

常见豆类制备纳豆的品质比较

宋军霞

(岭南师范学院 物理科学与技术学院, 广东 湛江 524048)

**摘 要:**对大豆、黑豆、绿豆、褪皮绿豆、红豆、腰豆 6 种不同种类的豆子进行发酵,检测不同原料对纳豆品质的影响,包括纳豆口味的感官评价、有机营养成分(蛋白质、总氨基酸、粘多糖)、水分含量的测量和纳豆芽孢杆菌的生长曲线测定。结果表明:6 种豆类制成的纳豆中,大豆和褪皮绿豆的口味最佳。其中大豆制品在水分、粘多糖和营养物质方面综合品质最佳,而褪皮绿豆的粘多糖成分的含量最高,可作为新一代的纳豆后备材料。

**关键词:**纳豆;品质;原料;制备

**中图分类号:**S565.1      **文献标识码:**A      **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2017.02.0309

Quality Comparison of Natto Made from Common Beans

SONG Jun-xia

(Physical Science and Technology School, Lingnan Normal University,Zhanjiang 524048, China)

**Abstract:** In this study, six different types of bean, including soybean, black bean, green bean, fade skin-green bean, red bean and waist bean were fermented. Through testing natto's sensory evaluation of flavor, the content of organic nutrients (including protein, amino acid, mucoitin), water content and the growth curve of bacillus natto, we compared the quality of natto made from different common beans. The result showed that soybean and fade skin-green bean were better materials for natto production on flavor. In addition, soybean production had the best comprehensive quality of water content, mucoitin and nutrients. The fade skin-green bean production got the highest mucoitin content, it could be a reserve materials for natto production.

**Keywords:** Natto;Quality;Material;Production

纳豆(natto)是日本的传统发酵食品,迄今已有 2000 多年的历史,它是天然的抗生物质,营养价值极高<sup>[1-2]</sup>。日本民间有“纳豆顿顿有,活到九十九”<sup>[3]</sup>的口头禅,可见纳豆的保健功能已得到了日本传统饮食习惯的认可。新鲜制成的纳豆色泽金黄、口感酥软,用筷子挑起会有很长的拉丝样粘液物质,若再配以适宜的佐料食用,颇有风味,深受日本人民的喜欢,被作为佐餐必不可少的风味食品。纳豆除风味独特、制作方便等特点外,还具有多种营养保健功能<sup>[4-5]</sup>。现已发现纳豆中的生理活性物质有上百种之多<sup>[6]</sup>。大量研究证实:大豆发酵成纳豆后,蛋白质经微生物酶的作用转化成可溶性的多肽和氨基酸,有利于人体吸收<sup>[7]</sup>。而纳豆中含有的具生理活性物质的小分子蛋白质、多肽、短肽及氨基酸类成份,是一类具有特殊生理功能的化合物,在生物体内具有降血压、溶血栓、抗菌、抗肿瘤、防止骨质疏松等功能<sup>[8]</sup>。

我国是产豆大国,而纳豆是一种成本低廉、营养丰富的功能性食品,应得到大力开发和推广。但由于纳豆有一股特殊的氨臭味<sup>[9-10]</sup>,还不能被我国

大多数人接受,因而须对纳豆口味进行一定的改进,使之成为国内比较受欢迎的一种绿色食品<sup>[10-12]</sup>。本研究采用传统的纳豆制备方法,通过选用不同品种的豆类制作纳豆,对纳豆品质进行了考察,筛选适合中国人口味的纳豆产品,为改善和提高我国人民的膳食结构提供有益参考。

1 材料与方法

1.1 材料

- 1.1.1 菌种 纳豆芽孢杆菌,岭南师范学院生命科学与技术学院提供。
- 1.1.2 原料 东北大豆、黑豆、绿豆、褪皮绿豆、红豆、腰豆,购于广东省湛江市赤坎南华市场。
- 1.1.3 设备仪器 GFL-230 型恒温干燥箱,天津市来玻特瑞仪器设备有限公司;LDZM-80KCS-II 立式压力蒸汽灭菌器,上海申安医疗器械厂;FC104 电子天平,上海精科天平;BCD-220W 冷藏冷冻箱,广东科龙电器股份有限公司;SW-CLD 洁净工作台,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;SPX-250B-Z 型生化培养箱,上海博迅实业有限公司医疗设备厂;80-2

