

原料特性对咸干花生加工品质的影响

邱展英¹, 袁书鑫¹, 吴怡颖¹, 许秋彤¹, 李林², 张喻^{1*}

(1. 湖南农业大学食品科学技术学院, 长沙 410128; 2. 湖南农业大学农学院, 长沙 410128)

摘要: 咸干花生是中国最受欢迎的休闲食品之一, 不同花生品种之间原料特性差异较大, 对咸干花生的加工品质有不同程度的影响。为获得适于加工咸干花生的花生品种, 试验选取 14 个花生品种, 对原料特性及制备的咸干花生理化品质和感官品质等进行测定。结果表明: 不同品种花生的原料特性存在差异, 其中总糖含量差异最大(变异系数为 38.54%), 该值最高的品种为安化小籽(6.54%)。不同品种的咸干花生中, 咀嚼性差异最大(变异系数为 47.03%), 该值最低的品种为 HY23(24.75)。相关性分析表明: 原料的百果质量和百仁质量与咸干花生的过氧化值呈极显著正相关($P<0.01$), 百仁质量与咸干花生的感官评分呈极显著负相关($P<0.01$); 原料脂肪含量与咸干花生色差的 b^* 值之间有极显著正相关性($P<0.01$); 原料中的蛋白质含量与咸干花生的感官评分存在显著正相关性($P<0.05$); 原料的灰分与咸干花生的硬度有显著正相关性($P<0.05$)。主成分分析和聚类分析表明: 14 个品种花生中适宜加工咸干花生的为蓝山红籽, 其次是 DL123 和四粒红。研究结果可为咸干花生加工品种的选择提供参考和借鉴。

关键词: 品种; 品质; 加工特性; 花生; 咸干花生

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.z.037

中图分类号: S375

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2022)-Supp.-0321-10

邱展英, 袁书鑫, 吴怡颖, 等. 原料特性对咸干花生加工品质的影响[J]. 农业工程学报, 2022, 38(增刊): 321-330.

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.z.037 <http://www.tcsae.org>

Qiu Zhanying, Yuan Shuxin, Wu Yiyang, et al. Effects of peanut material characteristics on the processing qualities of salty peanuts[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2022, 38(Supp.): 321-330. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.z.037 <http://www.tcsae.org>

0 引言

花生(*Arachis hypogaea* Linn)属于豆科, 原产于南美洲热带亚热带地区, 是世界上产量仅次于大豆的第二大豆类作物^[1-2]。中国花生品种资源丰富, 不同的花生品种原料特性差异大, 加工的产品品质也有所不同^[3-4]。因此, 通过对花生原料特性与咸干花生品质进行相关性分析, 建立相关模型, 制定适宜加工产品的原料评价标准, 对选择适宜加工咸干花生的专用型花生品种和保持产品品质稳定具有重要意义。

近年来, 国内外对不同品种花生加工适应性及花生产品综合评价的研究已有较多报道。孙东雷等^[5]采用聚类分析、主成分分析以及逐步回归分析对 40 份花生种质资源进行了综合评价和鉴定指标的筛选, 确定了 8 个表型性状可以作为花生种质资源性状的评价指标。巩阿娜等^[6-7]研究了不同品种花生原料特性对花生酱品质的影响, 并建立了花生酱用花生原料特性评价模型, 研究发现原料的粗蛋白、总维生素 E 和油酸/亚油酸比值(O/L)等指标含量越高, 花生酱品质越好。Wang 等^[8]发现花生的形状与蛋白质的凝胶化呈极显著负相关, 并利用主成

分分析结合回归分析, 建立了原料特性与加工产品品质的相关性模型, 用于评估适合加工凝胶型蛋白质的花生品种。Yu 等^[9]研究了花生原料的品质及形状对其加工花生酱品质的影响, 构建了酱用花生品质评价模型, 为选择适合加工花生酱的原料提供了理论依据。但目前对咸干花生的加工品质进行综合评价和原料选择的研究还鲜见报道。

本试验以 14 种花生为原料, 采用相同工艺条件制备咸干花生, 测定原料的基本理化特性和咸干花生的感官品质和理化品质, 利用主成分分析建立咸干花生加工品质评价模型, 得到咸干花生综合品质得分, 以期筛选出适宜加工咸干花生的原料, 旨在提高咸干花生的加工品质, 并充分合理利用花生品种资源, 为咸干花生原料的选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验原料

选用 2021 年 9 月收获的 14 种花生, 其中‘蓝山红籽’‘蓝山小籽’‘安化小籽’‘湘花乌金繁种’‘江永白籽基本型’‘江永红籽基本型’‘湘农小籽’‘花育 957’‘湘花 254’‘湘黑小果’‘HY23’和‘DL123’产自湖南永州, 由湖南农业大学农学院提供; ‘大白沙’‘四粒红’产自江苏徐州, 由宏景食品商行提供。

1.2 主要试剂

石油醚、硫酸、盐酸、乙醚、三氯甲烷、冰醋酸、异丙醇、硫酸铜、硫酸钾、可溶性淀粉, 国药集团化学试剂有限公司; 碘化钾, 广东光华科技股份有限公司; 酚酞, 天津市化学试剂研究所有限公司; 硫代硫酸钠标

收稿日期: 2022-10-20 修订日期: 2022-11-27

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD1000900); 国家现代农业产业技术体系(CARS-13); 湖南省现代农业产业技术体系; 湖南省重点研发计划(2021NK2005)

作者简介: 邱展英, 研究方向为食品加工原理与技术。

Email: 1290881061@qq.com

*通信作者: 张喻, 教授, 研究方向为农产品加工与贮藏。

Email: skxzhangyu@163.com

准溶液、氢氧化钠标准溶液, 深圳市博林达科技有限公司; 所有试剂均为分析纯。

1.3 仪器与设备

TA-XT2i Plus 质构仪, 英国 Stable Micro Systems 公司; CR-400 色差仪, 杭州彩谱科技有限公司; VAP 50s OT 全自动凯氏定氮仪, 德国 Gerhardt 公司; KA-6189A 真空腌制机, 深圳市瑞丰电器有限公司; DA7200 近红外分析仪, 瑞典 Perten 公司; SHZ-D (III) 旋转蒸发仪, 巩义市予华仪器有限责任公司; DHG-9240A 电热恒温鼓风干燥箱, 上海飞越实验仪器有限公司; GFL-230 电热鼓风干燥箱, 天津市莱伯特瑞仪器设备有限公司; DK-98-II 电热恒温水浴锅, 天津市泰斯特仪器有限公司; SX-4-10 马弗炉, 天津市泰斯特仪器有限公司。

2 试验方法

2.1 咸干花生的制备

2.1.1 工艺流程

咸干花生制作工艺流程如下:

原料→筛选→水洗→预煮→真空入味→淋洗→烘烤
 ↑
 食盐及其他配料→调味液←水

→冷却→包装

2.1.2 操作要点

- 1) 原料筛选: 挑选颗粒饱满, 外形完整色泽均匀, 没有发霉的优质新鲜花生果。
- 2) 水洗: 用清水洗净花生壳外的泥沙和杂质。
- 3) 预煮: 将洗净后花生加入水中预煮 20 min。
- 4) 调味液: 以水的质量 100 为基准, 称取 2% 的桂皮和 2% 的八角加入 1 kg 的水中, 预煮 20 min 后过滤得到滤液, 并按质量百分比加入 7% 的食盐、3% 的白砂糖搅拌均匀得到调味液。
- 5) 入味: 按调味液与花生质量 5:1 的比例放入真空腌制机中, 使料水没过花生, 盖好盖子密封后抽真空腌制入味 20 min, 真空气压为 45 kPa。
- 6) 干燥烘烤: 将真空入味结束的花生用清水淋洗后静置控水 1 h, 置于烘箱中以 75℃ 低温烘烤 4 h, 再以 115℃ 高温烘烤 2 h, 使含水率小于 4%, 干燥结束。
- 7) 冷却包装: 迅速将干燥烘烤后的花生冷却至室温, 完全冷却后进行密封包装保藏。

2.2 花生油脂的提取

参照 GB/19300—2014 坚果与籽类国家标准, 采用溶剂法提取。取剥去外壳后的花生样品粉碎, 过 20 目筛, 与石油醚按体积比为 1:5 的比例混合置于具塞锥形瓶中, 振摇 1 min 后静置 12 h, 经盛有无水硫酸钠的漏斗过滤, 所得滤液在 40℃ 水浴中利用真空旋转蒸发仪蒸干石油醚, 萃取得到花生油保存于-4℃ 下, 用于进一步指标分析。

