

大豆加工品质育种的发展状况^{*}

刘珊珊 秦智伟 刘宏宇

(东北农业大学 哈尔滨 150030)

ADVANCE OF SOYBEAN BREEDING FOR PROCESSING QUALITY

Liu Shanshan Qin Zhiwei Liu Hongyu

(Northeast Agriculture University Harbin, 150030)

中图分类号 S 565. 103 文献标识码 A 文章编号 1000—9841(2002)02—0138—06

大豆是当今世界上最重要的植物蛋白与食用植物油的来源,近年来,世界大豆市场需求持续增长。通过发展大豆深加工,研究开发大豆蛋白、油脂、饮料、饲料、磷脂、异黄酮、皂甙、及各种食品,大豆产值已得到成倍、几十倍、上百倍的增长。大豆深加工制品已从食品、轻化工原料渗透到社会各个应用领域。为了满足食品加工的不同条件和多种用途的开发需要,根据大豆加工利用的市场需求,积极开展专用品质育种,为大豆加工业提供优质原料,成为大豆育种的主要目标之一。中国在这方面的研究工作与美国等先进国家相比差距较大,大豆收购市场混乱,原料利用率低。为了改变只生产大豆、出售大豆的单一生产经营方式,为大豆综合开发利用提供稳定、优质的大豆加工原料,我们有必要全面了解国内外大豆加工品质育种的发展状况,做到知己知彼。据此,本文就大豆加工品质育种的发展状况及存在的问题进行分析综述。

1 大豆蛋白质制品加工品质育种的发展概况

1.1 传统大豆食品加工品质育种的发展状况

1.1.1 不同用途的传统大豆食品对大豆品种选育

的要求及育成品种

随着大豆品质改良育种的深入发展,根据大豆的不同用途培育专用型品种,使之能适应于生产豆腐、豆酱、豆芽、毛豆、纳豆、饭拌豆、豆豉等,是未来大豆品质育种的发展方向之一。不同加工用途对大豆品种的要求如下:

豆腐用品种:要求蛋白质含量(尤其是水溶性蛋白组分)、蛋白抽提率、凝固率高;蛋白组分 11S 比例高,且无 A₅ 端亚基。豆腐颜色白、味道佳、口感好。

豆酱用品种:要求子粒黄色或黄白色,脐色淡,大粒或中粒,蛋白质含量适中、碳水化合物含量高,蒸煮时易软化的品种。

豆芽用品种:要求百粒重小于 10g,发芽率高,豆芽生长快,芽长,脂肪含量低,蛋白质和碳水化合物含量高,味道佳的品种。

毛豆用品种:要求绿色种皮,粒大,荚色深绿,无斑点,荚长 5cm 以上,蛋白质、矿物质、糖分和维生素含量高,味甜、香、口感好,易煮熟。

纳豆用品种(日本):要求子粒吸水、保水能力强,碳水化合物含量高、油分少,脐色呈白色或棕色,粒形整齐一致为小粒或极小粒,加工蒸煮时必须十分柔软。

饭拌豆用品种(韩国):要求大粒,易煮烂,种皮黑色或褐色,蛋白质含量低,糖分含量高,色素浸出

* 收稿日期:2000—09—28

基金项目:国家自然科学基金(39870469)资助项目。

作者简介:刘姗姗(1972—),女,东北农业大学蔬菜专业在读博士研究生。

量高, 口感好。

围绕上述目标, 各国大豆育种者已培育出一批品种应用于生产中, 其中, 我国在“七五”、“八五”期间育成一批特殊用途的专用品种如: 适合加工豆腐用的有黑农 35 号, 东农 36 号, 东农 42 号, 丰收 12 号等; 适合加工豆酱用的有东农 34 号、黑农 32 号等; 适合出口供日本加工纳豆的红丰小粒豆 1 号、东牡小粒豆、黑农小粒豆 1 号、长白 1 号、吉林小粒豆 1 号和鲁 7605 等小粒黄豆品种; 适合作“毛豆”食用的有色大粒菜用大豆品种有吉青 1 号、铁 7533、丹豆 6 号、科青 2 号、鲁 7517、新六青、南农菜豆 1 号等; 适合加工豆鼓用的有湘 B68、黑农 39 号等。