电动离心机,金坛富华仪器有限公司;UV-2600 型紫外可见分光光度计,尤尼柯仪器有限公司。

1.1.4 试剂 考马斯亮兰蛋白测定试剂盒、总氨基酸测定试剂盒,购于南京建成生物工程研究所。

1.1.5 培养基配方 牛肉膏蛋白胨液体培养基:牛肉膏 3 g、蛋白胨 10 g、NaCl 5 g、水 1 L、pH7.0~7.2;

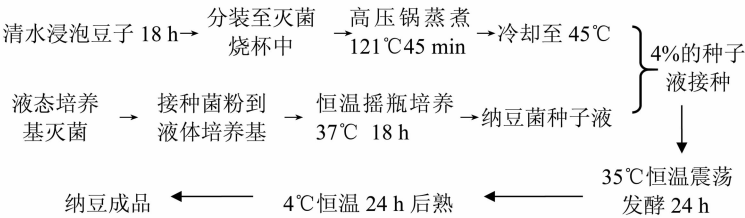
牛肉膏蛋白胨固体培养基:牛肉膏 3 g、蛋白胨 10 g、NaCl 5 g、水 1 L、琼脂 15~20 g、pH7.0~7.2。

1.2 方法

1.2.1 纳豆芽孢杆菌的生长曲线测定 采用比浊法测定纳豆芽孢杆菌的生长曲线。将纳豆芽孢杆菌在固体培养基上活化后,接入两环到液体培养基

中(50 mL 培养基/ 250 mL 三角瓶),于 37℃ 震荡(180 r·min<sup>-1</sup>)培养 12 h,作为纳豆菌的一级种子液。然后将一级种子液按照 4% 的比例分别接种到牛肉膏蛋白胨液体培养基中,相同的条件培养。分别于 0,1.5,3,4,6,8,10,12,14,16,20 h 时取样,即拿出纳豆菌的培养液的三角瓶作为样品,取出培养液稀释 10 倍后,以种子培养基作为对照,测定菌体的 OD<sub>560</sub> 值,记录数据,绘制 OD<sub>560</sub> 值对时间 t 的生长曲线<sup>[13]</sup>。

1.2.2 纳豆制备方法 纳豆制作工艺参考文献<sup>[14]</sup>中纳豆的最佳制备方法,即采用发酵温度 35℃、发酵时间 24 h、后熟时间为 24 h 来制备纳豆。具体流程如下:



1.2.3 蛋白质的测定 考马斯亮蓝法测定蛋白质。

1.2.4 总氨基酸的测定 用总氨基酸测定试剂盒测总氨基酸含量。

1.2.5 水分测定 采用干热锅干燥法测纳豆水分含量。测定原理:利用干热锅干燥一定量的纳豆至恒重,测量干燥前后纳豆的重量差,即为纳豆的水分含量。

用电子天平称取纳豆样品约 5.0 g,记录重量值 M→干热锅 105℃ 中烘焙约 20 min 至恒重 M<sub>1</sub>→那么计算(M - M<sub>1</sub>)即为纳豆中水分的重量→即得纳豆水分含量(Y)→重复 3 次取平均值,计算公式如下:Y = (M - M<sub>1</sub>)/M

1.2.6 粘多糖测定 粘多糖的测定参照刘晶<sup>[15]</sup>的

方法。纳豆中的粘液由粘多糖组成,所以测得纳豆的粘液率即为粘多糖的含量。准确称取 5.0 g 纳豆,一式两份,一份直接在 105℃ 烘箱中烘焙 20 min 至恒重 W<sub>1</sub>,另一份用温水清洗掉纳豆表面粘液,再将纳豆移入烘箱中烘至恒重 W<sub>2</sub>,所得数据即为粘液产率(X),重复 3 次取平均值,计算公式如下:X = (W<sub>1</sub> - W<sub>2</sub>)/W<sub>1</sub>

1.2.7 纳豆活菌数含量测定 采用稀释平板计数法<sup>[13]</sup>。

1.2.8 纳豆口味的感官评价 纳豆的感官评价标准如表 1 所示<sup>[9]</sup>。参与感官评定的人员为学院在校学生 20 人,分别对拉丝、色泽、气味和口感 4 个指标进行评分。

