

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.05.009

炒籽温度对茶油关键香气成分及感官品质的影响

Effects of roasted temperature to seed processing on the keyaroma components and sensory quality of camellia oil

朱晓阳^{1,2} 龙奇志^{1,2} 钟海雁^{1,2}ZHU Xiao-yang^{1,2} LONG Qi-zhi^{1,2} ZHONG Hai-yan^{1,2}

(1. 中南林业科技大学食品学院, 湖南 长沙 410004;

2. 经济林培育与保护教育部重点实验室, 湖南 长沙 410004)

(1. College of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 2. Key Laboratory of Cultivation and Protection for Non-Wood Forest Trees of Ministry of Education, Changsha, Hunan 410004, China)

摘要:为分析炒籽温度对茶油关键香气成分及感官品质的影响,并比较海南和湖南两地产热榨茶油的香气成分与感官品质间的相关性和差异,通过 HS-SPME-GC-MS 分析海南茶油及不同炒籽温度处理的湖南茶油的香气成分组成,计算 ROAV 值确定其关键香气成分,并进行感官分析,建立 PLS 模型。结果表明,海南茶油和湖南炒籽茶油中最主要的香气成分为 (*E*)-2-癸烯醛、壬醛、苯乙醛、2,5-二甲基吡嗪和 3-乙基-2,5-二甲基吡嗪;随着炒籽温度升高,炒籽茶油的黄色评分降低,红色、褐色显著升高,茶油清香味逐渐减少,烤香味逐渐增加;海南茶油均具有较强的茶油清香味和烤香味,湖南炒籽茶油在较高温度处理下会产生相似的烤香味,但茶油清香味普遍低于海南茶油,因此湖南产茶籽通过海南传统高温炒籽方法制得的茶油,其香气与海南茶油仍有一定的区别。此外,对关键香气成分与感官属性建立 PLS 模型,交叉验证相关系数 Q² 为 0.901,说明该模型具有较好的预测热榨茶油香气品质的能力。

关键词:茶油;炒籽温度;关键香气成分;相对气味活性值

Abstract: In order to analyze the effect of roasted temperature to seed processing on the key aroma components and sensory attributes of camellia oil, compared correlations and differences between aroma components and sensory attributes of hot pressed camellia oil from Hainan and Hunan province, and the volatile

compounds of these camellia oils were analyzed by HS-SPME-GC-MS. The ROAV value was calculated to determine the key aroma components. Sensory attributes were analyzed by sensory evaluation and the PLS model was established. The results showed that the most important flavor components in Hainan camellia oil and roasted seed samples of Hunan were (*E*)-2-nonenal, furfural, phenylacetaldehyde, 2,5-dimethylpyrazine and 3-ethyl-2,5-dimethylpyrazine. As the temperature of roasted seed increased, the yellow score decreased, and the red and brown scores increased significantly; the fresh scent of camellia oil gradually decreased, and the roasted flavor increased. The two kinds of Hainan camellia oil have obvious aroma characteristics of fresh scent and roasted flavor. The roasted seed oil of Hunan have similar roasted flavor when heated by high temperature, but the fresh scent is lower than Hainan camellia oil. It is indicated that the aroma of Hunan camellia oil produced by Hainan traditional high-temperature method has a certain difference between that of Hainan camellia oil. In addition, PLS analysis was used to establish model using key aroma components and sensory attributes, the cross-validated correlation coefficient Q² was 0.901. It shows that the model has a good prediction ability of aroma quality of hot pressed camellia oil.

Keywords: camellia oil; fried seed temperature; key aroma components; relative odor activity value

基金项目:湖南省科技重大专项(编号:2018NK1030);湖南省林业科技计划项目(编号:XLB201618);湖南省研究生科研创新项目(编号:CX2017B399)

作者简介:朱晓阳,女,中南林业科技大学在读博士研究生。

通信作者:钟海雁(1963—),男,中南林业科技大学教授,博士。

E-mail: zhonghaiyan631210@126.com

收稿日期:2019-01-27

油茶(*Camellia oleifera*)为山茶科山茶属常绿灌木或小乔木,是中国特有的木本油料树种,广泛分布于南方丘陵地带。其籽所制得的油脂称为油茶籽油、山茶油或茶油,不饱和脂肪酸含量高达 90% 左右,并含有丰富的维生素 E、角鲨烯、甾醇、酚类化合物等生物活性成分^[1],具有一定的营养保健作用。

