验均表明,添加 NSP-降解酶对提高谷物的营养价值确实有效。NSP-降解酶能裂解 NSP 分子,使消化过程中饲料粘液的稠粘程度降低,从实质上消除 NSP 的抗营养作用^[25]。Classen 等^[26]在 9 种不同品种大麦基础日粮中加入 0.25 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的 NSP-降解酶,该产品中 β -葡聚糖降解酶的活性为 750 $\text{IU}\cdot\text{kg}^{-1}$,阿拉伯木聚糖降解的活性为 650 $\text{IU}\cdot\text{kg}^{-1}$,结果使肉鸡体重平均增加 12.3%,饲料转化效率提高 5.5%。这是由于大麦中 β -葡聚糖含量很高,添加 β -葡聚糖降解酶后,可使大麦中的 β -葡聚糖降解,从而提高了大麦的饲用价值,当然也不排除其他酶的作用。

有人在黑麦-小麦基础日粮中,按梯度(0.11, 0.22, 0.44, 0.88 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)添加含有阿拉伯木聚糖降解酶和 β -葡聚糖降解酶,使同肉鸡增重提高 27%,饲料转化效率提高 10%。

酶制剂之所以能改进饲养效果,并非是把多糖降解为单糖,增加多糖的吸收,而是由于它能把一些高聚糖如阿拉伯木聚糖、 β -葡聚糖等降解为较小的聚合物,因而改变了多糖物质增加消化液体粘稠度、抑制养分扩散吸收的性质,最终起到消弱、甚至消除饲料中

NSP降低饲料营养价值的作用。但在我国,由于目前对非淀粉多糖的研究较少,并且这种降解酶的成本较高,因而利用酶制剂来降低饲料中NSP的方法尚未普及。

4.2 水处理

Choct 等报道 30 年前有人做过通过水浸泡处理提高大麦、小麦和玉米营养价值的试验。如果利用水浸泡即可消除 NSP 的抗营养作用,既简单又经济,无疑是一种好方法。有人用水处理对大麦、小麦和玉米分别作了实验,研究其对 NSP 抗营养作用的消除状况,结果表明,水处理可以减轻小麦与大麦中 NSP 的抗营养作用,但对玉米效果不佳^[27, 28]。其原因可能是玉米中 NSP 的含量没有小麦和大麦中那么高,因而效果并不明显。可见,单纯的水处理不能完全消除各种饲料中 NSP 的抗营养作用(表 2)。

表 2 不同时间水处理对家禽日粮中黑麦营养价值的影响

日粮	水处理	增重 m/g	饲料消耗比	脂肪吸收/ $g \cdot kg^{-1}$
小麦	对照	402	1.99	720
黑麦	对照	271	2.68	490
黑麦	20	228	2.97	580**
黑麦	40	300*	2.40*	680**
黑麦	60	328**	2.23**	700**

* 差异显著 ($P < 0.05$)

** 差异极显著 ($P < 0.01$)

引自 Ward & Marquardt, 1988

4.3 日粮中添加抗生素

NSP 的抗营养作用主要表现在单胃动物,而反刍动物可以利用瘤胃中微生物的发酵作用,使其降解。于是有人提出在日粮中添加抗生素调节单胃动物肠道内的微生物区系,以消除 NSP 的抗营养作用(Tomas 等, 1979)^[29],但试验表明,其效果并不明显。只是从理论上试图找到一种合适的抗生素添加剂,调节单胃动物体内的微生物区系,达到类似反刍动物瘤胃微生物发酵的作用,消除 NSP 的抗营养作用。

4.4 其他方法

也有人报道,可利用其他一些方法消除 NSP 的抗营养作用,如 γ -射线照射(Tomas 等, 1979)^[29]、酸处理等,试验证明有一定效果。

5 结语

近些年来,我国的养殖业有了巨大发展,但同时加剧了人畜争粮的矛盾,不仅如此,耕地面积的日益减少使我国粮食问题更加严峻。因此,如何挖掘饲料的营养价值,提高饲料的利用率和转化效率,进而节约粮食资源,显得尤为重要,也是营养学家的重要课题之一。

由于 NSP 的抗营养作用主要来自可溶性 NSP 即非纤维多糖(如阿拉伯木聚糖, β -葡聚糖、甘露聚糖等)和果胶多糖(半乳糖醛酸聚合物)。从现有情况来看,我国每年大约有 1 000 万 t 麸皮和次粉、还有部分小麦、大麦、高粱用作饲料,其中均含有不同含量的可溶性

NSP, 消除其抗营养作用意义重大。因此, 开展对不同饲料中 NSP 定量定性研究以及 NSP 的抗营养机制的深入研究, 进而找到一些消除 NSP 抗营养作用的有效途径, 仍是营养学家们今后要努力的方向。

