

### 3 种大豆发芽过程中营养成分变化规律研究

Change pattern of nutrition composition during germination  
of three kind of soybean

汪洪涛<sup>1,2</sup> 陈成<sup>1,2</sup> 余芳<sup>1,2</sup> 陈宝宏<sup>1,2</sup>

WANG Hong-tao<sup>1,2</sup> CHEN Cheng<sup>1,2</sup> YU Fang<sup>1,2</sup> CHEN Bao-hong<sup>1,2</sup>

(1. 江苏经贸职业技术学院食品系, 江苏 南京 211168; 2. 江苏省食品安全工程技术研究开发中心, 江苏 南京 211168)

(1. Food Department, Jiangsu Institute of Commerce, Nanjing, Jiangsu 211168, China;

2. Research and Empolder Center of Food Safety Project of Jiangsu Province, Nanjing, Jiangsu 211168, China)

**摘要:**研究青豆、黑豆和黄豆发芽过程中营养成分的变化规律,为发芽大豆食品生产和加工提供试验依据。采用一定的温度与湿度对大豆发芽条件进行控制,定期抽样测定发芽大豆中的粗蛋白、粗脂肪、还原糖、Vc 和异黄酮的含量。结果表明:与发芽 1 d 后相比,发芽 7 d 后青豆、黄豆、黑豆中蛋白质含量分别比发芽 1 d 后增加了 24.03%, 24.28%, 22.88%, 还原糖含量分别增加了 129.06%, 127.17%, 125.73%, Vc 的含量分别增加了 831.37%, 663.97%, 807.07%, 粗脂肪的含量分别减少了 37.28%, 35.68.28%, 36.69%。3 种大豆都在发芽 4 d 后异黄酮的含量达到最大值,其中黑豆中异黄酮的含量最高为 0.531%。

**关键词:**青豆;黑豆;黄豆;发芽时间;营养成分

**Abstract:** The nutrient compositions' change of green beans, black beans, soybean were studied during sprouting in order to provide experimental basis for the sprouting soybean food production and processing. Control soybean germination conditions by using a certain temperature and humidity, regular sampling and assay sprouted soybean's crude protein, crude fat, reducing sugar, Vc and isoflavone's content. The results show that: the protein content of green beans, soybean and black beans after seven days' germination increased by 24.03%, 24.28% and 22.88% respectively than after one day's germination, the reducing sugar content increased by 129.06%, 127.17% and 125.73% respectively; the Vc content increased by 831.37%, 663.97% and 807.07%; the crude fat content reduced by 37.28%, 35.68.28% and 36.69% respectively. The isoflavone content of three kinds of soybeans reached the maximum value after four days' germination, the black soybean's isoflavone was 0.531% and was the highest.

**Keywords:** green beans; black beans; soybeans; sprouting time; nutritional composition

基金项目:江苏经贸职业技术学院重点课题(编号:JMZ2201237)

作者简介:汪洪涛(1973-),男,江苏经贸职业技术学院讲师,硕士。

E-mail:wht0102@163.com

收稿日期:2014-11-25

利用大豆发芽生产的豆芽是豆类食品消费的主要途径之一<sup>[1]</sup>。豆芽口感鲜嫩,同时大豆发芽后可以使大豆中的许多不良性质得以克服和改进,如气味、抗胰蛋白酶抑制剂等<sup>[2]</sup>;同时在发芽过程中大豆发生了一系列化学和生理变化,也产生了干大豆中所缺乏的 Vc,从而使发芽大豆制品在营养价值上得到进一步的提高,因而深受消费者的喜爱<sup>[3]</sup>。发芽大豆中营养成分的改变受大豆品种和温度、湿度、光照等发芽条件的影响,目前对大豆在发芽过程中营养成分的变化研究较多,如朱新荣等<sup>[4]</sup>与于立梅等<sup>[5]</sup>对黄豆发芽中营养成分的变化规律进行了研究;王薇等<sup>[6]</sup>对黑豆发芽中 Vc 变化规律进行了研究;郑丽娜等<sup>[7]</sup>利用发芽大豆研制了复合乳制品,但目前大多研究只涉及某一种大豆以及部分营养成分,不能很好地体现不同品种大豆发芽过程中主要营养成分的变化差异。大豆的营养成分较多,主要的营养成分有蛋白质、脂肪、碳水化合物和大豆异黄酮等,且大豆主要品种有黄豆、黑豆和青豆。为了更好地了解这 3 种大豆在发芽过程中主要营养成分的变化规律,因此有必要通过控制一定的温度和湿度同时对青豆、黑豆、黄豆 3 种大豆在发芽过程中其主要营养成分蛋白质、脂肪、还原糖、异黄酮、Vc 的变化进行研究,探讨其营养成分的变化规律,旨在为当前的大豆发芽食品生产和加工提供一些参考。

