

# 亚麻酸对奶牛生产性能及乳脂组成的影响研究进展

陈达鸿<sup>1</sup> 吴文旋<sup>2</sup> 熊江林<sup>3</sup> 茅慧玲<sup>1</sup> 王翀<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 临安; 2. 贵州大学 动物科学学院, 贵州 贵阳; 3. 武汉轻工大学 动物科学与营养工程学院, 湖北 武汉)

**摘要** 随着时代发展, 生活水平的不断提高, 人们对食品的需求不仅满足于色香味, 更多注重的是食品的附加功能。特别是三高人群和亚健康群体对于具有保健功能的食品需求日益增高。人体所需的必需脂肪酸中唯一不能在体内自我合成的就是 $\omega$ -3 不饱和脂肪酸系列中的亚麻酸, 其具有抗肿瘤、降血脂、改善视力等多种保健功能。而牛奶中富含 $\omega$ -3 系列多不饱和脂肪酸和多种营养物质, 对于改善人体健康具有重要意义。因此, 在提高奶牛生产性能的同时, 开发富含天然亚麻酸的牛奶可能是今后研究的热点。本文主要综述了近年来在奶牛饲料中添加亚麻酸对奶牛生产性能以及牛乳中乳脂脂肪酸的影响, 以期对今后的研究起到借鉴作用。

**关键词** 亚麻酸; 奶牛; 生产性能; 乳脂

## 1 研究背景

亚麻酸(LNA)是一种多烯烃脂肪酸(PUFA)。LNA对人体十分重要,是构成人体组织细胞的主要成分之一。在体内,LNA经过一系列的生物反应可以转变成人体生长发育所必需的生命活性因子——二十二碳六烯酸(DPA)和二十碳五烯酸(EPA)。但是亚麻酸在体内不能合成和代谢,只能从各种食物中摄取。

不饱和脂肪酸(UFA)具有抗动脉硬化、降低心血管疾病的特殊营养作用,因此如何提高食物中UFA逐渐成为科学家研究的焦点。牛奶是动物产品中共轭亚油酸(CLA)含量最高的食品,但生产CLA仍需耗费大量资金,在实际的饲料生产中还不太普遍。因此人们试图用LNA代替CLA来降低生产成本。然而,亚麻酸在国内外的研究都还不够深入,而且不饱和脂肪酸进入反刍动物瘤胃以后,会因为氢化作用使得日粮中不饱和脂肪酸(如CLA等)的转化效率减少,因此通过改变饲粮成分来增

加牛乳中不饱和脂肪酸含量的效果不太理想。所以研究亚麻酸对奶牛生长性能的影响,深入了解反刍动物瘤胃生物氢化的机理,以及通过营养途径调节乳脂肪酸组成具有重要的意义。

## 2 对生长性能的影响

### 2.1 采食量

泌乳的奶牛从饲料中获得的营养物质用于生长发育,以及合成分泌乳汁,这些营养物质的多少与奶牛的采食量有着紧密的联系。一般来说,采食量直接制约奶牛的生产性能,因此提高奶牛的采食量成为养殖者首要关心的问题。

在奶牛的全混合日粮(TMR)中加入亚麻籽可以明显提高奶牛的采食量。因为亚麻籽的香味可用于掩盖日粮的不良气味(特别是由于添加了一些劣质饲料而产生),既保证了日粮气味一致,又可以纠正奶牛挑食的不良习惯,

同时也减少了因饲料原料的变动对采食量带来的负面影响。对于泌乳牛来说,尤其是处于泌乳盛期的奶牛,奶牛的采食量增加,在体内形成的营养物质也越多,从而满足奶牛的泌乳需求,使得奶牛在发挥其泌乳能力的同时又不损害健康。

曹爱青等(2012)证明,奶牛在不产奶时期,对对照组和试验组奶牛的干物质(DMI)采食量大致相同,而在产奶期,两组奶牛的采食量相差很大,具体表现为在该时期的奶牛日粮中添加了亚麻籽后,其采食量增加。Scholljegerdes等(2012)也通过对照试验研究了亚麻籽对牛生长性能的影响。对照组的牛仅自行采食青草,而另外两组还分别给牛饲喂亚麻籽和玉米-豆粕。该试验显示,添加亚麻籽和玉米-豆粕不能提高采食量,不过两个试验组牛的饲料转化率得到了明显的提高。同时,比较玉米-豆粕组饲喂了亚麻籽的试验组,饲料转化率更高。因此,从整体来看,在放牧情况下饲料中添加亚麻籽不会对牛的生长性能造成负面的影响。哈斯额尔敦等(2010)直接在奶牛十二指肠中加入LNA后发现,随着游离LNA的提供量(0~120 g/d)的增加,奶牛DMI采食量并没有受到不良影响。不同的研究结果可能与牛只的生理状态以及饲喂的模式有关。

