

吸湿率和上浮率在枸杞产地检测中的可行性分析

龚海光¹, 吴志耿¹, 杨美珍¹, 刘娟², 李浩然², 胡忠庆², 王瑛^{1*}

(1. 中国科学院华南植物园, 中科院华南农业植物分子分析与遗传改良重点实验室, 广东省应用植物学重点实验室, 广州 510650; 2. 中宁县枸杞产业发展服务局, 宁夏 中卫 755100)

摘要: 宁夏枸杞(*Lycium barbarum*)是我国西北地区的一种重要的药食同源的经济作物。为探索一种可行的枸杞产地溯源的方法, 对西北地区 24 个产区枸杞的干果吸湿率和上浮率进行验证。结果表明, 枸杞的吸湿率受品种、树龄和果实采收时期的影响, 上浮率不受采收季节、干燥方式和树龄的影响。不同地区的枸杞干果吸湿率和上浮率均有差异, 产自固原的枸杞干果吸湿率分别为 1.47%, 显著低于除靖远、玉门、武威外的其他地区($P < 0.05$), 而产自瓜州地区的枸杞干果吸湿率(2.87%)显著高于其他产区($P < 0.05$)。产自乌拉特前旗、惠农、靖远、中宁的枸杞干果上浮率分别高达 95.56%、95.00%、94.44%、93.29%, 显著高于产自共和、格尔木、武威、尉犁、精河、瓜州、阿尔泰地区的(分别为 76.67%、73.89%、73.13%、71.67%、67.67%、66.39%、65.00%) ($P < 0.05$)。PCA 分析表明, 同一产区的枸杞分布集中, 产自瓜州、固原和武威等地区的枸杞能与大部分地区区分。因此, 吸湿率和上浮率可应用于枸杞的产地检测。

关键词: 枸杞; 上浮率; 吸湿率; 产地; 检测

doi: 10.11926/jtsb.4209

Feasibility Study on Identification of Producing Areas of *Lycium barbarum* with Moisture Absorption Rate and Floating Rate

GONG Hai-guang¹, WU Zhi-geng¹, YANG Mei-zhen¹, LIU Juan², LI Hao-ran², HU Zhong-qing², WANG Ying^{1*}

(1. Key Laboratory of South China Agricultural Plant Molecular Analysis and Genetic Improvement, Guangdong Provincial Key Laboratory of Applied Botany, South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. Zhongning County Goji Industry Development Service Bureau, Zhongwei 755100, Ningxia, China)

Abstract: *Lycium barbarum* L. (goji) is one of the most important economic crops with well-known and widely consumed fruits as both medicine and functional fruits in Northwest China. In order to explore a novel way to identify producing areas of goji, the moisture absorption rate and floating rate of dry fruits collected from 24 producing areas were detected. The results showed that the moisture absorption rate and floating rate of goji fruits from the same producing area were stable and not affected by desiccation method, cultivar, tree age and harvest time. Goji from different producing areas had different floating rate and moisture absorption rate. The moisture absorption rate of fruits from Guyuan was 1.47%, which was significantly lower than those from other producing areas except Jingyuan, Yumen or Wuwei ($P < 0.05$), whereas goji from Guazhou showed the highest moisture rate with 2.87%. The floating rate of fruits from Urad Qianqi, Huinong, Jingyuan and Zhongning were 95.56%, 95.00%, 94.44% and 93.29%, respectively, and were significantly higher than those from Gonghe, Golmud,

收稿日期: 2020-02-28 接受日期: 2020-05-13

基金项目: 中宁县政府委托项目; 广东省重点领域研发计划项目(2020B020221001)资助

This work was supported by the Projects of Government in Zhongning County, and the Project for Research and Development of Key Fields in Guangdong Province (Grant No. 2020B020221001).

作者简介: 龚海光(1987~), 男, 博士后, 研究方向为分子标记遗传育种。E-mail: gonghaiguang@scbg.ac.cn

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: yingwang@scib.ac.cn

Jinghe, Wuwei, Yuli, Guazhou, and Altay areas (76.67%, 73.89%, 73.13%, 71.67%, 67.67%, 66.39%, 65.00%, respectively) ($P < 0.05$). Principal component analysis (PCA) of floating rate and moisture absorption rate showed that the spots of fruits with the same producing area were concentrated, the fruits from Guazhou, Golmud could be distinguished from other producing areas. Therefore, floating rate and moisture absorption rate could be used for identification of producing areas of goji fruits.

Key words: *Lycium barbarum*; Floating rate; Moisture absorption rate; Producing area; Identification

宁夏枸杞(*Lycium barbarum*)是我国重要的中药材,同时也是我国西北地区重要的农作物。宁夏枸杞子富含多种矿质元素(钙、铁、锌、磷)、氨基酸及多种代谢化合物,如类黄酮、类胡萝卜素、枸杞多糖等^[1-5]。《本草备要》中指出,枸杞子具有“生精、益气、滋肾、明目、助阳、祛风、补虚劳、清肝、强筋骨、润肺”等多种功效^[6],是一种药食同源的重要中药材^[7-8]。现代医学试验也表明,枸杞具有抗肿瘤^[9]、抗疲劳^[10]、抗辐射^[11]、神经保护^[12]、抗衰老^[13]等功效。中国是枸杞生产大国,种植范围包括宁夏全境、新疆、青海、内蒙、河北、甘肃、陕西等西北、华北地区,总种植面积达 $8.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ^[14],2017 年全国枸杞总产量达 $4.11 \times 10^6 \text{ t}$,仅宁夏产量就达到 $1.08 \times 10^6 \text{ t}$ ^[15]。

