

鸡蛋壳暗斑成因

Apreliminary inquiry into causes of dark spots in egg shell

张铭容 叶劲松 李昕阳 张子丽 韩静静 王雨涵

ZHANG Ming-rong YE Jin-song LI Xin-yang ZHANG Zi-li HAN Jing-jing WANG Yu-han

(四川农业大学食品学院, 四川 雅安 625014)

(College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China)

摘要:通过对正常鸡蛋壳及暗斑鸡蛋壳中暗斑部、无斑部石灰质硬蛋壳的硬度、厚度、水分和蛋白质含量,以及壳下膜厚度、蛋白质含量进行测定,并结合其超微结构比较分析,对鸡蛋壳暗斑的产生原因进行初步探索。结果表明:与无斑组、正常组相比较,暗斑组的石灰质硬蛋壳硬度最小,含水量最大,差异极显著($P<0.01$),而无斑组和正常组无差别;3组之间石灰质硬蛋壳厚度没有差异,但暗斑组壳下膜厚度极显著低于无斑组和正常组($P<0.01$),无斑组壳下膜厚度显著低于正常组($P<0.05$);石灰质硬蛋壳的蛋白质含量无显著差异($P>0.05$),而暗斑蛋壳下膜蛋白质含量极显著低于正常蛋($P<0.01$)。经扫描电镜对石灰质硬蛋壳的断面、内外表面及壳下膜的内外表面观察发现,与无斑组及正常组相比较,暗斑组的石灰质硬蛋壳及壳下膜整体表现出明显的质地疏松,且孔隙较多。通过对检测指标及超微结构图像的综合分析,初步判断鸡蛋壳暗斑的形成是由于壳下膜在暗斑位置厚度较薄,网孔较大,致使蛋内水分更易通过该膜渗透进入石灰质硬蛋壳,进而被石灰质硬蛋壳中该部分较多的缝隙所容纳,从而在宏观上形成暗斑。

关键词:鸡蛋;暗斑;成因;水分

Abstract: In order to preliminarily explore the causes of eggshell dark spots, the thickness, hardness, moisture and protein content of calcareous hard eggshell, and the thickness and protein content of shell membrane were measured in the normal eggshell and dark spots portion as well as no spots portion of dark spots eggshell, and the ultra structure was also studied results: The hardness of calcareous hard eggshell of dark spots eggshell was minimum, and its water content was maximum, which were highly significant ($P<0.01$) compared with other groups; However, there with no difference between spots group and the normal group. The thickness of calcareous hard shell was similar among the three groups, while that of shell membrane

was highly significant ($P<0.05$). In addition, protein content of calcareous hard shell of three groups had no significant difference ($P>0.05$), while that of shell membrane of dark spots egg was much lower than the normal egg ($P<0.01$). The result of scanning electron microscope showed that both the calcareous hard shell and shell membrane of dark spots group had more significant loose texture and porosity features than other groups. In conclusion, the formation of dark spots was mainly due to that the shell membrane under eggshell dark spots was thin with large mesh, resulting in moisture of the egg permeated through the shell membrane into the calcareous hard shell easily, and then the moisture was absorbed by calcareous hard shell, resulting in the formation of dark spots gradually.

Keywords: egg; dark spot; causes; moisture

中国拥有丰富的禽蛋资源,是世界禽蛋生产和消费大国,但在鸡蛋的消费结构中,95%以上都是以鲜蛋形式销售^[1]。而在鲜蛋销售中,蛋壳外观质量是禽蛋品质的重要特性之一,极大程度影响着鲜蛋的销售状况。鸡蛋壳暗斑是蛋壳表面多处表现出的肉眼可见、色泽深暗的斑点。暗斑鸡蛋表面光洁度正常,经透视法观察,鸡蛋暗斑处透光性强形成亮斑。暗斑大小不一,形状各异,在新鲜鸡蛋中出现几率很小,但随着贮藏时间的增加,暗斑会在部分鸡蛋壳上出现并逐渐增多扩大,以致最终遍布鸡蛋全身。目前,关于暗斑鸡蛋的研究很少。刘继承等^[2]将此现象称为“薄斑”,指出蛋壳暗斑是由于蛋壳厚度不均而形成的,壳膜蛋白分泌不足是蛋壳形成暗斑的原因之一,但仅仅通过理论分析,以及对暗斑鸡蛋与正常鸡蛋的石灰质硬蛋壳、壳下膜的厚度进行验证,试验数据不充分,且未探讨暗斑鸡蛋壳无斑部与暗斑部、正常蛋壳间的关系。庄宏等^[3]研究了两种保鲜剂对鸡蛋壳暗斑及蛋品质的影响,发现暗斑鸡蛋占总蛋数量的比例随着贮藏时间的延长而增加。因此找出暗斑形成的原因以及避免蛋壳暗斑的产生或消除已产生的暗斑已成为亟待解决的问题。

