

五种秋葵营养成分 及活性物质含量的分析比较

王芳¹, 吴越², 马浪², 屈敏³, 周炎辉³, 李加兴^{4,*}

(1.长沙市科技成果转化服务中心, 湖南长沙 410006;

2.湖南奇异生物科技有限公司, 湖南长沙 410008;

3.湖南湘纯农业科技有限公司, 湖南长沙 410300;

4.吉首大学化学化工学院, 湖南吉首 416000)

摘要:通过测定浏阳本地秋葵、红秋葵、绿五星、早生五角、台湾五福等五个品种秋葵的营养成分及活性物质含量, 以比较不同品种间的差异。结果表明, 五种秋葵嫩果荚的灰分、粗脂肪、粗蛋白、总糖、多糖、总黄酮含量分别处于 4.33~6.53、1.54~2.05、1.96~2.46、64.35~68.64、2.60~2.87、1.66~1.97 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 的范围之间, 变异系数分别为 14.36%、9.62%、10.22%、2.38%、3.95%、7.36%; 五种秋葵嫩果籽的灰分、粗脂肪、粗蛋白、总糖、多糖、总黄酮含量分别处于 4.50~5.95、15.05~17.37、22.73~25.36、20.48~25.03、1.20~1.59、2.03~2.20 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 的范围之间, 变异系数分别为 11.67%、4.91%、4.21%、8.19%、9.47%、2.89%; 五种秋葵嫩果荚的营养成分以总糖为主, 其次为灰分, 粗蛋白、粗脂肪含量最少; 五种秋葵嫩果籽主要含粗脂肪、粗蛋白、多糖, 三者含量均衡; 五种秋葵嫩果荚的多糖含量均高于嫩果籽, 总黄酮含量低于嫩果籽 ($p < 0.05$); 秋葵嫩果荚、嫩果籽的多糖、总黄酮含量均高于老果荚与老果籽 ($p < 0.05$)。

关键词:秋葵, 营养成分, 活性成分

Analysis and comparison of nutrients and active substances in five kinds of okra

WANG Fang¹, WU Yue², MA Lang², QU Min³, ZHOU Yan-hui³, LI Jia-xing^{4,*}

(1.Changsha Science and Technology Service Center, Changsha 410006, China;

2.Hunan Amazing Grace Biotechnology Co., Ltd., Changsha 410008, China;

3.Hunan Xiangchun Agricultural Technology Co., Ltd., Changsha 410300, China;

4.College of Chemistry and Chemical Engineering, Jishou University, Jishou 416000, China)

Abstract: Through measuring nutrients and active substances of five kinds of okra to compare the differences between different varieties. The results showed that the ash, crude fat, crude protein, total sugar, polysaccharide, total flavonoids content in five kinds of okra tender pod were 4.33~6.53, 1.54~2.05, 1.96~2.46, 64.35~68.64, 2.60~2.87, 1.66~1.97 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, the coefficient of variation were 14.36%, 9.62%, 10.22%, 2.38%, 3.95%, 7.36%. The ash, crude fat, crude protein, total sugar, polysaccharide, total flavonoids content in five kinds of okra tender seed were 4.50~5.95, 15.05~17.37, 22.73~25.36, 20.48~25.03, 1.20~1.59, 2.03~2.20 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, the coefficient of variation were 11.67%, 4.91%, 4.21%, 8.19%, 9.47%, 2.89%. The nutritional components of five kinds of okra tender pods mainly contained total sugar, followed by ash, crude protein, crude fat content was the lowest. Five kinds of okra tender seed mainly contained crude fat, crude protein, polysaccharide, the proportion of the three was balanced. The polysaccharide content of five okra tender pods were higher than that of tender seeds, the content of total flavonoids was lower than that of tender seeds ($p < 0.05$). The polysaccharide and total flavonoids content of okra tender pods and seeds were higher than the old pods and seeds ($p < 0.05$).

