

文章编号: 1674 - 7054(2020)01 - 0031 - 11

# 产地和果形对槟榔主要活性成分及抗氧化活性的影响

陈明洋, 卓小垒, 代佳妮, 于 靖, 戚华沙, 吴友根

(海南大学 园艺学院, 海口 570228)

**摘要:** 为了系统研究海南不同产地及果形槟榔的主要活性成分及抗氧化活性, 采用比色法测定成熟槟榔青皮和种子的总生物碱和总黄酮含量, 采用 DPPH, ABTS 和 FRAP 法测定其抗氧化能力, 利用 SPSS 软件进行主成分分析和聚类分析, 采用 TOPSIS 法进行综合评价。结果表明: 不同产地的成熟槟榔, 其形态指标及抗氧化能力明显不同, TOPSIS 综合排序显示白石岭 4(BSL4) 的抗氧化能力最强; 果实越饱满的槟榔, ABTS 自由基清除能力越强。

**关键词:** 槟榔 (*Areca catechu* L.); 抗氧化能力; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S 667.9 文献标志码: A DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2020.01.006

槟榔 (*Areca catechu* L.) 是棕榈科槟榔属植物, 在诸多中药典籍中均有记载, 又名槟榔、宾门、大腹子、洗瘴丹、大腹槟榔。槟榔原产于东南亚, 在中国的多个省份都有种植, 其中, 海南省种植最多, 槟榔现已成为海南省热带农业的支柱产业<sup>[1]</sup>。据记载, 槟榔的种子、果壳和花都具有一定的药用价值<sup>[2]</sup>, 槟榔就是槟榔成熟之后的种子。研究表明, 槟榔具有促进血液循环、杀虫消积、防治心脑血管疾病及抗疲劳等功效<sup>[2-5]</sup>。生物体内部机制处于平衡状态下时产生的自由基是体内组织正常代谢产物, 如果外界环境条件出现不利于生物体生长的变化, 就会使生物体内部稳态遭到破坏, 从而引发体内自由基处于不平衡状态, 自由基就会破坏组织中的不饱和脂肪酸, 进而产生一系列不利于生物体生长发育的反应, 所导致自由基和脂质的超负荷损坏, 就会出现许多疾病<sup>[6-7]</sup>。许多研究表明, 槟榔提取物具有较好的抗氧化活性, 袁列江等<sup>[8]</sup>用小鼠进行实验, 发现槟榔粗提取物、乙酸乙酯和水溶物具有较好的抗氧化活性。GUOTA 等<sup>[9]</sup>的实验结果表明, 槟榔的甲醇提取物能够显著对抗过氧化氢引起的仓鼠肺成纤维细胞 V79-4 氧化损伤, 其抗氧化活性比白藜芦醇还高。张海德等<sup>[10]</sup>用 3 种不同溶剂提取槟榔, 发现乙醇槟榔提取物的抗氧化活性最强。我国的槟榔主产地在海南, 深加工却在湖南, 这对海南槟榔产业的发展有较大制约。因此, 发现槟榔的药用价值, 开发新产品, 对海南的槟榔产业的发展具有重要的现实意义<sup>[11-12]</sup>。笔者以成熟槟榔的青皮与槟榔种子作为研究的主要材料, 对其总黄酮、总生物碱含量及其抗氧化能力进行比较, 通过相关性分析槟榔青皮与槟榔种子抗氧化性同槟榔果和槟榔种子形态之间的关系, 以为槟榔的进一步开发利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 本试验 27 份槟榔样品分别采自海南白石岭 (BSL)、岭口 (LK)、乌石 (WS) 3 个产地, 白石岭 (BSL)10 份、岭口 (LK)9 份、乌石 (WS)8 份, 每份 10 粒成熟槟榔果。采后迅速装袋带回实验室, 进行青果

收稿日期: 2019 - 09 - 04 修回日期: 2019 - 12 - 02

基金项目: 海南省自然科学基金项目 (20168364)

第一作者: 陈明洋 (1996-), 女, 海南大学园艺学院 2017 级硕士研究生. E-mail: 593606173@qq.com

通信作者: 于靖 (1985-), 女, 博士, 讲师. 研究方向: 南药种质资源与开发利用. E-mail: 272926464@qq.com

形态指标测定,然后去皮测种子形态指标,二者均取平均值,精确到 0.001 g。然后将种子风干,粉碎,备用。采摘槟榔的具体时间及地点见表 1。

表 1 海南不同产地槟榔种子样品收集

Tab. 1 Fruit samples of *Areca catechu* L collected from different habitats in Hainan

编号 Number	代码 Code	种子样品来源 Source of samples	采样时间 Sampling time
1	BSL1	海南省琼海市白石岭	2016-03
2	BSL2	海南省琼海市白石岭	2016-03
3	BSL3	海南省琼海市白石岭	2016-03
4	BSL4	海南省琼海市白石岭	2016-03
5	BSL5	海南省琼海市白石岭	2016-03
6	BSL6	海南省琼海市白石岭	2016-03
7	BSL7	海南省琼海市白石岭	2016-03
8	BSL8	海南省琼海市白石岭	2016-03
9	BSL9	海南省琼海市白石岭	2016-03
10	BSL10	海南省琼海市白石岭	2016-03
11	LK1	海南省定安县岭口镇	2016-03
12	LKX2	海南省定安县岭口镇	2016-03
13	LKD3	海南省定安县岭口镇	2016-03
14	LK4	海南省定安县岭口镇	2016-03
15	LK5	海南省定安县岭口镇	2016-03
16	LK6	海南省定安县岭口镇	2016-03
17	LK7	海南省定安县岭口镇	2016-03
18	LK8	海南省定安县岭口镇	2016-03
19	LK9	海南省定安县岭口镇	2016-03
20	WS1	海南省琼中县乌石农场	2016-03
21	WS2	海南省琼中县乌石农场	2016-03
22	WSJX3	海南省琼中县乌石农场	2016-03
23	WS4	海南省琼中县乌石农场	2016-03
24	WS5	海南省琼中县乌石农场	2016-03
25	WS6	海南省琼中县乌石农场	2016-03
26	WS7	海南省琼中县乌石农场	2016-03
27	WS8	海南省琼中县乌石农场	2016-03

