

紫色马铃薯冲调营养粉 配方研制与主要功能成分分析^①

刘家艳¹, 曹敏¹, 黄茜¹, 杨晓红¹, 王季春²

1. 西南大学 园艺园林学院/南方山地园艺学 教育部重点实验室, 重庆 400716;

2. 西南大学 农学与生物科技学院/南方山地农业 教育部工程研究中心, 重庆 400716

摘要: 采用自然干燥、冷冻干燥和热风干燥 3 种方式对紫色马铃薯片进行干燥, 探讨不同干燥方式对紫色马铃薯色泽的影响. 以紫色马铃薯粉、豆奶粉和白砂糖三因素设计 3 水平正交试验, 探索紫色马铃薯营养粉的优质配方. 结果表明: 冷冻干燥的马铃薯色泽最好, 呈淡紫色, 有光泽, 花青素含量为 0.05 mg/g; 当紫色马铃薯粉、豆奶粉和白砂糖的比例为 7:4:3 时, 制得的马铃薯营养粉成品中, 水分含量平均为 3.8%, 蛋白质含量平均为 13.5%, 感官优良、冲调性好.

关键词: 紫色马铃薯; 营养粉; 干燥方式; 研制

中图分类号: S532

文献标志码: A

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是世界四大粮食作物之一, 由于其富含淀粉、维生素、蛋白质、无机盐、纤维素等营养物质, 具有较高的营养价值^[1]. 马铃薯除可作为主食、副食、蔬菜等鲜食外, 还可以通过深加工提升其经济价值. 目前, 各种淀粉制品、发酵产品、冷冻马铃薯和油炸酥脆马铃薯等以马铃薯为原料的食品日益增多^[2]. 与国外相比, 我国的马铃薯资源极为丰富, 但由于马铃薯产地均在比较偏远的地方, 如四川凉山州^[3], 交通不便, 加工技术较为落后, 初级加工较多而深加工不足, 产品附加值低^[2-4]. 鲜马铃薯水分含量高, 不易保存, 因此, 将马铃薯脱水处理, 能够延长马铃薯的保质期.

紫色马铃薯是彩色马铃薯中的一种, 和普通马铃薯相比, 它含有丰富的花青素, 热量与淀粉含量低于普通马铃薯, 其抗氧化活性和抗酸化物的含量高于其他马铃薯^[5], 是良好的天然色素资源. 国外对于紫色马铃薯花青素生理功能的研究较多, 同时也开发了一些营养丰富, 有一定保健功能的加工食品^[6-9]. 国内对于紫色马铃薯的研究主要集中在花青素的提取工艺以及理化性质^[10-12], 产品加工工艺方面的研究报道较少. 以紫色马铃薯为原料加工出来的产品色泽天然, 营养丰富, 充分合理利用紫色马铃薯资源, 开展紫色马铃薯营养粉的深加工研制, 具有广阔的开发前景. 豆奶粉是大豆的一种重要的深加工产品, 为人们提供了方便的蛋白质食品, 同时有效地解决了豆奶保存和远距离运输不便捷的问题. 将马铃薯粉与豆奶粉进行合理复配, 食品营养更加均衡. 由于光和热对花青素有一定的破坏作用^[11, 13], 不同的干燥方式对花青素会产生不同程度的影响. 因此, 本研究以紫色马铃薯为主要原料, 探讨紫色马铃薯适宜的干燥方法, 并以马铃薯粉、豆奶粉和白砂糖三因素设计一个三水平的正交试验, 研制冲调即食紫色马铃薯营养粉, 确定优化试验方案, 以为紫色马铃薯的深加工提供有价值的参考资料.

1 材料和方法

① 收稿日期: 2013-05-24

基金项目: 重庆市科技攻关重点项目(CSTC2012ggB80006)资助.

作者简介: 刘家艳(1990-), 女, 湖北仙桃人, 硕士研究生, 主要从事果蔬营养与加工研究.

通信作者: 杨晓红, 教授, 博士生导师.

