

· 化学与分析 ·

## 麋鹿角中多糖类成分资源化学分析评价

李锋涛<sup>1,2</sup>, 段金赓<sup>2\*</sup>, 钱大玮<sup>2</sup>, 彭蕴茹<sup>3</sup>, 任义军<sup>4</sup>, 陈毓<sup>1</sup>, 陈巍<sup>1</sup>, 李勇军<sup>1</sup>

(1. 江苏农牧科技职业学院, 江苏泰州 225300;

2. 南京中医药大学江苏省中药资源产业化过程协同创新中心, 中药资源产业化与方剂创新药物国家地方联合工程研究中心, 南京 210023;

3. 江苏省中医药研究院, 南京 210028; 4. 江苏大丰麋鹿国家级自然保护区, 江苏大丰 224136)

**[摘要]** 目的: 分析与评价麋鹿角中多糖类成分。方法: 分别采用 Elson-Morgan 法、硫酸咔唑法及苯酚硫酸法, 以氨基葡萄糖、葡萄糖醛酸和葡萄糖为对照品, 测定不同鹿龄及不同角部位麋鹿角样品中的氨基多糖、酸性多糖及中性多糖, 并与鹿角进行比较。结果: 多糖类成分含量因鹿龄和角部位不同存在较大差异。3 种多糖类成分总含量以 2 岁龄麋鹿角为最高, 其次为 5 岁龄, 6~8 岁龄, 3 岁龄和 4 岁龄。不同鹿龄麋鹿角 3 个角部位平均含量均以中性多糖为最高, 其次是氨基多糖, 酸性多糖含量相对较低。3 种多糖在 3 个角部位中的平均含量均以 2 岁龄麋鹿角为最高, 其中氨基多糖和中性多糖的含量与宁夏产鹿角接近, 酸性多糖低于宁夏产鹿角。结论: 该研究可为麋鹿角药用资源的合理利用及其产业化提供科学依据。

**[关键词]** 麋鹿角; 鹿角; 氨基多糖; 酸性多糖; 中性多糖

**[中图分类号]** R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2016)01-0022-05

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2016010022

## Resource Chemistry Evaluation of Saccharides in Elaphuri Davidiani Cornu and Cervi Cornu

LI Feng-tao<sup>1,2</sup>, DUAN Jin-ao<sup>2\*</sup>, QIAN Da-wei<sup>2</sup>, PENG Yun-ru<sup>3</sup>,  
REN Yi-jun<sup>4</sup>, CHEN Yu<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>1</sup>, LI Yong-jun<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Agri-animal Husbandry Vocational College, Taizhou 225300, China;

2. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Traditional Chinese Medicinal (TCM) Resources Industrialization, National and Local Collaborative Engineering Center of TCM Resources Industrialization and Formulae Innovative Medicine, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China;

3. Jiangsu Provincial TCM Research Institute, Nanjing 210028, China;

4. Jiangsu Dafeng National Milu Nature Reserve, Dafeng 224136, China)

**[Abstract]** **Objective:** To analyze and evaluate polysaccharides in Elaphuri Davidiani Cornu (EDC) and Cervi Cornu (CC). **Method:** Glycosaminoglycan, neutral and acidic polysaccharides in EDC and CC were determined and compared by using Elson-Morgan, sulfuric acid carbazole colorimetry and phenol-sulphate acid method, with glucosamine, glucuronic acid and glucose as control drugs. **Result:** The contents of the three polysaccharides from different ages or sections of samples varied obviously. The highest total content of the three polysaccharides was found in 2-year-old EDC, which was followed by 5, 6-8, 3 and 4-year-old samples. The highest average content of three polysaccharides in the three sections were found in 2-year-old EDC, and the

