

人参的化学成分与人参产品的质量评价

徐静¹, 贾力², 赵余庆^{1*}

1. 沈阳药科大学, 辽宁 沈阳 110016

2. 美国国家癌症研究所, 马里兰州 罗克维尔 20852

摘要: 参考文献资料, 总结人参中皂苷、多糖、聚炔、黄酮类和挥发油 5 大类成分, 从人参的化学成分入手, 对人参产品市场研究及质量标准进行了简述和探讨, 人参皂苷总量和 Rb₁/Rg₁ 的比例常作为人参产品的标准化指标。同时对人参化学成分分析方法进行了概述, 高效液相色谱 (HPLC) 是分析人参化学成分的首选方法, 近年来发展起来的多种方法联合应用提高了检测灵敏度和专属性, 也简化了分析过程。希望通过此项工作为开发利用人参及其衍生物提供参考。

关键词: 人参; 人参皂苷; 人参多糖; 市场研究; 质量标准

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-6376(2011)03-0199-05

Constituents of ginseng and quality evaluation of ginseng products

XU Jing¹, JIA Li², ZHAO Yu-qing¹

1. Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110006, China

2. Developmental Therapeutics Program, National Cancer Institute/NIH, Rockville, MD 20852, USA

Abstract: This paper retrospectively analyzes the information concerning ginseng and ginsenosides, summarizes the ginseng contains saponins, polysaccharides, poly-acetylene, flavonoids and volatile oil constituents. Beginning with the chemical constituents of ginseng, its market research and quality criteria are detailed and in-depth studied, the total of ginsenosides and the ratio of Rb₁/Rg₁ are used as standardization of ginseng products; This paper also review analytical methods, high performance liquid chromatography (HPLC) is the preferred method to analyze the chemical constituents of ginseng, in recent years the multi-methods combined improves its sensitivity and specificity, and simplifies the process of analysis. We hope that the paper can provide useful information for further exploitation and utilization of ginseng and its derivatives.

Key words: ginseng; ginsenosides; polysaccharides; market research; quality control of ginseng

人参是我国特产珍贵中药材, 它对人体的滋补强壮作用和对多种疾病的防治效果十分卓著, 久为世人瞩目, 是世界上最畅销的中药之一。人参中含有皂苷、多糖、聚炔、黄酮等多种化学成分, 本文从人参的化学成分入手, 对人参产品市场研究及质量标准进行简述和探讨, 同时对人参化学成分分析方法进行概述, 希望为进一步开发利用人参及其衍生物提供参考。

1 化学成分

从人参中获得的活性或非活性化学成分可分为 5 大类, 其生物活性由低到高的顺序为: 皂苷、多糖、聚炔、黄酮类和挥发油。

1.1 皂苷

皂苷是一种在植物中分布广泛的糖苷类。每个

皂苷包括糖和皂苷元, 后者构成苷元基团。皂苷元可以是一种甾体或三萜类化合物。糖基团可能是葡萄糖、麦芽糖、果糖、半乳糖、戊糖或甲基戊糖。人参的皂苷一般称为人参皂苷 (Rx), 它是人参的主要活性成分和特征成分^[1-4], 常常作为人参药物及其商业产品的质量的控制标准。人参皂苷的基本结构是相似的, 它们由 17 个碳原子排列成四环甾体作为母核。人参皂苷的生物活性是由其存在类型、位置的差异, 以及糖苷键的连接方式所决定的。人参皂苷具有两亲性, 其羟基可以与膜的磷脂和 β 羟基胆固醇基团发生作用, 而疏水性甾体化合物基本骨架可与脂肪酸和胆固醇的疏水性侧链相互作用。因此, 这些理化作用很大程度上取决于人参的极性羟基基团的数目与位置。截至目前, 已从人参属

收稿日期: 2011-01-17

作者简介: 徐静 (1986—), 女, 硕士研究生。E-mail: xj1987325@yahoo.com.cn

*通讯作者 赵余庆, 教授, 主要从事抗肿瘤药物及功能食品的研究。Tel: (024) 23986521 E-mail: zyq4885@126.com

植物中分离出来 100 多种人参皂苷, 主要包括 4 种类型:

(1) 原人参二醇(或昔元 20S 原人参二醇) 达玛烷型皂苷, 包括人参皂苷 Ra₁、Ra₂、Ra₃、Rb₁、Rb₂、Rb₃, 三七皂苷 R₄、Rs₁、Rs₂、Rs₃、Rs₄ 和丙二酸单酯人参皂苷 Rb₁、Rb₂、Rc 和 Rd。其中对原人参二醇的代谢途径进行了深入研究, 查明了其活性代谢产物(表 1)。

(2) 原人参三醇(或昔元 20S 原人参三醇) 达玛烷型皂苷, 包括人参 Re、Rf、Rg₁, 三七皂苷 R₁。原人参三醇与原人参二醇主要的结构区别是原人参二醇只有一个氢原子在 C₆ 位上。

(3) 齐墩果酸型皂苷, 包括齐墩果烷三萜的人参皂苷 Ro, 以及竹节珠子皂苷 V Rb₁、Rb₂、Rc、Rd、Re 和 Rg₁。

(4) 皂古梯隆。

表 1 原人参二醇中新化合物的结构和生物活性
Table 1 Structures and bioactivities of new compounds in protopanoxadiol

标号	名称	R ₁	R ₂	R ₃	主要生物活性	参考文献
1	组分 K (IH-901)	H	H	-葡萄糖	细胞凋亡, 反扩散	[5-9]
2	组分 Y (IH-902)	H	H	-葡萄糖-阿拉伯糖 (p)	抗细胞毒性	[6]
3	组分 Mc (IH-903)	H	H	-葡萄糖-阿拉伯糖 (f)	抗肿瘤	[6, 10-11]
4	组分 Mx	H	H	-葡萄糖-木糖	抗肿瘤	[11-12]
5	PPD	H	H	氢	细胞凋亡, 反扩散	[13-14]
6	A	=O	H	葡萄糖	无	[8]

1.2 多糖

多糖是水溶性的, 酸性多糖 (MW10, 000-150, 000 Dalton) 具有免疫调节和抗增殖作用。它们包含不同种类的糖基、糖醛酸。研究发现酸性多糖“Ginsan”具有免疫刺激活性^[15-16]。

1.3 聚炔

聚炔是一种单键和三键交替出现的有机化合物。“多炔”意味着存在几个炔烃。在人参中包括人参二炔醇、人参三炔醇、醋酸或亚麻酸。

1.4 挥发油

Qiu 等^[17]使用全二维气相色谱/时间飞行质谱法或火焰离子化检测器对采于吉林省的人参进行定性定量研究, 从中提取出挥发油。这些人参样本分别成材 3、5、8 年。他们以大量图书馆数据和每种挥发油的保留指数为基础, 初步确定在人参总挥发油中存在 36 种萜类。研究发现, 以下挥发油成分随着人参年龄的增长而增加: α -杜松醇、 α -没药醇、 α -桉柏烯和 *n*-棕榈酸。

Fuzzati^[18]对人参皂苷 Rb₁、Rb₂、Rc、Rd 的丙二酸衍生物进行了深入的研究。丙二酸衍生物和人参皂苷 Ro (齐墩果烷型三萜) 常被称为“酸性”人参皂苷, 其他通常命名为“中性”人参皂苷。人参在世界上是非常受欢迎的植物药, 为提高对人参原材料、人参提取物以及其销售产品的识别、量化, 改进人参皂苷的质量控制分析方法, 科研人员已对

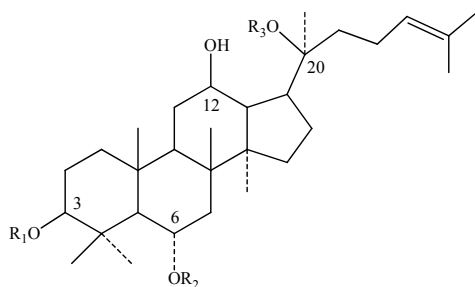
人参进行了大量研究。这些研究的主要目的之一是区分不同人参属植物中人参皂苷的差异, 避免掺假或误认。此外, 对人参根的不同处理方法 (如白、红参) 造成的人参皂苷成分发生的变化, 亦是研究内容之一。

