

煮炸和冷冻干燥对鹿茸中脂溶性成分及色差的影响

侯召华¹, 刘畅², 任贵兴¹

(1. 齐鲁工业大学食品科学与工程学院, 山东济南 250353) (2. 中国农业科学院特产研究所, 吉林长春 130112)

摘要: 本文比较了不同加工方法(煮炸干燥法和真空冷冻干燥法)对鹿茸理化性质的影响。一副新鲜梅花鹿鹿茸, 一支冷冻干燥法加工, 另一支传统煮炸法加工; 然后对鹿茸中脂肪酸、胆固醇及色差进行分析。在冻干鹿茸中确定了16种脂肪酸, 煮炸鹿茸为13种, 且冻干鹿茸中脂肪酸总量显著($p < 0.05$)高于煮炸鹿茸; 煮炸和冻干鹿茸中脂肪酸致动脉硬化指数(AI)分别为1.95和1.77, 凝血指数(TI)分别为2.44和2.32; 冻干鹿茸中胆固醇含量明显高于煮炸鹿茸; 鹿茸色泽差异显著, 冻干鹿茸 a^* 值极显著($p < 0.01$)高于煮炸鹿茸, b^* 和 h 值($p < 0.01$)极显著低于煮炸鹿茸, 这表明冻干样品色泽更加亮、红、蓝。真空冷冻干燥是一种有效的干燥方法, 能有效保持鹿茸中脂溶性成分及色泽。

关键词: 梅花鹿鹿茸; 真空冷冻干燥; 煮炸干燥; 脂溶性成分; 色差

文章编号: 1673-9078(2017)10-164-170

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.10.024

Effect of Boiled Water Drying and Vacuum Freeze Drying on the Fat-soluble Components and Color of Antler Velvet in Sika Deer (*Cervus nippon*)

HOU Zhao-hua¹, LIU Chang², REN Gui-xing¹

(1. College of Food Science and Engineering, Qilu University of Technology, Jinan, 250353, China) (2. Institute of Special Wild Economic Animals and Plants, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130112, China)

Abstract: The effects of processing technologies (vacuum freeze-drying and boiled water-drying) on the fatty acids, cholesterol and color of antler velvet in sika deer (*Cervus nippon*) were investigated in this study. The results identified that there were sixteen fatty acids in vacuum freeze-drying antler velvet (VFDA) and thirteen in boiled water-drying velvet antler (BWDA). The total content of fatty acid was significantly higher ($p < 0.05$) in VFDA than in BWDA. The atherogenic index (AI) in BWDA and VFDA was 1.95 and 1.77, and thrombogenic index (TI) values in BWDA and VFDA were 2.44 and 2.32, respectively. The content of cholesterol in VFDA and BWDA were 2.95 ± 0.16 and 2.67 ± 0.09 mg/g, respectively. The values of a^* , b^* and h in VFDA were significantly different ($p < 0.01$) in BWDA. The values of a^* in VFDA were significantly ($p < 0.01$) higher than in BWDA, while b^* and h in VFDA were significantly lower than in BWDA. This showed that VFDA was brighter, more red and blue than BWDA. These results suggested that the compositions of antler velvet were strongly influenced by processing technologies, and vacuum freeze drying was an effective technique to preserve the fat-soluble components and aberration of drying velvet antler.

Key words: sika deer (*Cervus nippon*) antler velvet; vacuum freeze-drying; boiled water-drying; fat-soluble components; color

鹿茸为鹿科动物梅花鹿 (*Cervus nippon* Temminck) 或马鹿 (*Cervus elaphus* Linnaeus) 的雄鹿未骨化密生毛的幼角^[1]。鹿茸含有20多种氨基酸, 多种激素、超氧化歧化酶(SOD)和多胺类物质, 还有磷脂类、多糖类、多肽、维生素、类胰岛素生长因子、促生长素释放因子以及磷酸钙、硫酸软骨素等许多生物活性因子; 含有多种人体必需的微量元素。鹿茸是

收稿日期: 2017-02-27

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费(201303069)

作者简介: 侯召华(1982-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 农产品深加工研究

一种珍贵的补阳药, 具有壮肾阳、益精血、强筋骨、调冲任之功效, 用于肾虚、精血不足、面色萎黄、头昏眼花、耳鸣耳聋和腰膝酸痛等, 现代药理学研究表明鹿茸具有多方面药理作用, 如对性功能、免疫系统、心血管系统、血液成分和神经系统均有作用, 有抗炎镇痛和促进创伤愈合功效、抗衰老和抗疲劳功效; 有抗肿瘤、提高耐力, 增强记忆力、促进体内蛋白质合成; 抗溃疡、抗艾滋病和抗化学药物损伤作用等^[1,2]。

鹿茸加工是养鹿生产的重要环节, 加工目的是脱水、干燥、防腐、消毒、提高质量, 利于保存、运输和利用。鹿茸是商品, 所以加工时要保持鹿茸的优美

形状和鲜艳色泽,鹿茸加工的好坏直接影响产品质量和经济效益。加工方法对鹿茸的质量、有效成分及疗效具有显著影响,目前鹿茸加工方法有煮炸加工法、微波与远红外线综合加工法、真空冷冻加工法等^[2,3]。

