

不同品种、规格鹿茸的化学成分和药理作用研究进展

刘松鑫^{1,2}, 宫瑞泽¹, 陆雨顺¹, 王泽帅¹, 张磊¹, 刘畅¹, 李珊珊¹, 孙印石^{1*}

1. 中国农业科学院特产研究所, 吉林 长春 130112

2. 吉林农业大学中药材学院, 吉林 长春 130118

摘要: 鹿茸 *Cervi Cornu Pantotrichum* 在我国有悠久的药用历史, 常被用作补益类中药使用。由于鹿茸的基原复杂, 规格多样, 加之功效物质不明晰, 因而鹿茸产业缺乏相应的质量标准。对不同鹿源、不同生长阶段、不同形态、不同加工炮制方式、不同部位鹿茸的化学成分和药理作用研究进展进行综述, 为深入开展鹿茸在医药和功能食品等行业的应用提供参考。

关键词: 鹿茸; 品种规格; 质量标准; 炮制方式; 生长阶段

中图分类号: R282.71 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2020)03-0806-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2020.03.034

Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of different *Cervi Cornu Pantotrichum*

LIU Song-xin^{1,2}, GONG Rui-ze¹, LU Yu-shun¹, WANG Ze-shuai¹, ZHANG Lei¹, LIU Chang¹, LI Shan-shan¹, SUN Yin-shi¹

1. Institute of Special Animal and Plant Sciences, China Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130112, China

2. College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

Abstract: *Cervi Cornu Pantotrichum* has a long medicinal history in China and is often used as a tonic Chinese medicine. Because of the complex provenances, various specifications and unclear efficacy substance, the industry of *Cervi Cornu Pantotrichum* lacks corresponding quality standards. The paper summarizes the research progress of chemical composition and pharmacological effects of different provenances, different growth stages, different forms, different processing methods, different parts of *Cervi Cornu Pantotrichum* and provides reference for the in-depth application of *Cervi Cornu Pantotrichum* in medical and functional food industries.

Key words: *Cervi Cornu Pantotrichum*; variety and specifications; quality standards; processing methods; growth stages

鹿茸首载于《神农本草经》, 其他古籍如《名医别录》《本草纲目》等亦有记载, 具有壮肾阳、益精血、强筋骨、调冲任、托疮毒的功效。在《中国药典》2015年版(以下简称《中国药典》)中鹿茸 *Cervi Cornu Pantotrichum* 是鹿科鹿属动物梅花鹿 *Cervus nippon* Temminck 或马鹿 *C. elaphus* Linnaeus 的雄鹿未骨化密生茸毛的幼角, 前者称“花鹿茸”, 后者称“马鹿茸”^[1]。鹿茸是由内部的软骨或骨和外部的皮肤、血管、神经等组织构成, 是目前发现的唯一能够完全再生的哺乳动物器官。鹿茸的再生依赖于角柄骨膜细胞, 是一个多基因、多步骤、多种信

号通路之间相互作用的结果, 雄性激素和其他生长因子共同调控鹿茸的生长发育^[2-3]。目前, 鹿茸每年在全球产量近 1 300 t, 需求量逐年升高^[4], 然而我国的鹿茸存在来源混杂、有效成分不明确、质量标准缺失等问题, 在一定程度上阻碍了我国鹿茸产业的健康发展。本文通过对不同品种和规格的鹿茸化学成分和药理活性进行比较和分析, 为相关标准体系的建立提供依据。

1 不同鹿源鹿茸的化学成分和药理活性对比

《中国药典》仅收载梅花鹿茸和马鹿茸, 其他鹿源鹿茸未收载。海南、甘肃等地按照当地用药习惯

收稿日期: 2019-07-26

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC1706604); 国家重点研发计划(2018YFC1706605); 中国农业科学院科技创新工程项目(CAAS-ASTIP-2016-ISAPS); 吉林省科技发展规划项目(20180201076YY); 吉林省科技发展规划项目(20170309002YY); 中国农业科学院特产研究所基本科研业务费: 鹿源系列深加工产品技术研发与转化(1610342019010)

作者简介: 刘松鑫(1995—), 男, 硕士研究生, 研究方向为鹿茸质量评价与药理活性研究。E-mail: liusx2018@163.com

*通信作者 孙印石(1980—), 男, 研究员, 博士, 主要从事特种动植物贮藏与产品研发。E-mail: sunyinshi2015@163.com

规定水鹿 *C. unicolor* Kerr、白唇鹿 *C. albirostris* Przewalski 也可作为鹿茸药用^[5-7]。现在又有新西兰赤鹿 *C. elaphus* Linnaeus (马鹿) 茸和 *Rangifer tarandus* Linnaeus 茸流入我国冒充花鹿茸和马鹿茸,造成鹿茸市场鱼龙混杂,严重影响消费者的用药安全。在种源上,梅花鹿、马鹿、白唇鹿、水鹿同为鹿亚科鹿属,麋鹿 *Elaphurus davidianus* Milne-Edwards 为鹿亚科麋鹿属,驯鹿为空齿鹿亚科驯鹿属。梅花鹿、马鹿与赤鹿、白唇鹿、水鹿亲缘关系较近,其次为麋鹿,与驯鹿亲缘关系最远。

