

HPLC—ELSD 法同时测定马铃薯中 α -茄碱 和 α -卡茄碱含量

Determination of α -solanine and α -chaconine in potato by HPLC—ELSD

商婷婷¹ 邝梦婷¹ 胡新喜^{1,2} 熊兴耀^{1,2} 陆英^{1,3}

SHANG Ting-ting¹ KUANG Meng-ting¹ HU Xing-xi^{1,2} XIONG Xing-yao^{1,2} LU Ying^{1,3}

(1. 湖南农业大学园艺园林学院, 湖南 长沙 410128; 2. 湖南省马铃薯工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128;

3. 国家植物功能成分利用工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

(1. College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha,

Hunan 410128, China; 2. Hunan Provincial Engineering Research Center for Potatoes,

Changsha, Hunan 410128, China; 3. National Research Center of Engineering Technology

for Utilization of Functional Ingredients From Botanicals, Changsha, Hunan 410128, China)

摘要:建立高效液相色谱—蒸发光散射检测(HPLC—ELSD)同时测定马铃薯中 α -茄碱和 α -卡茄碱的方法,并对不同样品含量进行测定。结果表明:当 ELSD 漂移管温度 98 ℃,雾化管温度 30 ℃,载气压力 6.90 kPa 时,以 0.1% 三氟乙酸水—乙腈为流动相,经梯度洗脱程度, α -茄碱和 α -卡茄碱可获得良好分离,色谱峰柱效高。样品用质量 100 倍的 1% 甲酸甲醇为提取溶剂在 70 ℃ 下提取 90 min,提取液直接注入色谱仪进行检测。 α -茄碱标准品在 0.196~9.800 μg 线性关系良好($R^2=0.999\ 5$),平均回收率为 99.4%,并以该标准曲线同时计算样品中的 α -茄碱和 α -卡茄碱的含量。马铃薯植物的不同部位均含有生物碱, α -茄碱的含量为 0.13~1.59 mg/g, α -卡茄碱的含量为 0.39~8.28 mg/g;两种生物碱总量为 0.52~9.37 mg/g,同一部位中 α -卡茄碱的含量为 α -茄碱的 1.2~7.6 倍。

关键词:马铃薯; α -茄碱; α -卡茄碱;HPLC—ELSD

Abstract: A method of reversed-phase high performance liquid chromatography (HPLC) coupled with evaporative light scattering detection (ELSD) was developed for the determination of α -solanine and α -chaconine in potato, and determine the contents in different samples. The results showed α -solanine and α -chaconine can be obtained good separation and high efficiency peaks when took 0.1% trifluoroacetic acid water and acetonitrile as mobile phase with gradient elution, and

the drift tube of ELSD detector was 98 ℃, the pressure of nebulizing gas was 6.90 kPa. α -solanine and α -chaconine could be extracted with 100 times the mass 1% formic acid in methanol at 70 ℃ with 90 min, the extract liquid was injected into the chromatograph for testing directly. The linear calibration curve of α -solanine was obtained in the ranges of 0.196~9.800 μg ($R^2=0.999\ 5$), the average recovery was 99.4%, the contents of α -solanine and α -chaconine be calculated with α -solanine standard curve simultaneously; There were different alkaloids contains in different parts of the potato plant, α -solanine contents were 0.13~1.59 mg/g and α -chaconine contents were 0.39~8.28 mg/g; total alkaloids were 0.52~9.37 mg/g, α -chaconine contents were 1.2 to 7.6 times of α -solanine contents in the same sample.

Keywords: potato; α -solanine; α -chaconine; HPLC—ELSD

马铃薯作为一种主要的经济作物在世界范围内广为种植。马铃薯植株和块根中含有一类甾体类糖苷生物碱,主要为 α -茄碱和 α -卡茄碱,在芽、幼叶、花、未成熟块根以及成熟薯皮组织中含量均较高^[1]。研究表明,这类糖苷生物碱在体内外均具有较强的毒性^[2,3],有抗肿瘤^[4]、抗疟^[5,6]、强心^[7]、抗病毒^[8]、降脂^[9]等多种功效,因此,在食品安全和医药开发中都具有重要意义。近年来的研究^[10]还发现,这类生物碱对抵御病原菌和病虫害等有一定的作用,能抑制和杀灭某些真菌、细菌等病原微生物,因此,作为绿色农药的开发利用方面也具有广阔前景。

