

综 述

马铃薯炸片颜色的研究进展

江 杰 屈冬玉 金黎平 连 勇

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所 北京 100081)

摘 要 马铃薯炸片颜色是评价马铃薯炸片品质的主要指标, 其研究的学术价值和经济价值都是非常重大的。影响马铃薯炸片颜色的因素有很多, 其中块茎中还原糖含量是影响炸片颜色最重要的限制因素, 马铃薯炸片加工品种的选育主要围绕炸片颜色来进行, 马铃薯炸片颜色是遗传与环境共同作用的结果, 而遗传因子起着主导作用, 并据此对控制马铃薯炸片颜色的遗传机制进行了可行性分析和前景展望。

关键词 马铃薯炸片; 加工品质; 炸片颜色; 还原糖; 遗传因子

1 前 言

马铃薯炸片加工业在世界各地早已兴起和发展, 现已成为食品家族中主要产品之一。而炸片颜色是评价马铃薯炸片品质优劣的重要指标^[1]。因此, 马铃薯炸片颜色的研究具有重大现实意义。本文就马铃薯炸片颜色的影响因素、马铃薯炸片颜色的遗传育种研究、控制马铃薯炸片颜色的遗传因子鉴定、存在的问题与展望做一简要的综述。

2 马铃薯炸片颜色的影响因素

马铃薯炸片的品质主要炸片颜色来决定, 高质量的炸片应该是浅金褐色, 且含油量少。但是, 加工后的马铃薯炸片有时会有一些令消费者无法接受的颜色。导致这一

结果的根本原因是加工过程的截然不同的颜色反应。一种是美拉反应 (Maillard Reaction): 在高温加工过程中, 薯片中的还原糖 (葡萄糖和果糖) 与氨基酸发生反应, 产生褐色素; 另一种是灰色反应: 在高温加工过程中, 薯片中的重要化学成分 (鞣酸、羧苯肼、铁) 产生一种灰色反应, 通常被称作“加工变黑”反应^[2]。影响马铃薯炸片颜色的因素有很多, 其中包括遗传与环境两方面因素。以下就影响马铃薯炸片颜色的因素逐一进行分析。

2.1 还原糖和氨基酸对马铃薯炸片颜色的影响

薯片中还原糖含量是影响马铃薯炸片颜色最重要的限制因素, 尽管氨基酸对马铃薯炸片颜色的影响也很重要, 但其在薯片中的含量有限。Khanbari 等 (1993) 把马铃薯片浸泡在氨基酸和不同浓度的葡萄糖溶液中,

来研究葡萄糖和氨基酸对马铃薯炸片颜色的影响。结果发现, 在葡萄糖浓度较低或高于 0.15% 时, 谷氨酰胺成为一种引起马铃薯炸片颜色变深的重要氨基酸, 精氨酸的影响与谷氨酰胺相同或略低, 而其他氨基酸只有在葡萄糖浓度高于 0.45% 时, 才能引起炸片颜色变深。但是天冬酰胺对提高马铃薯炸片颜色质量和减轻灰色程度具有重要的作用^[3]。Pritchard 等 (1994) 研究认为, 块茎中的各种糖成分与炸片颜色的相关性随不同的品种和年份而有所不同, 但葡萄糖与炸片颜色的相关性比蔗糖和全还原糖 (葡萄糖和果糖) 高。因而也更适合于评价马铃薯炸片颜色^[4]。Marquea 等 (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, 还原糖含量的增加导致炸片颜色变深。而且还原糖和氨基酸两者同时参与了炸片颜色的形成, 还原糖含量是炸片颜色变化的一个限制性因素。进一步指出果糖对产生褐色的作用仅次于葡萄糖^[5]。Burton 等 (1970) 报道, 加工马铃薯炸片的块茎中, 还原糖的含量通常为 0.1%, 而高限为 0.33%^[6]。

2.2 蔗糖对马铃薯炸片颜色的影响

蔗糖是马铃薯块茎中一种非还原性糖, 它对马铃薯炸片的颜色也能产生一定的影响。Leszkowiat 等 (1990) 利用糖和甘氨酸缓冲液模式系统对蔗糖产生褐色作用的大小进行了研究, 并发现蔗糖和氨基酸也能象葡萄糖和氨基酸一样使炸片变成褐色, 进一步研究认为, 蔗糖参与美拉反应是由于它在加热时分解产生葡萄糖和果糖的缘故, 这种分解产生的葡萄糖和甘氨酸发生反应, 从而使炸片颜色变成褐色, 但是蔗糖本身并不能与甘氨酸发生褐色反应^[7]。