表 1 纳豆口味评分标准参考

Table 1 Reference standard for evaluation of natto flavor

分数 Score	拉丝 Drawbench	色泽 Color	气味 Smell	口感 Taste
8~10	均匀而细长粘丝	金黄、有光泽	无氨味、有纳豆特有香味	口感酥软、湿滑
6~8	较多的粘细丝	暗黄色、有光泽	稍许有氨味	较酥软、湿润
4~6	很多粘细丝	暗黄色	有氨味	较酥软、较湿润
2~4	粗状的粘丝	褐色	氨味重	较酥软、较干
0~2	结块状粘丝	暗褐色	有强烈的氨味	不酥软、较干

1.3 数据分析

采用 Excel 2003 进行数据处理、作图及统计分析。

2 结果与分析

2.1 菌种生长曲线测定结果

由图 1 可以看出,0~12 h 内 OD<sub>560</sub> 增长缓慢,菌

体处于生长的延滞期,此时细胞进入新的生存环境,暂时缺乏分解酶和中间代谢产物,它将重新调整分子组成,进行 RNA 和蛋白质等物质的合成,为分裂作准备,逐渐适应新的生存环境;12 ~ 16 h 处于生长的对数期,此时菌体生长和分裂的速率大,并很快到达最大值菌体数量呈对数增长。此时细菌的酶活性和代谢活性高而稳定,因此在发酵生产过程中,会选择此时期的细菌作为扩大培养基的理想

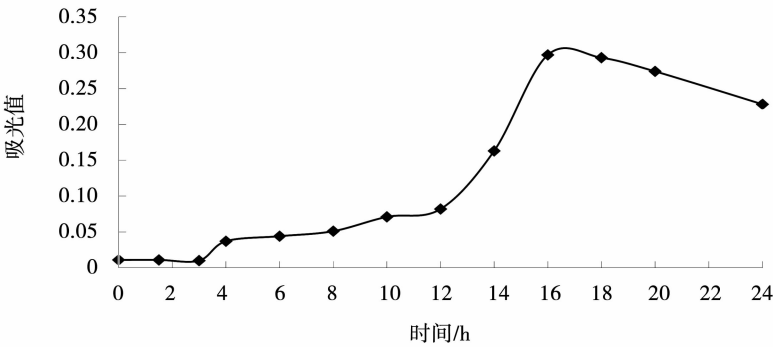


图 1 纳豆芽孢杆菌的生长曲线  
Fig. 1 Growth curve of Bacillus natto

2.2 口味检测

由表 2 可知,几种不同纳豆中大豆以及褪皮绿豆的口味更好,其中用大豆制的纳豆豆粒金黄完整、口感酥软,有纳豆独特的芳香气味,色泽亮丽均匀,而褪皮绿豆的口感柔软,拉丝均匀,产粘液量多,均是良好的制作纳豆材料。相反,黑豆虽与大

实验种子;16 ~ 18 h 处于生长的稳定期,随着菌数的增加,菌体消耗大量的营养物质,细胞的增加量与死亡量相等,此时 OD<sub>560</sub>在 0.3 处上下波动;18 h 之后,OD<sub>560</sub>明显下降,菌体进入生长的衰亡期,此时培养基中营养物质几近耗尽,菌体死亡率不断增加。

本次实验接种菌龄选择在菌株存活率最高且繁殖能力强的对数生长期,因此选择 16 h 作为纳豆芽孢杆菌的接种种龄。

豆相似,但制成纳豆苦氨味重,产出的粘液稀薄;绿豆制品虽然拉丝细长,没有氨臭味,但其发酵后口感较干、较硬,没有达到酥软的口感,且色泽暗淡,没有光泽;腰豆与红豆虽然口感酥软,但它们的粘丝均呈白色块状,说明其发酵效果不佳,且有氨臭味和氨苦味,因此不适合作为纳豆制作材料。

