

引用:曹林,刘福,韩丽.基于电子舌技术分析多花黄精炮制过程中“味”的变化[J].中医导报,2023,29(2):50-53,58.

基于电子舌技术分析多花黄精炮制过程中 “味”的变化*

曹林,刘福,韩丽

(川北医学院附属医院,四川南充 637000)

[摘要] 目的:探究多花黄精从生品、一蒸一晒至九蒸九晒炮制过程中“味”的变化,将处于不同炮制阶段中多花黄精的味道差异进行客观化表达,以期为九蒸九晒黄精的真伪鉴定提供依据。方法:利用电子舌技术对多花黄精生品、黄精一蒸一晒至九蒸九晒炮制过程中味觉值进行测定,采集味觉信息值和制作雷达信息图,采用酶标仪对不同炮制过程多花黄精中的多糖含量进行测定。结果:多花黄精的味道呈现主要以甜、苦、涩、鲜为主,且生品多花黄精味觉值最大,九蒸九晒多花黄精味觉值最小;随着黄精蒸晒次数的增加,多糖含量呈逐渐降低的趋势。结论:多花黄精自身的甜味、苦味、涩味、鲜味会随着炮制次数的增加而逐渐减弱,且电子舌能够准确辨识其味道。

[关键词] 多花黄精;电子舌;味觉;九蒸九晒;雷达图;多糖含量

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-951X(2023)02-0050-04

DOI:10.13862/j.cn43-1446/r.2023.02.010

Based on Electronic Tongue Technology Analyzes the Change of "Taste" in Process of Duohua Huangjing (*Polygonatum Cyrtonema* Hua)

CAO Lin, LIU Fu, HAN Li

(Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong Sichuan 637000, China)

[Abstract] Objective: To explore the changes of "taste" of Duohua Huangjing (*Polygonatum Cyrtonema* Hua) during processing from raw product, one-steam-one-bask to nine-steam-nine-bask, and to objectively express the taste differences of Duohua Huangjing (*Polygonatum Cyrtonema* Hua) in different processing stages, so as to provide a basis for the authenticity identification of nine-steam-nine-bask of Duohua Huangjing (*Polygonatum Cyrtonema* Hua). Methods: The electronic tongue technology was used to measure the taste value of the raw products, one-steam-one-bask to nine-steam-nine-bask of Duohua Huangjing (*Polygonatum Cyrtonema* Hua). The taste information value was collected and the radar information map was made. The content of polysaccharides in Duohua Huangjing (*Polygonatum Cyrtonema* Hua) in different processing processes was determined by enzyme calibration. Results: The taste of Duohua Huangjing (*Polygonatum Cyrtonema* Hua) was mainly sweet, bitter, astringent and fresh, and the taste value of raw product Duohua Huangjing (*Polygonatum Cyrtonema* Hua) was the largest, and the taste value of nine-steam-nine-bask of Duohua Huangjing (*Polygonatum Cyrtonema* Hua) was the smallest. With the increase of the times of steaming and basking, the content of polysaccharide decreased gradually. Conclusion: The sweetness, bitterness, astringency and umami of Duohua Huangjing (*Polygonatum Cyrtonema* Hua) will gradually weaken with the increase of processing times, and the electronic tongue technology can accurately identify its taste.

[Keywords] Duohua Huangjing (*Polygonatum Cyrtonema* Hua); electronic tongue; taste; nine-steam-nine-bask; radar chart; polysaccharide content

多花黄精(*Polygonatum cyrtonema* Hua)为百合科黄精属的多年生草本植物,根状茎肥厚。黄精性平、味甘,具有补气养阴、健脾润肺之效^[1]。生黄精有麻舌感,且刺激咽喉,服用时

必须通过炮制除去其刺激性。黄精的炮制方法众多,但使用最为广泛的当属“九蒸九晒”这一炮制方法,即通过反复蒸晒从而增其厚重之气,克其湿腻之性,强其补益之效^[2-3]。传统上

*基金项目:四川省教育厅项目(18XB0219)

