

芦笋植株欠开发部位营养、功能成分分析及比较

田颖刚, 牛俊卿, 张盼, 谢明勇*

南昌大学食品科学与技术国家重点实验室, 南昌 330047

摘要: 芦笋笋基、芦笋老茎、芦笋叶为芦笋植株欠开发部位, 对这些部位氨基酸组成, C、N、H 元素、矿质元素和总皂苷、总黄酮、总多糖的含量进行分析, 结果表明: 芦笋的三种欠开发部位均含有 18 种氨基酸, 总量分别为 15.02%、6.49% 和 14.00%, 必需氨基酸含量占 18 种氨基酸含量比例分别为 27.56%、29.74% 及 35.36%; C 含量分别为 38.31%、42.19% 和 43.64%, N 含量分别为 3.83%、1.27% 和 2.76%, H 含量分别为 4.32%、4.56% 和 4.64%; 芦笋叶的矿质元素含量最丰富, 尤其是有机元素 Se 含量达到 0.60 mg/kg, 而芦笋笋基 Fe、Zn 和 Cu 含量为三者最高; 总皂苷含量分别为 3.34%、3.51% 和 6.95%, 总黄酮含量分别为 0.17%、0.33% 和 0.77%, 总多糖含量分别为 4.36%、2.03% 和 3.44%。经分析表明, 芦笋笋基、老茎和叶中营养、功能成分含量丰富, 不同部位具有不同的开发价值, 为充分利用芦笋废弃资源提供了科学依据。

关键词: 芦笋废弃物; 氨基酸; 矿物质; 皂苷; 黄酮; 多糖

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

Analysis and Comparison of Nutritional and Functional Ingredients of Different Parts of *Asparagus officinalis*

TIAN Ying-gang, NIU Jun-qing, ZHANG Pan, XIE Ming-yong*

State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China

Abstract: In this study, the nutritional and functional ingredients, including amino acid, the element of C, N, H, the mineral element, the total saponins, flavonoid and polysaccharides, of different parts of *Asparagus officinalis* (the stem bottom, old stems and leaves) were analyzed. The results showed that eighteen amino acids were detected in each part of *A. officinalis*. The total contents of eighteen amino acids were 15.02%, 6.49% and 14.00% for the stem bottom, old stems and leaves of *A. officinalis*, respectively. The contents of essential amino acids were accounting for 27.56%, 29.74% and 35.36% of the eighteen amino acids. The contents of C element were 38.31%, 42.19% and 43.64%, respectively. The contents of N element were 3.83%, 1.27% and 2.76%, respectively. The contents of H element were 4.32%, 4.56% and 4.64%, respectively. The contents of the mineral element were highest in leaves of *A. officinalis*, especially the contents of Se element reached to 0.60 mg/kg. The contents of Fe, Zn and Cu in stem bottom of *A. officinalis* were the highest. The contents of total saponins were 3.34%, 3.51% and 6.95%, respectively. The contents of flavonoid were 0.17%, 0.33% and 0.77%. The contents of polysaccharides were 4.36%, 2.03% and 3.44%. The analysis showed that each parts of *A. officinalis* was rich in nutritional and functional ingredient.

Key words: scraps of *Asparagus officinalis*; amino acid; minerals; saponins; flavonoid; polysaccharides

芦笋 (*Asparagus officinalis*) 是一种药食两用的名贵蔬菜, 被世界卫生组织列为世界十大最具营养价值的蔬菜之首, 并且享有“蔬菜之王”的美称^[1]。芦笋营养丰富全面, 维生素、碳水化合物和矿物质的含量均高于一般水果和蔬菜。芦笋还含有大量的多

糖、氨基酸、皂苷类化合物及黄酮类物质等生物活性成分, 具有抗癌、抗衰老、提高机体免疫力、降血脂等作用。

近年来芦笋产业在我国迅猛发展, 目前已成为世界上第一大芦笋生产国。芦笋嫩茎质地鲜嫩, 风味独特, 但在芦笋加工过程中, 会产生大量的芦笋皮、芦笋笋基、芦笋老茎及芦笋叶等非直接食用部位, 这些部位由于纤维含量很高, 没有芦笋可食用茎鲜嫩可口而被当作废弃物垃圾处理, 既污染环境, 又

