

# 枸杞子掺伪检测方法的研究进展

田晓静<sup>1,2</sup>, 马忠仁<sup>1\*</sup>, 王彩霞<sup>3</sup>

(1. 西北民族大学 生物工程与技术国家民委重点实验室, 兰州 730030; 2. 西北民族大学生命科学与工程学院, 兰州 730030; 3. 四川农业大学食品学院, 雅安 625014)

**摘要:** 枸杞子以其药用价值和营养品质深受消费者的青睐, 广泛应用于食品和保健品行业。但是市场上枸杞子恶意掺杂、掺假现象日益严重, 此行为严重影响枸杞子品质、危害消费者健康、损害消费者权益、扰乱市场秩序, 如何正确鉴别枸杞子真伪成为广大消费者普遍关注的问题。本文对枸杞子的主要掺伪现象进行了综述, 并介绍了性状鉴别、显微鉴别、化学成分分析鉴别、分子生物学技术鉴别和基于红外光谱、近红外光谱和拉曼光谱法、机器视觉和电子舌等技术的快速检测方法在枸杞子品种和产地掺伪检测中的应用情况, 对不同检测方法的优缺点进行对比分析。通过对枸杞子掺伪主要检测方法的比较, 为市场监督枸杞子的品质提供理论基础和研究依据。

**关键词:** 枸杞子; 掺假; 产地区分; 品种鉴别

## Research progress on adulteration detection of dried fruits of wolfberry

TIAN Xiao-Jing<sup>1,2</sup>, MA Zhong-Ren<sup>1\*</sup>, WANG Cai-Xia<sup>3</sup>

(1. *The Key Bio-engineering and Technology Laboratory of National Nationality Commission, Northwest University for Nationalities, Lanzhou 730030, China;* 2. *College of Life Science and Engineering, Northwest University for Nationalities, Lanzhou 730030, China;* 3. *College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Yaan 625014, China*)

**ABSTRACT:** As for its medicinal and high nutritional value, dried fruits of wolfberry are highly popular by consumers, and widely used in food industry and health care products. However, malicious doping and adulteration of dried fruits of wolfberry are increasingly serious, which affected the quality of dried fruits of wolfberry, infringed the health, rights and interests of consumers and disrupted normal operating of market. The demands for methods to identify the dried fruits of wolfberry are been more concern to consumers. The adulteration of dried fruits of wolfberry and methods used to detect the adulteration of dried fruits of wolfberry were reviewed in this paper. For origin traceability and species identification of dried fruits of wolfberry, the application of morphological identification, microscopic identification, chemical composition analysis, biochemistry methods and fast detection method based on infrared spectroscopy, near infrared spectroscopy, and raman spectroscopy, machine vision and electronic tongue were introduced and compared, providing theoretical basis for the authenticity of dried fruits of wolfberry and method basis for market supervision.

**KEY WORDS:** dried fruits of wolfberry; adulteration; origin traceability; species identification

基金项目: 国家自然科学基金项目(31560477, 31160440)、教育部“长江学者和创新团队发展计划”项目(IRT13091)

**Fund:** Supported by the National Natural Science Foundation of China (31560477, 31160440) and the Changjiang Scholars and Innovative Research Team in University (IRT13091)

\*通讯作者: 马忠仁, 教授, 主要研究方向为民族地区新生资源综合利用研究。E-mail: mzh@xbmu.edu.cn

\*Corresponding author: MA Zhong-Ren, Professor, The Key Bio-engineering and Technology Laboratory of National Nationality Commission, Northwest University for Nationalities, Lanzhou 730030, China. E-mail: mzh@xbmu.edu.cn

## 1 引言

枸杞子(*Lycium barbarum* L. fruit)为茄科(Solanaceae)枸杞属(*Lycium*)多分支灌木的成熟果实,不仅外观令人赏心悦目,且具有滋补肝肾、养阴生血、精益明目、润肺生津等功效,被誉为“红宝”,并于2002年被列为国家保健食品。世界上共有70种枸杞属植物,主要分布在南北美、南非、欧亚大陆和澳大利亚的亚热带地区<sup>[1]</sup>。我国枸杞属植物共有7种3个变种,主要分布于宁夏、甘肃、新疆、山西、青海、陕西、河北和内蒙古等地,其中宁夏枸杞是《中华人民共和国药典》中唯一列为药品的枸杞品种<sup>[2]</sup>。但是,品质优良的枸杞受制于种植面积,产量有限,就出现以其他产地、品种假冒宁夏枸杞子的现象。恶意掺伪行为严重影响枸杞子的品质,损害消费者权益。本文综述了枸杞子掺伪检测的主要方法,为枸杞子的市场监督管理提供理论基础和方法依据。

