

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90061

宁夏富硒大米的矿物元素判别及品质评价

Mineralelement discrimination of Selenium-enriched rice in Ningxia and its quality evaluation

杨晓忱

YANG Xiao-chen

(宁夏粮油产品质量检测中心, 宁夏 银川 750001)

(Ningxia Grain and Oil Product Quality Testing Center, Yinchuan, Ningxia 750001, China)

摘要:目的:考察宁夏富硒大米与普通大米间的元素差异,并分析评价其理化品质。方法:以宁夏当地 25 份不同品牌大米样品为研究对象,采用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)测定两种大米样品的 26 种矿物元素,并对这些元素进行多元统计分析。结果:通过含量差异分析可对富硒大米品质进行判别,同时发现富硒大米富含 Ca、Sn、K、Mg 4 种元素。对其他品质指标进行分析,发现富硒大米不完善粒低、黄粒米低、垩白低,整精米率高、直链淀粉高、食味值高、新鲜度评分值高,硬度、弹性及胶着度适宜,适口性优良,外观品质和食用品质都较高。结论:宁夏富硒大米具有较高的营养价值和食味品质,可以通过元素含量差异判别富硒大米。

关键词:大米;质量品质;矿物元素;ICP-MS 法;偏最小二乘判别分析;热图分析

Abstract: Objective: The element content and physical and chemical quality were analyzed from the nutritional quality of Selenium (Se)-enriched rice in Ningxia. **Methods:** 25 rice samples from different brands in Ningxia were selected as the research object, and 26 mineral elements in which were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), and multivariate statistical analysis of these elements was conducted. **Results:** Through the analysis of the difference of element content between Se-enriched rice and ordinary rice, the quality of Se-enriched rice was distinguished. Moreover, it was found that Se-enriched rice was rich in four kinds of elements such as Ca, Sn, K and Mg. Other quality indexes of Se-enriched rice were analyzed. It was found that Se-enriched rice was imperfect, with low grain, low yellow grain, low chalkiness, high head rice rate, high amylose,

high taste value, high freshness score, suitable hardness, elasticity and adhesion, good palatability, and high appearance quality and edible quality. **Conclusion:** Se-enriched rice can be distinguished by the difference of element content, and the Se-enriched rice in Ningxia has high nutritional value and eating quality.

Keywords: rice; quality; mineral elements; ICP-MS method; partial least squares discrimination analysis; heatmap analysis

硒具有显著的抗氧化作用,能够清除体内的自由基,阻止细胞膜脂质的过氧化物,其抗氧化作用约为维生素 E 和维生素 C 的 300~500 倍,经研究^[1]发现硒元素具有提高人体免疫力、抗衰老、抗癌、延长寿命的功能。人体硒元素主要从食物中获得,其中富硒大米可作为人体硒元素的重要食物来源。

宁夏地区因其独特土壤环境优势,生产的富硒大米品质优良,依据 GB/T 22499—2008《富硒稻谷》富硒大米中硒含量应在 0.04~0.30 mg/kg。然而,宁夏富硒大米品牌建设薄弱,以次充好或者用普通大米冒充富硒大米的现象层出不穷^[2]。传统判别富硒大米的方式主要以检测硒元素含量为主,但是不能排除在大米成品中直接添加硒元素而冒充富硒大米的现象,因此从其他方面识别富硒大米具有重要意义。

植物吸收矿物元素时具有协同和拮抗作用,导致植物在吸收某种元素时其他矿物元素会增加或减少。富硒大米在富硒的同时,也会导致其他矿物元素的增加或减少,从而导致富硒大米与普通大米矿物元素组成不同,因此从矿物元素出发区分富硒大米和普通大米具有可行性^[3]。当前,品质判别方法一般为近红外指纹分析法、金属元素分析法和稳定性同位素法等^[4]。金属元素分析法是一种有效的粮食品质判别法,相比于其他品质指标用于鉴别食品品质,具有操作简单和耗时短的特点,在食品的品质判别中被广泛应用^[5]。

