

DOI:10.11937/bfyy.201624051

菜豆的营养价值评价与分析

冯国军, 刘大军

(黑龙江大学 农作物研究院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘要:菜豆是一种世界性蔬菜作物,营养丰富,深受消费者喜爱。近年来,除了对菜豆的营养价值进行研究外,还对菜豆的植物营养功能进行了研究,但尚鲜见对菜豆的营养价值进行全面的分析与评价。该研究综述了菜豆营养的相关研究成果,从菜豆的基本营养、热量、矿物质、维生素、氨基酸、脂类、膳食纤维以及生物活性物质等方面对菜豆的营养价值进行评价与功能分析,同时对如何降低菜豆中的抗营养物质含量,提出了菜豆科学食用的对策。

关键词:菜豆;营养物质;生物活性物质;抗营养物质

中图分类号:S 643.101 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)24-0200-09

消费者对食物营养要求日益提高,食物的营养能提高健康水平、减少疾病和提高人类寿命^[1]。流行病学研究表明,蔬菜消费量增加与慢性疾病(癌症、心脑血管疾

病、与年龄有关功能性下降疾病等)发病风险降低呈正相关^[2-4]。蔬菜有益健康的功效被认为与蔬菜含有的大量营养元素、微量营养元素和有生物活性的化合物有关^[5-6]。菜豆是最有营养价值的蔬菜种类之一,在世界范围大面积种植。菜豆是食用纤维、矿物质营养元素、维生素和植物营养素的重要来源。食荚菜豆味道鲜美,除嫩荚鲜食外还可以速冻和干制加工,可周年供应市场,是主要消费的蔬菜种类之一。目前对菜豆的营养研

第一作者简介:冯国军(1966-),男,黑龙江克山人,博士,研究员,现主要从事蔬菜育种等研究工作。E-mail:feng998@126.com.

基金项目:黑龙江省应用技术与开发计划重大资助项目(GA15B103-6)。

收稿日期:2016-10-08

[40] 鲁晓翔,唐津忠.紫背天葵中总黄酮的提取及其抗氧化性研究[J].食品科学,2007,28(4):145-148.

[41] PUANGPRONPITAG D, CHAICHANADEE S, NAWARATWAT - TANA W, et al. Evaluation of nutritional value and antioxidative properties of the medicinal plant *Gynura procumbens* extract[J]. Asian J Plant Sci, 2010, 9

(3):146-151.

[42] 杨秀娟,赵马,吴马.红凤菜中活性物质的提取及对超氧阴离子自由基的清除作用[J].食品科学,2005,26(11):58-61.

[43] 刘杭,俞坚,童芬美.菊三七不同提取部位体外抗肿瘤实验研究[J].医学研究杂志,2006,35(5):66-67.

Research Progress of Chemical Constituents and Biological Activities of the Genus *Gynura* Plants

YAO Liangliang¹, YANG Li¹, WAN Chunpeng², HE Junwei¹

(1. Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang, Jiangxi 330004; 2. Jiangxi Key Laboratory for Postharvest Technology and Nondestructive Testing of Fruits and Vegetables, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

Abstract: The genus *Gynura* (Compositae) contains about 40 species, which are therophyte or perennial herbs. *Gynura* plants are used for traditional medicine and some as vegetables. The research progress of chemical constituents and biological activities of the *Gynura* plants were reviewed based on documents retrieval in CNKI, Wanfang, Weipu, Web of Science, SciFinder, Pubmed, and etc. The results showed that the flavonoids, alkaloids, phenolic acids, phytosterol, terpenes, cerebrosides, aliphatic compounds, and essential oils were the major chemical constituents presented in *Gynura* plants, which showed a variety of biological activities including anti-inflammatory and analgesic, hyperglycemic, hypotensive, anti-tumor, antioxidant, and hemostasis activities. This research summarized the chemical constituents and biological activities of the *Gynura* plants, which facilitated the further research on medicinal value of the plants.

Keywords: *Gynura*; chemical constituents; biological activities; research progress

究还很少,且仅处在对其基本营养成分认识上。同时由于菜豆有抗营养物质的存在而时有中毒事件发生,使消费者对菜豆的消费产生了片面的认识。现综述了食荚菜豆的有关营养物质和抗营养物质的相关研究,对菜豆的营养价值进行全面综合评价,促进菜豆的科学合理消费。

1 菜豆的营养价值

1.1 菜豆的基本营养成分

张福平等^[7]对菜豆的营养成分进行了分析。结果表明菜豆(鲜)各营养成分的含量为蛋白质 4.27%,总糖 3.12%,含水量 90.24%。

中国疾病预防控制中心和美国农业部的国家标准参考营养数据库测定每 100 g 未加工鲜菜豆中的基本营养成分得到中国疾控中心值^[8]和 USDA 值^[9]。

从表 1 可以看出,菜豆但含水量达 90%以上,主要含有蛋白质、碳水化合物、脂肪等基本营养物质。灰分中含有丰富的利于健康的矿物质元素如铁、钙、镁、锰和钾,这些都是身体代谢的必要元素。可能由于测试的品种、产地、取样方法等因素影响,可能会造成所得的分析结果不尽完全相同。

表 1 每 100 g 菜豆鲜荚基本营养成分

成分	中国疾控中心测定值	USDA 测定值
水	91.3	90.30
蛋白质	2.0	1.83
脂肪	0.4	0.22
灰分	0.6	0.66
碳水化合物	5.7	6.97

1.2 菜豆的营养分析

1.2.1 热量分析 肥胖病在世界范围内逐年增加,美国每 3 个成年人中有 1 人,每 6 个儿童中有 1 人可划入肥胖人群^[10],估计每年将花费 1 470 亿美元的医疗支出^[11]。我国居民超重率为 17.6%,肥胖率为 5.6%,二者之和为 23.2%,已接近总人口的 1/4,成为影响居民健康的重要疾患^[12]。饮食在减轻体重和提高健康方面发挥了关键的作用。中国疾病预防控制中心营养与食品安全所^[7]测定的每 100 g 鲜菜豆的热量为 28 kcal,脂类含量为 0.4 g,美国农业部的国家标准参考营养数据库^[8]中每 100 g 未加工鲜菜豆中的菜豆热量为 31 kcal,脂肪含量为 0.22 g。菜豆的热量 83%来源于碳水化合物,14%来源于蛋白质,仅有 3%来源于脂肪。菜豆热量很低并且不含饱和脂肪酸,菜豆提供的卡路里量少但平均每卡路里包含的必要营养成分多^[13]。由于热量和脂肪含量低有助于减轻体重,同时饱腹感强,因此菜豆是值得推荐的减肥蔬菜。