#### 1 材料与方法

##### 1.1 材料与试剂

青豆(冀豆 9 号)、黑豆(丁村 93-1 药黑豆)、黄豆(周豆 12 号);2012 年 10 月采收于河南周口,晒干后阴凉干燥处密封保存;

试验所用试剂:均为分析纯,上海国药集团化学试剂有限公司。

1.2 主要仪器与设备

电热鼓风干燥箱: DGF30/23-III A型, 南京试验仪器厂;  
 电热恒温培养箱: HG303-4型, 南京实验仪器厂;  
 可见分光光度计: 722S型, 上海菁华科技仪器有限公司;  
 电子天平: FA2104N型, 上海菁华科技仪器有限公司;  
 循环水式多用真空泵: SHB-III型, 郑州长城科工贸有限公司;  
 脂肪测定仪: SZF-06A型, 上海洪纪仪器设备有限公司;  
 紫外可见分光光度计: UV-1801型, 北京瑞利分析仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 发芽大豆的制备工艺

大豆→筛选→清洗→浸泡→发芽→选取→清洗→干燥→粉碎

基本步骤: 用蒸馏水将无破损的黑豆、青豆、黄豆清洗干净后, 分别放入3个盆中, 倒入约25℃左右的水, 稍微淹没大豆即可, 置于20~30℃的恒温箱中浸泡24h。取出温水洗净后, 盖上湿纱布, 在28℃的恒温恒湿发芽箱中发芽7d, 然后每隔1d各自取出一部分发芽大豆, 进行清洗沥干后于50℃的真空干燥箱干燥至恒重, 粉碎后于密封袋中4℃下避光冷藏。

1.3.2 发芽大豆中基本营养成分的测定

- (1) 粗蛋白含量: 用凯氏定氮法测定<sup>[8]</sup>;
- (2) 粗脂肪含量: 用索氏提取法测定<sup>[8]</sup>;
- (3) 还原糖含量: 用3,5-二硝基水杨酸比色法测定<sup>[8]</sup>;
- (4) V<sub>C</sub>含量: 用2,6-二氯酚滴定法测定<sup>[8]</sup>。

1.3.3 发芽大豆中异黄酮含量的测定

(1) 异黄酮提取工艺: 用石油醚对发芽大豆粉进行脱脂, 然后准确称量脱脂发芽大豆粉, 按照1:10(m:V)的料液比加入70%的乙醇, 置于50℃恒温水浴锅中1h, 以2000 r/min离心5 min后上清液即为异黄酮提取液<sup>[9]</sup>。

(2) 样品中异黄酮含量的测定: 按参考文献<sup>[10]</sup>测定提取液中总黄酮的含量, 以染料木素为标准品, 异黄酮的浓度(mg/mL)为横坐标, 260 nm处的吸光度值为纵坐标, 进行标准曲线的制作, 得标准曲线的回归方程为  $y = 0.0627x + 0.0003$ ,  $R^2 = 0.9994$ 。按式(1)计算提取液中总黄酮的提取率:

$$w = \frac{C \times V}{M} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

C——吸光度在标准曲线上对应的样品中总黄酮的浓度, mg/mL;

V——提取后溶液的总体积, mL;

