

冀西北坝上地区 8 种马铃薯的营养及质构品质评价

刘媛^{1,2}, 王健^{1,2}, 任丛涛², 宋鹏飞¹, 邢维海¹, 袁兴茂³, 高清海³

(1. 河北北方学院农林科技学院, 河北省农产品食品质量安全分析检测重点实验室, 河北张家口 075000)

(2. 河北省马铃薯加工技术创新中心, 张家口弘基农业科技开发有限责任公司, 河北张家口 076576)

(3. 河北省农业机械化研究所有限公司, 河北石家庄 050051)

摘要: 为了解冀西北坝上地区主栽 8 种马铃薯的营养、质构品质及加工适宜性, 本文对 8 种马铃薯的营养指标 (淀粉、粗蛋白、维生素 C、干物质、还原糖) 和质构指标 (外皮层硬度、内皮层硬度、纤维含量、紧实度面积) 进行了测定和相关性分析, 并利用隶属函数法对各品种进行了综合评价。结果表明, 营养及质构品质在不同马铃薯品种间均存在显著差异 ($p < 0.05$)。5 项营养指标中还原糖含量的变异系数最大为 49.23%, 淀粉含量的变异系数最小为 17.09%; 4 项质构指标中紧实度面积的变异系数最大为 28.55%, 肉层脆性的变异系数最小为 19.56%。由隶属函数分析得到 8 个品种的主要营养品质从优到劣依次为: 大西洋>布尔班克>夏波蒂>冀张薯 8 号>黑金刚>冀张薯 12 号>冀张薯 5 号>红美人; 主要质构品质从优到劣依次为: 大西洋>冀张薯 12 号>布尔班克>黑金刚>夏波蒂>冀张薯 8 号>红美人>冀张薯 5 号, 并由此获得了 8 种马铃薯的加工适宜性状况。本研究不仅为合理利用冀西北坝上主栽马铃薯品种提供科学依据, 也为后期开展马铃薯精深加工提供一定理论参考。

关键词: 马铃薯; 品种; 营养成分; 质构特性; 加工适宜性

文章编号: 1673-9078(2020)10-79-85

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.10.0265

Evaluation of the Nutritional Quality and Texture Characteristics of 8

Varieties of Potatoes in Bashang Area of Northwest Hebei

LIU Yuan^{1,2}, WANG Jian^{1,2}, REN Cong-tao², SONG Peng-fei¹, XING Wei-hai¹, YUAN Xing-mao³, GAO Qing-hai³

(1. College of Agricultural and Forestry Science and Technology, Hebei North University, Zhangjiakou Key Laboratory of Quality & Safety for Characteristics Agro-Products, Zhangjiakou 075000, China)

(2. Potato Processing Technology Innovation Center of Hebei Province, Zhangjiakou Hongji Agriculture Science and Technology Development Co., Ltd., Zhangjiakou 076576, China)

(3. Hebei Agricultural Mechanization Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang 050051, China)

Abstract: To understand the nutritional quality, texture characteristics and processing suitability of 8 varieties of potatoes which mainly cultivated in Bashang area of northwest Hebei, five main nutritional indexes (the contents of starch, crude protein, vitamin C, dry matter, reducing sugar) and four main texture indexes (cortical hardness, endodermal hardness, flesh skin brittleness, area of compactness) were determined. Besides, the comprehensive evaluation of nutritional quality and texture characteristics were analyzed respectively by the subordinate function method. The results showed that the main nutritional and texture indexes varied significantly ($p < 0.05$) in different varieties of potatoes. Among the five main nutritional indexes of different varieties of potatoes, the coefficient of variation of reducing sugar content was 49.23%, and that of starch content was 17.09%; among the four main texture indexes, the coefficient of variation of compactness area was

引文格式:

刘媛,王健,任丛涛,等.冀西北坝上地区 8 种马铃薯的营养及质构品质评价[J].现代食品科技,2020,36(10):79-86

LIU Yuan, WANG Jian, REN Cong-tao, et al. Evaluation of the nutritional quality and texture characteristics of 8 varieties of potatoes in Bashang area of northwest Hebei [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(10): 79-85

收稿日期: 2020-03-10

基金项目: 河北省重点研发计划农业关键共性技术攻关专项 (18227138D); 河北省重点研发计划项目 (20325501D); 河北省薯类产业技术体系配套农机与产后加工岗位创新团队建设 (HBCT2018080206); 河北省现代农业技术体系蔬菜产业创新团队建设 (HBCT2013050208)

