

# 日粮ADF水平对2-3月龄肉兔生产性能、消化酶活性和盲肠发酵的影响

晁洪雨, 李福昌 \*

(山东农业大学动物科技学院, 泰安 271018)

**摘要:** 选用60只2月龄新西兰肉兔, 随机分成5组, 分别饲喂5种酸性洗涤纤维(ADF)水平的日粮(分别为13%、16%、19%、22%和25%), 测定了日粮ADF水平对2~3月龄新西兰肉兔小肠消化酶活性、盲肠纤维素酶活性、盲肠内环境及生产性能的影响。结果表明: 日粮ADF水平对兔小肠淀粉酶活性影响显著( $P < 0.05$ ), 对胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶活性影响不显著( $P > 0.05$ ), 但随ADF水平升高胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶活性有先增加后降低的趋势。盲肠纤维素酶活性随ADF水平升高显著增加( $P < 0.05$ )。日粮ADF水平对3月龄兔盲肠总挥发性脂肪酸(TVFA)浓度和丙酸比例影响不显著( $P > 0.05$ ), 但对丁酸比例影响显著( $P < 0.05$ )。同时, 盲肠pH值、乙酸比例及乙丁酸比均随日粮ADF水平升高而增加( $P < 0.05$ ),  $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度则随ADF水平升高而降低( $P < 0.05$ )。试兔平均日增重、平均日采食量及料重比均受日粮ADF水平显著

影响( $P < 0.05$ ), 随ADF水平的升高, 平均日采食量增加、料重比先降低后增加, 而平均日增重则先增加后降低, 以19%处理组最大, 为29.53 g。综合以上研究结果, 以平均日增重和料重比为主要经济指标, 2~3月龄肉兔适宜的ADF水平为16%~19%。

**关键词:** 新西兰兔; 酸性洗涤纤维; 消化酶; 盲肠发酵

中图分类号: Q 64 文献标识码: A 文章编号: 1000-2324(2008)03-0355-06

收稿日期: 2006-03-30

基金项目: 2007年公益性行业(农业)科研专项经费资助(nyhy2x07-040)

作者简介: 晁洪雨(1971-), 男, 山东临沂人, 在读硕士, 主要从事家兔营养研究。

\*通讯作者: Author for correspondence. [E-mail: chlf@sdau.edu.cn](mailto:chlf@sdau.edu.cn)

## EFFECTS OF DIFFERENT ADF LEVELS ON SMALL INTESTINE DIGESTIVE ENZYME ACTIVITY, CAECAL FERMENTATION AND GROWTH PERFORMANCE OF 2-3 MONTH MEAT RABBITS ABSTRACT

CHAO Hong-yu, LI Fu-chang

(Animal College of science and Technology, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

**Abstract:** An experiment was conducted to determine the effect of varying levels of dietary acid detergent fibre (ADF) on small intestine digestive enzyme activity, caecal cellulase activity, caecal fermentation and growth performance of 2-3 month New Zealand rabbits. Sixty 2-month rabbits were allocated in individual cages for five treatments in which they were fed each diet with different ADF levels (13%, 16%, 19%, 22% and 25%, respectively). The results showed as follows: ADF level had significant influence on the amylase activity of the small intestine ( $P < 0.05$ ); The Trypsin activity and the Chymotrysin activity increased firstly and then decreased slowly with ADF level increased, but the differences in different treatments were not significant ( $P > 0.05$ ). Caecal cellulase activity raised significantly when dietary ADF level increased ( $P < 0.05$ ). ADF levels had no significant effects on caecal total volatile fatty acids (TVFA) concentration and propionate proportion of 3-month old trial rabbits ( $P > 0.05$ ), but the butyrate proportion was affected significantly ( $P < 0.05$ ). Meanwhile, the differences of caecal pH value, acetate proportion and the ratio of acetate to butyrate in different treatments were significant ( $P < 0.05$ ) and all increased with ADF level raised, conversely,  $\text{NH}_3\text{-N}$  concentration reduced when dietary ADF level raised ( $P < 0.05$ ). Average daily gain (ADG), average daily feed intake (ADFI) and feed conversion ratio (FCR) of trial rabbits were all affected by dietary ADF levels significantly ( $P < 0.05$ ). When ADF level increased, ADF I raised, FCR decreased firstly and then raised, but ADG raised firstly and then reduced with ADF level increased and it was the largest (29.53 g) when dietary ADF was 19%. According to ADG and FCR indexes, the appropriate dietary ADF level for 2-3 month meat rabbits was 16%-19%.

