

甘薯与薯仔品质评价模型建立

王丽, 王辉, 段丽丽, 汪长钢, 句荣辉*

(北京农业职业学院, 北京 102442)

摘要: **目的** 分析甘薯原料与薯仔之间关系, 建立薯仔加工适宜性评价模型。 **方法** 采用相关性分析方法分析甘薯品质及甘薯与薯仔品质之间关系, 采用回归分析建立甘薯与薯仔品质间关系模型。 **结果** 甘薯原料品质间存在显著相关性, 其中水分、灰分、多酚氧化酶、粗蛋白、粗纤维、 β -胡萝卜素和花青素等7个指标可以表征甘薯品质特性。经过薯仔品质拟合分析, 得出分析材料中蜜薯、杠-19和雄薯8号为适宜加工的甘薯品种。通过回归分析, 建立了适合加工的甘薯品质评价模型为 $Y=0.403 \times \text{水分} - 1.465 \times \text{灰分} + 0.357 \times \text{粗蛋白} - 0.649 \times \text{多酚氧化酶} - 0.163 \times \text{粗纤维} - 0.746 \times \beta\text{-胡萝卜素} + 0.516 \times \text{花青素}$ 。 **结论** 本文建立的薯仔加工适宜性评价模型可以为甘薯的加工利用及适宜加工的甘薯品种选育提供依据。

关键词: 甘薯; 制品; 品质; 评价模型

Research on the evaluation model of sweet potato and its product

WANG Li, WANG Hui, DUAN Li-Li, WANG Chang-Gang, JU Rong-Hui*

(Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102442, China)

ABSTRACT: Objective To analyze the relationship between *Ipomoea batatas* L.(sweet potato) and sweet potato products and establish the suitable evaluation model of sweet potato. **Methods** The relationship between sweet potato quality and sweet potato quality with sweet potato product quality was analyzed by correlation analysis. The relational model of sweet potato quality and sweet potato product quality was established by regression analysis. **Results** The relationship among sweet potato had a significant correlation. Water, ash, PPO, protein, fiber, β -carotene and anthocyanin could stand for the quality of the sweet potato. Mishu, Gong-19 and Xiongshu8 were suitable to process. By regression analysis, we established a suitable processing sweet potato quality evaluation model: $Y=0.403 \times \text{water} - 1.465 \times \text{ash} + 0.357 \times \text{crude product} - 0.649 \times \text{PPO} - 0.163 \times \text{crude fiber} - 0.746 \times \beta\text{-carotene} + 0.516 \times \text{anthocyanin}$. **Conclusion** This model of sweet potato and sweet potato product can provide evidence for sweet potato process and variety breeding.

KEY WORDS: *Ipomoea batatas* L.; products; quality; evaluation model

1 引言

甘薯(*Ipomoea batatas* L.), 旋花科甘薯属, 是我国重要的粮食作物。2013年我国甘薯种植面积为352

万公顷, 占世界甘薯种植面积的42.72%; 我国甘薯总产量为7909万吨, 占世界甘薯总产量的71.41%(FAO)。我国甘薯种植面积和产量均位于世界首位。甘薯的产量在我国位居第4, 仅次于水稻、小

基金项目: 北京市农业科技项目(2013020102)

Fund: Supported by the Beijing Agriculture Technology Project (2013020102)

*通讯作者: 句荣辉, 副教授, 主要研究方向为食品检验。E-mail: ronghuiju@163.com

*Corresponding author: JU Rong-Hui, Associate Professor, Beijing Vocational College of Agriculture, No.5 Daotiannanli, Fangshan District, Beijing 102442, China. E-mail: ronghuiju@163.com

麦和玉米,是我国农业的支柱产业。

甘薯具有很高的营养价值和保健功能^[1-3]。日本国立癌症预防研究所实验表明,甘薯在具有显著抑制肿瘤作用的20种蔬菜中排名第一。随着人们生活水平的提高,食品结构趋于多元化、保健化,食用甘薯市场日趋看好。因此,对甘薯加工适宜性的研究具有重要的经济价值和科学意义。