2 人参的市场研究与质量标准

人参皂苷总量和 Rb₁/Rg₁ 的比例常用作人参产品的标准化指标。通常 Rb₁/Rg₁ 比值为 1~3 是人参 (亚洲人参) 的特点, 而 Rb₁/Rg₁ 的比值约为 10 或更大则是西洋参。此外, 可用标记化合物的存在与否进行种类鉴别^[18]。人参皂苷 Rf 用于识别西洋参, 并排除掺假。通过大量研究人参皂苷分析方法的文献发现采用不同的方法有不同的定量结果。总人参皂苷在主根为 0.2%~2%, 人参须 4%~9%, 证实了生药学教授在 25 年前的理论, “低价购买人参须是明智的, 因为在等量人参须与人参根中人参须所包含的人参皂苷活性成分远远大于人参根中的。”西洋参中总人参皂苷为 4%~10%。虽然人参根是人参皂苷的主要来源, 但是叶和人参浆果中同样也含有大量的人参皂苷^[19]。

为了对美国市场中人参产品进行质量评估, 美国植物委员会于 1993 年创立了人参研究项目组 (GEP)^[20-21]。GEP 是对人参产品皂苷的量和标签上所标明的与实际是否一致进行分析评估。采用 HPLC 测定人参和/或刺五加皂苷量, 开发和验证了

人参产品的分析方法,并分析了500多种亚洲人参、西洋参和西伯利亚人参,人参和刺五加皂苷的结构测定使用光谱方法(核磁共振、质谱、液相色谱/质谱),其质量分数测定使用HPLC分析^[21]。人参中大量的人参皂苷已被鉴定,人参皂苷Rb₁、Rb₂、Rc、Rd、Re,以及Rg₁的量已成为人参产品的参考标准^[22]。GEP是通过7个主要人参皂苷Rb₁、Rb₂、Rc、Rd、Re、Rf以及Rg₁的存在与否和含量对人参产品进行质量评估^[21](图1)。人参产品的评估都有较大的一致性,主要体现在以下3个方面:(1)亚洲人参中人参皂苷Rb₁/Rg₁范围值;(2)人参产品中人参总皂苷的百分比;(3)人参总皂苷量的相对标准偏差(RSD%)。



	R ₁	OR ₂	R ₃
Rb ₁	glucose-2→1-glucose 2H		glucose-6→1-glucose
Rb ₂	glucose-2→1-glucose 2H		glucose-6→1-arabinose(pyr)
Rc	glucose-2→1-glucose 2H		glucose-6→1-arabinose(fur)
Rd	glucose-2→1-glucose 2H		glucose
Re	H	O-glucose-2→1-rhamnose	glucose
Rf	H	O-glucose-2→1-glucose	H
Rg ₁	H	O-glucose	glucose

图1 人参皂苷Rb₁、Rb₂、Rc、Rd、Re、Rf、Rg₁的结构
Fig. 1 Structures of ginsenosides Rb₁, Rb₂, Rc, Rd, Re, Rf, and Rg₁

GEP发现使用“标准化”的同时人参产品仍有较大的差异。例如,一些产品在采用术语“标准化”时没有具体标明提取的人参皂苷的总量,产品标准化所含有的人参皂苷通常为4%~7%。GEP的研究结果表明,大部分产品的标准化,符合质量控制的最低标准。然而,GEP要求更完整的标签应当标清人参皂苷剂量,以便可以进行每单位测量。此外,人参皂苷含量可接受的范围应通过工业、药典和政府监管机构建立。为了减少定量评估人参中有效成分的困难,最近研究人员已经采用人参(G115, marketed as Ginsana)和西洋参(CNT-2000 from Chai-Na-Ta Corp., Langley, B.C., Canada)标准化提取。这些推进了人参产品的质量控制^[19]。

最近,出版了美国药典西洋参和人参根提取物的专论^[23]。人参皂苷的总量以人参皂苷Rb₁、Rb₂、Rc、Re、Rg₁、Rd的总和计算,使用高效液相色谱-紫外法测定,西洋参根人参皂苷的量不低于4%,提取物的人参皂苷量不低于10%。使用与西洋参相同的测定方法,人参根被确定含有不低于0.2% Rg₁和0.1% Rb₁。使用另一种不同的高效液相色谱-紫外检测方法分析人参皂苷Rb₁、Rb₂、Rc、Re、Rg₁以及Rd的量不少于3%。2002年发表了欧洲药典使用高效液相色谱-紫外检测方法测定人参中人参皂苷Rb₁和Rg₁的量不低于0.4%的专论^[24]。根据文献资料,除了自然变化导致植物中成分的非均质性变化,人参皂苷量变化的主要原因是由于人参中被检测组分的选择性。一些学者检测中性皂苷Rb₁、Rb₂、Rc、Re、Rg₁、Rd的量,发现它们的量达到总皂苷的90%^[25]。然而,其他研究表明,以丙二酰基人参皂苷Rb₁、Rb₂、Rc、Rd为代表的酸性皂苷的量占人参总皂苷量的35%~60%,人参与西洋参中均是如此^[26]。由于丙二酰基人参皂苷可能在人参产品被食用时释放人参皂苷,所以中性皂苷的量不能反应产品的功效。此外,酸性和中性皂苷的比例可用于确定人参生长时间和样本加工过程。

