

食用槟榔加工过程中成分变化及多元统计分析

彭艳梅 龚年春 李鹏辉 谭电波* 湖南省中医药研究院中药研究所 湖南长沙 410013

作者简介: 彭艳梅, 女, 研究员, 研究方向: 中药制剂与保健食品开发

*通讯作者: 谭电波, 男, 副研究员, 研究方向: 中医药研究与开发

摘要: 采用高效液相色谱法和紫外分光光度法分别测定了食用槟榔加工过程中的四种槟榔生物碱和鞣质的含量, 并采用聚类分析和主成分分析进行多元统计。结果表明, 加工过程中四种生物碱和多酚变化总趋势是先增加后降低。干果槟榔壳中的四种生物碱含量最高, 干果经煮籽、泡籽、点卤等复杂的加工工艺, 得到终产品, 四种生物碱总量和多酚损失超过 50%, 全过程中终产品槟榔碱最低, 仅为干果槟榔壳中的 32.6%。根据成分含量可将加工全过程的槟榔有效的分为四类: 成品、干果、鲜果、及其他槟榔。

关键词: 食用槟榔; 生物碱; 鞣质; 加工; 聚类分析; 主成分分析

槟榔 (*Areca catechu* L.) 为棕榈科热带植物, 果实可供药用, 在我国被列为四大南药之首, 是中医常用的驱虫、消积药物^[1]。相关研究表明, 这些功能主要源于槟榔中的多种缩合鞣质和生物碱。槟榔中的缩合鞣质具有抗氧化、抗菌杀菌等作用^[2]。槟榔果实中含多种生物碱, 其中槟榔碱 (arecoline)、槟榔次碱 (arecaidine)、去甲槟榔碱 (guvacoline)、去甲槟榔次碱 (guvacine) 含量较高, 是主要活性成分^[3,4], 但同时具有一定的毒副作用^[5,6,7]。

槟榔果实小部分进入药材市场, 大部分作为休闲食品被消费, 国内消费者主要以海南、湖南和台湾人为主^[8]。海南和台湾地区人民喜好鲜食槟榔, 用涂有石灰的薯叶包裹切成小瓣状的槟榔一同嚼食。而湖南省食用槟榔为槟榔深加工产品, 鲜果经过杀青、烘干制成槟榔干果, 随后以其为主要原料, 配以特制的卤水、饴糖、食用香精等配料, 经过泡籽、煮籽、发制、焖香、烘烤、上胶抛光、切片、去

籽、点卤等一系列复杂工序生产成食用槟榔^[9]。与鲜食槟榔相比加工后的食用槟榔去除了槟榔内核, 仅食用槟榔果皮部分, 而且经过了一系列的加工工序, 其成分与槟榔鲜果有很大的差异。

国内外对槟榔中槟榔碱的含量研究有不少的报道^[10,11,12], 但未见系统分析食用槟榔加工过程中四种生物碱及鞣质的含量变化的研究。本研究通过分析食用槟榔生产过程中生物碱和鞣质的含量变化, 了解变化规律, 为产品安全性研究提供科学的理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 样品

槟榔鲜果: 从海南省万宁市采摘 6 批新鲜槟榔。

由湖南伍子醉食品有限公司提供的同一生产批号的食用槟榔在槟榔干果、泡籽、煮籽、点卤四道工序的槟榔果, 连



续提供了 6 个生产批号的样品, 共 24 份槟榔。

食用槟榔成品: 随机购买市售食用槟榔产品 10 批, 其中 4 批为湖南伍子醉食品有限公司的产品。

1.2 仪器与试剂

试剂: 槟榔次碱(成都克洛玛生物科技有限公司), 去甲基槟榔次碱盐酸盐(加拿大多伦多研究化学品公司), 氢溴酸槟榔碱(中国食品药品检定研究所), 氢溴酸去甲基槟榔碱(加拿大多伦多研究化学品公司), 没食子酸(天津市科密欧化学试剂有限公司); 福林酚(德国默克股份有限公司), 乙腈为色谱纯, 水为重蒸馏水, 其他试剂均为分析纯。

仪器: 高效液相色谱仪(Agilent 1260 Infinity II, 安捷伦科技有限公司), 紫外吸收分光光度计(UV-2450 日本岛津), 超声波清洗器(SB-5200D, 宁波新芝生物科技股份有限公司), pH计(上海仪电科学仪器股份有限公司), 分析天平(梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司)。