陈丹等^[8]应用氨基酸自动分析仪测定发现马鹿茸各部位氨基酸的总量、必需氨基酸量均高于梅花鹿茸。汪树理等^[9]和赵磊等^[10]同样发现马鹿茸的氨基酸总量高于花鹿茸,而张嵩等^[11]和何慧楠等^[12]的研究结果与其相反。无机元素、微量元素和常量矿质元素总量马鹿茸大于花鹿茸,而微量矿质元素总量花鹿茸大于马鹿茸^[13-14]。此外,梅花鹿茸水溶性成分^[15]、多糖^[16]、5种核苷(尿嘧啶、次黄嘌呤、尿苷、肌苷和鸟苷)^[17]含量显著高于马鹿茸,而马鹿茸中精胺^[18]和粗蛋白^[10]含量高于花鹿茸。

目前对不同鹿源鹿茸药理活性研究主要集中在花鹿茸和马鹿茸的研究,而对其他鹿源鹿茸的研究报道较少。已有研究表明梅花鹿鹿茸有增强免疫力^[19]、抗肿瘤^[20]、抗氧化^[21]、促进细胞增殖^[22]、抗骨质疏松^[23]的作用,马鹿茸也具有类似的功效^[24-30]。张郑瑶等^[31]从新鲜梅花鹿和马鹿鹿茸中分离纯化了活性单体多肽,药理实验证明二者具有相同的促细胞增殖的生物活性。周秋丽等^[32]研究结果表明马鹿茸多肽对表皮细胞的增殖作用比梅花鹿茸多肽强。龚伟等^[33]比较了梅花鹿和马鹿蜡片促小鼠胚胎成骨细胞前体细胞 MC3T3-E1 增殖与分化的能力,结果表明梅花鹿茸促进细胞增殖能力强于马鹿茸。在其他鹿源的鹿茸比较中,王婧瑜^[34]发现梅花鹿茸抗氧化能力高于驯鹿茸,而驯鹿茸水提物对顺铂诱导的人胚肾细胞损伤的抑制作用最显著,可有效保护细胞活性。此外,梅花鹿鹿茸中超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性以及对酪氨酸酶活性的抑制率与马鹿、驯鹿和赤鹿鹿茸相比均最高^[35]。

2 不同生长阶段的鹿茸化学成分和药理活性对比

一般来说,不同生长阶段鹿茸指头茬茸和再生茸。雄鹿(除驯鹿外,梅花鹿、马鹿、白唇鹿、麋鹿等均雄鹿生长鹿茸)在每年7月份左右长成鹿茸,此为“头茬茸”。在同一年内,已锯茸的雄鹿经自然

补偿再生或人为注射抗雄性激素后,绝大多数均能再生长一茬不同高度的鹿茸,即为“再生茸”(二茬茸)^[36]。再生茸是一年内收获头茬茸后再生的鹿茸,存在生长速度慢、产量低、骨化程度大等问题^[37]。当今多数鹿养殖者普遍采取各种措施提高再生茸的产量,以追求更高的经济利益,导致市场上鹿茸质量参差不齐。此外消费者也难以区分经加工炮制而成的鹿茸饮片究竟是来自头茬茸还是再生茸,这些情况加剧了鹿茸市场混乱的局面。

截止目前,仅有少量针对头茬茸和再生茸化学成分和药理活性的比较研究。张嵩等^[11]利用氨基酸自动分析仪比较了梅花鹿头茬茸和二茬茸的氨基酸含量差异,结果显示头茬茸皆高于二茬茸,杨丽娟等^[38]也有相似的研究结果。董思敏^[35]分别比较了梅花鹿头茬二杠茸和二茬二杠茸中 SOD、过氧化氢酶(CAT)和 POD 活性,均得出头茬茸大于再生茸的规律。此外,龚伟等^[33,39]评价不同生长阶段鹿茸对去卵巢骨质疏松症模型大鼠的抗骨质疏松能力和促 MC3T3-E1 细胞增殖与分化的能力,同样得出头茬茸活性高于再生茸的规律。

