

大豆发芽期间硒富集能力

樊 翠, 张 红, 杨润强, 韩永斌, 顾振新*

(南京农业大学食品科技学院, 江苏 南京 210095)

摘 要: 采用亚硒酸钠(Na_2SeO_3)溶液浸泡-去离子水喷淋培养的方式, 研究东北及江苏大豆品种发芽富硒情况。结果表明: 在 30mg/L Na_2SeO_3 溶液中, 25°C 恒温浸泡 6h 富硒发芽条件下, 不同品种大豆对硒的耐受能力及其富集能力差异显著, 东北大豆 YH-NJ 的生长特性最好、富硒量最高。随着 Na_2SeO_3 浸泡液的质量浓度、温度的升高和浸泡时间的延长, 该优选品种豆芽中总硒含量呈增加趋势。

关键词: 大豆; 发芽; 硒

Preliminary Study on Selenium Accumulation during Soybean Germination

FAN Cui, ZHANG Hong, YANG Run-qiang, HAN Yong-bin, GU Zhen-xin*

(Institute of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Selenium accumulation in germinating soybean varieties from the Northeast and Jiangsu province was investigated by Na_2SeO_3 solution soaking-deionizer water spraying method. The results indicated that under the same selenium-enriched conditions (30 mg/L of Na_2SeO_3 solution, 25°C constant temperature and 6 h soaking time), different varieties of soybean had different selenium tolerance and enrichment capacity. Northeast soybean YH -NJ had the best growth properties and the highest selenium content. With the increase of Na_2SeO_3 concentration and temperature and the prolongation of soaking time, selenium content in sprouts of soybean YH -NJ increased significantly.

Key words: soybean; germination; selenium

中图分类号: TS214.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)20-0017-04

大豆种子富含蛋白质、不饱和脂肪酸、碳水化合物及微量元素。然而由于植酸、胰蛋白酶抑制剂等抗营养因子的存在降低了人体对大豆中营养物质的吸收^[1]。大豆发芽过程中, 其内部发生了一系列生化变化, 在一定程度上调整了大豆的营养结构, 产生新的活性成分, 减少抗营养因子, 增加维生素与矿物质的生物利用率^[2], 并形成独特风味及口感。硒是人体必需的微量营养元素之一, 是重要的食物源抗氧化剂, 参与人体的多种内分泌代谢活动和免疫反应^[3]。摄入适量的硒能够增强机体免疫力、防治癌症及心血管疾病、消除体内的自由基延缓衰老^[4]。我国居民日常饮食中硒摄入量平均值为 $43.3\mu\text{g/d}$, 低于中国营养学会推荐的硒适宜摄入量下限 $50\mu\text{g/d}$, 生活在严重缺硒地区的居民硒摄入量低于 $20\mu\text{g/d}$ ^[5]。近年来, 国内外掀起了补硒热, 但是真正发挥生物活性作用的是有机硒^[4]。利用生物富集效应制备富硒农产品, 将无机硒转化为有机硒, 可提

高硒的生物利用率^[6]。已有研究表明, 大豆比谷物等草本植物在发芽期间可富集更多的硒^[7], 然而, 豆芽的富硒能力因大豆品种或基因型差异而有所不同^[8]。本实验以不同品种的大豆作为富硒对象, 以大豆芽的良好功用为基础, 通过大豆发芽过程中对硒离子的富集作用, 将无机硒转化为人类可用的有机硒, 达到大豆芽和有机硒的双重功效。并对不同品种大豆在不同浸泡条件下生长特性及富硒能力进行研究, 找出硒耐受力强的大豆品种, 同时, 对优选品种大豆在不同浸泡条件下的总硒含量进行测定, 以期对富硒大豆芽工业化生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

东北大豆 YH-NJ、YL-HL 常州五星禾绿蔬菜食品有限公司; 江苏大豆 NJ 由南京农业大学农学院提供。

收稿日期: 2011-03-07

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项(KYZ200917)

作者简介: 樊翠(1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品中功能成分的富集技术。E-mail: 2010108011@njau.edu.cn

* 通信作者: 顾振新(1956—), 男, 教授, 博士, 研究方向为生物技术与功能食品。E-mail: guzx@njau.edu.cn

Na_2SeO_3 (CP) 上海天赐福生物工程公司; 硒标准液(0.10mg/mL) 江苏省疾病预防控制中心; 其他试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

