生物技术进展 2023 年 第 13 卷 第 4 期 575~579
Current Biotechnology ISSN 2095-2341

研究论文
Articles

黄秋葵营养成分与活性成分分析

张巧月[1]， 郭玉超[1]， 纪宏宸[1]， 毛厚霖[1]， 谷丹丹[1]， 茆广华[2]， 赵婷[1*]， 仰榴青[1]

1.江苏大学化学化工学院，江苏 镇江 212013；
2.江苏大学环境与安全工程学院，江苏 镇江 212013

摘 要： 对黄秋葵的营养成分和活性成分进行了系统分析，以期为其精深加工及功能食品资源研究与开发提供理论依据。采用国标法和比色法分别对黄秋葵的营养成分和活性成分进行分析。结果表明，黄秋葵中总糖含量丰富，为 8 478.12 mg·100 g^{-1} FW，富含粗纤维(2 433.57 mg·100 g^{-1} FW)、蛋白(386.32 mg·100 g^{-1} FW)及人体必需氨基酸；粗脂肪含量低(110.84 mg·100 g^{-1} FW)，脂肪酸组成以亚油酸等不饱和脂肪酸为主，占总脂肪酸的 48.95%；钾元素含量高，为 1 309.21 mg·100 g^{-1} DW，是一种高钾/钠比蔬菜。此外，多糖、总酚和总黄酮作为主要活性物质，含量分别达到 2 362.52、65.64 和 12.01 mg·100 g^{-1} FW。结果表明，黄秋葵营养成分和活性成分丰富，是一种绿色健康的保健蔬菜，值得深入研究其应用价值。

关键词： 黄秋葵；营养成分；活性成分；成分分析

DOI：10.19586/j.2095-2341.2023.0023

中图分类号： S649 **文献标志码：** A

Analysis of Nutritional Ingredient and Active Contents from *Abelmoschus moschatus* Medicus

ZHANG Qiaoyue[1], GUO Yuchao[1], JI Hongchen[1], MAO Houlin[1], GU Dandan[1], MAO Guanghua[2], ZHAO Ting[1*], YANG Liuqing[1]

1.*School of Chemistry and Chemical Engineering, Jiangsu University, Jiangsu Zhenjiang* 212013, *China*;
2.*School of Environmental and Safety Engineering, Jiangsu University, Jiangsu Zhenjiang* 212013, *China*

Abstract: *Abelmoschus moschatus* Medicus was used as the research object to analyze its nutrition and active ingredients, which was expect to provide a theoretical basis for its deep processing and development of functional food resources. Nutritional contents and active contents from *Abelmoschus moschatus* Medicus were determined by national standard and colorimetric method. The results showed that okra was rich in total sugar (8 478.12 mg·100 g^{-1} FW), crude fibre (2 433.57 mg·100 g^{-1} FW), protein (386.32 mg·100 g^{-1} FW) and essential amino acids. The crude fat content in okra was lower (110.84 mg·100 g^{-1} FW) than that in other vegetables, and the crude fat was mainly composed of unsaturated fatty acids such as linoleic acid and so on, which accounted for about 48.95 % of the total fatty acids content. Okra was also particularly rich in potassium (1 309.21 mg·100 g^{-1} DW), which was a high K/Na ratio vegetable. Polysaccharide, polyphenols and flavonoids were main active substances in okra, their contents were 2 362.52, 65.64 and 12.01 mg·100 g^{-1} FW. It can be seen that okra is a kind of green and healthy vegetable with rich nutrition, deserving further investigation on its application value.

Key words: okra; nutrition ingredients; active ingredients; component analysis

自由基是人体生命活动中各种生化反应的中间产物，自由基蓄积会通过攻击细胞膜诱发自由基连锁反应引起组织细胞、亚细胞结构、细胞器、DNA 及 RNA 等广泛损伤，继而增加非遗传性肥

收稿日期： 2023-02-27；**接受日期：** 2023-04-11
基金项目： 海南师范大学热带药用资源化学教育部重点实验室开放基金项目(RDZH2021001)。
联系方式： 张巧月 E-mail: 2919203880@qq.com；*通信作者 赵婷 E-mail: zhaoting@ujs.edu.cn

