荔枝果干蛋白质组成及其抗氧化性研究

唐道邦，卜智斌，徐玉娟，吴继军，温靖，余元善

（广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所，广东省农产品加工重点实验室，广东广州 510610）

摘要：分析荔枝干果肉蛋白组成并比较不同组份蛋白质的抗氧化性。采用等电点法提取不同组份蛋白质，利用氨基酸自动分析仪测定不同组份蛋白及总蛋白的氨基酸组成，用超高压液相质谱联用系统 Q1 扫描测定不同等电点组份中小分子蛋白分子量分布，用抗氧化试剂盒测定不同等电点组份蛋白质的抗氧化性。试验结果表明荔枝浆浸泡 2 h 为蛋白质的最佳提取时间，测得 pH 3.5、pH 5.5、pH 6.5 和 pH 7.5 为荔枝蛋白的 4 个等电点，且 4 个等电点组份蛋白含量分别占果肉总蛋白的 12.03%、14.37%、17.18%、9.45%；不同组份蛋白氨基酸种类相同、含量不同；pI 3.5 和 pI 5.5 组份中含量较高的小分子蛋白集中在 5000 Da 附近，pI6.5 和 pI7.5 组份中含量较高的小分子蛋白主要集中在 1000 Da 和 5000 Da 附近。说明不同组份荔枝蛋白抗氧化性不同。荔枝蛋白四个等电点组份的蛋白氨基酸含量、分子量分布及抗氧化性不同。

关键词：荔枝；蛋白质；等电点；氨基酸；抗氧化性

文章篇号：1673-9078(2013)8-1851-1856

Composition and Antioxidant Activity of Proteins from Dried Litchi Fruit

TANG Dao-bang, BU Zhi-bin, XU Yu-juan, Wu Ji-jun, WEN Jing , YU Yuan-shan

(Guangdong Key Laboratory of Agri-product Processing, Sericulture and Agri-product Processing Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Science, Guangzhou 510610, China)

Abstract: The composition of proteins from dried litchi fruit was analyzed and the antioxidant activity of different protein fractions were compared. Different components of proteins were extracted with isoelectric point (pI) method and amino acids of extracted proteins were measured by an automatic amino acid analyzer. A preliminary analysis of different components of small molecular proteins (SMP) were studied by ultra performance liquid chromatography-mass spectrometer Q1 scan. The best extraction time was 2 h for litchi pulp static leaching. The contents of four components with pI values of 3.5, 5.5, 6.5 and 7.5 were 25.03%, 26.98%, 1.83% and 0.53%, respectively. The litchi proteins had the same amino acid composition but different amino acid contents. Molecular weights (M_W) of the mian component of SMP at pI 3.5 and 5.5 were near 5000 Da, while M_W of the main components of SMP at pI 6.5 and 7.5 were near 1000 Da and 5000 Da. The litchi proteins with different pI were different in antioxidant activity, amino acid contents, M_W distribution and antioxidant activity.

Key words: litchi; protein; isoelectric point; amino acid; antioxidant activity

荔枝（*Litchi chinensis Sonn.*）是无患子科荔枝属植物，为我国南方典型的亚热带水果之一，具有“生津益血、理气、止痛、甘温滋润”功效，传统中医理论认为荔枝入心、肝、肾，有壮阳益气、补心长智、养血安神等功效，但其作用的物质基础一直注重单一成份研究，Kong 等人对荔枝多糖成分的纯化与结构鉴定和护肝作用的研究[1]，但中医理论讲究系统论，某种物质的功能作用是所有活性成分的共同作用。现代研究已表明荔枝具有降血糖等药理作用[2]，并认为与其所含有的蛋白质、氨基酸及皂苷等成分有一定的关系[3]；蛋白质是果实营养的组成成分之一，参与果实其他品质特征成分和风味物质的合成，与多糖等其他大分子物质结合影响荔枝的功效作用；氨基酸能参与美拉德反应，与氧化的酚类物质发生褐变反应，并直接影响产品的感官品质[4~5]。

目前对荔枝果肉的研究主要集中在果干果汁加工工艺及功能活性成分的提取、测定等方面，但关于果肉蛋白质、氨基酸组成及其抗氧化性能的研究尚未见详细的报道。蛋白质作为一类具有生物活性成分的重要营养成分影响物质的品质，荔枝干制由高水分含量降低至含水量25%以下的过程中荔枝果肉蛋白质与糖发生美拉德反应，实际上是一种复杂的蛋白糖基化过程[6]。蛋白糖基化改性能显著改善蛋白质的溶解性、热稳定性、乳化性、凝胶性、粘度等各种性质，并能

