

Comparative Analysis of Proanthocyanidins and Polysaccharides on Wild *Lycium ruthenicum*

Haijun Chen¹, Jiawei Liu², Yumei Shan³, Lijun He⁴, Yong Yang⁵, Yan Zheng⁶, Jie Hou¹, Yu Zhou⁴, Lixiao Ma⁴

¹Inner Mongolia Institute of Biotechnology, Hohhot Inner Mongolia

²College of Grassland, Resources and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot Inner Mongolia

³Inner Mongolia Agriculture & Animal Husbandry Academy of Sciences, Hohhot Inner Mongolia

⁴Agricultural College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot Inner Mongolia

⁵Inner Mongolia Institute of Grassland Survey and Planning, Hohhot Inner Mongolia

⁶Forestry College of Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot Inner Mongolia

Email: helijun111@sina.com, chenhaijun2004@163.com

Received: Aug. 10th, 2018; accepted: Aug. 24th, 2018; published: Aug. 30th, 2018

Abstract

The difference and correlation analysis were analyzed on Proanthocyanidins and Polysaccharide of wild *Lycium ruthenicum* experimental materials from different regions including Qinghai Province, Gansu Province, Ningxia Autonomous Region & Inner Mongolia. Cluster analysis was also used to classify the experimental materials. The results showed that the order of Proanthocyanidins absorbance in *Lycium ruthenicum* experimental materials was No. 4 > No. 1 > No. 5 > No. 6 > No. 3 > No. 2. The Proanthocyanidins absorbance of No. 4 (2.43) was significantly higher than that of other materials ($P < 0.05$). That of No. 2 was the lowest, only 1.35, but there was no significant difference between No. 3 and 6 ($P > 0.05$). Meanwhile, there was a significant difference between the others ($P < 0.05$). The content of Polysaccharide was in sequence: No. 3 > No. 7 > No. 2 > No. 4 > No. 5 > No. 6 > No. 1. The difference between No. 3 and 7 was not significant ($P > 0.05$), and was significantly higher than that of other materials ($P < 0.05$). Moreover, the variation of Proanthocyanidins and Polysaccharide content was obvious among the experimental materials, but there was no consistency about the correlation analysis between them. From the aspect of Proanthocyanidins, the experimental materials No. 1 and No. 4 could be classified as a group. The remaining No. 2, No. 3, No. 5 and No. 6 belonged to a group. The whole results could provide theoretical basis for introduction and breeding of fine varieties in the future.

Keywords

Lycium ruthenicum, Proanthocyanidins, Polysaccharide, Variation Analysis, Cluster Analysis

野生黑果枸杞(*Lycium ruthenicum*)原花青素与多糖含量的比较分析研究

陈海军¹, 刘嘉伟², 单玉梅³, 何丽君⁴, 杨 勇⁵, 郑 燕⁶, 侯 杰¹, 周 宇⁴, 马立晓⁴

¹内蒙古自治区生物技术研究院, 内蒙古 呼和浩特

²内蒙古农业大学草原与资源环境学院, 内蒙古 呼和浩特

³内蒙古自治区农牧业科学院, 内蒙古 呼和浩特

⁴内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特

⁵内蒙古自治区草原勘察规划院, 内蒙古 呼和浩特

⁶内蒙古农业大学林学院, 内蒙古 呼和浩特

Email: helijun111@sina.com, chenhaijun2004@163.com

收稿日期: 2018年8月10日; 录用日期: 2018年8月24日; 发布日期: 2018年8月30日

摘 要

本研究选择采集自青海省、内蒙古、宁夏和甘肃省等不同地区的野生黑果枸杞资源为研究对象, 测定了供试材料的原花青素和多糖含量等常规指标, 比较分析了不同地区供试材料原花青素和多糖含量的差异性及其相关性, 并采用类平均距离系统聚类的方法对供试材料进行了类群划分。结果表明, 供试材料黑果枸杞果实原花青素吸光度依次顺序为4号 > 1号 > 5号 > 6号 > 3号 > 2号, 其中, 4号野生黑果枸杞品种花青素吸光度(2.43)显著地高于其他材料($P < 0.05$), 2号原花青素吸光值最低, 仅为1.35, 仅3号与6号间差异不显著($P > 0.05$), 其余彼此间均存在显著性差异($P < 0.05$); 多糖含量依次为: 3号 > 7号 > 2号 > 4号 > 5号 > 6号 > 1号, 3号与7号间差异不显著($P > 0.05$), 且显著高于其他材料($P < 0.05$)。而且原花青素与多糖含量二者变异性明显, 但彼此间相关性无一致性规律。从原花青素吸光值而言, 供试材料1号与4号可划归为一个类群; 其余2号、3号、5号与6号, 可归为一个类群, 可为引种繁育优良品种提供理论依据。

