

不同日粮蛋能水平对京海黄鸡肌肉中肌苷酸和肌内脂肪沉积规律的影响

王剑锋, 李爱华, 谢恺舟*, 孙瑛瑛, 赵敏, 孙礼瑞, 张跟喜, 戴国俊, 王金玉 (扬州大学动物科学与技术学院, 江苏省动物遗传繁育与分子设计重点实验室, 江苏扬州 225009)

摘要 [目的] 为京海黄鸡的肉品质评价方法和评价标准的制定提供参考依据。[方法] 以京海黄鸡为试验素材, 研究不同日粮蛋白和能量水平对京海黄鸡肌肉中 IMP 和 IMF 沉积规律的影响。[结果] 试验 4 组公鸡胸肌中 IMP 含量极显著高于试验 1 组 ($P < 0.01$), 在腿肌中 IMP 含量差异不显著 ($P > 0.05$); 母鸡肌肉中 IMP 含量在同一部位、不同组别间差异均不显著 ($P > 0.05$), 公、母混合后 IMP 含量随着蛋能水平的提高呈上升趋势, 但在相同部位、不同组别间差异均不显著 ($P > 0.05$)。试验 4 组公鸡腿肌 IMF 含量显著高于试验 1 组 ($P < 0.05$), 极显著低于试验 2 组 ($P < 0.01$), 在胸肌中的 IMF 含量差异不显著 ($P > 0.05$); 母鸡肌肉中 IMP 含量在同一部位、不同组别间差异均不显著 ($P > 0.05$), 公、母混合后, 试验 2 组腿肌 IMF 含量显著高于试验 1 组 ($P < 0.05$), 极显著高于试验 4 组 ($P < 0.01$)。[结论] 不同蛋能水平与京海黄鸡肌肉中 IMP 的沉积呈正相关, 与 IMF 沉积呈负相关。

关键词 不同蛋能水平; 肌苷酸; 肌内脂肪; 沉积; 京海黄鸡

中图分类号 S831.91 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)03-00803-03

Effects of Different Protein and Energy Levels of Diet on the Deposition Laws of Inosine Monophosphate and Intramuscular Fat in the Muscles of Jinghai Yellow Chicken

WANG Jian-feng et al (College of Animal Science and Technology, Yangzhou University, Key Laboratory for Animal Genetic, Breeding, Reproduction and Molecular Design of Jiangsu Province, Yangzhou, Jiangsu 225009)

Abstract [Objective] The research aimed to provide reference basis for making the evaluation methods and standards of meat quality of Jinghai Yellow Chicken. [Method] Taking Jinghai Yellow Chicken as test materials, the effects of different protein and energy levels of diet on the deposition laws of inosine monophosphate (IMP) and intramuscular fat (IMF) in the muscles of Jinghai yellow Chicken were studied. [Result] IMP content in the breast muscle of cocks in test group 4 was significantly higher than that in test group 1 ($P < 0.01$), but IMP content in leg muscle had no significant difference ($P > 0.05$). There was no significant difference of IMP content in the same tissue among different groups in the muscles of hen. After mixing hens and cocks, IMP content in showed the increasing trend with the increase of protein and energy levels, but there was no significant difference in the same tissue among different groups ($P > 0.05$). IMF content in the leg muscle of cocks in test group 4 was significantly higher than that in test group 1 ($P < 0.05$) and significantly lower than that in test group 2 ($P < 0.01$). But there was no significant difference in the leg muscle ($P > 0.05$). There was no significant difference of IMP content in the same tissue among different groups in the muscles of hens ($P > 0.05$). After mixing hens and cocks, IMF content in the leg muscles in test group 2 was significantly higher than that in test group 1 ($P < 0.05$) and significantly higher than that in test group 4 ($P < 0.01$). [Conclusion] Different protein and energy levels showed positive correlations with the deposition of IMP in the muscles of Jinghai Yellow Chicken and negative correlation with IMF deposition.