收稿日期：2013-04-23

基金项目：国家“十二五”科技支撑计划项目（2012BAD31B03）；广东省科技计划项目（2011A08080311；2011A060903007；2012B040500058；2012B091000157）

作者简介：唐道邦（1973-），男，副研究员，研究方向：农产品贮藏与加工

增加某些蛋白质的抗氧化性、抗菌性、降低免疫活性[7]。

本文旨在通过研究优化荔枝果干蛋白的提取方法，测定荔枝果肉中氨酸酸的种类、含量和不同组份荔枝果肉蛋白中小分子蛋白的分子量分布，并对果干蛋白不同组份的抗氧化性进行初步分析研究，为荔枝果干的品质评价、干制对荔枝功效作用的影响研究等提供一定的基础理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

荔枝果干（“怀枝”品种，测定果肉中蛋白质含量为2.45±0.21%，含水量为37.54±0.19%）；氢氧化钠、浓硫酸、浓盐酸、重蒸苯酚、柠檬酸钠、冰乙酸、抗坏血酸，均为分析纯；消化剂（由FOSS福斯仪器公司配套）、高纯氮气、冷冻剂（冰块）；总抗氧化能力(T-AOC)测定试剂盒；羟自由基(·OH)测定试剂盒；抗超氧阴离子自由基(O_2^{-}·)试剂盒均购于南京建成生物工程研究所；甲醇、乙腈、甲酸为色谱纯（Merck公司）

1.2 仪器设备

Kjeltec™8400自动凯氏定氮仪，瑞典福斯仪器公司；台式高速冷冻离心机，赛默飞世尔科技公司、Thermo scientific；PB-10型pH计，赛多利斯科学仪器（北京）有限公司；UV-1800型紫外分光光度计，岛津；冷冻干燥器（Labconco）、DHG-9240A型电热恒温鼓风干燥箱，上海齐欣科学有限公司；VOS-15B真空干燥器，施都凯仪器设备有限公司；L-8900型Amino Acid Analyzer自动氨基酸分析仪，日本日立；HWS-24型电热恒温水浴锅，上海一恒科学仪器有限公司；ALC-210.4分析天平，赛多利斯科学仪器有限公司；超高压液相质谱联用系统，美国AB公司API4000 Q-Trap质谱检测器，配有Turbo Ionspray源及AnaLyst 1.5数据处理系统。

1.3 荔枝蛋白等电点测定方法[8]

取200 g荔枝果干加入1200 mL蒸馏水浸泡8 h后用组织捣碎机破碎，胶体磨磨浆，取10等份每份100 mL分别用1 mol/L的氢氧化钠和2 mol/L盐酸调至pH为3、3.5、4、4.5、5、5.5、6、6.5、7、7.5、8、8.5、9，静置30 min后以10000 r/min离心10 min，各取20 mL上清液，用凯氏定氮仪测定其蛋白质的含量，进行数据处理，测定荔枝粗蛋白质的等电点。

1.4 蛋白质和氨基酸测定方法

荔枝蛋白质测定：参考GB5009.5-2010《食品安全国家标准》中的《食品中蛋白质的测定》凯氏定氮法；氨基酸测定方法：参考GB/T5009.124-2003《食品中氨基酸的测定》的方法

1.5 荔枝蛋白质组份抗氧化性测定

总抗氧化能力、清除羟自由基能力、清除超氧阴离子能力测定均采用南京建成生物工程研究所试剂盒，具体操作方法参考试剂盒说明书。

1.6 不同组份小分子蛋白分子量分布测定[9]

精确称量各个pH值的提取物，每100毫克提取物加入1 mL的甲醇，混合，震荡，过夜，自然沉降后取上清液1 mL，14000 g离心30 min，取上清液进样。采用超高压液相质谱联用系统（美国AB公司API4000 Q-Trap质谱检测器，配有Turbo Ionspray源及AnaLyst 1.5数据处理系统；资生堂公司NANOSPACE 3201液相色谱输液泵，资生堂公司NANOSPACE 3202泵），对荔枝果干中的蛋白组份Q1扫描，进行蛋白组份的初步分析。

