

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.01.013

辽宁省主栽品种马铃薯块茎和马铃薯全粉的品质分析

赵月, 吕美, 杨华

(沈阳市现代农业研发服务中心(沈阳市农业科学院), 辽宁 沈阳 110026)

摘要: 以辽宁省主栽的 11 个品种马铃薯块茎为原料, 采用捣碎制泥工艺生产马铃薯颗粒全粉, 测定其原料品质指标(总淀粉、蛋白质、还原糖、脂肪、粗纤维和氨基酸)和颗粒全粉功能性指标(碘蓝值、透光率、冻融稳定性、持水和持油性)。结果表明: 11 个马铃薯品种的淀粉含量为 67.9%~73.4%, 其中大西洋、919 淀粉含量高, 早大白和克 23 淀粉含量低; 蛋白质含量差异较大, 其中富金、尤金蛋白质含量高, 中 5 蛋白质含量最低; 还原糖含量差异也较大, BQ25 和大西洋含量较低, 克 23 还原糖含量较高; 脂肪含量差异不大; 大西洋粗纤维含量较低, 克 23 粗纤维含量较高。异亮氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸含量 11 个品种均高于世界卫生组织(WHO)的“必需氨基酸模式标准”, 相对其他氨基酸, 33、大西洋、夏波蒂和中 5 的氨基酸含量较高。11 种马铃薯全粉的游离淀粉率差异不大。但是透光率差异很大, 919 的透光率最大, BQ25 和大西洋的透光率较小。富金、克 23 和 33 的析水率较高, BQ25 和大西洋析水率低。11 种马铃薯全粉的持水能力为 7.3~8.1 g/mL, 持油能力为 7.6~8.6 g/mL。

关键词: 马铃薯块茎; 马铃薯全粉; 品质指标; 功能指标

中图分类号: TS232 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)01-0070-06

Quality analysis of potato tuber and potato granules of main cultivars in Liaoning province

ZHAO Yue, LV Mei, YANG Hua

(Shenyang Modern Agriculture R&D Service Center (Shenyang Academy of Agricultural Sciences), Shenyang Liaoning 110026)

Abstract: 11 varieties of potato tubers planted in Liaoning province were selected as raw materials, The mud-making process was used to produce the potato granules. The tuber quality indicators (total starch, protein, reducing sugar, fat, crude fiber and amino acids) and granule powder functional indicators (iodine blue value, light transmittance, freeze-thaw stability, water holding and oil holding) were determined in this research. The results showed that the starch content of 11 potato varieties ranged from 67.9% to 73.4%. Among them, Atlantic and 919 had higher starch content, Zaodabai and Kexin 23 had lower starch content. Protein content varied greatly, Fujin and Youjin protein content was higher, while zhongshu No.5 protein content was the lowest. The content of reducing sugar is also quite different. The content of BQ25 and Atlantic is lower, and the content of Kexin 23 is higher. There was no significant difference in fat content. For crude fiber, Atlantic crude fiber content is lower, Kexin 23 crude fiber content is higher. The contents of isobright amino acids, phenylpropionic amino acids and tyrosine in 11 varieties were all higher than those of

收稿日期: 2019-06-24

基金项目: 沈阳市科学事业费科技项目(SYSY2016-26) — 成果转化与技术推广项目

作者简介: 赵月, 1990 年出生, 女, 硕士, 工程师, 研究方向为农产品加工及食物营养.

通讯作者: 吕美, 1981 年出生, 女, 硕士, 副高级工程师, 研究方向为粮食加工.

WHO “essential amino acid model standard”. Compared with other amino acids, 33, Atlantic, Shepody and Zhongshu No.5 had more amino acids. There were no significant differences in free starch content among 11 varieties of potato granules. But the light transmittance was quite different. 919 had the highest light transmittance, while BQ25 and the Atlantic had the lowest transmittance. The water evolution rates of Fujin, Kexin 23 and 33 were higher, while those of BQ25 and Atlantic were lower. The water-holding capacity and oil-holding capacity of the 11 varieties of potato granules were 7.3~8.1 g/mL and 7.6~8.6 g/mL respectively. The results can provide scientific basis for the development and application of potato tuber and potato granules in Liaoning Province.