ICP-MS 法是测定金属元素含量中应用最广泛的方

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划项目(编号:2020ZDYF0884)

作者简介:杨晓忱(1990—),女,宁夏粮油产品质量检测中心工程师,硕士。E-mail:250456912@qq.com

收稿日期:2021-09-03

法,该方法具有线性范围广、灵敏度高、稳定性强和同时测定多种元素等特点^[6-7]。试验拟采用微波消解法对富硒大米和普通大米进行消解,用 ICP-MS 法测定富硒大米和普通大米的硒含量及其他 25 种元素含量,并对数据进行偏最小二乘法判别分析(PLS-DA)和热图分析,以期通过元素含量差异判别富硒大米和普通大米的区别。

1 材料与方法

1.1 仪器设备

电感耦合等离子体质谱仪:PQ-MS 型,德国耶拿分析仪器股份公司;

超微波化学平台:ULTRACLAVE V 型,意大利迈尔斯通公司;

万分之一电子天平:SXF100xp204 型,瑞士梅特勒公司;

超纯水仪:COMFORT 型,上海赛多利斯公司;

大米外观品质检测仪:JMWT12 型,北京东孚久恒仪器技术有限公司;

质构仪:TA.XTLL plus 型,英国 SMS 公司;

紫外可见分光光度计:U-2910 型,日立高新技术公司。

1.2 试剂材料

大米样品(见表 1):市售;

26 种多元素标准溶液:GNM-M261141-2013 型,100 μg/mL,国家有色金属及电子材料分析测试中心;

大米粉标准物质:GBW(E)100361 型,(0.11 ± 0.01) mg/kg,钢研纳克检测技术股份有限公司;

大米粉标准物质:GBW(E)100349 型,(0.41 ± 0.01) mg/kg,钢研纳克检测技术股份有限公司;

表 1 大米样品详情[†]

Table 1 Detail of rice samples

序号	品种	产地	序号	品种	产地
1	秋优 88 号	银川市	14	D10	平罗县
2	宁粳 41	银川市	15	节田 3 号	平罗县
3	宁粳 43	银川市	16	西农 175	银川市
4	宁粳 45	灵武市	17	中科 804	银川市
5	宁粳 47	灵武市	18	中通 777	灵武市
6	宁香优 4 号	灵武市	19	长粒优	灵武市
7	长粒优	吴忠市	20	天隆优 619	吴忠市
8	稻花香 2 号	吴忠市	21	宁粳 43 号	吴忠市
9	隆优 619	吴忠市	22	宁粳 52 号	青铜峡市
10	吉宏 6 号	青铜峡市	23	吉宏 6 号	青铜峡市
11	中科 804	青铜峡市	24	宁粳 53 号	平罗县
12	兴唐 1 号	青铜峡市	25	宁粳 28 号	平罗县
13	富源 4 号	平罗县			

† * 富硒大米 1~15 号,普通大米 16~25 号。

硝酸:特等级,上海安谱瑞世标准技术服务有限公司;

磷酸二氢铵:优级纯,成都市科龙化工试剂厂;

直链淀粉标准溶液:优级纯,河南标准物质研发中心。

1.3 试验方法

1.3.1 样品前处理 将大米样品分样后用锤式旋风磨进行粉碎,过 100 目筛后装袋标号备用。用万分之一电子天平在超级微波化学平台石英管中称取试样(0.400 0 ± 0.005 0) g,加入 1 mL 双氧水(重量百分率 30%)及 3 mL 特优级硝酸,密封后上微波消解仪消解至澄清透明,升温程序见表 2。消解完毕冷却至室温,将消解试液完全转移并定容至 50 mL 容量瓶中,充分混匀备用,做空白、质控和 6 组平行试验。试验所有器具均用 30% 硝酸浸泡过夜,再用超纯水清洗干净后备用。