表 2 纳豆口味检测结果  
Table 2 Testing results of natto taste

豆种类 Types of beans	拉丝 Drawbench	色泽 Colour	气味 Smell	口感 Taste
大豆 Soybean	粘丝均匀细长	金黄而有光泽	无氨臭味,有纳豆特有的香味	口感酥软、湿润
黑豆 Black bean	很多细粘丝	乌黑而有光泽	有氨苦味	口感较酥软、湿润
绿豆 Green bean	较多细粘丝	暗褐色	有纳豆特有的香味	口感松软、较干
褪皮绿豆 Fade skin-green bean	拉丝均匀细长	金黄而有光泽	无氨臭味,有纳豆特有的香味	口感酥软、湿润
红豆 Red bean	粗状的粘丝	暗红色,有白色粘丝	稍有氨味	口感酥软、湿润
腰豆 Waist bean	结块的拉丝	朱红色,有白色粘丝	稍有氨味	口感酥软、湿润

由表 3 可知,纳豆的感官评分中,分数高低的排序为:大豆(9.8) > 褪皮绿豆(9.5) > 黑豆(8.5) > 绿豆(8.0) > 腰豆(7.0) > 红豆(5.8),其中分

数最高的大豆制品中,除了拉丝得 9 分外,其余项目都是满分,可见大豆是感官评价最高、制备纳豆的最佳材料。

表3 纳豆口味检测评分  
Table 3 Testing scores of natto taste

豆种类 Types of beans	拉丝 Drawbench	色泽 Colour	气味 Smell	口感 Taste	平均分 Average
大豆 Soybean	9	10	10	10	9.8
黑豆 Black bean	7	10	8	9	8.5
绿豆 Green bean	8	7	9	8	8.0
褪皮绿豆 Fade skin-green bean	9	10	9	10	9.5
红豆 Red bean	4	5	7	7	5.8
腰豆 Waist bean	5	7	7	9	7.0

而褪皮绿豆制品在拉丝和气味两项各为9分,其余两项满分,可见用褪皮绿豆制备的纳豆口感优良,色泽均匀,基本符合国人的口味要求。而黑豆、绿豆、红豆和腰豆各有缺陷,如黑豆拉丝细而短,绿豆色泽暗淡以及红豆和腰豆粘丝结块,均不符合国人口味,不适用于纳豆生产。

2.3 纳豆品质比较

2.3.1 水分 由表4可知,6种纳豆水分含量从多到少排序为:红豆(68.43%)>黑豆(67.23%)>褪皮绿豆(65.77%)>大豆(61.67%)>绿豆(58.23%)>腰豆(44%)。由于纳豆的含水量与豆子本身的质量以及制作方法有关,那么在制作方法相同的情况下,纳豆含水量的高低应由豆子本身的质量决定。据调查,市售纳豆中的水分含量占纳豆总量的60.4%,那么在本次试验中,红豆、黑豆、褪皮绿豆的含水量均高于市售纳豆的含水量,而绿豆和腰豆则低于此值,因而口感过干过硬。而红豆与黑豆含水量过高,则会导致食品水分偏多,降低食物的品质。黄豆和褪皮绿豆则处于适中位置,水分含量比市售纳豆高,因而口感柔软,发酵效果良好。

2.3.2 粘多糖 6种纳豆粘多糖含量从多到少排序为:褪皮绿豆(16.94%)>红豆(11.62%)>大豆(7.22%)>绿豆(6.86%)>腰豆(2.8%)>

黑豆(1.02%)。据调查,市售纳豆中的粘多糖含量占纳豆总量的4.18%,由于粘多糖是纳豆保健功能的体现点之一,而本实验中腰豆和黑豆的粘多糖含量值低于4.18%,可见其发酵效果差,保健功能不达标。而褪皮绿豆、红豆、大豆以及绿豆的粘多糖含量较高,发酵效果较好。

2.3.3 蛋白质 6种纳豆蛋白质含量从多到少排序为:大豆(17.08%)>黑豆(14.96%)>褪皮绿豆(13.22%)>绿豆(11.16%)>腰豆(8.98%)>红豆(8.43%)。豆类中的蛋白质含量高,而其中大豆是蛋白质含量最丰富的豆类,用大豆制备的纳豆其蛋白质等营养物质与牛肉相当,堪称植物中的肉类。故试验中大豆的蛋白质含量最高,其次为黑豆和褪皮绿豆,可见这3种纳豆制品蛋白质含量丰富,而绿豆、腰豆和红豆蛋白质含量较低。

