

不同加工用途马铃薯品质特性分析

仇 菊, 朱 宏, 朱大洲, 孙君茂*

(农业农村部食物与营养发展研究所, 北京 100081)

摘 要: 中国作为世界第一马铃薯生产大国, 仍然面临着配套加工技术不成熟、加工产品数量少、加工深度不足的现状。充分了解不同加工用途马铃薯的感官品质、营养品质、加工品质, 不仅有利于马铃薯从原料到产品的品质提升, 而且能更具针对性的发挥马铃薯的营养价值。对不同加工用途马铃薯品质特性进行分析, 探讨马铃薯品质调控的意义, 以期营养导向型马铃薯产业发展提供思路。

关键词: 马铃薯; 品质; 加工; 调控

Quality Characteristics Analyses of Potatoes for Different Processing Purposes

QIU Ju, ZHU Hong, ZHU Dazhou, SUN Junmao*

(Institute of Food and Nutrition Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100081, China)

Abstract: As the largest potato producer in the world, China still faces the situation of immature processing technology, a few numbers of processed products and insufficient further processing. Analyses of the sensory quality, nutritional quality and processing quality of potatoes comprehensively can not only promote the improvement of potato quality from the materials to the products, but also play a key role in the development of its nutritional value. The present review summarized the qualities of potatoes for different processing purposes, and discussed the significance of regulation of potato nutritional quality, in order to provide ideas for the development of nutrition-oriented potato industry.

Key Words: potato; quality; processing; control

马铃薯引入中国在经历了长足的发展过程后, 现今在中国的种植面积和总产量已成为世界第一。在二十世纪六七十年代, 马铃薯曾作为粮食一度大面积种植, 以缓解细粮供应不足。八十年代后, 随着主要粮食小麦和大米的产量大幅度提高, 除贫困山区外, 马铃薯已退出口粮之列。九十年代后, 随着国外消费形式的引进推广与多种用途的拓展, 中国人均马铃薯的消费量在一度出现回落后再次迅速增长^[1]。据FAO 2017年统计数据, 中国是世界上马铃薯种植面积和总产量最大的

国家, 分别占世界的29.88%和25.56%^[2]。2017年中国马铃薯播种面积在533.33万hm²以上, 近20年来以4%的年增长速度发展。

虽然中国马铃薯生产及消费总量可观, 但人均消费量仍然远低于世界马铃薯消费大国。据报道, 全世界人均年消费马铃薯32 kg, 发达国家人均消费74 kg, 一些欧洲的马铃薯消费大国的人均消费高达80~100 kg, 而中国人均42 kg^[3]。究其原因, 发达国家马铃薯消费形式多样, 且以加工制品为主, 方便快捷, 而中国消费仍以鲜食为主。欧美等发达国家

收稿日期: 2019-02-28

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201503001); 中国农业科学院农业科技创新工程项目(CAAS-ASTIP-2019-IFND)。

作者简介: 仇菊(1984-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向为食品营养。

*通信作者(Corresponding author): 孙君茂, 博士, 研究员, 研究方向为食物营养发展战略, E-mail: sunjunmao@caas.cn。

的马铃薯加工比例高达80%^[4],其加工食品随处可见,有薯条、薯泥、脱水薯片(泥、条)、全粉等,各种马铃薯食品的加工技术、生产工艺及配套设备也十分成熟。中国马铃薯加工的主要产品有淀粉、变性淀粉、全粉、速冻薯条、各类薯片及粉丝、粉条、粉皮等,马铃薯加工量约占总量的12%,这与当下追求方便快捷食品的市场消费需求相去甚远。以家庭主食消费结构为例,中国居民主食消费呈现出越来越依赖主食的工业化生产和社会化供应的趋势。调查显示,当前中国居民家庭平均每日花费在做饭上的时间约为95 min,与2000年前相比,45.9%的家庭在厨房做饭的时间减少45 min,约三分之一的家庭餐桌上有主食成品、半成品^[5]。可见,随着经济快速发展方便快捷的加工主食产品需求日益旺盛。以马铃薯为主要原料的加工食品可在主食结构调整、休闲食品及配方食品营养价值提升方面发挥重要作用。

