

# 预处理结合真空油浴制备紫薯脆片工艺的研究

范飞, 陆宁, 张宇, 张慧敏, 蒲顺昌\*

(亳州学院生物与食品工程系 药食同源功能食品重点实验室, 安徽 亳州 236800)

**摘要:**为优化真空油浴制备紫薯脆片的加工工艺, 得到最佳的紫薯脆片, 以紫薯为原料, 采用单一护色剂柠檬酸预处理结合真空油浴工艺加工方式制作紫薯脆片, 探究柠檬酸添加量、油浴温度及油浴时间对紫薯脆片的感官评分、含油率、脆度和色差的影响。结果表明, 紫薯脆片的最佳工艺为柠檬酸添加量 2.0%、油浴温度 90 ℃、油浴时间 35 min, 在此条件下制作的紫薯脆片综合品质最佳。

**关键词:**紫薯脆片; 预处理; 护色剂; 真空油浴; 工艺优化

## Study on the Optimization of Pretreatment Combined with Vacuum Oil Bath for Purple Sweet Potato Chips

FAN Fei, LU Ning, ZHANG Yu, ZHANG Hui-min, PU Shun-chang\*

(Key Laboratory of Functional Food of Medicine and Food, Department of Biology and Food Engineering, Bozhou University, Bozhou 236800, Anhui, China)

**Abstract:** The study sought to optimize the processing technology of purple potato chips in vacuum oil bath to obtain the best quality purple potato chips were obtained. Purple potato chips as the raw material were prepared by single color fixative citric acid treatment combined with a vacuum oil bath process. The effects of citric acid addition, oil bath temperature, and oil bath time on sensory evaluation, and of oil content, bittleness, and color difference of purple potato chips were studied. The comprehensive analyses showed that the addition of 2.0% citric acid, oil bath temperature of 90 ℃, oil bath time of 35 min were optimal to produce the best quality chips.

**Key words:** purple sweet potato chips; pretreatment; color fixative; vacuum oil bath; process optimization

引文格式:

范飞, 陆宁, 张宇, 等. 预处理结合真空油浴制备紫薯脆片工艺的研究[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(7): 155-160.

FAN Fei, LU Ning, ZHANG Yu, et al. Study on the Optimization of Pretreatment Combined with Vacuum Oil Bath for Purple Sweet Potato Chips[J]. Food Research and Development, 2022, 43(7): 155-160.

紫薯又名黑薯, 薯肉呈紫色至深紫色<sup>[1-2]</sup>。近年来, 紫薯在国内外市场上十分畅销, 紫薯除具有普通红薯的多糖、酚类、维生素和黄酮类物质营养成分外, 还富含硒元素和花青素<sup>[3-6]</sup>。硒具有预防高血压与癌症等功能, 花青素对 100 多种疾病有预防和治疗作用, 被誉为继水、蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素、矿物质之后的第七大必需营养素<sup>[7-9]</sup>。紫薯因其丰富的营养功效价

值越来越受到大众欢迎。

近年来休闲食品日益盛行, 休闲食品脆片的需求量也随之增大, 其中紫薯脆片不仅拥有原蔬菜水果的色、香、味, 而且还具有酥脆可口、色泽鲜艳、食用方便与储藏时间长等特点<sup>[10-11]</sup>。但传统脆片都是经高温油炸工艺生产而成, 其成品含油量高、感官品质差、易生成致癌物质, 同时紫薯中花青素在加工中受温度、氧

基金项目: 亳州学院食品加工技术学科团队(BYZXKTD201802); 安徽高校自然科学基金项目(KJ2020A0767); 安徽省大学生创新创业计划训练项目(201912926036); 安徽省高校优秀青年人才支持计划项目(gxyq2020071); 安徽省高校学科拔尖人才学术资助项目(gxbjZD2021087)