Key words Different protein and energy levels; IMP; IMF; Deposition; Jinghai Yellow Chicken

随着人民生活水平的提高, 人们对禽肉的口感与风味越来越关注, 而禽肉的香味特性主要来源于肌肉中的肌苷酸 (Inosine monophosphate, IMP) 和肌内脂肪 (Intramuscular fat, IMF)。IMP 和 IMF 的含量分别是决定肉的风味和鲜味的重要因素。目前, 国内外关于日粮蛋白质和能量水平对家禽肉品质影响的研究做了很多工作。研究发现, 鸡肌肉中 IMP 和 IMF 含量由于鸡的品种、日龄、性别和部位的不同而存在较大差异^[1-2]。Summers J D^[3]等研究发现 IMP 的沉积与能量摄入存在较强的相关性。方立超^[4]等研究发现高蛋能水平日粮会增加 IMF 的沉积。京海黄鸡是由江苏京海禽业集团有限公司、扬州大学和江苏省畜牧总站联合培育并且通过国家畜禽遗传资源委员会审定的具有自主知识产权的优质、早熟、小型、抗逆特点的肉鸡新品种。笔者以京海黄鸡为试验素材, 选择不同蛋能水平日粮饲喂, 研究其对京海黄鸡肌肉中 IMP 和 IMF 沉积规律的影响, 旨在为京海黄鸡的肉品质评

价方法和评价标准的制定提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与日粮营养水平 选择体重相近的 600 只京海黄鸡, 从 1 日龄开始饲养, 育雏期 (0~6 周龄) 在相同饲养条件和营养水平 (代谢能 11.75 MJ/kg、粗蛋白质 19.32%、钙 0.90%、磷 0.47%) 下地面平养。43 日龄, 选择体重相近的 480 只, 随机分成 4 个处理组, 即 2 个低蛋白、能量水平试验组 (试验 1 组蛋能水平低于试验 2 组)、试验对照组 (试验 3 组)、高蛋白、能量水平试验组 (试验 4 组), 每个处理组 4 个重复, 每个重复 30 只 (公、母各 15 只)。4 个试验组日粮的蛋白质水平依次为 15%、16%、17% 和 18%, 代谢能水平依次为 9.95、10.95、12.65 和 13.95 MJ/kg。

1.2 样品采集 试验鸡饲养至 112 日龄, 各试验组随机选取公、母各 20 只, 宰前禁食 12 h 后称重, 放血后立即拨开皮肤, 在 0~4 ℃ 的保鲜库中分别取胸肌、腿肌进行 IMP 和 IMF 含量的测定。

1.3 主要试剂与仪器 一磷酸腺苷 (AMP) 标准品 (99.0%, 美国 Bio Basicinc 公司)、二磷酸腺苷 (ADP) 标准品 (100%, 美国 Sigma 公司)、三磷酸腺苷 (ATP) 标准品 (100%, 美国 Sigma 公司)、次黄嘌呤 (HYP) 标准品 (99.0%,

基金项目 江苏省科技支撑计划项目 (BE2011452); 江苏高校优势学科建设工程资助项目。

作者简介 王剑锋 (1987-), 男, 山东烟台人, 硕士研究生, 研究方向: 畜产品品质、工艺与安全研究。* 通讯作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事畜产品品质、工艺与安全研究。

收稿日期 2014-01-02

美国 Bio Basicinc 公司)、IMP(IMP)标准品(99.0%,美国 Sigma 公司)、肌苷(INO)标准品($\geq 99.0\%$,美国 Sigma 公司); HClO_4 (分析纯,上海金鹿化工有限公司)、 NaOH (分析纯,国药集团化学试剂有限公司)、 H_3PO_4 (优级纯,国药集团化学试剂有限公司)、三乙胺(色谱纯,美国 Tedia 公司)、乙腈(色谱纯,德国 Merck 公司)、乙醚(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);高效液相色谱仪(Waters515,美国 Waters 公司)、电子分析天平(AE260,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司)、匀浆机(D-8,德国 ART 公司)等。

