

# 合成抗氧化剂对断奶犊牛抗氧化干预的研究进展

刘东鑫<sup>1</sup>, 余功富<sup>2</sup>, 金洁瑜<sup>3</sup>, 邵丽霞<sup>1</sup>, 张新国<sup>4</sup>, 林滨<sup>3</sup>, 王翀<sup>1\*</sup>, 茅慧玲<sup>1\*</sup>

(1. 浙江农林大学动物科技学院, 动物营养研究所, 浙江杭州 311300; 2. 台州市路桥区城区动物卫生监督所, 浙江台州 318050; 3. 鹿城区家畜家禽检疫站, 浙江温州 330302; 4. 浙江省温岭市畜牧兽医局, 浙江温岭 317500)

**摘要:** 现代集约化奶牛养殖模式中通常实行犊牛早期断奶, 但饲料种类以及饲喂方式的改变等极易使断奶犊牛处于严重的氧化应激状态。饲用抗氧化剂不仅能够延长饲料保存期, 也能够有效缓解动物机体的氧化应激, 增强动物的抗应激能力。目前, 国内外对犊牛早期断奶理论的研究仍不完善, 对于抗氧化剂缓解犊牛断奶氧化应激的机制仍不十分清晰。本文阐述了氧化应激的发生、合成抗氧化剂的体内抗氧化作用, 并探讨了合成抗氧化剂在犊牛免疫、血液生化以及消化道层面上的应用, 为犊牛早期断奶提供科学依据。

**关键词:** 抗氧化剂; 氧化应激; 犊牛; 早期断奶

**中图分类号:** S823.5

**文献标识码:** A

**DOI 编号:** 10.19556/j.0258-7033.2018-09-005

我国传统养殖模式中犊牛断奶时间较晚, 犊牛瘤胃和消化道发育相对迟缓, 直接影响牛只后期的生长发育, 增加饲料成本。同时, 断奶日龄过晚会使母牛动用大量营养物质甚至分解体组织, 导致母牛体质恢复慢, 产后发情时间延长, 间接影响母牛繁殖周期和养牛的生产综合效益。近年来, 集约化养殖模式下多实行犊牛早期断奶。然而, 犊牛断奶过程中饲喂方式以及生理代谢特点的改变, 极易使犊牛产生氧化应激。随着犊牛营养健康管理的重要性被逐渐认识, 早期断奶的理论和实践研究备受关注。但是, 断奶时氧化应激发生的具体机制仍不十分清楚, 特别是现有理论对抗氧化剂缓解犊牛断奶氧化应激是否有效仍待研究。本文旨在通过整理现有研究并结合抗氧化应激机理, 探讨常用人工合成抗氧化剂对早期断奶犊牛的抗氧化干预作用, 并为今后抗氧化剂在犊牛生产中的应用提供可行思路。

## 1 断奶引起氧化应激

氧化应激是指机体在遭受有害刺激时, 自由基的产生和清除、氧化系统和抗氧化系统失衡造成细胞和组织损伤。氧化应激可导致动物采食量下降、生长发育停滞、抗病能力降低、死亡率增高以及畜产品品质下降<sup>[1]</sup>。

犊牛从哺乳到断奶经历了巨大的生理和心理转变, 此阶段犊牛营养需求高、饲养管理繁杂、应激强度最大、呼吸道疾病和腹泻频发。饲料的供给形态、养分组成、管理方式的改变对尚未发育完善的犊牛会产生很大的应激, 引起胰蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶等消化酶活性的降低并导致消化功能紊乱, 可导致犊牛消化不良、免疫力下降、腹泻、生长缓慢, 甚至死亡<sup>[2]</sup>。因此, 必须根据犊牛消化道的生理独特性并结合犊牛的营养需要进行正确饲养管理。如日粮配置需采用营养价值高、适口性好的优质饲料, 日粮的配置要做到精准、充分满足犊牛生长发育的需要。同时, 应尽早训练犊牛采食开食料和粗饲料, 促进瘤胃乳头的发育以及瘤胃微生物区系的完善, 提高犊牛对粗纤维的消化能力及机体的免疫能力<sup>[3]</sup>。然而, 随着现代化牛业生产水平的不断提高, 牛只生产性能不断提升, 犊牛体内的代谢强度也随之加快, 导致大多现代化养殖模式下的犊牛经常处于氧化-还原平衡失调的氧化应激状态, 特别是犊

