动物营养学报 2019,31(9):4262-4269
Chinese Journal of Animal Nutrition

doi:10.3969/j.issn.1006-267x.2019.09.040

不同水平植物提取甜味剂对断奶仔猪偏食性、生长性能及血清生化指标的影响

王　晶[1]　李方方[1*]　张瑞阳[1]　朱宇旌[1]　蒋明征[2]　黄铁军[2]　何茂龙[2]　张　勇[1,2**]

(1.沈阳农业大学畜牧兽医学院,沈阳 110866;2.乐达(广州)香味剂有限公司,广州 510730)

摘　要: 本试验旨在研究不同水平植物提取甜味剂(SEP)对断奶仔猪偏食性、生长性能及血清生化指标的影响。试验分为2个部分:1)偏食性试验为双向选择试验,将36头24日龄断奶的大白仔猪随机分为3组,每组4个重复,每个重复3头猪。对照饲粮为基础饲粮,试验饲粮在基础饲粮中分别添加0.2 g/kg糖精钠(SS)以及0.2和0.4 g/kg SEP。试验期5 d,测定各组猪只偏食性及偏食指数;2)生长试验中选取遗传背景和生理状况相近的16头母猪所产的体况良好、体重相近的仔猪160头(每头母猪选10头仔猪),随机分为4组,对照组饲喂基础饲粮,试验组在基础饲粮中分别添加0.2 g/kg SS以及0.2和0.4 g/kg SEP,每组4个重复,每个重复10头仔猪,试验期35 d。结果表明:1)断奶仔猪对添加0.2和0.4 g/kg SEP的饲粮偏食性为中等到高度偏好($P<0.05$)。2)与对照组相比,试验组平均日采食量和末体重均显著提高($P<0.05$),同时0.2和0.4 g/kg SEP组平均日采食量和末体重显著高于0.2 g/kg SS组($P<0.05$)。与对照组和0.2 g/kg SS组相比,添加0.2和0.4 g/kg SEP显著提高平均日增重($P<0.05$),同时显著降低料重比($P<0.05$)。3)与对照组相比,添加0.2 g/kg SEP显著降低血清皮质醇含量($P<0.05$);添加0.4 g/kg SEP显著降低血清去甲肾上腺素含量($P<0.05$)。可见,SEP的饲喂效果优于SS,能提高仔猪平均日采食量和平均日增重,降低料重比,从而改善断奶仔猪生长性能,本试验条件下推荐SEP添加量为0.2 g/kg。

关键词: 仔猪断奶应激;植物提取甜味剂;偏食性;生长性能;血清生化指标

中图分类号:S828　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1006-267X(2019)09-4262-08

仔猪早期断奶应激是制约养猪生产的一个重要因素,它可造成仔猪采食量减少,生长性能低下,减缓生长发育期仔猪的生长速度,对养猪生产效益产生极大影响。在断奶仔猪饲粮中添加甜味剂诱食是减缓断奶应激的措施之一。Moran等[1]的研究表明,甜味剂可以被肠道内的甜味受体识别,增强肠道的吸收能力,避免葡萄糖吸收不良,对断奶仔猪的健康起到保障作用。但人工甜味剂[以糖精钠(saccharin sodium,SS)为主]由于其为化工合成,仔猪肠道内无法有效降解等原因,会对水体、土壤造成污染,产生环境问题[2-3]。同时,SS具有一定的金属苦味,诱食效果受限。甘草是传统中医最常用的中草药之一,其化学成分主要包括甘草甜素和黄酮等,可作为植物甜味剂使用,同时还具有抗炎镇痛、抗病毒的作用。本试验通过添加含有甘草化合物的不同水平的植物提取甜味剂(sweeteners extracted from plants,SEP)探究其诱食效果及对SS的替代作用,旨在为新型天然甜味剂在改善断奶仔猪应激方面的研究应用提供理论依据。

收稿日期:2019-02-28

基金项目:国家自然科学基金项目(31440082,31101253)

