不同提取方法对羊尾油品质的影响

何　鑫，刘　丹，李　涛，李瑾瑜，杜婷婷，程杨阳，陈卫林，王子荣*
（新疆农业大学食品科学与药学学院，新疆 乌鲁木齐　830052）

摘　要：研究不同提取方法对羊尾油提取率及其理化性质的影响，并分析阿勒泰羊尾油脂肪酸的组成。采用水浴加热提取、常压干燥加热提取、超声波辅助提取及真空抽提4 种方法对阿勒泰羊尾脂进行羊尾油提取，比较不同提取条件下羊尾油的提取率、理化性质，并测定最优条件下阿勒泰羊尾油的脂肪酸组成。结果表明：4 种方法提取的羊尾油随着提取温度的升高，其提取率呈上升趋势；随着提取时间的增加，羊尾油提取率逐渐上升，但当超声波辅助提取时间为5 h时，羊尾油提取率下降；水浴加热提取和常压干燥加热提取羊尾油的皂化值无显著差异，与超声波辅助提取和真空抽提出的羊尾油有显著差异（$P<0.05$）；4 种方法提取的羊尾油碘值有显著性差异（$P<0.05$）；水浴加热提取与超声波辅助提取羊尾油的酸价略高于常压干燥加热提取和真空抽提羊尾油的酸价；水浴加热提取和超声波辅助提取羊尾油的熔点与真空抽提和常压干燥加热提取羊尾油有显著性差异（$P<0.05$），综合考虑得出，真空抽提条件下阿勒泰羊尾油品质较好；在真空抽提70 ℃、5 h的条件下测得阿勒泰羊尾油脂肪酸主要由油酸、棕榈酸、硬脂酸、肉豆蔻酸及反油酸等18 种脂肪酸组成，其*n*-6/*n*-3比值为2.43，食用健康性较好。

关键词：提取方法；阿勒泰羊；尾脂；脂肪酸

Effects of Different Extraction Methods on the Quality of Sheep Tail Lipids

HE Xin, LIU Dan, LI Tao, LI Jinyu, DU Tingting, CHENG Yangyang, CHEN Weilin, WANG Zirong*
(College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Ürümqi　830052, China)

Abstract: The purpose of this study was to research the effects of different extraction methods on the yield and physicochemical properties of sheep tail lipids and to analyze the fatty acid composition of Altay sheep tail lipids. In this paper, water bath heating extraction, atmospheric heating extraction, ultrasonic-assisted extraction and vacuum extraction were used to extract lipids from Altay sheep tail fat. The yield and physicochemical properties of these lipid samples were compared, and the fatty acid composition of the lipids prepared under optimal conditions was determined. The results showed that for each extraction method, the yield of lipids increased with extraction temperature. The yield of lipids increased with extraction time up to 5 h and then decreased for ultrasonic-assisted extraction. There was a significant difference in saponification value difference between ultrasonic assisted extraction and vacuum extraction but not between the other extraction methods ($P < 0.05$). There was a significant difference in the iodine value of the tail lipids extracted by the four methods ($P < 0.05$). Acid values of the lipids extracted by water bath heating extraction and ultrasonic-assisted extraction were slightly higher than those obtained by the other extraction methods. A significant difference in melting point existed between the lipids extracted by water bath heating and ultrasonic-assisted extraction and those extracted by vacuum extraction and atmospheric heating extraction ($P < 0.05$). Overall, the lipids extracted by vacuum extraction had the best quality. A total of 18 fatty acids were mainly detected in the lipids obtained by vacuum extraction at 70 ℃ for 5 h, such as oleic acid, palmitic acid, stearic acid, myristic acid and oleic acid. Its *n*-6/*n*-3 ratio was 2.43, and it was healthy when consumed.

