

# 中链脂肪酸的生物学特性及其在动物生产中的应用

王建军 王 恬\*

(南京农业大学动物科技学院, 南京 210095)

**摘 要:** 中链脂肪酸 (medium-chain fatty acids, MCFAs) 具有一些有别于长链脂肪酸 (long-chain fatty acids, LCFAs) 的代谢特点。它具有一些特殊的生物学功能, 可以降低脂肪沉积、改善胰岛素敏感性、调节能量代谢, 同时还具有抑菌效果。本文综述了 MCFAs 的代谢特点、生物学功能及其在动物生产中的应用。

**关键词:** 中链脂肪酸; 代谢特点; 生物学功能; 动物生产; 应用

**中图分类号:** S816.7

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2011)07-1073-06

随着经济的发展以及生活水平的提高, 人们的消费观念发生了很大的变化, 健康、安全和绿色的畜禽产品逐渐成为消费者的首选食品。中链脂肪酸 (MCFAs) 可以调节动物营养代谢、提高畜产品品质、降低畜产品微生物污染。因此, 在动物生产中使用 MCFAs 是发展绿色畜产品生产的有效途径之一。

## 1 MCFAs 的概念

脂肪酸 (FA) 按碳链长度分为短链脂肪酸 (SCFAs)、MCFAs 和长链脂肪酸 (LCFAs)。MCFAs 指链长为 6~12 C 的饱和脂肪酸, 包括己酸、辛酸、癸酸和月桂酸, 而 SCFAs 链长小于 6 C, LCFAs 的链长大于 12 C。MCFAs 主要来源于椰子油, 其在椰子油中的含量高达 66%<sup>[1]</sup>, 而椰子油约占世界油脂产量的 1/10。一些动物的乳中也含有丰富的 MCFAs, 如兔子和大鼠的乳中 MCFAs 含量高达 50%。MCFAs 自 19 世纪 50 年代就开始应用于人类脂肪吸收不良症和 LCFAs 氧化障碍的治疗。目前研究表明, MCFAs 可以治疗人类肥胖、胰岛素抵抗、心脑血管疾病<sup>[2-4]</sup>。MCFAs 还有抗微生物、促进维生素吸收和降低炎性细胞因子产生的作用<sup>[5-7]</sup>。

## 2 MCFAs 的消化及代谢特点

研究发现, MCFAs 由于其特殊结构而具有一些独特性质。MCFAs 比 LCFAs 更容易消化, 脂肪酸的链长影响其水解, MCFAs 比 LCFAs 水解能力强 6 倍<sup>[8]</sup>, MCFAs 不仅自身乳化能力强, 它还可以促进 LCFAs 的乳化<sup>[9]</sup>。MCFAs 水解对胆盐和胰酶的依赖性较低, 即使没有胰酶参与, MCFAs 也可达到正常吸收水平的 50% 左右<sup>[10]</sup>。MCFAs 不经过淋巴系统而直接由肝门静脉入肝, 19 世纪 50 年代用放射性标记的 MCFAs 饲喂大鼠, 发现大鼠的淋巴管内没有 MCFAs 存在, 从而发现 MCFAs 不经过淋巴系统而直接吸收进入前腔静脉。MCFAs 可不依赖肉碱载体而直接进入线粒体氧化供能, 但是有研究发现脐动脉灌注肉碱可以提高仔猪 MCFAs 的氧化效率<sup>[11]</sup>。MCFAs 几乎不参与脂肪酸的从头合成, 在体内很少沉积。动物体脂的脂肪酸组成可以很好地反映饲料脂肪酸组成, 由于 MCFAs 很少重新酯化为中链甘油三酯 (MCT), 所以 MCFAs 不影响体脂的脂肪酸组成。也有报道称给小鼠饲喂含有 MCFAs 的饲料, 在构成小鼠脂肪组织的甘油三酯 (TG) 中发现含 10% 的 MCFAs。