胖、糖尿病及心血管疾病的患病风险，并促进相关遗传性疾病的发展。大量研究证实，蔬菜中的一些活性成分可有效预防慢性疾病的患病风险[1]。

黄秋葵（*Ablmoschus esculentus* Medicus）隶属于锦葵科秋葵属，是一种药食同源的蔬菜，原产于非洲地区，目前主要种植于我国南部和北部地区，是世界上最耐热耐旱的蔬菜品种之一[2]。黄秋葵营养丰富，具有抗疲劳、抗氧化和调节免疫功能等多种生物活性，欧美地区把它列入21世纪最佳绿色食品名录之中，也被誉为“奥运蔬菜”[3]。先前已有研究对不同品种黄秋葵及黄秋葵不同部位的基本营养成分进行了比较分析，但关于其主要营养成分和活性成分的系统研究报道较少。因此，本文以黄秋葵为研究对象，全面系统分析了黄秋葵的营养和活性成分，以期为其精深加工及功能食品资源研究与开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

黄秋葵购自江苏省镇江市丹徒区世业洲，经江苏大学药学院邹艳敏老师鉴定为 *Abelmoschus moschatus* Medicus，冻干备用。浓硫酸、浓盐酸、硝酸、高氯酸、亚硝酸钠、苯酚、无水乙醇和考马斯亮蓝等试剂均为分析纯，购自上海国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

BS124S型分析天平购自北京赛多利斯仪器系统有限公司；SHZ-D（Ⅲ）循环水式真空泵购自巩义市予华仪器有限公司；RE-52旋转蒸发仪购自上海亚荣生化仪器厂；不锈钢电热板购自江苏省金坛市医疗仪器厂；GC-MS联用仪购自美国Agilent公司；S-433D全自动氨基酸分析仪购自德国赛卡姆公司；TU1800紫外-可见分光光度计购自北京普析通用分析仪器厂；高速离心机购自赛特湘仪离心仪器有限公司；电感耦合等离子体发射光谱仪VISTA-MPX购自美国瓦里安公司。

1.3 含量测定

1.3.1 *基本营养成分测定* 水分测定参考《GB 5009.3-2016食品安全国家标准 食品中水分的测定》；灰分测定参考《GB 5009.4-2016食品安全国家标准 食品中灰分的测定》；总糖测定参考《GB 15672-2009食用菌中总糖含量的测定》；粗纤维测定参考《GB 5009.10-2003植物类食品中粗纤维的测定》；蛋白测定参考马斯亮蓝法[4]；氨基酸组成测定参考《GB 5009.124-2016食品中氨基酸的测定》；粗脂肪测定参考《GB 5009.6-2016食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》。

1.3.2 *脂肪酸组成测定*[5] 参考《GB 5009.6-2016食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》制备脂肪样品。取200 μL脂肪样品，加入0.2 mol·L^{-1}氢氧化钾甲醇溶液5 mL，65 ℃水浴摇床反应2~3 h，加入2 mL正己烷，保持微沸1 min，取出冷却至室温，振摇，加蒸馏水1 mL，静置，吸取上清液，加无水硫酸钠干燥后过滤膜，待气相色谱-质谱联用仪（gas chromatography-mass spectrometer，GC-MS）分析。

选用BD-5MS毛细管柱（30 m×0.25 mm，0.25 μm），氦气作为载气，流速1 mL·min^{-1}，进样体积为0.5 μL，不分流，入口温度230 ℃，溶剂延迟3 min。程序升温过程如下：初始温度100 ℃，保持1 min，以20 ℃·min^{-1}增至205 ℃，以2 ℃·min^{-1}增至209 ℃，以1 ℃·min^{-1}增至213 ℃，以12 ℃·min^{-1}增至220 ℃，以20 ℃·min^{-1}增至280 ℃。

