

不同品系马铃薯营养成分测定及筛选研究

李铁梅^{1,2}, 王 玺^{2,3}, 刘美玉^{1*}, 张亚春¹, 段盛林^{2,3}, 苑 鹏^{2,3}, 夏 凯^{2,3}

(1. 河北工程大学生命科学与食品工程学院, 邯郸 056038; 2. 功能主食创制与慢病营养干预北京市重点实验室, 北京 100015; 3. 中国食品发酵工业研究院有限公司, 北京 100015)

摘 要: **目的** 筛选出适合加工成马铃薯全粉的品系。**方法** 测定了 16 个马铃薯品系的蛋白质、还原糖、可溶性固形物、脂肪、水分等营养成分, 采用强制决定法确定各指标权重分配, 由权重计算得分并进行排序。

结果 16 个品系中蛋白质含量最高的品系为 D6(9.99%), 还原糖含量最低品系为 D39(0.45%), 可溶性固形物含量最高为中 18(8.30%), 脂肪含量最低为中 22(0.20%), 水分含量最低的为 C15(6.24%); 各指标所占权重分别为蛋白质 33.3%, 还原糖 26.7%, 可溶性固形物为 20.0%, 脂肪为 13.3%, 水分为 6.7%。**结论** 通过综合计算, 得到 D6 马铃薯排名第一, 因此 D6 为最适宜加工成马铃薯全粉的品系。

关键词: 马铃薯; 全粉; 营养成分; 强制决定法

Study on determination and screening of nutritional components of potatoes of different strains

LI Tie-Mei^{1,2}, WANG Xi^{2,3}, LIU Mei-Yu^{1*}, ZHANG Ya-Chun¹, DUAN Seng-Lin^{2,3},
YUAN Peng^{2,3}, XIA Kai^{2,3}

(1. College of Life Science and Food Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China;
2. Beijing Key Laboratory of the Innovative Development of Functional Staple and the Nutritional Intervention for Chronic Disease, Beijing 100015, China; 3. China National Research Institute of Food and Fermentation Industries Co., Ltd, Beijing 100015, China)

ABSTRACT: Objective To select strains suitable for processing into whole potato flour. **Methods** The protein, reducing sugar, soluble solids, fat, water and other nutrients of 16 potato strains were determined. The weight distribution of each index was determined by the compulsory decision method. The scores and ranks were calculated by weight and sorted. **Results** Among the 16 strains, the highest protein content was D6 (9.99%), the lowest reducing sugar content was D39 (0.45%), the highest soluble solids content was medium 18 (8.30%), and the lowest fat content was medium 22 (0.20%), the lowest moisture content was C15 (6.24%). The weights of each indicator were protein 33.3%, reducing sugar 26.7%, soluble solids 20.0%, fat 13.3%, and water 6.7%. **Conclusion** Through comprehensive calculation, D6 potato ranks first, so D6 is the most suitable strain for processing into potato powder.

KEY WORDS: potato; whole meal; nutritional ingredients; mandatory decision method

基金项目: “十三五”国家重点研发计划重点专项(2016YFD0401303)

Fund: Supported by the China National Key R&D Program During the 13th Five-year Plan Period (2016YFD0401303)

*通讯作者: 刘美玉, 博士, 教授, 主要研究方向为食品加工与功能食品。E-mail: lmy200751@163.com

*Corresponding author: LIU Mei-Yu, Ph.D, Professor, College of Life Science and Food Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China. E-mail: lmy200751@163.com

1 引言

马铃薯富含优质淀粉、蛋白质、维生素 C 和 A、矿物质钾以及花青素等,有“地下的苹果”、“第二面包”等美誉,具有较高的使用和食用价值^[1]。我国是世界上最大的马铃薯生产国家,但 95%以上马铃薯作为蔬菜鲜食,加工深度不够,附加值有待提高^[2]。2015 年我国农业部正式启动马铃薯主粮化战略,促进了马铃薯产品的开发。国外将马铃薯加工成全粉用于快餐及方便食品,实现了马铃薯由原料产品向产业化系列制成品的转变,产业结构更加合理。马铃薯全粉保持了马铃薯特有的风味和营养物质、应用范围广、耐贮藏,可与面粉按一定比例混合制成馒头、面条等符合国人饮食习惯的食品,将有利于改善人们的膳食营养状况^[3,4]。