## 2 枸杞子的主要掺伪现象

由于枸杞子含糖较多(40%以上),极易吸潮泛油、发霉和虫蛀;而且其成分的色质也极不稳定,容易变色,属较难保存的品种。普通的贮藏方法很难达到防潮、防蛀、防闷热的目的。部分不法商贩以硫磺熏制陈年枸杞子,使枸杞子的色泽令消费者易于接受,以达到延长保质期的作用<sup>[3]</sup>;此外,因地方习惯称呼造成的同名异物、易混淆品及人为以其他品种、产地的枸杞子充当宁夏枸杞子;因外部形态较接近,常有白刺假冒黑果枸杞<sup>[4]</sup>的现象发生。掺伪枸杞子不仅不具备其应有的中医药价值甚至还会危及消费者的安全(硫磺熏制枸杞子)。面对市面上出售的众多枸杞子,如何正确鉴别枸杞子真伪成为广大消费者普遍关注的问题,对枸杞子品种和产地控制实施快速准确的判别,具有重要的科学意义和研究价值。

## 3 枸杞子掺伪的常用鉴别方法

长期以来,学者对枸杞子掺伪和鉴别做了多方面的深入研究,且主要集中在对不同品种、产地等的区分。对枸杞子掺伪的判别传统方法有性状鉴别、显微鉴别、化学成分分析鉴别、分子生物学技术鉴别和基于红外光谱、近红外光谱和拉曼光谱法、机器视觉和电子舌的快速检测方法等。

### 3.1 性状鉴别

目前,枸杞子性状鉴别主要通过百粒重、百粒长、百粒宽、果形指数、果实纵横经、色泽和风味等角度展开研究。通过对上述指标的研究分析,林楠等<sup>[5]</sup>发现不同枸杞品种及同品种不同产地枸杞子品质存在不同程度的差异;杨文君<sup>[6]</sup>发现柴达木4个品种枸杞子百粒质量、百粒长和

百粒宽均存在显著差异,且这3个指标随采摘期的延后而减小,可见枸杞子的外观性状受采摘期影响。张晓娟等<sup>[7]</sup>对6个枸杞主栽培品种进行了分析,其中蒙杞1号在百粒重、果形指数上均为最大,其干鲜果的纵横经最大,具有最佳的外观性状。郑国琦等<sup>[8]</sup>发现不同产地间宁夏枸杞子的单粒重、果实纵径和横径差异较大。楼舒婷<sup>[9]</sup>研究发现青海和新疆两地的黑果枸杞风味接近,而青海黑枸杞的发酵味和酸味稍重。

### 3.2 显微鉴别

在对枸杞子的内部结构进行解剖式分析和研究的显微鉴别中,张雪琴等<sup>[10]</sup>发现宁夏枸杞子横切面上外果皮为一列扁平细胞,壁较厚,外部被角质层;中果皮为大小不等的薄壁细胞;内果皮细胞一列呈椭圆形;种子横切面长卵形或椭圆形,最内一层为扁长方形薄壁细胞。林丽等<sup>[11]</sup>对比分析了中宁枸杞子、宁夏枸杞子和河北枸杞子的种皮石细胞、果皮表皮细胞、中果皮薄壁细胞、草酸钙砂晶及内胚乳细胞间的差异,发现种皮石细胞,中宁枸杞壁呈深波状弯曲,宁夏枸杞子壁最薄,呈微波状弯曲,河北枸杞子壁厚居中,细胞形状较小;果皮表皮细胞,中宁枸杞子和宁夏枸杞子的表皮细胞垂周壁呈细波状弯曲或平直,外周壁表面有细密平行的角质条纹,而河北枸杞子壁厚排列整齐,呈菱形,3者的主要差异在石细胞和果皮表皮细胞上,其他3项指标几无差别。

