

• 综 述 •

马奶营养成分及其对心血管疾病的防治作用

黄雅琴¹, 于海宁¹综述, 沈生荣²审校

(1. 浙江工业大学, 浙江 杭州 310014; 2. 浙江大学, 浙江 杭州 310058)

[摘要] 心血管疾病(CVD)是心脏和血管疾病的统称,主要包括冠心病、脑血管疾病、周围动脉血管疾病、先天性心脏病、深静脉血栓和肺栓塞等。根据相关报告显示,我国 CVD 的患病人数达 3.3 亿,已位居我国居民死因首位。乳制品对心血管代谢健康的影响近年来已成为研究热点之一。适量摄入乳制品可通过调节血管紧张素转换酶、骨钙素、肠道微生物等途径改善 CVD。马奶作为优质乳制品之一,富含多种营养成分,如蛋白质、脂肪、氨基酸、多不饱和脂肪酸等,其对高血压、动脉粥样硬化、缺血性脑卒中、高脂血症等 CVD 具有良好的防治作用。该文对马奶营养成分及其防治 CVD 的效果和机制进行综述,以期为马奶的利用和 CVD 营养支持提供依据。

[关键词] 马奶; 心血管疾病; 营养成分; 防治作用; 综述

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2024.24.032

中图法分类号:R714.252;G353.11

文章编号:1009-5519(2024)24-4294-05

文献标识码:A

Nutritional composition of mare's milk and its preventive and therapeutic effects on cardiovascular diseases

HUANG Yaqin¹, YU Haining¹, SHEN Shengrong²

(1. Zhejiang University of Technology, Hangzhou, Zhejiang 310014, China;

2. Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058, China)

[Abstract] Cardiovascular diseases (CVD) are a collective term for heart and blood vessel diseases, primarily including coronary heart disease, cerebrovascular diseases, peripheral artery diseases, congenital heart diseases, deep venous thrombosis, and pulmonary embolism. According to relevant reports, the number of CVD patients in China has reached 330 million, ranking first among the causes of death among Chinese residents. The impact of dairy products on cardiovascular and metabolic health has become one of the research hotspots in recent years. Appropriate dairy intake can improve CVD by regulating angiotensin-converting enzyme, osteocalcin, intestinal microbiota, and other pathways. Mare's milk, as one of the high-quality dairy products, is rich in various nutrients such as protein, fat, amino acids, and polyunsaturated fatty acids. It exhibits good preventive and therapeutic effects on CVD such as hypertension, atherosclerosis, ischemic stroke, and hyperlipidemia. This article reviews the nutritional composition of mare's milk and its effects and mechanisms in preventing and treating CVD, aiming to provide a basis for the utilization of mare's milk and nutritional support for CVD.

[Key words] Mare's milk; Cardiovascular diseases; Nutritional composition; Preventive and therapeutic effects; Review

在奶品动物中,马是唯一的单胃动物,其泌奶生理过程与复胃动物如牛、羊和骆驼显著不同。马奶呈白色,略带淡青色^[1],是一种珍贵的乳品资源^[2]。2 000 多年前,人类就已经开始利用马奶,很多少数民族如维吾尔族、哈萨克族、蒙古族等就有饮用鲜马奶、酸马奶及马奶制品防病治病的传统。食疗著作《饮膳

正要》中描述马乳偏凉,可以止渴,治热症^[3]。蒙医学著作《甘露四部》也阐述了马奶以滋补理论为指导的饮食疗法^[4]。以马奶发酵制备的克木孜是哈萨克族的传统保健饮料,其具有稀释血液,降低血液黏稠度,改善血液循环的功能,对高血压有明显的预防与早期治疗的作用^[5]。龚姜巴等^[6]研究了蒙医学酸马奶疗