## 2.2 泌乳量

在各类营养物质中,脂肪的能值最高,而且给奶牛饲喂脂肪以后,奶牛的热增耗会降低。因此,在奶牛的饲料中添加适量的脂肪,饲料中的能量含量明显高于添加等量的其他物质。王雪等(2018)发现,在奶牛泌乳前期,饲喂一定量的脂肪,可以增加奶牛的泌乳量,同时还能减少奶牛在泌乳前期出现因泌乳导致能量消耗过多而出现的能量负平衡状况。但是,哈斯额尔敦等(2010)在奶牛十二指肠中加入LNA,研究发现LNA能提高牛奶中的乳脂含量,但是乳产量却降低,证明了LNA对奶牛合成乳脂有积极作用,同时会阻碍奶牛泌乳。此外,十二指肠增量(0~120 g/d)加入游离亚麻酸时,乳脂含量提高了0.4 g/100 g。

## 2.3 健康状况

在奶牛饲料中添加LNA,会对奶牛抵抗疾病的能力、瘤胃中一些微生物的发酵过程、牛乳中乳脂肪的稳定性能和身体的抗衰老性均有一些影响。双金等(2004)经试验证明,在奶牛日粮中添加富含 $\alpha$ -亚麻酸的添加剂后,奶牛血清中高密度脂蛋白胆固醇的含量增加,同时降低了低密度脂蛋白胆固醇的浓度。同时可降低血清中甘油三酯、总胆固醇、乳酸脱氢酶和羟丁酸脱氢酶的浓度,而增加血浆葡萄糖和血小板生成素的浓度。这说明 $\alpha$ -亚麻酸可促进周围组织合成胆固醇,而减少肝脏中胆固醇的合成速度,同时加快了肝脏转换胆固醇的速度。奶牛日粮中添加富含 $\alpha$ -亚麻酸的添加剂可增加血清中蛋白质、胰岛素、生长激素和三碘甲状腺原氨酸的浓度,而降低甲状腺素的浓度。这说明 $\alpha$ -亚麻酸在泌乳牛合成营养物质的过程中,能够将营养物质重新转变成有利于泌乳的肝脏和乳腺等组织。因此,LNA可以加强奶牛的脂肪代谢,缓解能量负平衡,并降低三酰甘油含量,预防脂肪肝的发生。同时,提高奶牛的免疫功能,改善奶牛的健康状况。

但是当LNA过量添加时,会显著改变奶牛瘤胃的环境,从而引起瘤胃中微生物菌群数量和发酵效果的改变,对奶牛的抗氧化能力也会产生负面的影响。当LNA的添加量不断增加时,奶牛的抗氧化能力呈下降趋势,因此应该根据奶牛的自身情况来控制LNA的添加量。

奶牛的繁殖性能在一定程度上也受LNA添加的影响。U. Moallem(2018)研究发现,给奶牛饲喂亚麻籽后,可以补充奶牛体内 $\alpha$ -亚麻酸的浓度,而LNA又会经转化变成n-3脂肪酸(n-3FA)。这些FA进入生殖系统以后会影响多个过程,并对生育产生一些积极的影响。

