

电子舌对不同工艺制备的海带调味品味感特征分析

曾艳¹, 张颖¹, 郝学财², 邓莉², 孙媛霞^{1*}

(1. 中国科学院天津工业生物技术研究所, 天津 300308;

2. 天津春发生物科技集团有限公司, 天津 300300)

摘要:为研究不同工艺制备的海带调味品的应用可能性, 采用电子舌 SA402 型味觉分析系统对 1% (W/V) 的海带样品进行了味觉差别分析。同时, 为减少酚类物质对样品鲜味测试的干扰, 使用聚乙烯吡咯烷酮对 40% 乙醇提取海带样品中的酚类物质进行了屏蔽。结果显示: 电子舌能较准确地辨别不同工艺制备的海带调味品, 直观反映各样品的味觉差异; 5 倍质量当量的聚乙烯吡咯烷酮能有效去除 40% 乙醇提取海带样品 0.5% (W/V) 中酚类物质对电子舌鲜味传感器的影响。

关键词:电子舌; 味觉分析; 海带; 多酚; 聚乙烯吡咯烷酮

中图分类号: TS201.1

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2017.01.018

文章编号: 1000-9973(2017)01-0080-05

Analysis of Taste Characteristics of *Laminaria japonica* Condiment Prepared by Different Process with Electronic Tongue

ZENG Yan¹, ZHANG Ying¹, HAO Xue-cai², DENG Li², SUN Yuan-xia^{1*}

(1. Tianjin Institute of Industrial Biotechnology, Chinese Academy of Sciences, Tianjin 300308, China;

2. Tianjin Chunfa Bio-Technology Group Co., Ltd., Tianjin 300300, China)

Abstract: To explore the application possibility of *Laminaria japonica* condiment prepared by different process, SA402 taste analysis system is used to detect the taste difference of *Laminaria japonica* condiment with the concentration of 1% (W/V). At the same time, to reduce the interference of phenols to umami test, phenols in *Laminaria japonica* condiment being extracted with 40% ethanol is removed by polyvinylpyrrolidone. The result shows that electronic tongue could distinguish *Laminaria japonica* condiment prepared by different methods. At the concentration of 0.5% (W/V), 5 equivalent polyvinylpyrrolidone could solve the interference well to the umami measurement of the sample extracted with 40% ethanol.

Key words: electronic tongue; taste analysis; *Laminaria japonica*; polyphenols; polyvinylpyrrolidone

虽然目前我国海带产量约占全球的 50%, 居世界首位^[1], 但是其加工利用却仍处于初级阶段, 以传统的盐渍海带、海带结、海带卷和海带丝等为主, 再加工品及成品都很少^[2]。海带富含多种营养物质, 具有消肿

利尿、降脂降压等多重功效, 除直接食用和药用外, 海带还具有良好的调味作用。日、韩利用海带浓缩汁制取调味品的历史悠久, 其国内早已有多种相关商品上市供应^[3]。近年海带新型食品制备与海带调味品应用

收稿日期: 2016-07-12

* 通讯作者

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(2013AA102105); 国家农业科技成果转化项目(2014GB2A100504)

作者简介: 曾艳(1982-), 女, 助理研究员, 博士, 研究方向: 天然活性物质;

孙媛霞(1963-), 女, 研究员, 博士, 研究方向: 功能糖与天然活性物质。

也受到我国行内人士的广泛关注^[4,5],制作工艺差异会造成海带食品风味不同,而风味口感对海带调味品的质量监控与市场推广影响重大,因此有必要对开发的海带调味品进行味感分析。

食品感官评价存在主观性强、易受环境影响、精确度低等弊端^[6]。电子舌作为一类模拟人体舌头味觉机理的智能识别电子系统,由交互敏感传感器阵列、信号采集电路、基于模式识别的数据处理方法组成,具有能整体选择同类味觉物质,体现味觉物质间相互作用,灵敏度高,可靠性强,重复性好,可对样品进行量化测试的特点,已广泛应用在茶类^[7]、酒类^[8]、饮料^[9]、肉制品^[10]、乳制品^[11]等食品品质的分析检测上。

