

即墨野生大豆主要成分及其营养价值分析

王 旻, 梁 玉, 王欣欣, 张 莉, 汪东风

(中国海洋大学 食品科学与工程学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 为了考察即墨野生大豆营养价值, 对即墨野生大豆和市售栽培大豆的主要营养成分进行了对比分析。结果表明: 即墨野生大豆的蛋白质含量 40.74%, 脂肪含量 16.91%, 总糖含量 11.26%, 与栽培大豆无明显差异; 与栽培大豆相比, 即墨野生大豆含有较多的铁、钙和较少的锌、镁元素; 即墨野生大豆脂肪酸种类比栽培大豆少 4 种, 但亚油酸和亚麻酸含量远高于栽培大豆; 即墨野生大豆氨基酸总量高于栽培大豆, 谷氨酸含量最高, 第一限制氨基酸为含硫氨基酸, 必需氨基酸指数 (EAAI)、生物价 (BV)、营养指数 (NI) 和氨基酸比值系数 (SRCAA) 分别比栽培大豆高 5.41%、5.90%、1.02% 和 3.71%。即墨野生大豆营养成分全面且均衡, 可以作为优质蛋白质原料进行利用。

关键词: 野生大豆; 主要成分; 营养评价; 脂肪酸; 氨基酸

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2013)03-0355-06

Assessment on Nutritional Compositions and Value of Jimo Wild Soybean

WANG Min, LIANG Yu, WANG Xin-xin, ZHANG Li, WANG Dong-feng

(College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: The objective of the study was to determine the nutritive value of Jimo wild soybean, by comparing the main compositions of Jimo wild soybean with the cultivated soybean. The results showed that the protein content, fat content and total sugar content of Jimo wild soybean were 40.74%, 16.91% and 11.26%, respectively, which were not significantly different from cultivated soybean. Compared with cultivated soybean, Jimo wild soybean contained more iron, calcium and less zinc, magnesium elements, less kinds of fatty acids, but much more contents of linoleic acid and linolenic acid. The amounts of total detected eighteen kinds of amino acids in wild soybeans were higher than that in the cultivated soybeans. Essential amino acid index (EAAI), biological value (BV), nutrient index (NI) and score of ratio coefficient of amino acid (SRCAA) of Jimo wild soybean were 5.41%, 5.90%, 1.02% and 3.71%, respectively, higher than those of the cultivated soybean. The results indicated that Jimo wild soybean was an excellent source of high-quality protein with comprehensive and balanced composition of nutritive substance, which providing the theoretical basis for further exploitation and utilization of Jimo wild soybean.

Key words: Wild soybean; Main ingredients; Nutrition evaluation; Fatty acid; Amino acid

野生大豆 (*Glycine soja*) 是栽培大豆的祖先种, 具有高蛋白、多抗、抗逆性强和多花多荚等特性, 是重要的遗传资源^[1]。我国是世界上保存野生大豆资源最多的国家, 除海南、青海和新疆三省区没有野生大豆外, 其余各省均有分布^[2]。由于其是重要作物的野生种群和具有遗传价值的近缘种, 又属于“渐危”植物, 符合国家重点保护的标准, 已被列为二级国家重点保护野生植物^[3]。

即墨市位于山东半岛西南部, 地处 E120°07' ~ 121°23', N36°18' ~ 36°37', 东临黄海, 与日本、韩国隔海相望, 近靠青岛。2004 ~ 2011 年, 在即墨市郊区发现大面积野生大豆自然生态群落, 面积在 100 hm² 以上, 面积之大在全国极为罕见^[4]。因此, 现对即墨野生大豆种子主要成分和营养价值等方面进行研究, 以期在即墨野生大豆资源的合理开发和利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

野生大豆采自青岛即墨; 栽培大豆购于青岛市丹东路农贸市场。

电热恒温水浴锅, 龙口市先科仪器厂; 722N 分光光度计, 上海精科仪器有限公司; 箱式电阻炉, 上海树立仪器仪表有限公司; 微型植物粉碎机, 天海市泰斯特仪器有限公司; 电热鼓风干燥箱, 上海一恒科学仪器有限公司; AA6800 型原子吸收分光光度计, 日本岛津公司; 7890A 气相色谱仪, 美国安捷伦公司; L8800 氨基酸分析仪, 日本日立公司。

