

# 不同饲养方式、饲养时间对杂交优质肉鸡肉品质的影响

王海威<sup>1</sup>,王 珍<sup>1</sup>,李 星<sup>1,2</sup>,李 静<sup>1</sup>,解华东<sup>1,2</sup>,王启贵<sup>1</sup>

(1. 重庆市畜牧科学院,重庆 402460;2. 重庆市肉质评价与加工工程技术研究中心,重庆 402460)

**摘要:**为了研究饲养方式和饲养时间对杂交优质肉鸡肉品质的影响,选用重庆地方鸡 DZ 和 QX 2 个杂交组合,分析不同饲养方式(笼养和散养)、不同饲养时间(120,150 日龄)下屠宰性能和肉质性状的差异,并测定游离氨基酸和呈味核苷酸物质的组成,采用滋味强度值(TAV)、味精当量(EUC)等进行滋味性状的评价。结果表明:饲养方式、饲养日龄和杂交组合均能影响优质肉鸡的生长性能、屠宰性能和肉质等性状。DZ 和 QX 2 个杂交组合的肉用性能笼养方式高于散养方式( $P < 0.01$ ),150 日龄高于 120 日龄( $P < 0.05$ );肉色散养方式比笼养方式更好,150 日龄比 120 日龄更好;肌肉剪切力在不同饲养方式和饲养日龄下无显著差异( $P > 0.05$ );总鲜味氨基酸含量散养方式高于笼养方式( $P < 0.05$ ),150 日龄高于 120 日龄( $P < 0.01$ );呈味核苷酸 IMP 含量散养方式高于笼养方式( $P < 0.05$ ),IMP、GMP 和 AMP 含量 150 日龄高于 120 日龄( $P < 0.01$ );滋味性状 EUC 150 日龄优于 120 日龄,散养方式优于笼养方式,DZ 组合优于 QX 组合,且以 DZ 组合的杂交优质肉鸡在散养 150 日龄时鸡肉 EUC 最大为 135.52 mg/g,鸡肉鲜味最好。饲养时间对提高 DZ 和 QX 2 个杂交组合的肉质滋味性状比较饲养方式更加明显,为地方鸡资源的开发利用以及相关鸡肉品质评价方法的建立提供科学依据。

**关键词:**优质肉鸡;饲养方式;屠宰性能;肉品质;滋味

中图分类号:S831 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2020)增刊-0399-10

doi:10.7668/hbxb.20191706



## Effects of Different Feeding Methods and Feeding Time on the Meat Quality of Hybrid Meat Chicken

WANG Haiwei<sup>1</sup>, WANG Zhen<sup>1</sup>, LI Xing<sup>1,2</sup>, LI Jing<sup>1</sup>, XIE Huadong<sup>1,2</sup>, WANG Qigui<sup>1</sup>

(1. Chongqing Academy of Animal Sciences, Chongqing 402460, China; 2. Chongqing Engineering Research Center of Meat Quality Evaluation and Processing, Chongqing 402460, China)

**Abstract:** In order to study the effects of feeding methods and feeding time on the quality of hybrid high-quality meat chicken, two cross combinations of DZ and QX of Chongqing local chicken were selected to analyze the differences of slaughter performance and meat quality traits under different feeding methods (cage and free range) and different feeding time (120, 150 days old), and the composition of free amino acids and flavor nucleotides was determined. TAV and EUC were used to evaluate the taste characters. The results showed that feeding methods, feeding days and cross combinations could affect the growth performance, slaughter performance and meat quality of high-quality broilers. The results showed that the meat performance of DZ and QX hybrids in cage was higher than that in free range ( $P < 0.01$ ), and that at 150 days was higher than that at 120 days ( $P < 0.05$ ); the meat color in free range was better than that in cage, and that in 150 days was better than that in 120 days; there was no difference in muscle shear force between different feeding methods and feeding ages ( $P > 0.05$ ); the content of total delicious amino acids in free range was higher than that in cage ( $P < 0.05$ ), and that in 150 days old was higher than that in 120 days old ( $P < 0.01$ ). The content of IMP in free range was higher than that in cage culture ( $P < 0.05$ ), the contents of IMP, GMP and AMP in 150 day old were higher than 120 day old ( $P < 0.01$ ,  $P < 0.05$ ). The results showed that 150 days old was better than 120 days old, free range rearing was better than cage rearing, DZ combina-

收稿日期:2020-09-01

基金项目:重庆市科研机构绩效激励引导专项(cstc2019jxjl00004)

作者简介:王海威(1982-),男,黑龙江哈尔滨人,副研究员,硕士,主要从事家禽遗传育种研究。

通讯作者:王启贵(1974-),男,黑龙江哈尔滨人,教授,博士,主要从事家禽遗传育种研究。

tion was better than QX combination, and the highest EUC was 135.52 mg/g at 150 days of age. Feeding time was more significant for improving meat quality and taste of DZ and QX cross combinations, which provided scientific basis for the development and utilization of local chicken resources and the establishment of related chicken quality evaluation methods.

**Key words:** High quality broiler; Feeding mode; Slaughter performance; Meat quality; Taste

近 30 年,我国肉鸡养殖发展迅速,目前肉鸡生产和消费已居全球第 2 位,同时鸡肉在我国也已成为仅次于猪肉的第二大消耗肉类产品<sup>[1]</sup>。然而,随着社会的不断发展,人均消费肉产品所占比重日趋稳定,消费者对肉的品质及肉风味的要求会越来越高。研究表明,鸡肉品质和风味受多方面影响,包括遗传、营养、环境等<sup>[2]</sup>。人们普遍认为黄羽肉鸡具有肉味鲜美、香气浓郁、细嫩可口的特点,明显优于外来快速生长型肉鸡品种,这和其独特的肉质性状是密切相关的。同时,饲养方式和饲养日龄对鸡肉品质也有明显影响,散养肉鸡与笼养肉鸡相比,通过给鸡提供足够的饲养场地,保证其自由活动空间,在改善动物福利的同时提高鸡肉品质<sup>[3]</sup>。并且随着饲养日龄的增长,一些影响鸡肉滋味和品质的前体物含量发生一定的变化<sup>[4]</sup>。

重庆地方鸡资源(品种)丰富,有国家级遗传资源大宁河鸡和地方品种秀山鸡等,这些地方鸡资源(品种)具有肉质鲜美、抗逆性强、耐粗饲等特点,能够较好的适应重庆高温、高湿的气候环境和山地立体的生态结构,并且满足当地传承下的饮食习惯。现如今,随着人们对优质肉鸡需求的日益增加,重庆地方优质鸡近年来在生产中的养殖数量逐年大幅上升。如何在保持其优良品种特性的基础上,利用现代科学技术提高其生产效率和肉质风味,满足人们对美好生活的需求,是众多家禽科研工作者的主要研究目标。因此,本研究以重庆地方鸡资源(品种)大宁河鸡(D)和秀山鸡(X),以及青脚麻鸡(Q)为素材,采用二元和三元的杂交方式,对比 QX、DZ 2 个杂交组合的优质肉鸡在不同饲养方式(笼养和散

养)和不同饲养时间(120 日龄和 150 日龄)下屠宰性能、肉品质以及滋味呈味物质,旨为更好开展地方鸡品种选育、开发利用以及相关鸡肉品质评价方法的建立提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验动物

