

# 饲养方式对甘南州藏猪肉营养成分、脂肪酸组成及挥发性化合物的影响

孙志昶 李永鹏 韩玲\*

(甘肃农业大学食品科学与工程学院, 兰州 730070)

**摘要:** 本文旨在研究不同饲养方式对甘南州藏猪肉营养成分、脂肪酸组成及挥发性化合物的影响。选取甘南州当地藏公猪仔猪 48 头, 随机分为 4 个饲养组: 天然放养组 (I 组)、基础饲料组 (II 组)、基础饲料 + 葵花籽油组 (III 组)、基础饲料 + 鱼油组 (IV 组)。于 6 月龄时屠宰并进行相关指标的测定。试验结果显示: 1) 与 II、III、IV 组相比, I 组猪肉的粗蛋白质含量显著降低 ( $P < 0.05$ ), 而水分含量显著升高 ( $P < 0.05$ ), 不同饲养方式对猪肉粗灰分和矿物质营养成分没有显著影响 ( $P > 0.05$ )。2) I 组 C18:2n-6 含量显著高于 II、III 组 ( $P < 0.01$ ), C18:3n-3 含量显著低于 II、III 组 ( $P < 0.01$ ), III 组多不饱和脂肪酸对饱和脂肪酸的比率 (P/S) 显著高于其他各组 ( $P < 0.01$ ), IV 组 n-3 脂肪酸含量显著高于 II、III 组 ( $P < 0.01$ )。3) I 组烃类含量显著高于其他各组 ( $P < 0.05$ ), 醛类和含硫化合物含量显著低于其他各组 ( $P < 0.01$ ), 而各组醇类、酮类、酸类含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。由此可见, 天然放养方式对甘南州藏猪肉营养成分有影响, 而油脂强化则无影响。不同饲养方式会改变其脂肪酸组成, 同时会对其各类挥发性化合物的比例产生影响。

**关键词:** 藏猪肉; 饲养方式; 营养成分; 脂肪酸组成; 挥发性化合物

**中图分类号:** S828; S815.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-267X(2011)04-0686-09

甘肃省甘南藏族自治州的藏猪, 又称蕨麻猪, 是甘肃省的特产畜种之一, 其肉质鲜美, 营养丰富, 是天然的绿色食品。藏猪的传统饲养方式是天然放养, 为了减少放养对草原生态环境的破坏, 人们开始尝试通过舍饲的方式饲养藏猪。近年来多不饱和脂肪酸的功能越来越受到人们的重视, 研究者们开始尝试对藏猪的饲料进行油脂强化以改变猪肉的脂肪酸组成, 因此研究不同饲养方式对藏猪肉品质的影响, 可以为藏猪肉品质调控及改善提供理论基础和技术手段。Enser 等<sup>[1]</sup>发现饲料中亚麻酸和亚油酸的不同比例会影响到猪肉的肉品质和脂肪酸组成, Lu 等<sup>[2]</sup>发现添加了大豆油和亚麻籽油的饮食会影响猪肉的风味, Elmore 等<sup>[3]</sup>也发现在用青贮饲料和谷物饲料喂养的

公牛肉中, 主要挥发性化合物存在明显的差异。然而, 目前鲜有涉及天然放养和猪舍饲养方式下藏猪肉在营养及风味品质上的差异, 以及饲料中油脂强化对其影响的研究, 因此有必要进一步研究不同饲养方式对藏猪肉营养成分、脂肪酸组成及挥发性风味化合物的影响。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与仪器

脂肪酸甲酯 (FAME) 标准品: C10:0、C12:0、C14:0、C16:0、C18:0、C20:0、C16:1、C18:1n-7、C18:1n-9、C20:1、C18:2n-6、C20:2n-6、C20:3n-6、C20:4n-6、C18:3n-3、C20:5n-3、C22:6n-3, 以上 FAME 标准品均购自美国 NU-CHEK 公司。

收稿日期: 2010-11-16

基金项目: 国家现代农业产业技术体系 (nycytx-38) 资助项目

作者简介: 孙志昶 (1987—), 男, 甘肃兰州人, 硕士研究生, 研究方向为营养与食品卫生。E-mail: 371137837@qq.com

\* 通讯作者: 韩玲, 教授, 博士生导师, E-mail: hanl@gsau.edu.cn

手动固相微萃取 (SPME) 进样器, 规格为 50/30  $\mu\text{m}$  DVB/CAR/PDMS, 美国 SUPELCO 公司; Clarus 500 气相色谱仪, 美国 PE 公司; Turbo-mass-Autosystem XL 气相色谱 - 质谱联用仪 (GC-MS), 配有电子轰击离子源 (EI) 及 TuborMass 4.1.1 数据处理系统, 美国 PE 公司; AA-6800 型原子吸收分光光度计, 北京海光公司; DS-II 电热三用水箱, 北京市医疗设备厂。

## 1.2 试验设计与饲养管理

从甘南藏族自治州夏河县博拉乡养猪场的 29 窝的藏猪仔中, 选取 48 头公猪仔, 随机分为 4 个组。天然放养组 (I 组): 以野生蕨麻和苜蓿为主要食

物, 放养地点为夏河县博拉乡当地的野生牧场, 放养时间在 3 月底至 9 月初, 正值植物生长茂盛、野外食源充足的时期; 基础饲粮组 (II 组): 饲喂基础饲粮; 基础饲粮 + 葵花籽油组 (III 组): 富含亚油酸, 在基础饲粮中添加 3% 的葵花油; 基础饲粮 + 鱼油组 (IV 组): 富含二十碳五烯酸 (EPA) 和二十二碳六烯酸 (DHA), 在基础饲粮中添加 3% 的鱼油。其中 3 个舍饲组 (II、III、IV 组) 的试验饲粮组成见表 1。III 组和 IV 组添加油脂后, 除能量外, 其余营养水平与基础饲粮相近, 各组饲粮营养水平见表 2。3 个舍饲组均为同圈饲养, 各组均于 40 日龄后断奶, 断奶后再饲养 5 个月结束。

