

动物营养与饲料配制技术丛书

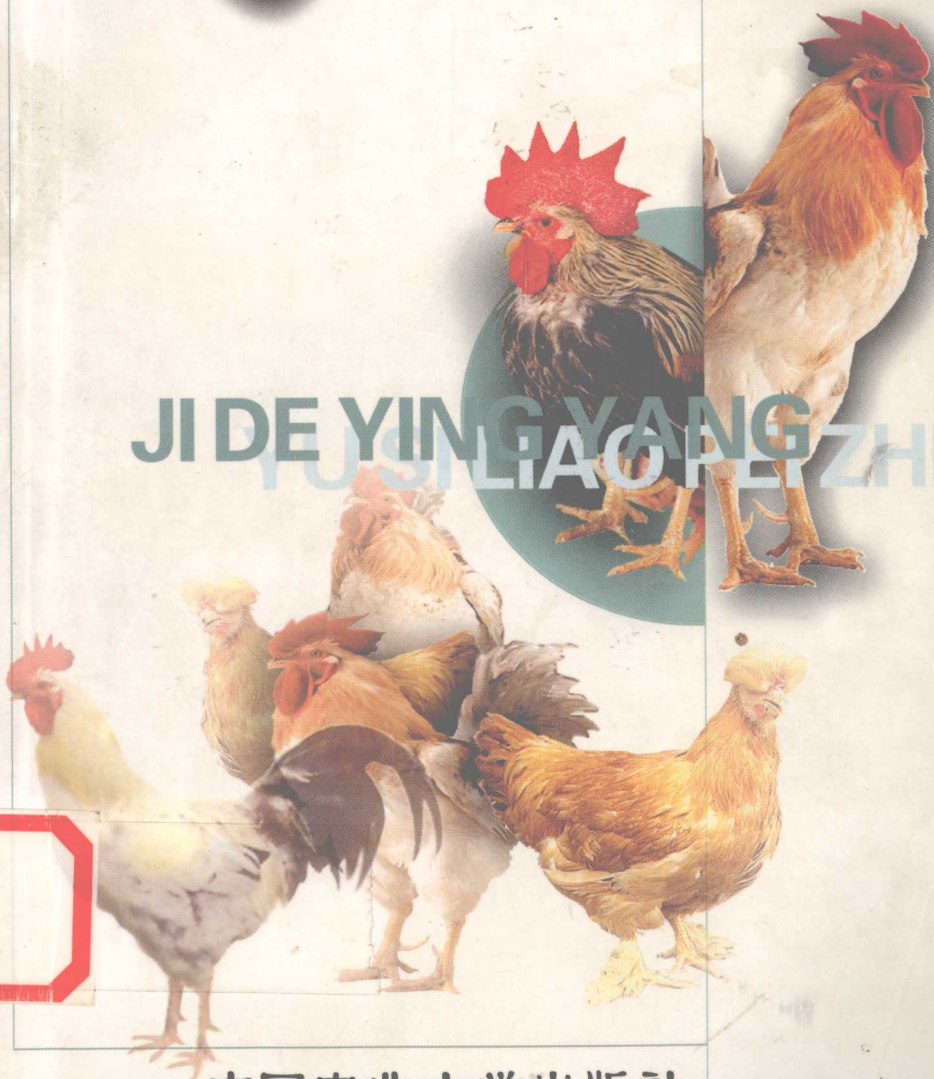
鸡

鸡

的营养与饲料配制

吴于明 主编

JI DE YING YANG
LIANG LIANG PEI ZHI



中国农业大学出版社

动物营养与饲料配制技术丛书

鸡的营养与饲料配制

吕于明 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

鸡的营养与饲料配制/ 闵于明主编. —北京: 中国农业大学出版社, 2003. 10

ISBN 7-81066-634-7/S · 483

(动物营养与饲料配制技术丛书)

