双峰驼血液的营养成分分析

刘丽君[1]，高婉婷[1]，吉日木图[1,2]，伊丽[1,2]
（1.内蒙古农业大学乳品生物技术与工程教育部重点实验室，内蒙古呼和浩特 010018）
（2.内蒙古骆驼研究院，内蒙古阿拉善 737300）

摘要：本试验旨在对双峰驼血液（驼血）中营养物质含量及其血液学参数进行测定和评估。利用 BCA 蛋白浓度试剂盒对阿拉善双峰驼血液总蛋白含量进行测定，采用液相色谱及质谱连用分析法对其氨基酸、脂肪酸和矿物质含量进行测定，利用全自动血细胞分析仪对其血液参数进行测定。结果表明：驼血总蛋白含量为 78.45%±1.49%。驼血水解后共得到 34 种氨基酸，其中赖氨酸含量最高（27.82±1.86 g/L），其次为精氨酸（23.60±4.17 g/L），天门冬氨酸（22.41±1.26 g/L）；驼血中必需氨基酸占氨基酸总含量的 41.01%，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 0.69，符合 FAO/WHO 提出的参考蛋白模式。驼血中共检测出 19 种脂肪酸，其中戊二酸含量最高（1900.70±571.02 μg/mL）其次为油酸（1342.00±194.12 μg/mL），二十碳五烯酸含量最低（11.22±5.24 μg/mL）；驼血中饱和脂肪酸占全部脂肪酸含量的 60.89%，单不饱和脂肪酸和所占比例为 21.32%，多不饱和脂肪酸所占比例为 17.05%，长链脂肪酸所占比例为 47.50%，中链脂肪酸所占比例为 52.50%，奇数碳脂肪酸所占比例为 36.13%。驼血中富含人体中所需的各类矿物质，其中钠（5300±2300 mg/kg）含量最高，其余依次为钾（1600±100 mg/kg）、铁（452.00±35.75 mg/kg）、磷（300±20 mg/kg）、钙（90.71±6.03 mg/kg）、镁（39.40±2.26 mg/kg）、锌（12.43±1.17 mg/kg）、铜（0.65±0.06 mg/kg）、锰（54.78±12.32 μg/kg）、铬（10.21±0.89 μg/kg）。驼血中红细胞、白细胞及血红蛋白含量均高于牛、羊等畜种，且其免疫细胞的分布比例也与大多数畜禽不一致。

关键词：双峰驼；血液；总蛋白；氨基酸；脂肪酸；矿物质；血液学参数

文章篇号：1673-9078(2019)07-239-246 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.7.033

Analysis of Nutritional Composition of the Blood in Bactrian Camels

LIU Li-jun[1], GAO Wan-ting[1], JIRI Mu-tu[1,2], YI Li[1,2]
(1.Key Laboratory of Dairy Biotechnology and Bioengineering, Ministry of Education, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)(2.The Camel Research Institute of Inner Mongolia, Alashan 737300, China)

Abstract: This experiment aimed to determine and evaluate the nutrient content and hematological parameters of the blood in Bactrian camels (camel blood). The total protein content of the blood in Alashan Bactrian camel was determined using BCA protein concentration kit. The contents of amino acids, fatty acids and minerals in the blood were determined by liquid chromatography and mass spectrometry. The blood parameters were measured using an automatic blood cell analyzer. The results showed that the total protein content of camel blood was 78.45%±1.49%. There were 34 amino acids after the hydrolysis of camel blood, with the lysine content being the highest (27.82±1.86 g/L), followed by arginine (23.60±4.17 g/L) and aspartic acid (22.41±1.26 g/L). The essential amino acids in camel blood accounted for 41.01% of the total amino acids, with the ratio of essential amino acids to non-essential amino acids as 0.69, which conforms to the reference protein pattern proposed by FAO/WHO. A total of 19 fatty acids were detected in camel blood, and among which, glutaric acid had the highest content (1900.70±571.02 μg/mL), followed by oleic acid (1342.00±194.12 μg/mL) and eicosapentaenoic acid (11.22±5.24 μg/mL, the lowest). The saturated fatty acids accounted for 60.89% of all the fatty acids in camel blood, and monounsaturated and polyunsaturated fatty acids were responsible for 21.32% and 17.05%, respectively, with long chain, medium chain and odd carbon fatty acids accounting for 47.50%, 52.50%, and 36.13%, respectively. The camel blood was rich in all kinds of minerals needed by the human body, among which the content of sodium was the highest (5300±2300 mg/kg), followed by potassium (1600±100 mg/kg), iron (452.00±35.75 mg/kg), phosphorus (300±20 mg/kg), calcium (90.71±6.03 mg/kg), magnesium (39.40±2.26 mg/kg), zinc (12.43±1.17 mg/kg), copper (0.65±0.06 mg/kg), manganese (54.78±12.32 μg/kg)

收稿日期：2019-01-09

基金项目：内蒙古自治区科技重大项目；双一流学科创新团队建设（NDSC2018-14）；高层次人才引进科研启动项目（NDYB2017-28）；内蒙古自然科学基金项目（2018BS03017）；内蒙古自治区科技创新引导项目（KCMS2018048）

作者简介：刘丽君（1994-），女，在读研究生，研究方向：乳制品生物技术与工程

通讯作者：伊丽（1990-），女，博士，讲师，研究方向：乳制品生物技术与工程

and chromium (10.21±0.89 μg/kg). The contents of red blood cells, white blood cells and hemoglobin in camel blood were higher than those of cattle and sheep, and the distribution of immune cells was also inconsistent with that for most livestock.

