

基于电子舌技术的鲜食花生籽仁味觉智能分析

陈小姝, 吕永超[§], 李美君, 赵跃, 宋兆锋, 高华援^{*}, 张志民, 孙日丹, 宁洽, 刘海龙, 李春雨, 孙晓苹
(吉林省农业科学院花生研究所, 吉林 长春, 136100)

摘要:花生是一种营养丰富的食、油兼用型高产经济作物,含有丰富的蛋白质、蔗糖、果糖和葡萄糖等营养物质,但目前对其味觉特征的评价仍缺乏数据支撑。采用TS-5000Z味觉分析系统收集33份鲜食花生材料(包含9个品种和24个高世代品系TC,后者来自吉花02-1-4和中花26的杂交组合)干燥籽仁的味觉相关指标数据,对5种基本味(酸、甜、苦、咸、鲜)和涩味进行主成分分析(PCA),确定了苦味、涩味、鲜味、咸味和甜味为有效的味觉指标。通过对有效味觉指标PCA分析,对第1主成分贡献较大的是咸味、鲜味和甜味,对第2主成分贡献较大的是咸味、鲜味和苦味。扶花1号等9个品种与TC品系具有明显的差异,对TC1~TC进行PCA聚类区分,鲜味、苦味、甜味等对第一主成分贡献较大,咸味对第二主成分贡献最大,其次是苦味等;对扶花1号等9个品种的花生进行PCA聚类分析,咸味对第一主成分贡献最大,其次是涩味等;甜味对第二主成分贡献最大,其次是涩味回味和苦味等。苦味方面,TC20~TC24的苦味最强,为6.5~7.0,其余品种苦味在6.5以下;涩味方面,TC5和TC6的涩味和涩味回味均偏低外,黑甜花和黑珍珠涩味回味最大,其它样本的涩味均为3.0~4.5;甜味方面,四粒红的甜味最大,黑珍珠的甜味最小,甜味值在21以上的品种有16个,TC品系的大部分样本的甜味值较高;鲜味和咸味方面,扶花1号等9个品种和TC17、18、19的鲜味较低,TC20~TC24的鲜味也相对偏低,其它TC品系的鲜味则较大;吉花403、吉花43和冀花甜1号、冀花甜2号4个品种接近,且鲜味和咸味均最低。通过利用电子舌技术对鲜食花生籽仁鉴别分析,可知鲜食花生的味觉指标以鲜味、甜味、咸味、苦味和涩味(回味)为主,在今后研究中可以无需借助统计分析和建模即可快速真实评价鲜食花生食味性,为培育高糖、高蛋白的花生新品种提供技术参考。

关键词:鲜食花生;电子舌技术;籽仁;味觉;主成分分析

中图分类号:S565.2;S326 文献标识码:A 文章编号:1007-9084(2023)05-0896-11

Taste intelligence analysis of fresh edible peanut kernel based on electronic tongue technology

CHEN Xiao-shu, LYU Yong-chao[§], LI Mei-jun, ZHAO Yue, SONG Zhao-feng, GAO Hua-yuan^{*},
ZHANG Zhi-min, SUN Ri-dan, NING Qia, LIU Hai-long, LI Chun-yu, SUN Xiao-ping
(Peanut Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 136100, China)

Abstract: Peanut is a high-yield economic crop with rich nutrition for both food and oil. It contains abundant nutrients as protein, sucrose, fructose and glucose. However, the evaluation of its taste characteristics still needs data support. The taste index data of 33 fresh edible peanut materials (including 9 cultivars and 24 advanced lines from Jihua 02-1-4 and Zhonghua 26 cross) were collected by Tastes Sensing System (TS-5000Z). Principal component analysis (PCA) was performed to evaluate and identify 5 basic tastes (sourness, sweetness, bitterness, saltiness and umami) and astringency. Through the testing of peanut samples, it was found that bitterness, astringency, umami, saltiness and sweetness were effective taste indicators of peanut samples. Through PCA analysis of effective taste indexes, saltiness, umami and sweetness contributed more to the first principal component, and saltiness, umami and bitterness contributed more to the second principal component. Nine varieties, including Fuhua 1, were significantly different from TC strains. When TC1-24 was separated by PCA clustering, umami, bitterness and sweetness contributed more to the first principal component, saltiness contributed the most to the second principal component, fol-

收稿日期:2023-08-07

基金项目:吉林省科技发展计划项目重点研发计划(20210202115NC)

作者简介:陈小姝(1982-),女,博士,研究员,主要从事花生抗逆栽培研究,E-mail: 13944940275@163.com;[§]并列第一作者:吕永超(1988-),男,助理研究员,硕士,从事花生资源与生理研究,E-mail: Lv315968654@126.com

^{*} 通讯作者:高华援(1964-),男,研究员,硕士,主要从事花生栽培与育种研究,E-mail: ghy6413@163.com

lowed by bitterness. The PCA clustering analysis of 9 peanut varieties showed that saltiness contributed the most to the first principal component, followed by astringency; and sweetness contributed the most to the second principal component, followed by astringency aftertaste and bitterness. About bitterness, TC20-24 had the highest value of bitterness between 6.5 to 7.0, and the bitterness of other varieties was below 6.5. About astringency, TC5 and TC6 had low astringency and aftertaste-A, cultivar HTH and HZZ had the highest aftertaste-A, and these of other varieties were between 3.0 to 4.5. About sweetness, SLH had the highest value, while HZZ had the lowest. There were 16 varieties with sweetness value above 21, and most samples of TC strain had higher sweetness value. About umami and saltiness, 9 varieties and TC17, TC18 and TC19 had low values, TC20 to TC24 had relatively low values, and other TC strains had higher values. The umami and saltiness of JH403, JH43, JTH1 and JTH2 were close, and their umami and saltiness were the lowest. Through electronic tongue technology, it could concluded that taste indexes of fresh edible peanut are mainly umami, sweetness, saltiness, bitterness and astringency (aftertaste). And it might be viable to quickly and truly evaluate the taste of fresh edible peanut without statistical analysis and modeling, for breeding new peanut varieties with high sugar and high protein.

Key words: fresh edible peanut; electronic tongue technology; kernel; taste; principal components analysis

花生(*Arachis hypogaea* L.)是重要的油料和经济作物,是植物油和蛋白质的重要来源^[1],花生籽仁营养丰富,含油量46%~57%,蛋白质含量26%~30%,含有较高的油酸和亚油酸等不饱和脂肪酸以及蔗糖、果糖和葡萄糖等营养物质^[2-4]。长期以来花生多以油用为主,榨油比例超过50%,只有约39%用于食用^[5,6],在食用花生中基本用于加工成各种花生制品,用于直接鲜食的花生很少^[7]。鲜食花生是指在荚果充实末期,果壳开始变硬时收获,不经晾晒或干燥而直接食用或煮熟后食用的新鲜花生^[8]。鲜食花生种类繁多,常见的以红色种皮、黑色种皮、紫色种皮等为主要食用种类^[9,10]。