3 不同形态鹿茸的化学成分和药理活性对比

不同形态鹿茸指初角茸、二杠茸、三岔(杈)茸等。以梅花鹿为例,人工驯养的梅花鹿雄性仔鹿在8~10月龄便可在额部生成角基,并逐渐生长出初角茸,因其茸毛较多无侧枝,所以又称毛桃茸。2周岁以上的成年公鹿在每年春季开始脱落鹿角托盘并生长鹿茸,生长约20d主干分生第1个侧枝,生长近50d,第2侧枝还未发生,此时的鹿茸为二杠茸,随着时间的延长当第2侧枝出现时,此时的鹿茸称为三岔茸,以后陆续分生第3侧枝和第4侧枝,长成的鹿茸不断骨化直至形成鹿角^[40]。马鹿茸、驯鹿茸等在市场上多以三岔茸为主。人们普遍认为二杠茸较初角茸和三岔茸骨化程度低、营养物质含量高、药效好,二杠茸市场价格也显著高于初角茸和三岔茸^[41]。

有研究^[42-44]采用氨基酸自动分析仪比较了梅花鹿二杠茸与三岔茸16种氨基酸总量差异。结果表明三岔茸茸氨基酸总量高于二杠茸,且色氨酸在二者中含量最高。此外,也有研究者发现二杠茸中氨基酸含量高于初角茸中氨基酸含量^[45]。在水溶性成分含量的比较中,梅花鹿二杠茸优于梅花鹿三岔茸^[16],其中水溶性蛋白含量也有相似规律^[46],二杠茸的胶原、多糖含量也高于初角茸和三岔茸^[47-48]。在梅花鹿茸16种矿物质元素和常量矿物质元素(Ca、P、

Na、Mg、K) 的比较中, 三岔茸总含量均高于二杠茸, 而二杠茸微量矿质元素(Fe、Cr、Cu、Sr、Ni、Zn、Mo、Co、Mn、V、Sn) 总含量大于三岔茸^[14]。杨丽娟等^[38]同样发现梅花鹿茸和马鹿茸二杠茸 Ca、P 含量略高于三杈茸。此外, Jeon 等^[49-50]研究发现鹿茸的品质受发育阶段的影响较大。生长 40~65 d 的鹿茸其总蛋白、总氨基酸组成、脂肪酸、尿酸、唾液酸等含量有最大值, 随着生长期的延长, 以上各物质含量均有不同程度的降低。结合鹿茸的生长规律, 显示二杠茸、三岔茸的化学成分含量有差异。截至目前, 人们对初角茸的研究较少, 对不同形态鹿茸也仅有几类化学成分方面的研究, 仍缺乏全面、系统性的比较研究。

王婧瑜^[34]比较了梅花鹿二杠茸、三岔茸和初角茸的 DPPH、ABTS 自由基清除活性, 强弱顺序为梅花鹿二杠茸>三岔茸>初角茸。董思敏^[35]通过研究不同形态梅花鹿茸的活性发现二杠茸水提物对顺铂诱导的肾损伤小鼠保护效果明显优于三岔茸, 抗氧化活性也有相似的规律。范敏^[51]研究结果表明, 初角茸和二杠茸蛋白酶酶解液均具有良好的抗疲劳和耐低氧活性, 此外初角茸蛋白酶酶解液能提高去卵巢小鼠肝脏指数和脾脏指数, 增强去卵巢小鼠腰椎骨小梁密度和骨生成细胞活跃度, 对骨质疏松有一定的预防和治疗作用。龚伟等^[33,39]分别比较了不同形态梅花鹿茸对去卵巢骨质疏松症模型大鼠和促 MC3T3-E1 细胞增殖与分化的影响, 结果表明二杠茸抗骨质疏松和促细胞增殖分化能力均高于三岔茸。

4 不同加工、炮制方式鹿茸的化学成分和药理活性对比

我国古代已出现多种鹿茸加工炮制方式, 如《药性论》中的酒炙、《千金方》中的醋炙、《圣惠方》中的酥炙等。当今鹿茸加工多采用热水煮炸(通过连续沸水煮炸、烘烤、风干等措施使鹿茸干燥的加工方式)和冷冻干燥 2 种方式, 并按照是否需要排干鹿茸内残留的茸血分为排血茸和带血茸。加工完成的鹿茸即可按照《中国药典》规定的方法进行炮制, 鹿茸的炮制品包括鹿茸片和鹿茸粉^[1]。热水煮炸为鹿茸传统的加工方式, 冷冻干燥是现代的创新工艺, 冷冻干燥克服了传统热水煮炸周期长, 流程复杂的缺点, 但也存在无法杀死细菌和微生物等问题。

