

唐世明,曹君迈,陈彦云,等. 马铃薯块茎蛋白质提取方法的筛选[J]. 江苏农业科学,2016,44(9):326-329.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.09.094

马铃薯块茎蛋白质提取方法的筛选

唐世明¹, 曹君迈¹, 陈彦云², 马玉龙³

(1. 北方民族大学生物科学与工程学院, 宁夏银川 750021; 2. 宁夏大学生命科学学院, 宁夏银川 750021;

3. 固原天启薯业有限公司, 宁夏固原 756000)

摘要:以青薯 168、克新 1 号的芽眼部、侧部及髓部为试验材料,分别采用丙酮提取法、三氯乙酸(TCA)提取法、盐提取法、醇提取法、酚提取法提取,并用分光光度法对不同部位的蛋白质含量进行测定。采用 2 因素随机区组设计,研究品种、提取方法、取样部位以及不同因素组合对蛋白质含量的影响。结果表明:不同品种的蛋白质含量不同,青薯 168 显著高于克新 1 号($P < 0.05$),达 128.0 mg/L;不同提取方法之间蛋白含量不同,丙酮提取法、盐提取法和 TCA 提取法的蛋白含量间无显著差异,但显著高于酚提取法、醇提取法($P < 0.05$),前 3 种提取方法的蛋白质含量为 153.3 ~ 159.7 mg/L;马铃薯块茎芽眼部的蛋白质含量显著高于侧部及髓部($P < 0.05$),达 140.7 mg/L;品种、提取方法、取样部位不同组合间差异显著($P < 0.05$)。综合比较可知,适合青薯 168 芽眼部的提取方法为盐提取法,适合克新 1 号芽眼部的提取方法为 TCA 提取法。

关键词:马铃薯块茎;品种;提取方法;部位;蛋白质含量

中图分类号: TS201.2⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)09-0326-03

马铃薯是多年生草本,可作一年生或一年两季栽培作物,既可粮菜兼用,又可制成生物燃料及饲料,还具有和胃、调中、健脾、益气的作用,对胃溃疡、习惯性便秘、胶原病、热咳及皮肤湿疹也有治疗功效。同时,马铃薯也是一种营养保健食品。马铃薯资源非常丰富,而且已有报道表明,马铃薯蛋白粉的营养价值明显优于豆粕^[1],是优质的天然氮源,具有广阔的发展前景^[2]。马铃薯蛋白能很好地被人体所吸收,属于完全蛋白质^[3-4],其蛋白效价可以与鸡蛋、酪蛋白相媲美,营养价值优于从谷物或豆类中提取的蛋白质^[5]。马铃薯蛋白最接近动物蛋白,是很好的保健食品^[6-7],其蛋白质的净消化利用率也很高^[8],马铃薯的蛋白可利用价值为 71%,比谷物高 21%。马铃薯中的必需氨基酸含量高于大多数粮食作物,富含赖氨酸、色氨酸,是一般粮食所不能比的。与大米和面粉相比,马铃薯具有更多的优点,可以堪称“十全十美的食物”^[9]。近年来,马铃薯块茎蛋白质组学的研究有助于我们了解块茎生长和发育机理,也有助于马铃薯块茎产量及品质等性状的提高^[10]。因此,开展马铃薯蛋白质提取方法的研究对开展其他研究工作具有重要意义。

国内外关于马铃薯块茎蛋白质提取方法的报道较少,李萌萌等开展了马铃薯块茎蛋白质提取方法的研究^[11-12]。而由于马铃薯不同品种的蛋白质含量存在很大差异,且受到环境温度、薯块成熟度及薯块上不同部位的影响,其结果也不同,不同的材料需要采用适合其特性的部位进行蛋白质的提

取^[11]。针对这些问题,本试验选用不同品种马铃薯的不同部位进行不同提取方法的筛选,以期马铃薯蛋白质提取及其进一步研究提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验所用马铃薯品种为克新 1 号(Kexin 1)、青薯 168(Qingshu168),由宁夏固原天启薯业有限公司提供。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验 1 采用 2 因素随机区组试验设计,因素 1 为品种(V),V₁ 为克新 1 号(Kexin 1)、V₂ 为青薯 168(Qingshu 168);因素 2 为提取方法(T),分 5 个水平,T₁ 为丙酮提取法,T₂ 为盐提取法,T₃ 为三氯乙酸(TCA)提取法,T₄ 为酚提取法,T₅ 为醇提取法。试验重复 3 次,共 10 个处理。

