

我认为如果要命名宇宙中最完美的一样东西，我觉得应该是禽蛋

—T.S. Higginson, 1863

蛋品质

一个质量好的新鲜鸡蛋应该具备以下几个特征：外壳干净、光滑呈椭圆形，且蛋壳表面有光泽。蛋壳表面无裂缝或破损。对于白壳鸡蛋，蛋壳颜色要均一性的纯白色，褐壳鸡蛋蛋壳颜色应呈现均匀的深褐色。敲开蛋壳，将鸡蛋打在一个平板上，蛋白要清澈或轻微的不透明，呈果冻状，无杂物（无肉斑或血斑）。完整的蛋黄呈嫩黄色或橙色，位于鸡蛋的中央，上附着比较小的一根系带。蛋内容物应无气味，无微生物感染。



母鸡生殖系统

母鸡的生殖系统称为输卵管。许多动物品种中的雌性都具有两个功能性输卵管，但是在鸟类中，只有左边的输卵管得到发育。从产卵到产蛋，蛋在输卵管中形成的时间大约为24-28小时。

卵巢

卵子的形成和卵泡成熟主要在卵巢中进行。卵泡成熟、破裂后会将卵子释放进入输卵管。蛋鸡排卵往往只需要几分钟，形成早期的鸡蛋，排卵后卵黄不再发育。卵黄大小是评定产蛋性能的重要指标，因为70%的蛋实质部分是包含在卵黄中的。对于消费者和商业客户来说，卵黄的颜色是另一个重要的蛋品质评定指标。卵黄颜色完全由色素的类型和色素沉积量来决定。这些天然色素或人工合成色素被添加在蛋鸡饲料中，蛋鸡通过采食饲料，消化吸收这些色素，因此，在育种公司，鸡蛋的卵黄颜色并不是重要的选育指标。

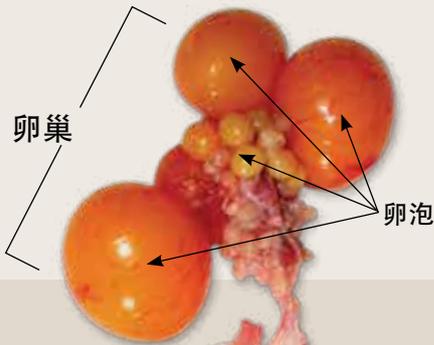
漏斗部

漏斗部的主要作用是在卵黄从卵巢中排出时俘获卵黄。漏斗部第一时间分泌出厚厚的蛋白包裹在卵黄周围，同时在漏斗部形成前体系带。浓缩的蛋白相互拧成一股线，起到支持蛋中心卵黄的作用。在进入膨大部之前，鸡蛋在漏斗部中呆大约15-30分钟。

膨大部

输卵管中最大的部位是膨大部，在这个部位，蛋白分泌包裹于卵黄周围。包裹在卵黄周围的蛋白根据稀薄程度可以明显分为4层：稀薄、水样蛋白层（外稀蛋白层和内稀蛋白层）或浓厚、半固体蛋白层（外浓蛋白层和内浓蛋白层）。浓蛋白层在整个蛋白中的比重最大。鸡蛋的蛋白在整个鸡蛋中的比例大约60%，包含40多个蛋白，主要是卵清蛋白，卵铁传递蛋白、卵类黏蛋白等。卵黏蛋白是一类纤维状蛋白，对蛋白质量尤为重要，主要是维持蛋白的果冻状、保持蛋白性状和内容物。

