DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20260327002
引用格式: 吴晔, 李霞, 王仕宝, 等. 汉中茶叶面皮的制备工艺优化及其品质评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(17): 151–158.
Wu Ye, Li Xia, Wang Shibao, et al. Optimization of preparation process and quality evaluation of Hanzhong tea Mianpi [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(17): 151–158. (in Chinese with English abstract).

汉中茶叶面皮的制备工艺优化及其品质评价

吴 晔[1], 李 霞[1], 王仕宝[2,3*], 崔艳丽[4], 黄 微[5], 全 军[4], 赵苗苗[1], 李 婷[5]

[1. 汉中职业技术学院农林技术与生物工程学院, 汉中 723000; 2. 汉中职业技术学院药学院, 汉中 723000; 3. 汉中职业技术学院秦巴山区药(食)用植物研究所, 汉中 723000; 4. 汉中职业技术学院通识教育学院, 汉中 723000; 5. 汉中市食品药品监督检验检测中心, 汉中 723000]

摘 要: 目的 优化汉中茶叶面皮制备工艺, 并进行品质评价。**方法** 在单因素试验基础上采用 $L_{16}(4^5)$正交试验, 以感官评价(口感、外观、气味、滋味及质地)为评分指标; 通过色差测定分别考察茶粉、葡萄糖酸锌、叶绿素铜钠加入量及混合浆 pH 对茶叶面皮的亮度和颜色变化, 同时质构仪测定茶叶面皮的硬度、内聚性、弹性、胶黏性和咀嚼性 5 项指标数据, 利用 SPSS PRO 在线数据分析平台, 对正交试验综合评价数据进行统计分析与多重比较, 明确最优工艺组合。**结果** 正交试验得出影响茶叶面皮品质的主次顺序为: 绿茶粉加入量>pH>葡萄糖酸锌加入量>叶绿素铜钠加入量, 综合感官、色差及质构分析, 最优生产工艺为绿茶粉添加 4.0%, 叶绿素铜钠添加 0.015%, 葡萄糖酸锌添加 0.018%, 混合浆 pH 6.4。**结论** 用该最优工艺制得的茶叶面皮色泽翠绿、表面平滑有光泽, 软硬适中, 咬劲和弹性适口, 茶香浓郁爽口, 可为汉中茶叶面皮开发利用提供参考依据。

关键词: 茶叶面皮; 正交试验; 色差; 质地分析; 制备工艺; 品质评价
中图分类号: TS213.3 **文献识别码:** A **文章编号:** 2095–0381(2026)17–0151–08

Optimization of preparation process and quality evaluation of Hanzhong tea Mianpi

WU Ye[1], LI Xia[1], WANG Shi-Bao[2,3*], CUI Yan-Li[4], HUANG Wei[5], QUAN Jun[4], ZHAO Miao-Miao[1], LI Ting[5]

[1. *College of Agriculture and Forestry Technology and Bioengineering*, *Hanzhong Vocational and Technical College*, *Hanzhong* 723000, *China*; 2. *School of Pharmacy*, *Hanzhong Vocational and Technical College*, *Hanzhong* 723000, *China*; 3. *Institute of Pharmaceutical* (*Edible*) *Botanty*, *Qinba Mountains*, *Hanzhong Vocational and Technical College*, *Hanzhong* 723000, *China*; 4. *General Education College*, *Hanzhong Vocational and Technical College*, *Hanzhong* 723000, *China*; 5. *Hanzhong Center for Food and Drug Control*, *Hanzhong* 723000, *China*]

ABSTRACT: Objective To optimize the preparation process of Hanzhong tea Mianpi and conduct quality evaluation. **Methods** Based on single-factor experiments, an $L_{16}(4^5)$ orthogonal array design was adopted, with sensory evaluation (including taste, appearance, odor, flavor and texture) as the scoring index. The effects of tea powder, zinc gluconate, sodium copper chlorophyll addition amount and pH of mixed slurry on the brightness and color variation of

收稿日期: 2026-03-27
基金项目: 2023 年汉中职业技术学院校级科研课题项目(2023YJN08)
第一作者: 吴晔(1972—), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向为茶叶生产及茶叶资源开发利用。E-mail: hzwy72@163.com
***通信作者:** 王仕宝(1982—), 男, 硕士, 教授, 主要研究方向为药用植物资源开发利用。E-mail: wangshibao.2008@163.com

tea Mianpi were investigated using chromatic aberration measurement. Meanwhile, 5 texture parameters—hardness, cohesiveness, springiness, gumminess and chewiness—were determined by a texture analyzer. Using the SPSS PRO online data analysis platform, statistical analysis and multiple comparisons were performed on the comprehensively evaluated data from the orthogonal test to determine the optimal processing combination. **Results** Orthogonal experiments determined the order of importance of factors affecting tea Mianpi quality as follows: green tea powder content>pH>zinc gluconate content>sodium copper chlorophyllin content. Based on a comprehensive analysis of sensory evaluation, chromatic aberration and texture, the optimal production process was 4.0% green tea powder, 0.015% sodium copper chlorophyllin, 0.018% zinc gluconate, and a mixed slurry pH of 6.4. **Conclusion** Tea Mianpi produced using this optimized process feature a vibrant green color, a smooth and glossy surface, and a texture that is neither too soft nor too hard, offering a pleasant chewiness and elasticity. They boast a rich, refreshing aroma, providing a valuable reference for the development and utilization of Hanzhong tea Mianpi.