1.1.2 豆腐用品种加工品质育种的发展状况

豆腐是中华民族独创的传统食品, 随着人类食品结构的不断改善和发展, 人们对高营养食品、长寿食品、保健食品的需求越来越大。豆腐作为健康食品, 越来越受到各国人民的喜爱。自从 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以来, 国内外育种工作者在豆腐加工品质育种研究方面做了大量的研究工作。

豆腐加工专用品种的加工品质主要考虑蛋白质含量和豆腐收率。在豆腐生产的过程中, 影响品质的主要因素除生产工艺外, 主要受大豆品种蛋白质含量和蛋白质组分的影响。

豆腐是大豆蛋白的凝胶, 它是具有三维结构的蛋白质大积聚体。任何大豆品种都可以用来加工豆腐, 但用高豆腐产量的品种生产豆腐, 豆腐产量比一般大豆品种高 10% ~ 20%。豆腐生产者当然更偏爱豆腐产量高且结构特性优良的大豆品种。许多报道证明大豆品种对豆腐的产量和品质有影响^[5,8,16,19,24,25], 但具体是什么原因导致品种间豆腐产量与品质的差异尚未定论。研究表明: 大豆品种间子粒蛋白质各组分含量差异较大^[3,8,17]。有趣的是子粒全蛋白含量与豆腐产量并不相关^[15,17,19,22]。Wang 等 (1983)^[19] 研究认为, 淡脐色及高蛋白品种更适合生产豆腐用。章晓波等 (1994)^[13] 认为, 要生产高蛋白质含量的豆腐, 需选用全蛋白含量高同时其蛋白质原料利用率也高的品种。国内许多学者的研究表明, 我国大豆地方品种中豆腐、豆乳产量的品质性状的变异十分丰富, 从现有大豆品种中筛选适于豆乳和豆腐加工生产的特异种质是可能的, 对这些性状进行遗传改良也是可能的^[9,22,23,37,38]。

通过提高大豆水溶性蛋白的含量, 即提高球蛋白含量或清蛋白含量, 可以提高豆腐或豆浆等产量和改良它们的品质。但也有不尽相同的看法, 裴东红等 (1995)^[8] 研究表明, 子粒谷蛋白含量低的品种豆腐产量高, 醇溶谷蛋白含量高的品种豆腐产量高。金骏培等 (1995)^[9] 研究认为, 贮藏蛋白各组分含量相互间及其与豆腐产量, 品质及其他加工性状间虽有一些相关, 但相关程度不高, 二者为不同的育种方向。陈霞等 (1989), 周新安等 (1992)^[3,16] 研究证明品种的球蛋白含量与湿豆腐重存在显著正相关关系。

11S 球蛋白和 7S 球蛋白分别占大豆总蛋白量的 1/3, 是大豆蛋白质主要功能性成分。在品种间 11S 和 7S 球蛋白的重要差异已被证实^[20,22,25,28]。11S 和 7S 球蛋白有不同的结构和分子特性, 成胶能力及凝胶特性亦不相同。已证明 11S 球蛋白比 7S 球蛋白含有更多的蛋氨酸和胱氨酸, 而且前者比后者富含二硫键。大豆 11S 和 7S 球蛋白的组成、分布以及他们的亚基组分与豆腐的质地、结构特性有关。这两种大豆贮藏蛋白间的差异影响着产品最终的功能特性。若单用 11S 球蛋白制豆腐, 制成品虽咀嚼性好但易断裂, 粘性差。若 7S 含量多, 则制出的豆腐细嫩。关于 11S/7S 的比例与豆腐产量与品质间直接关系的报道, 因豆腐加工方法的差异, 结果不尽相同。有报道认为, 大豆品种 11S/7S 比例与豆腐的坚实度相关。Saio 等 (1980) 和 Kang 等 (1991)^[21,22] 则认为 11S/7S 的比例对胶状蛋白的质地特性有影响。而 Moizuddin 等 (1999)^[27] 研究指出, 调节 11S/7S 的蛋白比例 (1.6 ~ 3.2) 对豆腐产量和品质没有大的影响。裴东红等 (1995)^[12] 也认为: 大豆子粒 11S 球蛋白、7S 球蛋白、2S 球蛋白和清蛋白含量对品种豆腐产量影响不大。