目前对鲜食花生的研究多围绕育种策略、栽培技术^[11-13]及加工储藏^[8,14]进行,对其风味的评价多为感官评价或品质分析,陈新华等^[18]对黑花生的化学成分、品质、外观质量和营养品质评价进行了相关概述,对黑花生的育种方向及策略提出了一些设想。成良强等^[19]对30份鲜食红皮花生的10个品质性状进行相关性分析、主成分分析和聚类分析,分析可知蔗糖含量的变异系数最高,第一主要成分中以花生烯酸和果糖为主,第二主要成分中以蔗糖和花生酸主,且聚类分析将其分为5大类群,为贵州地区高蛋白高糖红皮鲜食花生新品种选育提供了资源。王传堂等^[20]对166份花生样品进行鲜食品质感官评价,根据甜味、香味、细腻度、硬度和总体喜欢度5项指标,发现各指标对总体喜欢度的相对重要性为甜味>香味>细腻度>硬度,筛选出5份适合鲜食的花生品系。王志伟等^[21]以脆性、细腻度、甜味、苦味、异味和总体喜欢度为评价指标对31个花

生品种(系)的生、熟进行感官评价,发现生花生在脆性和甜味方面达极显著差异,熟花生在颜色、脆性、甜味、烤花生味和总体喜欢度5个方面均达极显著差异。

传统感官评价多为人工感官评价,受主观因素和外界环境的影响较大,仅凭这一结果判定产品的优劣存在一定的主观和不准确性。电子舌技术是一种新兴人工智能感官评价技术,以低选择性、非特异性、交互敏感地多传感阵列为基础,模拟人体的舌器官,灵敏的将感官很难区分的样品进行鉴别,检测时间短、客观性强^[22]。电子舌技术已经应用于食品的风味评价、加工、鉴别和品质管理等方面,作为一种可以快速检测批量样品,对样品味觉特征实现量化的仿生仪器,电子舌未来的应用前景十分广阔^[23]。基于电子舌技术对鲜食花生味觉指标的评价还未见的相关报道,本试验采用电子舌技术对33份鲜食花生品种(系)干燥籽仁的味觉指标行鉴别研究,利用主成分分析法对所测数据进行分析,为鲜食花生感官分析提供新的方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

收集了国内9个常见的鲜食花生品种,以及以四粒红的化学诱变后代(吉花02-1-4)为母本、中花26为父本杂交高世代品系(F_3)TC1~TC24(由中国农业科学院油料作物研究所雷永研究员惠赠),共33个花生品种(系),2022年9月收获于吉林省农业科学院公主岭试验基地(43°52'56"N, 124°82'49"E),荚果干燥后备用,品种清单见表1。

表1 33个花生品种(系)
Table 1 33 fresh edible peanut varieties (lines)

品种(系) Variety (line)	种皮颜色 Seed coat	品系 Line	种皮颜色 Seed coat
吉花 403 Jihua 403 (JH403)	红色 Red	TC9	红色 Red
吉花 43 Jihua 43 (JH43)	红色 Red	TC10	红色 Red
扶花 1号 Fuhua 1 (FH1)	红色 Red	TC11	红色 Red
扶花 2号 Fuhua 2 (FH2)	红色 Red	TC12	粉色 Pink
冀花甜 1号 Jihuatian 1 (JHT1)	红色 Red	TC13	红色 Red
冀花甜 2号 Jihuatian 2 (JHT2)	红色 Red	TC14	红色 Red
四粒红 Silihong (SLH)	红色 Red	TC15	红色 Red
黑甜花 Heitianhua (HTH)	黑色 Black	TC16	红色 Red
黑珍珠 Heizhenzhu (HZZ)	黑色 Black	TC17	红色 Red
TC1	红色 Red	TC18	红色 Red
TC2	红色 Red	TC19	红色 Red
TC3	红色 Red	TC20	红色 Red
TC4	红色 Red	TC21	红色 Red
TC5	红色 Red	TC22	红色 Red
TC6	红色 Red	TC23	红色 Red
TC7	红色 Red	TC24	红色 Red
TC8	粉色 Pink		

检测所需试剂包括水、氯化钾、酒石酸、盐酸、乙醇、氢氧化钾,用以配制 Reference 溶液和正、负极清洗液,即:

Reference 溶液(人工唾液):30 mmol/L 氯化钾 + 0.3 mmol/L 酒石酸

负极清洗液:水+100 mmol/L 盐酸 + 30% 体积乙醇

正极清洗液:水+10 mmol/L 氢氧化钾 + 100

mmol/L 氯化钾 + 30% 体积乙醇

1.2 仪器设备与检测系统

味觉分析系统(TS-5000Z,日本 INSENT 公司),含有6个人工脂膜传感器(表2),模拟生物活体的味觉感受机理,通过检测各种味物质和人工脂膜之间的静电作用或疏水性相互作用产生的膜电势的变化,对5种基本味(酸、甜、苦、咸、鲜)和涩味进行评价。

1.3 检测方法

选择大小、状态一致的花生籽仁,称取30 g 样品,按料液比1:5,加150 mL 纯水,粉碎搅拌1 min,4000 r/min 离心10 min,取上清液纱布过滤,得滤液上机检测,每个样品重复3次。

电子舌通过测试可得到先味(如酸味、甜味、咸味等)和回味(如苦味回味、涩味回味等)。以韦伯费希纳定律作为味单位确定的方法,从而明确定义味单位,减少个体差导致的认识不统一,味物质的强度发生20%的变化时,人舌可以识别其差异。电子舌将味物质20%的强度变化定义为一个单位。

1.4 数据分析

采用 Excel 2020 软件进行数据处理;利用 SPSS 26 进行单因素方差分析,显著性差异水平为 $P < 0.05$;利用 Taste Sensing System TS-5000Z Analysis Application Ver. 1.7.0 进行 PCA 相关分析及绘图。

2 结果与分析

2.1 有效味觉指标的确定

将花生籽仁样品采用味觉分析系统进行分析,

表2 电子舌传感器
Table 2 Sensors of electronic tongue

传感器 Sensor	可评价的味道 Eevaluable taste	
	基本味(相对值) Basic taste (relative value)	回味(CPA 值) Aftertaste (CPA)
鲜味传感器(AAE) Umami sensor	鲜味(氨基酸、核酸引起的鲜味) Umami (amino acids and nucleic acids)	鲜味丰富度(可持续感知的鲜味) Umami richness (sustained perceived umami)
咸味传感器(CT0) Saltiness sensor	咸味(食盐等无机盐引起的咸味) Saltiness (inorganic salt)	无 N/A
酸味传感器(CA0) Acid sensor	酸味(醋酸、柠檬酸、酒石酸等引起的酸味) Acid (acetic acid, citric acid, tartaric acid)	无 N/A
苦味传感器(C00) Bitterness sensor	苦味(苦味物质引起的味道,在低浓度下被感知为丰富性) Bitterness (bitter substances, perceived as rich at low concentrations)	苦味回味(啤酒、咖啡等一般食品的苦味) Bitter aftertaste (bitterness of general foods, as beer, coffee)
涩味传感器(AE1) Astringent sensor	涩味(涩味物质引起的味道,低浓度下感知为刺激性回味) Astringent (astringent substances is perceived as a pungent aftertaste at low concentrations)	涩味回味(茶、红酒等呈现的涩味) Aftertaste (tea, red wine, etc.)
甜味传感器(GL1) Sweetness sensor	糖及糖醇产生的甜味 Sweetness (sugar and sugar alcohol)	无 N/A

