电子舌技术在食用盐模糊感官评价中的应用

Application of electronic tongue technology for fuzzy sensory evaluation of edible salts

苏智敏^{1,2} 黄小平^{1,2} 刘飞^{1,2} 吴振^{1,2}

SU Zhi-min^{1,2} HUANG Xiao-ping^{1,2} LIU Fei^{1,2} WU Zhen^{1,2}

(1. 重庆市中药研究院, 重庆 400065; 2. 中药健康学重庆市重点实验室, 重庆 400065)

(1. Chongqing Academy of Chinese Materia Medica, Chongqing 400065, China;

2. Chongqing Key Laboratory of Chinese Medicine & Health Science, Chongqing 400065, China)

摘要:以市售 5 种不同原料食用盐为主要研究对象,利用电子舌技术结合模糊感官评价技术方法,采用主成分分析等数学方法,建立食用盐模糊感官品质评价模型。结果表明:食用盐各感官指标的权重 $A = \{A_{\text{鲜味}}, A_{\text{咸味}}, A_{\text{涩味}}, A_{\text{苦味}}, A_{\text{丰富性}}\} = \{0.32, 0.23, 0.22, 0.18, 0.05\}$;综合分析结果显示,天然海盐的口感最佳。

关键词:食用盐;模糊感官评价;电子舌;主成分分析

Abstract: In order to establish a method for evaluating the taste quality of edible salts, by taking 5 different raw materials edible salts as research object, a combination of electronic tongue technique with fuzzy sensory evaluation, and the method of principle component analysis (PCA) were deeply analyzed. The results showed: by analyzing the testing results of electronic tongue of edible salts, using PCA, the weight factor of fresh, saline, astringency, bitterness, and richness of the edible salt's sensory index were 0.32, 0.23, 0.22, 0.18, 0.05, and, respectively. Based on the sensory evaluation data of sensory evaluator and corresponding fuzzy matrices were analyzed using value assignment method and comprehensive analysis, the results showed that the natural sea salt exhibited the best taste. The established model fills up the blank in the field of evaluating the taste quality of edible salts, and offset the defect of the error of subjectiveresponse and poor stability.

Keywords: edible salt; fuzzy sensory evaluation; electronic tongue; principle component analysis(PCA)

食盐是人们生活中不可或缺的调味剂,人体每日仅需 3 g。但是,中国实际食盐摄入量为每人每天 10 ~ 15 g,其摄入量过高易导致高血压等疾病^[1]。

目前,中国对食用盐的感官评价仅包括颜色、异味、外来异物,且对咸味评价的重现性极易受评价员心理状况及疲劳效应的影响。因此,相较于感官评价方法^[2-3]的不确定因素,近年来兴起的电子舌传感技术^[4-5]、模糊感官评价法^[6-7]被广泛应用于味觉分析领域^[8-9]。基于生物仿生学原理,电子舌检测技术模拟人类唾液及味觉感知机理,由传感器阵列获取电流信号,从而实现对待测样的客观、可靠分析^[10]。结合模糊感官评价模型^[11-13],对待测样感官品质的相互制约因素进行数学化抽象处理,最终建立一个反映待测样某一种特定感官的理想评价模型,从而减少因评价员主观反应导致的评定误差。因此,将电子舌传感技术^[14]与模糊感官评价相结合已广泛应用于不同品种产品的研究^[15-17],弥补了感官评价的局限性^[18]。

目前感官评价体系指标的建立主要依靠人工感官评价,但食用盐因其特殊的口感易导致人工评价时主观反应误差较大,且感官品质评价模型尚未见报道。试验拟选取 5 种不同原料食用盐为主要研究对象,通过电子舌传感器结合主成分分析法^[19-21]建立感官指标权重,采用模糊感官评价方法对其滋味进行评价,建立食用盐感官评价模型,为食用盐感官品质的评价提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 原料与仪器

深井臻纯盐(重盐天井牌)、天然海盐(福盐牌)、低钠盐(重盐晶心牌)、加碘食用盐(重盐晶心牌)、天山湖盐(中盐牌):市售;

娃哈哈纯净水:杭州娃哈哈集团有限公司;