长期以来,我国鹿茸加工一直采用传统沸水煮炸烘烤技术,主要经过沸水煮炸、适温烘烤、自然风干等流程,其基本原理是利用热胀冷缩的物理特性和蛋白质的强化特性,排出或保留茸内的血液,使鲜茸脱水、蛋白质熟化,加工成干茸(含水量<18%),达到防止腐败变质,便于长期保存的目的。这种鹿茸加工技术简单方便,成本较低,但容易造成茸内活性物质不同程度的流失和破坏以及外观的损伤,使产品质量下降,常常出现破皮、空头、酸败、焦化、腐败变质(臭茸)等问题,影响药效,造成重大经济损失^[3]。

自19世纪末以来,冷冻干燥(冻干)技术广泛应用于食品加工。冷冻干燥是一个延长食品货架期的方法,可有效阻止微生物生长或氧化引起的食品腐败。此外,复水后的冻干产品的特性与新鲜产品的极其相似。

真空冷冻干燥是将含水物质低温下冻结,然后使其水分在真空条件下升华的一种干燥方法。冻干可避免样品中盐的转移,形成蜂窝状纹理和组织学改变相对较小,体积与冻干前基本相同;物理、化学和生物性状基本不变,样品中挥发性成分和受热性营养成分损失很小,冻干样品密封包装保质期长,特别适宜生产高品质食品^[4]。冻干产品只有原体重的10~15%,且不需要冷链贮藏,其运输、分散和商业化更容易。然而,冷冻干燥需要经过低温和低压过程,持续约1~3 d,成本较高。在食品业,冷冻干燥仅限于高附加值产品,如咖啡、茶叶和凝胶,即食品配料(蔬菜、水果粉、肉类、奶酪发酵剂和虾等)和几个芳香类植物^[5]。

本文以梅花鹿鹿茸为研究对象,规范鹿茸煮炸干燥法和真空冷冻干燥法,对加工鹿茸样品理化指标进行分析,比较两种加工方法优缺点,为生产实践提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 原料

新鲜梅花鹿鹿茸来源于中国农业科学院特产研究所左家试验站,共六副(12支)。

1.2 仪器与设备

GZX-9140MBE 数显鼓风干燥箱(上海博讯实业有限公司);真空冷冻干燥器 EYELA FDU-1100(日

本东京理化公司);贝利粉碎机 BFM-6B1(济南倍力粉技术工程有限公司);高速万能粉碎机 FW-200(北京中兴伟业仪器有限公司);ME204E 万分之一天平(梅特勒-托利多仪器上海有限公司);NH310 高品质电脑色差仪(深圳市三恩驰科技有限公司);Spe-ed SPE-prime 型二氧化碳(CO₂)超临界萃取仪(美国应用分离公司);超高压液相色谱仪 ACQUITY UPLC™(沃特世科技上海有限公司);7000B 气相色谱-串联质谱仪(安捷伦科技中国有限公司)。

1.3 标品与药品

甲酯化脂肪酸(37种脂肪酸, FAMES)混标购买于 Nu-Chek Prep 公司(美国);胆固醇购买于 Sigma 公司。

氯仿、甲醇、盐酸、氯化钾、氢氧化钾、正己烷和无水硫酸钠均为国产分析纯;色谱级乙腈和甲醇购买于 Fisher 公司。

1.4 样品制备

1.4.1 真空冷冻干燥鹿茸

称取新鲜鹿茸质量,每副鹿茸中一支用于真空冷冻干燥,另一支用于传统煮炸法。干燥方法参考文献^[5-7],适当修改。新鲜鹿茸茸体枝干的弯曲部分、口头等处用排针扎空,有利于冻干时水分的逸出,可有效消除冻干时茸头表皮膨胀现象;鹿茸放在-80℃冰箱中进行预冷,至少8 h,将冷冻的鹿茸表面用干净毛巾搽抹干净;然后把样品放到真空冷冻干燥箱中,干燥室内真空度控制在10±5 Pa,温度为-45±5℃,进行真空冷冻干燥36 h。鹿茸冻干后,进行粉碎,过60目筛。

1.4.2 煮炸干燥鹿茸

煮炸加工鹿茸是一项比较复杂、灵活性大及技术性强的工作。鹿茸煮炸标准是:茸体达到熟化程度,锯口出现粉白色血沫,发出熟蛋黄香味,茸毛耸立,沟棱清晰,沥水性强、茸头有弹性。新鲜带血茸加工需封锯口,收茸后锯口向上以免茸血流失,洗刷茸皮时锯口不得沾水,洗刷鹿茸后将其锯口撒上一层面粉,待面粉浸湿,用烙铁烧烙锯口,将血眼堵住。封口鹿茸腾水煮炸30~40 s后,纱布擦干,75℃烘箱中干燥3 h,然后悬挂风干。前5 d重复此工艺,第6 d开始每两天一次,重复6~8次,干燥为止。

