

# 马铃薯加工产品硒含量及加工中硒分布特性研究

杨德平 (恩施职业技术学院生物工程系, 湖北恩施 445000)

**摘要** [目的]探究马铃薯块茎在加工中微量元素硒的分布特性,为生产开发富硒马铃薯产品提供理论和实践依据。[方法]选择高硒土壤中生产的马铃薯块茎,按传统工艺加工薯片和淀粉,测定加工产品和副产品含硒量,分析硒回收率和流失率。[结果]以蒸汽加热方式脱水加工薯片硒回收率较高,达到39.63%,比水煮脱水加工薯片高近5个百分点,但有超过60%的硒流失;加工的淀粉含硒量只有原料块茎鲜基含硒量的9%,淀粉加工硒回收率仅为13.91%。[结论]通过传统的加工工艺不可能生产出富硒马铃薯淀粉,加工富硒马铃薯薯片也有必要改进传统的加工工艺。

**关键词** 马铃薯;富硒;淀粉;薯片

中图分类号 S532 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)36-147-02

## Study on the Selenium Content of Potato Processed Products and the Distribution of Selenium in Processing

YANG De-ping (Department of Bioengineering, Enshi Technical College, Enshi, Hubei 445000)

**Abstract** [Objective] In order to provide theoretical and practical basis for the production and development of selenium-enriched potato products, to explore the distribution characteristics of trace element selenium in processing potato tuber. [Method] To select potato tubers produced in high selenium soil, and processed into potato chips and amyllum in the traditional way, then determine the selenium content of the products and by-products, analyze the selenium recovery rate and loss rate. [Result] The recovery rate of selenium was higher when the steam heating method was used for the processing, nearly 5 percent higher than the delydration by boiling water, which reached 39.63%, but there are still more than 60% of the selenium was lost, the selenium content of starch is only 9% of the amount of selenium in the tubers, and the recovery rate of the processing is only 13.91%. [Conclusion] Selenium-enriched potato amyllum could not produce by traditional processing technology, the processing of selenium-enriched potato chips is also necessary to improve the traditional processing technology.

**Key words** Potato; Selenium enrichment; Amyllum; Potato chips

马铃薯(*Solanum tuberosum*)属茄科(Solanaceae)茄属(*Solanum*),块茎富含淀粉、蛋白质、多种维生素和矿质养分,是一种粮、菜、饲料及工业原料兼用型高产高效作物。马铃薯加工的产品很多,产业链长,加工增值十分显著。我国是世界上马铃薯种植面积最大的国家,总产量约占全世界1/5<sup>[1-2]</sup>。硒作为人体必需的微量元素与人体健康关系密切。研究表明,硒具有增强免疫力、防癌、抗衰老、预防心血管疾病、维持正常生育功能等作用;很多地方病如克山病、大骨节病、克汀病等都与人体硒元素的缺乏有关。我国是一个缺硒大国,有72%地区缺硒或少硒,2/3的人口存在不同程度的硒摄入量不足。湖北恩施州是全球罕见的高硒区,有约2万hm<sup>2</sup>的富硒土壤,恩施市被誉为“中国硒都”、“世界硒都”<sup>[3]</sup>。

马铃薯作为一种健康食品越来越受到人们青睐,是人体通过食物补硒的重要来源。恩施州马铃薯栽培面积常年在12万hm<sup>2</sup>以上,开发富硒马铃薯产品是硒资源利用的重要途径,同时恩施丰富的硒资源又为马铃薯产业的发展提供了独特的优势,研究开发富硒马铃薯及加工产品前景广阔。马铃薯加工产品的硒含量与加工原料硒含量的关系以及加工后硒在各种加工产品和副产品中的分布特性在国内还未见报道,笔者就马铃薯粗加工的2种主要产品——薯片和淀粉进行研究,以期为进一步开发马铃薯富硒产品提供理论和实践依据。

