文章编号 :1009-038X(2001)06-0568-05

果寡糖对肥育猪生长及肠道菌群等的影响

胡彩虹, 王友明

(浙江大学饲料科学研究所;教育部动物分子营养学重点实验室,浙江 杭州 310029)

摘要:本试验研究了饲料中添加果寡糖对“杜长加”肥育猪生长及肠道菌群和消化酶活性的影响。与对照组相比,肥育猪日粮中添加0.50%和0.75%果寡糖使日增重分别提高了9.67%($P < 0.01$)和10.67%($P < 0.01$),使料重比分别降低了8.19%($P < 0.01$)和7.60%($P < 0.05$);添加0.50%和0.75%果寡糖使结肠中双歧杆菌、乳酸杆菌数分别增加了299.49%($P < 0.01$)和314.81%($P < 0.01$),97.40%($P < 0.05$)和141.67%($P < 0.05$),并使结肠内容物pH值分别降低了0.50($P < 0.05$)和0.90个单位($P < 0.01$)。添加果寡糖使结肠中大肠杆菌数、梭菌数下降,十二指肠内容物中总蛋白水解酶、胰蛋白酶、淀粉酶活性提高,果寡糖对胰脏中消化酶活性的影响不显著。

关键词:果寡糖;生长性能;肠道菌群;消化酶;肥育猪

中图分类号:Q 532.3

文献标识码:A

Effects of Supplemental Fructooligosaccharide on Growth Performance, Intestinal Microflora and Digestive Enzymes of Finishing Pigs

HU Cai-hong, WANG You-ming

(Feed Science Institute; The Key Laboratory of Molecular Animal Nutrition under Ministry of Education, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China;)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, intestinal microflora and digestive enzymes in finishing pigs (Duroc * Landrace * Jia). The results were as follows: (1) Consumption of 0.50% and 0.75% FOS improved ADG by 9.67% ($P < 0.01$) and 10.67% ($P < 0.01$), as compared with control, respectively. F/G ration was decreased by 8.19% ($P < 0.01$) and 7.60% ($P < 0.05$), respectively. (2) Pigs fed the diets supplemented with 0.50% and 0.75% FOS had an enrichment to colonic *Bifidobacteria* and *Lactobacilli* by 299.49% ($P < 0.01$) and 314.81% ($P < 0.01$), 97.40% ($P < 0.05$) and 141.67% ($P < 0.05$) together with a reduction of pH by 0.50 ($P < 0.05$) and 0.90 ($P < 0.01$). Pigs fed the diets supplemented with FOS had a suppression to *Colibacillus* and *Clostridia* respectively. (3) Supplementation FOS improved the activities of total protease, trypsin and α -amylase in duodenal content respectively. However, FOS had no effect on the activities of digestive enzyme in pancreas.

Key words: fructooligosaccharide; growth performance; intestinal microflora; digestive enzymes; finishing pigs

收稿日期 2001-06-04; 修订日期 2001-10-14.

基金项目 浙江省自然科学基金重点项目(ZD9902)与浙江省科委重点攻关项目(001102263)资助课题.

作者简介 胡彩虹(1972-),女,浙江东阳人,农学硕士,讲师.

果寡糖(fructooligosaccharide, 简称为 FOS),是由果糖单体以 β -1,2 糖苷键连接的不为内源酶所水解的碳水化合物。短链的果寡糖系由黑曲霉产生的果糖味喃糖苷酶作用于蔗糖,经脱色、过滤、脱盐及浓缩精制而成,主要含 GF_n 型(G, F 分别代表葡萄糖基和果糖基)。长链果寡糖系由菊粉经热水抽提而得,主要含 GF_n 型($2 < n < 60$)。果寡糖广泛存在于自然界中,目前已发现约 3 万种植物中含有果寡糖成分。如菊科、禾本科(大麦、小麦、黑麦等)、百合科、十字花科等^[1]。

体内外研究证实,果寡糖可作为营养物被双歧杆菌、乳酸杆菌等代谢,而梭状芽胞杆菌、肠杆菌、变形杆菌和大肠杆菌等细菌对其不能利用或代谢利用率很低^[1,2]。大量研究表明,果寡糖可提高仔猪日增重和饲料转化效率^[3~5],提高母猪产仔数,减少母猪分娩前后便秘现象,增加公猪精子密度和授胎率^[6~7]。

