

不同产地山杏油脂含量及抗氧化活性差异研究

韦苑妮¹, 赵 忠^{1,2*}, 朱海兰²

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西部环境与生态教育部重点实验室, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:油脂含量及其抗氧化活性是鉴定山杏加工利用品质和区划优质山杏产地的重要依据。对采自北京、河北、山西、陕西、内蒙古、辽宁、新疆、甘肃 8 个省(自治区)24 个县的山杏油脂含量及抗氧化活性测定。结果表明: 1) 不同产地山杏油脂含量呈现出以陕西安塞、麟游、志丹为中心向东西部递减的趋势, 西部地区山杏油脂含量总体高于东部地区。其中, 内蒙古克旗县山杏油脂含量最低, 为 36.10%, 陕西麟游县山杏油脂含量最高, 为 50.40%; 2) 不同产地山杏抗氧化活性值波动小, 表现出随机分布现象。其中, 河北平泉县山杏油抗氧化活性值最低, FRAP 值为 40.30, 内蒙古林西县山杏抗氧化活性值最高, FRAP 值为 55.48; 3) 不同品种山杏油脂含量差异显著, 普通杏油脂含量高于西伯利亚杏; 而抗氧化活性差异不显著; 4) 综合考虑山杏油脂含量、抗氧化活性、品种、杏核物理特征以及林木生物学特征, 采用主成分分析的方法, 将山杏的产地划分为 2 类, 即优质产地和一般产地。优质产地有 15 个, 包括延庆、密云、平泉、隆化、霍城、朝阳、麟游、广灵、围场、志丹、镇原、林西、宁城、新源、巩留, 其中新疆巩留为山杏最优产地。

关键词:山杏; 油脂含量; 抗氧化活性; 优质产地

中图分类号:S662.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2015)04-0109-07

Research on Differences of Apricot Kernels Oil Content and Antioxidant Activity Between Different Habitats

WEI Yuan-ni¹, ZHAO Zhong^{1,2*}, ZHU Hai-lan²

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Key Laboratory of Environment and Ecology in Western China, Ministry of Education, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The content of the oil and its antioxidant activity of apricot kernels can be used for identifying the kernel quality, and zoning the areas for the production of high-quality kernel. Apricot kernels were sampled from 24 counties of 8 provinces, such as Beijing, Hebei, Shanxi, Shaanxi, Inner Mongolia, Liaoning, Xinjiang, and Gansu. The oil contents and antioxidant activities of the samples were measured. The results showed that 1) the kernels had higher oil content from Ansai, Linyou, Zhidan (Shaanxi Province), and decreased gradually in western and eastern areas away from these counties. Generally, the kernels had higher oil content in western regions than in eastern ones. Meanwhile, the minimum oil content was 36.10%, which located on Keqi, Inner Mongolia, and the highest was 50.40%, located on Linyou, Shaanxi Province. 2) There was small fluctuation in antioxidant activity between different habitats and the value presented random distribution. The values of FRAP were between 40.30 and 55.48, which were collected from Pingquan, Hebei Province and Linxi, Inner Mongolia, respectively. 3) The oil contents between varieties were significant, in which the oil content of *P. armeniaca*'s apricot was higher than *Prunus siberia*, while no significant difference in antioxidant activity. 4) We divided two categories by the

收稿日期: 2014-11-20 修回日期: 2015-03-01

基金项目: 国家林业局林业公益性行业科研专项“仁用杏精深加工技术与开发”(200904020)。

作者简介: 韦苑妮, 女, 在读硕士, 研究方向: 森林培育理论与技术及化妆品工艺学。E-mail: weiyuanni1988@163.com

* 通信作者: 赵忠, 男, 教授, 博士生导师, 研究方向: 森林培育。E-mail: zhaozh@nwsuaf.edu.cn

method of principal component analysis based on the oil content, antioxidant activity, varieties, physical properties of apricot seeds and biological characteristics of apricot trees. Fifteen counties were ranked as the habitats to produce high quality kernels, such as Yanqing, Miyun, Pingquan, Longhua, Huocheng, Chaoyang, Linyou, Guangling, Weichang, Zhidan, Zhenyuan, Linxi, Ningcheng, Xinyuan, and Gongliu, and Gongliu was the best habitat.

