

刘晓燕,谢国芳,秦晋颖,等. 不同抗氧化剂对油炸马铃薯片品质的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):289-291.

# 不同抗氧化剂对油炸马铃薯片品质的影响

刘晓燕, 谢国芳, 秦晋颖, 王金华, 谢晓林

(贵阳学院食品与制药工程学院/贵州省贵阳市果品加工工程技术研究中心, 贵州贵阳 550005)

**摘要:**选用茶多酚、抗坏血酸、蓝莓花色苷、柠檬酸、甘氨酸、*L*-半胱氨酸 6 种抗氧化剂,分别用 0.1%、0.3%、0.5% 质量分数的溶液对鲜切马铃薯片进行油炸前浸泡,考察不同抗氧化剂对油炸马铃薯片色泽变化、感官评分及丙烯酰胺含量的影响。结果表明:炸前用 0.3% *L*-半胱氨酸液浸泡 30 min 的薯片感官较佳、色泽变化最小、丙烯酰胺含量较对照组低 77.77%。

**关键词:**油炸马铃薯片;丙烯酰胺;抑制;品质

**中图分类号:** TS215 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)11-0289-03

油炸马铃薯片是一种休闲食品,具有风味可口、便携等特点,受到越来越多消费者的青睐;但科学家已经发现,马铃薯片经高温油炸会产生丙烯酰胺<sup>[1]</sup>。丙烯酰胺俗称丙毒,可引起人体神经损害并造成生殖毒性,可导致动物变畸、癌变,是人类潜在的致癌物质<sup>[2]</sup>。在日益重视健康和安全的今天,如何降低马铃薯片中的丙烯酰胺含量,同时提高马铃薯片色泽及品质是促进马铃薯加工及其产业化发展的重要课题。在此背景下,科学家开展相关研究,并提出相关对策来减少高温加工马铃薯片中丙烯酰胺的含量,如品种选育、改进储藏条件、调整加工工艺等。目前,选用添加剂抑制丙烯酰胺的报道很多,欧仕益等通过模拟丙烯酰胺反应系统的方法筛选出了某些能抑制丙烯酰胺的添加剂<sup>[3-4]</sup>,如  $\text{NaHSO}_3$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、半胱氨酸。于森等探讨了氨基酸对丙烯酰胺的消除作用<sup>[5]</sup>。何方奕等研究了 9 种果汁对薯片中丙烯酰胺的抑制效果<sup>[6]</sup>。但是以抗氧化剂作为添加剂探讨对油炸薯片感官品质的研究还未见报道。Mottym 等认为,食品中丙烯酰胺的产生是一个氧化过程<sup>[7-8]</sup>,笔者在前期研究基础上筛选了茶多酚、抗坏血酸、蓝莓花色苷、柠檬酸、甘氨酸和 *L*-半胱氨酸等 6 种安全的抗氧化剂,分别用质量分数为 0.1%、0.3%、0.5% 的溶液

对鲜切薯片进行油炸前浸泡,用气相色谱的方法检测马铃薯片中丙烯酰胺的含量,测定对油炸薯片中丙烯酰胺的抑制作用效果、薯片色泽、感官指标的影响,以期寻找理想、安全的丙烯酰胺抑制剂。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

市售马铃薯新鲜,表面无损伤,基本无发芽。棕榈油(香满园):嘉里粮油防城港有限公司。

试剂:丙烯酰胺,四川成都贝斯特试剂有限公司;2,3-二溴丙酰胺(2,3-DBPA),阿法埃莎天津化学有限公司;硫酸、NaCl、氢溴酸、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、乙酸乙酯(重蒸)、正己烷、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 均为国产分析纯试剂,天津科密欧化学试剂有限公司;KBr 和  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 经 600 °C 高温炉煅烧 4 h 使用;试验用水为娃哈哈纯净水;抗氧化剂柠檬酸、抗坏血酸为分析纯,天津科密欧化学试剂有限公司;*L*-半胱氨、甘氨酸为生化试剂,上海市阿拉丁试剂公司;茶多酚:河南双胜生物科技有限公司;25% 蓝莓花色苷,陕西汇能达生物科技有限公司。

