

陈晨,邓波,吴杰,等. 中链脂肪酸对断奶仔猪生长性能、血清生化指标、肠道形态结构以及消化道 pH 值的影响[J]. 江苏农业科学, 2015,43(12):234-238.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.074

中链脂肪酸对断奶仔猪生长性能、血清生化指标、肠道形态结构以及消化道 pH 值的影响

陈晨¹, 邓波², 吴杰², 徐子伟²

(1. 南京农业大学动物科技学院, 江苏南京 210095; 2. 浙江省农业科学院畜牧兽医研究所, 浙江杭州 310021)

摘要:通过在断奶仔猪日粮中添加中链脂肪酸混合物(MCFAs),同时以一个成熟的中链甘油三酯(MCT)产品作为对照,研究 MCFAs 对断奶仔猪生长性能、血液指标、肠道形态结构以及消化道 pH 值的影响。共选取 200 头断奶仔猪,随机分为 5 个处理组:空白对照组(不添加)、低剂量添加组(0.2% MCFAs)、中剂量添加组(0.4% MCFAs)、高剂量添加组(0.8% MCFAs)和产品对照组(2.5% MCT),每组 4 个重复,每个重复 10 头猪,试验为期 42 d。结果表明:MCFAs 对各个时期的平均日采食量(ADFI)、平均日增质量(ADG)和料肉比(F/G)影响均不显著($P > 0.05$);MCFAs 显著提高了断奶仔猪血清中总蛋白(TP)的含量($P < 0.05$),显著降低了总胆固醇(TCH)含量($P < 0.05$),高剂量添加组(0.8% MCFAs)的总甘油三酯(TG)含量显著降低($P < 0.05$),中剂量添加组(0.4% MCFAs)的谷丙转氨酶(ALT)含量显著增加($P < 0.05$);MCFAs 显著降低断奶仔猪胃和十二指肠 pH 值($P < 0.05$)。由此可见,MCFAs 对于断奶仔猪的生长性能影响不大,但会减少采食量,可以增加断奶仔猪的绒毛高度,降低消化道的 pH 值,并对血液生化指标产生一定的影响,从而从某些方面提高断奶仔猪的生长性能。

关键词:中链脂肪酸;断奶仔猪;生长性能;血清生化指标;肠道形态结构;消化道 pH 值

中图分类号:S828.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)12-0234-05

在养猪生产中,仔猪生存通常会经历 2 个危险期,即出生后 1 周和断奶期,这 2 个时期的死亡率较高。断奶期的仔猪由于消化系统和免疫系统都尚未发育成熟^[1],所以断奶之后容易造成仔猪胃肠道紊乱^[2]。同时,断奶应激带来的采食量

减少、营养不良以及生长迟缓都是仔猪所面临的新挑战^[3]。考虑到饲料安全和耐药菌的大量繁衍,从 2006 年 1 月开始,欧盟全面禁止在饲料行业中使用抗生素^[4],同时韩国也于 2011 年发表类似禁令^[5]。因此,人们开始把目光转向其他的饲料添加剂,如酶制剂、益生菌、益生元、锌、铜等微量元素以及酸化剂等,它们在维持肠道稳态方面都有一定的作用^[2,6-8]。另外,短链脂肪酸(SCFA)作为抗菌酸化剂在许多年前就已经被应用于饲料工业^[9]。

脂肪酸的分类是根据碳链的长短来划分的,其中中链脂肪酸(medium chain fatty acid, MCFA)是指含有 6~12 个碳原

收稿日期:2015-05-22

基金项目:浙江省重点科技创新团队项目(编号:2011R50025-1)。

作者简介:陈晨(1990—),男,安徽巢湖人,硕士研究生,从事动物生长发育的营养调控研究。E-mail:chenchen5371@gmail.com。

通信作者:徐子伟,研究员,博士生导师。E-mail:xzwfyz@sina.com。

体系水能力均弱于传统依水圈养组。生物发酵床虽然解决了蛋鸭规模饲养带来的环境污染问题,但有关肉品质的影响还需在后续的饲养过程中进行进一步的研究与改善。

参考文献:

