

Study on Leaf Protein Features of *Azolla*

Youquan Yang, Chuanjing Jiang, Zheng Lu, Chaoyang Ying, Min Chen*, Sufang Deng

Agricultural Ecology Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fujian Engineering and Technology Research Center for Hilly Grassland, Fujian Engineering and Technology Research Center for Circular Agriculture, Fuzhou Fujian
Email: 36511161@qq.com, *chenmin863@163.com

Received: Nov. 13th, 2016; accepted: Nov. 27th, 2016; published: Nov. 30th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to explore the feasibility about *Azolla* as food, we test the *Azolla* leaf protein solubility, water holding capacity, oil absorption, foaming and emulsifying properties. The results show that: The solubility and water holding capacity of *Azolla* leaf protein first increase and then decrease with the increasing temperature. When the temperature is 50°C, solubility and water holding capacity are highest; oil absorption increases with the growth of temperature; oil absorption capacity is between 4.8 and 6.0 mL/g. When the leaf protein concentration accounts for 6%, the maximum foaming capacity is 176.6, and the foaming stability is 72.5. The degree of the emulsifying capacity and stability goes up with the increase of leaf protein concentration, with emulsibility between 15 - 30, emulsification stability between 60 - 80.

Keywords

Azolla, Leaf Protein, Features, Study

红萍叶蛋白功能特性研究

杨有泉, 姜传京, 陆 燕, 应朝阳, 陈 敏*, 邓素芳

福建省农科院农业生态研究所, 福建山地草业工程技术研究中心, 福建省丘陵地循环农业工程技术研究中心, 福建 福州
Email: 36511161@qq.com, *chenmin863@163.com

收稿日期: 2016年11月13日; 录用日期: 2016年11月27日; 发布日期: 2016年11月30日

*通讯作者。

文章引用: 杨有泉, 姜传京, 陆燕, 应朝阳, 陈敏, 邓素芳. 红萍叶蛋白功能特性研究[J]. 食品与营养科学, 2016, 5(4): 194-201. <http://dx.doi.org/10.12677/hjfns.2016.54025>

摘要

本文为了探究红萍作为食品开发利用的可行性,以经脱色、去腥后所得红萍(卡州萍3001(*A. caroliniana* Wild.3001)为代表)叶蛋白为材料,对其溶解性、持水性、吸油性、起泡性及乳化性等进行测定,结果显示:红萍叶蛋白溶解性、持水力均随温度的升高先升高后降低,在温度为50℃时,溶解性、持水力最大;吸油性随着温度的升高而增大,吸油能力在4.8~6.0 mL/g之间;起泡性及起泡稳定性在叶蛋白浓度为6%时,最大值分别为176.6和72.5;乳化能力及乳化稳定性均随叶蛋白浓度的增大而增大,乳化能力在15~30之间,乳化稳定性在60~80之间。

关键词

红萍, 叶蛋白, 功能特性, 研究

1. 引言

红萍是满江红的俗称,为水生蕨类植物,通常生在水田和池沼水面上,分枝很多,密集成林,是一种重要的绿肥作物。属满江红科,满江红属;共有两个亚属,即三髎亚属和九髎亚属[1]。研究表明,红萍的粗蛋白含量达25%~33%,可补充日粮中其它饲料的不足,以满足动物对营养的需求。作为有价值的饲料,红萍还有以下优点:1)适口性好;2)个体大小适中,不需切碎加工;3)生长温度宽,适应能力强,繁殖快,产量高;4)各种淡水水面均可放养,特别是在稻田放养,可直接作为禽、鱼的饲料[2]。因此是一种极具开发利用价值的新型蛋白质资源和功能性食品原料。

蛋白质的功能特性是在食品加工、贮藏和销售过程中蛋白质对食品需宜特征做出贡献的那些物理和化学性质。可分为4个主要方面:水化性质(溶解度、吸水性、持水性等)、表面性质(乳化型、起泡性、表面张力等)、结构性质(沉淀、凝胶等)、感官性质(颜色、气味、口味、咀嚼度等)。各种性质并不是完全独立的,而是相互之间存在一定的内在联系,这种内在联系对蛋白质在食品工业中的应用起着非常重要的作用。因此,一种蛋白质的功能性质的好坏直接决定了其是否适宜应用于食品工业中[3][4][5][6]。系统地测定各种蛋白质(包括新开发的植物叶蛋白)的功能性质有助于在食品工业中正确的使用这些蛋白质。