目前关于甘薯品质特性之间关系的研究,国内外已进行了一些报道,如Shekhar^[4]分析了印度两个甘薯品种在不同环境条件下甘薯中的糖类、还原糖、蛋白质和酚类物质的变化情况,结果显示蛋白质的表达情况对甘薯的营养物质具有显著的影响。Laurie^[5]分析了57种南非甘薯品种的品质特性,结果显示甘薯的甜度、质地及品质稳定性间存在着显著的关系。Finotti^[6]对8种甘薯品种采用改进的功能数学指数方法分析了不同加工工艺对甘薯中多酚类生物活性物质的影响情况,建立了预测模型,采用该模型可以预测不同加工工艺对酚类物质的影响情况。我国关于甘薯的品质特性也进行了初步的分析,如唐忠厚^[7]等分析了我国30份不同肉色甘薯品种的胡萝卜素、花青素、黄酮等物质,结果显示,各数据间差异显著,并采用因子分析不同品种间的差异情况,初步得出影响甘薯品质的主要指标。余华等^[8]分析了3种肉色甘薯的基本品质特性,比较了它们之间的差异情况。但是关于薯仔加工专用品种未见报道,本文以北京地区的10个甘薯品种为原料,加工成薯仔,通过分析甘薯原料与薯仔之间的关系,建立适合加工薯仔的甘薯品质评价模型,为甘薯的加工利用及适宜加工的甘薯品种选育提供依据。

2 材料与方法

2.1 试验材料

杠19、国产紫薯、红皮7、龙薯9号、蜜薯、雄薯8号、雁薯13号、雁薯14号、越南紫薯、紫罗兰10个甘薯品种均购于北京超市。

2.2 试验方法

(1)水分、灰分、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、还原糖等参照Thomas等的方法^[9];维生素、糖蛋白、多酚氧化酶活性、 β -胡萝卜素、花青素等参考张允刚等的方法^[10];钙、铜、铁、钾、镁、锰、钠、锌、硒等参照Burgos等的方法^[11]。

(2)薯仔感官品质评价方法:所选样品的感官特性由9个经过培训过的感官评价员进行评价,采用0~9分的分值法进行分析^[12,13]。

(3)薯仔加工方法:甘薯 清洗 去皮 蒸煮 冷却 搅碎 成型 烘烤 成品

2.3 数据分析

全部数据为各指标均值,采用SPSS和SAS完成相关数据分析及模型的建立。

3 结果与分析

3.1 甘薯品质特征指标筛选

本文对10个甘薯品种的20个品质指标分别进行相关性分析。表1为20个指标之间进行相关性分析。从表1中可以看出,水分与蛋白质、脂肪呈显著的正相关($R=0.560$, $R=0.649$),灰分与铁呈显著的正相关($R=0.533$),粗纤维与 β -胡萝卜素、钙、铜、铁、镁、锌呈显著的相关性($R=-0.644$, $R=0.613$, $R=0.669$, $R=0.792$, $R=0.797$, $R=0.799$),花青素与钙、铜、铁、镁、锰、锌呈显著的相关性($R=0.789$, $R=0.710$, $R=0.622$, $R=0.729$, $R=0.515$, $R=0.708$),钙与铜、铁、镁、锌呈显著的相关性($R=0.831$, $R=0.820$, $R=0.924$, $R=0.903$),铜与铁、镁、钠、锌呈显著的正相关($R=0.846$, $R=0.893$, $R=0.682$, $R=0.871$),铁与镁、钠、锌呈显著的正相关($R=0.870$, $R=0.520$, $R=0.905$),镁与锌呈极显著的正相关($R=0.977$)。上述指标间相关关系显著,因此,可以采用一个指标表征其他指标之间的相互关系,经过综合分析,确定评价甘薯的指标为水分、灰分、多酚氧化酶、蛋白质、粗纤维、 β -胡萝卜素和花青素等7个指标。

