

# 从 28 届国际园艺学大会看果蔬园艺产品营养学研究现状

芦 琰<sup>1</sup>, 周志钦<sup>1,2,\*</sup>

(<sup>1</sup>西南大学园艺园林学院, 重庆 400716; <sup>2</sup>南方山地园艺学教育部重点实验室, 重庆 400715)

**摘 要:** 有关果蔬等园艺产品的营养与生物活性物质的研究是近年园艺学研究的热点问题之一。主要根据 28 届国际园艺学大会论文摘要, 对当前国内外有关水果、蔬菜的营养和生物活性物质的研究情况进行全面系统的总结, 当前果蔬园艺产品营养学的研究包括栽培品种与野生资源, 主要研究内容涉及果蔬中营养和生物活性物质的含量、分布、影响因子及其调控措施以及对人体的功效等; 对有关的技术方法和存在的问题也进行了介绍, 旨在为今后研究提供参考。

**关键词:** 果品; 蔬菜; 营养成分; 生物活性物质; 研究现状

**中图分类号:** S 6

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2011) 09-1807-10

## Advances in Nutriology of Fruits and Vegetables Products: A Review of the Abstracts of the 28th International Horticultural Congress

LU Yan<sup>1</sup> and ZHOU Zhi-qin<sup>1,2,\*</sup>

(<sup>1</sup>College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400716, China, <sup>2</sup>Key Laboratory of Horticulture Science for Southern Mountainous Regions, Ministry of Education, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** The nutrient and bioactive compounds of horticultural products is one of the most active fields of study in horticulture science in recent years. In this paper, the current study status of the nutrients and bioactive substances of horticultural products was fully introduced based on the abstracts of the 28th International Horticultural Congress. The current study on nutriology of fruit and vegetable products mainly covered commercial cultivars and valid genetic resources. The subjects of studies included the contents, distribution, environmental and genetic determinants and their controls, as well as the effects on human beings of the nutrients and bioactive compounds. The method and technique used in the studies and the problems remained unsolved were also summarized in an attempt to provide new information for the future.

**Key words:** fruit; vegetable; nutrient substance; bioactive compounds; current status

营养、健康、食品安全是 21 世纪人类社会关注的焦点问题。粮食作物为全世界基本的食品安全 (food security) 提供了能量保障, 而水果和蔬菜中丰富的营养和生物活性物质则人类的营养和健

收稿日期: 2011-05-04; 修回日期: 2011-08-23

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31071769)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: zqzhoubj@yahoo.com)

康安全 (food safety) 提供了根本物质保证。随着人们营养和保健意识的提高, 果蔬产品中营养和生物活性物质的价值也越来越为人们所重视。2010 年 8 月 22—27 日在葡萄牙首都里斯本召开的第 28 届国际园艺学大会 (the 28th International Horticultural Congress) 上, 有关果蔬产品的营养和生物活性物质的研究成为交流的热点问题之一。

第 28 届国际园艺学大会主题是“园艺科学服务于人类”(Science and Horticulture for People)。大会收录的 12 350 篇论文摘要中涉及果蔬产品营养和生物活性物质研究的有 311 篇。有关研究涉及的材料包括: (1) 柑橘、苹果、梨、樱桃、李、桃、枣、杏、葡萄、草莓、蓝莓、猕猴桃、石榴、无花果、酸果蔓、黑醋栗、悬钩子、山核桃、板栗、火龙果、香蕉等 21 个果树种类; (2) 甘蓝类、绿叶菜类、豆类、葱蒜类、根菜类 (胡萝卜、萝卜、防风)、茄果类 (番茄、茄子、辣椒) 等蔬菜种类或品种; (3) 野生果蔬资源。为了系统总结果蔬园艺产品营养学国内外研究现状, 作者在参加第 28 届国际园艺学大会的基础上, 对会议的相关摘要进行了全面系统的总结 (IHCCS, 2010a, 2010b), 旨在为国内学者今后开展相关的研究提供参考。

## 1 当前园艺产品营养学的主要研究内容

### 1.1 营养与生物活性物质的种类、含量及其动态变化

有关的研究报道涉及的营养和生物活性物质种类包括糖、有机酸、氨基酸、蛋白质、维生素、矿物质、膳食纤维、酚类化合物和萜类化合物等。其中研究最多、最深入的是酚类化合物, 涉及简单酚类、酚酸、木质素、类黄酮 (花青素、黄酮醇、槲皮素等)、单宁 (没食子酸、鞣花酸、儿茶酚) 以及甾等。萜类化合物的研究则包括挥发油、类柠檬苦素、类胡萝卜素等。对这些物质有种类、含量及功效等方面的系列分析。