鹿茸的传统热水煮炸工艺能使鹿茸保持干燥, 防止霉变, 有利于鹿茸的保存。但现代研究发现, 煮炸茸、排血茸的蛋白质、氨基酸、脂肪酸等含量

较冻干茸、带血茸均有不同程度的下降。在粗蛋白与氨基酸含量的检测中不同加工炮制方式的鹿茸有差异, 整体呈现出带血茸含量高于排血茸, 冻干茸含量高于煮炸茸的趋势^[52-54]。靳梦亚等^[55-56]用 Bradford 法测定了不同加工工艺鹿茸蛋白质含量, 结果发现煮炸茸蛋白质含量明显低于鹿茸鲜品。同时利用 iTRAQ 同位素标记法结合 2D LC-MS/MS 法确定了鹿茸煮炸前后的 55 种差异蛋白, 从蛋白质组学角度研究了不同加工工艺鹿茸的蛋白质含量及功能变化规律。此外, 王燕华等^[57-58]研究表明排血茸、煮炸茸中 16 种无机元素(K、Ca、Na、Mg、P、Cu、Zn、Mn、Fe、Ni、Co、Cr、Pb、Cd、As、Hg) 总量分别高于带血茸、冻干茸。孙伟丽等^[59]同样发现煮炸茸 Al、P 和 Ca 含量均高于冻干茸。在脂肪酸含量的比较中, 排血茸高于带血茸而煮炸茸中脂肪酸含量低于冻干茸^[60]。本实验室采用超高效液相色谱测定鹿茸中核苷类^[61]、生物胺类^[62]、硫酸软骨素^[63]成分含量, 结果均呈现出排血茸高于带血茸, 冻干茸高于煮炸茸。

丁倩男等^[64]在用 MTT 法传统煮炸工艺对鹿茸不同部位促进 NRK-49F 细胞增殖活性的影响的实验中发现, 鲜鹿茸具有较强的促进细胞增殖的能力, 而煮炸茸促细胞增殖活性明显降低。柯李晶等^[53]比较了不同加工工艺鹿茸的蛋白成分和活性差异, 结果表明冻干茸水提物促大鼠成骨样细胞增殖活性是传统热水煮炸鹿茸的 2.2 倍, 抑制肝癌细胞活性为是热水煮炸茸的 1.4 倍。靳梦亚^[65]研究发现, 煮炸茸因经高温加热处理后 18 种具有抗疲劳功能的蛋白质受到破坏, 在小鼠的抗疲劳实验中, 煮炸茸不能延长小鼠负重游泳时间, 使得抗疲劳活性受到影响。李召等^[66]研究发现, 冷工艺处理的鹿茸细胞增殖活性、多向造血祖细胞集落数和 Bcl-2 蛋白的表达水平均明显高于煮炸茸。

5 鹿茸不同部位的化学成分和药理活性对比

在我国古代的医学著作中已有将鹿茸切片的记载, 如《雷公炮制论》曰:“锯解鹿茸作片子”。人们逐渐将鹿茸切片分成不同等级, 如行业标准将鹿茸由尖部至基部依次分为蜡片、粉片、纱片、骨片 4 个部位^[67]。从蜡片到骨片, 骨化程度逐渐升高, 茸质孔眼逐渐稀疏。传统认为, 越靠近鹿茸顶部的切片营养物质含量越高, 药效也就越好。

在比较东北梅花鹿不同部位物质含量的研究中发现, 蜡片、粉片、血片和骨片各部位中所含水解

氨基酸、游离氨基酸种类相同但含量递减,糖类和总磷脂含量也有相同趋势^[68-70]。多位学者在比较花鹿茸和马鹿茸不同部位的氨基酸、总磷脂含量中也得出蜡片最高的结果,而在研究总氨基酸含量在粉片、纱片、骨片中的分布规律时,研究结果略有差异^[71-73]。无机元素中,常量元素 Ca、P、Mg 含量均由蜡片向骨片递增^[15,52,54]。此外,水溶性成分^[16]、水溶性蛋白^[46,74-75]、总多肽^[76]、硫酸软骨素^[63]也呈现出由尖端向基部递减的规律,激素类成分如孕酮也有相似结果^[77]。鹿茸的顶端还有较高的尿酸、尿苷、硫酸三酰甘油、唾液酸,同样表明鹿茸的顶端具有丰富的化学成分^[78-79]。

研究表明鹿茸上部比中下部对神经细胞 PC12、MC3T3-E1、大鼠正常肾成纤维细胞 NRK-49F 有较强的促细胞增殖和诱导分化能力^[33,75,80]。Kim 等^[81]比较了鹿茸上、中、下部对小鼠纵骨生长和骨细胞 MG-63 增殖的影响,结果表明鹿茸上部药理活性明显优于中下部。Tseng 等^[79]用去卵巢大鼠评价鹿茸不同部位的抗骨质疏松作用,结果表明鹿茸上中部治疗组大鼠的椎骨强度、股骨强度和小梁骨显微结构均有所提高并促进了 MC3T3-E1 细胞的增殖。龚伟等^[39]运用相同的病理模型也得出蜡片抗骨质疏松作用高于其他部位的结论。其次鹿茸上部抗疲劳及耐缺氧能力均强于中下部^[82],对离体脂肪分解作用^[83]、抗肥胖活性^[84]也有相同趋势。

