

# 影响马铃薯油炸品质的研究进展

王春英, 陈伊里, 石 瑛

(东北农业大学, 哈尔滨 150030)

**摘 要:** 马铃薯的炸条(片)颜色是评价其油炸品质的主要指标, 炸条(片)颜色是遗传与环境共同作用的结果, 其中遗传因素起主要作用, 但环境的作用也不容忽视。尤其是马铃薯油炸过程中褐变受栽培、贮藏和加工工艺的影响。

**关键词:** 马铃薯; 炸条; 炸片; 颜色; 品质

**中图分类号:** S532

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-3635 (2003) 04-232-04

## 1 前 言

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L) 是 21 世纪我国最有发展前景的高产经济作物之一, 同时也是十大热门营养健康食品。尤其是 80 年代后期以来, 随着马铃薯快餐和休闲食品在我国的悄然兴起, 油炸薯条、油炸薯片迅速风靡各大、中、小城市<sup>[1]</sup>, 深受消费者特别是儿童的喜爱, 在宾馆、快餐店、酒吧和超市形成了供应链, 消费量不断增加。随着深圳第一家麦当劳快餐店的建立, 中国开始从美国进口薯条, 但当年仅有 28 t, 到 1997 年则增加到 1.5 万 t, 至 2000 年则为 4.3 万 t<sup>[2]</sup>。据美国预测, 到 2005 年, 我国进口薯条的数量将达到 23 万 t 左右。而油炸薯片的加工、生产在全世界形成了巨大的产业, 全球的油炸薯片的年销售额已突破 200 亿美元。随着我国经济的发展, 必然会引起国民饮食习惯的改变, 给马铃薯市场的发展创造了巨大的市场容量<sup>[3]</sup>, 因此发展我国马铃薯加工业是非常迫切的。马铃薯深加工后附加值升高, 一般来说, 薯条深加工后较商品薯升值 50 倍, 油炸薯片升值为 25 倍<sup>[1]</sup>。因此, 我国应当立足本国当地资源, 在马铃薯深加工上下工夫, 提高产品的科技含量和综合价值, 这是中国马铃薯产业化道路的必然选择。

收稿日期: 2003-05-30

作者简介: 王春英 (1971—), 女, 肇州县农技推广中心农艺师, 现东北农业大学在读硕士研究生。

马铃薯炸条(片)质量包括颜色、出成率、风味等, 但主要依据炸条(片)颜色来决定品质, 马铃薯炸条(片)颜色是环境与遗传共同作用的结果, 其中遗传因素起着主要作用<sup>[4~6]</sup>。但也受到栽培、贮藏以及加工工艺等各方面的影响。

## 2 影响马铃薯炸条(片)加工中褐变因素的研究

马铃薯炸条(片)发生褐变主要原因之一是加工过程中发生非酶促褐变的美拉德反应 (Maillard Reaction): 薯条(片)中的还原糖(葡萄糖和果糖)与氨基酸发生反应, 产生黑色素<sup>[7]</sup>。另一种是灰色反应: 在高温加工过程中, 薯片中的化学成分(鞣酸、羟苯肼、铁)产生一种灰色反应, 通常被称为加工变黑反应<sup>[8,9]</sup>。因为氨基酸在炸条(片)中的含量有限<sup>[10]</sup>, 还原糖含量是影响炸条(片)颜色最重要的因素。马铃薯块茎中的糖分为葡萄糖、果糖和蔗糖, 其中葡萄糖和果糖属于还原糖, 蔗糖属于非还原糖, 与炸条(片)颜色均有一定的相关性。马铃薯炸片颜色与薯片中的还原糖含量呈负相关。Marquez et al (1986) 在马铃薯油炸过程中对马铃薯炸片颜色的形成进行研究认为, 还原糖含量的增加是炸片颜色变化的一个限制性因素。并指出葡萄糖对产生褐色的作用大于果糖。Pritchard et al (1994) 研究也得出相似的结论, 块茎中的各种糖成分与炸片颜色的相关性随不同的年份而有所不同, 但葡萄糖与炸片颜色的相关性比蔗糖和全还原糖高。比如: 对于 Russet Burbank, 贮