- [1] 朱文奇,李慧芳,章玲玲,等. 高邮鸭生长发育与曲线拟合研究[J]. 中国畜牧兽医,2012,39(4):238-240.
- [2] 臧大存,周光宏,杨伟平. 高邮鸭肉用性能及肉质特性研究[J]. 江苏农业科学,2007(1):125-128.
- [3] 王生雨,程好良,张全臣,等. 肉种鸭早养技术探讨[J]. 水禽世界,2009(2):7-11.
- [4] 张霞,杨杰,李健,等. 猪发酵床不同原料垫料重金属元素累积特性研究[J]. 农业环境科学学报,2013,32(1):166-171.
- [5] Meullenet J F, Jonvill E, Grezes D. Prediction of the texture of cooked poultry pectoralis major muscles by near-infrared reflectance analysis of raw meat[J]. J texture stud,2004,35(6):573-585.

- [6] 董 晗,张牧焰,褚永志,等. 不同加热温度对兔肉肉质的影响[J]. 江西农业学报,2012,24(5):167-169.

- [7] Barbut S. Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat[J]. Can J Anim Sci,1996,76:455-457.

- [8] Bianchi M, Fletcher D L. Effects of broiler breast meat thickness and background on color measurements[J]. Poultry Sci,2002,81(11):1766-1769.

- [9] 郭 锋,刘凤民. 宰后畜禽肌肉组织生化变化及其对肉质的影响[J]. 中国家禽,2003(2):50-51.

- [10] Fletcher D L. Relationship of breast meat color variation to muscle pH and texture[J]. Poultry Sci,1995,74(1):120-126.

- [11] 门小明,邓 波,徐子伟,等. 猪宰后肌肉非乳酸供能特点及其与肉质性状相关性[J]. 中国农业科学,2011,44(7):1457-1465.

- [12] Allen C D, Fletcher D L, Northcutt J K, et al. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life[J]. Poultry Science,1998,77(2):361-366.

子的饱和脂肪酸,包括己酸(6C)、辛酸(8C)、癸酸(10C)和月桂酸(12C),而碳原子小于6的脂肪酸称为SCFA,大于12则是长链脂肪酸(LCFA)。由于MCFA对肠道致病菌有强烈的抑制作用,所以替代抗生素添加到饲料中^[10-11],此外MCFA对于幼龄动物的肠道发育也有积极的影响^[12]。德国学者Hanczakowska等发现在饲料中添加MCFA(8C和10C)能够显著提高仔猪回肠的绒毛高度^[13]。在仔猪断奶后期,饲料中添加MCFA可以阻止一些对仔猪生长不利的因素^[14]。与LCFA相比,MCFA更容易消化,其水解能力是LCFA的6倍^[15],对胆盐和胰脂肪酶的依赖性较低。在小肠上皮细胞内,MCFA可以直接被吸收,然后经由肝静脉入肝,不依赖肉碱载体直接进入线粒体快速氧化供能^[16]。因此,MCFA作为抗生素的替代品是可行的,但是国内有关这方面的研究还比较少,主要以中链甘油三酯(medium chain triglyceride, MCT)或者单酯的形式添加。本试验通过添加一个特定组合的MCFA混合物(MCFAs),同时以一个成熟的MCT产品作为对照,研究MCFA对断奶仔猪生产性能、血液指标、肠道形态结构以及消化道pH值的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

MCFA购自玛雅试剂有限公司(纯度>99%),混合后的比例为6C:8C:10C:12C=1:2:4:1。MCT产品由Aveve公司提供,含有50%甘油三酯(辛酸甘油酯和癸酸甘油酯)和50%载体。

1.2 试验动物与试验设计

选取200头健康状况良好、体质量为(8.11±0.83) kg的23日龄断奶仔猪,然后随机分为5个处理组,每组有4个重复,每个重复有10头猪,试验为期42 d。5个处理分别为空白对照组(不添加)、试验组1(0.2% MCFAs)、试验组2(0.4% MCFAs)、试验组3(0.8% MCFAs)、产品对照组(2.5% MCT)。基础日粮采用玉米-豆粕型,按照NRC(1998)标准推荐的营养水平配制,其组成和营养水平见表1。

