

双峰驼乳的营养特性和生物活性研究进展

Research progress on nutritional characteristics and biological activity of bactrian camel milk

张 敏^{1,2} 彭小雨^{1,2} 高 宇^{1,2} 汪家琦^{1,2} 潘丽娜^{1,2}

ZHANG Min^{1,2} PENG Xiao-yu^{1,2} GAO Yu^{1,2} WANG Jia-qi^{1,2} PAN Li-na^{1,2}

(1. 澳优乳业〔中国〕有限公司, 湖南 长沙 410127; 2. 湖南澳优食品与营养研究院, 湖南 长沙 410299)

(1. Ausnutria Dairy〔China〕Co., Ltd., Changsha, Hunan 410127, China;

2. Ausnutria Food and Nutrition Research Institute, Changsha, Hunan 410299, China)

摘要:论述了双峰驼乳的蛋白质、氨基酸、脂肪酸、矿物质及维生素等营养物质组成,并总结了驼乳及其酶解产物在降血糖、抗菌、抗病毒、抗氧化等生物活性方面的研究进展。

关键词:双峰驼乳;生物活性;营养价值;益生菌

Abstract: In this paper, the composition of protein, amino acids, fatty acids, minerals, vitamins and other nutrients in bactrian camel milk was discussed, and the research progress of the biological activities of camel milk and its enzymolysis products such as hypoglycemic, antibacterial, antiviral and antioxidant activities was summarized.

Keywords: bactrian camel milk; bioactive; nutritive value; probiotics

骆驼,被称为“沙漠之舟”,可用作驮运、骑乘、犁地等,是沙漠戈壁地区不可缺少的动物,根据其背部驼峰数可分为单峰驼和双峰驼。单峰驼主要分布在澳大利亚、东西北非和印度等,双峰驼主要分布在哈萨克斯坦、俄罗斯和中国等地,中国的双峰骆驼主要分布在新疆、内蒙古、甘肃等地,其中新疆骆驼约占全国总数的 45%^[1]。

驼乳产量受品种、年龄、泌乳阶段、气候及草场质量等多种因素影响,不同地域骆驼日产乳量差别较大,一头阿拉善双峰驼除幼小骆驼每天的摄取量外,还可以产出 0.25~1.50 kg 驼乳^[2];中国每头双峰驼可产出 1.7~5.0 kg/d 驼乳,尤其在哺乳期间,每头骆驼可产出 514~1 525 kg/a 驼乳^[3]。驼乳营养丰富,与牛、羊乳等反刍动

物乳相比,具有低胆固醇、高浓度胰岛素等特点,是某些民族和地区不可替代的营养品^[4]。除了作为营养乳源外,驼乳还可作为功能性食品来缓解多种疾病。因此,研究拟从双峰驼乳的营养特性和生物活性两个方面进行综述,以期对驼乳的深入研究与开发提供理论依据。

1 驼乳的营养特性

驼乳稀薄,味道偏咸,其基本组分的含量与荷斯坦牛乳相似,但与绵羊乳、山羊乳和人乳间存在差异,与人乳相比,驼乳具有较高比例的蛋白质和更低含量的乳糖(表 1)。

表 1 不同哺乳动物乳汁的化学成分^[5-6]

Table 1 Chemical composition of milk from different mammals

物种	蛋白质	脂肪	乳糖	水分	灰分
骆驼	3.1	3.5	4.4	88.1	0.8
荷斯坦奶牛	3.4	3.7	4.8	87.3	0.7
山羊	2.9	4.5	4.1	87.7	0.8
绵羊	4.5	7.4	4.8	80.7	1.0
人	1.0	3.8	7.0	87.8	0.2

1.1 蛋白质

1.1.1 酪蛋白 酪蛋白是驼乳中主要蛋白之一,且驼乳中 β -酪蛋白含量与人乳接近(65%),比牛乳中的 β -酪蛋白含量高(39%)(表 2)。相比 α_{s1} -酪蛋白, β -酪蛋白更易水解为小分子多肽,易于被人体消化与吸收^[4]。

1.1.2 乳清蛋白 乳清蛋白是驼乳中另一种主要蛋白,其主要组分为血清白蛋白(ALB)、 α -乳白蛋白(α -LA)、乳铁蛋白(LF)和免疫球蛋白等,与 Han 等^[10]采用无标记蛋白组学技术进行乳清蛋白组学研究的结果相似。双峰驼乳乳清蛋白中共鉴定出 534 种蛋白质,其中主要的高丰