在加工食品日新月异的市场上,马铃薯因其富含淀粉、膳食纤维、维生素及矿物元素等营养成分和较为中性的口感易于作为配方食品加工的特性,除了作为淀粉和粉条(丝、皮)的传统制品外,在冷冻食品、膨化食品、固体饮料等不同加工食品中发挥着多样化的作用。然而,食用马铃薯加工量仍然多年持续低迷,一方面是配套加工技术受限,另一方面可能作为主料的马铃薯从原料到产品的品质参差不齐而导致的消费力有限。在中国仍以鲜食为主的马铃薯发展背景下,目前的马铃薯加工制品仅局限于食用马铃薯淀粉、油炸马铃薯、雪花全粉方面。形式丰富多样的加工食品,对马铃薯原料也具有不同要求,除了薯形芽眼等外观要求外,口感、风味、营养价值也是加工食品品质的决定性因素。淀粉含量是影响马铃薯淀粉制品等级的首要指标,而还原糖含量是左右薯片及薯条品质的关键因素,蛋白质及维生素含量则在马铃薯主食配方食品中发挥重要作用。糖苷生物碱含量影响食品风味,而多酚氧化酶、绿原酸则是影响加工制品色泽的重要因素。因此,充分了解不同加工用途的马铃薯品质特性对马铃薯加工食品从原料到产品的品质提升至至关重要。

1 马铃薯加工产业现状

在过去几十年的发展中,中国马铃薯食品加工

企业所生产的产品结构相对单一,且产品品质良莠不齐,企业经营规模有限,生产技术较为落后,导致大部分企业加工的马铃薯产品多为初加工产品,市场占有率无法提升,产品销售价格较低,企业的效益不好。近几年,马铃薯作为中国第四大主粮的战略提出,产业发展受到极大重视。2015年,中国启动“马铃薯主粮化关键技术体系研究与示范”公益性行业(农业)科研专项项目,中央财政提供专项资金支持;2016年,中央又将“积极推进马铃薯主食开发”列入中央1号文件,再次助推马铃薯加工产业的发展^[6]。随着马铃薯主食化工作的不断推进,除传统的淀粉、粉条(丝、皮)、薯条、薯片、薯泥等以外,以科技创新驱动的马铃薯主食化产品也在市场上相继出现,包括马铃薯全粉占比40%的馒头、35%的面条、15%的米粉等^[7]。还出现了一些以全粉为主要原料制成的各种马铃薯糕点、膨化食品、固体饮料等新形式产品。此外,具有地域特色丰富多样的马铃薯产品研制工作也如火如荼地开展起来,如马铃薯囊、丝糕、饴饴面等。

即便如此,中国马铃薯仍未改变以鲜食为主,加工食品比例低,产品种类少的现状,与发达国家相比尚有一定差距。中国目前马铃薯加工量约占总量的12%^[1,8]。世界发达国家的马铃薯加工食品占比高、种类多、鲜食少。据统计,美国在2013年马铃薯加工食品消费量达70%以上^[9],以马铃薯为原料的加工食品种类繁多,约占整个美国食品市场的31.7%^[10],主要包括速冻马铃薯、薯条、脱水马铃薯与马铃薯罐头。法国仅粉状干马铃薯泥的年生产量就接近1 200万kg,占马铃薯加工转化总量的45%。英国马铃薯制品用于食品工业的占78%,以冷冻马铃薯制品最多,也有用于制糖、冷冻食品、果蔬制品、啤酒及肉类加工等。荷兰马铃薯鲜食仅占5%,而全国3/4马铃薯都进入深加工,制作马铃薯食品或提取淀粉^[11,12]。日本用于加工的马铃薯占总产量的75%,其中用于加工食品和淀粉的占总产量的66%^[13]。

虽然政府给予大力支持,但中国马铃薯加工产业发展依然面临着较为严峻的形势。一是优质的加工型品种缺乏,导致产品质量不稳定。二是有效的贮藏方法缺乏,无法解决马铃薯贮藏时间短,容易