### 3.3 化学成分分析鉴别

通过测定与枸杞子品质相关的多糖、黄酮、类胡萝卜素、甜菜碱、微量元素、挥发性成分等生物活性成分的组成与含量,可以实现枸杞子品种和产地的区分,为掺伪检测奠定基础。

#### 3.3.1 基于枸杞多糖、黄酮等成分的判别

利用枸杞多糖、黄酮、类胡萝卜素、甜菜碱等活性成分判别的研究有较多,主要集中在不同品种、产地、采摘期、等级等枸杞子中活性成分含量的差异性研究上。其中,杨文君等<sup>[12,13]</sup>研究发现不同品种枸杞鲜果和干果中多糖和黄酮含量差异均显著;且枸杞品种和采摘期对其活性成分的含量有影响;Zheng等<sup>[14]</sup>研究了不同地区不同品种的枸杞子糖的含量与组成,发现对新疆精河种植的枸杞Jingqi N0.1果实中的葡萄糖、果糖和蔗糖均高于同一地区的Ningqi N0.1,河北巨鹿枸杞子中3种糖的含量最低,对同一品种Ningqi N0.1、不同产地枸杞子中枸杞多糖和总糖的含量差异显著。艾则孜江<sup>[4]</sup>采用高效液相色谱法建立的花青素类成分的指纹图谱可以实现黑果枸杞和白刺的鉴别区分。李小亭等<sup>[15]</sup>采集枸杞子中黄酮类化合物提取液的指纹图谱实现了不同产地枸杞子的鉴别;董静洲等<sup>[16]</sup>发现宁夏各大枸杞产区的枸杞子中总黄酮含量差异显著。此外,还发现不同产地枸杞子中主要类胡萝卜素的含量存在差异<sup>[17,18]</sup>,通过枸杞多糖<sup>[19]</sup>、甜菜碱含量的差异可以实现不同省份构

枸杞子的区分<sup>[20, 21]</sup>。叶玉娣<sup>[22]</sup>采用超声法提取枸杞子中的枸杞多糖, 发现不同等级枸杞子中枸杞多糖差异显著。聂国朝<sup>[23]</sup>采用液相色谱法建立 3 种枸杞子中甜菜碱化学指纹图谱, 可以实现枸杞的种属鉴定。通过活性成分组成和含量的分析, 可为鉴别不同品质的枸杞子提供依据。

### 3.3.2 基于微量元素的判别

枸杞子中微量元素组成和含量与其产地存在相关关系<sup>[24]</sup>, 杨仁明等<sup>[25]</sup>利用电感耦合等离子体质谱仪和电感耦合等离子体发射光谱仪对枸杞子中 11 种微量元素进行测定, 结合模式识别方法可实现青海不同地区枸杞子优劣的判别; 史秀红等<sup>[26]</sup>采用原子吸收分光光度法研究枸杞子中 9 种微量元素的差异, 采用因子分析和聚类分析进行分析, 因子分析结果表明, 不同区域生产的枸杞子存在明显差别, 聚类分析结果表明, 微量元素综合指标存在的差别可实现枸杞子产地的归属判别。李瑞盈<sup>[27]</sup>采用原子吸收光谱法测定枸杞子中 8 种矿物质元素的含量, 主成分分析、判别分析和人工神经网络均能实现宁夏枸杞子和非宁夏枸杞子的区分; 李梅兰<sup>[28]</sup>采用因子分析法对 11 个不同产地枸杞子中锌、铜、铁、锰和黄酮含量进行分析, 建立了综合评价不同产地枸杞子质量的方法。

### 3.3.3 基于挥发性成分的判别

枸杞子的挥发油含量较高, 挥发油中含有大量的酸类、酯类、酮醛类、芳香族化合物、烷烃类和醇类等成分。对枸杞子挥发物的鉴定研究中, 李冬生等<sup>[29]</sup>认为棕榈酸甲酯、(E)-6,10-二甲基-5,9-十一烷二烯-2-酮、4-乙烯基-2-甲氧基-苯酚和(E,E)-6,10,14-三甲基-5,9,13-十五三烯-2-酮是宁夏枸杞子(*L. barbarum*)挥发油的主要成分, 而李德英等<sup>[30]</sup>以微波消解法辅助提取柴达木诺木洪枸杞子时, 获得的香味成分更多(39种), 且十六烷酸和 9,12-十八碳二烯酸甲酯的相对含量更高; 张成江等<sup>[31]</sup>对比分析了 3 种不同方法提取的宁夏枸杞挥发油化学成分的差异, 其中水蒸气蒸馏法得到的挥发物主要是十六酸、二十八烷和二十四烷等烃类和脂肪酸, 有机溶剂萃取法得到的挥发油成分主要是十六烷、二十四烷和二十五烷等烃类化合物, 微波辅助水蒸气蒸馏得到的挥发油主要成分是十六酸、肉豆蔻酸乙酯和亚油酸等脂肪酸酯类化合物; Kim 等<sup>[32]</sup>鉴定枸杞子(*L. chinensis* Miller)的主要气味物质为棕榈酸, 亚麻酸, 3-甲硫基丁醛, 甲基丁醛和呋喃甲醛; Altintas 等<sup>[33]</sup>鉴定黑果枸杞子(*L. ruthenicum*)的主要气味物质为二十七烷、亚油酸乙酯、二十六烷、二十九烷和棕榈酸乙酯。可见, 不同品种枸杞子在挥发物组成上存在不同。楼舒婷<sup>[9]</sup>采用固相微萃取结合气质联用鉴定新疆黑枸杞(*L. ruthenicum*)、青海黑枸杞(*L. ruthenicum*)和新疆红枸杞(*L. dasystemum*)中的挥发性成分, 共获得 50 种挥发性物质, 且 3 种枸杞子共有成分 9 种。经分析发现新疆和青海黑枸杞以酯类和烷烃化合物为主, 新疆红枸杞的挥发性组分则以烷烃和醛类为主, 且不同产地对黑果枸杞挥发性组分的种类和含量影响较大。不