3 分析方法

在过去的20年中HPLC是所有常见的经典植物化学分析方法中用于分析人参化学成分的首选方法^[18],当今也是如此^[27]。

高效液相色谱-紫外检测法也常作为人参皂苷及其提取物和商业产品的定量分析方法。选择这一技术的主要原因是由于在分析实验室中高效液相色谱-紫外检测仪器普遍应用。但是由于人参皂苷紫外吸收弱,检测波长在200~205 nm,色谱过程具有高水平基线噪音,检测灵敏度差。蒸发光散射检测法是可替代紫外检测法分析检测人参皂苷的有效方法,它产生稳定的色谱基线,并可扩展溶剂系统的选择以加强色谱分离^[28]。紫外线和蒸发光散射检测器的缺点是在色谱峰的鉴别上缺乏信息,通常需要标示标准化合物。

高效液相色谱串联耦合质谱法可以在线辨识人参皂苷的重要结构信息,如相同分子质量、糖单元序列和苷元基团^[29]。因此,人参属药物来自以人参皂苷分布不同为基础的不同人参属植物,是通过应用高效液相色谱串联耦合质谱方法测定的。此外,高效液相色谱串联耦合质谱是一种高灵敏度、专属

性的人参皂苷定量分析方法。由于这种方法太昂贵，一般不用于常规分析，但它是药动学及代谢研究的重要工具^[29]。使用 HPLC 法分析人参皂苷主要缺点是它对样本分析的时间长（分析时间通常超过 60 min），主要是由于现存的分析组分数量大。

超高性能的 LC - 四极杆飞行时间质谱结合多元统计分析是最近发展为对 5 种人参属植物主要组成成分进行定性分析的方法^[30]。用甲醇和水从 5 种人参粉中提取复杂样本，经测定共有 25 种皂苷。该方法只需不到 20 min 分离并鉴定这 25 种皂苷。并且超高效液相色谱 - 飞行时间质谱（UHPLC - TOFMS）成功用于鉴定人参的加工过程，基于此方法，可确定人参中的有效成分如 Rg₃ 和 Rh₂ 在蒸煮多长时间时获得最大^[31]。

核磁共振氢谱（¹H-NMR）对代谢产物与指纹图谱的分析可用来辨认潜在的生物标记物，以便区分人参的不同品种^[32]。但由于其低分辨率和易覆盖信号的特点使它很难对每一个化合物进行进一步鉴定。二维核磁共振氢谱联合多数据分析技术克服了以上缺点，该方法通过对代谢产物的分析能够快速有效地区分、鉴定人参的加工过程^[33]。同时也有文献报道核磁共振氢谱可用于鉴定人参的不同生长时间^[34]。

近红外光谱很可能成为对人参皂苷的常规分析手段。近红外光谱与 HPLC 相比，对植物中人参皂苷的测定有较好的精密度和准确度。近红外光谱联合模型识别技术可用于鉴别美国参与中国人参，并且方法快速，不损坏人参样品^[35]。这项技术不需要大量的样品制备，在日常运作中操作简单。但这种方法必须与从适合的参考方法中得到的几种已知样本浓度的样本进行校准。

关于定量研究，文献中报道人参皂苷量的变化很大。这种变化主要归因于自然变化，如土壤类型、气候条件、地理位置和不同的生产程序。但这些变化可通过良好的农业规范和生产规范尽量减少。此外，文献中报道人参皂苷量的差异也可归因于处理方法的不同，如提取、测定方法不同。尤其是许多研究人员并没有考虑到丙二酰基人参皂苷占人参皂苷总量的 60% 以上。人参是世界上最畅销的中药之一，所以各国当局采取共同的分析方法以建立准确的质量标准是很重要的，并对质量加以监管。美国药典^[23]和欧洲药典^[24]介绍了人参和西洋参^[23]化学成分以及提取方法的专论。