藏中油炸颜色与葡萄糖含量高度相关 ( $r^2=0.68$ ) 当葡萄糖与果糖和在一起则相关程度减弱 ( $r^2=0.53$ ), 当葡萄糖与蔗糖和在一起则相关程度又进一步减弱了 ( $r^2=0.37$ ), 因而葡萄糖更适合于评价马铃薯炸片颜色。当 Russet Burbank 和 Shepody 中葡萄糖含量大于  $1.6 \text{ mg/g}$  和  $1.2 \text{ mg/g}$  时, 炸条颜色变暗。Brown et al (1990 年) 用 22 个无性系分析, 贮藏在  $4^\circ\text{C}$  的块茎还原糖含量比  $10^\circ\text{C}$  的高, 尽管葡萄糖和果糖与油炸颜色都高度相关, 但与葡萄糖的相关系数明显高于果糖的相关系数。此外, 蔗糖对马铃薯油炸颜色也有一定影响, 但并不是蔗糖本身与甘氨酸发生褐色反应, 而是加热时, 它分解产生葡萄糖和果糖再与甘氨酸发生反应, 从而使炸色变成褐色。

### 2.1 栽培技术对马铃薯炸条 (片) 品质的影响

尽管遗传组成是决定油炸品质的主要因素, 但栽培因素如: 土壤通气性、灌溉、施肥以及收获时期等的影响也不容忽视, Kushman et al (1959) 报道马铃薯生长在高湿度的土壤中时, 因潮湿的土壤降低了土壤的通气性, 从而引起二氧化碳在马铃薯块茎中积累, 最终使炸片颜色变深。而炸条 (片) 品种栽培中若水份缺乏、高温等不正常生产因素会导致糖末端块茎产生, 这种块茎具有低淀粉和高含量的可溶性自由糖, 油炸时还原糖积累, 导致炸条 (片) 末端颜色变黑<sup>[8]</sup>。Bélangier et al (2002) 认为灌溉增加了块茎的平均鲜重和单株块茎数量, 但对比重, 块茎中氮及硝态氮的影响有限。同时指出, 氮肥超过块茎达最大产量对氮的需求量时, 会导致比重降低, 提高块茎的硝态氮含量的危险。Porter et al (1991) 指出, 马铃薯的总产和块茎大小随着氮肥比率的增长多数明显增长, 块茎比重随着氮肥比率的增长而下降, 若前茬为小麦, Russet Burbank 和 Shepody 的总产在 N 分别为  $196 \text{ kg/hm}^2$  和  $211 \text{ kg/hm}^2$  时最佳; 前茬为红三叶时, Russet Burbank 和 Shepody 的总产在 N 分别为  $126 \text{ kg/hm}^2$  和  $136 \text{ kg/hm}^2$  时最佳。块茎中氮含量和淀粉价呈负相关, 和还原糖含量呈弱正相关, 马铃薯炸片颜色与还原糖含量呈负相关; 钾肥的增加淀粉价将降低, 但对于还原糖含量及炸片颜色没影响<sup>[17]</sup>。Roe et al (1990) 对使用不同水平的氮肥的马铃薯进行研究, 发现随着使用氮肥量的增加, 马铃薯中葡萄糖的含量和自由氨基酸的含量均增加, 结果导

致炸片质量的下降。马铃薯块茎生长过程中土壤水汽状况对炸条 (片) 颜色会产生影响, 收获时间也会影响油炸颜色, Jewell et al (1989) 对加工炸片用的马铃薯品种的落叶期和收获期进行研究认为, 早期落叶距收获期  $0\sim 10 \text{ d}$  会导致块茎中有较高浓度的还原糖积累, 而落叶期较晚能使块茎中还原糖水平保持最低, 并使炸片颜色最淡。