对果蔬产品营养和生物活性物质动态变化研究主要涉及: (1) 不同种类品种间营养和生物活性物质的种类变化。伊朗的 Talaie 等比较了地方来蒙品种 Persian lime 和 Bikhari lime 以及柠檬品种北京柠檬和里斯本柠檬果汁中活性物质的含量。他们发现柠檬果汁的总固形物含量和抗氧化能力都高于来蒙果汁, 而来蒙果汁中的抗坏血酸和可滴定酸含量则较高 (IHCCS, 2010b, s07.285)。 (2) 果蔬产品不同部位营养和生物活性物质的变化。例如 Selahvarzi 等对石榴果皮、种子、叶片 3 个部位的提取物进行分析, 结果显示果皮提取物的酚类化合物含量为叶片中的 1.8 倍, 果皮、种子、叶片提取物的抗氧化活性分别为 55.3%、35.7% 和 16.44% (IHCCS, 2010b, s06.313)。 (3) 不同生长发育阶段果蔬产品中营养和生物活性物质变化。例如 Oliveira 等报道, 处于不同发育阶段的人参果 (*Manihara zapota* L.) 的多酚、抗坏血酸、类黄酮含量不同 (IHCCS, 2010b, s07.287)。Agbo 等分析了 6 种不同绿叶蔬菜拉格斯菠菜、长蒴黄麻 (jute mallow)、菠菜、洛神葵 (roselle)、黑茄和苋菜中的草酸、蛋白质、抗坏血酸、 $\beta$ -胡萝卜素和矿物质在生长周期内的含量变化, 以营养成分含量最高为标准确立各品种绿叶菜的成熟期, 并建议有关蔬菜的最佳采收期 (IHCCS, 2010b, s07.269)。他们的研究为今后园艺产品营养学研究提供了一个新思路, 即预先确定果蔬产品代谢的关键期和代谢产物最丰富的时期, 以此来作为栽培和采收的依据。

### 1.2 影响园艺产品中营养与生物活性物质含量的内外因子及其遗传与环境调控

#### 1.2.1 内在影响因子与遗传调控

理论上讲, 遗传因素是决定果蔬产品中营养和生物活性物质种类和含量的根本原因, 但通过嫁接、杂交、基因工程等手段可改变果蔬产品中营养和生物活性物质的含量。

(1) 通过嫁接使用砧木调节果蔬产品中营养和生物活性物质含量。例如 Kocsis 等比较了 Teleki 5C、Teleki Kober 5BB、Teleki FuhrSO4、Fercal 和 Georgikon 28 等 5 种砧木对两个葡萄品种 (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon 和 cv. Kekfrankos Productivity) 中酚类物质的影响。他们发现两种接穗品种在砧木 Teleki Kober 5BB 上获得了最高的酚类含量, 其中包括花青素、原花青素和儿茶素 (IHCCS, 2010b, s16.209)。

(2) 通过杂交分析营养和生物活性物质遗传规律, 选育高营养价值品种。Scalzo 等使用 7 个蓝莓亲本进行了杂交试验, 并对 12 个家系的蓝莓后代抗氧化能力、总酚和总花青素含量进行分析, 其中以品种 Sharpblue 和 Elizabeth 为亲本的后代彼此间抗氧化成分的含量差异最大 (IHCCS, 2010b, s01.223)。Galmarini 利用杂交技术选育富含大蒜素 (allcin) 的洋葱品种 (IHCCS, 2010b, s07.006)。Villatoro 等、Croset 等采用 QTL 定位技术, 通过对种间杂交后代分析, 定位了草莓、桃、杏中与酚类物质合成相关的数量性状位点, 并利用获得的 QTLs 改善果蔬的营养品质 (IHCCS, 2010b, s01.200; s11.049)。

(3) 利用基因工程手段调节园艺产品中营养和生物活性物质含量。Feng 等克隆分析了梨 (*Pyrus pyrifolia* ‘Aoguan’) 的 MYB 类转录因子 (PyMYB10), 转录因子 MYB 在植物中可调节控制类黄酮生物合成基因的表达 (IHCCS, 2010b, s04.273)。

### 1.2.2 环境影响因子与栽培调控

Lopez 等报道, 在不同的温度、光暗周期条件下, 莴苣 (*Lactuca sativa* L. ‘Gem Ferro’) 中抗坏血酸、可溶性糖和有机酸的含量产生差异 (IHCCS, 2010b, s07.232-233)。光照除了光周期这一影响因子外, 不同的光源、光照时间也是影响因素。Azuma 等报道, 低温 15 °C + 光照 (白光 + 紫外光, 光照强度  $80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 的条件下, 葡萄花青素含量增加得最多 (IHCCS, 2010b, s16.271)。Johkan 等报道, 用 440 nm 蓝光、520 nm 绿光、660 nm 红光以及蓝—绿、蓝—红组合的 LED 光源照射莴苣幼苗, 较普通白荧光照, 增加了莴苣幼苗中花青素和多酚的含量 (IHCCS, 2010a, t16.017)。Romero 等和 Kang 等报道, 水分的梯度变化可影响果蔬中矿质元素、多酚、花青素等的含量 (IHCCS, 2010b, s16.026; IHCCS, 2010b, s16.033)。Stavridou 等报道施用氮、硫 (IHCCS, 2010b, s07.256), Oh 和 Grusak 报道使用铁、锌 (IHCCS, 2010b, s07.236), Alsina 等报道使用硒 (IHCCS, 2010b, s07.250), Ranjbar 等报道使用镍 (IHCCS, 2010b, s01.380) 等矿质元素肥料, 均可调控果品或蔬菜中营养和生物活性分子的含量。土壤的 pH、介质的种类都是果蔬中生物活性物质含量的影响因素。Zhao 等报道, 梨品种 Whangkeumbae 果实中的钾、铜、钙含量与土壤 pH 值正相关, 而铁含量则与土壤 pH 值呈负相关 (IHCCS, 2010b, s14.202)。Gu 等比较了泥炭、蛭石和珍珠岩等 6 种不同的介质组合对番茄果实中矿物质的影响, 结果显示不同介质中栽培的番茄果实所含的钙、镁、锰、铁、铜和锌的含量均出现了差异 (IHCCS, 2010b, s13.325)。

