中图分类号：R932；R284.1；R286.0　　文献标志码：A　　文章编号：1006－4931(2025)09－0080－05
doi:10.3969/j.issn.1006－4931.2025.09.017

^{60}Co－γ射线辐照灭菌对幼泻宁颗粒高效液相色谱指纹图谱和活性成分含量的影响

邬　倩，卫蓓蓓，陈维中△

（中国人民解放军联勤保障部队第九〇〇医院医疗保障中心，福建 福州　350000）

摘要：目的　探讨^{60}Co－γ射线辐照灭菌对幼泻宁颗粒中活性成分含量的影响，以及辐照灭菌前后高效液相色谱指纹图谱的变化。**方法**　采用0，3，6，8 kGy ^{60}Co－γ射线对样品进行辐照灭菌，采用高效液相色谱（HPLC）法测定样品中木犀草素、木犀草苷、白术内酯Ⅰ、白术内酯Ⅱ、白术内酯Ⅲ的含量，色谱柱为Agilent Zorbax－C_{18}柱（250 mm×4.6 mm，5 μm），流动相为乙腈－0.35%磷酸溶液（梯度洗脱），流速为0.8 mL/min，检测波长为350 nm（0～38 min）和220 nm（38～60 min），柱温为40 ℃，进样量为10 μL。通过中药色谱指纹图谱相似度评价系统（2012版）构建10批样品的HPLC指纹图谱，并评价相似度。**结果**　样品经0，3，6，8 kGy ^{60}Co－γ射线辐照后的HPLC指纹图谱中均标定21个共有峰，指认出5号峰为木犀草苷、6号峰为木犀草素、17号峰为白术内酯Ⅲ、18号峰为白术内酯Ⅱ、19号峰为白术内酯Ⅰ，相似度分别为0.999 9±0.000 1、0.999 6±0.000 2、0.968 7±0.000 9、0.832 7±0.001 5。木犀草素、木犀草苷、白术内酯Ⅰ、白术内酯Ⅱ、白术内酯Ⅲ的进样量分别在0.100 1～1.501 5 μg、0.053 5～0.797 2 μg、0.202 6～3.039 0 μg、0.133 8～2.007 0 μg、0.161 2～2.418 0 μg范围内与峰面积线性关系良好（$r \geq 0.999\ 6$，$n=6$）；检测限分别为0.010，0.008，0.020，0.009，0.009 μg/mL，定量限分别为0.02，0.01，0.06，0.02，0.04 μg/mL；精密度、稳定性、重复性试验结果的*RSD*均小于2.0%；加样回收率分别为99.36%，98.77%，99.97%，101.04%，99.13%，*RSD*分别为0.69%，0.74%，0.43%，0.98%，1.24%（$n=6$）。≤6 kGy ^{60}Co－γ射线辐照条件下，样品中上述5种成分的含量均无显著差异（$P>0.05$）。**结论**　^{60}Co－γ射线辐照灭菌法能较好地控制幼泻宁颗粒的活性成分及HPLC指纹图谱，是一种安全、高效的灭菌方法。

关键词：幼泻宁颗粒；^{60}Co－γ射线辐照灭菌；高效液相色谱指纹图谱；木犀草素；木犀草苷；白术内酯Ⅰ；白术内酯Ⅱ；白术内酯Ⅲ；质量控制

Effect of ^{60}Co－γ－Ray Irradiation Sterilization on HPLC Fingerprint and Active Ingredient Content in Youxiening Granules

WU Qian, WEI Beibei, CHEN Weizhong

(The 900th Hospital of the Joint Logistics Support Force of the Chinese PLA, Fuzhou, Fujian, China　350000)

