

大豆不同品种豆腐产品的数量和质量的研究分析

武天龙 杨庆凯 孟庆喜

(东北农学院)

提 要

本文以黑龙江省7个出口和计划出口的品种为材料,分析了不同品种在制成豆腐的数量(豆腐湿重,豆腐干重)和质量(色、味、蛋白质含量)上的差异,以及这种差异与品种蛋白质含量,可溶性蛋白含量、粒大小等性状的关系。结果表明蛋白含量高的品种,出豆腐多,并且豆腐的蛋白含量亦高。进一步分析还指出,可溶性蛋白含量较粗蛋白含量与豆腐数量和质量的关系更密切。种子蛋白含量和可溶性蛋白含量间虽为正相关,但未达显著($n=8$, $r=0.612$)。通径分析更进一步表明,豆腐的数量和质量主要是受可溶性蛋白含量的影响。因此选择蛋白含量高,特别是可溶性蛋白含量高的大粒品种,可以满足豆腐产量高、质量优的需要。同时还比较了不同品种间吸水数量和速度上的差异,讨论了豆腐产品和加工工艺上各品种的不同表现。

目前黑龙江省大豆外贸出口以蛋白利用为主,主要是加工制作豆腐。因此,了解不同品种的豆腐产品数量和质量上的差异以及这种差异和品种特性,尤其是它与籽粒性状的关系就显得十分重要,这对组织高蛋白品种和纯品种出口,对大豆品质育种的开展,都是必不可少的基础性工作。

材 料 与 方 法

供试品种为:东农34号、东农36号、东农37号、丰收12号、黑农26号、东农33号和东农79—298。试验在东北农学院农工系食品加工实验室进行。每品种各取5斤,按如下工作流程进行豆腐加工。

1. 种子在13℃水中浸泡24小时,充分吸水膨胀;
 2. 再用ZF—130型浆渣自分砂轮粉碎机按1:3比例加水,粉碎三次;
 3. 豆浆在蒸气高压下蒸煮2分钟,豆浆冷却10分钟后,定量加卤水,豆腐凝成脑状;
 4. 装入豆包,在木框内的30斤压力下压15分钟,豆腐成块后切块,进行测定。
- 测定分析项目有种子吸水后体积、重量、豆腐湿重,豆渣湿重,豆腐的体积(排水

致谢 试验加工过程中得到农工系暴洪发老师的协助,特此致谢。
本文于1986年1月7日收到。

法)。各品种取豆腐鲜样和豆渣各 50 克烘干后测干重,测水分和蛋白含量(分别重复 3—4 次)。

各品种分三次重复测种子含水量,在蛋白质分析仪上测蛋白含量。同时并行地以各品种的 30 克样本,在 13℃ 水温下,连续 24 小时每隔 4 小时测种子吸水后重量,计算吸水量和吸水速度。

根据种子含水量(在 10.9%—13% 间)计算了各品种 5 斤样品的实际干重,以干重为基础计算了如下指标:

(1) 豆腐湿出成率% (下称豆腐湿重) = 5 斤样品制成豆腐的豆腐湿重 / 5 斤样品的干重 × 100

(2) 豆腐净出成率% (下称豆腐干重) = 5 斤样品制成豆腐的烘干重量 / 5 斤样品的干重 × 100

(3) 可溶性蛋白含量% = $\frac{\text{豆腐干重} \times \text{豆腐蛋白}(\%)}{\text{样品干重} \times \text{样品蛋白含量}}$

(4) 随水流失蛋白% = 种子蛋白含量% - 豆腐蛋白% - 豆渣蛋白%

在 APPLE—II 微机上以相关和通径分析程序分析豆腐数量和质量与籽粒蛋白,可溶性蛋白、粒大小等性状的相关及各性状间的相关,并建立各品种吸水速度和吸水量与时间的各种回归方程,通过显著性测验,选用优化方程对不同品种的吸水特性进行了比较。

结果与分析

七品种八个样本(东农 34 号有 1984 年和 1985 年两个样品)的测定分析的主要结果如表 1:

一、豆腐产量和其他性状的相关

豆腐产品的数量可以从体积和重量(湿重、干重)两个方面来衡量。前者是豆腐作直接商品时所追求的目标,后者是以豆腐作再加工的初级原料时所追求的目标。将这三项表示豆腐产品数量的指标与其他性状的相关系数列表 2。

