

· 肉 蛋 制 品 工 艺 学 ·

蛋 制 品 工 艺 学

主编 张兰威 牟光庆 许高升

黑龙江科学技术出版社



《蛋制品工艺学》编委会名单

主 编	张兰威	牟光庆	许高升
副主编	武 军	赵瑞香	罗 欣
主 审	孔保华	朱秀芳	李先保

编著者 (按姓氏笔画为序)

王树宁 (河南职业技术学院)
车云波 (北安农业学校)
刘学军 (吉林农业大学)
李全阳 (山东农业大学)
许高升 (河北农业技术师范学院)
杨龙江 (黑龙江八一农垦大学)
张兰威 (东北农业大学)
武 军 (中国人民解放军农牧大学)
胡铁军 (中国人民解放军农牧大学)
岳喜庆 (沈阳农业大学)
赵瑞香 (河南职业技术学院)
罗 欣 (山东农业大学)
牟光庆 (黑龙江八一农垦大学)

编者说明

为了促进食品科学的发展,提高禽蛋加工技术水平,改变禽蛋制品工艺学课程无教材的状况,由东北农业大学等9所高等院校在原讲义的基础上共同编写了《蛋制品工艺学》。

蛋制品工艺学是以禽蛋为主要研究对象,研究禽蛋的质量检验、贮藏管理与加工技术的一门应用技术科学。《蛋制品工艺学》由蛋制品生产工艺和蛋制品工艺学实验指导两部分组成。全书共十一章,主要内容包括禽蛋组成及化学成分、禽蛋的营养价值、禽蛋的质量鉴定及分级方法、禽蛋的贮藏与保鲜、各种蛋制品的加工技术及蛋的综合利用等等。

蛋制品工艺学是一门实践性很强的综合性应用学科,它与许多学科有着密切的联系,如食品微生物学、食品化学、食品营养学、冷藏学等等。此外,为了适应实际生产需要,还应掌握食品机械、自控等学科的基本知识。

本教材理论联系实际,力求反应国内外蛋与蛋制品学科现代理论与技术先进水平,体现科学性、先进性、系统性和实用性,以促进我国蛋品工业的发展。

本书除了作为大专院校有关专业教材外,还可供食品研究部门、食品加工企业以及商业部门等有关人员参考。

本书在编写过程中,得到了有关院校领导的大力支持,尤其得到朱秀芳老师的无私帮助。原讲义在东北农业大学试用10载,有关老师提出了许多宝贵的修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,经验不足,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者

1996年10月

目 录

绪论	(1)
第一章 禽蛋的物理结构及化学成分	(3)
第一节 蛋的形成	(3)
一、蛋形成器官	(3)
二、蛋的形成	(4)
第二节 蛋的结构及化学成分	(6)
一、蛋的物理结构及化学成分	(6)
二、蛋壳部分的结构及化学成分	(9)
三、蛋白的物理结构及化学成分	(14)
四、蛋黄的结构及化学成分	(19)
第三节 蛋的物理及化学性质	(29)
一、蛋的重量	(29)
二、蛋壳的颜色	(29)
三、蛋壳的厚度	(29)
四、蛋的比重	(29)
五、蛋的透光性	(29)
六、蛋的形状及耐压性	(29)
七、蛋内容物 pH 值	(30)
八、蛋的扩散和渗透性	(30)
九、蛋液的粘度	(31)
十、蛋液的表面张力	(31)
十一、蛋的冰点	(32)
第四节 蛋的主要功能特性	(32)
一、蛋的凝固性或凝胶化性	(32)
二、蛋的起泡性	(35)
三、蛋的乳化性	(36)
第五节 蛋的营养价值	(37)
一、全蛋的营养价值	(38)
二、蛋中营养成分分布及妨碍消化的成分	(40)
第二章 禽蛋中微生物及蛋的腐败	(42)
第一节 禽蛋中微生物	(42)

