

茶味山核桃加工工艺优化及茶多酚涂膜保鲜方法研究

吴碎典¹, 夏玉娥², 马阳瑜³, 刘一³, 余丽燕³, 陈维斌⁴, 张海华^{3*}

(1. 泰顺县农业农村局茶产业发展中心, 温州 325000; 2. 建德市峰鼎茶业有限公司, 杭州 311600;
3. 浙江农林大学食品与健康学院, 杭州 311300; 4. 温州企源科技服务有限公司, 温州 325000)

摘要: **目的** 优化茶味山核桃加工工艺, 研究茶多酚涂膜保鲜方法。**方法** 采用单因素和正交实验设计结合感官评价方法, 优化投茶量、热浸时间和两段式烘烤时间 3 个关键加工条件; 采用加速破坏实验结合 Q_{10} 法预测茶味山核桃的保质期。**结果** 绿茶、红茶、白茶、乌龙茶 4 类茶味山核桃的最佳工艺分别为: ①绿茶投茶量 40 g、热浸时间 1.5 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min; ②红茶投茶量 30 g、热浸时间 1.5 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min; ③白茶投茶量 40 g、热浸时间 1.0 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min; ④乌龙茶投茶量 40 g、热浸时间 1.0 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min, 经验证后感官评分均在 89 分以上。在 60°C、相对湿度 80%条件下, 经 0.05%和 0.1%茶多酚涂膜后货架期分别延长了 3 d 和 5 d, 经 Q_{10} 法预测 25°C和 10°C下经 0.1%茶多酚涂膜处理的绿茶味山核桃的货架期分为达到 305 d 和 9775 d, 比未经涂膜的山核桃延长了 57 d 和 1811 d。**结论** 本研究优化所得茶味山核桃工艺合理可行, 茶多酚涂膜可有效延长茶味山核桃货架期, 本研究为解决当前大宗茶产能过剩、山核桃风味单调问题提供思路, 为山核桃品质控制提供理论依据, 有助于提高茶叶和山核桃两大特色资源增值利用。

关键词: 茶叶; 山核桃; 茶多酚; 加工工艺; 保鲜; 货架期

Processing technology optimization and preservation with tea polyphenols coating of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg.

WU Sui-Dian¹, XIA Yu-Er², MA Yang-Yu³, LIU Yi³, YU Li-Yan³,
CHEN Wei-Bin⁴, ZHANG Hai-Hua^{3*}

(1. Tea Industry Development Center, Taishun County Agriculture and Rural Bureau, Wenzhou 325000, China; 2. Jiangde Tea Industry Co., Ltd., Hangzhou 311600, China; 3. College of Food Science and Health, Zhejiang Agriculture & Forestry University, Hangzhou 311300, China; 4. Wenzhou Qiyuan Technology Co., Ltd., Wenzhou 325000, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the processing technology of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg. and study the preservation method of tea polyphenol coating. **Methods** The single factor and orthogonal experimental design combined with sensory evaluation method were used to optimize the 3 kinds of key processing conditions of tea dosage, soaking time, and two-stage baking time. Accelerated destructive test and Q_{10} method were used to predict

基金项目: 浙江省第十五批科技特派员项目(泰顺县罗阳镇)、杭州市博士创新工作站项目(建德峰鼎站)

Fund: Supported by the 15th Batch of Science and Technology Commissioners in Zhejiang Province (Taishun Luoyang), and the Hangzhou Ph.D Innovation Workstation (Jiande Fengding Station)

*通信作者: 张海华, 研究员, 硕士生导师, 主要研究方向为食品加工及品质改良, 茶叶加工&精深加工与茶食品技术开发。E-mail: hhzhang@zafu.edu.cn

*Corresponding author: ZHANG Hai-Hua, Professor, College of food Science and Health, Zhejiang Agriculture & Forestry University, Hangzhou 311300, China. E-mail: hhzhang@zafu.edu.cn

the shelf life of hickory. **Results** Green tea, black tea, white tea, and Oolong tea, 4 different of tea flavored hickory products had been developed, and the optimal processing conditions were as follow: ① green tea dosage of 40 g, soaking time of 1.5 h, and two-stage baking time of 22 min+44 min; ② black tea of 30 g, soaking time of 1.5 h, and two-stage baking time of 22 min+44 min; ③ white tea of 40 g, soaking time of 1.0 h, and two-stage baking times of 22 min+44 min; ④ Oolong tea of 40 g, soaking time of 1.0 h, and two-stage baking times of 22 min+44 min. After verification, the sensory scores were all above 89. The shelf life of green tea flavored hickory was prolonged by 3 days and 5 days after coating with 0.05% and 0.1% tea polyphenols at 60°C and 80% relative humidity, respectively. Accordingly, the shelf life of green tea flavored hickory treated with 0.1% tea polyphenol coating at 25°C and 10°C was predicted to reach 305 days and 9775 days, which was 57 days and 1811 days longer than that of uncoated ones. **Conclusion** The optimized technology of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg. is reasonable and feasible, and tea polyphenol coating can effectively extend the shelf life of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg.. This study provides ideas for solving the current problems of excess production capacity of staple tea and monotonous pecan flavor, provides theoretical basis for quality control of pecan, and helps to improve the value-added utilization of tea and pecan two characteristic resources.