蒸发光散射检测器(ELSD)不依赖样品的光学性质,任何挥发性低于流动相的样品均能被检测,近年来被广泛用于低紫外吸收物质的检测,同时 ELSD 对物理性质相似的物质

基金项目:国家马铃薯产业技术体系岗位专家资助(编号:CARS-10-P19)

作者简介:商婷婷(1994—),女,湖南农业大学在读本科生。

E-mail: 420997625@qq.com

通讯作者:陆英

收稿日期:2015-06-21

可以给出一致的响应和标准曲线^[11,12],可在无对照品的情况下,采用另外一种结构相似、含量已知的物质作对照,从而测定未知物的含量^[13]。目前对马铃薯中生物碱含量的测定主要采用高效液相色谱法(HPLC)^[14-18],在 210 nm 处进行紫外检测(UV),由于分子内仅存在一个共轭双键,属于紫外末端吸收,溶剂对检测的影响较大,基线不稳,特别是当样品中生物碱含量低时,杂质干扰显得尤为严重。同时, α -卡茄碱标准品价格昂贵且难以获得,很多研究仅测定了 α -茄碱的含量,缺乏对 α -卡茄碱的研究报道。由于 α -茄碱和 α -卡茄碱具有相同的母核结构,分子结构极相似,本试验拟以 α -茄碱为标准品,建立 HPLC—ELSD 同时检测马铃薯中两种主要生物碱的方法,并对马铃薯不同部位含量进行测定,为马铃薯中生物碱安全评价及开发利用提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试剂和材料

α -茄碱标样:纯度为 99%,北京百灵威有限公司;
乙腈:色谱纯,美国天地公司;
马铃薯及茎叶材料:湖南农业大学湖南省马铃薯工程技术研究中心提供。马铃薯植株采于 2014 年 5 月中旬(品种:金湘),于地面上 10 cm 处割下并分别制备茎、叶、叶柄、全株样品,马铃薯削皮约 2~3 mm 厚,肉皮分离,所有鲜样切成小段或薄片,置 60℃ 烘箱中干燥,粉碎,密闭后置冰箱备用。

1.2 仪器设备

高效液相色谱仪:LC-20A 型,日本岛津公司;
ELSD 检测器:ELSD-400 型,美国 SOFTA 公司;
色谱柱:ZORBAX SB-C₁₈(250 mm×4.6 mm, 5 μ m),美国安捷伦公司;
旋转蒸发仪:RE-52AA 型,上海亚荣生化仪器厂;
数显恒温水浴锅:HH 型,金坛市金城国胜实验仪器厂。

1.3 试验方法

1.3.1 HPLC—ELSD 分析条件 流动相 A:0.1%三氟乙酸水溶液;B:乙腈;梯度洗脱:0~20 min,25%~35% B;流速 1 mL/min,柱温 35℃,ELSD 雾化管温度 30℃,漂移管温

度 98℃,载气压力 6.90 kPa。
1.3.2 α -茄碱标准曲线制作 精密称取 α -茄碱标准品 9.90 mg 用甲醇超声溶解定容至 10 mL,制成 0.98 mg/mL 的标准溶液,取 5,10 μ L 进样,将该标准溶液用甲醇稀释 10 倍后再取 2,5,10,20 μ L,每个进样体积重复进样 3 次,测定并记录峰面积,以进样质量(μ g)的对数为横坐标(x),以化合物的平均峰面积的对数为纵坐标(y),绘制标准曲线,噪音 3 倍峰高质量为检出线。
1.3.3 α -卡茄碱定量方法 由于 ELSD 检测器对结构相似的物质具有相同的响应因子,因此具有相近的线性方程^[11,12],因此在无对标准品的情况下,可采用 α -茄碱的标准曲线计算 α -卡茄碱的含量。
1.3.4 样品含量测定 精确称取样品 1.0 g,用 100 mL 1%甲酸甲醇于 70℃ 回流提取 90 min,过滤,薯皮、薯叶提取液定容至 100 mL,其他部位提取液在 50℃ 下浓缩,定容至 25 mL,得供试品溶液。样液过膜,在 1.3.1 条件下进样,根据标准曲线计算 α -茄碱和 α -卡茄碱含量。