## 3 对乳脂肪酸的影响

### 3.1 乳脂产量

亚麻酸对乳脂产量有何影响就目前而言还无法给出一致的答案。AbuGhazaleh等(2008)研究提出,在奶

牛日粮中添加亚麻酸后, 会提高牛乳的乳脂率。Khas-Erdene 等 (2010) 通过十二指肠插管方式灌注 LNA, 检测后发现牛奶中脂肪含量随 LNA 灌注量呈线性增加趋势。胡菡等 (2010) 的研究发现,  $\alpha$ -亚麻酸会阻碍位于乳腺上皮细胞的脂肪酸关键合成酶的基因转录。在脂肪代谢的过程中, 过氧化物酶体增殖物激活受体 (PPAR) 尤其是其中的 PPAR $\gamma$  基因, 其主要负责与脂肪合成有关的基因的转录与调控。哈斯额尔敦等 (2009) 也证明, 在奶牛饲料中添加亚麻籽油后, 奶牛体内 PPAR $\gamma$  基因转录翻译过程受阻, 其表达量下降。使得牛乳中脂肪酸合成减少。Ma 等 (2014) 发现, CLA 对血清应答元件 (SRE) 脂源转录因子激活有抑制作用, 这种负面作用是由于脂肪酸中反式-10 和顺-12 双键的结合。因此, LNA 对乳脂合成及分泌的具体机制仍需大量研究。

### 3.2 乳脂组成

Clayton 等 (2006) 发现, 使用添加了亚麻籽的饲料后, 奶牛分泌的乳汁中乳脂的脂肪酸成分发生了改变, 并且有益的脂肪酸浓度较之前有了明显的提升。Gonthier 等 (2005) 研究表明, 用亚麻籽饲喂奶牛后可以

改变奶牛血液和牛奶中的脂肪酸组成。同时补充亚麻籽后, 牛奶中挥发性脂肪酸 (SCFA)、中链脂肪酸 (MCFA) 和 SFA 的浓度降低, 长链脂肪酸 (LCFA) 和 UFA 的浓度增加。Ambrose 等 (2006) 研究发现, 在奶牛饲料中添加亚麻籽后, 由于油籽壳的保护作用, 有足够数量的不饱和脂肪酸逃脱了瘤胃的生物氢化作用, 最终转移到乳脂中, 最终造成乳脂组成的变化。

奶牛在采食饲料后, 主要在瘤胃内发酵形成各种营养物质。周薇等 (2014) 发现, 在饲料中添加  $\alpha$ -亚麻酸后, 会导致瘤胃内原本发生的化学变化产生改变, 最明显的结果就是产生了多种油酸异构体。朱成明等 (2008) 研究表明, 奶牛采食 LNA 后可进入瘤胃, 并在瘤胃内微生物的氢化作用下, 它的空间结构会发生改变, 异构化形成 CLA。贾淑庚等 (2014) 发现, LNA 在奶牛瘤胃内的氢化就是由异构化开始, 接着是双键不断消失, 最终转变成硬脂酸。但当日粮中添加的 LNA 浓度逐渐增加时, 会产生负反馈抑制, 阻碍 11-十八烯酸经氢化形成硬脂酸, 从而使得中间产物 CLA 合成增多。因此在奶牛饲料中增加适量的 LNA 能够提高牛奶中 CLA 的含量。



### 3.3 影响机制

Dhiman 等 (2000) 研究发现,当饲料中含有亚麻酸时,可使瘤胃微生物接触到的油脂含量增加,从而增强了瘤胃对脂肪的消化。哈斯额尔敦等 (2009) 研究发现,不饱和脂肪酸进入瘤胃后,在微生物的影响下发生氢化,其中在氢化过程中双键与 2 个  $H^+$  结合,从而使双键断开。而饲料在瘤胃中发酵时还会产生大量的甲烷,在生成甲烷过程中同样需要大量  $H^+$  的供应,这与不饱和脂肪酸在瘤胃氢化产生竞争。黄艳玲等 (2009) 研究表明,奶牛日粮中含有高含量的不饱和脂肪酸能够抑制奶牛瘤胃内多不饱和脂肪酸发生氢化。哈斯额尔敦 (2009) 还发现,十八碳不饱和脂肪酸能够通过抑制  $H^+$  供给量,从而抑制瘤胃产生甲

烷,而且效果显著。

## 4 结语

对奶牛来说,亚麻酸不仅能够提高奶牛的采食量,还能增加泌乳量,改善奶牛瘤胃内的微生物菌群,降低奶牛瘤胃中 UFA 的氢化作用,从而保证奶牛的健康。适宜剂量的亚麻酸添加量可提高奶牛的生产性能以及经济效益,并能够使牛奶中的亚麻酸含量增加,从而满足人们对功能性食品的需要。