本实验采用电子舌技术测试了自制海带调味品的鲜、咸、苦、涩、酸味,以考察不同制备工艺与海带调味品味觉特征的联系,为企业后续海带调味品的开发提供参考。此外,鉴于鲜味是水产调味品的重要指标,而海带的酚类物质会干扰电子舌鲜味传感器测试,以 40%乙醇提取的海带样品为研究对象,考察了聚乙烯吡咯烷酮对酚类物质鲜味干扰的屏蔽效果。

1 材料与方法

1.1 试验材料

利用不同制备工艺获得 6 个海带调味样品:40%乙醇提取海带样品(S1),60%乙醇提取海带样品(S2),利用褐藻胶裂解酶、纤维素酶分别酶解海带样品(S3 和 S4),利用本实验室筛选获得的芽孢杆菌(CGMCC No. 9391)、戊糖片球菌 PC-5 分别发酵海带样品(S5 和 S6)。所有样品均为提取、酶解或发酵后离心所得上清液,经冷冻真空干燥后冷藏用于实验。

鲜味标准物质谷氨酸钠(monosodium glutamate, MSG),咸味标准物质氯化钠(NaCl),苦味标准物质盐酸奎宁,涩味标准物质鞣酸,酸味标准物质酒石酸,Folin-Ciocalteu 试剂,多酚标准样品没食子酸,聚乙烯吡咯烷酮(PVPP),购自美国 Sigma-Aldrich 公司。

1.2 试验仪器

味觉分析试验在日本 Insent 公司 SA402 型味觉分析系统上进行。该系统以类脂膜作为味觉传感器,当类脂薄膜的一侧与味觉物质接触时,膜电势发生变化而产生响应值。仪器加载 5 种传感器电极 AAE,

CT0, C00, AE1, CA0 和 2 个参比电极,分别用于测试食物的鲜、咸、苦、涩、酸 5 种味道及其回味。

多酚含量测试在日本岛津公司 UV-1800 型紫外分光光度计上进行。

1.3 试验方法

1.3.1 味觉分析试验

将 100 mL 沸水与 1 g 海带样品混合,常温静置 10 min,过滤。移取冷却的滤液 35 mL 进行电子舌检测。检测流程为系统设定程序,包括参比溶液电势测定→样品溶液电势测定(味觉测试)→电极简单清洗→参比溶液电势再次测定(回味测试)→电极彻底清洗。每个样品检测 4 次,运用系统自带数据库系统,对后 3 次的测试数据进行味觉特征分析^[12]。

不同浓度的味觉标准物质,也按照相同的检测流程与数据分析流程进行味觉测试分析。

1.3.2 海带样品中的多酚含量测定

多酚含量的测试采用 Folin-Ciocalteu 比色法^[13]进行。移取 10 mg/mL 海带样品水溶液 0.5 mL 于试管中,加入 2.5 mL 的 0.2 mol/L 福林酚试剂,振荡静置 5 min 后,加入 2 mL 的 7.5% (W/V) Na_2CO_3 溶液振荡,室温静置 60 min。测定 765 nm 处的吸光度。使用 10, 20, 30, 40, 50 $\mu\text{g/mL}$ 的没食子酸溶液为标准物质,根据同样步骤测试的结果绘制标准曲线。

2 结果与讨论

2.1 不同海带调味品的味觉品质与其制备工艺的关系

雷达图可以清晰、直观地反映由电子舌测定的不同海带调味品的味觉响应^[14]。

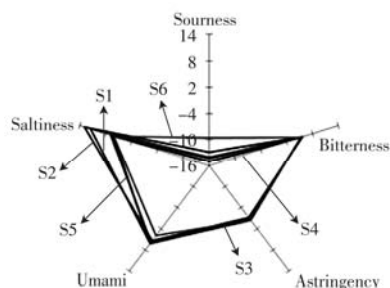


图 1 不同海带调味样品的味觉雷达图
Fig. 1 Radar chart of taste of different
Laminaria japonica condiments

