

亚贡的植物学及其药理作用研究概况

金文闻,余龙江*,孟思进,樊培

(华中科技大学生命科学与技术学院,湖北 武汉 430074)

源自西班牙文 *yacón* 的 *yacon*, 国内音译为“亚贡”或“雅贡”, 别名“雪莲薯”、“雪莲果”和“菊薯”, 为菊科多年生草本植物, 原产于厄瓜多尔到阿根廷西北海拔 880~3 500 m 的南美安第斯山区, 秘鲁东南部库斯科(Cusco)省周围和普诺(Puno)省是其种质最丰富的区域。亚贡至今已有 500 余年的食用历史, 是当地印第安人的传统根茎食品, 被认为是可缓解糖尿病、肠道功能紊乱等多种慢性疾病的南美药食两用植物之一^[1]。

由于人们对亚贡为低热量食品的偏见, 亚贡种植曾一度衰减。但 20 世纪 80 年代以后, 亚贡的保健特性得到重新认识, 联合国粮农组织(FAO)、国际植物遗传资源研究所(IPGRI)、秘鲁国际马铃薯中心(CIP)等组织对其大力推广, 从而改变其命运。亚贡根含有丰富的低聚果糖(fructooligosaccharide, FOS), 在日本被视为第 3 代保健因子, 对人体健康非常有益^[2]; 另一方面, 民间将亚贡叶加工成茶泡饮用于治疗糖尿病, 近期亚贡叶降血糖作用得到现代药理学实验证明^[3], 使亚贡叶成为国际上开发针对糖尿病人保健品及药品的珍贵原料。

亚贡引种到新西兰、日本、美国、欧洲各国得到了深入广泛的研究开发, 但在我国仅有海南、台湾、云南、江苏等地有少量种植, 国内科研更仅仅局限于亚贡微繁殖、叶的化学成分分析等^[4], 因此为了促进该植物在农艺学、天然活性成分分析, 特别是药理学方面的深入研究和医药保健品上的开发, 本文从该植物的分类学、植物学特征、化学成分、药理作用、食用安全和开发应用等方面进行综述。

1 亚贡的分类学现状

因为亚贡和风毛菊属的天山雪莲花 *Saussurea involu-crata* Kar. et Kir. 都是菊科, 又都生长在山地, 所以亚贡有俗称“雪莲薯”, 台湾更称之为“天山雪莲薯”, 但它们所属和功效都不一致, 不能将两者混淆。早期亚贡被国际植物分类学者定位于菊科向日葵族 *Polymnia* 属^[5], 而 1978 年 Robinson 对其重新定位, 将 *Polymnia* 属分成 *Polymnia* 属和 *Smallanthus* 属, 并将亚贡最终归入菊科向日葵族黑足菊亚族 *Smallanthus* 属, 该定位得到广泛认可。因此亚贡的完整

学名确定为 *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, 异学名是 *Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl. 和 *Polymnia edulis* Wedd.。Robinson 描述的 *Smallanthus* 属总共有 21 种植物, 它们大多数是多年生药草, 其中 *S. macroscyphus*, *S. connatus*, *S. riparius*, *S. meridensis*, *S. suffruticosus* 和 *S. siegesbeckius* 这 6 种在形态学特征上与亚贡类似, 被合并成亚贡组, 但它们在化学成分和功效上是否相似还有待确认。在《中国植物志》系统中没有找到亚贡对应的属, 国内有将 *Smallanthus* 属译为“天山雪莲属”, 但这对亚贡等植物更容易引起混淆, 因此亚贡在我国植物分类学上还需深入研究。

