

综述

优质鲜销马铃薯生产主要技术环节

张勇飞 谢庆华

戴宪民 付刚

(云南师范大学薯类作物研究所 昆明 650031) (昆明洋洋食品有限公司 650228)

近年来, 我国马铃薯鲜薯出口总量逐年呈上升趋势。1989 年大陆出口鲜薯 8 万 t, 1995 年大陆出口鲜薯 21 万 t, 1996 年共出口 44 万 t。大陆鲜薯出口平均价 170 美元/t, 共创外汇 7500 万美元。马铃薯及其加工的成品和半成品在出口创汇的农业体系中显示出越来越重要的价值, 大有发展前景。但外销鲜薯对品质有较严格的要求, 与欧洲的马铃薯主产国比较, 我国出口的鲜薯在品种、质量、分级、包装、贮运各方面皆有差距。我国出口的鲜薯大多被作统货出售, 不及英国、德国、荷兰等国的同类鲜薯 FOB 价格的 30%。即使与我国台湾省比较, 差距也是十分明显的。台湾常年种植 2000 hm² 马铃薯, 产量的 50% 约 25000 t 出口, 平均价格在 300 美元/t 以上。

本文以保鲜薯生产的基本工艺为序, 对国内外保鲜薯生产的主要技术环节作一简要综述。

1 品种选择、原料采收及清洗分级

1.1 品种选择

欧洲的鲜马铃薯出口大多以向亚洲、非洲及太平洋地区的一些国家提供种薯为目的, 食用薯出口主要以速冻薯条的形式进行,

另有少量的去皮速冻土豆和罐装土豆流通。这一点有别于我国大陆对港澳地区的鲜薯贸易是以食用商品薯和加工原料为主的特点。因此在品种的选择上各有不同。欧洲的马铃薯出口大多在每年 9~12 月间进行, 主要提供出口国的冬马铃薯和小春马铃薯种植用种。这种供种方式普遍存在休眠期不易打破的问题, 因此, 欧洲的鲜薯出口大多选用休眠期短、生育期短、薯形好的早中熟品种, 如 "Desiree"、"UP-to-date"、"Granola"、"Spunta"、"Kent"、"Red Pontiac"、"Favorita"^[1] 等。我国的鲜薯出口由于一年四季皆有供货要求, 在品种选择上应主要以薯形、内质为主。在南方二季作区, 宜推广 "东农 303"、"Favoritia" (鲁引 1 号), "Gardinal" (台红) 等品种。在邻近的西南混作区, 应以抗晚疫病、生育期晚熟、休眠期长、符合加工品质要求的 "合作-88"、"I-1085" 等为原料生产的主栽品种^[2]。耕作管理水平较高, 便于采取统一农艺措施的地方, 可种植 Atlantic、Superior、Snowden、Norchip、Gemchip、Russet Burbank、Shapody 等国外著名的加工原料品种, 专门向马铃薯厂家提供原料。

1.2 原料采收

鲜销薯的采收应待植株成熟后进行, 基本上以地上部枯黄后收挖为适期标志, 收挖前提前割去茎叶, 可使块茎表皮老化、变厚、耐收获时擦伤。收挖应在无雨天气进行, 薯

块出土后不能立即装袋入库，应薄摊于土表面，凉干薯块表皮及附带泥土的水气，提高表皮抗擦伤能力和薯块的耐贮性。摊凉的时间应视气候情况而定，一般以30min到1.5h为宜。采收马铃薯不应丢跌、踩踏，尽量减少机械损伤和擦破表皮^[3]。

1.3 清洗分级

保鲜薯加工厂的第一道工序是清洗、去泥、分级，即按有关出口标准，在按重量进行分级的基础上，涤除烂薯、损伤薯和畸形薯，然后进行淋洗去泥。分级有人工和机械筛分两种手段，其中的机械筛分广泛地运用于大量生产保鲜薯的场所。但设计筛分机时要求在保证分级的前提下，尽量降低各筛分层面薯块跃落的高度，筛分滚子和挡臂以橡皮包裹，尽量减少薯块擦伤和机械损伤，减少伤口的酶促褐变现象^[4]。国产的柑桔、苹果等水果用的分级机械，稍加改进就可以用于马铃薯的分级。在装箱入库之前，配有光电验伤设备或人工挑剔环节，再次选检烂、伤薯。

