

# 蓝狐对 11 种鲜饲料原料中干物质和粗蛋白质表观消化率的研究

孙伟丽 李光玉\* 刘凤华 鲍坤 钟伟 常忠娟 刘佰阳

(中国农业科学院特产研究所, 特种经济动物分子生物学国家重点实验室, 吉林 132109)

**摘要:** 为结合当地的特种经济动物蓝狐的品种资源优势, 有根据地选择合理的饲料原料, 科学合理配制蓝狐饲料, 节约饲料成本, 提高养殖生产效益, 本试验测定蓝狐对常用动物源性鲜饲料[海杂鱼、鸡骨架、鸡蛋(带壳)、牛肉、白条鸡、鳊鱼、白鲢、鸡杂、鸡肝、牛肝和黄花鱼]的干物质(DM)和粗蛋白质(CP)的表观消化率, 试验分别选取 120 只健康成年雄性蓝狐, 随机分成 12 组, 每组 1 个重复, 每个重复 10 只, 分别利用直接法测定了海杂鱼、鸡骨架、鸡蛋、牛肉和白条鸡的 DM 及 CP 的表观消化率, 用套算法测定了鳊鱼、白鲢、鸡杂、牛肝、鸡肝和黄花鱼的 DM 及 CP 的表观消化率。试验结果表明: 直接法测定的 5 种鲜饲料 DM 表观消化率差异显著( $P < 0.05$ ), 海杂鱼、鸡骨架、鸡蛋、牛肉和白条鸡 DM 表观消化率分别为 84.39%、87.24%、61.14%、94.64% 和 88.12%, 而其 CP 表观消化率差异不显著( $P > 0.05$ ), CP 表观消化率分别为 94.60%、91.19%、91.24%、97.25% 和 96.69%; 套算法测定的 6 种鲜饲料 DM 和 CP 表观消化率差异显著( $P < 0.05$ ), 鳊鱼、白鲢、鸡杂、牛肝、鸡肝和黄花鱼 DM 表观消化率分别为 70.39%、59.82%、71.63%、70.56%、79.17% 和 75.27%, CP 表观消化率分别为 83.06%、77.28%、89.88%、68.26%、75.58% 和 69.13%。由此得出, 蓝狐对这 11 种鲜饲料均具有较好的消化能力, 其中海杂鱼、鸡骨架、鸡蛋、牛肉、白条鸡、鳊鱼、鸡杂可作为蓝狐的优质蛋白质来源饲料, 白鲢、牛肝、鸡肝、黄花鱼要根据饲料的适口性、营养消化率等实际情况确定其在蓝狐饲料中所占的比例。

**关键词:** 蓝狐; 粗蛋白质; 干物质; 表观消化率

中图分类号: S815.6

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2011)09-1519-08

蓝狐(blue fox)也称北极狐(arctic fox, *Alopex lagopus*), 属食肉目, 犬科动物。蓝狐是珍贵的毛皮动物之一, 原产于亚洲、欧洲、北美洲北部及接近北冰洋地带。狐皮具有毛绒细软丰厚、色泽鲜艳、轻便、御寒性强等优点, 深受国内外消费者喜爱<sup>[1]</sup>。我国的蓝狐饲养业始于 20 世纪 50 年代, 目前已经成为我国特种经济动物养殖业的重要组成部分。狐在野生状态下主要以鱼、蚌、虾、蟹、蛆、鼠类、鸟类、昆虫类小型动物为食, 有时也采食一些植物。蓝狐作为特种经济动物的一种, 其消化道生理特性决定了它对饲料的消化代谢特点。

蓝狐是肉食性单胃动物, 采食食物以吞咽为主, 咀嚼少, 对动物性饲料消化机能强; 蓝狐消化道短, 胃里的食物经过 6~9 h 即可排空, 食物经过整个消化道的时间为 20~30 h, 其对食物的适口性要求较高, 饲料配方中仅考虑营养的满足而忽略饲料的适口性往往会导致动物拒食<sup>[2]</sup>。在养殖生产中, 鸡肉、鸡骨架、牛肉等动物源性蛋白质饲料原料以其适口性好、营养全面等特点广泛应用于狐、貉等毛皮动物的生产。目前, 国内各地动物性饲料资源不同, 价格各异, 但在蓝狐对其消化代谢评价方面的数据非常缺乏, 导致饲料营养价值及对

