

不同贮藏条件下草果果粉品质变化及保质期初探

廖方平, 张映萍, 吴莲张*, 高鹏慧*, 黄 梅, 友盛军, 穆明兴

(怒江傈僳族自治州草果产业创新发展中心, 云南泸水 673199)

[摘要]为探究不同贮藏条件对草果粉品质变化和保质期的影响,以草果粉和干草果两种形态为对象,设置室温透气、室温密封、4℃密封、-18℃密封等贮藏条件,采用长期稳定性试验法在16个月内5次跟踪测定样品挥发油含量、水分含量及香气成分变化,并在试验结束期进行感官性状观察。结果表明:室温透气保存的草果粉最终挥发油含量为0.12 mL/100 g,损失率高达95%以上,水分含量显著上升,香气成分变化显著,1,8-桉叶素从35.08%下降至0.28%,且出现结块及大量蛀虫,香味和辛辣味丧失;室温密封保存最终挥发油含量降至0.71 mL/100 g,香味和辛辣味均较淡;4℃密封冷藏的草果粉挥发油含量全程无显著差异,感官性状良好,但1,8-桉叶素等主要香气成分有一定损失,为草果粉较为适宜的贮藏条件;-18℃密封贮藏效果次之;干草果各处理组挥发油损失率均低于10%,气味和滋味保持良好,能较为完整地保留草果的特征香气成分,品质优异。研究结果可为草果粉的加工贮藏、品质控制及保质期科学制定提供重要参考。推荐草果粉贮藏条件为密封、4℃避光冷藏,保质期可达16个月以上;以干草果形态室温密封保存、使用前现磨制粉是保持香气品质的最佳实用策略;透气和常温保存不宜作为草果粉的长期贮藏方式。

[关键词]草果;贮藏条件;品质变化;保质期;挥发油;香气成分

中图分类号:TS264.3 文献标识码:A 文章编号:1672-450X(2026)04-0042-08

Quality Change and Preliminary Study on Shelf Life of *Amomum tsao-ko* Powder under Different Storage Conditions

LIAO Fangping, ZHANG Yingping, WU Lianzhang*, GAO Penghui*, HUANG Mei, YOU Shengjun, MU Mingxing

Nujiang Lisu Autonomous Prefecture Amomum tsao-ko Industry Innovation and Development Center, Lushui 673199, China

Abstract: To investigate the effects of different storage conditions on the quality change and shelf life of *Amomum tsao-ko* powder, this study took two physical forms of *A. tsao-ko* powder and dried *A. tsao-ko* fruit as the object, and set storage conditions such as room temperature ventilated, room temperature sealing, sealed at 4℃ and sealed at -18℃. The long-term stability test method was used to track and measure the changes of volatile oil content, water content and aroma components of *A. tsao-ko* powder five times within 16 months, and the sensory traits were observed at the end of the experiment. The results showed that the final volatile oil content of *A. tsao-ko* powder preserved at room temperature was 0.12 mL/100 g, the loss rate was as high as more than 95%, the moisture content increased significantly, the aroma components changed significantly, 1,8-cineole decreased from 35.08% to 0.28%, and caking and severe insect infestation occurred, and the aroma and spicy taste were lost. The final volatile oil content was reduced to 0.71 mL/100 g at room temperature, and the aroma and spicy taste were light. There was no significant difference in the volatile oil content of *A. tsao-ko* powder

收稿日期:2026-04-14

基金项目:云南省重大科技专项计划(202202AE090035);怒江州“兴谷英才支持计划”专项;

云南省创新引导与科技型企业培育计划(202504BP090019)

作者简介:廖方平(1995—),男,助理农艺师,研究方向为草果产业发展研究与技术推广。E-mail:1040471613@qq.com

*通信作者:吴莲张(1978—),女,正高级农艺师,研究方向为农业技术与推广。E-mail:wulianzhang2023@163.com

高鹏慧(1995—),女,农艺师,研究方向为农业技术与推广。E-mail:1421991434@qq.com

stored at 4 °C, and the sensory properties were good, but the main aroma components such as 1,8-cineole were lost to a certain extent, which was a suitable storage condition for *A. tsao-ko* powder. The effect of -18 °C sealed storage was the second; the loss rate of volatile oil in each treatment group of dried *A. tsao-ko* fruit was less than 10 %, and the smell and taste remained good, which could retain the characteristic aroma components of *A. tsao-ko* completely and had excellent quality. This study can provide an important reference for the processing and storage, quality control and scientific formulation of the shelf life of *A. tsao-ko* powder. It is recommended that the storage conditions of *A. tsao-ko* powder are sealed and refrigerated at 4 °C in the dark, and the shelf life can reach more than 16 months; sealed preservation at room temperature in the form of dried fruit and grinding before use are the best practical strategies to maintain aroma quality. Breathable and room temperature preservation should not be used as a long-term storage method for *A. tsao-ko* powder.