1.4 试验方法

1.4.1 鸡肌肉中 IMP 及 ATP 的其他代谢物含量的测定。按照中华人民共和国国家标准(GB/T 19676-2005)进行。由于 IMP 测定值受时间和温度^[5]的影响较大,所以采用校正 IMP(Corrected inosine monophosphate)进行统计分析。校正 IMP(IMPc)含量等于三磷酸腺苷(ATP)、二磷酸腺苷(ADP)、一磷酸腺苷(AMP)、肌苷酸(IMP)、肌苷(INO)、次黄嘌呤(HYP)测定值除以各自的分子量后,然后将其总和再乘以 IMP 的分子量。

1.4.2 鸡肌肉中肌内脂肪(IMF)含量的测定。按照中华人民共和国国家标准(GB/T 19676-2005)进行鸡肌肉中肌内脂肪含量的测定。IMF 含量均为肌肉干物质中脂肪所占百分比。

1.5 数据统计与分析 所有数据均使用 Excel 建立数据

库,采用 SAS 系统软件 9.2 中 ANOVA 模型及 T 检验进行分析。组间差异显著性采用“邓肯氏法”多重比较进行分析,结果以平均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。

2 结果与分析

2.1 鸡肌肉中 IMP 及 ATP 的其他代谢物含量的比较 由表 1 可知,试验 4 组公鸡胸肌中 IMP 含量极显著大于试验 1 组($P < 0.01$),其他 ATP 代谢物含量在相同部位、不同试验组间差异不显著($P > 0.05$)。母鸡肌肉中,IMP 及其他 ATP 代谢物在同一部位、不同试验组间差异不显著($P > 0.05$)。公母混群后,随着日粮蛋白和能量水平的增加,胸肌中校正肌苷酸含量呈上升趋势,试验 2 组和试验 3 组腿肌中校正肌苷酸含量显著高于试验 1 组($P < 0.05$),母鸡胸肌中 INO、AMP 含量显著大于腿肌($P < 0.05$)。公母混群后,肌肉中 IMP 及其他 ATP 代谢物在相同部位、不同试验组间差异不显著($P > 0.05$)。试验 2 组腿肌中 AMP 含量公母间差异极显著($P < 0.01$),试验 3 组公鸡胸肌中 AMP 含量显著小于母鸡($P < 0.05$);试验 2 组和试验 3 组胸肌 IMPc 含量公母间差异显著($P < 0.05$),试验 4 组公鸡腿肌 IMPc 含量显著大于母鸡($P < 0.05$),其他成分同一组别、同一部位、不同性别间差异不显著($P > 0.05$);试验 3 组公鸡胸肌 HYP 含量与腿肌差异显著($P < 0.05$);母鸡胸肌 INO、AMP 含量显著高于腿肌($P < 0.05$)。

表 1 不同组别肌肉中 IMP 及其他 ATP 代谢物测定结果($n = 20$)

