

文章编号: 1674-5566(2019)05-0811-07

DOI:10.12024/jsou.20181202474

不同采收期坛紫菜的风味比较

曹 荣^{1,2}, 刘 楠¹, 王联珠¹, 刘 淇¹

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 海洋国家实验室海洋药物与生物制品功能实验室, 山东 青岛 266235)

摘 要: 坛紫菜的采收有“分茬”的特点, 为科学评价不同采收期的坛紫菜在风味方面的差异, 采用电子舌、电子鼻和气相离子迁移谱仪对一水、二水、三水、四水和五水坛紫菜的滋味和挥发性成分进行检测。结果表明: 在滋味方面, 前期采收的坛紫菜鲜味和鲜味回味等令人愉悦的滋味更为强烈, 随着采收期的延后, 苦味、涩味等不愉快的滋味强度逐渐增强; 在挥发性成分方面, 不同采收期的坛紫菜差别明显, 采收期邻近的样品挥发性成分的种类和含量也较为接近, 一水坛紫菜的挥发性成分以 2-乙基呋喃和阈值相对较高的酮类、醇类为主, 二水和三水坛紫菜中丁内酯、2-己烯-1-醇、1-辛烯-3-醇含量相对较高, 四水和五水坛紫菜中壬醛(青草味)和苯甲醛(苦杏仁味)含量较高。采用电子舌和电子鼻可以快速、准确区别不同采收期坛紫菜的风味。

关键词: 坛紫菜; 采收期; 风味; 电子舌; 电子鼻

中图分类号: TS 254.7 **文献标志码:** A

坛紫菜(*Porphyra haitanensis*)隶属于红藻门(Rhodophyta)原红藻纲(Protofloridae)红毛菜目(Bangiiales)红毛菜科(Bangiaceae)紫菜属(*Porphyra*), 是我国重要的经济藻类^[1]。坛紫菜具有较高的营养价值, 且风味独特^[2], 尤其是鲜味突出, 因此深受消费者喜爱。坛紫菜有“分茬”采收的特点, 首次采收的称作“一水紫菜”, 随后采收的依次称作二水、三水、四水、五水等。已有研究证实, 不同采收期的紫菜在营养成分^[3-4]和气味组成^[5-6]方面存在很大差异。前期采收的紫菜, 其挥发性成分相对稳定且更符合消费者需求。

随着我国经济的发展和国民消费能力的提升, 现在的消费者已不再仅仅关注水产品是否有营养, 对其风味也有了更高的要求。水产品的风味主要由气味和滋味两个方面构成^[7]。近年来, 科研人员对多种水产品的风味特征进行了研究, 在分析手段和研究发现方面都取得了理想进展^[8-10]。滋味物质大多是分子量相对较低的化合物, 具有非挥发性、水溶性的特点, 如无机离子、

有机酸、游离氨基酸、肽类、核苷酸及其关联化合物等^[11]。目前对水产品滋味的研究主要集中在水产动物原料, 如鱼^[12]、虾^[13]、蟹^[14]等, 而有关紫菜等经济藻类滋味的研究还较少。

笔者以采自福建漳州海域的坛紫菜为研究对象, 分别采用电子舌和电子鼻对不同采收期坛紫菜的滋味和气味特征进行分析, 同时采用气相离子迁移谱仪对主要的挥发性成分进行检测, 以期对坛紫菜的品质评定与加工利用提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与仪器

坛紫菜样品由福建省远扬藻业有限公司提供, 系采集自福建漳州海域的“一水”至“五水”坛紫菜。样品采收后, 经清洗、分割、制饼、脱水、烘干等工艺制成干紫菜, 真空包装后于低温干燥的条件下保存。

TS-5000Z 型味觉分析系统(日本 Insent 公司); DHG-9423A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司); PEN-3 型电子鼻(德

收稿日期: 2018-12-20 修回日期: 2019-03-17

基金项目: 中国水产科学研究院基本科研业务费项目(2016ZD0801); 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-50)

作者简介: 曹 荣(1981—), 男, 博士, 副研究员, 研究方向为水产品保鲜与加工。E-mail: caorong@ysfri.ac.cn

通信作者: 刘 淇, E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn

国 Airsense 公司);气相离子迁移谱仪(德国 G. A. S. 公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 样品前处理

