

## 品种和饲养模式对鸡肉风味性状及其候选基因 mRNA 表达水平的影响

张会丰<sup>1</sup> 高广亮<sup>2</sup> 王海威<sup>2</sup> 谢友慧<sup>2</sup> 李辉<sup>1\*</sup> 王启贵<sup>1,2\*</sup>

1 东北农业大学 动物科学技术学院/农业部鸡遗传育种重点实验室/黑龙江省普通高等学校动物遗传育种与繁殖重点实验室, 哈尔滨 150030; 2 重庆市畜牧科学院, 重庆 402460

\*通讯作者, [lihui@neau.edu.cn](mailto:lihui@neau.edu.cn); [wangqigui@hotmail.com](mailto:wangqigui@hotmail.com)

**摘要** 肌苷酸(inosine monophosphate acid, IMP)和肌内脂肪(intramuscular fat, IMF)是重要的肉质性状指标。为探讨品种和饲养模式对鸡(*Gallus gallus*)肉质风味的影响,本研究以散养和笼养的城口山地鸡、大宁河鸡和青脚麻鸡为研究群体,采用高效液相色谱仪和索氏浸提法测定鸡胸肌IMP和IMF含量,利用荧光定量PCR方法检测5个IMP候选基因和9个IMF候选基因mRNA的表达量情况。结果显示,从总体上看,城口山地鸡IMP含量高于大宁河鸡和青脚麻鸡,散养鸡IMP含量高于笼养鸡;城口山地鸡IMF含量低于大宁河鸡和青脚麻鸡,散养鸡IMF含量低于笼养鸡。IMP候选基因氨基咪唑氨甲酰核苷酸转甲酰基酶(aminoimidazole-4-carboxamide ribonucleotide transformylase/IMP cyclohydrolase, *PURH*)和腺苷-磷酸脱氨酶(adenosine monophosphate deaminase 1, *AMPD1*)基因,IMF候选基因心脏型脂肪酸结合蛋白基因(heart fatty acid binding protein, *H-FABP*)、瘦素受体(leptin receptor, *LEPR*)、脂肪酸转运蛋白1基因(fatty acid transport protein 1, *FATP1*)和解偶联蛋白3基因(uncoupling protein 3, *UCP3*)胸肌组织表达量分别与胸肌IMP含量和IMF含量存在相关性。本研究结果表明,品种和饲养模式均显著影响IMP和IMF含量及其候选基因的mRNA表达,且候选基因的表达水平与IMP和IMF含量有着密切的关系。本研究结果为优质肉鸡的选育提供了一定的理论基础。

**关键词** 品种, 饲养模式, 候选基因, 肌苷酸, 肌内脂肪

## Effects of Different Breeds and Raising Modes on Meat Flavors and Candidate Genes Expression Levels

ZHANG Hui-Feng<sup>1</sup> GAO Guang-Liang<sup>2</sup> WANG Hai-Wei<sup>2</sup> XIE You-Hui<sup>2</sup> LI Hui<sup>1\*</sup> WANG Qi-Gui<sup>1,2\*</sup>

1 Key Laboratory of Chicken Genetics and Breeding, Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Animal Genetics, Breeding and Reproduction, Education Department of Heilongjiang Province/College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin 150030 China; 2 Chongqing Academy of Animal Science, Chongqing 402460, China

\* Corresponding author, [lihui@neau.edu.cn](mailto:lihui@neau.edu.cn); [wangqigui@hotmail.com](mailto:wangqigui@hotmail.com)

**Abstract** To research the effect of breeds and feeding patterns on chicken meat flavor, and screening of inosine monophosphate acid (IMP) and intramuscular fat (IMF) candidate genes, Chengkou chicken, Daninghe chicken, Qingjiaoma chicken were selected as the study populations, to analyze IMP content in breast muscle by high performance liquid chromatograph, extract the IMF in breast muscle by Soxhlet extraction. The expressions of 5 candidate genes related to IMP and 9 candidate genes related to IMF were detected with Real-time quantitative PCR. The results revealed that the IMP content of Chengkou chicken was higher than that of Daninghe and Qingjiaoma chickens, the IMP content of scatter-feed chicken was higher than that of henhouse-feed; the IMF content of Chengkou chicken was lower than that of Daninghe and

基金项目:现代农业产业技术体系建设项目(No. CARS-42)和重庆市科委攻关项目(CSTC, 2011AC1180)

收稿日期:2014-02-24 接受日期:2014-06-10

Qingjiaoma chickens, the IMF content of scatter-feed chicken was lower than that of henhouse-feed. The expression levels of IMP candidate genes, aminoimidazole-4-carboxamide ribonucleotide transformylase/IMP cyclohydrolase (*PURH*) and adenosine monophosphate deaminase1 (*AMPD1*), and the IMF candidate genes, heart fatty acid binding protein (*H-FABP*), leptin receptor (*LEPR*), fatty acid transport protein 1 (*FATP1*) and uncoupling protein 3 (*UCP3*) were correlated with the contents of IMP and IMF in breast muscle, respectively. The results showed that both breed and feeding pattern had significant influence on IMP, IMF contents and expression of their candidate genes. The expression levels of candidate genes were closely related with IMP and IMF content. The results of this research will provide some theoretical basis for high quality poultry breeding.