由图 1 可知,除戊糖片球菌发酵的海带样品 S6 外,其他 5 种海带调味品测试的味觉响应具有相似的轮廓,鲜味、苦味与涩味的响应强度接近,而在酸味、咸味上的响应强度有所差异。

进一步使用三维散点图分析水产调味品上比较关注的鲜味以及样品在味觉响应强度上有所差异的咸味、酸味。

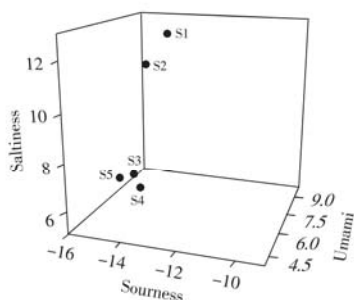


图 2 不同海带调味样品的味觉指标三维散点图

Fig. 2 3D scatter plot of taste index of different

Laminaria japonica condiments

由图 2 可知,戊糖片球菌发酵的海带样品 S6 酸味强度高,鲜味强度低;乙醇水溶液提取的海带样品 S1 和 S2 咸味响应值高;而褐藻胶裂解酶酶解海带样品 S3、纤维素酶酶解海带样品 S4 以及芽孢杆菌发酵海带样品 S5 三者味觉响应差别不大,这一结果与各样品的制造工艺息息相关。戊糖片球菌发酵海带过程中会产生如乙酸、乳酸等酸类物质,同时其还能将谷氨酸转化为 γ -氨基丁酸,降低海带中鲜味物质谷氨酸钠的含量^[15],因此戊糖片球菌发酵样品相对酸味强,鲜味低。与酶解或发酵海带样品相比,乙醇水溶液提取的样品蛋白与多糖含量少,主要成分为卤化盐,因此咸味重。实验所用纤维素酶和褐藻胶裂解酶是复合酶体系,对海带可能具有相似的水解作用,而自筛的芽孢杆菌被证实产生褐藻胶裂解酶外,还分泌纤维素酶,因此这三者作用的海带调味品的味觉品质类似。

2.2 主成分分析与聚类分析

主成分分析(principle component analysis,PCA)是对数据进行降维处理,将多个变量化为少数几个互不相关综合变量的统计分析方法,其能排除众多共存信号中的重叠信息^[16]。6 种海带调味品的味觉品质主成分分析得分图见图 3。

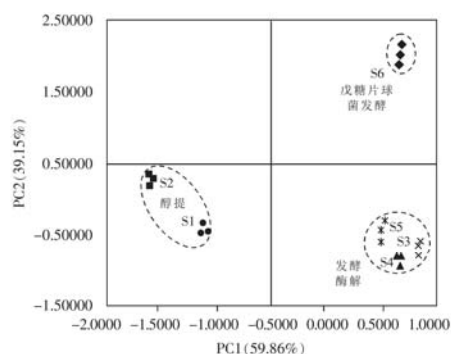


图 3 不同海带调味样品味觉指标的主成分分析图

Fig. 3 PCA graph of taste index of different

Laminaria japonica condiments

主成分 1(PC1)和主成分 2(PC2)的方差贡献率分别为 59.86%和 39.15%,累计贡献率为 99.01%,超过 85%,说明 PC1 和 PC2 可以充分反映样品原有的指标信息^[17]。6 种海带调味品 3 次重复的味觉测试指标没有完全重合区域,存在一定的差异,而相似工艺制备的海带调味品味觉测试指标靠近,说明 SA402 型味觉分析系统的重复性好,可以较好地地区分由不同工艺制备的海带调味品。