收稿日期: 2018-01-24; 修回日期: 2018-05-20

资助项目: 浙江省基础公益研究计划项目(自然科学基金 LY18 C170002); 农业部公益行业(农业)科研专项经费(201303143); 杨胜先生门生社群项目(B2016017、C2016042)

作者简介: 刘东鑫(1995-), 女, 吉林人, 硕士研究生, 主要从事反刍动物营养研究, E-mail: 471801503@qq.com

\* 通讯作者: 王翀, E-mail: wangcong992@163.com; 茅慧玲, E-mail: hlmao1983@163.com

牛在早期断奶期间体内与抗氧化相关的酶促系统和非酶促系统均没有发育完全,其处在多种应激原中,对环境的抗逆能力差、内分泌系统紊乱、免疫能力降低,会处于严重的氧化应激状态,传统的饲喂技术不能很好解决这些问题<sup>[1]</sup>。相对于成年动物,犊牛摄入的抗氧化物质较少,自身抗氧化系统发育不完善,这就会导致犊牛体内高半胱氨酸含量较高,还原型谷胱甘肽(GSH)生成减少,自由基和脂质过氧化物等积聚,最终产生强烈的氧化应激<sup>[4-5]</sup>。并且与断奶后相比,犊牛断奶时体内谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)较低、丙二醛(MDA)和一氧化氮(NO)较高,预示着存在较强的氧化应激<sup>[6]</sup>。

## 2 合成抗氧化剂在动物机体内的抗氧化作用

氧化反应不仅存在于饲料中,在动物机体中也广泛存在。动物体内最常见的抗氧化活性物质主要是一些抗氧化的酶类和维生素,而人工合成抗氧化剂最早应用于饲料保存上。但近年来研究发现人工合成抗氧化剂也存在着体内抗氧化活性。乙氧喹、叔丁基对苯二酚(TBHQ)、没食子酸丙酯等都是常用的人工合成抗氧化剂,主要通过结合自由基本身生成稳定的苯氧自由基来终止自由基链式反应<sup>[7-8]</sup>,不仅能够保证饲料不被氧化变质,还能在反刍动物的瘤胃以及机体内发挥生理活性,缓解不饱和脂肪酸诱导的血浆过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)浓度升高、超氧化物歧化酶(SOD)活性降低以及MDA含量升高等氧化应激负面作用<sup>[9]</sup>。Boerman等<sup>[10]</sup>研究表明,乙氧喹不能缓解由多不饱和脂肪引起的乳脂率降低,但能保护亚油酸在体内不被氧化,从而缓解动物体内的氧化应激。

自由基在动物体内是正常代谢产物,正常生理条件下产生微量的活性氧自由基(ROS),这对维持细胞正常功能具有重要生理作用,但过量ROS则会造成机体损伤,引发细胞凋亡和死亡,可诱发多种代谢性疾病<sup>[11]</sup>。动物体内氧化还原反应的失衡通常表现为氧化作用,造成机体氧化应激,从而导致ROS或活性氮自由基(RNS)产生过多,如O<sub>2</sub><sup>·-</sup>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、·OH等在体内蓄积。若犊牛自身抗氧化系统功能低下,无法及时清除这些ROS,由此产生大量氧化中间产物,进而导致机体发生一系列有害的生理、生化和免疫性的应激反应。另外,饲料发霉、脂质氧化、矿物质元素中过氧化物残留等都会引起机体ROS蓄积,过多的自由基会破坏饲料养分,增加