Key words: apricot kernel; oil content; antioxidant activity; high quality habitat

山杏仁泛指在我国北方地区有广泛分布的西伯利亚杏(*Prunus sibirica*)和普通杏(*Prunus armeniaca*)生产的种仁,是食品、化妆品和保健品生产的珍贵原料^[1-3]。目前生产上多采用《仁用杏杏仁质量等级(GB/T 20452-2006)》鉴定山杏的优劣。由于对山杏加工利用的品质及其优质产地区划分缺乏研究,制约了加工企业对优质山杏原料的选择。

马玉花^[4]等人的研究表明,不同产地的山杏油脂含量存在着明显的差异。卢斌^[5]等人对黄土高原南部地区山杏油脂含量的研究进一步表明,产地生境的差异是造成山杏油脂含量差异的主要原因。因此,在更大范围研究山杏油脂含量的变异,以及不同产地山杏氧化活性的差异,为山杏品质鉴定提供依据,确定优质产地具有重要意义。

以我国北方 8 个山杏主产区(辽宁省、内蒙古自治区、河北省、北京市、山西省、甘肃省、陕西省和新疆维吾尔自治区)为研究区域,采用典型抽样的方法在上述区域选择成熟的山杏林分,设置样地,获取山杏样品。测定油脂含量及其抗氧化活性。运用主成分分析的方法,通过分析产地生境因子与山杏油脂含量及其抗氧化活性的关系,揭示了山杏油脂含量及其抗氧化活性差异的本质,确定出优质产地。

1 研究方法

1.1 样品采集与处理

依据山杏的地理分布,采样区域以山杏集中分布的北京市、甘肃省、河北省、内蒙古自治区、山西省、陕西省、辽宁省和新疆维吾尔自治区为主。根据收集的资料,在各省选取山杏地理分布面积最多的市,再在各市选取 3 个山杏分布面积最多的县,通过当地林业部门了解该县域山杏集中分布的 3 个乡镇,确定为选定县域的具体采样地点。3 个采样乡镇内分别选取 3 个已进入果实成熟期的山杏林分(天然林或者退耕还林的人工林,共 9 块样地),每个林分中设置一块 20 m×20 m 的样地,记录样地概况(表 1),统计样本生物学特征(表 2)。在每块样地内,随机选取 5 株样本,调查结实数量,从每株样本上采集约 100 个果实,剥取杏核,装入纱网袋并编号,带回实验室测量杏核物理特征(表 3)。

外业收集的杏核用水清洗,然后用 3% 过氧化氢配成 1:20 溶液(*v/v*)浸泡 20 min,置于通风处,阴干后连同标签装纱网袋,4℃ 冰箱保存。其中内蒙古自治区、河北省、北京市、辽宁省区域山杏品种为普通杏,而新疆维吾尔自治区、陕西省、甘肃省、山西省区域山杏品种为西伯利亚杏。

1.2 试剂及仪器

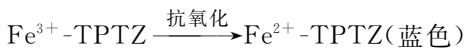
石油醚(沸程 30℃~60℃,AR,成都市科龙化工试剂厂);旋转蒸发仪(上海申生科技有限公司);粉碎机(FS200S-1 手提式,广州雷迈机械设备有限公司);电子天平(赛多利斯科学仪器有限公司);电热恒温水浴锅(上海匡贝实业有限公司);索氏提取器(郑州中天实验仪器有限公司);30 目标准检验筛(浙江省大虞市大亨桥化验仪器厂);紫外分光光度计(岛津,型号 UV1700)。

1.3 山杏油脂测定方法

采用索氏提取法^[6]测定山杏油脂含量。使用粉碎机将烘干的杏仁粉研成粉末,过 30 目筛,称取过筛的山杏粉 5 g,加入折叠好的滤纸,装入索氏提取器中,用沸程 30℃~60℃ 石油醚水浴加热回流提取 8 h;后旋转蒸发仪回收石油醚获得试验油样,重复 3 次,得黄色透明山杏油。杏仁油样品-20℃ 保存待检。

1.4 山杏抗氧化活性测定方法

1.4.1 铁离子还原/抗氧化能力分析(ferric reducing/antioxidant power, FRAP) 参照 Benzie 与 Strain 的方法^[7-8],并扩大了溶液容量,该方法原理为在酸性条件下,Fe³⁺-TPTZ 可被样品中还原性物质还原为 Fe²⁺-TPTZ 形式,并呈现出明显的蓝色,于 593 nm 处具有最大光吸收。在 Fe³⁺-TPTZ 过量的情况下,检测蓝色物质的生成量可以反映待测样品的还原能力,即样品的总还原能力。以 Trolox 为标准溶液,根据反应后的 A 值,在标准曲线上求得相应 Trolox 浓度(μmol·L⁻¹),求得每克样品相当于 Trolox 的微摩尔量定义为 FRAP 值。FRAP 值越大,抗氧化活性越高。