1.3 饲养管理

饲养试验开始前清理干净猪舍。试验期间每天喂料3次、自由采食和饮水,自然光照。对试验动物采用常规免疫消毒程序,每天认真观察,做好试验记录,发现问题及时处理,死猪和淘汰猪必须称质量。

1.4 样品采集与处理

试验以重复为单位记录采食量,并分别于试验0、21、42 d以重复为单位称质量;在试验21 d,每个重复选3头接近平均体质量的仔猪,前腔静脉采血。将血样小心放置,不要振荡,待血清析出后装入离心管中,3 000 r/min,离心10 min,取上清液分装在EP管中,-20℃冰箱保存待测;在试验28 d,空白对照组和试验组每个重复选取2头仔猪屠宰,屠宰后分别取空肠、回肠、十二指肠中段约3 cm放入4%中性福尔马林溶液中保存。

1.5 测定指标与方法

生长性能:平均日增质量(ADG)=(末质量-初质量)/试验时间;平均日采食量(ADFI)=(投料量-剩料量)/试验天数;料肉比(F/G)=ADG/ADFI。

表1 基础日粮组成及营养成分(以风干物质为基础)

原料	比例(%)	营养指标 ^②	养分含量
玉米	49.00	粗蛋白	20.30%
全脂膨化大豆	18.00	消化能	13.97 MJ/kg
豆粕	13.40	赖氨酸	1.29%
乳清粉	10.00	蛋氨酸+半胱氨酸	0.77%
进口鱼粉	6.00	苏氨酸	0.93%
磷酸氢钙	1.00	钙	0.90%
石粉	0.60	总磷	0.70%
食盐	0.30	可消化赖氨酸	1.14%
氯化胆碱	0.10	可消化蛋氨酸+半胱氨酸	0.67%
赖氨酸	0.09	可消化苏氨酸	0.78%
蛋氨酸	0.10		
苏氨酸	0.11		
预混料 ^①	1.30		

注:①预混料为1 kg饲料提供Fe 120 mg、Cu 200 mg、Zn 120 mg、Mn 50 mg、I 0.4 mg、Se 0.2 mg、维生素A 12 000 IU、维生素D₃ 2 000 IU、维生素E 40 IU、维生素K₃ 3.2 mg、维生素B₁ 3 mg、维生素B₂ 6 mg、维生素B₆ 3.5 mg、维生素B₁₂ 0.04 mg、生物素0.3 mg、叶酸3.2 mg、烟酸40 mg、泛酸25 mg。②营养指标皆为查表计算值。

血清总蛋白(TP)、球蛋白(GLO)、总胆固醇(TCH)、总甘油三酯(TG)、碱性磷酸酶(ALP)、谷草转氨酶(AST)、谷丙转氨酶(ALT)、肿瘤坏死因子α(TNF-α)采用南京建成试剂盒,按试剂盒的操作说明测定指标。

各消化道内容物pH值检测:先用pH值为4和7的标准溶液对电极进行2点校正,然后分别测量样品,每个样品重复测量3次(梅特勒-托利多DELTA 320 pH计)。

十二指肠、空肠和回肠肠道形态检测:制作常规石蜡切片,然后苏木精-伊红(HE)染色,最后上镜观察各肠段的绒毛高度和隐窝深度。

1.6 数据处理

试验数据采用Excel 2013进行初步整理,然后采用SPSS 17.0软件进行统计分析,用One-way ANOVA比较各组之间相关指标的差异,多重比较采用Duncan's法,最后结果以“平均值±标准差”来表示,以P<0.05作为差异显著性的判断标准。

2 结果与分析

2.1 MCFAs对断奶仔猪生长性能的影响

由表2可知,与空白对照组相比,在0~21 d,试验各组ADFI和ADG有降低的趋势,但差异不显著(P>0.05)。在试验22~42 d,产品对照组的ADFI较空白对照组和低剂量(0.2% MCFAs)添加组显著下降(P<0.05),其余各组间差异不大(P>0.05)。综合整个试验期(0~42 d)来看,相比于空白对照组和低剂量(0.2% MCFAs)添加组,产品对照组的ADFI显著下降(P<0.05),中剂量(0.4% MCFAs)添加组的料肉比显著低于产品对照组(P<0.05),其余各组间差异不大(P>0.05)。