Abstract: Objective　To investigate the effect of ^{60}Co－γ－ray irradiation sterilization on the content of active ingredients in Youxiening Granules, and the changes in high－performance liquid chromatography (HPLC) fingerprints before and after irradiation sterilization. **Methods**　The samples were irradiated with 0, 3, 6, and 8 kGy ^{60}Co－γ rays for sterilization. The contents of luteolin, luteolin－7－glucoside, atractylodes Ⅰ, atractylodes Ⅱ, atractylodes Ⅲ in samples were determined by HPLC method, the chromatographic column was Agilent Zorbax－C_{18} column (250 mm×4.6 mm, 5 μm), the mobile phase was acetonitrile－0.35% phosphoric acid aqueous solution (gradient elution), the flow rate was 0.8 mL/min, the detection wavelengths were 350 nm (0－38 min) and 220 nm (38－60 min), the column temperature was 40 ℃, and the injection volume was 10 μL. The HPLC fingerprints of 10 batches of samples were established and the similarity was evaluated by the Similarity Evaluation System for Chromatographic Fingerprinting of Traditional Chinese Medicine (2021 Version). **Results**　In the HPLC fingerprints of the samples irradiated at the dose of 0, 3, 6, and 8 kGy ^{60}Co－γ rays, 21 common peaks were identified, peak 5 was identified as verbascoside, peak 6 was identified as verbascoside, peak 17 was identified as atractylodes Ⅲ, peak 18 was identified as atractylodes Ⅱ, and peak 19 was identified as atractylodes Ⅰ, with similarity values of 0.999 9±0.000 1, 0.999 6±0.000 2, 0.968 7±0.000 9, and 0.832 7±0.001 5, respectively. The linear ranges of luteolin, luteolin－7－glucoside, atractylodes Ⅰ, atractylodes Ⅱ, atractylodes Ⅲ were 0.100 1－1.501 5 μg, 0.053 5－0.797 2 μg, 0.202 6－3.039 0 μg, 0.133 8－2.007 0 μg, and 0.161 2－2.418 0 μg ($r \geq 0.999\ 6$, $n=6$), respectively. The limits of detection were 0.010, 0.008, 0.020, 0.009, 0.009 μg/mL, respectively. The limits of quantification were 0.02, 0.01, 0.06, 0.02, 0.04 μg/mL, respectively. The *RSD*s of precision, stability, and repeatability test results were all lower than 2.0%. The average recoveries of luteolin, luteolin－7－glucoside, atractylodes Ⅰ, atractylodes Ⅱ, atractylodes Ⅲ were 99.36%, 98.77%, 99.97%, 101.04%, and 99.13%, with *RSD*s of 0.69%, 0.74%, 0.43%, 0.98%, and 1.24% ($n=6$), respectively. Under the irradiation dose of ≤6 kGy ^{60}Co－γ rays, there was no significant difference in the content of

第一作者：邬倩，女，大学本科，药师，研究方向为药物分析与临床药学，（电子信箱）335653310@qq.com。

△**通信作者：**陈维中，男，大学本科，主任药师，研究方向为药物分析与检验，（电子信箱）1596938750@qq.com。

the above five components in samples ($P > 0.05$). **Conclusion** $^{60}Co - \gamma$ - ray irradiation sterilization method can effectively control the active ingredients and HPLC fingerprint of Youxiening Granules, which is a safe and efficient sterilization method.

Key words: Youxiening Granules; $^{60}Co - \gamma$ - ray irradiation sterilization; HPLC fingerprint; luteolin; luteolin - 7 - glucoside; atractylodes Ⅰ; atractylodes Ⅱ; atractylodes Ⅲ; quality control

幼泻宁颗粒由车前草、白术、炮姜组方，有健脾祛湿、止泻温中功效[1]。方中，车前草为君药，有清热解毒、祛湿泄泻、尿少水肿、热淋涩痛等功效，所含成分木犀草苷、木犀草素等为治疗痰热咳嗽的有效组分[2-4]。炒白术收录于2008年版《北京市中药饮片炮制规范(2008年版)》[5]，具有益气健脾、利水燥湿功效，含挥发油、内酯等成分[6-8]。目前，有关泻幼宁颗粒成分的研究较少，无法综合评估其质量。中药指纹图谱能更好地反映中药材的药效成分，具有整体性和模糊性[9-11]。$^{60}Co - \gamma$射线辐射是一种常用的灭菌技术，灭菌效果好、常温易操作，广泛用于中药灭菌[12-13]。故本研究中拟采用高效液相色谱(HPLC)分析技术建立幼泻宁颗粒的HPLC指纹图谱，并考察不同辐照剂量下$^{60}Co - \gamma$射线辐照灭菌对指纹图谱及木犀草素、木犀草苷、白术内酯Ⅰ、白术内酯Ⅱ、白术内酯Ⅲ成分的影响。现报道如下。