Key words: okra; nutrient composition; active substances

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)10-0365-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.10.060

秋葵 (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) 别名秋葵夹、羊角豆, 是锦葵科一年生草本植物, 原产于非

收稿日期: 2016-11-04

作者简介: 王芳 (1984-), 女, 硕士, 工程师, 研究方向: 功能性食品开发与应用转化, E-mail: 183098891@qq.com。

* 通讯作者: 李加兴 (1969-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 植物资源开发利用与功能性食品研究, E-mail: jsljiaxing@sohu.com。

基金项目: 湖南省 2015 年重点研发计划项目 (2015NK3018)。

洲,广泛栽培于热带地区,在我国主要分布于台湾、广东、广西等地区^[1-2]。秋葵浑身是宝,嫩荚、花、种子均能食用,其嫩荚肉质细腻,富含蛋白质、碳水化合物、脂肪及多糖、黄酮等活性成分,可生食,也能烹调成各种美味菜肴,具有抗疲劳、辅助降血脂、提高免疫力等食疗功效,是公认的营养保健蔬菜^[3-4]。此外,成熟秋葵种子富含脂肪、蛋白质、咖啡因等成分,不仅可用于榨油,生产蛋白饲料,还可作为咖啡替代品,开发利用前景广阔^[5-6]。

近年来,我国吉林、海南、湖南、四川等地区陆续开展了秋葵的引种栽培研究,以筛选适合地区生长的秋葵品种,但以上研究主要集中于植物形态、产量、抗性等方面^[7-11],而基于秋葵不同品种的营养、活性成分的研究较少。湖南浏阳地区已有较长的秋葵种植历史,并且当地居民已形成食用秋葵的习惯。本实验对浏阳本地种、红秋葵、绿五星、早生五角、台湾五福等五个品种秋葵的营养成分及活性物质含量进行了比较研究,以期秋葵的种植与加工提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

秋葵 包括浏阳本地种、台湾五福、绿五星、早生五角、红秋葵五个品种,均栽培于湖南湘纯农业科技有限公司同一实验田内,开花坐果后挂牌;秋葵嫩果 开花坐果 6 d 后的清晨采摘;秋葵老果 开花坐果 15 d 后的清晨采摘;无水乙醇、浓硫酸、浓盐酸、苯酚、氢氧化钠、硝酸铝、亚硝酸钠、硼酸等试剂 均为分析纯。

XA-1 型固体样品粉碎机 江苏金坛市亿通电子有限公司;101-2AB 型电热鼓风干燥箱 天津市泰斯特仪器有限公司;JA2003 型电子天平 上海舜宇恒平科学仪器有限公司;TAZ4 台式多管自动平衡离心机 长沙平凡仪器仪表有限公司;HH-2 型数显恒温水浴锅 金坛市富华仪器有限公司;722 型紫外可见分光光度计 上海舜宇恒平科学仪器有限公司;KQ-5200DE 型超声波清洗机 昆山市超声仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 秋葵果荚和果籽样品的制备 挑选无病虫害、机械损伤、当天采摘的秋葵嫩果和老果,用锋利刀具将秋葵沿根蒂、果尖对半切分,之后剥离秋葵果实中的果籽,得秋葵果荚,分别收集秋葵果籽和果荚;将适量果荚切成小块,果籽压裂(汁液不外流)后测定其水分含量;将果荚、果籽用研钵分别研磨后测定灰分、粗蛋白、总糖、多糖、总黄酮含量。

1.2.2 水分、灰分、粗蛋白、粗脂肪含量的测定 水分采用直接干燥法^[12];灰分采用高温灼烧法^[12];粗蛋白采用微量凯氏定氮法^[13];粗脂肪采用索氏抽提法^[13]。

1.2.3 总糖的测定 采用硫酸苯酚法^[13]。a.标准曲线的制作:准确称取标准葡萄糖 80 mg 于 1000 mL 容量瓶中,加水至刻度线,分别吸取 0.6、0.8、1.0、1.2、1.4 mL 置于比色管中,并用水分别补至 2.0 mL,加入