2.3 花生原料特性测定

2.3.1 百果质量测定

随机挑选 100 颗完好无损的花生果称量, 记录百果质量, 每个样品重复测定 3 次, 取平均值。

2.3.2 百仁质量测定

随机挑选大小均匀、颗粒饱满的花生籽仁 100 颗, 称量, 记录百仁质量, 每个样品重复测定 3 次, 取平均值。

2.3.3 花生主要成分测定

含水率测定: 参照 GB 5009.3—2016 标准, 直接干燥法; 蛋白含量测定: 参照 GB 5009.5—2016 标准, 凯氏定氮法; 灰分含量测定: 参照 GB 5009.4—2016 标准, 灼烧法; 脂肪含量测定: 参照 GB 5009.6—2016 标准, 索氏抽提法。

2.3.4 花生总糖含量测定

1) 花生样品预处理

参照 GB 5009.8—2016 标准, 酸水解-莱因-埃农氏法。将花生去壳后取花生仁粉碎并过 20 目筛, 称取 2 g 左右花生粉样品, 置于 250 mL 容量瓶中, 加 50 mL 水, 搅拌均匀后加入乙酸锌溶液和亚铁氰化钾溶液各 5 mL, 定容, 混匀后静置 30 min, 过滤。取滤液 50 mL 于 250 mL 锥形瓶中, 加入 1:1 体积比盐酸溶液 5 mL, 在 70℃ 水浴中加热 10 min, 冷却后加酚酞指示液 2 滴, 用 20% 氢氧化钠溶液滴定至中性。将样液转移至 100 mL 容量瓶中加水定容, 摇匀后注入滴定管待测。

2) 总糖含量测定

在 150 mL 锥形瓶中加入碱性酒石酸铜甲液、乙液各 5 mL, 加入 10 mL 蒸馏水, 并从滴定管中放入 15 mL 样液, 放入几粒玻璃珠后迅速加热至沸, 用样液滴定直至溶液蓝色褪去, 记录样液消耗的体积 (V)。根据式 (1), 计算花生样品中总糖含量。

$$X = \frac{0.5A}{mv} \times 100\% \quad (1)$$

式中, X 为样品中还原糖含量 (以葡萄糖计), %; A 为 10 mL 碱性酒石酸铜溶液 (甲、乙液各一半) 相当于葡萄糖的质量, g; m 为样品质量, g; v 为测定时消耗样品溶液的体积, mL。

2.3.5 花生多糖含量测定

1) 花生样品预处理

称取 100 g 花生仁样品经冷榨后得到花生饼粕, 粉碎并放置 105℃ 的烘箱中脱水干燥 2 h, 记录脱脂后花生粕质量。称取约 1 g 花生饼粕样品于 250 mL 锥形瓶中, 加入 25 mL 水、10 mL 盐酸, 振荡摇匀后装上冷凝回流装置在沸水浴中水解 1 h, 冷却后过滤, 收集滤液定容至 250 mL, 摇匀制成待测液。

2) 多糖含量测定

采用硫酸苯酚法^[10]。制备葡萄糖标准系列溶液绘制标准曲线: 准确称取在 105℃ 烘箱中干燥至恒量后的葡萄糖标准样品 1.00 g, 加水溶解后加入 5 mL 盐酸, 定容至 1 L 得到葡萄糖标准溶液。

分别吸取 0、1、2、4、6、10 mL 葡萄糖标准溶液定容至 50 mL 的容量瓶, 得到不同浓度葡萄糖标准溶液。准确吸取 1 mL 不同浓度葡萄糖标准液分别加入 10 mL 具塞比色管中, 再分别加入 1 mL 苯酚溶液, 5 mL 浓硫酸, 静置放置 10 min 后, 旋涡摇匀, 选择 490 nm 波长测定吸光度, 以葡萄糖质量浓度为横坐标, 吸光度为纵坐标,

绘制葡萄糖标准曲线, 得到回归方程: $y=0.005x-0.002$, $R^2=0.999$ 。根据葡萄糖标准曲线, 测定不同品种花生原料中的多糖含量。

2.3.6 花生脂肪酸组成测定

参照王秀婷^[11]的方法, 采用近红外分析仪测定花生原料脂肪酸组成。将不同品种花生做去壳处理, 挑选种皮完整、籽粒大小均匀, 饱满无皱缩的花生样品, 称取 200 g 备用。校正、预热近红外分析仪, 选择花生测量模式, 将样品置于近红外测定皿中, 轻晃测定皿使样品铺放底部无空隙, 进行测定。每个样品重复测定 3 次, 取平均值。

2.4 咸干花生品质测定

2.4.1 咸干花生感官评价

参考艾静汶等^[12]感官评价标准并进行适当修改后, 咸干花生感官评价标准见表 1。由 10 人组成评价小组, 对咸干花生的形态, 色泽, 滋味, 香味和口感进行评分, 结果去掉最高分和最低分, 取平均值。

表 1 咸干花生感官评价标准

指标/分值 Indicators/ Scores	评分标准 Scoring criteria	评分 Rate
形态/20 分 Morphology/ 20 points	果壳外观完整、饱满, 无裂缝; 籽仁大小基本均匀, 无皱缩	16~20 分
	果壳外观完整, 无明显变形; 籽仁稍收缩不均	11~15 分
	果壳有明显皱缩, 有霉变或空壳, 籽仁断裂	0~10 分
色泽/20 分 Colour/ 20 points	色泽均匀一致, 果壳呈淡土黄色或乳白色, 籽仁呈黄白色	16~20 分
	色泽一般, 果壳呈土黄色, 籽仁色泽暗黄	11~15 分
	色泽不均, 果壳颜色暗黄色或焦黄色, 籽仁有焦色	0~10 分
滋味/20 分 Taste/ 20 points	咸甜合适, 咀嚼有花生特有的坚果香味	16~20 分
	咸淡不均, 偏咸或偏淡, 无糊味、苦味和生涩味	11~15 分
	咸淡不均, 部分焦糊, 有糊味或苦味	0~10 分
香味/10 分 Fragrance/ 10 points	花生烘烤香味浓郁, 有坚果香	8~10 分
	花生烘烤香味正常, 不够浓郁, 无异味	4~7 分
	花生烘烤香味不足, 有焦糊味或其他异味	0~3 分
口感/30 分 Taste/ 30 points	硬度适当, 酥脆性良好, 口感细腻	26~30 分
	偏硬或偏软, 酥脆性适中	21~25 分
	较硬或较软, 酥脆性较差; 口感粗糙	0~20 分

2.4.2 咸干花生仁色差测定

对去壳后的咸干花生仁进行去皮处理, 并粉碎过 20 目筛, 得到色泽均匀的花生仁粉末, 取样置于测定皿中并铺满测定皿底面, 使用色差仪测定咸干花生仁的亮度值 (L^*)、红绿度值 (a^*)、黄蓝度值 (b^*)。

2.4.3 咸干花生质构测定

参照汤鹏宇等^[13]的质构测定方法稍有调整, 将去皮花生仁手工分开两瓣, 去掉其中种胚, 尽量修整为大小一致花生瓣。测定模式为 TPA 模式, 具体测定参数为: 探头型号 P/36R, 测前速度 2 mm/s, 测试速度 3 mm/s, 测后速度 3 mm/s, 压缩形变比 40%, 两次压缩间隔时间 2 s, 触发力大小为 5 g。每个样品重复测定 7 次, 剔除异常值, 取平均值。

2.4.4 咸干花生酸价 (Acid Value, AV) 测定

根据 GB5009.229-2016 标准测定。取 10 g 花生油于

锥形瓶中, 加入 50 mL 乙醚-异丙醇混合溶液, 加入 2~3 滴酚酞溶液, 摇匀后使用 0.1 mol/L 的 NaOH 标准溶液滴定至粉红色出现并持续至少 30 s。

2.4.5 咸干花生过氧化值 (Peroxide Value, POV) 测定

根据 GB5009.227—2016 标准测定。取 2 g 的花生油样品与 30 mL 的三氯甲烷-冰醋酸混合溶液混合, 准确加入饱和碘化钾 1 mL, 轻轻摇荡 30 s 后置于避光处反应 3 min, 取出后加入 100 mL 水和 1 mL 淀粉指示剂, 快速用 0.01 mol/L 的硫代硫酸钠标准溶液滴定至蓝色消失。