33份花生样品的电子舌实验数据,见表3。

本试验所有数据都是以人工唾液(参比溶液)为标准的相对输出值,电子舌测试人工唾液的状态模拟人口腔中只有唾液时的状态(图1)。其中Tasteless为无味点,即参比溶液的输出,参比溶液由KCL和酒石酸组成味觉值,故酸味的无味点为-13,咸味的无味点为-6,以此为基准,当样品的味觉值低于Tasteless时说明样品无该味道,反之则有。表中的丰富性是鲜味的回味,反映了样品鲜味的持久性,又称为鲜味持久度。苦味回味(Aftertaste-B)反映了苦味的残留程度,涩味回味(Aftertaste-A)则是反映了涩味的残留程度。

以参比溶液的输出为零点“0”,除了酸味(-13)和咸味(-6),其它指标的无味点均为0,将大于无味点的味觉项目作为评价对象。从图1和表3中可见花生的酸味均在无味点以下,丰富性(鲜味回味)和苦味回味两者接近或略低于无味点,可见除酸味、丰富性和苦味回味外其它指标均是花生样品有效的味觉指标。

2.2 味觉指标PCA分析

2.2.1 33份花生样品的PCA分析 基于33份花生样品有效味觉指标,对其进行聚类分析(图2),从味觉指标贡献率表(表4)可见对第1主成分贡献较大的是鲜味、咸味和甜味,对第2主成分贡献较大

的是苦味、鲜味和咸味,可见花生样本在味道上差异主要表现在这些味觉指标上。

从图2可知,33个花生品种(系)在味觉指标上存在明显的差异,有些品种(系)在味觉上具有一定的相似性集中分布在一起,有些品种(系)之间的差异则很大。其中父母本来源相同的TC1~TC24品系除TC17、TC18和TC19外均集中分布在Y轴一侧,说明其味觉贡献率相似;扶花1号等9个品种集中在Y轴的另一侧,扶花2号、四粒红、黑珍珠和黑甜花聚类在一起,冀花甜1号、冀花甜2号、吉花43和403聚集在一起。

2.2.2 TC1~TC24花生品系的PCA分析 对父母本来源相同的TC1~TC24进行PCA聚类区分,由图3

表4 33份花生味觉指标贡献率表
Table 4 Contribution rate of taste index of 33 peanuts

味觉指标 Taste index	第1主成分 PC1	第2主成分 PC2
苦味 Bitterness	-0.105 809	-0.544 954
涩味 Astringency	-0.002 96	-0.238 038
涩味回味 Aftertaste-A	-0.024 167	-0.130 297
鲜味 Umami	0.620 996	0.550 44
咸味 Saltiness	0.762 169	-0.555 211
甜味 Sweetness	0.147 22	0.134 693
特征值 Eigenvalue	3.633 362	1.474 59
贡献率 Contribution Rate	62.888 861	25.523 277

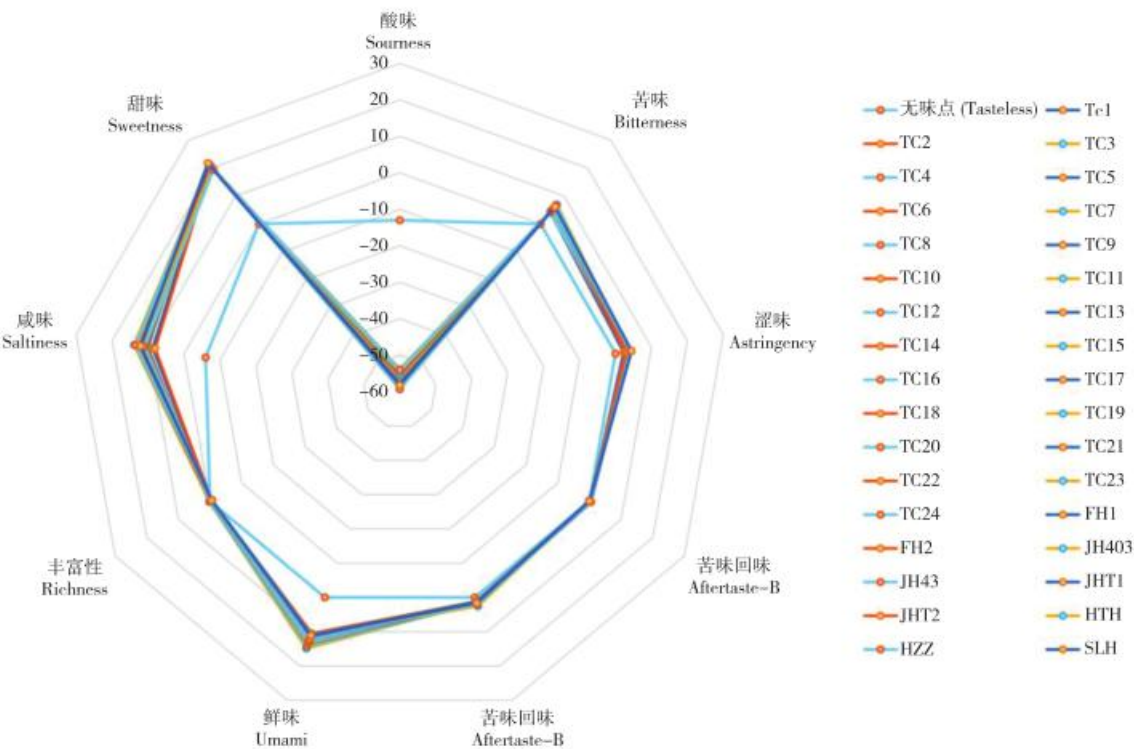


图1 以RefSol参比溶液为基准的花生样品雷达图
Fig.1 Radar map of peanut sample based on RefSol reference solution

表 3 33 份花生样品的电子舌检测数据
Table 3 Electronic tongue test data of 33 fresh edible peanut varieties (lines)