试验 2 采用 2 因素随机区组试验设计,因素 1 为提取方法(T),分 5 个水平:T₁ ~ T₅;因素 2 为取样部位(P),分为 3 种处理:P₁ 为芽眼部,P₂ 为侧部,P₃ 为髓部。试验重复 3 次,共 15 个处理。

试验 3 采用 2 因素随机区组设计,因素 1 为品种(V),含 V₁、V₂;因素 2 为取样部位(P),分为 3 种处理:P₁、P₂、P₃。试验重复 3 次,共 6 个处理。

1.2.2 马铃薯蛋白质的提取部位 芽眼部:芽眼在块茎上呈螺旋状排列,顶端密,基部稀,提取时绕芽眼周边约 0.7 cm、深度约 0.6 cm 提取。侧部:即维管束环,从皮层往内 0.6 cm 左右的厚度。髓部:块茎中央部位,在块茎的横切面上,可以明显地看出块茎中央为髓部,外面围绕着开放维管束环。

1.2.3 马铃薯蛋白质的提取方法 TCA 提取法、丙酮提取法采用王改萍等的方法^[13]。酚提取法、盐提取法及醇提取法分别采用 Hurkman 等报道的方法^[14-16]。

1.2.4 样品中蛋白质含量的测定 蛋白质含量的测定采用

收稿日期:2015-08-03

基金项目:国家星火计划(编号:2013GA880001);北方民族大学生物科学与工程学院创新项目(编号:2014S10)。

作者简介:唐世明(1988—),男,甘肃定西人,硕士研究生,研究方向植物资源利用与保护。E-mail:395598398@qq.com。

通信作者:曹君迈,教授,从事细胞工程和细胞生物教学与科研工作。

E-mail:junmaicao@163.com。

郭嵩光等介绍的方法^[17]进行。用牛血清蛋白(BSA)作标准曲线,测定 595 nm 处的吸光度。用绘图软件,以蛋白浓度为纵坐标(y)、 $D_{595\text{ nm}}$ 为横坐标(x)作标准曲线,详见图 1。

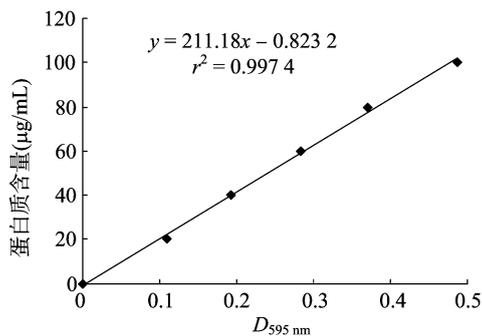


图1 牛血清白蛋白标准曲线

1.2.5 统计分析 试验所得数据采用 Excel 2003 处理后,用 SPSS 17.0 软件进行 2 因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 品种对马铃薯蛋白质含量的影响

由表 1 可知,不同品种之间蛋白质含量不同,青薯 168 显著高于克新 1 号。

表 1 品种对马铃薯蛋白质含量的影响

品种	蛋白质含量(mg/L)
克新 1 号(V ₁)	109.00 ± 0.03b
青薯 168(V ₂)	128.00 ± 0.04a

注:同列数据不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

2.2 提取方法对马铃薯蛋白质含量的影响

由表 2 可知,不同提取方法对蛋白质含量均有影响,TCA 法、丙酮提取法、盐提取法之间无显著差异,但显著高于酚提取法和醇提取法,后二者之间无显著差异。

2.3 不同部位对马铃薯蛋白质含量的影响

由表 3 可知,不同取样部位对蛋白质含量均有影响。芽

表 5 提取方法及取样部位对马铃薯块茎蛋白质含量的影响

提取方法	蛋白质含量(mg/L)		
	芽眼(P ₁)	侧部(P ₂)	髓部(P ₃)
丙酮提取(T ₁)	178.86 ± 0.03	132.75 ± 0.04	154.41 ± 0.11
盐提取(T ₂)	192.23 ± 0.07	170.47 ± 0.05	114.58 ± 0.01
TCA 提取(T ₃)	214.49 ± 0.16	116.68 ± 0.15	129.95 ± 0.10
酚提取(T ₄)	68.47 ± 0.05	78.95 ± 0.01	60.78 ± 0.02
醇提取(T ₅)	48.91 ± 0.01	53.80 ± 0.04	69.17 ± 0.08

