

黄秋葵叶茶营养及挥发性成分分析

魏 丹, 苏 平*, 蒲云峰, 梁文康

(浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 浙江杭州 310058)

摘 要:以黄秋葵鲜叶为原料,参照绿茶工艺制成黄秋葵叶茶,然后采用电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)、原子吸收分光光度计、高效液相色谱(HPLC)以及气质联用(GC-MS)对黄秋葵叶茶的营养及挥发性成分进行分析。结果表明:黄秋葵叶茶中粗蛋白 25.92%、游离氨基酸 1.70%、多糖 3.56%、多酚 1.47%、黄酮 1.18%、钾 1754.13 mg/100 g、钙 621.12 mg/100 g、类胡萝卜素 153.42 mg/100 g、叶黄素 97.44 mg/100 g 和 β -胡萝卜素 29.06 mg/100 g。此外,还含有 γ -氨基丁酸 250.34 mg/100 g 和咖啡碱 6.43 mg/100 g。从黄秋葵叶茶中共鉴定出 28 种挥发性成分,其中醛类含量最高,占挥发性成分的 47.53%;二甲基硫醚、己醛、D-柠檬烯、 β -环柠檬醛和 β -紫罗酮是黄秋葵叶茶的主要香气物质。黄秋葵叶茶含有丰富的营养成分,具有较高的营养价值,同时含有大量挥发性香气成分,其开发潜力较大。

关键词:黄秋葵叶茶,营养成分,挥发性成分,高效液相色谱,气质联用, γ -氨基丁酸

Analysis of Nutritional and Volatile Components of Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) Leaf Tea

WEI Dan, SU Ping*, PU Yun-feng, LIANG Wen-kang

(College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: The nutritional and volatile components of the okra leaf tea which was made from fresh okra leaves according to the green tea processing technology were analyzed by ICP-MS, atomic absorption spectrophotometry, HPLC and GC-MS techniques. Results indicated that crude protein, free amino acids, polysaccharides, polyphenols and flavonoids respectively accounted for 25.92%, 1.70%, 3.56%, 1.47% and 1.18%. Potassium and calcium respectively were 1745.13 and 621.12 mg/100 g, carotenoid, lutein and β -carotene respectively were 153.42 97.44 and 29.06 mg/100 g in okra leaf tea. In addition, the contents of γ -aminobutyric acid was 250.34 mg/100 g and caffeine was 6.43 mg/100 g. A total of 28 volatile components were identified in okra leaf tea, of which the contents of aldehyde compounds reached 47.53%. And dimethyl sulfide, hexanal, D-Limonene, β -cyclocitral and β -ionone all were characteristic aroma substances of okra leaf tea. From the results of the present experiments, okra leaf tea was rich in nutrients, which had a high nutritional value, and contained a large number of volatile aroma substances, that indicated its huge market potential.

Key words: okra leaf tea; nutritional components; volatile components; HPLC; GC-MS; γ -aminobutyric acid

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)04-0238-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.04.039

引文格式: 魏丹, 苏平, 蒲云峰, 等. 黄秋葵叶茶营养及挥发性成分分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(4): 238-244.

黄秋葵 (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), 别名秋葵、羊角豆、女人指, 主要种植在热带和亚热带地区, 它是一种药食同源的新型蔬菜, 其嫩果荚是主要的食用部位, 富含膳食纤维、矿物质、维生素及多糖等营养物质^[1-2], 具有降血糖^[2]、免疫调节^[3]、降血脂^[4]、抗抑郁^[5]、抗肿瘤^[6]等多种保健功能。目前, 对黄秋葵的研究主要集中在其果荚、种子和花上, 但由于其叶也具有一定的营养和药用价值, 因此对其叶的研究也正在逐步深入。

黄秋葵嫩叶可以像菠菜一样被烹饪食用, 且可入药, 也可作为利尿剂、胃溃疡药和伤口愈合药等^[7], 《云南中草药选》记载: “治骨折, 跌打损伤”, 《贵州

草药》记载: “消肿止痛, 治疮疽”^[8]。黄秋葵叶的营养价值较为丰富, 最初对黄秋葵叶的研究主要集中在营养成分的测定, Camciuc 等^[7]测定了不同品种黄秋葵的基本成分, 发现在黄秋葵叶中, 纤维素平均含量为 8.59%, 蛋白质平均含量为 22.74%; Boukari 等^[9]测定黄秋葵叶中钙含量为 2850 mg/100 g; Nwachukwu 等^[10]对黄秋葵叶成分进行了较全面地分析, 其中多酚含量为 9.9 mg/g, 黄酮含量为 8 mg/g; 罗燕春等^[11]对黄秋葵叶中叶黄素和 β -胡萝卜素稳定性进行了研究, 发现光会导致两者降解, 而维生素 C 有利于两者的稳定, 经 0.24% 维生素 C 处理的叶黄素和 β -胡萝卜素含量分别达到 20.51 和 10.97 mg/100 g; 靳

收稿日期: 2018-06-04

作者简介: 魏丹(1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 果蔬加工, E-mail: 346989025@qq.com。

* 通讯作者: 苏平(1962-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 果蔬加工, E-mail: suping166@163.com。

银杰^[12]从黄秋葵叶中分离纯化并鉴定出9种物质,包括胡萝卜苷、羽扇豆醇、色氨酸、槲皮素、 β -谷甾醇等。白石琦^[13]将黄秋葵叶多糖进行分离纯化,发现其具有较好的抗氧化活性。总的来看,目前黄秋葵叶的研究主要集中在品质分析、活性成分提取及功能评价方面,而鲜有对黄秋葵叶加工及其产品分析方面的报道。