从表 2 中看出:

(1) 表示豆腐数量的三个指标(体积、干重和湿重)间均呈正相关,其中特别是干重和湿重间相关达到高度显著程度($r=0.921^{**}$),三指标与其他性状的相关系数符号除比重一项外均相同,其中特别是干重和湿重,它们与其他性状的相关系数符号一致,数值接近。因此在测试不同品种豆腐产品数量时可直接通过湿重来分析鉴定,不必烘干豆腐求干重。

(2) 豆腐产品数量与种子的蛋白含量和可溶性蛋白含量的相关均为正相关,但是粗蛋白和可溶性蛋白含量与豆腐重量(干重或湿重)的相关密切,而与豆腐体积相关值低。其中,特别是可溶性蛋白,它与豆腐重量的二个指标的相关均达极显著的程度,大

表1 各种豆腐工艺性状测定结果 (哈尔滨1985)

Performance of characters of some soybean cultivars related to tofu processing

| 品种 Cultivars | 性状 Characters | 蛋白含量 Protein content (%) | 可溶性蛋白含量 Water soluble protein content (%) | 百粒重 Weight/100 seeds (g) | 24小时后吸水量 Seed moisture content soaked for 24 h. (jin) | 吸水后体积 Volume after soaking for 24 h (cm ³) | 豆渣干重 Dross weight (jin) | 豆渣蛋白含量 Protein content in dross (%) | 流失蛋白 Protein lost in dressing (%) | 豆腐体积 Volume of tofu (cm ³) | 豆腐比重 Specific gravity of tofu | 豆腐蛋白 Protein content in tofu | 豆腐湿重 Wet weight of tofu (jin) | 豆腐干重 Dry weight of tofu (jin) |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|---|----------------------------|--|--------------------------------------|---|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 东农33号 | Dong Nong 33 | 44.84 | 69.335 | 28.5 | 1.07 | 1012 | 0.242 | 5.87 | 7.88 | 1369 | 2.333 | 31.09 | 3.7096 | 0.5561 |
| 东农79-298 | Dong Nong 79-298 | 44.43 | 68.876 | 31.5 | 1.04 | 903 | 0.239 | 5.82 | 8.01 | 1948 | 1.688 | 30.60 | 3.7040 | 0.5534 |
| 丰收12号 | Feng shou 12 | 44.25 | 69.424 | 26.0 | 1.08 | 935 | 0.242 | 5.57 | 8.46 | 1458 | 1.880 | 30.22 | 3.485 | 0.5685 |
| 东农36号 | Dong Nong 36 | 43.67 | 74.013 | 20.4 | 1.24 | 985 | 0.237 | 5.79 | 5.56 | 1507 | 2.045 | 32.32 | 3.459 | 0.5725 |
| 东农34号 | (85) Dong Neng 34 | 43.03 | 72.623 | 21.5 | 1.23 | 1013 | 0.236 | 5.46 | 4.82 | 1449 | 2.109 | 32.75 | 3.472 | 0.5798 |
| 黑农26号 | Hei Nong 26 | 42.33 | 66.465 | 19.4 | 1.26 | 1023 | 0.244 | 5.76 | 9.36 | 1318 | 2.156 | 22.83 | 3.219 | 0.5228 |
| 东农37号 | Dong Nong 37 | 42.26 | 68.426 | 22.5 | 1.18 | 1064 | 0.242 | 5.16 | 7.76 | 1334 | 2.235 | 29.34 | 3.362 | 0.5480 |
| 东农4号 | Dong Nong 4 | 41.53 | 54.992 | 21.3 | 1.23 | 1039 | 0.256 | 5.77 | 12.93 | 1188 | 1.748 | 27.19 | 2.364 | 0.4296 |