作者简介: 范飞(1990—), 男(汉), 助教, 硕士, 研究方向: 食品加工与保鲜。

\* 通信作者: 蒲顺昌(1980—), 男, 副教授, 博士, 研究方向: 农产品加工。

气和pH值等因素的影响而降解,紫薯脆片的色泽也会变差<sup>[12-14]</sup>。而真空油浴作为一种果蔬脆片的加工工艺,其油炸温度较低,所用时间较短,能较好保存紫薯脆片的色泽、风味与营养成分,产品的含油量低,产品膨化度高,口感酥脆<sup>[15-17]</sup>。研究表明,预处理对果蔬真空油浴产品的感官品质影响较大<sup>[15,18]</sup>,是保证产品质量的关键。

柠檬酸作为护色剂应用广泛,在传统的食品工业中也常用于护色,护色效果显著且价格低廉<sup>[19-20]</sup>。因此,本试验以柠檬酸作为护色剂对紫薯薄片进行预处理,结合真空油浴工艺的方法,确定紫薯脆片最佳工艺参数,为果蔬脆片工业化生产提供更好的实践指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

柠檬酸(食品级):浙江东升生物科技有限公司;乙醇、无水乙醚、石油醚(均为分析纯):国药集团化学试剂有限公司;鲜紫薯(紫罗兰品种):市售。

### 1.2 仪器与设备

分光测色仪(YS6060型):三恩时科技有限公司;质构仪(Universal TA):上海腾拔仪器科技有限公司;真空油浴设备(320型):诸城市永联机械有限公司;切片机(400型):济南恒信食品机械有限公司;恒温水浴锅(HWS24型):上海一恒科学仪器有限公司;电子天平(FA2204C型):上海精科天美科学仪器有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 紫薯脆片的工艺

紫薯脆片的工艺流程:新鲜紫薯→清洗→去皮与切片→烫漂与护色→糖渍→冷冻→真空油浴→成品。

同一批次外形良好、大小均匀的新鲜紫薯用流动自来水清洗后、去皮、切成厚度为3 mm片状,放入烫漂锅中烫漂(100℃、1 min),沥干后冷冻(-18℃)备用。将冷冻的紫薯薄片放入真空油浴设备中加工,加工完毕待其冷却后真空包装待测。

#### 1.3.2 单因素试验

##### 1.3.2.1 柠檬酸对紫薯脆片品质的影响

油浴设备参数设定为油浴温度95℃、油浴时间40 min,将厚度为3 mm紫薯片分别添加(以烫漂水的总质量为准)0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%柠檬酸预处理后真空油浴,油浴后测定其感官评分、含油率、脆度、色差,确定柠檬酸的最佳添加量。

##### 1.3.2.2 油浴温度对紫薯脆片品质的影响

采用添加量为2.0%的柠檬酸处理紫薯片,油浴设

备参数设定为油浴时间40 min,将厚度为3 mm紫薯片置于80、85、90、95、100℃条件下油浴,油浴后测定其感官评分、含油率、脆度、色差,确定最佳油浴温度。

##### 1.3.2.3 油浴时间对紫薯脆片品质影响

采用添加量为2.0%的柠檬酸处理紫薯片,油浴设备参数设定为油浴温度90℃,将厚度为3 mm紫薯片分别在20、30、40、50、60 min条件下油浴,油浴后测定其感官评分、含油率、脆度、色差,确定最佳油浴时间。

### 1.3.3 正交试验

在单因素试验的基础上,选取紫薯脆片加工工艺较好的区间进行三因素三水平即 $L_9(3^3)$ 正交试验,试验因素水平见表1。设定不同柠檬酸添加量、油浴温度及油浴时间进行试验,对其进行指标测定与分析。

表1 正交试验因素水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal test

水平	A 柠檬酸添加量/%	B 油浴温度/℃	C 油浴时间/min
1	1.5	85	35
2	2.0	90	40
3	2.5	95	45

### 1.3.4 指标测定

#### 1.3.4.1 感官评价

选定10名食品专业人员进行一定培训,然后以表2中各个指标的评分之和的1/3(3个指标的权重分别为三分之一)作为最终的综合感官评分<sup>[21]</sup>。紫薯脆片感官评分标准见表2。