### 3 MCFAs的生物学功能

#### 3.1 MCFAs对脂肪代谢的影响

多数报道称采食 MCFAs 可以消耗更多的能量,降低脂肪沉积<sup>[12-13]</sup>。Noguchi 等<sup>[12]</sup>分别以含有 MCT 和长链甘油三酯(LCT)的饲料喂养超重大鼠,研究食物热效应和脂肪积累情况,发现 MCT 组的食物热效应明显增大,体脂和腹部脂肪含量也明显比 LCT 组低。Han 等<sup>[13]</sup>发现,喂饲 MCT 的大鼠比 LCT 对照组大鼠脂肪沉积减少。也有研究发现,用含 LCT、中长链甘油三酯(MLCT)和 MCT(添加量均为 7%)的饲料饲喂 SD 大鼠 4 周后,各组间末重、体增重、采食量和饲料报酬没有显著差异<sup>[14]</sup>。

有人担心 MCFAs 在肝脏的大量氧化会增加肝脏氧化压力,但有试验表明 MCT 反而增加了肝细胞膜的抗氧化能力,另外, MCFAs 不但不会引起肝脏氧化压力的升高,反而会改善肝脏脂肪沉积。MCFAs 可以显著降低血液 TG 含量,增加肌肉线粒体氧化能力,但是肝脏的 TG 含量却增加<sup>[15]</sup>。Han 等<sup>[13]</sup>发现喂饲 MCT 的大鼠的血浆 TG、游离胆固醇和瘦素含量比 LCT 对照组大鼠要低,更重要的是 MCT 组脂肪组织过氧化物酶体增殖物激活受体  $\gamma$  (PPAR $\gamma$ ) mRNA 表达减少,另一个主要的生脂转录因子 CCAAT/增强子结合蛋白(C/EBP)也下调,使脂肪合成的一些关键酶脂蛋白脂酶(LPL)和酰基辅酶 A 合成酶 1(ACS-1)的 mRNA 水平下调。Wein 等<sup>[2]</sup>发现 MCFAs 可降低空腹血清总胆固醇(TC)水平。可见,同为饱和脂肪酸,与 LCT 相比, MCT 在维持机体胆固醇内稳态方面优于 LCT。但也有不一致的研究结果, Sigalet 等<sup>[16]</sup>研究发现,与豆蔻酸相比, MCT 可增加人群高胆固醇血症的比率;孙静<sup>[17]</sup>发现,与 LCT 比较, MCT 可增加大鼠空腹血浆 TC、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)和极低密度脂蛋白胆固醇(VLDL-C)浓度。以上研究结果的不一致表明 MCT 对血清胆固醇的影响可能与试验对象、动物摄入 MCT 时间的长短、MCT 的摄入方式、MCT 所占的能量比以及 MCT 的构型等有关。目前大多数研究表明 MCFAs 可以降低脂肪和胆固醇沉积,改善机体脂肪代谢。

#### 3.2 MCFAs对胰岛素敏感性的影响

高饱和脂肪酸饮食损害胰岛素敏感性和脂类

代谢。然而,脂肪酸链长对胰岛素敏感性的影响还没搞清楚,但是有证据表明,LCFAs 和 MCFAs 有不同效果。Han 等<sup>[13]</sup>的研究显示,用含 MCT 的饲料喂养大鼠,其胰岛素敏感性和葡萄糖耐受性升高,这在动物研究中直接证实了 MCFAs 能改善胰岛素抵抗的推测。Wein 等<sup>[2]</sup>给 Wistar 大鼠饲喂含 MCFAs 或 LCFAs 的高脂饲料 4 周后发现, MCFAs 降低空腹血清胰岛素和葡萄糖水平,导致空腹 TC 水平降低。也就是说,等能的不同链长的脂肪酸影响胰岛素敏感性、脂类代谢和线粒体脂肪酸氧化。而饲料 LCFAs 明显损害胰岛素敏感性和脂类代谢, MCFAs 不受饲料能量水平影响,可以防止脂毒性和胰岛素抵抗。另有报道指出, MCFAs 不仅可以提高动物循环系统胰岛素敏感性和葡萄糖耐受性,而且在肌肉、肝脏和脂肪组织也发挥相同作用<sup>[18]</sup>。