2 亚贡的植物学特征

亚贡茎叶外貌似向日葵, 地上部分成熟后高达 1.5~3 m, 茎中空, 分支少。底部叶子阔卵形, 叶基为戟状、稍成戟状或合生有耳状, 茎上部的叶子为卵形到矛尖形, 无圆裂片和戟状叶基; 叶绿色, 上下表面被有浓密的软毛以及含有萜类物质的腺体。根系由 4~20 个类似甘薯的块根组成, 这些块根形成长 25 cm, 直径 10 cm 的薄纤维根粗放型系统, 块根是纺锤状的, 但经常由于受到石块和根之间的挤压变得不规则; 块根肉质部颜色有白色、黄色、紫色等, 外皮颜色有棕色、粉红、淡紫、乳白色等。根茎 7~12 个月成熟, 秋季开花类似菊花, 花序顶生, 由 1~5 个轴组成, 每个轴有 3 个头状花序, 花梗浓密多毛, 总苞片 5 个, 单层卵形; 花颜色为黄色到亮橙色; 边花具有 2~3 个锯齿且可以达长 12 mm, 宽 7 mm, 带有雌蕊, 盘花约有 7 mm, 有雄蕊。产花少是亚贡区别于其他野生 *Smallanthus* 属植物的一个重要特征。亚贡果实种子很少, 甚至没有, 大多数种子还是不可育或低活性的, 不成熟的连萼瘦果为紫色, 成熟后转变成深棕色到黑色。亚贡染色体组型及其数目研究因为不同亚贡种的异源性而有很多不同结果, 其中比较普遍的认识是 $2n=58$, 而且可能是 4 倍体或者 8 倍体。

亚贡繁殖是通过地下或者地上根茎长出的 8~12 cm 的侧枝完成。切下来的地上根茎保持潮湿就很容易生根, 生根时最好能够在有薄雾时进行, 而且通过植物生长素(如吲哚

收稿日期: 2005-08-08

作者简介: 金文闻(1976—), 男, 回族, 安徽省凤阳县人, 现就读华中科技大学生命科学与技术学院, 博士研究生, 并任院博士生导师。研究方向是天然产物开发及其新药研制, 曾先后参加了国家自然科学基金重点项目、湖北省科技攻关项目、湖北省科委基金资助项目以及多项企业科技攻关与成果转化、推广项目。先后发表论文 10 多篇, 其中部分被 SCI 收录, 申请获得国家专利 2 项, 与企业合作成功申请了 2 项国家保健食品。目前主要从事南美地区药食两用植物玛卡、亚贡、猫爪藤等药草有效成分分析、药效药理研究, 及其相关保健品和药物开发。 Tel: (027)62284595 Fax: (027)87792265 E-mail: prettyimba@hotmail.com

* 通讯作者 余龙江 Tel: (027)87792264 Fax: (027)87792265 E-mail: yulongjiang@mail.hust.edu.cn

丁酸)处理后可显著加速生根。高产是亚贡的一个显著特点, 种植密度高达 1 万株/hm², 鲜根产量可以达到 28~100 t/hm², 干根可以达到 15%~30%的鲜根。1993 年以来有研究者陆续进行了亚贡微繁殖方面的研究^[4,6,7], 为大规模种植亚贡提供了一种便捷的科学方法。

3 亚贡的化学成分

亚贡根中含水量高, 脂质量低, 富含活性成分低聚果糖(FOS), 还含有菊粉、酚酸、类黄酮、色氨酸等; 亚贡叶中多糖、蛋白质都很高, FOS 量则很低, 活性成分包括酚酸、黄酮类、萜类等物质。亚贡根、茎、叶的主要化学成分可见表 1。