2.5 数据统计分析

采用 EXCEL2010 对试验数据进行统计, 采用 SPSS21.0 软件对各指标进行相关性分析、主成分分析和聚类分析。

3 结果与分析

3.1 花生原料基础理化指标

14 种花生原料中的基础理化指标见表 2。

从表 2 可以看出, 14 种花生原料的基础理化指标存在一定的差异。各品种花生的百果质量和百仁质量的范围分别在 85.62~239.65 g 和 37.98~120.45 g 之间, 变异系数较大; 其中, 花育 957 的百果质量和百仁质量最大, 与其他品种花生差异显著 ($P<0.05$), 属于大籽花生品种。各品种花生的含水率范围在 4.60%~6.67% 之间, 均符合国家标准 ($\leq 9.0\%$), 变异系数为 11.02%; 含水率变化的原因可能是由于花生品种的不同以及运输和储存过程中气温的变化, 导致花生原料的含水率也有较大变化^[14]。脂肪含量均在 41.82%~50.17% 的范围内, 是花生主要营养成分中含量最高的成分。14 种花生中, 蛋白质含量最高的品种是蓝山小籽, 达 35.42%, 含量最低的是 HY23, 为 27.52%; 灰分含量范围在 1.88%~2.95% 之间。总糖和多糖的含量分别在 1.37%~6.54% 和 9.00%~14.04% 之间。

3.2 花生原料脂肪酸组成

花生原料脂肪酸组成及含量见表 3。由表 3 可知, 14 种花生原料的脂肪酸主要为油酸、亚油酸、棕榈酸、花生酸、硬脂酸和山萘酸。脂肪酸以不饱和脂肪酸 (Unsaturated Fatty Acid, UFA) 中的油酸和亚油酸为主, 占脂肪酸含量的 80% 左右, 相对含量范围分别在 29.93%~46.93% 和 33.28%~49.03% 之间; 其中, 油酸含量最高的花生品种是 HY23, 亚油酸含量最高的花生品种是四粒红。O/L 比值通常用来衡量油脂的经济价值, 有研究表明, O/L 比值的增加可改善花生的品质和营养价值, 提高产品的贮藏稳定性, O/L 比值越高, 则油脂的氧化稳定性越好^[15-17]; 14 种花生原料的 O/L 比值范围在 0.61%~1.41% 之间, 变异系数较大, 为 22.42%, 说明不同品种花生的 O/L 比值之间存在较大差异。其中 HY23、湘黑小籽和湘花乌金繁种的 O/L 比值较高, 分别为 1.41%、1.16% 和 1.08%, 与其他花生品种相比, 油脂氧化稳定性可能较好^[18]。

3.3 咸干花生的色差、酸价和过氧化值

对咸干花生的色差、酸价和过氧化值进行测定, 咸干花生色差、酸价和过氧化值分析见表 4。咸干花生的色

差指标反映了烘烤后产品色泽的变化, 作为产品的外观品质会在一定程度上影响消费者的感官判断。从表 4 可以看出, 不同品种咸干花生的 L^* 值和 b^* 值变异系数较小, 说明烘烤后各品种咸干花生果仁亮度均匀, 烘烤后总体呈淡黄色; a^* 值的变异系数较大, 在 3.29~6.68 之间, 江永白籽基本型的 a^* 值最低, 湘花乌金繁种的最高。这

可能是不同品种花生的还原糖含量有差异, 还原糖含量高的花生原料烘烤时发生美拉德反应从而使产品颜色更深^[19]。不同品种咸干花生酸价和过氧化值的变异系数均比较大, 分别为 27.02%、45.90%, 但均符合 GB 19300—2014 坚果与籽类食品国家标准对产品的要求: 酸价 ≤ 3 mg/g, 过氧化值 ≤ 0.5 g/100 g。

表 2 14 种花生原料中的基础理化指标
Table 2 Physicochemical indexes of 14 peanut varieties

品种 Cultivar	百果质量 Hundred-pod weight/g	百仁质量 Hundred-kernel weight/g	含水率 Water content/%	脂肪含量 Fat content/ %	蛋白质含量 Protein content/%	灰分含量 Ash content/%	总糖含量 Total sugar content/%	多糖含量 Polysaccharide content/%
蓝山红籽 LanShanHongZi	104.70±0.38 ^b	48.71±0.49 ^d	4.60±0.32 ^a	49.01±0.18 ^{fg}	31.23±0.22 ^e	2.95±0.04 ^g	4.06±0.01 ^e	9.00±0.06 ^a
蓝山小籽 LanShanXiaoZi	124.28±0.78 ^f	45.96±0.18 ^c	4.80±0.25 ^a	45.50±0.19 ^{cd}	35.42±0.20 ^g	2.43±0.18 ^{cd}	3.42±0.02 ^c	9.97±0.06 ^b
安化小籽 AnHuaXiaoZi	103.90±0.09 ^b	38.08±0.43 ^b	5.68±0.38 ^b	45.40±0.51 ^{cd}	31.51±0.20 ^e	2.62±0.02 ^d ^{ef}	6.37±0.17 ⁱ	14.04±0.34 ^h
湘花乌金繁种 XiangHuaWujinFanZhong	114.44±0.36 ^c	48.33±0.32 ^d	6.09±0.45 ^c	42.00±0.15 ^{ab}	28.55±0.13 ^{bc}	1.88±0.39 ^a	1.45±0.01 ^a	11.58±0.11 ^d
江永白籽基本型 JianYongBaiZi Basic	119.59±0.36 ^d	49.82±0.42 ^e	6.62±0.05 ^e	44.72±0.14 ^{cd}	31.47±0.14 ^c	2.05±0.06 ^b	1.38±0.01 ^a	12.28±0.44 ^e
江永红籽基本型 JianYongHongZi Basic	145.41±0.30 ^h	56.51±0.39 ^e	6.67±0.31 ^e	44.79±0.21 ^{cd}	32.57±0.64 ^f	2.12±0.15 ^b	3.71±0.03 ^d	9.68±0.28 ^b
湘农小籽 XiangNongXiaoZi	121.51±0.43 ^{de}	48.81±0.23 ^d	6.21±0.25 ^{cd}	46.08±0.27 ^{de}	31.68±0.12 ^{ef}	2.02±0.05 ^{ab}	4.25±0.06 ^f	11.99±0.38 ^{de}
花育 957 HuaYu 957	239.65±0.47 ^l	120.45±0.36 ^k	6.46±0.47 ^d	41.82±0.55 ^a	29.22±0.10 ^c	2.41±0.04 ^{cd}	5.30±0.03 ^g	13.27±0.06 ^g
湘花 254 XiangHua 254	161.44±0.40 ⁱ	63.41±0.26 ^h	5.90±0.20 ^{bc}	43.71±0.84 ^{bc}	30.23±0.13 ^d	2.72±0.31 ^{ef}	3.90±0.23 ^e	10.60±0.15 ^c
湘黑小果 XiangHeiXiaoGuo	122.48±0.34 ^e	51.96±0.13 ^f	6.56±0.16 ^d	50.17±0.14 ^g	28.18±0.29 ^{ab}	2.59±0.04 ^d ^{ef}	4.35±0.03 ^f	12.60±0.09 ^{ef}
HY23	135.56±0.34 ^g	64.17±0.08 ^h	5.50±0.33 ^b	49.32±0.01 ^{fg}	27.79±0.13 ^{ab}	2.25±0.06 ^{bc}	4.01±0.07 ^e	12.51±0.29 ^e
DL123	85.62±1.77 ^a	37.98±0.15 ^a	6.31±0.21 ^{cd}	45.86±0.08 ^{cd}	31.82±0.31 ^{ef}	2.83±0.01 ^g	5.94±0.06 ^h	11.29±0.20 ^d
大白沙 DaBaiSha	215.08±0.93 ^j	81.98±0.45 ^j	6.25±0.18 ^{cd}	46.34±0.11 ^{def}	27.52±0.64 ^a	2.64±0.03 ^{ef}	5.88±0.12 ^h	12.01±0.20 ^e
四粒红 SiLiHong	236.36±0.64 ^k	66.84±0.19 ⁱ	6.63±0.30 ^e	45.96±0.18 ^{cd}	32.46±0.51 ^f	2.81±0.08 ^{fg}	2.11±0.06 ^b	12.05±0.40 ^e
最小值 Minimum value	85.62	37.98	4.60	41.82	27.52	1.88	1.37	9.00
最大值 Maximum value	239.65	120.45	6.67	50.17	35.42	2.95	6.54	14.04
标准偏差 Standard deviation	48.76	21.35	0.66	2.47	2.23	0.34	1.55	1.41
变异系数 Coefficient of variation/%	33.63	36.31	11.02	5.40	7.62	13.90	38.54	12.11

注: 同一列中, 不同的小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 下同。
Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference ($P<0.05$), the same as below.