1 仪器与试药

1.1 仪器

Agilent 1260型高效液相色谱仪(美国Agilent公司)；FA2004B型电子分析天平(上海精密仪器仪表有限公司，精度为0.01 mg)；RS2000pro型辐照设备(辐照源为$^{60}Co - \gamma$射线，深圳市金鹏源辐照技术有限公司)；KQ - 600DBG型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司，功率为400 W，频率为50 kHz)。

1.2 试药

木犀草素对照品(批号为111520 - 202107，含量以96.3%计)，木犀草苷对照品(批号为111720 - 202312，含量以98.1%计)，白术内酯Ⅰ对照品(批号为111975 - 201501，含量以99.9%计)，白术内脂Ⅱ对照品(批号为111976 - 201501，含量以99.9%计)，白术内酯Ⅲ对照品(批号为111978 - 202302，含量以100.0%计)，均购自中国食品药品检定研究院；甲醇、乙腈均为色谱纯，水为超纯水，其余试剂均为分析纯；幼泻宁颗粒(山西晋新双鹤药业有限责任公司，批号分别为2210B1，2302B3，2304B2，2306B1，2309B2，2310B3，2311B2，2312B3，2212B1，2211B1，编号为S1 - S10，规格为每袋6 g)。

2 方法与结果

2.1 灭菌作用检验

以辐照后的样品10 g(过4号筛)为供试品，以未辐照的样品10 g(过4号筛)为对照品，分别加pH 7.0无菌盐 - 蛋白胨缓冲液100 mL，将其浸渍、分散、振荡，制得待测液1∶10(m/V)，分装于5个平皿，每个平皿0.2 mL，按10倍培养基稀释法检验需氧菌总数及霉菌和酵母菌总数。将配制好的待测液置90 mm直径的无菌平板内，加15～20 mL溶酶胰酪豆乳胨琼脂(≤45 ℃)，搅拌，凝结，倒置培养，检测辐照前后的含菌量。由表1可知，当辐照剂量增大时，幼泻宁颗粒中的含菌量明显下降，表明$^{60}Co - \gamma$射线辐照对幼泻宁颗粒中的细菌有较好的灭菌作用。

表1 样品辐照前后含菌量测定结果

Tab. 1 Determination results of bacterial content in samples before and after irradiation

辐照剂量	需氧菌总数			霉菌和酵母菌总数		
	辐照前含菌量(cfu/g)	辐照后含菌量(cfu/g)	SAL ($\times 10^{-3}$)	辐照前含菌量(cfu/g)	辐照后含菌量(cfu/g)	SAL ($\times 10^{-3}$)
0		199 000	68		269	34
3 kGy	178 000	405	22	177	28	15
6 kGy	146 000	89	6	117	9	7
8 kGy	112 000	1	<0.01	89	0	<0.01

注：SAL指无菌保证水平。

Note: SAL refers to the sterile assurance level.

2.2 色谱条件[14-15]

色谱柱：Agilent Zorbax - C_{18}柱(250 mm × 4.6 mm，5 μm)；流动相：乙腈(A) - 0.35%磷酸溶液(B)，梯度洗脱(0～20 min时28%A，20～38 min时28%A → 68%A，38～55 min时68%A → 85%A，55～60 min时85%A → 28%A)；流速：0.8 mL/min；检测波长：350 nm(0～38 min)和220 nm(38～60 min)；柱温：40 ℃；进样量：10 μL。

2.3 溶液制备

混合对照品溶液：取木犀草素、木犀草苷、白术内酯Ⅰ、白术内酯Ⅱ、白术内酯Ⅲ对照品各适量，精密称定，分别置棕色容量瓶中，加甲醇制成质量浓度分别为2.502 5，1.328 7，5.065 0，3.345 0，4.030 0 mg/mL的对照品贮备液。再分别精密量取对照品贮备液各2 mL，置同一50 mL棕色容量瓶中，即得。