目前,我国畜产品生产正从仅重视畜产品的数量向重视畜产品品质尤其是其安全性转变。随着我国加入 WTO 的临近,畜禽产品的安全性,将是我国肉制品能否参与国际竞争、打入国际市场的一个关键因素。抗生素类促生长添加剂在畜产品中的残留,直接威胁着人类身体健康与安全,并对公共卫生产生不良影响^[8]。果寡糖能促进单胃动物肠道理想微生态形成,促进动物生长,并具有无污染、无残留的优点。因此,作者对果寡糖在肥育猪饲料中的应用及对肠道菌群和消化酶活性的影响进行了研究。

1 材料与方法

1.1 材料

果寡糖 含量 98% 浙江大学饲料科学研究所提供。

1.2 试验动物

“杜长加”三元杂交猪 浙江省湖州鑫翔养殖场提供。

1.3 试验饲料

参照美国 NRC(1998 版)肥育猪的营养需要配合成粉状全价料,配方及主要营养指标见表 1。

1.4 饲养试验及样品采集

将 96 头体重 50 kg 左右的杜长加肥育猪按饲养试验要求分成 4 组,每组设 3 个重复,每个重复 8

头,分别饲喂含 0、0.25%、0.50%、0.75% 果寡糖的饲料,自由采食和饮水,预试期 7 d,正试期 45 d。饲养试验结束时,禁食(自由饮水)24 h 后称重,计算试验猪的日平均采食量、日增重和料重比。饲养试验结束后,从每组选出体重相近的 6 头猪(公母各半)屠宰,无菌采取结肠内容物,进行肠道菌群分析,以胰脏和十二指肠内容物测定消化酶活性。

表 1 试验基础饲料组成和营养指标

Tab. 1 The formula and chemical composition of the basal diet %

原料	组成	营养成分	组成
玉米	66.0	消化能 DE	3.2 Mcal/kg
豆粕	19.0	干物质	88.0
菜粕	4.0	粗蛋白	15.5
次粉	8.0	粗脂肪	3.00
石粉	1.0	粗纤维	2.70
磷酸氢钙	1.2	钙	0.80
食盐	0.4	磷	0.60
赖氨酸	0.1	Lys	0.80
微量元素预混料*	0.25	Met	0.27
多维	0.04		

注:微量元素预混料由浙江大学饲料科学研究所提供,饲料中不含抗生素。

1.5 肠道菌群分析

按光冈氏肠内细菌群分析方法进行^[9]。称取 1 g 内容物加入 9 mL 灭菌稀释液 B 中,通入 CO₂ 同时混匀后,梯度稀释,涂抹于各培养基上^[9]。其中:双歧杆菌 改良 BS 培养基,37 °C,厌氧培养 72 h;乳酸杆菌 LBS 培养基,37 °C 厌氧培养 48 h;梭菌 NN 培养基,37 °C 厌氧培养 48 h;大肠杆菌 EM6(伊红美兰)培养基,37 °C 培养 24 h。培养后检查每一平板菌落数,根据菌落和细胞形态、革兰氏染色、芽胞形成,好氧性情况鉴定上述 4 种细菌。

1.6 十二指肠内容物和胰脏中消化酶活性测定

总蛋白水解酶、胰蛋白酶和糜蛋白酶活性测定参照 Krogdahl 等^[10]的方法,总蛋白水解酶活性定义为:每克湿内容物每分钟每增加 0.1 个吸光度为 1 个活性单位(U);胰蛋白酶活性定义为:每克湿内容物每分钟每增加 0.01 个吸光度为 1 个活性单位(U);糜蛋白酶活性定义为:每克湿内容物每分钟内每增加 0.01 个吸光度为 1 个活性单位(U)。淀粉酶

活性用宁波慈城生化试剂厂提供的试剂盒测定,淀粉酶活性定义为每克湿内容物每 15 min 水解 5 mg 淀粉的酶量为 1 个活性单位(U)。脂肪酶活性测定参照文献[11],脂肪酶活性定义为:每克湿内容物每分钟分解 1 nmol 甘油三酯为 1 个活性单位(U)。

1.7 数据处理

结果以 $\bar{x} \pm S$ 表示,数据处理与分析采用 SAS 软件包(SAS 6.12)GLM 程序进行多重比较。

2 试验结果

2.1 生长性能

由表 2 可见,与对照组相比,肥育猪日粮中添加 0.50% 和 0.75% 果寡糖使日增重分别提高了 9.67%($P < 0.01$)和 10.67%($P < 0.01$),添加 0.50% 和 0.75% 果寡糖使料重比分别降低了 8.19%($P < 0.01$)和 7.60%($P < 0.05$),果寡糖对日采食量没有影响。