**Keywords** Breed, Feeding patterns, Candidate genes, Inosinemonophosphate acid, Intramuscular fat

## 0 引言

肌苷酸(inosine monophosphate acid, IMP)是重要的风味物质,对肉质的鲜味影响巨大,国际上已把肉品中IMP含量作为衡量肉质的重要指标(束婧婷等,2006),鸡肉中另外一个重要的肉质性状指标就是肌内脂肪(intramuscular fat, IMF),Fernandez等(2003)研究发现,一定量的IMF沉积不仅提高肌肉的感官满意程度,而且增强肉的风味、嫩度以及多汁性。然而,影响鸡肉风味的因素有品种、饲料、日龄、性别和饲养方式等(赵伟,2008)。不同品种的鸡由于线粒体、肌纤维等方面存在差异导致嫩度、系水力不同,因此肉质也不相同(王明海,常秀程,2008);散养鸡的皮下脂肪、腹脂均低于笼养鸡,同时IMF含量适中,肉味鲜美(杨焯等,2008),所以饲养方式对鸡肉质同样有着非常重要的影响。本研究以散养和笼养的城口山地鸡、大宁河鸡和青脚麻鸡胸肌组织为实验材料,测定不同品种和不同饲养模式间IMP和IMF含量的差异,测定IMP候选基因腺苷-磷酸脱氨酶(adenosine monophosphate deaminase1, *AMPD1*)、腺苷琥珀酸裂解酶(adenylosuccinate lyase, *ADSL*)、甘氨酸核糖核苷酸合成酶-氨基咪唑核糖核苷酸合成酶-甘氨酸核糖核苷酸转甲酰基酶(glycinamide ribonucleotide synthetase- aminoimidazole ribonucleotide synthetase- glycinamide ribonucleotide transformylase, *GARS-AIRS-GART*)和谷氨酰胺-PRPP转酰胺酶(glutamine-PRPP amidotransferase, *GPAT*)以及IMF候选基因氨基咪唑核糖核苷酸转甲酰基酶(aminoimidazole-4-carboxamide ribonucleotide transformylase/IMP cyclohydrolase, *PURH*)、脂蛋白酯酶(lipoprotein lipase, *LPL*)、脂肪型脂肪酸结合蛋白(adipocyte fatty acid binding protein, *A-FABP*)、细胞外脂肪酸结合蛋白(extracellular fatty

acid binding protein, *EX-FABP*)、心脏型脂肪酸结合蛋白(heart fatty acid binding protein, *H-FABP*)、脂肪酸转运蛋白1(fatty acid transport protein 1, *FATP1*)、微粒体谷胱甘肽S-转移酶1(microsomal glutathione S-transferase 1, *MGST1*)、核苷三磷酸酶,癌症相关,(nucleoside-triphosphatase, cancer-related, *NTP-CR*)和解偶联蛋白3(uncoupling protein 3, *UCP3*)的胸肌组织表达水平,研究品种和饲养模式对鸡肉肉质的影响以及候选基因表达水平与IMP、IMF含量的相关性分析。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验动物及采样

本研究的实验动物为5月龄体成熟出栏的笼养和散养模式下的鸡(*Gallus gallus*)品种城口山地鸡、大宁河鸡和青脚麻鸡。鸡只饲喂相同的基础日粮,自由采食和饮水,每个品种的每种饲养模式各选取10羽公鸡,共计60羽,采集左侧胸肌,一部分迅速置于液氮,-80℃保存用于RNA提取;另一部分装密封袋,-20℃冻存,用于检测IMP和IMF含量。

本研究实验动物为2个地方品种(城口山地鸡、大宁河鸡)和1个快大型肉鸡品种(青脚麻鸡),收集种蛋,集中孵化,并在重庆市畜牧科学院土鸡繁育中心集中饲养。城口山地鸡和大宁河鸡属于重庆市肉蛋兼用型地方优良鸡种,属于国家级畜禽遗传资源;青脚麻鸡属快大型肉用型品种,肉质细嫩、营养价值高、适应性强、生长快。

散养土鸡是指是在果林地中采用自由放养方式养殖的地方品种鸡,为便于饲养管理,放养果林地将其用铁丝网将其分若干个区域。用铁网将其分若干个区域,每个区域占地0.5~1.0 hm<sup>2</sup>,放养300~500只。区域内搭建25 m<sup>2</sup>的棚内安放采食

槽, 饮水器。

## 1.2 饲养管理

两组实验分别采用舍内笼养和舍外散养方式进行饲喂, 供给充足饮水。饲粮参考美国NRC肉鸡的营养需要自配饲料(熊本海, 1994. 第九版NRC鸡营养需要的评述. 中国畜牧兽医, 21(5): 2-9), 饲粮配方及营养水平见表1。不同饲养方式的鸡都采用自由采食和饮水, 每个处理设置相同数量的料槽和水槽, 并按相同的地点摆设。舍内饲养保持每天的清洁卫生, 并按照统一的饲养管理方法进行管理。

## 1.3 方法

### 1.3.1 引物设计与合成

以甘油醛-3-磷酸脱氢酶基因(glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase, *GAPDH*)为内参, 根据GenBank提供的 *AMPD1*、*ADSL*、*GARS-AIRS-GART*、*GPAT*、*LEPR*、*PURH*、*LPL*、*A-FABP*、*EX-FABP*、*H-FABP*、*FATP1*、*MGST1*、*NTPCR*、*UCP3* 和 *GAPDH* 基因的 mRNA 序列(表2), 利用 Primer Premier 5.0 设计引物(表2), 上海英俊生物技术有限公司合成。

### 1.3.2 提取总RNA及cDNA合成

胸肌组织的总RNA的提取采用酚-氯仿法抽

提, 所得总RNA用紫外分光光度仪测定吸光( $A_{260}/A_{280} \approx 1.8 \sim 2.0$ ), 检测合格后进行cDNA合成。反转录采用的是 Promega 的 Promega Go Script 试剂盒, 按说明书操作, 所得cDNA置于-20℃保存。