马铃薯全粉是以新鲜马铃薯为原料,经清洗、去皮、切片、漂洗、预煮、冷却、蒸煮、制泥和干燥等工艺制成的细颗粒状、片屑状或粉末状产品^[5,6]。马铃薯品种不同,制成的马铃薯全粉品质特性也不同^[7]。优质马铃薯全粉需要蛋白质含量高、可溶性固形物含量高、薯肉白、还原糖低的马铃薯品种加工而成^[8,9]。但目前使用强制决定法结合聚类分析进行马铃薯筛选研究比较少。

本研究选取了国内广泛种植的 16 个马铃薯品系,测定其主要营养指标,并用强制决定法确定各指标权重分配,通过计算得分进行排序由此筛选一种适于加工马铃薯全粉的品系,通过系统聚类分析不同马铃薯品系的加工适宜特性,从而筛选出适宜加工的马铃薯品系,该方法具有科学、直观的优点,为马铃薯全粉生产及其产品开发提供技术支持。

2 材料与方法

2.1 实验材料与试剂

马铃薯选用中薯 3 号、中薯 5 号、中薯 6 号、中薯 11 号、中薯 17 号、中薯 18 号、中薯 19 号、中薯 21 号、中薯 22 号、中薯 26 号、A9、B44、C15、D6、D39、D613,以上均由乐陵希森马铃薯产业集团有限公司提供,种薯繁育基地位于内蒙古及张家口坝上。两地具有高海拔、高纬度和风速大的特点,非常适合马铃薯种薯繁育。公司年繁育脱毒种薯 10 万余亩。

硫酸钾、硫酸、硼酸、盐酸、硫酸铜、酒石酸钾钠、冰乙酸、亚铁氰化钾(分析纯,北京化工厂);甲基红、亚甲基蓝(北京百奥莱博科技有限公司);氢氧化钠、石油醚、D-无水葡萄糖(分析纯,天津市鼎盛鑫化工有限公司)。

2.2 主要仪器设备

KDY-9820 凯氏定氮仪(西安精大检测设备有限公司);SZF-06C 脂肪测定仪(浙江托普云农科技股份有限公司);PAL-1 折射仪(广州市爱宕科学仪器有限公司);CLF-10C 粉

碎机(浙江省温岭市创立药材器械厂);HPX-9082MBE 酸式滴定管(惠州市宏业仪器有限公司);PL203 分析天平(瑞士梅特勒-托利多仪器有限公司);DHG-9145A 电热鼓风干燥箱(上海一恒科技有限公司);KQ-250DE 超声波清洗仪(昆山超声仪器有限公司);DK-8D 三温三控水槽(上海博讯实业有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 马铃薯鲜薯成分测定

(1)还原糖测定方法:参考 GB 5009.7-2016《食品中还原糖的测定》^[10]。

(2)可溶性固形物测定:参考 NY/T 2637-2014《水果、蔬菜可溶性固形物含量的测定 折射仪法》^[11]。

2.3.2 马铃薯全粉的制备

马铃薯全粉的制备参考田鑫等^[12]制备方法,操作流程如下:新鲜马铃薯→清洗去皮→切片(厚度 8 mm)预煮(70 °C, 20 min)→冷却-蒸煮(100 °C, 10 min)→捣碎制泥→热风干燥(65 °C, 12 h)→粉碎过筛(100 目, 取筛下物)。

2.3.3 马铃薯全粉基本成分测定

(1)水分含量的测定:参考 GB 5009.3-2016《食品中水分的测定》中的直接干燥法^[13]。

(2)蛋白质含量的测定:参考 GB 5009.5-2016《食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法^[14]。

(3)脂肪含量的测定:参考 GB 5009.6-2016《食品中脂肪的测定》中的索氏抽提法^[15]。

2.3.4 强制决定法确定权重

参照文献^[16]的方法,首先将参加评价的因素列在一种方阵形的表中,然后按各因素的重要程度作一对一比较,重要的得 1 分,次要者得 0 分,自身相比得 1 分,每个因素所得分数占总分的百分比即为该因素的权重。由此方法确定马铃薯中蛋白质、还原糖、可溶性固形物、脂肪和水分等所占的权重。

