

# 大豆豆腐性状的遗传育种研究进展<sup>\*</sup>

钱虎君 盖钧镒 喻德跃

(南京农业大学大豆研究所 农业部国家大豆改良中心, 南京 210095)

**摘要** 对实验室大豆豆腐加工技术、大豆豆腐产量、品质及加工性状的遗传变异和相关、高豆腐产量的遗传规律和专用品种的选育进行了综述, 为促进大豆豆腐加工专用品种育种提供依据。

**关键词** 大豆; 豆腐; 遗传; 育种

**中图分类号** S 565.103 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2003)01-0059-04

大豆作为重要的食品加工原料, 其化学组成的显著特点不仅是富含高质量的蛋白质和脂肪, 而且含有多种具有保健功能的生物活性物质, 使得人类可以通过食用大豆制品来达到增进健康的目的。在高产、优质、多抗的基础上, 加快大豆加工性状的研究和专用品种的选育, 是大豆遗传育种的重要方向。自从20世纪70年代美国Iowa州立大学的Fehr和Hammond等将豆腐的生产性能作为育种目标加以研究以来, 国内外遗传育种学者对豆腐实验室加工技术、大豆豆腐产量、品质及加工性状的遗传和育种等作了较为系统的研究, 本文对这一领域的研究进展作一综述。

## 1 实验室大豆豆腐加工技术

### 1.1 实验室小样品豆腐加工技术

工厂化大样品豆腐加工方法无法应用实验室分析, 因此需要建立一套实验室小样品豆腐分析技术。武天龙等(1986)采用2.5kg样品用量, 应用豆乳冷却后点浆的方法, 导致豆腐产量偏低; 周新安等(1992)参考了Guzman等(1986)和武天龙等(1986)的方法, 采用30g—50g样品用量, 对渣浆进行先煮沸后过滤, 80℃点浆, 导致某些煮沸时易糊化品种的豆腐产量和质量下降; 金俊培等(1995)参照周新安等(1992)、章晓波等(1994)和Lim等(1990)的方法, 将先煮浆后滤渣改为先常温滤渣后煮浆, 解决了某些煮沸时易糊化的品种因先煮浆造成渣、浆难分离的

问题; 钱虎君等(2001)分析了不同滤渣方法和絮凝时间对营养成分利用的影响, 结果表明70℃热滤渣后煮浆比常温滤渣后煮浆更有利于营养成分的抽提和利用, 絮凝时间由传统的15分钟增加到45分钟左右较为合适, 稳定性和重复性较好。比较而言, 钱虎君等(2001)在前人研究的基础上改进、完善的实验室小样品豆腐分析技术较为理想。大豆豆腐加工性状的研究应采用统一标准的分析技术, 保证不同试验结果的可比性。

### 1.2 实验室豆腐产量的微量分析技术

为了研究大豆品种间杂交后代豆腐产量的遗传规律, 改进豆腐加工专用型品种选育过程中对早期世代的处理方法, 高忠等(1997)提出了微样品豆腐产量分析技术, 认为等于或超过2粒的大豆种子测定的豆腐产量可用于早期世代大量样本的分析; 单粒测定的豆腐产量, 只要增加重复数, 可用于种胚世代的遗传研究。王明军等(2000)分析了不同微样品用量相对于常规小样品(30g)分析的精确性, 探讨了单粒微样品豆腐产量分析技术的适用性, 结果表明微样品用量等于或超过2粒时可用于估计品种的干豆腐产量; 单粒分析方法与常规小样品分析存在系统偏差, 但增加重复次数仍具有相对比较价值, 可用于豆腐产量的遗传分析; 应用1/10浆液分析干豆腐产量时, 原样品用量宜在6粒以上; 应用部分豆粉分析干豆腐产量时, 样品用量宜大于0.20g(原样品用量为25g豆粉)。实验室豆腐产量微量分析技术的建立, 为豆腐产量遗传分析和豆腐加工专用型品

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2002-03-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(39470432)和江苏省自然科学基金项目(BK95099304)。

作者简介: 钱虎君(1963—), 男, 副教授, 主要从事作物遗传育种。

种选育增加了技术保障。

## 2 大豆品种豆腐产量、品质及加工性状的遗传变异

大豆品种间豆腐产量差异的研究开始于 20 世纪 60 年代。Watanabe 等(1960)比较了日本品种和美国品种在豆腐加工的表现,发现日本品种更适合于做豆腐;Smith 等(1960)则认为美国品种和日本品种豆腐产量的平均数相同,差异在于豆腐的质地和颜色。Ohara 等(1986)比较了日本、美国、中国和澳大利亚 4 国的大豆品种,研究发现日本品种做的豆腐感观好,颜色白,吃口软,风味好,蛋白质和磷含量高,脂肪含量低。Wang 等(1983)用 5 个美国品种和 5 个日本品种作比较,发现 2 国品种湿豆腐产量存在差异,而干豆腐产量无差异。韩国 Mikovsky 等(1987)研究认为韩国品种比其它国家品种的豆腐产量低,全蛋白和氨基酸含量高,磷和灰分则相反。由此可见各国之间大豆品种在豆腐加工中的表现有差异。

