

# 饲用维生素 E 的研究进展

■ 西南大学食品科学学院 / 刘树立 盛占武  
中国农业科学院柑橘研究所 / 王 华

**摘 要:** 维生素 E 在增强动物免疫力、抗应激能力、抗氧化能力、繁殖能力及改善动物产品品质等方面具有重要作用。本文从机理和应用两方面综述了维生素 E 作为饲料添加剂的研究进展。

**关键词:** 维生素 E; 饲料添加剂; 机理; 应用

维生素 E (vitamin E) 是 Evans 和 Bishop 于 1922 年研究影响大鼠正常繁殖所需的植物油脂溶因子时发现的, 又名生育酚, 是一系列生育酚 (tocopherol) 和生育三烯酚 (tocotrienol) 的脂溶性化合物的总称。其无氧条件下耐热, 易被紫外线破坏, 第 6 位碳原子上的羟基极易被氧化, 故具有很强的还原性, 可保护体内重要的物质不被氧化。

## 1 维生素 E 的分类和来源

### 1.1 维生素 E 的分类

自然界中共有 8 种异构体, 即  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  与  $\delta$ -生育酚和  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  与  $\delta$ -三烯生育酚。此外由于消旋性质不同又分为天然维生素 E 与合成维生素 E, 天然维生素 E 是 d 型, 人工合成维生素 E 是 dl 型。 $\alpha$ -生育酚是已知生物活性最大的一种生育酚, 它也是饲料中维生素 E 最普遍的存在形式, 最具有代表性。其他几种生育酚的活性只有它的 1%~50%, 如  $\beta$ -型为 10~50%,  $\gamma$ -型为 10%,  $\delta$ -型仅为 1%。

生育酚和三烯生育酚均是浅黄色的粘性油状物, 不溶于水, 可溶于醇和油脂中。它们对酸和热较稳定, 但暴露在氧、紫外线、碱或盐等环境中极易被氧化而破坏。在正常烹调温度下维生素 E 的损失不大, 但在长期高温或酸败的油中维生素 E 会被大量甚至完全破坏掉。

作为商品使用的维生素 E 制剂主要有 DL- $\alpha$ -生育酚乙酸酯、DL- $\alpha$ -生育酚、D- $\alpha$ -生育酚乙酸酯、D- $\alpha$ -生育酚以及 D- $\alpha$ -生育酚烟酸酯、D- $\alpha$ -生育酚琥珀酸酯、D- $\alpha$ -生育酚聚乙二醇 1000 琥珀酸酯等, 还有维生素 E 粉。饲用维生素 E 多为加入吸附剂的 D- $\alpha$ -生育酚乙酸酯, 经包被、微粒化, 形成 50% 浓度的粉状

产品。Hidiroglou 等 (1991, 1994) 对几种维生素 E 制剂的生物学价值进行了比较, DL- $\alpha$ -生育酚乙酸酯在羊的生物学价值是 D- $\alpha$ -生育酚琥珀酸酯的 3 倍, 结论是 D- $\alpha$ -生育酚乙酸酯的生物学价值最高, 其次是 D- $\alpha$ -生育酚琥珀酸酯, 再次是 D- $\alpha$ -生育酚烟酸酯, 而 D- $\alpha$ -生育酚聚乙二醇 1000 琥珀酸酯最低。

### 1.2 维生素 E 的来源

植物油是各种生育酚的主要来源, 各种植物油所含生育酚种类和数量不一样, 除  $\beta$ -生育酚主要含于棉籽油中外,  $\alpha$ -生育酚、 $\gamma$ -生育酚和  $\delta$ -生育酚都不同程度出现于各种植物油中。三烯生育酚也存在于大多数植物油中, 但其含量远低于生育酚, 经常被忽略, 一个例外是棕柏油含有高水平的生育三烯酚。动物油脂中生育酚含量普遍低于植物油, 牛油、羊油和猪油中总生育酚含量分别为 6.4mg/kg, 8.6mg/kg 和 4.5mg/kg。 $\alpha$ -生育酚比例分别为 90.7%, 94.6% 和 69.8%。鸡油中含有较高的生育酚为 10.7mg/kg, 但  $\alpha$ -生育酚比例低于 58%。

## 2 维生素 E 对畜禽生产上的影响

研究表明, 维生素 E 具有多种生理功能, 它能抑制很多由于衰老而引起的疾病, 包括癌症、心血管病和白内障。经常服用维生素 E, 可以淡化老年斑并预防其生成, 保持健康的皮肤和良好的发育。维生素 E 还可用于降低糖尿病人患心血管疾病的机率, 也有实验表明  $\alpha$ -生育酚抑制乳腺癌细胞增殖。