1.3 样品的测定

样品前处理: 槟榔果切开后去核, 果皮部分切成小段后粉碎, 作为待测样品。

1.3.1 四种槟榔生物碱的检测

色谱条件 色谱柱: Ultimate® XB-SCX 强阳离子交换色谱柱(4.6×250mm, 5μm); 流动相: 0.3%磷酸(氨水调节 pH=3.8) - 乙腈(体积比为 45:55); 检测波长: 210nm; 柱温: 35°C, 流速: 1.0mL/min, 进样量: 10μL。

表 1. 槟榔样品中槟榔生物碱和鞣质含量测定结果 (n=2, %)

	编号	槟榔次碱	去甲基槟榔次碱	槟榔碱	去甲基槟榔碱	鞣质
鲜果	1	0.0747	0.0345	0.1273	0.0155	0.50
	2	0.0727	0.0340	0.1309	0.0162	0.64
	3	0.0603	0.0477	0.1569	0.0042	0.45
	4	0.0568	0.0365	0.1357	0.0043	0.46
	5	0.1240	0.1002	0.1050	0.0093	0.28
	6	0.1407	0.1142	0.1052	0.0095	0.28
	平均值	0.0882	0.0612	0.1268	0.0098	0.43

种生物碱之间及与其他成分的分度均大于 1.5。理论板数均大于 3000。

供试品溶液制备 分别精密称取 40 批槟榔样品各 1g, 每批平行两份, 用 V(甲醇): V(0.5%磷酸)=1:1 混合溶剂 25mL 超声提取 20 分钟, 重复一次, 合并两次提取液, 过 0.22μm 滤膜后供高效液相色谱仪测定, 根据标准曲线计算样品中四种槟榔生物碱的含量。

1.3.2 鞣质含量检测

鞣质属于多酚类化合物, 本研究参考《GB 8313-2008 茶叶中茶多酚的检测》, 采用 Folin-Ciocalteus 法对 40 批槟榔样品中的鞣质进行了定量测定。每批平行两份。

1.3.3 水分测定

参照《GB 5009.3-2016 食品安全国家标准 食品中水分的测定》检测 40 批槟榔样品的水分。

样品中四种生物碱及多酚含量都扣除水分, 以干燥品计。

1.4 数据处理

用 Excel 对数据进行处理与作图, 应用 MATLAB R2018b 对数据进行主成分分析与聚类分析。

2 结果与讨论

2.1 食用槟榔加工过程中的成分变化

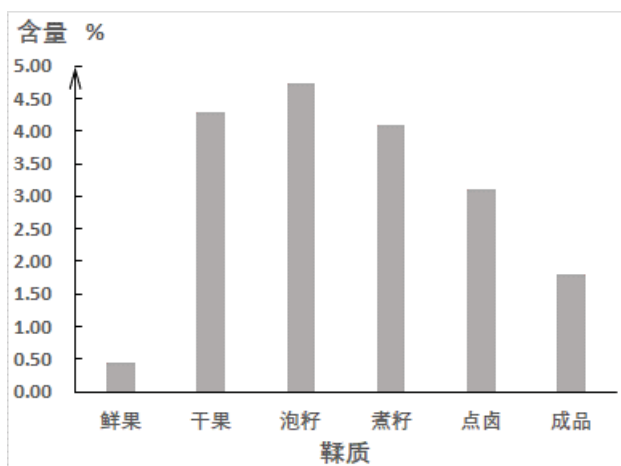
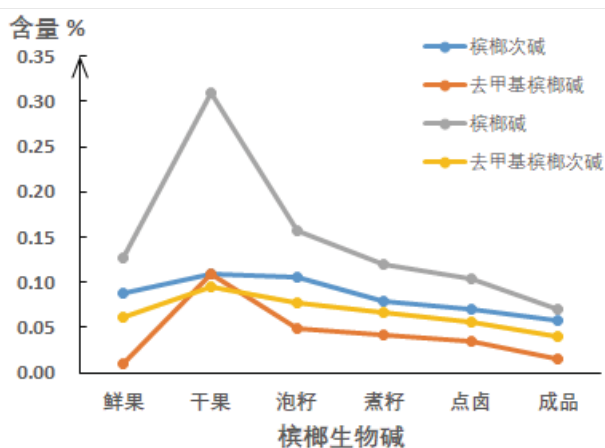
槟榔样品中四种槟榔生物碱和鞣质的测定结果见表 1, 食用槟榔加工过程中的变化见图 1。