1.2.2 矿物质营养成分分析 根据美国农业部的国家标准参考营养数据库^[8]中每 100 g 未加工鲜菜豆中的矿

物质营养含量(简称 USDA 值)和美国食品加工数据库(The Food Processor)^[14]的数据,为了便于比较,将一杯(125 g)烹制的菜豆含有的矿物质营养含量转换成 100 g 后得到每 100 g 烹制的菜豆的矿物质营养含量(简称 Processor 值)。尽管菜豆的矿物质营养的数据来源不同且测试样品不同(未加工和烹饪后),但得到的数据总体表现较一致,菜豆的矿物质营养较为丰富。在 USDA 值测出了含有微量的 F(0.019 mg)而在 Processor 值中未有体现;在 Processor 值测出了含有微量的 Cr(0.001 6 mg)而在 USDA 值中未有体现。人体为了健康和生理代谢,需要多种矿物质营养。Na 和 K 在人体的电解质平衡和代谢功能方面起重要作用^[6]。高钠的摄入易引发高血压,普遍推荐减少钠的摄入量^[15]。菜豆是典型的高钾低钠蔬菜,由表 2 可知,USDA 值每 100 g 未加工鲜菜豆中的 K 含量为 211 mg,而 Na 含量仅为 6 mg;Processor 值每 100 g 烹制的菜豆中 K 含量为 146 mg,而 Na 含量仅为 1 mg。其它各种矿物质营养在人体中各自发挥着重要作用。钙能促进骨骼健康、降低骨质疏松风险的作用,磷和镁对骨的健康起重要作用^[6,16],铁在血红蛋白的形成和氧的运输方面起重要作用^[6],世界卫生组织评估约有 20 亿人贫血,其中 50%的人是由于铁缺乏造成的^[17]。锰是抗氧化酶超氧化物歧化酶的辅助因子。锌是实现细胞基本功能所必需的,同时在人体免疫和抗氧化功能方面发挥作用,在人体衰老过程中和患糖尿病与风湿性关节炎时往往发生缺锌^[18]。菜豆中含有钙、磷、镁、铁、锌、硒等各种矿物质营养物质,是矿物质营养比较全面的蔬菜之一。

表 2 每 100 g 菜豆矿物质营养成分含量

矿物质营养	USDA 值	Processor 值
Ca	37	44
Cu	0.069	0.056
Fe	1.03	0.648
Mg	25	18
Mn	0.216	0.228
P	38	29
Na	6	1
K	211	146
Zn	0.24	0.248
Se	0.000 6	0.000 2
Cr		0.001 6
F	0.019	

1.2.3 蛋白质质量的分析 氨基酸是蛋白质的基本组成单位,其种类、含量及组成比例与蛋白质的营养价值密切相关,是评价食物品质的重要指标。1973 年,联合国粮农组织(FAO)和世界卫生组织(FAO/WHO)^[19]提出了评价蛋白质营养价值的氨基酸模型。食物蛋白质中的必需氨基酸含量及比值与人体需要模式越接近,越容易被机体吸收,则该蛋白质营养价值越高。同时,呈

味氨基酸含量也在一定程度上影响着食物的风味品质^[20-22]。王艳等^[23]以吉林省主栽的9个食荚菜豆品种为试材,测定并分析了其果荚氨基酸组成及含量,食荚菜豆含有全部种类的氨基酸,总量为 $5.90\sim 20.99\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,异亮氨酸、甲硫氨酸与半胱氨酸是菜豆的限制性氨基酸,呈味氨基酸中天冬氨酸、谷氨酸等含量较高。氨基酸含量存在品种间差异,为菜豆的品质育种提供了种质

表 3

每 100 g 菜豆氨基酸含量

Table 3

Content of amino acids of per 100 g raw snap bean

g

氨基酸种类	Ala	Arg	Asp	Cys	Glu	Gly	His	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Pro	Ser	Thr	Try	Tyr	Val
USDA 值	0.084	0.073	0.255	0.187	0.065	0.034	0.066	0.113	0.088	0.088	0.022	0.067	0.068	0.099	0.079	0.019	0.042	0.09
Processor 值	0.088	0.08	0.264	0.016	0.192	0.064	0.032	0.072	0.112	0.088	0.024	0.072	0.072	0.104	0.08	0.016	0.04	0.096

1.2.4 维生素营养分析 维生素是维持身体健康所必需的一类有机化合物,是一类调节物质,在物质代谢中有重要作用。这类物质由于体内不能合成或合成量不足,所以虽然需要量很少,但必须经常由食物供给。根据 USDA 值和 Processor 值,得到每 100 g 的菜豆含有的微生素含量。从表 4 可以看出,菜豆含有丰富的维生素种类,维生素营养丰富。菜豆中含有丰富的叶酸的,100 g 鲜荚能提供 $33.00\text{ }\mu\text{g}$ 的叶酸。叶酸同维生素 B_{12} 结合构成 DNA 合成和细胞分化的一个必要组分。孕前期和孕期富含叶酸的饮食将有助于预防后代的神经管缺损疾病。

表 4 每 100 g 菜豆的维生素含量

Table 4 Content of vitamins of per 100 g raw snap bean

维生素种类	名称	USDA 值	Processor 值
水溶性 B 族维生素	维生素 B_1/mg	0.082	0.072
	维生素 B_2/mg	0.104	0.096
	维生素 B_3/mg	0.734	0.616
	维生素 B_6/mg	0.141	0.056
	维生素 H(生物素)/mg	21.13	16.90
	叶酸/ μg	33.00	33.00
	胆碱/mg	15.13	16.90
	维生素 B_9/mg	0.225	0.072
	甜菜碱/mg	0.1	—
	维生素 C	12.200	9.704
脂溶性维生素	维生素 A 国际单位/IU	690.00	700.00
	维生素 A 视黄醇活性当量/ $\mu\text{g}(\text{RAE})$	35.00	35.00
	维生素 A β 胡萝卜素/ μg	379.00	420.00
	α 胡萝卜素/ μg	69.00	—
	叶黄素和玉米黄质/ μg	640.00	709.00
	维生素 E	0.410	0.448
	维生素 K	43	16

1.2.5 脂肪酸的营养分析 根据 USDA 值和 Processor 值,得到每 100 g 的菜豆含有的脂肪酸含量。 Ω -3 脂肪酸和 Ω -6 脂肪酸只能从膳食中摄取,并应保持摄入比例为 $(1:1)\sim(1:5)$ 。总体来说,西方饮食中 Ω -3 脂肪酸不足而 Ω -6 脂肪酸过量,从而易造成心血管疾病、癌症、炎症和自身免疫方面疾病(如哮喘)^[24]。 Ω -3 脂肪酸和 Ω -6 脂肪酸是前列腺素的生成底物,前列腺素在人体中能发挥一系列作用^[25]。菜豆中 Ω -3 脂肪酸的成分对心血

资源基础。总体上看,食荚菜豆氨基酸种类齐全,比例合理,接近 WHO/FAO 推荐模式。根据 USDA 的氨基酸值和 Processor 的氨基酸值(表 3),得出菜豆中含有人体必需的 18 种氨基酸,氨基酸营养比较全面,其中天冬氨酸、谷氨酸的含量较高,甲硫氨酸、半胱氨酸和色氨酸含量较低,这与王艳等^[23]的测试结果基本一致,说明菜豆的蛋白质是不完全蛋白质。