作者简介:王　晶(1991—),女,河南濮阳人,硕士研究生,从事动物营养与饲料科学研究。E-mail:635509687@qq.com

* **同等贡献作者**

** **通信作者:**张　勇,教授,硕士生导师,E-mail:syndzhy@syau.edu.cn

1　材料与方法

1.1　试验材料

SEP 含 8% 甘草提取物,其余为载体二氧化硅;SS 由广州乐达香味剂有限公司提供。

1.2　试验设计与饲养管理

本试验在辽宁德宝集团艾德蒙种猪场进行。试验分为偏食性试验和生长试验 2 个部分。

偏食性试验为双向选择试验[4-7]。试验选取体重接近、状态良好的 24 日龄大白仔猪 36 头,随机分 3 组,每组 4 个重复,每个重复 3 头猪。在整个试验期间,2 个料槽距离饮水器位置相等,分别放置对照组饲粮(基础饲粮)和试验组饲粮(在基础饲粮中分别添加 0.2 g/kg SS 以及 0.2 和 0.4 g/kg SEP),每个试验组结果分别与对照组比较得到偏食性及偏食指数。试验期间仔猪自由采食,料槽不空、自由饮水。试验期 5 d,从第 1 天 09:00 开始至第 6 天 09:00 结束,试验期间每天 09:00 分别称取每个料槽的剩余料的重量,并重新加入相等重量的饲粮,同时交换 2 个料槽的位置,以避免因其位置影响试验结果。

生长试验采用单因子随机试验设计,选取遗传背景和生理状况相近的 16 头母猪所产的体况良好、体重相近的仔猪 160 头(每头母猪选 10 头仔猪),在仔猪初体重组间差异不显著($P>0.05$)的前提下分为 4 组,分别为对照组(基础饲粮)、0.2 g/kg SS 组(基础饲粮+0.2 g/kg SS)、0.2 g/kg SEP 组(基础饲粮+0.2 g/kg SEP)、0.4 g/kg SEP 组(基础饲粮+0.4 g/kg SEP),每组 4 个重复,每个重复 10 头猪。试验分为 2 阶段:第 1 阶段为 7~24 日龄(哺乳教槽阶段),第 2 阶段为 25~42 日龄(断奶试验阶段)。第 1 阶段结束后,调整各组仔猪均重一致,之后开始第 2 阶段试验。由于母猪的原因,第 1 阶段数据不计入统计分析。试验期间每天 09:00 喂料,并于第 2 天 08:30 开始将剩料称重。试验均在同一栋猪舍内进行,试验管理按照常规管理规程及正常免疫程序进行。基础饲粮按照 NRC(2012)生长猪的营养需要标准配制,其组成及营养水平见表 1。

1.3　样品采集与处理

仔猪 42 日龄试验结束时,早晨空腹称重,每组选与平均体重接近的 3 头猪,真空采血管前腔静脉采血 5 mL,放入 37 ℃的恒温水浴箱中,血凝后 3 500 r/min 低温离心 10 min,分离血清,置于 -20 ℃冰箱冻存。

表 1　基础饲粮组成及营养水平(风干基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
膨化玉米 Extruded corn	46.30
去皮豆粕 Peeled soybean meal	8.00
膨化大豆 Extruded soybean	12.00
白鱼粉 White fish meal	5.00
石粉 Limestone	0.70
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.50
小麦水解蛋白粉 Wheat hydrolyzed protein	4.00
乳清粉 Dried whey powder	8.00
乳糖 Lactose	8.00
植物油 Vegetable oil	1.50
肠膜蛋白粉 Dried porcine soluble	3.00
预混料 Premix[1)]	2.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/(MJ/kg)	14.23
粗蛋白质 CP	20.10
钙 Ca	0.89
有效磷 AP	0.56
可消化赖氨酸 DLys	1.55
可消化蛋氨酸 DMet	0.45
可消化苏氨酸 DThr	0.99
可消化色氨酸 DTry	0.25

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet: VA 8 000 IU, VD_3 1 228 IU, VE 15 IU, VK_3 3.0 mg, VB_1 1.3 mg, VB_2 3.1 mg, VB_6 1.2 mg, 泛酸钙 calcium pantothenate 13.4 mg, 氯化胆碱 choline chloride 500 mg, 生物素 biotin 0.11 mg, 烟酸 niacin 25 mg, 叶酸 folic acid 0.68 mg, VB_{12} 0.03 mg, Fe (as ferrous sulfate) 120 mg, Cu (as copper sulfate) 10 mg, Zn (as zinc sulfate) 130 mg, Mn (as manganese sulfate) 100 mg, I (as potassium iodide) 0.3 mg, Se (as sodium selenite) 0.3 mg, 赖氨酸盐酸盐 Lys-HCl (78%) 3 g, 蛋氨酸 Met 2.5 g, *L*-苏氨酸 *L*-Thr 6 g, *L*-色氨酸 *L*-Try 1.5 g。

[2)] 代谢能和可消化氨基酸为计算值,其余为实测值。ME and digestible amino acids were calculated values, while the others were measured values.

