

底圩茶风干叶香气的判别分析

赵一明^{1,2}, 梁大艳^{2,3}, 丁海琴^{1,2}, 高峻^{1,2*}, 周泳臣^{1,2}, 茶凤官^{1,2}, 孔胜^{1,2}, 刘颖^{1,2}, 吕才有¹

(1. 云南农业大学茶学院, 云南昆明 650100; 2. 云南省现代农业茶叶产业体系建设栽培研究室, 云南昆明 650201; 3. 云南省文山州广南县农业技术推广服务中心, 云南广南 663300)

摘要 [目的]采用电子鼻技术对 13 个底圩优良群体种的风干叶香气进行研究。[方法]利用主成分分析(PCA)与线性判别分析(LDA),对底圩茶新梢和成熟叶的干茶、茶汤和叶底香气物质进行分析和判别。[结果]电子鼻技术对 13 个底圩优良群体种风干叶均有较好的响应。PCA 分析表明,新梢干茶和茶汤的贡献率分别为 99.85%、99.85%,高于成熟叶干茶和茶汤的贡献率(99.32%、99.71%),叶底则相反,新梢贡献率(99.84%)低于成熟叶贡献率(99.94%);LDA 分析表明,新梢干茶和茶汤贡献率(85.44%、91.62%)高于成熟叶干茶和茶汤贡献率(77.92%、88.87%),叶底新梢贡献率(98.09%)低于成熟叶(98.17%);PCA 贡献率均高于 LDA,则 PCA 较 LDA 更能明显地区分 13 个底圩优良群体种风干叶的香气。通过电导率 G/G_0 值可以判别出硫化物挥发性成分为底圩茶第一主要成分,芳香成分、有机硫化物为第二主要成分,氮氧化合物为第三主要成分。[结论]应用电子鼻技术对 13 个底圩优良群体种的香气鉴定是可行的,有望在底圩茶检测领域得到使用。

关键词 底圩茶;风干叶;香气分析;电子鼻;主成分分析法;线性函数判别分析法

中图分类号 TS272.7 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)06-0197-07

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2023.06.047



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Discriminant Analysis of Aroma of Air Dried Leaves of Dixu Tea

ZHAO Yi-ming^{1,2}, LIANG Da-yan^{2,3}, DING Hai-qin^{1,2} et al (1. Tea College of Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650100; 2. Cultivation Research Laboratory in Yunnan Modern Agricultural Tea Industry System Construction, Kunming, Yunnan 650201; 3. Agricultural Technology Extension Service Center of Guangnan County, Wenshan Prefecture, Yunnan Province, Guangnan, Yunnan 663300)

Abstract [Objective] The electronic nose technology was used to study the aroma of dried leaves of 13 species with good bottom Dixu. [Method] Principal component analysis (PCA) and linear function discriminant analysis (LDA) were used to analyze and discriminate the dry tea, tea soup and aroma substances at the bottom of new shoots and mature leaves of Base Dixu tea. [Result] The electronic nose technology had a good response to the air dried leaves of 13 base Dixu superior population species. The PCA contribution rates of fresh shoot dry tea and tea soup were 99.85% and 99.85%, respectively, which were higher than those of mature leaf dry tea and tea soup (99.32% and 99.71%), on the contrary, the contribution rates of fresh shoot (99.84%) were lower than those of mature leaf (99.94%). The contribution rate of LDA fresh shoots and tea soup (85.44%, 91.62%) was higher than that of mature leaves and tea soup (77.92%, 88.87%), while the contribution rate of LDA fresh shoots (98.09%) was lower than that of mature leaves (98.17%). PCA contribution rates were higher than LDA. PCA was more effective than LDA in distinguishing the aroma of the dried leaves of the 13 best populations. According to G/G_0 value of electrical conductivity, it could be distinguished that the volatile component of sulfide was the first main component of Dixu tea, the aromatic component, the organic sulfide was the second main component, and the nitrogen oxide was the third main component. [Conclusion] The application of electronic nose technology is feasible for aroma identification of 13 Dixu fine population species, and it is expected to be used in the field of Dixu tea detection.

Key words Dixu tea; Air dried leave; Aroma analysis; Electronic nose; PCA; LDA

底圩茶是滇东南地方特色茶树种质资源之一,也是珍贵的特色野生茶树种质资源,它既表现着滇东南茶树种质资源的连续性,又同时具备滇桂茶树种质资源的共有性^[1]。底圩茶属山茶科、山茶属,属于有性繁育。底圩茶的香气高扬且独特,但相关研究比较少,所以此次将使用电子鼻测定和进一步分析 13 个底圩优良群体种的香气。

茶叶中的香气物质属于挥发性成分,挥发性香气物质虽然在茶叶中的含量较低,但却是决定茶叶风味品质、产品等级和品质优劣的重要指标之一^[2]。截至目前,茶叶中已经发现了 600 多种挥发性成分,归纳起来可分为碳氢化合物、醇类、醛类、酮类、酯类、内酯类、羧酸类、酚类、含氧化合物、含硫化合物和含氮化合物共 11 类,含量占茶叶干物质质量的

0.03%~0.05^[3-4]。现阶段茶叶香气成分的检测技术主要有气相色谱-质谱联用技术(GC-MS)、电子鼻技术等^[5-6]。电子鼻是一种由功能各异的化学传感器阵列适当的模式识别系统组成的,可以用来识别简单或者复杂气味的仪器^[7-8]。围绕电子鼻的工作方式和名称的争议一直处于中心位置^[9]。尽管存在争议,但近年来电子鼻也广泛应用于绿茶^[10-11]、红茶^[12-14]、乌龙茶^[15]、白茶^[16]和普洱茶^[17-22]的香气研究领域。该研究选取同一生长条件下底圩大白毫群体种的一芽二叶新梢与成熟叶的风干叶为研究材料,采用电子鼻技术检测茶叶香气成分,利用主成分分析(PCA)和线性判别分析(LDA)对其新梢与成熟叶的干茶、茶汤、叶底的香气物质进行分析与判别,以期电子鼻技术在茶叶香气判别上提供可行性。

1 材料与方法

1.1 试验材料 茶样,13 个文山州广南县底圩大白毫群体种的自然风干叶(表 1);广南县凯鑫茶叶集团茶园基地采取。

1.2 仪器设备 PEN3 型便携式电子鼻(德国 Airsense 公司)。该电子鼻主要由传感器阵列、信号处理模块以及模式

基金项目 国家茶叶产业技术体系(CARS-19);云南省科技计划项目(202004BI090055);云南省现代农业茶叶产业技术体系建设栽培研究室项目(2018KJTX007)。

作者简介 赵一明(1998—),女,辽宁辽阳人,硕士研究生,研究方向:茶树种质资源。*通信作者,副教授,硕士,硕士生导师,从事茶树生理生态及良种繁育研究。

收稿日期 2022-03-17;修回日期 2022-04-15

识别系统等模块构成。其中,传感器阵列由 10 个金属氧化物气敏传感器组成,传感器性能如表 2 所示,电子鼻不同传感器检测到的样品信息即代表了样品中全部挥发物的总体分布,检测过程中的数据由电子鼻的 10 个不同金属氧化物传感器提供。检测过程中的响应信号为传感器阵列接触挥发性气体后的电导率(G)与经过标准净化装置处理后的电导率(G_0)的比值,即 G/G_0 。 G/G_0 值的变化即代表了香气物质含量的相对变化。

表 1 13 个底圩茶名称对应编号

Table 1 13 Dixu tea names corresponding numbers

序号 No.	材料名称 Material name	编号 Number
1	A7	G_1
2	A20	G_2
3	B1	G_3
4	B19	G_4
5	B20	G_5
6	B39	G_6
7	B44	G_7
8	B48	G_8
9	B70	G_9
10	C3	G_{10}
11	C6B29	G_{11}
12	大白毫	G_{12}
13	小芽叶	G_{13}