动物摄入的有害物质,最终损害动物的健康和生产性能。

机体的氧化还原平衡是保证动物健康和正常生产的重要因素,因此,生产中常通过添加抗氧化物质来减少氧化应激对动物造成的危害。当犊牛发生疾病或者遭受外界刺激时,作为机体免疫防御反应的一部分,ROS、RNS等氧化应激源物质产生量也会急剧增加。补充足够的外源性抗氧化剂可维持犊牛机体内抗氧化水平、避免遭受严重氧化损伤,在控制和减缓犊牛因断奶引起的氧化应激方面起重要作用。Rahman等<sup>[12]</sup>研究表明,体内过多的自由基可通过机体自身的抗氧化系统来平衡,也可以通过各种抗氧化物质来抵消。维生素E、维生素C等都属于动物体内最重要的非酶促系统的抗氧化剂,动物在应激状态下,补充这类维生素可显著提高其抗氧化、抗应激能力,并提高免疫力<sup>[13]</sup>。乙氧喹等合成抗氧化剂在饲料中使用有明显代替维生素增强机体抗氧化能力的作用<sup>[14-15]</sup>。例如,在饲料中适量添加乙氧喹可以提高大黄鱼<sup>[16]</sup>、雏鸡<sup>[17]</sup>等的生产性能。适量的人工合成抗氧化剂可以作为体内抗氧化系统的很好补充,但是过量的人工合成抗氧化剂也会产生毒副作用。过量的乙氧喹可能会使机体产生生理性胁迫,并通过减少ATP酶的产生或抑制其活性,进而影响呼吸链的传递等<sup>[18-19]</sup>;还会引发上皮组织膜加厚、维生素过敏症等不良反应<sup>[20-21]</sup>。最新研究表明,在泌乳奶牛日粮中添加适量的乙氧喹能有效缓解低饱和度和脂肪型日粮对奶牛造成的氧化损伤,提高机体总抗氧化能力,维持奶牛瘤胃功能和提高泌乳性能<sup>[9,22]</sup>。人工合成抗氧化剂的体内抗氧化活性在体外细胞试验中同样得到了验证,如Jin等<sup>[23]</sup>研究发现,适宜剂量的TBHQ可激活核转录因子Nrf2,进而启动抗氧化反应原件(ARE),缓解因热处理对奶牛MAC-T细胞的氧化损伤,但TBHQ浓度过高可导致细胞活力下降。

## 3 合成抗氧化剂在犊牛生产上的作用

3.1 合成抗氧化剂对断奶犊牛免疫的影响 Batista等<sup>[24]</sup>研究发现,CD14<sup>+</sup>和CH138<sup>+</sup>细胞在犊牛出生40d时吞噬功能增强,并且活性氧产生增加,而在60d后吞噬功能减弱,说明在40~60d犊牛体内发生了强烈的氧化应激,并预示着犊牛在此阶段自身免疫力较低,需要靠提高自身免疫力来渡过这个关键时期。而Hayajneh<sup>[25]</sup>认为,抗氧化剂能增强免疫功能,并且这种作用是独立

于维生素的,这种作用可能源于抗氧化剂对自由基和单线态氧的淬灭功能。另外,Rujuta等<sup>[26]</sup>研究认为,除了测定机体的生理生化指标外,还可以通过测定呼吸系统 $H_2O_2$ 含量来评价犊牛是否处于氧化应激状态;其研究表明呼吸系统 $H_2O_2$ 含量和氧化应激呈强相关,并且犊牛在出生6周时抗氧化能力最弱、氧化应激最强,免疫功能较低。Galyean等<sup>[27]</sup>研究发现,使用抗氧化剂可以有效抵抗犊牛断奶时的氧化应激,增强犊牛免疫功能。但Carroll等<sup>[28]</sup>认为,相比于常规断奶,早期断奶犊牛的免疫应答能力更强,因为用脂多糖(LPS)处理后常规断奶犊牛的血清急性期反应蛋白(结合珠蛋白)、肿瘤坏死因子(TNF)、白介素 $1\beta$ (IL- $1\beta$ )、白介素6(IL-6)高于早期断奶组,而 $\gamma$ 干扰素( $\gamma$ IFN)则较低。因此,需要开展更多的合成抗氧化剂与机体免疫功能间的量效关系研究。

氧化应激常伴随着免疫功能的衰减和机体对疾病的易感性增强。早期断奶对犊牛的体液免疫影响较小。短期的氧化应激可促进机体细胞及体液免疫等功能,是一种免疫防御的反馈机制,有利于调动犊牛的免疫防御机制。然而较长时间的氧化应激下,犊牛会大量动用机体储存的营养物质用以调动免疫反应。如果氧化应激超过正常水平,会使糖皮质激素分泌升高,导致抗原呈递能力减弱,细胞免疫能力反而衰退。同时,免疫细胞对氧化应激非常敏感,因为免疫细胞的细胞膜含有高浓度、对过氧化反应高度敏感的不饱和脂肪酸,ROS可引发细胞膜脂质过氧化<sup>[29]</sup>。另外,免疫细胞受过量自由基刺激后、强烈的氧化应激反应还会引起caspase激活、Bcl-2相关蛋白的变化以及线粒体内细胞色素c的释放,并导致细胞凋亡、免疫功能下降,进而影响免疫系统功能<sup>[30]</sup>。因此,人工合成抗氧化剂的添加有助于保护免疫细胞,维持细胞正常功能并提高动物的免疫功能。