6 展望

鹿茸按品种和规格可分为不同鹿源、不同生长阶段、不同形态、不同加工炮制方式和不同部位。不同品种、规格鹿茸之间的化学成分和药理活性有显著差异,亟需开展更加系统研究,以详细区分不同品种、规格鹿茸,进一步明确其药用价值的差异性。鹿茸中包含多种化学成分,目前也未明确鹿茸中的特异性成分和有效成分,因此当对鹿茸进行品质评价时,不能只考虑某单一成分的含量。建议在今后对鹿茸进行品质评价时进行多成分的指标评价,或将化学成分与药理活性相结合,建立一种综合评价方法。

《中国药典》规定梅花鹿鹿茸和马鹿鹿茸为正宗商品药材,但迄今为止,人们对梅花鹿和马鹿鹿茸孰优孰劣意见不一,主要归因于缺乏不同鹿源鹿茸化学成分和药理作用的系统比较研究。由于梅花鹿茸产量低,较为稀少,药用历史也长于马鹿茸和其他鹿茸,所以医家对梅花鹿茸的认可度高于马鹿茸

和其他鹿茸^[85]。除梅花鹿鹿茸和马鹿鹿茸之外,多地中药材标准中有将水鹿、白唇鹿等鹿茸药用的记载^[5-7],市场上也存在来源于驯鹿等未收载进《中国药典》和各地中药材标准的假鹿茸,因此应加强对此类鹿茸的研究,明确其品质的差异。同时也迫切需要建立一种简单、有效的鉴别不同鹿源鹿茸的方法,以更好地区分当今我国市场上的鹿茸品种。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [2] Ba H, Wang D, Li C. Micro RNA profiling of antler stem cells in potentiated and dormant states and their potential roles in antler regeneration [J]. *Mol Genet Genomics*, 2016, 291(2): 943-955.
- [3] 李春义. 鹿茸完全再生机制研究进展 [J]. *农业生物技术学报*, 2017, 25(1): 1-10.
- [4] Gilbey A, Perezgonzalez J D. Health benefits of deer and elk velvet antler supplements: A systematic review of randomised controlled studies [J]. *New Zeal Med J*, 2012, 125(10): 6-80.
- [5] DB46/T127-2008 海南水鹿饲养管理技术规程 [S]. 2008.
- [6] 甘肃省中药材标准 [S]. 2008.
- [7] 四川省中药材标准 [S]. 1987.
- [8] 陈丹, 孙晓秋. 梅花鹿茸、马鹿茸不同部位氨基酸、总磷脂、钙、磷含量的研究 [J]. *经济动物学报*, 1998, 2(3): 31-34.
- [9] 汪树理, 杨保田, 王艳梅. 广州产梅花鹿茸和马鹿茸不同部位氨基酸含量的比较 [J]. *氨基酸和生物资源*, 2008, 30(3): 33-34.
- [10] 赵磊, 李继海, 朱大洲, 等. 5 种鹿茸营养成分的主成分分析 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2010, 30(9): 2571-2575.
- [11] 张嵩, 李峰. 不同规格鹿茸商品药材中氨基酸含量分析 [J]. *中国中药杂志*, 2013, 38(12): 1919-1923.
- [12] 何慧楠, 赵大庆, 卢姝言, 等. 柱前衍生 HPLC 法测定梅花鹿鹿茸和马鹿鹿茸中氨基酸的含量 [J]. *中医药导报*, 2018, 24(24): 80-84.
- [13] 董万超, 刘春华, 赵立波, 等. 马鹿茸、梅花鹿茸不同部位无机元素含量测定分析 [J]. *特产研究*, 2004, 104(3): 32-36.
- [14] 张经华, 杨若明, 张林源, 等. 麋鹿、梅花鹿和马鹿鹿茸中微量元素的分析测定 [J]. *微量元素与健康研究*, 2000, 17(4): 39-40.
- [15] 刘佳, 赵海平, 杨万云, 等. 梅花鹿和马鹿鹿茸尖部与基部水溶性成分含量测定 [J]. *时珍国医国药*, 2017, 28(3): 567-569.
- [16] 宋佳, 张振秋, 李峰. 柱前衍生 HPLC 对鹿茸多糖中单糖组成的研究 [J]. *中华中医药学刊*, 2018, 36(9):