表 1 试验饲粮组成 (风干基础)

Table 1 Composition of the trial diets (air-dry basis)

%

项目 Items	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
原料 Ingredients			
玉米 Corn	49.0	47.0	47.0
豆粕 Soybean meal	24.0	25.0	25.0
青稞 Highland barley	20.0	18.0	18.0
麸皮 Wheat bran	3.0	3.0	3.0
鱼油 Fish oil			3.0
葵花籽油 Sunflower seed oil		3.0	
磷酸氢钙 $\text{CaHPO}_4$	1.2	1.2	1.2
石灰石 Limestone	1.2	1.2	1.2
食盐 NaCl	0.4	0.4	0.4
L-赖氨酸盐酸盐 L-lysine · HCl	0.2	0.2	0.2
预混料 Premix	1.0	1.0	1.0
合计 Total	100.0	100.0	100.0

每千克预混料中含有 Premix provided the following per kilogram of diet: Fe (as ferrous sulfate) 100 mg, Cu (as copper sulfate) 20 mg, Zn (as zinc sulfate) 100 mg, Mn 25 mg, VA 10 000 IU, VD<sub>3</sub> 1 000 IU, VE 100 IU, VB<sub>12</sub> 0.02 mg, 核黄素 riboflavin 3 mg, 烟酸 nicotinic acid 25 mg, D-泛酸 D-pantothenic acid 6 mg, 生物素 biotin 0.1 mg, 胆碱 choline 500 mg.

表 2 各组饲粮营养水平 (风干基础)

Table 2 Nutrient levels of the diets in the four groups (air-dry basis)

项目 Items	I 组 Group I		II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
	蕨麻 <i>P. anserina. L</i>	苜蓿 Alfalfa			
粗蛋白质 CP/(g/kg)	32.0	39.0	159.9	160.0	160.0
粗脂肪 EE/(g/kg)	10.0	10.0	22.7	51.9	51.9
粗纤维 CF/(g/kg)	7.0	21.0	106.4	102.6	102.6
粗灰分 Ash/(g/kg)	33.0	24.0	22.8	22.7	22.7
维生素 A Vitamin A/( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )			45.6	42.0	42.0
维生素 B <sub>1</sub> Vitamin B <sub>1</sub> /(mg/kg)	0.20	1.00	2.29	2.21	2.21
维生素 B <sub>2</sub> Vitamin B <sub>2</sub> /(mg/kg)	0.60	7.30	2.17	2.09	2.09
钙 Ca/(mg/kg)	1 920.00	710.00	1 262.80	1 220.06	1 220.06
磷 P/(mg/kg)	620.00	780.00	1 714.60	1 696.50	1 696.50
铁 Fe/(mg/kg)	30.00	9.00	16.67	16.94	16.94
锌 Zn/(mg/kg)	17.70	20.10	17.80	17.49	17.49
消化能 DE/(MJ/kg)	14.36	2.51	13.22	13.96	13.96

### 1.3 营养成分测定

水分参照 GB/T 5009.3—2003 直接干燥法测定;粗脂肪参照 GB/T 5009.6—2003 索氏抽提法测定;粗灰分参照 GB/T 5009.4—2003 灼烧重量法测定;粗蛋白质参照 GB/T 5009.5—2003 凯氏定氮法测定;钙、铁、锌、镁分别参照 GB/T 9695.13—2009、GB/T 9695.3—2009、GB/T 9695.20—2008、GB/T 9695.21—2008 原子吸收光谱法测定。

### 1.4 脂肪酸组成测定

脂肪酸测定方法参照 Teye 等<sup>[4]</sup>的方法进行。取猪的背最长肌(longissimus dorsi, LD),修剪去掉结缔组织和脂肪组织,捣碎后称取 1 g 肉样,用 6 mL 5 mol/L 的 KOH 甲醇溶液(含 0.1% 对苯二酚作为抗氧化剂)在 60 °C 下水解 2 h,水解前加入浓度为 1.5 mg/g 鲜肉样的 C21:0 作为内标物。水解结束后加入蒸馏水,并用石油醚萃取水解液中的非皂化脂类,并弃去。水解产物用 3 mL 10 mol/L 的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液酸化。每次用 5 mL 的石油醚,分 3 次提取脂肪酸。用重氮甲烷乙醚溶液对所得脂肪酸进行甲酯化,然后用气相色谱对其进行分析。

色谱柱为 SGE-FFAP 型毛细管色谱柱(50 m × 250 μm, 0.25 μm),载气为氮气,流速为 1.1 mL/min,氢气和空气为燃气,流速分别为 40 和 450 mL/min,分流式进样,分流比为 50:1,进样口温度为 220 °C,氢火焰离子检测器(FID)检测温度为 250 °C。采用程序升温,初温 45 °C,保持 3 min,以 13 °C/min 升温至 175 °C,保持 27 min,再以 4 °C/min 升温至 215 °C,保持 5 min。

以 FAME 标准品的保留时间进行定性分析,以内标物和峰面积归一化法进行定量分析。脂肪酸的总含量以 mg/g 鲜肉样计,各脂肪酸含量以其总脂

肪酸中的百分比计。

### 1.5 挥发性化合物测定

取 50 g 肉样,切成 1 cm 见方肉丁,置于 150 mL 具塞玻璃瓶中,加入 10 g NaCl,在 90 °C 水浴锅中加热 60 min 充分熟制。在 60 °C 恒温条件下,用手动 SPME 进样器吸附 30 min,之后进行 GC-MS 分析。