2.2 结肠菌群和结肠内容物 pH 值

由表 3 可见,与对照组相比,肥育猪日粮中添

加 0.50% 和 0.75% 果寡糖使结肠中双歧杆菌数分别增加了 299.49%($P < 0.01$)和 314.81%($P < 0.01$),使乳酸杆菌数分别增加了 97.40%($P < 0.05$)和 141.67%($P < 0.05$),并使结肠内容物 pH 值分别降低了 0.50($P < 0.05$)和 0.90 个单位($P < 0.01$)。添加 0.25%、0.50% 和 0.75% 果寡糖使结肠中大肠杆菌数分别下降了 35.65%($P < 0.01$)、86.00%($P < 0.01$)、82.47%($P < 0.01$),使梭菌数分别下降了 37.91%($P < 0.05$)、98.53%($P < 0.01$)和 94.66%($P < 0.01$)。

2.3 胰脏和十二指肠内容物中消化酶活性

由表 4 可见,果寡糖对胰脏中消化酶活性无明显影响。表 5 显示,0.50% 和 0.75% 的果寡糖添加量使十二指肠内容物中总蛋白水解酶、胰蛋白酶、淀粉酶活性分别提高了 65.05%($P < 0.05$)和 79.84%($P < 0.01$)、66.00%($P < 0.01$)和 52.24%($P < 0.01$)、33.06%($P < 0.05$)和 42.34%($P < 0.01$)。果寡糖对十二指肠内容物中脂肪酶活性的影响不显著。

表 2 果寡糖对肥育猪生长性能的影响

Tab.2 Effects of FOS on average daily gain and feed efficient in finishing pigs

测定项目	果寡糖质量分数/%			
	0	0.25	0.50	0.75
始重/kg	49.13 ± 2.66	49.10 ± 2.76	49.14 ± 2.95	49.03 ± 2.83
终重/kg	78.30 ± 2.77	79.5 ± 3.24	81.14 ± 4.41	81.22 ± 3.13
日增重/g	648.22 ± 48.81 ^b	675.56 ± 43.32 ^b	711.11 ± 70.34 ^a	715.33 ± 59.38 ^a
日采食量/kg	2.20 ± 0.07	2.22 ± 0.13	2.23 ± 1.00	2.27 ± 0.09
料重比 F/G	3.42 ± 0.08 ^a	3.30 ± 0.07 ^{ab}	3.14 ± 0.13 ^b	3.16 ± 0.11 ^b

注:同行中标注字母不同者表示差异显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$),下同。

表 3 果寡糖对肥育猪结肠菌群和结肠内容物 pH 值的影响

Tab.3 Effect of FOS on colonic microflora populations and colonic pH in finishing pigs

测定项目	果寡糖质量分数/%			
	0	0.25	0.50	0.75
总厌氧菌(10^{10} 个/g)	4.57 ± 1.22	6.81 ± 2.30	5.02 ± 1.76	5.86 ± 3.05
双歧杆菌(10^7 个/g)	7.83 ± 5.12 ^b	12.10 ± 3.58 ^b	31.28 ± 3.88 ^a	32.48 ± 4.37 ^a
乳酸杆菌(10^9 个/g)	1.92 ± 0.85 ^b	3.32 ± 1.31 ^{ab}	3.79 ± 1.82 ^a	4.64 ± 1.69 ^a
梭菌(10^6 个/g)	80.50 ± 41.91 ^a	49.98 ± 23.54 ^b	1.18 ± 0.68 ^c	4.30 ± 1.24 ^c
大肠杆菌(10^8 个/g)	11.64 ± 2.74 ^a	7.49 ± 3.21 ^b	1.63 ± 1.04 ^c	2.04 ± 1.12 ^c
pH 值 万方数据	6.86 ± 0.27 ^a	6.60 ± 0.33 ^{ab}	6.34 ± 0.19 ^{bc}	5.96 ± 0.21 ^c