基金项目:湖南省营养健康品工程技术研究中心(编号:2019TP2066)

作者简介:张敏,女,澳优乳业(中国)有限公司初级工程师,硕士。

通信作者:潘丽娜(1982—),女,澳优乳业(中国)有限公司高级工程师,硕士。E-mail: lina.pan@ausnutria.com

收稿日期:2022-08-02 **改回日期:**2022-10-06

表 2 骆驼乳、牛乳和人乳的酪蛋白组成^[7-9]
Table 2 Composition of casein from camel, cow and human milk

蛋白质	骆驼		牛		人	
	含量/(g·L ⁻¹)	占比/%	含量/(g·L ⁻¹)	占比/%	含量/(g·L ⁻¹)	占比/%
α _{s1} -酪蛋白	5.3	22.0	9.5	38	0.43	12
α _{s2} -酪蛋白	2.3	9.6	2.5	10	—	—
β-酪蛋白	15.6	65.0	9.8	39	2.40	65
κ-酪蛋白	0.8	3.3	3.3	13	0.87	24
总酪蛋白	24.0		25.1		3.70	

度组分为 ALB、α-LA、LF、GLYCAM1 等。此外,利用生物信息学技术将鉴定出的蛋白质进行 GO 功能注释和 KEGG 路径分析,发现乳清蛋白中 69 种蛋白与“cellular process”功能相关,72 种蛋白与“cell”功能相关,31 种蛋白与“binding”功能相关,且乳清蛋白中大部分蛋白参与

代谢途径、补血和凝血、结核病、内吞作用等相关路径。

驼乳与人乳相似,不含有 β-乳球蛋白(表 3),因此具有较低致敏性^[13]。80 ℃加热 30 min,驼乳乳清中蛋白质变性率为 32%~35%,而牛乳清中蛋白质变性率为 70%~75%,可能是蛋白空间结构导致的差异^[6]。

表 3 骆驼乳、牛乳和人乳的乳清蛋白组成^[8,9,11-12]
Table 3 Composition of whey protein from camel, cow and human milk

蛋白质	骆驼		牛		人	
	含量/(g·L ⁻¹)	占比/%	含量/(g·L ⁻¹)	占比/%	含量/(g·L ⁻¹)	占比/%
β-乳球蛋白	—	—	3.10	53.6	—	—
α-乳白蛋白	2.300	27.0	1.10	20.1	3.20	42.0
血清白蛋白	2.200	26.0	0.35	6.2	0.57	7.5
免疫球蛋白	1.500	18.0	0.20	3.5	1.40	18.0
乳铁蛋白	0.095	1.1	0.10	1.8	2.30	30.0
总乳清蛋白	8.500		5.70		7.60	

1.1.3 乳脂肪球膜蛋白 乳脂是乳的重要组成部分,占总乳成分的 3%~5%。乳脂主要以椭圆形的脂肪球存在于乳中,乳脂肪球直径为 0.2~15.0 μm,表面覆盖一层 10~20 nm 的薄膜,称为乳脂肪球膜(MFGM),在其膜上,乳脂球膜蛋白占 25%~70%。据报道^[14-15],MFGM 蛋白具有多种生理功能,如嗜丁蛋白能够抑制多发性硬化症、黄嘌呤氧化酶可以作为一种杀菌剂、脂肪酸结合蛋白可以作为一种细胞生长抑制剂等。

豆智华等^[16]对双峰驼乳的 MFGM 蛋白进行组学差异分析,在 MFGM 蛋白中共鉴定出 1 047 种蛋白质,其中主要的高丰度组分为嗜乳脂蛋白(BTN)、黄嘌呤氧化还原酶(XO/XDH)、乳凝集素(MFGE-8)等,与 Han 等^[10]的结果一致。其中,MFGE-8 主要在新生儿肠道免疫系统中起作用,BTN 和 XDH 主要与脂质合成和分泌有关^[17]。利用生物信息学技术将鉴定出的蛋白质进行 GO 功能注释和 KEGG 路径分析,发现双峰驼乳中 MFGM 蛋白中有 142 种蛋白与“cellular process”功能相关、206 种蛋白与“cell”功能相关、59 种蛋白与“binding”功能相关,且 MFGM 蛋白中大部分参与代谢途径、核糖体、内质网蛋白加工、内吞和吞噬体等相关通路,此外,在骆驼奶中发现了 17 种与 PI3K/AKT 信号通路相关的蛋白,这可能