1.3.3 *矿物质元素测定*[6] 称取样品粉末0.2 g放入凯氏瓶中，加入混合酸（V_{HNO_3}∶V_{HClO_4}=4∶1）5 mL，过夜消解12 h，同时做不加样品的空白对照。然后置于电热板上加热消煮。待剧烈反应后，继续煮沸至溶液变为棕色时，中断加热，冷却后滴加2 mL HNO_3，再煮沸。及时补加混酸溶液，当溶液变为清亮无色并伴有白烟时，继续加热至剩余体积为2 mL左右，冷却，用含0.05% HCl的酸水转移到25 mL容量瓶中定容，以进行钾（K）、钠（Na）、磷（P）、钙（Ca）、镁（Mg）、铁（Fe）、锌（Zn）、铜（Cu）、锰（Mn）元素含量的测定。消解液加入10 mL 6 mol·L^{-1} HCl还原，置于沸水浴中10 min，然后再用酸水定容至25 mL容量瓶，进行硒（Se）、砷（As）元素测定。

1.3.4 *多糖含量测定*[7] 多糖含量测定按照苯酚-硫酸法。以葡萄糖（glucose，Glu）浓度为横坐标，吸光度为纵坐标，绘制标准曲线，回归方程为 Y=0.667 4X+0.347 5（R^2=0.995 4，X介于60~160 μg·mL^{-1}），含量按mg Glu·100 g^{-1} FW计。

1.3.5 *总多酚含量测定*[8] 总多酚含量测定采用Folin-Ciocalteu法。以没食子酸（gallic acid，GAC）浓度为横坐标，吸光度为纵坐标，绘制标准曲线，回归方程为 Y=0.028 3X+0.039 9（R^2=0.995 4，X介于

10~50 μg·mL^{-1}），含量按mg GAC·100 g^{-1} FW计。

1.3.6 总黄酮含量测定[9] 总黄酮含量测定采用$NaNO_2$-Al$(NO_3)_3$比色法。以芦丁（rutin，Ru）浓度为横坐标，吸光度为纵坐标，绘制标准曲线，回归方程为Y=8.205 5X-0.0147（R^2=0.999 8，X介于12~96 μg·mL^{-1}），含量按mg Ru·100 g^{-1} FW计。

1.4 数据分析

采用IBM SPSS Statistics 26软件进行统计分析。每个样品进行了3次平行试验。各组试验数据用均数±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 基本营养成分分析

黄秋葵的基本营养成分分析结果由表1可知，黄秋葵水分含量高达90.4%，与文献报道基本一致，水分含量高是秋葵储存时间短的主要原因[10]。灰分含量为0.93%，灰分含量是控制秋葵加工产品质量的重要依据。黄秋葵中总糖含量丰富，为8 578.21 mg·100 g^{-1} FW，可为维持人体正常生理活动提供能量。粗纤维含量丰富，为2 431.54 mg·100 g^{-1} FW，与胡萝卜中粗纤维含量为1.3 g·100 g^{-1} FW[11]相比，黄秋葵中的粗纤维含量更高，粗纤维具有多种健康益处[12]。粗脂肪含量为110.84 mg·100 g^{-1} FW，而胡萝卜的粗脂肪含量为0.2 g·100 g^{-1} FW[11]，相比之下，黄秋葵的粗脂肪含量更低，可见，黄秋葵是一种低脂蔬菜，有助于减少心血管疾病的发生[13]。

2.2 氨基酸分析

黄秋葵中的氨基酸组成及各种氨基酸含量见表2。结果表明黄秋葵含有15种氨基酸，其中必需氨基酸含量丰富，占总氨基酸的26.8%。黄秋葵鲜味氨基酸谷氨酸和天冬氨酸含量分别为1.93和0.88 mg·100 g^{-1} DW，2种鲜味氨基酸的含量均高于其他氨基酸，占总氨基酸的50.1%。从氨基酸含量组成来看，其配比合理，易于人体吸收。

表1 黄秋葵的基本营养成分分析

Table 1 Analysis of basic nutritional constituents of okra

成分	水分/%	灰分/%	总糖/（mg·100 g^{-1} FW）	粗纤维/（mg·100 g^{-1} FW）	蛋白质/（mg·100 g^{-1} FW）	粗脂肪/（mg·100 g^{-1} FW）
含量	90.4±0.00	0.93±0.00	8 478.12±89.03	2 433.57±74.16	386.32±54.50	110.84±16.30