法的演变与临床应用,也指出了蒙古族 2 000 多年前就有采用酸马奶防治心血管疾病(CVD)的传统。

现代营养学研究发现,马奶营养丰富,其成分与人类母乳非常接近^[7],马奶中的酪蛋白和乳清蛋白容易被人体吸收,可以作为母乳的替代品^[8]。马奶中也含有大量乳铁蛋白(LF),这种糖蛋白有助于人体吸收铁元素,不仅可以增强免疫系统功能,还具有抗菌、抗氧化和抗炎的效果^[7];马奶富含溶菌酶(LYZ,一种具有抗微生物功能的酶),能够有效抑制引发肠道感染和腹泻的微生物增长,并显著抑制革兰阳性菌及肠杆菌科的微生物生长^[9];马奶中的不饱和脂肪酸和低分子脂肪酸对预防高胆固醇血症、动脉硬化有良好作用^[10];马奶中富含的维生素 C(V_C)和 V_E 有助于减少氧化性脂质损伤,这在动脉粥样硬化的发展过程中起到一定的预防作用^[11]。

同时,以鲜马奶为原料发酵制备的酸马奶对 CVD 的改善作用仍是研究的热点领域^[12]。在一项降血脂研究中,高脂血症患者每天三餐前饮用 250 mL 酸马奶,能够显著升高高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)水平^[13]。也有动物实验发现,酸马奶能显著降低高胆固醇大鼠血清中甘油三酯、低密度胆固醇含量^[14]。此外,体外研究也指出酸马奶对血管紧张素转换酶(ACE)有明显的抑制作用,表明酸马奶有降血压的潜力^[15]。除了马奶本身所具有的营养物质外,益生菌发酵产生的乳清酸等活性物质也被认为是酸马奶防治 CVD 的活性成分。

基于马奶防治 CVD 的悠久历史及现代研究,本文综述了马奶营养成分及其防治 CVD 的机制,以期作为马奶的利用及新产品开发提供参考和依据。

1 马奶的营养成分及其防治 CVD 的机制

1.1 马奶中的蛋白质与 CVD 防治

马奶不仅是一种极具价值的食品,还包含了小马驹生长发育所需的全部营养成分^[16]。从主要成分来看,马奶比其他反刍动物的奶更接近于人类乳汁,可用于牛奶过敏婴儿的蛋白质补充^[17]。同时,马奶中一些生物活性蛋白成分也值得关注。LYZ 和 LF 以其抗菌活性而著称,被视为马奶中的关键活性成分,属于多功能蛋白质家族^[12-13]。LYZ 被认为是一种天然的抗菌剂,许多研究强调了其作为控制病原微生物进入生物体的第 1 道屏障作用^[18]。此外,还有研究发现,LYZ 的热变性会使其失去酶活性,但能增加其抗菌活性,这种活性可以通过分子的二聚化和富含色氨酸基团的活性位点的暴露来解释,这些基团可以与细菌膜相互作用,使

磷脂膜具有渗透性而导致细菌死亡^[19]。LF 是一种糖蛋白,属于转铁蛋白家族。马奶中的 LF 含量介于母乳和牛奶之间^[20]。LF 对动脉粥样硬化有预防作用。一项研究发现,LF 增加了胆固醇代谢合成促进酶相关基因的表达。LF 通过降低血清胆固醇水平来维护机体代谢平衡,缓解高胆固醇饮食(HFCD)诱导的肝脏胆固醇代谢失调^[21]。

1.2 马奶中的游离氨基酸(FAA)与 CVD 防治

乳制品中的大多数氨基酸是蛋白质链的组成部分,同时也含有一定量的 FAA,通常占总氨基酸(TAA)水平的 10% 以下^[22]。马奶中氨基酸种类丰富,含有 17 种氨基酸,其中必需氨基酸占氨基酸总量的 40.67%,赖氨酸及亮氨酸的含量尤其高,占氨基酸总量的 18.44%,此特点与人奶类似。