3.2 薯仔品质评价指标

(1)甘薯与薯仔品质间关系分析

将甘薯原料的20个指标与薯仔的11个指标间进行相关性分析,结果见表2,通过相关性分析发现,原料中的灰分和金属元素与薯仔品质呈负相关,因此可以通过灰分来表征金属元素的品质特征。该结果与原料品质特性的相关性分析结果相吻合,因此评价甘薯的指标为水分、灰分、多酚氧化酶、蛋白质、粗纤维、 β -胡萝卜素和花青素等7个指标。

(2)薯仔品质指标间关系分析

薯仔品质指标间相关性分析,结果如表3所示。通过表3可以看出,薯仔总分与薯仔气味($R=$

0.581*)、薯仔外观 ($R=0.934^{**}$)、薯仔适口性 ($R=0.583^*$)、薯仔滋味 ($R=0.792^{**}$)、薯仔质地 ($R=0.952^{**}$)呈显著的正相关性, 因此采用薯仔总分表达薯仔气味、外观、适口性、滋味及质地品质。其他指标间相关性较弱, 因此确定薯仔品质评价指标为总分、水分、粗脂肪、粗蛋白、糖蛋白、多酚氧化酶活性。

3.3 甘薯加工适宜性评价模型的建立

(1)薯仔评价指标拟合

经过优化后, 薯仔品质评价指标有 6 个, 为了更好地评价某一薯仔的质量, 采用等权相加^[14-17]的方法, 将评价薯仔的 6 个指标归一化为 1 个指标。将 6 个指标标准化后相加数据记为 Y 。标准化数据及 Y 值如表 4 所示, 其中综合值排在前 3 位的分别是蜜薯、杠-19 和雄薯 8 号, 因此蜜薯、杠-19 和雄薯 8 号确定为适宜加工薯仔的品种。

(2)薯仔品质评价模型的建立

将甘薯的 7 个指标与薯仔的综合值进行回归分析, 建立适宜加工的评价模型。

$$Y=0.403^* \text{水分}-1.465^* \text{灰分}+0.357^* \text{粗蛋白}-0.649^* \text{多酚氧化酶}-0.163^* \text{粗纤维}-0.746^* \beta\text{-胡萝卜素}+0.516^* \text{花青素}$$

4 结 论

(1)经过相关性分析, 确定甘薯的评价指标为水分、灰分、多酚氧化酶、粗蛋白、粗纤维、 β -胡萝卜素和花青素等 7 个指标。

(2)通过回归分析, 建立适宜加工薯仔的甘薯评价模型为

$$Y=0.403^* \text{水分}-1.465^* \text{灰分}+0.357^* \text{粗蛋白}-0.649^* \text{多酚氧化酶}-0.163^* \text{粗纤维}-0.746^* \beta\text{-胡萝卜素}+0.516^* \text{花青素}$$

