

不同加工方式对马铃薯原粉基本性质的影响

韩亚芬 杨炳南 赵凤敏 曹有福 李少萍 李树君

(中国农业机械化科学研究院,北京 100083)

摘要: 分别采用真空冷冻和低温热风(60℃)2种干燥方式制备马铃薯原粉,研究原粉和熟粉在外观品质、微观结构、功能特性、复水特性等方面的性质。结果表明:冻干原粉和经烫漂的热风干燥原粉外观与熟粉接近;熟粉细胞排列规律且胞间无粘结,淀粉完全糊化,而原粉胞间粘结严重并含有大量生淀粉颗粒;热风干燥原粉的蓝值与熟粉蓝值相近;原粉在持水性和透光性方面均不及熟粉,其中与熟粉功能特性最相似的为经烫漂的热风干燥原粉,其持水性、持油性和透光性分别为3.51 g/g、0.61 g/g和50.37%;经烫漂的热风干燥原粉的复水特性与熟粉相似,复水比和复水稳定性分别为9.68和95.51%。因此,经烫漂的热风干燥原粉可作为熟粉的替代品,在食品加工行业中有较大应用潜力。

关键词: 马铃薯原粉; 马铃薯熟粉; 微观结构; 功能特性; 复水特性

中图分类号: TS210.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2016)S0-0380-06

Effect of Different Processing Methods on Characteristics of Raw Potato Flour

Han Yafen Yang Bingnan Zhao Fengmin Cao Youfu Li Shaoping Li Shujun

(Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Potato flakes (PF) and raw potato flour (RPF) are essential materials in potato staple food strategy. Although PF has many excellent properties, the high production cost of PF limits the exploitation of potato production. Thus, obtaining a substitute of PF is significant for potato staple food strategy. Freeze drying and hot air drying (60℃ with or without blanching) were used to dehydrate potato powder. The appearance, microstructure, functional and reconstitution properties of RPF were researched compared with PF. The results showed that the LAB values of freeze dried RPF and hot air dried RPF with blanching were close to those of PF. However, color of the hot air dried RPF without blanching turned brown seriously, whose whiteness was much lower than that of PF. In microstructure, there was a big difference between RPF and PF in cell adhesion and starch gelatinization degree. The cells of PF were arranged well without any adhesion and raw starch granule. In contrast, cell walls of RPF were adhered and raw starch granule was abounded in cell. The blue value of hot air dried RPF (309.90) was similar to that of PF (399.36). The water holding capacity (6.58 g/g) and transparency (93.66%) of PF were significantly higher than those of RPF. Among the three kinds of RPF, hot air dried RPF with blanching was mostly similar to PF in values of functional properties. The water holding capacity, oil holding capacity and transparency of hot air dried RPF with blanching were 3.51 g/g, 0.61 g/g and 50.37%, respectively. Reconstitution properties of hot air dried PRF with blanching were similar to those of PF with reconstitution ratio of 9.68 and reconstitution stability of 95.51%. Therefore, the hot air dried RPF with blanching can be candidate PF substitutes in potato productions in the future. Further effort is needed to improve the uniformity and stability, and to solve the problem of dehydration and aging of the hot air dried RPF.

Key words: raw potato flour; potato flakes; microstructure; functional property; reconstitution property

收稿日期: 2016-07-20 修回日期: 2016-08-19

基金项目: 国家马铃薯产业技术体系项目(CARS-10-P23)

作者简介: 韩亚芬(1991—),女,博士生,主要从事农业物料特性与加工机理研究,E-mail: hanyafen_caams@163.com

通信作者: 李树君(1962—),男,研究员,博士生导师,主要从事农产品加工技术及装备研究,E-mail: lishujun@sinomach.com.cn

引言

马铃薯作为世界第四大粮食作物,其产量仅次于玉米、水稻和小麦^[1]。因其抗逆性好、增产潜力大、营养丰富,在很多国家作为主粮食用^[2]。联合国宣布2008年为“国际马铃薯年”,并将其称为“地球未来的粮食”^[3]。2015年1月,我国正式启动马铃薯主粮化战略,该项目总体目标中一个重要目标就是研发出马铃薯熟粉或生粉质量分数不低于55%的主食产品、休闲食品及地域特色食品^[4]。因此,马铃薯粉是马铃薯主粮化战略中的重要加工原料。