冷冻干燥和煮炸干燥的鹿茸,用斧头和刀锯切成小块后,贝利粉碎机粉碎,过60目筛,得粉末备用。

1.5 鹿茸脂肪酸定性定量分析

1.5.1 脂肪酸提取与皂化^[8-11]

$$AI = \frac{[(12:0 + 4) \times (14:0 + 16:0)]}{\sum MUFA + \sum PUFA (n-6) + (n-3)} \quad (2)$$

$$TI = \frac{[(14:0+16:0+18:0)]}{[(0.5 \times \sum MUFA) + (0.5 \times \sum PUFA(n-6)) + (3 \times \sum PUFA(n-3)) + (n-3/n-6)]} \quad (3)$$

脂肪酸提取和皂化的方法根据参考文献^[10,11], 进行适当修改。称取鹿茸粉(约 1.0 g)放到玻璃容器中, 添加 40 mL 提取液(氯仿:甲醇=2:1); 组织匀浆, 超声提取 30 min 后, 滤纸过滤, 滤液放到分液漏斗中; 然后添加 30 mL、1 mol/L KCl 水溶液, 4 °C 下静置分层过夜。

过夜分层后, 得到下层有机相, 氮气吹干得到脂质提取物; 干燥后, 称取质量, 得到脂溶性成分的提取率; 干燥物溶解在 5 mL 正己烷中, 放到具塞试管中; 在试管中添加 5 mL、1 mol/L KOH 甲醇溶液, 50 °C 下, 进行皂化 2 h; 皂化结束后, 添加 5 mL 正己烷和 15 mL 5% HCl 溶液, 进行分层; 上层为有机相(正己烷层), 得到上层相, 用正己烷定容至 10 mL; 然后加入无水 Na₂SO₄ 除去多余的水分; 进行 GC-MS 分析。

脂溶性提取物提取率:

$$\text{提取率}(\%) = W_i \times 100 / W_s \quad (1)$$

W_i : 脂溶性成分质量(mg); W_s : 鹿茸粉质量(冻干鹿茸或煮炸干燥)(mg)。

1.5.2 脂肪酸气相色谱-质谱分析条件

气相色谱-质谱方法根据参考文献^[12], 进行适当修改。气相色谱条件: 色谱柱为 SPTM-2560 弹性石英毛细管柱(100 m×0.25 mm×0.25 μm; supelco, PA); 载气为高纯度氦气(99.999%), 恒定流量为 1.0 mL/min; 进样量为 1 μL; 分流比为 60:1; 程序升温: 从 140 °C 开始(保持 5 min), 以 4 °C/min 升温到 200 °C, 接着 3 °C/min 升温到 220 °C(保持 26 min); 进样口温度和传输线温度为 250 °C。

质谱条件: EI 离子源, 电子能量 70 eV, 离子源温度为 280 °C, 全扫描方式, 质量扫描范围为 50~500 u。

鹿茸中脂肪酸表示为 mg/100 g。利用标准品对照确定鹿茸中脂肪酸种类。饱和脂肪酸标志性质核比 m/z 74, 单不饱和脂肪酸 m/z 55, 双不饱和脂肪酸 m/z 67, 多不饱和脂肪酸 m/z 79(如表 1 所述)。

根据公式^[13]进行计算, 可以得到林蛙油脂肪酸对心脏病的风险指数, 致动脉硬化指数(atherogenic index, AI), 公式(2); 凝血指数(Thrombogenic index, TI), 公式(3)。

1.6 鹿茸胆固醇分析

鹿茸脂溶性提取物溶解在 20 mL 正己烷中, 吸取

1 mL 样品液放到 50 mL 水解管中, 添加 10 mL 1N KOH 水溶液和 10 mL 乙醇。90~95 °C 水浴下皂化 90 min。皂化结束后流动水降温, 利用 10 mL 正己烷萃取胆固醇, 重复三次, 合并萃取液。利用 3×10 mL 蒸馏水萃取液冲洗三次。氮气吹干, 重新溶解在 10 mL 无水乙醇中, 准备进行 UPLC 分析。

色谱条件: 超高压液相色谱 ACQUITY UPLCTM, 色谱柱为 Acquity BEH-C18TM(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm, Waters), 吸光值为 203 nm, 上样量为 2 μL; 柱温箱为 45 °C; 流动相 A 为 90% 甲醇, B 为水; 流动相为横流 A:B=90:10, 流速为 0.5 mL/min。

1.7 色差分析

打开色差计, 预热 30 min, 调试后, 将鹿茸粉末样品放到测试皿中, 准确测定鹿茸粉待测样品槽内, 测定其亮度值(L^*)、红度值(a^*)、黄度值(b^*)、C 和 h 值。

1.8 数据分析

采用 SPSS 19.0.0 软件对结果进行平均值、标准偏差、变异系数计算, 并进行 t 检验或方差分析, 通过最小显著差数(least significant difference, LSD)法对数据进行多重比较($p < 0.05$)。

2 结果与讨论

2.1 脂肪酸分析

脂肪酸结果如表 1 和图 1 所示。冻干鹿茸中 16 种脂肪酸, 煮炸鹿茸 13 种; 冻干鹿茸中总脂肪酸含量达到 277.12 mg/100 g, 煮炸鹿茸为 90.42 mg/100 g, 冻干鹿茸脂肪酸含量显著($p < 0.01$)高于煮炸鹿茸; 但饱和脂肪酸(59.98%和 59.21%)、不饱和脂肪酸(40.02%和 40.77%)差异不显著($p > 0.05$)。对 16 种脂肪酸进行分析, 除顺-11-二十碳烯酸、顺-8,11,14-二十烷三烯酸和二十三碳酸外, 冻干鹿茸中脂肪酸极显著($p < 0.01$)高于煮炸鹿茸。冻干鹿茸和煮炸鹿茸中含量最多的脂肪酸依次是硬脂酸(29.95%和 28.67%)、油酸(27.89%和 25.04%)和棕榈酸(18.76%和 16.46%)。冻干鹿茸和煮炸鹿茸脂肪酸的致动脉硬化指数分别为 1.95 和 1.77, 凝血指数分别为 2.44 和 2.32。

