

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2017.05.012

四大莼菜产区商品成分种类和质量分数测定及比较研究^①

吴洪梅¹, 吕泽芳¹, 张昭¹, 于杰^{1,2}

1. 西南大学园艺园林学院, 重庆 400716; 2. 南方山地教育部重点实验室, 重庆 400715

摘要: 该研究通过紫外分光光度法和原子吸收分光光度法测定了莼菜 4 大产区商品成分种类及质量分数, 并进行了初步分析与比较。结果表明: 莼菜中不仅含有丰富的可溶性糖, 较高比例的多酚和少量的蛋白质; 还含有大量的 K, Ca, Na, Mg, Zn, Fe 元素和极少量的 Cu, Se, Pb, Mn 元素。其中浙江产区总粗糖质量分数最高, 四川产区总酚、蛋白质质量分数最高, K 元素质量分数从大到小依次为重庆、湖北、四川、浙江, Na 元素质量分数从大到小依次为重庆、四川、浙江、湖北, Mg, Ca 元素质量分数从大到小依次为湖北、四川、重庆、浙江, Zn 元素质量分数从大到小依次为四川、重庆、浙江、湖北, Fe 元素质量分数从大到小依次为湖北、重庆、四川、浙江, Cu, Se, Pb, Mn 质量分数差异不大, 比较分析看出四川产区的莼菜综合情况最佳。通过该研究不仅能够了解我国主产区莼菜组分差异, 为进一步研究产区地理环境和莼菜生长状况、建立莼菜品质评价体系提供理论依据, 同时也为消费者提供了一定的参考价值, 有利于促进莼菜深加工产品的开发利用, 推动莼菜产业及市场经济的发展。

关键词: 莼菜; 成分; 提取分离; 检测

中图分类号: Q949.746.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2017)05-0076-07

莼菜 *Brasenia schreberi* J. F. 系睡莲科 Nymphaeaceae 莼属 *Brasenia* 多年生宿根性水生蔬菜, 别名水葵、马蹄草、屏风、湖菜等^[1-2]。莼菜是中国传统名贵药食兼用植物, 与鲈鱼、茭白并称为江南三大名菜, 因其营养和药用价值高, 被誉为“世界珍奇”、“中国一绝”、“21 世纪生态蔬菜”^[3]。莼菜分布于中国、日本、澳大利亚、北美、古巴和墨西哥等地, 我国主要分布在云南、四川、湖南、湖北、浙江、江苏、重庆等省市^[4-5]。莼菜食用部分主要为嫩茎梢, 包括幼叶在内, 其外包裹透明胶质, 含大量的可溶性糖、多酚及少量的蛋白质、微量元素及 18 种氨基酸, 并包括 8 种人体必需氨基酸等物质^[6-8], 其富含的多糖成分对人体消化系统和血液循环系统的多种疾病也具有一定的防治效果^[9-10]。此外, 莼菜还具有抗癌、抗胃溃疡、增强机体免疫、抗菌消炎、降血糖等保健功能, 常作为药食两用的理想材料^[11-13]。目前莼菜食用主要以采集后的鲜样入水放置 2~3 d, 用作烧汤、烧豆腐、虾仁拌豆腐等, 味道鲜美柔滑, 别具风味; 药用还具有解毒、补血、促进胃酸分泌的功能, 特别适合于胃癌。可内服: 煎汤或做羹; 外用: 捣敷^[4]。此外, 我国已有福吉利、祥瑞、青坪利民等多家莼菜加工企业, “山之莼”、“福吉利”两莼菜品牌获中绿华夏有机食品认证中心认证, “联福”、“晶绿”、“绿精神”等莼菜品牌远销国内外。

近年来国内外研究报道, 主要集中在莼菜栽培管理技术研究^[14-16]、食用和药用价值的应用研究等方面^[3], 例如对于多糖、蛋白质、元素等营养成分的初步研究, 包括多糖的抗氧化、降血糖、抗菌消炎、