Key words: Bactrian camels; blood; total protein; amino acids; fatty acids; minerals; hematology parameters

动物血液是畜禽屠宰加工过程中的主要副产品，含有丰富的蛋白质和其他营养素。动物血液主要由血细胞和血浆组成；血细胞可分为红细胞、白细胞、血小板三类，血浆主要包含血浆蛋白（白蛋白、球蛋白、纤维蛋白原等）、脂蛋白等各种营养成分以及无机盐、氧、激素、酶、抗体和细胞代谢产物等。中国作为世界第一产肉大国，每年可获得动物血液 2.3×10^9 kg 以上，这是一个巨大的动物蛋白资源库。但是，我国动物血液的利用率还很低，除小部分用作饲料、食品以及提取生化药品外，大部分被废弃，造成极大的资源损失，而且还污染环境，危害人类健康[1]。

我国是双峰驼的主要产地，据 2017 年统计年鉴显示（http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2017/indexch.htm），我国双峰驼存栏量达 38.1 万峰，主要分布在内蒙古、新疆、甘肃、青海等边疆干旱或半干旱地区，是当地重要的经济畜种。现今，我国骆驼年屠宰量 3 万余峰，产肉量约为 6600 吨，产血量约为 600 吨。目前，驼肉的利用率相对较高，国内现有的骆驼肉产品主要有内蒙古自治区阿拉善盟加工的风干驼肉、驼肉罐头和烤驼肉，国外的骆驼肉产品主要有三明治、汉堡、香肠、肉饼等[2]。然而，驼血利用率却极低，造成了极大的浪费。研究表明，由于骆驼特殊的生存环境，使得驼血组成及含量不同于其他动物血液，驼血蛋白主要包含血红蛋白（141.11 g/L）、白蛋白（35.37 g/L）、球蛋白（17.27 g/L）等，其血清白蛋白含量高达 73.20%，明显高于绵羊、牛、马等哺乳动物的血清白蛋白含量[3~7]。自 2015 年起，驼血被开发为多肽[8]，其后研究人员又在此基础上研发出驼血多肽泡腾片[9]、驼血多肽奶片[10]、驼血蛋白多肽[11]、抗疲劳驼血多肽[12]、降血糖驼血多肽[13]、降血压血脂驼血多肽[14]等，并证实了驼血多肽营养价值高，安全性完全符合国家指标，食用安全[15]。

目前，驼血市场尚处萌芽阶段，主要应用于功能食品领域，有关其营养成分及血液学参数的相关研究较为少见。本文以驼血为研究对象，利用 BCA 蛋白浓度试剂盒对驼血总蛋白含量进行测定，采用液相色谱及质谱连用分析法，测定了驼血的氨基酸、脂肪酸、矿物质组成及含量，利用全自动血细胞分析仪对双峰驼血液学参数进行了测定，并对其营养价值进行评价，为进一步合理开发利用驼血资源提供了参考数据。以驼血为原料，开发出具有各种功能特性的产品，将会极大提高驼血的附加值，可推动骆驼养殖业的发展，具有重要的经济效益和社会效益。

1 材料与方法

1.1 原料

在内蒙古呼和浩特土默特左旗随机选择放牧饲养的 3~4 岁、发育健康的阿拉善双峰驼，抽取其新鲜血液。

1.2 方法

1.2.1 驼血中营养物质的测定

1.2.1.1 驼血总蛋白质含量的测定

参照碧云天生物技术公司的 BCA 蛋白浓度测定试剂盒进行检测，蛋白标准曲线如图 1 所示。

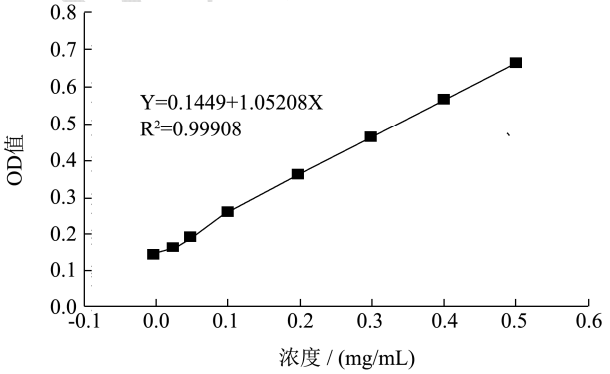


图 1 蛋白标准曲线

Fig.1 Protein standard curve

1.2.1.2 驼血中氨基酸含量的测定

酸水解处理：取 100 μL 样品，加 400 μL 水，加 500 μL 浓盐酸，混匀充氮气保护，110 ℃密封，高温消化 21 h；取出消化液，离心取上清，取 50 μL 氮气吹干，加 1 mL 水复溶。

