

# 肉鸡免疫功能的营养调控进展

陈恩林<sup>1</sup> 王新卫<sup>1\*</sup> 李强<sup>2</sup>

(1 河南农业大学牧医工程学院 河南 郑州 450002 2 河南省信阳市农科所 464000)

公式化的肉鸡日粮由最低成本的、符合营养曲线的一系列营养成分组成。所用的营养曲线建立在具有生产意义的田间试验基础上,具有生产意义的生产性能是体增重、饲料转化率、胸肉生长而不是免疫或者抗病力。尽管营养的平衡直接涉及到生产性能的最优化,但营养标准的改变能对细胞系统(如免疫)产生实质性的影响。然而,在疾病感染期,田间营养的改变是特殊的补救措施,通常由饮水“服用”维生素、矿物质、电解质或者抗生素。虽然肉鸡的免疫需要一些营养元素,但在模拟田间条件下,肉鸡免疫反应的营养要求并不明了(如在不引起免疫压力和体增重减低的轻微的挑战环境中)。本文就禽类营养与免疫相互作用的研究进行综述。由于在实际生产中,饲料促生长剂和抗菌剂的使用越来越受到限制,因此营养与免疫间的关系显得更为重要。

## 1 肉鸡日粮的变化对免疫的影响

1994年(NRC)列出了从1~21、21~42、42~56日龄肉鸡的营养标准。营养成分均可以通过数学方法精确运算获得。但由于调查研究缺乏,推荐适用于肉鸡的营养标准,三分之一以上都是估算的。实际上,养殖企业以追求经济效益为目的,常常不公开自己的观点,NRC(1994)的评估也常被忽视。例如,为了优化适于销售的白肌,养殖企业使用含有较高标准的含硫氨基酸(TSAA)(Hickling,1990)和赖氨酸(Lys)(Kidd,1998)的日粮。因为肉鸡的营养需要常以日粮的百分比表示,而不是以每天每羽鸡吃多少克来表示。且由于实际上肉鸡营养需要的快速变化和日粮有代表性的被应用5~15d及商品肉鸡品系的快速发展,致使以前的许多营养配方不符合要求。更为复杂的是,肉鸡胸肌的生长,对大多数限制性氨基酸的需要量较高,而对于肉鸡的生长,限制性氨基酸的需要量较低;而且,肉鸡免疫对营养的需要可能不同于生长对营养的要求。

### 1.1 蛋白与能量

1977年Glick阐述了家禽体液免疫系统的发育与功能,指出环境因素如何影响免疫是阐明家禽免疫系统功能的重要因素,这形成了在能量蛋白缺乏的情况下,如何评价家禽体液免疫系统和细胞免疫系统功能的研究(Glick,1981;1983)。对一封闭的鸡群,分别饲喂缺乏1/3能量、1/3氨基酸和两者都缺乏1/3的日粮5周,然后给充足的日粮再饲养3~4周。所有营养缺乏日粮饲养组的鸡对绵羊红细胞胸腺依赖性抗原(SRBC)的初次抗体反应都有所降低。另外,饲喂营养缺乏日粮5周龄的鸡,在8周龄时对SRBC的次级反应受到抑制。尽管初次反应和次级反应都是以SRBC来表示,但营养缺乏日粮饲喂的鸡并不抑制细胞免疫反应。然而,再给该鸡群以蛋白质限制性日粮,则发现蛋白质缺乏降低淋巴细胞数、总白血球数、植物血球凝集素-M刺激的脾细胞增值(Payne,1990),表明严重的蛋白缺乏对细胞免疫具有负面影响。

连续的免疫刺激可降低生长率和改变营养的利用率,1993年Benson等研究了免疫压力下,能量密度和不同来源的能量对商品肉鸡的影响。给鸡从2796~3991 Kcal ME/kg(以400 Kcal/kg的增量)能量的日粮研究了碳水化合物和脂肪为能量来源对鸡的影响。免疫压力减少食物摄入,但饲喂高能量日粮的鸡有较高的能量摄入。此外,他们证实使用玉米淀粉而不是谷类油增加代谢能ME,可降低免疫压力对食物摄入和体重增加的负面影响。但是,免疫压力刺激的鸡内脏重相对增加,而能量摄入并不能增加内脏重。1999年

Praharaj等给商品肉鸡以不同能量(2500 Kcal/kg、2650 Kcal/kg、2800 Kcal/kg ME)的日粮,从1日龄饲养到42日龄,评估鸡对SRBC的初次抗体反应和脾脏、法氏囊相对增重,发现鸡体的抗体反应、免疫器官的发育均未受影响。