基金项目:重庆市技术创新与应用发展专项(编号:cstc2019jscx-lyggX0001);重庆市自然科学基金面上项目(编号:cstc2019jcyj-msxmX0001)

作者简介:苏智敏,女,重庆市中药研究院助理研究员。

通信作者:黄小平(1971—),女,重庆市中药研究院副研究员。

E-mail:516882833@qq.com

收稿日期:2020-03-26

电子舌系统:TS-5000Z 型,配有 4 个基础味觉传感器 AAE、CT0、C00、AE1 分别检测鲜味(氨基酸和核酸引起)、咸味(盐引起)、苦味(苦味物质引起)、涩味(涩味物质引起辛辣味),1 个回味传感器 AAE 检测丰富性(鲜味物质引起),以及 1 个陶瓷参比电极 Ag/AgCl,日本 Insent 公司;

低速离心机:TD-6M 型,四川蜀科仪器有限公司;

电子分析天平:Auw220D 型,日本岛津公司。

1.2 电子舌试验

分别称取 0.50 g 样品于 250 mL 烧杯中,加入娃哈哈纯净水溶解,离心,取上清液,转移至 100 mL 容量器中定容,上机测试,要求每种样品测量前后,传感器都进行清洗和标准化,每个样品循环测试 3 次。

1.3 模糊感官评价

参照感官要求项目并结合食用盐特性,选择鲜味、咸味、涩味、苦味、丰富性共 5 个最能反映食用盐感官品质的指标作为评价指标。评价小组由 16 人组成,8 男 8 女,年龄为 22~40 岁。准确称取盐 0.5 g 放入一次性纸杯,加入 100 mL 水溶解,将样品呈递给评价员品尝。评价员得到每个样品,根据各感官感受分别进行评价,并对食用盐各项指标进行记录。

1.4 数据处理

由电子舌检测仪器自带 DBMS 系统数据库,对电流传感器所采集到的数据信号进行味觉特征分析,采用因子分析法确定各感官指标的权重。按表 1 标准分别对食用盐各项指标进行登记评定,采用赋值法计算感官评价总得分,记录评分结果。

2 结果与讨论

2.1 电子舌分析

由表 2 可知,5 种食用盐样品中的涩味、鲜味、苦味、

咸味 4 种基本味觉指标,以及包括丰富性的基本味觉指标之间均存在显著差异。其中不同食用盐样品中味觉指标变化最为明显的是鲜味,其次分别为丰富性、涩味和苦味,并且这 4 种基本味觉指标变化均明显大于咸味指标。由于食用盐的生产工艺、原料、品种类型以及产地等不同,造就了不同品牌和种类食用盐在鲜味、丰富性和涩味等味觉指标上的差异。试验结果表明电子舌传感技术可以反映不同原料食用盐的品质特征以及品牌之间的细微差异。

2.1.1 主成分分析 基于 SPSS 22.0 统计软件的主成分数据分析发现,前 3 个主成分的方差贡献率累计高达 81.09%,其中第 1 主成分的方差贡献率为 50.46%,第 2 主成分的为 21.72%,第 3 主成分的为 8.92%。

由表 3 可知,第 1 主成分中指标系数绝对值最大的是鲜味、涩味、丰富性 3 项,即第 1 主成分由这 3 个滋味指标构成;第 2 主成分中咸味指标载荷绝对值明显高于其他 4 个指标;第 3 主成分中苦味指标的绝对值最大。综上,试验中用于评价食用盐品质的 5 种感官评价指标可以划分为 3 大类,其中鲜味、丰富性和涩味等响应信号值组成第 1 主成分,咸味指标构成第 2 主成分;苦味指标构成第 3 主成分。

2.1.2 感官品质评价分析 采用回归方法计算系数矩阵,前 3 个公因子表示为 5 种滋味指标分别采用线性形式表现,分别从不同方面反映了不同品牌食用盐滋味品质的整体水平,如表 4 所示。单独使用某一公因子不能很好地对食用盐感官品质作出客观、正确的综合评价,以各公因子所对应的方差贡献率为权数,计算综合统计量 ($F=0.563F_1+0.293F_2+0.144F_3$),并进一步求取综合因子得分。