PYX-DHS-50X65-BS II 隔水式电热恒温培养箱 上海跃进医疗器械厂; GXH-305 型红外线 CO_2 分析仪 北京分析仪器厂; AFS-3100 双道原子荧光光度计 北京科创科学仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 富硒豆芽发芽工艺

大豆种子经筛选、除杂, 取 20g 成熟饱满均匀的颗粒, 用 1% NaClO 溶液浸泡 5min, 蒸馏水冲洗后, 转移至已消毒烧杯中, 加入 50mL 亚硒酸钠溶液, 置于培养箱中恒温浸泡一定时间后取出、沥干, 均匀铺在铺有 2 层滤纸的培养皿($\Phi=15\text{cm}$)中, 加入去离子水 30mL, 置于 25℃ 恒温箱中培养, 每 12h 喷淋 10mL 蒸馏水, 96h 后停止发芽。每 12h 取样(发芽 0h 为对照), 豆芽经去离子水冲洗后, 60℃ 恒温干燥, 干燥后的豆芽用粉碎机粉碎, 过 40 目筛, 冷藏备用。

1.3.2 不同品种大豆耐受力与富集能力试验

分别称取 20g 不同品种大豆, 在 50mL 30mg/L Na_2SeO_3 溶液中, 25℃ 恒温浸泡 6h。其余操作同 1.3.1 节。根据豆芽的生长特性和富硒量, 选出耐硒能力强、富硒量高的大豆品种。

1.3.3 不同浸泡条件大豆富硒能力试验

Na_2SeO_3 质量浓度测定: 称取 20g 优选大豆 6 份, 在 50mL 质量浓度分别为 10、30、50、70、90mg/L 和 110mg/L Na_2SeO_3 溶液中, 25℃ 恒温浸泡 6h。其余按照 1.3.1 节所述工艺操作。

浸泡时间: 称取 20g 优选大豆 6 份, 在 50mL 30mg/L Na_2SeO_3 溶液中, 25℃ 恒温条件分别浸泡 2、4、6、8、10h 和 12h。

浸泡温度: 称取 20g 优选大豆 6 份, 在 50mL 30mg/L Na_2SeO_3 溶液中, 分别在 15、22、29℃ 和 36℃ 恒温浸泡 6h。

1.3.4 测定指标与方法

发芽率: 随机取 100 粒种子进行大豆富硒发芽试验, 计算发芽率。分析发芽时间对发芽率的影响。按 GB/T 3543.4—1995《农作物种子检验规程: 发芽试验》方法统计发芽率; 芽长: 随机选取 20 粒发芽大豆种子, 用最小刻度为 0.1cm 的直尺测定其芽长; 呼吸强度: 参照郑永华等^[9]方法, 用红外线 CO_2 分析仪测定, 载气为脱 CO_2 空气, 流量为 400~600mL/min; 含水量: 测定采用 AOAC 法^[10]; 硒含量测定: 采用氢化物发生原子荧光法^[11]。称取 1g 发芽豆芽干样, 装入 250mL 磨口烧

瓶, 加入 10mL 消化液($\text{HNO}_3:\text{HClO}_4=4:1$, V/V)于 130℃ 消化 70min, 加入 5mL 浓盐酸后, 于 115℃ 继续消化 20min, 将 Se(VI)还原为 Se(IV)。消化液定容至 100mL, 用于总硒测定。采用持续透析法测定有机硒含量, 将粉碎的 0.500g 样品装入透析袋(截留分子质量 3500kD), 25℃ 去离子水透析 5d, 每隔 12h 换一次水, 测定透析后袋里样品硒含量即为有机硒含量^[12]。

1.4 数据统计与分析

实验均重复 3 次, 结果以平均值±标准误表示, 采用 SAS 8.2(SAS, USA)软件处理试验数据。

2 结果与分析

2.1 不同品种大豆发芽过程中生长特性和富硒特性

2.1.1 不同品种大豆发芽率

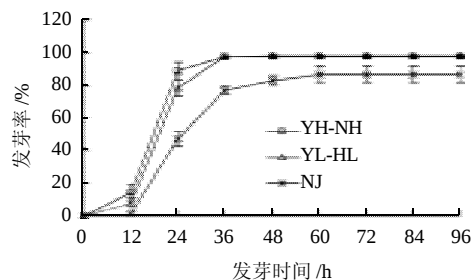


图 1 不同品种大豆发芽期间发芽率的变化

Fig.1 Changes in germination percentage of different soybeans varieties during germination