通信作者:韩丽, E-mail:540715616@qq.com

黄精炮制过程中的质量评价以颜色、光泽和形态作为评判依据,达到色黑、滋润、味甜即可^[4]。但此种评价方法受主观因素影响过大,无法建立起统一的评价指标,导致市场上一些经“九蒸九晒”的黄精质量参差不齐。因此,利用现代科技手段,对黄精炮制过程中的味道进行量化,使得评价指标客观公正,不受人为因素的影响,是当下研究者关注的一个方向。

电子舌(electronic-tongue)通过模拟人的舌头对样品溶液进行分析、识别和判断,采用多元统计方法对数据进行分析,可达到对样品的识别和分类^[5]。利用电子舌技术能够直接输出样品溶液的酸味、甜味、苦味、涩味、鲜味、咸味、苦味回味、涩味回味、丰富度(鲜味回味)等味觉数值,具有客观性强、重复性好、检测响应快、标准化控制、对人体健康无危害等优点^[6]。目前电子舌技术已被广泛应用于食品检测领域。药食同源中药材来源于动植物和部分矿物,故将电子舌应用于评价中药味道有良好的可行性^[7-8]。本研究利用电子舌技术对多花黄精“九蒸九晒”过程中“味”的变化进行研究,依据味觉传感器响应特征区分不同蒸晒次数的黄精炮制品,并结合酶标仪测定多花黄精“九蒸九晒”过程中多糖含量的变化,从而客观描述多花黄精炮制过程中“味”的变化规律。

1 仪器与材料

1.1 实验仪器 SA-402B型电子舌(日本Insent公司),包括实验中使用AE1传感器、AAE传感器、CTO传感器、COO传感器、CAO传感器、GL1传感器;ME204E型电子分析天平(上海梅特勒-托利多仪器有限公司);PW135型中草药粉碎机(天津泰斯特仪器有限公司);101-0AB型电热鼓风干燥箱(北京中兴伟业仪器有限公司);imark酶标仪(美国伯乐公司);5810高速离心机(德国艾本德公司)。

1.2 实验材料 20%黄酒(绍兴太和酒业有限公司);浓盐酸(Sigma-aldrich公司,批号:H1785);氯化钾(KCl)(批号:20201104)、酒石酸(批号:20200811)、无水乙醇(批号:20200921)、氢氧化钾(KOH)(批号:20200621)均购自湖南民达医药有限公司;水为纯化水;多花黄精(批号:20200601)购于湖南邵阳,经我院中药资源中心王智副教授鉴定为百合科植物多花黄精*Polygonatum Cyrtoneura* Hua.的干燥根茎。

2 方法

2.1 样品处理方法

2.1.1 样品炮制 多花黄精原药材用水淋洗5 min,经切药机切片,用黄酒拌匀,置炖药罐内隔水加热2 h,至酒吸尽,取出。将多花黄精药材置于鼓风干燥箱中,70℃鼓风干燥24 h,如此反复9次,蒸制内外黑色滋润、味甜无麻味为度。采集黄精生品至“九蒸九晒”多花黄精共10个样品,各样品信息见表1。

表1 多花黄精样品信息表

样品编号	炮制方法	样品编号	炮制方法
PC01	黄精生品	PC06	五蒸五晒
PC02	一蒸一晒	PC07	六蒸六晒
PC03	二蒸二晒	PC08	七蒸七晒
PC04	三蒸三晒	PC09	八蒸八晒
PC05	四蒸四晒	PC10	九蒸九晒

2.1.2 样品制备 取多花黄精生品、一蒸一晒多花黄精、二

蒸二晒多花黄精、三蒸三晒多花黄精、四蒸四晒多花黄精、五蒸五晒多花黄精、六蒸六晒多花黄精、七蒸七晒多花黄精、八蒸八晒多花黄精、九蒸九晒多花黄精各10 g。热水浸提2次,第一次加水100 mL,提取时间1.5 h;第二次加水80 mL,提取时间1.0 h;合并2次提取液并且4 000 r/min离心10 min,过滤上清液,即得。