**Key words:** New Zealand rabbit; acid detergent fiber; digestive enzyme; caecal fermentation

日粮纤维是日粮内一种具有特殊营养生理作用的复合成分, 它是构成家兔饲料的主要组成部分之一。根据分析方法的不同, 其含量一般为15%~50% [1]。大量试验证明, 日粮中酸性洗涤纤维(ADF)的含量对生长兔的生长健康状况及日粮消化都有很大影响。目前世界各国的家兔饲养标准中都没有推荐ADF的适宜用量, 而有关日粮中不同ADF水平对生长肉兔肠道消化酶活性、盲肠发酵及由此对生产性能产生的影响鲜见报道。本试验的目的在于通过研究日粮不同ADF水平对2-3月龄新西兰肉兔肠道消化酶活性、盲肠发酵及生长性能的影响, 以探讨在我国目前饲养管理条件下生长肉兔日粮中适宜的ADF需要量, 为制订出我国肉兔饲养标准的适宜ADF水平提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物

体况健壮、体重相近的2月龄新西兰肉兔60只, 公母各半。



Table 1 The composition and nutrient levels of trial diets

饲料组成 (%)	处理1	处理2	处理3	处理4	处理5
Composition (%)	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Treatment 4	Treatment 5
玉米Corn grains	35	36	32	34	34.5
小麦麸Wheat bran	15	10	7	0	0
豆粕Soybean meal	15	21	21	26	25
苜蓿草粉Alfalfa meal	29	12	15	3	0
小麦秸Wheat straw	0	15	15	23.5	19
花生壳Peanut hull	3	3	7	10.5	19.5
磷酸氢钙CaHPO <sub>4</sub>	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5
食盐Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
预混料Premix	1	1	1	1	1
合计 Total	100	100	100	100	100
营养水平 <sup>2</sup> Nutrient levels					
消化能DE (MJ/kg)	11.33	11.12	10.54	10.19	10.16
粗蛋白CP	16.24	16.23	16.16	16.25	16.00
脂肪Fat	2.68	2.56	2.42	2.22	2.24
钙Ca	0.81	0.73	0.78	0.71	0.41
磷P	0.64	0.68	0.65	19.07	22.01
酸性洗涤纤维ADF 13.38	16.20	19.07	22.01	24.89	

## 1.2 试验日粮

依据NRC[2]肉兔饲养标准进行日粮配制。除粗纤维外，日粮能量和蛋白质及其他营养物质水平均按标准供给，日粮配方和营养成分见表1。试验日粮全部加工成直径4~6 mm的颗粒饲料。

## 1.3 试验设计

采用单因子完全区组试验，5个处理日粮ADF含量分别为13%（处理1），16%（处理2），19%（处理3），22%（处理4）和25%（处理5）。试验兔预试期为7d，正试期23d。3月龄时每处理组随机抽取6只进行屠宰。

## 1.4 饲养管理

试验兔在同一兔舍内单笼饲养，各处理组试验兔管理和卫生条件相同。试验前每只试验兔均按常规程序进行免疫驱虫，根据性别（公母各半）和体重随机分为5组，每组12只，各组的平均体重基本一致，然后进入正试期。每日早（8:00）晚（17:00）两次人工喂料，自由采食、饮水，并定期对兔舍及饲槽和水槽进行清洗消毒。