干果	7	0.0977	0.1120	0.3417	0.1112	3.59
	8	0.0990	0.1117	0.3327	0.1070	4.15
	9	0.1611	0.1034	0.3629	0.1127	4.45
	10	0.1037	0.0907	0.2964	0.0981	4.09
	11	0.1138	0.0892	0.3175	0.1059	4.22
	12	0.0759	0.0664	0.2033	0.1174	5.17
	平均值	0.1085	0.0956	0.3091	0.1087	4.28
泡籽	13	0.0744	0.0560	0.1705	0.0497	5.43
	14	0.1691	0.1342	0.2425	0.0685	4.18
	15	0.1571	0.1025	0.1997	0.0602	4.08
	16	0.0661	0.0503	0.0991	0.0421	6.62
	17	0.0963	0.0567	0.1117	0.0399	4.60
	18	0.0724	0.0587	0.1135	0.0346	3.54
	平均值	0.1059	0.0764	0.1562	0.0492	4.74
煮籽	19	0.0906	0.0819	0.1393	0.0528	3.36
	20	0.0817	0.0743	0.1479	0.0497	4.41
	21	0.0661	0.0653	0.0848	0.0261	3.54
	22	0.1320	0.0820	0.1423	0.0568	4.43
	23	0.0522	0.0613	0.1222	0.0434	4.27
	24	0.0510	0.0368	0.0785	0.0230	4.58
	平均值	0.0789	0.0669	0.1192	0.0420	4.10
点卤	25	0.0637	0.0549	0.1213	0.0402	3.25
	26	0.0938	0.0772	0.1445	0.0465	2.39
	27	0.0761	0.0686	0.1077	0.0304	3.03
	28	0.0646	0.0461	0.0902	0.0355	3.13
	29	0.0630	0.0447	0.0800	0.0297	3.71
	30	0.0588	0.0411	0.0763	0.0268	3.06
	平均值	0.0700	0.0554	0.1033	0.0349	3.10
成品	31	0.0466	0.0367	0.0433	0.0132	2.61
	32	0.0758	0.0550	0.0547	0.0150	2.03
	33	0.0868	0.0624	0.0977	0.0225	1.88
	34	0.0581	0.0339	0.0732	0.0151	1.87
	35	0.0692	0.0564	0.0936	0.0245	1.71
	36	0.0648	0.0405	0.0806	0.0160	1.92
	37	0.0674	0.0394	0.0776	0.0141	1.64



	38	0.0712	0.0325	0.0616	0.0114	1.60
	39	0.0568	0.0248	0.0536	0.0115	1.46
	40	0.0578	0.0263	0.0618	0.0112	1.26
	平均值	0.0654	0.0408	0.0698	0.0155	1.80

图1 食用槟榔加工过程中生物碱和鞣质的含量变化



第一阶段, 槟榔鲜果初加工制成槟榔干果, 槟榔壳中四种生物碱和多酚的含量显著增加, 槟榔次碱、去甲基槟榔次碱、槟榔碱、去甲基槟榔碱、多酚含量分别增加了1.23倍、1.56倍、2.44倍、11.04倍、9.84倍。原因可能是鲜果未成熟各成分的含量低, 或者是生物碱和鞣质在槟榔壳与槟榔核中都存在, 但后者的含量远高于前者^[13], 在加工过程中由槟榔核向槟榔壳转移。高温加

热烘干过程中由于分子热运动加剧, 这几种成分由含量高的核转移至含量较低的壳中。另一方面干果加工过程中槟榔核的水分逐渐渗入壳中最终经外壳散失, 多酚与四种槟榔生物碱在水中都有一定的溶解性, 因此也会随水分由核迁移至壳。

