



# A Comparative Study on Adipose Tissue of Different Fat-Tailed Sheep

Ren Rui<sup>1</sup>, Cao Xin<sup>2</sup>, A Yimuguli<sup>1</sup>, Dai Hongwei<sup>1</sup>, Xu Hongwei<sup>2,\*</sup>, Zang Rongxin<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>College of Life Science and Engineering, Northwest Minzu University, Lanzhou, China

<sup>2</sup>Experimental Center, Northwest Minzu University, Lanzhou, China

## Email address:

1016902572@qq.com (Ren Rui), 16393213@qq.com (Cao Xin), ayimgul80@qq.com (A Yimuguli), 809894874@qq.com (Dai Hongwei), hongweixu2009@qq.com (Xu Hongwei), rxzang2000@163.com (Zang Rongxin)

\*Corresponding author

## To cite this article:

Ren Rui, Cao Xin, A Yimuguli, Dai Hongwei, Xu Hongwei, Zang Rongxin. A Comparative Study on Adipose Tissue of Different Fat-Tailed Sheep. *Science Discovery*. Vol. 6, No. 3, 2018, pp. 218-223. doi: 10.11648/j.sd.20180603.23

Received: March 26, 2018; Accepted: June 26, 2018; Published: June 27, 2018

**Abstract:** The aim is to understand the structure and composition characteristics of adipose tissue in different fat-tailed sheep, to lay a foundation for the study on the induced deposition of adipose tissue. The number of 6 for each eight-month-old Lanzhou big-tailed sheep, small-tailed Han sheep and Tibetan sheep wether have been selected for the slaughter experiment. Then, the subcutaneous, greater omental, perirenal and caudal fats have been collected for cell morphology studies, while the fat of Lanzhou big-tailed sheep and Tibetan sheep have selected to study composition and content of fatty acid. By comparison: for fat-tailed sheep, the fat is enriched in tail, subcutaneous tissue, and omentum, whereas for less fat-tailed sheep, the fat is enriched in viscera and subcutaneous tissue. The subcutaneous fat of fat-tailed sheep had early maturation, high degree of differentiation, and long growth phase of fat tail. For the less fat-tailed sheep, the subcutaneous fat and perirenal fat type have similar characteristics of differentiation and development, while the tail fat has early maturation. For Lanzhou big-tailed sheep and Tibetan sheep, their major fatty acids have similar characteristics of site distribution.

**Keywords:** Fat Tail Sheep, Adipose Tissue, Morphology, Fatty Acids

## 不同脂尾型绵羊脂肪组织比较研究

任瑞<sup>1</sup>, 曹忻<sup>2</sup>, 阿依木古丽<sup>1</sup>, 戴洪伟<sup>1</sup>, 徐红伟<sup>2,\*</sup>, 臧荣鑫<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>生命科学与工程学院, 西北民族大学, 兰州, 中国

<sup>2</sup>实验中心, 西北民族大学, 兰州, 中国

## 邮箱

1016902572@qq.com (任瑞), 16393213@qq.com (曹忻), ayimgul80@qq.com (阿依木古丽), 809894874@qq.com (戴洪伟), hongweixu2009@qq.com (徐红伟), rxzang2000@163.com (臧荣鑫)

**摘要:**旨在了解不同脂尾型绵羊脂肪组织结构和组成特点,为脂肪组织诱导沉积研究奠定基础。选择8月龄兰州大尾羊、小尾寒羊、藏绵羊羯羊各6只,进行屠宰试验,采集皮下、大网膜、肾周、尾部脂肪进行细胞形态研究,对兰州大尾羊、藏绵羊脂肪进行脂肪酸组成与含量研究。说明,脂尾型绵羊以尾部、皮下、大网膜富集脂肪,而瘦尾型绵羊以内脏、皮下富集脂肪;脂尾型绵羊皮下脂肪发育早,分化程度高,尾脂发育周期长,瘦尾型皮下和肾周脂肪有相似分化发育的特征,同时尾脂成熟早;兰州大尾羊和藏绵羊主要脂肪酸具有相似的部位分布特征。

**关键词:** 脂尾型绵羊、脂肪组织、形态学、脂肪酸

## 1. 引言

脂肪组织是动物体内重要的储能器官，哺乳动物脂肪组织有白色（或黄色）脂肪组织和棕色脂肪组织两种类型。在肉用羊中，脂肪组织在体内分布及脂肪沉积是影响胴体品质和肉质风味的关键因素，而肌内脂肪是影响大理石纹的物质基础，也直接参与肉质嫩度、多汁性和肉品风味的形成[1]，不同品种绵羊体脂分布有很大差异，按照尾脂沉积能力可以将绵羊分为长脂尾型绵羊（兰州大尾羊）、短脂尾型绵羊（小尾寒羊）、瘦短尾羊（藏绵羊）等[2]，兰州大尾羊尾部脂肪占胴体重11.46%[3]，而藏绵羊沉积以内脏脂肪为主，脂尾型绵羊在屠宰过程中尾部脂肪被丢弃，降低了饲料转化率，同时一些具有抗病力强、适应性好的脂尾型品种正在濒临灭绝[4-5]，通过脂肪定向诱导方式提高肌内脂肪，降低皮下和内脏脂肪，改善肉质风味，成为保护利用尾脂型绵羊的有效途径之一。为此，本研究拟采集三种不同脂尾型绵羊脂肪组织，从体脂分布、脂肪细胞形态、脂肪酸组成与含量进行研究，为脂肪组织定向诱导沉积研究奠定基础。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验动物