Key words: potato tuber; potato granules; quality index; function index

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 是世界上仅次于水稻、小麦和玉米的第四大粮食作物, 在我国已有 400 多年的栽培历史^[1]。据联合国粮食及农业组织 (FAO) 统计, 2017 年度世界马铃薯总产量 3.88 亿 t, 我国马铃薯总产量 0.99 亿 t, 居世界第一^[2]。不同的马铃薯品种在相同工艺条件下, 由于马铃薯品种的差异也将对马铃薯全粉特性产生差异^[3-4]。寻找适合主食加工的马铃薯原料, 成为解决马铃薯资源过剩、仓储困难、资源浪费等问题和实现其粮食作物价值的关键点^[5]。马铃薯全粉由于水分含量低, 保持了新鲜马铃薯的营养和风味, 是一种优质食品原料, 在马铃薯泥、复合马铃薯片、膨化食品、焙烤食品、沙拉食品、婴儿食品等领域中得到了大量应用, 不同马铃薯全粉的功能特性不同, 其应用的范围也不同, 因而对马铃薯全粉的功能特性研究是十分必要的^[6-7]。

目前, 对于辽宁省主栽马铃薯品质和马铃薯全粉特性及适用性仍未有系统的研究, 一定程度上限制了马铃薯全粉在食品工业中的应用。研究分析辽宁省 11 个主栽品种马铃薯块茎的品质 (总淀粉、蛋白质、还原糖、脂肪、粗纤维和氨基酸) 和颗粒全粉的功能性指标 (碘蓝值、透光率、冻融稳定性、持水和持油性), 以期辽宁省马铃薯主粮化产业的发展提供科学依据, 为应用于食品工业提供理论支撑。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

马铃薯块茎: 早大白、919、BQ25、大西洋、夏波蒂、尤金、富金、中 5、中 10、克 23、33 购自本溪市马铃薯研究所。

硫酸铜、硫酸钾、硫酸、硼酸、甲基红指示剂、亚甲基蓝指示剂、氢氧化钠、乙醇、石油醚、酒石酸钾钠、乙酸锌、冰乙酸、亚铁氰化钾、碘、碘化钾、淀粉酶、甲苯、三氯甲烷、葡萄糖、盐酸、氢氧化钾、苯酚、柠檬酸钠试剂: 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

SC-364 低速离心机: 安徽中科中佳科学仪器有限公司; Heraeus Multifuge X3R 离心机: 美国 Thermo Fisher 公司; HH-8 数显恒温水浴锅: 江苏荣华仪器制造有限公司; YP1002N 电子天平: 上海精密科学仪器有限公司; 721N 可见分光光度计: 上海仪电分析仪器有限公司; FW177 粉碎机: 天津泰斯特仪器有限公司; 101FA-0 恒温干燥箱: 上海树立仪器仪表有限公司; KDN-520 全自动凯氏定氮仪: 广州航信科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 马铃薯块茎干燥工艺

新鲜马铃薯块茎 洗净 切片 干燥 (80 ℃, 至恒重) 粉碎 过筛 (100 目筛) 自封备用。

1.3.2 马铃薯颗粒全粉制作工艺

新鲜马铃薯块茎 洗净 汽蒸 (105 ℃, 30 min 至蒸熟) 剥皮 碾碎 烘干 (65 ℃, 至恒重) 粉碎 过筛 (100 目) 自封备用。

1.3.3 马铃薯块茎品质指标测定

总淀粉的含量: 参照 GB 5009.9—2016 食品中淀粉的测定酶水解法; 蛋白质的含量: 参照 GB 5009.7—2016 食品中蛋白质的测定凯氏定氮法; 还原糖的含量: 参照 GB 5009.7—2016 食品中还原糖的测定直接滴定法; 脂肪的含量: 参照

GB 5009.6—2016 食品中脂肪的测定索氏抽提法；粗纤维的含量：参照 GB 5009.10—2003 植物类食品中粗纤维的测定；氨基酸的含量：参照 GB 5009.124—2016 食品中氨基酸的测定。

1.3.4 马铃薯颗粒全粉功能性指标测定

1.3.4.1 游离淀粉率的测定 采用碘蓝值法，参照吴卫国等^[8]方法测定并稍作修改。取两个 50 mL 容量瓶做平行实验，加蒸馏水至近刻度，65.5 预热并至刻度定容。准确称取马铃薯颗粒全粉样品 0.25 g 于 50 mL 烧杯中，倒入预热并定容的 50 mL 蒸馏水中，保持于 65.5 搅拌 5 min，静置 1 min 后过滤。滤液保持于 65.5，趁热吸取 5 mL 于 50 mL 显色管中，加 1 mL 0.02 mol/L 碘标准溶液定容至刻度，同时取 1 mL 0.02 mol/L 碘标准溶液定容至 50 mL，以试剂空白调零点，在波长 650 nm 下测定样品吸光值，碘蓝值按式（1）计算。