一些学者的研究揭示了鲜马奶在特定氨基酸含量上的独特优势。相较于牛奶、羊奶及驼奶,马奶中的半胱氨酸、精氨酸、天门冬氨酸及丝氨酸占 TAA 的百分比更高^[23]。精氨酸作为生长发育时期至关重要的氨基酸,其在心血管功能改善及免疫力调节方面具有显著作用^[23]。在高胆固醇血症和动脉粥样硬化的临床研究中,给予 L-精氨酸能够改善内皮依赖性血管舒张^[24];给轻度高血压患者输注 L-精氨酸可使其血压降低 8%,并能降低肾血管阻力。L-精氨酸降低血管紧张素 II 水平可能是其作用机制^[25]。牛磺酸是一种含硫的氨基酸,在马奶中有较高含量^[26]。牛磺酸的作用与功效包括促进大脑发育、提高记忆力和防治心脑血管疾病等。牛磺酸对动脉粥样硬化的缓解作用也已在动物模型中得到了验证^[27],如在高脂血症动脉粥样硬化易发(LAP)鹌鹑模型中,牛磺酸显著改善了动脉粥样硬化^[28]。其机制包括:牛磺酸对血清胆固醇和甘油三酯水平的改善,对抗坏血酸稳定性的提升,辅助治疗贫血等。马奶中的天门冬氨酸则被发现在心肌保护及能量代谢过程中具有重要作用^[29]。

1.3 马奶中的脂肪酸与 CVD 防治

马奶的脂肪含量为 1.08 g/100 g,而牛奶的脂肪含量则为 3.20 g/100 g。马奶中的脂肪具有含量低、脂肪球小、易于消化吸收等特点^[30]。依据对鲜马奶脂肪酸谱分析报道可知,马奶中多不饱和脂肪酸(PUFAs)占比较高^[31],主要由亚油酸和 α -亚麻酸构成^[27]。 α -亚麻酸经脱饱和酶及延伸酶催化生成二十碳五烯酸(EPA),而 EPA 可经延伸酶(向脂肪酸碳氢化合物链上加碳)和脱饱和酶(双键取代单键)代谢生成二十二碳六烯酸(DHA)^[28]。这些 PUFAs 尤其是 Omega-3 长链脂肪

酸能够预防心肌梗死和心律失常,降低收缩压和舒张压,改善血管功能。

健康的动脉柔软而富有弹性,但是随着时间的流逝,动脉壁逐渐变得坚硬,管腔变窄。动脉粥样硬化的直接原因是斑块在动脉内形成和积聚^[29]。过去几十年的流行病学、临床和实验研究表明,富含 PUFAs 的饮食在预防动脉粥样硬化中起着重要作用^[30]。马奶中的长链 PUFAs,可通过降低血清总胆固醇、低密度脂蛋白及甘油三酯水平防止血栓形成而有效减缓动脉粥样硬化的进程^[31-32]。一项临床研究发现,补充 Omega-3 PUFAs 能明显稳定冠状动脉硬化患者在接受经皮冠状动脉介入治疗后血浆纤维蛋白凝块的渗透性、溶解时间及峰值凝血酶生成,具有显著的抗血栓作用^[33]。高血压以舒张功能障碍为特点,主要特征是血管收缩功能受损^[34]。在内皮细胞中,DHA 和 EPA 通过增加一氧化氮(NO)的生物利用度及血管内皮 NO 的产生,从而增强血管舒张功能,改善高血压。此外,有研究指出 Omega-3 长链 PUFAs 在维持肠道免疫和肠道微生物群平衡方面具有重要作用^[35]。双歧杆菌是一种重要的肠道有益微生物。一项动物实验结果表明,膳食中添加 Omega-3 长链 PUFAs 可增加雄性 SD 大鼠肠道中双歧杆菌的丰度和百分比^[36]。双歧杆菌的增加可以抑制与代谢性内毒素血症相关的炎症反应^[37]。同时, Omega-3 长链 PUFAs 可以调节机体免疫反应,如改变免疫细胞的磷脂膜,抑制 Omega-6 长链 PUFAs 诱导的炎症,下调炎症转录因子或作为抗炎脂质介质的前体等^[35]。马奶中富含的长链 PUFAs 是其防治 CVD 的重要营养物质,但其机制方面仍缺乏直接的实验证据,需要进一步探索。