一、禽蛋中微生物的来源.....	(42)
二、禽蛋中微生物种类.....	(42)
第二节 禽蛋的腐败.....	(45)
一、禽蛋腐败的原因.....	(45)
二、禽蛋腐败的基本原理.....	(45)
第三章 禽蛋的质量原理.....	(49)
一、感官鉴定法.....	(49)
二、气室大小的测定.....	(49)
三、哈夫单位的测定.....	(50)
四、灯光透照法.....	(51)
五、蛋黄指数.....	(56)
六、禽蛋挥发性盐基氮的测定.....	(57)
七、荧光鉴定法.....	(59)
八、比重鉴别法.....	(60)
九、其它指标的测定.....	(60)
第四章 鲜蛋的包装、运输及分级.....	(61)
第一节 鲜蛋的包装.....	(61)
一、包装材料的要求.....	(61)
二、包装方法.....	(61)
第二节 鲜蛋的运输.....	(62)
第三节 鲜蛋的分级.....	(62)
一、我国禽蛋分级法.....	(62)
二、美国鸡蛋分级法.....	(63)
三、前苏联鲜蛋分级.....	(64)
四、日本鲜蛋分级.....	(66)
第五章 鲜蛋的贮藏.....	(67)
第一节 鲜蛋在存放过程中的变化.....	(67)
一、蛋的物理变化.....	(67)
二、蛋在贮藏期间化学变化.....	(72)
三、生理学变化.....	(74)
四、蛋在贮藏过程中微生物的变化及引起蛋内的变化.....	(74)
第二节 蛋的贮藏.....	(76)
一、冷藏方法.....	(76)
二、石灰水贮藏法.....	(79)
三、水玻璃贮藏法.....	(79)

四、茶酚盐贮蛋法.....	(80)
五、涂膜贮藏方法.....	(80)
六、气调保鲜方法.....	(84)
七、巴氏杀菌贮存鲜蛋法.....	(85)
八、射线辐射贮蛋法.....	(85)
第六章 再制蛋加工.....	(86)
第一节 松花蛋的加工.....	(86)
一、原料的选择.....	(86)
二、松花蛋加工原理.....	(89)
三、松花蛋的加工方法.....	(92)
四、松花蛋的品质鉴定.....	(97)
五、松花蛋的营养价值.....	(98)
六、影响松花蛋质量的因素.....	(98)
第二节 糟蛋加工.....	(100)
一、原材料的选择.....	(100)
二、糟蛋加工的基本原理.....	(102)
三、加工方法.....	(102)
第三节 咸蛋加工.....	(107)
一、咸蛋的腌制原理和腌制过程中的变化.....	(107)
二、原料蛋和辅料的选择.....	(110)
三、咸蛋加工方法.....	(110)
四、咸蛋的化学成分和质量要求.....	(112)
第四节 其他再制蛋及熟蛋制品.....	(114)
一、酒辣咸鸭蛋.....	(114)
二、五香茶鸡蛋.....	(115)
三、卤制蛋.....	(115)
四、文武蛋.....	(116)
五、鸳鸯蛋.....	(116)
六、调味香蛋.....	(117)
七、醋蛋(保健食品).....	(117)
八、虎皮蛋.....	(118)
九、蛋松.....	(118)
十、香酥蛋松.....	(119)
十一、家制鸡蛋松.....	(120)
十二、长蛋制造.....	(120)