2 结果与分析

2.1 HPLC—ELSD 分析条件的确定

文献[15~18]采用 HPLC—UV 法测定 α -茄碱的流动相为 H₃PO₄ 水溶液—乙腈,由于 H₃PO₄ 不具挥发性,不能作为 HPLC—ELSD 的流动相,因此选用具有挥发性的三氟乙酸水溶液与乙腈为流动相,同时考虑到色谱柱的 pH 耐受值,确定水溶液中三氟乙酸的用量为 0.1%。本试验首先考察并优化了漂移管温度、载气压力对色谱峰分离的影响,结果表明漂移管温度升高,流动相蒸发趋于完全,信号响应值变大,但温度过高,信号响应值变小,当漂移管温度为 98℃ 时信号响应值最大;载气压力不同使载气流速不同,载气流速影响雾化器中液滴的形成,从而影响检测器的响应,载气压力为 6.90 kPa 时,噪声信号小,色谱图基线平稳,目标组分响应值高。同时通过洗脱梯度的调整,在 1.3.1 色谱条件下两目标组分分离良好,根据标准物确定峰 1 为 α -茄碱,根据文献[14]确定峰 2 为 α -卡茄碱,见图 1。

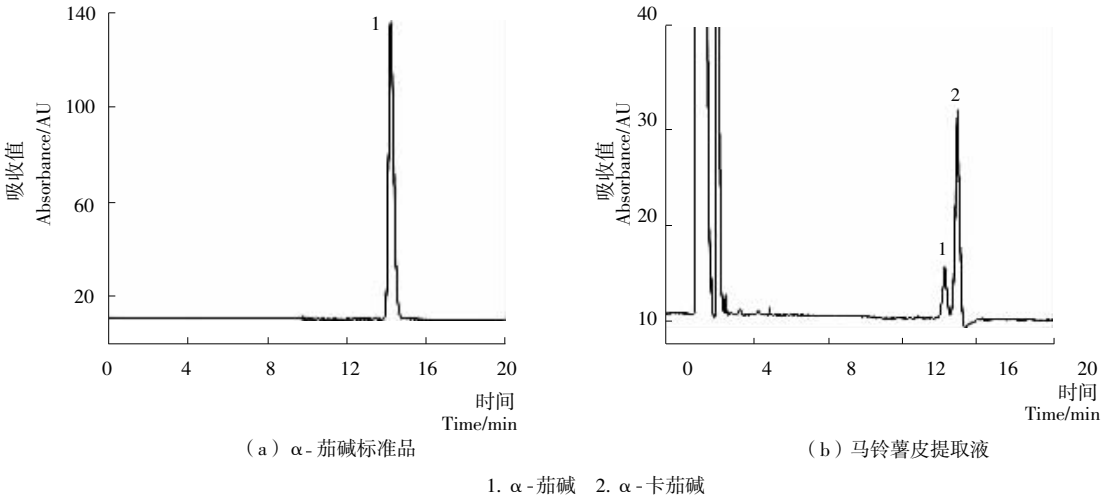


图 1 α -茄碱及马铃薯皮提取液的 HPLC—ELSD 图谱
Figure 1 HPLC—ELSD chromatogram of α -solanine and the extract of potato skins

2.2 α -茄碱标准曲线绘制

按 1.3.1 方式进样,以标准品质量对数为横坐标 x ,峰面积对数为纵坐标 y (图 2)得回归方程为 $y=1.207\ 9x+4.807\ 0$, $r^2=0.999\ 5$, α -茄碱在 $0.196\sim9.800\ \mu\text{g}$ 线性关系良好。最低检出限为 $0.098\ \mu\text{g}$ 。