发芽腐烂等问题, 不仅导致品质下降, 还存在安全隐患。三是初加工产品产能过剩、质量良莠不齐, 深加工产品严重不足。2017年中国马铃薯总消费量、食用消费量与加工消费都呈下降趋势。2017年中国马铃薯消费量1.06亿t, 同比减3.5%。马铃薯均价为2.12元/kg, 同比跌11.7%, 是近5年的最低水平。2017年5月上旬至6月上旬1个月时间, 全国马铃薯批发均价从2.47元/kg跌到1.96元/kg, 跌幅达26%; 内蒙古马铃薯批发均价低于同期全国均价30%, 价格只有1.55元/kg, 2016年年底, 更是跌至0.70元/kg^[14]。在消费量下跌的同时部分地区依然盲目扩种, 造成市场供大于求, 价格下跌成为必然趋势。因此, 扩大马铃薯消费已然成为解决马铃薯产业发展的首要问题。中国人对鲜食马铃薯的消费处于下降态势是毋庸置疑的, 方便快捷、营养健康的马铃薯加工食品应运而生, 马铃薯从原料到产品的品质提升是促进马铃薯加工产业发展的关键因素。在马铃薯主食化加工的基础上, 丰富马铃薯产品形式, 发挥马铃薯及特色农产品的健康效用优势, 研制符合不同消费者营养需求的产品满足更具针对性的市场需求, 提高马铃薯产品附加值、扩大消费, 才能实现营养导向型的生产、加工及消费的一体化。

扩大消费的原动力是满足市场需求, 而在鲜食消费量逐渐下降的趋势下, 马铃薯食品加工则起到至关重要的承接作用。未来, 中国马铃薯食品加工产业的规模将进一步扩大, 马铃薯产品种类以及研发水平和生产技术都将更符合中国消费者需求。在解决马铃薯加工技术及设备等硬件配置的同时, 更为重要的是基于品质调控的规范化及标准化。在马铃薯种植及加工过程中, 对原料及产品在不同加工方式下的标准化要求, 对营养品质、感官品质及加工品质对应指标的限制, 将促进马铃薯加工产业的健康稳定发展。

2 不同加工用途马铃薯品质特性

马铃薯在中国的主要用途有种用、鲜食、淀粉加工及各类食品加工。不同用途对马铃薯的表现性状、加工品质特性、感官品质特性、营养品质特性等方面的要求也不同。

2.1 种用马铃薯

种用马铃薯块茎的品质特性要求针对纯度高、无病毒病害、块茎大小以50~80 g为宜等方面。马铃薯种薯分为原原种、原种、一级种和二级种。国家标准将混杂、重花叶病、卷叶病、青枯病、黑胫病作为种薯田间质量要求; 对收获后的块茎质量要求包括: 混杂、湿腐病、软腐病、晚疫病、干腐病、普通疮痂病、黑痣病、马铃薯块茎蛾、外部缺陷、冻伤、土壤和杂质; 对病毒、细菌、真菌、块茎蛾也做出要求^[15]。种用马铃薯比较重视对检疫性有害生物规范。也有研究关注如何通过贮藏精准控制等技术手段提升加工型马铃薯种薯品质^[16]。

2.2 鲜食型马铃薯

鲜食型马铃薯对鲜薯块茎的要求, 外观方面包括薯形整齐、表皮光滑、芽眼少而浅, 块茎大小适中、无变绿; 口感方面包括食味品质好、不麻口; 营养品质方面包括蛋白质含量高, 淀粉含量适中。食用型马铃薯块茎的食用品质高低采用食用价(蛋白质与淀粉含量的比值)指标来衡量, 食用价高的, 营养价值也高。国家标准根据鲜食型马铃薯的质量(150 g以上≥95%、100 g以上≥98%、75 g以上≥90%)、腐烂率、杂质、机械损伤、青皮、发芽、畸形、病虫害等缺陷率, 将商品薯分为三级^[17]。

鲜食马铃薯的一个重要品质是蒸煮品质。蒸煮是马铃薯食用最主要的加工方式之一。刘娟等^[18]从马铃薯的蒸煮品质角度分析发现营养品质与蒸煮品质密切相关。一方面是对甜、鲜、酸、苦的蒸煮风味影响。马铃薯块茎还原糖含量是影响蒸煮风味中甜度的主要因素, 含量应控制在0.4%(FW)以下; 游离氨基酸含量与鲜味有关; 糖苷碱含量是苦味的主要来源, 蒸煮加工型马铃薯品种的糖苷碱含量应控制在150 mg/kg以下; 柠檬酸是酸味的来源, 适当的酸度可以抑制微生物的生长并保持蒸煮后块茎的风味品质。另一方面是还原糖、游离氨基酸、绿原酸、多酚氧化酶对色泽的影响。还原糖和游离氨基酸发生“美拉德反应”使色泽变暗; 绿原酸与金属离子反应生成稳定的化合物使色泽变黑^[19,20]。柠檬酸和抗坏血酸(维生素C)通过抗氧化作用防止马铃薯因多酚氧化酶氧化变色。但是, 蒸煮过程中柠檬酸较稳定, 还能够发挥维持色泽稳定的作用^[21], 而抗坏