大豆发芽期间, 发芽率呈先快速上升后平稳的趋势, 在前 12h 变化不显著, 之后迅速增加, 发芽 36h 时, 各品种大豆发芽率均达到最高, 分别为 99.03% 和 98.82%, 之后无显著变化。YH-NJ 和 YL-HL 两个品种的发芽率在 96h 时分别为 97.85% 和 98.39%, 显著高于 NJ 品种(87.08%)。

2.1.2 不同品种大豆芽长变化

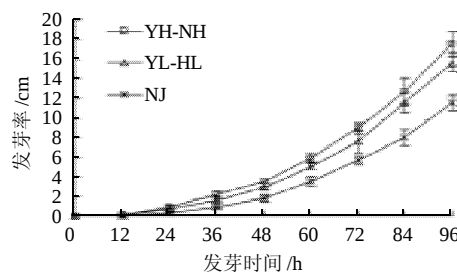


图 2 不同品种的大豆发芽期间芽长的变化

Fig.2 Changes in sprout length of different soybeans varietie during germination

大豆发芽期间,随着发芽时间的延长,芽长逐渐增长(图2)。在96h生长过程中,YH-NJ和YL-HL两种东北大豆芽长显著高于江苏大豆NJ。发芽96h时,YH-NJ和YL-HL的大豆芽长分别达到了17.62cm和15.63cm,而NJ大豆芽长只有11.60cm。由此表明,同一发芽条件下,不同品种大豆的生长差异显著,以YH-NJ芽长最长,生长情况最好。

2.1.3 不同品种大豆呼吸强度变化

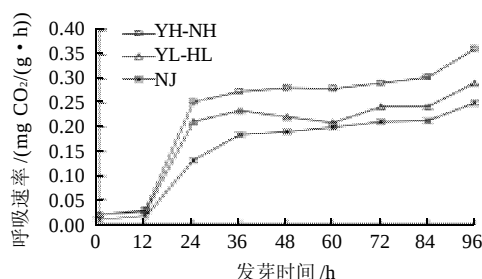


图3 不同品种的大豆发芽期间呼吸速率的变化

Fig.3 Changes in respiratory rate of different soybeans varietie during germination

呼吸作用是植物种子萌发过程中的基础生理代谢活动,呼吸强度是衡量种子生命力强弱的指标,呼吸强度越大,种子生命活动越旺盛。三种大豆发芽过程中呼吸速率的变化见图3,其呼吸速率呈“S”型变化趋势,在发芽前12h大豆各品种的呼吸速率无显著增加,随后迅速升高,在36~84h处于平稳期,之后又升高。NJ在发芽结束时的呼吸速率为对照(发芽0h)的15.11倍,YH-NJ为对照的24.50倍。发芽期间呼吸速率由强到弱依次为YH-NJ、YL-HL、NJ,发芽96h时YH-NJ的呼吸速率比同期NJ高43.92%。由此可见,相同发芽时间内,不同品种大豆的呼吸速率差异显著,以YH-NJ呼吸速率最高,生命力最旺盛。呼吸强度的变化趋势与发芽率相似。

2.1.4 不同品种大豆芽含水量

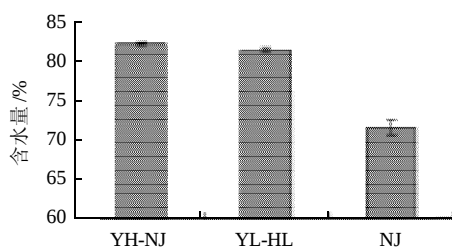


图4 不同品种大豆芽中含水量

Fig.4 Moisture content in soybean sprouts of different varieties

发芽96h后,豆芽含水量如图4所示,YH-NJ和

YL-HL的含水量显著高于NJ,两种东北大豆含水量YH-NJ和YL-HL分别是江苏大豆NJ的1.15倍和1.14倍。这是因为豆芽生长过程中,随着储藏物质的降解,新组织不断分化形成,豆芽中水分也在不断增加,在相同培养条件下,两种东北大豆生长较江苏大豆快,芽长较长,所以其豆芽水分含量也较高。

