

干燥方式对油茶粉品质及挥发性风味物质的影响

Effects of drying methods on the quality and volatile flavor compounds of oil tea powder

李官丽¹ 吴秋月¹ 陈锡霞¹ 伍淑婕¹

LI Guanli¹ WU Qiuyue¹ CHEN Xixia¹ WU Shujie¹

段秋霞¹ 黎小椿¹ 罗杨合^{1,2}

DUAN Qiuxia¹ LI Xiaochun¹ LUO Yanghe^{1,2}

(1. 广西康养食品科学与技术重点实验室, 广西 贺州 542899; 2. 大连工业大学食品学院, 辽宁 大连 116034)

(1. Guangxi Key Laboratory of Health Care Food Science and Technology, Hezhou University, Hezhou, Guangxi 542899, China; 2. School of Food Science and Technology, Dalian Polytechnic University, Dalian, Liaoning 116034, China)

摘要:目的:探究适合油茶粉的干燥方式,以便油茶食用和贮藏。方法:采用喷雾干燥、真空冷冻干燥、真空干燥3种干燥方式对油茶汤进行干燥处理,并对干燥后油茶粉的品质(水分含量、感官评价、色泽)及挥发性物质进行评价。结果:真空冷冻干燥油茶粉感官得分最高(93),含水量最低(3.78%),色泽较优(ΔE 值49.74)。利用SPME-GC-MS技术从3种方式干燥油茶粉中共鉴定出104种挥发性物质,其中,影响油茶粉风味的有14种。冷冻干燥的特征风味物质(壬醛、癸醛、(Z)-2-癸醛、(Z)-2-壬烯醛、(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛)呈现青香、油脂香,喷雾干燥和真空干燥的特有香气均为(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛、(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛、癸醛,呈现青香、果香、蜡香。结论:真空冷冻干燥风味品质最佳。

关键词:油茶粉;喷雾干燥;真空冷冻干燥;真空干燥;挥发性风味

Abstract: Objective: This study aimed to explore suitable drying methods for oil tea powder, making it easier for oil tea consumption and storage. **Methods:** Spray drying, vacuum freeze

drying and vacuum drying were used to dry oil tea soup, and the quality (moisture content, sensory evaluation and color) and volatile substances of dried oil tea powder were evaluated.

Results: The sensory score of vacuum freeze-drying oil tea powder was the highest (93), the water content was the lowest (3.78%), and the color was better (ΔE value 49.74). 104 volatile substances were identified from three drying methods of oil tea powder using SPME-GC-MS technology, of which 14 affected the flavor of oil tea powder. The characteristic flavor substances (nonanal, decanal, (Z)-2-decanal, (Z)-2-nonenal, (E)-3,7-dimethyl-2,6-octadienal) of freeze-drying present green fragrance and fat fragrance. The special aromas of spray drying and vacuum drying are (Z)-3,7-dimethyl-2,6-octadienal, (E)-3,7-dimethyl-2,6-octadienal and decanal, presenting green fragrance, fruit fragrance, and wax fragrance. PCA and comprehensive evaluation indicate that vacuum freeze-drying has the best flavor quality, which is consistent with sensory evaluation results. **Conclusion:** The flavor quality of vacuum freeze-drying was the best.

Keywords: oil tea power; spray drying; vacuum freeze-drying; vacuum drying; volatile flavor compounds

基金项目:广西壮族自治区级大学生创新创业训练计划项目(编号: S202311838073); 桂林市重点研发计划(编号: 20210208-3); 贺州创新驱动发展专项(编号: 贺科创CX202204)

作者简介:李官丽,女,广西康养食品科学与技术重点实验室讲师,硕士。

通信作者:黎小椿(1987—),女,广西康养食品科学与技术重点实验室实验师,硕士。E-mail: 277792205@qq.com
罗杨合(1969—),男,贺州学院教授,博士。

E-mail: luoyanghe@hzxy.edu.cn

收稿日期:2023-06-29 **改回日期:**2023-12-29

油茶是中华民族饮食文化的瑰宝,是盛行于八桂大地的一种地缘性风味小吃^[1]。油茶入口初觉清苦醇厚,过后鲜辣爽口,因此有“一杯苦、二杯呷(涩)、三杯四杯好油茶”的说法,这也与其自身独特的保健功效和风味密不可分。研究表明,油茶富含茶多酚、矿物质、维生素以及铁、锰等微量元素^[2],具有消食健胃、驱湿避瘴、提神醒脑、祛风除湿之功效^[3-4]。长期饮用油茶有益于身体健康。