**[收稿日期]** 20141230(014)

**[基金项目]** 国家自然科学基金项目(81274017);江苏省“六大人才高峰”第七批项目;江苏省博士后科研项目(1002021C)

**[第一作者]** 李锋涛, 博士, 从事中药资源化学研究, E-mail: lili-2006@163.com

**[通讯作者]** \* 段金赓, 教授, 博士生导师, 从事中药资源化学与方剂功效物质基础研究, Tel: 025-85811116, E-mail: dja@njutcm.edu.cn

glycosaminoglycan and neutral polysaccharides contents were close to that in CC, but the acidic polysaccharides content was lower than CC. The neutral polysaccharides were the highest in all the EDC samples of various ages, which was followed by glycosaminoglycan and acidic polysaccharides. **Conclusion:** The study can provide a scientific basis for rational utilization of EDC resources of and its industrialization.

**[Key words]** Elaphuri Davidiani Cornu; Cervi Cornu; glycosaminoglycan; neutral polysaccharides; acidic polysaccharides

麋鹿角入药历史悠久,已逾千年。历代医药古籍中记载麋鹿角具有滋阴壮阳、填精补髓、强筋骨、益血脉等作用<sup>[1]</sup>。由于麋鹿在我国的灭绝导致无药可用。随着麋鹿重新引入和种群的快速扩大,围绕麋鹿角的功效物质基础,本团队近年来开展了一系列研究工作,对麋鹿角的补阴阳、抗衰老等进行了功效生物活性评价<sup>[2-6]</sup>,对麋鹿角中的氨基酸、无机元素、核苷等小分子成分进行资源化学分析与评价<sup>[7-9]</sup>。在此基础上,本研究对麋鹿角中的多糖类大分子成分进行分析,并与鹿角进行比较,为进一步揭示麋鹿角的功效物质基础及其药用价值奠定基础。

## 1 材料

**1.1 仪器与试剂** UV-2000 型紫外-可见分光光度计(北京莱伯泰科仪器有限公司),BT125D 型电子分析天平(德国赛多利斯公司),CentriVap 型离心浓缩仪(美国 Labconco 公司),KH-500DV 型超声波清洗器(昆山禾创超声仪器有限公司),Anke LXJ-IIB 型离心机(上海安亭科学仪器厂),WH-1 型微型漩涡混合仪(上海沪西分析仪器厂有限公司),EPED 系列超纯水系统(南京易普达易科技发展有限公司)。

氨基葡萄糖盐酸盐(批号 023K0045),葡萄糖(批号 110833-200503),葡萄糖醛酸(批号 648-200001)对照品均购自中国食品药品检定研究院,纯度经 HPLC 归一化法测定均 >95%。水为自制去离子水;其他化学试剂均为分析纯,购自上海国药化学试剂公司。

**1.2 样品** 麋鹿角为麋鹿 *Elaphurus davidianus* 的雄鹿已骨化的角,采集于江苏省大丰麋鹿国家级自然保护区;鹿角为马鹿 *Cervus elaphus* 的雄鹿已骨化的角,采集于宁夏贺兰山苏峪沟及新疆,将各样品分别分成基、中、尖 3 个部分,镑片,粉碎成粉末(100 目)。各样品均由南京中医药大学段金廛教授鉴定为正品。

## 2 方法与结果

### 2.1 氨基多糖的测定

**2.1.1 对照品溶液的制备** 取干燥至恒重的氨基葡萄糖盐酸盐对照品适量,精密称定,加水溶解成质量浓度为  $162.55 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的对照品溶液。

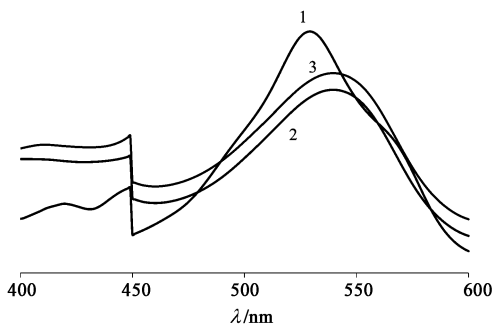
**2.1.2 供试品溶液的制备** 取样品粉末约 1.0 g,精密称定,置具塞玻璃试管中,加入  $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸 5 mL,80 °C 水浴水解 2 h,取出,冷却,静置 12 h。用  $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  氢氧化钠调节 pH 至中性,滤过,沉淀用少量水洗涤,洗涤液并入滤液中,离心浓缩至近干,加水溶解后定容至 10 mL。