注：表中数据为每斤大豆的豆腐产量等数据。

表2 豆腐数量和大豆种粒性状的相关

correlation between seed characters of soybean and tofu productivity

| 豆腐体积 (Volume of tofu) | 豆腐湿重 (Wet weight of tofu) | 豆腐干重 (Dry weight of tofu) | 蛋白含量 (Protein content) | 可溶性蛋白含量 (Water soluble protein content) | 百粒重 (Weight/100 seeds) | 24小时后吸水量 (Seed moisture content soaked for 24h.) | 吸水后体积 (Volume after soaking) | 豆渣干重 (Dross weight) | 流失蛋白 (Protein lost) | 豆腐比重 (Specific gravity of tofu) | 豆腐体积 (Volume of tofu) | 豆腐湿重 (Wet weight of tofu) | 豆腐干重 (Dry weight of tofu) |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|--|---------------------------|---|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 0.626 | 0.825* | 0.674 | 0.464 | 0.877** | 0.684 | -0.596 | -0.840** | -0.579 | -0.400 | -0.442 | 1 | 0.631 | 0.493 |
| 0.825* | 0.877** | 0.674 | 0.877** | 0.547 | 0.547 | -0.565 | -0.493 | -0.887** | -0.767* | 0.351 | 0.631 | 1 | 0.921** |
| 0.674 | 0.979** | 0.674 | 0.979** | 0.260 | 0.260 | -0.317 | -0.389 | -0.965** | -0.917** | 0.387 | 0.493 | 0.921** | 1 |

$r_{0.05(6)} = 0.754$

$r_{0.01(6)} = 0.834$

于粗蛋白与豆腐重量的相关。但是豆腐体积与粗蛋白的相关 ($r=0.626$) 略大于可溶性蛋白的相关。

(3) 豆腐产量多, 则豆渣和流失蛋白则少, 呈负相关。

(4) 豆腐的产量和品种的粒大小呈正相关, 即粒大者, 出豆腐多, 但相关性并未达0.05显著水平。

(5) 豆腐产量的三项指标和不同品种的吸水量 (24小时充分膨胀后的吸水重量) 和吸水后的体积呈负相关, 蛋白含量和可溶性蛋白含量高的品种, 吸水少, 吸后膨胀的体积小, 但出豆腐多, 这和预想的不一致, 原因待分析。

二、豆腐质量与籽粒性状的相关

豆腐的质量包括色、味和营养成分 (蛋白质含量), 各品种的豆腐制品的质量评定结果如表3, 评定是按密码编号由多人重复评定进行的。

豆腐的颜色主要与子叶色有关, 与种皮色关系不大。东农33号和东农79—298的豆腐制品中含水量高, 湿出成率高, 味香综合评价好。

表3 供试品种的豆腐质量评定结果

Table 3. Tofu quality from seeds of different soybean cultivars

| 性 状 Characters | 品 种 皮 色 Colour of seed coat | 子 叶 色 Colour of cotyledon | 豆腐颜色等级 Colour gra- de of tofu | 品 味 flavor | 豆腐含水量 Water per- centage in tofu (%) | 蛋白含量 Protein content (%) | 综合评价 Score of evaluation |
|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------|---|-----------------------------------|--------------------------------|
| 黑农26号 Heinong 26 | 黄yellow | 深黄dark y. | 6 | 无异味 | 83.77 | 27.19 | 3 |
| 丰收12号 Fengshou 12 | 黄yellow | 浅黄bright y. | 1 | 味 正 | 83.69 | 30.22 | 2 |
| 东农34号 Dongnong 34 | 黄白bright yellow | 浅黄bright y. | 2 | 味 正 | 83.30 | 32.75 | 2 |
| 东农37号 Dongnong 37 | 黄 yellow | 黄 y. | 3 | 无异味 | 83.70 | 29.34 | 3 |
| 东农36号 Dongnong 36 | 黄白 bright yellow | 黄 y. | 4 | 味 正 | 83.45 | 32.32 | 2 |
| 东农33号 Dongnong 33 | 黄白 bright yellow | 深黄dark y. | 7 | 味 香 | 86.01 | 31.09 | 1 |
| 东农79—298 Dongnong 298 | 黄白 bright yellow | 深黄dark y. | 5 | 味 香 | 86.06 | 30.60 | 1 |

豆腐中蛋白含量高低是重要的营养指标。豆腐中蛋白质含量与品种粗蛋白和可溶性蛋白含量的相关系数分别为0.569和0.586, 为不显著的正相关, 同时看出可溶性蛋白较粗蛋白含量对豆腐蛋白影响大。

