

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.03.013

夏嘉龙, 季慧, 尹燕博, 等. 桑叶超微粉对小麦面团粉质特性及馒头品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(3): 113-118.

XIA J L, JI H, YIN Y B, et al. Effect of superfine mulberry leaf powder on farinographical properties of dough and quality of steamed bread[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(3): 113-118.

# 桑叶超微粉对小麦面团粉质特性及馒头品质的影响

夏嘉龙, 季 慧, 尹燕博, 方舒婷, 刘玉娟, 黄 岩, 刘云国, 汤晓娟✉

(临沂大学 生命科学学院, 山东 临沂 276000)

**摘 要:** 用桑叶超微粉替代部分小麦粉(5%、10%、15%、20%、25%)制作馒头,研究了桑叶超微粉对小麦面团粉质特性和馒头品质的影响。结果表明:桑叶超微粉可提高面团吸水率,面团稳定性呈现先增加后降低的趋势;当取代比例超过15%时,面团的稳定时间显著降低、弱化度显著增加。馒头品质研究结果表明,随着桑叶超微粉添加量的增加,馒头的比容逐渐下降,高径比呈现先增加后降低的趋势,馒头硬度和黏着性增加。当桑叶超微粉添加量为15%时,桑叶馒头的颜色为青绿色,感官评价较高。老化实验结果表明,桑叶超微粉降低了馒头硬化速率,可有效延缓贮藏期间馒头的老化。综上,15%的桑叶超微粉馒头具有较高的感官整体接受性,品质最佳。

**关键词:** 桑叶超微粉;馒头;粉质特性;馒头品质;老化特性

**中图分类号:** TS211.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2022)03-0113-06

## Effect of Superfine Mulberry Leaf Powder on Farinographical Properties of Dough and Quality of Steamed Bread

XIA Jia-long, JI Hui, YIN Yan-bo, FANG Shu-ting, LIU Yu-juan,

HUANG Yan, LIU Yun-guo, TANG Xiao-juan✉

(College of Life Science, Linyi University, Linyi, Shandong 276000, China)

**Abstract:** We replaced wheat flour by superfine mulberry leaf powder at 5%, 10%, 15%, 20% and 25% to make dough and steamed bread. The effect of superfine mulberry leaf powder on farinographical properties of dough and quality of steamed bread were studied. The results showed that partial substitution of wheat flour with superfine mulberry leaf powder could improve the water absorption of dough. The dough stability showed the transformation rule of first increasing and then decreasing with the mass increasing of mulberry leaf powder. When the substitution rate exceeds 15%, the dough stability time significantly reduced and the degree of softening significantly increased. Steamed bread quality research results showed that with the increase of mulberry leaf powder level, bread specific volume declined, the height-diameter ratio firstly increased and then decreased, and the bread hardness and adhesion increased. With the addition of 15% of

收稿日期: 2021-11-23

基金项目: 山东省重点研发计划(2019YYSP026)

Supported by: Key Research and Development Project of Shandong Province (No. 2019YYSP026)

作者简介: 夏嘉龙, 男, 2001年出生, 在读本科生, 研究方向为谷物科学。E-mail: 1798360912@qq.com.

通讯作者: 汤晓娟, 女, 1988年出生, 博士, 讲师, 研究方向为谷物科学。E-mail: tangxiaojuan@lyu.edu.cn.

superfine mulberry leaf powder, mulberry leaf steamed bread showed a green color and had a higher overall sensory quality. Staling results showed that the mulberry leaf powder reduced hardening rate of steamed bread and could effectively delay the staling rate of steamed bread during storage. The above experiment showed that steamed bread with 15% superfine mulberry leaf powder had a higher overall sensory acceptance with the best quality.