作者简介: 刘媛 (1980-) 女, 博士, 副教授, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程

通讯作者: 王健 (1980-) 男, 博士, 副教授, 研究方向: 食品质量与安全

28.55%, and that of meat brittleness was 19.56%. With the analysis of the membership function, the order of the nutritional quality of different varieties of potatoes was Atlantic>Burbank>Shapoti>Jizhangshu No.8>Heijingang>Jizhangshu No.12>Jizhangshu No.5>Red Beauty, and the corresponding order of the texture characteristics was Atlantic>Jizhangshu No. 12>Burbank>Heijingang>Shapoti>Jizhangshu No.8>Red Beauty>Jizhangshu No.5. Consequently, the processing suitability of the 8 varieties of potatoes was also obtained. In conclusion, this study provided not only a scientific basis for the application of the different varieties of potatoes mainly cultivated in Bashang area of northwest Hebei, but also a theoretical reference for their deep processing in the future.

Key words: potato; variety; nutritional components; texture characteristics; processing suitability

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.), 属茄科类植物, 块茎可食用, 具有热量低、营养丰富、蛋白优质等优点, 是一种粮蔬兼用型农产品^[1-4]。张家口地区是全国马铃薯三大主产区之一, 但除鲜食以外, 多以传统手工制作食品为主, 精深加工产品形式单一, 附加值低, 这也是我国很多马铃薯产区所面临的一个现实问题。为此, 2015 年我国启动马铃薯主粮化战略^[5], 预计到 2020 年 50% 以上的马铃薯将作为主粮进行消费。但是与发达国家相比, 我国马铃薯加工产业还具有专用品种紧缺, 加工利用率较低的问题^[6]。

随着农业部马铃薯“主粮化”战略的推进, 人们对马铃薯的消费正从传统的鲜食、饲料和淀粉加工向主食产品转变。作为主食产品, 不仅包括面条、馒头、薯饼和面包等传统食品, 也包括薯片、薯条等休闲食品和以马铃薯为原料制备的马铃薯全粉、蒸馏酒等各种精深加工产品^[7-12]。而不同产地、不同品种的马铃薯在其营养品质及加工适宜性方面存在较大差异, 是影响马铃薯加工成品品质的关键因素。但目前相关报道多只针对不同品种和产地的马铃薯营养品质分析^[13-15], 而有关其加工适宜性方面的报道极少, 严重制约了马铃薯精深加工产业的科学化和标准化发展。

鉴于此, 本研究对冀西北坝上地区栽培的 8 种马铃薯的营养成分指标和物性指标进行了测定和相关性分析, 并利用隶属函数法对其结果进行了综合评价, 进而确定这 8 种马铃薯品种的加工适宜性, 以期冀西北坝上地区主栽马铃薯品种的合理开发与加工利用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

8 种新鲜马铃薯 (夏波蒂、布尔班克、大西洋、黑金刚、红美人、冀张薯 5 号、冀张薯 8 号和冀张薯 12 号), 张家口弘基农业科技开发有限责任公司提供。

溴甲酚绿、亚甲基蓝、甲基红、酚酞、2,6-二氯酚、硫酸、硼酸、草酸、盐酸、氢氧化钠、硫酸铜、

95%乙醇、石油醚、碳酸氢钠和亚铁氰化钾 (均为分析纯), 天津市风船化学试剂科技有限公司。

1.2 仪器与设备

TA.XT.plus 型质构仪, 英国 Stable Micro Systems 公司; FA1604 电子天平, 天津天马衡基仪器有限公司; DHG-9030A 鼓风干燥箱, 上海一恒科学仪器有限公司; KDN-08sx 定氮消化炉, 上海嘉定粮油仪器有限公司; UV765 紫外可见分光光度计, 上海仪电科学仪器股份有限公司。

1.3 方法

1.3.1 营养成分测定方法

淀粉测定: 采用 GB 5009.9-2016 中酸水解法; 维生素 C 测定: 采用 GB 5009.86-2016 中 2,6-二氯酚滴定法; 还原糖测定: 采用 GB 5009.7-2016 中直接滴定法; 蛋白质测定: 采用 GB 5009.5-2016 中凯氏定氮法; 干物质测定: 采用 GB 5009.3-2016 中直接干燥法。