## 1.5 测定指标与方法

**1.5.1 小肠消化酶活性：**试验兔屠宰后迅速取出十二指肠食糜放入10mL带盖离心管中，立即放入液氮罐中速冻20min，然后取出放入-70℃冰箱中冷冻保存，供测定酶活性用。胰蛋白酶活性，胰凝乳蛋白酶活性和淀粉酶活性分别参照Worthington法、Hummel法和Bernfeld法测定[3]。

**1.5.2 盲肠纤维素酶活性** 试验兔屠宰后迅速取出盲肠内容物按上述同样方法处理。纤维素酶活性参照萃取化学公司法测定[3]。

**1.5.3 盲肠内环境测定** 盲肠pH值用pH-3B型酸度计测定；用SQ—206型气相色谱仪测定挥发性脂肪酸（VFA）含量并计算乙、丁酸比；盲肠内NH<sub>3</sub>-N浓度用UV-9100型紫外分光光度计比色法测定。

**1.5.4 生长发育和生产性能** 测定体重，并统计喂料量，计算平均日采食量、日增重和料重比。

## 1.6 数据处理

使用SPSS统计软件进行统计分析，计算各指标的平均值和标准误，并进行显著性检验。

## 2 结果与分析



表2 不同ADF水平对3月龄肉兔小肠消化酶活性的影响

Table 2 Effects of different dietary ADF levels on digestive enzyme activity of 3-month old rabbits

指标 Traits	处理1	处理2	处理3	处理4	处理5
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Treatment 4	Treatment 5
淀粉酶活性 Amylase activity (U/g)	16.22± 0.82 <sup>a</sup>	15.21± 0.68 <sup>a</sup>	15.53± 0.78 <sup>a</sup>	12.65± 0.69 <sup>b</sup>	12.82± 0.50 <sup>b</sup>
胰蛋白酶活性 Trypsin activity (U/g)	50.49±3.39	57.57±4.21	58.74±3.60	47.78±1.48	47.74±3.25
胰凝乳蛋白酶活性 Chymotrysin activity (U/g)	41.47±4.75	42.19±1.94	43.54±4.25	41.13±2.91	35.68±4.09

注：同一行肩标有不同小写字母者差异显著 (P<0.05)；下表同。

Note: The different letters after the line indicate the significant difference (P<0.05); the same as follows

由表2的结果可知，小肠胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶活性呈曲线变化，随日粮ADF水平的升高有先增加后降低的趋势，但各处理间差异不显著 (P>0.05)；淀粉酶活性以处理1最高，为16.22U/g，处理4最低，处理间差异显著 (P<0.05)。

## 2.2 不同ADF水平对3月龄新西兰肉兔盲肠纤维素酶活性的影响 (表3)

表3 不同ADF水平对肉兔盲肠纤维素酶活性的影响

Table 3 Effects of different dietary ADF levels on caecal cellulase activity of meat rabbits

指标 Traits	处理1	处理2	处理3	处理4	处理5
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Treatment 4	Treatment 5
纤维素酶活性 Cellulase activity (U/g)	28.71±1.02 <sup>a</sup>	28.78±0.69 <sup>a</sup>	30.31±0.68 <sup>ab</sup>	31.41±0.50 <sup>b</sup>	33.74±0.78 <sup>c</sup>

由表3的结果可以看出，日粮不同ADF水平对肉兔盲肠纤维素酶活性影响显著 (P<0.05)，并且随着ADF水平的升高而增加。其中，处理5显著高于其他各处理组 (P<0.05)。经回归分析，盲肠纤维素酶活性 (y, U/g) 与日粮ADF水平 (x, %) 之间存在以下关系： $y=0.0325x_2-0.8105x+33.687(r_2=0.99)$ 。