1.2 方法

1.2.1 常规成分测定方法 参照文献[5], 粗蛋白含量的测定采用凯氏定氮法 (GB/T 5511-2008); 粗

收稿日期: 2013-01-29

基金项目: 山东省自然科学基金 (Q2008D11); 青岛市公共领域科技支撑计划 (12-1-3-34-nsh)。

第一作者简介: 王旻 (1986-), 女, 在读硕士, 主要从事食品化学研究。E-mail: wangminz1129@163.com。

通讯作者: 张莉 (1979-), 女, 博士, 副教授, 主要从事食品化学研究。E-mail: qdzhangli@ouc.edu.cn。

脂肪含量的测定采用索氏抽提法(GB/T 14772-2008);粗纤维的测定采用介质过滤法(GB/T 5515-2008);粗灰分含量的测定采用直接灰化法(GB/T 6438-2007);水分的测定采用直接干燥法(GB/T 14489.1-2008);总糖的测定采用3,5-二硝基水杨酸比色法;铜、铁、钙、锌、镁含量的测定采用火焰原子吸收光谱法(GB/T 14609-2008)。

1.2.2 脂肪酸组成的测定 称取充分研磨好的样品100 mg置于10 mL刻度试管中,加入 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KOH-甲醇溶液3 mL,于80℃水浴中加热20 min,取出放置冷却后,加入 $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl-甲醇溶液3 mL,于80℃水浴中加热20 min,冷却后加入1 mL正己烷,振荡萃取后,静置分层,将上清液转入1 mL离心管中, $3\ 500\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 离心5 min,将样品保存在-80℃中,上机测样。

色谱条件:FID检测器,检测器温度250℃,进样口温度250℃,HP 007-CW Capillary 熔融石英毛细管柱($30.0\text{ m}\times 250\text{ }\mu\text{m}\times 0.25\text{ }\mu\text{m}$);升温程序:以 $15\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 的速度从150℃升到200℃,保持1 min,再以 $2\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 的速度从200℃升到250℃。载气为高纯氦气,流速为 $1.5\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$,燃气为氢气,流速为 $30\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$,空气流速 $300\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$,辅助气体为氮气,流速 $30\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ [6]。

1.2.3 氨基酸组成的测定方法 准确称取样品50 mg于特制的水解管中,用 $6\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl溶解后,抽真空充氮气进行封口,再将已封口的水解管放在110℃恒温干燥箱内水解24 h后,取出后冷却。用去离子水将水解液定容至50 mL。取1 mL滤液在真空干燥器里蒸干,加 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ pH2.2的HCl溶解后,采用氨基酸自动分析仪分析[7]。

1.2.4 营养价值分析 (1)化学评分(CS)。采用

FAO推荐的方法,化学评分用来测定评价待测蛋白质中某一必需氨基酸相对含量与标准蛋白中相应必需氨基酸相对含量接近程度。CS值越接近100,则与标准蛋白组成越接近,营养价值越高[8]。

(2)氨基酸评分(AAS)。根据Bano的方法,氨基酸评分为待测蛋白质中某一必需氨基酸占FAO/WHO评分模式中相应氨基酸含量的百分比。AAS值越接近100,则与评分模式氨基酸组成越接近,营养价值越高[9]。

(3)必需氨基酸指数(EAAI)、生物价(BV)和营养指数(NI)。根据Osor提出的理论:即EAAI越接近100,待测蛋白与标准蛋白的必需氨基酸组成越接近,营养价值越高[10];采用Osor方法,用EAAI来预测生物价[11];采用Crisan和Sands方法,待测蛋白质的百分含量越高,必需氨基酸指数值越大,NI值越高,营养价值就越高[12]。

(4)氨基酸比值系数(RCAA)和氨基酸比值系数分(SRCAA)。根据朱圣陶等[13]的方法,如果食物中氨基酸组成与氨基酸模式一致,则RCAA等于1,RCAA值大于1表示该氨基酸相对过剩,RCAA值小于1表示该氨基酸相对不足;RCAA最小的氨基酸为限制氨基酸。

2 结果与分析

2.1 主要营养成分的含量分析

百粒重小于2.5 g的大豆属于典型野生大豆,百粒重在2.51~5.0 g的属于半野生I型大豆,百粒重大于5.1 g的属于半野生II型大豆[14]。由表1可知,即墨野生大豆百粒重为1.81 g,因此即墨野生大豆属于典型野生大豆。