2.2 电子舌分析方法^[9-11]

2.2.1 正、负极清洗液配制 (1)正极:精密称定7.46 g氯化钾,用500 mL纯化水搅拌溶解,然后准确加入300 mL无水乙醇溶液,边搅拌边加入精密称定的0.56 g氢氧化钾,溶解完毕后,转移到1 000 mL的容量瓶,定容至刻度。(2)负极:准确量取300 mL无水乙醇,与500 mL纯化水震荡混合,然后加入8.3 mL的浓盐酸,搅拌混合后转移到1 000 mL的容量瓶,定容至刻度。

2.2.2 参比液配制 精密称定2.24 g氯化钾和0.045 g酒石酸,用500 mL纯化水溶解,转移到1 000 mL的容量瓶,定容至刻度。

2.2.3 电子舌测试方法 各传感器安装完成后首先在清洗液中清洗90 s,然后用参比液清洗2次,传感器在平衡位置归零30 s,达到平衡条件后,开始测试,测试30 s;在两组参比液中分别短暂清洗3 s,传感器插入新的参比液中测试回味30 s,循环测试4次,去掉第一次循环,取后3次平均数据作为测试结果。每次清洗、平衡和测试回味的液体均分布在不同样品杯中。

2.3 黄精多糖测定方法

2.3.1 对照品溶液制备 配制质量浓度为1 mg/mL葡萄糖对照品溶液:取葡萄糖对照品100 mg,精密称定,置于100 mL容量瓶中,加水溶解并定容至刻度,摇匀,即得。

2.3.2 供试品溶液制备 精密称定PC01~PC10多花黄精样品各20.00 g,粉碎,加入100 mL纯化水浸泡0.5 h。100℃恒温超声1.5 h,过滤,重复提取1次,合并滤液,4 000 r/min离心10 min,取上清液,减压浓缩至一定体积,向浓缩液中加入4倍量无水乙醇,静置12 h后4 000 r/min离心10 min,弃去上清液,沉淀用少量水溶解,用Sevage法(正丁醇-氯仿的体积比为1:4)除蛋白,取上清液,浓缩至100 mL,得到黄精多糖提取液。黄精多糖提取液稀释20倍,得黄精多糖供试品溶液。

2.3.3 线性关系考察 葡萄糖对照品溶液依次稀释至0.02、0.04、0.06、0.08、0.10 mg/mL,分别吸取各葡萄糖对照品溶液2 mL于10 mL离心管中,加入5%苯酚水溶液(现配现用)1 mL,加入浓硫酸5 mL,静置10 min后摇匀,30℃水浴加热20 min,准确吸取0.15 mL葡萄糖溶液至96孔板中,在490 nm波长处测定吸光度值。以葡萄糖浓度(mg/mL)为横坐标,吸光度值为纵坐标,得回归曲线方程 $Y=2.8757X+0.03038$ ($r=0.994$),表明葡萄糖含量在0.02~0.10 mg/mL的浓度范围内线性关系良好。

2.3.4 方法学考察 取黄精多糖供试品溶液分别进行精密度、稳定性和加样回收率试验,按“2.3.3”项下方法显色测定吸光度值。计算RSD分别为0.27%、1.36%、2.89%,结果表明方法可行。

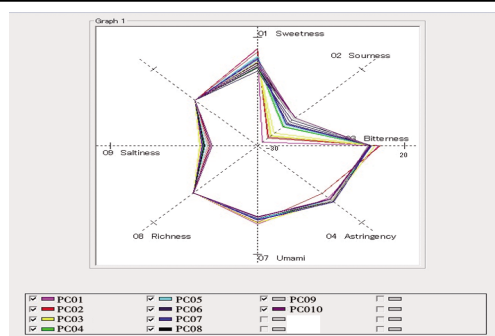
2.4 统计学方法 利用SPSS 25.0软件进行数据分析,计量资料以“均数±标准差”($\bar{x} \pm s$)表示,符合正态分布且方差齐,组间比较采用单因素方差分析,组间两两比较采用LSD检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