1.7 统计分析

数据处理和统计分析采用SPSS 14.0软件，结果以均数±标准差（x±s）表示。

2 结果与分析

2.1 荔枝蛋白等电点测定

2.1.1 荔枝蛋白提取最佳时间测定

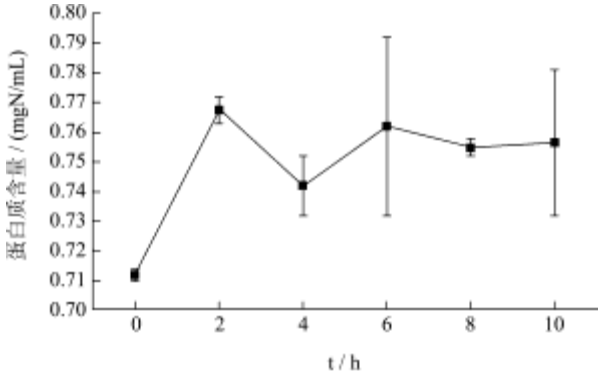


图1 不同浸泡时间对蛋白质提取量的影响

Fig.1 Effect of different immerse time on the extraction of lichi proteins

将荔枝浆调pH值至7.0后，分别放置0、2、4、6、8、10 h离心测定上清液中蛋白质含量，分别测定

不同时间提取的蛋白质含量得出最佳浸泡时间。通过图 1 可以看出，随着浸泡时间的增加，上清液蛋白质含量逐渐增加，浸泡 2 h时后蛋白与其他杂质分离效果最好，上清液中水溶性蛋白质含量最高，但超过 2 h 后蛋白质含量略有降低且基本趋于稳定，因此在后续提取蛋白时确定荔枝蛋白的最佳提取时间为 2 h。

2.1.2 荔枝蛋白等电点测定

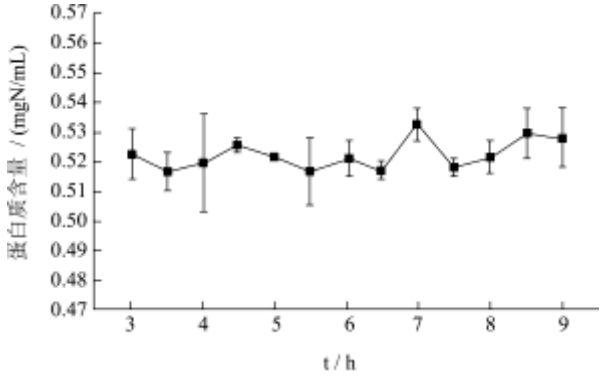


图 2 不同 pH 对蛋白质溶解度的影响

Fig.2 Effect of different pH on the extraction of lichi proteins

通过试验结果如图 2 所示，发现溶液介质 pH 值对荔枝蛋白的溶解性有一定的影响，pH 值为 3.5、5.5、6.5、7.5 时所测得的上清液中蛋白质含量明显低于其他 pH 值，且含量相差不大。由于荔枝果肉蛋白包含许多不同种类的蛋白，不同组份具有的等电点不同，因此可以选择蛋白溶解性最小的 pI 3.5、pI 5.5、pI 6.5 及 pI 7.5 为荔枝果肉蛋白溶出的等电点。据报道，谷蛋白的等电点为 3.5~3.8，清蛋白、球蛋白和醇溶蛋白的等电点为 pH 4.3、pH 5.1 和 pH 4.7[10]，荔枝蛋白 pI 3.5、pI 5.5 部分类似于谷蛋白、球蛋白，而谷蛋白是过敏人群过敏源之一，是否可作为荔枝能引起部分人群过敏的原因之一有待进一步研究。

2.2 荔枝蛋白不同等电点组份中氨基酸组成

2.2.1 荔枝蛋白等电点提取的蛋白含量占果肉蛋白总含量的比率测定

500 g 荔枝果肉浆调 pH 值至 7.0 后，分别浸泡放置 2 小时后粗滤去除杂质，再用盐酸调 pH 值至等电点，12 h 后 10000 r/min 离心 10 min，去除上清液，将沉淀物冷冻干燥得到不同等电点蛋白质粗粉各重为 12.95 g、20.26 g、25.72 g、4.99 g，测定其中蛋白质含量分别为 11.39%、8.68%、8.18%、23.20%，如图 3 所示经测算不同等电点提取的蛋白质含量分别占果肉蛋白总含量的 12.03%、14.37%、17.18%、9.45%，四部分蛋白占荔枝果肉蛋白总量的 53.03%，推测其他 47%含量的蛋白质应为不能用碱溶酸沉法提取的其他类型蛋白，如醇溶蛋白或大分子蛋白。