干紫菜样品运至实验室后,用粉碎机粉碎,置于干燥器中保存备用。

1.2.2 电子舌检测

取 5.0 g 坛紫菜干粉,加入 100 mL 加热至沸腾的去离子水浸泡 5 min,稍微冷却后 3 000 r/min 离心 10 min,取上清液。采用 TS-5000Z 型味觉分析系统,按照预定程序进行检测。设备加载 5 种传感器电极,分别检测鲜、咸、苦、涩、酸等 5 种味道。参比溶液为氯化钾和酒石酸混合溶液,去离子水、氯化钾、乙醇和氢氧化钾的混合溶液作为正极清洗液,去离子水、乙醇和盐酸的混合溶液作为负极清洗液。每个样品检测 6 次,采用设备自有数据库对数据进行分析。

1.2.3 电子鼻检测

准确称取 0.5 g 坛紫菜干粉,置于 50 mL 顶空瓶中,60 °C 烘箱中平衡 20 min 后进行测定。测定参数为:清洗时间 100 s,气体流速 200 mL/min,数据采集时间 60 s。采用电子鼻内置程序 (Version 1.6.2) 处理数据。

1.2.4 挥发性成分检测

准确称取 0.5 g 坛紫菜干粉,放入 20 mL 顶空进样瓶中,60 °C 孵化 10 min 后用气相离子迁移谱仪进行检测。通过比对 NIST 气相保留指数数据库与 IMS 迁移时间数据库对物质进行定性分析,采用设备自带 LAV 软件的 GalleryPlot 功能绘制样品中挥发性成分谱图。

1.3 数据处理

采用 SPSS 17.0 软件对实验数据进行统计学处理,结果以平均值 \pm 标准偏差表示,采用 Duncan 氏多重比较法进行差异显著性分析,显著性以 $P < 0.01$ 为极显著, $P < 0.05$ 为显著。

2 结果与分析

2.1 不同采收期坛紫菜的滋味特征

2.1.1 坛紫菜的滋味轮廓

选取一水、三水、五水坛紫菜分别代表前期、中期和后期采收的样品,采用电子舌绘制其滋味轮廓(图 1)。雷达图中各坐标显示的是味道强度值。根据韦伯-费希纳定律,呈味物质的强度发

生 20% 的变化时,人舌可以识别其差异,因此,电子舌将呈味物质 20% 的强度变化定义为一个味道单位。坛紫菜的味觉指标较为丰富,以参比溶液(模拟人工唾液)为基准,酸味和涩味回味的值在无味点(即参比溶液对应的值)以下,表明酸味和涩味回味的对坛紫菜的滋味无贡献,其他味觉指标均在无味点以上,可以作为评价坛紫菜的有效味觉指标。坛紫菜的滋味主要由鲜味、鲜味回味、咸味、苦味、苦味回味和涩味构成,但每种味道的强度有很大差异。