因此,本文以黄秋葵鲜叶为原料,参照工厂绿茶工艺制成黄秋葵叶茶,并对其营养及挥发性成分进行分析,旨在全面了解黄秋葵叶茶品质特征,掌握黄秋葵叶茶的营养价值,为后续的研究开发奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

黄秋葵鲜叶 于2017年10月采摘于浙江嘉善;无水乙醇、苯酚、氯化铝、乙酸钾、水合茚三酮、无水碳酸钠、5-磺基水杨酸等为分析纯,浓硫酸等为优级纯,谷氨酸、福林酚为生化试剂 国药集团化学试剂有限公司;氯化亚锡、2,6-二氯靛酚钠盐等为分析纯,乙腈、甲醇、甲基叔丁基醚等为色谱纯,纤维素酶(10000 U/g,来源于黑曲霉)、芦丁标准品、没食子酸标准品 阿拉丁试剂有限公司; β -胡萝卜素标准品 上海源叶生物科技有限公司;叶黄素标准品 上海信裕生物科技有限公司;咖啡碱标准品 上海士峰生物科技有限公司。

6CCB-881ZD型全自动扁形茶炒制机 浙江新昌县均一机械有限公司;6CCT-50型滚筒炒干机 浙江新昌县均一机械有限公司;YMC carotenoid (250×4.6 mm, 5 μ m) 色谱柱 YMC公司;预柱 (30 mm×4.6 mm, 5 μ m), 安捷伦公司;SRJX-4-13D型马弗炉 上海和呈仪器制造有限公司;HE53/02型水分测定仪 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;k9890型全自动凯式定氮仪 济南海能仪器股份有限公司;Waterse2695型高效液相色谱仪 美国Waters公司;UV-2550型紫外可见分光光度计 日本Shimadzu公司;VELPRaw Fiber Extractor型纤维素测定仪 意大利Velp公司;7890A-5975C型气相色谱-质谱联用仪 美国Agilent公司;NexION 300XX等离子体质谱仪 美国Perkin Elmer公司;AA800型原子吸收分光光度计 美国PE(铂金-埃尔默)公司;L8900型氨基酸分析仪 日本日立公司。

1.2 实验方法

1.2.1 黄秋葵叶茶制备 黄秋葵鲜叶采摘后,置阴凉干燥通风处摊晾9~12 h,切条(长度任意),置于全自动扁形茶炒制机中,200~230 $^{\circ}$ C杀青6.5 min,摊晾0.5~1 h,110 $^{\circ}$ C下辉锅40~60 min,得黄秋葵叶茶成品,经超离心粉碎机粉碎后置于-20 $^{\circ}$ C贮藏,备用。

1.2.2 主要营养成分的测定方法 采用水分测定仪测定水分,采用自动凯式定氮仪法(GB/T 5009.5-2016)测定粗蛋白的含量,采用索氏提取法(GB/T 5009.6-2016)测定粗脂肪含量,采用高温灼烧法(GB/T 5009.4-2016)测定灰分含量,采用称量茶渣差数法(GB/T 8305-2013)测定水浸出物量,采用

Weende法^[14]测定粗纤维含量,采用茚三酮比色法(GB/T 8314-2013)测定游离氨基酸含量,采用福林酚比色法(GB/T 8313-2008)测定多酚含量,采用分光光度计法(NY/T 1295-2007)测定黄酮含量,采用2,6-二氯靛酚滴定法(GB/T 5009.86-2016)测定维生素C含量,采用HPLC法(GB/T 8312-2013)测定咖啡碱的含量,并略作改动,参照王学奎等^[15]测定叶绿体色素含量的方法测定类胡萝卜素总量,并略作改动。

1.2.3 总糖和多糖含量测定 参照宋思圆等^[16]的提取方法,并略作改动。准确称取黄秋葵叶茶粉1 g(精确至0.001 g),使用纤维素酶(10000 U/g),加酶量1.5%,用柠檬酸缓冲液(pH=4.8)作为溶剂,料液比1:40,在50 $^{\circ}$ C下水浴提取3 h,4 $^{\circ}$ C以4000 r/min离心20 min,收集上清液,用柠檬酸缓冲液定容至50 mL,适当稀释后,采用苯酚-硫酸法(GB/T 15672-2009)测定总糖含量;将收集的上清液加入4倍体积的无水乙醇,4 $^{\circ}$ C醇沉过夜,然后4 $^{\circ}$ C以4000 r/min离心15 min,沉淀用水复溶,定容至100 mL,适当稀释后,采用苯酚-硫酸法测定多糖含量。

1.2.4 矿物质含量测定 参照Jabeen等^[17]的方法,并略作改动。准确称取0.2 g(精确至0.001 g)茶粉于消化管中,加入7 mL浓硝酸,室温静置过夜,向消化管中加入0.5 mL高氯酸。放入消解仪中,先加热到120 $^{\circ}$ C预消解1 h,再加热到200 $^{\circ}$ C消解,直至获得透明无浑浊的液体。当液体体积加热至1 mL左右时,冷却,将液体转移至50 mL容量瓶中,加入超纯水,定容至刻度。将定容后的消解液过0.22 μ m滤膜后,分别测定钾(K)、钠(Na)、钙(Ca)、铁(Fe)、锌(Zn)、锰(Mn)、镁(Mg)、和硒(Se)8种元素的含量。