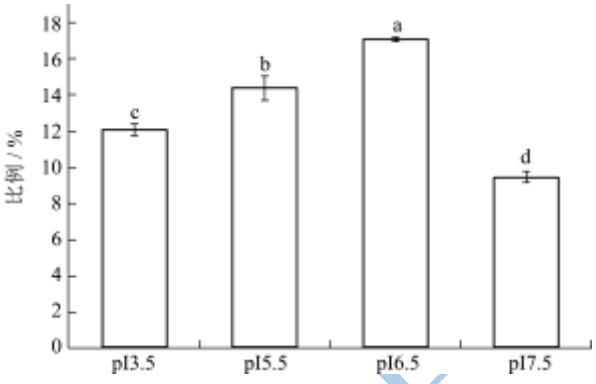


图 3 不同等电点荔枝蛋白相对果肉总蛋白比例

Fig.3 Percentage of total dried litchi fruit proteins with different pI values

表 1 荔枝蛋白及不同等电点组份中氨基酸组成（10^{-2}g/g 蛋白）

Table 1 Amino acid composition of dried litchi fruit proteins with different pI values

氨基酸	pI 3.5	pI 5.5	pI 6.5	pI 7.5	果肉
天冬氨酸	7.25±0.09	7.15±0.72	6.17±0.77	9.34±0.04	6.32±0.17
苏氨酸	3.22±0.06	3.11±0.33	2.65±0.32	4.45±0.04	2.37±0.03
丝氨酸	3.66±0.08	3.51±0.34	2.99±0.35	4.92±0.08	3.24±0.00
谷氨酸	8.91±0.14	8.96±0.86	7.84±0.96	11.39±0.01	9.02±0.23
甘氨酸	3.31±0.03	3.21±0.33	2.75±0.32	4.28±0.08	3.06±0.22
丙氨酸	6.82±0.01	8.22±0.59	7.87±1.07	6.37±0.13	16.06±1.38
半胱氨酸	0.65±0.02	0.65±0.08	0.66±0.10	0.69±0.10	1.19±0.01
缬氨酸	4.52±0.06	4.47±0.44	3.90±0.77	5.78±0.03	3.84±0.26
甲硫氨酸	2.30±0.07	2.11±0.53	1.66±0.86	2.46±0.41	2.15±0.05
异亮氨酸	4.02±0.05	3.80±0.79	3.45±0.87	5.13±0.01	3.03±0.12
亮氨酸	6.27±0.04	5.89±0.92	5.03±0.87	8.77±0.06	4.01±0.07
酪氨酸	2.76±0.02	2.56±0.66	2.10±0.58	4.10±0.11	1.27±0.04
苯丙氨酸	4.21±0.01	4.11±0.70	3.58±0.59	5.64±0.10	2.76±0.06
赖氨酸	3.02±0.01	2.84±0.38	2.51±0.41	4.11±0.22	3.15±0.08
色氨酸	0	0	0	0	0
组氨酸	0	0	0	0	0
精氨酸	3.02±0.04	52.77±0.59	2.32±0.23	3.77±0.02	2.82±0.04
脯氨酸	3.43±0.04	3.52±0.35	3.05±0.25	4.13±0.05	3.85±1.99

利用氨基酸分析仪测定果肉蛋白以及不同等电点组份蛋白的氨基酸含量，如表 1 所示。果肉总蛋白中含有 16 种游离氨基酸，丙氨酸的含量最高，占果肉蛋白总含量的 16.06%；但是在 pI 3.5、pI 5.5、pI 7.5 组份蛋白中含量最高的氨基酸为谷氨酸，pI6.5 组份蛋白中含量最高的则是丙氨酸，均不含色氨酸和组氨酸，pI 3.5、pI 5.5、pI 6.5、pI 7.5 及果肉总蛋白中含硫氨基酸（甲硫氨酸、半胱氨酸）含量分别为 2.95%、2.75%、2.32%、3.15%、3.34%。荔枝果肉蛋白中含有 7 种人体必需氨基酸，依次为：苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、甲硫氨酸，约占果肉蛋

