

孙加祥. 食用羽扇豆在澳大利亚的研究开发概况及其在我国的利用前景[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(23): 15–18.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.23.004

# 食用羽扇豆在澳大利亚的研究开发概况 及其在我国的利用前景

孙加祥

(江苏省农业科学院国际合作处, 江苏南京 210014)

**摘要:**食用羽扇豆是一种营养价值高的适于干旱贫瘠地区生长的环境友好型作物, 目前全球主要的种植地区是澳大利亚。食用羽扇豆之所以越来越受到人们的重视, 是因为它具有蛋白质含量高、膳食纤维含量高、脂肪含量低、淀粉含量几乎为零的特点, 并含有一系列生物活性因子, 因而成为许多营养食品的配方之一。食用羽扇豆在我国的种植很少, 基于我国土壤分布的特点和国人对自身健康关注度的不断提高, 羽扇豆在国内有着一定的发展空间。

**关键词:**羽扇豆; 澳大利亚; 营养价值; 研究开发概况; 利用前景

**中图分类号:** S542<sup>+</sup>.901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)23-0015-04

羽扇豆原来仅作为畜牧业和水产养殖业饲料的一种原料, 近几十年来, 澳大利亚等国一直致力于高蛋白、低生物碱(苦味淡)和方便脱壳的羽扇豆新品种选育。由于其蛋白营养价值高、具有保健功能, 羽扇豆正逐渐被消费者所接受, 并慢慢走上人们日常生活的餐桌。

食用羽扇豆是澳大利亚西部和南部地区重要的农作物之

一, 在当地俗称“澳豆”, 其种植面积占整个澳大利亚食用豆种植面积的 30%~40%, 主要栽培品种为蓝花羽扇豆(*Lupinus angustifolius*), 该品种别称澳大利亚甜羽扇豆。

澳大利亚的甜羽扇豆主要出口到韩国、日本、荷兰和西班牙, 另外澳大利亚还是中东地区优质、大粒白花羽扇豆的最大进口来源国。

## 1 羽扇豆简介

羽扇豆又称鲁冰花, 是豆科(Leguminosae)蝶形花亚科(Papilionoideae)羽扇豆属(*Lupinus* Linn)植物的通称, 该属类型多样, 其中部分种已为人们所认识。羽扇豆是 1 年生植物,

收稿日期: 2017-07-12

基金项目: 国际农业科技合作绩效评价方法研修培训项目(编号: P162014003)。

作者简介: 孙加祥(1972—), 男, 江苏盐城人, 硕士, 副研究员, 主要从事国际农业科技合作管理研究。E-mail: ofa@jaas.ac.cn。

[40] 张绍阳, 孙崇德, 徐昌杰, 等. 基于 S-SAP 标记技术的柑橘芽变新品系青瓠柑的鉴别[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(8): 21–25.

[41] 杜晓云, 罗正荣. 部分柿属植物 IRAP 反应体系的建立及指纹图谱构建[J]. 农业生物技术学报, 2006, 14(6): 931–936.

[42] 曹爱忠, 陈全战, 王海燕, 等. 基于专化的反转录转座子序列开发鉴定族毛茛染色质的 PCR 分子标记[J]. 西北植物学报, 2007, 27(6): 1078–1084.

[43] 贾怀志, 刘艳红, 渠慎春, 等. 苹果 IRAP 技术体系的建立及优化[J]. 果树学报, 2009, 26(2): 254–257.

[44] 孙俊, 周军永, 孙其宝, 等. 苹果元帅系和富士系芽变品种的 IRAP 鉴定[J]. 西北植物学报, 2010, 30(10): 1952–1958.

[45] 周军永, 孙其宝, 孙俊, 等. 苹果 IRAP 反应体系的建立和指纹图谱构建[J]. 安徽农业大学学报, 2010, 37(3): 558–563.

[46] 杜晓云, 张青林, 李宝, 等. 基于 IRAP 技术的磨盘柿变异单株鉴定[J]. 果树学报, 2011, 28(2): 257–262.

[47] 林晓红, 潘东明. 中国水仙自然变异体的 IRAP 分析[J]. 福建农林科技大学(自然科学版), 2013, 42(3): 242–245.

