

不同年生和不同部位人参样品有效成分的比较

陈丽雪¹, 曲迪², 华梅², 高坤¹, 孙印石^{1,2,*}

(1. 吉林农业大学中药材学院, 吉林 长春 130118; 2. 中国农业科学院特产研究所, 吉林 长春 130112)

摘要: 比较不同年生和不同部位人参中单体皂苷、总皂苷、总多糖、氨基酸、蛋白质的含量差异, 旨在为全面评价及综合利用人参提供参考依据。采用超高效液相色谱法、香草醛-硫酸显色法、苯酚-硫酸显色法、阳离子交换色谱法、杜马斯燃烧法分别对不同年生及不同部位的人参中单体皂苷、总皂苷、总多糖、17种氨基酸、粗蛋白的含量进行测定, 比较其差异。不同年生(3~6 a)样品中单体皂苷、总皂苷、氨基酸、粗蛋白含量为6 a生人参最高, 分别为30.94、59.77、96.53、170.11 mg/g; 总多糖含量为5 a生最高, 为22.80 mg/g。5 a生根的不同入药部位(芦头/主根/侧根/须根)样品中总多糖、氨基酸、粗蛋白含量为芦头最高, 分别为25.94、121.76、193.36 mg/g; 单体皂苷和总皂苷含量为须根最高, 分别为75.01、67.94 mg/g。5 a生不同生物学部位(根/茎/叶/花)人参样品中总多糖含量为叶最高, 为35.09 mg/g; 单体皂苷、总皂苷、氨基酸、粗蛋白含量为花最高, 分别为105.99、113.78、137.53、255.05 mg/g。人参皂苷生物活性研究表明, 不同年生皂苷含量为6 a生人参最高, 5 a生不同部位中皂苷含量为人参花中最高, 从营养成分更全面的角度分析, 亦是6 a生人参和5 a生人参花中营养成分含量更高。

关键词: 人参; 不同年生; 不同部位; 有效成分

A Comparative Study of Effective Components in Ginseng Samples from Different Parts and Ages

CHEN Lixue¹, QU Di², HUA Mei², GAO Kun¹, SUN Yinshi^{1,2,*}

(1. College of Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;

2. Institute of Special Animals and Plants Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130112, China)

Abstract: In order to provide a guidance for the overall evaluation and comprehensive utilization of ginseng, we compared the contents of ginsenosides, total saponins, total polysaccharides, amino acids and protein in different parts of ginseng of different ages. Ultra-high performance liquid chromatography, the vanillin-sulfuric acid method, the phenol-sulfuric acid method, cation-exchange chromatography and Dumas combustion method were adopted to determine the contents of ginsenosides, total saponins, total polysaccharides, 17 amino acids and crude protein. Among samples with different ages (3–6 years old), 6-year-old ginseng roots had the highest contents of ginsenosides, total saponins, amino acids and crude protein, which were 30.94, 59.77, 96.53, and 170.11 mg/g, respectively. The content of total polysaccharides was the highest in 5-year-old ginseng roots (22.80 mg/g). The highest contents of polysaccharides, amino acids and crude protein of 25.94, 121.76, and 193.36 mg/g, respectively were found in rhizome among different medicinal parts of 5-year-old ginseng (rhizome, main root, lateral root and fibrous root), whereas fibrous root had the highest contents of ginsenosides and total saponins (75.01 and 67.94 mg/g). Among different biological parts (root, stem, leaf and flower) of 5-year-old ginseng, leaves contained the highest total polysaccharides (35.09 mg/g), while flowers had the highest contents of ginsenosides, total saponins, amino acids and crude protein, which were 105.99, 113.78, 137.53 and 255.05 mg/g, respectively. This study showed that among ginseng samples with different ages, 6-year-old ginseng roots had the highest content of saponins, and among different parts of 5-year-old ginseng, ginseng flowers have the highest content of saponins, with important biological activities. From a nutritional viewpoint, 6-year-old ginseng roots and 5-year-old ginseng flowers had higher levels of nutrients.

Keywords: ginseng; different ages; different parts; effective components

收稿日期: 2018-03-20

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31200261)

第一作者简介: 陈丽雪(1993—)(ORCID: 0000-0003-3035-5534), 女, 硕士研究生, 主要从事中药质量评价及产品开发研究。

E-mail: c18844143196@163.com

*通信作者简介: 孙印石(1980—)(ORCID: 0000-0002-1889-4984), 男, 研究员, 博士, 主要从事特种动植物产品加工研究。

E-mail: sunyinshi2015@163.com

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180320-260

中图分类号: TS201.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2019) 08-0124-06

引文格式:

陈丽雪, 曲迪, 华梅, 等. 不同年生和不同部位人参样品有效成分的比较[J]. 食品科学, 2019, 40(8): 124-129.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180320-260. <http://www.spkx.net.cn>CHEN Lixue, QU Di, HUA Mei, et al. A comparative study of effective components in ginseng samples from different parts and ages[J]. Food Science, 2019, 40(8): 124-129. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20180320-260. <http://www.spkx.net.cn>

人参 (*Panax ginseng* C.A. Mey.) 是五加科植物人参的干燥根和根茎, 具有大补元气, 补脾益肺、生津养血、安神益智等功效^[1]。人参作为一种传统药物已有数千年的食用和药用历史, 现代研究表明, 人参具有抗癌^[2-3]、抗糖尿病^[4]、抗衰老^[5-6]、抗抑郁^[7]、抗炎^[8-9]、增强免疫力^[10-11]等多种医疗保健功效, 同时也是食品加工、临床及保健的重要原料^[12-14]。人参的多个部位可以作为食用^[15-16]和药用^[17-18], 作为典型的多年生草本植物, 产品质量起伏较大, 一直是人们关注的焦点。