**Key words:** superfine mulberry leaf powder; steamed bread; farinographical properties; steamed bread quality; staling

中国是世界上最大的桑树种植国, 桑叶是桑树的主要产物。桑叶中含有多种对人体有益的活性成分, 如桑叶多糖、维生素、纤维素、矿物质、黄酮类和生物碱等, 具有消炎、抗病毒、降低血脂、降低胆固醇、降低血糖、延缓衰老、抑制肿瘤和增强人体免疫等功能作用。此外, 桑叶中含有优良的蛋白质, 具有较高的营养价值<sup>[1]</sup>。

桑叶是我国传统的药食两用植物, 在 2002 年卫生部卫法监发[2002]51 号文件中, 桑叶被列入《既是食品又是药品的物品名单》。我国桑叶资源丰富, 对桑叶食品的开发利用具有很大的优势, 目前桑叶多应用于发酵, 桑叶茶, 桑叶饮料等<sup>[2-3]</sup>。但是, 当前桑叶在面制品中的应用并不广泛, 主要原因是桑叶中粗纤维含量高会让面制品适口性变差, 另外桑叶中的蛋白质利用率低也极大地限制了桑叶在面制品中的应用<sup>[4]</sup>。超微粉碎技术是一种通过研磨、冲击和剪切作用, 将原料加工成微米甚至纳米级微粒的新型食品加工技术。研究表明, 经过超微粉碎加工后的桑叶粉具有更好的溶解性、分散性、吸附性和化学活性等<sup>[5]</sup>。

本实验用桑叶超微粉替代馒头配方中的部分小麦粉(5%、10%、15%、20%、25%), 旨在探究其对小麦面团粉质特性和馒头的比容、高径比、全质构、色泽、感官和老化等品质的影响, 以期开发具有保健功能特性的、质构和口感良好的桑叶馒头提供基础理论信息与实际指导价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

新鲜桑叶: 校内桑蚕试验田; 麦芯通用小麦粉(10.6%蛋白质、13.7%水分、0.37%灰分): 中粮福临门股份有限公司; 高活性干酵母: 安琪酵母股份有限公司。

### 1.2 仪器与设备

B-15 型和面机、FX-13 型雾化醒发箱、自动压面机 MT300G: 广东恒联食品机械有限公司; SQW-6DI 型低温超微粉碎机: 山东三清不锈钢设备有限公司; JFZD300 型粉质仪: 菏泽衡通实验仪器有限公司; 通用色差计 NR10QC: 深圳市三恩驰科技有限公司; 质构仪 TA GEL: 上海保圣实业发展有限公司; 电子天平、蒸锅、电磁炉等蒸制工具: 超市。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 桑叶超微粉制备及原料基本成分分析

新鲜桑叶 60 °C 低温烘干后用低温超微粉碎机粉碎 10 min, 粉碎腔的温度设置为 5~10 °C, 粉碎后过筛形成 200 目桑叶超微粉(20.6%蛋白质、8.7%水分、7.5%灰分)。桑叶粉和小麦粉的水分、灰分和蛋白质含量的测定分别参考 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》、GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》和 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》。

#### 1.3.2 桑叶超微粉对小麦面团粉质特性的影响

将桑叶超微粉分别以 0%、5%、10%、15%、20%、25% 的比例替代小麦面粉(小麦粉按 100% 计), 将其混合均匀后进行混合粉的粉质特性测试。测试方法参照 GB/T 14614—2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 粉质仪法》进行, 测得混合粉的吸水量、面团形成时间、稳定时间和弱化度。

#### 1.3.3 桑叶馒头的制作

馒头的制作工艺参考 TANG<sup>[6]</sup>的方法并稍作修改。制作步骤为: 称取 500 g 小麦粉或桑叶超微粉-小麦混合粉(混合比例同 1.3.2)、2.5 g 酵母粉和适量的水(加水量按混合粉粉质仪吸水率 80%

添加), 干料低速搅拌 2 min 至均匀, 加水后低速搅拌成团, 再高速搅拌至面团光滑。将搅拌后的面团静置松弛 5 min 后压面 10 次 (6 mm), 将面团分割成 70 g/个, 揉搓成型后放置于蒸屉中, 在 38 °C, 85% 相对湿度下醒发 30 min, 将醒发后的面团蒸制 20 min, 室温下冷却 1 h 后进行后续测试。