甘肃省临夏回族自治州永靖县瑞霖农业科技有限公司提供舍饲8月龄兰州大尾羊、小尾寒羊、藏绵羊羯羊各6只。

### 2.2. 饲养管理条件和屠宰时间

表1 试验精料补充饲料配方及营养水平。

	指标	含量
原料	玉米/%	75
	菜籽渣/%	5
	豆粕/%	15
	麸皮/%	5
	预混料/%	5
	合计	100
营养水平	粗蛋白质/%	15.21
	粗脂肪/%	2.38
	消化能/MJ·kg <sup>-1</sup>	20.43
	钙/%	1.73
	总磷/g·d <sup>-1</sup>	0.42

注：每千克预混料中水分7.27%-8.36%，铁3840mg，铜600mg，锌1500mg，锰4000mg，硒50mg，VA150万IU，VD300万IU，VE6000IU。

试验动物分栏舍饲养，空间宽松，设有自动饮水处，圈外设有活动场所，定期使用0.5%强力消毒灵喷洒羊体、羊圈，使用石灰粉对通道、隔离带进行消毒，人员、车辆出入实行强制消毒，羊只定期进行免疫注射（口蹄疫、三联四防疫苗）。

饲养条件良好，精料每天分两次定时饲喂（6:30和14:30），粗饲料为青贮饲料，全天自由采食，参照羔羊

育肥饲养标准7~8月龄的生长发育需要，经该养殖场大型颗粒饲料机械配合生产，精料原料及营养水平见表1

### 2.3. 试验方法

#### 2.3.1. 屠宰测定方法

正常饲喂结束后，所有屠宰羊宰前24h停止饲喂，2h停止饮水，选择健康状况良好，无生理机能紊乱和遗传缺陷的羊，采用切断颈动脉的方法放血致死，人工剥皮，切除头蹄，参照赵有璋羊产肉性能的测定与计算方法测量每只羊的胴体重和不同部位脂肪的重量。

采集腹部皮下、尾部、肾周、大网膜脂肪用锡箔纸包好放入液氮罐中，带回实验室-80℃保存，用于脂肪酸测定研究；另各部位采集2cm<sup>3</sup>大小样品用4%多聚甲醛固定，用于组织学结构研究。

#### 2.3.2. 脂肪组织切片制作

脂肪组织经过冲水、脱水、透明、包埋、切片、摊片、烤片、染色、封片等步骤制作石蜡组织切片，使用CellSens Entry显微镜图像软件测量脂肪细胞的周长，选择切片中具有典型代表性的5个区域，共测量50组细胞大小数据。

#### 2.3.3. 样品脂肪酸组成测定

粗脂肪测定采用索氏提取法，脂肪酸测定参照张明等[6]人方法，气相色谱运行条件：毛细管柱（100m×0.25mm×0.2μm，SPTM-2560），柱头压240KPa，氮气（载气）流速为1.5ml·min<sup>-1</sup>；燃气（氢气）流速为40ml·min<sup>-1</sup>；空气（助燃气）流速为400ml·min<sup>-1</sup>，进样口温度和FID检测器温度均为260℃；分流比100:1，分流流量为150ml·min<sup>-1</sup>；进样量为1μl。用气象色谱对不同脂尾型绵羊不同部位脂肪组织进行检测，每个样品做2个平行，取平均值为该样品的检测结果，根据脂肪酸甲酯的标准样品保留时间来鉴定脂肪酸，并用峰面积归一法来确定各脂肪酸的相对百分含量。

#### 2.3.4. 数据处理

试验结果经EXCEL预处理后采用SPSS 17.0进行统计分析，结果以平均数±标准误表示。

## 3. 结果

### 3.1. 不同脂尾型绵羊体脂分布比较

不同脂尾型绵羊体脂分布比较如表2所示，同样饲喂条件下，三种羊宰前活重没有显著差异（ $P>0.05$ ），藏绵羊、兰州大尾羊胴体重显著高于小尾寒羊（ $P<0.01$ ）；同时，尾部脂肪含量有兰州大尾羊>小尾寒羊>藏绵羊（ $P<0.01$ ），藏绵羊尾部脂肪量很少，几乎不能称重测量，尾脂占胴体重有兰州大尾羊尾>小尾寒羊（ $P<0.01$ ），肾周脂肪占胴体重有藏绵羊>兰州大尾羊>小尾寒羊，且藏绵羊和小尾寒羊之间差异显著（ $P<0.05$ ）；大网膜脂肪占胴