4 结语

本文对千年古老中草药人参从多个方面进行综述，并认真分析现有数据去糟取精。为了达到质量控制的目的，选定人参皂苷 Rb₁、Rb₂、Rc、Rd、Re 以及 Rg₁ 作为参考标准来衡量人参产品有效成分量和产品质量。各国政府改进并执行对人参产品的进出口（特别是野山参）规章制度，以面对市场快速增长的挑战。国家药典有必要及时更新关于人参及其产品的信息。具有高灵敏度和专属性的分析方法，尤其是高效液相色谱串联耦合质谱的应用，不仅简化了分析过程，而且还可以在人参中发现新的分子结构。只有数据和信息综合成为系统，有机互动、彼此相互依靠才能指导对人参的进一步研究和开发。

参考文献

- [1] Akao T, Kanaoka M, Kobashi K. Appearance of compound K, a major metabolite of ginsenoside Rb₁ by intestinal bacteria, in rat plasma after oral administration: measurement of compound K by enzyme immunoassay [J]. *Biol Pharm Bull*, 1998, 21(3): 245-249.
- [2] 徐 哲, 赵余庆, 贾 力. 人参的词源学、生药学、产品及市场的现代评价 [J]. *现代药物与临床*, 2011, 26(2): 96-101.
- [3] 黎 阳, 张铁军, 刘素香, 等. 人参化学成分和药理研究进展 [J]. *中草药*, 2009, 40(1): 164-附 3.
- [4] 张 萍, 王金东, 肖新月, 等. 人参化学成分分析方法的研究进展 [J]. *中草药*, 2004, 35(12): 1429-1432.
- [5] 韩 冬, 张铁军, 唐 铖, 等. 人参皂苷的药动学研究进展 [J]. *中草药*, 2009, 40(2): 附 1-附 3.
- [6] Lee B H, Lee S J, Hur J H, et al. In vitro antigenotoxic activity of novel ginseng saponin metabolites formed by intestinal bacteria [J]. *Planta Med*, 1998, 64(6): 500-503.
- [7] Shin J E, Park E K. Cytotoxicity of compound K (IH-901) and ginsenoside Rh₂, main biotransformants of ginseng saponins by bifidobacteria, against some tumor cells [J]. *J Ginseng Res*, 2003, 27: 129-134.
- [8] Chen G T, Yang M, Song Y, et al. Microbial transformation of ginsenoside Rb₁ by *Acremonium strictum* [J]. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2008, 77(6): 1345-1350.
- [9] Lee J Y, Shin J W, Chun K S, et al. Antitumor promotional effects of a novel intestinal bacterial metabolite (IH-901) derived from the protopanaxadiol type ginsenosides in mouse skin [J]. *Carcinogenesis*, 2005, 26(2): 359-367.
- [10] Bea E A, Park S Y, Kim D H. Constitutive beta-glucosidases hydrolyzing ginsenoside Rb₁ and Rb₂