## 1 材料与与方法

**1.1 供试样品及取样方法** 所取原料马铃薯品种为目前恩

施地区栽培的主要马铃薯品种米拉,又名马尔科,该品种干物质平均含量25.60%,淀粉含量17.50%~18.20%。

取样地点在湖北恩施市红土乡三元村一处高硒区沙壤地块,检测土壤含硒量为9.81 mg/kg。集中划取地块一小区,挖取当年栽培马铃薯块茎约12 kg,洗净泥土,晾干表面水分。在其中随机抽取500 g用于检测马铃薯鲜薯含硒量,将其余马铃薯留取10 kg,均等分成各5 kg 2份,分别用于加工马铃薯薯片和淀粉。

**1.2 产品加工方法** 先将洗净的10 kg马铃薯削皮,将削皮马铃薯均等分成2份,一份用作加工薯片,另一份用作加工淀粉,同时将削下的薯皮晒干备检测。

**1.2.1 薯片加工方法。**为了比较不同加热脱水方法对马铃薯片含硒量的影响,将薯片加工中的加热脱水方式设置2个处理:A为水煮加热脱水,B为蒸汽加热脱水。加工步骤如下:将削皮马铃薯切片;将马铃薯片均等分成2份,一份水煮加热脱水,一份蒸汽加热脱水;将2份马铃薯片晒干,备检测。

**1.2.2 淀粉加工方法。**将削皮马铃薯用机器磨成浆;将马铃薯浆用清水漂洗,过滤沉淀,得到马铃薯淀粉和粉渣;将淀粉和粉渣分别晒干,备检测。

加工原料及加工后得到的产品、副产品的质量如表1所示。薯片加工产品与副产品干重之和与原料马铃薯鲜重之比为22.27%,淀粉加工该比值为17.14%。这是因为马铃薯在加工淀粉的过程中经过漂洗,水溶性物质流失较多。

**1.3 硒含量检测方法** 马铃薯及其加工产品、副产品含硒量的检测仪器为原子荧光分光光度计(型号AFS9700),具体按GB5009.93-2010标准进行检测。马铃薯块茎为鲜基含量,其他加工产品或副产品为干基含量。

**基金项目** 恩施职业技术学院科技基金资助项目(2015A01)。

**作者简介** 杨德平(1965-),男,湖北恩施人,副教授,从事作物栽培和富硒农产品的研究。

**收稿日期** 2015-11-26

表1 加工原料及加工产品、副产品的质量

序号	薯片加工		淀粉加工	
	原料及加工产品、副产品	质量 g	原料及加工产品、副产品	质量 g
1	马铃薯块茎(鲜)	5 000.0	马铃薯块茎(鲜)	5 000.0
2	薯片 A 处理(干)	466.0	淀粉(干)	410.1
3	薯片 B 处理(干)	466.0	粉渣(干)	265.0
4	薯皮(干)	181.7	薯皮(干)	181.7

注:薯片 A 处理为水煮加热脱水,薯片 B 处理为蒸汽加热脱水。

**1.4 硒分布特性分析** 为了分析马铃薯加工后的硒分布特性,计算马铃薯加工产品及副产品含硒量占原料马铃薯块茎含硒总量的比例,并计算硒回收率和流失率。硒回收率和流失率计算公式如下:

$$\text{硒回收率} = \frac{\text{加工产品副产品含硒量之和}(\text{mg})}{\text{原料马铃薯块茎含硒总量}(\text{mg})} \times 100\%$$

$$\text{硒流失率} = 1 - \text{硒回收率}$$

## 2 结果与分析

**2.1 加工产品含硒量分析** 加工马铃薯原料块茎、加工产品及副产品含硒量检测结果如表 2。

表2 加工原料、产品和副产品含硒量

原料或加工产品、副产品	含硒类别	含硒量 mg	产品、副产品含硒量 与原料含硒量比值
马铃薯块茎	鲜基	0.161	-
薯皮	干基	0.379	2.35
薯片 A 处理	干基	0.226	1.40
薯片 B 处理	干基	0.268	1.66
淀粉	干基	0.015	0.09
粉渣	干基	0.140	0.87

根据食品安全国家标准 GB28050-2011D 的规定:固体食品中硒达到 0.15 kg/mg 为富含硒食品或富硒食品,而湖北省地方标准规定的粮食类富硒产品硒含量是 0.20~0.50 mg/kg,蔬菜类(干基)富硒产品含硒量亦是 0.20~0.50