作者简介:张铭容,女,四川农业大学在读硕士研究生。
通讯作者:叶劲松(1967—),男,四川农业大学副教授,硕士。
E-mail: yjsh529@163.com

收稿日期:2015—12—21

本研究拟通过测定暗斑鸡蛋壳中暗斑部、无斑部及正常鸡蛋壳的蛋壳厚度、蛋壳硬度、含水量、蛋白质含量等重要理化指标及超微结构,探讨三者间各指标的差异,初步分析暗斑形成的原因,为深入解决鸡蛋壳暗斑问题提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 原材料

鸡蛋:于四川雅安市雨城区吉选超市挑选同一品种,同一批次编码的,蛋重、蛋形指数相近的粉壳蛋若干。其中选取暗斑部占整个蛋壳约 50%的暗斑鸡蛋,及蛋壳表面无斑且透光性一致的正常鸡蛋。将购买的鸡蛋贮藏于温度 25℃,相对湿度 60%~80%的环境中备用。

1.1.2 试剂

G-250 考马斯亮蓝试剂:分析纯,南京奥多福尼生物科技有限公司;

结晶牛血清白蛋白(BSA):生物试剂,南京奥多福尼生物科技有限公司;

福林酚试剂:生化试剂,上海金穗生物科技有限公司;
95%乙醇、硫酸铜、硫酸钾、氢氧化钠、戊二醛、丙酮、浓硫酸:分析纯,成都市科龙化工试剂厂。

1.1.3 仪器与设备

恒温水浴锅:SHHW21-420 型,北京市永光明医疗仪器厂;

电子天平:BT124S 型,德国 Sartorius 公司;
恒温干燥箱:ZDRD-A5030 型,上海智城分析仪器制造有限公司;

紫外—可见分光光度计:UV-2102PCS 型,尤尼柯上海仪器有限公司;

场发射扫描电子显微镜:JSM-7500F 型,日本 JEOLLTD 公司;

物性测试仪:TA-XTPlus 型,英国 SMS 公司;
低温高速离心机:Thermo-ST16R 型,北京联合科力科技有限公司;

纯水仪:Millipore Milli-Q 型,四川优普超纯科技有限公司;
电子显数千分尺:0~25 mm,南京苏测计量仪器有限公司。

1.2 检测指标及方法

1.2.1 鸡蛋壳样品处理 将鸡蛋壳外表面清洗干净,用剪刀将蛋的一端沿着长径剪开成为两半,小心将壳下膜与石灰质硬蛋壳分离,用清水将石灰质硬蛋壳内表面清洗干净后,用滤纸擦干,备用。用单面刀片仔细分离暗斑鸡蛋壳中暗斑部为暗斑组,无斑部为无斑组;正常鸡蛋壳分为正常组。

1.2.2 石灰质硬蛋壳硬度测定 分别测定石灰质硬蛋壳钝端、赤道和锐端 3 个部分,比较暗斑组、无斑组和正常组的硬度大小。将测定的蛋壳切割为 3 mm×3 mm 大小的块状,且使暗斑鸡蛋壳中需检测的暗斑部和无斑部均处于其中心位置。

采用 TA.XT.plus 质构仪测定,利用 T.A.Settings 中的

Return to start 模式。在 Return to start 模式中,硬度定义为第一次样品受挤压变形时,物体所产生应力的最大峰值,从而测定出蛋壳的硬度(Hardness)。测定参数:探头型号 P/2N 针型探头,测前速度 1.0 mm/s,测中速度 2.0 mm/s,测后速度 2.0 mm/s,最大位移 0.6 mm,最小触发力 5 g。将要测定的蛋壳凹面朝上,探头测定其中心位置,每组样品做 10 个独立重复,每个重复平行测定 10 次,求平均值,单位用 g 表示。

1.2.3 石灰质硬蛋壳含水量测定 取剥离的暗斑组、无斑组和正常组的石灰质硬蛋壳各 2 g,记为样品重 M_1 ,放入恒重的称量瓶中于 105℃的烘箱中烘干,每隔 8 h 进行称量,记录,直到恒重,前后误差不超过 0.000 5 g,前后值求平均记为 M_2 ,根据式(1)进行计算。

$$C = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\%, \tag{1}$$

式中:

C ——含水量,%;

M_1 ——剥离后各组石灰质硬蛋壳的质量,g;

M_2 ——烘干后各组石灰质硬蛋壳的质量,g。

1.2.4 蛋壳厚度测定

(1) 石灰质硬蛋壳厚度测定:根据石灰质硬蛋壳钝端、赤道和锐端分为 3 个部分,用单面刀片将暗斑鸡蛋各部分中的暗斑处和无斑处进行剥离,用电子千分尺分别对暗斑组、无斑组和正常组进行测定,每组样品做 10 个独立重复,每个重复平行测定 10 次,求平均值,单位用 mm 表示,结果精确到 0.001 mm。