目前,广西桂林的油茶主要以油茶汤或油茶罐头形式销售,油茶粉鲜有。油茶汤含水量高,不耐贮藏,运输和贮藏成本高^[2]。干燥是一种常见延长食品货架期的加工方式。油茶经干燥处理可制成即时即冲的罐装或袋装的油茶粉,还可添加到其他食品中以改善或提高食品风味,满足人们快节奏的生活方式及对营养、风味的需求^[5]。此外,油茶经干燥处理后体积减小,有利于贮藏和运输,且油茶在高温加工过程中产生浓郁的风味物质。风味与食品品质密切相关,影响消费者可接受度和喜好^[6]。

常见的干燥方式主要有真空干燥、热风干燥、真空冷冻干燥、微波干燥、喷雾干燥等^[7]。不同的干燥加工技术具有其特色,也有其适宜的应用范围。蒋鹏飞等^[8]认为喷雾干燥、真空冷冻干燥所得苦瓜粉品质优于热风干燥和日晒干燥。马尧等^[8]发现真空冷冻干燥所得黄花菜粉的综合评分比较高。靳政时等^[9]采用真空干燥、热风干燥、冷冻干燥加工猕猴桃果干,发现冷冻干燥处理能显著降低猕猴桃营养成分的损失并保有鲜果的风味。王宸之等^[10]对比了微波干燥和真空干燥对龙眼品质的影响,发现微波干燥龙眼的果肉褐变度及 PPO 活性均低于热风干燥的,品质更好。热风干燥是由外向内加热,高温易导致果蔬褐变、营养流失;低温干燥速率较低、耗时较长;微波干燥可实现热量和水分双向传递,干燥速率高,时间短,但均匀性较差^[11]。基于此,研究拟利用真空干燥、真空冷冻干燥和喷雾干燥将油茶汤制成风味浓郁、保质期长、即喝即冲的便携式油茶粉,并采用 SPME-GC-MS 技术对油茶粉挥发性风味物质进行研究,旨在为油茶粉风味品质评价和质量控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

昭平绿茶、鲁花花生油、黄姜、独蒜:市售。

1.2 仪器与设备

电子天平:JJ 1000 型,常熟市双杰测试仪器厂;

多功能电磁炉:C21-ST2106 型,广东美的生活电器制造有限公司;

榨汁搅拌机:JYL-C93T 型,九阳股份有限公司;

冻干机:FDU-2110 型,上海备得数码科技有限公司;

喷雾干燥机:SD-1000 型,上海备得数码科技有限公司;

真空干燥箱:DZF-6050 型,上海齐欣科学仪器有限公司;

高速多功能粉碎机:200T 型,武义海纳电器有限公司;

色差计:CR-400 型,柯尼卡美能达(中国)投资有限公司;

电热恒温鼓风干燥箱:DHG-9145A 型,上海齐欣科学仪器有限公司;

GC-MS 联用仪:TRACE 1300-ISQD 型,美国 Agilent 公司;

萃取针头:50/30 μm CAR/PDMS Blue 型,美国 Supelco 公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

30.00 g 绿茶→热水(55 $^{\circ}\text{C}$)浸泡两次,每次 5 min→沥干→30.00 g 姜+20.00 g 蒜+8.00 g 花生油→炒制 6 min→300.00 g 水,榨汁机破碎 3 min→过滤→油茶汤→干燥→质量指标、风味检测

1.3.2 干燥工艺条件

(1) 喷雾干燥:将制备好的油茶汤置于-4 $^{\circ}\text{C}$ 冷藏备用,设置进风温度为 130 $^{\circ}\text{C}$,进样风速为 0.65 m^3/min 进行干燥 5 h 后,过 80 目筛。

(2) 冷冻干燥:将制备好的油茶汤置于-18 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱中预冷冻 8 h,备用,将预冻好的油茶汤置于真空压力为 3.7 Pa,冷冻温度为-75 $^{\circ}\text{C}$ 条件下干燥 52 h,冻干后的油茶粉采用高速多功能粉碎机粉碎 30 s,过 80 目筛。

(3) 真空干燥:将制备好的油茶置于真空干燥箱中,在真空度为 0.09 MPa、干燥温度 45 $^{\circ}\text{C}$ 下干燥 21 h,将干燥后的油茶粉在高速多功能粉碎机中粉碎 30 s,过 80 目筛。

1.3.3 水分含量测定 按 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法执行。

1.3.4 色差测定 参考文献[5],取适量不同干燥处理的油茶粉使用色差仪测定,先进行白板校正读取色差值,记录 L^* 、 a^* 、 b^* 的值,每个样品测定 3 次,取平均值。计算样品与仪器白板的差值(ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^*),按式(1)计算总色差值 ΔE 。