生殖系统



漏斗部

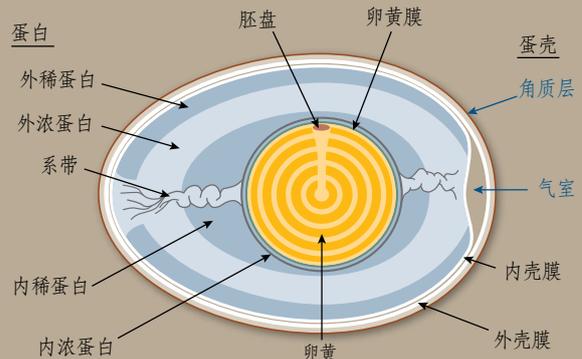
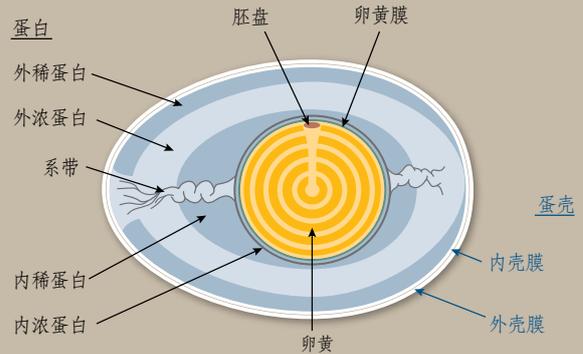
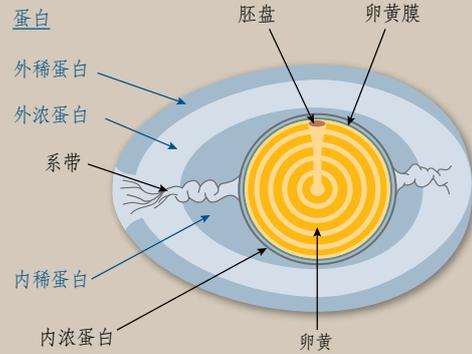
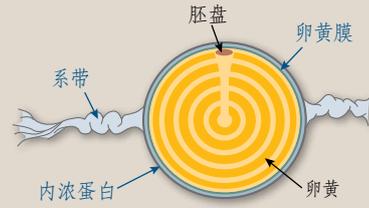
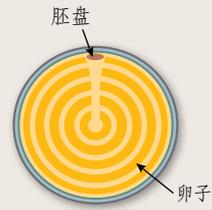
膨大部

峡部

子宫

图片由约翰安德森提供
俄亥俄州立大学

蛋壳形成



© Hy-Line International

一个新鲜的，质量好的鸡蛋其蛋白应该是紧致，类似凝胶状堆积在一起。消费者不喜欢水样蛋白往往与鸡蛋存放时间有关。鸡蛋刚产出时，鸡蛋中浓蛋白的比例最高，在溶菌酶的作用下逐渐变得越来越稀薄。影响蛋白浓度（由浓转稀）的因素主要是鸡蛋存放的时间和鸡蛋储存过程中的温度。另外蛋白浓度也受母鸡产蛋日龄的影响。某些疾病如鸡传染性支气管炎和鸡减蛋综合征以及一般的应激会影响输卵管导致蛋白变稀。在商品鸡中鸡蛋的蛋白浓稠度存在较大的差异，可以通过遗传选育来提高蛋白浓稠度。

峡部

峡部是鸡蛋蛋壳膜形成的地方，一些特异结构的乳头体分泌到蛋壳膜中，这些结构在蛋壳钙化过程中起着重要作用。

子宫部

子宫部也称为壳腺部，是蛋壳形成的地方。当鸡蛋离开峡部时，蛋壳膜比较软且褶皱。当鸡蛋进入子宫部后蛋壳膜变得紧致，这一过程称为膨胀。水分通过蛋壳膜被膨胀进入蛋白中，使得蛋白体积翻倍，形成最终鸡蛋形状。将壳膜拉紧致，铺平对蛋壳建筑学以及蛋壳钙化尤为重要。随着蛋鸡日龄增加，蛋白的膨胀能力下降，一些疾病如传染性法氏囊病和减蛋综合征都会导致蛋白膨胀能力下降。

子宫中的血流量对于将钙传递到蛋壳中尤为重要，一般在蛋壳形成过程中2-3g钙被传递到蛋壳上。血液中的钙和碳酸离子被传递到子宫液中用于洗涤蛋壳外膜。每小时传递到鸡蛋中的钙是300毫克。