1.4.2 山杏抗氧化活性的测定 用无水乙醇溶液将提取纯化的山杏油配制成 100 μg·mL⁻¹。用试

管取 2 mL 100 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 山杏油溶液,再准确加入 3 mL FRAP 工作液(由 0.3 mol $\cdot \text{L}^{-1}$ 醋酸盐缓冲液,10 mmol $\cdot \text{L}^{-1}$ TPTZ 溶液,20 mmol $\cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液以 10 : 1 : 1 的比例组成,现配现用,37℃ 预

热),混匀,37℃ 条件下反应 10 min,于 593 nm 处测定吸光值,每个试验重复 3 次。

同样,按照上述方法,以 100~600 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Trolox 的标准溶液代替样品绘制标准曲线。

表 1 不同产地样地概况

Table 1 Overview of different natural and geographical habitats

产地	海拔/m	纬度	经度	年平均降水量/mm	≥10℃ 积温/℃	坡度/(°)
北京市怀柔区	423±137	40.69°	116.64°	650.00	4 223.00	38±10
北京市密云县	304±66	40.47°	117.16°	661.30	4 073.90	30±0
北京市延庆县	672±86	40.55°	116.19°	625.00	2 774.80	29±26
甘肃省华池县	1 217±98	36.35°	107.95°	510.00	2 896.70	25±20
甘肃省环县	1 369±148	36.47°	107.35°	425.00	2 487.30	30±6
甘肃省镇原	1 378±33	35.62°	107.24°	490.00	2 894.30	24±18
河北省隆化县	760±15	40.18°	117.35°	516.30	2 850.00	26±2
河北省平泉	662±11	40.99°	118.72°	540.00	3 745.00	30±3
河北围场县	1 097±71	41.31°	117.73°	445.00	2 650.00	26±2
内蒙古克旗	110±93	43.47°	117.85°	325.00	2 550.00	10±4
内蒙古林西县	1 172±82	43.75°	118.12°	379.90	2 543.50	11±7
内蒙古宁城	1 116±22	41.53°	118.92°	460.00	3 120.00	7±4
山西省广灵	1 270±16	39.90°	114.41°	408.80	2 668.00	5±1
山西省浑源	1 390±57	39.84°	113.57°	424.60	2 550.00	11±8
山西省阳高县	1 355±80	40.28°	113.90°	400.00	2 909.00	12±4
陕西省安塞县	1 288±45	37.01°	109.15°	505.30	3 074.10	25±20
陕西省麟游县	1 163±37	34.63°	107.85°	656.00	3 019.00	30±6
陕西省志丹县	1 418±32	36.82°	108.73°	520.00	2 971.10	24±18
辽宁省喀左县	1 292±54	41.33°	120.03°	491.50	3 300.00	10±2
辽宁省凌源县	695±21	41.48°	119.61°	477.50	3 413.30	13±7
辽宁省朝阳县	1 303±28	41.82°	120.20°	486.00	3 589.00	8±4
新疆巩留县	1 342±23	43.26°	82.74°	490.00	3 055.00	32±31
新疆霍城县	1 409±182	44.39°	80.88°	300.00	3 534.00	45±19
新疆新源县	1 181±122	43.57°	83.35°	479.70	2 952.00	42±25

