

紫色马铃薯薯条生产工艺的研究

黄洪媛, 秦礼康*

(贵州大学生命科学学院, 贵州贵阳 550025)

摘要:以紫色马铃薯为原料,对丙烯酰胺含量低,色素保留较好的紫色马铃薯薯条生产工艺进行研究,得到最佳工艺为烫漂处理+微波真空冷冻。烫漂处理中最优护色剂组合为L-半胱氨酸浓度0.08%、柠檬酸浓度0.1%、氯化钙浓度 125×10^{-6} g/mL,浸泡时间10min;最佳烫漂温度70℃;烫漂时间5min。该工艺成品中未检出丙烯酰胺,色泽(E值)可降低到 92.8739 ± 5.3234 。

关键词:紫色马铃薯,薯条,生产工艺

Study on the processing technique of purple potato french fries

HUANG Hong-yuan, QIN Li-kang*

(College of Life Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Scalding combined with microwave vacuum freezing was the best processing technique to purple potato french fries from the purple potato, which had low acrylamide and better pigment reservation. Results showed that the pigment of purple potato french had been maintained well when coloring protected in 0.08% L-cysteine + 0.1% citric acid + 125×10^{-6} g/mL CaCl_2 for 10min and scalded in 70℃ for 5min. Acrylamide were not be discovered in the purple potato french fries which produced by the processing technique, the pigment(E) could be reduced to 92.8739 ± 5.3234 .

Key words: purple potato; french fries; processing technique

中图分类号: TS215

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2012)04-0269-06

薯条是以马铃薯为原料加工成的休闲食品,深受人们喜爱,但随着人们对食品安全的重视,降低薯条中丙烯酰胺的含量已成为薯条加工产业中的一个重大课题。目前为止,由天门冬酰胺和还原性糖在高温加热过程中通过美拉德(Maillard reaction)反应而生成丙烯酰胺的^[1-2]机理已经得到了确认。另一方面,多年来加工所用的马铃薯基本上都是白色或黄色,随着人们对彩色食品的关注,发现紫色马铃薯除具有较高的营养价值外,还含有以花青素为主要成分的天然色素。目前对彩色马铃薯的研究多集中在其所含色素的功能和性质方面,如具有抗流感、抗氧化等活性^[3-9],对温度、pH、光照等因素较敏感^[10],但未见将彩色马铃薯用作食品加工的相关报道。本实验以紫色马铃薯作为原料,结合微波真空冷冻和低温真空油炸等低温熟化设备设计实验,重点对丙烯酰胺含量低,色素保留较好的紫色马铃薯薯条生产工艺进行研究。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

马铃薯品种为全紫色马铃薯,采自贵州省盘县(四格乡);L-半胱氨酸 张家港市思普生化有限公司,食品级;柠檬酸(分析纯) 成都化学试剂厂;氯化钠(分析纯) 天津市协和昊鹏色谱科技;海藻酸钠(分析纯) AR 生工生物工程(上海)有限公司;壳聚糖(分析纯) 山东奥康生物有限公司;丙烯酰胺标准品 天津市光复精细化工研究所,纯度>99.5%;甲醇(色谱级) 天津科密欧公司;纯净水 娃哈哈纯净水。

GLZ-0.2B 微波真空冷冻设备 上海浦东冷冻干燥公司;XSDFM-60-I 真空低温油浴脱水设备 济南新斯达机械有限公司;UV-7502 PC 紫外可见分光光度计 上海欣茂仪器有限公司;手动切薯条机 上海杰瑞弗仪器有限公司;真空包装机 恒鑫包装机械设备有限公司;WB-2000IXA 全自动测色色差计 北京康光仪器有限公司;真空干燥箱 上海锦星科学仪器有限公司;LC-2010AHT 型液相色谱仪 日本岛津;venusil mp C_{18} (4.6mm × 250mm) 色谱柱 博纳艾杰尔;TGL20M 台式高速冷冻离心机 长沙迈佳森仪器设备有限公司。

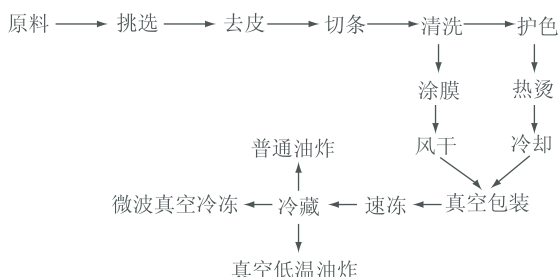
1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程