关键词

黑果枸杞, 原花青素, 多糖, 变异分析, 聚类分析

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

黑果枸杞(*Lycium ruthenicum* Murr)是茄科枸杞属双子叶植物。在世界范围内分布约有 80 种[1], 在欧洲和中亚地带均有种植, 在我国分布范围很广, 主要分布在我国的西北地区[2]。在形态方面, 黑果枸杞株高 20~150 cm, 多分枝; 叶片对生在短枝上, 无柄, 一般为条形, 平均长约 15 mm, 顶端钝而圆; 花 2 裂着生在短枝的基部; 种子呈肾状, 显深褐色[3]。在适应性方面, 黑果枸杞具有明显的优势, 在海拔 400~3000 m 的高寒、丘陵、盐池、盐湖、盐沼和荒漠等地带性区域均有分布[4] [5] [6]。

黑果枸杞果实呈黑紫色,含有丰富的蛋白质、多糖和原花青素。现有研究表明,原花青素具有抗氧化能力,黑果枸杞原花青素对过氧化基团具有较好的清除作用,具有抗衰老能力[7] [8] [9]。田磊等研究表明,在以衰老小鼠为实验对象的研究中,原花青素能够升高超氧化物歧化酶的含量,从而能够增强衰老小鼠的记忆能力,为原花青素能够延缓衰老提供依据,黑果枸杞原花青素具有预防动脉硬化和降低血脂的功能[10] [11] [12]。黑果枸杞在多糖含量,铁、镁和钙等金属元素含量以及部分人体所必须的氨基酸含量上均超过红枸杞[13]。长期食用黑果枸杞泡水可以预防眼睛疲劳,防止心脑血管疾病的发生,促进血液流动,预防口腔疾病,改善睡眠[14]。枸杞多糖不仅可以调节机体的免疫力,抑制肿瘤细胞的生长及突变[15] [16] [17] [18],延缓细胞衰老,而且也具有提神、降低“三高”、预防脂肪肝等功效[19] [20]。

本试验选取来自青海省格尔木牧场、青海省柴达木盆地、青海省诺木洪农场、内蒙古阿拉善右旗、青海省玉树、宁夏海原和甘肃玉门等代表性干旱地区的黑果枸杞材料,通过对其果实多糖含量和原花青素含量的测定分析,拟解决两个关键科学问题:1) 不同生境下黑果枸杞原花青素和多糖含量变异程度如何? 2) 从原花青素和多糖含量角度而言,来自不同生境的供试材料是否存在一定的关联性,类群划分如何? 旨为黑果枸杞今后引种繁育与栽培及其示范推广,特别是选育兼有抗性生理特性和医用特性优良品种,提高黑果枸杞利用价值提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 供试材料收集

本试验于2016年6~8月至2017年6~8月间不定期地进行野外资源采集,供试材料采集自7个不同地区,其中青海省共计4个区域(采集地),主要来自青海省格尔木牧场(1号)、青海省柴达木盆地(2号)、青海省诺木洪农场(3号)和青海省玉树(5号);内蒙古地区1个,为内蒙古阿拉善右旗(4号);宁夏自治区1个,为宁夏海原市周边(6号);甘肃省1个,为甘肃玉门(7号)。上述所有供试材料均为野生资源,待黑果枸杞成熟后进行野外采集,采集后装入牛皮纸袋并做好标记,带回实验室后置于4℃恒温环境下保存,其具体采集地基本信息概况详见表1。

2.2. 测定方法

2.2.1. 黑果枸杞果实原花青素测定原理与方法

根据柳福智提取黑果枸杞花青素的原理与方法,采用分光光度法对供试材料果实中原花青素进行测定[21]。首先配制5%盐酸溶液,取138.9 ml 36%的盐酸溶液用蒸馏水稀释至1 L。再配制80%乙醇溶液,用400 ml的无水乙醇溶液加入100 ml的蒸馏水配置80%的乙醇溶液。2种溶液配置完毕后,静置备用。