供试品溶液：取样品10袋，研成细粉，取1.0 g(过4号筛)，精密称定，置具塞锥形瓶中，精密加入盐酸 - 甲醇(0.5∶35，V/V)50 mL，称定质量，超声提取(功率为400 W，频率为50 kHz)40 min，冷却，再称定质量，用盐酸 - 甲醇(0.5∶35，V/V)补足减失的质量，摇匀，0.45 μm微孔滤膜滤过，即得。

2.4 方法学考察

精密度试验：取未辐照的样品（编号为S9），按2.3项下方法制备供试品溶液，按2.2项下色谱条件进样测定6次，以13号峰为参照峰。结果21个共有峰相对保留时间和相对峰面积的*RSD*分别为0.22%～0.49%（$n=6$）和0.46%～1.77%（$n=6$），表明仪器精密度良好。

稳定性试验：取2.3项下供试品溶液（编号为S9），分别于制备后0，4，8，16，20，24 h时按2.2项下色谱条件进样测定，以13号峰为参照峰。结果21个共有峰相对保留时间和相对峰面积的*RSD*分别为0.79%～1.15%（$n=6$）和0.85%～1.98%（$n=6$），表明供试品溶液放置24 h内稳定性良好。

重复性试验：取未辐照的样品（编号为S9）适量，按2.3项下方法平行制备供试品溶液6份，按2.2项下色谱条件进样测定，以13号峰为参照峰。结果21个共有峰相对保留时间和相对峰面积的*RSD*分别为0.85%～2.03%（$n=6$）和1.48%～2.76%（$n=6$），表明方法重复性良好。

2.5 指纹图谱建立与分析

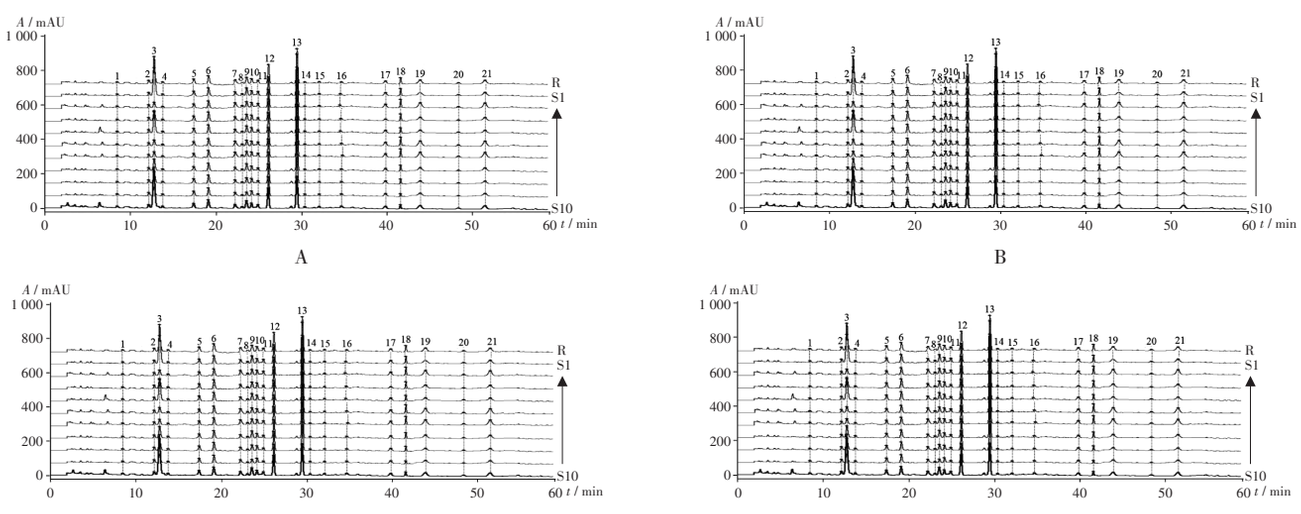
指纹图谱建议：取10批样品（编号为S1－S10），分别经0，3，6，8 kGy剂量辐照处理，按2.3项下方法制备供试品溶液，按2.2项下色谱条件进样测定，将所得图谱导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统（2012版），采用中位矢量法多点修正，HPLC叠加指纹图谱共标定21个共有峰。详见图1。