我国学者充分利用丰富的大豆种质资源,对大豆豆腐产量、品质及有关加工性状的遗传变异作了较为深入的研究。陈霞等(1989)分析了黑龙江省 53 个大豆栽培品种的豆腐产量,结果表明品种间豆腐产量的差异是显著的。周新安等(1992)测定的 14 个品种间的干豆腐产量和湿豆腐产量均存在极显著差异。总的来说他们的研究样本太少,代表性不强,说服力不大。章晓波等(1994)以 289 份国内外品种组成的大样本为材料,在秋播条件下分析了品种间豆腐加工性状的遗传变异,认为蛋白质絮凝率在品种间达显著差异,干、湿豆腐产量、蛋白质利用率、蛋白质抽提率、残余蛋白率、湿豆腐含水率和豆腐蛋白保水率在品种间的差异均达到极显著水平。金俊培等(1995)在夏播条件下,以南方和黄淮地区的 210 个大豆地方品种为材料,研究了豆腐产量、品质及有关加工性状的遗传变异,100g 烘干大豆干豆腐产量  $50.0\text{g} \pm 5.2\text{g}$ ,湿豆腐产量  $246.1\text{g} \pm 51.7\text{g}$ ,豆腐蛋白量  $16.2\text{g} \pm 5.0\text{g}$ ,豆腐脂肪量  $11.3\text{g} \pm 1.9\text{g}$ ,脂肪利用率  $80.2\% \pm 11.7\%$ ,蛋白絮凝率  $55.0\% \pm 16.7\%$ ,残渣率  $37.2\% \pm 5.3\%$ ,渣蛋白含量  $28.5\% \pm 3.7\%$ ,渣脂肪含量  $14.0\% \pm 2.5\%$ 。钱虎君等(1999, 2001)采用选自南京农业大学大豆研究所资源库近万份大豆种质资源中按东北、黄淮及南方不同地区分层抽

取的 261 个品种为材料,系统研究了豆腐加工过程中营养成分利用的品种间差异和大豆豆腐产量、品质及有关加工性状的遗传变异,结果表明豆腐加工过程中营养成分的利用性状和损失性状在品种间均存在丰富的遗传变异,变异系数较大( $6.68\% - 38.13\%$ );方差分析表明,大豆豆腐产量、品质及有关加工性状在品种间的差异均达到 1% 极显著水平,存在丰富的遗传变异,说明从大豆品种中筛选适合豆腐加工的特异种质是可能的,对这些性状进行遗传改良也是可行的。

## 3 大豆品种豆腐产量、品质及加工性状间的相关

大豆品种的子粒性状与和豆腐产量、品质的关系对豆腐加工专用品种的选育很重要,可以作为豆腐加工专用品种选育的辅助依据。武天龙等(1986)和金俊培等(1996)认为豆腐产量与子粒蛋白质含量、百粒重有显著的正相关。Lim 等(1990)和周新安等(1992)研究认为子粒蛋白质含量高的品种,其豆腐产量不一定高,而豆腐产量高的品种,其子粒蛋白质含量一定高。许显滨等(1991)发现不具有 11SA<sub>5</sub> 端球蛋白的品种豆腐出产率较高。钱虎君等(1999)研究认为在大豆加工专用品种选育中兼顾豆腐产量和品质并不矛盾,蛋白质、脂肪、总糖利用率的提高均能促进干豆腐产量、干豆腐蛋白质含量、脂肪含量、总糖含量的提高;豆腐产量和品质与加工性状有关,干豆腐产量与豆乳絮凝率极显著正相关,干豆腐蛋白含量与蛋白絮凝率、蛋白利用率极显著正相关。

在豆腐加工中应注意选择百粒重较大、子粒蛋白质含量较高、具有 11SA<sub>5</sub> 端球蛋白的大豆品种。由于豆腐产量和品质与加工性状的关系密切,而蛋白质、脂肪、糖类的抽提率、絮凝率和利用率与其化学组成有关,应进一步研究子粒中蛋白质、脂肪、糖类的化学组成与豆腐产量、品质及加工性状的关系,明确更有效的豆腐专用品种辅助育种子粒性状标记,加快育种进程。