表 3 不同品种花生原料脂肪酸组成及含量
Table 3 Composition and content of fatty acid in different varieties of peanuts %

品种 Cultivar	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	棕榈酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	花生酸 Peanut acid	山嵛酸 Behenic acid	O/L
蓝山红籽 LanShanHongZi	35.59±0.40 ^{cd}	44.00±0.40 ^e	11.93±0.15 ^{fg}	3.81±0.21 ^{fg}	1.71±0.05 ^g	3.56±0.25 ^{cdef}	0.81±0.04 ^{cd}
蓝山小籽 LanShanXiaoZi	37.14±0.04 ^d	41.43±0.18 ^c	11.89±0.04 ^{efg}	3.54±0.02 ^{cde}	1.57±0.01 ^{bc}	3.27±0.09 ^{abc}	0.90±0.00 ^e
安化小籽 AnHuaXiaoZi	37.37±0.44 ^d	44.07±0.19 ^e	11.56±0.07 ^{cde}	3.54±0.15 ^{cde}	1.59±0.04 ^{cd}	3.80±0.14 ^{ef}	0.85±0.01 ^{cde}
湘花乌金繁种 XiangHuaWujinFanZhong	43.58±0.25 ^f	40.33±0.29 ^c	10.87±0.14 ^b	2.92±0.04 ^a	1.49±0.02 ^a	3.90±0.08 ^f	1.08±0.06 ^g
江永白籽基本型 JianYongBaiZi Basic	35.58±0.04 ^{cd}	43.47±0.41 ^{de}	11.83±0.07 ^{efg}	3.90±0.23 ^{fgh}	1.64±0.06 ^{cde}	3.35±0.31 ^{bcd}	0.82±0.02 ^{cde}
江永红籽基本型 JianYongHongZi Basic	35.49±0.40 ^{cd}	44.13±0.26 ^e	11.93±0.09 ^{fg}	3.83±0.07 ^{gh}	1.66±0.02 ^{def}	3.65±0.07 ^{cdef}	0.80±0.02 ^{cd}
湘农小籽 XiangNongXiaoZi	37.07±1.00 ^d	42.65±0.29 ^d	11.78±0.22 ^{ef}	3.61±0.14 ^{def}	1.60±0.03 ^{cd}	3.46±0.17 ^{cdef}	0.87±0.05 ^{de}
花育 957 HuaYu 957	34.36±0.27 ^{bc}	44.19±0.31 ^e	11.68±0.21 ^{def}	3.92±0.06 ^{gh}	1.71±0.01 ^g	2.89±0.14 ^a	0.78±0.02 ^c
湘花 254 XiangHua 254	39.51±0.13 ^c	40.39±0.03 ^c	11.43±0.29 ^{cd}	4.06±0.15 ^h	1.70±0.04 ^{fg}	3.24±0.08 ^{abc}	0.98±0.05 ^f
湘黑小果 XiangHeiXiaoGuo	44.60±0.76 ^f	38.49±0.36 ^b	10.80±0.11 ^b	3.06±0.15 ^{ab}	1.51±0.04 ^{ab}	3.73±0.20 ^{def}	1.16±0.05 ^h
HY23	46.93±0.40 ^g	33.28±0.19 ^a	10.47±0.07 ^a	3.30±0.10 ^{bc}	1.46±0.03 ^a	3.01±0.29 ^{ab}	1.41±0.02 ⁱ
DL123	32.68±0.15 ^b	47.08±0.42 ^f	12.16±0.17 ^g	3.63±0.14 ^{def}	1.68±0.03 ^{fg}	3.84±0.28 ^f	0.69±0.03 ^b
大白沙 DaBaiSha	39.98±0.66 ^e	40.51±0.11 ^c	11.35±0.05 ^c	3.52±0.28 ^{cd}	1.58±0.07 ^{bcd}	3.34±0.31 ^{bcd}	0.99±0.02 ^f
四粒红 SiLiHong	29.93±0.08 ^a	49.03±0.18 ^g	12.54±0.12 ^h	3.84±0.24 ^{fgh}	1.69±0.06 ^{fg}	3.83±0.24 ^a	0.61±0.02 ^a
最小值 Minimum value	29.93	33.28	10.47	2.92	1.46	2.89	0.61
最大值 Maximum value	46.93	49.03	12.54	4.06	1.71	3.90	1.41
标准偏差 Standard deviation	4.70	3.82	0.56	0.33	0.08	0.32	0.20
变异系数 Coefficient of variation/%	12.41	9.02	4.87	9.19	5.23	9.18	22.42

注: O/L 表示油酸和亚油酸的比值。
Note: O/L indicates the ratio of oleic acid to linoleic acid.

表 4 咸干花生色差、酸价和过氧化值分析
Table 4 Analysis of color difference, acid value and peroxide value of salty peanuts

品种 Cultivar	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	酸价 Acid value/(mg·g ⁻¹)	过氧化值 Peroxide value/(g·100 g ⁻¹)
蓝山红籽 LanShanHongZi	41.14±1.09a	6.17±0.31f	19.54±0.92cd	0.24±0.00ab	0.01±0.00ef
蓝山小籽 LanShanXiaoZi	45.62±0.02de	5.23±0.06d	20.47±0.06de	0.27±0.00bc	0.01±0.00bc
安化小籽 AnHuaXiaoZi	47.34±0.86fg	4.67±0.08c	17.64±0.40ab	0.42±0.00f	0.01±0.00de
湘花乌金繁种 XiangHuaWujinFanZhong	41.20±0.99ab	6.68±0.15g	18.97±0.40bc	0.30±0.03cd	0.01±0.00de
江永白籽基本型 JianYongBaiZi Basic	48.68±0.24gh	3.29±0.12a	18.63±0.47bc	0.31±0.01de	0.00±0.00ab
江永红籽基本型 JianYongHongZi Basic	42.92±0.88bc	4.76±0.19c	17.31±1.01a	0.32±0.00de	0.01±0.00fg
湘农小籽 XiangNongXiaoZi	48.04±1.57fg	3.78±0.05b	18.94±0.64bc	0.32±0.02de	0.01±0.00de
花育 957 HuaYu 957	42.49±1.46bc	6.09±0.31f	20.58±1.21de	0.35±0.00e	0.02±0.00g
湘花 254 XiangHua 254	44.04±0.17cd	6.60±0.24g	20.73±1.25de	0.22±0.00a	0.01±0.00cd
湘黑小果 XiangHeiXiaoGuo	46.31±0.29ef	6.63±0.27g	20.87±0.27de	0.35±0.01e	0.01±0.00cd
HY23	46.34±0.94ef	4.92±0.02c	20.89±0.48de	0.26±0.01abc	0.00±0.00a
DL123	49.86±0.62h	3.30±0.27a	20.22±0.81d	0.25±0.00ab	0.01±0.00cd
大白沙 DaBaiSha	48.09±0.77fg	5.62±0.12e	21.77±0.44e	0.54±0.02g	0.01±0.00f
四粒红 SiLiHong	44.85±0.22cd	6.12±0.21f	19.92±0.18cd	0.24±0.01ab	0.01±0.00de
最小值 Minimum value	41.14	3.29	17.31	0.22	0.00
最大值 Maximum value	49.86	6.68	21.77	0.54	0.02
标准偏差 Standard deviation	2.81	1.20	1.30	0.08	0.00
变异系数 Coefficient of variation/%	6.18	22.73	6.59	27.02	45.90

3.4 咸干花生的质构品质和感官品质

质构是重要的感官属性，反映了产品的口感特性，能在一定程度上反映产品的感官品质。咸干花生质构品质和感官品质见表 5。从表 5 可以看出，不同品种咸干花生的硬度、脆度和咀嚼性变异系数较大，分别为 31.61%、38.95%和 47.03%，说明本次研究所选用的花生原料在质

构品质上差异较大。咸干花生等坚果类产品具有含水量低、质构脆硬的特点，与其品种、大小和形状密切相关，并且测定时由于形状和大小的不同具有不同的受力方向^[20]。因而各品种花生的质构参数差异大，与崔昭伟等^[21]研究结果一致。