同品种和产地枸杞子挥发性成分组成和含量的差异可能与日照时间、强度、温度和海拔等自然环境因素有密切关系。目前尚未有关宁夏枸杞子与其他品种枸杞子挥发性成分差异情况的研究。

## 3.4 分子生物学技术鉴别

分子生物学方法在枸杞子产地、品种和品质等差异的研究较多。张晓薇<sup>[34]</sup>采用 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳定性鉴别枸杞子, 其电泳图谱能显示不同产地和不同质量的相似性及区别性。石志刚等<sup>[35]</sup>利用 nrDNA ITS 序列探讨了宁夏枸杞子资源的遗传多样性, 采用聚类分析可将 18 份宁夏枸杞子以其亲缘关系与差异分为 3 大类。梁海永等<sup>[36]</sup>采用利用 10 对引物对 10 种枸杞子品种基因组 DNA 进行随机扩增, 随机扩增微卫星多态性(RAMP)-PCR 技术可以实现枸杞子品种 DNA 的指纹分析。Sze 等<sup>[37]</sup>研究了基于 SCAR 标记的快速区分宁夏枸杞子与其他种属枸杞子, 以 OPC-7 为引物, 宁夏枸杞子(*L. barbarum*)和北方枸杞子(*L. barbarum* var *potaninii*)可扩增出片段长度为 700 和 650 的特异性片段。根据序列, 2 个引物集可以分别扩增宁夏枸杞子的 1 个特异性条带, 但是北方枸杞子没有被检测到, 可实现宁夏枸杞中掺假的检测。Yin 等<sup>[38]</sup>利用以 11 种引物随机扩增得到随机扩增多态性 DNA(RAPD)指纹数据, 聚类分析可以将枸杞 7 种 3 变种[宁夏枸杞(*L. barbarum*)、云南枸杞(*L. yunnanense*)、截萼枸杞(*L. truncatum*)、黑果枸杞(*L. ruthenicum*)、柱筒枸杞(*L. cylindricum*)、新疆枸杞(*L. dasystemum*)、枸杞子(*L. chinensis*)、北方枸杞(*L. barbarum* var *potaninii*)、红枝枸杞(变种)(*L. dasystemum* Pojark. var. *rubricaulium*)、黄果枸杞(*L. barbarum* L. var. *auranticarpum*)]的果实区分开。Zhang 等<sup>[39]</sup>利用 55 种随机引物进行随机扩增, 发现以其中 10 种引物获得的 RAPD 指纹数据可成功区分不同种枸杞。

## 4 枸杞子掺伪鉴别的快速检测方法

目前, 枸杞子原产地鉴别和品质的快速检测也有少量研究, 主要的检测方法集中在红外光谱、近红外光谱和拉曼光谱法、机器视觉和电子舌等方法。

### 4.1 光谱技术分析

枸杞子光谱吸收峰与其中所含的化学组分有一定的相关性, 因此, 利用红外光谱、近红外光谱和拉曼光谱法可实现快速、可靠和无损的枸杞子品种和产地的鉴别和区分。对枸杞品种的研究中, 姚霞等<sup>[40]</sup>采用傅立叶变化红外光谱法对枸杞子粉末进行检测, 用二阶导数谱和二维相关红外光谱技术进行分析, 可以客观、快速地鉴别野生和栽培的枸杞子; 同年该课题组<sup>[41]</sup>采用红外光谱法检测枸杞子, 经过二阶导数谱和二维相关红外光谱技术对红外光谱数据进行分析后, 可将同属不同种的 8 种枸杞子很好地区分开;

金文英等<sup>[42]</sup>采用水平衰减全反射傅立叶变化红外光谱直接检测枸杞子,对光谱数据进行一维连续小波变化后,能放大样品间差别以有效鉴别枸杞子及其同属非正品。对枸杞子产地的判别中,吕海棠等<sup>[43]</sup>利用枸杞子中多糖、氨基酸及矿物质含量上的差异,采用傅立叶红外光谱法结合归一化红外光谱图,实现了不同产地和不同品种枸杞子快速无损的鉴别和区分。汤立华等<sup>[44]</sup>采用近红外光谱技术结合SIMCA模式识别方法建立了较稳健的枸杞子产地溯源模型,成功区分了8个不同产地的枸杞子。周海波等<sup>[45]</sup>对来自宁夏、新疆、青海和内蒙的枸杞子进行近红外光谱分析,发现对原始数据预处理后所建立的判别模型能够实现枸杞子产地的区分;许春瑾等<sup>[46]</sup>对多产地宁夏枸杞和其他地区枸杞子的近红外光谱进行距离判别分析和聚类分析,发现判别分析对样品的识别率达到100%,聚类分析可将枸杞子分为宁夏枸杞子和非宁夏枸杞子2大类,判别正确率也达到了96.9%;杜敏等<sup>[47]</sup>利用枸杞子表面不同部位的近红外漫反射光谱,对比分析不同支持向量机算法的判别和预测效果,发现产地区分模型的稳定性和准确性均较好;多杰扎西等<sup>[48]</sup>采用12种不同产地枸杞子进行红外光谱分析,采用聚类分析建立的产地判别模型能够快速区分青海不同产地的枸杞子。