KEY WORDS: tea Mianpi; orthogonal test; chromatic aberration; texture analysis; preparation process; quality evaluation

0 引 言

汉中盆地气候湿润, 物产丰富, 素有“西北小江南”的美誉, 孕育出品类繁多的地域特色小吃。其中, 汉中面皮位列当地风味小吃四绝之首, 从秦朝传承至今, 已有 2000 多年的历史, 是家喻户晓的传统美食[1]。汉中面皮以本地优质大米为主要原料, 经浸泡、磨浆、蒸制、切条而成, 再配时令蔬菜和特制佐料后食用, 因其柔嫩和劲道恰似皮条而得名[2−3]。其制作技艺于 2010 年列入汉中市第二批市级非物质文化遗产名录[4], 2011 年列入陕西省第三批省级非物质文化遗产名录[5]。汉中面皮不仅是当地居民日常必备的经典早餐, 更是支撑当地经济发展、带动群众增收致富的特色产业和陕南地域饮食文化的重要标志。

传统汉中面皮不经过洗面工序, 直接将米浆蒸成薄片后切条, 保留了米的天然风味[6−7], 但存在成品韧性不足、稳定性差等问题。近年来, 更有众多学者围绕面皮原料改良、加工工艺优化、质构调控等方面开展了大量试验与研究。其中, 张姗[8]研究大米蛋白对面皮品质的影响及其机制, 李雪冬等[9]研究了制备工艺对面皮结构特性的影响, 于佳晔等[10]进行了面皮加工工艺改进、品质变化等方面研究进展的综述, 崔莹莹等[11]研究了茯苓粉对面条特性及品质的影响, 这些研究均为传统面皮的技艺改良提供了理论和技术支撑。

汉中盛产绿茶, 茶叶中的茶多酚、咖啡碱、茶氨酸等活性成分[12−14], 具有抗氧化、提神、降脂等保健功效[15−16]。将绿茶功能性成分融入面皮加工中, 既能利用茶多酚抗氧化抑菌, 延长保质期, 又能提升面皮营养附加值、改善风味, 推动传统小吃提质升级。既有研究中, 有绿茶面条工艺优化[17−18], 关于汉中茶叶面皮加工工艺及品质评价的相关研究仍鲜有报道。参考绿茶面条文献, 本研究将茶叶粉碎成粉末加入到面皮的制作工艺配方中, 改“饮茶”为“食茶”, 为汉中面皮赋予天然绿色和茶叶特有营养功能; 同时添加葡萄糖酸锌、叶绿素铜钠, 调整混合浆 pH, 以稳定产品色泽、锁住活性成分[18]; 并从口感、外观、气味、质地等维度探究汉中“茶叶面皮”(简称为“茶皮”)的综合品质, 期望为汉中“茶叶面皮”的研制和开发利用提供参考。

1 材料和方法

1.1 仪器与设备

304 电蒸笼(广州潮州欧顿节能科技有限公司); JJ-2B 匀浆机(常州金坛良友仪器有限公司); XA-1 粉碎机(常州金坛良友仪器有限公司); DS-700E 分光测色仪(杭州彩普科技有限公司); Brookfield CT3 质构仪(美国 Brookfield 公司); BSA224S 万分之一电子分析天平(德国赛多利斯集团); MDS-PH50 台式酸度仪(深圳迈德施生物科技有限公司); 150 目标准检验筛(上虞华丰五金仪器有限公司); 0-35 比重计(河北省衡水市武强县威尔仪表厂)。

1.2 材料与试剂

水磨米粉(陕西省汉中科润速冻食品有限公司); 汉中炒青绿茶(特级, 陕西鹏翔茶业股份有限公司); 精制红薯淀粉(陕西广兴德农业发展有限公司); 面粉(陕西老牛面粉有限公司); 食盐(陕西省盐业专营有限责任公司)。

葡萄糖酸锌(广州新如荣生物科技有限公司); 叶绿素铜钠(上海兴业生物科技); 小苏打(安琪百钻食用小苏打); 纯净水(汉中美菱云雾山泉科技有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 茶皮制作过程

(1)原料配方

用粉碎机粉碎绿茶, 150 目标准检验筛过筛制备绿茶粉, 以 1000 g 水磨米粉+200 g 面粉+200 g 红薯淀粉为基准, 分别加入食盐 6 g、其他辅料或添加剂为绿茶粉(2.0%、

2.5%、3.0%、3.5%、4.0%、4.5%、5.0%), 叶绿素铜钠(0.000%、0.005%、0.010%、0.015%、0.020%、0.025%和0.030%), 葡萄糖酸锌(0.014%、0.016%、0.018%、0.020%、0.022%、0.024%、0.026%), 最后调节 pH (5.5、5.8、6.1、6.4、6.7、7.0、7.3), 叶绿素铜钠、葡萄糖酸锌加入量符合GB 2760—2024《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》。

(2)加工过程

1000 g 水磨米粉+200 g 红薯淀粉+1400 mL 纯净水, 凉水调浆; 200 g 面粉+6 g 食盐拌匀, 之后用 600 mL 的 40 ℃温水调浆, 无干粉即可; 将两种浆液混合, 分别加入绿茶粉、叶绿素铜钠、葡萄糖酸锌, 匀浆机匀浆、排气, 用 1 mol/L 小苏打($NaHCO_3$)溶液调节浆液 pH。绿茶面皮浆稠度以 16 为佳, 锅蒸 5 min 制得成品。

1.3.2　茶皮工艺优化

(1)单因素试验

空白对照: 面粉、红薯淀粉及米粉加入方法同 1.3.1 条件, 以水磨米粉+红薯淀粉+面粉量为基数, 叶绿素铜钠、葡萄糖酸锌加入量为 0, 调整浆液 pH 为 7.0, 设计茶粉加入量为 2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%、4.5%和 5.0%, 7 个水平预选出适合的茶粉加入量。

茶粉: 面粉、红薯淀粉及米粉加入方法同 1.3.1 条件, 以水磨米粉+红薯淀粉+面粉量为基数, 叶绿酸铜钠加入量为 0.01%、葡萄糖酸锌加入量为 0.02%、调整浆液 pH 为 7.0, 设计茶粉加入量为 2.0%、2.5%、3.0%、3.5%、4.0%、4.5%和 5.0%, 7 个水平进行试验, 以确定茶粉加入量的 4 个水平。

叶绿酸铜钠: 面粉、红薯淀粉及米粉加入方法同 1.3.1 条件, 以水磨米粉+红薯淀粉+面粉量为基数, 茶粉加入量为 4.0%、葡萄糖酸锌加入量为 0.02%、调整浆液 pH 为 7.0, 设计叶绿酸铜钠加入量为 0.000%、0.005%、0.010%、0.015%、0.020%、0.025%和 0.030%, 7 个水平进行试验, 以确定叶绿酸铜钠的 4 个水平。