**3.2 合成抗氧化剂对断奶犊牛血液生化的影响** 早期断奶犊牛出现氧化应激反应时,血液中的某些成分会发生一系列的改变,可作为检测指标。断奶会影响犊牛的消化代谢,造成血清中葡萄糖、总蛋白、尿素氮、甘油三酯含量显著下降,血清皮质醇、急性反应蛋白、T3、T4、乳酸脱氢酶、碱性磷酸酶、溶菌酶等也显著变化<sup>[31-32]</sup>。熊桂林等<sup>[33]</sup>研究表明,犊牛血清中铜、锌、锰、铁、硒等含量及GSH-Px、SOD、过氧化氢酶(CAT)活性和MDA显著低于后备牛和成年母牛,说明断奶后

犊牛机体氧化应激严重。Ahmed等<sup>[34]</sup>研究证实,活力犊牛的血液中MDA和NO较高,而CAT、SOD、维生素C、GSH、总抗氧化能力、铜、锌、铁和硒浓度较低。另外,犊牛血液中性粒细胞在断奶应激时该因子会呈现显著上升趋势<sup>[35]</sup>。因此,断奶不仅降低了犊牛的免疫力,而且对犊牛产生了严重的氧化应激。Abuelo等<sup>[36]</sup>认为,初乳的氧化还原状态直接影响犊牛的氧化状态,所以有必要给此阶段的犊牛饲喂抗氧化剂以缓解其应激反应。

激素对于犊牛的维持、生长、应激-免疫系统的活化等生理过程都起着重要的调控作用,可能会引起疾病的易感性增强。乙氧喹可有效减少饲料中维生素E、维生素A、维生素C等的氧化损失,而维生素A、维生素E和维生素C在机体氧化还原反应体系及应激免疫体系中发挥重要生理活性作用<sup>[37]</sup>。目前,维生素A增强免疫的机制尚不十分清楚。大多数学者认为,维生素A作为一种免疫佐剂,延长氧化应激的刺激源对机体的刺激作用,促进体内T细胞和B细胞更协调,加强细胞吞噬作用。同时,维生素A刺激前列腺素的产生,进而使环磷酸腺苷的活性受到调节,使免疫效应提高。维生素E和硒对机体免疫反应有协同作用,共同使用可增强机体免疫力,并且可以减少血清皮质醇含量<sup>[38]</sup>。犊牛断奶后血浆胰岛素含量持续下降,持续到断奶后第14天达到最低值,血浆中醛固酮含量伴随断奶呈显著上升趋势,这些变化也预示着断奶犊牛体内生理机能和代谢状态的急剧改变,断奶对犊牛造成了应激反应<sup>[39]</sup>。因此,合成抗氧化剂可通过机体内的抗氧化干预作用起到维生素的部分功能。

**3.3 合成抗氧化剂对断奶犊牛消化道的影** 目前的研究表明,仔猪断奶时体内的抗氧化应激的确会改变体内血清的各项指标(如SOD、GSH-Px、 $H_2O_2$ 、MDA等)的活性与浓度,影响机体的代谢等机能,而且添加一定量的抗氧化剂如维生素C可有效降低仔猪抗氧化应激<sup>[40]</sup>。犊牛早期断奶除了引起肠道的氧化应激外,还伴随着从单纯皱胃消化转向瘤胃消化的过程,这一时期瘤胃及小肠内环境不断变化,特别是瘤胃适应性改变其生理状态<sup>[41]</sup>。犊牛断奶前瘤胃乳头较细,但比较整齐;断奶后1、3、5d瘤胃乳头发育较差,乳头较短较细且不整齐;断奶后7、14d瘤胃乳头较前5d粗,但是粗细、长短不一,不整齐<sup>[31]</sup>。这说明瘤胃发育会受到断奶影响,应激使得瘤胃乳头有明显的萎缩、脱落