1.4　指标测定及方法

1.4.1　偏食性的测定

每天记录各组采食量,并计算偏食性及偏食

指数[4-7],计算公式如下:

偏食性(%)= 100×试验组饲粮的采食量/(试验组饲粮的采食量+对照组饲粮的采食量);

偏食指数=试验组饲粮的采食量/对照组饲粮的采食量。

偏好评定标准见表 2。

表 2 偏好评定

Table 2 Assessment of preference

偏食性 Fodder preference	偏好 Preference
55%~69%	中等到高度偏好
44%~54%	无偏好
28%~43%	中等到高度厌恶

1.4.2 生长性能的测定

于仔猪 7、24、42 日龄早饲前逐头称重,计算平均日采食量(ADFI)、平均日增重(ADG)和料重比(F/G)。

每天清晨观察仔猪粪便软硬稀度,判断是否腹泻并且做好记录。按正常、稀软、黏稠、水样 4 个等级进行划分,分别用 0、1、2、3 分表示,参照表 3 对每头猪每次排出的粪便进行感官评分[8-9],最后统计各组腹泻率。腹泻率以圈为 1 个重复进行统计分析。腹泻率和死亡率计算公式如下:

腹泻率(%)= 100×(试验全期仔猪总腹泻头数×次数)/(饲喂天数×总头数);

死淘率(%)= 100×试验结束死淘头数/试验初期仔猪头数。

表 3 腹泻评分标准

Table 3 Standard of diarrhea score

腹泻程度 Diarrhea degrees	粪便外观 Excrement shape	粪便评分 Excrement score
正常 Normal	条形或粒状	0
轻微 Light	软粪,能成形	1
中等 Middle	稠状,不成形,粪水分离	2
严重 Severity	液体,不成形,粪水分离	3

1.4.3 血清生化指标的测定

采用放免法测定血清中胆囊收缩素(CCK)、饥饿素(ghrelin)、瘦素(leptin)、胰高血糖素样肽-1(GLP-1)、皮质醇(COR)、去甲肾上腺素(NA)、促肾上腺皮质激素释放因子(CRF)的含量,试剂盒购自北京华英生物技术研究所,采用 GC-1200 全自动放免计数仪测定。采用生化法测定血清中二胺氧化酶(DAO)活性及 *D*-乳酸的含量,试剂盒购自南京贝森伽生物技术有限公司,采用 L-3180 半自动生化分析仪测定。

1.5 数据处理

试验数据采用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA),当差异显著时采用 Duncan 氏法进行多重比较,$P<0.05$ 为差异显著,结果以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 饲粮中添加不同水平 SEP 对断奶仔猪偏食性的影响

由表 4 可知,与 0.2 g/kg SS 组相比,断奶仔猪对添加 0.2 和 0.4 g/kg SEP 的饲粮偏食性为中等~高度偏好($P<0.05$),对添加 SS 的饲粮无偏好。与 0.2 g/kg SS 组相比,断奶仔猪同样对于添加 SEP 饲粮具有显著的偏食指数($P<0.05$)。

2.2 饲粮中添加不同水平 SEP 对断奶仔猪生长性能的影响

由表 5 可知,在仔猪初体重相近的条件下,与对照组相比,试验组平均日采食量和末体重均显著提高($P<0.05$),同时 0.2 和 0.4 g/kg SEP 组平均日采食量和末体重显著高于 0.2 g/kg SS 组($P<0.05$)。与对照组和 0.2 g/kg SS 组相比,添加 0.2 和 0.4 g/kg SEP 显著提高平均日增重($P<0.05$),同时显著降低料重比($P<0.05$)。