Keywords: extraction method; Altay sheep; tail fat; fatty acid
DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20181129-222
中图分类号：TS251.9　　文献标志码：A　　文章编号：1001-8123（2019）02-0007-06
收稿日期：2018-11-29
基金项目：新疆农业大学校前期资助课题项目（XJAU201610）
第一作者简介：何鑫（1994—）（ORCID: 0000-00033807-4235），男，硕士研究生，研究方向为食品营养与安全。
E-mail: 932886602@qq.com
*通信作者简介：王子荣（1963—）（ORCID: 0000-0002-6775-884X），男，教授，博士，研究方向为食品营养与安全。
E-mail: wangzirong212.@126.com

引文格式：
何鑫, 刘丹, 李涛, 等. 不同提取方法对羊尾油品质的影响[J]. 肉类研究, 2019, 33(2): 7-12. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20181129-222. http://www.rlyj.pub
HE Xin, LIU Dan, LI Tao, et al. Effects of different extraction methods on the quality of sheep tail lipids[J]. Meat Research, 2019, 33(2): 7-12. DOI:10.7506/rlyj1001-8123-20181129-222. http://www.rlyj.pub

阿勒泰羊，又名福海大尾羊，其历史悠久，是哈萨克族经过千百年培育得来的品质优良、具有新疆特色的地方品种，主要分布在阿勒泰地区福海县、富蕴县、青河县、哈巴河县、布尔津县、吉木乃县及阿勒泰市[1]。阿勒泰羊在绵羊分类生物学上属于脂臀羊品种，为肉脂兼用型[2]。由于千百年来生活在四季迁徙转场的恶劣环境中，具有耐粗饲、善跋涉、抗严寒、体质坚实及适宜放牧等特点，且其体格高大健壮、肉脂生产性能高、生长速度快、长膘能力强、肉质鲜嫩味美、无膻味，缺点是油脂较多，特别是臀部脂肪含量非常高，每只羊臀部脂肪少则3～4 kg，多则7～8 kg[3-5]。阿勒泰羊自出生至性成熟，其体脂（包括尾脂）不断沉积，随着体质量的增加，尾脂质量也不断增加，至出栏时尾脂质量可占体质量的17%[6]。羊脂中含有丰富的脂肪酸，具有很高的营养价值，而饱和脂肪酸中除硬脂酸外均会使血清胆固醇的含量升高，多不饱和脂肪酸中的*n*-6系具有降胆固醇效果，*n*-3系除了具有降胆固醇效果之外，还具有降甘油酯作用[7]。目前，对于羊尾脂的利用主要集中于化妆品和动物饲料等行业，也有人在向肉类香精的方向展开研究，但对羊脂还未形成大规模的加工利用，并且羊脂在食品行业的应用也较少[8-10]。不仅如此，随着人们生活水平及认识水平的提高，使得人们对动物油脂的食用越来越少，从而导致羊脂的生产利润较低，造成更多资源的浪费[11]，与此同时使得羊脂价格低廉，易于收购[12]。

动物油脂粗提的方法包括直接加热熬制法、蒸煮法、溶剂法、酶解法、超临界流体萃取法及水溶法等[13]。而传统的油脂加工工艺通常为干法熬制工艺，该工艺耗能高，制得的油脂品质较差[14]。羊尾油中含有丰富的脂肪酸，具有很大的经济价值，然而目前关于羊尾油的提炼加工方式简单、产品单一、质量不稳定，附加值低，且提取方法多为高温精炼，严重制约着羊脂的高值化开发与利用[15]。新疆羊尾脂资源丰富，且价格低廉，不宜采用高能耗的提取方法，因此本研究采用水浴加热提取、常压干燥加热提取、超声波辅助提取和真空抽提4 种方法提取羊尾油，探讨不同提取方法对羊尾油提取率及理化性质的影响，并选择最优提取方法所得羊油进行脂肪酸测定，为进一步提升羊尾油品质、开发羊脂在食品工业中的应用提供理论依据，也为羊脂的基础研究提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

48 周龄左右的阿勒泰羊尾脂，由新疆乌鲁木齐市苏来曼众意屠宰业提供。

氢氧化钾、氢氧化钠、无水乙醇（均为分析纯）天津市致远化学试剂有限公司；冰乙酸、甲醇、正己烷（均为分析纯） 天津市光复科技发展有限公司；一氯化碘（分析纯） 南京化学试剂有限公司；脂肪酸甲脂化混合标准品（色谱纯） 美国Sigma公司。

1.2 仪器与设备

Al204-IC电子分析天平 梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司；DZF-6090真空干燥箱、DHG-9123A恒温干燥箱 上海一恒科技有限公司；DZKW-S-8恒温水浴锅、FL-1封闭电炉 北京市永光明医疗仪器厂；KQ-250DE数控超声波清洗器 昆山市超声仪器有限公司；GX-0308台式绞肉机 永康市高翔食品机械厂；7890A-5975C气相色谱-质谱联用仪 美国安捷伦公司。