### 1.3.3 荧光定量PCR

利用实时荧光定量PCR仪(Applied Biosystems 7900HT Real-Time PCR System, 美国)对14个目的基因进行定量分析。PCR反应按SYBR® Premix Ex Taq™ II (宝生物, 大连)试剂说明书进行操作。其中PCR反应体系为SYBR® Premix Ex Taq™ II (2×)5 μL, 上、下游引物(10 μmol/L)各0.4 μL, ROX Reference Dye II (50×) 0.2 μL, cDNA模板1 μL, 补加去离子水至10 μL。PCR反应参数为: 95℃预变性30 s, 95℃变性5 s, 50~60℃复性延伸30 s, 共40个循环; 溶解曲线: 95℃15 s, 60℃1 min, 95℃15 s。

### 1.3.4 生化指标测定

采用高效液相色谱仪分析IMP含量(张志兰等, 2004), 采用索氏浸提法提取IMF含量(Zerehdaran et al., 2004)。

### 1.3.5 数据统计分析

IMP含量和IMF含量数据结果以平均值±标准差表示。采用SPSS 16.0统计软件One-way ANO-

表1 试验基础日粮及营养水平

Table 1 Basic diet and nutrient levels

原料 Raw material	含量/% Content	营养指标 Nutritional index	营养水平 Nutritional level
玉米 Corn	65.00	代谢能/(MJ·kg <sup>-1</sup> ) Metabolizable energy	13.39
豆粕 Soybean meal	23.00	粗蛋白/% Crude protein	18.00
棉粕 Cottonseed meal	3.50	赖氨酸/% Lysine	0.85
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	3.00	蛋+光/% Egg+light	0.60
油脂 Corn gluten meal	2.00	钙/% Ca	0.80
石粉 Limestone	1.00	磷/% P	0.65
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	1.20		
食盐 NaCl	0.30		
预混料 Premix	1.00		

每kg预混料成分: VA 5 000 IU/kg; VD3 1 000 IU/kg; VE 10 IU/kg; VK 0.5 mg; 泛酸 10 mg; 烟酸 30 mg; VB1 1.8 mg; VB2 3.5 mg; VB6 3.5 mg; 生物素 0.1 mg; 叶酸 0.55 mg; 胆碱 1.0 g; VB12 0.012 mg; Mn 80 mg; Zn 60 mg; Fe 80 mg; Cu 8 mg; I 0.35 mg; Se 0.15 mg

Per kg premix ingredients: VA 5 000 IU/kg; VD3 1 000 IU/kg; VE 10 IU/kg; VK 0.5 mg; pantothenic acid 10 mg; Niacin 30 mg; VB1 1.8 mg; VB2 3.5 mg; VB6 3.5 mg; biotin 0.1 mg; folic acid 0.55 mg; choline 1.0 g; VB12 0.012 mg; Mn 80 mg; Zn 60 mg; Fe 80 mg; Cu 8 mg; I 0.35 mg; Se 0.15 mg

表 2 Real-time RT-PCR 分析所用引物信息

Table 2 Information of primers used for Real-time RT-PCR analysis

基因名称 Gene name	GenBank 登录号 GenBank accession No.	引物序列(5'~3') Sequences of primers	产物大小/bp Product length
<i>GAPDH</i>	K01458	AGAACATCATCCCAGCGT AGCCTTCACTACCCTCTTG	182
<i>AMPDI</i>	XM_003642728	ATAGTCATCGACGCCTAAA TCATAAACTACACGGTCAGC	223
<i>ADSL</i>	EU049886	GGAAGCAAATCTGGACAACAT CCCATCTCGGAGGACAATC	187
<i>GARS-AIRS-GART</i>	X54200	GAGATGAAGGCCCTAACAC AACCCAGCATAAAGGACAC	160
<i>GPAT</i>	NM_001004401	TAGGGGACATAAATGGAAAAGGAA ACTCGGCACCAATAGATAAAAAGC	90
<i>LEPR</i>	AF169827	GCATCTCTGCATCTCAGGAAAGA GCAGGCTACAACTAACAAATCCA	127
<i>PURH</i>	AY787803	TGAGGAGGAGGCACAAGTC AGCAGTAGGCACATCGCAG	151
<i>LPL</i>	NM205282	GCTGGTGGGAAAGGATGTT GGAGAGGCGGATAGGGGCA	219
<i>A-FABP</i>	NM_204290	TGTGGGGTTTGCTA TAGGGAAATGACATTCAAAGT	189
<i>EX-FABP</i>	AY545055	CTCCAACACCGACTTCTTCC TCCAGGACCTCCACCGTTTT	210
<i>H-FABP</i>	AY648562	ACGGCCAATTTTCGATGAGTACA TCTCTGTGTTCTTGAAGGTGCTAT	148
<i>FATP1</i>	XM_415504	GCAGCAATCGCAGATCCTAA CAACCTGGGGTGAAAGACG	209
<i>MGST1</i>	EU309478	GCATTTGCCAACCCAGAAG TTCAAGGTCATTCAGGTGGC	117
<i>NTPCR</i>	NM_001031523	AGTTGGTTCTGCCTGTGCTGA CCTGGCTGAAGAGTTCCATTTT	102
<i>UCP3</i>	NM_204107	ATCGCCAGGGAGGAGGGAGT GGCAGCCACGAAGTGACAGG	168

