

鱼腥草种质资源氨基酸组成及含量分析

陈黎, 吴卫, 郑有良*

(四川农业大学 农学院, 四川 雅安 625014)

摘要: 分别对鱼腥草 16 个不同居群幼嫩地上和地下部分的氨基酸成分进行高效液相色谱分析。结果发现, 鱼腥草不同居群的氨基酸含量不尽相同, 同一居群幼嫩地上茎叶和地下茎的氨基酸含量也有差异, 多以地上茎叶高于地下茎。在分析的 17 种氨基酸中, 所有居群均含有 16 种氨基酸, 都不含 Cys-SS-Cys。地上部分氨基酸中 Glu 含量最高, His 含量最低; 地下部分氨基酸中 Glu 含量最高, Tyr 含量最低。地上部分氨基酸总量以 W01-16 为最高, 而地下部分氨基酸总量以 W01-99 为最高, 分别为 27.89 mg/g 和 15.46 mg/g。蕺菜与峨眉蕺菜间氨基酸成分间无显著差别。鱼腥草种质资源氨基酸含量与染色体数目间相关不显著。

关键词: 鱼腥草; 氨基酸; 染色体数目; 高效液相色谱

中图分类号: Q946 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2006)06-0697-05

HPLC analysis on the amino acid constituents and content of the germplasm resources of *Houttuynia*

CHEN Li, WU Wei, ZHENG You-liang*

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: The amino acid constituents and content of the young aerial parts and underground parts of 16 *Houttuynia* accessions were analyzed by High Press Liquor Chromatography(HPLC). The results showed that the amino acid contents of 16 *Houttuynia* accessions were different, so did the young aerial parts and underground parts of the same accessions. In most accessions, the total amino acid content of aerial stems and leaves was higher than that of underground stem. Among the 17 analyzed amino acids, 16 were found in the aerial stems and leaves and underground stems of all accessions. The amino acid Cys-SS-Cys was not found in all accessions. The content of Glu was the highest among all amino acid in aerial parts, while that of His was the lowest. In underground parts, the content of Glu was the highest among all amino acid, while that of Tyr was the lowest. The total amino acid content of the accession W01-16 was the highest in aerial parts, while that of accession W01-99 was the highest in underground parts, with the value of 27.89 mg/g and 15.46 mg/g respectively. There was no significant difference between the amino acid constituents of *H. emeiensis* Z. Y. Zhu et S. L. and *H. cordata* Thunb. The results also showed that the correlation between the amino acid content and the chromosome number was not significant.

Key words: *Houttuynia*; amino acid; chromosome number; HPLC

鱼腥草原植物为三白草科蕺菜属蕺菜(*Houttuynia cordata* Thunb.), 其茎叶搓碎后有鱼腥味, 故名鱼腥草。鱼腥草药蔬兼用, 已被国家卫生部正

式确定为“既是药品, 又是食品”的极具开发潜力的植物资源之一。目前, 鱼腥草注射液、鱼腥草含片、鱼腥草保健茶等产品已相继问世(吴天祥等, 1998;

收稿日期: 2005-01-17 修回日期: 2005-08-02

基金项目: 四川省教育厅重点项目[Supported by Education Department of Sichuan Province]

作者简介: 陈黎(1975-), 男, 重庆隆昌县人, 博士生, 研究方向为特有植物成分分析。

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: grmb@sicau.edu.cn)