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}, \quad (1)$$

式中:

ΔE ——油茶粉的色差值;

ΔL^* ——黑白(亮度值);

Δa^* ——红绿度的变化值;

Δb^* ——蓝黄度的变化值。

1.3.5 感官评价 参照文献[1]并根据油茶自身的特点制定感官评价标准见表 1。组织 10 名具有一定油茶评判经验的人员组成感官评价小组,对油茶的溶解性、汤色、气味、滋味 4 个感官指标进行品评,总分为 100 分。

1.3.6 SPME-GC-MS 检测

(1) SPME 萃取条件:顶空瓶体积 20 mL,样品质量 1 g,磁力搅拌器转速 100 r/min,水浴温度 80 $^{\circ}\text{C}$,萃取时间 40 min,GC 解析时间 1 min。

表 1 油茶感官评价标准

Table 1 Sensory score table of oil tea

项目	评分标准	得分
溶解性	均匀溶解,无沉淀、漂浮物	18~25
	较均匀溶解,有少量沉淀、漂浮物	11~17
	溶解性差,有沉淀	0~10
汤色	油茶汤色饱满,无明显分层,颜色呈黄色偏绿色	18~25
	油茶汤色饱满,轻微分层,汤色呈黄色	11~17
	油茶汤色清透,明显分层,汤色呈褐色	0~10
气味	有淡茶香,伴随淡姜蒜香	18~25
	有轻微茶香,姜蒜味较重	11~17
	无茶香,姜蒜味偏重	0~10
滋味	味道醇厚,微苦涩味,伴有蒜姜辣味,回味有淡茶香和回甘	18~25
	味道浓郁,苦涩味明显,伴有蒜姜辣味,回味有淡茶香和回甘	11~17
	味道浓厚,苦涩味较重,蒜姜辣味明显,回味无茶香	0~10

(2) GC 条件:色谱柱 TG-5MS,进样口温度 250 ℃;载气为 He(纯度 99.999%),载气流速 1.000 mL/min,分流方式为不分流;程序升温为初始温度 45 ℃,保持 2 min,以 4 ℃/min 上升到 250 ℃,保持 3 min。

(3) MS 条件:电离方式为电子轰击(elector ionization, EI)模式,电离能量 70 eV,离子源温度 230 ℃,接口温度 280 ℃,扫描方式为全扫描监测模式,质量扫描范围 30~500(m/z)。

(4) 定性与定量分析:所得结果与 Library-Mainlib 标准谱库相匹配,并参考相关文献解析、鉴定;选择正反匹配度超过 800 或有一个匹配度超过 900 的挥发性风味物质,采用峰面积归一化法计算各组分化合物相对含量^[12-13]。

(5) 特征风味的评价方法:参照文献[14],用香气活度值评定各个挥发性物质对油茶粉整体香味的贡献,其值可通过式(2)计算。

$$O_{AV} = C_i / O_{Ti}, \quad (2)$$

式中:

O_{AV} ——香气活度值;

C_i ——挥发性风味物质的含量, %;

O_{Ti} ——挥发性风味物质的气味阈值, $\mu\text{g/kg}$ 。

$O_{AV} > 1$ 表明该物质对样品的总体风味有较大的贡献, $0.1 < O_{AV} < 1$ 表明该物质对样品的总体风味有修饰作用, $O_{AV} < 0.1$ 表示该物质对样品的总体风味无实际影响^[15]。

2 结果与分析

2.1 对油茶粉水分含量的影响

由表 2 可知,真空冷冻干燥、喷雾干燥和真空干燥 3 种干燥方式制备的油茶粉的水分含量相差不大,且均符合 NY/T 1884—2021《绿色食品 果蔬粉》标准要求。

表 2 干燥方式对油茶粉水分含量的影响

Table 2 Comparison of moisture content in oil tea powder under different drying methods

干燥方式	水分含量/%
喷雾干燥	4.74
真空冷冻干燥	3.78
真空干燥	5.22

2.2 对油茶粉感官品质的影响

由表 3 可知,冷冻干燥的油茶粉感官得分优于喷雾干燥和真空干燥的,其冲调后汤色黄绿色,香味浓郁,口感甘醇。喷雾干燥的油茶冲调后汤色不均匀,入口苦涩。真空干燥的油茶复溶效果差,溶解不均匀,有些许颗粒物悬浮及沉淀。