2.3 饲粮中添加不同水平 SEP 对断奶仔猪腹泻率和死亡率的影响

由表 6 可知,SS 和 SEP 对各组仔猪腹泻率和死亡率均没有显著影响($P>0.05$),各组仔猪的腹泻率和死亡率均为较低水平。

表 4　偏好评定结果

Table 4　Results of assessment of preference

项目 Items	组别 Groups		
	0.2 g/kg SS	0.2 g/kg SEP	0.4 g/kg SEP
偏食性 Fodder preference/%	52.20±0.16[a]	56.04±0.27[b]	56.54±0.16[b]
偏食指数 Partial eclipse index	1.09±0.01[a]	1.28±0.01[b]	1.30±0.01[b]

同行数据肩标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。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$), while with different letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$). The same as below.

表 5　不同水平 SEP 对断奶仔猪生长性能的影响

Table 5　Effects of different levels of SEP on growth performance of weaned piglets

项目 Items	日龄 Days of age	组别 Groups			
		对照 Control	0.2 g/kg SS	0.2 g/kg SEP	0.4 g/kg SEP
平均日采食量 ADFI/g	24~42	150.29±4.73[a]	172.45±5.13[b]	233.55±7.91[c]	236.46±4.65[c]
初体重 IBW/kg	7	2.80±0.06	2.86±0.07	2.84±0.06	2.9±0.04
断奶重 WW/kg	24	7.28±0.11	7.35±0.22	7.71±0.13	7.6±0.21
末体重 FBW/kg	42	8.86±0.21[a]	9.44±0.28[b]	11.11±0.31[c]	11.14±0.30[c]
平均日增重 ADG/g	24~42	107.25±5.11[a]	125.79±6.47[a]	188.75±20.10[b]	192.32±15.87[b]
料重比 F/G	25~42	1.41±0.07[b]	1.38±0.23[b]	1.28±0.15[a]	1.25±0.09[a]

表 6　不同水平 SEP 对断奶仔猪腹泻率和死亡率的影响

Table 6　Effects of different levels of SEP on diarrhea rate and mortality rate of weaned piglets　%

项目 Items	日龄 Days of age	组别 Groups			
		对照 Control	0.2 g/kg SS	0.2 g/kg SEP	0.4 g/kg SEP
腹泻率 Diarrhea rate	24~42	2.06±0.22	2.04±0.25	1.83±0.13	1.73±0.26
死亡率 Mortality rate	25~42	0.00±0.00	0.16±0.16	0.16±0.16	0.00±0.00

2.4　饲粮中添加不同水平 SEP 对断奶仔猪血清生化指标的影响

由表 7 可知,与对照组相比,0.2 g/kg SS 和 SEP 组血清胆囊收缩素、饥饿素、瘦素、胰高血糖素样肽-1、促肾上腺皮质激素释放因子的含量差异不显著($P>0.05$)。与对照组相比,添加 0.2 g/kg SEP 显著降低了血清皮质醇的含量($P<0.05$)。与对照组、0.2 g/kg SS 和 0.2 g/kg SEP 组相比,添加 0.4 g/kg SEP 显著降低血清去甲肾上腺素的含量($P<0.05$)。与对照组相比,SEP 组血清二胺氧化酶活性和 *D*-乳酸的含量均显著降低($P<0.05$)。

3　讨　论

3.1　饲粮中添加不同水平 SEP 对断奶仔猪偏食性的影响

在现代养殖业中,为了提高母猪的利用率,增加仔猪年出生数,仔猪 3~4 周龄断奶是很常见的现象,虽然这种做法确实提高了仔猪的年出生数,但也会导致早期断奶应激的发生,造成仔猪营养不良、腹泻、脱水、僵化甚至死亡。Moran 等[1]的研究表明,甜味剂可以被肠道内的甜味受体识别,增强肠道的吸收能力,避免葡萄糖吸收不良,对保障断奶仔猪的健康起到相当大的作用。因此,在断奶仔猪饲粮中添加甜味剂是缓解断奶应激的措施之一。在断奶仔猪饲粮中可添加的甜味剂较多,不同的甜味剂可得到不同的效果。偏食性是