任玉翠等,1998;杨小生等,2001)。在其主要生长地区,幼嫩的鱼腥草地上茎叶和地下根茎还是营养丰富,能强身健体,具有独特风味的特色蔬菜。

齐迎春等(2001,2002)对鱼腥草茎叶的营养成分进行了比较,也对不同季节鱼腥草营养成分的动态变化进行过研究;吴三桥等(2000)对鱼腥草鲜草氨基酸组成及含量进行了分析,但多数研究仅针对鱼腥草一个居群进行分析。据《中国植物志》和《四川植物志》,蕺菜属仅蕺菜 1 种。2001 年在四川峨眉山发现蕺菜属一新种峨眉蕺菜(祝正银等,2001),在当地俗称白鱼腥草,也作鱼腥草药蔬兼用。最近的研究还发现,鱼腥草不同居群染色体数目有较大的变异,呈现多倍性特点(吴卫等,2003a),其营养器官解剖结构同工酶、分子水平以及解剖水平也存在较大差异(杨玉霞等,2003;吴卫等,2002a,2002b,2003a,2003b)。我们曾对 19 个鱼腥草居群地上部分阴干品游离氨基酸组成及含量进行过分析,结果发现鱼腥草不同居群游离氨基酸含量不尽相同(陈黎等,2004a),但目前尚未见对鱼腥草不同居群总氨基酸组成及含量的报道。本文对不同鱼腥草居群幼嫩地上茎叶以及幼嫩茎氨基酸组成及含量进行分析,探讨其染色体数目和氨基酸间的关系,比较不同食用部位氨基酸组成及含量差异。旨在筛选出一些氨基酸种类较多,含量较高的新品系,为合理开发利用鱼腥草资源提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料包括 15 份蕺菜(*Houttuynia cordata* Thunb.)和 1 份峨眉蕺菜(*H. emeiensis* Z. Y. Zhu et S. L.),所有居群均由四川农业大学生命科学与理学院植物教研室杨瑞武博士鉴定。居群来源及染色体数目见表 1,均栽培于四川农业大学小麦研究所。完全随机化试验设计,每份材料种植面积 6 m²,4 月份地上部分长约 5 cm,同时采收地上和地下幼嫩植株,洗净擦干,称量后置 110 °C 烘箱内杀青并干燥 1 h,取出称量,计算折干率。田间管理同大田生产。

1.2 方法

样品制备:将干燥后的材料剪成 1~3 mm 小段,精密称取 100 mg 置 10 mL 安培瓶中,加入 6 mol·L⁻¹ HCl 4 mL 并充入 N₂,密封安培瓶后置于

110 °C 烘箱内硝化 24 h,取出过滤滤液至蒸发皿,用水浴锅蒸干滤液。精密吸取 0.1 mol·L⁻¹ 的 HCl 2 mL 于蒸发皿中溶解残渣。取 1.0~1.5 mL 离心管中,10 000 rpm/min 离心 10 min,取上清液 900 μL 加入 100 μL SAR,混匀后作为供试样品。

测定方法:采用 Agilent 公司 1100 型高效液相色谱仪对供试样品进行氨基酸柱前衍生法测定。色谱条件参照 Agilent 公司提供的氨基酸分析方法。

1.3 数据处理

以外标法计算各氨基酸含量。

表 1 16 个鱼腥草居群来源及染色体数
Table 1 The locality and chromosome numbers of 16 *Houttuynia* accessions

材料号 No.	来源地 Locality	染色体数目 Chromosome number
W01-1*	四川乐山九峰乡	36
W01-5	四川犍为县清溪	36
W01-39	重庆彭水县汉邻区	54
W01-43	四川马尔康县马尔康镇	54
W01-81	四川荣经县太湖寺	72
W01-16	四川宜宾市宜宾县	80
W01-80	四川绵阳市槐树乡	80
W01-71	四川巴中市磨子乡	81
W01-37	重庆酉阳县中都区	82
W01-46	四川都江堰市紫坪	84
W01-92	四川资阳	84
W01-34	重庆秀水县峻岭乡	86
W01-98	四川雅安和龙乡	86
W01-99	四川资阳	88
W01-94	四川雅安望渔乡	90
W01-100	四川邛崃	90

注: * 表示为峨眉蕺菜。Note: * Represents *H. emeiensis*

2 结果与分析

2.1 16 个鱼腥草居群幼嫩地上茎叶氨基酸种类及含量

16 个鱼腥草居群幼嫩地上茎叶氨基酸的种类与含量见表 2。从表 2 看出,在所检测的 17 种氨基酸中,所有居群幼嫩地上茎叶均含有 Asp、Glu、Ser、His、Gly、Thr、Ala、Arg、Tyr、Val、Met、Phe、Ile、Leu、Lys、Pro 等 16 种氨基酸,均未检出 Cys-SS-Cys 氨基酸。所有氨基酸中,以 Glu 的含量最高,平均为 2.54 mg/g;His 含量最低,平均为 0.16 mg/g。居群间氨基酸的总量以蕺菜 W01-16 最高,为 27.89 mg/g;蕺菜 W01-80 最低,为 7.79 mg/g。