目前, 通过栽培措施改变果蔬产品中营养和生物活性物质的研究中涉及到施用化学药剂、使用有机覆盖物、搭建遮阳网、利用不同栽培模式等。Oh 等报道, 将苜蓿的种子用铁螯合物浸泡后, 可促进其可食幼苗中多酚的积累。不过这种促进作用对花椰菜和萝卜无效 (IHCCS, 2010b, s07.237)。Amiri 等报道, 用  $300 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  的乙烯利喷施葡萄品种 Beidanch Ghermezshide 叶片, 果皮中的花青素含量显著增加 (IHCCS, 2010b, s16.238)。Solomakhin 等报道, 在苹果园中使用 3 种有机物覆盖土壤, 提高了苹果果实中的抗坏血酸和多酚含量 (IHCCS, 2010b, s14.061)。Bastias 等报道, 在果园搭建具有光选择性的遮阳网可以控制射入的光源颜色和紫外光量, 也可将直射光转变成散射光, 能有效调控苹果果实内酚类化合物的成分组成 (IHCCS, 2010b, s07.012)。Veberic 等报道, 在有机栽培 (organic production) 和综合栽培 (integrated production) 两种栽培模式下, 有机栽培的苹果多酚的含量和种类都多于综合栽培的 (IHCCS, 2010b, s07.228)。Kafkas 等报道, 保护地栽培 (protected

cultivate)与普通田间栽培(out-field cultivate)相比可提高香蕉果肉中的不饱和脂肪酸含量(IHCCS, 2010b, s18.042)。

不同的栽培地点,因地理位置、气候条件、土壤因素和栽培措施不同,对园艺产品的营养和生物活性物质有明显影响。Josuttis 等报道,欧洲由北至南 5 个气候不同地区种植的草莓,其果品中的总酚、抗坏血酸、总花青素含量和抗氧化活性等均存在明显差异,并且纬度越低的地区草莓所含花青素越多(IHCCS, 2010b, s01.305)。Simeone 等报道,在品种、成熟期一致的情况下,不同生长区的蓝莓中酚类化合物含量不同(IHCCS, 2010b, s01.402)。

### 1.3 野生或地方特色品种资源的营养和生物活性物质评价

世界各地都有其野生或特色果蔬资源,有关这些资源的营养和生物活性物质的分析也是当前国际园艺产品营养学研究的重要内容。Hu 等分析了 11 种中国栽培的石榴品种果皮中的多酚、类黄酮、原花青素的含量和抗氧化能力,表明‘Fentian’的酚类化合物含量最丰富,达到  $71.1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ ,类黄酮含量最高的品种是 DRF-1,原花青素含量和抗氧化能力最高的品种都是 Fentian(IHCCS, 2010b, s07.210)。Badjakov 等评价了比利时栽培的悬钩子(raspberry)不同品种中酚类化合物的组成情况,结果是酚酸含量最高的品种是 Balagarski rubin ( $4.163 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ),花青素含量最高的品种是 Ljulin ( $1.758 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ),抗氧化活性最高的品种是 Samodiva ( $47.059 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ )(IHCCS, 2010b, s01.331)。Kalt 等分析了美国东南部的 *V. hirsutum*、新几内亚巴布岛的 *V. acrobracteatum*、越南的 *V. gaultheriifolium* 等 3 种野生的蔓越橘(*Vaccinium macrocarpon* L.)中的酚类化合物和花青素成分,证实其花青素和酚类化合物含量丰富,并具有良好的抗氧化活性(IHCCS, 2010b, s01.313)。Ren 等研究了白刺(*Nitrariatan gutorum* Bobr.)果实中生物活性物质,表明白刺中富含类黄酮、酚酸和生物碱(IHCCS, 2010b, s01.313)。对野生或地方特色果蔬资源营养和生物活性物质的评价,可以开发资源新的利用方式,提高其经济价值,对资源的收集、保护和合理利用等有重大意义。

### 1.4 采后因素对园艺产品中营养和生物活性物质的影响

水果和蔬菜从采收到食用,要经历运输、贮藏、加工、销售以及烹饪等不同环节。这些过程都会对果蔬营养和生物活性物质产生影响。在 28 届国际园艺学大会的摘要中,有关报道涉及到采后贮藏、加工和烹调等环节。

园艺产品采后贮藏时的水分含量,不同温光、气压和理化处理等都会对其营养和生物活性物质产生影响。Rybarczyk 等报道,在黑暗条件下贮藏甘蓝有利于类黄酮物质的积累(IHCCS, 2010b, s02.356)。Rodrigues 等报道,两种不同的葡萄牙洋葱(*Allium cepa* L.)品种 Branca da Povia 和 Vermelha da Povia,在采后的 3 至 6 个月期间内,以  $2^\circ\text{C}$  的冷藏系统贮藏洋葱,黄酮含量较非冷藏系统有显著增加(IHCCS, 2010b, s02.463)。Klewiciki 等报道,使用渗透干燥技术较渗透对流干燥技术更能维持酸樱桃中多酚含量的稳定(IHCCS, 2010b, s11.297)。Chen 等报道,在低压环境中贮藏水蜜桃较在大气中冷藏更能抑制果实中抗坏血酸含量的降低(IHCCS, 2010b, s02.410)。Khorshidi 等报道,利用气调包装(MAP)调节樱桃贮藏时的气压,樱桃果实中的酚类物质较大气环境  $0^\circ\text{C}$  冷藏时损失的少(IHCCS, 2010b, s02.430)。Lester 报道,使用电离辐射(ionizing radiation)如铯-137 伽马辐射处理菠菜,对菠菜叶内抗坏血酸、芦丁、玉米黄质、 $\beta$ -胡萝卜素、紫黄质的含量提升有良好效果(IHCCS, 2010b, s02.121)。Mathaba 等报道,在  $53^\circ\text{C}$  使用  $1 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  钼(Mo)溶液浸泡柑橘,可在贮藏期内提高橙皮中酚类、类黄酮、黄酮醇的含量(IHCCS, 2010b, s02.396)。