1.2 DPPH 自由基清除能力测定 参照文献 [13]的方法,最终结果以  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  Trolox 当量抗氧化能力 (Trolox equal antioxidant capacity, TEAC) 表示。采用同槟榔样品相同的方法,利用标准溶液绘制标准曲线:  $y = -0.0003x + 0.9403$ , ( $R^2 = 0.9978$ )。

1.3 ABTS 自由基清除能力测定 参照文献 [14]的方法,最终结果以  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  Trolox 当量抗氧化能力表示。按照样品测试方法,标准曲线:  $y = -0.0004x + 0.6354$ , ( $R^2 = 0.9936$ )。

1.4 FRAP 总还原能力测定 参照文献 [15]的方法,最终结果以  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  Trolox 当量抗氧化能力表示。以 Trolox 标准溶液按照样品测试方法,绘制 FRAP 标准曲线:  $y = 0.0001x + 0.0221$ , ( $R^2 = 0.9860$ )。

1.5 总黄酮含量 采用氯化铝 ( $\text{AlCl}_3$ ) 显色法,参照文献 [16]的方法。按照上述方法以  $0.01 \sim 0.10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  的芦丁标准溶液建立标准曲线:  $y = 1.6359x + 0.0093$ ,  $R^2 = 0.9923$ 。在 420 nm 处测得吸光值,将吸光值带入标准曲线公式,得出总黄酮百分含量 (%)。

$$\text{总黄酮百分含量} = (m_1 \times V_2 \times 100) / (m \times V_1 \times 10^6),$$

式中:  $m_1$ -依据标准曲线计算出总黄酮含量 ( $\mu\text{g}$ );  $m$ -供试品取样量 (g);  $V_1$ -待测液分取的体积 (mL);  $V_2$ -待测液的总体积 (mL)。

1.6 生物碱含量测定 采用文献 [17] 的方法, 绘制标准曲线:  $y=1.558 2x-0.190 4$ ,  $R^2=0.998 6$ 。在 618 nm 处测得吸光值 ( $x$ ), 将吸光值带入标准曲线公式, 得出生物碱含量, 通过公式算出总生物碱百分含量 (%):

$$\text{生物碱百分含量} = (m_1 \times V_2 \times 100) / (m \times V_1 \times 10^6),$$

式中:  $m_1$ -依据标准曲线计算出生物碱含量 ( $\mu\text{g}$ );  $m$ -供试品取样量 (g);  $V_1$ -待测液分取的体积 (mL);  $V_2$ -待测液的总体积 (mL)。

1.7 数据统计分析 利用 IBM SPSS Statistics 23.0 软件对槟榔种子和果实测得的数据进行相关性分析、聚类分析和主成分分析。

## 2 结果与分析

2.1 槟榔果实的形态指标 从表 2 可知, 果实质量范围是  $(9.73 \pm 1.30) \sim (53.65 \pm 3.00)$  g, 长度范围是

表 2 槟榔果实的形态指标

Tab. 2 Fruit morphological indicators of *Areca catechu* L

代码 Code	果实质量 Fruit weight/g	长度 Length/cm	直径 Diameter/cm
BSL1	53.65±3.00	6.52±0.20	4.53±0.44
BSL2	40.32±5.13	5.82±0.28	4.12±0.31
BSL3	46.09±6.99	5.93±0.27	4.41±0.40
BSL4	48.79±5.31	5.42±0.24	4.69±0.24
BSL5	38.20±3.79	5.58±0.17	4.13±0.13
BSL6	24.51±5.05	5.81±0.40	3.19±0.22
BSL7	40.83±5.95	5.41±0.28	4.42±0.19
BSL8	39.33±1.38	1.25±0.20	3.98±0.15
BSL9	33.95±3.44	5.90±0.16	3.72±0.24
BSL10	20.45±2.88	5.16±0.20	3.23±0.23
LK1	48.81±5.55	6.51±0.30	4.27±0.22
LK2	9.73±1.30	4.33±0.19	2.26±0.22
LK3	38.91±2.65	6.09±0.18	3.77±0.13
LK4	32.09±2.89	5.08±0.21	3.88±0.20
LK5	46.97±4.45	6.54±0.18	4.03±0.22
LK6	47.27±5.95	6.21±0.32	4.24±0.25
LK7	37.49±3.74	6.54±0.24	3.80±0.18
LK8	32.82±2.96	5.29±0.25	3.98±0.18
LK9	35.88±2.22	5.30±0.13	5.30±0.32
WS1	39.69±8.08	5.92±0.21	4.15±0.26
WS2	40.98±5.75	6.16±0.27	4.12±0.25
WS3	41.22±0.68	6.05±0.17	4.41±0.14
WS4	43.77±2.81	6.41±0.19	3.95±0.20
WS5	41.00±4.86	6.27±0.22	4.15±0.41
WS6	43.00±1.23	6.08±0.21	4.12±0.13
WS7	42.00±2.12	6.12±0.10	4.13±0.29
WS8	11.28±1.22	4.36±0.32	2.42±0.17

注: 数据为平均值 ± 标准误差。

Note: Data is mean ± standard error.

