

不同填饲量对北京鸭胴体品质、体脂沉积和营养物质表观消化率的影响

闻治国, 朱勇文, 唐静, 谢明, 黄苇, 喻俊英, 侯水生*

(中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100193)

摘要: 旨在研究不同填饲量对北京鸭胴体品质、体脂沉积及营养物质表观消化率的影响。选取 35 日龄健康、大小均匀的 W 系雄性北京鸭 96 只, 随机分成 8 个处理, 每处理 6 个重复, 每个重复 2 只鸭。基础日粮中加入 0.5% 的 Cr_2O_3 作为外源指示剂测定填鸭营养物质表观消化率, 对照组自由采食, 试验组在 35 和 36 日龄时分别填饲 260 和 $300 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 的基础日粮, 之后 5 d 各处理填饲量保持不变, 分别为 300、330、360、390、420、450、480 $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$, 试验期为 7 d。结果表明: (1) 不同填饲量对北京鸭屠体率、全净膛率、胸肌率、腿肌质量和腿肌率影响不大 ($P > 0.05$), 而对北京鸭胸肌质量影响显著 ($P < 0.05$), 并随填饲量的增加呈现先升高后平稳的趋势, 以胸肌质量为评定指标, 采用直线折线模型进行估算的最适填饲量为 $390.7 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 。不同填饲量对北京鸭皮脂质量、皮脂率、腹脂质量、腹脂率、肝脏质量、肝重率和肝脂率均有显著的影响 ($P < 0.05$), 但填饲量增加到一定值后, 体脂沉积量保持稳定 ($P > 0.05$); (2) 在填饲期, 不同填饲量对北京鸭干物质和粗蛋白表观消化率影响显著 ($P < 0.05$), 而对能量表观消化率影响不大 ($P > 0.05$)。以上结果表明, 填饲能够快速增加北京鸭的体脂沉积, 对胸肌生长发育影响显著, 但随填饲量的增加, 营养物质表观消化率下降, 填鸭体脂沉积量不再增加。

关键词: 北京鸭; 填饲; 体脂沉积; 胴体品质; 营养物质消化率

中图分类号: S834.81; S815.5

文献标识码: A

文章编号: 0366-6964(2012)08-1247-08

Effects of Force-feeding Levels on Carcass Quality, Body Fat Deposition and Apparent Digestibility of Nutrients for Pekin Ducks

WEN Zhi-guo, ZHU Yong-wen, TANG Jing, XIE Ming, HUANG Wei,

YU Jun-ying, HOU Shui-sheng*

(Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: This experiment was conducted to determine the effects of different force-feeding levels on carcass quality, body fat deposition and apparent digestibility of nutrients for Pekin ducks. Ninety-six 35-day-old health male Pekin ducks with similar pen weight were randomly assigned into 8 treatments with 6 replicates per treatment and 2 Pekin ducks per replicate. Apparent digestibility of nutrients was determined with chromic oxide (Cr_2O_3) at an inclusion rate of 0.5% in basal diet. The experimental feeding period lasted 7 d from 35 to 42 d of age and the corn-soybean diet was fed to the eight groups of ducks, the control group by ad libitum-feeding and the experimental groups by force-feeding. The force-fed intake was $260 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ at 35 d of age and increased to $300 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ at 36 d of age. The force-fed intake unchanged during the other five days and they were 300, 330, 360, 390, 420, 450 and $480 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ each treatments, respectively. The results showed as follows: (1) No significant differences in dressing percentage (DP), eviscerated percentage (EP), breast muscle percentage (BMP), leg muscle weight (LMW) and leg muscle per-

收稿日期: 2011-10-08

基金项目: 现代水禽产业技术体系建设专项资金资助 (CARS-43); 科技人员服务企业行动项目 (2009GJA00003)

作者简介: 闻治国 (1985-), 男, 山西忻州人, 博士, 主要从事水禽营养学研究, E-mail: wenzg0125@163.com

* 通讯作者: 侯水生, Tel: 010-62815832, E-mail: houss@263.net

centage(LMP) were observed among treatments ($P > 0.05$). Breast muscle weight (BMW) increased with increasing feeding level from the control group to $390 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ ($P < 0.05$) and then decreased ($P > 0.05$). Based on the broken-line regression model analysis with BMW data, the optimum feeding levels for force-feeding Pekin ducks was $390.7 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$; These were significant differences among treatments in body fat deposition index ($P < 0.05$). But body fat deposition were unchange when force-feeding levels reached a certain value ($P > 0.05$). (2) For the final overfeeding period, there were significant differences in apparent digestibility of dry matter and crude protein ($P < 0.05$), whereas apparent digestibility of energy had no significant differences ($P > 0.05$) between different treatments. In conclusion, overfeeding of Pekin ducks can induces a strong fattening of subcutaneous adipose tissues and muscles and force-feeding has a significant effect on breast muscle growth. However, nutrients digestibility decrease and body fat deposition keep unchange with increasing force-feeding levels.

