·中药工业·

基于口尝和电子舌技术探讨味道检测在黑顺片质量评价中的实用价值△

李欣欣[1]，张凯[1]，王丽霞[2]，柴冲冲[1]，陈冬玲[1]，魏龙吟[1]，尹贻慧[1]，常永卓[3]，李飞[1*]，杨辉[2*]

1. 北京中医药大学 中药学院，北京　102488；2. 中国中医科学院 广安门医院，北京　100083；
3. 北京丰台医院，北京　100070

［摘要］ **目的**：通过口尝和电子舌技术，结合胆巴含量，研究味道检测在黑顺片质量评价中的实用价值。**方法**：通过口尝和电子舌检测饮片味道，利用主成分分析（PCA）和 Fisher 模型分析市售黑顺片味道差异，利用偏最小二乘法（PLS）建立口尝评价和电子舌传感器数值的关系模型，建立电子舌 CTS（咸）传感器与胆巴含量线性回归方程。**结果**：采集的样品中有 84% 具有咸涩味，与《中华人民共和国药典》（以下简称《中国药典》）2015 年版规定的“味淡”不一致。电子舌技术结合 PCA 和 fisher 模型可明显区分“味淡”饮片与其余 27 批黑顺片。电子舌 CTS（咸）传感器响应值（X）与胆巴含量（Y）线性回归方程为 $Y = -19.013 + 0.025X$（$r = 0.930\ 4$）。**结论**：电子舌能够快速准确辨别黑顺片是否符合《中国药典》2015 年版“味淡”的要求，由 CTS（咸）传感器响应值可推测出对味道影响较大的胆巴的含量，味道检测在黑顺片质量评价中具有实用价值，可以作为中药饮片质量评价的补充。

［关键词］ 口尝；电子舌；黑顺片；质量评价

［中图分类号］ R282　　［文献标识码］ A　　［文章编号］ 1673-4890（2021）03-0506-06

doi：10. 13313/j. issn. 1673-4890. 20200402003

Practical Value of Taste Detection in Quality Evaluation of Aconiti Lateralis Praeparata Based on Oral Taste and Electronic Tongue Technology

LI Xin-xin[1], ZHANG Kai[1], WANG Li-xia[2], CHAI Chong-chong[1], CHEN Dong-ling[1], WEI Long-yin[1], YIN Yi-hui[1], CHANG Yong-zhuo[3], LI Fei[1*], YANG Hui[2*]

1. *School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing* 102488, *China*;
2. *Guang'anmen Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing* 100083, *China*;
3. *Beijing Fengtai Hospital, Beijing* 100070, *China*

［**Abstract**］ **Objective**: Through the taste and electronic tongue technology, combined with the content of the brine, the practical value of taste detection in the quality evaluation of Aconiti Lateralis Praeparata was studied. **Methods**: The "taste" of the pieces was detected by taste and electronic tongue, using principal component analysis and fisher model to analyze the "taste" difference of commercially available Aconiti Lateralis Praeparata, using partial least squares method to establish a relationship model between taste evaluation and the value of the electronic tongue sensor A linear regression equation of tongue CTS (salty) sensor and brine content. **Results**: 84% of the collected samples had a salty and astringent taste, which was inconsistent with the "flavor" prescribed by the 2015 edition of *Chinese Pharmacopoeia*. Electronic tongue technology combined with principal component analysis and fisher model can clearly distinguish "light taste" slices from the other 27 batches of black slices. The linear regression equation between the response value of electronic tongue CTS (salty) sensor (X) and bile content (Y) is $Y = -19.013 + 0.025X$, $r = 0.930\ 4$. **Conclusion**: The electronic tongue can quickly and accurately distinguish whether Aconiti Lateralis Praeparata meet the requirements of "light taste" in 2015 edition of *Chinese Pharmacopoeia*, and the

△［基金项目］ 国家自然科学基金面上项目（81973479）；国家科技基础性工作专项（2014FY111100-3）；中国中医科学院广安门医院所级课题项目（2019S447）

*［通信作者］ 李飞，教授，研究方向：中药炮制工艺、原理及其质量标准的研究；E-mail：lf668@ sina. com
杨辉，主管中药师，研究方向：中药鉴定与临床中药学；E-mail：weizi9881@ vip. sina. com

content of brine which has great influence on "taste" can be inferred from the response value of CTS (salty) sensor, Taste detection is of practical value in the quality evaluation of Aconiti Lateralis Praeparata and can be used as a supplement to the quality evaluation of traditional Chinese medicine slices.