人们还发现, 豆腐的结构质地特性与蛋白质的亚基组成有密切的关系。Mori 等 (1991)^[21], 发现 A₃ 亚基能显著增加胶状蛋白的硬度, 胶状蛋白的硬度与 A₃ 亚基的百分率成比例。Katsuyoshi 等 (1991)^[23] 发现用缺失 A₅ 亚基的品种生产出的豆腐比带有 A₅ 亚基的品种生产出的豆腐更坚实, 而且易凝固。许显滨等 (1991)^[11] 也得到类似的结果: 不具有 11SA₅ 端球蛋白的大豆品种豆乳的电传导度大, 干物质含量高, 豆腐的营养价值高, 且豆乳凝固特性值 MV、MVT 值均大于具有 11SA₅ 端的球蛋白品种, 豆腐出率高于其它品种, 豆腐硬度大, 脆度也大。Patricia 等 (1997)^[26] 认为大豆蛋白组分对豆腐

结构质地特性的确有影响,但不同品种的影响不一致。

另外,周新安等(1994)^[18]指出,豆腐产量在品种间或地区间存在着显著的差异,品种(系)×地区互作均达到极显著水平,大豆豆腐加工性状存在明显的品种与环境互作。

用新鲜大豆和陈旧大豆加工豆腐,其品质有差异。在冷冻贮藏条件下,11S球蛋白含量与豆腐质地参数之间的相关关系,在新鲜大豆和贮存大豆品种之间完全不同,用陈年大豆生产的豆腐的质地参数与11S蛋白含量参数之间都是负相关的。除了胶粘性外,质地参数与7S球蛋白含量间的相关关系对于新鲜大豆和陈年大豆也不相同,但都是正相关。对大多数品种来说,长期的贮存会使豆腐产品的硬度、脆度、弹性降低而影响豆腐的品质。

1.2 食品加工添加所需大豆的加工品质育种发展状况

优质的大豆蛋白,在食品加工中得到广泛的应用,以不同的比例添加到肉制品、乳制品、冰制品、水产品等各类品种的食品中,不仅能提高营养,同时还能改善食品的性能结构。大豆蛋白的利用,要从营养特性和功能特性两个方面综合考虑,营养特性是蛋白质资源的基础,功能特性决定着蛋白质的加工性能。大豆蛋白质的利用要注意营养成分与功能特性两者的有机结合,不能偏颇。

1.2.1 高蛋白育种的发展状况

大豆高蛋白育种,不仅要提高大豆蛋白质的含量,而且要提高蛋白质的质量,如提高限制性氨基酸的含量和降低胰蛋白酶抑制剂等。

1.2.1.1 高蛋白含量育种

50年代初,Weber(1950)和Johnson等(1951)即进行了提高大豆子粒蛋白质含量的遗传改良研究。Shannon和Hinson利用高蛋白与高产品系杂交进行分离世代系谱选择,选育出蛋白质含量45%—47%的高产品系。Burton等(1983、1986)采用系谱和轮回选择方法培育出一批蛋白质含量43%—54%的优良品系。

在我国,高蛋白质含量的大豆品种大多来自南方地区。目前,我国已筛选出蛋白质含量在50%以上的材料170份。其中,80年代育成的高蛋白质含量的品种有,雁青、豫豆2号、通黑11、淮豆2号、宁青豆1号等;90年代育成的高蛋白质含量的品种有:皖豆10号、吉林28号、豫豆12、中豆8号、川豆2号、东农42号等。这些材料在大豆品质育种计划

中已得到广泛的应用。

1.2.1.2 含硫氨基酸

含硫氨基酸的含量低是大豆蛋白质质量的限制性因子,选育含硫氨基酸含量高的大豆品种,可大大提高大豆蛋白质的利用率,降低大豆产品加工的成本。

张明等研究指出,大豆子粒含硫氨基酸与蛋白质含量呈显著负相关,在提高蛋白质含量的同时提高含硫氨基酸的含量是困难的。但大豆品种间含硫氨基酸含量变幅及变异较大,筛选到含硫氨基酸含量较高的种质是可能的。而且认为高纬度地区大豆蛋氨酸含量高于低纬度地区。