葡萄糖酸锌: 面粉、红薯淀粉及米粉加入方法同 1.3.1 条件, 以水磨米粉+红薯淀粉+面粉量为基数, 茶粉加入量为 4.0%、叶绿素铜钠加入量为 0.01%, 调整面皮浆液 pH 为 7.0, 设计葡萄糖酸锌加入量为 0.014%、0.016%、0.018%、0.020%、0.022%、0.024%和 0.026%, 7 个水平进行试验, 以确定葡萄糖酸锌的 4 个水平。

混合浆 pH: 面粉、红薯淀粉及米粉加入方法 1.3.1 条件, 以水磨米粉+红薯淀粉+面粉量为基数, 茶粉加入量为 4.0%, 叶绿素铜钠加入量为 0.01%, 葡萄糖酸锌加入量为 0.02%, 设计 pH 为 5.5、5.8、6.1、6.4、6.7、7.0 和 7.3, 以确定 pH 的 4 个水平。

(2)正交试验

根据单因素试验结果, 选取影响茶皮品质的 4 个关键因素, 结合评分分布特征划定评价临界值为 60 分, 以此筛选具备实际应用价值的水平区间, 同时考虑试验组间的均衡性和可比性, 确定每个因素设 4 个水平, 因素与水平设定见表 1, 采用 $L_{16}(4^5)$正交表, 对茶皮工艺进行优化, 分别以感官审评综合评分、色差测定、质构分析为指标, 考察不同因素对茶皮品质的影响。试验因素水平表见表 1。

表 1　试验因素与水平

Table 1　Factors and levels of test

水平	*A*(茶粉加入量)/%	*B*(叶绿酸铜钠加入量)/%	*C*(葡萄糖酸锌加入量)/%	*D* (pH)
1	3.0	0.005	0.018	6.1
2	3.5	0.010	0.020	6.4
3	4.0	0.015	0.022	6.7
4	4.5	0.020	0.024	7.0

1.3.3　感官评价

选择 10 位志愿者, 针对感官评价及打分注意事项进行相关培训。茶皮的感官评价项目包括外观、气味、滋味及质地 4 个方面, 各指标满分为 25 分, 总计 100 分。参考陕西省地方标准 DBS 61/0011—2021《食品安全地方标准 凉皮、凉面》及绿茶审评方法设计感官评价标准和具体要求[19], 见表 2, 并按照表 2 打分进行综合评价。

1.3.4　色差测定

按照色差测定仪操作说明, 参照文献[20–21]的方法, 取 2 g 面皮待测样并将其平铺到测量容器中(不透光), 进行色泽测定。其中 L^*表示亮度, a^*表示红绿值, 正值时偏红, 负值时偏绿, b^*表示黄蓝值, 正值时偏黄, 负值时偏蓝。茶皮的色差值(ΔE^*)计算如公式(1)所示。

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

式中: $\Delta L^* = L^* - L^*_{参}$; $\Delta a^* = a^* - a^*_{参}$; $\Delta b^* = b^* - b^*_{参}$; $L^*_{参}$、$a^*_{参}$和 $b^*_{参}$分别为未加任何辅料的白面皮的亮度值、红绿值和黄蓝值。

1.3.5　质构特性测定

参考文献[22–23]的方法, 每个试验样品选 3 根为一组, 3 层堆叠, 并将其修整成 20 mm×20 mm×6 mm。取面皮 2 g, 装入标准圆柱形样品杯(直径≥30 mm, 高度≥20 mm), 表面整平。使用 TA41 探头, 测试模式选择双循环压缩 TPA, 目标为 75%, 测试速度 0.5 mm/s, 返回速度为 0.5 mm/s, 触发点负载 6 *g*, 等待时间 0 s。食品物性分析仪通常采用质构剖面分析法(texture profile analysis, TPA)按照质构仪操作说明, 采集数据。数据来源根据第一次压缩峰值为硬度, 曲线下面积(第一次与第二次之间)为黏性, 第二次压缩峰值/第一次压缩峰值为弹性, 硬度、弹性和内聚性三者乘积为咀嚼性[24–25]。重复测定 3 次取平均值, 记录以上数据。

1.4　数据处理

重复试验 3 次, 数据整理使用 WPS Office 2025, 数据统计分析采用 SPSS PRO 在线数据分析平台。

表 2 茶皮感官评价表

Table 2 Table of sensory evaluation for tea Mianpi

评价项目	评价等级	评价标准	具体要求	分值/分
外观	一	色泽与光泽最好	色泽嫩绿或翠绿，且分布均匀，光泽度好	20~25
	二	色泽与光泽较好	色泽黄绿或暗绿，分布较均匀，光泽度较好	15~19
	三	色泽与光泽一般	色泽偏黄，且分布均匀，有光泽	10~14
	四	色泽与光泽较差	色泽暗沉，且分布不均匀	0~9
气味	一	茶香浓郁无异味	茶香浓郁、无异味	20~25
	二	有茶香无异味	有茶香、无异味	15~19
	三	有轻微茶香无异味	轻微茶香、无异味	10~14
	四	有轻微茶香有异味	轻微茶香、有异味	5~9
	五	无茶香有异味	无茶香、有异味	0~4
滋味(味道+芳香)	一	茶香爽无涩味	口感好，能够尝出茶味或茶味明显	20~25
	二	有茶香无涩味	口感一般，略能尝出茶味，但不明显	15~19
	三	有轻微茶香有涩味	口感较差，茶味较浓有苦涩味或尝不出茶味	10~14
	四	无茶香涩味浓	口感很差，茶味较浓有苦涩味或尝不出茶味	5~9
质地	一	软硬适中、可口	咀嚼爽口，咬劲和弹性很好，韧性好，不易断	20~25
	二	软硬较好	咀嚼较爽口，咬劲和弹性一般，韧性较好，不易断	15~19
	三	偏软或偏硬	咀嚼较为不爽口，发黏或夹生，咬劲差，弹性不足，韧性较好，较易断	10~14
	四	很软或很硬	咀嚼非常不爽口，发黏或夹生，咬劲差，弹性不足，韧性差，易断	5~9