表1 主要营养成分含量

Table 1 Contents of major components

品种 Soybean type	百粒重 100-seed weight/g	粗蛋白 Crude protein/%	粗脂肪 Crude fat/%	总糖 Total sugar/%	粗纤维 Crude fibre/%	灰分 Ash content/%	水分 Moisture content/%
野生大豆 Wild soybean	1.81	40.74	16.91	11.26	5.63	4.85	6.39
栽培大豆 Cultivated soybean	20.34	42.62	16.77	12.62	5.37	4.77	6.05

即墨野生大豆蛋白质含量为40.74%,略低于市售栽培大豆(42.62%)。全国野生大豆蛋白质含量平均为46.0%,变幅为39.2%~54.2%[15],普通栽培大豆蛋白质平均含量为40%[16],可见即墨野生大豆蛋白含量低于全国野生大豆平均水平,而与普通栽培大豆蛋白质平均含量相近,属于野生大豆中的低蛋白品种。

即墨野生大豆脂肪含量为16.91%,高于市售

栽培大豆脂肪含量(16.77%),而全国野生大豆脂肪平均含量仅为10.6%[17],故即墨野生大豆脂肪含量高于全国野生大豆平均水平。

即墨野生大豆中总糖占11.26%,低于市售栽培大豆(12.62%),而粗纤维、灰分、水分含量均高于市售栽培大豆。据报道,普通栽培大豆中总糖含量约为25%,纤维素及灰分含量约为5%,水分及其他成分约为10%[18],因此即墨野生大豆纤维素、灰

分及水分含量与全国平均水平相当。

2.2 矿质元素的含量分析

大豆籽粒中含有丰富的矿质元素,其含量一般占 4.5% ~ 6.8%,主要为钾、钠、钙、镁、磷、硫、氯和铁等。由表 2 可以看出,即墨野生大豆的钙、铁含量分别为 4 161.70,101.74 mg·kg⁻¹,均高于市售栽培大豆,也高于文献报道中栽培大豆钙含量的平均值 3 730 mg·kg⁻¹^[19]和铁含量平均值 74.48 mg·kg⁻¹^[20]。

表 2 矿质元素含量
Table 2 Contents of mineral elements

品种 Soybean type	铜 Cu/mg·kg ⁻¹	铁 Fe/mg·kg ⁻¹	钙 Ca/mg·kg ⁻¹	锌 Zn/mg·kg ⁻¹	镁 Mg/mg·kg ⁻¹
野生大豆 Wild soybean	9.23	101.74	4161.70	24.54	2484.90
栽培大豆 Cultivated soybean	8.59	100.40	3458.20	27.35	2577.10

2.3 脂肪酸的组成

大豆油脂品质受脂肪酸组成及其配比所影响^[23]。即墨野生大豆共检出 10 种脂肪酸,比栽培大豆少 4 种。大豆油脂中不饱和脂肪酸占 80% ~ 90%,饱和脂肪酸占 6% ~ 24%,完全没有胆固醇^[24]。即墨野生大豆中不饱和脂肪酸含量占 83.17%,比栽培大豆中不饱和脂肪酸含量高 1.41%,饱和脂肪酸含量最多的均为棕榈酸和硬脂酸。由表 3 可知,棕榈酸(C16:0)、亚油酸(C18:2)、油酸(C18:1)、硬脂酸

即墨野生大豆中镁的含量为 2 484.9 mg·kg⁻¹,低于市售栽培大豆,高于文献报道的栽培大豆镁含量平均值 2 200 mg·kg⁻¹^[21]。Zn、Cu 为人体必需微量元素,现代研究认为,Zn/Cu 比值过高,易患冠心病,而大豆中 Zn/Cu 值 5:1 ~ 7:1,对防治冠心病有益^[22]。即墨野生大豆 Zn/Cu 值为 2.66,栽培大豆为 3.18,低于 5:1,有益于防治冠心病。

(C18:0)和亚麻酸(C18:3)是两种大豆中的主要脂肪酸成分,野生大豆中含量最高的是亚油酸(54.49%),依次是亚麻酸(15.04%)、棕榈酸(12.38%)、油酸(10.66%)、硬脂酸(5.41%)。亚油酸和亚麻酸是不饱和的必需脂肪酸,其含量不足会导致基础代谢紊乱,严重影响人体和动物生长发育^[25],其中亚油酸能降低血液中的胆固醇,预防动脉粥样硬化,近年来备受重视^[26]。