表2 紫薯脆片感官评分标准

Table 2 Sensory scoring standard of purple sweet potato chips

指标	评分		
	8~10	4~7	0~3
组织状态(10)	外形完整,无碎片	外形较完整,有少量大碎片	外形不完整,碎片较多
色泽(10)	浅紫色,颜色均匀	淡紫色,颜色较均匀	深紫色,颜色不均一
酥性及气味(10)	口感酥脆,香气浓郁,无异味	酥脆性一般,无油腻感,油炸后香气较淡,无异味	酥脆性较差,油腻感,油炸后无香气,无异味

#### 1.3.4.2 样品含油率测定

参照GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》,称取约5 g紫薯脆片,置于50 mL试管内,加入8 mL水,混匀后再加10 mL盐酸。将试管放入70℃~80℃水浴中,每隔10 min用玻璃棒搅拌1次,至试样消化完全为止,将粗脂肪处理后称重并计算含油率。

## 1.3.4.3 样品脆度测定

参考果蔬脆片的脆度测定方法<sup>[2-23]</sup>并稍作修改,应用单次循环模式,探头为直径2 mm柱形探头(P/2),测试速度为1 mm/s,测试后速度为1 mm/s,目标距离为8 mm,触发力为8 g。脆度用脆性距离来表示,脆性距离越小,脆度越好。

## 1.3.4.4 样品色差测定

采用YS6060型分光测色仪测定,将紫薯脆片放在测量孔8 mm的位置测定(标准白板: $L_0^*=98.90$ , $a_0^*=0.06$ , $b_0^*=0.53$ ),对紫薯脆片颜色进行测定,每个样品取5个不同的测试点取平均值,记录 $L^*$ , $a^*$ 和 $b^*$ 的值。其中 $L^*$ 代表从黑(0)到白(100)的变化范围, $a^*$ 代表从红(+)到绿(-)的变化情况, $b^*$ 代表从黄(+)到蓝(-)的变化情况<sup>[24]</sup>。总色差( $\Delta E^*$ )按下面公式计算。

$$\Delta E^*=[(L_0^*-L^*)^2+(a_0^*-a^*)^2+(b_0^*-b^*)^2]^{1/2}$$

## 1.4 数据处理

使用Excel 2010、Origin 8.5进行数据处理与绘制图表;采用SPSS23软件进行单因素方差分析与显著差异分析。

## 2 结果与分析

## 2.1 护色处理对紫薯脆片品质的影响

不同柠檬酸添加量预处理紫薯脆片单因素试验结果见图1和图2。

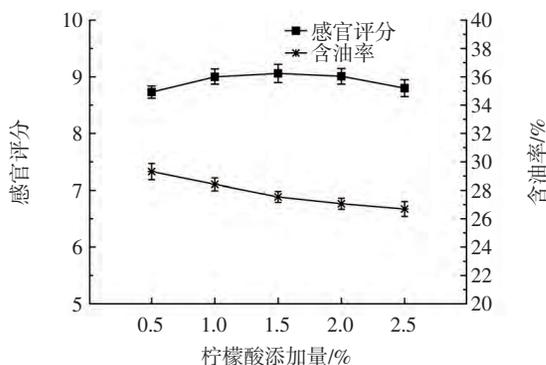


图1 柠檬酸预处理对紫薯脆片感官评分和含油率的影响

Fig.1 Effect of citric acid pretreatment on sensory score and oil content of purple sweet potato chips

由图1可知,随着柠檬酸添加量的增加,紫薯脆片的感官评分呈现先上升后降低的趋势,且柠檬酸添加量为1.5%的感官评分最高为9.06分。紫薯脆片的组织状态变化不大,色泽及酥性有所增加,可能由于添加的柠檬酸降低pH值而抑制了酶活性,同时预处理柠檬酸渗入紫薯组织内,提高加工后脆片的酥性;随