Table 1. The general situation on habitat conditions of *Lycium ruthenicum* experimental materials

表 1. 黑果枸杞供试供试料采集地及其生境概况

序号	采集地	地理坐标 (N/E)	年降雨量 (mm)	年蒸发量 (mm)	年均气温 (℃)
1号	青海省格尔木市周边	36.42°/94.89°	41.5	3000	-4.2
2号	青海省柴达木盆地	37.04°/92.03°	100.0~300.0	2000~3000	<5.0
3号	青海省格尔木诺木洪农场	36.03°/96.05°	58.5	2849.7	4.3
4号	内蒙古阿拉善右旗境内	39.02°/100.06°	89.0	3100.0	8.8
5号	青海省玉树市周边	32.03°/90.05°	463.7	1698.1	-5.6~3.9
6号	宁夏海原市周边	36.06°/105.02°	300.0	2000.0	7.0
7号	甘肃玉门市周边	40.05°/97.04°	66.7	2653.2	7.1

将黑果枸杞种子在烘干箱中 80℃ 下干燥 7 h, 烘干后的种子在粉碎机中粉碎, 得到粉末。平行称取 3 份 0.5 g 黑果枸杞粉末, 以 1:20 的比值加入 5 ml 5% 盐酸溶液和 5 ml 80% 的醇溶液, 添加溶液完毕后置于 70℃ 恒温水浴锅中提取 4 h。待冷却后过滤。取其中 1 ml 滤液置于比色杯中, 以蒸馏水作为对照, 在 545 nm 下测定提取液的吸光度。

需要指出的是, 在具体野外采集供试材料时, 7 号材料采集浆果后随即进行了浆果中种子的清选与分离, 仅收集保存了种子资源, 故在分析测定时未进行其中的原花青素的测定。

2.2.2. 葡萄糖标准曲线绘制

精确称取 0.1000 g 无水葡萄糖(分析纯), 溶解于蒸馏水定容于 1 L 容量瓶。

精确称取苯酚 5.0 g, 加蒸馏水溶解, 转移至 100 ml 容量瓶中定容, 最后在棕色瓶中保存, 备用。

使用 2 ml 的移液管分别精确吸取葡萄糖标准溶液 0.1 ml、0.2 ml、0.4 ml、0.6 ml、0.8 ml 与 1.0 ml, 移至预先转备好的带塞盖试管中, 并加水 2.0 ml, 再分别加入苯酚溶液 1.0 ml, 搅拌均匀后, 滴入浓硫酸 5.0 ml, 摇匀后静置 5 min, 置于沸水浴中加热 15 min, 取出冷却至室温; 同时单独吸取蒸馏水 2 ml, 并加入 1.0 ml 的苯酚溶液和 5.0 ml 的浓硫酸, 作为空白对照。所有溶液植被完毕后, 分别在 490 nm 处测定吸光度, 绘制葡萄糖标准曲线(图 1)。

所得回归方程为 $Y = 0.0428X + 0.1447$ ($R^2 = 0.9955$), 表明葡萄糖在此范围内线性关系优良, 完全符合实验标准。

2.2.3. 黑果枸杞多糖含量测定

称取 0.2 g 供试材料黑果枸杞果实, 置于 110℃ 恒温烘箱中烘干 1 h, 磨碎后分放入纸包中, 做好标记。用 150 ml 80% 的乙醇溶液在 90℃ 下回流 2 h, 得到的残渣用 80% 的乙醇溶液洗至无色。最后用 150 ml 的蒸馏水在 100℃ 下回流 2 h, 得到的溶液在 250 ml 容量瓶中定容。精确吸取 1 ml 在 490 nm 的波长下测定吸光度, 重复测定 3 次。利用上述回归方程, 将所得吸光度计算其多糖含量(mg/L)。采用下列公式进行多糖含量百分比的换算:

$$\text{多糖百分比}(\%) = \text{多糖含量}(\text{mg/L}) * 250 \text{ ml} / 0.2 \text{ g} * 100\%$$