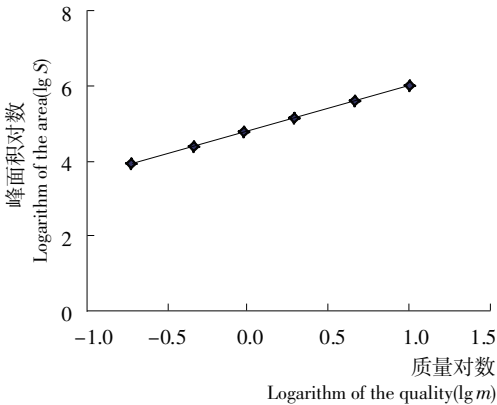


图 2 α -茄碱的标准曲线

Figure 2 Standard curve of α -solanine

2.3 马铃薯生物碱提取条件的确定

2.3.1 提取溶剂的选择 α -茄碱、 α -卡茄碱属于甾体类生物碱,只溶于甲醇、乙醇、吡啶等少数有机溶剂中,同时它们具有弱碱性,能在酸性条件下成盐增加溶解度。文献[14~16]均采用酸提碱沉等方式提取及净化,本试验采用提取液直接进样,不需富集、净化等复杂前处理,并考虑 ELSD 检测器对进样溶液的要求,以马铃薯皮为原料,首先考察不同溶剂的提取效果,由表 1 可知,提取溶剂甲醇优于乙醇,甲酸优于乙酸,1%甲酸甲醇对 α -茄碱、 α -卡茄碱提取效果均最好。

表 1 提取溶剂比较

Table 1 Comparison of extraction solvent

提取溶剂	α -茄碱	α -卡茄碱
1%甲酸甲醇	1.45	5.64
5%乙酸甲醇	1.28	4.88
甲醇	1.25	4.74
1%甲酸乙醇	1.24	4.61
5%乙酸乙醇	1.03	3.65
乙醇	0.98	3.25

2.3.2 提取条件的确定 以马铃薯皮为原料,1%甲酸甲醇为提取溶剂,在单因素试验的基础上,对提取温度、时间、溶剂用量进行三因素三水平的正交试验,因素水平表见表 2,结果见表 3。由表 3 可知:马铃薯生物碱最佳提取条件为 $A_3B_3C_3$ 。即提取温度 $70\ ^\circ\text{C}$,提取时间 $90\ \text{min}$,料液比 $1:100(m:V)$ 。由极差分析可知:影响 α -茄碱提取效果的因素依次为:时间 $>$ 温度 $>$ 溶剂用量,影响 α -卡茄碱提取效果的因素依次为:溶剂用量 $>$ 温度 $>$ 时间,但均无显著性差异(方

差分析表略)。验证实验(表 4)表明,正交分析得到最佳提取条件 $A_3B_3C_3$ 优于正交组中含量最高组合 $A_3B_3C_2$ 。

表 2 因素水平表

Table 2 Factor level table

水平	A 提取温度/ $^\circ\text{C}$	B 提取时间/min	C 提取溶剂用量($m:V$)
1	50	30	1:25
2	60	60	1:50
3	70	90	1:100

表 3 正交试验结果与分析

Table 3 Orthogonal experiment results

试验号	A	B	C	α -茄碱/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	α -卡茄碱/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)
1	1	1	1	1.05	3.51
2	1	2	2	1.11	3.20
3	1	3	3	1.53	6.04
4	2	1	2	1.44	2.93
5	2	2	3	1.32	5.37
6	2	3	1	1.32	4.09
7	3	1	3	1.42	5.77
8	3	2	1	1.32	4.88
9	3	3	2	1.59	6.47
α -茄碱	k_1	1.23	1.30	1.23	
	k_2	1.36	1.25	1.38	
	k_3	1.44	1.48	1.42	
	R	0.21	0.23	0.19	
α -卡茄碱	k_1	4.25	4.07	4.16	
	k_2	4.13	4.48	4.20	
	k_3	5.71	5.53	5.73	
	R	1.58	1.46	1.57	

表 4 提取条件的验证实验

Table 4 Verification test of extraction conditions($n=2$)

mg/g		
检测组分	α -茄碱含量	α -卡茄碱含量
$A_3B_3C_3$	1.58	6.60
$A_3B_3C_2$	1.52	6.31

2.4 精密度试验

取同一份样品溶液重复进样 3 次,记录 α -茄碱、 α -卡茄碱面积,结果见表 5。由表 5 可知:同一样品重复进样,RSD 分别为 1.13% , 0.58% ,说明仪器精密度良好。

表 5 精密度试验

Table 5 Results of precision test

检测组分	峰面积			RSD/%
α -茄碱	336 398	337 380	330 374	1.13
α -卡茄碱	1 441 883	1 451 236	1 458 816	0.58