人参的主要活性成分包括皂苷、维生素、多糖、蛋白质、有机酸、氨基酸及多肽等^[19-23]。近年来, 有关人参的研究主要集中在有效成分的分析及药理作用上^[24-25], 但综合对比分析人参不同生长年限及不同部位 (包括入药部位和生物学部位) 的化学成分差异报道较少。本实验对比分析不同年生及不同部位人参单体皂苷、总皂苷、总多糖、氨基酸、蛋白质含量, 并进行详细分析, 以期为其实际应用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

3~6 a生人参, 5 a生人参芦头、主根、侧根、须根, 茎、叶、花须由吉林中森药业种植基地提供, 并经吉林农业大学中药材学院李伟教授鉴定。将样品粗粉过筛 (60 目), 装袋, 标记对应名称3~6 a生人参编号分别为A1、A2、A3、A4; 5 a生人参芦头、主根、侧根、须根编号分别为B1、B2、B3、B4; 5 a生人参根、茎、叶、花编号分别为C1、C2、C3、C4。

人参单体皂苷标准品Rg₁、Re、Rf、Rh₁、Rg₂、Rb₁、Rc、Rb₂、Rb₃、Rd、香兰素 上海源叶生物科技有限公司; 氨基酸混合标准液 (H型) 日本Wako公司; 甲醇、乙腈 (均为色谱纯) 美国Thermo Fisher公司; 超纯水 (Milli-Q Advantage A10超纯水器制备); EDTA基准物质、硅藻土、锡箔纸 意大利VELP公司; 葡萄糖 国药集团化学试剂有限公司; 苯酚 天津市光复精细化工研究所; 浓硫酸、正丁醇、盐酸 (均为分析纯) 北京化工厂。

1.2 仪器与设备

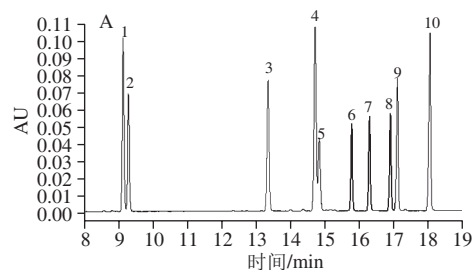
752N紫外分光光度计 上海仪电分析仪器有限公司; NDA701杜马斯快速定氮仪 意大利VELP公司; L-8900全自动氨基酸分析仪 日本Hitachi公司; ACQUITY UPLC H-Class超高效液相色谱仪 美国Waters公司; MS204S电子分析天平 瑞士Mettler Toledo公司; Milli-Q Advantage A10超纯水器 美国Millipore公司; 低速台式大容量离心机 上海菲恰尔分析仪器有限公司。

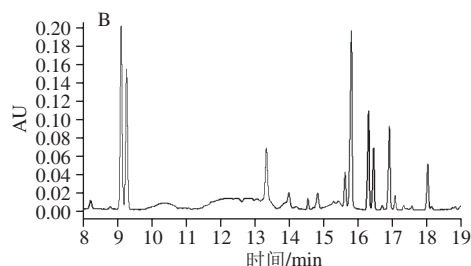
1.3 方法

1.3.1 人参单体皂苷的测定

对照品溶液的制备: 精密称取适量人参皂苷对照品, 用甲醇溶解配制成人参皂苷Rg₁、Re、Rf、Rh₁、Rg₂、Rb₁、Rc、Rb₂、Rb₃、Rd质量浓度分别为0.324、0.288、0.302、0.326、0.224、0.258、0.264、0.270、0.282、0.328 mg/mL的混合对照品溶液, 取适量置于进样瓶, 进行上机检测, 得标准品色谱图 (图1A)。

供试品溶液的制备: 准确称取人参粉末加入25 mL甲醇混合, 超声提取30 min两次, 以8 000 r/min离心5 min, 合并提取液至旋转蒸发瓶中进行干燥, 将干燥物转移到5 mL容量瓶中, 并用甲醇定容, 用标准人参皂苷或提取样品的混合物溶解于5 mL甲醇中, 过滤到 (0.22 μm) 样品瓶中进行分析。采用Acquity UPLC H-级C₁₈柱 (2.1 mm×50 mm, 1.7 μm)。乙腈和超纯水为洗脱剂, 采用梯度洗脱法分离人参皂苷, 流速1.0 mL/min, 进样量20 μL, 检测波长203 nm。人参典型样品色谱图见图1B。





1~10. 分别为Rg₁、Re、Rf、Rh₁、Rg₂、Rb₁、Rc、Rb₂、Rb₃、Rd。

图1 人参皂苷混合标准品(A)和人参样品(B)色谱图

Fig. 1 Chromatograms of mixture of ginsenoside standards (A) and ginseng sample (B)

1.3.2 人参总皂苷的测定

总皂苷标准曲线的绘制：精密称取人参皂苷Re对照品10 mg于5 mL容量瓶中，加甲醇适量溶解并定容至刻度，配制成1 mg/mL的人参皂苷Re的标准溶液。取7支试管依次加入0、20、40、60、80、100、120 μ L人参皂苷Re标准溶液，甲醇补充至200 μ L，充分混匀后，在80 $^{\circ}$ C干燥，加入8%香兰素和72% H₂SO₄溶液在60 $^{\circ}$ C进行显色反应10 min，放到冷水中10 min，于544 nm波长处测定吸光度，以甲醇为空白对照。以人参皂苷Re标准品溶液质量浓度为横坐标，吸光度为纵坐标，绘制标准曲线。回归方程为 $Y=1.026X-0.0063$ ， $R^2=0.9982$ 。