2.2 MCFAs对断奶仔猪血清生化指标的影响

由表3可知,相比于空白对照组,试验组和产品对照组TP含量显著提高(P<0.05),但各组之间GLO含量差异不显

表 2 MCFAs 对断奶仔猪生长性能的影响

组别	0~21 d			22~42 d		
	平均日采食量(g)	平均日增质量(g)	料肉比	平均日采食量(g)	平均日增质量(g)	料肉比
空白对照组	414.93±57.94	289.54±45.50	1.44±0.09	967.00±150.94	498.39±36.55a	1.94±0.28
0.2% MCFAs	398.59±29.49	268.66±22.62	1.48±0.04	975.65±81.85	503.01±43.62a	1.94±0.10
0.4% MCFAs	367.35±30.31	254.58±17.27	1.44±0.11	910.39±105.75	494.78±63.6ab	1.84±0.02
0.8% MCFAs	392.29±9.42	275.65±6.90	1.42±0.07	885.84±83.78	486.62±21.46ab	1.82±0.09
产品对照组	379.68±52.02	256.81±36.88	1.48±0.12	914.95±149.30	428.94±17.89b	2.13±0.30

组别	0~42 d		
	平均日采食量(g)	平均日增质量(g)	料肉比
空白对照组	686.55±48.77	397.92±12.78a	1.73±0.15ab
0.2% MCFAs	673.36±32.05	393.46±30.79a	1.72±0.09ab
0.4% MCFAs	629.73±68.62	382.01±45.32ab	1.65±0.08a
0.8% MCFAs	633.42±37.43	378.67±21.75ab	1.67±0.03ab
产品对照组	642.26±53.42	342.42±26.95b	1.88±0.18b

注:同列数据后无字母或相同字母表示差异不显著($P>0.05$),不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

表 3 MCFAs 对断奶仔猪血清生化指标的影响

组别	总蛋白 含量(g/L)	球蛋白 含量(g/L)	甘油三酯 含量(mmol/L)	总胆固醇 含量(mmol/L)	碱性磷酸酶 活性(U/L)	谷草转氨酶 活性(U/L)	谷丙转氨酶 活性(U/L)	肿瘤坏死因子 α 含量(ng/L)
空白对照组	44.42±1.98a	12.14±3.84	0.27±0.05a	1.32±0.27a	26.50±0.96a	7.49±1.63	14.20±0.74a	112.35±5.74
0.2% MCFAs	51.84±2.57b	14.76±2.20	0.24±0.04a	0.43±0.13b	30.74±3.27a	9.33±1.08	15.45±1.25a	108.73±6.22
0.4% MCFAs	51.31±3.06b	14.42±2.57	0.21±0.03ab	0.55±0.26b	18.77±3.21c	6.56±1.91	17.79±0.72b	113.74±6.61
0.8% MCFAs	49.60±2.44b	13.17±4.25	0.16±0.02b	0.47±0.05b	24.55±3.00b	6.90±1.49	14.00±1.13a	105.69±3.08
产品对照组	52.37±2.39b	13.39±5.56	0.27±0.03a	0.74±0.16b	29.64±2.11a	7.81±1.67	19.83±0.29c	109.66±4.70

著($P>0.05$);高剂量(0.8% MCFAs)添加组的 TG 含量显著低于空白对照组、低剂量(0.2% MCFAs)添加组和产品对照组($P<0.05$),其余各组之间差异不显著($P>0.05$),同时空白对照组的 TCH 含量显著高于其他组($P<0.05$);中剂量(0.4% MCFAs)添加组和高剂量(0.8% MCFAs)添加组的 ALP 活性显著低于其余各组($P<0.05$),各组之间 AST 活性差异不显著($P>0.05$),中剂量添加组(0.4%)和产品对照组 ALT 活性显著高于其余各组($P<0.05$);TNF- α 含量各组之

间差异不显著($P>0.05$)。

2.3 MCFAs 对断奶仔猪消化道 pH 值的影响

由表 4 可知,低剂量(0.2% MCFAs)添加组和高剂量(0.8% MCFAs)添加组的胃 pH 值相对于空白对照组和中剂量(0.4% MCFAs)添加组显著降低($P<0.05$),其余各组间差异不显著($P>0.05$);中剂量(0.4% MCFAs)添加组十二指肠 pH 值显著低于空白对照组和低剂量添加组(0.2% MCFAs)($P<0.05$)。