(2) 壳下膜厚度测定:用孔径直径 2 mm 的打孔器将暗斑鸡蛋中钝端、赤道、锐端的暗斑处和无斑处进行剥离,再将蛋壳去掉,取出完整的壳下膜,用电子千分尺分别对暗斑组、无斑组和正常组进行测定,每组样品做 10 个独立重复,每个重复平行测定 10 次,求平均值,单位用 μm 表示。

1.2.5 蛋白质含量测定

(1) 石灰质硬蛋壳蛋白质含量测定:以一个蛋为单位,剥离暗斑鸡蛋中暗斑部、无斑部为暗斑组和无斑组进行比较,将样品研碎,参照周光玉等^[4]采用考马斯亮蓝法(以下简称 Bradford 法)测定石灰质硬蛋壳蛋白质的含量,并在此基础上完善。每组样品做 10 个独立重复,每个重复平行测定 2 次,求平均值,单位用 $\mu\text{g/g}$ 表示。

(2) 壳下膜蛋白质含量测定:将暗斑覆盖率达到 80%以上的暗斑鸡蛋壳下膜小心取下,与正常鸡蛋壳下膜作比较,参照 GB 5009.5—2010 中凯氏定氮法进行测定。每组样品做 10 个独立重复,每个重复平行测定 3 次,求平均值,单位用%表示。

1.2.6 蛋壳超微结构观察

(1) 样品处理:将分离出的暗斑组、无斑组、正常组 3 组石灰质硬蛋壳进行清洗,干燥保存。将分离出的各组壳下膜放入 0.2 mol/L 磷酸缓冲液(pH=7.4)配制的 5%戊二醛溶液中固定 4 h,再用此缓冲液冲洗 3 次,每次 20 min,用丙酮脱水 30 s,自然干燥保存^[5]。

(2) 超微结构观测:在每组蛋壳样品中各取 4 mm×

4 mm左右的块状样品 3 块,将其外表面、内表面及横断面用导电胶粘于样品台上,于离子溅射镀膜仪中镀金,使用扫描式电子显微镜对已镀金后的样品进行观测,拍照,分析。

取壳下膜样品的外表面和内表面置于离子溅射镀膜仪中镀金,使用扫描式电子显微镜对已镀金后的样品进行观测,拍照,分析。

1.3 统计分析

试验数据采用 Excel 2007 建立数据库及处理数据,用 origin 8.6 软件画图,用 SPSS 18.0 软件中的单因素方差分析法 One-way ANOVA 进行方差分析,平均值间采用 Duncan’s 多重比较法进行数据间的相关性分析,结果均以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 石灰质硬蛋壳硬度比较

使用质构仪分别对暗斑鸡蛋中暗斑部、无斑部和正常蛋壳的锐端、赤道、钝端的石灰质硬蛋壳硬度进行测定和比较(图 1)。因蛋壳硬度和蛋壳厚度呈正比,故鸡蛋中蛋壳硬度为锐端>赤道>钝端,由图 1 可知,在鸡蛋锐端、赤道、钝端,各组样品的硬度值均存在一致的趋势,即暗斑组的硬度小于无斑组和正常组($P<0.01$),无斑组与正常组的硬度差异不显著($P>0.05$),但总体无斑组的硬度偏小于正常组。

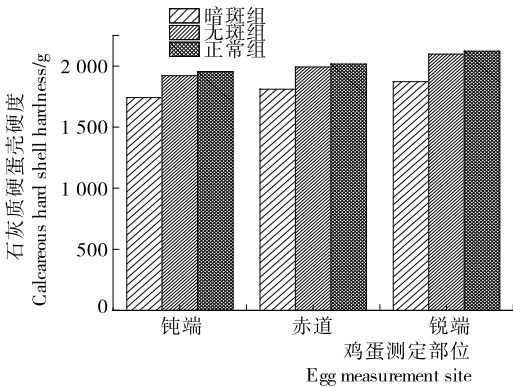


图 1 暗斑鸡蛋与正常鸡蛋石灰质硬蛋壳硬度的比较

Figure 1 Compare dark spot egg and normal egg of Calcareous hard eggshell hardness

2.2 石灰质硬蛋壳含水量比较

在 105 ℃下将暗斑组与无斑组、正常组 3 组样品烘干至恒重,由图 2 可知,暗斑组与无斑组、正常组水分含量差异极显著($P<0.01$),无斑组与正常组无显著差异($P>0.05$),且水分含量多少顺序为暗斑组>无斑组>正常组。