宁夏因其特殊的地理位置和半干旱气候,枸杞具有生长快、质量好、药性高等特点,被誉为宁夏枸杞的“道地”产地^[16]。其中,中宁枸杞品质优良、药效好,备受市场的青睐,市场的需求越来越高。中宁枸杞是国内优质名牌农产品,在国内外享有很高的知名度,国家质量监督检验检疫总局正式发布 2016 年区域品牌价值评价结果,“中宁枸杞”区域品牌价值估值为 161.56 亿元,排名农业区域品牌全国第四^[17]。中宁枸杞价格往往高于其他产区的枸杞,因此一些不法商贩为牟取暴利,滥标产地、以次充好、以假乱真、冒充中宁枸杞销售的“乱”象普遍存在^[17]。为保护中宁枸杞的品牌形象和声誉,遏制扰乱中宁枸杞市场和损害农民经济利益的行为,探索一种能简单经济检测枸杞产地的方法显得尤为必要。

吸湿性是指药材从空气中吸收或散发水分的能力。吸湿性受药材自身的蛋白质、糖类、果胶、盐类、纤维素等亲水物质含量的控制。不同产区生产的药材,吸湿性强弱不等^[18]。2013 年,刘配文的研究表明,不同产区的烟叶,吸湿性差异显著^[18]。因此,药材的吸湿性,可作为判断其产地的一个重要特性。

枸杞干果放于沸水中,干果吸水,体积变大,干

果质量不变,密度变小。当干果密度大于水的密度时,干果沉到水底;当干果密度等于水的密度时,干果悬浮在水中;当干果密度小于水的密度时,干果漂浮于水面上。不同地区的枸杞吸水量不同,密度变化也不一样。根据不同的上浮率,即在沸水中吸水后枸杞的不同密度,可区分不同地区的枸杞干果。

本研究通过对不同产区干枸杞子在沸水中的上浮率和吸湿率进行研究,以期探索出一种经济可行且操作简便的区分枸杞产地的方法。

1 材料和方法

1.1 材料

在 2017 和 2018 年共采集枸杞(*Lycium barbarum*)样品 331 份(表 1,图 1),来自内蒙、甘肃、青海、新疆、宁夏(非中宁)共 23 市县的样本有 189 份,来自中宁县不同产区的样本 48 份,以及来自银川和中宁地区的不同品种、不同采收时间、不同制干工艺、不同树龄的样本 94 份。

1.2 枸杞干果沸水上浮率的测定

随机取枸杞完好干果 30 粒作为 1 个样品;在培养瓶中加入 250 mL 沸水,将枸杞干果放入开水中,静置 7 min,统计每个瓶子中枸杞子的上浮粒数,枸杞干果的上浮率($V, \%$)= $(m/30) \times 100\%$,式中, m 为单瓶上浮粒数。设 5 个重复,以平均值计算。

1.3 枸杞干果吸湿率的测定

取大约 2 g 枸杞干果置于备用的称量瓶中称取质量,然后置于 80℃烘箱中烘至恒定(2 次称量,质量差小于 0.005 g)。在康为皿中加入 10 mL 饱和 NaCl 溶液,然后将烘干的干果放在康为皿中央,盖上玻璃盖,置于 25℃恒温箱中吸湿,3 h 后称量干果的质量,计算干果的吸湿率($P, \%$)= $[(m_1 - m_2)/m_2] \times 100\%$,式中: m_1 为干果吸湿后的质量(g), m_2 为干果吸湿前的质量(g)。设 3 个重复,以平均值计算。

表 1 枸杞样品信息

Table 1 Details of goji samples					
省 Province	产区 Producing area	数量 Number	省 Province	产区 Producing area	数量 Number
宁夏 Ningxia	中宁 Zhongning	136	内蒙古 Inner Mongolia	包头 Baotou	4
	固原 Guyuan	8		陕坝 Shanba	8
	惠农 Huinong	14		乌拉特前旗 Urad Qianqi	4
	同心 Tongxin	8	青海 Qinghai	格尔木 Golmud	8
	中卫 Zhongwei	8		都兰 Duran	8
	海原 Haiyuan	6		德令哈 Delingha	8
	平罗 Pingluo	8		共和 Gonghe	4
	吴忠 Wuzhong	8	新疆 Xinjiang	精河 Jinghe	15
	银川 Yinchuan	6		伊宁 Yining	13
	瓜州 Guazhou	8		阿尔泰 Altay	5
甘肃 Gansu	武威 Wuwei	12		尉犁 Weili	4
	玉门 Yumeng	8		阿克苏 Aksu	8
	靖远 Jingyuan	12	合计 Total		331



图 1 枸杞样品采集地。A: 全国; B: 宁夏。
Fig. 1 Collection sites of goji samples. A: Whole nation; B: Ningxia.