3 结 果

3.1 味觉值测定结果 将“2.1.2”项下各样品上清液取 8 mL,加水稀释 10 倍,将每个样品液倒入电子舌测试专用塑料小杯中,按“2.2.3”项下方法进行测试,记录传感器 AE1、AAE、CTO、COO、CAO、GL1 的响应值,收集 3 次平行测定数据,求得平均值。(见表 2)将味觉信息测定值结果转化为雷达图。(见图 1)可知从生多花黄精到九蒸九晒多花黄精的味道具有一定的差异性,其中炮制对甜味、苦味和鲜味的影响最显著,且其味觉值与蒸晒次数呈负相关趋势;炮制对涩味的影响较小,差异不明显。表 2 中酸味、苦味回味和咸味的测量值为负值,代表多花黄精不具备这 3 种味道,测定结果无意义,故在进行数据分析时可排除这 3 种味道的影响。

表 2 不同炮制方法多花黄精味觉信息测定结果 ($n=3$)

样品	甜味	酸味	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味	鲜味	丰富性	咸味
PC01	14.50	-27.58	11.07	8.03	-0.43	0.41	6.15	0.77	-11.02
PC02	14.32	-24.89	11.77	6.08	-0.41	0.25	5.28	0.78	-13.68
PC03	9.56	-23.00	9.88	5.87	-0.34	0.51	5.59	0.78	-10.50
PC04	8.51	-17.09	8.71	5.70	-0.27	0.53	4.28	0.78	-11.49
PC05	8.67	-16.39	8.48	5.09	-0.30	0.52	4.15	0.77	-12.08
PC06	8.05	-14.42	8.73	4.88	-0.33	0.48	3.62	0.77	-13.18
PC07	8.77	-16.03	8.53	6.65	-0.26	0.57	4.18	0.74	-11.27
PC08	7.13	-12.57	7.60	6.19	-0.22	0.58	3.38	0.76	-12.04
PC09	7.97	-12.55	7.94	5.85	-0.29	0.53	3.19	0.76	-13.10
PC10	7.44	-11.88	7.22	5.01	-0.29	0.50	2.88	0.79	-14.50



注:Sweetness代表甜味信息值;Sourness代表酸味信息值;Bitterness代表苦味信息值;Astringency代表涩味信息值;Aftertaste-B代表苦味回味;Aftertaste-A代表涩味回味;Umami代表鲜味信息值;Richness代表丰富性;Saltiness代表咸味信息值

图 1 不同炮制方法多花黄精味觉信息雷达图

3.2 电子舌分析结果 随着蒸晒次数的增加,多花黄精中甜味、苦味、涩味与鲜味都呈现逐渐淡化的趋势,涩味回味与丰富性并无明显变化。在甜味中,多花黄精生品(PC01)、一蒸一晒(PC02)、二蒸二晒(PC03)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。三蒸三晒(PC04)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。四蒸四晒(PC05)与五蒸五晒(PC06)比较,差异无统计学意义($P>0.05$);四蒸四晒(PC05)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。五蒸五晒(PC06)与六蒸六晒(PC07)比较,差异无统计学意义($P>0.05$);五蒸五晒(PC06)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。七蒸七晒(PC08)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。

八蒸八晒(PC09)与九蒸九晒(PC10)比较,差异无统计学意义($P>0.05$);八蒸八晒(PC09)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。

在苦味中,多花黄精四蒸四晒(PC05)、五蒸五晒(PC06)与六蒸六晒(PC07)两两比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);其他各蒸晒次数两两比较,差异均有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。

在涩味中,多花黄精生品(PC01)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。一蒸一晒(PC02)与七蒸七晒(PC08)比较,差异无统计学意义($P>0.05$);一蒸一晒(PC02)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。二蒸二晒(PC03)与八蒸八晒(PC09)比较,差异无统计学意义($P>0.05$);二蒸二晒(PC03)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。三蒸三晒(PC04)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。四蒸四晒(PC05)与九蒸九晒(PC10)比较,差异无统计学意义($P>0.05$);四蒸四晒(PC05)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。五蒸五晒(PC06)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。六蒸六晒(PC07)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。