1.2.5 游离氨基酸种类及含量测定 准确称取烘至恒重的茶粉1 g(精确至0.001 g)于锥形瓶中,加入100 mL沸水,浸提45 min,取其中1 mL加入5-磺基水杨酸(2%~5%)1 mL,4 $^{\circ}$ C以8000 r/min离心6 min,取上清液,用0.22 μ m滤膜过滤,取1~1.5 mL至进样瓶中,用氨基酸分析仪测定。

1.2.6 叶黄素和 β -胡萝卜素含量测定

1.2.6.1 样品处理 准确称取烘至恒重的茶粉2 g(精确至0.001 g),加入10 mL正己烷,完全混匀后37 $^{\circ}$ C提取30 min,重复3次,取上清液混合后用正己烷定容至50 mL,适当稀释后,通过0.22 μ m滤膜,用高效液相色谱仪测定,检测结果以mg/100 g DW表示。

1.2.6.2 HPLC条件 试验中使用色谱柱:YMC carotenoid(250 mm×4.6 mm, 5 μ m),预柱(30 mm×4.6 mm, 5 μ m);流动相A为甲醇:MTBE:水=82:15:3,B相为甲醇:MTBE:水=7:90:3,梯度洗脱:0~50 min,0~35% B,流速为0.7 mL/min,柱温为25 $^{\circ}$ C,进样体积10 μ L,检测波长设置为450 nm。

1.2.6.3 叶黄素和 β -胡萝卜素标准曲线的绘制 分别称取10 mg叶黄素和 β -胡萝卜素标准样品,用甲基叔丁基醚分别配制成质量浓度为1 mg/mL的单标母液,然后用甲基叔丁基醚稀释成浓度分别为1、5、10、50、100 μ g/mL的混合标准溶液,通过0.22 μ m滤

膜,用高效液相色谱仪测定。以峰面积为纵坐标(y),标准溶液浓度($\mu\text{g/mL}$)为横坐标(x),绘制标准曲线并进行线性回归分析,得到叶黄素的标准曲线为 $y = 119794x + 172472$ ($R^2 = 0.9997$), β -胡萝卜素的标准曲线为 $y = 233720x - 149637$ ($R^2 = 0.9998$),结果表明,叶黄素和 β -胡萝卜素含量在 $1 \sim 100 \mu\text{g/mL}$ 质量浓度范围内线性关系良好。

1.2.7 挥发性成分分析

1.2.7.1 HS-SPME 准确称取 2.000 g 黄秋葵叶茶样品均匀粉末,置于 20 mL 样品瓶中,在 $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 水浴条件下静置 10 min ,顶空达到平衡后,插入装有 $50/30 \mu\text{m}$ DVB/CAR/PDMS 型 SPME 装置,并推出萃取头吸附黄秋葵叶茶中的挥发性物质,保持时间为 30 min ,然后快速取出,插入 GC-MS 进样口, $250 \text{ }^\circ\text{C}$ 解吸附 3 min 。

1.2.7.2 GC-MS 条件 色谱柱:DB-5 毛细管色谱柱($30 \text{ m} \times 0.25 \text{ mm} \times 0.25 \mu\text{m}$),柱温 $40 \text{ }^\circ\text{C}$;载气为 He,流速 1.5 mL/min 。色谱条件:进样口温度 $250 \text{ }^\circ\text{C}$,不分流;升温程序:起始温度 $40 \text{ }^\circ\text{C}$,保持 3 min ,以 $5 \text{ }^\circ\text{C/min}$ 升温至 $150 \text{ }^\circ\text{C}$,再以 $10 \text{ }^\circ\text{C/min}$ 升温至 $250 \text{ }^\circ\text{C}$,保持 3 min 。

质谱条件:电离方式为 EI;电子能量 70 eV ;离子源温度 $230 \text{ }^\circ\text{C}$;接口温度 $250 \text{ }^\circ\text{C}$;灯丝电流 $150 \mu\text{A}$;扫描质量范围为 $30 \sim 500 \text{ amu}$ 。

1.2.7.3 定性定量方法 各组分质谱通过计算机在 NIST 11 谱库匹配及相关文献分析,确定化合物种类,采用面积归一化法得到各组分的相对含量。

1.3 数据处理

每个实验重复 3 次,结果以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 SPSS 20.0 软件进行数据处理分析。

2 结果与分析

2.1 主要营养成分分析

对获得的黄秋葵叶茶的水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分、粗纤维、可溶性总糖、多糖、多酚、游离氨基酸、黄酮、维生素 C、咖啡碱、类胡萝卜素、叶黄素和 β -胡萝卜素进行了测定,结果见表 1。茶叶的含水量影响茶叶的贮存和运输,参照国家标准《GB/T 14456.1-2017 绿茶》^[18]中的规定,其要求炒青绿茶含水量低于 7.0% ,而黄秋葵叶茶中水分含量为 5.01% ,说明其符合国家标准。黄秋葵叶茶中粗蛋白含量高达 25.92% ,说明其可作为一种优质的蛋白质来源。黄秋葵叶茶的粗脂肪含量为 5.22% ,一定含量的游离脂肪酸能够为茶汤提供陈味感^[19]。白石琦^[13]研究发现黄秋葵叶中含有亚麻酸等不饱和脂肪酸,具有很好保健功能,而且 α -亚麻酸可以作为六到十碳香气物质的前体,为茶叶提供清新香气^[20]。灰分是茶叶的品质指标,国标中规定总灰分含量不超过 7.5% ^[18],而黄秋葵叶茶总灰分含量为 14.77% ,高于国家标准,这可能是黄秋葵叶茶与绿茶品种存在差异导致的。粗纤维含量与茶叶品质呈负相关,可作为评定茶叶老嫩的指标之一^[19],国标中规定粗纤维含量不超过 16% ^[18],而黄秋葵叶茶粗纤维含量为 10.99% ,符合国家标准。