1.1 材料与仪器

紫色马铃薯:湖北省恩施州农科院提供,采集同一栽培条件下成熟度基本一致的紫色马铃薯.豆奶粉:维他型豆奶粉(品牌:维维;厂家:宜昌维维食品饮料有限公司);优质白砂糖(品牌:岚波;厂家:重庆市悦瑞食品有限责任公司).分析纯浓硫酸、95%乙醇、15%盐酸、氢氧化钠、苯酚、亚硫酸钠等,均购自国药集团.

GZX-9140 MBE 电热鼓风干燥箱:上海博远实业有限公司医疗设备厂;DL-5 型大容量低速离心机:上海安亭科学仪器制造厂;AK-800A 摇摆式中药粉碎机:天津市华航制药有限公司;FA2104 电子天平:上海天平仪器厂.pH 计:上海精科仪器厂.

1.2 实验方法

1.2.1 紫色马铃薯片干燥试验

试材预处理:选用新鲜、无霉变、无病虫害的紫色马铃薯,经清洗、去皮、切片(厚度为 1 cm)后用沸水烫漂处理 2~3 min,然后冷却.

以 3 种不同的方式干燥紫色马铃薯片.鼓风干燥:在 55~60 °C 的温度下干燥 24 h 至恒重;冷冻干燥:先在 -10 °C 预冻 12 h,当真空度达 60 Pa 时开始加热,保证稳定的真空度,同时使物品的最高温度不超过 50 °C^[14-15],再进行真空冷冻干燥;自然干燥:在阴凉干燥处(温度约 25~30 °C)自然风干(约一周左右)至恒重.

将紫色马铃薯片粉碎得到紫色马铃薯全粉,测量不同方式干燥的马铃薯粉的花青素含量.

1.2.2 紫色马铃薯粉加工

紫色马铃薯粉加工工艺流程参照黄洪媛等的方法^[16]略加修改.

1.2.3 紫色马铃薯营养粉单因素试验设计

称取 4,5,6,7,8 g 的紫色马铃薯粉,分别与 1,2,3,4,5 g 豆奶粉或者白砂糖混合均匀,用 100 °C 的开水冲调,从色泽、速溶性、香气、口感等方面进行感官评定.

1.2.4 紫色马铃薯营养粉配方配比试验

在单因素试验的基础上,3 因素中各选 3 个较好水平,采用 L₉(3³)正交设计,综合研究紫色马铃薯粉用量、豆奶粉用量和白砂糖用量对紫色马铃薯营养粉品质的影响,筛选出最佳营养粉配方.

1.2.5 感官评定

参照《食品分析与感官评定》的有关评定方法^[17],由 20 个人组成评审小组对产品进行评分.紫色马铃薯营养粉的感官评分指标为色泽、复水性、气味、组织形态和滋味,平均每个指标 20 分,总分 100 分.评分指标体系与评分标准见表 1.

表 1 紫色马铃薯营养粉评分指标体系与评分标准

项 目	评分标准		
	优质(15~20)	良质(8~14)	劣质(≤7)
色泽(满分 20 分)	色泽均匀一致,呈淡紫色,有光泽	色泽呈浅紫或灰暗,无光泽	色泽灰暗,无光泽
复水性(满分 20 分)	开水冲调后成色均一,无结块	开水冲调后色泽暗淡,无结块	开水冲调后色泽暗淡,有结块
气味(满分 20 分)	具有较浓的马铃薯香味和豆奶粉的奶香味,无其他异味	马铃薯味和豆奶粉味平淡,或有其他异味	有陈腐味、发霉味、脂肪哈喇味等
组织形态(满分 20 分)	粉粒大小均匀,手感疏松,无结块,无杂质	有松散的结块或少量硬颗粒、焦粉粒等	焦硬的、不易散开的结块,有肉眼可见的杂质或异物
滋味(满分 20 分)	浓郁的马铃薯风味中夹杂着淡淡的清香,无任何其他异味	滋味平淡或有轻度异味,或者是甜度过大	有苦涩或其他较重异味

1.2.6 测定方法

紫色马铃薯营养粉水分含量按照 GB 5009.3—85 食品中水分的测定方法进行测定^[18];紫色马铃薯花青素检测按照廉玉姬等的方法进行测定^[12];蛋白质的测定按照凯式定氮法进行测定^[19].