体重有藏绵羊>兰州大尾羊>小尾寒羊，且小尾寒羊与藏绵羊之间差异极显著 ( $P<0.01$ )。

表2 不同脂尾型绵羊脂肪组织分布比较 (kg)。

	小尾寒羊	藏绵羊	兰州大尾羊
宰前活重	29.47±0.97	33.13±1.47	35.57±1.13
胴体重	13.38Aa±0.38	17.17Bb±0.75	18.02Bb±0.27
尾脂重	0.49Ab±0.02	0.00Aa	1.82Bc±0.13
肾周脂肪重	0.05Aa±0.01	0.19Bb±0.01	0.15ABb±0.03
大网膜脂肪	0.19Aa±0.02	0.67Bb±0.05	0.56Bb±0.04
尾脂重/胴体重 (%)	3.71Bb±0.25	0.00Aa	10.10Cc±0.75
肾周脂肪重/胴体重 (%)	0.35Aa±0.04	1.13Ab±0.06	0.85Aab±0.19
大网膜脂肪重/胴体重 (%)	1.42Aa±0.19	3.87Bb±0.14	3.11Bb±0.21

注：表达量标注相同小写字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ )；标注不同大写字母表示差异极显著 ( $P<0.01$ )；标注不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

### 3.2. 不同脂尾型绵羊脂肪组织大小比较

通过图2对兰州大尾羊、小尾寒羊和藏绵羊脂肪组织形态分析发现，兰州大尾羊和小尾寒羊皮下脂肪比肾周脂肪大 ( $P<0.05$ )；藏绵羊有皮下与肾周脂肪之间大小差异不显著 ( $P>0.05$ )，皮下脂肪比大网膜脂肪大 ( $P<0.05$ )；尾脂有兰州大尾羊>小尾寒羊>藏绵羊 ( $P<0.05$ )。

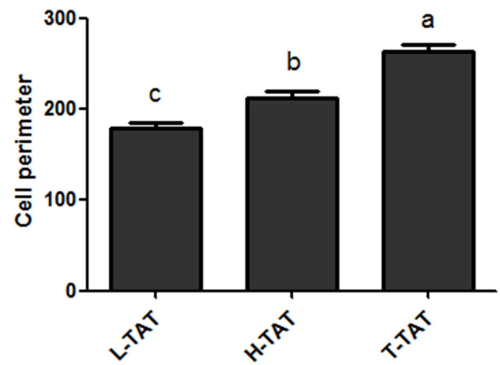
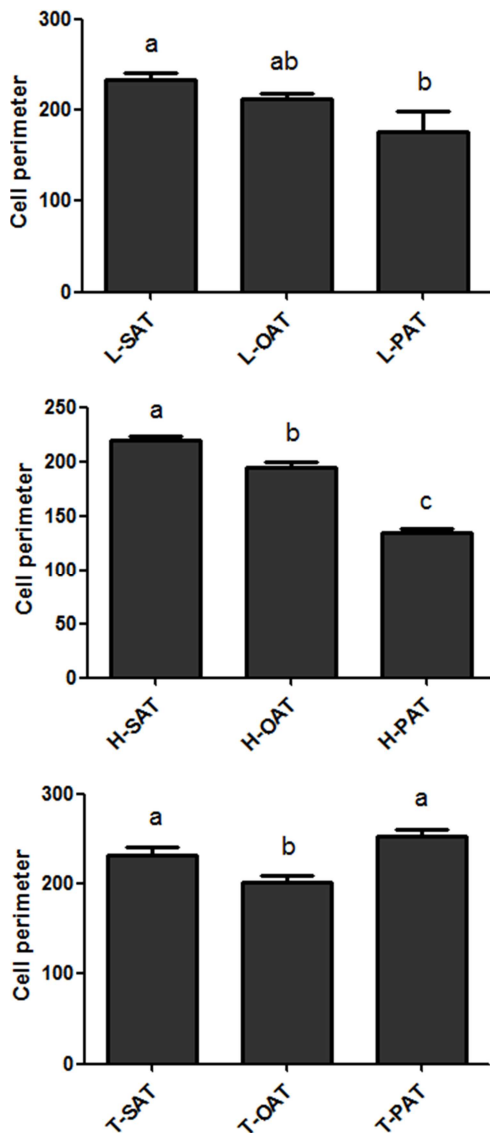


图2 不同脂尾型绵羊脂肪组织大小比较 ( $\mu\text{m}$ )。

注：兰州大尾羊 (L)、小尾寒羊 (H)、藏绵羊 (T)，皮下脂肪 (SAT)、大网膜脂肪 (OAT)肾周脂肪 (PAT)、尾部脂肪 (TAT) 在图中以简写表示。表达量标注相同小写字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ )；标注不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