阴道部

阴道部在鸡蛋形成过程中无作用，鸡蛋储存在阴道部直到母鸡入巢准备产蛋

生殖系统

	长度	鸡蛋形成时间
漏斗部	10厘米	15-30分钟
膨大部	30厘米	2-3小时
峡部	10厘米	1小时
子宫	8厘米	18-20小时

蛋壳构造

蛋壳膜的形成在输卵管的峡部，在蛋壳膜上形成钙化的蛋壳。壳膜存在瑕疵或蛋白膨胀失败将会导致蛋壳钙化缺陷、蛋壳结构不佳以及蛋壳脆弱。

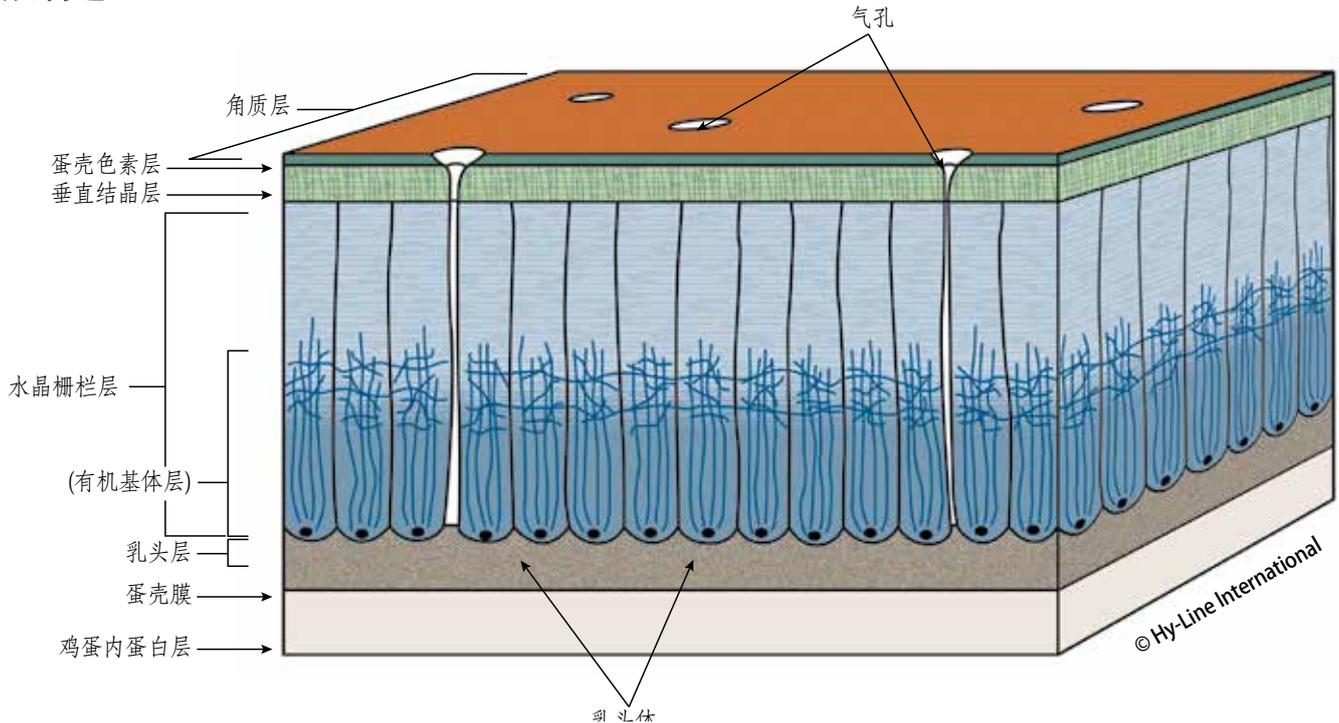
乳头层

蛋壳膜上乳头层的形成主要在峡部，这些乳头层位于外壳膜，主要参与启动蛋壳钙化过程。乳头层必须形成连续的薄片，覆盖整个蛋壳膜。乳头层的分布是受遗传控制的。乳头层分布出现问题会导致蛋壳结构问题、使得蛋壳硬度下降。