2.4 数据统计分析

所有测定均独立重复 3 次,试验结果表示为平均值±标准差。采用 DPS 软件对数据结果进行分析, $P < 0.05$ 时为具有显著性差异,使用 SPSS 21 统计分析软件进行聚类分析。

3 结果与分析

3.1 不同品种马铃薯的营养成分测定

对 16 个马铃薯品系的蛋白质、还原糖、可溶性固形物、脂肪、水分含量等营养指标进行测定并分析,如表 1 所示,16 种马铃薯蛋白质含量最高的是 D6(9.99%),含量最低的是中 18(6.12%)。蛋白质含量由高到低顺序为: D6>中 17>中 11>D613>C15>中 3>中 6>中 22>A9>中 5>D39>B44>中 26>中 19>中 21>中 18。方差分析表明, D6 和中 6(9.06%)之间差异显著($P < 0.05$); D39 和中 19(7.07%)之间差异显著

($P<0.05$); 中 19 和中 18 之间差异显著($P<0.05$)。蛋白质是人体赖以生存的基本营养素, 而且马铃薯蛋白质属于完全蛋白质, 其赖氨酸含量高于谷物, 可与各种谷物互补, 作为弥补“赖氨酸缺乏症”的优质食物^[17,18]。因此优选蛋白质含量高的品种。

不同品系马铃薯的还原糖含量存在差异, 16 个品系中还原糖含量最低的是 D39(0.45%), 含量最高是中 6(1.77%)。还原糖含量由低到高顺序为: D39<中 5<中 11<C15<中 18<B44<中 26<D613<D6<A9<中 22<中 17<中 19<中 3<中 21<中 6, 方差分析表明, 中 6 和中 21(1.32%)、中 3(1.04%)、中 19(0.876%)四者相邻品种之间均差异显著($P<0.05$); 中 19 和中 26(0.71%)之间差异显著($P<0.05$); 中 26 和 C15 (0.56%)之间差异显著($P<0.05$); C15 与 D39 之间没有显著性差异($P>0.05$)。还原糖含量是粉质加工特性的一个重要指标, 还原糖与氨基酸发生美拉德反应, 导致产品色泽发生变化, 所以在制粉工艺中为保证粉的质量, 应选用还原糖含量低的品种^[19]。

马铃薯的可溶性固形物含量高, 出粉率也高, 因此可溶性固形物含量可作为薯粉原料选择的重要指标。16 种马铃薯可溶性固形物含量最高的是中 18(8.30%), 最低的是 C15(5.33%)。可溶性固形物含量由高到低顺序为: 中 18>中 19>D6>A9>中 3>D39>中 6>中 22>D613>中 17>B44>中 5>中 26>中 21>中 11>C15。方差分析表明, 可溶性固形物含量 8%以上的中 18、中 19、D6, 三者之间差异不显著($P>0.05$)。中 18 和 A9(7.70%)之间差异显著($P<0.05$); A9 和 D613(7.17%)之间差异显著($P<0.05$); D613 和 B44(6.60%)

之间差异显著($P<0.05$); 中 6 和 B44(5.93%)之间差异显著($P<0.05$); B44 和中 5(5.93%)之间差异显著($P<0.05$); 中 5 与 C15 之间没有显著性差异($P>0.05$)。

马铃薯脂肪含量很低, 16 种马铃薯脂肪含量最低的是中 22(0.20%)。脂肪含量由低到高顺序为: 中 22<中 5<中 11<D613<中 26<B44<中 17<C15<中 6<A9<D6<中 3<中 18<中 19<D39<中 21。方差分析表明, 中 21 和 D39(2.80%)之间差异显著($P<0.05$); D39 和中 18(2.30%)之间差异显著($P<0.05$); 中 18 和中 6(1.57%)之间差异显著($P<0.05$); 中 6 和 D613(0.53%)之间差异显著($P<0.05$); D613 与中 22 之间没有显著性差异($P>0.05$)。马铃薯具有低脂肪, 高纤维的特点, 食用马铃薯主食产品不易引起肥胖^[20]。