收稿日期: 2011-03-15

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项资助(200903014)

作者简介: 孙伟丽(1982—), 女, 黑龙江牡丹江人, 硕士研究生, 从事特种经济动物营养与繁育的研究。E-mail: tcswl@163.com

\* 通讯作者: 李光玉, 研究员, 硕士生导师, E-mail: tcslgy@126.com

饲料的选择评估不足,影响了蓝狐养殖业的发展。准确测定这些饲料原料的干物质(DM)及粗蛋白质(CP)的消化率对评定饲料营养价值、合理设计饲料配方、提高饲料利用率都具有非常重要的意义,对从成本和营养2方面考虑因地制宜地选择合适的饲料原料也能提供一定参考<sup>[3-5]</sup>。

动物对饲料中各种养分的消化过程及其产物表明,饲料中蛋白质的表观消化率小于真实消化率,因为表观消化率计算中把来源于消化道的代谢蛋白质、消化酶和肠道微生物等视为未消化的饲料蛋白质,造成计算粪中排出蛋白质的量高于真实情况<sup>[6]</sup>;但是由于真实消化率的测定条件很难控制,因此表观消化率在畜牧业上被广泛应用和认可,饲料原料营养成分表观消化率作为饲料营养价值评定的指标,能够为饲料配方提供理论依据。CP表观消化率的测定方法有多种途径,主要有通过消化试验测定CP的摄入量和粪氮量,通过计算得出CP的表观消化率的直接法;另外,可以通过间接法(套算法)计算得出。套算法是单个饲料原料营养评定的经典方法,对适口性及添加比例受限的饲料原料,这一方法非常经典实用。本研究根据试验中的饲料原料能否单一饲喂<sup>[7]</sup>,分别采用直接法和套算法2种方法测定了蓝狐对常用的11种鲜饲料原料DM及CP的表观消化率,为提高蓝狐饲料利用率和科学合理配制蓝狐饲料提供基础数据和科学依据,同时借助本研究结果,养殖户能够结合当地的品种资源优势,有根据地选择合理的饲料原料,节约饲料成本,提高养殖生产效益。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验动物

选择出生日期和体重相近、健康的育成期雄性蓝狐120只作为试验动物,随机分成12组,每组1个重复,每个重复10只,平均体重为 $(2.49 \pm 0.23)$  kg,来自同一窝的试验动物分到不同组中,以降低遗传因素的影响。试验在中国农业科学院特产研究所动物实验基地进行,试验期为2008年7月28日至2008年8月28日。

### 1.2 试验设计与饲养管理

将试验用饲料原料分成2类,能单一饲喂的和不能单一饲喂的,单独饲喂不会引起动物不适的海杂鱼、鸡骨架、鸡蛋、牛肉和白条鸡,采用直接

法测定其CP和DM的表观消化率;将过量添加可能会引起动物腹泻或不适的鳊鱼、白鲢、鸡杂、鸡肝、牛肝和黄花鱼,采用套算法,即被测饲料原料和基础饲粮共同组成试验饲粮,计算DM和CP的表观消化率。

直接法养分表观消化率( $\%$ ) =  $100 \times$

(养分采食量 - 粪养分排出量) / 养分采食量。

套算法原理如下:先配制一个基础饲粮,按照一定比例在基础饲粮中添加待测饲料原料,配成混合饲粮,混合饲粮中待测饲料原料的比例由待测饲料原料中蛋白质含量决定,以DM为基础计算而出,一般待测饲料原料待测养分占混合饲粮该养分的比例为20%~30%,对于适口性不好的饲料原料,可以少替代一些,再同期试验测定基础饲粮和混合饲粮中待测营养物质的消化率,则待测饲料原料养分表观消化率可按照公式 $[D(\%) = 100 \times (A - B) / F + B]$ 进行计算,其中D为被测饲料原料的养分表观消化率,A为代替后混合饲粮养分表观消化率,B为基础饲粮养分表观消化率,F为被测饲料原料的养分占混合饲粮该养分的比例<sup>[7]</sup>。

试验动物单笼饲养,自然光照,自由饮水,每天07:00和16:00饲喂2次,预试期7d,正试期3d。试验过程中准确称量、记录蓝狐的采食量和剩料量。每天观察记录试验动物健康和采食情况。每组选取体况良好,采食、排便正常的8只蓝狐作为消化试验动物。采用自制的集粪盘,收集正试期3d全部的粪样。

