发芽处理对蚕豆主要营养成分与抗营养因子的影响

吴海虹，宋江峰，李大婧，刘春泉*
(江苏省农业科学院农产品加工研究所，国家农业科技华东(江苏)创新中心-农产品加工工程技术研究中心，江苏 南京 210014)

摘 要：研究发芽处理对启豆2号蚕豆主要营养成分与抗营养因子含量的影响。对蚕豆发芽前后蛋白质、脂肪、淀粉、VC、氨基酸、植酸和单宁含量测定。结果表明：蚕豆在发芽1d时可溶性蛋白质含量显著增加，随后逐渐下降；粗脂肪和淀粉含量均呈下降趋势；发芽2d时VC含量显著增加，达到最大58.65mg/100g，随后逐渐下降，5d后VC含量仍高于未发芽的；发芽后1～2d蚕豆的氨基酸含量略有增加；发芽1d抗营养因子植酸含量下降了33.55%，随后平缓；发芽1d蚕豆的单宁含量增加到462.70mg/100g，2～3d增加比较平稳，5d急剧增加至1306.10mg/100g。可推知，将启豆2号蚕豆发芽1～2d的作为食用及加工的较佳时期。

关键词：萌芽处理；营养；抗营养因子；蚕豆

Effect of Germination on Major Nutrients and Anti-Nutrients in Faba Bean (*Vicia faba* L.)

WU Hai-hong，SONG Jiang-feng，LI Da-jing，LIU Chun-quan*
(Engineering Research Center for Agricultural Products Processing, National Agricultural Science and Technology Innovation Center in East China, Institute of Farm Product Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: Faba beans (*Vicia faba* L.) cultivar Qidou No. 2 were used to investigate the effect of germination on major nutrients and anti-nutrients. The contents of soluble proteins, crude fat, starch, vitamin C, total amino acids, phytic acid and tannin in faba beans during germination process were determined. The results showed that soluble proteins significantly increased after 1 d of germination and then gradually decreased, while both fat and starch revealed a decrease trend. The content of vitamin C reached a maximum level of 58.65 mg/100 g after 2 d of germination and then revealed a gradual decrease, and was higher in 5 d-germinated faba beans as compared with non-germinated faba beans. Total amino acids exhibited a slight increase after 1－2 d of germination. The anti-nutrient phytic acid decreased by 33.55% after 1 d of germination, while tannin, which is also an anti-nutrient, increased to 1306.10 mg/100 g after 5 d of germination.

Key words: germination; nutrition; anti-nutritional factor; faba bean
中图分类号：TS214.9 文献标识码：A 文章编号：1002-6630(2012)09-0110-04

蚕豆是我国重要的粮食、蔬菜和副食作物，也是豆类蔬菜中重要的食用豆之一，它既可以炒菜、凉拌，又可以制成各种休闲小食品，是一种大众食物。蚕豆不仅含有丰富的蛋白质，还含有大量钙、钾、镁、VC等，并且氨基酸种类较为齐全，含量较为丰富。虽然蚕豆有很高的营养价值，但是存在抗营养因子如植酸等致使其生物利用率较低。国内外许多研究[1-3]表明，籽粒发芽处理可以降低或消除谷物和豆类中有毒、有害或抗营养物质的含量，提高蛋白质和淀粉的消化率，提高某些谷物中限制性氨基酸和维生素等营养物质的含量，从而可以增强生物学效价和保健功能。目前国内还没有关于发芽蚕豆的营养成分变化的相关报道。本实验主要比较蚕豆发芽期间营养成分与抗营养因子含量的变化，为发芽蚕豆的开发与应用提供理论参考依据。

收稿日期：2011-11-08
基金项目：江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(10)232)
作者简介：吴海虹(1976—)，女，助理研究员，硕士，主要从事农产品深加工研究。E-mail：wuhaihong169@163.com
* 通信作者：刘春泉(1959—)，男，研究员，硕士，主要从事农产品精深加工与产业化开发研究。
E-mail：liuchunquan2009@163.com