现象。另外,断奶引起的氧化应激对犊牛小肠产生了严重的影响,自由基可促进炎性细胞分泌 TNF- $\alpha$ , 并诱导肠道细胞凋亡从而降低小肠的消化吸收功能甚至发生腹泻和死亡<sup>[5]</sup>。并且动物试验也表明,逐步断奶方式缓解了应激作用,可提高断奶后犊牛对营养物质的消化率<sup>[42]</sup>。吴黎明<sup>[43]</sup>研究发现,斯钙素 1 (STC-1) 可保护犊牛小肠上皮细胞 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 诱导产生的氧化应激损伤,可能与 STC-1 的抗氧化和抗凋亡作用有关。人工合成抗氧化剂具有类似的修复细胞膜、维持膜的完整性和正常生理功能的作用,从而有利于瘤胃和小肠功能正常。与其他氧化剂相比,乙氧喹等人工合成抗氧化剂既具有显著的瘤胃内以及体内抗氧化的作用,也具有较高的经济效益<sup>[9,22]</sup>,因此,研究人工合成抗氧化剂对缓解犊牛早期断奶氧化应激的作用具有重要意义。

#### 4 小结

早期断奶过程中伴随着饲料形态、饲喂方式等改变,犊牛机体代谢程度随之加强,引起氧化应激反应加剧,犊牛的消化道形态结构、内分泌系统、体内敏感激素浓度、血液理化指标等均会发生适应性的变化。人工合成抗氧化剂可以降低或防止断奶引起的犊牛瘤胃内以及机体的氧化应激,可有效调节犊牛断奶过程中的不适性,有利于犊牛瘤胃发育,但是目前这方面的研究仍较少,需要更多的生产和实验数据,其具体机制也仍有待研究。