表3 薯片加工产品和副产品含硒量占原料总硒的比例

块茎总硒量 mg/kg	产品类别	薯片			薯皮		
		质量//kg	硒总量//mg	比例//%	质量//kg	硒总量//mg	比例//%
0.161	薯片 A 处理	0.186 4	0.042 1	26.17	0.036	0.013 8	8.55
0.161	薯片 B 处理	0.186 4	0.050 0	31.02	0.036	0.013 8	8.55

由表 3 可以看出,2 个加工薯片含硒量占原料块茎总硒的比例分别为 26.17% 和 31.02%,以蒸汽加热脱水方式加工的马铃薯片比例较高。马铃薯加工后薯片的质量占有产品、副产品质量的 90% 以上,硒分配在薯片中的比例也显然偏低,这说明传统的薯片加工方式导致硒流失较多。

**2.2.2 加工后硒回收率和流失率。**计算薯片和淀粉加工的硒回收率和流失率见表 4。

由表 4 可以看出,在淀粉加工中,硒的回收率很低,只有 13.91%,绝大部分硒在加工中流失。淀粉加工中要经过漂洗后沉淀的过程,水溶性硒会全部流失,因此要加工马铃薯富硒淀粉必须改进传统的淀粉加工工艺。薯片加工中硒回收率相对较高,2 个薯片加工的硒回收率分别为 39.63% 和 34.78%,以蒸汽加热方式脱水较水煮方式加热脱水高,二者

mg/kg<sup>[4]</sup>。如果按照湖北省地方标准,由于该马铃薯品种块茎有约 75% 的水分,所以鲜基含硒量只需标准含硒量的 1/4,即 0.05 mg/kg 就已达富硒产品标准。由表 2 可以看出,原料马铃薯块茎的含硒水平是富硒标准临界值的 3 倍多,但加工的产品只有薯片达到富硒标准,淀粉的含硒量很低,远远达不到富硒水平。在副产品中薯皮含硒量最高,是鲜马铃薯含硒量的 2.35 倍,这是因为加工中薯皮中硒基本没有流失。产品、副产品含硒量与原料含硒量比值可以作为马铃薯加工富硒产品的相关参数。从表 2 可以看出,蒸汽加热脱水和水煮加热脱水加工的薯片该比值分别为 1.66 和 1.40,而淀粉仅为 0.09,说明以传统工艺加工马铃薯淀粉很难生产出富硒产品。在薯片加工中,以蒸汽加热脱水的方式加工的薯片含硒量较高,比水煮加热含硒量高 18.60%,说明改进加工工艺对于生产马铃薯富硒产品有特别重要的意义。

## 2.2 加工后硒分布特性分析

**2.2.1 加工产品硒分配比例。**淀粉加工产品及副产品含硒量占原料马铃薯块茎总硒(折合每 1 kg)的比例如下:块茎总硒量 0.161 0 mg/kg,加工淀粉类产品质量 0.082 kg,硒总量 0.001 2 mg,比例 0.76%;加工粉渣副产品质量 0.053 kg,硒总量 0.007 4 mg,比例 4.61%;薯皮质量 0.036 kg,硒总量 0.013 8 mg,比例 8.55%。

由此可以看出,加工的淀粉硒占原料马铃薯块茎硒的比例很小,只占 0.76%,这是因为植物硒大都以硒代氨基酸的形式结合于蛋白质中<sup>[5]</sup>,纯淀粉中不含硒;副产品淀粉渣中该比例也只有 4.61%,原料中绝大部分硒在加工中流失。因此如果按传统用水漂洗的方式加工淀粉是不可能生产出符合标准的富硒产品的。

薯片加工产品及副产品含硒量占原料马铃薯块茎总硒(折合每 1 kg)的比例如表 3 所示。

表4 加工后硒回收率和流失率

加工产品	原料块茎 含硒总量 mg/kg	产品和副产 品含硒总 量//mg	硒回 收率 %	硒流 失率 %
薯片 A 处理	0.161	0.048 1	34.78	65.22
薯片 B 处理	0.161	0.063 8	39.63	60.37
淀粉	0.161	0.026 9	13.91	86.09