1 材料与方法

1.1 材料

启豆2号蚕豆种子由江苏沿江地区农科所提供，2010年6月收获。

1.2 试剂与仪器

植酸钠标准品 美国Sigma公司；所用化学试剂均为分析纯。

SZF-06A粗脂肪测定仪 上海新嘉电子有限公司；KQ-100DE型数控超声波清洗器 上海昆山仪器设备有限公司；722S可见分光光度计 上海棱光技术有限公司；TG16-WS台式高速离心机 长沙湘仪离心机仪器有限公司；DHG-9070电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司；SPX-150BS-II生化培养箱 上海新苗医疗器械制造有限公司；HH-S恒温水浴锅 江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司。

1.3 种子发芽处理

选择成熟、无病虫害的蚕豆种子为原料经清洗去除杂质后放入55℃水浸泡8h。双层纱布平铺于培养皿底部，将蚕豆种子均匀摊开，喷适量去离子水，在25℃恒温培养箱中避光培养。定期取发芽的蚕豆进行速冻，供待测用。

1.4 主要营养成分及抗营养因子含量测定

可溶性蛋白质含量测定：采用考马斯亮蓝染料比色法[4]；淀粉含量测定：采用双波长分光光度法[5]；粗脂肪测定：采用索氏提取法[6]；VC测定：采用2,6-二氯酚滴定法；植酸测定：采用余安等[7]的方法，略作修改。单宁测定：采用刘慧文[8]的方法；氨基酸含量测定：按照GB/T 18246—2000《饲料中氨基酸的测定》，委托江苏省农科院食品质量安全检测研究所测定。

2 结果与分析

2.1 蚕豆种子发芽过程中蛋白质含量的变化

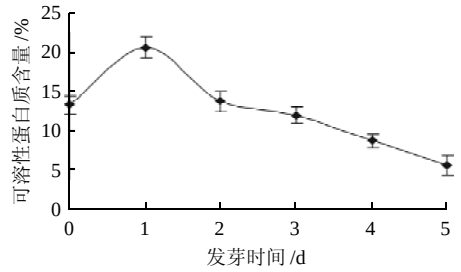

图1 发芽过程中蚕豆可溶性蛋白质含量的变化

Fig.1 Change in soluble protein content of faba bean during germination

由图1可知，启豆2号蚕豆种子的初始可溶性蛋白质含量为13.24%，发芽1d，可溶性蛋白质含量迅速增加，达到20.63%，增幅达55.82%；发芽2d，可溶性蛋白质含量为13.72%，与初始可溶性蛋白质含量相近，3～5d呈逐渐下降趋势，这与王莘等[9]报道的大豆发芽期间可溶性蛋白质含量先增加后减少的现象一致。蚕豆发芽期间蛋白质的含量先增加后下降的原因是由于发芽初期贮藏蛋白中的某些不溶性蛋白质在水合状态下吸水膨胀，内部结构解体转换为可溶性蛋白，导致可溶性蛋白显著升高。随着发芽的推进，蛋白酶活性的升高，使大分子的可溶性蛋白进行一定程度的水解，生成各种氨基酸和氧化物供幼芽合成原生质[9]。