血酸蒸煮加热后不同程度分解, 并与金属离子形成稳定的金属盐, 反而造成色泽呈现浅黄色^[22,23]。因此, 高抗坏血酸含量反而是引起马铃薯蒸煮品质色泽变化的主要因素。已有研究报道马铃薯中维生素C含量在烹饪过程中随着加热时间延长而降低。蒸制是维生素C损失最小的烹饪方式, 与之相比煮或炒使得维生素C损失更多, 其中煮制10 min后熟化的马铃薯维生素C损失最多, 炒制3 min后熟化的马铃薯维生素C损失次之^[24]。另外发现蒸煮后的质构特性也与马铃薯中营养成分密切相关。硬度是由马铃薯中干物质、纤维和果胶含量共同决定^[25,26], 并与淀粉糊化、果胶降解、细胞壁破碎、细胞降解等相关^[27]。蒸煮后的马铃薯硬度直接决定了其用途, 硬度较高的可以用于固化程度较高的冷冻加工产品, 而硬度较低的可用于半固化程度的加工产品。

2.3 淀粉加工用马铃薯

作为淀粉加工用马铃薯品种最重要的指标就是淀粉含量。马铃薯高淀粉品种选育的研究发现, 可用于淀粉加工用的马铃薯淀粉含量可以分为高中低, 高淀粉含量的品种可以达到19.10%~25.83%、中等含量为16.57%~19.10%、低含量为12.80%~16.57%^[28]。国家标准GB/T 31784-2015 马铃薯商品薯分级与检验规程也根据马铃薯的淀粉含量($\geq 16\%$ 、 $\geq 13\%$ 、 $\geq 10\%$)将商品薯分为三级^[17]。同时对腐烂率、杂质; 机械损伤、虫伤也做出具体要求。此外, 块茎大小以50~100 g为宜, 过大或过小的淀粉含量均较低。基于淀粉加工制得的粉丝、粉条、粉皮等食品, 其最重要的品质也是淀粉含量高($\geq 18\%$), 而对块茎薯形、芽眼、还原糖含量等则没有严格要求。国家标准亦有对食用马铃薯淀粉的分级指标要求^[17]。

2.4 薯片及薯条加工型马铃薯

薯片、薯条加工型马铃薯不仅对薯形、芽眼、薯肉颜色、薯皮等外观性状有严格要求, 同时对块茎中干物质、淀粉和还原糖含量, 以及糖苷生物碱含量、多酚氧化酶活性也有相应要求^[29,30]。薯条加工用马铃薯不同于鲜食马铃薯或需要通过蒸煮工艺的全粉制品, 可以不考虑抗坏血酸和绿原酸引起的加工后褐变问题, 因为加工后的薯条表面熟化形成隔离层, 其内部的酚类物质的氧化褐变不再发生, 且

初炸后的速冻薯条在低温条件下, 内部的绿原酸与金属离子的反应也不能完成^[22]。薯条加工前的色泽变化是由酶促反应导致, 而加工后的色泽变化主要是还原糖和游离氨基酸作用而成。干物质含量高可降低油炸制品的含油量、缩短油炸时间, 可降低脱水制品的脱水时间, 减少能耗的同时也能提高成品质量。干物质含量除了直接测定以外, 还可以采用比重来间接测定。还原糖含量的高低是食品加工用马铃薯对块茎品质要求最为严格的指标, 其对产品色泽、味道均有明显影响。块茎还原糖含量的高低, 与品种、收获时的成熟度、贮存温度和时间等因素密切相关。