与骆驼奶的降糖作用有关^[10]。

1.2 氨基酸组成

驼乳中氨基酸种类齐全,含有婴儿所需的 9 种必需氨基酸(EAA),其中 EAA 约占总氨基酸(TAA)的 40%,高于 FAO 推荐优质蛋白的评分模式(36%),表明驼乳可以作为一种优质的蛋白质来源^[18]。双峰驼乳中 EAA/NEAA 为 0.97,与人乳(1.07)较为接近^[19],其中色氨酸和半胱氨酸含量、占比较低,谷氨酸含量最高,与文献^[20]报道的单峰骆驼乳、牛乳和山羊乳中谷氨酸含量相似。除上述氨基酸外,驼乳中还含有少量牛磺酸,其对婴幼儿的大脑发育、神经系统的完善及视网膜、血压维持等具有重要功能^[21]。

1.3 脂肪酸组成

Gaukhar 等^[22]研究了哈萨克斯坦不同地区双峰驼乳的脂肪酸组成,其主要脂肪酸组成为 C_{14:0}(12.8%)、C_{16:0}(31.3%)、C_{18:0}(16.3%)和 C_{18:1}(21.4%),与陆东林等^[23]的结果相似。驼乳脂肪酸中,饱和脂肪酸(SFA)占 65%左右,不饱和脂肪酸(UFA)占 30%左右,UFA/SFA 是反映牛乳营养品质的良好指标,Gaukhar 等^[22]与陆东林等^[23]报道的双峰骆驼乳的 UFA/SFA 分别为 0.45 和

0.48, 其比值高于牛乳(0.30)和羊乳(0.32)。驼乳脂肪酸中, 长链脂肪酸($C_{15} \sim C_{20:1}$)占比为 80% 左右, 短中链脂肪酸($C_4 \sim C_{14}$)占比为 15% 左右。钱浩等^[24]在新疆双峰驼乳中还检测到花生四烯酸(ARA)、二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)等, 其占比分别为 0.200%, 0.031%, 0.026%。

此外, 研究者^[25]还对比了几种动物乳中乳脂肪球的粒径大小, 发现驼乳乳脂肪球的粒径最小为 2.99 μm , 水牛奶的乳脂肪球直径最大为 8.70 μm , 羊奶的乳脂肪球直径为 3.19 μm , 表明驼乳具有高分散状态的乳脂, 因此更容易被消化吸收。

1.4 矿物质

驼乳中常量元素以 Ca、P、K、Cl、Na、Mg 含量较高, 微量元素以 Fe、Zn、Se 含量较高, 其中 Ca/P 比值为 1.35^[26], 均在骆驼乳相同元素含量及比值范围之内^[3], 但不同研究中数据具有一定的差异性。此外, 不同阶段, 驼乳中矿物质含量也有所差异, Zhang 等^[27]对阿拉善双峰驼第一个哺乳期初乳和成熟乳中矿物质含量进行分析, 在产后 2 h, Ca、P、Na、K 和 Cl 的水平分别为 222.58, 153.74, 65.00, 136.50, 141.10 mg/100 g; 第 90 天正常乳样的相应值分别为 154.57, 116.82, 72.00, 191.00, 152.00 mg/100 g。

1.5 维生素

驼乳中含有多种维生素, 双峰驼乳中维生素 A 和维生素 E 平均含量较高, 分别为 1.04, 1.44 mg/kg, 维生素 D 含量较低为 0.017 mg/kg, 维生素 B₂ 和维生素 C 的平均含量分别为 1.25, 28.90 mg/kg^[28]。维生素 C 的平均含量与吉日本图等^[29]的相似, 均高于牛乳中的。

2 驼乳及其酶解产物的生物活性

2.1 降血糖

有研究^[30]报道, 驼乳具有改善糖尿病的潜能, 其中印度进行的一项以人群为基础的研究表明经常饮用驼乳会降低患糖尿病的风险。Ashraf 等^[31]研究表明, 驼乳乳清蛋白水解物对 DPP-IV 有抑制效果, 同时对胰岛素受体激活和葡萄糖摄取有积极作用。Alice 等^[32]用胰蛋白酶酶解驼乳蛋白, 得到具有 DPP-IV 抑制活性的多肽片段 LPVP 和 MPVQA, 其 IC₅₀ 值分别为 0.037, 0.051 mg/mL, 进一步表明骆驼乳具有抗糖尿病的特性。

