

鸡蛋蛋黄比例研究综述

刘璐, 郑江霞, 徐桂云*

(中国农业大学动物科技学院, 畜禽育种国家工程实验室, 农业部动物遗传育种重点实验室, 北京 100193)

摘要: 蛋黄是鸡蛋的精华部分, 蛋黄比例是衡量鸡蛋营养价值的一项重要指标, 市场中不同消费群对鸡蛋中蛋黄的含量需求有所不同。掌握蛋黄比例的变化规律及其影响因素对产品质量和市场销售有重要的作用。本文从蛋黄比例的相关概念、研究意义及其影响因素等方面, 对蛋黄比例近几年相关研究结果进行了综述, 并提出对蛋黄比例研究和育种的思考, 为今后相关的研究工作提供参考。

关键词: 蛋黄比例; 蛋黄; 营养; 综述

Review of researches on yolk percentage in chicken egg

LIU Lu, ZHENG Jiang-Xia, XU Gui-Yun*

(MOA Key Laboratory of Animal Genetics and Breeding, National Engineering Laboratory for Animal Breeding, College of Animal Science & Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

ABSTRACT: Yolk is the essence of an egg, and yolk percentage is a key index to determine nutritional value of an egg. Different consumption groups demand for various amounts of yolk in an egg. Understanding the variation of yolk percentage and its influence factors can be important to the products quality and market sales. In this review, we summarize the definition, research significance and influence factors of yolk percentage, and present some research results and current research progress on yolk percentage. Moreover, some thinking on the research and breeding of yolk percentage is put forward, which will provide reference for future research works.

KEY WORDS: yolk percentage; yolk; nutrition; review

鸡蛋作为廉价且营养丰富的动物性食品, 在人民饮食中占据重要地位。而鸡蛋中营养成分最高的部分当属蛋黄, 它是鸡蛋中的精华部分。蛋黄不仅在鸡胚发育过程中提供主要营养需要, 其中的生物活性物质还被人们广泛用于医药、化妆品、纺织等非食用方面^[1]。蛋黄比例是衡量鸡蛋营养的一项重要指标, 而市场上不同消费者对鸡蛋中蛋黄含量的需求并不一致。因此面对不同的消费群体, 掌握蛋黄比例的变化规律及其影响因素对于产品质量和市场

销售有着重要的作用, 从而进一步提高经济效益。

1 蛋黄比例的概念

蛋黄比例(yolk percentage/proportion), 表示为(蛋黄重/全蛋重)×100%, 即蛋黄占整个蛋重的百分比。调整的蛋黄比例(adjusted percent yolk)可表示为[蛋黄重/(蛋重-干蛋壳重)]×100%^[2]。蛋黄比例有时也可用蛋黄蛋白比例表示^[1], 即鸡蛋中蛋黄与蛋清的比例。鸡蛋的蛋黄比例一般

基金项目: 国家蛋鸡产业技术体系(nycytx-41), 禽蛋高效清洁、分级及加工贮运技术研究与示范(201303084)

Fund: Supported by National System for Layer Production Technology (nycytx-41), Study and Demonstration on Efficient Clean, Classification, Processing and Storage Transportation of the Egg (201303084)

*通讯作者: 徐桂云, 教授, 主要研究方向为动物遗传育种及家禽品质检测。E-mail: ncppt@cau.edu.cn

*Corresponding author: XU Gui-Yun, Professor, College of Animal Science & Technology, China Agricultural University, No.2, Yuanmingyuan West Road, Beijing 100193, China. E-mail: ncppt@cau.edu.cn

在 30%~33%左右^[3, 4], 蛋黄蛋白比例或蛋黄比例影响了整个鸡蛋的固形物含量的大小^[5]。

2 研究蛋黄比例的意义

市场中不同消费群对鸡蛋中蛋黄的含量需求有所不同。然而, 近年来由于高血脂、冠心病发病率逐年上升, 以及人们对于鸡蛋蛋黄中脂质的误解, 蛋黄比例较低的鸡蛋反而愈发受到青睐。因此, 蛋黄比例的高低在一定意义上影响着人们的消费习惯, 而消费倾向同时也主导着蛋黄比例变化的趋势。

2.1 提高蛋黄比例的意义

2.1.1 蛋黄比例影响鸡蛋营养水平

蛋黄比例是衡量鸡蛋营养的一项重要指标, 蛋黄比例越大, 则鸡蛋的营养水平就越高^[6]。与含有 88% 的水分的蛋清相比, 鸡蛋中的保健成分几乎全部存在于蛋黄中。蛋黄包含了几乎所有维生素和微量元素, 以及胆碱、甜菜碱、类胡萝卜素、 ω -3 脂肪酸等多不饱和脂肪酸成分, 蛋黄中的胆碱、卵磷脂、DHA 等成分有助于婴幼儿的大脑发育; 类胡萝卜素在人体内转变成维生素 A, 具有抗氧化作用; 磷和钙等无机盐成分, 有利于人体的骨骼发育, 防止骨质疏松和软骨病等。蛋黄的营养物质对于处在生长发育中的婴幼儿和青少年起到了至关重要的作用。因此, 提高蛋黄比例相当于提高了鸡蛋的整体营养水平。

2.1.2 提高蛋黄比例可增加鸡蛋加工行业的产值

对于蛋制品加工业, 尤其是以蛋黄作为原料加工的蛋制品如蛋黄酱、蛋黄粉、蛋黄液等来说, 蛋黄含量的高低影响着其产品的质量和产量。除此之外, 蛋黄中含有多种生物活性物质, 其中一些已被用于医药、化妆品、纺织等非食品方面。如蛋黄中的卵磷脂具有良好的乳化性能, 因而被用于制药业注射用的脂乳剂^[1]; 蛋黄中最为丰富的磷脂具有高包被性和稳定性, 因此蛋黄脂质体被多次用作模型膜以及在实验中用作药物的载体^[1, 7-9]; 蛋黄中的高磷蛋白是一种天然的抗氧化剂, 能够抑制亚油酸的氧化^[1, 10]; 脂蛋白则可代替血清促进各种类型哺乳动物细胞的增生^[1]; 蛋黄中的唾液酸可被商业用于唾液酸酶抑制剂的生产以达到抗病毒效应^[1]。另外, 蛋黄中的 IgY 作为抗体能够抵抗多种抗原, 在免疫反应分析、免疫亲和层析以及疾病预防中代替昂贵的哺乳动物 IgG 抗体^[11]。鸡蛋蛋黄中生物活性物质的开发和应用具有广阔的市场前景, 而提高蛋黄比例符合鸡蛋加工业的需求, 不仅有助于增加鸡蛋的营养, 满足社会上食品业的需求, 并且能够为非食品业的生产提供更加优质的原料物质。