聚类分析(cluster analysis,CA)将一批样品或指标按照它们在性质上的亲疏、相似程度进行分类,使类间相似性尽量小,类内相似性尽量大,通过分类分析不同样品间的相似度。对 6 个海带调味品进行聚类分析的结果见图 4。横坐标的标度由距离比例进行重新标定,不影响分类结果^[18]。

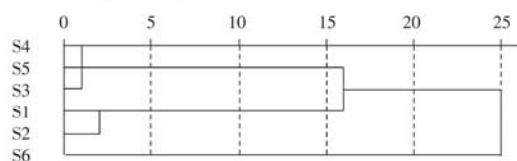


图 4 不同海带调味样品味觉指标的聚类分析图

Fig. 4 CA plot of taste index of different

Laminaria japonica condiments

由图 4 可知,纤维素酶水解、褐藻胶裂解酶水解以及芽孢杆菌发酵生产的海带调味样品在标度为 1 左右就聚为一类,说明这 3 种样品的味感品质极其相似,这一结果与样品制备工艺的先前分析吻合。用不同浓度乙醇提取的海带样品在标度为 2 左右聚为一类。而戊糖片球菌的发酵样品与这 5 种样品的味觉特征评价相差甚远^[19]。

2.3 PVPP 对鲜味测试干扰的屏蔽作用

根据先前报道,茶叶中儿茶素类多酚物质会对 SA402 型味觉分析系统的鲜味测定造成干扰,而适量的 PVPP 能有效去除多酚,降低干扰^[20]。在测定各海带调味品多酚含量的基础上,针对制备工艺相对简单、鲜咸味评价指数高、酚类含量低的 40%乙醇提取海带样品 S1(多酚含量为 0.126%),进行了 PVPP 对鲜味测试干扰的屏蔽作用实验。首先测试了 40%乙醇提取海带样品在不同浓度下的鲜味电极电势响应值,结果见图 5。

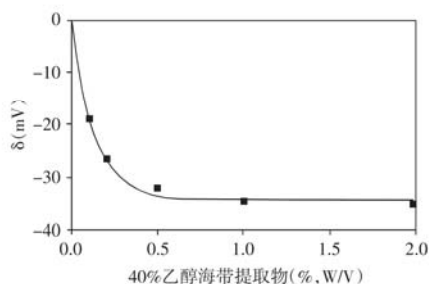


图 5 40%乙醇海带提取物在不同浓度下的鲜味电极电势响应

Fig. 5 Potential response of the umami sensor for the sample extracted with 40% ethanol

40%乙醇提取海带样品在鲜味电极上的电势响应值随浓度的变化呈指数拟合趋势 ($y = -34.33 + 34.15\text{ex}/0.133$),浓度越大,电势响应值越小。在超过 1% (W/V)浓度下电势响应值趋于极值-34.33 mV,因此,选择 0.5% (W/V)为考察 PVPP 屏蔽作用的样品浓度。

于常温下向 0.5% (W/V)的 40%乙醇提取海带样品中加入不同质量当量的 PVPP,每隔 10 min 搅拌 5 min,持续总时长达 1 h 后过滤,所得过滤清液用于鲜味味觉测定,结果见图 6。

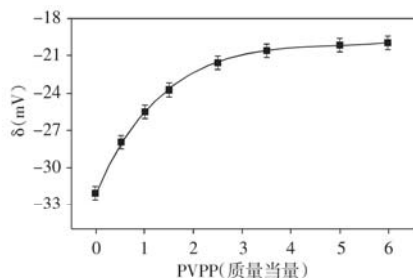


图 6 40%乙醇海带提取物(0.5%, W/V)在不同当量 PVPP 存在下的鲜味电极电势响应

Fig. 6 Potential response of the umami sensor for the sample (0.5%, W/V) extracted with 40% ethanol at the presence of different equivalent PVPP

