

周根来,杨晓志,殷洁鑫,等. 高邮鸭对豆粕和豌豆蛋白粉的氨基酸消化率的比较研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(1):111-115.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.01.030

高邮鸭对豆粕和豌豆蛋白粉的氨基酸消化率的比较研究

周根来^{1,2}, 杨晓志¹, 殷洁鑫¹, 左伟勇^{1,2}

(1. 江苏农牧科技职业学院,江苏泰州 225300; 2. 江苏省现代畜牧与新兽药工程技术中心/
江苏省兽用生物制药高技术重点实验室,江苏泰州 225300)

摘要:通过鸭代谢试验和化学分析比较测定豆粕和豌豆蛋白粉的氨基酸利用率以及养分含量。选择 18 羽 20 周龄健康状况良好的高邮鸭,随机分为 3 个处理,每个处理 6 个重复。处理 1 为豌豆蛋白粉强饲组,处理 2 为豆粕强饲组,处理 3 为饥饿组,用以测定内源损失,分别测定和计算豌豆蛋白粉和豆粕的氨基酸消化率、可消化氨基酸含量。豌豆蛋白粉和豆粕中干物质(DM)、粗灰分(ASH)、粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、粗纤维(CF)、钙(Ca)、总磷(TP)和各种氨基酸(AA)的含量采用化学分析法分别进行测定。结果表明,(1)豌豆蛋白粉中 CP、EE、CF、Ca、TP 的含量分别为 56.08%、3.15%、4.98%、1.01%、0.63%,而豆粕中相应值分别为 44.34%、1.95%、6.13%、0.53%、0.62%;(2)豌豆蛋白粉的表现可消化总氨基酸含量、真可消化总氨基酸含量分别为 271.10、283.31 mg/g,均极显著低于豆粕的相应含量 303.55、315.88 mg/g($P < 0.01$);(3)豆粕中赖氨酸、异亮氨酸和组氨酸 3 种必需氨基酸,天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、酪氨酸、脯氨酸 5 种非必需氨基酸的可消化含量极显著高于豌豆蛋白粉中相应氨基酸值($P < 0.01$),而豌豆蛋白粉中可消化蛋氨酸、丙氨酸含量极显著高于豆粕中含量($P < 0.01$)。综上所述,高邮鸭对豌豆蛋白粉和豆粕中各种氨基酸的消化率具有较大差异,豆粕对鸭的营养价值高于豌豆蛋白粉。但豌豆蛋白粉的蛋白含量较高,可消化蛋氨酸含量丰富,可作为蛋白质饲料应用于鸭养殖。

关键词:豌豆蛋白粉;豆粕;氨基酸消化率;强饲法;鸭养殖

中图分类号: S834.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)01-0111-05

豆粕作为最常用的植物性蛋白饲料,其价格波动频繁对养殖成本控制影响大,需求与实际供给间的缺口较大,畜禽饲料配制也普遍依赖于使用豆粕。因此,加快豌豆蛋白粉等非常规蛋白质饲料资源的利用具有重要的实践价值^[1]。氨基酸含量及组成比例是评定饲料营养价值的一个重要指标,对蛋白原料在饲料中的合理利用具有重要指导意义。联合国粮农组织(FAO)数据显示,2012 年世界干豌豆总产量 986.18 万 t。豌豆制作粉丝后的废水含 20%~30% 的蛋白质,经回

收处理后得到豌豆蛋白粉^[2]。我国是世界第二大豌豆生产国,山东、江苏等地豌豆蛋白粉具有较丰富的资源。豌豆蛋白粉也已被纳入最新《饲料原料目录》,但缺乏其营养成分的基础数据研究。高邮鸭是中国著名的肉蛋兼用品种,在国内具有较大的养殖量,本研究结果将对高邮鸭利用豆粕和豌豆蛋白粉提供应用研究资料。目前,有关鸭对豌豆蛋白粉氨基酸消化率的研究还未见报道,实际应用时缺乏数据参考。因此,本试验以豆粕为参照,测定豌豆蛋白粉的常规养分及在高邮鸭体内的氨基酸利用情况,评价豌豆蛋白粉作为蛋白质饲料原料应用的可行性,为其在家禽饲料中合理应用提供基础数据。

目前,测定饲料氨基酸利用率的主流方法有标准回肠氨基酸消化率法(SID)^[3-4]、强饲法^[1]和体外仿生法^[5]等。SID 法避免了回肠末端发酵作用对粪中氨基酸的影响,结果稳定可靠且具有可加性。体外仿生法具有简便、快捷、重复性好等

收稿日期:2016-07-26

基金项目:江苏省现代畜牧与新兽药工程技术中心开放课题(编号:GCZXKF1401)。

作者简介:周根来(1979—),男,江苏泰州人,硕士,副教授,主要从事饲料资源开发与应用研究。E-mail:178149071@qq.com。

1957,3:37-71.