第二阶段, 槟榔干果经泡籽、煮籽、点卤等复杂工序制成包装前的半成品, 全过程中槟榔次碱、去甲基槟榔次碱、槟榔碱、去甲基槟榔碱、多酚损失率分别为35.5%、42.0%、66.5%、67.9%、27.6%。从图中可以看出四种生物碱在泡籽工序中损失最严重, 其次为煮籽工序。由于槟榔生物碱是水溶性物质, 泡籽工序中槟榔干果用大量水长时间浸泡达到湿软状态, 生物碱溶于水而损失, 煮籽工序时间短而且水中还添加了石灰除去槟榔涩味, 碱性水溶液中生物碱的溶解度降低, 因此煮籽工序中的损失较泡籽工序小。煮籽后经发制、焖香、烘烤、上胶抛光、切片、去籽、点卤等一系列复杂工序对食用槟榔进行调香、调味。由于这些工序使用水溶液的量少, 而且产生的废弃液极少, 因此生物碱的水溶性损失小。

第三阶段, 点卤后的食用槟榔半成品, 经挑选除异物后包装进入市场销售。本实验中从市场上购买的10批食用槟榔与点卤后的槟榔相比, 四种槟榔碱和多酚的含量降低。已有研究表明食用槟榔在货架期内, 槟榔碱也会损失, 但损耗的原因不清楚^[14]。与干果槟榔壳相比, 食用槟榔成品中槟榔次碱、去甲基槟榔次碱、槟榔碱、去甲基槟榔碱、多酚损失率分别为46.7%、57.3%、77.4%、85.8%、58.0%。从最初的原料槟榔鲜果到终产品食用槟榔, 多酚和去甲基槟榔碱增加, 分别为鲜果的1.6倍和4.1倍, 而

槟榔次碱、去甲基槟榔次碱、槟榔碱分别损失了34.5%、33.3%、45.0%。

2.2 多元统计分析

2.2.1 聚类分析

在 MATLAB R2018b 软件中将 40 份槟榔样品的五种含量测定结果进行标准化运算，以标准化得分为变量进行系统聚类分析，选用 ward 联接，度量标准选用“平方欧式距离”得到树状图见图 2，干果样品 B3 和泡籽样品 D5 分类中出现异常。类间距离为 4 时，槟榔样品明显被分为四类：成品、干果、鲜果、及其他槟榔，泡籽、煮籽和点卤工序的槟榔由于类间距离小，被归为同一类。类间距离为 6 时，槟榔样品被分为两类：食用槟榔成品和其他工序的槟榔，这表明经过深加工后的食用槟榔与原料及半成品已经有显著差异。

2.2.2 主成分分析

将 40 批槟榔样品中 5 各成分含量平均值为变量，得到 40×5 阶数据矩阵，采用 MATLAB R2018b 软件对 40 批槟榔样品进行主成分分析（PCA），前 3 个主成分贡献率分别为 51.6%，45.9%，2.2%，累计贡献率达到 99.7%，提取前 3 个主成分得分图，见图 3，从图中可知主成分得分图能够很好地将不同工序的槟榔样品区分开（图中每个点代表一个样品），所有的槟榔样品可分为四大类：成品、干果、鲜果、及其他槟榔，泡籽、煮籽和点卤工序的槟榔在图中混杂无法区分，被归为同一类。

聚类分析与主成分分析的分类结果一致，说明由于加工过程中鲜果、干果、半成品及食用槟榔成品四种生物碱和多酚的含量变化，根据各工序槟榔成分差异可将槟榔加工过程中的产品分为四类：成品、干果、鲜果、及其他槟榔。