质量分数为 6% 的苯酚 1.0 mL,浓硫酸 5.0 mL,静止 10 min,摇匀,室温放置 20 min 后,以 2.0 mL 水按同样的显色操作做空白,于 490 nm 测吸光值,以葡萄糖含量为横坐标,吸光度为纵坐标绘制标准曲线,标准曲线方程为 $Y = 0.1515X + 0.0022$, $R^2 = 0.9956$ 。

b.样品的测定:称取样品适量,研磨,转移至 50 mL 的比色管中,加入 5 mL 质量浓度为 6 mol/L 的盐酸溶液,沸水浴 40 min,流水冷却,用质量浓度为 6 mol/L 氢氧化钠溶液调 pH 至 7.0,定容至 50 mL,过滤,取 1 mL 溶液(前十滴弃去)于 50 mL 比色管中,定容至 50 mL,摇匀,即为供试液。取供试液 1 mL,按标准曲线方法测定总糖含量。

1.2.4 多糖的测定 采用硫酸苯酚法^[13]。a.标准曲线的制作:同 1.2.3 总糖的测定。

b.供试液的制备^[3]:称取适量样品,研磨,置于三角瓶中,加入蒸馏水 300 mL,于温度 100 °C、频率 60 Hz 超声波水浴 1 h,抽滤,滤渣加水 150 mL,100 °C 超声波水浴浸提 30 min,然后过滤,滤液合并后真空浓缩。之后加入 3 倍体积的无水乙醇,4 °C 冰箱静置沉淀过夜,离心,去除上清液。沉淀物用无水乙醇洗涤,再放置 4 °C 冰箱,过夜沉淀,抽滤,用无水乙醇洗涤沉淀物,最后用蒸馏水溶解,定容到 100 mL,摇匀,供分析用。样品测定:将待测液适当稀释,吸取 1 mL 样品液于试管中,多糖含量按标准曲线方法测定。

1.2.5 总黄酮的测定 采用 $Al(NO_3)_3$ 比色法^[14]。a.标准曲线的制备:精确称取芦丁标准品 1.00 g,以体积分数为 30% 的无水乙醇定容到 100 mL;取 5 mL 定容至 100 mL,得到质量浓度为 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的芦丁标准溶液;分别精确量取 0、1、2、3、4、5、6 mL 的芦丁标准液于 25 mL 的比色管中,用体积分数为 30% 的乙醇溶液稀释到 10 mL,加入质量分数为 5% 的 $NaNO_2$ 0.7 mL,混匀后静置 6 min,加入质量分数为 10% 的 $Al(NO_3)_3$ 0.7 mL,混匀后静置 6 min,加入质量分数为 4% 的 NaOH 5 mL,用体积分数为 30% 的乙醇定容至 25 mL,混匀,静置 15 min 后于 510 nm 处测定吸光度,同时用试剂空白作为参比液。以芦丁质量浓度为横坐标、吸光度为纵坐标,绘制标准曲线,计算其回归方程,标准曲线方程为 $Y = 0.0018X + 0.0167$, $R^2 = 0.9908$ 。

b.样品测定:精密称取样品,研磨后按料液比 1:25 $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 加体积分数为 30% 乙醇,于温度 60 °C、频率 60 Hz 超声提取 30 min,提取两次,离心,过滤,收集滤液,适当浓缩后用体积分数 30% 的乙醇定容至 200 mL。吸取提取液 5 mL,按照标准曲线的方法测定吸光度,计算总黄酮含量。

1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 对原始数据进行处理,采用 SAS 对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 五种秋葵嫩果荚、嫩果籽主要营养成分的测定结果与比较

由表 1 可知,五种黄秋葵嫩果荚的水分含量为 88.93~90.27 $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$,其中以浏阳本地种的最高。

表1 五种秋葵嫩果荚主要营养成分($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)Table 1 The contents of main nutritional components in five kinds of okra tender pod($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$)