共有峰指认与相似度评价：与混合对照品溶液的HPLC图（见图2）进行比对，指认5号峰为木犀草苷、6号峰为木犀草素、17号峰为白术内酯Ⅲ、18号峰是为白术内酯Ⅱ、19号峰为白术内酯Ⅰ。取供试品溶液指纹图谱，采用中药色谱指纹图谱相似度评价系统（2012版），以未辐照（0 kGy）样品指纹图谱为参照，经多点校正，全谱段峰匹配，生成对照图谱（见图3），计算不同辐照剂量样品与对照指纹图谱的相似度。详见表2。

2.6 含量测定

2.6.1 *方法学考察*

线性关系考察：分别精密吸取2.3项下混合对照品溶液1，2，5，10，12，15 μL，按2.2项下色谱条件进样测定，以进样量（X，μg）为横坐标、峰面积（Y）为纵坐标进行线性回归。结果见表3，表明各待测成分在各自进样

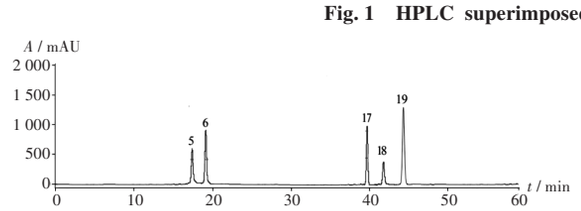


A－D. 辐照剂量分别为0，3，6，8 kGy

图1 10批样品高效液相色谱叠加指纹图谱

A－D. The irradiation doses were 0, 3, 6, and 8 kGy, respectively

Fig. 1 HPLC superimposed fingerprints of 10 batches of samples



5. 木犀草苷 6. 木犀草素 17. 白术内酯Ⅲ 18. 白术内酯Ⅱ 19. 白术内酯Ⅰ

图2 混合对照品溶液高效液相色谱图

5. Luteolin 6. Luteolin－7－glucoside 17. Atractylodes Ⅲ 18. Atractylodes Ⅱ 19. Atractylodes Ⅰ

Fig. 2 HPLC chromatogram of mixed reference solution

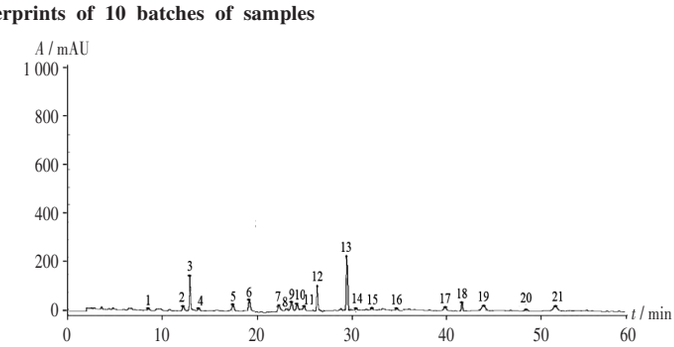


图3 样品高效液相色谱对照指纹图谱

Fig. 3 HPLC reference fingerprint of samples

表 2　相似度评价结果

Tab. 2　Results of the similarity evaluation

编号	辐照剂量			
	0 kGy	3 kGy	6 kGy	8 kGy
S1	0.999 8	0.999 7	0.969 6	0.832 5
S2	0.999 9	0.999 6	0.968 8	0.830 9
S3	1.000 0	0.999 8	0.969 3	0.831 8
S4	1.000 0	0.999 9	0.967 9	0.834 4
S5	0.999 9	0.999 3	0.967 5	0.833 5
S6	0.999 9	0.999 6	0.968 9	0.833 3
S7	0.999 8	0.999 4	0.969 4	0.832 2
S8	0.999 9	0.999 3	0.969 7	0.831 5
S9	0.999 9	0.999 7	0.966 7	0.831 7
S10	0.999 8	0.999 5	0.969 0	0.835 7
$\bar{X} \pm s$	0.999 9 ± 0.000 1	0.999 6 ± 0.000 2	0.968 7 ± 0.000 9	0.832 7 ± 0.001 5