Lee 等^[14]分析了韩国冻干梅花鹿鹿茸的成分, 与本实验结果相似, 确定了 10 种脂肪酸, 其中含量最多的脂肪酸依次为棕榈酸 (30.83%)、硬脂酸 (17.33%) 和油酸 (16.32)。Sunwoo 等^[15]对马鹿茸成分进行分析, 确定了 14 种脂肪酸, 总脂肪酸含量达到 0.85~0.96 mg/g, 低于梅花鹿鹿茸含量; 不饱和脂肪酸含量超过 68.50%, 马鹿茸中不饱和脂肪酸含量远高于本实验结果; 含量最高脂肪酸分别为油酸 (>60.90%)、棕榈酸、硬脂酸, 梅花鹿和马鹿鹿茸一致。Jeon 等^[16]对确定了加拿大马路鹿茸 12 种脂肪酸, 脂肪酸含量最高为棕榈酸 (30.34%)、硬脂酸 (12.61%) 和油酸 (12.85%), 这表明不同鹿茸中主要脂肪酸种类是一样的; 不饱和脂肪酸含量为 51.11%, 高于梅花鹿鹿茸的 40.77%。

Ulbricht 和 Southgate^[13]基于不同脂肪酸对血清胆

固醇、低密度脂蛋白和高密度脂蛋白浓度影响的信息, 提出了如何计算致动脉硬化指数 (AI)。通过计算公式 (2) 得到鹿茸脂肪酸的 AI 值, 高 AI 数值反应心血管病症发生的可能性。计算不同脂肪和油的 AI 值, 椰子油达到 13~20、棕榈油 7、可可脂 0.7 和其他蔬菜油 <0.5。牛奶、黄油和奶酪的 AI 和 TI 值高于 2.0, 肉制品的 AI 值为 0.7~1.0, TI 值在 0.8~1.6 之间^[17]。鹿茸的 AI 值一般高于其他动物产品, 例如骆驼 (1.00)、牛肉 (0.72)、猪肉 (0.69) 和鸡肉 (0.50), 但低于 thornback ray fish (2.37) 和近缘新对虾 (2.62)^[13]。鹿茸的 AI 和 TI 值偏高, 可能是由于其饱和脂肪酸含量较高, 但是药典上明确规定鹿茸每天服用量不超过 2 g, 所以对健康不会造成较大影响。

表 1 鹿茸脂肪酸结果

Table 1 GC-MS analysis results of fatty acids in antler velvet

| 序号 | 脂肪酸 | 保留时间 | 标志性质核比 <i>m/z</i> | 分子量 | 煮炸干燥鹿茸 | | 真空冷冻干燥鹿茸 | |
|----|----------------------------|--------|-------------------|-----|---------------|------------|----------------|--------------|
| | | | | | 含量/(mg/100 g) | 比率/% | 含量/(mg/100 g) | 比率/% |
| 1 | 豆蔻酸 (C14:0) | 20.048 | 74 | 242 | 2.10±0.26 | 1.39±0.07 | 3.62±0.37** | 1.30±0.11 |
| 2 | 十五烷酸 (C15:0) | 21.748 | 74 | 256 | 1.54±0.18 | 0.98±0.03 | 2.35±0.12** | 0.85±0.02** |
| 3 | 棕榈酸 (C16:0) | 23.458 | 74 | 270 | 28.23±2.79 | 18.76±0.58 | 45.56±2.45** | 16.46±0.42** |
| 4 | 棕榈油酸 (C16:1) | 24.766 | 55 | 268 | 2.34±0.27 | 1.56±0.09 | 3.66±0.26** | 1.33±0.11 |
| 5 | 十七烷酸 (C17:0) | 25.149 | 74 | 284 | 2.84±0.39 | 1.86±0.07 | 5.26±0.46** | 1.89±0.09 |
| 6 | 硬脂酸 (C18:0) | 26.817 | 74 | 298 | 45.60±5.68 | 29.95±0.45 | 79.83±6.44** | 28.67±1.04 |
| 7 | 油酸 (C18:1n9c) | 27.987 | 55 | 296 | 42.69±5.69 | 27.89±0.25 | 68.93±2.64** | 25.04±0.96* |
| 8 | 亚油酸 (C18:2n6c) | 29.768 | 67 | 294 | 11.60±1.87 | 7.52±0.34 | 23.33±1.47** | 8.46±0.49 |
| 9 | 花生酸 (AC20:0) | 30.251 | 74 | 326 | 6.57±1.09 | 4.23±0.30 | 16.29±1.70** | 5.84±0.40** |
| 10 | 顺-11-二十碳烯酸 (C20:1) | 31.549 | 55 | 324 | - | - | 1.65±0.12 | 0.60±0.05 |
| 11 | 二十一烷酸 (C21:0) | 32.122 | 74 | 340 | 0.46±0.06 | 0.30±0.03 | 1.22±0.10** | 0.44±0.03** |
| 12 | 二十二烷酸 (C22:0) | 34.159 | 74 | 326 | 1.58±0.27 | 1.01±0.09 | 4.90±0.61** | 1.76±0.19** |
| 13 | 顺-8,11,14-二十烷三烯酸 (C20:3n6) | 35.314 | 79 | 320 | - | - | 1.13±0.08 | 0.27±0.03 |
| 14 | 二十三碳酸 (C23:0) | 36.437 | 79 | 318 | - | - | 0.74±0.07 | 0.27±0.03 |
| 15 | 花生四烯酸 (C20:4n6) | 36.736 | 74 | 368 | 5.63±1.01 | 3.60±0.15 | 12.57±1.18** | 4.53±0.31* |
| 16 | 二十四烷酸 (C24:0) | 39.047 | 74 | 382 | 1.76±0.30 | 1.13±0.09 | 6.44±1.13** | 2.29±0.35** |
| | 总脂肪酸 | | | | 152.70±19.56 | 100 | 277.12±15.00** | 100 |
| | 饱和脂肪酸 | | | | 90.42 | 59.21 | 166.21 | 59.98 |
| | 单不饱和脂肪酸 | | | | 45.03 | 29.49 | 74.24 | 26.79 |
| | 多不饱和脂肪酸 | | | | 17.23 | 11.28 | 36.65 | 13.23 |
| | 致动脉硬化指数 | | | | 1.95 | | 1.77 | |
| | 凝血指数 | | | | 2.44 | | 2.32 | |