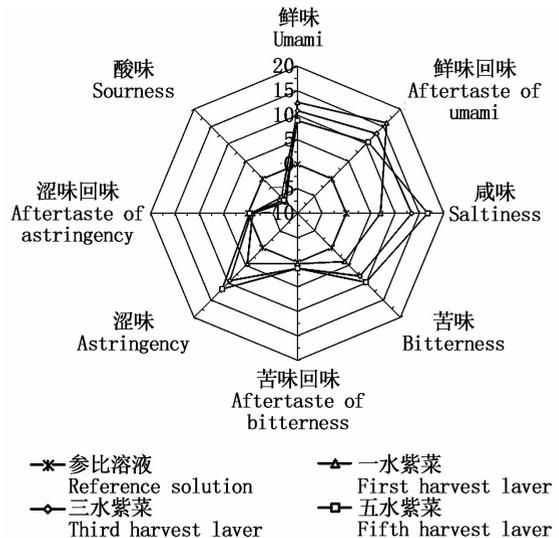


图 1 不同采收期坛紫菜的滋味轮廓

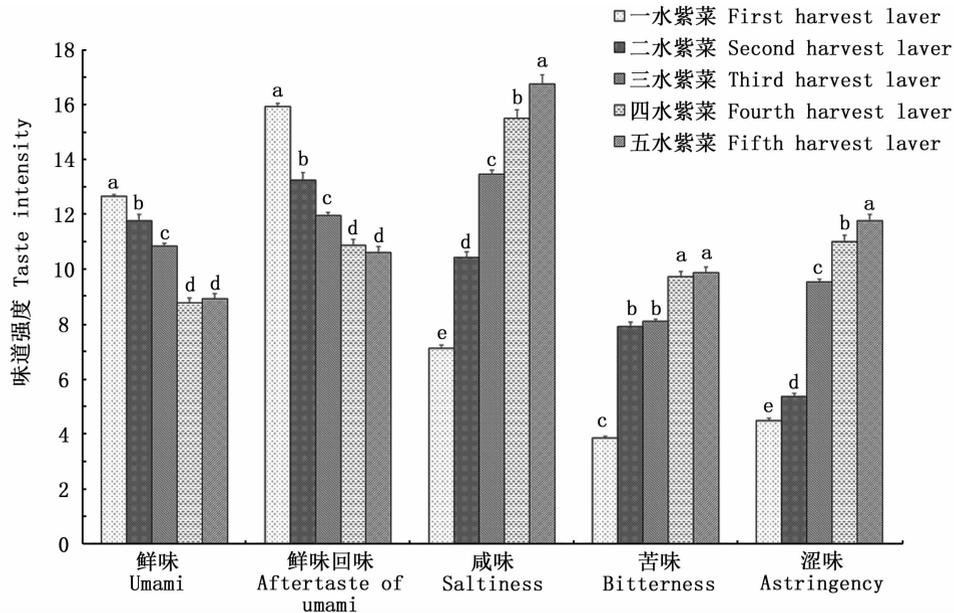
Fig. 1 Taste profile of *Porphyra haitanensis* harvested during different periods

2.1.2 不同采收期坛紫菜的滋味评价

图 2 是基于电子舌分析的不同采收期坛紫菜的滋味组成情况。鲜味和鲜味回味是坛紫菜最重要的滋味特征。一水、二水、三水、四水坛紫菜的鲜味强度依次减弱,且有显著性差异($P < 0.05$)。四水和五水坛紫菜的鲜味强度值接近,差异不显著($P > 0.05$)。回味是指味道的持久度。鲜味回味反映了样品鲜味可被持续感知的程度。不同采收期坛紫菜的鲜味回味与鲜味的变化规律基本一致。随着采收期的延长,坛紫菜的鲜味回味依次减弱。坛紫菜属于海水养殖品种,易受生长环境中盐类物质的影响^[15],因此表现出咸味。一水、二水、三水、四水和五水坛紫菜的咸味值依次增大,且各组间有显著差异($P < 0.05$)。Na⁺、K⁺等无机离子是产生咸味的主要物质^[16]。赵玲等^[4]研究发现后期采收的条斑紫

菜其 Na^+ 含量更高,这可能是造成后期采收的紫菜咸味增强的主要原因。苦味和涩味也是构成坛紫菜滋味的重要组成部分。随着采收期的延后,坛紫菜的苦味值和涩味值呈增加的趋势。一水坛紫菜的苦味值仅为 3.86,显著低于另外 4 组样品 ($P < 0.05$),二水和三水坛紫菜的苦味值接近,四水和五水坛紫菜的苦味值接近。在涩味方

面,同样是一水坛紫菜的涩味值最小,二水、三水、四水和五水坛紫菜的涩味值依次增大。总体上,前期采收的坛紫菜以鲜味、鲜味回味等令人愉悦的滋味为主,随着采收期的延后,鲜味、鲜味回味等滋味强度减弱,而苦味、涩味等不愉快的滋味强度逐渐增强。



不同字母标注表示差异显著 ($P < 0.05$)

Difference letters mean significant different ($P < 0.05$)

图 2 不同采收期坛紫菜的滋味特征

Fig. 2 Taste characteristics of *Porphyra haitanensis* harvested during different periods

2.2 不同采收期坛紫菜的气味特征

2.2.1 不同采收期坛紫菜的总体气味差异

电子鼻的 10 个传感器所对应的代表性化合物类型见表 1,其中 8#、6#、2# 传感器对坛紫菜的响应值较大,对构成坛紫菜气味贡献最大。

采用主成分分析法 (Principal Component Analysis, PCA) 将原始数据的多个指标通过降维处理转化为较少的具有代表性的信息数据 (图 3)。横坐标轴的第一主成分和纵坐标轴的第二主成分的贡献率分别为 86.03% 和 11.03%,总贡献率达 97.06%,表明这两个主成分基本涵盖了样本的信息,可以用来表征坛紫菜的气味组成。五组坛紫菜样品对应的电子鼻检测信号的特征区域没有重叠,表明电子鼻可以很好地区分不同采收期的坛紫菜。气味较为接近的样品在二维图形上倾向于聚类分布,前期采收的坛紫菜对应的