量范围内与峰面积线性关系良好。

检测限与定量限确定：取 2.3 项下混合对照品溶液适量，加甲醇逐级稀释，按 2.2 项下色谱条件进样测定，分别以信噪比（S/N）为 3 和 10 时的质量浓度为检测限和定量限。结果见表 3。

精密度试验：精密量取 2.3 项下供试品溶液（编号为 S9）适量，按 2.2 项下色谱进样测定 5 次，记录峰面积。结果见表 3，表明仪器精密度良好。

稳定性试验：取 2.3 项下供试品溶液（编号为 S9）适量，分别于制备后 0，3，6，9，12，15，24 h 时按 2.2 项下色谱条件进样测定，记录峰面积。结果见表 3，表明供试品溶液放置 24 h 内稳定性良好。

重复性试验：取样品（编号为 S9）适量，按 2.3 项下方法平行制备供试品溶液 6 份，按 2.2 项下色谱条件进样测定，记录峰面积，并计算含量。结果见表 3，表明方法重复性良好。

表 3　方法学考察结果

Tab. 3　Results of the methodological investigation

化合物	回归方程	r	线性范围（μg）	检测限（μg/mL）	定量限（μg/mL）	*RSD*（%）		重复性试验		加样回收试验（%，$n=6$）	
						精密度试验	稳定性试验	含量（mg/g）	*RSD*（%）	平均回收率	*RSD*
木犀草素	$Y=36.57X-7.113$	0.999 6	0.100 1～1.501 5	0.010	0.02	0.91	0.87	0.593 6	0.81	99.36	0.69
木犀草苷	$Y=22.04X+1.061$	0.999 8	0.053 5～0.797 2	0.008	0.01	0.81	1.06	0.322 6	0.95	98.77	0.74
白术内酯Ⅰ	$Y=101.2X+10.04$	0.999 7	0.202 6～3.039 0	0.020	0.06	1.11	1.01	3.164 1	0.97	99.97	0.43
白术内酯Ⅱ	$Y=54.77X+6.592$	0.999 8	0.133 8～2.007 0	0.009	0.02	1.07	1.15	2.012 7	0.74	101.04	0.98
白术内酯Ⅲ	$Y=31.54X-1.019$	0.999 9	0.161 2～2.418 0	0.009	0.04	1.23	1.22	1.111 3	1.13	99.13	1.24

加样回收试验：取样品（编号为 S9）6 份，各 0.5 g，精密称定，分别精密加入木犀草素、木犀草苷、白术内酯Ⅰ、白术内酯Ⅱ、白术内酯Ⅲ对照品溶液（质量浓度分别为 2.502 5，1.328 7，5.065 0，3.345 0，4.030 0 mg/mL）各 0.13，0.13，0.30，0.30，0.15 mL，按 2.3 项下方法制备供试品溶液，按 2.2 项下色谱条件进样测定，记录峰面积，并计算回收率。结果见表 3，表明方法准确度良好。

2.6.2　样品含量测定

取 0，3，6，8 kGy 剂量辐照样品各适量，按 2.3 项下方法制备供试品溶液，按 2.2 项下色谱条件进样测定，记录峰面积，按外标法计算含量，采用 SPSS 17.0 统计学软件分析，$P<0.05$ 为差异有统计学意义。结果见表 4。

3　讨论

根据原中华人民共和国卫生部颁布的《^{60}Co 辐照中药灭菌剂量标准》（卫药发〔1997〕第 38 号）的规定，将中草药原料粉的辐射剂量控制在 6 kGy 内，丸剂控制在 5 kGy 内，散剂和片剂均控制在 3 kGy 内。故前期试验中，观察 0，3，6，8 kGy 辐照剂量对样品中指标性成分及指纹图谱的影响，明确辐射干预的优化工艺条件。由表 2 和表 4 可知，经 0，3，6 kGy ^{60}Co－γ 射线辐照后，样品的相似度均大于 0.95，且样品中 5 种成分的含量均无显著差异（$P>0.05$）；经 8 kGy ^{60}Co－γ 射线辐照后，样品的相似度均低于 0.95，且样品中 5 种成分的含量均显著降低（$P<0.05$）。可见，^{60}Co－γ 射线辐照剂量≤6 kGy 时，幼泻宁颗粒中活性成分及指纹图谱的差异不显著，故选择最佳灭菌照射剂量为 6 kGy。本研究中建立的方法操作简便、结果准确、灵敏度高，可为中药的辐射灭菌研究提供参考。^{60}Co－γ 射线灭菌能有效消除中药材中的微生物危害，但此方法也存在较多安全隐患，若使用不当，会降解或消除药材的生物活性，降低药物医用价值，故使用时应关注药材中活性成分的含量。