Key words: *Amomum tsao-ko*; storage conditions; quality change; shelf life; volatile oil; aroma components

草果 (*Amomum tsao-ko* Crevost et Lemarie) 为姜科豆蔻属多年生草本植物, 是我国西南地区重要的药食两用香料资源^[1-2], 主产于云南省怒江州、德宏州和红河州等地。草果果实富含挥发油, 其主要成分 1,8-桉叶素、反-2-十二烯醛等能赋予草果独特的辛辣、芳香气味^[3-4], 在餐饮、食品加工及传统医药领域具有广泛应用。随着草果应用范围的不断扩大, 其初加工产品形式逐渐从传统干果向草果粉、草果精油等产品延伸。草果粉因使用便捷、风味释放迅速, 在餐饮及家庭消费中备受青睐。

然而, 草果果实粉碎后, 组织结构被破坏, 挥发油等活性成分更易受氧气、光照、温度及水分等因素影响而发生氧化、降解或逸散, 从而导致香气品质下降、风味劣变。黄梅等^[5]对草果干果贮藏稳定性进行了研究, 但目前关于草果粉贮藏稳定性研究尚未见报道, 不同贮藏条件下其品质劣变速率尚不明确, 导致企业在草果粉产品保质期标注及贮藏方式推荐方面缺乏科学依据。市售草果粉多采用塑料或玻璃材料密封包装、常温贮藏, 标注保质期多为 18 ~ 24 个月, 但该期限主要依据常规食品贮藏经验制定。执行标准为《香辛料调味品通用技术条件》(GB/T 15691—2008), 其中对水分含量要求为 ≤14.0%, 但并未规定挥发油限量, 亦无专门针对草果粉的国家标准可供参考。草果粉作为香辛料调味品, 其保质期的制定应以挥发油含量和香气成分作为核心依据, 并充分考虑水分含量及感官性状的变化。因此, 开展不同贮藏条件下草果粉品质稳定性研究, 明确其品质变化规律并科学制定保质期已成为草果产

品开发中亟待解决的关键问题。

长期稳定性试验法通过模拟产品实际贮藏条件进行长时间跟踪监测, 能够较真实地反映其品质变化规律, 是确定产品保质期的经典常用方法^[6-7]。本研究以云南省怒江州贡山县产出的优质干草果为原料, 分别以干果和果粉两种形态为研究对象, 设置室温 (5 ~ 35 °C) 密封、室温透气、4 °C 密封、-18 °C 密封等不同贮藏条件, 在 16 个月的检测周期内, 采用长期稳定性试验法系统测定挥发油、水分及香气成分含量的动态变化, 旨在探究不同贮藏方式对草果粉香气品质及保质期的影响, 筛选最佳贮藏条件, 为草果粉的加工贮藏、品质控制及保质期科学制定提供科学依据与实践参考。

1 材料和方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 样品

以 2023 年 11 月下旬产自云南省怒江州贡山县独龙江乡的成熟鲜草果为原料, 由怒江峡谷优果农产品有限公司采用空气能热泵干燥方式加工得到干草果。干燥温度为 70 ~ 75 °C, 干燥时长 24 h, 样品总量为 50 kg。该批次草果自生产打包后至试验开展前, 始终于仓库阴凉干燥处避光密封储存。

2024 年 3 月 18 日开展试验, 将上述干草果一部分粉碎制成草果粉, 其余保留为完整干草果, 并分别设置不同包装与贮藏条件。为保证试验期间样品的完整性, 所有密封保存样品均分装于小尺寸 (9 cm × 13 cm) 食品级 PE 材质自封袋中,

每袋仅供单次使用,开封后不再留用。其中,密封保存的样品均套用3层自封袋以确保气密性,而无需密封保存的样品则置于透气性良好的棉布袋中。具体样品处理信息见表1。

表1 样品信息及贮藏条件

样品编号	样品形态	样品量/kg	贮藏条件
GF-1	果粉	3.5	棉布袋封装,阴凉干燥处避光室温(5~35℃)保存
GF-2	果粉	3.5	PE材质自封袋封装,阴凉干燥处避光室温保存
GF-3	果粉	3.5	PE材质自封袋封装,冰箱4℃恒温避光冷藏保存
GF-4	果粉	3.5	PE材质自封袋封装,冰箱-18℃恒温避光冷藏保存
CG-1	干草果	18.0	棉布袋封装,阴凉干燥处避光室温保存
CG-2	干草果	18.0	PE材质自封袋封装,阴凉干燥处避光室温保存

1.1.2 试剂和材料

正己烷(色谱纯)和无水硫酸钠(四川西陇科学有限公司);试验用水为《分析实验室用水规格和试验方法》(GB/T 6682—2008)规定的一级水;棉布袋;食品级PE材质自封袋。