电子鼻 Winmuster 软件自带的模型识别方法可进行主成分分析(PCA)、线性判别分析(LDA)。PCA 是模式识别中的一种线性监督分析法,其将传感器多元的信息线性进行降维、简化、重排、变换为少数的几个保留了原始数据中主要信息的综合信息(主成分),最终用二维的散点图形式展现。PCA 的散点图中每个圈代表一个样品,点与点的距离代表样品间特征的差异大小。主成分的总贡献率大于 85%,就基本可以反映原始数据的特征信息。LDA 是将高维的模式样本投影到最佳鉴别矢量空间,达到抽取分类信息和降低特征空间维数的效果,可以将组间分得更开,LDA 值越大,区分效果就越好,当 LDA 值大于 80%时即可用^[23]。

表 2 传感器性能

Table 2 Sensor performance

阵列 序号 Array No.	传感器名称 Sensor name	性能描述 Performance description	备注 Remarks
1	W1C	芳香成分	甲苯 10 mL/m ³
2	W5S	对氮氧化物很敏感	NO ₂ 1 mL/m ³
3	W3C	对芳香成分敏感	苯 10 mL/m ³
4	W6S	对氢气有选择性	H ₂ 100 mL/m ³
5	W5C	对烷烃芳香成分敏感	丙烷 1 mL/m ³
6	W1S	对甲烷敏感	CH ₄ 100 mL/m ³
7	W1W	对硫化物敏感	H ₂ S 1 mL/m ³
8	W2S	对乙醇敏感	CO 100 mL/m ³
9	W2W	对芳香成分、有机硫化物敏感	H ₂ S 1 mL/m ³
10	W3S	对烷烃敏感	CH ₄ 10 mL/m ³

1.3 试验方法

1.3.1 干茶分析样的制备。将待测样剪碎(大约 1 cm²),称取 1 g 剪碎后的茶叶放入 100 mL 锥形瓶中,双层保鲜膜密封,静置 30 min,使其平衡后,进行检测。制备 3 个平行样进行检测以减少误差。

1.3.2 茶汤分析样的制备。称取 1 g 剪碎后的待测样放入 100 mL 锥形瓶中,加入 50 mL 的沸水,双层保鲜膜密封,茶汤冷却至 45 ℃,摇匀等待对茶汤进行检测。制备 3 个平行样进行检测以减少误差。

1.3.3 叶底分析样的制备。称取 1 g 剪碎后的待测样放入 100 mL 锥形瓶中,加入 50 mL 的沸水,双层保鲜膜密封,冷却至 45 ℃后滤出茶汤,对叶底的香气进行检测。制备 3 个平行样进行检测以减少误差。

1.3.4 测定步骤。仪器预热 30 min,传感器进行清洗 120 s,各传感器响应值趋向于 1.000 0,开始检测样品(流速 300 mL/min,信号采集 60 s),记录并保存数据。

1.4 数据处理 此次试验选取检测响应处于平稳时进行检测,取电导率检测信号在 55 s 处进行分析,主成分分析(PCA)、线性判别分析(LDA)均取检测信号在 55~60 s 处进行分析。

2 结果与分析

2.1 底圩茶群体种电导率 G/G_0 值变化 从 13 个底圩优良群体种的新梢与成熟叶的干茶、茶汤和叶底分别对应的响应值(表 3~8)可以看出,13 个底圩茶新梢和成熟叶的干茶、茶汤和叶底香气测定中,均为传感器 W1W 的响应值贡献率最高,W2W 和 W5S 的次之,由此可以得出硫化物挥发性成分为底圩茶第一主要成分,芳香成分、有机硫化物为第二主要成分,氮氧化合物为第三主要成分。由表 3~8 可知,新梢总体的响应值明显高于成熟叶总体的响应值,但不论是新梢还是成熟叶中,在茶汤中挥发性成分的含量最高,叶底中的含量次之,干茶中的含量最低。由上述可知,在其主要香气成分的组成上底圩茶的新梢和成熟叶的干茶、茶汤和叶底基本相似,但电子鼻对新梢的香气总体判别高于成熟叶,对茶汤的香气判别高于叶底和干茶。

2.2 PCA 分析结果 从 13 个底圩优良群体种的干茶、茶汤和叶底的香气的主成分分析(PCA)结果(图 1)可以看出,新梢的干茶、茶汤和叶底的累计贡献率分别达到 99.85%、99.86%和 99.84%,成熟叶的干茶、茶汤和叶底的累计贡献率分别为 99.32%、99.71%和 99.94%,由累计贡献率可以得出电子鼻对茶样新梢干茶和茶汤的判别优于成熟叶,对叶底的判别成熟叶优于新梢,PCA 具有可行性。

在 PCA 的散点图中,在新梢的干茶中, G_{10} 与其他 12 个样品分布区域离得较远,在第一、第二主成分中优势较大,所以 G_{10} 与其他 12 个样品差异较明显; G_2 、 G_4 、 G_9 、 G_{12} 之间存在一定的相似性,差异较小,但经电子鼻检测仍然是可以区分的。在成熟叶的干茶中, G_1 在第一主成分中优势最大,与其他样品距离较远,所以 G_1 与其他 12 个样品之间的差异较明显; G_2 、 G_3 、 G_4 、 G_{11} 、 G_{13} 之间的距离较近,差异较小,但经电子鼻

表 3 13 个底圩茶新梢干茶样电导率 G/G_0 值 ($n=3$)
Table 3 Conductivity G/G_0 of dry tea samples from 13 Dixu tea shoots

茶样 Tea sample	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S
G_1	1.029± 0.001 ab	1.126± 0.014 c	0.998± 0.005 a	0.994± 0.003 c	1.017± 0.001 bc	0.883± 0.013 b	1.768± 0.110 c	0.921± 0.009 c	1.253± 0.037 c	0.974± 0.007 c
G_2	1.025± 0.019 ab	1.380± 0.226 c	0.998± 0.006 a	1.015± 0.017 bc	1.018± 0.009 bc	0.952± 0.111 b	3.017± 1.154 bc	0.955± 0.071 c	1.602± 0.261 bc	1.037± 0.054 bc
G_3	1.031± 0.002 ab	1.117± 0.015 c	0.998± 0.007 a	0.992± 0.005 c	1.019± 0.001 bc	0.865± 0.040 b	1.797± 0.071 c	0.912± 0.027 c	1.269± 0.032 c	0.976± 0.016 c
G_4	1.048± 0.005 a	1.188± 0.021 c	0.998± 0.008 a	1.013± 0.003 bc	1.019± 0.002 bc	0.765± 0.033 b	2.473± 0.434 c	0.824± 0.020 c	1.448± 0.073 c	1.033± 0.010 bc
G_5	1.056± 0.007 a	1.130± 0.042 c	0.998± 0.009 a	1.007± 0.002 bc	1.022± 0.001 ab	0.727± 0.042 b	1.992± 0.296 c	0.802± 0.027 c	1.343± 0.093 c	1.014± 0.008 bc
G_6	1.005± 0.003 bc	1.282± 0.033 c	0.998± 0.010 a	1.000± 0.002 bc	1.000± 0.001 d	0.944± 0.024 b	2.436± 0.125 c	0.946± 0.013 c	1.366± 0.032 c	0.999± 0.002 bc
G_7	1.032± 0.002 ab	1.097± 0.007 c	0.998± 0.011 a	0.991± 0.003 c	1.019± 0.001 bc	0.852± 0.020 b	1.695± 0.042 c	0.903± 0.015 c	1.226± 0.017 c	0.965± 0.005 c
G_8	1.049± 0.003 a	1.193± 0.010 c	0.998± 0.012 a	1.008± 0.002 bc	1.026± 0.003 ab	0.805± 0.008 b	2.263± 0.082 c	0.864± 0.007 c	1.408± 0.022 c	1.017± 0.006 bc
G_9	1.038± 0.019 a	1.322± 0.072 c	0.998± 0.013 a	1.020± 0.019 bc	1.022± 0.007 ab	0.897± 0.111 b	2.629± 0.494 c	0.943± 0.097 c	1.511± 0.140 bc	1.051± 0.058 bc
G_{10}	1.054± 0.002 a	1.146± 0.017 c	0.998± 0.014 a	1.001± 0.003 bc	1.027± 0.001 ab	0.791± 0.005 b	1.988± 0.033 c	0.841± 0.005 c	1.363± 0.005 c	0.999± 0.008 bc
G_{11}	1.028± 0.004 ab	1.228± 0.001 c	0.998± 0.015 a	1.020± 0.016 bc	1.006± 0.003 cd	0.821± 0.008 b	2.298± 0.132 c	0.851± 0.009 c	1.346± 0.050 c	1.011± 0.002 bc
G_{12}	0.979± 0.056 c	1.828± 0.870 b	0.998± 0.016 a	1.027± 0.046 b	0.998± 0.021 d	1.290± 0.438 a	5.120± 4.573 ab	1.165± 0.275 b	1.884± 0.768 b	1.076± 0.151 b
G_{13}	0.988± 0.008 c	2.143± 0.028 a	0.998± 0.017 a	1.063± 0.013 a	1.032± 0.003 a	1.280± 0.024 a	7.109± 0.534 a	1.320± 0.002 a	2.338± 0.114 a	1.259± 0.022 a