有机基体层

在子宫部，蛋壳的钙化首先由乳头层产生大量的蛋白纤维、这些有机基体普遍存在于蛋壳的结晶层中，在蛋壳形成过程中未钙盐的结晶化提供网状格子加工，促进钙结晶化形成栅栏装的建筑架构，使得蛋壳变硬。有机基体中的蛋白纤维则平行于蛋壳膜表面定位，将蛋白纤维中的弹性和抗冲击能力转移到蛋壳膜表面。有机基体形成障碍将会影响蛋壳的强度，即使有足够的蛋壳厚度保证的前提下，也会影响蛋壳强度。这样的鸡蛋更容易破损。

蛋壳构造



水晶栅栏层

水晶栅栏层是由浓密的钙结晶形成栅栏状，垂直于蛋壳表面以增加蛋壳强度，当蛋壳厚度增加时，这些栅栏最终融合成蛋白陶瓷。这些结晶物主要是碳酸钙（96%）以及少量碳酸镁盐和磷酸三钙结晶。镁的主要作用是增加蛋壳结构的硬度。这些栅栏层组成了蛋壳厚度的主要成分，增加蛋壳机械强度。蛋壳在整个鸡蛋中的比重取决于鸡蛋在子宫中停留的时间以及子宫液中钙转移的速度。一般来说，不管鸡蛋大小，一只母鸡每天产生的蛋壳量是相对比较恒定的，随着母鸡日龄增加以及鸡蛋过大都会导致蛋壳厚度下降，并且蛋壳厚度下降的速度与饲料和遗传因素都相关。当母鸡换羽后，蛋壳厚度可以得到修复。热应激和疾病会导致蛋壳厚度下降。

垂直结晶层

蛋壳的最外层是垂直结晶层，是浓密钙结晶层外的一个较薄的结晶层，垂直于蛋壳表面，使得蛋壳表面更加坚硬、平滑。

色素层

在蛋壳钙化结束后蛋壳色素被分布于蛋壳中，白壳和褐壳蛋鸡的蛋壳是由相同的色素在角质层和蛋壳外钙化层以不同的比例沉积导致。商品蛋鸡的蛋壳颜色由纯白到奶油白，棕色到褐色都存在，如此广泛的着色范围与光照条件密切相关。主要的蛋壳色素是原卟啉和胆绿素，这些色素经过血液由肝脏转运到子宫。子宫中的血液红细胞也会产生蛋壳色素。初产母鸡产生的蛋壳色素最多，随着日龄增加，色素的产生逐渐减少。对于日龄较大的母鸡换羽后色素的沉积可以得到修复。疾病会影响鸡的生殖系统性能进而导致蛋壳色素流失。广义上的应激或过度暴晒于阳光之下也会导致蛋壳颜色变浅。遗传因素对蛋壳颜色的影响较大，可以通过遗传选育对褐壳蛋鸡的鸡蛋颜色深浅和均一性进行选育，对白壳蛋鸡蛋壳颜色的选育使得这一性状更加优化。

在褐壳鸡蛋中蛋斑较为普遍的存在，这些斑点是蛋壳色素在这一位置的过度沉积。从进化角度来看，斑点是一个适应新性状，大部分野生鸟类就是利用这些斑点作伪装来掩盖其种蛋。在现代家禽进化过程中，斑点是一个可选择性的优势，目前育种工作人员致力于挑战自然来去除这一性状。通过遗传选育蛋斑的出现得到有效抑制，然而，这一选育过程要十分小心以免对整个蛋壳颜色造成不利影响

角质层

蛋壳的最外层是角质层，这是一个非钙化的蛋白纤维层，只是在鸡蛋离开子宫之前在蛋壳表面形成的。角质层主要负责使得新鲜鸡蛋表面光滑有光泽，防止鸡蛋受到病原微生物的侵袭。清洗鸡蛋就会导致这一角质层脱落。在角质层上面是气孔贯穿钙化层到达蛋壳膜。这些气孔主要用于交换气体（将氧气交换进鸡蛋中，排出二氧化碳），蒸发鸡蛋内部的水分。一个鸡蛋包含6500个气孔，在鸡蛋钝端的气室最为集中。

