

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2018.04.012

文章编号:2095-6002(2018)04-0082-05

引用格式:杜高发,吴翠华,温雅婷,等.鹰嘴豆发芽过程中部分营养成分的变化规律[J].食品科学技术学报,2018,36(4):82-86.



DU Gaofa, WU Cuihua, WEN Yating, et al. Changes in some nutritional compositions during germination of chickpea[J]. Journal of Food Science and Technology, 2018,36(4):82-86.

鹰嘴豆发芽过程中部分营养成分的变化规律

杜高发, 吴翠华, 温雅婷, 张俊浩*

(广州检验检测认证集团有限公司/国家加工食品质量检验中心(广东), 广东 广州 511447)

摘要:采用国家标准规定的方法,研究鹰嘴豆发芽过程中蛋白质、氨基酸、核黄素、异黄酮、膳食纤维的变化规律。结果表明,鹰嘴豆在发芽过程中蛋白质含量不断下降,由未发芽时的18.42%降低至第9天的13.50%。鹰嘴豆氨基酸的组成中,天冬氨酸、谷氨酸、精氨酸含量较多。在发芽过程中,谷氨酸和精氨酸含量有所下降,谷氨酸含量由未发芽时的3.50%下降为第9天的3.10%;精氨酸含量由未发芽时的2.25%下降为第9天的1.72%;天冬氨酸含量则不断上升,由最初的2.51%上升至第9天的4.73%。异黄酮在鹰嘴豆中含量丰富,在发芽过程,其含量由最初的106.44 mg/100 g,上升到第9天的806.00 mg/100 g;核黄素含量也由发芽前的1.44 mg/100 g上升至第7天的1.85 mg/100 g;可溶性膳食纤维含量显著提高,不溶性膳食纤维含量呈下降趋势。通过对鹰嘴豆发芽前后营养成分变化对比的研究,希望为鹰嘴豆功能食品的开发和利用提供理论依据。

关键词:鹰嘴豆;发芽;氨基酸;蛋白质;核黄素;异黄酮;膳食纤维

中图分类号: TS201.4; TS255.2

文献标志码: A

鹰嘴豆又名鸡头豆、鸡豌豆、脑黑豆等,属于豆科草本植物,是野豌豆族鹰嘴豆属植物中的一个栽培品种,因其形似鹰嘴而得名。鹰嘴豆是目前世界上种植面积较大的豆科植物之一,巴基斯坦和印度是世界上最重要的鹰嘴豆生产国^[1-2]。我国的鹰嘴豆种植区域主要集中分布于新疆、青海、甘肃和云南等地区^[3-4]。鹰嘴豆营养丰富,是很多地区重要的食用豆类作物,也有部分地区将鹰嘴豆当作药物使用。鹰嘴豆富含人体所需的钙、钾、锌等多种微量元素,还含有多种氨基酸及蛋白质、膳食纤维及维生素等营养物质^[5-6]。鹰嘴豆还被称为“豆中之王”和“营养之花”^[7]。

发芽是一种改善种子营养组成和加工特性的有效手段,相比于传统加热加工方式的优点是不会造成热敏性维生素及微量元素的损失,且通过发芽过

程中产生的一系列酶类,可以降低或消除抗营养因子,增加营养价值。目前国内关于豆科植物的研究中,对大豆、绿豆等种子发芽前后营养成分变化规律研究较多,也有关于未发芽的鹰嘴豆中的营养成分及其应用价值的分析,而对鹰嘴豆发芽过程中营养成分变化研究相对较少;因此,本实验希望通过鹰嘴豆发芽前后部分营养成分的对比及变化规律研究,为更好地开发利用鹰嘴豆食品提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鹰嘴豆由广州蓝韵医药研究有限公司提供,经广东省农业科学院鉴定为鹰嘴豆。

磷酸、盐酸、苯酚、柠檬酸钠、氢氧化钠、冰乙酸、三水乙酸钠、高锰酸钾、丙酮、石油醚、重铬酸

收稿日期:2018-01-22

作者简介:杜高发,男,工程师,主要从事食品理化检测技术方面的工作;