KEY WORDS: tea; *Carya cathayensis* Sarg.; tea polyphenol; processing; preservation; shelf life

0 引言

茶叶,是我国南方山区、半山区农民脱贫致富,实现新时代乡村振兴和共同富裕的重要的农业抓手^[1-3]。据统计,2022年全国茶园面积达4995.40万亩,干毛茶总产量为318.10万t,干毛茶总产值创历史新高,达到3180.68亿元^[4]。近年来,我国茶产业深入贯彻“三茶”统筹发展理念^[5-6],深化茶产业链科学发展,对晚春、夏秋茶资源高值利用发力。面对大宗茶产能过剩、传统泡饮消费市场饱和的现状,充分发挥茶叶的健康功能和消费认知,将茶资源与食品产业对接形成了茶食品产业,开发含有茶叶健康功能因子的系列茶食品,如茶叶面条、茶叶糕点、茶叶糖果、奶茶等^[7-8],广受市场欢迎。茶食品产业,已然成为继传统茶叶加工、深加工产业之后,茶产业增值突破的新路径^[9],极大助力于实现“一片叶子富了一方百姓”^[10]。目前,茶叶在坚果领域中的应用实例较为少见,除茶味瓜子外,在其他坚果上几乎没有应用,尚属空白。

临安山核桃,属于小胡桃,营养价值很高^[11],杭州市临安区被誉为“中国山核桃之都”,其生产面积、年均产量、加工量均为全国第一^[12]。目前市场上炒货类山核桃产品以烘烤、水煮两种加工方法为主,尤其是茶味坚果,如茶味葵花子^[13],风味较单一^[12]。对于茶味坚果水煮加工工艺而言,茶汤浓度、浸泡时间是非常重要的影响因子,决定着终产品的茶香和茶味浓度。而茶汤浓度又取决于投茶量,因而投茶量对茶味山核桃风味起着决定作用。两段式变温烘烤有利于山核桃中不饱和脂肪酸的保留,同时对于保留茶香也及其有利,因为茶香物质主要是低沸点挥发物质^[14]。因此,研发制备茶味山核桃,既开拓了茶叶利用新

途径,又丰富了山核桃风味,这对于茶叶、山核桃这两种农产品增值都大有裨益。

同时,山核桃的保质问题也较为突出,因山核桃中油脂含量较高,尤其以不饱和脂肪酸为主,极易发生氧化哈变引起山核桃品质劣变^[15]。对此,一些学者从山核桃原料入手,采用改变贮藏工艺^[16-18]、微波干燥^[19]、产地即时热风干燥处理^[20]、变温烘烤干燥等方法^[21-23],有效改善了山核桃贮藏品质劣变,山核桃贮前水分含量8%、辅以0.5% CaCl₂喷淋处理、自然晒干后于4°C、相对湿度50%冷库贮藏效果较好。也有学者,如GULL等^[24]采用 α -生育酚和海藻酸钠为原料制备的可食膜对山核桃仁进行涂膜处理,发现显著降低了失重率(20.17%至11.88%)、过氧化值(2.5~1.84 meq O₂/kg)、游离脂肪酸含量(1.4至0.9%油酸)和微生物计数(3.2~1.9 log CFU/g),涂膜起到了较好的保鲜效果。相类似的还有李文君等^[25]、门德盈等^[26]采用复合保鲜剂处理延缓了薄壳山核桃贮藏中氧化劣变。这些方法显然为本研究提供了可靠的基础。但是,以茶多酚作为抗氧化剂用于延缓山核桃尤其是带壳山核桃的氧化劣变的研究还未见报道。

综上,本研究以浙江的绿茶、红茶、白茶和乌龙茶为特色原料,针对临安山核桃,通过水煮结合变温烘烤方法研制茶味山核桃,优化工艺并进行验证,进一步针对山核桃易氧化哈变问题,研究茶多酚-海藻酸钠乳液涂膜延长货架期作用,为拓展茶资源利用途径,丰富山核桃风味品类,为山核桃保鲜研究提供思路借鉴和理论依据。

1 材料与仪器

1.1 材料与试剂

临安山核桃、绿茶、红茶、白茶、乌龙茶均由浙江山

友天然食品有限公司提供。

石油醚(沸点 30~60°C)、无水硫酸钠、氢氧化钠、乙醚、异丙醇、酚酞、95%乙醇、硫代硫酸钠、碘化钾、三氯甲烷、冰醋酸(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 茶多酚(总多酚含量 30.2%)、无水柠檬酸、氯化钙、海藻酸钠(食品级, 江苏锐康莱科技有限公司); 食用甘油(食品级, 郑州康本生物科技有限公司); 食用玉米油(东莞市焙友友食品科技有限公司)。

1.2 仪器与设备

ME104E 型电子天平(精度 0.001 g, 梅特勒-托利多仪器上海有限公司); C22-IH92 型电磁炉(浙江苏泊尔股份有限公司); 380VSM-KDC24001 型烤箱(佛山市世麦科技有限公司); SL-MT 型研磨机(九阳股份有限公司); RV 3 型旋转蒸发仪(德国 IKA 公司); HSP-600BE 型恒温恒湿箱(常州恩谊仪器有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 茶味山核桃工艺流程

茶味山核桃工艺流程见图 1。其工序要点: 1)脱涩: 挑选无霉变、外壳完整的山核桃, 以料液比 1:2 (g:mL)煮沸 30 min 捞出, 25°C 放置 24 h。2)裂壳: 使用工具将外壳破裂, 保持果实完整。3)茶汤: 按一定投茶量将茶叶放入煮茶壶中加热, 从沸腾开始计时一定时间, 除渣, 得茶汤。4)浸泡: 保持茶汤 90°C 条件下浸泡一定时间。5)摊凉: 将浸泡过的山核桃, 均匀摊放在烤盘上, 25°C 下摊凉 8 h。6)烘烤: 将山核桃放入烤箱中烘烤, 采用先 140°C 再 155°C 两段式变温烘烤方法^[19]。



图 1 茶味山核桃工艺流程图

Fig.1 Processing flow chart of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg.

1.3.2 茶味山核桃制备工艺优化

(1)单因素实验

投茶量单因素实验: 固定煮茶水量 2 L, 在热浸时间 1 h、140°C 烘烤 18 min 再 155°C 烘烤 37 min 条件下, 采用感官评分方法, 研究不同投茶量(30、40、50、60 g)所制茶汤对茶味山核桃感官评分的影响。

热浸时间单因素实验: 在固定煮茶水量 2 L、投茶量 40 g、140°C 烘烤 18 min 再 155°C 烘烤 37 min 条件下, 采用感官评分方法, 研究不同热浸时间(1.0、1.5、2.0、2.5 h)对茶味山核桃感官评分的影响。

焙烤时间单因素实验: 固定煮茶水量 2 L、投茶量 40 g、热浸时间 1 h、先 140°C 再 155°C 两段式烘烤条件下, 采用感官评分方法, 研究不同焙烤时间组合(16 min+33 min、