从表 2 还看出,居群间幼嫩地上茎叶氨基酸含

量差异较大,个别居群具有较高的氨基酸含量。所有居群中,必需氨基酸以蕺菜 W01-16 的 Thr、Val、Met、Phe、Ile、Leu 含量为最高,分别为 1.20、1.66、0.52、1.40、1.18、2.36 mg/g;蕺菜 W01-99 的 Lys 含量最高为 2.64 mg/g。非必需氨基酸,Asp、Glu、Ser、His、Gly、Ala、Arg、Tyr 含量也均以 W01-16 的最高,分别为 3.13、5.68、0.81、0.28、1.84、1.92、1.92、0.77 mg/g。W01-99 的 Pro 含量(0.80 mg/g)则是所有居群中最高的。蕺菜和峨眉蕺菜在氨基酸成分上无明显差异。

2.2 16 个鱼腥草居群幼嫩地下茎氨基酸种类及含量

16 个鱼腥草幼嫩居群地下茎氨基酸的种类与含量见表 3。从表 3 看出,所有居群幼嫩地下茎均含有 Asp、Glu、Ser、His、Gly、Thr、Ala、Arg、Tyr、Val、Met、Phe、Ile、Leu、Lys、Pro 等 16 种氨基酸,均未检出 Cys-SS-Cys 氨基酸。所有氨基酸中,也以 Glu 的含量最高,平均为 3.06 mg/g;含量最低的是 Met,平均为 0.06 mg/g。居群间氨基酸的总量以蕺菜 W01-99 最高,为 15.46 mg/g;蕺菜 W01-94 最低,为 3.88 mg/g。

从表 3 还看出,居群间幼嫩地下茎氨基酸含量差异同样较大,个别居群同样具有较高的氨基酸含量。所有根居群中,必需氨基酸以蕺菜 W01-99 的 Thr、Val、Phe、Ile、Leu 和 Lys 含量为最高,分别为 0.43、0.57、0.43、0.48、0.77 mg/g 和 0.63 mg/g;蕺菜 W01-100 的 Met 含量最高为 0.13 mg/g。非必需氨基酸中,Asp、Glu 含量以蕺菜 W01-34 的最高,分别为 4.28、4.89 mg/g;蕺菜 W01-99 的 Ser、His、Gly、Ala、Tyr 和 Pro 含量是所有居群中最高的,分别为 0.36、0.18、0.61、0.70、0.16 mg/g 和 0.34 mg/g;Arg 含量最高的居群是蕺菜 W01-100,为 3.27 mg/g。蕺菜和峨眉蕺菜的氨基酸组成同样无明显差异。

2.3 鱼腥草幼嫩地上地下部分氨基酸种类及含量比较

从表 2、3 看出,鱼腥草幼嫩地上部分地下部分氨基酸种类一致,均包括 Asp、Glu、Ser、His、Gly、Thr、Ala、Arg、Tyr、Val、Met、Phe、Ile、Leu、Lys、Pro 等 16 种氨基酸,均未检出 Cys-SS-Cys,但氨基酸含量地上部分比地下部分的普遍较高,特别是必需氨基酸的平均含量地上部分是地下部分的 2~5 倍。同时也可看出,地上部分氨基酸含量高的居群其地下部分氨基酸含量也相对较高,如 W01-16、W01-37、W01-99 等。

3 讨论

本试验结果表明,鱼腥草不同居群氨基酸组成及含量不尽相同。在供试材料中,我们发现了部分氨基酸含量较高的居群。如 W01-16、W01-99、W01-37 无论是幼嫩地上还是地下部分其氨基酸含量水平都比较高;W01-39 的地上部分以及 W01-34 的地下部分氨基酸含量也较高。这为生产中提供了一些特异的种质资源,我们将对这些材料的其它一些营养成分指标以及综合性状进行考察,以期筛选出一些专用新品系提供大田生产所用。