2.5 稳定性试验

取同一份样品溶液,分别于 0,1,2,3,4 h 进样,记录 α-茄碱、α-卡茄碱峰面积,结果见表 6。由表 6 可知:样品溶液在 4 h 内稳定,RSD 分别为 2.33%,2.94%。

表 6 稳定性试验
Table 6 Results of stability test

检测组分	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	RSD/%
α-茄碱	72 511	70 749	71 361	69 875	68 137	2.33
α-卡茄碱	307 147	307 411	310 803	299 763	288 510	2.94

2.6 重复性试验

取马铃薯皮样品,按方法分别制得供试品溶液 3 份,分别进样测定,记录 α-茄碱、α-卡茄碱峰面积,结果见表 7。由表 7 可知:峰面积 RSD 分别为 3.11%,1.10%,方法重现性好。

表 7 重复性试验
Table 7 Results of repeated test

检测组分	峰面积			RSD/%
α-茄碱	314 365	329 866	311 448	3.11
α-卡茄碱	1 439 948	1 468 010	1 441 045	1.10

2.7 加标回收试验

精密取已知含量的马铃薯皮原料 3 份各 1.0 g,精确加入 α-茄碱标准品适量,按样品制备方法提取并分析,结果见表 8。由表 8 可知:α-茄碱的回收率在 101.61%~97.44%,平均回收率为 99.4%,RSD 为 1.1%,回收率高,达到测定要求。

表 8 加标回收率试验
Table 8 Results of recovery test

样品含量/ mg	加入量/ mg	测定量/ mg	回收率/ %	平均回收率/ %	RSD/ %
0.94	0.98	1.94	101.61		
0.97	0.98	1.93	97.44	99.4	1.1
1.03	0.98	2.00	99.08		

2.8 样品含量测定

按 1.3.4 方法制备马铃薯不同部位供试品溶液,平行制备 2 次,测定结果见表 9。由表 9 可知,马铃薯植物的不同部位均含有生物碱,且两种生物碱含量差异很大,α-茄碱的含量为 0.13~1.59 mg/g,由高到低为薯皮>叶>地上全株≈薯肉>茎;α-卡茄碱的含量为 0.39~8.28 mg/g,由高到低为叶>薯皮>地上全株>薯肉>茎;两种生物碱总量为 0.52~9.37 mg/g,同一部位中 α-卡茄碱的含量是 α-茄碱含量的 1.2~7.6 倍。

3 结束语

本试验通过对提取条件的优化、检测方法学考察等试验建立了 HPLC—ELSD 测定马铃薯中两种主要生物碱 α-茄碱和 α-卡茄碱的方法,样品处理方法简便,不需净化直接进样,

表 9 马铃薯不同部位生物碱含量 Table 9 Alkaloid content in different part of the potato plant(n=2)				mg/g
马铃薯部位	α-茄碱含量	α-卡茄碱含量	总量	
薯皮	1.59	6.69	8.28	
薯肉	0.58	0.72	1.30	
叶	1.09	8.28	9.37	
茎	0.13	0.39	0.52	
地上全株	0.59	3.85	4.44	

目标组分的色谱峰形好,柱效高,分离度好。同时试验基于 ELSD 检测器对结构相似物质具有相同响应因子的特点,通过 α-茄碱的标准曲线完成 α-茄碱和 α-卡茄碱的含量测定,对一些标准品缺乏的物质含量检测具有一定的借鉴意义。

由试验结果可知,马铃薯植物的不同部位均含有生物碱,叶、薯皮、地上全株部分含量较高,特别是马铃薯地上部分的产量远大于马铃薯皮,因此以地上部分特别是叶作为原料进行糖苷生物碱的提取,并开发成为药品、生物农药等具有广阔的前景,也可为农业资源废弃物的深度开发利用开辟新的途径。

参考文献

1 Mendel Friedman,Carol E Levin. α-Tomatine content in tomato and tomato products determined by hplc with pulsed amperometric detection[J]. J. Agric. Food Chem. , 1995,43(6): 1 507~1 511.

2 Friedman M. Analysis of biologically active compounds in potatoes (Solanum tuberosum), tomatoes (Lycopersicon esculentum), and jimson weed (Datura stramonium) seeds[J]. J. Chromatogr A,2004,1 054(1~2):143~155.