2.6 品种和取样部位对马铃薯块茎蛋白质含量的影响

由表 6 可见,不同马铃薯取样部位、不同品种的蛋白质含量表现出一定的规律。马铃薯块茎不同部位、品种间的蛋白

表 6 马铃薯品种和取样部位对块茎蛋白质含量的影响

品种	蛋白质含量(mg/L)		
	芽眼(P ₁)	侧面(P ₂)	髓部(P ₃)
克新 1 号(V ₁)	127.86 ± 0.03b	108.99 ± 0.07c	97.81 ± 0.03d
青薯 168(V ₂)	141.13 ± 0.05a	132.05 ± 0.08ab	81.05 ± 0.02d

3 讨论

本试验以青薯 168、克新 1 号的芽眼部、侧部及髓部为试

表 2 提取方法对马铃薯蛋白质含量的影响

提取方法	蛋白质含量(mg/L)
丙酮提取(T ₁)	155.45 ± 0.03a
盐提取(T ₂)	159.67 ± 0.03a
TCA 提取(T ₃)	153.34 ± 0.09a
酚提取(T ₄)	68.89 ± 0.02b
醇提取(T ₅)	58.29 ± 0.04b

表 3 不同部位对马铃薯蛋白质含量的影响

部位	蛋白质含量(mg/L)
侧部(P ₂)	111.10 ± 0.03b
髓部(P ₃)	106.88 ± 0.07b
芽眼(P ₁)	140.67 ± 0.01a

眼部蛋白质含量显著高于髓部和侧部,但后二者之间无显著差异。

2.4 品种和提取方法对马铃薯块茎蛋白质含量的影响

由表 4 可知,克新 1 号品种以 TCA 提取法为佳,青薯 168 品种以盐提取法为佳,均以丙酮提取法次之。酚提取法、醇提取法提取的蛋白质含量最低。

表 4 品种、提取方法对马铃薯蛋白质含量的影响

提取方法	蛋白质含量(mg/L)	
	克新 1 号(V ₁)	青薯 168(V ₂)
丙酮提取法(T ₁)	149.11 ± 0.08cd	161.79 ± 0.02bc
盐提取法(T ₂)	100.54 ± 0.07e	218.80 ± 0.02a
TCA 提取法(T ₃)	176.57 ± 0.09b	130.11 ± 0.00d
酚提取法(T ₄)	56.20 ± 0.01g	68.87 ± 0.03f
醇提取法(T ₅)	68.87 ± 0.04f	41.42 ± 0.03g

2.5 提取方法和取样部位对马铃薯块茎蛋白质含量的影响

由表 5 可知,适合芽眼的提取方法有 TCA 提取法、盐提取法,其次为丙酮提取法;适合侧部的提取方法有盐提取法、丙酮提取法,其次为 TCA 提取法;适合髓部的提取方法有丙酮提取法,其次为 TCA 提取法和盐提取法;适合 3 个部位提取的最差方法为酚提取法、醇提取法。

质含量差异基本达显著水平。青薯 168、克新 1 号均以芽眼部含量最高,髓部最低。因此,这 2 个品种取样的最佳部位均为芽眼。

验材料,分别采用丙酮提取法、TCA 提取法、盐提取法、醇提取法、酚提取法提取蛋白质。结果表明,不同品种之间蛋白质含量不同,青薯 168 显著高于克新 1 号;不同提取方法之间蛋

白含量不同,丙酮提取法、盐提取法与 TCA 法提取的蛋白含量无显著差异,但显著高于酚提取法、醇提取法,而后二者无显著差异;不同取样部位对蛋白质含量均有影响,芽眼部位蛋白质含量显著高于髓部、侧部,但后二者之间无显著差异;克新 1 号品种以 TCA 提取法为佳,青薯 168 品种以盐提取法为佳,均以丙酮提取法次之,酚提取法、醇提取法提取的蛋白质含量最低。可见,适合芽眼的提取方法有 TCA 提取法、盐提取法,其次为丙酮提取法;适合侧部的提取方法有盐提取法、丙酮提取法,其次为 TCA 提取法;适合髓部的提取方法有丙酮提取法,其次为盐提取法和 TCA 提取法。综合试验的可操作性,建议马铃薯蛋白质采用丙酮提取法。