2.1.5 不同品种大豆芽中总硒和有机硒含量差异

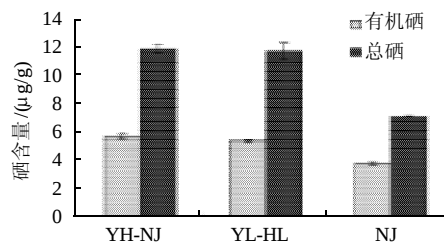


图5 不同品种的大豆(干质量)发芽后有机硒及总硒含量

Fig.5 Contents of O-Se and T-Se in different soybean varieties after germination

发芽96h的各品种豆芽中总硒及有机硒含量如图5所示,有机硒及总硒含量在YH-NJ和YL-HL之间没有显著差异,但是均显著高于江苏大豆NJ。YH-NJ豆芽中总硒和有机硒含量分别是NJ豆芽中的1.68倍和1.51倍。

综合图1~5可知,在相同富硒发芽条件下,YH-NJ大豆芽的发芽率、芽长、呼吸速率及总硒和有机硒富集量均最高,因此东北大豆YH-NJ是生产富硒豆芽的优选品种。

2.2 发芽条件对YH-NJ大豆富硒量的影响

2.2.1 Na₂SeO₃浸泡液质量浓度

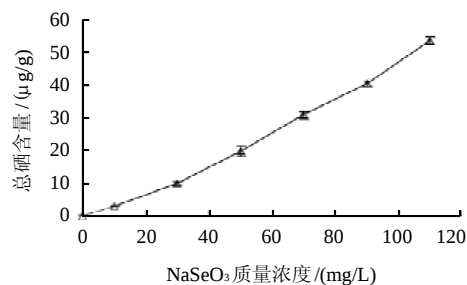


图6 Na₂SeO₃质量浓度对豆芽(干质量)总硒含量的影响

Fig.6 Effect of Na₂SeO₃ concentration on T-Se content in soybean sprout

由图6可见,豆芽总硒含量随着Na₂SeO₃浸泡液质量浓度的增加而显著增加($P < 0.05$),二者相关性达到极显著水平($r^2 = 0.9901$, $P < 0.01$),经110mg/L Na₂SeO₃溶液浸泡后得到的富硒豆芽总硒含量最高,为53.60 μg/g。

2.2.2 浸泡时间

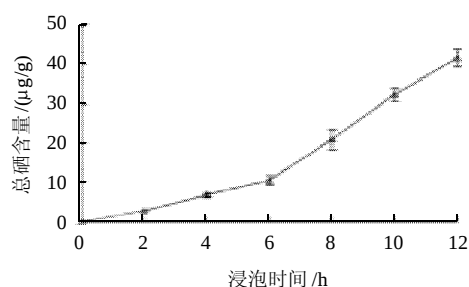


图7 浸泡时间对豆芽(干质量)总硒含量的影响

Fig.7 Effect of soaking time on T-Se content in soybean sprout

如图7所示,随着 Na_2SeO_3 溶液浸泡时间的延长,豆芽中总硒含量显著增加($P < 0.05$),浸泡12h干豆芽中总硒含量为 $41.70\mu\text{g/g}$,是浸泡2h豆芽中总硒含量的15.53倍。

2.2.3 浸泡温度

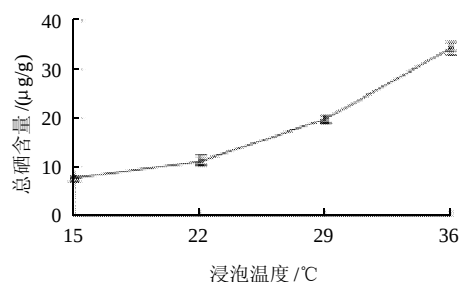


图8 浸泡温度对豆芽(干质量)总硒含量的影响

Fig.8 Effect of soaking temperature on T-Se content in soybean sprout

由图8可知,随着浸泡温度的升高,豆芽中总硒含量显著增加($P < 0.05$)。在 36°C 浸泡温度下的豆芽总硒含量是 15°C 浸泡温度下的4.45倍(不同浸泡温度对大豆发芽率无显著影响,结果未展示)。

3 讨论与结论

本研究考察两种东北大豆与江苏大豆之间硒耐受能力及富硒能力的差异,研究发现,在相同富硒发芽工艺条件下,东北大豆YH-NJ的生长特性最好、富硒能力最强。大豆发芽过程中,在吸收水分的同时,也吸收了溶解在水中的亚硒酸钠。硒元素渗透到大豆种子中,在豆芽生长过程中参与大豆芽新物质合成。Rose等^[13]研究发现,干旱环境中生长的大豆易积累蛋白质,而雨水充足地区生长的大豆种子蛋白质含量较低,这在一定程度上解释了东北大豆比江苏大豆硒耐受能力及富硒能力强。不同的生长特性及富硒能力也在于大豆基因型的差异,因此,工业化生产富硒豆芽时,在原料的选择上一定要重视两方面的问题:一是大豆的产地,二是大豆的品种。