吴三桥等(2000)曾对鱼腥草鲜草氨基酸含量进行过研究。结果发现,鱼腥草总氨基酸包括 Asp、Glu、Ser、His、Gly、Thr、Ala、Arg、Tyr、Val、Met、Phe、Ile、Leu、Lys 和 Pro 等 16 种氨基酸,未检测到 Cys-SS-Cys,且所含氨基酸的含量均大于 1 mg/g,以 Asp 含量最高(17.17 mg/g),Met 含量最低(1.42 mg/g)。本研究进一步证实了吴三桥等对鱼腥草鲜草氨基酸种类的研究结果,但在含量上则存在较大的差异,各氨基酸含量范围一般在 0.02~5.68 mg/g 之间,地上地下部分的氨基酸中均以 Glu 含量最高,地上食用部分 His 含量最低,而地下部分含量最低的是 Met。推测其原因可能与检测时期以及选用的材料部位等有较大关系。

菘蓝的多倍体研究发现其多倍体植株根的氨基酸种类有所改变(乔传卓等,1989)。我们曾对鱼腥草成熟植株干燥地上部分的游离氨基酸进行过研究,结果发现除 Cys-SS-Cys 和 Lys 外,其它 15 种氨基酸,包括 Asp、Glu、Ser、His、Gly、Thr、Ala、Arg、Tyr、Val、Met、Phe、Ile、Leu 和 Pro 等都可检测到,但鱼腥草成熟植株干燥地上部分氨基酸组成及含量与染色体数目间无显著相关(陈黎等,2004a),本试验结果进一步表明,鱼腥草氨基酸组成及含量与染色体数目变异不存在显著的相关关系。

本研究还发现,鱼腥草幼嫩地上部分氨基酸含量比地下部分的普遍较高,特别是必需氨基酸的平均含量地上部分是地下部分的 2~5 倍。因此,就氨基酸而言,鱼腥草幼嫩地上部分比地下部分有更好的营养价值。

峨眉蕺菜与蕺菜在同工酶、分子水平、挥发油成分以及解剖学等方面的研究结果均表明,两者间无显著差异(吴卫等,2002a,2002b,2003a,2003b;杨玉

霞等,2003;陈黎等,2004b),本研究发现它们在氨基酸成分上也无明显差别。因此,峨眉蕺菜作为蔬菜应该是可行的,但能否入药还需进一步研究加以证实。

表 2 16个鱼腥草居群幼嫩地上茎叶氨基酸的种类与含量(单位:mg/g)

Table 2 The amino acid constituents and content of the young aerial stems and leaves of 16 *Houttuynia* accessions

