

Research Progress of *Plukenetia volubilis* Linneo in Food Field

Yingshi Li*, Tiantian Deng

College of Food Science and Technology, Foshan University, Foshan Guangdong
Email: 87545021@qq.com

Received: Sep. 26th, 2019; accepted: Oct. 24th, 2019; published: Oct. 31st, 2019

Abstract

Plukenetia volubilis Linneo (Sacha Inchi) is a new type of oil crop. Its seeds contain 35% to 60% oil and 23% to 30% protein. In South America, there has been a history of 3,000 years, mainly eating *Plukenetia volubilis* oil or roasted *Plukenetia volubilis* leaves, but the utilization rate of *Plukenetia volubilis* protein has not been high. This paper compared the protein components of *Plukenetia volubilis* from different regions, summarized the research progress in product development and material extraction, and introduced its research in food, medicine and health care products, etc. Finally, it looked forward to the future research, development and utilization of *Plukenetia volubilis* protein processing technology.

Keywords

Plukenetia volubilis Linneo, Protein, Processing Technology, Oil-Bearing Crops

美藤果蛋白在食品领域中的研究进展

李颖诗*, 邓甜甜

佛山科学技术学院, 食品科学与工程学院, 广东 佛山
Email: 87545021@qq.com

收稿日期: 2019年9月26日; 录用日期: 2019年10月24日; 发布日期: 2019年10月31日

摘要

美藤果是一种新型的油料作物, 其种子中油脂含量在35%~60%之间, 蛋白质含量在23%~30%之间。在南美洲, 已有3000年的食用历史, 主要是食用美藤果油或炒制美藤果叶, 但对美藤果蛋白质的利用率

*通讯作者。

一直不高。本文对比了不同地区美藤果的蛋白质成分, 并对产品开发、物质提取等研究进展进行了总结, 并介绍了其在食品、药品和保健品等方面的研究, 最后对美藤果蛋白质今后的加工技术研究及开发利用方向进行了展望。

关键词

美藤果, 蛋白质, 加工技术, 油料作物

Copyright © 2019 by author(s) 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

1. 引言

美藤果(*Plukenetia volubilis* Linneo, Inca Peanut, Sacha Inchi)又被称为星油藤、印加果、印奇果、印加花生等, 学名南美油藤, 目前在我国云南西双版纳、云南普洱、云南红河州、广东湛江、广东九江、海南三亚、海南海口、海南儋州和海南昌江等多地成功引种。美藤果当年种植, 当年结果, 定植第 1 年产量可达 100~200 kg/亩, 2~3 年进入盛产期亩产 200 kg 以上, 盛产期可达 7~10 年, 结果期长达 75 年之久 [1] [2], 种植周期远远短于油茶树(五年见果)、油橄榄树(三年见果)等油料植物。据预测 2030 年我国人口将达 16 亿人, 食用油缺口为 230 亿 kg, 美藤果的引种可以有效缓解我国食用油的紧缺, 同时也是优质蛋白来源, 有世界植物营养“长寿果王”和“植物脑黄金”之称 [3] [4] [5]。现今围绕星油藤的研究多为对其果油的探索, 本文对美藤果蛋白质的研究进行总结, 为星油藤蛋白质以后的探索研究指示出方向。

2. 美藤果蛋白质研究进展

2.1. 美藤果研究历史

美藤果是茎攀援状多年生木质藤本, 总状花序腋生或与叶对生, 雌雄同株 [6]。Plukenetia 属中包含着 20 余种植物, 主要分布于美洲、非洲、马达加斯加和亚洲等地, 属于大戟科多年生攀援性木质藤本植物、多年生油料作物, 美藤果种子有 4~7 个棱角, 呈星形, 每一个棱角包裹 1 粒种子, 如图 1 所示。原生长于海拔 80~1700 m。最初由印加人变野生为家种, 美洲当地人在 3000 年前就已经利用美藤果制作各种食物, 并食用炒制其嫩叶 [6] [7] [8] [9]。最早在 1753 年命名, 在原产地秘鲁, 为了更好地对美藤果这一重要资源植物开发利用, 自 2002 起就开展了 Omega 项目, 相关产品在全世界主要发达国家和地区均有销售, 取得了良好的经济和社会效益 [6]。