2.2 蚕豆种子发芽过程中粗脂肪含量的变化

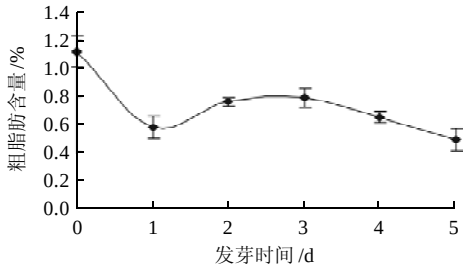

图2 发芽过程中蚕豆粗脂肪含量的变化

Fig.2 Change in crude fat content of faba bean during germination

蚕豆脂肪含量不高，作为贮藏物质存在干种子中，是一种良好的能源，每克脂肪在完全氧化时产生38.9kJ热量。由图2可知，在发芽过程中蚕豆种子的粗脂肪含量明显下降。与未发芽比较，发芽1d粗脂肪含量下降最快，降幅达48.21%，发芽2、3d降幅分别为32.14%、29.46%，4～5d呈逐渐下降趋势。于立梅等[10]发现山毛豆发芽过程中脂肪含量也呈持续下降的趋势。发芽蚕豆的脂类含量明显降低，其主要原因为蚕豆中的脂肪分解酶、脂酶和脂肪氧化酶在萌发过程中逐渐激活，脂肪被分解成甘油和脂肪酸，使游离脂肪酸增加；此外，经过代谢，最后生成碳水化合物。

2.3 蚕豆种子发芽过程中淀粉含量的变化

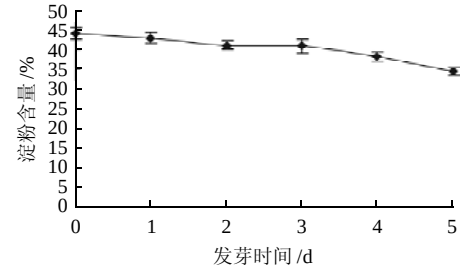

图3 发芽过程中蚕豆淀粉含量的变化

Fig.3 Change in starch content of faba bean during germination

由图3可知，发芽1～5d启豆2号蚕豆种子淀粉含量均逐渐减少，由发芽时蚕豆种子淀粉酶活力显著提高，淀粉被淀粉酶分解所致。发芽1d和2d淀粉的降幅较低，仅为2.27%、6.52%，4～5d降幅较大，5d时淀粉含量下降至34.38%。

2.4 蚕豆种子发芽过程中VC含量的变化

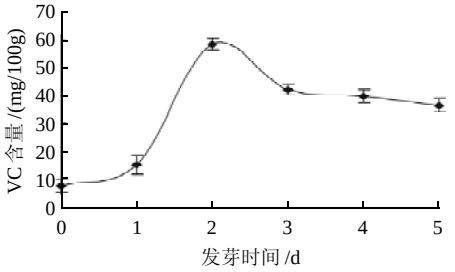

图4 发芽过程中蚕豆VC含量的变化

Fig.4 Change in vitamin C content of faba bean during germination

由图4可知，发芽使蚕豆VC含量显著提高，发芽2d时VC含量增幅最大，由未发芽的7.88mg/100g提高到58.65mg/100g；与发芽2d相比，3～5d时VC含量略有下降，但仍显著高于未发芽的VC含量。这与山毛豆发芽过程中VC含量的变化规律一致[10]。萌芽时VC含量显著增加表明蚕豆萌芽过程中抗坏血酸开始合成代谢[11]。

2.5 蚕豆种子发芽过程中氨基酸含量的变化

表1 发芽过程中蚕豆氨基酸含量的变化

Table 1 Change in amino acid composition of faba bean during germination

mg/100g

氨基酸	发芽时间/d					
	0	1	2	3	4	5
天门冬氨酸	1.47	1.50	1.57	1.51	1.59	1.68
苏氨酸	0.52	0.52	0.59	0.45	0.42	0.40
丝氨酸	0.70	0.71	0.74	0.64	0.63	0.62
谷氨酸	2.62	2.65	2.90	2.33	2.16	2.02
甘氨酸	0.58	0.60	0.57	0.48	0.46	0.45
丙氨酸	0.59	0.63	0.64	0.52	0.50	0.48
胱氨酸	0.11	0.12	0.12	0.10	0.10	0.11
缬氨酸	0.62	0.66	0.67	0.57	0.55	0.54
蛋氨酸	0.07	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07
异亮氨酸	0.54	0.57	0.57	0.49	0.47	0.47
亮氨酸	1.05	1.07	1.09	0.91	0.87	0.86
酪氨酸	0.42	0.41	0.39	0.35	0.34	0.35
苯丙氨酸	0.59	0.62	0.62	0.55	0.53	0.53
赖氨酸	0.90	0.95	0.94	0.81	0.79	0.77
组氨酸	0.37	0.36	0.42	0.32	0.32	0.31
精氨酸	1.49	1.54	1.60	1.20	1.21	1.11
脯氨酸	0.24	0.25	0.25	0.20	0.22	0.30
总和	12.88	13.25	13.76	11.50	11.23	11.07