收稿日期:2011-04-08 * 通讯联系人

作者简介:黄洪媛(1986-),女,硕士研究生,研究方向:食品营养与安全。

基金项目:贵州省科技重大专项(黔科合重大专项[2008]6009号);六盘水市科技局项目(52020-07-008)。



1.2.2 实验方案

1.2.2.1 护色条件的确定 设定烫漂温度 70℃, 烫漂时间 5min, 分别使用不同浓度 L-半胱氨酸 (0、0.02%、0.04%、0.06%、0.08%、0.1%)、柠檬酸 (0、0.01%、0.05%、0.1%、0.15%、0.2%)、氯化钠 (0、 25×10^{-6} 、 50×10^{-6} 、 75×10^{-6} 、 100×10^{-6} 、 125×10^{-6} 、 150×10^{-6} g/mL), 进行浸泡, 浸泡时间 5min, 冷却风干后以色泽 (E 值) 为检测指标, 确定浸泡浓度范围。在此基础上选出四因素三水平进行正交实验, 选出最佳护色条件。

1.2.2.2 热烫时间和温度的确定 选取最佳护色条件, 单因素热烫温度为: 0、40、50、60、70、80、90、100℃, 时间为 5min; 单因素热烫时间为: 0、1、3、5、7、9、11、13min, 温度为 70℃。在单因素实验基础上, 选出两因素三水平进行全实验, 以色泽 (E 值) 和硬度为主要评价指标, 确定最佳热烫温度和时间。

1.2.2.3 涂膜剂与涂膜浓度的确定 壳聚糖浓度 0.1%、0.5%、1%、1.5%; 海藻酸钠浓度 0.5%、1%、1.5%、2%, 风干后以色泽 (E 值) 为主要检测指标。

1.2.2.4 速冻条件 速冻温度和时间: -24℃, 1h; 冻藏温度: -18℃。

1.2.2.5 不同熟化方法 低温真空微波条件: 微波功率 1300W, 真空度 -70kPa, 时间 35min, 热风干燥温度 80℃; 真空低温油炸: 油炸工艺温度 95℃, 真空度 0.090MPa, 时间 9min; 离心脱油条件为真空度 0.090MPa, 脱油转速 400r/min, 时间 7min。

1.2.3 指标检测方法

1.2.3.1 一般指标的测定 硬度的测定: GY-1 型果实硬度计; 维生素 C (鲜样) 含量分析: 采用维生素 C 试剂盒测定方法; 还原糖分析参照文献 [12] 进行测定; 总淀粉 (鲜样) 含量分析: 采用酸水解法 [13]; 干物质含量分析: 采用 GB/T8858-1988 测定。

1.2.3.2 色泽的测定 (E 值) 全自动测色色差计测定, 采用亨特均匀表色系统测定 L、a、b 值, 重复 3

次, 其中 L 表示白度, a 值表示色泽红/绿, b 值表示黄/蓝, 计算公式 $E^2 = (L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2$, 带 0 字母表示空白值, E 值越小代表色泽褐变度越小, 即色泽与鲜薯色泽越接近。

1.2.3.3 丙烯酰胺含量 高效液相色谱法。a. 标准储备液 精确称取 9.6mg 丙烯酰胺标准品 (精确至 0.1mg), 用纯净水定容到 1000mL 配制成溶液, 存放于 -20℃ 水箱中。b. 色谱条件: 耐水性 C₁₈ 柱 (250mm × 4.6mm); 流动相: 甲醇: 超纯水 = 10:90, 检测波长 210nm, 流速 0.5mL/min, 柱温 20℃, 进样量 10μL。c. 样品处理方法: 准确称取 1g 均质化的样品 (精确至 0.1g) 于 10mL 离心管中, 加入 10mL 蒸馏水, 在均质器中均质 30s, 12000r/min, 离心 10min, 收集 1 次上清液, 沉淀中再加入 10mL 蒸馏水, 均质后离心 (12000r/min, 10min), 收集 2 次上清液。沉淀中再加入 10mL 蒸馏水, 均质后离心 (12000r/min, 10min) 收集 3 次上清液。用带针头的注射器避开油层吸取收集上清液体中间清液 5mL, 过 0.45μm 水性滤膜, 弃去最初的 0.5mL 流出液, 收集生成的流出液, 供进样测定。

1.2.3.4 口感、风味评定 参照《食品分析与感官评定》的有关评定方法, 随机抽取 15 个人, 分为三组按表进行评分, 评分前参与者不能进食任何刺激味觉的食物, 且先用清水漱口, 然后按表 1 分别对其色泽、口感、风味等进行评分。