16 种不同马铃薯全粉的水分含量介于 6.2%~10.6%之间, 其中水分含量最低的是 C15(6.24%)。水分含量由低到高的顺序为: C15<中 11<中 19<中 18<中 22<中 21<D39<A9<D613<中 17<中 26<B44<中 5<中 3<D6<中 6。方差分析表明, 中 6 和中 5(9.00%)之间差异显著($P<0.05$); 中 5 与中 21(7.51%)之间差异显著($P<0.05$); 中 21 与 C15 之间差异不显著($P>0.05$)。水分含量对于马铃薯粉的储存有一定影响, 水分含量在一定范围内, 马铃薯全粉能够长时间保存^[21], 水分含量一般控制在 6%~8%。

蛋白质含量高、还原糖低、可溶性固形物高的马铃薯品种能生产出高质量的马铃薯全粉。而一个品种的蛋白质含量最高, 不一定其可溶性固形物含量最高、还原糖含量最低, 为综合判断马铃薯品质的优劣, 可通过强制决定法的权重分配方案, 确定适宜加工全粉的马铃薯品系。

表 1 16 种马铃薯营养成分测定($n=3$)
Table 1 Determination of nutrient composition of 16 kinds of potato($n=3$)

| 品种 | 蛋白质% | 还原糖% | 可溶性固形物% | 脂肪% | 水分% |
|------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| 中 3 | 9.28±0.65 ^{ab} | 1.04±0.04 ^c | 7.60±0.15 ^{bcd} | 2.23±0.05 ^{cd} | 9.47±1.15 ^{abc} |
| 中 5 | 8.42±0.55 ^{cd} | 0.48±0.05 ⁱ | 5.93±0.25 ^h | 0.43±0.05 ^g | 9.00±0.09 ^{bcd} |
| 中 6 | 9.06±0.05 ^{bc} | 1.77±0.03 ^a | 7.30±0.10 ^{de} | 1.57±0.29 ^{ef} | 10.63±0.15 ^a |
| 中 11 | 9.52±0.22 ^{ab} | 0.56±0.04 ^{hi} | 5.63±0.06 ^{hi} | 0.47±0.05 ^g | 6.81±0.06 ^{fg} |
| 中 17 | 9.64±0.1 ^{ab} | 0.86±0.04 ^d | 6.67±0.31 ^{fg} | 1.37±0.09 ^f | 8.37±0.19 ^{cde} |
| 中 18 | 6.12±0.1 ^e | 0.59±0.03 ^{ghi} | 8.30±0.10 ^a | 2.30±0.16 ^{cd} | 6.89±0.07 ^{fg} |
| 中 19 | 7.07±0.25 ^{ef} | 0.87±0.03 ^d | 8.07±0.21 ^{ab} | 2.57±0.05 ^b | 6.87±0.09 ^{fg} |
| 中 21 | 6.42±0.07 ^{fg} | 1.32±0.06 ^b | 5.73±0.15 ^{hi} | 3.63±0.12 ^a | 7.51±0.17 ^{efg} |
| 中 22 | 8.48±0.1 ^{cd} | 0.83±0.09 ^{de} | 7.27±0.06 ^{de} | 0.20±0.08 ^g | 7.42±0.12 ^{efg} |
| 中 26 | 7.74±0.09 ^{de} | 0.71±0.02 ^{efg} | 5.83±0.32 ^{hi} | 1.13±0.05 ^f | 8.60±0.11 ^{bcd} |
| A9 | 8.47±0.06 ^{cd} | 0.80±0.05 ^{de} | 7.7±0.15 ^{bcd} | 1.93±0.12 ^{de} | 7.6±0.08 ^d ^{efg} |
| B44 | 8.3±0.06 ^d | 0.64±0.04 ^{fgh} | 6.60±0.10 ^g | 1.33±0.05 ^f | 8.80±0.11 ^{bcd} |
| C15 | 9.49±0.19 ^{ab} | 0.56±0.06 ^{hi} | 5.33±0.12 ⁱ | 1.43±0.17 ^f | 6.24±0.25 ^g |
| D6 | 9.99±0.1 ^a | 0.80±0.02 ^{de} | 8.00±0.10 ^{ab} | 1.97±0.12 ^{de} | 9.99±1.48 ^{ab} |
| D39 | 8.31±0.09 ^d | 0.45±0.03 ⁱ | 7.50±0.06 ^{cde} | 2.80±0.08 ^b | 7.60±0.08 ^d ^{efg} |
| D613 | 9.49±0.19 ^{ab} | 0.77±0.07 ^{def} | 7.17±0.21 ^{ef} | 0.53±0.05 ^g | 8.00±0.02 ^{cdef} |

