

电子舌在食盐味觉分析中的应用

刘文倩, 谢丹丹, 岳元媛, 王 茹

(雪天盐业集团股份有限公司, 湖南省井矿盐工程技术研究中心, 湖南省轻工
盐业集团技术中心, 湖南 长沙 410004)

摘 要: 为研究市场上不同食盐样品的味觉特征, 文章采用 SA402B 味觉分析系统, 分别对不同成分食盐样品进行电子舌量化评定及感官分析。实验结果表明: 电子舌分析结果与感官品评结果基本一致, 但电子舌能更准确地量化各味觉指标, 为准确评估食盐的味觉提供了科学可靠的方法。

关键词: 电子舌; 食盐; 味觉

中图分类号: TS312 文献标识码: A 文章编号: 2096-3408(2022)05-0019-03

The Application of Electronic Tongue for Analyzing the Taste of Table Salt

LIU Wen-qian, XIE Dan-dan, YUE Yuan-yuan, WANG Ru

(1. Snowsky Salt Industry Group Co., Ltd., Hunan Well Salt Engineering Technology
Research Center, Hunan Light Industry and Salt Industry Group Technology Center
Co., Ltd., Changsha 410004, China)

Abstract: In order to study the taste characteristics of different table salt samples on the market, SA402B taste sensing system is used to quantitatively evaluate the taste of different table salt in this article, while artificial sensory evaluation method is also adopted. The research indicates that, the results of taste sensing system and artificial sensory evaluation method are approximately similar. But the taste sensing system is more precise when analyze the sense of the taste, which provided a scientific and reliable method for evaluating table salt accurately.

Key words: Electronic tongue; Table salt; Taste

食盐作为咸味最主要且重要的来源, 对维持身体机能健康发挥着重要作用, 是人体不可或缺的重要物质^[1-3]。随着多品种食盐的创新发展, 市面上涌现了风味各异的调味盐和特殊工艺盐, 在满足人们对咸味的需求之外也丰富了产品的风味^[4], 因此, 食盐产品的味觉分析也成了评价产品的一项重要课题。

目前, 食品味觉的分析方法主要有感官评定法和电子舌评定法^[5]。感官评定法主要从颜色、滋味、异味和异物等方面进行评价, 但人的感觉器官的敏感度、分辨力、稳定性存在个体差异, 极易受到品评员自身状态、环境的影响, 因此存在因主观性导致

的精确度低等弊端^[6]。电子舌作为一种检测味觉品质的现代分析检测仪器^[7-11], 已广泛应用于药材、肉制品、调味品、茶类、酒类、乳制品等食品分析检测领域^[12-17], 其通过模拟人体唾液及味觉感知机理, 可对样品的味觉进行量化, 弥补了感官品评易受环境影响等不足, 具有测试快、重复性好、灵敏度高、可靠性强等特点^[18-21]。

实验选取 7 种不同成分的市售食盐为主要研究对象, 采用日本 INSENT 公司的 SA402B 味觉分析系统对其咸、苦、涩、鲜、酸味进行检测分析, 并结合感官品评的方法, 探究不同成分含量对食盐味觉特征

收稿日期: 2021-12-09

作者简介: 刘文倩(1988—), 女, 工程师, 主要研究方向为盐产品质量检测。

通讯作者: 岳元媛, 13554829@qq.com

的影响,为食用盐感官品质的评价提供理论支撑。

1 材料与仪器

1.1 食盐样品

市售食盐产品。加碘食用盐;加碘精制盐;加碘天然钙盐;加碘天然硒盐;精制食用盐;特制食盐;精制碘盐。

1.2 实验试剂

氯化钾(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);硝酸银(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);L(+)-酒石酸(分析纯,广东省精细化学品工程技术研究开发中心,西陇科学股份有限公司);无水硫酸钠(工作基准试剂 99.9%~100.1%,天津市光复精细化工研究所);实验用水(18.25 M Ω 去离子水)。

电子舌基准溶液。精确称取 0.045 g L(+)-酒石酸和 2.236 5 g 氯化钾,溶解在 1 000 mL容量瓶中,定容形成基准溶液。

1.3 实验仪器

电子舌味觉分析系统(型号:SA402B,日本 IN-SENT 公司);自动电位滴定仪(OMNIS 型,瑞士万通中国有限公司);分析天平(ES-E120B,天津市安特传感技术有限公司)。

2 实验方法与过程

2.1 不同氯化钠含量盐样品电子舌试验

为探究不同氯化钠含量与盐产品咸度的关系,用加碘精制盐(已检测氯化钠含量为 99.6%)与无水硫酸钠配置成氯化钠含量分别为 99.6%、99.1%、98.5%、97.2%的盐样品,配制详情见表 1。按照 2.2.1 实验方法,进行电子舌试验分析。