表 1 亚贡根、茎和叶中的主要成分
Table 1 Main composition of yacon roots, stems, and leaves

成分	根/%		茎/%	叶/%
	下根	鲜根		
水	—	70.0~93.0	—	10.47~12.81
灰分	1.10~6.71	0.3~2.0	9.60~10.23	9.28~15.98
蛋白质	1.30~7.31	0.4~2.0	9.73~11.37	14.53~21.48
脂质	0.43~2.24	0.1~0.3	1.98~2.26	4.20~7.40
纤维	1.00~5.73	0.3~1.7	23.82~26.85	10.04~20.73
糖类	67.53	12.5	11.70	8.58~23.38
果糖	35.01	—	—	—
葡萄糖	15.83	—	—	—
蔗糖	7.45	—	—	—
低聚果糖	20.15	—	—	—
菊粉	1.35	—	—	—
V _A	—	1×10 ⁻²	—	—
V _{B1}	—	1×10 ⁻⁵	—	—
V _{B2}	—	1.1×10 ⁻⁴	—	1.7×10 ⁻⁴
V _{B6}	—	—	—	6.3×10 ⁻⁴
V _C	—	1.3×10 ⁻²	—	—
V _E	—	—	—	4.1×10 ⁻⁴
V _{PP}	—	3.3×10 ⁻⁴	—	2.8×10 ⁻³
胡萝卜素	—	8×10 ⁻⁵	—	—
Ca	—	2.3×10 ⁻²	0.967	0.296
Cu	—	9.6×10 ⁻⁴	<5×10 ⁻⁴	1.1×10 ⁻³
Fe	—	3×10 ⁻⁴	7.3×10 ⁻³	3.9×10 ⁻²
Zn	—	6.7×10 ⁻⁴	2.9×10 ⁻³	2.8×10 ⁻³
Mg	—	—	—	0.120
Se	—	—	—	4.8×10 ⁻⁶
Sr	—	—	—	4.1×10 ⁻³
Mn	—	5.4×10 ⁻⁴	<5×10 ⁻⁴	4.1×10 ⁻²
P	—	2.1×10 ⁻²	0.415	0.114
K	—	0.228	—	—
As	—	—	—	2.4×10 ⁻⁵
多糖	—	—	—	22.79
酚酸	—	0.203	—	0.030
总氨基酸	—	—	—	13.18
色氨酸	—	7.5×10 ⁻⁴ ~ 2.17×10 ⁻³	—	—
绿原酸	—	3.56×10 ⁻³ ~ 6.14×10 ⁻³	—	—
总黄酮	—	—	—	0.0090

3.1 低聚果糖: FOS 也称果寡糖, 是由 β-D-果糖残基通过 β(2→1)糖苷键连接而成的直链低聚糖, 是一种可溶性膳食纤维。亚贡具有“低聚果糖之王”之称, 干根中含有 20% 以上的

FOS。亚贡根中的 FOS 是吡喃型, 以蔗糖为基础, 在其果糖残基上通过 β(2→1)糖苷键结合 1~8 个果糖分子所构成的, 主要包括蔗果三糖(GF2)、蔗果四糖(GF3)、蔗果五糖(GF4), 结构式见图 1。尽管传统上亚贡根因为富含 FOS 而适宜作为糖尿病患者的日常食品, 但是亚贡根中还含有丰富的游离果糖、葡萄糖、蔗糖, 虽然国外宣称进行过成功的临床试验^[1], 但直接食用亚贡根对糖尿病人血糖的影响还要更多的实验验证。低聚果糖还存在于多种植物中, 如菊苣、洋葱、牛蒡等, 商业上的低聚果糖可以直接从植物中提取或用酶法生产^[8]。