马铃薯熟粉,又称马铃薯雪花全粉,是马铃薯经去皮、切片、蒸煮、制泥、滚筒干燥、破碎得到的粉末或薄片状产品^[5]。熟粉在生产过程中保持了马铃薯细胞的完整性,具有天然马铃薯风味^[6]。目前,已有多篇文献报道关于马铃薯熟粉对面制品品质影响^[7-8],马铃薯熟粉也被应用于馒头、面条、饼干等多种食品中^[9-11]。但是马铃薯熟粉生产过程中的蒸煮、高温(170℃)滚筒干燥等高能耗工序大大增加了其生产成本^[12]。目前上市的马铃薯馒头中,马铃薯熟粉与小麦粉的配比为3:7,价格是普通馒头的2倍,如果采用全马铃薯粉加工馒头,则企业和消费者难以接受其成本和价格^[13]。因此,马铃薯熟粉较高的生产成本是限制马铃薯主粮产品开发推广的重要因素之一。与熟粉不同,作为一种新型的马铃薯全粉,马铃薯原粉一般不经过蒸煮及制泥工序,而是直接将马铃薯低温干燥、破碎,最终得到粉状产品^[12]。以马铃薯原粉为原料,有利于降低马铃薯主粮产品的成本。但是,关于制备马铃薯原粉及描述产品性质的报道相对较少。赵奕昕等^[12]研究了不同工艺参数对马铃薯原粉感官指标和理化指标的影响,但其并未对马铃薯原粉的功能特性及复水特性等方面进行评价。

本文采用真空冷冻干燥和低温热风干燥2种方式制备马铃薯原粉,探究烫漂工艺及干燥工艺对马铃薯原粉性质的影响,通过比较马铃薯原粉和熟粉在外观、微观结构、功能特性、复水特性等方面存在的差异,为马铃薯原粉的研制及代替熟粉的可行性提供研究基础和理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜马铃薯(夏波蒂品种),市售。马铃薯熟粉(雪花全粉,原料为夏波蒂品种),由中国包装和食品机械有限公司提供。碘, HCl(分析纯),北京化工

厂。大豆油(五湖牌一级大豆油),中粮集团。

1.2 仪器与设备

TB-214型电子天平,赛多利斯科学仪器北京有限公司;DHG 9023A型电热恒温鼓风干燥箱,上海精宏实验设备有限公司;SC-3610型离心机,安徽中科中佳科学仪器有限公司;UV-2550型紫外分光光度计,日本岛津公司;LG-0.2型微波真空冷冻干燥设备,自主研发;DK-98-II A型水浴锅,天津市泰斯特仪器有限公司;WSD-III型全自动色彩色差计,北京康光仪器有限公司;S-3400-2型扫描电镜,日立公司。