[**Keywords**]　oral taste; electronic tongue; Aconiti Lateralis Praeparata; quality evaluation

附子是毛茛科植物乌头 *Aconitum carmichaelii* Debx. 的子根加工品，辛、甘，大热，有毒，归心、肾、脾经，具有回阳救逆、补火助阳、散寒止痛的功效[1]。《中华人民共和国药典》（以下简称《中国药典》）2015 年版收录了黑顺片、白附片、淡附片和炮附片 4 种附子的炮制品。其中，黑顺片在医院药房较为常见，用于亡阳证、阳虚证及痹痛[2]。《中国药典》2015 年版对黑顺片的味道描述为“味淡”。

笔者在对多批市售黑顺片口尝后发现，味淡者极少，多为咸涩或有麻舌感。黑顺片味咸涩，与加工过程中胆巴漂洗不充分使其残留量多有关。胆巴对胃有腐蚀作用，其中的镁离子对心血管及神经系统均有抑制作用[3]。而麻舌感与毒性成分双酯型生物碱含量偏高有关[4]。在成分含量未知的情况下，口尝黑顺片可能危害操作人员健康，且人工口尝因个体差异具有主观性。电子舌技术是近年来发展起来的一种分析、识别液体味道的新型检测手段，利用多根高度敏感的味觉传感器评判味道，其测定结果客观、可重复[5]。将电子舌技术应用于毒性饮片的滋味评价可杜绝对操作人员的潜在危害。该技术能否判别黑顺片的滋味是否符合《中国药典》2015 年版“味淡”标准，文献并无相关报道。

本研究以市售黑顺片为对象，采用口尝评价和电子舌检测饮片“味道”，采用主成分分析（PCA）和 Fisher 模型对电子舌响应数据进行分析，用偏最小二乘法（PLS）建立口尝评价和电子舌响应值的关系模型，建立电子舌 CTS（咸）传感器与胆巴含量线性回归方程，以期分析味道检测在黑顺片的质量评价中的实用价值。

1　材料

1.1　仪器

ASTREE 电子舌，包含 AHS（酸）、PKS（通用）、CTS（咸）、NMS（鲜）、CPS（通用）、ANS（甜）、SCS（苦）7 根交叉敏感电位传感器阵列，Ag/AgCl 参比电极，16 位自动进样器，均购于法国 Alpha MOS 公司；SB25-12 型超声波清洗机（宁波新芝生物科技股份有限公司）；BSA224S 型电子天平［赛多利斯科学仪器（北京）有限公司］。

1.2　样品

本研究黑顺片样品分别来自北京 23 家社区卫生服务中心、3 家二级医院、5 家三级医院及安国市场和四川江油中坝有限公司，最终整合厂家和批次，编号为 S1 ~ S32。其中，S12 为国家抽检合格品。饮片均粉碎过三号筛备用。经广安门医院王建升主任药师鉴定为毛茛科植物乌头 *Aconitum carmichaelii* Debx. 的子根的加工品。

1.3　试药

氯化钠、谷氨酸钠和盐酸（法国 Alpha MOS 公司）均为分析纯；水为娃哈哈纯净水。

2　方法与结果

2.1　胆巴含量的测定

分别称取各批次黑顺片样品粉末，参照文献方法[6]制备供试品溶液并进行胆巴含量的测定，测定结果见表 1。

表 1　各批次黑顺片胆巴含量和口尝评价结果（n = 3）

样品组	胆巴质量分数/%	评分				总评分	口感描述
		苦	涩	咸	麻舌		
S1	6.030	1.3	0	6.7	5.4	13.3	咸味重，麻舌感持久
S2	5.820	1.3	1.3	4.1	0.5	7.2	味咸
S3	8.950	1.1	2.5	7.5	4.3	15.4	咸味强烈，麻舌感持久
S4	7.510	1.1	2.5	8.0	5.8	17.4	咸味强烈，麻舌感持久
S5	6.770	1.2	3.8	8.5	3.6	17.1	微涩，咸味强烈，麻舌
S6	5.310	0.9	5.0	7.9	7.3	21.0	味涩，咸味强烈，刺舌感持久
S7	7.260	2.1	1.3	7.4	5.3	16.0	咸味强烈，麻舌感持久