表 2 8 省区山杏样本生物学特征

Table 2 Biological characteristics of apricot trees in eight areas

产地	结实量/个	林分密度 /(株 $\cdot \text{hm}^{-2}$)	杏核单产 /(kg $\cdot \text{hm}^{-2}$)	树龄/a	株高/m
北京市怀柔区	717±480	544±180	366.8±163.5	10±2	4.5±2.8
北京市密云县	2 067±115	100±67	288.5±288.5	11±2	7.7±0.5
北京市延庆县	1 061±900	214±122	288.7±176.0	17±4	5.1±0.6
甘肃省华池县	2 696±1 591	659±119	1 766.2±827.8	18±8	7.4±2.1
甘肃省环县	3 373±2 085	553±204	1 714.8±1 063.1	24±10	7.5±2.9
甘肃省镇原	2 536±1 974	570±497	961.8±657.2	20±9	7.4±3.0
河北省隆化县	91±45	2 502±354	303.8±159.1	29±2	2.1±0.3
河北省平泉	526±126	2 113±731	1 708.2±793.8	14±2	3.7±0.6
河北围场县	91±45	2 502±354	303.8±159.1	29±2	2.1±0.3
内蒙古克旗	336±25	1 453±433	567.0±168.3	10±2	1.4±0.1
内蒙古林西县	370±80	1 304±360	516.3±139.4	9±2	1.3±0.1
内蒙古宁城	754±463	1 059±267	1 123.3±367.9	11±4	3.3±0.7
山西省广灵	574±301	319±91	177.2±60.4	28±19	6.1±2.2
山西省浑源	577±966	425±215	214.8±301.4	13±2	3.6±0.4
山西省阳高县	532±411	275±81	175.0±152.8	18±4	4.0±0.5
陕西省安塞县	2 798±1 291	759±129	1 666.2±827.8	17±8	7.5±2.3
陕西省麟游县	3 573±2 285	583±234	1 734.8±1 063.1	22±10	7.9±2.9
陕西省志丹县	2 636±1 774	579±437	961.8±687.2	20±7	7.4±2.0
辽宁省喀左县	334±25	1 553±333	597.0±188.3	11±2	1.5±0.1
辽宁省凌源县	375±80	1 354±375	526.3±149.4	10±2	1.7±0.1
辽宁省朝阳县	756±363	1 159±297	1 223.3±377.9	12±4	3.2±0.7
新疆巩留县	5 204±2 786	348±109	2 371.2±1 790.0	31±11	7.5±1.0
新疆霍城县	3 240±1 393	198±72	808.1±288.8	37±11	6.5±0.6
新疆新源县	6 717±3 720	359±202	2 849.0±1 751.0	116±58	7.5±1.3

表 3 8 省区山杏杏核物理特征

Table 3 Physical properties of apricot seeds in eight area

产地	杏核横径 <i>Ls</i> /mm	杏核纵径 <i>Ts</i> /mm	杏核侧径 <i>Ws</i> /mm	杏核球径 <i>Dps</i> /mm	杏核球度 Φ_s	果核重 <i>Ms</i> /g
北京市怀柔区	14.35±3.31	16.51±3.32	8.95±1.54	12.84±2.51	90±4	1.12±0.11
北京市密云县	15.14±1.10	17.71±1.61	10.34±0.57	14.03±0.66	93±3	1.18±0.40
北京市延庆县	18.81±1.27	18.64±1.47	9.87±0.34	15.11±0.65	81±5	1.49±0.19
甘肃省华池县	18.52±1.55	14.79±0.80	9.91±0.37	13.94±0.74	75±3	1.07±0.17
甘肃省环县	18.39±1.51	14.71±1.38	9.90±0.64	13.88±1.06	76±2	1.03±0.22
甘肃省镇原	19.19±0.81	15.63±0.60	9.88±0.35	14.36±0.47	75±2	1.15±0.11
河北省隆化县	17.78±1.03	19.14±0.83	9.93±0.83	15.00±0.75	85±2	1.35±0.18
河北省平泉	18.62±1.20	19.31±1.06	10.41±1.15	15.51±1.01	83±2	1.47±0.14
河北围场县	17.78±1.03	19.14±0.83	9.93±0.83	15.00±0.75	85±2	1.35±0.18
内蒙古克旗	17.87±0.20	17.26±1.42	9.46±0.15	14.28±0.42	80±2	1.17±0.05
内蒙古林西县	17.41±0.85	16.22±0.80	9.17±0.32	13.73±0.57	79±2	1.10±0.14
内蒙古宁城	19.19±2.60	23.04±4.66	10.35±0.74	16.58±2.18	86±2	1.67±0.55
山西省广灵	23.09±3.99	18.67±2.59	10.36±0.70	16.44±1.96	72±4	1.07±0.19
山西省浑源	18.05±2.35	22.78±4.39	10.31±1.09	16.15±2.13	89±3	1.11±0.25
山西省阳高县	19.02±1.29	16.04±1.29	9.35±0.97	14.16±0.86	75±6	1.17±0.21
陕西省安塞县	22.10±1.02	17.52±0.87	10.45±0.85	15.72±0.97	76±3	1.15±0.23
陕西省麟游县	19.10±1.12	19.80±1.22	10.50±0.65	17.24±1.25	75±2	1.24±0.54
陕西省志丹县	19.24±1.45	18.54±0.95	13.45±0.78	15.89±1.06	79±2	1.28±0.18
辽宁省喀左县	16.87±0.20	18.26±1.32	9.36±0.25	13.28±0.42	81±6	1.16±0.05
辽宁省凌源县	15.41±0.65	15.22±1.80	9.57±0.42	13.63±1.57	79±4	1.19±0.34
辽宁省朝阳县	18.19±1.60	23.24±5.66	10.55±0.74	16.38±2.18	85±2	1.57±0.45
新疆巩留县	15.39±0.66	17.48±0.75	10.50±0.34	14.13±0.39	92±2	1.26±0.12
新疆霍城县	15.75±0.85	18.53±0.80	10.47±0.52	14.51±0.67	92±1	1.38±0.19
新疆新源县	15.01±0.95	18.73±1.21	10.16±0.44	14.19±0.77	95±2	1.31±0.21