*张俊浩,男,高级工程师,主要从事食品理化检验方面的工作,通信作者。

钾均为分析纯, 甲醇为色谱纯, 广州化学试剂厂; 木瓜蛋白酶(活力单位 ≥ 10 U/mg, Aladdin 公司)、高峰淀粉酶(活力单位 ≥ 100 U/mg, Aladdin 公司)、牛血清白蛋白(纯度 $\geq 98.0\%$, Sigma 公司)、考马斯亮蓝 G-250, 上海医药集团公司进口分装; 17 种氨基酸混合标准溶液, Sigma 公司; 染料木素标准品(纯度 $\geq 98\%$), 中国食品药品检定研究所。

1.2 仪器与设备

L-8900 型氨基酸分析仪, 日立高新技术公司; 1260 型高效液相色谱仪, Agilent 公司; UV-2450 型紫外可见分光光度计, 岛津公司; Cs060pH 计, 上海精密科学仪器有限公司; MS3 basic 型涡旋振荡器, 德国 IKA 公司; EL204 型电子分析天平, Mettler Toledo 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 鹰嘴豆发芽和干燥粉碎处理

挑选成熟饱满无破损的鹰嘴豆 600 g, 以清水漂洗后浸泡 4 h。浸透后将鹰嘴豆分成 6 组, 平铺于底部垫有湿润滤纸的塑料筛网上, 再罩上两层湿纱布, 每间隔 5~6 h 以喷雾方式浇水, 室温下待其生长。

分别随机选取萌发 0、1、2、3、5、7、9 d 的鹰嘴豆样品(从种子浸透开始计时取样), 加适量水用匀浆机打成匀浆后密封, 于 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中冷冻保存待测; 测定匀浆后的样品水分含量, 所检测的各项营养成分含量均为折算干基后的数据。

1.3.2 鹰嘴豆发芽过程中各营养成分含量测定

蛋白质含量测定: SN/T 3926—2014《出口乳、蛋、豆类食品中蛋白质含量的测定 考马斯亮蓝法》; 氨基酸含量测定: GB/T 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》; 核黄素含量测定: GB/T 5009.85—2016《食品安全国家标准 食品中维生素 B₂的测定》(第一法 高效液相色谱法); 总异黄酮含量测定: 按文献[8]方法; 膳食纤维含量测定: GB 5009.88—2014《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》。

2 结果与分析

2.1 鹰嘴豆发芽过程中蛋白质含量及氨基酸含量的变化

鹰嘴豆发芽过程中蛋白质含量测定结果如图 1。

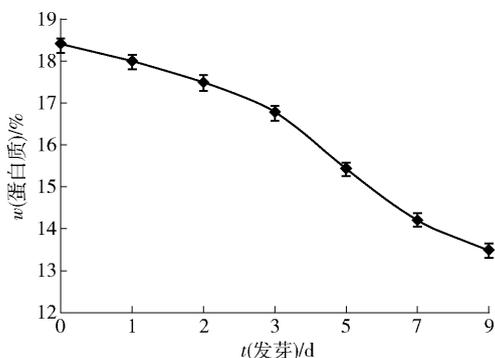


图 1 鹰嘴豆发芽过程中蛋白质含量变化

Fig. 1 Change of protein contents in chickpea during germination process

由图 1 可知, 鹰嘴豆在发芽过程中, 蛋白质整体呈下降趋势, 前期下降比较平缓, 后期下降幅度较大, 这可能是初始阶段干燥的鹰嘴豆种子处于休眠期, 在合适的温度和湿度条件下逐渐萌发, 大分子的蛋白质转化成萌发过程新陈代谢需要的小分子物质^[8]。经过 9 d 发芽后, 蛋白质含量由初始的 18.42% 下降至 13.50%。