2.3 石灰质硬蛋壳及壳下膜厚度比较

由图 3、4 可知,在鸡蛋锐端、赤道、钝端,各组样品的石灰质硬蛋壳厚度均差异不显著($P>0.05$);但 3 组的壳下膜厚度差异显著($P<0.05$),且暗斑组<无斑组<正常组,其中暗斑组的壳下膜厚度与其他两组差异极显著($P<0.01$)。

2.4 蛋白质含量比较

2.4.1 石灰质硬蛋壳蛋白质含量比较 采用 Bradford 法对暗斑鸡蛋中暗斑部、无斑部和正常鸡蛋的石灰质硬蛋壳中蛋

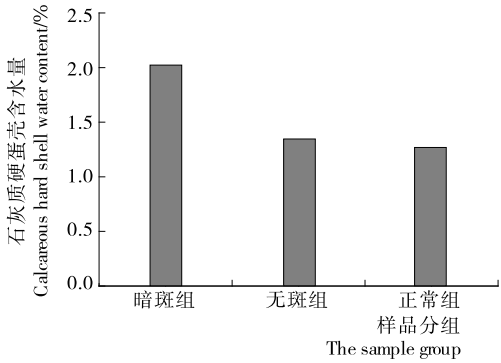


图 2 暗斑鸡蛋壳和正常鸡蛋壳石灰质硬蛋壳含水量的比较

Figure 2 Compare dark spot egg and normal egg of Calcareous hard eggshell moisture content

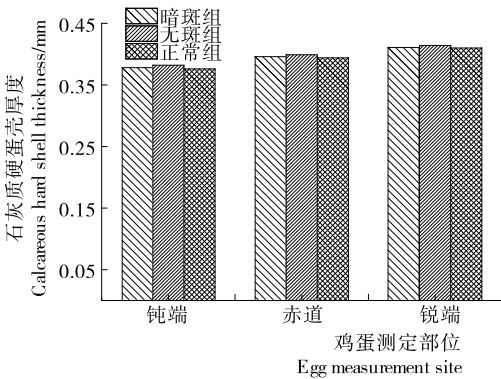


图 3 暗斑鸡蛋和正常鸡蛋石灰质硬蛋壳厚度的比较

Figure 3 Compare dark spot egg and normal egg of Calcareous hard eggshell thickness

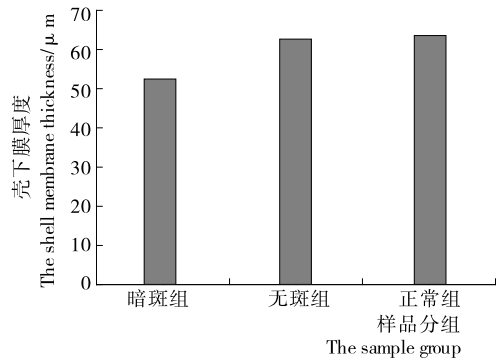


图 4 暗斑鸡蛋和正常鸡蛋壳下膜厚度的比较

Figure 4 Compare dark spot egg and normal egg of shell membrane thickness

白质含量进行测定比较,得出标准曲线的线性回归方程式 $Y=0.007\ 7X+0.137\ 3$, $R^2=0.999\ 8$,根据该方程式计算出石灰质硬蛋壳蛋白质含量。由图 5 可知,石灰质硬蛋壳中的蛋白质含量很稀少,其中暗斑组、无斑组和正常组的石灰质硬蛋壳中所含的蛋白质含量差异不显著($P>0.05$),但总体仍呈现暗斑组<无斑组<正常组的趋势。

2.4.2 壳下膜蛋白质含量比较 采用凯氏定氮法对暗斑鸡蛋和正常鸡蛋壳下膜的蛋白质含量进行测定,由图 6 可知,暗斑鸡蛋壳下膜中蛋白质含量远远小于正常鸡蛋的,且差异极显著($P<0.01$),测定结果与刘继承等^[2]提出的暗斑鸡蛋壳下膜蛋白质分泌不足的结论一致。

2.5 超微结构观察

2.5.1 石灰质硬蛋壳断面全貌观察 由图 7 可知,正常组横断面较为整齐、平滑、坚实,乳突层中乳突单元排列紧密有序,乳突与纤维层的连接紧密,整体结构致密,缝隙小;无斑组断面凹凸不平,相对粗糙,晶体层结构致密,栅栏层的孔洞缝隙明显增多,乳突层结构较为致密,但表面不平滑,与栅栏层界限模糊,与纤维层的连接不如正常组紧密,表现出明显

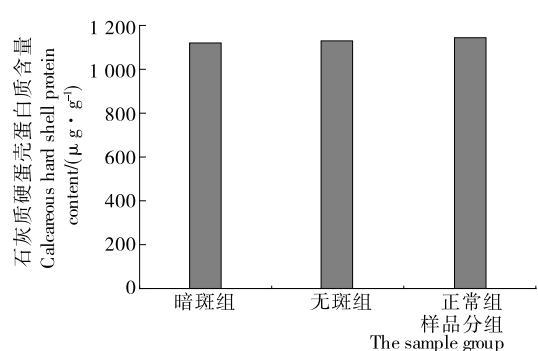


图 5 暗斑鸡蛋和正常鸡蛋石灰质硬蛋壳蛋白质含量的比较
Figure 5 Compare dark spot egg and normal egg of Calcareous hard eggshell protein content