## 1.2 总含硫氨基酸(TSAA)、胆碱(Choline)和甜菜碱(Betaine)

蛋氨酸(Met)是鸡的第一限制性氨基酸。TSAA表述了商品肉鸡日粮对第一限制性氨基酸的需要。来杭鸡日粮中添加不同浓度Met影响其生长和对新城疫病毒B1株疫苗的抗体反应(Bhargava,1971)。应用纯糊精基础日粮,添加不同含量的L-Met(分别含有0.4%、0.7%和1.1%Met)饲养肉鸡,结果发现,日粮中添加0.7%和1.1%的Met可促进生长,而日粮含有0.4%的Met可产生最佳的免疫反应。这说明家禽生长对Met的需求量高于其体液免疫的需要量。但必须指出,该研究是在鸡的日龄很小时攻毒,新城疫母源抗体可能影响实验结果。后来的研究表明,对细胞免疫和体液免疫具有重要作用的是Met而不是胆碱。在含有0.35%Met的试验型日粮中额外添加0.125%Met,对生长是有益的,但日粮中含有0.25%Met可使鸡产生对植物血球凝集素和SRBC抗体的最佳反应。日粮中添加0.13%到0.38%的胆碱,对免疫没有影响(Tsiagbe,1987)。其它研究显示,日粮中添加半胱氨酸(巯基丙氨酸)对家禽细胞免疫和体液免疫的影响效果是Met的70%~84%(Tsiagbe,1987)。通过研究机体对免疫刺激需要TSAA和淋巴器官增生试验,证实了日粮中的半胱氨酸可影响肉鸡免疫反应(Takahashi,1997;Konashi,2000)。由于肉鸡生长环境中普遍存在微生物,不断激活机体免疫反应,1988年Klasing和Barnes评价了肉鸡日粮中的Met对免疫压力的影响,与对照相比,免疫压力使生长受阻,导致鸡对Met的需要量降低。但日粮中缺乏Met,鸡在免疫压力下白细胞介素-1(IL-1)的生成不足,表明家禽免疫需要Met。应在对比生长发育的情况下,深入研究肉鸡免疫对TSAA的需要,也应进一步研究Met对T细胞反应的影响。此外,2000年Swain和Johri的研究表明,使白细胞移动抑制试验最佳Met水平高于促进生长的Met标准。

甜菜碱(三甲基色氨酸)涉及到甲基的代谢和细胞的渗透压平衡。研究表明,甜菜碱影响艾美尔球虫感染鸡的肠道功能和免疫(Klasing,2002),与对照相比,随日粮中甜菜碱含量的增加,试验鸡血液和肠道上皮粘膜的浓度随之升高,鸡被球虫攻毒后,其肠道仍可以维持较好的绒毛厚度。甜菜碱也可改善单核细胞和巨嗜细胞释放一氧化氮及其趋向性能。1987年Tsiagbe等进行了在含有0.6%的Met日粮中添加0.121%的甜菜碱的试验,结果未见有意义的免疫反应。因此需进一步研究甜菜碱对肉鸡免疫的影响。尤其在抗生素使用逐渐减少情况下,甜菜碱对受细菌、病毒和球虫感染禽的肠道健康将是一个研究方向。

## 1.3 基本氨基酸

赖氨酸(Lys)和精氨酸(Arg)是家禽生长需要的基本氨基酸。商品饲料中,Lys为TSAA之后的限制性氨基酸,Arg是第三到第五限制性的。虽然Lys具有抗病毒免疫功能,但评估Lys影响鸡免疫方面的研究文献很少。1997年Kidd研究了细胞免疫反应和对绵羊红细胞(SRBC)的初次抗体反应,结果没有见到有意义的变化。

鸟类是排尿酸(氮代谢)物种,缺乏完整的尿素循环,不能合成Arg,也是唯一需要在饲料中添加Arg才能维持生长的动物,因此Arg对家禽免疫需要的研究较多。Arg影响家禽免疫反应的参数包括:巨嗜细胞一氧化氮的产生、抗肿瘤