1.3 方法

1.3.1 试样的制备

将尾脂去除外部结缔组织，切成约1 cm见方的块状，用绞肉机绞碎，称取10 g绞碎的羊尾油置于试管（烧杯）中，待提取。若熔化后的样品完全澄清则保存备用，若不澄清则进行脱水与除杂处理。

1.3.2 羊尾油的提取

1.3.2.1 水浴加热提取

将制备好的试样置于试管，放在恒温水浴锅中，以45、50、55、60、65、70 ℃分别提取1、2、3、4、5 h至羊油熔化，过滤，待测[16]。

1.3.2.2 常压干燥加热提取

将制备好的试样置于烧杯，放在恒温干燥箱中，以45、50、55、60、65、70 ℃分别提取1、2、3、4、5 h至羊油熔化，过滤，蒸发水分得液体油，待测[17]。

1.3.2.3 超声波辅助提取

将制备好的试样置于具塞试管，放在超声波清洗器中，设定功率为90 W，以45、50、55、60、65、70 ℃分别提取1、2、3、4、5 h至羊油熔化，过滤，蒸发水分得液体油，待测[18-20]。

1.3.2.4 真空抽提

将制备好的试样置于烧杯，放在真空干燥箱中，设定压力为0.08 MPa，以45、50、55、60、65、70 ℃分别提取1、2、3、4、5 h至羊油熔化，过滤，待测[15]。

1.3.3 理化指标测定

熔点测定：参照GB/T 12766—2008《动物油脂 熔点测定》；皂化值测定：参照GB/T 5534—2008《动植物油脂 皂化值的测定》；碘值测定：参照GB/T 5532—2008《动植物油脂 碘值的测定》；酸价测定：参照GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》；水分含量测定：采用常压干燥法。

1.3.4 羊尾油提取率的计算

羊尾油提取率按照下式计算。

$$羊尾油提取率/\%=\frac{提取所得羊尾油的质量-羊尾油中水分质量}{原料羊尾油的质量}\times 100$$

1.3.5 脂肪的甲脂化

准确称量0.5 g样品于20 mL具塞试管中，加入4 mL氢氧化钾-甲醇溶液，65 ℃水浴皂化30 min（期间需摇动数次），然后加入3～5 mL三氟化硼-甲醇溶液，在回流冷凝管中加热微沸，回流15 min后移至烧杯中，用饱和氯化钠溶液清洗，加入10 mL正己烷使其分层，3 500 r/min离心10 min，取上清液待测[21]。

1.3.6 脂肪酸测定的气相色谱-质谱条件

色谱条件：PE-5MS毛细管气相色谱柱（30 m×0.25 mm，0.25 μm）；载气为氦气；汽化室温度280 ℃；流速1.0 mL/min；起始温度50 ℃，保持3 min，以5 ℃/min升到280 ℃，保持30 min；进样方式为分流，分流比5∶1。

质谱条件：电离方式：电子轰击（electron impact，EI）源，电子能量70 eV，离子源温度230 ℃，接口温度250 ℃，传输线温度200 ℃，扫描范围35～600 *m/z*。

1.4 数据处理

数据采用Excel 2007软件进行统计、整理，运用SPSS 19.0软件进行分析，Sigmaplot 12.5软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同提取温度对羊尾油提取率的影响