1.3 数据分析

采用 SPSS (v. 21)对不同采收季节、不同品种、不同树龄、不同产区种植的宁夏枸杞干果的吸湿率和上浮率进行 ANOVA 单因素方差分析, 对每组数据中的变量采用 Duncan’s 检验, 以 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义^[19-20]。方差分析的结果结合 Excel 制图^[21]。最后通过采用 Simca (v. 14.1)对不同产区枸杞干果上浮率和吸湿率进行主成分分析 (PCA), 比较不同产区枸杞干果吸湿率和上浮率的差异性, 制作枸杞产地判别模型, 并制图^[22]。

2 结果和分析

2.1 枸杞的吸湿率

实验条件的探索 根据《中国药典》资料, 25℃

下, 饱和 NaCl、KCl、KNO₃ 溶液的平衡湿度分别为(75.29±0.13)%、(84.34±0.25)%和(93.58±0.55)%, 因此, 本研究模拟不同的空气湿度进行试验方法的探索和检验。选取新疆、青海、宁夏 3 个产区的枸杞, 在康为皿的凹槽内倒入饱和 NaCl 溶液, 在中间放上盛有烘干的枸杞干果的锡盒, 记录烘干枸杞干果的质量, 盖上玻璃盖, 进行吸湿率测定试验, 并在 1、3、5、7、9、11 h 后分别称量枸杞的质量, 计算吸湿率。同样地, 分别用饱和 NaCl 溶液、饱和 KCl 溶液、饱和 KNO₃ 溶液对枸杞干果进行 75%、85%、95%湿度下的吸湿率试验。结果表明(图 2), 在 3 种模拟湿度中, 95%湿度下枸杞干果的吸湿率最高, 85%次之, 75%最低。但 95%湿度下, 无论处理时间长短, 新疆、宁夏、青海 3 个地区的枸杞吸湿率均无显著差异($P>0.05$); 在 75%和 85%湿度下,

3 个地区的枸杞吸湿率变化趋势相同, 处理 1 h, 新疆与宁夏、青海的枸杞吸湿率没有显著差异($P > 0.05$), 宁夏与青海间有显著差异; 处理 3、5、7 h, 新疆与宁夏、青海的枸杞吸湿率有显著差异($P < 0.05$); 处理 9 h, 3 地间均无显著差异($P > 0.05$); 处理 11 h, 宁夏与新疆、青海间无显著差异($P > 0.05$), 但新疆与青海的有显著差异($P < 0.05$)。因此, 根据经济高效的原则, 本实验决定采用 75% 的湿度进行后续研究。

吸湿率测定稳定性的鉴定 本试验测定了产区为中宁县不同采收时期、不同品种、不同树龄的枸杞子吸湿 3 和 5 h 的吸湿率。老眼枝果(春季采收)、七寸枝果(夏季采收)、秋果(秋季采收)在 75% 湿度下, 3 h 的吸湿率分别为 1.80%、2.07% 和 1.96%, 而 5 h 吸湿率均增加, 分别为 2.95%、3.38%、3.20%

(图 3: A)。而不同品种吸湿 3 和 5 h 的吸湿率分别为 1.83%~2.08% 和 2.98%~3.34%, 经方差分析, 无论是吸湿 3 h 还是 5 h, 不同采收时期、不同品种的吸湿率均无显著差异($P > 0.05$) (图 3: B), 说明利用吸湿率能稳定鉴定枸杞的产地, 不受果实采收时期、品种的影响。不同树龄的枸杞子在 25℃ 75% 湿度下吸湿 3 h, 吸湿率并无显著差异($P > 0.05$), 说明吸湿率也不受树龄的影响(图 3: C)。

不同产区枸杞的吸湿率

由图 4 可以看出, 75% 湿度下不同产地枸杞吸湿 3 h 的吸湿率, 以甘肃瓜州的最高, 为 2.87%; 内蒙包头的次之, 为 2.33%; 然后依次是青海德令哈、内蒙陕坝、宁夏平罗、宁夏中卫、宁夏惠农、宁夏海原、尉犁、格尔木、都兰、中宁、伊宁、吴中、阿尔泰、乌拉特前旗、阿克苏、同心县、精河、共和县、靖远、玉

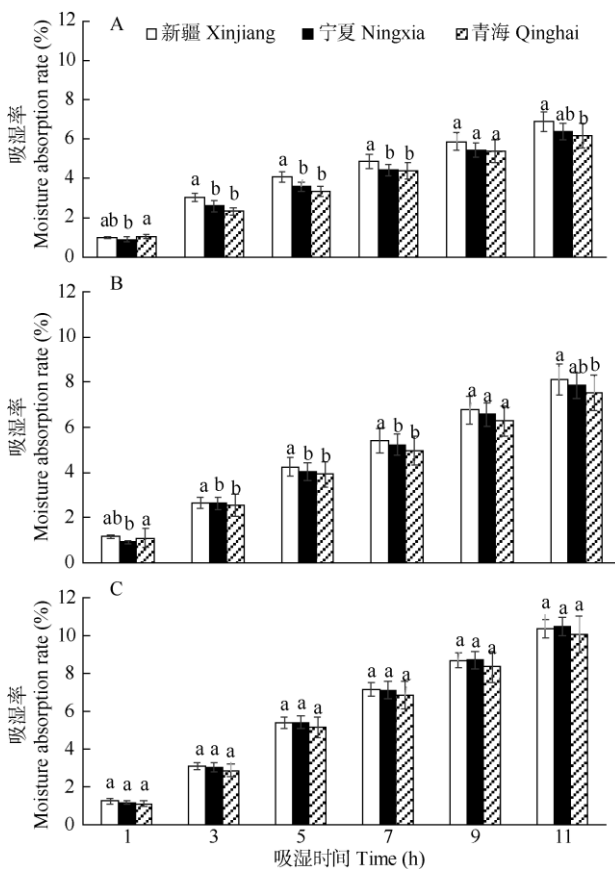


图 2 不同湿度下新疆、宁夏、青海的枸杞吸湿率。A: 75% 湿度; B: 85% 湿度; C: 95% 湿度; 柱上不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。下图同。