样品名称 Sample	酸味 Sourness	苦味 Bitterness	涩味 Astringency	苦味回味 Aftertaste-B	涩味回味 Aftertaste-A	鲜味 Umami	丰富性 Richness	咸味 Saltiness	甜味 Sweetness
无味点 Tasteless	-13	0	0	0	0	0	0	-6	0
扶花 1 号 FH1	-54.87±0.14bcd	4.66±0.06m	3.92±0.09f	0.34±0.01bc	1.84±0.02c	14.16±0.13d	0.22±0.07a	11.69±0.07k	21.36±0.07ef
扶花 2 号 FH2	-56.48±0.03h	5.18±0.08i	3.21±0.03o	0.07±0.01fgh	1.37±0.06jkl	14.41±0.12bc	0.13±0.15a	12.76±0.07g	21.13±0.05gh
吉花 403 JH403	-56.97±0.13ij	5.18±0.09i	3.16±0.02o	0.05±0.01gh	1.4±0.04jk	14.44±0.06b	0.08±0.05a	13.16±0.01de	21.41±0.07de
吉花 43 JH43	-56.93±0.28li	4.73±0.07lm	3.42±0.13jklm	0.17±0.04de	1.65±0.06ef	14.77±0.20a	0.09±0.11a	13.81±0.15a	20.94±0.14ijk
冀花甜 1 号 JHT1	-54.69±0.14b	4.22±0.04q	2.28±0.06q	0.22±0.03de	1.28±0.02lmn	14.11±0.15d	0.08±0.08a	10.15±0.08o	21.33±0.13ef
冀花甜 2 号 JHT2	-55.11±0.27de	4.33±0.06opq	2.65±0.02p	0.14±0.03efg	1.31±0.01klm	14.23±0.10cd	0.16±0.05u	10.42±0.03n	21.77±0.26u
黑珍珠 HTH	-57.37±0.13kl	5.37±0.16h	3.58±0.04hij	0.14±0.01ef	1.52±0.01hi	14.86±0.10a	0.18±0.04u	13.87±0.03a	21.13±0.17gh
黑珍珠 HZZ	-56.82±0.03i	4.99±0.11j	4.3±0.12b	-0.01±0.02hijkl	1.58±0.01fgh	14.3±0.08bcd	0.21±0.11a	12.23±0.09i	21.67±0.21ab
四粒红 SLH	-57.09±0.07ijk	4.37±0.03nop	3.28±0.05mno	-0.05±0.04jklm	1.05±0.04q	13.25±0.15fg	-0.21±0.04cd	12.54±0.05h	21.57±0.02bcd
	-57.69±0.07lm	4.88±0.01jk	3.43±0.08jklm	0.02±0.06hijk	1.2±0.04no	13.59±0.07e	-0.05±0.06b	13.45±0.17bc	21.32±0.03ef
	-57.58±0.22lm	4.43±0.05no	3.58±0.18hij	0±0.03hijkl	1.17±0.01op	13.33±0.11f	-0.23±0.01cde	12.97±0.12f	21.45±0.05cde
	-56.13±0.07g	4.2±0.04q	3.57±0.10ijk	-0.07±0.02klm	1.36±0.02jkl	13.21±0.09fgh	-0.14±0.06bc	12.21±0.03i	20.97±0.03hijk
	-55.79±0.18f	4.71±0.04m	3.37±0.03lmn	-0.05±0.01jklm	1.24±0.01mno	13.02±0.07h	-0.21±0.04cd	11.75±0.04k	20.99±0.02hijk
	-56.35±0.09gh	4.85±0.05l	4.19±0.08bcd	-0.09±0.01lmn	1.44±0.02ij	13.6±0.12e	-0.11±0.04bc	13.07±0.03ef	20.47±0.15op
	-57.25±0.09jk	4.47±0.06n	3.75±0.15g	-0.05±0.04jklm	1.23±0.02mno	13.35±0.11f	-0.11±0.08bc	13.07±0.04ef	21.21±0.07fg
	-54.92±0.07bcd	4.29±0.05pq	3.73±0.10gh	-0.17±0.01no	1.44±0.03ij	13.1±0.10gh	-0.12±0.02bc	11.27±0.17l	20.67±0.02mn
	-54.99±0.20bcd	5.6±0.04g	4.06±0.02def	0.26±0.05cd	1.88±0.06c	11.76±0.02j	-0.51±0.14ghijk	10.68±0.01m	19.94±0.01qr
	-55.38±0.22e	5.75±0.02f	4.1±0.09cde	0.2±0.06de	1.82±0.04cd	11.62±0.05j	-0.51±0.06hijk	10.77±0.12m	20.11±0.03q
	-55.06±0.18cd	5.99±0.04e	4.22±0.11bc	0.21±0.04de	1.89±0.03c	11.74±0.03j	-0.44±0.07fghij	10.78±0.13m	19.92±0.02r
	-58.81±0.27o	6.69±0.12b	3.65±0.08ghi	0.36±0.10b	1.63±0.19efg	12.31±0.09i	-0.39±0.06fghi	13.29±0.17cd	20.81±0.06klm
	-58.86±0.17o	6.53±0.09c	3.42±0.03klm	0.51±0.06a	1.82±0.07cd	12.33±0.0289i	-0.38±0.10fgh	13.38±0.06bc	20.76±0.07lmn
	-58.88±0.21o	6.6±0.13c	3.53±0.05ijk	0.34±0.07bc	1.66±0.10ef	12.23±0.1026i	-0.32±0.05def	13.41±0.18bc	21.06±0.15ghi
	-59.33±0.27p	6.91±0.09a	3.94±0.07f	0.22±0.09de	1.53±0.12ghi	12.15±0.1044j	-0.36±0.13efg	13.06±0.15ef	21.6±0.11abc
	-59.23±0.35p	6.65±0.06bc	3.47±0.05jkl	0.33±0.10bc	1.54±0.07ghi	12.23±0.1601i	-0.39±0.05fghi	13.53±0.13b	21.02±0.07hij
	-57.78±0.10m	5.76±0.07f	4.1±0.06cde	0.03±0.03hij	1.73±0.03de	11.38±0.0819k	-0.59±0.031k	12.17±0.05ij	20.9±0.01jkl
	-58.17±0.05n	6.04±0.08de	4.03±0.10ef	-0.02±0.06ijklm	1.65±0.06ef	11.28±0.0964kl	-0.55±0.05jk	12.34±0.11i	20.87±0.01jkl
	-55.73±0.16f	5.94±0.01e	3.16±0.07o	-0.18±0.02o	1.08±0.01pq	10.63±0.11o	-0.58±0.01k	8.88±0.01p	20.87±0.01jkl
	-54.76±0.09bc	5.41±0.03h	3.23±0.03no	-0.11±0.01mno	1.31±0.03klm	10.63±0.06o	-0.61±0.09k	8.73±0.11pq	20.45±0.03p
	-55.17±0.14de	5.7±0.05fg	3.32±0.11lmno	-0.05±0.01jklm	1.32±0.01klm	10.65±0.11o	-0.43±0.02fghij	8.56±0.05q	20.89±0.02ijkl
	-53.86±0.23a	5.42±0.01h	3.26±0.05no	-0.01±0.02hijkl	1.53±0.01ghi	10.5±0.14o	-0.41±0.04fghij	8.06±0.09r	20.62±0.02no
	-54.73±0.14b	5.36±0.03h	4±0.05ef	0±0.04hijkl	2.55±0.05a	10.89±0.15n	-0.32±0.05def	11.83±0.05k	20.09±0.08q
	-54.02±0.19a	5.41±0.07h	4.14±0.03cde	0.08±0.04fgh	2.07±0.01b	11.06±0.12mn	-0.44±0.06fghij	11.17±0.09l	19.38±0.12s
	-58.22±0.04n	6.15±0.06d	4.47±0.07a	-0.02±0.04ijklm	1.64±0.06ef	11.1±0.06lm	-0.53±0.08ijk	12.02±0.12j	21.75±0.12a

注: 同一列不同字母表示相同处理下品种差异显著 ($P < 0.05$)

Note: different lowercases in the same column mean significant difference among different cultivars under the same treatment by LSD test ($P < 0.05$)