着柠檬酸添加量的增加,脆片的含油率逐渐降低。

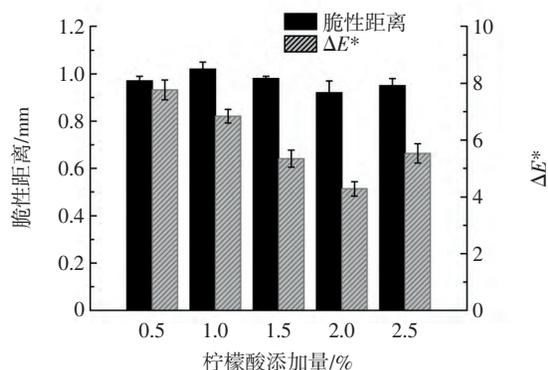


图2 柠檬酸预处理对紫薯脆片脆度和色差的影响

Fig.2 Effect of citric acid pretreatment on crispness and color difference of purple sweet potato chips

由图2可知,随着柠檬酸添加量的增加, $\Delta E^*$ 呈先降低后上升的趋势,添加量为2.0%效果最佳,这与胡婷等<sup>[25]</sup>的研究结论相一致;随着柠檬酸添加量的增加,脆度呈现先增加后降低的趋势,当柠檬酸添加量为2.0%时,脆性距离最小值为0.92 mm,脆片的脆度最佳。因此,用添加量为2.0%柠檬酸预处理紫薯脆片的综合品质最佳,可选取1.5%、2.0%和2.5%作为正交试验的3个柠檬酸添加量梯度。

## 2.2 油浴温度对紫薯脆片品质的影响

不同油浴温度条件下紫薯脆片的含油率、感官评分、脆度和色差变化情况见图3和图4。

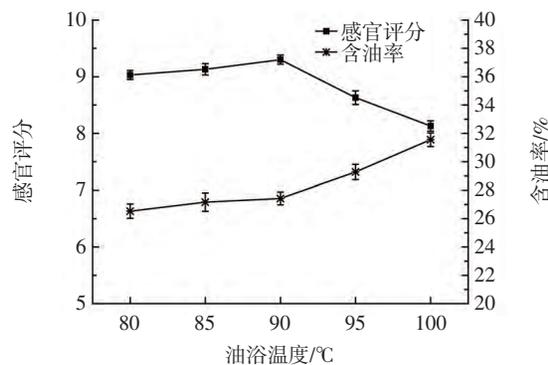


图3 油浴温度对紫薯脆片感官评分和含油率的影响

Fig.3 Effect of oil bath temperature on sensory score and oil content of purple sweet potato chips

由图3可知,紫薯脆片的感官评分随油浴温度的升高呈现先上升后下降的趋势,油浴温度为90℃时,感官评分最高,其中脆片的酥性明显增加;含油率有增大的趋势,说明紫薯脆片在油浴过程中,由于结构改变所形成的空泡可能包裹较多的油脂,从而过高温提高了脆片的含油率<sup>[26]</sup>。

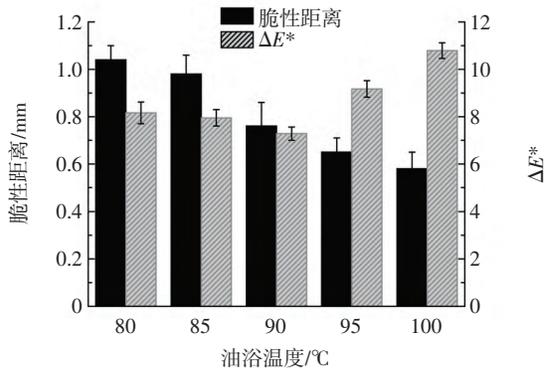


图4 油浴温度对紫薯脆片脆度和色差的影响

Fig.4 Effect of oil bath temperature on crispness and color difference of purple sweet potato chips