## 4 大豆豆腐产量的遗传规律

大豆豆腐产量遗传规律可为高豆腐产量的选育提供理论依据,其研究得益于实验室小样品和微量

品豆腐加工技术及数量性状遗传分析方法的改进。钱虎君等(1999)研究了种胚世代干豆腐产量的母体效应, 结果表明灌云大黑豆 $\times$ 六合小叶青杂交组合的种胚世代  $F_3$  家系间单粒测定的干豆腐产量存在显著差异,  $F_2$  群体间的差异不显著, 而且  $F_2$  群体内、 $F_3$  家系内的变异均没有显著大于纯系品种内不同子粒间的变异, 说明干豆腐产量主要不是决定于种胚的基因型, 而是决定于母体效应; 六合小叶青 $\times$ 新沂小黑豆和上饶干不死 $\times$ 淮阴秋黑豆 2 个杂交组合种胚世代的正反交  $F_2$  群体小样品测定的干豆腐产量(相当于植株世代  $F_1$  测定值)存在显著差异, 具有显著的母体细胞质效应, 其值分别为  $1.31(\pm 0.69) \text{ g}/100\text{g}$  和  $1.11(\pm 1.00) \text{ g}/100\text{g}$ 。由于种胚世代的豆腐产量主要受母体核基因和细胞质基因的控制, 因此研究植株世代的遗传更具实际意义。盖钧镒等(2000)应用  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $F_1$ 、 $F_2$  和  $F_{2,3}$  家系 5 世代联合分析方法, 分析了干豆腐产量的遗传规律, 结果表明六合小叶青 $\times$ 新沂小黑豆、上饶干不死 $\times$ 淮阴秋黑豆和六合小叶青 $\times$ 南农 73—935 杂交组合干豆腐产量的遗传均属于 1 对加显性主基因和多基因混合模型; 干豆腐产量的遗传率较高, 3 个杂交组合植株世代  $F_{2,3}$  家系干豆腐产量的主基因遗传率分别为 51.80%、59.80% 和 61.85%, 多基因遗传率分别为 48.03%、39.18% 和 36.12%; 在进行高豆腐产量选育时应充分利用主基因效应, 同时兼顾多基因的选择, 特别是兼顾利用多基因的加 $\times$ 加互作效应。大豆豆腐产量的遗传分析还没有深入到分子水平, 豆腐品质及有关加工性状遗传规律的研究也未见报道, 有待进一步研究。

## 5 大豆豆腐加工专用品种的选育

大豆品种在豆腐加工过程中的差异很早就引起人们的注意, 作坊式的豆腐加工促使农民自觉或不自觉地选择豆腐产量高、品质好的大豆品种, 长期以来逐步形成了一些相应的地方品种类型。自从将豆腐性状作为育种性状加以研究以来, 筛选和育成了一些适合豆腐加工的优异种质和大豆品种。章晓波等(1992)、金俊培等(1993)和钱虎君等(2001)均从种质资源中筛选出一批豆腐产量、品质及有关加工性状优异的大豆特异种质材料, 这些材料可作为育种亲本供进一步利用。盖钧镒等(2000)从六合小叶青 $\times$ 南农 73—935 杂交组合  $F_5$  家系中筛选出 4 个

干豆腐产量极显著高于双亲的材料, 农艺性状较好, 抗病, 抗倒伏, 百粒重介于双亲之间, 但株高偏高, 生育期偏长, 有待进一步改良。Fehr 等(1990)育成了 HP201、HP202、HP203 和 HP204 用于豆腐及其它食品加工的 4 个大豆专用品种。许显滨等(1990)获得了适合豆腐加工的大豆推广品种“丰收 12 号”。

大豆豆腐专用品种的育种工作尚处于初步阶段, 研究单位较少, 尽管已筛选出一批豆腐产量较高、品质较好的种质材料, 但真正意义上的豆腐加工专用品种还没有。应对育成品种的豆腐性状作系统分析, 筛选出一些豆腐产量相对较高、品质相对较好的推广品种供直接利用, 提倡、引导、支持大豆豆腐加工企业, 建立自己的绿色食品基地, 实现豆腐加工原料的规模化和优质化。