鹰嘴豆发芽过程中氨基酸含量测定结果如表 1。由表 1 可以看出, 发芽前后的鹰嘴豆含有 16 种氨基酸, 其中以天冬氨酸、谷氨酸、精氨酸含量较高, 且包含了除色氨酸外人体必需氨基酸中的 7 种(文献[9]中提到鹰嘴豆中含 8 种必需氨基酸, 本次研究检测到其中 7 种)。在鹰嘴豆萌发过程中, 谷氨酸和精氨酸含量略有下降, 而天冬氨酸含量一直呈上升趋势, 经过 9 d 发芽过程, 天冬氨酸含量由 2.51% 上升至 4.73%, 增加了 88.45%。天冬氨酸是一种具有代谢活性的氨基酸, 为很多转氨酶参与的反应提供氮。第一限制性氨基酸蛋氨酸由初始的 0.38%, 经过 9 d 发芽过程, 上升至 0.96%, 增加了 157.89%。

2.2 鹰嘴豆发芽过程中维生素 B₂含量的变化

鹰嘴豆发芽过程中蛋白质及氨基酸含量测定结果如图 2。维生素 B₂, 又名核黄素, 化学式 C₁₇H₂₀N₄O₆, 是体内黄酶类辅基的组成部分(黄酶在生物氧化还原中发挥递氢作用)。成人每日需核黄素量为 1.2~2.1 mg^[10]。由图 2 可知, 鹰嘴豆在发芽过程中, 核黄素含量也在不断增加, 最初为 1.44 mg/100 g, 在发芽第 7 天达到峰值, 为 1.85 mg/100 g, 之后略有下降。

表1 鹰嘴豆发芽过程中氨基酸含量变化

Tab.1 Change of amino acids contents in chickpea during germination process

<i>w</i> (氨基酸)/%	<i>t</i> /d						
	0	1	2	3	5	7	9
天冬氨酸(ASP)	2.51 ± 0.02	2.74 ± 0.02	2.75 ± 0.02	3.01 ± 0.04	3.72 ± 0.03	4.30 ± 0.03	4.73 ± 0.05
苏氨酸(THR)*	0.83 ± 0.01	0.82 ± 0.01	0.76 ± 0.02	0.82 ± 0.01	0.82 ± 0.01	0.81 ± 0.03	0.82 ± 0.04
丝氨酸(SER)	1.01 ± 0.02	1.13 ± 0.01	1.07 ± 0.02	1.12 ± 0.03	1.12 ± 0.01	1.10 ± 0.02	1.07 ± 0.04
谷氨酸(GLU)	3.50 ± 0.03	3.63 ± 0.02	3.62 ± 0.04	3.91 ± 0.05	3.37 ± 0.04	3.20 ± 0.05	3.10 ± 0.03
脯氨酸(PRO)	1.02 ± 0.01	0.97 ± 0.02	0.90 ± 0.03	0.94 ± 0.01	0.95 ± 0.02	1.02 ± 0.01	1.16 ± 0.05
甘氨酸(GLY)	0.93 ± 0.01	0.88 ± 0.03	0.83 ± 0.01	0.86 ± 0.03	0.80 ± 0.01	0.78 ± 0.03	0.77 ± 0.04
丙氨酸(ALA)	1.03 ± 0.05	1.03 ± 0.04	1.05 ± 0.05	1.11 ± 0.02	1.13 ± 0.03	1.11 ± 0.01	1.03 ± 0.05
缬氨酸(VAL)*	1.08 ± 0.03	1.09 ± 0.05	1.06 ± 0.01	1.11 ± 0.07	1.05 ± 0.05	1.07 ± 0.05	1.11 ± 0.06
蛋氨酸(MET)*	0.38 ± 0.01	0.45 ± 0.01	0.51 ± 0.01	0.63 ± 0.02	0.75 ± 0.01	0.88 ± 0.02	0.96 ± 0.03
异亮氨酸(ILE)*	1.02 ± 0.01	0.98 ± 0.04	0.96 ± 0.03	1.02 ± 0.02	0.96 ± 0.05	0.94 ± 0.03	0.96 ± 0.01
亮氨酸(LEU)*	1.76 ± 0.05	1.77 ± 0.06	1.74 ± 0.03	1.82 ± 0.05	1.69 ± 0.06	1.65 ± 0.07	1.86 ± 0.02
酪氨酸(TYR)	0.76 ± 0.02	0.72 ± 0.01	0.68 ± 0.01	0.70 ± 0.03	0.632 ± 0.02	0.63 ± 0.02	0.84 ± 0.05
苯丙氨酸(PHE)*	1.38 ± 0.05	1.42 ± 0.03	1.36 ± 0.01	1.36 ± 0.02	1.28 ± 0.05	1.28 ± 0.04	1.47 ± 0.02
赖氨酸(LYS)*	1.58 ± 0.02	1.55 ± 0.01	1.50 ± 0.02	1.53 ± 0.03	1.42 ± 0.02	1.34 ± 0.01	1.57 ± 0.05
组氨酸(HIS)	0.67 ± 0.02	0.61 ± 0.01	0.59 ± 0.04	0.61 ± 0.02	0.59 ± 0.02	0.59 ± 0.03	0.69 ± 0.04
精氨酸(ARG)	2.25 ± 0.02	2.34 ± 0.01	2.07 ± 0.04	2.07 ± 0.02	1.83 ± 0.01	1.73 ± 0.02	1.72 ± 0.05