表 4 MCFAs 对断奶仔猪消化道 pH 值的影响

组别	pH 值				
	胃	十二指肠	空肠	回肠	盲肠
空白对照组	2.37±0.29a	5.86±0.55a	5.64±0.48	5.94±0.24	5.53±0.52
0.2% MCFAs	2.09±0.23b	5.84±0.39a	5.52±0.46	5.71±0.40	5.52±0.50
0.4% MCFAs	2.23±0.20ab	5.36±0.43b	5.61±0.35	5.73±0.37	5.76±0.30
0.8% MCFAs	2.13±0.28b	5.64±0.33ab	5.60±0.25	5.66±0.54	5.63±0.17

2.4 MCFAs 对断奶仔猪肠道形态的影响

由表 5 可知,与空白对照组相比,试验组十二指肠(0.2%、0.8% MCFAs)和回肠(0.2%、0.4% MCFAs)绒毛高度显著提高($P<0.05$);空肠高剂量(0.8% MCFAs)添加组隐窝深度显著高于其他组($P<0.05$);其余各组之间差异不显著($P>0.05$)。综合来看,试验各组绒毛高度高于空白对

照组,隐窝深度低于空白对照组。

3 讨论

3.1 MCFAs 对断奶仔猪生长性能的影响

影响采食量的因素较多,所以导致 MCFA 对于断奶仔猪采食量的研究总会出现不同的情况。有研究表明,与对照组

表 5 MCFAs 对断奶仔猪肠道形态的影响

组别	十二指肠		空肠		回肠	
	绒毛高度	隐窝深度	绒毛高度	隐窝深度	绒毛高度	隐窝深度
空白对照组	471.38±39.05a	682.59±55.66	418.84±79.36	365.75±4.16a	296.09±30.61a	441.51±56.23
0.2% MCFAs	554.06±28.61b	656.29±93.91	467.34±25.97	341.91±43.76a	352.20±12.99b	373.33±98.80
0.4% MCFAs	479.41±29.21a	676.95±60.29	469.27±29.58	355.14±32.20a	339.47±30.22b	344.09±14.03
0.8% MCFAs	547.39±8.01b	633.67±87.41	481.04±74.42	458.62±22.14b	334.86±11.05ab	343.71±30.25

相比,饲料中添加不同剂型的 MCT 对试验各个阶段断奶仔猪采食量影响均不显著^[17]。与此相反,Dove 的试验结果显示,相对于基础饲料组、玉米油及动物油脂添加组,添加 5% MCT 会提高断奶仔猪的采食量^[18]。本试验结果显示,添加 MCFAs,对断奶仔猪 ADFI 有一定的影响,相对于空白对照组来说,有下降的趋势,这在整个试验期都较为明显,同时 ADG 下降的趋势远远低于 ADFI,所以 MCFAs 组与空白对照组的 F/G 基本没有变化。日粮中直接添加游离 MCFA 往往导致采食量下降^[19],这是因为非酯化的 MCFA 有强烈的刺激性气味,适口性很差,很难被幼龄动物接受^[20]。Cera 等的研究表明,当 MCFA 的添加量达到 0.8% 时,相比于牛油,断奶仔猪采食量下降了 4%,但是生长率提高了 6.3%^[21],这与本试验结果类似。另外,MCFA 还可以诱导胆囊收缩素和其他肠道激素的分泌,使动物产生饱感,从而影响采食量^[22],但是最近的研究显示 MCFA 对胆囊收缩素的分泌只有轻微的影响^[23],所以 MCFA 对于断奶仔猪生产性能的影响还有待进一步研究。