#### 3.3 MCFAs对能量代谢的影响

动物为能而食,采食量变化是能量代谢调节的重要手段。目前关于 MCFAs 降低动物采食量的报道很多,但是结果各异,机理不详。灌服 MCFAs 可以降低大鼠 2 h 内的采食量,而也有报道称 MCFAs 对灌服后 6 h 的采食量没有影响,这可能与采食量计算的时间有关。有研究报道称,食入 MCFAs 增加了空腹大鼠的肝脏 ATP 含量,导致采食量降低。而血浆瘦素、肽 YY 和葡萄糖在 MCT 和 LCT 组间没有差异。也有报道称, MCT 可显著提高胰岛素和血糖浓度,从而提高饱感。还有报道称, MCFAs 的快速氧化可能也是其抑制采食的原因所在<sup>[19]</sup>。Mebayo 等<sup>[20]</sup>报道 MCFAs 可刺激胆囊收缩素释放,从而抑制采食。耿珊珊等<sup>[21]</sup>发现 MCT 可以提高大鼠血清瘦素水平,而下丘脑 Ob-Rb mRNA 表达水平显著升高,下丘脑及血清神经肽 Y(NPY)浓度明显降低,推论为 MCT 通过促进下丘脑 Ob-Rb 基因表达,抑制 NPY 合成和分泌,进而调控采食。24 h 能量代谢检测证明, MCT (15~30 g/d)能增加能量消耗,增加量达 5%;同时,尿中肾上腺素及多巴胺水平升高,推测这种作用可能与 MCT 刺激交感神经兴奋有关<sup>[22]</sup>,而肝脏交感神经是调节外周能量平衡的重要途径<sup>[23]</sup>。体外试验表明,在含标准激素的培养基中 MCFAs 可以抑制前脂肪细胞 3T3-L1 生脂基因表达,但是在没有激素的培养基中 MCFAs 促进生脂基因表达,而 PPAR $\gamma$  拮抗物 GW9662 则抑制 MCFAs 这

种诱导生脂基因表达的效果<sup>[24]</sup>。由于 MCFAs 几乎都在肝脏氧化供能,那么肝脏能量过量的信号如何传递给神经中枢,从而反馈调控采食?神经递质和激素在肝脏和肝外组织间的能量信号传导中起到什么作用?这都值得进一步研究,也将为理解 MCFAs 对能量调节提供新的研究思路。

### 3.4 MCFAs 对动物体内微生物的影响

MCFAs 可以降低动物消化道和内脏微生物数量以及动物产品受微生物污染的机会<sup>[25-26]</sup>。MCFAs 可能诱导一种自溶酶(aotolysin)分泌,从而引起细菌的死亡和溶解<sup>[27]</sup>。目前有证据表明,MCFAs 或其单酰甘油可以抑制病原菌活性<sup>[28-30]</sup>;还有研究发现,MCFAs 降低入侵细菌基因的表达,降低活体细菌数量<sup>[31]</sup>;焦广宇等<sup>[32]</sup>在体外试验中发现,MCFAs 和 LCFAs 的协同作用,通过阻滞细胞进入 S 期,从而抑制卵巢癌多球体(MCS)细胞的增殖和生长。MCFAs 进入细菌胞内的作用不清楚,有人称 MCFAs 不可被大肠杆菌代谢<sup>[33]</sup>,然而,Cherrington 等<sup>[34]</sup>称革兰氏阴性菌可以代谢 MCFAs。根据资料可知,MCFAs 可以通过膜蛋白孔道进入细胞膜,进入膜后可诱导产生  $\beta$ -氧化所需酶,然后氧化分解。SCFAs 可以提高食物传播的嗜酸病原菌存活(如沙门氏菌、大肠杆菌和李斯特菌属等),胃肠内容物的低 pH 诱导细菌耐酸反应,使细菌致病性增强<sup>[35]</sup>。Petschow 等<sup>[36]</sup>发现,MCFAs 不诱导细菌发生明显的耐酸反应,不会增加嗜酸病原菌的存活和致病性。然而,MCFAs 抑制病原菌生长和附植的确切机制有待进一步研究。