本研究试验素材为重庆的 2 个地方品种大宁河鸡(D)、秀山鸡(X)和 1 个快大型肉鸡青脚麻鸡(Q),在重庆市畜牧科学院武隆土鸡繁育中心分别进行二元和三元杂交配套 QX(Q $\delta$  × X $\eta$ )、DZ[D $\delta$  × (Q $\delta$  × X $\eta$ ) $\eta$ ],收集种蛋,集中孵化并育雏。大宁河鸡和秀山鸡属于重庆市肉蛋兼用型地方优良鸡种,大宁河鸡为国家级畜禽遗传资源;青脚麻鸡属于快大型肉用型品种,生长速度快、适应性强。

2 个杂交组合的试验鸡群分别采用 2 种饲养方式,详情见表 1。试验期为 150 日龄,所有试验鸡均在重庆市畜牧科学院武隆土鸡繁育中心饲养,试验鸡饲养到 60 日龄时进行分群分组,分舍内笼养和舍外散养。每组试验鸡 300 只(公鸡),设 3 个重复,每个重复 100 只。舍内笼养组采用大笼饲养,饲养密度为 10 只/m<sup>2</sup>;舍外散养组采用林地放牧方式,放牧场饲养密度为 0.15 只/m<sup>2</sup>。为了便于饲养管理,放牧场地用围网将其分为若干个区域,每个区域占地 666.67 m<sup>2</sup>,区域内搭建 20 m<sup>2</sup>的棚舍便于鸡群夜晚栖息,并安放采食槽和饮水器。试验鸡在同一营养水平下分别饲养到 120 日龄、150 日龄时,每组各选取公鸡 30 只空腹称重并屠宰作为试验材料,屠宰后取胸肌,去除多余脂肪、筋膜后备用。

表 1 4 个处理组的杂交组合和饲养方式

Tab. 1 Hybrid combinations and raising methods of four groups

处理组 Group	A	B	C	D
杂交组合 Hybrid combinations	QX	DZ	QX	DZ
饲养方式 Raising methods	笼养	笼养	散养	散养

### 1.2 主要仪器

ATX-224 分析天平:岛津集团有限公司;T18-德国 IKA 匀浆机:上海朝瑞生物科技有限公司;TG-16G 凯达离心机:湖南凯达科学仪器有限公司;

C-LM3 型数显式肌肉嫩度仪:东北农业大学工程学院研制;CR-400/410 色彩色差计:日本柯尼卡美能达公司;L28500 氨基酸自动分析仪:日本日立公司;1100 液相色谱:美国 Agilent 公司。

### 1.3 测定指标与方法

1.3.1 屠宰性能的测定 在120日龄和150日龄清晨选择公鸡空腹称质量,屠宰性能测定按照中华人民共和国农业行业标准 NY/T 823-2004 进行,分别测定屠体质量、全净膛质量等。每组样品重复30次。

1.3.2 肉色的测定 在宰后2h取新鲜胸肌用全自动色差计测定鸡胸肉亮度值( $L^*$ )、红度值( $a^*$ )、黄度值( $b^*$ ),具体操作参照文献[5]。每组样品重复10次。

1.3.3 剪切力 将检测蒸煮损失后的肉块,用陶瓷刀垂直于肌纤维走向将肉块分割为4 cm × 1 cm × 1 cm的肉块,用CLM-3型嫩度仪测剪切力,每个肉样测3次,计算其平均值,每组样品重复10次。

1.3.4 游离氨基酸测定方法 参照布丽君等<sup>[6]</sup>的方法。准确称取样品6.00 g,加入60 mL 0.2 mol/L磷酸盐缓冲溶液(pH值6.5),匀浆(6 000 r/min, 3 min),离心(3 000 r/min, 4 °C, 20 min),取上清液0.5 mL用3%水杨酸溶液调节pH值至2.0,加入0.25 mL双蒸水,离心(4 500 r/min, 4 °C, 20 min)取上清液0.5 mL用氨基酸自动分析仪检测。检测条件:洗脱液为柠檬酸缓冲液(pH值3.3~4.9),显色液为茚三酮:乙二醇甲醚:乙酸钠缓冲液=2:75:25,检测波长570 nm。

1.3.5 呈味核苷酸含量的测定 采用国际GB 5413.40-2016进行测定。前处理参考文献[7]。色谱条件: $C_{18}$ -T型反相色谱柱(250.0 mm × 4.6 mm, 5  $\mu$ m),流动相:磷酸盐缓冲液+甲醇,流速1 mL/min,波长254 nm,柱温25 °C,进样体积105  $\mu$ L。

1.3.6 滋味强度值计算 滋味物质的TAV计算如公式①:

$$TAV = \frac{C}{T} \quad \text{①}$$

式中: $C$ 为滋味物质的绝对浓度值, $T$ 为该物质阈值,同单位下计算。

1.3.7 味精当量计算 味精当量用于计算鲜味强度,参考Wang等<sup>[8]</sup>的计算方法如式②:

$$EUC = \sum a_i b_i + 1219 \left( \sum a_i b_i \right) \left( \sum a_j b_j \right) \quad \text{②}$$

式中: $Y$ 为样品中MSG的含量,mg/g; $a_i$ 为鲜味氨基酸浓度,mg/g; $b_i$ 为转化系数肌苷酸(IMP),1;鸟苷酸(GMP),2.3;腺苷酸(AMP),0.18;协同常数为1 218。

### 1.4 数据分析

试验数据采用SPSS 17.0软件进行统计分析,用One-Way ANOVA进行方差分析,试验结果用平均值(AV) ± 标准差( $s$ )表示;采用Duncan's multiple

range test进行日龄、杂交组合和饲养方式为因素多重分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同饲养方式、饲养时间杂交优质肉鸡屠宰性能的比较

由表2可知,饲养方式和日龄分别对2个杂交优质肉鸡活体质量、屠体质量、半净膛质量、全净膛质量均呈极显著或显著影响( $P < 0.01$ 或 $P < 0.05$ )。在同一日龄和同一杂交组合下,笼养方式杂交优质肉鸡活体质量、屠体质量、半净膛质量、全净膛质量极显著或显著高于散养方式的杂交优质肉鸡( $P < 0.01$ 或 $P < 0.05$ );而2种饲养方式的杂交优质肉鸡屠宰率、半净膛率和全净膛率差异不显著( $P > 0.05$ )。在同一饲养方式和同一杂交组合下,150日龄的杂交优质肉鸡活体质量、屠体质量、半净膛质量、全净膛质量极显著或显著高于120日龄的杂交优质肉鸡( $P < 0.01$ 或 $P < 0.05$ );而150日龄的杂交优质肉鸡屠宰率、半净膛率和全净膛率显著低于120日龄的杂交优质肉鸡( $P < 0.05$ )。在同一饲养方式和相同日龄时,2个杂交优质肉鸡活体质量和屠宰性能差异不显著( $P > 0.05$ )。