组别	性别	INO 含量		HYP 含量		IMP 含量		AMP 含量		IMPc 含量	
		胸肌	腿肌	胸肌	腿肌	胸肌	腿肌	胸肌	腿肌	胸肌	腿肌
试验 1 组	♂	0.05 \pm 0.00	0.04 \pm 0.00	0.35 \pm 0.05	0.26 \pm 0.08	0.75 \pm 0.27 ^b	0.59 \pm 0.14	0.02 \pm 0.00	0.02 \pm 0.01	1.78 \pm 0.12	1.37 \pm 0.23
	♀	0.05 \pm 0.01	0.04 \pm 0.01	0.30 \pm 0.03	0.26 \pm 0.06	1.08 \pm 0.27	0.72 \pm 0.11	0.04 \pm 0.01	0.02 \pm 0.01	1.99 \pm 0.11	1.50 \pm 0.13
试验 2 组	♂ + ♀	0.05 \pm 0.01	0.04 \pm 0.01	0.32 \pm 0.04	0.26 \pm 0.04	0.91 \pm 0.11	0.65 \pm 0.14	0.03 \pm 0.01	0.02 \pm 0.01	1.88 \pm 0.47	1.43 \pm 0.34
	♀	0.08 \pm 0.01	0.06 \pm 0.01	0.33 \pm 0.02	0.26 \pm 0.02	0.93 \pm 0.28 ^{ab}	0.54 \pm 0.23	0.02 \pm 0.01	0.01 \pm 0.00	1.94 \pm 0.22	1.35 \pm 0.41
试验 3 组	♂ + ♀	0.05 \pm 0.02	0.06 \pm 0.04	0.34 \pm 0.10	0.29 \pm 0.03	0.95 \pm 0.11	0.63 \pm 0.15	0.02 \pm 0.01	0.02 \pm 0.01	1.95 \pm 0.39	1.49 \pm 0.39
	♀	0.07 \pm 0.01	0.06 \pm 0.00	0.29 \pm 0.0a	0.29 \pm 0.03	0.96 \pm 0.38 ^{ab}	0.72 \pm 0.30	0.01 \pm 0.00	0.01 \pm 0.01	1.83 \pm 0.36	1.60 \pm 0.44
试验 4 组	♂ + ♀	0.13 \pm 0.02	0.05 \pm 0.01	0.29 \pm 0.08	0.27 \pm 0.02	0.97 \pm 0.15	0.69 \pm 0.11	0.02 \pm 0.01	0.01 \pm 0.00	1.97 \pm 0.28	1.49 \pm 0.32
	♀	0.06 \pm 0.01	0.04 \pm 0.00	0.27 \pm 0.07	0.25 \pm 0.05	1.12 \pm 0.32 ^a	0.73 \pm 0.26	0.01 \pm 0.00	0.02 \pm 0.00	1.96 \pm 0.35	1.46 \pm 0.25
	♂ + ♀	0.06 \pm 0.01	0.05 \pm 0.00	0.38 \pm 0.07	0.24 \pm 0.02	1.11 \pm 0.24	0.67 \pm 0.19	0.01 \pm 0.00	0.02 \pm 0.01	2.21 \pm 0.28	1.43 \pm 0.14
	♂ + ♀	0.06 \pm 0.01	0.04 \pm 0.01	0.32 \pm 0.08	0.24 \pm 0.05	1.12 \pm 0.23	0.70 \pm 0.07	0.01 \pm 0.00	0.02 \pm 0.00	2.08 \pm 0.20	1.43 \pm 0.34

注:同一部位、相同性别、不同组别不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

2.2 鸡肌肉中 IMF 含量的比较 由表 2 可知,试验 2 组公鸡腿肌的肌内脂肪含量极显著高于试验 4 组($P < 0.01$),试验 1 组公鸡腿肌肌内脂肪含量显著高于试验 4 组($P < 0.05$)。其他同一部位、相同性别及组别间 IMF 含量差异不显著($P > 0.05$)。公、母混群后,试验 2 组腿肌肌内脂肪含量显著高于试验 1 组($P < 0.05$),极显著高于试验 4 组($P < 0.01$)。

3 讨论与结论

3.1 日粮蛋白能量水平对京海黄鸡 IMP 含量的影响 鸡肉的品质直接影响消费者对其接受程度及饲养者和销售者的经济利益,人们越来越热衷于蛋白质含量高、脂肪含量低、

不饱和脂肪酸含量高、口感细嫩的鸡肉。因此,改善鸡肉风味、鲜味特性与提高鸡肉的品质已成为目前养鸡业所追求的目标。IMP 是构成肌肉鲜味的主要成分之一,滋味和香味是构成肉鲜味的 2 个方面。研究表明,禽肉的滋味主要来源于肉中游离氨基酸、IMP、无机盐、小肽等滋味呈味物质,而还原糖、氨基酸、脂肪酸和硫胺素则是肉香味形成的重要前体物质^[6]。IMP 是禽、畜和鱼肉中的主要鲜味物质^[7],其主要是由肌肉中的 ATP 降解而产生,但是肉中 IMP 并不能稳定存在,在酶的作用下会进一步分解^[8]。IMP 的降解产物肌苷和次黄嘌呤有苦味,肉类在冷藏过程中风味损失、苦味增加都与 IMP 的降解有密切关系^[9]。该研究发现在公鸡以及公母