(1.25±0.20) ~ (6.54±0.24) cm, 短直径范围是 (2.26±0.22) ~ (5.30±0.32) cm。白石岭 1(BSL1) 的槟榔果实质量最大为 (53.65±3.00) g, 岭口 9(LK9) 的果实直径最大为 (5.30±0.32) g。

2.2 槟榔种子的形态指标 从表 3 可知, 种子质量的范围是 (0.16±0.03) ~ (13.51±2.36) g, 长度范围是 (1.00±0.01) ~ (2.80±0.11) cm, 直径范围是 (0.56±0.02) ~ (2.84±0.20) cm。

表 3 槟榔种子形态指标

Tab. 3 Seed morphological indicators of *Areca catechu* L

代码 Code	种子质量 Seed weight/g	长度 Length/cm	直径 Diameter/cm
BSL1	13.51±2.36	2.67±0.08	2.67±0.37
BSL2	9.37±1.30	2.28±0.09	2.60±0.15
BSL3	8.26±1.98	2.33±0.15	2.54±0.31
BSL4	10.59±1.29	2.22±0.07	2.84±0.20
BSL5	9.62±1.83	2.26±0.15	2.68±0.27
BSL6	7.81±1.42	2.37±0.10	2.48±0.18
BSL7	9.73±2.99	2.39±0.14	2.67±0.41
BSL8	0.33±0.08	1.01±0.26	0.72±0.05
BSL9	6.56±0.86	2.43±0.17	2.21±0.11
BSL10	0.36±0.09	1.22±0.09	0.79±0.07
LK1	10.98±2.53	2.41±0.85	2.61±0.36
LK2	0.16±0.03	1.12±0.09	0.56±0.02
LK3	8.65±1.38	2.59±0.10	2.43±0.46
LK4	6.62±1.11	2.07±0.07	2.39±0.18
LK5	11.18±1.88	2.73±0.13	2.71±0.15
LK6	7.97±1.05	2.42±0.13	2.45±0.16
LK7	7.67±1.76	2.51±0.06	2.30±0.24
LK8	7.59±0.84	2.04±0.09	2.52±0.12
LK9	11.01±0.37	2.51±0.02	2.71±0.12
WS1	8.69±0.93	2.34±0.16	2.53±0.11
WS2	12.35±1.61	2.58±0.08	2.83±0.15
WS3	0.31±0.02	1.00±0.01	0.65±0.01
WS4	9.94±1.14	2.61±0.09	2.56±0.15
WS5	11.38±1.41	2.80±0.11	2.64±0.12
WS6	11.20±1.02	2.70±0.19	2.62±0.08
WS7	9.56±0.98	2.44±0.09	2.62±0.06
WS8	9.12±1.29	2.13±0.14	2.75±0.10

注: 数据为平均值 ± 标准误差。

Note: Data is mean ± standard error.

2.3 成熟槟榔种子的抗氧化活性 结果表明 (图 1), 27 份不同产地成熟槟榔种子 DPPH 自由基清除能力差异不大, 其中乌石 3(WS3) 和乌石 5(WS5) 的清除能力最强, 分别为 239.53, 234.36  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  Trolox DW。其他槟榔种子也有较高的自由基清除能力, 乌石 4(WS4)、乌石 6(WS6) 和乌石 7(WS7) 自由基清除能力达到了 221.78, 224.58, 224.72  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  Trolox DW。

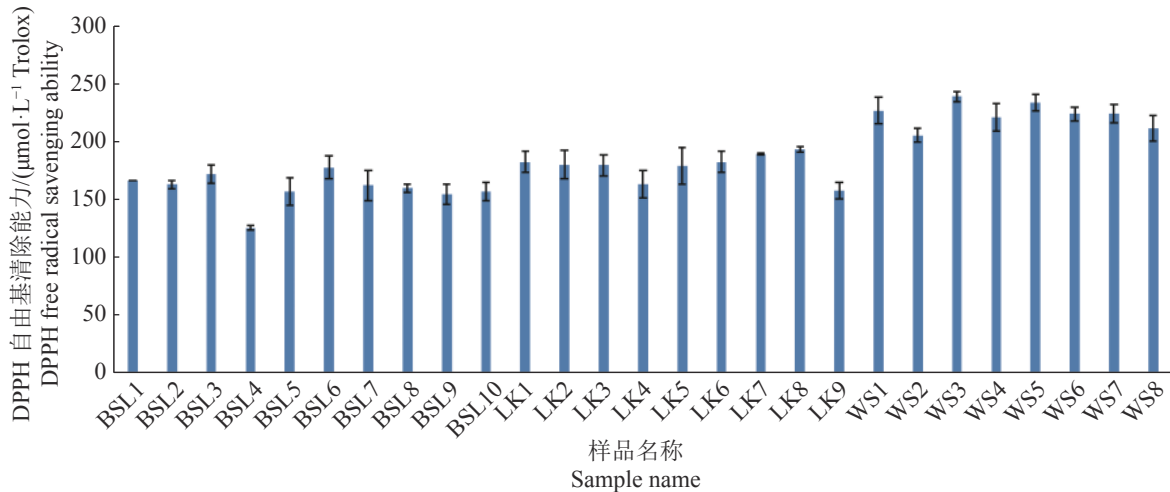


图 1 DPPH 自由基清除能力

Fig. 1 DPPH free radical scavenging ability

从图 2 可知, 槟榔种子总还原能力差异较大, 其中, 乌石 3(WS3) 和乌石 5(WS5) 的总还原能力最强, 分别为 504.90 和 465.62 mmol·L<sup>-1</sup> Trolox DW; 乌石 5(WS5) 和乌石 6(WS6) 的总还原能力次之, 分别为 457.85, 456.83 mmol·L<sup>-1</sup> Trolox DW。