[10] Krebs C J. Ecological methodology[M]. New York: Harper Collins Publishers,1989:654.

[11] Wilhm J L. Use of biomass units in Shanno's formula[J]. Ecology, 1968,49:153-156.

[12] Pielou E C. Ecological diversity[M]. New York: Wiley, 1975:1-165.

[13] Tang S K, Zhang T Q, Lu J M, et al. Temporal and spatial variation in fish assemblages in Lake Taihu, China[J]. Journal of Freshwater Ecology, 2015,30(1):181-196.

[14] Magurran A E. Ecological diversity and its measurement[M]. New Jersey: Princeton University Press, 1988:1-192.

[15] 刘恩生,刘正文,陈伟民,等. 太湖鱼类产量,组成的变动规律及与环境的关系[J]. 湖泊科学,2005,17(3):251-255.

[16] 段金荣,徐东坡,刘凯,等. 长江下游增殖放流效果评价[J]. 江西农业大学学报,2012,34(4):795-799.

[17] 程家骅,姜亚洲. 海洋生物资源增殖放流回顾与展望[J]. 中国水产科学,2010,17(3):610-617.

[18] Grimes C B. Marine stock enhancement: sound management or techno-arrogance? [J]. Fisheries, 1998,23(9):18-23.

优点,但因与畜禽消化道的差异,不能真实反映饲料的消化率^[5]。强饲法因方便、快速、易控也常被用于氨基酸消化率的测定,Sibbald 和赵峰等的研究均表明强饲法可用于鸭饲料氨基酸真消化率的测定^[6-7]。内源氨基酸排泄量可以通过饥饿法(FAS)^[1]、无氮日粮法(NFD)^[8]、酶解酪蛋白法(EHC)^[9-10]、差量法^[11-12]等方法测定。相比较其他方法,FAS法是一种简单而经典的方法,成本较低,易于测定。因此,本试验选用饥饿—强饲法比较测定高邮鸭对豌豆蛋白粉和豆粕的真氨基酸消化率。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

选择 20 周龄平均体质量为(2.52 ± 0.18) kg 的高邮鸭

公鸭 18 羽,随机分成 3 个处理,每个处理 6 个重复,每个重复 1 羽。处理 1 为豌豆蛋白粉强饲组;处理 2 为豆粕强饲组;处理 3 为饥饿组,用以测定内源氨基酸损失。

1.2 试验材料

试验选用的豆粕产自江苏省南通市,豌豆蛋白粉产自山东省烟台市。所用豌豆蛋白粉和豆粕的常规养分含量和氨基酸组成见表 1、表 2。从生产厂家仓库中抽取具有代表性的样品,粉碎过筛后用四分法制样,保存于样品袋中待测。

1.3 代谢试验

试验鸭按照鸭场常规管理模式进行单笼饲养,自然通风和光照。利用强饲法测定消化率,其具体过程包括适应期 48 h,饲喂基础配合饲料;禁饲排空 36 h 后强饲组分别强饲各待测饲料,饥饿组空腹,自由饮水;再收集排泄物 36 h。

表 1 豆粕和豌豆蛋白粉的常规养分含量

% ,干物质基础

项目	干物质含量 (DM)	粗蛋白含量 (CP)	粗脂肪含量 (EE)	粗纤维含量 (CF)	粗灰分含量 (Ash)	钙含量 (Ca)	总磷含量 (TP)
豌豆蛋白粉	89.07	56.08	3.15	4.98	2.86	1.01	0.63
豆粕	89.64	44.34	1.95	6.13	6.27	0.53	0.62

表 2 豆粕和豌豆蛋白粉氨基酸组成及含量

氨基酸名称	含量(% ,干物质基础)	
	豌豆蛋白粉	豆粕
赖氨酸(Lys)	2.27	2.51
蛋氨酸(Met)	0.55	0.30
亮氨酸(Leu)	3.10	2.99
异亮氨酸(Ile)	1.76	1.76
苏氨酸(Thr)	1.85	1.67
缬氨酸(Val)	2.04	1.73
精氨酸(Arg)	2.81	2.99
组氨酸(His)	0.94	1.15
苯丙氨酸(Phe)	2.21	2.20
总必需氨基酸 ΣEAA	17.53	17.30
天门冬氨酸(Asp)	3.59	3.91
丝氨酸(Ser)	1.95	2.12
谷氨酸(Glu)	5.83	6.57
甘氨酸(Gly)	1.87	1.76
丙氨酸(Ala)	3.18	1.88
胱氨酸(Cys)	0.19	0.22
酪氨酸(Tyr)	1.24	1.52
脯氨酸(Pro)	1.37	1.88
总非必需氨基酸 ΣNEAA	19.22	19.86
总氨基酸 TAA	36.75	37.16