#### 4.2 机器视觉和电子舌技术

为客观评价枸杞子的品质,电子感官评定作为数字化、客观化的评价方法逐步弥补感官品定的不足。其中,基于机器视觉的研究中,陈晓峰等<sup>[49]</sup>研究了以枸杞图像的特征识别产地的可行性,主成分分析法提取特征成分之后建立支持向量机模型可以正确识别3个不同产地的枸杞子。对枸杞子滋味的评价研究中,Tian等<sup>[50]</sup>发现通过电子舌味觉指纹信息可以快速识别不同等级的宁夏枸杞子,弥补了传统感官评定不能精确量化和受主观因素影响的不足,这也是今后研究的重点。

### 5 存在问题与不足

在枸杞子掺伪检测中,各方法均有其优缺点,其中性状鉴别直观简单,但普通消费者通过传统的形态学和组织学很难实现区分,需要有经验的老中医师才能实现,且受主观因素的影响。依据理化成分进行鉴别时,各成分受外界因素如采收时间、土壤环境、土壤肥力、气象条件等影响而存在差异,致使其结果出现偏差。分子生物学鉴别结果不稳定、重复性差,且需进行特异性引物的设计与筛选、要求DNA完整性、扩增程序和条件繁杂等都使其应用受到的一定的限制。快速检测方法中光谱法检测虽快速,但都是以光谱图为基础进行的定性分析,在对同属枸杞子进行鉴别时往往容易造成错误的分类;而电子感官评定中机器视觉和电子舌技术的引入弥补了性状鉴别的不足之处,客观评价了不同产地和质量等级枸杞子的鉴别。在今后具

体应用中,将不同方法有机结合,实现枸杞子产地和品种的有效判别,监督枸杞子市场,以确保消费者权益。

#### 参考文献

- [1] Amagase H, Farnsworth NR. A review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of *Lyceum barbarum* fruit (Goji) [J]. *Food Res Int*, 2011, 44(7): 1702-1717.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010.  
National Committee of Pharmacopeia. *Pharmacopoeia of China (First Ed)* [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2010.
- [3] 钟越, 雷钧涛, 李宁, 等. 正品枸杞与黑硫枸杞的鉴别[J]. *时珍国医国药*, 2009, 20(2): 480-481.  
Zhong Y, Lei JT, Li N, et al. Identification of *Lyceum chinensis* and mix sulfur *Lyceum chinensis* [J]. *Lishizhen Med Materia Med Res*, 2009, 20(2): 480-481.
- [4] 艾则孜江·艾尔肯. 黑果枸杞的真伪鉴别及质量研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2014.  
Aizeminjiang AEK. Authenticity identification and quality of black fruit of Chinese wolfberry [D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2014.
- [5] 林楠, 杨宗学, 简海明, 等. 不同产地枸杞质量的比较研究[J]. *甘肃农业大学学报*, 2013, 48(2): 34-39.  
Lin N, Yang ZX, Lin HM, et al. Comparison on quality of *Lyceum barbarum* from different production areas [J]. *J Gansu Agric Univ*, 2013, 48(2): 34-39.
- [6] 杨文君. 柴达木枸杞果实外观性状及有效成分的研究与评价[D]. 青海: 青海大学, 2012.  
Yang WJ. Study on reproductive characteristic of *Poa pratensis* var. *Anceps* Gaud. Cv. Qinghai [D]. Qinghai: Qinghai University, 2012.
- [7] 张晓娟, 王有科. 枸杞6个品种果实品质对比[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(10): 89-90.  
Zhang XJ, Wang YK. Comparison on the fruit quality of six varieties of *Lyceum barbarum* L. [J]. *J Anhui Agri Sci*, 2015, 43(10): 89-90.
- [8] 郑国琦, 苏雪玲, 马玉, 等. 宁夏枸杞种子性状对果实大小的影响[J]. *北方园艺*, 2015, (7): 134-137.  
Zheng GQ, Su XL, Ma Y, et al. Influence of seed traits on fruits size of *Lyceum barbarum* L. [J]. *Northern Horticult*, 2015, (7): 134-137.
- [9] 楼舒婷. 黑果枸杞的活性成分和挥发性组分研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015.  
Lou ST. Research on the active ingredient and volatile components of the fruit of Chinese wolfberry [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2015.
- [10] 张雪琴, 魏加印. 枸杞子鉴别[J]. *时珍国医国药*, 2000, 11(1): 52.  
Zhang XQ, Wei JY. Identification of Gouqizi [J]. *Lishizhen Med Mater Med Res*, 2000, 11(1): 52.
- [11] 林丽, 朱学艺, 何娟生, 等. 枸杞子的生药鉴定[J]. *甘肃中医学院学报*, 2000, 17(S1): 61-65.  
Lin L, Zhu XY, He JS, et al. Identification of crude drug of *Lyceum* [J]. *J Gansu Univ Chin Med*, 2000, 17(S1): 61-65.
- [12] 杨文君, 肖明, 张泽, 等. 不同品种对柴达木枸杞外观性状和活性成分含量影响[J]. *农产品加工*, 2012, (8): 61-63.  
Yang WJ, Xiao M, Zhang Z, et al. Effect of different varieties on the influence and characters and content of active ingredient in Qaidam