1.1.3 仪器与设备

GC2010-GCMSTQ8040 气相色谱质谱联用仪,日本岛津公司;TG-WAXMS 气相毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),赛默飞世尔科技公司;MA160-1CN 卤素水分测定仪,赛多利科学仪器(北京)有限公司;DW-2 调温电热器,南通市长江光学仪器有限公司;LE204E 电子天平,瑞士梅特勒-托利多公司;粉碎机;药典2号筛(孔径0.85 mm)。

1.2 方法

1.2.1 草果粉的制备

取草果果实,经粉碎机粉碎45 s后,过药典2号筛,所得草果粉置于自封袋或棉布袋中备用。

1.2.2 挥发油和水分含量的测定

自2024年3月18日起,每隔约100 d测定1次样品挥发油及水分含量,测定方法如下。

挥发油含量:参考《香辛料和调味品 挥发油含量的测定》(GB/T 30385—2013),称取40.0 g草果粉样品,装入1 000 mL挥发油提取器中,加入400 mL纯水,用恒温电热套持续加热提取4 h,收集挥发油。每个样品每次重复测定3次。

水分含量:称取2.0 g草果粉样品,采用MA160-1CN 卤素水分测定仪测定样品的水分含量。每个样品重复测定3次。

1.2.3 挥发油香气成分测定

采用GC-MS对试验初始期(2024年3月18日)和贮藏约10个月(2025年1月13日)各处理组的挥发油香气成分进行测定,具体方法如下。

(1)样品预处理:用正己烷将草果挥发油样品稀释200倍,经0.22 μm有机相滤膜后,置于进样瓶中,上机检测。每个样品重复测定3次。

(2)GC分析条件:载气为高纯度氦气(He),流速为1.0 mL/min,不分流。进样口温度250℃,升温程序:起始温度为40℃,保持2 min,以3℃/min速率升温至75℃,以1.5℃/min速率升温至140℃,以10℃/min升温至230℃,保持2 min,以20℃/min速率升温至280℃,运行3 min,进样量为1.0 μL。

(3)MS分析条件:EI离子源电离方式,电离能70 eV,离子源温度230℃;传输线温度280℃,扫描质量数为30~450 m/z。

(4)定性定量分析:质谱分析结果对照NIST 2014谱库检索,进行对比定性,采用峰面积归一化法确定挥发性香气成分相对含量。

1.2.4 感官性状观察

在试验结束期,参考《绿色食品 香辛料及其制品》(NY/T 901—2021)标准要求对各处理组草果粉样品在室温下的气味、滋味及外观性状进行感官观察,并记录样品的结块情况、虫害发生情况、香味及辛辣味强度,以描述性方式比较各处理组间的感官差异。

1.2.5 数据分析处理

试验数据用Microsoft Excel 2021列出表格,用IBM SPSS Statistics 25.0进行单因素方差分析,Duncan法进行事后多重比较,显著性水平0.05。

2 结果与分析

2.1 挥发油含量变化和差异

由表2可知,各处理组在不同贮藏时期的挥发油含量存在差异。草果粉处理组中,GF-1(棉布袋室温透气)挥发油含量从初始值2.48 mL/100 g急剧下降,106 d后第2次检测时已降至0.58 mL/100 g,约16个月后仅为0.12 mL/100 g,损失率高达95%以上;GF-2(PE袋室温密封)在试验开始106 d内挥发油含量损失显著,下降至1.12 mL/100 g后变化趋缓,最终为0.71 mL/100 g;GF-3

(PE袋4℃密封)全程维持在2.48~2.76 mL/100 g,各时间点均无显著差异;GF-4(PE袋-18℃密封)降至1.99 mL/100 g后波动于1.74~2.03 mL/100 g,最终为1.74 mL/100 g。干草果处理组中,CG-1(棉布袋室温透气)挥发油含量在整个贮藏期间均保持在2.32~2.65 mL/100 g,尽管不同时期的含量存在统计学上的显著差异,但其绝对波动幅度极小,主要源于正常的检测误差。CG-2(PE袋室温密封)的挥发油含量在整个贮藏期间挥发油含量不存在显著差异,表现出极佳的挥发油保留能力。

表2 同一处理组不同时期挥发油含量差异

单位: mL/100 g

检测日期	GF-1	GF-2	GF-3	GF-4	CG-1	CG-2
2024-03-18	2.48±0.01 ^a	2.48±0.01 ^a	2.48±0.01 ^a	2.48±0.01 ^a	2.48±0.01 ^{ab}	2.48±0.01 ^a
2024-07-01	0.58±0.14 ^b	1.12±0.12 ^b	2.65±0.15 ^a	1.99±0.01 ^{bc}	2.33±0.28 ^b	2.41±0.38 ^a
2024-10-09	0.50±0.01 ^b	0.95±0.40 ^b	2.48±0.25 ^a	1.78±0.07 ^{bc}	2.57±0.14 ^{ab}	2.64±0.29 ^a
2025-01-13	0.25±0.00 ^c	0.99±0.01 ^b	2.76±0.06 ^a	2.03±0.31 ^b	2.65±0.14 ^a	2.65±0.14 ^a
2025-07-22	0.12±0.00 ^d	0.71±0.08 ^b	2.74±0.45 ^a	1.74±0.00 ^c	2.32±0.14 ^b	2.49±0.26 ^a