由表 4 可知,各滋味指标在食用盐样品中的贡献是

表 1 食用盐口感评价标准

Table 1 Edible salt taste evaluation criteria

等级	分值	鲜味	咸味	涩味	苦味	丰富性
好	90	强烈感受	强烈感受	无明显感受	无明显感受	强烈感受
较好	70	稍有感受	稍有感受	稍有感受	稍有感受	稍有感受
差	50	无明显感受	无明显感受	强烈感受	强烈感受	无明显感受

表 2 电子舌味觉值

Table 2 Taste value of electronic tongue (n=3)

样品	鲜味	咸味	涩味	苦味	丰富性
深井臻纯盐	4.64±0.17	5.18±0.03	5.48±0.07	3.57±0.02	0.86±0.13
天然海盐	9.19±0.24	5.78±0.15	4.70±0.08	4.79±0.06	1.05±0.01
低钠盐	7.47±0.22	5.38±0.03	4.37±0.02	4.71±0.05	1.78±0.06
加碘食用盐	9.51±0.37	5.37±0.04	5.99±0.18	4.48±0.01	1.66±0.07
天山湖盐	8.13±0.34	5.21±0.02	5.57±0.05	4.17±0.06	0.75±0.03

表 3 因子载荷指标

Table 3 Loading index of factors

成分	鲜味	咸味	涩味	苦味	丰富性
F1	0.89	0.30	0.85	0.72	0.85
F2	-0.37	0.86	0.40	-0.48	0.42
F3	0.26	-0.36	0.18	0.50	0.24

由因子得分系数与对应方差贡献率的乘积构成,再用各滋味指标的贡献除以所有滋味指标的贡献之和即可求得对应滋味指标的权重。试验求得食用盐各感官指标的权重 $A = \{A_{鲜味}, A_{咸味}, A_{涩味}, A_{苦味}, A_{丰富性}\} = \{0.32, 0.23,$

表 4 因子得分系数矩阵

Table 4 Coefficient matrix of factor scores

成分	鲜味	咸味	涩味	苦味	丰富性
1	0.200	0.067	0.190	0.161	0.189
2	0.173	0.396	0.185	0.221	0.193
3	0.225	0.315	0.156	0.442	0.208

$0.22, 0.18, 0.05\}$ 。

2.2 模糊感官评价分析

评价人员对 5 种不同品牌的食用盐按鲜味、咸味、涩味、苦味、丰富性评价的汇总结果见表 5。

表 5 食用盐的感官评定结果

Table 5 Sensory evaluation results of different edible salt

样品	鲜味			咸味			涩味			苦味			丰富性		
	好	较好	差	好	较好	差									
深井臻纯盐	5	5	6	7	5	4	6	6	4	5	6	5	6	4	6
天然海盐	6	6	4	6	7	3	6	5	5	7	6	3	7	3	6
低钠盐	5	6	5	7	4	5	6	4	6	6	6	4	4	7	5
加碘食用盐	7	5	4	6	4	6	7	6	3	6	5	5	5	7	4
天山湖盐	4	7	5	5	6	5	5	7	4	7	4	5	6	6	4

将表 5 中 5 种食用盐口感因素的各等级评价人数除以总评价人数,得模糊矩阵 R ,以深井臻纯盐为例,建立鲜味、咸味、涩味、苦味、丰富性 5 个单因素模糊评价矩阵 R ,得出每个指标的集合为 $U_{鲜味} = [0.31 \ 0.31 \ 0.38]$, $U_{咸味} = [0.44 \ 0.31 \ 0.25]$, $U_{涩味} = [0.38 \ 0.37 \ 0.25]$, $U_{苦味} = [0.31 \ 0.38 \ 0.31]$, $U_{丰富性} = [0.38 \ 0.25 \ 0.37]$ 。将上述深井臻纯盐的 5 个单因素评价结果写成一个模糊矩阵:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.31 & 0.31 & 0.38 \\ 0.44 & 0.31 & 0.25 \\ 0.38 & 0.37 & 0.25 \\ 0.31 & 0.38 & 0.31 \\ 0.38 & 0.25 & 0.37 \end{bmatrix} \quad (1)$$