管健康起到了重要的作用,大多数人甚至没有意识到菜豆可作为 Ω -3 脂肪酸的来源之一。在菜豆中含有相对少量的 Ω -3 脂肪酸类的 α -亚麻酸(ALA)是很重要的,与菜豆的卡路里数量相比, α -亚麻酸的含量又是相对较高的。菜豆是 α -亚麻酸这种能保护心脏的营养物质的一个重要来源(表 5)。

表 5 每 100 g 的菜豆的脂肪含量

Table 5 Content of lipid of per 100 g raw snap bean

mg

种类	名称	USDA 值	Processor 值
总脂肪		220	280
总饱和脂肪酸		0.050	0.064
	16:0	0.042	0.056
	18:0	0.008	0.008
单不饱和脂肪酸		0.010	0.008
多不饱和脂肪酸		0.113	0.144
Ω -3 脂肪酸	18:3	0.069	0.088
Ω -6 脂肪酸	18:2	0.044	0.056

1.2.6 菜豆中的膳食纤维营养分析 根据美国谷物化学师协会^[26]的定义,膳食纤维是指不能被人体的小肠消化和吸收,而在大肠能够完全或部分发酵的植物可食用的部分或类似碳水化合物。菜豆富含膳食纤维,中国疾病预防控制中心营养与食品安全所测定的菜豆每 100 g 嫩荚含膳食纤维 1.5 g,根据 USDA 值和 Processor 值,得到每 100 g 的菜豆含有的膳食纤维含量分别为 2.7 g 和 3.2 g。流行病学显示膳食纤维能够改善血脂水平^[27]。膳食纤维可分为可溶性膳食纤维和不可溶性膳食纤维^[28],菜豆中主要是不可溶性膳食纤维,菜豆的加工方法可能会改变二者的数量和比例^[29]。人体消化道不能分泌水解膳食纤维的酶,所以膳食纤维不被人体消化吸收,也不能提供能量,但它们是非常重要的膳食成分。不可溶性膳食纤维能吸附大量水分,增加粪便量,促进肠道蠕动,加快粪便的排泄^[30],从而减少脂类在消化道的吸收。膳食纤维可作为一种通便剂,通过减少肠道中有害物质与肠粘膜的接触时间并同时带走肠道中致癌的化学物质来保护肠粘膜。另一方面,可溶性膳食纤维具有高度粘性并在大肠中可以发酵^[31],研究表明

菜豆可溶性膳食纤维经结肠微生物发酵产生短链脂肪酸如乙酸、丁酸和丙酸^[32-34],短链脂肪酸和胃口和饱腹感调控有关,特别是乙酸和丙酸能改善血脂水平^[35-37],同时可溶性膳食纤维通过降低在肠道中与胆固醇结合的胆汁酸的再吸收来降低血液中的胆固醇的含量^[38-39]。

1.2.7 淀粉的营养分析 美国农业部的国家标准参考营养数据库中每 100 g 未加工鲜菜豆中含淀粉 0.88 g。菜豆的种子含有丰富的抗性淀粉^[40],抗性淀粉含量由于菜豆品种和采用加工方法不同而有很大变化。抗性淀粉可在近侧结肠发酵产生短链脂肪酸,通过粪流被运送到远侧区^[41]。这些短链脂肪酸如果没被结肠代谢,则会被吸收进入门静脉系统,到达肝脏,在那里它们会参与改变一些脂类代谢的路径^[42]。抗性淀粉有助于降血脂是通过延缓脂肪酸吸及利用、增加饱腹感^[43-44]和结合胆汁酸、增加中性类固醇的排出等实现。

1.2.8 基于营养平衡方面的评价 蔬菜营养价值的高低取决于蔬菜中所含营养成分的种类是否齐全、数量多少及其相互比例是否适宜等多方面因素。营养平衡指示图能直观地展现食物营养的优势和劣势,它表示了这种食物的营养完整性。尽管没有一种食物能提供所有必需的营养,但营养指示图和综合得分帮助人们合理搭配食物实现营养平衡与全面。菜豆低钠且饱和脂肪酸、胆固醇含量极低,它是蛋白质、维生素 B₁、维生素 B₂、烟酸、维生素 B₆、钙、铁、镁、磷、钾和铜的非常好的来源,同时又是膳食纤维、维生素 A、维生素 C、维生素 K、叶酸和锰极好来源,菜豆的营养全面性得分为 87 分,菜豆是一种营养全面的一种蔬菜^[13]。膳食营养素参考摄入量(DRI)占日需量(DV)的比例是反映食物的营养品质的指标之一,根据菜豆的各种营养成分的 DRI/DV 值,可以看出菜豆是营养价值比较高的蔬菜之一。根据世界健康食物营养评级标准,菜豆是维生素 K(DRI/DV 值 22%,营养密度 9.1)优良来源之一,是 Mn(DRI/DV 值 18%,营养密度 7.4)、维生素 C(DRI/DV 值 16%,营养密度 6.7)、膳食纤维(DRI/DV 值 16%,营养密度 6.6)、叶酸(DRI/DV 值 10%,营养密度 4.2)、维生素 B₂(DRI/DV 值 9%,营养密度 3.8)的较好来源之一(图 1)^[45]。升糖指数(GI)是基于食物中的碳水化合物含量及其对血糖影响的一个指标。GI 是分析食物的一种相对较新的一种方法,通过分析食物中的碳水化合物的总含量(包括糖和淀粉)来设计饮食计划以改善血糖。GI 是通过研究食物对血糖的实际影响而远超出这一传统的方法,换言之,就是代替过去的通过计算尚未消费的食物中的碳水化合物总量的计量方式,GI 是测定这些食物对血糖的实际影响。根据食物的 GI 值将食物分为 GI 值极低、低、中、高四类食物,菜豆是属于 GI 值极低的蔬菜种类之一^[45],可改善人体的血糖水平,适于糖尿病人食用。

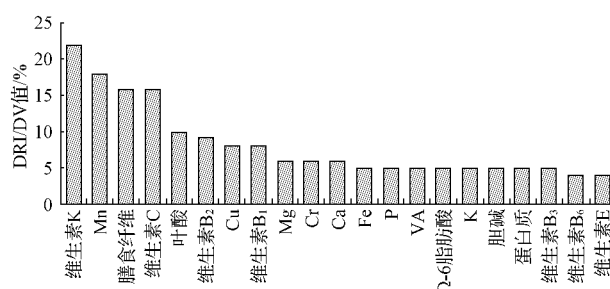


图1 每杯菜豆(125 g)的营养成分 DRI/DV 值

Fig. 1 DRI/DV values of per 125 g cooked snap bean

2 菜豆的植物化学物质的有益健康的作用

植物化学物质是植物中含有的活跃且具有保健作用的物质,其重要意义可与抗生素、维生素的发现相媲美,植物化学物又被称为生物活性物质。

2.1 具有生物活性的蛋白质

菜豆含有 2 种重要的蛋白质即菜豆 α-淀粉酶抑制剂和菜豆凝集素,α-淀粉酶抑制剂阻止淀粉消化、减少糖的吸收,因此降低了脂肪的合成和贮藏。菜豆凝集素通过调节产生厌食激素作用降低食欲,这样也降低了脂肪的吸收^[46]。