血斑和肉斑

血斑和肉斑是鸡蛋中的不良现象，往往不被消费者和客户所接受。血斑一般是由于卵泡在排卵前或排卵过程中发生出血导致。血液随着卵黄进入到输卵管中成为鸡蛋的一部分。血斑看起来呈亮红色条痕或血凝块附着于蛋黄或蛋白之中。

肉斑在颜色上较暗，呈颗粒状位于蛋白中。其形成原因可能是在蛋壳膜形成之前输卵管的细胞碎片被吸收融入到了蛋黄中。肉斑也可能是排卵前出血形成的血斑，这些出血点被降解了形成较为深色的颜色。

肉斑和血斑在褐壳鸡蛋中出现的频率要比白壳鸡蛋高。通过遗传选育可以降低肉斑和血斑出现的概率。海兰蛋品质实验室建立了一个肉斑和血斑概率评估系统对每个鸡蛋内部缺陷进行评估，这些数据最终用于品种选育，大大降低了目前商品蛋鸡的肉斑和血斑发生率。

确保优秀的蛋品质

疾病控制

合理的疾病诊断和免疫程序是降低疾病感染的重要前提。前面已经提到传染性法氏囊病和减蛋综合征会对蛋品质造成严重影响。其他一些疾病包括新城疫和禽流感同样会影响蛋外观，任何疾病造成的应激都会间接导致蛋品质下降。

营养

蛋壳强度是由母鸡的钙代谢所决定的，将饲料和骨骼中的钙传递到子宫中，每产生一枚鸡蛋会消耗2-2.5g的钙。钙的供应主要有饲料来补充，产蛋鸡自身也会调动骨髓中储存的钙用于形成蛋壳。这些骨髓储存的钙主要是补充饲料中钙的不足，但是量相对较少，不超过5%的量用于形成蛋壳，其余的量需要由饲料中的钙来补充或者在非产蛋期时用于补充骨髓钙储存。若饲料中的钙不足以补充骨髓钙储存或者营养缺失，这一骨髓钙动员就会在10-14天之后消耗光，这样蛋鸡就会从骨骼肌中抽取钙、除非通过强制换羽使雌激素水平降低，否则蛋鸡不能进行骨髓钙的补充。因此，骨骼钙质的流失最终会导致软骨症。

蛋鸡饲料中长期没有足够量的钙、磷和维生素D，蛋壳质量就会下降，其他一些微量元素包括镁、铁、铜、锰、锌、维生素K以及某些氨基酸在钙的吸收转运以及骨髓基质的转换方面发挥重要作用。甚至是一些B类维生素（叶酸、烟酸，B12）在调节蛋壳质量方面也有着重要作用。