衍生化处理：取 10 μL 磺基水杨酸加入到取出的 40 μL 复溶液中置于试管内，漩涡混合 30 s，经 13200 转离心 4 min。取 10 μL 上层液体置于另一试管。将 40 μL 标记缓冲液加入到试管中，混匀离心。取 10 μL 上层液体置于另一试管。将 5 μL 稀释后的 aTRAQ 试剂分别加入到每个样品管中，混匀后离心。室温下孵化至少 30 min。5 μL 羟胺加入到试管中，混匀后离心。先将 32 μL 内标分别加入到每支试管中，漩涡混匀后离心，保存待检。

液相、质谱条件：HPLC：色谱柱 MSLab HPC18

（150×4.6 mm，5 μm）；流速 1 mL/min；流动相 A：2 mmol/L 乙酸胺；流动相 B：乙腈/异丙醇（2 mmol/L 乙酸胺）；洗脱梯度（B%）：0 min（5%）-1 min（5%）-1.1 min（50%）-5 min（70%）-5.1 min（100%）-22 min（100%）-22.1 min（5%）-25 min（5%）。

ESI-MS/MS 条件：喷雾电压为 4.5 kV；雾化气为 50 psi；辅助气为 60 psi；扫描方式为 MRM 多反映检测；雾化温度为 500 ℃；气帘气为 20 psi；碰撞室射出电压为 2.0；射入电压为 10。

1.2.1.3 驼血中脂肪酸含量的测定

样品前处理：取 200 μL 驼血，加 200 μL 硫酸锌溶液涡旋 2 min，瞬离，再加 400 μL 正己烷，涡旋 5 min，4000 r/min 离心 2 min，取上清。再加 400 μL 正己烷，涡旋 5 min，4000 r/min 离心 2 min，再取上清，合并有机层，真空干燥后，400 μL 异丙醇复溶，上机待测。

液相、质谱条件：HPLC：色谱柱 MSLab HPC18（150×4.6 mm，5 μm）；流速 0.8 mL/min；流动相 A：水，0.1%甲酸；流动相 B：乙腈，0.1%甲酸；洗脱梯度（B%）：0 min（2%）-10 min（28%）-10.1 min（100%）-16 min（100%）-16.1 min（2%）-25 min（2%）。

ESI-MS/MS 条件：喷雾电压为 5.5 kV；雾化气为 55 psi；辅助气为 60 psi；扫描方式为 MRM 多反映检测；雾化温度为 500 ℃；气帘气为 20 psi；碰撞室射出电压为 5.0；射入电压为 10。

1.2.1.4 驼血中矿物质含量的测定

磷：参照 GB 5009.87-2016《食品中磷的测定》。

钠、钾：参照 GB 5009.91-2017《食品中钠、钾的测定》。

钙：参照 GB 5009.92-2016《食品中钙的测定》。

镁：参照 GB 5009.241-2017《食品中镁的测定》。

铜：参照 GB 5009.13-20117《食品中铜的测定》。

铁：参照 GB 5009.90-206，食品中铁的测定》。

锰：参照 GB 5009.242-2017《食品中锰的测定》。

锌：参照 GB 5009.14-2017《食品中锌的测定》。

铬：参照 GB 5009.123-2014《食品中铬的测定》。

1.2.2 双峰驼血液学参数的测定

本实验采用全自动血细胞分析仪对驼血常规血液参数进行测定。共测定十三项参数：白细胞总数、红细胞总数、红细胞平均体积、红细胞压积、红细胞分布宽度、平均血红蛋白含量、血小板总数、血小板平均体积、血小板压积、血小板分布宽度、血红蛋白、淋巴细胞数、粒细胞数。

1.2.3 数据统计分析

本文采用 Excel 2007、Graphpad 6.01、SPSS 20.0 进行绘图及数据分析。

2 结果与分析

2.1 驼血营养物质分析

2.1.1 驼血总蛋白含量

蛋白质被称为生命体的物质基础，由 20 多种氨基酸（Amino acid）按照不同比例结合而成，因此种类很多，相应的性质及功能各不相同。本试验为了对驼血成分进行更好的分析与研究，对驼血进行了蛋白含量检测，根据蛋白含量标准曲线测得驼血中蛋白含量为 78.45%±1.49%。

2.1.2 驼血氨基酸组成及分析

2.1.2.1 驼血中氨基酸组成及含量

根据 FAO/WHO 提出的参考蛋白模式，必需氨基酸总量应达到氨基酸总量的 40%，且必需氨基酸与非必需氨基酸的比值应在 0.6 以上[16]。由表 1 可知，驼血水解后可得到 34 种氨基酸，其中包括维持人体生命活动所必须的 8 类氨基酸，以及婴幼儿生长发育所必需的组氨酸。34 种氨基酸总量为 213.48 g/L，必需氨基酸占氨基酸总量的 41.01%，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 0.69。必需氨基酸中以赖氨酸含量最高（27.82±1.86 g/L），其次为亮氨酸（16.27±0.86 g/L），色氨酸含量最低（0.002±0.002 g/L）。

赖氨酸是人体第一限制性氨基酸，也是代谢上唯一的必需氨基酸[17]，具有促进人体发育、增强免疫功能和预防心脑血管疾病等生理功能。由表 2 可知，驼血中赖氨酸含量占氨基酸总量的 13.3%，几乎相当于乳、肉、蛋含量的两倍，远远高于鹿血（9.2%）、牛血（9.5%）和猪血（2.0%）中赖氨酸所占比例；因此驼血可能具有促进人体发育、增强免疫功能和预防心脑血管疾病的作用。本研究还发现，驼血的非必需氨基酸中，精氨酸含量最高（23.60±4.17 g/L）占氨基酸总量的 11.1%，而鹿血、牛血、猪血中精氨酸所占比例仅为 4.6%、4.1%和 4.4%，均远远低于驼血；精氨酸是身体功能和愈合的基本要素，因此驼血可能具有帮助改善免疫系统健康和抵御疾病的作用。