水浸出物是茶叶中能溶于热水的可溶性物质,其含量体现茶叶内含物质的多少,决定了茶汤的色泽、浓淡和口感,与茶叶品质成正相关^[19,21],国标中规定其含量应大于 34% ^[18],而黄秋葵叶茶中的水浸出物含量为 46.12% ,符合国家标准。可溶性总糖含量为 11.41% ,高于一般绿茶,它参与茶叶香气的形成,同时为茶汤提供甜醇味,增加茶汤浓度^[19-20]。而多糖含量为 3.56% ,研究发现,茶叶多糖具有多种生理活性^[22],而白石琦^[13]对黄秋葵叶多糖进行研究发现其具有较好的体外抗氧化活性,多糖的存在进一步增加黄秋葵叶茶的营养价值。茶多酚是评价茶叶品质的重要指标,绿茶中的茶多酚含量为 $18\% \sim 30\%$ ^[19],而黄秋葵叶茶的多酚含量仅为 1.47% ,但黄秋葵叶茶的多酚含量与桑叶茶(0.99%)^[23]、薄荷叶茶(1.30%)^[24]等较为接近,低于荷叶茶(5.21%)^[25]。虽然较低的多酚含量会影响黄秋葵叶茶的营养价值,但却大大降低了茶汤的苦涩感。游离氨基酸对茶汤鲜味的贡献率达到 70% ^[26],同时,其对茶叶香气的形成也起着重要作用,绿茶中游离氨基酸含量为 $3\% \sim 4\%$ ^[27],黄秋葵叶茶游离氨基酸含量为 1.70% ,稍低于绿茶。黄酮类物质为茶汤提供苦涩味,其含量与绿茶滋味品质相关性较小,但对茶叶的营养价值贡献较大。黄秋葵叶茶的黄酮含量为 1.18% ,稍高于桑叶茶(0.69%)^[23]、薄荷叶茶(0.47%)^[24],低于荷叶茶(3.10%)^[25]。总体而言,由于多酚含量较低,游离氨基酸含量相对较高,酚氨比较低,因此,黄秋葵叶茶茶汤苦味淡而鲜爽,说明黄秋葵叶茶具有较大的开发潜力。

茶叶中的酸味成分大部分是茶鲜叶中固有的^[19],如维生素 C,虽然在加工过程中会损失部分维生素 C,但在加工完成的黄秋葵叶茶中仍有维生素 C 的存在,经测定其含量为 $(24.17 \pm 0.43) \text{ mg/100 g}$ 。维生素 C 一方面可以增加黄秋葵叶茶营养价值,另一方面也进一步丰富了茶汤滋味。咖啡碱是茶叶中主要的生物碱之一,主要为茶汤提供苦味,但它与多酚类及其氧化产物形成络合物后,就会减轻茶汤的苦涩味^[21,27]。绿茶中的咖啡碱含量为 $3\% \sim 4\%$ ^[27]。王萍等^[28]研究表明,黄秋葵及其不同组织部位均不含咖啡碱,这与美国国家营养数据库(USDA)一致,但黄阿根等^[29]研究却发现黄秋葵种子中的咖啡碱含量达到 1% 左右。本文采用 HPLC 法对黄秋葵叶茶中的咖啡碱进行测定,发现黄秋葵叶茶中含有咖啡碱,且含量为 $(6.43 \pm 0.28) \text{ mg/100 g}$ 。由于其咖啡碱含量较低,可以随时饮用黄秋葵叶茶而不会影响正常休息。

黄秋葵叶中的类胡萝卜素一直是人们研究的重点,但人们将更多的关注点放在了其对于禽蛋的着色上面。实际上,类胡萝卜素的存在对于黄秋葵叶茶的加工而言意义重大。类胡萝卜素一方面能够影响茶叶色泽,另一方面可以作为挥发性香气的前体物质,其通过氧化降解和裂解反应生成一系列具有香甜花香的物质^[27],如由 β -胡萝卜素可生成 β -紫罗酮,由叶黄素可生成萜类醛酮等^[20]。采用王学奎

表1 黄秋葵叶茶中主要营养成分分析

Table 1 Contents of some nutritional components of okra leaf tea

营养成分	含量(%)	营养成分	含量(%)	营养成分	含量(mg/100 g)
水分	5.01 ± 0.07	可溶性总糖	11.41 ± 0.04	维生素 C	24.17 ± 0.43
粗蛋白	25.92 ± 0.59	多糖	3.56 ± 0.10	咖啡碱	6.43 ± 0.28
粗脂肪	5.22 ± 0.54	多酚	1.47 ± 0.01	类胡萝卜素	153.42 ± 4.60
总灰分	14.77 ± 0.11	游离氨基酸	1.70 ± 0.02	叶黄素	97.44 ± 3.02
粗纤维	10.99 ± 0.21	黄酮	1.18 ± 0.01	β-胡萝卜素	29.06 ± 0.67
水浸出物	46.12 ± 0.15				

等^[15]所述公式计算出黄秋葵叶茶中类胡萝卜素总量为(153.42 ± 4.60) mg/100 g,采用 HPLC 法对其中的叶黄素和β-胡萝卜素进行分析,发现叶黄素含量为(97.44 ± 3.02) mg/100 g,β-胡萝卜素含量为(29.06 ± 0.67) mg/100 g,叶黄素含量明显高于β-胡萝卜素,且前者为后者的 3 倍多。