注:同列不同小写字母表示 Duncan's 新复极差测验 SSR 法在 0.05 水平差异显著 ($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters in the same column indicate that Duncan's new repolarization test SSR method has significant difference at the level of $P<0.05$.

表 4 13 个底圩茶新梢茶汤样电导率 G/G_0 值 ($n=3$)
Table 4 Conductivity G/G_0 of tea soup samples from 13 Dixu tea shoots

茶样 Tea sample	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S
G_1	0.848± 0.083 b	3.581± 1.320 cd	0.760± 0.059 cde	1.158± 0.006 a	0.959± 0.025 bc	2.298± 0.508 bcd	14.851± 5.145 c	1.685± 0.310 bcd	3.648± 0.652 c	1.416± 0.039 a
G_2	0.683± 0.072 e	13.541± 4.094 a	0.682± 0.076 fg	1.086± 0.021 e	0.934± 0.017 d	2.998± 0.258 a	29.374± 4.028 a	2.023± 0.199 a	6.037± 0.496 a	1.375± 0.081 ab
G_3	0.826± 0.021 cd	4.128± 0.508 cd	0.711± 0.029 ef	1.137± 0.004 abc	0.950± 0.004 bcd	2.698± 0.065 ab	17.495± 0.489 c	1.867± 0.054 ab	4.043± 0.065 c	1.430± 0.002 a
G_4	0.875± 0.061 b	3.500± 1.178 cd	0.771± 0.044 cde	1.118± 0.011 cd	0.967± 0.012 b	1.798± 0.349 e	13.573± 3.661 c	1.417± 0.219 d	3.410± 0.523 c	1.341± 0.011 b
G_5	0.810± 0.013 cd	4.526± 0.643 c	0.716± 0.033 def	1.113± 0.008 d	0.953± 0.005 bcd	2.298± 0.094 bcde	17.145± 1.381 c	1.641± 0.052 bcd	4.087± 0.122 c	1.340± 0.011 b
G_6	1.008± 0.016 a	1.313± 0.322 d	0.987± 0.019 a	1.006± 0.020 g	0.999± 0.006 a	0.898± 0.162 f	2.700± 1.803 d	0.896± 0.067 e	1.374± 0.363 e	1.011± 0.013 d
G_7	0.831± 0.019 cd	4.042± 0.335 cd	0.704± 0.016 efg	1.143± 0.006 ab	0.946± 0.004 bcd	2.498± 0.117 bc	17.481± 1.247 c	1.748± 0.070 abc	4.107± 0.203 c	1.435± 0.005 a
G_8	0.972± 0.020 a	2.001± 0.195 cd	0.888± 0.033 b	1.021± 0.011 g	0.988± 0.005 a	1.098± 0.122 f	7.520± 1.484 d	0.952± 0.063 e	2.329± 0.320 d	1.044± 0.013 d
G_9	1.022± 0.043 a	2.006± 1.219 cd	0.970± 0.017 a	1.019± 0.020 g	1.006± 0.004 a	0.898± 0.246 f	5.713± 5.056 d	0.823± 0.160 e	2.013± 0.963 de	1.031± 0.038 d
G_{10}	0.755± 0.018 de	9.578± 0.873 b	0.799± 0.015 c	1.065± 0.010 ef	0.963± 0.001 bc	2.098± 0.160 cde	25.108± 0.769 ab	1.672± 0.087 bcd	5.125± 0.154 b	1.373± 0.003 ab
G_{11}	1.004± 0.033 a	1.530± 0.406 cd	0.967± 0.031 a	1.009± 0.007 g	0.998± 0.008 a	0.898± 0.137 f	4.274± 2.508 d	0.867± 0.079 e	1.654± 0.483 e	1.006± 0.013 d
G_{12}	0.850± 0.050 b	4.012± 1.370 cd	0.789± 0.067 cd	1.051± 0.020 f	0.952± 0.016 bcd	1.998± 0.411 de	15.989± 4.799 c	1.467± 0.238 cd	3.625± 0.744 c	1.149± 0.062 c
G_{13}	0.752± 0.050 de	9.641± 3.095 b	0.633± 0.030 g	1.123± 0.001 bcd	0.941± 0.013 cd	2.298± 0.246 bcd	23.459± 2.688 b	1.752± 0.171 abc	5.160± 0.412 b	1.332± 0.017 b

注:同列不同小写字母表示 Duncan's 新复极差测验 SSR 法在 0.05 水平差异显著 ($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters in the same column indicate that Duncan's new repolarization test SSR method has significant difference at the level of $P<0.05$.

表 5 13 个底圩茶新梢叶底样电导率 G/G_0 值($n=3$)
Table 5 Conductivity G/G_0 values of 13 Dixu tea shoot and leaf bottom samples