2.1.3 高蛋黄比例可作为蛋鸡选育的主要指标

罗曼公司的遗传学家 Anke Foster 从育种家的角度讨论“食用蛋和蛋品的质量标准”(Egg quality criteria for table

eggs and egg products)时, 列举了这方面的主要选育标准, 包括最大产蛋量、可售蛋的重量、优良的饲料效率、高蛋壳强度、可接受的鸡蛋内部质量(蛋白高度)、均一和典型的蛋壳颜色、有竞争力的孵化率以及高蛋黄比例^[11]。

有研究表明, 蛋黄比例与鸡蛋中干物质含量的估计遗传相关约为 0.91, 成强正相关关系, 因此可将蛋黄比例作为蛋鸡育种指标, 通过提高蛋黄比例进而提高鸡蛋品质^[12]。

可以看出, 提高鸡蛋中蛋黄的含量, 作为育种的指标, 不仅有助于增加鸡蛋的营养, 满足社会上食品业的需求, 并且能够作为商业蛋鸡品种的标志特点。

2.2 降低蛋黄比例的意义

2.2.1 降低蛋黄比例能够降低鸡蛋中胆固醇的含量

鸡蛋是人体摄入胆固醇的一个主要来源(动物的肝脏和心脏中也含有大量的胆固醇)^[13], 建议的胆固醇每天摄入量不宜超过 300 mg^[14, 15], 而每个鸡蛋中所含胆固醇有 250 mg^[15, 16]。鸡蛋的高胆固醇含量往往会引起中老年消费者的担忧。在美国, 消费者曾因担心胆固醇影响健康而减少了蛋的食用量, 从而对鸡蛋的销售市场造成了较大的影响。有文献证明, 鸡蛋中蛋黄比例最大时, 则胆固醇含量最高^[15, 17], 在保持蛋重的情况下, 减少相对蛋黄比例同时增加蛋白能够降低鸡蛋中总胆固醇含量^[18]。因此, 为适应部分消费者的消费心理要求, 降低胆固醇最直接的途径就是降低蛋黄比例。

2.2.2 降低蛋黄比例具有一定的经济意义

选育蛋白品质好, 且蛋黄少而蛋重不变的鸡种具有一定的实践意义。有研究表明鸡蛋组成是影响“剩余饲料消耗”的重要因素之一, 因为沉积单位重量的蛋黄比沉积单位重量的蛋白多消耗 3~4 倍的能量^[19, 20], 因此在生产单位重量蛋黄时所需的饲料比生产蛋白要高得多。因此, 若能在蛋重不变的情况下适当减少蛋黄含量, 则会在一定程度上提高饲料报酬, 提高经济效益。

3 蛋黄比例的遗传参数

3.1 遗传力

研究表明, 蛋黄比例的遗传力为中等, 数值大约在 0.2~0.4 之间。Jaffe 通过对商品代白来航鸡研究, 得出蛋黄比例遗传力约为 0.20^[21]。Mennicken 研究得出蛋黄比例的遗传力约为 0.50^[22]。Hartmann 利用白来航系蛋鸡对蛋黄比例的大小进行了一代的双向选择, 同时对蛋黄比例的遗传力进行了估计, 得出遗传力约为 0.38, 他提出蛋黄比例的加性效应能够使其获得较大的遗传进展, 通过早期选择能够持续提高产蛋期的蛋黄产量^[23]。Hartmann 再次利用白来航系蛋鸡研究了母体对雏鸡重的遗传效应和鸡蛋组成的直接遗传效应的相关关系, 对蛋黄比例的遗传力测算和估计

值约为 0.33, 证明了母鸡的遗传效应影响着鸡蛋蛋黄比例的大小^[24]。Icken 分别对白来航蛋鸡高低蛋黄比例组进行选择, 估计出蛋黄比例的遗传力大小约为 0.44, 并提出可通过蛋黄比例间接选择鸡蛋干物质含量^[12]。

蛋黄比例能够在一定程度上通过直接选择的育种手段进行提高^[1]。

3.2 蛋黄比例与其他性状的遗传相关

3.2.1 蛋黄比例与蛋黄重

白来航的研究中, 蛋黄比例与蛋黄重的遗传相关约为 0.52^[23]。乌骨鸡研究中, 蛋黄比例与蛋黄重的表型相关约为 0.837, 属强正相关^[25]; 说明蛋黄越重其占全蛋重量的比例也越大, 这也与蛋黄比例的表达式一致。

3.2.2 蛋黄比例与蛋重

在日龄等相同条件下, 蛋黄比例与蛋重呈负相关关系。Rodda 对加拿大农业动物研究所的家禽群体的蛋黄比例与蛋重的遗传相关估计结果在-0.28 到 -0.1 之间^[26]; Tawfik 的估计结果为-0.43^[27]; Mennicken 的估计结果约为-0.30^[22]; Hartmann 在白来航的研究中, 对蛋黄比例与蛋重的遗传相关估计结果约为-0.51^[23]。Icken 同样对白来航蛋鸡估计蛋黄比例与蛋重的遗传相关约为-0.76^[12]。龚道清对 42 周龄肉鸡所产蛋物理组成分析, 研究表明蛋的大小主要取决于蛋白重, 蛋愈大, 蛋白愈多, 蛋白比例愈大, 相应蛋黄比例愈小^[19]。关于丝羽乌骨鸡 300 日龄鸡蛋品质研究得出, 蛋重是影响蛋各部分组成的因素, 随着蛋重的增加, 蛋白比例增大, 而蛋黄比例、蛋壳比例降低^[28]。蛋黄蛋白比例是确定整个鸡蛋固形物含量的重要指标, 显著地受到鸡蛋大小的影响, 随着蛋重的增加蛋白增加, 而蛋黄逐渐下降^[5]。由此可以看出, 蛋黄比例和蛋重之间具有负遗传相关, 一般而言, 蛋重越大, 蛋黄比例越小。而在对蛋黄比例进行选择时, 会间接影响蛋重的大小, 从而影响孵出小鸡的体重及成年后母鸡体重^[29]。蛋黄比例随蛋重增加而减少其主要原因由于蛋过大或过小是蛋白分泌的结果, 同一周期连续所产蛋中, 蛋黄大小接近常数, 而蛋白的分泌差异较大, 致使蛋重增加时, 蛋黄蛋白比例下降^[30]。有研究表明, 过小或过大的鸡蛋其蛋白比例均高, 蛋黄比例均低^[31], 这主要由于产蛋初期或产蛋后期蛋重的影响大于产蛋中期蛋重的影响^[5]。