成分	浏阳本地种	红秋葵	早生五角	绿五星	台湾五福
水分	90.27 ± 0.59 ^a	88.93 ± 0.45 ^b	89.63 ± 0.64 ^{ab}	89.30 ± 0.36 ^b	89.17 ± 0.31 ^b
灰分	6.45 ± 0.15 ^a	5.83 ± 0.10 ^b	4.33 ± 0.07 ^d	6.53 ± 0.32 ^a	5.27 ± 0.23 ^c
粗脂肪	2.05 ± 0.17 ^a	1.87 ± 0.14 ^{ab}	1.69 ± 0.08 ^c	1.76 ± 0.11 ^{bc}	1.54 ± 0.02 ^c
粗蛋白	1.97 ± 0.08 ^b	2.10 ± 0.08 ^b	2.46 ± 0.05 ^a	2.45 ± 0.06 ^a	1.96 ± 0.10 ^b
总糖	68.07 ± 2.52 ^a	68.13 ± 7.35 ^a	68.51 ± 1.95 ^a	64.35 ± 4.26 ^a	68.64 ± 0.37 ^a

注:小写字母表示同行之间的差异性($p < 0.05$),相同表示差异不显著,不同表示差异显著。除水分含量为湿基含量外,其余成分含量为干基含量;表2同。

表2 五种秋葵嫩果籽的主要营养成分($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,干基)Table 2 The contents of main nutritional components in five kinds of okra tender seed($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,DW)

成分	浏阳本地种	红秋葵	早生五角	绿五星	台湾五福
水分	85.17 ± 0.31 ^a	84.00 ± 0.46 ^b	85.70 ± 0.53 ^a	85.83 ± 0.31 ^a	85.40 ± 0.44 ^a
灰分	4.50 ± 0.05 ^c	4.45 ± 0.04 ^c	4.95 ± 0.33 ^b	4.51 ± 0.01 ^c	5.95 ± 0.05 ^a
粗脂肪	16.85 ± 0.24 ^b	15.05 ± 0.19 ^d	17.37 ± 0.19 ^a	16.33 ± 0.03 ^c	17.03 ± 0.26 ^{ab}
粗蛋白	25.36 ± 0.23 ^a	24.65 ± 0.09 ^b	22.98 ± 0.07 ^c	22.73 ± 0.62 ^c	24.44 ± 0.20 ^b
总糖	25.03 ± 0.36 ^a	20.48 ± 1.02 ^c	21.22 ± 1.09 ^c	23.17 ± 1.09 ^b	25.01 ± 0.04 ^a

表3 五种秋葵嫩果荚与果籽的多糖含量($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,干基)Table 3 Contents of polysaccharide in five kinds of okra tender pod and seed($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,DW)

成分	浏阳本地种	红秋葵	早生五角	绿五星	台湾五福
嫩果荚	2.74 ± 0.12 ^a	2.63 ± 0.18 ^a	2.87 ± 0.11 ^a	2.60 ± 0.20 ^a	2.84 ± 0.13 ^a
嫩果籽	1.47 ± 0.02 ^b	1.20 ± 0.01 ^d	1.59 ± 0.06 ^a	1.40 ± 0.03 ^c	1.32 ± 0.06 ^c

注:小写字母表示同行之间的差异性($p < 0.05$),相同表示差异不显著,不同表示差异显著;表4同。

表4 五种秋葵嫩果荚与果籽的总黄酮含量($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,干基)Table 4 Contents of flavonoids in five kinds of okra tender pod and seed($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,DW)

成分	浏阳本地种	红秋葵	早生五角	绿五星	台湾五福
嫩果荚	1.66 ± 0.11 ^b	1.97 ± 0.12 ^a	1.66 ± 0.06 ^b	1.7 ± 0.02 ^b	1.90 ± 0.04 ^a
嫩果籽	2.06 ± 0.06 ^{ab}	2.08 ± 0.13 ^{ab}	2.20 ± 0.08 ^a	2.03 ± 0.04 ^b	2.14 ± 0.04 ^{ab}