表 3 干燥方式对油茶粉感官品质的影响

Table 3 Sensory scores of oil tea powder under different drying methods

干燥方式	感官得分
喷雾干燥	90
真空冷冻干燥	93
真空干燥	86

2.3 对油茶粉色泽的影响

由表 4 可知,不同方式干燥的油茶粉的 ΔE 值大小为:真空干燥>真空冷冻干燥>喷雾干燥,原因可能是真空干燥和真空冷冻干燥时间较长导致一些物质发生褐变颜色加深;但真空冷冻干燥在低温条件下物料氧化程度低,热敏性物质营养成分损失小,故产品色泽略优于真空干燥;喷雾干燥在高温下使物料迅速雾化,与热空气接触后使得物料中的水分迅速汽化,大大增加了水分的蒸发面积,干燥效率高,产品褐变程度低^[11]。其中,喷雾干燥的油茶粉色泽呈黄绿色,色泽最好。

表 4 干燥方式对油茶粉色泽的影响

Table 4 Effect of different drying methods on the pink color of oil tea powder

干燥方式	L^* 值	a^* 值	b^* 值	ΔE 值
喷雾干燥	67.26	-0.71	28.44	43.31
真空冷冻干燥	54.15	1.56	22.93	49.74
真空干燥	37.99	2.81	6.79	59.26

2.4 油茶粉 SPME-GC-MS 分析

2.4.1 挥发性风味物质 不同方式干燥油茶粉的挥发性风味物质总离子流色谱图见图 1。

由表 5 可知,3 种方式干燥的油茶粉共鉴定出 96 种挥发性风味物质,其中,真空冷冻干燥 76 种、真空干燥 64 种、喷雾干燥 60 种。从化合物种类来看,烃类 61 种、醛类 17 种、醇类 16 种、杂环类 4 种、酯类 3 种和酮类 3 种。从化合物含量来看,醇类和醛类的含量较高,喷雾干燥、真空冷冻干燥和真空干燥油茶粉的醛类分别为 12.14%,26.60%,14.94%,醇类分别为 1.68%,3.32%,3.06%,说明醛类、醇类是油茶粉香气物质主要来源。与喷雾干燥和真空干燥相比,真空冷冻干燥中醛类、醇类物质的含量较高,酯类、酮类和杂环类的含量较低。有研究^[15]表明,真空冷冻干燥对干燥样品的挥发性成分有很好的保留作用。喷雾干燥法具有良好的干燥效果,物料均匀、分散性好等特点,但由于瞬时的高温处理,物料中的香味物质极易被破坏,导致得到的油茶粉品质不佳^[5]。

3 种干燥方式的油茶粉中含量较高的(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛、壬醛、(Z)-2-癸醛共同赋予其坚果香、柠檬果香、蜡香和脂肪香^[16];仅在真空冷冻干燥中检出的(Z)-2-庚醛赋予其独特的甜杏、坚果香气。3 种干燥方式的油茶粉均含有呈花香和果香的反式橙花醇、4,8-四甲

基-3,7 环癸二烯-1-甲醇。仅在真空冷冻干燥和真空干燥中检出的冰片具有松香、樟脑香气。仅在喷雾干燥和真空干燥中检出的(2R,4AR,5R,8AS)-十氢-5-羟基- α,α ,4A-三甲基-8-亚甲基-2-萘甲醇呈现花香、果香。具有松木香、紫丁香的松油醇在真空冷冻干燥的油茶粉中含量较高,在喷雾干燥和真空干燥的油茶粉中含量较少,但醇类物质阈值较高,故其 OAV 值很低。2-十一酮和乙酸香叶酯赋予 3 种干燥方式油茶粉脂肪香和薰衣草香气。与喷雾干燥和真空干燥相比,真空冷冻干燥的新生成香叶基丙酮具有木兰香气,但其阈值较高,风味贡献较小。仅在真空冷冻干燥和真空干燥的油茶粉中检出含量较高的(乙基氧基甲基)苯,呈现脂香气味。3 种干燥方式的油茶粉中均检测到环己烯,3-(1,5-二甲基-4-己烯基)-6-亚甲基-,[S-(R*,S*)],呈现淡淡的芳香气味。倍半烯只存在真空冷冻干燥和真空干燥的样品中,具有香辛气味^[17-19],但它们气味阈值较高,故其 OAV 值很低。

综上,不同干燥方式对挥发性风味物质种类和含量影响不同,这些香气物质的差异可能是其前体物质在干燥过程中发生美拉德反应或脂肪降解所致,但是关于其香气物质形成的前体物质和形成机制尚需要深入研究。