表 1 甘薯特征指标筛选
Table 1 Screening of the feature quality of sweet potato

	水分	灰分	蛋白质	脂肪	还原糖	维生素 C	糖蛋白	多酚氧化酶活性	粗纤维	β -胡萝卜素	花青素
水分	1.000										
灰分	0.296	1.000									
蛋白质	0.560*	0.248	1.000								
脂肪	0.649**	0.440	0.105	1.000							
还原糖	0.049	0.055	-0.465	-0.001	1.000						
维生素	-0.433	-0.620**	-0.166	-0.208	-0.121	1.000					
糖蛋白	0.505*	-0.344	0.272	0.261	-0.213	0.543*	1.000				
多酚氧化酶活性	-0.186	-0.440	0.076	-0.481	-0.047	0.586*	-0.074	1.000			
粗纤维	-0.316	0.384	0.123	-0.086	-0.293	-0.740**	-0.579	0.235	1.000		
β -胡萝卜素	0.171	-0.472	-0.193	0.289	0.018	0.179	0.449	-0.214	-0.644**	1.000	
花青素	-0.270	0.343	-0.033	0.039	-0.430	-0.067	-0.204	0.025	0.290	0.084	1.000
钙	-0.324	0.163	0.262	-0.187	-0.559*	0.385	-0.305	0.467	0.613**	-0.197	0.789**
铜	-0.253	0.416	0.282	-0.269	-0.569*	-0.287	-0.360	0.298	0.669**	-0.537*	0.710**
铁	-0.333	0.533*	0.239	-0.237	-0.242	-0.462	-0.652*	0.262	0.792**	-0.566*	0.622**
钾	-0.173	0.300	0.267	-0.389	-0.409	-0.622**	-0.443	0.326	0.698**	-0.537*	0.425
镁	-0.428	0.240	0.071	-0.247	-0.463	-0.362	-0.461	0.439	0.797**	-0.390	0.729**
锰	-0.506*	0.194	-0.467	-0.383	0.199	-0.539*	-0.579*	-0.181	-0.010	0.049	0.515*
钠	-0.187	0.365	0.456	-0.398	-0.536*	-0.211	-0.284	-0.087	0.338	-0.599*	0.245
锌	-0.421	0.294	0.056	-0.229	-0.392	-0.470	-0.611**	0.419	0.799**	-0.401	0.708**
硒	0.677*	0.369	0.392	0.527	-0.343	-0.087	0.546*	-0.406	-0.415	0.171	0.196

续表1

	钙	铜	铁	钾	镁	锰	钠	锌	硒
钙	1.000								
铜	0.831**	1.000							
铁	0.820**	0.846**	1.000						
钾	0.620	0.866**	0.744*	1.000					
镁	0.924**	0.893**	0.870**	0.782**	1.000				
锰	0.178	0.296	0.354	0.311	0.267	1.000			
钠	0.343	0.682*	0.520	0.616	0.364	0.246	1.000		
锌	0.903**	0.871**	0.905**	0.784**	0.977**	0.348	0.381	1.000	
硒	-0.131	0.082	-0.256	-0.087	-0.251	-0.147	0.214	-0.283	1.000

注: *显著 $P<0.05$, **极显著 $P<0.01$

表2 原料品质与薯仔品质之间相关性分析

Table 2 Correlation relationship among sweet potato and their products

	水分	灰分	蛋白质	脂肪	多酚氧化酶	粗纤维	胡萝卜素	花青素	钙	铜	铁	镁	锰	钠	锌
薯仔总分	-0.106	0.171	-0.069	-0.123	-0.496	-0.463	0.094	0.237	-0.181	-0.003	-0.151	-0.245	0.330	0.273	-0.328
薯仔气味	-0.200	-0.101	-0.190	-0.218	-0.071	-0.128	0.310	0.508	0.211	0.228	0.033	0.237	0.348	-0.056	0.090
薯仔外观	0.059	0.144	0.026	-0.091	-0.562	-0.492	0.217	0.196	-0.245	-0.022	-0.223	-0.286	0.335	0.261	-0.373
薯仔适口性	-0.444	-0.070	-0.314	-0.311	-0.278	-0.213	-0.240	-0.325	-0.408	-0.324	-0.204	-0.374	0.059	0.092	-0.413
薯仔滋味	0.273	0.175	0.080	-0.034	-0.445	-0.740*	0.241	0.015	-0.400	-0.220	-0.309	-0.526	0.354	0.164	-0.518
薯仔质地	0.157	0.213	0.111	0.093	-0.598	-0.565	0.228	0.153	-0.267	-0.138	-0.264	-0.395	0.161	0.186	-0.471
薯仔水分	0.323	-0.607	0.263	0.127	0.116	-0.546	0.559	-0.493	-0.313	-0.621	-0.598	-0.568	-0.476	-0.330	-0.525
薯仔脂肪	-0.462	-0.261	-0.106	-0.531	0.379	0.478	-0.043	0.142	0.380	0.243	0.401	0.500	0.204	-0.091	0.441
薯仔蛋白	0.218	-0.263	0.584	-0.312	-0.085	-0.076	0.018	-0.439	-0.208	-0.118	-0.182	-0.249	-0.305	0.297	-0.308
薯仔糖蛋白	0.128	-0.099	0.191	0.226	-0.199	-0.170	0.297	0.357	0.170	0.162	-0.206	0.068	-0.282	0.068	-0.105
薯仔多酚氧化酶	0.082	-0.156	-0.193	-0.404	0.483	-0.022	-0.367	-0.363	-0.262	0.024	-0.113	-0.043	0.023	-0.073	-0.065