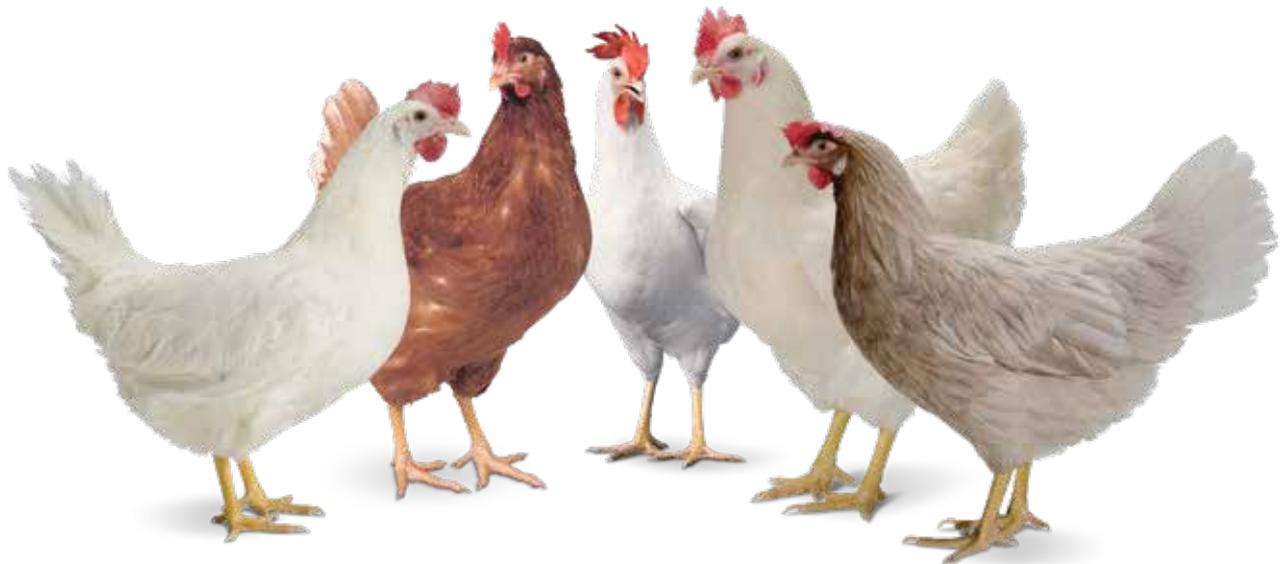
饲料电解质平衡也是调节蛋壳质量的一项重要因素，因为饲料电解质可影响蛋壳矿化。要避免饲料中氯化物水平过高，用食盐中的钠替代碳酸氢钠或碳酸钠中的钠可有效提高蛋品质。

维生素D对肠道钙和磷的吸收至关重要，蛋壳中磷的水平较低，但是磷对骨髓补充及其重要。因此在饲料中要补充充足的磷以促进钙转化为骨髓基质。仅仅从骨髓中调动钙不足以满足蛋壳形成，需要在饲料中补充钙。傍晚、午夜饲喂过程中加入粗石粉可以促进钙的吸收，保持骨髓钙储备降低饲料磷需求。

下表显示适宜的钙和磷日采食量。海兰商品鸡要综合考虑其他的微量元素。下表推荐的是参考标准，也要考虑整体的生产水平，若产蛋数超过海兰的标准水平，蛋壳形成需要的钙的就会增加，饲料中钙的浓度也要相应增加，同时要考虑钙的来源，如不同来源的石粉的溶解度不同，家禽的消化吸收能力也不同。

保持蛋壳质量

	育雏期	产前	第一次产蛋高峰	高峰到90%	89%到85%	低于85%
钙	1.0%	2.5 - 2.75%	4.0 - 4.2 克/天	4.25 克/天	4.40 克/天	4.50 克/天
磷	0.48%	0.5%	0.5 克	0.48 克	0.46 克	0.40 克
维生素D	3300000IU/吨饲料					
碳酸钙颗粒大小						
小颗粒-<1毫米	100%	50%	45%	40%	35%	30%
大颗粒-2-4毫米	0%	50%	55%	60%	65%	70%



热应激和蛋壳质量

热应激导致蛋鸡喘气过度，机体血液酸碱平衡被打破，易导致蛋壳变薄、变脆。蛋鸡喘气是为了散热进而大量消耗血液中的二氧化碳，二氧化碳浓度降低导致血液PH上升（血液呈碱性），进而减少子宫钙离子和碳酸盐传递，影响蛋壳形成。在饲料中增加钙的量并不能解决这一问题。

热应激状态下采食量减少也会使得蛋壳变薄。饲料电解质平衡对保持蛋壳质量有着重要作用，尤其是在热应激环境中。饲料中的氯化物水平与钠和钾的水平平衡，甚至在热应激期间要降低其浓度。这个时候额外添加一些碳酸氢盐可能比较好。

蛋品质和蛋壳质量检测

蛋壳厚度

许多实验室和公司利用蛋壳厚度作为蛋品质检测的唯一指标，但是蛋壳只是鸡蛋的外部凝固蛋白构造，其功能性质并不能直接与其厚度有关系。比较有弹性的鸡蛋壳是能够吸收和承受更多的影响以及其他一些非破损性的物理压力。蛋壳完整性与其结构和模式（钙分布：如晶体大小和组成）有关。从育种观念上看，光从蛋壳厚度上进行选育是不够的。