① 收稿日期: 2016-07-09

基金项目: 重庆市自然科学基金(CSTC2013JCYJA8002); 西南大学科技创新基金(SZ201306); 西南大学科技创新基金(SZ201503)。

作者简介: 吴洪梅(1992-), 女, 重庆忠县人, 硕士研究生, 主要从事水生植物开发利用研究。

通信作者: 于杰, 副教授。

体外胶质成分的分离与检测^[17]；活性成分多酚的抗氧化、蛋白质的提取分离及产品的开发与加工等方面的研究^[18-19]，但主要针对单个莼菜产区进行体内或体外生物成分的研究，而未见专门关于我国主要莼菜产区商品成分种类及质量分数与主产区差异的报道，因此本实验有必要对不同产区的莼菜商品成分进行相关分析。莼菜中含有丰富的营养及活性成分，作为人类保健品和莼菜产业，其发展具有一定的经济效益和社会效益^[20]。本研究以莼菜商品嫩芽为材料，对我国主要产区四川、湖北、浙江及重庆莼菜商品中多糖、多酚、蛋白质、常量元素和微量元素的提取分离、纯化与检测进行研究，并初步分析比较莼菜商品间成分种类及质量分数差异，为莼菜品质评价提供理论依据，有利于更好地推进莼菜产品的开发利用，促进莼菜产迅速发展。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试材购买于湖北利川福宝山(A,B,C 公司)；四川雷波马湖(D,E,F 公司)；重庆石柱黄水镇(G,H,I 公司)；浙江西湖(J,K,L 公司)。

1.2 试 剂

没食子酸标准品[纯度 99%，Sigma 公司(St Louis, MO, USA)]，分析纯葡萄糖(纯度 99%，广东乔科化学试剂)，福林试剂(纯度 99%，天津华特化研科技有限公司)，牛血清白蛋白[纯度 99%，生工生物工程(上海)股份有限公司]，考马斯亮蓝 R-250(纯度 99%，北京赛因坦科技有限公司)，光谱纯标准物质锌粉、铁粉、铜粉、硒粉、铅粉、锰粉、钾粉、钠粉、钙粉、镁粉(纯度 99%，北京世纪奥科生物技术有限公司)；其他试剂均为分析纯，购自四川省成都市新都区木兰镇工业开发区。

1.3 仪器和设备

紫外可见光分光光度计(Lambda25 型, Perkin Elmer 公司)；电热恒温鼓风干燥箱(DHG-9240A, 上海齐欣科学仪器有限公司)；电子天平(JT310IN, 上海精天电子仪器有限公司)；超纯水器(重庆思美特科技有限公司)；数显恒温水浴锅(HH-4, 国华电器有限公司)；旋转蒸发仪(郑州长城科工贸有限公司)；台式低速大容量离心机(TDL-5A, 上海菲恰尔分析仪器有限公司)；数控超声波清洗器(KQ5200DE 型, 昆山市超声仪器有限公司)；微波消解萃取仪(MSP-8600, 北京中仪宇盛科技有限公司)；火焰原子吸收分光光度计(AA-7000, 岛津企业管理(中国)有限公司)等。

1.4 方 法

1.4.1 样品的预处理

将购买的莼菜商品依次用蒸馏水、去离子水冲洗干净，切碎，置于预先升温的干燥箱中杀青 30 min，于 80 °C 下干燥后研磨成粉，使其全部通过 40 目筛孔，复干后移入干燥器保存备用^[21]。

1.4.2 多糖的提取、分离纯化与检测

(1) 多糖的提取、分离纯化

参考周毅峰等^[17, 21-22]的方法。称取样品干粉 2.0 g，置于 50 mL 离心管中，加入 50 mL 丙酮搅拌脱脂 2 h 后，5 000 r/min 离心 10 min，弃上清液，沉淀中再加入 50 mL 分析纯丙酮，重复以上操作 2 次，最后得到残渣在常温下挥干后，于 50 °C 温水条件下，加入 45 mL 0.1 mol/L NaOH 溶液提取水溶性多糖和碱性多糖 1 h 后，5 000 r/min 离心 10 min，取上清液，残渣再反复提取 2 次，合并提取液。在提取后的残渣中加入 30 mL 0.1 mol/L HCl 溶液，常温搅拌提取酸性多糖 2 h，5 000 r/min 离心 10 min 后取上清液，重复以上操作 2 次，合并上清液。