将各感官指标的权重 A 与 R 组合后得到 Y , Y 可作为食用盐样品感官评价指标的综合评判结果, Y 值越大表明综合评价结果越佳。根据模糊变换原理 $Y = A \times R$, 即得深井臻纯盐的综合评价结果为:

$$Y_1 = \{0.32, 0.23, 0.22, 0.18, 0.05\} \times \begin{bmatrix} 0.31 & 0.31 & 0.38 \\ 0.44 & 0.31 & 0.25 \\ 0.38 & 0.37 & 0.25 \\ 0.31 & 0.38 & 0.31 \\ 0.38 & 0.25 & 0.37 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

即 $Y_1 = \{0.36, 0.33, 0.31\}$ 。

同理,计算出其他 4 种食用盐样品的模糊感官品质

评价结果,再根据表 1 采用赋值法,分别将 Y 中各个量乘以其相对应的分值,再加和,得到最终感官评定值,结果见表 6。

由表 6 可知,5 种食用盐样品综合评分依次为天然海盐 > 天山湖盐 > 深井臻纯盐 > 低钠盐 > 加碘食用盐,说明天然海盐口感评价最高,排名第一;加碘食用盐排名最低。

3 结论

通过电子舌技术对市售的 5 种食用盐样品进行感官评价、滋味指标检测和评价,对所得数据进行主成分等多种数理统计分析。根据电子舌检测技术,采用主成分分析法确定食盐模糊感官评价权重 $A = \{A_{鲜味}, A_{咸味}, A_{涩味}, A_{苦味}, A_{丰富性}\} = \{0.32, 0.23, 0.22, 0.18, 0.05\}$ 。不同品牌食用盐在口感上存在显著差异,其中天然海盐口感

表 6 食用盐的综合评定结果

Table 6 Comprehensive sensory evaluation of different edible salt

样品	Y 评价结果	综合评分	排名
深井臻纯盐	$Y_1 = \{0.36, 0.33, 0.31\}$	71.01	3
天然海盐	$Y_2 = \{0.40, 0.36, 0.24\}$	73.13	1
低钠盐	$Y_3 = \{0.37, 0.32, 0.31\}$	70.96	4
加碘食用盐	$Y_5 = \{0.32, 0.39, 0.29\}$	70.45	5
天山湖盐	$Y_4 = \{0.41, 0.32, 0.27\}$	72.59	2