## 参 考 文 献

- 1 陈露 李淑贞, 何萱, 等. 黑龙江省大豆品种球蛋白含量比较及其豆腐产品的研究初报[J]. 大豆科学, 1989, 8(3): 295—299
- 2 盖钧镒, 钱虎君, 吉东风, 等. 豆乳和豆腐加工过程中营养成分利用的品种间差异[J]. 大豆科学, 1999, 18(3): 199—206
- 3 盖钧镒, 钱虎君, 吉东风, 等. 大豆豆腐产量的遗传研究[J]. 遗传学报, 2000, 27(5): 434—439
- 4 高忠 盖钧镒. 测定豆腐产量微量方法的研究[J]. 大豆科学, 1997, 16(1): 42—47
- 5 金俊培, 盖钧镒. 大豆地方品种豆腐产量、品质及有关加工性状的遗传变异[J]. 南京农业大学学报, 1995, 18(1): 5—9
- 6 金俊培, 盖钧镒. 大豆地方品种豆腐产量、品质及有关加工性状的相关[J]. 中国农业科学, 1996, 29(2): 28—33
- 7 钱虎君, 盖钧镒, 吉东风, 等. 豆腐产量、品质与子粒营养成分及加工性状的关系[J]. 中国粮油学报, 1999, 14(5): 35—39
- 8 钱虎君, 盖钧镒, 吉东风, 等. 干豆乳和干豆腐产量遗传的母体效应分析[J]. 中国农业科学, 1999, 32(增刊): 31—35
- 9 钱虎君, 盖钧镒, 喻德跃. 豆乳和豆腐加工过程中滤渣方法和絮凝时间对营养成分利用的影响[J]. 大豆科学, 2001, 20(1): 18—21
- 10 钱虎君, 盖钧镒, 喻德跃. 大豆豆乳和豆腐产量、品质及有关加工性状的遗传变异[J]. 植物遗传资源科学, 2001, 2(1): 44—47
- 11 王明军, 钱虎君, 盖钧镒, 等. 大豆豆腐产量微样品分析及其应用研究[J]. 中国油料作物学报, 2000, 22(1): 76—80
- 12 武天龙, 杨庆凯, 孟庆喜. 大豆不同品种豆腐产量和质量的研究分析[J]. 大豆科学, 1986, 5(3): 189—195
- 13 许显滨, 陈露 赵乃新, 等. 大豆品种间豆腐加工特性的差异[J]. 大豆科学, 1990, 9(1): 74—77
- 14 许显滨, 陈露 赵乃新, 等. 大豆品种 HISA5 端球蛋白与豆腐加工特性的研究[J]. 大豆科学, 1991, 10(3): 250—251
- 15 章晓波, 盖钧镒. 大豆地方品种豆腐产量与有关加工性状遗传变异的初步研究[J]. 大豆科学, 1994, 13(3): 207—215
- 16 周新安, 盖钧镒, 马育华. 大豆品种间豆腐加工特性的变异及其与

贮存蛋白各 组份 含量的 关系[ J] . 大豆 科学, 1992, 11 (4): 283—289.

17 Fehr W. R. Regisgation of HP201 soybean[ J] . Crop Sci. 1990 30(6): 1361

18 Fehr W. R. Regisgation of HP202 soybean[ J] . Crop Sci. 1990 30(6): 1362

19 Fehr W. R. Regisgation of HP203 soybean[ J] . Crop Sci. 1990 30(6): 1363

20 Fehr W. R. Regisgation of HP204 soybean[ J] . Crop Sci. 1990 30(6): 1364

21 Guzman T. J., Murphy P. A. Tocopherols of soybean seeds and soybean curd(tofu)[ J] . J. Agric. Food Chem. 1986, 34: 791—795

22 Johnson L. D. Wilson L. A. Influence of soybean variety and the method of processing in tofu manufacturing comparison of methods for measuring soluble solids in soymilk[ J] . J. Food Sci. 1984, 49: 202—204.

23 Lin B. T., Deman J. M. Yield and quality of tofu as coagulant[ J] . J. Food Sci. 1990 55(4): 1088—1092

24 Miskovsky. . Effects of chemical preservatives on storage and nutrient composition of soybean curd[ J] . J. Food Sci. 1987, 52(6):1535—1537.

25 Ohara T. Basic research on tofu and frozen tofu, experiments on the physical characteristics of soybean produced in (Enrei and Nakasennari), and their suitability for processing[ J] . Soybean Abstracts. 1986 9(7): 187.

26 Wang H. L. Effect of soybean varieties on the yield and quality of tofu [ J] . Cereal Chem. 1983, 60(3):245—248.

27 Wang H. L., Cavins J. F. Yield and amino acid composition of fractions obtained during tofu production[ J] . Cereal Chem. 1989, 66(5): 359—361

A REVIEW ON SOYBEAN GENTICS AND BREEDING OF THE TOFU TRAITS

Qian Hujun Gai Junyi Yu Deyue

(Soybean Research Institute, Nanjing Agriculture University, National Center of Soybean Improvement, Ministry of Agriculture, Nanjing, 210095)

**Abstract** In this paper, the research of The technology of Tofu production and the genetics and breeding of Tofu output, quality and processing traits was reviewed, in order to promote the provide evidences for the selection of the soybean varieties for food producing.

**Key words** Soybean; Tofu; Genetics; Breeding