1.4 马奶中的维生素与 CVD 防治 马奶含有 V_A, V_{D₃}, V_E, V_{K₂}, V_C, V_{B₁}, V_{B₂}, V_{B₃}, V_{B₆}, V_{B₁₂} 等多种维生素。其中 V_C 含量较高,为人乳的 2~3 倍,为牛奶的 5~6 倍^[38]。V_C 在机体代谢中扮演着多重角色,其不仅是生物氧化过程中的电子传递介质,也是抵御应激和氧化损伤的关键因素^[39]。有研究表明,V_C 对血管细胞正常运行有保护作用^[40]。在一项黄芪注射液联合 V_C 治疗病毒性心肌炎的临床试验中,V_C 通过清除自由基使心肌细胞得到保护,同时,V_C 还可以通过提高心脏肌糖原的转化速率,有效减少心肌缺血等情况,从而修复心肌损伤^[41]。此外,V_C 也被发现有一定降胆固醇作用,能够促进胆固醇转化为胆汁酸,降低血清总胆固醇水平^[42]。V_C 还能增加脂蛋白酯酶的活性,加速血清低密度脂蛋白及甘油三酯的降解^[43]。

1.5 酸马奶发酵产生的活性成分与 CVD 的防治 鲜马奶益生菌发酵后得到的酸马奶在降低胆固醇方面具有显著疗效^[44]。其主要活性成分包括:不饱和脂肪酸、钙、乳酸菌及发酵过程中产生的乳清酸等^[45]。乳酸菌降低血清中胆固醇水平已在多项研究中得到证实^[46],例如卢海鹏等^[14]从酸马奶中分离出不同种类的乳酸菌,并将分离得到的乳酸菌用于体外降胆固醇及甘油三酯试验,结果显示,对胆固醇和甘油三酯的降解率最高分别可达(45.82±1.10)%及(22.40±1.05)%。同时,将乳酸菌脱菌液对高能模型大鼠进行灌胃干预,发现乳酸菌脱菌液有效降低了高能模型大鼠的肝脏指数与血清中总胆固醇含量。

酸马奶在发酵过程中可产生 0.5%~1.0% 的乳清酸,乳清酸能抑制肝脏合成胆固醇,降低血液中胆固醇的总量^[44]。有研究指出,机体内胆固醇的合成受 3-羟基-3-甲基戊二酰 CoA 还原酶(HMG-CoA)的调控^[47]。乳清酸能促进饱和脂肪酸向不饱和脂肪酸的转化,而不饱和脂肪酸可作为 HMG-CoA 的抑制剂,阻碍胆固醇的合成反应,以降低血清胆固醇含量^[45]。

2 小结与展望

鲜马奶中含有的蛋白质、FAA、长链 PUFAs、维生素及发酵马奶制品中的乳酸菌、乳清酸等活性营养物质是马奶防治 CVD 的物质基础。随着乳制品、功能食品开发领域的深入研究,在传统用法的基础上,进一步挖掘马奶在 CVD 防治领域的潜力,具有极大的开发价值和市场潜力。同时,通过本文的综述可知,来源于马奶的营养成分活性研究报道仍较少,马奶及发酵马奶制品在 CVD 中的作用,特别是马奶活性成分分离及其生物活性探索方面仍需深入研究。

参考文献

- [1] 菅瑞珍. 浅析内蒙古马产业与马文化[J]. 当代畜禽养殖业, 2018, 39(9): 49-50.
- [2] WAILI Y, GAHAFU Y, AOBULITALIFU A, et al. Isolation, purification, and characterization of antioxidant peptides from fresh mare's milk [J]. Food Sci Nutr, 2021, 9(7): 4018-4027.
- [3] 贺薇, 张雪丹, 丁杰, 等. 《饮膳正要》中的乳类应用与分析[J]. 中华中医药杂志, 2024, 39(1): 453-456.
- [4] 刘亚东, 宋秋, 霍贵成. 马奶和母乳的营养成分比较分析[J]. 食品工业, 2012, 33(11): 156-158.
- [5] 卡米西别克·努尔哈买提, 木拉提·克扎衣别