卡州萍3001(*A. caroliniana* Wild.3001)为本单位自行选育的当家品种,具有易种、易活、易产等特点,为近几年推广应用最多品种。本文对卡州萍3001(*A. caroliniana* Wild.3001)叶蛋白粉的溶解性、持水性、吸油性、起泡性及乳化性等进行测定,以期为红萍叶蛋白在食品工业中应用提供理论依据。

2. 材料与amp;方法

2.1. 试验材料

卡州萍3001(*A. caroliniana* Wild.3001)叶蛋白粉(实验室自行提取经脱色、去腥后所得)。

2.2. 试验试剂

pH缓冲剂:盐酸(分析纯);十二烷基磺酸钠(SDS)溶液;色拉油(市售)。

2.3. 试验主要仪器

BS224S 电子天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司);HH-2 数显恒温水浴锅(国华电器有限公司);SIGMA 冷冻离心机;PHS-10B 型酸度计(杭州东星仪器有限公司);HJ-2 磁力搅拌器(郑州亚荣仪器有限

公司); TU-1901 双光束紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司); SOWER 实验室乳化机; SYX 型实验室搅拌机(上海索维机电有限公司); 锥形瓶; 移液管; 容量瓶[7] [8]。

2.4. 试验方法

2.4.1. 红萍叶蛋白溶解性测定方法

准确称取红萍叶蛋白粉 2.0 g, 加入 80 mL 溶剂充分搅拌、震荡溶解, 定容至 100 mL。分别于 40℃、50℃、60℃、70℃、80℃水浴温度下加热 10 min, 冷却, 常温下 3600 r/min 离心 10 min, 测定上清液蛋白质含量。红萍叶蛋白溶解性计算公式:

$$\text{红萍叶蛋白溶解性(\%)} = \frac{\text{溶于水中蛋白质质量}}{\text{样品质量}} \times 100$$

2.4.2. 红萍叶蛋白持水性测定方法

准确称取红萍叶蛋白粉 2.0 g, 加水溶解, 用磁力搅拌器使蛋白质溶液分散均匀, 定容至 100 mL。分别于 30℃、40℃、50℃、60℃、70℃水浴温度下加热 10 min, 冷却, 置于预先称重过的离心管中, 3600 r/min 离心 10 min, 除去上清液, 称量沉淀质量。红萍叶蛋白持水性计算公式:

$$\text{红萍叶蛋白持水性(g/g)} = \frac{(\text{离心管质量} + \text{沉淀质量}) - (\text{离心管质量} + \text{样品质量})}{\text{样品质量}}$$

2.4.3. 红萍叶蛋白吸油性测定方法

准确称取红萍叶蛋白粉 0.5 g, 置于离心管中, 再称取 5 mL 色拉油加入离心管中。用玻璃棒搅拌 1 min, 静置 30 min 后, 3600 r/min 离心 10 min, 测量游离油的体积。红萍叶蛋白吸油性计算公式[9]:

$$\text{红萍叶蛋白吸油性(mL/g)} = \frac{5 - \text{游离油体积}}{\text{样品质量}}$$

2.4.4. 红萍叶蛋白起泡性及起泡稳定性测定方法

分别配制不同浓度的红萍叶蛋白溶液, 调 pH 值 7.0, 然后在均质机中均质 2 min, 分别记下均质前液体高度、均质停止时的泡沫高度、放置 30 min 后下层析出液体的高度。红萍叶蛋白起泡性及起泡稳定性计算公式:

$$\text{红萍叶蛋白起泡能力(\%)} = \frac{\text{均质停止时泡沫体积}}{\text{均质前液体体积}} \times 100$$

$$\text{红萍叶蛋白起泡稳定能力(\%)} = \frac{\text{放置30min后下层析出液体体积}}{\text{均质停止时泡沫体积}} \times 100$$

2.4.5. 红萍叶蛋白乳化能力及乳化稳定性测定方法

红萍叶蛋白乳化性质采用浊度法测定。分别配制不同浓度的红萍叶蛋白溶液各 20 mL, 调 pH 值 7.0。分别取 9 mL 倒入 50 mL 离心管中, 加入 3 mL 色拉油, 在 10,000 r/min 转速下搅拌 1 min, 用注射器从底部吸取 50 μ L 乳状液, 与 10 mL 0.1% 的十二烷基磺酸钠(SDS)溶液混合均匀, 在 500 nm 波长下比色, 记录吸光度(A_0), 20 min 后再从底部取 50 μ L 乳状液, 同样稀释, 比色, 记录吸光度(A_t)。蛋白质的乳化性质以乳化活性指数 EAI 和乳化稳定性指数 ESI 表示[10] [11] [12]。

$$\text{EAI} = \frac{2 \times 2.303 \times A_0 \times \text{稀释倍数}}{C \times \Phi \times L}$$

$$\text{ESI} = \frac{A_0 \times t}{A_0 - A_t}$$

式中： A_0 为 0 min 时所测得吸光值
 A_t 为 20 min 时所测得吸光值
 t 为时间间隔
 C 为乳化液形成前蛋白质溶液的浓度
 φ 为色拉油的体积分数(V/V , $\varphi = 0.25$)
 L 为比色皿光径。