3 Mendel Friedman. Tomato glycoalkaloids: role in the plant and in the diet[J]. J. Agric. Food Chem. , 2002, 50(21):5 751~5 780.

4 Y O Son, J Kim, J C Lim, et al. Ripe fruits of solanum nigrium L. inhibits cell growth and induces apoptosis MCF-7 cells[J]. Food and Chemical Toxicology, 2003,41(10):1 421~1 428.

5 Rajananthanan P, Attard GS, Sheikh NA, et al. Novel aggregate structure adjuvants modulate lymphocyte proliferation and Th1 and Th2 cytokine profiles in ovalbumin immunized mice[J]. Vaccine, 1999,18(1~2):140~152.

6 Heal KG, Sheikh NA, Hollingdale MR, et al. Potentiation by a novel alkaloid glycoside adjuvant of a protective cytotoxic T cell immune response specific for a preerythrocytic malaria vaccine candidate antigen [J]. Vaccine, 2001,19(30):4 153~4 161.

7 Bergers W W, Alink G M. Toxic effect of the glycoalkaloids solanine and tomatine on cultured neonatal rat heart cells[J]. Toxicol. Lett. ,1980, 6(1): 29~32.

8 Thome H V,Clarke G F,Skuce R. The inactivation of herpes simplex virus by some Solanaceae glycoalkaloids [J]. Antiviral Res. ,1985,5(6):335~343.

(下转第 125 页)

横轴,纵轴截距因抑制剂的存在而变大,抑制分数与抑制剂浓度成正比,与底物浓度无关,说明苯甲酸是 PPO 的非竞争性抑制剂,这与黄晓丹等^[20]研究结果一致,即苯甲酸能抑制蘑菇酪氨酸酶的单酚酶和二酚酶的活性,其效应为可逆抑制效应,苯甲酸对二酚酶的抑制作用表现为非竞争性抑制。

3 结论

4-HR、草酸、植酸和苯甲酸对 PPO 酶催化绿原酸模拟果汁体系褐变均有抑制作用。不同抑制剂对含绿原酸模拟果汁中 PPO 抑制机理不同。4-HR 和草酸对 PPO 抑制作用为竞争性抑制,植酸为混合性抑制,苯甲酸酶为非竞争性抑制。本试验只对苹果中含量较多的绿原酸酶促褐变抑制机理进行研究,而苹果中多酚物质种类繁多,因此,抑制剂对其他主要酚类物质酶促褐变的抑制作用,还有待于进一步研究。

参考文献

1 仇农学,肖旭霖,邓红. 陕西省浓缩品果汁行业可持续发展的战略思考[J]. 农业工程学报,2000,16(1):122~124.

2 张少颖,王向东,于有伟,等. 微波预处理原料对苹果汁褐变的影响[J]. 农业工程学报,2010,26(5):347~351.

3 Gui Fen-qi,Wu Ji-hong,Chen Fang,et al. Inactivation of polyphenol oxidases in cloudy apple juice exposed to supercritical carbon dioxide[J]. Food Chemistry,2007,100(4):1 678~1 685.

4 刘树兴. 食品化学[M]. 北京:化学中国计量出版社,2008.

5 E Alvarez-Parrilla,L A de la Rosa,J Rodrigo-Garcia,et al. Dual effect of β -cyclodextrin(β -CD)on the inhibition of apple polyphenol oxidase by 4-hexylresorcinol(HR)and Methyl Jasmonate(MJ)[J]. Food Chemistry,2007,101(4):1 346~1 356.

6 赵坚华,郑玉淑,李官浩,等. 苹果梨中多酚氧化酶抑制剂的抑制效果研究[J]. 食品科学,2010,31(2):277~279.

7 周会玲,段长青,周存田,等. 不同品种苹果汁的褐变及其抑制方法研究[J]. 西北农林科技大学学报,2001,29(1):91~93.

8 Awad M A,de Jager A. Flavonoid and chlorogenic acid concentrations in skin of Jonagold and Elstarapples during and after regular

and ultra low oxygen storage[J]. Postharvest Biology and Technology,2000,20(1):15~24.

9 Murata M,Kurokami C,Homma S. Purification and some properties of chlorogenic acid oxidase from apple(*Malus pumila*)[J]. Bioscience Biotechnology and Biochemistry,1992,56(11):1 705~1 710.