的分离;暗斑组断面平整性极差,晶体层结构仍较致密,栅栏层结构致密性明显低于其他两组,表现为疏松多孔,乳突层与栅栏层连接处坍塌较严重,且与纤维层连接不紧密,空隙较大。综合观察 3 组石灰质硬蛋壳中各层超微结构发现,暗斑鸡蛋石灰质硬蛋壳自外向内致密程度和平滑程度均较其他两组低;同时表现出硬度越低,断面致密度和平整性越差,乳突层与纤维层连接越松散。

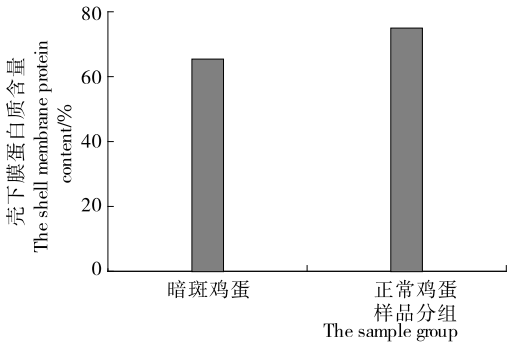


图 6 暗斑鸡蛋和正常鸡蛋壳下膜蛋白质含量的比较
Figure 6 Compare dark spot egg and normal egg of shell membrane protein content

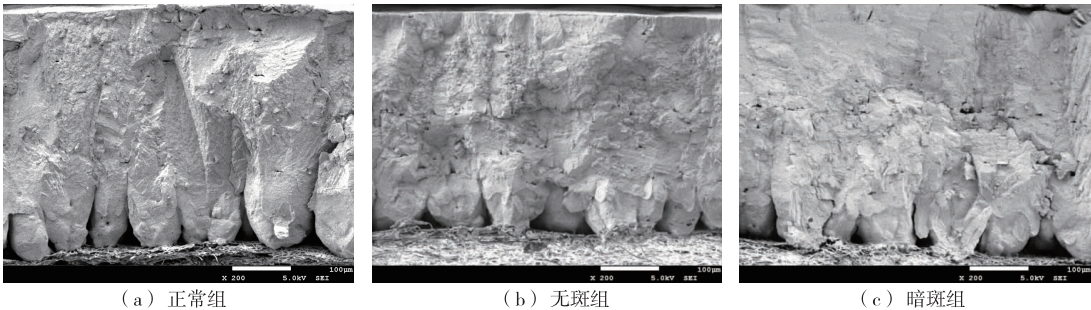


图 7 暗斑鸡蛋与正常鸡蛋石灰质硬蛋壳断面超微结构全貌观察
Figure 7 Observe dark spot egg and normal egg that Calcareous hard eggshell sectional picture of the ultrastructure (200×)

2.5.2 石灰质硬蛋壳内、外表面观察 由图 8 可知,正常组外表面平坦光滑,裂缝较少,短且浅;内表面纤维密集形成网状结构,各纤维交织形成结节,结节大、多且完整,密集的结节使得纤维网主次分支清晰,层次分布均匀有序,各纤维相互交联促使网状间孔洞较小,多根纤维融合形成的粗支脉络清晰可见,结构紧密、稳固,将乳突层牢牢掩住。无斑组外表面裂缝较多,细小的裂纹连通成网状,平坦处较少;内表面纤维结构松散,结构层次性不佳,各纤维凌乱的交织在一起,可见结节,但不完整,各纤维网间交织的孔洞稍大,但仍看不见乳突层。暗斑组外表面裂缝程度较严重,大小裂纹非常密集,部分裂纹较长较深,裂缝间连通形成的网络十分明显;内表面纤维结构十分松散,排布杂乱无序,没有结节,且纤维间可见明显较大空隙,表层几条粗壮的纤维构成整体支架但也挡不住下层细小纤维稀少、松散,使乳突层清晰可见。综合观察发现,石灰质硬蛋壳外表面裂缝数量和深度呈现随硬度降低而降低的趋势,其内表面纤维结构同样随硬度的降低,其致密程度逐渐下降,纤维间空隙面积增大。