#### 参考文献:

- [1] 徐建雄. 关注氧化应激,提高动物健康水平[J]. 饲料与畜牧, 2012(8): 1.
- [2] Lundborg G K, Svensson E C, Oltenacu P A. Herd-level risk factors for infectious diseases in Swedish dairy calves aged 0-90 days[J]. *Prev Vet Med*, 2005, 68: 123-143.
- [3] Hulbert L E, Cobb C J, Carroll J A, et al. The effects of early weaning on innate immune responses of Holstein calves[J]. *J Dairy Sci*, 2016, 94: 2545-2556.
- [4] Hulbert L E, Moisa S J. Stress, immunity, and the management of calves[J]. *J Dairy Sci*, 2016, 99: 3199-3216.
- [5] 阳坦,孙志洪,李晓敏. 在早期断奶过程中氧化应激的产生机制及其影响[J]. *动物营养学报*, 2013, 25(4): 705-714.
- [6] 解祥学,杜红方,陈书琴,等. 蒸汽压片玉米及膨化大豆对犊牛腹泻、血液生化及抗氧化性能的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2017, 22(5): 57-65.
- [7] Pryor W A, Strickland T, Church D F. Comparison of the efficiencies of several natural and synthetic antioxidants in aqueous SDS [sodium dodecyl sulfate]micelle solutions[J]. *J Am Chem Soc*, 1998, 110(7): 2224-2229.
- [8] 王俊耀. 酚类饲料抗氧化剂的构效关系及应用探讨[J]. *中国高新科技*, 2017, 1(12): 7-9.
- [9] Wang Y M, Wang J H, Wang C, et al. Effect of different rumen-inert fatty acids supplemented with a dietary antioxidant on performance and antioxidative status of early lactation cows[J]. *J Dairy Sci*, 2010, 93: 3738-3745.
- [10] Boerman J P, Preseault C L, Kraft J, et al. Short communication: Effect of antioxidant supplementation on milk production, milk fat synthesis, and milk fatty acids in dairy cows when fed a diet designed to cause milk fat depression[J]. *J Dairy Sci*, 2014, 97: 1077-1081.
- [11] 胡文琴,王恬,孟庆利. 动物活性氧的产生及清除机制[J]. *家畜生态*, 2004, 25(3): 64-67.
- [12] Rahman K. Study on free radicals, antioxidants, and cofactors[J]. *Clin Interv Aging*, 2007, 2: 219-236.
- [13] Chen P, Ma Q G, Ji C, et al. Dietary lipoic acid influences antioxidant capability and oxidative status of broilers[J]. *Int J Mol Sci*, 2011, 12: 8476-8488.
- [14] 许宗运,刘利林,郑勇强. 天然提取物对预混料中维生素保护作用研究[J]. *中国饲料*, 2004(13): 13-15.
- [15] 王欣,康波,周瑞进,等. 亚麻籽、维生素 E、乙氧基喹啉对蛋鸡生产性能及蛋黄  $\omega$ -3PUFA 富集的影响[J]. *营养学报*, 2007, 29(6): 610-613.
- [16] 王珺. 乙氧基喹啉、氧化鱼油和烟酸铬对大黄鱼与鲈鱼生长性能的影响及其(或代谢物)在鱼体组织中残留的研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2010.
- [17] Ohshima M, Layug D V, Yokota H O, et al. Effect of graded levels of ethoxyquin in alfalfa leaf extracts on carotenoid and cholesterol concentrations in chicks[J]. *Anim Feed Sci Tech*, 1996, 62 (2/3/4):141-150.
- [18] Saxena T B, Zachariassen K E, Jørgensen L. Effects of ethoxyquin on the blood composition of turbot, *Scophthalmus maximus* L[J]. *Comp Biochem Phys C*, 2000, 127(1):1-9.
- [19] Reyes J, Hernández M E, Meléndez E, et al. Inhibitory effect of the antioxidant ethoxyquin on electron transport in the mitochondrial respiratory chain[J]. *Biochem Pharmacol*, 1995, 49 (3): 283-289.
- [20] Kristiina A, Riitta J, Tuula E, et al. Occupational 'multivitamin allergy' caused by the antioxidant ethoxyquin[J]. *Contact Dermatitis*, 1998, 39(5): 263-264.
- [21] Manson M M, Green J A, Driver H E. Ethoxyquin alone induces preneoplastic changes in rat kidney whilst preventing induction of such lesions in liver by aflatoxin B1[J]. *Carcinogenesis*, 1987, 8(5): 723-728.
- [22] Wang Y M, Wang J H, Wang C, et al. Effect of dietary antioxidant and energy density on performance and anti-oxidative status of transition cows[J]. *Asian-Austral J Anim Sci*, 2010, 23(10): 1299-1307.
- [23] Jin X L, Wang K, Liu L, et al. Nuclear factor-like factor 2-antioxidant response element signaling activation by tert-butylhydroquinone attenuates acute heat stress in bovine mammary epithelial cells[J]. *J Dairy Sci*, 2016, 99: 9094-9103.
- [24] Batista C F, Blagitz M G, Bertagnon H G, et al. Evolution of phagocytic function in monocytes and neutrophils blood cells of healthy calves[J]. *J Dairy Sci*, 2015, 98: 8882-8888.
- [25] Hayajneh F M F. Antioxidants in dairy cattle health and disease[J]. *Merit Res J Agri Sci Soil Sci*, 2014, 2(5): 64-69.
- [26] Rujuta R, Saranika T, Gary M, et al. Assessment of oxidative stress biomarkers in exhaled breath condensate and blood