在鲜味中,多花黄精生品(PC01)、一蒸一晒(PC02)、二蒸二晒(PC03)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。三蒸三晒(PC04)与四蒸四晒(PC05)、五蒸五晒(PC06)、六蒸六晒(PC07)比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);三蒸三晒(PC04)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。四蒸四晒(PC05)与五蒸五晒(PC06)、六蒸六晒(PC07)比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);四蒸四晒(PC05)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。五蒸五晒(PC06)与六蒸六晒(PC07)比较,差异无统计学意义($P>0.05$);五蒸五晒(PC06)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。七蒸七晒(PC08)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。九蒸九晒(PC10)与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。(见表 3)

表 3 不同炮制方法多花黄精味觉信息比较 ($\bar{x}\pm s, n=3$)

样品	甜味	苦味	涩味	涩味回味	鲜味	丰富性
PC01	14.49±0.04	11.07±0.01	8.03±0.00	0.41±0.00	6.15±0.00	0.77±0.00
PC02	14.26±0.10	11.72±0.10	6.08±0.07	0.25±0.00	5.28±0.04	0.78±0.02
PC03	9.58±0.07	9.99±0.07	5.87±0.09	0.51±0.02	5.59±0.08	0.78±0.02
PC04	8.78±0.02	8.59±0.04	5.70±0.02	0.53±0.01	4.28±0.13	0.78±0.02
PC05	8.58±0.07	8.49±0.07	5.09±0.03	0.52±0.03	4.15±0.12	0.77±0.03
PC06	8.45±0.07	8.56±0.08	4.88±0.03	0.48±0.01	4.15±0.03	0.77±0.00
PC07	8.40±0.04	8.51±0.04	6.65±0.08	0.57±0.02	4.18±0.09	0.74±0.03
PC08	7.86±0.12	7.57±0.12	6.19±0.03	0.58±0.02	3.38±0.11	0.76±0.00
PC09	7.68±0.12	7.88±0.06	5.85±0.05	0.53±0.02	3.19±0.11	0.76±0.04
PC10	7.57±0.01	7.21±0.04	5.01±0.11	0.50±0.02	2.88±0.10	0.79±0.07
F	24.172	1 953.915	1 364.45	61.658	276.513	0.457
P	0.003	0.005	0.005	0.000	0.000	0.887

3.3 不同炮制过程黄精多糖含量比较 精确量取各多花黄精供试品溶液 2 mL,按“2.3.3”项下方法显色,测定吸光度,平行测定 3 次。根据回归方程求出不同炮制过程中黄精多糖浓度 C(mg/mL),

计算样品多糖含量 $M(\%)$ 。随着蒸晒次数的增加,多糖含量呈逐渐降低的趋势。黄精生品与一蒸一晒比较,差异无统计学意义($P>0.05$);多花黄精生品与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。二蒸二晒、三蒸三晒、四蒸四晒与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.01$)。五蒸五晒与六蒸六晒比较,差异有统计学意义($P>0.05$);五蒸五晒与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。六蒸六晒与七蒸七晒、八蒸八晒比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);六蒸六晒与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。七蒸七晒与八蒸八晒、九蒸九晒比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);七蒸七晒与其他蒸晒次数比较,差异均有统计学意义($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。(见表4)

表4 不同炮制过程中黄精多糖含量比较 ($\bar{x}\pm s, n=3$)

样品	待测品浓度 $C(\text{mg/mL})$	多糖含量 $M(\%)$
PC01	1.29±0.04	12.91±0.40
PC02	1.26±0.05	12.60±0.51
PC03	0.96±0.06	9.60±0.61
PC04	0.85±0.03	8.51±0.32
PC05	0.32±0.03	3.19±0.26
PC06	0.26±0.01	2.57±0.10
PC07	0.22±0.02	2.17±0.16
PC08	0.20±0.01	2.04±0.13
PC09	0.20±0.02	1.98±0.15
PC10	0.19±0.03	1.88±0.25
F	32.126	137.367
P	0.001	0.000