五种秋葵嫩果荚的灰分含量为4.33~6.53 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,以浏阳本地种、绿五星最高,红秋葵次之,早生五角最低。五种秋葵嫩果荚的粗脂肪含量为1.54~2.05 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,含量最高的为浏阳本地种。五种秋葵嫩果荚中粗蛋白的含量较少,仅为1.96~2.46 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,其中早生五角、绿五星含量最高。五种秋葵嫩果荚的总糖含量无显著差异,含量为64.35~68.64 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,为所测营养成分中最高。可见秋葵果荚营养物质以糖类及相关研究指出粗纤维^[15]、果胶^[16]、多糖^[17]等活性成分为主,其次为灰分、粗蛋白、粗脂肪含量最少。综合考虑所测营养成分,五种秋葵之间没有明显优劣。

由表2可知,五种秋葵嫩果籽的灰分含量为4.50~5.95 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,与果荚相近,其中以台湾五福含量最高;五种秋葵嫩果籽的粗脂肪含量为15.05~17.37 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,以早生五角含量最高,说明其富含油脂,是一种优质的油料,并且老熟的秋葵籽含油量将更高,可达到20 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 左右^[5],开发价值较大;五种秋葵嫩果籽的粗蛋白含量远高于果荚,含量高达22.73~25.36 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,其中以浏阳本地种最高,可作为蛋白质资源加以利用,制备蛋白饲料或提取

秋葵籽蛋白等^[18];一般成熟作物种子的碳水化合物主要以淀粉形式存在,而秋葵果籽的总糖含量较高,富含淀粉质,为20.48~25.03 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,可用于加工富含淀粉质的食品。五种秋葵果籽中,浏阳本地种、台湾五福的粗蛋白、粗脂肪、总糖含量更为突出,加工利用价值更大。

2.2 五种秋葵嫩果荚与嫩果籽的多糖、总黄酮含量测定结果与比较

秋葵具有抗疲劳、提高免疫力、辅助降血脂、抗氧化等作用,这与其富含的多糖、黄酮类活性物质密切相关^[19-22]。由表3可知,五种秋葵果荚的多糖含量为2.60~2.87 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,品种之间的含量无显著差异;五种秋葵果籽多糖含量为1.20~1.59 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,其中以早生五角含量最高,红秋葵含量最低;较之秋葵果荚,秋葵果籽的多糖含量更低,可能是由于秋葵富含的半乳聚糖、阿拉伯聚糖、果胶及少量糖蛋白形成的粘液物质主要集中于嫩果荚中,这与前述实验结果得出的秋葵果荚高含量总糖相关。由表4可知,五种秋葵果荚的总黄酮含量为1.66~1.97 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,以红秋葵、台湾五福最高;五种秋葵果籽的总黄酮含量为2.03~2.20 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,其中早生五角果籽的黄酮含量

表6 五种秋葵的主要营养成分、活性物质含量及变异系数($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, 干基)
Table 6 Contents of main nutritional components, active substance and coefficient of variation in five kinds of okra tender pod and seed($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, DW)

类别	水分	灰分	粗脂肪	粗蛋白	总糖	多糖	总黄酮	
嫩果荚	平均值	89.46	5.68	1.78	2.19	67.54	2.74	1.78
	变异幅度	88.93~90.27	4.33~6.53	1.54~2.05	1.96~2.46	64.35~68.64	2.60~2.87	1.66~1.97
	变异系数(%)	0.52	14.36	9.62	10.22	2.38	3.95	7.36
嫩果籽	平均值	85.22	4.87	16.53	24.03	23.05	1.40	2.10
	变异幅度	84.00~85.83	4.45~5.95	15.05~17.37	22.73~25.36	20.48~25.03	1.20~1.59	2.03~2.20
	变异系数(%)	0.77	11.67	4.91	4.21	8.19	9.47	2.89