## 2.3 不同ADF水平对3月龄新西兰肉兔盲肠内环境的影响 (表4)

表4 3月龄新西兰肉兔盲肠内环境参数

Table 4 The caecum inner circumstance parameter of 3-month old rabbits

指标 Traits	处理1	处理2	处理3	处理4	处理5
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Treatment 4	Treatment 5
总挥发性脂肪酸TVFA (mmol/L)	44.17±2.78	43.41±3.53	40.97±2.89	39.23±3.95	40.25±2.93
乙酸 (C <sub>2</sub> ) 比例 Acetate molar proportion (%)	76.24±0.56 <sup>a</sup>	76.76± 0.51 <sup>ab</sup>	78.56±0.84 <sup>b</sup>	80.84±0.86 <sup>c</sup>	81.06±0.82 <sup>c</sup>
丙酸比例 Propionate molar proportion (%)	4.59±0.86	4.09±0.51	6.43±2.12	3.75±1.01	4.10±0.86
丁酸 (C <sub>4</sub> ) 比例 Butyrate molar proportion (%)	19.63±1.47 <sup>a</sup>	19.15±0.79 <sup>a</sup>	15.01±0.60 <sup>b</sup>	15.19±0.37 <sup>b</sup>	15.06±0.99 <sup>b</sup>



乙丁酸比C <sub>2</sub> /C <sub>4</sub>	4.02:1± 0.20 <sup>a</sup>	4.04:1± 0.35 <sup>a</sup>	5.35:1± 0.45 <sup>b</sup>	5.38:1± 0.24 <sup>b</sup>	5.39:1± 0.16 <sup>b</sup>
氨氮浓度 NH <sub>3</sub> -N Concentration(mmol/L)	26.71±0.57 <sup>a</sup>	25.33± 0.38 <sup>ab</sup>	23.42± 0.43 <sup>ab</sup>	22.97±1.96 <sup>b</sup>	22.22±1.14 <sup>b</sup>
pH值pH value	6.54±0.05 <sup>a</sup>	6.56±0.07 <sup>ab</sup>	6.73±0.07 <sup>bc</sup>	6.75±0.04 <sup>c</sup>	6.81±0.04 <sup>c</sup>

由表4可知, 5组试兔盲肠内TVFA和丙酸比例各处理间差异不显著 (P>0.05)。乙酸比例、乙丁酸比和pH值随日粮ADF水平升高而增加, 且各处理间差异显著 (P<0.05); 丁酸比例以处理1最高, 为19.63%, 处理3最低, 为15.01%, 处理间差异显著 (P<0.05)。NH<sub>3</sub>-N浓度则随ADF水平升高而降低, 各处理间也有显著差异 (P<0.05)。经回归分析, 盲肠NH<sub>3</sub>-N浓度(y, mmol/L)与日粮ADF水平(x, %)之间存在以下关系:  $y=0.0216x_2-1.1983x+38.716$  ( $r_2=0.98$ ); 盲肠TVFA浓度(y, mmol/L)与日粮ADF(x, %)水平之间存在以下关系:  $y=0.0137x_3-0.7473x_2+12.736x-25.211$  ( $r_2=1.0$ ); 盲肠pH值(y)与TVFA(x, mmol/L)之间存在以下关系:  $y=0.0085x_3-1.0651x_2+44.59x-614.21$  ( $r_2=0.98$ ); 盲肠pH值(y)与盲肠NH<sub>3</sub>-N浓度(y, mmol/L)之间存在以下关系:  $y=0.009x_2-0.5063x+13.615$  ( $r_2=0.98$ )。

#### 2.4 不同ADF水平对2-3月龄新西兰肉兔生长发育和生产性能的影响(表5)

由表5可知, 日粮ADF水平对3月龄兔体重影响不显著 (P>0.05), 但对2-3月龄兔平均日采食量、平均日增重及料重比影响显著 (P<0.05)。其中家兔平均日采食量随ADF水平升高而增加, 平均日增重随ADF水平升高先增加后降低, 而料重比则是先降低后增加, 并且当ADF水平达19%时平均日增重最大、料重比最小, 分别为29.53g和4.21:1。