1.2.4 数据处理方法 使用 SPSS (11.5) 对各组数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 实验用马铃薯的基本指标

实验用马铃薯基本指标见表 2。结果表明, 实验用薯还原糖含量小于 0.10g/100g, 干物质含量在 22~25g/100g 之间, 较符合生产薯条对原料的要求 [14-15]。

2.2 护色条件

目前已知彩色马铃薯所含色素为花青素, 对温度、pH、光都较为敏感。实验所用紫色马铃薯在酸性条件下呈红色, 在碱性条件下呈蓝色。

2.2.1 不同护色剂浓度范围的确定 护色剂处理的主要作用是抑制酶促褐变, 主要涉及的酶是多酚氧化酶 (PPO)。PPO 在有氧气存在的情况下催化马铃薯组织中的多酚类物质氧化形成醌, 醌进一步聚合形成黑色物质而引起褐变 [16-19]。研究证明 [20-21] 彩色马铃薯因富含花青素, 属多酚类化合物, 抗氧化活性高于普通马铃薯, 但是在酶促条件下仍能发生褐变, 加工过程

表 1 成品感官评分标准

Table 1 The score standard of end item

项目	满分	评分标准
口感	25	条酥软 (18~25), 大部分酥软 (13~17), 小部分酥软 (8~12), 整条硬或软 (0~7)
风味	25	薯香味浓 (18~25), 较浓 (13~17), 较淡 (8~12), 无薯香味 (0~7)

表 2 实验鲜马铃薯基本指标

Table 2 Base index of fresh potato

品种	总淀粉 (g/100g)	蛋白质 (g/100g)	干物质 (g/100g)	还原糖 (g/100g)	V _c (μg/g)	平均长度 (cm)
全紫色马铃薯	15.66 ± 0.87	2.90 ± 0.07	24.70 ± 0.47	0.03 ± 0.52	3.52 ± 0.00	73.47 ± 1.50

注: 表中结果为“平均值 ± 标准差”。

中需要护色剂处理抑制褐变。图 1~图 3 为不同浓度的三种护色剂对紫色马铃薯薯条色泽 E 值的影响。

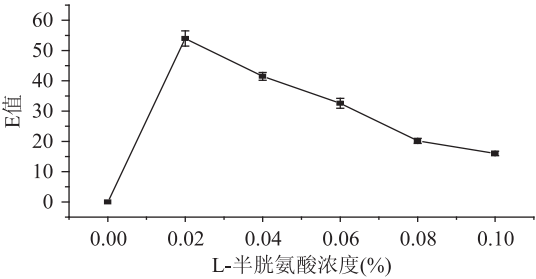


图 1 不同浓度 L-半胱氨酸的护色效果
Fig.1 Effect of L-cysteine density on the E of purple potato

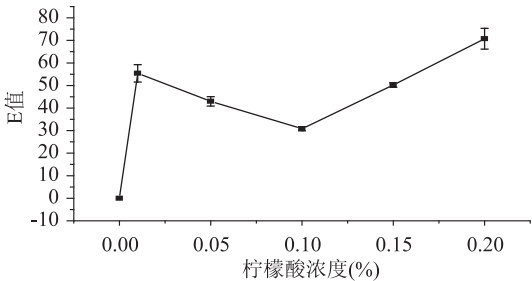


图 2 不同浓度柠檬酸的护色效果
Fig.2 Effect of citric acid density on the E of purple potato

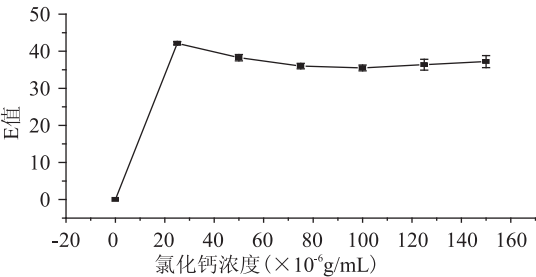


图 3 不同浓度氯化钙的护色效果
Fig.3 Effect of CaCl₂ density on the E of purple potato

由图 1 可知,随着 L-半胱氨酸浓度的增加色泽(E 值)逐渐减少,表明 L-半胱氨酸对彩色马铃薯的褐变具有抑制作用。其中,色泽(E 值)在 L-半胱氨酸浓度 0.08%~0.1% 之间趋于稳定,结合成本考虑,选择 L-半胱氨酸浓度范围在 0.04%~0.08%。