衡量动物对不同风味偏好的指标,采用双料槽自由选择法,也叫做自由选择法,主要研究饲粮的适口性。此方法适用于评定动物对不同饲粮在采食量方面的情况。生产中常用偏食性测定来评价仔猪对添加不同添加剂饲粮的喜好[4,6]。偏食性测定法又被分为3种方法,即两两比较法、多重比较法和参照比较法[7]。本试验所采用的双料槽双向选择法即为两两比较法,采用偏食性和偏食指数作为衡量仔猪偏好的指标。王远孝等[10]在仔猪开口料中添加0、100、200、500 g/t天然甜味剂,结果表明200、500 g/t组22~28日龄仔猪的偏食指数为1.12、1.15。本试验SEP组的偏食指数分别为1.28和1.30,较上述试验略高,这可能与本试验对仔猪进行了教槽训练,仔猪对其已存在一定适应性有关,同时可说明SEP在断奶仔猪偏食性上的效果略好于上述天然甜味剂。相对于0.2 g/kg SS组,SEP组的偏食指数明显提高,也可说明断奶仔猪饲粮中添加SEP在一定程度上可替代SS。

表7 不同水平SEP对断奶仔猪血清生化指标的影响

Table 7 Effects of different levels of SEP on serum biochemical indexes of weaned piglets

项目 Items	组别 Groups			
	对照 Control	0.2 g/kg SS	0.2 g/kg SEP	0.4 g/kg SEP
胆囊收缩素 CCK/(pmol/L)	3.44±0.02	3.38±0.17	3.36±0.02	3.33±0.03
饥饿素 Ghrelin/(ng/mL)	16.04±0.44	16.14±0.06	16.15±0.11	16.27±0.08
瘦素 Leptin/(ng/mL)	2.25±0.08	2.17±0.08	2.13±0.01	2.11±0.03
胰高血糖素样肽-1 GLP-1/(pmol/L)	22.56±0.13	22.82±0.15	22.22±0.31	22.17±0.09
皮质醇 COR/(ng/mL)	33.03±1.65^{b}	51.33±4.49^{c}	21.52±1.96^{a}	22.88±1.99^{a}
去甲肾上腺素 NA/(pg/mL)	76.65±0.10^{b}	73.46±0.03^{b}	73.41±0.37^{b}	73.25±1.66^{a}
促肾上腺皮质激素释放因子 CRF/(ng/mL)	2.21±0.09	2.18±0.01	2.16±0.05	2.13±0.08
二胺氧化酶 DAO/(U/L)	8.41±0.42^{b}	5.72±0.37^{a}	5.12±0.31^{a}	5.01±0.23^{a}
D-乳酸 *D*-lactic acid/(nmol/μL)	7.88±0.22^{c}	6.48±0.08^{bc}	5.84±0.52^{b}	5.37±0.21^{a}

3.2 饲粮中添加不同水平SEP对断奶仔猪生长性能的影响

断奶仔猪饲粮中添加甜味剂具有诱食作用,可提高断奶仔猪的采食量,改善其生长性能。杨慧等[11]的研究表明,在断奶仔猪饲粮中添加天然甜味剂可改善断奶仔猪肠道健康,对断奶仔猪的平均日采食量和平均日增重均有促进作用。Mora[12]比较了添加甜味剂的饲粮组与对照组(不加糖)之间的动物生产参数,结果显示饲喂添加甜味剂的饲粮后仔猪生长加快26%~36%,有更高的采食量和更好的饲料转化率。刘清梅[13]在断奶仔猪饲粮中添加了植物甜味提取物,其结果显示,添加甜味剂组显著降低仔猪的料重比。在本试验中,不同水平的SEP显著提高了仔猪平均日采食量、平均日增重,显著降低了料重比,与上述结果一致。

3.3 饲粮中添加不同水平SEP对断奶仔猪腹泻率、死亡率的影响

断奶应激可造成断奶仔猪腹泻、脱水、僵化甚至死亡。Moran等[1]的研究表明,甜味剂可以被肠道内的甜味受体识别,增强肠道的吸收能力,避免葡萄糖吸收不良,对保障断奶仔猪的健康起到相当大的作用。杨慧等[11]的研究表明,在断奶仔猪饲粮中添加天然甜味剂可降低仔猪腹泻率。王远孝等[10]的研究表明,在哺乳仔猪开口料中添加天然甜味剂可改善仔猪断奶后腹泻率,在断奶仔猪饲粮中添加天然甜味剂也可降低其腹泻率。本试验中,SEP对仔猪腹泻率和死亡率没有显著影响,这可能与本试验试验期为东北的6—7月份有关,此时期气候适宜,环境适合,仔猪腹泻率均较低,腹泻情况较少有关。