18 min+37 min、22 min+44 min、25 min+50 min)对茶味山核桃感官评分的影响。

(2)正交实验及验证

根据单因素实验结果, 以感官评分为指标, 针对投茶量(A)、热浸时间(B)、焙烤组合时间(C) 3 个因素各 3 个水平, 选用 $L_9(3^4)$ 表设置因素水平(表 1)并开展正交实验, 以确定最优水平, 进而得出茶味山核桃的最佳工艺。在正交实验所得最佳工艺条件下加工茶味山核桃, 进行感官评价并与相应正交实验结果做对比, 以验证正交实验结果。

表 1 正交实验因素水平表
Table 1 Orthogonal experimental factor level table

水平	因素			
	A(投茶量/g)		B(热浸时间/h)	C(分段烘烤时间/min)
	绿茶	红茶/白茶/乌龙茶		
1	40	30	1.00	18+37
2	50	40	1.50	22+44
3	60	50	2.00	25+50

1.3.3 感官评价方法

采用排序评分法对茶味山核桃进行嗜好型感官评价^[27]。随机挑选 150 名食品科学与工程专业在校大学生作为感官评价员, 要求: 男女各半, 修读过《食品感官与评定》课程, 熟悉食品感官评价程序, 评价员对各项给出整数分。茶味山核桃的感官指标及评分标准见表 2, 总分 100 分, 其中色泽占比 15 分, 气味占比 15 分, 滋味占比 35 分, 质地占比 35 分。

表 2 茶味山核桃感官评分标准
Table 2 Tea flavored *Carya cathayensis* Sarg. sensory rating scale

感官评分指标	感官评分标准	满分	分值
色泽	果壳色泽均匀、有光泽, 果仁色呈黄褐色	15	12~15
	果壳色泽均匀、无光泽, 果仁呈褐色	15	9~11
	果壳色泽不均, 无光泽, 果仁泛白、发黑		≤8
气味	茶香显, 茶香与山核桃仁特征香协调	15	12~15
	茶香为主, 山核桃仁特征香气被掩盖	15	9~11
	无茶香, 山核桃特征香气弱		≤8
滋味	无异味, 茶味怡人, 与烘烤山核桃仁滋味融合协调, 无涩味	35	30~35
	无异味, 有烘烤山核桃仁滋味, 略有茶味, 略涩	35	25~29
	有令人不悦的滋味		≤24
质地	咀嚼酥脆, 硬度适中, 不粘牙	35	30~35
	咀嚼较酥脆, 硬度略硬, 不粘牙	35	25~29
	咀嚼不酥脆, 过软或过硬, 粘牙		≤24

1.3.4 茶多酚-海藻酸钠纳米乳液涂膜保鲜

准确称量 1.00 g 海藻酸钠,溶于 100 mL 70°C水中,搅拌均匀、放冷至澄清备用。分别取 3 份 100 mL 0.01 g/mL 海藻酸钠溶液,分别加入 0、0.05、0.10 g 茶多酚,再分别加入 1.16 g 甘油和 0.025 g 玉米油,标记为 T₀、T₁、T₂ 溶液。配制 2% CaCl₂ 和 1.0%柠檬酸的混合溶液作为钙交联剂溶液。将按最优工艺加工的绿茶味山核桃,分别在 T₀、T₁、T₂ 溶液中浸泡 30 s,捞出、沥干,于 25°C平铺、晾干 2 h。再加入钙交联剂中浸泡 30 s,捞出、沥干,于 25°C平铺、晾干 2 h,对应标记为 T₀、T₁、T₂,未经涂膜处理的绿茶味山核桃标记为空白对照(CK)。

1.3.5 茶味山核桃贮存加速破坏性实验

山核桃最主要的变质原因是脂肪氧化,属于化学变化,而脂肪氧化又主要取决于温度,因此适合选用 Arrhenius 模型^[28]。参照 T/CNFIA 001—2017《食品保质期通用指南》,以绿茶味山核桃为代表,采用加速破坏性实验的双实验温度法(取 Q₁₀=2),对比研究茶多酚-海藻酸钠纳米乳液涂膜对茶味山核桃货架期的影响。具体为:将涂膜处理的茶味山核桃置于 60°C、相对湿度 80%条件下贮存,参照 GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》、GB 5009.229—2016《食品安全国家标准 食品中酸价的测定》测定过氧化值和酸价,参照 GB/T 24307—2009《山核桃产品质量等级》要求,当酸价>4 mg KOH/g 或过氧化值>5 mg/g 判定为变质,记录变质时间 t。冷藏 10°C和常温 25°C贮存保质期按照公式(1)计算:

$$\theta_s(T) = \theta_s(60^\circ\text{C}) \times (Q_{10})^{\Delta T_b/10} \quad (1)$$

式中,θ_s(T)为实际贮存温度下茶味山核桃保质期;θ_s(60°C)为 60°C加速实验得到的茶味山核桃保质期;ΔT_b为 60°C与实际贮存温度 T 的差值,单位为摄氏度(°C)。

1.4 数据处理

所有实验均重复 3 次,采用 Origin pro 2024 对数据进行描述统计分析,计算结果以平均值±标准偏差表示,并进行图表绘制,采用方差分析在 P<0.05 水平进行 Turkey 检验,以判定显著性差异,采用 Pearson 法分析相关性。

2 结果与分析

2.1 茶味山核桃加工工艺研究

2.1.1 单因素实验结果

投茶量、热浸时间和分段烘烤时间 3 个单因素对茶味山核桃感官评分的影响结果如图 2 至图 4 所示。

由图 2 可知,随投茶量变化,不同茶类表现不一:绿茶味山核桃感官评分随着投茶量增加而增加;红茶味山核桃感官评分随着投茶量增加而降低;白茶和乌龙茶味山核桃感官评分随着投茶量增加呈现先增后减变化,两者均在 40 g 时感官评分最佳。红茶属于发酵茶类,同等条件下红

茶品质成分更易于溶出,其茶汤滋味更浓厚,同时红茶香大多以烘烤香、甜香为主^[29],较不发酵的绿茶、轻发酵的白茶、半发酵的乌龙茶而言^[14],香味、滋味都更“霸道”,因而红茶投茶量较其他 3 类茶低。