### 1.2 仪器与设备

CR-10 色差仪,柯尼卡美能达有限公司生产;TGL-16A 冷冻离心机,湖南长沙平凡仪器有限公司生产;GC-14C 气相色谱仪(配电子俘获检测器 ECD 及威玛龙色谱数据工作站),日本岛津公司生产;HY-83 广州汇利单缸双帘电炸锅。

### 1.3 方法

**1.3.1 浸渍液的配制** 称取适量的 *L*-半胱氨、甘氨酸、柠檬酸、茶多酚、抗坏血酸及蓝莓花色苷,分别配制质量分数为 0.1%、0.3%、0.5% 的水溶液作为浸渍液,备用。以清水作为酒质量较高。

## 参考文献:

- [1] 林晓岚,陈惠芳,陈麒麟. 紫甘薯淀粉提取工艺优化[J]. 福建农林大学学报:自然科学版,2003,32(4):527-530.
- [2] 杨朝霞,王亦军,高磊. 紫甘薯花色苷色素研究进展[J]. 青岛大学学报:工程技术版,2004,19(2):32-36.
- [3] 顾国贤. 酿造酒工艺学[M]. 北京:中国轻工出版社,1996.

收稿日期:2013-04-26

基金项目:贵州省社会发展科技攻关计划[编号:黔科合 SY 字(2011)3118 号];贵州省果品加工工程技术研究中心建设项目[编号:黔科合(2012217)]。

作者简介:刘晓燕(1972—),女,贵州人,硕士,副教授,研究方向为农产品加工与贮藏。Tel:(0851)5403091;E-mail:1195296111@qq.com。

不得检出;黄曲霉毒素  $\text{B}_1$ :  $\leq 5 \mu\text{g/L}$ ;其他卫生指标应符合 GB 2758—2005《发酵酒卫生标准》。

## 5 结论

紫甘薯浆液化的最佳条件为:液化温度 95 °C,淀粉酶添加量 25 U/g 干物质,液化时间 25 min。

紫甘薯的发酵最佳工艺参数为:紫甘薯浆添加量 25.01%,发酵温度 25.01 °C,发酵时间 7.33 d,得到紫甘薯黄

空白对照。

1.3.2 油炸马铃薯的加工流程 将市售新鲜马铃薯洗净,用纱布吸干,去皮,用家用刨子制备成 2 mm 厚薄均匀的薯片,再用刀片切成 3.5 cm×2.0 cm,清水漂去游离淀粉,置 85 ℃ 热水漂烫 3.5 min,在不同溶液中浸泡 30 min 后,再在 60 ℃ 烘箱中干燥 15 min;然后在 130 ℃ 下油炸至膨松状态,沥去油,冷却,得到成品。

1.3.3 马铃薯片感官质量评价方法<sup>[9]</sup> 由 3 个以上食品专业感官评定员对样品进行感官评定。通过观察、品尝等感知手段按预定评分标准进行评分,然后分别取每项得分平均值,最后把 3 项得分综合作为对产品感官品质的评价。感官评定的评价标准如表 1。

表 1 感官品质评定标准			
感官指标	评价	等级	分数
香气(20 分)	有油炸风味和土豆香气	优	15~20
	有香气,但不明显	中	10~15
	无香气,或有异味	差	5~10
色泽(25 分)	无褐变,且呈油炸金黄色	优	20~25
	少量褐变	中	15~20
	严重褐变	差	10~15
油腻感(25 分)	不油腻	优	20~25
	油腻	中	15~20
	极油腻	差	10~15
酥脆度(30 分)	酥脆,有油炸食品口感	优	24~30
	表面酥脆,但内部松软	中	18~24
	松软,毫无酥脆感	差	12~18

1.3.4 样品处理方法<sup>[10]</sup> 准确称取 5.0 g 预先均匀混合并研细的试样于 30 mL 离心管中,加入 20 mL 10% NaCl 溶液,混匀,涡漩,混合提取 2 min,11 000 r/min 离心 10 min,上清液全部转移至分液漏斗中,再分别用 15 mL 10% NaCl 溶液重复提取 2 次,合并提取液,用 10 mL 正己烷萃取 3 次脱脂,弃去上层正己烷,准确吸取 10 mL 下层水溶液,加入 0.6 mL 10% 硫酸,预冷至 4 ℃,依次加入 1 mL 0.1 mol/L KBrO<sub>3</sub> 溶液和 1.50 g KBr 固体,摇匀,4 ℃ 放置 50 min,加入 0.8 mL 0.1 mol/L 硫代硫酸钠溶液,以除去多余的衍生化试剂终止反应,产物用 10 mL 乙酸乙酯提取 3 次,合并提取液,用 600 ℃ 灼烧处理过的无水硫酸钠除去少量的水分,40 ℃ 减压浓缩,定容至 1 mL。

