

不同产蛋阶段东乡绿壳蛋品质分析和综合评价

谢 敏¹, 龚立辉¹, 广业兰¹, 费 丹¹, 周瑶敏¹, 徐 俊^{1,2,*}

(1.江西省农业科学院农产品质量安全与标准研究所, 农产品质量安全江西省重点实验室, 江西 南昌 330200;

2.江西省农业科学院畜牧兽医研究所, 江西 南昌 330200)

摘 要: 为研究不同产蛋阶段东乡绿壳蛋品质变化规律, 以东乡绿壳蛋鸡为研究对象, 分别在产蛋前期(22 周龄)、产蛋中期(39 周龄)、产蛋后期(62 周龄)进行蛋品质、营养成分和矿物质元素含量测定, 并利用主成分分析和模糊隶属函数分析进行综合评价。结果表明: 随着产蛋日龄的增加, 东乡绿壳蛋的蛋品质、营养成分及矿物质元素等指标均有不同程度变化。除蛋壳颜色 b^* 值和矿物质元素Mg(镁)差异不显著($P>0.05$), 其余指标均存在显著差异($P<0.05$)。结合主成分分析、聚类分析和相关性分析筛选出脂肪质量分数、蛋质量、胆固醇含量、Ca含量、蛋黄颜色、哈氏单位、蛋形指数、蛋白质量分数、蛋白高度、蛋壳强度10个指标作为评价鸡蛋品质的关键指标。同时根据隶属函数分析得出结论: 东乡绿壳蛋鸡在不同产蛋阶段的蛋综合品质排序为产蛋中期>产蛋前期>产蛋后期。该研究结果可为建立地方蛋鸡蛋品质标准和评价方法提供参考。

关键词: 东乡绿壳蛋; 品质评价; 主成分分析; 模糊隶属函数分析

Quality Analysis and Comprehensive Evaluation of Dongxiang Blue-Shelled Eggs at Different Laying Stages

XIE Min¹, GONG Lihui¹, GUANG Yelan¹, FEI Dan¹, ZHOU Yaomin¹, XU Jun^{1,2,*}

(1. Key Laboratory of Agro-product Quality and Safety of Jiangxi Province, Institute for Quality & Safety and

Standards of Agricultural Products Research, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China;

2. Institute of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China)

Abstract: To investigate the changes in the quality of Dongxiang blue-shelled eggs at different laying stages, the egg quality, nutrient composition and mineral element contents were measured at the early (22 weeks old), middle (39 weeks old) and late laying phases (62 weeks old). At the same time, principal component analysis (PCA) and fuzzy membership function (FMF) analysis were employed to comprehensively evaluate the quality of eggs. The results showed that the egg quality, nutrient components and mineral elements varied to different extents with laying age. All quality indexes except b^* value and the contents of magnesium ($P > 0.05$) changed significantly across the three laying phases ($P < 0.05$). By the combined use of PCA, correlation analysis and cluster analysis 10 key quality indicators including fat, egg mass, cholesterol, Ca, yolk color, Haugh unit, egg shape index, protein content, egg white height, and eggshell strength were identified. From FMF analysis, it was concluded that the decreasing odor of comprehensive quality at different laying stages was middle > early > late. The results of this study provide a reference for establishing quality standards and evaluation methods for local eggs.

Keywords: Dongxiang blue-shelled eggs; quality evaluation; principal component analysis; fuzzy membership function analysis

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20240412-105

中图分类号: S879.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2024)23-0187-07

引文格式:

谢敏, 龚立辉, 广业兰, 等. 不同产蛋阶段东乡绿壳蛋品质分析和综合评价[J]. 食品科学, 2024, 45(23): 187-193.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20240412-105. <http://www.spkx.net.cn>

XIE Min, GONG Lihui, GUANG Yelan, et al. Quality analysis and comprehensive evaluation of Dongxiang blue-shelled eggs at different laying stages[J]. Food Science, 2024, 45(23): 187-193. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20240412-105. <http://www.spkx.net.cn>

收稿日期: 2024-04-12

基金项目: 江西省技术创新引导类计划项目(科技合作专项)(20212BDH80013); 江西省重点研发计划项目(20201BBF61008); 农产品质量安全江西省重点实验室资助项目(20192BCD40008)

第一作者简介: 谢敏(1991—)(ORCID: 0009-0003-3680-5687), 女, 助理研究员, 硕士, 研究方向为畜禽产品质量安全。

E-mail: ncusxmiemin@163.com

*通信作者简介: 徐俊(1986—)(ORCID: 0000-0003-3752-5030), 男, 副研究员, 博士, 研究方向为畜禽产品质量安全与动物营养。E-mail: xujun0125@163.com

东乡绿壳蛋鸡原产于江西省抚州市东乡区,为我国最早开发利用的绿壳蛋鸡种质资源,是我国濒临灭绝的稀有家禽品种。东乡绿壳蛋素有蛋中“人参”之美称,蛋壳翠绿色,蛋大小适中,蛋黄比率高、色泽黄、蛋白黏稠,富含多种微量元素、维生素、氨基酸、卵磷脂等营养物质。但受蛋鸡品种、产蛋日龄、饲料营养水平、饲养方式等多种因素影响,导致鸡蛋品质参差不齐^[1]。目前,国内外对蛋品质的研究主要聚焦在不同品种^[2-3]及不同饲料^[4-6]上,对不同产蛋阶段蛋品质变化规律研究较少^[7-8]。消费者也普遍认为初产蛋营养价值丰富,商家以此为卖点导致其售价相对较贵^[9]。目前关于东乡绿壳蛋鸡在不同产蛋阶段的蛋品质变化规律至今鲜见公开报道。因此,研究东乡绿壳蛋鸡在不同产蛋阶段的蛋品质变化规律具有重要意义。