供试品溶液的制备：准确称取人参粉末0.5 g，加15 mL水饱和正丁醇，在50 $^{\circ}$ C超声提取30 min两次，以8 000 r/min离心5 min，提取两次的溶剂合并后与20 mL蒸馏水混合，静止30 min后，8 000 r/min离心5 min，将上清液转移至50 mL容量瓶中，用甲醇定容。取萃取液200 μ L至试管中，在80 $^{\circ}$ C干燥，加入8%香兰素和72% H₂SO₄溶液在60 $^{\circ}$ C进行显色反应10 min，然后放到冷水中10 min。以人参皂苷Re作为人参总皂苷的标准品，用紫外分光光度计于544 nm波长处测定吸光度。

1.3.3 人参总多糖的测定

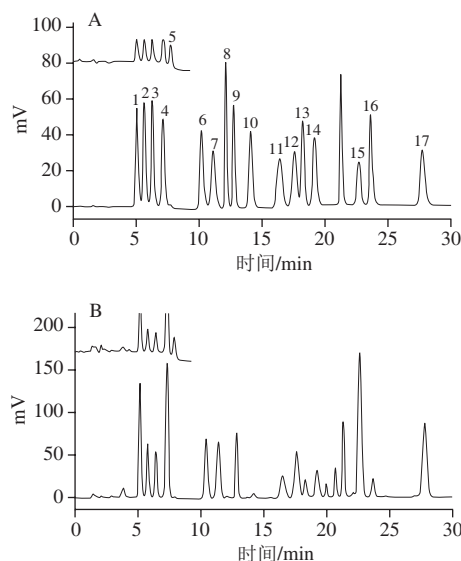
总多糖标准曲线得绘制：精密称取葡萄糖标准品10 mg于10 mL容量瓶中，蒸馏水定容至刻度，配制成1 mg/mL的葡萄糖标准溶液。取7支试管依次加入0、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2 mL葡萄糖标准溶液，蒸馏水补充至2 mL，充分混匀后，依次取出0.5 mL不同质量浓度标准品至试管中加入6%苯酚0.5 mL，加入质量分数为98%浓硫酸2.5 mL，室温放置30 min冷却，于490 nm波长处测定吸光度，空白对照以蒸馏水代替糖溶液。以葡萄糖质量浓度为横坐标，吸光度为纵坐标，绘制标准曲线。回归方程为 $Y=0.0106X-0.0063$ ， $R^2=0.9989$ 。

供试品溶液的制备：准确称取人参粉末0.5 g，加入10 mL蒸馏水在50 $^{\circ}$ C超声提取30 min两次，将两次滤液合并获得上清液，上清液中加入无水乙醇，在4 $^{\circ}$ C过夜沉淀，离心后加入50 mL蒸馏水在50 $^{\circ}$ C超声溶解沉淀，

取1 mL提取液稀释10倍，用苯酚-硫酸比色法测定人参总多糖的含量。用紫外分光光度计于490 nm波长处测定吸光度。

1.3.4 人参氨基酸的测定

氨基酸标准图谱的绘制：氨基酸混合标准液组分：天冬氨酸(Asp)、苏氨酸(Thr)、丝氨酸(Ser)、谷氨酸(Glu)、脯氨酸(Pro)、甘氨酸(Gly)、丙氨酸(Ala)、半胱氨酸(Cys)、缬氨酸(Val)、甲硫氨酸(Met)、异亮氨酸(Ile)、亮氨酸(Leu)、酪氨酸(Tyr)、苯丙氨酸(Phe)、赖氨酸(Lys)、组氨酸(His)、精氨酸(Arg)，各组分浓度均为2.5 mmol/L。用0.1 mol/L HCl溶液将混合标准液稀释1 000倍，取适量置于进样瓶，参考标准GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》对标准品进行上机测试，得标准氨基酸色谱图(图2A)。设定通道1(VIS 1)位570 nm波长通道，通道2(VIS 2)位440 nm波长通道，除Pro在VIS 2显示外，其余16种氨基酸组分均在VIS 1显示，人参样品典型氨基酸色谱图见2B。



1~17. 分别为Asp、Thr、Ser、Glu、Pro、Gly、Ala、Cys、Val、Met、Ile、Leu、Tyr、Phe、Lys、His、Arg。

图2 氨基酸混合标准品(A)和人参样品(B)色谱图

Fig. 2 Chromatograms of mixture of amino acid standards (A) and ginseng sample (B)

水解氨基酸试样制备：准确称取人参粉末0.5 g，置于35 mL水解管中；加6 mol/L HCl溶液20 mL，拧紧螺旋塞密封；超声10 min；于恒温干燥箱中110 $^{\circ}$ C水解22 h，水解结束冷却至室温，每管取800 μ L至小试管，70 $^{\circ}$ C真空干燥挥干溶剂；用0.22 μ m水系针头过滤器过至样品瓶，上机备用。

1.3.5 人参粗蛋白的测定。

氮量标准曲线的绘制：准确称取乙二胺四乙酸

(ethylenediaminetetraacetic, EDTA) (基准物质) 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100 mg, 置于锡箔纸中, 紧密包裹, 用压样器排除内部空气, 压实, 依次放入仪器自动进样器样品槽中, 盖上进样器盖子保持密闭空间, 上机检测。以EDTA总氮量为横坐标(X)、峰面积为纵坐标(Y)绘制标准曲线, 得回归方程 $Y=1.761\ 93\times 10^{-3}+2.998\ 786\times 10^{-4}X-1.497\ 155\times 10^{-9}X^2+1.614\ 818\times 10^{-14}X^3$, $R^2=0.999\ 9$ 。

粗蛋白试样的制备: 准确称取人参粉末50 mg, 参照1.3.5节方法进行上机测试。取压实的空锡箔纸作为空白试样。

1.4 数据处理

所有数据采用IBM SPSS Statistics 19.0和Origin 8.0软件处理, 应用单因素方差分析对数据进行显著性分析。所有数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示。