茶样 Tea sample	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S
G_1	0.884± 0.036 cd	2.981± 0.428 d	0.786± 0.033 d	1.115± 0.006 a	0.960± 0.009 e	1.930± 0.120 b	11.906± 1.331 d	1.551± 0.122 b	3.106± 0.059 c	1.356± 0.004 a
G_2	0.787± 0.009 e	6.152± 1.166 a	0.827± 0.005 c	1.051± 0.016 d	0.974± 0.004 c	1.806± 0.100 bc	20.579± 0.559 a	1.544± 0.075 b	4.459± 0.081 a	1.358± 0.017 a
G_3	0.811± 0.054 e	5.173± 2.103 ab	0.776± 0.033 d	1.104± 0.008 ab	0.948± 0.014 e	2.491± 0.407 a	18.717± 4.281 a	1.888± 0.250 a	3.794± 0.563 b	1.358± 0.032 a
G_4	0.906± 0.044 c	3.025± 0.929 d	0.807± 0.051 cd	1.091± 0.006 bc	0.973± 0.012 c	1.589± 0.265 cd	11.813± 3.918 d	1.326± 0.152 c	3.066± 0.583 c	1.294± 0.016 b
G_5	0.859± 0.018 d	3.650± 0.351 cd	0.788± 0.013 d	1.083± 0.005 d	0.967± 0.007 cd	1.888± 0.078 b	14.912± 0.689 c	1.513± 0.056 bc	3.584± 0.037 b	1.275± 0.020 b
G_6	1.017± 0.002 ab	1.118± 0.028 e	0.989± 0.002 a	1.000± 0.010 ef	1.003± 0.001 ab	0.803± 0.021 ef	1.606± 0.094 e	0.859± 0.011 de	1.139± 0.024 de	1.000± 0.002 bc
G_7	0.797± 0.038 e	4.977± 0.803 abc	0.724± 0.024 e	1.114± 0.005 a	0.932± 0.011 f	2.570± 0.296 a	18.511± 2.174 a	1.970± 0.194 a	4.023± 0.402 b	1.367± 0.010 a
G_8	1.038± 0.007 ab	1.074± 0.033 e	0.994± 0.003 a	1.007± 0.018 e	1.009± 0.001 ab	0.729± 0.029 ef	1.488± 0.092 e	0.777± 0.027 de	1.108± 0.025 de	0.972± 0.005 cd
G_9	1.057± 0.003 a	1.035± 0.011 e	0.986± 0.003 a	1.006± 0.006 e	1.012± 0.001 ab	0.646± 0.015 ef	1.380± 0.020 e	0.717± 0.011 e	1.096± 0.008 de	0.999± 0.003 c
G_{10}	0.879± 0.019 cd	4.192± 0.227 bcd	0.868± 0.010 b	1.063± 0.003 d	0.999± 0.006 b	1.505± 0.070 d	15.390± 0.882 b	1.358± 0.048 c	3.659± 0.150 b	1.333± 0.008 a
G_{11}	1.042± 0.002 ab	1.032± 0.019 e	1.000± 0.006 a	0.980± 0.008 g	1.012± 0.001 ab	0.670± 0.015 ef	1.401± 0.090 e	0.746± 0.012 de	1.073± 0.031 e	0.958± 0.010 d
G_{12}	0.999± 0.003 b	1.434± 0.023 e	0.977± 0.001 a	0.986± 0.001 g	1.001± 0.000 ab	0.947± 0.019 e	3.409± 0.035 e	0.932± 0.013 d	1.558± 0.028 d	0.957± 0.005 d
G_{13}	1.063± 0.002 a	1.021± 0.015 e	0.990± 0.002 a	0.999± 0.000 ef	1.013± 0.000 a	0.620± 0.013 f	1.369± 0.024 e	0.696± 0.011 e	1.096± 0.007 de	0.994± 0.001 c

注:同列不同小写字母表示 Duncan's 新复极差测验 SSR 法在 0.05 水平差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate that Duncan's new repolarization test SSR method has significant difference at the level of $P<0.05$.

表 6 13 个底圩茶成熟叶干茶样电导率 G/G_0 值($n=3$)
Table 6 Conductivity G/G_0 of dry tea samples from 13 Dixu tea mature leave

茶样 Tea sample	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S
G_1	1.007± 0.002 ab	1.256± 0.010 d	0.968± 0.003 ab	1.022± 0.023 ab	0.999± 0.001 bc	0.932± 0.060 d	2.403± 0.040 e	0.930± 0.025 de	1.370± 0.020 d	1.016± 0.005 d
G_2	0.982± 0.010 c	1.466± 0.138 abc	0.929± 0.020 c	1.018± 0.003 abc	0.990± 0.002 e	1.085± 0.079 bc	3.868± 0.962 ab	1.006± 0.028 bcd	1.725± 0.140 ab	1.054± 0.005 abc
G_3	0.985± 0.007 c	1.470± 0.171 abc	0.948± 0.011 bc	1.029± 0.008 a	0.996± 0.004 cd	1.218± 0.170 b	3.646± 0.950 abcd	1.103± 0.092 b	1.709± 0.195 ab	1.075± 0.011 a
G_4	1.005± 0.011 ab	1.433± 0.142 bcd	0.963± 0.028 ab	1.019± 0.016 abc	1.010± 0.005 a	1.097± 0.111 bc	3.724± 1.103 abc	1.047± 0.063 b	1.724± 0.252 ab	1.039± 0.039 bcd
G_5	1.012± 0.001 a	1.297± 0.050 cd	0.982± 0.007 a	1.011± 0.003 abcd	1.010± 0.001 a	1.005± 0.025 cd	2.501± 0.182 de	0.998± 0.009 bc	1.459± 0.020 cd	1.029± 0.003 bcd
G_6	0.995± 0.000 bc	1.289± 0.030 cd	0.960± 0.005 ab	1.023± 0.001 abcd	0.992± 0.001 de	1.000± 0.024 cd	2.624± 0.132 cde	0.976± 0.015 cde	1.490± 0.034 bcd	1.063± 0.003 ab
G_7	1.012± 0.005 a	1.332± 0.084 cd	0.975± 0.007 a	0.991± 0.002 ab	1.003± 0.001 b	0.889± 0.040 d	2.737± 0.489 bcde	0.899± 0.019 e	1.414± 0.099 d	0.963± 0.002 f
G_8	0.987± 0.002 c	1.348± 0.036 cd	0.926± 0.007 c	1.020± 0.002 e	0.991± 0.001 de	1.052± 0.028 cd	3.421± 0.278 abcde	0.995± 0.011 cde	1.717± 0.064 ab	1.058± 0.004 abc
G_9	1.007± 0.003 ab	1.304± 0.051 cd	0.968± 0.003 ab	1.002± 0.003 ab	1.000± 0.001 bc	0.905± 0.029 d	2.626± 0.248 cde	0.917± 0.016 de	1.405± 0.056 d	1.008± 0.002 de
G_{10}	1.010± 0.003 a	1.325± 0.042 cd	0.971± 0.011 ab	1.011± 0.001 cde	1.009± 0.002 a	1.033± 0.022 cd	2.727± 0.218 bcde	1.009± 0.014 bcd	1.499± 0.050 bcd	1.030± 0.003 bcd
G_{11}	1.006± 0.011 ab	1.431± 0.166 bcd	0.960± 0.016 ab	1.010± 0.000 abcd	1.008± 0.002 a	1.053± 0.085 cd	3.416± 1.062 abcde	1.018± 0.044 bcd	1.650± 0.209 abc	1.026± 0.001 cd
G_{12}	1.002± 0.000 ab	1.597± 0.050 ab	0.959± 0.005 ab	0.999± 0.004 de	1.003± 0.002 b	1.008± 0.037 cd	4.297± 0.221 a	0.968± 0.025 cde	1.726± 0.079 ab	0.979± 0.018 ef
G_{13}	0.963± 0.015 d	1.634± 0.086 a	0.934± 0.019 c	1.027± 0.015 ab	0.990± 0.006 e	1.370± 0.183 a	4.006± 0.542 a	1.237± 0.138 a	1.762± 0.115 a	1.085± 0.052 a

注:同列不同小写字母表示 Duncan's 新复极差测验 SSR 法在 0.05 水平差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate that Duncan's new repolarization test SSR method has significant difference at the level of $P<0.05$.