- Chinese wolfberry [J]. Acad Period Farm Prod, 2012, (8): 61–63.
- [13] 杨文君. 柴达木枸杞果实外观性状及有效成分的研究与评价[D]. 西宁: 青海大学, 2012.
- Yang WJ. Study on reproductive characteristic of *Poa pratensis* var. *Anceps* Gaud. Cv. Qinghai [D]. Xining: Qinghai University, 2012.
- [14] Zheng GQ, Zheng ZY, Xu X, et al. Variation in fruit sugar composition of *Lycium barbarum* L. and *Lycium chinense* Mill. of different regions and varieties [J]. Biochem Syst Ecol, 2010, 38(3): 275–284.
- [15] 李小亭, 李瑞盈, 相海恩, 等. 基于 HPLC 指纹图谱及聚类分析对不同产地枸杞质量评价研究[J]. 现代食品科技, 2012, 28(9): 1251–1253.
- Li XT, Li RY, Xiang HE, et al. Study on quality evaluation of *Lycium chinense* from different areas by HPLC fingerprint and cluster analysis [J]. Mod Food Sci Technol, 2012, 28(9): 1251–1253.
- [16] 董静洲, 王瑛. 宁夏枸杞主要产区枸杞子总黄酮的测定与分析研究[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(1): 36–39.
- Dong JZ, Wang Y. Quantitation and identification of the flavonoids present in fruits of *Lycium barbarum* L. [J]. Food Res Dev, 2009, 30(1): 36–39.
- [17] 曲云卿, 张同刚, 刘敦华. 不同产地枸杞中主要类胡萝卜素的聚类分析[J]. 食品与机械, 2015, 31(2): 76–79.
- Qu YQ, Zhang TG, Liu DH. Cluster analysis on carotenoids contents in *Lycium barbarum* L. [J]. Food Mach, 2015, 31(2): 76–79.
- [18] 孙波, 黄昊, 王娟, 等. 不同产地枸杞中  $\beta$ -胡萝卜素的含量及其抗氧化活性研究[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(7): 1666–1667.
- Sun B, Huang H, Wang J, et al. Content determination and antioxidant activity of  $\beta$ -carotene in *Lycium barbarum* L. from different regions [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2012, 23(7): 1666–1667.
- [19] 刘万仓, 孙磊, 乔善义, 等. 不同产地枸杞药材中多糖的含量测定[J]. 国际药学研究杂志, 2011, 38(3): 229–231.
- Liu WC, Sun L, Qiao SY, et al. Content determination of polysaccharides in *Lycium barbarum* L. from different areas [J]. J Int Pharm Res, 2011, 38(3): 229–231.
- [20] 王欢, 金哲雄, 温美佳, 等. 不同产地宁夏枸杞活性成分比较研究[J]. 现代中药研究与实践, 2014, 28(6): 21–25.
- Wang H, Jin ZX, Wen MJ, et al. Study on active ingredients of *Lycium barbarum* L. from different origins regions [J]. Res Prac Chin Med, 2014, 28(6): 21–25.
- [21] 张波, 秦垦, 戴国礼, 等. 不同产区宁夏枸杞果实的主成分分析与综合评价[J]. 西北农业学报, 2014, 23(8): 155–159.
- Zhang B, Qing K, Dai GL, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation of the fruit quality of *Lycium barbarum* L. from different regions [J]. Acta Agr Boreali-occidentalis Sin, 2014, 23(8): 155–159.
- [22] 叶玉娣. 不同等级枸杞中枸杞多糖的含量测定与比较[J]. 浙江中医杂志, 2009, 44(12): 921–922.
- Ye YD. Determination and comparison of content of lycium barbarum polysaccharides in different grade *Lycium Barbarum* [J]. Zhejiang J Tradit Chin Med, 2009, 44(12): 921–922.
- [23] 聂国朝. 3 种枸杞的 HPLC-DAD 图谱比较 [J]. 福建林学院学报, 2004, 24(2): 162–164.
- Nie GC. Study on the fingerprinting of *Fructus lysii* [J]. J Fujian Col Forest, 2004, 24(2): 162–164.
- [24] 任永丽, 董海峰. 青海和宁夏枸杞子中微量元素的对应聚类分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 4(31): 15119–15120, 15143.