除赖氨酸与精氨酸外，由表 2 还可看出，驼血中组氨酸、天门冬氨酸和酪氨酸含量占氨基酸总量比例均在四种血液中处于优势地位。临床研究证明，组氨酸能促进婴幼儿的免疫系统功能尽早完善，强化生理性代谢机能，稳定体内蛋白质的利用节奏，促进婴幼儿机体发育；“尼尔森儿科学”报告指出，婴幼儿每日组氨酸需要量为 35 mg/kg；驼血中组氨酸含量为 16.63±1.23 g/L，所占比例为 7.8%，是猪血的 7.1 倍，若加工成相关产品完全可满足婴幼儿每日需求；天门冬氨

酸能调节脑和神经的代谢功能，具有防止和恢复疲劳的作用；酪氨酸有刺激和抗抑郁的作用。驼血具有缓解疲劳、增强免疫力、延缓衰老等活性[12,15]，可能与其组氨酸、天门冬氨酸、组氨酸含量高有一定关系。

表 1 驼血中氨基酸含量

Table 1 Amino acid content in camel blood

氨基酸种类	含量/(g/L)	氨基酸种类	含量/(g/L)
赖氨酸（Lys）*	27.82±1.86	乙醇胺（EtN）	0.042±0.001
精氨酸（Arg）	23.60±4.17	3 甲基组氨酸（3 MHis）	0.03±0.004
天门冬氨酸（Asp）	22.41±1.26	乌氨酸（Orn）	0.03±0.002
组氨酸（His）	16.63±1.23	瓜氨酸（Cit）	0.017±0.008
亮氨酸（Leu）*	16.27±0.86	同型瓜氨酸（Hcit）	0.010±0.056
苯丙氨酸（Phe）*	13.94±0.80	犬尿氨酸（Kyn）	0.009±0.002
缬氨酸（Val）*	12.76±0.76	胱硫醚（Cth）	0.006±0.006
谷氨酸（Glu）	12.50±1.13	同型半胱氨酸（Hcy）	0.004±0.004
苏氨酸（Thr）*	12.32±0.92	肌肽（Car）	0.004±0.004
甘氨酸（Gly）	10.81±0.81	色氨酸（Trp）*	0.002±0.002
丙氨酸（Ala）	10.69±0.36	γ 氨基丁酸（GABA）	0.001±0.0002
丝氨酸（Ser）	10.17±0.67	磷酸乙醇胺（PEtN）	0.0009±0.0005
酪氨酸（Tyr）	8.91±0.11	2 氨基正丁酸（Abu）	0.0008±0.0008
脯氨酸（Pro）	6.48±0.21	肌氨酸（Sar）	0.0005±0.0004
半胱氨酸（Cys）	3.73±0.17	牛磺酸（Tau）	0.0005±0.00004
异亮氨酸（Ile）*	2.57±0.11	羟基脯氨酸（Hyp）	0.0005±0.0003
甲硫氨酸（Met）*	1.66±0.09	必需氨基酸总和（Total of EAA）	87.34
同型脯氨酸（Hpro）	0.05±0.01	氨基酸总和（Total）	213.48

注：标*为必需氨基酸。下同。

表 2 驼血、鹿血、猪血、牛血中各氨基酸占氨基酸总量比例

Table 2 Proportion of amino acids in the blood of camel, deer, pig and cow

氨基酸种类	驼血/%	鹿血[18]/%	牛血[19]/%	猪血[20]/%
丝氨酸（Ser）	4.7	5.1	5.1	3.3
甘氨酸（Gly）	5.1	4.0	4.1	7.6
组氨酸（His）	7.8	7.0	5.8	1.1
精氨酸（Arg）	11.1	4.6	4.1	5.4
苏氨酸（Thr）*	5.8	5.4	5.3	18.1
谷氨酸（Glu）	5.9	9.1	8.9	17.8
天门冬氨酸（Asp）	10.5	10.6	9.9	6.9
丙氨酸（Ala）	5.0	8.1	8.0	2.5
脯氨酸（Pro）	3.0	3.3	3.3	4.5
半胱氨酸（Cys）	1.7	0.9	1.8	1.8
赖氨酸（Lys）*	13.3	9.2	9.5	2.0
甲硫氨酸（Met）*	0.8	1.1	1.5	4.5
缬氨酸（Val）*	6.0	7.8	7.7	7.8
酪氨酸（Tyr）	4.2	2.3	3.3	3.4
异亮氨酸（Ile）*	1.2	1.0	0.7	3.4
亮氨酸（Leu）*	7.6	12.8	13.4	6.5
苯丙氨酸（Phe）*	6.5	7.7	7.4	3.0