在饲料中添加适量的维生素 E 具有提高畜禽的机体免疫力, 缓解畜禽应激作用等等一系列功能。由于维生素 E 为脂溶性, 且酚基的存在, 所以它极易被过氧化物氧化, 因此维生素 E 是一种有效的抗氧化剂, 因此它

**表 1 我国畜禽维生素 E 的最佳需要量 (IU/kg)**

猪日粮中维生素E的添加量		家禽日粮中维生素E的添加量		反刍动物日粮中维生素E的添加量	
生长阶段	添加量	生长阶段	添加量	生长阶段	添加量
乳猪	60~100	肉小鸡	20~60	牛犊	50~100
小猪	60~100	肉中(大)鸡	20~30	牛的生长期	200~400
中猪	40~60	蛋(种)后备鸡	20~30	牛的育肥期	500~1500
大猪	30~40	产蛋鸡	15~30	公牛/哺乳母牛	300~500
种猪	60~80	肉(蛋)种鸡	40~80	奶牛干乳期	750~1200
				奶牛泌乳期	500~1000
				绵羊/山羊	50~80

还能保护不饱和脂肪酸(PUFA)尤其是亚油酸免受自动氧化。瑞士罗氏公司(1997)根据大量试验,对我国畜禽维生素E的最佳需要量推荐如表1。

### 2.1 缓解畜禽应激作用

大量的研究表明,在畜禽生理紧张、运输、冷或热应激、饲养密度过高等状况下,饲料中适当补加维生素E,可缓解各种应激对畜禽造成的不利影响。目前研究最多的主要是添加维生素E对家禽热应激的缓解作用的机理和应用,主要是由于这能大幅降低家禽的死亡率。

#### 2.1.1 机理

维生素E有抗氧化作用,能提高机体的免疫功能,在高温应激时有助于维持和提高抗体水平,增加抵抗力,促进采食,表现出明显的抗应激效果。

傅玲玉(1988)研究发现维生素E能升高细胞内钙浓度使得从细胞到血液的肌酸酐激酶(ck)的溢出物升高,从而提高了ck浓度使家禽忍受重度热直激的能力上升。Peter Williams(1995)曾报道,应激后添加维生素E组的肌酸酐激酶(ck)活性增加较对照组小,而ck的比值(应激前/应激后)显著低于对照组( $P < 0.05$ )。刘铀等(1998)研究表明,热应激可造成免疫器官萎缩、变性,淋巴细胞坏死,而添加维生素E可增强热应激家禽的免疫功能,显著提高淋巴细胞的转化率、免疫球蛋白IgG浓度和新城疫HI抗体效价,且淋巴细胞转化率与新城疫HI抗体效价变化规律一致,维生素E添加量越高,其免疫增强作用越明显。刘铀等(1999)进一步实验表明,提高日粮中维生素E水平可显著降低血清皮质醇含量,缓解机体的应激状况,同时指出,热应激期间最大程度的维持产蛋量的维生素E适宜剂量应控制在200~300mg/kg,并视具体情况作相应调整。方洛云等(2000)试验也证明在饲料中添加维生素E明显降低肉仔鸡血清皮质醇的含量,缓解机体热应激状况。孙长勉等(2002)则发现维生素E也可调节畜禽血清 $T_3$ 和 $T_4$ 浓度,减轻热应激对 $T_3$ 和 $T_4$ 浓度的影响。

#### 2.1.2 应用

Bollengier等(1998)研究发现,在32℃下,对产蛋母鸡每千克日粮补充500mg维生素E,蛋的产量和蛋壳质量均有提高。可见,日粮中额外补充维生素E至少可部分降低蛋鸡的热应激。Bollengier等(1999)通过在蛋鸡热应激前4周每千克日粮中补充维生素E250mg,在热应激过程中及以后可减轻或部分减轻其慢性热应激症状,从而降低了由热应激所造成的死亡率。胡兰(2001)试验表明,在日粮中补加100mg/kg或稍高于此水平的维生素E,可提高热应激肉仔鸡免疫器官的相对重量,增强免疫功能,同时可防止肉仔鸡由于热应激引起的嗜中性粒细胞/淋巴细胞(H/L)值的升高。王胜林等(2003)在日粮中分别添加500mg/kg维生素C、200IU/kg维生素E,饲喂60kg肥育猪39d,试验在南方高温期(8~9月)进行。结果发现,维生素C和维生素E组猪的平均日采食量、平均日增重和料重比均得到改善( $P > 0.05$ );试验组 $CD^{4+}/CD^{8+}$ 值均低于对照组( $P > 0.05$ )。Sahin(2003)的试验证明,日粮中添加维生素E(250mg/kg)可显著降低血清中的MDA含量( $P < 0.05$ )。