2 抗褐变及灭菌防腐

鲜薯从采收到最后摆上货架出售的各个环节都很容易遭受机械擦伤和因挤压、碰、震引起的内伤，受伤组织的细胞不能继续进行正常代谢，乃至组织死亡，对微生物的抗性大为减低，易被霉菌感染。常从伤口表面感染的有链孢霉、镰刀孢霉、青霉等，都会引起薯块霉烂。同时，创伤表面由多酚氧化酶(PPO)引起的酶促褐变成了影响商品薯表观品质的主要因素。PPO催化单酚氧化成联苯酚，以及二羟基苯酚氧化成醌的过程。醌本身颜色就是黑褐色的，醌类物质还可以继续氧化形成多聚醌，与各种氨基酸(尤其是酪氨酸)发生反应，形成黑色、褐色甚至红色的各种色素，这些色素积累在伤口表面，导

致块茎以褐变为主的色变。绿原酸和酪氨酸是PPO催化的酶促褐变反应最主要的底物^[5,6]。

2.1 抗褐变

目前，国外致力于从下面几个方面解决马铃薯酶促褐变的问题，国内同类工作的报道较少。

耐损伤品种筛选途径：Misener^[7]、Mondy等人^[8]通过滚筒式损伤试验，比较各主栽品种的耐伤程度，同时将品种的低绿原酸、酪氨酸含量作为选择抗褐变品种的化学标准。他们认为对机械损伤不敏感，绿原酸、酪氨酸含量较低的品种，在收获时可以显著减少伤薯数目，减轻褐变程度。在大量的测试中，只有“Pontiac”这一品种符合选择标准。

抗褐变品种选育途径：通过育种手段，培育对酶促褐变不敏感或褐变程度轻的品种，主要采用马铃薯栽培种*S. tuberosum*与*S. hjerthingii*进行杂交，轮回选择的方式进行。*S. hjerthingii*是一个新发现的马铃薯的近缘野生种，它不会出现酶促褐变或黑点。研究表明，*S. hjerthingii*植株中有PPO蛋白，但在合成分后被改性，或者缺少一个增效因子，所以没有PPO活性。因此通过*S. tuberosum*与*S. hjerthingii*杂交，可望将没有酶促活性的PPO基因引入栽培品种，培育出不会褐变的马铃薯品种^[9]。

基因工程改良途径：通过对PPO基因表达进行干扰，使之不能正常翻译出PPO。目前比较成功的是反义RNA技术。Bachen等人将PPO一段约2.0kb的cDNA片段通过农杆菌介导转化，反向插入到马铃薯的染色体组内，通过合适的启动子表达出反义RNA，结果块茎中PPO酶活性被抑制，块茎中的酚类物质氧化受阻，块茎表皮被擦破后，不发生通常易见的褐变^[10,6]。这种反义RNA抑制褐变的作用机理尚不完全明确。据推

测, 可能是反义 RNA 通过正常的 PPO 基因的 mRNA 的碱基互补配合, 形成氢键, 直接结合在 mRNA 的核糖体结合区及起始密码处, 从而封闭了 mRNA 的翻译出 PPO 过程^[11]。这一工作开辟了马铃薯抗褐变的新纪元, 使得人们可以通过对现有的主栽品种进行基因改良(尽管新的品种不断育成, 但人们对传统品种的依赖性仍然是非常强的), 就可以达到抗酶促褐变的目的, 并且这一措施无任何可见的副作用。PPO 反义 RNA 转基因马铃薯的巨大前景还在于, 加工厂可能从繁琐并且耗费巨额经费的漂烫灭酶工艺和使用抗氧化剂护色的潜在危险中解脱出来。据新华社报道, 1997 年 9 月, 澳大利亚的 Robinson 用 PPO 的 cDNA 库中一段名为“POT 32”的 DNA 片断, 通过农杆菌介导, 反向插入澳大利亚的马铃薯主栽品种“Norchip”中, 成功地培育出世界上第一个反义 RNA 改良的抗褐变马铃薯栽培品种。该品种的马铃薯切开或碰撞后仍能保持白色而不变成褐色, 现已进入商业应用评估阶段。贮藏期间的马铃薯块茎积累过多还原糖而影响后续加工品质的“糖变”问题也有望通过对导致“糖变”的关键酶——淀粉磷酸化酶, 应用反义的 RNA 封闭基因表达技术而获解决。

