

板栗黄茶冲调粉的配方优化及品质分析

韩 晶¹, 邵子晗¹, 王洁洁¹, 张钰萌¹, 阮程程¹, 李雪玲¹, 孙 玥^{1,2}, 梁 进^{1,2*}

(1. 安徽农业大学茶与食品科技学院安徽省农产品加工工程实验室, 合肥 230036;

2. 安徽农业大学茶树生物学与资源利用国家重点实验室, 合肥 230036)

摘 要: **目的** 优化板栗黄茶冲调粉的配方并进行产品品质分析。**方法** 以板栗、黄茶以及籼米粉混合后经挤压膨化加工并粉碎而获得的膨化粉为主要原料, 采用木糖醇、麦芽糊精和食盐添加量为自变量, 感官评价为检测指标, 通过正交试验对板栗黄茶冲调粉的配方进行优化, 同时分析原料粉、膨化粉和冲调粉的基本组分、色差、电子鼻和静态流变特性。**结果** 优化获得冲调粉产品最佳配方为: 膨化粉 10.0 g, 木糖醇 3.0 g, 麦芽糊精 2.0 g, 食盐 0.09 g。该配方产品具有板栗和黄大茶特有风味, 粘稠度适中, 结块较少。基本组分检测显示物料经挤压膨化后总淀粉、蛋白质及茶多酚含量变化较小, 而脂肪含量显著降低; L^* 值显著下降, a^* 值和 b^* 值显著上升。冲调粉经复配后总淀粉、蛋白质及茶多酚含量显著下降; L^* 值显著上升, b^* 值下降。电子鼻检测显示 3 种不同样品间主要差异种类为氮氧化物、硫化物和硫化氢类。同为假塑性流体的 3 种样品中黏度最大为冲调粉, 其次是膨化粉, 原料粉的黏度最小。**结论** 优化获得板栗黄茶冲调粉最优配方, 该产品风味独特并显示良好的冲调特性。

关键词: 挤压膨化; 冲调粉; 板栗; 黄茶

Formula optimization and quality analysis of the instant powder using chestnut and yellow tea

HAN Jing¹, SHAO Zi-Han¹, WANG Jie-Jie¹, ZHANG Yu-Meng¹, RUAN Cheng-Cheng¹,
LI Xue-Ling¹, SUN Yue^{1,2}, LIANG Jin^{1,2*}

(1. Anhui Engineering Laboratory for Agro-products Processing, School of Tea and Food Science & Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; 2. State Key Laboratory of Tea Plant Biology and Utilization/International Joint Laboratory on Tea Chemistry and Health Effects of Ministry of Education, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

ABSTRACT: Objective To optimize the formula and analyze its quality of the instant powder using chestnut and yellow tea. **Methods** The puffed powder obtained by mixing chestnut, yellow tea and indica rice flour, extruding, processing and crushing were used as the main raw material. Using xylitol, maltodextrin and salt as independent variables and sensory evaluation as detection index, the formula of chestnut yellow tea blending powder was optimized

基金项目: 安徽省重大科技专项项目(18030701141)、安徽农业大学“可+”研究生创新创业项目(基于挤压膨化加工的系列“可+”型米制休闲食品技术研发与实践创新)

Fund: Supported by the Anhui Province Science and Technology Major Projects (18030701141) and "Ke +" Graduate Innovation and Entrepreneurship Project of Anhui Agricultural University (The Series of "Ke +" Metric Snack Food Technology Research and Development and Practical Innovation Based on Extrusion)

***通讯作者:** 梁进, 副教授, 主要研究方向为特色农产品加工与利用。E-mail: liangjin@ahau.edu.cn

***Corresponding author:** LIANG Jin, Associate Professor, Anhui Agricultural University, No.130, Changjiangwest Road, Hefei 230036, China. E-mail: liangjin@ahau.edu.cn