三、大豆品种蛋白和可溶性蛋白与豆腐产品和豆渣及吸水速度等的相关

品种蛋白含量和可溶性蛋白含量与其他性状的相关系数列表4:

从表4中看出:

(1) 蛋白含量和可溶性蛋白含量间为正相关 (0.612), 未达显著水平。二者与其他性状的相关系数的符号相同, 但数值有相近的, 也有相差大的, 显著性也不同。

(2) 百粒重与蛋白含量相关显著, 但与可溶性蛋白含量相关系数仅为0.136。

表4 品种蛋白含量和可溶性蛋白含量与其他性状的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between protein content water soluble protein content of soybean seed and other characters

| | 蛋白含量 Protein content (%) | 百粒重 100-seeds weight(g) | 吸水量 Seed moisture content soaked for 24h(jin) | 吸水后体积 Volume after soa- king 24h. (cm ³) | 豆渣干重 Dross weight (jin) | 流失蛋白 Protein lost (%) | 豆腐蛋白 protein content in tofu (%) | 豆腐体积 Volume of tofu (cm ³) | 豆腐湿重 Wet Weight of tofu (jin) | 豆腐干重 Dry wei- ght of tofu (jin) |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---|--|----------------------------------|--------------------------------|--|---|---|---|
| 蛋白含量 (protein content) | | 0.763* | -0.781 | -0.714 | -0.595 | -0.467 | 0.569 | 0.626 | 0.825* | 0.674 |
| 可溶性蛋白 含量 (Protein content) | 0.612 | 0.136 | -0.169 | -0.325 | -0.980** | -0.956** | 0.586 | 0.464 | 0.877** | 0.979** |

$n=8$, $r_{0.05(6)}=0.754$, $r_{0.01(6)}=0.834$

(3) 二个蛋白含量指标与种子吸水量和吸水后的体积均呈负相关, 粗蛋白含量与吸水二指标关系更密切, 显著或接近显著。

(4) 二蛋白含量均与豆渣和流失蛋白数量呈负相关, 可溶性蛋白与豆渣和流失蛋白的相关达到高度显著的程度。

(5) 可溶性蛋白和粗蛋白与豆腐产品的数量和质量均呈正相关, 但显然以前者更重要。

综观粗蛋白和可溶性蛋白含量与各性状关系是, 粗蛋白与粒大小的正相关和与吸水量的负相关密切, 而可溶性蛋白与豆腐的数量和质量的正相关以及与豆渣、流失蛋白的负相关密切。

四、豆腐产量(湿重)的通径分析

表5 豆腐湿重的通径分析

Table 5. The pass analysis of wet weight of tofu

| 性 状 Characters | 直接作用 Direct effect | 决定系数 Determinant coefficient | 间 接 作 用 indirect effect | | | | 总影响 (r值) Correlation coefficient |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------|-------|--------|---|
| | | | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | |
| 蛋白含量(Protein content) x_1 | -0.00344 | 0.0013 | — | 0.588 | 0.403 | -0.131 | 0.825 |
| 可溶蛋白含量(Dissovent protein) x_2 | 0.9607 | 0.9243 | -0.022 | — | 0.072 | -0.134 | 0.877 |
| 百粒重(100-seed wht.) x_3 | 0.5265 | 0.2786 | -0.027 | 0.131 | — | 0.084 | 0.547 |
| 豆腐蛋白含量(Protein of tofu) x_4 | -0.2288 | 0.0526 | -0.020 | 0.563 | 0.194 | — | 0.507 |
| 环 境 (error) | 0.0140 | 0.1183 | | | | | |

通径分析表明, 各性状中以可溶性蛋白含量对豆腐产量的直接效应数值最高, 决定系数达0.961, 其次是百粒重。各性状对豆腐产量的间接作用多数是不高的, 各性状近于独立。这再次表明可溶性蛋白的重要性。