\* 为通讯作者。

特性、促进淋巴器官增重、增加 CD8<sup>+</sup> 淋巴细胞、增加异嗜性淋巴细胞比率对抗病毒感染。无论怎样,以比实际日粮标准高出 25% ~ 50% 的 Arg (如 2.0% ~ 3.0% 的含量) 饲喂家禽是有益的。2001 年 Kidd 等采用接近 NRC 推荐的 (Arg 含量的) 日粮标准饲喂肉鸡,发现血浆中 Arg 含量增加,但细胞免疫和体液免疫没有明显的变化,这可能是产生最佳免疫反应的 Arg 标准高于组织生长的需要。为证实这一结果,以 Arg 含量在开始阶段约为平时含量的 70% 和结束时的 150% 的日粮饲喂肉鸡,来评估家禽一氧化氮的产生、免疫器官的发育、白血球的活性和类型,结果表明免疫性能加强。2002 年 Kidd 等的研究显示,喂养含 Arg Lys 为 1.3 比例日粮的成熟肉鸡,艾美尔球虫、泰勒球虫和巨大球虫攻毒,死亡率降低;反之,其比例为 0.9 或者 1.1 时,也是这样。2003 年 Corzo 等给肉鸡饲喂 Arg 含量在 0.80% ~ 1.25% 范围内日粮至成熟,生长过程中机体的感染性抓伤 (擦伤) 线性减少,表明在实际生产中,Arg 对增强免疫反应和促进伤口愈合有重要意义。

#### 1.4 支链氨基酸

1971 年 Bhargava 等研究了不同缬氨酸 (val) 含量的日粮对鸡生长和抗新城疫抗体生成的影响。结果显示,产生抗体需要缬氨酸的量高于机体生长的需要量。2000 年 Konashi 等的研究发现,饲料中支链氨基酸含量严重减少时,家禽的胸腺和法氏囊发育受到影响,其相对大小明显与对照不同。由于支链氨基酸 Val, Ile 或 Leu (缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸) 简化在日粮中,以前的研究对这三种支链氨基酸并未受到重视。因此需进一步深入探讨三种氨基酸对家禽免疫的影响。

1971 年 Bhargava 等的研究表明,家禽产生抗新城疫病毒抗体和生长对苏氨酸需要量相比,前者高于后者:家禽产生抗新城疫病毒抗体需要含苏氨酸较高的日粮,而对于生长,日粮中较低水平的苏氨酸就可满足要求。但 1994 年 Takahashi 等的研究表明,日粮中缺乏苏氨酸,家禽生长减慢,而没有降低抗体反应或抑制淋巴器官的发育。这与 2001 年 Kidd 的研究结果一致:小鸡饲料中苏氨酸不足不影响其免疫器官的发育。另外,1997 年 Kidd 等对日粮中添加不同含量的苏氨酸 (0.68% ~ 0.86%) 对肉鸡细胞免疫和体液免疫的影响进行了研究,结果该范围含量的苏氨酸并未促进免疫反应。苏氨酸是家禽的第三限制性氨基酸,饲料中含量必须充足,否则生产性能降低。尽管大多数报道并没有观察到其对免疫的影响,但不能排除苏氨酸的作用,仍需要进一步研究其对免疫的影响。

#### 1.5 脂肪

研究证实,脂肪除增强免疫系统的功能外,也影响炎症反应 (Korver 和 Klasing, 1997; Korver, 1998), 对免疫改变营养机制怎样影响炎症反应的理解尤为重要,因为感染后产生的炎症反应,引起采食量减少和蛋白质需求增加,代谢增强和 (相对于体重的) 内脏器官增重 (Roura, 1992)。1997 年 Korver 和 Klasing 对雄性商品肉鸡使用含不同油类 (鱼油和谷类油) 的饲料进行试验,结果表明,鱼油可增强细胞免疫反应和促进增重,而对体液免疫没有大的影响。另外,与注射脂多糖后,IL-1 的活性降低一样,鱼油可以降低炎症反应。1998 年 Korver 等的研究证实,在促进体增重上,含有鱼粉的日粮并不与含有鱼油的日粮一样有效。同样,排除鸡受感染情况,与较高鱼油含量的日粮相比,较低鱼油含量的日粮,可促进肉鸡体重增加。

鱼油可降低成本,以鱼油取代日粮中的脂肪是有利的,但必须监控日粮中鱼油的含量,因为日粮中添加 2% ~ 3% 以上的鱼油会导致鸡肉产生鱼腥味,影响经济效益。饲料中含有较低浓度的鱼油可能有利于改善肉鸡的免疫功能、促进增重、加快鸡从 (如疫苗、细菌、病毒) 感染中恢复。