色谱条件:采用 OV1701 色谱柱(50 m × 0.2 mm, 0.33 μm),升温程序:50 °C 保持 2 min,以 3 °C/min 升至 225 °C,保持 1 min;氮载气流速 0.8 mL/min,不分流进样,20 min 后打开分流阀,分流比 20:1。质谱条件:电子轰击离子源,电子能量 70 eV;离子源温度 200 °C,扫描范围  $m/z$  10~400。

使用 TurboMass 4.1.1 数据处理系统,对结果进行分析,通过对比系统自带的 NBS、Nist 等数据库进行人工解析,将各色谱峰所得质谱图与标准数据库进行比对,根据匹配度鉴定各挥发性化合物。并用峰面积归一化法计算出各挥发性成分的相对含量。

### 1.6 数据处理

数据处理与分析采用 SPSS 17.0 的均值比较进行,多重分析的两两比较以 SNK 法和 Duncan 氏法进行,两两比较的结果以肩注形式标出。

## 2 结果

### 2.1 不同饲养方式下甘南藏猪的生长性能和屠宰性能

4 个饲养组藏猪的结束平均体重为 15.68 kg,由表 3 可知,各组的平均日增重、采食量及饲料转化率无显著差异( $P > 0.05$ )。

表 3 猪的生长性能  
Table 3 Growth performance of pigs

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
结束体重 Final body weight/kg	15.13	15.46	16.16	15.98
平均日增重 Average daily gain/(g/d)	78.00	81.00	80.00	80.00
采食量 Feed intake/(g/d)		1.65	1.71	1.83
饲料转化率 Feed conversion ratio		20.37	21.38	22.88

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著( $P < 0.01$ ),相同字母或无字母表示差异不显著( $P > 0.05$ )。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), with different capital letter superscripts mean extremely significant difference ( $P < 0.01$ ), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ( $P > 0.05$ ). The same as below.

4 种不同饲养方式下,甘南藏猪的屠宰性能如表 4 所示,结果显示不同饲养方式下其屠宰性能没有显著差异( $P > 0.05$ )。

表 4 猪的屠宰性能

Table 4 Slaughter performance of pigs

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
屠宰重 Slaughter weight/kg	15.18	15.52	16.20	16.07
胴体重 Carcass weight/kg	8.67	8.77	9.21	9.16
屠宰率 Dressing percentage/%	57.12	56.53	56.87	57.01
净肉率 Neat percentage/%	40.01	40.72	40.32	40.55

## 2.2 不同饲养方式下藏猪肉的营养成分

藏猪肉在 4 种饲养方式下的粗蛋白质、粗脂肪、水分、粗灰分以及矿物质含量如表 5 所示。通过多重比较发现,4 个饲养组藏猪肉的粗灰分没有显著差异( $P > 0.05$ ); I 组藏猪肉的粗蛋白质含量显著低于其他 3 组( $P < 0.05$ ),粗脂肪含量显著低于 III、IV 组( $P < 0.01$ ),水分含量却显著高于其他 3 组( $P < 0.05$ )。对于 3 个舍饲组而言,II、III、IV 组的

猪肉在粗蛋白质和水分含量上均无显著差异( $P > 0.05$ )。粗脂肪含量如表注中所述,SNK 分析法得出 3 组差异不显著的结果( $P > 0.05$ ),而 Duncan 氏法得出 III、IV 组显著高于 II 组( $P < 0.05$ ),鉴于 SNK 法在进行多均值两两比较的最常用方法,且敏感度适中,因此本试验以 SNK 法为最终结果。4 组藏猪肉的矿物质含量差异均不显著( $P > 0.05$ )。

表 5 猪肉的营养成分

Table 5 Nutrient composition of pork

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
粗蛋白质 CP/(mg/g)	199.7 <sup>b</sup>	224.5 <sup>a</sup>	221.7 <sup>a</sup>	221.1 <sup>a</sup>
粗脂肪 EE/(mg/g)	20.8 <sup>b</sup>	22.1 <sup>AB</sup>	26.1 <sup>A</sup>	27.9 <sup>A</sup>
水分 Moisture/(mg/g)	760.5 <sup>a</sup>	733.8 <sup>b</sup>	732.8 <sup>b</sup>	731.1 <sup>b</sup>
粗灰分 Ash/(mg/g)	10.9	11.1	11.0	11.3
铁 Fe/(mg/kg)	10.91	10.34	10.93	10.64
锌 Zn/(mg/kg)	9.76	10.41	10.23	10.43
钙 Ca/(mg/kg)	35.05	33.32	32.95	32.88
镁 Mg/(mg/kg)	22.03	20.83	21.50	20.98

表中粗脂肪统计结果为 SNK 法,Duncan 氏法所得结果为 I 组<sup>b</sup>、II 组<sup>b</sup>、III 组<sup>a</sup>、IV 组<sup>a</sup>。The statistical result by SNK of EE is listed in the table, and the statistical result by Duncan is I<sup>b</sup>, II<sup>b</sup>, III<sup>a</sup>, IV<sup>a</sup>。