2.3 贮藏温度和时间对马铃薯炸片颜色的影响

马铃薯炸片颜色与薯片中还原糖的含量成负相关, 而薯片中还原糖的含量取决于遗

传和环境两方面因素。当马铃薯块茎在低于 9~10 °C 条件下贮藏时, 块茎中还原糖含量有一定程度的增加^[1]。在贮藏过程中, 还原糖的积累至少有三个控制过程: (1) 低于 10 °C 的贮藏; (2) 打破休眠和打破休眠的块茎发芽; (3) 贮藏一段时间后块茎的敏感性^[8~10]。因此对马铃薯贮藏温度和时间进行研究, 探索出有利马铃薯炸片颜色的贮藏方法已成为当务之急。

Gould 等 (1979) 研究认为, 对未经贮藏的马铃薯片进行油炸, 炸片颜色的质量都很好。但是马铃薯块茎先分别在 4.4 °C、7.2 °C、10 °C 的条件下贮藏 3 个月或 6 个月, 随后进行回暖处理 20 d, 加工出的炸片颜色表明: 在 4.4 °C 贮藏条件下, 只有一部分块茎的炸片颜色接近可接受的程度; 而在 7.2 °C 和 10 °C 贮藏条件下, 几乎所有块茎炸片的颜色都合格^[11]。Pereira 等 (1993) 报道, 马铃薯块茎在 12 °C 条件下贮藏 10 周后, 块茎中还原糖的含量趋于降低, 炸片颜色达到商业标准。如果马铃薯块茎先在 4 °C 条件下贮藏 10 周, 再在 20 °C 条件下回暖 2 周, 块茎中还原糖的含量也趋于降低, 炸片颜色符合商用标准^[1]。Ewing 等 (1981) 对马铃薯块茎在炸片前进行低温 (1 °C) 贮藏处理, 分别经 1~24 h、48 h、2 d、4 d 处理后, 结果发现: 这些处理均不对炸片颜色产生影响。但如果把块茎在 1 °C 条件下贮藏 7d 则颜色变深。而且在 1 °C 低温下贮藏 4 d 后, 再在 10 °C 回暖 4 d 或 7 d, 也将导致炸片颜色变深, 进一步研究发现, 马铃薯块茎在 1 °C 低温下贮藏 4 d 或更多天后, 再在 10 °C 或 19 °C 条件下回暖 1 周, 结果薯片中还原糖含量增加, 炸片颜色也变深, 若在 19 °C 条件下回暖时间长一些 (如 8 d 或 8 d 以上) 则块茎中还原糖含量下降, 炸片颜色也有所改进^[12]。Lauer 等 (1970) 和 Seven-son 等 (1961) 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异^[13,14]。Mackay 等 (1990) 把 22 个无性繁殖的马铃薯品种分别贮藏在 4 °C 和 10 °C 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^[15]。

综上所述, 加工炸片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 °C 或 10 °C 以上, 以避免还原糖积累, 影响炸片颜色。如果贮藏温度低于 4 °C, 则导致块茎中还原糖积累, 严重影响加工品质和炸片颜色。而通常情况是先把加工炸片用的马铃薯贮藏在 4~7 °C 条件下, 加工前再经较高温度回暖处理, 这样加工出的炸片颜色和品质均符合商用要求^[1,16,17,18,19]。

2.4 其它因素对炸片颜色的影响

除上述三方面外, 还有一些因素能影响马铃薯炸片颜色, 如品种、生产年份、土壤湿度、二氧化碳和氧气的浓度、氮肥和加工工艺等。Sinha 等 (1992) 利用不同的品种在不同的年份对炸片颜色进行分析, 发现比重小和高葡萄糖的品种在加工炸片时, 颜色变深。用葡萄糖和蔗糖含量低的品种加工的炸片, 颜色好, 而且生产年份不同对炸片颜色有显著的影响^[20]。Coffin 等 (1987) 利用 3 个不同的马铃薯品种贮藏在相同的条件下, 发现只有一个品种加工出的炸片颜色是可以接受的^[21]。Kushman 等 (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, 最终影响炸片的颜色^[23]。另据报道, 在马铃薯贮藏中, 高二氧化碳浓度结合低浓度的氧能抑制块茎发芽和引起炸片颜色变黑^[23]。Roe 等 (1990) 对施用不同水平氮肥的马铃薯进行研究, 发现随着施用氮肥量的增加, 马铃薯块茎中还原糖的含量和自由氨基酸的含量均增加, 结