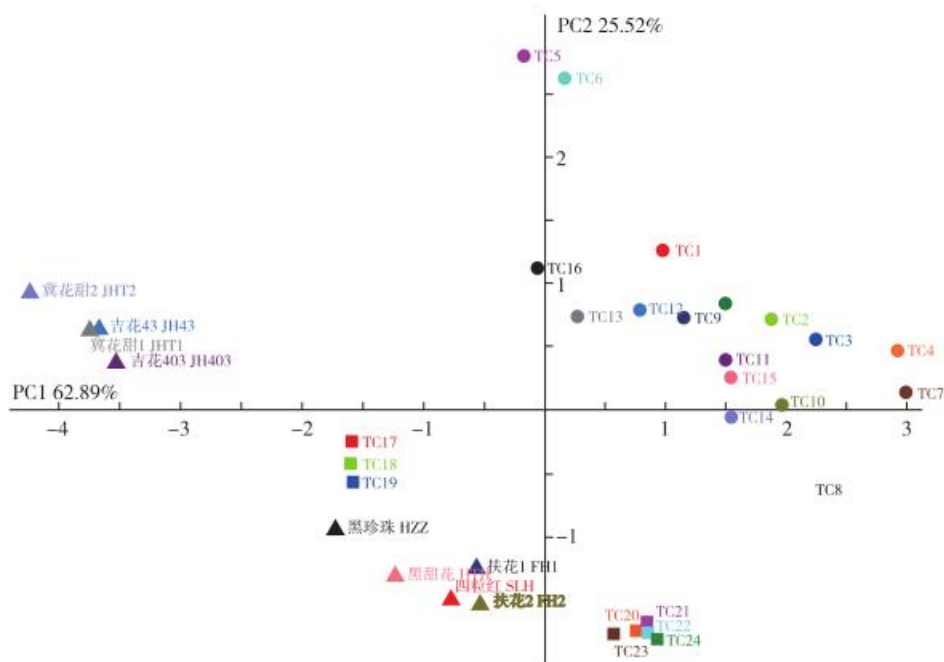


图2 33份花生样品的PCA主成分分析图
Fig. 2 PCA analysis of 33 peanut samples

可知 TC1~TC24 样本之间也存在一定的差异，TC20~TC24 聚集在一起，TC17~TC19 聚集在一起，TC5 和 TC6 聚集在一起，剩余品系聚集在一起。从表5中可知鲜味、苦味、甜味等对第一主成分贡献较大，咸味对第二主成分贡献最大，其次是苦味等，可见 TC1~TC24 花生品系在味道上的差异主要来自于鲜味、咸味、苦味、甜味等指标。

2.2.3 扶花1号等9个花生品种的PCA分析 对

扶花1号、扶花2号、黑珍珠等9个品种的花生进行PCA聚类分析，品种间味觉指标的差异明显(图4)，比较可见冀花甜1号、冀花甜2号、吉花403和吉花43四个品种在图中分布接近，可见四者在味道上具有一定的相似性；四粒红、扶花1号和扶花2号分布在一侧，且扶花1号和扶花2号味道接近；两个黑色花生品种黑珍珠和黑甜花分布在同一象限内。

从表6中可见咸味对第一主成分贡献最大，其

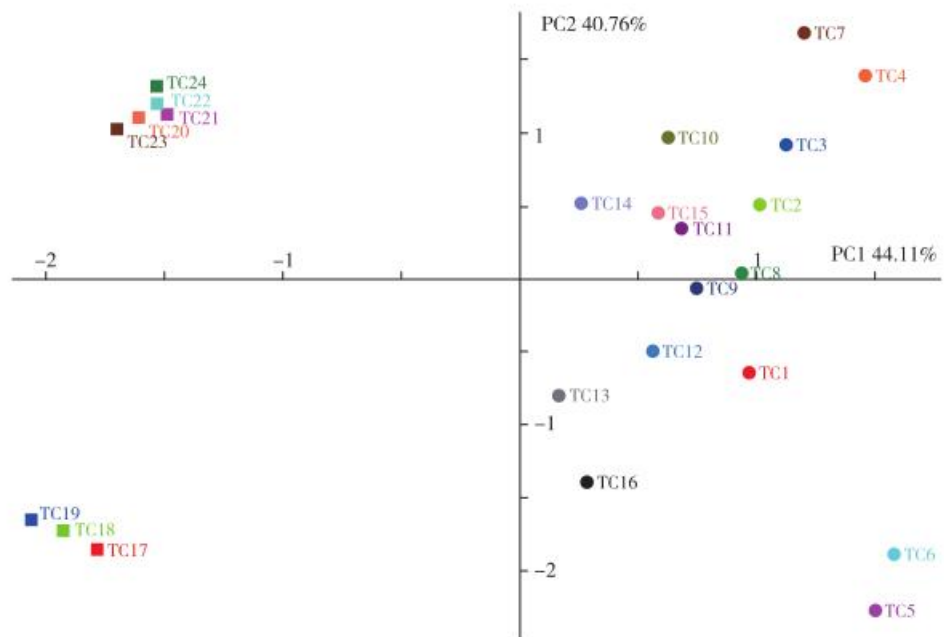


图3 TC1~TC24的PCA主成分分析图
Fig. 3 PCA analysis of TC1~TC24

表5 TC1-TC24味觉指标贡献率表
Table 5 Contribution rate of taste index of TC1-24

味觉指标 Taste index	第1主成分 PC1	第2主成分 PC2
苦味 Bitterness	-0.574 759	0.295 766
涩味 Astringency	-0.183 166	0.033 644
涩味回味 Aftertaste-A	-0.115 826	-0.016 387
鲜味 Umami	0.747 736	0.154 466
咸味 Saltiness	0.029 321	0.933 572
甜味 Sweetness	0.250 435	0.125 32
特征值 Eigenvalue	1.650 719	1.525 463
贡献率 Contribution Rate	44.111 462	40.764 291

表6 扶花1号等9个花生品种味觉指标贡献率表
Table 6 Contribution rate of taste index of 9 peanuts including Fuhua 1

味觉指标 Taste index	第1主成分 PC1	第2主成分 PC2
苦味 Bitterness	0.054 781	0.348 059
涩味 Astringency	0.244 78	0.008 252
涩味回味 Aftertaste-A	0.149 476	-0.371 731
鲜味 Umami	0.154 081	0.044 997
咸味 Saltiness	0.943 763	0.013 197
甜味 Sweetness	0.017 561	0.859 304
特征值 Eigenvalue	3.658 111	0.555 909
贡献率 Contribution Rate	84.596 897	12.855 872

次是涩味等,甜味对第二主成分贡献最大,其次是涩味回味和苦味等,9个不同品种的花生在味道上的差异主要体现在咸味、涩味、甜味、涩味回味和苦

味上。
2.3 味觉指标的比较
2.3.1 苦味、涩味和涩味回味的比较 根据图1可知苦涩味是花生样品有效的味觉指标,涩味可能与花生皮具有一定的关系。从图5可知,TC5、TC6、TC9、TC11、TC12、TC15和TC16苦味最小在4.5以下,TC1、TC4、TC8、TC10、TC13和TC14苦味为4.5~5.0,TC2、TC3、TC7、冀花甜2号、吉花43、黑甜花和黑珍珠苦味为5.0~5.5,TC17、TC18、TC19、扶花1号、冀花甜1号和吉花403的苦味为5.5~6.0,四粒红和扶花2号的苦味为6.0~6.5,TC20~TC24的苦味最大为6.5~7.0。

从图6可知,TC5和TC6的涩味和涩味回味均最小,其余样本的涩味集中在3.0~4.5。
2.3.2 甜味的比较 通过有效味觉指标的确定,发现甜味是花生突出的味觉指标,由图7所示,四粒红的甜味值最大,黑珍珠的甜味值最小,TC1~TC24这24个花生甜味值为19.8~21.8,其余7个品种的花生甜味值为20~21。TC17、TC18和TC19的甜味值相对其它TC品系低,数值在20左右;TC14、TC16、TC20和TC21的甜味值也较低,为20~21。
2.3.3 鲜味和咸味的比较 通过对有效味觉的分析,花生具有鲜味和咸味,由图8可知,吉花403、吉花43和冀花甜1号、冀花甜2号的咸味最低,在9以下,其余品种的咸味集中为10~14。鲜味方面样品间的差异较大,吉花403、吉花43和冀花甜1号、冀花甜2号的鲜味最低小于11,扶花1号、扶花2号、四