注:同列不同字母表示存在显著性差异($P<0.05$),下同。

2.2 水分含量变化和差异

由表3可知,各处理组在贮藏期间的水分含量变化趋势存在差异。草果粉处理组中,GF-1(棉布袋室温透气)水分含量从初始的10.49%持续上升,约16个月后达到12.83%,显著高于初始值,表明透气保存导致果粉持续吸潮;GF-2(PE袋室温密封)、GF-3(PE袋4℃密封)和GF-4(PE

袋-18℃密封)水分含量各时间点之间均无显著差异。干草果处理组中,CG-1(棉布袋室温透气)水分含量持续上升,从10.49%逐渐增加至最终的14.06%,显著高于初始值,是所有处理组中水分含量最高的,超过GB/T 15691—2008标准要求($\leq 14.0\%$);CG-2(PE袋室温密封)水分含量各时间点之间无显著差异,最终为10.96%。

表3 同一处理组不同时期水分含量差异

单位: %

检测日期	GF-1	GF-2	GF-3	GF-4	CG-1	CG-2
2024-03-18	10.49±0.18 ^c	10.49±0.18 ^a	10.49±0.18 ^a	10.49±0.18 ^a	10.49±0.18 ^d	10.49±0.18 ^a
2024-07-01	11.33±0.59 ^b	10.42±0.31 ^a	10.61±0.21 ^a	10.67±0.22 ^a	13.09±0.56 ^{bc}	11.04±0.13 ^a
2024-10-09	11.52±0.46 ^b	10.35±0.24 ^a	10.97±0.31 ^a	10.24±0.31 ^a	12.82±0.07 ^c	10.78±0.17 ^a
2025-01-13	11.38±0.32 ^{bc}	10.56±0.05 ^a	10.47±0.36 ^a	10.63±0.24 ^a	13.57±0.53 ^{ab}	10.79±0.65 ^a
2025-07-22	12.83±0.35 ^a	10.68±0.43 ^a	10.34±0.35 ^a	10.57±0.37 ^a	14.06±0.20 ^a	10.96±0.67 ^a