*GAPDH*: Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase; *AMPDI*: Adenosine monophosphate deaminase1; *ADSL*: Adenylosuccinate lyase; *GARS-AIRS-GART*: Glycinamide ribonucleotide synthetase- glycinamide ribonucleotide transformylase; *GPAT*: Glutamine-PRPP amidotransferase; *LEPR*: Leptin receptor; *PURH*: Pminoimidazole-4-carboxamide ribonucleotide transformylase/IMP cyclohydrolase; *LPL*: Lipoprotein lipase; *A-FABP*: Adipocyte fatty acid binding protein; *EX-FABP*: Extracellular fatty acid binding protein; *H-FABP*: Heart fatty acid binding protein; *FATP1*: Fatty acid transport protein 1; *MGST1*: Microsomal glutathione S-transferase 1; *NTPCR*: Nucleoside-triphosphatase, cancer-related; *UCP3*: Uncoupling protein 3

VA 程序进行方差分析, 并采用 Duncan's 法进行多重比较, 以  $P < 0.05$  为显著性差异,  $P < 0.01$  为极显著性差异。

荧光定量 PCR 反应在 ABI 7900HT 荧光定量 PCR 仪上进行, 数据经过 SDS2.4 软件处理。选用 *GAPDH* 做为内参, 相对表达量采用  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  分析方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种和饲养模式对肉鸡胸肌内 IMP 和 IMF 含量的影响

本研究采用高效液相色谱法和索氏浸提法测



表3 品种和饲养模式对IMP和IMF含量的影响

Table 3 Effect of breed and feeding pattern on the contents of IMP and IMF

影响因素 Factor	肌苷酸/(mg·g <sup>-1</sup> ) IMP	肌内脂肪/% IMF
品种×饲养模式 Breed×Feeding pattern		
城口山地鸡×笼养 Chengkou chicken × Henhouse-feed	1.97±0.27 <sup>abAB</sup>	0.39±0.03 <sup>abB</sup>
城口山地鸡×散养 Chengkou chicken × Scatter-feed	2.10±0.22 <sup>aA</sup>	0.29±0.03 <sup>bbB</sup>
大宁河鸡×笼养 Daninghe chicken × Henhouse-feed	1.74±0.27 <sup>cB</sup>	0.69±0.07 <sup>A</sup>
大宁河鸡×散养 Daninghe chicken × Scatter-feed	1.94±0.17 <sup>abAB</sup>	0.45±0.05 <sup>aAB</sup>
青脚麻鸡×笼养 Qingjiaoma chicken × Henhouse-feed	1.73±0.20 <sup>cB</sup>	0.66±0.06 <sup>A</sup>
青脚麻鸡×散养 Qingjiaoma chicken × Scatter-feed	1.95±0.21 <sup>a<sup>ab</sup>B</sup>	0.55±0.04 <sup>abA</sup>
主效应均值 Analysis of major effect		
城口山地鸡 Chengkou chicken	2.05±0.24 <sup>a</sup>	0.34±0.03 <sup>A</sup>
大宁河鸡 Daninghe chicken	1.82±0.21 <sup>b</sup>	0.59±0.06 <sup>B</sup>
青脚麻鸡 Qingjiaoma chicken	1.85±0.20 <sup>b</sup>	0.63±0.05 <sup>B</sup>
笼养 Henhouse-feed	1.81±0.24 <sup>b</sup>	0.62±0.08 <sup>a</sup>
散养 Scatter-feed	1.98±0.19 <sup>a</sup>	0.35±0.02 <sup>b</sup>
变异源 Source of variance		
品种 Breed	<i>P</i> <sub>IMP</sub> 0.014	<i>P</i> <sub>IMF</sub> <0.01
饲养模式 Feeding pattern	0.016	0.021
品种×饲养模式 Breed×Feeding pattern	0.921	0.758

同列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( $P < 0.01$ ), 无字母或字母相同表示差异不显著( $P > 0.05$ )

The different small letters within the same column mean significant difference ( $P < 0.05$ ), and different capital letters mean extremely significant difference ( $P < 0.01$ ), with no letter or the same letter means no significant difference ( $P > 0.05$ )

定城口山地鸡, 大宁河鸡和青脚麻鸡在两种饲养模式下的IMP和IMF含量, 分析不同品种和饲养模式对胸肌IMP和IMF含量的影响, 见表3。由结果分析可知, 品种和饲养模式对肉鸡胸肌IMP含量均呈显著影响( $P < 0.05$ ), 从品种上来看, 城口山地鸡的IMP含量显著高于大宁河鸡和青脚麻鸡( $P < 0.05$ ); 从饲养方式上来看, 散养肉鸡的IMP含量显著的高于笼养肉鸡( $P < 0.05$ )。在散养模式下, 三个品种间IMP含量差异不显著( $P > 0.05$ ); 在笼养模式下, 城口山地鸡的IMP含量显著( $P < 0.05$ )的高于大宁河鸡和青脚麻鸡。品种和饲养模式对肉鸡胸肌IMF含量呈极显著( $P < 0.01$ )和显著影响( $P < 0.05$ ), 从品种上来看, 城口山地鸡的IMF含量极显著的低于大宁河鸡和青脚麻鸡( $P < 0.01$ ); 从饲养模式上来看, 散养肉鸡的IMF含量显著的低于笼养肉鸡( $P < 0.05$ )。在散养模式下, 城口鸡的IMF含量极显著低于大宁河鸡和青脚麻鸡( $P < 0.01$ ); 在笼养模式下, 城口鸡的IMF含量极显著低于大宁河鸡和青脚