十三、蛋肠的加工.....	(122)
十四、水煮蛋加工.....	(123)
第四节 五香鹌鹑蛋罐头加工工艺.....	(125)
一、工艺流程.....	(125)
二、质量要求.....	(127)
第七章 液蛋与浓缩蛋液.....	(128)
第一节 液蛋的制造过程及厂房设置.....	(128)
一、液蛋的制造过程.....	(128)
二、液蛋制造厂房的设置.....	(128)
第二节 原料蛋的预处理.....	(133)
一、加工液蛋用原料蛋.....	(133)
二、蛋壳的洗净和杀菌.....	(133)
第三节 打蛋、去壳与过滤.....	(136)
一、打蛋方法.....	(136)
二、打蛋厂的卫生管理.....	(139)
三、蛋液的混合与过滤.....	(140)
四、预冷.....	(141)
第四节 杀菌.....	(141)
一、液蛋中微生物.....	(142)
二、液蛋的杀菌方法.....	(143)
三、巴氏杀菌蛋液的杀菌效果测定.....	(146)
四、液蛋杀菌效果.....	(147)
五、液蛋加热杀菌设备.....	(148)
第五节 杀菌后处理.....	(150)
一、冷却.....	(150)
二、充填、包装及输送.....	(150)
三、液蛋应用.....	(151)
第六节 湿蛋制品.....	(155)
一、蛋黄的搅拌过滤.....	(155)
二、加防腐剂.....	(155)
三、静置、沉淀.....	(156)
四、装桶.....	(156)
第七节 浓缩液蛋.....	(157)
一、浓缩液蛋的制造过程.....	(157)
二、浓缩蛋白.....	(157)

三、浓缩全蛋、蛋黄.....	(158)
第八章 冰蛋 (冷冻蛋)	(162)
第一节 冰蛋的制造.....	(162)
一、蛋液的包装.....	(162)
二、速冻和冷藏.....	(163)
第二节 冰蛋的解冻.....	(165)
一、常温解冻法.....	(165)
二、低温解冻法.....	(165)
三、加温解冻法.....	(165)
四、长流水解冻法.....	(165)
五、微波解冻法.....	(165)
第三节 冷冻及解冻引起的蛋液性质变化.....	(166)
一、蛋白性质的变化.....	(166)
二、蛋黄性质的变化.....	(166)
三、全蛋液性质的变化.....	(169)
第四节 冰蛋的微生物.....	(169)
一、冰蛋中主要微生物种类变化.....	(169)
二、冰蛋在冷冻及贮藏过程总菌数量变化.....	(169)
第五节 冰蛋品的质量指标和国家标准.....	(170)
一、冰蛋品的质量指标.....	(170)
二、冰蛋的质量标准.....	(171)
第九章 干燥蛋制品.....	(176)
第一节 干燥蛋制品的种类、用途及干燥特点.....	(176)
一、干燥蛋制品的种类、用途.....	(176)
二、加工蛋粉的干燥特点.....	(178)
三、干燥蛋的制造过程.....	(180)
第二节 干燥前脱糖.....	(182)
一、自然发酵 (Spontaneous microbial fermentat).....	(182)
二、细菌发酵 (Control bacterial fermentation).....	(182)
三、酵母发酵 (Yeast fermentation).....	(184)
四、酶法脱糖 (Enzyme fermentation).....	(185)
五、除糖方法的比较.....	(186)
六、其它的脱糖方法.....	(187)
第三节 蛋液的杀菌与干燥.....	(187)
一、低温杀菌及干热杀菌.....	(187)