through orthogonal test. At the same time, the basic components, color difference, electronic nose and static rheological properties of raw powder, expanded powder and blending powder were analyzed. **Results** The optimum formula of the blending powder was as follows: expanded powder 10.0 g, xylitol 3.0 g, maltodextrin 2.0 g, salt 0.09 g. The formula product had obvious unique flavor of chestnut and yellow tea, moderate viscosity and less caking. The detection of basic components showed that the content of total starch, protein and tea polyphenol changed little after extrusion, while the content of fat decreased significantly. L^* values decreased significantly, while a^* values and b^* values increased significantly. The content of total starch, protein and tea polyphenols decreased significantly after compounding the blended powder. L^* value increased significantly and b^* value decreased. Electronic nose detection showed that the main differences among the 3 different samples were nitrogen oxides, sulfides and hydrogen sulfide. Among the 3 samples of pseudoplastic fluid, the viscosity of blending powder was the largest, followed by expanded powder, and the viscosity of raw powder was the smallest. **Conclusion** The optimal formula of chestnut yellow tea blending powder is obtained through optimization. The product has unique flavor and shows good blending characteristics.

KEY WORDS: extrusion; instant powder; chestnut; yellow tea

1 引言

挤压膨化是主要利用热能、机械剪切和压力等综合作用对食品原料进行膨化加工的一种技术,因其具备工艺成本低、效率高、卫生状况良好、原料营养保存率高等优势,已在食品领域中广泛应用^[1-3]。食品物料经高温高压短时挤压呈完全的流体状态,后随模孔被挤出到达常温常压状态,而物料中的溶胶淀粉体积也瞬间膨化,致使食品内部爆裂出许多微孔,体积迅速膨胀,从而形成质构疏松的膨化食品^[4]。因此,可基于各种富含淀粉类以及植物粉体等物料成分,并通过挤压膨化工艺生产出包括冲调粉在内的各种富含淀粉的即食型新产品。

目前,国内外有关挤压膨化技术制备冲调粉的相关研究相对较多。但以板栗复合茶叶作为原料,通过挤压膨化技术制备冲调粉报道较少。板栗作为我国特色农产品,因其独特的感官风味和丰富的营养价值而值得深度开发利用。黄茶属于轻发酵茶类,因其特殊的闷黄工艺而具有浓郁的“栗香味”。因此,基于板栗和黄茶独特的风味,本研究以板栗粉和黄茶粉为主要原料,并辅以籼米粉进行挤压膨化制备膨化复合粉,在此基础上,添加木糖醇、麦芽糊精和食盐,通过正交试验对冲调粉的配方进行优化,获得冲调粉产品。此外,利用色差、电子鼻和静态流变仪等对原料粉、膨化粉及冲调粉 3 种样品进行比较分析,旨在探讨其膨化加工品质特性,以期板栗黄茶冲调粉类新产品开发提供参考。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

材料:板栗粉(产自于安徽大别山区);黄大茶粉(安徽省抱儿钟秀茶业有限公司);籼米粉(芜湖神农食品有限公

司);木糖醇(南京甘汁园糖业有限公司);食盐;麦芽糊精(河南千志商贸有限公司)。

试剂:硫酸铜(分析纯,天津市化工三厂有限公司);硫酸(分析纯,西陇科学股份有限公司);硼酸(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);氢氧化钠(分析纯,无锡市展望化学试剂有限公司);乙醇(95%,国药集团化学试剂有限公司)。

2.2 仪器与设备

DSE32-1 双螺杆挤压膨化机(济南盛润机械有限公司);750T 旭曼高速多功能粉碎机(永康市铂欧五金制品有限公司);SRJX 马弗炉(上海和呈仪器制造有限公司);JW-3021H 离心机(安徽嘉文仪器装备有限公司);UDK159 全自动凯氏定氮仪(意大利 VELP 公司);UV9000 紫外可见分光光度计(上海元析有限公司);CR-400 色彩色差计[柯尼卡美能达办公系统(中国)有限公司];PEN3 电子鼻(德国 AIRSENSE 公司);DHR1 旋转流变仪(美国 TA 仪器公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 膨化粉的制备

将板栗粉、黄茶粉和籼米粉以 58.8%:2%:39.2% 的比例混合均匀制成原料粉,调整原料粉的水分含量为 13.9%,用双螺杆挤压膨化机对其进行挤压膨化加工。设置参数为:第一区、第二区、第三区和第四区的筒体温度分别为 50、80、100、142 °C,螺杆转速为 21 Hz,喂料速度为 13 Hz。挤出的膨化产品在 60 °C 的烘箱中干燥 3 h,然后用粉碎机粉碎,收集 80~100 目的膨化粉。将粉末样品装入密封袋中,在 4 °C 下保存。