Key words: Pekin ducks; force-feeding; body fat deposition; carcass quality; nutrients digestibility

“北京烤鸭”驰名中外,是当前国内外畅销食品之一,其制作的材料来源于填鸭。在生产中,对北京鸭填饲大量以玉米为主的高能饲料,主要目的是快速沉积脂肪。原因是碳水化合物进入动物机体后,通过磷酸戊糖^[1]和糖酵解等途径转化为甘油三酯,最终导致脂肪组织内脂肪的沉积。同时,填饲也能导致北京鸭肌肉内脂肪含量升高^[2],肌肉内脂肪含量能达到 $2.26\% \sim 5.57\%$ ^[3]。Hermier等^[4]曾研究报道,填饲后朗德鹅肝脏质量2周内能达到正常肝质量的10倍,达到体质量的10%左右。填鸭皮下脂肪多和胸肌快速生长是“北京烤鸭”外皮焦黄香脆以及内质细嫩滑润的必备条件。国内外,不论是烤鸭生产还是肥肝生产,填鸭生产量巨大。然而很多研究也表明,家禽被填饲过量饲料或采食高浓度饲料后,营养物质消化率必然会降低^[5-6]。当过量碳水化合物饲料进入北京鸭消化道后,北京鸭不能充分消化饲料而直接排出体外,这样易造成饲料浪费和环境污染。目前研究只局限于不同水禽品种体脂沉积能力的比较^[7-10],还没有关于不同填饲量对填鸭胴体品质和体脂沉积影响以及填鸭营养物质消化率的研究报道。因此为了满足人类饮食需求,又要考虑饲料资源浪费和环境污染以及动物福利问题,探究不同填饲量对北京鸭胴体品质、体脂沉积以及营养物质表观消化率的影响,来研究填鸭不同填饲量与体脂沉积和营养物质表观消化率的关系,具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 实验动物与日粮

35日龄大小均匀一致、健康的W系雄性北京

鸭96只(来源于中国农业科学院北京畜牧兽医研究所种鸭场),0~35日龄饲喂常规饲料,试验期填饲试验饲料,其组成及营养水平见表1,自由饮水,试验饲料采用玉米-豆粕型日粮,填饲期为7d。

1.2 试验设计与饲养管理

试验设8个处理,每个处理6个重复,每个重复2只北京鸭。对照组为自由采食,整个试验期试验组填饲量不同,第1和第2天为预填期,第3到第7天为正饲期,每只北京鸭每天填饲量见表2。料与水按1.0:1.2混合均匀,每天分4次机械填饲(06:00、12:00、18:00、23:00)。

试验采用网上平养,每个重复单圈饲养,自由饮水。填饲期鸭舍温度为 $22 \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$,湿度为 $60\% \sim 72\%$,采用人工补光制度,24h光照,其他按常规饲养管理进行。

1.3 样品采集与测定指标及方法

试验结束时,将全部试验鸭禁食(自由饮水)12h(从晚上18:00到次日早上06:00)后,口腔内放血法处死,拔完羽毛后沥干水称屠体质量,然后取其皮脂(皮+皮下脂肪)、腹脂(腹脂+肌胃外脂肪)、胸肌、腿肌、肝脏。肝脏称重后立即保存于液氮中,备分析肝脏中水分和脂肪含量。

1.3.1 胴体品质 样品采集后测定屠体质量(Dressed weight, DW)、全净膛质量(Eviscerated weight, EW)、胸肌质量(Breast muscle weight, BMW)、腿肌质量(Leg muscle weight, LMW),并计算屠体率(Dressing percentage, DP)、全净膛率(Eviscerated percentage, EP)、胸肌率(Breast muscle percentage, BMP)、腿肌率(Leg muscle percentage,

LMP)。计算方法参照杨宁^[11]的方法进行。

表 1 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air dry basis)

%

项目 Item	含量 Content	营养水平 Nutrient levels ²⁾	含量 Content
玉米 Corn	80.8	代谢能(MJ·kg ⁻¹) ME ³⁾	12.43
豆粕 Soybean meal	15.0	粗蛋白 CP	13.47
磷酸氢钙 CaHPO ₄	1.3	钙 Ca	0.94
石粉 Limestone meal	1.1	非植酸磷 NP	0.36
预混料 Premix ¹⁾	1.0	蛋氨酸 Met	0.24
食盐 NaCl	0.3	赖氨酸 Lys	0.59
Cr ₂ O ₃ Chromic oxide	0.5		
共计 Total	100.0		