二、干燥 (drying).....	(189)
第四节 蛋白片的加工.....	(192)
一、蛋白液的搅拌过滤.....	(192)
二、蛋白液的发酵.....	(193)
三、中和.....	(194)
四、烘干.....	(195)
五、晾白.....	(198)
六、拣选.....	(198)
七、藏.....	(198)
八、包装及贮藏.....	(198)
九、干蛋白片的成品标准.....	(199)
十、桶头、桶底的处理.....	(199)
第五节 蛋粉加工.....	(200)
一、蛋液的搅拌、过滤.....	(200)
二、巴氏杀菌.....	(200)
三、喷雾干燥.....	(200)
四、二次干燥 (Secondary drying).....	(204)
五、蛋粉造粒化 (agglomeration).....	(204)
六、筛粉、包装.....	(204)
七、喷雾干燥中温度的控制.....	(205)
八、喷雾干燥中物料平衡与热量平衡的计算.....	(205)
第六节 干燥和贮藏对蛋品品质的影响.....	(210)
一、功能特性变化.....	(210)
二、物理变化.....	(211)
三、微生物变化.....	(211)
第七节 干蛋品质量指标和标准.....	(212)
一、鸡蛋白片标准.....	(212)
二、巴氏杀菌鸡全蛋粉质量标准.....	(212)
三、鸡全蛋粉质量指标.....	(213)
四、鸡蛋黄粉质量指标.....	(214)
第八节 速食鸡蛋粉的加工方法.....	(214)
第十章 其它蛋制品.....	(216)
第一节 乳酸发酵鸡蛋制品.....	(216)
一、乳酸发酵鸡蛋白饮料.....	(216)
二、鸡蛋酸乳酪类食品.....	(217)

第二节 蛋黄酱制作.....	(218)
一、蛋黄酱原料选择、功能及质量要求.....	(218)
二、蛋黄酱的加工方法.....	(219)
三、影响产品稳定性的因素.....	(220)
四、蛋黄酱特征.....	(221)
第三节 以蛋液为原料的冰制品.....	(221)
一、制造方法.....	(221)
二、加工实例.....	(222)
第四节 鸡蛋饮料.....	(222)
一、柠檬蛋饮料.....	(222)
二、蛋黄姜汁饮料.....	(223)
三、葡萄汁蛋露.....	(223)
四、鸡蛋干酪饮料.....	(223)
五、牛奶鸡蛋饮料.....	(224)
六、蛋黄巧克力饮料.....	(224)
七、蛋黄酵母乳牛奶饮料.....	(225)
第五节 雪花蛋清的制作.....	(225)
第十一章 变质蛋及副产品利用.....	(227)
第一节 变质蛋利用.....	(227)
一、蛋黄油提取.....	(227)
二、卵磷脂提取.....	(228)
三、变质蛋制味精.....	(229)
四、变质蛋及蛋制品加工酱油.....	(231)
第二节 禽蛋副产品利用.....	(232)
一、蛋壳粉加工.....	(233)
二、蛋壳膜利用.....	(233)
三、溶菌酶提取.....	(233)
实验一 蛋的物理性质.....	(235)
实验二 蛋的物理结构观察.....	(240)
实验三 蛋的品质鉴定方法实验.....	(242)
实验四 蛋粉油量及游离脂肪的含量的测定.....	(247)
实验五 禽蛋挥发性盐基氮检验.....	(250)
实验六 松花蛋加工.....	(253)
实验七 咸蛋的加工.....	(260)

实验八 蛋黄酱加工.....	(262)
实验九 鸡蛋酸乳制品加工.....	(264)
主要参考文献.....	(269)

绪 论

人类为了维持其正常的生理机能和生长发育，首先需要从外界摄取各种营养素。在众多的食物中禽蛋是一种营养丰富，又易被人体消化吸收的食品。我国是世界上蛋类生产量最多的国家，蛋和蛋制品在国民经济中占有重要地位。由于近年来原料蛋量迅速增加，如何更好地利用蛋已成为急待解决的问题。

一、蛋制品的重要性

禽蛋是天然的最完善的食品之一，为人体提供极为均衡的蛋白质、脂肪、矿物质和维生素及中等的热能。此外，蛋还含有大量的免疫球蛋白、溶菌酶、卵磷脂等具有保健及药用价值的物质。

禽蛋及其制品除本身是重要的食品外，也是食品工业的重要原料。它不仅能改善食品的结构及食品的风味，也能提高食品的营养价值。此外，蛋清还广泛地被应用于造纸、制革、纺织、医药、化工、陶瓷等加工业。