表 5 咸干花生质构品质和感官品质
Table 5 Texture quality and sensory quality of salty peanuts

花生品种 Peanut varieties	硬度 Hardness/N	脆度 Brittleness/N	咀嚼性 Masticatory	感官评分 Sensory scores
蓝山红籽 LanShanHongZi	56.03±5.21 ^j	51.33±2.63 ^g	281.68±58.32 ^c	87.13±1.91 ^{fg}
蓝山小籽 LanShanXiaoZi	44.55±2.57 ^{ghi}	40.89±2.19 ^f	283.88±18.15 ^c	83.67±1.53 ^f
安化小籽 AnHuaXiaoZi	35.81±0.90 ^{de}	38.58±2.81 ^{ef}	120.57±17.52 ^{ab}	85.92±2.23 ^{ef}
湘花乌金繁种 XiangHuaWujinFanZhong	28.44±1.36 ^{cd}	20.51±2.85 ^{bc}	113.21±41.17 ^{abc}	76.66±2.31 ^b
江永白籽基本型 JianYongBaiZi Basic	43.36±1.13 ^{fghi}	39.73±2.20 ^f	187.21±25.60 ^{bcd}	85.88±1.20 ^{ef}
江永红籽基本型 JianYongHongZi Basic	37.29±2.82 ^{ef}	37.00±0.67 ^{def}	162.00±2.66 ^{bcd}	82.33±2.03 ^{cd}
湘农小籽 XiangNongXiaoZi	25.07±2.40 ^{bc}	25.54±2.42 ^c	258.61±87.73 ^{de}	85.21±1.00 ^f
花育 957 HuaYu 957	14.38±2.53 ^a	18.35±2.27 ^{ab}	421.75±89.59 ^f	67.33±2.89 ^a
湘花 254 XiangHua 254	42.63±3.12 ^{efgh}	14.73±1.47 ^a	273.74±72.23 ^c	80.35±2.65 ^{bcd}
湘黑小果 XiangHeiXiaoGuo	47.18±1.47 ^{hi}	34.97±1.03 ^{de}	221.30±32.20 ^{de}	78.68±1.73 ^{bc}
HY23	19.17±0.58 ^{ab}	14.58±0.77 ^a	24.75±2.55 ^a	78.88±2.08 ^{bc}
DL123	38.75±1.06 ^{efg}	38.82±2.18 ^{ef}	215.38±34.35 ^{cde}	86.07±2.69 ^{efg}
大白沙 DaBaiSha	49.46±1.33 ^{ij}	56.26±3.43 ^g	131.14±30.17 ^{abcd}	68.67±2.52 ^a
四粒红 SiLiHong	40.61±2.62 ^{efg}	32.88±1.23 ^d	197.34±19.49 ^{bcd}	88.10±2.45 ^g
最小值 Minimum value	14.38	14.58	24.75	67.33
最大值 Maximum value	56.03	56.26	421.75	88.10
标准偏差 Standard deviation	11.80	12.91	97.17	6.54
变异系数 Coefficient of variation/%	31.61	38.95	47.03	8.07

感官评分的变异系数为 8.07%，以四粒红、蓝山红籽、安化小籽和江永白籽基本型加工的咸干花生具有较高的感官评分，硬度、脆度较高，具有特有的坚果酥脆口感，且坚果香味浓郁，感官品质较好。花育 957 和大白沙加工的咸干花生感官评分较低，均为大籽粒品种花生；其

中花育 957 加工的咸干花生硬度、脆度低，质构品质较差，口感粗糙，使其感官评分较低；而大白沙加工的咸干花生口感偏硬，并具有焦糊味，这可能由于是大白沙在烘烤过程中水分流失严重，使其质地变化大，在感官上不受欢迎^[22]。

3.5 咸干花生脂肪酸组成

对咸干花生脂肪酸组成进行测定, 咸干花生脂肪酸组成见表 6。由表 6 可知, 14 种咸干花生的油酸和亚油酸相对含量经加工后范围分别在 44.05%~59.22%和 27.82%~37.95%之间, 变异系数分别为 9.11%和 7.48%, 各品种间相对含量的差异不明显; 各品种咸干花生 SFA

中棕榈酸、花生酸的相对含量范围分别在 7.30%~10.08%和 1.72%~2.19%之间; 硬脂酸和山嵛酸相对含量变异系数较大, 分别为 14.42%和 14.50%, 说明不同品种咸干花生的硬脂酸和山嵛酸相对含量受花生品种和加工条件的影响存在一定差异, 但相对含量均不高于 6.00%。

表 6 咸干花生脂肪酸组成
Table 6 Fatty acid composition of salty peanuts %

花生品种 Cultivar	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	棕榈酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	花生酸 Peanut acid	山嵛酸 Behenic acid
蓝山红籽 LanShanHongZi	49.95±0.39 ^{bc}	31.88±0.28 ^{bcd}	7.30±0.14 ^a	5.40±0.19 ^{cd}	2.12±0.05 ^{def}	2.22±0.12 ^{ab}
蓝山小籽 LanShanXiaoZi	48.27±4.27 ^{ab}	32.58±0.15 ^{cde}	8.16±0.44 ^{bc}	4.45±1.06 ^{abc}	1.89±0.10 ^{abc}	2.09±0.28 ^a
安化小籽 AnHuaXiaoZi	58.01±6.07 ^c	30.66±0.83 ^{bc}	7.53±0.81 ^{ab}	3.80±1.18 ^a	1.76±0.08 ^{ab}	2.54±0.12 ^{bcd}
湘花乌金繁种 XiangHuaWujinFanZhong	56.73±1.26 ^c	33.51±0.30 ^{def}	8.24±0.10 ^{bc}	3.94±0.13 ^{ab}	1.94±0.05 ^{bcd}	2.86±0.19 ^{def}
江永白籽基本型 JianYongBaiZi Basic	48.20±0.96 ^{ab}	33.03±0.55 ^{def}	9.14±0.13 ^d	4.65±0.06 ^{abcd}	1.84±0.01 ^{abc}	2.95±0.21 ^{defg}
江永红籽基本型 JianYongHongZi Basic	50.73±0.97 ^{bcd}	32.51±0.91 ^{cde}	7.90±0.15 ^{abc}	4.57±0.18 ^{abcd}	1.90±0.06 ^{abc}	2.77±0.23 ^{cde}
湘农小籽 XiangNongXiaoZi	45.46±0.84 ^{ab}	34.85±0.41 ^{ef}	9.72±0.19 ^{de}	4.84±0.06 ^{abcd}	1.97±0.04 ^{cde}	3.05±0.19 ^{efg}
花育 957 HuaYu 957	49.67±0.83 ^{abc}	33.68±1.32 ^{deff}	10.08±0.14 ^e	5.06±0.31 ^{bcd}	1.97±0.13 ^{cde}	2.30±0.19 ^{ab}
湘花 254 XiangHua 254	54.07±0.19 ^{cde}	29.83±0.66 ^{ab}	7.75±0.16 ^{abc}	5.43±0.18 ^{cd}	2.14±0.06 ^{ef}	2.37±0.26 ^{abc}
湘黑小果 XiangHeiXiaoGuo	59.22±0.79 ^c	31.51±0.92 ^{bcd}	7.97±0.23 ^{abc}	3.78±0.06 ^a	1.89±0.02 ^{abc}	3.24±0.08 ^{fg}
HY23	56.17±0.99 ^{de}	27.82±1.10 ^a	8.18±0.09 ^{bc}	5.16±0.15 ^{cd}	2.19±0.03 ^f	2.87±0.46 ^{def}
DL123	44.05±0.44 ^a	37.95±1.02 ^g	9.24±0.16 ^d	5.71±0.11 ^d	2.48±0.03 ^g	3.33±0.24 ^g
大白沙 DaBaiSha	55.25±8.23 ^{cde}	33.34±3.62 ^{def}	8.09±1.05 ^{bc}	3.66±1.67 ^a	1.72±0.31 ^a	2.63±0.07 ^{bcd}
四粒红 SiLiHong	50.55±0.47 ^{bcd}	35.01±1.04 ^f	8.47±0.11 ^e	5.05±0.12 ^{bcd}	2.00±0.03 ^{cde}	2.33±0.27 ^{ab}
最小值 Minimum value	44.05	27.82	7.30	3.66	1.72	2.09
最大值 Maximum value	59.22	37.95	10.08	5.71	2.19	3.33
标准偏差 Standard deviation	4.73	2.45	0.83	0.67	1.20	0.39
变异系数 Coefficient of variation/%	9.11	7.48	9.82	14.42	9.86	14.50

3.6 花生原料理化指标与咸干花生品质指标相关性分析

花生原料特性与咸干花生品质相关性分析见表 7。由表 7 可知, 对 14 种不同品种咸干花生的原料特性指标和产品品质指标进行相关性分析发现, 各指标之间存在不同程度的相关性。花生原料的百果质量和百仁质量与咸干花生的过氧化值呈极显著正相关 ($r=0.775^{**}$, $r=0.806^{**}$), 与咸干花生的感官评分呈显著负相关 ($P<0.05$), 其中, 百仁质量呈极显著负相关 ($r=-0.781^{**}$), 这说明花生原料的籽仁越大, 产品的过氧化值越高, 感官品质越差。原料中的脂肪含量与咸干花生的 b^{*} 值之间呈极显著正相关 ($r=0.699^{**}$), 说明花生中油脂含量越高, 烘烤后的咸干花生色差的 b^{*} 值越大, 即花生仁色泽的黄色越高。不同品种花生原料的蛋白质含量与咸干花生的感官评分呈显著正相关 ($P<0.05$), 与油酸含量呈显著负相关 ($P<0.05$); 原料的灰分还与咸干花生的硬度呈显著正相关 ($P<0.05$), 这与李小钰^[23]研究结果一致。此外, 花生原料的脂肪酸组成与烘烤后咸干花生的脂肪酸变化有显著的相关性, 其中, 原料的 O/L 值和咸干花生脂肪酸中的油酸相对含量呈极显著正相关 ($r=0.672^{**}$), 与亚油酸呈显著负相关 ($P<0.05$); 原料的花生酸与咸干花生的油酸含量相关性较高, 呈极显著负相关 ($r=-0.762^{**}$), 与亚油酸含量呈显著正相关; 花生原料中的山嵛酸与咸