表 3 驼血氨基酸评价指标

Table 3 Amino acid evaluation index of camel blood

氨基酸	WHO 推荐模式	全鸡蛋模式	氨基酸评分（AAS）	化学评分（CS）
Ile	10	7.2	0.3	0.4
Leu	14	10.8	1.2	1.5
Lys	12	8.4	2.3	3.3
Met+cys-cys	13	4.9	4.1	1.1
Phe+tyr	14	11.9	1.6	1.9
Thr	7	6	1.76	2.1
Trp	3.2	2	0.000625	0.001
Val	10	7	1.3	1.8

表 4 驼血中脂肪酸含量

Table 4 Fatty acid content in camel blood

脂肪酸种类	含量/(μg/mL)	脂肪酸种类	含量/(μg/mL)
戊二酸（C5:0（2COOH））	1900.70±571.02	花生四烯酸（C20:4）	70.60±19.81
油酸（C18:1）	1342.00±194.12	癸酸（C10:0）	36.33±9.68
山梨酸（C6:2）	710.67±216.46	山嵛酸（C22:0）	34.93±1.27
十六烷酸/棕榈油酸（C16:0）	508.87±289.22	十二烷酸/月桂酸（C12:0）	29.02±6.63
十八烷酸/硬脂酸（C18:0）	460.60±332.26	芥酸（C22:1）	11.30±2.17
辛酸（C8:0）	340.00±7.57	二十碳五烯酸（C20:5）	11.22±5.24
十七烷酸（C17:0）	176.12±18.99	SFA	3979.95±1185.13
2-羟基-3 甲基丁酸（C5:0（2OH））	175.73±59.96	MUFA	1353.30±194.49
亚油酸（C18:2）	147.67±13.51	PUFA	1014.35±221.52
乙酸（C6:0）	120.60±77.2	MCFA	3333.02±547.72
十四烷酸/肉豆蔻酸（C14:0）	100.20±63.97	LCFA	3014.58±909.31
花生酸（C20:0）	76.87±27.58	OCFA	2272.53±530.89
二十二碳五烯酸（C22:5）	72.13±9.01		

2.1.2.2 驼血的氨基酸评价指标

氨基酸评分又叫蛋白质化学评分，是目前广为应用的一种食物蛋白质营养价值评价方法，能反映蛋白质构成和利用率的关系。驼血氨基酸评价如表 3 所示，和大多数良好的食物蛋白源（如鸡蛋、牛奶等）相同，驼血的第一限制性氨基酸是色氨酸。除色氨酸与异亮氨酸外，驼血中其他必需氨基酸含量都高于 WHO 推荐值和全鸡蛋的值，其中人体第一限制性氨基酸赖氨酸评分尤其高，因此可考虑将驼血研发成保健品帮助提高人体机能。

2.1.3 驼血脂肪酸组成及分析

驼血中脂肪酸种类及含量如表 4 所示，驼血中共检测出 19 种脂肪酸，主要由戊二酸（1900.70±571.02 μg/mL）、油酸（1342.00±194.12 μg/mL）、山梨酸（710.67±216.46 μg/mL）组成。其中油酸具有较强的生物活性，在体内会转变成其他多不饱和脂肪酸，具有积极的营养保健功能；但人体自身合成的油酸并不能满足自身的需要，必须从日常食品中摄取一定的量。本研究发现，驼血中油酸含量占全部脂肪酸含量的 21.10%，高于刘立成[21]等研究中绵羊血液中油酸所占比例（14.52%），是油酸的优良来源。

由表 4 可知，驼血中含有丰富的亚油酸和其它动物血液中含量较少的花生四烯酸。亚油酸是 n-6 系列多不饱和脂肪酸的主要脂肪酸，在降低胆固醇水平方面效果比较明显；驼血中亚油酸含量为 149.67±13.51 μg/mL 远远高于刘立成[21]等研究中绵羊血液中亚油酸含量（78.07 μg/mL），因此驼血可能在降低胆固醇方面存在一定作用。驼血中花生四烯酸含量为 70.60±19.81 μg/mL，是绵羊血中花生四烯酸含量的 7.5 倍左右（9.38 ±0.49 μg/mL）[21]。花生四烯酸是细胞膜磷脂的重要组成成分并且在细胞信号传导中起着关键作用。近些年研究显示，其代谢产物对神经细胞的影响包括调整神经元的跨膜信号、调节神经递质的释放以及葡萄糖的摄取，对促进新生儿的发育也具有积极作用。但花生四烯酸在人体内是不能被合成的只能通过食物的摄取来获得，因此花生四烯酸含量丰富的驼血

具有很高的开发利用价值。

研究表明，SFA（饱和脂肪酸）摄入过多，可导致血脂、特别是血清胆固醇升高，与糖尿病、肥胖症、心血管疾病、动脉粥样硬化等一系列慢性疾有直接关系[22]。根据图 2 可知，驼血的 SFA（饱和脂肪酸）占全部脂肪酸含量的 60.89%，低于绵羊血中 SFA 所占比例（62.90%）[21]。医学研究表明，不饱和脂肪酸有明显降低高密度脂蛋白血清胆固醇的作用，进而减少高血压，心脏病及中风等疾病发病率，同时不饱和脂肪酸在维护生物膜的结构和功能方面有重要作用[23]。驼血中 MUFA（单不饱和脂肪酸和）占全部脂肪酸含量的 21.32%，PUFA（多不饱和脂肪酸）占全部脂肪酸含量的 17.05%，略低于绵羊血中 PUFA 所占比例（22.60%），但远远高于各乳类中 PUFA 所占比例占比例（驼乳 4.09%；牛乳 3.33%；羊乳 2.77%）[24~26]。除此之外，驼血中 LCFA（长链脂肪酸）、MCFA（中链脂肪酸）、OCFA（奇数碳脂肪酸）所占比例如图 1 所示；其中 OCFA 占全部脂肪酸含量的 36.13%，是各乳类所占比例的 9~10 倍[24~26]，已有现代药效研究证明 OCFA 具有较强的生理活性，尤其是抗癌活性[27]，因此驼血可能具有较强的抗癌活性。