#### 1.6 维生素和矿物质

维生素 A 的缺乏和过量均可降低禽类的免疫反应。研究表明,维生素 A 缺乏导致细胞免疫反应降低,而维生素 A

过剩不利于抗体的生成。维生素 A 的缺乏直接影响 T 细胞的功能,这种功能对禽类因感染产生相应的免疫应答是至关重要的 (Sklan, 1994; Dalloul, 2002)。例如,2002 年 Dalloul 等的研究证实,日粮缺乏维生素 A 的肉鸡细胞免疫反应减弱,抗艾美尔球虫感染的能力也降低。因此,在实际生产中要注意饲料中维生素 A 含量,以避免高含量的维生素 A 损伤体液免疫。此外,高维生素 A 含量的日粮可影响维生素 E 的功能,这可能进一步降低免疫效应。

维生素 E 的主要功能是作为抗氧化剂,减少自由基损伤细胞,它的缺乏可引起禽类免疫功能障碍,免疫反应降低 (Cook, 1991)。1998 年 Erf 等以含有不同浓度的  $\alpha$ -生育酚 (维生素 E, 含量从 0 到 87 mg/kg) 日粮饲喂雄性肉鸡,研究其免疫反应。结果表明,胸腺和脾脏的 T 细胞数目发生变化:随着日粮中维生素 E 的增加,更多的辅助性 T 细胞 (CD 细胞) 出现,动物对免疫刺激的应答增强。维生素 E 可以调节动物抵抗疾病的能力,增强动物对致病菌、病毒和球虫的抵抗力。为评估肉鸡免疫对维生素 E 的需要,2001 年 Leshchinsky 和 Klasing 以不同维生素 E 含量的日粮 (最高达到 200 IU/kg) 饲喂肉鸡,发现使其细胞免疫、体液免疫和非特异性免疫都得到增强的 (日粮) 最佳维生素 E 浓度是 25 和 50 IU/kg。但应进一步研究家禽对维生素 E、与抗氧化协同作用的免疫、生长的关系以及需要。

#### 1.7 维生素 D

维生素 D 对家禽的骨骼发育至关重要。研究表明日粮中维生素 D 不足对肉鸡细胞免疫具有负面影响。1998 年 Aslam 等给雌性肉鸡以缺乏维生素 D 或者每千克含有 800 IU 维生素 D<sub>3</sub> 的日粮,缺乏维生素 D 日粮组肉鸡的细胞免疫功能降低,胸腺增重受到抑制,巨嗜细胞功能降低。对于体液免疫,尽管 SRBC 是胸腺依赖性抗原,但鸡对之的初次反应和二次反应并未出现差异 (Aslam, 1998)。

1988 年 Murra 等研究了日粮维生素 C 对肉鸡细胞免疫的影响,收效甚微。1992 年 Ferket 和 Qureshi 以维生素和电解质通过饮水的方式,评价在热应激条件下,对肉鸡的生长性能和免疫反应的影响。与对照相比,添加 B 族维生素、脂溶性维生素 (A、D 和 E) 和电解质,可以提高机体抗 SRBC 的抗体能力。在饮水中添加 B 族和脂溶性维生素复合物可提高鸡巨嗜细胞的百分率,也可降低由于周期性热应激而增加的肉鸡死亡率。虽然电解质溶液未能改善细胞免疫和降低死亡率,但其他的矿物质如微量金属对维持免疫系统机能的代谢作用尤为重要。

#### 1.8 微量金属

具有促进免疫或者维持免疫功能的微量金属有锌 (Zn)、锰 (Mn)、铜 (Cu) 和硒 (Se)。由于硒是谷胱甘肽过氧化物酶的组成成分,与维生素 E 结合可保护细胞免于被氧化。除抗氧化作用外,硒也影响动物对疾病的抵抗力。例如,当日粮中补充硒时,感染泰勒球虫的肉鸡抵抗力增强,死亡率降低和盲肠损伤减少 (Colnago, 1984)。由于硒在日粮中含量仅仅 0.3 mg/kg,而非常可靠的组织器官来源的硒有利于家禽的生产。