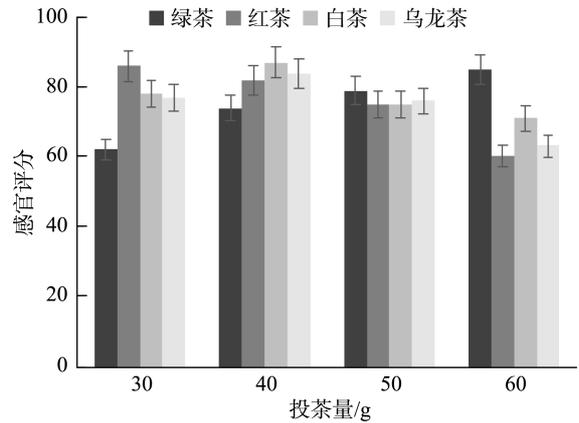


图 2 投茶量对茶味山核桃感官评分影响结果

Fig.2 Effects of tea dosage on sensory rating of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg.

由图 3 可知,绿茶味山核桃和红茶味山核桃的感官评分随热浸时间增加均呈现先增后减趋势,在 1.5 h 时出现最大值;而白茶味山核桃和乌龙茶味山核桃的感官评分均随热浸时间增加而降低。4 类茶浸泡时间的差异与茶类加工工艺紧密相关:绿茶加工时“杀青”会钝化酶系尤其是多酚氧化酶^[30],使得茶汤中茶多酚有了相对稳定的环境;红茶加工时多酚氧化酶将茶多酚几乎全部氧化转化成了茶红素、茶黄素及少量茶褐素^[30],所以红茶汤颜色、滋味也很稳定;而白茶、乌龙茶在加工中,并没有完全钝化多酚氧化酶,且保留了近一半的茶多酚,这导致这两类茶汤中共存着茶多酚和多酚氧化酶^[30],因而长时间的浸泡会促进多酚酶促褐变,引起山核桃颜色劣变进而影响感官评分,所以白茶、乌龙茶长时间浸泡比绿茶和红茶评分低。

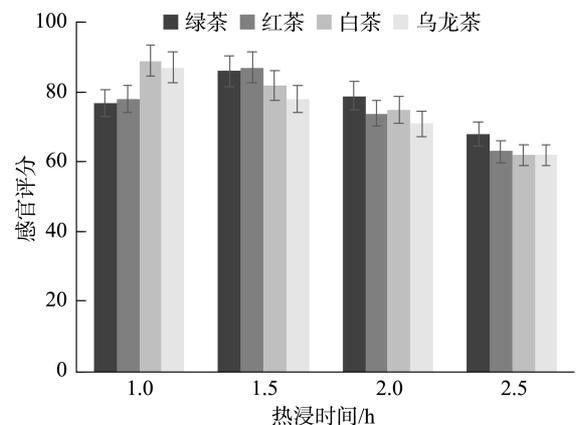


图 3 热浸时间对茶味山核桃感官评分影响结果

Fig.3 Effects of soaking time on sensory rating of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg.

由图 4 可知, 在 4 组分段烘烤时间组合中, 4 种茶味山核桃感官评分均在 22 min+44 min 组合取得最高值。这与邵宇辰^[21]利用 Box-Behnken 实验设计原理进行响应面实验, 优化变温焙烤工艺, 得出的山核桃变温焙烤工艺最佳组合温度为 140~155℃、时间为 66 min, 变温时间比为 1:2 结论相一致。

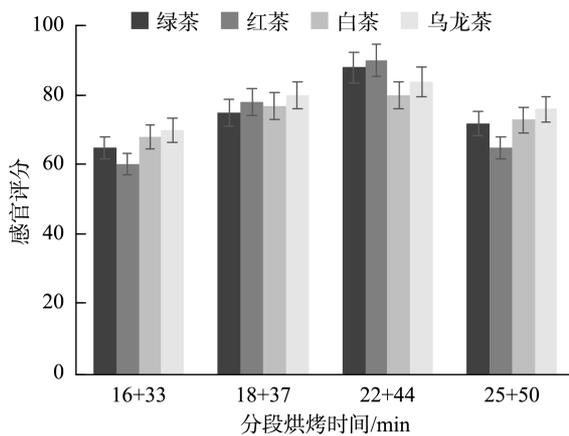


图 4 分段烘烤时间对茶味山核桃感官评分影响结果

Fig.4 Effects of two-stage baking time on sensory rating of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg.

2.1.2 正交实验

在单因素实验结果基础上, 按表 1 设计正交实验, 实验设计及结果如表 3 所示。首先采用描述统计分析对 4 种茶味山核桃正交表中感官评分进行数据正态分布检验(表 4), 结果表明 4 种茶味山核桃感官评分均符合正态分布, 说明采用正交设计实验是合理可行的。进一步对所选各因素的合理性进行分析, 采用方差分析方法对茶味山核桃感官评分进行方差分析, 结果如表 5 所示, 通过 $Prob < F$ 可以判定投茶量、热浸时间和分段烘烤时间 3 个因素的 9 种组合处理的均值在 $P < 0.05$ 水平是显著不同的, 说明所选因素合理可行, 可以开展下一步工艺优化分析。

绿茶味山核桃感官评分以 2 号最高, 9 号与 2 号无统计显著差异, 因此绿茶味山核桃最佳工艺可选 2 或 9 号, 优选 2 号条件, 即投茶量 40 g、热浸时间 1.5 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min; 红茶味山核桃感官评分以 2 号最高, 因此选择 2 号条件, 即投茶量 30 g、热浸时间 1.5 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min; 白茶味山核桃感官评分以 4 号最高, 因此选择 4 号条件, 即投茶量 40 g、热浸时间 1.0 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min; 乌龙茶味山核桃感官评分以 4 号最高, 本研究选择 4 号条件, 即投茶量 40 g、热浸时间 1.0 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min。

表 3 茶味山核桃制备工艺正交实验感官评分

Table 3 Sensory rating of orthogonal experiment of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg. preparation