1.2.7 统计分析

采用 SPSS v19.0 软件统计分析.

2 结果与分析

2.1 不同干燥方式对紫色马铃薯品质的影响

采用鼓风干燥、冷冻干燥和自然干燥 3 种方式对适量的马铃薯片进行干燥处理。通过观察色泽, 嗅其气味等对样品表面色泽、风味、复水性以及横切面色泽几个方面进行分析, 同时对不同方式干燥的马铃薯粉进行花青素含量测定, 研究不同的干燥方式对紫色马铃薯品质的影响。结果见表 2。

表 2 不同方式干燥的马铃薯片的感官分析

干燥方式	感官分析					
	颜色	松脆度	气味	口感	横切面颜色	花青素 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
自然风干	深紫色、色泽均匀	很硬、结实	很淡的土豆清香	很硬	深紫色, 有明显光泽	0.040
鼓风干燥	深紫色、色泽不均匀	较硬、较松脆	较浓的土豆味	较硬	褐色, 较淡的色泽	0.025
冷冻干燥	淡紫色、色泽均匀	非常松脆	浓郁的土豆味	绵软	淡紫色, 有明显光泽	0.050

从表 2 可知, 干燥方式对于紫色马铃薯色泽造成一定影响, 在自然干燥、冷冻干燥和热风干燥 3 种方式中, 热风干燥的效果最差, 色泽暗淡, 无光泽, 而冷冻干燥的紫色马铃薯色泽最好, 有明显的光泽。紫色马铃薯中含有多酚氧化酶, 使马铃薯中的酚类物质在有氧环境中氧化为醌类物质, 发生酶促褐变。低温环境抑制酶活性, 使花青素免受氧化还原酶的影响。温度太高会使花青素产生损失, 热风干燥温度在 60°C 左右, 温度相对较高, 长时间的高温环境对于花青素有一定影响。自然风干耗时较长, 风干过程中, 马铃薯受到氧化还原酶的影响, 会发生部分褐化现象, 马铃薯色泽变深。

2.2 紫色马铃薯营养粉配方的优化

2.2.1 紫色马铃薯营养粉单因素试验感官评定

将 4~8 g 的紫色马铃薯粉分别与 1~5 g 的豆奶粉或白砂糖均匀混合, 100°C 开水冲调, 从色泽、速溶性、香气、口感等方面进行感官评分, 单因子试验及结果见表 3 和表 4。

表 3 不同豆奶粉含量的紫色马铃薯营养粉的感官评分

紫色马铃薯粉/g	豆奶粉/g	感官分析					
		色泽	溶解性	气味	组织形态	口感	总分
4	1		17.0	16.0	15.2	15.0	80.4
	2	17.5	17.5	16.2	15.4	15.5	82.1
	3	17.0	17.0	16.5	15.5	15.8	81.8
	4	16.8	16.2	16.4	15.1	16.0	80.5
	5	16.0	15.6	15.8	15.0	16.2	78.6
5	1	17.0	17.5	15.5	15.0	14.8	79.8
	2	17.4	17.6	15.8	15.3	15.1	81.2
	3	17.5	17.2	16.0	15.7	15.4	81.8
	4	17.3	16.5	16.4	15.5	15.7	81.4
	5	17.2	16.3	16.2	15.2	15.6	80.5
6	1	16.5	17.8	15.8	14.8	14.7	79.6
	2	17.0	17.7	16.0	15.0	15.1	80.8
	3	17.3	17.3	16.4	15.3	15.5	81.8
	4	17.8	17.0	16.5	15.5	15.8	82.6
	5	17.0	16.5	16.3	15.1	15.7	80.6
7	1	16.0	18.0	15.5	14.7	14.5	78.7
	2	16.3	18.2	15.8	14.9	14.8	80.0
	3	16.5	18.4	16.6	15.3	15.0	81.8
	4	16.8	18.5	17.0	16.0	15.5	83.8
	5	16.2	17.8	16.5	15.5	15.4	81.4