* 必需氨基酸

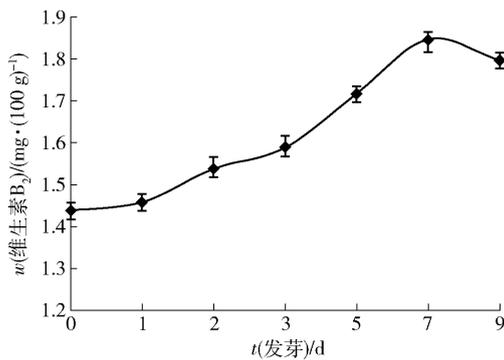
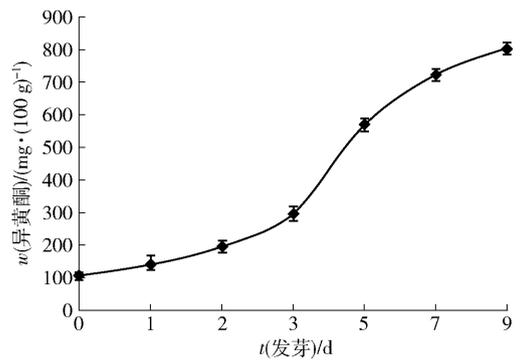
图2 鹰嘴豆发芽过程中维生素 B₂ 含量的变化Fig.2 Change of vitamin B₂ contents in chickpea during germination process

图3 鹰嘴豆发芽过程中异黄酮含量的变化

Fig.3 Change of isoflavone contents in chickpea during germination process

2.3 鹰嘴豆发芽过程中异黄酮含量的变化

鹰嘴豆发芽过程中异黄酮含量测定结果如图3。由图3可知,随着发芽时间的延长,鹰嘴豆中异黄酮含量呈显著上升趋势,且上升幅度较大,经过9 d的发芽过程,异黄酮含量由最初的106.44 mg/100 g,上升至806.00 mg/100 g。

2.4 鹰嘴豆发芽过程中膳食纤维含量的变化

鹰嘴豆发芽过程中膳食纤维含量测定结果

如图4。由图4可以看出,在整个发芽阶段,不溶性膳食纤维呈显著下降趋势,可溶性膳食纤维呈显著上升趋势。植物在萌芽过程中会产生大量的酶参与新陈代谢活动^[8],不溶性膳食纤维含量的降低,可能是鹰嘴豆种子细胞壁的半纤维素被酶解生成小分子物质;可溶性膳食纤维含量的增加,可能是在发芽过程中形成了许多新的糖类物质。