干花生的脂肪酸组成均无显著相关性, 与吴贝等^[24]研究结果一致。通过上述分析可见花生原料的理化特性与咸干花生的品质指标存在一定的相关性。因此, 可以通过选择合适的花生原料对产品的品质进行控制, 以提高咸干花生的品质。

3.7 不同品种咸干花生品质主成分分析和综合评价

3.7.1 咸干花生品质指标主成分分析

对咸干花生的品质指标进行主成分分析, 可将多指标简化为少数几个综合指标, 并尽可能对样品进行较为全面的评价^[25]。根据咸干花生品质指标的相关性分析结果, 在主成分分析中剔除相关系数较低的几个指标变量, 选取 14 种不同品种咸干花生的 11 项品质指标, 经标准化后进行主成分分析。主成分的特征值及贡献率见表 8, 主要指标的特征向量见表 9, 根据提取的主成分特征值大于 1 的标准, 确定提取的前 3 个主成分的特征值、贡献率和累积贡献率, 并得到各品质指标的特征向量。

从表 8 可以看出, 提取特征值大于 1 的前 3 个主成分累计方差贡献率达 87.50%, 说明前 3 个主成分综合了咸干花生品质指标的大部分信息。从表 9 中各指标的特征向量值可以看出, 第一个主成分主要代表了脂肪酸的油酸、亚油酸、O/L 值、花生酸和棕榈酸; 第二个主成分主要代表的是感官评分、咀嚼性和过氧化值; 第三个主成分主要代表的是硬度、脆度和酸价。

表 7 花生原料特性与咸干花生品质相关性分析

Table 7 Correlation analysis between peanut raw material characteristics and quality of salty peanuts

花生原料特性 Peanut raw material characteristics															
咸干花生品质 Salty peanuts quality	百果质量 Hundred- pod weight	百仁质量 Hundred- kernel weight	含水率 Water content	脂肪 Fat	蛋白质 Protein	灰分 Ash	总糖 Total sugar	多糖 Polysacc haride	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	O/L	棕榈酸 Palmitic acid	花生酸 Peanut acid	硬脂酸 Stearic acid	山嵛酸 Behenic acid
<i>L</i> *	-0.21	-0.287	-0.147	-0.126	-0.094	0.051	0.332	0.497	-0.056	0.017	-0.021	-0.170	0.079	-0.025	0.037
<i>a</i> *	0.414	0.369	0.358	0.392	-0.394	0.257	-0.136	-0.110	0.311	-0.224	0.260	-0.075	-0.326	-0.213	-0.017
<i>b</i> *	0.400	0.449	0.151	0.699**	-0.498	0.412	0.217	0.152	0.284	-0.376	0.351	-0.143	-0.292	-0.122	-0.453
感官评分 Sensory scores	-0.551*	-0.781**	-0.506	-0.394	0.560*	0.158	-0.269	-0.188	-0.394	0.407	-0.375	0.498	0.209	0.202	0.508
硬度 Hardness	-0.196	-0.418	-0.498	0.305	0.002	0.541*	-0.044	-0.346	-0.164	0.210	-0.225	0.207	0.285	0.126	0.373
脆度 Brittleness	-0.122	-0.264	-0.427	0.161	-0.028	0.393	0.225	-0.164	-0.321	0.347	-0.369	0.166	0.394	0.074	0.320
咀嚼性 Masticatory	0.273	0.419	0.342	-0.132	0.488	0.256	0.120	-0.306	-0.494	0.411	-0.508	0.650*	0.456	0.515	-0.308
酸价 Acid value	0.259	0.275	0.321	0.103	-0.507	-0.083	0.479	0.423	0.167	-0.104	0.090	-0.237	-0.212	-0.206	-0.041
过氧化值 Peroxide value	0.775**	0.806**	0.479	-0.185	-0.186	0.106	0.278	0.009	-0.389	0.391	-0.406	0.439	0.262	0.305	-0.196
油酸 Oleic acid	0.013	0.036	0.257	0.207	-0.560*	-0.090	-0.124	0.381	0.725**	-0.575*	0.672**	-0.539*	-0.762**	-0.546*	0.116
亚油酸 Linoleic acid	0.252	0.137	-0.028	-0.290	-0.036	0.090	0.071	-0.116	-0.624*	0.681**	-0.658*	0.354	0.596*	0.118	0.317
棕榈酸 Palmitic acid	0.330	0.474	0.317	-0.291	0.055	-0.316	0.063	0.221	-0.308	0.232	-0.271	0.174	0.213	0.174	-0.33
硬脂酸 Stearic acid	0.065	0.101	-0.329	0.141	0.328	0.496	0.235	-0.357	-0.480	0.280	-0.349	0.606*	0.482	0.653*	-0.343
花生酸 Peanut Acid	-0.184	-0.071	-0.355	0.225	0.013	0.390	0.198	-0.215	-0.106	0.052	-0.021	0.243	0.095	0.121	-0.012
山嵛酸 Behenic acid	-0.480	-0.382	-0.099	-0.149	-0.163	-0.427	-0.026	0.361	0.376	-0.247	0.330	-0.491	-0.375	-0.546*	0.344

表 8 主成分的特征值及贡献率

Table 8 Initial eigenvalue value and contribution rate of principal component

主成分数 Principal component	特征值 Eigenvalue	方差贡献率 Variance contribution rate/%	累积方差贡献率 Accumulated variance contribution rate/%
1	5.36	48.73	48.73
2	2.42	22.00	70.73
3	1.84	16.76	87.50

表 9 主要指标的特征向量

Table 9 Eigenvectors of principal components

指标 Index	<i>F</i> 1	<i>F</i> 2	<i>F</i> 3
感官评分 Sensory score ZX1	0.19	0.51	-0.2
硬度 Hardness ZX2	0.14	0.35	0.42
脆度 Brittleness ZX3	0.17	0.20	0.61
咀嚼性 Chewiness ZX4	0.24	-0.33	-0.15
酸价 Acid value ZX5	0.09	0.25	-0.60
过氧化值 Peroxide value ZX6	0.06	-0.61	0.12
油酸 Oleic acid ZX7	-0.42	0.05	0.04
亚油酸 Linoleic acid ZX8	0.41	-0.03	0.01
O/L ZX9	-0.42	0.06	-0.02
花生酸 Arachidonic acid ZX10	0.38	-0.14	-0.08
棕榈酸 Palmitic acid ZX11	0.42	0.04	-0.02