表 2 微波消解仪升温程序

Table 2 Microwave digestion instrument heating program

步骤	功率/W	时间/min	温度/℃	压力/MPa
1	1 200	5	130	13
2	1 200	5	130	13
3	1 200	8	185	13
4	1 200	5	185	13
5	1 200	10	220	13
6	1 200	15	220	13

1.3.2 元素标准储备液的配制 取 250 μL 100 μg/mL 26 种金属元素混合标准溶液于 25 mL 容量瓶中,用 2% 硝酸溶液定容,得到 1 μg/mL 标准储备液。

1.3.3 标准曲线的配制 分别吸取 125,250,375,500 μL 储备液于 25 mL 容量瓶中,利用 2% 硝酸溶液定容,得到 5,10,15,20 ng/mL 的工作溶液,再从 20 ng/mL 中分别称取 625,1 250,2 500 μL 于 25 mL 聚乙烯比色管中定容,得到 0.5,1.0,2.0 ng/mL 的工作溶液,至此共得到 0.5,1.0,2.0,5.0,10.0,15.0,20.0 ng/mL 7 个标准工作溶液,绘制标准曲线。

1.3.4 ICP-MS 检测 开机前 1 d 进行仪器预热、抽真空。第 2 天点火后,用 1 ng/mL 调谐液进行仪器调谐,待调谐和分辨率校正通过,仪器可达到最佳稳定状态。选取 3 种仪器条件同时测试,最终选择用氢气作碰撞气,流量 75 mL/min,依照表 3 的 ICP-MS 仪器条件来测定标准曲线和样品溶液及质控溶液中的金属元素含量。

ICP-MS 测定富硒大米样品、普通大米样品和标准物质过程中每个样品重复测定 3 次,选用 Li、Sc、Ti、Y、In、Bi 6 种元素作内标元素,使其仪器保持稳定。并测定

Ag、Al、As、Ba、Be、Ca、Cd、Co、Cr、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Mo、Na、Ni、Pb、Sb、Se、Sn、Sr、Ti、Tl、V、Zn 26 种金属元素,测定过程中加标回收率均大于 88%,质控物质结果均在不确定度范围内。多种元素的检出限和定量限见表 4。

1.4 数据处理

采用 Simscap 11.5 软件对数据进行偏最小二乘法判别分析(PLS-DA),利用 Multiple Experiment Viewer 软件进行热图分析。

表 3 ICP-MS 仪器条件

Table 3 Icp-ms instrument conditions

仪器参数	数值	仪器参数	数值
分析类型	定量	间隔	粗调
扫描模式	跳峰	等离子体气流量	9.00 L/min
第 1 级提取透镜	-48	碰撞气流量	1.5 L/min
第 2 级提取透镜	-154	雾化气流量	1.01 L/min
第 3 级提取透镜	-237	采样深度	6.00 mm

表 4 ICP-MS 测定多种元素的检出限和定量限

Table 4 Limits of detection and quantification of various elements determined by ICP-MS mg/kg

元素	检出限	定量限	元素	检出限	定量限
B	0.1	0.3	Cu	0.05	0.2
Na	1	3	Zn	0.5	2
Mg	1	3	As	0.002	0.005
Al	0.5	2	Se	0.01	0.03
K	1	3	Sr	0.2	0.5
Ca	1	3	Mo	0.01	0.03
Ti	0.02	0.05	Cd	0.002	0.005
V	0.002	0.005	Sn	0.01	0.03
Cr	0.05	0.2	Sb	0.01	0.03
Mn	0.1	0.3	Ba	0.02	0.5
Fe	1	3	Hg	0.001	0.003
Co	0.001	0.003	Tl	0.000 1	0.000 3
Ni	0.2	0.5	Pb	0.02	0.05