Fig. 2 Moisture absorption rate of goji from Xinjiang, Ningxia and Qinghai under different humidity. A: 75% humidity; B: 85% humidity; C: 95% humidity. Different letters upon columns indicate significant differences at 0.05 level. The same is following Figures.

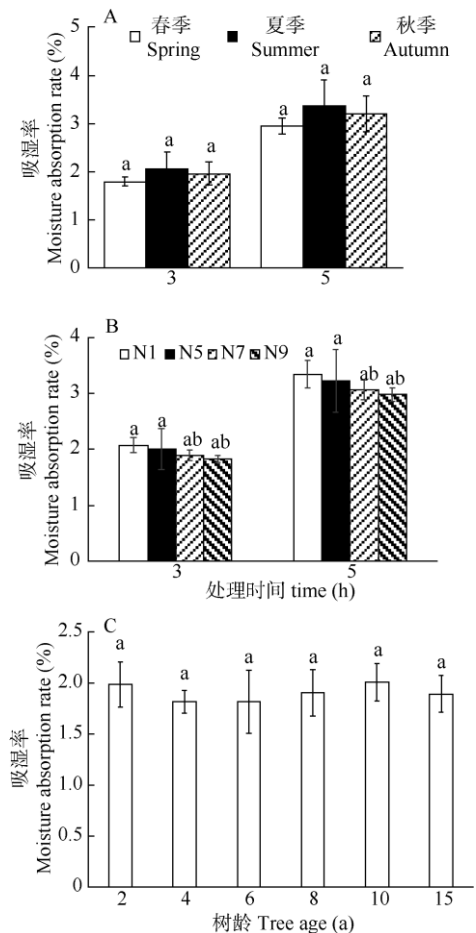


图 3 75% 湿度下不同季节(A)、不同品种(B)、不同树龄(C)枸杞子的吸湿率。N1: ‘宁杞 1 号’; N5: ‘宁杞 5 号’; N7: ‘宁杞 7 号’; N9: ‘宁杞 9 号’。

Fig. 3 Moisture absorption rate of goji fruits of different harvest season, cultivars and tree age under 75% RH. N1: ‘Ningqi 1’; N5: ‘Ningqi 5’; N7: ‘Ningqi 7’; N9: ‘Ningqi 9’.

门、武威、固原。而玉门、武威、固原最低, 吸湿率分别为 1.82%、1.81%和 1.47%。经方差分析, 甘肃瓜州与其他地区的枸杞吸湿率有显著差异($P < 0.05$), 固原的枸杞与除靖远、玉门、武威外的其他地区的有显著差异($P < 0.05$)。

2.2 枸杞的上浮率

稳定性评估 为评估上浮率检测作物产地的稳定性, 对中宁县春、夏、秋不同采收时期的枸杞(老眼枝果、七寸枝果、秋果)进行上浮率检测。结果表明, 3 个时期采收的枸杞干果沸水上浮率分别为 92.78%、87.33%和 92.22%, 方差分析表明不同采收时期间无显著差异($P > 0.05$), 说明枸杞上浮率不受采收时期的影响(图 5: A)。

为排除干燥方式对上浮率的影响, 对 3 种干燥方式(脱蜡干燥、自然干燥、设备烘干)进行比较, 方差分析结果表明, 3 种干燥方式处理的枸杞干果上浮率差异并不显著($P > 0.05$), 说明不同的干燥方式对枸杞干果的上浮率无显著影响(图 5: B)。

对不同树龄(2、4、6、8、10、15 a 生)的枸杞干果进行上浮率检测, 6 个树龄的枸杞子上浮率为 87.22%~94.17%, 方差分析表明, 不同树龄间枸杞子上浮率并无显著差异($P > 0.05$), 说明枸杞干果上浮率不受树龄的影响(图 5: C)。

可见, 枸杞的上浮率不受树龄、干燥方式、采

收季节这 3 个因素的影响, 因此, 同一产区不同树龄、干燥方式和采收季节的枸杞上浮率具有稳定性。

不同产区枸杞的上浮率 从图 6 可见, 枸杞干果上浮率最高的产区为乌拉特前旗、惠农、靖远、中宁, 分别为 95.56%、95.00%、94.44%和 93.29%, 而上浮率最低的产区为共和、格尔木、武威、尉犁、精河、瓜州、阿尔泰, 分别为 76.67%、73.89%、73.13%、71.67%、67.67%、66.39%和 65.00%。经方差分析, 上浮率可显著区分乌拉特前旗、惠农、靖远、中宁与共和、伊宁、武威、尉犁、精河、瓜州、阿尔泰产区的枸杞($P < 0.05$)。