3.7.2 咸干花生品质的综合评价

根据表 9 中各主成分对应的特征向量，可以确定主

成分 1 (*F*1)、主成分 2 (*F*2) 和主成分 3 (*F*3) 与咸干花生品质指标之间的线性关系表达式，具体公式如下：

$$F1=0.19ZX1+0.14ZX2+0.17ZX3+0.24ZX4+0.09ZX5+0.06ZX6-0.42ZX7+0.41ZX8-0.42ZX9+0.38ZX10+0.42ZX11 \quad (2)$$

$$F2=0.51ZX1+0.35ZX2+0.20ZX3-0.33ZX4+0.25ZX5-0.61ZX6+0.05ZX7-0.03ZX8+0.06ZX9-0.14ZX10+0.04ZX11 \quad (3)$$

$$F3=-0.20ZX1+0.42ZX2+0.61ZX3-0.15ZX4-0.60ZX5+0.12ZX6+0.04ZX7+0.01ZX8-0.02ZX9-0.08ZX10-0.02ZX11 \quad (4)$$

式中 ZX1~ZX11 分别表示感官评价、硬度、脆度、咀嚼性、酸价、过氧化值、油酸、亚油酸、O/L、花生酸、棕榈酸。

以 3 个主成分所对应的特征值占所提取的主成分特征值之和的比例为权重，得到咸干花生品质的综合得分 (*F*)，计算公式如下：

$$F=0.56F1+0.25F2+0.19F3 \quad (5)$$

将标准化后的数据代入上述公式，可计算出不同品种原料加工的咸干花生品质各主成分得分和综合得分，咸干花生的主成分得分值及综合得分见表 10。

由表 10 可以看出，以四粒红、DL123、蓝山红籽、江永白籽基本型和江永红籽基本型原料加工的咸干花生品质综合得分较高；湘花乌金繁种、湘黑小果和 HY23

加工的咸干花生品质综合得分较低。

表 10 咸干花生的主成分得分及综合得分

Table 10 Principal component scores and comprehensive scores of salty peanuts

品种 Cultivar	F1 得分 F1 score	F2 得分 F2 score	F3 得分 F3 score	综合得分 Overall score	排名 Ranking
蓝山红籽 LanShanHongZi	2.05	0.45	1.67	1.57	2
蓝山小籽 LanShanXiaoZi	0.47	-0.19	0.84	0.37	6
安化小籽 AnHuaXiaoZi	0.33	1.01	-0.54	0.33	7
湘花乌金繁种 XiangHuaWujinFanZhong	-2.82	-0.24	-0.37	-1.70	13
江永白籽基本型 JianYongBaiZi Basic	1.13	-0.11	0.54	0.70	5
江永红籽基本型 JianYongHongZi Basic	1.05	0.47	0.05	0.71	4
湘农小籽 XiangNongXiaoZi	0.27	-0.33	-1.04	-0.13	9
花育 957 HuaYu 957	0.81	-1.19	-2.11	-0.26	10
湘花 254 XiangHua 254	-0.36	-0.90	-0.16	-0.46	11
湘黑小果 XiangHeiXiaoGuo	-2.40	0.06	0.45	-1.23	12
HY23	-5.31	-0.78	-0.46	-3.24	14
DL123	2.37	-0.24	0.58	1.37	3
大白沙 DaBaiSha	-0.78	1.31	0.35	-0.04	8
四粒红 SiLiHong	3.29	-0.31	0.40	1.83	1

3.8 咸干花生品质综合得分的聚类分析

在主成分分析的基础上，根据样品的相似性和欧式平方距离，采用系统聚类分析 Ward 法对 14 种咸干花生的综合得分进行聚类分类，咸干花生综合得分聚类分析树状图如图 1 所示。由图 1 可知，在欧式平方距离为 5 时，可将加工咸干花生的 14 种花生品种分为 3 类。第一类聚集的样品为蓝山红籽、DL123 和四粒红，其加工的咸干花生综合得分最高，分别为 1.57、1.37 和 1.83，产品综合品质最好。说明这 3 种花生品种最适合加工咸干

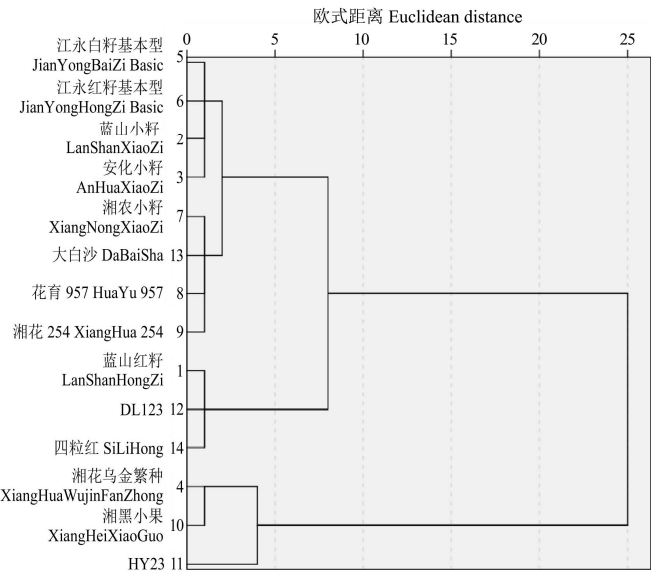


图 1 咸干花生综合得分聚类分析树状图

Figure 1 Dendrogram of cluster analysis of salty peanuts' comprehensive score

花生，具有花生籽仁中小粒，蛋白质和灰分含量高，脂肪含量中等偏上的特点。第二类聚集了 8 个样品，包括蓝山小籽、安化小籽、湘农小籽、大白沙、花育 957、湘花 254、江永白籽基本型和江永红籽基本型，综合得分在 -0.46~0.71 之间，此类花生品种加工的咸干花生综合品质一般。第三类聚集了 3 个样品，分别为湘花乌金繁种、湘黑小果和 HY23，综合得分小于-1.00，此类花生品种不适合加工咸干花生。

4 讨 论

国内外对烘烤类花生品质评价的相关研究已有较多报道，王强等^[26]以花生原料的百仁重、水分含量和 O/L 比值为指标建立了一种休闲花生食品品质评价的方法，可为休闲花生食品的加工原料进行选择。卞能飞等^[27]对烘烤花生的食用品质形状进行评价，确定了优质烘烤花生品种应具备籽仁中大粒、高油酸、高蔗糖、高蛋白、低脂肪和低山萆酸含量等性状。以上评价方法主要是针对花生的原料性状和产品的食味品质进行研究，未能与产品的酸价、过氧化值等氧化品质相联系，不适用于市场上花生产品品质的要求。本研究以咸干花生为研究对象，将花生原料的特性与产品的品质指标相结合进行综合评价，对咸干花生加工原料的选择具有一定的应用价值。同时，本研究的试验原料主要以湖南产地的小籽花生品种为主，可为今后专用型小籽花生的选育提供一定的理论依据和指导意义。在本研究的基础上，可对不同地区的花生品种进行原料的特性研究，以建立适宜加工咸干花生的评价模型，筛选出加工咸干花生的专用品种。

5 结 论

对 14 种花生原料的理化指标和咸干花生的品质指标进行了统计分析，不同品种花生的变异系数相差较大，原料特性存在差异，样品代表性较好。相关性分析结果表明，花生原料的理化特性与咸干花生品质指标之间有显著性相关性 ($P<0.05$)；原料的百果质量和百仁质量与咸干花生的过氧化值呈极显著正相关 ($P<0.01$)，百仁质量与咸干花生的感官评分呈极显著负相关 ($P<0.01$)；原料脂肪含量与咸干花生色差的 b^* 值之间有极显著正相关性 ($P<0.01$)；原料中的蛋白质含量与咸干花生的感官评分存在显著正相关性 ($P<0.05$)；原料的灰分与咸干花生的硬度有显著正相关性 ($P<0.05$)。

通过主成分分析将一些咸干花生的 11 项品质指标替换为 3 个主成分，累计贡献率可达 87.50%，其中综合得分前 3 的花生品种分别是四粒红、蓝山红籽和 DL123，可作为适宜加工咸干花生的原料；对咸干花生的综合得分进行聚类分析，可将 14 种咸干花生分为 3 类，综合得分最高的 3 个花生品种均集中在同一类别，这类花生籽仁中等偏小，具有蛋白质和灰分含量高，脂肪含量中等偏上的特点。该结论可为咸干花生加工品种的选择提供一定的理论参考。

[参 考 文 献]