α-淀粉酶抑制剂又可称作淀粉阻断剂,已经从白色菜豆中提取并纯化^[47-50]。Phase 2 是商业淀粉阻断剂,最初商品名叫 Phaseolamin 2250^[51]。在降低高血糖和体重方面,α-淀粉酶抑制剂发挥很好的效果^[52-54]。

提纯的菜豆凝集素(PHA)或含有高浓度菜豆凝集素的菜豆提取物有减少体内脂肪含量^[55]和食物摄入量^[56]的作用,然而摄入高浓度的菜豆凝集素可能会在动物体内产生中毒反应和在人体内产生严重的胃肠不适^[57]。PHA 是一种糖蛋白,有凝集人体细胞,刺激淋巴细胞胚形转化,促进有丝分裂,促进核糖核酸和脱氧核糖核酸的合成,抑制白细胞、淋巴细胞的转移等作用。据有关报道,PHA 在配合肿瘤治疗中,可以提高化学疗法和放射疗法的疗效,也可用于医学诊断。

2.2 植物固醇

植物固醇类物质具有和胆固醇相似的结构,使它们能在肠腔内发挥作用,由于有更高的粪便胆固醇的排出率,因此能降低胆固醇的水平^[58]。根据全美胆固醇教育计划,当每天摄入植物固醇达到推荐量 2 g 时,就能减少血浆低密度脂类蛋白质(ldl-c),降低心血管疾病发生的风险。

在菜豆中最常见含量最多的植醇是 β-谷甾醇,其样本含量为 27.2~86.5 mg · (100g)⁻¹^[59-62],其它植物固醇是在菜豆种子以自由态存在的豆甾醇、菜油甾醇和酰基化甾醇糖苷、甾醇糖苷以及 Δ⁵ 燕麦甾醇^[59-60]。除了具有降脂功效外,植物固醇还表现出减缓脂肪生成和促进

甘油三酯的代谢功能^[59]。

2.3 皂苷

由于皂苷能与细胞膜胆固醇形成复合物而使皂苷具有溶解红细胞作用,因而皂苷被认为是一种细胞毒素^[63-64],然而在动物模型和离体试验中,越来越多的证据表明,皂苷在降低胆固醇方面发挥了作用^[59,65]。皂苷由于具有抗真菌和抗细菌作用而对人体具有保护作用,它能够抑制癌细胞生长^[66-67]。

大豆皂苷 A、大豆皂苷 B 和 Phaseoside I 是在菜豆子叶和种皮中的主要皂苷种类,大豆皂苷 A、大豆皂苷 B 在子叶中的含量为 $6.79 \sim 20.83 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,在种皮中为 $18.8 \sim 23.48 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[68],然而 LEE 等^[69]发现大豆皂苷 I 是主要种类。

皂苷在小肠内通过阻止胆固醇微团形成方式来减少胆固醇的吸收,其发挥作用的效果与皂苷的结构有关,B类皂苷效果更好^[59]。

2.4 植酸

菜豆中含有植酸^[70],植酸本身就是对人体有益的营养品,植酸在人体内水解产物为肌醇和磷脂,前者具有抗衰老作用,后者是人体细胞重要组成部分。具有抗癌作用、抗氧化作用和抗钙化作用(预防形成肾结石)^[71-73]。

2.5 抗氧化作用的生物活性物质

菜豆富含黄酮类物质。涂建飞^[74]利用紫外-可见分光光度法测定了 10 种不同品种菜豆荚中的多糖、总黄酮和总皂苷,优化菜豆的黄酮提取工艺后提取菜豆中总黄酮含量为 $158.86 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。富含黄酮的食物具有的抗氧化效果似乎应归功于食物中的果糖而非食物本身所含的抗氧化剂,果糖起了诱导体内增加合成抗氧化剂尿酸的作用。

BRADLEY 等^[75]通过测定小鼠肝癌细胞中总还原能力(TRP)、过氧自由基猝灭(PRAC)、总的抗氧化能力(TAA)和诱导产生苯醌还原酶(QR)等指标来研究菜豆水溶液提取物诱导产生苯醌还原酶和抗氧化能力,以水溶性维生素 E 等价物(TE)来计量,菜豆粗提水溶液 1 g 干质量 TRP 为 $71 \text{ TE} \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{ DW}$,PRAC 为 $29 \text{ TE} \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{ DW}$,TAA 为 $8.5 \text{ TE} \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1} \text{ DW}$ 。

菜豆中含有类黄酮类多酚抗氧化剂种类丰富,含有槲皮素、山茶酚、儿茶酚、表儿茶酚、原花色素等类黄酮类物质,具有很强的抗氧化作用^[76-77]、抗癌^[78]和抗突变作用^[79]。研究比较了菜豆与豌豆、其它食用豆类如雪豆、四棱豆的总体抗氧化能力,菜豆排名第一。这些抗氧化剂是阻止氧气不良影响的物质,它是一类能帮助捕获并中和自由基,从而祛除自由基对人体损害的一类物质。

由于菜豆含有丰富的类胡萝卜素和类黄酮类物质,使这种蔬菜具有一些潜在的独特的抗炎作用。例如对

实验室动物的初步研究表明,经喂食菜豆提取物后能降低某些与炎症有关的脂氧合酶、环氧合酶的活性,由于 2 型糖尿病是与慢性炎症有关的一种疾病,现在已有一些在菜豆抗炎作用和预防 2 型糖尿病方面的初步报道。

3 菜豆的植物化学物质的抗营养作用

尽管菜豆营养丰富,对增进人体健康起重要作用,但由于菜豆含有一些抗营养物质,应引起足够重视。食用菜豆中毒尤其是食用未煮熟的菜豆中毒是常见的食物中毒,一年四季都会发生,一般多发生在秋季。因摄食生的或烹调、加工不充分的菜豆而引起中毒的事件时有发生^[80-82]。

3.1 菜豆抗营养物质的种类及作用机理

SANDEEP 等^[83]详细综述了菜豆的抗营养物质,将引发菜豆中毒的物质分为两大类:一是由凝集素、皂苷、植酸和蛋白酶抑制剂等引起的毒性;一是由于过敏蛋白质引起的过敏反应。

菜豆中植物凝集素^[84-85]、皂苷^[86]、胰蛋白酶抑制剂^[87]等抗营养因子是引起菜豆食物中毒的内源物。

3.1.1 凝集素 凝集素是一类多价、非免疫来源、对糖及其缀合物高度专一识别的蛋白质^[88],植物凝集素(PHA)是与碳水化合物结合并与细胞膜受体发生反应的一种植物凝集素^[89],在很多菜豆品种中都有植物凝集素存在,娄在祥等^[90]介绍了豆类植物凝集素,并阐述其抗营养机理,植物凝集素抗营养作用关键在于它能与动物小肠特异性结合,小肠正常结构被破坏,营养物质吸收利用率下降,并出现病理性腹泻,同时导致肠细胞生长和分化受到抑制;破坏消化器官(胰腺)正常结构,引发全身性反应。

3.1.2 皂苷 皂苷是一种属于次生代谢产物的生物碱,略带苦味,在水溶液中形成泡沫。菜豆中含有皂素,它对消化道粘膜有强烈刺激性,会引起消化道粘膜肿胀以及出血性炎症,并对红细胞有溶解作用。