**2.1.3 标准曲线的制备** 按照 Elson-Morgan 法<sup>[10]</sup>,对样品中氨基多糖的含量进行测定。精密量取对照品溶液 0,0.2,0.4,0.6,0.8,1.0 mL,置具塞试管中,分别加水至 2.0 mL,混匀。各加入乙酰丙酮试液(乙酰丙酮 3 mL 加入  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  碳酸钠溶液 50 mL 中,混匀,临用现配)1 mL,置沸水浴中加热 25 min,取出冷却,加入无水乙醇 2 mL 和对二甲氨基苯甲醛显色剂(对二甲氨基苯甲醛 0.8 g 溶解于 50% 乙醇溶液 30 mL 和浓盐酸 30 mL 中, -10 °C 保存)1 mL,60 °C 水浴中保温 90 min。在 529 nm 处测定吸光度  $A$ 。以  $A$  为纵坐标,氨基葡萄糖质量  $C$  为横坐标绘制标准曲线,得回归方程  $A = 0.0041C + 0.0723 (r = 0.9941)$ 。结果显示氨基葡萄糖盐酸盐对照品在  $5.42 \sim 27.09 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  与  $A$  呈良好线性关系。

**2.1.4 测定波长的选择** 采用空白溶液校准基线,在 400 ~ 600 nm 波长对显色后的氨基葡萄糖对照品、麋鹿角及鹿角样品溶液进行光谱扫描,结果见图 1。对照品溶液在 529 nm 处有最大吸收,麋鹿角和鹿角样品分别在 539,544 nm 处有最大吸收。麋鹿角和鹿角在各自的最大吸收波长处的曲线较为平缓,且接近于对照品的最大吸收波长,故选择 529 nm 作为测定波长。

**2.1.5 精密度试验** 取 2.1.1 项下对照品溶液 0.5 mL,按 2.1.3 项下方法显色,依法连续测定 6 次,结果  $A$  的 RSD 1.0%,表明该方法精密度良好。

**2.1.6 稳定性试验** 取 11 号样品制备的供试品溶液,按 2.1.3 项下方法操作,显色后分别在 0,10,



1. 氨基葡萄糖; 2. 麋鹿角; 3. 鹿角

图 1 麋鹿角和鹿角样品中氨基葡萄糖紫外扫描光谱

Fig. 1 UV-Vis spectroscopy of Elaphuri Davidiani Cornu and Cervi Cornu

20, 30, 60, 90, 120 min 测定 A, 结果 RSD 1.7%, 表明供试品溶液显色后在 2 h 内稳定。

**2.1.7 重复性试验** 取 11 号样品 6 份, 每份约 1.0 g, 精密称定, 按 2.1.2 项下方法制备供试品溶液, 按 2.1.3 项下方法测定, 结果显示样品中氨基多糖含量的 RSD 2.1%, 表明该方法重复性良好。

**2.1.8 加样回收率试验** 取 11 号样品 6 份, 每份约 0.5 g, 精密称定, 分别加入与样品含量相等的氨基葡萄糖盐酸盐对照品, 依法测定, 计算其平均回收率为 96.70%, RSD 2.9%。表明该方法准确度良好。结果见表 1。