表 3 脂肪酸组成成分
Table 3 Fatty acid composition

名称 Fatty Acid	分子式 Molecular formula	栽培大豆 Cultivated soybean/%	野生大豆 Wild soybean/%
肉豆蔻酸 Myristic acid	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	0.07	0.08
棕榈酸 Palmitic Acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	12.21	12.38
棕榈油酸 Palmitoleic acid	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	0.07	0.09
亚油酸 Linoleic acid	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	48.81	54.49
油酸 Oleic acid	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	16.58	10.66
硬脂酸 Stearic acid	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	4.05	5.41
亚麻酸 Linolenic acid	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	6.86	15.04
花生酸 Arachic acid	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	0.35	0.29
花生一烯酸 Peanut adha	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	0.2	—
花生四烯酸 Arachidonic acid	C ₂₀ H ₃₂ O ₂	0.47	0.47
山嵛酸 Behenic acid	C ₂₂ H ₄₄ O ₂	0.62	—
二十二碳烯酸 Decosahedaenoic acid	C ₂₂ H ₄₂ O ₂	0.35	0.22
木蜡酸 Lignoceric acid	C ₂₄ H ₄₈ O ₂	0.09	—
木质素酸 Lignoceric acid	C ₂₄ H ₄₆ O ₂	0.62	—

2.4 氨基酸的组成

野生大豆和栽培大豆中均检出 18 种氨基酸(表 4),由于采用盐酸水解法进行前处理,色氨酸在样品处理过程中被水解,因而未能检出。从氨基酸

种类上来看,两种大豆的氨基酸组成相同,无明显差异;从氨基酸总量上来看,野生大豆质量分数为 33.58%,高于栽培大豆;从氨基酸组成特点来看,野生大豆和栽培大豆均为谷氨酸含量最高,天门冬氨

酸含量次之,胱氨酸含量最少。

由表 5 可见,野生大豆和栽培大豆均检测出 9 种必需氨基酸(异亮氨酸、亮氨酸、苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、胱氨酸和赖氨酸),两种大豆必需氨基酸含量均比较高,与 FAO/WHO 模式相近,但均低于全鸡蛋蛋白模式。必需氨基酸中,野

生大豆异亮氨酸、亮氨酸和苯丙氨酸 + 酪氨酸含量高于 FAO/WHO 模式。野生大豆必需氨基酸总量占氨基酸总量的 42.58%,低于栽培大豆(45.83%)。9 种必需氨基酸中,除异亮氨酸与苏氨酸,其余必需氨基酸野生大豆含量均高于栽培大豆。

表 4 氨基酸种类及质量分数
Table 4 Amino acid composition and mass fraction

氨基酸 Amino acid	分子量 Molecular weight	栽培大豆 Cultivated soybean/%	野生大豆 Wild soybean/%
天冬氨酸 Asp	133.1	3.16	3.76
苏氨酸 Thr	119.1	1.27	1.00
丝氨酸 Ser	105.1	1.35	1.73
谷氨酸 Glu	147.1	5.47	6.7
甘氨酸 Gly	75.1	1.11	1.42
丙氨酸 Ala	89.1	1.93	1.77
缬氨酸 Val	117.2	1.7	2.02
胱氨酸 Cys	240.3	0.21	0.13
蛋氨酸 Met	149.2	0.55	0.68
异亮氨酸 Ile	131.2	2.02	1.71
亮氨酸 Leu	131.2	2.63	3.15
酪氨酸 Tyr	181.2	1.39	1.14
苯丙氨酸 Phe	165.2	1.66	1.99
赖氨酸 Lys	146.2	2.03	2.48
组氨酸 His	155.2	0.84	0.69
精氨酸 Arg	174.2	1.83	2.18
脯氨酸 Pro	115.1	1.22	1.03
氨基酸总量 Total Amino acid		29.37	33.58
必需氨基酸总量/氨基酸总量 Total essential amino acids/Total Amino acid		45.83	42.58