续表 1

样品组	胆巴质量分数/%	评分				总评分	口感描述
		苦	涩	咸	麻舌		
S8	5.090	1.3	2.5	8.9	2.8	15.4	咸味强烈，麻舌
S9	6.530	1.2	1.4	8.6	3.3	14.5	咸味强烈，麻舌
S10	4.360	1.3	3.8	8.3	4.3	17.6	微涩，咸味强烈，麻舌感持久
S11	3.390	1.3	0	6.9	4.1	12.3	咸味重，麻舌感持久
S12	1.940	1.2	0	3.3	0	4.5	味淡
S13	4.600	0.8	0	5.5	0.3	6.5	味咸
S14	6.050	0.9	2.5	5.3	3.1	11.8	味咸，麻舌
S15	5.320	1.3	3.8	7.8	4.8	17.6	微涩，咸味强烈，麻舌感持久
S16	6.300	1.0	6.3	4.1	4.5	15.9	涩味重，味咸，麻舌感持久
S17	1.940	1.5	5.0	4.3	6.4	17.1	味涩，味咸，麻舌感持久
S18	5.570	1.3	4.0	4.0	4.0	13.3	微涩，微咸，麻舌
S19	6.300	1.1	1.3	5.4	5.0	12.8	味咸，麻舌感持久
S20	5.080	1.9	1.3	6.6	4.0	13.8	咸味重，麻舌
S21	2.910	2.0	2.5	5.8	3.3	13.5	咸味重，麻舌
S22	2.420	1.5	0	4.6	2.3	8.4	味咸
S23	3.630	1.3	1.3	4.6	3.8	11.0	味咸，麻舌
S24	4.330	1.2	2.5	6.0	4.3	14.0	咸味重，麻舌感持久
S25	3.860	1.3	1.3	5.1	4.4	12.1	味咸，麻舌感持久
S26	4.840	1.4	0	4.4	3.6	9.4	味咸，麻舌
S27	4.830	1.9	1.3	5.8	2.3	11.2	咸味重
S28	6.630	1.7	0	4.9	5.1	11.7	味咸，麻舌感持久
S29	2.040	0.8	0	3.5	0	4.3	味淡
S30	2.100	1.1	0	3.6	0	4.7	味淡
S31	1.910	1.3	0	3.1	0	4.4	味淡
S32	1.850	1.1	0	3.4	0	4.6	味淡

注：酸、甜值均为“0”。

2.2　口尝评价方法及结果

2.2.1　志愿者的筛选　从 20 名志愿者中随机选择 8 名作为小组成员(4 名男性和 4 名女性，平均年龄 24 岁，无严重过敏、遗传病史，无胆囊炎，无不良嗜好及近期无疾病史)对 32 批黑顺片进行口尝评价。

2.2.2　口尝指标及评分范围的确认　小组成员口尝黑顺片粉末，以识别和记录所有的味道属性，成员之间讨论并确定了属性，然后依据《BS ISO 4121：2003 Sensory analysis-Guidelines for the use of quantitative response scales》，建立了最终的口尝指标。

参照文献［7-8］，结合黑顺片的特点，确定口尝描述评分结果为 0(未检测到)～9(非常强烈)，具体评分结果见表 2。以 S12 国家抽检合格饮片味道“味淡”为准，无麻舌感、无涩味、无苦味、微咸，感官总评分≤5，口感综合描述为“味淡”。

表 2　口尝评价黑顺片中苦味和麻舌感的定性描述和评分范围

编号	口感描述	评分范围
1	没有苦味	0＜评分≤2.5
2	微苦	2.5＜评分≤4.0
3	味苦	4.0＜评分≤5.5
4	苦味重	5.5＜评分≤7.0
5	苦味强烈	7.0＜评分≤9.0
6	无麻舌感	0＜评分≤2.5
7	麻舌	麻舌感持续≤1 min，2.5＜评分≤4.0
8	麻舌感持久	1 min＜麻舌感持续＜3 min，4＜评分≤7
9	刺舌感持久	麻舌感持续≥3 min，7＜评分≤9