表 4 果寡糖对肥育猪胰腺中消化酶活性的影响

Tab.4 Effect of FOS on digest enzyme activity in the pancreas in finishing pigs

测定项目	果寡糖质量分数/%			
	0	0.25	0.50	0.75
总蛋白水解酶/(U/g)	196.14 ± 27.46	187.91 ± 24.93	193.56 ± 25.55	205.21 ± 20.62
胰蛋白酶/(U/g)	493.20 ± 24.93	465.95 ± 41.60	484.79 ± 59.04	466.35 ± 46.20
糜蛋白酶/(U/g)	2 089.99 ± 300.78	1 914.75 ± 190.63	2 029.01 ± 245.26	1 986.75 ± 183.58
淀粉酶/(10 ⁴ U/g)	219.81 ± 38.48	213.57 ± 23.31	235.73 ± 44.43	202.41 ± 24.25
脂肪酶/(U/g)	56.61 ± 4.17	52.77 ± 6.46	58.13 ± 5.90	56.35 ± 5.62

表 5 果寡糖对肥育猪十二指肠内容物中消化酶活性的影响

Tab.5 Effect of FOS on digest enzyme activity in duodenal contents in finishing pigs

测定项目	果寡糖质量分数/%			
	0	0.25	0.50	0.75
总蛋白水解酶/(U/g)	9.87 ± 2.13 ^b	10.26 ± 5.24 ^b	16.29 ± 3.21 ^a	17.75 ± 2.44 ^a
胰蛋白酶/(U/g)	40.35 ± 7.38 ^c	49.80 ± 15.63 ^{bc}	66.98 ± 6.09 ^a	61.43 ± 8.09 ^{ab}
糜蛋白酶/(U/g)	56.67 ± 6.97	55.18 ± 5.14	57.41 ± 4.93	58.03 ± 7.31
淀粉酶/(10 ⁴ U/g)	161.23 ± 22.19 ^c	173.68 ± 41.75 ^{bc}	214.54 ± 31.00 ^{ab}	229.50 ± 24.99 ^a
脂肪酶/(U/g)	61.61 ± 4.34	58.77 ± 5.91	62.02 ± 6.03	59.91 ± 4.86

3 讨 论

3.1 果寡糖对肥育猪生长性能及肠道菌群的影响

大量研究表明,果寡糖可提高仔猪日增重和饲料转化效率^[3~5],提高母猪产仔数,减少母猪分娩前后便秘的发生,增加公猪精子密度和授胎率^[6,7]。但 Farnworth 等(1992)认为果寡糖对猪生产性能没有或者有负影响^[12]。Houdijk(1998)发现,生长猪对果寡糖有一个适应期,果寡糖饲喂前 3 周对猪生长有抑制作用,而后 3 周则有促进作用,而且弥补了前 3 周的损失^[13]。Lyons 报道,果寡糖可提高肥育猪日增重 5%,但对饲料利用率没有影响^[14]。本试验结果表明,饲料中添加不同比例的果寡糖均不同程度地提高了肥育猪生长性能,添加 0.50% 和 0.75% 果寡糖能显著提高肥育猪的日增重和饲料转化效率,而 0.50% 和 0.75% 果寡糖组之间差异不显著。石宝明等报道,0.10% 的果寡糖增加了肠道中双歧杆菌的数量、降低了大肠杆菌的数量,对生长性能影响显著,而 0.35% 的添加量对肠道菌群、生长性能都没有影响^[5]。江波等建议,果寡糖在仔猪饲料中的适宜添加量为 0.3%~0.4%^[7]。笔者认为,果寡糖对肠道细菌所起的增殖、排阻和免疫功

能必须有一定的浓度,这个浓度与动物品种及其不同生长阶段有关。肥育猪的大肠较发达,果寡糖的适宜添加量要比仔猪高。

概括地说,寡聚糖对动物的作用,主要归于其促进动物机体肠道内健康微生物菌群的形成。单胃动物肠道内微生物对外源性病原菌有竞争性排斥作用(Competitive Exclusion, CE),CE 的作用包括 3 个方面:细菌的相互抑制;阻止外源性病原菌于肠道定殖和繁殖;竞争性排泄。动物机体 CE 的能力与以双歧杆菌、乳酸杆菌等为优势菌的菌群高度相关。果寡糖通过作为双歧杆菌和乳酸杆菌特异性的营养基质,促进单胃动物理想肠道微生物菌以增加动物机体对外源性病原菌的抵抗作用^[2]。本试验结果表明,0.50% 和 0.75% 的果寡糖添加量均能显著地促进肥育猪结肠中双歧杆菌和乳酸杆菌的增殖,0.25%、0.50% 和 0.75% 的果寡糖添加量均能显著抑制结肠中大肠杆菌和梭菌的增殖,而 0.50% 果寡糖组和 0.75% 果寡糖组之间并无显著差异,这说明肠道微生态在一定程度上具有自我调节能力。