信号区域距离较近,而四水、五水坛紫菜对应的信号区域在二维图形上呈离散分布。

表 1 电子鼻传感器构成及其性能
Tab. 1 Composition of sensors in electronic nose and their performances

传感器 Sensor	性能描述 Performance	代表性化合物 Representative compound	响应阈值 Threshold/ (mL/m^3)
1#	对芳香成分敏感	甲苯	10
2#	对氮氧化物敏感	NO_2	1
3#	对氨水、芳香成分灵敏	苯	10
4#	主要对氢气有选择性	H_2	100
5#	对烷烃芳香成分敏感	丙烷	1
6#	对甲烷灵敏	CH_4	100
7#	对硫化物灵敏	H_2S	1
8#	对乙醇灵敏	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	100
9#	对有机硫化物灵敏	H_2S	1
10#	对烷烃灵敏	CH_4	10

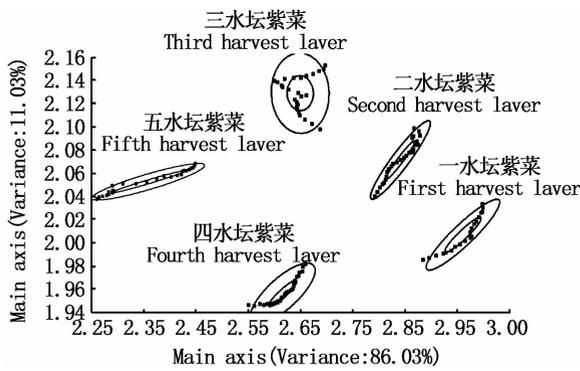


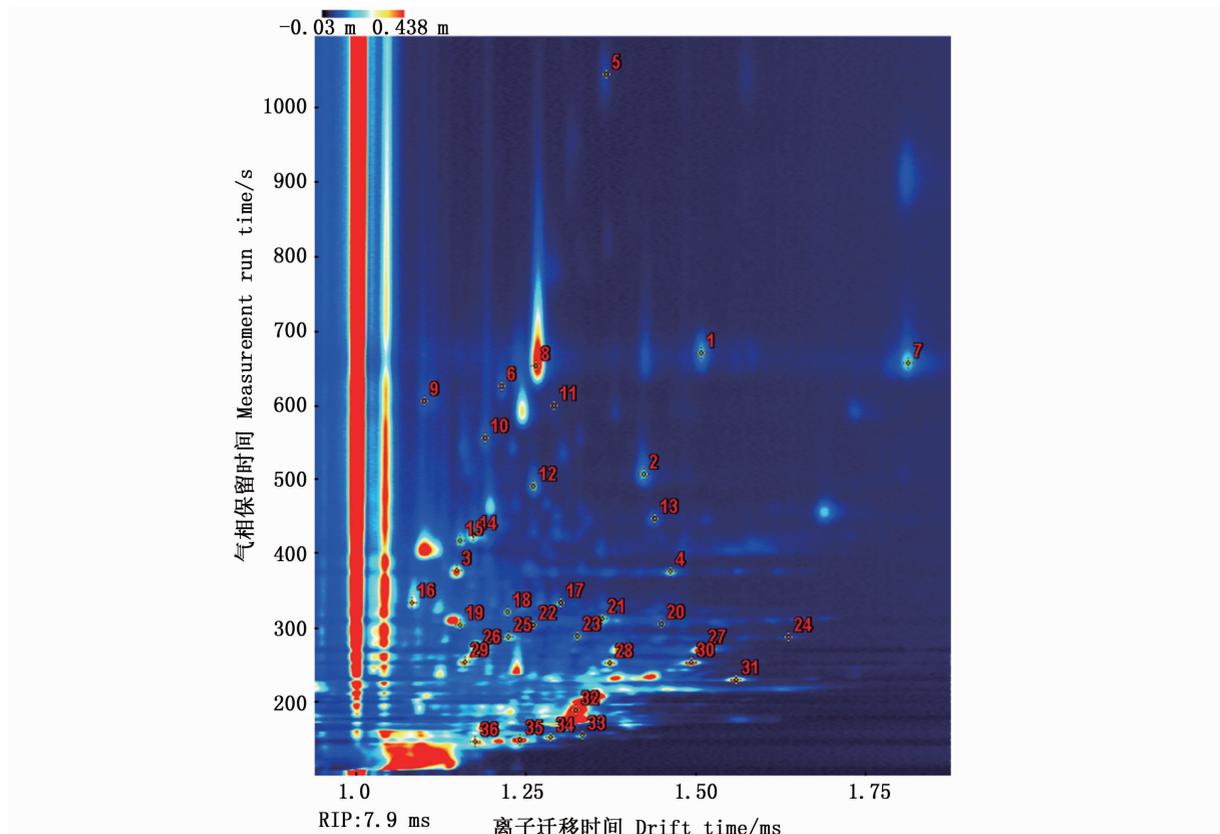
图3 电子鼻对不同采收期坛紫菜响应值的主成分分析

Fig.3 Principal component analysis of *Porphyra haitanensis* harvested during different periods by E-nose

2.2.2 不同采收期坛紫菜的特征挥发性物质

采用气相离子迁移谱仪可以从坛紫菜中分离并鉴定出 36 种挥发性成分(图 4),包含了醛类、酮类、醇类、酯类、酸类以及芳香族化合物等。