2.3.2 冲调粉的配方优化

确定膨化粉的质量为 10.0 g,以感官评价为指标,选取木糖醇、麦芽糊精及食盐添加量作为单因素试验因子。在单因素预试验基础上,设计正交试验(表 1),优化板栗黄

茶冲调粉配方。

2.3.3 感官评定方法

取 70 °C热水 70 mL 分别对样品进行冲调后,由 10 名食品专业人士组成的评价小组对板栗黄茶冲调粉进行感官评价。样品随机编号,评价人员参照板栗黄茶冲调粉感官评价指标及评分标准(表 2)对样品的色泽、滋味与气味、口感、冲调性和可接受程度进行打分。评价方法采用 10 分制。

表 1 正交试验因素水平表
Table 1 Factors and levels of orthogonal test

试验因素	试验水平		
	1	2	3
木糖醇/g	2.5	3.0	3.5
麦芽糊精/g	1.5	2.0	2.5
食盐/g	0.09	0.12	0.15

表 2 板栗黄茶冲调粉感官评价指标及评分标准^[5,6]
Table 2 Sensory evaluation index and scoring standard of the chestnut and yellow tea powder^[5,6]

评价指标	评分标准	得分/分
色泽 (1.5 分)	冲调后黄棕色均匀	1.1~1.5
	冲调后黄棕色较深或较浅	0.6~1.0
	冲调后黄棕色非常深或非常浅	0.1~0.5
滋味与 气味 (3.0 分)	甜度适中,板栗和黄大茶特有风味明显, 无异味	2.1~3.0
	甜度较浓或较淡,板栗和黄大茶风味较明 显,无异味	1.1~2.0
	甜度过浓或过淡,板栗和黄大茶风味不明 显,有异味	0.1~1.0
口感 (2.0 分)	口感细腻,无颗粒感,粘稠度适中	1.5~2.0
	口感较细腻,少许颗粒感,粘稠度一般	0.7~1.4
	口感粗糙,颗粒感明显,过于黏稠或过稀	0.1~0.6
冲调性 (2.0 分)	冲调后易溶解,结块较少	1.5~2.0
	冲调后较易溶解,结块明显	0.7~1.4
	冲调后难溶解,结块较多	0.1~0.6
可接受 程度 (1.5 分)	易于接受	1.1~1.5
	可以接受	0.6~1.0
	难以接受	0.1~0.5

2.3.4 基本组分的测定

蛋白质采用 GB 5009.5-2016《食品中蛋白质的测定》凯氏定氮法测定^[7];总淀粉采用 GB 5009.9-2016《食品中淀粉的测定》^[8]酶水解法测定;脂肪采用 GB 5009.6-2016《食品中脂肪的测定》^[9]索氏抽提法测定;茶多酚采用

GB/T 8313-2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》^[10]茶叶中茶多酚的检测方法测定。

2.3.5 色差的测定

色差计先校正,再紧扣样品进行测定,记录样品的亮度值(L^*)、红绿色度值(a^*)、黄蓝色度值(b^*)。每个样品测量 5 次,取其平均值为最终结果。

2.3.6 电子鼻的测定

对 3 个样品进行电子鼻检测,每个重复 5 次。取 70 °C的热水 70 mL 对样品进行冲调后,迅速取 8 mL 冲调液,注入到 25 mL 顶空瓶中,瓶盖封住瓶口于室温下富集 15 min 后,采用顶空上样法对样品进行电子鼻检测。电子鼻检测参数设置:预进样时间 5 s,自动归零时间 5 s,测量时间 60 s,清洗时间 300 s,传感器仓流量 300 mL/min,初始注射流量 300 mL/min^[11]。

2.3.7 静态流变的测定

取 70 °C的热水 70 mL 对样品进行冲调,待样品冷却至室温,将其放置在样品台。选用直径为 40 mm 的平行板夹具,设置测定间隙为 1000 μm 。选用静态流变模式,测定在 25 °C下,剪切速率从 0.1~300⁻¹时样品黏度和剪切应力的变化,再通过幂律方程对流变曲线进行拟合分析,得到不同样品流变曲线的幂律模型拟合参数^[12,13]。