2.3.4 总氨基酸 6种纳豆总氨基酸含量从多到少排序为:褪皮绿豆(16.94%)>红豆(11.62%)>大豆(7.22%)>绿豆(6.86%)>腰豆(2.8%)>黑豆(1.02%)。由于纳豆总氨基酸含量是判断豆子是否发酵成功的重要指标,同时也是纳豆苦氨味的来源,因此总氨基酸的含量测定值显得十分重要。大豆、褪皮绿豆、红豆的氨基酸含量虽然比较高,但在感官评价中几乎无苦氨味,无氨臭味,可见其发酵的效果好,其功能物质也较多。

表4 纳豆营养成分测定结果  
Table 4 The determination results of nutritional ingredients in natto

豆种类 Types of beans	水分 Moisture/%	粘多糖 Mucopolysaccharide/%	蛋白质 Protein/(g·L <sup>-1</sup> )	总氨基酸 Total amino acid/(μmol·mL <sup>-1</sup> )
大豆 Soybean	61.67	7.22	17.08	5.0591
黑豆 Black bean	67.23	1.02	14.96	2.5011
绿豆 Green bean	58.23	6.86	11.16	4.2097
褪皮绿豆 Fade skin-green bean	65.77	16.94	13.22	3.6552
红豆 Red bean	68.43	11.62	8.43	3.7219
腰豆 Waist bean	44.00	2.80	8.98	2.8774

综上所述,在水分、粘多糖和营养物质测量方面,大豆制品综合最佳,而褪皮的粘多糖成分最高,达到 16.94%,其它指标也较高,可见其发酵效果好,综合营养也较佳,可作为新一代的纳豆制品材料。而腰豆、黑豆的粘多糖较少,说明其发酵效果差,不适宜作为纳豆发酵材料。

2.4 不同豆类发酵结果比较

由图 2 显示,6 种纳豆发酵效果良好,没有出现

水分过少、不发酵、无粘液等严重的质量问题。其中大豆和褪皮绿豆这两种豆子发酵效果最佳,含粘多糖等营养物质多,色泽均匀有光泽,而且这两种纳豆感官评分结果最好,接近中国人传统饮食习惯,可用于佐餐食用,甚至可用于制备调味酱料等。所以大豆和褪皮绿豆是制备纳豆好材料。



A: 大豆;B: 褪皮绿豆;C: 绿豆;D: 黑豆;E: 红豆;F: 腰豆。  
A; Soybean; B; Fade skin-green bean; C; Green bean; D; Black bean; E; Red bean; F; Waist bean.

图 2 6 种豆类的纳豆成品  
Fig. 2 Six kinds of natto samples



2.5 不同豆类制备纳豆的纳豆活菌数测定

活菌数测量实验中,选取发酵效果最好的大豆作为活菌数测量的样本。准确称取 5.000 g 纳豆制品,加适量生理盐水研磨成匀浆,用 10 倍浓度梯度稀释,所得到的平板中,10<sup>4</sup>浓度稀释下移液0.1 mL,得到的平板中数量最适宜计算,每平板平均生成菌落 6.4 个,那么可得到每 5 g 纳豆中有大约 6.4 × 10<sup>6</sup> 个活菌。即纳豆中活菌数高达 1.28 × 10<sup>6</sup> cfu·g<sup>-1</sup>。

3 结 论

六种豆类制成的纳豆中,大豆与褪皮绿豆的口味感官评价最佳。其中大豆制品在水分、粘多糖和营养物质方面综合品质最佳,而褪皮绿豆制品的粘多糖成分的含量最高,达到 16.94%,可见褪皮绿豆发酵效果好,可作为新一代的纳豆制品材料。在活菌数计数方面,纳豆中活菌数约为 1.28 × 10<sup>6</sup> cfu·g<sup>-1</sup>,在标准范围内,说明本次实验纳豆发酵效果良好。

褪皮绿豆是由绿豆用机器褪去种皮而成的。由于绿豆种皮有一定的硬度,纤维蛋白含量比较高,因而口感欠佳,褪去种皮后,豆胚柔软,发酵过程中与豆子发酵的部位转为较易发酵的种胚,因而制出的纳豆达到了酥软的口感,发酵效果良好,可作为新一代的纳豆制备材料。

参考文献

[1] 成黎. 传统发酵食品营养保健功能与质量安全评价[J]. 食品科学, 2012(1): 280-284. (Cheng L. Assessment of health benefits, quality and safety of traditional fermented foods: A review[J]. Food Science, 2012(1): 280-284.)