因此如何调控亚麻酸的摄入量以达到最大的经济效益,以及开发更有价值的功能性牛奶是今后的研究方向。■

### 参考文献:

- [1] 曹爱青.日粮中追加亚麻籽对奶牛生产性能的影响[J].饲料广角,2012(13):25~27.
- [2] E.J.Scholljegerdes, S.L.Kronberg, 肖健康.亚麻籽对放牧肉牛瘤胃特性和生产性能的影响[J].饲料与畜牧,2012(7):27~30.
- [3] 哈斯额尔敦,王加启,卜登攀,等.十二指肠灌注  $\alpha$ -亚麻酸对奶牛养分消化率及生产性能的影响[J].中国农业大学学报,2010,15(2):40~46.
- [4] 王雪,秦贵信,甄玉国,等.日粮碳水化合物与脂肪对奶牛采食量和能量分配影响的研究进展[J].中国畜牧杂志,2018,54(5):11~14.
- [5] 双全,金曙光,包鹏云,等.探讨富含  $\alpha$ -亚麻酸的添加剂对奶牛脂肪代谢及免疫功能的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2004(11):16~18.
- [6] G. Flowers, S.A., Ibrahim, A.A., AbuGhazaleh. Milk fatty acid composition of grazing dairy cows when supplemented with linseed oil[J]. Journal of Dairy Science, 2008,91(2):722~730.
- [7] 胡蕊,王加启,李发弟,等.游离亚麻酸对奶牛乳腺上皮细胞脂肪酸代谢相关基因mRNA转录的影响[J].动物营养学报,2010,22(5):1342~1349.
- [8] 徐子娴,张涛,雷志良,等.不同功能性油脂对乳腺上皮细胞乳脂合成基因表达的影响[J].中国兽医学报,2017,37(5):949~954.
- [9] D.J. Ambrose, J.P. Kastelic, R. Corbett, et al. Lower pregnancy losses in lactating dairy cows fed a diet enriched in  $\alpha$ -linolenic acid[J]. Journal of Dairy Science, 2006,89(8):3066~3074.
- [10] 周薇,徐方华,陈娜,等. $\alpha$ -亚麻酸对瘤胃微生物体外发酵特性及其生物氢化中间产物的影响[J].动物营养学报,2014,26(7):2018~2025.
- [11] 朱成明,刘大森,李枫.反刍动物共轭亚油酸的合成及其对乳脂率的影响[J].中国饲料,2008(2):30~33.
- [12] 贾淑庚,黄仁录.反刍动物CLA的合成及其营养调控措施[J].饲料与畜牧,2014(11):23~27.
- [13] Clayton Gill, Peter Best, 刘绍伟.共轭亚油酸在奶牛业中的应用——能承载多元市场目标吗?[J].湖南饲料,2006(5):30~31.
- [14] 王旭东,邵丽霞,李东平,等.亚麻酸在奶牛生产上的应用研究进展[J].饲料研究,2017(22):6~9.
- [15] T.R. Dhiman, L.D. Satter, M.W. Pariza, et al. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid[J]. Journal of Dairy Science, 2000,83(5).
- [16] 黄艳玲,侯俊财.不同粗料对牛乳脂肪酸组成的影响[J].中国乳品工业,2009,37(7):27~29.
- [17] 哈斯额尔敦,王加启,卜登攀,等.2007~2008年国际反刍动物营养研究进展 V.脂肪(酸)营养[J].中国畜牧兽医,2009,36(3):5~13.
- [18] Q. Khas-Erdene, J.Q. Wang, D.P. Bu, et al. Short communication: Responses to increasing amounts of free  $\alpha$ -linolenic acid infused into the duodenum of lactating dairy cows[J]. Journal of Dairy Science, 2010,93(4):1677~1684.
- [19] C. Gonthier, A.F. Mustafa, D.R. Ouellet, et al. Effects on blood parameters and milk fatty acid composition[J]. Journal of Dairy Science, 2005,88(2):748~756.
- [20] U. Moallem. Roles of dietary n-3 fatty acids in performance, milk fat composition, and reproductive and immune systems in dairy cattle[J]. Journal of Dairy Science, 2018,101(10):8641~8661.
- [21] L. Ma, A.J. Lengi, M.L. McGilliard, et al. Effect of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid on activation of lipogenic transcription factors in bovine mammary epithelial cells[J]. Journal of Dairy Science, 2014,97(8):5001~5006.