加工对果蔬产品营养和生物活性物质含量的影响非常明显。Fang 等报道,采用对流干燥的方法

加工野生蔓越橘时,随着加工温度的升高,蔓越橘内的抗坏血酸含量降低至鲜果的 1/12 (IHCCS, 2010b, s02.467)。Keenan 等报道,在加工苹果、草莓、香蕉和柑橘果汁饮品思慕雪 (Smoothies) 时,采用高温和高流体静力压处理,可提高加工后产品中的酚类物质含量 (IHCCS, 2010b, s11.058)。坚果类的加工常常需要去壳、烘烤, Schmitzer 报道,在榛子 (*Corylus avellana* L.) 的加工过程中,多种酚类如黄烷-3-醇、黄酮醇、酚酸均在去壳、烘烤过程中有损失 (IHCCS, 2010b, s06.307)。

关于食用烹调方式对果蔬产品营养和生物活性物质含量的影响, Page 等报道,番茄热烹调后番茄红素含量较冷烹调下降接近一半 (IHCCS, 2010b, s07.027)。

### 1.5 与人类健康的关系

现有研究已初步表明,水果和蔬菜含丰富的营养和生物活性物质,科学食用果蔬产品对人类疾病可起到良好的预防作用,具有明显保健功能。

Halliwell 报道,细胞培养和人体试验均表明果蔬产品中活性分子如酚类、抗坏血酸等对人体的生理和病理具有双重调节作用 (IHCCS, 2010b, s07.028)。Borges 等报道,果蔬内所含的多种生物活性物质具有抗菌能力,体外模拟抑菌试验表明,异硫氰酸苄酯 (benzyl isothiocyanate)、咖啡酸 (caffeic acid)、苯乙基乙硫氰酸酯 (phenylethyl isothiocyanate)、没食子酸 (gallic acid)、阿魏酸 (ferulic acid) 和异硫氰酸烯丙酯 (allyl isothiocyanate) 等对食物传染疾病的致病菌 *Listeria monocytogenes* (ATCC 15313) 有显著的抗菌活性 (IHCCS, 2010b, s07.229)。Truchado 等报道,没食子酸、肉桂酸、异黄酮、白藜芦醇、绿原酸以及石榴提取物溶液具有抗菌能力,当上述溶液浓度达到  $200 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  时具有抗病原菌 *Y. enterocolitica* 的作用 (IHCCS, 2010b, s07.023)。Lellis-Santos 等报道,体外肌细胞、脂肪细胞、大红细胞培养试验都证明,葡萄果实中的白藜芦醇、脱落酸以及脱落酸的两种派生物 A1 和 A2 均具抗炎能力 (IHCCS, 2010b, s07.020)。Kurogi 等报道,蒜头 (*Allium chinense* G. Don) 的加工产品可以抑制由锌诱导的神经细胞凋亡 (IHCCS, 2010b, s07.249)。

有关果蔬产品中生物活性物质在人类重大疾病预防中的作用,在 28 届国际园艺学大会的摘要中也有明确的报道。Stewart 报道,转基因试验和动物试验验证了无核小水果 (soft fruit) 如草莓、悬钩子等富含的多酚可对癌症起到化学预防的作用 (IHCCS, 2010b, s01.033)。Lellis-Santos 等报道,红葡萄中富含的白藜芦醇和脱落酸能激活磷酸腺苷活化蛋白激酶 (AMPK),而 AMPK 是数种抗糖尿病药物中的功能成分,因而这类多酚和脱落酸对糖尿病的预防有益 (IHCCS, 2010b, s07.020)。Rentsch 等报道,用苹果喂食老鼠,通过转录组学的手段和方法研究老鼠体内调控胆固醇、胆汁酸和谷胱甘肽生物合成的几种转录因子的变化,结果表明苹果可能具有抗心血管病的作用 (IHCCS, 2010b, s11.218)。Vieria 等报道,细胞学和生物化学试验表明,类黄酮,特别是洋葱、苹果中富含的槲皮素 (Quercetin) 能起到延缓神经衰退的作用 (IHCCS, 2010b, s07.036)。另外,Joseph 等报道,浆果和坚果中丰富的抗氧化和抗炎作用的生物活性物质能降低帕金森症 (Parkinson's)、阿尔兹海默症 (Alzheimer's) 等老年疾病的发病风险 (IHCCS, 2010b, s01.035)。

### 1.6 饮食习惯、消费文化与果蔬产品的营养价值

Brugger 等报道,瑞士消费者都不喜爱肉质松软、粗糙的苹果,且对果实气味的选择意识在逐渐增强 (IHCCS, 2010b, s11.204)。Liverani 等报道,意大利消费者在选择桃时,外观评分高的品种并不都是更受青睐 (IHCCS, 2010b, s11.205)。Iglesias 等报道,在西班牙,不同地区、年龄、性别、口味的消费者在选择园艺产品时有不同的偏好,部分地区的消费者对偏酸、多汁的苹果的喜爱