2.2 抗菌、抗病毒作用

驼乳中富含保护蛋白, 如 LF、溶菌酶、免疫球蛋白等, 在机体的抗病机制方面起重要作用^[33]。研究^[34]表明, LF 能抑制如金黄色葡萄球菌、大肠杆菌等细菌的生长, 其最小抑菌浓度分别为 2, 3 mg/mL, 且 LF 与溶菌酶联合作用后, 其抑菌活性明显增强。Salami 等^[35]利用蛋白酶 K 酶解乳清蛋白, 通过分子量为 3 kDa 的超滤膜后, 其酶解物对大肠杆菌具有较强的抑菌效果。武运等^[36]从新疆传统发酵驼乳中分离得到 9 株具有抑菌活性的菌

株, 其中菌株 MLS5 的抑菌活性最强, 具有广谱抗菌性。

此外, 驼乳还具有抗病毒及抗感染作用, El-Fakharany 等^[37]研究了 4 种不同乳中乳铁蛋白对 HepG2 细胞连续感染 HCV 的抗感染作用, 结果表明, 人、骆驼、牛、羊乳铁蛋白可以通过与病毒的直接相互作用阻止 HCV 进入 HepG2 细胞, 而不会引起靶细胞的显著变化, 且还能够抑制 HCV 感染的 HepG2 细胞中的病毒扩增, 其中, 骆驼乳铁蛋白的抗感染能力最强。

2.3 抗氧化

抗氧化剂可以延缓自由基的形成从而阻止自由基链反应。驼乳中含有多种具有抗氧化作用的成分, 可以抑制自由基形成, 从而降低氧化应激反应^[38]。驼乳酶解产物中也含有具有抗氧化活性的多肽, Ibrahim 等^[39]研究发现酪蛋白和乳清蛋白的胃蛋白酶酶解产物中含有抗氧化活性的多肽, 其主要来源于 α -酪蛋白、乳白蛋白和乳铁蛋白。Kumar 等^[40]研究发现, 胰凝乳蛋白酶的酪蛋白水解产物比碱性蛋白酶水解产物具有较高的抗氧化活性。Homayouni-Tabrizi 等^[38]从驼乳的胃蛋白酶和胰酶水解物中分离得到 3 条具有抗氧化活性的多肽。综上, 驼乳蛋白有开发成为保健品原料的巨大潜力。

2.4 其他

潘蕾等^[41]研究报道了驼乳对慢性肾功能衰竭的恶化有一定的延缓作用, 其主要通过减缓蛋白尿、降低大鼠血肌酐、尿素氮水平和调节血清总蛋白、NO 水平来调节电解质、保护肾功能从而起到缓解恶化。古丽孜亚·卡克巴依^[42]研究发现, 传统发酵骆驼乳具有抗炎作用, 能明显抑制 C-反应蛋白和丙二醛等炎性因子, 具有一定的免疫调节作用。

此外, 驼乳是一种潜在的乳酸菌资源库, 从中可以分离出具有较高益生菌潜力的菌种^[43]。Ayyash 等^[44]从骆驼乳中分离出 *E. faecium* KX881783 和 *S. equinus* KX881778 两种乳酸菌, 具有高的抑制病原体的能力、酸胆耐受性等。Hamed 等^[45]研究发现, 用乳酸乳球菌发酵的驼乳对 CCl₄ 诱导的心脏毒性病变有预防作用。因此, 驼乳有望开发成为具有潜在健康益处的功能性食品。

3 结语

驼乳营养均衡, 过敏原性较低, 可作为对牛乳过敏儿童的替代品。驼乳具有多种生物活性, 能缓解多种疾病, 但其具体作用机制尚缺乏深入解析, 因此有赖于研究学者对驼乳作用机制进行深入研究, 以挖掘其潜在的利用价值。随着驼乳较高的营养价值和保健功效逐渐被人们所认识, 未来驼乳及其产品必将会受到青睐。

参考文献

- [1] 伊丽, 特木伦, 郑志强, 等. 准格尔双峰驼乳脂肪酸组成的季节变化[J]. 中国乳品工业, 2014, 42(3): 18-21.