强饲时,参考前人经验^[1,13],在传统 TME 法^[14]基础上进行改进,预先准确称取 60 g 豌豆蛋白粉或豆粕,用简易强饲器进行填饲。强饲结束后,每只代谢笼下放上集粪盆进行全收集,每 12 h 收集 1 次排泄物。收集排泄物时,先用镊子夹取粪样中的羽毛及污染物,再用刮粪板将全部排泄物刮入大号培养皿内,并用 10% H₂SO₄(加 10 mL/100 g)处理粪样,置于 0~4 °C 冰箱内保存。收集结束后将 3 次排泄物集中置于烘箱 65 °C 下烘干至恒质量,室温下放置回潮 24 h,准确称质量后粉碎过 40 目筛制得风干样品。

1.4 样品测定及计算方法

1.4.1 测定指标 饲料样品测定的指标及方法:水分(GB/T

6435—2014《饲料中水分的测定》)、粗蛋白(GB/T 6432—1994《饲料中粗蛋白测定方法》)、粗脂肪(GB/T 6433—2006《饲料中粗脂肪的测定》)、粗纤维(GB/T 6434—2006《饲料中粗纤维的含量测定 过滤法》)、粗灰分(GB/T 6438—2007《饲料中粗灰分的测定》)、钙(GB/T 6436—2002《饲料中钙的测定》)、总磷(GB/T 6437—2002《饲料中总磷的测定》)和氨基酸(GB/T 18246—2000《饲料中氨基酸的测定》),排泄物样品测定指标有水分和 17 种氨基酸。氨基酸用日立 L-8500A 氨基酸分析仪测定。

1.4.2 计算方法 待测饲料中氨基酸消化率按下式计算:

氨基酸表观消化率 = [(食入氨基酸 - 排泄物中氨基酸含量) / 食入氨基酸] × 100% ;

氨基酸真消化率 = [(食入氨基酸 - 排泄物中氨基酸含量 + 内源氨基酸) / 食入氨基酸] × 100% 。

待测饲料中可消化氨基酸含量按下式计算:

饲料表观可消化氨基酸含量(mg/g) = 饲料氨基酸含量(mg/g) × 饲料氨基酸表观消化率(%) ;

饲料真可消化氨基酸含量(mg/g) = 饲料氨基酸含量(mg/g) × 饲料氨基酸真消化率(%) 。

1.5 数据处理

常规养分及氨基酸含量的数据以 2 次平行样的“平均值”表示,氨基酸消化率和可消化氨基酸含量的数据以“平均值 ± 标准差”表示。数据采用 SPSS 16.0 软件通过独立样本 *t*-检验进行差异性分析,*P* < 0.05 表示差异显著,*P* < 0.01 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 豌豆蛋白粉和豆粕的常规养分含量及氨基酸组成

由表 1 可知,豌豆蛋白粉、豆粕中干物质含量分别为 89.07%、89.64%,其中粗蛋白含量分别为 56.08%、44.34%。由表 2 可知,在干物质基础上,豌豆蛋白粉中 Glu 的含量最高,为 5.83%;而 Cys 的含量最低,为 0.19%;豆粕中含量最

高和最低的氨基酸也是 Glu、Cys, 分别为 6.57%、0.22%; 豌豆蛋白粉、豆粕的必需氨基酸含量分别为 17.53%、17.30%, 分别占其氨基酸总量的 47.70%、46.56%。

2.2 豌豆蛋白粉和豆粕的氨基酸消化率及可消化氨基酸含量

通过干物质基础上豌豆蛋白粉和豆粕的氨基酸含量与氨基酸消化率, 可以计算出 2 种原料中可消化氨基酸的含量。由表 3 可知, 豆粕中总必需氨基酸、总非必需氨基酸和总氨基酸的表观(真)消化率要显著高于豌豆蛋白粉的相应值($P < 0.05$), 其中 Leu、Ile、Val、Glu 和 Pro 的差异达到极显著水平($P < 0.01$)。

表 3 豌豆蛋白粉和豆粕的氨基酸消化率(干物质基础)