程度高于其他地区 (IHCCS, 2010b, s11.206)。Miler 和 Racsko 报道, 不同年龄、性别、职业、收入的人群对苹果的品质指标, 如外观、口味、栽培方式、价格、包装等重视程度不同 (IHCCS, 2010b, s11.209)。Sijtsema 等报道, 口味偏酸较口味偏甜、偏咸的人群消费的水果更多, 也更重视食物的营养。同时, 消费者的选择行为受空间、环境等诸多因素的影响 (IHCCS, 2010b, s11.201)。Onwezen 等报道, 人们在工作、学习等外出场合进食时, 对食物的健康营养因素较在家中考虑的少 (IHCCS, 2010b, s11.200)。Kruczynska 等报道了波兰人容易接受桃新品种, 营养丰富的新品种有助于刺激桃类产品的相关消费 (IHCCS, 2010b, s11.203)。

有关饮食消费习惯与果蔬产品营养价值的利用问题, Vieux 等报道, 根据传统每日摄入 400 g 果蔬只能丰富摄入营养物质的种类, 但各种营养物质的摄入量还不能达到优化人体营养状态的需要量, 建议采用 Maillot 等在 2010 年提出的将果蔬的摄入量提高到每日 550 g 的标准 (IHCCS, 2010b, s07.257)。ReIf 报道, 莴苣叶绿素 a、叶绿素 b 含量高的品种与其芦丁和  $\beta$ -胡萝卜素含量的升高相关联, 认为果蔬外观品质和果蔬营养性状存在关联性, 建议消费时参考果蔬外观颜色选择营养物质含量高的果蔬产品 (IHCCS, 2010b, s07.278)。

## 2 园艺产品营养学现有的研究技术与方法

随着现代科学技术的发展, 许多新技术被用于研究果蔬产品的营养和生物活性物质, 具体主要包括: 分离检测技术、抗氧化活性分析技术、营养保健功效测定技术和各种“组学”技术的应用等。

### 2.1 分离检测技术

分离检测技术是指用于将果蔬的粗提样品中各成分进行分离并对分离的各营养活性物质样品的浓度与含量进行定性和定量分析的技术。在 28 届国际园艺学大会摘要中报道的技术主要包括高效液相色谱 (high performance liquid chromatography, HPLC)、超高效液相色谱 (ultra performance liquid chromatography, UPLC)、气相色谱 (gas chromatograph, GC)、高分辨率质谱 (high-resolution mass spectrometers, HRMS)、毛细管电泳 (capillary electrophoresis, CE)、核磁共振 (nuclear magnetic resonance, NMR)、电子鼻 (electronic-nose, e-nose) 以及各项技术与检测器的连用等。

高效液相色谱技术 (HPLC) 是 20 世纪 60 年代末以经典的液相色谱为基础, 引入气相色谱的理论方法, 将流动相改为高压输送, 并采用高效固定相及在线检测等手段, 发展而成的一种分析分离方法 (吕娟涛 等, 2005)。此次会议文献中报道的利用高效液相色谱分离的物质有多酚 (IHCCS, 2010b, s07.288)、类黄酮 (IHCCS, 2010b, s07.223)、糖苷 (IHCCS, 2010b, s07.201)、维生素 (IHCCS, 2010b, s07.204)、烯 (IHCCS, 2010b, s07.013) 等物质。

超高效液相色谱 (UPLC) 是 2004 年 Waters 公司在高效液相色谱的原理基础上, 采用 1.7  $\mu\text{m}$  细粒径的新型固定相, 并以系统整体设计的创新技术, 开发推出的全新色谱技术。超高效液相色谱 (UPLC) 与高效液相色谱 (HPLC) 相比, 可以减少操作时间和溶剂消耗, 还可在一定程度上提升分辨效果 (Nováková et al., 2006; 胡海燕 等, 2010)。Vrhovsek 等报道, 使用超高效液相色谱 (UPLC) 分离悬钩子中主要的鞣酐和鞣花酸成分, 分离效果好 (IHCCS, 2010b, s01.054)。

气相色谱 (GC) 是利用气体作为流动相, 配合微量酸碱滴定, 对挥发性化合物进行分离测定的色谱技术 (张廉奉, 2009)。Vandendriessche 等报道利用气相色谱结合质谱分离检测草莓成熟期的芳香物质 (IHCCS, 2010b, s01.053)。Villalobos 等报道, 使用气相色谱分离测定了火龙果种子中不饱和脂肪酸、亚油酸、油酸、硬脂酸、棕榈油、花生酸等脂肪酸的含量 (IHCCS, 2010b,

s18.245)。

高分辨质谱 (HRMS) 是一系列具有高质量分辨能力的质谱的统称 (Marshall & Hendrickson, 2008)。高分辨质谱的主要类型有飞行时间质谱 (TOF)、傅立叶变换静电场轨道阱 (FT Orbitrap) 以及磁质谱 (SECTOR) 和傅立叶变换离子回旋共振质谱 (FT ICR) 4 种类型 (王勇为, 2010)。Sliva 等报道, 利用基质辅助激光解吸附飞行时间质谱 (MALDI-TOF-MS) 分析鉴定橄榄种子中的环烯醚萜 (IHCCS, 2010b, s07.289)。Tomi 等报道, 利用 Orbitrap MS 分析了黄麻 (*Corchorus olitorius* L.) 贮藏期中代谢物变化 (IHCCS, 2010b, s07.017)。

毛细管电泳 (CE) 是以高压电场为驱动力, 以毛细管作为分离通道, 依据样品中各组分之间淌度和分配行为的差异而实现分离的一类液相分离技术 (倪莹, 2009)。Zhang 等报道, 利用毛细管电泳分析检测了蓝莓果实中的糖和有机酸组分, 成功测定了葡萄糖、果糖、苹果酸、柠檬酸等物质的含量 (IHCCS, 2010b, s01.050)。