### 3.3. 不同脂尾型绵羊不同部位脂肪组织组成比较

#### 3.3.1. 不同脂尾型绵羊脂肪组织粗脂肪含量比较

图3可知，兰州大尾羊、藏绵羊不同解剖部位粗脂肪含量差异不显著 ( $P>0.05$ )。

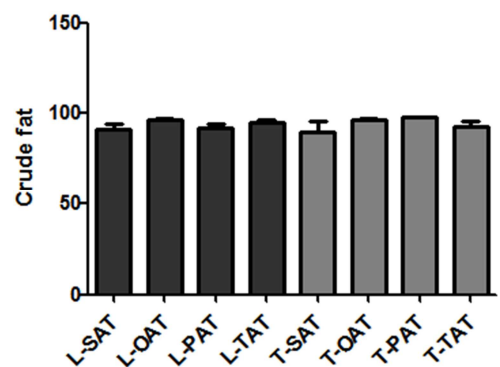


图3 不同脂尾型绵羊脂肪组织粗脂肪含量比较 (%)。

注：兰州大尾羊 (L)、藏绵羊 (T)，皮下脂肪 (SAT)、大网膜脂肪 (OAT)肾周脂肪 (PAT)、尾部脂肪 (TAT) 在图中以简写表示。表达量标注相同小写字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ )；标注不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