图 5 可以直观对比出不同采收期坛紫菜中挥发性物质的差异。一水坛紫菜中 2-乙基呋喃、2-庚酮、2-己烯-1-醇、1-苯基乙醇、正己醇含量较高。2-乙基呋喃有较强的焦香香气^[17],而酮、醇类化合物的阈值一般较高,对气味贡献较小^[18],这与一水坛紫菜呈现出淡的清香味一致。二水和三水坛紫菜的挥发性化合物种类及其含量较为接近,这与电子鼻的分析结果较为一致。二水和三水坛紫菜中含量较高的化合物依次是丁内酯、2-己烯-1-醇、1-辛烯-3-醇,其中丁内酯、1-辛烯-3-醇的含量极显著高于一水坛紫菜($P < 0.01$),尤其是 1-辛烯-3-醇阈值较低($10.0 \mu\text{g}/\text{kg}$)且具有蘑菇香气^[19],是构成二水、三水坛紫菜愉悦气味的重要组成成分。三水坛紫菜中己醛含量较高,己醛可产生腥味,这是三水坛紫菜区别于二水坛紫菜的重要成分。四水坛紫菜中含量较高的挥发性物质依次是 2-己烯-1-醇、壬醛、苯甲醛、正丁酸,其中壬醛含量



每一个点代表一种挥发性化合物,颜色越深、面积越大表示含量越高

Each point represents a volatile compound, color depth and area indicate concentration

图4 坛紫菜气相离子迁移谱图

Fig. 4 Gas chromatography-ion migration spectrum of *Porphyra haitanensis*

极显著高于前期采收的坛紫菜 ($P < 0.01$), 壬醛 (阈值为 $1.0 \mu\text{g}/\text{kg}$) 具有青草味^[20], 对坛紫菜的愉悦气味有贡献, 但同时产生苦杏仁味的苯甲醛含量也较高。五水坛紫菜的气味指纹图谱与四水坛紫菜相似, 仅壬醛和正己醇两种物质的含量略有差异。