油脂的感官品质是衡量食用油质量的重要指标。目前对茶油香气成分及感官品质的研究逐渐受到了研究者的关注。Liu 等^[2]采用 HS-SPME-GC-MS 分析了中国 8 个主产区茶油的挥发性成分,比较并得出其特有化合物。Cao 等^[3]采用 HS-SPME-GC-MS 结合电子鼻分析 5 个不同品种茶油的挥发性成分,得到一些重要特征香气成分。况小玲等^[4]采用 GC-MS 分析了不同加工工艺制得的茶油中挥发性成分的差异。钟海雁等^[5]运用评分法、简单描述法及三点法对 9 种茶油样品进行了感官评价和比较,初步探索了感官评价方法在茶油中的应用。不过针对茶油关键香气成分与感官品质之间相关性的研究较少,罗凡等^[6]采用 GC-MS 和电子鼻研究了加热前后茶油中挥发性成分和整体气味的变化,并利用电子鼻建立气味模型以预测未知茶油样品的加热温度和时间。林琅^[7]通过 HS-SPME-GC-MS、感官分析及电子鼻分析了不同烘烤条件茶油的香气成分,但时间和温度条件较少,不够全面。陈志香等^[8]发现在焙烤温度 155 °C,时间 15 min 条件下,压榨茶油主要挥发性风味成分的相对含量有所提高,但未对其感官品质进行分析。夏欣等^[9]采用 HS-SPME-GC-MS 比较了江西和海南两地产压榨茶油的风味物质,发现风味成分种类有较大差异,但也未分析其与感官品质的相关性。

本研究拟通过 HS-SPME-GC-MS 分析来自海南的热榨茶油及湖南产茶籽经不同温度处理的热榨茶油的香气成分组成,计算 ROAV 值确定其关键香气成分,并进行感官分析,比较关键香气成分、感官品质间的相似与差异,利用多元统计分析方法建立可用于预测茶油香气品质的 PLS 模型,旨在分析炒籽温度对茶油关键香气成分及感官品质的影响,比较海南和湖南两地产热榨茶油的香气成分与感官品质间的相关性和差异,为茶油感官品质的研究和控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

试验所用茶油样品共 6 个,其中海南产的市售热榨寿山古茶油、琼海山柚油(海南将茶油称为“山柚油”)编号分别为 H1、H2,海南省的热榨法制油普遍是将茶籽粉碎后采用传统的铁锅高温蒸炒后再压榨;以及本实验室采集的来自湖南省林科院的普通油茶籽经过不同炒籽温度处理后压榨制取的茶油样品,具体炒制条件及样品编号见表 1。

异丙醇、乙醚、氢氧化钠、乙醇、冰乙酸、三氯甲烷、碘化钾、硫代硫酸钠;分析纯,天津市大茂化学试剂厂。

1.2 仪器与设备

气相色谱-质谱联用仪:7890B/5977A 型,美国 Agilent Technologies 公司;

表 1 实验室自制茶油样品信息表

Table 1 The information of camellia oil samples from laboratory made

编号	名称	条件
B1	90 °C 炒籽茶油	油茶籽粉碎后在 90 °C 下焙炒 1 h, 然后进行压榨
B2	120 °C 炒籽茶油	油茶籽粉碎后在 120 °C 下焙炒 1 h, 然后进行压榨
B3	150 °C 炒籽茶油	油茶籽粉碎后在 150 °C 下焙炒 1 h, 然后进行压榨
B4	180 °C 炒籽茶油	油茶籽粉碎后在 180 °C 下焙炒 1 h, 然后进行压榨

毛细色谱柱:HP-5MS(30 m×250 μm×0.25 μm)型,美国 Agilent Technologies 公司;

固相微萃取手柄、固相微萃取头:57348-U(50/30 μm DVB /CAR/PDMS)型,美国 Supelco 公司;

电子天平:OHAUS CP224C 型,美国 OHAUS 公司;