2.5.3 壳下膜内、外表面观察 在蛋壳内部的壳下膜是一层

白色薄膜,完整的壳下膜是蛋壳钙化的先决条件。壳下膜分为内外两层,内层紧贴蛋白,叫蛋白膜;外层紧贴蛋壳,叫内蛋壳膜,两种膜的结构都是由角质蛋白纤维交织成网状结构,其中蛋白膜较致密,内蛋壳膜较疏松^[6-7]。由图 9 可知,蛋白膜表面凹凸不平间会产生裂缝,正常组、无斑组和暗斑组 3 组裂缝数量依次增多,长度依次增长,其中正常组和无斑组裂纹情况差异不大,暗斑组较其他两组裂缝程度较严重;内蛋壳膜纤维密集形成网状结构,可以清晰的辨别出,正常组、无斑组和暗斑组的内蛋壳膜纤维网空隙逐渐增大,其中暗斑组的纤维网空隙最大,结构最疏松。正常组内蛋壳膜纤维网交织紧密,层层相叠,紧密程度高于无斑组、暗斑组,与壳下膜的厚度规律相一致。综合观察发现,蛋白膜表面裂缝数量和深度有随壳下膜厚度增大而降低的趋势,内蛋壳膜的纤维结构紧密程度随壳下膜厚度的降低,其致密程度逐渐下降,纤维间空隙面积增大。

3 暗斑形成分析

综的分析,初步判断鸡蛋壳暗斑的形成是由于壳下膜蛋白质分泌不均且不足,导致暗斑鸡蛋壳在产生暗斑处壳下膜

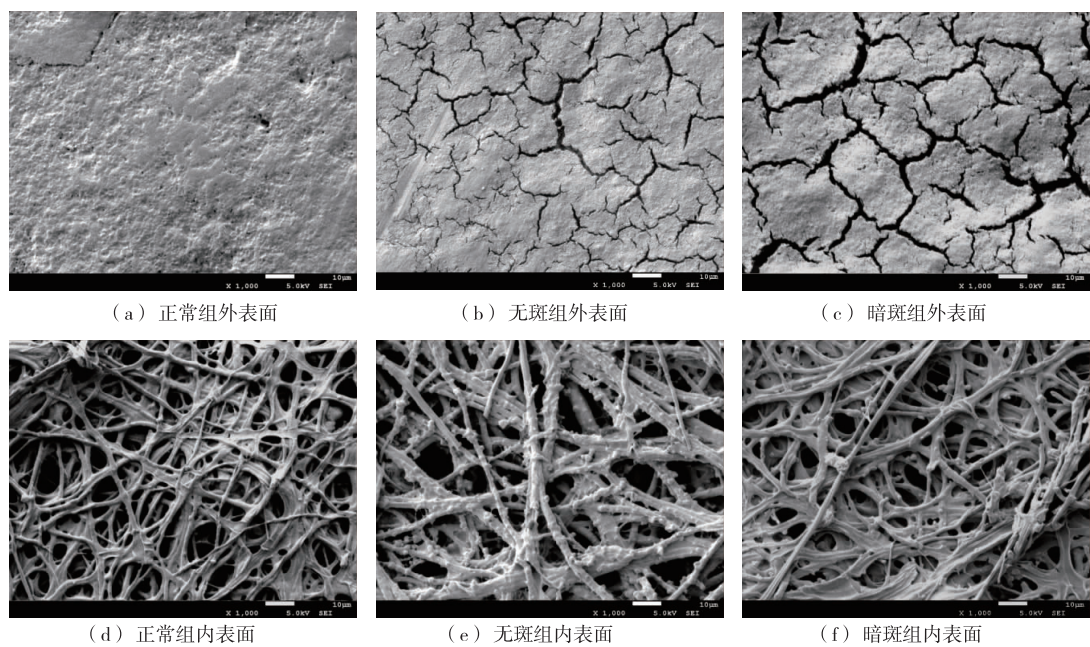


图 8 暗斑鸡蛋与正常鸡蛋石灰质硬蛋壳内、外表面超微结构观察

Figure 8 Observe dark spot egg and normal egg that Calcareous hard eggshell inner and outer surface ultrastructure(1 000×)