表 1 3 种多糖类成分加样回收率试验

Table 1 Recovery tests of these three polysaccharides

成分	称样量 /g	样品中量 /μg	加入量 /μg	测得量 /μg	回收率 /%	平均值 (RSD)/%
氨基多糖	0.500 4	202.16	195.06	389.95	96.27	96.70 (2.9)
	0.501 2	202.48		396.67	99.55	
	0.503 6	203.45		393.64	97.50	
	0.500 6	202.24		396.78	99.73	
	0.502 5	203.01		385.06	93.33	
	0.502 0	202.81		385.77	93.80	
中性多糖	1.000 81	478.18	1 480.50	2 901.24	96.12	95.90 (2.4)
	1.011 51	493.99		2 872.63	93.12	
	0.995 41	470.21		2 933.24	98.82	
	0.990 81	463.41		2 842.20	93.13	
	1.002 11	480.10		2 922.85	97.45	
	1.013 61	497.09		2 929.17	96.73	
酸性多糖	1.007 5	264.17	263.70	539.34	104.35	102.10 (2.8)
	1.003 4	263.09		521.73	98.08	
	1.005 8	263.72		535.73	103.15	
	1.008 4	264.40		524.96	98.81	
	1.008 1	264.32		537.68	103.66	
	1.001 0	262.46		538.08	104.52	

**2.1.9 样品测定** 精密量取供试品溶液 2 mL, 置具塞试管中, 照 2.1.3 项下方法, 从“各加入乙酰丙

酮试液 1 mL”起依法测定 A, 计算各样品中氨基多糖的含量(以氨基葡萄糖盐酸盐计)。结果见表 2。

表 2 麋鹿角和鹿角样品中多糖含量

Table 2 Contents of polysaccharides in Elaphuri Davidiani Cornu and Cervi Cornu

No.	样品	鹿龄 /岁	部位	氨基多糖	中性多糖	酸性多糖	总多糖
1	麋鹿角	2	基部	502.3	970.4	404.4	1 877
2			中部	541.6	1 668	396.0	2 606
3			尖部	860.1	2 894	776.8	4 531
4	麋鹿角	3	基部	429.7	584.4	275.6	1 290
5			中部	501.8	698.4	216.9	1 417
6			尖部	366.3	304.0	379.7	1 050
7	麋鹿角	4	基部	373.6	612.8	89.5	1 076
8			中部	405.0	791.9	182.1	1 379
9			尖部	351.6	390.8	165.2	908
10	麋鹿角	5	基部	488.9	1 028	711.2	2 228
11			中部	404.0	1 477	262.2	2 143
12			尖部	404.6	1 036	206.7	1 647
13	麋鹿角	6~8	基部	334.5	1 138	361.3	1 834
14			中部	460.1	1 093	457.7	2 010
15			尖部	438.0	978.4	448.7	1 865
16	鹿角	-	基部	363.3	674.6	368.8	1 407
17	(宁夏)		中部	407.0	777.0	329.4	1 513
18			尖部	356.7	563.5	306.2	1 226
19	鹿角	-	基部	604.9	1 476	841.4	2 922
20	(新疆)		中部	591.6	1 566	789.0	2 947
21			尖部	631.5	1 378	704.1	2 714

## 2.2 中性和酸性多糖的测定

**2.2.1 对照品溶液的制备** 分别取干燥至恒重的葡萄糖和葡萄糖醛酸对照品适量, 精密称定, 加水溶解成质量浓度为 122.0, 109.8 mg · L<sup>-1</sup> 的对照品溶液。

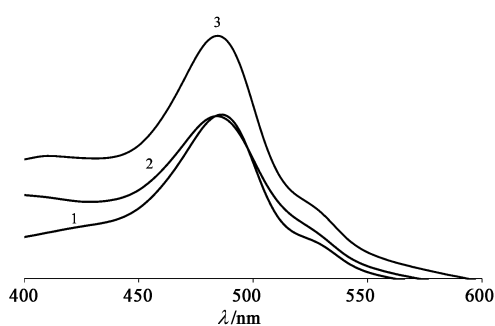
**2.2.2 供试品溶液的制备** 取样品粉末约 2.0 g, 精密称定, 加入二氯甲烷-甲醇(2:1)溶液 50 mL, 索氏提取, 样品残渣挥干溶剂, 加入 2% 氢氧化钠溶液 30 mL, 静置 2 h, 时时振摇, 超声提取 2 次, 每次 40 min。离心, 取上清液, 用浓盐酸调 pH 至中性, 离心浓缩至 20 mL。加入无水乙醇 5 倍量, 静置过夜, 离心, 弃去上清液, 沉淀加水溶解, 定容至 25 mL。