### 1.3.4 馒头比容和高径比的测定

利用菜籽替代法对馒头的体积进行测定。通过体积/质量计算得到馒头的比容。利用游标卡尺精确测量馒头的高度和底部直径, 通过高度/直径计算得到馒头的高径比。

### 1.3.5 馒头质构分析

取冷却 1 h 后的馒头, 切片机切成 10 mm/片厚度, 取中间两片用质构仪测试馒头片的全质构。测试方法为: 测试探头为 P/36R 型; 测试操作模式为: 压力测定; 操作类型: TPA; 压缩率: 50.0%; 两次压缩之间的时间间隔: 5.0 s; 测试速率: 1.0 mm/s; 测试前速率: 1.0 mm/s; 测试后速率: 1.0 mm/s; 触发类型设置为: Auto; 起点感应力: 5 g; 数据采集速率: 100 Hz。从 TPA 实验曲线上可得到 6 个参数值: 硬度、咀嚼性、内聚性、回复性以及弹性。

### 1.3.6 馒头色泽测定

用色差计测定桑叶馒头芯的色度, 由  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  表示, 其中  $L^*$  表示亮度;  $a^*$  值表示红绿度;  $b^*$  值表示黄蓝度。

### 1.3.7 馒头感官品质分析

采用 9 分嗜好法对馒头进行感官评定, 包括风味、颜色、外观、硬度、组织结构、整体接受度。评定小组共有 24 个人组成 (男女各半, 年龄从 20~60 岁)。1~9 分代表对桑叶馒头的喜好程度, 9 分最高, 喜好程度最强。

### 1.3.8 馒头老化特性分析

将密封好的馒头放置 4 °C 的冰箱中进行储存, 进行加速老化实验, 采用质构仪分别测定放置 0、1 和 3 d 馒头的硬度, 测试方法同 1.3.5, 分别记录为  $H_0$ 、 $H_1$  和  $H_3$ , 通过 ( $H_i$  ( $i$  为储藏天数) -  $H_0$ ) / 储藏天数, 计算馒头硬化速率  $K$ 。

## 1.4 数据分析

实验数据采用平均值±标准差表示, 所有实验组至少重复三次。采用 Origin 8.1 软件进行数据

统计及图表绘制。采用 SPSS 22.0 软件, 通过单因素方差分析 (one-way ANOVA) 中的 Duncan post hoc test 进行数据显著性分析。当  $P < 0.05$  表示在统计学上具有显著性差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 桑叶超微粉对小麦粉面团粉质特性的影响

粉质特性可表征小麦粉和面过程中吸水能力及面团的流变学特性。表 1 是不同添加量的桑叶超微粉对面团粉质特性的影响。结果表明, 随着桑叶超微粉添加量的不断增加 (0%~25%), 混合粉的吸水率呈增大趋势, 从 68.2% 增加到 75.4%。这是由于桑叶粉中含有较多的纤维素和桑叶多糖, 纤维素和多糖结构中含有大量亲水性的羟基, 通过氢键与水结合增加了混合粉体系的吸水性, 从而导致了面团吸水能力显著增加。代昕<sup>[7]</sup>和冉隆贵<sup>[8]</sup>等研究都表明茶叶粉会增加小麦面团的吸水率。随着桑叶超微粉添加量的增加, 面团的形成时间和稳定时间都呈现先增加后降低的趋势, 弱化度呈现先降低后增加的趋势。桑叶粉中的多糖和酚类物质可与小麦面筋蛋白相互作用, 从而延缓了面团的形成时间并增强面团的筋力强度, 因此适量添加桑叶超微粉可以提高面团的稳定性和面团强度。Han 等的研究结果也证实多糖和茶多酚等成分能与面筋蛋白相互作用, 使面团形成时间增加, 筋力强度增大<sup>[9]</sup>。但是当体系中桑叶超微粉的添加量过高, 会对面团的面筋蛋白网络结构具有破坏和稀释作用, 因此导致了面团形成时间和稳定时间降低以及弱化度增加。

表 1 桑叶超微粉对面团粉质特性的影响  
Table 1 Effect of superfine mulberry leaf powder amount on farinographical properties of dough