### 2.2 提高机体的免疫力

早在十几年前科学家就发现,饲料中添加高剂量维生素E,可增加种母鸡抗体向雏鸡的转移。最近的一些报道都证实,在体内的所有细胞膜上,免疫细胞膜的维生素E浓度最高,同时,免疫细胞膜上的不饱和脂肪酸含量也高。显然维生素E对于免疫细胞膜结构的维持有一定的作用,维生素E缺乏必然影响免疫。

#### 2.2.1 机理

维生素E增强动物机体免疫的机理目前尚无定论,研究较为深入取得认可较多的是前列腺素(PG)学说。该学说认为维生素E通过抑制前列腺素(PG)的产生起到提高免疫的目的。前列腺素对免疫反应具有抑制作用,而机体产生前列腺素的数量取决于环加氧酶活力的高低,维生素E可降低环加氧酶活力,从而减少前列腺素产量,提高机体免疫反应。

该学说中淋巴细胞膜上的维生素E通过抗脂质过氧

化作用维护淋巴细胞膜结构正常来促进免疫功能的发挥,这一点是肯定的,但是否是维生素E影响免疫的主要机制未见报道。另外,PG的合成部位在细胞膜,而其合成酶系在胞内微粒体中。有报道认为维生素E影响微粒体亚细胞膜的结构和功能。维生素E是否通过影响微粒体亚细胞膜的完整性达到影响PG合成酶系释放到胞质中的目的,从而影响PG的合成,这一点有待于研究证明。

### 2.2.2 应用

Marsh等(1982)发现鸡缺乏维生素E时,法氏囊重量降低,中枢淋巴器官和脾脏的淋巴细胞总数减少,并导致这此组织的损伤性变化。在日粮中添加150~300IU/kg的维生素E,饲养的种母鸡的后代雏鸡对接种布氏杆菌抗原产生显著高水平的抗体。Reddy等(1986)表明隔周口服2800mg维生素E6周,可显著提高牛血浆中IgM水平,而补充维生素E24周(114mg/d)可显著提高接种牛痘疹I型病毒的小牛血中IgG抗体产生。Hayek等(1987)观察到产前给母猪注射维生素E能使初乳IgM水平升高,从而增强新生仔猪的被动免疫能力。初乳中维生素E水平与母猪日粮中维生素E添加水平呈正相关。Reffett等(1988)研究的试验结果表明,经饲料补充维生素E可提高羔羊抗副流感III型病毒抗体水平,尤其可提高二次免疫抗体的产生。Marin(1994)指出,随着繁殖母猪日粮中维生素E含量的增加,其乳房炎、子宫炎和无乳症的发病率减少。Politis等(1995)于产犊前4周到产后8周给产期奶牛每天饲喂3000IU维生素E,并于预产前一周注射5000IU的维生素E,奶牛泌乳早期血液嗜性白细胞及巨嗜细胞功能受抑制程度明显低于未补加维生素E组。文杰(1996)报道,添加维生素E明显提高仔鸡血清HJ抗体滴度,表明维生素E可提高肉仔鸡体液免疫水平。庞全海等(1998)的研究表明,维生素E可促进妊娠母猪体内免疫球蛋白的生成并促进其进入乳汁中。维生素E亦可提高雏鸡、火鸡的体液免疫反应,提高对埃希氏大肠杆菌的抵抗力。

## 2.3 提高种畜禽的繁殖性能

维生素E又名生育酚,很多研究已经证实其与繁殖机能密切相关。

### 2.3.1 机理

维生素E提高种畜禽的繁殖性能的机理已经相当成熟。研究表明:维生素E通过垂体前叶分泌促性腺激素调节性机能,并促进精子的形成与活动,增加尿中17-酮类固醇的排泄,增加卵巢机能,使卵泡黄体细胞增加。当动物缺乏维生素E时,公畜睾丸变性萎缩,精子运动