褐变抑制剂: 生产中最普遍使用的抗褐变措施是化学护色的办法。即使用硫酸钠(150 ppm), 亚硫酸钠(钾)和焦亚硫酸钠(0.03%)的溶液浸二次, 再用 0.07%~0.1% 柠檬酸溶液浸泡 7~10 min^[12]。上述办法护色效果非常好, 护色剂的用量也容易控制在食品卫生标准的最大使用限量和最大残留量($\leqslant 0.1 \text{ g/kg}$)的范围内。但近年来, 欧美一些国家由于担心人类食用 SO₂ 护色的食品存在引起染色体畸变、癌变等可能的潜在威胁, 在食品界兴起了一种“非硫”运动。不含硫的次氯酸钙、次氯酸钠、抗坏血酸等

添加剂被广泛应用于各类蔬菜的护色中。对马铃薯抗褐变, 次氯酸钠的最有效浓度为 17.5 ppm, 浸泡液 pH 为 4, 浸泡时间 5 min 以上, 次氯酸钠的有效浓度也是 17.5 ppm, 但浸泡护色剂效果不受溶液的 pH 限制, 抗坏血酸护色的最有效浓度为 0.3%。2-磷酸一抗坏血酸是新开发出的效果良好的非硫护色剂^[13,14]。

2.2 防腐与保鲜

防止保鲜薯在贮运过程中的腐烂, 也是保鲜薯生产厂家必须重视、面对的问题。80 年代之前, 多用硫酸铜、多菌灵等保护性杀菌剂混溶于清洗、护色液中进行抑菌防腐处理。现在, “苯诺米尔”(benomyl)、“噻苯咪唑”(TBZ)、氨基丁抗熏蒸剂等被更多用于马铃薯的防腐保鲜及果蔬加工中。仲丁胺也是一种新型的极有前途的仿生型马铃薯防腐剂。人体本身在血液中就含有仲丁胺, 动物试验的结果也表明: 仲丁胺吸收快, 代谢快, 无积累性, 至今无畸变的报道, 被认为是“GRAS”级安全的添加剂。在马铃薯的防腐上, 仲丁胺熏蒸、洗薯块皆可。洗薯时, 每 kg 净含量为 50% 的仲丁胺商品制剂, 用水稀释后, 可洗块茎 2 万 kg。熏蒸时, 按每 kg 薯块 60 mg 和每 m³ 14 g 50% 仲丁胺使用, 熏蒸时间 12 h 以上, 防腐效果良好^[3,15]。

另一新开发的马铃薯保鲜措施是使用成膜保鲜剂。即用甲壳素、壳聚糖、麦芽糖糊精、魔芋葡萄甘露聚糖、褐藻酸钠、石蜡、蜂蜡、蔗糖酯等成膜剂, 加入一定的抑菌剂、抗氧化剂, 通过浸泡成膜、刷膜或喷涂的办法进行被膜保鲜。被膜保鲜效果很好, 兼有气调、抑制呼吸作用的功能, 尤以壳聚糖等自身就有很强的抑菌作用的成膜剂应用前景广泛^[16~18]。

最近, 日本研制出了新型的天然食品保鲜剂, 该产品是从核蛋白中提取的, 抗菌防腐效果良好, 主要成分有: 鱼白提取物 35%

甘氨酸 35%、醋酸钠 25%、聚磷酸钠 5%，试用于马铃薯鲜薯和“土豆色拉”保鲜，效果良好，且经过 60~120℃ 高温的 30min 加热后，抗菌活性仍然保持 100%，将这种保护剂吃进人体，对健康也无妨碍。该保护剂已获得美国 FDA 等 6 个国家标准和专利的认可^[19]。