I. 鸡… II. 闵… III. ①鸡-营养 ②鸡-饲料-配制 N. S831. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 039722 号

书 名: 鸡的营养与饲料配制

作 者: 闵于明 主编

策划编辑: 高 欣

责任编辑: 郑 丽

封面设计: 郑 川

责任校对: 王晓凤

出版发行: 中国农业大学出版社

社 址: 北京市海淀区圆明园西路 2 号 邮政编码: 100094

电 话: 发行部 010-62891190, 2620 读者服务部 010-62892336

编辑部 010-62892617, 2618 出版部 010-62893440

网 址: www.cau.edu.cn/caup Email: caup@public.bta.net.cn

经 销: 新华书店

印 刷: 北京市社科印刷厂

版 次: 2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷

规 格: 850×1168 32 开本 印张 10.75 千字 265

印 数: 1~5 500

定 价: 15.00 元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编 芮于明

编著者 芮于明 马秋刚 袁建敏 杨彩霞

前 言

中国现在鸡蛋年产量位居世界第一,鸡肉年产量居世界第二,可谓养禽大国。可是,中国养鸡生产的设备、设施条件、鸡只存活率、饲料转化效率、鸡蛋和鸡肉产品品质等方面还与世界领先水平有一定差距。进入 21 世纪,消费者对产品安全卫生和品质风味的要求日渐提高,社会对养鸡生产的生态环境效应日渐重视,对有限饲料资源得到更高效利用的期望更强烈。这些给中国从事养鸡业相关工作的政府官员、科学家、教育培训工作者、生产技术和生产管理人员等提出了挑战,业内人士对时下实施中的食品安全工程和饲料安全工程应有深刻的认识和体会了。

家禽的繁殖效率高,其种群所占成本相对较低;家禽生产周期短,其生产规模和产出易于调控;家禽对饲料的转化效率高,产品营养价值高。因此,家禽养殖业将是一个为人类高效生产优质高蛋白动物食品和改善人类营养状况的重大关键产业,鸡仍将居家禽之首。其营养理论和饲料科技知识在过去 5 年里又有了长足发展,为了满足业内人士对相关理论知识和应用技术的需求,编著者在中国农业大学出版社 1997 年出版的《家禽营养与饲料》一书的基础上,对内容进行更新补充和调整形成了有关鸡的营养与饲料科技的专著《鸡的营养与饲料配制》。本书的内容注重系统性、新颖性和实用性,可供从事与养鸡业相关的科研人员、教师、学生和生产技术人员使用。

在本书的编撰过程中,得到研究生聂伟、贾巍、翟维和陈士勇的协助,在此特别致谢。由于编著者的水平有限和编写的时间仓促,书中难免错误与遗漏之处,敬请读者见谅并指正。

吴于明

2003 年 4 月 28 日于北京

目 录

第一章 饲料的摄食与消化	(1)
一、消化系统解剖学特点	(1)
二、营养素的消化与吸收	(2)
三、消化道微生物及其营养作用	(9)
第二章 能量代谢及能量需要	(11)
一、鸡饲料能量价值的评定.....	(12)
二、鸡的能量需要及影响因素.....	(13)
第三章 脂肪营养	(18)
一、脂类.....	(18)
二、脂肪的消化与吸收.....	(21)
三、脂肪的生物合成.....	(23)
四、脂肪的降解.....	(25)
五、脂肪的变质与防治.....	(26)
六、脂肪的营养生理作用.....	(28)
七、鸡对脂肪的需要及利用.....	(32)
第四章 蛋白质、氨基酸营养	(37)
一、蛋白质的组成.....	(37)
二、蛋白质的消化吸收.....	(38)
三、蛋白质、氨基酸的代谢及利用	(39)
四、氨基酸之间及与其他营养素间的互作.....	(41)
五、鸡对蛋白质及氨基酸的需要.....	(43)
六、饲料中蛋白质与氨基酸的品质及评价.....	(50)
七、以可消化氨基酸进行日粮配制.....	(56)

第五章 碳水化合物营养	(58)
一、碳水化合物种类	(58)
二、碳水化合物的消化吸收	(60)
三、碳水化合物的代谢利用	(64)
四、碳水化合物营养生理作用	(65)
第六章 矿物质元素营养	(67)
一、必需矿物质元素与代谢特点	(67)
二、钙、磷、镁营养及需要量	(70)
三、钠、钾、氯及日粮电解质平衡	(80)
四、微量矿物质元素营养	(88)
第七章 维生素营养	(107)
一、维生素的代谢作用、缺乏症及中毒症	(108)
二、鸡对维生素的需要量与最适供给量	(132)
第八章 水	(140)
一、水的作用	(140)
二、饮水量	(140)
三、水质	(142)
第九章 营养与环境	(144)
一、温热环境对鸡采食、消化、吸收及代谢的影响	(146)
二、温热环境对鸡营养需要的影响	(148)
三、应激反应及防治措施	(150)
四、营养与免疫抗病力	(155)
第十章 生产中常见的营养问题	(164)
一、阶段饲喂	(164)
二、蛋重	(166)
三、蛋壳质量	(167)
四、种蛋孵化率	(170)
五、腿部健康	(173)