注：其余味觉(酸、甜、涩、咸)评分范围依照苦味的评分范围。

2.2.3　口尝评价方法　口尝评价方法参照文献［9］，采用评分法对 32 批黑顺片进行评估。在评定前 4 h，小组成员不得抽烟饮酒，不得食用具有严重气味的

食物。将 2 g 准备好的黑顺片粉末放入玻璃杯中，以拉丁方块的顺序送到受试者面前。从杯中每次取样量 100 mg，置于舌前 1/3 处，在口中嚼 30 s。小组成员对每个样本的每个属性的感知强度进行评分，并做出综合的口尝描述。每次口尝前，小组成员用纯净水漱口 5 次，并间隔 15 min，至口腔中无麻、辣等味觉后进行口尝。每个样品的口尝评估一式三份进行，结果以均值计算。

2.2.4　口尝评价结果　8 位口尝小组成员针对 6 种口尝属性(酸、甜、苦、涩、咸和麻舌感)评估的口尝评分的统计结果见表 2，口感描述参照 **2.2.2** 项下中评分范围。由表 2 可知，32 批市售黑顺片口尝差异较大。S12、S29 ~ S32 5 批饮片口感描述为“味淡”，与《中国药典》2015 年版中黑顺片的描述“味淡”相符合；其余 27 批次样品的口感描述与《中国药典》2015 年版均有较大差异。

2.3　电子舌检测方法及结果

2.3.1　电子舌检测方法　先以 0.01 mol·L^{-1}氯化钠、0.01 mol·L^{-1}谷氨酸钠对电子舌传感器进行诊断，诊断通过后，以 0.01 mol·L^{-1}盐酸对电子舌进行预平衡，平衡通过后开始检测，对每份样品检测 120 s，每份样品重复检测 9 次，每秒检测 1 个数据。每检测 1 个样品，清洗时间 30 s，取后 6 次数据的均值作为测试结果。

2.3.2　供试品溶液的制备　按参考文献［10］方法，取市售 32 批黑顺片，粉碎，过三号筛，精密称取 50 mg，加蒸馏水 50 mL，超声处理(功率：500 W，频率：40 Hz)10 min，放冷，滤过。精密量取滤液 25 mL，置检测用烧杯中，备用。

2.3.3　方法学考察

2.3.3.1　精密度试验　取 S1 黑顺片样品供试品溶液，按 **2.3.1** 项下方法连续检测 6 次，记录传感器 AHS、PKS、CTS、NMS、CPS、ANS、SCS 的响应值，计算 RSD 分别为 1.65%、2.35%、1.80%、1.98%、2.37%、1.54%、2.33%，表明仪器精密度良好。

2.3.3.2　重复性试验　取 S1 黑顺片样品粉末 50 mg，精密称定，平行制备供试品溶液 6 份，分别检测，记录传感器 AHS、PKS、CTS、NMS、CPS、ANS、SCS 的响应值，计算 RSD 分别为 1.73%、2.14%、2.03%、1.99%、2.21%、2.01%、1.85%，表明该方法重复性良好。

2.3.3.3　稳定性试验　取 S1 黑顺片样品供试品溶液，分别于制备后 0、2、4、8、12、16、24 h 检测，记录传感器 AHS、PKS、CTS、NMS、CPS、ANS、SCS 的响应值，计算 RSD 分别为 2.07%、2.42%、2.26%、1.39%、2.28%、2.11%、2.53%，表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

2.3.4　黑顺片味道检测　分别取各批次黑顺片粉末，按 **2.3.2** 项下方法制备供试品溶液，按 **2.3.1** 项下方法检测，记录传感器 AHS、PKS、CTS、NMS、CPS、ANS、SCS 的响应值，黑顺片各传感器响应值雷达图见图 1。