- 2227-2230.
- [17] 刘雪莹, 刘雨霏, 陈昊媛, 等. 梅花鹿鹿茸和马鹿鹿茸中5种核苷类成分的含量比较 [J]. 中国现代应用药学, 2018, 35(11): 1675-1679.
- [18] 董方言, 弥宏, 陈颖, 等. 花鹿茸及马鹿茸不同部位精脍的含量测定 [J]. 中草药, 1999, 30(8): 591-591.
- [19] Zha E, Li X, Li D, *et al.* Immunomodulatory effects of a 3.2 kDa polypeptide from velvet antler of *Cervus nippon* Temminck [J]. *Int immunopharmacol*, 2013, 16(2): 210-213.
- [20] Tang Y J, Fan M Q, Choi Y J, *et al.* Sika deer (*Cervus nippon*) velvet antler extract attenuates prostate cancer in xenograft model [J]. *Biosci Biotech Bioch*, 2019, 83(2): 348-356.
- [21] Zhou R, Li S. *In vitro* antioxidant analysis and characterisation of antler velvet extract [J]. *Food Chem*, 2009, 114(4): 1321-1327.
- [22] Xiao X, Li L, Xu S, *et al.* Evaluation of velvet antler total protein effect on bone marrow-derived endothelial progenitor cells [J]. *Mol Med Rep*, 2017, 16(3): 3161-3168.
- [23] 石晓征, 李娜, 李晓华, 等. 梅花鹿茸 I 型胶原对骨质疏松大鼠 Wnt/ β -catenin 信号通路的影响 [J]. 长春中医药大学学报, 2018, 34(5): 832-835.
- [24] 姜红, 乐国伟, 尹晓平, 等. 马鹿茸血酶解肽体内免疫功能及抗氧化功能关系的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(5): 757-760.
- [25] 马立芹, 乐国伟, 钱佳, 等. 马鹿茸血疏水性肽的分离及组分 3 的免疫活性 [J]. 中国医药工业杂志, 2009, 40(2): 99-102.
- [26] 翁梁, 周秋丽, 王丽娟, 等. 鹿茸多肽促进表皮和成纤维细胞增殖及皮肤创伤愈合 [J]. 药学学报, 2001, 36(11): 817-820.
- [27] 刘中天, 刘吉华, 洪勇, 等. 不同来源鹿茸肽对成骨细胞作用的比较 [J]. 中国生化药物杂志, 2012, 33(6): 701-705.
- [28] Zhang L Z, Xin J L, Zhang X P, *et al.* The anti-osteoporotic effect of velvet antler polypeptides from *Cervus elaphus* Linnaeus in ovariectomized rats [J]. *J Ethnopharmacol*, 2013, 150(1): 181-186.
- [29] Zhang Y, Zhang L, Lin Y, *et al.* Comparison of structure and biological activity of natural polypeptide from velvet antlers of *Cervus elaphus* with those of synthesized polypeptide [J]. *Chem Res Chin Univ*, 2013, 29(5): 924-928.
- [30] Zhao L, Pei R S, Ji B P, *et al.* Antioxidant activity of aqueous extract fractions of velvet antler (*Cervus elaphus* Linnaeus) [J]. *J Food Drug Anal*, 2010, 18(5): 319-327.
- [31] 张郑瑶, 段冷昕, 周秋丽, 等. 梅花鹿茸多肽的化学结构及生物活性 [J]. 高等学校化学学报, 2012, 33(9): 2000-2004.
- [32] 周秋丽, 刘永强, 王颖, 等. 梅花鹿茸和马鹿茸多肽化学性质及生物活性比较 [J]. 中国中药杂志, 2001, 26(10): 51-54.
- [33] 龚伟, 李峰. 基于促 MC3T3-E1 细胞增殖与分化的不同规格鹿茸聚类分析 [J]. 时珍国医国药, 2014, 25(7): 1563-1565.
- [34] 王婧瑜. 鹿茸中促细胞增殖的有效部位的研究及其主成分分析 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2015.
- [35] 董思敏. 鹿茸鹿源及梅花鹿茸品质评价体系的建立 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2016.
- [36] 郝春明. 花二杠茸与花再生茸的经验鉴别 [J]. 中药材, 1981, 4(3): 31-32.
- [37] 韩春梅, 高庆华, 唐继伟, 等. 塔里木马鹿再生茸组织中原癌基因 c-myc、c-fos 的表达 [J]. 中国农学通报, 2011, 27(29): 9-12.
- [38] 杨丽娟, 陈宏伟, 张剑云, 等. 塔里木马鹿茸氨基酸与钙、磷含量的测定 [J]. 江苏农业科学, 2010, 38(4): 319-321.
- [39] 龚伟, 李峰. 以鹿茸对去卵巢骨质疏松症模型大鼠的影响对不同规格鹿茸进行质量评价 [J]. 中国中药杂志, 2014, 39(12): 2326-2329.
- [40] 魏法存. 简谈鹿茸生长规律及适时合理收锯 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 1986(12): 12-15.
- [41] 刘宇昕, 赵雨, 张梅, 等. 梅花鹿三岔茸活性蛋白表达谱分析研究 [J]. 时珍国医国药, 2018, 29(7): 1607-1609.
- [42] 李泽鸿, 武丽敏, 姚玉霞, 等. 梅花鹿鹿茸不同产品中氨基酸含量的比较 [J]. 氨基酸和生物资源, 2007, 29(3): 16-18.
- [43] 姚玉霞, 蔡建培, 杜锐, 等. 梅花鹿三杈茸和二杠茸氨基酸含量对比分析 [J]. 中国食品学报, 2003, 3(2): 67-71.
- [44] 李泽鸿, 姚玉霞, 王全凯, 等. 二杠鹿茸与三杈鹿茸中氨基酸含量的比较 [J]. 氨基酸和生物资源, 2003, 25(1): 10-11.
- [45] 张爱武, 翟晶, 范敏, 等. 双阳梅花鹿初角茸、二杠茸中氨基酸组成及含量分析 [J]. 经济动物学报, 2015, 19(4): 187-190.
- [46] 林伟欣, 张争明, 杨静. 梅花鹿茸水溶性蛋白质的浸提及含量测定 [J]. 经济动物学报, 2017, 21(4): 205-210.
- [47] 赵玉红, 金秀明, 王珊珊. 不同生长阶段鹿茸中胶原含量比较及提取条件优化 [J]. 食品科学, 2012, 33(10): 67-71.
- [48] 赵玉红, 金秀明. 不同生长阶段鹿茸中多糖含量的比较及其提取条件优化 [J]. 食品工业科技, 2012, 33(2): 311-315.
- [49] Jeon B T, Cheong S H, Kim D H, *et al.* Effect of antler development stage on the chemical composition of velvet antler in elk (*Cervus elaphus canadensis*) [J]. *Asian Austral J Anim*, 2011, 24(9): 1303-1313.
- [50] Jeon B, Kim S, Lee S, *et al.* Effect of antler growth period