2.4.2 特征风味物质 经过查阅相关文献^[17-20]共得到 14 种挥发性气味阈值,结果见表 6。从表 6 可以看出,喷

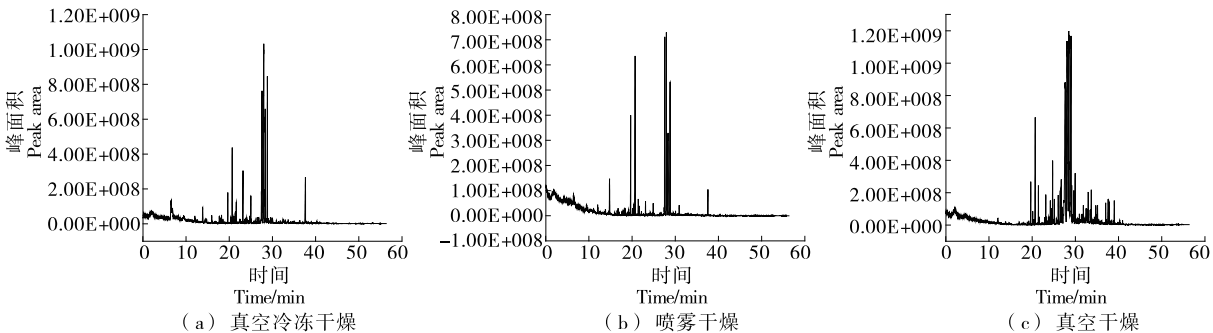


图 1 真空冷冻干燥、喷雾干燥和真空干燥油茶粉挥发性风味物质的总离子流色谱图

Figure 1 Total ion flow chromatogram of volatile flavor substances in oil tea powder by freeze drying, spray drying and vacuum drying

表 5 喷雾干燥、真空冷冻干燥和真空干燥挥发性风味物质种类及相对含量

Table 5 Types and contents of volatile flavor substances in spray drying, freeze drying and vacuum drying

种类	喷雾干燥		真空冷冻干燥		真空干燥	
	数量	相对含量/%	数量	相对含量/%	数量	相对含量/%
醛类	7	12.14	15	26.60	10	14.94
醇类	10	1.68	12	3.32	11	3.06
酯类	2	0.31	3	0.26	2	0.56
烃类	28	79.96	40	66.10	37	78.87
酮类	1	0.86	3	1.34	1	1.33
杂环类	2	5.05	3	2.38	3	1.24
合计	60	100.00	76	100.00	64	100.00

表 6 喷雾干燥、真空冷冻干燥和真空干燥挥发性物质气味活度值[†]

Table 6 Odor activity values of volatile substances in spray drying, vacuum freeze drying and vacuum drying

序号	化合物	阈值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	气味活度值			气味特征
			喷雾干燥	真空冷冻干燥	真空干燥	
1	壬醛	1	0.2	2.99	0.30	蜡香、脂肪香
2	癸醛	0.1	1.32	4.91	0.36	油脂香、柑橘香
3	(Z)-2-庚醛	3	—	0.20	—	甜杏、坚果香气
4	(Z)-2-癸醛	1	4.81	6.77	1.01	蜡香、橙子香气
5	(Z)-2-壬烯醛	0.08	—	6.72	—	青香、油脂香
6	苯乙醛	4	0.07	0.05	<0.01	玫瑰、蜂蜜香
7	(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	3	0.57	2.14	0.47	坚果香、柠檬果香
8	(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛	3	1.77	4.43	1.55	坚果香、柠檬果香
9	松油醇	0.33	0.22	1.32	0.31	松木香、紫丁香
10	香叶醇	20	0.01	0.03	0.02	玫瑰香、花香
11	反式橙花醇	10	0.04	0.01	0.17	玫瑰和橙花的香气
12	2-十一酮	7	0.12	0.15	0.19	蜡香、脂肪香
13	香叶基丙酮	0.681	—	0.17	—	清香、花香、木兰香气
14	乙酸香叶酯	5	0.04	0.02	0.10	薰衣草香气

[†] “—”表示未检测到。

雾干燥油茶粉中特有的香气成分为(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛、(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛、癸醛、(Z)-2-癸醛,而壬醛、松油醇起修饰作用,它们共同赋予喷雾干燥油茶粉青香、果香、蜡香等气味特征。真空冷冻干燥和真空干燥油茶粉的特征风味物质均为壬醛、癸醛、(Z)-2-癸醛、(Z)-2-壬烯醛、(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛,区别在于(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛、松油醇和(Z)-2-庚醛赋予真空冷冻干燥油茶粉青香、蜡香、油脂香。壬醛、癸醛、松油醇使真空干燥油茶粉呈现出果香、蜡香、油脂香等气味特征^[18-19]。