随着柠檬酸浓度的增加,色泽(E 值)先减少后增加。可能是随着柠檬酸浓度的增加,溶液中 pH 逐渐降低抑制了 PPO 活性^[22],在 0.1% 时达到最好效果,但随后浓度的不断增加使得色素的稳定性逐渐降低,色泽(E 值)随之升高,选择柠檬酸浓度在 0.05%~0.15%。

随着氯化钙浓度的增加,色泽(E 值)先逐渐上升后缓慢下降。虽然氯化钙浓度的变化对色泽(E 值)无太大的影响,但护色效果较好。原因可能是其 Ca²⁺与细胞壁上的果胶作用形成果胶钙,在增加了组织硬度的同时,也防止了液泡中的液体外渗到细胞质中与多酚氧化酶接触,从而降低褐变程度^[23]。最后考

虑选择氯化钙浓度在 $75 \times 10^{-6} \sim 125 \times 10^{-6} \text{ g/mL}$ 之间。
2.2.2 最佳护色条件的确定 在单因素实验的基础上,以色泽为主要评价指标,设计护色正交实验,因素水平见表 3,护色正交实验的方法、结果及方差分析见表 4、表 5。

表 3 护色实验因素水平表

水平	因素			
	A L-半胱氨酸(%)	B 柠檬酸(%)	C 氯化钙($\times 10^{-6} \text{ g/mL}$)	D 浸泡时间(min)
1	0.04	0.05	75	5
2	0.06	0.1	100	10
3	0.08	0.15	125	15

如表 4、表 5 所示,极差值(R 值)的大小表明影响护色效果的主次因素顺序为:L-半胱氨酸>氯化钙浓度>柠檬酸浓度>浸泡时间,本实验中最优的护色组合为 A₃B₂C₃D₂,即 L-半胱氨酸浓度为 0.08%、柠檬酸浓度为 0.1%、氯化钙浓度为 $125 \times 10^{-6} \text{ g/mL}$ 、浸泡时间为 10min。方差分析表明:四个因素中,L-半胱氨酸浓度对色泽(E 值)影响极显著($P < 0.01$),柠檬酸及氯化钙浓度对色泽(E 值)的影响显著($P < 0.05$)。

2.3 最佳烫漂时间和温度的确定

彩色马铃薯色素对温度较敏感,已有研究表明温度越高、处理时间越长,色素的流失越多,这是因为温度影响花色苷与辅色素的共色作用,高温也可导致花色苷趋向转化为无色的查尔酮,但这种转化是可逆的^[24-25]。因此必须对烫漂温度及时间进行选择,以色泽(E 值)和硬度为检测指标,其结果见图 4、图 5。

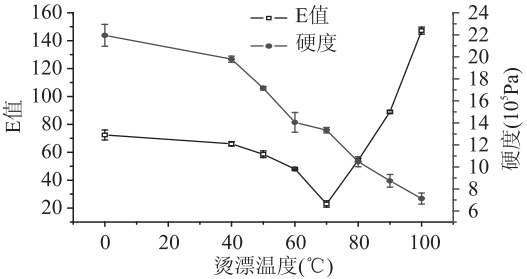


图 4 不同烫漂温度对硬度和 E 值的影响
Fig.4 Effect of blanching treatment on hardness and E of purple potato

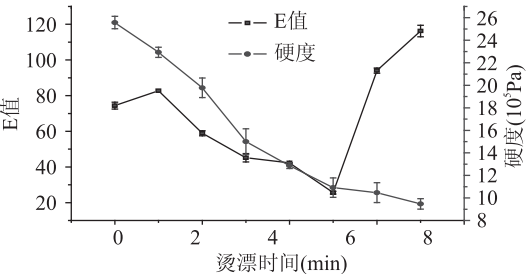


图 5 不同烫漂时间对硬度和 E 值的影响
Fig.5 Effect of blanching time on hardness and E of purple potato

如图 4、图 5 所示,硬度值随烫漂时间和烫漂温度的增加,均逐渐变小;而色泽(E 值)则随着烫漂温

表 4 $L_9(3^4)$ 护色正交实验处理方法与结果表

Table 4 Results and range analysis of $L_9(3^4)$ orthogonal array design

实验号	A	B	C	D	色泽(E 值)
1	1	1	1	1	50.9253 ± 1.0111 ^c
2	1	2	2	2	42.9861 ± 2.4344 ^d
3	1	3	3	3	48.1270 ± 0.7338 ^e
4	2	1	2	3	28.5387 ± 0.8284 ^b
5	2	2	3	1	21.9139 ± 0.6877 ^a
6	2	3	1	2	35.0915 ± 0.9210 ^c
7	3	1	3	2	21.1854 ± 0.3511 ^a
8	3	2	1	3	23.8256 ± 3.0285 ^{ab}
9	3	3	2	1	24.5230 ± 2.3801 ^{ab}
k_1	47.346	31.994	36.614	32.454	
k_2	28.515	29.575	32.016	31.532	最佳参数
k_3	21.622	35.914	28.853	33.497	$A_3B_2C_3D_2$
R	25.724	6.339	7.761	1.965	