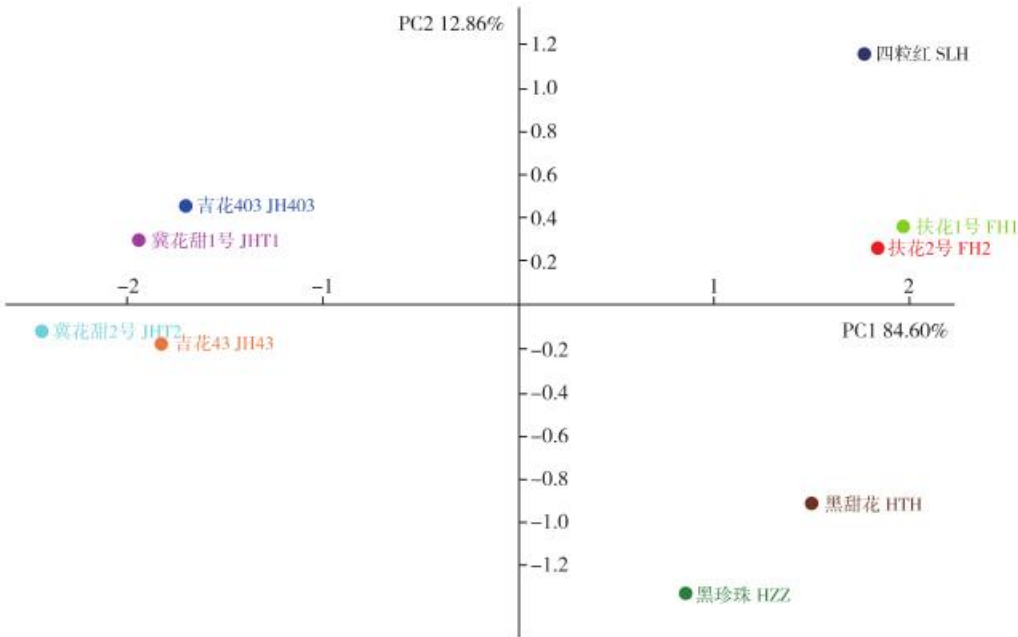


图4 扶花1号等9个花生品种的PCA主成分分析图
Fig. 4 PCA analysis of nine peanut varieties

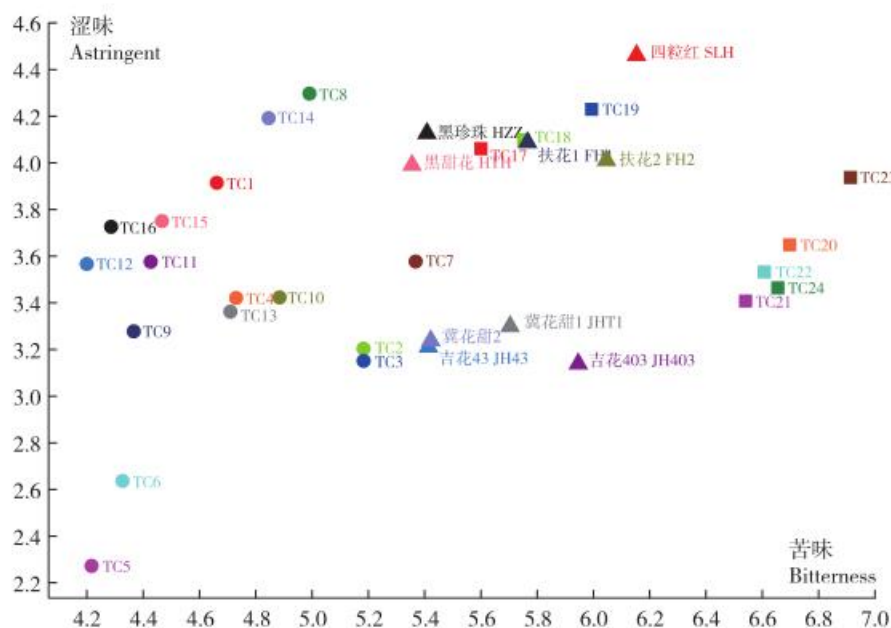


图5 33份花生样品的苦味和涩味散点图

Fig. 5 Bitterness and astringent of 33 peanut varieties

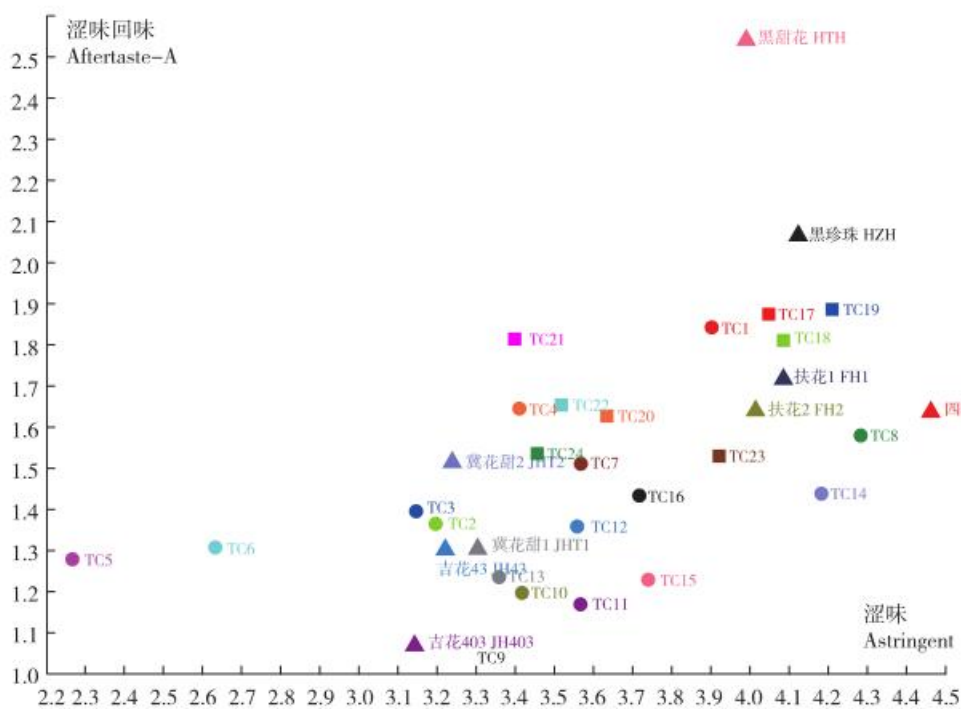


图6 33份花生样品的涩味和涩味回味散点图

Fig. 6 Astringent and astringent aftertaste of 33 peanut varieties

粒红、黑甜花和黑珍珠的鲜味小于12;在24个TC品系中,TC1~TC8的鲜味最大高于14,TC9~TC16的鲜味为13~14,TC20~TC24为12~13,TC17、TC18和TC19的鲜味低于其它TC品系,为11~12。

2.4 数据重现性分析和方差分析(传感器区分度分析)

每个样品做了4次循环,去掉第一次循环取后三次的平均值,从图9中看出,传感器响应稳定,有较好的重现性,可以认为数据有效。

表7里的 g 为平均误差, s_1 为所有样品的平均值, s_2 为所有样品的标准偏差。以误差率(m_2 值)判定不同样品的误差率,来反映传感器的区分能力(值越低样品的区分性越好)。当误差率=20(%):样品最大可识别为5组;误差率=50(%):样品最大可识别为2组;误差率=100(%): $g=s_2$,不能有效识别。