相差近 5 个百分点。但无论哪种脱水方式,有超过 60% 硒仍然被流失,这是因为水溶性硒有很大一部分会经过加热脱水的方式流失。因此,应用传统的薯片加工工艺只有在原料马铃薯块茎含硒量较高的条件下,才能生产出符合含硒标准的富硒产品,改进马铃薯薯片加工工艺对于开发生产马铃薯富

胁迫<sup>[11]</sup>、茶胁迫<sup>[20]</sup>都促使植物叶片中脯氨酸含量升高,因此脯氨酸积累常常作为植物受到胁迫的一种信号和抗胁迫的指标。该研究中,10.0 和 5.0 mg/L 的茶胁迫对菖蒲叶片中脯氨酸含量没有显著影响,只有高浓度 20.0 mg/L 且长时间胁迫时脯氨酸含量才显著增加,说明菖蒲可以较好地适应茶胁迫。

**3.4 茶胁迫下菖蒲叶片丙二醛含量的变化** 植物在逆境条件下容易产生大量活性氧,使植物细胞膜产生脂质过氧化,丙二醛是其产物。大多数研究都以 MDA 的积累来表征植物在胁迫因子作用下的损伤程度<sup>[19-20]</sup>。该试验中,菖蒲叶片中 MDA 含量变化类似于脯氨酸,在 10.0 和 5.0 mg/L 的茶胁迫下,菖蒲叶片中 MDA 含量没有显著变化,只在高浓度 20.0 mg/L 且长时间胁迫时 MDA 含量才显著增加,说明菖蒲在茶胁迫下产生的活性氧较少、脂质过氧化程度低,可适应较高浓度的茶胁迫。

#### 4 结论

茶胁迫下菖蒲生长受到抑制,但叶片叶绿素含量随胁迫强度的增强而增加;从脯氨酸和丙二醛含量的变化来看,菖蒲能够抵抗较高浓度的茶胁迫,可以作为多环芳烃污染修复的植物种。

#### 参考文献

- [1] 段永红,陶澍,王学军,等. 天津表层土壤中多环芳烃的主要来源[J]. 环境科学,2006,27(3):524-527.
- [2] WILCKE W, KRAUSS M, SAFRONOV G, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soils of the moscow region-concentrations, temporal trends, and small-scale distribution[J]. Environmental quality, 2005, 34: 1581-1590.
- [3] LAI W L, WANG S Q, PENG C L, et al. Root characteristics related to