李萌萌等使用 5 种方法从马铃薯中薯 9 号块茎中提取蛋白质,并用 Bradford 法测定其中蛋白质的含量,结果显示:磷酸缓冲液提取法的粗蛋白含量最高,为 105.3 mg/L,其次是直接提取法,为 72.3 mg/L,提取蛋白质最少的是酚提取法,为 10.3 mg/L;蛋白质纯度最好的提取方法是 TCA 法,纯度可达 10.92%;其次是直接提取法,为 7.66%;酚提取法最低,仅为 1.32%^[11]。以上结果综合表明,直接提取法效果最好。范吉星等以红海榄根为材料,比较丙酮沉淀法、TCA 法、酚法等几种方法,认为上述方法均不甚理想,蛋白提取的纯度较低,也无法呈现清晰的条带,而经过改良的酚法则得到了很好的效果^[18]。谷瑞升等以木本植物为材料,比较丙酮沉淀法、TCA 法和直接提取法等方法,认为丙酮沉淀法最优,建议马铃薯蛋白质提取采用丙酮提取法^[19]。

在本试验中,醇提取法、酚提取法效果均较差,蛋白质损失量较高。而应用丙酮提取法、盐提取法、TCA 提取法所得结果均比醇、酚提取法好,表明对于马铃薯块茎来说,丙酮提取法、盐提取法、TCA 提取法可能是较适合的方法。但这些方法的不足之处是蛋白液中含有相对较多的杂质,有可能对进一步的深入研究带来干扰。因此需要进一步探索更适合、更简便、更高效尤其是纯度更高的马铃薯块茎蛋白质的分离纯化方法,为利用和深入研究马铃薯块茎蛋白质提供依据。

有研究表明,料液比为 1 g : 10 mL、浸泡温度为 35 ℃、pH 值为 9.8、浸泡时间为 1h 时,盐提取法提取马铃薯蛋白质的得率最大,达 0.80 g/100 g^[15]。本试验的盐提取法的条件大致相同,最终提取到的蛋白质含量为 159.67 mg/L。

TCA 沉淀法、丙酮沉淀提取法是进行蛋白质组学分析中最常见的提取方法,这 2 种方法虽然操作步骤少、耗时短、提取过程中损失较少、简便易行,具有广泛的适用性,在微生物材料以及动植物组织中具有很好的分离效果。但是沉淀所得提取物里含有大量的蛋白质粗提物和杂质,还需要除去杂质并且需要强力的裂解缓冲液及机械辅助,才能提取到较纯的蛋白质。醇提取法在加 2-氯乙醇提取之前通过加入氯化钠除去盐溶性蛋白,所以总体提取的蛋白含量很少,但是马铃薯醇提取蛋白仅适用于电泳分析技术。

酚提取法虽然提取的蛋白质含量低,但却是一种非常合适植物材料尤其是难提取材料的蛋白质提取方法。植物细胞由于细胞壁和众多胞内次生代谢物质的存在,给蛋白质提取、纯化带来了很大的难度。酚法与 TCA 提取法、丙酮提取法的直接沉淀相比,避免了大量组织残渣、水溶性杂质的污染,也能除去盐离子。在样品制备过程中,核酸、盐、酚、色素和多

糖等可溶性物质进入水相,蛋白质和脂类则进入酚相,从而得到了分离。酚层中的蛋白质可通过沉淀进一步纯化并除去盐。该方法所得杂质较少,很适合用于进行电泳试验。TCA 沉淀法虽然能够很好地去除蛋白样品中的盐离子,但是对色素、多糖等杂质的去除效果并不是很明显,而且蛋白质经过多次沉淀后溶解是比较困难的,这样会有很多蛋白质损失。首先在样品中加入聚乙烯吡咯烷酮吸附剂,这样可以减少植物中的酚类、醌类和色素等次生代谢物质的干扰;其次,酚可以有效去除样品中的可溶性杂质,也能除去盐离子^[20]。另外,由于酚的脂溶性,酚提取法非常有利于膜蛋白的提取,而膜蛋白往往与植物的耐盐性密切相关^[21]。因此,酚改良法是一种有效提取红海榄根部蛋白的方法。