美国Hartwig等(1975)搜集保存的V—X熟期组种质资源的蛋氨酸含量最高值为1.61%。海妻矩彦等(1968)用乙烯亚胺(E1)处理“雷电”与“白荚”两个大豆品种,获得了蛋白质、蛋氨酸或胱氨酸含量高的突变系。利用生物技术有可能筛选出高含硫氨基酸的个体。有研究表明,11S/7S值高的材料含硫氨基酸也较高,并有人已筛选到11S/7S值较高的种质,为培育富有11S球蛋白的大豆品种提供了宝贵的育种材料^[7、10]。

1.2.1.3 胰蛋白酶抑制剂

胰蛋白酶抑制剂占大豆总蛋白含量的6%,能抑制胰蛋白酶对蛋白质的分解作用,影响消化。筛选和培育无胰蛋白酶抑制剂的大豆品种,对提高大豆加工食品及饲料产品的营养价值、改善大豆制品的加工品质、降低加工费用具有重要的意义。

胰蛋白酶抑制剂由两类低分子量蛋白组成(Kunitz和Bowman—Birk)。其中Kunitz型是单基因控制的,共有4个复等位基因,其中Tia、Tib、Tic为共显性等位基因,分别编码胰蛋白酶抑制剂3种不同突变类型。具有titi基因的材料不含有胰蛋白酶抑制剂。正反交组合的结果一致,未出现细胞质或母本效应。关于Bowman—Birk型蛋白酶抑制剂的研究不如Kunitz胰蛋白酶抑制剂清楚,J.M.Domagalski等(1992)用单克隆抗体—ELISA技术鉴定出8个多年生野生大豆种含有BB1缺失体类型,显示出培育不含BB1的大豆品种的可能。Kollipara等筛选得到Bowman—Birk胰蛋白酶抑制剂含量低的材料,认为该性状属数量遗传,品种间变异丰富。

70年代人们通过对大量种质资源的搜集、筛选工作,在朝鲜材料中发现PI157440(金豆)和PI196168(白大)二份不含胰蛋白酶抑制剂的材料。并

已转育到美国的 Williams82、Clark63、Amsoy71 等栽培品种之中。经过多代回交得到了产量和其他重要农艺性状与轮回亲本相似的等位基因品系。这些品系的大豆胰蛋白酶抑制剂的活性仅是普通大豆品种的 50%。1990 年, 美国已有以“Kunitz”命名的 titi 型商品用大豆品种。据 1990 年堪萨斯州的报道, 用无 Kunitz 胰蛋白酶抑制大豆生粉做饲料, 每普式耳大豆节省 0.75—1.0 美元开支, 而且提高了蛋白利用率, 比常规配方饲养的猪增重快。我国栽培大豆品种目前尚未发现 titi 型材料^[9,14]。但已引进了美国的 L81—4591、L83—4387 和 L81—4871 三个无胰蛋白酶抑制的品系, 丁安林等(1994)^[7]利用上述材料开展了不含 Kunitz 胰蛋白酶抑制剂的育种工作, 用无 Kunitz 胰蛋白酶抑制剂的品系与脂肪氧化酶 2 缺失材料进行杂交, 从后代中获得新型大豆材料(titilx2lx2), 即无 Kunitz 胰蛋白酶抑制剂又缺失脂肪氧化酶 2。

1.2.1.4 脂肪氧化酶

大豆脂肪氧化酶是一种单一的多肽链蛋白质, 其分子量为 94—97 KDa, 等电点范围从 pH5.7 到 pH6.4。该酶催化不饱和脂肪酸中双顺式 1,4—戊二烯结构, 通过加分子氧形成过氧化氢衍生物, 从而产生豆腥味和其它挥发性物质。加工过程中常用热处理消除法, 虽然能降低该酶的活性, 但同时也会造成蛋白质变性, 难于溶解, 降低蛋白质的保水性和粘着性, 一些营养也会损失。培育无脂肪氧化酶的大豆品种是解决这一问题的根本途径。