4 讨 论

黄精属于“药食两用”植物^[12],广泛应用于医药行业、保健行业和化妆品行业等领域,具有丰富的开发利用价值^[13-14]。生黄精中含有较多的黏液质,直接使用会刺激咽喉,因此炮制过程中常对黄精进行“九蒸九晒”处理,以达到减毒和增效的作用^[15-16]。本研究采用电子舌技术对多花黄精从生品到九蒸九晒炮制过程中10个样品的味觉值进行测定,发现多花黄精味道主要以甜味和苦味为主,且随着蒸晒次数的增加,其味觉值呈逐渐下降趋势。多花黄精中多糖含量测定的结果显示,多花黄精从生品、一蒸一晒到九蒸九晒的过程中,多糖含量也逐渐降低。这也与李瑞等^[17]的研究结果一致,推测是于蒸制过程中,高温环境下多糖被水解成单糖、低聚糖,或相关成分溶于汁液中,在实验操作下有损失,导致多糖含量的减少^[18-19]。

人工口尝法是中药传统鉴别方法中的主要手段^[20],但部分中药材有一定的潜在毒性,使用口尝法鉴别会对人体健康造成威胁^[21]。电子舌技术既避免了毒性对人体的影响,同时又能够将多花黄精九蒸九晒过程中的味道变化进行客观化表达,为多花黄精质量标准的建立提供依据,从而为提高药用黄精的质量提供保障。

但本研究也存在一定的不足之处,如本试验对样品一律稀释10倍,并未探究不同稀释倍数对测定结果的影响。电子舌是利用人工双层脂质膜对样品溶液的甜、酸、苦、涩、咸和鲜味进行数据输出,因此适用于电子舌测定的样品浓度范围与人群实际使用浓度存在一定差别。若测定中样品浓度太低,

则与实际人工口尝浓度相差太多,从而达不到感官评定应有的效果;若测定中样品浓度太高,则会引起电子舌系统中传感器阵列发生钝化,导致发出的信号不准确^[22-23]。故采用电子舌测定样品味觉值时,应对样品不同稀释倍数进行考察,从而确定能使测定结果趋于稳定的样品稀释倍数。将电子舌技术应用到中药材炮制过程中的味道变化分析,不仅可以将传统鉴别经验转化为客观数据,还可以将中药材的“味”作为中药炮制过程中的质量评价指标。这既是对传统中医经验的保留与传承,也是中医药现代化的创新和发展。

参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].北京:中国医药科技出版社,2020.
- [2] 秦宇雯,袁玮,陆兔林,等.九华黄精的炮制工艺沿革及现代研究[J].中草药,2018,49(18):4432-4438.
- [3] 东宝花,蒋云秀,强梦琴,等.黄精炮制沿革及现代研究进展[J/OL].中华中医药学刊:1-14[2022-09-18].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1546.R.20220620.0925.021.html>.
- [4] 姜宇宣,谢国勇,秦民坚.中药材“九蒸九晒”炮制方法的研究进展[J].中国野生植物资源,2019,38(2):48-51.
- [5] 杜瑞超,王俊杰,吴飞,等.电子舌对中药滋味的区分辨识[J].中国中药杂志,2013,38(2):154-160.
- [6] 王栋轩,卫雪娇,刘红蕾.电子舌工作原理及应用综述[J].化工设计通讯,2018,44(2):140-141.
- [7] 马文凤,许浚,韩彦琪,等.仿生技术在中药五味辨识研究中的进展与实践[J].中草药,2018,49(5):993-1001.
- [8] BERNABEI M, PENNAZZA G, SANTONICO M, et al. A preliminary study on the possibility to diagnose urinary tract cancers by an electronic nose [J]. Sensors & Actuators B Chemical,2008,131(1):1-4.
- [9] KOBAYASHI Y, HABARA M, IKEZAZKI H, et al. Advanced taste sensors based on artificial lipids with global selectivity to basic taste qualities and high correlation to sensory scores [J]. Sensors (Basel),2010,10(4):3411-3443.
- [10] 付智慧,李淑军,胡慧华,等.基于电子舌技术的豨莶草炮制前后滋味比较[J].中草药,2017,48(4):673-680.
- [11] 赵丽蓉,张虹,方文韬,等.应用电子舌技术对多花黄精药材“味”的测定与分析[J].现代中药研究与实践,2019,33(6):5-9.
- [12] 饶智,陈彦坤,刘斌,等.“药食同源”植物酵素研究进展[J].食品与发酵工业,2020,46(9):290-294.
- [13] 张伟娜,李金生,陈井太,等.黄精功效与炮制的古代文献分析[J].中医药信息,2019,36(4):45-48.
- [14] 李亚霖,周芳,曾婷,等.药用黄精化学成分与活性研究进展[J].中医导报,2019,25(5):86-89.
- [15] 秦宇雯,张丽萍,赵祺,等.九蒸九晒黄精炮制工艺的研究进展[J].中草药,2020,51(21):5631-5637.
- [16] 时晓娟,李朋收,魏颖,等.黄精多糖提取工艺及药理作用研究进展[J].中医药导报,2015,21(23):103-105.
- [17] 李瑞,廖念,周逸群,等.基于功效成分(下转第58页)