3.2.3 蛋黄比例与产蛋等性状的关系

一般来讲, 产蛋性状与蛋黄比例存在着一定的负遗传相关关系。蛋黄比例和总产蛋重的遗传相关为-0.3 (Tawfik, Mennicken), 产蛋数与蛋黄比例的遗传相关约为-0.06 (Mennicken)^[1, 22, 27]。Mennicken 估计了蛋黄比例与母鸡体重的遗传相关约为 0.21, 和采食量的遗传相关约为 0.16^[1, 22]。Hartmann 估计了蛋黄比例与采食量的遗传相关约为 0.64, 与料蛋比的遗传相关则为-0.25; 而与母鸡初产周龄的遗传相关为-0.34, 与母鸡 20 周、40 周、60 周体重

的遗传相关分别为 0.1、0.58 和 0.52。这说明产较大蛋黄比例的母鸡性成熟比产较小蛋黄比例的母鸡早。这样的鸡体重较大, 采食量较多, 但是有较低的料蛋比^[29]。

蛋黄比例与蛋比重存在着负相关关系。黄炎坤估计了这两性状在褐壳蛋和白壳蛋的相关系数, 褐壳蛋为-0.035, 白壳蛋为-0.255, 呈弱负相关, 且关系不显著, 说明随着蛋黄比例增加, 蛋的比重有减小趋势, 但不明显^[32]。房兴堂在对乌骨鸡种蛋的研究中同样估计了蛋黄比例与蛋比重的关系, 相关系数约为-0.538, 呈中等强度负相关, 且关系显著^[25]。以上说明这种相关关系与鸡蛋品种是有一定关系的。

4 影响蛋黄比例的因素

4.1 鸡本身因素

4.1.1 不同品种鸡的蛋黄比例不同

不同品种的鸡其蛋黄比例存在遗传差异, 品种变异度较大。海兰蛋鸡 32~40 周龄蛋黄蛋白比例(0.378~0.396) 低于 AA 肉鸡 35~71 周龄蛋黄蛋白比例(0.435~0.52)^[17]。对蛋鸡 4 个商业品种的蛋品质进行研究时得出, 蛋黄比例在各品种中差异显著, 其中东乡绿壳鸡蛋(29.47%) > 粉壳鸡蛋(26.03%) > 白壳鸡蛋(26.44%) > 褐壳鸡蛋(24.65%), 说明同等重量的鸡蛋, 绿壳鸡蛋营养物质高于粉壳、白壳与褐壳鸡蛋, 成为衡量鸡蛋食用质量的一个重要指标^[33]。在比较研究了 32~36 周龄不同品种鸡蛋品质后发现, 淮南鸡、闽中麻鸡的蛋黄比例显著高于罗曼褐鸡^[34]。还有研究发现, 40 周龄的尼克粉鸡和青壳蛋鸡与芳草鸡和苏禽黄鸡的蛋黄比例存在极显著差异, 其中苏禽黄鸡蛋的蛋黄比例最大, 尼克粉鸡蛋的蛋黄比率最小^[35]。比较不同品种、不同周龄鸡蛋营养成分研究发现, 初产蛋和 42 周龄蛋中, 北京油鸡的蛋黄比例最高, 白来航次之, 海兰褐最小^[36]。在不同蛋鸡品种对 30 周龄蛋品质影响的分析中发现, 新杨绿壳蛋鸡和淮南麻黄鸡蛋黄比例均高于海兰褐和海兰灰, 且差异极显著^[37]。藏鸡种蛋的蛋黄比例(34.44%)极显著高于科宝 500 肉鸡种蛋的蛋黄比例(29.29%), 表明藏鸡种蛋能够提供更高的营养成分^[38]。对贵妃鸡与文昌鸡鲜蛋品质研究得出, 相同饲养条件和日龄的贵妃鸡蛋黄蛋白比例显著高于文昌鸡, 两品种的遗传因素对其有显著影响^[39]。非培育品种或未经选择的鸡所产鸡蛋蛋黄占全蛋的比例较大^[40, 41], 出现这种差异主要原因在于选择反应的积累和杂种优势的作用^[41]。一般来说, 地方品种鸡蛋的蛋黄比例高于高产商业蛋鸡品系, 这主要是由于遗传的差异性引起的。

杂种优势可以提高蛋黄比例。利用白来航六个近交系进行了二元杂交和三元杂交实验的结果表明, 两种杂交方式均使蛋黄比例显著提高, 而三元杂交和二元杂交之间没有明显区别^[42]。利用白来航的两个品系和洛岛红鸡的两个品系进行 4×4 双列杂交, 其两两杂交后蛋黄比例的杂种优势率达到了 1.1%^[43]。

4.1.2 日龄影响蛋黄比例

一般情况下,蛋黄比例随周龄的增加而增大。对鸡蛋组成的影响因素研究中得出鸡蛋调整的蛋黄比例在 29~62 周龄中由 27.64%提高至 31.44%,并提出蛋黄产量大小对于食用蛋生产加工厂商更加重要^[2]。在强制换羽之前,相同蛋重条件下,较大周龄母鸡所产鸡蛋含有相对更多蛋黄,更少蛋清和蛋壳^[41]。在周龄对海兰蛋鸡(32~58 周)和 AA 肉鸡(35~71 周)鸡蛋蛋黄蛋白比例的影响研究中得出,两种鸡蛋蛋黄蛋白比例均随着周龄的增加而变大^[17]。在单冠白来航的周龄对鸡蛋中固形物含量的研究中得出,蛋黄蛋白比例在 28 周龄时最低,而在 55 和 78 周龄时最高,在 97 周龄时又有所下降。蛋重对蛋黄蛋白比例的影响 28 和 97 周龄时大于 55 和 78 周龄^[5],说明蛋重过大过小时对蛋黄蛋白比例的影响更大。在对鸡蛋蛋黄大小进行双向选择时发现两种选择方向的蛋黄比例都随年龄增加而增大^[23]。研究白来航、海兰褐以及北京油鸡的不同周龄鸡蛋营养成分得出,北京油鸡初产蛋的蛋黄比例极显著低于 42 周龄蛋,与 70 周龄差异不显著;白来航、海兰褐初产蛋的蛋黄比例极显著低于产蛋中期和末期。这种差异主要由于不同时期鸡蛋蛋重差别造成的,初产蛋蛋重较产蛋中期和末期小^[36]。对东乡绿壳蛋鸡不同饲养方式和不同周龄的鸡蛋品质进行研究中得出,无论是散养还是笼养,蛋黄比例始终随周龄增加而逐渐增大^[44]。蛋黄比例随母鸡周龄增加而增大主要因产蛋后期蛋重增加^[36],并且鸡蛋蛋黄量增大而蛋白量相对减少而导致的^[17]。蛋鸡初产的蛋黄较小,而随着周龄增长,蛋鸡脂质的沉积能力逐渐增强,使蛋黄增加;当进入产蛋后期,随着周龄增加,产蛋率逐渐下降,卵黄的形成也发生了一定变化^[30],推测产蛋率下降导致了卵黄过量沉积,使蛋黄比例增大。