## 2.3 不同饲养方式下藏猪肉的脂肪酸组成

4 个饲养组藏猪肉的脂肪酸组成如表 6 所示,脂肪酸总含量在 18.46 至 21.31 mg/g 之间,且差异不显著( $P > 0.05$ )。在 4 组藏猪肉中共发现了 16 种脂肪酸,其中 C16:0(棕榈酸)、C18:0(硬脂酸)、C18:1n-9(油酸)、C18:2n-6(亚油酸)、C20:4n-6(花生四烯酸)是相对含量最高的 5 种,各饲养组中它们的总相对含量约为 90%。相对含量最高的是 C18:1n-9,各组总平均含量高达 36.64%,其在 II 组中含量最高,显著高于 III、IV 组( $P < 0.01$ );C18:2

n-6 在 III 组中含量最高( $P < 0.01$ );C16:0 和 C18:0 在各饲养组中差异不显著。

## 2.4 不同饲养方式下藏猪肉的挥发性化合物

由表 7 可见,4 个饲养组藏猪肉中共鉴定出 44 种挥发性化合物。这些物质涵盖了烃类、醛类等 8 个种类,其中含量差异最大的是辛烷、壬烷、癸烷、己醛、壬醛、癸醛,4 个饲养组之间挥发性化合物的差异主要在烃类及醛类物质上。而由于脂肪族直链烃类对肉类风味的贡献通常不大,所以 4 种藏猪肉挥发性风味化合物的差异主要体现在醛类物质上。

表 6 猪肉的脂肪酸组成  
Table 6 Fatty acid composition of pork

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
饱和脂肪酸 SFA	42.37 <sup>A</sup>	39.48 <sup>BC</sup>	38.27 <sup>C</sup>	40.87 <sup>B</sup>
C12:0	0.89 <sup>b</sup>	1.30 <sup>a</sup>	0.78 <sup>b</sup>	0.81 <sup>b</sup>
C14:0	1.23 <sup>ab</sup>	1.64 <sup>a</sup>	1.07 <sup>b</sup>	1.25 <sup>ab</sup>
C16:0	22.62	20.62	20.58	21.81
C18:0	17.22	15.06	15.85	16.62
C20:0	0.42 <sup>B</sup>	0.86 <sup>A</sup>	—	0.38 <sup>C</sup>
单不饱和脂肪酸 MUFA	42.02 <sup>AB</sup>	44.60 <sup>A</sup>	41.23 <sup>B</sup>	42.41 <sup>AB</sup>
C16:1	2.53	2.40	2.62	2.73
C18:1n-7	2.09	2.33	2.18	2.39
C18:1n-9	36.40 <sup>AB</sup>	39.05 <sup>A</sup>	35.21 <sup>B</sup>	35.89 <sup>B</sup>
C20:1	1.01 <sup>AB</sup>	0.82 <sup>B</sup>	1.23 <sup>A</sup>	1.41 <sup>A</sup>
多不饱和脂肪酸 PUFA	15.61 <sup>B</sup>	15.93 <sup>B</sup>	20.49 <sup>A</sup>	16.71 <sup>B</sup>
n-6	13.80 <sup>B</sup>	15.43 <sup>B</sup>	19.86 <sup>A</sup>	14.37 <sup>B</sup>
C18:2n-6	10.14 <sup>C</sup>	13.09 <sup>B</sup>	16.44 <sup>A</sup>	10.74 <sup>C</sup>
C20:2n-6	0.25 <sup>B</sup>	0.34 <sup>A</sup>	0.41 <sup>AB</sup>	0.28 <sup>B</sup>
C20:3n-6	0.45	—	—	—
C20:4n-6	2.95 <sup>A</sup>	2.00 <sup>B</sup>	3.01 <sup>A</sup>	3.35 <sup>A</sup>
n-3	1.81 <sup>A</sup>	0.49 <sup>B</sup>	0.63 <sup>B</sup>	2.34 <sup>A</sup>
C18:3n-3	1.12 <sup>A</sup>	0.38 <sup>B</sup>	0.41 <sup>B</sup>	1.31 <sup>A</sup>
C20:5n-3	0.41 <sup>A</sup>	0.11 <sup>B</sup>	0.12 <sup>B</sup>	0.62 <sup>A</sup>
C22:6n-3	0.28 <sup>B</sup>	—	0.10 <sup>C</sup>	0.41 <sup>A</sup>
脂肪酸总含量 Total FA/(mg/g)	18.58	18.46	21.31	21.26
多不饱和脂肪酸:饱和脂肪酸 P/S	0.37 <sup>B</sup>	0.40 <sup>B</sup>	0.54 <sup>a</sup>	0.41 <sup>B</sup>
n-6/n-3	7.62 <sup>b</sup>	31.29 <sup>a</sup>	31.57 <sup>a</sup>	6.13 <sup>b</sup>
C18:2/C18:3	9.06 <sup>b</sup>	34.61 <sup>a</sup>	40.28 <sup>a</sup>	8.21 <sup>b</sup>
C20:4/C20:5	7.12 <sup>BC</sup>	17.42 <sup>AB</sup>	24.13 <sup>A</sup>	5.37 <sup>C</sup>

### 3 讨论

#### 3.1 不同饲养方式对藏猪肉营养成分的影响

通过比较 4 组藏猪主要食物的营养成分,可以发现 3 个舍饲组的饲料中粗蛋白质含量比天然牧场中的野生蕨麻和苜蓿高出了大约 3 倍,而在其相应的藏猪肉中,3 个舍饲组的粗蛋白质含量平均比天然放养组高出 22.7 mg/g。这说明藏猪肉的粗蛋白质含量和其食物中的蛋白质有着密切关系。

然而,藏猪食物中的粗脂肪含量却没能对其肉中的粗脂肪含量产生影响,根据 SNK 法的分析,Ⅲ组和Ⅳ组藏猪肉脂肪含量和Ⅱ组差异不显著,而在相应的饲料中,Ⅲ组和Ⅳ组的粗脂肪含量约为Ⅱ组的 2 倍。这是因为动物的脂肪并不完全直接来源于食物,糖代谢过程中的乙酰也可以参与体内脂肪的合成,因此作为动物储存能量主要方式的脂肪沉积