- plant growth and nutrient removal of 35 wetland plants[J]. Water research, 2011, 45: 3941-3950.
- [4] 李莎莎,田昆. 不同空间配置的湿地植物群落对生活污水的净化作用研究[J]. 生态环境学报,2010,19(8):1951-1955.
- [5] MA B, WANG J J, XU M M, et al. Evaluation of dissipation gradients of Polycyclic aromatic hydro in rice rhizosphere utilizing a sequential extraction procedure[J]. Environmental pollution, 2012, 162: 413-421.
- [6] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2006.
- [7] 蔡顺香,何盈,兰忠明,等. 小白菜叶内叶绿素和抗氧化系统对砒胁迫的动态响应[J]. 农业环境科学学报,2009,28(3):460-465.
- [8] 刘建武,林逢凯,王郁,等. 多环芳烃(萘)污染对水生植物生理指标的影响[J]. 华东理工大学学报,2002,28(10):520-524.
- [9] 周晶,苑芳惠,刘春辰,等. 多环芳烃(萘)污染对南四湖狐尾藻生理指标的影响[J]. 曲阜师范大学学报,2013,39(2):86-90.
- [10] 叶媛蓓. 拟南芥对多环芳烃胁迫的生理响应[D]. 福州:福建农林大学,2007.
- [11] 陆鑫眉,吴福妹,张琼,等. NaCl 胁迫对大黄龙船花生长及生理生化的影响[J]. 热带亚热带植物学报,2015,23(3):262-267.
- [12] 秦景,董雯怡,贺康宁,等. 盐胁迫对沙棘幼苗生长与光合生理特征的影响[J]. 生态环境学报,2009,18(3):1031-1036.
- [13] 朱红菊,刘文革,赵胜杰,等. NaCl 胁迫对不同倍性西瓜幼苗叶片叶绿素含量的影响[J]. 中国瓜果,2015(9):75-78.
- [14] 安飞飞,简纯平,杨龙,等. 木薯幼苗叶绿素含量及光合特性对盐胁迫的响应[J]. 江苏农业学报,2015(3):500-504.
- [15] FRANCK N, VAAST P. Limitation of coffee leaf photosynthesis by stomatal conductance and light availability under different shade levels[J]. Trees, 2009(4):978-982.
- [16] 黄白飞,辛俊亮,袁剑刚,等. 铺地木蓝对不同水质淹水胁迫的生理响应[J]. 生态科学,2014(4):267-273.
- [17] 钟娟,钟俊荣. 水分胁迫对金桔光合特性的影响[J]. 北方园艺,2015(6):112-116.
- [18] 代惠萍,赵群,曹婷,等. Zn<sup>2+</sup> 胁迫对 4 种紫花苜蓿光合色素的影响[J]. 西北农业学报,2014(3):54-59.
- [19] 胡雪华,李强,邹天才. 车前对铝胁迫生理响应的研究[J]. 热带亚热带植物学报,2014,22(5):495-501.
- [20] 刘建武,林逢凯,王郁,等. 多环芳烃(萘)污染对水生植物生理指标的影响[J]. 华东理工大学学报,2002,28(5):520-536.
- [21] 孙成芬. 土壤茶污染对玉米生长发育的影响-污染途径和机理的初步研究[D]. 长春:东北师范大学,2007.

(上接第 148 页)

硒产品也是很必要的。

#### 3 结论与讨论

试验得出,马铃薯淀粉加工中硒回收率仅为 13.91%,淀粉干基含硒量只有原料马铃薯块茎鲜基含硒量的 9%,所以通过传统的加工工艺不可能生产出富硒马铃薯淀粉产品,只有改进加工工艺,使水溶性硒能够存留在淀粉产品中才有可能生产出符合标准的富硒产品。

在薯片加工中,以蒸汽加热方式脱水加工马铃薯硒回收率较高,达到 39.63%,比水煮脱水加工高近 5 个百分点,其含硒量是原料马铃薯块茎鲜基含硒量的 1.66 倍。利用这种加工工艺也有超过 60% 的硒流失,只有原料马铃薯块茎含硒量较高的条件下才有可能生产出符合含硒标准的富硒产品,因此进一步改进薯片的加工工艺是很必要的。

该研究的材料取自高硒土壤中的马铃薯块茎,含硒量较低的马铃薯块茎在加工中硒在产品中的分布情况是否有变

化需要进一步研究论证。开发生产马铃薯富硒产品是一个系统工程,要从生产和加工 2 个方面入手。有报道称,马铃薯不同品系对硒的吸收和富集能力差异很大<sup>[6]</sup>,在生产上应选择块茎富集硒的能力强的品种,采用富硒技术(如施硒肥),提高块茎含硒量;在加工中应改进加工工艺减少硒的流失,以提高加工产品含硒量。该研究为生产马铃薯富硒产品提供了一个初步的理论和实践依据。

#### 参考文献

- [1] 陈伊里,屈冬玉. 马铃薯产业与冬作农业[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2006:1-35.
- [2] 孙业强. 提高脱毒马铃薯产量与硒含量技术研究[D]. 泰安:山东农业大学,2006.
- [3] 彭祚全,黄剑锋. 世界硒都恩施硒资源研究概述[M]. 北京:清华大学出版社,2012:3-13.
- [4] 彭祚全,张欣,牟敏,等. 富硒食品含硒量范围标准的研究[J]. 微量元素与健康研究,2013,30(1):41-43.
- [5] 张弛,吴尧尧,彭振坤. 植物系研究的进展[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版),2002,20(3):58-62.
- [6] 李瑜,张百忍,刘运华,等. 马铃薯对硒的吸收及生物富集规律[J]. 中国马铃薯,2013,27(6):358-361.