3 结果与分析

3.1 正交试验

配方优化正交试验结果及方差分析表分别如表 3 和表 4 所示。

表 3 配方优化正交试验结果表
Table 3 Orthogonal test results of formula optimization

试验号	A 木糖醇	B 麦芽糊精	C 食盐	感官评分/分
1	1	1	1	7.06
2	1	2	2	6.79
3	1	3	3	5.92
4	2	1	2	8.55
5	2	2	3	8.42
6	2	3	1	8.86
7	3	1	3	7.61
8	3	2	1	8.03
9	3	3	2	8.15
k_1	6.590	7.740	7.983	
k_2	8.610	7.747	7.830	
k_3	7.930	7.643	7.317	
R	2.020	0.104	0.666	

由表 3 可知, 影响板栗黄茶冲调粉感官品质的因素顺序为 $R_A > R_C > R_B$, 即木糖醇添加量的影响最大, 其次是食盐, 麦芽糊精的影响最小。板栗黄茶冲调粉配方的最优组合为 $A_2B_2C_1$, 即木糖醇 3.0 g, 麦芽糊精 2.0 g, 食盐 0.09 g。由表 4 正交试验分析表可知, 木糖醇的添加对冲调粉感官品质的影响显著($P < 0.05$)。

进一步通过优化试验条件进行验证试验, 配方在木糖醇添加量为 3.0 g, 麦芽糊精为 2.0 g, 食盐为 0.09 g 时, 所得感官评分平均分为 8.91 分。此时优化获得冲调粉甜度适中, 板栗和黄茶特有风味明显, 口感细腻, 粘稠度适中, 结块较少, 易于被接受。

3.2 基本组分及色差分析

由表 5 可见, 膨化粉较混合粉总淀粉、蛋白质及茶多酚含量基本不变, 而脂肪含量显著降低。冲调粉较膨化粉脂肪含量基本不变, 总淀粉、蛋白质及茶多酚含量显著下降。

色差分析中膨化粉较原料粉 L^* 值显著下降, a^* 值和 b^* 值显著上升。这可能是由于挤压膨化过程中的高温会使样品发生焦糖化和美拉德反应, 使产品的颜色加深^[14]。而冲调粉的 L^* 值较膨化粉显著上升且 b^* 值下降, 可能与添加的木糖醇、麦芽糊精和食盐有关。

3.3 电子鼻分析

电子鼻的主成分分析(principal component analysis, PCA)是将传感器所采集的响应值信息进行数据转换及降维, 并对降维后的特征向量进行线性分类, 最后用获得分析结果的散点图表示, 来强调样品之间挥发性气味的差异^[15,16]。由图 1 可知, 不同样品挥发性气味的 PCA 分析中主成分 1 的贡献率为 81.31%, 主成分 2 的贡献率为

15.53%, 总成分的贡献率为 96.84%。贡献率越高, 主成分对原始多指标信息的反映越好。当总成分贡献率大于 85%, 分析结果基本反映了全部传感器的原始响应值^[16,17]。因此, 2 个主成分可以解释 10 个器变量总方差的 96.84%。而图形的距离代表着不同样品挥发性气味的差异^[18]。图中各样品挥发性气味的区域无重叠现象, 说明电子鼻可以有效地区分 3 种样品。其中膨化粉和冲调粉的气味相近, 这说明在一定程度上, 复配之后的冲调粉与膨化粉的风味物质差异不大。

图 2 为电子鼻检测 3 种样品挥发性气味得到响应值后绘制的雷达图。由图 2 可见, 3 种样品的挥发性气味在 W5S、W1W 和 W2W 传感器的响应值明显。W5S、W1W 和 W2W 所敏感的香气种类分别为氮氧化物、硫化物和硫化氢类。