### 1.3 饲粮组成及营养水平

海杂鱼、鸡骨架、鸡蛋(带壳)、牛肉、白条鸡、鳊鱼、白鲢、鸡杂(鸡胗、鸡肺、鸡肠、鸡心)、鸡肝、牛肝和黄花鱼为市场销售的新鲜动物源性饲料。一次性购入所需的同一种鲜料,为保证饲料原料的新鲜,试验期间保存在 $-20^{\circ}\text{C}$ 冰箱中。I~V组试验动物分别直接饲喂单一的海杂鱼、鸡骨架、鸡蛋(带壳)、牛肉和白条鸡,其中鸡蛋煮熟后带壳混匀一起饲喂。套算法试验基础饲粮根据育成期蓝狐营养需要配制而成,VI~XI组试验动物饲喂混合饲粮,混合饲粮分别是以鳊鱼、白鲢、鸡杂、牛肝、鸡肝和黄花鱼与基础饲粮按一定比例混合而成。XII组试验动物饲喂基础饲粮。套算法中基础饲粮组成及营养水平见表1,混合饲粮组成见表2。

表1 基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
膨化大豆 Extrusion soybean	20.00
膨化玉米 Extrusion corn	41.90
豆粕 Soybean meal	7.50
肉骨粉 Bone meat meal	6.50
玉米胚芽粕 Corn germ meal	9.00
鱼粉 Fish meal	8.00
豆油 Soybean oil	4.70
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.00
食盐 NaCl	0.40
预混料 Premix	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels	
干物质 DM	91.48
粗蛋白质 CP	21.46
粗脂肪 EE	10.46
灰分 Ash	10.40
钙 Ca	1.13
磷 P	0.59

每千克预混料含 One kg of premix contains: VA 600 000 IU, VD<sub>3</sub> 130 000 IU, VE 3 000 mg, VK<sub>3</sub> 40 mg, VB<sub>1</sub> 300 mg, VB<sub>2</sub> 460 mg, VB<sub>6</sub> 130 mg, VB<sub>12</sub> 4 mg, 叶酸 folic acid 50 mg, 烟酸 niacin 2 000 mg, 泛酸 pantothenic acid 1 500 mg, 生物素 biotin 42 mg, 氯化胆碱 choline chloride 60 mg, VC 9 000 mg, Fe 3 800 mg, Zn 3 200 mg, Mn 1 600 mg, I 50 mg, Se 10 mg, Cu 500 mg。

#### 1.4 指标测定

采用凯氏定氮法测定各饲料原料以及粪样中的 CP 含量,采用索式抽提法测定粗脂肪(EE)含量,采用乙二胺四乙酸二钠(EDTA)络合滴定法测定钙(Ca)的含量,采用钼黄比色法测定磷(P)含量<sup>[8]</sup>。将分析样品在 65 °C 下烘至恒重以测定 DM 含量。

#### 1.5 数据统计

试验数据用 Excel 2003 软件进行整理,以3个

实测值的平均值作为数据结果。差异显著性统计分析前以 Shapiro-Wilk (W 检验)进行正态分布检验,数据符合正态分布规律。采用 SAS 8.2<sup>[9]</sup> 统计软件进行单因素方差分析和 Duncan 氏多重比较检验,结果以平均值 ± 标准差 (mean ± SD) 表示,统计差异显著性水平为  $P < 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 11种鲜饲料原料常规营养成分分析

试验用 11 种饲料原料常规营养成分测定值见表 3。测定指标包含 DM、CP、EE、灰分(Ash)、Ca 和 P。DM 水平以鸡骨架和白条鸡较高,分别为 38.49% 和 37.20%,鸡蛋 DM 水平最低,为 18.15%。CP 水平牛肉最高,为 19.62%,鸡蛋 CP 水平最低,为 7.42%。EE 水平以鳙鲢最高,为 18.89%,海杂鱼最低,为 2.82%。鸡蛋 Ash 含量最高,为 5.42%;牛肉最低,为 0.88%。Ca 水平鸡蛋最高,为 2.21%;牛肝最低,为 0.17%。TP 水平黄花鱼最高,为 0.82%;鸡蛋最低,为 0.10%。