注: 与煮炸鹿茸比较: **p*<0.05, ***p*<0.01。

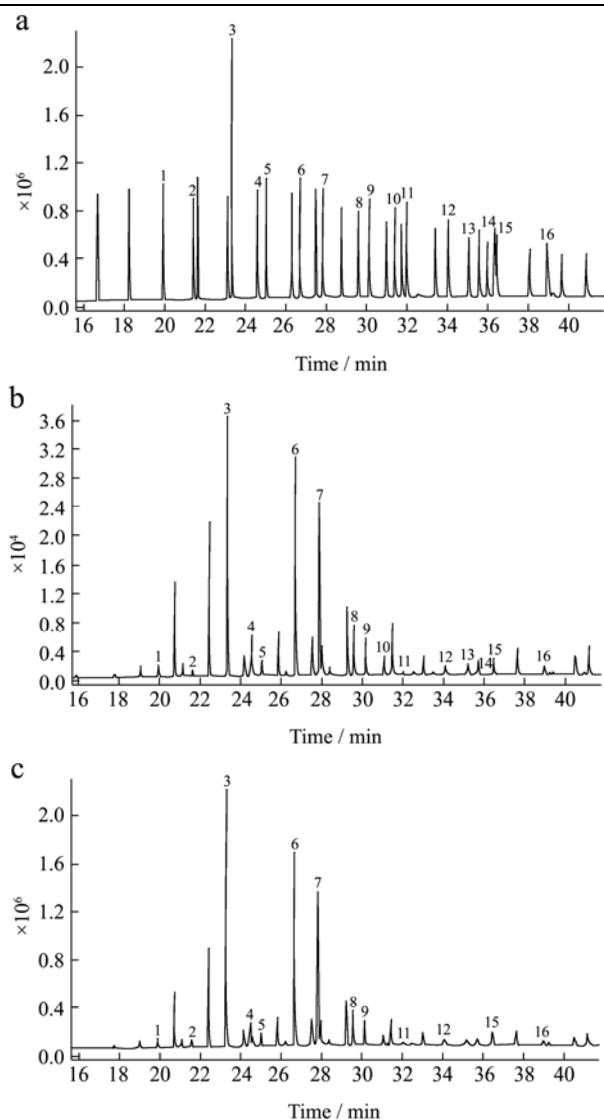


图1 脂肪酸混标准和鹿茸样品中 GC/MS 离子流图

Fig.1 GC/MS chromatograms of the FAME standard mixture and fatty acid in antler velvet