麻鸡( $P < 0.01$ )。

## 2.2 肉质性状候选基因分析

### 2.2.1 不同品种间候选基因胸肌组织表达量分析

本研究以笼养和散养两种模式下的城口山地鸡, 大宁河鸡和青脚麻鸡为研究群体, 采用实时荧光定量PCR的方法测定IMP、IMF候选基因胸肌组织表达量, 结果显示, 散养模式下, 城口山地鸡和大宁河鸡之间*GPAT*、*LPL*、*MGST1*和*UCP3*基因表达量显著或极显著差异( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ ); 城口山地鸡和青脚麻鸡之间*ADSL*、*GPAT*、*LPL*、*A-FABP*、*NTPCR*和*UCP3*基因表达量显著或极显著差异( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ ); 大宁河鸡和青脚麻鸡之间*GARS-AIRS-GART*、*LPL*、*A-FABP*、*NTPCR*和*UCP3*基因表达量显著或极显著差异( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ ) (图1A)。

笼养模式下, 城口山地鸡和大宁河鸡之间*AMPD1*和*UCP3*基因表达量显著或极显著差异

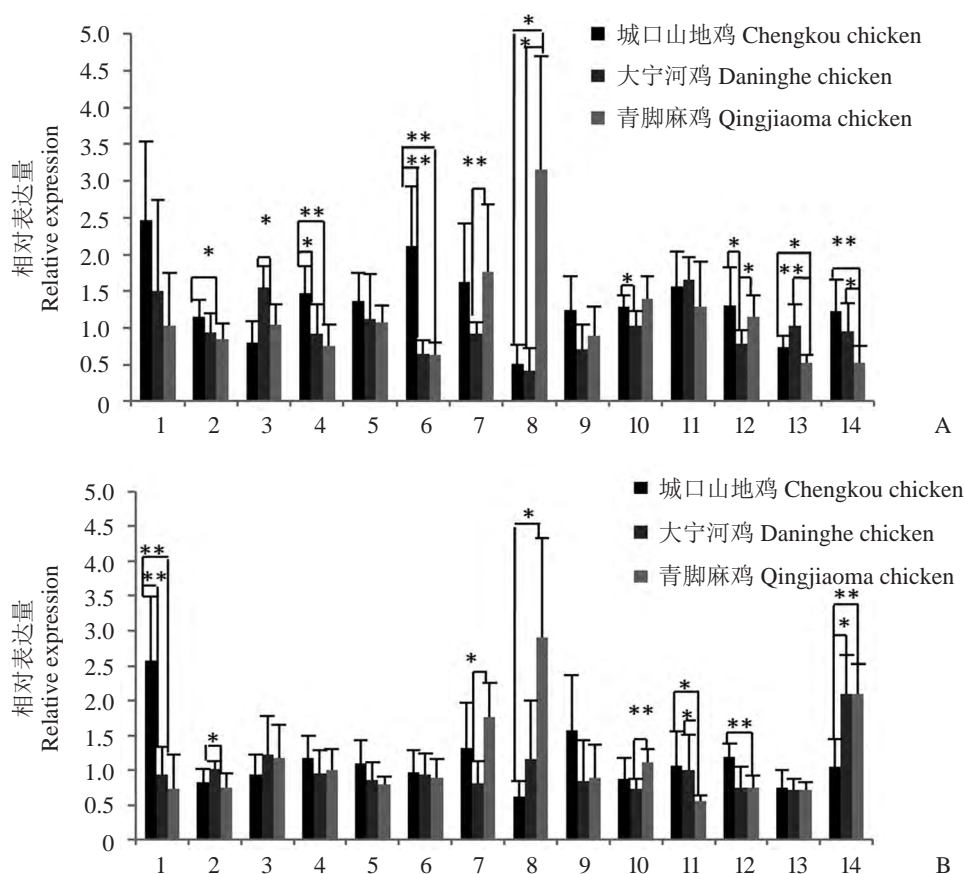


图1 散养(A)和笼养(B)模式下3个品种鸡候选基因胸肌组织表达量分析

Figure 1 Tissue expression of candidate genes in breast muscle of three breeds chicken of scatter-feed(A) and henhouse-feed(B) patterns

1: *AMPD1*; 2: *ADSL*; 3: *GARS-AIRS-GART*; 4: *GPAT*; 5: *PURH*; 6: *LPL*; 7: *LEPR*; 8: *A-FABP*; 9: *EX-FABP*; 10: *H-FABP*; 11: *FATP1*; 12: *MGST1*; 13: *NTPCR*; 14: *UCP3*. \*:  $P < 0.05$ , \*\*:  $P < 0.01$ ,  $n=10$ , *GAPDH* as reference gene. The same below

( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ); 城口山地鸡和青脚麻鸡之间 *AMPD1*、*A-FABP*、*FATP1*、*MGST1* 和 *UCP3* 基因表达量显著或极显著差异 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ); 大宁河鸡和青脚麻鸡之间 *ADSL*、*LEPR* 和 *FATP1* 基因表达量显著或极显著差异 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ) (图1B)。

### 2.2.2 不同饲养模式下候选基因胸肌组织表达量分析

本研究以笼养和散养两种模式下的城口山地鸡, 大宁河鸡和青脚麻鸡为研究群体, 采用实时荧光定量PCR的方法测定IMP、IMF候选基因胸肌组织表达量, 结果显示, 两种饲养模式的城口山地鸡胸肌组织中*ADSL*、*LPL*和*H-FABP*基因表达量显著或极显著差异 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ) (图2A); 两种饲养模式的大宁河鸡胸肌组织中*H-FABP*、*FATP1*、*NTPCR*和*UCP3*基因表达量显著或极显著差异

( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ) (图2B); 两种饲养模式的青脚麻鸡胸肌组织中*PURH*、*H-FABP*、*FATP1*、*MGST1*、*NTPCR*和*UCP3*基因表达量显著或极显著差异 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ) (图2C);

## 3 讨论

### 3.1 不同品种、饲养方式对鸡肉IMP含量的影响

IMP是鸡肉鲜味重要的呈味物之一, 研究表明不同品种间鸡肉IMP含量存在差异, 慢生型鸡肌肉IMP含量较高, 散养能显著提高鸡胸肌IMP含量(陈国宏, 侯水生, 2001; 周小娟等, 2010; 韩剑众等, 2003), 本研究发现类似的结果, 同一饲养模式下不同品种间鸡肌肉IMP含量存在差异, 笼养模式下, 城口山地鸡IMP含量显著高于大宁河鸡和青脚麻鸡( $P < 0.05$ ), 散养模式表现出相同的趋势, 但差异不显著。不同品种间IMP含量存在差异可能是由

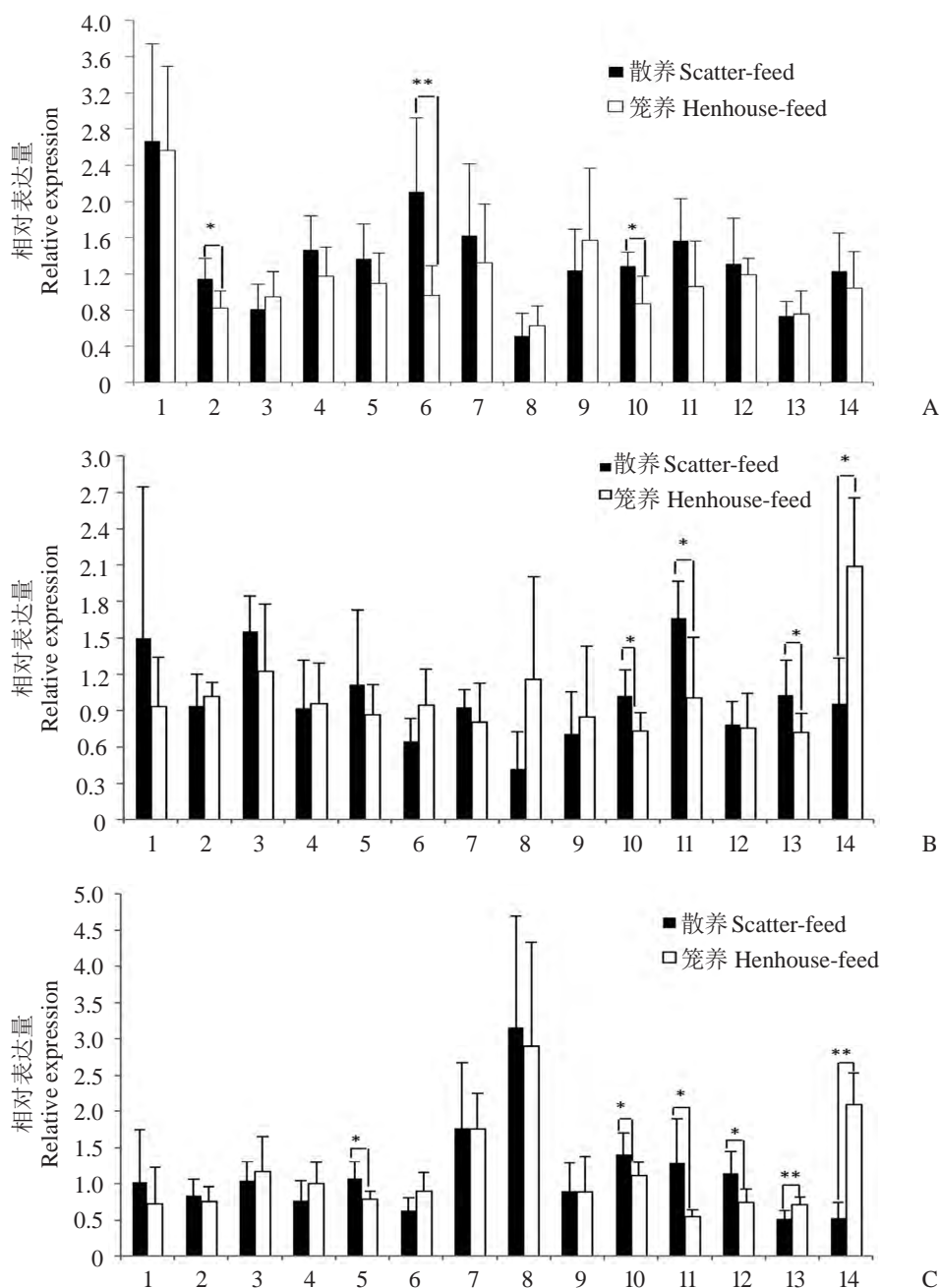


图2 城口山地鸡(A)、大宁河鸡(B)和青脚麻鸡(C)在散养、笼养两种饲养模式下候选基因胸肌组织表达量分析  
Figure 2 Tissue expression of candidate genes in breast muscle between the scatter-feed and henhouse-feed of Chengkou (A), Daninghe(B) and Qingjiaoma(C) chickens