表 5 必需氨基酸组成
Table 5 Essential amino-acid composition/mg · g⁻¹

氨基酸 Amino acid	栽培大豆 Cultivated soybean	野生大豆 Wild soybean	全鸡蛋蛋白 Egg protein model	FAO/WHO 模式 FAO/WHO model
异亮氨酸 Ile	47.40	41.97	54	40
亮氨酸 Leu	61.71	77.32	86	70
赖氨酸 Lys	47.63	60.87	70	55
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	17.83	19.88	57	35
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Lys + Tyr	71.56	76.83	93	60
苏氨酸 Thr	29.80	24.55	47	40
缬氨酸 Val	38.89	49.58	66	50

2.5 营养价值的评定

2.5.1 必需氨基酸的化学评分和氨基酸评分 以标准全鸡蛋蛋白模式和 FAO/WHO 模式为标准,计

算得出两种大豆必需氨基酸的化学评分(CS)和氨基酸评分(AAS)。由表 6 可知,两种大豆 CS 值均低于 100,除苏氨酸外,其余必需氨基酸 CS 值均高

于栽培大豆,与标准蛋白组成更为接近。野生大豆的第一限制氨基酸为含硫氨基酸即蛋氨酸和胱氨酸,与栽培大豆相同。野生大豆异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸 + 酪氨酸的氨基酸评分均高于 100,而栽培大豆只有两种超过 100,从此角度看,野生大豆的营养价值亦优于栽培大豆。

表 6 必需氨基酸化学评分、氨基酸评分
Table 6 Chemical score of essential amino-acid and amino acid

氨基酸 Amino acid	化学评分 Chemical score		氨基酸评分 Amino acid score	
	栽培 Cultivated soybean	野生 Wild soybean	栽培 Cultivated soybean	野生 Wild soybean
异亮氨酸 Ile	87.8	77.7	118.5	104.9
亮氨酸 Leu	71.8	89.9	88.2	110.5
赖氨酸 Lys	68.0	87.0	86.6	110.7
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	31.3	34.9	50.9	56.8
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Lys + Tyr	76.9	82.6	119.3	128.1
苏氨酸 Thr	63.4	52.2	74.5	61.4
缬氨酸 Val	58.9	75.1	77.8	99.2

2.5.2 必需氨基酸指数、生物价、营养指数、氨基酸比值系数 参照 FAO/WHO 模式,计算得出野生大豆和栽培大豆必需氨基酸的必需氨基酸指数、生物价、营养指数、氨基酸比值系数。由表 7 可以看出,野生大豆的必需氨基酸指数、生物价、营养指数分别比栽培大豆相应指数高 5.41%、5.90% 和 1.02%,说明野生大豆蛋白质的各种必需氨基酸含量更接近标准鸡蛋蛋白。现代营养学更强调蛋白质的氨

基酸平衡,氨基酸不足或者过剩同样严重影响蛋白质的营养价值。根据氨基酸平衡理论,氨基酸比值系数分越接近 100,蛋白质氨基酸组成与 FAO/WHO 模式越一致,对氨基酸平衡所做的贡献也就越大^[10]。从表 7 可以看出,野生大豆氨基酸比值系数比栽培大豆高 3.71%,更接近 FAO/WHO 氨基酸模式,说明野生大豆的营养价值更高。

表 7 必需氨基酸指数、生物价、营养指数、氨基酸比值系数分

Table 7 Essential amino acid index, biological value, nutritional index, score of ratio coefficient of amino acid

品种 Soybean type	必需氨基酸指数 EAAI	生物价 BV	营养指数 NI	氨基酸比值系数分 SRCAA
栽培大豆 Cultivated soybean	62.80	56.75	26.77	92.72
野生大豆 Wild soybean	68.21	62.65	27.79	96.43

EAAI:Essential amino acid index;BV:Biological value;NI:Nutritional index;SRCAA:Score of ratio coefficient of amino acid

3 结论与讨论

即墨野生大豆粗蛋白与总糖含量比栽培大豆籽粒略低,粗脂肪、粗纤维、灰分、水分均高于栽培大豆,基本营养成分差别不大。铁、钙、锌、镁等矿物质元素含量均不亚于栽培大豆,可以满足人和动物生长发育所需的营养需求,具有良好的开发潜力。

必需脂肪酸不仅是所有生物膜组织正常发挥作用的基础,而且是某些生理调节物质的前体。如果人体缺乏必需脂肪酸,会出现很多异常症状,如中枢神经系统、视网膜和血小板功能异常^[17]。即墨野生大豆脂肪酸虽然种类比栽培大豆少 4 种,但亚油酸和亚麻酸含量远高于栽培大豆中相应不饱和必需脂肪酸含量,有很高的营养价值。