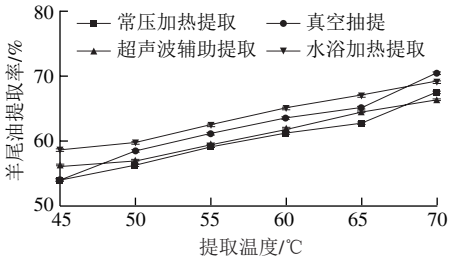

图1 不同提取温度对羊尾油提取率的影响

Fig. 1 Effect of different extraction temperatures on yield of sheep tail lipids

由图1可知，提取时间为5 h时，随着提取温度的升高，4 种方法的羊尾油提取率（得率）均呈上升趋势。提取温度较低时，4 种方法提取的羊尾油熔出缓慢；随着提取温度的不断升高，油脂分子扩散速率加快，羊尾油的提取率逐渐上升；但当超声波辅助提取温度为65、70 ℃时，羊尾油提取率增长减缓，这可能是由于油脂渗出已趋于稳定[22-23]；对于真空抽提和常压干燥加热提取，当其提取温度为60、65 ℃时提取率无明显差异，70 ℃时提取率明显增加，这可能是由于随着提取温度的升高，分子扩散速率加快，羊尾油提取率明显提高；对于水浴加热提取的羊尾油，其得率随着提取温度的上升逐渐增加，无其他明显变化。因此选择水浴加热、常压干燥加热及真空抽提的提取温度为70 ℃、超声波辅助提取温度为65 ℃。

2.2 不同提取时间对羊尾油提取率的影响

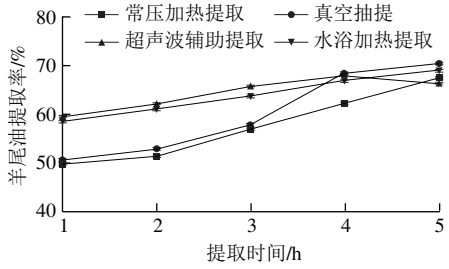

图2 不同提取时间对羊尾油提取率的影响

Fig. 2 Effect of different extraction time on yield of sheep tail lipids

由图2可知，提取温度为70 ℃时，随着提取时间的增加，4 种方法提取的羊尾油得率逐渐上升，这可能是由于随着提取时间的延长，油脂熔化较充分，提取较彻底。但当超声波辅助提取时间为5 h时，羊尾油提取率下降，这可能是由于在一定作用时间内，超声波作用时间越长，空化现象越剧烈，媒质粒子的速度和加速度也越大，进而扩散层上的分子扩散越快，脂肪渗透溶出的速率也就越大，但过长的超声时间使提取温度升高，有可能导致脂肪氧化分解，造成脂肪的损失[24-26]。对于水浴加热提取、常压干燥加热提取和真空抽提，其羊尾油得率随着提取时间的延长而增加。因此选择水浴加热提取、常压干燥加热及真空抽提的提取时间为5 h，选择超声波辅助提取时间为4 h。

2.3 不同提取方法对羊尾油提取率的影响

以同一批阿勒泰羊尾油作为原料，采用水浴加热提取、常压干燥加热提取、超声波辅助提取及真空抽提4 种方法在各自的最佳条件下提取羊尾油，计算其提取率。

由表1可知，4 种方法提取的羊尾油提取率存在显著性差异（$P<0.05$），且均达到65.00%以上。提取率最高的为真空抽提，其次分别为水浴加热提取、常压干燥加热提取、超声波辅助提取。水浴加热提取是通过水充当

介质传热给羊尾脂，使其熔化，羊尾油提取效果一般；常压干燥加热是在空气中通过加热至一定温度使羊尾脂熔化，羊尾油在提取过程中易被氧化，可能造成油脂品质较差；超声波辅助提取对羊尾脂造成了一定的机械破坏，使得羊尾油提取率大大增加；真空抽提条件下羊尾脂处于真空状态，避免了羊尾油的氧化酸败，羊尾油提取效果较好[27]。

表 1 不同提取方法的羊尾油提取率

Table 1 Yield of sheep tail lipids by different extraction methods

提取方法	水浴加热提取	常压干燥加热提取	超声波辅助提取	真空抽提
提取率/%	69.19±0.28^{c}	67.50±0.30^{b}	65.47±0.18^{a}	70.47±0.27^{d}

注：同行小写字母不同，表示差异显著（$P<0.05$）。

2.4 不同提取方法对羊尾油理化性质的影响

以同一批阿勒泰羊尾油作为原料，采用水浴加热提取、常压干燥加热提取、超声波辅助提取及真空抽提4 种方法在各自的最佳条件下提取羊尾油，对4 种方法提取的羊尾油进行理化指标测定，并进行差异性分析。

表 2 不同提取方法对羊尾油理化性质的影响

Table 2 Effect of different extraction methods on physical and chemical properties of sheep tail lipids