3 贮藏与抑制发芽

保鲜薯一般要求贮藏在冷凉、避光、高湿度的条件下，有条件的地方宜进行高湿度气调贮藏(RH 90%~95%)。导致马铃薯加工品质劣变的贮藏期间还原糖积累是由于淀粉的降解引起的。淀粉的降解可以由淀粉水解酶和淀粉磷酸化酶催化进行，但这两种酶要求的最适温度是不同的，前者要求高温，后者要求低温。在 0~9℃ 范围内，马铃薯块茎淀粉的降解主要由淀粉磷酸化酶催化进行，块茎内积累“葡萄糖-1-磷酸”；在高于 10℃ 的贮藏温度下，淀粉的降解主要由淀粉水解酶催化^[20]。但 Nielsen 等人最近报道，低温贮藏会诱导“ β 淀粉酶”的重新合成，薯块在 3~5℃ 的低温下贮藏 3d，就可以检测到 β 淀粉酶的显著活性，在 10d 内，此活性增加 4~5 倍^[21]。因此，加工原料薯短期贮藏理想的贮藏温度应是 10~12℃，可使淀粉水解酶、淀粉磷酸化酶二者的活性都相对处于最低点，尽可能减少淀粉水解，从而减少马铃薯加工过程中由淀粉水解的葡萄糖等还原糖参与的“非酶褐变”、即“美拉德反应”，长期贮藏的温度为 7~8℃，种薯贮藏的温度为 3~4℃。贮藏库高要求至少 6~8m，最好用 1 吨木箱分装贮藏。入库装卸和贮藏期间的搬运最好用叉车整箱整垛地移动，尽量避免搬运过程中造成薯块新的机械损伤^[22,1]。在入贮之前和贮藏期间通常进行抑芽处理。常见的抑芽剂有下面几种：

3.1 青鲜素 (maleic hydrazide、MH)

学名马来酰肼，或顺丁烯二酰肼，是一种二乙醇胺盐或钠盐的水溶液，用作叶面喷洒，并非一种贮藏处理剂。每公顷用药量为 2.5~3.3kg，在叶子枯死或化学脱叶前 3~5 周喷施。过早使用可能会引起减产和块茎畸型，施用过晚常无效。种薯不可取自顺丁烯二酰肼处理过的大田。该剂是普遍使用的抑芽剂，效果好。但近年来发现有动物试验染色体畸变的结果。在美国，每年约有 10 万 hm² 土地生产的 200 万 t 马铃薯，约占美国生产的马铃薯总量的 8% 是用 MH 进行抑芽处理的。美国 FDA 和 EPA 允许的马铃薯块茎残留 MH 的最高限量为 50 ppm^[22,1,3]。

3.2 异丙基 n-(3-氯苯) 氨基甲酸酯 (CIPC)

CIPC 是目前世界上最广泛使用的马铃薯抑芽剂，在所有的欧洲国家、美国、澳大利亚和少数发展中国家的马铃薯贮藏中普遍使用了 CIPC。在美国，每年鲜薯总产量的 40% 被用 CIPC 处理后进行贮藏。在荷兰，CIPC 是唯一被允许用于贮藏加工原料薯的抑芽剂。CIPC 的施用方法有熏蒸、粉施、喷雾和洗薯四种，以熏蒸的抑芽效果最好，可长达 9 个月。熏蒸的适宜量范围：将 CIPC 的商品剂型按待处理的马铃薯重量的 0.5%~1% 使用，在温度 200℃ 左右使药剂汽化，并将其蒸气引入周流循环系统，然后关闭贮藏库存持续鼓风。一次熏蒸的时间在 48h 左右。喷雾的方法是将该药的汽态甲醇液引入主要通风系统进行鼓风。汽态液落于块茎的同时，甲醇便挥发，而留下萌芽抑制剂沉积物将该药的汽态甲醇液引入主要通风系统进行鼓风。汽态液落于块茎的同时，甲醇便挥发，而留下萌芽抑制剂沉积物，用药量 10g/t，在整个长期贮藏过程中一般使用三次。洗薯块的药液适宜浓度为 1%。FDA 和 EPA 1996 年公布的 CIPC 在薯块中允许残留的限量为