2 结果与分析

2.1 富硒大米和普通大米样品矿物元素分析

分别采集不同地域不同品牌富硒大米样品 15 份(1~15)和普通大米样品 10 份(16~25),对 25 份样品的金属元素进行偏最小二乘法判别分析(PLS-DA)。如图 1(a) 所示,25 份样品被分成了两组,富硒大米主要分布在第一和第四象限,普通大米主要分布在第二和第三象限,说明两类大米的金属元素有很大差异,因此,利用金属元素判别富硒大米和普通大米具有一定可行性。由图 2(b)可以得出,根据变量投影重要性(VIP>1)共发现 Ca、Sn、Se、K、Mg 5 种元素在富硒大米和普通大米间有明显差异。富硒大米和普通大米元素分布不同的原因在于不同品种的大米基因型有所不同,不同基因型大米对金属元素的吸收种类和吸收程度不同^[8],导致不同品种间金属元素含量的差异,通过矿物元素分析的方法可以直观地区分出富硒大米与普通大米。

2.2 富硒大米和普通大米的热图分析

分别将不同地域不同品牌富硒大米样品 15 份(1~15)和普通大米样品 10 份(16~25)的金属元素进行热图分析,如图 2 所示,Ca、Sn、Se、K、Mg 5 种元素在富硒大米 1~15 中含量较高,而在普通大米 16~25 中含量较低。其余元素则分布较为杂乱,不呈现规律性。因此,初步认为这 5 种元素在富硒大米中含量较高,说明利用矿物元素含量差异应用于富硒大米的品质判别上是可行的。

2.3 富硒大米和普通大米样品中差异元素含量

为进一步考察 5 种金属元素含量在富硒大米和普通大米中是否存在显著性差异,分别将 5 种元素含量在富硒大米和普通大米中求取平均值,并进行显著性分析,发现 Ca、Sn、Se、K、Mg 5 种元素在富硒大米中的含量显著高于普通大米(如图 3)。由此说明富硒大米在富硒的同时,也可以富集 Ca、Sn、K、Mg 4 种元素。因此,在鉴别富硒大米与普通大米时,除了采用 Se 含量差异的方法,也可以通过 Ca、Sn、K、Mg 4 种元素的含量对富硒大米和普通大米进行鉴别。

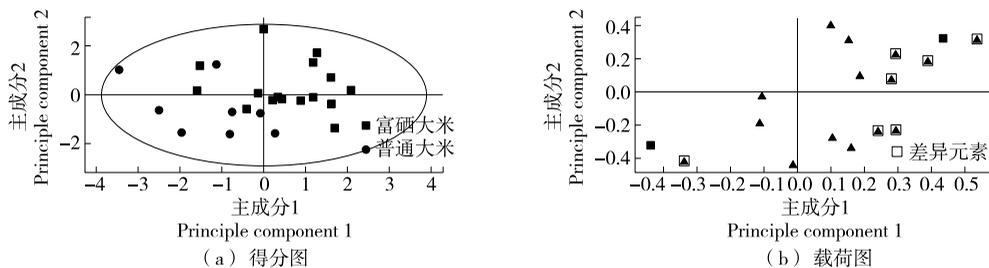


图 1 偏最小二乘法判别分析(PLS-DA)图

Figure 1 Partial least squares discriminant analysis (PLS-DA)