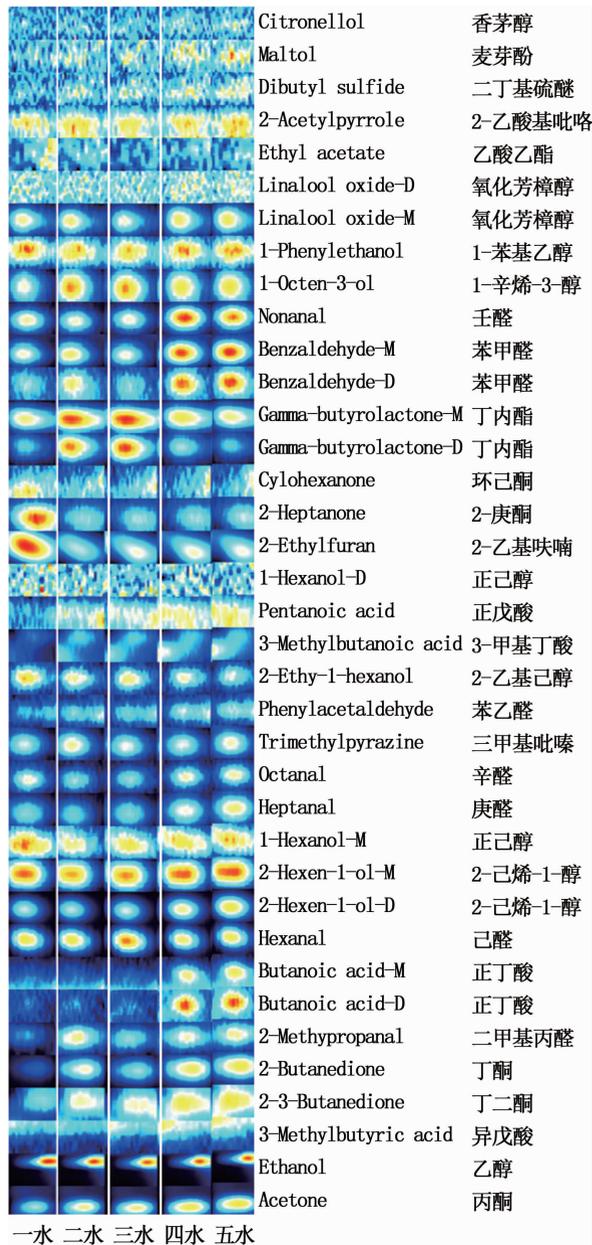


图 5 不同采收期坛紫菜的气味指纹图谱
Fig. 5 The major volatile compounds in *Porphyra haitanensis* harvested during different periods

3 讨论

在对水产品滋味进行评价时, 感官评定的方法具有快速、直观的特点, 但易受主观因素的影

响。通过量化游离氨基酸、呈味核苷酸等特定的呈味物质, 可以对水产品特定滋味进行初步评价。但滋味的形成原理复杂, 除游离氨基酸、呈味核苷酸外, 无机离子、有机酸、肽类等多种物质都会对滋味的形成产生影响, 且不同类别的化合物之间存在相互作用^[21]。近年来, 电子舌技术在水产品滋味评价中的应用越来越广泛^[20, 22], 该技术通过模拟人的味觉系统并量化数据, 从而提高了评价的科学性和准确性。电子舌分析数据表明, 不同采收期的坛紫菜在滋味方面有明显差异。随着采收期的延后, 坛紫菜的愉悦滋味 (鲜味和鲜味回味) 强度减弱, 而不愉快的滋味强度逐渐增强。坛紫菜一般用作加工干紫菜。干品既可直接用作烹调原料, 也可经再次加工成即食类产品 (如海苔)。“鲜”是消费者对紫菜产品最主要的评价标准。前期采收的紫菜鲜味和鲜味回味值更高, 因此更适宜作为调味类即食类产品的生产原料。

电子鼻主要由气味取样器、气体传感器阵列和信号处理系统组成, 利用气体传感器阵列中的每个传感器对被测气体灵敏度的差异而识别样本的气味特征^[23]。目前, 该技术已被广泛应用于水产品种类鉴别^[24]、新鲜度检测^[25]、品质评价^[26]等。电子鼻可以很好地区分不同采收期的坛紫菜, 采收期邻近的坛紫菜样品气味也较为接近, 对应的电子鼻响应信号区域呈聚类分布。

气相离子迁移谱仪兼具气相色谱出众的分离能力和离子迁移谱响应快速、灵敏度高的优点, 可对样本中的特征挥发性成分进行快速定性、定量分析, 是食品风味分析领域一项较新的技术。采用该技术从坛紫菜中分离并鉴定出 36 种挥发性物质: 一水坛紫菜的挥发性成分以 2-乙基呋喃以及一些阈值较高的酮、醇类为主; 二水和三水坛紫菜中丁内酯、2-己烯-1-醇、1-辛烯-3-醇含量相对较高; 四水和五水坛紫菜中具有青草味的壬醛和具有苦杏仁味的苯甲醛含量较高。采用电子舌、电子鼻和气相离子迁移谱仪可以快速、准确区分不同采收期的坛紫菜。

参考文献:

- [1] 陈昌生, 谢潮添, 纪德华, 等. 野生坛紫菜种群遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 水产学报, 2008, 32(5): 717-724.
CHEN C S, XIE C T, JI D H, et al. Genetic diversity of wild population of *Porphyra haitanensis* based on ISSR