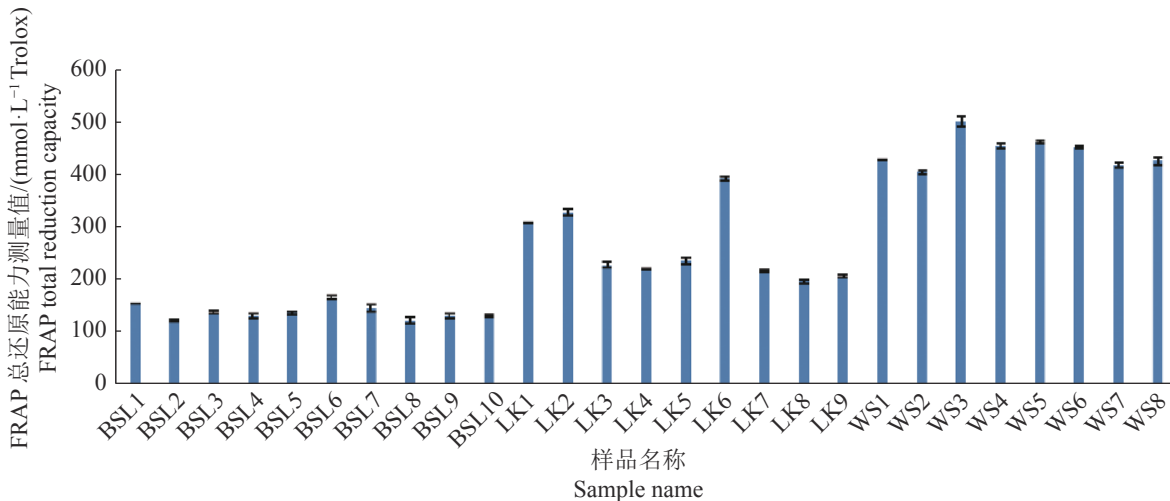


图 2 FRAP 总还原能力

Fig. 2 FRAP total reduction capacity

27 种槟榔样品 ABTS 自由基清除能力相差不大, 其中, 白石岭 (BSL)4 达到最大 128.42 mmol·L<sup>-1</sup> Trolox DW, 岭口 1(LK1) 最小为 92.60 mmol·L<sup>-1</sup> Trolox DW (图 3)。

**2.4 槟榔种子的生物活性成分含量** 从图 4 可知, 白石岭 (BSL) 槟榔种子生物碱含量有明显差异 (0.291%~2.603%), 白石岭 4(BSL4) 种子生物碱含量最多, 达到 2.603%, 白石岭 6(BSL6) 种子生物碱含量最少, 为 0.291%。整体来说, 白石岭 1, 2, 3, 6, 7, 9(之间种子生物碱含量差异不明显, 白石岭 5(BSL5) 和白石岭 10(BSL10) 种子生物碱含量相近。岭口 (LK) 槟榔种子生物碱含量有明显差异 (1.167%~0.292%), 岭口 (LK)2 种子生物碱含量最多, 达到 1.167%, 岭口 (LK)1 种子生物碱含量最少, 为 0.292%, 岭口 8(LK8) 种子生物碱含量较少, 为 0.310%, 岭口 3, 4, 5, 7, 9 种子生物碱含量都接近 0.400%。乌石 (WS) 槟榔种子生物碱含量有明显差异 (0.287%~0.770%), 乌石 4(WS4) 种子生物碱含量最多, 达到 0.770%, 乌石 6(WS6) 生物碱含量最少, 为 0.289%, 乌石 2(WS2) 和乌石 8(WS8) 种子生物碱含量都接近 0.400%, 其余的种子生物碱含量之间差异不明显, 都接近 0.300%。