表 1 不同氯化钠含量的盐样品

Tab. 1 Salt samples with different sodium chloride content

样品名称	氯化钠含量(以湿基计)/(g·100 g ⁻¹)	配比
996 盐	99.6	加碘精制盐
991 盐	99.1	99.5% 996 盐 + 0.5% 无水硫酸钠
985 盐	98.5	98.9% 996 盐 + 1.1% 无水硫酸钠
972 盐	97.2	97.6% 996 盐 + 2.4% 无水硫酸钠

注:依据国家食用盐标准 GB/T 5461-2016 精制盐等级与氯化钠含量的关系:优级 $\geq$ 99.1%;一级 $\geq$ 98.5%;二级 $\geq$ 97.2%

2.2 市售食盐试验

2.2.1 电子舌试验

分别精确称取 0.4 g($\pm$ 0.000 3 g)食盐样品,完全溶解在 100 g($\pm$ 0.05 g)基准液中,取样上机测试。每个样品测试 4 次,去除第 1 次测试数据,

后 3 次试验数据取平均值。

2.2.2 市售食盐氯化钠含量测定试验

根据国家食用盐标准 GB/T 5461-2016 结合氯离子检测方法 GB/T 13025.5,测定 7 种市售食盐氯化钠含量。

2.2.3 感官品评试验

准确称取 2.0 g 食盐样品,溶于 500.0 g 纯净水中,食盐浓度为 0.4%,与电子舌实验浓度一致。由 10 位身体健康、嗅觉、味觉敏感的感官品评员(男女比例为 1:1)组成品评小组,品尝其咸味、口感。每次品尝前均用 30 $^{\circ}$ C 温水漱口,每个样品之间间隔 10 min,依据评分标准对 7 个食盐样品的咸度和口感进行打分,评分结果取 10 位品评员的平均值。

3 结果与讨论

3.1 不同氯化钠含量盐样品电子舌试验结果与分析(表 2)

表 2 不同氯化钠含量盐样品的电子舌咸味值

Tab. 2 Electronic tongue saltiness of salt samples with different sodium chloride content

样品名称	氯化钠含量(以湿基计)/(g·100 g ⁻¹)	电子舌咸味值
996 盐	99.6	6.10
991 盐	99.1	6.08
985 盐	98.5	6.07
972 盐	97.2	6.03

由表 2 可知,氯化钠含量为 99.6%、99.1%、98.5%、97.2%的盐的咸味值分别为 6.10、6.08、6.07、6.03。从电子舌咸味值数据来看,同一类型盐样品,氯化钠含量越高,咸味值越大,但氯化钠含量在 97.2%~99.6%之间,咸味值差异不显著。

3.2 市售食盐分析

3.2.1 市售食盐氯化钠含量与电子舌试验结果与分析

经测试分析,结果见表 3。5 种普通精制食盐样品的氯化钠含量在 99.41%~99.72%之间,其中加碘食用盐、特制食盐氯化钠含量相对较高(99.7%左右),精制食用盐和精制碘盐氯化钠含量较低(99.4%左右)。其它 2 种加碘天然钙盐和加碘天然硒盐的氯化钠含量比其它 5 种普通精制食盐的含量低,分别为 98.72%、97.77%。

由表 3 数据可看出,加碘天然硒盐咸味、苦味和涩味值相对稍高,咸味值为 6.03,其他 6 种食盐样品的味觉值基本一致,咸味值在 5.86~5.87。

表3 7种市售食盐氯化钠含量与电子舌实验数据

Tab.3 The sodium chloride content and the electronic tongue data of the seven table salt

样品	咸味	苦味	涩味	氯化钠含量 (以湿基计)/ (g · 100 g ⁻¹)	备注
加碘食用盐	5.86	0.76	0.42	99.69	
加碘精制盐	5.87	0.76	0.41	99.61	
精制食用盐	5.87	0.75	0.41	99.46	
特制食盐	5.87	0.73	0.41	99.72	
精制碘盐	5.87	0.76	0.41	99.41	
加碘天然钙盐	5.86	0.74	0.41	98.72	钙:2 229 mg · kg ⁻¹
加碘天然硒盐	6.03	1.14	0.60	97.77	硒:0.082 mg · kg ⁻¹