国家标准GB/T 31784-2015 马铃薯商品薯分级与检验规程对薯片及薯条加工型马铃薯的品质要求有较为详细的描述。其中共性要求是腐烂、杂质、品种混杂, 机械损伤、青皮、空心、内部变色、畸形、病虫伤等缺陷率。不同之处, 首先, 块茎大小略不同, 薯片加工型马铃薯薯形要求为圆形或椭圆形, 且大小在4.5~9.5 cm; 薯条加工型为长形或长椭圆形, 且大小在7.5~17.5 cm。其次, 还原糖含量也略有不同, 薯片小于0.20%、薯条小于0.25%; 蔗糖含量要求相同, 小于0.15 mg/g。再次, 薯片加工要注意油炸次品率, 且根据干物质含量(21%、20%、19%)可将商品薯分为三级; 而薯条加工要特别注意炸条颜色的不合格率, 干物质含量(21%、20%、18.5%)的分级指标比较接近^[17]。目前的标准尚未对糖苷生物碱含量、多酚氧化酶活性等做出具体要求, 仍需进一步研究。

2.5 全粉加工型马铃薯

对全粉加工型马铃薯而言, 除了干物质和还原糖含量, 薯肉颜色、芽眼深浅的外观性状以外, 还应富含氨基酸、类胡萝卜素等营养成分, 这些因素都会影响全粉的产品品质^[31]。目前国家标准GB/T 31784-2015 马铃薯商品薯分级与检验规程对全粉加工型马铃薯的品质是根据腐烂、杂质、品种混杂, 机械损伤、青皮、空心、内部变色、畸形、病虫伤等缺陷率, 以及干物质含量(21%、19%、16.2%)进行商品薯分级。还原糖含量虽然在全粉加工用马铃薯未被做出要求, 但在全粉制品中却有明确要求。国家标准GB/T 31784-2015 马铃薯商品薯分级

与检验规程对马铃薯雪花全粉的感官和理化指标做出要求, 包括还原糖 $\leq 3\%$ 、蓝值 ≤ 500 等^[17]。马铃薯全粉制品根据加工工艺不同分为雪花全粉和颗粒全粉2种。雪花全粉加工工艺成熟, 产量高、成本低, 已广泛工业化应用^[32,33]。颗粒全粉生产是近年来的新技术, 由于其对细胞颗粒破坏少, 复水性、口感和风味保持的更好, 而受到关注, 但产量低、成本高^[34,35]。目前, 中国大规模生产的为雪花全粉, 其作为马铃薯主食产品的主要原料之一, 对马铃薯面粉、米制等主食产品的品质有着决定性的影响。在最新发布的农业行业标准《马铃薯主食产品分类和术语》中^[36], 雪花全粉仍为主食产品最主要的原料, 正在工业化示范和研制的还有马铃薯生全粉、薯泥、薯块等^[37]。

3 马铃薯品质调控的方向

3.1 影响马铃薯品质特性的因素

马铃薯品质受到品种、地域、环境、施肥等因素影响, 亦受到贮藏运输等采后贮运方式的影响^[38,39]。已有研究报道, 海拔升高促使马铃薯淀粉含量逐渐增加^[40,41]; 还原糖含量和淀粉含量与种植地区纬度具有显著正相关^[42,43]; 还原糖含量受到地域和环境的影响比品种的影响大^[39,44]; 马铃薯中维生素C也一定程度受到品种和种植条件影响^[45]。

马铃薯的水分含量一般约为80%, 薯块在较高温度和湿度条件下容易发芽腐烂, 因此采后贮藏保鲜尤为重要。目前, 中国马铃薯贮藏方式有传统窖藏、大型产地的冷库冷藏以及新型推广应用的风光互补发电控温通风库。研究表明, 不同贮藏方式对马铃薯品质影响明显^[46,47], 采收后的马铃薯仍进行呼吸、蒸腾等各种生理活动, 使得淀粉、还原糖、维生素等营养成分发生变化。与新鲜收获的马铃薯相比, 贮藏半年后维生素C含量及淀粉含量分别下降40%~60%和30%~45%。其中, 传统窖藏较大的温度波动对马铃薯维生素C及淀粉含量的不利影响最为明显, 通风控温的现代化保鲜技术能够减少维生素C及淀粉含量的损失^[46]。通风控温的保鲜技术同样可以抑制贮藏过程中还原糖的积累。贮藏的温度、湿度、CO₂含量对马铃薯品质有直接影响。鲜食用马铃薯贮藏温度在8~9℃为宜, 加工用马铃薯3~4℃