- on the chemical composition of velvet antler in sika deer (*Cervus nippon*) [J]. *Mamm Biol*, 2009, 74(5): 374-380.
- [51] 范敏. 鹿茸化学成分及其酶解液的生物活性研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2013.
- [52] 王艳梅, 初丽伟, 王艳红, 等. 带血和排血梅花鹿茸骨片氨基酸、总磷脂、钙和磷含量的比较分析 [J]. *经济动物学报*, 2003, 7(2): 21-23.
- [53] 柯李晶, 林冬云, 黄晓南, 等. 不同加工工艺鹿茸的蛋白成分和活性比较 [J]. *中药材*, 2008, 31(1): 11-14.
- [54] 侯召华, 刘畅, 任贵兴. 煮炸和冷冻干燥对鹿茸中脂溶性成分及色差的影响 [J]. *现代食品科技*, 2017, 33(10): 164-170.
- [55] 靳梦亚, 董玲, 罗元明, 等. 利用 iTRAQ 技术联合 2D LC-MS 研究不同加工工艺鹿茸的差异蛋白质组学 [J]. *药学学报*, 2015, 50(12): 1637-1644.
- [56] 靳梦亚, 董玲, 戴俊东, 等. Bradford 法测量不同加工工艺鹿茸蛋白含量 [J]. *中华中医药学刊*, 2015, 33(3): 592-594.
- [57] 王燕华, 姜英, 孙印石, 等. 不同加工方式的鹿茸无机元素含量的比较 [J]. *药物分析杂志*, 2018, 38(1): 104-111.
- [58] 王燕华, 张秀莲, 赵卉, 等. 不同加工方式对鹿茸中粗蛋白与水解氨基酸量的影响研究 [J]. *中草药*, 2017, 48(15): 3085-3091.
- [59] 孙伟丽, 赵海平, 张国坤, 等. 不同加工方式对梅花鹿三叉茸不同区段矿物质元素含量的影响研究 [J]. *中草药*, 2018, 49(16): 3821-3828.
- [60] 王燕华, 金春爱, 孙印石, 等. 不同加工方式的鹿茸脂肪酸的气相色谱分析 [J]. *中草药*, 2017, 48(12): 2431-2441.
- [61] 孙印石, 王燕华, 王玉方, 等. UPLC 法测定不同加工方式梅花鹿鹿茸中的核苷类成分 [J]. *中草药*, 2018, 49(4): 840-846.
- [62] 王燕华, 孙印石, 王玉方, 等. UPLC 法测定不同加工方式鹿茸中的生物胺成分 [J]. *分析测试学报*, 2018, 37(9): 995-1001.
- [63] 宫瑞泽, 王燕华, 孙印石, 等. 不同加工方式及不同部位鹿茸中硫酸软骨素的含量分析 [J]. *中国中药杂志*, 2018, 43(3): 557-562.
- [64] 丁倩男, 王春梅, 吴帆, 等. 热炸工艺对不同部位梅花鹿鹿茸细胞增殖活性的影响 [J]. *中华中医药学刊*, 2014, 32(9): 2135-2137.
- [65] 靳梦亚. 不同加工工艺鹿茸的差异蛋白质组学及抗疲劳活性研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2015.
- [66] 李召, 宋振岚, 徐晓艳, 等. 不同加工工艺鹿茸组份对慢性再生障碍性贫血患者骨髓造血细胞体外增殖影响的比较 [J]. *沈阳药科大学学报*, 2014, 31(9): 715-720.
- [67] NY/T1162-2006 鹿茸片 [S]. 2006.
- [68] 王艳梅, 杨保田, 邹兴淮. 东北梅花鹿茸不同部位游离氨基酸含量的比较分析 [J]. *吉林农业大学学报*, 2006, 28(1): 57-59.
- [69] 汪树理, 孙继红, 李晓红, 等. 东北梅花鹿茸不同部位多糖与无机元素质量分数的差异 [J]. *东北林业大学学报*, 2008, 36(5): 58-66.