另外的通径分析还表明蛋白含量、可溶性蛋白含量和粒大小对豆腐中蛋白含量的直

接通径系数分别为0.069、0.510、0.246，决定系数依次为0.0048、0.2604、0.060，相比较而言，仍是以可溶性蛋白对豆腐蛋白含量影响较大。

五、不同品种吸水特点与豆腐加工工艺的关系

种子吸水有吸水量和吸水速度二个指标，工艺上要求吸水快，吸水量少。

供试品种吸水量以东农36号最多，丰收12号，东农79—298为最少（如图1）。

种子吸水以最初4小时最快，以后减慢，浸泡20小时时，可达吸水量的95%，吸水速度方程近乎直线，以浸泡

$$y = \frac{1}{a - b \frac{1}{x}}$$
 描述最为接近（式中x为

后的小时数），即时间越长，单位时间的吸水量越小。建立各品种的吸水速度方程，并画出图形（如图2，只画出典型的三个品种）进行分析，可总结出三种类型：（1）前期吸水快，前4小时吸水量达50%以上，20小时时，可达98%（如东农34号）；（2）前期吸水慢，4小时吸水量达总量的40%（如东农36号）；

（3）中间型，4小时吸前水量在总量40—50%，以后逐步上升。

七品种的吸水量和吸水速度都不致影响豆腐加工。

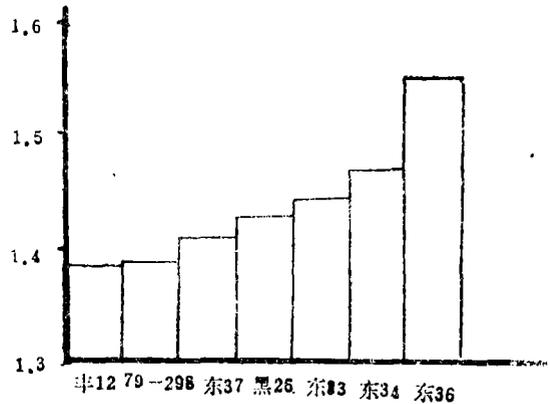


图1 不同品种吸水速度的比较
Fig 1 The contrast of rate of different cultivars absorbs water

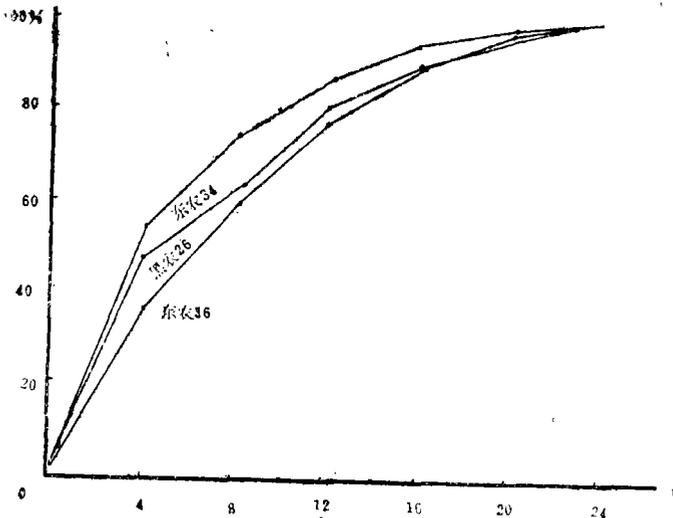


图2 不同品种吸水速度的比较（示三种类型）
Fig 2 The contrast of different cultivars absorbs water

STUDY ON TOFU PRODUCTIVITY AND QUALITY IN
SOME SOYBEAN CULTIVARS

Wu Tianlong Yang Qingkai Meng Qingxi
(The North-East Agricultural College)

Abstract

Tofu is bean curd manufactured by precipitating heated soymilk. Over one billion people in China and Southeast Asia depend on it as a major source of food protein. This paper presents the results of the study on difference in productivity and quality of tofu produced from different soybean cultivars. The difference of tofu productivity (volume, wet weight, dry weight) and quality (colour, flavor, protein content of tofu and grade of visual evaluation) were associated with protein content of seed and were especially influenced by content of water dissolvent protein in seed. Water dissolvent protein were correlated positively with protein content in seed ($r=0.612$), wet weight ($r=0.877^{**}$) and dry weight ($r=0.919^{**}$) of tofu, but negatively with dross dry weight and percentage of protein lost in processing. The result of the present study indicated that water soluble protein in soybean seed is important for tofu manufacturing.