2.3. 数据统计与分析

首先用 Microsoft Excel 2010 对所有的原始数据进行初步整理分析与处理。然后采用 SAS 9.0 软件(SAS Institute, Cary, North Carolina, USA)中 One-Way ANOVA 程序对不同供试材料原花青素和多糖含量间进行方差分析, 并用 Duncan 法进行显著性检验($P < 0.05$); 采用 Pearson 相关分析原花青素和多糖含量间相关性分析, 并用 Duncan 法进行显著性检验($P < 0.05$); 采用类平均距离法进行系统聚类与类群划分, 生成聚类树状图。

所有作图均在 Sigmaplot 11.0 (Systat Software Inc.)软件环境下完成。

3. 结果与分析

3.1. 黑果枸杞原花青素吸光度比较分析

不同采集地的供试材料原花青素含量存在明显的差异, 不同的供试材料其原花青素吸光值不同(图 2)。原花青素含量依次顺序为 4 号 > 1 号 > 5 号 > 6 号 > 3 号 > 2 号, 其中, 4 号野生黑果枸杞品种花青素吸光度最高, 为 2.43, 显著地高于其他品种($P < 0.05$), 其次为 1 号, 值为 2.16; 1 号与 4 号的原花青素吸光值均大于 2.0, 其余 2 号、3 号、5 号与 6 号, 其吸光值则均小于 2.0, 分别为 1.35、1.64、1.81 与 1.71; 2 号原花青素吸光值最低。方差分析结果表明, 原花青素吸光值仅在 3 号与 6 号间差异不显著($P >$

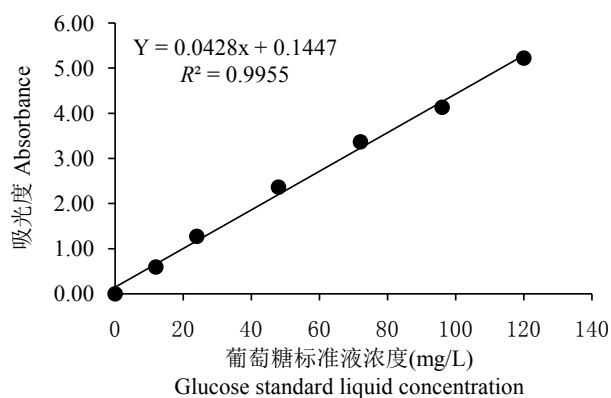
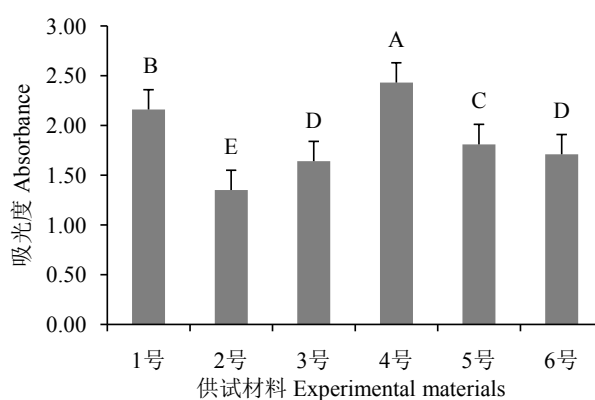


Figure 1. The standard curve of glucose liquid

图 1. 葡萄糖液标准曲线



注：图中所标注的不同大写字母表示用差异性显著($P < 0.05$, 以下同)。
Note: the different capitals marked in the picture show significant difference. ($P < 0.05$, the same as follows)

Figure 2. Comparison of Proanthocyanidins absorbance from 6 different experimental materials

图 2. 6 种不同供试材料原花青素吸光度的比较

0.05), 其余彼此间均存在显著差异($P < 0.05$), 最高值(4号)原花青素吸光度是最低值(2号)的 1.8 倍, 其差异明显($P < 0.05$)。

3.2. 黑果枸杞果实多糖含量差异性分析

供试材料果实中多糖含量亦表现出一定的差异性, 3号果实品种多糖含量最高, 为 6.2%; 其次为 7号, 为 6.19%, 二者差异不显著, 含量均高于 6.0% (图 3); 其他供试材料多糖含量依次表现为: 2号 > 4号 > 5号 > 6号 > 1号, 分别为 5.59%、5.43%、5.09%、5.04%和 3.5%, 其中 2号、4号、5号和 6号多糖含量均高于 5.0%, 1号供试材料多糖含量则最低(3.5%), 显著低于其他材料($P < 0.05$)。