	1	15.8	18.3	15.4	14.5	14.3	78.3
	2	16.2	18.5	15.8	15.2	14.5	80.2
8	3	16.3	18.4	16.0	15.3	14.8	80.8
	4	16.6	18.1	16.4	15.5	15.2	81.8
	5	16.0	17.8	16.2	15.2	15.0	80.2

表 4 不同白砂糖用量的紫色马铃薯营养粉的感官评分

紫色马铃薯粉/g	白砂糖/g	感官分析					总分
		色泽	溶解性	气味	组织形态	口感	
4	1	17.0	17.2	16.2	15.2	15.2	80.8
	2	17.1	17.3	16.3	15.3	15.6	81.6
	3	17.0	17.5	16.2	15.4	15.8	81.9
	4	17.1	17.6	16.4	15.3	16.0	82.4
	5	17.0	17.8	16.3	15.2	15.3	81.6
5	1	17.2	17.1	16.3	15.3	15.0	80.9
	2	17.3	17.3	16.2	15.4	15.2	81.4
	3	17.2	17.3	16.4	15.5	15.3	81.7
	4	17.2	17.5	16.3	15.6	15.4	82.0
	5	17.0	17.6	16.2	15.3	15.2	81.3
6	1	17.3	17.0	16.3	15.1	15.0	80.7
	2	17.2	17.2	16.2	15.3	15.1	81.0
	3	17.3	17.3	16.4	15.4	15.2	81.6
	4	17.4	17.5	16.3	15.5	15.3	82.0
	5	17.2	17.3	16.2	15.2	15.0	80.9
7	1	17.0	17.0	16.0	15.1	14.8	79.9
	2	17.2	17.1	16.2	15.2	15.0	80.7
	3	17.3	17.3	16.4	15.4	15.3	81.7
	4	17.5	17.4	16.7	15.7	15.6	82.9
	5	17.2	17.2	16.3	15.5	15.5	81.7
8	1	17.1	17.2	15.8	15.0	14.5	79.6
	2	17.2	17.3	16.1	15.2	15.0	80.8
	3	17.1	17.4	16.1	15.3	15.2	81.1
	4	17.2	17.5	16.3	15.4	15.5	81.9
	5	17.0	17.5	16.1	15.0	15.1	80.7

由表 3、表 4 可知, 以 5~7 g 紫色马铃薯粉、2~4 g 豆奶粉、2~4 g 白砂糖配成的马铃薯冲调营养粉相对较好。

2.2.2 紫色马铃薯营养粉正交试验

为获得最佳配方, 在单因素水平的基础上, 选取紫色马铃薯粉、豆奶粉和白砂糖为主要影响因素, 采用正交试验研究紫色马铃薯粉的感官评分的影响, 因素水平见表 5, 正交试验设计及结果见表 6。

表 5 紫色马铃薯营养粉配方正交试验

因 素	A 紫色马铃薯/g	B 豆奶粉/g	C 白砂糖/g
1	5	4	2
2	6	3	3
3	7	2	4

由正交试验极差分析可知, 影响马铃薯营养粉的感官评分的因素中, 以紫色马铃薯粉的影响最为显著, 其次是白砂糖, 豆奶粉的影响最小。3 个极差中, 第一列因素 A 的极差 2.27 最大, 它的 3 个水平改变时对试验指标的影响最大, 则因素 A 是我们考虑的主要因素。它的 3 个水平的感官评分值分别为 83.03, 83.9, 85.3, 第三水平所对应的数值 85.3 最大, 所以取它的第三水平最好; 第二列因素 B 的极差为 0.3, 数值最小, 说明它的水平改变时对试验指标影响最小, 第一水平所对应的数值 84.2 最大, 所以取它的第一水平最好; 同理, 因素 C 则取它的第三水平(84.7)。从以上分析可以得出结论: 各因素对试验指标的影响按大小次序是 ACB, 最佳方案是 A₃C₃B₁。