- of dairy heifer calves from birth to weaning[J]. *Vet J*, 2014, 202(3): 583-587.
- [27] Galyean M L, Gunter S A, Malcolmcallis K J. Effects of arrival medication with tilmicosin phosphate on health and performance of newly received beef cattle[J]. *J Anim Sci*, 1995, 73(5): 1219-1226.
- [28] Carroll J A, Arthington J D, Chase Jr C C. Early weaning alters the acute-phase reaction to an endotoxin challenge in beef calves[J]. *J Anim Sci*, 2009, 87: 4167-4172.
- [29] Spears J W, Weiss W P. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows[J]. *Vet J*, 2008, 176:70-76.
- [30] Morgan M J, Liu Z. Crosstalk of reactive oxygen species and NF- $\kappa$ B signaling[J]. *Cell Res*, 2011, 21(1): 103-115.
- [31] 高艳霞, 仁瑞清, 李建国, 等. 断奶应激对犊牛血液生化、免疫和内分泌的影响[J]. *中国兽医学报*, 2014, 34(8): 1294-1303.
- [32] 赵会利, 曹玉凤, 高艳霞, 等. 缓解犊牛断奶应激的营养调控技术措施[J]. *中国畜牧杂志*, 2011, 47(24): 38-44.
- [33] 熊桂林, 王林, 顾建红, 等. 奶牛不同生理阶段血清微量元素含量和氧化状态[J]. *中国兽医学报*, 2009, 29(12): 1613-1616.
- [34] Ahmed W M, Nabil G M. Investigations of oxidant/antioxidant status and hemoglobin biophysical properties in buffalo calves with special reference to inferior preweaning vitality[J]. *Pak J Biol Sci*, 2007, 10(14): 2353-2358.
- [35] O'Loughlin A, McGee M, Doyle S, *et al.* Biomarker responses to weaning stress in beef calves [J]. *Res Vet Sci*, 2014, 97: 459-464.
- [36] Abuelo A, Perez-Santos M, Hernandez J, *et al.* Effect of colostrum redox balance on the oxidative status of calves during the first 3 months of life and the relationship with passive immune acquisition[J]. *Vet J*, 2014, 199(2): 295-299.
- [37] 范理, 宋荣, 肖志明, 等. 不同包装方式对饲料抗氧化剂产品质量性能的影响评价[J]. *农产品质量与安全*, 2017(5): 60-64.
- [38] Larsen H J S. Relations between selenium and immunity [J]. *Norwegian J Agri Sci*, 1993, 11:105-119.
- [39] 高艳霞, 叶纪梅, 张祥, 等. 断奶应激对犊牛血液中代谢物和激素的影响[J]. *中国畜牧兽医*, 2006, 33(9): 3-5.
- [40] Zhu L H, Zhao K L, Chen X L. Impact of weaning and an antioxidant blend on intestinal barrier function and antioxidant status in pigs[J]. *J Anim Sci*, 2012, 90: 2581-2589.
- [41] 刁其玉, 屠焰. 犊牛营养生理研究与定向培育进展[J]. *饲料工业*, 2013, 34(9): 1-6.
- [42] Dennis T S, Suarez-Mena F X, Hill T M, *et al.* Effect of milk replacer feeding rate, age at weaning, and method of reducing milk replacer to weaning on digestion, performance, rumination, and activity in dairy calves to 4 months of age[J]. *J Dairy Sci*, 2018, 101(1): 268-278.
- [43] 吴黎明. 斯钙素1在初生奶牛胃肠道的表达及其对氧化应激和新型钙离子通道的影响研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.

### Allievement of Oxidative Stress of Early Weaned Calves by Synthetic Antioxidant: A Review

LIU Dong-xin<sup>1</sup>, YU Gong-fu<sup>2</sup>, JIN Jie-yu<sup>3</sup>, SHAO Li-xia<sup>1</sup>, ZHANG Xin-guo<sup>4</sup>, LIN Bin<sup>3</sup>, WANG Chong<sup>1\*</sup>, MAO Hui-ling<sup>1\*</sup>

(1. College of Animal Science and Technology, Zhejiang A & F University, Zhejiang Hangzhou 311300, China;

2. Taizhou Luqiao District Animal Health Authority, Zhejiang Luqiao 318050, China;

3. Lucheng District livestock and poultry quarantine station, Zhejiang Wenzhou 330302, China;

4. Zhejiang Wenling Animal Husbandry and Veterinary Bureau, Zhejiang Wenling 31750, China)

**Abstract:** In order to improve breeding efficiency, early weaning was used on calves breeding. However, the calves were prone to be stressed due to the change of feed type and feeding way during weaning. Recent research showed that antioxidants can not only prolong the survival period of feed, but also alleviate the oxidative stress of animals and enhance their ability to resist stress. At present, there was no perfect theory of early weaning of calves, and the mechanism was not very clear for the effect of antioxidant to alleviate the oxidative stress of calves. By explaining the occurrence of oxidative stress and the mechanism of antioxidation in the body, the effects of synthetic antioxidants on calves' immunization, blood biochemistry and digestive tract were discussed, and the scientific basis for early weaning of calves was provided.

**Keywords:** Antioxidant; Oxidative stress; Calves; Early weaning