提取方法	皂化值/（mg/g）	碘值/（g/100 g）	酸价/（mg/g）	熔点/℃
水浴加热提取	189.09±0.69^{a}	46.17±0.14^{b}	0.83±0.01^{b}	39.87±0.05^{b}
常压干燥加热提取	188.47±0.69^{a}	45.74±0.07^{a}	0.80±0.01^{a}	40.73±0.15^{c}
超声波辅助提取	194.89±0.18^{b}	46.93±0.15^{c}	0.83±0.03^{b}	40.00±0.10^{b}
真空抽提	196.87±0.22^{c}	47.75±0.15^{d}	0.80±0.01^{ab}	39.20±0.10^{a}

注：同列小写字母不同，表示差异显著（$P<0.05$）。

由表2可知：水浴加热提取羊尾油的皂化值与常压干燥加热提取羊尾油的皂化值无显著差异，显著低于超声波辅助提取和真空抽提羊尾油（$P<0.05$）；4 种方法提取的羊尾油碘值有显著性差异（$P<0.05$），其中真空抽提羊尾油的碘值明显高于超声波辅助提取、水浴加热提取和常压干燥加热提取羊尾油的碘值；4 种方法提取出的羊尾油酸价有差异，其中水浴加热提取与超声波辅助提取的羊尾油酸价略高于常压干燥加热提取和真空抽提羊尾油酸价，且均符合食用动物油标准指标（酸价≤2.5 mg/g）[28]；4 种方法提取的羊尾油熔点则与碘值相反，真空抽提羊尾油的熔点低于水浴加热提取、超声波辅助提取和常压干燥加热提取羊尾油熔点。

同一温度条件下，4 种提取方法对羊尾油的理化性质有一定影响，造成这种差异的原因可能是真空抽提条件下羊尾油与空气无法接触，避免了羊尾油的氧化，因此真空抽提羊尾油的皂化值最大，碘值最高，酸价较低，熔点最低；而常压干燥加热提取条件下的羊尾油与空气发生反应，造成油脂被氧化，使得碘值降低，酸价升高；水浴加热提取与超声波辅助提取条件下羊尾油中含有一定的水分，将其水分烘干的过程中油脂可能被氧化，使得酸价升高，碘值降低。

综合以上分析可知，不同提取方法对阿勒泰羊尾油的提取率影响不大，均达到65.00%以上，但结合皂化值、碘值、酸价和熔点的测定结果，真空抽提羊尾油的品质优于超声波辅助提取、常压干燥加热提取和水浴加热提取。综合考虑4 种提取方法对羊尾油提取率及理化性质的影响，真空抽提条件下羊尾油的品质较佳。

2.5 阿勒泰羊尾油的脂肪酸组成

表 3 阿勒泰羊尾油的脂肪酸组成

Table 3 Fatty acid composition of Altay sheep tail lipids

脂肪酸名称	含量/%
顺-10-十一碳烯酸（$C_{11:1\ n\text{-}10c}$）	0.43±0.02
月桂酸（$C_{12:0}$）	0.19±0.01
12-甲基十三烷酸（iso-$C_{13:0}$）	0.21±0.01
肉豆蔻酸（$C_{14:0}$）	4.57±0.02
十五烷酸（$C_{15:0}$）	1.57±0.02
棕榈酸（$C_{16:0}$）	20.39±0.33
棕榈油酸（$C_{16:1\ n\text{-}9c}$）	1.80±0.03
14-甲基十六烷酸（anteiso-$C_{16:0}$）	0.77±0.05
十七烷酸（$C_{17:0}$）	2.82±0.02
硬脂酸（$C_{18:0}$）	19.73±0.36
油酸（$C_{18:1\ n\text{-}9c}$）	37.40±0.27
反油酸（$C_{18:1\ n\text{-}9t}$）	4.80±0.02
亚油酸（$C_{18:2\ n\text{-}6c}$）	2.23±0.03
亚麻酸（$C_{18:3\ n\text{-}3c}$）	0.91±0.01
共轭亚油酸（$C_{18:2\ n\text{-}6t}$）	1.56±0.05
十九烷酸（$C_{19:0}$）	0.18±0.01
花生酸（$C_{20:0}$）	0.27±0.03
顺-11-二十碳烯酸（$C_{20:1\ n\text{-}11c}$）	0.18±0.02
SFA	50.70±1.20
UFA	49.30±0.97
MUFA	46.00±0.55
PUFA	4.70±0.32
n-3 PUFA	0.91±0.01
n-6 PUFA	2.23±0.03
n-6/*n*-3	2.43±0.02