加热搅拌器:RCT basic 型,德国 IKA 公司。

1.3 理化性质分析

酸价的测定:依据 GB 5009.229—2016 的方法进行。

过氧化值的测定:依据 GB 5009.227—2016 的方法进行。

1.4 香气成分的 HS-SPME-GC-MS 分析

1.4.1 HS-SPME 条件 称取 1 g 茶油置于 15 mL 透明顶空瓶中,用带有聚四氟乙烯硅胶隔垫的盖子密封。将顶空瓶置于 60 °C 的加热器中平衡 15 min,然后将已经过活化处理(270 °C, 1 h)的 SPME 萃取头穿过顶空瓶的硅胶瓶垫,伸出纤维头,顶空萃取 40 min,待气相色谱仪处于准备状态后,将 SPME 迅速插入 250 °C 进样口,伸出纤维头解析 5 min。在萃取头插入进样口的同时启动仪器采集数据。

1.4.2 GC 条件 进样口温度:250 °C,不分流;载气:高纯氦气,流速为 1.0 mL/min;程序升温:初始温度 35 °C,保持 5 min,以 6 °C/min 升温速率升至 60 °C,以 4 °C/min 升温速率升至 70 °C,以 5 °C/min 升温速率升至 150 °C,以 10 °C/min 升温速率升至 220 °C,保持 5 min。

1.4.3 MS 条件 EI 离子源,电子能量 70 eV;离子源温度 230 °C;四极杆温度 150 °C;传输线温度 280 °C;溶剂延迟 3 min;全扫描模式,扫描质量范围 m/z 30 ~ 550 amu。

1.4.4 定性定量分析 通过比较 NIST 14.L 谱库的质谱数据,仅报道正反匹配度均 > 800(最大值为 1 000)的结果,并结合文献报道的已知化合物和保留指数(RI)进行定性。采用峰面积归一化法得到各香气成分的相对百分含量。

1.4.5 关键香气成分的确定 根据刘登勇等^[10]的方法进行。

1.5 感官分析

感官分析小组由 12 名经过培训的成员组成(年龄为 20~30 岁,6 男 6 女)。试验在(21±1)℃的感官评估室进行。通过小组领导调节,小组成员通过观察、嗅闻不同的茶油样品来收集并确定感官描述词。选择 5 个描述词(3 个颜色描述词和 2 个气味描述词)来定义样品的感官属性,分别为黄色、红色、褐色、茶油清香味和烤香味,其中茶油清香味为茶油原有的清香味,烤香味为焙烤过的坚果类似的香味。感官特征的强度使用 0~10 的等级进行评分,其中 0=无或不可察觉的强度,10=极高的强度。每个小组成员对每个样品进行 3 次评估。

1.6 数据处理

所有分析至少重复 2 次。使用 SIMCA 13.0, Origin 9.0 和 Excel 2016 进行数据统计分析和绘图。

2 结果与分析

2.1 理化性质分析

由表 2 可知,茶油样品的酸价及过氧化值均符合国家标准。

表 2 茶油的酸价和过氧化值

Table 2 Acid value and peroxide value of camellia oil

样品	酸价/(mg·g ⁻¹)	过氧化值/(mmol·kg ⁻¹)
H1	0.93±0.03	7.12±0.36
H2	1.85±0.09	6.64±0.18
B1	1.07±0.04	2.24±0.10
B2	1.62±0.11	0.86±0.08
B3	2.07±0.06	1.56±0.10
B4	2.12±0.07	1.14±0.09

2.2 香气成分的 HS-SPME-GC-MS 分析

表 3~6 列出了海南茶油及湖南炒籽茶油中的香气成分相对含量、香气成分种类汇总、ROAV 值和 ROAV ≥ 1 的关键香气成分。H1、H2 中分别鉴定出 18、20 种香气成分,B1、B2、B3、B4 中分别鉴定出 15、19、21、18 种香气成分,6 种茶油中共鉴定出 40 种香气成分。H1、H2 中 ROAV ≥ 1 的关键香气成分均为 4 种,B1、B2、B3、B4 中的关键香气成分分别为 6、6、5、3 种,6 种茶油中的关键香气成分共 8 种。其中最主要的香气成分均为(E)-2-癸烯醛,H1、H2、B3 和 B4 中次要的香气成分为壬醛和 3-乙基-2,5-二甲基吡嗪,B1 中次要的香气成分为壬醛和苯乙醛,B2 中次要的香气成分为苯乙醛和 3-乙基-2,5-二甲基吡嗪。