M——样品的质量, mg。

2 结果与分析

2.1 发芽时间对3种大豆中蛋白质含量的影响

按照微量凯氏定氮法和大豆中氮换算为蛋白质的系数为5.71, 测出3种发芽大豆中的蛋白质含量。由图1可知, 随着发芽时间的延长, 3种大豆中蛋白质含量在第1天后都有所降低, 然后都逐渐增加。这可能是由于在发芽开始需要消耗一部分蛋白质, 同时浸泡后部分可溶性氮丢失导致总蛋白含量的降低; 随后随着发芽时间的延长, 豆中总糖、脂肪等成分在发芽过程中不断消耗最终使大豆中蛋白质的含量增加<sup>[5]</sup>。青豆、黄豆、黑豆在发芽1d后蛋白质的含量分别为30.8%, 31.3%, 31.9%, 第1~2天的过程中增加较显著, 随后逐步增加, 到第7天后蛋白质的含量分别为38.2%, 38.9%, 39.2%。和发芽1d后相比, 青豆、黄豆、黑豆蛋白质含量分别增加了24.03%, 24.28%, 22.88%。

2.2 发芽时间对3种大豆中粗脂肪含量的影响

由图2可知, 随着发芽天数的增加, 3种大豆中粗脂肪的含量都是平稳、逐步减少的。这说明大豆在发芽期间是要消耗脂肪的, 可能是因为作为能源或者分解成小分子作为其新芽的成分。青豆、黄豆、黑豆在发芽1d后粗脂肪的含量分别

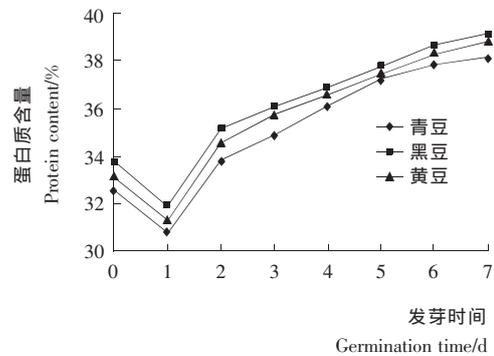


图1 发芽时间对3种大豆蛋白质含量的影响

Figure 1 The effect of different sprouting time on crude protein content of three kinds of soybean

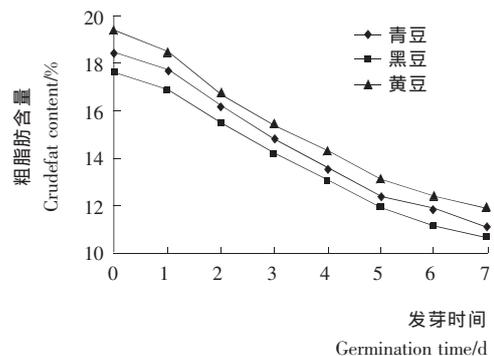


图2 发芽时间对3种大豆粗脂肪含量的影响

Figure 2 The effect of different sprouting time on crude fat content of three kinds of soybean

为 17.7%,18.5%,16.9%,随后逐步减少,到第 7 天后粗脂肪的含量分别为 11.1%,11.9%,10.7%。和发芽 1 d 后相比,青豆、黄豆、黑豆粗脂肪的含量分别减少了 37.28%,35.68.28%,36.69%。

2.3 发芽时间对 3 种大豆中还原糖含量的影响

由图 3 可知,3 种大豆中还原糖的含量随着发芽时间的增加而平稳增加。这可能是由于发芽时,大豆中内源淀粉酶被激活,而导致豆类淀粉发生降解。在淀粉酶的作用下,淀粉分解为葡萄糖等小分子糖类,为发芽提供能量<sup>[5]</sup>。在 7 d 的发芽过程中,青豆中还原糖的含量由发芽第 1 天后的 4.37%增加到 10.01%,黑豆中还原糖的含量由发芽 1 d 后的 4.12%增加到 9.30%,黄豆中还原糖的含量由第 1 天后的 4.27%增加到 9.7%。发芽 7 d 后青豆、黄豆和黑豆中的还原糖含量分别比发芽 1 d 后增加了 129.06%,127.17%,125.73%。