美藤果在中国的研究历史并不长, 2006 年美藤果从秘鲁引种至我国云南西双版纳; 2011 年经中国科学院昆明植物研究所标本馆组织专家鉴定, 出具报告, 确认其命名为“美藤果”; 2013 年 1 月 4 日我国卫生部正式批准, 把美藤果油批准为国家新资源食品 [10] [11]。但是, 美藤果中蛋白质成分的应用缺乏国家级的认可。同时, 国内外对美藤果的报道及研究主要集中于油脂的提取、成分及功效等方向, 蛋白质的研究偏少。因此, 美藤果蛋白质还有很多值得探索的空间。

2.2. 美藤果蛋白质成分分析

蛋白质是机体内不可或缺的营养要素之一, 它通过水解变成氨基酸小分子后被机体吸收。美藤果中蛋白质约占 23%~33%, 含有 18 种氨基酸, 蛋白质含量在油料作物中仅次于大豆。其中, 8~9 种必需氨基酸含量高于大豆、花生和杏仁, 甚至是核桃和松子的 3 倍 [6] [12] [13] [14]。



Figure 1. *Plukenetia volubilis* Linneo photo

图 1. 美藤果实拍图

表 1 中可以看出, 含量最高的必需氨基酸是亮氨酸, 其次是缬氨酸; 含量最低的必需氨基酸是蛋氨酸。必需氨基酸评价最佳的是我国云南普洱所产的美藤果, 西双版纳所产的质量稍次却也比原产地秘鲁的要好。平均值与 FAO/WHO 的能量及蛋白质需要的参考模式相比, 美藤果的第一限制性氨基酸为赖氨酸, 第二限制性氨基酸为亮氨酸, 再根据 CS 计算可知, 氨基酸评分最高的是苏氨酸。各地检测出的必需氨基酸含量及种类差别不大, 而且谷氨酸、甘氨酸、精氨酸和天冬氨酸在美藤果蛋白中含量均较高。有科学家从美藤果中提取并纯化出一种占美藤果种子中蛋白质质量 31% 的新型水溶性蛋白, 被称为 Sacha Inchi 蛋白或 IPA 蛋白, 为目前首个含有所有人体必须氨基酸的植物蛋白[6]。夏克东[15]还通过 Osborne 提取分馏方法得出了美藤果蛋白中四种主要成分的占比: 清蛋白、球蛋白、醇溶谷蛋白、谷蛋白含量分别为 43.7%、27.3%、3.0%、31.9%, 且均为盐溶性蛋白质, 赵旻[16]等测出美藤果蛋白等电点在 pH4.5 附近。

Table 1. Amino acid test results of *Plukenetia volubilis* Linneo grown in different areas were compared

表 1. 不同地区种植的美藤果氨基酸检测结果对比(%)

	云南西双版纳 A [15]	云南西双版纳 B [17]	云南普洱 [18]	秘鲁 [19]	平均值	SD	鸡蛋蛋白	FAO/WHO	ASS	CS
Protein	30.1	29.8	32.2	27.0	29.78	1.85	-	-	-	-
MET+CYS	0.8	1.4	0.75	1	0.99	0.26	5.7	2.5	0.40	0.17
PHE+TYR	3.3	2.0	3.82	2.14	2.82	0.77	9.3	2.3	1.23	0.30
THR*	2.08	1.0	2.38	1.16	1.66	0.59	4.7	3.5	0.47	0.35
VAL*	1.91	1.2	2.88	1.08	1.77	0.72	6.6	3.4	0.52	0.27
MET*	0.38	0.4	0.44	0.32	0.39	0.04	-	-	-	-
LYS*	1.32	1.0	2.62	1.16	1.53	0.64	7.0	5.8	0.26	0.22
ILE*	1.60	0.8	2.28	1.35	1.51	0.53	5.4	2.8	0.54	0.28
LEU*	2.28	1.5	3.66	1.73	2.29	0.84	8.6	6.6	0.35	0.27
PHE*	1.03	0.7	1.37	0.65	1.19	0.56	-	-	-	-
TRY*	-	2.1	-	0.79	1.45	0.66	-	-	-	-
ASP	3.57	2.4	6.26	3.00	3.81	1.48	-	-	-	-
SER	1.93	1.3	3.27	1.73	2.06	0.74	-	-	-	-