表 7 13 个底圩茶成熟茶叶汤样电导率 G/G_0 的值 ($n=3$)
Table 7 Conductivity G/G_0 of 13 Dixu tea mature leave tea soup samples

茶样 Tea sample	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S
G_1	0.977± 0.011 b	1.947± 0.213 def	0.801± 0.090 e	1.033± 0.017 c	0.986± 0.005 e	1.221± 0.140 c	6.836± 1.631 de	1.038± 0.058 e	2.365± 0.403 cd	1.066± 0.009 c
G_2	0.917± 0.007 d	2.915± 0.263 ab	0.851± 0.019 de	1.121± 0.005 ab	0.963± 0.001 e	1.776± 0.059 ab	10.128± 0.744 bc	1.373± 0.050 bc	2.541± 0.061 bc	1.330± 0.002 b
G_3	0.943± 0.007 c	1.997± 0.079 cdef	0.810± 0.065 e	1.119± 0.012 ab	0.968± 0.001 e	1.562± 0.127 b	6.203± 0.627 de	1.259± 0.055 cd	2.154± 0.149 cd	1.326± 0.005 b
G_4	0.994± 0.003 b	1.763± 0.064 def	0.919± 0.012 bcd	1.019± 0.006 cd	0.994± 0.001 b	1.043± 0.033 cd	5.301± 0.401 ef	0.964± 0.017 ef	1.912± 0.065 def	1.016± 0.008 de
G_5	0.892± 0.035 e	5.368± 1.217 a	0.875± 0.036 cde	1.119± 0.010 ab	0.978± 0.008 d	1.980± 0.269 a	16.924± 3.284 a	1.591± 0.185 a	3.603± 0.516 a	1.373± 0.014 a
G_6	0.934± 0.009 cd	2.503± 0.407 bcd	0.846± 0.054 de	1.147± 0.056 a	0.964± 0.003 e	1.647± 0.243 b	8.694± 1.927 cd	1.267± 0.114 cd	2.411± 0.314 bc	1.328± 0.014 b
G_7	1.016± 0.008 a	1.290± 0.226 f	0.967± 0.028 b	0.987± 0.005 d	1.005± 0.004 a	0.853± 0.076 d	2.689± 1.215 g	0.873± 0.032 f	1.421± 0.266 g	0.962± 0.011 f
G_8	0.940± 0.007 c	2.159± 0.172 cde	0.816± 0.034 e	1.132± 0.019 ab	0.965± 0.005 e	1.591± 0.147 b	7.247± 1.096 de	1.221± 0.063 d	2.267± 0.168 cd	1.322± 0.011 b
G_9	0.997± 0.002 ab	1.493± 0.072 ef	0.935± 0.045 bc	1.016± 0.004 cd	0.995± 0.001 b	0.998± 0.036 cd	3.584± 0.541 fg	0.950± 0.008 ef	1.650± 0.161 efg	1.034± 0.008 d
G_{10}	0.942± 0.011 c	2.749± 0.520 ab	0.882± 0.038 cde	1.110± 0.012 b	0.979± 0.006 d	1.614± 0.067 b	8.832± 1.781 cd	1.392± 0.079 bc	2.510± 0.257 bc	1.368± 0.011 a
G_{11}	0.921± 0.004 cd	3.046± 0.088 a	0.802± 0.024 e	1.133± 0.006 ab	0.969± 0.002 e	1.799± 0.033 ab	11.444± 0.960 b	1.416± 0.010 b	2.864± 0.260 b	1.362± 0.007 a
G_{12}	0.989± 0.005 b	2.044± 0.050 cdef	0.905± 0.039 bcd	1.017± 0.009 cd	0.993± 0.003 c	1.112± 0.052 c	6.641± 0.464 de	0.979± 0.029 ef	2.098± 0.096 cde	0.997± 0.019 e
G_{13}	0.994± 0.009 b	1.426± 0.135 ef	0.947± 0.028 bc	1.012± 0.008 cd	0.995± 0.004 b	1.001± 0.051 cd	3.194± 0.909 fg	0.969± 0.029 ef	1.569± 0.205 fg	1.026± 0.027 d

注: 同列不同小写字母表示 Duncan's 新复极差测验 SSR 法在 0.05 水平差异显著 ($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters in the same column indicate that Duncan's new repolarization test SSR method has significant difference at the level of $P<0.05$.

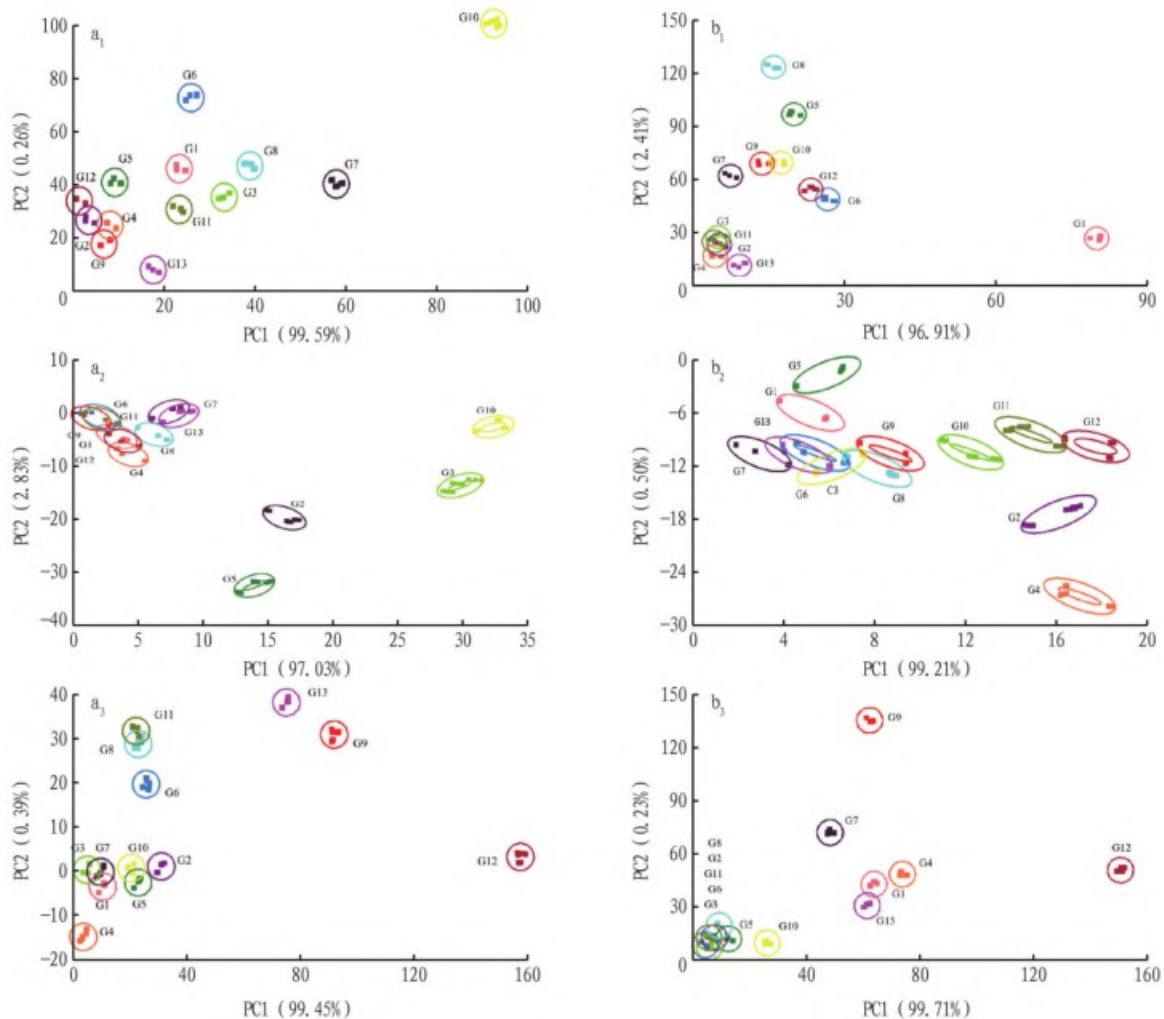
表 8 13 个底圩茶成熟茶叶底样电导率 G/G_0 值 ($n=3$)
Table 8 Conductivity G/G_0 value of 13 Dixu tea mature leave bottom samples