## 4 MCFAs 在动物生产中的应用

### 4.1 MCFAs 在仔猪生产中的应用

动物的初乳中含有大量 MCFAs,这可能与 MCFAs 为初生动物快速提供能量有关。仔猪的消化机能发育尚不健全,而饲料中油脂以 LCFAs 为主,这将影响仔猪对能量的摄取和其消化系统健康。Lee 等<sup>[37]</sup>报道,新生仔猪于出生后 14 和 26 h 灌喂 6 mL/kg BW<sup>0.75</sup>的 MCT,观察 1、2、3、7、14 和 28 日龄仔猪的生长和存活情况,结果表明 MCT 是新生仔猪的一种高效能源,但是 MCT 对新生仔猪的生长和存活率没有显著改善。Hanczakowskam 等<sup>[38]</sup>报道,对照组饲喂基础饲料,试验组分别在基础饲料中添加 1.5% 延胡索酸和 0.5% 的 MCFAs

制剂,试验期从出生后 7 日龄到 81 日龄。与对照组和延胡索酸添加组相比较,MCFAs 制剂可以提高仔猪增重和饲料报酬。MCFAs 和延胡索酸都可以降低仔猪肠道微生物数量,但是 MCFAs 对肠道绒毛高度没有影响。这表明 MCFAs 可能主要是通过抑制肠道有害微生物活性以及提供仔猪高效能量而提高仔猪生产性能的。MCFAs 代替大豆油(LCFAs 源)可以提高断奶仔猪生产性能,降低小肠前段大肠杆菌和链球菌数量,显著提高仔猪小肠后段绒毛高度,从而使小肠前段和后段隐窝深度都有下降,绒毛/隐窝比值都有升高<sup>[25]</sup>。总的来讲,MCFAs 作为仔猪的一种高效能源物质被广泛接受,但是受试验条件不同的影响,试验结果有所差异。一般的人工配制 MCFAs 制品的配方是:65% 8 C 脂肪酸,25% 10 C 脂肪酸和 10% 其他脂肪酸。1 次用量为 6 g/kg 体重,MCFAs 使用的剂量必须合适,剂量过大会抑制吸收,表现上看是产生的粪便增多。给哺乳仔猪喂 MCFAs,除考虑剂量对消化的影响外,还要考虑它是否对初乳摄入量有影响。有报道称,1 次喂给哺乳仔猪 12 mL MCFAs 不会降低乳的摄入量<sup>[39]</sup>。

### 4.2 MCFAs 在家禽生产中的应用

为了提高肉鸡的生产性能,通常在饲料中添加油脂以提高饲料能量水平。但是,高能饲料导致体脂过度沉积,而且过多的脂肪沉积会降低饲料转化率,进而影响胴体品质,不适应现代人们的消费需求。MCFAs 可以快速供能,而且不易在机体沉积,这为生产优质动物产品提供了很好的选择。马允莉<sup>[40]</sup>报道,饲料中添加 0.4% ~ 10.0% MCFAs 可以提高 35 ~ 47 周龄蛋鸡的产蛋量和蛋重,降低破壳率;1 ~ 57 日龄肉鸡饲料中添加 0.4% ~ 10.0% MCFAs,可以降低腹脂的重量。MCFAs 还可以降低动物产品受微生物的污染机会,添加 3 g/kg 己酸可以显著降低沙门氏菌感染及 3 d 后的 5 日龄鸡的盲肠和内脏器官沙门氏菌数量。MCFAs 可抑制入侵细菌的基因表达,降低活体菌数。因此,MCFAs 有潜在降低沙门氏菌附植的能力,最终可以降低蛋和其他家禽产品的污染<sup>[26]</sup>。