4.2 饲料因素

4.2.1 饲料蛋白水平

增加饲料的蛋白水平可在一定程度上提高蛋黄比例。关于日粮粗蛋白水平对淮南麻黄鸡种鸡产蛋性能影响的研究中发现,17.0% CP 组的蛋黄比例显著高于 15.0% CP 组^[45]。Akbar 的研究得出,大蛋重组(56.8~63.7 g)的蛋黄比例在高蛋白日粮组(19%)比正常蛋白日粮组(15%)提高了 0.49%,且差异显著;但是对于中等蛋重组(49.7~56.7 g)和极大蛋重组(63.7 g 以上)则没有影响^[41]。在日粮中添加 1%、2%、3%的蚂蚁粉均能少量提高蛋黄比例,但未达到显著水平^[46]。日粮中过量的蛋白可能会使蛋重增加并且使鸡产生更多的能量^[47],但是多余的饲料蛋白不会对鸡蛋的组成性状产生影响^[48]。因为饲料中蛋白水平使蛋重较蛋黄重增加得更为明显,因此蛋黄比例提高不明显。

4.2.2 饲料矿物质水平

饲料中不同矿物质的添加水平对蛋黄比例的影响不同。含有亚麻籽的饲料中添加过量 Ca 使 DeKalb Delta 品

种鸡所产鸡蛋蛋白比例增加,蛋黄比例降低;而使海兰蛋鸡蛋蛋白比例降低,蛋黄比例增加^[18]。高铁和高硒的日粮使罗曼蛋鸡蛋蛋黄比例有所下降,而蛋重基本相同。其原因可能由于高铁高硒影响了蛋黄在卵泡内的沉积,使蛋白品质提高^[49]。

4.2.3 饲料中亚麻籽等不饱和脂肪酸的添加水平

亚麻籽中含有多不饱和脂肪酸,有研究表明,饲料中添加亚麻籽或其他多不饱和脂肪酸能够提高鸡蛋蛋白比例,降低蛋黄比例,但不会降低蛋重^[18, 50-52]。另外,当蛋鸡日粮中的脂质来源分别为棕榈油、大豆油、亚麻籽油时,由于棕榈油中含有较低含量的多不饱和脂肪酸,而亚麻籽油中含有大量的 ω -3 脂肪酸,因此棕榈油组的蛋黄比例显著高于亚麻籽油组^[53]。其原因可能为 ω -3 脂肪酸使生成肝脏脂肪的必需物质雌二醇降低,从而导致蛋黄形成受阻^[18]。也有研究提出, ω -3 脂肪酸使三酰甘油降低^[54],使卵黄沉积所需亲脂性物质降低,从而限制了卵黄的形成^[52]。

4.2.4 其他添加物

在苏禽青壳蛋鸡饲料中添加 7%的桑叶粉时,其蛋黄比例与其他添加量相比最高,蛋白比例最低,蛋白嫩度最佳^[55]。对矮小型蛋鸡添加 2.5%~10%桑饲料的研究中,各组蛋黄比例与对照组相比略有下降,但差异不显著^[56]。

对罗曼褐商品蛋鸡饲料中添加 1%陈皮,发现与对照组相比,蛋黄比例降低了 9%,其原因可能是由于陈皮中的陈皮苷影响了机体的神经内分泌系统同时对脂肪和胆固醇的吸收进行了干扰^[57]。

在日粮中添加少量花椒粉(0.1%~0.3%)可提高蛋白比例,降低蛋黄比例。其原因可能由于花椒粉提高了蛋鸡蛋白质与氨基酸的利用率,增加了机体蛋白质的合成代谢,从而使鸡蛋蛋白比例提高^[58]。

矮小型蛋鸡日粮中胱氨酸低于或高于正常需要水平时,蛋黄比例均会显著降低,这可能与鸡蛋脂质合成与代谢有关^[59]。

在日粮中添加蛋氨酸微量元素螯合物的研究中发现,20%的替代组可显著提高蛋黄比例,主要由于蛋氨酸微量元素螯合物在动物体内易于吸收,提高了饲料利用率,使蛋鸡对铁、铜、锌的储备和利用有效提高^[60]。

日粮中添加复合微生物制剂能够提高蛋黄比例,促进脂肪等物质向蛋黄中积累^[61]。在日粮中添加不同含量(5~25 mg/kg)的芽孢杆菌制剂,发现其蛋黄比例均有不同程度的提高,说明了芽孢杆菌制剂能够提高蛋鸡对脂类物质的利用率,增加了脂类物质在蛋中的含量^[62]。

日粮中添加 1%的杜仲素饲料后,芦花鸡所产蛋的蛋黄比例有所增加,表明杜仲素在一定程度上可以改善鸡蛋营养,提高鸡蛋品质^[63]。

饲料使蛋黄比例下降的原因多在于促进了机体对蛋白质的吸收和利用,从而提高了蛋白比例;或阻碍了卵黄

或卵黄中物质的形成,影响了蛋黄重量。饲料使蛋黄比例提高的原因多在于促进了机体对于蛋黄中特有物质如脂质或矿物质等的利用率,从而使蛋黄沉积提高。尽管不同种类饲料对蛋黄比例的影响各有不同,但与品种及周龄因素相比,饲料对于蛋黄比例的改变和影响较小。