2.3 挥发油香气成分差异

为进一步探究不同贮藏条件对草果粉及干草果香气品质的影响,本研究采用GC-MS在试验初始期(2024年3月18日)和贮藏约10个月后(2025

年1月13日)分别对各处理组的挥发油香气成分进行了检测分析,共鉴定出31种主要化合物,各挥发性成分的相对含量及分类统计差异见表4和表5。

表 4 不同贮藏条件草果粉挥发油香气成分相对含量对比

单位: %

序号	保留 时间/min	化合物名称	2024-03-18	2025-01-13					
				GF-1	GF-2	GF-3	GF-4	CG-1	CG-2
1	4.86	β-蒎烯	0.64±0.05 ^a	—	0.03±0.00 ^d	0.50±0.03 ^{ab}	0.19±0.00 ^c	0.48±0.13 ^b	0.55±0.03 ^{ab}
2	7.05	4-萜烯	0.91±0.68 ^a	—	0.08±0.01 ^{bc}	0.49±0.03 ^{ab}	0.26±0.01 ^{bc}	0.33±0.06 ^{bc}	0.50±0.03 ^{ab}
3	7.53	γ-松油烯	0.18±0.03 ^{ab}	—	—	0.21±0.01 ^a	0.05±0.01 ^d	0.13±0.02 ^c	0.18±0.02 ^b
4	8.41	对薄荷-2,4 (8)-二烯	0.14±0.16 ^a	—	—	0.10±0.01 ^a	0.07±0.06 ^a	0.06±0.01 ^a	0.08±0.01 ^a
5	9.08	α-水芹烯	7.46±3.45 ^a	—	0.18±0.03 ^{cd}	4.51±0.27 ^{ab}	0.47±0.01 ^{cd}	2.81±0.36 ^{bc}	3.92±0.27 ^b
6	10.85	1,8-桉叶素	35.08±1.50 ^a	0.28±0.02 ^f	11.35±0.89 ^e	20.35±0.63 ^c	17.83±0.47 ^d	29.58±2.11 ^b	31.32±0.93 ^b
7	12.04	α-蒎烯	0.26±0.06 ^{ab}	—	0.12±0.01 ^c	0.33±0.04 ^a	0.13±0.01 ^c	0.24±0.02 ^b	0.25±0.02 ^b
8	12.46	β-罗勒烯	0.26±0.04 ^b	—	0.05±0.01 ^d	0.56±0.05 ^a	0.06±0.01 ^d	0.18±0.03 ^c	0.22±0.01 ^{bc}
9	13.04	间甲基异丙基苯	1.16±0.07 ^b	—	1.18±0.07 ^b	1.13±0.14 ^b	0.57±0.06 ^c	2.04±0.23 ^a	1.90±0.14 ^a
10	13.94	正辛醛	0.08±0.02 ^c	—	—	—	0.14±0.01 ^a	0.11±0.02 ^b	0.09±0.01 ^{bc}
11	20.90	反式-2-辛烯醛	0.47±0.06 ^b	—	—	—	—	0.55±0.04 ^a	0.48±0.03 ^b
12	28.68	芳樟醇	0.29±0.04 ^d	—	0.69±0.03 ^a	0.43±0.01 ^c	0.50±0.01 ^b	0.28±0.02 ^d	0.27±0.01 ^d
13	31.45	萜品烯-4-醇	0.68±0.09 ^{bc}	1.69±0.33 ^a	1.48±0.03 ^a	0.77±0.02 ^{bc}	0.99±0.03 ^b	0.56±0.05 ^c	0.54±0.01 ^c
14	34.87	反式-2-癸烯醛	6.42±0.50 ^c	2.97±0.18 ^d	2.89±0.02 ^d	8.74±0.18 ^a	7.47±0.08 ^b	7.57±0.30 ^b	7.14±0.21 ^b
15	37.02	马鞭草烯醇	3.50±0.47 ^c	3.25±0.16 ^c	4.19±0.03 ^b	4.25±0.07 ^b	5.21±0.05 ^a	4.17±0.06 ^b	3.90±0.12 ^b
16	38.11	甲酸松油酯	2.13±0.40 ^e	0.44±0.04 ^f	6.51±0.07 ^a	3.67±0.05 ^c	4.48±0.01 ^b	2.81±0.10 ^d	2.85±0.06 ^d
17	39.04	α-茂伦烯	—	3.29±0.47 ^a	—	—	—	—	—
18	40.62	香叶醛	5.67±0.50 ^c	2.09±0.09 ^e	4.10±0.02 ^d	6.89±0.11 ^a	6.82±0.10 ^{ab}	6.93±0.09 ^a	6.38±0.19 ^b
19	41.32	乙酸[(E)-2- 癸烯-1-基]酯	0.52±0.08 ^e	1.23±0.17 ^c	1.94±0.07 ^a	1.36±0.03 ^c	1.64±0.06 ^b	0.46±0.07 ^e	0.70±0.01 ^d
20	42.61	乙酸香叶酯	1.92±0.22 ^c	0.36±0.02 ^g	1.70±0.01 ^d	2.33±0.08 ^b	3.08±0.04 ^a	1.06±0.04 ^f	1.22±0.03 ^e
21	45.21	L-香芹醇	—	7.89±0.21 ^a	0.67±0.01 ^b	—	—	—	—
22	45.85	橙花醛	—	1.20±0.32 ^a	—	—	—	—	—
23	46.68	香茅醇	—	6.46±0.21 ^a	—	—	—	—	—
24	46.18	2-苯基丁醛	12.31±0.92 ^d	9.50±1.43 ^e	22.92±0.24 ^a	21.29±0.16 ^b	21.40±0.20 ^b	18.50±0.31 ^c	18.08±0.51 ^c
25	48.93	香叶醇	4.41±0.37 ^e	—	4.94±0.07 ^d	6.45±0.10 ^c	8.05±0.09 ^a	7.09±0.28 ^b	6.12±0.13 ^c
26	50.74	2-异丙基苯甲醛	0.43±0.12 ^{bcd}	2.67±0.15 ^a	0.32±0.01 ^d	0.52±0.01 ^b	0.52±0.02 ^{bc}	0.34±0.02 ^{cd}	0.31±0.01 ^d
27	53.68	反-2-十二烯醛	1.94±0.05 ^d	12.82±1.10 ^a	3.34±0.16 ^{bc}	4.08±0.03 ^b	3.57±0.14 ^{bc}	2.50±0.26 ^{cd}	2.49±0.06 ^d
28	54.89	2,3-二氢-1H- 茚-4-甲醛	3.67±1.10 ^{cd}	14.58±1.58 ^{cd}	13.09±0.22 ^a	2.96±0.06 ^b	5.30±0.17 ^d	3.76±0.40 ^{cd}	3.56±0.10 ^{cd}
29	58.58	2-甲基-3-苯基 -2-丙醛	4.23±0.51 ^c	2.24±0.35 ^f	10.45±0.31 ^a	4.00±0.03 ^{cd}	5.59±0.19 ^b	3.40±0.36 ^{de}	3.19±0.12 ^e
30	60.24	反式-橙花叔醇	3.98±0.46 ^d	25.42±0.10 ^a	6.92±0.01 ^b	3.34±0.01 ^e	4.75±0.08 ^c	3.13±0.18 ^e	3.08±0.09 ^e
31	60.94	愈创木酚	0.62±0.19 ^c	1.30±0.02 ^a	0.84±0.03 ^b	0.70±0.01 ^c	0.76±0.02 ^{bc}	0.35±0.03 ^d	0.43±0.02 ^d