贮藏最佳, 种薯的贮藏温度则为1~5℃。湿度最好控制在80%左右, 能够避免马铃薯由于失水而导致的萎缩^[47,48]。通风换气不足, CO₂含量较高, 使得马铃薯呼吸作用加强, 促使品质劣变。因此, 贮藏过程中保持通风控温, 可以抑制马铃薯的品质劣变。

3.2 营养导向型品质调控的必要性

中国在工业化加工食品消费迅猛增长的初期, 加工食品的安全质量是首要问题, 随着“全面建成小康社会”新时代的来临, 消费者的健康意识逐渐增强, 对食品的营养需求越来越突显, 营养质量问题亦得到研究者、生产者和消费者全方位的重视。从上述分析可见, 不同加工用途对马铃薯品质特性要求的侧重点不尽相同。种用及淀粉加工用马铃薯对品质的要求较为简单, 而鲜食型及食品加工用马铃薯对品质的要求较高。食品加工用马铃薯主要包括油炸食品、冷冻食品、脱水制品、膨化制品等。对于食品加工用马铃薯的市场应用价值而言, 加工速冻冷菜类的马铃薯对风味、色泽和质地的要求要比加工薯泥的马铃薯高^[49,50]。几种不同工艺的加工食品主要在干物质和还原糖含量上强调品质, 也有研究报道, 绿原酸、多酚氧化酶、游离氨基酸、抗坏血酸等含量与马铃薯品质密切相关, 这些指标有可能作为筛选适应不同加工型品种的品质标准^[51]。最近几年, 淀粉加工型^[52,53]、薯条加工型^[54]和全粉加工型^[55]马铃薯品种不断育成, 根据不同加工用途对马铃薯品质的不同要求, 育成的新品种具有针对性较强、更容易市场化的特点。此外, 基因编辑等新技术在马铃薯品质调控方面的作用也备受关注, 如对高直链淀粉马铃薯的品质调控^[56,57]。传统育种调控以及一些新技术的应用将助力营养导向型马铃薯产业发展。更充分的品质特性研究及指标的细化可以对马铃薯的原料筛选及种植生产发挥引导作用, 将有利于马铃薯从原料到产品的品质提升, 更有针对性的符合不同加工食品要求, 贴合市场需求, 从而推动营养导向型马铃薯产业发展。

4 展 望

综上所述, 中国虽为马铃薯第一生产大国, 但人均消费量与发达国家尚有差距。而低消费量导致

的有限市场需求使得马铃薯市场价格较低, 从而导致马铃薯的高产优势不能充分发挥。在配套加工技术不成熟、加工产品数量少、加工深度不足的现状下, 马铃薯收获后很多时候都会被制作为薯干以及饲料, 高产的马铃薯并没有作为食品消费掉。除了马铃薯深加工技术的大力发展外, 不容忽视扩大消费需求的同时, 丰富马铃薯的产品形式, 满足不同消费者营养需求, 拓展马铃薯市场。综合考虑不同加工用途马铃薯的感官品质、营养品质、加工品质, 通过科学技术手段排除种植、贮藏运输等影响品质的因素, 更具针对性的发挥马铃薯的营养价值, 促进马铃薯加工食品从原料到产品的品质提升, 推动营养导向型消费的科学引导, 引领农业供给侧结构性改革, 促进稳粮增收、提质增效和农业可持续发展。

[参 考 文 献]