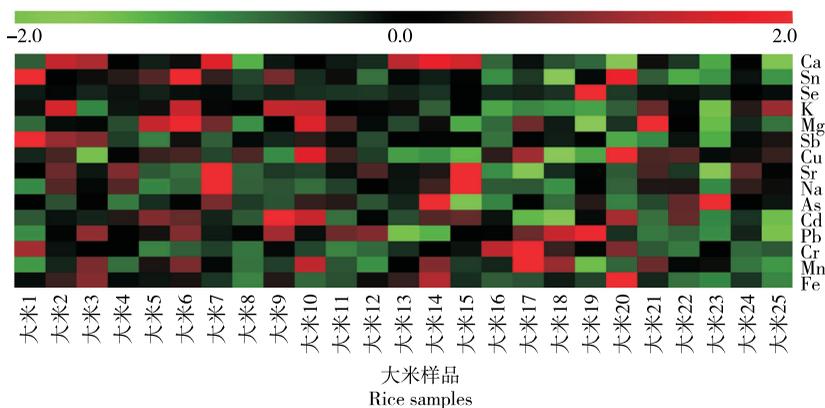


图 2 金属元素在不同大米中的分布规律

Figure 2 Distribution patterns of the metallic element among different rice

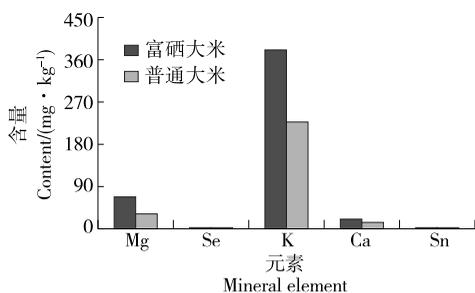


图 3 富硒大米和普通大米 Ca、Sn、Se、K、Mg 含量的显著分析

Figure 3 Significant analysis of Ca, Sn, Se, K and Mg contents in Selenium-rich rice and common rice

2.4 新品种验证富硒大米和普通大米样品中差异元素含量

为进一步考察这 5 种元素在富硒大米和普通大米中的显著性差异是否具有普遍性,分别选取 15 份新品种富硒大米样品和普通大米样品,并对这 5 种元素进行显著性分析,发现在新品种中富硒大米的 Ca、Sn、Se、K、Mg 含量依然显著高于普通大米(如图 4),进一步断定这 5 种元素能够用来判别富硒大米和普通大米。

与普通大米相比,富硒大米中 Ca、Sn、Se、K、Mg 等元素含量均较高,营养价值较高。富硒大米中 Se 含量是普通大米的 2.0 倍,Se 具有较强的抗氧化和抗癌生理活性,对促进人体健康具有积极意义。富硒大米中 Ca 含量是普通大米的 1.4 倍,Ca 是构成骨骼和牙齿的重要元素,能保持血液及组织液的碱性,防止人体酸化;凝固受伤后流血的伤口,防止细菌感染;可以调整细胞膜或血管的渗透压,促进细胞再生及提高细胞活力,降低人体胆固醇含量^[9]。富硒大米中 Mg 含量是普通大米的 1.6 倍,Mg 可以维持神经、肌肉和心脏的应激性。Mg²⁺ 可使血管扩张,具有降血压的作用。Mg²⁺ 在肠道中吸收缓慢,具有导泻作用^[9]。富硒大米中 K 含量是普通大米的 1.6 倍,K 可以预防和缓解出血性疾病,维生素 K 能降低破骨细胞

活性且提高骨细胞活性,可以促进骨骼更好地吸收钙^[10]。富硒大米中 Sn 含量是普通大米的 2.7 倍,在人体胸腺中,Sn 能够产生锡化合物,从而促进蛋白质和核酸的合成,抑制癌细胞生成,还能抑制铁吸收和卟啉类的生物合成,人体缺锡会阻碍生长发育,尤其是儿童,严重者会患上侏儒症^[11]。

目前关于富硒大米的研究主要集中在富硒大米的 Se 含量、Se 存在状态和生理功能上,缺乏对其他指标的一些检测。试验发现富硒大米除了 Se 含量较高外,Ca、Mg、K 和 Sn 的含量也较普通大米高,说明水稻在富硒的同时也会促进这 4 种元素的吸收,可能是这几种元素具有协同吸收的作用,具体机理有待进一步研究。