果导致炸片颜色质量的下降^[24]。谢智明等 (1992) 对马铃薯炸片加工工艺中几个主要参数进行研究表明, 切片厚度对炸片颜色影响较小, 而油炸温度和油的种类对炸片颜色影响较大^[25]。Gichchi 等 (1995) 研究认为, 被广泛用于维持马铃薯贮藏品质的发芽抑制剂马来酰肼 (MH), 能使块茎中的葡萄糖含量增加, 从而造成炸片颜色质量的下降^[26]。Rodriguez 等 (1997) 研究发现, 具有不同还原糖含量的品种, 在同样的加工条件下, 炸片颜色相似, 从而提出仅从还原糖含量上有时并不能解释炸片颜色的变化。因为在很低的还原糖浓度 (0.006%) 下, 其他反应物也能影响炸片颜色。如抗坏血酸能与氨基酸反应产生不利的炸片颜色, 但也有报道认为, 抗坏血酸与炸片颜色没有多大的相关性。同时酚酸中的咖啡酸和氯原酸均与炸片颜色呈负相关^[27]。Jewell 等 (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 0~10d 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^[28]。

2.5 马铃薯炸片颜色的逆转

马铃薯炸片颜色的逆转现象是指: 当直接用未经贮藏的马铃薯块茎加工炸片时, 炸片颜色清淡, 但当块茎经过一段时间 (甚至几天) 的贮藏后, 用这些块茎加工出的马铃薯炸片, 颜色较深, 商业上不能接受。这种现象常常发生于夏季收获的马铃薯上, 而且与马铃薯品种的遗传特性有关。因此, 我们在马铃薯炸片颜色的育种与遗传研究中, 有时也会遇到这种现象, 如某些实生苗品种, 在产量、早熟性、块茎形状和芽眼深度上均很有希望, 但因炸片颜色的逆转现象而遭淘汰^[29]。

3 马铃薯炸片颜色的遗传育种研究

理想的马铃薯炸片加工品种应具有炸片

颜色淡、高干物质、低还原糖、块茎大小适中、形状圆形、芽眼浅、高产抗病、比重大等特征^[30, 31, 32, 33, 34]。而对炸片加工来说, 炸片颜色是一个最重要的特征, 如果炸片颜色不理想, 那么上述其他特征的相对重要性也就不存在了^[30]。可见马铃薯炸片颜色的遗传育种研究已成为育种学家的一个重大研究课题。

3.1 马铃薯炸片颜色的遗传组成分析

马铃薯炸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导的作用^[1, 36, 39, 40]。Loiselle 等 (1990) 利用不完全双列分析法对八个适于加工炸片的亲本材料, 进行炸片颜色遗传组成分析, 发现影响炸片颜色的遗传组成可分为“炸片综合加工能力”、“炸片颜色遗传稳定性”。炸片综合加工能力是最重要的遗传组成, 它能解释 75% 的炸片颜色初始遗传变异, 炸片颜色的遗传稳定性能解释 12% 的炸片颜色初始遗传变异。配合力对前两个成分和炸片颜色初始遗传变异都有影响, 炸片综合加工能力的遗传性主要受一般配合力的影响, 而遗传互作对于炸片颜色遗传稳定性更为重要。因此, 不能仅根据双亲的表现来推测后代炸片颜色的遗传稳定性, 在育种过程中, 必须先进行炸片综合加工能力的筛选, 在此基础上, 再按炸片颜色遗传稳定性进行筛选^[35]。

3.2 马铃薯炸片颜色与比重的遗传关系

马铃薯炸片颜色和块茎的比重对于马铃薯炸片加工品种来说都十分重要。高比重的马铃薯炸片加工品种是加工者所希望的, 因为块茎的比重对于炸片产量、吸油量和酥脆度等均有影响。因此, 有必要了解两者的遗传关系^[30, 31]。

Cunningham 等 (1959) 研究认为, 马铃薯炸片颜色与块茎比重的相关性几乎不存在, 而且控制炸片颜色与块茎比重的遗传因子是独立遗传的, 因而在炸片品种选育种,