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 空白对照中茶粉加入量

在不添加叶绿素铜钠和葡萄糖酸锌的条件下，茶粉加入量对茶皮品质产生不同影响，主要体现在色泽和滋味上。由表 3 可知，茶粉不同加入量对茶皮的色泽和气味影响达极显著，气味影响最大(P=0.001)，其次影响色泽变化(P=0.004)。如图 1 可见，当茶粉加入量小于 4.0%时，随着茶粉加入量的增加，茶皮感官评分呈上升趋势，加入量为 4.0%时评分最高，当茶粉加入量大于 4.0%时，随着茶粉加入量的增加感官评分呈下降趋势。分析原因，可能是过多的茶粉使茶皮色泽变暗，茶叶中咖啡碱、多酚类使茶皮苦涩；添加过少，茶叶保健作用甚微，绿茶的鲜爽味不明显[17]。因此，对照组中茶粉的最适宜加入量为 4.0%。

表 3 茶粉加入量影响感官指标的方差分析

Table 3 Analysis of variance on the impact of tea powder addition on sensory indicators

评价项目	平均值	标准差	F	P
色泽	16.871	2.813	3.606	0.004**
气味	14.957	4.515	4.127	0.001**
滋味	15.914	3.627	1.820	0.109
质地	16.829	3.679	0.593	0.735

注: **表示差异极显著(P<0.01)。

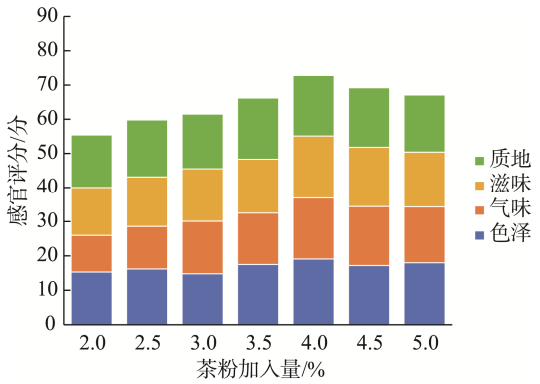


图 1 茶粉加入量对空白对照茶皮评价结果的影响

Fig.1 Effects of tea powder addition amount on evaluation results of blank control tea Mianpi

2.1.2 茶粉加入量

叶绿素是绿茶的主要成色物质，其性质极不稳定，在湿热作用下形成脱镁叶绿素[26–27]，使茶皮色泽呈黄色或黄褐色，影响其感官品质。如图 2 可见，添加了叶绿素铜钠和葡萄糖酸锌的茶皮感官评分明显高于对照，当茶粉加入量小于 4.5%时，随着茶粉加入量的增加，茶皮感官评分呈上升趋势，加入量为 4.5%时评分最高，当茶粉加入量大于 4.5%时茶皮感官评分呈下降趋势。分析原因是叶绿素铜钠和葡萄糖酸锌具有护色作用[17–18]，使茶皮保持了绿色，而过多的茶粉又导致茶皮苦涩味加重。因此，茶粉的最适宜加入量为 4.5%。

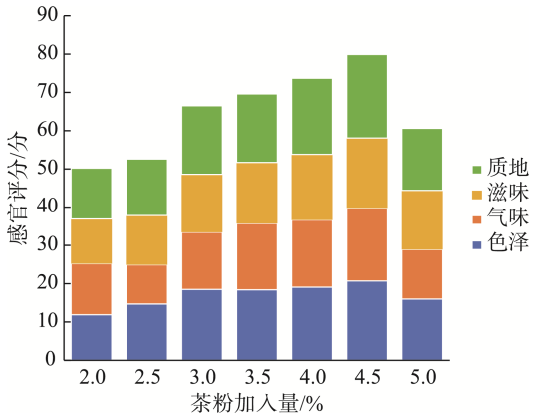


图 2　茶粉加入量对茶皮评价结果的影响

Fig.2　Effects of tea powder addition amount on evaluation results of tea Mianpi

2.1.3　叶绿素铜钠加入量

叶绿素铜钠是一种天然食用色素，兼具护色作用，易溶于水、安全无毒[17]。如图 3 可见，当叶绿素铜钠加入量小于 0.020%时，随着加入量的增加茶皮感官评分呈上升趋势，加入量为 0.020%时评分最高，当加入量大于 0.020%时评分呈下降趋势。其原因可能是叶绿素铜钠对茶皮色泽影响较大，随着加入量的增加，茶皮绿色逐渐加深，0.020%时茶皮的色泽最佳。因此，叶绿素铜钠的最适宜加入量为 0.020%。

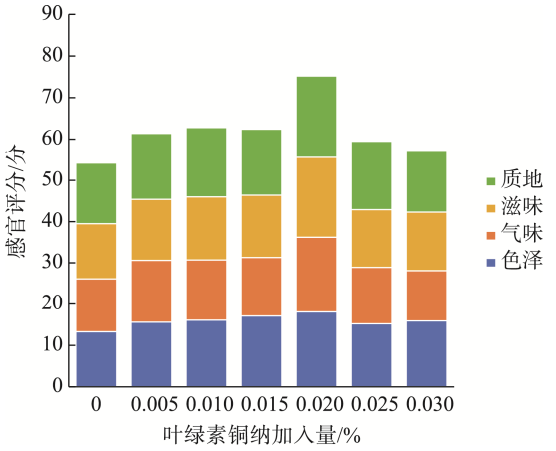


图 3　叶绿酸铜钠加入量对茶皮评价结果的影响

Fig.3　Effects of sodium copper chlorophyllin addition amount on evaluation results of tea Mianpi

2.1.4　葡萄糖酸锌加入量

茶皮加工过程中，添加葡萄糖酸锌可以增加叶绿素的稳定性，更好地保护茶皮的绿色[28]。在茶皮中添加适量葡萄糖酸锌，可以补充人体必须的锌元素。如图 4 可见，当葡萄糖酸锌加入量小于 0.022%时，随着葡萄糖酸锌加入量的增加，茶皮感官评价分呈上升趋势，加入量为 0.022%时评分最高，加入量大于 0.022%后评分下降。因此，葡萄糖酸锌的最适宜加入量为 0.022%。