注:*Lf*:杏核横径;*Wf*:杏核侧径;*Tf*:杏核纵径;*Ms*:杏核重量;*Dps*:杏核球径; Φ_s :杏核球度。

1.5 优质产地的确定

1.5.1 采用单因素方差分析法 分析 8 省自治区 24 个县山杏油脂含量,在 $\alpha=0.05$ 水平上检验油脂含量差异的显著性,初步确定油用杏仁优质产地。

1.5.2 采用单因素方差分析法 分析 8 省自治区 24 个县山杏抗氧化活性值,在 $\alpha=0.05$ 水平上检验山杏抗氧化活性差异的显著性,探索不同产地山杏抗氧化活性分布规律,为山杏优质产地划分提供依据。

1.5.3 不同产地评价 将山杏品种、油脂含量、FRAP 值、杏核横径、杏核纵径、杏核侧径、杏核球径、杏核球度、果核重、林分密度、结实量、树龄、株高、降水量、积温、海拔、纬度、经度进行主成分分析,根据综合评价函数,得出不同产地山杏品质综合得分。根据综合得分,将综合评价得分高于平均水平($F>0$)的产地确定为优质产地;将综合评价得分等于或小于平均水平($F\leq 0$)的产地定义为一般产地。

1.6 数据处理

采用 Excel 进行数据处理和计算,采用 SPSS17.0 进行单因素方差分析(one-way ANOVA)、Duncan 多重比较、独立样本 *T* 检验以及回归分析,在 $\alpha=0.05$ 水平上检验差异的显著性;使用 Origin 9 绘制垂直分布图;采用 SPSS17.0 和 Excel 2007 进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同产地山杏油脂含量差异

由表 4 可知,不同产地山杏油脂含量在 36.10%~50.40%之间,其中内蒙古克旗县山杏油脂含量最低为 36.10%,陕西麟游县山杏油脂含量最高为 50.40%。陕西、北京、甘肃、新疆、山西 5 产区产地间山杏油脂含量波动小,产地间油脂含量方差分析均存在不显著的现象。而辽宁、河北、内蒙古 3 产区产地间山杏油脂含量存在显著差异。说明山杏油脂含量呈现出以陕西安塞、麟游、志丹为中心向东西部递减的趋势,西部地区山杏油脂含量总体水平高于东部地区。

2.2 不同品种山杏油脂含量差异

普通杏与西伯利亚杏油脂含量分别为 45.27%、43.53%。根据独立样本 *T* 检验结果可知,西伯利亚杏与普通杏油脂含量差异显著(图 1)。

2.3 Trolox 标准曲线的绘制

由图 2 可知,Trolox 浓度在 100~600 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 范围内与其在 593 nm 处的吸光度呈良好线性关系。直线方程为: $Y=0.005\ 4X-0.171\ 6,R^2=0.997\ 4$ 。

表 4 不同产地山杏油脂含量

Table 4 Oil contents of apricot kernels from different habitats

省/自治区	县	油脂含量	省/自治区	县	油脂含量
北京	密云	46.93 ±0.36a	陕西	志丹	49.91 ±0.23a
	怀柔	44.66 ±0.21b		安塞	47.31 ±0.37b
	延庆	44.03 ±0.32b		麟游	50.40 ±0.36a
甘肃	华池	45.33 ±0.93a	辽宁	朝阳	42.91 ±0.22b
	环县	45.77 ±0.54a		喀左	44.05 ±0.21a
	镇原	45.44 ±1.17a		凌源	40.96 ±0.20c
河北	隆化	44.14 ±0.43b	内蒙古自治区	林西	42.08 ±2.03b
	围场	38.07 ±0.27c		宁城	49.22±0.95a
	平泉	48.16 ±0.51a		克旗	36.10 ±0.51c
新疆维吾尔自治区	霍城	45.81 ±0.35a	山西	浑源	44.95 ±1.00a
	新源	45.47 ±0.49a		广灵	40.65 ±0.74b
	巩留	44.25 ±0.88a		阳高	43.12 ±0.24a