由图4可知,随着油浴温度增加,ΔE\*先下降后上升,油浴温度小于90℃,色泽变化较小,可能是由于柠檬酸的保护作用,当温度高于95℃时色差变暗最为明显。一是升高温度能够增强果蔬脆片的美拉德反应,二是高温对紫薯中花青素的结构有一定破坏作用。另外,油浴温度高于90℃,脆片的脆度明显降低。所以,综合分析,油浴温度为90℃时脆片品质最佳,可选取85、90、95℃作为正交试验的3个油浴温度梯度。

### 2.3 油浴时间对紫薯脆片品质的影响

不同油浴时间加工紫薯脆片单因素试验结果见图5和图6。

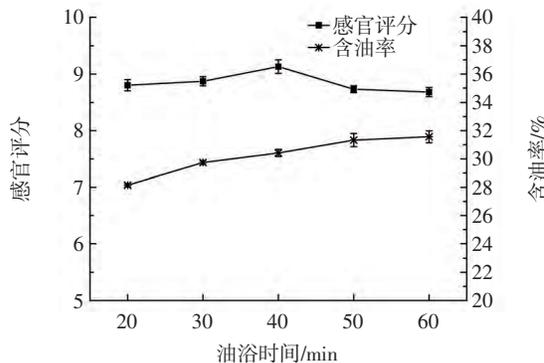


图5 油浴时间对紫薯脆片感官评分和含油率的影响

Fig.5 Effect of oil bath time on sensory score and oil content of purple sweet potato chips

由图5可知,随着油浴时间的延长,紫薯脆片的感官评分呈现先上升后下降的趋势,油浴时间为40min时,脆片感官评分最高。油浴时间大于40min,脆片的感官评分有下降的趋势,由于油浴时间太久会严重影响其色泽,从而影响脆片的感官评分;当油浴时间小于50min时,每组样品的含油率增加量较多,可能鲜紫薯薄片的含水量较高,油置换水相对充分。由于鲜紫薯薄片的总含水量一定,随着油浴时间延长,各组

样品的含油率增加相对减少<sup>[27-28]</sup>。

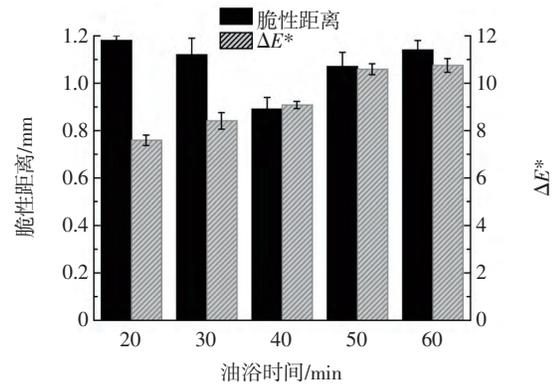


图6 油浴时间对紫薯脆片脆度和色差的影响

Fig.6 Effect of oil bath time on crispness and color difference of purple sweet potato chips

由图6可知,随着油浴时间的延长,脆片的总色差呈现升高趋势,油浴时间为50min与60min的脆片色泽较差,紫薯脆片的脆性有所增加,提高了脆片的酥性。因此,综合4个指标,可以确定紫薯脆片真空油浴选择油浴时间为40min较为合适。

### 2.4 正交试验结果分析

根据单因素试验结果,选择最佳柠檬酸添加量、油浴温度及油浴时间3个工艺参数区间设计正交试验,以紫薯脆片加工后的综合评分(由感官评分、脆度、色差与含油率加权平均计算得到,加权系数分别为0.3、0.2、0.2、0.3)为评价指标,筛选出预处理结合真空油浴加工的最佳工艺参数。正交设计试验和方差结果见表3和表4。