项目	表观消化率(%)		真消化率(%)	
	豌豆蛋白粉	豆粕	豌豆蛋白粉	豆粕
赖氨酸(Lys)	74.22 ± 6.93Ab	81.91 ± 2.22Aa	77.41 ± 6.93Ab	85.08 ± 2.22Aa
蛋氨酸(Met)	83.50 ± 8.48Aa	87.20 ± 1.37Aa	86.57 ± 8.48Aa	90.33 ± 1.37Aa
亮氨酸(Leu)	71.86 ± 6.66Bb	81.35 ± 2.78Aa	75.17 ± 6.66Bb	84.68 ± 2.78Aa
异亮氨酸(Ile)	72.02 ± 6.04Bb	81.89 ± 2.42Aa	75.33 ± 6.04Bb	85.20 ± 2.42Aa
苏氨酸(Thr)	75.96 ± 6.63Aa	81.40 ± 2.84Aa	79.24 ± 6.63Aa	84.71 ± 2.84Aa
缬氨酸(Val)	69.07 ± 5.40Bb	78.06 ± 3.23Aa	72.51 ± 5.40Bb	81.58 ± 3.23Aa
精氨酸(Arg)	85.36 ± 7.31Aa	89.69 ± 0.13Aa	88.49 ± 7.31Aa	92.81 ± 0.13Aa
组氨酸(His)	81.34 ± 6.55Aa	84.53 ± 3.02Aa	84.50 ± 6.55Aa	87.66 ± 3.02Aa
苯丙氨酸(Phe)	75.56 ± 6.70Ab	83.48 ± 2.35Aa	78.85 ± 6.70Ab	86.77 ± 2.35Aa
总必需氨基酸 ΣEAA	75.79 ± 6.05Ab	82.03 ± 2.27Aa	79.05 ± 6.05Ab	85.34 ± 2.27Aa
天门冬氨酸(Asp)	70.15 ± 6.89Ab	79.72 ± 3.05Aa	73.46 ± 6.89Ab	83.00 ± 3.05Aa
丝氨酸(Ser)	79.14 ± 7.23Aa	84.30 ± 0.72Aa	82.45 ± 7.23Aa	87.59 ± 0.72Aa
谷氨酸(Glu)	71.74 ± 6.63Bb	81.58 ± 2.76Aa	75.00 ± 6.63Bb	84.81 ± 2.76Aa
甘氨酸(Gly)	67.49 ± 5.41Aa	72.02 ± 3.04Aa	71.18 ± 5.41Aa	75.75 ± 3.04Aa
丙氨酸(Ala)	69.74 ± 5.39Ab	77.86 ± 6.12Aa	72.94 ± 5.39Ab	81.20 ± 6.12Aa
胱氨酸(Cys)	45.69 ± 7.51Aa	42.69 ± 9.68Aa	53.89 ± 7.51Aa	50.18 ± 9.68Aa
酪氨酸(Tyr)	85.70 ± 8.77Aa	88.90 ± 1.89Aa	88.71 ± 8.77Aa	91.91 ± 1.89Aa
脯氨酸(Pro)	69.48 ± 6.22Bb	80.36 ± 3.42Aa	73.24 ± 6.22Bb	83.91 ± 3.42Aa
总非必需氨基酸 ΣNEAA	71.93 ± 6.39Ab	80.32 ± 2.60Aa	75.31 ± 6.39Ab	83.68 ± 2.60Aa
总氨基酸 TAA	73.77 ± 6.22Ab	81.69 ± 2.28Aa	77.09 ± 6.22Ab	85.01 ± 2.28Aa

注:同行数据肩标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)。下表同。

3 讨论

3.1 鸭可消化氨基酸测定方法的选择

对于单一原料氨基酸消化率的测定方法,至今没有一种方法能够得到准确的测定结果,这一直成为动物营养学研究的热点和难点问题之一。强饲法是禽类营养代谢研究中较公认的测定方法。强饲法也称 Sibbald 法或 TME 法,由 Sibbald 于 1976 年提出,用于鸡饲料代谢能值测定^[4],并成功地应用于氨基酸真消化率的测定^[6]。这种方法因操作简便、试验时间短、易于准确控制采食量而被广泛使用。赵峰等证实了强饲法可用于鸭饲料氨基酸真消化率的测定,但饥饿法所测的内源性氨基酸值会导致鸭氨基酸的真消化率偏低,建议使用无氮饲料估测内源性氨基酸排泄量^[7]。本试验利用强饲法测定鸭对豆粕的真氨基酸消化率为 85.01%,结果要低于赵峰等测定的 12 个豆粕样品平均值 91.43%^[7]。这可能是由于利用饥饿法收集获得的内源氨基酸含量损失较多,而赵峰等利用无氮饲料法估测了内源性氨基酸的排泄量^[7]。杜懿