Continued

GLU	4.02	2.7	7.46	3.59	4.44	1.81	-	-	-	-
GLY	3.71	2.5	5.98	3.17	3.84	1.31	-	-	-	-
HIS	0.84	0.5	1.14	0.70	0.80	0.23	-	-	-	-
ARG	2.66	2.1	5.62	1.49	2.97	1.59	-	-	-	-
ALA	1.18	0.6	2.00	0.97	1.19	0.51	-	-	-	-
PRO	1.36	0.8	2.09	1.30	1.58	0.36	-	-	-	-
CYS	0.42	1.0	0.31	0.68	0.60	0.27	-	-	-	-
TYR	2.27	1.3	2.45	1.49	1.88	0.49	-	-	-	-
EAA	10.6	7.7	15.63	7.45	10.35	3.29	47.3	30.9	0.33	0.22
TAA	32.56	23.1	52.21	26.36	33.56	11.29	-	-	-	-
EAA/TAA	32.56	33.33	29.94	28.26	31.02	2.03	-	-	-	-

注: 1)*为 essential amino acids; 2) FAO/WHO 为联合国粮农组织与世界卫生组织制定的能量及蛋白质需要的参考模式; 3) ASS 为氨基酸评分; 4) CS 为化学评分。

2.3. 美藤果蛋白质毒性研究

Srichamnong [20]等曾对美藤果种子和叶片进行了安全性评估。实验证明, 新鲜的美藤果种子蛋白质中存在天然的植物毒素, 如皂苷、生物碱和凝集素等, 这些物质在高温下不稳定, 烘焙后对正常细胞是安全的。Gonzales [21]等研究出, 美藤果蛋白质与大豆具有相同的氮平衡, 对人体无不良影响。综上所述, 要避免长期大量食用新鲜的美藤果仁及其叶片, 食用美藤果蛋白质前应确保煮熟或已经提纯去毒。此外, 还应对美藤果蛋白做更多的毒理学实验, 验证研究。

2.4. 美藤果蛋白质提取研究

95℃烘干榨油后不用的饼粕, 粉碎后得美藤果饼粕粉。然后用醚脱脂 6 h 并粉碎, 得到美藤果脱脂粉[9] [16] [22] [23]。根据目标蛋白的不同, 选择酶除杂法、水提法、碱溶酸沉法、反胶束法和醇洗分离法等多种方法进行提取, 最后利用喷雾干燥和真空干燥这两种干燥法进行干燥。

在蛋白质的提取中, 酶和超声波的应用都能很好地提高提取率。赵旻[16]等用 1%酶量的 α -淀粉酶酶解得到浓缩蛋白粉(PPC); 林凤英[9]用纤维素酶辅助水提法, 得到清蛋白; 李林芽[24]在得到碱溶酸沉后的分离蛋白后, 利用碱性蛋白酶得到美藤果蛋白肽; 梁钻好[22]等得出碱性蛋白酶最适宜用于美藤果果肽制备的结论, 而添加 0.15%~0.45%亚硫酸钠、表面活性剂十六烷基三甲基溴化胺(CTAB)或采用不同频率的超声预处理, 能使美藤果蛋白酶解效果提升 10%~50%; 林凤英[9]等对比发现超声波比酶解法更显著提高提取率; 彭吟雪[23]等则利用超声波辅助碱溶酸沉法提取, 通过 Box-Behnken 响应面法优化后, 再通过糖化酶酶解, 纯化出纯度达到 90%的蛋白质。

而碱溶酸沉法是最常用的提取美藤果蛋白的方法, 此法可得到碱提蛋白(PPI) [15] [16]。夏克东[15]探究出了此方法的最佳工艺, 让蛋白提取率达到了 83.59%。