造成巨大的资源的浪费,同时这些废弃部位的营养价值也被忽略。目前已有文献^[2,3]报道,芦笋下脚料中氨基酸、各种维生素、矿质元素含量丰富,并且含有一定量的黄酮类物质、芦笋粗多糖。芦笋枝叶等弃料中的蛋白质、氨基酸、可溶性固形物、维生素C、矿质元素、总糖营养成分含量均高于嫩笋。目前有关芦笋笋基、芦笋老茎及芦笋叶的研究较少,欠缺合理开发利用,为芦笋欠开发部位。本文对这三种芦笋欠开发部位进行了较为详细的分析和比较,为芦笋废弃资源能够充分合理地利用及芦笋资源的研究工作提供了参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

芦笋笋基、芦笋老茎、芦笋叶为田间采收的绿芦笋经整理切割后,不作商品芦笋使用的剩余物,秦皇岛长胜农业科技发展有限公司提供;葡萄糖标准品、菝葜皂苷元标准品、芦丁对照品、18种氨基酸对照品,中国药品生物制品检定所;香草醛、冰醋酸、高氯酸、蒽酮、硫酸铜、酒石酸钾钠、氢氧化钠、亚硝酸钠、硝酸铝、茛三酮、磷酸二氢钾、无水乙酸钠、N,N-二甲基甲酰胺、硼砂、硼酸、乙醇均为分析纯;甲醇、乙腈为色谱纯。

1.2 仪器与设备

FA1104型电子天平,上海天精电子仪器厂;HH-4数显恒温水浴锅,国华电器;AR1140型电子分析天平,OHAUS;紫外可见分光光度计UV2800,尤尼柯上海仪器有限公司;WH-861微型漩涡混合仪,江西省日博工贸有限公司;PHS-2C型pH计,上海理达仪器厂;全自动氨基酸分析仪,日本Hitachi公司;KQ-50超声波清洗器,昆山市超声仪器有限公司;Milli-Q超纯水处理系统,美国Millipore公司;元素分析仪vario EL III,德国Elementar公司;Optima-5300DV型电感耦合离子体发射光谱仪,美国PE公司。

1.3 实验方法

1.3.1 氨基酸含量的测定

芦笋三个不同部位样品处理后^[4],采用氨基酸自动分析仪进行测定。

1.3.2 C、N、H含量的测定

C、N、H含量采用元素分析仪^[5]进行测定。

1.3.3 矿物质元素含量的测定

Fe、Cu、Zn、Mg、Ca、Se采用电感耦合等离子体

原子发射光谱法(ICP-AES)^[6]进行测定。

1.3.4 芦笋笋基、老茎和叶总皂苷含量的测定

精密称取干燥至恒重的芦笋笋基、芦笋老茎、芦笋叶粉末各1.000 g,用滤纸包裹,置索氏提取器中,用甲醇80℃加热回流提取至提取液无色,回收甲醇溶液并置旋转蒸发仪上挥干甲醇,加入20 mL蒸馏水,用25 mL水饱和的正丁醇萃取3次,并用正丁醇饱和的水洗涤一次,回收正丁醇层溶液并挥发干溶剂,用甲醇定容至50 mL容量瓶中。利用香草醛-高氯酸法^[7],即吸取不同浓度菝葜皂苷元标准品甲醇溶液0.2 mL,加入5%香草醛-冰醋酸溶液0.2 mL,高氯酸0.8 mL,5 mL的冰乙酸,反应5 min,以溶剂作空白,于535 nm处测吸光度。以吸光度对菝葜皂苷元浓度绘制标准曲线,其回归方程为 $Y = 0.7008X + 0.0154$, $R^2 = 0.9990$ 。精密吸取甲醇定容后的样品溶液0.2 mL,按照上述方法测定其吸光度,根据标准曲线计算下脚料中的总皂苷含量。