### 2.2 贮藏技术对马铃薯炸条 (片) 品质的影响

油炸加工企业对原料薯有着严格的要求: 不皱缩、不腐烂发芽、不变绿及无病、虫、鼠害, 尤其是要使干物质含量不降低 ( $20\%\sim 25\%$ ), 还原糖含量不增高, 保持在  $0.2\%$  以下, 这就涉及到贮藏环境要适宜, 根据不同的贮藏目的和所需贮藏时间采取相应的温度<sup>[20]</sup>, 相对湿度保持在  $85\%\sim 93\%$ , 最低不低于  $80\%$ , 最高不高于  $95\%$ <sup>[21]</sup>。同时分用途贮藏。西方国家一般采用抑芽剂抑制原料薯发芽。但抑芽剂会对马铃薯炸条 (片) 的颜色产生影响。Gichohi (1995) 以 Shepody 为材料, 贮藏在  $5^\circ\text{C}$  条件下研究表明, 施用 MH 抑制发芽作用明显, 但比未施用的积累了较多还原糖并且油炸颜色发暗。而 Caldiz et al (2001) 则指出, MH 处理的块茎在 8 个月的贮藏中推迟了发芽时间, 抑制了芽的生长, 从而降低了由于发芽引起的重量损失, 干物质含量与未处理的相似, 在某些情况下或有提高。用 CIPC 处理的抑芽效果很好, 蔗糖、还原糖含量以及炸色与未处理的相似。马铃薯贮藏中的空气组成也影响油炸品质, Khanbari 和 Thompson (1994) 将炸片品种 Record 贮藏在  $4^\circ\text{C}$  条件下 6 个月, 低浓度二氧化碳 ( $0.7\%\sim 1.8\%$ )、低浓度氧气 ( $2.1\%\sim 3.9\%$ ) 较  $0.9\%$  二氧化碳、 $21\%$  氧气条件下, 出芽少、炸色浅, 但是增加块茎腐烂率; 高二氧化碳、低氧气条件下, 炸片颜色加深, 但腐烂率低, 回暖后炸条 (片) 颜色恢复的好。另外, 包装与否也影响着马铃薯的品质, Kiran (1992) 将新收获的 Russet Burbank 在  $15.5^\circ\text{C}$  下预处理 21 d 后, 一部分立即包装, 另一部分在  $7.2^\circ\text{C}$  贮藏 84 d 后再包装, 结果表明贮藏在  $20^\circ\text{C}$  下包装的马铃薯比未包装的烹调特性好得多, 包装的马铃薯贮藏温度为  $20^\circ\text{C}$ , 相对湿度为  $60\%$  时能保持烹调品质。

马铃薯块茎在贮藏过程中内部存在淀粉 $\rightarrow$ 还原糖 $\rightarrow$ 淀粉可逆生理平衡体系。各品种薯块各个时期

的理化特性决定了这个体系的状态, 外界温度直接影响这个体系<sup>[26]</sup>。低温下, 薯块中积累较多的还原糖, 使块茎变甜, 从而油炸褐变, 品质降低, 放在 20℃ 下, 糖转化为淀粉的过程明显加强<sup>[27]</sup>, 即高温回暖效应, 这也是生产上减少低温贮藏所积累的还原糖的有效措施。Lauer F et al (1970) 报道, 马铃薯块茎在低温下贮藏一段时间后, 必须在较高的温度下回暖一段时间, 这样才能使加工后的炸片颜色令消费者接受, 并指出回暖的时间因不同品种和地理位置而不同。黄元勋等 (1991) 试验指出, 把经低温贮藏还原糖升高到一定数值, 再放入冰箱, 经 18℃、23℃、28℃ 贮藏一个月后, 还原糖明显降低, 其降低程度取决于回降前的还原糖含量的基数值和回降处理的温度和处理时间。如: 双丰收回降前还原糖基数为 6.75%, 18℃ 35 d 降到 4.99%; 23℃ 降到 2.67%; 28℃ 降到 3.81%。低温下存放时间的长短也影响糖和淀粉的转化。例如在接近 0℃ 的低温条件下, 贮藏 2.5 月的薯块回暖放置 1 d 后, 薯块的含糖量明显下降, 在同样条件下贮藏 5.5 个月的薯块暖藏两昼夜后含糖量才开始下降, 在上述温度下贮藏 7~8 个月的薯块, 在 20℃ 下放置 6~7 d 后, 才能降低薯块的含糖量。Mayckay et al (1990) 把 22 个无性繁殖的马铃薯品种分别贮存在 4℃ 和 10℃ 的条件下, 结果发现这 22 个无性系品种的炸片颜色后者优于前者。所以, 油炸加工用的马铃薯如果在加工前不经过回暖处理, 则贮藏温度应维持在 10℃ 或 10℃ 以上, 以免还原糖积累, 影响炸条 (片) 颜色<sup>[30]</sup>。如果贮藏温度低于 4℃, 则导致块茎中还原糖积累, 严重影响加工品质和炸片颜色<sup>[31]</sup>。而通常情况是先把油炸加工用的马铃薯贮藏在 4~7℃ 条件下, 加工前再经较高温度回暖调理, 这样加工出的炸条 (片) 颜色浅, 符合加工商业要求<sup>[32~35]</sup>。