混合组中随着蛋能水平的提高,胸部肌肉中 IMP 沉积呈上升趋势,母鸡肌肉中 IMP 沉积差异不显著($P > 0.05$)。总体而言,不同蛋白能量水平对京海黄鸡肌肉 IMP 的沉积无显著性影响($P > 0.05$)。这与李石友^[10]研究结果相一致。

表 2 不同组别肌肉中的 IMF 测定结果($n = 20$)

组别	性别	IMF 含量//%	
		胸肌	腿肌
试验 1 组	♂	1.03 ± 0.18	3.19 ± 1.10 ABa
	♀	0.77 ± 0.62	3.11 ± 1.34
	♂ + ♀	0.90 ± 0.70	3.15 ± 0.39 ABb
试验 2 组	♂	0.80 ± 0.64	3.71 ± 0.90 Aa
	♀	1.08 ± 1.19	4.25 ± 0.67
	♂ + ♀	0.94 ± 0.94	3.98 ± 0.32 Aa
试验 3 组	♂	0.80 ± 0.71	3.07 ± 1.27 ABab
	♀	1.72 ± 0.12	3.89 ± 0.72
	♂ + ♀	1.26 ± 0.31	3.48 ± 0.63 ABab
试验 4 组	♂	0.61 ± 0.11	2.12 ± 0.17 Bb
	♀	0.90 ± 0.12	3.45 ± 0.17
	♂ + ♀	0.76 ± 0.34	2.79 ± 0.38 Bb

注:同一部位、同性别、不同组别数据不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

3.2 日粮蛋白能量水平对京海黄鸡肌肉脂肪(IMF)含量的影响 日粮中蛋白和能量水平对控制体组成起着决定性的作用,而肌肉的化学成分直接关系到肌肉的营养特性,是肌肉风味特性、多汁性等的具体体现^[11]。脂肪的起源学说认为肌肉鲜味来自脂肪而不是瘦肉,肌肉中脂肪含量过少会降低肉的风味。肌肉脂肪通常被分为肌间脂肪和 IMF,IMF 是沉积在肌束和肌纤维间的脂肪,存在于肌外膜、肌束膜,甚至肌内膜上。IMF 的主要成分为磷脂(60% ~ 70%)。因此,IMF 含量与肌肉风味有较强的相关性。肉鸡饲喂高能量水平饲料时,在满足其生长发育以外的多余能量以脂肪的形式沉积在体组织内,进而显著提高了肌肉中 IMF 的含量。李峰等^[12]研究表明肉种鸡产蛋期饲喂低能量饲料显著提高子代 IMF 的含量。该研究发现公鸡及母鸡混合组中公鸡腿肌肌肉中 IMF 沉积量随着蛋能水平的提高而下降,母鸡肌肉中 IMP 沉积差异不显著($P > 0.05$),总体上,不同蛋白能量水平对京海黄鸡肌肉 IMF 的沉积无显著性影响($P > 0.05$)。这与李峰等^[12]的研究结果不符,这可能与鸡饲养周期有关。京海黄鸡

饲养周期较长,通过自身的调节来应对日粮组分的改变,由于该试验设计的日粮蛋白、能量水平的改变是在饲养后期,日粮改变的时间较短,京海黄鸡机体还未对日粮蛋白能量水平的改变做出反应,因此试验结果差异不显著。

试验 4 组京海黄鸡公鸡胸肌中 IMP 含量极显著高于试验 1 组($P < 0.01$),母鸡混群后高蛋白能量组 IMP 含量也显著高于低蛋白能量组,说明京海黄鸡肌肉中 IMP 的沉积随着蛋能水平的提高而增加;试验 4 组公鸡腿肌中 IMF 含量显著低于试验 1 组($P < 0.05$),极显著低于试验 2 组($P < 0.01$),母鸡混群后,试验 2 组腿肌 IMF 含量显著高于试验 1 组($P < 0.05$),极显著高于试验 4 组($P < 0.01$),说明京海黄鸡肌肉中 IMF 的沉积随着蛋能水平的提高而减少。该试验结果表明不同蛋能水平对京海黄鸡肌肉中 IMP 的沉积呈正相关,与 IMF 沉积呈负相关。