于不同品种间遗传背景不同导致的;同一品种间不同饲养模式下的鸡肌肉IMF含量存在差异,部分品种差异显著,总体表现为散养鸡胸肌IMF含量显著高于笼养( $P < 0.05$ )。推测其原因为散养和笼养鸡所采食饲料有所差异,饲养空间不同,运动场地大小以及运动量大小不同所致。

### 3.2 不同品种、饲养方式对鸡肉IMF含量的影响

IMF主要影响肉的嫩度和多汁性,研究表明不同品种间的IMF含量存在较大差异,笼养IMF含量高于散养,且与肌肉的风味呈极显著相关(陈宽维等, 2002; 邱永生等, 1996. 四种不同类型鸡肌肉品质的比较研究[J]. 中国畜牧杂志, 32(2): 30-31; 许冬梅等, 2002. 不同饲养方式下鸡肉品质主要性能的研究[J]. 养禽与禽病防治, 12: 4-5)。本研究结果显示,两种饲养模式下,城口山地鸡IMF含量均表

现出相同的趋势,即显著( $P<0.05$ )或极显著( $P<0.01$ )低于大宁河鸡和青脚麻鸡,不同品种间 IMF 含量表现出了较大差异。同一品种间不同饲养模式下,整体表现为笼养模式显著( $P<0.05$ )高于散养模式,分析其原因可能为散养鸡运动范围广,运动量大,脂肪消耗相对较多。

### 3.3 IMP 候选基因胸肌组织表达量与 IMF 含量相关性分析

本研究选取了 5 个 IMP 候选基因(*AMPDI*、*ADSL*、*GARS-AIRS-GART*、*GPAT* 和 *PURH*),分析其在不同品种间两种饲养模式下胸肌组织表达情况。IMF 在体内的合成涉及 10 种关键酶由 5 个基因编码,其中包括 *ADSL*、*GARS-AIRS-GART*、*GPAT* 和 *PURH* 基因(余春林, 2010)。本研究中, *PURH* 和 *AMPDI* 基因胸肌组织表达量与 IMF 含量呈正相关关系,即 *PURH*、*AMPDI* 基因表达量的增加能够提高 IMF 含量,与前人研究结果一致(束婧婷等, 2009; 栾德琴, 2012)。由此可推测 *PURH*、*AMPDI* 基因胸肌组织表达量与胸肌 IMF 含量有着密切的关系,可作为鸡肉质风味选择的依据。其余候选基因在不同品种间趋势不一致,推测原因可能是品种与饲养模式间的互作导致。

### 3.4 IMF 候选基因胸肌组织表达量与 IMF 含量相关性分析

对本研究中涉及的 9 个 IMF 候选基因(*LEPR*、*LPL*、*A-FABP*、*EX-FABP*、*H-FABP*、*FATP1*、*MGST1*、*NTPCR* 和 *UCP3*)在不同品种间和不同饲养模式下胸肌组织 IMF 表达水平分析发现, *H-FABP*、*LEPR*、*FATP1* 基因在 3 个鸡品种中胸肌组织表达量与胸肌 IMF 含量呈负相关关系,与前人研究结果一致(李文娟等, 2006; 屠云洁等, 2010; 刘宝凤等, 2013; Gerbens et al., 2001)。 *UCP3* 胸肌组织表达量与胸肌 IMF 含量总体上表现为正相关关系,与 *UCPS* 增加机体能量消耗,促进脂肪酸的氧化说法不一致(Zhang et al., 2001),推测原因可能是样本量不够,具体原因还需进一步深入研究。 *H-FABP*、*LEPR*、*FATP1* 和 *UCP3* 基因在不同品种间表达水平有差异,部分品种呈显著或极显著差异。由此推测 *H-FABP*、*LEPR*、*FATP1* 和 *UCP3* 基因胸肌组织表达量与胸肌 IMF 含量有着密切的关系,可作为鸡肉质风味选择的依据。

## 4 结论

品种和饲养方式均对 IMP 和 IMF 含量有显著影响,但是二者不存在显著的互作效应。本研究中 IMP 候选基因 *PURH* 和 *AMPDI* 基因, IMF 候选基因 *H-FABP*、*LEPR*、*FATP1* 和 *UCP3* 基因胸肌组织表达量分别与胸肌 IMF 含量和 IMF 含量存在一定的相关性,本研究为进一步选育肉质风味优良的肉鸡提供了一定的理论基础。

## 参考文献

- 陈国宏, 侯水生. 2001. 中国部分地方鸡肌肉肌苷酸含量研究[J]. 畜牧兽医学报, 31 (3): 211-215.(Chen G H, Hou S S. 2001. Comparison between inosinic acid content of muscle in Chinese native chickens[J]. Acta Veterinaria Et Zootechnica Sinica, 31(3): 211-215.)
- 陈宽维, 李慧芳, 张学余, 等. 2002. 优质鸡肌肉品质与育种方向的研究[J]. 山东家禽, (7): 3-6.(Chen K W, Li H F, Zhang H F, et al. 2002. Research on muscle quality and breeding orientation of high quality chicken[J]. Shandong Poultry, (7): 3-6.)
- 韩剑众, 桑雨周, 周天琼. 2003. 饲养方式和饲喂水平对鸡肉肌苷酸含量及肉质的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, (9):11-13.(Han J Z, Sang Y Z, Zhou T Q. 2003. Effects of feeding conditions and intensity on the inosine and meat quality of chicken[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, (9):11-13.)
- 李文娟, 李宏宾, 文杰, 等. 2006. 鸡 *H-FABP* 和 *A-FABP* 基因表达与肌肉脂肪含量相关研究[J]. 畜牧兽医学报, 37 (5): 417-423.(Li W J, Li H B, Wen J, et al. 2006. Association of the *H-FABP* and *A-FABP* gene expression with intramuscular fat content in chickens[J]. Acta Veterinaria Et Zootechnica Sinica, 37(5): 417-423.)
- 刘宝凤, 周沙沙, 王景霖, 等. 2013. *Lep* 和 *LEPR* 基因在不同脂尾型绵羊脂肪组织中的 mRNA 表达研究[J]. 畜牧兽医学报, 44(7): 1014-1022.(Liu B F, Zhou S S, Wang J L, et al. 2013. Differential expression of *Lep* and *LEPR* mRNA in adipose tissues of sheep with divergent fat-tails[J]. Acta Veterinaria Et Zootechnica Sinica, 44(7): 1014-1022.)
- 栾德琴, 2012. 鸡肌肉生长相关基因的表达与肌苷酸关键酶基因网络调控的构建[D], 博士学位论文. 扬州大学, 导师: 陈国宏(Luan D Q. 2012. Analysis of gene expression profiles and construction of network for key genes associated with inosine monophosphate in chicken muscles[D]. Dissertation for Ph.D., Yangzhou University,