囊素作为温山药中含量较高的有效成分,故建立及完善其含量测定方法,将有助于温山药药材质量标准的提升。

2020年版《中华人民共和国药典》一部中,山药品种项下并未规定其重金属及有害元素的限度,故本研究参考其他品种中药材的重金属及有害元素的限度:铅不得过5 mg/kg,镉不得过0.3 mg/kg,砷不得过2 mg/kg,汞不得过0.2 mg/kg,铜不得过20 mg/kg。本试验的30批温山药样品的5种元素测定结果均小于限度值。地理标志产品怀山药的标准GB/T20351-2006为:铅不得过5.0 mg/kg,镉不得过0.3 mg/kg,砷不得过2.0 mg/kg,汞不得过0.1 mg/kg。本试验的30批温山药样品的4种元素测定结果也均小于限度值。表明本试验所收集的30批温山药样品重金属含量均在安全范围内。其中批号1~9产自温州市文成县,批号10~20产自温州市泰顺县,批号21~25产自温州市瓯海区,批号26~30产自温州市永嘉县。其中文成县及泰顺县为温山药的主产区,尤其是文成县土壤疏松适合温山药的生长^[18]。30批温山药样品重金属含量实验结果表明,来自该4个产区的温山药重金属含量均小于限度值,未受到污染。此外采用微波消解法处理样品,采用ICP-MS法测定温山药中重金属的含量,操作简单便捷,可实现大样本分析。从聚类分析结果可见,温州市文成县的山药可能与其他地区山药存在明显差别,而温州市泰顺县、瓯海区和永嘉县则较为相似。

4 结 论

本试验采用HPLC-亲水色谱法测定温山药中尿囊素的含量,并采用ICP-MS法测定温山药中5种重金属的含量,结果表明线性关系良好,相关系数均大于0.99,加样回收率均符合要求。本方法操作简便、灵敏、迅速、准确,可用于大样本量温山药中尿囊素及重金属的检测,可为温山药的种植、生产及质量管控提供技术支撑。

参考文献

- [1] 关倩倩,张文龙,杜方岭,等.山药多糖生物活性及作用机理研究进展[J].中国食物与营养,2018,24(3):11-14.
- [2] 范晓阳,侯彦婕,贾世艳,等.山药化学成分及皂苷类成分药理作用的研究进展[J].中医药信息,2021,38(9):79-84.
- [3] 梁杉,王琨,刘佩瑶,等.山药多糖结构、生物活性及其机制研究进展[J/OL].食品科学:1-14[2022-10-28].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20220310.1301.016.html>.
- [4] 陈梦雨,刘伟,俞桂新,等.山药化学成分与药理活性研究进展[J].中医药学报,2020,48(2):62-66.