3.3.2. 不同脂尾型绵羊脂肪组织脂肪酸组成与含量比较

表3 不同脂尾型绵羊不同解剖部位脂肪酸含量比较 (%)。

脂肪酸名称	藏绵羊				兰州大尾羊			
	大网膜脂肪	皮下脂肪	肾周脂肪	尾部脂肪	大网膜脂肪	皮下脂肪	肾周脂肪	尾部脂肪
C4: 0	0.00±0.00	0.03±0.03	0.00±0.00	0.08±0.08	0.43±0.35	0.14±0.14	0.06±0.04	0.00±0.00
C6: 0	0.00±0.00	0.02±0.01	0.00±0.00	0.02±0.02	0.03±0.02	0.09±0.05	0.03±0.02	0.01±0.00
C8: 0	0.02±0.00	0.02±0.01	0.02±0.00	0.03±0.01	0.03±0.00	0.09±0.06	0.03±0.02	0.01±0.00
C10: 0	0.28±0.03	0.28±0.06	0.23±0.03	0.32±0.06	0.33±0.07ab	0.30±0.07ab	0.21±0.06b	0.59±0.25a
C11: 0	0.01±0.00bc	0.03±0.00b	0.01±0.00c	0.04±0.01a	0.03±0.01b	0.05±0.02b	0.04±0.02b	0.19±0.07a
C12: 0	0.26±0.05	0.39±0.12	0.21±0.07	0.41±0.13	0.16±0.02b	0.20±0.05b	0.15±0.01b	0.54±0.22a
C13: 0	0.16±0.01	0.17±0.02	0.14±0.02	0.19±0.02	0.19±0.03b	0.18±0.15b	0.19±0.02b	0.52±0.21a
C14: 0	4.32±0.32	4.87±0.60	4.25±0.44	4.63±0.71	2.79±0.14b	3.53±0.37b	2.96±0.9b	4.25±0.74a
C15: 0	0.70±0.03bc	0.81±0.08ab	0.60±0.03c	0.89±0.06a	0.72±0.11b	0.66±0.10b	0.66±0.05b	1.33±0.25a
C16: 0	24.11±0.43	25.14±0.61	24.29±0.39	23.70±0.87	19.67±0.75b	23.43±1.45a	21.41±0.76ab	20.64±0.83ab
C17: 0	1.78±0.07	1.72±0.13	1.62±0.06	1.98±0.20	2.07±0.25	1.49±0.07	1.64±0.68	2.14±0.19
C18: 0	25.24±0.62a	18.30±0.77b	26.74±0.81b	13.20±1.08c	24.18±2.44ab	19.94±1.45b	28.15±1.75a	11.37±1.40c
C20: 0	0.34±0.05	0.36±0.11	0.28±0.02	0.17±0.01	0.54±0.28	0.16±0.02	0.51±0.17	0.21±0.08
C21: 0	0.71±0.12	0.80±0.17	0.61±0.21	0.71±0.06	1.13±0.36	1.26±0.48	0.71±0.20	1.07±0.38
C22: 0	0.20±0.07	0.20±0.08	0.25±0.16	0.28±0.16	0.68±0.37	0.24±0.16	0.16±0.06	0.18±0.06
C23: 0	0.00±0.00	0.12±0.08	0.03±0.03	0.03±0.02	0.30±0.17	0.01±0.01	0.02±0.02	0.14±0.13
C24: 0	0.00±0.00	0.11±0.07	0.03±0.03	0.07±0.05	0.11±0.07	0.02±0.02	0.07±0.06	0.01±0.01
C14: 1n5	0.79±0.04	0.75±0.05	0.73±0.06	0.73±0.07	0.84±0.12	0.78±0.12	0.78±0.08	1.20±0.33
C15: 1	0.49±0.05	0.51±0.08	0.38±0.03	0.40±0.03	0.54±0.11	0.36±0.02	0.54±0.05	0.59±0.21
C16: 1	3.13±0.08bc	3.46±0.17ab	2.82±0.09c	3.77±0.13a	3.45±0.16ab	3.21±0.08ab	2.82±0.28b	3.78±2.27a
C17: 1	0.93±0.09bc	1.15±0.12b	0.78±0.03c	1.54±0.16a	1.27±0.25	1.18±0.31	1.02±0.26	1.70±0.38
C18: 1n9t	2.01±0.39ab	1.08±0.34b	2.61±0.06a	1.40±0.21b	3.65±0.94	2.00±0.63	1.54±0.59	1.53±0.52
C18:1n9c	29.25±0.79c	34.15±1.17b	28.90±1.17c	40.40±1.78a	27.65±1.52c	33.79±1.82b	29.33±1.27bc	41.18±1.63a
C18:2n6t	0.82±0.05ab	0.95±0.13a	0.61±0.02b	0.93±0.06a	1.38±0.21	1.13±0.27	1.37±0.37	1.15±0.18
C18:2n6c	2.43±0.17a	2.00±0.10b	1.89±0.08b	1.98±0.07b	3.35±0.64	3.08±0.60	2.63±0.57	2.98±0.38
C18:3n6	0.18±0.04	0.24±0.09	0.10±0.02	0.11±0.02	0.31±0.19	0.22±0.12	0.32±0.12	0.27±0.14
C20:1	0.37±0.04	0.35±0.06	0.35±0.06	0.32±0.03	0.74±0.24	0.45±0.26	0.43±0.11	0.36±0.10
C18:3n3	0.51±0.02a	0.59±0.05ab	0.43±0.02b	0.49±0.03b	0.75±0.19	0.45±0.26	0.48±0.06	0.35±0.10
C20:2	0.31±0.11	0.31±0.02	0.35±0.28	0.14±0.04	0.92±0.50	0.66±0.34	0.31±0.11	0.19±0.07
C20:3n6	0.09±0.04	0.11±0.06	0.15±0.13	0.17±0.13	0.48±0.27	0.17±0.09	0.11±0.02	0.03±0.01
C22:1n9	0.13±0.02	0.22±0.10	0.20±0.07	0.13±0.06	0.28±0.11a	0.08±0.04ab	0.11±0.03ab	0.02±0.01b
C20:3n3	0.02±0.01	0.11±0.05	0.02±0.01	0.05±0.02	0.21±0.13	0.04±0.03	0.02±0.02	0.02±0.00
C20:4n6	0.10±0.01	0.14±0.04	0.07±0.04	0.10±0.03	0.22±0.10	0.11±0.02	0.14±0.06	0.27±0.17
C22:2	0.02±0.00	0.11±0.06	0.03±0.02	0.03±0.01	0.13±0.11	0.03±0.01	0.05±0.02	0.40±0.38
C20:5n3	0.02±0.00	0.05±0.02	0.04±0.03	0.03±0.01	0.01±0.01	0.02±0.02	0.38±0.35	0.08±0.05
C24:1	0.07±0.03	0.11±0.05	0.02±0.01	0.03±0.02	0.17±0.14	0.02±0.00	0.22±0.19	0.24±0.13
C22:6n3	0.16±0.03	0.24±0.09	0.16±0.06	0.45±0.23	0.25±0.08	0.29±0.23	0.35±0.24	0.21 ±0.06
SFA	58.15±0.89a	53.37±0.94b	59.34±0.88a	46.77±1.99c	53.38±2.69a	51.81±1.62a	57.05±2.81a	43.31±0.33b
UFA	41.84±0.89c	46.62±0.94b	40.66±0.88c	53.23±1.99a	46.61±2.69b	48.20±1.60b	42.97±1.13b	56.68±0.33a
MUFA	37.17±0.71c	41.78±0.94b	36.79±1.03c	48.74±1.84a	38.59±1.63cb	41.86±1.20b	36.80±0.84c	50.60±2.53a
PUFA	4.66±0.29	4.84±0.53	3.87±0.63	4.49±0.37	8.01±1.49	6.34±0.96	6.18±0.78	6.08±1.00
n-3PUFA	1.06±0.08	1.22±0.17	0.98±0.13	1.29±0.24	1.76±0.45	1.34±0.40	1.65±0.38	1.12±0.22
n-6PUFA	3.84±0.24	3.64±0.36	3.03±0.41	3.27±0.14	6.18±0.92	5.19±0.76	4.77±0.63	4.86±0.55

注：表达量标注相同小写字母表示差异不显著 ( $P>0.05$ )；标注不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )，仅标注了不同品种羊各部位之间的差异性。