注:表中结果为“平均值 ± 标准差”,同列不同字母为差异显著($P < 0.05$);表 7~表 9 同。

表 5 护色正交实验方差分析表

Table 5 Variance analysis for E with different treatment conditions

来源	偏差平方和	自由度	F 值	$F_{0.05(2,2)}/F_{0.01(2,2)}$	显著性
A	967.202	2	583.707	19.00/99.00	**
B	61.564	2	37.154	19.00/99.00	*
C	62.233	2	37.558	19.00/99.00	*
D	1.657	2	1.000	19.00/99.00	
误差	1.66	2			
总变异	1094.316	10			

注:* 差异显著($P < 0.05$);** 差异极显著($P < 0.01$)。

度、烫漂时间的增加先减少后增加,其中烫漂温度 70℃ 时出现拐点,烫漂时间在 5min 时出现拐点。因此结合硬度和色泽(E 值)综合考虑,确定烫漂温度及时间,结果见表 6。按表 6 因素水平进行全实验,方法和结果见表 7。以色泽(E 值)为主要指标,硬度为次要指标,选出最佳烫漂条件为 70℃、5min。

表 6 烫漂实验因素水平表

Table 6 Factors and levels of blanching experiment design

因数	烫漂温度(℃)	烫漂时间(min)
1	60	4
2	70	5
3	80	6

表 7 烫漂全实验处理方法与结果

Table 7 Method and results of blanching experiment

处理	烫漂温度(℃)	烫漂时间(℃)	色泽(E 值)	硬度(10^5 Pa)
1	1	1	43.7354 ± 0.3691 ^g	20.60 ± 0.15 ^h
2	1	2	42.3587 ± 0.2910 ^f	16.73 ± 0.03 ^f
3	1	3	49.2834 ± 0.5952 ^b	13.30 ± 0.13 ^d
4	2	1	30.42136 ± 0.1635 ^c	17.32 ± 0.24 ^g
5	2	2	21.5969 ± 0.2244 ^b	15.68 ± 0.20 ^e
6	2	3	37.6616 ± 0.4345 ^d	12.32 ± 0.08 ^c
7	3	1	18.4028 ± 0.1684 ^a	13.18 ± 0.25 ^d
8	3	2	37.1066 ± 0.0173 ^d	9.22 ± 0.13 ^b
9	3	3	40.7080 ± 0.0827 ^c	8.30 ± 0.73 ^a

2.4 涂膜处理对紫色马铃薯薯条的护色效果

由于烫漂工序对紫色马铃薯薯条造成色素的流失较大,故考虑使用涂膜处理来减少紫色马铃薯薯条的色素流失。实验结果见表 8、表 9。

表 8 不同海藻酸钠涂膜处理的结果

Table 8 Method and results of sodium alginate for film experiment

处理	海藻酸钠(%)	色泽(E 值)	硬度(10^5 Pa)
1	0.5	23.8375 ± 0.13 ^d	23.43 ± 0.26 ^a
2	1.0	19.5744 ± 0.60 ^c	24.48 ± 0.29 ^{ab}
3	1.5	6.1830 ± 0.54 ^a	23.85 ± 0.19 ^a
4	2.0	9.2548 ± 0.02 ^b	25.53 ± 0.70 ^b

表 9 不同壳聚糖涂膜处理的结果

Table 9 Method and results of chitosan for film experiment

处理	壳聚糖(%)	色泽(E 值)	硬度(10^5 Pa)
1	0.1	55.7909 ± 0.1909 ^d	23.78 ± 0.52 ^a
2	0.5	34.8085 ± 0.5181 ^c	25.05 ± 0.46 ^a
3	1.0	24.4037 ± 0.3316 ^b	25.20 ± 0.97 ^a
4	1.5	19.0641 ± 0.3523 ^a	24.57 ± 0.51 ^a

由表 8、表 9 可知,涂膜剂种类和浓度的改变,不会对紫色马铃薯薯条的硬度造成显著影响。在浓度相同时,海藻酸钠的护色效果明显优于壳聚糖,并且随着浓度的增加紫色马铃薯薯条色泽(E 值)减小,即颜色越接近鲜样,最低值可达到 6.1830 ± 0.54。