[48] 唐冬兰, 胡燕, 龚榜初, 等. 基于 SCoT 与 IRAP 标记的金枣柿实生后代遗传变异分析及其生殖特性[J]. 果树学报, 2016, 33(8): 934–942.

[49] 周鹏, 张士伟, 翟锐, 等. 梨 Ty1-copia 反转录转座子的克

隆及 IRAP 分子标记体系的建立[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(2): 97–104.

[50] 成文革, 吴海英, 路晓玉, 等. 应用 ISSR 和 REMAP 分析吉生羊草体细胞无性系变异[J]. 农业与技术, 2016, 36(1): 17–21.

[51] 冯荣芳, 刘翠, 孙琰, 等. REMAP 标记在红翎菜科无性繁殖变异研究中的应用[J]. 海洋湖沼通报, 2017(2): 89–95.

[52] 王洁, 李双玲, 王辉, 等. 利用 AhMITE1 转座子分子标记鉴定花生 F1 代杂种[J]. 花生学报, 2012, 41(2): 8–12.

[53] 尹亮, 任艳, 石延茂, 等. 利用 AhMITE1 转座子分子标记鉴定栽培花生杂交 F1 代种子真伪[J]. 山东农业科学, 2015, 47(12): 1–5.

[54] 曹志斌, 杨郁文, 徐鹏, 等. 基于棉花逆座子的 SSAP 标记的开发[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(6): 1229–1233.

[55] 王利英, 杜永臣, 张斌, 等. 茄子 IRAP 和 REMAP 分子标记的开发[J]. 园艺学报, 2008, 35(9): 1363–1367.

[56] 赵福宽, 张建京, 夏婧, 等. 百合品种 IRAP 指纹图谱构建[J]. 中国园艺文摘, 2010(12): 5–6, 36.

[57] 李芳, 徐良, 魏美甜, 等. 萝卜 IRAP 技术体系建立与品种指纹图谱构建[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(1): 143–148.

[58] 高玉龙, 桂毅杰, 肖炳光, 等. 烟草 MITE 位点间多态性(IMP)标记开发及其遗传作图应用[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2012, 38(6): 655–661.

株高在 0.3 ~ 2.0 m 之间,具有主茎,分枝较多,灌木,掌状叶。花高于叶,花色一般有白色、黄色、紫色、蓝色 4 种颜色,花开过程中散发出蜜一般的气味。根较长,可深达 3 m,有瘤节,同其他豆科作物一样,具有固氮能力,并通过向土壤中分泌柠檬酸盐而提高磷及其他元素的活性,有利于贫瘠地区的土壤培肥。豆荚扁平,表面有毛,长度在 4 ~ 10 cm 之间,种类不同,种子的大小、形状和颜色也不一样。

羽扇豆较适应贫瘠的酸性沙壤土,适宜于高纬度温带地区种植。人工栽培的羽扇豆主要有 4 个品种,分别是白花羽扇豆(*Lupinus albus*)、蓝花羽扇豆(*Lupinus angustifolius*),别称澳大利亚甜羽扇豆 ASL 或窄叶羽扇豆)、黄花羽扇豆(*Lupinus luteus*) 和安第斯羽扇豆(*Lupinus mutabilis*)。

羽扇豆起源于地中海地区及北美安第斯山脉地区。其中起源于地中海地区的有白花羽扇豆、蓝花羽扇豆和黄花羽扇豆,起源于安第斯山脉的有安第斯羽扇豆。事实上,羽扇豆属约有 200 多个野生种,大多数分布在北美地区。古罗马人、古埃及人、古希腊人很早就种植白花羽扇豆来食用,然而,由于味道较苦,他们在食用前不得不对种子进行长时间的清洗来去除苦味。安第斯山脉的原住民对安第斯羽扇豆的种子进行蒸煮或在河中彻底地清洗数日,然后烹饪食用或干燥贮藏。目前,欧洲、非洲部分地区、南美、澳大利亚、新西兰均有不同的羽扇豆品种种植,包括一些商业化的低生物碱甜羽扇豆<sup>[1]</sup>。

由于其抗旱、抗病、抗虫,羽扇豆被认为是一种环境友好型作物,能够生长在临界的农业环境下。而且羽扇豆比其他食用豆如大豆便宜很多,其市场价格约是大豆的 70% ~ 75%。