### 2.3 油炸工艺对马铃薯炸条 (片) 品质的影响

马铃薯加工工艺的选择是生产优质油炸马铃薯食品很关键的一步。马铃薯炸片生产的加工工艺参数包括切片厚度、油炸温度、炸制时间和油的种类等, 鲜薯片的适宜厚度为 1.00~1.25 mm, 炸制油温应控制在 160℃ 左右, 时间为 2 min, 炸片用油以氢化油与精练油 1:1 混合使用为好<sup>[36]</sup>。王兆宏等 (1995) 研究发现, 料油比越高和油炸时间越长, 马铃薯失水率和体积收缩率越高, 入炸温度

170℃ 时, 这两项指标达到峰值。费镰等 (1997) 研究发现, 薯片在炸前经酵母适当发酵可提高产品的膨胀性和酥脆性。刘邻渭等 (1999) 认为切片厚度 1 mm, 柠檬酸溶液浸泡 1 h 护色最佳。随柠檬酸浓度升高, 酶促褐变虽受抑, 淀粉水解程度却升高, 在油炸时非酶褐变加强。魏明等 (2001) 指出, 烫漂、炸油种类及炸油时间对品质影响很大, 漂烫起到杀酶作用, 也能够洗脱薯片表面的还原糖, 大豆色拉油最好, 另外随着油炸时间的延长, 炸片色泽逐渐加深, 水分逐渐减少。为防止褐变, Albisu et al (1989) 建议使用 CO 作为褐变抑制剂。姚晓敏等 (2000) 研究, 除可用 75~85℃ 热处理 50~20 s 钝化酶工艺, 也可用 80 mg/L 的亚硫酸钠, 2000 mg/L 的硼酸盐, 300 mg/L 的抗坏血酸, 7000 mg/L 的氯化钙为护色剂来进行处理。张学杰等 (2000) 提出马铃薯去皮及切割后用 2% 盐水或 0.1% 柠檬酸溶液浸泡以减少氧气的接触, 延迟褐变。

### 3 结 语

随着市场经济的发展和加工业的不断兴起, 马铃薯的商品价值也因消费方式的变化和营养品质的改善, 呈现不断增长的趋势, 因此对马铃薯品种的要求也随着市场的变化逐渐由以鲜食为主转向适合各种加工用途的专用品种发展, 尤其是油炸薯条、薯片市场的看好, 对优质原料薯的需求猛增, 我国目前尚无大面积推广的炸条 (片) 主栽品种。而马铃薯油炸颜色主要是取决于品种自身的遗传因素。所以, 首先应立足于品种的选育, 利用引种、选种、品种间杂交、种间杂交、轮回选择的群体改良等常规方法与生物工程技术相结合, 选育出薯型适宜, 芽眼浅, 高干物质 (炸片: >22%, 炸条: >23%), 低还原糖含量 (炸条: <0.4%, 炸片: <0.3%) 并耐低温糖化的品种, 是当务之急。以及采用相应配套的良好繁育体系, 从播种、施肥、灌水和病虫害防治上都达到精耕细作的科学管理, 以发挥品种最大的生产潜力, 获得高产优质的原料薯, 无疑是一项有效措施。而收获后的贮藏更不容忽视。马铃薯收后要经过长期的贮藏以备原料薯的周年供应, 而在长期的贮藏过程中保持马铃薯高质量的油炸加工品质无论对生产者和加工商都是至关重要的。贮藏条件必须减少发芽、失水皱缩、和病

虫害腐烂, 尤其是干物质含量不降低, 还原糖含量不升高, 以免油炸褐化, 品质变劣。所以, 综合运用物理、化学、生物的手段研究经济实用的马铃薯贮藏保鲜技术, 是必要的。马铃薯先进加工工艺的选择是生产优质油炸马铃薯食品很关键的一步。如油的种类的选择、油炸温度和炸制时间设定以及烫漂、护色等都决定马铃薯油炸食品的商品性。所以, 选择优良的加工专用品种辅以科学的栽培、贮藏及先进的加工工艺是生产优质油炸薯条、薯片的关键。