1.3.5 标准曲线的绘制 向 7 个 250 mL 锥形烧瓶中分别加入 0、50、500、1 000、2 000、4 000、5 000 μL 的丙烯酰胺标准溶液(10 μg/mL),加入蒸馏水,定容至 100 mL,然后再将这些溶液按照样品处理步骤进行处理,最后将其定容液分别进行 GC-ECD 分析。

气相色谱条件:程序控制分流/不分流进样器(PSS);Elite-Wax 石英毛细柱(15m×0.25mm,0.25 μm);电子俘获检测器(ECD),载气 N<sub>2</sub>,流速 1.6 mL/min;不分流进样,进样量 1 μL,进样口温度 250 ℃,检测器温度 280 ℃;程序升温:60 ℃(2 min,9 ℃/min)→170 ℃(5 min,8 ℃/min)→195 ℃(2 min,40 ℃/min)→235 ℃(2 min)。

1.3.6 色差测定 采用 CR-10 色差仪测定薯片的颜色。采用亨特均匀表色系统测定 L\*、a\*、b\* 值,以表示脆片的颜色,重复 3 次,其中 L\* 表示白度;红度 a\* 值表示色泽红/绿;黄度 b\* 值表示黄/蓝。

2 结果与分析

2.1 丙烯酰胺测定

2.1.1 定性条件 将乙酸乙酯/正己烷(体积比 4:1)纯溶剂与 10 μg/mL 2,3-DBPA 标准溶液分别进样,比较两者色谱图后得 2,3-DBPA 保留时间为 17.532 min(图 1)。

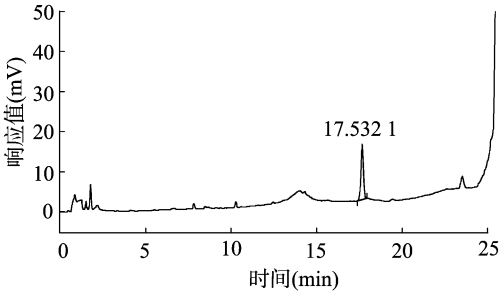


图1 2,3-DBPA 标准品气相色谱

2.1.2 标准曲线的绘制 在上述的色谱条件下,取“1.3.5”配制的标准溶液 1.0 μL 进样,得回归方程为 y=0.122 3x+0.466 9,r<sup>2</sup>=0.998 2,说明该标准曲线可靠性高。

2.2 不同质量分数抗氧化剂浸泡薯片后抑制丙烯酰胺效果 不同质量分数的抗氧化剂对鲜切薯片处理后进行油炸,GC 色谱图中峰面积明显减少即样品中丙烯酰胺含量减小,色谱图以柠檬酸为例(图 2),样品中丙烯酰胺含量见表 2。

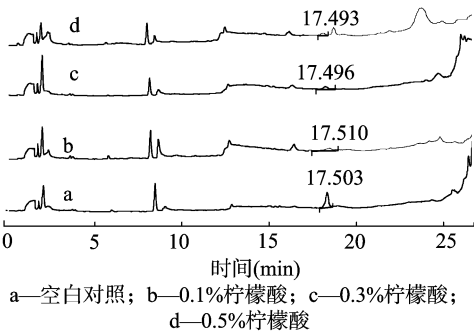


图2 不同质量分数柠檬酸浸泡后样品中的丙烯酰胺气相色谱

表 2 6 种抗氧化剂浸泡处理对薯片中丙烯酰胺含量的影响

抗氧化剂种类	丙烯酰胺含量(μg/kg)		
	0.1%	0.3%	0.5%
柠檬酸	2.27±0.05d	1.99±0.11d	1.29±0.05d
L-半胱氨酸	3.03±0.02c	1.62±0.03d	1.41±0.02d
甘氨酸	4.22±0.04b	3.76±0.04c	3.64±0.04b
蓝莓花色苷	4.80±0.01b	4.49±0.05b	2.50±0.04b
抗坏血酸	5.99±0.04a	3.28±0.06c	1.72±0.03c
茶多酚	3.36±0.08c	7.63±0.05a	7.63±0.06a