我国劳动人民在长期生活实践中，总结出了一些独特的蛋制品的生产工艺，加工出如松花蛋、糟蛋、咸蛋、蛋白片等产品，在海内外享有盛誉，远销东南亚、欧美等 30 多个国家和地区，在我国对外贸易中占有重要位置。

二、我国蛋品工业发展概况

养禽产蛋在我国已有数千年的历史，在长期蛋的利用过程中形成了蛋品生产工业。产品主要分鲜蛋、再制蛋和蛋制品三大类。我国再制蛋的生产历史，如松花蛋加工在《农桑衣食撮要》中就有记载，可见已有 600 多年的历史了。作为商品行销海内外也已有 200 年历史。经多年实践，从最初的“石灰拾蛋”、“柴灰拾蛋”的加工方法，逐渐在技术上加以改进和提高，形成流行于南方的“潮彩蛋”（以益阳皮蛋为代表）以及流行于北方的浸法生产的“京彩蛋”（以北京皮蛋为代表）的工工艺。咸蛋、糟蛋加工也都有数百年历史。1929 年我国上海成立了关于蛋品的组织机构——蛋品同业公会，其中蛋厂 8 家，年产皮蛋 1 000 万枚，以后厂家及产品产量逐年增加。建国后，蛋品工业发展迅速，特别全国名蛋品重点产区及大中城市相继建立了一定规模的松花蛋厂或专业车间，通过产学结合，使蛋品加工业有了快速发展，如松花蛋由手工生产实现了“两无一小”即无铅、无泥、小包装化工艺，使生产效益和商品价值大为提高。

我国蛋制品生产的历史相对短些，而且解放前蛋品生产绝大部分操纵在外商资本家手中，他们以低廉的价格从我国掠夺大量原料蛋，销往欧美各国，当时主要的

产品有冰蛋、蛋粉和湿蛋等。1950年天津蛋厂正式成立，年产冰蛋1万吨，随后一批专营蛋制品厂相继建立起来。近20年来，各蛋品加工厂从日本、丹麦、美国等引进了一批具有80年代国际水平的蛋制品加工设备，采用先进技术生产出了优质的冰蛋、蛋粉、蛋黄酱、长蛋等产品。

在大力发展蛋品生产的同时，国家十分重视蛋品行业管理，1954年中央召开了蛋品技术出口资料编纂会议，1956年又组织成立了中国蛋品品质改进委员会。与此同时，蛋品的科学研究和教学工作也得到了重视和提高，各地相继成立了高、中等食品科学和农畜产品加工专业，并相应地增加了蛋品工艺学课程，为国家蛋品加工业培养了一批专业人才。

三、国外蛋品工业概况

国外主要产蛋国和生产国为美国、前苏联、荷兰、德国、法国、英国、加拿大等，其蛋品生产以规模大、机械化程度高、生产效率高而见长。从历史看，美国在1865年提出了干燥蛋的专利，1874年正式加工蛋粉，在二次大战中全蛋粉发展很快，以供美国部队军用食品。1890年制成了冷冻蛋制品，1938年首次商业化生产低温消毒的液态蛋。近年来，随着科学技术的发展，国外纷纷集中力量开发新型的蛋制品，以利用禽蛋资源获得更高的经济效益。总之，以鲜蛋直接投放市场正在逐渐减少。

四、蛋制品工艺学的任务和内容

蛋制品工艺学是以禽蛋为对象，综合有关学科知识，研究其贮藏、加工理论、生产工艺技术及产品质量变化规律，为改善人民生活、发展商品经济服务的一门应用技术学科。

蛋制品工艺学的主要任务是研究充分利用现有蛋类资源和开辟新资源的途径；探索蛋品生产、贮运和流通过程中产品腐败变质的原因及控制途径；研究蛋制品加工工艺技术，提高产品质量和劳动生产率；研究蛋类的综合利用新技术、新工艺，开发新产品，以适应国内外市场的需求。