并不完全受到食物中脂肪含量的影响<sup>[5]</sup>。

对于Ⅲ组和Ⅳ组而言,饲料中脂肪类型的差异对藏猪肉营养成分没有影响,2 组中粗蛋白质、粗脂肪、水分、粗灰分的相对误差分别为 0.3%、6.4%、0.2%、2.7%。Corino 等<sup>[6]</sup>在分析共轭亚油酸饮食对猪肉品质影响时也得到了类似结果,他们发现在饲料中脂肪含量相同而脂肪酸组成不同的情况下,猪肉化学成分最大相对误差仅为 3%。

Ⅰ组藏猪肉的屠宰率和净肉率与 3 个舍饲组差异不显著,这一点不符合消费者对放养动物认识。普通消费者通常认为放养动物运动量大,肌肉锻炼得更多,因而肉中的粗蛋白质含量应该更多,精瘦肉也应该更多。不过正如 Lopez-Bote 等<sup>[7]</sup>所提及的那样,正是因为放养动物运动量大,消耗的营养更多,从而没有积累下更多的营养物质。Gentry 等<sup>[8]</sup>也发现放养动物的觅食活动并没有使其肉质变得更好。

表 7 猪肉的挥发性化合物  
Table 7 Volatile compounds of pork

%

项目 Items	I 组 Group I	II 组 Group II	III 组 Group III	IV 组 Group IV
烃类 Hydrocarbon	63.61 <sup>a</sup>	39.53 <sup>b</sup>	26.02 <sup>c</sup>	29.77 <sup>bc</sup>
庚烷 Heptane	0.71	0.85	0.99	0.90
辛烷 Octane	16.01 <sup>A</sup>	3.28 <sup>B</sup>	2.25 <sup>B</sup>	4.36 <sup>B</sup>
壬烷 Nonane	15.03 <sup>A</sup>	7.34 <sup>B</sup>	3.17 <sup>B</sup>	4.22 <sup>B</sup>
癸烷 Decane	5.67 <sup>A</sup>	0.85 <sup>B</sup>	0.99 <sup>B</sup>	0.90 <sup>B</sup>
十二烷 Dodecane	2.25 <sup>B</sup>	8.64 <sup>A</sup>	2.36 <sup>B</sup>	2.15 <sup>B</sup>
十四烷 Tetradecane	3.63	2.90	3.11	3.41
十六烷 Hexadecane	3.30	3.89	2.94	3.60
十八烷 Octadecane	1.26	1.74	1.12	1.18
植物烷 Phytane	7.34 <sup>a</sup>	4.97 <sup>b</sup>	4.28 <sup>b</sup>	4.59 <sup>b</sup>
植物-1-烯 Phyt-1-ene	4.06 <sup>A</sup>	2.31 <sup>B</sup>	2.13 <sup>B</sup>	1.97 <sup>B</sup>
植物-2-烯 Phyt-2-ene	4.35 <sup>A</sup>	2.75 <sup>B</sup>	2.68 <sup>B</sup>	2.49 <sup>B</sup>
醛类 Aldehyde	19.01 <sup>C</sup>	38.98 <sup>B</sup>	51.67 <sup>A</sup>	47.05 <sup>AB</sup>
己醛 Hexanal	3.36 <sup>C</sup>	13.24 <sup>B</sup>	19.66 <sup>A</sup>	9.88 <sup>B</sup>
庚醛 Heptanal	1.12 <sup>C</sup>	3.67 <sup>AB</sup>	4.38 <sup>A</sup>	2.88 <sup>B</sup>
辛醛 Octanal	1.92 <sup>B</sup>	3.97 <sup>A</sup>	5.07 <sup>A</sup>	5.19 <sup>A</sup>
壬醛 Nonanal	1.65 <sup>D</sup>	3.48 <sup>C</sup>	5.13 <sup>B</sup>	7.04 <sup>A</sup>
癸醛 Decanal	5.14 <sup>B</sup>	9.15 <sup>A</sup>	9.06 <sup>A</sup>	12.02 <sup>A</sup>
异戊醛 Isovaleraldehyde	0.41	0.41	0.38	0.40
苯甲醛 Benzaldehyde	3.50 <sup>B</sup>	2.12 <sup>C</sup>	3.00 <sup>BC</sup>	5.10 <sup>A</sup>
2-己烯醛 2-hexenal	0.59 <sup>AB</sup>	0.35 <sup>B</sup>	0.39 <sup>B</sup>	0.94 <sup>A</sup>
2-乙基苯甲醛 2-ethylbenzaldehyde	0.32 <sup>AB</sup>	0.20 <sup>B</sup>	0.22 <sup>B</sup>	0.65 <sup>A</sup>
反-2-辛烯醛 <i>Trans</i> -2-octenal	0.24 <sup>C</sup>	0.67 <sup>BC</sup>	1.34 <sup>A</sup>	0.92 <sup>AB</sup>
反-2-壬烯醛 <i>Trans</i> -2-nonenal	0.37 <sup>C</sup>	0.91 <sup>B</sup>	1.61 <sup>B</sup>	1.07 <sup>A</sup>
2,4-癸二烯醛 2,4-decadienal	0.41	0.81	1.44	0.96
醇类 Alcohol	5.79	5.63	6.27	6.48
正己醇 Hexanol	0.47 <sup>B</sup>	0.87 <sup>AB</sup>	0.98 <sup>A</sup>	0.76 <sup>AB</sup>
1-辛烯-3-醇 1-octene-3-ol	0.89 <sup>b</sup>	1.36 <sup>a</sup>	1.51 <sup>a</sup>	1.26 <sup>a</sup>
反-2-辛烯-1-醇 <i>Trans</i> -2-octen-1-ol	0.21 <sup>B</sup>	0.68 <sup>AB</sup>	1.01 <sup>A</sup>	0.44 <sup>B</sup>
1-戊烯-3-醇 1-pentene-3-ol	0.88 <sup>AB</sup>	0.40 <sup>B</sup>	0.55 <sup>B</sup>	1.36 <sup>A</sup>
植物-2-醇 Phyt-2-ol	3.33 <sup>A</sup>	2.31 <sup>B</sup>	2.23 <sup>B</sup>	2.67 <sup>B</sup>
酮类 Ketone	2.01	2.80	2.60	2.39
丁二酮 Butanedione	0.22	0.20	0.18	0.22
3-羟基-2-丁酮 3-hydroxy-2-butanone	0.57	0.77	0.80	0.73
2-庚酮 2-heptanone	0.62 <sup>b</sup>	1.01 <sup>a</sup>	1.02 <sup>a</sup>	0.66 <sup>b</sup>
2,3-辛二酮 2,3-octanedione	0.43	0.63	0.44	0.56
2-癸酮 2-decanone	0.17	0.20	0.16	0.23
酸类 Acid	4.21	5.41	5.47	6.34
辛酸 Octanoic acid	3.51	3.61	3.43	4.02
壬酸 Nonanoic acid	0.70 <sup>A</sup>	1.80 <sup>B</sup>	2.03 <sup>B</sup>	2.32 <sup>B</sup>
杂环化合物 Heterocyclic compound	1.89 <sup>b</sup>	1.89 <sup>b</sup>	2.70 <sup>a</sup>	2.99 <sup>a</sup>
2-乙基呋喃 2-ethylfuran	0.96 <sup>C</sup>	0.59 <sup>BC</sup>	0.81 <sup>AB</sup>	1.33 <sup>AB</sup>
2-戊基呋喃 2-pentylfuran	0.55 <sup>C</sup>	0.91 <sup>BC</sup>	1.48 <sup>A</sup>	1.21 <sup>AB</sup>
2-乙基-5-甲基吡嗪 2-ethyl-5-methylpyrazine	0.39	0.38	0.41	0.45
芳香族化合物 Aromatic compound	2.03	2.13	2.43	2.35
甲苯 Methylbenzene	0.70	0.63	0.95	0.79
对二甲苯 Paraxylene	0.49	0.64	0.82	0.56
1-甲基萘 1-methylnaphthalene	0.84	0.86	0.65	0.99
含硫化合物 Sulphocompound	1.46 <sup>B</sup>	3.63 <sup>A</sup>	2.84 <sup>A</sup>	2.62 <sup>A</sup>
甲硫基丙醛 Methylthiopropional	0.41 <sup>b</sup>	0.88 <sup>a</sup>	0.68 <sup>a</sup>	0.77 <sup>a</sup>
苯并噻唑 Benzothiazole	0.54 <sup>c</sup>	1.34 <sup>a</sup>	1.05 <sup>b</sup>	0.88 <sup>b</sup>
2-己基-5-甲基噻唑 2-hexyl-5-methylthiazole	0.51 <sup>c</sup>	1.41 <sup>a</sup>	1.11 <sup>b</sup>	0.96 <sup>b</sup>
亚油酸氧化产物 Products of linoleic acid oxidation	8.66 <sup>c</sup>	24.76 <sup>b</sup>	34.86 <sup>a</sup>	20.59 <sup>b</sup>
亚麻酸氧化产物 Products of linolenic acid oxidation	6.24 <sup>b</sup>	3.67 <sup>c</sup>	4.97 <sup>bc</sup>	9.37 <sup>a</sup>