1.3.2 质构特性测定方法

测定前对 8 种新鲜马铃薯进行预处理, 剔除病薯、烂薯, 确保每个品种的马铃薯块茎大小基本一致且都采收自该品种的成熟期。

采用 TA.XT Plus 物性测试仪的穿刺实验模式, 测定各样品的外皮层硬度、肉皮层硬度、肉层脆性和紧实度面积等物性指标, 每个样品选择较远的三个点各测量一次, 进行多次平行测定, 最终结果取平均值。

测试参数^[16]为: 选择直径 2 mm 的 P/2 圆柱形不锈钢探头, 测前速度: 5.00 mm/s; 测后速度: 5.00 mm/s; 测试速度: 2.00 mm/s; 触发力值: 5.0 g; 探头下压距离为 15 mm; 触发方式: 自动; 数据采集速率: 200 pps。

1.4 不同品种马铃薯营养与质构品质的综合评价

采用模糊数学隶属函数法对不同品种马铃薯的营养与质构品质进行综合评价^[17], 首先需要计算出每个品种某一品质的隶属函数值, 然后再计算出每个品种

的平均隶属函数值,其数值越大,则说明该品种马铃薯的品质越好。隶属函数值的计算公式为:

$$X_{(\mu 1)} = \frac{(X_i - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$X_{(\mu 2)} = \frac{1 - (X_i - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中: X_i 为某品种(系)马铃薯块茎 i 指标的测定值; X_{\max} 为所有试验马铃薯品种(系)中 i 指标最大值; X_{\min} 为所有试验马铃薯品种(系)中 i 指标最小值; $X_{(\mu 1)}$ 表示与综合营养品质呈正相关指标的隶属值; $X_{(\mu 2)}$ 表示与综合营养品质呈负相关指标的隶属值。

1.5 数据处理

每个样品的各项指标均平行测试 3 次。试验数据的处理采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 17.0 进行差异显著性和相关性分析。

2 结果与讨论

2.1 不同品种马铃薯营养品质分析与评价

2.1.1 不同品种马铃薯营养品质指标的变化分析

按 1.3.1 各种营养成分检测方法对 8 种马铃薯的淀粉、蛋白质、维生素 C、干物质和还原糖含量进行分析,结果如表 1 所示。由表 1 可知,8 种马铃薯的淀粉平均含量为 13.91 g/100 g,变异系数为 17.03%,其中布尔班克的淀粉含量最高,红美人的淀粉含量最低;蛋白质平均含量为 1.61 g/100 g,变异系数为 17.09%,其中黑金刚的蛋白含量最高,冀张薯 5 号的蛋白含量最低;维生素 C 平均含量为 18.02 mg/100 g,变异系数为 46.27%,其中红美人的维生素 C 含量最高,大西洋的维生素 C 含量最低;干物质平均含量为 18.18%,变异系数为 19.51%,其中布尔班克的干物质含量最高,红美人的干物质含量最低;还原糖平均含量为 0.29%,变异系数为 49.23%,其中布尔班克的还原糖含量最高,大西洋的还原糖含量最低。

表 1 不同马铃薯品种营养品质的比较分析

Table 1 Comparative analysis of nutritional quality of different potato varieties

品系	淀粉/(g/100 g)	蛋白质/(g/100 g)	维生素 C/(mg/100 g)	干物质/%	还原糖/%
大西洋	16.25±0.91 ^a	1.81±0.28 ^b	7.28±1.15 ^e	17.25±0.26 ^d	0.18±0.0029 ^E
夏波蒂	14.69±1.17 ^{bc}	1.77±0.57 ^b	22.71±0.87 ^b	17.58±0.50 ^d	0.199±0.0014 ^D
红美人	11.99±1.07 ^c	1.42±0.64 ^b	34.36±1.90 ^a	14.63±0.52 ^e	0.341±0.0013 ^B
黑金刚	12.10±1.22 ^c	2.03±0.17 ^{ab}	22.38±2.01 ^b	14.78±0.33 ^e	0.242±0.0021 ^C
布尔班克	18.34±0.55 ^a	1.58±0.85 ^b	15.39±0.46 ^c	25.67±0.91 ^a	0.613±0.0028 ^A
冀张薯 8 号	13.70±1.37 ^c	1.45±0.42 ^b	11.68±0.58 ^d	20.52±1.15 ^c	0.265±0.0050 ^C
冀张薯 12 号	12.16±1.24 ^c	1.71±0.52 ^b	15.23±0.68 ^c	17.80±0.92 ^d	0.218±0.0064 ^D
冀张薯 5 号	12.02±0.92 ^c	1.14±0.35 ^b	15.12±1.16 ^c	17.21±0.65 ^d	0.232±0.0078 ^C
平均值	13.91	1.61	18.02	18.18	0.29
变异系数 CV/%	17.03	17.09	46.27	19.51	49.23