### 2.2 直接法测定5种饲料原料的DM表观消化率

从表 4 看出,DM 表观消化率牛肉最高,为 94.64%,显著高于其他 4 种饲料原料( $P < 0.05$ ),海杂鱼、鸡骨架和白条鸡 DM 表观消化率分别为 84.39%、87.24% 和 88.12%,此 3 种饲料原料之间差异不显著( $P > 0.05$ ),鸡蛋 DM 表观消化率最低,为 61.14%,显著低于其他 4 种饲料原料( $P < 0.05$ )。DM 采食量以鸡骨架组最高,为 483.43 g/d,其次为白条鸡组,为 390.60 g/d,海杂鱼组、鸡蛋组和牛肉组饲粮 DM 采食量分别为 233.09、209.09 和 293.96 g/d,5 组饲粮间 DM 采食量均有显著差异( $P < 0.05$ )。DM 排出量以鸡蛋组最高,为 81.25 g/d;其次是鸡骨架组,为 61.67 g/d,5 组饲粮间均有显著性差异( $P < 0.05$ )。

表2 混合饲粮组成(风干基础)

Table 2 Composition of the mixed diets (air-dry basis)

组别 Groups	基础饲粮 Basal diet	待测饲料原料 Test ingredients	粗蛋白质含量 CP content
VI组 Group VI	56.80	43.20	29.73
VII组 Group VII	65.23	34.77	29.76
VIII组 Group VIII	62.02	37.98	28.58
IX组 Group IX	87.13	12.87	11.09
X组 Group X	86.95	13.05	10.12
XI组 Group XI	85.84	14.16	12.40.

表3 试验用饲料原料的营养成分(风干基础)

Table 3 Nutrient composition of the trial ingredients (air-dry basis)

%

饲料原料 Ingredients	干物质 DM	粗蛋白质 CP	粗脂肪 EE	灰分 Ash	钙 Ca	磷 P
海杂鱼 Trash fish	19.20	66.56	2.82	3.81	1.10	0.45
鸡骨架 Chicken carcasses	38.49	38.22	16.21	4.29	1.60	0.79
鸡蛋 Egg	18.15	40.88	4.24	5.42	2.21	0.10
牛肉 Beef	28.82	68.01	9.29	0.88	0.20	0.17
白条鸡 Chicken	37.20	47.98	11.86	2.72	1.00	0.49
鳊鱼 Bitterling	34.79	34.32	18.89	1.59	0.51	0.28
白鲢 Silver carp	22.27	76.60	2.92	1.12	0.08	0.14
鸡杂 Chicken giblets	33.13	42.35	15.17	1.99	0.23	0.15
鸡肝 Chicken liver	29.01	55.46	8.30	1.33	0.21	0.28
牛肝 Cow liver	28.11	64.50	4.34	1.53	0.17	0.33
黄花鱼 Yellow croaker	29.15	63.16	5.42	5.05	1.76	0.82

### 2.3 直接法测定5种饲料原料的CP表观消化率

蓝狐对直接饲喂的5种饲料原料的CP表观消化率以及差异显著性情况见表4。试验选取的饲料原料CP水平从高到低分别是牛肉组19.62%、白条鸡组17.85%、鸡骨架组14.71%、海杂鱼组12.78%和鸡蛋组7.42%，而CP表观消化率从高到低依次为牛肉(97.25%)、白条鸡(96.69%)、海杂鱼(94.60%)、鸡蛋(91.24%)和

鸡骨架(91.19%)。5种饲料原料的CP表观消化率差异不显著( $P > 0.05$ )。氮摄入量鸡骨架组最高,为197.68 g/d,牛肉组最低,为112.38 g/d,5组间氮摄入量差异显著( $P < 0.05$ );粪氮量也表现为鸡骨架组最高,为17.41 g/d,牛肉组最低,为3.09 g/d。海杂鱼组和白条鸡组粪氮量差异不显著( $P > 0.05$ ),与其他3组有显著差异( $P < 0.05$ )。

表4 直接法测定5种饲料原料的DM和CP表观消化率

Table 4 Apparent digestibility of DM and CP in the 5 kinds of ingredients using a direct method