10 Podsedek A,Wilska-Jeszka J,Anders B,et al. Compositional characterization of some apple varieties[J]. European Food Research Technology,2000,210(4):268~272.

11 L A De la Rosa,Alvarez-Parrilla E,E Moyers-Montoya. Mechanism for the inhibition of apple juice enzymatic browning by Palo Fierro (desert ironweed) honey extract and other natural compounds[J]. LWT-Food Science and Technology,2011(44):269~276.

12 Du Yun-jian,Dou Si-qi,Wu Sheng-jun. Efficacy of phytic acid as an inhibitor of enzymatic and non-enzymatic browning in apple juice[J]. Food Chemistry,2012,135(2):580~582.

13 易建华,李美丽,朱振宝. 苹果多酚对多酚氧化酶氧化特性的影响[J]. 现代食品科技,2013,29(11):2 601~2 606.

14 Lin Jian-cheng,Chen Qing-xi,Xie Xiao-lan,et al. Irreversible kinetics of β -N-acetyl-D-glucosaminidase from prawn (*Penaeus vannamei*) inactivated by mercuric ion[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,2006,339(1):30~36.

15 宋莲军,耿瑞玲,唐贵芳. 不同抑制剂对粉红女士苹果的防褐变效果[J]. 林业科技开发,2011,25(1):77~81.

16 Son S M,Moon K D,Lee C Y. Kinetic study of oxalic acid inhibition on enzymatic enzymatic browning [J]. J. Agric. Food Chem.,2000,48(6):2 071~2 074.

17 凌关庭. 食品添加剂手册[M]. 北京:化学工业出版社,1997.

18 赵玉生. 植酸对菠菜汁苹果汁的护色实验研究[J]. 食品研究与开发,2000,21(3):19~20.

19 宋连军,杨月,唐贵芳. 复合抑制剂对苹果汁防褐变效果的影响[J]. 河南农业大学学报,2010,44(5):585~590.

20 刘晓丹,黄璜,陈清西. 苯甲酸对蘑菇酪氨酸酶抑制作用机理的研究[J]. 厦门大学学报,2003,42(1):102~106.

(上接第 58 页)

9 M Friedman,T E Fitch, W E Yokoyama. Lowering of plasma LDL cholesterol in hamsters by the tomato glycoalkaloid tomatine [J]. Food Chemical Toxicology, 2000,38(7):549~553.

10 Alison M Fewell, James G Roddick. Interactive antifungal activity of the glycoalkaloids α -solanine and α -chaconine[J]. Phytochemistry,1993,33(2):323~328.

11 王明娟,胡昌勤,金少鸿. 氨基糖苷类抗生素在蒸发光散射检测器中响应因子的一致性考察 [J]. 药学学报,2002,37(3):204~206.

12 洪建文,胡昌勤,盛龙生. 喹诺酮类抗生素在蒸发光散射检测器中响应因子的一致性考察 [J]. 药学学报,2003,38(9):695~697.

13 Fang L, Wan M, Pennacchio M, et al. Evaluation of evaporative light-scattering detector for combinatorial library quantitation by reversed phase HPLC [J]. J. Comb Chem., 2000,2(3):

254~257.

14 Robert J Houben, Kommer Brunt. Determination of glycoalkaloids in potato tubers by reversed high-performance liquid chromatography[J]. Journal of Chromatography A,1994,661(1~2):169~174.

15 王守兰,朱佳. 高效液相色谱法测定马铃薯中 α -茄碱的含量[J]. 食品科学,1996,17(6):60~61.

16 肖文,李勤,熊兴耀,等. 高效液相色谱法分析马铃薯中 α -茄碱[J]. 分析化学,2011,39(9):1 459~1 460.

17 Lan Dao, Mendel Friedman. Comparison of glycoalkaloid content of fresh and freeze-dried potato leaves determined by HPLC and colormetry[J]. Agric. Food Chem.,1996(8):2 287~2 291.

18 Sotelo A, Serrano B. High-performance liquid chromatographic determination of the glycoalkaloids α -solanine and α -chaconine in 12 commercial varieties of Mexican potato [J]. Agric. Food Chem.,2000,48(6):2 472~2 475.