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著, 同列不同大写字母表示在 0.01 水平差异显著, 下同。

据研究报道,马铃薯最终加工产品形式不同,对马铃薯品种的营养品质要求也不尽相同。例如淀粉加工要求马铃薯品种的淀粉含量在 18.00%以上^[18];薯片、薯条加工不仅严格要求马铃薯品种的块茎薯形、芽眼和薯肉颜色,还要求其还原糖含量在 0.30%以下,同时耐低温糖化且回暖降糖效果显著^[19,20]。全粉加工不仅严格要求马铃薯品种的干物质含量和还原糖含量,对蛋白质含量和维生素含量也有较高的要求^[21-23]。

由上述分析结果可知,8 种马铃薯中大西洋和夏波蒂的还原糖含量低于 0.20%,适宜浅色优质炸薯条、炸薯片产品加工;布尔班克的淀粉含量高于 18.00%,且其还原糖含量高于 0.60%,适宜进行淀粉或马铃薯发酵产品加工;黑金刚、冀张薯 8 号、冀张薯 12 号和

冀张薯 5 号的还原糖含量低于 0.30%,适宜进行一般品质的薯条、薯片加工;红美人的维生素 C 含量高于 34 mg/100 g,适宜鲜食;大西洋和夏波蒂的蛋白质含量高于 1.70 g/100 g、干物质含量高于 17.00%,且还原糖含量低于 0.20%,适宜进行马铃薯全粉加工。本研究结果中大西洋适宜薯片、全粉加工和夏波蒂适宜薯条加工的结论与黄洪媛^[24]等的研究结论一致。

目前对不同马铃薯品种营养品质分析的研究报道较少,宋威武等^[25],文国宏等^[17],童丹等^[26],黄越等^[15],李守强等^[27]和王榛^[28]分别对西南山区、甘肃、定西、东乡族自治县和浙江等地区不同马铃薯品种营养品质进行了分析与评价,其中童丹等研究结果表明,定西种植的大西洋中淀粉、干物质、还原糖、蛋白、

维生素 C 等各营养指标的含量均高于本试验测定结果, 可能是因为产地不同, 造成同一品种的营养品质也存在差异。针对冀西北坝上地区不同品种马铃薯营养品质的分析与评价罕见报道, 仅 Jin 等^[29]对河北地区三种商品马铃薯品种夏波蒂、布尔班克和大西洋的配糖生物碱含量进行了分析, 结果表明, 夏波蒂的含量较高为 4.72 mg/kg, 布尔班克的含量较低为 34.45 mg/kg; 赵一博等^[30]对不同马铃薯品种的物候期、植株性状和产量等性状进行了分析。本试验不仅弥补了

该地区相关研究领域的空白, 而且对不同品种马铃薯进行了较全面的营养指标分析。

2.1.2 不同马铃薯品种营养品质的隶属函数分析

由 2.1.1 分析可知, 采用单一指标无法对参试马铃薯品种的营养品质进行客观、准确评价。为此, 选用对综合营养品质影响关键的淀粉、蛋白、干物质和还原糖含量为指标, 采用模糊数学隶属函数法对测试数据进行综合评价, 结果如表 2 所示。

表 2 不同品种隶属函数值

Table 2 The membership function value of different varieties

品系	淀粉/(g/100g)	蛋白质/(g/100 g)	干物质/%	还原糖含量/%	平均隶属函数值	排名
大西洋	0.67	0.75	0.25	1.00	0.67	1
夏波蒂	0.43	0.71	0.23	0.95	0.58	3
红美人	0.00	0.31	0.038	0.63	0.25	8
黑金刚	0.017	1.00	0.00	0.86	0.47	5
布尔班克	1.00	0.50	1.00	0.00	0.62	2
冀张薯 8 号	0.27	0.35	0.58	0.80	0.50	4
冀张薯 12 号	0.027	0.63	0.24	0.91	0.45	6
冀张薯 5 号	0.51	0.00	0.73	0.88	0.28	7