3.4 静态流变分析

通过幂律方程对图 3b 中样品剪切应力-剪切速率的流变曲线进行拟合分析, 得到不同样品流变曲线的幂律模型拟合参数如表 6 所示。

幂律方程 $\sigma = K \cdot \gamma^n$, 其中 σ 是剪切应力(Pa), γ 是剪切速率(1/s), K 为黏稠系数(Pa·sn), n 为流变特性指数。以决定系数 R^2 表示方程的拟合程度^[19]。由表 6 可见, 当剪切速率从 0.1 增至 300 s^{-1} 时, 原料粉、膨化粉和冲调粉拟合方程的决定系数分别为 0.9549、0.9978 和 0.9974。3 种样品的流变系数 n 均小于 1, 表明均为假塑性流体。假塑性流体是非牛顿流体的一种, 具有剪切稀化的特点, 食品工业中非牛顿流体液体较多^[13,20]。样品中黏稠系数 K 大小顺序为冲调粉 > 膨化粉 > 原料粉。类似的研究报道也表明膨化后的物料较未膨化的粘度更高^[21]。

表 4 配方优化正交试验方差分析表
Table 4 Variance analysis of orthogonal test for formula optimization

因素	偏差平方和	自由度	均方	<i>F</i>	显著性
<i>A</i> (木糖醇)	6.338	2	3.169	28.646	*
<i>B</i> (麦芽糊精)	0.020	2	0.010	0.091	
<i>C</i> (食盐)	0.731	2	0.366	3.306	
误差	0.221	2	0.111		

注: *差异显著, $P < 0.05$ 。

表 5 不同样品基本组分及色差值分析
Table 5 Analysis of basic components and color difference values of different samples

样品	基本成分/(g/100 g)			茶多酚/(g/kg)	色泽指标		
	总淀粉	蛋白质	脂肪		L^*	a^*	b^*
原料粉	73.07±1.22a	8.65±0.04a	2.98±0.18a	3.84±0.04a	73.73±0.70a	-1.03±0.13b	19.51±0.73c
膨化粉	72.93±1.69a	8.79±0.05a	2.20±0.05b	3.86±0.02a	67.74±0.66c	-0.37±0.07a	27.14±0.56a
冲调粉	57.27±3.30b	5.65±0.07b	2.41±0.14b	3.06±0.07b	70.01±0.55b	-0.41±0.05a	24.41±0.73b

注: 字母不同表示有显著性差异 ($P < 0.05$)。

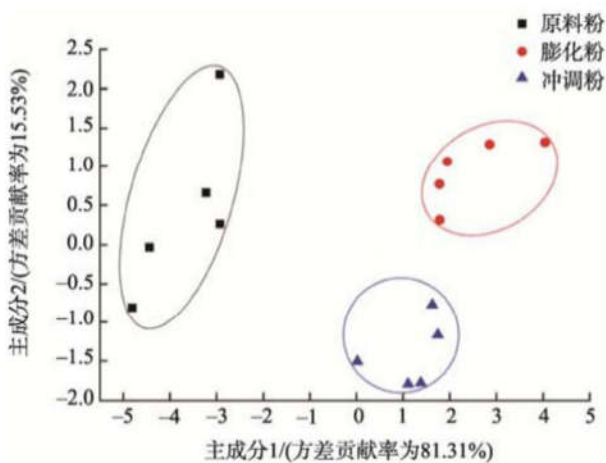


图 1 不同样品挥发性气味的的 PCA 分析图
Fig. 1 PCA analysis chart of volatile smell of different products

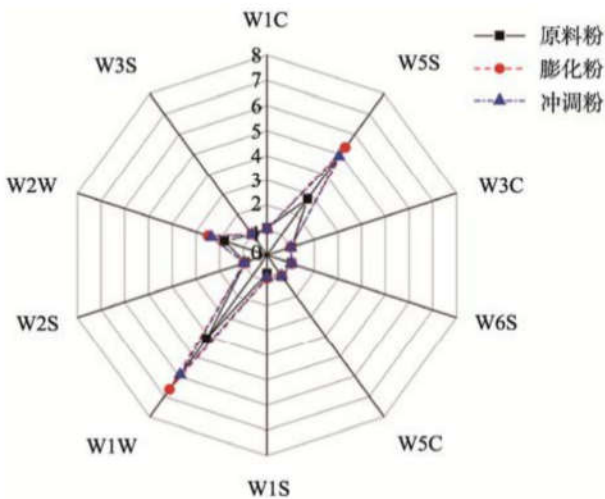


图 2 不同样品挥发性气味的响应雷达图
Fig. 2 Response radar chart of volatile smell of different samples