2 结果与分析

2.1 不同年生人参有效成分含量

不同年生人参单体皂苷含量如表1所示, 人参总皂苷含量如图3所示, 随着生长年限的增长, 人参皂苷含量呈逐年增加趋势, 人参10种单体皂苷含量分别为9.26、23.72、25.93、30.94 mg/g, 均具有显著性差异($P<0.05$), 总皂苷含量分别为24.6、43.39、51.39、59.77 mg/g, 且3~4年生人参间皂苷含量增加最快, 随着参龄的增加, 皂苷含量呈逐年上升的趋势, 但增加幅度随参龄的增加而减少。其中 Rg_1 、 Re 、 Rb_1 含量随参龄变化较大, 其总量分别占3、4、5、6 a生的65%、64%、77%、76%。

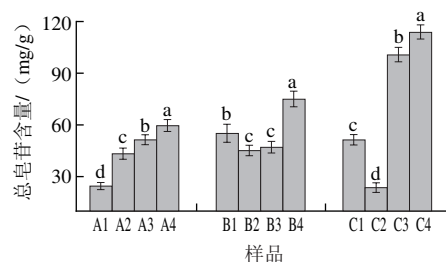
表1 不同年生及不同部位人参单体皂苷含量
Table 1 Ginsenoside contents in ginseng samples from different ages and parts

样品	Rg_1	Re	Rf	Rb_1	Rg_2	Rb_2	Rc	Rb_3	Rb_4	Rd	总和
A1	1.55 ± 0.12^a	2.80 ± 0.10^a	0.65 ± 0.07^a	0.02 ± 0.01^a	0.14 ± 0.01^a	1.65 ± 0.10^a	1.00 ± 0.01^a	0.85 ± 0.03^a	0.15 ± 0.01^a	0.45 ± 0.03^a	9.26 ± 0.49^a
A2	6.75 ± 0.07^b	3.95 ± 0.02^b	1.40 ± 0.04^b	0.03 ± 0.01^b	0.17 ± 0.01^b	4.55 ± 0.07^b	2.85 ± 0.07^b	2.35 ± 0.10^b	0.25 ± 0.02^b	1.40 ± 0.04^b	23.72 ± 0.45^b
A3	9.05 ± 0.11^c	4.85 ± 0.09^c	1.35 ± 0.03^c	0.03 ± 0.01^c	0.25 ± 0.01^c	6.15 ± 0.08^c	1.95 ± 0.04^c	1.40 ± 0.01^c	0.20 ± 0.02^c	0.70 ± 0.02^c	25.93 ± 0.42^c
A4	9.95 ± 0.11^c	6.25 ± 0.18^c	1.55 ± 0.14^c	0.05 ± 0.01^c	0.29 ± 0.02^c	7.35 ± 0.18^c	2.45 ± 0.07^c	2.10 ± 0.06^c	0.25 ± 0.01^c	0.70 ± 0.02^c	30.94 ± 0.80^c
B1	10.13 ± 0.18^c	5.36 ± 0.14^c	2.20 ± 0.10^c	0.07 ± 0.02^c	0.31 ± 0.02^c	7.39 ± 0.13^c	2.05 ± 0.03^c	1.75 ± 0.05^c	0.20 ± 0.01^c	0.60 ± 0.02^c	30.06 ± 0.68^c
B2	11.65 ± 0.21^d	2.05 ± 0.10^d	1.70 ± 0.05^d	0.05 ± 0.01^d	0.23 ± 0.02^d	4.45 ± 0.11^d	1.95 ± 0.03^d	1.55 ± 0.03^d	0.15 ± 0.01^d	0.45 ± 0.02^d	24.23 ± 0.59^d
B3	9.75 ± 0.19^c	4.95 ± 0.05^c	1.80 ± 0.07^c	0.05 ± 0.01^c	0.27 ± 0.03^c	5.65 ± 0.06^c	2.01 ± 0.05^c	2.10 ± 0.09^c	0.45 ± 0.03^c	1.08 ± 0.04^c	28.11 ± 0.61^c
B4	12.60 ± 0.21^d	11.95 ± 0.16^d	4.80 ± 0.04^d	0.06 ± 0.02^d	0.33 ± 0.03^d	11.70 ± 0.25^d	10.50 ± 0.17^d	8.90 ± 0.07^d	1.10 ± 0.03^d	6.00 ± 0.12^d	67.94 ± 1.10^d
C1	9.05 ± 0.15^c	4.85 ± 0.13^c	1.35 ± 0.05^c	0.03 ± 0.01^c	0.25 ± 0.01^c	6.15 ± 0.08^c	1.95 ± 0.12^c	1.40 ± 0.03^c	0.20 ± 0.01^c	0.70 ± 0.01^c	25.93 ± 0.60^c
C2	1.25 ± 0.07^a	2.10 ± 0.06^a	0.35 ± 0.02^a	0.01 ± 0.00^a	0.01 ± 0.00^a	0.45 ± 0.01^a	0.25 ± 0.01^a	0.45 ± 0.01^a	0.15 ± 0.01^a	0.35 ± 0.01^a	5.37 ± 0.20^a
C3	15.30 ± 0.27^d	32.55 ± 0.25^d	2.55 ± 0.08^d	0.08 ± 0.02^d	0.43 ± 0.03^d	8.50 ± 0.14^d	1.70 ± 0.01^d	10.05 ± 0.18^d	5.70 ± 0.09^d	12.95 ± 0.13^d	89.81 ± 1.20^d
C4	19.00 ± 0.31^d	39.70 ± 0.29^d	1.80 ± 0.04^d	0.06 ± 0.01^d	0.38 ± 0.02^d	7.35 ± 0.23^d	8.50 ± 0.25^d	8.50 ± 0.18^d	0.90 ± 0.06^d	19.80 ± 0.34^d	105.99 ± 1.73^d

注: 肩标不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

人参总多糖含量如图4所示, 3、4、5、6年生人参的总多糖含量分别为12.48、18.86、22.80、19.84 mg/g, 5年生>6年生>4年生>3年生, 且6年生与4年生人参没有显著