注:同列中数据后不同的小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 3 同。

不同质量分数的抗氧化剂浸泡后薯片的丙烯酰胺含量测定结果如表 2 所示,除茶多酚外,其他 5 种抗氧化剂,随着质量分数的增大,对丙烯酰胺的抑制作用明显增强,以清水处理油炸薯片为对照,测得其中丙烯酰胺含量为 7.29 μg/kg。以效果最佳的柠檬酸作比较,质量分数分别为 0.1%、0.3%、0.5% 的柠檬酸液浸泡薯片油炸后丙烯酰胺含量较对照组降低了 68.86%、72.70%、82.30%,L-半胱氨酸降低 58.44%、

77.77%、80.66%，甘氨酸降低 42.11%、48.42%、50.07%。茶多酚浓度为 0.3% 以上就失去抑制效果。

柠檬酸溶液浸泡既能够减少原料中丙烯酰胺的生成前体物质葡萄糖和天冬酰胺的含量，又能降低整个反应过程的 pH 值，不利于美拉德反应进行<sup>[11]</sup>，可以有效控制食品中丙烯酰胺的形成；甘氨酸、抗坏血酸、L-半胱氨酸都是天然抗氧化剂，丙烯酰胺的形成与体系的抗氧化性密切相关，抗氧化性又与抗氧化剂的添加水平有关，所以抗氧化剂能抑制丙烯酰胺的形成<sup>[12]</sup>；蓝莓花色苷属黄酮类化合物，植物类黄酮制剂对丙烯酰胺有一定的抑制作用，与章宇的研究结果<sup>[13]</sup>一致。

茶多酚是从茶叶中提取的多羟基酚类化合物的总称，主要为儿茶素类和黄酮类。茶多酚具有较强的抗氧化功效，理论上应该抑制丙烯酰胺的生成，研究表明添加茶多酚质量分

数在 0.3% 以上，样品中丙烯酰胺含量并不会降低，与刘明等的研究结果<sup>[14]</sup>一致，相关原因有待进一步研究。

2.3 不同抗氧化剂浸泡对薯片品质的影响

表 3 显示，不同的抗氧化剂对马铃薯片的感官评分、色差 *E* 具有显著影响。经 L-半胱氨酸处理后的薯片总体感官评分最佳，其次为经抗坏血酸、柠檬酸、甘氨酸处理。马铃薯片的色差主要指标是白度即 *L* 的大小，从 *E* 的大小可以看出不同油炸成品与原料色泽的差异度，*E* 越小代表成品色泽与土豆片色泽越接近。从数值上看，*E* 平均值最小的是柠檬酸处理，其次是蓝莓花色苷、L-半胱氨酸、甘氨酸、茶多酚、抗坏血酸处理。其中，蓝莓花色苷使薯片油炸后色泽紫红，不符合现有的大众口味。

表 3 6 种抗氧化剂浸泡对薯片品质的影响

抗氧化剂种类	0.1%		0.3%		0.5%	
	感官评分	<i>E</i>	感官评分	<i>E</i>	感官评分	<i>E</i>
柠檬酸	81.67 ± 0.58d	9.38 ± 0.38e	89.67 ± 0.58b	10.36 ± 0.38c	80.67 ± 0.58c	12.48 ± 0.42b
L-半胱氨酸	94.33 ± 0.58a	13.56 ± 0.19c	95.33 ± 0.58a	13.05 ± 0.31b	95.33 ± 0.58a	12.87 ± 0.52b
甘氨酸	83.33 ± 0.58c	14.46 ± 0.39c	83.67 ± 0.58d	11.56 ± 0.12c	80.33 ± 0.58c	16.54 ± 0.27a
蓝莓花色苷	73.33 ± 3.21e	12.97 ± 0.48d	72.67 ± 4.16e	12.32 ± 0.42b	71.00 ± 3.61d	10.46 ± 0.19c
抗坏血酸	87.67 ± 0.58b	18.67 ± 0.41a	87.33 ± 0.58c	16.81 ± 0.43a	84.00 ± 1.0b	12.48 ± 0.46b
茶多酚	76.67 ± 0.58e	17.49 ± 0.37b	83.33 ± 0.58d	12.80 ± 0.44b	83.33 ± 0.58b	8.23 ± 0.29d