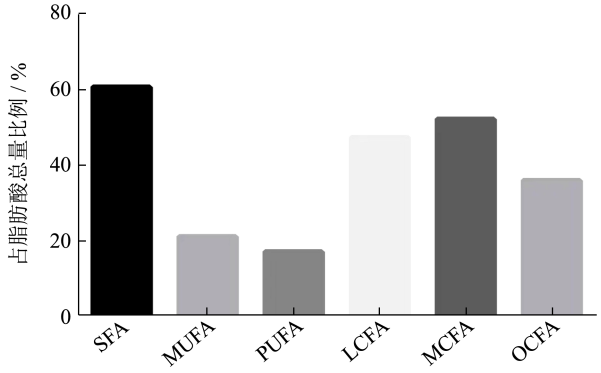


图 2 驼血中各类脂肪酸百分含量

Fig.2 Content of various fatty acids in camel blood (%)

2.1.4 驼血矿物质组成及分析

驼血中矿物质种类及含量如表 5 所示，驼血矿物质中钠（5300±2300 mg/kg）含量最高，其余依次为钾（1600±100 mg/kg）、铁（452.00±35.75 mg/kg）、磷（300±20 mg/kg）、钙（90.71±6.03 mg/kg）、镁（39.40±2.26 mg/kg）、锌（12.43±1.17 mg/kg）、铜（0.65±0.06 mg/kg）、锰（54.78±12.32 μg/kg）、铬（10.21±0.89 μg/kg）。

中国居民膳食微量元素推荐摄入量中，成年男性与成年女性的推荐量分别为铁 12 mg/d、20 mg/d，锌 12.5 mg/d、7.5 mg/d，铜 0.8 mg/d、0.8 mg/d，铬 30 μg/d、30 μg/d；由表 5 可知，驼血中各元素含量都较为丰富，加以处理完全可以满足人体每天的需求量。若配比得当，驼血可成为人体微量元素摄入的优良原材料。

由于骆驼特殊的生活环境，驼血与其他家畜在矿物质组成上存在一定差异。本研究发现，驼血中 Na、K 含量普遍高于其他家畜[28~30]，这与 M Askar[31]研究结果一致；骆驼的高血钠，有利于潴留水分，驼血中钠离子浓度高可能与其耐渴特性有关。磷是人体遗传物质的重要组分，也是骨骼牙齿的主要成分，参与体内的酸碱平衡及能量代谢；本研究发现，驼血中 P 含量非常高，是鹿血的 9.2 倍[28]。孙磊[32]等研究发现，当血液中的 Cu/Zn 比值高于 0.90~1.27 时可能与某些癌症的发病相关，当大于 2.0 时可致支气管癌、肉瘤、白血病等；若用一定量的鹿血治疗，可调节 Cu/Zn 比值，提高锌含量，达到治愈的目的。倪国超[29]等的研究表明，鹿血中 Cu/Zn 比为 0.29，而驼血中 Cu/Zn 比仅为 0.05，极低，因此患者如能长期服用驼血制品可能对上述疾病具有一定的改善作用。有报道称，现在市面上所出售的补肾益精药中铜铁钙锌锰的含量都比较高，而驼血中铁的含量是鹿血的 5.2 倍，钙是鹿血的 1.6 倍[28]。鉴于驼血中矿物质元素含量丰富，驼血可经过加工作为矿物质元素类营养补充剂，也可作为天然添加剂强化部分食品中的矿物质含量，因此驼血具有重大的开发利用价值。

表 5 驼血中矿物质含量

Table 5 Mineral content in camel blood

矿物质种类	含量
钠/(mg/kg)	5300.00±2300.00
钾/(mg/kg)	1600.00±100.00
铁/(mg/kg)	452.00±35.75
磷/(mg/kg)	300.00±20.00
钙/(mg/kg)	90.71±6.03
镁/(mg/kg)	39.40±2.26
锌/(mg/kg)	12.43±1.17
铜/(mg/kg)	0.65±0.06
锰/(μg/kg)	54.78±12.32
铬/(μg/kg)	10.21±0.89

2.2 双峰驼血液学参数分析

双峰驼血液学参数如表 6 所示，红细胞总数为 9.54×10^{12}/L，国内外相关资料报道骆驼红细胞总数为 $3.8\sim12.6\times10^{12}$/L；血小板总数为 569.00×10^{9}/L，国内外相关报道为 $367\sim790\times10^{9}$/L；本试验测定红细胞总数、血小板总数与国内外报道一致。本试验测得白细胞总数为 29.67×10^{9}/L，略高于国内外相关报道中的 $9.92\sim27.2\times10^{9}$/L。本试验测定结果显示，双峰驼血液中淋巴细胞较多，与柏丽[3]等的研究结果一致，驼血