¹⁾ 预混料为每千克饲料提供: Cu(CuSO₄·5H₂O) 10 mg; Fe(FeSO₄·7H₂O) 60 mg; Zn(ZnO) 60 mg; Mn(MnSO₄·H₂O) 80 mg; Se(NaSeO₃) 0.2 g; I(KI) 0.2 mg; Cr(Cr₂O₃) 0.15 mg; 氯化胆碱 1 000 mg; VA 10 000 IU; VD₃ 3 000 IU; VE 20 IU; VK₃ 2 mg; thiamin 2 mg; riboflavin 8 mg; VB₆ 4 mg; VB₁₂ 0.06 mg; D-pantothenic acid 20 mg; nicotinic acid 50 mg; folic acid 1 mg; biotin 0.2 mg。 ²⁾ 营养水平为计算值。 ³⁾ 根据鸭饲料原料表观能量值进行计算

¹⁾ Premix provided the following per kg of diets: Cu(CuSO₄·5H₂O) 10 mg; Fe(FeSO₄·7H₂O) 60 mg; Zn(ZnO) 60 mg; Mn(MnSO₄·H₂O) 80 mg; Se(NaSeO₃) 0.2 g; I(KI) 0.2 mg; Cr(Cr₂O₃) 0.15 mg; choline chloride 1 000 mg; VA 10 000 IU; VD₃ 3 000 IU; VE 20 IU; VK₃ 2 mg; thiamin 2 mg; riboflavin 8 mg; VB₆ 4 mg; VB₁₂ 0.06 mg; D-pantothenic acid 20 mg; nicotinic acid 50 mg; folic acid 1 mg; biotin 0.2 mg。 ²⁾ Nutrient levels were measured values。 ³⁾ Values were calculated according to the AME of chicken's feed ingredients

表 2 填鸭每天填饲量

Table 2 Force-feeding levels for Pekin ducks every day

g·(d·只⁻¹)⁻¹

项目 Item	第 1 天 Day 1	第 2 天 Day 2	第 3 天 Day 3	第 4 天 Day 4	第 5 天 Day 5	第 6 天 Day 6	第 7 天 Day 7
组 1 Group one	260	300	300	300	300	300	300
组 2 Group two	260	300	330	330	330	330	330
组 3 Group three	260	300	360	360	360	360	360
组 4 Group four	260	300	390	390	390	390	390
组 5 Group five	260	300	420	420	420	420	420
组 6 Group six	260	300	450	450	450	450	450
组 7 Group seven	260	300	480	480	480	480	480
对照组 Control	自由采食 Ad libitum-feeding						

屠体率 = 屠体质量/活体质量 × 100%;

全净膛率 = 全净膛质量/活体质量 × 100%;

腿肌率 = 腿肌质量/全净膛质量 × 100%;

胸肌率 = 胸肌质量/全净膛质量 × 100%。

1.3.2 体脂沉积 试验鸭屠宰后测定皮脂质量(Skin and subcutaneous fat weight, SSFW)、腹脂质量(Abdominal fat weight, AFW)、肝脏质量(Liver weight, LW),并计算皮脂率(Skin and subcutaneous fat percentage, SSFP)、腹脂率(Abdominal fat percentage, AFP)、肝重率(Liver percentage, LP)。取一小块冻存的肝组织,解冻后用眼科

剪剪碎并于 65 °C 下烘干制成粉末,回潮 24 h,备测肝脏水分和脂肪含量,并计算肝脂率(Liver fat percentage, LFP)。肝脏中水分和脂肪含量分别采用差减法 and 索氏浸提法,具体操作步骤参照王平^[12]的方法进行。

皮脂率 = 皮脂质量/全净膛质量 × 100%;

腹脂率 = 腹脂质量/(全净膛质量 + 腹脂质量) × 100%;

肝重率 = 肝脏质量/(全净膛质量 + 肝脏质量);

肝脂率 = 肝脏脂肪含量/肝脏风干质量 × 100%。

1.3.3 营养物质表观消化率 营养物质表观消化率的测定是通过日粮中添加 0.5% 的 Cr_2O_3 外源指示剂来完成,主要测定试验开始阶段(第 1、2 天)和试验完成阶段(第 6、7 天)填鸭在不同填饲量水平下的营养物质表观消化率。在试验第 1、2 和第 6、7 天以重复为单位收集排泄物,每 8 h 收集 1 次,然后立即加入 10% 的盐酸(防止氨的挥发),充分混匀后取 15% 的鲜粪尿样,4 °C 冷藏,而后分别将 2 d 各重复收集的粪样混合均匀,于 65 °C 烘箱中烘至恒重,在室温下回潮 24 h,粉碎过 40 目筛,保存待测。每日填饲时采集试验料样 150 g,将 2 d 所采的饲料样混合均匀,粉碎过 40 目筛,保存待测。