用于评价鸡蛋品质指标众多,各指标之间存在相对独立性和密切相关性,依据单一指标或者少数几个相关指标评价鸡蛋品质的优劣具有一定的片面性。因此,筛选关键性指标是评价蛋品质优劣的核心,且所筛选的关键指标应代表大部分信息。主成分分析法是通过降低数据维数排除众多信息共存中相互重叠的信息,把多个指标转化为少数几个不相关的综合指标的一种多元统计分析方法^[10-11]。隶属函数分析是一种基于通过多指标测定、分析,进而对事物特征进行综合评价的评估法,可消除因绝对值大小不同而可能造成的对正确评价样品优劣所作的贡献不同^[12]。为全面评价和比较畜禽肉品质,主成分分析和隶属函数分析等方法被广泛用于畜禽肉品质指标分析和综合评价^[13-14]。Udeh等^[15]利用主成分分析对3个品系蛋鸡的蛋品质进行了综合分析,为蛋鸡育种和品种改良提供了参考。巨晓军等^[14]利用主成分分析对5个品种鸡肉品质进行了综合评价,并建立了肉质评价模型,揭示了地方鸡肉肉质特色。李改英等^[16]基于主成分分析和相关性分析,综合比较了河南不同地方品种猪和三元猪的肉品质,并在此基础上建立了地方猪肉质标准和评价方法。以上研究均为东乡绿壳蛋品质评价提供了科学参考。

鉴于此,本实验以东乡绿壳蛋鸡为研究对象,对其不同产蛋阶段的蛋品质、营养成分及矿物质元素含量等进行分析比较,并结合主成分分析和模糊隶属函数分析对东乡绿壳蛋品质进行综合评价,旨在为建立地方鸡蛋品质标准和评价方法提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

东乡绿壳蛋鸡饲养于江西东华种畜禽有限公司。

无水乙醚、石油醚(沸程为30~60℃)、硫酸铜、硫酸钾、硫酸、硼酸、甲基红指示剂、溴甲酚绿指示

剂、亚甲基蓝指示剂、乙醇(95%)、氢氧化钠、氢氧化钾、无水硫酸钠等(均为分析纯),硝酸、高氯酸、盐酸等(均为优级纯) 国药集团化学试剂有限公司;甲醇(色谱纯)及胆固醇、硫酸铁铵、碳酸钙、金属镁、五水硫酸铜等标准品(纯度≥99.99%) 美国Sigma公司。

1.2 仪器与设备

ETP-01蛋品质测定仪 美国Orka公司;KQ-1A蛋壳强度测定仪、SCQ-1A蛋壳颜色测定仪 北京天翔飞域科技有限公司;GK-500凯氏定氮仪 山东格林凯瑞精密仪器有限公司;1260型高效液相色谱仪 美国安捷伦公司;AFS-230E原子吸收光谱仪 北京科创海光仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 实验设计

选取200只东乡绿壳蛋鸡,随机分为10组,每组20只,单笼饲养。饲养管理条件相同,饲喂蛋鸡全价配合饲料,定量采食和自由饮水。分别在鸡群产蛋前期(22周龄)、产蛋中期(39周龄)及产蛋后期(62周龄)当天随机收集100枚鸡蛋,每阶段10个重复,每个重复10枚鸡蛋,测定蛋品质。每10个鸡蛋混匀后真空冷冻干燥,收集全蛋粉用于营养成分和微量元素等指标的测定。

1.3.2 指标测定

蛋白高度、蛋质量、蛋黄颜色及哈氏单位用蛋品质测定仪测定,蛋壳强度用蛋壳强度测定仪测定,蛋形指数(纵径/横径)用数显游标卡尺测定,蛋壳颜色用蛋壳颜色测定仪测定,蛋壳厚度用螺旋测微器测定,蛋壳颜色和蛋壳厚度取钝端、锐端及中间三点的平均值。

水分含量采用GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》测定,蛋白质含量采用GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》测定,脂肪含量采用GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》测定,胆固醇含量采用GB 5009.128—2016《食品中胆固醇的测定》中高效液相色谱法测定。

钙(Ca)含量采用GB 5009.92—2016《食品中钙的测定》测定,铁(Fe)含量采用GB 5009.90—2016《食品中铁的测定》测定,镁(Mg)含量采用GB 5009.241—2017《食品中镁的测定》测定,铜(Cu)含量采用GB 5009.13—2017《食品中铜的测定》测定。

1.3.3 综合评价

利用主成分分析、相关性分析和聚类分析将3个不同产蛋期的18个指标降维,简化评价指标数量,然后利用模糊隶属函数法计算不同产蛋期所选指标的隶属函数值,并将所选指标的隶属值进行累加,求其平均值,以均值大小进行综合排名,平均值越大,排名越靠前,品质越好。模糊隶属函数计算公式^[17]如下:

$$X(i)=\frac{X-X_{\min}}{X_{\max}-X_{\min}} \quad (1)$$

$$X(i)=1-\frac{X-X_{\min}}{X_{\max}-X_{\min}} \quad (2)$$

式中： $X(i)$ 是各指标的隶属值； X 是各指标的测定值； X_{\max} 和 X_{\min} 分别为各指标的最大和最小测定值。若测定指标与鸡蛋品质呈正相关关系，则选择式（1）计算；若呈负相关关系，则选择式（2）计算。