穿刺分值

穿刺分值主要用来评估蛋壳的柔韧性。这种检测不会破坏蛋壳的完整性，可以在蛋壳多个位置进行检测，准确性更佳。穿刺检测需要特殊的仪器，且需要校准，在生产上的运用并不普及。

破碎强度

破碎强度用来检测蛋壳破裂需要的压力值，是一个抗压能力的检测，破坏性的，一个鸡蛋只能检测一次。

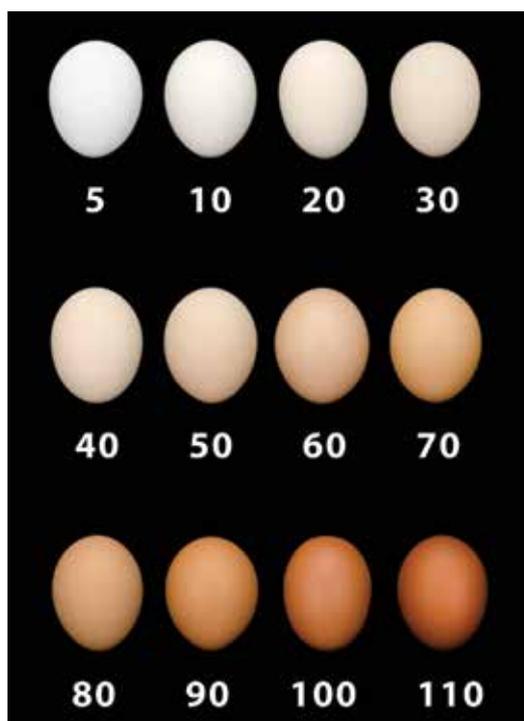
声学共振

大量研究显示利用声学共振及其衍生检测技术如动态刚度或动态蛋壳强度的检测在预测蛋壳质量方面是有用的。这个声学鸡蛋检测设备是由比利时鲁芬大学研究提供，可以精准的可重复性的检测声频和动态蛋壳强度。另外，这项检测将鸡蛋分为有裂缝的和正常的两种，还能区分肉眼不能看到的细小裂纹。

利用动态刚度检测来提高蛋壳质量是蛋鸡纯系选育的重要指标，海兰公司也是通过这项技术对大量鸡蛋进行检测用于育种选育提高蛋壳质量。

蛋壳颜色

由于市场需求的不同，对蛋壳颜色的研究十分必要。但是目前有诸多选择，海兰利用的是内部蛋壳颜色指数，这一指标是基于3个参数(L,a,b)的值。



蛋白高度

蛋白高度以及哈氏单位（与蛋重相关）是经常检测的指标。蛋白高度是利用电子传感器在蛋黄与浓蛋白边缘之间进行检测。蛋白质量是鲜蛋消费者尤为关注的，哈氏单位用来评估全部鸡蛋的新鲜程度。蛋白高度高的，哈氏单位好的鸡蛋可以存放较长的时间，直到消费者购买时也能保持较好的新鲜外观。



鸡蛋的形成是家禽在满足人类逐渐增长的对蛋白质和营养需求中的一个重要的组成部分。我们应该为提高蛋品质，致力于解决影响蛋品质问题的努力工作。疾病控制、饲养管理、营养以及遗传选育在提高蛋品质中发挥着重要作用。



鸡蛋和蛋黄中，蛋黄和干物质比例

总的蛋重和蛋黄重的检测需要高精度的仪器，普遍认为蛋黄中富含脂肪，包含鸡蛋中大部分的固体物质，因此间接选育固体物质性质能够相对增加蛋黄的比例。

单个鸡蛋中干物质比例检测是将鸡蛋分为主要成分部位、蛋壳及其膜部位、蛋黄以及蛋白四个部分。每一个部分都进行称重，接着将蛋白和蛋黄烘干。这一过程需要一些精密仪器如烘箱等。



www.hyline.com