## 5 MCFAs 在动物生产应用中的问题

MCFAs 的来源主要是椰子油,椰子油 2/3 的产量主要被西欧用于制造乳化剂。提高 MCFAs 产量,是大量用于动物生产的前提条件。美国和

欧洲发现名为 *Cuphed* 的植物富含 MCFAs,且每种脂肪酸百分含量变化范围很窄,例如:辛酸 16.4%~20.4%、癸酸 66.6%~71.3%,月桂酸最高含量为 3.4%,油含量为 27.3%~33.4%。我国尚未见到相关报道。

MCFAs 沸点很低,容易挥发。将 MCFAs 和 LCFAs 按一定比例,通过酯交换反应同时结合于甘油骨架上形成 MLCT,可以提高 MCFAs 稳定性<sup>[41]</sup>。此方法目前主要应用在人类食用油生产方面,尚未在动物生产中推广使用。

MCFAs 在动物生产中的应用较少,基础研究不足。MCFAs 在降低动物体脂沉积、微生物污染以及提高动物应激能力的相关研究有待进一步深入。

## 6 小 结

综上所述,MCFAs 由于其分子结构的独特性,因而具有极其独特的营养学价值和生物学活性。MCFAs 可以提高动物的生长水平,调节脂肪代谢,抑制病原菌活性,降低畜产品污染。目前 MCFAs 在动物生产中的应用仍不广泛,需要进一步加强理论研究和产品推广。

## 参考文献:

- [ 1 ] ENIG M G, PALLANSCH L A, SAMPUGNA J, et al. Fatty acid composition of the fat in selected food items with emphasis on trans components I [ J ]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1983, 60 ( 10 ): 1788 - 1795.
- [ 2 ] WEIN S, WOLFFRAM S, SCHREZENMEIR J, et al. Medium-chain fatty acids ameliorate insulin resistance caused by high-fat diets in rats [ J ]. *Diabetes-Metabolism Research and Reviews*, 2009, 25 ( 2 ): 185 - 194.
- [ 3 ] LABARTHE F, GELINAS R, ROSIERS C D, et al. Medium-chain fatty acids as metabolic therapy in cardiac disease [ J ]. *Cardiovascular Drugs and Therapy*, 2008, 22 ( 2 ): 97 - 106.
- [ 4 ] PIERRE M, ONGE S, JONES P J H, et al. Physiological effects of medium-chain triglycerides: potential agents in the prevention of obesity [ J ]. *The American Society for Nutritional Sciences; Journal of Nutrition*, 2002, 132: 329 - 332.
- [ 5 ] DECUYPERE J A, DIERICK N A. The combined use of triacylglycerols containing medium-chain fatty acids and exogenous lipolytic enzymes as an alternative to in-feed antibiotics in piglets: concept, possibilities and limitations. An overview [ J ]. *Nutrition Research Reviews*, 2003, 16: 193 - 209.
- [ 6 ] GALLO-TORRES H E, LUDORF J, BRIN M, et al. The effect of medium-chain triglycerides on the bioavailability of vitamin E [ J ]. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 1978, 48: 240 - 241.
- [ 7 ] KONO H, ENOMOTO N, CONNOR H D, et al. Medium-chain triglycerides inhibit free radical formation and TNF-alpha production in rats given enteral ethanol [ J ]. *American Journal of Physiology: Gastrointestinal and Liver Physiology*, 2000, 278: G467 - G476.
- [ 8 ] 何健. 中链甘油三酯在动物体内的代谢及应用研究 [ J ]. *中国油脂*, 2004, 29 ( 1 ): 14 - 17.
- [ 9 ] 吴国豪, JARSTRAND C, NORDENSTROM J, 等. 长链脂肪乳剂及中/长链脂肪乳剂水解速率的比较研究 [ J ]. *肠内与肠外营养*, 2002, 9 ( 1 ): 42 - 44.
- [ 10 ] TURNER N, HARIHARAN K, TIDANG J, et al. Enhancement of muscle mitochondrial oxidative capacity and alterations in insulin action are lipid species dependent potent tissue-specific effects of medium-chain fatty acids [ J ]. *Diabetes*, 2009, 58: 2547 - 2554.
- [ 11 ] THEO A T G, VAN K, JACK O, et al. Medium-chain fatty acid oxidation in colostrum-deprived newborn piglets: stimulative effect of *L*-carnitine supplementation [ J ]. *The Journal of Nutrition*, 1993, 123: 1531 - 1537.
- [ 12 ] NOGUCHI O, TAKEUCHI H, KUBOTA F, et al. Larger diet induced thermogenesis and less body fat accumulation in rats fed medium-chain triacylglycerols than in those fed long-chain triacylglycerols [ J ]. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 2002, 8 ( 6 ): 524 - 529.
- [ 13 ] HAN J R, HAMILTON J A, KIRKLAND J L, et al. Medium-chain oil reduces fat mass and down-regulates expression of adipogenic genes in rats [ J ]. *Obesity Research*, 2003, 11 ( 6 ): 734 - 744.
- [ 14 ] LIN M T, YEH S L, KUO M L, et al. Effects of medium-chain triglyceride in parenteral nutrition on rats undergoing gastrectomy [ J ]. *Clinical Nutrition*, 2002, 21 ( 1 ): 39 - 43.
- [ 15 ] SHINOHARA H, OGAWA A, KASAI M, et al. Effect of randomly interesterified triacylglycerols con-