茶样 Tea sample	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S
G_1	1.018± 0.003 a	1.099± 0.014 e	0.987± 0.005 a	1.006± 0.014 c	1.004± 0.001 a	0.800± 0.038 b	1.588± 0.034 c	0.853± 0.018 c	1.152± 0.018 c	0.999± 0.006 c
G_2	0.921± 0.014 b	2.648± 0.336 a	0.884± 0.006 c	1.086± 0.007 b	0.961± 0.003 d	1.604± 0.126 a	9.069± 1.446 a	1.306± 0.074 ab	2.366± 0.138 a	1.264± 0.021 b
G_3	0.938± 0.031 b	1.981± 0.209 b	0.907± 0.012 b	1.094± 0.005 ab	0.972± 0.008 bc	1.647± 0.391 a	5.719± 1.223 b	1.365± 0.240 ab	1.997± 0.170 b	1.283± 0.005 b
G_4	1.018± 0.003 a	1.112± 0.038 c	0.986± 0.003 a	0.994± 0.015 c	1.005± 0.001 a	0.816± 0.027 b	1.607± 0.036 c	0.867± 0.015 c	1.159± 0.004 c	0.964± 0.005 d
G_5	0.938± 0.012 b	2.518± 0.114 a	0.916± 0.019 b	1.104± 0.011 ab	0.974± 0.004 b	1.596± 0.090 a	7.669± 0.756 a	1.364± 0.080 ab	2.247± 0.070 ab	1.321± 0.025 a
G_6	0.937± 0.018 b	2.597± 0.546 a	0.884± 0.016 c	1.094± 0.013 ab	0.965± 0.007 cd	1.568± 0.164 a	8.768± 2.485 a	1.259± 0.073 b	2.327± 0.283 a	1.269± 0.017 b
G_7	1.016± 0.002 a	1.104± 0.027 c	0.988± 0.000 a	1.001± 0.014 c	1.008± 0.001 a	0.860± 0.024 b	1.609± 0.050 c	0.886± 0.010 c	1.153± 0.008 c	0.950± 0.004 d
G_8	0.937± 0.006 b	2.512± 0.253 a	0.906± 0.010 b	1.102± 0.005 ab	0.968± 0.002 bc	1.623± 0.088 a	7.986± 1.082 a	1.315± 0.047 ab	2.255± 0.132 ab	1.308± 0.017 a
G_9	1.018± 0.001 a	1.104± 0.011 c	0.991± 0.000 a	1.003± 0.008 c	1.005± 0.000 a	0.800± 0.008 b	1.587± 0.039 c	0.857± 0.002 c	1.140± 0.009 c	0.996± 0.005 c
G_{10}	0.931± 0.014 b	2.718± 0.044 a	0.875± 0.018 c	1.106± 0.005 a	0.971± 0.002 bc	1.683± 0.159 a	8.765± 0.431 a	1.431± 0.119 a	2.396± 0.080 a	1.319± 0.010 a
G_{11}	0.928± 0.010 b	2.894± 0.507 a	0.884± 0.017 c	1.106± 0.005 a	0.972± 0.003 bc	1.716± 0.111 a	9.499± 2.044 a	1.421± 0.065 ab	2.526± 0.360 a	1.322± 0.011 a
G_{12}	1.019± 0.003 a	1.141± 0.011 c	0.992± 0.003 a	0.989± 0.007 c	1.006± 0.002 a	0.825± 0.026 b	1.617± 0.010 c	0.869± 0.016 c	1.143± 0.010 c	0.957± 0.010 d
G_{13}	1.012± 0.006 a	1.194± 0.012 c	0.983± 0.004 a	0.994± 0.011 c	1.005± 0.001 a	0.894± 0.052 b	1.935± 0.033 c	0.905± 0.038 c	1.245± 0.010 c	0.959± 0.004 d

注: 同列不同小写字母表示 Duncan's 新复极差测验 SSR 法在 0.05 水平差异显著 ($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters in the same column indicate that Duncan's new repolarization test SSR method has significant difference at the level of $P<0.05$.

检测仍可区分。在新梢的茶汤中, G_{10} 、 G_3 与其他样品差异明显, 其中 G_{10} 在第一主成分中的优势最大; 虽然 G_1 、 G_4 、 G_6 、 G_7 、 G_8 、 G_9 、 G_{11} 、 G_{12} 、 G_{13} 之间的距离较近, 但经电子鼻检测仍可区分。在成熟叶的茶汤中 G_4 与其他样品分布区域离得较远, 所以 G_4 与其他样品差异较明显, 其余样品之间距离较近, 但经电子鼻检测仍可区分; G_5 在第二主成分中的优势较大。新梢的叶底香气 PCA 分析显示, G_{12} 在第一主成分中优势最大, G_{13} 在第二主成分中优势最大, 其中 G_1 、 G_2 、 G_3 、 G_4 、 G_5 、 G_6 、 G_7 、 G_8 、 G_{10} 、 G_{11} 之间的距离较近, 但是经电子鼻检测仍然可以区分。成熟叶叶底香气 PCR 分析显示, G_{12} 在第一

主成分中优势最大, G_9 在第二主成分中优势最大, G_2 、 G_3 、 G_5 、 G_6 、 G_8 、 G_{10} 、 G_{11} 之间距离较近, G_1 、 G_4 、 G_{13} 之间距离较近, 但经电子鼻检测可以把其区分开。由此可见, 电子鼻中的不同化学传感器对底圩茶新梢干茶、茶汤、叶底和成熟叶茶汤中易挥发元素的响应区分明显。成熟叶干茶和叶底香气部分区域之间重叠严重, 其主成分区分度较差, 可能因为香气组成成分大致相同, 只是含量不同导致。经 PCA 分析, 传感器能够将不同茶样的新梢和成熟叶的干茶、茶汤和叶底的香气较清楚的区别。