1.3.5 芦笋笋基、老茎和叶总黄酮含量的测定

精密称取干燥至恒重的芦笋笋基、芦笋老茎、芦笋叶粉末各1.000 g,滤纸包裹,置索氏提取器中,用三氯甲烷80℃加热回流提取至提取液无色,挥干三氯甲烷后,置于索氏提取器中,再加入甲醇继续提取至无色,回收甲醇后,转移至100 mL容量瓶,用无水乙醇定容,摇匀。利用亚硝酸钠-硝酸铝比色法^[8],即吸取各浓度芦丁标准品甲醇溶液1 mL,加入5% NaNO₂溶液0.5 mL,10% Al(NO₃)₃溶液0.5 mL,5.0% NaOH溶液2.5 mL,用蒸馏水定容至10 mL,以溶剂为空白,于509 nm下测定吸光度。以吸光度对芦丁浓度绘制标准曲线,其回归方程为 $Y = 1.4075X - 0.0056$, $R^2 = 0.9992$ 。精密吸取无水乙醇定容后的样品溶液1 mL,按照上述方法测定其吸光度,根据标准曲线计算下脚料中的总黄酮含量。

1.3.6 芦笋笋基、老茎和叶总多糖含量的测定

精密称取干燥至恒重的芦笋笋基、芦笋老茎、芦笋叶粉末各1.000 g,滤纸包裹,置索氏提取器中,用石油醚90℃加热回流提取至提取液无色,挥干药渣中的石油醚后,加入80%乙醇150 mL,90℃回流1 h,抽滤后弃掉滤液,重复此步骤两次,药渣加100 mL蒸馏水于沸水浴回流提取1 h,抽滤后收取滤液,重复此步骤两次,合并两次滤液后用蒸馏水定容至250 mL。利用蒽酮-硫酸法^[9],即量取不同浓度葡萄糖对照品水溶液各1.0 mL,加入0.2%蒽酮硫酸试剂4 mL,沸水浴中加热10 min,以溶剂为空白,于

626 nm 处测定吸收度。以吸光度对葡萄糖浓度绘制标准曲线,其回归方程为 $Y = 6.0141X - 0.0021$, $R^2 = 0.9989$ 。精密吸取蒸馏水定容后的样品溶液 1 mL,按照上述方法测定其吸光度,根据标准曲线计算芦笋下脚料中的总多糖含量。

1.3.7 数据处理

采用 SPSS18.0 统计软件,试验数据采用单因素方差分析 LSD(方差齐)进行统计学处理,实验数据

以平均值 \pm 标准差表示, $P < 0.05$ 表示差异显著, $P < 0.01$ 表示差异非常显著。

2 结果与分析

2.1 芦笋欠开发部位氨基酸含量分析

芦笋欠开发部位氨基酸含量的测定结果见表 1。

表 1 芦笋欠开发部位氨基酸含量分析

Table 1 Analysis of amino acids in different parts (lack of development) of *A. officinalis*

序号 No.	氨基酸 Amino acid	百分含量(以干基计,%) Percentage content (calculated by dry materials,%)			组成 Composition(%)		
		芦笋笋基 stem bottoms	芦笋老茎 old stems	芦笋叶 leaves	芦笋笋基 stem bottoms	芦笋老茎 old stems	芦笋叶 leaves
1	天冬氨酸 Asp	3.15	0.51	1.33	20.97	7.86	9.50
2	谷氨酸 Glu	2.89	1.00	1.84	19.24	15.41	13.14
3	丝氨酸 Ser	0.73	0.37	0.74	4.86	5.70	5.29
4	组氨酸 His	0.23	0.13	0.22	1.53	2.00	1.57
5	精氨酸 Arg	0.64	0.22	0.63	4.26	3.40	4.50
6	甘氨酸 Gly	0.79	0.35	0.80	5.26	5.39	5.71
7	苏氨酸 Thr	0.58	0.27	0.67	3.86	4.16	4.79
8	脯氨酸 Pro	1.39	1.61	2.40	9.26	24.81	17.15
9	丙氨酸 Ala	0.87	0.34	0.87	5.79	5.24	6.21
10	缬氨酸 Val	0.83	0.39	0.93	5.53	6.01	6.65
11	蛋氨酸 Met	0.02	0.01	0.02	0.13	0.15	0.14
12	胱氨酸 Cys-Cys	0.01	0.01	0.02	0.07	0.15	0.14
13	异亮氨酸 Ile	0.63	0.28	0.72	4.19	4.31	5.14
14	亮氨酸 Leu	1.02	0.43	1.26	6.79	6.63	9.00
15	苯丙氨酸 Phe	0.42	0.23	0.63	2.80	3.54	4.50
16	赖氨酸 Lys	0.59	0.29	0.66	3.93	4.47	4.71
17	酪氨酸 Tyr	0.18	0.02	0.20	1.20	0.31	1.43
18	色氨酸 Trp	0.05	0.03	0.06	0.33	0.46	0.43
总计 Total		15.02	6.49	14.00	100.000	100.000	100.000
必需氨基酸 Essential amino acid		4.14	1.93	4.95	27.56	29.74	35.36
儿童必需氨基酸 Essential amino acid for children		0.87	0.35	0.85	5.79	5.39	6.07
鲜味氨基酸 Delicious amino acids		6.04	1.51	3.17	40.21	23.27	22.64
甜味氨基酸 Sweet amino acids		3.78	2.67	4.81	25.17	41.14	34.36
芳香类氨基酸 Aromatic amino acid		0.60	0.25	0.83	3.99	3.85	5.93