羽扇豆主要用作动物饲料(全株或干籽粒)和绿肥,全球用于人类消费的不足 4%,据估计在欧盟国家每年消费 50 万 t 含羽扇豆的食品,主要是在小麦的烘烤食品中添加少量羽扇豆粉<sup>[1-2]</sup>。也有把它进行蒸煮、冷藏和腌渍来作为沙拉配料、点心小吃等的报道<sup>[3]</sup>。

## 2 澳大利亚羽扇豆的研究开发概况

羽扇豆是 19 世纪中叶被引进到澳大利亚的,西澳大利亚州和澳大利亚东南作物带的土壤为酸性沙壤土,肥沃程度低,比较适合羽扇豆的生长。目前,澳大利亚是世界上最大的羽扇豆生产国,年产量超过 100 万 t,约占世界总产量的 80%。羽扇豆主要有 3 种类型,面积最大的是蓝花羽扇豆,生长在西澳大利亚州,是该州第四大农作物(前 3 位是大麦、小麦、油菜),另外 2 种是白花羽扇豆和黄花羽扇豆<sup>[3-4]</sup>。

羽扇豆在现代澳大利亚的发展史主要归功于西澳大利亚州的植物育种家 John Gladstones,他于 1958 年启动了蓝花羽扇豆(自然低生物碱羽扇豆品种)的育种项目,用当地自然栽培品种和欧洲野生种杂交,选育出生物碱含量更低的优良品系<sup>[5]</sup>。大大削弱的苦味使其成为理想的保健食品原料<sup>[6]</sup>。甜羽扇豆被加工成豆粉和豆片,并且还可以生食<sup>[3]</sup>。

在 20 世纪 70 年代第 1 个驯化品种推广后,羽扇豆开始参与到新的栽培体系中。羽扇豆在轮作中主要发挥了打破作物病害繁殖周期、促进氮素固定的作用,有效地维持了大麦、小麦的可持续生产。后来,西澳的科学家不断改进羽扇豆的

栽培方法,包括早期播种和除草剂的使用等。随着一系列栽培技术的应用,羽扇豆产业在 20 世纪 80 ~ 90 年代迅速发展,并在 1999 年达到顶峰,使澳大利亚成为国际市场上唯一的羽扇豆出口国。韩国是西澳大利亚州羽扇豆的主要买家,其他的购买者还有日本、荷兰等国,在这些国家羽扇豆绝大多数用作动物饲料,用于人类食品的也有所增长。

但因为与其他农产品相比,羽扇豆价格低,经济效益不高,另外由于羽扇豆对除草剂产生了抗性,杂草很难防治,农场主们改种油菜、牧草新品种和紫花豌豆等,或者干脆休耕,结果澳大利亚羽扇豆的产量从 1999 年的 150 万 t 一度下降到 2006 年的 20 万 t。

2013 年羽扇豆新品种巴洛克育成,该品种抗炭疽病,耐除草剂噻草酮。由于新品种的优良特性和改良土壤的需要,以及人类对羽扇豆作为健康食品的进一步认识,澳大利亚羽扇豆生产又开始迎来新一轮增长。

## 3 羽扇豆的营养价值

羽扇豆之所以越来越为人们所认知,最主要的原因是它具有保健功能,特别是在针对代谢综合征方面,如肥胖症、高血压、胰岛素抗性和血液胆固醇升高等<sup>[7]</sup>。与小麦粉和米粉相比,甜羽扇豆粉营养成分优异,其蛋白质含量为 40%、膳食纤维含量为 30%、脂肪(主要是不饱和脂肪酸)含量为 6%、淀粉含量为 1%,可以说集高蛋白、高纤维、低油、无淀粉于一身,并含有一系列生物活性因子,如植物雌激素(抗癌)、植物甾醇类(降低血液中胆固醇)等<sup>[2]</sup>。含羽扇豆食品的应用价值包括较好地抑制食欲并保持能量平衡<sup>[8-9]</sup>,较好地控制血糖<sup>[10-11]</sup>、改善血脂<sup>[12]</sup>、改善高血压<sup>[13]</sup>、改善肠道健康<sup>[14-15]</sup>。