表5 不同ADF水平对肉兔生长发育和生产性能的影响

Table 5 Effects of dietary ADF levels on average daily gain and feed conversion rate of meat rabbits

指标 Traits	处理1 Treatment 1	处理2 Treatment 2	处理3 Treatment 3	处理4 Treatment 4	处理5 Treatment 5
2月龄体重BW of 2-month(g)	1727.3±52.6	1762.1± 101.8	1749.2±47.2	1738.7±72.3	1729.8±85.5
3月龄体重BW of 3-month(g)	2534.2± 67.83	2611.4± 56.66	2635.1± 72.20	2478.5± 82.72	2448.6± 70.45
平均日增重 Average daily gain(g)	26.89± 1.69b <sup>c</sup>	28.31±1.82 <sup>c</sup>	29.53±2.69 <sup>c</sup>	24.66± 1.99 <sup>ab</sup>	23.96±2.23 <sup>a</sup>
平均日采食量 Average daily feed intake(g)	115.27± 4.88 <sup>a</sup>	119.76± 4.57 <sup>ab</sup>	124.43± 7.13 <sup>b</sup>	125.56± 5.58 <sup>b</sup>	127.28± 7.46 <sup>b</sup>
料重比 Feed conversion ratio	4.29±0.24 <sup>a</sup>	4.23±0.19 <sup>a</sup>	4.21±0.45 <sup>a</sup>	5.09±0.29 <sup>b</sup>	5.31±0.38 <sup>b</sup>

### 3 讨论

#### 3.1 日粮ADF水平对3月龄肉兔小肠消化酶活性的影响

关于日粮纤维对家畜小肠消化酶活性的影响, 国内外研究甚少, 并且结果很不一致。本试验结果表明, 小肠内容物各消化酶活性与日粮ADF水平之间存在一定的规律性。3月龄家兔小肠淀粉酶活性随ADF水平升高而降低, 但13%、16%与19%三个处理组差异不显著, 这说明只有较高的ADF水平才能降低家兔对淀粉的消化。小肠胰蛋白酶和胰凝乳蛋白酶活性尽管各处理间差异不显著, 但随ADF水平的升高都呈现出先增加后降低的趋势, 也就是说当日粮ADF水平较低时, 增加ADF含量将有利于家兔对日粮蛋白质的消化, 这可能与适宜的日粮纤维可促进家畜胰液的分泌有关[4], 是家兔对营养物质消化难度增加的一种潜在反应, 而随着ADF水平的不断提高, 其作用越来越小, 甚至会损伤消化道黏膜, 从而降低小肠消化酶活性[5]。由此可见, 日粮适宜ADF水平对于肉兔正常消化吸收机能的保持是非常重要的。

#### 3.2 不同ADF水平对3月龄新西兰肉兔盲肠纤维素酶活性的影响

家兔盲肠内微生物能够分泌水解纤维素和半纤维素的多种酶类, 借助这些纤维素酶的协同作用, 盲肠成为家兔消化日粮纤维的主要器官。大量试验证明, 家兔日粮纤维的含量以及由此引起的采食量变化是影响幼兔盲肠微生物



发酵活动的重要因素，当日粮纤维缺乏和采食量减少时盲肠内分解纤维素微生物的生长和繁殖就会受到抑制，其分泌的纤维素酶活性也就相应发生改变。本试验结果表明，盲肠纤维素酶活性随日粮ADF水平的升高显著增加。这与Gi denne等[6]的研究结果基本一致。另外，Varel [7][8][9]和霍鲜鲜等[10]在分别研究日粮纤维对猪结肠和羊瘤胃内纤维素酶活性的影响时也有同样报道。