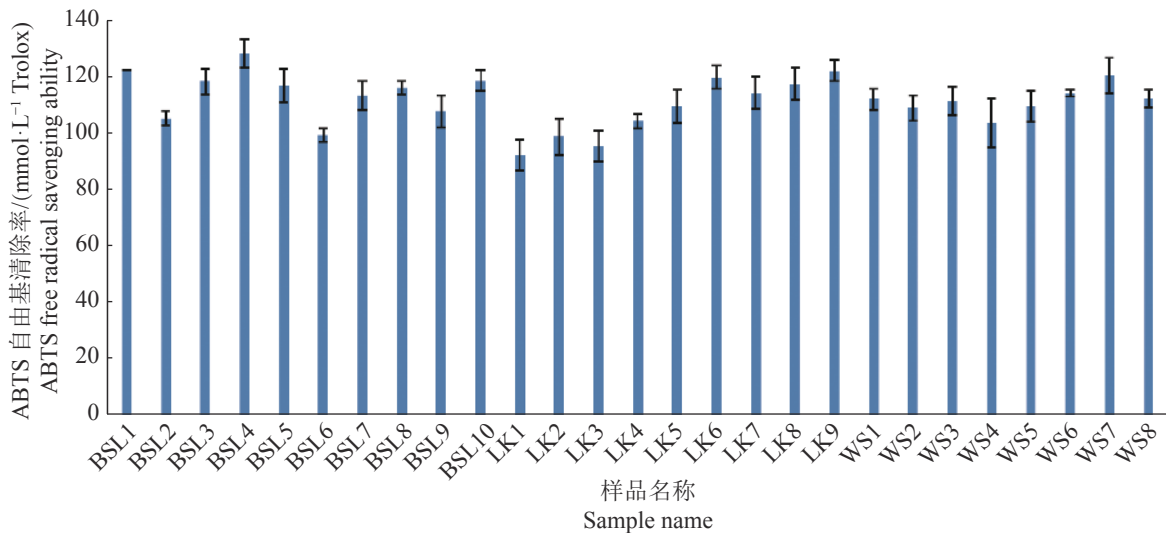


图3 ABTS 自由基清除能力

Fig. 3 ABTS free radical scavenging ability

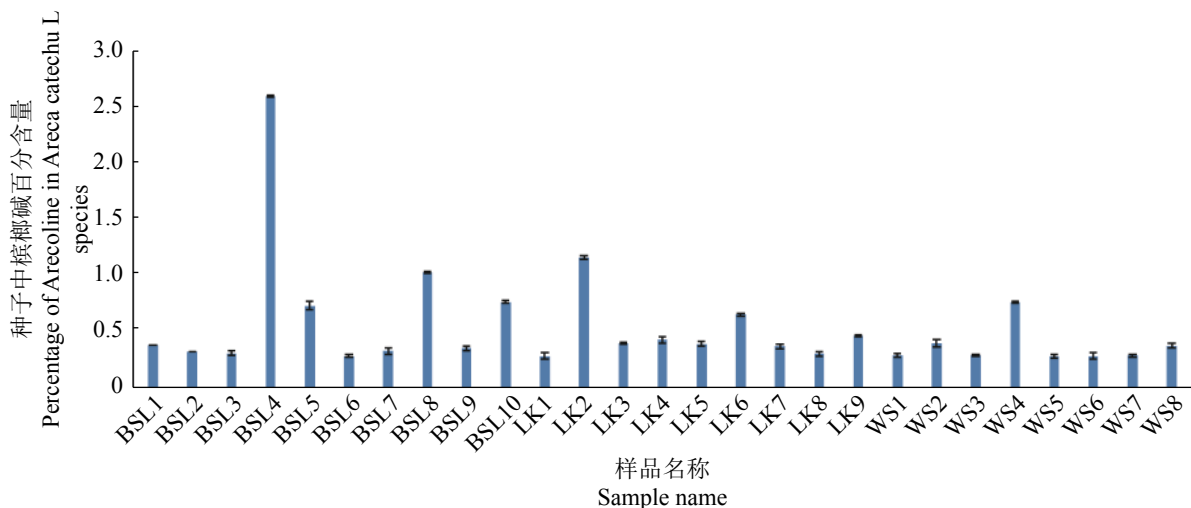


图4 槟榔种子中槟榔碱含量

Fig. 4 Content of arecoline in *Areca catechu* L seeds

从图5可知,不同产地槟榔种子总黄酮含量具有一定的差距,其中石岭9(LK9)、岭口3(LK3)和岭口2(LK2)具有相对较高的总黄酮含量,其含量分别为8.409%、8.135%和7.591%。其他的槟榔种子也具有较高的总黄酮含量。总黄酮含量越高说明槟榔种子提取物清除自由基能力越强,降低自由基氧化作用能力越强,因此,石岭9(LK9)、岭口3(LK3)和岭口2(LK2)的抗氧化能力较其他样品强。

**2.5 相关性分析** 对槟榔的6个果形指标与5个抗氧化相关指标进行相关性分析(表4)。从表4可知,果实直径与果ABTS自由基测定值具有相关性,相关系数为0.389。果实质量和种子质量具有显著相关性,相关系数为0.533,果实质量与种子周长、种子直径和果实周长也具有相关性。DPPH自由基清除能力与FRAP总还原能力具有显著相关性,相关系数达0.902。ABTS自由基清除能力与总黄酮含量具有显著负相关性,达到了0.703。槟榔种子生物碱含量与DPPH自由基清除能力具有显著相关性,相关系数达0.492,与总黄酮含量也具有相关性。

**2.6 聚类分析** 对不同产地槟榔的活性成分指标即抗氧化指标和生物碱含量进行聚类分析(图6),结果表明,27个槟榔样本可以分为6类。采自琼海白石岭(BSL)的10个不同果形的样品被聚为一类,来自乌石(WS)农场的8个不同果形的样品被聚为一类,来自岭口(LK)的9个不同果形的样品除了1号、2号和6号外,也被聚为一类。结果说明,与果形相比,产地来源(包括树龄,立地条件,栽培管理措施等)对成



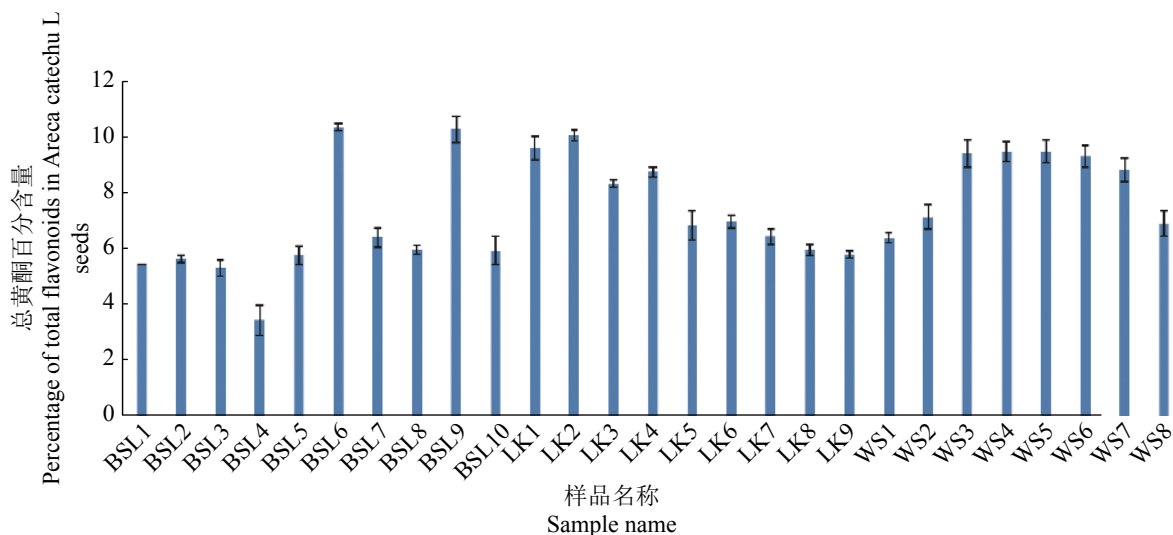


图 5 槟榔种子总黄酮含量

Fig. 5 Content of total flavonoids in *Areca catechu* L seeds

表 4 槟榔形态与抗氧化指标间的相关系数

Tab. 4 Coefficient of correlation between morphological and antioxidant indicators of *Areca catechu* L.