随着 PVPP 添加量的增加,鲜味电极的电势响应值增加,两者呈指数拟合趋势 ($y = -19.85 - 12.27\text{ex}/1.26$),在添加 5 倍质量当量的 PVPP 时,鲜味电极的电势响应值趋于稳定。根据 MSG 在不同浓度下的鲜味电势响应标准曲线可知,在不添加 PVPP 时,40%乙醇提取海带样品在 0.5% (W/V)浓度下的鲜味与 1 mmol/L 的 MSG 持平,而在加入足量 PVPP 屏蔽干扰物质后,其鲜味仅与 0.55 mmol/L 的 MSG 持平。这说明虽然多酚在 40%乙醇提取海带样品中的含量不高,却能对鲜味味觉响应造成大的干扰。

3 结论

首次采用电子舌智能系统对海带调味品进行了味觉检测分析,发现乳酸菌发酵制备的海带样品酸味强度高,鲜味强度低;乙醇水溶液提取的海带样品咸味重;而通过褐藻胶裂解酶酶解、纤维素酶酶解以及芽孢杆菌发酵制备的 3 种海带样品,由于复合酶系的酶解作用相似,味觉响应差别不大。主成分分析与聚类分析结果说明电子舌设备能较好地辨别根据不同工艺原理制备的海带调味品味觉差异,有望在海带调味品风味分析上进行推广。此外,使用 PVPP 对 40%乙醇海带提取物中的多酚进行了络合屏蔽,发现其能有效去除多酚对电子舌 SA402 型味觉分析系统鲜味测试的干扰。这一结果说明使用电子舌进行味觉分析时,应对电子舌的工作原理与待分析物质的组成多加了解把握,以期获得更为准确的仪器味觉分析信息。

参考文献:

- [1]王文亮,王守经,宋康,等.中国海带资源的功能及其开发利用研究[J].农业工程技术(农产品加工业),2008(11):40-41.
- [2]程艳,陈丽娇,肖欣欣,等.国内外海带加工现状与福建省的发展对策[J].福建水产,2011,32(2):89-92.
- [3]沈祖耀.开发海带功能性复合调味品[J].中国调味品,1996(6):8-11.
- [4]张丽姣,曾艳,张换,等.海带酶解液的戊糖片球菌发酵及其产物的抗氧化性、抑菌性[J].食品科学,2014,35(21):164-169.
- [5]贾例军,郭丹青.海带加工制品应用于调味盐产品可行性研究[J].盐业与化工,2015,44(4):4-6.
- [6]王佳佳,胡志和,赵悦.利用电子舌对富含 ACE 抑制肽的酪蛋