注:所有数据均是基准溶液(人工唾液)为标准的绝对输出值,电子舌测试人工唾液的状态模拟人口腔中只有唾液时的状态;人工唾液的味觉测定值均接近零

结合氯化钠含量和电子舌数据分析可得出,氯化钠含量为99.41%~99.72%,咸味值均为5.86~5.87,无明显差别,其原因可能是0.31%的氯化钠含量差异没有引起电位值的强烈变化,故咸味值基本一致。加碘天然钙盐和特制食盐的咸味值相当为5.86~5.87,但两者氯化钠含量相差1.0%,由3.1分析可知,盐产品氯化钠含量相差1.0%咸味值会引起咸味值差异,故加碘天然钙盐咸味值仍有5.86的原因可能是钙盐中钙离子对咸味值有贡献。同理,加碘天然硒盐比特制食盐氯化钠含量低1.95%,但其咸味值反而更高,其原因一方面可能是硒盐中硒离子对咸味值有贡献,另一方面其苦味值或涩味值对咸味有增效作用,同理于一定浓度的甜味、酸味、鲜味会对咸味有增强效果^[22-23]。由此可知,硒盐咸度值比其他6种食盐高的原因可能是硒离子以及苦味和涩味的共同作用。

3.2.2 市售食盐感官品评分析

品评员根据表4的评分标准,对7种市售食盐进行了感官评价,并得出平均值。

表4 盐溶液的咸味、口感评分标准

Tab.4 The standard for evaluating the taste of salt solution

分值	咸度	口感
0~2	基本无咸味	口感很差,苦涩味、异味强烈
2~4	咸味较淡	口感较差,苦涩味、异味适中
4~6	咸味适中	口感适中,较淡的苦涩味或异味
6~8	咸味较强	口感较好,很淡的苦涩味或异味
8~10	咸味强烈	口感很好,基本无苦涩味、异味

如表5所示,加碘天然硒盐的咸味和苦涩味、异味较其他6种食盐稍明显外,其他6种食盐的咸度和口感无明显差异,和电子舌实验3.2.1结论基本一致。品评过程有个别品评员品尝不出硒盐的口感差异,大部分品评员反应口感差异不太明显。

表5 7种市售食盐溶液的咸味、口感评分结果

Tab.5 The results of evaluating the taste of salt solution

样品名称	咸度分值	口感分值
加碘食用盐	5	8
加碘精制盐	5	8
精制食用盐	4	7
特制食盐	5	8
精制碘盐	4	7
加碘天然钙盐	5	7
加碘天然硒盐	6	6

4 结论

实验通过电子舌技术,并结合氯化钠含量测定、感官品评等方法对7种食盐进行了指标检测和评价。对于同类型食盐产品,氯化钠含量越高电子舌咸味值越大,但是根据加碘天然钙盐和加碘天然硒盐的氯化钠含量和咸味值可看出:1)食盐的咸度值不仅与氯化钠含量有关,其他矿物质元素如钙、硒等会增加食盐的咸味值,就如氯化钾、氯化钙等无机盐一样会有一定的咸味^[22];2)食盐中一定浓度的苦味或涩味会增强食盐的咸味,与甜味、酸味、鲜味一样,适当的浓度可以增强咸味的感知^[22-23]。通过电子舌实验和感官品评实验可知,电子舌实验和感官品评结论基本一致,加碘天然硒盐咸味、苦味和涩味稍明显,其他6种食盐的感官品评无明显差异,但电子舌能更准确地量化各味觉指标,比感官品评灵敏度更高、更准确、更客观、更可靠,是准确评估食盐味觉科学可靠的方法。

[参考文献]

- [1] 迟韵,陈虎,陈留平,等. 增咸烹饪盐的减钠研究[J]. 盐科学与化工,2020,49(11):15-18.
- [2] 苏智敏,黄小平,刘飞,等. 电子舌技术在食用盐模糊感官评价中的应用[J]. 食品与机械,2020,36(8):53-56.
- [3] 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.
- [4] 程月红,冯伟,李静,等. 多品种食盐的发展和研究现状[J]. 食品安全质量检测学报,2019,10(16):5 250-5 254
- [5] 黄孝闯,张雅玮,任晓镭,等. 电子舌与感官评定对咸度评价的比较[J]. 食品工业科技,2017,38(11):285-290.
- [6] 蒋丽施. 电子舌在食品感官品评中的应用[J]. 肉类研究,2011,25(2):49-52.
- [7] Tian Xing, Li Zong Jun, Chao Yu Zhou, et al. Evaluation by electronic tongue and headspace-GC-IMS analyses of the flavor compounds in dry-cured pork with different salt content[J]. Food Research International,2020,137.
- [8] 贾洪峰,邓红,何江红,等. 电子舌在食品检测中的应用研究进展[J]. 中国调味品,2013,38(8):12-17.
- [9] 邓少平,田师一. 电子舌技术背景与研究进展[J]. 食品与生物技术学报,2007(4):110-116.