注:水分含量为湿基含量。

要显著高于绿五星,且果籽的总黄酮含量高于果荚。

2.3 秋葵老果和嫩果的总黄酮及多糖含量测定结果与比较

秋葵果实发育过程中,其营养物质及功能成分均发生变化。由表5可知,浏阳本地种秋葵的老果荚、果籽的多糖、总黄酮含量均低于嫩果荚、果籽,这与黄阿根^[3]、徐康^[15]的研究结果一致;尤其是对于多糖含量,老果荚、果籽的多糖仅仅为嫩果荚、果籽含量的一半,这可能是由于在秋葵果实生长过程中,果实慢慢老化,纤维素含量增加,而蛋白质、多糖、黄酮类物质含量降低^[15]。

表5 浏阳本地种秋葵老果和嫩果的多糖、总黄酮含量($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, 干基)

Table 5 Contents of polysaccharide, flavones in native species of okra tender pod and seed($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, DW)

类别	总黄酮	多糖	
果荚	嫩果	1.66 ± 0.11^B	2.74 ± 0.12^A
	老果	1.16 ± 0.07^C	1.27 ± 0.05^C
果籽	嫩果	2.06 ± 0.06^A	1.47 ± 0.02^B
	老果	1.52 ± 0.08^B	0.70 ± 0.06^D

注:大写字母表示同列之间的差异性,相同表示差异不显著($p > 0.05$),不同表示差异显著($p < 0.05$)。

2.4 五种秋葵的主要营养成分、活性物质含量及变异系数

由表6可知,对于所测的五个秋葵品种,其嫩果荚水分、灰分、粗脂肪、粗蛋白、总糖、多糖、总黄酮含量的平均值分别为89.46、5.68、1.78、2.19、67.54、2.74、1.78 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$;其中灰分、粗蛋白、粗脂肪的变异系数较大,分别为14.36%、10.22%、9.62%,可见不同品种对秋葵嫩果荚灰分、粗蛋白、粗脂肪含量影响较大。秋葵嫩果籽水分、灰分、粗脂肪、粗蛋白、总糖、多糖、总黄酮含量的平均值分别为85.22、4.87、16.53、24.03、23.05、1.40、2.10 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$;其中灰分、多糖、总糖的变异系数较大,分别为11.67%、9.47%、8.19%,秋葵品种间的差异更明显。

3 结论

对五种秋葵的营养成分及活性物质的检测表明,五种秋葵嫩果荚的灰分、粗脂肪、粗蛋白、总糖、多糖、总黄酮含量分别为4.33~6.53、1.54~2.05、1.96~2.46、64.35~68.64、2.60~2.87、1.66~1.97 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,品

种对嫩果荚灰分、粗蛋白、粗脂肪含量影响较大;五种秋葵嫩果籽的灰分、粗脂肪、粗蛋白、总糖、多糖、总黄酮含量分别为4.50~5.95、15.05~17.37、22.73~25.36、20.48~25.03、1.20~1.59、2.03~2.20 $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$,嫩果籽灰分、多糖、总糖含量受品种影响较大;五种秋葵嫩果荚的多糖含量均高于嫩果籽,总黄酮含量低于嫩果籽;秋葵嫩果荚、嫩果籽的多糖、总黄酮含量均高于老果荚与老果籽。

秋葵果荚与果籽的营养特点差异较大,应充分发挥各自特性,进行加工利用;秋葵果荚含有更丰富的多糖等粘液物质,食用价值较佳,另外可用于提取多糖、黄酮等活性物质;秋葵籽富含均衡的脂肪、蛋白质、总糖,尤其是浏阳本地种、台湾五福的果籽品质更好,可作为榨油料,取油后的饼粕是优良的蛋白质、淀粉质食品原料,利用程度高。秋葵种质资源丰富,品种繁多,本实验仅仅研究了五个秋葵品种,且检测的营养成分及活性物质的指标有限,后续实验应扩大品种考察范围,针对性的进行秋葵营养特性分析,筛选出榨油、提取活性物质等加工专用品种。