六、采食量	(177)
第十一章 常用饲料原料	(181)
一、能量饲料	(181)
二、蛋白质饲料	(199)
三、矿物质饲料	(222)
四、维生素饲料	(229)
五、氨基酸添加剂	(232)
六、酶制剂	(234)
七、饲用益生菌	(240)
八、饲料药物添加剂	(241)
九、饲料保存剂	(252)
十、其他饲料添加剂	(255)
第十二章 饲料配方设计	(257)
一、饲料配方设计的原则	(257)
二、饲料产品的种类和规格	(260)
三、饲料配方设计的一般步骤	(260)
四、全价配合饲料配方设计要点及典型配方示例	(264)
五、浓缩饲料配方设计要点及典型配方示例	(275)
六、添加剂、复合预混料配方设计要点及典型配方 示例	(280)
七、加工工艺对饲料中营养成分和鸡生产性能的 影响	(287)
附录一 美国 NRC(1994)家禽营养需要标准	(289)
附录二 中国常用饲料成分及营养价值表(2002)	(299)
附录三 鸡饲料中允许使用的药物种类及药物配伍 禁忌	(326)
参考文献	(330)

第一章 饲料的摄食与消化

一、消化系统解剖学特点

鸡的消化系统简单,由喙、口腔、嗉囊、腺胃、砂囊(肌胃)、十二指肠、空肠、回肠、盲肠、结肠等组成。消化道短,成年鸡的消化道长150 cm左右,体长与消化道的长度比为1:4。一般饲料在采食后4 h可排出,24 h内可排泄不能消化的部分。

鸡口腔内无牙齿,靠喙采食饲料。鸡的唾液腺不发达,唾液内含有少量淀粉酶。饲料与口腔内分泌的黏液混合后经吞咽进入嗉囊,短暂储存,排入胃内消化。嗉囊不分泌消化液,仅分泌黏液软化饲料,其中一些细菌和淀粉酶使饲料变成可溶状态。胃分为肌胃和腺胃两部分。粪、尿排泄与产蛋共用一个排泄口——泄殖腔,由于粪尿不能分开,所以消化试验不易进行。大肠短,鸡的大肠仅3~4 cm;鸡有成对的盲肠,盲肠长3~5 cm,最长可达20 cm,最大直径可达1.5 cm。

鸡的小肠淀粉酶及胰蛋白酶在5日龄后方达到较高水平;胰脂肪酶和糜蛋白酶分别在7日龄和15日龄后才达到较高水平。鸡的消化道无纤维素酶,故鸡不能消化利用纤维素。

鸡消化道分泌酸的能力很强,单位体重胃的最大氢离子分泌量可达每千克体重每小时3.24 mmol。鸡各段消化道pH值分别为:嗉囊4.5,腺胃4.4,肌胃2.6,十二指肠5.8~6.0,空肠5.85,回肠6.35,结肠6.25,盲肠5.7,胆汁5.9。胃蛋白酶的分泌产量也较哺乳动物的高。

鸡的嗅觉和味觉远没有哺乳动物的发达,但喙端内有丰富而敏感的物理感受器,因此饲料的物理特性如颗粒的大小和硬度对

鸡的摄食及消化影响很大。鸡对不同粒度大小的饲料的选择与啄的口径大小有关。肉仔鸡能区分饲料粒度的细微差别。适度的大小颗粒及硬度都有助于提高肉仔鸡生产性能。如饲用颗粒料的肉仔鸡就比饲用粉料的有较快的生长速度和较好的饲料转化率；用辊压式粉碎机粉碎玉米的颗粒大于用锤片式粉碎机粉碎的玉米的颗粒，用前者配制的日粮饲喂效果优于用后者配制的日粮。饲料粒度的效果与制粒的效果还具有可加性。