30mg/kg^[22~28]。目前, 国内可买到商品名为“戴科”的马铃薯抑芽剂, 其有效成分即为 CIPC, “戴科”抑芽剂中 CIPC 的净含量为 25%。推荐用量: 每处理 1t 马铃薯用 500~1000g 抑芽剂。CIPC 的类似药品“异丙基 n-氨基甲酸酯(IPC)”, 也有同样的抑芽作用^[22]。

3.3 二异丙基萘 (DIPN) 和二甲基萘 (DMN)

用 200~300mg/kg 的 DIPN 或 DMN 熏蒸抑芽效果也非常好, 但这两种抑芽剂的持效期都不如 CIPC, 多用于只需要在短时间内抑制发芽的种薯贮藏^[29]。

3.4 单萜 S-香芹酮 (S-carvone)

新开发的马铃薯抑芽剂, 效果良好, 使用 2d 后就可以完全抑制发芽, 使用浓度: 1600ppm^[30]。

3.5 壬醇 (nonyl alcohol) 和戊醇 (amyl alcohol)

国外推广的贮藏期间熏蒸抑芽剂, 通常在贮藏库中薯块刚现芽时熏蒸, 效果良好。尤其是壬醇有类似玫瑰和橙的愉快香气, 有效使用浓度每升空气 1 克壬醇或戊醇熏蒸, 残留最高限量为 2.0ppm。将壬醇液体随气道流入, 用量按引入 1 升空气含药量 0.1mg 计算, 通风速率为 10m³/t/h。成堆大量贮藏时, 气流通过主要通风系统吹入, 在箱藏时则将蒸汽引入周流循环系统。上述施用壬醇的方法完全能够抑制芽萌发生长, 但不持久, 一旦停止通风, 2~3 周内就又见生长, 因此, 可以作为种薯用抑芽剂^[31,1]。

3.6 四氯硝基苯 (Tetrachlornitrobenzene)

四氯硝基苯是作粉剂施用, 含有 5% 的有效成分, 于马铃薯入库时按 100g/t 的剂量喷布, 可适当控制芽萌发生长, 但对延期贮藏不适用。如果将处理后的种薯取出, 并暴露于自由空气中数周消去种薯上四氯硝基苯的全部痕量元素, 则往后仍可正常生长。如在薯块伤口愈合前使用, 也不会增加因伤口

病原菌所引起的腐烂。推荐作为种薯贮藏用抑芽剂^[31,1]。

3.7 N-二甲胺基琥珀酰胺 (B₉)

B₉ 和乙烯剂混合处理, 可有效地抑制马铃薯因薯块见光引起表皮变绿现象, 这种效果是由于 B₉ 抑制了从甲羟戊酸转化为茄碱的前体戊二烯的过程, 使用浓度 1000~2000ppm^[32]。

4 运输

国外的保鲜薯销售, 已基本上实现“冷链化”, 即“冷库贮藏→冷藏车运输→零售、批发商冷库”的流通路线, 对保持鲜薯质量起到很大作用。没有冷藏车运输的, 则在车厢的底层铺设架空 0.2m 以上的木板, 以保障运输过程中车厢的透气性。

上述综述的国外保鲜薯生产情况, 我国不一定要全部照搬套用, 但在实际生产中, 一定注意吸收国外的薯块分级、包装、抗褐变、防腐等方面成功的经验, 提高我国鲜薯出口的质量, 以增强在国际市场上的竞争能力。

参 考 文 献

- 1 Harris P M. The Potato Crop-The scientific basis for improvement. Published in the USA by Chapman and Hall, New York, 1978
- 2 张勇飞, 何廷飞. 马铃薯新品种“合作-88”. 马铃薯杂志, 1988, 12 (3): 191
- 3 华中农业大学. 蔬菜贮藏加工学. 农业出版社, 1989
- 4 Ito M et al. Damage to the surface of potatoes from collision. Transactions of the ASAE, 1994, 37 (5): 1431~1433
- 5 菲尼马著, 王璋等译. 食品化学. 北京: 中国轻工出版社, 1991, 360~361
- 6 Belknap W R, M E Vayda, and W D Park. The Molecular and Cellular Biology of the Potato. Second Edition. Published in the UK by CAB International, Wallingford, 1994, 151~154
- 7 Misener G C et al. Relative resistance of potato varieties