澳大利亚甜羽扇豆血糖指数低,有利于抵抗肥胖症以及与之相关的糖尿病和心脏疾病,西澳大利亚食品和基因组医学中心和其他有关国际组织的研究表明,添加羽扇豆籽粒的日常饮食在治疗 2 - 型糖尿病方面可能会发挥重要作用,特别是在超重和肥胖人群中。研究还表明,食用富含澳大利亚甜羽扇豆的食品能够很快获得饱腹感,从而通过少食减少对热量的吸收<sup>[2]</sup>。

羽扇豆可以作为许多食材配方中大豆的低成本替代品,如丹贝(tempe)<sup>[16]</sup>、日本豆面酱(miso)、日本酱油和豆腐等。由于其独特的化学成分、营养价值和保健作用,近年来正在不断开发羽扇豆的相关食品。对羽扇豆的营养成分和加工特性进行进一步研究后表明,其在面包、面条及饮料中也具有广泛的应用潜力<sup>[7]</sup>。羽扇豆的具体应用:(1)发酵食品。通过与印度尼西亚科学研究所合作,已开发出能被消费者接受的含有羽扇豆的丹贝,其羽扇豆含量可高达 60%,但并不降低消费者的接受性。由于其膳食纤维含量高、脂肪少,因此羽扇豆替代大豆生产的丹贝营养价值更高,同时成本大幅下降。该成果已被授予专利并进行商业化生产<sup>[2]</sup>。(2)豆奶、奶制品和豆腐。羽扇豆已被用来制作豆奶饮料,羽扇豆奶作为一项营养工程在智利已实施了好几年,一种新的羽扇豆奶和奶制品替代物生产工艺已被授予专利,用羽扇豆替代大豆生产的奶酪、酸奶、豆腐亦已出现。在豆腐的生产中,羽扇豆在大豆中的替代率能达到 30%。(3)面包。保健作用(高膳食纤维、高赖氨酸)与高保水率使人们对在面包中添加羽扇豆粉产生

了兴趣,加入羽扇豆粉能改善氨基酸平衡,提高对水分的吸收,延长货架期,减少混合时间<sup>[17]</sup>。富含羽扇豆的面包或许是一个改善发展中国家营养状况的有效方法。5%羽扇豆粉替代对面包的面团膨松体积和碎屑结构无任何影响,5%的羽扇豆纤维添加剂对面包的适口性无显著影响<sup>[4]</sup>。含羽扇豆超过20%的羽扇豆面包、羽扇豆饼干、羽扇豆早餐谷类已进入澳大利亚市场,不久的将来即将进入其他国家。(4)意大利通心粉和面条。意大利通心粉和面条是许多亚欧国家的主食,但蛋白质含量低、膳食纤维含量低、淀粉含量高,故营养价值不高。制作意大利通心粉和面条时可以加入多达20%的羽扇豆粉,而不影响消费者的接受性,且营养方面含有2倍的蛋白质含量和3倍多的膳食纤维含量<sup>[2]</sup>。(5)豆芽。羽扇豆豆芽营养效益高,豆芽中反营养因子(如生物碱、低聚糖、植等)含量减少,营养成分(如异黄酮、植物甾醇、维生素等)含量增加<sup>[18]</sup>。研究发现,羽扇豆豆芽生长快于大豆及绿豆,产量高出30%以上,且比大豆豆芽更脆,更受消费者喜欢<sup>[19]</sup>。