1.4 数据统计与分析

实验数据采用Microsoft Excel进行初步整理，之后用SPSS 19.0进行单因素方差分析（one-way ANOVA）和主成分分析，并用Duncan法进行多重比较，实验结果以 $\bar{x}\pm s$ 表示， $P<0.05$ 表示差异显著， $P>0.05$ 表示差异不显著。同时采用Origin 2021进行相关性分析和聚类分析，主成分分析采用降维分析法，相关性分析采用Pearson双尾显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同产蛋阶段对东乡绿壳蛋蛋品质的影响

由表1可知，随着产蛋日龄的增加，东乡绿壳蛋的蛋品质指标均有不同程度的变化，除蛋壳颜色 b^* 值差异不显著外，其他蛋品质指标均差异显著（ $P<0.05$ ）。蛋壳颜色 L^* 值、 a^* 值在产蛋中期和产蛋后期均显著高于产蛋前期（ $P<0.05$ ），但产蛋中期与后期之间差异不大；蛋质量在各产蛋阶段之间均存在显著差异（ $P<0.05$ ），其从产蛋前期的36.73 g增加到产蛋后期的57.53 g，增加了56.63%。蛋壳厚度、蛋壳强度、蛋黄颜色和哈氏单位随日龄增加而降低，产蛋前期的蛋壳厚度和蛋黄颜色显著高于产蛋中期和产蛋后期（ $P<0.05$ ）；产蛋后期的蛋壳强度显著低于产蛋前期和产蛋后期（ $P<0.05$ ）；哈氏单位在不同产蛋期之间均存在显著差异，从产蛋前期的87.42降低到产蛋后期的74.10，下降了15.24%。蛋白高度和蛋形指数随日龄的增加呈现先增加后降低的趋势，产蛋中期的蛋白高度显著高于产蛋前期和产蛋后期（ $P<0.05$ ），产蛋中期的蛋形指数显著高于产蛋前期（ $P<0.05$ ）。

表1 不同产蛋阶段东乡绿壳蛋蛋品质
Table 1 Quality of Dongxiang blue-shelled eggs at different laying stages

| 指标 | 产蛋前期 (22周) | 产蛋中期 (39周) | 产蛋后期 (62周) | 平均值 | 变异 系数/% |
|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|------------|
| L^* | 84.58±1.35 ^b | 87.01±1.02 ^a | 87.08±1.46 ^a | 86.22 | 1.98 |
| a^* | -7.48±0.54 ^b | -4.93±0.32 ^a | -4.66±0.39 ^a | -5.69 | 23.89 |
| b^* | 0.97±0.17 ^a | 0.90±0.16 ^a | 0.78±0.10 ^a | 0.88 | 18.18 |
| 蛋质量/g | 36.73±1.54 ^c | 51.35±1.42 ^b | 57.53±1.59 ^a | 48.53 | 18.60 |
| 蛋白高度/mm | 6.15±0.43 ^b | 6.59±0.36 ^a | 5.87±0.31 ^b | 6.21 | 7.41 |
| 蛋壳强度/N | 49.96±3.89 ^a | 49.37±2.58 ^a | 40.63±3.27 ^b | 46.65 | 11.51 |
| 蛋壳厚度/mm | 0.37±0.01 ^a | 0.34±0.01 ^b | 0.34±0.01 ^b | 0.35 | 4.87 |
| 蛋形指数 | 1.29±0.02 ^b | 1.33±0.02 ^a | 1.32±0.02 ^{ab} | 1.31 | 1.83 |
| 蛋黄颜色 | 8.34±0.29 ^a | 7.95±0.25 ^b | 7.92±0.41 ^b | 8.08 | 4.58 |
| 哈氏单位 | 87.42±2.20 ^a | 83.72±2.09 ^b | 74.10±2.86 ^c | 81.75 | 7.56 |

注：同行肩标小写字母不同表示差异显著（ $P<0.05$ ），下同。

2.2 不同产蛋阶段对东乡绿壳蛋营养成分的影响

由表2可知，随着产蛋日龄的增加，不同产蛋阶段东乡绿壳蛋在营养指标上存在一定差异，水分含量随着日龄的增加呈降低的趋势，脂肪和胆固醇含量随着日龄的增加而增加，蛋白质含量随日龄增加呈先增加后降低的趋势。胆固醇含量在产蛋前期显著低于产蛋后期，蛋白质含量在产蛋后期显著低于产蛋前期和产蛋中期（ $P<0.05$ ）。脂肪质量分数在不同产蛋期之间均存在显著性差异（ $P<0.05$ ），从产蛋前期的8.04%增加到产蛋后期的9.76%，增加了21.39%。