表 1 显示,在芦笋笋基、芦笋老茎、芦笋叶中均能检测出 18 种氨基酸三者的氨基酸总量分别为 15.02%、6.49%、14.00%,都高于大白菜等 14 种常

见蔬菜和火龙果等 10 种常见水果^[10]。天冬氨酸作为两种具有多方面用途的药用氨基酸,在人体代谢中占有重要地位,在三者之中含量分别高达

3.15%、0.51%、1.33%。实验数据由酸水解得来,水解过程中天冬酰胺、谷氨酰胺会转变为天冬氨酸及谷氨酸,所以本实验测得的天冬氨酸及谷氨酸除了包括天冬氨酸和谷氨酸,还包含天冬酰胺和谷氨酰胺。

必需氨基酸指机体不能合成或合成速度远不适应机体的需要,必需由食物蛋白供给,这些氨基酸称为必需氨基酸。人体必需氨基酸包括苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸和色氨酸8种,儿童必需氨基酸为组氨酸与精氨酸。由表1分析,芦笋笋基、芦笋老茎、芦笋叶中均含有

表2 芦笋欠开发部位必需氨基酸的比例与氨基酸模式谱的比较

Table 2 Proportion of essential amino acid in different parts (lack of development) of *A. officinalis* and comparison of amino acid pattern (%)

	苏氨酸 Thr	缬氨酸 Val	亮氨酸 Leu	异亮氨酸 Ile	赖氨酸 Lys	蛋氨酸+胱氨酸 Met + Cys	苯丙氨酸+酪氨酸 Phe + Tyr
芦笋笋基 stem bottoms	3.86	5.53	6.79	4.19	3.93	0.20	4.00
芦笋老茎 old stems	4.16	6.01	6.63	4.31	4.47	0.30	3.85
芦笋叶 leaves	4.79	6.65	9.00	5.14	4.71	0.28	5.93
氨基酸模式谱 Amino acid pattern	4.00	5.00	7.00	4.00	5.50	3.50	6.00

由表2可知,蛋氨酸+胱氨酸均为3者的第一限制氨基酸,其含量严重不符合模式谱要求;苯丙氨酸+酪氨酸为芦笋笋基和芦笋老茎的第二限制氨基酸;三者中其它必需氨基酸除芦笋笋基中赖氨酸含量低于模式谱要求外都大于或接近模式谱要求。综合各种指标,芦笋叶中必需氨基酸最符合氨基酸模式谱要求,表明芦笋叶营养价值优于其它两个部位。

鲜味氨基酸包含有天冬氨酸和谷氨酸,芦笋笋基、芦笋老茎及芦笋叶中鲜味氨基酸含量很高,分别

表3 芦笋欠开发部位C、N、H含量(n=3)

Table 3 The content of C, N, H in different parts (lack of development) of *A. officinalis* (n=3)