由此可见,所有的味觉传感器对花生样品的区分性良好。

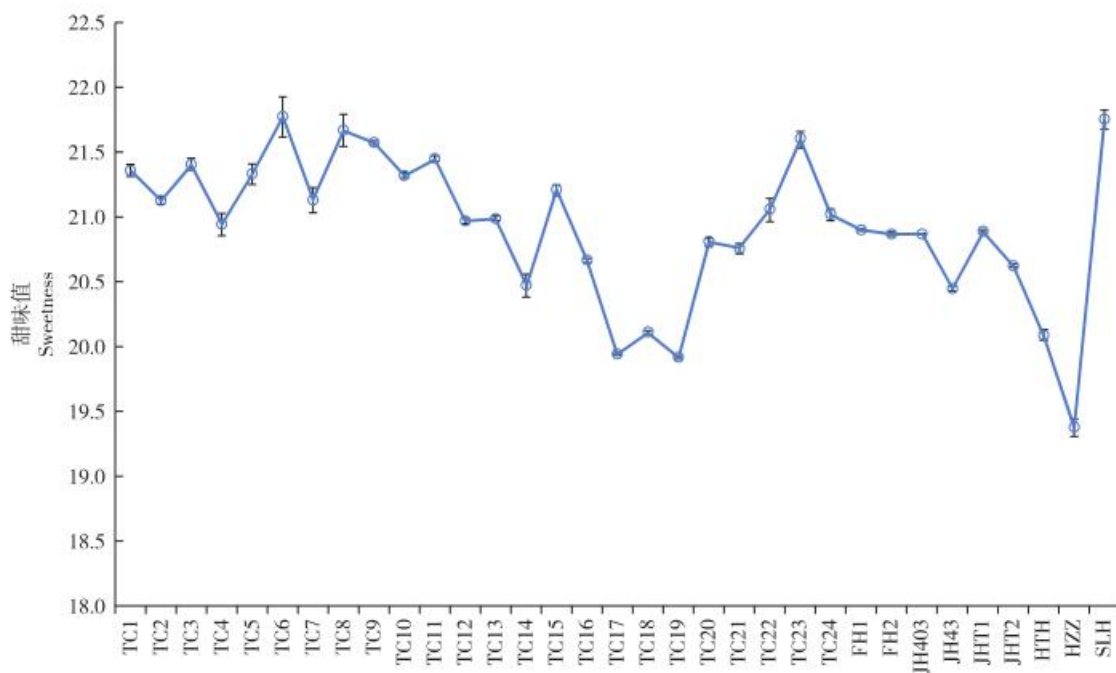


图7 33份花生样品的甜味折线图

Fig. 7 Sweetness of 33 peanut varieties

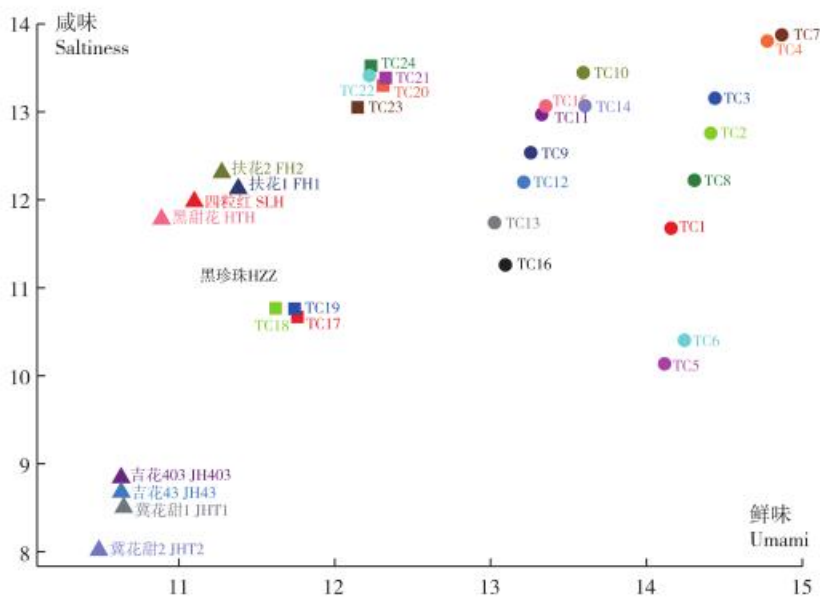


图8 33份花生样品的鲜味和咸味的散点图

Fig. 8 Umami and saltiness of 33 peanut varieties

3 讨论与结论

本研究利用电子舌技术(味觉分析系统)对33份鲜食花生的籽仁进行了检测,确定其有效味觉指标是苦味、涩味、鲜味、咸味和甜味,与王志伟等^[21]对生、熟花生感官品质评价结果相近。通过PCA分析可以将33份花生样品分为两大组,扶花1号等9个常见的鲜食花生品种为第一组,父母本来源相同的TC品系为第二组。甜味方面四粒红最甜,黑珍珠甜味最小,TC品系中的大部分样本的甜味值较高,可

能与TC品系的母本来源于四粒红有关;苦味方面,TC20~TC24的苦味最强;涩味方面,TC5和TC6的涩味和涩味回味均最低,黑甜花和黑珍珠涩味回味最大,推测苦涩味与种皮颜色深度有关,颜色越深的越苦,这与甜味的结果相一致;鲜味和咸味方面,第一组和TC17、TC18、TC19的鲜味是较低的,与PCA分析结果相一致,吉花403、吉花43和冀花甜1号、冀花甜2号这4个品种鲜味和咸味均最低。

由于样品为未去皮的花生籽仁,涩味可能与花

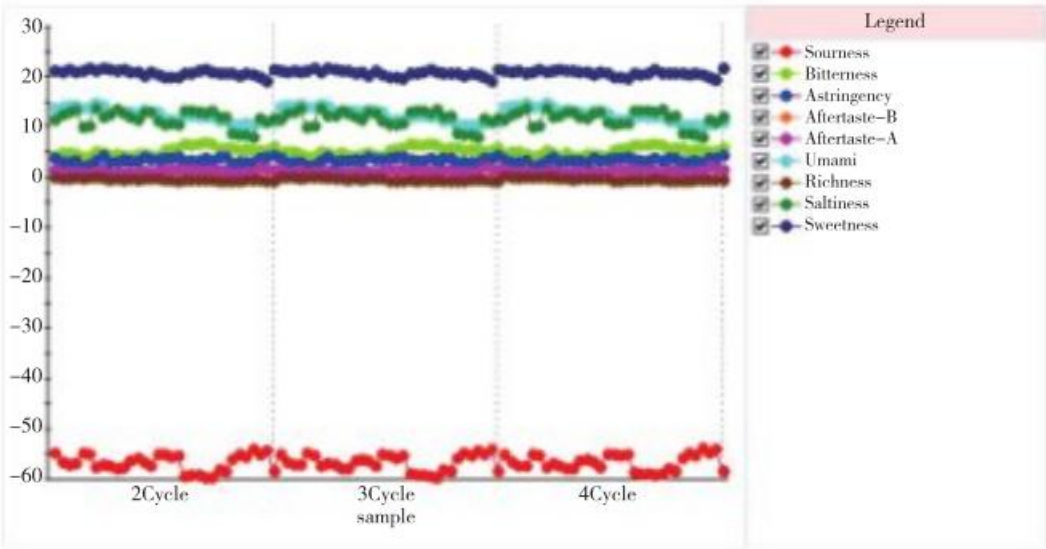


图9 花生样品后三次循环折线图(软件中截取)