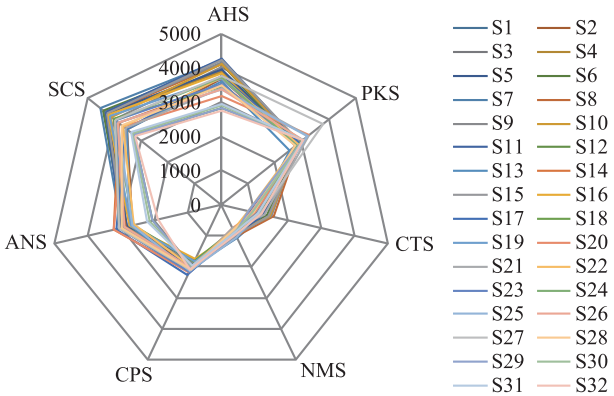


图 1　黑顺片电子舌响应值雷达图

2.4　电子舌响应值分析

2.4.1　PCA 比较市售黑顺片味道差异　本研究以 7 根传感器的响应值为变量，采用 SIMCA-P 软件对 32 批黑顺片进行 PCA，标度化(scaling)方式选为中心化(ctr)。分析结果显示，贡献率最大的 2 个主成分，累积贡献率超过 80%，表明前 2 个主成分能够充分体现出黑顺片的基本特征和主要信息。因此，本研究以前 2 个主成分为坐标轴构建主成分平面，将样本的多元变量通过降维的方式投影在二维平面上，以观察样本的整体分布情况和各变量对样本分布的贡献大小，各批次样品经过 PCA 后得分图见图 2。

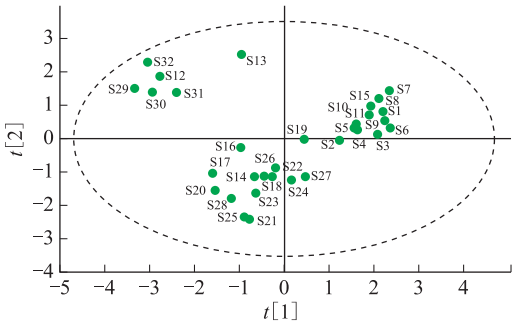


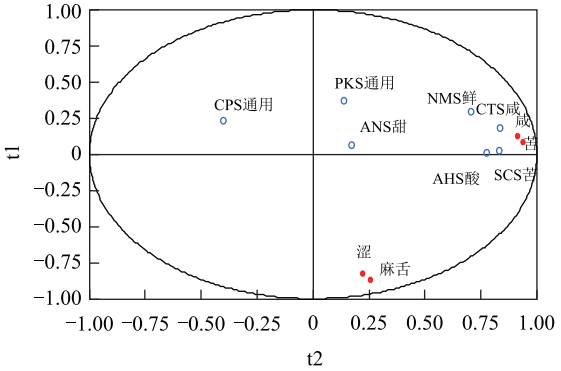
图 2　各批次黑顺片 PCA 得分

前 2 个主成分累积贡献率超过 80%，表明 PCA 所建立的模型具有良好的预测能力。图 2 显示，黑顺片被分为两类，“味淡”的 5 批饮片 S12、S29 ~ S32 集中在第二象限，其余批次饮片，除 S13 外，均集中在第一、三、四象限，分布相对集中。结合口尝评价可知，S13 饮片苦味值、咸味值及麻舌感与 S12 国家抽检合格饮片接近，且无涩味，感官总评分在“非味淡”饮片中最低。因此，S13 与“味淡”饮片在 PCA 分布图上显示距离较为接近。结果表明，PCA 可用于区分鉴别黑顺片中“味淡”饮片与“非味淡”饮片。

2.4.2　Fisher 判别模型分析市售黑顺片“味道”差异　采用 SAS 8.2 统计软件对“味淡”的 5 批饮片 S12、S29 ~ S32，与其他市售 27 批黑顺片的电子舌响应值做 Fisher 判别分析。其中，7 根传感器响应值作为观察值，记为 $X_1 \sim X_7$，判别函数值记为 Y，得到判别函数为 $Y = 468.709X_1 + 139.231X_2 + 203.819X_3 + 81.005X_4 + 133.919X_5 + 345.925X_6 + 387.532X_7$，卡方检验及精确 F 检验 P 值均小于 0.001，表明该判别方程具有统计学意义。计算判别界值 Z 为 4 817 078.24，将 $Y < Z$ 时判为“味淡”饮片，将 $Y > Z$ 时判为非“味淡”饮片。判别结果显示，总判错数为 0，表明其对黑顺片是否符合“味淡”要求能进行有效判别，判别识别率为 100%。