将可溶性多糖提取液合并后用 Sevag 法脱脂蛋白，至无白色沉淀后加入 4 倍体积的乙醇，醇析过夜，5 000 r/min 离心 10 min 得到沉淀，加入 20 mL 水充分溶解，浓缩至 10 mL 后，加入 4 倍体积的乙醇，醇析过夜，5 000 r/min 离心 10 min 得到沉淀，挥干乙醇后加 10 mL 水，水浴溶解，采用苯酚-硫酸法测定多糖质量分数。

(2) 葡萄糖标准曲线制作

准确称取标准葡萄糖 0.05 g 于 500 mL 容量瓶,加水定容至刻度,分别吸取 0,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8 mL,各以蒸馏水补至 1.0 mL,然后加入 6% 苯酚 2.5 mL 及浓硫酸 5.0 mL,摇匀冷却,室温放置 20 min 后于 490 nm 处测吸光值,以空白作对照,横坐标为多糖毫克数,纵坐标为光密度,得标准曲线,检测重复 3 次.

(3) 样品多糖质量分数的检测

取 0.5 mL 样品液,用蒸馏水补至 1.0 mL,然后加入 6% 苯酚 2.5 mL 及浓硫酸 5.0 mL,摇匀冷却,室温放置 20 min 后于 490 nm 处测吸光值,检测重复 3 次.

1.4.3 多酚的提取、分离纯化与检测

(1) 多酚的提取、分离纯化

参考文献[23—24]的方法.将准确称量的 1.0 g 样品粉末放入 50 mL 离心管中,加入 45 mL 60% 乙醇,于 60 °C 超声 60 min,5 000 r/min 离心 10 min,取上清液,残渣重复提取 1 次,合并上清液,浓缩至 10 mL,用 60% 乙醇定容于 50 mL 容量瓶中,摇匀备用.

(2) 没食子酸标准曲线的制备

准确称取没食子酸标准品 0.01 g,用蒸馏水溶解并定容至 100 mL,得质量浓度为 0.1 mg/mL 的标准液.准确吸取 0,0.4,0.6,0.8,1.0,1.2,1.4 mL 置于 25 mL 的棕色容量瓶中,加蒸馏水至 6.0 mL,然后分别加入福林酚试剂 0.5 mL,混匀,4 min 后加入 1.5 mL 20% 的 Na_2CO_3 溶液,充分混合后定容至刻度,30 °C 避光放置 0.5 h,以不加标准液的 6.0 mL 蒸馏水为空白对照,于 760 nm 处测定吸光值,检测重复 3 次.

(3) 样品多酚质量分数的检测

准确量取制备好的乙醇粗提液 0.5 mL 于 25 mL 棕色容量瓶中,加入 9.5 mL 蒸馏水,摇匀,再加入 0.5 mL 福林酚试剂,混匀,5 min 后加入 1.5 mL 20% 的 Na_2CO_3 溶液,充分混匀后定容至刻度,30 °C 避光放置 0.5 h,以空白作对照,于 760 nm 处测定吸光度,检测重复 3 次.

1.4.4 蛋白质、元素质量分数的测定

(1) 样品的消化

参考文献[22, 25]的方法.取干燥的蔬菜干粉 0.2 g 左右,置于微波消解罐中,分别加入 7 mL 浓 HNO_3 和 2 mL 浓 H_2O_2 ,放入微波消解仪中,15 min 升温到 150 °C,10 min 升温到 205 °C,保温 40 min 后,风冷于 35 °C 以下.取出微波消解罐,将消化液转入到 100 mL 容量瓶中定容,用于蛋白质及元素质量分数测定.