注: *显著 $P<0.05$, **极显著 $P<0.01$

表3 薯仔品质间相关性分析

Table 3 The correlation among sweet potato product quality

	薯仔总分	薯仔气味	薯仔外观	薯仔适口性	薯仔滋味	薯仔质地	薯仔水分	薯仔脂肪	薯仔蛋白	薯仔糖蛋白	薯仔多酚氧化酶
薯仔总分	1.000										
薯仔气味	0.581*	1.000									
薯仔外观	0.934**	0.673*	1.000								
薯仔适口性	0.583*	0.025	0.365	1.000							

续表 3

	薯仔总分	薯仔气味	薯仔外观	薯仔适口性	薯仔滋味	薯仔质地	薯仔水分	薯仔脂肪	薯仔蛋白	薯仔糖蛋白	薯仔多酚氧化酶
薯仔滋味	0.792**	0.294	0.815**	0.313	1.000						
薯仔质地	0.952**	0.496	0.931**	0.470	0.843**	1.000					
薯仔水分	-0.294	-0.429	-0.246	-0.132	0.024	-0.110	1.000				
薯仔脂肪	-0.231	0.446	-0.134	-0.098	-0.421	-0.345	-0.278	1.000			
薯仔蛋白	0.060	0.095	0.273	0.020	0.119	0.160	0.318	0.299	1.000		
薯仔糖蛋白	0.494	0.609	0.531*	-0.023	0.139	0.536*	-0.046	-0.121	0.155	1.000	
薯仔多酚氧化酶	-0.157	0.065	-0.088	-0.043	0.013	-0.270	-0.237	0.197	0.051	-0.308	1.000

注: *显著 $P < 0.05$, **极显著 $P < 0.01$

表 4 薯仔综合评分
Table 4 Total scores of sweet potato products

薯名	总分	水分(%)	粗脂肪(%)	粗蛋白(%)	糖蛋白(g/100 g)	多酚氧化酶活性 (U/min·g FW)	综合值(Y)	排序
杠 19	0.7316	-0.6656	0.2333	0.9476	0.3874	1.6751	3.3093	2
国产紫薯	1.2362	-1.0347	-0.6602	-0.6820	1.5872	-0.6654	-0.2190	5
红皮 7 号	0.3532	-1.3402	-0.3624	-1.3258	-0.8468	1.2530	-2.2689	10
龙薯九	0.1009	1.8162	-1.0574	-0.2461	0.1131	-0.4354	0.2914	4
密薯	0.9839	0.3907	0.9283	1.6919	1.4501	-0.7731	4.6719	1
雄薯 8 号	-1.1605	0.9380	0.7297	0.7933	-1.2924	1.2108	1.2189	3
雁薯 13 号	-0.0252	0.0980	-0.8588	0.8000	-1.0182	-1.0474	-2.0516	8
雁薯 14 号	-1.1605	0.8362	-1.2559	-0.6284	0.5588	-0.3045	-1.9544	9
越南紫薯	0.6055	-0.2838	0.4815	-1.1112	-0.6068	-0.8575	-1.7722	7
紫罗兰	-1.6651	-0.7547	1.8219	-0.2394	-0.3325	-0.0555	-1.2254	6

参考文献

[1] 张立明, 王庆美, 王荫嫒. 甘薯的主要营养成分和保健作用[J]. 杂粮作物, 2003, 23(3): 162-166 .
Zhang LM, Wang QM, Wang YC. The main nutrient components and health care function of sweet potato [J]. Rain Fed Crop, 2003, 23(3): 162-166.