- Ren YL, Dong HF. Correspondence cluster analysis of trace elements content in Chinese wolfberry in Qinghai and Ningxia regions [J]. J Anhui Agric Sci, 2012, 4(31): 15119–15120, 15143.
- [25] 杨仁明, 索有瑞, 王洪伦. 青海不同地区枸杞微量元素分析研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32: 525–528.
- Yang RM, Suo YR, Wang HL. Determination and analysis of trace elements in *Lycium barbarum* L. from different regions of Qinghai province [J]. Spectrosc Spec Anal, 2012, 32(2): 525–528.
- [26] 史秀红, 常璇, 袁毅, 等. 不同产地枸杞微量元素的因子分析与聚类分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38: 1839–1841.
- Shi XH, Chang X, Yuan Y, et al. Factor analysis and clustering analysis of trace elements in wolfberry in different producing areas [J]. J Anhui Agric Sci, 2010, 38(4): 1839–1841.
- [27] 李瑞盈. 宁夏枸杞产地特征识别技术研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2013.
- Li RY. Research on the origin feature recognition technology of *Lycium chinense* L. [D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2013.
- [28] 李梅兰. 不同产地枸杞质量的模糊综合评价[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2010, 28(1): 83–85.
- Li ML. Fuzzy comprehensive evaluation on quality of Chinese wolfberry from various habitats [J]. J Qinghai Univ (Nat Sci Ed), 2010, 28(1): 83–85.
- [29] 李冬生, 胡征, 王芹, 等. 枸杞挥发油的 GC/MS 分析[J]. 食品研究与开发, 2004, 25(4): 133–135.
- Li DS, Hu Z, Wang Q, et al. GC/MS analysis of medlar essential oil [J]. Food Res Dev, 2004, 25(4): 133–135.
- [30] 李德英, 屠荫华, 包俊鑫. 微波消解-气质联用仪法分析枸杞挥发油成分[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(22): 59–61.
- Li DY, Tu YH, Bao JX. Microwave digestion-GC/MS analysis of *Lycium barbarum* L. essential oil [J]. J Anhui Agric Sci, 2015, 43(22): 59–61.
- [31] 张成江, 娄方明, 谢增琨. 不同方法提取的枸杞子挥发油化学成分的研究[J]. 遵义医学院学报, 2011, 34(2): 117–122.
- Zhang CJ, Lou FM, Xie ZK. Analysis of chemical constituents of the volatile oils from medlar with different extraction methods [J]. Acta Adc Med Zunyi, 2011, 34(2): 117–122.
- [32] Kim JS, Chung HY. GC-MS analysis of the volatile components in dried boxthorn (*Lycium chinensis*) fruit [J]. J Korean Soc Appl Bi, 2009, 52(5): 516–524.
- [33] Altintas A, Kosar M, Kirimer N, et al. Composition of the essential oils of *Lycium barbarum* and *L. ruthenicum* fruits [J]. Chem Nat Compd, 2006, 42(1): 24–25.
- [34] 张晓薇. SDS-PAGE 对不同产地及质量枸杞的鉴别研究[J]. 光明中医, 2011, 26(5): 917–918.
- Zhang XW. SDS-polyacrylamide gel electrophoresis identified different habitats and different quality of *Lycium* [J]. Guangming J Chin Med, 2011, 26(5): 917–918.
- [35] 石志刚, 安巍, 焦恩宁, 等. 基于 nrDNA ITS 序列的 18 份宁夏枸杞资源的遗传多样性[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(24): 1037–1038.
- Shi ZG, An W, Jiao EN, et al. Genetic polymorphism of 18 *Lycium barbarum* resources based on nrDNA ITS sequences [J]. J Anhui Agric Sci, 2008, 36(24): 1037–1038.
- [36] 梁海永, 刘兴菊, 杨敏生. 利用 RAMP-PCR 技术对枸杞 10 个品种资源的分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(16): 61–64.