(2) 样品质量分数的分析检测

蛋白质质量分数的测定用考马斯亮蓝 R-250 比色法 ① 标准蛋白测定.称取纯牛血清白蛋白 1 mg 溶解在 1 mL 蒸馏水中,配成 1 mg/mL 标准蛋白溶液.取 2×8 cm 醋酸纤维塑膜一张,分成 3 等份.用微量注射器吸取标准蛋白溶液 20 μL ,分别点样(多次点样为好,每次干后,再点第 2 次).使蛋白质量分数分别相当于 20 μg ,待样品斑点充分干燥后,按固定—染色—脱色—洗脱—比色的步骤在 590 nm 处进行比色,读取 A_{590} 值,检测重复 3 次.② 样品测定.待测蛋白质样品适当调节至约 0.5~1 mg/mL 质量浓度,在上述标准蛋白样品测定的相同条件下操作,注意剪取同样大小面积的膜片进行洗脱、比色,读取 A_{590} 值,利用斜率计算样品中蛋白质质量分数,检测重复 3 次.

元素质量分数的测定用火焰原子吸收分光光度法 ① 标准曲线的制备.参考文献[26]的方法.分别取钾、钙、钠、镁、锌、铁、铜、硒、铅、锰标准储备液用去离子水分别配成含元素为 1.0 g/mL 的标准稀释液,分别移取 0,0.1,0.3,0.5,0.7 mL 定容到 100 mL 摇匀,以空白为参比依次测定标准稀释溶液的吸光度,计算并作相应的标准曲线.② 分别取上述消化液 0.3 mL 进行原子吸收分光光度仪检测,检测重复 3

次, 计算元素质量分数.

2 结果与分析

2.1 4 大产区莼菜总粗糖质量分数差异

苯酚—硫酸法是一种用于测定样品中总糖质量分数的常规方法, 其原理是基于碳水化合物与苯酚发生反应后产生的芳香族呈色化合物在 490 nm 处有吸光度^[27]. 通常利用测定的吸光值, 将总糖量折合为葡萄糖量, 利用 1.4.2 所述方法, 计算并使用标准葡萄糖配置溶液测得标准曲线如下:

利用 1.4.2 中所述方法提取、分离纯化莼菜碱性多糖、水溶性多糖和酸性多糖, 并采用苯酚—硫酸法测定总粗糖质量分数, 得表 1 所示结果. 由表 1 可知浙江产区总粗糖平均质量分数最高, 为 79.29 g/kg, 其次为重庆产区平均为 65.39 g/kg, 湖北产区平均为 62.24 g/kg, 四川产区平均为 58.48 g/kg.

表 1 4 大产区莼菜总粗糖质量分数

$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

试材来源公司	四川	试材来源公司	浙江	试材来源公司	湖北	试材来源公司	重庆
A	58.19±7.27	D	83.68±2.47	G	59.01±7.02	J	63.87±1.39
B	61.04±6.47	E	82.63±6.78	H	70.17±6.81	K	61.23±6.75
C	56.24±3.78	F	71.59±2.02	I	57.57±7.75	L	64.07±3.21

2.2 4 大产区莼菜总酚质量分数差异

根据 1.4.3 没食子酸标准曲线制作方法, 利用 EXCEL 的线性拟合功能绘制总酚质量分数标准曲线, 并得出线性回归曲线如下:

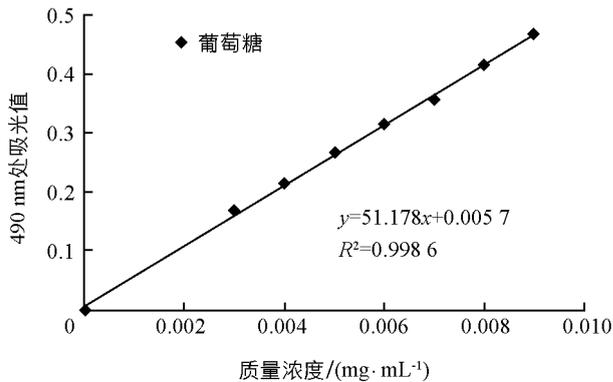


图 1 以葡萄糖配制溶液为标准品的苯酚—硫酸法标准曲线

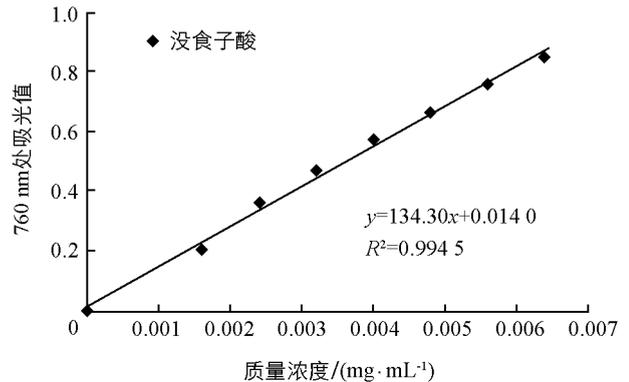


图 2 以没食子酸溶液为标准品的标准曲线

利用 1.4.3 中所述方法提取、分离纯化莼菜总酚, 并利用没食子酸标准曲线分析检测总酚质量分数, 得如下表 2 所示结果. 由表 2 可知四川产区总酚平均质量分数最高, 为 31.47 g/kg, 其次为重庆产区 30.09 g/kg, 湖北产区 29.23 g/kg, 浙江产区质量分数最低, 为 11.66 g/kg.

表 2 4 大产区莼菜总酚质量分数

$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

试材来源公司	四川	试材来源公司	浙江	试材来源公司	湖北	试材来源公司	重庆
A	31.15±0.04	D	13.80±0.84	G	31.93±1.51	J	27.62±0.55
B	33.16±0.68	E	9.56±0.03	H	24.81±0.74	K	30.15±1.85
C	30.11±0.30	F	11.62±0.06	I	30.95±0.75	L	32.51±1.55

2.3 4 大产区莼菜蛋白质质量分数差异

据已有报道, 莼菜中不仅含有大量多糖, 高质量分数的多酚, 也含有少量的蛋白质^[17]. 利用 1.4.4 中所述方法提取分离蛋白质, 采用考马斯亮蓝 R-250 比色法检测蛋白质质量分数, 得如下结果. 由图 3 可知四川产区蛋白质平均质量分数相对较高, 为 3.39 g/kg, 其次为湖北产区 2.02 g/kg,

重庆产区 1.45 g/kg, 浙江产区 1.38 g/kg.

2.4 4 大产区蔬菜常量/微量元素质量分数差异

人体中含有 27 种必需元素, 其中常量元素占 99.93%, 微量元素占 0.05%, 据 1.4.4 中所述方法和火焰原子吸收分光光度法测定蔬菜中常量/微量元素.

2.4.1 常量元素质量分数差异

图 4 表示蔬菜常量元素平均质量分数, 可看出蔬菜中主要含 K, Ca, Na, Mg 元素. 分析比较可知钾元素平均质量分数从大到小依次为重庆、湖北、四川、浙江;

钠元素平均质量分数从大到小依次为重庆、四川、浙江、湖北; 钙元素平均质量分数从大到小依次为湖北、四川、重庆、浙江; 镁元素平均质量分数从大到小依次为湖北、四川、重庆、浙江.