$$\text{碘蓝值} = E \times 542 + 5 \quad (1)$$

式中： E 为吸光值。

1.3.4.2 透光率的测定 参照段欣等的方法测定^[9-10]。取 1 g 待测样品置于 25 mL 具塞试管中，加入 20 mL 0.05 mol/L 盐酸溶液，稍加震荡，待 24 h 沉淀完全后，吸取相同高度的上层清液，以 0.05 mol/L 的盐酸做参比，用 1 cm 比色皿装试样，在 670 nm 波长处测吸光值。

1.3.4.3 冻融稳定性的测定 参照 Yadav 等的方法^[11]。配置质量分数 10% (g/mL) 的全粉糊于离心管中，在 95 糊化 30 min，在冷却至室温，将其放到 4 冷藏 16 h，在-16 冷冻 24 h，取出

凝胶在室温下解冻 12 h，在放入-16 冷冻 24 h，如此反复 3 次，3 500 r/min 离心 15 min，称取样品糊的质量 m_1 及去掉上清液后沉淀物的质量 m_2 ，析水率按式（2）计算。

$$\text{析水率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (2)$$

1.3.4.4 持水和持油性测定 按照 Benecini^[12]的方法。1 g 样品放入 10 mL 水或花生油中搅拌，8 000 r/min 离心 30 min，测量上清液的体积。

1.3.5 数据处理方法

每个处理重复 3 次，结果取平均值。采用 Origin Lab Origin Pro v7.5 软件进行数据制图和统计分析。采用 SPSS17.0 软件对数据进行方差和相关性分析，方差分析选取 Duncan 检验，在 $P < 0.05$ 检验水平上对数据进行统计学分析。

2 结果与分析

2.1 马铃薯块茎的品质指标

由表 1 可知，11 种马铃薯块茎的淀粉含量范围为 67.9%~73.4%，其中大西洋淀粉含量最高，适合于淀粉制备；蛋白质含量范围为 4.37%~12.2%，含量变化差异较大，其中富金蛋白质含量最高，中 5 蛋白质含量最低；还原糖含量范围为 0.4%~2.6%，含量差异也较大，BQ25 和大西洋含量较低，克 23 还原糖含量较高，生产过程容易产生褐变；脂肪含量差异不大，有研究表明^[13]，脂肪和淀粉含量与样品能量有关，相对于小麦粉（总淀粉为 71.9%±3.19%，脂肪含量为 0.58%±0.09%），大部分马铃薯块茎总淀粉和脂肪含量较低，相对

表 1 马铃薯块茎的基本化学成分

%

品种	淀粉	蛋白质	还原糖	脂肪	粗纤维
早大白	68.5±0.25a	9.28±0.03a	1.1±0.12a	0.3±0.10	1.9±0.10a
919	71.2±0.21b	9.88±0.05b	0.6±0.12b	0.1±0.06	2.0±0.10bd
BQ25	70.4±0.06c	10.70±0.02c	0.4±0.06b	<0.1	1.7±0.06a
大西洋	73.4±0.15d	7.45±0.04d	0.4±0.12b	<0.1	1.4±0.10c
夏波蒂	69.9±0.20e	8.59±0.04e	1.3±0.10c	<0.1	1.9±0.10a
尤金	69.3±0.20ef	10.80±0.06f	0.6±0.12b	<0.1	2.0±0.06b
富金	68.8±0.21a	12.20±0.09g	0.7±0.06d	0.3±0.06	2.1±0.06d
中 5	70.9±0.25c	4.37±0.04h	1.2±0.10a	<0.1	2.0±0.10bd
中 10	69.0±0.21f	9.13±0.03i	0.9±0.10d	<0.1	2.0±0.06bd
克 23	67.9±0.21g	9.05±0.03i	2.6±0.06e	<0.1	2.6±0.10e
33	70.4±0.15c	8.50±0.03e	0.9±0.10d	<0.1	2.1±0.06d

注：表中数字表示“平均值±标准偏差”，字母表示显著性差异（ $P < 0.05$ ）。

于小麦粉制作的主食产品，马铃薯主食的能量较低，对减少脂肪、降血脂等有一定作用；粗纤维含量范围为 1.4%~2.6%，其中大西洋粗纤维含量较低，克 23 粗纤维含量较高。