中淋巴细胞占白细胞总数的 64.27%，粒细胞占白细胞总数的 35.59%，其他家畜淋巴细胞比率一般在 40%~60%之间。驼血中淋巴细胞比例与大多数禽畜不一致，这可能与骆驼的免疫特性抗性有关。除此之外，本试验测得驼血中血红蛋白含量为 543.33±18.75 g/L，较其他家畜高，这可能与骆驼耐力好的特性有关。

表 6 双峰驼血液学参数

Table 6 Hematological parameters of Bactrian camels

血液学参数	含量
红细胞总数/(10^{12}/L)	9.54±0.38
红细胞平均体积/fL	36.33±0.33
红细胞压积(L/L)	0.32±0.01
平均血红蛋白含量/Pg	62.57±0.96
红细胞分布宽度 SD/%	48.50±0.15
血小板总数/(10^{9}/L)	569.00±34.43
血小板平均体积/fL	15.80±0.21
血小板压积/(L/L)	0.82±0.05
血小板分布宽度/%	22.42±0.16
血红蛋白/(g/L)	543.33±18.75
白细胞总数/(10^{9}/L)	29.67±0.68
淋巴细胞数/(10^{9}/L)	19.07±0.37
粒细胞数/(10^{9}/L)	10.56±0.33

3 结论

本试验首次对双峰驼血液的营养成分含量及其血液学参数进行了测定，发现双峰驼血液中总蛋白含量高，氨基酸、脂肪酸和矿物质种类齐全、含量丰富、比例合理。双峰驼血液总蛋白含量为 78.45%±1.49%，氨基酸中必需氨基酸占氨基酸总含量的 41.01%，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值为 0.69，符合 FAO/WHO 提出的参考蛋白模式；脂肪酸中生物活性较高的脂肪酸含量非常丰富，尤其亚油酸和花生四烯酸含量远远高于其他血液；矿物质含量较为丰富，Cu/Zn 比例仅为 0.05；其红细胞、白细胞及血红蛋白含量均高于牛、羊等畜种，且其免疫细胞的分布比例也与大多数畜禽不一致。由此可知，双峰驼血液具有很高的开发利用价值，为其今后在食品、饲料及医药领域的应用提供了参考数据。如今，由于口感和卫生等原因，绝大部分双峰驼血液被废弃，造成了巨大的资源浪费。为了更好地提高双峰驼血液利用率，使产品多元化、增加其经济附加值，需要对其加工工艺及功能作用的体内体外效果进行进一步的研究。

参考文献

[1] 闫文杰,李兴民.动物血液主要功能成分制备及应用研究进展[J].食品研究与开发,2018,39(16):215-219
YAN Wen-jie, LI Xing-min. Progress in preparation and application of main functional components from animal blood [J]. Food Research and Development, 2018, 39(16): 215-219

[2] Kisembe S W, Muliro P S, Matofari J W, et al. An evaluation of nutritional quality of traditionally processed camel meat (Nyirinyiri): value chain assessment and recommendations [J]. International Journal of Nutrition and Food Sciences, 2017, 6(4): 172-174

[3] 柏丽,冯登侦.中国双峰驼血液生理生化特性研究[J].畜牧与兽医,2015,1:103-106
BAI Li, FENG Deng-zhen. Study on blood physiological and biochemical characteristics of Chinese Bactrian camels [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2015, 1: 103-106

[4] Barakat M Z, Abdelfattah M. Seasonal and sexual variations of certain constituents of normal camel blood [J]. Transboundary & Emerging Diseases, 1971, 18(2): 174-178

[5] Khalid A Abdoun, Emad M Samara, Aly B Okab, et al. A comparative study on seasonal variation in body temperature and blood composition of camels and sheep [J]. Journal of Animal and Veterinary Advances, 2012, 11(6): 769-773

[6] A Aichouni, R Jeblawi, A Dellal, et al. Breed variation in blood constituents of the one-humped camel (*Camelus dromedaries*) in Algeria [J]. J Camelid Sci, 2010, 3: 19-25

[7] E A Babeker, Y H A Elmansoury, A E Suleem. The influence of seasons on blood constituents of dromedary camel (*Camelus dromedarius*) [J]. Online Journal of Animal and Feed Research, 2013, 3(1): 1-8

[8] 刘永峰,邸多隆,刘毅,等.一种驼血多肽的制备方法:中国,CN105596370A [P]2016-05-25
LIU Yong-feng, DI Duo-long, LIU Yi, et al. Method for preparing camel blood polypeptide: China, CN105596370A [P] 2016-05-25

[9] 刘永峰,邸多隆,刘毅,等.一种驼血多肽泡腾片及其制备方法:中国,CN105146670A [P] 2015-12-16
LIU Yong-feng, DI Duo-long, LIU Yi, et al. Camel blood polypeptide effervescent tablet and preparation method thereof: China, CN105146670A [P] 2015-12-16

[10] 邸多隆,刘永峰,刘毅.一种驼血多肽奶片及其制备方法:中国,CN106720379A[P]2017-05-31
DI Duo-long, LIU Yong-feng, LIU Yi, et al. Camel blood polypeptide milk tablet and preparation method thereof: China, CN106720379A [P] 2017-05-31