核磁共振技术 (NMR) 是接收原子核释放出的能量, 处理获得图像以获取分子结构等信息的技术。Ali 等使用核磁共振技术分析葡萄各发育时期的代谢产物, 获得了定性定量数据结果 (IHCCS, 2010b, s16.037)。Choi 等采用二维核磁共振 (2D-NMR) 分析了从洋葱中提取的乙基亚油酸盐 (Ethyl Linoleate) 的结构 (IHCCS, 2010b, s07.022)。

电子鼻 (e-nose) 是应用仿生学原理分析、识别和检测复杂嗅味和挥发性成分整体信息的仪器。(郭奇慧 等, 2010)。Russo 等报道, 利用电子鼻技术分析比较了不同生态型洋葱的芳香物质。(IHCCS, 2010b, s07.216)。

除上述单项分析技术外, 有关技术与各种检测器连用也是目前研究果蔬产品中营养和生物活性物质的重要技术。二极管阵列检测器 (DAD/PDA) 是以光电二极管作为检测元件的紫外检测器 (范安定 等, 2001)。Vrhovsek 等用 HPLC-DAD 检测悬钩子中鞣花酸成分, 效果良好 (IHCCS, 2010b, s01.054)。荧光检测器 (FLD) 是通过测量化合物的荧光强度进行检测的色谱检测器 (吕良和陈霏济, 2008)。FLD 的灵敏度高, 最适于检测体内微量药物 (王绪明, 2007)。Lopez 等将高效液相色谱搭载荧光检测器以检测莴苣中的各种叶酸组分, 分离检测效果良好 (IHCCS, 2010b, s07.204)。蒸发光散射检测器 (ELSD) 是一种通用型检测器 (王绪明, 2007; 孟洁 等, 2010)。Paiva 等使用高效液相色谱—蒸发光散射检测器系统成功定量分析了甜菜中的甜菜碱 (IHCCS, 2010b, s07.040)。

## 2.2 抗氧化活性分析技术

抗氧化活性是衡量天然生物活性物质活性高低的一项重要指标。在 28 届国际园艺学大会摘要中报道的有关化学检测方法有: 氧自由基吸收能力测定法 (oxygen radical absorption capacity, ORAC); 铁离子还原/抗氧化力测定法 (ferric reducing/antioxidant power assay, FRAP) (IHCCS, 2010b, s07.225); 1,1 - 二苯基 - 2 - 苦基肼法 (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH) (IHCCS, 2010b, s07.261); 2,2' - 联氮双 (3 - 乙基苯并噻唑啉 - 6 - 磺酸) 法 [2,2' - Azino-di (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid), ABTS] (IHCCS, 2010b, s07.223)。生物活性物质的抗氧化能力除了传统的化学检测法外, 还可利用细胞水平上的抗氧化能力检测技术进行测定。如基于红血球细胞抗氧化保护能力分析 (cell-based antioxidant protection in erythrocytes, CAP-e assay), 这种方法更能反映在复杂的生物条件下活性物质抵抗细胞氧化损伤的能力 (Honzel et al., 2008)。Widen 和 Rumpunen 采用 CAP-e assay 方法对苹果、越橘 (bilberry)、花楸果 (chokeberry) 等多种水果的抗氧化能力进行了分析 (IHCCS, 2010b, s01.055)。

### 2.3 营养保健功效测定技术

在 28 届国际园艺学大会报道的营养保健功效分析技术主要有体外模拟试验 (*in vitro*) 和动物或人体的体内试验 (*in vivo*) 两类。体外实验 *in vitro* 源于拉丁语的 *in glass*, 是指在试管、培养基等生物体外进行的试验。如通过模拟活性物质对噬菌体 DNA 氧化损伤的修复能力, 可验证该活性物质的抗氧化功效 (IHCCS, 2010b, s07.032)。Oliveira 等人采用体外模拟试验, 通过生物可给性 (bioaccessibility) 和生物有效性 (bioavailability) 分析判断哪类水果产品中的类胡萝卜素更易在人体内吸收积累, 获得了良好效果 (IHCCS, 2010b, s18.227)。体外模拟实验较活体试验更为简便, 实验周期也较短, 然而若要准确地认识营养成分的各项功效, 还是需要活体实验进行验证。

体内试验 *in vivo* 源于拉丁语的 *in life*, 指在活的生物体内进行的试验。体内试验可检测活性物质对动物体/人体内某些关键基因或蛋白的影响, 是确定生物活性物质活性的关键证据。Stewart 每日用浓度为  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  和  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  槲皮素 (quercetin) 喂食老鼠, 4 d 即可检测出  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  处理组中的老鼠体内的抗癌关键基因之一 *CYP1A1* 的 mRNA 水平提高 (IHCCS, 2010b, s01.033)。Hansen 等通过分析癌症患者食用果蔬后的血液样本中代谢产物, 在临床验证果蔬的抗癌功效 (IHCCS, 2010b, s11.213)。

### 2.4 现代“组学”技术在园艺产品营养学研究中的应用

在后基因组学时代, 现代代谢组学和转录组学已被用于果蔬产品营养学的研究。代谢组学 (metabolomics) 是继基因组学、转录组学和蛋白质组学之后迅速发展起来的一门新兴学科, 它以生物系统中的代谢产物为研究对象, 所提供的信息更能够揭示生物体系生理和生化功能状态。(胡正青 等, 2010)。Abreu 等报道, 利用代谢组学分析 23 种醋栗果汁中糖、有机酸、总酚、花青素和各种酚类组分的变化趋势 (IHCCS, 2010b, s01.051)。Ali 等报道, 以核磁共振技术为分析手段, 使用代谢组学研究 3 种不同葡萄品种不同发育时期的代谢产物的动态变化 (IHCCS, 2010b, s16.037)。