饲料和排泄物中 Cr_2O_3 含量的测定:用强氧化剂(钼酸钠、浓硫酸和高氯酸按一定比例混合配制)将 Cr_2O_3 消化后,在分光光度计上 460 nm 波长下测定,具体操作见 Divakaran 等^[13]方法。采用常规方法测定饲料和排泄物中干物质(Dry matter, DM)含量(水分测定 GB/T6435)和粗蛋白(Crude protein, CP)含量(GB/T6432)。饲料和排泄物总能量采用氧弹式测热计(Parr 6100 calorimeter, USA)测定。计算公式如下:

$$\text{营养物质表观消化率}(\%) = 100 -$$

$$\left[100 \times \left(\frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ in diet}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ in feces}} \times \frac{\% \text{nutrient in feces}}{\% \text{nutrient in diet}} \right) \right]$$

1.4 数据处理

试验数据采用 SAS 8.0 中 One way ANOVA 进行统计分析,各处理间平均值的比较采用 Duncan 氏多重比较进行差异显著性检验,结果以“平均值±标准差(mean±SD)”表示,以 $P < 0.05$ 作为差异显著性判断标准。

采用直线折线模型对填鸭的最佳填饲量进行估算,直线-折线模型^[14]如下:

$$\begin{cases} Y = L + U(R - X); X < R \\ Y = L; X \geq R \end{cases}$$

其中, Y = 生产性能(如胸肌重), X = 处理日粮中对应的填饲量水平($\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$), R 为达到最大生产性能的最适填饲量, L 为当达到最适填饲量时对动物的生长效应, U 为模型的斜率。

2 结果

2.1 不同填饲量对北京鸭的胴体品质的影响

本试验中自由采食组北京鸭每天平均采食量为 $(259.55 \pm 18.59) \text{g} \cdot \text{只}^{-1}$ 。由表 3 可知,不同填饲

量对北京鸭屠宰率、全净膛率、胸肌率、腿肌质量和腿肌率影响不大($P > 0.05$)。不同填饲量显著影响北京鸭胸肌质量($P < 0.05$),并随填饲量水平的增加呈现先升高后平稳的趋势,在 $390 \text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 时达到最大,说明填饲量为 $390 \text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 可能是北京鸭胸肌生长发育的极限。以胸肌质量为评定指标,采用直线折线模型进行估算的最适填饲量为 $390.7 \text{g} \cdot \text{d}^{-1}$,与本试验胸肌质量结果较好的 $390 \text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 很相似,回归方程: $Y = 217.4 - 0.2759 \times (390.7 - X)$ ($P = 0.0004$, $R^2 = 0.981$)。综上所述,不同填饲量对北京鸭胸肌生长发育影响显著($P < 0.05$),对北京鸭腿肌生长发育影响不大($P > 0.05$),说明填饲后北京鸭的胸肌生长发育大于腿肌的生长发育,同时胸肌质量在 $390 \text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 时达到最大,继续增加填饲量时,反而不利于胸肌的生长发育。

2.2 不同填饲量对北京鸭体脂沉积的影响

由表 4 可知,不同填饲量对北京鸭皮脂质量、皮脂率、腹脂质量、腹脂率、肝脏质量、肝重率和肝脂率均有显著的影响($P < 0.05$),说明填饲以玉米为主的碳水化合物饲料能够明显增加北京鸭的体脂沉积。填饲量在 420 和 $480 \text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 之间时,皮脂质量差异不显著($P > 0.05$),说明填饲量达到 $420 \text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 以上时,皮脂质量增加不明显。不同填饲量对北京鸭肝重率和肝脂率影响显著($P < 0.05$),肝脏脂肪含量在 $450 \text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 时达到最大,与自由采食组相比,提高 73.54%。

2.3 不同填饲量对北京鸭营养物质表观消化率的影响

由表 5 可知,在预填期(第 1~2 天),北京鸭干物质、能量和粗蛋白表观消化率差异不显著($P > 0.05$)。在填饲末期(第 6~7 天),不同填饲量对北京鸭干物质和粗蛋白表观消化率的影响差异显著($P < 0.05$),但能量表观消化率差异不显著($P > 0.05$)。此外,填饲量在 $480 \text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 时,与自由采食组相比,干物质和蛋白质表观消化率分别降低 3.28% 和 18.65%。

3 讨论

3.1 不同填饲量对北京鸭胴体品质的影响

由表 3 可知,不同填饲量对北京鸭屠宰率、全净膛率、胸肌率、腿肌质量和腿肌率影响不大,对胸肌质量有明显的影晌作用,在 $390 \text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 以下胸肌质量随填饲量的增加而逐渐增加, $390 \text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ 以上趋于平稳。以胸肌质量为评定指标,采用直线折线模