4.3 相关基因及分子标记

张龙超发现,影响卵黄沉积的关键基因 CTSD 基因外显子 3 同义突变位点 CTSD-exon3-T240C 显著影响蛋黄重和蛋重,说明 CTSD 基因可能是影响蛋黄重和蛋重的主效基因之一,为对蛋品质性状进行标记辅助选择打下基础^[64]。

在矮小鸡群体中发现了低密度脂蛋白受体基因家族中 SORL1 基因的 SNP(A5466G)与蛋黄比例有一定关系,该 SNP 的 GG 基因型蛋黄比例显著高于 AA 型,但矮小鸡膨大部 SORL1 基因的表达量在该 SNP 的 3 个基因型之间无显著差异。说明该 SNP 不直接影响 SORL1 基因的表达量,推测 SNP(A5466G)可能位于造成显著相关“真正的 SNP”附近或与之高度连锁,间接影响蛋品质性状。因此, SORL1 基因可作为调控蛋品质性状的候选基因进行进一步研究^[65]。

在对丝羽乌骨鸡微卫星位点多态性与蛋品质性状相关分析的研究中发现,微卫星标记 MCW0289E 中, HH 基因型的蛋黄比例均值低于其他基因型,而微卫星标记 MCW0258 中 JO 基因型的蛋黄比例均值高于其他基因型,且差异显著。因此这两种基因型有望作为蛋黄比例高低的早期辅助选择标记^[66]。

4.4 其他因素

4.4.1 饲养方式

多数研究表明,笼养鸡所产蛋蛋黄比例高于散养鸡。对伊沙褐蛋鸡进行传统笼养和厚垫草养殖的研究发现,笼养的蛋黄比例最高^[67]。对 30 周龄四种蛋鸡(海兰褐、海兰灰、新杨绿壳蛋鸡、淮南麻黄鸡)分别进行笼养和散养实验,结果也发现四个品种笼养蛋黄比例均高于散养,且新杨绿壳蛋鸡差异极显著^[37]。周华侨在比较二郎山山地鸡散养和笼养方式下的蛋品质差异得出,散养条件下的蛋黄比例极显著高于笼养条件^[68]。Mohammed 的研究发现洛岛红鸡在半舍饲条件下,其蛋黄比例与室内饲养相比有所下降^[69]。出现这一现象的主要原因可能由于散养鸡相对于笼养鸡运动量较大,机体能量消耗较多^[44],使蛋黄沉积减少所致。

4.4.2 光照

减少日照时间可以降低蛋重,从而提高蛋黄比例,但日照长短对蛋黄重的大小是没有影响的^[1,70]。若将日照时间缩短至产蛋初期水平对蛋黄比例的影响不显著^[1,71]。也有文章提到,初春时的蛋黄较多,而晚春时则有所下降^[72]。

4.4.3 储存时间

对于一定时间内常温储存的鸡蛋,蛋黄比例随放置时间增加而增大^[73]。海兰褐鸡蛋存放天数 0~60 d 中,蛋黄比例由 25.8%增至 30.0%^[74]。对罗曼鸡蛋的研究得出鸡蛋在 29 °C 条件下储存 0~10 d 过程中,蛋黄比例随储存天数增加而变大^[75]。其原因可解释为,随着存放时间的增加,虽然蛋黄与蛋清中的水分不断蒸发,但是蛋黄中水分较少,蒸发后变化大,为保持平衡,蛋清中的水分更多渗入蛋黄,蛋清变薄,使蛋黄更接近蛋壳,蛋黄比例增大^[73]。

5 总结与思考

蛋黄作为鸡蛋中的精华部分,无论是丰富的营养物质还是用于加工产业开发的生物活性物质,对人类都发挥着重要的作用。市场上蛋黄的需求量因消费群的不同而具有很大的差异。因此,对于不同蛋黄比例鸡蛋的选择则显得尤为重要。蛋黄比例则代表着蛋黄在整个鸡蛋中所占据的重要作用。影响蛋黄比例最重要的因素仍然是遗传因素,其次是周龄大小的影响,然而为达到更理想的选择效果,尽管饲料等因素对于蛋黄比例的影响较小,但对于蛋黄的改善应同时结合育种、管理和饲料共同进行。另外,在对蛋黄进行选择时,还应考虑其他蛋品质性状或生产性状的改变程度,不应一味地提高或降低蛋黄比例,而忽略了对其他性状的影响。应做到统筹兼顾,最终才能达到最大收益。

参考文献

- [1] Hartmann C, Wilhelmson M. The hen's egg yolk: a source of biologically active substances [J]. *World's Poultry Sci J*, 2001, 57(1): 13-28.
- [2] Fletcher DL, Britton WM, Rahn AP, *et al.* The influence of layer flock age on egg component yields and solids content [J]. *Poultry Sci*, 1981, 60(5): 983-987.
- [3] Roberts JR. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens [J]. *JPoultSci*, 2004, 41(3): 161-177.
- [4] Stadelman W J. Quality identification of shell eggs[M]. *Egg Science and Technology*. 1995: 39.
- [5] Ahn DU, Kim SM, Shu H. Effect of egg size and strain and age of hens on the solids content of chicken eggs [J]. *Poultry Sci*, 1997, 76(6): 914-919.
- [6] 赵春晓. 桑叶粉在蛋鸡饲料添加剂中的应用研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2007.
Zhao CX. Studies on the mulberry leaf powder as additive in the feedstuff of laying hens [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2007.
- [7] Gabrielska J, Gruszecki WI. Zeaxanthin (dihydroxy- β -carotene) but not β -carotene rigidifies lipid membranes: a ¹H-NMR study of carotenoid-egg phosphatidylcholine liposomes [J]. *Biochim Biophys Acta (BBA): Biomembr*, 1996, 1285(2): 167-174.
- [8] Tyurin-Kuz'Min A. Properties of the biomembrane lipid phase optimization to high pressure [J]. *Membr Cell Biol*, 1997, 11(2): 243.
- [9] Woodall AA, Britton G, Jackson MJ. Carotenoids and protection of phospholipids in solution or in liposomes against oxidation by peroxy