制粒使饲料质地结实，单位时间内采食的营养素增大，采食时间缩短，采食活动耗能减少，生产净能增加，而且总的采食量或营养摄入量增加。

粉化率高的饲料容易糊嘴，不利于采食及生长，且增加饮水量，因此在水槽等地方的饲料损耗量增加。

饲料结构影响饲料通过胃肠道的速率。粉料比颗粒料、中细颗粒粉料比中等或偏大颗粒的粉料能较快地通过肌胃到小肠，导致肌胃萎缩，胃内 pH 值上升，而小肠轻微肥大，肠内 pH 值下降，小肠食糜 pH 值下降可能是过度的细菌发酵产生挥发性脂肪酸较多的结果。颗粒料在嗦囊里很快裂解，而大原料颗粒在上消化道消化的速度要比小原料细粉的消化速度慢些，因此加强了胃肠蠕动和消化液分泌，促进采食和饲料消化吸收，从而改善生产性能。

二、营养素的消化与吸收

(一) 消化

1. 机械降解 胃借助胃部肌肉的运动力量将食物研磨成更小的颗粒或片段。磨碎后的食物颗粒或片段的表面积增加，有助于以后的化学降解。

鸡食入砂粒可增加肌胃的活动，帮助消化食物。肌胃内壁衬有坚硬的角质层。

2. 化学降解 经过化学降解，食物转变成其相应的化学组成

物质,如单糖、氨基酸和脂肪酸等。化学降解包括无机化学反应(如酸水解)和消化酶的酶促反应。

各种各样的消化酶由消化道的腺体结构及与消化道有关的分泌器官分泌。唾液腺除分泌黏液润滑食物外,还分泌 α -淀粉酶。

肝脏分泌胆汁,在未经胆管分泌入小肠前胆汁储存在胆囊内。胆汁含有胆酸盐和排出的胆色素等代谢产物,胆汁可降低脂肪滴的表面张力乳化脂肪。胆酸盐是胰脂肪酶的辅助因子,增强脂肪酶活力;胆酸盐、脂肪酸及甘油一酯结合成水溶性复合物促进脂肪酸吸收;胆汁中的碱性无机盐可中和由胃进入小肠的食糜酸度。肝脏还储存和分配吸收的代谢产物,代谢产物在肝脏进行转化脱毒。

胰腺分泌的胰液含有大量的水解酶原(胰蛋白酶原、糜蛋白酶原、羧肽酶)、淀粉酶、DNA酶、RNA酶、胆固醇酯酶、脂肪酶、磷脂酶以及碳酸氢钠等。碳酸氢钠中和从胃中排出的食糜。

腺胃分泌盐酸,对食物进行化学消化,还激活一些消化酶原。腺胃还分泌胃蛋白酶、少量淀粉酶及脂肪酶等。

小肠分泌肽酶、二糖酶以及脂肪酶。哺乳动物的大肠可发酵纤维素,并合成水溶性维生素,但鸡的大肠很短,在这方面作用不大。

消化酶包括蛋白酶、碳水化合物酶和酯酶等几大类,但每一类都包括许多特异性的酶(表 1-1)。

表 1-1 消化酶种类

蛋白酶:

内肽酶(蛋白质 \rightarrow 多肽)

胃蛋白酶(最适 pH 1.5~2.5)

胰蛋白酶(最适 pH>7)

外肽酶(多肽 \rightarrow 肽、氨基酸)

多肽酶

三肽酶

二肽酶

续表 1-1

碳水化合物酶：

多糖酶(高分子碳水化合物→寡糖、二糖和单糖)

淀粉酶

纤维素酶

几丁质酶

寡糖酶(三糖和二糖→单糖)

葡糖苷酶(麦芽糖、蔗糖、葡糖苷、纤维二糖)

半乳糖苷酶(蜜二糖、半乳糖苷、乳糖)

果糖苷酶(蔗糖)

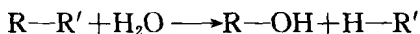
脂酶：

脂肪酶(甘油三酯→脂肪酶、甘油、甘油一酯)

酯酶(简单酯、复合磷脂、胆固醇酯及蜡质→羧酸乙醇、胆固醇、脂肪酸等)