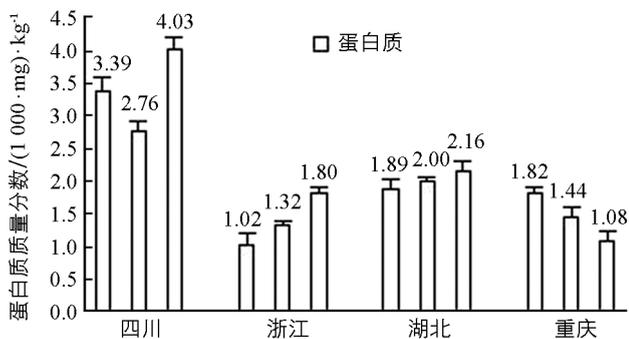


图 3 蔬菜蛋白质质量分数差异图

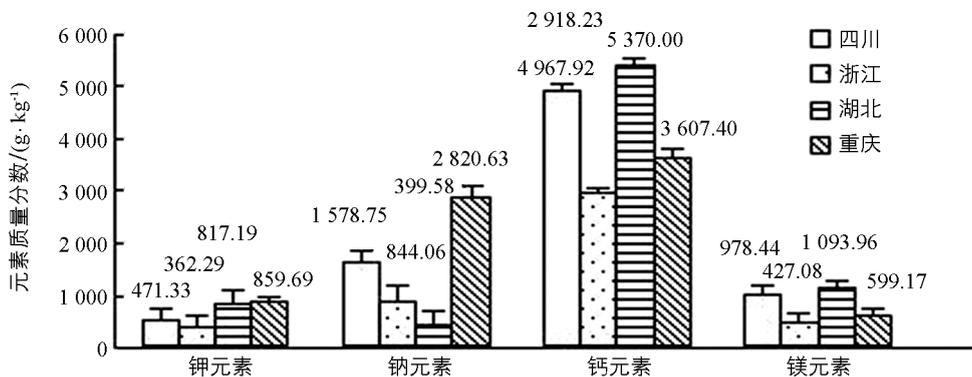


图 4 蔬菜常量元素质量分数差异图

2.4.2 微量元素质量分数差异

图 5 表示微量元素平均质量分数, 可看出蔬菜中含大量的 Zn, Fe 元素及少量的 Cu, Se, Pb, Mn 元素. 分析比较可知 Zn 元素质量分数从大到小依次为四川、重庆、浙江、湖北; Fe 元素质量分数从大到小依次为湖北、重庆、四川、浙江; Cu, Se, Pb, Mn 质量分数差异不大.

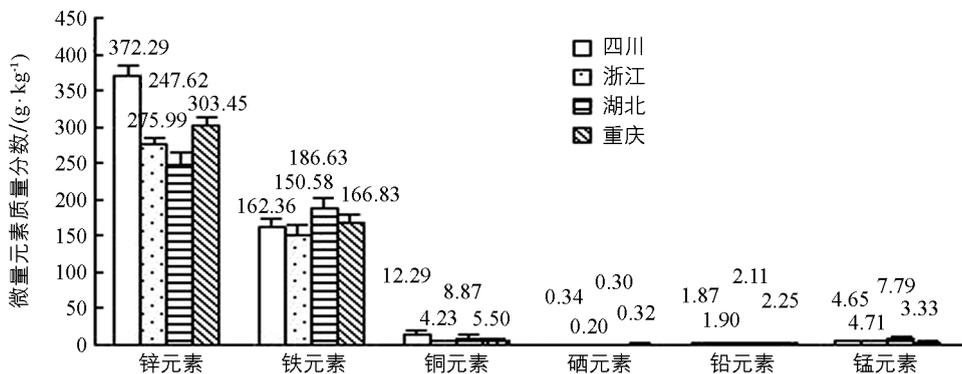


图 5 蔬菜微量元素质量分数差异图

3 讨论与总结

1) 本实验从蔬菜的营养及活性成分研究出发, 以 4 大蔬菜产区商品嫩叶为材料, 与周毅峰^[17,21-22]等之前的研究内容不同, 但实验结果基本一致. 前人的研究报道表明蔬菜成分主要存在于体外透明胶质, 其含丰富的碱溶性多糖和水溶性多糖, 还有少量的酸溶性多糖, 总粗糖占组分总质量分数的 65%~85%中; 且含大量多酚及少量蛋白质, 并含丰富的 K, Ca, Na, Mg, Zn, Fe 元素和极少量的 Cu, Se, Pb, Mn 元素^[28-29]. 目前, 对于蔬菜多糖成分的提取及抗氧化、抗炎研究较多^[30-31], 可作为理想材料用于药品开发, 但还未有

关于药物产品的报道,有待进一步研究.对莼菜器官锌富集分布量的试验,表明莼菜嫩叶的富锌能力最强,且生物大分子的富锌能力从大到小依次为蛋白质、水溶性多糖、碱溶性多糖^[32-33],莼菜中高质量分数的微量元素 Zn 为含锌生物大分子的研究提供了依据,同时有利于鉴定当地土壤和环境富锌能力,选取适合的莼菜栽培基地.在莼菜成分提取分离过程中发现,利用常规的醇提法很难将多酚与多糖进行分离,考虑到莼菜生物活性物质的结合机制以及更简易快捷分离纯化组分的技术方法,还需优化试验条件.