转录组学 (transcriptomics) 是一门在整体水平上研究某一阶段特定组织或细胞中全部转录本的种类、结构和功能, 以及转录调控规律的科学。它是功能基因组学的重要组成部分, 可用来比较不同组织或生理状况下基因表达水平差异, 发现与特定生理功能相关的基因, 推测未知基因 (吴琼 等, 2010)。转录组学中常使用的测序技术有实时定量 PCR、荧光定量 PCR 等。Rentsch 等报道, 通过转录组学的手段分析用苹果喂食后的老鼠的转录组, 检测多个转录因子的调控 (IHCCS, 2010b, s11.218)。Azuma 等报道, 利用转录组学分析外界环境调控下葡萄内花青素合成的关键基因的表达 (IHCCS, 2010b, s16.271)。

## 3 问题与展望

随着现代经济社会的发展, 人们对当代园艺产品的要求已不再局限于传统园艺学所定义的外观和内在品质。因生活方式、饮食习惯的改变而带来的各种营养和健康问题, 对果蔬产品营养和健康价值的需求已是现代消费的必然趋势。“园艺科学服务于人类”是第 28 届国际园艺学大会的主题, 这也是 2012 年将在澳大利亚召开的 29 届国际园艺学大会的主题之一。有关园艺产品营养和生物活性物质的研究已是当前和今后一段时期国内外园艺学研究的热点问题。但目前研究明显存在以下问题: (1) 果蔬生物活性物质的疾病防治和保健功效, 特别是对一些人类重大疾病的预防作用仍缺乏令人信服的试验证据, 尤其是临床试验验证。(2) 果蔬中营养和生物活性物质含量提升的遗传和环



境调控技术都有待进一步的研究、开发和应用。(3) 不同活性物质在人体中的代谢机理还不清楚, 共同食用时, 它们之间是“相生”还是“相克”也不清楚。(4) 中国是世界园艺植物最丰富的国家之一, 对中国野生果蔬资源的营养和生物活性物质的系统评价及其工业化的提取、分离、纯化技术也都缺乏研究。

展望未来, 为了更好地利用园艺产品为人类的营养和健康服务, 也为了提高果蔬产品的经济价值, 进一步拓展中国园艺作物的产业链, 我们认为有必要在现有的园艺学一级学科下设“园艺产品营养学”二级学科, 并加强在以下几个方面的工作: (1) 园艺产品营养和生物活性物质在人类重大和慢性疾病防治中的作用及其机理。(2) 高效、安全的提升园艺产品中营养和生物活性物质含量的遗传和环境调控技术及其作用机理。(3) 中国特有园艺产品中各种营养和生物活性成分科学利用以及相应的果蔬保健产品的研制和开发。

## References

- Fan An-ding, Zhang Yun-hai, Lin Cong-jing, Li Tong, Zhang Yu-kui. 2001. Studies of a new diode array detector for high performance liquid chromatography. *Chinese Journal of Analysis Laboratory*, 20 (1): 87 - 90. (in Chinese)
- 范安定, 张云海, 林丛敬, 李彤, 张玉奎. 2001. 一种新型高效液相色谱二极管阵列检测器. *分析实验室*, 20 (1): 87 - 90.
- Guo Qi-hui, Han Li-ying, Bai Xue, Sheng Qing-hai, Liu Wei-xing. 2010. Study on parameters of electronic nose measuring flavour. *Food Industry*, 3: 40 - 41. (in Chinese)
- 郭奇慧, 韩利英, 白雪, 生庆海, 刘卫星. 2010. 电子鼻测定香精气味的研究. *食品工业*, 3: 40 - 41.
- Honzel D, Carter S G, Redman K A, Schauss A G, Endres J R, Jensen G S. 2008. Comparison of chemical and cell-based antioxidant methods for evaluation of foods and natural products: Generating multifaceted data by parallel testing using erythrocytes and polymorphonuclear cells. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 8319 - 8325.
- Hu Hai-yan, Zhu Xin-le, Hu Hao, Bi Yan-feng, Li Dan, Xu Qian, Wang Shu-huai. 2010. Introduction and application comparison of ultra performance liquid chromatography. *Chinese Journal of Veterinary Drug*, 44 (4): 48 - 50. (in Chinese)
- 胡海燕, 朱馨乐, 胡昊, 毕言峰, 李丹, 徐倩, 王树槐. 2010. 超高效液相色谱简介及应用比较. *中国兽药杂志*, 44 (4): 48 - 50.
- Hu Zheng-qing, Lin Xia-zhen, Guo Ming. 2010. Advances in research techniques of metabonomics. *Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy*, 27 (6): 485 - 489. (in Chinese)
- 胡正青, 林夏珍, 郭明. 2010. 代谢组学研究技术进展. *中国现代应用药学*, 27 (6): 485 - 489.
- IHC 2010 Congress Secretary (IHCCS). 2010a. Abstracts of the 28th international horticulture congress. vol I. August 22 - 27, Lisbon, Portugal: 1 - 318.
- IHC 2010 Congress Secretary (IHCCS). 2010b. Abstracts of the 28th international horticulture congress. vol II. August 22 - 27, Lisbon, Portugal: 1 - 773.
- Lü Liang, Chen Pei-ji. 2008. A discussion on development and perspective of HPLC detector. *Metrology and Measurement Technique*, 35 (9): 76 - 77. (in Chinese)
- 吕良, 陈霈济. 2008. 浅谈高效液相色谱仪检测器的发展与展望. *计量与测试技术*, 35 (9): 76 - 77.
- Lü Juan-tao, Yang Wei-li, Pan Qiu-yan. 2005. The application of high performance liquid chromatography in pharmaceutical science. *Health Vocational Education*, 23 (22): 91 - 92. (in Chinese)
- 吕娟涛, 杨伟丽, 潘秋燕. 2005. 高效液相色谱法在药学研究中的应用与进展. *卫生职业教育*, 23 (22): 91 - 92.
- Marshall A, Hendrickson G. 2008. High-resolution mass spectrometers. *Annual Review of Analytical Chemistry*, 1: 579 - 599.
- Meng Jie, Kong Xiao-ping, Xu Jian-jun, Li Bo, Song Xiao-ming. 2010. Comparison and analysis of reference material for elsd calibration. *Chemical Analysis And Meterage*, (4): 9 - 10. (in Chinese)
- 孟洁, 孔小平, 许建军, 李博, 宋笑明. 2010. 校准蒸发光散射检测器选用标准物质的比较与分析. *化学分析计量*, (4): 9 - 10.
- Ni Ying. 2009. On the application of capillary electrophoresis. *China Education Innovation Herald*, (4): 82. (in Chinese)
- 倪莹. 2009. 论毛细管电泳技术的应用. *中国科教创新导刊*, (4): 82.