2.5　口尝评分和电子舌响应数据的 PLS

为了验证口尝评分和电子舌响应数据的关系，分别以口尝评分和电子舌数据作为 X 矩阵和 Y 矩阵，建立了 PLS 模型。前 2 个因素（t1 和 t2）解释了交叉验证方差的 80.70%，结果如图 3 所示，口尝评价的咸味与 CTS 传感器在同一象限且距离最近，苦味与 SCS 传感器在同一象限且距离最近，表明，电子舌的 SCS 和 CTS 传感器与口尝的苦味和咸味有很好的对应关系。



注：红色点代表口尝评价指标；蓝色点代表电子舌传感器响应数据。

图 3　口尝评价与电子舌响应数据的 PLS 模型

2.6　电子舌 CTS 传感器与胆巴含量的相关性分析

口尝评价中大多饮片均不符合《中国药典》2015 年版“味淡”的描述。S32 样品的胆巴残留量最低，且味觉评价为“味淡”；S3 样品的胆巴残留量最高，味觉评价的描述为“咸味强烈，麻舌感持久”，其 CTS 传感器响应值偏高。用 Pearson 相关对电子舌 CTS 传感器响应数值及 32 批黑顺片胆巴含量间进行相关性分析，结果表明，CTS 传感器响应数值与胆巴含量之间 r 为 0.935，呈显著正相关（$P < 0.05$）。以 CTS 传感器响应值为 X，胆巴含量为 Y，进行一元线性回归分析，所得方程：$Y = -19.013 + 0.025X$，$r = 0.930\ 4$，$F = 37.24$，$P = 0.001\ 8 < 0.01$，表明差异有统计学意义。以上分析表明，胆巴含量和电子舌 CTS 传感器有显著正相关关系，且通过回归方程，电子舌 CTS 传感器响应值可快速确定黑顺片中胆巴含量。

2.7　验证实验

在 32 批样品之外，另随机选用 3 批未知生物碱含量的黑顺片饮片，按 **2.1** 项下方法测定胆巴含量，按 **2.2.3** 项下方法进行口尝评价，结果见表 3。按 **2.3.1** 项下电子舌检测条件对其“味道”量化检测，结果见表 4。

表 3　3 批黑顺片胆巴含量和口尝评价结果（$n = 3$）

样品	批号	胆巴质量分数/%	评分						总评分	口感描述
			酸	甜	苦	涩	咸	麻舌		
1	150701	9.117	0	0	2.10	1.90	7.38	5.25	16.63	咸味强烈，麻舌感持久
2	180703	3.356	0	0	1.90	1.25	6.63	4.00	13.78	咸味重，麻舌
3	160901	1.872	0	0	1.10	0	3.50	0	4.60	味淡

表 4　3 批黑顺片电子舌检测结果($n=6$)

样品	批号	AHS	PKS	CTS	NMS	CPS	ANS	SCS
1	150701	3 986. 87	2 889. 53	1 136. 10	1 745. 05	2 691. 82	2 837. 38	3 582. 20
2	180703	3 845. 46	2 883. 07	910. 85	1 718. 43	2 583. 02	2 624. 62	3 552. 09
3	160901	2 891. 96	2 467. 19	824. 41	887. 82	1 763. 57	2 004. 61	3 231. 42

将表 4 中 3 批黑顺片电子舌响应值代入 Fisher 判别模型，Y 分别为 $Y_1 = 5\ 374\ 134.19 > Z$，$Y_2 = 5\ 159\ 050.06 > Z$，$Y_3 = 4\ 120\ 844.19 < Z$，样品 1 与样品 2 判别为非“味淡”饮片，样品 3 判别为“味淡”饮片，与口尝描述相符，证明电子舌可对黑顺片是否符合“味淡”要求做出准确判别。