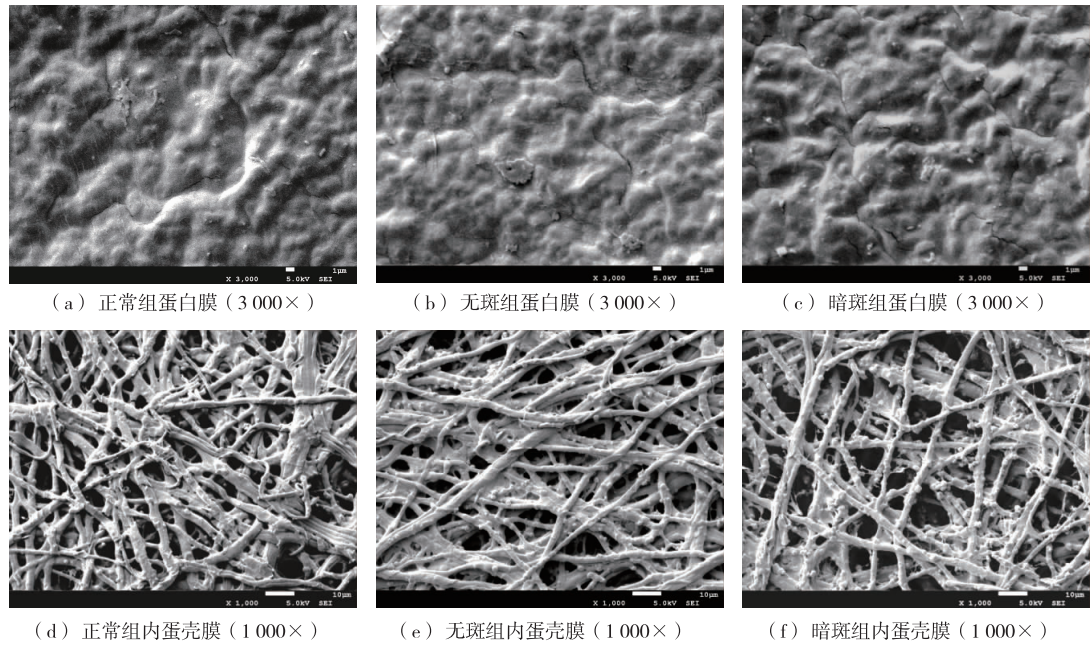


图 9 暗斑鸡蛋与正常鸡蛋壳下膜内、外表面超微结构观察

Figure 9 Observe dark spot egg and normal egg that shell membrane inner and outer surface ultrastructure

孔隙较大,厚度较薄,且蛋白膜缝隙较多较长,促使蛋内水分更容易在该处渗透进入石灰质硬蛋壳。而暗斑鸡蛋在形成石灰质硬蛋壳时也存在异常,较正常鸡蛋石灰质硬蛋壳存在更多的裂缝,所以当蛋内水分渗透进入石灰质硬蛋壳中时,被该处石灰质硬蛋壳的缝隙容纳,且使缝隙增大,由于石灰质硬蛋壳此处水分的增多,使光的透射率增大、反射率降低,在宏观上即形成暗斑。

同时,石灰质硬蛋壳中水分含量的增加及缝隙的增大导致其硬度的降低,故暗斑处的硬度较低,而暗斑鸡蛋无斑处石灰质硬蛋壳中缝隙稍多则导致其硬度稍低于正常蛋壳。

在鸡蛋贮藏期间,随着蛋内水分通过壳下膜,进入石灰质硬蛋壳中使水分增加,当石灰质硬蛋壳暗斑处水分吸收饱和后,水分将向周围扩散,并被附近石灰质硬蛋壳的缝隙吸收且使缝隙增大,进而在宏观上使暗斑面积不断扩大。

4 结论

本研究结果表明,母禽产蛋时,壳下膜蛋白质分泌不足,会导致壳下膜变薄,加快蛋内水分向外散失;同时石灰质硬蛋壳外表面也呈现出较大较深的裂缝,使得蛋内水分向外散失时易渗透进入该缝隙,形成暗斑。当暗斑处水分吸收饱和

(下转第 90 页)

两端固定的超静定梁式模型得到的 $\bar{u}(\bar{\epsilon})$ 曲线;曲线 1 和曲线 2 是将壳体抽象为轴对称薄壳模型,兼顾周向变形而得到的 $\bar{u}(\bar{\epsilon})$ 曲线。进一步分析比较各曲线可知,两种力学模型的研究结果相差不超过 4.82%,但按薄壳模型得到的曲线 1 和曲线 2 比按超静定梁式模型得到的曲线 3 位置较高,这说明,按薄壳模型研究的结果偏于保守,趋于安全。

6 结论

基于薄壳理论的弹塑性变形下能量法的典型方程组,利用计算机求其数值逼近解,不仅能得到任意初始条件时最大应变与位移的关系、高压薄壳体的应力应变强度计算和挠度计算体系,亦可得出压力喷雾豆粉干燥机壳体的最大承载内压的能力。此法综合考虑了高压薄壳整体在承载内压时变形、吸能和应力应变强度和刚度的联系,使得设计计算更加全面和可靠。只是研究中发现,基于薄壳理论的弹塑性变形