### 3.2 不同饲养方式对藏猪肉脂肪酸组成的影响

本试验结果显示, II组的 C18:1n-9 含量显著高于葵花籽油强化的 III组;而 III组的 C18:2n-6 含量显著高于 II组。这一趋势与 Della 等<sup>[9]</sup>的结果相似,他们发现如果饲料中亚油酸含量增加,相应猪肉中亚油酸含量会增加,油酸含量会下降。而 Mas 等<sup>[10]</sup>还发现如果饲料中的油酸含量偏高,就会产生相反的趋势。本研究中,不同饲养方式对 C16:0 和 C18:0 含量没有影响。类似的情况在 Teye 等<sup>[4]</sup>的研究中也出现过,他们发现不同的油脂强化,不会引起这 2 种饱和脂肪酸的差异。藏猪肉脂肪酸组成的差异主要表现在油酸和亚油酸身上。亚油酸上的巨大差异也使得 III组藏猪肉中的多不饱和脂肪酸(PUFA)含量显著高于其他 3 组。

多不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比率(P/S)及 n-6 系列脂肪酸与 n-3 系列脂肪酸的比率(n-6/n-3)都是在 III组藏猪肉中最高, III组的 P/S 比率约是其他组的 1.5 倍左右, n-6/n-3 的比率约是 II组和 IV组的 5 倍。2 个比率较高与其亚油酸相应的高含量有关,而这很可能就来自于 III组饲料中富含亚油酸的葵花籽油。

II组的 n-6/n-3 比率和 C18:2/C18:3 比率都显著高于 I组。II组藏猪肉的 C18:2n-6 含量是 I组的 1.3 倍,而 I组的 C18:3n-3 含量则是 II组的 3 倍。这种放养动物和圈养动物肉之间的脂肪酸组成差异还出现在牛身上, Garcia 等<sup>[11]</sup>发现,随着牛放牧程度的降低,牛肉中 C18:2n-6 含量会增加而 C18:3n-3 含量会下降,从而引起类似的 n-6/n-3 和 C18:2/C18:3 变化,这可能是因为天然牧草和野生苜蓿中含有较高的亚麻酸<sup>[6]</sup>。可见,放养和舍饲对藏猪肉脂肪酸组成影响的差异主要体现在对 C18:2n-6 和 C18:3n-3 含量的影响上。