编号 Indicator	DPPH	ABTS	ABTS	总黄酮 Total flavonoids	果实质量 Fruit weight	果实直径 Fruit diameter	果实周长 Fruit circumference	种子质量 Seed weight	种子直径 Seed diameter	种子周长 Seed circumference	生物碱 Alkaloid
DPPH			-0.174								
ABTS	-0.195		0.703**								
FRAP	0.902**	-0.174	0.256								
总黄酮 Total flavonoids	0.497**	0.703**	0.389*								
果实质量 Fruit weight	0.000	0.256	-0.119	-0.251							
果实直径 Fruit diameter	-0.105	0.389*	0.096	-0.387*	0.942**						
果实周长 Fruit circumference	0.29	-0.119	0.111	0.19	0.432*	0.338					
种子质量 Seed weight	0.064	0.096	-0.02	-0.167	0.533**	0.499**	0.585**				
种子直径 Seed diameter	-0.002	0.111	0.327	-0.204	0.443*	0.454*	0.545**	0.957**			
种子周长 Seed circumference	0.109	-0.02	ABTS	0.009	0.485*	0.425*	0.676**	0.929**	0.920**		
生物碱 Alkaloid	-0.492**	0.327	-0.174	-0.385*	-0.001	0.04	-0.336	-0.173	-0.176	-0.293	

注: \*表示  $P < 0.05$ ; \*\*表示  $P < 0.01$ ; DPPH表示DPPH自由基清除能力测定值; ABTS表示ABTS自由基清除能力测定值; FRAP表示总还原能力测定值。

Note: \*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$ ; DPPH indicates DPPH free radical scavenging capacity; ABTS indicates ABTS free radical scavenging capacity; FRAP indicates a measurement of total reducing capacity.

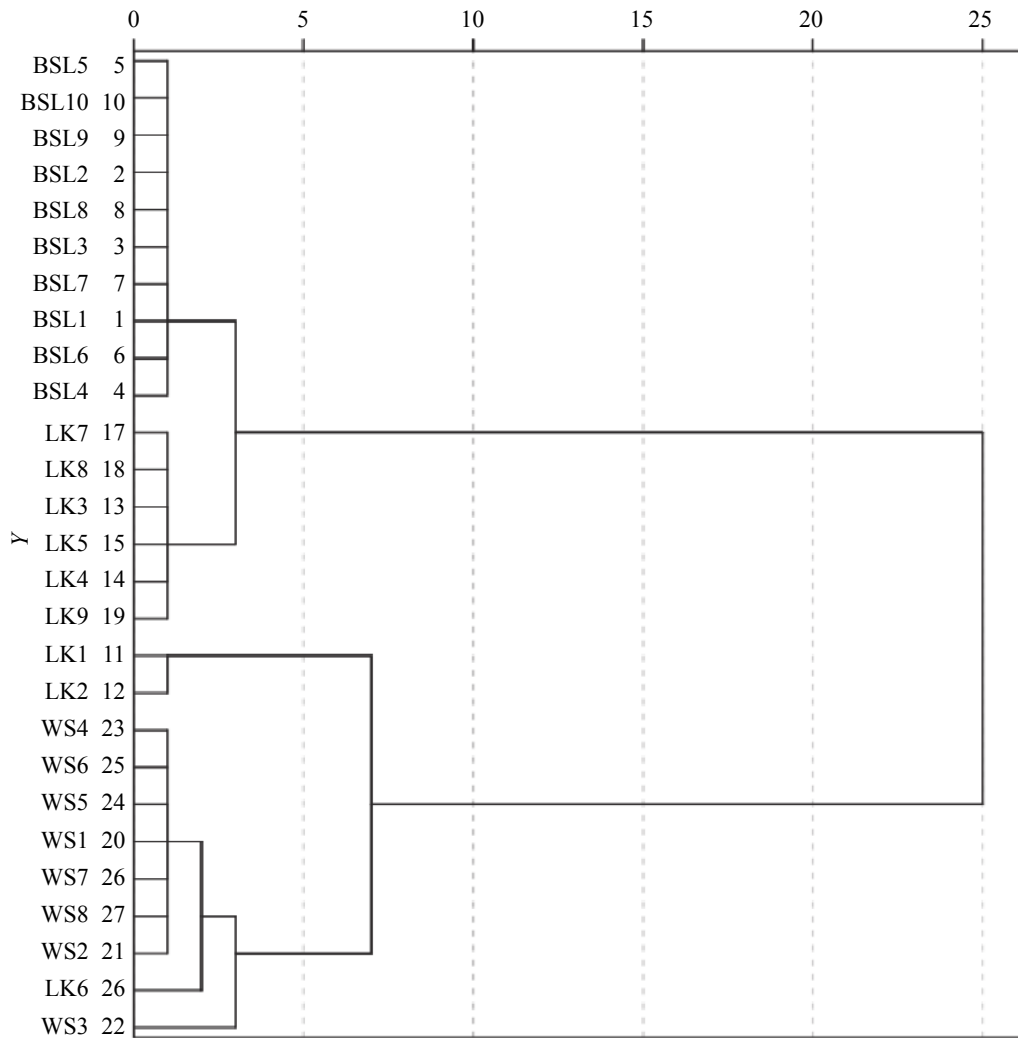


图 6 不同产地槟榔抗氧化指标聚类分析

BSL 代表白石岭, LK 代表岭口, WS 代表乌石

Fig. 6 Cluster analysis of antioxidant indicators of *Areca catechu* L in different habitats  
BSL means Baishiling; LK means Lingkou; WS means Wushi.