2.4.3 挥发性物质 PCA 分析 对不同干燥方式油茶粉挥发性物质进行主成分分析并建立其品质评价模型。前 2 个主成分可以反映 100%的原始数据(表 7)。由表 7 和表 8 可知,PC1 贡献率为 68.828%,主要反映醇类、酮类和杂环类的变量信息,且与醇类、酮类呈正相关,与杂环类呈负相关。PC1 贡献率为 31.172%,与酯类呈显著负相关。

2.4.4 基于 PCA 建立油茶粉风味品质综合评价模型

根据前 2 个主成分 5 类风味物质的特征向量,用 F_1 、

F_2 两个新的综合指标来代替原来的 5 类香气成分进行风味品质的综合评价(表 8),得到的油茶粉香气成分的线性关系式分别为:

$$F_1=0.37X_1+0.53X_2+0.17X_3+0.54X_4-0.51X_5, \quad (3)$$

$$F_2=0.59X_1+0.10X_2-0.76X_3+0X_4+0.26X_5, \quad (4)$$

式中:

F_1 ——主成分 PC1 的得分;

F_2 ——主成分 PC2 的得分;

X_i ——原始变量标准化后的值。

F_1 和 F_2 分别代表综合主成分得分,得分越大表示油茶粉风味品质越好。

将各主成分的贡献率 β_i ($i=1,2$) 作为加权系数,并利用综合函数 $F=\sum_i^k \beta_i \times F_i$ 建立油茶粉的综合评价模型,其表达式为:

表 8 主成分的特征向量与载荷矩阵

Table 8 Principal component eigenvectors and load matrix

类别	主成分 PC1		主成分 PC2	
	特征向量	载荷量	特征向量	载荷量
醛类	0.370	0.680	0.590	0.733
醇类	0.530	0.992	0.100	0.122
酯类	0.170	0.321	-0.760	-0.947
酮类	0.540	1.000	0.000	-0.004
杂环类	-0.510	-0.944	0.260	0.330

表 7 主成分的特征值及贡献率

Table 7 Eigenvalues and contribution rates of principal components

主成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
PC1	3.441	68.828	68.828
PC2	1.559	31.172	100.000

$$F=0.688\ 28F_1+0.311\ 72F_2。(5)$$

由表 9 可知,不同方式干燥的油茶粉风味品质经 PCA 分析呈现明显差异,其中,真空冷冻干燥的综合得分最高,风味品质最佳,其次依次为真空干燥、喷雾干燥。这可能是因为真空低温条件使油茶粉获得了较高品质。真空干燥虽然处于真空状态,但干燥时间较长,导致其制品品质较差。喷雾干燥时间较短,但较高的喷雾温度导致大量香气物质挥发,故其制品品质较差。

表 9 标准化主成分综合得分

Table 9 Standardized principal component comprehensive score

干燥方式	F_1	F_2	F	排序
喷雾干燥	-2.14	0.05	-1.457	3
真空冷冻干燥	1.15	1.23	1.175	1
真空干燥	0.99	-1.27	0.286	2

3 结论

采用真空干燥、喷雾干燥和真空冷冻干燥对油茶汤进行干燥处理,结果表明:3 种干燥方式油茶粉水分含量分别为:真空干燥(5.22%)>喷雾干燥(4.74%)>真空冷冻干燥(3.78%); ΔE 值分别为:真空干燥(59.26)>真空冷冻干燥(49.74)>喷雾干燥(43.31);感官得分分别为:真空冷冻干燥(93)>喷雾干燥(90)>真空干燥(86),表明不同干燥方式油茶粉品质具有较大差异,其中,真空冷冻干燥的油茶粉更受消费者欢迎。

从真空干燥、喷雾干燥、真空冷冻干燥 3 种方式干燥的油茶粉中共鉴定出 104 种挥发性物质,醇类和醛类是其主要挥发性成分。OAV 表明影响油茶粉风味的挥发性物质有 14 种,冷冻干燥的特征风味物质(壬醛、癸醛、(Z)-2-癸醛、(Z)-2-壬烯醛、(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛)呈现青香、蜡香和油脂香,喷雾干燥和真空干燥的特有香气均为(Z)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛,(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛、癸醛,呈现出有别于真空冷冻干燥的青香、果香、蜡香。PCA 表明醇类、酮类和杂环类对油茶粉挥发性风味均有一定的影响。由油茶粉综合评价模型得分可知,真空冷冻干燥风味品质最佳,其次为真空干燥、喷雾干燥,这与感官评价结果一致。综上,真空冷冻干燥对油茶粉品质和挥发性风味物质有较好的保护作用,是一种适宜的干燥方式。

参考文献

[1] 何江梅, 刘东阳, 陈伟玲. 油茶制作工艺及其配方的研究[J]. 现代食品, 2021(22): 120-123.
HE J M, LIU D Y, CHEN W L. Study on the processing technology and formula of *Cemallia oleifera*[J]. Modern Food, 2021(22): 120-123.