[2] 叶庆林, 李文晨, 林硕, 等. 西蒙 1 号甘薯抗肿瘤作用的初步研究[J]. 福建医学院学报, 1992, 26(1): 16-17.
Ye QL, Li WC, Lin S, et al. A preliminary study of antitumour effect of sweet potato simon No.1 [J]. J Fujian Med School, 1992, 26(1): 16-17.

[3] 颜学桔. 甘薯及其制剂的研究进展[J]. 湖南中医杂志, 2000, 16(4): 59-60.
Yan XJ. Sweet potatoes and its preparations research progress [J]. Hunan J Trad Chin Med, 2000, 16(4): 59-60.

[4] Shekhar S, Mishra D, Buragohain AK, et al. Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) [J]. Food Chem, 2015, 173: 957-965.

[5] Laurie SM, Calitz FJ, Adebola PO, et al. Characterization and evaluation of South African sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) LAM) land races [J]. S Afr J Bot, 2013, 85: 10-16.

[6] Finotti E, Bersani E, Prete ED, et al. A functional mathematical index for predicting effects of food processing on eight sweet potato (*Ipomoea batatas*) cultivars [J]. J Food Comp Anal, 2012, 27: 81-86.

[7] 唐忠厚, 魏猛, 陈晓光, 等. 不同肉色甘薯块根主要营养品质特征与综合评价[J]. 中国农业科学, 2014, 47(9): 1705-1714.
Tan ZH, Wei M, Chen XG, et al. Characters and comprehensive

- evaluation of nutrient quality of sweet potato storage root with different flesh colors [J]. *Sci Agric Sinica*, 2014, 47(9): 1705–1714.
- [8] 余华, 宋永康, 姚清华, 等. 不同肉色甘薯营养成分分析[J]. *福建农业学报*, 2010, 2(4): 482–485.
Yu H, Song YK, Yao QH, *et al.* Nutrition composition of sweet potatoes of different colors [J]. *Fujian J Agric Sci*, 2010, 2(4): 482–485.
- [9] Thomas ZF, Burgos G, Espinoza J, *et al.* Screening for β -carotene, iron, zinc, starch, individual sugars and protein in sweet potato germ plasm by near-infrared reflectance spectroscopy(NIRS) [J]. *Inter Soc Trop Root Crop*, 2009: 27–33.
- [10] 张允刚, 房佰平. 甘薯种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
Zhang YG, Fang BP. Sweet potato germ plasm resource description specification and standard data [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [11] Burgos G, Haan S, Salas E, *et al.* Protein, iron, zinc and calcium concentrations of potatoes following traditional processing as “chuno”[J]. *J Food Comp Anal*, 2009, 22: 617–619.
- [12] Chervin C, Boisseau P. Quality maintenance of ready-to-eat shredded carrots by gamma irradiation [J]. *J Food Sci*, 1994, 59: 359–361.
- [13] Farkas J, Saray T, Mohacsi-Farkas C, *et al.* Effect of low dose gamma radiation on shelf life and microbiological safety of precut/prepared vegetables [J]. *Adv Food Sci*, 1997, 19: 111–119.
- [14] 黄光宇, 陈勇. 生态城市理论与生态城市规划方法(第一版)[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- Huang GY, Chen Y. The method of ecological urban planning and the theory of ecological city (Ed.1) [M]. Beijing: Science Press, 2002.
- [15] Carrara A, Cardinali M, Detti R, *et al.* GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard [J]. *Earth Surf Proc Land Form*, 1991, 16 (5): 427–445.
- [16] 李德华. 城市规划原理(第三版)[M].北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
Li DH. Fundamentals of city planning (Ed.3) [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2001.
- [17] 岑湘荣. 基于 GIS 的城镇建设用生态适宜性评价研究[D]. 长沙: 中南大学, 2008
Cen XR. Based on GIS of urban construction land ecological suitability assessment [D]. Changsha: Central South University, 2008.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



王 丽, 博士, 主要研究方向为农产品加工与质量安全。
E-mail: wangli2008_beijing@163.com



句荣辉, 副教授, 主要研究方向为食品检验。
E-mail: ronghuiju@163.com