3. 结果与分析

3.1. 红萍叶蛋白溶解性测定结果

蛋白质的溶解度是蛋白质 - 蛋白质和蛋白质 - 溶剂相互作用达到平衡的热力学表现形式。与温度、蛋白质浓度、pH 有关。红萍叶蛋白溶解性测定结果见图 1。

由图 1 可知, 红萍叶蛋白在 50℃ 时, 溶解性最高, 低于或高于 50℃ 时, 溶解性均降低。这是由于在温度较低时, 水分子和蛋白质分子的相互作用较弱, 从而使蛋白质溶解性较低。当温度升高时, 蛋白质的分子构象改变, 立体结构伸展, 使蛋白质分子和水分子的运动及相互作用增强, 加快蛋白质溶解速度, 因此在 50℃ 前, 红萍叶蛋白的溶解性随温度的升高而升高。但是当温度高于 50℃ 时, 由于温度作用使蛋白质空间构象中的弱键发生断裂, 破坏了肽键的特定结构, 分子内部的部分极性基团暴露到分子表面, 从而使蛋白质发生变性, 降低了溶解度[13] [14]。

3.2. 红萍叶蛋白持水力测定结果

蛋白质的持水力是指蛋白制品在一定条件下承受热加工后保持水分的能力[15]。

红萍叶蛋白持水力测定结果见图 2。

由图 2 可知, 红萍叶蛋白的持水力随温度的升高逐渐升高, 50℃ 时达到最大。这可能是因为随着温度的升高, 埋藏在蛋白质球状分子内部的极性键由于离解和开链而暴露在蛋白质分子表面, 从而使蛋白质持水力增强。50℃ 后, 随着温度的升高, 红萍叶蛋白持水力逐渐减弱, 这可能是由于温度过高, 蛋白质分子中氢键作用和离子基团的水和作用减弱导致蛋白质持水力下降, 或者可能是因为高温使蛋白质变性, 减小了蛋白质表面积而导致持水力下降。

3.3. 红萍叶蛋白吸油性测定结果

蛋白质的吸油性是指蛋白质产品吸附油的能力。它在肉制品、乳制品等食品的加工过程中起着十分重要的作用[16]。红萍叶蛋白吸油性测定结果见图 3。

由图 3 可见, 红萍叶蛋白的吸油性随着温度的升高而升高, 其吸油能力在 4.8~6.0 mL/g 之间。这与报道中的大豆分离蛋白的吸油性相当, 比苜蓿叶蛋白的吸油性高[17] [18] [19]。

3.4. 红萍叶蛋白的起泡性及起泡稳定性测定结果

蛋白质的起泡性是指蛋白质能降低气 - 液界面的表面张力而帮助形成起泡的能力, 起泡稳定性是指蛋白质维持泡沫稳定存在的能力[20]。红萍叶蛋白的起泡性及起泡稳定性测定结果见图 4。

由图 4 可知, 随着红萍叶蛋白浓度的增大, 叶蛋白的起泡性先增大然后又逐渐减小, 在浓度为 6% 时, 叶蛋白起泡性最大。这是由于蛋白质分子为典型的两亲结构, 当它受到急速搅拌时, 会形成相当量的水/空气界面。一则会吸附到此界面, 二则部分肽链会在界面上伸展。因此, 蛋白浓度越高, 起泡性越好。但当蛋白浓度过高时, 过多的蛋白质又会阻碍多肽链在界面的展开与定向, 从而影响泡沫的增加而使蛋