- Liang HY, Liu XJ, Yang MS. Analysis of *Lycium chinense* variety revealed by ramp-pcr method [J]. Chin Agric Sci Bull, 2011, 27(16): 61–64.
- [37] Sze SC, Song J, Wong RN, *et al.* Application of SCAR (sequence characterized amplified region) analysis to authenticate *Lycium barbarum* (wolfberry) and its adulterants [J]. Biotechnol Appl Bioc, 2008, 51(1): 15–21.
- [38] Yin X, Fang K, Liang Y, *et al.* Assessing phylogenetic relationships of *Lycium* samples using RAPD and entropy theory [J]. Acta Pharmacol Sin, 2005, 26(10): 1217–1224.
- [39] Zhang YB, Leung HW, Yeung HW, *et al.* Differentiation of *Lycium barbarum* from its related *Lycium* species using random amplified polymorphic DNA [J]. Planta Med, 2001, 67: 379–381.
- [40] 姚露, 孙素琴, 许利嘉, 等. 红外光谱法对野生和栽培枸杞子的鉴别与分析[J]. 医药导报, 2010, 29: 1065–1068.  
Yao X, Sun SQ, Xu LJ, *et al.* Discrimination of wild and cultivated fructus *Lycii* using ft-ir and two-dimensional correlation ir spectroscopy [J]. Her Med, 2010, 29(8): 1065–1068.
- [41] Yao X, Peng Y, Zhou Q, *et al.* Distinction of eight *Lycium* species by Fourier-transform infrared spectroscopy and two-dimensional correlation IR spectroscopy [J]. J Mol Struct, 2010, 974: 161–164.
- [42] 金文英, 程路遥. 连续小波变换 HATR-FTIR 分析应用于中药枸杞子与同属非正品鉴别的研究[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2008, 31(3):312–315.  
Jin WY, Cheng LY. Identification of Fructus *Lycii* and its unofficial samples of same genera using continuous wavelet transform with HATR-FTIR [J]. J Zhejiang Normal Univ (Nat Sci Ed), 2008, 31(3): 312–315.
- [43] 吕海棠, 刘同慧, 冯瑞琴. FTIR 法测定枸杞中的有效成分[J]. 食品工业科技, 2012, 33(6): 103–103, 107.  
Lv HT, Liu TH, Feng RQ. Determination of active ingredients in wolfberry by FTIR [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 33(6): 102–103, 107.
- [44] 汤丽华, 刘敦华. 基于近红外光谱技术的枸杞产地溯源研究[J]. 食品科学, 2011, 32(22): 175–178.  
Tang LH, Liu DH. Tracing the geographic origin of Chinese wolfberry by near infrared spectroscopy [J]. Food Sci, 2011, 32(22): 175–178.
- [45] 周海波, 陈林, 闫永利. 近红外光谱技术在宁夏枸杞子产地鉴别中的应用研究[J]. 检验检疫学刊, 2014, 24(2): 51–55.  
Zhou HB, Chen L, Yan YL. Origin identification of Chinese wolfberry from Ningxia using infrared-based discrimination analysis [J]. J Inspect Quarant, 2014, 24(2): 52–55.
- [46] 许春瑾, 张睿, 于修焯, 等. 基于近红外光谱的中宁枸杞子判别分析[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 164–167.  
Xu CJ, Zhang R, Yu XZ, *et al.* Discrimination of Chinese wolfberry from Zhongning based on near infrared spectroscopy [J]. Food Sci, 2014, 35(2): 164–167.
- [47] 杜敏, 巩颖, 林兆洲, 等. 样品表面近红外光谱结合多类支持向量机快速鉴别枸杞子产地[J]. 光谱与光谱分析, 2013, 33(5): 1211–1214.  
Du M, Gong Y, Lin ZZ, *et al.* Rapid identification of wolf berry fruit of different geographic regions with sample surface near infrared spectra combined with multi-class SVM [J]. Spectrosc Spect Anal, 2013, 32(5): 1211–1214.
- [48] 多杰扎西, 李仲, 刘明地. 红外光谱结合聚类分析鉴别青海枸杞产地[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(12): 3704–3705.  
Duo JZX, Li Z, Liu MD. Infrared spectroscopy combined cluster analysis method to identify the habitat of *Lycium barbarum* L. [J]. J Anhui Agric Sci, 2014, 42(12): 3704–3705.
- [49] 陈晓峰, 张东峰, 赫明明, 等. 基于机器视觉的枸杞产地识别研究[J]. 农业科技与装备, 2013, 11: 33–35.  
Chen XF, Zhang DF, He MM, *et al.* Study on origin recognition method of *Lycium barbarum* based on machine vision [J]. Agric Sci Tech Equip, 2013, (11): 33–35.
- [50] Tian XJ, Wang J, Cui SQ, *et al.* Taste characterization for the quality assessment of dried *Lycium* Fruits [J]. J Food Qual, 2015, 38(2): 103–110.

(责任编辑: 李振飞)

## 作者简介



田晓静, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品、农产品品质检测研究。  
E-mail: smile\_tian@yeah.net



马忠仁, 教授, 主要研究方向为民族地区新生资源综合利用研究。  
E-mail: mzh@xbmu.edu.cn