差异($P>0.05$), 表明3~5年生人参总多糖随着参龄的增加呈逐年上升的趋势, 但6年生多糖含量有所降低; 人参氨基酸含量如表2所示, 3~6年生人参的氨基酸含量分别为93.34、71.21、65.77、96.53 mg/g, 6年生>3年生>4年生>5年生, 且具有显著性差异($P<0.05$), 表明, 3~5年生人参氨基酸含量随着参龄的增加呈逐年递减趋势, 但6年生含量有所增加, 且要高于3年生人参含量。不同年生人参粗蛋白含量如图5所示, 3~6年生人参的粗蛋白含量为155.06、156.14、163.89、170.11 mg/g, 6年生>5年生>4年生>3年生, 且3年生与4年生没有显著性差异($P>0.05$), 5年生与6年生没有显著性差异($P>0.05$)。



不同字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

图3 不同年生及不同部位人参总皂苷含量

Fig. 3 Total saponin contents in ginseng samples from different ages and parts

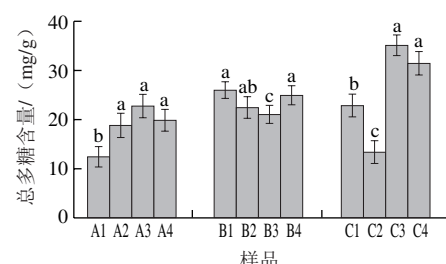


图4 不同年生及不同部位人参总多糖含量

Fig. 4 Total polysaccharide contents in ginseng samples from different ages and parts

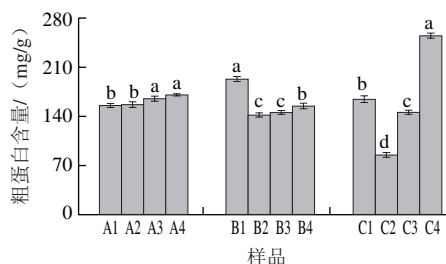


图5 不同年生及不同部位人参粗蛋白含量

Fig. 5 Total crude protein contents in ginseng samples from different ages and parts

2.2 5年生人参根的不同入药部位有效成分含量

人参单体皂苷含量如表1所示, 芦头、主根、侧根、

表 2 不同年生及不同部位人参氨基酸含量
Table 2 Amino acid contents in ginseng samples from different ages and parts

样品	mg/g																	总和
	Asp	Thr	Ser	Glu	Gly	Ala	Cys	Val	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	His	Arg	Pro	
A1	8.50±0.05 ^b	3.13±0.02 ^a	2.71±0.01 ^a	14.41±0.12 ^b	3.85±0.01 ^a	4.74±0.02 ^b	0.40±0.04 ^c	3.84±0.03 ^a	0.00±0.00 ^b	6.05±0.05 ^c	2.16±0.01 ^{ab}	3.35±0.02 ^a	7.62±0.06 ^c	0.56±0.02 ^a	1.96±0.01 ^b	26.53±0.36 ^{ab}	3.51±0.08 ^c	93.34±0.91 ^b
A2	6.40±0.04 ^c	2.32±0.01 ^b	1.70±0.01 ^b	7.28±0.09 ^c	2.06±0.07 ^c	4.56±0.02 ^{bc}	0.53±0.01 ^c	3.45±0.03 ^b	0.10±0.001 ^a	5.08±0.08 ^b	2.06±0.08 ^b	2.81±0.08 ^b	1.55±0.01 ^d	0.29±0.01 ^c	1.53±0.06 ^c	24.86±0.29 ^b	4.64±0.07 ^b	71.21±0.96 ^c
A3	6.13±0.08 ^c	2.18±0.02 ^b	1.58±0.01 ^b	6.62±0.07 ^c	1.42±0.02 ^d	4.34±0.06 ^c	0.50±0.01 ^{ab}	3.07±0.03 ^c	0.11±0.001 ^a	4.37±0.09 ^c	1.84±0.06 ^c	2.43±0.02 ^c	2.78±0.10 ^c	0.25±0.02 ^c	1.39±0.01 ^c	21.59±0.24 ^c	5.16±0.06 ^d	65.77±0.88 ^d
A4	9.15±0.11 ^a	3.15±0.02 ^a	2.53±0.01 ^a	16.28±0.21 ^a	3.65±0.06 ^b	5.15±0.02 ^a	0.47±0.02 ^b	3.79±0.12 ^c	0.10±0.00 ^a	6.03±0.13 ^a	2.39±0.07 ^a	3.36±0.04 ^a	5.67±0.07 ^b	0.46±0.04 ^a	2.25±0.01 ^a	28.80±0.24 ^a	3.30±0.05 ^c	96.53±1.22 ^a
B1	13.60±0.12 ^a	4.72±0.08 ^a	4.04±0.08 ^a	24.01±0.24 ^a	6.47±0.09 ^a	6.97±0.05 ^a	0.56±0.01 ^a	5.95±0.05 ^a	0.16±0.01 ^a	9.14±0.14 ^a	3.32±0.06 ^a	4.87±0.06 ^a	5.57±0.08 ^b	0.40±0.01 ^b	6.44±0.13 ^b	23.79±0.18 ^{ab}	4.83±0.04 ^b	121.76±1.27 ^a
B2	8.70±0.04 ^c	3.35±0.07 ^c	2.86±0.05 ^c	12.19±0.20 ^c	4.46±0.03 ^c	5.23±0.07 ^c	0.39±0.01 ^b	3.93±0.16 ^c	0.16±0.01 ^a	6.53±0.09 ^c	2.64±0.02 ^{bc}	3.98±0.02 ^b	4.24±0.04 ^d	0.46±0.01 ^a	7.92±0.24 ^c	21.46±0.22 ^b	7.31±0.06 ^c	90.33±1.40 ^c
B3	8.78±0.04 ^c	3.36±0.01 ^c	2.63±0.02 ^c	14.91±0.18 ^b	3.60±0.06 ^d	4.40±0.02 ^d	0.37±0.03 ^c	3.84±0.08 ^c	0.09±0.001 ^b	6.16±0.23 ^c	2.48±0.06 ^c	3.50±0.06 ^c	6.55±0.28 ^a	0.46±0.03 ^b	4.83±0.25 ^c	29.23±0.22 ^c	2.99±0.10 ^d	95.60±1.77 ^c
B4	10.27±0.12 ^b	3.98±0.04 ^b	3.25±0.08 ^b	15.98±0.23 ^b	4.84±0.06 ^b	5.52±0.05 ^b	0.41±0.01 ^b	4.76±0.07 ^b	0.10±0.00 ^b	7.35±0.06 ^b	2.75±0.08 ^b	4.05±0.05 ^b	5.25±0.07 ^c	0.40±0.01 ^b	4.36±0.08 ^d	25.07±0.21 ^a	3.66±0.04 ^c	100.26±1.27 ^b
C1	6.13±0.11 ^b	2.18±0.06 ^c	1.58±0.02 ^b	6.62±0.12 ^c	1.42±0.04 ^d	4.34±0.09 ^c	0.50±0.01 ^c	3.07±0.04 ^c	0.11±0.00 ^c	4.37±0.09 ^c	1.84±0.06 ^c	2.43±0.12 ^c	2.78±0.04 ^c	0.25±0.01 ^c	1.39±0.04 ^c	21.59±0.12 ^c	5.16±0.06 ^d	65.77±1.03 ^c
C2	6.07±0.17 ^b	2.43±0.02 ^c	2.41±0.05 ^c	8.28±0.12 ^b	4.86±0.08 ^c	3.52±0.11 ^c	0.36±0.01 ^b	3.35±0.06 ^c	0.20±0.01 ^b	4.80±0.14 ^c	1.72±0.08 ^c	2.37±0.06 ^c	2.23±0.08 ^d	0.28±0.03 ^{bc}	1.35±0.07 ^c	3.41±0.13 ^d	2.60±0.10 ^c	50.23±1.32 ^d
C3	11.29±0.14 ^a	5.13±0.09 ^b	4.79±0.09 ^b	15.65±0.26 ^b	10.04±0.16 ^a	6.85±0.06 ^b	0.49±0.02 ^b	6.93±0.13 ^b	0.21±0.2 ^b	10.11±0.18 ^a	3.93±0.07 ^b	5.14±0.20 ^b	2.97±0.04 ^b	0.29±0.02 ^b	2.97±0.10 ^b	5.83±0.07 ^c	5.13±0.07 ^b	97.74±1.90 ^b
C4	12.63±0.18 ^a	6.37±0.14 ^a	5.76±0.08 ^b	14.50±0.16 ^a	9.30±0.07 ^b	11.13±0.12 ^a	1.07±0.03 ^a	11.05±0.15 ^a	0.33±0.01 ^a	15.73±0.16 ^a	6.10±0.11 ^a	7.56±0.08 ^a	4.58±0.09 ^a	0.49±0.02 ^a	3.45±0.07 ^c	18.57±0.37 ^a	8.91±0.25 ^a	137.53±2.09 ^a