注：FW为黄秋葵新鲜样品重量。

表2 黄秋葵氨基酸组成

Table 2 Amino acid composition of okra

必需氨基酸	含量/（mg·100 g^{-1} DW）	非必需氨基酸	含量/（mg·100 g^{-1} DW）
缬氨酸（Val）	0.350±0.015	谷氨酸（Glu）	1.930±0.081
组氨酸（His）	0.280±0.016	天冬氨酸（Asp）	0.880±0.033
亮氨酸（Leu）	0.270±0.019	精氨酸（Arg）	0.330±0.014
异亮氨酸（Ile）	0.200±0.005	丙氨酸（Ala）	0.220±0.018
苯丙氨酸（Phe）	0.200±0.017	丝氨酸（Ser）	0.210±0.011
赖氨酸（Lys）	0.190±0.007	甘氨酸（Gly）	0.180±0.009
苏氨酸（Thr）	0.170±0.008	络氨酸（Tyr）	0.160±0.015
蛋氨酸（Met）	0.030±0.008		

注：DW为黄秋葵干重。

2.3 脂肪酸组成分析

黄秋葵脂肪酸的GC-MS总离子流图如图1所示。共检测出16种脂肪酸（表3），其中不饱和脂肪酸含量丰富，主要是油酸、亚油酸和亚麻酸，占总脂肪酸含量的48.95%；饱和脂肪酸以棕榈酸为主，占总脂肪酸含量的36.76%。