表3 紫薯脆片正交试验结果

Table 3 Orthogonal test results of purple sweet potato chips

试验序号	A 柠檬酸添加量	B 油浴温度	C 油浴时间	综合评分
1	1	1	1	8.64
2	1	2	2	8.72
3	1	3	3	8.23
4	2	1	2	8.96
5	2	2	3	9.03
6	2	3	1	8.82
7	3	1	3	8.43
8	3	2	1	8.72
9	3	3	2	8.13
k <sub>1</sub>	8.53	8.68	8.73	
k <sub>2</sub>	8.94	8.82	8.60	
k <sub>3</sub>	8.43	8.39	8.56	
R	0.51	0.43	0.16	

表4 方差分析结果

Table 4 Results of variance analysis

变异来源	III类平方和	自由度	均方	F	显著性
修正模型	0.766a	6	0.128	51.547	0.019
截距	670.465	1	670.465	270 591.139	0
A	0.436	2	0.218	88.013	0.011
B	0.287	2	0.143	57.852	0.017
C	0.043	2	0.022	8.776	0.102
误差	0.005	2	0.002		
总计	671.236	9			

由表3可知,3个因素对紫薯脆片品质影响的二次关系为A>B>C,即柠檬酸添加量影响脆片的品质最大,油浴温度及油浴时间的影响次之。由K值所得最优工艺组合为A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>,即柠檬酸的添加量为2.0%,油浴温度为90℃,油浴时间为35min。

表4方差结果分析表明,柠檬酸添加量与油浴温度对综合评分的影响显著(P<0.05)。

### 2.5 验证试验结果分析

考虑到最优组合A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>未在正交试验中出现,现以最优组合A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>的脆片加工工艺条件,与正交试验结果的最高综合评分对比,按照同样紫薯脆片的工艺方法进行验证试验,如表5所示。

表5 验证试验结果

Table 5 Validation test results

组合工艺	柠檬酸添加量/%	油浴温度/℃	油浴时间/min	综合评分
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	2.0	90	35	9.25
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	2.0	90	40	9.03

由表5可以看出,最优加工工艺参数A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>的综合评分为9.25,高于正交试验表中A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>的综合评分,说明脆片预处理结合真空油浴工艺进行正交试验优化的综合评价方法较准确。因此,综合分析,紫薯脆片的最佳加工工艺是护色剂柠檬酸添加量2.0%、油浴温度90℃、油浴时间35min,脆片的品质最优。

### 3 结论

本研究利用护色剂柠檬酸预处理结合真空油浴加工紫薯脆片,以紫薯脆片的感官评分、含油率、色差及脆度为综合评定指标,通过单因素试验与正交试验确定紫薯脆片的最优工艺。结果表明:柠檬酸添加量2.0%、油浴温度90℃、油浴时间35min,此条件下制作的紫薯脆片综合品质最佳。由试验结果可以看出,单一护色剂柠檬酸预处理结合真空油浴技术,能够有效