须根中人参10种单体皂苷含量分别为30.06、24.23、28.11、67.94 mg/g，须根>芦头>侧根>主根，但芦头与侧根间没有显著性差异（ $P>0.05$ ）；人参总皂苷含量如图3所示，芦头、主根、侧根、须根中总皂苷含量分别为55.11、45.23、47.14、75.01 mg/g，须根>芦头>侧根>主根，但主根和侧根间没有显著性差异（ $P>0.05$ ），芦头和须根间有显著性差异（ $P<0.05$ ）。人参总多糖含量如图4所示，根的不同入药部位芦头、主根、侧根、须根中总多糖含量分别为25.94、22.39、21.13、24.93 mg/g，芦头>须根>主根>侧根，但芦头、主根、须根间没有显著性差异（ $P>0.05$ ）；人参氨基酸含量如表2所示，芦头、主根、侧根、须根中氨基酸含量分别为121.76、90.33、95.60、100.26 mg/g，芦头>须根>侧根>主根，但主根和侧根间没有显著性差异（ $P>0.05$ ）；人参粗蛋白含量如图5所示，芦头、主根、侧根、须根中粗蛋白含量分别为193.36、142.15、145.47、154.80 mg/g，芦头>须根>侧根>主根，但主根和侧根间没有显著性差异（ $P>0.05$ ）。

2.3 5 a生人参不同生物学部位有效成分含量测定

人参单体皂苷含量如表1所示，不同生物学部位根、茎、叶、花中人参单体皂苷含量为25.93、5.37、89.81、105.99 mg/g，花>叶>根>茎，均具有显著性差异（ $P<0.05$ ），表明同一年生不同生物学部位中单体皂苷含量差异性很大，且花中单体皂苷含量是茎的19.7倍；人参总皂苷含量如图3所示，根、茎、叶、花中总皂苷含量为51.39、23.69、100.65、113.78 mg/g，花>叶>根>茎，均具有显著性差异（ $P<0.05$ ），且花中总皂苷含量是茎中的4倍。

人参总多糖含量如图4所示，不同生物学部位根、茎、叶、花中人参总多糖含量分别为22.80、13.46、35.09、31.44 mg/g，叶>花>根>茎，但叶和花间没有显著性差异，且花中总多糖含量是茎中的2.3倍。人参氨基酸含量如表2所示，根、茎、叶、花中人参氨基酸含