参考文献

[1] WS_3－B－0918－91，卫生部颁药品标准：中药成方制剂（第五册）[S].

[2] 王东升. 车前草饮片标准汤剂的制备与质控探究[J]. 婚育与健康，2021，10(2)：74－75.

[3] 杨　雨，张　莉，刘　东，等. 基于 GC－MS 分析不同基原车前草挥发油成分的异同[J]. 天然产物研究与开发，2023，7(35)：1172－1182.

[4] 黄罗仪，翁约约，黄旭慧，等. 车前草中黄酮类成分结构

表 4 样品含量测定结果(mg / g)

Tab. 4 Results of the content determination of five components in samples (mg / g)

化合物	编号	辐照剂量			
		0 kGy	3 kGy	6 kGy	8 kGy
木犀草素	S1	0.593 3	0.592 6	0.591 5	0.502 4
	S2	0.593 5	0.592 5	0.591 4	0.502 7
	S3	0.594 1	0.593 0	0.591 6	0.502 5
	S4	0.594 0	0.592 9	0.592 0	0.503 3
	S5	0.593 7	0.593 1	0.592 1	0.503 4
	S6	0.593 8	0.593 1	0.591 9	0.503 2
	S7	0.593 2	0.592 3	0.591 3	0.502 6
	S8	0.593 0	0.592 1	0.591 2	0.502 8
	S9	0.593 6	0.592 8	0.591 7	0.503 1
	S10	0.593 2	0.592 0	0.591 1	0.502 9
	$\bar{X} \pm s$	0.593 5 ± 0.000 3	0.592 6 ± 0.000 4	0.591 6 ± 0.000 3	0.502 8 ± 0.001 2*
木犀草苷	S1	0.322 4	0.321 4	0.320 8	0.300 1
	S2	0.322 1	0.321 1	0.320 8	0.300 2
	S3	0.322 9	0.321 9	0.321 1	0.300 5
	S4	0.322 8	0.322 0	0.321 0	0.300 7
	S5	0.322 7	0.322 2	0.321 2	0.300 6
	S6	0.322 6	0.322 1	0.321 3	0.300 4
	S7	0.322 0	0.321 6	0.320 6	0.299 8
	S8	0.322 2	0.321 2	0.320 5	0.299 5
	S9	0.322 6	0.321 7	0.320 9	0.300 3
	S10	0.321 9	0.321 5	0.320 7	0.300 0
	$\bar{X} \pm s$	0.322 4 ± 0.000 1	0.321 7 ± 0.000 4	0.320 9 ± 0.000 4	0.300 2 ± 0.000 3*
白术内酯Ⅰ	S1	3.164 0	3.159 5	3.155 8	2.987 8
	S2	3.163 9	3.159 4	3.155 7	2.987 9
	S3	3.164 5	3.159 9	3.156 1	2.988 5
	S4	3.164 4	3.160 1	3.156 2	2.988 7
	S5	3.164 3	3.160 0	3.156 0	2.988 6
	S6	3.164 7	3.160 2	3.156 3	2.988 9
	S7	3.163 7	3.159 5	3.155 6	2.987 5
	S8	3.163 8	3.159 7	3.155 5	2.987 3
	S9	3.164 1	3.159 8	3.155 9	2.988 1
	S10	3.164 0	3.159 6	3.155 7	2.988 0
	$\bar{X} \pm s$	3.164 1 ± 0.000 3	3.159 7 ± 0.000 2	3.155 9 ± 0.000 3	2.988 8 ± 0.000 5*
白术内酯Ⅱ	S1	2.012 2	2.011 5	2.010 7	1.956 1
	S2	2.012 3	2.011 7	2.010 4	1.956 5
	S3	2.012 9	2.011 9	2.011 3	1.956 9
	S4	2.013 1	2.012 2	2.011 1	19 568
	S5	2.013 3	2.012 1	2.011 0	1.957 0
	S6	2.013 0	2.012 3	2.011 2	1.956 7
	S7	2.012 5	2.011 3	2.010 8	1.956 2
	S8	2.012 6	2.011 4	2.010 6	1.956 4
	S9	2.012 7	2.011 8	2.010 9	1.956 6
	S10	2.012 4	2.011 6	2.010 5	1.956 3
	$\bar{X} \pm s$	2.012 7 ± 0.000 2	2.011 8 ± 0.000 1	2.010 8 ± 0.000 3	1.956 5 ± 0.000 4*
白术内酯Ⅲ	S1	1.111 0	1.110 0	1.109 1	0.955 3
	S2	1.111 1	1.110 1	1.109 2	0.955 4
	S3	1.111 6	1.110 9	1.109 7	0.956 4
	S4	1.111 7	1.110 8	1.109 9	0.956 2
	S5	1.111 9	1.111 1	1.109 8	0.956 3
	S6	1.111 8	1.110 7	1.109 9	0.956 1
	S7	1.111 2	1.110 4	1.109 3	0.955 0
	S8	1.111 0	1.110 3	1.109 4	0.955 1
	S9	1.111 3	1.110 5	1.109 6	0.955 9
	S10	1.111 1	1.110 2	1.109 2	0.955 5
	$\bar{X} \pm s$	1.111 4 ± 0.000 3	1.110 5 ± 0.000 7	1.109 5 ± 0.000 1	0.955 7 ± 0.000 2*