2.2 矿物质元素

茶叶中富含全部人体所需的矿物质,其中有 50%~60% 在热水冲泡时溶于茶汤中,而且茶叶中的矿物质大多以有机态存在,有利于人体吸收。经常饮用茶可满足人体对一些矿物质元素的需求^[30-31]。因此测定矿物质含量对于判定茶叶品质十分重要。采用 ICP-MS 和原子吸收法测定了黄秋葵叶茶中 8 种矿物质含量,结果见表 2。一般绿茶中矿物质元素含量较高的有钾、钙、钠、镁^[32]。而黄秋葵叶茶也与之相似,其含量最高的矿物质元素为钾,达到 1754.13 mg/100 g,钠含量为 79.93 mg/100 g,黄秋葵叶茶的钾钠比约为 22:1,而高钾钠比的食物恰恰满足人体需求,有益于健康。钙含量为 621.12 mg/100 g,高于一般绿茶(188.6~375.6 mg/100 g)^[32],镁含量为 71.48 mg/100 g,低于一般绿茶(149.4~210.4 mg/100 g)^[32]。而另外四种矿物质元素锰、铁、锌、硒含量较低,尤其是硒含量仅为 0.01 mg/100 g。这些结果表明,通过饮用黄秋葵叶茶能够为人体补充一定量的矿物质元素。

表2 黄秋葵叶茶中矿物质元素含量

Table 2 Contents of mineral substance of okra leaf tea

矿物质元素	含量(mg/100 g)	矿物质元素	含量(mg/100 g)
Na	79.93	Mn	25.23
Mg	71.48	Fe	21.27
K	1754.13	Zn	6.69
Ca	621.12	Se	0.01

2.3 游离氨基酸种类及含量

每一种游离氨基酸都能够为茶汤提供独特的滋味,包括甜、酸、苦、鲜味等,它们彼此之间有协同增效的作用,同时也可以与茶汤中的其它物质形成络合物,进而赋予茶汤鲜爽滋味^[19]。此外,游离氨基酸(如 L-精氨酸)还可与糖发生美拉德反应,进而生成呋喃、吡嗪和吡咯等物质,为茶叶提供烘烤香气^[27]。黄秋葵叶茶中游离氨基酸的分析结果见表 3。结果表明,黄秋葵叶茶中含量较高的游离氨基酸为γ-氨基丁酸、谷氨酸、苏氨酸和天冬氨酸,且γ-氨基丁酸

和谷氨酸阈值相对较低,故两者的滋味占主导。其中γ-氨基丁酸的含量高达 250.34 mg/100 g,此前并未有研究报道过黄秋葵叶茶中含有γ-氨基丁酸。γ-氨基丁酸是一种受到广泛关注的非蛋白质氨基酸,其在脑中浓度较高,在中枢神经系统中作为抑制性神经递质而发挥作用^[33]。γ-氨基丁酸具有多种生理功能,如稳定情绪、预防糖尿病和癌症等,尤其在降血压方面具有显著效果^[33]。因此,饮用黄秋葵叶茶对人体有极大的益处。

表3 黄秋葵叶茶中游离氨基酸含量

Table 3 Contents of free amino acid of okra leaf tea

氨基酸种类	含量(mg/100 g)	滋味	阈值(μmol·L ⁻¹)
天冬氨酸(Asp)	92.12	鲜、酸味	4000 ^[34]
半胱氨酸(Cys)	6.20	甜、苦味	-
甲硫氨酸(Met)	4.90	苦味	0.75 g·L ⁻¹ ^[35]
苯丙氨酸(Phe)	29.33	苦味	58000 ^[34]
异亮氨酸(Ile)	26.43	苦味	11000 ^[34]
γ-氨基丁酸(g-ABA)	250.34	涩味	20 ^[34]
苏氨酸(Thr)	97.26	甜味	40000 ^[34]
丝氨酸(Ser)	33.09	甜味	30000 ^[34]
谷氨酸(Glu)	155.38	鲜甜带酸	3000 ^[34]
丙氨酸(Ala)	54.55	甜味	8000 ^[34]
缬氨酸(Val)	44.14	苦味	21000 ^[34]
甘氨酸(Gly)	4.21	甜味	30000 ^[34]
组氨酸(His)	18.70	苦味	7.76 g·L ⁻¹ ^[35]
脯氨酸(Pro)	3.20	甜而回味苦	26000 ^[34]
亮氨酸(Leu)	12.72	苦味	12000 ^[34]
酪氨酸(Tyr)	12.73	苦味	5000 ^[34]
赖氨酸(Lys)	22.01	甜、苦味	-
精氨酸(Arg)	9.15	甜而回味苦	-

2.4 挥发性成分分析

茶叶挥发性香气成分含量虽然微乎其微,但其对于茶叶品质影响较大,迄今为止,已鉴定的茶叶香气物质超过 600 种,它们可分为 15 大类^[19]。茶叶香气物质一部分来自于茶鲜叶本身,一部分来自于加工过程。研究发现,这些香气物质主要由 4 个途径产生,分别是以类胡萝卜素、脂类和糖苷类物质作为前体经一系列变化而形成,或经美拉德反应而产生^[20],而不同的香气成分组合起来会赋予茶叶独特的风味。因此,分析黄秋葵叶茶的挥发性香气成分