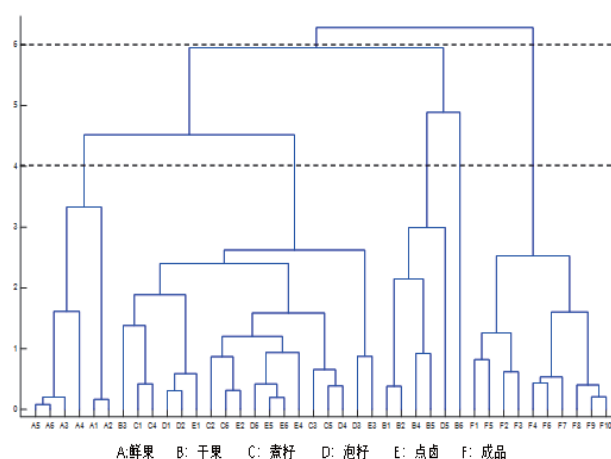


图 2 槟榔样品聚类分析树状图

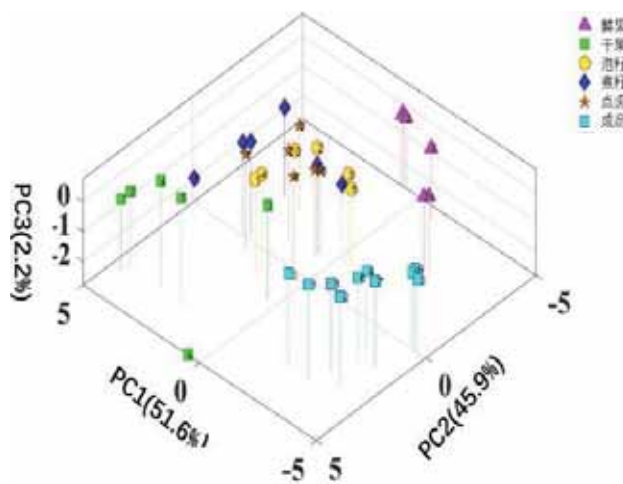


图 3 槟榔样品主成分得分图

3 讨论与结论

槟榔鲜果经复杂的工艺制成食用槟榔，整个生产周期中四种生物碱和多酚一直在变化，总趋势是先增加后降低。从鲜果到干果，由于槟榔果实的生长累积或成分由槟榔核转移到槟榔壳，槟榔壳中的四种生物碱和多酚含量增加。干果经煮籽、泡籽、点卤等复杂的加工工艺，得到最终的成品，四种生物碱总量和多酚损失超过 50%，其中成品的槟榔碱含量平均值是 0.0698%，仅为干果槟榔壳中的 32.6%。由于槟榔壳中



的四种生物碱和多酚始终在变化,根据各成分的含量可将加工全过程的槟榔分为四类:成品、干果、鲜果、及其他槟榔,并且聚类分析表明食用槟榔成品与其他工序的槟榔有明显差异。

本试验研究了食用槟榔从鲜果到成品加工过程中四种生物碱和多酚的含量变化趋势,以及食用槟榔加工过程中各成分的变化规律,并找出对各成分有显著影响的加工工序,为食用槟榔的成分研究及安全性提供理论依据。■

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中国药典:一部[S]. 北京:中国医药科技出版社, 2015.
- [2] 祁静. 槟榔酚类化合物的提取、抗氧化及抗疲劳作用研究[D]. 海南大学.
- [3] 王光,胡弼. 槟榔碱的研究进展[J]. 国际病理科学与临床杂志,2010,30(02):171-175.
- [4] 刘文杰. 槟榔中生物碱的提取纯化及其抑菌性能研究[D]. 北京林业大学,2012.
- [5] 张渝渝,杨大坚,张毅. 槟榔的化学及药理研究概况[J]. 重庆中草药研究,2014(1):37-41
- [6] Lin PC, Chang WH, Chen YH, et al. Cytotoxic effects produced by arecoline correlated to epigenetic regulation in human K-562 cells[J]. J Toxicol Environ Health A, 2011, 74(11):737-745.
- [7] Yen CY, Lin MH, Liu SY, et al. Arecoline-mediated inhibition of AMP-activated protein kinase through reactive oxygen species is required for apoptosis induction[J]. Oral Oncol, 2011, 47(5):345-351.
- [8] 陈勇. 食用槟榔工业化生产研究[J]. 食品与机械,1995(02):21-23.
- [9] 陈耕,刘忠义. 食用青果槟榔加工工艺研究[J]. 食品科技,2009(08):80-83
- [10] Huang J L, Mcleish M J. High-performance liquid chromatographic determination of the alkaloids in betel nut. J Chromatogr, 1989,475:450
- [11] 赵振东,周雪晴,刘艳凤,等. 液相色谱法测定槟榔饮片中槟榔碱含量的不确定度评定[J]. 化学分析计量,2012(03):10-13.
- [12] 陈浩桢,赖宇红,王晓钰,杨卫荣. 高效阳离子交换色谱法测定槟榔中槟榔碱的含量[J]. 中药材,2002(01):27-28.
- [13] 古桂花,胡虹,曾薇,等. 槟榔不同工艺处理产品中3种生物碱的含量比较[J]. 中国实验方剂学杂志,2013,19(4):44-47.
- [14] 马金爽,康效宁,王世萍,代佳慧,吉建邦. 槟榔果实生长、加工及产品货架期槟榔碱漂移规律研究[J]. 食品研究与开发,2020,41(19):14-17.