## 参 考 文 献

- [1] 葛毅强, 陈颖. 快步发展我国的马铃薯加工业. [J]. 中国马铃薯, 2003, 17 (1): 48—51.
- [2] 孙慧生, 马伟青, 王培伦等. 加速马铃薯加工品种选育, 发展马铃薯炸片炸条加工业. 见: 陈伊里主编, 面向 21 世纪的中国马铃薯产业 (2000). 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2000, 29—33.
- [3] 周成业. 浅谈我国马铃薯休闲食品的发展概况和发展前景. [J]. 中国马铃薯, 2002, 16 (6): 269—271.
- [4] Pereira A da S et al. Inheritance patterns of reducing sugars in potato tubers after storages at 12°C and 4°C followed by reconditioning. American Potato Journal, 1993, 70: 71—76.
- [5] David S Douches and Rosanna Freyre. Identification of genetic factors influencing chip color in diploid potato (*Solanum* spp.). American Potato Journal, 1994, 71: 581—590.
- [6] Luis E Rodriguez-saona et al. Influence of potato composition on chip color quality. American Potato Journal, 1997, 74: 87—106.
- [7] Pereira A da S et al. Quality and stability of potato chips. Horticultura Brasileira, 1997, 15 (1): 62—65.
- [8] Hawkins, et al. After cooking darkening in oil-blanching French-fried potatoes. American Potato Journal, 1959, 36: 255—360.
- [9] 魏明, 刘卫民. 影响马铃薯炸片品质的因素. 云南农业科技, 2001, 4: 11—12.
- [10] Khanbari O, et al. The effect of amino acids and glucose on the fry color of potato crisps. Potato Research, 1993, 36: 359—365.
- [11] Marquez G, et al. Influence of reducing sugars and amino acids in the color development of fried potatoes. Journal of Food Science, 1986, 51 (1): 157—160.
- [12] Pritchard M K and I R Adam. Relationships between fry color and sugar concentration in stored Russet Burbank and Shepody potatoes. American Potato Journal, 1994, 71: 59—67.
- [13] Brown J, G R Mackay and H Bain et al. The processing potential of tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum* L, after storage at low temperatures. 2. Sugar concentration. Potato Research, 1990, 33: 219—227.
- [14] Kushman L J, et al. The effect of wet soil and carbon dioxide on potato chip color and sugar content. American potato Journal, 1959, 36: 450—456.
- [15] Bélanger G, J R Walsh, J E Richards, et al. Nitrogen fertilization and irrigation affects tuber characteristics of two potato cultivars. American Journal of Potato Research, 2002, 79: 269—279.
- [16] Porter G A and J A Sisson. Response of Russet Burbank and Shepody potatoes to nitrogen fertilizer in two cropping systems. American Potato Journal, 1991, 68: 425—443.
- [17] 李英男. 施肥对马铃薯加工品质的影响. [J]. 马铃薯杂志, 1995, 9 (3): 186—187.
- [18] Roe M A, et al. Role of reducing sugars and amino acids in fry color of chips from potatoes grown under different nitrogen regimes. J Sci Agric, 1990, 52: 207—214.
- [19] Jewell Simon, et al. The influence of defoliation date and harvest interval on the quality of potato for French fry production. Potato Research, 1989, 32: 431—438.
- [20] 滕伟丽, 王新伟. 马铃薯的贮藏损失状况及降低其损失的策略. [J]. 马铃薯杂志, 1995, 9 (4): 250—252.
- [21] 刘宝华, 谭宗九, 王秀丽等. 油炸加工用马铃薯原料贮藏技术的探讨. [J]. 中国马铃薯, 2001, 15 (3): 174—175.
- [22] Gichohi E G and M K Pritchard. Storage temperature and maleic hydrazide effects on sprouting, sugars, and fry color of Shepody potatoes. American Potato Journal, 1995, 72: 737—747.
- [23] Caldiz D O, L V Fernández, and M H Inchausti. Maleic Hydrazide effects on tuber yield, sprouting characteristics, and french fry processing quality in various potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars grown under Argentinian conditions. American Journal of Potato Research, 2001 78: 119—128.
- [24] Khanbari O S and A K Thompson. The effect of controlled atmosphere storage at 4°C on crisp colour and on sprout growth, rotting and weight loss of potato tubers. Potato Research, 1994, 37: 291—300.
- [25] Kiran K Shetty, Robert B Dwelle and John K Fellman. Sensory and cooking quality of individually film wrapped potatoes. American Potato Journal, 1992, 69: 275—286.
- [26] 黄元勋, 田发瑞. 不同贮藏条件马铃薯块茎还原糖含量变化规律测试. [J]. 马铃薯杂志, 1991, 5 (1): 31—37.
- [27] 赵淑贞. 马铃薯块茎成分在贮藏期间的变化. [J] 马铃薯科学, 1984, 总第 10 期 (4): 35—37.
- [28] Lauer F, et al. A possible genetic source for chipping potatoes from 40F storage. American Potato Journal, 1970, 47: 275—278.
- [29] Mackay G, R J Brown and C J W Torrance. The processing potential of tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum* L, after storage at low temperature. Potato Research, 1990, 33: 211—218.