表 2 显示的是马铃薯块茎中必需氨基酸含量与 WHO“必需氨基酸模式标准”的比较。由表可知，有些氨基酸或氨基酸对含量稍高于 WHO 的标准，如异亮氨酸，苯丙氨酸+酪氨酸含量，

11 个品种均高于 WHO“必需氨基酸模式标准”（WHO，1985）^[14]。但是，有些氨基酸含量稍低于 WHO 的推荐值，如亮氨酸，除了大西洋和中 5 外，其余均低于推荐值，综合看中 5 的必需氨基酸含量最高，均高于 WHO 推荐值，而大西洋除了赖氨酸稍低外，其余氨基酸也均高于推荐值，33 除了亮氨酸稍低外，其余氨基酸均高于推荐值。

表 2 马铃薯的必需氨基酸与 WHO“必需氨基酸模式标准”的比较 g/100 g 蛋白

项目	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸	苏氨酸	缬氨酸
WHO	2.8±0.15	6.6±0.17	5.8±0.11	6.3±0.14	3.4±0.07	3.5±0.14
早大白	3.77±0.16	4.20±0.16	5.60±0.25	7.87±0.16	3.56±0.06	5.93±0.11
919	2.94±0.14	4.45±0.14	5.26±0.16	6.98±0.17	3.44±0.14	4.86±0.20
BQ25	3.27±0.11	4.86±0.11	5.14±0.23	7.29±0.24	3.55±0.09	4.86±0.14
大西洋	3.89±0.24	6.71±0.07	5.77±0.28	8.19±0.19	4.16±0.17	5.23±0.31
夏波蒂	3.96±0.07	6.05±0.09	5.82±0.27	8.03±0.17	4.19±0.09	5.36±0.07
尤金	3.06±0.06	3.89±0.12	5.09±0.14	6.85±0.16	3.33±0.14	5.37±0.11
富金	2.95±0.14	3.44±0.16	5.16±0.16	7.13±0.07	2.95±0.15	5.16±0.19
中 5	6.41±0.23	8.47±0.18	10.30±0.17	15.10±0.09	7.09±0.21	9.61±0.21
中 10	3.29±0.07	4.27±0.21	5.59±0.19	7.12±0.18	3.07±0.11	4.60±0.09
克 23	2.98±0.23	4.42±0.23	5.08±0.17	7.40±0.21	3.31±0.18	4.97±0.17
33	4.24±0.14	6.35±0.15	6.82±0.16	9.65±0.12	4.47±0.21	6.47±0.18

注：表中数字表示平均值±标准偏差。

2.2 马铃薯全粉的功能指标分析

2.2.1 马铃薯全粉游离淀粉率

碘蓝值是衡量马铃薯全粉中游离淀粉含量的指标，也反映了马铃薯细胞的破损程度^[15]。碘蓝值高表明大量马铃薯细胞被破坏，从而释放出大量游离淀粉；碘蓝值低则表明马铃薯细胞破碎程度低，细胞较为完好，在较大程度上保留了马铃薯具有的营养与风味。11 种马铃薯全粉的碘蓝值结果见图 1 所示。

由图 1 可知，不同品种马铃薯经过相同加工处理后的细胞破损程度不同，但各个品种间的总体差异不大。中 5 和 919 的碘蓝值最大，均为 10.42%，这可能暗示着这两个品种的马铃薯细胞在加工的过程中极易破裂，从而释放较多的游离淀粉。尤金的碘蓝值最小，为 5.54%。

2.2.2 11 种马铃薯全粉的透光率

透光率主要是影响食品的外观和可接受性。

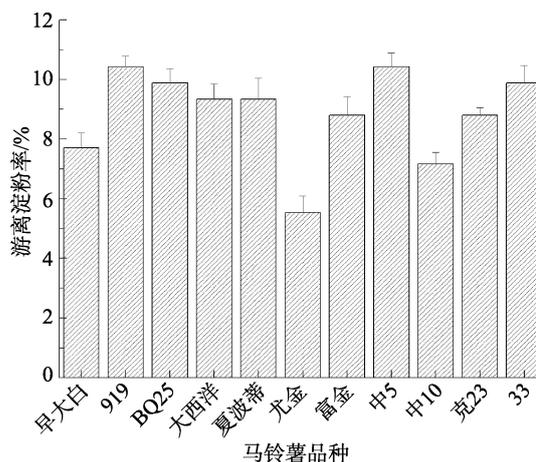


图 1 11 种马铃薯全粉的碘蓝值

11 种马铃薯全粉的透光率结果见图 2 所示。由图 2 可知，11 种马铃薯全粉的透光率差异很大，919 的透光率最大，BQ25 和大西洋的透光率较小。透光率大小主要影响因素是全粉的来源和种类，其次是全粉中淀粉在糊化后分子重新排列互相缔合