3.2 MCFAs 对断奶仔猪血清生化指标的影响

仔猪断奶之后,会产生一系列应激反应,不光会影响采食量,使生长受阻,对血液生化指标也有一定的影响。TP 的水平与蛋白质代谢有关,仔猪断奶后,采食量下降,机体蛋白质供应不足,导致 TP 含量下降^[24],而 GLO 水平与机体免疫有关。有研究表明,MCT 可以显著提高 GLO 的含量^[17]。本试验结果显示,MCFAs 可以提高断奶仔猪血清的 TP 含量,但对 GLO 含量基本没有影响,说明 MCFAs 让仔猪的代谢保持在较活跃水平,有助于仔猪产能产热,维持生长。TC 和 TG 的含量与脂类代谢有关,研究发现与 LCT 相比,MCT 可以显著增加血液中 TG 的浓度,因为 MCT 会促使肝脏脂肪酸的氧化,减少肝脏脂肪的沉积,同时血液中 TG 浓度增加^[25]。另一项研究表明,MCT 对于大鼠血液中的 TC 含量有降低作用^[26],与 LCT 相比,MCT 可以维持血清 TC 水平或者降低 TC 水平^[27]。在本试验中发现,添加 MCFAs 能减少断奶仔猪血清的 TG 含量,这与前人的研究结果正好相反,原因可能是添加的脂肪来源不同,另外与采食量降低也有关系,采食量下降,机体能量缺乏,从而促进体内脂肪氧化供能,TG 含量减少。另外本试验还发现,添加 MCFAs 能减少断奶仔猪血清中的 TC 含量,这和文献^[26]报道相符,因为与 LCT 相比,MCT 增加了机体内胆固醇 7 α -羟化酶 mRNA 的表达和机体总胆汁酸含量,导致机体内胆固醇向胆汁酸转化,胆固醇含量减少。ALT 和 AST 水平与体内的蛋白质代谢有关联,ALP 水平与体内的脂肪代谢有关联,当仔猪产生应激时,机体代谢水平会升高,血清中 AST、ALT 和 ALP 的活性水平都会上升。有研究表明,MCFA 对于血液 AST 和 ALT 的活性没有影响^[28]。本试验结果显示,添加 MCFAs 会减弱血清中 ALP 的活性,增强 ALT 的活性,AST 活性变化不显著,结果不一致的原因可能与试验条件的差异有关。TNF- α 与机体免疫功能有关,但 MCFAs 对血清中 TNF- α 的含量影响不显著。

3.3 MCFAs 对断奶仔猪消化道 pH 值的影响

对于断奶仔猪来说,肠道 pH 值是影响其消化吸收的重要因素,同时也是内环境稳态的基础条件,所以合适的 pH 值是维持断奶仔猪消化系统功能完整的关键。断奶应激对于仔

猪来说是不可避免的,研究表明,早期断奶会影响仔猪的胃 pH 值,但如果断奶时间延迟,则胃 pH 值不会发生变化^[29]。仔猪断奶之后,胃内酸度下降明显,胃酸分泌不足,同时乳糖来源缺失,乳糖产量显著下降,导致 pH 值显著升高,胃内环境平衡被破坏。除了断奶应激之外,仔猪日粮也会影响胃肠道的 pH 值。普通日粮的 pH 值一般为 5.8~6.5,可以吸附胃肠道内的游离脂肪酸,达到中和酸度的目的。这种作用的强弱主要由仔猪本身的日粮酸结合能力来决定,日粮酸结合能力低有助于仔猪的消化吸收。另外,如果在日粮中添加酸化剂也会影响胃肠道的 pH 值,常用的酸化剂主要是一些有机酸。酸化剂可以降低日粮酸结合能力,降低胃肠道 pH 值,抑制有害微生物,其主要作用部位在胃和小肠前段部分,胃肠道 pH 值降低有利于仔猪消化蛋白质。本试验发现,MCFAs 可以降低胃和小肠前段的 pH 值,对小肠后段的 pH 值基本没有影响,这表明 MCFAs 可以添加到断奶仔猪日粮中,抑制细菌生长,促进消化吸收,起到酸化剂的作用。