蛋制品工艺学包括禽蛋的结构、化学成分及理化特性；禽蛋的腐败变质与保鲜；禽蛋的质量与分级；再制蛋加工；蛋制品加工；蛋品饮料及禽蛋综合利用等十一章；此外，还包括八个实验。

第一章 禽蛋的物理结构及化学成分

第一节 蛋的形成

蛋是在雌性家禽的生殖器官内形成的，含有胚胎发育所需全部营养的大细胞。

一、蛋形成器官

蛋形成器官，即母禽的生殖器官由两大部分组成，为卵巢和输卵管，位于腹腔内。母禽为了适应飞翔、卵生、胚胎发育的需要，一般右侧卵巢和输卵管在孵化的7~9天停止发育，出壳后仅保留痕迹，只有左侧卵巢和输卵管正常发育，具有繁殖机能。

卵巢成结节状，位于腹腔左肺紧后方，左肾前叶头端，以卵巢系膜韧带附着于背侧体壁；另一方面又以腹膜褶与输卵管相连接。当母禽产期或性成熟前，卵巢皮

质具有白色结节状物内含卵子的滤泡。一个卵巢用肉眼可观察到2 500枚滤泡，用显微镜观察大约有12 000枚。有人估计可到数万枚，但其中仅有少数达到成熟排卵。每一个滤泡含有一个卵母细胞或生殖细胞，最初细胞在中央，随着卵黄的累积，生殖细胞渐渐升到卵黄的表面而恰在卵黄膜的下面。未经受精的蛋，生殖细胞没有分裂，破视见蛋黄表面有一白点，称为胚珠。受精后的蛋，生殖细胞在输卵管过程中，经过分裂，形成中央透明，周围暗区的盘状形原肠胚，叫胚盘。卵子外围的滤泡其柄与卵巢相连，似葡萄状。滤泡上有许多血管，可自卵巢上运来营养物质供卵子成长发育。

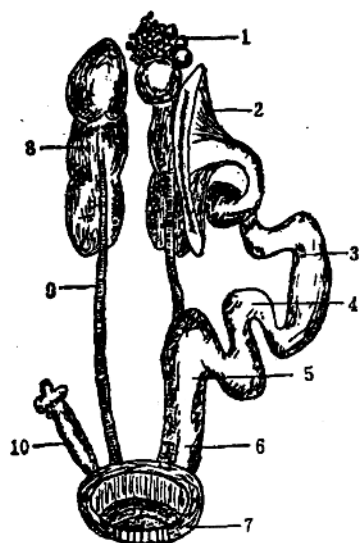


图 1—1 母禽生殖器官图

- 1.卵巢； 2.喇叭管； 3.蛋白分泌部；
4.峡部； 5.子宫； 6.阴道； 7.泄殖腔；
8.肾； 9.输尿管； 10.退化的输卵管

输卵管是保证胚胎体外发育的重要器官，为一弯曲长管，前端开口于

卵巢下方，后端开口于泄殖腔，产蛋期间，占据了腹腔左侧很大部分，停产期间萎缩变小变短。输卵管依其形态和机能不同，分为五部分，即喇叭部，蛋白分泌部或膨大部，峡部或管腰部，子宫部和阴道部，见图 1—1 所示。

喇叭部也称漏斗部，形似喇叭，为输卵管的入口，产蛋期间长度 3 ~ 9cm，卵巢排出卵黄后，为喇叭部接纳。

膨大部为输卵管最长的部分，长约 30 ~ 50cm，壁较厚，粘膜形成纵褶，前端与喇叭部相连，后端与管腰部相通。膨大部密生腺体，包括管状腺和单细胞腺两种。前者分泌稀蛋白，后者分泌浓蛋白。