### 2.2 不同饲养方式、饲养时间杂交优质肉鸡肉品质分析

由表3可知,饲养方式、饲养日龄和杂交组合均对2个杂交优质肉鸡胸肉肉色具有显著影响( $P < 0.05$ ),而对胸肉剪切力无显著影响( $P > 0.05$ ),其中饲养日龄对胸肉 $L^*$ 值无显著影响( $P > 0.05$ ),杂交组合对胸肉 $a^*$ 值无显著影响( $P > 0.05$ )。在同一日龄和同一杂交组合下,散养方式杂交优质肉鸡胸肉 $L^*$ 和 $a^*$ 值显著或极显著高于笼养方式( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ ),胸肉 $b^*$ 值显著或极显著低于笼养方式( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ );而2种饲养方式杂交优质肉鸡胸肉剪切力差异不显著( $P > 0.05$ )。在同一饲养方式和同一杂交组合下,150日龄组胸肉 $a^*$ 值显著高于120日龄组( $P < 0.05$ ),而胸肉 $b^*$ 值显著或极显著低于120日龄组( $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ ),2个饲养日龄胸肉 $L^*$ 值和剪切力差异不显著( $P > 0.05$ )。在同一饲养方式和同一日龄时,散养方式下DZ杂交鸡胸肉 $L^*$ 值显著高于QX杂交鸡( $P < 0.05$ ), $b^*$ 值只有在120日龄时显著低于QX杂交鸡( $P < 0.05$ ),而到150日龄时2个杂交组合的优质肉鸡 $b^*$ 值差异不显著( $P > 0.05$ );2个杂交鸡胸肉 $a^*$ 值和剪切力差异不显著( $P > 0.05$ )。

表 2 试验鸡屠宰性能比较

Tab. 2 Comparison of slaughter performance of experimental chickens

处理组 Processing group	A		B		饲养方式 Raising methods	日龄 Age of day	杂交组合 Hybrid combinations
	120 d	150 d	120 d	150 d			
活体质量/g Live weight	2 925.42 ± 301.55B	3 210.21 ± 295.41A	2 835.46 ± 291.14B	3 278.35 ± 287.46A			
屠体质量/g Slaughter weight	2 603.72 ± 243.52Aab	2 785.61 ± 262.47Aa	2 525.28 ± 268.45Ab	2 864.56 ± 294.78Aa			
半净膛质量/g Half-eviscerated weight	2 352.51 ± 245.32Aab	2 364.96 ± 221.65Aab	2 271.18 ± 238.54ABb	2 420.50 ± 221.12Aa			
全净膛质量/g Eviscerated weight	2 011.97 ± 198.76Aab	2 070.14 ± 192.44Aab	1 940.72 ± 201.22ABb	2 148.32 ± 196.14Aa			
屠宰率/% Dressed percentage	89.00 ± 2.96a	86.78 ± 2.78b	89.07 ± 2.51a	87.38 ± 2.33ab			
半净膛率/% Percentage of half-eviscerated yield	80.42 ± 2.64a	73.67 ± 1.82b	80.11 ± 2.98a	73.83 ± 1.87b			
全净膛率/% Percentage of eviscerated yield	68.77 ± 2.12a	64.49 ± 1.89b	68.45 ± 2.42a	65.53 ± 1.92b			
C		D		饲养方式 Raising methods	日龄 Age of day	杂交组合 Hybrid combinations	
120 d	150 d	120 d	150 d				
2 566.72 ± 278.81C	2 983.31 ± 286.14B	2 520.96 ± 276.89C	2 811.70 ± 278.55B	**	**	NS	
2 284.33 ± 243.84Bc	2 575.78 ± 268.92Ab	2 209.49 ± 231.78Bc	2 416.72 ± 256.41ABb	*	*	NS	
2 062.24 ± 221.89Bcd	2 242.32 ± 234.68ABb	1 982.74 ± 201.88Bd	2 177.66 ± 224.89ABbc	*	*	NS	
1 753.15 ± 182.53Bcd	1 944.68 ± 187.66ABb	1 680.17 ± 172.45Bd	1 870.45 ± 195.55ABbc	*	**	NS	
89.00 ± 2.41a	86.34 ± 2.11b	87.64 ± 1.89ab	85.95 ± 1.66b	NS	*	NS	
80.34 ± 2.42a	78.51 ± 2.13a	78.65 ± 2.33a	77.45 ± 2.45a	NS	*	NS	
68.30 ± 2.34a	65.18 ± 1.92b	66.65 ± 2.30ab	66.52 ± 1.84ab	NS	*	NS	

注: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( $P < 0.01$ );NS. 差异不显著;\*. 差异显著( $P < 0.05$ );\*\*. 差异极显著( $P < 0.01$ )。表 3-5 同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ); Different capital letters indicate extremely significant difference ( $P < 0.01$ ); NS. Difference is not significant; \*. Difference is significant ( $P < 0.05$ ); \*\*. Difference is extremely significant ( $P < 0.01$ ). The same as Tab. 3-5.

表 3 鸡胸肉肉色和剪切力比较

Tab. 3 Comparison of meat color and shear strength of chicken breast meat

处理组 Processing group	A		B		饲养方式 Raising methods	日龄 Age of day	杂交组合 Hybrid combinations
	120 d	150 d	120 d	150 d			
L*	93.45 ± 6.84ABc	92.92 ± 4.23ABc	89.70 ± 4.87Bd	94.93 ± 5.88ABc			
a*	52.11 ± 3.63ABb	53.28 ± 3.78ABb	50.04 ± 4.11Bc	53.90 ± 4.23ABb			
b*	69.24 ± 5.58Aa	66.21 ± 4.81Ab	66.39 ± 5.34Ab	65.88 ± 4.77ABc			
剪切力 Shear force (N)	23.16 ± 0.81	24.47 ± 1.44	24.57 ± 0.98	25.78 ± 0.74			
C		D		饲养方式 Raising methods	日龄 Age of day	杂交组合 Hybrid combinations	
120 d	150 d	120 d	150 d				
98.82 ± 5.27Ab	97.35 ± 4.89Ab	101.51 ± 6.12Aa	102.88 ± 5.34Aa	*	NS	*	
53.65 ± 3.78ABb	56.19 ± 3.22Aa	53.72 ± 3.12ABb	56.03 ± 3.64Aa	*	*	NS	
68.32 ± 4.12Aa	60.07 ± 3.52Bd	64.46 ± 5.43ABc	60.95 ± 4.63Bd	*	*	*	
23.65 ± 0.66	24.62 ± 1.41	24.72 ± 1.12	25.69 ± 0.95	NS	NS	NS	

### 2.3 不同饲养方式、饲养时间杂交优质肉鸡游离氨基酸和核苷酸分析

由表 4 可知,饲养方式对 2 个杂交优质肉鸡游离氨基酸中的 Glu、Ser、His、Lys、Phe 以及  $\Sigma$ UAA 和  $\Sigma$ SAA 均具有显著影响 ( $P < 0.05$ );日龄对所有游离氨基酸都具有显著或极显著的影响 ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ );杂交组合仅对 His 和 Phe 具有显著影响 ( $P < 0.05$ ),而对其他游离氨基酸无显著影响 ( $P > 0.05$ )。在同一日龄和同一杂交组合下,散养方式杂交优质肉鸡 150 日龄时  $\Sigma$ UAA、 $\Sigma$ SAA 和  $\Sigma$ FAA 显著高于笼养方式 ( $P < 0.05$ ),  $\Sigma$ BAA 显著低于散

养方式 ( $P < 0.05$ );而 120 日龄时 2 种饲养方式的杂交优质肉鸡  $\Sigma$ UAA、 $\Sigma$ SAA、 $\Sigma$ FAA 和  $\Sigma$ BAA 差异不显著 ( $P > 0.05$ )。在同一饲养方式和同一杂交组合下,150 日龄杂交优质肉鸡游离氨基酸以及  $\Sigma$ UAA、 $\Sigma$ SAA、 $\Sigma$ BAA 和  $\Sigma$ FAA 均显著或极显著高于 ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ) 120 日龄杂交优质肉鸡。在同一饲养方式和同一日龄时,QX 和 DZ 2 个杂交优质肉鸡  $\Sigma$ UAA 和  $\Sigma$ FAA 差异不显著 ( $P > 0.05$ );120 日龄时 DZ 杂交鸡  $\Sigma$ SAA 显著或极显著高于 QX 杂交鸡 ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ );散养方式 150 日龄时 QX 杂交鸡  $\Sigma$ BAA 显著高于 DZ 杂交鸡 ( $P > 0.05$ )。