2.4 矿物质元素分析

黄秋葵粉中矿物质元素的含量见表4。黄秋

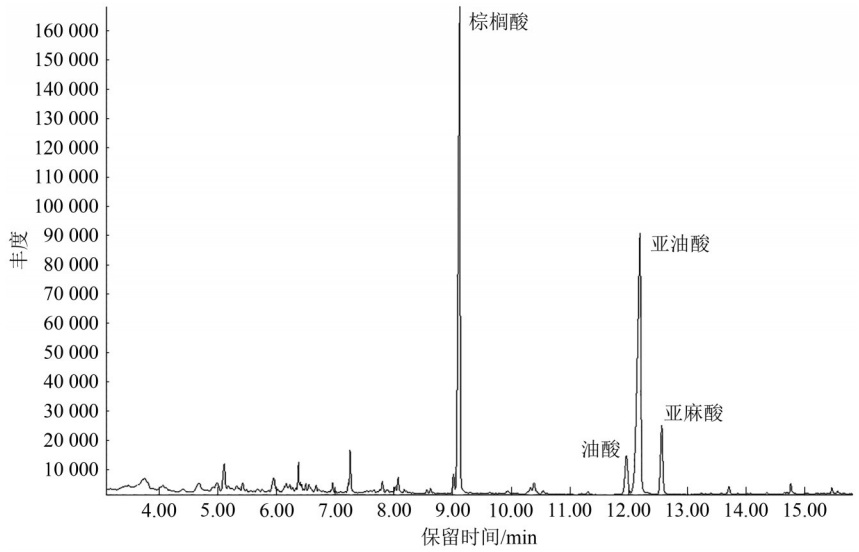

图1 黄秋葵油脂的GC-MS总离子流图

Fig. 1 Total ion chromatogram of okra oil by GC-MS

表3 黄秋葵的脂肪酸组成

Table **3** Fatty acid composition of okra

编号	保留时间/min	相对分子质量	含量/%	匹配度/%	分子式	化合物名称
1	5.968	214	1.28±0.08	89	$C_{13}H_{26}O_2$	十二酸甲酯
2	6.962	242	0.50±0.10	93	$C_{15}H_{30}O_2$	12-甲基十三烷酸甲酯
3	7.263	242	2.31±0.08	90	$C_{15}H_{30}O_2$	十四酸甲酯
4	8.082	256	1.09±0.22	95	$C_{16}H_{32}O_2$	十五酸甲酯
5	8.631	270	0.32±0.03	91	$C_{17}H_{34}O_2$	14-甲基十五烷酸甲酯
6	9.025	268	1.35±0.21	94	$C_{17}H_{32}O_2$	顺-7-十六烷烯酸甲酯
7	9.128	270	36.76±1.35	98	$C_{17}H_{34}O_2$	棕榈酸甲酯
8	10.393	284	1.45±0.40	94	$C_{18}H_{36}O_2$	十七烷酸甲酯
9	11.222	264	0.16±0.02	70	$C_{17}H_{28}O_2$	7,10,13-十六烷三烯酸甲酯
10	11.989	296	4.45±0.21	99	$C_{19}H_{36}O_2$	油酸甲酯
11	12.203	294	37.7±2.26	99	$C_{19}H_{34}O_2$	亚油酸甲酯
12	12.579	292	6.80±0.63	99	$C_{19}H_{32}O_2$	亚麻酸甲酯
13	13.719	312	0.61±0.05	96	$C_{20}H_{40}O_2$	十九烷酸甲酯
14	14.704	324	0.50±0.29	70	$C_{21}H_{40}O_2$	顺-13-二十烯酸甲酯
15	14.766	326	0.83±0.12	93	$C_{21}H_{42}O_2$	二十烷酸甲酯
16	15.564	340	0.33±0.13	96	$C_{22}H_{44}O_2$	二十一烷酸甲酯

表4 黄秋葵粉中矿物质元素的含量

Table **4** Content of mineral elements in okra powder

元素	含量/（mg·100 g^{-1} DW）	元素	含量/（mg·100 g^{-1} DW）
钾	1 309.21±21.19	锰	7.80±0.08
钙	512.11±14.21	锌	6.05±0.49
镁	451.24±4.83	铁	2.47±0.40
磷	409.20±10.06	铜	1.16±0.07
钠	63.78±5.15		

葵中钾含量最高，达到1 309.21 mg·100 g^{-1} DW，说明黄秋葵是一种很好的补钾食物。其次为钙、镁和磷元素，含量分别为512.11、451.24和409.20 mg·100 g^{-1} DW。黄秋葵中钠含量较低，为63.78 mg·100 g^{-1} DW，钾/钠比值达到20.53，相对较高，是一种营养学上提倡的高钾/钠比蔬菜。此外，黄秋葵中含有锰、锌、铁和铜等微量元素，未检测到硒和砷元素。由此可见，黄秋葵中富含人体所必需的多种营养元素，经常食用有益健康。

2.5 活性成分含量分析

黄秋葵中活性成分主要为多糖、酚和黄酮，其多糖、总酚、总黄酮的含量分别为2 362.52、131.30和74.96 mg·100 g^{-1} FW。总体上看，黄秋葵中多糖含量丰富，总酚和总黄酮含量次之。黄秋葵中的糖类以果胶为主，它是粘液的主要组成部分和重要营养成分，决定了其特殊风味[14]。多酚和黄酮也是黄秋葵重要的活性成分，使黄秋葵具有抗菌、抗病毒、抗炎等多种生物活性。

3 讨论

本文对黄秋葵的营养成分和活性成分进行了系统研究，营养成分分析结果表明，黄秋葵富含总糖（8 578.12 mg·100 g^{-1} FW）、粗纤维（2 433.57 mg·100 g^{-1} FW）、蛋白（386.32 mg·100 g^{-1} FW）及人体必需氨基酸，与《中国食物成分表》中常见蔬菜的含量相近[11]。粗脂肪含量较低，为110.87 mg·100 g^{-1} FW，这与Romdhane等[12]测定的黄秋葵中粗脂肪含量相近，且粗脂肪以不饱和脂肪油酸、亚油酸和亚麻酸为主，占总脂肪酸含量的48.95%。已有研究通过GC对黄秋葵和红秋葵种子中脂肪酸的化学成分及含量进行分析和鉴定[14]，结果表明黄秋葵种子中棕榈酸（29.46%）和亚油酸（50.12%）含量丰富，红秋葵种子中以棕榈酸（29.84%）和亚油酸（50.05%）为主。由此可见，秋葵不同品种和不同部位脂肪酸组成基本相似，具有较高的营养价值与药用功效。黄秋葵含有丰富的矿物质，其中钾和钙含量较高，达到1 309.21 mg·100 g^{-1} DW和512.11 mg·100 g^{-1} DW，是一种高钾/钠比蔬菜。