熟槟榔种子活性成分的积累影响更大。

**2.7 不同产地槟榔主成分因子确定** 对 11 个槟榔指标进行主成分分析<sup>[13]</sup>(图 7), 结果表明, 前 3 个主成分特征值均>1, 从第 4 个主成分开始, 随时曲线图开始出现平缓, 共有 3 个>1 的特征值(表 4)。因此, 选出 3 个主成分, 方差累计贡献率为 78.229%, 即这 3 个主成分可以反映不同产地槟榔的大部分性状指标。

主成分载荷矩阵按照指标占主成分的比例大小进行划分, 把 0.5 原则作为依据。第 1 主成分有果实的质量、直径和周长, 种子的质量、直径和周长, 可称为槟榔形态指标。第 2 主成分有抗氧化活性的 4 个指标和槟榔碱成分, 其中, DPPH 自由基清除能力、FRAP 总还原能力和总黄酮含量具有较大正系数, ABTS 自由基清除能力和槟榔碱具有负

碎石图 Gravel map

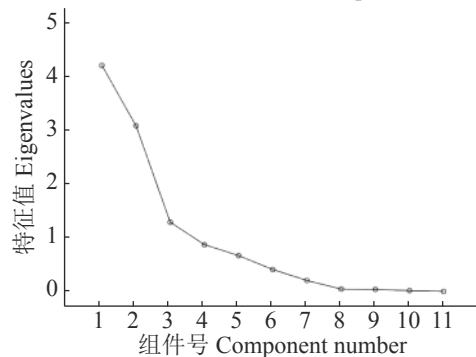


图 7 不同产地槟榔基本品质指标主成分分析碎石图

Fig. 7 Principal component analysis of the basic quality indicators of *Areca catechu* L seeds collected from different habitats



系数, 可以说明第 2 主成分增大时 DPPH 自由基清除能力、FRAP 总还原能力和总黄酮含量会随之增大, 而 ABTS 自由基清除能力和槟榔碱含量会减少。第 3 主成分包括 DPPH 自由基清除能力和 FRAP 总还原能力, 具有正系数, 会随着主成分变大而变大 (表 5)。

表 5 不同产地槟榔 11 个指标特征值和解释变量

Tab. 5 Characteristic values and explanatory variables of 11 indicators of *Areca catechu* L from different habitats

指标 Indicators	初始特征值 Initial eigenvalue	方差百分比 Percentage of variance	累积/% Accumulation
DPPH	4.211	38.281	38.281
ABTS	3.09	28.095	66.376
FRAP	1.304	11.853	78.229
总黄酮 Total flavonoids	0.886	8.058	86.287
生物碱 Alkaloid	0.684	6.218	92.505
果实质量 Fruit weight	0.426	3.87	96.376
果实直径 Fruit diameter	0.223	2.023	98.399
果实周长 Fruit circumference	0.063	0.573	98.972
种子质量 Seed weight	0.057	0.523	99.494
种子直径 Seed diameter	0.035	0.318	99.813
种子周长 Seed circumference	0.021	0.002	100

注: DPPH表示DPPH自由基清除能力测定值; ABTS表示ABTS自由基清除能力测定值; FRAP表示总还原能力测定值。

Note: DPPH indicates DPPH free radical scavenging capacity; ABTS indicates ABTS free radical scavenging capacity; FRAP indicates a measurement of total reducing capacity.

表 6 不同产地槟榔质量评价排序

Tab. 6 Ranking of quality evaluation of *Areca catechu* L fruit samples collected from different habitats in Hainan

品种 Fruit sample	$D^+$	$D^-$	$C_i$	排序 Ranking
BSL1	0.653	0.089	0.121	25
BSL2	0.674	0.071	0.096	27
BSL3	0.673	0.081	0.107	26
BSL4	0.316	0.626	0.665	1
BSL5	0.571	0.145	0.202	18
BSL6	0.662	0.184	0.217	14
BSL7	0.664	0.093	0.122	24
BSL8	0.506	0.217	0.300	8
BSL9	0.655	0.177	0.213	16
BSL10	0.564	0.155	0.216	15
LK1	0.640	0.203	0.241	13
LK2	0.409	0.323	0.441	2
LK3	0.624	0.154	0.199	19
LK4	0.618	0.158	0.204	17
LK5	0.627	0.132	0.174	20
LK6	0.538	0.231	0.300	7
LK7	0.636	0.125	0.164	21
LK8	0.657	0.114	0.148	23
LK9	0.620	0.112	0.153	22
WS1	0.630	0.236	0.273	11
WS2	0.602	0.223	0.271	12
WS3	0.621	0.309	0.333	4
WS4	0.496	0.308	0.383	3
WS5	0.624	0.289	0.316	5
WS6	0.624	0.279	0.309	6
WS7	0.625	0.258	0.292	9
WS8	0.607	0.234	0.279	10

**2.8 TOPSIS 分析** 通过计算活性成分与抗氧化能力各自与最优、最劣的加权欧氏距离  $D^+$  和  $D^-$ , 以及相对逼近程度  $C$ , 抗氧化能力的排序为白石岭 4(BSL4) 的  $C$  值最大为 0.664 7, 岭口 2(LK2) 的  $C$  值第 2, 达到了 0.441 2, 说明白石岭 4(BSL4) 和岭口 2(LK2) 的抗氧化能力相对最强。不同来源地槟榔种子抗氧化活性强弱排序, 其中乌石 3(WS3)、乌石 4(WS4)、乌石 5(WS5) 和乌石 6(WS6) 的综合评分相对较高, 说明相对其他产地乌石 (WS) 的槟榔抗氧化能力最强 (表 6)。