表 4 游离氨基酸含量比较

Tab. 4 Comparison of free amino acid content

滋味成分 Taste components	滋味贡献 Taste contribution	刺激阈值/(mg/kg) Stimulus threshold	A		B	
			120 d	150 d	120 d	150 d
谷氨酸 Glu	鲜	300	262.01 ± 12.72B	413.24 ± 23.42Ab	273.25 ± 17.81B	434.87 ± 26.93Ab
天冬氨酸 Asp	鲜	1 000	138.05 ± 8.82B	192.03 ± 9.54Aab	131.27 ± 8.77B	189.61 ± 12.21Ab
∑UAA	-	-	400.01 ± 22.13B	605.27 ± 36.76Ab	404.45 ± 25.14B	624.47 ± 41.50Ab
甘氨酸 Gly	甜	1 300	177.61 ± 16.22Bc	252.02 ± 19.53Aa	156.88 ± 14.41Bd	204.03 ± 18.92Ab
丙氨酸 Ala	甜	600	1 534.42 ± 132.74Bcd	1 690.41 ± 156.43Bc	1 718.87 ± 164.22ABc	1 455.65 ± 112.64Bd
丝氨酸 Ser	甜	1 500	100.88 ± 11.80Ab	120.87 ± 8.87Aa	84.45 ± 7.15ABc	111.61 ± 9.35Aa
苏氨酸 Thr	甜	2 600	257.22 ± 16.33b	305.67 ± 21.11a	239.67 ± 18.73b	299.68 ± 23.48a
脯氨酸 Pro	甜/苦	3 000	112.42 ± 8.92C	315.64 ± 24.33A	113.67 ± 9.16C	227.66 ± 17.8B
∑SAA	-	-	2 182.43 ± 193.24Bcd	2 684.41 ± 201.52Ab	2 313.64 ± 204.32ABc	2 297.67 ± 164.84Bc
酪氨酸 Tyr	苦	-	1 115.64 ± 51.16Bc	1 481.62 ± 63.43Aa	985.68 ± 42.96Bd	1 508.87 ± 61.17Aa
半胱氨酸 Cys	苦/甜	-	10.44 ± 0.63B	35.25 ± 2.35A	15.62 ± 0.77B	38.07 ± 1.71A
精氨酸 Arg	苦	500	573.24 ± 23.32Ab	614.66 ± 36.57Aab	538.42 ± 28.64ABc	642.05 ± 38.92Aa
组氨酸 His	苦	200	152.88 ± 0.92Bc	252.41 ± 18.4ABb	128.84 ± 0.93BCd	300.07 ± 2.11Aa
赖氨酸 Lys	苦/甜	500	133.61 ± 12.32ABc	155.22 ± 13.43Ab	100.58 ± 9.22Bd	138.85 ± 11.21ABbc
亮氨酸 Leu	苦	1 900	174.85 ± 15.65Bc	418.41 ± 24.27Aa	151.24 ± 12.85Bc	356.07 ± 21.99Ab
缬氨酸 Val	苦/甜	400	200.87 ± 11.94B	541.63 ± 36.45A	204.82 ± 18.42B	528.44 ± 34.68A
异亮氨酸 Ile	苦	900	78.82 ± 12.38B	139.63 ± 18.64Aa	64.04 ± 09.42B	130.01 ± 16.61Aa
苯丙氨酸 Phe	苦	900	71.21 ± 0.21Cd	160.87 ± 064ABb	82.04 ± 0.17BCd	139.26 ± 01.15Bc
甲硫氨酸 Met	苦/甜	300	177.65 ± 13.34B	399.27 ± 23.45Aa	305.25 ± 26.97Ab	400.86 ± 36.52Aa
∑BAA	-	-	2 688.82 ± 226.74B	4 197.64 ± 347.85Aa	2 575.64 ± 196.42B	4 182.04 ± 331.86Aa
∑FAA	-	-	5 270.83 ± 264.41B	7 487.64 ± 432.22Aa	5 293.27 ± 216.73B	7 104.88 ± 416.95Aa

C		D		饲养方式 Raising methods	日龄 Age of day	杂交组合 Hybrid combinations
120 d	150 d	120 d	150 d			
292.86 ± 23.32B	531.27 ± 34.24Aa	336.41 ± 21.43B	531.27 ± 36.95Aa	*	**	NS
130.08 ± 16.73B	228.44 ± 18.79Aa	125.27 ± 9.74B	204.88 ± 17.56Aab	NS	**	NS
422.81 ± 37.41B	759.64 ± 51.82Aa	461.66 ± 32.71B	736.07 ± 55.45Aa	*	**	NS
156.87 ± 14.35Bd	239.61 ± 20.21Aa	178.05 ± 16.62Bc	213.23 ± 17.92ABb	NS	**	NS
1 365.67 ± 132.45Bd	1 805.68 ± 176.56Abc	1 904.03 ± 171.12Ab	2 193.68 ± 183.44Aa	NS	*	NS
71.69 ± 6.61B	103.28 ± 8.78Ab	84.81 ± 7.62ABc	107.22 ± 7.41Ab	*	*	NS
237.64 ± 26.67b	335.68 ± 31.72a	259.61 ± 20.87b	267.22 ± 21.77ab	NS	*	NS
82.81 ± 8.41C	208.42 ± 19.42B	101.24 ± 9.62C	213.65 ± 16.43B	NS	**	NS
1 914.42 ± 186.27Bd	2 692.45 ± 247.53Ab	2 527.63 ± 203.34Ab	2 994.81 ± 256.78Aa	*	**	NS
1 108.82 ± 54.21Bc	1 328.82 ± 58.93Ab	990.84 ± 43.34Bd	1 304.02 ± 62.14Ab	NS	**	NS
18.01 ± 0.95B	36.02 ± 1.68A	15.63 ± 0.87B	46.88 ± 2.42A	NS	**	NS
502.81 ± 24.63Bc	654.02 ± 34.67Aa	429.68 ± 21.45Bd	587.62 ± 31.14Ab	NS	*	NS
175.23 ± 0.84Bc	322.85 ± 2.14Aa	118.87 ± 0.83Cd	350.42 ± 2.64Aa	*	**	*
117.21 ± 12.54Bd	170.07 ± 13.42Aa	112.46 ± 9.24Bd	166.05 ± 14.13Aa	*	*	NS
173.69 ± 16.61Bc	427.22 ± 31.62Aa	159.62 ± 13.33Bc	298.81 ± 24.25ABb	NS	**	NS
185.25 ± 17.81B	548.43 ± 36.96A	222.42 ± 19.14B	470.41 ± 31.25A	NS	**	NS
58.87 ± 08.66B	146.42 ± 11.27Aa	60.47 ± 04.31B	114.82 ± 14.22Ab	NS	**	NS
63.22 ± 0.62Cd	210.44 ± 19.43Aa	88.43 ± 0.87BCd	222.41 ± 1.35Aa	*	**	*
184.81 ± 17.53B	398.47 ± 24.84Aa	172.85 ± 16.62B	337.22 ± 33.41Ab	NS	**	NS
2 587.62 ± 231.42B	4 242.41 ± 384.22Aa	2 370.82 ± 167.61B	3 888.44 ± 306.41Ab	NS	**	NS
4 924.81 ± 389.84B	7 694.44 ± 461.72Aa	5 360.00 ± 234.64B	7 619.20 ± 451.27Ab	NS	**	NS