锌通过在金属辅酶结构上和接触反应上的机能来维持细胞的代谢。1996 年 Kidd 等对其在免疫上的作用做了综述。尽管日粮中充足的锌对优化细胞免疫和体液免疫具有重要作用,但已经证实,禽类维持体增重所需要的锌高于维持体液免疫所需要的量 (Pimentel, 1991)。此外,已经证实缺乏补锌的日粮,能维持禽正常的免疫反应,因为在谷类和豆类日粮中存在大量的锌。但需要进一步研究锌在免疫上的作用,因为当与维生素 E 协同加入到日粮中时,锌-氨基酸复合物具有增强免疫和减少蜂窝织炎发生率作用。

#### 2 母源营养需要与肉鸡的免疫

通过改变母鸡日粮的营养标准来研究鸡的免疫与疾病抵抗力的报道不多。在有关微量矿物质元素和维生素对母鸡影响的报道中,对子代鸡免疫具有有利的影响已经初步阐

# 核酸疫苗研究进展

杨大光 柴丽娜 刘守川 王泽霖\* (河南农业大学禽病研究所 河南 郑州 450002)

核酸疫苗是利用基因重组技术生产的疫苗,又称为基因疫苗,包括DNA疫苗和RNA疫苗。目前研究最多的是DNA疫苗,因它不需要任何化学载体,所以又称为裸DNA疫苗。先将编码抗原蛋白的基因连接到真核质粒表达载体上,然后导入宿主细胞内,抗原基因就可以在宿主细胞内被表达,从而诱导宿主对抗原的免疫应答,达到免疫保护的目。应用DNA重组技术还有可能为目前尚无有效疫苗的某些特殊疾病研制、生产出有效的疫苗,从而达到预防这些传染病的目的。随着对核酸疫苗研究的不断深入,技术的不断成熟,现已广泛应用于临床。

## 1 核酸疫苗的发展简史

国外学者对使用核酸直接免疫的构想探索了很多年。在20世纪70年代末,M. A. Israel等将纯化的多瘤病毒DNA直接注射小鼠使其感染,首次证实裸DNA可被动物细胞摄入到达细胞核得以转录。1982年,H. W. Ill等将克隆DNA对大猩猩进行肝内注射而导致乙型肝炎,进一步证明DNA可被高等动物的细胞摄入并表达,从而揭开了基因治疗的序幕。1990年Wolff等<sup>[1]</sup>在进行一次基因治疗的试验时发现小白鼠骨髓肌细胞能直接摄取含外源基因的质粒DNA,并稳定表达其所编码的蛋白,这一发现为开创基因疫苗的研究奠定了基础。1992年,Tang等<sup>[2]</sup>研究发现,给小鼠耳部皮肤接种人生长激素表达质粒后,大部分小鼠产生了抗生长激素的抗体,再次接种后,可获得2次免疫应答,从而提出了基因免疫的概念。1993年H. L. Robinson等<sup>[3]</sup>将可表达禽流感病毒(AIV)血凝素HA基因的质粒DNA注射小鼠和鸡,发现对致死性AIV的攻击产生了有效的免疫保护,这次研究被称为开辟了疫苗的新时代。1995年5月国际卫生组织在日内瓦召开的会议上将这种新疫苗命名为核酸疫苗,并对核酸疫苗用于微生物及寄生虫引起的传染病的预防前景进行了研究,草拟了今后核酸疫苗的安全规程。这次会议大大推动了核酸疫苗的研究。1996年,美国FDA批准在健康人体进行预防艾滋病核酸疫苗的I期临床实验,这也是

\* 为通讯作者。

明。例如,在母鸡矿物质营养和转移到卵中为胚胎早期利用的矿物质质量之间存在正相关性(Richards和Steele,1987)。由于维生素和矿物质元素分别涉及到许多辅助因子的功能和代谢起关键作用酶的活性中心,这些营养能增强子代鸡的免疫反应。在实际生产中,为了子代鸡的免疫和抵抗疾病能力而不是母鸡的生产力,营养学家应慎思母鸡的营养标准(如维生素和矿物质元素)。

## 3 体内营养摄入与肉鸡免疫

1993年Gldersleeve等证实,与以常规方法免疫接种马立克氏病疫苗相比,通过鸡胚免疫马立克氏病疫苗,可提高免疫效率,降低成本。1997年Johnston等提出了应用胚内技术提高家禽抵抗能力的观点。具体实行的方式有胚内注射法氏囊病毒-抗体复合物疫苗、鸡生血细胞因子、DNA等。对营养的胚内研究(如氨基酸)已经证实,当给鸡胚注射与鸡胚组成相同的氨基酸溶液后,可以改善鸡的孵出体重和发育(Al-Murrani,1978;Ohta,2001)。