2) 前人对于莼菜成分的研究较为单一,本文主要针对我国 4 大莼菜产区商品进行试验,同时检测其可溶性多糖、多酚、蛋白质及元素质量分数,目前未有相关报道,属于系统性研究.本试验的结果表明四川产区的莼菜综合情况最好,这可能与当地的地理环境及栽培管理措施存在一定的关系,也可能与莼菜的品种优化有关,今后还需对莼菜生理生化机制作更深层次的探究.通过比较分析莼菜 4 大产区总粗糖、总酚、蛋白质及常量/微量元素,可看出不同产区组分种类及质量分数存在差异,其中浙江产区的总粗糖质量分数最高达到(83.68±2.47) g/kg,四川产区的总酚、总蛋白质量分数分别达到(33.16±0.68) g/kg,3.39 g/kg,四川产区的元素质量分数较为丰富.此结果对当地莼菜基地的生态环境和人工设施具有一定的参考价值,若遵循市场需求及产区的地理环境条件,改善莼菜栽培技术、管理措施及生产规模,将有利于其规范化种植、产品储藏加工,亦能够更好地促进莼菜产业发展,满足国内外市场需求,从而带动当地经济快速进步.

参考文献:

- [1] 曹培生,江解增.我国水生蔬菜生产科研现状及发展对策[J].中国蔬菜,2002,8(5):1-3.
- [2] 张 禾.珍贵的菜药两用野生植物莼菜[J].农村实用技术,2003(7):9-10.
- [3] 杨 红.凉山雷波马湖莼菜资源的保护与开发利用[J].农学学报,2011,1(7):17-20.
- [4] 王家莲,马成亮.莼菜的栽培与利用[J].特种经济动植物,2002,5(5):36.
- [5] 王 强,田金强.莼菜加工技术研究进展[J].食品与生物技术学报,2007,26(6):117-121.
- [6] 万 茜,胡志辉.莼菜的生物学特征特性观察[J].上海蔬菜,2002(4):31-32.
- [7] 吴会会,刘乐承.湖北利川莼菜资源的开发利用与保护[J].长江蔬菜,2013(18):15-17.
- [8] HYE RYUNNA M O, CHOI H, LIU J, et al. High Frequency Plant Regeneration from Zygotic-Embryo-Derived [J]. Plant Biotechnol Rep, 2008, 2(1): 87 - 92.
- [9] ELAKOVICH S D, WOOTEN J W. An Examination of the Phytotoxicity of the Water Shield, *Brasenia schreberi* [J]. Journal of Chemical Ecology, 1987, 13(9): 1953-1940.
- [10] 雷必胜,王 玲.莼菜有机生态型高产栽培技术[J].科技资讯,2013(12):153.
- [11] 王惠玲,马世旬,冉素清.石柱莼菜产业发展的现状、问题及对策[J].中国农技推广,2009,25(3):27-28.
- [12] KIM C, NA H R, CHOI H K. Conservation Genetics of Endangered *Brasenia schreberi* Based on RAPD and AFLP Markers [J]. J Plant Biol, 2008, 51(4): 260-268.
- [13] 胡 诚,齐迎春.药食兼用植物—莼菜[J].中国野生植物资源,1998,17(1):34.
- [14] 刘玉平,柯卫东,朱红莲,等.莼菜栽培技术[J].水生蔬菜,2009(3):34-35.
- [15] 李桂娟,孙蔬凤,楼宪英.莼菜无公害高产栽培技术[J].北方园艺,2009(12):153.
- [16] 刘成秀,马祖陆,肖 丹,等.莼菜扦插的影响因素研究[J].安徽农业科学,2013,41(4):1812-1813,1821.
- [17] 周毅峰,唐巧玉,罗兴武,等.莼菜嫩叶胞内多糖体外抗氧化作用研究[J].食品科学,2008,29(8):78-79.
- [18] 吴永尧,陈建英.莼菜营养成分的初步研究[J].资源开发与市场,2000,16(6):342,366.
- [19] LEE M K, PARK H J, KWON S H, et al. Tellimoside A Flavonol Glycoside from *Brasenia schreberi*, Inhibits the Growth of Cyanobacterium (*Microcystis aeruginosa* LB 2385) [J]. Applied Biological Chemistry, 2013, 56(1): 117-121.
- [20] 刘美玉,刁向银,罗丽娟,等.莼菜资源利用研究综述及展望[J].长江蔬菜,2011(10):7-10.
- [21] 周毅峰.莼菜胶质及含锌生物大分子的初步研究[D].长沙:湖南农业大学,2005.
- [22] 周毅峰,吴永尧,唐巧玉,等.莼菜体外胶质分离及组成成分的初步分析[J].食品与发酵工业,2005,31(4):150-153.
- [23] 左春林.刺槐花多酚提取纯化及抗氧化性研究[D].济南:山东师范大学,2013.
- [24] SALAGA M, LEWANDOWSKA U, SOSNOWSKA D, et al. Polyphenol Extract From Evening Primrose Pomace Alle-