**2.2.3 标准曲线的制备** 中性和酸性多糖测定分别采用苯酚硫酸法和硫酸咔唑法<sup>[11]</sup>, 以葡萄糖和葡萄糖醛酸为对照品, 经适当优化后进行测定。

精密量取葡萄糖对照品溶液 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 mL, 置于具塞试管中, 分别加水至 1.0 mL, 混匀, 加入 5% 苯酚溶液 2.0 mL, 混匀后, 沿管壁缓缓加入浓硫酸 7.0 mL, 稍冷却后置涡旋仪上充分混匀, 沸水浴中加热 20 min。迅速冷却至室温, 混匀, 在 486 nm 处测定  $A$ 。以  $A$  为纵坐标, 葡萄糖质量  $C$  为横坐标绘制标准曲线, 得回归方程  $A = 0.006C + 0.045$  ( $r = 0.9978$ )。结果显示对照品在  $2.44 \sim 12.20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  与  $A$  呈良好线性关系。

精密量取葡萄糖醛酸对照品溶液 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 mL, 置于具塞试管中, 分别加水至 2.0 mL, 冰水预冷后加入  $12.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  四硼酸钠硫酸溶液 5 mL, 置涡旋仪上混匀, 沸水浴中加热 10 min。迅速冷却至室温, 加入 0.125% 咪唑无水乙醇溶液 0.2 mL, 涡旋仪上混匀, 沸水浴中加热 15 min, 冷却后摇匀, 在 522 nm 波长下测定  $A$ 。以  $A$  为纵坐标, 葡萄糖醛酸质量  $C$  为横坐标绘制标准曲线, 得回归方程  $A = 0.0066C + 0.0696$  ( $r = 0.9999$ )。结果显示对照品在  $3.05 \sim 15.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  与  $A$  呈良好线性关系。

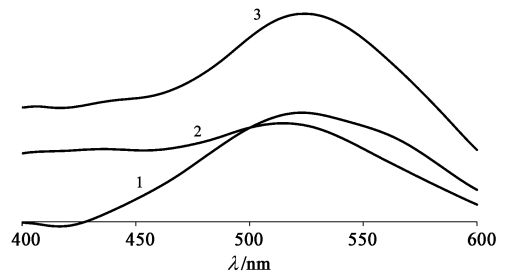
**2.2.4 测定波长的选择** 空白溶液校准基线, 在 400 ~ 600 nm 对显色后的葡萄糖对照品、葡萄糖醛酸对照品、麋鹿角及鹿角样品溶液进行光谱扫描, 结果见图 2, 3。葡萄糖对照品溶液在 486 nm 处有最大吸收, 麋鹿角和鹿角样品分别在 484, 485 nm 处有最大吸收, 接近于对照品的最大吸收波长, 故选择 486 nm 作为中性多糖的测定波长。葡萄糖醛酸对照品溶液在 522 nm 处有最大吸收, 麋鹿角和鹿角样品分别在 515, 524 nm 处有最大吸收且曲线较平缓, 接近于对照品的最大吸收波长, 故选择 522 nm 作为酸性多糖的测定波长。