实验编号	A	B	C	感官评分			
				绿茶味山核桃	红茶味山核桃	白茶味山核桃	乌龙茶味山核桃
1	1	1	1	76.0±3.0 ^{abcd}	77.7±5.5 ^{ab}	79.7±4.0 ^{abc}	78.7±4.0 ^{ab}
2	1	2	2	85.3±3.5 ^a	87.7±6.0 ^a	80.7±4.5 ^{ab}	82.0±4.6 ^a
3	1	3	3	68.7±3.5 ^{cd}	72.3±2.5 ^{bc}	68.7±3.1 ^{cd}	66.0±4.0 ^c
4	2	1	2	77.3±2.1 ^{abc}	75.3±3.5 ^{bc}	89.3±5.5 ^a	84.0±4.6 ^a
5	2	2	3	66.7±4.2 ^d	73.3±3.5 ^{bc}	74.0±4.6 ^{bcd}	68.0±4.0 ^c
6	2	3	1	74.7±5.0 ^{bcd}	69.3±3.5 ^{bc}	75.0±2.0 ^{bcd}	69.7±2.1 ^{bc}
7	3	1	3	73.3±3.5 ^{bcd}	65.0±4.6 ^c	69.7±3.1 ^{cd}	66.3±2.5 ^c
8	3	2	1	79.7±2.1 ^{ab}	73.7±3.5 ^{bc}	73.0±3.6 ^{bcd}	70.7±2.5 ^{bc}
9	3	3	2	84.7±3.1 ^a	76.0±3.0 ^{abc}	75.0±2.0 ^{bd}	75.3±2.5 ^{abc}

注: 同列不同小写字母表明在 Turkey 检验下组间差异显著($P < 0.05$)。

表 4 正交实验数据的正态性检验

Table 4 Normality test of orthogonal experimental data

样品	DF	统计	P	在(0.05)水平下的结论
绿茶味山核桃	27	0.98667	0.97285	不能排除正态性
红茶味山核桃	27	0.95725	0.31935	不能排除正态性
白茶味山核桃	27	0.94065	0.12646	不能排除正态性
乌龙茶味山核桃	27	0.96030	0.37540	不能排除正态性

表 5 不同处理的茶味山核桃感官评分的方差分析结果
Table 5 Results of variance analysis on sensory scores of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg. with different treatments

样品	DF	平方和	均方	F	Prob>F	R ²	变异系数
绿茶味山核桃	8	979.85185	122.48148	10.33437	<0.0001	0.82121	0.04514
	18	213.33333	11.85185				
	26	1193.18519					
红茶味山核桃	8	930.07407	116.25926	6.86871	3.52023×10 ⁻⁴	0.75325	0.05524
	18	304.66667	16.92593				
	26	1234.74074					
白茶味山核桃	8	965.33333	120.66667	8.50653	<0.0001	0.79082	0.04948
	18	255.33333	14.18519				
	26	1220.66667					
乌龙茶味山核桃	8	1119.18519	139.89815	11.07698	<0.0001	0.83117	0.04841
	18	227.33333	12.62963				
	26	1346.51852					

2.1.3 最优工艺验证实验

对正交实验优化的最佳工艺进行重复实验, 结果如图 5 所示。从感官评价结果看, 验证实验感官评分均在 89 分以上, 优化工艺条件加工的茶味山核桃感官评分, 与正交实验中对对应条件无显著差异, 说明优化条件可行。

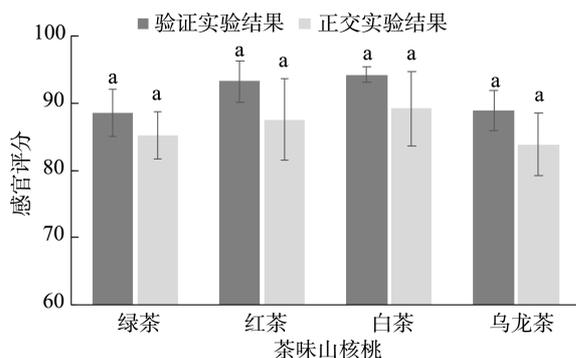
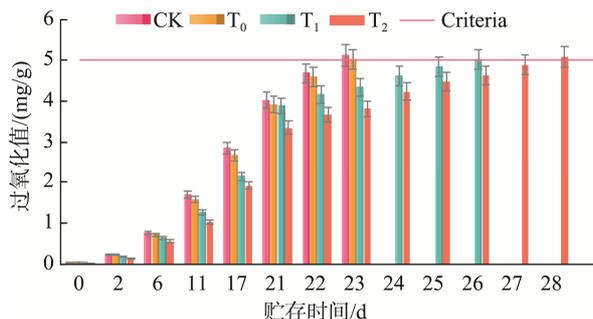


图 5 茶味山核桃制备工艺验证

Fig.5 Tea flavored *Carya cathayensis* Sarg. preparation verification

2.2 茶多酚-海藻酸钠涂膜对茶味山核桃货架期的影响

食品劣变大多由脂肪氧化、美拉德反应、蛋白质变性等化学反应引起的, 这些化学反应主要受温度影响, Arrhenius 模型常用于随温度变化的化学品质衰变动力学研究^[31-33]。山核桃中油脂含量高, 尤其是不饱和脂肪酸含量较高, 极易氧化, 进而引起山核桃哈变^[34-35]。山核桃油氧化与温度紧密相关, 符合 Arrhenius 模型。选用国家标准规定的酸价和过氧化值两个品质指标作为判定依据, 随着贮藏时间的延长, 绿茶味山核桃的过氧化值和酸价均呈递增趋势(图 6 和图 7)。



注: Criteria: 标准线, 5 mg/g。

图 6 茶味山核桃于 60°C 下贮存时过氧化值变化

Fig.6 Changes of peroxidation value of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg. stored at 60°C