注: a, 脂肪酸标准品; b, 冻干鹿茸; c, 煮炸鹿茸。

2.2 胆固醇分析

鹿茸中胆固醇含量和脂类提取率结果如表 2 和图 2 所示。

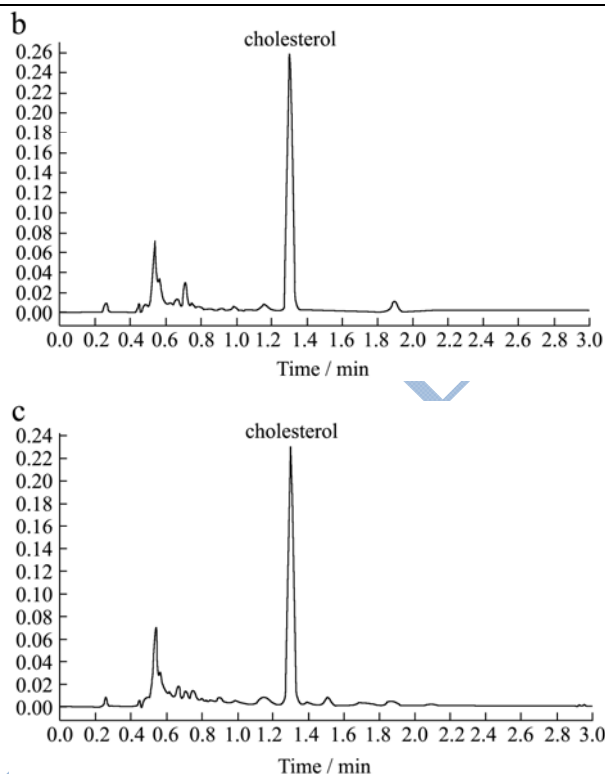
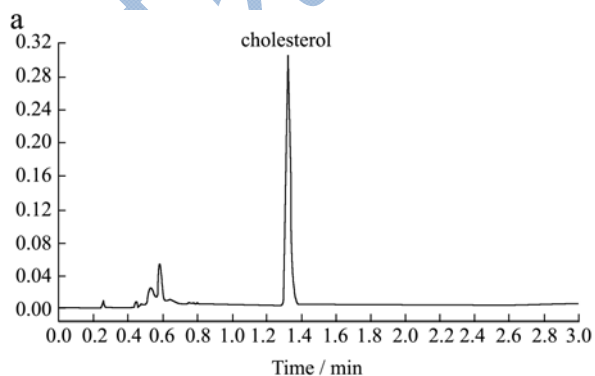


图2 胆固醇标准品和鹿茸胆固醇的 UPLC 色谱图

Fig.2 UPLC chromatograms of cholesterol standard and cholesterol in antler velvet

注: a, 脂肪酸标准品; b, 冻干鹿茸; c, 煮炸鹿茸。

表 2 鹿茸中胆固醇及脂类提取率结果

Table 2 Analytical results of cholesterol and lipid extracts in antler velvet by SC-CO₂

| 样品 | 胆固醇/(mg/100 g) | 脂类含量/% |
|-----------|----------------|-------------|
| 煮炸鹿茸 BWDA | 266.77±8.63 | 4.72±0.36 |
| 冻干鹿茸 VFDA | 295.15±16.18 | 6.89±0.36** |

注: 与煮炸鹿茸比较: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ 。

鹿茸含有丰富的胆固醇, 冻干鹿茸和煮炸鹿茸胆固醇含量分别为 295.15 mg/100 g 和 266.77 mg/100 g, 冻干鹿茸中胆固醇含量高于煮炸法, 但不显著 ($p > 0.05$)。冻干鹿茸中脂类含量为 6.89%, 煮炸鹿茸 4.72%, 冻干鹿茸脂类含量极显著 ($p < 0.01$) 高于煮炸鹿茸。

梅花鹿鹿茸中胆固醇含量研究较少, 宁超群等^[18]比较了梅花鹿鹿血粉、猪血粉和牛血粉中胆固醇含量 385 mg/100 g、442 mg/100 g 和 524 mg/100 g, 本实验加工的为含血鹿茸, 里面含有大量的鹿血。鹿茸中胆固醇含量与林蛙油 (211~378 mg/100 g)^[19]差异不显著, 远低于蚕蛹油 (910.70 mg/100 g)^[20], 蛋黄 (850 mg/100 g)^[21], 远高于牛奶中胆固醇 8.89~10.10 mg/100 g^[22]。

2.3 色差分析

色差值是当前最通用的测量物体眼色的色空间之一，由 CIE 在 1976 年制定，是用 L^* 、 a^* 、 b^* 一组数据将一种颜色用数字表示出来，一组 Lab 值跟一种颜色形成一一对应关系。 L^* 值表示亮度， ΔL 表示亮度差值， L^* 值升高表示亮度越大； a^* 、 b^* 值为色坐标值， a^* 值表示红绿方向颜色变化， $+a^*$ 表示偏向红色， $-a^*$ 表示偏向绿色； b^* 表示黄蓝方向变化， $+b^*$ 表示偏向黄色化， $-b^*$ 表示偏向蓝色^[23]；色相角度值 (hue, h) 和颜色饱和度值 (Chroma, C) 由演算推理得到， $h = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ ，用角度数值表示，取值在 0~90 之间时，数值越低说明样品越红，越高则表示样品越黄；

$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ，由无彩色与颜色对象的色度点之间连接的直线的长度^[24]。

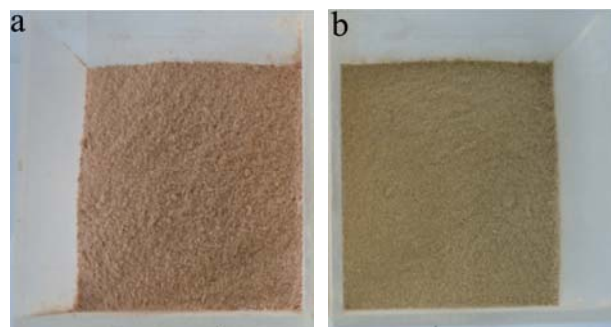


图 3 不同加工方法鹿茸色差图

Fig.3 Color charts of antler velvet treatment with different processing technologies