异常,甚至不产生精子。

### 2.3.2 应用

日粮中添加维生素E对公畜精液的产量和质量都会产生正面的影响。有学者分别报道了在猪(梁明振,2003)、山羊(李广,2004)、绵羊(罗海玲,2004)、犬(张天民,1997)和小鼠(孙晓芳,2004)的日粮中添加维生素E对动物射精量和精液品质的影响。以上研究者都认为日粮中添加适量的维生素E可以提高动物的射精量和精子活率,降低畸形率。并认为在雄性动物的日粮中添加维生素E是有益和必须的。另外,维生素E保护小鼠(Lomnitski,1991;Verma,2001;安丽,2004)、兔(Aydilek,2004),鸡(Malhotra,2004)等动物的睾丸免受脂质过氧化反应和其他物质引起损伤的作用已经得到证实。

Marin等(1994)试验发现,在公羊日粮中补充维生素E能提高公羊射精量、精液浓度、精子活力并达到提高母羊受胎率和产羔率的效果。同样有资料显示,日粮中添加220IU维生素E可提高公猪的精子活力( $P<0.05$ ),降低精子畸形率( $P<0.05$ ),提高母猪的受胎率。在妊娠母猪日粮中补加维生素E还可提高产仔数,降低仔猪断奶前死亡率。给怀孕母猪饲料中补充20g/kg维生素E,可以预防维生素E缺乏所导致的死胎、窝产仔数减少、仔猪早期死亡率增加及产后可能无乳等。也有实验报道,在整个鹅的胚胎发育过程中,维生素E的浓度在胚胎肝脏和蛋黄囊膜升高,1日龄幼鹅达到最高水平。种母鸡缺乏维生素E,种蛋孵化期间易造成胚胎死亡,而种蛋中含有足够的维生素E则可提高孵化率。Lee等(2004)用4种半纯化饲料饲养黄吻鲈32周,结果发现投喂不添加维生素C和维生素E的雄性性腺系数比其他组都低,添加维生素C和维生素E组亲鱼所产卵的孵化率(82%)显著高于不添加维生素C和维生素E组(59%)。冯娟等(2005)报道,日粮中高水平的维生素E(180mg/kg)可显著促进20周龄后各种母鸡输卵管的生长发育。

## 2.4 改善畜禽产品质量

日粮的脂肪酸组成显著影响畜禽体脂肪酸的组成,因此人们通过调整日粮达到提高畜禽肉中不饱和脂肪酸的含量,但不饱和脂肪酸会使肉及其肉制品比较容易因脂肪氧化而变质。许多研究表明,增加日粮中维生素E含量可防止冷冻或鲜肉脂肪的氧化,提高贮藏品质。

### 2.4.1 机理

脂质氧化是肉品变质变味的主要原因。脂质氧化是

一个导致产生腐败和熟肉陈列的降解过程，会减少猪肉中不饱和脂肪酸、脂溶性维生素及色素的含量，并产生有毒的复合物如过氧化氢和醛类，进而影响猪肉的颜色、风味、质地、营养价值和安全性。维生素E能减少脂类氧化速度和维持屠宰后细胞膜的完整性，而且对引起肉产生苍白、柔软、渗出性变化的磷脂酶产生了抑制作用，使肉能比较长久的保持新鲜外观和颜色，降低滴水损失。Charlotte Lauridsen等（1999）试验表明肌肉组织易发生脂质氧化不仅取决于不饱和脂肪酸的状态和抗氧化剂与助氧化剂的平衡，也与骨骼肌的组成有关。

#### 2.4.2 应用

维生素E改善猪肉质的研究已有大量的报道。J. P. Kerry等（1998）试验表明：日粮维生素E添加是抑制脂质氧化的最有效的处理方式，抑制陈腐味的生成。Carlo Corino等（1999）试验结果表明：猪日粮添加维生素E可以提高屠宰率，降低脂质氧化，增加肌体组织中维生素E的量。Nuremberg等（2002）试验表明屠宰后血浆和肌肉中 $\alpha$ -生育酚水平增加，维生素E改善猪肉抗氧化状态。而肌肉微粒体和线粒体的脂肪酸组成几乎不受影响。L. Hoz等（2003）试验结果表明，日粮添加 $\alpha$ -生育酚乙酸酯能显著的降低使用富含脂肪酸日粮饲料的动物的嫩腰肌的脂质氧化。王向东等（2003）在生长肥育猪饲料中添加维生素E80mg/kg，试验组不仅生产性能提高，而且肉质显著改善。另外，也有研究者将维生素E与其他物质混合添加以探讨其改善猪肉品质的效果。K. S. Swiger等（2002）和M. G. O' Sullivan等（2004）分别将维生素E和铁与镁混合，都更好的维持了新鲜猪肉颜色，提高了系水率。