Supervisor: Chen G H)

- 束婧婷, 包文斌, 张学余. 2006. 鸡肉质风味性状相关候选基因的研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 33(10): 32-35. (Shu J T, Bao W B, Zhang X Y. 2006. Advances on candidate gene of meat quality and flavor in chicken[J]. China Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 33(10): 32-35.)
- 束婧婷, 李慧芳, 张学余, 等. 2009. *PURH* 基因对鸡肉肌苷酸含量的遗传效应及其表达[J]. 农业生物技术学报, (5): 779-785. (Shu J T, Li H F, Zhang X Y, et al. 2009. Genetic effect of *PURH* gene on muscle inosine monophosphate content and its expression characterization in chicken[J]. Journal of Agricultural Biotechnology, (5): 779-785.)
- 屠云洁, 苏一军, 王克华, 等. 2010. 利用实时荧光定量 RT-PCR 检测鸡 *A-FABP* 和 *H-FABP* 基因的差异表达[J]. 中国畜牧杂志, (7): 1-4. (Tu Y J, Su K H, Zhang X Y, et al. 2010. Relative expression of *A-FABP* and *H-FABP* genes in chicken measured by Real-time PCR[J]. Chinese Journal of Animal Science, (7): 1-4.)
- 王明海, 常秀程. 2008. 鸡肉品质的影响因素分析[J]. 金陵科技学院学报, 24(1): 83-85. (Wang M H, Chang X C. 2008. The factors of effecting chicken quality[J]. Journal of Jinling Institute of Technology, 24(1): 83-85.)
- 杨 焯, 方贵友, 李忠荣, 等. 2008. 饲养方式对河田鸡肉质性状的影响[J]. 安徽农业科学, 36(1): 209-210. (Yang Y, Fang G Y, Li Z R, et al. 2008. Effect of feeding system on meat quality in hetian chickens[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 36(1): 209-210.)
- 余春林. 2010. 鸡肌苷酸合成酶系相关基因表达水平变化与肌苷酸含量的关联性研究[D]. 硕士学位论文. 西南民族大学, 导师: 蒋小松 徐亚欧. (Yu C L. 2010. Studies on expression characterization of genes related to inosine monophosphate synthesis and the relationship with the inosine monophosphate content in chicken[D]. Dissertation for M.D., Southwest University for Nationalities. Supervisor: Jiang X S, Xu Y O)
- 张志兰, 夏红, 项苏留, 等. 2005. 高效液相色谱法同时测定增味剂中 5'-肌苷酸二钠和 5'-鸟苷酸二钠[J]. 苏州大学学报: 自然科学版, 20(4): 75-77. (Zhang Z L, Xia H, Xiang S L, et al. 2005. A high performance liquid chromatography method for the simultaneous determination of IMP and GMP[J]. Journal of Suzhou University Natural Science Edition, 20(4): 75-77.)
- 赵伟. 2008. 影响鸡肉风味的因素[J]. 江苏农业科学, (5): 210-212. (Zhao W. 2008. Influencing factors of chicken meat flavor[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, (5): 210-212.)
- 周小娟, 朱年华, 张日俊. 2010. 品种、日龄及饲养方式对鸡肉肌苷酸和肌内脂肪含量的影响[J]. 动物营养学报, 22(5): 1251-1256. (Zhou X J, Zhu N H, Zhang R J. 2010. Effects of breed, age and feeding regime on inosine-5'-monophosphate and intramuscular fat contents in broilers[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 22(5): 1251-1256.)
- Fernández A, de Pedro E, Núñez N, et al. 2003. Genetic parameters for meat and fat quality and carcass composition traits in Iberian pigs[J]. Meat Science, 64(4): 405-410.
- Gerbens F, Verburg F J, Van Moerkerk H T, et al. 2001. Associations of heart and adipocyte fatty acid-binding protein gene expression with intramuscular fat content in pigs[J]. Journal of Animal Science, 79(2): 347-354.
- Zerehdaran S, Vereijken A L, van Arendonk J A, et al. 2004. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers[J]. Poultry Science, 83(4): 521-525.
- Zhang C Y, Baffy G, Perret P, et al. 2001. Uncoupling protein-2 negatively regulates insulin secretion and is a major link between obesity, beta cell dysfunction, and type 2 diabetes[J]. Cell, 105(6): 745-755.

(责任编辑 任立刚)