降低成本和提高效率,对工业生产脆片具有一定的参考价值。本试验仅对紫薯脆片的加工工艺进行探究,后期可对加工后脆片的成分变化及脆片的货架期进行深入研究。

### 参考文献:

- [1] 严华兵,叶剑秋,李开绵.中国木薯育种研究进展[J].中国农学通报,2015,31(15):63-70.  
YAN Huabing, YE Jianqiu, LI Kaimian. Progress of cassava breeding in China[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(15): 63-70.
- [2] 王雨苗,郭浪阔.紫薯的主要类型及品种分析[J].南方农机,2020,51(12):55.  
WANG Yumiao, GUO Langkuo. Analysis of main types and varieties of purple potato[J]. South Agricultural Machinery, 2020, 51(12): 55.
- [3] 张婷,陈小伟,张琪,等.紫薯功能性与其食品开发研究进展[J].食品工业科技,2018,39(13):315-319,324.  
ZHANG Ting, CHEN Xiaowei, ZHANG Qi, et al. Research progress of functional and product development of purple sweet potatoes[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(13): 315-319,324.
- [4] 吴双双,王娇,张大强.紫薯多糖超声提取工艺优化及抗氧化活性研究[J].农产品加工,2019(11):40-41,45.  
WU Shuangshuang, WANG Jiao, ZHANG Daqiang. Ultrasonic extraction optimization and antioxidant activity of purple sweet potato polysaccharide[J]. Farm Products Processing, 2019(11): 40-41,45.
- [5] TRUONG V D, DEIGHTON N, THOMPSON R T, et al. Characterization of anthocyanins and anthocyanidins in purple-fleshed sweet potatoes by HPLC-DAD/ESI-MS/MS[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(1): 404-410.
- [6] 李洋.紫薯功能性研究与其食品开发研究[J].食品安全导刊,2020(24):173.  
LI Yang. Functional research and food development of purple potato[J]. China Food Safety Magazine, 2020(24): 173.
- [7] 伍子涵,王莹,李泉岑.紫薯花青素研究进展[J].现代食品,2021(3):15-17.  
WU Zihan, WANG Ying, LI Quancen. Research progress of purple sweet potato anthocyanins[J]. Modern Food, 2021(3): 15-17.
- [8] 穆晶晶,朱成雷,徐静雯,等.不同产地徐紫薯6号花青素成分差异分析[J].食品工业科技,2020,41(22):221-226.  
MU Jingjing, ZHU Chenglei, XU Jingwen, et al. Difference analysis of anthocyanin components from xuzishu No.6 in different origins[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(22): 221-226.
- [9] 吕昱,严敏.紫薯花色苷的生理功能及分离纯化研究进展[J].食品与机械,2013,29(4):250-253,257.  
LV Yu, YAN Min. Research advances on physiological functions, separation and purification of anthocyanins from purple sweet potato[J]. Food & Machinery, 2013, 29(4): 250-253,257.
- [10] 张鸿,郑志,熊宇豪,等.微波辅助热风干燥预处理对油炸紫薯片品质的影响[J].食品工业科技,2020,41(20):177-181,187.