将表 4 中 3 批黑顺片 CTS 传感器响应值(X)代入回归方程 $Y = -19.013 + 0.025X$，所得 3 批样品胆巴质量分数(Y)分别为 9. 390%、3. 758%、1. 597%，与实测值(表 3)相差保持在 ±0. 402% 以内，证明由电子舌传感器响应值代入回归方程计算黑顺片中胆巴含量，推测其胆巴残留量结果稳定可信。

3　讨论

本研究采用电子舌技术对黑顺片滋味进行检测，PCA 和 Fisher 模型可对黑顺片是否符合《中国药典》2015 年版“味淡”的要求进行快速准确地辨别。将电子舌检测所得 CTS 传感器响应值代入线性回归方程，可准确预测胆巴含量。电子舌为黑顺片中胆巴残留量的控制提供了快速有效的手段。故电子舌技术可以作为现有质量控制指标的补充，以保证临床用药的安全，味道检测在黑顺片质量评价中具有实用价值。

物质的可溶性部分刺激味蕾产生味觉[11-12]。将粉末溶于水，通过电子舌检测可代表黑顺片中水溶性部分的味道。且黑顺片在炮制过程中经过长时间浸泡腌制、水煮和蒸制，所含淀粉已经全部转化为糊化淀粉，口尝过程中未产生沙粒感和吸收口腔唾液较强的情况。采用粉末口尝有利于样品成分充分混匀，确保结果的客观性、均一性和可重复性。

黑顺片口尝评价结果显示，酸味和甜味值为 0，苦味值口尝评分较低，而电子舌 AHS、ANS、SCS 传感器响应值较强，可能是由于黑顺片具有双酯型生物碱等麻痹的成分，味蕾被短暂可逆地麻痹，短时间内感觉不到药物的味道[13]。电子舌传感器数值与传统口尝味觉指标进行相关分析表明，黑顺片口尝的苦味、咸味与电子舌的传感器有很好的对应关系。而传统口尝对象为饮片，所产生的味觉更全面，如口尝评价中的麻舌感、涩味等电子舌未有传感器与之对应。因此，电子舌不能完全取代口尝，可用于味觉评价的补充。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:301.

[2] 肖建平,陈健民. 附子炮制及使用的体会[J]. 海峡药学,2017,29(1):36-37.

[3] 吴贵婵,黄天银,陈美. 1 例口服胆巴急性中毒患者的救治护理[J]. 当代护士(中旬刊),2019,26(8):153-155.

[4] THOMAS Y K C. Aconite poisoning presenting as hypotension and bradycardia[J]. Hum Exp Toxicol, 2009, 28(12): 795-797.

[5] 杜瑞超,王优杰,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] 侯跃飞,尹茂财,孙鸿,等. 附片中胆巴和总灰分测定[J]. 亚太传统医药,2017,13(13):22-24.

[7] 李学林,吴子丹,刘瑞新,等. 口尝法评价中药汤剂苦味的研究[J]. 中国实验方剂学杂志,2011,17(23):11-13.

[8] KAWANO Y, ITO A, SASATSU M, et al. Preparation of orally disintegrating tablets with taste-masking function: Masking effect in granules prepared with correctives using the dry granulation method and evaluation of tablets prepared using the taste-masked granules[J]. Yakugaku Zasshi, 2010, 130(1): 81-86.

[9] YU H Y, ZHANG Y, ZHAO J, et al. Taste characteristics of Chinese bayberry juice characterized by sensory evaluation, chromatography analysis, and an electronic tongue[J]. J Food Sci Technol, 2018, 55(5): 1624-1631.

[10] ANJIKI N, HOSOEJ, FUCHINO H, et al. Evaluation of the taste of crude drug and Kampo formula by a taste-sensing system (4): Taste of Processed Aconite Root[J]. J Nat Med, 2011, 65(2): 293-300.

[11] 白蓝. 味觉与呈味物质[J]. 生物学通报,1991(4):10-12.

[12] 毛羽扬. 论味觉和味[J]. 江苏食品与发酵,1993(3):25-30.

[13] 张涛,张丽霞. 口服制剂掩味方法的研究进展[J]. 河北化工,2007(11):20-22.

(收稿日期：2020-04-02　　编辑：王笑辉)