表3显示：

1) SFA在藏绵羊肾周脂肪、大网膜脂肪含量高于皮下脂肪、尾部脂肪 ( $P<0.05$ )，同时在兰州大尾羊肾周脂肪皮下脂、大网膜脂肪、肾周脂肪含量高于尾部脂肪 ( $P<0.05$ )，尾部脂肪UFA含量高于SFA；SFA组成特点为：不同绵羊主要以C18:0、C16:0为主要脂肪酸，C18:0含量在兰州大尾羊的肾周脂肪、大网膜脂肪、皮下脂肪、尾部脂肪占总脂肪酸含量分别是28.15%、24.18%、19.94%、11.37%，在藏绵羊的肾周脂肪、大网膜脂肪、皮下脂肪、尾部脂肪占总脂肪酸含量分别是26.74%、25.24%、18.30%、13.20%，肾周脂肪和大网膜脂肪C18:0含量比皮下脂肪和尾部脂肪高，C16:0在藏绵羊各脂肪组织中差异不显著

( $P>0.05$ )，在兰州大尾羊中皮下脂肪中含量较高 ( $P<0.05$ )。

2) UFA在兰州大尾羊、藏绵羊不同脂肪组织含量有尾部脂肪>皮下脂肪>大网膜脂肪>肾周脂肪，且尾部脂肪比肾周脂肪UFA含量高 ( $P<0.05$ )，UFA按照含有单个不饱和键和多个不饱和键分为MUFA和PUFA，本试验中检测了9种MUFA和11种PUFA，在兰州大尾羊、藏绵羊中，MUFA含量有尾部脂肪>皮下脂肪>大网膜脂肪>肾周脂肪，且尾部脂肪比肾周脂肪MUFA含量高 ( $P<0.05$ )；兰州大尾羊和藏绵羊的MUFA组成特点为：C18:1含量最高，同时尾部脂肪、皮下脂肪有C18:1含量高于大网膜脂肪或肾周脂肪 ( $P<0.05$ )，PUFA含量在兰州大尾羊、藏绵羊各脂肪组织中含量相似 ( $P>0.05$ )。

3) PUFA与SFA含量比值, 简称P:S值, 它反应了PUFA的丰富程度, 在兰州大尾羊各脂肪组织中, P:S比值差异不显著 ( $P>0.05$ ), 在藏绵羊各脂肪组织之间, 尾部脂肪和肾周脂肪之间P:S比值差异显著 ( $P<0.05$ ); 同时, 兰州大尾羊脂肪组织中的n-6系PUFAs和n-3系PUFAs的脂肪酸含量高于藏绵羊, 两种脂尾型绵羊都有n-6系PUFAs特征。

## 4. 讨论

### 4.1. 不同脂尾型绵羊体脂分布分析

本试验通过比较, 8月龄三种绵羊在宰前活重没有明显差异条件下, 藏绵羊、兰州大尾羊胴体重比小尾寒羊更高, 然而兰州大尾羊尾脂占胴体比例高, 在尾脂没有得到有效利用的条件下, 藏绵羊屠宰性能更优, 更具有较高的经济价值, 同时结果表明脂尾型绵羊大网膜和尾部脂肪含量更高, 瘦脂尾型绵羊肾周、大网膜含量更高。

### 4.2. 不同脂尾型绵羊脂肪组织大小和粗脂肪含量分析

Ju等[7-8]人研究发现单个脂肪细胞的体积与脂肪细胞分化程度和甘油三酯积累量有关, 本研究中三种脂尾型绵羊脂肪组织大小比较发现脂尾型绵羊兰州大尾羊、小尾寒羊皮下脂肪周长比大网膜、肾周脂肪大, 瘦脂尾型绵羊脂肪组织大网膜脂肪比皮下脂肪大且皮下组织与肾周脂肪差异不显著, 同时各脂肪组织粗脂肪含量差异也不显著, 推测瘦脂尾型藏绵羊属于山地型绵羊, 为保护内脏器官, 在进化过程中内脏脂肪发育早、分化程度高, 细胞体积大, 同时皮下积累大量脂肪, 有利于低于严寒, 这可能是造成藏绵羊皮下脂肪和肾周脂肪差异不显著的原因, 而兰州大尾羊等绵羊脂尾型性状是在极端自然环境下获得[9~10], 尤其冬季饲草资源匮乏的黄土高原地区, 皮下储存能量有利于降低脂肪对内脏器官的脂毒性, 并且利于保温, 这可能造成脂尾型绵羊皮下脂肪分化程度高的原因, 本研究同时发现脂尾型绵羊脂肪细胞小于瘦脂尾绵羊, 韩吉龙[11]研究发现成年脂尾型绵羊尾部细胞大于瘦脂尾型面积, 瘦脂尾型绵羊脂肪3月龄脂肪细胞大于成年, 何晓军等[12]人研究发现兰州大尾羊尾脂在3月龄、9月龄有两个生长高峰期, 刘政等[13]人认为脂肪肥大是细胞增大和数目增多, 推测脂尾型绵羊在成年后由于甘油三酯积累造成尾部脂肪细胞肥大, 在此月龄还是以细胞数目增加为主, 同时瘦脂尾型尾部脂肪细胞大于脂尾型绵羊, 再次证明幼年瘦脂尾型绵羊尾脂成熟早。