盐提取法提取的蛋白质含量虽高,但是相对于别的方法盐提取法操作复杂,需要控制好 pH 值、温度、料液比和提取时间等因素,同时透析袋的使用也不方便。当样品溶液中的盐离子浓度超过 100 mmol/L 时,样品的电内渗比较高^[22],而且等电聚焦电压也上不去,这会严重影响等电聚焦的进行,因此可以认为,盐是双向电泳最常见的一种杂质。

4 结论

由本研究可以得出以下结论。(1)不同品种之间蛋白质含量不同,青薯 168 显著高于克新 1 号。(2)不同提取方法之间蛋白含量不同,丙酮提取法、盐提取法和 TCA 法提取的蛋白含量无显著差异,但显著高于酚提取法、醇提取法,而后二者无显著差异。(3)不同取样部位对蛋白质含量均有影响。芽眼部位蛋白质含量显著高于髓部和侧部,但后二者之间无显著差异。(4)2 个品种有利于蛋白提取的组合,V1 品种以 V1T3 为佳,V2 品种以 V1T2 为佳。2 个品种均为丙酮提取法较佳,最差为酚提取法、醇提取法,因此淘汰后 2 种方法。(5)适合芽眼的提取方法有 TCA 提取法、盐提取法,其次为丙酮提取法;适合侧部的提取方法有 TCA 提取法、丙酮提取法,其次为盐提取法;适合髓部的提取方法有盐提取法,其次为丙酮提取法、TCA 提取法;3 个部位最差为酚提取法、醇提取法,故淘汰后 2 种方法。(6)为了试验操作方便,建议马铃薯蛋白质提取采用丙酮提取法。

参考文献:

- [1] Aluko R E, Yada R Y. Some physicochemical and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) isoelectric protein isolate as a function of pH and salt concentration [J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 1997, 48(1): 31-39.
- [2] 李玉珍, 肖怀秋, 兰立新. 大豆分离蛋白功能特性及其在食品工业中的应用 [J]. 中国食品添加剂, 2008(1): 121-124.
- [3] 巩慧玲, 赵萍, 杨俊峰. 马铃薯块茎贮藏期间蛋白质和维生素 C 含量的变化 [J]. 西北农业学报, 2004, 13(1): 45-51.
- [4] 谢庆华, 吴毅歆. 马铃薯品种营养成分分析测定 [J]. 云南师范大学学报: 自然科学版, 2002, 22(2): 50-52.
- [5] Kaldy, M. S. Protein yield of various crops related to protein value [J]. Economic Botany, 1972, 26(2): 142-144.
- [6] 宋国安. 对马铃薯的开发利用及加工工艺的探讨 [J]. 马铃薯杂志, 1995, 9(3): 174-177.
- [7] 顾春雷, 杨刚, 刑卫红, 等. 膜技术处理马铃薯加工废水实验研

梁永锋. 桃花中黄酮含量的测定及超声波辅助下提取工艺优化[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(9): 329-331.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.09.095

桃花中黄酮含量的测定及超声波辅助下提取工艺优化

梁永锋

(宁夏师范学院化学与化学工程学院, 宁夏固原 756000)

摘要:为建立测定桃花中黄酮含量的紫外分光光度法和探索超声波辅助下黄酮最佳提取工艺条件,以槲皮素为标准品,用紫外可见分光光度计 UV-2450 进行黄酮含量测定,测定波长为 372 nm;通过单因素试验和正交试验,优化超声波下提取桃花中黄酮的最佳工艺。结果表明,槲皮素的回归曲线方程为 $D = 11.625C + 0.028$,在 0.004 ~ 0.048 mg/mL 线性关系良好,相关系数为 $r = 0.9997$,桃花中黄酮含量为 5.24%;最佳工艺条件:超声功率为 80 W,料液比为 1 g : 20 mL,乙醇体积分数为 60%;超声波时间为 75 min。由结果可知:以槲皮素为对照品,用紫外可见分光光度计测定桃花中黄酮含量操作简便,准确性好;用超声波辅助法提取桃花中黄酮工艺简单,提取率高。

关键词:桃花;紫外分光光度法;黄酮;含量测定;提取工艺

中图分类号: R284.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)09-0329-03

桃花是蔷薇科落叶乔木——桃树的花,无论是中医经典著作,还是在民间的实践经验方面,都认为桃花具有较好的药用和食疗价值,如最早的药学专著《神农本草经》里就提到桃花具有“令人好颜色”之功效;李时珍在《本草纲目》中记载:“桃花,性走泄下降,利大肠甚快,用以制气室入病水饮肿满,积滞、大小便闭塞者,则有功无害,若久服即耗人阴血,损元气”“桃花,性平无毒,活血利水;可轻身,令人好颜”;现代医学研究表明:桃花具有广泛的药理活性,能疏通经络,扩张末梢毛细血管、改善血液循环,促进皮肤营养和氧供给,滋润皮