表4 黄秋葵叶茶中挥发性成分分析
Table 4 Analysis of volatile components of okra leaf tea

类别	序号	保留时间 (min)	中文名称	英文名称	相对含量 (%)	香气描述
醇类	1	5.667	2-Penten-1-ol, (Z)-	顺-2-戊烯-1-醇	2.58 ± 0.17	绿叶清香
	2	16.451	Cyclohexanol, 2,6-dimethyl-	2,6-二甲基环己醇	1.34 ± 0.01	
	3	3.281	Butanal, 3-methyl-	异戊醛	3.72 ± 0.51	可可、杏仁味
	4	5.281	2-Pentenal, (E)-	反-2-戊烯醛	3.49 ± 0.33	草莓、水果香
	5	6.438	Hexanal	己醛	7.35 ± 0.15	青草味
	6	8.059	2-Hexenal, (E)-	青叶醛	4.27 ± 0.15	绿叶清香、水果香
	7	9.697	Heptanal	庚醛	2.19 ± 0.23	甜杏、坚果香
醛类	8	11.507	2-Heptenal, (Z)-	顺-2-庚烯醛	0.63 ± 0.02	油脂、蘑菇清香
	9	11.661	Benzaldehyde	苯甲醛	5.72 ± 0.43	苦杏仁、坚果香
	10	12.819	2,4-Heptadienal, (E,E)-	反,反-2,4-庚二烯醛	10.60 ± 0.30	青草、水果香
	11	14.338	Benzeneacetaldehyde	苯乙醛	1.92 ± 0.08	风信子、水果甜香
	12	16.279	Nonanal	壬醛	5.27 ± 0.19	清新、玫瑰香
	13	19.733	1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 2,6,6-trimethyl-	β -环柠檬醛	1.81 ± 0.04	具凉香、果香和清香
	14	30.31	Tetradecanal	肉豆蔻醛	0.56 ± 0.01	柑橘香、鸢尾样香
酮类	15	25.787	5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-	香叶基丙酮	0.89 ± 0.05	青甜香、玫瑰香
	16	26.5	trans-.beta.-Ionone	β -紫罗酮	1.01 ± 0.01	木香、紫罗兰香
酯类	17	27.497	2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-	二氢猕猴桃内酯	0.55 ± 0.06	水果香、茶香
烷烃类	18	12.973	Decane	正癸烷	2.96 ± 0.05	
	19	16.16	Undecane	正十一烷	2.32 ± 0.02	
	20	19.175	Dodecane	正十二烷	2.09 ± 0.07	
	21	24.66	Tetradecane	正十四烷	1.10 ± 0.01	
烯烃类	22	9.364	Styrene	苯乙烯	3.42 ± 0.08	木质清香
	23	13.917	D-Limonene	D-柠檬烯	6.93 ± 0.40	柑橘、薄荷清香
芳香烃	24	8.64	p-Xylene	对二甲苯	2.24 ± 0.07	香甜气味
	25	13.756	o-Cymene	邻伞花烃	0.67 ± 0.02	木质清香
	26	18.754	Naphthalene	萘	2.88 ± 0.09	温和芳香气味
其他	27	2.177	Dimethyl sulfide	二甲基硫醚	17.02 ± 0.61	卷心菜清香
	28	10.023	Pyrazine, 2,6-dimethyl-	2,6-二甲基吡嗪	1.47 ± 0.21	具有咖啡和炒花生的气味

对于评价其品质至关重要。

采用 SPME 提取后,对黄秋葵叶茶进行 GC-MS 分析,其总离子流图见图 1,黄秋葵叶茶挥发性成分分析结果见表 4。

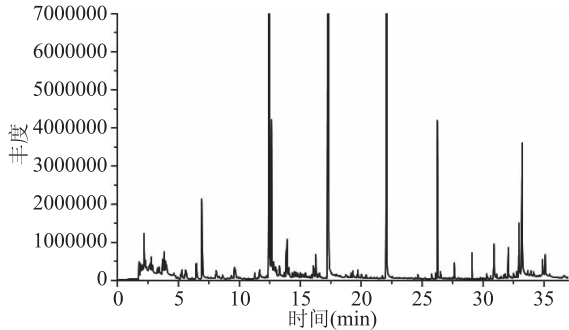


图1 黄秋葵叶茶挥发性成分总离子流图
Fig.1 Total ion chromatogram of volatile components of okra leaf tea

由表 5 可知,从黄秋葵叶茶中共分离鉴定出 28 种挥发性成分,主要包括醛类 12 种,醇类 2 种,酮类 2 种,酯类 1 种,烷烃类 4 种,烯烃类 2 种,芳香烃类 3

种,其他 2 种。醛类化合物是黄秋葵叶茶挥发性物质的主要成分之一,占挥发性物质总含量的 47.53%,它们大部分以不饱和脂肪酸,如 α -亚麻酸、亚油酸、油酸及棕榈酸等作为前体物质^[20],其中青叶醛(4.27%)、己醛(7.35%)能够为黄秋葵叶茶提供青草香; β -环柠檬醛(1.81%)是类胡萝卜素氧化降解产物,属于萜类化合物,具有水果清香;而由亮氨酸氧化后生成的异戊醛(3.72%),苯丙氨酸氧化后生成的苯乙醛(1.92%),以及庚醛(2.19%)、苯甲醛(5.72%)、壬醛(5.27%)等都被认为是使茶叶具有栗子香的关键香气成分^[36],所以醛类化合物对黄秋葵叶茶的香气贡献较大。醇类化合物相对较少,仅占挥发性物质总含量的 3.92%,其中顺-2-戊烯-1-醇(2.58%)也能够提供绿叶清香。酮类化合物虽然仅占挥发性物质总含量的 1.90%,但其对于黄秋葵叶茶的香气意义重大。香叶基丙酮的相对含量为 0.89%,其具有玫瑰花香,能够使香气更加圆润^[37];而 β -紫罗酮的相对含量为 1.01%,它是绿茶的典型香气成分之一,由 β -胡萝卜素降解而产生,具有紫罗兰香且阈值较低(在水中 0.007 ppb)^[20],对黄秋葵叶茶