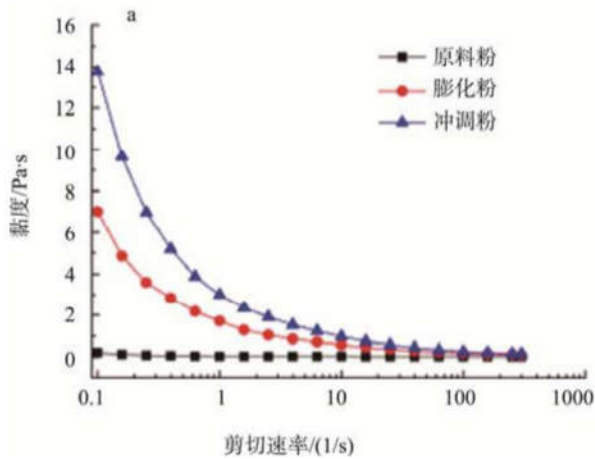


图 3 不同样品悬浮液的黏度-剪切速率(a)和剪切应力-剪切速率(b)曲线图
Fig.3 Viscosity-shear rate (a) and shear stress-shear rate (b) curves of different sample suspensions

表 6 不同样品的幂律模型拟合参数 Table 6 Power law model fitting parameters of different samples			
样品	$K/(\text{Pa}\cdot\text{s}^n)$	n	R^2
原料粉	0.0391	0.6553	0.9549
膨化粉	1.8098	0.4874	0.9978
冲调粉	3.2952	0.4441	0.9974

4 结 论

本研究将板栗和黄茶粉并复配籼米粉混合后挤压膨化再粉碎，加入木糖醇、麦芽糊精、食盐，以感官评价为指标，采用单因素及正交试验，确定板栗黄茶冲调粉的优化配方为：膨化粉 10.0 g，木糖醇 3.0 g，麦芽糊精 2.0 g，食

盐 0.09 g。此外，分别对原料粉、膨化粉及冲调粉的基本组分、色差、电子鼻和静态流变进行对比分析。结果表明，原料粉经挤压膨化后总淀粉、蛋白质及茶多酚含量基本不变，而脂肪含量显著降低；复配冲调粉较膨化粉脂肪含量基本不变，而总淀粉、蛋白质及茶多酚含量相对降低。色差检测显示，膨化粉较原料粉 L^* 值显著下降， a^* 值和 b^* 值显著上升；而冲调粉的 L^* 值较膨化粉显著上升， a^* 值无显著变化， b^* 值下降。电子鼻对比分析表明，3 种样品的挥发性气味差异主要来源于氮氧化物、硫化物和硫化氢类。静态流变结果显示 3 种样品均为假塑性流体，而优化获得的复配产品显示其良好的冲调特性。