注: a_1 、 b_1 为干茶; a_2 、 b_2 为茶汤; a_3 、 b_3 为叶底。

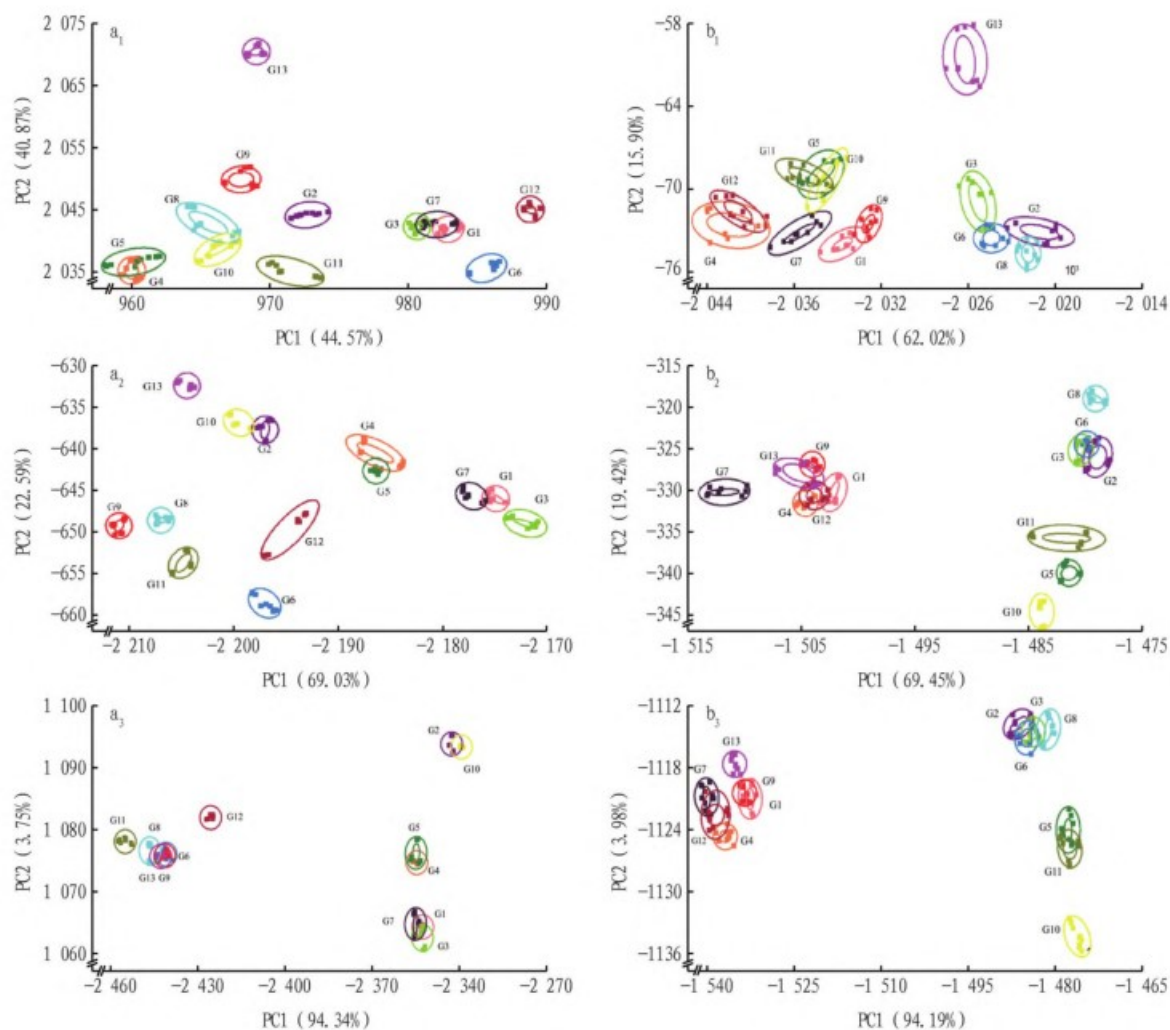
Note: a_1 and b_1 are dry tea; a_2 and b_2 are tea soup; a_3 and b_3 are the blade bottom.

图1 底圩茶新梢(a)与成熟叶(b)的干茶、茶汤、叶底的 PCA 分析

Fig.1 PCA analysis of dry tea, tea soup and bottom of fresh shoot(a) and mature leaf(b) of Dixu tea

2.3 LDA 分析结果 从 13 个底圩优良群体种的干茶、茶汤和叶底的香气的线性判别分析(LDA)结果(图 2)可以看出, 新梢的干茶、茶汤和叶底的累计贡献率分别为 85.44%、91.62% 和 98.09%, 成熟叶的干茶、茶汤和叶底的累计贡献率分别为 77.92%、88.87% 和 98.17%, 由此可知 LDA 的判别率均低于 PCA。由图 2 可知, 新梢干茶和茶汤的贡献率优于成熟叶, 对叶底的贡献率成熟叶优于新梢, 无论是新梢还是成熟叶, 对叶底的香气贡献率均高于茶汤和干茶。新梢茶汤香

气 LDA 分析中相互之间区分是最显著的, 说明 LDA 法对于新梢茶汤香气区分效果最好。这表明挥发物的含量在不同茶样中存在区别, 可以使用电子鼻仪器检测并被区别开来。新梢和成熟叶叶底香气 LDA 分析中部分样品之间重叠严重, 其主成分区分度较差, 可能因为香气组成成分大致相同, 只是含量不同导致, 所以其主成分区分度较差, 经 LDA 分析仍然可以大致区分。



注: a_1 、 b_1 为干茶; a_2 、 b_2 为茶汤; a_3 、 b_3 为叶底。

Note: a_1 and b_1 are dry tea; a_2 and b_2 are tea soup; a_3 and b_3 are the blade bottom.

图2 底圩茶新梢(a)与成熟叶(b)的干茶、茶汤、叶底的 LDA 分析

Fig.2 LDA analysis of dry tea, tea soup and bottom of fresh shoot (a) and mature leaf (b) of Dixu tea

3 结论

该研究将电子鼻应用于底圩茶的检测,通过电子鼻 10 个传感器对 13 个底圩茶群体种电导率 G/G_0 值的分析可以判别出其香气成分的组成上基本一致,硫化物挥发性成分为底圩茶第一主要成分,芳香成分、有机硫化物为第二主要成分,氮氧化合物为第三主要成分。这 3 个主要成分的含量在茶汤中最高,叶底其次,干茶最低,电子鼻对新梢的香气判别也明显高于成熟叶,对茶汤的香气判别高于叶底和干茶。

基于电子鼻响应信号值对 13 个底圩优良群体种之间的香气进行 PCA 和 LDA 分析,得出 PCA 主成分贡献率均大于 LDA 主成分贡献率,总体上说明 PCA 对底圩茶香气的判别率高于 LDA,但不论是 PCA 还是 LDA 对新梢的判别率明显高于成熟叶,对叶底的判别率高于茶汤与干茶。

茶叶香气构成复杂,电子鼻可以区分 13 个底圩优良群体种香气间存在的差异,说明该项技术可以用于底圩茶香气品质检测区分,为底圩茶品质检测提供新的技术基础,也为其综合评价提供可能。

参考文献

- [1] 梁大艳. 广南茶树资源及利用[J]. 中国茶叶, 2018, 40(7): 35-37.
- [2] 查曼昱, 吴悠, 张梁. 茶叶中挥发性香气物质研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(13): 4298-4303.
- [3] 王宝怡, 王培强, 李晓晗, 等. 基于电子鼻技术对不同季节山东绿茶香气的分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(10): 284-289, 259.
- [4] 叶伟胜, 胡健梁. 茶叶香气成分及检测技术研究进展[J]. 农业与技术, 2018, 38(5): 34-35.
- [5] 施莉婷, 江和源, 张建勇, 等. 茶叶香气成分及其检测技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(12): 347-351.
- [6] 宛晓春. 茶叶生物化学: 茶学专业用[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [7] 马会杰, 蒋宾, 潘玉兰, 等. 电子鼻对不同产地名优绿茶和红茶香气特征的判别研究[J]. 食品科技, 2019, 44(1): 336-344.
- [8] GARDNER J W, BARTLETT P N A. A brief history of electronic noses[J]. Sensors and actuators B: Chemical, 1994, 18(1/2/3): 210-211.
- [9] YAKUBU H G, KOVACS Z, TOTTH T, et al. Trends in artificial aroma sensing by means of electronic nose technologies to advance dairy production - a review[J]. Critical reviews in food science and nutrition, 2023, 63(2): 234-248.
- [10] 邹光宇, 王万章, 王森森, 等. 电子鼻/舌融合技术的信阳毛尖茶品质检测[J]. 食品科学, 2019, 40(10): 279-284.
- [11] 虞培力, 赵毅, 王瑞丞, 等. 人工智能对龙井茶等级识别研究[J]. 现代农业科技, 2018(2): 260-263.