由表 6 可知,海南、湖南炒籽茶油中 ROAV 值最高的均为(E)-2-癸烯醛,其他 4 种主要呈味成分见图 1。由

图 1 可知,2 种海南茶油的关键香气成分很相似。随着焙炒温度的升高,苯乙醛的 ROAV 值先升高后降低,被认为是芳香族氨基酸苯丙氨酸的 strecker 降解产物^[11],具有与脂肪族醛不一样的风味特征,可能是由于炒籽过程加剧了苯丙氨酸的 strecker 降解。壬醛呈逐渐降低趋势,一般被认为是来源于油酸和亚油酸的典型脂肪酸氧化产物^[12],由于茶油不饱和脂肪酸含量高,油酸和亚油酸含量也较高,所以醛类物质含量通常较高,大量研究^[13-14]表明壬醛为茶油的主要香气成分。2,5-二甲基吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪均在 120℃之后才出现,其 ROAV 值也逐渐降低,由于吡嗪类化合物为美拉德反应的产物,通常在 100℃以上才生成。一些关于油脂香气的研究均表明吡嗪类化合物与热处理后所制得油脂的坚果香、烤香有关,如紫苏籽油^[15]、南瓜籽油^[16]、花生油^[17]、胡麻油^[18]等,为热榨茶油香气中重要的呈味成分。因此,各种主要呈味成分均较多的 120℃炒籽茶油,可能是所有炒籽茶油中香气最好的样品,除含有苯乙醛外,其他呈味成分均与海南茶油最为接近。

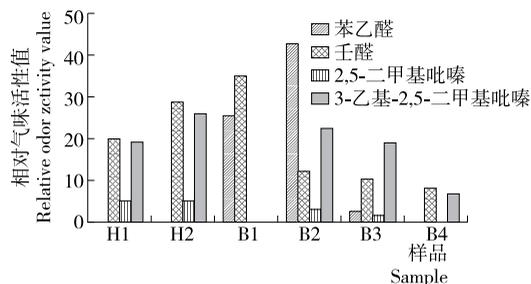


图 1 茶油中 4 种主要香气成分的 ROAV 值

Figure 1 ROAV value of four main aroma components in camellia oil

2.3 感官分析

由表 7、图 2 可知,在色泽方面,随着炒籽温度逐渐升高,炒籽茶油的黄色评分逐渐降低,红色和褐色显著升高;海南茶油中,H1 色泽与 B1 较接近,H2、B3 较接近。在气味方面,随着炒籽温度升高,炒籽茶油的茶油清香味逐渐减少,烤香味逐渐增加;海南茶油均具有很强的茶油清香味,特别是 H2 评分最高,均超过所有炒籽茶油,同时海南茶油也有较强的烤香味,与 B3、B4 评分接近。由此可见,焙炒茶籽的过程能使茶油拥有更丰富的烤香味,更接近热榨制取的海南茶油的风味;而海南茶油均有强烈的香气特征,湖南产茶籽制得的热榨茶油的茶油清香味略低于海南茶油,可能与茶籽品种和产地不同有关。

2.4 关键香气成分与感官属性的 PLS 分析

偏最小二乘回归分析(PLS)可说明多个因变量和多个自变量之间的相关性,因此以关键香气成分的 ROAV 值作为 X 变量,以感官属性评分作为 Y 变量进行相关性分析,建立 PLS 模型。