动物消化道微生物区系的结构和功能与胃肠道生态环境相互影响。双歧杆菌等有益菌可将肠道中的果寡糖转变成短链挥发性脂肪酸(SCFA)和乳酸,降低肠道 pH 值,而低 pH 值环境又阻止了病原

菌及腐败菌在肠内的定殖^[3]。本试验中 0.25%、0.50% 和 0.75% 的果寡糖添加量使结肠内容物 pH 值都显著低于对照组,而 0.50% 和 0.75% 的果寡糖组之间差异不显著(见表 4)。这一结果进一步说明肠道内环境 pH 值稳定在一定范围之内,这种相对稳定的作用是由肠道微生态自我调节来完成的。

3.2 果寡糖对胰脏和十二指肠内容物中消化酶活性的影响

本试验首次研究了果寡糖对猪胰脏和十二指肠内容物中消化酶活性的影响,结果表明,果寡糖对胰脏中总蛋白水解酶、胰蛋白酶、糜蛋白酶、胰淀粉酶和胰脂肪酶活性均无明显影响。Ikegami 研究了 6 种不同的不消化多糖对大鼠胰腺大小和胰酶活性的影响,结果发现,低粘度多糖如海藻酸和海藻酸钠对胰酶活性无影响,而高粘度多糖如海藻酸钠使胰腺适应性肥大,胰脏内胰酶活性提高^[15]。本试验所用的果寡糖对肠道粘度影响较少,故不影响胰脏内胰酶的输出。

十二指肠内容物中消化酶活性测定结果表明,0.50% 和 0.75% 的果寡糖添加量使总蛋白水解酶、胰蛋白酶、淀粉酶活性显著升高。肠内容物中消化酶的活性反映了酶分泌与酶降解的动态平衡,所以酶活性增加主要与酶分泌加大或酶降解减少有关。肠道中消化酶主要来自胰液和小肠液,小肠液中的消化酶主要来自小肠绒毛上皮细胞的刷状缘,当绒毛刷状缘的上皮细胞脱落,细胞内的酶就进入肠腔

中^[16]。双歧杆菌、乳酸杆菌及其代谢产物能促进动物消化酶的分泌和肠道蠕动,而梭菌等有害菌可损害肠粘膜上的绒毛和微绒毛,减少消化酶的分泌^[16]。其次,梭菌可产生蛋白分解酶,能将肠内容物中的消化酶作为一种营养源,从而增加酶的降解^[17]。Gabert 等报道,果寡糖可促进猪小肠中双歧杆菌、乳酸杆菌等有益菌的增殖而抑制大肠杆菌、梭菌等有害菌的增殖^[18]。因此,果寡糖可能通过促进小肠中双歧杆菌和乳酸杆菌而抑制梭菌的增殖,促进了消化酶的分泌并抑制了消化酶的降解,从而提高了十二指肠内容物中消化酶的活性。果寡糖提高十二指肠内容物中消化酶活性的机理有待于进一步探讨。

十二指肠内容物脂肪酶活性测定结果表明,果寡糖不影响脂肪酶活性。这可能也与胃肠道微生态的改变有关。果寡糖促进了小肠中双歧杆菌和乳酸杆菌的增殖,双歧杆菌和乳酸杆菌对肠道中胆汁盐有同化和共沉淀作用^[19],从而降低了肠道内胆酸浓度,增加了胆酸和粪固醇在粪便中的排出,而肠道内一定浓度的胆酸对脂肪的乳化和维持脂肪酶的活性具有重要作用。因此,果寡糖通过促进双歧杆菌和乳酸杆菌生长而抑制梭菌的增殖,一方面促进了消化酶的分泌和抑制了消化酶的降解,另一方面由于肠道内胆酸浓度的降低而降低了脂肪酶的活性,这两方面的共同作用,使脂肪酸活性不受果寡糖添加的影响。

参考文献:

- [1] 张伟,韩友文.果寡低聚糖的营养及应用研究进展[J].中国粮油学报,2001,16(1):4~8.
- [2] ROBERFROID M B, VANLOO J A E, GIBSON G R. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products[J]. *J Nutr*, 1998, 128:11~19.
- [3] FUKUYASU T, OSHIDA T, ASHIDA K. Effects of oligosaccharides on growth of piglets and on bacteria flora, putrefactive substances and volatile fatty acids in their feces[J]. *Bulletin of Animal Hygiene*, 1987, 26:15~22.
- [4] HOUDIJK J G M, MARLOU W B, SEERP T. Apparent ileal and total-tract nutrient digestion by pigs as affected by dietary nondigestible oligosaccharide[J]. *J Anim Sci*, 1999, 77:148~158.
- [5] 石宝明,单安山,佟建明.寡聚糖对仔猪肠道菌群及生长性能影响的研究[J].东北农业大学学报,2000,31(2):261~269.
- [6] HIDAKA H, EIDA T, HAMAYA T. Livestock feed containing inulo-oligosaccharides and breeding of livestock by using the same[P]. 欧洲专利:EP 017026A2, 1986.
- [7] 江波,王璋.功能性饲料添加剂——低聚果糖[J].粮食与饲料工业,1997(7):27~28.
- [8] 吴宗权.畜产品卫生及其入世后对畜牧业的影响[J].四川畜牧兽医,2000,27(8):9~12.
- [9] 李雪驼,邱华.光冈氏肠内细菌学分析方法及肠内代谢产物的测定方法讲座[J].中国微生物学杂志,1998,10(1):61~63.
- [10] KROGDAHL A, SELL J L. Influence of age on Lipase, amylase and protease activities in pancreatic tissue and intestinal contents of young turkey[J]. *Poultry Science*, 1989, 68:1561~1568.
- [11] 金宗廉编.功能食品评价原理及方法[M].北京:北京大学出版社,1995.
- [12] FARNWORTH E R, MOLDER H W, JONES J D, et al. Feeding Jerusalem artichoke flour rich in fructo-oligosaccharides to weanling pigs. *Can J Anim Sci*, 1992, 72:977~980.

延缓了水蜜桃的呼吸作用,抑制了水蜜桃的水分蒸发,延长了水蜜桃的贮藏运输期。

在常温下用 AF 气氛保鲜纸保鲜水蜜桃,能明

显延长水蜜桃的贮藏运输期,保鲜效果非常显著。水蜜桃保鲜贮藏后商品价值基本良好,与涂膜保鲜法相比,是一种更为方便、实用和有效的保鲜方法。

参考文献:

- [1] 边文华编.果品南北货实用手册[M].上海:上海科学技术出版社,1982.
- [2] 浙江农业大学编.果蔬贮藏加工学[M].北京:农业出版社,1960.
- [3] 华南农学院编.果品贮藏加工学[M].北京:农业出版社,1979.
- [4] 毕荣等.桃子防霉剂的研究[J].食品与发酵工业,1986(6):27~31.
- [5] 陕西省化工研究所“甲-A”专题组.常温下桃保鲜的研究[J].食品科学,1988(6):54~58.
- [6] 胡波.蔗糖酯在食品保鲜中的应用[J].食品工业,1989(1):31~37.
- [7] 杨寿清.无锡水蜜桃常温保鲜初步研究[J].无锡轻工大学学报,1997,16(3):37~41.
- [8] 陕西省仪社农业学校主编.果品贮藏加工实验实习指导[M].北京:农业出版社,1983.
- [9] 绪方邦安编,陈祖绒等译.水果蔬菜贮藏概论[M].北京:农业出版社,1982.

(责任编辑 杨 萌)

(上接第 572 页)

- [13] HOUDIJK J, Bosch M W, VERSTEGEN M W A *et al.* Effects of dietary oligosaccharides on the growth performance and faecal characteristics of young growing pig[J]. *Animal Feed Science and Technology*, 1998, 71: 35~48.
- [14] 石宝明,单安山.寡聚糖及其在猪饲料中的应用[J].养猪,2000(1):2~6.
- [15] IKEGAMI S, TSUCHIHASHI F, HARADA H *et al.* Effects of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rat[J]. *Journal of Nutrition*, 1990, 120: 353~360.
- [16] 高丽松.消化生理与保健[M].北京:中国医药科技出版社,1998.
- [17] CONWAY P L. 第六届猪消化生理国际学术会议论文集[C].成都:四川科学技术出版社,1994.
- [18] GABERT V M. The effects of oligosaccharides on the ileal digestibilities of amino acids, monosaccharides and bacterial populations in the small intestine of weaned pig[J]. *Can J Anim Sci*, 1995, 75: 99~107.
- [19] 张璨.双歧杆菌的降胆固醇作用:与胆汁盐共沉淀与同化[J].国外医药抗生素分册,1998,19(2):146~149.

(责任编辑 朱 明)