- ZHANG Hong, ZHENG Zhi, XIONG Yuhao, et al. Effect of microwave-assisted hot air drying pretreatment on quality of fried purple potato chips[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(20): 177-181,187.
- [11] 翟玲玲. 果蔬脆片研究现状及发展趋势[J]. 食品安全导刊, 2020(3): 141-142.
- ZHAI Lingling. Research status and development trend of fruit and vegetable chips [J]. China Food Safety Magazine, 2020(3): 141-142.
- [12] 高兴洋, 安辛欣, 赵立艳, 等. 真空低温油炸和真空冷冻干燥对香菇脆片品质及挥发性风味成分的影响[J]. 食品科学, 2015, 36(17): 88-93.
- GAO Xingyang, AN Xinxin, ZHAO Liyan, et al. Effects of vacuum frying versus freeze drying on quality and volatile components of shiitake(*Lentinula edodes*) chips[J]. Food Science, 2015, 36(17): 88-93.
- [13] SU Y, ZHANG M, BHANDARI B, et al. Enhancement of water removing and the quality of fried purple-fleshed sweet potato in the vacuum frying by combined power ultrasound and microwave technology[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2018, 44: 368-379.
- [14] PENG J, WANG K, MA C, et al. Determination of anthocyanin and moisture content of purple sweet potatoes during drying process by their optical properties in the 400 nm-1050 nm range [J]. Food Chemistry, 2021, 359: 129811.
- [15] 范柳萍, 王维琴, 孙金才, 等. 预处理技术对真空油炸脆蚕豆品质的影响[J]. 食品工业科技, 2008, 29(7): 108-109,113.
- FAN Liuping, WANG Weiqin, SUN Jincai, et al. Effects of pretreatment on the quality of vacuum fried horsebean[J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(7): 108-109,113.
- [16] 王文成, 高惠安, 郑守斌, 等. 低温真空油炸山药脆片的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(4): 101-106.
- WANG Wencheng, GAO Hui'an, ZHENG Shoubin, et al. Study on low temperature vacuum frying of yam chips[J]. Food Research and Development, 2021, 42(4): 101-106.
- [17] DEVI S, ZHANG M, JU R H, et al. Co-influence of ultrasound and microwave in vacuum frying on the frying kinetics and nutrient retention properties of mushroom chips[J]. Drying Technology, 2020, 38(15): 2102-2113.
- [18] 任爱清, 邓珊, 唐小闲, 等. 香菇脆片真空油炸-真空微波联合干燥工艺优化[J]. 食品与机械, 2020, 36(10): 165-170.
- REN Aiqing, DENG Shan, TANG Xiaoxian, et al. Process optimization of vacuum-frying combined with vacuum-microwave drying in producing shiitake mushroom chips[J]. Food & Machinery, 2020, 36(10): 165-170.
- [19] 骆航, 孙兴力, 刘金凤, 等. 山药片干燥前的柠檬酸护色工艺研究[J]. 武夷学院学报, 2020, 39(12): 31-35.
- LUO Hang, SUN Xingli, LIU Jinfeng, et al. Research on the color protection of yam tablets by citric acid before drying[J]. Journal of Wuyi University, 2020, 39(12): 31-35.
- [20] 娄文娟, 孙一帆, 李斌. 怀山药罐头制作工艺研究 [J]. 食品研究与开发, 2017, 38(13): 113-117.
- LOU Wenjuan, SUN Yifan, LI Bin. Research on processing technology of canned yam[J]. Food Research and Development, 2017, 38(13): 113-117.
- [21] 孔宇, 韩冉, 王汝华, 等. 薯片酥脆度的感官评价和仪器分析及其相关性研究[J]. 农产品加工, 2016(6): 36-38.
- KONG Yu, HAN Ran, WANG Ruhua, et al. Correlation between texture analyzer parameters and sensory evaluation of potato chips crispness[J]. Farm Products Processing, 2016(6): 36-38.
- [22] 王辉, 陈中爱, 陈朝军, 等. 真空油炸马铃薯脆片预处理工艺优化[J]. 现代食品科技, 2018, 34(12): 187-195,227.
- WANG Hui, CHEN Zhong'ai, CHEN CHAOjun, et al. Optimization of the vacuum fried potato chips pretreatment technique[J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(12): 187-195,227.
- [23] 牛丽影, 王玉炜, 李大婧, 等. 不同品种紫薯的质构特征比较[J]. 现代食品科技, 2020, 36(7): 96-104.
- NIU Liying, WAN Yuwei, LI Dajing, et al. Texture comparison of different purple sweetpotato cultivars[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(7): 96-104.
- [24] AL FARUQ A, ZHANG M, ADHIKARI B. A novel vacuum frying technology of apple slices combined with ultrasound and microwave[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2019, 52: 522-529.
- [25] 胡婷, 谈叶, 吴鹏, 等. 鲜切佛手山药的护色条件优化[J]. 黄冈师范学院学报, 2020, 40(6):20-24.
- HU Ting, TAN Ye, WU Peng, et al. Optimization of color protection conditions for fresh-cut bergamot yam[J]. Journal of Huanggang Normal University, 2020, 40(6): 20-24.
- [26] CONTARDO I, JAMES B, BOUCHON P. Microstructural characterization of vacuum-fried matrices and their influence on starch digestion[J]. Food Structure, 2020, 25: 100146.
- [27] 吴列洪, 沈升法, 李兵. 甘薯品种干率与油炸薯片含油量和硬度间的相关性[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(11): 47-49.
- WU Liehong, SHEN Shengfa, LI Bing. Dry matter of sweet potato vs oil content and hardness of fried chips[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2009, 24(11): 47-49.
- [28] DEVI S, ZHANG M, MUJUMDAR A S. Influence of ultrasound and microwave-assisted vacuum frying on quality parameters of fried product and the stability of frying oil[J]. Drying Technology, 2021, 39(5): 655-668.

加工编辑: 姚骏

收稿日期: 2021-10-10