表2 不同产蛋阶段东乡绿壳蛋营养成分的含量
Table 2 Nutritional contents of Dongxiang blue-shelled eggs at different laying stages

| 指标 | 产蛋前期 (22周) | 产蛋中期 (39周) | 产蛋后期 (62周) | 平均值 | 变异 系数/% |
|---------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------|------------|
| 水分质量分数/% | 75.52±1.12 ^a | 73.16±1.44 ^b | 73.69±0.36 ^b | 74.12 | 1.96 |
| 脂肪质量分数/% | 8.04±0.57 ^c | 9.04±0.29 ^b | 9.76±0.35 ^a | 8.95 | 9.22 |
| 蛋白质质量分数/% | 12.92±0.46 ^a | 13.17±0.32 ^a | 12.34±0.41 ^b | 12.81 | 4.06 |
| 胆固醇含量/(mg/kg) | 41.78±2.69 ^b | 43.62±2.90 ^{ab} | 46.45±3.65 ^a | 43.54 | 9.89 |

2.3 不同产蛋阶段对东乡绿壳蛋矿物质元素含量的影响

由表3可知，随着日龄的增加，不同产蛋阶段东乡绿壳蛋中矿物质元素含量存在一定差异，除Mg含量差异不显著外，其他矿物质元素含量均存在显著差异（ $P<0.05$ ）。Fe、Ca和Cu含量均随着日龄增加呈增加趋势，Fe和Ca含量在产蛋前期显著低于产蛋中期和后期（ $P<0.05$ ），Cu含量在产蛋前期和中期显著低于产蛋后期（ $P<0.05$ ）。

表3 不同产蛋阶段东乡绿壳蛋矿物质元素的含量
Table 3 Mineral contents of Dongxiang blue-shelled eggs at different laying stages

| 指标 | 产蛋前期 (22周) | 产蛋中期 (39周) | 产蛋后期 (62周) | 平均值 | 变异 系数/% |
|--------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|------------|
| Fe含量/(mg/kg) | 20.81±0.94 ^b | 23.96±2.24 ^a | 23.05±1.81 ^a | 22.61 | 9.51 |
| Ca含量/(mg/kg) | 474.88±30.78 ^b | 562.05±20.78 ^a | 570.05±38.00 ^a | 535.66 | 9.88 |
| Mg含量/(mg/kg) | 132.00±13.39 ^a | 122.22±4.45 ^a | 124.53±3.21 ^a | 126.25 | 7.16 |
| Cu含量/(mg/kg) | 0.51±0.05 ^b | 0.55±0.03 ^b | 0.62±0.05 ^a | 0.56 | 11.30 |

2.4 不同产蛋阶段东乡绿壳蛋的主成分分析

表4为不同产蛋阶段东乡绿壳蛋的18个品质指标的主成分分析结果。基于特征值 >1 的标准挑选出2个主成分，累计贡献率达到100%，说明所提取的主成分对评价东乡绿壳蛋综合品质具有一定的代表性，可较好地反映鸡蛋品质指标原始数据中的信息，且这些主成分之间彼此独立，不会相互影响。其中，第1主成分的特征值为13.774，贡献率为76.52%，其对应特征向量中绝对值较大的指标为脂肪质量分数、蛋质量、 a^* 值、胆固醇含量、Ca含量、蛋黄颜色、 b^* 值、Cu含量、 L^* 值、蛋壳厚度、哈氏单位、水分质量分数、蛋形指数、Mg含量、蛋

壳强度和Fe含量。第2主成分的特征值为4.226，贡献率为23.48%，其对应的特征向量中绝对值较大的指标为蛋白高度和蛋白质量分数。

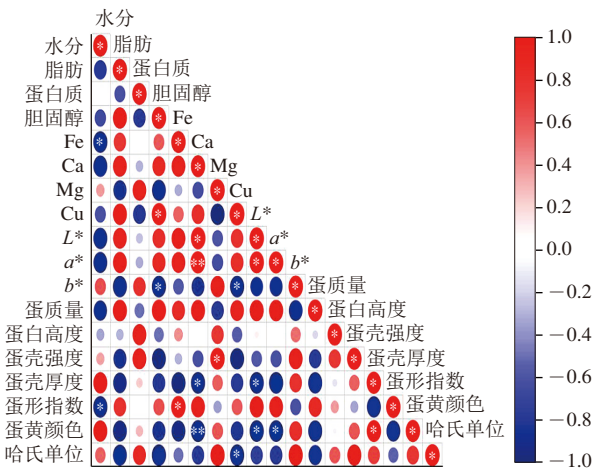
表4 各主成分的特征根和累计方差贡献率

Table 4 Characteristic values and cumulative contribution rates of two principal components

| 指标 | 主成分1 | 主成分2 |
|------------|--------|--------|
| 脂肪质量分数 | 0.998 | -0.067 |
| 蛋质量 | 0.998 | 0.070 |
| <i>a</i> * | 0.962 | 0.273 |
| 胆固醇含量 | 0.960 | -0.279 |
| Ca含量 | 0.959 | 0.283 |
| 蛋黄颜色 | -0.956 | -0.295 |
| <i>b</i> * | -0.952 | 0.306 |
| Cu含量 | 0.944 | -0.330 |
| <i>L</i> * | 0.943 | 0.332 |
| 蛋壳厚度 | -0.935 | -0.355 |
| 哈氏单位 | -0.916 | 0.400 |
| 水分质量分数 | -0.837 | -0.547 |
| 蛋形指数 | 0.822 | 0.569 |
| Mg含量 | -0.819 | 0.573 |
| 蛋壳强度 | -0.809 | 0.587 |
| Fe含量 | 0.797 | 0.603 |
| 蛋白高度 | -0.233 | 0.972 |
| 蛋白质量分数 | -0.555 | 0.832 |
| 特征值 | 13.774 | 4.226 |
| 贡献率/% | 76.52 | 23.48 |
| 累计贡献率/% | 76.52 | 100 |