注:—表示未检出,同行不同字母表示差异显著,下同。

表 5 不同贮藏条件草果粉挥发油香气成分分类统计

单位: %

成分 分类	2024-03-18	2025-01-13					
		GF-1	GF-2	GF-3	GF-4	CG-1	CG-2
萜烯类	11.02±4.11 ^a	3.29±0.47 ^c	1.65±0.11 ^c	7.83±0.16 ^{ab}	1.80±0.12 ^c	6.27±0.36 ^b	7.59±0.46 ^b
醇类	12.87±0.42 ^f	44.71±0.09 ^a	18.88±0.08 ^c	15.24±0.17 ^d	19.50±0.10 ^b	15.23±0.19 ^d	13.91±0.30 ^e
醛类	35.22±1.91 ^e	48.07±0.65 ^c	57.11±0.90 ^a	48.49±0.46 ^c	50.80±0.33 ^b	43.67±1.62 ^d	41.73±1.02 ^d
酯类	4.57±0.69 ^d	2.03±0.15 ^e	10.16±0.14 ^a	7.36±0.14 ^c	9.20±0.05 ^b	4.33±0.18 ^d	4.77±0.09 ^d
醚类	35.08±1.50 ^a	0.28±0.02 ^f	11.35±0.89 ^e	20.35±0.63 ^c	17.83±0.47 ^d	29.58±2.11 ^b	31.32±0.93 ^b
酚类	0.62±0.19 ^c	1.30±0.02 ^a	0.84±0.03 ^b	0.70±0.01 ^c	0.76±0.02 ^{bc}	0.35±0.03 ^d	0.43±0.02 ^d

由表4可知,初始样品检测时(2024年3月18日),挥发油香气成分中相对含量最高的成分为1,8-桉叶素(35.08%),其次为2-苯基丁醛(12.31%)、 α -水芹烯(7.46%)、反式-2-癸烯醛(6.42%)、香叶醛(5.67%)和香叶醇(4.41%)。由表5可知,成分分类上,萜烯类、醇类、醛类、酯类、醚类和酚类的总含量分别为11.02%、12.87%、35.22%、4.57%、35.08%和0.62%。经过约10个月的贮藏后,各处理组的香气成分发生了不同程度的改变。

草果粉处理组中,GF-1(棉布袋室温透气)品质劣变最为严重,1,8-桉叶素从35.08%急剧下降至0.28%,同时醇类物质占比从12.87%提升至44.71%,主要为反式-橙花叔醇(25.42%)、L-香芹醇(7.89%)、香茅醇(6.46%);醛类物质占比从35.22%提升至48.07%,并检出了初始样品中未检测到的 α -茂伦烯(3.29%)、L-香芹醇(7.89%)、橙花醛(1.20%)和香茅醇(6.46%),表明透气保存导致挥发油成分发生了氧化、降解和转化。GF-2(PE袋室温密封)的1,8-桉叶素相对含量从35.08%降至11.35%,2-苯基丁醛从12.31%升至22.92%,醇类和醛类总量分别从12.87%、35.22%升至18.88%和57.11%,品质劣变程度虽低于GF-1,但仍较为显著。GF-3(PE袋4℃密封)和GF-4(PE袋-18℃密封)的香气成分保持相对较好,其中GF-3的1,8-桉叶素相对含量降至20.35%,反式-2-癸烯醛(8.74%)和香叶醛(6.89%)占比高于初始值,醛类和醇类总含量分别上升至48.49%和15.24%;GF-4的1,8-桉叶素含量降至17.83%,香叶醇(8.05%)和乙酸香叶酯(3.08%)较初始值有所升高,醛类和醇类总量分别上升至50.80%和19.50%。

干草果处理组中,CG-1(棉布袋室温透气)和CG-2(PE袋室温密封)的主要香气成分保持效果优于果粉处理组,两者的1,8-桉叶素含量分别为29.58%和31.32%,醛类总量分别为43.67%和41.73%,醇类总量分别为15.23%和13.91%,与初始样品的成分谱最为接近。综合各类香气成分的变化可知,以干草果密封贮藏能最有效地保留草果的特征香气成分;而在果粉形态下,PE袋4℃

密封保存(GF-3)是相对完整保留其香气特征的最佳贮藏方式。

2.4 感官性状观察

在试验结束期(2025年7月22日),对各处理组样品的气味和滋味进行了初步观察与比较,发现不同贮藏条件下草果粉及干草果的感官性状存在明显差异。草果粉处理组中,GF-1(棉布袋室温透气)出现结块以及大量蛀虫(图1),且基本丧失香味和辛辣味,品质已劣变,不宜继续食用;GF-2(PE袋室温密封)香味和辛辣味均较淡,感官品质明显下降;而GF-3(PE袋4℃密封)、GF-4(PE袋-18℃密封)及干草果处理组中CG-1(棉布袋室温透气)、CG-2(PE袋室温密封)的香味和辛辣味均较浓,品质保持良好。上述结果与挥发油含量检测及香气成分测定结果基本吻合,表明果粉低温密封保存或保持干草果形态能有效保留草果的香气和滋味,而果粉透气保存不仅导致香气成分大量损失,还易引发虫害问题,不利于长期贮藏。