添加量/%	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min	弱化度/FU
0	68.2±1.1 <sup>a</sup>	4.0±0.1 <sup>a</sup>	4.8±0.2 <sup>a</sup>	93.0±1.0 <sup>c</sup>
5	69.2±0.3 <sup>ab</sup>	4.3±0.1 <sup>a</sup>	5.0±0.1 <sup>b</sup>	83.3±1.2 <sup>a</sup>
10	70.6±1.1 <sup>bc</sup>	4.7±0.2 <sup>b</sup>	5.2±0.1 <sup>c</sup>	84.7±2.5 <sup>ab</sup>
15	72.0±0.4 <sup>cd</sup>	5.9±0.1 <sup>c</sup>	5.5±0.2 <sup>d</sup>	87.0±2.0 <sup>b</sup>
20	72.5±0.3 <sup>d</sup>	4.2±0.2 <sup>a</sup>	5.0±0.1 <sup>b</sup>	93.3±1.2 <sup>c</sup>
25	75.4±1.0 <sup>e</sup>	4.1±0.1 <sup>a</sup>	4.7±0.1 <sup>a</sup>	94.0±2.0 <sup>c</sup>

### 2.2 桑叶超微粉对馒头蒸制品质的影响

#### 2.2.1 桑叶超微粉对馒头比容和高径比的影响

馒头的比容用来表示面团体积的膨胀度以及

气体保持能力, 比容也影响馒头的外观形态、口感松软程度以及组织结构。通常馒头高径比和比容越大, 外观越挺拔, 越易被消费者接受<sup>[10]</sup>。由图 1 可知随着桑叶粉添加量的增加, 馒头的比容逐渐下降, 馒头的蓬松度降低。桑叶粉中含有一定量的不可溶性膳食纤维, 影响了面筋网络的形

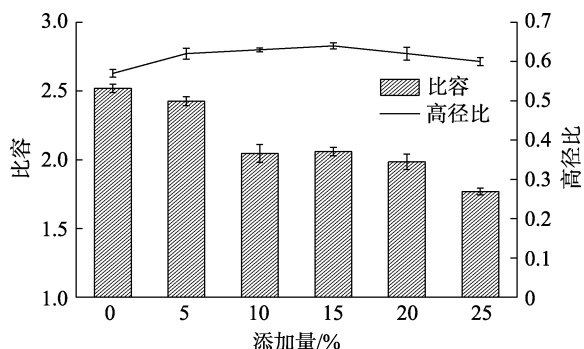


图 1 桑叶超微粉对馒头比容和高径比的影响

Fig.1 Effect of superfine mulberry leaf powder amount on specific volume and height diameter ratio of steamed bread

成, 使得馒头持气性下降, 比容减小。高径比即馒头高与馒头直径之比, 用来表示馒头外观形状中馒头的挺立程度<sup>[11]</sup>。由图 1 可得, 随着桑叶粉添加比例不断增加, 桑叶馒头高径比的数值先增加后降低的趋势, 当桑叶粉添加量为 15% 时, 馒头的高径比数值最大, 此条件下馒头最坚挺圆滑。

### 2.2.2 桑叶超微粉对馒头质构的影响

桑叶超微粉对馒头质构品质的影响结果如表 2 所示。硬度是评价馒头品质的重要指标之一<sup>[12]</sup>。桑叶超微粉的添加对馒头硬度的影响较大, 随着桑叶超微粉添加量的增加, 桑叶馒头的硬度显著增加 ( $P < 0.05$ ), 从而对馒头的品质产生负面影响; 馒头的弹性和回复性的逐渐减小, 咀嚼性呈先上升后下降的趋势, 内聚性没有显著变化。全质构结果表明桑叶超微粉的大量添加会使馒头硬度增加、缺乏弹性且粘牙, 对馒头的质构影响很大。

表 2 桑叶超微粉对馒头全质构特性的影响

Table 2 Effect of superfine mulberry leaf powder amount on texture properties of steamed bread