[2] 莫清莲, 王缙, 戴铭, 等. 恭城油茶的药用价值探析[J]. 中国民族民间医药, 2018, 27(24): 11-14.
MO Q L, WANG J, DAI M, et al. Analysis of the medicinal value of Gongcheng oil tea[J]. Chinese Journal of Ethnic and Folk Medicine, 2018, 27(24): 11-14.
[3] 徐念智, 廖夏云, 罗健瑜, 等. 广西桂北油茶的起源发展现状和改进思路[J]. 轻工科技, 2020, 36(10): 12-15.
XU N Z, LIAO X Y, LUO J Y, et al. The origin, development status, and improvement ideas of Guibei oil tea in Guangxi [J]. Light Industry Technology, 2020, 36(10): 12-15.
[4] 林智, 吕海鹏, 张盛. 茶叶活性成分的化学和药理作用[J]. 中国茶叶, 2018, 40(11): 1-6.
LIN Z, LU H P, ZHANG S. Chemical and pharmacological effects of active ingredients in tea[J]. Chinese Tea, 2018, 40(11): 1-6.
[5] 蒋鹏飞, 王赵改, 史冠莹, 等. 不同干燥方式的苦瓜粉品质特性及香气成分比较[J]. 现代食品科技, 2020, 36(3): 234-244.
JIANG P F, WANG Z G, SHI G Y, et al. Quality characteristics and aroma components of bitter melon (*Momordica charantia* L.) powder dried by different methods[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(3): 234-244.
[6] SAM A D, ZHENG F P, SUN B G, et al. Tracking volatile flavor changes during two years of aging of Chinese vinegar by HS-SPME-GC-MS and GC-O [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2021, 106: 104295.
[7] 叶春苗. 喷雾干燥技术及其在食品加工中的应用[J]. 农产品加工, 2017(4): 63-64.
YE C M. Spray drying technology and its application in food processing[J]. Farm Products Processing, 2017(4): 63-64.
[8] 马尧, 郝慧慧, 张海红, 等. GC-MS 结合电子鼻分析不同干燥方式对黄花草粉挥发性物质的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(6): 324-330.
MA Y, HAO H H, ZHANG H H, et al. Effects of different drying methods on volatile flavor components of daylily powder analyzed by gas chromatography-mass spectrometry combined with electronic nose[J]. Food Science, 2022, 43(6): 324-330.
[9] 靳政时, 牛犇, 刘瑞玲, 等. 干燥方式对猕猴桃干品质的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(24): 62-71.
JIN Z S, NIU B, LIU R L, et al. Effects of drying methods on the quality of dried kiwifruit [J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(24): 62-71.
[10] 王宸之, 邓自高, 李琳, 等. 热风 and 微波干燥对龙眼品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2018, 37(4): 429-436.
WANG C Z, DENG Z G, LI L, et al. Changes in the quality of *dimocarpus longan* during the hot-air drying and microwave drying processes[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2018, 37(4): 429-436.
[11] 肖更生, 林可为, 沈乔眉, 等. 岭南特色水果干燥加工技术研究进展[J]. 轻工学报, 2023, 38(4): 1-10.
XIAO G S, LIN K W, SHEN Q M, et al. Research progress in the drying and processing technology of Lingnan characteristic fruits