对于 III组和 IV组而言, P/S、n-6/n-3、C18:2/C18:3、C20:4/C20:5 这 4 个比率在 III组中都显著高于 IV组。虽然 IV组的 EPA 和 DHA 的含量分别约为 III组的 5 倍和 4 倍,但由于含量本身不高,未能对 PUFA 总含量产生较大影响。可见在饲料中添加葵花籽油比添加鱼油更易提高藏猪肉中的多不饱和脂肪酸比例,但付出的代价却是 n-3 系列脂肪酸比例的下降。Mithaiothai 等<sup>[12]</sup>也发现,相比于在饲料中添加动物性油脂而言,植物性油脂在提高 PUFA 比例方面更为有效,但却使 n-3 系列脂肪酸的比例下降。因此从这一点来讲,很有必要结合植物性油脂

和动物性油脂各自的特性,合理改善藏猪肉的脂肪酸组成。

### 3.3 不同饲养方式对藏猪肉挥发性化合物的影响

根据 Calkins 等<sup>[13]</sup>的综述,全部 44 种挥发性化合物中,有 5 种美拉德反应产物:甲硫基丙醛、苯并噻唑、异戊醛、丁二酮、3-羟基-2-丁酮。甲硫基丙醛和苯并噻唑在 3 个舍饲组中的含量显著高于 I组,舍饲的平均含量约为放养的 2 倍。甲硫基丙醛具有肉香及肉汤风味<sup>[13]</sup>,而苯并噻唑具有炖肉味、肉汤味及烧烤味<sup>[14]</sup>。这 2 种含硫化合物的含量虽然不高,但其极低的阈值很可能引起肉香风味的明显差异。

醛类物质共 12 种,除异戊醛来自于美拉德反应中氨基酸的 Strecker 降解,其余均来自脂质氧化<sup>[13]</sup>,己醛在 III组中含量最高,约为 I组的 5 倍,同时也显著高于 II组和 IV组,这 5 种醛在 3 个舍饲组中的含量明显高于天然放养的 I组。Tikk 等<sup>[15]</sup>发现熟猪肉中的己醛和壬醛与“过热味”有关,因此舍饲藏猪很可能比放养藏猪具有更强烈的脂肪氧化风味。

3 个舍饲组中的 1-辛烯-3-醇含量显著高于放养组。O'Sullivan 等<sup>[16]</sup>已经证实 1-辛烯-3-醇可以用作猪肉氧化程度的指标。放养藏猪肉的脂肪氧化没有这么强,可能是因为所食用的青绿草料中含有更多的天然抗氧化成分,从而抑制了其肉中脂质氧化<sup>[17]</sup>。

此外还有 4 种萜类化合物,分别是植物烷、植物-1-烯、植物-2-烯、植物-2-醇,这些物质与上述的脂肪氧化醛类产物相反,其在天然放养的 I组藏猪肉中含量显著高于 3 个舍饲组,其含量都在舍饲组的 2 倍左右。萜类物质几乎全部由植物界来合成,其在肉中含量可以反映出动物放养的程度<sup>[18]</sup>。Schreurs 等<sup>[19]</sup>指出来自草料的挥发性化合物会使得肉品具有一种草样的风味(放牧风味或田园风味),这种风味会使得肉品更不易被消费者所接受。因而放养藏猪肉很可能更易受到草样风味的不良影响。

根据 Elmore 等<sup>[20]</sup>的研究,所有挥发性化合物当中,正己醇、1-辛烯-3-醇、反-2-辛烯-1-醇、己醛、庚醛、反-2-辛烯醛、反-2-壬烯醛、2,4-癸二烯醛、2-庚酮、2,3-辛二酮、2-戊基呋喃来自亚油酸的分解;1-戊烯-3-醇、苯甲醛、2-己烯醛、2-乙基苯甲醛、2-乙基呋喃来自

亚麻酸的分解。Ⅲ组的亚油酸氧化产物含量最高,Ⅰ组最低;而对于亚麻酸产物而言,则是Ⅳ组最高,Ⅱ组最低。这个结果与各组藏猪肉中亚油酸和亚麻酸含量差异基本一致。

总体看来,以基础饲料舍饲的方式会增加藏猪肉挥发性化合物中的脂肪氧化产物的含量,而对猪的饲料进行油脂强化更会进一步增加藏猪肉挥发性化合物中的脂肪氧化产物的含量,强化油脂的种类会直接影响到脂肪氧化产物的类型。

## 4 结 论

① 天然放养的饲养方式会使得藏猪肉的蛋白和脂肪含量降低,舍饲方式中是否添加油脂以及添加油脂的种类不会对藏猪肉的营养成分产生影响。

② 饲养方式不会对脂肪酸总量产生影响,基础饲料饲养会提高藏猪肉中 C18:2n-6 含量,却降低 C18:3n-3 含量;葵花籽油强化可以显著提高藏猪肉中的 PUFA 比例,鱼油强化可显著提高 EPA 和 DHA 含量。

③ 通过基础饲料的猪舍饲养可显著提高甲硫基丙醛含量(肉香风味),并减少来自牧草中的萜类化合物,同时也增加了己醛、庚醛、等来自脂肪氧化反应的挥发性化合物,油脂强化会增强这一趋势,所强化油脂的种类会直接影响到脂肪氧化产物的类型。

## 参考文献:

[ 1 ] ENSER M, RICHARDSON R I, WOOD J D, et al. Feeding linseed to increase the n-3 PUFA of pork: fatty acid composition of muscle, adipose tissue, liver and sausages [J]. *Meat Science*, 2000, 55:201 - 212.

[ 2 ] LU P, ZHANG L Y, YIN J D, et al. Effects of soybean oil and linseed oil on fatty acid compositions of muscle lipids and cooked pork flavour [J]. *Meat Science*, 2008, 80:910 - 918.