- viates Experimental Colitis After Intracolonic and Oral Administration in Mice [J]. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives Pharmacol*, 2014, 387(11): 1069–1078.
- [25] 周志,唐巧玉,汪兴平,等.微波消解—原子吸收法快速测定蔬菜中铜锌的含量[J].*食品科学*,2007,28(6):285–287.
- [26] 张平,胡国俊.火焰原子吸收光谱法测定蔬菜中的锌、铜、锰[J].*武汉化工学院学报*,1997,19(3):13–15.
- [27] 王茜.蔬菜多糖的提取及其功能特性的研究[D].无锡:江南大学,2008.
- [28] 李敏,马冬青.西湖蔬菜卷叶及其胶质中营养成分的研究[J].1996,18(2):238–240.
- [29] 王淑如,夏尔宁,周岚.蔬菜多糖的提取、分离及某些生物活性的研究[J].*中国药科大学学报*,1987,18(3):187–189.
- [30] 刘翠俐,于秋英.蔬菜多糖粘胶降血糖作用的研究[J].*职业与健康*,2004,20(6):142–143.
- [31] 张平,俞智熙.乙酰化蔬菜多糖中单糖组分的GC-MS分析[J].*武汉工程大学学报*,2008,30(4):36–38.
- [32] 吴永尧,彭振坤,周大寒,等.蔬菜富集锌的能力及其锌的分布探讨[J].*食品科学*,2003,24(2):125–127.
- [33] 唐巧玉,周毅峰,吴永尧.蔬菜水溶性多糖提取工艺优化研究[J].*北方园艺*,2008(3):40–41.

A Comparative Study of the Commercially Valuable Components of Water Shield (*Brasenia schreberi*) from 4 Cultivation Areas in China

WU Hong-mei¹, LV Ze-fang¹, ZHANG Zhao¹, YU Jie^{1,2}

1. School of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Key Laboratory of Horticulture for Southern Mountainous Regions, Ministry of Education, Chongqing 400715, China

Abstract: Ultraviolet spectrophotometry and atomic absorption spectroscopy were employed to determine the commercially valuable components and their contents in water shield (*Brasenia schreberi*) collected from Sichuan, Chongqing, Hubei and Zhejiang, and the resulting data was analyzed and compared, so as to understand the difference in the nutritional components of the vegetable in different regions, thus providing a theoretical foundation for further research of its geographical growth environment and for the establishment of a quality evaluation system for it and promotion of its cultivation and deep processing. The result indicated that *B. schreberi* contained not only rich polysaccharides, abundant polyphenols and a little protein, but also plentiful K, Ca, Na, Mg, Zn and Fe and very little Cu, Se, Pb and Mn. In comparison, water shield from Zhejiang had the highest content of total sugar. The highest polyphenols and protein were detected in the samples from Sichuan. The content of K was found in the order of Chongqing>Hubei>Sichuan>Zhejiang. Na was in the order of Chongqing>Sichuan>Zhejiang>Hubei. Mg and Ca were in the order of Hubei>Sichuan>Chongqing>Zhejiang. Zn content was in the order of Sichuan>Chongqing>Zhejiang>Hubei. Fe was in the order of Hubei>Chongqing>Sichuan>Zhejiang. No great difference was observed in the contents of Cu, Se, Pb and Mn between different origin regions. Therefore, *B. schreberi* produced in Sichuan proved to be the best in quality.

Key words: water shield (*Brasenia schreberi* J. F. Gmel.); composition; extraction and separation; determine