### 4.3. 不同脂尾型绵羊脂肪酸组成分析

反刍家畜脂肪酸代谢与单室胃动物不同, 由于瘤胃内环境处于高度的还原性, 脂类物质水解产生的UFA会被氢化菌氧化为SFA[14], 经过淋巴管吸收, 到达小肠粘膜细胞后, 转化为乳糜颗粒和低密度脂蛋白胆固醇, 被机体吸收和利用[15-16], 幼年反刍动物由于瘤胃微生物环境未完全形成, 瘤胃微生物氧化能力较弱, 随着年龄增长, 瘤胃内氢化菌增多, 瘤胃容积扩大, 将UFA氧化为SFA的能力增

强[17], 本试验发现SFA在藏绵羊肾周脂肪、大网膜脂肪含量高于皮下脂肪、尾部脂肪, 同时在兰州大尾羊皮下脂、大网膜脂肪、肾周脂肪含量高于尾部脂肪, 尾部脂肪UFA含量高于SFA, 这可能与脂肪沉积顺序有关, 杨东等[18]人研究发现羊脂肪先沉积腹部脂肪、皮下脂肪、肌间脂肪、肌内脂肪, 由于腹部脂肪先沉积、皮下脂肪后沉积, 在羔羊发育过程中可能会造成内脏脂肪SFA含量高于皮下脂肪, 同时内脏温度高, 有利于UFA氧化为SFA, 尾部远离心脏, 体温低, 不利于UFA向SFA转化, 造成UFA在兰州大尾羊、藏绵羊不同脂肪组织含量有尾部脂肪>皮下脂肪>大网膜脂肪>肾周脂肪, 本研究也发现两种绵羊各脂肪组织UFA含量差异不明显, 说明UFA可能与尾型形状无关。硬脂酸C18:0在动物脂肪内含量较高, 本研究两种绵羊硬脂酸在肾周脂肪和大网膜脂肪含量比皮下脂肪和尾部脂肪高, 且尾部脂肪中含量最低, 尾部脂肪也属于皮下脂肪, 因此硬脂酸在皮下脂肪组织中表现出明显的差异性, 这一研究与吴建平[19]研究结果相同, 研究发现硬脂酸易发生不饱和作用, 这可能由于C18:0发生了不饱和化作用, 造成C18:0含量降低, 。

研究表明UFA脂肪酸可以使胆固醇发生酯化反应, 降低胆固醇水平, 减少动脉血管发生粥样硬化发生率, 提高血管通畅性, 改善血液循环, 同时具有维持细胞膜结构稳定性作用, 减少神经细胞死亡, 提高记忆力的作用[15]。油酸作为主要的一种UFA, 其能降低有害胆固醇, 对有益胆固醇没有作用, 较好的改变肉质风味[20]。在兰州大尾羊、藏绵羊中, MUFA含量有尾部脂肪>皮下脂肪>大网膜脂肪>肾周脂肪, 且尾部脂肪和肾周脂肪MUFA含量相比差异性显著, 这是由于兰州大尾羊和藏绵羊的MUFAC18:1含量最高, 同时有尾部脂肪、皮下脂肪的C18:1含量高于大网膜脂肪或肾周脂肪, C18:1可以较好的改变肉的风味, 报到指出MUFA的功能主要体现在C18:1中, C18:1皮下脂肪中含量较多, 有利于改善肉质品质, C18:1含量在两种绵羊中有相似的体脂分布特征, 同时PUFA含量在兰州大尾羊、藏绵羊各脂肪组织中含量差异不显著, 说明两种不同尾型的绵羊在主要UFA的代谢上可能存在共同的特征。

人类饮食健康中, P:S比值最好高于0.4[21], 家畜肉产品自然P:S比值大约在0.1左右[15], 本研究所测各脂肪组织的P:S比例于此相吻合, 提高P:S的值可以提高肉质品质, 在兰州大尾羊各脂肪组织中, P:S比值差异不显著, 但尾脂P:S比值为0.14, 较其他部位PUFA含量更高, 虽然在藏绵羊各脂肪组织之间, 尾部脂肪和肾周脂肪间P:S比值差异显著, 但最高P:S值为0.1, 说明兰州大尾羊尾脂更具有提高PUFA的潜力。膳食中 $\omega$ -3PUFAs的含量对代谢综合症、心血管疾病、免疫学功能和肿瘤等疾病的发生具有重要作用[21-22], n-6PUFA与脂代谢、免疫反应有关, 人体健康需要n-6系PUFAs和n-3系PUFAs的平衡来维持[23], 兰州大尾羊脂肪组织中的n-6系PUFAs和n-3系PUFAs的脂肪酸含量均高于藏绵羊, 两种尾型绵羊都有n-6系PUFAs营养特征, n-6系PUFAs和n-3系PUFAs代表了肉中必须脂肪酸含量, 同样说明不同脂尾型绵羊在必须脂肪酸代谢上存在相同特点, 研究也表明n-6系PUFAs和n-3系PUFAs含量