(下转第 270 页)

科学严谨的工作态度以及孜孜不倦的探索精神;在介绍衣原体的生物学特性时,引入在战乱中不忘为人类谋福祉的“沙眼之父”汤飞凡的事迹^[12],培养学生追求真理,勤恳钻研的精神;讲授疫苗的质量检验方法时,引入“糖丸爷爷”顾方舟不惧生命威胁,带领科研人员亲身测试研制疫苗的安全性的科研事迹,使学生深刻感受舍弃小我,勇于奉献的家国情怀^[7]。

2.4 综合实训 在综合性实践教学环节,将团队协作、设计创新、责任担当、恪尽职守等元素融入其中。如,在实训前明确实训任务与目标,组建小组团队,开始进行实验设计。在实训进行过程中组内人员既有分工也有协作,责任到人。实训中每天总结分析实训中的问题及原因,提出解决方案、补救措施或下一次的预防方法。综合实训结束后提交含有个人实训心得的实训报告。在综合实训环节,学生的设计创新能力、沟通协调能力、自我表达能力等个性均得到了锻炼;团队协作能力和整体大局观也得以提高;发现问题、分析和解决问题的能力也得到了培养。

2.5 时政热点 将时政事件、行业热点融入课程内容,培养学生关注时事,把握形势的良好习惯,增强学生的家国情怀和责任担当。如,在讲授“疫苗的作用机理”时,通过对比不同国家新冠疫苗在本国内应用的差异性,帮助同学们充分认识社会主义制度的优越性^[13]。讲授“传染”时,通过讲述非洲猪瘟在国内快速蔓延的原因,引入总体国家安全观与生物安全法,培养学生的法制意识、规矩意识及国家安全意识^[13]。将时政事件、行业热点话题引入课堂,既符合学生对新事物充满兴趣的成长特点,也有力增强了学生在当前国际形势下对投身中国特色社会主义事业和中华民族伟大复兴中国梦的坚定信念。

3 课程思政考核评价

动物微生物学是理实一体化课程,采用线上线下混合教学模式进行。因此在教学评价中采用涵盖思政考核目标的“线上和线下、理论与操作、过程与结果、专业与素质(思政)”四结合的考核评价模式^[14]。

打破传统的期末线下卷面考试作为学习成绩的单一教学质量评价方式,构建新型学习质量评价体系。在评价中加大学习过程考核,理论考核与实践考核并重,线上学习与线下学习评价中融入素质(思政)评价。将教学活动中“线上自学、过程参与、任务完成、实习心得”等可反映学生能力与态

度的素质(思政)内容纳入课程教学质量评价中。具体评价:①理论考核。50%学习过程(20%资源学习+30%线上下学习互动)+50%学习结果(10%章节测试+40%试期末考试)。②实践考核。50%学习过程(20%线上学习互动+30%线下操作规范性考评)+50%学习结果(20%线上试验理论测试+30%综合实训报告)。

4 小结

综上所述,动物微生物学课程思政的建设不是简单的思政元素挖掘,而是围绕畜牧兽医专业培养目标,结合该课程特点与高职学生成长规律,在双融合教师团队协作下形成的具有学科特色的课程思政体系。动物微生物课程思政体系是以学科基础思维为支撑,以提升学生职业素养为培养方向,以促进学生成长和职业发展为目标,在不断建设与完善中逐步确立的教育教学理论体系,其内容应依据学科的发展规律、时事政治以及行业热点而不断做出相应调整,其融入方式也应结合教学方法、教学手段的不断升级而完善。作为课程教育的重要组成部分,课程思政也应纳入课程教学质量评价体系。

参考文献

- [1] 王春燕,张好强,李培琴.浅谈《微生物学》课程思政[J].高教学刊,2019(12):177-180.
- [2] 张美玲,贾彩凤,杜震宇.见微知著 溶盐于汤:浅谈高校微生物学课程思政的探索与实践[J].生物学杂志,2019,36(4):102-104.
- [3] 苏小红,赵玲玲,叶麟,等.基于 MOOC+SPOC 的混合式教学的探索与实践[J].中国大学教学,2015(7):60-65.
- [4] 雷程红,李建龙,卢亚宾,等.动物免疫学课程思政的教学实践[J].畜牧与饲料科学,2019,40(2):88-90.
- [5] 高德毅,宗爱东.课程思政:有效发挥课堂育人主渠道作用的必然选择[J].思想理论教育导刊,2017(1):31-34.
- [6] 李莹,李萌,李智博,等.“微生物学”课程教学中融入“课程思政”的探索[J].农产品加工,2019(22):118-120.
- [7] 汪小义,郭婷,程丹,等.“微生物学与免疫学”课程思政的探索与实践[J].微生物学通报,2020,47(4):1196-1201.
- [8] 张美玲,贾彩凤.以思辨训练为目标的策略在微生物学教学中的应用[J].微生物学通报,2018,45(3):626-629.
- [9] 张业怀,李凤梅.动物微生物与免疫课程思政初探[J].教育现代化,2020,7(68):120-123.
- [10] 杨桂燕,徐正刚,马凯恒,等.“工业微生物”课程思政元素引入及评价[J].微生物学杂志,2020,40(3):124-128.
- [11] 张庆华,宋增福,张旭杰,等.水生动物病原微生物学思政案例:汤飞凡和沙眼衣原体[J].教育教学论坛,2018(30):70-72.
- [12] 刘丽君,李薇,柴长斌,等.医学微生物学课程思政的探索与实践[J].微生物学通报,2020,47(4):1178-1185.
- [13] 陆志伟.全面践行总体国家安全观[N].人民政协报,2021-08-26(003).
- [14] 贾燕青,高霞,仇薪鑫,等.“双高”建设背景下动物微生物课程思政教育的探索与实践[J].安徽农业科学,2022,50(9):268-270.
- [15] 进展[J].安徽农业科学,2022,50(18):17-21.
- [16] 张晓云,赵艳,钱晔,等.高压脉冲电场对普洱生茶香气和陈化时间的影响[J].食品科学,2020,41(9):43-49.
- [17] 李大雷,翁彦如,杜丽平,等.电子鼻和气质联用法分析普洱茶香气成分[J].食品与发酵工业,2019,45(3):237-245.
- [18] 何鲁南,赵苗苗,蔡昌敏,等.电子鼻技术对不同贮藏地的普洱茶香气分析[J].西南农业学报,2018,31(4):717-724.
- [19] 高林,秦子涵,赵文婷,等.电子鼻区分不同品质的普洱茶[J].中国食品学报,2017,17(6):206-212.
- [20] 陈婷,蒋明忠,彭文,等.基于电子鼻技术对云南普洱熟茶的香气品质判别[J].西南农业学报,2017,30(2):339-344.
- [21] 罗美玲,田洪敏,杨雪梅,等.电子鼻技术对普洱熟茶香气判别的研究[J].西南大学学报(自然科学版),2018,40(8):16-24.

(上接第 203 页)

- [12] SHARMILAN T,PREMARATHNE I,WANNIARACHCHI I,et al.Electronic nose technologies in monitoring black tea manufacturing process[J].Journal of sensors,2020,2020:1-8.
- [13] 古小玲,刘翔,李达敏,等.海南红碎茶电子鼻技术应用及其与感官审评的比较[J].热带作物学报,2010,31(11):2034-2038.
- [14] 周颖,刘任,谭婷,等.电子鼻对不同加工处理工夫红茶香气聚类的方法评价[J].食品安全质量检测学报,2015,6(5):1611-1618.
- [15] 王鹏杰,张丹丹,邱晓红,等.基于 GC-MS 和电子鼻技术的武夷岩茶香气分析[J].福建茶叶,2017,39(1):16-18.
- [16] 潘俊娟,段玉伟,蒋玉兰,等.福鼎白茶风味的电子鼻和电子舌评价[J].食品工业科技,2017,38(12):25-30,43.
- [17] 孙嘉卿,冯海,王凯,等.普洱茶挥发性风味物质富集与分析技术研究