的程度，高直链淀粉的分子流体力学半径较大，容易形成分子内氢键呈卷曲状态，全粉糊透明度较低。由此可知，BQ25 和大西洋全粉直链淀粉含量高，克 23、33、夏波蒂和早大白的直链淀粉较低，919 直链淀粉含量最低。马铃薯全粉透光率低的原因也可能是因为马铃薯全粉中除了含有淀粉，还含有蛋白质、脂肪等大分子物质以及不溶于水的粗纤维，这无形中增加了光的反射和折射，导致透光率降低^[16]。

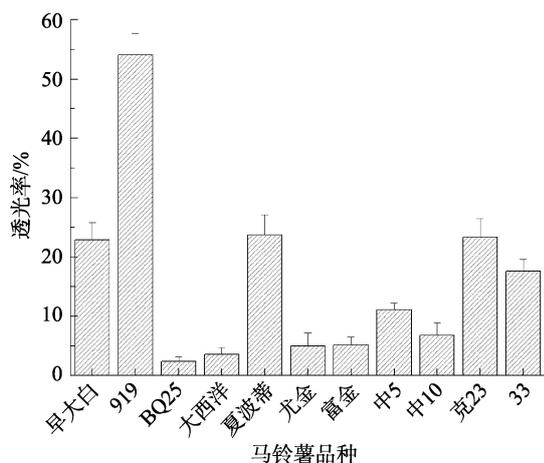


图 2 11 种马铃薯全粉的透光率

2.2.3 马铃薯全粉冻融稳定性

冻融稳定性是指样品经过低温冷冻再解冻后保持原有组织结构的程度。解冻后样品析水率反映了样品耐受冷冻、融解等剧烈物理变化的能力^[17]。析水率低，说明冷冻、解冻过程对其结构

破坏小，抗冻融效果好；析水率高，则说明其在低温条件下的耐受能力较差，老化速率快。

由图 3 可知，富金、克 23 和 33 的析水率较高，说明其在低温条件下耐受能力较差，老化速度快，BQ25 和大西洋相较于其他品种的马铃薯全粉而言，其抗冻融效果更好，更适合做速冻食品的原料。

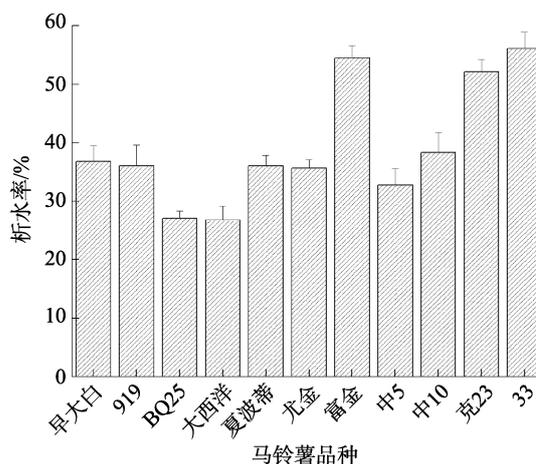


图 3 11 种马铃薯全粉的冻融稳定性

2.2.4 马铃薯全粉的持水性和持油性

持水力的差异与淀粉内部束水的位置不同有关，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，显示低的持水力，反之则显示高的持水力^[9]。11 种马铃薯全粉的持水性和持油性结果如下表 3 所示。

表 3 11 种马铃薯全粉的持水性和持油性测定结果

g/mL

参数	马铃薯全粉										
	早大白	919	BQ25	大西洋	夏波蒂	尤金	富金	中 5	中 10	克 23	33
持水性	7.6±0.11	7.7±0.10	8.1±0.09	7.4±0.12	7.8±0.12	7.8±0.12	7.6±0.11	7.4±0.08	8.0±0.11	7.3±0.09	7.3±0.07
持油性	8.0±0.12	7.6±0.12	7.9±0.05	7.8±0.11	7.8±0.12	8.6±0.11	7.8±0.05	7.8±0.11	7.8±0.08	8.4±0.10	8.2±0.12