婷等利用套测法和强饲法比较测定了肉雏鸭饲料中小麦氨基酸代谢率,同样得出强饲法测得氨基酸代谢率要显著低于套测法测定结果,分析认为是由于强饲法单一饲料原料中氨基酸不平衡^[15]。

由表 4 可知,豆粕的表观可消化总氨基酸含量、真可消化总氨基酸含量均极显著高于豌豆蛋白粉的相应含量($P < 0.01$)。在必需氨基酸方面,豌豆蛋白粉和豆粕的表观(真)可消化含量差异不显著,但豆粕中 Lys、Ile 和 His 3 种表观(真)可消化氨基酸含量要极显著高于豌豆蛋白粉中相应氨基酸值($P < 0.01$),相反豌豆蛋白粉中表观(真)可消化 Met 含量极显著高于豆粕中含量($P < 0.01$)。在非必需氨基酸方面,豆粕中总非必需氨基酸、Asp、Ser、Glu、Tyr、Pro 的表观(真)可消化氨基酸含量极显著高于豌豆蛋白粉中相应氨基酸值($P < 0.01$),相反豆粕中表观(真)可消化 Ala 含量极显著低于豌豆蛋白质相应值($P < 0.01$)。

婷等利用套测法和强饲法比较测定了肉雏鸭饲料中小麦氨基酸代谢率,同样得出强饲法测得氨基酸代谢率要显著低于套测法测定结果,分析认为是由于强饲法单一饲料原料中氨基酸不平衡^[15]。

3.2 常规养分的含量及比较

豆粕是大豆经浸提去油后得到的副产品。众多研究表明,豆粕的营养价值除了与大豆品种、生长、储存条件有关外,与加工过程中榨油工艺、加热温度、去皮程度等因素有很大关系^[16]。其 CP 含量一般在 40%~50% 范围内,因提油方法不同而有一定差异;其 CF 含量与加工过程中是否去皮相关。本研究所得豆粕中 CP 和 CF 含量分别为 44.34% 和 6.13%,与前人试验数据和《中国饲料成分与营养价值表(第 26 版)》查阅值都相近^[17]。本试验所测豆粕中 EE 含量 1.95%、Ash 含量 6.27%、TP 含量 0.62%,与第 26 版饲料营养价值表中豆粕相应数据也基本一致^[17]。

豌豆蛋白粉是在生产粉丝时,从其粉浆中分离出淀粉后经干燥获得的粉状副产品^[2]。豌豆蛋白粉作为一种非常规

表4 豌豆蛋白粉和豆粕的可消化氨基酸含量(干物质基础)

氨基酸名称	表观可消化氨基酸含量(mg/g)		真可消化氨基酸含量(mg/g)	
	豌豆蛋白粉	豆粕	豌豆蛋白粉	豆粕
赖氨酸(Lys)	16.85 ± 1.57Bb	20.56 ± 0.56Aa	17.57 ± 1.57Bb	21.35 ± 0.56Aa
蛋氨酸(Met)	4.59 ± 0.47Aa	2.62 ± 0.04Bb	4.76 ± 0.47Aa	2.71 ± 0.04Bb
亮氨酸(Leu)	22.28 ± 2.06Ab	24.32 ± 0.83Aa	23.30 ± 2.06Aa	25.32 ± 0.83Aa
异亮氨酸(Ile)	12.68 ± 1.06Bb	14.41 ± 0.43Aa	13.26 ± 1.06Bb	14.99 ± 0.43Aa
苏氨酸(Thr)	14.05 ± 1.23Aa	13.59 ± 0.47Aa	14.66 ± 1.23Aa	14.15 ± 0.47Aa
缬氨酸(Val)	14.09 ± 1.10Aa	13.51 ± 0.56Aa	14.79 ± 1.10Aa	14.11 ± 0.56Aa
精氨酸(Arg)	23.99 ± 2.05Ab	26.82 ± 0.04Aa	24.87 ± 2.05Ab	27.75 ± 0.04Aa
组氨酸(His)	7.65 ± 0.62Bb	9.72 ± 0.35Aa	7.94 ± 0.62Bb	10.08 ± 0.35Aa
苯丙氨酸(Phe)	16.70 ± 1.48Ab	18.36 ± 0.52Aa	17.43 ± 1.48Ab	19.09 ± 0.52Aa
总必需氨基酸 ΣEAA	132.87 ± 10.61Aa	141.91 ± 3.92Aa	138.58 ± 10.61Aa	147.64 ± 3.92Aa
天门冬氨酸(Asp)	25.18 ± 2.47Bb	31.17 ± 1.19Aa	26.37 ± 2.47Bb	32.45 ± 1.19Aa
丝氨酸(Ser)	15.43 ± 1.41Bb	17.87 ± 0.15Aa	16.08 ± 1.41Bb	18.57 ± 0.15Aa
谷氨酸(Glu)	41.82 ± 3.87Bb	53.60 ± 1.82Aa	43.72 ± 3.87Bb	55.72 ± 1.82Aa
甘氨酸(Gly)	12.62 ± 1.01Aa	12.68 ± 0.53Aa	13.31 ± 1.01Aa	13.33 ± 0.53Aa
丙氨酸(Ala)	22.18 ± 1.71Aa	14.64 ± 1.15Bb	23.20 ± 1.71Aa	15.27 ± 1.15Bb
胱氨酸(Cys)	0.87 ± 0.14Aa	0.94 ± 0.21Aa	1.02 ± 0.14Aa	1.10 ± 0.21Aa
酪氨酸(Tyr)	10.63 ± 1.09Bb	13.51 ± 0.29Aa	11.00 ± 1.09Bb	13.97 ± 0.29Aa
脯氨酸(Pro)	9.52 ± 0.85Bb	15.11 ± 0.64Aa	10.03 ± 0.85Bb	15.78 ± 0.64Aa
总非必需氨基酸 ΣNEAA	138.25 ± 12.28Bb	159.51 ± 5.16Aa	144.74 ± 12.28Bb	166.19 ± 5.16Aa
总氨基酸 TAA	271.10 ± 22.87Bb	303.55 ± 8.48Aa	283.31 ± 22.87Bb	315.88 ± 8.48Aa