2.5 宁夏富硒大米外观品质评价

如表 5 所示,15 份富硒大米样品的不完善粒在 0.1~1.6,不完善粒与大米加工品质存在相关性^[12],不完善粒值越高,整精米率值越低。15 份样品的黄粒米都未检出,黄粒米的各方面品质都较低,会很大程度影响大米的质量品质。垩白是大米胚乳中蛋白质体发育过程中淀粉颗粒受到影响,致使淀粉排列疏松从而通过充气所形成的白色不透明部分^[13]。从表 5 可看出,15 份样品的垩白度

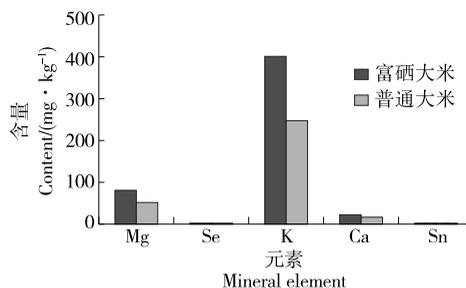


图 4 新品种验证富硒大米和普通大米 Ca、Sn、Se、K、Mg 含量的显著性差异

Figure 4 Significant differences of Ca, Sn, Se, K and Mg contents between Selenium-rich rice and common rice

表 5 宁夏富硒大米的外观品质

Table 5 Appearance quality of Selenium-rich rice in Ningxia

编号	不完善粒/%	黄粒米/%	垩白粒率/%	垩白度/%	整精米率/%
1	0.1	0.0	2.5	0.5	70.8
2	0.3	0.0	10.4	3.6	65.3
3	0.4	0.0	5.5	1.5	63.6
4	0.1	0.0	4.9	1.2	69.6
5	0.5	0.0	7.4	2.1	71.9
6	0.8	0.0	9.6	3.6	63.2
7	0.9	0.0	4.2	1.2	64.0
8	0.3	0.0	6.7	2.4	66.4
9	0.4	0.0	4.4	1.4	72.2
10	1.1	0.0	8.3	2.4	65.2
11	1.6	0.0	3.4	1.1	65.6
12	0.5	0.0	3.8	0.8	61.0
13	0.5	0.0	6.1	1.6	70.4
14	0.9	0.0	4.1	1.1	71.4
15	0.1	0.0	10.7	2.4	65.5

和垩白粒率都不高。大米的整精米率与食用品质呈正比^[14],也是稻谷定等的重要指标。整精米率越高,碎米越少,外观品质也就越好。由此得出,宁夏富硒大米不完善粒低、黄粒米低、垩白低、整精米率较高,因此,宁夏富硒大米的外观品质和食用品质都很高。

2.6 宁夏富硒大米理化指标评价

如表 6 所示,15 份样品的直链淀粉含量和水分含量都符合国家标准中优质粳米直链淀粉在 13.0%~20.0%、水分含量 $\leq 15.5\%$ 的优质粳米的规定。15 份样品的蛋白质含量在 2.2%~3.9%,烹饪过程中,因低蛋白质含量的大米空间结构存在缝隙,能迅速吸收大量水分,并进一步充分糊化,从而使米饭的老化速度变慢,黏度增大,因此米饭更柔软,口感更佳,食味品质更高^[15]。直链淀粉含量较高的大米,蒸煮米饭时对水的吸收量大,米饭的膨润度较高,但米饭的软硬度、黏度、色泽和光泽度较差,冷饭质地偏硬,因此直链淀粉含量是优质稻谷的限定指标^[16]。15 份富硒大米样品的直链淀粉含量测定值在 17%~18%,食味评分值在 90 分左右,并且所测得新鲜度平均值也在 90 分左右,由此可见,宁夏富硒大米在蒸煮米饭时的适口性优良,食味品质高。

2.7 宁夏富硒大米质构特性评价

由表 7 可知,15 份宁夏富硒大米样品的弹性在 0.57~0.65 N/s,弹性适中,硬度在 14.60~19.58 N,软硬适宜,口感极佳;胶着度在 451.21~789.28 s,且大体上比较相近;各样品的回复性差距很小,可见不同品牌富硒大米的品质不存在显著差异性,质构特性较好。