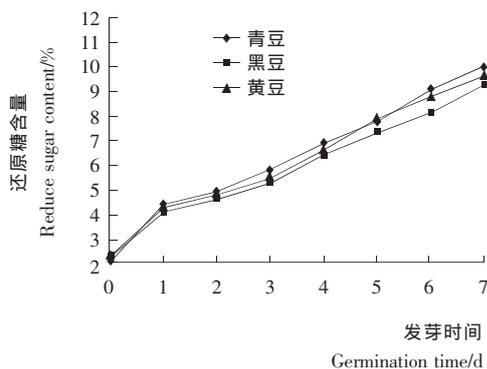


图 3 发芽时间对 3 种大豆中还原糖含量的影响

Figure 3 The effect of different sprouting time on reducing sugar content of three kinds of soybean

2.4 发芽时间对 3 种大豆中 Vc 含量的影响

由图 4 可知,3 种大豆发芽过程中,Vc 的含量是逐步递增的,在第 1 天到第 4 天每天增加较小,而第 4 天到第 5 天增加较显著。这是由于发芽期间大豆内部参与物质代谢的酶类随之活化或产生,而使机体内物质代谢不断增强,参与 Vc 合成代谢的酶类也随之增强,使其豆芽组织中 Vc 含量不断增加<sup>[11]</sup>。从发芽第 1 天后到第 7 天后,青豆 Vc 的含量由 1.02 mg/100 g 增加到 9.5 mg/100 g,黑豆 Vc 的含量由 0.99 mg/100 g 增加到 8.98 mg/100 g,黄豆 Vc 的含量由 1.36 mg/100 g 增加到 10.39 mg/100 g。和发芽 1 d 后的 Vc 含量相比,发芽 7 d 后青豆、黄豆和黑豆中 Vc 的含量分别增加了 831.37%,663.97%,807.07%。

2.5 发芽时间对 3 种大豆中异黄酮含量的影响

由图 5 可知,3 种大豆发芽过程中大豆异黄酮的含量在前 4 d 内都是逐渐增加的,而且增加较显著,第 5 天到第 7 天逐渐下降但降幅不大。这是因为大豆在发芽过程中呼吸作用增强,酶的种类和数量显著增加,苯丙氨酸氨基裂解酶是其中之一,而它又是异黄酮生物合成代谢的关键酶<sup>[11]</sup>。

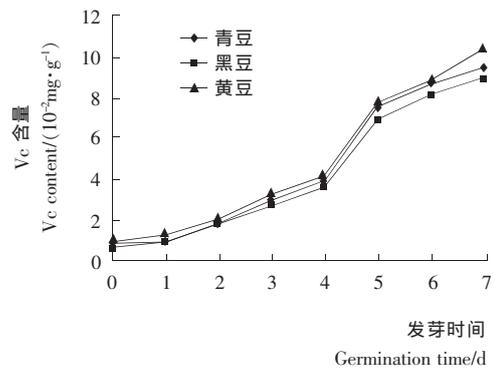


图 4 发芽时间对 3 种大豆中 Vc 含量的影响

Figure 4 The effect of different sprouting time on Vc content of three kinds of soybean

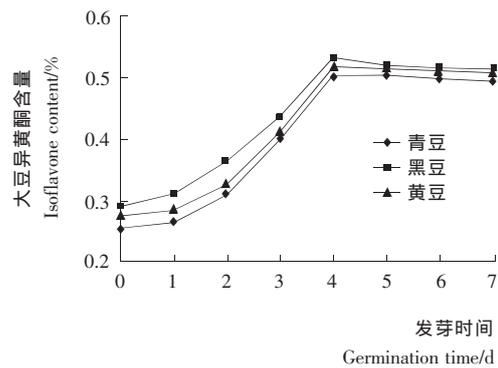


图 5 发芽时间对 3 种大豆中异黄酮含量的影响

Figure 5 The effect of different sprouting time on isoflavone content of three kinds of soybean