3.3. 供试材料聚类分析

黑果枸杞原花青素具有一定保健作用, 其含量常被作为评价黑果枸杞优劣性状的常用指标之一。采用系统聚类的方法, 对供试材料黑果枸杞原花青素与多糖含量指标进行聚类分析(图 4), 根据聚类分析树状图分析可见, 当遗传距离为 25 时, 6个供试材料分为 2个类群, 其中第一类群为 5号品种、6号品种、2号品种和 3号品种。第二类为 1号与 4号, 该聚类分析结果与原花青素方差分析结果完全相一致, 1号

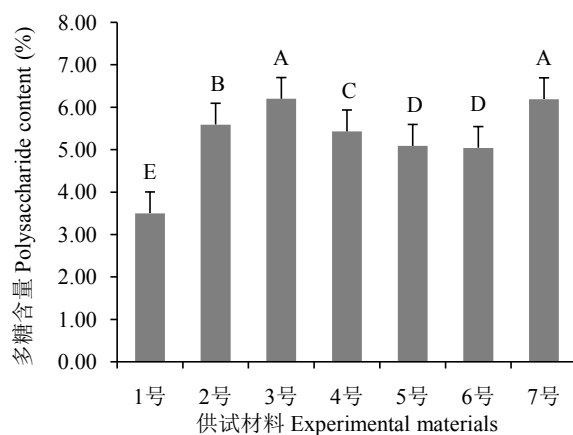


Figure 3. Comparison of Polysaccharide content from 6 different experimental materials

图 3. 6 种不同供试材料多糖含量的比较

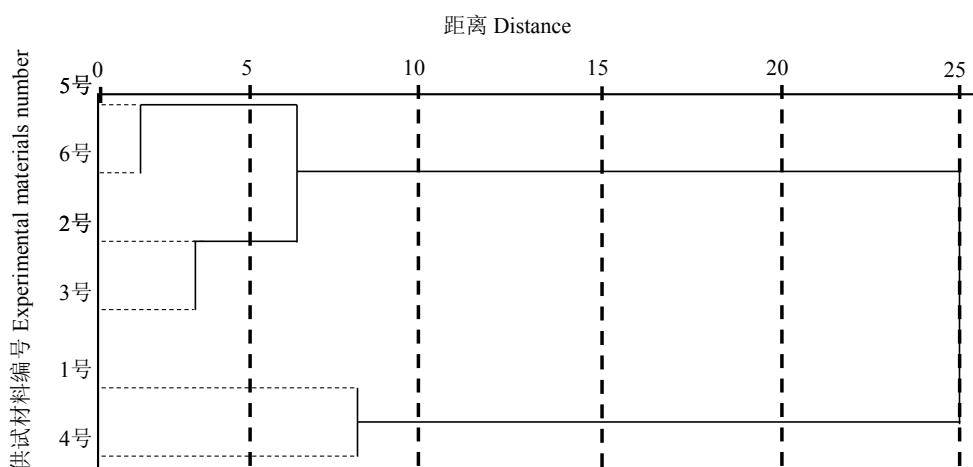


Figure 4. Dendrogram of cluster analysis on experimental materials

图 4. 供试材料聚类分析树状图

与 4 号的原花青素吸光值均大于 2.0，可划归为一个类群；其余 2 号、3 号、5 号与 6 号，其吸光值则均小于 2.0，可归为一个类群。

3.4. 黑果枸杞果实多糖含量与原花青素吸光度间相关性分析

通过对 6 种不同产地黑果枸杞供试材的分析表明，1 号和 4 号多糖含量与花青素吸光度呈显著负相关($P < 0.05$)；2 号、3 号和 6 号的多糖含量与花青素吸光度则呈显著正相关($P < 0.05$)；5 号则二者间相关性不显著($R^2 = 0.52, P > 0.05$) (表 2)。可见，黑果枸杞果实内多糖含量与花青素含量之间的相关性尚不明确，没有明显的一致规律性，今后需要进一步深入完善与研究。