由表 5 可知,鸡肉中的 3 种呈味核苷酸中,IMP 的含量最大,其次是 AMP,GMP 含量最小。日龄对 IMP、AMP 和 ∑NEC 含量影响显著或极显著( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ),饲

养方式和杂交组合对 IMP 和 ∑NEC 含量影响显著( $P < 0.05$ )。在同一日龄和同一杂交组合下,散养方式 DZ 杂交组合的 IMP 和 ∑NEC 的含量显著高

于 ( $P < 0.05$ ) 笼养方式杂交优质肉鸡。在同一饲养方式和同一杂交组合下, 150 日龄杂交优质肉鸡 IMP、AMP 和  $\Sigma NEC$  的含量显著或极显著高于 ( $P < 0.05$ ,

$P < 0.01$ ) 120 日龄杂交优质肉鸡。在同一饲养方式和 150 日龄时, DZ 杂交组合 IMP 和  $\Sigma NEC$  的含量显著或极显著高于 ( $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ ) QX 杂交组合。

表 5 呈味核苷酸含量比较

Tab. 5 Comparison of flavor nucleotides

滋味成分 Taste components	滋味贡献 Taste contribution	刺激阈值 /(mg/kg) Stimulus threshold	A		B	
			120 d	150 d	120 d	150 d
IMP	鲜	250	1 265.22 ± 113.64Bd	1 361.52 ± 124.21Bcd	1 348.34 ± 127.84Bd	1 771.12 ± 154.17Ab
GMP	鲜	125	22.21 ± 3.42Bc	33.00 ± 2.91Aa	23.22 ± 3.14Bc	25.41 ± 2.15Bbc
AMP	甜	500	36.42 ± 1.24Bc	78.32 ± 4.21Aa	34.73 ± 1.17Bc	56.85 ± 3.93ABb
$\Sigma NEC$	-	-	1 323.82 ± 108.27Bd	1 472.85 ± 121.13Bc	1 406.24 ± 126.91Bcd	1 853.38 ± 158.73Ab

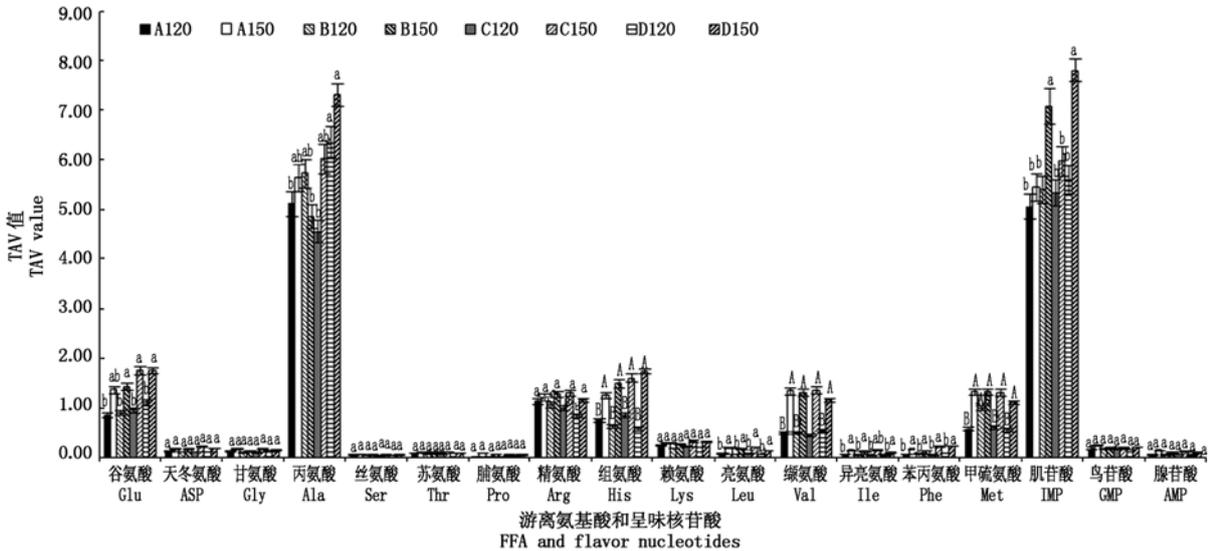
  

C		D		饲养方式 Raising methods	日龄 Age of day	杂交组合 Hybrid combinations
120 d	150 d	120 d	150 d			
1 334.71 ± 111.21Bd	1 493.84 ± 129.22Bc	1 400.41 ± 116.77Bc	1 951.32 ± 153.63Aa	*	**	*
23.78 ± 2.23Bc	27.13 ± 2.42ABb	22.43 ± 1.96Bc	27.52 ± 2.93ABb	NS	*	NS
37.72 ± 1.87Bc	72.32 ± 4.73Aab	35.57 ± 2.24Bc	60.32 ± 3.51Ab	NS	**	NS
1 396.16 ± 104.42Bd	1 593.27 ± 126.55Bc	1 458.33 ± 111.35Bcd	2 039.17 ± 162.72Aa	*	**	*

2.4 不同饲养方式、饲养时间杂交优质肉鸡游离氨基酸与核苷酸 TAV 值分析

杂交优质肉鸡游离氨基酸和呈味核苷酸 TAV 值见图 1。在 120 日龄时游离氨基酸 Ala、Arg 的 TAV > 1, 120 日龄 TAV < 1 而 150 日龄 TAV > 1 的游离氨基酸

有 Glu、His、Val 和 Met, 其中 Ala 的 TAV 最大, Glu、His、Val 和 Met 等游离氨基酸在 150 日龄时具有较好的呈味。在不同饲养方式、饲养时间的杂交优质肉鸡鸡胸肉 IMP 的 TAV 均大于 1, 且表现出极强的呈味强度, 因此 IMP 是鸡肉的主要特征呈味核苷酸。



同种物质不同柱上标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ); 同种物质不同柱上标不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 同种物质不同柱上相同字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

For the same substance, different superscripts and different lowercase letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ); For the same substance, different superscripts with different capital letters indicated that the difference was limited ( $P < 0.01$ ); For the same substance, the difference superscripts with same letters indicated that the difference was not significant ( $P > 0.05$ ).