型进行估算的最适填饲量为 $390.7 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$, 与本试验胸肌质量结果较好的 $390 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 很相似, 说明填饲量为 $390 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 可能是北京鸭胸肌质量增加的极限, 当填饲量超过 $390 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 时, 胸肌质量基本稳定。余德勇^[15] 研究表明, 填饲北京鸭(35~42 日龄)后, 胸肌质量显著升高, 胸肌率和腿肌率没有变化, 与本试验结果一致。北京鸭在 35~42 日龄时, 胸肌生长发育大于腿肌生长发育, 腿肌生长发育基

本停止^[16]。因此, 由表 5 可知, 随着填饲量的增加, 北京鸭粗蛋白绝对摄入量逐渐增加, 而填饲量在 $390 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 以下粗蛋白表观消化率没有差异, 因此北京鸭胸肌质量逐渐增加。当填饲量超过 $390 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ 时, 尽管填饲量逐渐增加, 但粗蛋白表观消化率逐渐下降, 所以北京鸭胸肌质量趋于稳定。此外, 水禽被填饲后胸肌中脂肪的沉积也是水禽胸肌质量增加的另一个原因^[17-19]。

表 3 不同填饲量对北京鸭胴体品质的影响

Table 3 Effects of different force-feeding levels on carcass quality of Pekin ducks

填饲量/ $(\text{g} \cdot \text{d}^{-1})$	屠体率/%	全净膛率/%	胸肌质量/g	胸肌率/%	腿肌质量/g	腿肌率/%
Feeding level	DW	EW	BMW	BMP	LMW	LMP
自由采食 Ad libitum	87.90 ± 1.78	73.94 ± 1.86	190.00 ± 25.00^b	8.46 ± 0.97	125.33 ± 11.03	11.18 ± 1.02
300	89.93 ± 2.44	74.14 ± 1.68	193.42 ± 24.64^b	8.47 ± 0.84	123.00 ± 6.45	10.80 ± 0.63
330	89.84 ± 1.77	74.41 ± 1.17	200.50 ± 26.34^{ab}	8.66 ± 1.15	120.67 ± 12.33	10.40 ± 0.93
360	89.91 ± 2.28	73.68 ± 1.69	206.30 ± 18.29^{ab}	8.68 ± 0.63	127.50 ± 9.67	10.74 ± 0.76
390	88.82 ± 1.11	73.31 ± 0.93	219.08 ± 14.79^a	9.23 ± 0.56	129.50 ± 24.68	10.90 ± 1.98
420	89.51 ± 2.03	73.98 ± 1.33	217.92 ± 20.32^a	8.96 ± 0.68	127.25 ± 11.34	10.48 ± 1.07
450	89.17 ± 1.71	74.19 ± 1.44	216.92 ± 24.45^a	8.91 ± 0.93	118.25 ± 14.86	9.70 ± 0.97
480	89.17 ± 0.84	73.20 ± 0.90	217.50 ± 27.78^a	8.95 ± 1.14	128.50 ± 5.78	10.57 ± 0.42
P 值 P-value	0.125 6	0.421 9	0.005 6	0.374 6	0.412 6	0.066 9

同列肩标小写字母不同者表示差异显著($P < 0.05$), 下同

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference($P < 0.05$). The same as below

表 4 不同填饲量对北京鸭体脂沉积的影响

Table 4 Effects of different force-feeding levels on body fat deposition of Pekin ducks

填饲量/ $(\text{g} \cdot \text{d}^{-1})$	皮脂质量/g	皮脂率/%	腹脂质量/g	腹脂率/%	肝脏质量/g	肝重率/%	肝脂率/%
Feeding level	SSFW	SSFP	AFW	AFP	LW	LP	LFP
自由采食 Ad libitum	671.33 ± 49.26^d	29.92 ± 1.99^b	46.83 ± 10.35^a	2.05 ± 0.45^a	68.08 ± 10.10^c	2.94 ± 0.39^c	11.34 ± 2.05^c
300	712.58 ± 52.49^c	31.29 ± 2.44^{ab}	59.42 ± 6.19^b	2.54 ± 0.24^b	79.42 ± 17.12^{bc}	3.35 ± 0.59^{abc}	13.98 ± 5.66^{bc}
330	739.67 ± 40.45^{bc}	31.93 ± 1.79^a	57.92 ± 8.50^b	2.44 ± 0.36^b	78.33 ± 13.38^{bc}	3.27 ± 0.55^{bc}	13.25 ± 3.77^c
360	741.40 ± 33.04^{bc}	31.26 ± 1.63^{ab}	61.10 ± 5.97^b	2.51 ± 0.27^b	96.80 ± 23.86^a	3.91 ± 0.92^a	13.40 ± 4.52^c
390	707.83 ± 35.88^{dc}	29.83 ± 1.36^b	60.83 ± 9.67^b	2.50 ± 0.39^b	82.33 ± 11.09^{abc}	3.35 ± 0.43^{abc}	14.82 ± 5.04^{abc}
420	770.25 ± 47.91^{ab}	31.68 ± 1.79^a	63.58 ± 7.50^b	2.55 ± 0.29^b	95.08 ± 33.66^{ab}	3.74 ± 1.22^{ab}	14.82 ± 4.03^{abc}
450	793.75 ± 54.69^a	32.64 ± 2.23^a	65.33 ± 9.48^b	2.62 ± 0.40^b	85.50 ± 6.92^{ab}	3.40 ± 0.36^{abc}	19.68 ± 8.66^a
480	797.20 ± 42.45^a	32.80 ± 1.71^a	65.40 ± 11.55^b	2.62 ± 0.47^b	92.70 ± 11.08^{ab}	3.67 ± 0.42^{ab}	19.34 ± 8.85^a
P 值 P-value	$< 0.000 1$	0.001 1	$< 0.000 1$	0.007 0	0.003 1	0.031 4	0.011 1