大豆子粒中存在三种脂肪氧化酶同功酶(L—1、L—2、L—3)在遗传上受显性等位基因(Lx1、Lx2、Lx3)所控制。美国、日本均报道发现缺失脂肪氧化酶 L—1(PI133226、PI 408251)、L—2(PI 86223、PI 86023)、及 L—3(PI 205085、PI417453、早生夏、一号早)的种质。突变体分别受 3 个隐性基因 lx1、lx2、lx3 控制, Lx3 同 Lx1、Lx2 是独立遗传的, Lx1、Lx2 则紧密连锁, 3 种缺失体以 L—2 缺失体变异对降低豆腥味作用最大。Davies 等(1987)已经培育并推广了缺少其中一或两种酶且农艺性状良好的品种。Purdue 大学的 Kinney 和 Baugardt(1986)已培育出分别或同时缺乏无脂氧化酶 L1、L2、L3、L1 和 L3 及 L2 和 L3 的五个近等位基因系, 并于 1987 年注册登记。日本人也相继拥有了上述基因类型的日本品种, 并且还具有 Lox1.2 和 Lox1.2.3 缺失体。

目前的研究多证实大豆种子中脂肪氧化酶的缺

失对农艺性状和生理性状没有明显影响。但仍需考虑基因阶段性表达以及其它类型脂肪氧化酶同功酶的补偿作用等问题。

1.2.2 大豆子粒化学组成与加工特性关系的研究状况

大豆蛋白质的功能性, 主要来源于大豆球蛋白。大豆分离蛋白质球蛋白的含量高, 具有优良的保水性、乳化性、粘结性、凝胶形成性、粘弹性、薄膜形成性、吸油性等多种功能。良好的功能性不仅有利于大豆蛋白质食品的质量, 也有利于其加工工艺。

大豆蛋白加工功能性是与其天然结构和本底功能性密切相关的。要获得各种良好功能的专用大豆蛋白粉, 首先要求原料大豆有高的分散溶解性, 其 NSI(氮溶解指数)值应在 80%以上。

大豆球蛋白中以 11S 和 7S 最为重要, 它们是生产大豆分离蛋白最主要的蛋白质成分和决定最终产品功能性的关键所在。研究表明, 大豆品种间 11S、7S 蛋白含量差异很大, 大豆品种对分离蛋白的质量至关重要。二硫键的多少影响其功能特性, 富含二硫键的 11S 球蛋白较 7S 球蛋白形成凝胶快, 且硬度大。随二硫键的减少乳化性增强, 7S 组分多的大豆蛋白乳化力强, 且稳定性好, 随二硫键的减少, 发泡性下降。随高分子量多聚糖的提高, 蛋白泡沫稳定性增强。加拿大安大略农业研究中心发现, 11S 和 7S 球蛋白的比例对豆奶的流动性和豆腐的品质有很大关系。

美国弗吉尼亚州立大学对大豆的化学组成和吸水性能的关系进行了深入探讨。发现蛋白质、油脂含量高的品种吸水性明显高于低含量品种, 脂肪酸的含量基本不影响吸水性。4 小时是适宜的浸泡时间。小粒大豆种粒的吸水性高于中粒、大粒大豆的吸水性。

2 大豆油加工品质育种的发展状况

2.1 大豆子粒脂肪含量的提高

脂肪含量属微效多基因控制的数量性状, 对环境条件反应敏感, 高脂肪材料少而不突出, 因此, 高脂肪大豆新品种的选育是一项难度较大的课题。创造高脂肪大豆品种, 应以常规杂交育种为主, 采取杂交、回交、轮回选择等方法与辐射育种、诱变育种及外源 DNA 导入等多种方法相结合。

早在 60 年代, 美国北方推广了两个高产、高油大豆品种 Amsoy(生育期组 II)和 Ransom(生育期组

III, 平均脂肪含量 22—23%。我国学者经过“七五”、“八五”十年的努力, 已筛选出脂肪含量高于 23% 的高油材料 100 多份, 先后推广了脂肪含量在 22% 以上的品种: 九丰 2 号、丰收 18、红丰 2 号、3 号等; 以及脂肪含量在 23% 以上的品种: 东农 44、黑农 31、嫩丰 10、齐黄 21、湘春豆 12、湘春豆 14 等。