注:邓肯多重比较仅限于同产区不同产地之间;不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著($p<0.05$);下同。

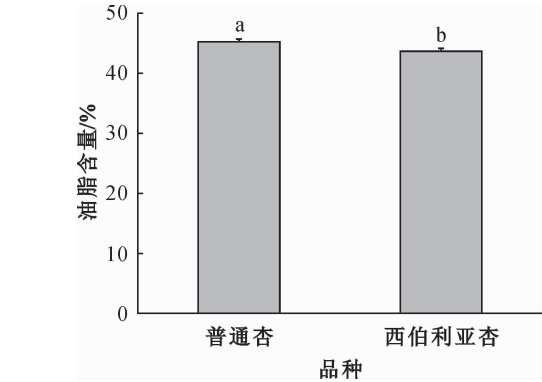


图 1 不同品种山杏油脂含量垂直分布

Fig.1 Vertical distribution of apricot kernels oil content between different varieties

2.4 不同产地山杏抗氧化活性比较

FRAP 值表示山杏总抗氧化活性大小,FRAP 值越大,抗氧化活性越强。不同产地山杏 FRAP 值在 40.30~55.48 之间(表 5),其中河北平泉县山杏

油抗氧化活性值最低,FRAP 值为 40.30,内蒙古林西县山杏抗氧化活性值最高,FRAP 值为 55.48。河北产区隆化县、围场县、平泉县产地间山杏抗氧化活性值存在显著差异,而其余 7 个产区山杏抗氧化活性值波动小,方差分析均存在不显著现象。此外,不同产地山杏抗氧化活性值呈现随机分布现象。

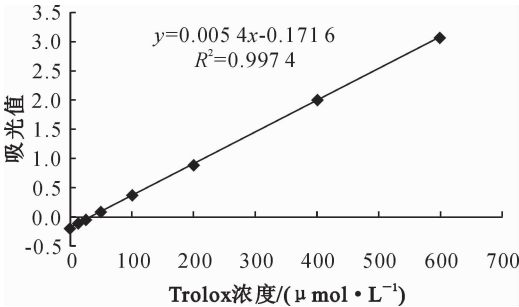


图 2 Trolox 标准曲线

Fig.2 Trolox standard curve

表 5 不同产地山杏 FRAP 值

Table 5 The value of FRAP of apricot kernels from different habitats

省/自治区	县	FRAP 值	省/自治区	县	FRAP 值
北京	密云	52.58 ±0.40a	陕西	志丹	52.76 ±0.34a
	怀柔	46.87 ±1.30b		安塞	44.19 ±0.74b
	延庆	49.48 ±0.91ab		麟游	44.72 ±0.29b
甘肃	华池	47.11 ±0.95a	辽宁	朝阳	46.10 ±0.86a
	环县	46.78 ±1.33a		喀左	46.66 ±0.67a
	镇原	44.59 ±0.51a		凌源	47.02 ±0.37a
河北	隆化	48.51 ±0.54b	内蒙古自治区	林西	55.48 ±1.58a
	围场	50.11 ±0.49a		宁城	50.19 ±1.61b
	平泉	40.30 ±0.11c		克旗	48.26 ±1.24b
新疆维吾尔自治区	霍城	49.22 ±1.04a	山西	浑源	46.59 ±1.57b
	新源	48.28 ±1.29a		广灵	48.32 ±1.36b
	巩留	45.79 ±1.92a		阳高	54.56 ±0.99a

2.5 不同品种山杏抗氧化活性比较

由图 3 可知,普通杏与西伯利亚杏抗氧化活性 FRAP 值分别为 47.79、49.18。根据独立样本 T 检验结果可知,西伯利亚杏与普通杏抗氧化活性差异

不显著。

2.6 不同产地综合评价及优质产地分布

根据主成分分析结果,延庆、密云、平泉、隆化、霍城、朝阳、麟游、广灵、围场、志丹、镇原、林西、宁

城、新源、巩留山杏综合得分高于平均水平,而喀左、克旗、凌源、华池、环县、浑源、阳高、安塞山杏综合得分低于平均水平。由图 4 可知,山杏优质产地主要分布在新疆、甘肃、陕西地区。因此,延庆、密云、平泉、隆化、霍城、朝阳、麟游、广灵、围场、志丹、镇原、林西、宁城、新源、巩留可作为山杏优质产地。