参考文献

- [1] 谢恺舟,戴国俊,王玉玉,等. 京海黄鸡肉用性能及肉品质的研究[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,2008,29(1):45-48.
- [2] 陈继兰,文杰,王述柏,等. 鸡肌肉肌苷酸和肌内脂肪沉积规律研究[J]. 畜牧兽医学报,2005,36(8):843-845.
- [3] SUMMERS J D, SPRAIT D, ATKINSON J L. Broiler weight gain and carcass composition when fed diets varying in amino acid balance, dietary energy, and protein level [J]. Poultry Sci, 1992, 71(2): 263-273.
- [4] 方立超,宋代军,阙宁,等. 饲料能量和蛋白质水平对肉鸡肉质的影响[J]. 西南农学报,2002,15(3):98-103.
- [5] 徐昶,朱虹,李春保,等. 环境温度对鸡肉宰后僵直过程中 ATP 降解的影响[J]. 江苏农业科学,2010(1):257-259.
- [6] FARMER L J, RICHARDSON R I. Poultry meat flavor. Poultry meat Sci [C]. New York: CAB International, 1999:127-158.
- [7] NINOMIYA KUMIKO. Natural occurrence [J]. Food Reviews International, 1998, 14(2): 177-221.
- [8] 朱仁俊,唐臻睿,黄启超,等. 不同贮藏条件下武定鸡肌肉肌苷酸及相关核苷酸含量的变化研究[J]. 现代食品标记,2013,29(1):15-18.
- [9] VANI N D, MODI V K, KAVITHA S, et al. Degradation of inosine 5'-monophosphate (IMP) in aqueous and in layering chicken muscle fibre systems; Effect of pH and temperature [J]. LWT - Food Science and Technology, 2006, 6(39): 627-632.
- [10] 李石友,徐英,李琦华,等. 品种与日粮营养水平对鸡肉肌苷酸含量的影响[J]. 中国畜牧兽医,2007,34(10):133-135.
- [11] 赵水平. 血浆脂蛋白代谢[J]. 中国冶金工业医学杂志,1997,14(4):226-230.
- [12] 李峰. 肉种母鸡产蛋期限饲对子代肌纤维发育的影响及其机理研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2010.
- [13] 植物群落组成和植物多样性的影响[J]. 西北植物学报,2005,25(1):94-102.
- [14] TILMAN D, DOWNING J A. Biodiversity and stability in grasslands [J]. Nature, 1994, 367: 363-365.
- [15] TILMAN D, WEDLN D, KNOPS J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems [J]. Nature, 1996, 379: 718-720.
- [16] KALXIIVA P. Invenity and susinability on the Prairie [J]. Nature, 1996, 3(79): 673-674.
- [17] 杨持,叶波. 不同草原群系植物种多样性比较研究[J]. 内蒙古大学学报,1994,25(2):209-214.
- [18] 徐广平,张德罡,徐长林,等. 放牧干扰对东祁连山高寒草地植物群落物种多样性的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2005,40(6):789-796.
- [19] 刘振国. 内蒙古退化草原对不同干扰类型的响应研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2006.

(上接第 785 页)

- [10] 陈云云,谢应忠. 退化草地恢复过程中植被与环境动态特征研究[J]. 宁夏农学院学报,2004,25(1):21-25.
- [11] 白永飞,陈佐忠. 锡林河流域羊草草原植物物种和功能群的长期变异性及其对群落稳定性的影响[J]. 植物生态学报,2000,24(6):641-647.
- [12] 马克平. 生物多样性的测度[C]//生物多样性研究的原理与方法. 北京:中国科学技术出版社,1994:141-165.
- [13] AN Y, LI P, YANG C, et al. Influence of grazing rate on population structure of *Stipa Grandis* [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2002, 26(2): 163-169.
- [14] 赵宝山,王健. 草场不同程度的利用对植被的影响[J]. 内蒙古草业, 2000(4): 20-24.
- [15] 李永宏,汪诗平. 放牧对草原植物的影响[J]. 中国草地,1999(3):11-19.
- [16] 董全民,马玉寿,李青云,等. 牦牛放牧率对小嵩草高寒草甸暖季草场