2.3 上浮率与吸湿率的 PCA 分析

对不同产区枸杞子的上浮率与吸湿率进行 PCA 分析, 结果表明(图 7), 同一产区的枸杞均集中分布; 吸湿率和上浮率能显著区分多个产区的枸杞, 其中, 差别最明显的为瓜州、固原、武威等产区。

3 结论和讨论

即使是同一品种的枸杞, 产区不同, 其内涵品质及质量, 如黄酮、维生素 C、糖类等成分也不尽相同^[23]。正因为品质上的不同, 导致了不同产区枸杞价格的差别。此外, 因产区导致中药材药用成分差异的同时, 也导致了药用功效的差异^[24]。因此,

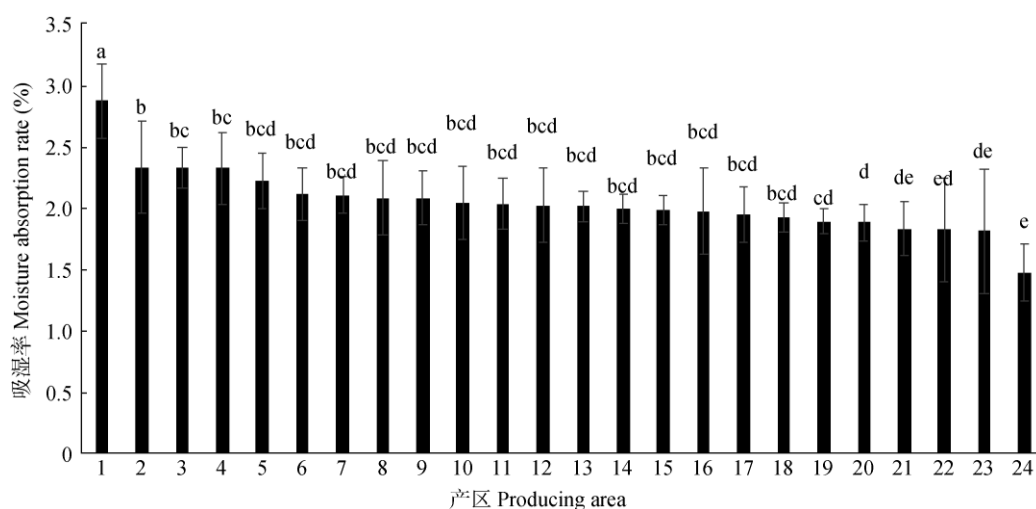


图 4 不同产区的枸杞干果在 75%湿度 25℃的吸湿率。1: 瓜州; 2: 包头; 3: 德令哈; 4: 陕坝; 5: 平罗; 6: 中卫; 7: 惠农; 8: 海原; 9: 尉犁; 10: 格尔木; 11: 都兰; 12: 中宁; 13: 伊宁; 14: 吴中; 15: 阿尔泰; 16: 乌拉特前旗; 17: 阿克苏; 18: 同心; 19: 精河; 20: 共和; 21: 靖远; 22: 玉门; 23: 武威; 24: 固原。

Fig. 4 Moisture absorption rate of goji fruits from different producing areas under 75% RH and 25°C. 1: Guazhou; 2: Baotou; 3: Delingha; 4: Shanba; 5: Pingluo; 6: Zhongwei; 7: Huinong; 8: Haiyuan; 9: Weili; 10: Golmud; 11: Duran; 12: Zhongning; 13: Yining; 14: Wuzhong; 15: Altay; 16: Urad Qianqi; 17: Aksu; 18: Tongxin; 19: Jinghe; 20: Gonghe; 21: Jingyuan; 22: Yumeng; 23: Wuwei; 24: Guyuan.

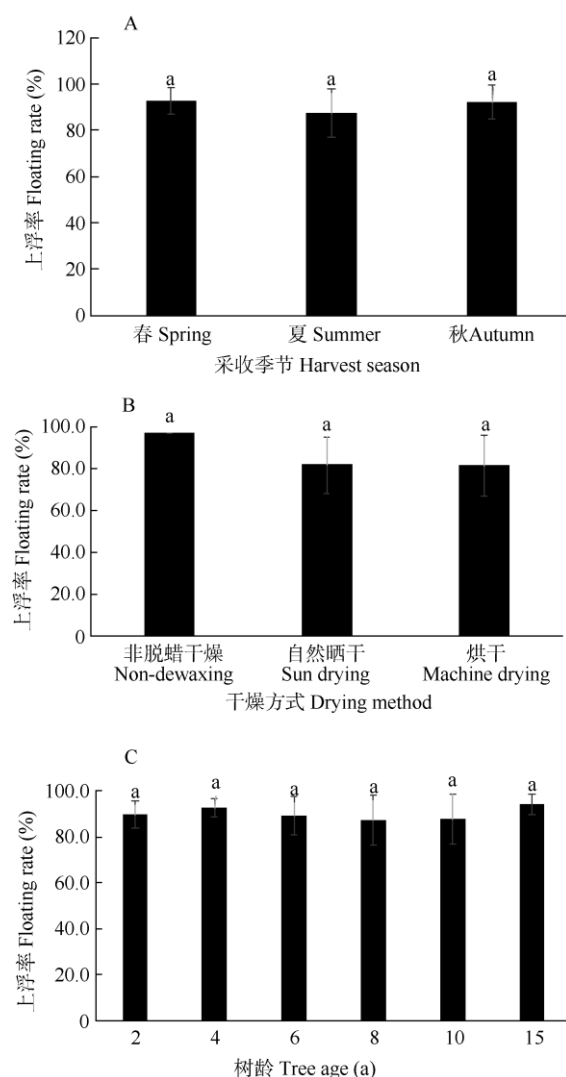


图 5 不同采收时期(A)、干燥方式(C)和树龄(C)的干果上浮率比较

Fig. 5 Floating rate of goji fruits in different harvest time, drying method and tree age