1.3 马铃薯原粉的制备

将马铃薯洗净,去皮,切丁(1.5 cm × 1.5 cm × 1.5 cm),清水漂洗后真空冷冻干燥,粉碎过80目筛,得到冷冻干燥马铃薯原粉。

将马铃薯按上述步骤切丁后,沸水中烫漂60 s,冷却后于60℃下热风干燥12 h,粉碎后过80目筛,得到经烫漂的热风干燥马铃薯原粉。

将马铃薯按上述步骤切丁后,不经烫漂直接置于60℃下热风干燥12 h,粉碎后过80目筛,得到未经烫漂的热风干燥马铃薯原粉。

1.4 色泽测定

采用全自动色彩色差计,将马铃薯粉制成粉饼,由色差计探头检测,记录仪器显示的 L^* 、 a^* 、 b^* 值,每个样品测定5次取平均值。

1.5 超微结构观察

样品(未经粉碎)表面喷金后,置于扫描电镜下,选择合适的放大倍数进行观察。

1.6 蓝值测定

根据SB/T 10752—2012蓝值的测定方法进行测定。

1.7 功能特性分析

根据文献[14]的测定方法进行测定。

1.7.1 持水性测定

取1.5 g样品加入离心管中称量,逐步加水并混匀,直至样品呈浆状但无水析出为止。在25℃、4 000 r/min转速下离心10 min,倒去上清液后称量。若离心后没有水析出,则应继续加水、搅匀并再离心,直至离心后有少量水析出为止。持水性计算式为

$$W_c = \frac{W_2 - W_1}{W} \quad (1)$$

式中 W_c ——持水性, g/g

W_1 ——初始离心管与样品质量, g

W_2 ——离心后离心管与样品质量, g

W ——样品质量, g

1.7.2 持油性测定

将 5.0 g 样品加入离心管中称量,准确加入 30 mL 大豆油,在沸水中加热 20 min,3 000 r/min 离心 15 min,小心倾倒入上层游离油,然后将离心管倒置 15 min,沥尽油后称量。持油性计算式为

$$O_c = \frac{W_3 - W_1}{W} \quad (2)$$

式中 O_c ——持油性, g/g

W_3 ——沥尽油后离心管与样品质量, g

1.7.3 透光度测定

取 1 g 待测样品置于 25 mL 具塞试管,并加入 20 mL 0.05 mol/L 的 HCl 溶液稍加振荡,待 24 h 沉淀完全后,吸取相同高度的上层清液,以 0.05 mol/L 的 HCl 作参照,用 1 cm 比色皿在 670 nm 波长处测定吸光度。透光度计算式为

$$T = 10^{-A} \times 100\% \quad (3)$$

式中 T ——透光度, %

A ——上清液在 670 nm 处的吸光度

1.8 复水特性分析

根据文献[15]的测定方法进行测定。

1.8.1 复水性

将马铃薯粉 20 g 置于 250 mL 烧杯中,量取热水(80℃)180 g 倒入烧杯中搅拌,静置 3 min,过滤,称量过滤液质量,干燥过滤液并称量残留可溶性固形物质量。复水比计算式为

$$R = \frac{180 - (M_1 - M_2)}{W} \quad (4)$$

式中 R ——复水比 M_1 ——滤液质量, g

M_2 ——滤液中残留可溶性固形物质量, g

1.8.2 复水稳定性

将马铃薯粉 20 g 置于 250 mL 量筒中,量取热水(80℃)180 g 倒入烧杯中搅拌,静置 3 min,分别测量上清液高度和冲调液高度。复水稳定性计算式为

$$K = \left(1 - \frac{h_1}{h_2}\right) \times 100\% \quad (5)$$

式中 K ——复水稳定性, %

h_1 ——静置后上清液高度, cm

h_2 ——静置后冲调液高度, cm

2 结果与分析

2.1 不同马铃薯原粉的色泽

目前,国际上对颜色的通用表示方法为 CIE LAB 法,它是利用 L^* 、 a^* 、 b^* 3 个不同的坐标轴,指示颜色在几何坐标图中的位置及代号^[16]。 L^* 轴表示明度,上白下黑,中间为亮度不同的灰色过渡。 L^* 称为明度指数, $L^*=0$ 表示黑色, $L^*=100$ 表示白

色。 a^* 、 b^* 坐标表示不同的色彩方向。 a^* 代表红绿轴上颜色的饱和度,其中负值为绿,正值为红; b^* 代表蓝黄轴上颜色的饱和度,其中负值为蓝,正值为黄^[17]。