蛋白质饲料原料,虽然已列入最新《饲料原料目录》,但《中国饲料成分及营养价值表(第26版)》仍没有提供其基础数据^[17]。之前有关豌豆蛋白粉营养成分含量的报道也很鲜见,本试验通过常规分析方案得到其常规养分数据。本试验测得豌豆蛋白粉 CP 含量、Ash 含量、Ca 含量、TP 含量分别为 56.08%、2.86%、1.01% 和 0.63%,与李金喜等的报道结果(59.90%、2.76%、1.23% 和 0.45%)基本一致^[18]。豌豆蛋白粉的营养价值可能因豌豆品种、提取工艺、干燥方式等的不同而有较大差异。

本试验结果表明,与豆粕相比,豌豆蛋白粉中 CP 含量较高,CF 含量略低,由此可见豌豆蛋白粉的营养价值要略优于豆粕。豌豆蛋白粉的 EE 含量(3.15%)高于豆粕的 EE 含量(1.95%),这主要由于豆粕经过充分浸提去油,豌豆蛋白粉生产过程中没有提油工艺^[2]。与豌豆蛋白粉相比,豆粕中 CF 含量、NFE 含量均较高,这可能与豌豆加工粉丝过程中去皮、分离纤维等工艺有关。本试验没有测定 2 种蛋白质饲料的代谢能值,李金喜等测定豌豆蛋白粉的鸡代谢能为 10.01 MJ/kg^[18],豆粕的鸡代谢能在饲料营养价值表中查阅值为 10.00 MJ/kg^[17],可以看出 2 种原料的代谢能值没有显著差异。在常量矿物元素方面,豌豆蛋白粉的 Ca 含量要高于豆粕的 Ca 含量,且钙磷比例也优于豆粕。

3.3 可消化氨基酸含量及比较

豆粕中各种氨基酸的含量数据与第 26 版饲料营养价值表查阅数据基本相近^[17],其中蛋氨酸和胱氨酸 2 种含硫氨基酸的数值偏低,这可能是由于本试验使用盐酸水解法处理样品,影响了含硫氨基酸的回收率,结果要低于氧化水解法样品处理^[19]。可消化氨基酸含量是饲料原料蛋白质营养价值的重要评定指标。目前,有关对谷物和饼粕类饲料氨基酸消化利用率的研究较多。本试验中豆粕的总氨基酸真消化率为

85.01%,与王冉等^[20]、杨宇等^[1]的报道数据相近,要低于 Huang 等^[21]、王超胜等^[22]的报道数据。这与前述分析的测定方法选择、豆粕来源等因素不同有关,也可能与试验动物种类有关。实际生产中习惯于将鸡对饲料原料的消化特点适用于鸭,而忽略了鸭与鸡在消化生理上的差异。作为豆粕中的第一限制性氨基酸,本试验得到的 Met 真消化率为 90.33%,与赵峰等试验数据^[23]、第 26 版饲料营养价值表查阅数据^[17]都基本一致,实时而准确地测定豆粕的氨基酸真消化率及可消化氨基酸含量以进行精确的饲料配制,对于精细化饲养的实现具有十分关键的意义。