3.1.3 蛋白酶抑制剂 蛋白酶抑制剂是一些能抑制某些蛋白质水解酶活性的物质,菜豆的贮藏器官特别是种子中含有胰蛋白酶、胰凝乳蛋白酶、胰肽酶 E、枯草杆菌蛋白酶的抑制剂。胰蛋白酶抑制剂能够抑制动物机体对蛋白质的消化吸收,引起动物的生长停滞,并能引起胰腺肥大。

3.1.4 植酸 植酸在肠道中与微量元素和大量元素如锌、钙、镁、铁结合,从而使膳食中的矿物质营养不能被人体吸收和利用^[91]。植酸也能与蛋白质、蛋白酶、淀粉酶在肠道内形成复合物从而阻止了蛋白质的水解。由于花生、菜豆、小扁豆、绿豆、红小豆、鹰嘴豆等豆类引起的过敏在许多国家时有发生^[92],在菜豆中发现了 5 种抗胃蛋白酶蛋白质分子量分别为 45、29、24、20、6.5 kDa^[93],

SHARMA 等^[94]和 WONG 等^[95]研究表明,菜豆中 4 种过敏物质分别是菜豆凝集素、菜豆蛋白、 α -淀粉酶抑制剂前体和胚发育后期的蛋白质。

3.2 菜豆抗营养物质引起的临床症状

SANDEEP 等^[83]将菜豆抗营养物质引起的临床症状进行了分类归纳,指出了凝集素、植物凝集素、 α -淀粉酶抑制剂、胰蛋白酶抑制剂、胰凝乳蛋白酶抑制剂、植酸、皂苷和过敏性物质引起的临床症状。

表 6 菜豆抗营养物质的临床症状

Table 6 Clinical symptom aroused by snap bean

菜豆抗营养物质	临床症状
凝集素	急性胃肠炎、肠道细菌增加、小肠通透性加大、腹部不适、发热、mucottractive 效应、肾失水
植物凝集素	极度恶心、呕吐、痢疾、偶发性腹痛、严重的急性胃肠炎、生长障碍、肠吸收障碍、肝功能缺陷
α -淀粉酶抑制剂	碳水化合物消化障碍、减少体重
胰蛋白酶抑制剂	不消化和腹部疼痛
植酸	矿物质营养缺失
皂苷	低胆固醇血症、红细胞溶血、减少精子
过敏性物质	过敏性鼻炎、支气管哮喘、特应性皮炎、胃肠不适

李佳楠等^[96]选取已测定抗营养因子含量的 27 个品种的菜豆,通过匀浆、离心、超滤浓缩制备菜豆浸提液。27 个菜豆品种的浸提液对小鼠淋巴细胞生长均有不同程度影响,影响率最低为 13.77%,最高为 85.23%,且不同菜豆品种浸提液对小鼠淋巴细胞影响率差异显著;分离小鼠脾脏淋巴细胞,利用 MTS 法分析建立菜豆毒性预测模型,可用于菜豆毒性水平预测,为菜豆的科学食用、预防菜豆食物中毒提供科学依据。

3.3 菜豆的科学利用

菜豆的抗营养物质中的蛋白酶抑制剂、菜豆凝集素、皂素等具有双重效果,一方面它们有益于健康,另一方面如果摄入这些抗营养物质过量,又会引起临床上一些中毒反应。因此通过育种方法选育出低抗营养物质含量的菜豆新品种和科学烹饪来控制菜豆抗营养物质的合理摄入量,是促进菜豆科学食用的前提。

食粒菜豆在非洲等一些国家是大宗食物,是当地居民的蛋白质等营养物质的主要来源,长时间大量食用,其抗营养作用表现较为突出^[97-99]。食荚菜豆是在嫩荚期采摘,这时种子尚未完全成熟,课题组调查了生产上主栽的一些食荚菜豆品种在商品荚采收期时种子占总荚重的百分比,结果表明以食豆为主的品种“黄金钩”和“几豆”的比例最高分别为 32.5%、46.3%;以食荚肉为主的品种“泰国豆”和“923 架豆”的比例最低分别为 5.6%和 8.7%;其余的荚豆兼食型品种“白丰”“特嫩五号”“哈菜豆十号”“哈菜豆十七号”“九粒白”“极早生”“供给者”等比例在 12%~16%。可见食荚菜豆的种子占总荚比例并不高。菜豆的一些抗营养物质主要存在于种皮和子叶部位,因此食荚菜豆的抗营养物质含量相对于食

粒菜豆较低。食荚菜豆作为蔬菜消费不同食粒菜豆在一些国家作为大宗食物的消费,人们摄入食荚菜豆中的抗营养物质对人体产生的影响也相对较小。食荚菜豆发生中毒事件主要发生集体就餐场所,主要是因为菜豆没有充分均匀加热有关。

3.3.1 通过育种手段选育出低抗营养物质含量的菜豆新品种 尚蕊等^[100]以 56 份食荚菜豆品种为材料,测定了鲜荚中 4 种抗营养因子含量或活性。结果表明供试菜豆品种群体 4 种抗营养因子水平均存在极显著差异。植物凝集素含量(均值为 $1.743 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)和胰蛋白酶抑制剂活性(均值为 $1.680 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)变异系数均在 100%以上,品种频率分布曲线主峰明显,但在极高和极低区域均有品种间断分布,出现了品种水平的数量等级差异;皂苷含量(均值为 $3.730 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)和植酸含量(均值为 $3.102 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$)变异系数均低于 41%,品种频率分布曲线呈近正态分布,主峰明显,双尾有低频率连续分布。相关分析表明,植物凝集素含量与胰蛋白酶抑制剂活性呈极显著正相关。聚类分析将供试 56 份菜豆品种划分为 3 个品种群,近 80%品种聚于抗营养因子中等水平品种群,近 12%品种居于较低水平。由于菜豆植物凝集素是食用致毒性的主要内源物,同时其和胰蛋白酶抑制剂等均与菜豆田间抗病虫性密切相关,预示着筛选出极低水平植物凝集素的菜豆品种是可行的。BRUNO 等^[101]研究指出白色种皮(wsc)性状与降低丹宁和多酚类含量有关,从而提高了 Fe 的生物活性,以低植酸含量(lpa)的菜豆品种与不含凝集素(lf)进行杂交,在杂交后代中选择同时具有 lpa、lf、wsc 性状的新品系,这些新品系表现出菜豆营养成分如粗蛋白、总锌、自由磷、总铁和活性铁的显著提高。

3.3.2 菜豆的科学烹饪 菜豆的抗营养物质中的蛋白酶抑制剂、菜豆凝集素、皂素等都具热不稳定性,菜豆烹饪时只要充分加热,这些有毒因子就会分解释放,从而不会对人体造成伤害。通常加热 $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、10 min 可将其 80%的活性钝化。凉拌时先要焯熟,不要贪图其鲜艳的绿色;炒食、炖食时要充分加热并翻拌均匀,不要贪图其脆嫩。为了最大程度地保持菜豆的风味和营养,建议菜豆采用蒸煮方式,在蒸锅底部加入 5 cm 左右的水,当水沸腾时将菜豆蒸煮 5 min,然后根据个人口味加入其它辅助食材和调料。