马铃薯熟粉和不同方法制备的马铃薯原粉的色泽如表 1 所示。马铃薯熟粉的 $L^*=68.21$, $a^*=-1.33$ (<0, 偏绿), $b^*=10.75$, 说明雪花全粉色泽较白,略偏黄绿。冷冻干燥原粉和经烫漂的热风干燥原粉的色泽相对较好,与马铃薯熟粉较为接近。其中冷冻干燥原粉 $L^*=69.26$, $a^*=-1.90$, $b^*=10.30$, 与马铃薯熟粉相比, L^* 值更高,色泽更白。经烫漂的热风干燥原粉 $L^*=68.07$, $a^*=-0.32$, $b^*=11.98$, b^* 值略高于马铃薯熟粉,黄色偏多。未烫漂的热风干燥原粉的 L^* 值(63.36)远低于雪花全粉的 L^* 值, $a^*=0.10$ (>0, 偏红), 说明褐变严重,色泽偏暗偏红。

表 1 马铃薯熟粉和不同马铃薯原粉的色泽

Tab. 1 Colour of potato flakes and different kinds of raw potato flour

类别	L^*	a^*	b^*
马铃薯熟粉	68.21 ± 0.12	-1.33 ± 0.03	10.75 ± 0.21
经烫漂的热风干燥原粉	68.07 ± 0.07	-0.32 ± 0.02	11.98 ± 0.18
未烫漂的热风干燥原粉	63.36 ± 0.11	0.10 ± 0.01	10.27 ± 0.13
冷冻干燥原粉	69.26 ± 0.05	-1.90 ± 0.12	10.30 ± 0.01

干燥过程中,马铃薯发生褐变的原因主要有酚类物质的酶促褐变,以及美拉德反应和抗坏血酸氧化褐变等非酶褐变^[18]。真空冷冻干燥方式最大程度保护了细胞的完整性,有效避免了酚类底物和酚酶的接触,且低温、真空隔氧的环境有效抑制了美拉德反应和抗坏血酸氧化等非酶褐变^[19],因此得到的原粉色泽较好。热风干燥过程是在高温(60℃)和有氧条件下进行的,干燥过程中酶促褐变和非酶褐变 2 种褐变方式同时发生,使所得原粉色泽偏红偏暗。烫漂过程可以有效钝化马铃薯中的内源酶,经过烫漂后再进行热风干燥可以有效降低原粉的褐变程度^[19],得到的原粉与马铃薯熟粉色泽接近。

2.2 不同马铃薯原粉的超微结构

马铃薯熟粉和不同马铃薯原粉的扫描电镜图如图 1 所示。马铃薯熟粉(图 1a)由直径 120 ~ 240 μm 的细胞整齐排列而成,保持了较高的细胞完整性和分散性,细胞之间没有粘结在一起,淀粉处于完全糊化状态,没有生淀粉颗粒,细胞表面粘结着部分细小碎片状物质,可能是游离淀粉。通常,马铃薯熟粉是以鲜薯为原料,经清洗、去皮、切片、预煮、冷却、蒸煮、制泥、滚筒干燥后粉碎制成,破碎过程中造成了一定程度的细胞破裂^[20]。沈晓萍等^[5]比较了雪花