项目 Items	海杂鱼 Trash fish	鸡骨架 Chicken carcasses	鸡蛋 Egg	牛肉 Beef	白条鸡 Chicken
DM采食量 DMI/(g/d)	233.09 ± 17.89 <sup>d</sup>	483.43 ± 6.58 <sup>a</sup>	209.09 ± 11.51 <sup>c</sup>	293.96 ± 9.69 <sup>c</sup>	390.60 ± 18.66 <sup>b</sup>
DM排出量 DME/(g/d)	36.38 ± 5.83 <sup>d</sup>	61.67 ± 5.46 <sup>b</sup>	81.25 ± 5.83 <sup>a</sup>	15.75 ± 1.64 <sup>c</sup>	46.38 ± 2.07 <sup>c</sup>
DM表观消化率 DM apparent digestibility/%	84.39 ± 2.95 <sup>b</sup>	87.24 ± 4.05 <sup>b</sup>	61.14 ± 3.69 <sup>c</sup>	94.64 ± 2.01 <sup>a</sup>	88.12 ± 6.30 <sup>b</sup>
氮摄入量 NI/(g/d)	155.10 ± 7.59 <sup>c</sup>	197.68 ± 4.83 <sup>a</sup>	142.33 ± 4.27 <sup>d</sup>	112.38 ± 5.15 <sup>c</sup>	187.33 ± 5.80 <sup>b</sup>
粪氮量 NE/(g/d)	8.38 ± 1.91 <sup>c</sup>	17.41 ± 1.81 <sup>a</sup>	12.47 ± 2.78 <sup>b</sup>	3.09 ± 0.67 <sup>d</sup>	6.20 ± 0.72 <sup>c</sup>
粗蛋白质表观消化率 CP apparent digestibility/%	94.60 ± 3.17 <sup>a</sup>	91.19 ± 3.84 <sup>a</sup>	91.24 ± 4.60 <sup>a</sup>	97.25 ± 1.98 <sup>a</sup>	96.69 ± 4.45 <sup>a</sup>

同行数据具有相同字母肩标表示差异不显著( $P > 0.05$ ),具有不同字母肩标表示差异显著( $P < 0.05$ )。下表同。

In the same row, values with the same letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ), and with different letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ). The same as below.

## 2.4 套算法测定6种饲料原料及基础饲粮的DM表观消化率

6种饲料原料及基础饲粮的DM表观消化率情况见表5。基础饲粮DM表观消化率为59.63%。牛肝DM表观消化率最高,为79.17%,白鲢最低,为59.82%,两者差异显著( $P < 0.05$ );其余4种饲料原料DM表观消化率介于上述两者之间,鳊鱼、鸡杂和鸡肝之间差异不显著( $P > 0.05$ )。干物质采食量(DMI)鳊鱼组最高,为391.39 g/d,和黄花鱼组差异不显著( $P > 0.05$ )。牛肝组最低,为288.69 g/d,显著低于其他各组( $P < 0.05$ )。其余几组饲粮DMI介于上述两者之间。干物质排出量(DME)白鲢组最高,为152.60 g/d,牛肝组最低,为120.47 g/d,两者差异显著( $P < 0.05$ )。

## 2.5 套算法测定6种饲料原料及基础饲粮的CP表观消化率

采用套算法测定的6种饲料原料及基础饲粮的CP表观消化率见表5。由表5可知,基础饲粮CP的表观消化率为54.13%。鸡杂的CP表观消化率最高,达到89.88%,显著高于其他饲料原料( $P < 0.05$ );白鲢和牛肝CP表观消化率分别为77.28%和77.58%,两者差异不显著( $P > 0.05$ );鸡肝和黄花鱼CP表观消化率分别为68.26%和69.13%,两者差异不显著( $P > 0.05$ )。氮摄入量鳊鱼组最高,为254.48 g/d,其次为鸡杂组和白鲢组,分别为248.52和247.58 g/d,两者差异不显著( $P > 0.05$ );鸡肝组和基础饲粮组氮摄入量差异不显著( $P > 0.05$ );牛肝氮摄入量最低,为166.19 g/d,显著低于其他各组( $P < 0.05$ )。粪氮量白鲢组最高,为95.66 g/d,与鳊鱼组和基础饲粮组差异不显著( $P > 0.05$ ),牛肝组最低,显著低于其他各组( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

### 3.1 饲料原料适口性对配合饲粮CP表观消化率的影响

CP的含量与CP的表观消化率并不简单成比例关系。有的饲料原料CP含量很高,表观消化率较低,如牛肝;有的饲料原料CP含量很低,表观消化率较高,如鸡蛋。套算法测定的6种饲料原料CP表观消化率较直接法测定的5种饲料原料低,