1. 葡萄糖; 2. 麋鹿角; 3. 鹿角  
图2 样品中葡萄糖扫描紫外光谱

Fig. 2 UV-Vis spectroscopy of the samples

**2.2.5 精密度试验** 取 2.2.1 项下的葡萄糖及葡萄糖醛酸对照品溶液各 0.5 mL, 按 2.2.3 项下方法



1. 葡萄糖醛酸; 2. 麋鹿角; 3. 鹿角

图3 样品中葡萄糖醛酸紫外扫描光谱

Fig. 3 UV-Vis spectroscopy of the glucuronic acid in samples

显色, 依法连续测定 6 次, 结果显示中性多糖和酸性多糖  $A$  的 RSD 分别为 1.1% 和 1.3%, 表明该方法精密度良好。

**2.2.6 稳定性试验** 取 11 号样品的供试品溶液 2 份, 按 2.2.3 项下方法操作, 显色后, 分别在 0, 10, 20, 30, 60, 90, 120 min 测定  $A$ 。结果显示中性多糖及酸性多糖的 RSD 分别为 1.5% 和 1.8%, 表明供试品溶液显色后在 2 h 内稳定。

**2.2.7 重复性试验** 取 11 号样品 6 份, 每份约 2.0 g, 精密称定, 按 2.2.2 项下方法制备供试品溶液, 按 2.2.3 项下方法测定, 结果显示样品中的中性多糖和酸性多糖含量的 RSD 分别为 1.6% 和 2.3%。表明该方法重复性良好。

**2.2.8 加样回收率试验** 取 11 号样品 6 份, 每份约 1.0 g, 精密称定, 分别加入与样品中等量的葡萄糖对照品, 依法测定, 计算样品的平均回收率为 95.90%, RSD 2.4%。另取相同样品 6 份, 分别加入与样品中酸性多糖含量等量的葡萄糖醛酸对照品, 依法测定, 计算样品的平均回收率为 102.10%, RSD 2.8%。表明方法准确度良好。结果见表 1。

**2.2.9 样品测定** 精密量取样品溶液 1.0 mL, 照葡萄糖标准曲线方法, 自“加入 5% 苯酚溶液 2.0 mL”起依法测定吸光度, 从标准曲线上读出供试品溶液中葡萄糖的量, 计算, 即得样品中中性多糖的含量。另精密量取样品溶液 2.0 mL, 照葡萄糖醛酸标准曲线方法, 自“冰水预冷后加入  $12.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  四硼酸钠硫酸溶液 5 mL”起操作, 测定  $A$ , 通过标准曲线计算供试品溶液中葡萄糖醛酸的量, 即得样品中酸性多糖的含量。结果见表 2。

**2.3 3 种多糖测定结果的分析** 由表 2 可知, 氨基多糖、中性多糖和酸性多糖 3 种多糖含量因鹿龄和角部位存在较大差异。3 种多糖总含量以 2 岁龄麋鹿角为最高, 可达  $3.004 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ; 其次为 5 岁龄, 为

2 006  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 与 6 ~ 8 岁龄接近; 3, 4 岁龄相对较低, 分别为 1 252, 1 120  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。2 岁龄麋鹿角中氨基多糖、中性多糖及 3 种多糖的总含量从尖部、中部到基部依次递减, 而 5 岁龄中酸性多糖和 3 种多糖总含量却依次递增。

3 种多糖中, 不同鹿龄麋鹿角 3 个角部位平均含量均以中性多糖为最高, 可达 1 044  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 其次是氨基多糖, 含量为 452.9  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 酸性多糖含量相对较低, 为 339.7  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。3 种多糖在 3 个角部位的平均含量均以 2 岁龄麋鹿角为最高, 其中氨基多糖和中性多糖含量与宁夏鹿角接近, 酸性多糖低于宁夏鹿角。两个不同产地鹿角样品中的 3 种多糖总含量差异较大, 宁夏鹿角较高, 为 2 860  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 新疆鹿角相对较低, 为 1 382  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