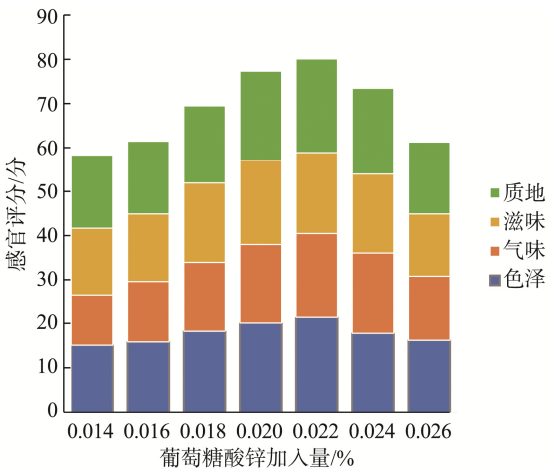


图 4　葡萄糖酸锌加入量对茶皮评价结果的影响

Fig.4　Effects of zinc gluconate addition amount on evaluation results of tea Mianpi

2.1.5　pH

在酸性过强的条件下叶绿素会脱镁而褪色，碱性过强则会加速叶绿素分解，中性条件下能保持相对稳定的色泽[18]。如图 5 可见，当茶皮混合浆 pH<6.4 时，随着 pH 的升高茶皮感官评分呈上升趋势，当 pH 为 6.4 时评分最高，当 pH>6.4 时，随着 pH 的升高茶皮感官评分逐渐降低。该试验测得茶皮基础原浆的 pH 为 5.4，在调节 pH 的过程中随着小苏打加入量的增加，小苏打的碱性涩味逐渐明显，影响茶皮的感官品质。因此综合考虑各种因素，确定茶皮混合浆的适宜 pH 为 6.4。

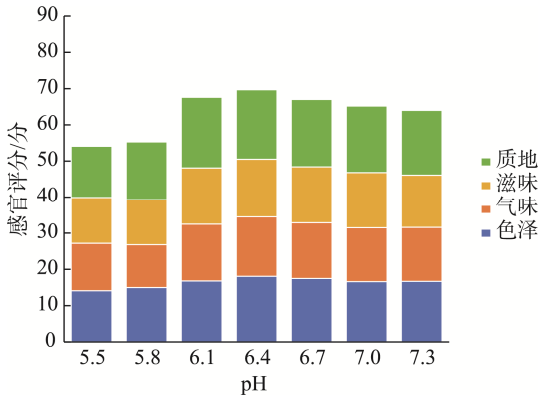


图 5　pH 对茶皮评价结果的影响

Fig.5　Effects of pH on evaluation results of tea Mianpi

2.2　正交试验结果分析

2.2.1　感官分析结果

对感官审评结果进行极差分析，比较 4 个因素的极差 R。表 4 结果表明，影响茶皮品质因素的大小顺序为茶粉加入量>pH>葡萄糖酸锌加入量>叶绿素铜钠加入量。从各因素 4 个水平的均值可以看出，$A_3B_3C_3D_2$ 为最佳组合。

方差分析显示, 16 个处理间存在极显著差异。为进一步分析不同工艺对茶皮品质的影响, 将正交试验感官审评结果进行多重比较, 结果见表 4。结果显示: 处理 11 与处理 8、13、14、12 之间无显著性差异, 与处理 7 之间存在显著性差异, 与其他各处理存在极显著性差异; 从标准差来看, 处理 11(标准差 4.14)数据一致性最好, 其次是处理 7(标准差 5.98), 处理 5(标准差 15.26)数据一致性最差。因此通过多重比较, 再从工艺的重复性与稳定性角度考虑, 感官评价茶皮的最优工艺为 $A_3B_3C_1D_2$, 即绿茶粉添加 4.0%, 叶绿素铜钠添加 0.015%, 葡萄糖酸锌添加 0.018%, 混合浆 pH 6.4。

2.2.2 色差测定

由表 5 可知, 正交试验的 16 种组合中, 其 ΔL^*、Δa^*、Δb^*及 ΔE^*的范围分别为–49.73~–37.14、–2.11~2.72、13.21~25.11 和 42.93~51.53。处理 4 和处理 5 亮度相当, 明显比其他处理暗; 处理 2 和处理 8 亮度显著区别于其他处理, 但着色较浅; 处理 11、13、15、16 亮度适中, 且绿色着色效果较优; 处理 7、8、9 均偏黄, 三者之间差异不明显; 处理 4 和处理 15 偏蓝, 二者颜色相近; 处理 2 色差值最低, 和其他处理差异显著(P<0.05)。

2.3 质构分析

对质构进行方差分析和多重比较, 结果见表 6。结果表明, 添加不同比例的茶粉、葡萄糖酸锌、叶绿素铜钠和不同 pH, 对茶皮的硬度、内聚性、弹性、胶黏性和咀嚼性有一定的差异。对正交试验中 16 组处理的 5 个参数进行分析, 处理 1 的硬度最大, 与处理 4、8~11、13~15 之间表现差异显著(P<0.05), 其中处理 10 硬度最小, 处理 11、14 居中。针对内聚性分析可知, 处理 6 内聚性较好, 与处理 1、

表 4 正交试验感官评价结果和极差

Table 4 Sensory evaluation results and range from the orthogonal experiment

处理号	*A*	*B*	*C*	*D*	标准差	总分
1	1	1	1	1	9.45	71.30^{bc}
2	1	2	2	2	10.55	69.70^{bc}
3	1	3	3	3	8.93	66.20^{c}
4	1	4	4	4	13.59	67.20^{c}
5	2	1	2	3	15.26	68.90^{c}
6	2	2	1	4	13.37	66.30^{c}
7	2	3	4	1	5.98	78.20^{b}
8	2	4	3	2	6.87	84.60^{ab}
9	3	1	3	4	13.84	76.60^{bc}
10	3	2	4	3	13.62	72.60^{bc}
11	3	3	1	2	4.14	89.00^{a}
12	3	4	2	1	8.80	80.10^{ab}
13	4	1	4	2	8.41	83.00^{ab}
14	4	2	3	1	7.82	81.40^{ab}
15	4	3	2	4	6.57	74.90^{bc}
16	4	4	1	3	6.09	76.20^{bc}
K_1	274.40	299.80	299.10	311.00		
K_2	298.00	290.00	293.60	326.30		
K_3	318.30	308.30	308.80	283.90		
K_4	315.50	308.10	285.00	285.00		
k_1	68.60	74.95	74.78	77.75		
k_2	74.50	72.50	73.40	81.58		
k_3	79.58	77.08	77.20	70.98		
k_4	78.88	77.025	71.25	71.25		
R	10.98	4.58	5.95	10.60		