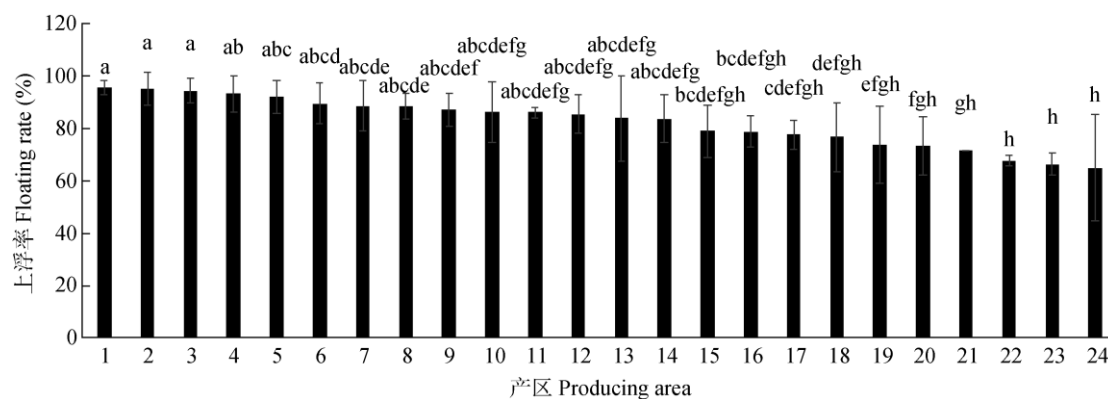


图 6 不同产区枸杞子的上浮率。1: 乌拉特前旗; 2: 惠农; 3: 靖远; 4: 中宁; 5: 固原; 6: 吴忠; 7: 平罗; 8: 中卫; 9: 陕坝; 10: 海原; 11: 包头; 12: 都兰; 13: 同心; 14: 德令哈; 15: 玉门; 16: 伊宁; 17: 阿克苏; 18: 共和; 19: 格尔木; 20: 武威; 21: 尉犁; 22: 精河; 23: 瓜州; 24: 阿尔泰。

Fig. 6 Floating rate of goji fruits from different producing areas. 1: Urad Qianqi; 2: Huinong; 3: Jingyuan; 4: Zhongning; 5: Guyuan; 6: Wuzhong; 7: Pingluo; 8: Zhongwei; 9: Shanba; 10: Haiyuan; 11: Baotou; 12: Duran; 13: Tongxin; 14: Delingha; 15: Yumeng; 16: Yining; 17: Aksu; 18: Gonghe; 19: Golmud; 20: Wuwei; 21: Weili; 22: Jinghe; 23: Guazhou; 24: Altay.

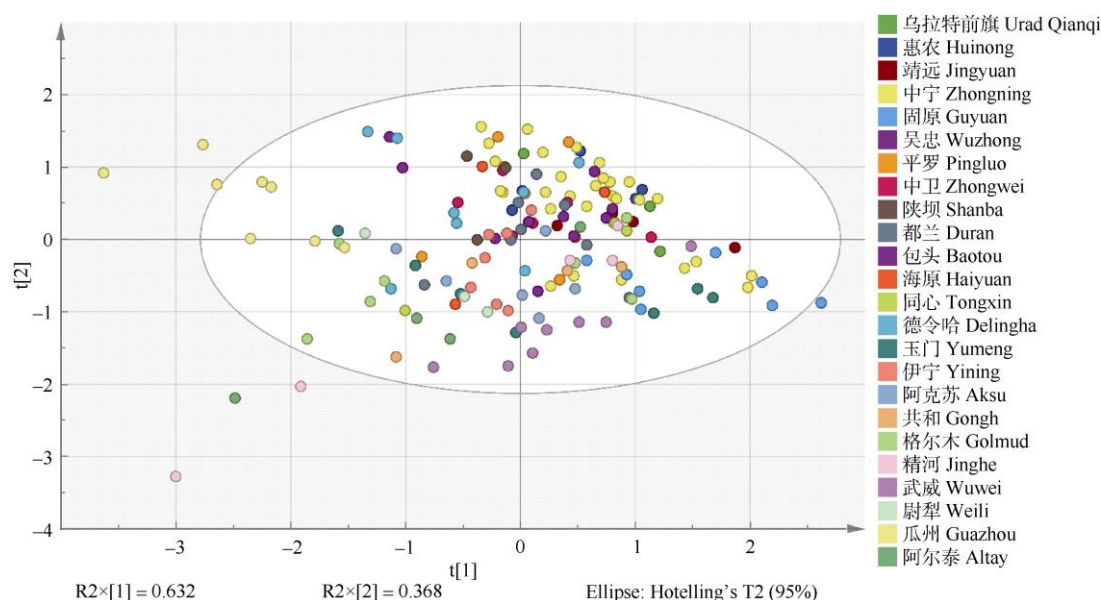


图7 不同产区枸杞子吸湿率与上浮率的PCA分析。t[1]: 主成分1; t[2]: 主成分2; R²×[1]: 主成分1的贡献率; R²×[2]: 主成分2的贡献率。