量分别为65.77、50.23、97.74、137.53 mg/g，花>叶>根>茎，且均具有显著性差异（ $P<0.05$ ），且花中氨基酸含量是茎的2.7倍。人参粗蛋白含量如图5所示，5 a生不同生物学部位中粗蛋白含量分别为164.60、84.96、145.41、255.05 mg/g，花>根>叶>茎，均具有显著性差异（ $P<0.05$ ），且花中粗蛋白含量是茎中的3倍。

3 讨论

3.1 不同年生有效成分的比较

人参的生长年限被认为是影响人参品质的重要因素之一。人参的次级代谢产物皂苷是一种固醇类化合物，三萜皂苷，有重要的生物活性，多糖、氨基酸、蛋白质等初级代谢产物在人参的生长发育过程中必不可少，其也在很大程度上体现人参的营养价值。本实验从不同年生人参有效成分测定结果发现，3~6 a生人参10种单体皂苷含量和总皂苷含量呈逐年上升趋势，3~4 a生人参中人参皂苷含量增长最快，4~6 a间增加缓慢，且人参皂苷Rg₁、Re、Rb₁的含量随着参龄变化较大，人参皂苷的总量随着参龄的增加而增加，但增加幅度随着参龄的增长呈减少的趋势，与石威等^[26]的研究结果一致，说明，人参的生长年限是皂苷含量增加的主要因素之一；人参多糖含量在3~5 a内呈递增趋势，但6 a生人参总糖含量有所降低，与4 a生含量无明显差别，与白雪媛等^[27]的研究结果相似，说明人参多糖的积累与参龄非正相关；人参氨基酸含量在3~5 a内成递减趋势，但6 a生含量有所增加，且要高于3 a生含量，这与岳彬^[28]研究的不同年生人参根中氨基酸含量有增有减结果一致；人参蛋白含量随着参龄的增长稍有增加，但增加幅度不明显，说明生长年限对粗蛋白含量的影响不大。

3.2 5 a生人参不同部位有效成分的比较

根据卫生部^[29]规定，强调“5 a及5 a以下人工种植参”可以作为新资源食品。通过对5 a生人参根的不同入

药部位和不同生物学部位的营养成分进行分析,结果表明人参各部位的营养成分较为全面。5 a生人参根的不同入药部位中须根的单体皂苷和总皂苷含量最高,分别为67.94、75.01 mg/g,且5 a生人参根的不同入药部位中10种单体皂苷和总皂苷含量比值分别为芦头:主根:侧根:须根=1.2:1.0:1.2:2.8和1.2:1.0:1.0:1.3,表明同一年生人参的不同入药部位皂苷含量有所差异,且都以主根含量为最低;总多糖、氨基酸、粗蛋白含量均为芦头最高,分别为25.94、121.76、193.36 mg/g,且总多糖、氨基酸、粗蛋白的比值分别为芦头:主根:侧根:须根=1.2:1.1:1.0:1.2、1.3:1.0:1.0:1.1和1.9:1.0:1.7:3.0,总多糖含量为侧根最低,氨基酸、粗蛋白含量为主根最低,其不同部位的有效成分的含量差异显著。

5 a生人参不同生物学部位中花的单体皂苷、总皂苷、氨基酸和粗蛋白含量最高,分别为105.99、113.78、137.53、255.06 mg/g,且单体皂苷、总皂苷、氨基酸和粗蛋白比值分别为根:茎:叶:花=4.8:1.0:16.7:19.7、2.2:1.0:3.6:4.0、1.3:1.0:1.9:2.7和1.9:1.0:1.7:3.0,表明同一年生人参的不同入药部位有效成分含量均有所差异,且都以茎中的含量最低;总多糖含量为叶中最高,为35.09 mg/g,且不同部位的比值为根:茎:叶:花=1.7:1.0:2.6:2.3。