注：SFA. 饱和脂肪酸（saturated fatty acid）；UFA. 不饱和脂肪酸（unsaturated fatty acid）；MUFA. 单不饱和脂肪酸（monounsaturated fatty acid）；PUFA. 多不饱和脂肪酸（polyunsaturated fatty acid）。

对70 ℃、5 h真空抽提条件下得到的阿勒泰羊尾油进行脂肪酸测定。由表3可知：真空抽提得到的阿勒泰羊尾油中共检测出18 种脂肪酸，其中包括10 种SFA、5 种MUFA和3 种PUFA。SFA含量为50.70%，其中以棕榈酸（20.39%）、硬脂酸（19.73%）为主；UFA含量为49.3%，其中以油酸（37.4%）为主；PUFA含量为4.70%，以亚油酸（2.23%）、亚麻酸（0.91%）及共轭亚油酸（1.56%）为主。乌珠穆沁羊尾脂中共检测出17 种脂肪酸，其SFA含量为45.425%，UFA含量为54.575%，其中油酸（48.109%）含量最高，其次是棕榈酸（21.533%），然后是硬脂酸（17.845%）[12]。新疆肥尾羊

尾油中SFA、UFA含量分别为46.0%、38.6%，其中SFA含量以棕榈酸（23.6%）最高、其次是硬脂酸（13.5%），UFA含量以油酸（34.9%）最高，这些研究结果均与本研究对阿勒泰羊尾油的分析一致[29]。阿勒泰羊尾油*n*-6/*n*-3比值为2.43，符合中国营养学会和世界卫生组织推荐标准[30]，其*n*-6/*n*-3小于4的理想比值是有益于保障人体健康的脂肪酸平衡模式[31-32]。Raheja等[33]发现，摄入*n*-6/*n*-3比值为6∶1的脂肪酸可降低心血管疾病发生率；摄入*n*-6/*n*-3比值为20∶1时，可增加心血管疾病发生率。Simopoulos等[34]研究发现，在西方饮食中，过量*n*-6 PUFA和非常高的*n*-6/*n*-3比率促使许多疾病，包括心血管疾病、癌症和炎性及自身免疫性疾病的发生，而增加*n*-3 PUFA的摄入水平，可以发挥抑制这些疾病的效果。成年滩羊羊尾油中的脂肪酸主要由肉豆寇酸、棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸及亚麻酸组成，其中亚油酸含量为0.53%[35]，低于阿勒泰羊尾油，而亚油酸具有保护心脑血管、抑制腺肿瘤发生、降低血糖及增强免疫力的显著作用[36-38]；并且阿勒泰羊尾油中含有共轭亚油酸1.56%，共轭亚油酸具有抗癌、抗动脉粥样硬化、改善脂肪代谢、骨组织代谢、降低胆固醇及抗血栓等作用[39-41]。综上所述，阿勒泰羊尾油的食用健康性较好。

3 结 论

3.1 不同方法提取羊尾油的提取率及羊尾油的理化性质

水浴加热提取温度为70 ℃、提取时间为5 h时，阿勒泰羊尾油的提取率为69.19%，熔点为39.87 ℃、酸价为0.83 mg/g、皂化值为189.09 mg/g、碘值为46.17 g/100 g；常压干燥加热提取温度为70 ℃、提取时间为5 h时，提取率为67.50%，熔点为40.73 ℃、酸价为0.80 mg/g、皂化值为188.47 mg/g、碘值为45.74 g/100 g；超声波辅助提取温度为65 ℃、提取时间为4 h时，提取率为65.47%，熔点为40.00 ℃、酸价为0.83 mg/g、皂化值为194.89 mg/g、碘值为46.93 g/100 g；真空抽提提取温度为70 ℃、提取时间为5 h时，提取率为70.47%，熔点为39.20 ℃、酸价为0.80 mg/g、皂化值为196.87 mg/g、碘值为47.75 g/100 g。综合考虑4 种提取方法对羊尾油提取率及其理化性质的影响，真空抽提条件下得到的羊尾油品质较佳。