注： $E^2 = (L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2$ ；0 为炸前马铃薯片的色泽值。

表 3 还显示柠檬酸在质量分数为 0.3% 时感官评分最高，且 *E* 变化也不大，增加到 0.5% 后，品质指标下降。L-半胱氨酸随质量分数的增加对薯片品质的影响不大。甘氨酸随质量分数的增加对薯片的品质影响规律性不明显。抗坏血酸、茶多酚在质量分数达 0.5% 后表现出很好的护色效果，与笔者对其他水果的护色作用研究结果一致。

综合感官评分、色泽变化、丙烯酰胺抑制率及经济成本考虑，炸前用 0.3% L-半胱氨酸液浸泡 30 min 的薯片感官较佳、色泽变化最小、丙烯酰胺含量较对照低 77.77%，且 L-半胱氨酸符合国家食品添加剂要求。

3 结论

不同质量分数的抗氧化剂浸泡处理对薯片中的丙烯酰胺有不同的抑制效果，经柠檬酸处理薯片抑制丙烯酰胺效果最佳，质量分数分别为 0.1%、0.3%、0.5% 的柠檬酸液浸泡薯片油炸后丙烯酰胺含量较对照组分别降低了 68.86%、72.70%、82.30%，L-半胱氨酸处理较对照分别降低了 58.44%、77.77%、80.66%。

不同的抗氧化剂对马铃薯片的感官评分、色差 *E* 具有显著影响。其中油炸前用 0.3% L-半胱氨酸液浸泡 30 min 的薯片感官较佳、色泽变化最小、丙烯酰胺含量较对照组低 77.77%，且 L-半胱氨酸符合国家食品添加剂要求。

参考文献：

[1] Hileman B. Acrylamide found in cooked foods; high level detection by Swedish researchers leads to flurry of government and industry testing[J]. Chemical and Engineering News, 2002, 80(19): 33.  
[2] 欧仕益, 张 璟, 黄才欢, 等. 食品中的丙烯酰胺问题研究进展

[J]. 食品科技, 2003(7): 64-65, 77.  
[3] 欧仕益, 张玉萍, 黄才欢, 等. 几种添加剂对油炸薯片中丙烯酰胺产生的抑制作用[J]. 食品科学, 2006, 27(5): 137-140.  
[4] 张玉萍, 欧仕益, 袁 霖. 3 种添加剂对油炸薯片丙烯酰胺产生和质构的影响[J]. 中国粮油学报, 2007, 22(3): 131-133, 139.  
[5] 于 森, 邓刘蒙子, 江姗姗, 等. 7 种氨基酸对丙烯酰胺的消除作用[J]. 食品科学, 2012, 33(17): 21-24.  
[6] 何方变, 刁全平, 孙巧寅, 等. 9 种果汁对油炸薯条中丙烯酰胺的抑制作用[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 175-177.  
[7] Stadler R H, Blank I, Varga N, et al. Acrylamide from Maillard reaction products[J]. Nature, 2002, 419: 449-450.  
[8] Mottram D S, Wedzicha B L, Dodson A T. Acrylamide is formed in the Maillard reaction[J]. Nature, 2002, 419: 448-449.  
[9] 张 群, 张 慈, 范柳萍, 等. 护色工艺对真空油炸马铃薯片品质的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(1): 49-52.  
[10] 周 宇, 朱圣陶, 刘仁平. 气相色谱法测定食品中丙烯酰胺[J]. 食品科学, 2006, 27(3): 194-196.  
[11] Zyzak D V, Sanders R A, Stojanovic M, et al. Acrylamide formation mechanism in heated foods[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(16): 4782-4787.  
[12] Summa C, Wenzl T, Brohee M, et al. Investigation of the correlation of the acrylamide content and the antioxidant activity of model cookies[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(3): 853-859.  
[13] 章 宇. 生物黄酮抑制食品中丙烯酰胺形成的机理及其构效关系研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.  
[14] 刘 明, 刘艳香, 谭 斌, 等. 几种食品添加剂对挤压即食食品丙烯酰胺形成的抑制效果研究[J]. 食品科技, 2011, 36(7): 237-241.