- 克,地达尔·巴合提坚. 克木孜在哈萨克医的传统作用[J]. 中国民族医药杂志,2013,19(4):75-76.
- [6] 龚姜巴,巴达日胡,都日娜. 蒙医酸马奶疗法的演变及其临床应用[J]. 中国民族医药杂志,2019,25(2):33-36.
- [7] MUSAEV A, SADYKOVA S, ANAMBAYEVA A, et al. Mare's milk: composition, properties, and application in medicine[J]. Arch Razi Inst, 2021, 76(4):1125-1135.
- [8] 许晶辉,王朝霞,张富新,等. 驴乳和马乳蛋白质组分及其消化特性[J]. 乳业科学与技术,2020,43(5):1-7.
- [9] CIESLAK J, WODAS L, BOROWSKA A, et al. Variability of lysozyme and lactoferrin bioactive protein concentrations in equine milk in relation to LYZ and LTF gene polymorphisms and expression[J]. J Sci Food Agric, 2017, 97(7):2174-2181.
- [10] 古丽巴哈尔·卡吾力. 鲜马奶粉制备工艺及其营养成分和功效研究[D]. 乌鲁木齐:新疆医科大学,2015.
- [11] 张萌萌,赵雪妮,双全,等. 马奶营养品质及功能特性的发酵动态分析[J]. 食品与发酵工业,2022,48(7):103-109.
- [12] 张晓晓,斯琴巴特尔. 酸马奶及其医疗价值[J]. 中国民族医药杂志,2020,26(1):56-57.
- [13] 刘亚华. 酸马奶对高血脂症患者降血脂效果和肠道菌群的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2019.
- [14] 卢海鹏. 传统酸马奶乳酸菌的鉴定及降胆固醇作用[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2018.
- [15] 岳佳. 传统发酵酸马奶中血管紧张素转换酶抑制肽的分离纯化及结构鉴定[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2011.
- [16] PECKA E, DOBRZANSKI Z, ZACHWIEJA A, et al. Studies of composition and major protein level in milk and colostrum of mares[J]. Anim Sci J, 2012, 83(2):162-168.
- [17] SALIMEI E, FANTUZ F. Equid milk for human consumption[J]. Int Dairy J, 2012, 24(2):130-142.
- [18] BERGAMO A, SAVA G. Lysozyme: a natural product with multiple and useful antiviral properties[J]. Molecules, 2024, 29(3):652.
- [19] IBRAHIM H R, HIGASHIGUCHI S J, JUNEJA L R, et al. A structural phase of heat-denatured lysozyme with novel antimicrobial action[J]. J Agric Food Chem, 1996, 44:1416-1423.
- [20] 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]. Int Dairy J, 2002, 12(11):869-877.
- [21] MORISHITA S, KAWAGUCHI H, ONO T, et al. Enteric lactoferrin attenuates the development of high-fat and high-cholesterol diet-induced hypercholesterolemia and atherosclerosis in microminipigs [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2016, 80(2):295-303.
- [22] GARCIA-RODENAS C L, AFFOLTER M, VINYES-PARES G, et al. Amino acid composition of breast milk from urban Chinese mothers [J]. Nutrients, 2016, 8(10):606.
- [23] 高珂玲,木其尔,刘莉敏,等. 内蒙古 4 种家畜乳蛋白质和氨基酸检测与比较[J]. 食品科技, 2017, 42(2):267-272.
- [24] QUYYUMI A A, DAKAK N, DIODATI J G, et al. Effect of L-arginine on human coronary endothelium-dependent and physiologic vasodilation[J]. J Am Coll Cardiol, 1997, 30(5):1220-1227.
- [25] SATO K, KINOSHITA M, KOJIMA M, et al. Failure of L-arginine to induce hypotension in patients with a history of accelerated-malignant hypertension [J]. J Hum Hypertens, 2000, 14(8):485-488.
- [26] 聂昌宏. 马乳中营养成分检测分析及不同乳品中标识性成分的比较研究[D]. 乌鲁木齐:新疆医科大学,2019.
- [27] PETTY M A, KINTZ J, DIFRANCESCO G F. The effects of taurine on atherosclerosis development in cholesterol-fed rabbits [J]. Eur J Pharmacol, 1990, 180(1):119-127.
- [28] MURAKAMI S, SAKURAI T, TOMOIKE H, et al. Prevention of hypercholesterolemia and