3.2 阿勒泰羊尾油的脂肪酸组成

在70 ℃、5 h的真空抽提条件下，测得阿勒泰羊尾油脂肪酸主要由油酸、棕榈酸、硬脂酸、肉豆蔻酸及反油酸等18 种脂肪酸组成，其中SFA含量为50.70%，UFA含量为49.3%，PUFA含量为4.70%，*n*-6/*n*-3比值为2.43，食用健康性较好，可以应用于食品加工。

参考文献：

[1] 毛怀志, 岳文斌, 冯旭芳. 绵、山羊品种资源及利用大全[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 18-112.
[2] 张英杰. 羊生产学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2015: 88-95.
[3] 刘成江, 王俊钢, 李宇辉, 等. 阿勒泰脂臀羊脂肪酸组成及挥发性风味物质构成初探[J]. 肉类工业, 2012(4): 16-17; 20. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2012.04.008.
[4] 赵有璋. 中国养羊学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 86-95.
[5] 王大星, 徐冬. 阿勒泰羊品种遗传资源调查报告[J]. 草食家畜, 2009(2): 38-40. DOI:10.16863/j.cnki.1003-6377.2009.02.012.
[6] 王金泉, 王肖燕, 叶青, 等. 阿勒泰大尾羊与小尾寒羊不同组织*FTO*基因的检测[J]. 动物医学进展, 2013(12): 84-88. DOI:10.3969/j.issn.1007-5038.2013.12.019.
[7] 唐传核, 徐建祥, 彭志英. 脂肪酸营养与功能的最新研究[J]. 中国油脂, 2000, 25(6): 20-23. DOI:10.3321/j.issn:1003-7969.2000.06.005.
[8] 段杉, 黄振娥, 翁新楚. 用羊油制备甘一酯、甘二酯的反应中影响产率的几个因素的研究[J]. 中国油脂, 1997, 22(6): 43-45.
[9] 成日青, 赵登亮, 庞秀生, 等. 羊脂油炮制蒙药硫黄的实验研究[J]. 中华中医药学刊, 2007(11): 2352-2354. DOI:10.3969/j.issn.1673-7717.2007.11.058.
[10] 詹萍. 羊肉特征香气成分的鉴定及其肉味香精的制备[D]. 无锡: 江南大学, 2013: 1.
[11] 刘成江, 吴宏, 郭安民, 等. 我国羊脂综合利用的研究现状[J]. 肉类工业, 2010(8): 51-52. DOI:10.3969/j.issn.1008-5467.2010.08.020.
[12] 李响. 乌珠穆沁羊羊尾的理化分析及羊油皂的研发[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014: 1-15.
[13] 张佰帅, 王宝维. 动物油脂提取及加工技术研究进展[J]. 中国油脂, 2010, 35(12): 8-11.
[14] 何东平. 油脂精炼与加工工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 20-152.
[15] 侯成立, 周渝迪, 高远, 等. 羊尾油精炼工艺优化研究[J]. 食品科技, 2017, 42(5): 111-115. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2017.05.023.
[16] 侯建军, 陈存社, 张甜甜, 等. 羊腰部脂肪中共轭亚油酸提取及热稳定性[J]. 食品科学技术学报, 2013, 31(1): 60-63; 82.
[17] 国家粮食局标准质量中心, 南京财经大学. 动植物油脂 试样的制备: GB/T 15687—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
[18] 高岐. 食品中脂肪的超声提取快速测定法研究[J]. 食品工业科技, 2008(4): 292-293. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2008.04.071.
[19] 左笑, 张东翔. 超声波在油脂提取中的应用[J]. 粮油加工, 2007(11): 70-73.
[20] 贾恬, 罗仓学, 叶飞. 响应面法优化超声波辅助提取黄秋葵籽油工艺研究[J]. 中国油脂, 2017, 42(11): 20-23. DOI:10.3969/j.issn.1003-7969.2017.11.005.
[21] 李涛, 陈卫林, 卢岩, 等. 哈萨克羊不同部位脂肪特性的研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(7): 32-35; 40.
[22] 许晖, 孙兰萍, 李善菊, 等. 超声波辅助提取亚麻籽油的工艺条件优化[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(7): 64-68.
[23] 王小溪, 陈贵林. 超声波法提取南瓜籽油的工艺条件优化研究[J]. 食品科学, 2009, 30(8): 60-63. DOI:10.3321/j.issn:1002-6630.2009.08.009.
[24] 高娟, 楼乔明, 杨文鸽, 等. 超声辅助提取鱿鱼肝脏油脂及其脂肪酸组成分析[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(2): 53-56; 61. DOI:10.3969/j.issn.1003-0174.2014.02.011.
[25] 李小平, 罗海莉, 陈锦屏. 超声波法辅助提取鸵鸟油[J]. 食品科学, 2010, 31(24): 182-185.
[26] 宋立华, 金刚, 李佶, 等. 超声法提取脂肪的研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2008, 26(6): 545-549. DOI:10.3969/j.issn.1671-9964.2008.06.010.