- radicals: relationship between carotenoid structure and protective ability [J]. *Biochim Biophys Acta(BBA): Gen Sub*, 1997, 1336(3): 575–586.
- [10] Yamamoto Y, Omori M. Antioxidative activity of egg yolk lipoproteins [J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 1994, 58(9): 1711–1713.
- [11] WPSA. Quality of Eggs and Egg Products [J]. *PoultInt*, 1998, 37(2): 14–24.
- [12] Icken W, Looft C, Schellander K, *et al*. Implications of genetic selection on yolk proportion on the dry matter content of eggs in a White Leghorn population [J]. *Brit Poult Sci*, 2014, 55(3): 291–297.
- [13] 宋素芳, 康相涛, 邓雪娟, 等. 饲养方式及日粮对固始鸡蛋胆固醇含量的影响[C]. 第十一次全国家禽学术讨论会, 2003.
- Song SF, Kang XT, Deng XJ, *et al*. Effect of feeding method and diet on egg cholesterol contents in Gushi laying hens [C]. 11th Chinese Poultry Symposium, 2003.
- [14] Brown WV. Dietary recommendations to prevent coronary heart disease[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 1990, 598(1): 376–388.
- [15] Campo JL. Comparative yolk cholesterol content in 4 spanish breeds of hens, an f2 cross, and a white leghorn population [J]. *Poultry Sci*, 1995, 74(7): 1061–1066.
- [16] Van EME, Schake LS, Hargis PS. Research note: Evaluation of two extraction methods for the determination of egg yolk cholesterol [J]. *Poultry Sci*, 1991, 70(5):1258–1260.
- [17] Hussein SM, Harms RH, Janky DM. Research note: effect of age on the yolk to albumen ratio in chicken eggs [J]. *Poultry Sci*, 1993, 72(3): 594–597.
- [18] Novak C, Scheideler SE. Long-term effects of feeding flaxseed-based diets1Egg production parameters, components, and eggshell quality in two strains of laying hens [J]. *Poultry Sci*, 2001, 80(10): 1480–1489.
- [19] 龚道清, 张军, 郑云, 等. 肉用种鸡屠体肥度性状与蛋物理组成关系研究[J]. *中国家禽*, 2004, (S1): 96–98.
- Gong DQ, Zhang J, Zheng Y, *et al*. Study on the relationship between fatness and egg composition in broiler breeders [J]. *China Poultry*, 2004, (S1): 96–98.
- [20] Luiting P. Genetic variation of energy partitioning in laying hens: causes of variation in residual feed consumption [J]. *World's Poult Sci J*, 1990, 46: 133–152.
- [21] Jaffe WP. The relationships between egg weight and yolk weight [J]. *Brit Poult Sci*, 1964, 5(3): 295–298.
- [22] Mennicken L, Preisinger R, Tholen E. Breeding for higher egg solids: Proceedings of the XX world's poultry science congress [C]. New Dekli, 1996.
- [23] Hartmann C, Johansson K, Strandberg E, *et al*. One-generation divergent selection on large and small yolk proportions in a White Leghorn line [J]. *Brit Poult Sci*, 2000, 41(3): 280–286.
- [24] Hartmann C, Johansson K, Strandberg E, *et al*. Genetic correlations between the maternal genetic effect on chick weight and the direct genetic effects on egg composition traits in a White Leghorn line [J]. *Poultry Sci*, 2003, 82(1): 1–8.
- [25] 房兴堂, 赵春梅, 丁梅. 乌骨鸡种蛋物理性状分析及对孵化率影响研究[J]. *陕西农业科学*, 2004, (05): 39–42.
- Fang XT, Zhao CM, Ding M. Influences of physical traits for the breed eggs on hatch rate of silk fowl [J]. *Shanxi J Agric Sci*, 2004, (05): 39–42.
- [26] Rodda DD, Friars GW, Gavora JS, *et al*. Genetic parameter estimates and strain comparisons of egg compositional traits 1 [J]. *Brit Poult Sci*, 1977, 18(4): 459–473.
- [27] Tawfik ES, Horst P, Petersen J. Untersuchungen an legehennen uber genetische fundierung und beziehungen von legeleistung, legeriefe, korpergewicht und kriterien der eibeschaffenheit 2phanotypische und genetischebeziehungen [J]. *Arch Fur Geflugelkunde*, 1981, 45: 166–175
- [28] 康丽, 孟凡玲, 孟祥军, 等. 丝羽乌骨鸡新品系蛋用性能选育进展[C]. 第十一次全国家禽学术讨论会, 2003.
- Kang L, Meng FL, Meng XJ, *et al*. Breeding progress of egg production traits in new strains of silky chicken [C]. 11th. Chinese Poultry Symposium, 2003.
- [29] Hartmann C, Strandberg E, Rydhmer L, *et al*. Genetic relations of yolk proportion and chick weight with production traits in a White Leghorn line [J]. *Brit Poult Sci*, 2003,44(2): 186–191.
- [30] 张佳兰, 高玉鹏, 咎林森, 等. 蛋鸡周龄对蛋质量和蛋黄占蛋白比例的影响[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2007, (08): 65–68.
- Zhang JL, Gao YP, Zan LS, *et al*. Effect of age of hen on egg weight and yolk to albumen ratio in brown hens [J]. *J Northwest A F Univ (Nat Sci Ed)*, 2007, (08): 65–68.
- [31] 韩占兵, 李婉平, 沈禹颀, 等. 肉鸽蛋与鸡蛋生物学特性的比较[J]. *甘肃畜牧兽医*, 1997, (04): 5–7.
- Han ZB, Li WP, Shen YY, *et al*. Comparison of biological characteristics between chicken eggs and pigeon eggs [J]. *Gansu Anim Vet Sci*, 1997, (04): 5–7.
- [32] 黄炎坤, 王金合. 不同类型鸡蛋物理性状的测定与分析[J]. *河南畜牧兽医*, 2000, (08): 9–11.
- Huang YK, Wang JH. Assay and analysis of physicaltraits for different types of eggs [J]. *Henan J Anim HusVet Med*, 2000, (08): 9–11.
- [33] 徐桂云, 侯卓成, 宁中华, 等. 不同蛋鸡品种蛋品质分析比较研究[J]. *河北畜牧兽医*, 2003, (08): 19–35.
- Xu GY, Hou ZC, Ning ZH, *et al*. Egg quality comparison and analysis of different breeds of hens [J]. *Hebei Anim Hus Vet Med*, 2003, (08): 19–35.
- [34] 王立克, 戴四发, 汪金菊, 等. 不同品种鸡蛋品质及营养成分比较研究 [J]. *畜牧与兽医*, 2005, (07): 33–34.
- Wang LK, Dai SF, Wang JJ, *et al*. Egg quality and nutrition comparison of different breeds of hens [J]. *Anim Hus Vet Med*, 2005, (07): 33–34.
- [35] 郭春燕, 杨海明, 王志跃, 等. 不同品种鸡蛋品质的比较研究[J]. *家禽科学*, 2007, (2): 12–14.
- Guo CY, Yang HM, Wang ZY, *et al*. Comparison of egg quality among diferent kinds of chicken [J]. *Poultry Sci*, 2007, (2): 12–14.
- [36] 孙蕊聪, 杨宁, 郑江霞, 等. 不同品种、不同周龄鸡蛋营养成分比较研究[J]. *中国畜牧杂志*, 2009, (19): 62–65.
- Sun HC, Yang N, Zheng JX, *et al*. Comparison of nutritional composition of eggs reproduced by different breeds at different weeks of age [J]. *Chin J Anim Sci*, 2009, (19): 62–65.
- [37] 刘伟, 李俊营, 詹凯, 等. 不同蛋鸡品种和饲养方式对 30 周龄蛋品质的影响: 安全优质的家禽生产[C]. 第十五次全国家禽学术讨论会, 2011.
- Liu W, Li JY, Zhan K, *et al*. Effects of different breeds and rearing systems on egg quality of 30 weeks [C]. 15th Chinese Poultry Symposium, 2011.
- [38] 于雷, 董传豪, 王爱华, 等. 藏鸡和肉鸡种蛋品质的比较分析[J]. *畜牧*