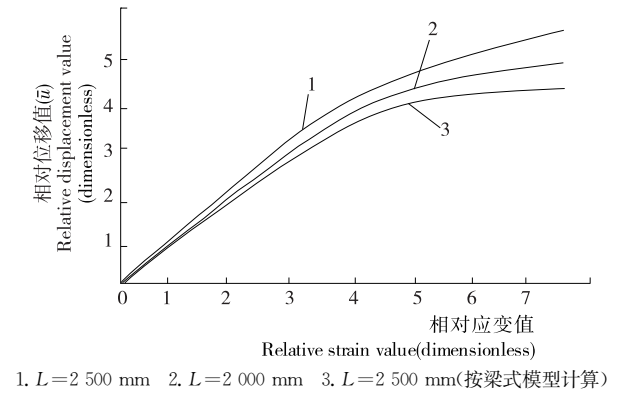


图 6 壳体相对位移曲线图

Figure 6 Relative displacement curve of shell

下能量法较两端固定的超静定梁式模型的研究结果——变形相对位移 $\bar{u}$ 值高出 4.82%,由理论分析得出前法比后法就壳体点主应力多考虑了第二主应力 σ_2 因素外,尚缺乏严格的理论研究和数据支撑,有待于进一步研究。

参考文献

[1] 刘小宁. 钢制薄壁内压力容器模糊静强度的可靠度[J]. 机械强度, 2009, 31(5): 771-775.
[2] 王振成. 长细波纹管伸缩接头以梁式模型的变性分析[J]. 机械强度, 2010, 32(4): 690-694.
[3] 邱放. 基于 ANSYS 的压力容器爆炸事故原因及避免措施分析[J]. 食品与机械, 2009, 25(5): 690-694.
[4] 史文谱, 刘爱荣, 王媛. 等速开口圆环的力学分析问题[J]. 机械强度, 2010, 32(1): 135-139.
[5] 王兆清, 李淑萍, 唐炳涛. 圆环变形及屈曲的重心插值配点法分析[J]. 机械强度, 2009, 31(2): 245-259.
[6] 刘媛. 含裂纹体构件的疲劳断裂可靠性[J]. 武汉: 武汉理工大学学报, 2004, 26(1): 48-51.
[7] 李廉锟. 结构力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 110-126.
[8] 李舜酩. 机械疲劳与可靠性设计[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 213-216.
[9] 机械设计手册编委会. 机械设计手册单行本疲劳强度设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 221-245.
[10] 常锋, 王振成, 刘瑞礼, 等. 巧克力裹包机正切型从动系统凸轮轴疲劳强度研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 165-168.
[11] Shen Da-wei, Fan Tian-you. Exact solutions of two semi-infinite collinear cracks in a strip[J]. Engineering Fracture Mechanics, 2003, 70(6): 813-822.

(上接第 42 页)

后,水分将向周围扩散,并被附近石灰质硬蛋壳的缝隙吸收且使缝隙增大,进而导致随着贮藏时间的延长,暗斑面积逐渐增大。

本试验通过对正常鸡蛋壳与暗斑鸡蛋壳中暗斑部、无斑部的一些重要理化指标及超微结构的测定对暗斑现象进行了分析,但由于时间和设备等原因,很多方面尚未研究到,如基质蛋白种类、无机元素含量及种类、蛋壳中有机物的含量等,在这些方面暗斑鸡蛋与正常鸡蛋是否存在差异,对暗斑的形成是否存在影响。本试验研究出鸡蛋形成暗斑的直接原因是水分进入石灰质硬蛋壳缝隙。但出现该现象的根本原因是母禽产蛋时,壳下膜蛋白质分泌较少,石灰质硬蛋壳缝隙增多,因此要从根本上找到解决鸡蛋壳产生暗斑的措施,应从根源入手。目前对此尚无研究,有待于未来继续深入探讨。对已形成暗斑的蛋壳,可采取瞬时加热、生石灰掩埋法或涂膜等措施消除暗斑或减少暗斑的进一步扩大,从而

减少因蛋壳外观质量的降低而带来的经济损失。

参考文献

[1] 欧阳珂珮, 李洪军, 贺稚非. 我国蛋制品研究现状及发展前景[J]. 食品工业科技, 2011, 32(12): 506-508.
[2] 刘继承, 高慧君, 王利. 蛋壳薄斑的成因[J]. 中国家禽, 2007, 29(10): 49-51.
[3] 庄宏, 袁正东, 刘旭明, 等. 涂膜保鲜剂对鸡蛋壳薄斑及蛋品质的影响[J]. 中国家禽, 2011, 33(15): 28-31.
[4] 周光玉, 章世元, 张杰, 等. 新扬州鸡蛋壳真壳层蛋白质测定方法的研究[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2010(2): 9-11.
[5] 刘娣, 白秀娟, 孙黎, 等. 鸡卵壳、壳膜超微结构及化学成分的研究[J]. 吉林农业大学学报, 1999, 21(3): 81-85.
[6] 安艳茹, 夏梦颖, 黄玉萍, 等. 鸡蛋壳膜的开发利用[J]. 食品工业科技, 2013, 34(3): 375-378.
[7] 李彦坡, 马美湖. 蛋壳及蛋壳膜的研究和利用[J]. 粮食与食品工业, 2008, 15(5): 27-31.