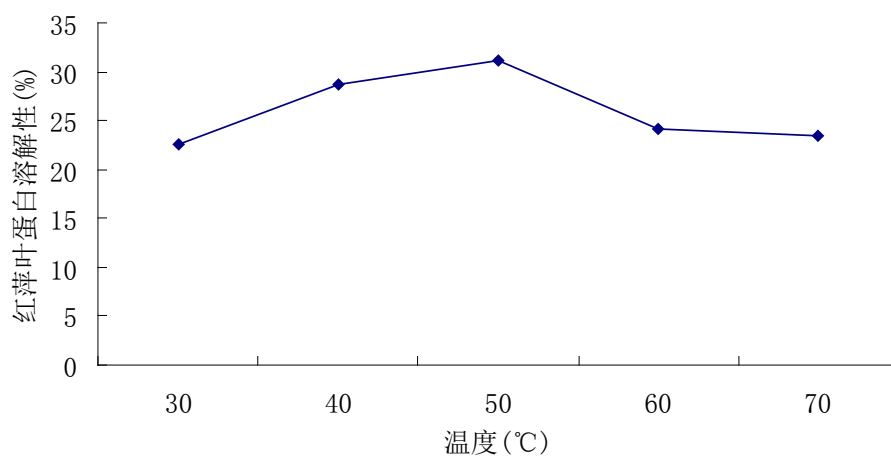


Figure 1. The effect of temperature on *Azolla* LPC dissolubility

图 1. 温度对红萍叶蛋白溶解性的影响

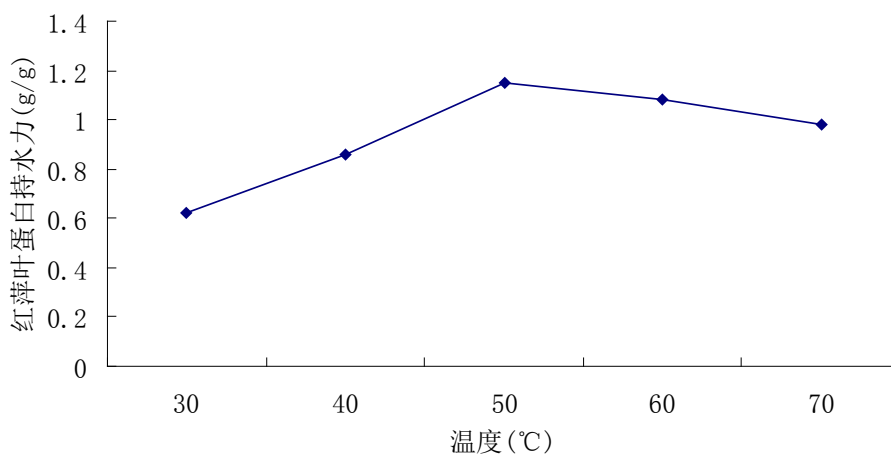


Figure 2. The effect of temperature on *Azolla* LPC water binding capacity

图 2. 温度对红萍叶蛋白持水力的影响

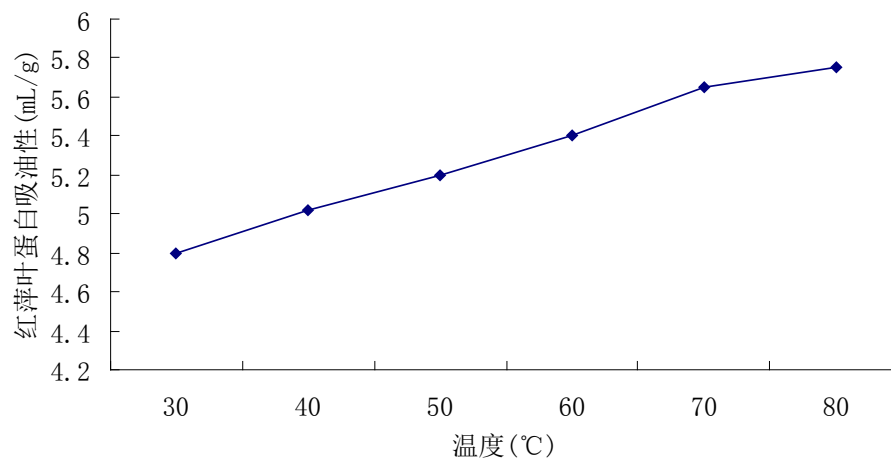


Figure 3. The effect of temperature on *Azolla* LPC oil-absorbing capacity

图 3. 温度对红萍叶蛋白吸油性的影响

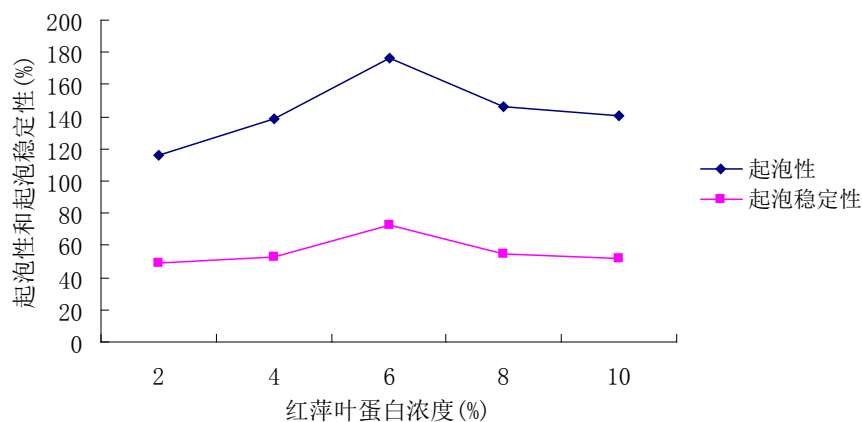


Figure 4. Relationship of foamability and foam stability with protein concentration
图 4. 蛋白质浓度对红萍叶蛋白起泡性和起泡稳定性的影响

白质气泡变小，泡沫变硬。红萍叶蛋白起泡稳定性随蛋白质浓度的增加先升高后降低，当蛋白浓度达到6%时，叶蛋白的起泡稳定性最强。这是因为当蛋白浓度达到一定数值时，蛋白质可以形成较厚的吸附膜，因而可以提高泡沫稳定性。

3.5. 红萍叶蛋白乳化能力及乳化稳定性测定结果

蛋白质乳化性能取决于两个因素：一是降低界面张力的能力；二是成膜能力。乳化形成取决于快速解吸，在界面上展开及重新定向，稳定性是通过界面自由能的降低和膜的流变性质决定的[21]。红萍叶蛋白乳化能力及乳化稳定性测定结果见图5。