元素 Element	C (%)	N (%)	H (%)	C/N	蛋白质含量 Content of protein (%)
芦笋笋基 stem bottoms	38.91 ± 0.17	3.83 ± 0.05	4.32 ± 0.06	10.16:1	23.94
芦笋老茎 old stems	42.19 ± 0.08 **	1.27 ± 0.02 **	4.56 ± 0.11 **	33.22:1	7.94
芦笋叶 leaves	43.64 ± 0.1 **▲▲	2.76 ± 0.02 **▲▲	4.64 ± 0.01 **	15.81:1	17.25

注:与芦笋笋基相比,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$;与芦笋老茎相比,▲ $P < 0.05$,▲▲ $P < 0.01$ 。下同。

Note: compare with stem bottoms of *A. officinalis*, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; compare with old stems of *A. officinalis*, ▲ $P < 0.05$, ▲▲ $P < 0.01$. Same as below.

表3显示,芦笋不同部位废弃物之间C、N含量具有极显著差异($P < 0.01$)。芦笋笋基C、H含量最低,而N含量最高,为3.83%,换算为蛋白质含量为23.84%,所以其C/N最低,仅为10.16:1;芦笋

这十种氨基酸,其中8种必需氨基酸含量分别为4.14%、1.93%及4.95%,都高于大白菜等14种常见蔬菜和火龙果等10种常见水果^[10]。儿童必需氨基酸含量分别为0.87%、0.35%和0.85%,占氨基酸总量分别为5.79%、5.39%及6.07%,提示芦笋欠开发部位可以加工成为营养强化剂等添加至食品中,可根据不同的人群调整其用量。

分别计算苏氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、蛋氨酸+胱氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸占氨基酸总量的相对含量,并与1973年FAO/WHO修订的人体必需搭配含量模式谱比较^[11],结果见表2。

为6.04%、1.51%及3.17%;甜味氨基酸含量为丙氨酸、甘氨酸、脯氨酸、丝氨酸含量之和,其含量分别为3.78%、2.67%和4.81%;芳香类氨基酸为苯丙氨酸和酪氨酸含量之和^[12],其含量分别为0.60%、0.25%和0.83%,提示芦笋欠开发部位也可加工成为天然的调味料,增加食品的鲜味、甜味和香味。

2.2 芦笋欠开发部位C、N、H含量分析

采用JY/T 017-1996方法对芦笋欠开发部位C、N、H含量进行测定,结果见表3。

叶C、H含量最高,N含量显著高于芦笋老茎,但显著低于芦笋笋基;芦笋老茎N含量最低,仅为1.27%,换算为蛋白质含量为7.94%,但其C/N最高,为33.22:1。一般沼气发酵所需的C/N为20~

30:1,食用菌菌丝生长所需 C/N 为 15~20:1,子实体生长期所需 C/N 约为 30~40:1^[13],因此芦笋老茎即可以作为沼气发酵原料,也可以用来培养食用菌菌丝和子实体。芦笋笋基和芦笋叶可调整其用量,用作食用菌培养培养原料。

表 4 芦笋欠开发部位的矿质元素含量($n=3$)

Table 4 The content of mineral elements in different parts (lack of development) of *A. officinalis* ($n=3$)

矿质元素 Mineral elements (mg/Kg)	Cu	Fe	Zn	Mg	Ca	Se
芦笋笋基 stem bottoms	21 ± 2.65	1280 ± 5.29	43 ± 3.61	1404 ± 20.66	3031 ± 13.74	0.24 ± 0.01
芦笋老茎 old stems	15 ± 2*	73 ± 4.58**	<10**	686 ± 15.13**	4028 ± 13.53**	0.21 ± 0.01*
芦笋叶 leaves	11 ± 1.73**	382 ± 4.36**▲▲	27 ± 3.61**▲▲	2220 ± 12.12**▲▲	9525 ± 18**▲▲	0.60 ± 0.01**▲▲