参考文献

[1] 曹家宝, 范广琦, 林欣梅, 等. 挤压膨化制备婴儿膨化营养米粉的工艺

- 优化及其性质研究[J]. 中国粮油学报, 2020, (3): 1-7.
- Cao JB, Fan GQ, Lin XM, *et al.* Research on the process optimization and properties of extruded baby nutritional rice flour [J]. J Chin Cereal Oil Assoc, 2020, (3): 1-7.
- [2] 张一芳, 王秀兰, 梁进. 茶叶挤压膨化加工与综合利用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(2): 237-42.
- Zhang YF, Wang XL, Liang J, *et al.* Research progress of tea extrusion processing and comprehensive utilization [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(2): 237-42.
- [3] Yuan G, Pan Y, Li W, *et al.* Effect of extrusion on physicochemical properties, functional properties and antioxidant activities of shrimp shell wastes protein [J]. Int J Biol Macromol, 2019, 136: 1096-105.
- [4] Mosicki L. Extrusion cooking: principles and practice [M]. Encyclopedia of Food and Health. 2016.
- [5] 冉新炎. 高蛋白玉米冲调粉的制备与性质研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- Ran XY. Preparation and properties of high-protein instant reconstitutable corn powder [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2012.
- [6] 王秀兰. 夏秋绿茶复合玉米粉挤压加工及其冲调特性研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2018.
- Wang XL. Research on extrusion processing and solubility of extruded summer and autumn green tea corn flour [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2018.
- [7] GB 5009. 9-2016 食品安全国家标准 食品中淀粉的测定[S].
- GB 5009. 9-2016 National food safety standard-Determination of starch in food [S].
- [8] GB 5009. 5-2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].
- GB 5009. 5-2016 National food safety standard-Determination of protein in food [S].
- [9] GB 5009. 6-2016 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定[S].
- GB 5009. 6-2016 National food safety standard-Determination of fat in food [S].
- [10] GB/T 8313-2018 食品安全国家标准 茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法[S].
- GB/T 8313-2018 National food safety standard-Determination of tea polyphenols and catechins in tea [S].
- [11] 杨智, 王楠, Ullah N, 等. 电子鼻对红枣乳酸发酵饮料的品质分析[J]. 西北农业学报, 2015, 24(11): 149-56.
- Yang Z, Wang N, Ullah N, *et al.* Quality of jujube beverage fermented by lactic acid based on electronic nose analysis [J]. Acta Agric Boreale Sinica, 2015, 24(11): 149-56.
- [12] 周文化, 杨慧敏, 李维敏, 等. 椰子水饮料贮藏稳定性及流变学特性的试验研究[J]. 农业工程学报, 2013, 29(19): 262-267.
- Zhou WH, Yang HM, Li WM, *et al.* Experimental study on storage stability and rheological property of coconut water beverage [J]. Trans Chin Soc Agric Eng, 2013, 29(19): 262-267.
- [13] 余振宇. 芋头汁饮料的加工工艺及贮藏稳定性研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2015.
- Yu ZY. Research on processing technology and storage stability of cloudy taro beverage [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2015.
- [14] 彭天浩. 速食粥用糙米加工工艺研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.
- Peng TY. Research of the technique of instant porridge processing [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2015.
- [15] Majchrzak T, Wojnowski W, Dymerski T, *et al.* Electronic noses in classification and quality control of edible oils: A review [J]. Food Chem, 2018, 246: 192-201.
- [16] 王玺, 杜玉兰, 喻勤, 等. 不同含量功能红曲工程米的智能电子感官评价比较研究[J]. 食品工业科技, 2019, 40(20): 266-70, 84.
- Wang X, Du YL, Yu Q, *et al.* Comparison of different reconstituted rice containing functional red yeast rice flour based on intelligent electronic sensory evaluation system [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(20): 266-70, 84.
- [17] Dou TX, Shi JF, Li Y, *et al.* Influence of harvest season on volatile aroma constituents of two banana cultivars by electronic nose and HS-SPME coupled with GC-MS [J]. Sci Hortic-Amsterdam, 2020, 265: 109214.
- [18] 孙莹, 孟宁. 基于电子鼻检测技术分析不同马铃薯粉添加量对面包品质的影响[J]. 食品工业科技, 2019, 40(4): 100-105, 40.
- Sun Y, Meng N. Analysis of the effect of different potato flour additions on bread quality based on electronic nose detection technology [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(4): 100-105, 40.
- [19] Sun Y, Wang M, Ma S, *et al.* Physicochemical characterization of rice, potato, and pea starches, each with different crystalline pattern, when incorporated with Konjac glucomannan [J]. Food Hydrocoll, 2019, 101: 105499.
- [20] 于文滔. 杂粮固体饮料挤压工艺及其流变性质的研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2014.
- Yu WT. The study on extrusion processing and rheological properties of coarse grain solid beverage [D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2014.
- [21] 战汪涛. 黑米挤压膨化工艺及膨化黑米粉应用研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.
- Zhan WT. Study on extrusion technology of black rice and application of the extrusive black rice flour [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2010.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



韩 晶, 硕士, 主要研究方向为食品加工与安全。
E-mail: 1027764737@qq.com



梁 进, 副教授, 主要研究方向为特色农产品加工与利用。
E-mail: liangjin@ahau.edu.cn