### 3 讨论

Elson-Morgan 法测定氨基多糖含量时, 采用酸水解法将样品中氨基多糖降解为游离的氨基己糖, 乙酰化后与对二甲氨基苯甲醛生成红色的物质, 然后进行比色测定。中性多糖和酸性多糖的测定中, 采用二氯甲烷-甲醇对样品脱脂, 然后用碱将样品中与蛋白结合的多糖降解, 再用乙醇沉淀提取多糖, 而后分别采用苯酚-硫酸法和咔唑-硫酸法测定样品中的中性多糖和酸性多糖。结果表明上述方法操作简便, 精密度和重复性较好, 可用于麋鹿角及鹿角中总多糖的含量测定。

基于中药资源化学研究思路与方法, 对麋鹿角中的多糖类大分子成分进行了分析与评价, 并与鹿角进行了比较。研究结果表明不同鹿龄的麋鹿角中多糖类成分存在较大差异, 可能与其生长过程有关。麋鹿 2 岁开始长角, 期间角每年增加一个分支, 至 6 岁成年时角枝定形, 不断变化的生长过程可能导致了其化学成分含量的差异。麋鹿角不同角部位中的多糖类成分亦存在较大差异, 这可能与茸从尖部到基部逐渐骨化成角时的生理过程有关。这与不同生长期及不同角部位鹿茸中的化学成分存在差异相一致<sup>[12-14]</sup>。

研究结果为进一步阐明麋鹿角的功效物质基础, 同时也为麋鹿角药材的质量控制和麋鹿药用生物资源的合理利用及产业化提供了科学依据。基于麋鹿种群的有效恢复和快速扩大的资源现状, 应进一步系统开展麋鹿角资源利用的基础研究, 以揭示这一宝贵生物资源的药用价值和不可替代性, 同时引导和推动麋鹿生物资源综合利用与保护的健康发展。

### [参考文献]

- [1] 宋立人. 中华本草[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 665-666.
- [2] 李锋涛, 段金廛, 钱大玮, 等. 麋鹿角对 D-半乳糖诱导小鼠衰老模型抗衰老作用[J]. 南京中医药大学学报, 2014, 30 (3): 235-238.
- [3] 蒋情, 李锋涛, 钱大玮, 等. 麋鹿角不同部位对肾虚证大鼠的作用[J]. 中药药理与临床, 2014, 30 (6): 84-86.
- [4] 彭蕴茹, 钱大玮, 段金廛, 等. 麋鹿角不同部位对于甲亢阴虚症大鼠的作用及其机制初探[J]. 中药材, 2011, 34 (4): 509-511.
- [5] 钱大玮, 彭蕴茹, 段金廛, 等. 麋鹿角不同提取部位对甲亢阴虚模型小鼠的补阴活性评价[J]. 中华中医药杂志, 2011, 26 (11): 2666-2668.
- [6] 杨朝晖, 秦红兵, 朱清. 麋鹿角醇提液对正常小鼠 IL-2 和 IFN- $\gamma$  的影响[J]. 中国中药杂志, 2009, 34 (15): 1986-1988.
- [7] Li F T, Duan J A, Qian D W, et al. Comparative analysis of nucleosides and nucleobases from different sections of Elaphuri Davidiani Cornu and Cervi Cornu by UHPLC-MS/MS [J]. J Pharm Biomed Anal, 2013, 83 (5): 10-18.
- [8] 李锋涛, 段金廛, 钱大玮, 等. 我国麋鹿药用资源的发展与研究现状及其资源产业化的思考[J]. 中草药, 2015, 46 (8): 1237-1242.
- [9] 刘睿, 段金廛, 钱大玮, 等. 我国麋鹿资源及其可持续发展的思考[J]. 世界科学技术——中医药现代化, 2011, 13 (2): 213-220.
- [10] 王斐, 段金廛, 钱大玮, 等. 犀角及羚羊角替代资源的寻找与评价研究(II) [J]. 南京中医药大学学报, 2007, 23 (1): 36-39.
- [11] 葛月兰, 段金廛, 钱大玮, 等. 不同产地不同采收期当归的多糖含量变化研究[J]. 江苏中医药, 2009, 41 (3): 55-56.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.

[责任编辑 顾雪竹]