图1 室温透气保存的草果粉出现结块和大量蛀虫

3 讨论

3.1 贮藏条件对草果粉挥发油含量的影响

挥发油是草果特征香气和药用价值的主要来源^[8-9],其含量直接决定草果粉的品质与保质期。在本研究中,室温透气保存的草果粉(GF-1)在16个月内挥发油损失率高达95%以上,表明透气环境使挥发油持续逸散至周围空气中,是导致挥发油损失的最主要因素。室温密封保存(GF-2)虽能

减缓挥发油损失,但最终含量仍降至 0.71 mL/100 g,说明室温条件下即使密封包装,挥发油仍可挥发或内部氧化降解。与之相比,4 °C 密封冷藏的草果粉(GF-3)挥发油含量全程维持在 2.48 ~ 2.76 mL/100 g,各时间点无显著差异。叶洵^[10]研究亦表明,低温(2 ~ 8 °C)条件下花椒挥发性成分及风味物质含量均显著高于常温贮藏样品,其原因在于低温环境能降低了分子的热运动速率,从而抑制了挥发油的挥发和化学反应。而-18 °C 密封冷藏(GF-4)的挥发油保存效果(最终 1.74 mL/100 g)反而低于 4 °C 冷藏,可能与冷藏过程中冰晶形成对细胞结构的机械损伤有关,导致部分挥发油在贮藏中更易释放或损失。干草果处理组(CG-1、CG-2)无论透气还是密封,挥发油损失率均低于 10%。黄梅等^[5]的研究亦表明,贮藏 2.5 a 的干草果与贮藏 0.5 a 的干草果在挥发油含量上无显著差异。说明完整草果的果皮组织构成了天然的物理屏障,能够在一定程度上阻隔挥发油向外扩散。因此,草果粉挥发油的保留能力受贮藏温度和包装方式影响显著,其中 4 °C 密封冷藏为较佳贮藏条件,而采用干草果常温密封保存、使用前现磨制粉的策略,能够最大程度保留草果粉中的挥发油含量。

3.2 贮藏条件对草果粉水分含量的影响

水分含量是影响食品贮藏稳定性的关键指标^[11],过高可能会加速品质劣变或影响感官品质。试验发现透气保存的样品(GF-1、CG-1)水分含量持续上升,最终分别达到 12.83% 和 14.06%,显著高于初始值。这是因为棉布袋具有良好的透气性,草果粉和干果作为多孔性物料,会持续吸附环境中的水分直至达到吸湿平衡。吸湿后的草果粉不仅容易结块,还为仓储害虫滋生提供条件,加速香气成分的分解和劣变。而所有密封保存的样品水分含量在整个贮藏期间均保持稳定,各时间点间无显著差异,维持了样品原有的水分含量。因此,密封包装是稳定草果粉及干果水分含量的关键措施,透气保存会导致样品持续吸潮,不利于长期贮藏。

3.3 贮藏条件对草果粉香气成分的影响

香气成分的含量变化直接影响产品风

味^[12]。1,8-桉叶素是草果挥发油中含量最高的特征成分^[3],具有典型的桉叶香气,其保留情况可作为评判草果粉香气品质变化的重要指标。初始检测中 1,8-桉叶素含量为 35.08%,贮藏 10 个月后,室温透气保存的样品(GF-1)中该成分几乎完全损失(仅剩 0.28%),同时反式-橙花叔醇(25.42%)、L-香芹醇(7.89%)、香茅醇(6.46%)等醇类物质,以及反-2-十二烯醛(12.82%)等醛类物质占比显著提高。表明透气环境下挥发油中的萜烯类成分发生了氧化、重排和裂解反应^[13]。室温密封保存的样品(GF-2)同样出现了 1,8-桉叶素大幅下降和 2-苯基丁醛占比提高的现象,说明即使密封包装,室温条件下挥发油仍会发生较强的化学反应。4 °C 密封冷藏(GF-3)和干草果处理组(CG-1、CG-2)的 1,8-桉叶素保留率较高,且香叶醛、反式-2-癸烯醛和香叶醇等特征醛类和醇类物质的相对含量有所升高,这可能与某些前体成分在贮藏过程中持续释放或转化有关。干草果之所以香气成分保持最佳,一方面归因于果皮组织的物理阻隔作用^[14],另一方面也与干果内部相对封闭、稳定的微环境有关,化学反应受到抑制。因此,以干草果形态或低温密封保存是维持草果特征香气轮廓的有效措施。