添加量/%	硬度/g	弹性	咀嚼性/g	回复性	内聚性
0	1 644.18±22.45 <sup>a</sup>	0.94±0.01 <sup>a</sup>	1 419.97±4.66 <sup>c</sup>	0.638 1±0.01 <sup>a</sup>	0.825 1±0.06 <sup>a</sup>
5	2 612.23±5.89 <sup>b</sup>	0.91±0.01 <sup>a</sup>	1 825.34±6.58 <sup>b</sup>	0.536 0±0.01 <sup>ab</sup>	0.819 3±0.02 <sup>ab</sup>
10	3 164.04±9.81 <sup>c</sup>	0.84±0.03 <sup>b</sup>	2 077.95±7.42 <sup>a</sup>	0.480 6±0.01 <sup>b</sup>	0.811 9±0.02 <sup>ab</sup>
15	3 306.23±24.77 <sup>c</sup>	0.81±0.01 <sup>b</sup>	2 109.32±6.59 <sup>a</sup>	0.475 9±0.01 <sup>b</sup>	0.779 0±0.03 <sup>b</sup>
20	3 602.96±19.64 <sup>d</sup>	0.76±0.02 <sup>b</sup>	1 925.3±8.32 <sup>ab</sup>	0.363 5±0.01 <sup>c</sup>	0.815 8±0.01 <sup>ab</sup>
25	3 706.51±18.77 <sup>d</sup>	0.53±0.01 <sup>c</sup>	530.75±6.71 <sup>d</sup>	0.159 6±0.01 <sup>d</sup>	0.827 9±0.05 <sup>a</sup>

### 2.2.3 桑叶超微粉对馒头色泽的影响

色度能够反映出物质颜色的色调和其饱和度, 是用来判断食品色泽变化的重要感官依据。不同的加工工艺条件会影响桑叶馒头的色度, 其色度的变化又会直接影响人们对馒头感官的判断, 更决定了桑叶馒头是否会被消费者所接受, 另外, 通过馒头色度的各个参数对馒头品质进行深入的科学评价。在各个色度参数中  $L^*$  值反映的是桑叶馒头样品的明亮程度, 其可能与桑叶馒头中淀粉的含量及其结晶相关, 随着  $a^*$  的增大, 可能对桑叶馒头的颜色产生偏红影响。桑叶粉中含有较多的 Fe、Zn 等元素, 这些元素的积累会使桑叶馒头产生偏红的影响, 另外蒸制加热过程中的桑叶组分的褐变也会导致桑叶馒头色泽加深<sup>[13]</sup>。由表 3 可知随着桑叶粉添加量的增加, 桑叶馒头的亮度越来越暗,  $a^*$  值越来越小, 馒头的色度由偏

红色向偏绿色过渡,  $b^*$  值越来越小, 馒头色度由偏黄色向偏蓝色过渡。由图 2 可以明显看出添加

表 3 桑叶馒头芯部色差的影响

Table 3 Effect of mulberry leaf on color difference of steamed bread crumb

添加量/%	$L^*$	$a^*$	$b^*$
0	74.88	3.21	17.44
5	-18.66 (偏黑)	0.95 (偏红)	3.14 (偏黄)
10	-25.03 (偏黑)	1.13 (偏红)	3.34 (偏黄)
15	-33.53 (偏黑)	0.16	-1.86 (少黄)
20	-34.87 (偏黑)	0.08	-2.68 (少黄)
25	-40.39 (偏黑)	-2.65 (少红)	-9.80 (少黄)



图 2 桑叶超微粉馒头切片表现图

Fig.2 Surface images of steamed bread with different levels of superfine mulberry leaf powder

不同比例桑叶粉所制作的桑叶馒头的色泽变化,当桑叶粉添加量很少时馒头有淡淡的青黄色,当桑叶粉添加量过多时,馒头的颜色过深变黑,影响馒头感官,当桑叶粉添加量为15%时,桑叶馒头的颜色为青绿色。

#### 2.2.4 桑叶超微粉对馒头感官品质的影响

在告知感官评定人员实验组馒头中含有桑叶超微粉的前提下,采用9分嗜好法分别从色泽、风味、口感、外观、内部结构和整体接受度等方面来判定桑叶馒头的感官品质,结果如图3所示。当桑叶超微粉的添加量为20%和25%时,桑叶馒头的感官品质显著降低,整体接受度低于5分,表明桑叶馒头的品质不可接受。这是由于桑叶超微粉的添加量过高,导致桑叶馒头比容较小、硬度较大、质构致密紧实,色泽发黑,感官评分较低。当桑叶超微粉添加量低于15%时,桑叶馒头的色泽和外观品质下降,但内部结构、风味和口感都有所提高,整体接受度都在5分以上,有较高的感官整体接受性和良好的质构保持性,表明均处于可接受范围内。