- taining medium-and long-chain fatty acids on energy expenditure and hepatic fatty acid metabolism in rats [J]. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 2005, 69(10):1811-1818.
- [16] SIGALET D L, WINKELAAR G B, SMITH L J, et al. Determination of the route of medium-chain and long-chain fatty acid absorption by direct measurement in the rat[J]. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 1997, 21:275-281.
- [17] 孙静. 链甘油三酯对脂代谢的影响及其机制研究进展[J]. *国外医学卫生学分册*, 2006, 33(3):146-150.
- [18] 邓斌. 中链脂肪酸与胰岛素抵抗[J]. *国外医学卫生学分册*, 2006, 33(6):362-366.
- [19] OYAMA K, KOJIMA K, AOYAMA T, et al. Decrease of food intake in rats after ingestion of medium-chain triacylglycerol [J]. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 2009, 55:423-427.
- [20] MABAYO R T, FURUSE M, YANG S I, et al. Medium-chain triacylglycerols enhance release of cholecystokinin in chicks [J]. *Journal of Nutrition*, 1992, 122(8):1702-1705.
- [21] 耿珊珊, 蔡东联, 曲丹, 等. 中链甘油三酯饮食对神经肽 Y 及瘦素的作用研究[J]. *卫生研究*, 2009, 38(5):538-541
- [22] FRIEDMAN M I, HARRIS R B. Fatty acid oxidation affects food intake by altering hepatic energy status [J]. *American Journal of Physiology-Regulatory: Integrative and Comparative Physiology*, 2002, 282: R710-R714.
- [23] UNO K, KATAGIRI H, YAMADA T, et al. Neuronal pathway from the liver modulates energy expenditure and systemic insulin sensitivity [J]. *Science*, 2006, 312:1656-1659.
- [24] YANGA J Y, DELLA-FERAA M A, RAYALAMA S, et al. Regulation of adipogenesis by medium-chain fatty acids in the absence of hormonal cocktail [J]. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2009, 20:537-543.
- [25] DIERICK N A, DECUYPERE J A, DEGEYTER I, et al. The combined use of whole Cuphea seeds containing medium chain fatty acids and an exogenous lipase in piglet nutrition [J]. *Archives of Animal Nutrition*, 2004, 57(1):49-63.
- [26] IMMERSEE F V, BUCK J D, BOYEN F, et al. Medium-chain fatty acids decrease colonization and invasion through *hlaA* suppression shortly after infection of chickens with *salmonella enterica* serovar enteritidis [J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2004, 70:3582-3587
- [27] TSUCHIDO T, HIRAOKA T, TAKANO M, et al. Involvement of autolysin in cellular lysis of *Bacillus subtilis* induced by short- and medium-chain fatty acids [J]. *Journal of Bacteriology*, 1985, 162:42-46.
- [28] KABARA J, SWIECZKOWSKI D, CONLEY A, et al. Fatty acids and derivatives as antimicrobial agents [J]. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 1972, 2:23-28.
- [29] KINDERLERER J, MATTHIAS H, FINNER P, et al. Effect of medium-chain fatty acids in mould ripened cheese on the growth of *Listeria monocytogenes* [J]. *Journal of Dairy Research*, 1996, 63:593-606.
- [30] SPRONG R C, HULSTEIN M F E, MEER V D R, et al. Bovine milk fat components inhibit food-borne pathogens [J]. *International Dairy Journal*, 2002, 12:209-215.
- [31] FAY J, FARIAS R. The inhibitory action of fatty acids on the growth of *Escherichia coli* [J]. *Journal of General Microbiology*, 1975, 91:233-240.
- [32] 焦广宇, 周春凌, 孙长颢, 等. 中链脂肪酸复合物和亚油酸对卵巢癌多细胞球体化疗效果的影响 [J]. *中国临床营养杂志*, 2008, 16(2):85-88.
- [33] JEPPESEN P B, Mortensen P B. The influence of a preserved colon on the absorption of medium chain fat in patients with small bowel resection [J]. *Gut*, 1998, 43:478-483.
- [34] CHERRINGTON C, HINTON M, MEAD G, et al. Organic acids; chemistry, antibacterial activity and practical applications [J]. *Advances in Microbial Physiology*, 1991, 32:87-108.
- [35] RICKE S. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials [J]. *Poultry Science*, 2003, 82:632-639.
- [36] PETSCHOW B, BATEMA R, TALBOTT R, et al. Impact of medium-chain monoglycerides on intestinal colonisation by *Vibrio cholerae* or enterotoxigenic *Escherichia coli* [J]. *Journal of Medical Microbiology*, 1998, 47:383-389.
- [37] LEE H F, CHIANG S H. Energy value of medium-chain triglycerides and their efficacy in improving survival of neonatal pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 1994, 72:133-138.