表 6 宁夏富硒大米的理化指标

Table 6 Physicochemical indexes of Selenium-rich rice in Ningxia

编号	食味值/分	蛋白质含量/%	水分含量/%	直链淀粉含量/%	新鲜度/分
1	90	3.1	14.1	17.75	90
2	87	2.5	14.1	17.80	86
3	86	2.6	14.5	17.81	88
4	86	2.9	14.5	17.83	89
5	89	3.0	13.3	18.16	88
6	92	2.9	14.4	19.48	90
7	87	3.9	13.1	17.88	91
8	88	2.4	14.4	18.17	89
9	86	3.2	12.8	18.14	94
10	85	2.7	13.5	18.20	96
11	89	2.8	14.1	18.27	88
12	88	2.2	14.6	17.68	92
13	88	3.4	14.7	18.07	92
14	89	3.5	14.4	18.34	93
15	89	3.0	13.6	18.91	85

表 7 宁夏富硒大米的质构特性

Table 7 Texture characteristics of Selenium-rich rice in Ningxia

编号	硬度/N	弹性/(N·s)	胶着度/s	回复性
1	15.22	0.61	468.44	0.13
2	14.60	0.59	465.33	0.10
3	16.37	0.65	679.53	0.12
4	16.80	0.57	673.55	0.12
5	19.58	0.57	539.41	0.12
6	15.19	0.61	528.21	0.12
7	18.30	0.61	705.88	0.12
8	19.50	0.63	789.28	0.13
9	18.60	0.59	711.22	0.11
10	15.56	0.59	498.89	0.13
11	16.45	0.62	482.46	0.13
12	15.61	0.65	451.21	0.13
13	19.29	0.62	663.05	0.12
14	16.69	0.58	679.64	0.13
15	18.96	0.65	723.44	0.12

3 结论

利用 ICP-MS 对富硒大米和普通大米中的矿物元素进行了分析,发现富硒大米除了 Se 含量高外,Ca、Sn、K、Mg 4 种元素在富硒大米中含量也较高,并且可以用于判别富硒大米和普通大米,这种协同增高机制值得进一步