评价最高、天山湖盐次之、加碘食用盐最差。后续将增加食用盐样品数量及种类,以建立更加完善的感官品质评价模型。

参考文献

- [1] 刘贺,章启鹏,徐婧婷,等.减盐相关产品研究进展及开发现状[J].中国调味品,2017,42(11):175-180.
- [2] 易宇文,刘阳,彭毅秦,等.东坡肘子风味电子鼻分析与感官评价相关性探究[J].食品与发酵工业,2018,44(1):238-244.
- [3] 刘敏,谭书明,张洪礼,等.不同品种大米口感品质分析[J].食品科学,2018,39(15):88-92.
- [4] 贾洪锋,邓红,何江红,等.电子舌在食品检测中的应用研究[J].中国调味品,2013,38(8):12-17.
- [5] WANG Jun, XIAO Hong. Discrimination of different white chrysanthemum by electronic tongue[J]. Journal of Food Science and Technology, 2011, 50(5): 986-992.
- [6] 李玉珍,肖怀秋.模糊数学评价法在食品感官评价中的应用[J].中国酿造,2016,35(5):16-19.
- [7] VIVEK K, SUBBARAO K V, ROURAY W, et al. Application of fuzzy logic in sensory evaluation of food products: A comprehensive study [J]. Food and Bioprocess Technology, 2019, 13: 1-29.
- [8] 金雪花,郭顺堂,陈辰,等.基于模糊感官评价的大豆品种对豆浆加工品质影响分析[J].食品科学,2019,40(17):59-64.
- [9] 朱文政,李辉,唐建华,等.模糊综合评判法在烹饪菜品感官评价中的应用[J].食品科技,2012(4):106-108.
- [10] 王兴亚,庞广昌,李阳,等.电子舌与真实味觉评价的差异性研究[J].食品与机械,2016,32(1):213-216.
- [11] 王琼,徐宝才,于海,等.电子鼻和电子舌结合模糊数学感官评价优化培根烟熏工艺[J].中国农业科学,2017,50(1):161-170.
- [12] 魏永义,郭明月,尹军杰,等.模糊数学综合感官评价调味料酒的应用研究[J].中国调味品,2015,40(10):52-54.
- [13] 易宇文,陈刚,彭毅秦,等.基于智能仿生仪的发酵小米椒感官品质评价模型[J].食品与机械,2018,34(9):54-57.
- [14] 史庆瑞,国婷婷,殷廷家,等.基于电子舌检测的橙汁贮藏品质研究[J].食品与机械,2017,33(11):137-142.
- [15] ZHI Rui-cong, ZHAO Lei, SHI Bo-lin, et al. New dimensionality reduction model (manifold learning) coupled with electronic tongue for green tea grade identification[J]. European Food Research and Technology, 2014, 239: 157-167.
- [16] BENJAMIN O, GAMRASNI D. Electronic tongue as an objective evaluation method for taste profile of pomegranate juice in comparison with sensory panel and chemical analysis[J]. Food Analytical Methods, 2016, 9: 1726-1735.
- [17] 杨松,伍玉蕊,陈敏,等.不同品种莲藕加工脆片适宜性评价[J].食品与机械,2019,35(7):199-203.
- [18] 刘森.智能人工味觉分析方法在几种食品质量检验中的应用研究[D].杭州:浙江大学,2012:24-26.
- [19] 冼燕萍,董浩,罗东辉,等.基于主成份分析法的鱼翅干制品品质评价模型的构建[J].现代食品科技,2016,32(1):210-217.
- [20] 段丽丽,戴得蓉,周凌洁,等.不同酒花葡萄酒香气主成分分析及聚类分析[J].食品与机械,2019,35(9):9-14.
- [21] JIANG Hui-yuan, WANG Wan-xiang. Application of principal component analysis in synthetic appraisal for Multi-objects decision-making[J]. Journal of Wuhan University of Technology: Transportation Science & Engineering, 2004, 28(3): 467-470.
- [22] CORZO O, BRACHO N, PEREIRA A, et al. Weibull distribution for modeling air drying of coroba slices[J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(10): 2023-2028.
- [23] OLURIN T O, ADELEKAN A O, OLOSUNDE W A. Mathematical modelling of drying characteristics of blanched field pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) slices[J]. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 2012, 14(4): 246-254.
- [24] DOYMAZ I. Experimental study on drying of pear slices in a convective dryer[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2013, 48(9): 1909-1915.
- [25] SOBOKOLA O P, DAIRO O U, ODUNEWU A V. Convective hot air drying of blanched yam slices [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2008, 43(7): 1233-1238.
- [26] DOYMAZ I, KOCAYIGIT F. Drying and rehydration behaviors of convection drying of green peas[J]. Drying Technology, 2011, 29(11): 1273-1282.
- [27] DOYMAZ I. Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of Amasya red apples[J]. Food and Bioprocess Technology, 2010, 88(2): 124-132.
- [28] 黎斌,彭桂兰,罗传伟,等.基于 Weibull 分布函数的花椒真空干燥动力学特性[J].食品与发酵工业,2017,43(11):58-64.
- [29] 张明玉,任亚敏,张彩芳.玛咖切片的微波真空干燥特性及品质特征[J].现代食品科技,2019,35(6):230-236.
- [30] 李武强,万芳新,罗燕,等.当归切片远红外干燥特性及动力学研究[J].中草药,2019,50(18):4320-4328.
- [31] 薛广,李敏,关志强.基于 Weibull 函数的超声渗透罗非鱼片真空微波干燥模拟[J].食品与发酵工业,2020,46(1):157-165.
- [32] 白冰玉,傅鑫程,丁胜华,等.切片厚度对苦瓜片热风干燥特性及相关品质的影响研究[J].农产品加工,2019(17):1-5.
- [33] 高静静,冯作山,白羽嘉.真空冷冻和热风干燥对哈密瓜片品质的影响[J].保鲜与加工,2020,20(3):78-84.

(上接第 28 页)