由表1可知，启豆2号蚕豆种子发芽5d的时间里，氨基酸总量的变化趋势比较明显，基本先增加后减少。发芽1d和2d，氨基酸总量分别达到13.25mg/100g和13.76mg/100g，比未发芽增加了2.9%、6.8%，之后含量明显下降。氨基酸结果分析表明，发芽5d，启豆2号蚕豆种子中8种人体必需的氨基酸含量变化趋势基本一致，呈现先增加后减少的趋势，且均在发芽1～2d时，含量最高，与氨基酸总量变化趋势类似。对于非必需氨基酸，在各个发芽阶段，天门冬氨酸明显增加，酪氨酸含量逐渐减少，脯氨酸变化不明显，胱氨酸含量基本没有变化。其他几种非必需氨基酸含量的变化趋势基本一致，均在发芽1～2d有所增加，之后逐渐减少。

2.6 蚕豆种子发芽过程中植酸、单宁含量的变化

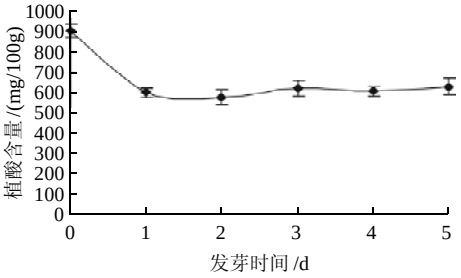

图5 发芽过程中蚕豆植酸含量的变化

Fig.5 Change in phytic acid content of faba bean during germination

发芽能够调整谷物的营养成分，也能够降低抗营养因子，提高谷物的营养价值。植酸是一种很强的络合剂，可与带正电荷的Zn^{2+}、Ca^{2+}、Fe^{2+}等二价或多价的金属离子结合形成难溶性的植酸盐络合物，而其中的矿物质几乎都不能被人体吸收利用，影响人体对钙、磷、锌等矿物元素的吸收；植酸与蛋白质生成复合物，对金属离子有特别的亲合力，同时影响蛋白质的生理功能，或与酶结合，抑制其活性[12]。由图5可知，发芽1d蚕豆中植酸含量发生显著变化，从904.28mg/100g降为600.89mg/100g，下降了33.55%，2～5d植酸含量在577.48～622.42mg/100g范围内，变化不大。蚕豆发芽过程中植酸含量减少主要是因为植酸酶的活性增强，这种酶使肌醇六磷酸溶解并释放出可溶性蛋白质和矿物质所致[13]。

由图6可知，发芽1d蚕豆中单宁含量由未萌发的178.42mg/100g增加到462.70mg/100g，2～3d单宁含量增加比较平稳，4～5d单宁含量急剧增加至1306.10mg/100g。缩合单宁具有鞣质的通性，能与蛋白质类物质产生较强的作用，具有收敛性和较强的苦涩味；可生成不易消化

的高分子沉淀物质，人体摄入过量的单宁会使消化酶的活力降低，从而降低蛋白质的利用；同时也影响胰蛋白酶、α-糖化酶及脂肪酶等的作用[14]。缩合单宁以过量食用将会影响人体对蛋白质的消化率和生物价。但单宁又具有独特的抗氧化、抑菌和抗癌等生理活性，在一定量的范围内它不仅不会影响维生素的含量，而且还可增加血浆中VE的含量[15]。因此，蚕豆单宁的利用仍有待于进一步研究。