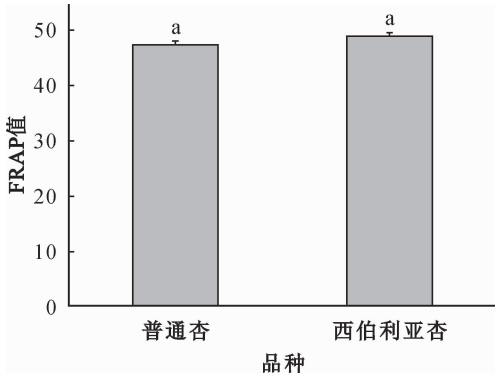


图 3 不同品种山杏 FRAP 值垂直分布

Fig. 3 Vertical distribution of FRAP value of apricot kernels between different varieties

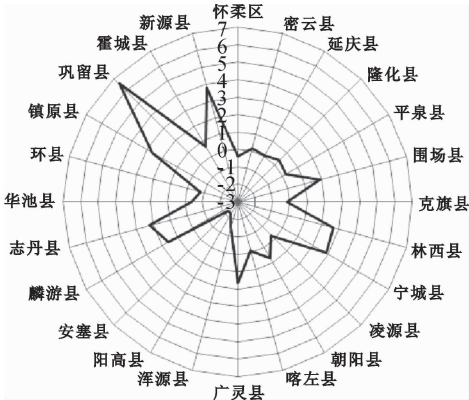


图 4 不同产地山杏综合评价排序

Fig. 4 Comprehensive evaluation of apricot kernels of different habitats

3 结论与讨论

3.1 山杏油脂含量差异

通过对不同产区不同产地山杏油脂含量的研究,以油脂含量为标准,不同产区和不同产地山杏油脂含量均存在显著差异。内蒙古克旗县山杏油脂含量最低,为 36.10%,陕西麟游县山杏油脂含量最高,为 50.40%,与马玉花^[4]的研究基本一致。不同产地山杏油脂含量呈现出由陕西、河北、北京地区向东西部减少趋势。不同品种山杏油脂含量存在差异,可能原因是遗传特性不同。李明^[9-10]等研究显示,产地立地条件对山杏的变异产生较大影响,而杏仁产量、抗冻能力、杏仁油脂含量与其种质间存在相关性。

3.2 山杏抗氧化活性差异

S. Yasmin^[3]通过动物试验表明杏仁油具有缓解紫外线引起的皮肤组织伤害和延缓皮肤衰老,间接显示了杏仁油的抗氧化功能。孔浩^[11]、张继^[12]等通过建立体外化学体系发现山杏油具有较强的自由基清除能力,尤其是羟自由基清除能力最好,当浓度为 0.1 mg · mL⁻¹时清除率可达 60% 以上,而其对应 0.025 mg · mL⁻¹浓度则表现出良好的超氧阴离子自由基清除能力,进一步证实山杏油具有的抗氧化活性。通过不同产地山杏抗氧化活性研究,发现不同产地山杏抗氧化活性总体差异小,呈现随机分布现象。河北平泉县山杏抗氧化活性最低,为 40.30,内蒙古林西县山杏抗氧化活性最高,为 55.48。

S. K. W. Siriwardhana^[13]等研究发现褐色杏仁皮和绿色杏仁壳总抗氧化能力、自由基清除能力、超氧阴离子自由基清除能力、羟自由基清除能力以及 DPPH 清除能力均高于杏仁种皮,与 S. S. K. Wijeratne^[14]的研究褐色杏仁皮和绿色杏仁壳提取物总酚含量高于杏仁种子相一致。同时, A. S. Jahanban^[15]的研究也显示杏仁提取物抗氧化活性与杏仁提取物中多酚含量有关。I. G. T. Carlo^[16]等研究显示种子油的抗氧化活性与其富有的脂肪酸、维生素 E、多酚含量等具有极大关系。山杏油脂具有良好的抗氧化能力,可能与其含有丰富不饱和脂肪酸、维生素、多酚等有关。

3.3 山杏优质产地

山杏油脂含量最高产地是陕西省麟游县,而山杏抗氧化活性最高产地是内蒙古林西县。综合考虑山杏品种、油脂含量、抗氧化活性、杏核物理特征、林木生物学特征以及自然地理特征,山杏优质产地主要分布在西北新疆、甘肃、陕西地区,可作为山杏生产的优质产地有:延庆、密云、平泉、隆化、霍城、朝阳、麟游、广灵、围场、志丹、镇原、林西、宁城、新源、巩留。

参考文献:

[1] 马玉花, 赵忠, 李科友, 等. 杏仁油的理化性质及脂肪酸组成的试验研究[J]. 中国粮油学报, 2008(1):99-102.
MA Y H, ZHAO Z, LI K Y, *et al.* Physicochemical property and fatty acid composition of bitter almond oil[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2008(1):99-102. (in Chinese)
[2] 李科友, 史清华, 朱海兰, 等. 苦杏仁化学成分的研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2):124-126.
LI K Y, SHI Q H, ZHU H L, *et al.* Chemical compositions in bitter almond[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004, 19(2):124-126. (in Chinese)

[3] YASMIN S. Effect of pre-treatment of almond oil on ultraviolet B-induced cutaneous photoaging in mice[J]. Journal of Cosmetic Dermatology, 2007(6):1-14.

[4] 马玉花, 赵忠, 李科友, 等. 不同产地山杏油的含量及成分分析[J]. 中国粮油学报, 2009(11):70-73.

MA Y H, ZHAO Z, LI K Y, *et al.* Oil content and composition of almond from different producing area[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009 (11): 70-73. (in Chinese)

[5] 卢斌, 赵忠, 李明, 等. 山杏自然变异及其对产区间山杏含油量的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2010, 38(8):61-66.

LU B, ZHAO Z, LI M, *et al.* Natural variation of *Prunus armeniaca* and its influence on almond oil content between different producing areas[J]. Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Ed., 2010, 38(8):61-66. (in Chinese)

[6] 玉晏飞, 薛飞燕. 索氏提取法测定黏红酵母含油量的改进[J]. 中国粮油学报, 2013(2):110-112.

YV Y F, XUE F Y. Oil content of *Rhodotorula glutinis* determined by modified Soxhlet- extraction [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013(2): 110-112. (in Chinese)

[7] GUO C J, YANG J J, WEI J Y, *et al.* Antioxidant activities of peel pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay[J]. Nutrition Research, 2003, 23:1719-1726.

[8] 赵文恩, 李茜倩. FRAP 法测定大红枣皮红色素的总抗氧化能力[J]. 郑州大学学报:工学版, 2011(3):28-30, 35.

ZHAO W E, LI Q Q. Determination of total antioxidant capacity of Red Pigments from Chinese Jujube Peel by the Ferric reducing/antioxidant power assay [J]. Journal of Zhengzhou University:Engineering Science, 2011(3):28-30, 35. (in Chinese)

[9] 李明, 赵忠, 杨吉安, 等. 黄土高原山杏种质资源分类研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(1):8-12.

LI M, ZHAO ZH, YANG J A, *et al.* Classification on germplasm resources of *Armeniaca sibirica* in the Loess Plateau [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(1): 8-12. (in Chinese)

[10] 李明, 赵忠, 杨吉安, 等. 黄土高原不同县域山杏种质遗传多样性研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2011, 39(2):143-149, 156.

LI M, ZHAO Z, YANG J A, *et al.* Genetic diversity analysis on germplasm of *Armeniaca sibirica* in different counties in Loess Plateau [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat. Sci. Ed., 2011, 39(2):143-149, 156. (in Chinese)

[11] 孔浩, 张继. 杏仁油及葡萄籽油清除自由基能力研究[J]. 甘肃科技, 2008(6):57-58, 21.

KONG H, ZHANG J. The capability of scavenging free radicals of almond and grape seed oil[J]. Gansu Science and Technology, 2008(6):57-58, 21. (in Chinese)

[12] 张继, 孔浩, 张芳. 植物油清除自由基能力研究[J]. 安徽农业科学, 2008(9):3521-3523.

ZHANG J, KONG H, ZHANG F. Research on the scavenging capacity of free radical [J]. Journal of Anhui Agri. Sci., 2008(9):3521-3523. (in Chinese)

[13] SIRIWARDHANA S K W, SHAHIDI F. Anti-radical activity of extracts of almond and its by-products[J]. Journal of American Oil Chemistry Society, 2002, 79:903-908.

[14] WIJERANTNE S S K, ABOU-ZAID M M. SHAHIDI F. Antioxidant poly-phenols in almond and its co-products[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2006, 54: 312-318.

[15] JAHANBAN A S, MAHMOODZADEH A, HASANZADEH A, HEIDARI R., JAMEI R. Antioxidants and anti-radicals in almond hull and shell (*Amygdalus communis* L.) as a function of genotype[J]. Food Chemistry, 2009, 115: 529-533.

[16] CARLO I G T, ADAM K, ERIKA S, PALOL C. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use[J]. Food Chemistry, 2007, 103:1494-1501.