青豆中大豆异黄酮的含量由第 1 天后的 0.266%到第 4 天后的 0.505%再到第 7 天后的 0.494%,黑豆中大豆异黄酮的含量由第 1 天后的 0.310%到第 4 天后的 0.531%再到第 7 天的 0.513%,黄豆中大豆异黄酮的含量由第 1 天后的 0.284%到第 4 天后的 0.516%再到第 7 天后的 0.509%。

3 结论

通过控制一定的温度和湿度同时对黄豆、黑豆和青豆发芽 7 d,每天抽样测定豆芽的主要营养成分——蛋白质、粗脂肪、还原糖、异黄酮和 Vc 的含量水平。结果表明 3 种大豆随着发芽过程中发生的一系列的生理和化学变化,其营养成分的变化规律相似:随着发芽时间的延长,3 种大豆中蛋白质的含量先减少后增加;还原糖、Vc 含量都是逐渐增加的,其中 Vc 的含量从第 4 天后增加较显著,这与朱新荣等<sup>[4]</sup>的研究结果一致;脂肪的含量都是逐渐减少,异黄酮的含量先增加后减少,到第 4 天后达到最大值,这与于立梅等<sup>[5]</sup>的研究结果相一致;3 种大豆在不同的发芽时间段内其每种营养成分之间的差异不大,故在实际生产时可根据需要选择价格相对便宜的大豆品种进行生产。

(下转第 163 页)

由表 5 可知,亚临界萃取技术共检测出 29 种化学成分,水蒸气蒸馏检测出 19 种化学成分,分析其组分:在两种方法中,1,3-环己二烯、 $\alpha$ -姜黄烯、姜烯的相对含量比较高,亚临界萃取技术的分别为 20.26%,16.39%,27.59%,水蒸气蒸馏的分别为 18.56%,13.13%,26.86%。 $\alpha$ -姜黄烯和姜烯是姜油的主要成分,相比较而言,亚临界萃取技术得到的姜油组分比较纯。从姜油的组分图谱来看,亚临界萃取技术在 15~20 min 出峰比较多,而水蒸气蒸馏几乎没有,水蒸气蒸馏这一阶段的姜油组分大多为醇类和醛类,说明水蒸气蒸馏中醇类及醛类物质在高温反应中损失了,这与 S. Balachandran 等<sup>[11]</sup>的研究结果是一致的,亚临界萃取能够更好地获得生姜中的天然风味物质。综上所述,亚临界萃取技术得到的姜油不管从主要成分的含量,还是组分的构成来看,都比水蒸气蒸馏的效果好。

### 3 结论

本研究在自然干燥获得生姜粉的基础上,就亚临界流体萃取技术应用于生姜中姜油的提取进行了探讨,并与水蒸气蒸馏法进行了对比。研究表明,以 1,1,1,2-四氯乙烷为萃取剂,最佳工艺条件为:原料颗粒度 60 目,萃取时间 1.5 h,萃取温度 30~40 °C。在该工艺条件下,生姜的出油率为 3.14%。GC-MS 分析表明,亚临界流体萃取得到的姜油主要组分为  $\alpha$ -姜黄烯和姜烯,含量分别为 16.39% 及 27.59%,而水蒸气蒸馏所得姜油的  $\alpha$ -姜黄烯和姜烯的含量分别为 13.13%,26.86%。由此可见,亚临界流体萃取能够有效提高萃取率和产品质量,具有广泛的应用前景。

#### 参考文献

- 1 Onyenekwe P C, Hashimoto S. The composition of the essential oil of dried Nigerian ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) [J]. *European Food Research and Technology*, 1999, 209(6): 407~410.
- 2 陈燕,倪元颖,蔡同一. 生姜提取物—精油与油树脂的研究进展 [J]. *食品科学*, 2000, 21(8): 6~8.
- 3 Bartley J P, Jacobs A L. Effects of drying on flavor compounds in Australian-grown ginger (*Zingiber officinale*) [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, 80(2): 209~215.
- 4 吴贾锋,张诚,张晓鸣,等. 生姜风味物质的提取和成分分析 [J]. *食品与机械*, 2006, 22(3): 94~96.
- 5 Stoilova I, Krastanov A, Stoyanova A, et al. Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*) [J]. *Food Chemistry*, 2007, 102(3): 764~770.
- 6 Dugasani S, Pichika M R, Nadarajah V D, et al. Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2010, 127(2): 515~520.
- 7 Ding S H, An K J, Zhao C P, et al. Effect of drying methods on volatiles of Chinese ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) [J]. *Food and Bioproducts Processing*, 2012(90): 515~524.
- 8 Mesomo M C, Corazza M L, Ndiaye P M, et al. Supercritical CO<sub>2</sub> extracts and essential oil of ginger (*Zingiber officinale R.*):