4 结论

通过对菜豆的营养物质综合分析,菜豆是具有低脂、低热量特点,是一种理想的适于减肥瘦身的蔬菜;含有人体必需的 18 种氨基酸,且氨基酸营养比较全面;矿物质营养丰富,是典型的高钾低钠蔬菜;含有多维生素营养和丰富的膳食纤维和抗性淀粉,具有降血脂的作用,是升糖指数极低的蔬菜之一,可改善人体血糖水平。

菜豆是一种营养比较全面的蔬菜。

菜豆含有很多具有生物活性的物质,具有降脂、降糖、抗氧化等作用。但如果烹饪不当,菜豆中含有的抗营养物质也会引发一些问题如急性胃肠炎、腹部不适、呕吐、过敏等一些食物中毒现象,因此,可通过选育低含量的抗营养物质的菜豆新品种和科学合理烹饪来解决这一问题。

参考文献

- [1] BASLAM M, GARMENDIA I, GOICOECHEA N. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) improved growth and nutritional quality of greenhouse-grown lettuce[J]. *Agric Food Chem*, 2011, 59(10): 5504-5515.
- [2] HUNG H C, JOSHUPURA K J, JIANG R, et al. Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease[J]. *J Natl Cancer Inst*, 2004, 96(21): 1577-1584.
- [3] MORRIS M C, EVANS D A, TANGNEY C C, et al. Associations of vegetable and fruit consumption with age-related cognitive change[J]. *Neurology*, 2006, 67(8): 1370-1376.
- [4] PAVIA M, PILEGGI C, NOBILE C G A, et al. Association between fruit and vegetable consumption and oral cancer: A meta-analysis of observational studies[J]. *Am J Clin Nutr*, 2006, 83(5): 1126-1134.
- [5] KRIS-ETHERTON P M, HECKER K D, BONANOME A, et al. Bioactive compounds in foods; their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer[J]. *Am J Med*, 2002, 113(Suppl. 9B): 71-88.
- [6] SOETAN K O, OLAIYA C O, OYEWOLE O E. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review[J]. *Afr J Food Sci*, 2010, 45(5): 200-222.
- [7] 张福平, 陈蔚辉, 许秀彦, 等. 菜豆的营养成分分析[J]. *中国食物与营养*, 2006(2): 55.
- [8] 王光亚. 食物成分表(全国代表值)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1991.
- [9] A week of healthy meal plans[EB/OL]. <https://ndb.nal.usda.gov>.
- [10] OGDEN C L, CARROLL M D, KIT B K, et al. Prevalence of obesity in the United States 2009-2010[M]. *Obesity Reviews An Official Journal of the Int.*, 2005; 5-7.
- [11] FINKELSTEIN E A, TROGDON J G, COHEN J W, et al. Annual medical spending attributable to obesity: Payer- and service-specific estimates [M]. *Health Affairs*, 2009; 822-831.
- [12] 武阳丰, 马冠生, 胡永华, 等. 中国居民的超重和肥胖流行现状[J]. *中华预防医学杂志*, 2005(5): 311-315.
- [13] Beans, Snap, Green, Raw Nutrition Facts & Calories[EB/OL]. <http://nutritiondata.self.com>.
- [14] Green beans, the world's healthiest foods[EB/OL]. <http://www.whfoods.com>.
- [15] LOPEZ-JARAMILLO P, LOPEZ-LOPEZ J, LOPEZ-LOPEZ C. Sodium intake recommendations: A subject that needs to be reconsidered[J]. *Curr Hypertens Rev*, 2015, 11(1): 8-13.
- [16] GUPTA U C, GUPTA S C. Sources and deficiency diseases of mineral nutrients in human health and nutrition: A review[J]. *Pedosphere*, 2014, 24(1): 13-38.
- [17] ABBASPOUR N, HURRELL R, KELISHADI R. Review on iron and its importance for human health[J]. *Res Med Sci*, 2014, 19(2): 164-174.
- [18] KLOUBERTA V, RINK L. Zinc as a micronutrient and its preventive role of oxidative damage in cells[J]. *Food Funct*, 2015, 6(10): 3195-3204.
- [19] FAO/WHO. Energy and protein requirements[M]. Geneva, WHO, 1973: 63-64.
- [20] ARD Y F. Flavour formation by amino acid catabolism[J]. *Biotechnology Advances*, 2006(24): 238-242.
- [21] 王齐, 朱伟伟, 苏丹, 等. 蒲桃中氨基酸组成与含量对其营养与风味的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(16): 204-207.
- [22] GEORGE P, RIZZL. Formation of flavour compounds in reactions of quinones and amino acids[J]. *Development in Food Science*, 2006, 43: 343-346.
- [23] 王艳, 张越, 陈姗姗, 等. 食荚菜豆氨基酸组成与含量及其品质评价[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2014(8): 155-161.
- [24] SIMOPOULOS A P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids[J]. *Biomed Pharmacother*, 2002, 56(8): 365-379.
- [25] 孙翔宇, 高贵田, 段爱莉, 等. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2012(7): 418-423.
- [26] 扈晓杰, 韩冬, 李铎. 膳食纤维的定义、分析方法和摄入现状[J]. *中国食品学报*, 2011, 11(3): 133-137.
- [27] ANDERSON J W, BAIRD P, DAVIS R H, et al. Health benefits of dietary fiber[J]. *Nutrition Reviews*, 2009, 67(4): 188-205.
- [28] TUNGLAND B, MEYER D. Non-digestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): Their physiology and role in human health and food[J]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2002, 1(3): 90-109.
- [29] MARTÍN CABREJAS M A, SANFIZ B, VIDAL, et al. Effect of fermentation and autoclaving on dietary fiber fractions and antinutritional factors of beans (*Phaseolus vulgaris* L.)[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(2): 261-266.
- [30] 王岸娜, 朱海兰, 吴立根, 等. 膳食纤维的功能、改性及应用[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2009, 30(2): 89-94.
- [31] COHN J S, KAMILI A, WAT E, et al. Reduction in intestinal cholesterol absorption by various food components: Mechanisms and implications [J]. *Atherosclerosis Supplements*, 2010(11): 45-48.
- [32] CAMPOS-VEGA R, REYNOSO-CAMACHO R, PEDRAZA-ABOYTES G, et al. Chemical composition and *in vitro* polysaccharide fermentation of different beans (*Phaseolus vulgaris* L.)[J]. *Journal of Food Science*, 2009, 74: 59-65.
- [33] CRUZ-BRAVO R K, GUEVARA-GONZÁLEZ R, RAMOS-GÓMEZ M, et al. Fermented nondigestible fraction from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Negro 8025 modulates HT-29 cell behavior[J]. *Journal of Food Science*, 2011, 76: 41-47.
- [34] HERNÁNDEZ-SALAZAR M, OSORIO-DÍAZ P, LOARCA-PIÑA G, et al. *In vitro* fermentability and antioxidant capacity of the indigestible fraction of cooked black beans (*Phaseolus vulgaris* L.), lentils (*Lens culinaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.)[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 90: 1417-1422.
- [35] HAN K, FUKUSHIMA M, SHIMIZU K, et al. Resistant starches of beans reduce the serum cholesterol concentration in rats[J]. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 2003, 49: 281-286.
- [36] HAN K, IJUKA M, SHIMADA K, et al. Adzuki resistant starch lowered serum cholesterol and hepatic 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA mRNA levels and increased hepatic LDL-receptor and cholesterol 7- α -hydroxylase mRNA levels in rats fed a cholesterol diet[J]. *British Journal of Nutrition*, 2005, 94: 902-908.
- [37] WOLEVER T M, BRIGHENTI F, ROYALL D, et al. Effect of rectal infusion of short chain fatty acids in human subjects[J]. *The American Journal of Gastroenterology*, 1989, 84: 1027-1033.