[ 3 ] ELMORE J S, WARREN H E, MOTTRAM D S, et al. A comparison of the aroma volatiles and fatty acid compositions of grilled beef muscle from Aberdeen Angus and Holstein-Friesian steers fed diets based on silage or concentrates [J]. *Meat Science*, 2004, 68 (1):27 - 33.

[ 4 ] TEYE G A, SHEARD P R, WHITTINGTON F M,

et al. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality [J]. *Meat Science*, 2006, 73:157 - 165.

[ 5 ] CORINO C, MUSELLA M, PASTORELLI G, et al. Influences of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and total lysine content on growth, carcass characteristics and meat quality of heavy pigs [J]. *Meat Science*, 2008, 79:307 - 316.

[ 6 ] WOOD J D, ENSER M, FISHER A V, et al. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review [J]. *Meat Science*, 2008, 78:343 - 358.

[ 7 ] LOPEZ-BOTE C J, TOLDRÁ B F, DAZA A, et al. Influences of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and total lysine content on growth, carcass characteristics and meat quality of heavy pigs [J]. *Meat Science*, 2008, 79:307 - 316.

[ 8 ] GENTRY J G, MCGLONE J J, BLANTON J R, et al. Impact of spontaneous exercise on performance, meat quality, and muscle fiber characteristics of growing/finishing pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2002, 80:2833 - 2839.

[ 9 ] DELLA C G, BOCHICCHIO D, FAETI V, et al. Performance and fat quality of heavy pigs fed maize differing in linoleic acid content [J]. *Meat Science*, 2010, 84:152 - 158.

[ 10 ] MAS G, LLAVALL M, COLL D, et al. Carcass and meat quality characteristics and fatty acid composition of tissues from Pietrain-crossed barrows and gilts fed an elevated monounsaturated fat diet [J]. *Meat Science*, 2010, 85:707 - 714.

[ 11 ] GARCIA P T, PENSEL N A, SANCHO A M, et al. Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina [J]. *Meat Science*, 2008, 79:500 - 508.

[ 12 ] MITCHAOATHAI J, YUANGKLANG C, WITTAYAKUN S, et al. Effect of dietary fat type on meat quality and fatty acid composition of various tissues in growing-finishing swine [J]. *Meat Science*, 2007, 76:95 - 101.

[ 13 ] CALKINS C R, HODGEN J M. A fresh look at meat flavor [J]. *Meat Science*, 2007, 77:63 - 80.

[ 14 ] XIE J C, SUN B G, ZHENG F P, et al. Volatile flavor constituents in roasted pork of Mini-pig [J]. *Food Chemistry*, 2008, 109:506 - 514.

[ 15 ] TIKK K, HAUGEN J E, ANDERSEN H J, et al. Monitoring of warmed-over flavour in pork using the electronic nose-correlation to sensory attributes and



- secondary lipid oxidation products[J]. *Meat Science*, 2008, 80:1254–1263.
- [16] O'SULLIVAN M G, BYRNE D V, JENSEN M T, et al. A comparison of warmed-over flavour in pork by sensory analysis, GC/MS and the electronic nose [J]. *Meat Science*, 2003, 65:1125–1138.
- [17] ENSER M, HALLETT K, HEWITT B, et al. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail [J]. *Meat Science*, 1996, 42: 443–456.
- [18] VASTA V, PRIOLO A. Ruminant fat volatiles as affected by diet. a review [J]. *Meat Science*, 2006, 73:218–228.
- [19] SCHREURS N M, LANE G A, TAVENDALE M H, et al. Pastoral flavour in meat products from ruminants fed fresh forages and its amelioration by forage condensed tannins [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2008, 146:193–221.
- [20] ELMORE J S, CAMPO M, ENSER M, et al. The effect of lipid composition on meat-like model systems containing cysteine, ribose and polyunsaturated fatty acids[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50:1126–1132.

## Effects of Feeding Systems on Meat Nutrient Contents, Fatty Acid Composition and Volatile Compounds of Tibetan Pigs in *Gannan* Prefecture

SUN Zhichang Li Yongpeng HAN Ling\*

(College of Food Science and Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate the effects of different feeding systems on meat nutrient contents, fatty acid composition and volatile compounds of Tibetan pigs from *Gannan* prefecture. Forty eight pigs were randomly assigned to four diets: pasture grazing group (group I), basal diet group (group II), basal diet with sunflower seed oil group (group III) and basal diet with fish oil group (group IV). Nutrient contents, fatty acid compositions and volatile compounds were determined after slaughter after feeding 6 months. The results showed as follows: 1) compared with group II, III and IV, the CP content of group I was decreased significantly ( $P < 0.05$ ), however, the moisture content was increased significantly ( $P < 0.05$ ), and the ash and mineral contents had no significant difference ( $P > 0.05$ ). 2) The C18:2n-6 content of group I was significantly higher than that of group II and group III ( $P < 0.01$ ), but the C18:3n-3 content of group I was significantly lower than that of group II and group III ( $P < 0.01$ ), the P/S ratio of group III was significantly higher than that of other groups ( $P < 0.01$ ), and the n-3 fatty acid contents of group IV was significantly higher than that of group II and group III ( $P < 0.01$ ). 3) The hydrocarbon content of group I was significantly higher than that of other groups ( $P < 0.05$ ), aldehyde and sulphocompound of group I was significantly lower than that of other groups ( $P < 0.01$ ), but the alcohol, ketone and acid showed no significant difference ( $P > 0.05$ ). These results indicate that pasture grazing has significant effects on nutrient contents of pork from Tibetan pig, but adding oil in basal diet has no significant difference. Different feeding modulus can change the fatty acid compositions of pork from Tibetan pig, as well as the proportion of volatile compounds. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2011, 23(4):686-694]

**Key words:** pork from Tibetan pigs; feeding systems; nutrient contents; fatty acid composition; volatile compounds