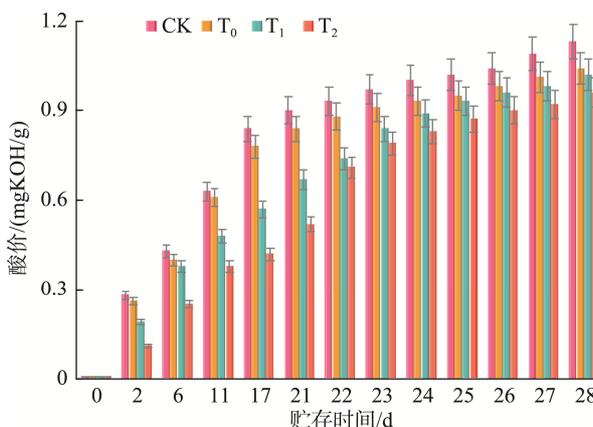


图 7 茶味山核桃 60°C 贮存下酸价变化

Fig.7 Changes of acid value of tea flavored *Carya cathayensis* Sarg. stored at 60°C

由图 6 可知, 绿茶味山核桃 CK 组和 T₀ 组在 23 d 时高过标准线(Criteria, 5 mg/g), 表明其货架期为 22 d。经茶

多酚涂膜处理的 T_1 组和 T_2 组随贮存时间的延长, 分别在 26 d 和 28 d 高过标准线, 表明其货架期分别为 25 d 和 27 d。 T_1 组和 T_2 组的过氧化值增长速率比 CK 组和 T_0 组慢, 说明茶多酚涂膜处理具有延缓山核桃氧化作用, 涂膜有效隔离了氧气, 进而有效减缓山核桃的氧化。由图 7 可知, 随着贮藏时间的延长, 未经涂膜处理的 CK 组和海藻酸钠涂膜处理的 T_0 组酸价均呈上升很快, 而经 0.05% 茶多酚-海藻酸钠涂膜处理的 T_1 组和 0.1% 茶多酚-海藻酸钠涂膜的 T_2 组酸价上升速度缓慢, 其中 T_2 组保鲜效果最佳。无论是 CK 组、 T_0 组还是 T_1 组、 T_2 组, 在贮藏 28 d 内酸价均未超过标准线 (≤ 4 mg KOH/g)。

分别以过氧化值、酸价为化学品质指标(y)对贮藏时间(x)进行回归分析, 拟合方程见表 6。从拟合系数 R^2 看, 无论是酸价还是过氧化值, 所有拟合系数 $R^2 > 0.95$, 其中过氧化值回归方程的拟合系数 $R^2 > 0.99$, 说明绿茶味山核桃的化学品质指标 $y=f(x)$ 回归方程高度可信 ($P \leq 0.05$), 进一步反映出绿茶味山核桃的质量 Q 与贮藏时间 t 显著相关 ($P \leq 0.05$)。从回归方程可以看出, 过氧化值与贮藏时间拟合后是一元二次方程 ($x \geq 0$), 且系数均为正数, 说明过氧化值与贮藏时间是同向变化, 且过氧化值增加表现为先慢后快, 这与油脂自动氧化过程相吻合, 不饱和脂肪酸自动氧化初期生成少量自由基, 速度缓慢, 一旦自由基聚集引发链式反应, 则会出现大量过氧化物, 导致油脂迅速被氧化^[35]; 二次项系数 $T_0 > CK > T_1 > T_2$, 说明茶多酚涂膜处理降低了绿茶味山核桃的氧化速率, 且茶多酚添加量越高效果越好。对于酸价来说, 拟合方程呈对数关系, 且 $\ln(x)$ 的系数均为正数, 且 $CK > T_1 > T_2 > T_0$, 说明酸价与贮藏时间同向变化, 且酸价速率顺序为 $CK > T_1 > T_2 > T_0$ 。

表 6 绿茶味山核桃的过氧化值和酸价随贮藏时间变化的拟合函数关系

Table 6 Fitting function relationship of peroxidation value and acid value of green tea flavored *Carya cathayensis* Sarg. with storage time

化学品质指标(y)	处理组	回归方程	拟合系数 R^2
酸价	CK	$y=0.4509\ln(x)+0.0074$	0.9769
	T_0	$y=0.4184\ln(x)+0.0123$	0.9749
	T_1	$y=0.4200\ln(x)-0.0628$	0.9894
	T_2	$y=0.4190\ln(x)-0.1373$	0.9508
过氧化值	CK	$y=0.0065x^2+0.0618x+0.0948$	0.9950
	T_0	$y=0.0072x^2+0.0408x+0.1225$	0.9941
	T_1	$y=0.0059x^2+0.0465x+0.0582$	0.9908
	T_2	$y=0.0052x^2+0.0442x+0.0227$	0.9934

在实际生产中, 山核桃一般是常温 25°C 或低温 ($\leq 10^\circ\text{C}$) 贮存^[17,19-21], 因此有必要预测这两个温度下的贮存货架期, 结果见表 7。经计算, 未经茶多酚涂膜处理的绿茶

味山核桃(CK 和 T_0) 预测在常温 25°C 和低温 10°C 贮存货架期分别为 248 d 和 7964 d, 而经茶多酚涂膜处理的 T_1 和 T_2 组在 25°C 和 10°C 下货架期均有所延长, 常温下 T_1 延长了 34 d、 T_2 延长了 57 d, 低温下 T_1 延长了 1086 d、 T_2 延长了 1811 d, 说明茶多酚涂膜方法在延长货架期方面是可行的。

表 7 绿茶味山核桃货架期预测
Table 7 Green tea flavored *Carya cathayensis* Sarg. shelf life prediction

温度/ $^\circ\text{C}$	绿茶味山核桃货架期/d			
	CK	T_0	T_1	T_2
60	22	22	25	27
25	248	248	282	305
10	7964	7964	9050	9775