材料号 Accessions No.	氨基酸 Amino acid																总量 Total
	Asp	Glu	Ser	His	Gly	Thr	Ala	Arg	Tyr	Val	Met	Phe	Ile	Leu	Lys	Pro	
W01-1*	1.12	2.06	0.30	0.09	0.74	0.45	0.72	0.60	0.28	0.64	0.10	0.54	0.48	0.90	1.16	0.36	10.53
W01-5	1.68	2.27	0.54	0.17	1.21	0.77	1.20	1.21	0.51	1.10	0.35	0.92	0.81	1.58	2.01	0.54	16.89
W01-39	1.92	4.05	0.53	0.19	1.22	0.82	1.34	1.25	0.51	1.17	0.42	0.94	0.85	1.62	1.78	0.64	19.24
W01-43	1.53	2.01	0.45	0.16	1.09	0.73	1.13	0.95	0.45	0.98	0.30	0.88	0.73	1.49	1.75	0.51	15.12
W01-81	1.05	1.62	0.33	0.08	0.70	0.43	0.68	0.57	0.27	0.58	0.17	0.51	0.42	0.86	1.07	0.29	9.66
W01-16	3.13	5.68	0.81	0.28	1.84	1.20	1.92	1.92	0.77	1.66	0.52	1.40	1.18	2.36	2.49	0.72	27.89
W01-80	0.81	1.04	0.14	0.09	0.59	0.28	0.53	0.59	0.22	0.56	0.16	0.42	0.44	0.73	0.92	0.27	7.79
W01-71	1.79	2.22	0.60	0.21	1.19	0.80	1.27	1.25	0.39	1.08	0.21	0.93	0.80	1.61	1.87	0.51	16.72
W01-37	1.83	2.61	0.30	0.19	1.41	0.61	1.29	1.34	0.53	1.32	0.39	0.98	1.01	1.69	2.19	0.64	18.31
W01-46	1.67	2.27	0.13	0.20	1.37	0.40	1.24	1.17	0.47	1.29	0.17	0.97	1.01	1.69	2.10	0.67	16.83
W01-92	1.21	1.66	0.38	0.14	0.85	0.57	0.88	0.83	0.36	0.75	0.10	0.68	0.57	1.15	1.49	0.42	12.03
W01-34	1.44	1.76	0.38	0.14	0.89	0.60	0.94	1.15	0.37	0.80	0.09	0.70	0.60	1.23	1.53	0.46	13.06
W01-98	1.73	2.81	0.50	0.19	1.13	0.79	1.22	1.34	0.50	1.14	0.20	0.94	0.83	1.64	1.95	0.59	17.50
W01-99	2.44	3.18	0.80	0.21	1.69	1.12	1.69	1.67	0.75	1.49	0.18	1.29	1.09	2.24	2.64	0.80	23.29
W01-94	1.31	2.26	0.39	0.14	0.92	0.58	0.92	0.89	0.38	0.84	0.14	0.72	0.61	1.15	1.49	0.51	13.26
W01-100	1.68	3.09	0.46	0.13	1.11	0.68	1.08	0.90	0.42	0.96	0.14	0.81	0.72	1.35	1.74	0.53	15.79
平均 Average	1.65	2.54	0.44	0.16	1.12	0.68	1.13	1.10	0.45	1.02	0.23	0.85	0.76	1.46	1.76	0.53	15.87

表 3 鱼腥草幼嫩地下茎氨基酸的种类与含量(单位:mg/g)

Table 3 The amino acid constituents and content of the young underground stems of 16 *Houttuynia* accessions

材料号 Accessions No.	氨基酸 Amino acid																总量 Total
	Asp	Glu	Ser	His	Gly	Thr	Ala	Arg	Tyr	Val	Met	Phe	Ile	Leu	Lys	Pro	
W01-1*	1.11	2.22	0.14	0.08	0.26	0.19	0.30	1.89	0.08	0.23	0.07	0.17	0.18	0.31	0.22	0.12	7.57
W01-5	1.30	2.48	0.16	0.10	0.23	0.17	0.30	0.66	0.04	0.21	0.03	0.17	0.17	0.31	0.27	0.16	6.75
W01-39	0.89	1.64	0.09	0.16	0.23	0.14	0.37	0.96	0.03	0.24	0.02	0.14	0.19	0.30	0.17	0.16	5.73
W01-43	1.92	1.76	0.27	0.13	0.48	0.33	0.52	1.00	0.11	0.48	0.06	0.33	0.36	0.61	0.48	0.29	9.12
W01-81	1.16	3.11	0.16	0.07	0.26	0.17	0.31	0.56	0.04	0.23	0.03	0.15	0.18	0.28	0.20	0.13	7.03
W01-16	1.29	4.53	0.29	0.15	0.45	0.34	0.60	1.02	0.15	0.50	0.10	0.34	0.36	0.62	0.45	0.24	11.44
W01-80	1.41	1.48	0.11	0.06	0.18	0.13	0.21	0.96	0.03	0.17	0.04	0.13	0.13	0.23	0.20	0.12	5.58
W01-71	0.97	1.57	0.13	0.08	0.24	0.17	0.27	0.82	0.05	0.21	0.06	0.16	0.17	0.29	0.24	0.15	5.56
W01-37	3.18	4.67	0.26	0.14	0.42	0.30	0.46	2.75	0.09	0.38	0.04	0.26	0.30	0.51	0.38	0.20	14.35
W01-46	1.31	3.74	0.15	0.09	0.26	0.19	0.33	1.30	0.08	0.28	0.04	0.18	0.21	0.34	0.24	0.15	8.91
W01-92	1.28	2.99	0.15	0.10	0.29	0.20	0.31	2.57	0.05	0.25	0.06	0.19	0.19	0.34	0.30	0.15	9.44
W01-34	4.28	4.89	0.25	0.16	0.45	0.31	0.50	2.50	0.08	0.20	0.06	0.27	0.30	0.50	0.34	0.19	15.27
W01-98	1.83	4.02	0.18	0.09	0.29	0.21	0.38	0.42	0.07	0.26	0.05	0.19	0.22	0.36	0.28	0.14	9.03
W01-99	3.01	4.55	0.36	0.18	0.61	0.43	0.70	2.15	0.16	0.57	0.09	0.43	0.48	0.77	0.63	0.34	15.46
W01-94	0.60	1.39	0.08	0.07	0.14	0.11	0.20	0.38	0.02	0.17	0.04	0.11	0.12	0.20	0.15	0.11	3.88
W01-100	1.91	3.84	0.25	0.14	0.45	0.32	0.52	3.27	0.14	0.39	0.13	0.29	0.30	0.54	0.38	0.21	13.07
平均 Average	1.72	3.06	0.19	0.11	0.33	0.23	0.39	1.45	0.08	0.30	0.06	0.22	0.24	0.41	0.31	0.18	9.26