由图5可知，红萍叶蛋白乳化能力及乳化稳定性均随叶蛋白浓度的增大而增大，这是因为蛋白质从水相向界面扩散的过程中，水相中蛋白质的浓度降低，使蛋白质膜的厚度变薄，随着蛋白质浓度的增大，水相中蛋白质浓度升高，形成了具有较高厚度和流变学性质的蛋白质膜。另外，蛋白质在界面上吸附特点为分级吸附，随着叶蛋白浓度的增加，单分子吸附层变为多分子吸附层，继而形成排列更加紧密的界面膜，使得蛋白质的乳化能力和乳化稳定性增加[22]。

4. 结论与展望

1) 红萍叶蛋白溶解性、持水力均随温度的升高先升高后降低，在温度为50℃时，溶解性最大，而在50℃时，红萍叶蛋白有最大的持水力。

2) 红萍叶蛋白具有良好的吸油性。其吸油性随着温度的升高而增大，吸油能力在4.8~6.0 mL/g之间。这与报道中的大豆分离蛋白的吸油性相当，比苜蓿叶蛋白的吸油性高。

3) 红萍叶蛋白的起泡性及起泡稳定性与叶蛋白浓度有关，在叶蛋白浓度为6%时，分别有最大值176.6和72.5。

4) 红萍叶蛋白乳化能力及乳化稳定性均随叶蛋白浓度的增大而增大，乳化能力在15~30之间，乳化稳定性在60~80之间。

5) 本试验在测定溶解性、持水性、吸油性时叶蛋白浓度均为2%，pH值为7.0；在测定起泡性和乳化性时温度为室温，pH值为7.0

6) 红萍品系众多，有细绿萍、小叶萍、卡州萍、羽叶萍等，本试验只用了国家红萍资源圃当家品种卡州3001(*A. caroliniana* Wild.3001)所提取的叶蛋白[23]，至于其他品系的萍，在试验中是否存在差异，有关这方面的研究有待进一步试验。

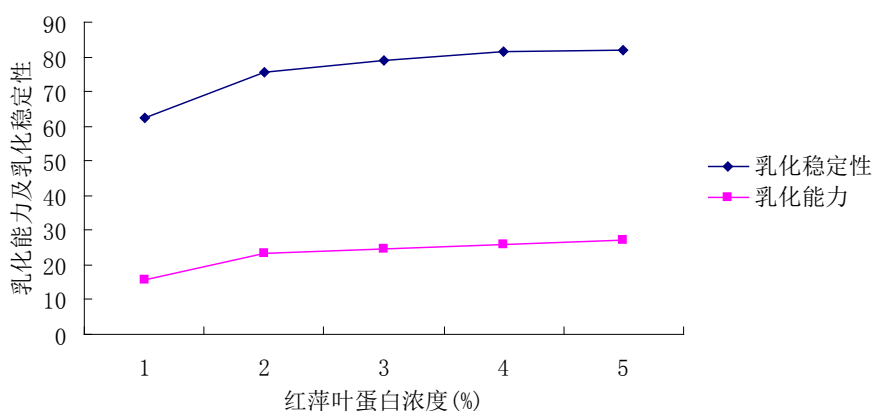


Figure 5. Relationship of emulsibility and emulsion stability with protein concentration