香气贡献较大。仅检测到 1 种酯类物质是二氢猕猴桃内酯,其相对含量为 0.55%,它是红茶的特征香气成分之一,由 β -胡萝卜素经酶促氧化而产生^[20],具有水果清香。烷烃类化合物占挥发性物质总含量的 8.47%,其一般无气味或气味微弱^[38],对黄秋葵叶茶香气贡献较小。烯烃类化合物占挥发性物质总含量的 10.35%,其中 D-柠檬烯(6.93%)相对含量较高,它属于萜烯类化合物,具有薄荷清香。侯鹏娟等^[39]对黄秋葵籽中挥发性成分进行分析,发现其中也含有 D-柠檬烯、香茅烯等带有花香和木香气息的萜烯类化合物。芳香烃类化合物占挥发性物质总含量的 5.79%,其中对二甲苯(2.24%)和邻伞花烃(0.67%)也有一定的助香作用。含硫化合物二甲基硫醚是新茶的香气成分,其相对含量高达 17.02%,它的形成与甲硫氨酸密切相关^[20],被认为是绿茶清香的原由^[19],故推测其可能是黄秋葵叶茶特征香气成分之一。吡嗪类化合物 2,6-二甲基吡嗪是典型的美拉德反应产物,其相对含量为 1.47%,能够为黄秋葵叶茶提供焦糖香和烘烤香。

总体而言,黄秋葵叶茶具有多种绿茶特征香气成分,能够赋予黄秋葵叶茶独特的香气特征。而它们对于黄秋葵叶茶香气的贡献程度还需通过气味活性值(OAV)及 GC-O 等进行进一步表征。

3 结论

黄秋葵鲜叶参照绿茶工艺制成茶后,经测定其中含有较多的营养成分,粗蛋白占 25.92%、游离氨基酸占 1.70%、多糖占 3.56%、多酚占 1.47%、黄酮占 1.18%、钾 1754.13 mg/100 g、钙 621.12 mg/100 g、类胡萝卜素 153.42 mg/100 g、叶黄素 97.44 mg/100 g 和 β -胡萝卜素 29.06 mg/100 g。此外,还含有 γ -氨基丁酸 250.34 mg/100 g 和咖啡碱 6.43 mg/100 g。从黄秋葵叶茶中共分离鉴定出 28 种挥发性成分,其中醛类物质含量最高,占挥发性化合物的 47.53%,对黄秋葵叶茶的香气贡献较大;二甲基硫醚(17.02%)、己醛(7.35%)、D-柠檬烯(6.93%)、 β -环柠檬醛(1.81%)和 β -紫罗酮(1.01%)等是其主要香气物质,它们共同赋予黄秋葵叶茶独特的香气。

本研究表明,黄秋葵叶茶含有丰富的营养成分,具有较高的营养价值,同时含有大量挥发性物质,能够形成黄秋葵叶茶独特的风味。因此,将其作为新型茶叶进行开发,一方面能够有效避免黄秋葵叶资源的浪费,充分发挥其价值;另一方面在丰富茶叶资源,满足人们对于营养与健康的需求方面具有现实意义。

参考文献

[1] Schafleitner R, Kumar S, Lin C, et al. The okra (*Abelmoschus esculentus*) transcriptome as a source for gene sequence information and molecular markers for diversity analysis [J]. Gene, 2013, 517(1): 27-36.

[2] Liu J, Zhao Y, Wu Q, et al. Structure characterisation of polysaccharides in vegetable "okra" and evaluation of hypoglycemic activity [J]. Food Chemistry, 2018, 242: 211-216.

[3] Chen H, Jiao H, Cheng Y, et al. In vitro and in vivo Immunomodulatory activity of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Polysaccharides [J]. Journal of Medicinal Food, 2016, 19(3): 253-265.

[4] Sabitha V, Ramachandran S, Naveen K R, et al. Antidiabetic and antihyperlipidemic potential of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. in streptozotocin-induced diabetic rats [J]. Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences, 2011, 3(3): 397-402.

[5] 李孟秋. 黄秋葵种子抗抑郁活性及机制研究 [D]. 天津: 天津科技大学, 2016.

[6] Zheng W, Zhao T, Feng W, et al. Purification, characterization and immunomodulating activity of a polysaccharide from flowers of *Abelmoschus esculentus* [J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 106: 335-342.

[7] Camciuc M, Deplagne M, Vilarem G, et al. Okra-*Abelmoschus esculentus* L. (Moench.) a crop with economic potential for set aside acreage in France. [J]. Industrial Crops and Products, 1998, 7(2-3): 257-264.

[8] 陈方娟. 秋葵和飞扬草的化学成分研究 [D]. 杭州: 浙江工商大学, 2013.

[9] Boukari I, Shier N W, Fernandez R X E, et al. Calcium analysis of selected Western African foods [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2001, 14(1): 37-42.

[10] Nwachukwu E C, Nulit R, Go R. Nutritional and biochemical properties of Malaysian okra variety [J]. Advancement in Medicinal Plant Research, 2014.

[11] 罗燕春, 韦吉, 黎军平, 等. 黄秋葵叶粉中叶黄素和 β -胡萝卜素的稳定性研究 [J]. 中国农学通报, 2008(7): 85-88.