表 5 不同填饲量对北京鸭营养物质表观消化率的影响

Table 5 Effects of different force-feeding levels on apparent nutrients digestibility of Pekin ducks

%

填饲量/(g·d ⁻¹) Feeding level	第 1~2 天 Day 1 to day 2			第 6~7 天 Day 6 to day 7		
	干物质 Dry matter	能量 Energy	粗蛋白 Crude protein	干物质 Dry matter	能量 Energy	粗蛋白 Crude protein
自由采食 ad libitum	80.84±0.50 ^{ab}	83.94±0.51 ^a	80.08±1.70 ^a	83.04±0.71 ^a	86.36±0.81 ^a	80.50±2.39 ^a
300	80.80±0.52 ^b	84.20±0.42 ^a	76.26±3.22 ^a	82.34±1.09 ^{ab}	85.60±1.06 ^{ab}	76.14±3.50 ^{ab}
330	81.50±0.81 ^a	84.60±0.47 ^a	78.26±4.22 ^a	82.25±1.64 ^{ab}	85.45±1.46 ^{ab}	75.82±5.92 ^{abc}
360	81.06±0.79 ^{ab}	84.13±0.56 ^a	76.50±4.82 ^a	82.16±0.41 ^{ab}	85.62±0.45 ^{ab}	78.36±2.90 ^a
390	81.10±0.52 ^{ab}	84.17±0.56 ^a	78.13±2.19 ^a	82.16±0.62 ^{ab}	85.72±0.66 ^{ab}	77.56±2.89 ^a
420	81.37±0.50 ^{ab}	84.49±0.42 ^a	79.61±2.89 ^a	81.66±1.06 ^b	85.43±0.99 ^{ab}	71.60±4.81 ^{bc}
450	80.47±0.78 ^b	83.97±0.73 ^a	76.47±2.30 ^a	81.46±0.65 ^{bc}	85.23±0.54 ^{ab}	70.40±5.48 ^{cd}
480	81.24±0.59 ^{ab}	84.59±0.56 ^a	78.06±1.75 ^a	80.32±0.99 ^c	84.51±0.97 ^b	65.49±4.04 ^d
P 值 P-value	0.152 3	0.208 2	0.268 6	0.005 4	0.139 9	<0.000 1

3.2 不同填饲量对北京鸭体脂沉积的影响

在水禽上,填饲的主要目的是快速沉积脂肪以及生产肥肝,关于填饲能够增加水禽脂肪沉积和肥肝性能已经有了比较深入的研究^[1,18,20]。当填饲造成水禽肝脏内脂肪酸合成代谢大于分解代谢时,从头合成的甘油三酯就会储存在肝脏和脂肪组织中^[7,21-22]。由表 4 可知,填饲能显著提高北京鸭皮下和肝脏内脂肪沉积,与自由采食组相比,填饲量为 480 g·d⁻¹时,皮脂重能提高 18.75%,肝脂率能提高 70.55%。同时,肝脏脂肪含量在 390~480 g·d⁻¹时差异不显著,说明肝脏转运脂肪到外周肌肉和脂肪组织的能力减弱,因此组织中脂肪沉积量可能基本保持稳定。一定范围内,家禽能量摄入逐渐增多并超过消耗能,则过多的能量以脂肪形式在体内蓄积,同时,脂肪沉积率随能量水平增加线性增加^[23],但能量水平增加到一定程度时,脂肪沉积基本保持稳定^[24-25]。Davail 等^[26]研究表明,填饲诱导朗德鹅新合成的甘油三酯会在外周组织如脂肪组织和肌肉中大量沉积,随着填饲量的增加,肌间脂肪含量变化不明显,与本试验结果一致。由表 4 可知,北京鸭皮脂质量在 420~480 g·d⁻¹时差异不显著,肝脂率在 390~480 g·d⁻¹时差异不显著。因此从经济效益、动物福利及环境污染等方面考虑,填饲量在 390~420 g·d⁻¹时可以满足填饲制作烤鸭的要求。