作为特殊的蛋白质饲料来源,豌豆蛋白粉氨基酸组成和氨基酸利用率的研究尚未见报道。本试验研究结果,鸭对豌豆蛋白粉总氨基酸、总必需氨基酸的真消化率分别为 77.09%、79.05%,与棉籽粕、菜籽粕等蛋白原料氨基酸真消化率的研究数据接近。王冉等比较研究了 5 种蛋白质饲料原料的氨基酸真利用率,得到棉籽粕的总必需氨基酸真利用率为 79.60%^[20];杨宇等比较分析了北京鸭对 3 种蛋白原料氨基酸的消化率,结果湖北菜粕的氨基酸平均真消化率为 81.79%^[1]。

本试验得出,豆粕中氨基酸的消化率要显著高于豌豆蛋白粉,其中 5 种氨基酸的差异达到极显著水平;豆粕中可消化总氨基酸含量也极显著高于豌豆蛋白粉,其中 Lys、Ile 和 His 3 种必需氨基酸以及 Asp 等 5 种非必需氨基酸的可消化氨基酸含量也显著高于豌豆蛋白粉。这些都表明豆粕在氨基酸消化率方面相对于豌豆蛋白粉有较大的优势,这也与前人得出豆粕氨基酸利用率高于棉籽粕、菜籽粕等杂粕的结论一致。豌豆蛋白粉的氨基酸利用率较低,很有可能是由于其中含有酚类、胰蛋白酶抑制因子、凝集素、单宁等抗营养因子^[2]。但本试验研究同时也发现,豌豆蛋白粉中蛋氨酸、丙氨酸的可消化氨基酸含量极显著高于豆粕中相应含量。而蛋氨酸的缺乏一

直是豆粕氨基酸质量不高的主要原因,也是限制豆粕使用量的因素之一。豌豆蛋白粉在蛋氨酸含量方面的优势,使得豌豆蛋白粉部分替代豆粕以达到饲料氨基酸平衡成为可能。试验中2种蛋白原料间同一氨基酸和同一原料间不同氨基酸的消化利用差异并不一致,可能是氨基酸消化吸收的具体机制不同^[24],但具体原因还有待进一步研究。

4 结论

高邮鸭对豆粕和豌豆蛋白粉中各种氨基酸的消化率存在着较大差异,豆粕的营养价值要高于豌豆蛋白粉。但豌豆蛋白粉的蛋白含量较高,可消化蛋氨酸含量丰富,具有一定的饲用价值,可作为蛋白质饲料原料应用于鸭养殖中。

参考文献:

- [1] 杨宇,刘晓华,龚萍,等. 强饲法测定北京鸭对不同蛋白原料的表观消化率和真消化率[C]//中国畜牧业协会禽业分会第五届中国水禽行业发展大会会刊. 中国畜牧协会,2013:145-149.
- [2] 师伟伟,华欲飞. 豌豆粉丝厂废水中蛋白质的提取和性质研究[J]. 食品工业科技,2014,35(1):120-124.
- [3] Adedokun S A, Parsons C M, Lilburn M S, et al. Comparison of ileal endogenous amino acid flows in broiler chicks and Turkey poults[J]. Poultry Science, 2007, 86(10):1682-1689.
- [4] Kim E J, Utterback P L, Parsons C M. Development of a precision-fed ileal amino acid digestibility assay using 3-week-old broiler chicks[J]. Poultry Science, 2011, 90(2):396-401.
- [5] 陈亮,张宏福,高理想,等. 仿生法评定饲料干物质消化率的影响因素[J]. 中国农业科学,2013,46(15):3199-3205.
- [6] Sibbald I R. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedingstuffs[J]. Poultry Science, 1979, 58(3):668-673.
- [7] 赵峰,赵江涛,张宏福. 排空强饲法测定鸭饲料氨基酸真消化率的研究[J]. 动物营养学报,2008,20(5):592-598.
- [8] 雷廷,芮于明,杜恩存,等. 4种植物性蛋白质饲料原料在不同日龄肉仔鸡的标准回肠氨基酸消化率的比较[J]. 动物营养学报,2013,25(12):2854-2864.
- [9] 郭广涛,王康宁,李霞. 差量法和酶解酪蛋白法测定鸭饲料氨基酸真消化率及内源排泄量的比较研究[J]. 动物营养学报,

2008,20(1):23-28.