人参皂苷具有重要的生物活性,本研究表明,不同年生及不同部位中皂苷含量为6 a生人参和5 a生人参花中最高,从营养成分更全面的角度分析,亦是6 a生人参和5 a生人参花中营养成分含量更高。人参茎、叶、花等部位研究起步较晚,广度及深度都远不及人参根,其相关质量标准,药理活性评价等内容仍待完善。在科研和临床中人参叶常与人参茎混用,扩大了人参药材的药用部位,实现了对珍贵的人参资源的充分利用^[30],且人参须的价格远低于人参主根的价格,从原料成本角度分析,更适合投料^[31]。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药出版社, 2015.
- [2] WONG A S T, CHE C M, LEUNG K W. Recent advances in ginseng as cancer therapeutics: a functional and mechanistic overview[J]. Natural Product Reports, 2015, 32(2): 256-272. DOI:10.1039/C4NP00080C.
- [3] LEE M S, KIM M S, YOO J K, et al. Enhanced anticancer effects of a mixture of low-dose mushrooms and *Panax ginseng* root extracts in human colorectal cancer cells[J]. Oncology Reports, 2017, 38(3): 1597-1604. DOI:10.3892/or.2017.5796.
- [4] LI W, ZHANG M, GU J, et al. Hypoglycemic effect of protopanaxadiol-type ginsenosides and compound K on Type 2 diabetes mice induced by high-fat diet combining with streptozotocin via suppression of hepatic gluconeogenesis[J]. Fitoterapia, 2012, 83(1): 192-198. DOI:10.1016/j.fitote.2011.10.011.
- [5] SEO E, KIM S, LEE S J, et al. Ginseng berry extract supplementation improves age-related decline of insulin signaling in mice[J]. Nutrients, 2015, 7(4): 3038-3053. DOI:10.3390/nu7043038.
- [6] HWANG E, PARK S Y, CHANG S Y, et al. Antiaging effects of the mixture of *Panax ginseng* and *Crataegus pinnatifida* human dermal fibroblasts and healthy human skin[J]. Journal of Ginseng Research, 2017, 41(1): 69-77. DOI:10.1016/j.jgr.2016.01.001.
- [7] CHEN L, DAI J G, WANG Z L, et al. The antidepressant effects of ginseng total saponins in male C57BL/6 N mice by enhancing hippocampal inhibitory phosphorylation of GSK-3 β [J]. Phytotherapy Research, 2014, 28(7): 1102-1106. DOI:10.1002/ptr.5103.
- [8] BAEK K S, HONG Y D, KIM Y, et al. Anti-inflammatory activity of AP-SF, a ginsenoside-enriched fraction, from Korean ginseng[J]. Journal of Ginseng Research, 2015, 39(2): 155-161. DOI:10.1016/j.jgr.2014.10.004.
- [9] HOSSEN M J, HONG Y D, BAEK K S, et al. *In vitro* antioxidative and anti-inflammatory effects of the compound K-rich fraction BIOGFIK, prepared from *Panax ginseng*[J]. Journal of Ginseng Research, 2017, 41(1): 43-51. DOI:10.1016/j.jgr.2015.12.009.
- [10] HEO S B, LIM S W, JHUN J Y, et al. Immunological benefits by ginseng through reciprocal regulation of Th17 and Treg cells during cyclosporine-induced immunosuppression[J]. Journal of Ginseng Research, 2016, 40(1): 18-27. DOI:10.1016/j.jgr.2015.04.005.
- [11] HE L X, REN J W, LIU R, et al. Ginseng (*Panax ginseng* Meyer) oligopeptides regulate innate and adaptive immune responses in mice via increased macrophage phagocytosis capacity, NK cell activity and Th cells secretion[J]. Food & Function, 2017, 8(10): 3523. DOI:10.1039/c7fo00957g.
- [12] 刘焕焕, 何天竺, 王伟楠, 等. 人参健康产品的研究开发进展[J]. 食品工业, 2017, 38(5): 264-267.
- [13] 彭军, 高小蕾, 李琼, 等. 卫生部批准的795种参类保健食品情况分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2006, 18(3): 214-220.
- [14] XIANG Y Z, SHANG H C, GAO X M, et al. A comparison of the ancient use of ginseng in traditional Chinese medicine with modern pharmacological experiments and clinical trials[J]. Phytotherapy Research, 2008, 22(7): 851-858. DOI:10.1186/1749-8546-5-20.
- [15] 文连奎, 张微, 王立芳, 等. 人参发酵酒加工工艺优化[J]. 食品科学, 2010, 31(22): 508-511.
- [16] 刘学军, 殷涌光, 于晓霞, 等. 人参果、山楂复合饮料的研制[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 655-659.
- [17] GANESAN P, KO H M, KIM I S, et al. Recent trends of nano bioactive compounds from ginseng for its possible preventive role in chronic disease models[J]. RSC Advances, 2015, 5(119): 98634-98642. DOI:10.1039/C5RA20559J.
- [18] DAI D, ZHANG C F, WILLIAMS S, et al. Ginseng on cancer: potential role in modulating inflammation-mediated angiogenesis[J]. The American journal of Chinese Medicine, 2017, 45(1): 13-22. DOI:10.1142/S0192415X17500021.
- [19] 张万博, 代月, 廉美兰, 等. 不同栽培年限人参不同部位中皂苷含量的分析[J]. 延边大学学报, 2016, 38(1): 13-17. DOI:10.13478/j.cnki.jasyu.2016.01.003.
- [20] RU W W, WANG D L, XU Y P, et al. Chemical constituents and bioactivities of *Panax ginseng* (C A Mey.)[J]. Drug Discoveries & Therapeutics, 2015, 9(1): 23-32. DOI:10.5582/ddt.2015.01004.
- [21] ZHANG K, XIAO W, LAN D, et al. Determination of seven major ginsenosides in different parts of *Panax quinquefolius* L. (American ginseng) with different ages[J]. Chemical Research in Chinese Universities, 2008, 24(6): 707-711. DOI:10.1016/S1005-9040(09)60011-8.
- [22] SHIN B K, KWON S W, PARK J H. Chemical diversity of ginseng saponins from *Panax ginseng*[J]. Journal of Ginseng Research, 2015, 39(4): 287-298. DOI:10.1016/j.jgr.2014.12.005.
- [23] SUN H, LIU F, SUN L, et al. Proteomic analysis of amino acid metabolism differences between wild and cultivated *Panax ginseng*[J]. Journal of Ginseng Research, 2016, 40(2): 113-120. DOI:10.1016/j.jgr.2015.06.001.
- [24] SUN Y Y, GUO M F, FENG Y J, et al. Effect of ginseng polysaccharides on NK cell cytotoxicity in immunosuppressed mice[J]. Experimental and Therapeutic Medicine, 2016, 12(6): 3773-3777. DOI:10.3892/etm.2016.3840.
- [25] NG T B, WANG H. Panaxagin, a new protein from Chinese ginseng possesses anti-fungal, anti-viral, translation-inhibiting and ribonuclease activities[J]. Life Sciences, 2001, 68(7): 739-749. DOI:10.1016/S0024-3205(00)00970-X.
- [26] 石威, 王玉堂, 陈晓东, 等. 高效液相色谱-质谱联用测定人参根中人参皂苷的含量[J]. 分析化学, 2006, 34(2): 243-246.
- [27] 白雪媛, 赵雨, 刘海龙, 等. 不同品种和年限人参中糖类含量比较研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(1): 152-153.
- [28] 岳彬. 人参西洋参根中氨基酸积累规律的研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2008.
- [29] 卫生部. 第56号新资源食品管理办法: 中华人民共和国卫生部令第56号[S]. 2006-12-26.
- [30] 陆维承. 人参叶和参叶考辨[J]. 中药材, 2016, 39(1): 213-215.
- [31] 张秀莲, 赵卉, 许世泉, 等. 人参芦、体、须中蛋白质含量对比分析[J]. 特产研究, 2016, 38(4): 28-30.