注：标下划线的数据为最大相对值。

2.5 东乡绿壳蛋指标间的相关性分析



*.显著相关 ($P<0.05$)；**.极显著相关 ($P<0.01$)。

图1 东乡绿壳蛋指标间的相关性

Fig. 1 Correlation coefficients of various quality indicators of Dongxiang blue-shelled eggs

为探究东乡绿壳蛋品质指标之间的关系，进行了相关性分析，结果如图1所示，Fe含量与水分含量呈显著负相关 ($P<0.05$)；Cu含量与胆固醇含量呈显著正相关 ($P<0.05$)；*L**值与Ca含量呈显著正相关

($P<0.05$)；*a**值与Ca含量呈极显著正相关 ($P<0.01$)，与*L**值呈显著正相关 ($P<0.05$)；*b**值与胆固醇和Cu含量均呈显著负相关 ($P<0.05$)；蛋壳强度与Mg含量呈显著正相关 ($P<0.05$)；蛋壳厚度与Ca含量和*L**值均呈显著负相关 ($P<0.05$)；蛋形指数与Fe含量呈显著正相关 ($P<0.05$)，与水分含量呈显著负相关 ($P<0.05$)；蛋黄颜色与Ca含量、*L**值和*a**值均呈显著负相关 ($P<0.05$)，与蛋壳厚度呈显著正相关 ($P<0.05$)；哈氏单位与Cu含量呈显著负相关 ($P<0.05$)。

2.6 东乡绿壳蛋指标间的聚类分析

聚类分析是依据内在联系规律对大量数据进行类群分组，聚到同一群组的则表示研究对象性质彼此相似^[18]。将不同产蛋阶段东乡绿壳蛋的18个品质指标进行系统聚类分析，结果见图2。图块中轴之间的距离为欧氏距离，欧氏距离越短，聚为同类则表示关联程度越高^[19]。18个品质指标被聚成2大类，其中Cu、胆固醇、蛋形指数、Fe、*L**值、*a**值、Ca、蛋质量和脂肪聚为第一大类，其余指标聚为第二大类。在每个大类中又可分为几个亚类。其中，Cu和胆固醇聚为一亚类；蛋形指数、Fe、*L**值、*a**值、Ca、蛋质量和脂肪聚为一亚类；哈氏单位、*b**值、蛋壳强度、Mg、蛋白高度和蛋白质聚为一亚类，蛋黄颜色、蛋壳厚度和水分聚为一亚类。这与相关性分析结果一致，品质指标间呈显著正相关的均聚为一类。

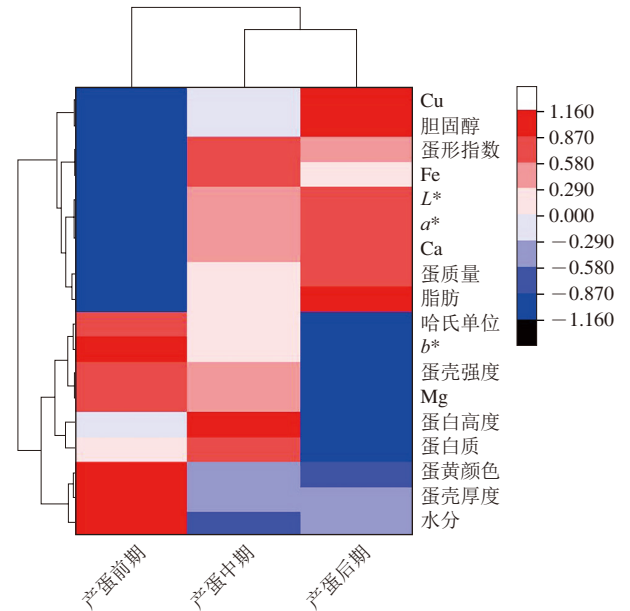


图2 东乡绿壳蛋指标聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of various quality indicators of Dongxiang blue-shelled eggs

2.7 各指标综合得分及排名

综合主成分分析、相关性分析及聚类分析的结果，在2个主成分中分别选择脂肪质量分数、蛋质量、胆固醇

含量、Ca含量、蛋黄颜色、哈氏单位、蛋形指数、蛋白质量分数、蛋白高度、蛋壳强度这10个指标代替其余指标进行模糊隶属函数分析,并对不同产蛋阶段东乡绿壳蛋品质进行排名,结果如表5所示。产蛋中期排名第一,平均隶属值为0.74,其次为产蛋前期,平均隶属值为0.61,排名最后的为产蛋后期,平均隶属值为0.28,由此可知,不同产蛋阶段东乡绿壳蛋综合蛋品质为产蛋中期>产蛋前期>产蛋后期。