表3 茶油的香气成分相对含量[†]
Table 3 Relative content of aroma components in camellia oil

%

RI	香气成分	相对百分含量					
		H1	H2	B1	B2	B3	B4
801	己醛	—	—	1.73±0.09	1.34±0.39	—	—
903	庚醛	0.27±0.06	0.43±0.08	—	—	0.29±0.02	—
960	苯甲醛	3.73±0.24	—	3.06±0.34	4.88±0.33	1.67±0.36	—
1049	苯乙醛	—	—	6.31±0.60	15.67±1.23	1.31±0.27	—
1104	壬醛	8.31±0.32	9.08±0.71	7.53±0.72	3.94±0.29	4.56±0.69	3.22±0.34
1209	癸醛	—	—	0.89±0.11	0.27±0.03	—	—
1262	(E)-2-癸烯醛	3.56±0.21	2.71±0.07	1.85±0.09	2.76±0.61	3.77±0.40	3.37±0.25
1281	α-亚乙基-苯乙醛	—	—	—	1.27±0.00	—	—
1350	2-十一烯醛	1.86±0.42	1.62±0.03	—	—	5.05±0.39	4.41±0.35
1366	椰子醛	—	—	2.40±0.21	1.15±0.22	—	—
1462	反-2-十二烯醛	—	—	—	—	—	0.20±0.03
1574	桃醛	0.18±0.02	0.24±0.04	—	—	—	0.17±0.02
928	反式-2,3-二甲基丙烯酸	—	—	—	—	—	0.25±0.03
990	己酸	—	—	7.40±1.15	2.86±0.12	—	—
1078	庚酸	—	—	3.28±0.24	—	—	—
1180	辛酸	—	—	14.24±1.81	4.01±0.59	5.84±2.47	—
1273	壬酸	—	—	9.22±3.01	2.61±0.44	8.11±1.84	—
1039	苯甲醇	—	—	1.48±0.38	—	—	—
1118	苯乙醇	—	—	11.53±0.26	—	—	—
1577	月桂醇	—	—	—	—	0.22±0.10	—
828	2-甲基吡嗪	5.29±0.34	3.61±0.15	—	1.77±0.16	1.55±0.32	0.22±0.00
917	2,5-二甲基吡嗪	18.50±1.02	14.29±0.93	—	8.75±0.60	6.26±0.63	—
1003	2-乙基-6-甲基吡嗪	1.54±0.43	2.53±0.15	—	0.86±0.06	1.07±0.21	—
1005	2-乙基-5-甲基吡嗪	3.21±0.24	4.51±0.34	—	1.52±0.38	1.41±0.49	—
1004	2-乙基-3-甲基吡嗪	3.75±0.20	5.12±0.46	—	2.36±1.12	2.82±0.24	—
1082	3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	2.28±0.05	2.34±0.27	—	2.06±0.39	2.38±0.49	0.75±0.20
1160	3,5-二乙基-2-甲基吡嗪	—	0.55±0.12	—	—	0.39±0.16	—
809	2-甲基四氢呋喃-3-酮	—	—	—	—	—	0.51±0.24
833	糠醛	10.86±0.72	9.91±0.65	—	2.07±0.20	9.29±0.90	17.66±1.12
851	糠醇	5.75±0.32	6.08±0.61	—	—	2.63±0.24	6.76±0.53
978	5-甲基糠醛	2.67±0.21	4.24±0.28	—	—	1.74±0.41	6.78±0.73
1261	5-丁基-二氢-2(3H)-呋喃酮	—	—	1.13±0.17	—	—	—
1233	5-羟甲基糠醛	—	2.77±0.23	—	—	2.49±1.75	15.28±2.28
1297	2-N-辛基呋喃	—	—	—	—	—	0.76±0.02
1304	5-乙酰氧基甲基-2-呋喃醛	—	—	—	—	—	2.45±0.35
1110	麦芽酚	5.72±0.35	3.61±0.16	—	—	—	1.90±0.19
1407	甲基丁香酚	—	—	0.80±0.12	—	—	—
1034	甲基环戊烯醇酮	0.36±0.18	0.74±0.13	—	—	—	0.35±0.03
1045	2-乙酰基吡咯	1.82±0.26	1.53±0.16	—	—	—	—
1151	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	—	5.74±0.52	—	8.57±0.94	5.84±0.83	8.56±0.72

† “—”表示未检出。

表 4 茶油的香气成分种类汇总[†]
Table 4 Summary of aroma components in camellia oil

香气成分	H1		H2		B1		B2		B3		B4	
	种类	相对百分含量/%										
醛类	6	17.91	5	14.08	7	23.77	8	31.28	6	16.65	5	11.37
酸类	—	—	—	—	4	34.14	3	9.48	2	13.95	1	0.25
醇类	—	—	—	—	2	13.01	—	—	1	0.22	—	—
吡嗪类	6	34.57	7	32.95	—	—	6	17.32	7	15.88	2	0.97
呋喃类	3	19.28	4	23.00	1	1.13	1	2.07	4	16.15	7	50.20
酚类	1	5.72	1	3.61	1	0.80	—	—	—	—	1	1.90
其他	2	2.18	3	8.01	—	—	1	8.57	1	5.84	2	8.91
总计	18	79.66	20	81.65	15	72.85	19	68.72	21	68.69	18	73.60