采用最优配方配制得到的紫色马铃薯营养粉, 其感官指标为均匀的淡紫色, 风味协调, 具有马铃薯特有风味, 滋味浓郁, 营养丰富, 冲调性好。

表 6 紫色马铃薯营养粉配方的正交试验方案及结果

试验号	因素水平			感官评分
	紫色马铃薯 A	豆奶粉 B	白砂糖 C	
1	1	1	1	82.8
2	1	2	2	82.8
3	1	3	3	83.5
4	2	1	2	83.4
5	2	2	3	84.2
6	2	3	1	84.1
7	3	1	3	86.4
8	3	2	1	85.1
9	3	3	2	85.7
K1	249.1	252.6	252	
K2	251.7	252.1	250.3	
K3	255.9	251.7	254.1	
k1	83.03	84.2	84	
k2	83.9	84.03	84.43	
k3	85.3	83.9	84.7	
R	2.27	0.3	0.7	

2.3 紫色马铃薯营养粉的主要成分理化分析

对按照 $A_3C_3B_1$ 配制的紫色马铃薯营养冲调粉进行主要成分含量测定, 结果表明, 紫色马铃薯的花青素含量平均为 0.05 mg/g, 营养粉的水分含量平均为 3.8%, 蛋白质含量平均为 13.5%。奶粉的水分含量一般控制在 3%~5%, 水分含量太高, 容易造成奶粉结块, 微生物滋生等问题^[20], 马铃薯营养粉水分含量适宜, 便于保存。彩色马铃薯最大的特色就是含有丰富的花青素, 已有研究报道表明花青素是一种自由基清除剂, 抗氧化作用强^[7,21], 能够延缓衰老。除此之外, 对于许多疾病, 花青素也有一定的预防作用, 比如冠心病、动脉粥样硬化以及肝脏功能修复等^[7]。一般马铃薯的营养价值可以通过高产栽培逐步得到提高^[3,22], 紫色马铃薯营养价值更为丰富, 其营养粉含有丰富的花青素, 色泽天然, 同时蛋白质含量较高, 若适量添加一些老年人群体需要的微量元素^[23](如 V_A 、 V_D 、钙)后, 营养丰富, 特别适合老年人食用, 具有广阔的开发前景。

3 结 论

冷冻干燥对于紫色马铃薯色泽破坏小, 较好地保存了马铃薯的营养物质, 配制的紫色马铃薯营养粉品质最佳。

当紫色马铃薯粉、豆奶粉、白砂糖的质量比例为 7:4:3 时, 紫色马铃薯营养粉花青素和蛋白质含量较高, 营养适宜、风味最佳。其感官指标为: 色泽均匀一致, 呈淡紫色, 有光泽; 粉粒大小均匀, 手感疏松, 无结块, 无杂质; 具有较浓的马铃薯香味和豆奶粉的奶香味, 无其他异味。

参考文献:

- [1] 郭心义. 马铃薯全粉生产状况及前景展望 [J]. 粮油加工与食品机械, 2003(10): 8-12.
- [2] 赵萍, 李春雷, 张轶, 等. 马铃薯生产加工现状及发展前景 [J]. 甘肃工业大学学报, 2003, 29(1): 76-80.
- [3] 彭徐. 凉山州马铃薯比较优势研究 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2012, 37(10): 45-51.
- [4] 丛小甫. 中国马铃薯全粉加工业现状 [J]. 食品科学, 2002, 23(8): 348-352.
- [5] LI K H, PARK E J, LEE H S, et al. Evaluation of Potato Varieties with High Antioxidant Activities by Measuring Phenolic Acids in Different Tuber Parts [J]. Horticulture, Environment and Biotechnology, 2006, 47(3): 126-131.
- [6] LACHMAN J, HAMOUZ K, ŠULC M, et al. Cultivar Differences of Total Anthocyanins and Anthocyanidins in Red and Purple-Fleshed Potatoes and Their Relation to Antioxidant Activity [J]. Food Chemistry, 2009(114): 836-843.
- [7] SUDA I, OKI T, MASUDA M, et al. Physiological Functionality of Purple-Fleshed Sweet Potatoes Containing Anthocyanins and Their Utilization in Foods [J]. JARQ, 2003, 37(3): 167-173.
- [8] NAYAK B, BERRIOS J D J, POWERS J R, et al. Thermal Degradation of Anthocyanins From Purple Potato (Cv.