(下转第24页)

表5 再浆洗涤洗涤水比例对钠离子去除的影响

Tab.5 Effect of washing water ratio on Na⁺ removal

试验条件			原料			一次滤饼			二次滤饼			三次滤饼		
时间/ min	温度/ ℃	洗涤 比例	Li ⁺ / %	Na ⁺ / %	质量/ g	Li ⁺ / %	Na ⁺ / %	质量/ g	Li ⁺ / %	Na ⁺ / %	质量/ g	Li ⁺ / %	Na ⁺ / %	质量/ g
15	23	1:1.05	39.31	0.668	1 500	39.42	0.030 9	1 139.8	39.53	0.004 5	782			
15	23	1:1.1	39.31	0.668	1 500	39.09	0.029 5	1 028.8	39.29	0.004 5	688			
15	23	1:1.15	39.31	0.668	1 500	39.3	0.027 7	1 062	39.19	0.004 8	702			
15	23	1:1.2	39.31	0.668	1 500	39.19	0.027 4	1 021	39.16	0.004 6	651			

3 CO₂ 对单水氢氧化锂的影响

CO₂ 与氢氧化锂的反应式为:



单位质量及单位体积内氢氧化锂对 CO₂ 的吸收能力较大,根据这一特性氢氧化锂作为吸收剂用于航天等领域。在此工艺中四次离心洗涤剂干燥过程中氢氧化锂不能直接接触空气影响产品品质,需新增氮气保护装置。

4 结论

1)在氢氧化钠溶液中提纯单水氢氧化锂过程中控制好蒸发结晶上清液密度 1.27 g/cm³ 左右,一级蒸发结晶系统锂收率可以达到 95%,二级蒸发结

晶系统锂收率可以达到 97%。蒸发结晶浓缩饱和度过高蒸发系统起沫。控制好蒸发结晶上清液密度至关重要。

2)蒸发结晶离心后通过 3 次洗涤,改变洗涤再浆时间、洗涤温度、洗涤水比例对钠离子去除率可达 99%。

3)氮气保护装置对单水氢氧化锂纯度影响较大,防止单水氢氧化锂吸收 CO₂,表面形成 Li₂CO₃ 及结块。

4)以小试为基础,进行套洗工艺。在再浆洗涤过程中提高锂收率同时钠离子去除率较高,产品未进行干燥,经检测,符合质量产品标准。

(编辑:夏万顺)

(上接第 21 页)

- [10] Wang Jun, Zhu Luyi, Zhang Weilin, et al. Application of the voltammetric electronic tongue based on nanocomposite modified electrodes for identifying rice wines of different geographical origins [J]. *Analytica chimica acta*, 2019, 1 050.
- [11] 惠延波,白薇薇,樊留强,等. 基于电子舌技术的有机低钠盐配方呈味特研究[J]. *中国调味品*, 2017, 42(5): 107-110, 118.
- [12] 郭壮,汤尚文,王玉荣,等. 基于电子舌技术的襄阳市售米酒滋味品质评价[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(15): 289-293.
- [13] 白薇薇,惠延波,牛群峰,等. 采用伏安型电子舌评价低钠盐配方中的苦味[J]. *中国调味品*, 2017, 42(9): 109-112, 115.
- [14] 王蓉,郭伟娜,刘倩倩,等. 基于电子鼻和电子舌技术分析紫苑药材的气味特征[J/OL]. *中成药* 1-9 [2021-08-29]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20210617.1514.002.html>.
- [15] 丛艳君,易红,郑福平. 基于电子舌技术不同超声处理时间的奶酪滋味区分[J]. *食品科学*, 2015, 36(6): 114-118.
- [16] 王慧. 电子舌在食醋品质检测及食醋发酵过程监控中的应用[D]. 镇江:江苏大学, 2009.
- [17] 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.
- [18] 王莉,惠延波,王瞧,等. 电子舌系统结构及其检测技术的应用研究进展[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2012, 33(3): 85-90.
- [19] 舒静,陈轩,潘从道,等. 不同品牌食醋味感特征电子舌分析[J]. *中国调味品*, 2013, 38(8): 95-98, 101.
- [20] 邓小明,朱国梁,姜红斌,等. 三种减钠盐减钠效果的评估[J]. *盐科学与化工*, 2019, 48(11): 47-52.
- [21] 王兴亚,庞广昌,李阳. 电子舌与真实味觉评价的差异性研究进展[J]. *食品与机械*, 2016, 32(1): 213-216, 220.
- [22] 葛宝宝. 食盐替代物的风味评估及复配研究[D]. 无锡:江南大学, 2017.
- [23] Liem D G, Miremadi F, Keast R S J. Reducing sodium in foods: the effect on flavor[J]. *Nutrients*, 2011, 3(6): 694-711.

(编辑:李海燕)