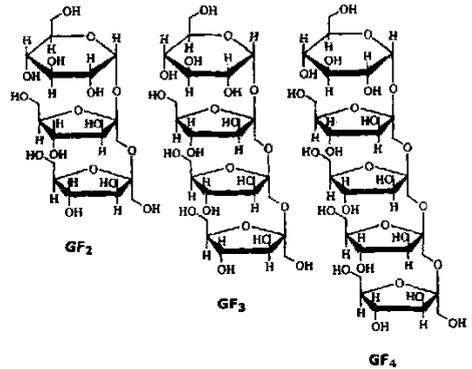


图 1 亚贡根中主要的低聚果糖

Fig. 1 Main FOS in yacon roots

3.2 酚酸: 研究者在研究亚贡根抗氧化活性时发现了根中的酚酸物质^[9], 最近又分离出几种主要咖啡酸衍生物, 如绿原酸、异绿原酸 B(3,5-二咖啡酰基奎尼酸)、3,5-dicaffeoyl-traric acid、2,3,5-tricaffeoyl-traric acid 等; 还有 2 种辛酮糖酸(octulosonic acid)以及阿魏酸^[10~12]。其中绿原酸具有清除体内自由基及抗脂质过氧化、不可逆的抑制葡萄糖-6-磷酸酶的水解而降低血糖水平、提高机体免疫力、抗肿瘤、抗菌和抗病毒等作用, 其应用研究是目前医药界追逐的热点; 阿魏酸也是很多中药的活性成分, 近年来在医药、食品、化妆品等领域中崭露头角, 具有抑制血栓形成、显著增加皮肤通透性、抗氧化等作用。亚贡叶中除了也含有绿原酸、咖啡酸、阿魏酸外, 还含有具抗肿瘤、抗菌、降血脂作用的原儿茶酸(protocatechuic acid)^[12]; 此外日本的寺田澄男发现了亚贡叶中几种具有降血糖活性的异绿原酸, 包括 4,5-二咖啡酰基奎尼酸(异绿原酸 A)、3,4-二咖啡酰基奎尼酸和 3,5-二咖啡酰基奎尼酸(异绿原酸 C), 其中异绿原酸 C 在亚贡叶水提取物中量最高。

3.3 萜类: 20 世纪 90 年代初, 从亚贡叶甲醇提取物中就分离鉴定到倍半萜和二萜脂类物质, 其中主要是对映-贝壳杉烯酸(ent-kaurenic acid)及其几种二萜脂类衍生物^[13], 对映-贝壳杉烯酸是萜类植物激素赤霉素生物合成的中间体, 具有抗菌活性, 可用于植物防御, 而且具有抗癌等重要的药用价值; 此外亚贡叶 70% 甲醇提取物中还发现了抗真菌的美兰烷型倍半萜酚内酯 sonchifolin、8-angeloyl-1(10),4,11(13)-germacuratrien-12,6-olid-14-oic acid methyl ester 及其衍生物 polymatin B、uvedalin、enhydrin^[14]。对映-贝壳杉烯酸和倍

半萜烯内酯是菊科化学分类学标志性物质之一。

3.4 黄酮:黄酮是在植物中分布最广的一类物质,常以游离态或者与糖结合成苷的形式存在。亚贡根中含有槲皮素和另外2种黄酮^[12],槲皮素对人体细胞的许多功能和酶系统有影响,并可抑制胃癌、乳腺癌、卵巢癌和白血病等。黄酮主要分布在叶和花中,目前发现亚贡叶中降血糖功效的活性物质也与黄酮类物质有关,已经确认的有异槲皮苷(isoquercitrin)。

3.5 其他化学成分:除了营养物质和上面提到的主要天然活性成分,亚贡根中还含有多种氨基酸及多糖。此外,在亚贡根的丙酮提取物中还发现了具有植物抗毒素作用的3种羟基苯丙酮衍生物,即4'-hydroxy-3'-(3-methylbutanoly)acetophenone、4'-hydroxy-3'-(3-methylbutenyl)acetophenone、5-acetyl-2-(1-hydroxy-1-methylethyl)benzofurane^[13];亚贡叶的灰分量异常高,除了与其中含有矿物质(如钙、镁、铁等)有关外,是否存在有机矿物质还需深入分析,同时亚贡叶中多糖量较高,但可能多是以纤维素、半纤维素形式存在,有没有其他活性多糖也需要进一步研究。

4 亚贡的药理作用

由于主要活性成分不同,亚贡根和叶的药理功效也有些差别。传统上亚贡根作为一种富含FOS、酚酸的低能量食品,具有肠道功能调节、调节免疫、降血脂、预防骨质疏松、减肥、预防肾病、预防慢性肝病、保养皮肤、抗氧化、提高记忆力等作用^[1,9,16-17];而在最近几年的现代药理研究中发现亚贡叶在降血糖、抗氧化、抗真菌等方面的独特活性^[3,14,15,18,19]。这些使亚贡成为中老年人,尤其是糖尿病患者、肠道功能紊乱患者和肥胖患者的保健佳品。