由表 2 可知, 在参试的 8 个马铃薯品种中, 营养品质最佳 ($X > 0.66$) 的马铃薯品种为大西洋; 营养品质较佳 ($0.66 > X > 0.46$) 的马铃薯品种依次为布尔班克、夏波蒂、冀张薯 8 号、黑金刚和冀张薯 12 号; 营养品质较差 ($X < 0.28$) 的马铃薯品种依次为冀张薯 5 号和红美人。综合分析可知, 8 个参试马铃薯品种的主要营养品质从优到劣依次为: 大西洋 > 布尔班克 > 夏波蒂 > 冀张薯 8 号 > 黑金刚 > 冀张薯 12 号 > 冀张薯 5 号 > 红美人。

目前对不同马铃薯品种营养品质的研究报道多针对单一营养指标的结果进行分析与评价, 如童丹等^[26]对 10 种马铃薯品种的淀粉含量、干物质含量、蛋白质、维生素 C 及钾、镁、钙和铁等矿质含量进行了分析, 结果表明, AGRICO-5 的各营养指标明显高于其他 9 个品种, 适宜进行主食化加工; 黄越等^[15]对北方地区马铃薯不同品种块茎的矿质营养品质进行了比较分析; 田甲春^[31]等对 19 个品种马铃薯的营养成分进行了分析, 结果表明, 陇薯 8 号淀粉含量及干物质含量显著高于其它品种, 而还原糖含量显著低于其它品种; 但是马铃薯的营养品质包括多个方面, 为了更客观地评价其品质优劣, 应对多种营养指标进行综合评价, 如宋威武等^[25]、文国宏^[17]等利用隶属函数法分别对 25 份西南山区马铃薯品种和 14 个陇薯系列马铃薯品种的营养品质进行综合分析。为此, 本研究不仅较全面地对营养指标进行了分析, 还利用隶属函数法

对 8 种马铃薯的多种营养指标进行了综合评价, 为冀西北坝上地区主栽马铃薯品种的合理利用与开发提供科学依据。

2.2 不同品种马铃薯质构品质分析与评价

2.2.1 不同品种马铃薯质构品质指标结果分析

采用 TA.XT.Plus 物性测试仪, 对夏波蒂、布尔班克、大西洋、黑金刚、红美人、冀张薯 5 号、冀张薯 8 号和冀张薯 12 号新鲜马铃薯分别进行穿刺试验, 测定各品种的外皮层硬度、肉皮层硬度、肉层脆性和紧实度面积, 其结果如表 3 所示。

由表 3 可知, 8 种马铃薯的外皮层平均硬度为 1270.75 g, 变异系数为 21.42%, 其中大西洋的外皮层硬度最大, 红美人的外皮层硬度最小; 内皮层平均硬度为 1019.17 g, 变异系数为 22.14%, 其中大西洋的内皮层硬度最大, 冀张薯 12 号的内皮层硬度最小; 肉层脆性为 20.63, 变异系数为 19.56%, 其中黑金刚和大西洋的肉层脆性最高, 冀张薯 5 号的肉层脆性最低; 紧实度面积平均为 655.80 g·sec, 变异系数为 28.55%, 其中冀张薯 12 号的紧实度面积最大, 黑金刚的紧实度面积最小。马铃薯外皮层硬度和肉皮层硬度是指马铃薯外皮层和肉皮层细胞组织结构和化学组成情况, 可以反映马铃薯的质地结构; 肉层脆性可一定程度地反映马铃薯的脆性; 紧实度面积是指马铃薯细胞间连接的紧实程度, 可以反映马铃薯的组织紧实度。

表 3 各品种质构指标分析

Table 3 Texture index analysis of varieties

品种	外皮层硬度/g	肉皮层硬度/g	肉层脆性	紧实度面积/(g·sec)
黑金刚	1358.26±3.02 ^{ab}	939.37±2.54 ^b	25.00±0.29 ^a	410.82±1.98 ^g
大西洋	1751.08±2.68 ^{ab}	1457.84±1.91 ^a	25.00±1.16 ^a	556.50±2.36 ^d
布尔班克	1358.17±3.67 ^{ab}	1126.84±2.09 ^{ab}	18.00±1.32 ^a	743.09±3.52 ^c
红美人	972.92±2.65 ^b	803.07±3.81 ^b	24.00±0.79 ^a	465.82±1.79 ^f
冀张薯 5 号	1079.75±3.12 ^a	1019.91±2.15 ^{ab}	15.00±1.12 ^a	741.45±2.04 ^c
冀张薯 8 号	1518.56±2.16 ^{ab}	1152.65±3.01 ^{ab}	18.00±1.42 ^a	551.26±1.62 ^e
冀张薯 12 号	1066.37±2.91 ^b	766.00±1.31 ^b	23.00±1.56 ^a	938.57±2.38 ^a
夏波蒂	1060.87±3.45 ^b	887.67±1.49 ^b	17.00±0.92 ^a	838.90±1.64 ^b
平均值	1270.75	1019.17	20.63	655.80
变异系数 CV%	21.42	22.14	19.56	28.55