参考文献:

吴天祥,周雪松. 1998. 鱼腥草、南瓜、刺梨复合营养保健饮料[J]. 食品工业科技,6:44-45.
Chen L(陈黎), Wu W(吴卫), Zheng YL(郑有良). 2004a. HPLC analysis on *Houttuynia dissociative* amino acid constituents and content. (鱼腥草游离氨基酸组成及含

量的 HPLC 分析)[J]. *Amino Acids & Biotic Res*(氨基酸和生物资源),26(1):20-24.
Chen L(陈黎), Wu W(吴卫), Zheng YL(郑有良). 2004b. TLC analysis on the essential oil constituents of *Houttuynia* with different chromosome numbers(不同染色体数目鱼腥草挥发油成分的薄层色谱分析)[J]. *Chin Trad Herb Drug*(中草药),35(12):1399-1402.

- Qi YC(齐迎春), Hu C(胡 诚), Tian GZ(田国政), *et al.*. 2001. Comparison analysis of nutritive composition from the stem and leaf of *Houttuynia cordata* (鱼腥草茎叶营养成分对比分析)[J]. *Special Wild Economic Animal and Plant Research* (特产研究), 4:45-46.
- Qi YC(齐迎春), Tian GZ(田国政), Mou LQ(牟利权). 2002. Studies on dynamic changes of nutrients in *Houttuynia cordata* Thunb. cultivated in different seasons(不同季节鱼腥草营养成分的动态变化研究)[J]. *J Hubei Institute for Nationalities(Nat Sci)* (湖北民族学院学报自然科学版), 20(40):24-25.
- Qiao CZ(乔传卓), Wu MS(吴美枢), Dai FB(戴富宝), *et al.*. 1989. Studies on polyploid breeding of *Isatis indigotica* Fort (菘蓝多倍体育种的研究)[J]. *Acta Bot Sin* (植物学报), 31(9):678.
- Ren YC(任玉翠), Zhou YG(周彦钢), Ling WJ(凌文娟), *et al.*. 1998. Preparation of the nutritional liquid of the *Houttuynia cordata* (鱼腥草营养液的研制)[J]. *Food & Machinery* (食品与机械), 1:13-14.
- Wu SQ(吴三桥), Li XS(李新生), Zhou JJ(周建军). 2000. Determination of amino acids and other nutritious component in *Osmunda japonica* Thunb. and *Houttuynia cordata* Thunb. (蕨菜、蕺菜中氨基酸及其他营养素含量的测定)[J]. *Amino Acids & Biotic Res* (氨基酸和生物资源), 22(3):65-67.
- Wu W(吴 卫), Zheng YL(郑有良), Yang RW(杨瑞武), *et al.*. 2003a. Variation of the chromosome number and cytotoxicity of *Houttuynia cordata* from China(国产蕺菜的染色体数目变异及核穿壁现象)[J]. *Acta Phytotax Sin* (植物分类学报), 41(3):245-257.
- Wu W(吴 卫), Zheng YL(郑有良), Chen L(陈 黎), *et al.*. 2002. Isozymes variations among the germplasm resource of *Houttuynia* in Sichuan(川产鱼腥草种质资源的同工酶分析)[J]. *J Chin Med Mat* (中药材), 25(10):695-698.
- Wu W(吴 卫), Zheng Y(郑有良), Chen L(陈 黎), *et al.*. 2002. RAPD analysis on the germplasm resources of herba *Houttuynia* (鱼腥草种质资源的 RAPD 分析)[J]. *Acta Pharm Sin* (药学报), 37(12):986-992.
- Wu W(吴 卫), Zheng YL(郑有良), Chen L(陈 黎), *et al.*. 2003. Analysis on genetic diversity of germplasm resources of *Houttuynia cordata* by ISSR marker(利用 ISSR 标记分析鱼腥草种质资源的遗传多样性)[J]. *World Sci Tech-Modern Trad Chin Med* (世界科学技术-中药现代化), 5(1):70-77.
- Yang XS(杨小生), Kang WY(康文艺), Liang DN(梁东妮). 2001. Health beverage including *Houttuynia cordata* Thunb. and *Ligustrum robustum* (鱼腥草苦丁茶保健饮料)[J]. *Food Sci Tech* (食品科技), 06:44-45.
- Yang YX(杨玉霞), Wu W(吴 卫), Zheng YL(郑有良). 2003. Study on comparative anatomy of different population of *Houttuynia* (蕺菜属不同居群间比较解剖学研究)[J]. *Guihaia* (广西植物), 23(5):429-435.
- Zhu ZY(祝正银), Zhang SL(张士良). 2001. A new species of *Houttuynia* medicinal plants in Emeishan(峨眉山蕺菜属药用植物一新种)[J]. *Bull Bot Res* (植物研究), 21(1):1-2.