3.4 饲粮中添加不同水平SEP对断奶仔猪血清生化指标的影响

动物的采食量与血清中胆囊收缩素的含量呈线性负相关[14-15]。给动物体外源注射瘦素可降低动物的采食量,且采食量的降低量与瘦素的供给量呈线性相关[16]。吕继蓉[17]的试验发现,在生长猪的饲粮中添加甜味剂,血清中的瘦素含量具有下降趋势。给断奶仔猪静脉注射外源饥饿素,发现与注射生理盐水组的仔猪相比,摄食次数增加,

体重也明显增加,说明饥饿素含量与采食量呈正相关。吕继蓉[17]在生长猪的饲粮中添加甜味剂,血清中的饥饿素含量显著提高。给人体静脉注射胰高血糖素样肽-1 的类似物可以导致人的摄食量明显减少,且这种减少会持续 5 d 之久[18]。本试验中,添加 SEP 后仔猪血清能量代谢指标的变化均不显著,可能由于各试验中甜味剂使用的种类和剂量存在着差异,具体原因还有待进一步研究。

有试验检测断奶仔猪 21、22、25、28 和 35 日龄血清中皮质醇含量发现,哺乳仔猪在断奶后,在 22 日龄血清中皮质醇含量达到最高水平,此后直至 35 日龄血清中皮质醇含量均处在较高水平,说明皮质醇的含量与断奶应激程度相关[19-20]。张亮[21]研究了早期断奶应激对血清中相关激素的影响后发现,应激仔猪血清中去甲肾上腺素含量显著提高。本试验中,0.2 g/kg SEP 组仔猪血清中的皮质醇含量显著降低,0.4 g/kg SEP 组仔猪血清中的去甲肾上腺素含量显著低于对照组与 0.2 g/kg SS 组,说明断奶应激程度有所减轻。0.2 g/kg SS 组断奶仔猪血清中皮质醇的含量高于对照组,可能与仔猪个体差异、血清采集状态相关,但具体原因还有待进一步研究。

二胺氧化酶是人类和哺乳动物小肠黏膜上层绒毛中具有高度活性的细胞内酶,能够反映肠道机械屏障的完整性和受损伤程度。*D*-乳酸是一种化学物质,它可作为检测肠道黏膜损伤和通透性改变的指标之一[22-26]。钱仲仓等[20]通过检测断奶仔猪 21~35 日龄血清中的二胺氧化酶活性和 *D*-乳酸含量发现,哺乳仔猪在断奶后,在 22 日龄血清中二胺氧化酶活性和 *D*-乳酸含量达到最高水平,此后直至 35 日龄血清中皮质醇含量均处在较高水平。韩杰等[27]在断奶仔猪饲粮中添加刺五加多糖,结果显示,刺五加多糖降低仔猪腹泻率、腹泻指数和腹泻频率,同时使血浆 *D*-乳酸含量降低了 16.37%。在本试验中,SEP 组断奶仔猪血清中的二胺氧化酶活性和 *D*-乳酸含量显著降低,与上述结果一致。

4　结　论

① SEP 能提高断奶仔猪平均日采食量和平均日增重,降低料重比,从而改善断奶仔猪生长性能。

② 断奶仔猪饲粮中添加 SEP 的效果优于 SS,在缓解断奶应激方面,添加 0.2 g/kg SEP 时效果更佳,因此,本试验条件下推荐 SEP 添加量为 0.2 g/kg。

参考文献:

[1] MORAN A W, AL-RAMMAHI M A, ARORA D K, et al. Expression of Na^+/glucose co-transporter 1 (*SGLT*1) is enhanced by supplementation of the diet of weaning piglets with artificial sweeteners [J]. British Journal of Nutrition, 2010, 104(5): 637-646.