由上述分析结果可知,在参试 8 种马铃薯中,大西洋的外皮层硬度和肉皮层硬度最大,说明其质地结构较为致密,运输与贮藏品质较好,耐存放,适宜鲜贮、鲜运;红美人的外皮层硬度最小,说明其质地结构较为疏松,运输与贮藏品质较差,不耐存放;冀张薯 12 号的肉皮层硬度最小,说明其肉皮层质地结构较为疏松,不适于鲜贮、鲜运;黑金刚和大西洋的肉层脆性最高,说明其脆性较好,适宜鲜食;冀张薯 5 号的肉层脆性最低,说明其脆性较差;冀张薯 12 号的紧实度面积最大,说明该品种的组织紧实度最大;黑金刚的紧实度面积最小,说明该品种的组织紧实度最小。

目前对不同品种马铃薯质构品质分析的研究鲜有报道,仅刘振亚^[32]对 6 个品种马铃薯的理化性质和消化特性进行了比较,结果表明,青薯 9 号适宜马铃薯全粉的加工;刘宇航等^[33]研究表明 13 个主栽品种中布尔班克适宜加工为马铃薯鲜湿面条;陈丽^[34]对 19 个品种的甘薯块根的质构特性进行了相关性分析和主成分分析;而针对不同品种新鲜马铃薯质构品质的研究未见报道,本研究不仅弥补了该研究领域的空白,

而且对参试 8 种马铃薯进行了较全面的质构品质分析。

2.2.2 不同马铃薯品种质构品质的隶属函数分析

经过对 8 种马铃薯质构指标变化的分析可知,采用单一指标无法对参试马铃薯品种的质构品质进行客观、准确评价。为此,选用对综合质构品质影响关键的肉皮层硬度、肉层脆性和紧实度面积为指标,采用模糊数学隶属函数法对测试数据进行综合评价,结果如表 4 所示。

由表 4 可知,在参试的 8 个马铃薯品种中,质构品质最佳 ($X > 0.75$) 的马铃薯品种为大西洋;质构品质较佳 ($0.75 > X > 0.39$) 的马铃薯品种依次为冀张薯 12 号、布尔班克、黑金刚和夏波蒂;质构品质较差 ($X < 0.38$) 的马铃薯品种依次为冀张薯 8 号、红美人和冀张薯 5 号。综合分析可知,8 个参试马铃薯品种的主要质构品质从优到劣依次为:大西洋>冀张薯 12 号>布尔班克>黑金刚>夏波蒂>冀张薯 8 号>红美人>冀张薯 5 号。

表 4 不同品种隶属函数值

Table 4 The membership function value of different varieties

品种	肉皮层硬度/g	肉层脆性	紧实度面积/(g·sec)	平均隶属函数值	排名
黑金刚	0.25	1.00	0.00	0.42	4
大西洋	1.00	1.00	0.28	0.76	1
布尔班克	0.52	0.30	0.63	0.48	3
红美人	0.05	0.90	0.10	0.35	7
冀张薯 5 号	0.37	0.00	0.63	0.33	8
冀张薯 8 号	0.56	0.30	0.27	0.38	6
冀张薯 12 号	0.00	0.80	1.00	0.60	2
夏波蒂	0.18	0.20	0.81	0.40	5

目前对不同马铃薯品种质构品质的研究报道极少,如周慧卿^[35]等对缙云县 7 个马铃薯品种的口感等

性状进行了分析,且研究的质构指标也欠全面,如刘娟^[36]仅就硬度分析了不同品种马铃薯块茎的蒸煮加

工质地。本研究以外皮层硬度、肉皮层硬度、肉层脆性和紧实度面积等4项质构指标,全面分析不同品种马铃薯的质构品质,还采用隶属函数法对马铃薯多项质构指标进行了综合评价,弥补了单一质构指标分析的缺陷。