- analysis[J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(5): 717-724.
- [2] 姚兴存, 邱春江, 赖小燕. 紫菜风味香精的制备及其风味成分分析[J]. 食品科学技术学报, 2015, 33(3): 28-34.
YAO X C, QIU C J, LAI X Y. Preparation and flavor component analysis of *Porphyra yezoensis* flavor essence[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 33(3): 28-34.
- [3] 应苗苗, 施文正, 潘峰. 紫菜不同收割期营养成分的分析[J]. 浙江农业科学, 2009, (6): 1227-1228.
YING M M, SHI W Z, PAN F. Analysis of nutrients in different harvest stages of laver [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2009, (6): 1227-1228.
- [4] 赵玲, 曹荣, 王联珠, 等. 靖海湾条斑紫菜的营养及鲜味评价[J]. 渔业科学进展, 2018, 39(6): 134-140.
ZHAO L, CAO R, WANG L Z, et al. Nutritional analysis and umami assessment of *Pyropia yezoensis* from Jing Bay [J]. Progress in Fishery Sciences, 2018, 39(6): 134-140.
- [5] 应苗苗, 施文正, 刘恩玲. 不同收割期坛紫菜挥发性成分分析[J]. 食品科学, 2010, 31(22): 421-426.
YING M M, SHI W Z, LIU E L. Analysis of volatile components in Laver harvested in different time points [J]. Food Science, 2010, 31(22): 421-426.
- [6] 李微, 阿曼尼萨·买买提, 徐继林, 等. 不同海域不同品种坛紫菜 (*Pyropia haitanensis*) 挥发性成分的比较分析[J]. 渔业科学进展, 2016, 37(5): 147-156.
LI W, OMANNISA · MAMAT, XU J L, et al. Comparative study of volatile components from two strains of *Pyropia haitanensis* in different culture areas [J]. Progress in Fishery Sciences, 2016, 37(5): 147-156.
- [7] 高端昌, 苏丽, 黄星奕, 等. 水产品风味物质的研究进展[J]. 水产科学, 2013, 32(1): 59-62.
GAO R C, SU L, HUANG X Y, et al. Research progress of flavor components in fishery products [J]. Fisheries Science, 2013, 32(1): 59-62.
- [8] 卞瑞姣, 曹荣, 赵玲, 等. 电子鼻在秋刀鱼鲜度评定中的应用[J]. 现代食品科技, 2017, 33(1): 243-247.
BIAN R J, CAO R, ZHAO L, et al. Application of the electronic nose for assessing the freshness of *Cololabis saira* [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(1): 243-247.
- [9] 杨欣怡, 刘源, 许长华, 等. 水产品中挥发性风味物质提取和分析研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(5): 289-295.
YANG X Y, LIU Y, XU C H, et al. Extraction and analysis of volatile flavor compounds in aquatic products: a review [J]. Food Science, 2015, 36(5): 289-295.
- [10] 王当丰, 李婷婷, 刘楠, 等. 顶空固相微萃取-气质联用法结合电子鼻分析鱼精蛋白对草鱼片挥发性气味的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(10): 163-170.
WANG D F, LI T T, LIU N, et al. Analysis of effects of protamine on volatile compounds for grass carp slices by HS-SPME-GC-MS technology combined with electronic nose [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(10): 163-170.
- [11] 曾凡斌, 潘思秩. 食品加工中风味规律的探索[J]. 农业工程学报, 2011, 27(s2): 316-320.
ZENG F B, PAN S Y. Study on laws of flavour during food processing [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(s2): 316-320.
- [12] 吴永俊, 王玉涛, 施文正, 等. 不同产地虹鲟鱼肉风味物质的比较[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(6): 888-899.
WU Y J, WANG Y T, SHI W Z, et al. Comparison of flavor substances of different parts of rainbow trout in different regions [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(6): 888-899.
- [13] 池岸英, 吉宏武, 高加龙, 等. 加热方式对凡纳滨对虾滋味成分的影响[J]. 现代食品科技, 2012, 28(7): 776-780.
CHI A Y, JI H W, GAO J L, et al. Effects of different heating treatments on taste-active components of *Litopenaeus vannamei* [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 28(7): 776-780.
- [14] 赵樑, 吴娜, 王锡昌, 等. 不同生长阶段下中华绒螯蟹滋味成分差异研究[J]. 现代食品科技, 2016, 32(7): 261-269.
ZHAO L, WU N, WANG X C, et al. Comparison of the flavor components of Chinese mitten crab at different growth stages [J]. Modern Food Science and Technology, 2016, 32(7): 261-269.
- [15] 陈伟洲, 吴文婷, 许俊宾, 等. 不同生态因子对皱紫菜生长及生理组分的影响[J]. 南方水产科学, 2013, 9(2): 14-19.
CHEN W Z, WU W T, XU J B, et al. Effects of different ecological factors on growth and physical components of *Porphyra crispata* [J]. South China Fisheries Science, 2013, 9(2): 14-19.
- [16] 付娜, 王锡昌. 滋味物质间相互作用的研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(3): 269-275.
FU N, WANG X C. Research progress in interactions between taste-active components [J]. Food Science, 2014, 35(3): 269-275.
- [17] MOTTRAM D S. Flavour formation in meat and meat products: a review [J]. Food Chemistry, 1998, 62(4): 415-424.
- [18] 刘红, 杨荣华, 戴志远, 等. 利用鲢鱼制备肉味香精及其香气成分的分析[J]. 中国食品学报, 2010, 10(2): 149-153.
LIU H, YANG R H, DAI Z Y, et al. The Preparation of meat flavor essence from silver carp and the analysis of flavor components [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2010, 10(2): 149-153.
- [19] SELLI S, CAYHAN G G. Analysis of volatile compounds of wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) by simultaneous