研究。

对富硒大米的理化指标和质构特性进行了分析,发现富硒大米的外观品质和食用品质较高,尤其是富硒大米的蒸煮品质和质构特性相对较好,值得市场推广。

参考文献

- [1] 孟惠平, 吕明. 微量元素硒的抗衰老作用研究[J]. 微量元素与健康研究, 2008(5): 62-64.
MENG Hui-ping, LU Ming. Study on anti-aging effect of trace element Selenium[J]. Studies of Trace Elements and Health, 2008(5): 62-64.
- [2] 郑红明. 2018 年中国稻谷(大米)产业报告[N]. 粮油市场报, 2018-10-27(T18).
ZHENG Hong-ming. 2018 China rice industry report[N]. Grain and Oil Market Report, 2018-10-27(T18).
- [3] 王子腾, 耿元波. 国内外主要粮食作物对锌施肥响应的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(3): 805-816.
WANG Zi-teng, GENG Yuan-bo. Research progress on response of main grain crops to Zinc fertilization [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2018, 24(3): 805-816.
- [4] 谭莉, 李沛生. 农产品与加工食品产地溯源技术研究进展[J]. 农产品加工(学刊), 2014(15): 81-85.
TAN Li, Li Bian-sheng. Research progress on origin traceability technology of agricultural products and processed food[J]. Journal of Agricultural Products Processing (Academic Journals), 2014 (15): 81-85.
- [5] 马奕颜, 郭波莉, 魏益民, 等. 植物源性食品原产地溯源技术研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(5): 246-250.
MA Yi-yan, GUO Bo-li, WEI Yi-min, et al. Research progress on origin traceability technology of plant derived food [J]. Food Science, 2014, 35(5): 246-250.
- [6] 黄微, 高鹏, 甘睿琳. 应用微波消解-ICP-MS 法分析环境水样中的钍[J]. 核化学与放射化学, 2020, 42(3): 174-178.
HUANG Wei, GAO Peng, GAN Rui-lin. Determination of thorium in environmental water samples by microwave digestion ICP-MS[J]. Nuclear Chemistry and Radiochemistry, 2020, 42(3): 174-178.
- [7] 张亚婷. 大米品种对产地溯源判别正确率影响的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2016: 15-20, 35-37.
ZHANG Ya-ting. Study on the influence of rice varieties on the accuracy of origin traceability[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2016: 15-20, 35-37.
- [8] 潘少香, 孟晓萌, 郑晓冬, 等. 基于 ICP-MS 的不同品种柑橘中矿物元素的差异性分析[J]. 现代食品科技, 2020, 36(8): 333-339.
PAN Shao-xiang, MENG Xiao-meng, ZHENG Xiao-dong, et al. Analysis on the difference of mineral elements in different citrus cultivars based on ICP-MS[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(8): 333-339.
- [9] 龚帅昌, 杨大刚. 锌、镁、钙水平与血脂代谢的研究进展[J]. 实用中西医结合临床, 2014, 14(12): 92-94.
GONG Shuai-chang, YANG Da-gang. Research progress of zinc, magnesium and calcium levels and lipid metabolism [J]. Clinical practice of integrated Traditional Chinese and Western medicine, 2014, 14(12): 92-94.
- [10] 李旭红. 骨质疏松症 肌少症与维生素 K 研究新进展[J]. 中国药物与临床, 2021, 21(1): 59-61.
LI Xu-hong. New progress in the study of osteoporosis sarcopenia and vitamin K [J]. Chinese Medicine and Clinic, 2021, 21(1): 59-61.
- [11] 吴茂江. 锡元素与人体健康[J]. 微量元素与健康研究, 2013, 30(2): 66-67.
WU Mao-jiang. Tin and human health [J]. Micronutrients and Health Research, 2013, 30(2): 66-67.
- [12] 周显青, 郑超杰, 张玉荣, 等. 糙米中不完善粒对其加工品质的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2012, 33(6): 22-26.
ZHOU Xian-qing, ZHENG Chao-jie, ZHANG Yu-rong, et al. Effect of imperfect grains in brown rice on its processing quality[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2012, 33(6): 22-26.
- [13] 彭波, 孙艳芳, 庞瑞华, 等. 不同粳稻品种的垩白性状研究及其胚乳结构观察[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(11): 1 803-1 811.
PENG Bo, SUN Yan-fang, PANG Rui-hua, et al. Research on chalkiness traits and endosperm structure of different japonica rice varieties[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2016, 28(11): 1 803-1 811.
- [14] 刘英. 稻米的食用品质与其整精米率的关系[J]. 中国粮油学报, 2004(5): 8-10.
LIU Ying. The relationship between the edible quality of rice and the whole rice rate[J]. Chinese Journal of Grain and Oils, 2004(5): 8-10.
- [15] 夏雨杰, 汪静, 邢常瑞, 等. 江淮地区大米质量品质分析[J]. 中国粮油学报, 2020(3): 8-13.
XIA Yu-jie, WANG Jing, XING Chang-rui, et al. Analysis of rice quality in Jianghuai area[J]. Chinese Journal of Grain and Oils, 2020(3): 8-13.
- [16] 时南平, 胡晓红, 时恺, 等. 如皋种植七品种稻谷质量、品质对比分析[J]. 粮油仓储科技通讯, 2010, 26(5): 43-46.
SHI Nan-ping, HU Xiao-hong, SHI Kai, et al. Comparative analysis of quality and quality of seven varieties of rice planted in rugao[J]. Grain and Oil Storage Science and Technology Communication, 2010, 26(5): 43-46.