套算法中基础饲粮加入待测饲料原料后,适口性比单独饲喂要差一些,采食量有所下降,这也可能是消化率低的一个因素;同时基础饲粮均为干粉饲料,氨基酸组成不合理<sup>[10-11]</sup>,其CP的表观消化率低,可能影响了待测饲料原料的蛋白质消化<sup>[12]</sup>。直接法测定的5种饲料原料均为优质饲料原料,适口性非常好,蓝狐日采食量高,CP和DM表观消化率均较高,尤其是牛肉的CP消化率达到97.25%,DM达到94.64%,试验结果表明该5种饲料原料蛋白质均能很好地被吸收利用,套算法中鳊鱼和鸡杂的CP表观消化率也超过了80%,与直接法测定的5种饲料原料一起,均可作为蓝狐优质的饲料原料使用。试验所用的5种新鲜饲料原料蛋白质含量相对较高,而且试验中观察到蓝狐每次都把饲喂的饲料全部吃光,导致试验中相对限食,这也可能是CP消化率高的一个因素。本试验所购买的鲜动物饲料原料品质很好,牛肉、鸡蛋、白条鸡等基本达到了人食用的标准,优质的蛋白质饲料能被蓝狐很好的吸收利用。总之,根据试验原料的价格和运输成本,适当选择优质饲料原料,有利于提高动物的生产性能。

### 3.2 试验方法对饲粮CP表观消化率的影响

套算法也称二次试验法,先测基础饲粮养分消化率,再测试验混合饲粮养分消化率,该方法是研究和历史较长并被广泛认同的一种方法,其测定的各种饲料的表观代谢能值已形成了一个比较完整的体系,适合于测定仔鸡、成年鸡、产蛋鸡饲料代谢能<sup>[13]</sup>。用全收粪法以单一饲料直接测定代谢能时,家禽对于适口性较差的饲料采食量较低,且不稳定,会影响代谢能的测定结果,但对于适口性好的豆粕影响则较小。采用套算法测定饲料代谢能值时,接近试验鸡的自然生产状态,试验鸡的采食量较大,对应的食入能和排泄能的量也较大,内源能的量在总的排泄能中所占比例相对较小。针对单一饲料原料消化率测定,尤其是直接单独饲喂会引起不适的单一饲料原料,该方法有自身的优点。但是该方法的假设是基础饲粮养分消化率不高,且各养分间无互作。该方法的优点是能够测定单一饲料原料的养分消化率,缺点是未考察养分间互作。如3大有机物蛋白质、碳水化合物及脂肪间的相互作用,有机物和维生素及矿物质元素之间的相互作用<sup>[14-15]</sup>。

续表 4

项目 Items	木聚糖添加水平 Xylan supplemental level/%				SEM	P 值 P-Value			
	6.23		7.54			木聚糖水平 Xylan level	木聚糖酶 Xylanase	交互 Interaction	
	4.58	1 000	6.23	7.54					
	木聚糖酶 Xylanase/(U/kg)	木聚糖酶 Xylanase/(U/kg)	木聚糖酶 Xylanase/(U/kg)	木聚糖酶 Xylanase/(U/kg)					
丙酸 Propionate/(mmol/L)	3.89	3.82	3.67	3.81	3.70	3.94	0.25	0.631	0.813
丁酸 Butyrate/(mmol/L)	1.12	1.13	1.04	1.16	0.96	1.12	0.07	0.122	0.557
总挥发性脂肪酸 TVFA/(mmol/L)	12.95 <sup>ab</sup>	12.61 <sup>ab</sup>	12.13 <sup>a</sup>	12.97 <sup>ab</sup>	12.06 <sup>a</sup>	13.29 <sup>b</sup>	0.33	0.044	0.066
盲肠 Caecum									
乙酸 Acetate/(mmol/L)	59.69	58.29	58.99	61.47	53.15	61.63	3.89	0.768	0.454
丙酸 Propionate/(mmol/L)	24.34	24.32	21.02	21.12	20.95	22.17	1.64	0.125	0.917
丁酸 Butyrate/(mmol/L)	6.56	6.49	6.45	6.56	5.99	6.63	0.47	0.879	0.735
总挥发性脂肪酸 TVFA/(mmol/L)	90.59	89.10	86.46	89.15	80.00	85.68	5.75	0.468	0.824
氨 Ammonia/(mg/kg)	170.43 <sup>ab</sup>	165.71 <sup>a</sup>	186.97 <sup>ab</sup>	167.08 <sup>a</sup>	196.85 <sup>b</sup>	165.00 <sup>a</sup>	9.65	0.407	0.386