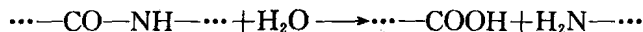
消化酶通过导管系统由外分泌腺分泌入肠道。肠及其他各有关器官还分泌激素,虽然激素不直接参与化学消化,但却是消化过程的重要调节物质。

所有的消化酶均是水解酶,通过水的加入而将化学键断裂,分子 R—R' 的水解反应式如下:



依此类推,

蛋白质肽键的水解反应式为:



多糖糖苷键的水解为:



脂肪酯键的水解为:



(1)蛋白酶。蛋白酶水解氨基酸间的肽键。蛋白酶分内肽酶和外肽酶两类。内肽酶切断蛋白质分子内的肽键,外肽酶切断具有游离氨基的末端氨基酸(氨基肽酶)、具有游离羧基的末端氨基酸(羧基肽酶)或二肽(二肽酶)。内肽酶对能水解肽键两侧的化学基团具有较强的选择性,如胃蛋白酶和糜蛋白酶在连接二羧酸的芳香族氨基酸处水解蛋白质,胃蛋白酶在氨基酸的游离氨基酸端切断肽键而糜蛋白酶在氨基酸的游离羧基端切断肽键。胰蛋白酶作用于精氨酸和赖氨酸的羧基侧肽键。角蛋白酶水解相邻角蛋白分子单体间的二硫键。

分泌的蛋白酶都是无活性的酶原状态,因为以活性状态存在细胞内会产生破坏作用。这些无活性的酶原由无机离子或特定的酶激活,如 H^+ 激活胃蛋白酶原、肠激酶激活胰蛋白酶原、胰蛋白酶激活糜蛋白酶原,胃蛋白酶和胰蛋白酶还能分别激活胃蛋白酶原和糜蛋白酶原。

(2)碳水化合物分解酶。碳水化合物的消化就是高分子聚合物的逐步水解,直到基本的单糖单位产生为止。碳水化合物分解酶有两类:包括多糖酶和寡糖酶。

淀粉酶是多糖酶,分解植物淀粉(直链淀粉和支链淀粉)以及动物糖原,这些均是通过 α -糖苷键组成的多糖。 α -1,4 和 α -1,6 淀粉酶水解除末端葡糖苷键以外的所有糖苷键,产生二糖和单糖(葡萄糖)。淀粉酶一般需要 Cl^- 。

寡糖酶水解三糖如棉子糖,二糖如麦芽糖、蔗糖和乳糖等。如葡萄糖以 α -糖苷键与另一单糖连接,则需 α -葡糖苷酶如麦芽糖酶、蔗糖酶水解,如葡萄糖以 β -糖苷键与另一单糖连接,则需 β -葡糖苷酶如乳糖酶或 β -半乳糖苷酶水解。

许多植物的多糖和所有动物的多糖均是由单糖通过 α -糖苷键链连接起来的,这些 α -糖苷键可被动物的淀粉酶(α -淀粉酶)水解,但动物淀粉酶不能分解 β -糖苷键。纤维素分子中含有 β -糖苷

键。半纤维素是木聚糖、阿拉伯糖、半乳糖、甘露糖和其他碳水化合物的复合聚合物，与木质素以二价键相结合后很难溶于水。

纤维素可被纤维素酶水解，其中必需三种碳水化合物酶，内- β -葡糖酶分解多糖内的 β -键，外- β -葡糖酶切掉多糖分子末端的葡萄糖或纤维二糖， β -葡糖苷酶将纤维二糖分解为葡萄糖。

无氮浸出物是易消化的细胞碳水化合物部分，“粗纤维”是难消化的部分，但后者未包括所有的纤维素、半纤维素和木质素，而前者却包括一些纤维素、半纤维素、木质素及果胶。酸性洗涤纤维(ADF)是细胞壁的纤维素——木质素部分，而中性洗涤剂纤维(NDF)是细胞壁部分，即包括木质素、纤维素及半纤维素。

未被消化的碳水化合物吸收水分，增大肠道食糜的容积，于是增强了蠕动，增强了肠道的机械消化，减轻了便秘。

(3)脂肪酶和酯酶。脂肪酶分解甘油三酯，降解成为甘油二酯、甘油一酯及脂肪酸。甘油一酯也可能继续裂解成甘油及脂肪酸。脂肪酶也能催化脂肪的合成反应。因此，要彻底降解脂肪就需要转移水解产物(甘油、甘油一酯或脂肪酸)，打破合成与降解的平衡。