此外,研究证明,促进鸡胚发育的氨基酸在胚内注射的最佳位点是卵黄和胚胎外体腔(Ohta和Kidd,2001)。尽管对胚内注射氨基酸改善鸡免疫的研究很少,但已证实胚内注射维生素E对孵化后肉鸡免疫的产生是有益的。1997年Gore和Qureshi在18日龄鸡胚的羊膜分别注射10IU的维

世界上首例被批准在健康人体上进行实验的核酸疫苗。

近年来,对核酸免疫的研究在世界范围内广泛展开,涉及人和动物的各种细菌性、病毒性及寄生虫病。如流感病毒血凝素基因、乙肝病毒包膜抗原基因、狂犬病毒G蛋白基因、牛疱疹病毒2型糖蛋白基因、肺炎支原体和利什曼原虫gp63等。有些疫苗如艾滋病病毒、流感病毒、结核杆菌等已进入I期或II期临床试验阶段。

## 2 核酸疫苗的免疫机理

关于核酸疫苗的免疫机理目前尚不十分清楚,从现有资料来看主要有以下三点:(1)核酸疫苗接种后,被结合在游离核糖体上的mRNA翻译而表达,合成的抗原蛋白其中一部分结合到泛肽上,结合多个泛肽的蛋白被呈递到蛋白酶体,降解为多肽,通过抗原肽转运结构(TAP)运送到内质网腔,与MHC-I类分子以亲和吸附方式形成聚合体,多肽-MHC-I类分子聚合体通过内质网进入高尔基体,最终到达细胞膜的表面,诱发CD8<sup>+</sup>细胞毒性T细胞应答的产生。(2)另一部分抗原蛋白从分泌它们的抗原递呈细胞(APC)的细胞膜上进入MHC-II类途径,在溶酶体中水解,产生大约20~25个氨基酸的多肽,这些溶酶体和包含MHC-II分子的囊泡融合,MHC-II分子结合合适的多肽形成MHC-II异聚体,成熟的MHC-II异聚体在细胞膜表面和CD4<sup>+</sup>T细胞反应,引发体液免疫应答。(3)也有一部分抗原多肽递呈给B细胞,使B细胞自身活化,产生特异性抗体,诱发体液免疫。另外递呈后的CD4<sup>+</sup>限制性T细胞(Th)活化、增殖可产生多种细胞因子,进一步促进和强化体液免疫和细胞免疫<sup>[4,5]</sup>。

## 3 影响核酸免疫效果的因素

### 3.1 目的基因选择方面

应选择病原体主要保护性抗原基因。对于那些具有不同亚型的病原体,在选择较保守的保护性抗原基因的同时,在核酸疫苗中克隆入同一病原体的多种保护性抗原基因,可使机体产生针对该病原体较全面的免疫力<sup>[4]</sup>。

### 3.2 促进外源基因表达方面

3.2.1 构建高效表达的重组质粒:载体的启动子、增强子、内含子、翻译起始序列、mRNA的终止信号等都可影响外源

生素E和无菌的生理盐水,研究孵出后幼雏的免疫功能。结果显示,与生理盐水组相比,维生素E组雏鸡的体液免疫和细胞免疫均明显增强。而且,除抗体和巨嗜细胞生成参数增加外,对炎症起作用的巨嗜细胞及其产生的亚硝酸盐也都有所增加。

通过胚内“服用”维生素E,被孵化出的雏鸡体内的维生素E的含量高,更有助于建立有效的免疫反应(Gore和Qureshi,1997)。这提示我们应进一步研究通过胚内方式“服用”其它的营养物质(如氨基酸、脂肪、维生素和矿物质)以探讨对鸡或者其他禽类孵化后免疫功能的影响。

营养元素的缺乏削弱禽类建立有效免疫反应的能力。然而对特定免疫功能,鸡需要特殊的营养条件的报道极少。这表明,应使用与上述那些实际测试出来相一致的营养标准,而不是笼统的缺乏和过量,这就需要对免疫调节性的营养元素(如一些氨基酸和氨基酸衍生物、脂溶性和水溶性维生素、一些脂肪酸、微量金属)进行进一步的研究。由于体增重、骨骼蛋白生长和免疫对一些营养物质的最低需要不一致,更好理解鸡对免疫调节性营养的需要,将给营养学家设计促进鸡免疫和健康生长的日粮提供科学依据。也应该深入研究母鸡免疫和胚内营养调控,这有助于提高鸡的生存能力。