- [10] Darragh A J, Moughan P J, Smith W C. The effect of amino acids and peptide alimentation on the determination of endogenous amino acid flow at the terminal of the rat[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1990, 51(1):47-56.
- [11] 王国兴,王康宁,贾刚,等. 差量法测定鸭饲料氨基酸真消化率和内源氨基酸排泄量的研究[J]. 动物营养学报,2008,20(1):16-22.
- [12] Ammerman C B, Forbes R M, Garrigus U S. Ruminant utilization of inorganic phosphates[J]. Journal of Animal Science, 1957, 16(4):796-810.
- [13] 唐现文,段修军,董飏,等. 13周龄黑羽番鸭饲料代谢能、粗蛋白、钙、有效磷表观消化率[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):253-255.
- [14] Sibbald I R. A bioassay for true metabolizable energy in feeding stuffs[J]. Poultry Science, 1976, 55(1):303-308.
- [15] 杜懿婷,高庆,王玉峰,等. 套测法和直接强饲法测定肉雏鸭饲料中小麦氨基酸及能量营养价值的比较研究[J]. 动物营养学报,2012,24(1):104-110.
- [16] 杨玉娟,姚怡莎,秦玉昌,等. 豆粕与发酵豆粕中主要抗营养因子调查分析[J]. 中国农业科学,2016,49(3):573-580.
- [17] 中国饲料数据库. 中国饲料成分及营养价值表(2015年第26版)[J]. 中国饲料,2015(21):23-33.
- [18] 李金喜. 粉浆蛋白粉饲喂肉食鸡效果试验[J]. 山东家禽,1999(4):11-12.
- [19] 杨元秀,周孝治. 氨基酸分析仪测定饲料及其原料中的含硫氨基酸[J]. 饲料广角,2009(2):40-42.
- [20] 王冉,周岩民,李如治. 五种蛋白质饲料的家禽氨基酸利用率测定研究[J]. 中国饲料,2002(24):17-19.
- [21] Huang K H, Li X, Ravindran V, et al. Comparison of apparent ileal amino acid digestibility of feed ingredients measured with broilers, layers, and roosters[J]. Poultry Science, 2006, 85(4):625-634.
- [22] 王超胜,贾刚,张克英,等. 评定蛋鸡豆粕代谢能和氨基酸可利用率的研究[J]. 动物营养学报,2015,27(3):820-828.
- [23] 赵峰,赵江涛,张宏福. 12个豆粕样品鸭代谢能值及氨基酸消化率的比较研究[J]. 动物营养学报,2009,21(2):165-172.
- [24] 芮于明. 家禽营养[M]. 2版. 北京:中国农业大学出版社,2004.

(上接第106页)

PCR诊断技术^[5]。笔者所在实验室以H9N2的HA蛋白为基础,比对鸭瘟病毒、鸭呼肠孤病毒、鸭坦布苏病毒、番鸭细小病毒和I型鸭肝炎病毒相关基因的序列,最终根据AY790315.1序列选取了苷酸序列同源性较高的长837bp的保守序列作为靶序列,成功建立了一种特异性强、敏感性高、重复性好、操作简单的H9N2禽流感病毒RT-PCR检测方法,普遍适用于临床上H9N2感染样品(如内脏混合物、泄殖腔试纸、鼻试纸等)的快速检测,对预防和控制H9N2亚型禽流感病毒的流行具有积极的科学意义。

参考文献:

- [1] 王金良,李旭勇,范俊,等. H9N2亚型禽流感病毒的序列分析及对哺乳动物致病力研究[J]. 中国预防兽医学报,2013,35(8):

663-665.

- [2] 甘孟侯. 禽流感[M]. 2版. 北京:中国农业出版社,2002.
- [3] Homme P J, Easterday B C. Avian influenza virus infections. I. Characteristics of influenza A-turkey-Wisconsin-1966 virus[J]. Avian Diseases, 1970, 14(1):66-74.
- [4] 陈伯伦,张泽纪,陈伟斌. 禽流感研究I:鸡A型禽流感病毒的分离与血清学初步鉴定[J]. 中国兽医杂志,1994,20(10):3-5.
- [5] 李银. 禽流感病毒H9N2鸭分离株的生物学与分子生物学特性及其快速诊断的研究[D]. 南京:南京农业大学,2006.
- [6] 葛菲菲,刘健,杨德全,等. 上海市三株H9N2鸭禽流感病毒全基因遗传进化分析[J]. 中国动物传染病学报,2014,22(5):15-20.
- [7] Liu D, Shi W F, Gao F G. Poultry carrying H9N2 act as incubators for novel human avian influenza viruses[J]. Lancet, 2014, 383(9920):869.