要同时分别对它们进行选择^[33]。

3.3 适于炸片颜色的品种筛选

培育和选择适于炸片颜色的马铃薯加工专用品种, 对更好的满足广大消费者的需求和进一步发展马铃薯加工业都具有深远的影响。

如何快速有效的选育适合马铃薯炸片颜色的新品种, 已引起了众多育种学家的兴趣。Thill 等 (1995) 探索出一种马铃薯炸片加工品种的快速选育方法, 使整个育种期缩短了 4 年。他们先用一个传统的四倍体品种作母本与一个四倍体繁育群体杂交来建立第一个原始群体, 再用一个四倍体试验材料作母本与一个二倍体繁育群体 (能产生 $2n$ 花粉) 杂交建立第二个原始群体, 然后分别从第一和第二个原始群体中选出具有良好炸片品质的 21 个四倍体品种和 7 个繁育品系, 最后用这 21 个四倍体作母本与 7 个四倍体繁育品系杂交, 杂交获得的 65 个家系的四倍体杂种的种子种植在陆地, 将长出的实生苗移植到温室栽培, 收获块茎。下一年将这些块茎在陆地单穴种植 5100 个无性后代作为第一代, 从第一代收获的块茎中选出 289 个无性品系进行低温 (4°C) 处理 6 个月, 然后炸片, 根据炸片颜色挑选出 38 个具有良好炸片颜色的无性品系。接下来再将这 38 个具有良好炸片颜色的无性品系种植在陆地作为第二代, 在第二代继续重复第一代的试验。最后把从第二代选择出的具有良好炸片颜色的无性品系结合产量与比重综合评定, 从而选出炸片颜色和其他品质均佳的优良品种^[30]。

单株选择法和群体选择法是马铃薯遗传育种中常用的两种方法。对于表现优良的基因型鉴别, 单株选择法更为可取。但是这只有当群体内的变异比各种误差引起的变异大时, 单株选择法才可行。否则, 群体内植株差异可能是环境因子所致, 这时我们应该用

群体选择法。当我们用单株选择法和群体选择法对马铃薯炸片颜色和块茎中干物质含量两个目标性状进行选育时，发现对于干物质含量的选择，两种方法都可取，但对炸片颜色这一主要目标性状来说，单株选择法是行不通的，因误差变异依赖于基因型，而单株间的差异是因环境影响还是因遗传基因所致无法知道。因此，对于炸片颜色的遗传育种，只能用群体选择法^[36]。

众所周知，马铃薯在低温贮藏时，还原糖迅速积累，而还原糖的含量是影响炸片颜色最重要的因子^[37]。因此，选择一个在低温下不积累还原糖的炸片加工品种，将会使马铃薯炸片颜色的遗传育种取得重大进展。Hyde 等 (1962) 通过大量的杂交与回交选育，并结合低温贮藏选择，最终获得了一个能在低温贮藏时不积累还原糖的加工品种^[38]。

4 控制马铃薯炸片颜色的遗传因子鉴定

马铃薯炸片颜色的变异与块茎中还原糖含量的相关性达到 90%^[39]。而影响块茎中还原糖水平的因素有很多种，其中遗传组成强烈的影响块茎中还原糖水平^[40]。多年来，马铃薯遗传育种学家用不同的遗传育种模式对控制炸片颜色的遗传因子进行了大量的鉴定研究^[1, 35]。

Douches 等 (1994) 利用同工酶、RFLPs 和 AFLPs 三种遗传标记相结合构建了一张马铃薯炸片颜色的遗传图谱，以便运用数量性状位点 (QTL) 分析去鉴别控制马铃薯炸片颜色的遗传因子。同时，再用二倍体群体法 (*S. tuberosum* × *S. chacoense*) × *S. phureja* 进行炸片试验，根据国际马铃薯机构提供的马铃薯炸片颜色参考标准 (1 表示颜色淡，10 表示颜色深)，二倍体群

体的炸片颜色变化范围为 2~8，平均为 3.5。根据马铃薯炸片颜色和每个标记位点的单因素方差分析，炸片颜色上的一个显著差异可解释为 1 个 QTL 与标记位点连锁，QTLs 定位在标记点所在的连锁群中，如果标记间的距离不超过 50cM，染色体上互相连锁的标记可看作一个 QTL，结果发现一个同工酶位点和 12 个 RAPDs 与炸片颜色连锁，6 个 QTLs 决定炸片颜色，两个在染色体 2，一个在染色体 4，两个在染色体 5，一个在染色体 10。通过双因素方差分析发现，标记间存在上位作用，而且只有两个 RAPD 标记的上位作用是显著的，并分别位于染色体 2 和 5 上。通过多因素方差分析发现，6 个 QTLs 能解释群体中炸片颜色表型变异的 43.5%，当标记间存在显著上位作用时，6 个 QTLs 能解释群体中炸片颜色表型变异的 50.5%^[41]。