# 简述微肥对马铃薯生长发育的影响及施用方法

王素梅<sup>1</sup>, 王培伦<sup>2</sup>, 王秀峰<sup>1</sup>, 魏 珉<sup>1</sup>, 马伟清<sup>2</sup>

(1. 山东农业大学园艺学院, 泰安 271018; 2. 山东省农业科学院蔬菜研究所, 济南 250100)

**摘 要:** 本文综述了近年来国内外关于不同微肥对马铃薯生长发育的影响以及其施用方法的大量文献资料, 众多事实表明: 在马铃薯上施用适量的微肥可以提高植株长势及生理机能, 从而提高产量与品质。

**关键词:** 微肥; 马铃薯; 生长发育; 施用方法

**中图分类号:** S532

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-3635 (2003) 04-236-03

植物体需要水分和各种矿质养分的不断供应才能完成整个生育周期, 其中所必需的矿质元素共有 16 种。根据需要量的多少又将这 16 种元素分为“大量元素”和“微量元素”两大类。由于长期以来生产中只注重施用大量元素, 而忽略了微量元素的适量施入, 导致土壤中微量元素缺乏, 从而影响了作物的产量和品质, 因此生产中必须注意施用微量元素。生产中通常把施用的以微量元素为主要成分的肥料称为微

肥。微肥的施用始于 20 世纪 60~70 年代, 但直到 90 年代人们才逐渐认识和接受微肥在生产中的积极作用, 此时关于施用微肥方面的研究也趋向于系统性、全面性和实用性。农业科学家们已在大豆、玉米以及多种蔬菜作物中做过大量研究。

Haberland<sup>[1]</sup>曾做过马铃薯是否需要微肥的试验, 其研究结果表明在各种微量元素中, 对产量提高幅度最大的是 Mn (8%) 肥和 Potavit (含微肥、氨基酸、甜菜碱等), 由此证明了在马铃薯生育过程中确实需要微肥的适量施入。

本文简要讨论了微肥对马铃薯的生长发育、产量和品质的影响以及施用方法。

收稿日期: 2003-05-09

作者简介: 王素梅 (1978—), 女, 山东农业大学园艺学院在读硕士, 从事雾培脱毒薯营养液条件优化的研究。

- [30] Hughes J G and T J Fuller. Fluctuations in sugar cv. Record during extended storage at 10°C. *Potato Research*, 1984, 27: 229—236.
- [31] Timothy J Herrman, Stephen L Love and Bahman Shafii et al. Chipping performance of three processing potato cultivars during long-term storage at two temperature regimes. *American Potato Journal*, 1996, 73: 411—425.
- [32] Burton W G. The sugar balance in some British potato varieties during storage. *Europe Potato Journal*, 1965, 8: 81—91.
- [33] Burton W G. The potato. 2nd Edition. veerman, Wageningen 1966, pp198—231.
- [34] Smith O. Effect of transit and storage conditions on potatoes. In: *Potato processing*, Third Edition, Talburt WF and Smith O, AVI Publishing Co, Westport Connecticut, 1975, pp171—233.
- [35] Burton W G, et al. The physics and physiology of storage. *The Potato Crop*, 1992, pp606—609.

- [36] 谢智明, 姚裕琪, 梁德霖. 马铃薯适于炸片品种及主要加工工艺参数的研究 [J]. *马铃薯杂志*, 1992, 6 (4): 212—217.
- [37] 王兆宏, 孙静, 刘芳. 土豆油炸工艺的研究 [J]. *食品科学*. 1995 (2): 40—45.
- [38] 费镛, 李亚, 陈守云. 薯香脆片的研制 [J]. *西部粮油科技*, 1997 (2): 35—37.
- [39] 刘邻渭, 吝存侠, 姜莉. 油炸马铃薯片加工工艺研究 [J]. *西北农业大学学报*, 1999, 27 (6): 89—92.
- [40] Albus I, King R D and Kozlow I A. Inhibition of the catecholase activity of mushroom tyrosinase by carbon monoxide. *J Agric Food Chem*, 1989, 37: 775—776.
- [41] 姚晓敏, 赵金香, 储刘明. 马铃薯褐变的控制 [J]. *上海农学院学报*, 2000, 18 (4): 40—46.
- [42] 张学杰, 屈冬玉, 金黎平. 马铃薯酶褐变机理及其控制途径 [J]. *中国马铃薯*, 2000, 14 (3): 158—161.