酯酶水解简单酯(如丁酸乙酯)和复合酯(磷脂、胆固醇脂、蜡)。脂肪酶也是一种酯酶，因为甘油三酯是由甘油及脂肪酸形成的酯，磷酸酯酶分解磷脂。

(二)吸收

消化酶催化生成的氨基酸、单糖、甘油一酯、甘油和脂肪酸以及离子、维生素及水，在它们进入体液前，首先要穿越肠上皮层而被肠细胞吸收。

吸收过程包括：营养素分子从肠腔到肠壁的物理运动；肠上皮细胞表面积的最大化；营养素穿越上皮细胞膜进入细胞质的机制；营养素从肠上皮细胞移出转运到细胞外体液(血或淋巴)。

营养素分子的物理运动主要包括肠蠕动(混合运动)与上皮细胞吸收与分泌造成的液体流动引起的肠内容物的对流混合，以及上皮细胞界面层的扩散交换。扩散在细胞表面与肠腔间的溶质浓

度差异及交换表面积成正比,与界面层的厚度成反比。主动转运与扩散一样,与交换表面积及界面层厚度有关。肠道长度及卷曲度的增加扩大了吸收的表面积。小肠黏膜下层的皱褶将小肠的表面积增大3倍左右,黏膜和黏膜下层上的指状突起——绒毛又将表面积增大了近10倍。上皮细胞顶端细胞膜高度折叠形成的微绒毛或刷状缘将表面积扩大近20倍。

肠绒毛内有平滑肌细胞,绒毛的运动可促进混合及减小界面层的厚度。每个绒毛含有一个乳糜管,乳糜管是淋巴系统的末梢,是吸收脂肪和水的主要途径。绒毛内有血管,可以吸收转运营养素。微绒毛表面覆盖粘多糖和蛋白片段形成的网状膜。该膜不被水解酶和黏液分解酶破坏,故有保护作用。许多重要的消化酶,如胰淀粉酶、二糖酶和二肽酶就吸附在这一蛋白多糖网膜上。

从肠腔及蛋白多糖网膜将营养素转运过上皮细胞顶端膜吸收进入细胞质的机制有4种,分别是:①被动扩散;②易化扩散;③主动转运;④胞饮作用。其中主动转运是最普遍的。

1. 氨基酸的吸收 氨基酸的吸收是主动转运过程,常同时伴随 Na^+ 的转运。肠上皮吸收氨基酸需要消耗能量,但此部分能量并非由位于上皮细胞顶端表面的氨基酸载体所消耗,而是由上皮细胞嗜碱侧面的 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶所消耗, $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶主要维持细胞膜两侧的 Na^+ 、 K^+ 浓度梯度。细胞内的低 Na^+ 浓度使 Na^+ 从肠腔通过转运氨基酸的载体被动扩散到细胞内。实际上有4种氨基酸/ Na^+ 载体,每一种只转运一种特定的氨基酸:中性氨基酸、酸性氨基酸、碱性氨基酸以及甘氨酸、脯氨酸、羟脯氨酸类。载体也可将二肽和三肽转运到细胞内。在细胞质内,二肽和三肽水解成氨基酸。大的多肽甚至完整的蛋白只能通过胞饮作用吸收。吸收的氨基酸不在上皮细胞内代谢,而要先进入循环系统。吸收的蛋白能进入淋巴系统而后进入循环系统。

2. 碳水化合物的吸收 碳水化合物的吸收与氨基酸的吸收很相似,至少葡萄糖和乳糖是如此。也是需要载体并消耗ATP的

与 Na^+ 转运相连的主动过程。葡萄糖、半乳糖及其他主动转运的单糖均竞争同一载体分子,而果糖通过易化扩散进入细胞内。易化扩散有载体参与,但不需消耗 ATP,也不与 Na^+ 转运相连。上皮细胞内的单糖经过嗜碱侧面而转运出上皮细胞时不依赖 Na^+ 或能量,与易化扩散系统相似。