峡部为输卵管较窄、较短的一段，长约 10cm，内部纵褶不明显，前端与膨大部界限分明，后端为纵褶的尽头，蛋壳膜在这一部分形成。

子宫部呈袋形，管壁厚，肌肉发达，长约 10 ~ 12cm，该部分分泌子宫液（蛋清成分）、蛋壳基质。

阴道部长约 10 ~ 12cm，为输卵管的最后一部分，开口于泄殖腔背壁的左侧。能分泌禽蛋的外壳膜及色素，但也有人认为阴道部无腺体，蛋的外壳膜的色素是在子宫部形成的，其形成过程见图 1—2。

二、蛋的形成

禽蛋是一个大型卵细胞，含有家禽胚胎发育所必须的全部营养成分。蛋的内容物被一层富有石灰质的蛋壳密封其内，可以把蛋分为三大部分，即蛋黄、蛋清和蛋壳，每一部分都是在特定部位形成，其形成过程见图 1—2。

（一）蛋黄的形成

在胚胎期，卵巢上就存在滤泡，每一滤泡包含一个卵子。随着卵子发育程度即滤泡生长大小而分为初级滤泡，生长滤泡和成熟滤泡三种状态，卵子在成长过程中因卵黄累积而逐渐增大，最早积累的为浅色卵黄，因此，小的滤泡呈白色，此后深浅交替，累积成层。这种蛋黄累积交替成层的深浅颜色，被认为与昼夜新陈代谢速度的节奏性有关，即白天为深色，晚上为浅色。在性成熟前，滤泡大小虽不等，但生长都很缓慢，渐接近性成熟后，生长中较大的滤泡迅速生长，并在排卵前经 9 ~ 10 天达成熟。滤泡成熟后排卵，排出的卵子在末形成蛋前叫卵黄，形成蛋后叫蛋黄。

卵上的滤泡很多，大小不一呈葡萄状，其中只有一部分能发生排卵而形成蛋。鸡的排卵周期较为固定，一般每 24 小时能成熟一个卵子，如果母禽卵巢机能旺盛，而输卵管作用不活泼时，就有可能同时成熟 2 个或 3 个卵子故形成双黄蛋或三黄蛋，在相反的情况下就可能产生无黄蛋。

（二）蛋白的形成

蛋清又称蛋白或卵白，是由输卵管中腺体分泌包围在卵黄周围而形成，它分为

明显的四层。滤泡成熟排出卵黄后，立即被输卵管的喇叭部纳入，输卵管蠕动作用，推动卵黄在管内沿长轴旋转前进，经过漏斗部的末端和膨大部的前端时，分泌的蛋白先沉积在卵黄上形成第一个蛋白层，即内蛋白层。这一层蛋白是浓稠的，由粘蛋白纤维形成粘蛋白纤维网，网的周围充满稀薄蛋白。继续下行膨大部能分泌更多的浓胶状蛋白沉积于卵上成环状层，组成蛋清的中层。然后，卵进入峡部其外观主要是一层蛋清，而无分层的现象，此时蛋清蛋白质的浓度约为卵最后浓度的二倍，蛋清的量占最后总量的一半。这说明卵离膨大部后不再分泌蛋白，而主要加水于蛋白中，加上卵从输卵管旋转运动所引起的物理变化，形成明显的蛋白的分层。

在峡部一小时后，进入壳腺，在此停留约 20 小时，这时可见到蛋清的明显分层。系带是一对白色的附着于蛋黄两侧并与卵长轴平行的组带。一般认为系带是由于卵在输卵管中的机械扭动和旋转作用下并由粘蛋白层的粘蛋白纤维形成的。但最初分泌出来时并没有系带存在，直到卵进入壳腺后才能看清楚。在系带形成的同时而被挤出来的稀蛋白形成内层稀薄蛋白，某些酶也参与系带的形成。