2.5 不同方法熟化成品品质比较

2.5.1 丙烯酰胺标准工作曲线 分别取储备液 0.125、0.25、0.5、1.0、2.0、4.0mL 定容至 100mL,配成系列浓度为 12、24、48、96、192、384μg/L 的丙烯酰胺标准液,经 HPLC 检测后,以标准品浓度为横坐标,以峰面积为纵坐标,绘制丙烯酰胺标准曲线图。曲线回归方程: $y = 133672x - 121437$,相关系数 $R^2 = 0.9999$ 。

2.5.2 热烫或涂膜处理后不同方法熟化成品品质比

表 10 涂抹和热烫后不同熟化方式成品品质比较
Table 10 Quality comparison of end item after film and blanching

项目	熟化方法(涂膜)			熟化方法(烫漂)		
	普通油炸	微波真空冷冻	低温真空油炸	普通油炸	微波真空冷冻	低温真空油炸
色泽(E 值)	681.2327 ± 10.7837	142.7342 ± 2.6321	273.3282 ± 22.1634	751.4793 ± 15.2521	92.8739 ± 5.3234	183.7632 ± 8.7633
丙烯酰胺含量 (μg/kg)	286.59	未检出	33.13	194.56	未检出	未检出
口感	22	5	18	20	7	22
风味	25	8	22	23	10	17

较 由表 10 可知,对比涂膜处理和烫漂处理紫色马铃薯薯条的色泽(E 值),表明在高温条件下(普通油炸)涂膜处理对色素的保留能力较好,在低温条件下(低温真空油炸或微波真空冷冻)烫漂处理对色素的保留能力较好。在熟化方法相同的前提下,涂膜处理较烫漂处理紫色马铃薯薯条中丙烯酰胺含量高。原因可能为:涂膜处理未经烫漂熟化,熟化所需油炸时间较烫漂处理的长^[26-29]。

在前处理相同的前提下,紫色马铃薯薯条的色泽(E 值)的大小排列顺序为:微波真空冷冻 < 低温真空油炸 < 普通油炸,表明微波真空冷冻对紫色马铃薯色素的保留效果最好,其次是低温真空油炸,都可在一定程度上减少紫色马铃薯薯条色素的流失;在前处理相同的前提下紫色马铃薯薯条中丙烯酰胺检测含量的高低顺序为:普通油炸 > 低温真空油炸 > 微波真空冷冻,表明低温油炸和微波真空冷冻可减少紫色马铃薯薯条中丙烯酰胺的含量甚至无丙烯酰胺检出。原因可能为:普通油炸方式温度较高,而低温油炸和微波真空冷冻温度较低^[30-33]。对口感和风味而言,经过油炸这一工序后的紫色马铃薯薯条明显好于未经油炸工序的紫色马铃薯薯条。这是因为经过油炸的食品具有外酥内嫩的口感和风味特点^[34]。

表中涂膜 + 普通油炸、烫漂 + 普通油炸、涂膜 + 低温真空油炸的丙烯酰胺含量分别为 286.59、194.56、33.13 μg/kg,均低于普通马铃薯油炸薯条中所含丙烯酰胺的范围 300~1100 μg/kg^[35],这可能是由紫色马铃薯的特殊性质所导致的结果,也可能是熟化方法不同导致的结果,具体原因有待分析。

3 结论

3.1 烫漂处理 + 微波真空冷冻为生产紫色马铃薯薯条的最佳工艺,该工艺成品中未检出丙烯酰胺,色泽(E 值)可达到 92.8739 ± 5.3234。

3.2 烫漂处理中最优护色剂组合为 L-半胱氨酸浓度 0.08%、柠檬酸浓度 0.1%、氯化钙浓度 125 × 10⁻⁶ g/mL;浸泡时间 10min;最佳烫漂温度 70℃,烫漂时间 5min。

3.3 海藻酸钠涂膜护色效果优于壳聚糖,并在浓度为 1.5%时效果最佳,熟化前色泽(E 值)可降低到 6.1830 ± 0.54,可考虑作为鲜食紫色马铃薯相关产品的加工方法。

3.4 真空低温油炸和微波真空冷冻等低温处理方式在一定程度上能减少紫色马铃薯薯条色素流失并降低丙烯酰胺含量,甚至无丙烯酰胺检出。

参考文献

[1] Mottram D S, Wedzicha B L, Dodson A T. Acrylamide is formed in the maillard reaction [J]. Nature, 2002, 419: 448-449.