参考文献

- [1] 薛志忠,刘思雨,杨雅华.黄秋葵的应用价值与开发利用研究进展[J].保鲜与加工,2013,13(2):58-60.
- [2] 韩菊兰,李臻,胡韬,等.黄秋葵的功能特性及综合应用[J].现代农业科技,2013(3):105-106.
- [3] 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,2007,28(10):451-453.
- [4] 吴燕春,谢金鲜.黄秋葵的研究进展[J].中医药学刊,2005,23(10):1898-1899.
- [5] 李加兴,吴越,黄诚,等.5种黄秋葵籽油的理化特性及脂肪酸组成比较研究[J].中国油脂,2014,39(10):82-85.
- [6] 郑鸿雁,高阳,王慧彬.黄秋葵种子咖啡碱提取工艺优化及抗氧化活性研究[J].食品科技,2016,41(6):231-236.
- [7] 邵海龙,赵文若,赵宏辉.吉林地区黄秋葵不同品种引种实验[J].吉林蔬菜,2010(3):72-73.
- [8] 许如意,肖日升,范荣,等.三亚市黄秋葵品种引进比较实验[J].广东农业科学,2010(11):102-103.
- [9] 曹亮,周佳民,朱校奇,等.黄秋葵种质资源、引种栽培及功效成分研究进展[J].中南药学,2012,9(10):695-697.
- [10] 杨春安,李玉芳,刘开智,等.湖南黄秋葵品种引进筛选实验[J].特种经济动植物,2015(8):42-44.

(下转第378页)

- [D].杭州:浙江大学,2008.
- [56]宛晓春.茶叶生物化学[M].北京:中国农业出版社,2003:451.
- [57]潘顺顺.绿茶鲜汁饮料色素物质组成及其护绿措施研究[D].杭州:浙江大学,2007.
- [58]谭静,姜子涛.环糊精及其衍生物在食品领域中的应用[J].食品研究与开发,2008,29(11):178-181.
- [59]鈕萍.超声波浸提联合 β -环糊精包埋提高绿茶饮料品质的研究[D].无锡:江南大学,2012.
- [60]李钊.绿茶茶汤色泽变化的机理研究[D].合肥:安徽农业大学,2010.
- [61]李建芳,周枫,张江萍.液态绿茶酒发酵过程中酚类物质的含量变化及发酵影响因素分析[J].食品工业科技,2012(10):208-211.
- [62]张敏,何俊萍,何义,等.麻山药保健酒酿造过程中防褐变的研究[J].中国酿造,2009(3):127-128.
- [63]谢天柱,李一婧,马伟超,等.茶多酚对苹果酒抗氧化作用的研究[J].中国酿造,2010(12):53-55.
- [64]梁月荣,陆建良,马辉.罐装绿茶饮料防褐变研究[J].浙江农业大学学报,1999,25(3):260-262.
- [65]朱博.绿茶茶汤色泽的变化规律及其调控研究[D].合肥:安徽农业大学,2009.
- [66]宁井铭,王华,周天山,等.绿茶饮料护色技术的研究[J].中国茶叶加工,2004(2):27-28.
- [67]邱新平,李立祥,倪媛,等.发酵型茶酒澄清剂的筛选[J].茶叶科学,2011(6):537-545.
- [68]凌俐,黄晓金,杨幼慧,等.大孔吸附树脂抑制荔枝酒褐变的研究[J].食品工业科技,2014,35(16):226-230.
- [69]吴雅红.绿茶饮料褐变与沉淀生成及其控制研究[D].广州:广东工业大学,2005.
- [70]丁娟,蹇华丽,李学伟,等.充氮处理对荔枝酒氧化褐变的影响研究[J].食品工业科技,2012,33(10):161-165.
- [71]冯卫华,林丽棉,秦艳.荔枝与荔枝酒褐变控制[J].食品科学,2011,32(4):246-250.
- [72]李大祥,方世辉,杨荣俊,等.绿茶、红茶加工工艺对茶鲜叶中多酚类物质的影响[J].中国茶叶加工,2005(4):23-24.