[†] “—”表示未检出。

表 5 茶油中的香气成分 ROAV 值[†]
Table 5 ROAV value of aroma components in camellia oil

香气成分	感觉阈值/ (mg · kg ⁻¹)	ROAV 值					
		H1	H2	B1	B2	B3	B4
己醛	0.007 50	—	—	3.74	1.94	—	—
庚醛	0.050 0	0.05	0.10	—	—	0.05	—
苯甲醛	0.300	0.10	—	0.17	0.18	0.04	—
苯乙醛	0.004 00	—	—	25.58	42.58	2.61	—
壬醛	0.003 50	20.01	28.72	34.89	12.24	10.37	8.19
癸醛	0.005 00	—	—	2.89	0.59	—	—
(E)-2-癸烯醛	0.000 300	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
椰子醛	0.219	—	—	0.18	0.06	—	—
反-2-十二烯醛	6.30	—	—	—	—	—	0.00
桃醛	0.025 0	0.06	0.11	—	—	—	0.06
己酸	0.700	—	—	0.17	0.04	—	—
庚酸	0.100	—	—	0.53	—	—	—
辛酸	0.800	—	—	0.29	0.05	0.06	—
壬酸	1.50	—	—	0.10	0.02	0.04	—
苯甲醇	5.50	—	—	0.00	—	—	—
苯乙醇	0.086 0	—	—	2.17	—	—	—
月桂醇	0.066 0	—	—	—	—	0.03	—
2-甲基吡嗪	1.00	0.04	0.04	—	0.02	0.01	0.00
2,5-二甲基吡嗪	0.030 0	5.20	5.27	—	3.17	1.66	—
2-乙基-5-甲基吡嗪	1.00	0.03	0.05	—	0.02	0.01	—
2-乙基-3-甲基吡嗪	2.00	0.02	0.03	—	0.01	0.01	—
3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	0.001 00	19.21	25.90	—	22.39	18.94	6.68
糠醛	0.700	0.13	0.16	—	0.03	0.11	0.22
糠醇	1.00	0.05	0.07	—	—	0.02	0.06
5-甲基糠醛	6.00	0.00	0.01	—	—	0.00	0.01
5-丁基-二氢-2(3H)-呋喃酮	0.197	—	—	0.09	—	—	—
5-羟甲基糠醛	5.00	—	0.01	—	—	0.00	0.03
麦芽酚	6.00	0.01	0.01	—	—	—	0.00
甲基丁香酚	1.25	—	—	0.01	—	—	—
甲基环戊烯醇酮	2.00	0.00	0.00	—	—	—	0.00
2-乙酰基吡咯	100	0.00	0.00	—	—	—	—
2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	200	—	0.00	—	0.00	0.00	0.00

[†] “—”表示因未检出无法计算。

表 6 茶油中的关键香气成分[†]

Table 6 Key aroma components in camellia oil (ROAV \geq 1)

香气成分	ROAV 值						感官描述
	H1	H2	B1	B2	B3	B4	
己醛	—	—	3.74	1.94	—	—	青草香,脂肪香,油脂香
苯乙醛	—	—	25.58	42.58	2.61	—	蜂蜜香,甜香
壬醛	20.01	28.72	34.89	12.24	10.37	8.19	油脂香,柑橘香,青香
癸醛	—	—	2.89	—	—	—	肥皂味,橘皮香,脂肪香
(E)-2-癸烯醛	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	脂肪香
苯乙醇	—	—	2.17	—	—	—	蜂蜜香,香料香,玫瑰香,丁香花香
2,5-二甲基吡嗪	5.20	5.27	—	3.17	1.66	—	可可香,烤坚果香,烤牛肉香,药味
3-乙基-2,5-二甲基吡嗪	19.21	25.90	—	22.39	18.94	6.68	土豆香,烘烤香