- 与兽医, 2013, 45(11): 50-52.
- Yu L, Dong CH, Wang AH, *et al.* Comparative analysis of egg quality between tibetan chicken and broiler chicken breeding eggs [J]. Anim Hus Vet Med, 2013, 45(11): 50-52.
- [39] 张晋银, 高晓, 王学梅. 贵妃鸡与文昌鸡鲜蛋品质及营养成分含量比较[J]. 中国家禽, 2014, 36(006): 48-50.
- Zhang JY, Gao X, Wang XM. Comparative analysis of egg quality and nutritional components between royal chicken and Wenchang chicken eggs [J]. China Poultry, 2014, 36(006): 48-50.
- [40] 张佳兰, 高玉鹏. 鸡蛋品质研究现状[J]. 山东家禽, 2003, (05): 44-47.
- Zhang JL, Gao YP. Research status of egg quality [J]. Shandong Poultry, 2003, (05): 44-47.
- [41] Akbar MK, Gavora JS, Friars GW, *et al.* Composition of eggs by commercial size categories - effects of genetic group, age, and diet [J]. Poultry Sci, 1983, 62(6): 925-933.
- [42] Abplanalp H, Peterson SJ, Okamoto S, *et al.* Heterosis, recombination effects and genetic variability of egg composition in inbred lines of White Leghorns and their crosses [J]. British Poultry Sci, 1984, 25(3): 361-367.
- [43] Brenoe UT. Food efficiency in pure strains and hybrids of laying hens analysed in a diallel cross. I. Effect of total heterosis on important traits [J]. Acta Agr Scand A-AN, 1996, 46(3): 137-143.
- [44] 王晓亮, 徐桂云, 郑江霞, 等. 不同饲养方式对绿壳蛋鸡产蛋性能和蛋品质的影响[C]. 第十四次全国家禽科学学术讨论会, 2009.
- Wang XL, Xu GY, Zeng JX, *et al.* Effects of rearing systems on performance and egg quality of blue-shell eggs [C]. 14th Chinese Poultry Symposium, 2009.
- [45] 朱由彩, 李吕木, 詹凯, 等. 日粮粗蛋白水平对淮南麻黄鸡种鸡产蛋性能的影响[J]. 中国家禽, 2013, (08): 25-29.
- Zhu YC, Li LM, Zhan K, *et al.* Effects of crude protein level on performance of huainan partridge chicken breeder during the middle laying period [J]. China Poultry, 2013, (08): 25-29.
- [46] 易国强, 李小青, 杨海荣, 等. 日粮添加蚂蚁粉对鸡蛋品质影响的研究[J]. 中国家禽, 2011, (10): 9-12.
- Yi GQ, Li XQ, Yang HR, *et al.* Effect of dietary ant powder on egg quality of layers [J]. China Poultry, 2011, (10): 9-12.
- [47] Somers JD, S Leeson. Poultry nutrition handbook [M]. Ontario Ministry of Agriculture and Food, 1976.
- [48] Hamilton R. The effects of dietary protein level on productive performance and egg quality of four strains of white leghorn hens [J]. Poultry Sci, 1978, 57(5): 1355-1364.
- [49] 曹盛丰, 陈鲁勇, 程美蓉, 等. 高铁高晒日粮对鸡蛋品质的影响[J]. 中国家禽, 2000, (05): 9-10.
- Cao SF, Chen LY, Cheng MR, *et al.* Study on significance of plasma BGP, AKP, calcium and phosphorus for diagnosis of cage layer osteoporosis [J]. China Poultry, 2000, (05): 9-10.
- [50] Caston LJ, Squires EJ, Leeson S. Hen performance, egg quality, and the sensory evaluation of eggs from SCWL hens fed dietary flax [J]. Can J Anim Sci, 1994, 74(2): 347-353.
- [51] Scheideler SE, Froning GW. The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form, and storage conditions on egg production and composition among vitamin E-supplemented hens [J]. Poultry Sci, 1996, 75(10): 1221-1226.
- [52] 王利华. 多不饱和脂肪酸在鸡蛋中沉积及应用效果的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2001.
- Wang LH. Accumulation of polyunsaturated fatty acid in yolk and its application to prevent atherosclerosis of rat [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2001.
- [53] Ardita Jahja, MA Grashorn, W Bessei, *et al.* Effect of physical activity of laying hens on egg quality [J]. Arch Geflügelk, 2011, 75 (4): S279-284.
- [54] Phetteplace HW, Watkins BA. Lipid measurements in chickens fed different combinations of chicken fat and menhaden oil [J]. J Agric Food Chem, 1990, 38(9): 1848-1853.
- [55] 王道营, 陈菲, 诸永志, 等. 饲料中添加桑叶粉对鸡蛋蛋白氨基酸组成及质构的影响[J]. 福建农业学报, 2011, (06): 994-996.
- Wang DY, Chen F, Zhu YZ, *et al.* Effects of mulberry leaf (folium mori) powder in hen diets on amino acid composition and texture profiles of egg protein [J]. Fujian J Agric Sci, 2011, (06): 994-996.
- [56] 张晓梅, 任发政, 葛克山. 饲料中添加桑饲料对蛋鸡生产性能和鸡蛋品质的影响[J]. 食品科学, 2007, (03): 89-91.
- Zhang XM, Ren FZ, Ge KS. Effects of mulberry leaves on performance of hen laying and eggs quality [J]. Food Sci, 2007, (03): 89-91.
- [57] 胡忠泽, 张银平, 王立克. 陈皮对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[J]. 饲料研究, 2011, (05): 47-49.
- Hu ZZ, Zhang YP, Wang LK. Effects of tangerine peel on performance and egg quality of hens [J]. Feed Res, 2011, (05): 47-49.
- [58] 白建. 日粮添加花椒粉对鸡蛋品质的影响[J]. 中国家禽, 2013, (10): 46-48.
- Bai J. Effects of zanthoxylum powder on egg quality [J]. China Poultry, 2013, (10): 46-48.
- [59] 包显颖, 杨青, 李藏兰, 等. 日粮中添加不同水平胱氨酸对矮小型蛋鸡生产性能和蛋品质及抗氧化性能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2014, 50(1): 35-39.
- Bao XY, Yang Q, Li ZL, *et al.* Effect of different levels of cystine on the laying performance, egg quality and antioxidant capacity of dwarf layers [J]. Chin J Anim Sic, 2014, 50(1): 35-39.
- [60] 赵波, 丁雪梅, 张克英, 等. 蛋氨酸微量元素螯合物对产蛋鸡蛋品质及生理功能的影响[J]. 四川农业大学学报, 2005, (02): 238-243.
- Zhao B, Ding XM, Zhang KY, *et al.* Effects of amino acid trace mineral chelates on egg quality and physiological function of laying hens [J]. J Sichuan Agric Univ, 2005, (02): 238-243.
- [61] 白子金, 宋良敏, 高林. 复合微生态制剂对产蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, (08): 3424-3425.
- Bai ZJ, Song LM, Gao L. Effects of compound probiotics on production performance and egg quality of laying hens [J]. J Anhui Agric Sci, 2013, (08): 3424-3425.
- [62] 张旭, 周旺平, 胡艳, 等. 芽孢杆菌制剂对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[J]. 家畜生态学报, 2010, (06): 34-38.
- Zhang X, Zhou WP, Hu Y, *et al.* Effects of bacillus on performance and egg quality of layers [J]. J Domest Anim Ecol, 2010, (06): 34-38.
- [63] 张琳杰, 彭胜, 张昌伟, 等. 日粮中添加杜仲素对鸡蛋品质的影响[J]. 广东农业科学, 2013, 40(17): 113-114.
- Zhang LJ, Peng S, Zhang CW, *et al.* Effects of Eu-commiin in diet on egg's quality [J]. Guangdong Agric Sci, 2013, 40(17): 113-114.
- [64] 张龙超. 鸡蛋品质性状遗传参数及相关候选基因研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2007.
- Zhang LC. Studies on genetic parameters for and candidate genes