4. 讨论

4.1. 不同地区黑果枸杞原花青素含量差异性分析

目前，一些相关研究发现当在不同的生长环境下，黑果枸杞果实中原花青素含量会产生一定的差异。丁悦等相关研究表明，在恶劣的生存环境下，黑果枸杞会有利于原花青素的积累[22]，在一定的自然地理

Table 2. Correlation analysis of anthocyanins and polysaccharides on *Lycium ruthenium* experimental materials
表 2. 不同地区黑果枸杞供试材料中花青素与多糖含量间的相关性分析

供试材料	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号
R^2	-0.999**	0.995**	0.997**	-0.972**	0.52	0.998**

注: **表示相关性显著; -表示负相关关系。Note: ** Represented a significant correlation. - Represented negative correlation, not a minus sign.

区域里,植物(植物群落)主要受气候、土壤、地形和动物等因素控制,相应地可以形成许多相应顶极群落(如气候顶极等),也形成了具有与气候等条件相适应的功能性状,这是植物长期适应的综合结果。环境养分环境也是植物赖以生存与发展的基础条件,在不同的生境中,聚生着特定的植物种类。植物长期生活在各种特定环境中,获得(或进化)了一些适应环境相对稳定的特性,其中包括形态结构和生理生化方面的适应特征。同时,随着环境因子的改变,植物在生理生化方面上也出现某些变化,其中植物营养成分(生理生化指标)的变化是受影响比较大方面之一。本研究中,供试材料所表现出来的一系列的差异性(变异性),有利于今后对不同地区的黑果枸杞进行遗传育种种质资源选择,同时也为不同条件下生长的黑果枸杞资源利用提供基础依据。

此外,室内所采用的实验方法也会对供试材料中原花青素测定结果产生一定的影响。在本研究初期中,用加热方法对黑果枸杞花青素提取时会产生一些呈褐色降解物,会对花青素的含量测定造成干扰[23]。因此,在后续实验中,需进一步改进实验方法,达到预期测定花青素的含量的正确值,也有利于今后黑果枸杞食用性的开发和利用大有裨益。其中,孙奎等确定了提取黑果枸杞花青素的较优条件[23] [24]:使用 50%的乙醇在 50℃下提取 60 min,所取的黑果枸杞重量与 50%的乙醇溶液的体积比为 1:12。柳福智等也确定了提取黑果枸杞原花青素的较优方法[21],即将 5%的盐酸与 85%的乙醇溶液混合液作为提取液,其中 5%的盐酸与 85%的乙醇溶液以 1:1 的体积比混合,所取的黑果枸杞重量与混合液的体积比为 1:20,在 70℃下提取 4 h。韩彬等研究结果表明[24] [25],首先使用石油醚进行脱脂,再利用 45 倍 pH = 1.5 的盐酸水溶液在 30℃条件下浸提 0.5 h,随后经过抽滤、接着浓缩、最后干燥等程序,得到所需红色的色素粗成品,获得色素产品的提取率为 76.51%。需要指出的是,上述黑果枸杞果实中原花青素提取方法均为水浴提取,用时均相对较长。现在也有相关研究分析表明,利用微波辅助技术提取黑果枸杞果实中的原花青素,所得到的含量优于利用常规方法水浴提取黑果枸杞果实中花青素含量,该方法今后有待进一步学习和探索。在本研究中,所采用的提取方法是在柳福智[21]测定黑果枸杞果实中花青素含量的方法上稍作了改进(详见材料与方法部分),该方法具有可操作性。