黄秋葵中含有多种活性成分，其中多糖含量为2 362.90 mg·100 g^{-1} FW，研究表明多糖可以通过多种途径抑制淀粉消化，包括抑制淀粉酶活性，改变淀粉凝胶结构，影响淀粉的糊化，并与淀粉以及淀粉水解产物相互作用[15]。多糖可以降低慢性疾病的患病风险，具有广泛的研究价值和应用前景，值得深度研究和开发。此外，黄秋葵中的总酚和总黄酮含量分别为65.64和12.01 mg·100 g^{-1} FW。研究发现，酚类化合物具有优异的抗氧化活性，可有效防御机体的氧化应激，降低细胞和组织的氧化损伤[12]；黄酮类化合物可以抑制葡萄糖转运蛋白的活性[16]，从而有效地降低α-淀粉酶和α-葡萄糖苷酶的活性，降低餐后血糖水平，这为2型糖尿病的辅助治疗提供了可能性。因此，后续在酚类化合物和黄酮类化合物的应用方面值得进行更深入的研究。综上所述，黄秋葵营养价值丰富，在食品、保健品等领域具有广泛的应用前景，值得进一步深入研究和开发。

参 考 文 献

[1] SANTINI A, NOVELLINO E. Nutraceuticals: beyond the diet before the drugs[J]. Curr. Bio. Comp., 2014, 10: 1-12.

[2] JUAN L, YUPENG Z, QIXIAN W, *et al*.. Structure characterisation of polysaccharides in vegetable "okra" and evaluation of hypoglycemic activity[J]. Food Chem., 2018, 242: 211-216.

[3] 王丽卫,赵兵,洪忠东.黄秋葵药理作用的研究进展[J].现代中药研究与实践,2018,32(1):84-86.

[4] 蒋大程,高珊,高海伦,等.考马斯亮蓝法测定蛋白质含量中的细节问题[J].实验科学与技术,2018,16(4):143-147.

[5] GIOVANNI C, FEDERICA G, ROBERTO B, *et al*.. Lipid nutritional value of legumes: evaluation of different extraction methods and determination of fatty acid composition[J]. Food Chem., 2016, 192: 965-971.

[6] 朱昀,王未,李倩,等.百合珠芽与鳞茎营养成分及活性成分研究[J].生物技术进展,2016,6(5):336-340.

[7] 陈凤,赵万岭,王星仪,等.苯酚-硫酸法测定明日叶根中多糖含量[J].化工管理,2019,533(26):11-13.

[8] 长城,赵俊华,于文杰,等.杨树桑黄多糖提取工艺与测定[J].化学试剂,2021,43(7):973-978.

[9] 葛婷婷,高瑜,郑大恒,等.两种工艺酿造玫瑰茄米酒品质及抗氧化活性的研究[J].生物技术进展,2019,9(1):78-83.

[10] 潘妍,贾红亮,林少华,等.臭黄荆营养成分分析和抗氧化活性研究[J].特种经济动植物,2022,25(2):5-7.

[11] 杨月欣.中国食物成分表[M].第6版.北京:北京大学医学出版社,2018.

[12] ROMDHANE M H, CHAHDOURA H, BARROS L, *et al*.. Chemical composition, nutritional value, and biological evaluation of Tunisian okra pods (*Abelmoschus esculentus* L. Moench)[J]. Molecules, 2020, 25 (20), 4739: 1-15.

[13] SAMPAIO S L, FERNANDES N, PEREIRA C, *et al*.. Nutritional value, physicochemical characterization and bioactive properties of the Brazilian quinoa BRS Piabiru[J]. Food Funct., 2020, 11: 2969-2977.

[14] 李景恩,龚毅,肖金锋.红秋葵和黄秋葵种子营养成分比较分析[J].食品科技,2017,42(12):112-115.

[15] ZHOU R, WANG Y, WANG Z, *et al*.. Effects of *Auricularia auricula*-judae polysaccharide on pasting, gelatinization, rheology, structural properties and in vitro digestibility of kidney bean starch[J]. Int. J. Bio. Macromol, 2021, 191: 1105-1113.

[16] YANG B, LIU H, YANG J, *et al*.. New insights on bioactivities and biosynthesis of flavonoid glycosides[J]. Trends Food, 2018, 79: 116-124.