- [70] 王艳梅. 东北梅花鹿茸主要成分系统性比较研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2004.
- [71] 李泽鸿, 王德昭. 三种鹿茸片中氨基酸质量分数的比较 [J]. *氨基酸和生物资源*, 2006, 28(2): 70-71.
- [72] 李峰, 陈斌, 张振秋. 鹿茸商品药材中磷脂类成分分析 [J]. *中成药*, 2012, 34(5): 907-910.
- [73] 唐晓雷, 何慧楠, 张思雨, 等. 柱前衍生-HPLC 测定不同等级的梅花鹿鹿茸饮片中氨基酸的含量 [J]. *中国现代应用药学*, 2019, 36(6): 650-654.
- [74] 汪树理, 潘浦群, 李晓红, 等. 4 种东北梅花鹿茸片总糖与水溶性蛋白的分析 [J]. *经济动物学报*, 2007, 11(4): 194-195.
- [75] 吴帆, 董玲, 王春梅, 等. 不同部位鹿茸水提液对 NRK-49F 细胞促增殖作用的研究 [J]. *世界科学技术—中医药现代化*, 2014, 16(7): 1537-1541.
- [76] 郝林琳, 刘松财, 张明军, 等. 鲜马鹿茸不同部位多肽的提取及含量比较 [J]. *吉林农业大学学报*, 2007, 29(4): 378-380.
- [77] 权石范, 张秀莲, 常忠娟. 梅花鹿三种茸片和鹿角盘性激素含量测定 [J]. *特产研究*, 2014, 36(1): 10-11.
- [78] Tang Y, Jeon B T, Wang Y, et al. First evaluation of the biologically active substances and antioxidant potential of regrowth velvet antler by means of multiple biochemical assays [J]. *J Chem*, 2015, doi: 10.1155/2015/975292.
- [79] Tseng S H, Sung C H, Chen L G, et al. Comparison of chemical compositions and osteoprotective effects of different sections of velvet antler [J]. *J Ethnopharmacol*, 2014, 151(1): 352-360.
- [80] 田敬欢, 王春梅, 高雅, 等. 上、中、下部位鹿茸对 PC12 细胞促增殖和诱导分化的影响 [J]. *中华中医药学刊*, 2014, 32(12): 2829-2831.
- [81] Kim H K, Kim M G, Leem K H. Comparison of the effect of velvet antler from different sections on longitudinal bone growth of adolescent rats [J]. *Evid-Based Compl Alt*, 2016, 13(5): 1-9.
- [82] 冯汉鸽, 王喜云, 张亚志. 鹿茸不同部位的药理作用比较 [J]. *时珍国医国药*, 1996, 17(5): 26-27.
- [83] 高畅, 张传奇, 郑毅男, 等. 鹿茸醇提物对离体脂肪组织分解的影响 [J]. *中国现代应用药学*, 2014, 31(7): 817-821.
- [84] 张传奇. 鹿茸抗肥胖活性研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2013.
- [85] 王奕博, 黄特辉, 许婉琦, 等. 花鹿茸与马鹿茸的生物活性与应用比较研究 [J]. *中国现代中药*, 2016, 18(8): 1062-1066.