[12] 靳银杰. 黄秋葵化学成分与抗氧化活性研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2012.

[13] 白石琦. 黄秋葵叶多糖的分离纯化、初步表征及其抗氧化活性研究 [D]. 镇江: 江苏大学, 2013.

[14] C A O A. Official Methods of Analysis; 15th Edition [J]. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 1990, 9(4): VI.

[15] 王学奎, 黄见良. 植物生理生化实验原理与技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2015.

[16] 宋思圆, 苏平, 王丽娟, 等. 响应面试验优化超声提取黄秋葵花果胶多糖工艺及其体外抗氧化活性 [J]. 食品科学, 2017, 38(2): 283-289.

[17] Jabeen S, Alam S, Saleem M, et al. Withering timings affect the total free amino acids and mineral contents of tea leaves during black tea manufacturing [J]. Arabian Journal of Chemistry, 2015.

[18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 14456.1-2017 绿茶 [S].

[19] 陆松侯, 施兆鹏. 茶叶审评与检验 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.

[20] Ho C, Zheng X, Li S. Tea aroma formation [J]. Food Science and Human Wellness, 2015, 4(1): 9-27.

[21] 王富河, 赵师成, 阎腾飞, 等. 信阳大茶沟翅岭古茶茶叶品质评价 [J]. 河南农业科学, 2016(7): 44-48.

[22] Chen G, Yuan Q, Saeeduddin M, et al. Recent advances in tea polysaccharides: Extraction, purification, physicochemical

characterization and bioactivities [J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 153:663-678.

[23] 杜贤明, 黎小萍, 俞燕芳, 等. 蒸青桑叶茶加工过程中主要品质成分变化的研究[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2015(5):1-3.

[24] 张敏. 薄荷叶茶加工工艺研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2009.

[25] 刘慧娟, 郑云展, 陈燕霞, 等. 微波真空干制加工对荷叶茶酚类物质含量及其抗氧化活性的影响[J]. 食品科学技术学报, 2016(3):40-45.

[26] Ye Y, Yan J, Cui J, et al. Dynamic changes in amino acids, catechins, caffeine and gallic acid in green tea during withering [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2018, 66: 98-108.

[27] Zhang Q, Ruan J. Tea: Analysis and tasting [J]. Encyclopedia of Food and Health, 2016:256-267.

[28] 王萍, 肖文君, 胡帅, 等. 黄秋葵不同品系和不同组织部位的果胶和咖啡因含量比较研究[J]. 激光生物学报, 2015(2):175-179.

[29] 黄阿根, 陈学好, 高云中, 等. 黄秋葵的成分测定与分析[J]. 食品科学, 2007(10):451-455.

[30] Karak T, Bhagat R M. Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review [J]. Food Research International, 2010, 43(9):2234-2252.

[31] 李旭玫. 茶叶中的矿质元素对人体健康的作用[J]. 中国

茶叶, 2002(2):30-31.

[32] 罗婷, 赵镭, 胡小松, 等. 绿茶矿质元素特征分析及产地判别研究[J]. 食品科学, 2008(11):494-497.

[33] Diana M, Quílez J, Rafecas M. Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: A review [J]. Journal of Functional Foods, 2014, 10:407-420.

[34] Scharbert S, Hofmann T. Molecular definition of black tea taste by means of quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(13):5377-5384.

[35] Liu Y, Luo L, Liao C, et al. Effects of brewing conditions on the phytochemical composition, sensory qualities and antioxidant activity of green tea infusion: A study using response surface methodology [J]. Food Chemistry, 2018.

[36] Zhu Y, Lv H, Shao C, et al. Identification of key odorants responsible for chestnut-like aroma quality of green teas [J]. Food Research International, 2018, 108:74-82.

[37] 弓威, 顾丰颖, 贺凡, 等. 山楂茶特征成分分析[J]. 食品科学, 2015(20):115-119.

[38] 梁贵秋, 李全, 陆飞, 等. 桑叶茶挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 现代食品科技, 2013(5):1157-1159.

[39] 侯鹏娟, 郭鹏, 茹琦, 等. 黄葵籽中挥发性成分的 GC-MS 分析研究[J]. 食品科技, 2017(2):281-285.

(上接第 237 页)

determination of vitamins A and E in foods using ultra-high-performance liquid chromatography [J]. Journal of Aoac International, 2012, 95(2):517-522.

[17] 肖遂, 薛飞群. UPLC/MS 在兽药残留分析中的应用 [C]. 中国畜牧科技论坛, 2011.

[18] 徐清, 林向阳, 王征. 同位素稀释三重串联四级杆质谱法测定饮用水中 4 种增塑剂 [J]. 食品安全质量检测学报, 2015(1):239-244.

[19] 贺建华, 邵纯君, 鹿麟, 等. 福林酚法测定甘露聚糖肽口

服溶液中蛋白质的含量 [J]. 中国药物评价, 2017, 34(2): 92-94.

[20] Wiśniewski J R, Zougman A, Nagaraj N, et al. Universal sample preparation method for proteome analysis [J]. Nature Methods, 2009, 6(5):359-362.

[21] Mi R, Sun Y, Li J, et al. Immune-related proteins detected through iTRAQ-based proteomics analysis of intestines from Apostichopus japonicus in response to tussah immunoreactive substances [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2018, 74:436-443.

因本刊已被《中国知网》
(包括“中国知网”优先数字出版库)
独家全文收录, 所以所付稿酬中
已包含该网站及光盘应付的稿酬。