图 1 杂交优质肉鸡游离氨基酸和呈味核苷酸 TAV 值

Fig. 1 TAV values of FFA and flavor nucleotides in high quality hybrid broilers

2.5 不同饲养方式、饲养时间杂交优质肉鸡味精当量分析

由表 6 可知, 在同一饲养日龄和杂交组合条件下, 散养方式杂交优质肉鸡胸肉的味精当量 (EUC)

值高于笼养方式杂交优质肉鸡; 在同一饲养方式和杂交组合条件下, 饲养 150 日龄的杂交优质肉鸡胸肉的味精当量 (EUC) 值高于饲养 120 日龄的杂交优质肉鸡; 在同一饲养方式和饲养日龄时, DZ 杂交组合杂

交优质肉鸡胸肉的 EUC 值高于 QX 杂交组合。且以 135.52 mg/g, 鸡肉的鲜味最好。散养方式 150 日龄的 DZ 杂交组合 EUC 值最大为

表 6 鸡肉  $a_i$ 、 $b_i$ 、 $b_j$  和 EUC 值  
Tab. 6 Chicken  $a_i$ 、 $b_i$ 、 $b_j$  and EUC value

处理组 Processing group	日龄/d Age of day	FAA	$a_i$ /(mg/g)	$b_i$	$a_i b_i$	NRC	$a_j$ /(mg/g)	$b_j$	$a_j b_j$	EUC	
A	120	Glu	0.262	1.000	0.262	IMP	1.265	1.00	1.265	44.21	
		Asp	0.138	0.077	0.011	AMP	0.022	2.30	0.051		
		-	-	-	-	GMP	0.036	0.18	0.007		
	150	Glu	0.413	1	0.413	IMP	1.362	1.00	1.362		76.12
		Asp	0.192	0.077	0.015	AMP	0.033	2.30	0.076		
		-	-	-	-	GMP	0.078	0.18	0.014		
B	120	Glu	0.273	1	0.273	IMP	1.348	1.00	1.348	48.91	
		Asp	0.131	0.077	0.010	AMP	0.023	2.30	0.053		
		-	-	-	-	GMP	0.035	0.18	0.006		
	150	Glu	0.435	1	0.435	IMP	1.771	1.00	1.771		101.22
		Asp	0.190	0.077	0.014	AMP	0.025	2.30	0.058		
		-	-	-	-	GMP	0.057	0.18	0.010		
C	120	Glu	0.293	1	0.293	IMP	1.335	1.00	1.335	51.84	
		Asp	0.130	0.077	0.010	AMP	0.024	2.30	0.055		
		-	-	-	-	GMP	0.038	0.18	0.007		
	150	Glu	0.531	1	0.531	IMP	1.494	1.00	1.494		105.47
		Asp	0.228	0.077	0.018	AMP	0.027	2.30	0.062		
		-	-	-	-	GMP	0.072	0.18	0.013		
D	120	Glu	0.336	1	0.336	IMP	1.400	1.00	1.400	61.83	
		Asp	0.125	0.077	0.010	AMP	0.022	2.30	0.052		
		-	-	-	-	GMP	0.036	0.18	0.006		
	150	Glu	0.531	1	0.531	IMP	1.951	1.00	1.951		135.52
		Asp	0.205	0.077	0.016	AMP	0.028	2.30	0.063		
		-	-	-	-	GMP	0.060	0.18	0.011		

### 3 讨论与结论

#### 3.1 不同饲养方式、饲养时间对杂交优质肉鸡屠宰性能的影响

目前,生长性能和活体质量作为评价家禽品质、饲养水平以及屠宰加工效益的重要指标<sup>[9]</sup>。沙尔山别克·阿不地力大等<sup>[10]</sup>和吕进宏<sup>[11]</sup>研究发现散养鸡的活体质量显著低于舍内平养或笼养。本试验结果中,饲养方式和日龄对优质杂交肉鸡活体质量和屠宰性能具有显著影响,笼养组活体质量和屠体质量显著高于散养组,这可能是由于散养状态下鸡的活动空间增加,运动量增加,能量消耗逐渐增大所致<sup>[12]</sup>。同时,散养过程鸡采食的牧草中含有较高水分和纤维素,导致其体内营养成分代谢受到限制,与笼养组相比生长率降低<sup>[13]</sup>。各试验组 150 日龄活体质量和屠体质量显著高于 120 日龄,表明杂交优质肉鸡在该阶段仍具有生长能力,但生长率低于 120 日龄之前。屠宰率和全净膛率是衡量畜禽产肉

性能的主要指标,一般认为鸡的屠宰率在 80% 以上,全净膛率在 60% 以上时肉用性能良好<sup>[14]</sup>。本试验结果中,各试验组鸡的屠宰率均在 85% 以上,全净膛率均在 64% 以上,属于优质肉鸡,肉用性能较好。

#### 3.2 不同饲养方式、饲养时间对杂交优质肉鸡肉质的影响

肉色和嫩度都是决定肉质的重要因素。肉色是消费者评价鸡肉品质的第一感官,其品质的优良会直接影响消费者购买的意愿<sup>[15]</sup>;嫩度是人们对鸡肉口感满意程度的重要指标,剪切力的大小代表嫩度的高低,剪切力值越小,嫩度越高,肉品质越好<sup>[16]</sup>。影响肉质肉色和嫩度的主要因素有品种、饲养日龄和饲养方式等。本试验结果中,饲养方式可以显著影响杂交优质肉鸡胸肉肉色,其中散养组胸肌 L\* 值和 a\* 值显著高于笼养组,而 b\* 值显著低于笼养组,这与 Cesare<sup>[17]</sup>研究的结果一致。同时,在同一种饲养方式下的杂交优质肉鸡,随着饲养时间的延长

(120日龄和150日龄比较),胸肌 $a^*$ 逐渐上升,而 $b^*$ 值逐渐下降,而 $L^*$ 值无明显差异,这与张惠<sup>[13]</sup>研究的结果一致。推测可能与散养和饲养时间增加条件下鸡的运动量增加有关,运动增加使得肌肉中的肌红蛋白和血红蛋白含量及化学状态所改变。本试验结果中,2个杂交组合优质肉鸡胸肌剪切力150日龄组分别大于120日龄组,散养组大于笼养组,但差异不显著( $P>0.05$ )。可能散养鸡运动量加大,促使肌纤维发育,导致肌纤维直径增大<sup>[18]</sup>。但随着饲养时间的逐渐增大,肌纤维后期增加速度逐渐缓慢。

### 3.3 不同饲养方式、饲养时间对杂交优质肉鸡滋味呈味物质的分析

鸡肉的风味主要包括肉类特有的香味和滋味,滋味主要是鲜味,是肉及肉汤中滋味物质刺激舌面味觉神经末梢产生的滋味或异味感觉<sup>[6]</sup>。肉中呈现鲜味的化合物主要有游离氨基酸(Glu、Asp)、核苷酸(IMP、AMP、GMP)和某些小分子肽类<sup>[19]</sup>。单一种类的游离氨基酸对鲜味的贡献程度较低,但是Glu和Asp等游离氨基酸具有显著的协同呈味效果<sup>[20]</sup>。本试验结果中,散养组Glu显著高于笼养组,而且随着饲养时间的延长Glu显著增加(120日龄与150日龄比较);Asp也随着饲养日龄的延长而显著增加。因此,饲养时间可以提高鸡肉鲜味氨基酸Glu和Asp的含量,饲养方式可以提高Glu的含量,进而提高鸡肉的鲜味。其他游离氨基酸,如甜味氨基酸、苦味氨基酸等,随着饲养时间的延长或饲养方式的改变可有效丰富鸡肉的滋味。核苷酸中IMP和GMP具有强烈的鲜味,GMP的鲜味强度大约是IMP的2.3倍<sup>[21]</sup>。AMP的呈味特点与其含量有关,当含量低于1mg/g时具有甜味特点,当含量高于1mg/g时,其甜味减弱,而鲜味增强<sup>[22]</sup>。本试验结果中,散养组IMP含量显著高于笼养组,并且随着饲养时间的增加IMP的含量增加显著;GMP含量在不同饲养方式、饲养日龄和杂交组合下差异均不显著;150日龄AMP含量显著高于120日龄,而不同饲养方式下AMP差异不显著。因此,杂交优质肉鸡核苷酸中的IMP是鸡肉鲜味中主要的呈味物质,且AMP和IMP之间存在协同效应作用,低浓度的AMP辅助增强了鸡肉的鲜味<sup>[23]</sup>。