Fig. 7 PCA analysis of moisture absorption rate and floating rate of goji fruits from different producing areas. t[1]: Component 1; t[2]: Component 2; R²×[1]: Contribution rate of component 1; R²×[2]: Contribution rate of component 2.

中草药的溯源显得尤为重要。为弘扬中医, 保证中药的道地性成为发扬中医必须解决的重要难题, 亟需探索一种简单易行的方法鉴定中草药的产地。

同一产区枸杞的上浮率和吸湿率具有稳定性, 不受干燥方式、品种、树龄、采收季节的影响, 因此产区的差别成了影响枸杞上浮率和吸湿率的主要因素。结合枸杞干果的吸湿率和上浮率, 能有效区分多个产区的枸杞, 因此使用上浮率和吸湿率鉴定枸杞的产地是可行的, 具有现实应用作用。不同地区枸杞的上浮率和吸湿率有所差异, 可能与不同地区枸杞子中糖含量和组成有一定的相关性, 但具体的原因还需要进一步的研究进行验证。另外, 考虑到上浮率和吸湿率只能有效区分瓜州、固原、武威的枸杞子, 并不能鉴定和有效区分大部分产区的枸杞子, 还需要探索其他的可以深入鉴定不同产区枸杞子的内含物的差异指标, 多个参数的使用将更有效地用于产地溯源和产品质量分析。

参考文献

- [1] AMAGASE H, FARNSWORTH N R. A review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of *Lycium barbarum* fruit (Goji) [J]. Food Res Int, 2011, 44(7): 1702–1717. doi: 10.1016/j.foodres.2011.03.027.
- [2] ZHAO Q S, DONG B T, CHEN J J, et al. Effect of drying methods on physicochemical properties and antioxidant activities of wolfberry (*Lycium barbarum*) polysaccharide [J]. Carbohydr Polym, 2015, 127: 176–181. doi: 10.1016/j.carbpol.2015.03.041.
- [3] QIU S L, CHEN J, CHEN X, et al. Optimization of selenylation conditions for *Lycium barbarum* polysaccharide based on antioxidant activity [J]. Carbohydr Polym, 2014, 103: 148–153. doi: 10.1016/j.carbpol.2013.12.032.
- [4] WANG C C, CHANG S C, INBARAJ B S, et al. Isolation of carotenoids, flavonoids and polysaccharides from *Lycium barbarum* L. and evaluation of antioxidant activity [J]. Food Chem, 2010, 120(1): 184–192. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.10.005.
- [5] WANG J M, HU Y L, WANG D Y, et al. *Lycium barbarum* polysaccharide inhibits the infectivity of Newcastle disease virus to chicken embryo fibroblast [J]. Int J Biol Macromol, 2010, 46(2): 212–216. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2009.11.011.
- [6] SU G H, MI X S. The pharmacological mechanism of Gouqizi as herbal medicine as well as food [J]. Chin Bull Life Sci, 2015, 27(8): 1070–1075. doi: 10.13376/j.cblls/2015147.
- [7] WANG H J, SHI S S, WANG S C. Can highly cited herbs in ancient Traditional Chinese medicine formulas and modern publications predict therapeutic targets for diabetes mellitus? [J]. J Ethnopharmacol, 2018, 213: 101–110. doi: 10.1016/j.jep.2017.10.032.
- [8] XIAO J, GAO H, ZHOU Z Q, et al. Recent progress in the study of zeaxanthin dipalmitate [J]. Chin Sci Bull, 2017, 62(16): 1691–1698.