实验测得 11 种马铃薯全粉的持水能力范围为 7.3~8.1 g/mL，持油能力范围为 7.6~8.6 g/mL。其中全粉的持水性最高的是 BQ25 和中 10，最低的是克 23 和 33；持油性最高的是尤金，最低的是 919。马铃薯颗粒全粉的吸水和吸油能力较弱可能是因为含有的游离淀粉率低导致的。研究发

现吸水性与直链淀粉含量成反比^[5,9]，由此可见，克 23 和 33 直链淀粉含量较低，BQ25 和中 10 直链淀粉含量较高。

3 结论

11 种马铃薯块茎的淀粉含量范围为 67.9%~73.4%，其中大西洋、919 淀粉含量高，适合于淀

粉制备,早大白和克 23 淀粉含量低;蛋白质含量差异较大,其中富金、尤金蛋白质含量高,中 5 蛋白质含量最低;还原糖含量差异也较大,BQ25 和大西洋含量较低,克 23 还原糖含量较高,生产过程容易产生褐变;脂肪含量差异不大;大西洋粗纤维含量较低,克 23 粗纤维含量较高。异亮氨酸,苯丙氨酸+酪氨酸含量 11 个品种均高于 WHO “必需氨基酸模式标准”,相对其他氨基酸,33、大西洋、夏波蒂和中 5 的氨基酸含量较高。

11 种马铃薯全粉的游离淀粉率差异不大。但透光率差异很大,919 的透光率最大,可能是由于其含有的直链淀粉含量低所致,BQ25 和大西洋的透光率较小,可能是直链淀粉含量高引起的。富金、克 23 和 33 的析水率较高,说明其在低温条件下耐受能力较差,老化速度快,BQ25 和大西洋相较于其他品种的马铃薯全粉而言,其抗冻融效果更好,更适合做速冻食品的原料。11 种马铃薯全粉的持水能力范围为 7.3~8.1 g/mL,持油能力范围为 7.6~8.6 g/mL,马铃薯颗粒全粉的吸水和吸油能力较弱可能是因为含有的游离淀粉率低导致的。

参考文献:

- [1] 侯飞娜,木泰华,孙红男,等.马铃薯全粉品质特性的主成分分析与综合评价[J].核农学报,2015,29(11):2130-2140.
- [2] FAO (food and Agriculture Organization). Food and agricultural commodity production [DB/OL]. <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC>
- [3] 沈晓萍,卢晓黎,闰志农.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.
- [4] 李艳梅.专用型马铃薯品种介绍[J].青海农林科技,2012(1):62-63.
- [5] 原霁虹,陈亚兰,高娜,等.甘肃定西地区主栽品种马铃薯颗粒全粉品质分析[J].中国食物与营养,2018,24(3):15-17.
- [6] 丛小甫.中国马铃薯全粉加工业现状[J].食品科学,2002,23(8):75-77.
- [7] 郭心义.马铃薯全粉生产现状及前景展望[J].粮油加工与食品机械,2003,10:8-12.
- [8] 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,2006,21(6):98-102.
- [9] 段欣,薛文通,张慧.不同品种甘薯全粉基本特性研究[J].食品科学,2009,30(23):119-122.
- [10] 吕巧枝.甘薯叶可溶性蛋白的提取工艺及功能特性研究[D].北京:中国农业科学院,2007:32-50.
- [11] YADAV A R, GUHA M, REDDY S Y, et al. Physical properties of acetylated and enzyme-modified potato and sweet potato flours[J]. Journal of Food Science, 2007, 72(5): 249-253.
- [12] PEARCE N, KINSELLA F. Emulsifying properties of proteins: Evaluation of a turbidimetric technique[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1978, 26, 716-723.
- [13] 鞠栋,木泰华,孙红男,等.不同工艺马铃薯粉物化特性及氨基酸组成比较[J].核农学报,2017,31(6):1100-1109.
- [14] WHO. WHO/FAO Report: Energy and Protein Requirements. WHO Technical Report Series No. 724. Geneva: World Health Organization, 1985.
- [15] 韦雪飞,陈运中,李明起.甘薯全粉的成分与特性研究[J].淀粉工程,2010(4):64-68.
- [16] KAUR A, SINGH N, EZEKIEL R, et al. Physicochemical, thermal and pasting properties of starches separated from different potato cultivars grown at different locations[J]. Food Chemistry, 2007, 101(2): 643-651.
- [17] ARUNYANAR T T, CHAROENREI N S. Effect of sucrose on the freeze-thaw stability of rice starch gels: Correlation with microstructure and freezable water[J]. Carbohydrate Polymers, 2008, 74(3): 514-518. 完