- YI L, TE M L, ZHENG Z Q, et al. Seasonal changes of the fatty acid composition in Bactrian camel milk from Zhunger[J]. China Dairy Industry, 2014, 42(3): 18-21.
- [2] BAI Y H, ZHAO D B, NIU Y W. Composition and characteristics of Chinese Bactrian camel milk[J]. Small Ruminant Research, 2015, 127(4): 58-67.
- [3] PARK Y W, HAENLEIN G. Handbook of milk of non-bovine mammals[M]. Australia: Blackwell Publishing Ltd, 2008: 409-415.
- [4] YADAV A K, KUMAR R, PRIYADARSHINI L, et al. Composition and medicinal properties of camel milk: A Review[J]. Journal of Dairying, Foods & Home Ence, 2015, 34(2): 83.
- [5] HAILU Y, HANSEN E B, SEIFU E, et al. Functional and technological properties of camel milk proteins: A review[J]. The Journal of Dairy Research, 2016, 83(4): 422-429.
- [6] OMAR A A H, HAMAD A A K. Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk[J]. International Dairy Journal, 2010, 20: 811-821.
- [7] KAPPELER S, FARAH Z, PUHAN Z. Sequence analysis of *Camelus dromedarius* milk caseins[J]. Journal of Dairy Research, 1998, 65: 209-222.
- [8] EL-HATMI H, LEVIEUX A, LEVIEUX D. Camel (*Camelus dromedarius*) immunoglobulin G, α -lactalbumin, serum albumin and lactoferrin in colostrum and milk during the early post partum period[J]. Journal of Dairy Research, 2006, 73(3): 288-293.
- [9] MALACARNE M, MARTUZZI F, SUMMER A, et al. Protein and fat composition of mare's milk: Some nutritional remarks with reference to human and cow's milk[J]. International Dairy Journal, 2002, 12(11): 869-877.
- [10] BH A, LZ A, BL B, et al. Comparison of milk fat globule membrane and whey proteome between Dromedary and Bactrian camel[J]. Food Chemistry, 2021, 367: 130658.
- [11] DERECK E W C, GEOFFREY S, PETER R, et al. Bioactivity of β -lactoglobulin and α -lactalbumin: Technological implications for processing[J]. International Dairy Journal, 2006, 16: 1 229-1 240.
- [12] SHAMSIA S M. Nutritional and therapeutic properties of camel and human milks[J]. International Journal of Genetics and Molecular Biology, 2009, 1(2): 52-58.
- [13] ZHAO D B, BAI Y H, NIU Y W. Composition and characteristics of Chinese Bactrian camel milk [J]. Small Ruminant Research, 2015, 127: 58-67.
- [14] OTA N, SOGA S, HASE T, et al. Daily consumption of milk fat globule membrane plus habitual exercise improves physical performance in healthy middle-aged adults[J]. Springer Plus, 2015, 4(1): 1-8.
- [15] HICHAM B, AFSHAN M, IBRAHIM A, et al. Proteomic profiling comparing the effects of different heat treatments on camel (*Camelus dromedarius*) milk whey proteins[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2017, 18(4): 721.
- [16] 豆智华, 杨迎春, 杨洁. 牛乳和双峰驼乳中乳脂球膜蛋白的差异分析[J/OL]. 食品科学. (2022-04-14) [2022-07-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.ts.20220414.1121.042.html>.