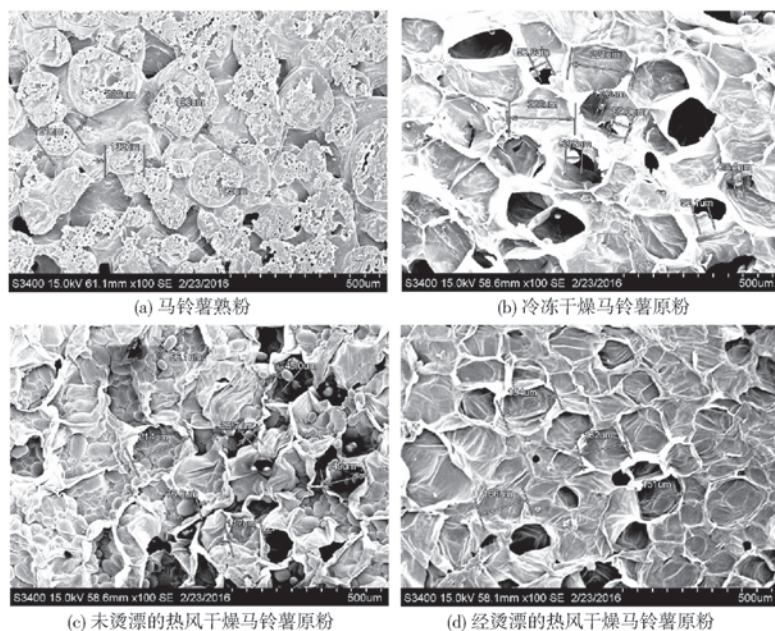


图1 马铃薯熟粉和不同马铃薯原粉的扫描电镜图

Fig.1 Scanning electron microscope photos of potato flakes and different kinds of raw potato flour

全粉和颗粒全粉的特征指标,其中雪花全粉的细胞完整度较好,细胞受损程度较高(20%~70%),淀粉形态 α 化。此外,YADAV等^[7]也发现滚筒干燥可以极大地改变淀粉颗粒的性状,并降低马铃薯中淀粉的结晶指数。

冷冻干燥马铃薯原粉(图1b)最大程度地保留了马铃薯细胞的原始状态,细胞紧密排列,细胞壁相互粘结,细胞膜基本完整,表面及膜下分散着许多粒径 $50\mu\text{m}$ 左右的卵形颗粒。马铃薯淀粉的颗粒长轴一般为 $15\sim 120\mu\text{m}$ ^[21],因而图片中的卵形颗粒为未经糊化的马铃薯淀粉颗粒。

未烫漂的热风干燥马铃薯原粉(图1c)与冷冻干燥马铃薯原粉有较大区别,几乎观察不到完整的细胞膜,大部分淀粉颗粒暴露出来,且未糊化,细胞壁向内皱缩。但经烫漂后的热风干燥马铃薯原粉(图1d)表面淀粉颗粒融合在一起,观察不到分散的淀粉颗粒,但并未融合为一个整体,可以观察到明显界限以及内部的生淀粉颗粒。说明烫漂工序没能使马铃薯淀粉完全糊化。

通过扫描电镜结果可以看出,原粉与熟粉的微观结构差异在于细胞间是否粘结、淀粉颗粒是否完全糊化。

2.3 不同马铃薯原粉的碘值

蓝值主要反映马铃薯熟粉细胞被破坏释放出游离淀粉的程度。碘与淀粉的颜色反应是一种络合反应,碘分子贯穿在淀粉的直链螺旋中,每一个螺旋恰好环绕一个碘分子,也就是每个碘分子和6个葡萄糖残基相结合。而淀粉与碘反应的颜色取决于淀粉链状分子的长度和分支的密度,随分支密度的增强,

碘反应的颜色由深蓝色转为紫色、红色、以至于棕色。直链淀粉遇碘生成深蓝色络合物,支链淀粉遇碘呈现紫红色,不产生络合结构。而由6个以下葡萄糖残基组成的低分子糊精,由于不能形成一个完整的螺旋节距而不能遇碘呈颜色反应^[20]。因而,蓝值主要测定的是具有螺旋结构的游离直链淀粉的含量。

不同马铃薯原粉的蓝值如图2所示。在4种马铃薯原粉中,热处理程度最低的冷冻干燥原粉的蓝值为899.68,远高于熟粉的蓝值(399.36),2种热风干燥原粉的蓝值与熟粉相近。说明热风干燥处理可以部分糊化马铃薯淀粉,降低原粉中游离淀粉颗粒的含量,使淀粉分子分散,破坏淀粉的螺旋结构,使分子结构的无序性增加,从而降低马铃薯原粉的蓝值,这与YADAV等^[7]的实验结果一致。