膳食纤维消费不足与一些主要的健康问题密切相关,是一个全球性的普遍现象,而消耗100g的羽扇豆薯片或薯条能够提供50%的膳食纤维<sup>[2]</sup>。将羽扇豆的谷壳碾磨成糠,可制作富含纤维素的面包,类似于家乐氏的全麸早餐粉。一种基于羽扇豆壳纤维素的高纤维谷类概念食品已被授予专利<sup>[20]</sup>。许多高纤维谷类食品中的纤维来自小麦,在全麸市场中还没有其他的选择替代品,而羽扇豆壳中的纤维能填补这个空白<sup>[21]</sup>。通过将羽扇豆粉增溶在pH值为9的碱性溶液中,可以去除不溶性杂质(纤维),再通过酸沉降(pH值为4.5),可获得分离蛋白,其纯度达80%~92%<sup>[21]</sup>。利用羽扇豆特有的性能,一种简易的低成本且环境友好的分离程序已研制成功,能够把羽扇豆粉分离成富含蛋白质的部分和富含膳食纤维的部分。研究已发现,羽扇豆蛋白分离物的一些功能特征,如乳化能力、乳化稳定性、保水能力、起泡能力、起泡稳定性等,均优于大豆,这些功能特征使得羽扇豆蛋白分离物成为食品工业中一种高价值的营养成分<sup>[2]</sup>。利用标准的大豆加工程序同样可从羽扇豆粉中获得浓缩蛋白,用浓度为70%的乙醇溶液清洗后,澳大利亚甜羽扇豆粉中的粗蛋白含量从46%提高到52%,黄花羽扇豆粉中的粗蛋白含量从52%提高到72%。被洗去的主要是低聚糖,它在甜羽扇豆中的含量为8%,在黄花羽扇豆中的含量为14%<sup>[21]</sup>。

可以将多样的羽扇豆产品(如羽扇豆粉、单一蛋白、浓缩蛋白、膳食纤维等)加入到一系列的食品中,从而改进营养价值、保健效果、感官特性及消费者喜好,另外,生产商亦从这种低成本替代物中获得经济效益。潜在的应用还包括高蛋白或高能量的饮料、零食及方便餐;素食食品;羽扇豆替代肉及香肠;起泡品、填充品和蛋浆(增加表面光泽);冰淇淋、奶油制品、蛋黄酱、调味料;高膳食纤维食物,包括减肥饮食;富含功能成分的食物,如异黄酮和类胡萝卜素等<sup>[4]</sup>。

虽然含羽扇豆的食品已经在部分国家有所出现,但是,产品开发的成功取决于多方面因素,部分由于风险投资本身,部分由于产业或所在国因素。从业者要能鉴别羽扇豆新的应用开发所面临挑战的外部因素和内在原因,不能指望羽扇豆一夜之间就能进入人类食品市场,它取决于加工技术、个体市场需求、初始籽粒价格及添加到衍生品的能力<sup>[21]</sup>。

羽扇豆作为一种高蛋白食物,如同食用豆家族中的花生和大豆等,可能引起某些人群的过敏反应。有些人可能只对羽扇豆过敏,但更多的人则是对多种食用豆均过敏,因此,有食物过敏史的人群在食用羽扇豆时应特别小心<sup>[22]</sup>。

羽扇豆中含有的生物活性物质还可以应用到化妆品中。最近,肌肤修护因子( $\alpha$ -lupaline)和胶原蛋白(collageneer)这2种物质已引起了化妆业的浓厚兴趣,一系列试验表明其自由基清除活性、抗氧化剂活性、弹性蛋白酶活性都较高<sup>[23]</sup>。羽扇豆提取物已经被一些化妆品品牌使用,包括许多高端品牌,如纪梵希(Givenchy)、娇韵诗(Clarins)、思妍丽(Decleor)、思蒂(Sothys)、慕拉(Murad)、珍曼妮(Jan marini)和兰蔻(Lancome)<sup>[21]</sup>。博资(Boots)是英国领先的美容产品零售商,2007年他们发布了7号完美修护系列,可修补因阳光接触而老化的肌肤,羽扇豆多肽是配方中的1种活性成分,当年夏天该产品在英国BBC的一档节目中报道后,立即成为女士们的抢购目标,日销量提高到原来的20倍(13瓶/min)<sup>[21]</sup>。

#### 4 羽扇豆在我国的研究开发概况

我国20世纪50年代初曾从前苏联引进羽扇豆,在东北和华北地区作为饲草饲料引种试种<sup>[24]</sup>。之后直到20世纪90年代,王莲英从英国引种观赏性的多叶羽扇豆至洛阳,通过9年的引种栽培试验,完成了从种子到种子的成功引种<sup>[25]</sup>。吴建华等从澳大利亚引种绿肥用羽扇豆到济南,经过试验认为羽扇豆在济南早春播种,生长、成熟期均明显提前,可充分利用春闲地进行种植,补偿山东省春季豆类牧草的缺乏,且不误夏播作物的种植,很有希望成为新的豆类蛋白质品种资源<sup>[26]</sup>。江西省科学院生物资源研究所从美国、荷兰引进羽扇豆黄花、红花、紫花、白花、蓝花5个花色品系,栽培成功之后陆续开展了进一步的深入研究<sup>[27-29]</sup>。另外,由于白花羽扇豆对磷和生长素表现出高度的根系形态和生理可塑性反应,常被用来作为研究根系对磷的响应的模式植物<sup>[30]</sup>。其他方面对羽扇豆的研究甚少,而有关羽扇豆良种选育、规模化种植技术研究等方面还未见报道。