[11] 邸多隆,刘建飞.一种骆驼血蛋白多肽的制备方法:中国,

CN107557423A[P]2018-01-09
DI Duo-long, LIU Jian-fei. Method for preparing camel blood protein polypeptide: China, CN107557423A [P] 2018-01-09

[12] 邸多隆,刘永峰.一种具有抗疲劳作用的驼血多肽及其制备方法:中国,CN107604032A[P]2018-01-19
DI Duo-long, LIU Yong-feng. Camel blood polypeptide with anti-fatigue effect and preparation method thereof: China, CN107604032A [P] 2018-01-19

[13] 邸多隆,刘永峰.一种具有降血糖功能的驼血多肽及其制备方法:中国,CN107674902A[P]2018-02-09
DI Duo-long, LIU Yong-feng. Gosle blood polypeptide with blood sugar lowering function and preparation method thereof: China, CN107674902A [P] 2018-02-09

[14] 邸多隆,刘永峰.一种具有降血压和降血脂作用的驼血多肽:中国,CN107699599A[P]2018-02-16
DI Duo-long, LIU Yong-feng. A camel blood peptide having blood pressure lowering and lowering blood fat: China, CN107699599A [P] 2018-02-16

[15] 王宁丽,刘毅,魏鉴腾,等.驼血多肽营养成分分析及安全性评价[J].食品工业,2017,6:294-296
WANG Ning-li, LIU Yi, WEI Jian-teng, et al. Nutrient analysis and safety evaluation of polypeptides from camel blood [J]. The Food Industry, 2017, 6: 294-296

[16] 袁相恋,薄士儒,李庆杰,等.鹿血化学成分和药理作用及其应用研究进展[J].经济动物学报,2011,15(4):207-211
YUAN Xiang-lian, BO Shi-ru, LI Qing-jie, et al. Research progress on chemical compositions, pharmacological effects and applications of deer blood [J]. Journal of Economic Animal, 2011, 15(4): 207-211

[17] 张彤晴,林海,葛家春,等.日本沼虾和秀丽白虾野生群体肌肉营养品质分析[J].饲料研究,2008,1:59-63
ZHANG Tong-qing, LIN Hai, GE Jia-chun, et al. Analysis of muscle nutritional quality of wild populations of *Macrobrachium nipponense* and beauty white shrimp [J]. Feed Research, 2008, 1: 59-63

[18] 赵卉,刘继永,王峰,等.鹿茸等五种鹿产品中氨基酸含量及组成对比分析[J].时珍国医国药,2015,6(5):1056-1058
ZHAO Hui, LIU Ji-yong, WANG Feng, et al. Comparative analysis of amino acid composition in the velvet antler，deer blood and other three kinds of deer products [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2015, 6(5): 1056-1058

[19] 宁超群,张秋,董斌,等.东北梅花鹿、猪和牛血粉氨基酸、胆固醇、钙和磷含量的比较分析[J].经济动物学报,2009,13(2):77-79
NING Chao-qun, ZHANG Qiu, DONG Bin, et al. Comparative analysis on contents of amino acids, Cholesterol, Ca and P in blood-powder from northeast sika deer, pig and cattle [J]. Journal of Economic Animal, 2009, 13(2): 77-79

[20] 尚素芬.猪血及水解母液中氨基酸含量的高效液相色谱分析[J].河北大学学报(自然科学版),1997,2:57-59
SHANG Su-fen. High performance liquid chromatography analysis of amino acid content in pig blood and hydrolyzed mother liquor [J]. Journal of Hebei University(Natural Science Edition), 1997, 2: 57-59

[21] 刘立成,宋伟红,卫喜明,等.大豆油和莫能菌素对绵羊血液参数及脂肪酸合成的影响[J].中国畜牧杂志,2011,47(1):32-36
LIU Li-cheng, SONG Wei-hong, WEI Xi-ming, et al. Effects of soybean oil and monensin on blood parameters and fatty acid synthesis in sheep [J]. Chinese Journal of Animal Science, 2011, 47(1): 32-36

[22] 陆旭亚.肥胖儿童青少年血清磷脂脂肪酸谱研究[D].杭州:浙江大学,2009
LU Xu-ya. Study on serum phospholipid fatty acid profiles in obese children and adolescents [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2009

[23] 徐文晖.不饱和脂肪酸分离技术研究概况[J].食品研究与开发,2007,28(8):153-156
XU Wen-hui. Study survey of separation in unsaturated fatty acids [J]. Food Research and Development, 2007, 28(8): 153-156

[24] Vanhatalo A, Kuoppala K, Toivonen V, et al. Effects of forage species and stage of maturity on bovine milk fatty acid composition [J]. European Journal of Lipid Science & Technology, 2010, 109(8): 856-867

[25] 李磊,王昆,何静,等.驼、牛、羊乳中脂肪酸含量的比较分析[J].食品科学,2019,40(6):223-227
LI Lei, WANG Kun, HE Jing, et al. A comparative analysis of the profile of fatty acids in the milk of camel, cow and sheep [J]. Food Science, 2019, 40(6): 223-227

[26] Flowers G, Ibrahim S A, Abughazaleh A A. Milk fatty acid composition of grazing dairy cows when supplemented with linseed oil [J]. Journal of Dairy Science, 2008, 91(2): 722-730

（下转第 65 页）