### 3 讨 论

槟榔在《本草纲目》中已有其药用价值的记载, 可用于治疗虫积、食滞等症状<sup>[18]</sup>, 槟榔提取物能够显著消除 DPPH 自由基并且降低过多羟自由基对动物的损害。另有研究表明, 白藜芦醇比槟榔的抗氧化活性还要低一些<sup>[9]</sup>。海南省是我国槟榔的主产区, 其中琼海、万宁、琼中、定安都有较大面积的槟榔种植, 本研究选择了主产地的不同果形槟榔进行活性成分及抗氧化性的检测, 对海南槟榔具有一定程度的代表作用。本试验结果表明, 不同来源地的槟榔活性成分及抗氧化能力有明显的差别, TOPSIS 综合排序表明 BSL4 的抗氧化能力最强, LK2 次之, WS4 排名第 3。但总体看来, 乌石 (WS) 农场的样品综合抗氧化能力排在前面 (第 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12), 定安县岭口 (LK) 镇的样品除个别外 (LK2 排名第 2, LK6 排名第 7), 其余样品的综合抗氧化能力都排在乌石 (WS) 农场的样品后面 (第 13, 17, 19, 20, 21, 22, 23), 而琼海白石岭 (BSL) 的样品综合抗氧化能力差异较大。基于抗氧化指标的聚类分析结果表明, 相同产地的槟榔往往被聚为一类, 说明与果形相比, 产地来源 (包括树龄, 立地条件, 栽培管理措施等) 对成熟槟榔种子活性成分的积累影响更大因此, 在进行槟榔药用价值研究和开发时, 需要对槟榔产地进行考虑。相关性分析表明, ABTS 自由基清除能力与果实直径显著相关 (0.389), 果实的直径代表了果实的饱满程度, 这说明槟榔果实饱满程度可能与其抗氧化能力具有一定的联系, 随着槟榔饱满程度增大, 槟榔的抗氧化活性可能随之增强。在主成分分析中, 主成分 2 的 ABTS 自由基清除能力和槟榔碱的相同负系数与相关性分析具有一致性, 说明槟榔碱含量和 ABTS 自由基清除能力具有一致性。因此, 在选择开发槟榔产品的时候可以根据槟榔果实的饱满程度来判断其药用价值的高低。

### 参考文献:

- [1] HOLDSWORTH D K, JONES R A, SELF R. Volatile alkaloids from *Areca catechu* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 48(3): 581 - 582.
- [2] 张春江, 吕飞杰, 陶海腾. 槟榔活性成分及其功能作用的研究进展 [J]. *中国食物与营养*, 2008(6): 50 - 53.
- [3] 晏小霞, 王祝年, 王建荣. 海南槟榔产业发展现状分析 [J]. *中国热带农业*, 2006(3): 12 - 13.
- [4] 郑亚军, 李艳, 陈华, 等. 槟榔红色素的抗氧化活性 [J]. *热带作物学报*, 2009, 30(6): 881 - 884.
- [5] 郑亚军, 李艳, 陈卫军, 等. 槟榔色素稳定性的研究 [J]. *热带作物学报*, 2010, 31(12): 2203 - 2206.
- [6] 张建军, 王林元, 欧丽娜, 等. 诺丽果汁抗氧化作用实验研究 [C]// 中华中医药学会. 第 3 届临床中药学学术研讨会论文集. 南京: 南京中医药大学, 2010: 164 - 167.
- [7] KAUFMANN J A, BICKFORD P C, TAGLIALATELA G. Free radical dependent changes in constitutive nuclear factor kappa B in the aged hippocampus [J]. *Neuroreport*, 2002, 13: 1971 - 1920.
- [8] 袁列江, 李忠海, 郑锦星. 槟榔提取物对小白鼠体内抗氧化作用的研究 [J]. *食品科学*, 2009, 30(7): 225.
- [9] GUOTA P C, WARNAKULASURIYA S. Global epidemiology of arecanut usage [J]. *Addiction Biology*, 2002(7): 77 - 83.
- [10] 张海德, 黄玉林, 范燕忠. 槟榔提取物对 DPPH 自由基的清除作用研究 [J]. *食品科学*, 2008, 29(8): 74 - 77.
- [11] WANG C K LEE, W H PENG C H. Contents of phenolics and alkaloids in *Areca catechu* Linn during maturation [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45(4): 1185 - 1188.
- [12] 孙娟, 曹立幸, 陈志强, 等. 中药槟榔及其主要成分的药理和毒理研究概述 [J]. *广州中医药大学学报*, 2018, 35(6): 1143 - 1146.
- [13] 高帆, 夏惠, 王秀, 等. 不同甜樱桃品种抗氧化物质及抗氧化活性分析 [J]. *浙江农业学报*, 2017, 29(6): 926 - 932.
- [14] 姜天甲, 应铁进, 陈秋平, 等. 油茶籽壳总黄酮的提取及抗氧化研究 [J]. *中国食品学报*, 2010, 10(1): 93 - 99.
- [15] 马文婷, 吴友根, 胡征波, 等. 诺丽内生真菌的分离鉴定及其次生代谢产物的抗氧化活性 [J]. *热带生物学报*, 2017, 8(4): 424 - 430.

- [16] 田雪芬. 槟榔青果不同方法提取物生物活性研究[D]. 郑州: 河南大学, 2015.
- [17] 高敏, 高淑芹. 光度法测定槟榔中槟榔碱的含量[J]. *化学分析计量*, 2003(1): 28 – 30.
- [18] 戴好富, 梅文莉. 海南药用植物现代研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2007: 33 – 37.

## A Comparison of Main Active Components and Antioxidant Activity of *Areca catechu* L Fruits with Different Shapes from Different Habitats in Hainan

CHEN Mingyang, ZHUO Xiaolei, DAI Jiani, YU Jing, QI Huasha, WU Yougen  
(College of Horticulture, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China)

**Abstract:** Total alkaloids and total flavonoids content of the skin and seeds of the mature fruit of *Areca catechu* L. were determined by using colorimetric method to systematically study the main active ingredients and antioxidant activities of *A. catechu* L. fruit with different fruit shapes collected from different habitats in Hainan. The antioxidant capacity of the skin and seeds of the fruit was determined by using DPPH, ABTS and FRAP assays. SPSS software was used for principal component analysis and cluster analysis, and TOPSIS method was used for evaluation. The results showed that the morphological indicators and antioxidant capacity of mature *A. catechu* L. fruit from different habitats in Hainan were significantly different. The comprehensive ranking of TOPSIS showed that the fruit sample Baishiling 4 of *A. catechu* L. had the highest antioxidant capacity and that the fruit in full shape had a higher ABTS free radical scavenging capacity.

**Keywords:** *Areca catechu* L.; antioxidant capacity; correlation analysis; cluster analysis

(责任编辑: 潘学峰)