即墨野生大豆氨基酸种类齐全,共检出 18 种,其氨基酸总量高于栽培大豆,其中谷氨酸含量最

高,天冬氨酸次之,胱氨酸最少,第一限制氨基酸为含硫氨基酸即蛋氨酸和胱氨酸;必需氨基酸含量较高,与 FAO/WHO 模式相近,但低于全鸡蛋蛋白模式。野生大豆必需氨基酸中异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸 + 酪氨酸含量高于 FAO/WHO 模式,除异亮氨酸与苏氨酸,其余必需氨基酸含量均高于栽培大豆。野生大豆的必需氨基酸指数(EAAI)、生物价(BV)、营养指数(NI)和氨基酸比值系数(SRCAA)分别比栽培大豆相应指数高 5.41%、5.90%、1.02% 和 3.71%,表明野生大豆氨基酸不仅种类组成合理,而且营养价值十分丰富,这为野生大豆的进一步开发利用提供了理论基础。

参考文献

[1] 王克晶,李福山.我国野生大豆(*G. soja*)种质资源及其种质创新利用[J].中国农业科技导报,2000,2(6):69. (Wang K J,Li F S. General situation of wild soybean (*G. soja*) germplasm re-

- sources and its utilization of introgression into cultivated soybean in China[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2000, 2(6):69.)
- [2] 徐豹,徐航,庄炳昌,等. 中国野生大豆(*G. soja*)籽粒性状的遗传多样性及其地理分布[J]. 作物学报,1995,21(6):733-739. (Xu B, Xu H, Zhuang B C, et al. Polymorphism and geographical distribution of seed characters of wild soybean (*G. soja*) in China[J]. Acta Agronomica Sinica,1995,21(6):733-739.)
- [3] 国务院. 国家重点保护野生植物名录(第一批)[J]. 植物杂志,1999(5):4-11. (The State Council. National key protected wild plants list (mother batch)[J]. The Plant Journal, 1999(5):4-11.)
- [4] 张宾. 大豆胰蛋白酶抑制剂的制备、理化性质和抗黄曲霉作用[D]. 青岛:中国海洋大学,2010. (Zhang B. Purification and properties of soybean trypsin inhibitor with anti-*aspergillus flavus* activity[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2010.)
- [5] 邓瑛,周乃元,邵兵. 食品安全检测技术[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社,2012. (Deng Y, Zhou N Y, Shao B. Food safety testing technology[M]. Beijing: China Labor Social Security Press,2012.)
- [6] 郑兵福,李白玉,傅振华,等. 四棱豆油脂的脂肪酸组成测定[J]. 食品工业科技,2010(7):342-345. (Zheng B F, Li B Y, Fu Z H, et al. Analysis of fatty acid composition of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* [L]. D. c.) seeds oil[J]. Science and Technology of Food Industry, 2010(7):342-345.)
- [7] 刘飞,曾伟,尹定华,等. 人工冬虫夏草的氨基酸含量及其营养价值评价[J]. 氨基酸和生物资源,2009,31(4):56-59. (Liu F, Zeng W, Yin D H, et al. Evaluation of amino acid in cultivated *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc[J]. Amino Acids & Biotic Resources,2009,31(4):56-59.)
- [8] FAO. Amino acid content of foods and biological data on proteins [M]. Rome:Food and Agriculture Organization of the United Nations,1970:5-6.
- [9] Bano Z, Rajarathnam S. Pleurotus mushroom as a nutritious food [M]//In the tropical mushrooms biological nature and cultivation methods. HongKong: The Chinese University Press, 1982:363-380.
- [10] 彭智华,龚敏方. 蛋白质的营养评价及其在食用菌评价上的应用[J]. 食用菌学报,1996,3(3):56-64. (Peng Z H, Gong M F. Protein nutrition evaluation and its application in nutrition evaluation of edible fungi[J]. Acta Edulis Fungi,1996,3(3):56-64.)
- [11] 彭智华,龚敏方,寿诚学. 大杯蕈中蛋白质的营养评价[J]. 浙江农业学报,1994,6(4):247-252. (Peng Z H, Gong M F, Shou C X. As evaluation of the nutritive value of a high proteinous mushroom *Clitocybe maxima* [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 1994,6(4):247-252.)
- [12] Sindayikengera S, Xia W. Nutritional evaluation of caseins and whey proteins and their hydrolysates from *Protamex* [J]. Journal of Zhejiang University Science B,2006,7(2):90-98.