### 3.3 不同ADF水平对3月龄新西兰肉兔盲肠内环境的影响

盲肠作为家兔最重要的消化器官之一，极为发达，它对家兔日粮营养物质的利用起着非常重要的作用。VFA是碳水化合物经微生物发酵后的主要产物，其浓度大小不仅是评价盲肠发酵程度和盲肠内微生物活性的重要指标，而且也是家兔供能的一个重要途径。有研究表明，家兔盲肠内VFA的浓度受多种因素影响，但一般为31.8~88.5 mmol/L。本试验五个处理组的VFA浓度在39.23~44.17 mmol/L之间，各处理间差异不显著，但随日粮ADF水平的升高有降低的趋势，并且其中乙酸比例和乙丁酸比显著上升、丁酸比例显著下降。Bel enguer等[11]和Gi denne等[6]的试验表明，盲肠内VFA浓度随日粮纤维水平的提高而提高，但差异不显著；其中乙酸比例显著提高、丁酸比例显著降低。这与本试验结果稍有不同，其原因可能是由于纤维来源不同影响了VFA浓度，象本试验使用的小麦秸和花生壳等原料所含有的不易消化的高木质化纤维很容易使VFA浓度降低。

$\text{NH}_3\text{-N}$ 既是饲料蛋白质和内源尿素的分解产物，同时在有能量和碳链的情况下又是盲肠内微生物合成菌体蛋白的原料，使细菌得以生长繁衍，并通过采食软粪被家兔吸收利用。本试验中，随日粮ADF水平升高 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度呈下降趋势，且13%处理组与22%处理组、25%处理组差异显著，这与Gi denne等[6]在试验中得出的结论基本一致。

盲肠内微生物的生长繁殖需要合适的酸度环境，而这种酸度环境由食糜在盲肠内发酵而积聚的游离氨基酸、挥发性和不挥发性脂肪酸等酸性物质来维持[12]。盲肠pH值不仅可以评价发酵程度及发酵环境是否适宜，而且还与家兔腹泻发生率呈负相关。本试验结果显示，盲肠pH值随ADF水平升高而升高，且差异显著。当日粮ADF水平较低时，一方面进入盲肠的淀粉含量相对较高，易发酵产酸；另一方面食糜在盲肠内滞留发酵的时间相对延长，从而引起盲肠pH值的降低。这与de Blas等[13]、Gi denne[14]和Ni codemus等[15]的试验结果基本一致，但也有很多试验表明盲肠pH值随日粮纤维水平的提高而降低。这可能与日粮组成、纤维类型及家兔品种等不同有关，具体原因尚需进一步的研究和探讨。

同时，在本试验中还观察到，13%处理组家兔发生腹泻现象多于其他各处理组，这是因为13%处理组家兔盲肠蠕动缓慢，内容物积聚较多易引起过度发酵；同时可能有较多淀粉进入盲肠，引起盲肠内环境正常微生物区系发生了改变，病原微生物生长繁殖过多，产生大量的酸和毒素，引起腹泻。此外，如上所述，13%处理组家兔发酵产生大量的VFA，pH值较低，这样增加了后肠中的渗透压，将水从血液中吸出，使腹泻症状加重。

### 3.4 不同ADF水平对2~3月龄新西兰肉兔生长发育和生产性能的影响

2~3月龄肉兔消化系统发育基本完善，进入生长旺盛期，这时日粮ADF水平的高低将会对其生长发育和生产性能产生重大影响。本试验结果表明，尽管ADF水平对3月龄肉兔体重影响不显著，但对2~3月龄肉兔平均日增重、平均日采食量和料重比却有着显著影响。随日粮ADF水平升高，肉兔平均日增重随之增大，到19%处理组时达最大值，此后又随日粮ADF水平升高而降低，因此日粮ADF水平过高或过低都不利于增重。