3.4 MCFAs 对断奶仔猪肠道形态的影响

动物肠道健康的维持在于它具有高度复杂的完整性,具体与肠道微生物区系的平衡状态以及机体相关免疫系统的情况有关。仔猪断奶后期,肠道完整性被破坏,因为小肠没有发育完全,绒毛较短,消化酶活性减弱,导致仔猪的消化能力下降^[30]。MCFA 可以直接被肠细胞利用,快速氧化供能,从而维持断奶仔猪的肠道完整性^[31]。通过给大鼠饲喂 MCT,发现 MCT 对肠道形态具有积极的影响,具体表现在绒毛高度增加且隐窝深度降低,同时空肠黏膜磷脂和蛋白的比值更高^[32]。Dierick 等的试验也得到了相似的结果,与空白组相比,小肠绒毛高度显著升高,而且隐窝深度更低^[33]。本试验发现,添加 MCFAs 对于断奶仔猪小肠绒毛高度的影响最明显,试验各组相较于空白组来说,绒毛高度基本都有提高,但是不同添加水平间的差异不明显,这与前人的研究结果一致;另外,除了高剂量添加组的空肠隐窝深度显著增加之外,其余各肠道各组之间差异不显著,这可能与试验动物的个体差异有关。

4 结论

由于 MCFA 的适口性较差,直接添加到断奶仔猪的日粮中,会降低采食量,但日增质量和饲料转化率基本不变,且 MCFA 可以增加断奶仔猪的绒毛高度以及降低消化道的 pH 值,以及减少断奶给仔猪带来的应激反应,以此从某些方面提高断奶仔猪的生长性能。

参考文献:

- [1] Bailey M, Haverson K, Inman C, et al. The development of the mucosal immune system pre- and post-weaning: balancing regulatory and effector function [J]. *Proceedings of the Nutrition Society*, 2005, 64 (4): 451-457.
- [2] Lalles J P, Bosi P, Smidt H, et al. Weaning - A challenge to gut physiologists [J]. *Livestock Science*, 2007, 108 (1/2/3): 82-93.
- [3] Lalles J P, Boudry G, Favier C, et al. Gut function and dysfunction in young pigs: physiology [J]. *Animal Research*, 2004, 53 (4): 301-316.
- [4] Anadón A. WS14 the EU ban of antibiotics as feed additives: alternatives and consumer safety [J]. *Journal of Veterinary Pharmacology*