- distillation-extraction (SDE) and GC-MS [J]. *Microchemical Journal*, 2009, 93(2): 232-235.
- [20] PHAT C, MOON B K, LEE C. Evaluation of umami taste in mushroom extracts by chemical analysis, sensory evaluation, and an electronic tongue system[J]. *Food Chemistry*, 2016, 192: 1068-1077.
- [21] FUKU S, KONOSU S. Taste-active components in some foods: a review of Japanese research [J]. *Physiology & Behavior*, 1991, 49(5): 863-868.
- [22] 苗晓丹, 刘源, 马奎, 等. 结合感官评价与电子舌技术优化酶水解养殖暗纹东方鲀肌肉制备呈味肽[J]. *现代食品科技*, 2015, 31(8): 268-272.
- MIAO X D, LIU Y, MA L, et al. Optimized enzymatic hydrolysis for flavor peptide preparation from cultured obscure pufferfish (*Takifugu obscurus*) using sensory evaluation and electronic tongue[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2015, 31(8): 268-272.
- [23] PERIS M, ESCUDER-GILABERT L. A 21st century technique for food control: electronic noses [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2009, 638(1): 1-15.
- [24] ZHANG M X, WANG X C, LIU Y, et al. Species discrimination among three kinds of puffer fish using an electronic nose combined with olfactory sensory evaluation [J]. *Sensors*, 2012, 12(9): 12562-12571.
- [25] HAN F K, HUANG X Y, TEYE E, et al. Nondestructive detection of fish freshness during its preservation by combining electronic nose and electronic tongue techniques in conjunction with chemometric analysis [J]. *Analytical Methods*, 2014, 6(2): 529-536.
- [26] WILSON A D, OBERLE C S, OBERLE D F. Detection of off-flavor in catfish using a conducting polymer electronic-nose technology [J]. *Sensors*, 2013, 13(12): 15968-15984.

Flavor analysis of *Porphyra haitanensis* harvested during different periods

CAO Rong^{1,2}, LIU Nan¹, WANG Lianzhu¹, LIU Qi¹

(1. *Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China*;
2. *Laboratory for Marine Drugs and Bioproducts of Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266235, Shandong, China*)

Abstract: Laver can be harvested many times in one cultivation cycle. In order to evaluate the flavor differences among lavers harvested during different periods, the taste and odor were tested by electronic tongue, electronic nose and gas phase ion migration spectrometer. The results showed that umami and aftertaste of umami were outstanding in the lavers that were harvested in the early stage. The unpleasant taste such as bitterness and astringency were more intense in the lavers that were harvested in the later stage. In the aspect of volatile components, the data from electronic nose test indicated that the volatile compounds of lavers harvested during different periods were significantly different. The volatile compounds in the first harvest of laver were mainly 2-ethylfuran, and some ketones and alcohols with relatively higher threshold. The contents of γ -butyrolactone, 2-hexene-1-alcohol and 1-octene-3-alcohol were relatively higher in the second and third harvests of lavers. The contents of nonanal (smell of grass) and benzaldehyde (smell of bitter almond) were higher in the fourth and fifth harvests of lavers. It can be concluded that electronic tongue, electronic nose and gas phase ion migration spectrometer can be used to distinguish the flavor characteristics of different lavers quickly and accurately.

Key words: *Porphyra haitanensis*; harvest period; flavor; electronic tongue; electronic nose