- [38] KAHN T S, SMITH G E, SHAO Q. *In vitro* binding of bile acids by kidney bean (*Phaseolus vulgaris*), black gram (*Vigna mungo*), bengal gram (*Cicer arietinum*) and moth bean (*Phaseolus aconitifolius*) [J]. Food Chemistry, 2005, 90: 241-246.
- [39] RIGOTTI A, MARZOLO M P, ULLOA N, et al. Effect of bean intake on biliary lipid secretion and on hepatic cholesterol metabolism in the rat [J]. The Journal of Lipid Research, 1989, 30: 1041-1048.
- [40] KUTOS T, GOLOB T, KAC M, et al. Dietary fiber content of dry and processed beans [J]. Food Chemistry, 2003, 80: 231-235.
- [41] TOPPING D L, CLIFTON P M. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides [J]. Physiological Reviews, 2001, 81(3): 1032-1054.
- [42] BLOEMEN J G, VENEMA K, van de POLL M C, et al. Short chain fatty acids exchange across the gut and liver in humans measured at surgery [J]. Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland), 2009, 28: 657-661.
- [43] DARZI J, FROST G S, ROBERTSON M D. Do SCFA have a role in appetite regulation [J]. Proceedings of the Nutrition Society, 2011, 70: 119-128.
- [44] TAPSELL L C. Diet and metabolic syndrome: Where does resistant starch fit in [J]. Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 2004, 87: 756-760.
- [45] The world's healthiest foods [EB/OL]. <http://www.whfoods.com>.
- [46] CARAI M A, FANTINI N, LOI B, et al. Potential efficacy of preparations deriving from *Phaseolus vulgaris* in the control of appetite, energy intake, and carbohydrate metabolism [J]. Diabetes and Metabolism, 2009(2): 145-153.
- [47] BARRETT M L, UDANI J K. A proprietary alpha-amylase inhibitor from white bean (*Phaseolus vulgaris*): A review of clinical studies on weight loss and glycemic control [J]. Nutrition Journal, 2011(1): 10-24.
- [48] CELLENO L, TOLAINI M V, DAMORE A, et al. A dietary supplement containing standardized *Phaseolus vulgaris* extract influences body composition of overweight men and women [J]. International Journal of Medical Sciences, 2007(4): 45-52.
- [49] PEREIRA L L, PEREIRA C A, SOUSA R V, et al. White bean flour (*Phaseolus vulgaris*): Therapeutic and toxicological research in Wistar rats [J]. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 2012, 2(3): 1-7.
- [50] VINSON J A, AL KHARRAT H, SHUTA D. Investigation of an amylase inhibitor on human glucose absorption after starch consumption [J]. The Open Nutraceuticals Journal, 2009(2): 88-91.
- [51] PREUSS H G. Bean amylase inhibitor and other carbohydrate absorption blockers: Effect on diabetes and general health [J]. Journal of the American College of Nutrition, 2009(3): 266-276.
- [52] FANTINI N, CABRAS C, LOBINA C, et al. Reducing effect of a *Phaseolus vulgaris* dry extract on food intake, body weight, and glycemia in rats [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(19): 9316-9323.
- [53] KOIKE T, KOIZUMI Y, TANG L, et al. The antiobesity effect and the safety of taking 'Phaseolamin(TM) 1600 diet' [J]. Journal of New Remedies and Clinics (Japanese), 2005, 54: 1-16.
- [54] TORMO M A, GIL-EXOJO I, ROMERO DE TEJADA A, et al. White bean amylase inhibitor administered orally reduces glycaemia in type 2 diabetic rats [J]. British Journal of Nutrition, 2006, 96: 539-544.
- [55] PUSZTAI A, GRANT G, BUCHAN W C, et al. Lipid accumulation in obese Zucker rats is reduced by inclusion of raw kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) in the diet [J]. British Journal of Nutrition, 1998, 79: 213-221.
- [56] BAINTEKNER K, KISS P, PFULLER U, et al. Effect of orally and intraperitoneally administered plant lectins on food consumption of rats [J]. Acta Physiologica Hungarica, 2003, 90: 97-107.
- [57] OBIRO W C, ZHANG T, JIANG B. The nutraceutical role of the *Phaseolus vulgaris* alpha-amylase inhibitor [J]. British Journal of Nutrition, 2008, 100: 1-12.
- [58] OSTLUND R E. Phytosterols and cholesterol metabolism [J]. Current Opinion in Lipidology, 2004(15): 37-41.
- [59] CHVEZ-SANTOSCOY R A, GUITÉRREZ-URIBE J A, SERNA-SALDÍVAR S O. Effect of flavonoids and saponins extracted from black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coats as cholesterol micelle disruptors [J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2013, 68: 416-423.
- [60] IRITI M, DI M A, BERNASCONI S, et al. Nutritional traits of bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds from plants chronically exposed to ozone pollution [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57: 201-208.
- [61] NYSTRÖM L, SCHÄR A, LAMPI A M. Steryl glycosides and acylated steryl glycosides in plant foods reflect unique sterol patterns [J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2012, 114: 656-669.
- [62] RYAN E, GALVIN K, O'CONNOR T P, et al. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains and legumes [J]. Plant Foods for Human Nutrition, 2007, 62: 85-91.
- [63] FRANCIS G, KEREM Z, MAKAR H P, et al. The biological action of saponins in animal systems: A review [J]. British Journal of Nutrition, 2002, 88: 587-605.
- [64] GAUTHIER C, LEGAULT J, PICHETTE A. Haemolytic activity, cytotoxicity and membrane cell permeabilization of semi-synthetic and natural lupane- and oleanane-type saponins [J]. Bioorganic and Medicinal Chemistry, 2009(6): 2002-2008.
- [65] OBOH H A, OMORFA C O. The effects of heat treated lima beans (*Phaseolus lunatus*) on plasma lipids in hypercholesterolemic rats [J]. Journal of Nutrition, 2008, 7(5): 636-639.
- [66] JEON H S, SUNG M K. Soybean saponins inhibit the formation of DNA adducts in colon and liver cells [J]. Journal of Nutrition, 2000, 130: 687-690.
- [67] BERHOW M A, WAGNER E D, VAUGHN S F, et al. Characterization and antimutagenic activity of soybean saponins [J]. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 2000, 448: 11-22.
- [68] GUAJARDO F D, GARCÍA P M, SERNA G D, et al. Characterization and quantification of saponins and flavonoids in sprouts, seed coats and cotyledons of germinated black beans [J]. Food Chemistry, 2012, 134: 1312-1319.
- [69] LEE M R, CHEN C M, HWANG B H, et al. Analysis of saponins from black bean by electrospray ionization and fast atom bombardment tandem mass spectrometry [J]. Journal of Mass Spectrometry, 1999, 34(8): 804-812.
- [70] BANWELL J G, BOLDT D H, MEYERS J, et al. Phytohemagglutinin derived from red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*): a cause for intestinal malabsorption associated with bacterial overgrowth in the rat [J]. Gastroenterology, 1983, 84: 506-515.
- [71] VUCENIK I, SHAMSUDDIN A M. Protection against cancer by dietary IP6 and inositol [J]. Nutrition and Cancer, 2006, 55: 109-125.
- [72] SINGH R P, AGARWAL R. Prostate cancer and inositol hexaphosphate: efficacy and mechanisms [J]. Anticancer Research, 2005(25): 2891-2904.
- [73] GRASES F, ISERN B, SANCHIS P, et al. Phytate acts as an inhibitor in formation of renal calculi [J]. Frontiers Bioscience, 2007(12): 2580-2587.
- [74] 涂建飞. 菜豆荚中化学成分研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2013.
- [75] BRADLEY W, BOLLING, CHEN E, et al. Quinone reductase inducing