注: 同列肩标不同小写字母表示差异显著(P<0.05), 下同。

表 5 正交试验组合中茶皮色差测定结果

Table 5 Measurement results of chromatic aberration of tea Mianpi in orthogonal experimental combination

正交试验组合	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
1	–42.64±0.48^{cd}	–0.29±0.17^{cd}	19.21±0.66^{bcd}	46.77±0.40^{ef}
2	–38.16±1.61^{a}	–0.41±0.36^{cde}	19.65±0.62^{bcd}	42.93±1.69^{h}
3	–47.45±1.30^{h}	1.44±0.60^{b}	16.25±0.85^{f}	50.19±0.94^{ab}
4	–49.73±0.72^{i}	2.72±0.65^{a}	13.21±0.89^{g}	51.53±0.54^{a}
5	–48.22±0.42^{hi}	1.44±0.98^{b}	16.18±0.19^{f}	50.89±0.39^{ab}
6	–45.33±1.38^{fg}	0.22±0.54^{c}	16.56±1.48^{ef}	48.28±1.52^{cde}
7	–40.48±1.16^{b}	–0.31±0.71^{cd}	24.79±1.07^{a}	47.49±0.68^{ef}
8	–37.14±0.69^{a}	–1.32±0.34^{def}	25.11±1.27^{a}	44.87±0.62^{g}
9	–43.13±0.93^{cde}	0.21±0.45^{c}	24.62±0.35^{a}	49.67±0.64^{bcd}
10	–44.81±0.07^{ef}	–0.76±0.97^{cde}	20.93±0.87^{bc}	49.47±0.42^{bcd}
11	–41.53±0.36^{bc}	–1.94±0.45^{f}	21.24±1.42^{b}	46.71±0.35^{ef}
12	–44.32±0.91^{def}	–1.45±0.09^{ef}	18.45±2.66^{de}	48.08±0.30^{def}
13	–42.28±1.94^{bcd}	–2.00±0.73^{f}	18.99±1.20^{cd}	46.42±1.45^{fg}
14	–42.70±1.28^{cd}	–1.46±0.12^{ef}	19.09±1.20^{bcd}	46.81±0.69^{ef}
15	–47.89±1.66^{hi}	–2.11±0.62^{f}	14.00±1.53^{g}	49.97±1.24^{abc}
16	–47.01±1.39^{gh}	–1.88±0.36^{f}	16.27±0.40^{f}	49.79±1.20^{bcd}

3、5、7 之间表现差异显著(P<0.05), 内聚性偏小的处理 1、3、7 与处理 4、8、10 之间表现显著差异(P<0.05)。处理 1 的弹性最大, 除与 2、15 之间差异不显著外, 与其他 13 个处理均呈现显著性差异(P<0.05), 弹性偏小的处理 3、8、16 与 2 呈现显著性差异(P<0.05), 其他处理之间均无显著性差异(P>0.05)。各处理的胶黏性在 57.67~130.67 N 变化, 处理 2 的胶黏性最大, 处理 16 的胶黏性最小, 胶黏性较大的处理 1、2、3 与胶黏性较小的处理 15、16 之间存在差异显著性(P<0.05), 其他处理之间胶黏性无显著差异。各处理的咀嚼性在 2.77~10.50 mJ 变化, 处理 1 的咀嚼性最大, 处理 7 的咀嚼性最小, 处理 1、2 的咀嚼性与其他样品之间存在显著差异, 其他处理之间差异不显著。

综合如上 5 项指标分析, 处理 11 和 14 的硬度、内聚性、弹性、胶黏性和咀嚼性均处于居中水平, 既不会过硬也不会软烂, 综合表现最优, 从质构角度优选茶皮加工工艺组合为 $A_3B_3C_1D_2$ 和 $A_4B_2C_3D_1$。

综合感官、色差及质构分析, 最优生产工艺为绿茶粉添加 4.0%, 叶绿素铜钠添加 0.015%, 葡萄糖酸锌添加 0.018%, 混合浆 pH 6.4。

表 6　正交试验组合中茶皮质构测定结果

Table 6　Determination results of texture of tea Mianpi in orthogonal experimental combination

正交试验组合	硬度/N	内聚性/(g・s)	弹性/mm	胶黏性/N	咀嚼性/mJ
1	147.33±0.58^{a}	0.52±0.43^{c}	7.68±1.81^{a}	122.00±8.54^{a}	10.50±1.41^{a}
2	132.33±13.65^{ab}	1.00±0.19^{abc}	7.00±0.62^{ab}	130.67±13.20^{a}	8.97+1.36^{a}
3	121.67±22.28^{abc}	0.56±0.39^{c}	4.42±2.45^{c}	119.67±10.41^{ab}	4.60±2.34^{b}
4	82.00±14.11^{cd}	1.14±0.38^{ab}	5.05±0.47^{bc}	94.33±9.87^{abc}	4.67±0.29 ^{b}
5	113.67±10.02^{abc}	0.80±0.30^{bc}	4.90±0.87^{bc}	114.00±22.07^{abc}	4.40±2.65^{b}
6	89.00±23.58^{bcd}	1.36±0.21^{a}	5.07±2.39^{bc}	88.33±58.82^{abc}	5.20±0.72^{b}
7	122.33±2.08^{abc}	0.51±0.10^{c}	4.58±1.04^{bc}	63.00±13.75^{bc}	2.77±0.57^{b}
8	86.00±18.25^{cd}	1.12±0.10^{ab}	3.51±1.26^{c}	98.67±26.50^{abc}	3.80±1.08^{b}
9	97.67±15.82^{bcd}	0.85±0.14^{abc}	4.59±0.58^{bc}	84.33±27.39^{abc}	3.83±1.63^{b}
10	57.00±14.73^{d}	1.22±0.32^{ab}	5.20±0.32^{bc}	72.67±37.45^{abc}	3.73±2.10^{b}
11	95.00±19.08^{bcd}	1.02±0.20^{abc}	5.08±1.08^{bc}	97.67±30.99^{abc}	4.83±1.42^{b}
12	111.33±27.23^{abc}	1.01±0.30^{abc}	5.13±0.27^{bc}	111.00±33.15^{abc}	5.63±1.89^{b}
13	88.67±60.34^{bcd}	0.89±0.14^{abc}	4.84±0.54^{bc}	75.00±45.04^{abc}	3.50±1.92^{b}
14	95.33±24.54^{bcd}	0.86±0.44^{abc}	4.57±1.13^{bc}	76.67±31.97^{abc}	3.70±2.17^{b}
15	61.00±18.52^{d}	0.99±0.22^{abc}	6.01±1.29^{abc}	59.67±18.23^{c}	3.00±1.11^{b}
16	105.67±12.67^{abc}	0.85±0.15^{abc}	3.86±1.86^{c}	57.67±37.98^{c}	3.30±1.10^{b}