2.2 大豆子粒脂肪酸组分改良的研究

大豆子粒脂肪酸的组成是决定大豆油脂品质的重要因素。其中亚麻酸含量的高低, 决定着品种做为食用油的價值。亚麻酸含有三个不饱和键, 极易氧化而使油质变劣, 营养价值降低。加工过程中需要一个昂贵的氢化过程来降低亚麻酸的水平, 在此过程中, 有益于人类健康的油酸和亚油酸会不同程度的遭到破坏。因此, 为了提高油脂的耐贮性和风味品质, 降低大豆子粒中亚麻酸含量的研究已成为大豆品质改良的重要课题。

对具有 Fan Fan 基因型的子粒中亚麻酸含量高的材料进行诱变处理, 是获得具有 fan fan 基因型的子粒中亚麻酸含量低的材料最有效的方法。品种间杂交创造具 fan fan 基因型的子粒中亚麻酸含量低的材料几乎是不可能的。但可用具有 fan fan 基因型的子粒中亚麻酸含量低的材料和农艺性状优良的品种杂交或进一步回交, 在后代中加以选择, 以获得具有 fan fan 基因型, 且农艺性状优良的材料。

研究表明, 野生大豆比栽培大豆子粒中的亚麻酸含量高, 因此, 试图利用野生大豆资源来降低子粒中亚麻酸的含量是行不通的。

人们已经发现了子粒中亚麻酸含量低的 PI 361088B、C1640 和 A₅ 品种。这些材料的发现大大促进了降低子粒中亚麻酸含量研究的发展^[1, 2]。

也有学者认为(尹田夫, 1988)^[23], 片面强调降低亚麻酸育种会严重降低大豆对逆境的阻抗能力。大豆脂肪酸的改良应是在降低饱和脂肪酸含量的同时, 提高不饱和指数, 即提高亚油酸、油酸含量, 适当降低亚麻酸含量。

品质的优劣是相对用途而言的, 大豆蛋白质和油脂含量是大豆生产的实质性部分。豆制品以食用蛋白为主, 相对蛋白质含量高的品种是优质品种, 而含油量高的品种用于榨油则是优质大豆。根据大豆加工对原料的需要, 对高蛋白、高脂肪以及低脂肪氧化酶、胰蛋白酶抑制剂的大豆品种进行定向培育, 建立产品原料基地, 以获得专项指标(蛋白质或油分含量)最佳, 同时兼具优良的综合农艺性状的品种, 使其在大豆深加工中物尽其用, 才能根本解决大豆

深加工制品的质量问题, 并能减化加工设备和工艺, 提高经济效益。

3 大豆加工品质育种中存在的实际问题及策略

我国大豆种质资源丰富, 大豆加工品质育种具有很好的物质基础。今后大豆加工品质育种的首要问题是进行优良种质的筛选。开展优质品质育种的困难是缺少对大量资源和杂交后代进行筛选的快速鉴定方法。如果能找到某种优良品质性状与直观性状的高度相关将对后代的选择有参考价值。

其次, 生物工程技术的广泛应用对大豆加工品质育种的发展起着积极的推动作用。目前, 优良的基因在品种间转移并不困难, 困难的是优良基因与不良性状连锁。比如, 众所周知大豆蛋白质含量与脂肪含量和子粒产量呈负相关。因此加工品质的改良需要一个恰当的育种方法, 同时也有必要探索一些提高蛋白质或脂肪含量的农艺措施。只有多学科通力协作, 才能加速大豆加工品质的育种进程, 从根本上解决大豆蛋白的质量问题。