浸泡是种子发芽工艺中的工序之一。周大寨等^[14]用

不同质量浓度的亚硒酸钠浸泡芸豆,并在发芽期间用相应的亚硒酸钠溶液喷施,结果发现,低质量浓度($0\sim 15.0\text{mg/L}$)硒处理对芸豆种子的萌发有促进作用,硒质量浓度为 15.0mg/L 时,其发芽率和发芽势最大,硒质量浓度大于 15.0mg/L 对其有一定的抑制作用。姜云等^[15]在稻米中也得出了类似的结论。浸泡时间长,吸水多,易造成籽粒腐烂;浸泡时间短,籽粒萌发过程中易引起脱水,从而影响种子发芽率。通常温度高种子吸胀快,低温下达到吸水平衡所需时间较长,但在低温浸泡下,种子水分平衡时的持水量高于高温浸泡时的持水量,并且不同种子需要的浸种时间不同。本实验主要研究不同浸泡条件下豆芽的富硒量,研究表明,随着 Na_2SeO_3 浸泡液的浓度、浸泡时间和温度的分别升高,豆芽中总硒含量在增加。综上所述,在保证高富硒量的前提下,后续试验将对豆芽的生长状况进行研究。

大豆对硒的耐受力与富硒量因大豆产地和品种不同而不同,本实验筛选出东北大豆YH-NJ的硒耐受力最强且富硒量最高。不同浸泡条件下富硒豆芽中的总硒含量有差异,豆芽中的总硒含量分别随 Na_2SeO_3 浸泡液浓度、温度、浸泡时间的增加呈现不同程度的增加。

参考文献:

- [1] 刁恩杰,丁晓雯.大豆抗营养因子的研究概况[J].粮油加工与食品机械,2008(8):40-42.
- [2] 郭鸽,霍贵成.发芽大豆生化特性及其营养变化[J].粮油食品科技,2002,10(4):8-10.
- [3] 左晓磊,韩爱云.微量元素硒的营养功能[J].河北畜牧兽医,2005,21(5):40-42.
- [4] 杜莹,刘晓丹.微量元素硒的研究进展[J].微量元素与健康研究,2007,24(3):57-58.
- [5] 王景怀,施辰子.富硒农产品开发及含硒量标准的探讨[J].天津农林科技,2005(3):15-17.
- [6] GILON N, POTIN M, ASTRUC M. Optimization of the determination of inorganic and organic selenium species using high performance liquid chromatography-electrothermal atomic absorption spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 1996, 750(1/2): 327-334.
- [7] GUPTA U C, MACLEOD J A. Effect of various sources of selenium fertilization on the selenium concentration of feed crops[J]. Canadian journal of Soil Science, 1994, 74(3): 285-290.
- [8] 左银虎.环境与植物中硒形态研究进展[J].植物学通报,1999,16(4):378-380.
- [9] 郑永华,苏新国,李欠盛,等.高氧对枇杷果实贮藏期间呼吸速率和多酚氧化酶活性及品质的影响(简报)[J].植物生理学通讯,2000,36(4):318-340.
- [10] AOAC Official Method 2001.12. Determination of water/dry matter (moisture) in animal feed, grain, and forage (plant tissue)[J]. Journal of AOAC International, 2002, 4(1): 9-10.
- [11] ZHANG Ni, SUN Genling, MA Hairui. Determination of ultra-trace selenium in mineral samples by hydride generation atomic fluorescence spectrometry with pressurized-PTFE-vessel acid digestion[J]. Minerals Engineering, 2007, 20(15): 1397-1400.
- [12] 周鑫斌,施卫明,杨林章.叶面喷施对水稻籽粒硒富集及分布的影响[J].土壤学报,2007,44(1):73-78.
- [13] ROSE I A. Effects of moisture stress on the oil and protein components of soybean seeds [J]. Aust J Agric Res, 1988, 39(2): 163-170.
- [14] 周大寨,朱玉昌,张驰,等.硒浸种对芸豆种子萌发的影响[J].湖北民族学院学报:自然科学版,2007,25(1):91-93.
- [15] 姜云,王盛良,祝白春,等.硒对稻谷发芽及富集效果影响的研究[J].现代预防医学,2007,34(3):509-513.