白总含量的21.31%。

2.2.2 荔枝果肉蛋白中小分子量蛋白分子量分布

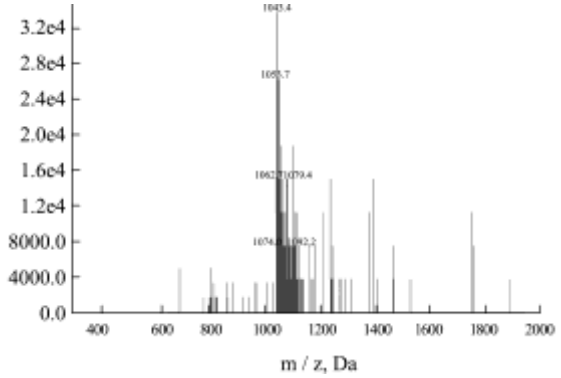


图 4 pI3.5 提取小分子蛋白的 Q1 扫描图

Fig.4 Q1 scanning diagram of SMP component at pI 3.5

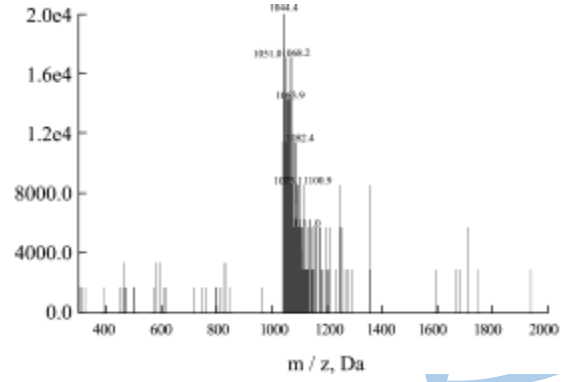


图 5 pI5.5 提取小分子蛋白的 Q1 扫描图

Fig.5 Q1 scanning diagram of SMP component at pI 5.5

甲醇能使大分子蛋白质变性，但甲醇能溶解小分子蛋白和多肽，常用作小分子蛋白和多肽质谱扫描的有机溶剂。小分子蛋白是一类具有特异性功能作用的蛋白，常作为分析一类蛋白质功能作用的研究对象[11]，本试验通过对不同等电点组份中小分子蛋白的分子量分布，旨在分析荔枝小分子蛋白的分子量大小，为深入研究荔枝蛋白种类和选择标志性物质提供理论依据。图4至图7分别为pI 3.5、pI 5.5、pI 6.5、pI 7.5组份用甲醇溶剂提取测定小分子蛋白的Q1扫描图，从图4中可以看出，pI 3.5提取蛋白扫描样品质荷比主要分布在1040~1150之间，质荷比在1000以下和1200以上的丰度都很小，含量很低；在整个图谱中丰度较大的分子量集中在5000 Da附近。从图5中可以看出，pI 5.5提取蛋白扫描样品质荷比主要分布在1040~1150之间，质荷比在1000以下和1200以上的丰度都很小，含量很低；在整个图谱中丰度较大的分子量集中在5000 Da附近。从图6中可以看出，pI 6.5提取蛋白扫描样品质荷比主要分布在520~580之间和1040~1150之间，其它区间质荷比的丰度都很小，含量很低；丰度较大的分子量集中在1000 Da和5000 Da附近。从图7中可以看出，pI7.5组份提取蛋白样品质荷比主要分布在580~670之间以及1040~1150之间，其它区间质荷比的丰度都很小，含量很低；丰度较大的分子量集中在1000 Da和5000 Da附近。