[†] “—”表示因未检出无法计算或 \leq 1。

表 7 茶油的感官描述词和评分

Table 7 Sensory descriptors and scores of camellia oil

感官描述词	H1	H2	B1	B2	B3	B4
黄色	7.3 \pm 0.9	4.3 \pm 1.1	7.3 \pm 0.9	6.8 \pm 1.1	3.2 \pm 2.0	0.0 \pm 0.0
红色	0.0 \pm 0.0	3.9 \pm 1.3	0.0 \pm 0.0	2.3 \pm 1.5	3.0 \pm 1.9	7.8 \pm 1.3
褐色	1.2 \pm 1.3	5.7 \pm 1.6	0.0 \pm 0.0	2.4 \pm 1.9	5.4 \pm 0.9	8.0 \pm 1.2
茶油清香味	4.8 \pm 1.8	5.6 \pm 1.3	3.5 \pm 1.4	2.6 \pm 1.1	1.8 \pm 1.4	0.0 \pm 0.0
烤香味	4.3 \pm 1.2	4.2 \pm 2.6	1.5 \pm 1.3	3.8 \pm 1.1	4.8 \pm 1.2	4.5 \pm 2.1

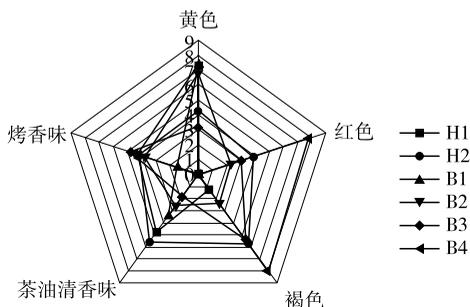


图 2 茶油的感官属性评分雷达图

Figure 2 Sensory attribute scoring radar chart of camellia oil

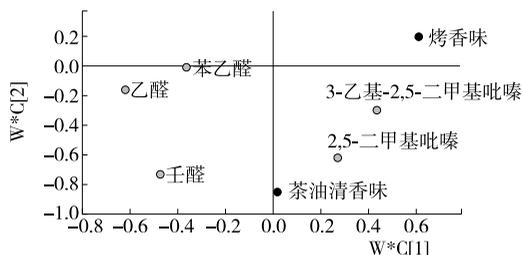


图 3 茶油的关键香气成分与感官属性的 PLS 相关性载荷图

Figure 3 PLS correlation loading plot of key aroma components and sensory attributes of camellia oil

海南及炒籽茶油的关键香气成分与感官属性的相关性载荷图如图 3 所示,该模型解释了 78.2% 的 X 方差 (R²X=0.782) 和 98.4% 的 Y 方差 (R²Y=0.984),说明该模型具有较好的解释能力,且有较强的预测能力 (Q²=0.901)。由图 3 可知,主要呈味成分 2,5-二甲基吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪与烤香味分布在较近的区域,说明它们之间相关性较强。使用该回归模型对茶油样品进行感官评分预测,结果准确性较高,如表 8 所示。

表 8 茶油实际感官评分与 PLS 模型预测感官评分

Table 8 Actual and PLS model predict sensory scores of camellia oil

样品	茶油清香味	预测茶油清香味	烤香味	预测烤香味
H1	4.8	4.40	4.3	4.43
H2	5.6	5.78	4.2	4.18
B1	3.5	3.33	1.5	1.56
B2	2.6	3.08	3.8	3.60
B3	1.8	1.68	4.8	4.77
B4	0.0	0.03	4.5	4.56

3 结论

本研究分析了海南茶油、湖南不同炒籽温度茶油的关键香气成分及感官属性,结果表明,海南茶油及湖南炒籽茶油中最主要的呈味成分均为(*E*)-2-癸烯醛,其次是苯乙醛、壬醛、2,5-二甲基吡嗪、3-乙基-2,5-二甲基吡嗪。炒籽茶油中,120℃炒籽茶油具有较多的主要香气成分,香气品质最好。随着炒籽温度升高,在色泽方面,茶油的黄色评分逐渐降低,红色、褐色显著升高,这是由于炒籽加热时发生的美拉德反应导致了褐变现象。在气味方面,炒籽茶油的茶油清香味逐渐减少,烤香味逐渐增加;海南茶油均具有较强的茶油清香味和烤香味,湖南炒籽茶油在较高温度处理下会产生相似的烤香味,但茶油清香味普遍低于海南茶油。由此可知,炒籽温度会影响茶油关键香气成分的组成和感官品质;湖南产茶籽通过海南传统高温炒籽方法制得的茶油,其香气与海南茶油仍有一定的区别,可能与油茶的产地和品种不同有关。此外,对关键香气成分与感官属性建立 PLS 模型,分析其相关性,具有较好的预测热榨茶油香气品质的能力。本研究为炒籽温度对茶油香气成分和感官品质的影响及不同产地热榨茶油感官品质的比较研究提供了参考,由于样品数量、种类具有一定的局限性,需进一步扩大研究范围。