表5 各指标综合得分及排名
Table 5 Comprehensive scores and ranking of Dongxiang blue-shelled eggs at three laying stages

| 指标 | 产蛋前期 (22周) | 产蛋中期 (39周) | 产蛋后期 (62周) |
|--------|---------------|---------------|---------------|
| 脂肪质量分数 | 1.00 | 0.42 | 0.00 |
| 蛋白质量分数 | 0.7 | 1.00 | 0.00 |
| 胆固醇含量 | 1.00 | 0.61 | 0.00 |
| Ca含量 | 0.00 | 0.92 | 1.00 |
| 蛋质量 | 0.00 | 0.70 | 1.00 |
| 蛋白高度 | 0.39 | 1.00 | 0.00 |
| 蛋壳强度 | 1.00 | 0.94 | 0.00 |
| 蛋形指数 | 0.00 | 1.00 | 0.75 |
| 哈氏单位 | 1.00 | 0.72 | 0.00 |
| 蛋黄颜色 | 1.00 | 0.70 | 0.00 |
| 综合得分 | 0.61 | 0.74 | 0.28 |
| 排名 | 2 | 1 | 3 |

3 讨论

3.1 不同产蛋阶段对东乡绿壳蛋蛋品质的影响

蛋品质是衡量蛋鸡产蛋性能的重要指标,而蛋品质受多种因素影响,如遗传、饮食、健康、环境^[20]。蛋品质指标主要包括蛋质量、哈夫单位、蛋形指数、蛋壳厚度、蛋壳强度、蛋黄颜色、蛋白高度等^[21]。蛋质量与蛋鸡品种、日粮营养水平、日龄和开产体质量等密切相关,是消费者选购鸡蛋的重要指标之一。本研究结果表明蛋质量随着日龄的增加而增加,与邓贤继^[22]、邓炳真^[23]等研究结果一致。蛋形指数反映的是鸡蛋的形状,其与种蛋的孵化率、合格率密切相关^[24]。受精鸡蛋孵化率最高时,其蛋形指数在1.29~1.40之间^[25]。本研究结果表明东乡绿壳蛋蛋形指数在1.29~1.33范围内,说明东乡绿壳蛋具有较高的孵化率。蛋黄颜色也是评价蛋品质的一个重要指标,蛋黄颜色越深越受消费者喜爱。本研究结果表明随着日龄的增加,蛋黄颜色下降,这与王娟等^[26]的研究结果一致。蛋壳颜色、蛋壳厚度和蛋壳强度是评价蛋壳质量的重要指标,蛋壳质量直接影响鸡蛋贮存和运输过程中的破损率及消费者的食用安全^[3,27]。本研究发现蛋壳强度在产蛋前期和中期显著高于产蛋后期,蛋壳厚度在产蛋前期显著高于产蛋中期和后期,表明产蛋前期的蛋壳质量最佳。哈氏单位和蛋白高度是衡量鸡蛋新鲜度

和蛋白质量的重要指标。蛋白高度可反映鸡蛋蛋白含量,而哈氏单位越高则表示蛋白越黏稠,蛋白品质越好^[2]。国内贸易行业标准SB/T 10638—2011《鲜鸡蛋、鲜鸭蛋分级》规定AA级鸡蛋哈氏单位≥72,A级哈氏单位介于60~72,B级哈氏单位介于55~60。东乡绿壳蛋整个产蛋期的哈氏单位在74.10~87.42之间,均大于72,为AA级鸡蛋。

3.2 不同产蛋阶段对东乡绿壳蛋营养品质和矿物质元素的影响

鸡蛋营养价值丰富,富含优质蛋白质和矿物质元素。张剑等^[1]的研究结果表明北京油鸡鸡蛋中粗脂肪、粗蛋白随着鸡日龄的增加逐渐增加,而胆固醇在不同产蛋阶段差异不显著。葛庆联等^[28]研究发现海兰褐壳蛋鸡蛋中粗脂肪和蛋白含量在不同产蛋阶段均差异不显著;苏禽青壳蛋鸡蛋中蛋白质含量在不同产蛋阶段差异不显著,但粗脂肪含量在产蛋前期显著低于产蛋中期和后期。说明蛋鸡品种、日粮营养水平等均会影响鸡蛋中营养成分在不同产蛋阶段的累积。本研究发现随着东乡绿壳蛋鸡日龄的增加,鸡蛋中脂肪、胆固醇含量逐渐增加,蛋白质含量在产蛋后期明显下降。

鸡蛋中丰富的矿物质元素是人体的必需元素,可对机体的生长发育和健康产生重要影响。葛庆联等^[28]研究发现不同产蛋阶段苏禽青壳蛋鸡蛋中Ca、Mg、Fe含量均随日龄的增加而增加,海兰褐壳蛋鸡蛋中Ca、Mg、Fe含量在产蛋中期高于产蛋前期和后期;而Cu含量在不同品种不同产蛋阶段鸡蛋中差异均不显著,说明蛋鸡品种会影响矿物质元素的累积规律。本研究结果发现随着鸡日龄的增加,东乡绿壳蛋中Ca、Cu、Fe含量随日龄的增加呈增加趋势,Mg含量在不同产蛋阶段差异不显著,表明产蛋后期东乡绿壳蛋中矿物质元素含量较产蛋前和中期丰富。

3.3 主成分分析及隶属函数分析综合评价东乡绿壳蛋蛋品质

为了更全面地分析和比较畜禽肉及禽蛋品质差异,近几年,主成分分析、聚类分析与隶属函数分析相结合的综合分析评价方法已被广泛用于畜禽肉及禽蛋综合品质评^[13-14]。朱伟等^[13]利用主成分分析和相关性分析对阿克鸡、武定鸡、海兰褐蛋鸡3个鸡种蛋品质进行了综合评价,结果表明阿克鸡、武定鸡的蛋品质优于海兰褐蛋鸡,品质更佳。蒋一秀等^[29]利用主成分分析和相关性分析综合评价了芦花鸡H系作为亲本的杂交组合蛋品质,并基于此得出芦花鸡H系是优良的选育亲本素材。朱盛尾等^[30]利用主成分分析和聚类分析对牦牛头部位肉品质进行了综合评价,建立了牦牛头分割部位肉质量评价模型,并得出牦牛头分割部位肉品质为:舌头>咽区>下颌区>咬肌>颊肌>皮。本研究将18个蛋品质指标综合为