在鸡肉方面，芮于明等（1999，2001，2003）利用维生素E在肉鸡上做了大量的试验，结果表明：添加100mg/kg维生素E显著提高了0~3周龄肉仔鸡的生长率和饲料转化率；降低了储存期的肝脏组织和大腿肌肉的TBARS值，但并不影响肝脏过氧化氢酶和超氧歧化酶的活性；添加维生素E能有效防止大腿肌肉氧化变质，从而显著改善肉质。李绍钰等（2001）通过试验表明肉鸡前期日粮中添加高剂量的维生素E对肌肉的滴水损失及存放期间的硫代巴比妥酸反应物水平无显著影响。而在后期，尤其是在整个饲养期间的日粮中添加高水平的维生素E能显著改善滴水损失和延长鸡肉的货架寿命。

牛肉方面，于福清等（2003）试验结果表明：与未补饲维生素E组相比，补饲高水平维生素E可显著提高血浆和臀中肌中 $\alpha$ -生育酚含量，显著提高全血GPx（谷

胱甘肽过氧化物酶）和熟化过程中臀中肌GPx酶活力，但对组织SOD（超氧化物歧化酶）酶活力影响差异不显著，同时可显著抑制熟化过程中牛肉的脂质氧化，对牛肉的保水性能和颜色稳定性影响差异不显著。K. Robbins等（2003）试验结果表明：日粮维生素E添加降低硫代巴比妥酸反应物（TBARS）从0.6到0.42，但过了2h后，改善烤牛肉的芳香风味不明显。加拿大的农业专家1998年试验表明给泌乳奶牛加喂维生素E可以增强牛奶风味的稳定性。

另外，还有添加饲用维生素E，对其他动物肉质提高的报道，如汪开毓等（2002）报道，增加维生素E的饲喂，可以改善鳟鱼、鲑鱼、鲈鱼的风味。

### 3 结束语

维生素E是机体抗氧化系统的重要组成成分，与机体的健康水平直接相关。畜禽饲料中添加适当水平的维生素E，对畜禽生产在缓解畜禽应激作用，提高机体的免疫力，提高种畜禽的繁殖性能，改善畜禽产品质量等各方面均有着有益的影响。但在实际使用时需合理考虑各种因素。

（参考文献本刊略）

## 联手开启后抗生素新时代 艾杰斯溶菌酶受多方关注

2007年5月19~21日，中国畜牧业暨饲料工业展览会在浙江省宁波市举办，杭州康源饲料科技有限公司（杭州伊杰斯生物科技有限公司）总经理潘宏涛率队参加此次展会。会议期间，中国农业科学院饲料研究所所长蔡辉益、副所长齐广海等人参观了康源公司的展位，并与潘宏涛总经理及各部门负责人员合影留念。

蔡辉益所长指出：溶菌酶将是最具有发展潜力、最有特色的新产品，在抗生素的危害和疫情困扰养殖业的今天，使用溶菌酶将是条很好的出路。

潘宏涛总经理也指出：杭州康源饲料科技有限公司（杭州伊杰斯生物科技有限公司）提出“以动物自身的免疫因子来保证动物的健康”新思路。经过三年多的应用实践证明：此方案能显著增强动物的免疫力，提高动物的整体健康度，彻底摆脱了高密度养殖对抗生素的依赖性，在饲料中使用比抗生素更优秀。

溶菌酶是动物自身的重要免疫因子，存在于动物的眼泪、唾液、奶水和组织中，它与皮肤构成第一道防御体系，具有强大的杀菌功能和独特的作用。它的特点正符合人们对抗生素代替品的需求与期望。1) 其本身就是一种免疫活性因子，能有效提高动物的免疫力；2) 不仅有效提高动物机体的免疫力，还能调节消化道微生物区系，促进有益菌的增值，抑制有害菌的生长，降低动物患病的几率。3) 抗逆性强，具有一定的热稳定性，抑菌范围广泛，可以杀死或抑制一些致病菌；4) 不仅具有较好的选择性杀菌效果，而且无毒、无副作用、无残留、无抗药性、不污染环境。

艾杰斯溶菌酶是杭州康源饲料科技有限公司（杭州伊杰斯生物科技有限公司）经过多年研究开发的一种独特的溶菌酶，经过国内外许多饲料企业和养殖户的使用后，验证其功效比一般溶菌酶高出50~100倍，比常用抗生素更优秀，真正实现了完全替代常用抗生素的梦想。

艾杰斯溶菌酶正在开启一个后抗生素时代！