赵旻[16]和杜前进[25]等对比出美藤果的 PPI 具有更好的溶解性和更高的黏度, 而 PPC 在吸油性、吸水性、起泡性方面优于 PPI, 两种蛋白粉的溶解性在等电点(近似为 pH4.5)附近最低, 两蛋白的黏度在 30℃~50℃内, 随温度的上升而降低, PPC 和 PPI 在 50℃时, 吸油性最好。

夏克东[26]等研究得出真空冷冻干燥样品的吸油性、持水性、溶解性、起泡性、乳化活性与乳化稳定性均高于喷雾干燥的样品。Sathe 等[27] [28]也研究了美藤果中水溶性蛋白的分离纯化、氨基酸含量、体

外消化性, 以及美藤果蛋白溶解度的影响因素等。在生产中, 我们需要根据目标物的不同而选择不同的提取方法进行提取, 得到不同的蛋白质或者果肽。在此基础上, 还可通过改变 pH、温度、NaCl 浓度和蔗糖浓度来影响蛋白质功能性[29], 以获得良好加工性质的美藤果蛋白。此外, 美藤果蛋白质味道苦涩, 其中还含有黄酮、桑色素、橙皮素、柚皮素和单宁等物质, 夏克东[30]等研究出醇洗分离法, 有效脱除了不愉快风味。

2.5. 美藤果蛋白质功效研究及产品开发

美藤果蛋白质中谷氨酸、甘氨酸、精氨酸和天冬氨酸含量较高, 其中, 谷氨酸具有健脑作用, 能促进脑细胞呼吸, 有利于脑组织中氨的排出。精氨酸具有促进胰岛素生成及分泌的作用, 可以促进生长发育、创伤愈合及氮储存, 还能刺激胸腺增加细胞免疫功能, 精氨酸也是精子蛋白的主要成分, 提高精子质量和运动能量的作用[31]。此外, 粗加工后的美藤果蛋白质粉末中有多酚、生育酚等物质, 在一定程度上可以阻止氧化作用和由自由基引起的过氧化反应, 具有一定的抗氧化性。

林凤英[9]和 Li [32]等研究证实, 美藤果清蛋白可增强 T、B 细胞介导的细胞免疫功能, 有增强免疫力的作用。罗旭璐[33]、杨婉[34]、Nascimento [35]和 Chirinos [36]等就通过对 DPPH 自由基清除活性的测定, 肯定了美藤果的抗氧化能力。Armando 等[37]发现美藤果果仁对缓解职业过敏性鼻炎和支气管哮喘有一定的疗效。关于美藤果蛋白质的功效还需要进一步探索, 如果将榨完油的饼粕直接丢弃, 势必会造成资源浪费, 蛋白质的开发可以大大提高美藤果的利用率。

目前已有利用美藤果的蛋白质制作出了治疗鼻炎的星油藤片剂、美藤果多肽口服液、美藤果灵芝酸奶和经包合技术制成的功能性粉末等多种具有一定疗效的保健品, 并以将其蛋白粉的形式加入糕点和肉制品中。

3. 建议与展望

美藤果中有许多功效成分, 其蛋白质也具有很大的市场开发潜力。美藤果的栽培虽然历史久远, 但在 2006 年才成功引种至西双版纳, 但从各项检测数据来看, 西双版纳产的美藤果具有更高的营养价值和更加广阔的开发前景!

但对于美藤果油的毒理学实验有很多, 对于其蛋白质的毒理学动物实验却没有, 今后需要在这一方面做更多的研究。美藤果中有 30%左右的蛋白质, 如果仅仅将美藤果当作单一的油料作物, 其榨油后剩下的饼粕一定会造成非常巨大的浪费! 中国对美藤果的研究及利用才刚刚开始, 且在世界范围内对美藤果蛋白质的研究也极少, 今后需要在美藤果的加工和功效验证方面进行更深入的研究, 开发出更多的美藤果蛋白质产品, 如美藤果蛋白饮料及乳制品、美藤果烘焙食品、美藤果多肽制品和调味品等, 还可以蛋白粉形式加入肉制品中开发一系列有易消化吸收、降血压、降血脂、抗菌抗氧化及促进矿物质吸收等多种功能的食品。