2个主成分,其累计贡献率达100%,较全面地代表了原始信息,较好地对测定指标进行了概括。其中第1主成分贡献率(76.52%)最大,其对应的特征向量中绝对值较大的为脂肪质量分数、蛋质量、 a^* 值、胆固醇含量、Ca含量、蛋黄颜色、 b^* 值、Cu含量、 L^* 值、蛋壳厚度、哈氏单位等指标,第2主成分贡献率为23.48%,其对应特征向量为蛋白高度和蛋白质量分数。采用相关性分析结合聚类分析表明,Ca与 L^* 值、 a^* 值呈显著正相关且聚为一类,以Ca代替 L^* 值、 a^* 值;胆固醇与Cu、蛋形指数与Fe、蛋壳强度与Mg均呈显著正相关且聚为一类,以胆固醇代替Cu,蛋形指数代替Fe,蛋壳强度代替Mg;蛋黄颜色和蛋壳厚度呈显著正相关,且蛋黄颜色、蛋壳厚度与水分聚为一类,以蛋黄颜色代替蛋壳厚度与水分;哈氏单位与 b^* 值聚为一类,以哈氏单位代替 b^* 值。根据主成分分析、相关性分析和聚类分析结果,筛选出脂肪质量分数、蛋质量、胆固醇含量、Ca含量、蛋黄颜色、哈氏单位、蛋形指数、蛋白质量分数、蛋白高度、蛋壳强度这10个指标作为评价东乡绿壳蛋品质的关键指标,并进行模糊隶属函数分析和排名。结果显示,产蛋中期东乡绿壳蛋得分最高,其隶属函数值0.74,不同产蛋阶段的东乡绿壳蛋综合品质排序依次为产蛋中期>产蛋初期>产蛋后期,说明产蛋中期的东乡绿壳蛋品质最佳。

4 结 论

东乡绿壳蛋鸡在不同产蛋阶段的蛋品质存在一定的差异,根据主成分分析、聚类分析和相关性分析结果,脂肪质量分数、蛋质量、胆固醇含量、Ca含量、蛋黄颜色、哈氏单位、蛋形指数、蛋白质量分数、蛋白高度、蛋壳强度10个指标可作为评价东乡绿壳蛋综合品质的关键指标。利用模糊隶属函数分析,对东乡绿壳蛋鸡在不同产蛋阶段的蛋品质进行综合评价,结果得出产蛋中期的东乡绿壳蛋综合品质最佳。该结论可为东乡绿壳蛋的优质优价和鸡种选育提供数据支撑,同时也可为消费者购买鸡蛋提供参考依据。

参考文献:

- [1] 张剑,初芹,王海宏,等.北京油鸡不同产蛋期鸡蛋品质分析及变化规律研究[J].中国家禽,2010,32(16):10-13. DOI:10.16372/j.issn.1004-6364.2010.16.017.
- [2] 徐峥,高健保,倪润滋,等.4个品种鸡的鸡蛋品质和风味特点研究[J].食品研究与开发,2020,41(20):30-34. DOI:10.12161/j.issn.1005-6521.2020.20.005.
- [3] 杨蓉,周迪,李俊,等.贵州4个地方鸡种蛋品质比较分析[J].中国家禽,2023,45(5):111-115. DOI:10.16372/j.issn.1004-6364.2023.05.017.