#### 5 羽扇豆在我国的利用前景和措施建议

羽扇豆的耐旱能力比大豆强,可在年降水量250mm的干旱环境下正常生长,也能顺利生长在干燥的沙地上,有“沙地植物”之称。其根发育快、入土深,干旱时可从深层土壤中吸收水分来维持正常的生长<sup>[24]</sup>。

羽扇豆耐瘠性强,可在一般豆科植物无法生存的地方生长。这是由于羽扇豆的根系具有能从难溶性化合物中摄取矿物质养料的超强能力。羽扇豆可以从谷类作物完全不能利用的磷酸盐中自由地吸收磷酸,从深层土壤中吸收养分的能力也较其他植物为强<sup>[24]</sup>。

羽扇豆是一种耐旱、耐瘠、固氮能力强的食用豆类,观赏性和食用性相结合,因此,羽扇豆在我国干旱缺水、土壤贫瘠、种植结构单一的中西部地区发展前景良好,在美丽乡村建设中有一定的利用价值。今后除了继续将其作为饲料和绿肥外,应进一步开发其观赏性,加大食用性研究。主要建议如下:一是大力引进各类食用羽扇豆资源。世界植物遗传协会的统计资料表明,约有4000多个单位收集有羽扇豆种质资

源<sup>[27]</sup>。研究人员一方面可以与保存品种资源丰富的国外机构洽谈引进,另一方面可以去不同类型的起源地进行收集,从而丰富我国的种质资源库,为进一步研究利用打基础。二是结合传统育种方法和现代分子手段,选育适于我国中西部不同地区种植的高蛋白食用羽扇豆,使其成为大豆或其他食用豆的选择替代种植品种。另外因为观赏羽扇豆花色多样,开花期长,如果能开发出食用性、观赏性兼具的品种,则无疑会受到市场的大力欢迎。三是营养与加工方面的研究。如前所述,食用羽扇豆之所以近几十年来引起全球关注,主要是因为它具有营养价值和保健功能,国外在这方面已开展了大量的研究工作。研究人员应根据我国消费者的消费习惯和目前的健康水平,研究开发适合市场需求的各类食品。