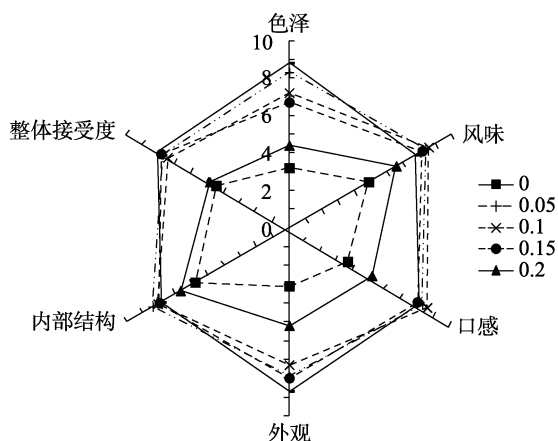


图3 桑叶超微粉对馒头感官品质的影响

Fig.3 Effect of superfine mulberry leaf powder amount on sensory quality of steamed bread

#### 2.3 桑叶超微粉对馒头老化特性的影响

馒头在储存的过程中表皮变得坚韧失去光泽、芳香味流失、口感较差、非常容易掉渣。馒头老化最显著的表现之一是硬度增大,因此可以用馒头的硬化速率表征馒头的老化特性。由图4可知,未添加桑叶超微粉馒头的老化速率最高,为2344 g/d,加入桑叶超微粉后馒头的硬化速率逐渐降低,当桑叶超微粉的添加量为25%时,桑

叶馒头的老化速率仅为400.39 g/d。和空白组馒头相比,添加不同含量的桑叶超微粉(5%、10%、15%、20%、25%)后馒头的老化速率分别降低了12.0%、15.7%、17.4%、33.7%和82.9%。这可能与桑叶中含有的多糖类物质有关,桑叶多糖作为可溶性的亲水胶体可以延缓馒头在贮藏过程中的失水速率和水分潜移速率,此外多糖还可以与蛋白质、淀粉等大分子发生相互作用,改善面筋网络结构,在储藏过程中阻碍淀粉分子有序化过程,进而延缓淀粉的老化回生,进而起到延缓馒头老化的作用<sup>[14-15]</sup>。此外,当桑叶超微粉含量超过20%时,桑叶馒头硬化速率值急剧下降,可能与馒头初始硬度较高以及桑叶超微粉对馒头体系中淀粉的稀释作用有关。

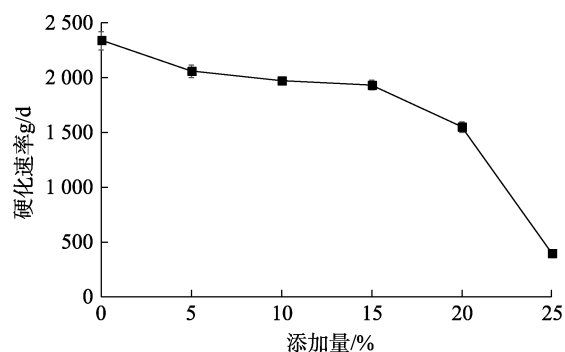


图4 桑叶超微粉对馒头老化特性的影响


Fig.4 Effect of superfine mulberry leaf powder amount on staling property of steamed bread

### 3 结论

用桑叶粉部分替代小麦粉可提高面团吸水率,面团稳定性呈现先增加后降低的趋势,当取代比例超过15%时,面团的稳定时间显著降低、弱化度显著增加。馒头蒸制品质研究结果表明,随着桑叶超微粉添加量的增加,馒头的比容下降,高径比呈现先增加后降低的趋势,馒头硬度和黏着性增加。桑叶超微粉添加量过多时,馒头的颜色过深变黑,影响馒头感官和风味品质。桑叶超微粉显著降低了馒头的硬化速率,具有延缓馒头老化的作用。综合上述实验发现,当桑叶粉添加量为15%时,桑叶馒头的颜色为青绿色,馒头表面光滑明亮,外观较坚挺,爽口不沾牙,松软度适宜,馒头的感官评分高。

#### 参考文献:

- [1] 王芳, 励建荣. 桑叶的化学成分、生理功能及应用研究进展[J].