3.4 贮藏条件对草果粉感官性状的影响

气味和滋味是衡量草果粉食用品质的最直观指标,观察结果与挥发油含量检测结果具有良好的一致性。室温透气保存的草果粉(GF-1)在 16 个月后出现大量蛀虫,且基本丧失香味和辛辣味,这与该组最终挥发油含量极低、特征香气成分几乎完全损失的结果吻合。透气环境不仅导致挥发油逸散和吸潮现象,还为虫害滋生提供了适宜条件,进一步加速了品质劣变。室温密封保存的草果粉(GF-2)香味和辛辣味均较淡,与其挥发油含量显著下降的结果相对应。而低温密封保存的草果粉(GF-3、GF-4)及干草果各处理(CG-1、CG-2)的香味和辛辣味均较浓,品质保持良好。CG-1 虽在挥发油含量和香气成分分析中表现较佳,但其水分含量已升至 14.06%,超过《草果》(GB/T 45414—2025)中要求($\leq 13.0\%$),长期贮藏存在霉变风险,其气味和滋味仍保持良好可能

与果皮的保护作用有关。

4 结论

本研究系统探索了不同贮藏条件对草果粉挥发油含量、水分含量及香气成分的影响,结合感官性状观察结果,获得以下主要结论。室温透气保存条件下,草果粉挥发油及1,8-桉叶素等特征成分在16个月内几乎完全损失,样品持续吸潮导致水分含量显著升高,最终出现结块及生虫现象,香味和辛辣味基本丧失。室温密封保存虽能减缓挥发油损失并稳定水分含量,但最终挥发油损失率超过70%,表明现行24个月的室温保质期标注可能偏高。4℃密封冷藏效果最佳,挥发油含量全程无显著下降,特征香气轮廓保留良好,水分含量稳定,香味和辛辣味浓郁。-18℃密封冷藏效果次之,挥发油保留率略逊于4℃冷藏。干草果无论透气还是密封保存,挥发油损失率均低于10%,香气成分含量与初始值最为接近,表现出优异的品质保留能力。

因此,建议草果粉的贮藏条件为:采用食品级材料密封包装,于4℃冰箱中避光冷藏,在此条件下草果粉的保质期可至少延长至16个月。此外,对于家庭或餐饮使用场景,推荐以干草果形态在阴凉干燥处密封保存,使用前现磨制粉,既能有效保留挥发油和香气成分,又无需占用冷藏空间,是保留草果粉香气品质的最佳实用策略。生产企业应避免采用透气性包装材料储存草果粉,并严格控制仓库的温湿度条件,以延长产品保质期、维持稳定的香气品质。

参考文献:

- [1] 文慧,杨美权,杨天梅,等. 经典名方中草果的本草考证[J]. 中国实验方剂学杂志,2024,30(4):89-99.
- [2] 雷智冬,黄锁义. 草果提取方法、生物活性与临床应用研究新进展[J]. 中华中医药学刊,2021,39(1):245-249.
- [3] 徐士琪,白佳伟,杨文熙,等. 干草果中的关键香气成分分析[J]. 精细化工,2019,36(9):1857-1862,1873.
- [4] 胡智慧,白佳伟,杨文熙,等. 新鲜草果中关键香气成分的分析[J]. 食品科学,2020,41(16):173-178.
- [5] 黄梅,吴莲张,廖方平,等. 不同储存时间草果干果理化特性及挥发性成分分析[J]. 热带农业科学,2025,45(1):45-54.
- [6] 梅南菊,赖长江生,刘锦芮,等. 中药原料保质期研究进展[J]. 中草药,2022,53(20):6611-6625.
- [7] 何微微,黄得栋,韦翡翠,等. 中药材有效期研究方法探讨[J]. 中兽医医药杂志,2020,39(1):87-92.
- [8] 张赞彬,袁雯怡. 草果精油及其应用的研究进展[J]. 香料香精化妆品,2024(4):56-63,153.
- [9] 张雪研,舒娟,范江平,等. 草果挥发油的化学成分、生物活性及应用研究进展[J]. 食品与发酵科技,2023,59(5):81-86.
- [10] 叶洵. 花椒质量评价及保质期研究[D]. 成都:成都中医药大学,2022.
- [11] 陈冰洁,乔勇进,王晓,等. 不同水分含量大米贮藏品质及货架期研究[J]. 粮食与油脂,2022,35(12):104-108,113.
- [12] 田梦云,谢定源,余永昊,等. 不同干燥方式的菜薹挥发性风味物质比较分析[J]. 中国调味品,2019,44(9):55-59,71.
- [13] 许倬卉,杨绍兵,杨天梅,等. 不同干燥程度草果果实形态及种仁挥发油的变化规律[J]. 中国调味品,2021,46(10):21-26.
- [14] 潘永贵. 果实表皮组织对采后失水影响研究进展[J]. 广东农业科学,2023,50(10):1-10.