4.2. 不同地区黑果枸杞多糖含量差异性分析

黑果枸杞中的多糖具有抗氧化、抗衰老、调节免疫力、抗辐射以及抗癌作用等功效[16] [26],随着科技的发展,生活水平的提高和健康意识的增强,黑果枸杞已受到越来越多人的青睐,市场上由原来单一的干果逐渐向现在的保健食品、饮品、美容化妆品等领域迅速扩展[1] [6] [14]。与黑果枸杞原花青素含量差异相似,不同地区黑果枸杞的多糖含量亦存在明显的地域差异,这些差异也可能与所采集的地区气候特征差异引起,这与许研究结果相一致,陈丽丽等红枸杞多糖含量研究表明[27],采自浙江、宁夏和四川地区红枸杞多糖含量分别为 0.830%, 0.769%与 0.590%;刘万仓等对宁夏中宁、宁夏银川和青海地区的红枸杞进行研究[28],结果表明三个产地的红枸杞多糖含量分别为 5.79%、3.96%和 4.11%;相对于红枸杞内枸杞多糖的研究,目前针对黑果枸杞内枸杞多糖的研究相对较少,马玲等对同一产地内不同采收期的黑果枸杞果实中多糖含量亦具有一定的差异[29]。当采收期在 6~9 月时,间隔一个月采收一次,其枸杞多糖含量呈递增趋势,分别为 8.63%, 10.76%和 12.29%。可见,供试材料地域的差异或者果实采收时期均会引起多糖含量的差异。

目前,黑果枸杞内枸杞多糖的研究方法有热水浸提法、碱液浸提法、酶解浸提法等,诸多方法各有优缺点。许多研究表明,当使用不同的提取方法时,黑果枸杞内的枸杞多糖含量具有差异。其中采用水浸提法在试验所需的试剂上价钱比较低廉,且多采用回流的方法提取,实验器材比较容易获得,但所需的时间相对较长,大约需要至少3 h,若使用多个试剂进行回流时总耗费时间会更长[30];碱液浸提法提取多糖的所得率较高,在提取过程中碱液会导致多糖中糖苷键的断裂,导致多糖含量的损失,但回流化学试剂可以进行回收,所以花费成本相对较低;酶解浸提法则通过裂解细胞壁的方法使其中的多糖成分释放,在提取过程中环境温度多控制在60℃下,pH值多呈偏酸性,反应条件相较于其他方法比较温和,但提取过程中需涉及酶试剂的使用,因此成本较高[26]。本研究中采用水浸提法所测得黑果枸杞果实中多糖含量最高为6.2% (3号,采自青海省格尔木诺木洪农场),马玲等使用常规的水浴提取法,黑果枸杞多糖含量为9.64% [29],上述产生的差异来源可能有两方面:一方面,由于产地的生境不同日照时长有所差异,多糖积累过程受到差异影响[31][32],导致多糖含量有所差异;另一方面,根据前人的研究方法可知,由于实验技术或实验方法的不同也会导致提取的多糖含量会有所差异。这些实验所得出的经验总结为今后在黑果枸杞多糖含量的测定提供依据,进而改进后期提取多糖工艺,优化提取条件。

5. 结论

不同地区供试材料黑果枸杞果实原花青素和多糖含量变化不同,其中原花青素吸光度表现为4号 > 1号 > 5号 > 6号 > 3号 > 2号,其中,4号吸光度(2.43)显著地高于其他材料($P < 0.05$),2号原花青素吸光值最低,仅为1.35,仅3号与6号间差异不显著($P > 0.05$),其余彼此间均存在显著性差异($P < 0.05$);还原糖含量依次为:3号 > 7号 > 2号 > 4号 > 5号 > 6号 > 1号,3号与7号间差异不显著($P > 0.05$),且均显著高于其他材料($P < 0.05$)。同时,供试材料中原花青素与多糖含量二者变异性均比较明显,但彼此间相关性无一致性规律。从原花青素吸光值角度进行系统聚类,供试材料1号与4号可划归为一个类群;其余2号、3号、5号与6号,可归为一个类群,可为今后引种繁育优良品种提供理论依据。