- [13] 朱圣陶,吴坤. 蛋白质营养价值评价——氨基酸比值系数法[J]. 营养学报,1988(2):187-190. (Zhu S T, Wu K. Nutrition Evaluation of protein——Ratio coefficient of amino acid [J]. Journal of Nutrition,1988(2):187-190.)
- [14] 庄炳昌. 中国野生大豆研究二十年[J]. 吉林农业科学,1999,24(5):3-10. (Zhuang B C. Researches on wild soybean (*Glycine soja*) in China for twenty years[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 1999, 24(5):3-10.)
- [15] 刘顺湖,周瑞宝,盖钧镒,等. 中国野生和栽培大豆蛋白质及油脂含量的比较分析[J]. 大豆科学,2009,28(4):566-573. (Liu S H, Zhou R B, Gai J Y, et al. A comparative analysis of protein and fat content between wild and cultivated soybeans in China[J]. Soybean Science,2009,28(4):566-573.)
- [16] 徐豹,张明,路琴华,等. 野生大豆中的高含硫氨基酸种质[J]. 大豆科学,1993,12(3):265-266. (Xu B, Zhang M, Lu Q H, et al. High sulfur containing amino acid germplasms in wild soybean[J]. Soybean Science,1993,12(3):265-266.)
- [17] 李福山. 中国野生大豆资源的地理分布及生态分化研究[J]. 中国农业科学,1993,26(2):47-55. (Li F S. Studies on the ecological and geogeaphical distribution of the chinese resources of wild soybean (*G. soja*) [J]. Scientia Agricultura Sinica,1993,26(2):47-55.)
- [18] 丁小林. 大豆食品的营养价值与功能特性[J]. 食品研究与开发,2004,25(6):100-102. (Ding X L. The nutrition value and physiology functions of soybean food[J]. Food Research and Development, 2004, 25(6):100-102.)
- [19] Wang K J, Li F S, Zhou T, et al. Inheritance of a five leaflet character arising from wild soybean (*Glycine soja* Sieb. et Zucc.) in soybeans (*G. max* (L.) Merr.) [J]. Soybean Science,2001,20(1):22-25.
- [20] 燕平梅,王文雅,芮玉奎,等. ICP-MS/ICP-AES快速测定东北大豆中有益元素和重金属含量[J]. 光谱学与光谱分析,2007(8):1629-1631. (Yan P M, Wang W Y, Bing Y K, et al. Application of ICP-MS/ICP-AES to the detection of wholesome elements and heavy metals in soybean from Northeastern China [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2007(8):1629-1631.)
- [21] 夏剑秋,张毅方. 大豆中主要营养成分和微量元素的功能作用[J]. 中国油脂,2007,32(1):71-75. (Xia J Q, Zhang Y F. Function of the main nutritious components and trace elements in soybean[J]. China Oils and Fats, 2007,32(1):71-75.)
- [22] 韩立德,盖钧镒,张文明. 大豆营养成分研究现状[J]. 种子,2003(5):57-59. (Han L D, Gai J Y, Zhang W M. Soybean nutrition research status[J]. Seed, 2003(5):57-59.)
- [23] 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):75-79. (Yin T F. Improvement on fatty acid of oil lipid and strategy of biochemistry breeding in soybean [J]. Soybean Science,1988,7(1):75-79.)
- [24] 徐杰,胡国华,张大勇. 大豆种子脂肪酸组分的研究进展[J]. 大豆科学,2005,24(1):61-66. (Xu J, Hu G H, Zhang D Y. Study advance on fatty acid composition of soybean [J]. Soybean Science,2005,24(1):61-66.)
- [25] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司. 中国草地资源[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996:372-375. (The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China Animal Husbandry and Veterinary Department. China grassland resources [M]. Beijing: Chinese Science and Technology Press,1996:372-375.)
- [26] 孙凤,彭颜辉,丁成丽,等. 气相色谱-质谱法分析鹰嘴豆脂肪酸成分[J]. 医药导报,2009,28(11):1503-1504. (Sun F, Peng Y H, Ding C L, et al. GC-MS to the chickpea fatty acid composition analysis [J]. Herald of Medicine, 2009, 28(11):1503-1504.)