Accatian (1973) 认为炸片颜色是高度遗传的，并从二倍体水平上用传统遗传学方法提出炸片颜色受两个主效基因控制^[42]。Thill 等 (1994) 根据经典遗传学理论，在二倍体水平上提出三个位点假说，这三个位点既能控制炸片颜色的逆转现象，又能控制回暖时炸片颜色的变异，同时指出这两个遗传系统并非完全独立^[43]。Guonaris 等 (1993) 对低还原糖积累和高还原糖积累的两类品种进行线粒体 DNA 片断模式比较发现，低还原糖积累品种的线粒体 DNA 片断模式有一个额外的 3.7kb 片断，这在高还原糖积累品种的线粒体中没有发现，同样一个 4.2kb 的线粒体 DNA 片断只在高还原糖品种中出现，而且这种差异是母性遗传所致。但是，这两个片断是否存在相关性还不清楚，也就不能说明还原糖积累是由线粒体基因单独控制的。因此，还原糖积累是核基因控制还是线粒体基因与核基因共同控制，还有待进一步的研究^[44]。

5 问题与展望

马铃薯炸片颜色的变异受遗传基因控制的程度有多大, 控制炸片颜色的遗传基因有多少, 分别位于哪些染色体上, 这些问题是我们以后研究的主攻方向。近年来兴起的分子标记已在马铃薯遗传育种中得到广泛应用, 今后我们应该利用分子标记这一手段来建立高密度的马铃薯炸片颜色的遗传图谱, 将控制炸片颜色的遗传基因进行染色体定位和克隆, 并转入到其他农艺性状优良的栽培种中。

参 考 文 献

[1] Pereira A da S et al. Inheritance patterns of reducing sugars in potato tubers after storage at 12°C and 4°C followed by reconditioning. *American Potato Journal*, 1993, 70; 71~76

[2] Hawkins et al. After cooking darkening in oil-blanched french-fried potatoes. *American Potato Journal*, 1959, 36; 255~360

[3] Khanbari O S et al. Effects of amino acids and glucose on the fry color of potato crisps. *Potato Research*, 36 (1993); 359~364

[4] Pritchard M K et al. Relationship between fry color and sugar concentration in stored Russet Burbank and Shepody potatoes. *American Potato Journal*, 1994, 71; 59~68

[5] Marquez G et al. Influence of reducing sugars and amino acids in the colour development of fried potatoes. *Journal of Food Science*, 1986, 51 (1); 157~160

[6] Burton W G & A R Wilson. The apparent effect of the latitude of the place of cultivation upon the sugar content of potato varieties grown in England and Ireland. *Potato Research*, 1970, 20; 9~21

[7] Leszkowiat M J et al. Contribution of sucrose to nonenzymatic browning in potato chips. *Journal of Food Science*, 1990, 55 (1); 281~282

[8] Burton W G. 1966. *The potato*. 2nd Edition, Veerman, Wageningen.

[9] Muller K. 1975. *Veränderungen wertgebender Inhalt*

stoffe in der kartoffelpflanze und knolle im verlauf von negetation und lagerung, ihre bedeutung für die qualität der knolle. *Schriftenreihe der Forderungsgemeinschaft der Kartoffelwirtschaft e. v.*, Heft 17, Hamburg

[10] Sowokinos J R et al. Influence of potato storage and handling stress on sugars, chip quality and integrity of starch (amyloplast) membrane. *American Potato Journal*, 1987, 64; 213~226

[11] Wilbur A Gould et al. Evaluation of potato cultivars before and after storage regimes for chipping. *American Potato Journal*, 1979, 56; 133~144

[12] Elmer E. Ewing et al. Effects of short periods of chilling and warming on potato sugar content and chipping quality. *American Potato Journal*, 1981, 58; 663~647

[13] Florian Lauer et al. A possible genetic source for chipping potatoes from 40 F storage. *American Potato Journal*, 1970, 47; 275~278

[14] Severson F J et al. Chip colour in relation to potato storage. *American Potato Journal*, 1961, 38; 105~113

[15] Mackay G R et al. The processing potential of tubers of the cultivated potato. *Solanum tuberosum L.* after storage at low temperature. *Potato Research*, 1990, 33; 211~218