注: 不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

3.2 各成分权重的确定

通过强制决定法确定权重,将 5 种营养成分之间进行两两比较,按重要程度一对一对比,重要的得 1 分,次要者得 0 分,自身相比得 1 分。由得分计算各指标的权重,结果如表 2 所示。

表 2 中以小写 u_i 表示各评价因素所得分数,以 $\sum u_i$ 表示所有对象的得分总和,以大写 U_i 表示各因素的权重, $U_i = u_i / \sum u_i$

据上式求出各评价因素的权: $U_{\text{蛋白质}} = 5/15 = 0.333$, $U_{\text{还原糖}} = 4/15 = 0.267$, $U_{\text{可溶性固形物}} = 3/15 = 0.2$, $U_{\text{脂肪}}$

$= 2/15 = 0.133$, $U_{\text{水分}} = 1/15 = 0.067$, 各因素权总和为 1。由此得权重分配方案为(0.333, 0.267, 0.200, 0.133, 0.067)。各因素的权重分别为: 蛋白质 33.3%, 还原糖 26.7%, 可溶性固形物 20.0%, 脂肪为 13.3%, 水分 6.7%。

由蛋白质、还原糖、可溶性固形物、脂肪、水分的权重计算 16 个马铃薯品系的得分,并根据得分进行排序,如表 3 所示,结果排序: D6>>A9>中 3>D613>中 17>D39>中 6>C15>B44>中 11>中 22>中 19>中 5>中 18>中 26>中 21, 得分最高的品种 D6, 为 5.64, 得分最低的是中 21, 为 3.92。由此得出适合加工全粉的马铃薯品系为 D6。

表 2 马铃薯各成分权重确定
Table 2 Determination of the weight coefficient of potato components

| 评价因素 | 一对一比较结果 | | | | | 得分(u_i) | 权重(U_i) |
|--------|---------|----|----|-----|--------|------------------|-------------|
| | 蛋白质 | 水分 | 脂肪 | 还原糖 | 可溶性固形物 | | |
| 蛋白质 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 0.333 |
| 水分 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.067 |
| 脂肪 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0.133 |
| 还原糖 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 0.267 |
| 可溶性固形物 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0.200 |
| 合计 | | | | | | 15($\sum u_i$) | 1 |

表 3 16 个马铃薯品种的得分和排序
Table 3 Scoring and ranking of 16 potato varieties

| 品种 | 得分 | 排序 |
|------|------|----|
| 中 3 | 5.26 | 3 |
| 中 5 | 4.52 | 13 |
| 中 6 | 4.93 | 7 |
| 中 11 | 4.67 | 10 |
| 中 17 | 5.06 | 5 |
| 中 18 | 4.31 | 14 |
| 中 19 | 4.54 | 12 |
| 中 21 | 3.92 | 16 |
| 中 22 | 4.58 | 11 |
| 中 26 | 4.28 | 15 |
| A9 | 5.34 | 2 |
| B44 | 4.68 | 9 |
| C15 | 4.74 | 8 |
| D6 | 5.64 | 1 |
| D39 | 5.03 | 6 |
| D613 | 5.18 | 4 |

3.3 马铃薯品系营养成分聚类分析

综合 16 个马铃薯品系的营养品质指标,进行聚类分析(如图 1),采用 SPSS21 软件进行系统聚类并绘制树状图,聚类分析可将 16 个品系马铃薯分为 4 类,第 1 类为 C15、中 11、中 5、B44、中 26,此类还原糖含量比较低。第 2 类为 A9、D39、中 22、中 17、D613、中 6、中 3、D6,此类蛋白质含量高,可溶性固形物相对较高,其中大部分品系还原糖含量适中,具有丰富的营养价值,出粉率相对较高,比较适合加工制粉。第 3 类为中 18、中 19,聚入此类的可溶性固形物含量高,蛋白质含量低。第 4 类为中 21,可溶性固形物含量、还原糖含量高,不适宜加工制粉和加工油炸薯条,同时鲜食食用的话,还原糖高会使蔬菜质地变柔口感不好。