### 3.4 不同饲养方式、饲养时间对杂交优质肉鸡鲜味评价

人们对滋味的感知是由其中呈味物质的含量及其阈值共同决定的,即呈味强度值(TAV)。TAV被广泛用来对食品滋味强度进行判定,以及评价某一组分对整体风味的贡献<sup>[24]</sup>。当化合物TAV<1时,

该呈味物质对整体滋味作用不明显;当TAV>1时,该呈味物质对整体滋味有重要贡献,且值越高,贡献越大。本试验结果中,在120日龄时,Ala、Arg和IMP的TAV>1,IMP对鸡肉鲜味的贡献最为突出,Ala对肉的甜味具有贡献,而Arg本身呈苦味,但亦起到提高呈味复杂性和鲜度的作用<sup>[20]</sup>。随着饲养时间的延长,饲养到150日龄时,IMP的TAV值继续增加,这时游离氨基酸中Glu、His、Val、Met的TAV>1,表明IMP对肉鲜味的贡献随着饲养时间的延长可持续增强,并与Glu和Ala等协同提高了肉的鲜度<sup>[25]</sup>。His增强鸡肉的滋味效果,形成肉类产品中的“肉香”特征<sup>[20]</sup>,Val、Met对肉味整体滋味起到修饰和丰富作用。味精当量(EUC)是指在研究鲜味协同效应方面表现食品整体鲜味强度的参数,即呈味氨基酸相对于谷氨酸钠(MSG)和呈味核苷酸相对于肌苷酸(IMP)的相对鲜度<sup>[25]</sup>。当呈味核苷酸与鲜味氨基酸同时存在时,可产生协同效应,带来强烈的鲜味<sup>[26]</sup>,这种协同效应可以用EUC来衡量<sup>[27]</sup>。味精呈味的阈值为0.3mg/g,而本试验DZ组合的杂交优质肉鸡在散养150日龄时鸡肉EUC最大为135.52mg/g,远远高过味精,而且鸡肉鲜味最好。本试验的散养组的EUC值高于笼养组,并且随着饲养时间的延长EUC值明显上升(120日龄和150日龄比较),但EUC值随着饲养时间上升的拐点还需进一步研究。DZ杂交组合的EUC值高于QX杂交组合。因此,饲养方式、饲养日龄和杂交组合均可以提高杂交优质肉鸡的滋味。

饲养方式、饲养日龄和杂交组合均能影响优质肉鸡的生长性能、屠宰性能和肉质性状。生长性能和屠宰性能笼养方式高于散养方式,150日龄高于120日龄;肉色性状散养方式优于笼养方式,150日龄优于120日龄,DZ组合优于QX组合;滋味性状散养方式优于笼养方式,150日龄优于120日龄,DZ组合优于QX组合。饲养时间对提高杂交优质的肉质滋味性状比饲养方式和杂交组合更加显著。在鸡肉鲜味呈味物质中IMP为鸡肉鲜味中的主要呈味物质,鲜味氨基酸Glu协同提高了肉的鲜度,并且Glu和IMP的TAV值随着饲养时间的延长而提高,鸡肉的鲜度进而增加。部分游离氨基酸到150日龄时TAV>1,并丰富了鸡肉的滋味。本试验DZ组合的杂交优质肉鸡在散养150日龄时鸡肉EUC最大为135.52mg/g,鸡肉鲜味最好。

### 参考文献:

- [1] 霍晓娜,张剑波.近年来中国肉鸡产业发展现状及未来展望[J].农业展望,2020,16(3):62-65.

- Huo X N, Zhang J B. Status of China's broiler industry development in recent years and its future outlook [J]. *Agricultural Outlook*, 2020, 16(3): 62-65.
- [2] 巨晓军, 束婧婷, 章明, 刘一帆, 屠云洁, 姬改革, 单艳菊, 邹剑敏. 不同品种、饲养周期肉鸡肉品质和风味的比较分析[J]. *动物营养学报*, 2018, 30(6): 2421-2430. doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2018.06.048.
- Ju X J, Shu J T, Zhang M, Liu Y F, Tu Y J, Ji G G, Shan Y J, Zou J M. Comparison analysis of meat quality and flavor of different breeds and feeding periods of broilers [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2018, 30(6): 2421-2430.
- [3] 李文嘉, 孙全友, 魏凤仙, 徐彬, 邓文, 马慧慧, 白杰, 王琳焱, 李绍钰. 饲养方式对北京油鸡生长和屠宰性能、肉品质以及肌肉脂肪酸含量的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(4): 1585-1595. doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2019.04.015.
- Li W J, Sun Q Y, Wei F X, Xu B, Deng W, Ma H H, Bai J, Wang L Y, Li S Y. Effects of different feeding patterns on growth and slaughter performance, meat quality and muscular fatty acid content of Beijing oil chickens [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(4): 1585-1595.
- [4] 张慧, 丁原春, 王喆. 影响鸡肉品质因素的研究进展[J]. *饲料博览*, 2017, 16(6): 13-16. doi:10.3969/J.ISSN.1001-0084.2017.06.004.
- Zhang H, Ding Y C, Wang Z. Research progress on factors affecting chicken quality [J]. *Feed Review*, 2017, 16(6): 13-16.
- [5] 魏心如, 赵颖, 韩敏义, 王鹏, 徐辛莲, 周光宏. 冷却鸡肉保水性评定指标标准化及其与肉色、嫩度和 pH24h 相关性研究[J]. *食品科学*, 2014, 35(21): 50-56. doi:10.7506/spkx1002-6630-201421011.
- Wei X R, Zhao Y, Han M Y, Wang P, Xu X L, Zhou G H. Harmonized methodology for evaluating the water-holding capacity of chicken breast and its correlation with meat color, tenderness and pH24h [J]. *Food Science*, 2014, 35(21): 50-56.
- [6] 布丽君, 解华东, 张晓春, 李星, 欧秀琼, 景绍红, 钟正泽. 游离氨基酸对 10 月龄荣昌猪肉滋味的研究[J]. *农产品加工*, 2016(11): 29-31. doi:10.16693/j.cnki.1671-9646(X).2016.11.009.
- Bu L J, Xie H D, Zhang X C, Li X, Ou X Q, Jing S H, Zhong Z Z. Research on the free amino acid impact on taste of 10 months old Rongchang pig [J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2016(11): 29-31.
- [7] 邱霞琴, 岳都盛. HPLC 法分析加热对草鱼红肉中滋味物质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2016, 44(2): 90-93. doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2016.02.033.
- Qiu X Q, Yue D S. Study on the effects of heating on the flavor substances in the red meat of grass carp by HPLC [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2016, 44(2): 90-93.
- [8] Wang S, He Y, Tao N P, Qiu W Q, Wang S, Ma M J, Wu W G, Wang X C. Comparison of flavour qualities of three sourced *Eriocheir sinensis* [J]. *Food Chemistry*, 2016, 200: 24-31. doi:10.1016/j.foodchem.2015.12.093.
- [9] 邵丹, 张珊, 施寿荣, 王强, 常玲玲, 童海兵. 饲养密度对黄羽肉鸡生产性能、免疫器官指数和肉品质的影响[J]. *动物营养学报*, 2015(4): 31230-1235. doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2015.04.029.
- Shao D, Zhang S, Shi S R, Wang Q, Chang L L, Tong H B. Effects of stocking density on production performance, immune organ index and meat quality of yellow feathered broilers [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2015(4): 31230-1235.
- [10] 沙尔山别克·阿不地力大, 李海英, 努尔江·买地亚, 赵健康, 姜维, 王恬. 不同饲养方式对拜城油鸡生长、屠宰性能及肉品质的影响[J]. *新疆农业科学*, 2011, 48(11): 2121-2128.
- Sarsenbek A, Li H Y, Nurjan M, Zhao J K, Jang W, Wang T. Effects of different feeding patterns on growth and slaughter performances and meat quality of Baicheng oil chickens [J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2011, 48(11): 2121-2128.
- [11] 吕进宏. 不同饲养方式和营养水平对北京油鸡生长性能和肉质的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005: 28-30.
- Lü J H. Effects of different feeding methods and nutrition levels on growth performance and meat quality of Beijing oil chicken [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005: 28-30.
- [12] 卢庆萍, 张宏福, 姜旭明, 郝婧宇. 不同饲养方式对肉鸡生产性能、肉质性状及肌肉组织学特性的影响[J]. *动物营养学报*, 2010, 22(5): 1237-1242. doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2010.05.017.
- Lu Q P, Zhang H F, Jiang X M, Hao J Y. Effects of different housing systems on performance, meat quality and muscular histological characteristics of broilers [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2010, 22(5): 1237-1242.
- [13] 张惠. 饲养方式对雪山草鸡肉品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2012: 23-37. doi:10.7666/d.Y2360066.
- Zhang H. Effects of feeding methods on the quality of Xueshancao chicken [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012: 23-37.
- [14] 张红, 张军, 龚道清, 万建洪, 郑建高, 狄志钢, 谈国才. 溧阳鸡屠宰性能研究[J]. *中国家禽*, 2004, 19(26): 31-32. doi:10.3969/j.issn.1004-6364.2004.19.014.
- Zhang H, Zhang J, Gong D Q, Wan J H, Zheng J G, Di Z G, Dan G C. Study on slaughter performance of Shuyang chicken [J]. *China Poultry*, 2004, 19(26): 31-32.
- [15] 李龙, 蒋守群, 郑春田, 苟钟勇, 陈芳, 范秋丽, 罗茜. 不同品种黄羽肉鸡肉品质比较研究[J]. *中国家禽*, 2015, 37(21): 6-11. doi:10.16372/j.issn.1004-6364.2015.21.002.
- Li L, Jiang S Q, Zheng C T, Gou Z Y, Chen F, Fan Q L, Luo X. Comparisons of meat quality characteristics of different yellow-feathered broilers [J]. *China Poultry*, 2015, 37(21): 6-11.
- [16] 丁武, 魏益民, 江胜龙. 物性仪测定肉嫩度的研究[J]. *肉类工业*, 2003, 25(5): 21-24. doi:10.3969/j.issn.1008-5467.2003.05.010.
- Ding W, Wei Y M, Jiang S L. Study on the determination of meat tenderness by physical property analyzer [J]. *Meat Industry*, 2003, 25(5): 21-24.
- [17] Cesare C, Simone B, Claudio G, Alessandro D B, Mauro B. Sustainability of poultry production using the emery