3　讨论与结论

本研究以单因素试验的感官分析为基础进行正交试验, 并对正交试验组合的样品进行感官评价、色差测定和质构分析, 得到 16 组处理的感官评分、色差值(ΔL^*、Δa^*、Δb^*和 ΔE^*)和质地指标参数(硬度、内聚性、弹性、胶黏性和咀嚼性), 通过多重比较和差异分析获得其感官、色差及质地特性, 最后结合色差参数、质地参数和消费者对汉中面皮口感的需求对茶皮品质进行综合评价。研究结果表明, 茶粉的加入量对茶皮色泽影响较大, 而不同因素主要影响茶皮的硬度、内聚性、弹性, 对黏性和咀嚼性影响不明显, 且硬度过高会影响茶皮口感, 因此硬度适中的处理 11、14 质地较佳。综合以上分析结果, 在正交试验 16 种工艺组合中, 处理 11 ($A_3B_3C_1D_2$)综合评价结果相对最佳, 因而确定茶皮的最优生产工艺为绿茶粉加入量 4.0%, 叶绿素铜钠加入量 0.015%, 葡萄糖酸锌加入量 0.018%, 混合浆 pH 6.4, 此时茶皮的感官分值为 89.00±4.14。按上述优化方案加工出的茶皮色泽翠绿、表面平滑有光泽, 软硬适中, 咬劲和弹性适口, 茶香浓郁爽口。

近年来, 关于板栗面皮[29]、黑豆面皮[30]等文献较多, 但加工方式以擀面皮和蒸面皮为主。面皮的原料由大米改为水磨米粉, 省去了大米浸泡和磨浆工序, 提高了生产效率[31]。本研究以水磨米粉为主要原料, 多指标优选茶皮的制备工艺, 为开发茶皮提供了可行的技术方案, 不仅丰富了汉中面皮的品类, 也为其注入了独特的营养与保健价值, 同时为汉中茶叶资源的多元化利用探索了新的路径。但汉中绿茶等级较多, 不同等级茶叶品质及内含成分差异较大, 本研究仅以特级炒青为原料, 未涉及不同等级绿茶对茶皮品质的影响, 这将是后续进一步研究的重点, 以期为低成本的夏秋茶开发利用提供理论依据。

参考文献

[1] 汉中市地方志办公室. 汉中地区志(第 4 册)[M]. 西安: 三秦出版社, 2005: 1921.

Hanzhong Local Chronicles Office. Hanzhong regional chronicles (vol.4) [M]. Xi'an: Sanqin Publishing House, 2005: 1921.

[2] 卢军, 黄文, 李崇勇, 等. QuEChERS 净化结合超高效液相色谱-串联质谱法快速检测汉中面皮中米酵菌酸含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(11): 228–233.
Lu Jun, Huang Wen, Li Chongyong, et al. Determination of bongkrekic acid content in Hanzhong Mianpi by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry combined with QuEChERS purification [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(11): 228–233.

[3] 李扬, 周航. 汉中面皮等来了自己的"专属稻"[N]. 汉中日报, 2025-09-24 (002).
Li Yang, Zhou Hang. Hanzhong Mianpi finally get their own "exclusive rice" [N]. Hanzhong Daily, 2025-09-24 (002).

[4] 汉中市人民政府. 关于公布汉中市第二批非物质文化遗产名录的通知[EB/OL]. (2010-12-16) [2026-03-27]. https: //www. hanzhong. gov. cn/hzszf/zwgk/zfwj/szfwj/hzfwj/201410/t20141018_20978. shtml.
Hanzhong Municipal People's Government notice on the publication of the second batch of intangible cultural heritage list in Hanzhong City [EB/OL]. (2010-12-16) [2026-03-27]. https: //www. hanzhong. gov. cn/hzszf/zwgk/zfwj/szfwj/hzfwj/201410/t20141018_20978. shtml.

[5] 陕西省人民政府. 关于公布第三批非物质文化遗产名录的通知[EB/OL]. (2011-06-03). [2026-03-27]. https: //www. shaanxi. gov. cn/zfxxgk/fdzgknr/zcwj/nszfwj/szf/202208/t20220808_2237774_wap. html.
Shaanxi Provincial People's Government Notice on the publication of the third batch of intangible cultural heritage list [EB/OL]. (2011-06-03) [2026-03-27]. https: //www. shaanxi. gov. cn/zfxxgk/fdzgknr/zcwj/nszfwj/szf/202208/t20220808_2237774_wap. html.

[6] 周茜茜, 李心瑶, 孙浩仑, 等. 面皮品质与加工现状研究进展[J]. 现代食品, 2025(21): 57–60, 81.
Zhou Qianqian, Li Xinyao, Sun Haolun, et al. Research progress on the quality and processing status of dough [J]. Modern food, 2025(21): 57–60, 81.

[7] 张雷. 传统蒸面皮工艺条件优化及品质变化研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016: 11.
Zhang Lei. Traditional Zhengmianpi process conditions optimization and the quality change [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2016: 11.