- Purple Majesty) and Impact on Antioxidant Capacity [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011(59): 11040–11049.
- [9] NAYAK B, LIU R H, BERRIOS J D J, et al. Bioactivity of Antioxidants in Extruded Products Prepared From Purple Potato and Dry Pea Flours [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011(59): 8233–8243.
- [10] 张 玥, 龙 君, 文 云, 等. 紫色马铃薯花色苷定量分析方法的比较 [J]. *湖南农业科学*, 2012(9): 25–28.
- [11] 房岩强, 刘建垒, 李 恬, 等. 紫色马铃薯花色苷理化性质研究 [J]. *食品科学*, 2009, 30(23): 176–179.
- [12] 廉玉姬, 夏 霖, 林光哲. 紫色马铃薯 Bora valley 花青素的提取与含量的测定 [J]. *临沂师范学院学报*, 2009, 31(6): 85–88.
- [13] 姜 莉, 李志华, 张正茂, 等. 马铃薯紫色素的提取及稳定性研究 [J]. *食品工业科技*, 2009, 30(6): 265–270.
- [14] 何贤用, 杨 松. 马铃薯全粉产品的品质与生产控制 [J]. *粮食与饲料工业*, 2005(2): 26–27.
- [15] 武治昌, 杨安瑞, 刘志芳, 等. 真空冷冻干燥马铃薯片加工工艺 [J]. *食品科技*, 2006, 31(1): 37–38.
- [16] 黄洪媛, 罗二波, 秦礼康. 紫色马铃薯颗粒全粉生产工艺优化 [J]. *食品科学*, 2011, 32(22): 135–142.
- [17] 吴谋成. *食品分析与感官评定* [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [18] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.3–2010, 食品安全国家标准 食品中水分的测定 [S]. 2010.
- [19] 刘志国. *生物化学实验* [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2007.
- [20] 张兰威. *乳与乳制品工艺学* [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [21] FURUTA S, SUDA I, NISHIBA Y, et al. High Tert-Butylperoxyl Radical Scavenging Activities of Sweet Potato Cultivars with Purple Flesh [J]. *Food Science and Technoogy Research*, 1998, 4(1): 33–35.
- [22] 丁 凡, 王季春, 唐道彬, 等. 不同营养方式下雾培马铃薯对氮、磷、钾的吸收、利用及分配规律 [J]. *西南师范大学学报: 自然科学版*, 2008, 33(3): 81–85.
- [23] 荣玉珊, 满静凝, 边宝林. 以马铃薯全粉为主料的老年营养粉的研制 [J]. *食品科学*, 1996, 17(6): 27–32.

On Analysis of Formula of Purple Potato Brewing Nutrition Powder and Its Chief Functional Components

LIU Jia-yan¹, CAO Min¹, HUANG Qian¹,
YANG Xiao-hong¹, WANG Ji-chun²

1. College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University / Key Laboratory of Horticulture Science for Southern Mountainous Regions, Ministry of Education, Chongqing 400716, China;

2. College of Agronomy and Biotechnology, Southwest University / Engineering Research Center of South Upland Agriculture, Ministry of Education, Chongqing 400716, China

Abstract: Three drying methods of natural drying, freeze drying and blast drying have comparatively been studied in order to probe the effect of different drying ways on the color of purple potato. The orthogonal test with three factors and three levels has been designed to explore the good quality formula constructed with purple potato powder, soybean milk powder and sugar. The results show that the color of potato powder dries by freeze drying appears as the bright color as lavender, glossy, and the anthocyanins content is 0.05 mg/g. The color of nutrition powder is fine when purple potato flour, soy milk powder and white sugar are formulated by a ratio of 7 : 4 : 3. The moisture content is 3.8%, and protein content 13.5%, on average in this nutrition powder.

Key words: purple potato; nutrition powder; drying methods; development

责任编辑 欧 宾