- [4] ZHOU M, ZHENG L Y, GENG T, et al. Effect of fermented *Artemisia argyi* on egg quality, nutrition, and flavor by gut bacterial mediation[J]. Animals, 2023, 13(23): 3678. DOI:10.3390/ani13233678.
- [5] BARBE A, MELLOUK N, RAMÉ C, et al. A grape seed extract maternal dietary supplementation improves egg quality and reduces ovarian steroidogenesis without affecting fertility parameters in reproductive hens[J]. PLoS ONE, 2020, 15(5): e0233169. DOI:10.1371/journal.pone.0233169.
- [6] ENGLMAIEROVÁ M, SKŘIVAN M, SKŘIVANOVÁ E, et al. Effects of a low-phosphorus diet and exogenous phytase on performance, egg quality, and bacterial colonisation and digestibility of minerals in the digestive tract of laying hens[J]. Czech Journal of Animal Science, 2015, 60(12): 542-549. DOI:10.17221/8596-cjas.
- [7] VLČKOVÁ J, TŮMOVÁ E, KETTA M, et al. Effect of housing system and age of laying hens on eggshell quality, microbial contamination, and penetration of microorganisms into eggs[J]. Czech Journal of Animal Science, 2018, 63(2): 51-60. DOI:10.17221/77/2017-cjas.
- [8] KRAWCZYK J, LEWKO L, SOKOŁOWICZ Z, et al. Effect of hen genotype and laying time on egg quality and albumen lysozyme content and activity[J]. Animals, 2023, 13(10): 1611. DOI:10.3390/ani13101611.
- [9] 孙蕊,杨宁,郑江霞,等.初产蛋与42、70周龄鸡蛋蛋黄营养成分比较[C]//中国家禽科学研究进展.第十四次全国禽科学学术讨论会论文集,2009.
- [10] GAO B Y, LU Y J, SHENG Y, et al. Differentiating organic and conventional sage by chromatographic and mass spectrometry flow injection fingerprints combined with principal component analysis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(12): 2957-2963. DOI:10.1021/jf304994z.
- [11] VENTURINI G C, SAVEGNAGO R P, NUNES B N, et al. Genetic parameters and principal component analysis for egg production from White Leghorn hens[J]. Poultry Science, 2013, 92(9): 2283-2289. DOI:10.3382/ps.2013-03123.
- [12] 翟新秘,秦利军,项阳,等.隶属函数分析法对25份贵州玉米种质抗旱性评价研究[J].种子,2018,37(9):51-55. DOI:10.16590/j.cnki.1001-4705.2018.09.051.
- [13] 朱伟,和凤,黄丽鸽,等.阿克鸡和武定鸡的蛋品质研究[J].黑龙江畜牧兽医,2024(3):45-53;59. DOI:10.13881/j.cnki.hljxmsy.2023.04.0221.
- [14] 巨晓军,章明,屠云洁,等.基于主成分分析的不同品种鸡肉品质评价[J].家畜生态学报,2021,42(4):45-51. DOI:10.3969/j.issn.1673-1182.2021.04.009.
- [15] UDEH I, AKPORHUAHO O P, MATTHEW E F. Egg quality characteristics of three strains of layer chickens, a principal component analysis[J]. Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture, 2022, 47(1): 29-34. DOI:10.14710/jitaa.47.1.29-34.
- [16] 刘文营,高欣悦,李享,等.几种地方猪猪肉及其腊肉制品的感官特性和理化品质分析[J].食品科学,2019,40(19):52-59. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181225-292.
- [17] 韩艳红,石彦召,刘软枝,等.基于隶属函数法对花生综合品质评价初探[J].陕西农业科学,2022,68(10):21-24. DOI:10.3969/j.issn.0488-5368.2022.10.005.
- [18] PATRAS A, BRUNTON N P, DOWNEY G, et al. Application of principal component and hierarchical cluster analysis to classify fruits and vegetables commonly consumed in Ireland based on *in vitro* antioxidant activity[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2011, 24(2): 250-256. DOI:10.1016/j.jfca.2010.09.012.

- [19] 杨娅, 吴康云, 黄冬福, 等. 基于主成分分析对不同地区辣椒品质的综合评价[J/OL]. 食品工业科技, 1-13[2024-10-09]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023120036>.
- [20] HAN X J, QIN P, LI W X, et al. Effect of sodium selenite and selenium yeast on performance, egg quality, antioxidant capacity, and selenium deposition of laying hens[J]. Poultry Science, 2017, 96(11): 3973-3980. DOI:10.3382/ps/pex216.
- [21] 周业飞, 周梅仙. 葡萄皮、火麻仁和芦荟复合植物提取物对蛋鸡生产性能、蛋品质和免疫功能的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2021(10): 104-108. DOI:10.13881/j.cnki.hljxmsy.2020.08.0123.
- [22] 邓继贤, 孙甜甜, 王娟, 等. 东兰乌鸡产蛋期蛋品质变化规律研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2020(12): 144-146. DOI:10.13881/j.cnki.hljxmsy.2019.09.0329.
- [23] 邓炳真, 温丽华, 麦剑威, 等. 南海黄麻鸡不同产蛋阶段蛋品质研究[J]. 中国家禽, 2016, 38(5): 10-13. DOI:10.16372/j.issn.1004-6364.2016.05.003.
- [24] 胡瑀, 张自芳, 吉丽, 等. 云南维西那米鸡蛋品质分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2019, 34(3): 440-445. DOI:10.12101/j.issn.1004-390X(n).201803028.
- [25] 周玉刚, 刘亚东, 张晓晖, 等. 平武红鸡种蛋蛋形指数和蛋重对孵化效果的影响[J]. 当代畜牧, 2022(2): 27-30.
- [26] 王娟, 邓继贤, 杨祝良, 等. 南丹瑶鸡产蛋期蛋品质变化分析[J]. 中国家禽, 2019, 41(17): 54-57. DOI:10.16372/j.issn.1004-6364.2019.17.011.
- [27] 徐长军, 张晶鑫, 葛庆联, 等. 不同品种(系)鸡66 周龄蛋品质比较研究[J]. 中国家禽, 2024, 46(9): 182-186. DOI:10.16372/j.issn.1004-6364.2024.09.025.
- [28] 葛庆联, 高玉时, 唐修君, 等. 不同鸡种及不同产蛋周龄鸡蛋营养成分比较分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(9): 3323-3328. DOI:10.3969/j.issn.2095-0381.2017.09.008.
- [29] 蒋一秀, 邹明阳, 薛倩, 等. 不同杂交组合鸡蛋品质的比较分析[J]. 中国家禽, 2024, 46(2): 113-118. DOI:10.16372/j.issn.1004-6364.2024.02.016.
- [30] 朱盛伟, 李升升, 米玉龙, 等. 基于主成分分析和聚类分析的牦牛头部位肉品质评价[J/OL]. 甘肃农业大学学报, 1-15[2024-05-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/62.1055.S.20240428.0947.015.html>.