3.3 不同填饲量对北京鸭营养物质表观消化率的影响

关于不同填饲水平对水禽营养物质表观消化率的影响研究很少。一般来说,填饲饲料越多,饲料通过消化道速度越快,同时肠道与食物有效接触面积越小,必然会造成饲料消化率降低^[27]。Zhou 等^[28]研究报道,北京鸭填饲量是自由采食的 2 倍时,其营养物质消化吸收率几乎是正常的,原因是填饲可能改变了北京鸭胃肠道的功能。而本试验结果显示,第 6~7 天北京鸭干物质和粗蛋白表观消化率差异显著,并随填饲量的增加而逐渐降低,其中粗蛋白表观消化率在 390 g·d⁻¹以上降低幅度明显,而能量的表观消化率差异不显著,与 Zhou 等^[28]的研究结果相反。关于这种饲喂水平对动物营养物质表观消化率的影响,在水产研究上也有类似的发现,变化规律与本试验结果一致^[29-31]。Tafaja 等^[32]研究报道,奶牛和绵羊的饲喂量是自由采食的 3 倍时,2 种动物的营养物质利用率都分别降低,动物体质量增加不明显。由表 3、表 4 和表 5 可知,北京鸭胸肌质量填饲量达到 390 g·d⁻¹以上时不再增加,皮脂质量在 420 g·d⁻¹以上时保持稳定,肝脂率在 390 g·d⁻¹以上时差异不显著,第 6~7 天粗蛋白表观消化率在 300~390 g·d⁻¹时差异不显著,因此可以推断,北京鸭填饲量在 390~420 g·d⁻¹可以满足北京烤鸭的要求。当填饲量继续增大时,会造成大量饲

料不能充分消化而排出体外,这样易造成饲料浪费和环境污染。本试验中,由于粪便中脂肪含量较少,所以未考虑脂肪的消化率,可能会加大试验分析中的误差。

4 结 论

4.1 除胸肌质量之外,不同填饲量对北京鸭胴体品质影响不大,胸肌生长发育明显大于腿肌生长发育。不同填饲量能明显增加北京鸭体脂沉积,填饲量继续增加时,体脂沉积量保持稳定。

4.2 在填饲期,不同填饲量对北京鸭干物质和粗蛋白表观消化率影响显著,而对能量表观消化率影响不大。

参考文献:

- [1] MOUROT J, GUY G, LAGARRIGUE S, et al. Role of hepatic lipogenesis in the susceptibility to fatty liver in the goose [J]. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*, 2000, 126: 81-87.
- [2] ZANUSSO J, RE'MIGNON H, GUY G, et al. The effects of overfeeding on myofibre characteristics and metabolical traits of the breast muscle in Muscovy ducks (*Carina moschata*) [J]. *Reprod Nutr Dev*, 2003, 43: 105-115.
- [3] CHARTRIN P, MOUROT J, BERNADET M D, et al. Effect of genotype and force-feeding on the intramuscular fat deposition in duck [C]. Proceedings of 16th Symposium E Crop on the Quality of Poultry Meat, 2003: 224-230.
- [4] HERMIER D, ROUSSELOT-PAILLEY D, PERES-SON R, et al. Influence of orotic acid and estrogen on hepatic lipid storage and secretion in the goose susceptible to liver steatosis [J]. *Biochem Biophys Acta*, 1994, 1211: 97-106.
- [5] YOKOTA H, UEDA H. The effect in chicks of feeding a diet containing excess Lmethionine on the ability of the intestine to absorb methionine [J]. *Jap J Zootech Sci*, 1981, 52: 53-57.
- [6] PUVANENDRAN V, BOYCE D L, BROWN J A. Food ration requirements of 0+ yellowtail flounder *Limanda ferruginea* (Storer) juveniles [J]. *Aquaculture*, 2003, 220: 459-475.
- [7] GUY G, HERMIER D, DAVAIL S, et al. Meat production and force-feeding ability of different types of ducks [C]. The First World Waterfowl Conference Taichung, Taiwan, 1999: 462-468.
- [8] HERMIER D, GUY G, GUILLAUMIN S, et al. Differential channelling of liver lipids in relation to susceptibility to hepatic steatosis in two species of ducks [J]. *Comp Biochem Physiol Part B*, 2003, 135: 663-675.
- [9] DAVAIL S, RIDEAU N, GUY G, et al. Hormonal and metabolic responses to overfeeding in three genotypes of ducks [J]. *Comp Biochem Physiol Part B*, 2003, 134: 707-715.
- [10] CHARTRIN P, BERNADET M D, GUY G, et al. Effects of genotype and overfeeding on lipid deposition in myofibres and intramuscular adipocytes of breast and thigh muscles of ducks [J]. *Reprod Nutr Dev*, 2005, 45(1): 87-99.
- [11] 杨 宁. 家禽生产学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [12] 王 平. 饲料质量检测指导 [M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2003.
- [13] DIVAKARAN S, OBALDO L G, FORSTER I P. Note on the methods for determination of chromic oxide in shrimp feeds [J]. *J Agric Food Chem*, 2002, 50(3): 464-467.
- [14] ROBBINS K R, SAXTON A M, SOUTHERN L L. Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis [J]. *J Anim Sci*, 2006, 84 (Suppl): 155-165.
- [15] 余德勇. 北京鸭和樱桃谷鸭生长性能、肌肉理化特性比较及填饲对其影响 [M]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- [16] 张 丽. 北京鸭生长发育性状与血液生化指标的遗传分析 [M]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2004.
- [17] 杨学梅. 北京鸭喂饲与填饲的产品比较 [J]. 当代畜牧, 2000, 5: 8-9.
- [18] CHARTRIN P, BERNADET M D, GUY G, et al. Does overfeeding enhance genotype effects on energy metabolism and lipid deposition in breast muscle of ducks? [J]. *Comp Biochem Physiol Part A*, 2006, 145: 413-418.
- [19] LI X, ZHOU Q, HE R G, et al. Performance of fatty liver development in response to brown rice and corn-based diets in overfed Landes geese (*Anser anser*) [J]. *Agric Sci Chi*, 2005, 4(2): 150-155.
- [20] 苏胜彦, 李齐发, 陈 睿, 等. 填饲对朗德鹅产肝性能、肝脏组织学和脂生成基因表达水平的影响 [J]. 中国农业科学, 2009, 42(7): 2523-2530.
- [21] HERMIER D, SAADOUN A, SALICHON M R, et

- al. Plasma lipoproteins and liver lipids in two breeds of geese with different susceptibility to hepatic steatosis: changes induced by development and force-feeding[J]. *Lipids*, 1991, 26(5): 331-339.
- [22] FOURNIER E, PERESSON R, GUY G, et al. Relationship between storage and secretion of hepatic lipids in two breeds of geese with different susceptibility to liver steatosis[J]. *Poult Sci*, 1997, 76(4): 599-607.
- [23] 李德发. 动物营养研究进展[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004.
- [24] 周桂莲, 林映才, 蒋守群, 等. 饲料代谢能水平对 22~42 日龄黄羽肉鸡生长性能、胴体品质以及部分血液生化指标影响的研究[J]. 饲料工业, 2004, (3): 35-38.
- [25] 蔺淑琴, 李金录, 史兆国, 等. 日粮不同营养水平对黄羽肉鸡屠宰性能及肉品质的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2008, 35(8): 9-12.
- [26] DAVAIL S, GUY G, ANDRE J M, et al. Metabolism in two breeds of geese with moderate or large overfeeding induced liver-steatosis[J]. *Comp Biochem Physiol Part A*, 2000, 126: 91-99.
- [27] HENKEN A M, KLEINGELD D W, TIJSSSEN P A T. The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter, crude protein and gross energy in the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)[J]. *Aquaculture*, 1985, 51: 1-11.
- [28] ZHOU Z X, ISSHIKI Y, YAMAUCHI K, et al. Effects of feeding method and feed intake on the feed digestibility and activities of digestive enzymes in the feces of ducks[J]. *Jap Poult Sci*, 1989, 26: 354-361.
- [29] WINDELL J T, FOLTZ J W, SAROKON J A. Effect of fish size, temperature, and amount fed on nutrient digestibility of a pelleted diet by rainbow trout, *Salmo gairdneri* [J]. *Trans Am Fish Soc*, 1978, 107: 613-616.
- [30] HOGENDOORN H. Growth and production of African catfish, *Clarias lazera* (C. and V.) III. Bioenergetic relations of body weight and feeding level[J]. *Aquaculture*, 1983, 35: 1-17.
- [31] XIE S, CUI Y, YANG Y, et al. Energy budget of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in relation to ration size[J]. *Aquaculture*, 1997, 154: 7-68.
- [32] TAJAJA M, STEINGASSB H, DROCHNERC W. Influence of hay particle size at different concentrate and feeding levels on digestive processes and feed intake in ruminants. 2. passage, digestibility and feed intake[J]. *Arch Anim Nutr*, 2001, 54: 243-259.

(编辑 郭云雁)