表 5 不同木聚糖水平饲料中添加木聚糖酶对断奶仔猪回肠和盲肠中菌群数量的影响

项目 Items	木聚糖添加水平 Xylan supplemental level/%				SEM	P 值 P-Value			
	6.23		7.54			木聚糖水平 Xylan level	木聚糖酶 Xylanase	交互 Interaction	
	4.58	1 000	6.23	7.54					
	木聚糖酶 Xylanase/(U/kg)	木聚糖酶 Xylanase/(U/kg)	木聚糖酶 Xylanase/(U/kg)	木聚糖酶 Xylanase/(U/kg)					
回肠 Ileum									
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	6.05	5.97	6.20	5.91	6.32	6.14	0.42	0.859	0.970
乳酸杆菌 <i>Lactobacillus</i>	7.96	7.82	7.70	7.90	7.38	8.04	0.26	0.792	0.310
双歧杆菌 <i>Bifidobacterium</i>	7.34	7.28	7.19	7.52	7.21	7.49	0.24	0.980	0.677
盲肠 Caecum									
大肠杆菌 <i>Escherichia coli</i>	7.65	7.75	7.79	7.52	7.74	7.93	0.21	0.679	0.969

试验方法的选取也会影响到试验测定结果,单独饲喂5种饲料原料测得的消化率均较高,而采用套算法测定的6种饲料原料的CP表观消化率较直接法偏低,饲料原料种类的差别是一个原因,试验方法的不同也是一个原因<sup>[16-17]</sup>。套算法计算CP表观消化率存在的试验误差较大,要求待测饲料的某养分占基础饲粮某养分的10%~30%,否则会影响测定结果的准确性。本试验用鸡肝和牛肝配制混合饲粮时,因为担心过量添加会引起育成期蓝狐身体不适,导致腹泻等情况发生而影响试验进程和生产性能,因此把牛肝和鸡肝中蛋白质所占的比例设为10%左右,套算法要求最适合比例为10%~30%,比例较低有可能是消化率低的一个原因。

有些饲料原料虽然蛋白质含量很高,但是它适口性差或者其他原因,而CP的表观消化率反而不高,比如牛肝CP含量为18.1%,其CP的表观消化率仅仅为68.3%。因此在蓝狐饲养上,除了肝类所加比例过大容易引起腹泻外,加入过多低消化率的肝也会影响饲粮整体的消化率。虽然套算法所测得的饲料原料消化率较直接法测定的5种饲料原料消化率有所降低,但是选取的6种饲料原料CP的表观消化率均达到了60%以上,能够作为蓝狐配合饲料中蛋白质的来源。

## 4 结论

① 蓝狐对试验选取的11种鲜饲料原料均具有较好的消化能力,其中海杂鱼、鸡骨架、鸡蛋(带壳)、牛肉、白条鸡、鲟鳇、鸡杂可作为蓝狐优质的蛋白质来源饲料。

② 白鲢、牛肝、鸡肝、黄花鱼要根据饲料的适口性、营养消化率等实际情况确定其在蓝狐饲粮中所占的比例。

## 参考文献:

[1] 王继远. 毛皮动物手册[M]. 吉林:吉林科学技术出版社,1990:1-99.  
[2] 李光玉,杨福合. 狐、貉、貂养殖新技术[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2006:25-56.  
[3] 程世鹏,单慧. 特种经济动物常用数据手册[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2000:100-109.