- atherosclerosis in the hyperlipidemia-and atherosclerosis-prone Japanese (LAP) quail by taurine supplementation[J]. *Amino Acids*, 2010, 38(1):271-278.
- [29] 祝忠群. 谷氨酸、天门冬氨酸与心肌保护[J]. *心血管病学进展*, 1997, 18(1):49-52.
- [30] 布仁巴雅尔, 赵建军, 乔晓宏. 马奶营养及其保健作用[J]. *当代畜禽养殖业*, 2023, 43(3):43-44.
- [31] 王威. 生鲜马乳中乳铁蛋白及脂肪酸分析与应用研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2020.
- [32] 李枝. 鲜马奶中营养成分及微生物群落结构的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2018.
- [33] SOKOŁA-WYSOCZANSKA E, WYSOCZANSKI T, WAGNER J, et al. Polyunsaturated fatty acids and their potential therapeutic role in cardiovascular system disorders-a review[J]. *Nutrients*, 2018, 10(10):1561.
- [34] BERCEA C I, COTTRELL G S, TAMAGNINI F, et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and hypertension: a review of vasodilatory mechanisms of docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid[J]. *Br J Pharmacol*, 2021, 178(4):860-877.
- [35] FU Y W, WANG Y D, GAO H, et al. Associations among Dietary Omega-3 polyunsaturated fatty acids, the gut microbiota, and intestinal immunity[J]. *Mediators Inflamm*, 2021, 2021:8879227.
- [36] GUINANE C M, COTTER P D. Role of the gut microbiota in health and chronic gastrointestinal disease: understanding a hidden metabolic organ[J]. *Therap Adv Gastroenterol*, 2013, 6(4):295-308.
- [37] CAO W X, WANG C C, CHIN Y, et al. DHA-phospholipids (DHA-PL) and EPA-phospholipids (EPA-PL) prevent intestinal dysfunction induced by chronic stress[J]. *Food Funct*, 2019, 10(1):277-288.
- [38] 杨茉莉, 樊凌翰. 马奶成分分析及开发利用现状[J]. *陕西农业科学(自然科学版)*, 2001, 107(1):13-14.
- [39] 玉山江. 伊犁马泌乳性能分析及其性状间相关性研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2008.
- [40] 张昊天. 维生素 C 在抗心血管系统疾病上的应用[J]. *黑龙江科学*, 2020, 11(16):78-79.
- [41] 刘和俊, 汪太平, 李芹, 等. 急性心肌梗死患者中性粒细胞氧化代谢改变及维生素 C 的干预作用[J]. *中华心血管病杂志*, 2001, 29(8):453-455.
- [42] 武汉医学院生化教研室. 维生素 C 对于喂饲胆固醇的豚鼠血脂、肝脂和主动脉胆固醇含量的降低作用的报告[J]. *生物化学与生物物理学报(英文版)*, 1976, 16(3):193-198.
- [43] 梁炬峰. 通过随机双盲交叉实验, 探索暴露于环境污染下维生素 C 对心血管系统的保护作用[D]. 石家庄:河北医科大学, 2020.
- [44] 李蓓, 杨虹, 芒来. 酸马奶中降胆固醇有效成分的研究[J]. *畜牧与饲料科学*, 2008, 29(2):56-59.
- [45] 包艳青, 布仁其其格, 萨茹拉, 等. 酸马奶降胆固醇作用的刍议[J]. *畜牧与饲料科学*, 2013, 34(9):73-77.
- [46] 李尧, 张羽竹, 张利, 等. 分离自传统自然发酵食品中降胆固醇乳酸菌的筛选与评价[J]. *中国食品学报*, 2019, 19(6):212-222.
- [47] GESTO D S, PEREIRA C M S, CERQUEIRA N M F S, et al. An atomic-level perspective of HMG-CoA-reductase: the target enzyme to treat hypercholesterolemia [J]. *Molecules*, 2020, 25(17):3891.

(收稿日期:2024-06-24 修回日期:2024-11-02)