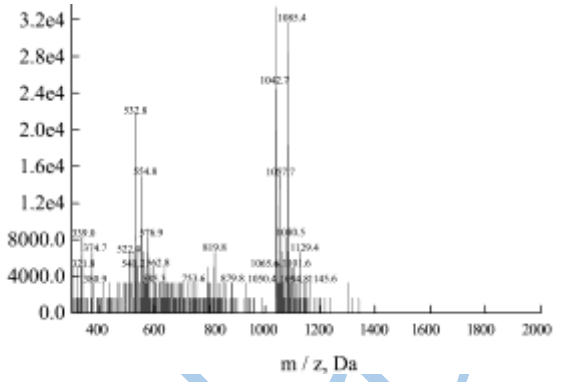


图 6 pI6.5 提取小分子蛋白的 Q1 扫描图

Fig.6 Q1 scanning diagram of SMP component at pI 6.5

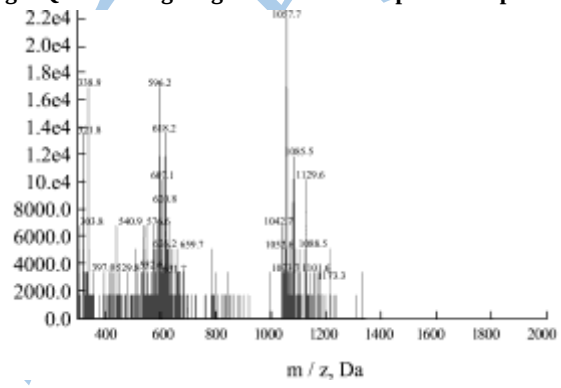


图 7 pI7.5 提取小分子蛋白的 Q1 扫描图

Fig.7 Q1 scanning diagram of SMP component at pI 7.5

2.3 荔枝蛋白不同等电点组份的抗氧化性比较

2.3.1 抗超氧阴离子自由基能力测定

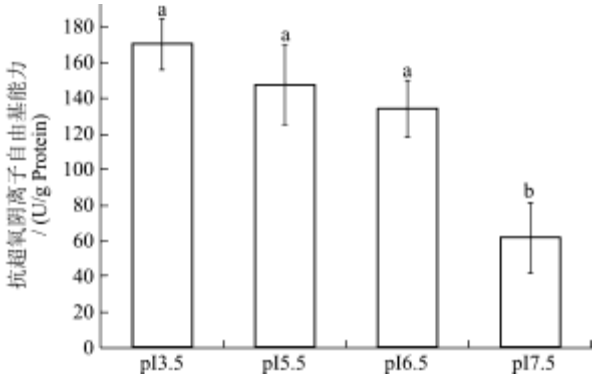


图 8 不同等电点组份蛋白清除超氧阴离子自由基作用

Fig.8 The superoxide radical-scanvenging effect of the litchi proteins with different pI

超氧阴离子自由基（$O_2^{\cdot-}$）不仅具有重要的生物功能，也与多种疾病有密切的联系。它是基态氧接受1 个电子后形成的第 1 个氧自由基，可经过一系列反应生成其他氧自由基。因此，具有特别重要的意义[12]。

在反应体系中，1 g 蛋白在 37 ℃反应 40 min 所抑制的超氧阴离子自由基相当于 1 mg 的维生素 C 所抑制的超氧阴离子的变化值为一个活力单位（U/gProtein），数值越大说明其抗超氧阴离子自由基效果越好，从图 8 可以看出，四个等电点组份都具有清除超氧阴离子自由基的能力，由强到弱依次为：pI 3.5>pI 5.5> pI 6.5>pI 7.5。

2.3.2 清除羟自由基能力测定

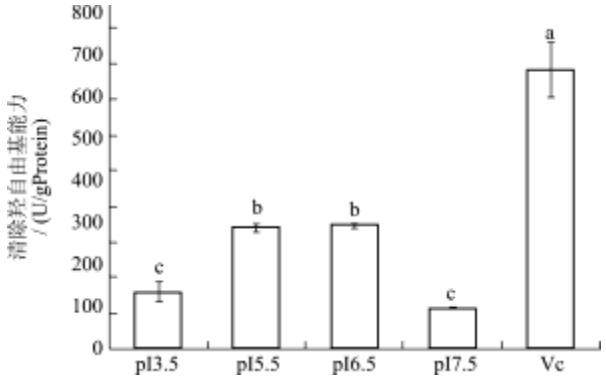


图 9 不同等电点组份蛋白对羟自由基清除作用

Fig.9 Hydroxyl radical scavenging effect of litchi proteins with different pI

羟基自由基（·OH）被认为是毒性最强的活性氧自由基，辐射损伤等物理、化学因子都会促进其形成，是造成生物有机体过氧化损伤的主要因素[13]，在反应体系中规定每毫克蛋白在 37 ℃下反应 1 min，使反应体系中 H_2O_2 的浓度降低 1 mmol/L 为一个清除羟自由基能力单位（U/mg Protein）。图 9 中得知荔枝果干各等电点组份蛋白均对羟自由基有清除作用，pI 5.5 与 pH 6.5 组份蛋白清除能力相当，而 pI 3.5 则与 pI 7.5 的清除能力相当，且 pI 5.5 与 pI 6.5 组份蛋白的清除能力明显大于 pI 3.5 与 pI 7.5，但是四个组份清除能力明显要弱于 Vc 的羟自由基清除能力。