与精饲料饲喂有关[24], 本试验在动物饲喂过程中均添加了精料, 但由于不同羊种的吸收能力、生长环境变化等是否会影响各脂肪组织脂肪酸含量, 需进一步研究。

## 5. 结论

8月龄不同脂尾型绵羊比较发现: 尾型绵羊以尾部、皮下、大网膜富集脂肪, 而瘦脂尾型绵羊以内脏、皮下富集脂肪; 脂尾型绵羊皮下脂肪发育早, 分化程度高, 尾脂发育周期长, 瘦尾型皮下和肾周脂肪有相似分化发育的特征, 尾脂成熟早; 兰州大尾羊和藏绵羊主要脂肪酸具有相似的部位分布特征。

## 致谢

本文为国家自然科学基金一般项目《不同脂尾型绵羊脂肪性状相关基因筛选及分子调控机理研究》(31360529)的阶段性成果之一。

## 参考文献

- [1] Davoli R, Braglia S. Molecular approaches in pig breeding to improve meat quality[J]. Briefings in Functional Genomics & Proteomics, 2007, 6(4):313.
- [2] 韦璇.LPL、C/EBP $\alpha$ 基因在不同尾型绵羊尾部脂肪组织中的表达分析[D].西北农林科技大学,2014。
- [3] 徐红伟,臧荣鑫,杨具田,等.兰州大尾羊遗传资源保护与开发利用[J].中国畜牧兽医,2009,36(8):88-90。
- [4] Marai I F M, Daader A H, Bahgat L B. Performance traits of purebred Ossimi and Rahmani lambs and their crosses with Finnsheep born under two accelerated mating systems.[J]. Archiv Tierzucht, 2009, 52(5):497-511.
- [5] 张伟,沈敏,李欢,等.绵羊X染色体59571364与59912586位点在脂尾、瘦尾绵羊群体中的多态性检测及分析[J].遗传,2013,35(12):1384-1390。
- [6] 张明.安格斯与西门塔尔牛杂交一代育肥性能及肉质研究[D].甘肃农业大学, 2016。
- [7] Ju D P, Zhan L X. Developments in Regulation of Adipocytes Differentiation[J]. Chinese Journal of Cell Biology, 2010, 32(5):690-695.
- [8] Rosen E D, Macdougald O A. Adipocyte differentiation from the inside out[J]. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 2006, 7(12):885-96.
- [9] Moradi M H, Nejati-Javaremi A, Moradi-Shahrbabak M, et al. Genomic scan of selective sweeps in thin and fat tail sheep breeds for identifying of candidate regions associated with fat deposition[J]. BMC Genetics, 2012, 13(1):1-15
- [10] Marai I F M, Daader A H, Bahgat L B. Performance traits of purebred Ossimi and Rahmani lambs and their crosses with Finnsheep born under two accelerated mating systems.[J]. Archiv Tierzucht, 2009, 52(5):497-511.
- [11] 韩吉龙.脂尾型绵羊尾部脂肪富集的蛋白质组学研究[D].中国农业科学院, 2016。
- [12] 何晓军,臧荣鑫,许小红,等.兰州大尾羊尾部脂肪细胞发育性变化研究[J].中国草食动物科学, 2012, 32(4):8-10。
- [13] 刘政,赵生国,李华伟,等.脂尾去除对‘兰州大尾羊’和‘蒙古羊’生长性能及脂肪沉积分布的影响[J].中国农学通报, 2015, 31(5):7-11。
- [14] Chikwanha O C, Vahmani P, Muchenje V, et al. Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid profile for human health and wellbeing[J]. Food Research International, 2017.
- [15] 刘婷.牦牛黄牛体脂脂肪酸营养特征及温度对其影响的研究[D].甘肃农业大学, 2010。
- [16] Liu T, Lei Z M, Wu J P, et al. Fatty acid composition differences between adipose depot sites in dairy and beef steer breeds[J]. Journal of Food Science & Technology, 2015, 52(3):1656-1662.
- [17] 张利平,吴建平.肉羊体脂脂肪酸与肉品质关系的研究[J].甘肃农大学学报, 2000, 35(4):363-369。
- [18] 杨东,王文义,乔文,等.肉羊脂肪沉积及其调控手段[J].粮食与饲料工业,2016,12(1):51-55。
- [19] 吴建平.不同肉羊品种体脂脂肪酸遗传变异性及其特性的研究[D].甘肃农业大学, 2000。
- [20] 曹芝.内蒙古不同杂交品种肉牛生产性状比较研究[D].内蒙古农业大学, 2012。
- [21] 王珊珊,李秋,徐田彬,等. $\omega$ -3多不饱和脂肪酸的生理功能特性及应用[J].中国食物与营养, 2009, 2009(10):51-54。
- [22] Gao Y, Qu Y, Luo H. Research Progress for Effect of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Semen Quality[J]. Modern Journal of Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2017.
- [23] 双金,敖力格日玛,敖长金.苏尼特羊体脂脂肪酸组成的研究[J].畜牧兽医学报, 2015, 46(8):1363-1374。
- [24] 赵天章.日粮油脂类型对羊肉脂肪酸和肌肉脂肪含量的影响及其机理[D].中国农业大学, 2014。