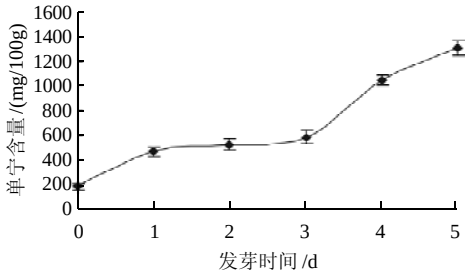

图6 发芽过程中蚕豆单宁含量的变化

Fig.6 Change in tannin content of faba bean during germination

3 结 论

作利用研究蚕豆在发芽的过程中，从休眠的静态跃升为生理活动频繁的动态的过程，其呼吸作用增强，酶的种类和数量显著增加，酶活性的加强使蚕豆的新陈代谢能在较高水平上进行，同时启动大量酶促反应进行生物转化，蚕豆中储存的某些物质被转化或提升。对蚕豆发芽前后蛋白质、脂肪、淀粉、VC、氨基酸、植酸和单宁含量测定。结果表明：蚕豆在发芽1d时可溶性蛋白质的含量显著增加，随后逐渐下降；粗脂肪和淀粉含量均呈下降趋势；植酸含量显著下降；单宁含量显著增加；发芽后1～2d蚕豆的氨基酸含量略有增加；VC含量显著增加。综合考虑，选取启豆2号蚕豆发芽1～2d作为食用和加工的较佳时期，此时营养物质含量较高、抗营养因子含量较低，可以更好地利用蚕豆资源。

参考文献：

[1] INYANG C U, ZAKARI U M. Effect of germination and fermentation of pearl millet on proximate, chemical and sensory properties of instant "Fura" : a nigerian cereal food[J]. Pakistan Journal of Nutrition, 2008, 7(1): 9-12.

[2] BAU H M, VILLAUME C, NICOLAS J P, et a1. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soyabean(*Glycine max*) seed[J]. J Agric Food Sci, 1997, 73(1): 177-182.

[3] 周小理, 宋鑫莉. 萌动对植物籽粒营养成分的影响及荞麦萌动食品的研究[J]. 上海应用技术学院学报: 自然科学版, 2009, 9(3): 171-174.

[4] 陈钧辉, 陶力, 李俊, 等. 生物化学实验[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 63-64.

[5] 加列西·马那甫, 景伟文, 削合来提·再. 双波长法测定谷类和豆类作物籽粒中直链和支链淀粉的含量[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(3): 564-568.

[6] 靳敏, 夏玉宇. 食品检验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 9.

[7] 余安, 王承明. 超声辅助提取花生粕中植酸工艺优化[J]. 食品科学, 2010, 31(10): 179-183.

[8] 刘慧文. 分光光度法快速测定核桃仁中总单宁含量[J]. 现代仪器, 2010(6): 35-36.

[9] 王莘, 王艳梅, 闵卫红, 等. 大豆萌发期功能性营养成分测定与分析[J]. 中国粮油学报. 2003, 18(4): 30-32.

[10] 于立梅, 于新, 白卫东, 等. 山毛豆发芽过程中营养成分的变化[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(2): 137-139.

[11] VANDERSTOEP J. Effect of germination on the nutritive value of legumes[J]. Food Technology, 1981, 35: 83-92.

[12] 李鹏 唐春红. 植酸的提取及其应用新进展[J]. 化工中间体, 2011(1): 19-24.

[13] HOODA S, JOOD S. Effect of soaking and germination on nutrient and antinutrient contents of enugreek (*Trigonella foenum graeeum* L.)[J]. Journal of Food Biochemistry, 2003, 27(2): 165-176.

[14] SHIMELIS E A, RAKSHIT S K. Effect of processing on antinutrients and *in vitro* protein digestibility of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa[J]. Food Chemistry, 2007, 103(1): 161-172.

[15] 焦凌梅, 袁唯. 蚕豆中抗营养因子的研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2004(2): 51-53.