3 结论

本研究以茶叶、山核桃这两种浙江特产增值利用为出发点, 将当前大宗茶产能过剩与山核桃风味较单调问题相结合, 研发浙产绿茶、红茶、白茶、乌龙茶 4 类茶味山核桃。首先优化了加工工艺, 以投茶量、热浸时间和 140~155°C 两段式烘烤时间为因素, 先后通过单因素和正交实验研究其对茶味山核桃感官评分的影响, 经统计分析验证实验得出, 绿茶、红茶、白茶和乌龙茶 4 类茶味山核桃的最佳工艺分别为: ①绿茶投茶量 40 g、热浸时间 1.5 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min; ②红茶投茶量 30 g、热浸时间 1.5 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min; ③白茶投茶量 40 g、热浸时间 1.0 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min; ④乌龙茶投茶量 40 g、热浸时间 1.0 h、两段烘烤时间组合为 22 min+44 min。经验证, 上述加工工艺合理可行, 所提出的茶味山核桃丰富了当前市场上山核桃风味。进一步对比研究茶多酚-海藻酸钠涂膜前后茶味山核桃在贮存过程中感官品质的变化, 发现 60°C、相对湿度 80% 下经 0.05% 和 0.1% 茶多酚涂膜后货架期分别延长了 3 d 和 5 d, 预测 25°C 和 10°C 下经 0.1% 茶多酚涂膜处理的绿茶味山核桃的货架期分为达到 305 d 和 9775 d, 比未经涂膜的山核桃延长了 57 d 和 1811 d, 说明茶多酚-海藻酸钠涂膜方法对于茶味山核桃的保鲜是有效的, 这一结果对于延长茶味山核桃销期和扩大销售半径具有重要意义。

参考文献

- [1] 薛秀红. “五色汉茶”共舞 业兴景美民富[N]. 中国改革报, 2023-03-22(3).
- XUE XX. “Five-color Han Tea” industry and prosperity [N]. China Reform News, 2023-03-22(3).
- [2] 曹冲, 宋浩楠, 谢文宝. 世界茶叶生产、消费与贸易格局及演化分析[J]. 中南农业科技, 2023, 44(7): 138-145.

- CAO C, SONG HN, XIE WB. Analysis of world tea production, consumption and trade pattern and evolution [J]. South-Cent Agric Sci Technol, 2023, 44(7): 138–145.
- [3] 董颖. 中国对 RCEP 国家茶叶出口竞争力及影响因素分析[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2023.
- DONG Y. Analysis of the competitiveness and influencing factors of China's tea exports to RCEP countries [D]. Shenyang: Liaoning University, 2023.
- [4] 梅宇, 张朔. 2022 年中国茶叶生产与内销形势分析[J]. 中国茶叶, 2023, 45(4): 25–30.
- MEI Y, ZHANG S. Analysis of China's tea production and domestic sales in 2022 [J]. China Tea, 2023, 45(4): 25–30.
- [5] 黄逢阳, 谭倩怡, 张娜, 等. 青砖茶的加工工艺、品质及生理作用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(20): 104–111.
- HUANG FY, TAN QY, ZHANG N, *et al.* Research progress on processing, quality, and physiological action of Qingzhuan tea [J]. J Food Saf Qual, 2023, 14(20): 104–111.
- [6] 王淑娟. “三茶”统筹 云南向茶业强省迈进[N]. 中国食品安全报, 2023-10-12(C3).
- WANG SJ. The ‘three teas’ overall planning Yunnan Province is moving forward to a strong tea industry [N]. China Food Saf News, 2023-10-12 (C3).
- [7] 闫帅. 基于健康食品原料视角的新型茶食品加工[J]. 福建茶叶, 2022, 44(7): 26–28.
- YAN S. New tea food processing based on the perspective of healthy food ingredients [J]. Tea Fujian, 2022, 44(7): 26–28.
- [8] 过尘杰. 茶食品开发现状及发展趋势浅析[J]. 食品安全导刊, 2021, (20): 157–158.
- GUO CJ. Brief analysis of the development status and development trend of tea food [J]. Chin Food Saf Magaz, 2021, (20): 157–158.
- [9] 尹军峰, 许勇泉, 张建勇, 等. 茶饮料与茶食品加工研究“十三五”进展及“十四五”发展方向[J]. 中国茶叶, 2021, 43(10): 18–25.
- YIN JF, XU YQ, ZHANG JY, *et al.* Tea beverage and tea food processing progress during the 13th five-year plan period and development direction in the 14th five-year plan period [J]. China Tea, 2021, 43(10): 18–25.
- [10] 夏树. 一片叶子富裕一方百姓[J]. 农村工作通讯, 2023, (7): 3.
- XIA S. A leaf rich side of the people [J]. Newsl Work Rural Areas, 2023, (7): 3.
- [11] 杜德智. 山核桃营养价值与种植经济效益分析[J]. 种子科技, 2019, 37(16): 142, 145.
- DU DZ. Analysis on the nutritional value and economic benefit of hickory [J]. Seed Sci Technol, 2019, 37(16): 142, 145.
- [12] 邓杨勇, 高军龙. 山核桃产业发展现状及对策[J]. 现代农业科技, 2020, (8): 91–92.
- DENG YY, GAO JL. Development situation and countermeasures of hickory industry [J]. Mod Agric Sci Technol, 2020, (8): 91–92.
- [13] 朱尧, 夏雨, 魏佳, 等. 茶味葵瓜子的工艺探究[J]. 食品安全导刊, 2023, (1): 142–145.
- ZHU R, XIA Y, WEI J, *et al.* Study on the technology of matcha Soybean milk [J]. Chin Food Saf Magaz, 2023, (1): 142–145.
- [14] 赵志强, 陈罗君, 饶雨, 等. 基于 HS-SPME-GC-MS 对不同等级双井绿茶香气物质的研究[J/OL]. 食品工业科技: 1–14. [2023-10-18]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023070242>
- ZHAO ZQ, CHEN LJ, RAO Y, *et al.* Study on aroma compounds of different grades of Shuangjing green tea based on HS-SPME-GC-MS [J/OL]. Sci Technol Food Ind: 1–14. [2023-10-18]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023070242>
- [15] 常存, 段楠, 杨雪冰. 山核桃的营养成分测定及保健功能研究[J]. 黑龙江科学, 2019, 10(12): 46–47.
- CHANG C, DUAN N, YANG XB. Study on nutritional composition and health function of *Carya cathayensis* [J]. Heilongjiang Sci, 2019, 10(12): 46–47.
- [16] HE Z, FU M, MAO L. Changes of phenolics, condensed tannins and antioxidant activity of Chinese Hickory (*Carya cathayensis* Sarg.) after different thermal processing [J]. Asian J Chem, 2012, 24(4): 1685–1688.
- [17] 杨建华, 洪松虎, 赵文革, 等. 山核桃贮藏工艺的研究[J]. 食品安全导刊, 2016, (21): 87–89.
- YANG JH, HONG SH, ZHAO WG, *et al.* Study on storage technology of hickory [J]. Chin Food Saf Magaz, 2016, (21): 87–89.
- [18] 张友青, 安啸, 郑婷, 等. 贮藏温度对临安山核桃油脂品质和抗氧化活性的影响[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(9): 1549–1552, 1558.
- ZHANG YQ, AN X, ZHENG T, *et al.* Effect of storage temperature on oil quality and antioxidant activity of hickory from Linan [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2017, 58(9): 1549–1552, 1558.
- [19] ZHANG J, LI M, DING Z, *et al.* Microwave airflow drying of pecans at variable microwave power [J]. J Food Process Eng, 2018, 42(1): e12946.
- [20] 高军龙, 赵文革, 陈岳祥. 新鲜山核桃坚果原料产地即时热风干燥工艺及优化[J]. 农村经济与科技, 2018, 29(12): 128–131.
- GAO JL, ZHAO WG, CHEN YX. Hot air drying process and optimization of raw raw materials of fresh hickory nuts [J]. Rural Econ Sci-Technol, 2018, 29(12): 128–131.
- [21] 邵宇辰. 变温焙烤对山核桃品质、营养及风味的影响[D]. 南昌: 南昌大学, 2021.
- SHAO YC. Effect of variable temperature roasting on the quality, nutrition and flavor of pecan (*Carya cathayensis* Sarg) [D]. Nanchang: Nanchang University, 2021.
- [22] HE Z, YE M, ZHANG Y, *et al.* Effect of seed size and drying temperature on the hot air drying kinetics and quality of Chinese hickory (*Caryacathayensis*) storage [J]. J Food Process Pres, 2021. 45(9): 15488.
- [23] 李丽, 赵鑫, 高彦祥, 等. 山核桃仁最佳烘烤条件的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(2): 243–245, 249.
- LI L, ZHAO X, GAO YX, *et al.* Study on the optimum roasting conditions of *Carya cathayensis* Sarg. [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 33(2): 243–245, 249.
- [24] GULL A, MASOODI FA, MASOODI L, *et al.* Effect of sodium alginate coatings enriched with α -tocopherol on quality of fresh walnut kernels [J]. Food Chem Adv, 2023, 2: 100169.
- [25] 李文君, 刘广勤, 王成章, 等. 复合保鲜剂对薄壳山核桃贮藏品质的影