- [1] 王秀丽, 马云倩, 孙君茂. 中国马铃薯消费与未来展望 [J]. 农业展望, 2016(12): 1-6.
- [2] 联合国粮食及农业组织. FAOSTAT(2017) [EB/OL]. <http://www.fao.org/statistics/databases/en/>.
- [3] 刘洋. 世界马铃薯消费特点与趋势 [J]. 中国农业信息, 2015(12): 156-159.
- [4] 王青蓝, 毕宏波, 蔡红岩, 等. 我国马铃薯加工业现状及对策 [J]. 吉林农业科学, 2008, 33(6): 97-99.
- [5] 薛文通. 我国居民家庭主食消费状况调研报告(下) [J]. 农业工程技术: 农产品加工业, 2014(8): 26-31.
- [6] 木泰华, 陈井旺. 中国薯类加工现状与展望 [J]. 中国农业科学, 2016, 49(9): 1744-1745.
- [7] 余欣荣. 以科技创新引领马铃薯主粮化发展 [J]. 农村工作通讯, 2015(2): 8-10.
- [8] 高文霞. 马铃薯食品加工技术与研发现状 [J]. 现代食品, 2018(1): 128-130.
- [9] 中国农机院赴美考察组. 美国农产品加工业考察报告 [J]. 农机市场, 2015(3): 21-24.
- [10] 王薇. 我国马铃薯产业如何应对世界马铃薯产业发展 [J]. 农产品加工, 2013(9): 20-21.
- [11] 李文娟, 秦军红, 谢开云, 等. 从世界马铃薯的发展看中国马铃薯 [J]. 农业工程技术, 2015(23): 16-19.
- [12] 赵晓丹. 美国马铃薯产业发展及启示 [J]. 北京农业, 2012(18): 29-31.
- [13] 于天峰. 日本马铃薯产业的总体状况 [J]. 作物杂志, 2005(3): 35-37.
- [14] 王军, 高永珍. 马铃薯主粮化任重道远 [EB/OL]. [2018-08-21]. <http://www.nzdb.com.cn/qy/256399.jhtml>.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB 18133-2012 马铃薯种薯 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [16] 刘悦善, 李成, 王东霞, 等. 加工型马铃薯品种微型薯种薯贮藏期内源激素含量、阈值和休眠期相关性分析 [J]. 中国农业科学, 2015, 48(2): 262-269.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 31784-2015 马铃薯商品薯分级与检验规程 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [18] 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.
- [19] Swiniarski E. After cooking darkening and some chemical constituents of potato tuber [J]. Hodowla Roslin Aklimatyzacja I Nasiennictwo, 1968, 12: 369-384.
- [20] Wurster R T, Smith O. Potato quality XVIII: The distribution of radioiron in the potato tuber and its significance in after-cooking darkening [J]. American Potato Journal, 1963, 40(12): 415-420.
- [21] Wang-Pruski G, Nowak J, Leclerc Y, et al. Potato after-cooking darkening [J]. American Journal of Potato Research, 2004, 81(1): 7-16.
- [22] Méandez C del M V, Delgado M A R, Rodríguez E M R, et al. Content of free phenolic compounds in cultivars of potatoes harvested in Tenerife (Canary Islands) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(5): 1323-1327.
- [23] Andre C M, Ghislain M, Bertin P, et al. Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(2): 366-378.
- [24] 魏永义, 王富刚, 胡格格. 不同加工方式对马铃薯中维生素C含量的影响 [J]. 湖北农业科学, 2012, 51(22): 5142-5143.
- [25] Van Dijk C, Fischer M, Holm J, et al. Texture of cooked potatoes (*Solanum tuberosum*): 1. Relationships between dry matter content, sensory-perceived texture, and near-infrared spectroscopy [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(18): 5082-5088.