生产中,蓝值主要表征马铃薯全粉的细胞完整率以及游离淀粉含量的高低,与马铃薯全粉的品质

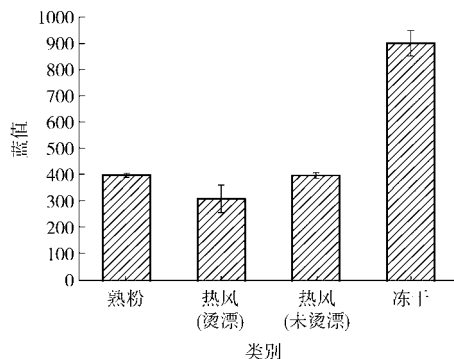


图2 马铃薯熟粉和不同马铃薯原粉的蓝值

Fig.2 Blue values of potato flakes and different kinds of raw potato flour

密切相关。蓝值越低,代表马铃薯全粉的细胞完整率越高,粘度越低,复水性越好,品质越高。因而,干燥过程中一定程度的热处理能提高马铃薯粉的细胞完成率和复水性,降低粘度,对马铃薯粉在生产加工中的应用有利。热风干燥的原粉与马铃薯熟粉的蓝值非常接近,说明其在食品加工中有一定应用潜力。

2.4 不同马铃薯原粉的功能特性

2.4.1 持水性

不同马铃薯原粉的持水性如图3所示。马铃薯熟粉、经烫漂的热风干燥原粉、未烫漂的热风干燥原粉和冷冻干燥原粉的持水性值分别为6.58、3.51、1.71、1.56 g/g。说明原粉的持水性普遍低于熟粉,而经烫漂的热风干燥原粉持水性优于其他2种原粉。持水力的差异主要是由淀粉分子内部羟基与分子链或水形成氢键和共价结合所致,羟基与淀粉分子结合的作用大于与水分子的结合,表示持水力低,反之则表示持水力高^[14]。全粉的持水能力对其在食品配料中的应用有一定的参考意义,持水性高,配料时可以添加较多的水,并且产品中的含水率较高^[21]。

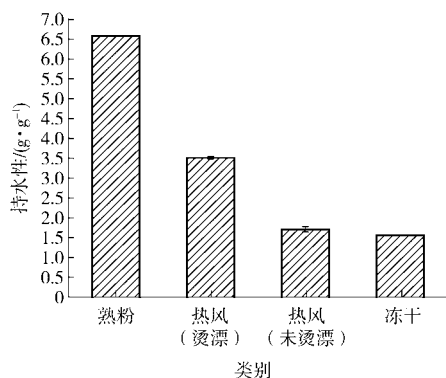


图3 马铃薯熟粉和不同马铃薯原粉的持水性

Fig. 3 Water holding capacities of potato flakes and different kinds of raw potato flour

2.4.2 持油性

不同马铃薯原粉的持油性如图4所示。马铃薯熟粉、经烫漂的热风干燥原粉、未烫漂的热风干燥原粉和冷冻干燥原粉的持油性值分别为0.79、0.61、0.65、0.82 g/g,说明原粉与熟粉的持油力相差不大。在3种原粉中,冷冻干燥原粉的持油性最优,这是由于冷冻干燥工艺变性程度较低,而吸油能力受蛋白质的来源、加工条件和添加剂的成分颗粒的大小和温度的影响,尤其是加工过程中疏水性蛋白质的变性程度对吸油能力影响显著^[14]。全粉的持油性高,配料时可以添加较多的食用油,并且产品中的含油量较高。持油能力好的全粉可以广泛应用于高脂肪食品的加工,避免脂肪的溶出而造成食品品质的改变。