注:与 0 kGy 比较,*$P < 0.05$。

Note: Compared with those at a dose of 0 kGy, *$P < 0.05$.

和性质的理论研究[J]. 高等学校化学学报,2021,42(9):14 - 16.

[5] 北京市药品监督管理局. 北京市中药饮片炮制规范(2008 年版)[M]. 北京:化学工业出版社,2010:33.

[6] 柳 威,邓林华,赵英强. 白术及其有效成分药理作用概述[J]. 中医药学报,2021,49(10):116 - 118.

[7] 顾思浩,孔维崧,张 彤,等. 白术的化学成分与药理作用及复方临床应用进展[J]. 中华中医药学刊,2020,38(1):69 - 73.

[8] 颜莉玫,覃 婕,黄万金. 白术的现代药理研究及其在功能性消化不良中的临床应用[J]. 基层医学论坛,2023,27(16):104 - 106.

[9] 郑 昆,陈照宇,乔世琴,等. 幼泻宁颗粒 HPLC 指纹图谱研究[J]. 药物分析杂志,2019,9(10):1908 - 1914.

[10] 余小翠,曹 红,张贵英,等. 伤湿止痛流浸膏高效液相色谱法特征图谱的研究[J]. 解放军药学学报,2022,35(3):202 - 205.

[11] 赵 娟,谢世静,赵兴华,等. 中药指纹图谱质控方法研究进展[J]. 云南中医中药杂志,2020,1(1):82 - 86.

[12] 黄赵刚,梁豆豆,李飞龙,等. $^{60}Co - \gamma$ 射线辐照对黄精中微生物及多糖的影响[J]. 中成药,2019,41(8):1957 - 1959.

[13] 舒 婷,黄湘杰. $^{60}Co - \gamma$ 射线辐照灭菌对开胃健脾丸指纹图谱和有效成分含量的影响[J]. 中国药业,2019,28(24):25 - 31.

[14] 周海艳,高云佳,王 敏,等. UPLC 同时测定不同产地白术中 3 种白术内酯成分的含量[J]. 中国药品标准,2023,24(1):5 - 14.

[15] 宋新华,梁凤英,许封菁,等. 火神山医院新冠肺炎预防经典方中 12 种主成分的含量测定[J]. 海军医学杂志,2022,43(2):166 - 171.

(收稿日期:2024 - 05 - 07;修回日期:2024 - 11 - 17)