- associated with egg quality traits in chickens [D]. Beijing: China Agricultural University, 2007.
- [65] 张莹, 陈志炫, 徐桂云, 等. SORL1 基因与蛋品质性状相关分析研究: 安全优质的家禽生产[C]. 第十五次全国家禽学术讨论会, 2011.
Zhang Y, Chen ZX, Xu GY, *et al.* Correlation analysis between SORL1 gene and egg quality traits [C]. 15th China Poultry Symposium, 2011.
- [66] 孟祥军. 丝羽乌骨鸡微卫星位点多态性及其与蛋品质性状的相关分析 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2004.
Meng XJ. Correlation analysis between polymorphism of microsatellite markers and egg quality traits in silkies [D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2004.
- [67] Pištěková V, Hovorka M, Večerek V, *et al.* The quality comparison of eggs laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system [J]. Czech J Anim Sci, 2006, 51(2006): 318–325.
- [68] 周华桥, 朱庆, 舒刚, 等. 散养和笼养条件下二郎山山地鸡蛋肉兼用系蛋, 肉品质分析比较 [J]. 畜牧与兽医, 2012, 44(11): 39–40.
Zhou HQ, Zhu Q, Shu G, *et al.* Comparative analysis of egg and meat quality between Cage-rearing and Randomly-rearing erlang mountain chicken [J]. Anim Hus Vet Med, 2012, 44(11): 39–40.
- [69] Mohammed KAF, Sarmiento-Franco L, Santos-Ricalde R, *et al.* Egg production, egg quality and crop content of Rhode Island Red hens grazing on natural tropical vegetation [J]. Trop Anim Health Prod, 2013, 45: 367–372.
- [70] Petersen J, Luke F, Schaten-Romberg M. Untersuchungen zur beleuchtung und fütterung von legehhybriden verschiedener herkunft in der aufzuchtperiode [J]. Arch Geflugelkd, 1986, 50: 54–64.
- [71] Petersen J, Luke F, Ziegler W, *et al.* Reaktion von friih-und spatreifen legehhybriden auf unterschiedliche aufzuchtbehandlungen [J]. Arch Geflugelkd, 1986, 50: 218–224.
- [72] 朱骞, 赵茹茜. 蛋黄的形成及其调控[J]. 畜牧与兽医, 2003, (09): 39–41.
- Zhu Q, Zhao RQ. Egg yolk deposition and regulation [J]. Anim Hus Vet Med, 2003, (09): 39–41.
- [73] Sharp PF, Powell CK. Decrease in interior quality of hens' eggs during storage as indicated by the yolk [J]. Ind Eng Chem, 1930, 22: 908–910.
- [74] 王洪芳, 黄仁录, 陈辉, 等. 储藏时间对鸡蛋品质的影响[M]. 京津冀畜牧兽医科技创新交流会暨新思想、新观点、新方法论坛, 2008: 268–271.
Wang HF, Huang RL, Chen H, *et al.* Influence of preservation time on egg quality [M]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine Innovation Exchange Meeting in Beijing, Tianjin and Hebei, 2008: 268–271.
- [75] YH Jin, KT Lee, WI Lee, *et al.* Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production [J]. Asian Aust J Anim Sci, 2011, 24(02): 297–284.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



刘 璐, 硕士研究生, 主要研究方向为动物遗传育种及家禽品质检测。
E-mail: danke1205@163.com



徐桂云, 教授, 硕士生导师, 主要研究方向为动物遗传育种及家禽品质检测。
E-mail: ncpt@cau.edu.cn