[2] Stadler R H, Blank I, Varga N, et al. Acrylamide from maillard reaction products [J]. Nature, 2002, 419: 449.

[3] Harborne J B. Plant polyphenols I: Anthocyanin production in the cultivat ed potato [J]. Biochemist J, 1960, 74: 262-269.

[4] Lewis CE, Walker JRL, Lancaster JE, et al. Determination of anthocyanins flavonoids and phenolic acids in potatoes I: Coloured cultivars of Soahum tuberosum L [J]. Sci Food Agric, 1998, 77: 45-57.

[5] Hayashi Kazuya, Mori Motoyuki, Knox Y M, et al. Anti influenza virus activity of a red-fleshed potato anthocyan [J]. Food Sci Technol Res, 2003 (9) : 242-244.

[6] Hayashi K, Hibasami H, Murakami T, et al. Induction of apoptosis incultured human stomach cancer cells by potato an thocyan ins and its inhibitor effects on growth of stomach cancer in mice [J]. Food Sci Technol Res, 2006, 12 (1) : 22-26.

[7] Han K H, Sekikawa M, Shimada K, et al. Anthocyanin · rich purple potato flake extract has antioxidant capacity and improves antioxidant potential in rats [J]. British Joumal of Nutrition, 2006, 96: 1125-1133.

[8] Han K H, Shimada K, Sekikawa M, et al. Anthocyanin - rich red potato flakes affect serum lipid peroxidation and hepatic SOD mRNA level in rats [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2007, 71 (5) : 1356-1359.

[9] Han KH, Hashimoto N, Shimada K, et al. Hepatoprotective effects of purple potato extract against D - glucosamine - induced liver injury in rats [J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2006, 70: 1432 -1437.

[10] 姜莉,李志华,张正茂,等. 马铃薯紫色色素的提取及稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30 (6) : 265-270.

[11] 谢庆华,李智,李月秀. 特色马铃薯的综合利用[J]. 中国马铃薯, 2003, 27 (6) : 362-363.

[12] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导 [M]. 中国轻工业出版社, 2007.

[13] 张意静. 食品分析技术 [M]. 中国轻工业出版社, 2007 (2) : 149-167.

[14] 于振文. 作物栽培学各论 [M]. 中国农业出版社, 2003 (3) : 245-246.

[15] 农业部农民科技教育培训中心, 中央农业广播电视学校. 脱毒马铃薯良种繁育与丰产栽培技术 [M]. 中国农业科 (下转第 277 页)

色素等杂质分离的目的,但是并没有分离得到油茶皂苷的单体化合物,笔者将在本实验基础上继续摸索溶剂系统的比例和实验条件作进一步分离。

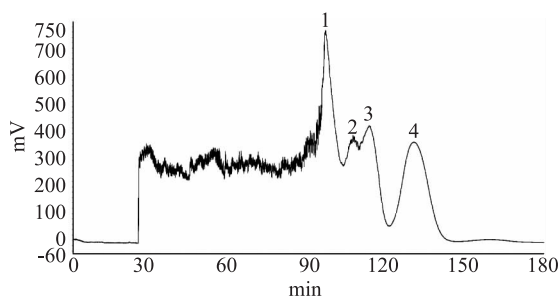


图6 油茶皂素粗提取物的高速逆流色谱图

Fig.6 Chromatogram of tea saponin extracts by HSCCC separation

3 结论

从油茶籽饼粕中提取及纯化油茶皂素是油茶资源综合利用的重要组成部分,本实验以脱脂油茶籽饼粕为原料,乙醇为浸提剂,结合单因素和正交实验的结果,得出油茶皂素浸提的较优工艺条件为:乙醇浓度为50%,浸提温度60℃,料液比1:10,浸提时间2h,在此条件下油茶皂素的得率为16.66%,粗产品油茶皂素的纯度为62.37%。

采用高速逆流色谱法对得到的油茶皂素粗品进行纯化,经过初步的摸索,乙酸乙酯-正丁醇-水是适合于油茶皂素分离纯化的溶剂系统,能将油茶皂素与其它杂质有效分离,通过选择实验发现:溶剂体系

选择为乙酸乙酯-正丁醇-水(1:1:2,V/V/V),当进样量为0.8g,主机转速为560r/min,流动相流速8mL/min,得到的油茶皂素纯度为91.8%。该法具有重现性好、操作简单等优点,虽然没有得到油茶皂素单一组分,但为油茶皂素标准品的制备和结构鉴定提供了理论依据。