3. 脂类的吸收 脂肪不溶于水,在水中凝结成大脂肪滴。若脂肪滴的面积与体积比很小,则不利于脂肪酶催化脂肪的有效消化。因此,乳化对脂肪消化来讲就极为重要。肝脏分泌的胆汁的组成中有胆色素、胆酸、胆固醇、磷脂和矿物质。胆酸是胆固醇与氨基酸(甘氨酸和牛磺酸)结合形成的。它们具有中度的乳化作用,若与极性脂肪(如卵磷脂、溶血卵磷脂、甘油一酯)配合,其乳化作用会增强很多。若摄入的脂肪在正常体温下是固体则脂肪很难乳化和消化,但若将这些高熔点的脂肪与低熔点的脂肪混合,则可使其易于乳化和消化。

脂肪酶接触乳化的脂肪滴而将甘油三酯水解为甘油一酯、甘油和脂肪酸。甘油一酯与胆盐形成 4~6 nm 的微粒,微粒也含有其他脂溶性成分,如胆固醇、溶血卵磷脂及脂溶性维生素。微粒在上皮细胞膜的脂质双层结构中可溶性很好,可以直接穿过细胞膜进入细胞内,而不需要载体,也不需消耗能量。胆盐可重循环回到肠腔继续形成微粒。

在上皮细胞内,经过酰基转移酶的催化,游离脂肪酸与甘油一酯重新合成甘油三酯。脂肪酸转变成脂酰基辅酶 A 酯,这一反应需要消耗能量。如果微粒中只有脂肪酸而无甘油一酯,机体就要重新合成甘油。在上皮细胞内溶血卵磷脂重新转变成卵磷脂,胆固醇主要与油酸形成酯。磷脂(日粮磷脂和内源磷脂)以及脂蛋白将这些重新合成的复合脂类稳定化,形成乳糜微粒。乳糜微粒(0.1~4 nm)中 80%~95% 是甘油三酯,另外由含有少量蛋白、胆固醇的磷脂层包被。乳糜微粒由上皮细胞释放进入乳糜管。短链脂肪酸是水溶性的,可以直接扩散进入毛细血管。

4. 离子和水的吸收 单价离子很易通过主动转运从肠道吸收。 Na^+ 可以逆着电化学梯度通过主动转运吸收到上皮细胞内;如果电化学梯度合适, Na^+ 也可通过被动扩散到上皮细胞内。从肠腔主动吸收钠,形成一个自肠腔到上皮细胞内的从负到正的化学梯度,这有利于 Cl^- 的被动吸收。

泄殖腔主要是输尿管尿的储存场所,相当于膀胱的功能,而结肠能主动调节尿和食糜中水和电解质的含量。结肠至泄殖腔段能吸收输尿管尿中10%~15%的水和65%的氯化钠。对氯化钠的吸收受日粮氯化钠水平及吸收情况的调节,低钠日粮促进对 Na^+ 的吸收。空肠吸收 Na^+ , K^+ 的速度最快;在回肠,吸收钠却分泌钾。低钠日粮加强回肠对钠的吸收和对钾的分泌。

二价离子很难被吸收。例如,对铁就存在一个特别的主动摄取机制。 Fe^{2+} 比 Fe^{3+} 的可溶性好,所以前者比后者更易吸收。磷酸根和草酸根很易形成不溶铁盐,干扰铁的吸收,而一些可溶配位剂(如果糖、维生素C等)促进铁的吸收。小肠主动摄取铁包括两个步骤:即黏膜吸收和向血浆的转移。通过调控铁向血浆的转移而不是改变黏膜对铁的摄取可防止机体吸收过多的铁。上皮细胞内的铁有3种形式,即溶液中的 Fe^{2+} , Fe^{3+} 和铁传递蛋白。铁向血的转移主要是通过调控铁传递蛋白来实现。过量的铁将留在上皮细胞内,直到上皮细胞死亡脱落后排出体外。

Ca^{2+} 主要靠位于微绒毛上的 Ca^{2+} 结合蛋白主动转运这一摄取机制受维生素D和甲状旁腺素的调控。 Mg^{2+} 通过被动扩散吸收。

肠道对水的吸收间接与溶质如 Na^+ 、 Cl^- 、氨基酸、单糖等的转运相关联,而无特别的转运机制,吸收或分泌依赖于渗透压梯度。

三、消化道微生物及其营养作用

鸡的整个消化道内表面主要附着有乳酸杆菌和粪链球菌