表 3 鹿茸色差值比较

Table 3 Comparison of color in antler velvet

| 样品 | L^* | a^* | b^* | C | h |
|-----------|------------|-------------|-------------|------------|--------------|
| 煮炸鹿茸 BWDA | 67.79±1.04 | 5.19±0.54 | 11.41±0.16 | 12.55±0.15 | 65.52±1.05 |
| 冻干鹿茸 VFDA | 68.19±1.03 | 9.43±0.48** | 8.64±0.22** | 12.80±0.47 | 42.61±1.03** |

注：与煮炸鹿茸比较：* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ 。

由图 3 和表 3 可知，煮炸鹿茸和冻干鹿茸的色差值和色泽差异显著。 L^* 、C 值差异不显著 ($p > 0.05$)； a^* 、 b^* 、h 值差异极显著 ($p < 0.01$)。冻干鹿茸 a^* 值极显著高于煮炸鹿茸，这表明冻干鹿茸偏红；但 b^* 、h 极显著降低煮炸鹿茸，这表明冻干鹿茸偏黄，而且更红。

鹿茸颜色与化学成分关系密切，是鹿茸内在化学品质的外观表现，通过对颜色和化学成分的测定，将色差分析与主成分分析相结合，可在一定程度上反映不同品种鹿茸的品质质量。董思敏^[25]研究表明，影响红度 a^* 的因素主要为粗蛋白含量，粗蛋白含量越高则 a^* 值越大，鹿茸颜色越偏向于红色，质量越优；鹿茸颜色总色差 ΔE 与粗蛋白和 Ca 含量呈显著负相关，与水分含量呈极显著负相关，所以水分含量越高色差越小，鹿茸质量越优；鹿茸亮度 L^* 与水提物和 Ca 的含量呈显著负相关，与粗蛋白、水分呈极显著负相关，即在一定范围内 L^* 值越小，质量越优。影响色泽比 H 的因素主要有粗蛋白、Ca，由于呈显著正相关，因此粗蛋白和 Ca 含量越高，色泽越好，鹿茸质量越优。同时，鹿茸含有多种热敏性成分（超氧化物歧化酶、多胺类物质和维生素等），冷冻干燥技术能有效保持这些物质的活性^[26]。不同加工方法对鹿茸色泽影响显著，冻干鹿茸偏亮、偏红、偏黄，冷冻干燥技术能有效保持鹿茸原色泽。

3 结论

3.1 本文对梅花鹿鹿茸两种干燥方法，传统煮炸干燥法和真空冷冻干燥法进行了比较，对主要鹿茸脂溶性成分（脂肪酸和胆固醇）和色泽进行分析。

3.2 结果表明：冻干鹿茸中确定了 16 种脂肪酸，煮炸鹿茸为 13 种，且冻干鹿茸中脂肪酸总量显著 ($p < 0.05$) 高于煮炸鹿茸；煮炸和冻干鹿茸中脂肪酸致动脉硬化指数 (AI) 分别为 1.95 和 1.77，凝血指数 (TI) 分别为 2.44 和 2.32；冻干鹿茸中胆固醇含量明显高于煮炸鹿茸。

3.3 鹿茸色泽差异显著，冻干鹿茸 a^* 值极显著 ($p < 0.01$) 高于煮炸鹿茸， b^* 和 h 值 ($p < 0.01$) 极显著低于煮炸鹿茸，表明冻干样品色泽更加亮、红、蓝。

3.4 鹿茸加工方法能显著影响其成分含量和外观，真空冷冻干燥是一种有效的干燥方法，能有效保持鹿茸中脂溶性成分及色泽。

参考文献

[1] 楼小红,吴巧凤.鹿茸中总糖的含量测定[J].中国药业,2003,12(2):57
 LOU Xiao-hong, WU Qiao-feng. Determination of total sugar in antler velvet [J]. China Pharmaceuticals, 2003, 12(2): 57