## 4 小结

3月龄肉兔小肠淀粉酶活性随日粮ADF水平升高而降低，且差异显著 ( $P<0.05$ )；胰蛋白酶活性与胰凝乳蛋白酶活性随ADF水平升高有先增加后降低的趋势，但差异不显著 ( $P>0.05$ )。  
3月龄肉兔盲肠纤维素酶活性随日粮ADF水平升高有显著增加 ( $P<0.05$ )。

日粮ADF水平对3月龄肉兔盲肠内TVFA与丙酸比例的影响不显著 ( $P>0.05$ )。乙酸比例、乙丁酸比和pH值随ADF水平升高显著增加 ( $P<0.05$ )， $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度随ADF水平升高显著降低 ( $P<0.05$ )。

日粮ADF水平对2~3月龄肉兔平均日增重、日采食量和料重比影响显著 ( $P<0.05$ )。平均日增重以日粮ADF水平为19%时最大 (29.53g/d)，料重比以ADF水平为25%时最大 (5.31:1)。

以平均日增重、料重比与小肠消化酶活性为主要指标，2~3月龄新西兰肉兔适宜的ADF水平为16%~19%。

## 参考文献

- [1] Gidenne T. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre[J]. Livestock Production Science, 2003, 81: 105-117
- [2] NRC. Nutrient requirements of rabbits [S]. National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, DC 1977
- [3] B. 施特马赫. 钱嘉渊译. 酶的测定方法. 北京: 中国轻工业出版社, 1992: 330-332、123-125、37-40、104-107
- [4] Low A G. The role of dietary fiber in digestion, absorption and metabolism [A]. Proceedings of the 3rd International Seminar on Digestive Physiology in the pig [C]. Copenhagen May 16~18, 1985, 157-179
- [5] Chiou P W S, Yu B. and Lin C H. Effect of different components of dietary fiber on the intestinal morphology of domestic rabbits[J]. Comparative Biochemistry and physiology 1994, 108A: 629-638
- [6] Gidenne T. Microbial activity in the caecum of the rabbit around weaning: impact of a dietary fiber deficiency and of intake level[J]. Animal Feed Science and Technology, 2002, 99: 107-118



- [7]Varel V H. Influence of dietary fiber on the performance and cellulase activity of growing finishing swine[J]. J Anim Sci, 1984, 59 (8) : 388-393
- [8] Varel V H. Enumeration and activity of cellulolytic bacteria from gestation swine fed various levels of dietary fiber[J]. App Environ Microbial, 1985, 49 (4) : 858-862
- [9] Varel V H. Activity of fiber degrading microorganisms in the pig large intestine[J]. J Anim Sci, 1987, 65 (8) : 488-496
- [10]霍鲜鲜. 不同精粗比日粮对绵羊瘤胃内纤维素酶活的影响[J]. 甘肃畜牧兽医, 2003, 5 (172) : 16-21
- [11] Belenguer A., Fondevila M., Balcells J. and Torre C. Effect of the source and level of cereal in diet on the rabbit caecal environment and microbial population[M]. Proc. of the 7th World Rabbits Congress, 4-7 July. Valencia Spain 2000, 1:95-100
- [12]祝素珍, 李福昌. 2-3月龄肉兔日粮消化能水平对消化代谢和产肉性能影响的研究[J]. 动物营养学报, 2004, 16 (4) : 51-57
- [13]de Blas J C. Fiber and starch levels in fattening rabbit diets[J]. J. Anim. Sci, 1986, 63:1897
- [14]Gidenne T. Effect of fibre level reduction and Gluco-oligosaccharide addition on the growth performance and caecal fermentation in the growing rabbit [J] . Anim. Feed Sci. Tech. 1995, 56:253-263
- [15]Nicodemus N, Garcia J and Blas J C Effect of inclusion of sunflower hulls in the diet on performance, disaccharidase activity in the small intestine and caecal traits of growing rabbits [J] . Animal science, 2002, 75: 237-243

[返回](#)