参考文献

- [1] Cachique, D.H., Solsol, H.R., Sanchez, M.A.G., et al. (2018) Vegetative Propagation of the Underutilized Oilseed Crop Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Genetic Resources & Crop Evolution*, **65**, 2027-2036.
- [2] 龚德勇, 张燕, 王晓敏, 等. 特色保健油料植物南美油藤引种栽培试验研究[J]. 江西农业学报, 2013, 25(10): 5-9.
- [3] Bueso, A., Rodríguez-Perez, R., Rodríguez, M., et al. (2010) Occupational Allergic Rhinoconjunctivitis and Bronchial Asthma Induced by *Plukenetia volubilis* Seeds. *Occupational and Environmental Medicine*, **67**, 797-798. <https://doi.org/10.1136/oem.2010.057224>
- [4] Vanegasazuero, A.M. and Gutiérrez, L.F. (2018) Physicochemical and Sensory Properties of Yogurts Containing Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Seeds and β -Glucans from *Ganoderma lucidum*. *Journal of Dairy Science*, **101**,

- 1020-1033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13235>
- [5] 薛莉, 杨瑞楠, 汪雪芳, 张良晓, 张文, 李培武. 美藤果油的营养组成分析与评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(9): 2010-2015.
- [6] 蔡志全. 特种木本油料作物星油藤的研究进展[J]. 中国油脂, 2011, 36(10): 1-6.
- [7] Bordignon, S.R., Ambrosano, G.M.B. and Rodrigues, P.H.V. (2012) *In Vitro* Propagation of Sacha Inchi. *Ciencia Rural*, **42**, 1168-1172. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000049>
- [8] 张思佳, 黄璐, 熊周权, 等. 美藤果油研究进展[J]. 粮食与油脂, 2013(6): 4-6.
- [9] 林凤英. 美藤果清蛋白的提取工艺及性质研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- [10] 戴余波, 刘小琼, 李国明. 木质藤本植物星油藤的开发研究进展[J]. 现代农业科技, 2017(23): 111-113+117.
- [11] 中华人民共和国卫生和计划生育委员会. “关于批准茶树花等 7 种新资源食品的公告”2013 年第 1 号[Z]. 中国食品, 2013.
- [12] 董玉玲, 陈茂盛, 王秀兰, 等. 木本油料作物美藤果组织培养植株再生体系的建立[J]. 分子植物育种, 2016, 14(6): 462-470.
- [13] 郭永生, 马传国, 刘君, 等. 不同方法制备的美藤果油品质研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(2): 84-88.
- [14] 于旭东, 李奕佳, 宋希强, 等. 海南星油藤的种子生物学特性分析[J]. 热带生物学报, 2017, 8(2): 174-177.
- [15] 夏克东. 星油藤蛋白的制备及其理化性质的研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南工业大学, 2016.
- [16] 赵旻, 张萍, 李秀芬, 等. 星油藤种仁碱提蛋白和浓缩蛋白功能性质的比较研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(11): 103-106.
- [17] 夏辉, 吕名蕊, 刘健, 等. 油藤籽仁营养成分分析[J]. 粮食与食品工业, 2013, 20(2): 9-11.
- [18] 谢蓝华, 陈佳, 张淑谊, 林茂森, 陈云峰, 陈军, 杜冰. 美藤果蛋白的提取工艺及氨基酸组成分析[J]. 中国油脂, 2017, 42(5): 40-44.
- [19] Semino, C.A., Rojas, F.C. and Zapata, E.S. (2008) Protocolo del Cultivo de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). La Merced, Peru, 1-87.
- [20] Srichamnong, W., Ting, P., Pitchakarn, P., et al. (2018) Safety Assessment of *Plukenetia volubilis* (Inca Peanut) Seeds, Leaves, and Their Products. *Food Science & Nutrition*, **6**, 962-969.
- [21] Gonzales, G.F., Tello, J., Zevallos-Concha, A., Baquerizo, L. and Caballero, L. (2017) Nitrogen Balance after a Single Oral Consumption of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Protein Compared to Soy Protein. A Randomized Study in Humans. *Toxicology Mechanisms and Methods*, **28**, 140-147. <https://doi.org/10.1080/15376516.2017.1373880>
- [22] 梁钻好, 林凤英, 黎攀, 等. 结合预处理方法的酶法制备美藤果肽工艺的优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(12): 147-153+184.
- [23] 彭吟雪, 张莹, 刘祥龙, 等. 超声辅助碱溶酸沉法提取美藤果蛋白的工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2018, 31(5): 71-75.
- [24] 李林芽. 星油藤蛋白肽的制备及其抗氧化活性研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南工业大学, 2016.
- [25] 杜前进, 邓成儒, 赵怀宝, 等. 美藤果蛋白质功能性质的研究[J]. 热带农业科学, 2016, 36(5): 102-107.
- [26] 夏克东, 张骊, 李海旺, 等. 不同干燥方法制备的星油藤分离蛋白功能性质的比较研究[J]. 中国油脂, 2015, 40(8): 12-16.
- [27] Sathe, S.K., Hamaker, B.R., Sze-Tao, K.W.C. and Venkatachalam, M. (2002) Isolation, Purification, and Biochemical Characterization of a Novel Water Soluble Protein from Inca Peanut (*Plukenetia volubilis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 4906-4908. <https://doi.org/10.1021/jf020126a>
- [28] Sathe, S.K., Kshirsagar, H.H. and Sharma, G.M. (2012) Solubilization, Fractionation, and Electrophoretic Characterization of Inca Peanut (*Plukenetia volubilis* L.) Proteins. *Plant Foods for Human Nutrition*, **67**, 247-255. <https://doi.org/10.1007/s11130-012-0301-5>
- [29] 张雪春, 田景, 王振兴, 等. 美藤果蛋白的功能性质研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(3): 35-38.
- [30] 夏克东, 刘斯博, 李林芽, 等. HPLC 测定星油藤饼和蛋白中桑色素、橙皮素、柚皮素和单宁的含量[J]. 中国油脂, 2017, 42(3): 131-134.
- [31] 李科友, 史清华, 朱海兰, 等. 苦杏仁主要营养成分研究[J]. 西北农业学报, 2003, 12(2): 119-121.
- [32] Li, P., Wen, J., Ma, X., Lin, F., Jiang, Z. and Du, B. (2018) Structural, Functional Properties and Immunomodulatory Activity of Isolated Inca Peanut (*Plukenetia volubilis*, L.) Seed Albumin Fraction. *International Journal of Biological Macromolecules*, **118**, 1931-1941.