- [J]. Journal of Light Industry, 2023, 38(4): 1-10.
- [12] 夏亚男, 赵赞, 王浩然, 等. SPME-GC/MS 结合 OAV 值分析马奶酒的关键香气成分[J]. 食品科技, 2019, 44(4): 318-325.
- XIA Y N, ZHAO Y, WANG H R, et al. Analysis on the key volatile flavor compounds of fermented koumiss by SPME-GC/MS combined with OAV[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(4): 318-325.
- [13] 李官丽, 伍淑婕, 罗秀娟, 等. 基于 SPME-GC-MS 萃取荸荠挥发性风味物质研究[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(14): 70-78.
- LI G L, WU S J, LUO X J, et al. Extraction of volatile flavor compounds from Chinese water chestnut based on SPME-GC-MS[J]. Food Research and Development, 2022, 43(14): 70-78.
- [14] 吴林, 张强, 臧慧明, 等. 气味活度值法评价蓝莓果皮、果肉、果汁挥发性香气成分[J]. 食品工业科技, 2020, 41(1): 195-200.
- WU L, ZHANG Q, ZANG H M, et al. Evaluation of volatile aroma components in blueberry peel, pulp and Juice by odor activity value[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(1): 195-200.
- [15] 王晓艳, 韩延超, 吴伟杰, 等. 不同干燥方式对菠萝品质和挥发性风味的影响[J]. 浙江农业学报, 2023, 35(5): 1 168-1 177.
- WANG X Y, HAN Y C, WU W J, et al. Effects of different drying methods on quality and volatile flavor of pineapple[J]. Zhejiang Agricultural Journal, 2023, 35(5): 1 168-1 177.
- [16] 康翠翠, 施文正, 方林, 等. 不同冻结方式对草鱼肉挥发性成分的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(14): 229-235.
- KANG C C, SHI W Z, FANG L, et al. Effects of different freezing methods on the volatile components of grass carp meat[J]. Food Science, 2018, 39(14): 229-235.
- [17] 李俊, 祝愿, 方舒婷, 等. 基于固相微萃取气质联用对贵州红茶香气成分特征的研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(13): 304-316.
- LI J, ZHU Y, FANG S T, et al. Study on aroma composition characteristics of Guizhou black tea by solid phase microextraction-gas chromatography mass spectrometry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(13): 304-316.
- [18] 王梦琪, 朱荫, 张悦, 等. “清香”绿茶的挥发性成分及其关键香气成分分析[J]. 食品科学, 2019, 40(22): 219-228.
- WANG M Q, ZHU Y, ZHANG Y, et al. Analysis of volatile composition and key aroma compounds of green teas with fresh scent flavor[J]. Food Science, 2019, 40(22): 219-228.
- [19] 杨祺福, 徐文思, 胡思思, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 的小龙虾加工水煮液中挥发性风味成分萃取条件优化[J]. 食品与机械, 2022, 38(2): 57-63.
- YANG Q F, XU W S, HU S S, et al. Optimization of extraction conditions of volatile flavor components from crayfish cooking solution based on HS-SPME-GC-MS[J]. Food & Machinery, 2022, 38(2): 57-63.
- [20] 岳翠男, 秦丹丹, 李文金, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 和 OAV 鉴定浮梁红茶关键呈香物质[J]. 食品工业科技, 2022, 43(9): 251-258.
- YUE C N, QIN D D, LI W J, et al. Identification of key aroma components in Fuliang black tea based on HS-SPME-GC-MS and OAV[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(9): 251-258.
- (上接第 202 页)
- [16] 许雅楠, 连建梅, 范群艳, 等. 电子舌在燕窝新品开发配料选择上的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(10): 3 375-3 382.
- XU Y N, LIAN J M, FAN Q Y, et al. The application of electronic tongue in ingredient selection for new product development of bird's nest[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2022, 13(10): 3 375-3 382.
- [17] 张钟元, 朱翠平, 李大婧, 等. 不同干燥方式对牛蒡片多酚含量及抗氧化能力的影响[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(1): 172-178.
- ZHANG Z Y, ZHU C P, LI D J, et al. Effects of different drying methods on polyphenol content and antioxidant capacity of burdock chips[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2018, 34(1): 172-178.
- [18] 孙伟振, 赵森, 吴洪婕, 等. 不同品种类型玉米口感与营养及风味品质的比较[J]. 作物研究, 2011, 25(6): 556-558.
- SUN Y Z, ZHAO M, WU H J, et al. Comparison of taste, nutrition and flavor quality of different varieties of corn[J]. Crop Research, 2011, 25(6): 556-558.
- [19] DARAVINGAS G, CAIN R F. Thermal degradation of black raspberry anthocyanin pigments in model systems[J]. Journal of Food Science, 1968, 33(2): 138-142.
- [20] 潘颖, 高庆超, 孙晨晨, 等. 不同有机酸对紫甘蓝花色苷辅色效应及热稳定性对比分析[J]. 现代食品科技, 2021, 37(8): 97-108.
- PAN Y, GAO Q C, SUN C C, et al. Comparative analysis of copigmentation effect and thermal stability of different organic acids on anthocyanin in purple cabbage[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(8): 97-108.
- [21] 张慤, 廖红梅. 果蔬食品加工贮藏过程中易变色素的降解及调控机理研究与展望[J]. 中国食品学报, 2011, 11(9): 258-267.
- ZHANG M, LIAO H M. Research and prospect on the degradation and regulation mechanism of volatile pigments in fruit and vegetable food during processing and storage [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2011, 11(9): 258-267.
- [22] 汤月昌, 许凤, 董栓泉, 等. 果糖对西兰花抗氧化性及其品质的影响[J]. 现代食品科技, 2015, 31(4): 164-169.
- TANG Y C, XU F, DONG S Q, et al. Effects of fructose on antioxidant activity and quality of broccoli [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 31(4): 164-169.