(上接第 696 页 Continue from page 696)

- Ren FL(任凤莲), Gu FF(谷芳芳), Wu ML(吴梅林), *et al.*. 2006. Optimization of extraction for flavonoids from hawthorn by response surface method(利用响应面分析法优化山楂中总黄酮提取条件)[J]. *Nat Product Res Development* (天然产物研究与开发), 18:126-129.
- Song CX(宋超先), Chen N(陈 宁), Xie YF(谢玉锋), *et al.*. 2004. Selection of L-leucine producing strain and study on its fermentation conditions(L-亮氨酸产生菌的选育及其发酵条件优化)[J]. *Food and Fermentation Industries* (食品与发酵工业), 3:61-65.
- Wei AC(魏安池), Dai LH(代丽红), Gu WY(谷文英). 2006. Optimization of extraction conditions for safflower yellow pigments by response surface methodology(响应面分析法优化黄色素提取工艺条件)[J]. *Food & Machinery* (食品与机械), 22(2):11-13, 52.
- Wu SH(伍时华), Li JS(李军生), Yu W(余 炜), *et al.*. 2003. A study of the method of determining the amount of L-leucine in fermented liquid(发酵液 L-亮氨酸的定量测定方法研究——纸色谱—薄层扫描测定法)[J]. *J Guangxi Univ Tech* (广西工学院学报), 14(3):1-4.
- Wu SH(伍时华), Zhang J(张 健), Fang J(方 杰), *et al.*. 2001. Studies on the breeding of high-yield L-leucine producing strain by protoplast fusion(原生质体融合技术选育 L-亮氨酸产生菌的研究)[J]. *Food and Fermentation Industries* (食品与发酵工业), 27(10):30-34.
- Wong MY. 1996. On the statistical analysis of bioassays[J]. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 49:191-197.
- Zhong HY(钟环宇), Xu JJ(许建军), Jiang B(江 波). 2004. Medium optimization for S-adenosyl-L-methionine production by recombinant *Pichia* using statistics-based experimental design(利用响应面分析法优化 γ -氨基丁酸发酵培养基)[J]. *J Wuxi Univ Light Industry* (无锡轻工大学学报), 23(3):19-22.
- Zheng Y, Das P K. 2000. Improved response surface method and its application to stiffened plate reliability analysis[J]. *Engineering Structures*, 22:544-551.