-
- [33] 罗旭璐, 袁雨川, 贺鹏, 刘云, 赵平, 阚欢. 美藤果籽粕多酚的提取及其抗氧化活性测定[J]. 林业科技开发, 2015, 29(1): 75-78.
- [34] 杨婉. 美藤果壳中酚类物质的提取、纯化、鉴定及清除自由基能力的研究[D]: [硕士学位论文]. 无锡: 江南大学, 2018.
- [35] Nascimento, A.K.L., Melo-Silveira, R.F., Dantas-Santos, N., *et al.* (2013) Antioxidant and Antiproliferative Activities of Leaf Extracts from *Plukenetia volubilis* Linneo (Euphorbiaceae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2013**, Article ID: 950272. <https://doi.org/10.1155/2013/950272>
- [36] Chirinos, R., Necochea, O., Pedreschi, R. and Campos, D. (2016) Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*, L.) Shell: An Alternative Source of Phenolic Compounds and Antioxidants. *International Journal of Food Science & Technology*, **51**, 986-993. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13049>
- [37] Armando, B., Rose, R.P., Marta, R., *et al.* (2010) Occupational Allergic Rhinoconjunctivities and Bronchial Asthma Induced by *Plukenetia volubilis* Seeds. *Occupational & Environmental Medicine*, **67**, 797-798. <https://doi.org/10.1136/oem.2010.057224>