[8] 张姗. 大米蛋白对米皮品质的影响及其机制[D]. 重庆: 西南大学, 2023: 9.
Zhang Shan. Effect of rice protein on the quality of Mipi and its mechanism [D]. Chongqing: Southwest University, 2023: 9.

[9] 李雪冬, 刘翀, 王家胜, 等. 制备工艺对面皮结构特性的影响[J]. 粮食与油脂, 2025, 38(7): 22–28.
Li Xuedong, Liu Chong, Wang Jiasheng, et al. Effect of preparation process on structural characteristics of batter-based sheet [J]. Cereals & Oils, 2025, 38(7): 22–28.

[10] 于佳晔, 赵林伟, 李洋阳, 等. 面皮加工与品质研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(24): 192–199.
Yu Jiaye, Zhao Linwei, Li Yangyang, et al. Research progress of processing and quality of Mianpi [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2023, 14(24): 192–199.

[11] 崔莹莹, 丁嘉颖, 黄龙. 茯苓粉对面条特性及品质的影响[J]. 食品工业科技, 2026, 47(8): 162–171.
Cui Yingying, Ding Jiaying, Huang Long. Effect of *Wolfiporia cocos* powder on the characteristics and quality of noodles [J]. Science and Technology of Food Industry, 2026, 47(8): 162–171.

[12] Luo Qiaoxian, Luo Longbiao, Zhao Jinmin, et al. Biological potential and mechanisms of tea's bioactive compounds: an updated review [J]. Journal of Advanced Research, 2024, 65: 345–363.

[13] Koina I M, Sarigiannis Y, Hapeshi E. Green extraction tech-niques for the determination of active ingredients in tea: currentstate, challenges, and future perspectives [J]. Separations, 2023, 10(2): 121.

[14] Zhao Tiantian, Li Chao, Wang Shuai, et al. Green tea (*Camellia sinensis*): a review of its phytochemistry, pharmacology, and toxicology [J]. Molecules, 2022, 27(12): 3909.

[15] 陈宗懋, 甄永苏. 茶叶的保健功能[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 2.
Chen Zongmao, Zhen Yongsu. The health care function of tea [M]. Beijing: Science Press, 2014: 2.

[16] Dietz C, Dekker M, Piqueras-Fiszman B. An intervention study on the effect of matcha tea in drink and snack bar formats, on mood and cognitive performance [J]. Food Research International, 2017, 99(1): 72–83.

[17] 陈灿, 张正竹, 宛晓春. 绿茶面条加工工艺优化及护色技术研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(17): 184–189.
Chen Can, Zhang Zhengzhu, Wan Xiaochun. Optimization of the manufacture processing and preserving coloration for green tea noodle [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(17): 184–189.

[18] 于鲲. 绿茶面条色泽及其中多酚的稳定化研究[D]. 无锡: 江南大学, 2020: 3.
Yu Kun. Study on color and polyphenol stabilization of green tea noodles [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2020: 3.

[19] 黄建安, 施兆鹏. 茶叶审评与检验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2022: 126–142.
Hung Jianan, Shi Zhaopeng. Tea evaluation and inspection [M]. Beijing: China Agricultural Publishing House, 2022: 126–142.

[20] Liu Lina, Lu Hongjia, Zhang Wenlin. Influence of addition and proportion of blueberry wine residue on dough characteris tics [J]. CyTA-Journal of Food, 2023, 21(1): 404−409.

[21] 张莹璐. 杜仲叶粉对面团特性及面条品质的影响研究[D]. 成都: 成都大学, 2025: 26.
Zhang Yinglu. Study on the effects of *Eucommia ulmoides* leaf powder on dough properties and noodle quality [D]. Chengdu: Chengdu University, 2025: 26.

[22] Wan Miao, Bai Yipeng, Guo Xiaona, et al. Insights into the enhancement mechanism of immersion resistance of cooked noodles induced by wheat flour post-ripening: the view from protein cross-linking [J]. Food Chemistry, 2024, 445: 138775.

[23] Yan Huili, Lu Qiyu, Gui Jun. Characteristics of A/B-type starch-wheat germ oil complexes and their effects on noodle texture [J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 144: 111251.

[24] 张波, 高婧, 王楠楠, 等. 基于质构仪技术的香菇品质综合研究与评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(14): 213–221.
Zhang Bo, Gao Jing, Wang Nannan, et al. Research and comprehensive evaluation on the quality of *Lentinula edodes* based on the texture analyzer method [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(14): 213–221.

[25] Niu Meng, Hou G G, Kindelspire J, et al. Microstructural, textural, and sensory properties of whole-wheat noodle modified by enzymes and emulsifiers [J]. Food Chemistry, 2017, 223: 16–24.

[26] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2022: 25.
Wan Xiaochun. Tea biochemistry [M]. Beijing: China Agricultural Publishing House, 2022: 25.

[27] Sigurdson G T, Tang P, Giusti M M. Natural colorants: food colorants from natural sources [J]. Annual Review of Food Science and Technology, 2017, 8: 261–280.

[28] Luangsakul N, Mutchadej P, Ngo Van Tai. A review of enhancing noodle quality: fortification with micronutrients and substitution with nutrient-dense alternative [J]. Future Foods, 2026, 13: 101011.

[29] 彭毅秦, 肖猛, 何江红, 等. 板栗粉面皮工艺及品质研究[J]. 食品与发酵科技, 2019, 55(1): 53–58.
Peng Yiqin, Xiao Meng, He Jianghong, et al. Investigation on that process and quality of chestnut flour [J]. Food and Fermentation Science & Technology, 2019, 55(1): 53–58.

[30] 李棒棒, 闵照永, 孙学思, 等. 黑豆面皮的研发[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2018, 46(4): 21–27.
Li Bangbang, Min Zhaoyong, Sun Xuesi, et al. Research and development of black bean bread [J]. Journal of Henan Institute of Science and Technology (Natural Science Edition), 2018, 46(4): 21–27.

[31] 蒋小平, 王一策, 丁龙. 汉中面皮水磨米粉的加工技术优化研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(7): 2621–2626.
JIang Xiaoping, Wang Yice, Ding Long. Optimization of processing technology of Hanzhong rice flourgrinding with water [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2017, 8(7): 2621–2626.

(责任编辑: 安香玉 曹岱琳)