基金项目

内蒙古自治区科技计划项目(201602083)和内蒙古农业大学科研专项资金(YZFC2017023)共同资助。

参考文献

- [1] 张惠玲. 枸杞的功效和综合利用[M]. 宁夏: 宁夏人民出版社, 2007.
- [2] 冯建森, 刘志虎. 酒泉市野生黑果枸杞资源及利用[J]. 林业实用技术, 2013(2): 62-64.
- [3] 刘嫵心, 杨喜林, 姚育英. 中国沙漠植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1992(3): 146-147.
- [4] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 301-304.
- [5] 白元, 徐海量, 张鹏, 赵新风, 傅葶仪. 塔里木河下游荒漠植物群落物种多样性及其结构特征分析[J]. 生态与农业环境学报, 2012, 28(5): 486-492.
- [6] 董静洲, 杨俊军, 王瑛. 我国枸杞属物种资源及国内外研究进展[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(18): 2020-2027.
- [7] Zheng, J., Ding, C.X., Wang, L.S., et al. (2011) Anthocyanins Composition and Antioxidant Activity of Wild *Lycium ruthenicum* Murr. from Qinghai-Tibet Plateau. *Food Chemistry*, **126**, 859-865. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.052>
- [8] 汪河滨, 白红进, 王金磊, 褚志强, 王奇. 黑果枸杞色素清除自由基活性的研究[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(11): 8-10.
- [9] 张艳玲, 王宏权. 黑果枸杞花青素的提取及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业, 2014, 35(12): 88-90.
- [10] 田磊, 蒋宝平, 樊晓峰. 黑果枸杞抗衰老作用研究[J]. 食用药物与临床, 2015, 18(10): 1147-1150.
- [11] 李进, 瞿伟菁, 刘丛, 时德红. 黑果枸杞色素对高血脂症小鼠血脂及脂质过氧化的影响[J]. 食品科学, 2007,

28(9): 514-517.

- [12] 林丽, 李进, 吕海英, 马玉婷, 钱一萍. 黑果枸杞花色苷对小鼠动脉粥样硬化的影响[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(10): 1460-1466.
- [13] 孙晓红, 王潼, 吕康文, 戴洪义. 野生黑果枸杞与普通红枸杞营养成分和相关活性物质的分析与评价[J]. 营养学报, 2016, 38(5): 509-511.
- [14] 杨斌, 王向未. 黑果枸杞及其功能性成分在食品工业中的应用及开发进展[J]. 轻工科技, 2014, 30(10): 22-23.
- [15] 于宏. 枸杞子的化学成分与生物活性[J]. 国外医药(植物药分册), 2007, 22(2): 51-54.
- [16] 孙桂菊, 左平国. 枸杞多糖功效研究及应用状况[J]. 东南大学学报(医学版), 2010, 29(2): 209-215.
- [17] 方建国, 丁水平, 田庚元. 枸杞多糖药理作用与临床应用[J]. 医药导报, 2004, 23(7): 484-485.
- [18] 朱彩平, 张声华. 枸杞多糖对高脂血症小鼠血脂及脂质过氧化的影响[J]. 营养学报, 2005, 27(1): 79-80.
- [19] 赵永红, 刘华. 枸杞多糖的提取工艺研究[J]. 中国食品添加剂, 2008: 73-78.
- [20] 刘志国, 于建生, 陈雄. 生物化学实验[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2015.
- [21] 柳福智, 师希雄. 黑果枸杞色素最佳提取工艺研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2011, 19(9): 68-70.
- [22] 闫亚美. 黑果枸杞多酚的组成、抗氧化活性及指纹图谱研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [23] 孙奎. 柴达木盆地黑果枸杞色素最佳提取工艺研究[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(11): 2318-2320.
- [24] 韩彬. 黑果枸杞(*Lycium ruthenicum*)色素的提取与食品安全性评价[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学, 2006.
- [25] 藺定运, 李炜, 甘青梅, 左振常. 黑果枸杞色素的初步研究[J]. 中国食品添加剂, 1995(2): 5-9.
- [26] 彭强, 白雪芳, 杜显光. 黑果枸杞多糖的研究进展[J]. 农产品加工, 2010(12): 77-79.
- [27] 陈丽丽, 张忠山. 不同产地枸杞多糖含量的比较研究[J]. 中国现代医生, 2014, 52(26): 71-73.
- [28] 刘万仓, 孙磊, 乔善义, 王英华, 王金辉. 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.
- [29] 马玲. 黑果枸杞中多糖的提取与测定[J]. 中国卫生检验杂志, 2005, 15(4): 501.
- [30] 金迪, 梁英, 孙工兵, 钱丽丽. 植物多糖提取技术的研究进展[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2011, 23(5): 76-79.
- [31] 白红进, 汪海滨, 褚志强, 王奇. 不同方法提取黑果枸杞多糖的研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(3): 145-146.
- [32] 丁悦, 吴秋云, 宋勇, 刘明月, 熊兴耀, 范淑英, 黄科. 植物体内花青素积累的外源调控机制研究进展[J]. 中国农学通报, 2014, 30(19): 86-91.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5665, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: br@hanspub.org