4 结 论

通过测定 16 种马铃薯蛋白质、还原糖、可溶性固形物、脂肪、水分的含量,结合强制决定法分析各指标的重要程度,确定各指标权重,得到蛋白质所占权重为 33.3%,还原糖为 26.7%,可溶性固形物为 20.0%,脂肪为 13.3%,水分为 6.7%。按权重计算 16 种马铃薯的得分并排序,得分最高的马铃薯品系为 D6。D6 品系蛋白质含量最高,还原

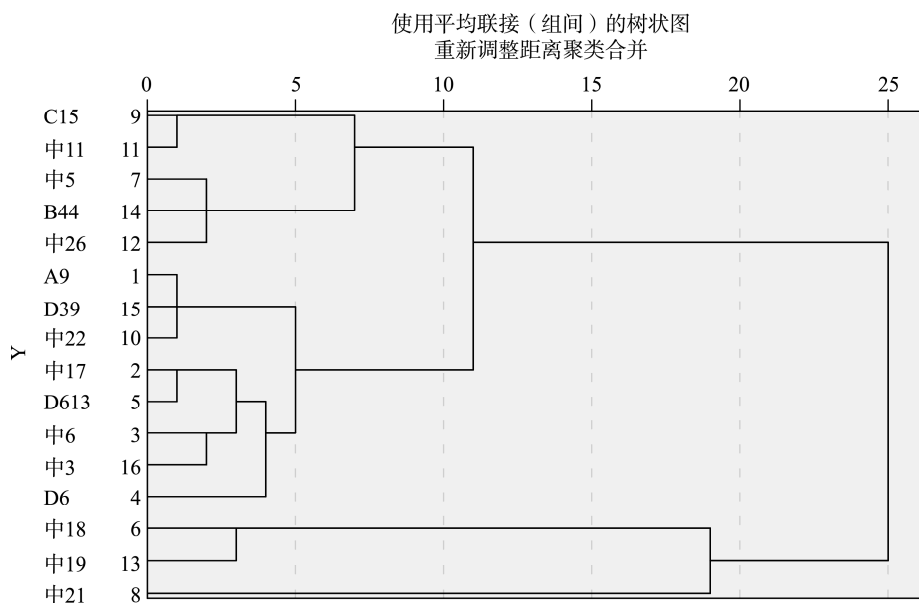


图 1 16 个马铃薯品系的营养成分间的聚类分析图
Fig.1 Cluster analysis of the nutritional components of 16 potato lines

糖含量适当, 可溶性固形物含量较高, 对于加工成马铃薯全粉比较适宜。聚类分析结果表明, 适合加工制粉的为第 2 类, 具有较好的品质特性。来自于同一地区的品系会分布在不同的类别中, 这由于不同马铃薯品系之间的遗传差异性, 也是自然选择的结果, 不同地区的品系类别也可能相同, 所以也可能跟地域有一定关系。