- DOU Z H, YANG Y C, YANG J. Differential analysis of milk fat globule membrane proteins in bovine milk and Bactrian camel milk[J/OL]. Food Science. (2022-04-14) [2022-07-16]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.ts.20220414.1121.042.html>.
- [17] MA Y, ZHANG L, WU Y, et al. Changes in milk fat globule membrane proteome after pasteurization in human, bovine and caprine species[J]. Food Chemistry, 2019, 279: 209-215.
- [18] AL-HAMMADI S, EL-HASSAN T, AL-REYAMI L. Anaphylaxis to camel milk in an atopic child[J]. Allergy, 2010(65): 1 622-1 629.
- [19] 赵电波, 白艳红, 张文彬. 自然发酵双峰驼乳营养价值的研究[J]. 乳业科学与技术, 2007, 30(6): 305-307.
- ZHAO D B, BAI Y H, ZHANG W B. Study on the nutritive values of natural fermented Alxa Bactrian camels milk [J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2007, 30(6): 305-307.
- [20] 吉日本图. 双峰家驼与野驼分子进化及驼乳理化特性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006: 51-54.
- Jirimutu. Studies on molecular evolution of domestic and wild bactrian and the physical-chemical properties of camel milk[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2006: 51-54.
- [21] 陆东林, 徐敏, 李景芳, 等. 双峰驼乳的化学成分和营养价值[J]. 新疆畜牧业, 2019, 34(5): 6-14.
- LU D L, XU M, LI J F, et al. Chemistry composition and nutritional value of Bactrian camel milk[J]. Xinjiang Animal Husbandry, 2019, 34(5): 6-14.
- [22] KONUSPAYEVA G, ÉMILIE L, FAYE B, et al. Fatty acid and cholesterol composition of camel's (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* and hybrids) milk in Kazakhstan[J]. Dairy Science & Technology, 2008, 88(3): 327-340.
- [23] CARDAK A D, BRÜCKNER H, YETİŞMEYEN A. Quantitative comparison of free fatty acids in camel, goat and cow milk[J]. Milchwissenschaft, 2003, 58(3/4): 127-130.
- [24] 钱浩, 陆东林, 徐敏, 等. 双峰驼乳和牛乳中长链多不饱和脂肪酸质量浓度测定[J]. 中国乳业, 2014(12): 63-66.
- QIAO H, LU D L, XU M, et al. Measure on the concentration of the long chain polyunsaturated fatty acids in Xinjiang bactrian camel milk and cattle milk[J]. China Dairy, 2014(12): 63-66.
- [25] GIZACHEW A, TEHA J, BIRHANU T. Review on medicinal and nutritional values of camel milk[J]. Nature and Science, 2014, 12(12): 35-40.
- [26] 徐敏, 陆东林, 马卫平, 等. 新疆双峰骆驼乳中矿物元素和维生素质量浓度检测[J]. 草食家畜, 2014(4): 68-71.
- XU M, LU D L, MA W P, et al. Determination of mineral elements and vitamin concentration in Bactrian camel milk in Xinjiang[J]. Grass-Feeding Livestock, 2014(4): 68-71.
- [27] ZHANG H, YAO J, ZHAO D, et al. Changes in chemical composition of Alxa Bactrian camel milk during lactation[J]. Journal of Dairy Science, 2015, 88(10): 3 402-3 410.
- [28] 明亮, 郑志强, 郭春燕, 等. 准噶尔驼泌乳期内乳营养成分动态变化研究[J]. 中国食品学报, 2015, 15(6): 240-245.
- MING L, ZHENG Z Q, GUO C Y, et al. Study on dynamic changes