3 结论

本研究采用隶属函数法,对冀西北坝上地区主栽8种马铃薯的5项营养指标和4项质构指标进行了分析,并对该8个品种的营养和质构品质优劣情况及加工适宜性进行了综合评价,结论如下:

3.1 8种马铃薯的营养品质在不同品种间存在很大差异,其中还原糖含量的变异系数最大,淀粉含量的变异系数最小。大西洋和夏波蒂适宜浅色优质炸薯条、炸薯片产品加工;布尔班克适宜进行淀粉或马铃薯发酵产品加工;黑金刚、冀张薯8号、冀张薯12号和冀张薯5号适宜进行一般品质的薯条、薯片加工;红美人适宜鲜食;大西洋和夏波蒂适宜进行马铃薯全粉加工。根据隶属函数分析法得到,8种马铃薯主要营养品质从优到劣依次为:大西洋>布尔班克>夏波蒂>冀张薯8号>黑金刚>冀张薯12号>冀张薯5号>红美人。

3.2 8种马铃薯的质构品质在不同品种间存在很大差异,其中紧实度面积的变异系数最大,纤维含量的变异系数最小。大西洋的质地结构较为致密,运输与贮藏品质较好,耐存放,适宜鲜贮、鲜运;红美人的质地结构较为疏松,运输与贮藏品质较差,不耐存放;冀张薯12号的肉皮层质地结构较为疏松,不适于鲜贮、鲜运;黑金刚和大西洋的脆性较好,适宜鲜食;冀张薯5号的脆性较差;冀张薯12号的组织紧实度最大;黑金刚的组织紧实度最小。根据隶属函数分析法得到,8种马铃薯主要质构品质从优到劣依次为:大西洋>冀张薯12号>布尔班克>黑金刚>夏波蒂>冀张薯8号>红美人>冀张薯5号。

参考文献

- [1] Nayak B, Jose D J B, TANG Ju-ming. Impact of food processing on the glycemic index (GI) of potato products [J]. Food Research International, 2014, 56: 35-46
- [2] Camire M E, Kubow S, Donnelly D J. Potatoes and human health [J]. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 2009, 49(10): 823-840
- [3] Leo L, Leone A, Longo C, et al. Antioxidant compounds and antioxidant activity in "early potatoes" [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2008, 56(11): 4154-4163
- [4] Koningsveld Van G. Physicochemical and functional

properties of potato proteins [D]. Wageningen: Wageningen University, 2001

- [5] 谷悦.马铃薯主粮化为国家粮食安全战略重要一步-农业部公开解答关于马铃薯主粮化的问题[J].中国食品,2015,3: 36-39
- [6] 杨红旗,王春萌.中国马铃薯产业制约因素及发展对策[J].种子,2011,30(5):100-103
- [7] 程江华,廖华俊,刘同革,等.安徽省马铃薯主食化加工思路分析[J].中国马铃薯,2017,31(4):240-245
- [8] 刘娟,梁延超,隋景航,等.马铃薯块茎蒸煮品质、质构特性及加工型品系筛选[J].中国农业科学,2016,49(21):4074-4084
- [9] 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
- [10] 王慧君.马铃薯蒸馏酒生产工艺研究及香气成分分析[D].兰州:甘肃农业大学,2015
- [11] Cho Sung O H, Kwon, Sang I L, et al. Potato distilled liquor (soju) and preparation method thereof with powder of potato which enhances yield of alcohol, and reduces period of second stage mash: Korea, KR100474113B1 [P]. 2005
- [12] 任立焕.马铃薯面条加工工艺的研究[D].天津:天津科技大学,2017