- from human intestinal bacteria [J]. *Biol Pharm Bull*, 2000, 23(12): 1481-1485.
- [11] Han Y, Sun B S, Hu X M, *et al.* Transformation of bioactive compounds by *Fusarium sacchari* fungus isolated from the soil-cultivated ginseng [J]. *J Agric Food Chem*, 2007, 55(23): 9373-9379.
- [12] He K, Liu Y, Yang Y, *et al.* A dammarane glycoside derived from ginsenoside Rb₃ [J]. *Chem Pharm Bull*, 2005, 53(2): 177-179.
- [13] Zhang X R, Zhang D, Xu J H, *et al.* Determination of 25-OH-PPD in rat plasma by high-performance liquid chromatography-mass spectrometry and its application in rat pharmacokinetic studies [J]. *J Chromatogr B*, 2007, 858(1/2): 65-70.
- [14] Popovich D G, Kitts D D. Structure-function relationship exists for ginsenosides in reducing cell proliferation and inducing apoptosis in the human leukemia (THP-1) cell line [J]. *Arch Biochem Biophys*, 2000, 406(1): 1-8.
- [15] Kim K H, Lee Y S, Jung I S, *et al.* Acidic polysaccharide from *Panax ginseng*, ginsan, induces Th1 cell and macrophage cytokines and generates LAK cells in synergy with rIL-2 [J]. *Planta Med*, 1998, 64(2): 110-115.
- [16] Shim J Y, Han Y, Ahn J Y, *et al.* Chemoprotective and adjuvant effects of immunomodulator ginsan in cyclophosphamide-treated normal and tumor bearing mice [J]. *Int J Immunopathol Pharmacol*, 2007, 20(3): 487-497.
- [17] Qiu Y, Lu X, Pang T, *et al.* Determination of radix ginseng volatile oils at different ages by comprehensive two-dimensional gas chromatography/time-of-flight mass spectrometry [J]. *J Sep Sci*, 2008, 31(19): 3451-3457.
- [18] Fuzzati N. Analysis methods of ginsenosides [J]. *J Chromatogr B*, 2004, 812(1/2): 119-133.
- [19] Kitts D D, Hu C. Efficacy and safety of ginseng [J]. *Pub Health Nutr*, 2000, 3(4A): 473-485.
- [20] Hall T, Lu Z Z, Yat P N, *et al.* Evaluation of consistency of standardized Asian ginseng products in the ginseng evaluation program [J]. *Herb Gram*, 2001, 52: 31-45.
- [21] Hall T, Lu Z Z, Yat P N, *et al.* An introduction to the ginseng evaluation program [J]. *Herb Gram*, 2001, 52: 27-30.
- [22] Ma Y C, Zhu J, Luo L, *et al.* A comparative evaluation of ginsenosides in commercial ginseng products and tissue culture samples using HPLC [J]. *J Herb Spices Med Plants*, 1995, 3(4): 41-50.
- [23] United States Pharmacopoeial Convention Inc.[S]. 2004.
- [24] European Pharmacopoeia [S]. 4th ed., 2002.
- [25] Li W, Fitzloff J F. HPLC determination of ginsenosides content in ginseng dietary supplements using ultraviolet detection [J]. *J Liq Chromatogr Relat Technol*, 2002, 25(16): 2485-2495.
- [26] Court W A, Hendel J G, Elmi J. Reversed-phase high-performance liquid chromatography determination of ginsenosides of *Panax quinquefolium* [J]. *J Chromatogr A*, 1996, 755(1): 11-17.
- [27] Zhou W, Li J, Li X, *et al.* Development and validation of a reversed-phase HPLC method for quantitative determination of ginsenosides Rb₁, Rd, F₂, and compound K during the process of biotransformation of ginsenoside Rb₁ [J]. *J Sep Sci*, 2008, 31(6/7): 921-925.
- [28] Kwon S W, Han S B, Park H, *et al.* Liquid chromatographic determination of less polar ginsenosides in processed ginseng [J]. *J Chromatogr A*, 2001, 921(2): 335-339.
- [29] Liu X D, Jia L. The conduct of drug metabolism studies considered good practice (I): analytical systems and *in vivo* studies [J]. *Curr Drug Metab*, 2007, 8(8): 815-821.
- [30] Xie G, Plumb R, Su M, *et al.* Ultra-performance LC/TOF MS analysis of medicinal Panax herbs for metabolomic research [J]. *J Sep Sci*, 2008, 31(6/7): 1015-1026.
- [31] Toh D F, New L S, Koh H L, *et al.* Ultra-high performance liquid chromatography/time-of-flight mass spectrometry (UHPLC/TOFMS) for time-dependent profiling of raw and steamed *Panax notoginseng* [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2010, 52(1): 43-50.
- [32] Lee E J, Shaykhtudinov R, Weljie A M, *et al.* Quality assessment of ginseng by ¹H-NMR metabolite fingerprinting and profiling analysis [J]. *J Agric Food Chem*, 2009, 57(16): 7513-7522.
- [33] Yang S Y, Kim H K, Lefeber A W, *et al.* Application of two-dimensional nuclear magnetic resonance spectroscopy to quality control of ginseng commercial products [J]. *Plant Med*, 2006, 72(4): 364-369.
- [34] Lin W N, Lu H Y, Lee M S, *et al.* Evaluation of the cultivation age of dried ginseng radix and its commercial products by using H-NMR fingerprint analysis [J]. *Am J Chin Med*, 2010, 38(1): 205-218.
- [35] 黄亚伟, 王加华, 李晓云, 等. 基于近红外光谱的人参 与西洋参的快速鉴别研究 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2010, 30(11): 2954-2957.