当卵在壳腺部停留时，壳腺膨胀液可把约 15 ~ 20g 水（占蛋清中水量的 50% 左右）加于蛋清中，从而增加了蛋清的总容量，结果明显形成中层浓蛋白和外层稀薄蛋白。蛋清葡萄糖是由峡部提供并在壳腺进入蛋清的。无机离子 Na^+ 、 Ca^{2+} 主要在膨大部添加进去，而 K^+ 是在壳腺中进去的，同时在壳腺中进一部分 Na^+ 、 Ca^{2+} 。这些无机离子对将来的胚胎发育很重要。

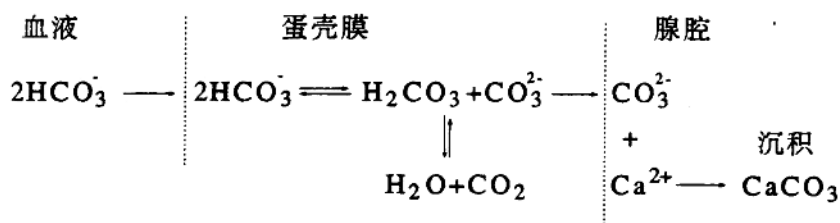
（三）壳下膜的形成

蛋的内容物（蛋白与蛋黄）基本形成后，经峡部，在此形成壳下膜，其厚度约为 $70\mu\text{m}$ ，此时形成一个具有一定形状的柔软的蛋。

（四）蛋壳的形成

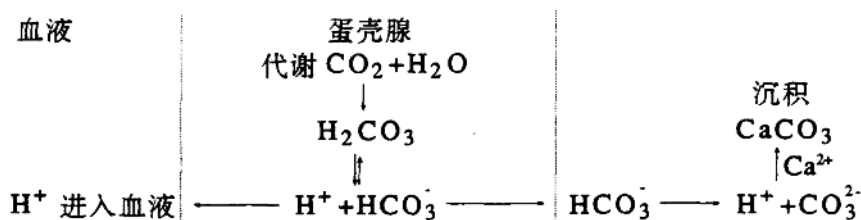
已经包好蛋壳膜的软蛋，由峡部运动进入子宫，子宫部分有较厚的肌肉壁，能分泌出大量碳酸钙及少量碳酸镁等无机物，堆积而形成蛋壳。

关于壳膜中碳酸根离子（ CO_3^{2-} ）的来源有两种看法，一种看法认为 CO_3^{2-} 来源于血液中的 HCO_3^- ，这是由于壳腺中含有较丰富的碳酸酐酶作用的结果，其变化过程如下式：



另一种看法认为 CO_3^{2-} 完全或大部分由壳腺本身代谢产生的 CO_2 构成蛋壳中的

碳酸盐，其过程如下式：



蛋壳上的钙镁离子来源于饲料和骨骼。

(五) 外蛋壳膜的形成

形成蛋壳后的蛋继续下行而进入输卵管的最后部分——阴道。当蛋通过阴道时，阴道粘膜分泌腺受到刺激而分泌一种胶质状的粘液，涂布在蛋壳外表，经过泄殖腔排出体外，即形成一个完整的蛋。



图 1—2 蛋的形成程序

1. 未成熟的卵子；2. 成熟卵子准备入输卵管漏斗；3. 输卵管漏斗；
4. 蛋白分泌部；5. 输卵管有蛋经过的状况；6. 继续形成蛋白部位；
7. 蛋壳形成部位；8. 泄殖腔

第二节 蛋的结构及化学成分

一、蛋的物理结构及化学成分

由蛋的形成知道，蛋主要由蛋壳、蛋白和蛋黄三个部分所组成。各组成部分在蛋中所占的比重与家禽的品种、年令、产蛋季节、蛋的大小和饲养条件有关。

(一) 蛋的结构

禽蛋有一定形状，一头较大称为蛋的钝端，另一头较小称之为锐端，其平面上的投影为椭圆形，其结构如图 1—3。

(二) 蛋各组成部分的重量比例

由表 1—1 可知，不同种类的禽蛋，三部分组成的含量不同。