- Technology, 2017
- [13] 廖虹,郭华春,刘艳.云南省马铃薯品种(系)块茎营养品质评价[J].西南农业学报,2013,26(4):1410-415
LIAO Hong, GUO Hua-chun, LIU Yan. Nutritional quality assessment of potato cultivars in Yunnan province [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2013, 26(4): 1410-415
- [14] 赵春波,宋述尧,张传伟,等.不同品种马铃薯品质分析与评价[J].吉林农业科学,2011,36(4):58-60
ZHAO Chun-bo, SONG Shu-yao, ZHANG Chuan-wei, et al. Analysis and assessment on nutritional quality of potato varieties [J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2011, 36(4): 58-60
- [15] 黄越,李帅兵,石瑛.马铃薯不同品种块茎矿质营养品质的差异[J].作物杂志,2017,33(4):33-37
HUANG Yue, LI Shuai-bing, SHI Ying. Differences in mineral nutrition quality of different potato varieties [J]. Crops, 2017, 33(4): 33-37
- [16] 张平,李志文,王莉,等.基于穿刺测试的沙窝萝卜质构特性分析[J].食品研究与开发,2012,33(10):196-199
ZHANG Ping, LI Zhi-wen, WANG Li, et al. Assessment of texture properties of 'Shawo' green turnip by a puncture test [J]. Food Research and Development, 2012, 33(10): 196-199
- [17] 文国宏,李高峰,李建武,等.陇薯系列马铃薯品种营养品质评价及相关性分析[J].核农学报,2018,32(11):2162-2169
WEN Guo-hong, LI Gao-feng, LI Jian-wu, et al. Nutrition quality evaluation and correlation analysis of Longshu potato varieties named with series [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2018, 32(11): 2162-2169
- [18] Driskill E P, Knowles L O, Knowles N R. Temperature-induced changes in potato processing quality during storage are modulated by tuber maturity [J]. American Journal of Potato Research, 2007, 84(5): 367-383
- [19] Cruz G, Cruz-tirado J P, Delgado K, et al. Impact of pre-drying and frying time on physical properties and sensorial acceptability of fried potato chips [J]. Journal of Food Science & Technology Mysore, 2017, 55(1): 138-144
- [20] ZHAO Qing-xia, ZHAO Bao-xie, ZHANG Qing-quan, et al. Screening for chip-processing potato line from introgression of wild species' germplasm with post-harvest storage and chip qualities [J]. American Journal of Potato Research, 2013, 90(5): 425-439
- [21] Rana R K, Pandit A, Pandey N K. Demand for processed potato products and processing quality potato tubers in India [J]. Potato Research, 2010, 53(3): 181-197
- [22] 王丽,罗红霞,李淑荣,等.马铃薯淀粉、蛋白质及全粉的特性及加工利用研究进展[J].中国粮油学报,2017,32(3):141-146
WANG Li, LUO Hong-xia, LI Shu-rong, et al. Review on processing and utilization of potato starch, protein and whole powder [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2017, 32(3): 141-146
- [23] 于洪剑,白爱枝,杨晓炜,等.马铃薯干燥方法的研究进展[J].核农学报,2017,31(4):743-748
YU Hong-jian, BAI Ai-zhi, YANG Xiao-wei, et al. The research progress of potato drying methods [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2017, 31(4): 743-748
- [24] 黄洪媛,王珂佳,张小永.马铃薯品质对加工产品品质影响研究进展[J].产业与科技论坛,2014,13(5):84-85
HUANG Hong-yuan, WANG Ke-jia, ZHANG Xiao-yong. Research progress on the influence of potato quality on the quality of processed products [J]. Industrial & Science Tribune, 2014, 13(5): 84-85
- [25] 宋威武,吴承金,颜学明,等.西南山区不同马铃薯品种品质分析与评价[C]//马铃薯产业与脱贫攻坚(2018).中国云南昭通:哈尔滨地图出版社,2018:240-243
SONG Wei-wu, WU Cheng-jin, YAN Xue-ming. Quality Analysis and Evaluation of Different Potato Varieties in Southwest Mountain Area[C]// Potato Industry and Poverty Alleviation (2018). ZhaoTong, Yunnan, China: Harbin Map Publishing House, 2018: 240-243
- [26] 童丹,原霁虹,韩黎明,等.定西市马铃薯主食化新品种营养品质分析[J].中国食物与营养,2018,24(11):15-17,33
TONG Dan, YUAN Ji-hong, HAN Li-ming, et al. Nutritional quality analysis on new potato staple food varieties in Dingxi city [J]. Food and Nutrition in China, 2018, 24(11): 15-17, 33
- [27] 李守强,田世龙,李梅,等.主成分分析和隶属函数法综合评价15个马铃薯品种(系)的营养品质[J].食品工业科技,2020, 41(6):272-276,291
LI Shou-qiang, TIAN Shi-long, LI Mei, et al. Comprehensive evaluation of the nutrition quality of 15 varieties of potatoes by principal component analysis and subordinate function method [J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(6): 272-276, 291
- [28] 王榛.浙江省不同生态环境马铃薯品质评价[D].西宁:青海师范大学,2017
WANG Zhen. Quality evaluation of potatoes in different ecological environment in Zhejiang province [D]. Xining: Qinghai Normal University, 2017