参 考 文 献

- 1 汪徽, 于炎湖. 抗营养因子研究进展, 动物营养研究进展. 北京: 中国农业科技出版社, 1994, 158~170
- 2 Cheeke P R, Shull L R. Natural toxicants in feeds and poisonous plants. USA; Westport Conn. AVI pub. Co. 1985
- 3 Friedman M. Nutritional and toxicological significance of enzyme inhibitors in foods. New York; Plenum Press. USA. 1986
- 4 Huisman J. Antinutritional factors (ANFs) in the nutrition of monogastric farm animals. *Nutrition and Digestive Physiology in Monogastric Animals*, 1989, 17~35
- 5 Savage G P, Deo S. The nutritional value of peas (*Pisum sativum*). *Nutrition Abstract and Reviews Series A*. 1989, 59: 65~88
- 6 Huisman J. Antinutritional factors in pig nutrition. *World Review of Animal Production*, 1990, 25:77~82
- 7 Jelaca S L, Hlynka I. *Cereal Chem*, 1971, 48:211
- 8 Fincher G B, Stone B, Pomeranz Y. *Advances in Cereal Science and Technology*. Minnesota; American Association of Cereal Chemists, 1986, 8:207
- 9 Shibuya N, Nakane R. Pectic polysaccharides of rice endosperm cell walls. *Phytochemistry*, 1984, 23(7): 1 425~1 429
- 10 Choct M, Annison G. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens; roles of viscosity and gut microflora. *British Poultry Science*, 1992(a), 33: 821~834
- 11 Choct M, Annison G. The inhibition of nutrient digestion by wheat pentosans. *British Journal of Nutrition*, 1992(b), 67: 123~132
- 12 Graham H, Bedford M, Choct M. High gut viscosity can reduce poultry performance. *Feedstuffs*, (February, 1), 1993, 65:6
- 13 Irish G G, Balnave D. Non-starch polysaccharides and broiler performance on diets containing soyabean meal as the sole protein concentrate. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1993, 44(7): 1 483~1 499
- 14 Leclere C, Lairon D, Champ M, Cherbut C. Influence of particle size and sources of non-starch polysaccharides on postprandial glycaemia, insulinaemia and triacylglycerolaemia in pigs and starch digestion in vitro. *British Journal of Nutrition*, 1993, 70(1):179~188
- 15 Choct, M, Annison G. Anti-nutritive activity of wheat pentosans in broiler diets. *British Poultry Science*, 1990, 31:811~821
- 16 Annette C. Non-starch polysaccharide composition and in vitro fermentability of tropical forage legumes varying in phenolic content. *Animal Feed Science Technology*, 1995, 55:161~177
- 17 Annison G. The role of wheat non-starch polysaccharides in broiler nutrition. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1993, 44(3):405~422
- 18 Weightman R M, Mathers J C, Wilcockson S J. Concentration and composition of non-starch

- polysaccharides in three pea varieties of contrasting seed type: effects of maturation and growing conditions. *Plant Varieties and Seeds*, 1993, 6(3):139~149
- 19 Annison G. Polysaccharide composition of australian wheats and the digestibility of their starches in broiler chicken diets. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 1990, 30:186~192
 - 20 Annison G, Choct M. Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. *World's Poultry Science J*, 1991, 47: 233~242
 - 21 Bingham S, Waldron K W, Johnson I T, Fenwick G R. Non-starch polysaccharides (NSP) and colorectal cancer: the current position. *Food and Cancer Prevention: Chemical and Biological Aspects*, 1993, 379~380
 - 22 Antoniou T, Marquardt R R, Cansfield P E. Isolation, partial characterization, and autinutritional activity of a factor in rye grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1981, 29(6): 1 240~1 247
 - 23 Antoniou T, Marquardt R R. The utilization of rye by growing chicks as influenced by autoclave treatment, water extraction and water soaking. *Poultry Science*, 1983, 62(1):91~102
 - 24 Low A G. Secretory response of the pig gut to non-starch polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology*, 1989, 23(1):55~65
 - 25 Jeroch H, Flachowsky G, Schubert R. Efficiency of nonstarch polysaccharide-degrading enzymes in fowl feeding. *Vitamine und Weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tier*, 1993: 342~353
 - 26 Classen H L, Campbell G L, Grootwassink J W D. Improved feeding value of Saskatchewan-grown barley for broiler chickens with dietary enzyme supplementation. *Canadian Journal of Animal Science*, 1988, 68(4): 1 253~1 259
 - 27 Ward A T, Marquardt R R. Effect of various treatments on the nutritional value of rye or rye fractions. *British Poultry Science*, 1988, 29:709~720
 - 28 Englyst H N, Quigley M E, Hudson G J, Cummings J H. Determination of dietary fibre as non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography. *London: Analyst November*, 1992, 117(11):1 707~1 714
 - 29 Tomas M A, Douglas Z, James M. Effect of gamma irradiation, fraction and penicillin supplementation on the rachitogenic activity of rye for chicks. *Poultry Science*, 1979, 58: 329~332