- [2] 李秀娟,武晓东,郑彬,等.鹿茸加工方法与工艺进展[J].内蒙古农业大学学报,2008,29(3):201-204
LI Xiu-juan, WU Xiao-dong, ZHENG Bin, et al. The progress of antler velvet processing methods and processing technology [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2008, 29(3): 201-204
- [3] 马齐,王丽娥,李利军,等.鹿茸低温冷冻干燥加工技术[J].经济动物学报,2007,11(1):21-26
MA Qi, WANG Li-e, LI Li-jun, et al. Low temperature cryodesiccation technique to process antler [J]. Journal of Economic Animal, 2007, 11(1): 21-26
- [4] 关志强,孙小红,蒋小强,等.文蛤肉真空冷冻干燥时间影响因素的实验研究[J].食品研究与开发,2006,27(4):151-154
GUAN Zhi-qiang, SUN Xiao-hong, JIANG Xiao-qiang, et al. Experimental study on influencing factors of vacuum freeze drying time of *Meretrix linnaeus* meat [J]. Food Research and Development, 2006, 27(4): 151-154
- [5] Babic J, Cantalejo M J, Arroqui C. The effects of freeze-drying process parameters on Broiler chicken breast meat [J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(8): 1325-1334
- [6] Rahman M S, Al-Belushi R M, Guizani N, et al. Fat oxidation in freeze-dried grouper during storage at different temperatures and moisture contents [J]. Food Chemistry, 2009, 114(4): 1257-1264
- [7] 邵力东.带血茸冷冻干燥加工技术[J].现代畜牧兽医,2008,8:11-12
SHAO Li-dong. Freeze-dried technology of antler velvet [J]. Modern Journal of Animal Husbandry and Veterinary, 2008, 8: 11-12
- [8] Nam K C, Du M, Jo C, et al. Cholesterol oxidation products in irradiated raw meat with different packaging and storage time [J]. Meat Science, 2001, 58(4): 431-435
- [9] Santos-Filho J M, Morais S M, Rondina D, et al. Effect of cashew nut supplemented diet, castration, and time of storage on fatty acid composition and cholesterol content of goat meat [J]. Small Ruminant Research, 2005, 57(1): 51-56
- [10] Cardenia V, Rodriguez-Estrada M T, Cumella F, et al. Oxidative stability of pork meat lipids as related to high-oleic sunflower oil and vitamin E diet supplementation and storage conditions [J]. Meat Science, 2011, 88(2): 271-279
- [11] Lee M R F, Tweed J K S, Kim E J, et al. Beef, chicken and lamb fatty acid analysis—a simplified direct bimethylation procedure using freeze-dried material [J]. Meat Science, 2012, 92(4): 863-866
- [12] Santos-Filho J M, Morais S M, Rondina D, et al. Effect of cashew nut supplemented diet, castration, and time of storage on fatty acid composition and cholesterol content of goat meat [J]. Small Ruminant Research, 2005, 57(1): 51-56
- [13] Dincer M T, Aydin İ. Proximate composition and mineral and fatty acid profiles of male and female jinga shrimps (*Metapenaeus affinis*, H. Milne Edwards, 1837) [J]. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 2014, 38(4): 445-451
- [14] Lee B Y, Lee O H, Choi H S. Analysis of food components of Korean deer antler parts [J]. Korean Journal of Food Science and Technology, 2003, 35(1): 52-56
- [15] Sunwoo H H, Nakano T, Hudson R J, et al. Chemical composition of antlers from wapiti (*Cervus elaphus*) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1995, 43(11): 2846-2849
- [16] 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-Australasian Journal of Animal Sciences, 2011, 24(9): 1303-1313
- [17] TS EN ISO 15304, Animal and vegetable fats and oils, determination of the content of trans fatty acid isomers of vegetable fats and oils, gas chromatographic method [S]
- [18] 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
- [19] 王永生,徐阳,陈冰,等.HPLC 测定蛤蟆油中 4-胆甾烯-3-酮及胆固醇含量[J].中国实验方剂学,2014,20(8):76-78
WANG Yong-sheng, XU Yang, CHEN Bing, et al. Determination of 4-cholesten-3-one and cholesterol in *Oviductus ranae* by HPLC [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formoulae, 2014, 20(8): 76-78
- [20] 朱林韬,彭展彬,曾艺涛,等.降低蚕蛹油中胆固醇的方法研究[J].食品工业科技,2014,35(13):219-223
ZHU Lin-tao, PENG Zhan-bin, ZENG Yi-tao, et al. Methods for reduction of cholesterol in silkworm chrysalis oil [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(13): 219-223
- [21] 吴超,李润航,于中英,等.鸡蛋胆固醇含量测定方法比较研

- 究[J].家禽生态学报,2013,34(11):57-60
- WU Chao, LI Run-hang, YU Zhong-ying, et al. Comparative study on the methods for determining cholesterol contents of egg yolk [J]. *Acta Ecologiae Animals Domastici*, 2013, 34(11): 57-60
- [22] 其布勒哈斯,李红,徐向峰,等.RP-HPLC 法测定食品中胆固醇含量的研究[J].食品安全质量检测学报,2014,5(1): 276-279
- QI Bu-le-ha-si, LI Hong, XU Xiang-feng, et al. Study on determination of cholesterol in foods by RP-HPLC method [J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2014, 5(1): 276-279
- [23] 刘树兴,魏送送,常大伟.超高压处理对酥梨浊汁多酚氧化酶活性和色差的影响[J].陕西科技大学学报,2014, 32(3):94-96
- LIU Shu-xing, WEI Song-song, CHANG Da-wei. Effect of ultra-high pressure treatment on polyphenol oxidase and color in crisp pear cloudy juice [J]. *Journal of Shaaxi University of Science and Technology*, 2014, 32(3): 94-96
- [24] 周志刚.鸭肉宰后肌肉色差研究性分析[J].肉类工业,2014, 8:23-26
- ZHOU Zhi-gang. Research analysis of duck muscle color after slaughter [J]. *Meat Industry*, 2014, 8: 23-26
- [25] 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
- DONG Si-min. Establishment of evaluation system for quality of velvet antler and *Cervus nippon* Temminck [M]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2016
- [26] 马奇,王丽娥,李利军,等.鹿茸低温冷冻干燥加工技术[J].经济动物学报,2007,11(1):21-26
- MA Qi, WANG Li-e, LI Li-jun, et al. Low temperature cryodesiccation technique to process antler [J]. *Journal of Economic Animal*, 2007, 11(1): 21-26