肤、防止色素在皮肤内慢性沉积,有效地清除体表中的黄褐斑、雀斑、黑斑等功效^[1-2]。研究表明,桃花中含有山奈酚、多糖、黄酮等成分^[3]。黄酮类化合物具有抗肿瘤、抗炎镇痛、免疫调节、降血糖、治疗骨质疏松、抗辐射等多种药理作用^[4-8]。本试验通过对桃花中黄酮含量测定方法和提取工艺进行探索,为进一步研究桃花的药理和开发桃花的药用价值提供参考。

1 材料与与方法

1.1 材料与试剂

桃花(采于宁夏固原市原州区宁夏师范学院校园),将所采桃花样品用蒸馏水洗净,沥干,放入恒温箱中,在 60 °C 烘干至恒质量,自然阴干、粉碎,作为供试样品。槲皮素标准(上

收稿日期:2015-07-22

基金项目:宁夏科技支撑计划(编号:NKJZC2013)。

作者简介:梁永锋(1963—),男,甘肃宁县人,硕士,教授,主要从事天然产物分析及应用研究。E-mail:qyly338@163.com。

究[C]//第一届全国化学工程与生物化工年会论文摘要集(下)。南京:中国化工学会化学工程专业委员会与生物化工专业委员会,2004:562。

[8]邱彩玲,李勇,白雅梅,等. 蛋白质在二倍体马铃薯中的分布及相关性分析[J]. 中国马铃薯,2006,20(2):65-67。

[9]唐亚武. 马铃薯 2-KD 球蛋白的分离纯化及其结构测定的研究[D]. 长春:吉林农业大学,2011。

[10]Van Gelder W M J, Vonk C R. Amino acid composition of coagulable protein from tubers of 34 potato varieties and its relationship with protein content[J]. Potato Research, 1980, 23(4):427-434。

[11]李萌萌,蒋继志,王会仙. 几种提取马铃薯块茎蛋白质方法的比较研究[J]. 安徽农业通报,2009,15(23):37-38。

[12]张小静,程李香,林必博,等. 马铃薯块茎蛋白质提取方法对双向电泳结果的影响[J]. 生物发育与分子生物学,2006,2(1):325-328。

[13]王改萍,彭方仁,李生平. 银杏叶片蛋白质含量动态变化的电泳分析[J]. 南京林业大学学报,2006,30(4):114-118。

[14]Hurkman W J, Tanaka C K. Solubilization of plant membrane proteins for analysis by two-dimensional gel electrophoresis[J]. Plant Physiology, 1986, 81(3):802-806。

[15]张文会. 马铃薯分离蛋白溶液流变学特性及热稳定性研究[D]. 长春:吉林农业大学,2011。

[16]邵锦震,邱昌恩,丁毅. 不同提取剂对麦醇溶蛋白提取效果的电泳比较[J]. 武汉植物学研究,2003,21(3):262-266。

[17]郭嵩光,郭泽坤. 生物化学实验技术[M]. 北京:高等教育出版社,2007:55-57。

[18]范吉星,邓用川,黄惜,等. 红海榄根部总蛋白质提取方法的改进和双向电泳体系的建立[J]. 湖南农业大学学报,2008,34(5):550-553。

[19]谷瑞升,刘群录. 木本植物蛋白提取和 SDS-PAGE 分析方法的比较和优化[J]. 植物学通报,1999,16(2):171-177。

[20]Wang W, Scali M, Vignani R, et al. Protein extraction for two-dimensional electrophoresis from olive leaf, a plant tissue containing high levels of interfering compounds[J]. Electrophoresis, 2003, 24(14):2369-2375。

[21]彭存智. 红树耐盐相关蛋白的分离和 MALDI-TQ 质谱鉴定[D]. 海口:华南热带农业大学,2005。

[22]Gorg A, Weiss W, Dunn M J. Current two-dimensional electrophoresis technology for proteomics[J]. Proteomics, 2004, 4(12):3665-3685。