Fig. 9 Line chart of peanut sample after three cycles (software interception)

表7 数据方差分析表

Table 7 Data variance analysis

CH	酸味 Sourness	苦味 Bitterness	涩味 Astringency	苦味回味 Aftertaste-B	涩味回味 Aftertaste-A	鲜味 Umami	丰富性 Richness	咸味 Saltiness	甜味 Sweetness
g: 平均误差 g: Average* of measurement errors	0.14	0.06	0.07	0.04	0.05	0.09	0.06	0.08	0.08
s1: 所有样品的平均值 s1: Average* of all samples	56.54	5.42	3.65	0.19	1.57	12.69	0.35	11.96	20.93
s2: 所有样品的标准偏差 s2: Standard deviation of all samples	1.58	0.79	0.47	0.17	0.31	1.36	0.26	1.58	0.56
----传感器的区分能力---- ----Sensor's Ability to Distinguish----									
m1: g/s1×100(%)	0.25	1.1	1.91	20.9	3.03	0.71	17.61	0.71	0.39
m2: g/s2×100(%)	9.1	7.57	14.77	23.43	15.53	6.62	23.77	5.35	14.33

注:平均表示均方根

Note: Average* indicates the root mean square

生皮具有一定的关系,且花生的苦味并不同于咖啡、茶给人的苦的感觉,而是苦味传感器对样本中含有的某些成分的应答,这也反映了样本味道的复杂性。此外,花生的咸味也不是食盐给人的咸感,推测可能是花生中含有的有机酸盐或无机盐类物质对咸味传感器的应答,咸味可能也与花生的风味有关。在日常食用中,种皮颜色和不同的味觉指标是影响食用者喜欢的主要因素,可以看出不同种皮颜色的味道也各具特色,红色种皮的甜味要高于黑色种皮,在下一步设计试验和分析结果时,将更加注重对不同种皮颜色花生的味觉指标分析上。

本研究为鲜食花生的味觉指标评价提供一种新思路,对鲜食花生的风味指标的确立及分析具有一定的指导意义,同时对智能感官分析在鲜食花生

的育种及深加工的应用提供了参考。

参考文献:

[1] 廖伯寿.我国花生生产发展现状与潜力分析[J].中国油料作物学报, 2020, 42(2): 161-166. DOI: 10.19802/j.issn.1007-9084.2020115.

[2] 江建华,肖美华,王晓帅,等.花生含油量研究进展[J].中国农学通报, 2012, 28(33): 1-6.

[3] 胡晓辉,胡东青,苗华荣,等.花生营养品质遗传改良研究进展[J].花生学报, 2012, 41(1): 36-43, 47. DOI: 10.14001/j.issn.1002-4093.2012.01.008.

[4] 罗虹,周桂元,方洪标,等.鲜食花生相关生化特性的研究[J].花生学报, 2004, 33(4): 1-4. DOI: 10.3969/j.issn.1002-4093.2004.04.001.

[5] 王丽,王强,刘红芝,等.花生加工特性与品质评价研

- 究进展[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(10): 122-128.
- [6] 王秀贞, 吴琪, 成波, 等. 基因型和成熟度对鲜食花生感官品质的影响[J]. 花生学报, 2019, 48(3): 51-54. DOI: 10.14001/j.issn.1002-4093.2019.03.009.
- [7] 张玉荣, 李晨杰, 王殿轩, 等. 氮气气调对鲜食花生采后品质的影响研究[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(6): 71-79. DOI: 10.19804/j.issn1006-2513.2022.06.010.
- [8] 吴琼, 李晨杰, 刘晓莉, 等. 鲜食花生保鲜技术研究现状与展望[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2021, 42(6): 127-133. DOI: 10.16433/j.1673-2383.2021.06.017.
- [9] 石春梅, 秦岭, 闫立琴. 紫花4号花生“3414”田间试验初报[J]. 中国农技推广, 2010, 26(11): 36-37. DOI: 10.3969/j.issn.1002-381X.2010.11.015.
- [10] 贺梁琼, 韩柱强, 钟瑞春, 等. 3个鲜食保健型红花生新品种的选育及栽培技术[J]. 南方农业学报, 2011, 42(10): 1202-1205. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1191.2011.10.008.
- [11] 李金先, 童文君, 施渭尧, 等. 鲜食花生施肥技术研究[J]. 上海农业科技, 2012(3): 120-121, 123. DOI: 10.3969/j.issn.1001-0106.2012.03.082.
- [12] 李振华. 鲜食花生的应用前景及高效栽培技术[J]. 现代农业科技, 2014(5): 54, 57.
- [13] 江文远. 鲜食花生发展前景与无公害栽培技术[J]. 南方园艺, 2012, 23(1): 40-41. DOI: 10.3969/j.issn.1674-5868.2012.01.016.
- [14] 刘洪明, 马秀珍, 宋朝玉. 鲜食花生适宜收获期与速冻加工工艺研究[J]. 山东农业科学, 2009, 41(9): 84-86. DOI: 10.3969/j.issn.1001-4942.2009.09.027.
- [15] 谢妍纯, 陈炫. 三种制法花生的香气成分分析[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(3): 21-30. DOI: 10.19804/j.issn1006-2513.2022.03.004.
- [16] 毛金林, 陈杭君, 葛林梅, 等. 涂膜保鲜对鲜食花生采后霉变和品质的影响[J]. 浙江农业科学, 2009, 50(2): 352-354. DOI: 10.3969/j.issn.0528-9017.2009.02.053.
- [17] 王连平, 王汉荣, 茹水江, 等. 低温贮藏花生嫩果病变及真菌状况初步研究[J]. 花生学报, 2006, 35(3): 24-27. DOI: 10.3969/j.issn.1002-4093.2006.03.006.
- [18] 陈新华, 王妮娴, 成树国, 等. 黑花生品质评价及育种策略研究[J]. 中国种业, 2006(11): 17-18. DOI: 10.19462/j.cnki.1671-895x.2006.11.007.
- [19] 成良强, 郭建斌, 吕建伟, 等. 30份红皮花生资源的品质性状分析[J]. 花生学报, 2022, 51(1): 42-48. DOI: 10.14001/j.issn.1002-4093.2022.01.006.
- [20] 王传堂, 王秀贞, 吴琪, 等. 鲜食花生感官品质主导分析、优异品系筛选与遗传力估算[J]. 花生学报, 2018, 47(4): 71-74. DOI: 10.14001/j.issn.1002-4093.2018.04.012.
- [21] 王志伟, 王秀贞, 唐月异, 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. DOI: 10.14083/j.issn.1001-4942.2018.06.008.
- [22] 卢烽, 张青, 吴纯洁. 电子舌技术在食品行业中的应用及研究进展[J]. 中药与临床, 2020, 11(5): 60-63, 29.
- [23] 孙江艳, 刘义凤, 刘磊, 等. 食品感官评价的技术手段与应用研究进展[J/OL]. 食品工业科技: 1-16[2023-10-13]. DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023020097.

(责任编辑:郭学兰)