[2] Suzuki Y, Kondo K, Ichise H, et al. Dietary supplementation with fermented soybeans suppresses intimal thickening [J]. Nutrition, 2003, 19(3): 261-264.

[3] 吴海兰, 吴春生, 丁晓雯. 日本传统发酵食品味噌与中国豆豉的比较[J]. 中国调味品, 2014(2): 134-136. (Wu H L, Wu C S, Ding X W. Comparison of Japanese traditional fermented food miso and Chinese Douchi[J]. China Condiment, 2014(2): 134-136.)

[4] 杨亚平. 纳豆激酶的保健功效[J]. 大豆科技, 2015(6): 21-25. (Yang Y P. The health care effect of Nattokinase[J]. Soybean Bulletin, 2015(6): 21-25.)

[5] 彭亮, 覃光球. 纳豆的特异性保健功效因子研究进展[J]. 中

国食物与营养, 2013, 19(10): 65-69. (Peng L, Tan G Q. Research progress in special components of natto[J]. Food and Nutrition in China, 2013, 19(10): 65-69.)

[6] 刘萍. 多功能保健食品纳豆的开发前景[J]. 中国食品工业, 2011(4): 48-49. (LIU P. Multifunctional health food-nadou development prospects[J]. Food and Beverage Industry, 2011(4): 48-49.)

[7] 郑建仙. 功能性食品[M]. 3 版. 北京: 中国轻工业出版社, 1999. (ZHENG J X. Functional food[M]. 3rd ed. Beijing: China Light Industry Press, 1999.)

[8] 孙江伟, 王莹莹, 李琳, 等. 纳豆激酶药理作用研究进展[J]. 中国现代医药杂志, 2011, 13(9): 131-133. (Sun J W, Wang Y Y, Li L, et al. Research progress in pharmacological effects of Nattokinase[J]. Modern Medicine Journal of China, 2011, 13(9): 131-133.)

[9] 谢元, 季家举, 蒋柯, 等. 纳豆的研制与风味改良[J]. 轻工科技, 2012(12): 13-15. (Xie Y, Ji J J, Jiang K, et al. The development and improvement of flavor natto[J]. Light Industry Science and Technology, 2012(12): 13-15.)

[10] 谭周进, 周传云, 廖兴华, 等. 原料对纳豆品质的影响[J]. 食品科学, 2003, 24(1): 87-90. (Tan Z J, Zhou Z Y, Liao X H, et al. Effects of raw materials on the quality of natto[J]. Food Science, 2003, 24(1): 87-90.)

[11] 鲁洋, 钱和, 张伟国. 低嘌呤、高酶活纳豆芽孢杆菌液态发酵条件的优化[J]. 食品工业科技, 2014, 35(18): 221-224. (Lu Y, Qian H, Zhang W G. Optimization of bacillus natto liquid fermentation for low purine and high enzyme activity[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(18): 221-224.)

[12] 高瑞萍, 刘辉, 刘嘉, 等. 纳豆的研究进展[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(1): 23-26. (Gao R P, Liu H, Liu J, et al. The research developments on natto[J]. Sichuan Food and Fermentation, 2011, 47(1): 23-26.)

[13] 徐虹, 李霜, 陆利霞, 等. 微生物学实验[M]. 南京: 南京农业大学, 2005. (Xu H, Li S, Lu L X, et al. Laboratory experiments in microbiology [M]. Nanjin: Nanjing Agricultural University, 2005.)

[14] 霍金柱. 高效纳豆激酶菌株的筛选及纳豆生产[D]. 重庆: 重庆师范大学, 2011. (Huo J Z. Efficient screening of strains of nattokinase and natto production[D]. Chongqing: Chongqing Normal University, 2011.)

[15] 刘晶, 李红玲, 王妍, 等. 微生物发酵法生产纳豆工艺条件的优化研究[J]. 东北农业大学学报, 2011, 24(8): 25-29. (Liu J, Li H L, Wang Y, et al. Optimal process conditions of natto production by microbial fermentation method[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2011, 24(8): 25-29.)