- 白水解物的脱苦评价[J]. 食品科学, 2013, 34(4): 212-216.
- [7] Hayashi N, Chen R, Ikezaki H, et al. Evaluation of the umami taste intensity of green tea by a taste sensor [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(16): 7384-7387.
- [8] 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.
- [9] Kirshenbaum L M, Benjamin O, Porat R. Sensory and nutritional attributes of pomegranate juices extracted from separated arils and pressed whole fruits[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2015, 96(4): 1313-1318.
- [10] Cheung I W Y, Li-Chan E C Y. Application of taste sensing system for characterisation of enzymatic hydrolysates from shrimp processing by-products[J]. Food Chemistry, 2014, 145: 1076-1085.
- [11] 从艳君, 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.
- [12] 舒静, 陈轩, 潘从道, 等. 不同品牌食醋味觉特征电子舌分析[J]. 中国调味品, 2013, 38(8): 95-101.
- [13] Zeng Y, Dou D, Zhang Y, et al. Rare sugars and antioxidants in *Itea virginica*, *Itea oblonga* Hand.-Mazz., and *Itea yunnanensis* Franch leaves [J]. International Journal of Food Properties, 2015, 18(1): 2549-2560.
- [14] 秦蓝, 李风华, 田怀香, 等. 电子舌在鸡精调味料味觉差异分析中的应用[J]. 中国调味品, 2014, 39(10): 132-135.
- [15] Ratanaburee A, Kantachote D, Charernjitrakul W, et al. Selection of γ -aminobutyric acid-producing lactic acid bacteria and their potential as probiotics for use as starter cultures in Thai fermented sausages (Nham) [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2013, 48(7): 1371-1382.
- [16] 徐维盛, 王竹, 杨月欣. 电子舌技术快速辨识 15 种茶汤滋味[J]. 食品工业, 2014, 35(12): 154-158.
- [17] 张璟琳, 黄明泉, 孙宝国, 等. 电子舌技术在食醋口感评价中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(11): 220-226.
- [18] 于博, 郭壮, 汤尚文, 等. 不同发酵时间米酒滋味品质变化的研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(10): 15-18.
- [19] 吴浩, 刘源, 顾赛麒, 等. 电子鼻、电子舌分析和感官评价在鱼糜种类区分中的应用[J]. 食品工业科技, 2013, 34(18): 80-82.
- [20] 周瑜, 黄坚钦, 高飞, 等. 交联聚乙烯吡咯烷酮(PVPP)对山核桃多酚去除效果的毒理学评价[J]. 食品工业科技, 2015(6): 104-112.
- (上接第 79 页)
- [2] 陈文学, 朱晓燕, 胡月英. 胡椒油树脂对食用油脂抗氧化作用研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(2): 137-140.
- [3] 包振伟, 顾林, 白东辉, 等. 响应面法优化黑胡椒油树脂提取工艺[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 17-21.
- [4] Prabhakaran Nair K P. The agronomy and economy of black pepper (*Piper nigrum* L.)—the “king of spices”[J]. Advances in Agronomy, 2004, 82: 271-389.
- [5] 王颖, 姜子涛, 李荣, 等. 黑胡椒和白胡椒精油抗氧化性能及清除自由基能力的比较[J]. 中国调味品, 2009, 34(5): 50-58.
- [6] 宋美娜, 牡丹竹, 全其根. 胡椒油树脂的乳化及其稳定性研究[J]. 中国食品添加剂, 2011(3): 138-143.
- [7] 吴桂苹, 初众, 谷凤林, 等. 不同提取方法对黑胡椒油树脂得率及其胡椒碱含量的影响研究[J]. 热带作物学报, 2013, 34(12): 2467-2470.
- [8] 刘娱媚, 高署, 柯学, 等. 难溶性药物固体分散体研究新进展[J]. 药学进展, 2013, 37(4): 166-173.
- [9] 任秀华, 李高. 固体分散体在药剂学中的应用及进展[J]. 医药导报, 2003, 22(2): 110-112.
- [10] Sareen S, Mathew G, Joseph L. Improvement in solubility of poor water-soluble drugs by solid dispersion [J]. Int J Pharm Investig, 2012(1): 12-17.
- [11] 靖博宇, 王志远, 李燕, 等. 非洛地平固体分散体的制备和体外溶出度考察[J]. 沈阳药科大学学报, 2010, 27(3): 185-190.
- [12] 葛月宾, 王旭彬, 郭伟林, 等. 大豆苷元-水溶性壳聚糖固体分散体的制备[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(3): 293.
- [13] Tomo Satoh, Fumihiro Hidaka, Kento Miyake, et al. Surfactant-free solid dispersion of fat-soluble flavor in an amorphous sugar matrix [J]. Food Chemistry, 2016, 197: 1136-1142.
- [14] Srinarong P, Hamalainen S, Visser M R, et al. Surface-active derivative of inulin is a superior carrier for solid dispersions with a high drug load [J]. J Pharm Sci, 2011, 100(6): 2333-2342.
- [15] Sinha S, Ali M, Baboota S, et al. Solid dispersion as an approach for bioavailability enhancement of poorly water-soluble drug ritonavir[J]. AAPS Pharm Sci Tech, 2010, 11(2): 518-527.
- [16] 韩刚, 阎林奇, 索炜. 大黄素固体分散体的制备及其溶出度测定[J]. 中草药, 2011, 42(3): 487-490.