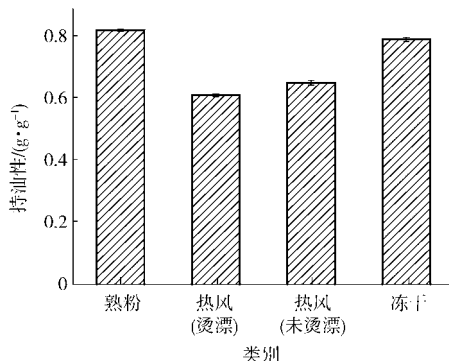


图4 马铃薯熟粉和不同马铃薯原粉的持油性

Fig. 4 Oil holding capacities of potato flakes and different kinds of raw potato flour

2.4.3 透光性

不同马铃薯原粉的透光度如图5所示。熟粉的透光度(93.66%),远大于经烫漂的热风干燥原粉(50.37%)、未烫漂的热风干燥原粉(49.63%)和冷冻干燥原粉(31.89%)。通常,马铃薯全粉溶液的上清液越浑浊,透光率越低,说明淀粉越容易老化。透明度的主要影响因素是全粉的来源和种类,其次是全粉中的淀粉在糊化后分子重新排列互相缔合的程度^[14]。因此原粉在加工利用过程中可能遇到淀粉老化的问题,需要引起注意并采取相关措施进行改进。

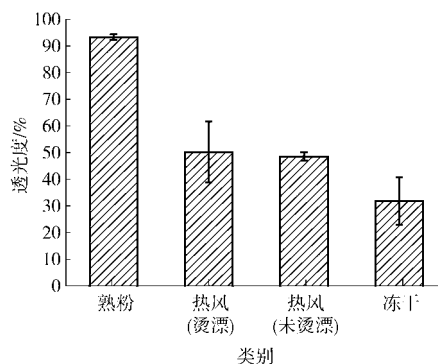


图5 马铃薯熟粉和不同马铃薯原粉的透光度

Fig. 5 Transmittances of potato flakes and different kinds of raw potato flour

2.5 不同马铃薯原粉的复水特性

不同马铃薯原粉的复水特性如表2所示。马铃薯熟粉的复水比为8.96,复水稳定性为97.8%。3种原粉中,与熟粉最相似的为经烫漂的热风干燥

表2 马铃薯熟粉和不同马铃薯原粉的复水特性

Tab. 2 Reconstitution properties of potato flakes and different kinds of raw potato flour

类别	复水比	复水稳定性/%
马铃薯熟粉	8.96 ± 0.61	97.80 ± 4.25
经烫漂热风干燥原粉	9.68 ± 1.03	95.51 ± 2.62
未烫漂热风干燥原粉	4.78 ± 0.82	64.94 ± 3.87
冷冻干燥原粉	6.33 ± 0.50	86.47 ± 5.21

原粉,其复水比和复水稳定性分别为 9.68 和 95.51%;其他 2 种原粉的复水比(小于 6)和复水稳定性(小于 86%)均较低,并且复水过程中存在严重的结块和褐变现象。烫漂过程可以使马铃薯中的蛋白变性,内源酶失活,避免了复水过程中的结块和褐变问题。马铃薯全粉的一个重要应用是复水成为薯泥、薯浆后加工薯片、薯条、薯饼及其他休闲食品,因而全粉的复水性是一个重要的考察指标。经烫漂的热风干燥原粉优异的复水特性,进一步证明了其作为马铃薯熟粉的替代品在食品加工中的应用潜力。