- to serious mechanical injury. Canadian Agricultural Engineering, 1993, 35 (4): 289~291
- 8 Mondy N I et al. Effect of maturity and storage on ascorbic acid and tyrosine concentrations and enzymatic discoloration of potatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1993, 41 (11): 1868~1871
- 9 Sim S K. Comparison of polyphenol oxidase in tubers of *Solanum tuberosum* and the non-browning tubers of *hyertingii*. Am Potato J, 1997, 74 (1): 1~15
- 10 Bachem C W B et al. Antisense expression of polyphenol oxidase genes inhibits enzymatic browning in potato tuber. Bio/Technology, 1994, 12 (11): 1101~1105
- 11 宋艳茹, 马庆虎. 反义 RNA 与植物基因表达调控. 见: 荆玉祥, 匡廷云, 李德葆主编. 植物分子生物学——成就与前景. 北京: 科学出版社, 1995
- 12 凌关庭等编. 食品添加剂手册. 上册. 北京: 化学工业出版社, 1989
- 13 Breclt J K et al. Hypochlorite inhibition of enzymatic browning of cut vegetable and fruit. Acta Horticulturac, 1993, NO. 343: 341~344
- 14 Sapers G M, Miller R L. Enzymatic browning control in potato with ascorbic acid-z-phosphates. Journal of Food Science, 1992, 57 (2): 1140~1143
- 15 国家科委科技成果转化办公室. 水果蔬菜贮藏保鲜技术. 北京: 科学技术文献出版社, 1988, 99~144
- 16 许喜林, 刘萍, 黎锡流. 水果蔬菜保鲜剂的研制. 食品工业科技, 1995, 1: 4~7
- 17 刘通讯, 曾庆孝, 何慧华. 可食性褐藻酸膜的成膜特性及其应用研究. 食品工业科技, 1996, 4: 4~9
- 18 张海德, 廖宇兰. 芒果贮藏与保鲜技术概述. 食品研究与开发, 1997, 18 (4): 53~56
- 19 允连. 日研制出天然食品保鲜剂. 食品工业科技, 1992, 1: 62
- 20 潘瑞炽, 董愚得. 植物生理学. 第三版. 北京: 高等教育出版社, 1995, 147~148
- 21 Nielsen T H, Deiting U, Stitt M. A β -amylase in potato tubers is induced by storage at low temperature. Plant Physiolg, 1997, 113 (2): 502~510
- 22 William F Talburt, Ora Smith. Potato Processing. Fourth Edition. Published in the USA by Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1987
- 23 Conte E et al. Presence of sprout inhibitor residues in potato in relation to application techniques. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1995, 43 (1): 2985~2987
- 24 刘才正等. CIPC 处理对抑制马铃薯块茎萌芽的效果. 植物保护, 1994, 20 (1): 26~27
- 25 Mondy N J et al. Effect of storage time, temperature, and cooking on isopropyl-N-(3-chlorophenyl) carbamate levels in potatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1992, 40 (2): 197~199
- 26 Choi Yumi et al. Effects of sprout suppressants and storage temperatures on processing quality of potato tubers grown in summer season. Journal of the Korean Society for Horticulture Science, 1996, 37 (5): 666~670
- 27 Kleinkopf G E. CIPC residues on stored Russet Burbank potatoes: 1. Maximum label application. American Potato Journal, 1997, 74 (2): 107~117
- 28 Burfoot D et al. Modelling the distribution of isopropyl N-(3-chlorophenyl) carbamate [CIPC] in box potato stores. Potato Research, 1996, 39 (2): 241~251
- 29 Lewis M D et al. Dimethylnaphthalene and diisopropyl naphthalene for potato sprout in storage: 1. Application methodology and efficiency. Am Potato Journal, 1997, 74 (3): 183~197
- 30 Oosterhaven K et al. Inhibition of potato (*Solanum tuberosum*) sprout growth by the monoterpane S-carvone: reduction of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase activity without effect on its mRNA level. Journal of Plant Physiology, 1993, 141 (4): 463~469
- 31 Magnus P. Food Science & Technology. Fourth edition, Published by John Murray Ltd, London, 1981
- 32 华南农学院. 果品贮藏加工学. 北京: 农业出版社, 1981: 78~79