图 5. 蛋白质浓度与红萍叶蛋白乳化性及乳化稳定性的关系

基金项目

省公益性科研院所基本科研专项(2014R1017-6); 省种业创新与产业化工程项目(2014S1477-2); 晋江市科技计划项目(2013J0153)。

参考文献 (References)

- [1] 刘中柱, 郑伟文. 中国满江红[M]. 北京: 农业出版社, 1989: 2, 192-194.
- [2] 杨有泉. 红萍在“稻萍鱼”、“稻萍鸭”模式中的作用[J]. 福建畜牧兽医, 2008, 30(3): 24-26.
- [3] 王盼盼. 食品中蛋白质的功能特性综述[J]. 肉类研究, 2010, 22(5): 62-71.
- [4] 高艳华, 王联结. 国内外食品蛋白质发展概况[J]. 食品研究与开发, 2003, 24(5): 58-60.
- [5] 孙远明. 食品营养学[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [6] 汪家政, 范明. 蛋白质技术手册[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [7] 周瑞宝. 植物蛋白功能原理与工艺[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 33-52.
- [8] 郭兴凤. 豌豆蛋白的功能特性研究[J]. 郑州粮食学院院报, 1996, 17(1): 69-74.
- [9] 李鹏, 杨伟强. 酶法改性对花生浓缩蛋白吸油性的影响[J]. 2011, 19(5): 16-18.
- [10] 张寒俊, 刘大川, 杨国燕. 紫外光谱法定量测定不同种蛋白酶活力的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2004, 9(4): 44-45.
- [11] 李小华, 于新. 非洲山毛豆蛋白质组成及其功能性研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(7): 43-47.
- [12] 赵新淮, 侯瑶. 大豆蛋白限制性酶解模式与产品胶凝性的相关性[J]. 农业工程学报, 2009, 5(1): 217-222.
- [13] Remignon, H., et al. (2006) Current Advances in Proteomic Analysis and Its Use for the Resolution of Poultry Meat Quality Problems. *World's Poultry Science Journal*, **62**, 123-129. <http://dx.doi.org/10.1079/WPS200589>
- [14] Hojilla-Evangelista, M.P., Sessa, D.J. and Mohamed, A. (2004) Functional Properties of Soybean and Lupin Protein Concentrates Produced by Ultrafiltration-Diafiltration. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **81**, 1153-1157. <http://dx.doi.org/10.1007/s11746-004-1033-1>
- [15] 丽娜. 发芽小麦蛋白特性研究及其利用[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南工业大学, 2011.
- [16] 纵伟, 陈怡平. 不同干燥方法对花生蛋白功能特性的影响[J]. 食品工程, 2007, 23(3): 48-50.
- [17] 王姝, 王昌涛, 于国萍. 羽扇豆蛋白的提取及性质研究[J]. 食品科技, 2012, 37(5): 230-235.
- [18] 石建斌, 侯万伟, 刘玉皎. 蚕豆种子贮藏蛋白质组分的比较研究[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(2): 304-307.
- [19] 谢正军. 苜蓿叶蛋白和酶法制备抗氧化肽的研究[D]: [博士学位论文]. 无锡: 江南大学, 2009.
- [20] 张涛. 汉麻籽分离蛋白的制备工艺, 功能性质及应用研究[D]: [硕士学位论文]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [21] 上官新晨, 陈锦屏, 汤凯洁. 籽粒蛋白功能性质的研究(I)——籽粒蛋白乳化性, 持水力的研究[J]. 中国粮油学报, 2003, 10(1): 55.

-
- [22] 封小龙, 刘红芝, 刘丽, 等. 修饰改性对花生蛋白组分结构与功能性质影响的研究进展[J]. 中国食品学报, 2014, 12(4): 179-183.
- [23] 杨有泉, 姜传京, 应朝阳, 等. 红萍 LPC 提取方法的研究[J]. 中国食品学报, 2013, 13(7): 67-73.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjfn@hanspub.org