- [38] HANCZAKOWSKAM E, SWITKIEWICZ M, HANCZAKOWSKI P, et al. Medium-chain fatty acids as feed supplements for weaned piglets[J]. *Medycyna Weterynaryjna*, 2010, 66(5):331–334
- [39] 周爱军,王静. 中链脂肪酸在仔猪生产中的应用[J]. *山东畜牧兽医*,2006,2:9–10.
- [40] 马允莉. 中链脂肪酸对鸡的影响[J]. *饲料研究*, 1997,3:29–30.
- [41] AOYAMA T, NOSAKA N, KASAI M. Research on the nutritional characteristics of medium-chain fatty acids [J]. *The Journal of Medical Investigation*, 2007, 54:385–388.

## Medium-chain Fatty Acids and Their Application in Animal Production

WANG Jianjun WANG Tian\*

(College of Animal Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** Medium-chain fatty acids (MCFAs) possess some properties which are different to long-chain fatty acids. MCFAs have some specific bio-functions, such as reducing body fat accumulation, benefiting to insulin sensitivity, regulating energy metabolism, and anti-microbial effects. This paper mainly focuses on the metabolism characteristic and bio-function of MCFAs and their application in animal production. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(7):1073-1078]

**Key words:** medium-chain fatty acids; metabolic characteristics; bio-function; animal production; application