- [5] 王珺,徐俊杰.山药多糖的组成及其药理作用的研究进展[J].吉林医药学院学报,2018,39(4):304-306.
- [6] 唐晓红.山药炮制的现状及药理作用分析[J].光明中医,2021,36(16):2830-2832.
- [7] 常青,王洁,刘维海,等.基于文献分析的药食同源中药在骨质疏松症治疗中的应用[J].中医药导报,2020,26(15):173-176.
- [8] 姜程曦,王秀晶,张文勇,等.温州地区山药资源的调查研究[J].农技服务,2009,26(9):109-110.
- [9] 吕航,张全丽,孙向明.不同产地山药药材的含尿囊素量测定研究[J].哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2020,36(1):13-16.
- [10] 王晓园,李志梅,谢循策.QuEChERS-气相色谱-串联质谱法测定山药中50种农药残留[J].药物分析杂志,2021,41(11):1979-1989.
- [11] 孙仟,林林,郭东晓,等.UPLC-MS/MS在中药材农残分析中的应用[J].药学研究,2020,39(7):420-423.
- [12] 郑丽.不同山药药材重金属及安全性评价[J].现代食品,2016(17):113-116.
- [13] 杨咪咪,王旗.我国中药中重金属毒理学研究进展[J].中国药理学与毒理学杂志,2016,30(12):1359-1368.
- [14] 梁晓艳,梁旭霞.中药重金属超标的研究概况[J].广西中医药,2021,44(3):75-77.
- [15] 陈洪浪,林莹波,罗肖华,等.山药重金属污染情况文献调研[J].中成药,2020,42(10):2805-2808.
- [16] 吕鹏,张振凌.怀山药及其非药用部位重金属含量比较[J].海峡药学,2018,30(10):44-47.
- [17] 成芬,王海邻.怀山药对土壤重金属元素的吸收富集规律的研究[J].安徽农业科学,2011,39(30):18501-18502,18506.
- [18] 叶雯,孙彩霞,叶珏瑜,等.浙产糯味山药营养成分分析[J].中国农学通报,2022,38(1):145-148.
- [19] 赵玉玲.火焰原子吸收光谱法测定怀庆府铁棍山药中矿质元素[J].河南科技,2018(13):141-142.
- [20] 徐皓,刘水英.湿法消解-原子吸收光谱法测定紫山药中矿质元素[J].食品科学,2015,36(16):192-196.
- [21] 刘应蛟,楚世峰,袁志鹰,等.HPLC法同时测定山药饮片、麸炒及土炒山药中尿囊素、腺苷和苯丙氨酸的含量[J].时珍国医国药,2019,30(3):568-570.

(收稿日期:2022-07-14 编辑:刘颖)

(上接第53页) 优选多蒸黄精炮制工艺[J].时珍国医国药,2019,30(2):331-333.

- [18] 梁泽华,潘颖洁,邱丽媛,等.基于UPLC-Q-TOF-MS/MS分析黄精九蒸九晒炮制过程中化学成分的变化[J].中草药,2022,53(16):4948-4957.
- [19] 郑晓倩,金传山,张亚中,等.黄精九蒸九晒炮制过程中糖类成分动态变化[J].中成药,2020,42(7):1837-1841.
- [20] 陈栋杰,郭盛,卢有媛,等.基于电子舌技术的不同产地枸杞子鉴别研究[J].南京中医药大学学报,2020,36(5):615-622.

- [21] 李文敏,吴纯洁,艾莉,等.基于电子鼻、电子舌技术实现中药性状气味客观化表达的展望[J].中成药,2009,31(2):282-284.
- [22] 谢亚妮,沈思涵,陈光宇,等.基于电子舌智能感官评定与人工评价结合的五汁饮矫味技术研究[J].中国现代应用药学,2022,39(6):772-776.
- [23] 张翼鹏,张伟,吴家灿,等.基于人工感官、电子舌和σ-τ法研究食品甜香成分对甜味的相互作用规律[J].中国调味品,2021,46(10):152-159.

(收稿日期:2022-06-28 编辑:蒋凯彪)