[16] Burton W G. The sugar balance in some British potato varieties during storage. 1 Preliminary observation. *Eur Potato J.*, 1965, 8; 81~91

[17] Burton W G. 1996. *The potato*. H. Veenman & Zonen. N V Holland, p. 198~231

[18] Smith O. 1975. Effect of transit and storage conditions on potatoes. in: *Potato Processing* 3rd ed. W F Talburt and O Smith. Avi, Westport, conn. p. 171~233

[19] Burton W G et al. The physics and physiology of storage. In Pharris (ed), *the potato crop*. Chapman & hall, 1992; 608~609

[20] Sinha N K et al. 1992. Differences in sugars, chip color, specific gravity and yield of selected potato cultivars grown in Michigan. *American Potato Journal*, 1992, 69; 385~389

[21] Coffin H R et al. Effect of low temperature storage on sugar concentrations and chip colour of certain processing potato cultivars and selections. *Journal of Food Science*, 1987, 52 (3); 639~645

- [22] 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
- [23] Khanbari O S et al. 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
- [24] Roe M A et al. Role of reducing sugars and amino acids in fry colour of chips from potatoes grown under different nitrogen regimes. *J Sci Agric*, 1990, 52; 207~21
- [25] 谢智明等. 马铃薯适于炸片品种及主要加工工艺参数的研究. *马铃薯杂志*, 1992, 6 (4); 212~216
- [26] Gichohi E G et al. Storage temperature and maleic hydrazide effects on sprouting, sugars and fry color of Shepody potatoes. *American Potato Journal*, 1995, 72; 737~747
- [27] Luis E Rodriguez-saona et al. Influence of potato composition on chip color quality. *American Potato Journal*, 1997, 74; 87~106
- [28] Simon Jewell et al. The influence of defoliation date and harvest interval on the quality of potato for french fry production. *Potato Research*, 1998, 32; 431~438
- [29] Beale et al. Potato chip color reversion. *American Potato Journal*, 1966, 43; 355~360
- [30] Christian A Thill & Stanley J Peloquin. A breeding method for accelerated development of cold chipping clones in potato. *Euphytica*, 1995, 84; 73~80
- [31] Hide G A et al. Influence of stem canker (*Rhizoctonia solani* Kuhn) on tuber yield, tuber size, reducing sugars and crisp colour in cv. Record. *Potato Research*, 1994, 37; 43~49
- [32] Rieman G H. Superior; A new white, medium-maturing, Scab-resistant potato variety with high chipping quality. *American Potato Journal*, 1962, 39; 19~28
- [33] Cunningham C E et al. Inheritance of factors affecting potato chip color and their association with specific gravity. *American Potato Journal*, 1959, 40; 253~256
- [34] Love S L et al. Breeding progress for potato chip quality in north American Cultivars. *Amer J of Potato Res*, 1998, 75; 27~36
- [35] Loiselle F et al. Genetic components of chip color evaluated after harvest, cold storage and reconditioning. *American Potato Journal*, 1990, 67; 633~646
- [36] Neele A E F et al. Early selection for chip quality and dry matter content in potato seedling populations in green house or screenhouse. *Potato Research*, 1989, 32; 293~300
- [37] Habib A T et al. Role of reducing sugars and amino acids in the browning of potatoes chips. *Food Technol*, 1957, 11; 85~89
- [38] Hyde R B et al. A potato seeding that chips from color storage without conditioning. *American Potato Journal*, 1962, 39; 266~270
- [39] Hughes J G and T J Fuller. Fluctuations in sugars in cv. Record during extended storage at 10 °C. *Potato Res*, 1984, 27; 229~236
- [40] Stevenson F J, R V Akely and C E Cunningham. The potato-Its genetic and environmental variability. *Am Potato J*, 1964, 41; 46~53
- [41] Douches D S et al. Identification of genetic factors influencing chip colour in diploid potato (*Solanum spp.*). *American Reserach Journal*, 1994, 71; 581~590
- [42] Accatino P L. Inheritance of the potato chip color at the diploid and tetraploid levels of ploidy. University of Wisconsin-Madison, Ph. D. Thesis. p. 62
- [43] Thill et al. Inheritance of the potato chip color at the 24-chromosome level. *American Potato Journal*, 1994, 71 (10); 629~646
- [44] Gounaris Y. Comparison of restriction patterns of mitochondrial DNA from low and high sugar accumulating cultivars/selections. *J Plant Physiol*, 1993, 141; 423~427