- doi: 10.1360/N972017-00262.
- 肖佳, 高昊, 周正群, 等. 枸杞属中枸杞红素类成分研究进展 [J]. 科学通报, 2017, 62(16): 1691–1698. doi: 10.1360/N972017-00262.
- [9] LI P F, XIAO B X, CHEN H L, et al. *Lycium barbarum* and tumors in the gastrointestinal tract [M]// CHANG R C, SO K F. *Lycium barbarum* and Human Health. Dordrecht: Springer, 2015: 85–97. doi: 10.1007/978-94-017-9658-3_6.
- [10] REEVE V E, ALLANSON M, ARUN S J, et al. Mice drinking goji berry juice (*Lycium barbarum*) are protected from UV radiation-induced skin damage via antioxidant pathways [J]. Photochem Photobiol Sci, 2010, 9(4): 601–607. doi: 10.1039/B9 PP00177H.
- [11] DUAN Y B, YAO X C, CHEN X H, et al. Protective effect of *Lycium ruthenicum* on peripheral blood system against radiation injury in mice [J]. J Chin Med Mat, 2015, 38(6): 1242–1246. doi: 10.13863/j.issn1001-4454.2015.06.033.
- 段雅彬, 姚星辰, 陈湘宏, 等. 黑果枸杞对辐射损伤小鼠造血系统的保护作用 [J]. 中药材, 2015, 38(6): 1242–1246. doi: 10.13863/j.issn1001-4454.2015.06.033.
- [12] XING X W, LIU F Y, XIAO J, et al. Neuro-protective mechanisms of *Lycium barbarum* [J]. Neuromol Med, 2016, 18(3): 253–263. doi: 10.1007/s12017-016-8393-y.
- [13] YE M, MOON J, YANG J, et al. The standardized *Lycium chinense* fruit extract protects against Alzheimer's disease in 3xTg-AD mice [J]. J Ethnopharmacol, 2015, 172: 85–90. doi: 10.1016/j.jep.2015.06.026.
- [14] CHEN J J, CHAO C C T, WEI X Y. Gojiberry breeding: Current status and future prospects [M/OL]// SONEJI J R, NAGESWARA-RAO M. Breeding and Health Benefits of Fruit and Nut Crops. IntechOpen, (2018-04-10) 2018. doi: 10.5772/intechopen.76388.
- [15] State Forestry Administration of China (SFAC). China Forestry Statistics Yearbook: 2017 [M]. Beijing: China Forestry Publishing, 2018.
- [16] GONG H G, REHMAN F, YANG T S, et al. Construction of the first high-density genetic map and QTL mapping for photosynthetic traits in *Lycium barbarum* L. [J]. Mol Breed, 2019, 39(7): 106. doi: 10.1007/s11032-019-1000-9.
- [17] ZHANG X P. Innovation-driven, transformational development, polishing the “Red card” of Zhongning wolfberry [J]. Ningxia For Commun, 2018(3): 42–43,45.
- 张秀萍. 创新驱动 转型发展 擦亮中宁枸杞“红色名片” [J]. 宁夏林业, 2018(3): 42–43,45.
- [18] LIU P W. The research of an impact on redrying processing by the tobacco physical characteristics of the different regions [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2013: 37.
- 刘配文. 不同产区的烟叶物理特性对复烤加工影响的研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2013: 37.
- [19] DING X M, XU X H, XING S, et al. Application of data analysis by SPSS and figure construction by excel in the graduation thesis [J]. Res Explor Lab, 2012, 31(3): 122–128. doi: 10.3969/j.issn.1006-7167.2012.03.033.
- 丁雪梅, 徐向红, 邢沈阳, 等. SPSS 数据分析及 Excel 作图在毕业论文中的应用 [J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(3): 122–128. doi: 10.3969/j.issn.1006-7167.2012.03.033.
- [20] ZHANG J, ZUO P L, CHENG K B, et al. Feasibility study of dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging qualitative diagnosis of musculoskeletal tumors [J]. J Peking Univ (Health Sci), 2016, 48(2): 287–291. doi: 10.3969/j.issn.1671-167X.2016.02.020.
- 张晶, 左盼莉, 程克斌, 等. 动态增强磁共振成像用于肌骨系统肿瘤定性诊断的可行性 [J]. 北京大学学报(医学版), 2016, 48(2): 287–291. doi: 10.3969/j.issn.1671-167X.2016.02.020.
- [21] YANG Y H, GONG H G, HUANG Y F, et al. Changes of nutrient element contents in four *Camellia oleifera* strains leaves [J]. Nonwood For Res, 2015, 33(2): 112–116. doi: 10.14067/j.cnki.1003-8981.2015.02.020.
- 杨亚慧, 龚海光, 黄永芳, 等. 4 个油茶无性系叶片内各营养成分含量变化研究 [J]. 经济林研究, 2015, 33(2): 112–116. doi: 10.14067/j.cnki.1003-8981.2015.02.020.
- [22] LU L, LIU Q, DING B, et al. Origin traceability of cherries by mineral element analysis [J]. J Instr Anal, 2020, 39(2): 219–226. doi: 10.3969/j.issn.1004-4957.2020.02.008.
- 卢丽, 刘青, 丁博, 等. 元素含量分析应用于樱桃产地溯源 [J]. 分析测试学报, 2020, 39(2): 219–226. doi: 10.3969/j.issn.1004-4957.2020.02.008.
- [23] MA H J, ZHANG X R, CHEN H Y. Quality of *Lycium barbarum* L. in different regions [J]. Acta Agric Boreali-Occid Sin, 2015, 24(8): 153–156. doi: 10.7606/j.issn.1004-1389.2015.08.023.
- 马海军, 张晓荣, 陈虹羽. 不同产区枸杞品质比较研究 [J]. 西北农业学报, 2015, 24(8): 153–156. doi: 10.7606/j.issn.1004-1389.2015.08.023.
- [24] XIE C X, SONG J Y, HAN J P, et al. Research on genuineness evaluation and regionalization of Chinese medicinal materials [J]. World Sci Technol Mod Trad Chin Med Mat Med, 2016, 18(6): 950–958. doi: 10.11842/wst.2016.06.002.
- 谢彩香, 宋经文, 韩建萍, 等. 中药材地道性评价与区划研究 [J]. 世界科学技术 中医药现代化, 2016, 18(6): 950–958. doi: 10.11842/wst.2016.06.002.