3 结论

(1)冷冻干燥原粉和经烫漂的热风干燥原粉在

色泽上与熟粉接近,均为淡黄色粉末;而未烫漂的热风干燥原粉色泽上与熟粉相差较大。

(2)熟粉细胞整齐排列而成,胞间无粘结,淀粉完全糊化;而原粉胞间粘结,且存在大量生淀粉颗粒,造成原粉蓝值高于熟粉,但经烫漂的热风干燥原粉蓝值与熟粉相近。

(3)在 3 种原粉中,经烫漂的热风干燥原粉的功能特性和复水特性与熟粉最为接近,其他 2 种原粉与熟粉相比均有较大差距。

参 考 文 献

- BHAJANTRI S. Production, processing and marketing of potato in Karnataka, an economic analysis[J]. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2011, 50(2):143-155.
- LAKRA P, SEHGAL S. Influence of processing on total and extractable mineral content of products prepared from potato flour[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2011, 48(6):735-739.
- 李文娟,秦军红,谢开云,等.从世界马铃薯的发展看中国马铃薯[J].*农业工程技术·农产品加工业*,2015(8):16-19.
- 陈萌山.专项科研项目为马铃薯主食产业化发展保驾护航[J].*农产品市场周刊*,2015(25):30-33.
- 沈晓萍,卢晓黎,闫志农.工艺方法对马铃薯全粉品质的影响[J].*食品科学*,2004,25(10):108-112.
- 彭鑑君,吴刚,杨延辰,等.马铃薯颗粒全粉与雪花全粉的生产应用[J].*粮油食品科技*,2007,15(4):12-13.
- YADAV A R, GUHA M, THARANTHAN R N, et al. Influence of drying conditions on functional properties of potato flour[J]. *European Food Research and Technology*, 2006, 223(4):553-560.
- ZAIDUL I S M, YAMAUCHI H, KIM S J, et al. RVA study of mixtures of wheat flour and potato starches with different phosphorus content[J]. *Food Chemistry*, 2007, 102(4):1105-1111.
- CHANDRA S, SINGH S, KUMARI D. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2015, 52(6):3681-3688.
- 冷进松,孙国玉,王磊鑫,等.Minitab 联用正交设计优化马铃薯粉蒸烤馒头工艺[J].*食品研究与开发*,2015,36(22):106-113.
- 宋文馨,冯东华,郭昊润,等.马铃薯粉馒头制作工艺研究[J].*农产品加工*,2015(11):37-39.
- 赵奕昕,木泰华,孙红男,等.新型马铃薯粉品质评价指标的初步研究[J].*食品科技*,2016,41(6):164-172.
- 郭铁.马铃薯主粮化迈出的第一步——记第一代马铃薯主食产品(30%马铃薯全粉馒头)的诞生[J].*种子科技*,2015,33(7):15-16.
- 岳静,朱志成,曹贺.不同品种马铃薯全粉基本特性的研究[J].*饲料研究*,2012(10):81-83.
- 王瑾.滚筒干燥机研制及南瓜粉干燥过程数学模拟[D].北京:中国农业机械化科学研究院,2011.
- 师莹,陈娅,符宜谊,等.色差计在食品品质检测中的应用[J].*食品工业科技*,2009,30(5):373-375. SHI Xuan, CHEN Ya, FU Yiyi, et al. Application of color difference meter in the quality inspection of food[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2009, 30(5):373-375. (in Chinese)
- 徐吉祥,楚炎沛.色差计在食品品质评价中的应用[J].*现代面粉工业*,2010,24(3):43-45.
- 王磊.马铃薯酶促褐变机理研究[D].南昌:南昌大学,2012.
- 陈敏.食品化学[M].北京:中国林业出版社,2008:59.
- 赵凤敏,杨延辰,李树君,等.原料对马铃薯复合薯片产品品质影响的研究[J].*包装与食品机械*,2005,23(6):9-11. ZHAO Fengmin, YANG Yanchen, LI Shujun, et al. The effect of raw materials on the quality of stackable potato chips[J]. *Packaging and Food Machinery*, 2005, 23(6):9-11. (in Chinese)
- 朱新鹏,郭全忠.不同品种马铃薯的颗粒全粉功能品质分析[J].*保鲜与加工*,2015,15(4):62-65. ZHU Xinpeng, GUO Quanzhong. Comparative analysis on functional quality of particles flour of different varieties of potato[J]. *Storage and Process*, 2015, 15(4):62-65. (in Chinese)