Chemical composition and antibacterial activity [J]. *The Journal of Supercritical Fluids*, 2013(80): 44~49.

- 9 Oliveira E L G, Silvestre A J D, Silva C M. Review of kinetic models for supercritical fluid extraction [J]. *Chemical Engineering Research and Design*, 2011(89): 1 104~1 117.
- 10 沈强,司辉清. 国外对植物精油萃取方法的研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2009, 30(8): 349~355.
- 11 Balachandran S, Kentish S E, Mawson R. The effects of both preparation method and season on the supercritical extraction of ginger [J]. *Separation and Purification Technology*, 2006(48): 94~105.
- 12 Nagendra chari K L, Manasa D, Srinivas P, et al. Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) [J]. *Food Chemistry*, 2013(139): 509~514.
- 13 韩延欣,柴守环,王智民. 亚临界流体萃取溶剂及萃取方法:中国, CN101161324A [P]. 2008-04-06.
- 14 李辉. 水蒸气蒸馏法提取姜精油 [J]. *粮油加工*, 2010(11): 16~19.
- 15 管晓盛,车科,肖苏尧,等. 亚临界萃取茶籽油的工艺研究 [J]. *现代食品科技*, 2012, 28(1): 56~61.
- 16 朱刚,赵启政,赵煜,等. 亚临界萃取技术在提取花椒籽油中的应用研究 [J]. *粮油食品科技*, 2010, 18(4): 24~26.

(上接第 32 页)

本试验未研究发芽温度、湿度和气体组分对 3 种大豆发芽后营养成分的影响,将在后续加以完善。

#### 参考文献

- 1 张继浪,骆承库. 大豆在发芽过程中的化学成分和营养价值变化 [J]. *中国乳品工业*, 1994, 22(2): 69~74.
- 2 范镇基. 芽类食品的开发前景 [J]. *广州食品工业科技*, 1995, 11(4): 18~20.
- 3 Sathe S K, Anine B C. Chemical form of selenium in soybean lection [J]. *Agriculture and Food Chemistry*, 1992, 40(11): 2 084~2 091.
- 4 朱新荣,胡筱波,潘思轶,等. 大豆发芽期间多种营养成分变化的比较 [J]. *中国酿造*, 2008(12): 64~66.
- 5 于立梅,钟惠曾,于新,等. 大豆发芽过程中营养成分变化规律的研究 [J]. *中国粮油学报*, 2010, 25(8): 20~22.
- 6 王薇,朱庆珍. 黑豆不同发芽期 V<sub>C</sub> 变化规律研究 [J]. *农产品加工(学刊)*, 2011(10): 49~51.
- 7 郑丽娜,王丽娟,刘晓红. 发芽大豆复合乳制品的研制 [J]. *食品与机械*, 2006, 22(1): 80~82.
- 8 王燕,吴云辉. *食品检验技术* [M]. 北京:中国轻工业出版社, 2011: 70~132.
- 9 钱丽丽,左锋,刘志明. 微波预处理提取大豆异黄酮的研究 [J]. *现代食品科技*, 2007, 23(1): 38~39.
- 10 顾建明,潘春云. 大豆异黄酮的测定方法及其评价 [J]. *上海大学学报:自然科学版*, 2007, 13(6): 742~745.
- 11 徐茂军. 不同品种大豆发芽过程中抗坏血酸合成累积的比较研究 [J]. *中国粮油学报*, 2003, 18(3): 51~53.