- [26] Nourian F, Ramaswamy H S, Kushalappa A C. Kinetic changes in cooking quality of potatoes stored at different temperatures [J]. *Journal of Food Engineering*, 2003, 60(1): 257-266.
- [27] Van Marle J T, Stolle-Smits T, Donkers J, *et al.* Chemical and microscopic characterization of potato (*Solanum tuberosum* L.) cell walls during cooking [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45(1): 50-58.
- [28] 贾羊毛加, 陈英平, 叶广继, 等. 不同淀粉型马铃薯光合特性及产量比较 [J]. *西北农业学报*, 2018, 27(10): 1440-1445.
- [29] Agblor A, Scanlon M G. Effect of storage period, cultivar and two growing locations on the processing quality of French fried potatoes [J]. *American Journal of Potato Research*, 2002, 79(3): 167-712.
- [30] Gökmen V, Senyuva H Z. Study of colour and acrylamide formation in coffee, wheat flour and potato chips during heating [J]. *Food Chemistry*, 2006, 99(2): 238-243.
- [31] 刘娟, 梁延超, 余斌, 等. 马铃薯薯条色泽和质地特性及薯条加工型品系筛选 [J]. *中国农业科学*, 2017, 50(22): 4247-4265.
- [32] 赵金梅, 王小虎, 何静. 马铃薯全粉的品质特性加工工艺及应用研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2018, 46(21): 29-32.
- [33] 张雅媛, 卫萍, 孙健, 等. 广西冬作马铃薯品种全粉基本特性比较 [J]. *食品与发酵工业*, 2016, 42(12): 62-67.
- [34] 丁聪, 罗仓学. 不同加工工艺制备马铃薯颗粒全粉及特性研究 [J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(21): 101-105.
- [35] 何伟忠, 木泰华, 于明. 马铃薯颗粒全粉评价指标的初步研究 [J]. *食品工业科技*, 2010, 31(9): 107-109.
- [36] 中华人民共和国农业部. NY/T 3100-2017 马铃薯主食产品分类和术语 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [37] 王稳新, 陈洁, 李璞, 等. 马铃薯生全粉干燥工艺及品质分析 [J]. *粮食与饲料工业*, 2018(9): 34-38.
- [38] 杨晓云, 彭苏, 邹悦, 等. 云南不同产地马铃薯品质分析 [J]. *云南化工*, 2018, 45(6): 84-87.
- [39] 张小静, 李雄, 陈富, 等. 影响马铃薯块茎品质性状的环境因子分析 [J]. *中国马铃薯*, 2010, 24(6): 366-369.
- [40] 梁晶. 八个马铃薯品种淀粉的生态差异及稳定性分析 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2007.
- [41] 刘凯. 不同生态条件下马铃薯淀粉含量及其品质差异 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2008.
- [42] 陈蓉, 方子森. 不同生态条件下马铃薯品质性状的差异性研究 [J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(23): 10937-10939.
- [43] 宿飞飞. 生态区域对马铃薯淀粉含量及其品质性状的影响 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2006.
- [44] 刘喜平, 陈彦云, 任晓月, 等. 不同生态条件下不同品种马铃薯还原糖、蛋白质、干物质含量研究 [J]. *河南农业科学*, 2011, 40(11): 100-103.
- [45] 凤军, 张永成, 田丰. 不同生态环境马铃薯淀粉含量分析 [J]. *青海大学学报: 自然科学版*, 2007, 25(1): 58-61.
- [46] 王洁, 李喜宏, 赵亚婷, 等. 不同贮藏方式对马铃薯品质的影响 [J]. *食品科技*, 2017, 42(11): 36-40.
- [47] 吴春梅. 贮藏条件对马铃薯品质的影响 [J]. *中国农业文摘-农业工程*, 2017(5): 59-60.
- [48] 邹淑萍, 赵婷, 邵晓亮, 等. 新疆主栽品种马铃薯品质及其聚类分析 [J]. *食品工业科技*, 2017, 38(4): 295-298.
- [49] Mori k, Asano K, Tamiya S, *et al.* Challenges of breeding potato cultivars to grow in various environments and to meet different demands [J]. *Breeding Science*, 2015, 65(1): 3-16.
- [50] Chiavaro E, Barbanti D, Vittadini E, *et al.* The effect of different cooking methods on the instrumental quality of potatoes (cv. Agata) [J]. *Journal of Food Engineering*, 2006, 77(1): 169-178.
- [51] 王玉萍, 隋景航, 梁延超, 等. 甘肃省两个生态区马铃薯加工品质差异和加工品系筛选 [J]. *甘肃农业大学学报*, 2016, 10(5): 39-45.
- [52] 李燕山, 徐宁生, 隋启君. 淀粉加工型马铃薯新品种-‘云薯202’ [J]. *中国马铃薯*, 2018, 32(2): 124-126.
- [53] 金光辉, 孙秀梅, 台莲梅, 等. 淀粉加工型马铃薯新品种‘垦薯1号’的选育 [J]. *中国马铃薯*, 2014, 28(2): 125-126.
- [54] 田春雨. 薯条加工型马铃薯品种筛选初报 [J]. *农业科技与装备*, 2017, 273(3): 1-2.
- [55] 李高峰. 全粉加工型马铃薯品种陇薯7号密度试验研究 [J]. *农业科技通讯*, 2017(3): 80-82.
- [56] 郭志鸿, 张金文, 王蒂, 等. 用RNA干扰技术创造高直链淀粉马铃薯材料 [J]. *中国农业科学*, 2008, 41(2): 494-501.
- [57] 刘玉江, 王丽, 杨宏羽, 等. 应用ihpRNA干扰技术创制高支链淀粉马铃薯材料 [J]. *中国农业科学*, 2013, 46(18): 3750-3757.