2.3.3 总抗氧化能力测定

在 37 ℃时，每分钟每毫克蛋白使反应体系的吸光度（OD）值每增加 0.01 时为一个总抗氧化能力单位（U/mg Protein）。由图 10 可知，四个等电点组份的蛋白均具有一定的总抗氧化能力，pI 3.5 组份蛋白具有最强的总抗氧化能力，其次为 pI 5.5 组份蛋白，而 pI 7.5 组份蛋白的最小且低于维生素 C 的总抗氧化能力，pI 3.5、5.5、6.5 组份蛋白的总抗氧化能力则显著高于维生素 C，这可能是因为 pI 3.5 组份蛋白相比于其他组份含有较多的多肽片段，因此总抗氧化能力最强；而 pI 7.5 组份蛋白由于其小分子量物质过多，则可能大部分为游离氨基酸，并且这些氨基酸的抗氧化能力较弱，导致该组份蛋白的总抗氧化能力较差。

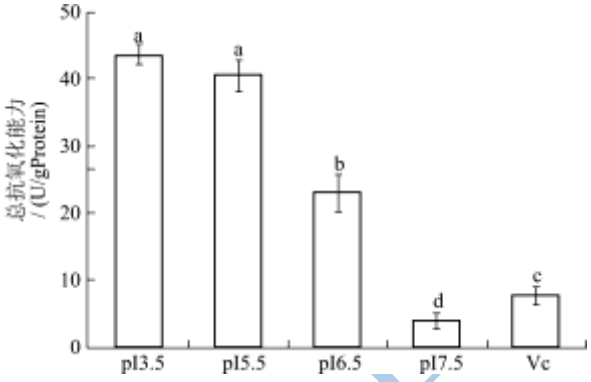


图 10 不同等电点组份蛋白总抗氧化能力

Fig.10 Total antioxidant capacity of litchi proteins with different pI

3 讨论

蛋白质提取过程中不同浸泡时间影响粗蛋白的提取量和提取率，试验表明荔枝果干蛋白浸泡 2 小时即可达到最大提取，而动物蛋白由于含有大量油脂及结缔组织，提取工艺时间长[14]，说明荔枝蛋白的提取与动物蛋白提取有一定差异，也一定程度上反映出荔枝蛋白在体内消化速度相比动物蛋白要快。

通过对荔枝果干蛋白分析表明荔枝果肉蛋白存在不同等电点组份，不同组份的蛋白在干制过程中糖基化反应的进展、产物应该也不同，如能深入分析不同组份在不同干制方法糖基化的产物及其活性，则将有助于揭示荔枝果干功能作用的物质基础。试验分析不同等电点组份提取蛋白的抗氧化性表明 pI 3.5 组份蛋白具有最强的总抗氧化能力及清除超氧阴离子能力，pI 5.5 与 pI 6.5 清除羟自由基能力最强，这可能由于不同组份蛋白的氨基酸组成以及分子量不同有关；同时由于荔枝蛋白的提取方法为“碱溶酸沉”法，在浸泡过程中可能存在色素、多酚多糖等具有活性作用的物质干扰，影响后续的蛋白质抗氧化分析，其不同蛋白组份的活性评价有待于通过动物试验或体外模拟试验进一步研究。

荔枝果干蛋白 pI 3.5、pI 5.5、pI 6.5、pI 7.5 四组等电点提取的蛋白用超高压液相质谱联用系统测定其中小分子蛋白，不同等电点组份小分子蛋白的组成不同，pI 3.5、pI 5.5 组份含量较高的物质集中在 5000 Da 附近，pI 6.5、pI 7.5 组份含量较高的物质集中在 1000 Da 和 5000 Da 附近，表明四组等电点提取的小分子蛋白组成存在一定差异，且有可能是一类多肽类物质。试验还确证了不同组份蛋白的氨基酸含量不同，由不同的氨基酸组成和高含量的多糖推测荔枝干制过程中存在复杂的化学反应，试验的研究结果为从蛋白质组学角度深入研究荔枝功能变化提供一些理论基础。

4 结论

荔枝果干蛋白存在四个等电点，分别为 pH 3.5、5.5、6.5、7.5；四组等电点提取的蛋白氨基酸组成存在一定差异，并均具有一定抗氧化性，其中含量较高的小分子蛋白主要集中在 1000 Da 和 5000 Da 附近。

参考文献

[1] Fan-Li Kong, Ming-Wei Zhang, Rui-Bin Kuang, et al. Antioxidant activities of different fractions of polysaccharide purified from pulp tissue of litchi (Litchi chinensis Sonn.) [J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 81(2): 612-616