参考文献

- [1] LEE C P, YEN G C. Antioxidant activity and bioactive compounds of tea seed (*Camellia oleifera* Abel.) oil[J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2006, 54(3): 779.
- [2] LIU Guo-yan, XU Suo-yu, WANG Xing-guo, et al. Analysis of the volatile components of tea seed oil (*Camellia sinensis* O. Ktze) from China using HS-SPME-GC/MS[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2016, 51(12): 2 591-2 602.
- [3] CAO Wen-ming, LIN Lang, NIU Yun-wei, et al. Characterization of Aroma Volatiles in *Camellia* Seed Oils (*Camellia oleifera* Abel.) by HS-SPME/GC/MS and Electronic Nose Combined with Multivariate Analysis[J]. *Food Science and Technology Research*, 2016, 22(4): 497-505.
- [4] 况小玲, 徐俐, 张红梅. 不同加工工艺对油茶籽油风味物质的影响[J]. *中国粮油学报*, 2012, 27(6): 89-93.
- [5] 钟海雁, 黄永辉, 龙奇志, 等. 茶油气味感官评价的初步研究[J]. *食品与机械*, 2008(5): 88-91, 98.
- [6] 罗凡, 费学谦, 沈丹玉, 等. 加热前后油茶籽油气味特征变化的规律研究[J]. *中国油脂*, 2018, 43(5): 21-27.
- [7] 林琅. 不同来源油茶籽油香气品质分析研究[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2016: 27-36.
- [8] 陈志香, 周波, 梁永铭, 等. 营养风味油茶籽油加工工艺研究[J]. *食品与机械*, 2015, 31(2): 232-237.
- [9] 夏欣, 姚磊, 曹君, 等. 两种油茶籽油风味物质的分析与比较[J]. *中国食品学报*, 2016, 16(4): 251-257.
- [10] 刘登勇, 周光宏, 徐幸莲. 确定食品关键风味化合物的一种新方法:“ROAV”法[J]. *食品科学*, 2008(7): 370-374.
- [11] HO C W, WAN AIDA W M, MASKAT M Y, et al. Changes in volatile compounds of palm sap (*Arenga pinnata*) during the heating process for production of palm sugar[J]. *Food Chemistry*, 2007, 102(4): 1 156-1 162.
- [12] LEE J, KIM D, CHANG P. Headspace-solid phase microextraction (HS-SPME) analysis of oxidized volatiles from free fatty acids (FFA) and application for measuring hydrogen donating antioxidant activity [J]. *Food Chemistry*, 2007, 105(1): 414-420.
- [13] 龙奇志, 黄永辉, 钟海雁, 等. 茶油挥发性成分的固相微萃取—气相色谱—质谱分析[J]. *中国食品学报*, 2009, 9(3): 187-194.
- [14] 罗凡, 郭少海, 费学谦, 等. 压榨条件对油茶籽毛油挥发性成分及品质的影响[J]. *中国粮油学报*, 2015, 30(4): 61-66.
- [15] TAE YOUNG K, JI SU P, MUN YHUNG J. Headspace-Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (HS-SPME-GC-MS(2)) Method for the Determination of Pyrazines in Perilla Seed Oils: Impact of Roasting on the Pyrazines in Perilla Seed Oils[J]. *Agric Food Chem*, 2013, 61(36): 8 514-8 523.
- [16] SIEGMUND B, MURKOVIC M. Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 2: volatile compounds)[J]. *Food Chemistry*, 2004, 84(3): 367-374.
- [17] 刘晓君. 炒籽对花生油风味和品质的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2011: 25-27.
- [18] 魏长庆. 新疆胡麻油特征香气成分鉴别及其产生机制研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015: 24-25.