参 考 文 献

- 1 Wilcox J. R. 大豆蛋白质和脂肪质量[J]. 国外农学~大豆, 1990, 3: 1—7.
- 2 Wilcox, J. R 大豆油质改良育种[J]. 国外农学~大豆, 1988, 2: 1—2
- 3 陈露, 何萱, 赵乃新, 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.
- 4 丁安林, 王雁. 大豆的抗营养因子及其改良[J]. 大豆科学, 1994, 13(1): 72—76.
- 5 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.
- 6 金骏培, 盖钧镒. 大豆地方品种在豆腐产量品质及有关加工性状上的遗传变异[J]. 南京农业大学学报, 1995, 18(1): 5—9.
- 7 雷勃钧, 尹光初, 林忠平. 大豆属三种球蛋白的比较及其在发育中的积累[J]. 国外农学—大豆, 1984, 3: 7—13.
- 8 裴东红, 余建章, 程国华, 等. 不同大豆品种豆腐产量的研究[J]. 大豆科学, 1995, 14(1): 14—19.
- 9 王衍桐, 李福山, 常汝镇. 从种子蛋白电泳分析看我国大豆品种 Ti 和 spi 位点等位基因的分布[J]. 作物学报, 1986, 12(1): 31—37.
- 10 徐豹, 邹淑华, 庄炳昌. 野生大豆(*G. soja*)种子贮藏蛋白组分 11S/7S 的研究[J]. 作物学报, 1990, 16(3): 235—241.
- 11 许显滨, 陈露, 赵乃新, 等. 大豆品种、11SA5 端球蛋白与豆腐加工特性的研究[J]. 大豆科学, 1991, 10(3): 250.

- 12 许月, 朱长甫, 石连旋, 等. 大豆种子贮藏蛋白的研究概况[J]. 大豆科学, 1998, 17(3): 262—267.
- 13 尹田夫. 大豆油脂脂肪酸改良与生化育种策略[J]. 大豆科学, 1988, 7(1): 76—79.
- 14 赵述文, 邹淑华, 胡明祥, 等. 东北三省栽培大豆(*G. max*)种子蛋白中 Ti 和 spi 位点等位基因频率及分布[J]. 大豆科学, 1991, 10(1): 77—81.
- 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组分含量的关系[J]. 大豆科学, 1992, 11(4): 283—289.
- 17 周新安, 盖钧镒, 马育华. 大豆种子贮存蛋白组成及其相关分析[J]. 大豆科学, 1992, 11(3): 191—197.
- 18 周新安, 朱健超. 豆腐加工品质性状的品种(系)与环境交互及稳定性分析[J]. 大豆科学, 1994, 13(2): 106—111.
- 19 H. L. Wang, E. W. Swain, W. F. Kwolek, et al. Effect of soybean varieties on the yield and quality of Tofu[J]. Cereal Chem., 1983, 60(3): 245—248.
- 20 Hughes, S. Murphy, P. A. Varietal influence on the quantity of *glycinin* in soybeans[J]. Agric. Food Chem 1983, 31: 376.
- 21 Jun Kang, Yasuki Matsumura, Tomohiko Mori. Characterization of texture and mechanical properties of heat-induced soy protein gels[J]. JAOCs, 1991, 68(5): 339—345.
- 22 K. Saio, I. Nikkuni, Y. Ando, M. et al. Soybean quality changes during model storage studies[J]. Cereal Chem., 1980, 57(2): 77—82.
- 23 Katsuyoshi Nishinari, Kaoru Kohyama, Ying Zhang et al. Rheological study on the effect of the A₅ subunit on the gelation characteristics of soybean proteins[J]. Agric. Biol. Chem., 1991, 55(2): 351—355.
- 24 Lim, B. T., deMan, J. M., deMan, L., et al. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics. Calcium sulfate coagulant[J]. J. Food Sci. 1990, 55: 1088.
- 25 Patricia A. Murphy, Adoracion P. Resurreccion, Varietal and environmental differences in soybean *glycinin* and b-conglycinin[J]. J. Agric. Food Chem. 1984, 32(4): 911—915.
- 26 Patricia A. Murphy, Hui-ping Chen, Catherine C. Hauck et al. Soybean protein composition and Tofu quality[J]. Food Technol. 1997, 51(3): 86—88, 110.
- 27 S. Moizuddin, L. Djohnson, L. A. Wilson. Rapid method for determining optimum coagulant concentration in Tofu manufacture[J]. J. Food. Sci. 1999, 64(4): 684—687.
- 28 Setsuko Iwabuchi, Fumio Yamauchi. Determination of *Glycinin* and b-conglycinin in soybean proteins immunological methods[J]. J. Agric. Food Chem., 1987, 35: 200—205.