- 响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(3): 258–264, 271.
- LI WJ, LIU GQ, WANG CZ, *et al.* Effect of compound preservative on the postharvest quality of *Carya illinoensis* during storage [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2021, 42(3): 258–264, 271.
- [26] 门德盈, 陶亮, 林盛, 等. 不同保鲜剂联合真空包装对鲜核桃仁保鲜效果的影响[J]. 热带农业科学, 2023, 11: 95–100.
- MEN DY, TAO L, LIN S, *et al.* Effect of combined vacuum packaging of different preservatives on the freshness of fresh walnut kernels [J]. *Chin J Trop Agric*, 2023, 11: 95–100.
- [27] 石文革, 许党, 李军, 等. 薄壳山核桃果实品质综合评价体系构建[J]. 经济林研究, 2022, 40(3): 96–108.
- SHI WG, XU D, LI J, *et al.* Construction of comprehensive evaluation system for fruit quality of *Carya cathayensis* [J]. *Non-wood For Res*, 2022, 40(3): 96–108.
- [28] PRABHAKAR H. Predictive modeling of pecan quality during commercial storage and distribution [D]. Athens: University of Georgia, 2022.
- [29] 刘雅芳, 滕杰, 刘洋, 等. SBSE-GC-MS 分析不同等级宁红茶的差异香气成分[J]. 食品工业科技, 2023, 44 (11): 254–264.
- LIU YF, TENG J, LIU Y, *et al.* SBSE-GC-MS analysis the differential aroma components of ningblack teas at different quality levels [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2023, 44(11): 254–264.
- [30] 夏涛. 制茶学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
- XIA T. *Science of tea making* [M]. Beijing: China agriculture press, 2014.
- [31] 陈震东. 澳洲坚果应用 ASLT 法预测食品保质期[J]. 食品安全导刊, 2022, (18): 114–116.
- CHEN ZD. Prediction of food shelf life of macadamia nuts by aslt method [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2022, (18): 114–116.
- [32] SHAFIEI G, GHORBANI M, HOSSEINI H, *et al.* Estimation of oxidative indices in the raw and roasted hazelnuts by accelerated shelf-life testing [J]. *J Food Sci Technol*, 2020, 57(7): 2433–2442.
- [33] 吉洋洋, 何爱民, 李娜, 等. 不同储存条件下烤核桃的品质稳定性研究[J]. 食品工程, 2022, (3): 66–68, 77.
- JI YY, HE AIM, LI N, *et al.* Study on the quality stability of roasted walnut under different storage conditions [J]. *Food Eng*, 2022, (3): 66–68, 77.
- [34] LI Q, WANG L, ZHENG MY, *et al.* Microencapsulation with different starch-based polymers for improving oxidative stability of cold-pressed hickory (*Carya cathayensis* Sarg.) oil [J]. *Foods*, 2023, 12(5): 953.
- [35] 邓杨勇, 高军龙, 赵美钰, 等. 山核桃油脂贮藏期品质变化规律及货架期预测[J/OL]. 中国油脂: 1–7. [2022-11-22]. <https://doi.org/10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.220523>
- DENG YY, GAO LJ, ZHAO MY, *et al.* Quality change low and shelf life prediction of hickory oil during storage [J]. *China Oils Fat*: 1–7. [2022-11-22]. <https://doi.org/10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.220523>

(责任编辑: 郑丽 张晓寒)

作者简介



吴碎典, 农艺师, 主要研究方向为茶叶技术推广工作。

E-mail: wsd689539@126.com



张海华, 研究员, 硕士生导师, 主要研究方向为食品加工及品质改良, 茶叶加工 & 精深加工与茶食品技术开发。

E-mail: hzhzhang@zafu.edu.cn