- approach: comparison of conventional and organic rearing systems [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2006, 114 (2/3/4): 343 - 350. doi: 10. 1016/j. agee. 2005. 11. 014.
- [18] 朱梦婷, 王晓路, 王永健, 赵宗胜. 不同饲养方式对黄羽肉鸡肉品质的影响[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47 (19): 179 - 182. doi: 10. 15889/j. issn: 1002-1302. 2019. 19. 043.
- Zhu M T, Wang X L, Wang Y J, Zhao Z S. Effects of different feeding methods on meat quality of yellow feathered broilers [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2019, 47 (19): 179 - 182.
- [19] 翁丽萍, 戴志远, 赵芸, 王雪峰, 王宏海. 养殖大黄鱼和野生大黄鱼特征风味物质的分析与比较[J]. *中国食品学报*, 2015, 15 (4): 254 - 261. doi: 10. 16429/j. 1009-7848. 2015. 04. 034.
- Weng L P, Dai Z Y, Zhao Y, Wang X F, Wang H H. Comparative studies of characteristic flavour compounds between cultured and wild large yellow croakers [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2015, 15 (4): 254 - 261.
- [20] 张秀洁, 郭全友, 王鲁民, 姜朝军. 养殖大黄鱼风味和气味物质组成及评价[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45 (20): 242 - 249. doi: 10. 13995/j. cnki. 11-1802/ts. 021021.
- Zhang X J, Guo Q Y, Wang L M, Jiang C J. Composition and evaluation of flavor substances in the cultured large yellow croaker [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2019, 45 (20): 242 - 249.
- [21] 刘天天, 梁中永, 范思华, 夏宁, 陈德慰. 北海沙蟹特征风味成分的分析[J]. *食品科学*, 2018, 39 (14): 236 - 241. doi: 10. 7506/spkx1002-6630 - 201814035.
- Liu T T, Liang Z Y, Fan S H, Xia N, Chen D W. Analysis of characteristic taste components of soldier crab (*Mitcyris brevidactylus*) [J]. *Food Science*, 2018, 39 (14): 236 - 241.
- [22] Chen D W, Zhang M. Non-volatile taste active compounds in the meat of chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. *Food Chemistry*, 2007, 104 (3): 1200 - 1205. doi: 10. 1016/j. foodchem. 2007. 01. 042.
- [23] Lisa M, Donald S M, Maria D, Natalie P. Contributions of non-volatile and volatile compounds to the umami taste and overall flavour of shiitake mushroom extracts and their application as flavour enhancers in cooked minced meat [J]. *Food Chemistry*, 2013, 141 (1): 77 - 83. doi: 10. 1016/j. foodchem. 2013. 03. 018.
- [24] 龚骏, 陶宁萍, 顾赛麒. 食品中鲜味物质及其检测研究方法概述[J]. *中国调味品*, 2014 (1): 129 - 135. doi: 10. 3969/j. issn. 1000-9973. 2014. 01. 034.
- Gong J, Tao N P, Gu S Q. Overview of umami substance in food and its detection methods [J]. *China Condiment*, 2014 (1): 129 - 135.
- [25] Kawai M, Okiyama A, Ueda Y. Taste enhancements between various amino acids and IMP [J]. *Chemical Senses*, 2002, 27 (8): 739 - 745. doi: 10. 1093/chemse/27. 8. 739.
- [26] Maehashi K J, Matsuzaki M, Yamamoto Y, Udaka S. Isolation of peptides from an enzymatic hydrolysate of food proteins and characterization of their taste properties [J]. *Agricultural and Biological Chemistry*, 1999, 63 (3): 555 - 559. doi: 10. 1271/abb. 63. 555.
- [27] 杨欣怡, 宋军, 赵艳, 雷宝良, 饶瑾瑜, 张凤枰, 刘耀敏, 王锡昌. 网箱海养卵形鲳鲹肌肉中呈味物质分析评价[J]. *食品科学*, 2016, 37 (8): 131 - 135. doi: 10. 7506/spkx1002-6630-201608023.
- Yang X Y, Song J, Zhao Y, Lei B L, Yao J Y, Zhang F P, Liu Y M, Wang X C. Analysis and evaluation of flavor components in meat of sea cage-cultured *Trachinotus ovatus* [J]. *Food Science*, 2016, 37 (8): 131 - 135.