4.1 肠道微生态平衡作用:亚贡传统上对肠道功能的调节作用主要缘于其根内含有大量的FOS。人体胃肠道内没有水解这种低聚糖的酶系统,因此它不易被胃肠消化吸收而直接进入大肠内优先为双歧杆菌所利用,是双歧杆菌的增殖因子,而且FOS通过肠道发酵功能,产生大量的短链脂肪酸(乳酸和醋酸),刺激肠道蠕动、抑制肠内沙门氏菌和腐败菌的生长,起到调节肠道微生物区系组成的作用,具有显著的益生元特性。Valentova等研究了亚贡根的FOS提取物和FOS商品被几种常见的肠道菌发酵利用的状况,结果发现嗜酸乳酸菌(NRRL-1910)和植物乳酸菌(NRRL B-4496)可以对亚贡FOS中的GF2进行发酵,而两歧双歧杆菌(CTCC 15696A)可对GF2以及其他高聚合度的FOS进行发酵,从而证实了亚贡根的益生元作用^[20]。

4.2 降血糖作用:长期以来巴西人将亚贡叶泡饮,用于糖尿病人的日常保健作用,目前甚至已经开发了此类降血糖药品。但Aybar等人最先通过动物实验证明了亚贡叶提取物和亚贡茶对正常大鼠和糖尿病大鼠有血糖调节的作用^[3],经一次性ip或ig 10%亚贡水提物会显著降低正常大鼠血糖,但对糖尿病大鼠血糖水平没有显著影响,而以2%亚贡茶代替日常饮水服用30d会对糖尿病大鼠产生显著的降血糖效果,而且血浆胰岛素水平提高,肾功能参数得到改善。

Valentová、寺田澄男等在各自的研究中提出了亚贡叶降血糖的机制^[15];前者指出亚贡叶有机溶剂和水提取物通过调节糖异生及糖原分解途径降低肝内葡萄糖的生成,而且其对细胞色素P450(CYP)mRNA表达的胰岛素样作用也得到了证明;后者通过对亚贡叶水提物进行分离得到异槲皮苷、异绿原酸等 α -糖苷酶抑制剂,证明了亚贡叶降血糖作用除了与延迟胃向肠输送糖有关外,还与这些物质抑制肠内淀粉酶和麦芽糖酶的活性密切相关,因此有预防糖尿病的作用。

4.3 抗氧化作用:亚贡根和叶中含有多种抗氧化植物成分,如槲皮素、原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、绿原酸、色氨酸等,可见酚酸在其抗氧化作用中占主导地位,而从抗氧化效应看,以槲皮素为代表的黄酮类物质抗氧化作用强,能抑制脂质氧化,预防动脉硬化,因此也不容忽视。从研究结果看,Valentová等人在2003年报道了关于亚贡叶提取物抗氧化的作用,指出该提取物成分包括咖啡酸、绿原酸、原儿茶酸以及微量的阿魏酸,并通过DPPH和黄嘌呤超氧自由基的清除实验验证了亚贡叶提取物可以清除自由基,缓解肝细胞氧化损伤,并可能用于预防一些慢性疾病,例如动脉硬化^[18]。2004年他们针对肝代谢继续研究了亚贡叶的抗氧化作用,得到亚贡叶具有对抗大鼠肝细胞氧化,起到细胞保护作用^[16]。

4.4 其他药理作用:亚贡中的低聚果糖还能起到预防骨质疏松、降低血脂、调节免疫机能、预防便秘、减肥等作用。其中预防骨质疏松是由于亚贡根中的低聚果糖能在大肠中发酵产生短链脂肪酸,从而刺激钙吸收,同时亚贡的矿物质中含钙也比较高;预防便秘是由于亚贡根中含有丰富的低聚果糖和水分,它预防和缓解便秘不像其他膳食纤维产品通过膨胀性、持水性等物理作用,而是通过调节肠道微环境,恢复正常的肠道发酵功能,刺激肠道蠕动、增加粪便湿润度并保持一定的渗透压,从而防止便秘的发生。此外,亚贡还具有抗菌和预防记忆衰退的功效,前者通过亚贡叶的水提物对曲霉菌产黄曲霉毒素的抑制作用等得到验证,是由于酚酸和萜类等物质在起作用^[14,15,19];后者是由于亚贡富含酚酸,酚酸可作为脯氨酰基肽链内切酶(PEP)全抑制剂,对含脯氨酸神经肽(一种学习和记忆因子)起到保护作用,所以亚贡能起到预防记忆衰退、抗衰老的功效^[17]。