and antioxidant activities of aqueous isolates of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.)[J]. Food Research International, 2007, 40(1):182-190.

[76] FROSSARD E, BUCHERM M, MACHERM F, et al. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn, and Ca in plants for human nutrition[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80: 861-879.

[77] PARK J S, HO S R, DUCK H K, et al. Enzymatic preparation of kaempferol from green tea seed and its antioxidant activity[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54: 2951-2956.

[78] CHUNG K T, WONG T Y, WEI C I, et al. Tannins and human health: a review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1998, 38: 421-464.

[79] CARDADOR-MARTINEZ A, CASTANO-TOSTADO E, LOARCA-PINA G. Antimutagenic activity of natural phenolic compounds present in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) against aflatoxin B1[J]. Food Additives and Contaminants, 2002, 19: 62-69.

[80] 魏伟立. 一起集体性食物中毒的调查分析[J]. 河北医学, 2005, 11(11): 1017-1018.

[81] 汪东风. 食品中有害成分化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 28-30.

[82] 张昕, 王子军, 冉陆. 2008 年全国突发公共卫生事件网络报告食物中毒事件分析[J]. 疾病监测, 2010, 25(5): 406-409.

[83] SANDEEP K, ALOK K V, MUKUL D, et al. Clinical complications of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) consumption[J]. Nutrition, 2013, 29(6): 821-827.

[84] WEDER J K P, TELEK L, VOZARI-HAMPE M, et al. Antinutritional factors in anasazi and other pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.)[J]. Plant Foods for Human Nutrition, 1997, 51(2): 85-98.

[85] VASCONCELOS I M, OLIVEIRA J T A. Anti-nutritional properties of plant lectins[J]. Toxicon, 2004, 44(4): 385-403.

[86] 姚云艳, 王静, 曹维强. 豆角中毒素中毒机理的研[J]. 食品科技, 2006(8): 280-283.

[87] ANGELA R PIERGIOVANNI, DOMENICO P. Effect of year-to-year variation and genotype on trypsin inhibitor level in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003, 83(5): 473-476.

[88] LISH, SHAORN N. Lectins: carbohydrate-specific protein that mediate cellular recognition[J]. Chem Rev, 1998, 98: 637-674.

[89] BANWELL J G, BOLDT D H, MEYERS J, et al. Phytohemagglutinin derived from red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*): A cause for intestinal malabsorption associated with bacterial overgrowth in the rat[J]. Gastroenterology, 1983, 84: 506-515.

[90] 姜在祥, 王洪新. 豆类植物凝集素抗营养机理研究[J]. 粮食与油脂, 2008(1): 16-18.

[91] GLAHN R P, WORTLEY G M, SOUTH P R, et al. Inhibition of iron uptake by phytic acid, tannic acid and ZnCl₂: studies using an in vitro digestion/Caco-2 cell model[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50: 390-395.

[92] VERMA A K, KUMAR S, DAS M, et al. A Comprehensive review on legume allergy[J]. Clin Rev Allergy Immunol, 2013, 45(1): 30-46.

[93] MISRA A, PRASAD R, DAS M, et al. Probing novel allergenic proteins of commonly consumed legumes[J]. Immunopharmacol Immunotoxicol, 2009, 31: 186-194.

[94] SHARMA A, NG T B, WONG J H, et al. Purification and characterization of a lectin from *Phaseolus vulgaris* cv. (Anasazi beans)[J]. J Biomed Biotechnol, 2009(1): 83-99.

[95] WONG J H, WONG C C, NG T B. Purification and characterization of a galactose specific lectin with mitogenic activity from pintobean[J]. Biochim Biophys Acta, 2006, 1760(5): 808-813.

[96] 李佳楠, 杨薇, 彭娜, 等. 菜豆毒性分析及毒性预测模型建立[J]. 中国农业科学, 2015, 48(4): 727-734.

[97] BOLLINI R, CARNOVALE E, CAMPION B. Removal of antinutritional factors from bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds[J]. Biotechnology Agronomy Society and Environment, 1999, 3(4): 217-219.

[98] RABOY V. Seeds for a better future: Low phytate grains help to overcome malnutrition and reduce pollution[J]. Trends in Plant Science, 2001(6): 458-462.

[99] WELCH R M, GRAHAM R D. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective[J]. Journal of Experimental Botany, 2004, 55: 353-364.

[100] 尚蕊, 吴华, 郭端, 等. 不同菜豆品种 4 种抗营养因子水平差异分析[J]. 园艺学报, 2015, 42(11): 2163-2173.

[101] BRUNO C, RAYMOND P, GLAHN, et al. Genetic reduction of anti-nutrients in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed, increases nutrients and *in vitro* iron bioavailability without depressing main agronomic traits[J]. Field Crops Research, 2013, 141(1): 27-37.

Evaluation and Analysis on Nutrition of *Phaseolus vulgaris* L.

FENG Guojun, LIU Dajun

(Academy of Crops, Heilongjiang University, Harbin, Heilongjiang 150080)

Abstract: *Phaseolus vulgaris* L. is a worldwide vegetable which has been consumed by customers for its high nutrition values. Recently, the research focused on the nutrition and the phytochemicals (Bioactive compounds), but to the day, there is no review on evaluation on the nutrition and functions of snap bean. This review analysed the basic nutrition, calories, minerals, vitamins, amino acids, lipids, fibers and bioactive compounds of snap bean and the benefits for human body. Meanwhile how to reduce the antinutrient content and how to prepare *Phaseolus vulgaris* L. were also reviewed.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; nutrition; bioactive compounds; antinutrient