由表 4 可知,三者的矿质元素含量十分丰富,含量差异显著,但均超过常见果蔬矿质元素含量^[14]。矿物质元素是机体的重要组成部分,不仅维持着细胞的渗透压与机体的酸碱平衡外,对机体的特殊生理功能还有重要作用。Ca 是构成骨骼和牙齿的主要成分之一,可促进血液凝固,控制神经兴奋,对心脏的正常收缩与迟缓有重要作用;Mg 是骨骼的组成元素之一,是参与人体内三羧酸循环的重要元素,也具有抑制神经兴奋的作用,若缺乏 Mg 会使人易激动,产生疲乏;Se 是人体内一种必需的微量元素,是谷胱甘肽过氧化物酶和烟酸羟化酶的组成部分,增强机体的抗病能力、提高记忆力,防止衰老和发生心血管疾病,具有较好的抗癌、防癌作用。芦笋叶中 Mg、Ca、Se 的含量最高,极显著($P < 0.01$)高于其它两个部位,尤其是 Se 的含量为 0.60 mg/kg。

Fe 是人体内含量最多的必需微量元素,是骨髓造血系统的主要原料,可清除体内过氧化物,是许多

表 5 芦笋欠开发部位功能成分含量测定结果($n=3$)

Table 5 The content of active components in different parts (lack of development) of *A. officinalis* ($n=3$)

	总皂苷(以菝葜皂苷元计,%) Total saponins (calculated by Sarsasapogenin, %)	总黄酮(以芦丁计,%) Total flavonoid (calculated by rutin, %)	总多糖(以葡萄糖计,%) Total polysaccharides (calculated by glucose, %)
芦笋笋基 stem bottoms	3.34 ± 0.12	0.17 ± 0.01	4.36 ± 0.03
芦笋老茎 old stems	3.51 ± 0.02	0.33 ± 0.01**	2.03 ± 0.03**
芦笋叶 leaves	6.95 ± 0.14**▲▲	0.77 ± 0.02**▲▲	3.44 ± 0.06▲▲

由表 5 可知,芦笋欠开发部位中均富含活性功能成分。芦笋叶总皂苷与总黄酮含量最高,极显著($P < 0.01$)高于其它两个部位,总多糖的含量与总多糖含量最高的芦笋笋基相比无显著性差异,极显著($P < 0.01$)高于芦笋老茎的总多糖含量。综合分

2.3 芦笋欠开发部位矿质元素含量分析

采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)^[6]法对 Fe、Cu、Zn、Mg、Ca、Se 进行测定,结果见表 4。

酶的组成成分和氧化还原反应酶的激活剂,如果缺 Fe,会导致缺 Fe 性贫血;Zn 已知存在于至少 25 种食物消化和营养素代谢的酶中,能维持机体细胞膜的稳定性并参与新陈代谢;Cu 与中枢神经系统的结构和功能有关,与机体免疫力和清除自由基也有关系,缺 Cu 可引将导致心脏肥大、生长停滞等一系列病症,Cu 不足时还将影响 Fe 的利用^[10]。芦笋笋基中 Cu、Fe、Zn 含量最为丰富,Cu 含量显著($P < 0.05$)高于芦笋老茎的 Cu 含量,极显著($P < 0.01$)高于芦笋叶的 Cu 含量,Fe、Zn 含量均极显著($P < 0.01$)高于其它两个部位。由矿物质元素分析表明,芦笋欠开发部位营养价值高,保健功能齐全。

2.4 芦笋欠开发部位总皂苷、总黄酮和总多糖含量测定结果

根据“2.2.1”、“2.2.2”、“2.2.3”的测定方法,芦笋欠开发部位总皂苷、总黄酮和总多糖的含量见表 5。

析表明,芦笋叶的功能成分在三者中最优。

3 讨论

通过对芦笋欠开发部位氨基酸含量、碳水化合物含量、矿物质元素含量和总皂苷、总黄酮、总多糖

含量的分析,并且综合比较了这些成分在芦笋欠开发部位中的差异,芦笋笋基、芦笋老茎、芦笋叶各种营养成分和矿质元素均高于一般蔬菜和水果,是亟待开发的废弃资源,特别是对保健食品和医疗行业的发展具有重要的意义,为其他天然产物的废弃资源的开发提供了思路。当前芦笋已得到大力开发,而对于芦笋笋基、芦笋老茎、芦笋叶开发报道很少,不仅造成资源浪费还污染环境,所以应加强对芦笋笋基、芦笋老茎、芦笋叶资源开发利用的研究工作。