5 亚贡的食用安全性

数百年来,亚贡在安第斯山区一直就被当作一种食物在大量广泛的食用,其安全性很高。低聚果糖作为亚贡中的主要功效成分,可以作为亚贡食用安全性的一个参考,一般低聚果糖纯品食用量在30g/d以下是不会产生任何不良影响的,而且通过动物实验发现长期摄入低聚果糖也不会产生副作用^[2]。国外针对亚贡根也进行了长期临床试验,长期服用一种亚贡制剂4g/d(分两次服用),连续3个月检测多项生理指标包括身高、体重、腰围、体脂率、体质指数(BMI)、总胆固醇、低密度脂蛋白(LDL)、甘油三酯、血糖值、谷草转氨酶(AST)、谷丙转氨酶(ALT)、酒精性肝障碍指标 γ -GTP。结果发现亚贡根可以降低体脂率、总胆固醇、LDL、甘油三酯和血糖,改善肝功能,没有发现长期服用亚贡根的任何不

良反应。

对于亚贡叶水提物(YWE),日本研究者进行了安全性评估,急性毒性实验采用 ICR 小鼠一次性 ig YWE,观察 7 d,计算累积死亡数,观察结束后对存活小鼠进行病理学检查;反复给药的安全性实验采用 ICR 小鼠每日 1 次,连续 8 d ig YWE 0.3、1.0、3.0 g/kg,观察一般状态,末次给药 24 h 后进行血液化学检查及病理学检查。结果 ICR 小鼠单剂量给予 YWE 最大量(3.0 g/kg)未见毒性反应及动物死亡,连续给予 8 d 动物的一般状态、血液化学检查、病理学检查也均未见毒性反应,实验结束后存活动物亦无异常。因此认为 YWE 具有高度安全性^[2]。

6 亚贡的开发应用

亚贡根不但味甜、多汁,而且热量极低,在安第斯山市场和欧洲超市里,作为一种“水果”出售而备受青睐。传统上,亚贡根还可以煮食、烤食、油炸、腌制、榨汁,然而目前亚贡块根加工手段已经超出了传统加工的范围,使其块根向工业化食品加工发展,其中比较常见的有干根切片(粉末)、鲜根袋装、罐头、糖浆(糖果)、饮料、酸乳酪,更进一步可以开发各种特色保健品及其保健品原料(块根提取浓缩物)。目前亚贡根的开发应用主要还是针对其中的 FOS,并在很多国家的糖尿病协会内部被推荐使用。相对于亚贡根,其茎叶的传统食用形式较少,亚贡叶可以像茶叶一样泡饮,而茎叶由于含有高蛋白,具有开发成绿色动物饲料的潜力。而随着亚贡叶降血糖、抗氧化方面功效的发现,而且作为茶叶泡饮更符合亚洲和南美人的日常习惯,在很多地区,开发亚贡保健茶成为亚贡产品的一个重要支柱,同时开发茶饮也是一个很有前途的方向。

7 结语

糖尿病,肠胃功能紊乱、肥胖症等都属于慢性多发性常见病,也都伴有并发症。化学药剂虽然针对严重病患能够迅速起效,但对于预防和患病后的长期治疗还存在价格昂贵、不能兼顾标本、不良反应大等缺点,天然药用植物包括中草药和国外药草的开发则恰恰弥补了这些缺陷。亚贡作为其中很有特色的一员,相信随着研究的深入和各国的大力开发,会成为这些病患者的一大福音。

References:

[1] Valentová K, Ulrichová J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii* prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases [J]. *Biomed Papers*, 2003, 147(2): 119-130.