[27] 曹文明, 王鑫, 包杰, 等. 油脂氧化评价研究进展[J]. 粮食与油脂, 2013, 26(4): 1-5.

[28] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食用动物油脂: GB 10146—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.

[28] 刘成江, 吴洪斌, 王俊钢, 等. 新疆肥尾羊脂肪特性研究[J]. 食品科学, 2012, 33(6): 159-161.

[29] 蒋瑜, 熊文珂, 殷俊玲, 等. 膳食中ω-3和ω-6多不饱和脂肪酸摄入与心血管健康的研究进展[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(11): 1-5. DOI:10.3969/j.issn.1008-9578.2016.11.001.

[30] RAES K, SMET S D, DEMEYER D. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review[J]. Animal Feed Science and Technology, 2004, 113(4): 199-221. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2003.09.001.

[31] 魏永生, 郑敏燕, 耿薇, 等. 常用动、植物食用油中脂肪酸组成的分析[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 188-193.

[32] HU F B, CHO E, REXRODE K M, et al. Fish and long-chain omega-3 fatty acid intake and risk of coronary heart disease and total mortality in diabetic women[J]. Circulation, 2003, 107(14): 1852-1857. DOI:10.1161/01.CIR.0000062644.42133.5F.

[33] RAHEJA B S, SADIKOT S M, PHATAK R B, et al. Significance of the *n*-6/*n*-3 ratio for insulin action in diabetes[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 2010, 683(1): 258-271. DOI:10.1111/j.1749-6632.1993.tb35715.x.

[34] SIMOPOULOS A P, LEAF A, SALEM N, Jr. Workshop on the essentiality of and recommended dietary intakes for omega-6 and omega-3 fatty acids[J]. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 2000, 43(2): 127-130. DOI:10.1159/000012777.

[35] 李维红, 吴建平, 王欣荣. 滩羊脂肪中脂肪酸组成的研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2004(4): 386-389. DOI:10.3969/j.issn.1003-4315.2004.04.007.

[36] 金春爱, 崔松焕, 王玉方, 等. 不同提取方式和烘干对鹿肉脂肪酸的影响[J]. 肉类研究, 2016, 30(10): 13-17. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.10.003.

[37] LEE K W, LEE H J, CHO H Y, et al. Role of the conjugated linoleic acid in the prevention of cancer[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2005, 45(2): 135-144. DOI:10.1080/10408690490911800.

[38] DE LA TORRE A, DEBITON E, JUANÉDA P, et al. Beef conjugated linoleic acid isomers reduce human cancer cell growth even when associated with other beef fatty acids[J]. British Journal of Nutrition, 2006, 95(2): 346-352. DOI:10.1079/bjn20051634.

[39] 李春, 刘丽波, 张兰威. 共轭亚油酸生理功能及其应用[J]. 粮食与油脂, 2004(7): 15-17. DOI:10.3969/j.issn.1008-9578.2004.07.005.

[40] BANDARRA N M, REMA P, BATISTA I, et al. Effects of dietary *n*-3/*n*-6 ratio on lipid metabolism of gilthead seabream (*Sparus aurata*)[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2011, 113(11): 1332-1341. DOI:10.1002/ejlt.201100087.

[41] DALBY J T. Differential effect of total fat and *n*-3/*n*-6 fat ratios on eicosanoid production [J]. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 1997, 57(2): 237. DOI:10.1016/S0952-3278(97)90212-X.