#### 参考文献:

- [1] Trugo L C, Baer E, Baer D. Lupin breeding[J]. Encyclopedia of Grain Science, 2004(2): 174–182.
- [2] Jayasena V, Nasar – Abbas S M, Coorey R. Lupin; a new super food [J]. World of Food Ingredients, 2012(9): 16–18.
- [3] Kouris – Blazos A, Belski R. Health benefits of legumes and pulses with a focus on Australian sweet lupins[J]. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 2016, 25(1): 1–17.
- [4] Jayasena V, Quail K. Lupin; a legume with a future[J]. Food and Beverage Asia, 2004(12): 16–22.
- [5] Nelson P, Hawthorne W A. Development of lupins as a crop in Australia [C]//Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21st century. Dordrecht; Springer, 2000: 549–559.
- [6] Villarino C B J, Jayasena V, Coorey R, et al. Nutritional, health and technological functionality of lupin flour addition to bread and other baked products; benefits and challenges[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2016, 56(5): 835–857.
- [7] Arnoldi A. Grain legumes and the prevention of cardiovascular disease[J]. Functional Foods Cardiovascular Disease & Diabetes, 2004, 99(9): 422–447.
- [8] Archer B J, Johnson S K, Devereux H M, et al. Effect of fat replacement by insulin or lupin – kernel fibre on sausage patty acceptability, post – meal perceptions of satiety and food intake in men [J]. British Journal of Nutrition, 2004, 91(4): 591–599.
- [9] Lee Y P, Mori T S, Barden A, et al. Lupin – enriched bread increases satiety and reduces energy intake acutely[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2006, 84(5): 975–980.
- [10] Magni C, Sessa F, Accardo E, et al. Conglutin  $\gamma$ , a lupin seed protein, binds insulin *in vitro* and reduces plasma glucose levels of hyperglycemic rats[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2004, 15(11): 646–650.
- [11] Hall R S, Thomas S J, Johnson S K. Australian sweet lupin flour addition reduced the glycaemic index of a white bread breakfast without affecting palatability in healthy human volunteers[J]. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 2005, 14(1): 91–97.
- [12] Spielmann J, Shukla A, Brandsch C, et al. Dietary lupin protein lowers triglyceride concentrations in liver and plasma in rats by reducing hepatic gene expression of sterol regulatory element – binding protein – 1c[J]. Annals of Nutrition and Metabolism, 2007, 51(4): 387–392.
- [13] Pilvi T K, Jauhainen T, Cheng Z J, et al. Lupin protein attenuates the development of hypertension and normalises the vascular function of NaCl – loaded Goto – Kakizaki rats[J]. Journal of Physiology and Pharmacology, 2006, 57(2): 167–176.
- [14] Johnson S K, Chua V, Hall R S, et al. Lupin kernel fibre foods improve bowel function and beneficially modify some putative faecal risk factors for colon cancer in men[J]. British Journal of Nutrition, 2006, 95(2): 372–378.
- [15] Smith S C, Choy R, Johnson S K, et al. Lupin kernel fibre consumption modifies fecal microbiota in healthy men as determined by rRNA gene fluorescent *in situ* hybridization [J]. European Journal of Nutrition, 2006, 45(6): 335–341.
- [16] Coorey R. An evaluation of the pilot scale production and shelf – life of lupin tempe [D]. Perth; Curtin University of Technology, 1996.
- [17] Arnoldi A, Resta D, Brambilla F, et al. Parameters for the evaluation of the thermal damage and nutraceutical potential of lupin – based ingredients and food products [J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2007, 51(4): 431–436.
- [18] Dagnia S G, Petterson D S, Bell R R, et al. Germination alters the chemical composition and protein quality of lupin seeds[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1992, 60(4): 419–423.
- [19] Yu R. Incorporation of lupin into human foods[C]//Proceedings of the Food Conference 1988. Bangkok; Institute of Food Research and Product Development, Kasertart University, 1988: 24–26.
- [20] Tucek M. Use of lupin bran in high – fibre food products; US917403 [P]. 2009–11–19.
- [21] Sipsas S. Lupin products—Concepts and reality [C]//Lupins for Health and Wealth. Proceedings of the 12th international lupin Conference. Fremantle; International Lupin Association, 2008: 506–513.
- [22] Hieta N, Hasan T, Mäkinen – Kiljunen S, et al. Lupin allergy and lupin sensitization among patients with suspected food allergy[J]. Annals of Allergy, Asthma & Immunology, 2009, 103(3): 233–237.
- [23] Msika P, Piccirilli A, Paul F. Peptide extract of lupine and pharmaceutical or cosmetic or nutritional composition comprising the same; US7029713 [P]. 2006–04–18.
- [24] 刘永承, 邹社校. 羽扇豆及其应用价值和栽培[J]. 农业科技通讯, 2009(12): 89–91.
- [25] 楚爱香. 开在中原大地上的异国奇葩——多叶羽扇豆[J]. 西南园艺, 2005, 33(1): 32.
- [26] 吴建华, 王敬华, 沈冰, 等. 澳大利亚牧草引种试验[J]. 山东农业科学, 1996(6): 46–47.
- [27] 羽扇豆研究进展及其在我国发展的技术策略[J]. 江西科学, 2007, 25(4): 442–445.
- [28] 王小玲, 高柱, 余发新, 等. 观赏羽扇豆繁殖技术研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(29): 12653–12655.
- [29] 王小玲, 高柱, 刘腾云, 等. 提高观赏羽扇豆组织培养效果研究[J]. 江西农业大学学报, 2014, 36(5): 1074–1080.
- [30] 唐宏亮, 申建波, 张福锁, 等. 磷和外源生长素对白羽扇豆 (*Lupinus albus* L.) 根形态和生理特性的影响[J]. 中国科学(生命科学), 2013, 43(3): 210–212.