- 食品科学, 2005(S1): 111-117.
- WANG F, LI J R. Research progress on chemical constituents, physiological function and application of mulberry leaves[J]. Food Science, 2005(S1): 111-117.
- [2] 俞燕芳, 黄金枝, 石旭平, 等. 我国桑叶食品开发研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(7): 7.
- YU Y F, HUANG J Z, SHI X P, et al. Research progress in food development of mulberry leaves in China[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2018, 9(7): 7.
- [3] 李静, 谭海刚, 薛冬冬. 桑叶米酒的研制[J]. 粮油食品科技, 2012, 20(6): 73-75.
- LI J, TAN H G, XUE D D. Preparation of mulberry leaf rice wine[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2012, 20(6): 73-75.
- [4] 张国权, 蔡晓燕, 张延杰. 桑叶食品研究进展[J]. 农产品加工, 2017(13): 43-45.
- ZHANG G Q, CAI X Y, ZHANG Y J. Research development of mulberry leaf food[J]. Agricultural Product Processing, 2017(13): 43-45.
- [5] 王仲礼. 现代高新技术在食品工业中的应用[J]. 粮油食品科技, 2003(6): 43-45.
- WANG Z L. Application of modern high technology in food industry[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2003(6): 43-45.
- [6] TANG X J, LIU R S, HUANG W N, et al. Impact of in situ formed exopolysaccharides on dough performance and quality of Chinese steamed bread[J]. LWT-Food Science & Technology, 2018, 96:519-525.
- [7] 代昕. 绿茶生鲜面的品质调控与保鲜研究[D]. 江南大学, 2013.
- DAI X. Study on quality regulating and preservation of green tea fresh noodles[D]. Jiangnan University, 2013.
- [8] 冉隆贵, 高翔, 肖斌, 等. 茶叶粉对小麦面粉流变学及糊化特性的影响[J]. 麦类作物学报, 2016, 36(9): 1234-1240.
- RANG L G, GAO X, XIAO B, et al. Effect of tea powder on rheological and pasting properties of wheat flour[J]. Journal of Triticeae Crops, 2016, 36(9): 1234-1240.
- [9] HAN C W, MA M, ZHANG H H, et al. Progressive study of the effect of superfine green tea, soluble tea, and tea polyphenols on the physico-chemical and structural properties of wheat gluten in noodle system[J]. Food Chemistry, 308.
- [10] 刘娜. 区域特色酸面团馒头及其优选乳酸菌发酵特性比较研究[D]. 江南大学, 2014.
- LIU N. Comparative studies on fermentation properties about regional characteristic sourdough steamed breads and their preferred lactobacillus[D]. Jiangnan University, 2014.
- [11] WU C, LIU R S, HUANG W N, et al. Effect of sourdough fermentation on the quality of Chinese Northern-style steamed breads[J]. Journal of Cereal Science, 2012, 56(2): 127-133.
- [12] 孙辉, 吴尚军, 姜薇莉. 小麦粉食用品质的感官评定和仪器评价[J]. 粮油食品科技, 2004(1): 25-28.
- SUN H, WU S J, JIANG W L. Sensory and instrumental evaluation of foodstuff quality of wheat flour[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2004(1): 25-28.
- [13] 段晓霞, 姜晓旭, 姜明明, 等. 桑叶馒头制作工艺的研究[J]. 山东林业科技, 2017, 47(2): 32-37.
- DUAN X X, JIANG X X, JIANG M M, et al. Study on making technology of mulberry leaf steamed bread[J]. Journal of Shandong forestry science and technology, 2017, 47(2): 32-37.
- [14] 谭智峰, 张闯闯, 许泽坤, 等. 常见亲水胶体对烘焙食品品质影响的研究进展[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(4): 116-121.
- TAN Z F, ZHANG C C, XU Z K, et al. Research progress on the effects of common hydrocolloid on the quality of bakery products[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(4): 116-121.
- [15] MA M, MU T, SUN H, et al. Evaluation of texture, retrogradation enthalpy, water mobility, and anti-staling effects of enzymes and hydrocolloids in potato steamed bread[J]. Food Chemistry, 2022: 130686. 
- 备注: 本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。