- [1] Arya S S, Salve A R, Chauhan S. Peanuts as functional food: A review[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 53(1): 31-41.
- [2] 杨照华, 王志慧, 淮东欣, 等. 利用回交和标记辅助选择快速培育高油酸花生品种及其评价[J]. *中国农业科学*, 2018, 51(9): 1641-1652.
- Yang Zhaohua, Wang Zhihui, Huai Dongxin, et al. Fast development of high oleate peanut cultivars by using marker-assisted backcrossing and their evaluation[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2018, 51(9): 1641-1652. (in Chinese with English abstract)
- [3] Lykomitros D, Fogliano V, Capuano E. Flavor of roasted peanuts (*Arachis hypogaea*)-Part II: Correlation of volatile compounds to sensory characteristics[J]. *Food Research International*, 2016, 89: 870-881.
- [4] 舒垚. 花生品种和烘烤条件及储存条件对花生酱综合品质的影响研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2020.
- Shu Yao. Study on the Effect of Peanut Varieties, Roasting Conditions and Storage Conditions on the Comprehensive Quality of Peanut Butter[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2020. (in Chinese with English abstract)
- [5] 孙东雷, 卞能飞, 陈志德, 等. 花生种质资源表型性状的综合评价及指标筛选[J]. *植物遗传资源学报*, 2018, 19(5): 865-874.
- Sui Donglei, Bian Nengfei, Chen Zhide, et al. Comprehensive evaluation and index screening of phenotypic traits in peanut germplasm resources[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2018, 19(5): 865-874. (in Chinese with English abstract)
- [6] 巩阿娜, 刘红芝, 刘丽, 等. 原料特性对花生酱品质的影响[J]. *中国食品学报*, 2016, 16(11): 253-262.
- Gong Ana, Liu Hongzhi, Liu Li, et al. Influence of peanut material characteristics on peanut butter quality[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2016, 16(11): 253-262. (in Chinese with English abstract)
- [7] 巩阿娜, 刘红芝, 刘丽, 等. 原料特性与花生酱品质间关系模型的建立[J]. *食品科学技术学报*, 2016, 34(2): 24-30.
- Gong Ana, Liu Hongzhi, Liu Li, et al. Establishment of relationship model between peanut material characteristics and peanut butter quality[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 34(2): 24-30. (in Chinese with English abstract)
- [8] Wang L, Liu H, Liu L, et al. Prediction of peanut protein solubility based on the evaluation model established by supervised principal component regression[J]. *Food Chemistry*, 2017, 218: 553-560.
- [9] Yu H, Liu H, Erasmus S W, et al. An explorative study on the relationships between the quality traits of peanut varieties and their peanut butters[J]. *LWT*, 2021, 151: 112068.
- [10] 魏瑞芝, 奥文芳, 李克超, 等. 花生蛋白多糖的功能性质研究[J]. *食品科技*, 2016, 41(5): 202-207.
- Wei Ruizhi, Ao Wenfang, Li Kechao, et al. Functional properties of peanut proteoglycan[J]. *Food Science and Technology*, 2016, 41(5): 202-207. (in Chinese with English abstract)
- [11] 王秀婷. 辽宁省主栽花生品质分析及复合型花生酱的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019.
- Wang Xiuting. Quality Analysis of Main Cultivars of Peanut in Liaoning Province and Study on Compound peanut Butter[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2019. (in Chinese with English abstract)
- [12] 艾静汶, 李建强, 苏艳兰, 等. 原味带壳咸脆花生加工工艺研究[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(10): 125-130.
- Ai Jingwen, Li Jianqiang, Su Yanlan, et al. Study on the production process of natural salty and crispy peanut[J]. *Food Research and Development*, 2019, 40(10): 125-130. (in Chinese with English abstract)
- [13] 汤鹏宇, 孟繁博, 黄道梅, 等. 质构参数与花生物性测定的相关性[J]. *现代食品科技*, 2021, 37(7): 294-301.
- Tang Pengyu, Meng Fanyu, Huang Daomei, et al. Correlation between texture-analyzer parameters and physical properties measurement of peanut[J]. *Modern Food Science & Technology*, 2021, 37(7): 294-301. (in Chinese with English abstract)
- [14] 王晨光. 花生荚果干燥与储藏中的水分变化研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2020.
- Wang Chenguang. Study on Moisture in Drying and Storage of Peanut Pods[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology Master Degree Thesis, 2020. (in Chinese with English abstract)
- [15] Olmedo R, Nepote V, Mestrallet M G, et al. Effect of the essential oil addition on the oxidative stability of fried-salted peanuts[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2008, 43(11): 1935-1944.
- [16] Chandrasekara N, Shahidi F. Oxidative stability of cashew oils from raw and roasted nuts[J]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2011, 88(8): 1197-1202.
- [17] 宋海云, 张涛, 王文林, 等. 澳洲坚果果仁脂肪酸分析及评价[J]. *食品研究与开发*, 2021, 42(21): 128-136.
- Song Haiyun, Zhang Tao, Wang Wenlin, et al. Analysis and evaluation of fatty acids in macadamia kernels[J]. *Food Research and Development*, 2021, 42(21): 128-136. (in Chinese with English abstract)
- [18] 郭建斌, 吴贝, 陈伟刚, 等. 花生品种主要脂肪酸含量在不同生态区的稳定性[J]. *作物学报*, 2019, 45(5): 676-682.
- Guo Jianbin, Wu Bei, Chen Weigang, et al. Stability of major fatty acids contents of peanut varieties grown in different ecological regions[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2019, 45(5): 676-682. (in Chinese with English abstract)
- [19] 王志伟, 王秀贞, 唐月昇, 等. 31 个花生品种(系)的生、熟花生感官品质评价研究[J]. *山东农业科学*, 2018, 50(6): 52-56.
- Wang Zhiwei, Wang Xiuzhen, Tang Yueyi, et al. Sensory evaluation for raw and roasted peanuts of 31 genotypes[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2018, 50(6): 52-56. (in Chinese with English abstract)
- [20] Oluwaseun K, Joshua O S, Omieraokholen I A, et al. Effect of pre-shelling treatment on physical and mechanical properties of cashew nut[C]//IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Nigeria: IOP Publishing, 2018, 413(1): 012038.
- [21] 崔昭伟, 陈建设. 坚果类休闲食品在口腔加工中的感官体验及其评价概述[J]. *食品科学*, 2022, 43(3): 267-275.
- Cui Zhaowei, Chen Jianshe. Review on the sensory experience and evaluation of nut snack foods during oral processing[J]. *Food Science*, 2022, 43(3): 267-275. (in Chinese with English abstract)
- [22] Olatidoye O P, Shittu T A, Awonorin S O, et al. The influence of roasting conditions on volatile flavour compounds in raw and roasted cashew kernels (*Anacardium*

- occidentale) grown in Nigeria[J]. Croatian Journal of Food Science and Technology, 2019, 11(1): 1-10.
- [23] 李小钰. 辽宁省主栽花生蛋白性质分析及应用研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2019.
- Li Xiaoyu. Analysis and Application of Protein Properties of Peanut Cultivated in Liaoning Province[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2019. (in Chinese with English abstract)
- [24] 吴贝, 刘念, 黄莉, 等. 通过关联分析鉴定与花生脂肪酸含量相关分子标记[J]. 中国油料作物学报, 2022, 44(4): 818-825.
- Wu Bei, Liu Nian, Huang Li, et al. Identification of markers stably associated with different fatty acid content in peanut through association analysis[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2022, 44(4): 818-825. (in Chinese with English abstract)
- [25] 姜璐, 包怡红, 贾雨彤, 等. 18 个品种蓝靛果营养成分分析及综合品质评价[J]. 农业工程学报, 2022, 38(7): 326-335.
- Jiang Lu, Bao Yihong, Jia Yutong, et al. Nutritional component analysis and comprehensive quality evaluation of 18 different varieties of *Lonicera caerulea*[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2022, 38(7): 326-335. (in Chinese with English abstract)
- [26] 王强, 石爱民, 盛晓静, 等. 一种适宜休闲花生加工的花生品质评价方法及装置: 中国, 107228809[P]. 2017-10-03.
- [27] 卞能飞, 孙东雷, 巩佳莉, 等. 花生烘烤食用品质评价及指标筛选[J]. 中国农业科学, 2022, 55(4): 641-653.
- Bian Nengfei, Sun Donglei, Gong Jiali, et al. Evaluation of edible quality of roasted peanuts and indexes screening[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2022, 55(4): 641-653. (in Chinese with English abstract)

Effects of peanut material characteristics on the processing qualities of salty peanuts

Qiu Zhanying¹, Yuan Shuxin¹, Wu Yiyang¹, Xu Qitong¹, Li Lin², Zhang Yu^{1*}

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;

2. College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: The salty peanut is one of the most popular leisure foods in China. The characteristics of the raw material vary considerably among the different varieties of peanuts, which have different effects on the processing quality of salty peanuts. In order to obtain the peanut varieties suitable for processing, fourteen kinds of peanuts were collected as the experimental material. On the basis of analyzing the material characteristics of the peanut samples, physicochemical quality and sensory characteristics were measured after the peanuts were made into salty. It is proved that peanut quality was significantly different among different varieties, the ratio of total sugar content is the largest difference, the coefficient of variation is 38.54%, AnHuaXiaoZi has the highest value (6.54%) among all the peanut varieties. For different varieties of salty peanuts, the masticatory of differences is the biggest, the coefficient of variation is 47.03%, and the lowest value of varieties is HY23 (24.75). The correlation analysis between each index showed that peroxide value was significantly positively correlated with hundred-pod weight and hundred-kernel weight ($P<0.01$). Sensory scores were significantly negatively correlated with hundred-kernel weight ($P<0.01$). The b^* value of salty peanuts was significantly positively correlated with fat content ($P<0.01$). Sensory scores were significantly positively correlated with protein content ($P<0.05$). Hardness was significantly positively correlated with ash content ($P<0.05$). According to the principal component analysis and cluster analysis available, LanShanHongZi, followed by DL123 and SiLiHong were screened to be suitable cultivates for salt peanuts. This study provided a scientific basis and reference for the selection of cultivars for salty peanuts.

Keywords: variety; quality; processing characteristics; peanut; salty peanut