参考文献

- [1] 杨纳. 马铃薯全粉面条加工和保鲜技术研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2015.
Yang N. Study on processing and fresh-keeping technology of potato whole flour noodles [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2015.
- [2] 刘俊霞. 中国马铃薯国际贸易研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
Liu JX. China potato international trade research [D]. Yangling: Northwest A & F University, 2012.
- [3] 马梦苹. 马铃薯全粉食品工艺优化及储藏稳定性研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2017
Ma MP. Study on process optimization and storage stability of potato whole flour food [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2017
- [4] 徐忠, 王胜男, 赵丹, 等. 马铃薯全粉制备、性质和主食化加工研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(19): 322-326.
Xu Z, Wang SN, Zhao D, *et al.* Research progress on preparation, properties and staple food processing of potato whole flour [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 38 (19): 322-326.
- [5] 侯飞娜. 马铃薯全粉营养特性分析及马铃薯—小麦复合馒头专用品种筛选研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015.
Hou FN. Analysis of nutritional characteristics of potato whole flour and screening of special varieties of potato-wheat composite steamed bread [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2015.
- [6] 田鑫. 不同品种马铃薯全粉微观结构与品质特性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2017.
Tian X. Study on microstructure and quality characteristics of whole potato varieties [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2017
- [7] 王瑜, 王澎, 李国龙, 等. 上豆变主粮品种须先行国家马铃薯产业技术体系首席专家金黎平为您解读——不是所有马铃薯都能加工成全粉[J]. 农村经济与科技: 农业产业化, 2015, (1): 43-44
Wang Y, Wang P, Li GL, *et al.* The main bean varieties of Shanghai beans must be interpreted by Jin Li-Ping, the chief expert of the national potato industry branch system—not all potatoes can be processed into whole flour [J]. *Rural Econ Sci Technol*, 2015, (1): 43-44.
- [8] 邓晓君, 杨炳南, 尹学清, 等. 国内马铃薯全粉加工技术及应用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(11): 213-218
Deng XJ, Yang BN, Yin XQ, *et al.* Research progress on domestic potato whole flour processing technology and application [J]. *Food Res Dev*, 2019, 40(11): 213-218
- [9] 聂向荣, 李凤英, 王玉明, 等. 马铃薯块茎还原糖含量的变化及影响因素[C]. 2007 自然科学学术论文(土壤肥料与农业可持续发展): 内蒙古土壤肥料学会, 2007: 187-191.
Nie XR, Li FY, Wang YM, *et al.* Variation of reducing sugar content in potato tubers and its influencing factors [C]. 2007 Natural Science Academic Paper (Soil Fertilizer and Sustainable Agricultural Development): Inner Mongolia Soil Fertilizer Society, 2007: 187-191.
- [10] GB/T 5009.7-2016 食品中还原糖的测定[S].
GB /T 5009.7-2016 Determination of reducing sugars in food [S].
- [11] NY/T 2637-2014 水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定 折射仪法[S].
NY/T 2637-2014 Determination of soluble solids in fruits and vegetables-Refractometer method [S].
- [12] 田鑫, 夏冬, 戴理民, 等. 不同品种马铃薯雪花全粉品质特性与分子结构表征[J]. 食品工业科技, 2017, 38(13): 7-12, 18.

- Tian X, Xia D, Dai LM, *et al.* Quality characteristics and molecular structure characterization of whole potato snowflake powder of different varieties [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017, 38 (13): 7-12, 18.
- [13] GB/T 5009.3-2016 食品中水分的测定[S].
GB/T 5009.3-2016 Determination of moisture in food [S].
- [14] GB/T 5009.5-2016 食品中蛋白质的测定[S].
GB/T 5009.5-2016 Determination of protein in food [S].
- [15] GB/T 5009.6-2016 食品中脂肪的测定[S].
GB/T 5009.6-2016 Determination of fat in food [S].
- [16] 姬长英. 感官模糊综合评价中权重分配的正确制定[J]. *食品科学*, 1991, (3): 9-11.
Ji CY. Correct formulation of weight distribution in sensory fuzzy comprehensive evaluation [J]. *Food Sci*, 1991, (3): 9-11.
- [17] 侯飞娜. 马铃薯全粉营养特性分析及马铃薯—小麦复合馒头专用品种筛选研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015.
Hou FN. Analysis of nutritional characteristics of potato whole flour and screening of special varieties of potato-wheat composite steamed bread [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2015.
- [18] 胡宏海, 张泓, 戴小枫, 等. 马铃薯营养与健康功能研究现状[J]. *生物产业技术*, 2017, (4): 31-35.
Hu HH, Zhang H, Dai XF, *et al.* Research status of potato nutrition and health function [J]. *Biotechnol Bus*, 2017, (4): 31-35.
- [19] Feillet P, Autran JC, Verniere CL. Pasta brownness: An assessment [Z].
- [20] 张晴晴. 马铃薯全粉在功能性主食馒头中的应用研究[D]. 济南: 济南大学, 2016.
Zhang QQ. Application of potato powder in functional staple food steamed buns [D]. Jinan: Jinan University, 2016.
- [21] 吴卫国, 谭兴和, 熊兴耀, 等. 不同工艺和马铃薯品种对马铃薯颗粒全粉品质的影响[J]. *中国粮油学报*, 2006, (6): 98-102.
Wu WG, Tan XH, Xiong XY, *et al.* Effects of different techniques and potato varieties on the quality of potato granules [J]. *J Chin Cere Oils Assoc*, 2006, (6): 98-102.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



李铁梅, 硕士研究生, 主要研究方向为食品加工与安全。

E-mail: 2517136172@qq.com



刘美玉, 博士, 教授, 主要研究方向为食品加工与功能食品。

E-mail: lmy200751@163.com