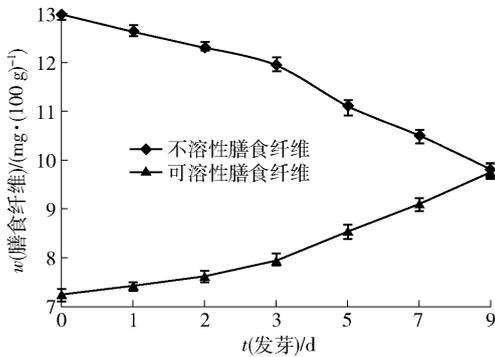


图4 鹰嘴豆发芽过程中膳食纤维含量的变化

Fig. 4 Change of dietary fiber contents in chickpea during germination process

3 结 论

鹰嘴豆在发芽过程中,随着发芽时间的延长,部分营养成分发生较显著变化,可根据得到的数据进行相关营养成分价值的重新评估。

蛋白质含量的下降、氨基酸组成的变化、第一限制性氨基酸含量的提高,表明鹰嘴豆发芽前后营养价值发生变化。植物通过同化作用把无机氮同化为一类 N-转运氨基酸(N-transport amino acid): 谷氨酸、谷氨酰胺、天冬氨酸和天冬酰胺。它们主要用于将氮从源器官向库组织的转移,同时在氮源充足条件下贮存氮,以备植物生长、防御和繁殖所需。天冬氨酸含量的增长,可能是鹰嘴豆发芽过程中,部分蛋白质分解为原料,参与天冬氨酸等游离氨基酸的合成,作为氮的转运和贮存化合物,以备生长所需。

异黄酮是豆类植物生长过程中形成的一类次生代谢产物,主要存在于黄豆、蚕豆、鹰嘴豆、小扁豆等豆类种子中。异黄酮含量随着发芽时间延长而持续增加,表明在整个发芽过程(9 d)中,异黄酮合成代谢一直处于旺盛阶段。异黄酮作为豆科植物体内的一类次生代谢产物,具有诱导根瘤的形成、抗真菌等作用^[11]。异黄酮的合成,在鹰嘴豆生长过程中有重要作用,对人体的保健功效也有较多的文献论述^[12-13]。鹰嘴豆发芽后异黄酮含量的显著增长,也可以为相关功能食品的开发提供理论依据。

可溶性膳食纤维和不溶性膳食纤维有各自的生理功能。可溶性膳食纤维能吸水膨胀,可增加饱腹感,避免能量的摄入过量,同时有延缓糖分吸收、降低胆固醇水平等功效;不溶性膳食纤维则有润肠通便,促进排泄的功能^[14]。鹰嘴豆发芽过程中,不溶

性膳食纤维显著下降,可溶性膳食纤维显著上升。在鹰嘴豆相关产品开发中,可根据不同人群所需的不同功效,选取合适阶段的鹰嘴豆作为原料加工生产。

后续研究中可进一步对豆类植物中普遍存在的抗营养因子(如植酸、总酚、蛋白酶抑制剂)在发芽过程中的变化进行深入研究,以期更全面地了解鹰嘴豆发芽过程中各组分的变化规律,为鹰嘴豆的开发利用提供更充分的参考依据。

参考文献:

- [1] CORTES-GIRALDO I, MEGIAS C, ALAIZ M, et al. Purification of free arginine from chickpea (*Cicer arietinum*) seeds [J]. Food Chemistry, 2016, 192: 114 - 118.
- [2] ARCHAK S, TYAGI R K, HARER P N, et al. Characterization of chickpea germplasm conserved in the Indian National Genbank and development of a core set using qualitative and quantitative trait data [J]. Crop Journal, 2016, 4(5): 417 - 426.
- [3] 张金波, 苗昊琴, 王威, 等. 鹰嘴豆的应用价值及其研究与利用 [J]. 作物杂志, 2011(1): 10 - 12. ZHANG J B, MIAO H C, WANG W, et al. Research and utilization of chickpea [J]. Crops, 2011(1): 10 - 12.
- [4] 包兴国, 杨蕊菊, 舒秋萍. 鹰嘴豆的综合开发与利用 [J]. 草业科学, 2006, 23(10): 34 - 37. BAO X G, YANG R J, SHU Q P. The comprehensive development and utilization of chickpea [J]. Pratacultural Science, 2006, 23(10): 34 - 37.
- [5] GUO Y J, ZHANG T, JIANG B, et al. The effects of an antioxidative pentapeptide derived from chickpea protein hydrolysates on oxidative stress in *Caco-2* and *HT-29* cell lines [J]. Journal of Functional Foods, 2014, 7(2): 719 - 726.
- [6] MOKNI G A, SILA A, MAKLOF G I, et al. Structural, functional, and ace inhibitory properties of water-soluble polysaccharides from chickpea flours [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2015, 75(1): 276 - 282.
- [7] 全智慧, 徐瞰海. 鹰嘴豆的研究进展 [J]. 时珍国医国药, 2009, 20(12): 3111 - 3112. QUAN Z H, XU T H. Progress in the research of chickpea [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2009, 20(12): 3111 - 3112.
- [8] 潘瑞焱. 植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 218 - 219.

- [9] EL-ADAWY T A. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination [J]. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2002, 57: 83–97.
- [10] 宁正祥. 食品生物化学[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2006: 158.
- [11] MA H R, WEI H B, CHEN Z, et al. The estrogenic activity of isoflavones extracted from chickpea *Cicer arietinum* L. sprouts *in vitro* [J]. *Phytotherapy Research* *Ptr*, 2013, 27(8): 1237–1242.
- [12] 何桂香, 刘金宝. 鹰嘴豆异黄酮提取物对高脂血症小鼠的降脂作用[J]. *中国临床康复*, 2005, 9(7): 80–81.
- HE G X, LIU J B. Effect of extract of *Cicer arietinum* L. isoflavones in decreasing blood lipid of mice with hyperlipidemia [J]. *Chinese Journal of Clinical Rehabilitation*, 2005, 9(7): 80–81.
- [13] 马君兰, 李成, 魏颖. 异黄酮的生物合成途径及其调控[J]. *东北农业大学学报*, 2007, 38(5): 692–696.
- MA J L, LI C, WEI Y. The pathway of isoflavone biosynthesis and its regulation [J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2007, 38(5): 692–696.
- [14] MOLIST F, OOSTRUM M V, PEREZ J F, et al. Relevance of functional properties of dietary fibre in diets for weanling pigs [J]. *Animal Feed Science & Technology*, 2014, 189(3): 1–10.

Changes in Some Nutritional Compositions During Germination of Chickpea

DU Gaofa, WU Cuihua, WEN Yating, ZHANG Junhao*

(Guangzhou Inspection and Testing Certification Group Co Ltd/National Quality Testing Center for
Processed Food(Guangdong), Guangzhou 511447, China)

Abstract: Effects of germination process on the protein, amino acids, riboflavin, isoflavone, and dietary fibre contents of chickpeas. The results showed that the protein contents decreased from 18.42% to 13.50% on the 9th day. Aspartic acid, glutamic acid and arginine acid were main amino acids in chickpeas. Fermentation process decreased the glutamic acid and arginine acid contents. The glutamic acid content decreased from 3.50% to 3.10% on the 9th day. The arginine acid content decreased from 2.25% to 1.72% on the 9th day. The aspartic acid content increased from 2.51% to 4.73% on the 9th day. During the germination process, the content of isoflavone showed a remarkable increasing from 106.44 mg/100 g to 806.00 mg/100 g on the 9th day. The content of riboflavin showed an increasing trend from 1.44 mg/100 g to 1.85 mg/100 g on the 7th day. The content of soluble dietary fibre increased significantly, while the content of insoluble dietary fiber decreased during the germination. The study could provide a basis for the development and utilization of chickpea's function food.

Keywords: chickpea; germination; amino acid; protein; riboflavin; isoflavone; dietary fibre

(责任编辑:叶红波)