(上接第359页)

- [11]叶昌华,胡韬,卓明,等.成都地区黄秋葵品种比较实验初报[J].现代园艺,2012,24:7-8.
- [12]刘杰.食品分析实验[M].北京:化学工业出版社,2012:36-41.
- [13]李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2004:184-246.
- [14]李加兴,陈选,邓佳琴,等.黄秋葵黄酮的提取工艺和体外抗氧化活性研究[J].食品科学,2014,35(10):121-125.
- [15]徐康.采收期对黄秋葵果实品质及风味物质的影响[J].食品与发酵工业,2015,41(4):207-211.
- [16]李加兴,石春诚,马浪,等.黄秋葵果胶理化特性的研究[J].食品科学,2015,36(17):104-108.
- [17]黄诚,喻晓,梅尹红.超声波提取黄秋葵多糖的工艺条件研究[J].现代农业科技,2015(11):299-301.
- [18]李加兴,向东,周炎辉,等.碱提酸沉法提取黄秋葵籽蛋白的工艺条件优化[J].食品科学,2013,34(20):23-26.
- [19]赵焕焕,贾陆,裴迎新.黄秋葵粗多糖体外抗氧化活性测定[J].郑州大学学报:医学版,2012,47(1):40-43.
- [20]王君耀,周峻,汤谷平.黄秋葵抗疲劳作用的研究[J].中国现代应用药学杂志,2003,20(4):316-317.
- [21]陈艳珍,宋新华.黄秋葵粉对衰老小鼠抗疲劳和免疫功能的影响[J].食品研究与开发,2012,33(10):170-172.
- [22]王宏.黄秋葵降血脂的功能与作用机理研究[D].广州:华南理工大学,2013:62-63.

(上接第372页)

- [27]Nikolic N C, Stankovic M Z. Solanidine hydrolytic extraction and separation from the potato (*Solanum tuberosum* L.) vines by using solid-liquid-liquid systems[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2003, 51(7):1845-1849.
- [28]江新业.酸水解植物蛋白调味液中氯丙醇的危害与控制[J].中国食品添加剂,2013(S1):164-171.
- [29]Koffi G Y, Remaud-Simeon M, Due A E, et al. Isolation and chemoenzymatic treatment of glycoalkaloids from green, sprouting and rotting *Solanum tuberosum* potatoes for solanidine recovery[J]. Food Chemistry, 2017, 220:257-265.
- [30]Willersinn C, Mack G, Mouron P, et al. Quantity and quality of food losses along the Swiss potato supply chain: Stepwise investigation and the influence of quality standards on losses[J]. Waste Management, 2015, 46:120-132.
- [31]李会珍,张志军.马铃薯糖苷生物碱及其影响因素研究进展[J].食品研究与开发,2012,33(11):227-230.
- [32]Shewry P R. Tuber Storage Proteins[J]. Annals of Botany, 2003, 91(7):755-769.
- [33]Friedman M. Nutritional Value of Proteins from Different Food Sources: A Review[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1996, 44(1):6-29.
- [34]Knorr D, Kohler G O, Betschart A A. Potato protein concentrates: the influence of various methods of recovery upon yield, compositional and functional characteristics[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 1977, 1:235-247.
- [35]Nestares T, Lopez-Jurado M, Sanz A, et al. Nutritional assessment of two vegetable protein concentrates in growing rats[J]. J Agric Food Chem, 1993, 41(8):1282-1286.
- [36]Markakis P. The nutritive quality of potato protein[M]//In Protein Nutritional Quality of Foods and Feeds. New York, 1975:471-487.
- [37]Kerr C A, Goodband R D, Musser R E, et al. Evaluation of potato proteins on the growth performance of early-weaned pigs[J]. Journal of Animal Science, 1998, 76(12):3024-3033.
- [38]Ståle Refstie, Harold A J Tiekstra. Potato protein concentrate with low content of solanidine glycoalkaloids in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) [J]. Aquaculture, 2003, 216(1):283-298.
- [39]Kies C, Fox H M. Effect of amino acid supplementation of dehydrated potato flakes on protein nutritive value for human adults[J]. Journal of Food Science, 2006, 37(3):378-380.