[2] BUERGE I J, KELLER M, BUSER H R, et al. Saccharin and other artificial sweeteners in soils: estimated inputs from agriculture and households, degradation, and leaching to groundwater [J]. Environmental Science & Technology, 2011, 45(2): 615-621.

[3] SANG Z Y, JIANG Y N, TSOI Y K, et al. Evaluating the environmental impact of artificial sweeteners: a study of their distributions, photodegradation and toxicities [J]. Water Research, 2014, 52: 260-274.

[4] 王伟山,孙宝丽,李卉. 自由选择在评估猪对饲料原料采食偏爱中的应用[J]. 广东饲料, 2012, 21(增刊): 66-68.

[5] 万锐,刘峰,雷燕,等. 不同香味剂对仔猪采食行为的影响[J]. 饲料博览, 2013(3): 40-42.

[6] STERK A, SCHLEGEL P, MUL A J, et al. Effects of sweeteners on individual feed intake characteristics and performance in group-housed weanling pigs [J]. Journal of Animal Science, 2008, 86(11): 2990-2997.

[7] 刘张育,刘峰,万锐. 香味剂桂皮香对育肥猪采食量及采食行为的影响[J]. 饲料博览, 2013(11): 40-42.

[8] HART G K, DOBB G J. Effect of a fecal bulking agent on diarrhea during enteral feeding in the critically ill [J]. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 1988, 12(5): 465-468.

[9] CASTILLO M, MARTIN-ORÚE S M, TAYLOR-PICKARD J A, et al. Use of manna oligosaccharides and zinc cheated as growth promoters and diarrhea preventative in weaning pigs: effects on micro biota and gut function [J]. Journal of Animal Science, 2008, 86(1): 94-101.

[10] 王远孝,周根来,廖志勇,等. 天然甜菊糖甙在断奶仔猪中的应用[C]//第六次全国饲料营养学术研讨会论文集. 杨凌:中国畜牧兽医学会动物营养学分会, 2010: 135.

[11] 杨慧,林伯全,徐磊. 液体营养素与不同类型甜味剂

对断乳土黑仔猪生长性能和腹泻率的影响[J].福建畜牧兽医,2015,37(5):10-12,13.

[12] MORA L M.利用甜味剂提高断奶仔猪的生产力[J].王晶晶,译.国外畜牧学(猪与禽),2016,36(7):13-15.

[13] 刘清梅.新型风味剂在断奶仔猪饲粮中的应用效果研究[D].硕士学位论文.沈阳:沈阳农业大学,2016:11.

[14] 周吕.胃肠生理学[M].北京:科学出版社,1998:181-182.

[15] YI Z H,LI X,LUO W,et al.Feed conversion ratio,residual feed intake and cholecystokinin type A receptor gene polymorphisms are associated with feed intake and average daily gain in a Chinese local chicken population[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2018,9:50.

[16] ARBLE D M,VITATERNA M H,TUREK F W.Rhythmic leptin is required for weight gain from circadian desynchronized feeding in the mouse[J].PLoS One,2011,6(9):e25079.

[17] 吕继荣.饲料风味剂对猪采食量和采食行为的影响及机理研究[D].博士学位论文.雅安:四川农业大学,2011:4-7.

[18] AL-BARAZANJI K A,ARCH J R S,BUCKINGHAM R E,et al.Central exendin-4 infusion reduces body weight without altering plasma leptin in (*fa/fa*) Zucker rats[J].Obesity Research,2000,8(4):317-323.

[19] 吴金节,张德群,章孝荣,等.早期断奶应激对仔猪某些血清激素水平及细胞免疫功能的影响[J].中国兽医学报,2001,21(2):170-173.

[20] 钱仲仓,刘海萍,徐勇,等.早期断奶应激对仔猪血清皮质醇含量和肠形态及肠屏障通透性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(10):62-66.

[21] 张亮.早期断奶应激对仔猪消化道形态和激素水平的影响[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2013:3-5.

[22] SÖDERHOLM J D,YATES D A,GAREAU M G,et al.Neonatal maternal separation predisposes adult rats to colonic barrier dysfunction in response to mild stress[J].American Journal of Physiology:Gastrointestinal and Liver Physiology,2002,283(6):G1257-G1263.