研究发现,芦笋叶无论是营养成分还是功能成分含量在三种芦笋欠开发部位中都占最佳,可以利用芦笋叶加工芦笋饮料、芦笋茶,也可以提取芦笋叶中营养和功能成分作为营养强化剂添加至婴幼儿配方食品中。芦笋笋基虽没有芦笋叶营养丰富,但营养及功能成分含量较高,其总皂苷含量为三个部位之最,且芦笋笋基颜色发白,可用以芦笋皂苷、多糖等功能成分的提取。芦笋老茎含有的营养及功能成分比起经常使用的果蔬也毫不逊色,而且芦笋老茎C/N为33:1,可以作为沼气发酵原料和培养食用菌菌丝和子实体营养物质。三种芦笋欠开发部位均含有大量的功能营养物质,具有极大的开发利用价值。

参考文献

- Li ZY(李正应). Rare Vegetable Cultivation Technology(稀有蔬菜栽培技术). Beijing: Scientific and Technical Documentation Press, 1997. 265-266.
- Gao WG(高文庚), Wang H(王红), Wu AG(武爱国). Analysis on nutrient composition of discarded Asparagus. *Chin Countryside Well-off Technol*(中国农村小康科技), 2007, 1:73-75.
- Gu ZX(顾振新), Zhang JH(张建惠). Studies on nutritive value development and utilization of discarded raw materials of Asparagus. *J Nanjing Agric Univ*(南京农业大学学报), 1994, 17:111-117.
- China Academy of Preventive Medical Sciences. GB/T 5009.124-2003. Beijing: China Standards Press, 2004.
- China Education Commission. JY/T 017-1996. Beijing: China Standards Press, 1997.
- Wan YQ(万益群), Xiao LF(肖丽凤), Liu YX(柳英霞), et al. Determination of trace elements in different parts of grapefruit by ICP-AES. *Spectro Spectral Anal*(光谱学与光谱分析), 2008, 28:2177-2180.
- Sun J(孙健), Li M(李曼), Wang LW(王丽卫), et al. Ultrasonic-assisted extraction of saponins from *Asparagus officinalis* Scraps. *Food Sci*, 2011, 32:152-154.
- Chinese Pharmacopoeia Commission(国家药典委员会). Pharmacopoeia of the People's Republic of China(中华人民共和国药典). Beijing: China Medical Science Press, 2005, 23:128.
- Fu ZH(付志红), Xie MY(谢明勇), Nie SP(聂少平), et al. Polysaccharide content in different varieties of Plantago. *China J Chin Mater Med*(中国中药杂志), 2004, 29:581-582.
- Yang YX(杨月欣), Wang GZ(王广正), Pan XC(潘兴昌). China Food Composition(中国食物成分表). Beijing: Beijing Medical University Press, 2002.
- Tianjin Poly-technic University, Wuxi University of Light Industry. Food Biochemistry(食品生物化学). Beijing: China Light Industry Press, 1981.
- Wang B(王彬), Cai YQ(蔡永强), Zheng W(郑伟). Analysis on the amino acid content and the composition in the Pitaya fruit. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通报), 2009, 25:210-214.
- Wang HX(王贺祥). Food Mycology(食用菌学). Beijing: China Agriculture Press, 2004. 42.
- Xiang CG(向昌国), Li WF(李文芳), Chen YB(陈阳波), et al. Analysis on the nutritional components in stem, leaf and flower of pumpkin. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2010, 22:68-71.
- Meyer BN, Ferrigni NR, Putnana JE, et al. Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Med*, 1982, 45, 31-34.
- Yang SX, Gao JM, Zhang AL, et al. Sannastatin, a novel toxic macrolactam polyketide glycoside produced by actinomycete *Streptomyces sannanensis*. *Bioorg Med Chem Lett*, 2011, 21:3905-3908.

(上接第 1392 页)

- Hussain H, Ahmed I, Schulz B, et al. Pyrenocines J-M: four new pyrenocines from the endophytic fungus, *Phomopsis sp.* *Fitoterapia*, 2012, 83:523-526.
- Kawagishi H, Katsumi R, Sazawa T, et al. Cytotoxic steroids from the mushroom *Agaricus blazei*. *Phytochem*, 1988, 27:2777-2779.