参考文献

- [1] 宛晓春.茶叶生物化学[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [2] 柳荣祥,朱全芬,等.茶皂素表面活性剂及其应用研究进展[J].日用化学工业,1996(3):32-36.
- [3] 柳荣祥,朱全芬,夏春华.茶皂素生物活性应用研究进展及发展趋势[J].茶叶科学,1996,16(2):81-86.
- [4] Sagesaka M Y, Uemura T, Suzuki Y, et al. Antimicrobial and anti-inflammatory actions of tea-leaf saponin [J]. Yakugaku Zasshi, 1996, 116(3):238-243.
- [5] Vogel G, Marek M L, Oertner R. On the pharmacology of tea-seed-saponins of a saponin mixture from *Thea sinensis* L [J]. Arzneimittelforschung, 1968, 18(11):1466-1467.
- [6] 江合佩,孙凌峰.茶皂素的提取及其应用研究进展[J].江西化工,2003(4):52-56.
- [7] 赵世光,薛正莲,等.茶皂素浸提条件优化及其抑菌效果[J].中国油脂,2010,35(5):64-67.
- [8] 张天佑.逆流色谱技术[M].北京:北京科学技术出版社,1991:267.
- [9] 贵晓霞,童胜强,黄娟,等.高速逆流色谱分离萜类化合物最新进展[J].中成药,2008,30(6):910-913.
- [10] 屈妹存,唐明远.油茶角皂苷的纯化与含量测定[J].湖南农业大学学报,1999,25(3):257-259.

(上接第273页)

学技术出版社,2007.

- [16] 王金华,秦礼康,叶春.乌洋芋主要营养成分分析与评价[J].食品与机械,2007,23(6):79-82.
- [17] Muneta P Kaisafleish. Heat-induced-contact discoloration different discoloration in boiled potatoes [J]. American Potato Journal, 1987, 62:531.
- [18] 王清章,史国荣.几种防褐变剂对去皮切片马铃薯贮藏的影响[J].长江蔬菜,1998(11):25-26.
- [19] 李宁,郁志芳,张艳芳,等.鲜切果蔬脱色和褐变的最新研究进展[J].中国畜产与食品,1999,6(2):83-84.
- [20] Brown C R. Antioxidants in potato [J]. Potato Research, 2005, 82(2):163-172.
- [21] Kyu-Ho Han, Mitsuo Sekikawa, Ken-ichiro, et al. Anthocyanin-rich purple potato flake extract has antioxidant capacity and improves antioxidant in rats [J]. Nutrition, 2006, 96:1125-1134.
- [22] 张学杰,刘宜生,金黎平,等.马铃薯丝加工中抗褐变保鲜剂的筛选[J].食品科学,1999(1):33-35.
- [23] 黄光荣.切割果蔬保鲜[J].食品科技,2000(3):28-29.
- [24] Mazzag, Brouillardr. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products [J]. Food Chemistry, 1987, 25:207-225.
- [25] Brouillardr R, Markakis P. Chemical structure of a thocyanins [C]. New York: Academic Press, 1982.
- [26] Swedish NFA. Information about acrylamide in food [DB/OL].

Swedish National Food Administration, 2002 [2002-04-24]. <http://www.slv.se/Pengdefault.asp>.

- [27] Swiss federal office of public health [M]. Determination of Acrylamide in Food, 2002.
- [28] Dhiraj A V, Kalidas S. Acrylamide in food: A model for mechanism of formation and its reduction [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2003(4):331-338.
- [29] Koni G, Maurus B, Sandra B, et al. French fries with less than 100µg/kg acrylamide. A collaboration between cooks and analysts [J]. Eur Food Res Technol, 2003, 217:185-194.
- [30] Awad, Aziz Chafic. Reduction of acrylamide formation in cooked starchy foods [P]. US patent application: 20040086597, 2004.
- [31] Li Zhao ying. Process and apparatus for reducing residual level of acrylamide in heat processed food [P]. US patent application: 20030219518, 2003.
- [32] Corrigan, Patrick Joseph. Method for reducing acrylamide in foods, foods having reduced levels of acrylamide, and article of commerce [P]. US patent application: 20050079254, 2005.
- [33] 武丽荣,蒋新正,鲍元奇.油炸食品中丙烯酰胺的形成及减少措施[J].中国油脂,2005,30(7):18-21.
- [34] 夏延斌主编.食品风味化学[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [35] 葛宇赵,旭丽,巢强国.食品中的丙烯酰胺分布及其检测方法研究进展[J].粮油加工,2008(6):108-112.