[23] SMITH F,CLARK J E,OVERMAN B L,et al.Early weaning stress impairs development of mucosal barrier function in the porcine intestine[J].American Journal of Physiology:Gastrointestinal and Liver Physiology,2010,298(3):G352-G363.

[24] VAN DER MEULEN J,KOOPMANS S J,DEKKER R A,et al.Increasing weaning age of piglets from 4 to 7 weeks reduces stress,increases post-weaning feed intake but does not improve intestinal functionality[J].Animal,2010,4(10):1653-1661.

[25] WIJTTEN P J,VAN DER MEULEN J,VERSTEGEN M W.Intestinal barrier function and absorption in pigs after weaning:a review[J].British Journal of Nutrition,2011,105(7):967-981.

[26] NOWAK P,KASPROWICZ-POTOCKA M,ZAWORSKA A,et al.The effect of eubiotic feed additives on the performance of growing pigs and the activity of intestinal microflora[J].Archives of Animal Nutrition,2017,71(6):455-469.

[27] 韩杰,张一然,张飞,等.刺五加多糖对免疫应激断奶仔猪血浆 *D*-乳酸水平和腹泻状况的影响[J].现代畜牧兽医,2016(1):18-22.

Effects of Different Levels of Sweeteners Extracted from Plants on Fodder Preference, Growth Performance and Serum Biochemical Indexes of Weaned Piglets

WANG Jing[1]　LI Fangfang[1*]　ZHANG Ruiyang[1]　ZHU Yujing[1]　JIANG Mingzheng[2]
HUANG Tiejun[2]　HE Maolong[2]　ZHANG Yong[1,2**]

(1. *College of Animal Sciences and Veterinary Sciences*, *Shenyang Agricultural University*, *Shenyang* 110866, *China*; 2. *Lucta* (*Guangzhou*) *Flavors Co.*, *Ltd.*, *Guangzhou* 510730, *China*)

Abstract: This study was conducted to study the effects of different levels of sweeteners extracted from plants (SEP) on fodder preference, growth performance and serum biochemical indexes of weaned piglets. The experiment consisted two parts: 1) the fodder preference experiment was a bidirectional selection test. Thirty-six piglets at 24-day-old were divided into 3 groups, with 4 replicates per group and 3 piglets per replicate. Piglets in the control group were fed a basal diet, and the other experimental groups were fed the basal diet supplemented with 0.2 g/kg saccharin sodium (SS), 0.2 and 0.4 g/kg SEP, respectively. The test lasted for 5 days, and tested the fodder preference and partial eclipse index of weaned piglets; 2) In the growth experiment, one hundred and sixty piglets with similar body weight and from 16 sows with the same genetic background and physiological condition (10 piglets from 1 sow) were randomly divided into 4 groups with 4 replicates per group and 10 piglets per replicate. The test lasted for 35 days. Piglets in the control group were fed a basal diet, and the other experimental groups were fed the basal diet supplemented with 0.2 g/kg SS, 0.2 and 0.4 g/kg SEP, respectively. The results showed as follows: 1) the piglets had a medium-high fodder preference of diets with 0.2 and 0.4 g/kg SEP ($P<0.05$). 2) Compared with the control group, the average daily feed intake and final body weight in experimental groups increased significantly ($P<0.05$), and the average daily feed intake and final body weight in 0.2 and 0.4 g/kg SEP groups were significantly higher than those in 0.2 g/kg SS group ($P<0.05$). Compared with control group and 0.2 g/kg SS group, adding 0.2 and 0.4 g/kg SEP significantly increased the average daily gain ($P<0.05$), and significantly decreased the feed/gain ($P<0.05$). 3) Compared with the control group, adding 0.2 g/kg SEP significantly decreased the serum cortisol content ($P<0.05$); adding 0.4 g/kg SEP significantly decreased the serum noradrenaline content ($P<0.05$). These results suggest that the feeding effect of SEP is better than that of SS. The supplementation of SEP can increase average daily feed intake and reduced feed/gain, then improve the growth performance. The recommended content of SEP is 0.2 g/kg under this test condition. [***Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(9): 4262-4269**]

Key words: piglet weaned stress; SEP; fodder preference; growth performance; serum biochemical indexes

* Contributed equally

** Corresponding author, professor, E-mail: syndzhy@syau.edu.cn

(责任编辑　陈　鑫)