[2] Bao Yang, Hengshan Wang, Nagendra Prasad，et al. Use of Litchi (Litchi sinensis Sonn.) Seeds in Health [M]. Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention: Chapter 82, Salt Lake City: Academic Press 2011

[3] 王燕,王惠聪,周志昆,等.荔枝的功能及活性成分研究现状[J].果树学报,2009,26(4):546-552
WANG Yan, WANG Hui-cong, ZHOU Zhi-kun, et al. An Overview of Research on Litchi Functional Role and Its Active Substances [J]. Journal of Fruit Science, 2009, 26(4): 546-552

[4] Anna J Keutgen, Elke Pawelzik. Contribution of amino acids to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators under NaCl salinity [J]. Food Chemistry, 2008, 111: 642-647

[5] Anary Priscila Monteiro Egydio, Claudete Santa Catarina, Eny Iochevet Segal Floh, etc. Free amino acid composition of Annona (Annonaceae) fruit species of economic interest [J]. Jndustrial Crops and Products, 2004, 52(5): 1201-1206

[6] Laura Jimenez-Castano, Mar Villamiel, Rosina Lo´pez-Fandino. Glycosylation of individual whey proteins by Maillard reaction using dextran of different molecular mass [J]. Food Hydrocolloids, 2007, 21: 433-443

[7] 卢家成,孙泽威,李婷琳.糖基化反应改善大豆抗原蛋白功能特性的研究进展[J].大豆科学,2012,31(3):483-486
LU Jia-cheng, SUN Ze-wei, LI Ting-lin. Research Advance on Improving Functional Characteristics of Soybean Antigenic Proteins by Glycosylation [J]. Soybean Science, 2012, 31(3): 483-486

[8] 蔡金星,刘秀凤,常学东,等.蚕豆蛋白质提取分离及其物化性质研究[J].食品工业科技,2007,28(10):142-144
CAI Jin-xing, LIU Xiu-feng, ZHAO Xi-yan. Study on Extraction and Physicochemical Characteristics of Broad Bean Protein [J]. Science and Technology of Food Industry, 2007, 28(10): 142-144

[9] 张养军,王京兰,蔡耘,等.液相色谱-质谱联用方法用于严重急性呼吸系统综合症冠状病毒结构蛋白质的研究[J].分析化学,2004,32(4):415-420
ZHANG Yang-jun, WANG Jing-lan, CAI Yun, et al. Studies on Structural Proteins of Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus by Liquid Chromatography Coupled with Electrospray Ionization-Quadrupole Time-of-Flight Tandem Mass Spectrometry [J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2004, 32(4): 415-420

[10] 李小华,于新,毕阳.非洲山毛豆种子的蛋白质组成分析[J].食品工业科技,2010,31(3):158-161
LI Xiao-hua, YU Xin, BI Yang. Analysis of contents of protein groups in Tephrosia vogelii Hook f·seeds [J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 31(3): 158-161

[11] 熊长云,张祖传.一组丝瓜籽小分子核糖体失活蛋白 LuffinS 的分离、纯化和性质[J]. 生物化学与生物物理学报(英文版),1998, 30(2):142-145
XIONG Chang-yun, ZHANG Zu-chuan. Isolation, Purification and Characterization of a Group of Novel Small Molecular Ribosome Inactivating Protein-LuffinS from Seeds ofLuffa cylindrical [J]. Acta Biochimica et Biophysica Sinica, 1998, 30(2): 142-145

[12] 闵建华,李建科,陈婷.蚕蛹多肽的制备工艺及其体外抗氧化活性[J].食品科学,2009,30(14):123-126
MIN Jian-hua, LI Jian-ke, CHEN Ting. Preparation and Antioxidant Activity in vitro of Silkworm Pupa Polypeptide [J]. Food Science, 2009, 30(14): 123-126

[13] 罗建平,徐学玲,潘利华,等.菠萝皮渣多糖的提取与体外抗氧化活性研究[J].食品科学,2009,30(18):172-175
LUO Jian-ping, XU Xue-ling, PAN Li-hua, et al. Extraction and in Vitro Antioxidant Activities of Polysaccharides from Ananas comosus (L.) Merr. Peel [J]. Food Science, 2009, 30(18): 172-175

[14] 裴小平,唐道邦,肖更生,等.鸡肉蛋白提取工艺研究[J].食品科技,2009,34(8):198-202
PEI Xiao-ping, TANG Dao-bang, XIAO Geng-sheng, et al. Study on extraction process of chicken protein [J]. Food Science and Technology, 2009, 34(8): 198-202