- Nováková L, Matysová L, Solich P. 2006. Advantages of application of UPLC in pharmaceutical analysis. *Talanta*, 68 (3): 908 - 918.
- Wang Xu-ming. 2007. Types of modern detectors and the application in bioscience. *Symposium of Spectronic Instruments and Analysis*, 1 - 7. (in Chinese)
- 王绪明. 2007. 现代检测器的种类及其在生命科学中的应用新进展. 第十七届全国光谱仪器与分析学术研讨会论文集, 1 - 7.
- Wang Yong-wei. 2010. The performance and featured applications of Itq orbitrap velos, a hybrid high resolution mass spectrometer using electrostatic orbital mass analyzer coupled with dual pressure ion trap. *Modern Instruments*, 16 (5): 15 - 19. (in Chinese)
- 王勇为. 2010. LTQ-Orbitrap Velos 双分压线性阱和静电场轨道阱组合式高分辨质谱性能及应用. *现代仪器*, 16 (5): 15 - 19.
- Wu Qiong, Sun Chao, Chen Shi-lin, Luo Hong-mei, Li Ying, Sun Yong-zhen, Niu Yun-yun. 2010. Application of transcriptomics in the studies of medicinal plants. *World Science and Technology-Modernization of Traditional Chinese Medicine*, 12 (3): 457 - 462. (in Chinese)
- 吴 琼, 孙 超, 陈士林, 罗红梅, 李 滢, 孙永珍, 牛云云. 2010. 转录组学在药用植物研究中的应用. *世界科学技术——中医药现代化*, 12 (3): 457 - 462.
- Zhang Lian-feng. 2009. The theory and application of gas chromatograph. Yinchuan: Ningxia People's Press: 4. (in Chinese)
- 张廉奉. 2009. 气相色谱原理及应用. 银川: 宁夏人民出版社: 4.

## 通 知

# 关于召开中国园艺学会 2011 年学术年会的通知

“中国园艺学会 2011 年学术年会”定于 2011 年 10 月 19 日至 22 日在合肥召开, 会议由中国园艺学会、安徽省农业科学院主办, 安徽省园艺学会、安徽省农业科学院园艺研究所承办, 安徽农业大学、安徽科技学院等协办。现将会议有关事项通知如下:

一、会议主题: “加强园艺科技创新, 提升园艺产业化水平”。

二、时 间: 10 月 19 日报到, 10 月 20—21 日上午召开会议; 10 月 21 日下午参观园艺产业基地; 22 日离会。

三、会议地点: 安徽省合肥市世纪金源大饭店 (安徽省合肥市徽州大道 5558 号), 前台电话: 0551-6868888。

四、会议主要内容:

1. 大会主题报告; 2. 学术交流; 3. 生产基地考察。

五、参会人员:

中国园艺学会第十一届理事、论文代表和从事与园艺相关的科研、教学、生产管理、技术推广等工作人员, 也包括在校学生。

六、会议费用:

参会人员需交会议费 800 元/人。食宿统一安排, 费用自理。请将参会回执于 8 月 20 日前发到大会议务组: liumao69@163.com, 有回执的代表优先安排住宿。

七、交通信息:

1. 乘火车到合肥火车站: 由合肥站打车到世纪金源大饭店 (徽州大道 5558 号) 约 22 km, 约需 30 元;

2. 乘飞机到合肥洛岗机场: 由从洛岗机场打车到世纪金源大饭店 (徽州大道 5558 号) 约 7 km, 约需 12 元。

3. 附交通路线图, 会议不安排接送站。

八、联系方式及联系人:

中国园艺学会联系人:

张 彦 信箱: cshs@mail.caas.net.cn, 电话: 010-82109528, 传真: 010-82109528。

大会会务组 (安徽省农科院) 联系人:

张金云 13965065526, 信箱: zjy660@126.com, 电话: 0551-2160136, 传真: 0551-5160937;

刘 茂 13965059410, 信箱: liumao69@163.com, 电话: 0551-5148022, 传真: 0551-5148022。

中国园艺学会  
2011 年 6 月 5 日