[4] 符林升,熊本海,高华杰. 猪饲料营养价值评定及营养需要的研究进展[J]. 中国饲料,2009,10:34-39.  
[5] 姜莉,姜军,高博. 肉牛日粮精料进食水平对淀粉的瘤胃发酵和小肠表观消化率的影响[J]. 中国畜牧杂志,2009,11(1):486-491.  
[6] BUREAU D P, HARRIS A M, CHO C Y, et al. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Aquaculture, 1999, 180(3):345-358.  
[7] 杨凤. 动物营养学[M]. 北京:中国农业出版社,1993:116-117.  
[8] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 2版. 北京:中国农业大学出版社,2007:1-100.  
[9] 黄燕. SAS 统计分析及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2007:10-180.  
[10] 李光玉. 高效养狐技术一本通[M]. 北京:化学工业出版社,2008:5-25.  
[11] 张海华,李光玉,杨福合. 低蛋白质日粮中添加赖氨酸和蛋氨酸对生长前期蓝狐消化代谢及生产性能的影响[J]. 动物营养学报,2008,20(6):352-358.  
[12] 刘源,安星兰,王志红. 不同蛋白质来源配合饲料对犬饲喂效果及养分消化率研究[J]. 实验动物科学与管理,2004,(4):25-28.  
[13] 聂大娃,赵养涛,武书庚,等. 套算法测定玉米代谢能适宜的玉米替代比例研究[J]. 动物营养学报,2008,20(5):606-610.  
[14] CLAUS M, KLEFFNER H, KIENZLE E, et al. Carnivorous mammals: nutrient digestibility and energy evaluation[J]. Zoo Biology, 2010, 28:1-18.  
[15] PRZYSIECKI P, FILISTOWICZ A, FILISTOWICZ A, et al. Effect of addition of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and herb preparation to feed on selected physiological indicators, growth rate and pelt quality of growing arctic foxes[J]. Animal Science Papers and Reports, 2010, 28(3):261-270.  
[16] GERTH N, REDMAN P, SPEAKMAN J, et al. Energy metabolism of Inuit sled dogs[J]. Journal of Comparative Physiology B, 2010, 180:577-589.  
[17] JÓZEFIAK D, KACZMAREK S, RUTKOWSKI A, et al. The effects of benzoic acid supplementation on the performance of broiler chickens[J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2010, 94(1):29-34.

## Apparent Digestibility of Dry Matter and Crude Protein of 11 Kinds of Fresh Ingredients in Blue Foxes

SUN Weili LI Guangyu\* LIU Fenghua BAO Kun ZHONG Wei CHANG Zhongjuan LIU Baiyang  
(Institute of Special Economic Animal and Plant Science, CAAS, State Key Laboratory  
of Special Economical Animals Molecular Biology, Jilin 132109, China)

**Abstract:** To measure the apparent digestibility of dry matter (DM) and crude protein (CP) of different ingredients for blue foxes, one hundred and twenty healthy male blue foxes in replacement period with similar body weight and age, were selected and randomly divided into 12 groups of 10 each. The ingredients with better palatability (trash fish, chicken carcasses, egg, beef, and chicken) were measured the digestibility of DM and CP in blue foxes by the method of feeding directly, while the ingredients with common palatability (bitterling, silver carp, chicken giblets, chicken liver, cow liver and yellow croaker) were measured by a difference method. The results showed that: 1) The apparent digestibility of DM in ingredients measured by the method of feeding directly had a significant difference ( $P < 0.05$ ), however, the apparent digestibility of CP had no significant difference ( $P > 0.05$ ), and the apparent digestibility of DM in trash fish, chicken carcasses, egg in the shell, beef and chicken were 84.39%, 87.24%, 61.14%, 94.64% and 88.12%, respectively; the apparent digestibility of CP in those feedstuffs were 94.60%, 91.19%, 91.24%, 97.25% and 96.69%, respectively. 2) The apparent digestibility of DM and CP in ingredients measured by the difference method had a significant difference ( $P < 0.05$ ), and the apparent digestibility of DM in bitterling, silver carp, chicken giblets, cow liver, chicken liver and yellow croaker were 70.39%, 59.82%, 71.63%, 70.56%, 79.17% and 75.27%, respectively; the apparent digestibility of CP in those feedstuffs were 83.06%, 77.28%, 89.88%, 68.26%, 75.58%, 69.13% and 94.60%, respectively. In conclusion, blue foxes have good digestive ability to the experimental ingredients, and the trash fish, chicken carcasses, egg, beef, chicken, bitterling and chicken giblets are of high quality protein ingredients for blue foxes. Moreover, for silver carp, chicken liver, cow liver and yellow croaker, their proper supplemental proportions in diets of blue foxes depend on their palatability, nutrients digestibility and their influence on animal health. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(9):1519-1526]

**Key words:** blue fox; crude protein; dry matter; apparent digestibility