- and Therapeutics, 2006, 29(s1): 41–44.
- [5] Hong S M, Hwang J H, Kim I H. Effect of medium – chain triglyceride (MCT) on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics in weanling pigs[J]. Asian – Australasian Journal of Animal Sciences, 2012, 25(7): 1003–1008.
 - [6] Metzler B, Bauer E, Mosenthin R. Microflora management in the gastrointestinal tract of piglets[J]. Asian – Australasian Journal of Animal Sciences, 2005, 18(9): 353–1362.
 - [7] Windisch W, Schedle K, Plitzner C, et al. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry [J]. Journal of Animal Science, 2008, 86(14 Suppl): E140–E148.
 - [8] Gallois M, Rothkoetter H J, Bailey M, et al. Natural alternatives to in – feed antibiotics in pig production; can immunomodulators play a role[J]. Animal, 2009, 3(12): 1644–1661.
 - [9] Partanen K H, Mroz Z. Organic acids for performance enhancement in pig diets[J]. Nutrition Research Reviews, 1999, 12(1): 117–145.
 - [10] Bergsson G, Arnfinnsson J, Steingrímssonó, et al. Killing of gram – positive cocci by fatty acids and monoglycerides note[J]. APMIS, 2001, 109(10): 670–678.
 - [11] Skrivanova E, Molatova Z, Skrivanova V, et al. Inhibitory activity of rabbit milk and medium – chain fatty acids against enteropathogenic *Escherichia coli* O128 [J]. Veterinary Microbiology, 2009, 135 (3/4): 358–362.
 - [12] Tang M, Laarveld B, van Kessel A G, et al. Effect of segregated early weaning on post weaning small intestinal development in pigs [J]. Journal of Animal Science, 1999, 77(12): 3191–3200.
 - [13] Hanczakowska E, Szewczyk A, Okoń K. effects of dietary caprylic and capric acids on piglet performance and mucosal epithelium structure of the ileum[J]. Journal of Animal and Feed Sciences, 2011, 20(4): 556–565.
 - [14] Zentek J, Buchheit – Renko S, Ferrara F, et al. Nutritional and physiological role of medium – chain triglycerides and medium – chain fatty acids in piglets[J]. Animal Health Research Reviews, 2011, 12(1): 83–93.
 - [15] 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): 14–18.
 - [16] 王建军, 王 恬. 中链脂肪酸的生物学特性及其在动物生产中的应用[J]. 动物营养学报, 2011, 23(7): 1073–1078.
 - [17] 张 昊, 李 悦, 杨 丽, 等. 不同剂型中链甘油三酯对断奶仔猪生长性能, 养分消化率, 肠道吸收能力及血液指标的影响[J]. 动物营养学报, 2014, 26(4): 1077–1084.
 - [18] Dove C R. The effect of adding copper and various fat sources to the diets of weanling swine on growth performance and serum fatty acid profiles[J]. Journal of Animal Science, 1993, 71(8): 2187–2192.
 - [19] Odle J, Benevenga N J, Crenshaw T D. Postnatal age and the metabolism of medium – and long – chain fatty acids by isolated hepatocytes from small – for – gestational – age and appropriate – for – gestational – age piglets[J]. Journal of Nutrition, 1991, 121(5): 615–621.
 - [20] Decuyper 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(2): 193–209.
 - [21] Cera K R, Mahan D C, Reinhart G A. Post weaning swine performance and serum profile responses to supplemental medium – chain free fatty acids and tallow [J]. Journal of Animal Science, 1989, 67(8): 2048–2055.
 - [22] Mabayo R T, Furuse M, Yang S, et al. Medium – chain triacylglycerols enhance release of cholecystokinin in chicks [J]. Journal of Nutrition, 1992, 122(8): 1702–1705.
 - [23] Symersky T, Vu M K, Frolich M, et al. The effect of equicaloric medium – chain and long – chain triglycerides on pancreas enzyme secretion[J]. Clinical Physiology and Functional Imaging, 2002, 22(5): 307–311.
 - [24] 吴金节, 龙彩虹, 张德群, 等. 早期断奶应激对仔猪血清生化指标的影响[J]. 中国兽医学报, 2000, 20(3): 261–263.
 - [25] Nagata J, Kasai M, Watanabe S, et al. Effects of highly purified structured lipids containing medium – chain fatty acids and linoleic acid on lipid profiles in rats [J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 2003, 67(9): 1937–1943.
 - [26] 李 燕, 马静, 韩平华, 等. 中链甘油三酯对小鼠胆固醇代谢和胆固醇 7 α – 羟化酶表达的影响[J]. 中国病理生理杂志, 2005(5): 953–957.
 - [27] Bourque C, St – Onge M P, Papamandjaris A A, et al. Consumption of an oil composed of medium chain triacylglycerols, phytosterols, and N – 3 fatty acids improves cardiovascular risk profile in overweight women[J]. Metabolism, 2003, 52(6): 771–777.
 - [28] Devi S M, Kim I H. Effect of medium chain fatty acids (MCFA) and probiotic (*Enterococcus faecium*) supplementation on the growth performance, digestibility and blood profiles in weanling pigs [J]. Veterinarni Medicina, 2014, 59(11): 527–535.
 - [29] 杨 琳, 张宏福, 李长忠, 等. 不同断奶日龄仔猪消化道酸度和胃蛋白酶活性的动态变化[J]. 畜牧兽医学报, 2001, 32(4): 299–305.
 - [30] Montagne L, Boudry G, Favier C, et al. Main intestinal markers associated with the changes in gut architecture and function in piglets after weaning [J]. British Journal of Nutrition, 2007, 97(1): 45–57.
 - [31] Guillot E, Lemarchal P, Dhorne T, et al. Intestinal absorption of medium chain fatty acids; *in vivo* studies in pigs devoid of exocrine pancreatic secretion [J]. British Journal of Nutrition, 1994, 72(4): 545–553.
 - [32] Takase S, Goda T. Effects of medium – chain triglycerides on brush – border membrane – bound enzyme – activity in rat small – intestine [J]. Journal of Nutrition, 1990, 120(9): 969–976.
 - [33] Dierick N, Decuyper J A, Degeyter I. The combined use of whole cuphea seeds containing medium chain fatty acids and an exogenous lipase in piglet nutrition [J]. Archives of Animal Nutrition, 2003, 57(1): 49–63.