- of milk nutrition composition during lactation of Junggar camel[J]. Journal of Chinese Food Science, 2015, 15(6): 240-245.
- [29] 吉日木图, 张和平, 赵电波. 不同泌乳时间内内蒙古阿拉善双峰骆驼乳化学组成变化分析[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 173-179.
- Jirimutu, ZHANG H P, ZHAO D B. Changes in chemical composition of alxa Bactrian camel milk during lactation[J]. Food Science, 2005, 26(9): 173-179.
- [30] BHAT D K, KANG A U, KUMAR N, et al. The Raikas: A unique combination of high prevalence of type-I diabetes susceptibility genes and near zero incidence of the disease[J]. Human Immunology, 2014, 75(12): 1 252-1 258.
- [31] ASHRAF A, MUDGIL P, PALAKKOTT A, et al. Molecular basis of the anti-diabetic properties of camel milk through profiling of its bioactive peptides on dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) and insulin receptor activity[J]. Journal of Dairy Science, 2021, 104(1): 61-77.
- [32] NONGONIERMA A B, PAOLELLA S, MUDGIL P, et al. Identification of novel dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory peptides in camel milk protein hydrolysates[J]. Food Chemistry, 2017, 244: 340.
- [33] 范洪波, 哈苏荣, 吉日木图. 驼乳及其抗微生物因子的特性[J]. 畜牧与饲料科学, 2006, 27(1): 37-40.
- FAN H B, Hasisurong, Jirimutu. Characteristics of camel milk and its antimicrobial factors[J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2006, 27(1): 37-40.
- [34] 照日格图, 包宏杰, 哈苏荣. 双峰驼乳中乳铁蛋白的体外抗菌活性及影响因素[J]. 动物医学进展, 2007(10): 22-26.
- Zhaorigetu, BAO H J, Hasisurong. Antibacterial activity and influencing factors of lactoferrin in bactrian camel milk in vitro[J]. Progress in Veterinary Medicine, 2007(10): 22-26.
- [35] SALAMI M, MOOSAVI-MOVAHEDI A A, EHSANI M R, et al. Improvement of the antimicrobial and antioxidant activities of camel and bovine whey proteins by limited proteolysis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58: 3 297-3 302.
- [36] 武运, 李远, 王冰峰, 等. 新疆酸驼乳中细菌素乳酸菌的筛选及其抑菌性[J]. 食品与机械, 2011, 27(3): 25-28, 62.
- WU Y, LI Y, WANG B F, et al. Screening of bacteriocin-producing lactic acid bacteria in hogormag from Xinjiang and study on its bacteriostatic activity[J]. Food & Machinery, 2011, 27(3): 25-28, 62.
- [37] EL-FAKHARANY E M, SÁNCHEZ L, AL-MEHDAR H A, et al. Effectiveness of human, camel, bovine and sheep lactoferrin on the hepatitis C virus cellular infectivity: Comparison study [J]. Virology Journal, 2013, 10: 199-209.
- [38] HOMAYOUNI-TABRIZI M, ASOODEH A, SOLTANI M. Cytotoxic and antioxidant capacity of camel milk peptides: Effects of isolated peptide on superoxide dismutase and catalase gene expression[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2017, 25(3): 567-575.
- [39] IBRAHIM H R, ISONO H, MIYATA T. Potential antioxidant bioactive peptides from camel milk proteins [J]. Animal Nutrition, 2018, 4(3): 273-280.
- [40] KUMAR D, CHATLI M K, SINGH R, et al. Enzymatic hydrolysis of camel milk casein and its antioxidant properties [J]. Dairy Science & Technology, 2016, 96(3): 391-404.
- [41] 潘蕾, 王晶, 王娟, 等. 驼乳对慢性肾功能衰竭大鼠的影响[J]. 食品科学, 2010(7): 376-380.
- PAN L, WANG J, WANG J, et al. Alleviating effect of camel milk on chronic renal failure in rats[J]. Food Science, 2010(7): 376-380.
- [42] 古丽孜亚·卡克巴依, 新华·那比. 新疆哈萨克族传统发酵驼乳抗炎作用的初步研究[J]. 中国乳品工业, 2007, 35(9): 8-10.
- GULIZIYA K K B Y, XINHUA N B. Anti-inflammatory effects and mechanism of Xinjiang Kazakh traditional fermented camel milk[J]. China Dairy Industry, 2007, 35(9): 8-10.
- [43] ABUSHELAIBI A, AL-MAHADIN S, EL-TARABILY K, et al. Characterization of potential probiotic lactic acid bacteria isolated from camel milk[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 79: 316-325.
- [44] AYYASH M, ABUSHELAIBI A, AL-MAHADIN S, et al. In-vitro investigation into probiotic characterisation of Streptococcus and Enterococcus isolated from camel milk[J]. LWT, 2018, 87: 478-487.
- [45] HAMED H, CHAARI F, GHANNOUDI Z, et al. Beneficial effects of fermented camel milk by lactococcus lactis subsp cremoris on cardiotoxicity induced by carbon tetrachloride in mice[J]. Bio-medicine & Pharmacotherapy, 2017, 97: 107-114.
- (上接第 145 页)
- [36] 陈鑫. 不同干燥方法对姬松茸干品品质特性的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2008: 34-37.
- CHEN X. Study on quality characteristics of dried Agaricus blazei by different drying methods[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2008: 34-37.
- [37] 邓加聪, 王志辉, 童秋霞, 等. 不同干燥方式对牛肝菌品质及特性的影响[J]. 食品工业, 2019, 40(11): 6-9.
- DENG J C, WANG Z H, TONG Q X, et al. Effects of different drying methods on the quality and characteristics of Boletus[J]. Food Industry, 2019, 40(11): 6-9.
- [38] 江宁, 刘春泉, 李大婧, 等. 不同干燥方法对杏鲍菇片品质和能耗的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(9): 232-235.
- JIANG N, LIU C Q, LI D J, et al. Effects of different drying methods on quality and energy consumption of Pleurotus eryngii slices[J]. Jiangsu Agricultural Science, 2014, 42(9): 232-235.
- [39] KHAN M I H, WELLARD R M, NAGY S A, et al. Investigation of bound and free water in plant-based food material using NMR T2 relaxometry[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2016, 38: 252-261.