[2] Yang Z M, Bu Y Q, He R G. Recent advances on biological effects and safety of fructooligo-saccharides [J]. *Life Sci Res*

(生命科学), 2004, 8(4): Suppl: 122-125.

[3] Aybar M J, Sánchez Riera A N, Grau A, et al. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats [J]. *J Ethnopharmacol*, 2001, 74(2): 125-132.

[4] Zeng S. Tissue culture and rapid propagation of *Smallanthus sonchifolia* [J]. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯), 2004, 40(2): 212.

[5] Wells J R. A new species of *Polymnia* (Compositae, Heliantheae) from Mexico [J]. *Brittonia*, 1967, 19: 391-394.

[6] Kuroda S, Ishihara J. Field growth characteristics of plantlets propagated *in vitro* and line selection for increased percentage of sugar in tuberous roots of yacon. *Polymnia sonchifolia* [J]. *Bull Shikoku Nat Agric Exp Sta*, 1993, 57: 111-121.

[7] Niwa M, Arai T, Fujita K, et al. Plant regeneration through leaf culture of yacon [J]. *J Jpn Soc Hort Sci*, 2002, 71(4): 561-567.

[8] Hidaka H, Hirayama M, Yamada K. Fructooligosaccharides-enzymatic preparation and biofunctions [J]. *J Carbohydr Chem*, 1991, 10: 509-522.

[9] Yan X, Suzuki M, Ahnishi-Kameyama M, et al. Extraction and identification of antioxidants in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) [J]. *J Agric Food Chem*, 1999, 47: 4711-4713.

[10] Takenaka M, Yan X, Ono H, et al. Caffeic acid derivatives in the roots of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) [J]. *J Agric Food Chem*, 2003, 51: 793-796.

[11] Takenaka M, Ono H. Novel octulosonic acid derivatives in the composite *Smallanthus sonchifolius* [J]. *Tetrahedron Lett*, 2003, 44: 999-1002.

[12] Simonovska B, Vovk I, Andresek S, et al. Investigation of phenolic acids in yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers [J]. *J Chromatogr A*, 2003, 1016(1): 89-98.

[13] Kakuta H, Seki T, Hashidoko Y, et al. Ent-kaurenoic acid and its related compounds from glandular trichome exudates and leaf extract of *Polymnia sonchifolia* [J]. *Biosci Biotech Biochem*, 1992, 56: 1562-1564.

[14] Inoue A, Tamogami S, Kato H, et al. Antifungal melampolides from leaf extracts of *Smallanthus sonchifolius* [J]. *Phytochemistry*, 1995, 39(4): 845-848.

[15] Takasugi M, Masuda T. Three 4'-hydroxyacetophenone-related phytoalexins from *Polymnia sonchifolia* [J]. *Phytochemistry*, 1996, 43(5): 1019-1021.

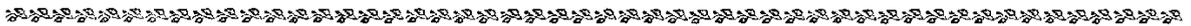
[16] Valentová K, Moncion A, de Waziers I, et al. The effect of *Smallanthus sonchifolius* leaf extracts on rat hepatic metabolism [J]. *Cell Biol Toxicol*, 2004, 20(2): 109-120.

[17] Kobayashi W, Miyase T, Sano M, et al. Prolyl endopeptidase inhibitors from the roots of *Lindera strychnifolia* F. VILL [J]. *Biol Pharm Bull*, 2002, 25(8): 1049-1052.

[18] Valentová K, Cvak L, Muck A, et al. Antioxidant activity of extracts from the leaves of *Smallanthus sonchifolius* [J]. *Eur J Nutr*, 2003, 42(1): 61-66.

[19] Pinto M M, Gonzalez E, Rossi M H, et al. Activity of the aqueous extract from *Polymnia sonchifolia* leaves on growth and production of aflatoxin B1 by *Aspergillus Flavus* [J]. *Braz J Microbiol*, 2001, 32: 127-129.

[20] Pedreschi R, Campos D, Noratto G, et al. Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics [J]. *J Agric Food Chem*, 2003, 51(18): 5278-5284.



欢 迎 投 稿 欢 迎 订 阅