浒苔加热过程中挥发性风味成分的变化

裘迪红 宋绍华 苏秀榕 潘道东
(宁波大学生命科学与生物工程学院 浙江宁波 315211)

摘要 将浒苔 110℃加热 30min,然后进行感官分析。采用顶空固相微萃取(HS-SPME)提取干燥浒苔的风味物质,用气-质联用(GC-MS)技术分析其挥发性化合物,结果发现异戊酸、二甲基硫醚、8-十七烯、二甲基亚砜、二氢猕猴桃内酯、苯甲醛等是其主要风味物质。结合电子鼻(E-nose)技术分析湿浒苔加热过程中挥发性风味物质的变化情况,结果显示:浒苔加热后风味发生了很大变化。在一定温度范围,随着温度的升高和时间的延长,浒苔风味变化逐渐减缓趋于稳定。

关键词 肠浒苔; 加热; 感官分析; HS-SPME/GC-MS; 挥发性风味成分; 变化
文章编号 1009-7848(2013)05-0246-08

浒苔(*Enteromorpha prolifera*)俗称苔条,属于绿藻门石莼目石莼科浒苔属的藻类植物,是我国海洋野生植物中极为丰富的大型呈丝状的经济藻类。其营养丰富,含有人体必需的氨基酸、脂肪酸、维生素和多种矿物质[1-9],是一种高膳食纤维、较高蛋白、低脂肪、低热量海藻,自古以来为食药两用藻类,具有重要的经济开发价值。在食品中添加浒苔,既可提高食品色、香、味,也可改善食品营养价值。我国和日本等国家的沿海居民都有食用海产绿藻的习惯。

藻类的研究开发多集中在红藻和褐藻。绿藻产量低,其利用受到限制。浒苔纤维太硬,腥味过浓,直接食用不能为多数消费者接受。将其加热炒制后具有一种特殊的香气,是一种传统的风味食品。2008 年,青岛海域突发浒苔自然灾害,漂浮浒苔的面积达 2.4 万 km^2,若能通过研究浒苔特征性风味化合物以及浒苔加工过程中风味的变化,开发出新型浒苔食品,既可将浒苔变废为宝,又可缓解大量浒苔对环境的污染。

我国浒苔资源丰富,产量巨大,目前大部分处于自生自灭状态。浒苔应用研究主要在浒苔食品的开发上,如膨化食品、浒苔片[10]、海苔饼干、海苔花生、浒苔挂面、浒苔酱、浒苔汤料、浒苔果冻、浒苔绿藻精饮料和浒苔功能性食品等。

食品的风味物质一般成分繁多,含量极微,且挥发性较高,多数为易破坏的热不稳定性物质。挥发性化合物决定香气特性,对食品的特征风味贡献大。目前在分析食品挥发性风味物质时,用来获取或浓缩待测物挥发性风味物质的常用方法主要有同时蒸馏萃取法、吹扫捕集法及固相微萃取法等,比较而言,固相微萃取法快速、经济安全、选择性好且灵敏度高[11]。20 世纪 90 年代发展起来的电子鼻检测技术(entronic nose),分析风味客观和公正,且成本不高[12],能捕捉到样品中挥发性成分的整体信息和香气的总体轮廓,在食品检测中应用十分广泛。

本文采用电子鼻技术分析浒苔加热过程中的风味变化情况,对其颜色、气味和组织形态进行感官分析。对最佳加热浒苔样品,采用顶空固相微萃取(HS-SPME)进行纯化、富集,再与气相色谱-质谱联用,分析其挥发性成分,为浒苔风味食品的开发提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

新鲜肠浒苔(*Enteromorpha intestinalis*):采于浙江宁波象山,用海水洗后再用蒸馏水洗 3 遍,于-20 ℃保存。

收稿日期: 2012-05-09
基金项目: 浙江省科技厅创新团队自主设计项目(2011R09031-12)
作者简介: 裘迪红,女,1966 年出生,副教授

1.2 仪器与设备

SHIMADZU QP2010 气相色谱-质谱（GC-MS）联用仪，日本岛津公司；SPME 萃取装置；50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头；冷冻干燥机（SIM USA Intl.Group）；恒温水浴锅和高纯氦气（99.999%）；PEN3 便携式电子鼻，德国 Airsense 公司；恒温鼓风干燥箱，宁波江南仪器厂；60 mL 试剂瓶；15×100 mm 短试管。

1.3 试验条件和方法

1.3.1 浒苔加热条件　新鲜浒苔直接干燥法[13]测水分，因浒苔藻体呈纤维结构，管体中空，含有大量水分，而浒苔中的挥发性物质是测量对象，因此采用低温长时间鼓风干燥至水分降低到 80%左右后制样，剩余样品于冰箱中冻存。

取 1 g 冻存浒苔迅速剪碎放入试剂瓶中，选取 90、100 和 110 ℃，时间为 20、30 和 40 min 加热，每种温度和时间组合是 3 个平行。

1.3.2 感官分析　取不同温度和时间加热的浒苔样品，以半成品浒苔为参照，按照以下评定标准（见表 1），由感官评定小组（10 男 10 女）按总分 10 分进行打分，加权平均后得分。

表 1　浒苔感官评定标准

Table 1　Sensory evaluation standards for *Enteromorpha intestinalis*

颜色	鲜绿色	深绿色		
评分(2)	1	2		
气味	海腥味或无味	鲜藻味且有淡淡的浒苔香	稍浓浒苔香	浓浓浒苔香
评分(4)	1	2	3	4
组织形态	湿而硬	较湿、较松软	干而松软	全干且脆
评分(4)	1	2	3	4

1.3.3 干燥浒苔风味物质分析　根据感官评定结果取最佳风味的干燥浒苔样品 0.1 g，置于 15 mL SPME 顶空瓶中，60 ℃水浴 10 min，将经老化处理过的 50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头插入顶空瓶中于 60 ℃萃取 30 min，20 ℃下静置平衡 20 min，迅速将萃取头置于进样口解吸 5 min，GC-MS 分析。

色谱条件：Vocol 毛细管柱（60 m×1.8 μm×0.32 mm）；程序升温为 35 ℃（保持 3 min），3 ℃/min 至 40 ℃（保持 1 min），5 ℃/min 至 210 ℃（保持 25 min），采用不分流进样模式，柱流速为 3 mL/min；进样口温度为 210 ℃，载气为氦气。

质谱条件：离子源温度 210 ℃，电离方式 EI，电子能量 70 eV，接口温度 250 ℃。

化合物经谱库检索及人工解析确定其化学结构，用峰面积归一化法确定其相对含量。仅报道相似度大于 80 的鉴定结果。

1.3.4 干燥浒苔风味变化的电子鼻分析　将 1.3.1 节中所制的样品分别取 0.1 g 短试管中，封口膜封好，每个样品取 5 个平行。样品准备好后静置 1 h，电子鼻参数为样品气体进样速率为 300 mL/min，载气速率为 300 mL/min，测量时间为 200 s。数据处理采用主成分分析（PCA），线性判别函数分析（LDA）。

2 结果与分析

2.1 感官分析结果

通过感官分析可知浒苔经过 110 ℃干燥 30 min 后的风味最佳。

表 2　浒苔加热的感官评分

Table 2　The sensory score of dried *Enteromorpha intestinalis*

试验号	温度/℃	时间/min	感官评分 试验结果
1-1	90	20	1+2+1=4
1-2	90	30	1+2+3=6
1-3	90	40	2+3+3=8
2-1	100	20	1+2+3=6
2-2	100	30	2+4+3=9
2-3	100	40	2+2+4=8
3-1	110	20	2+3+3=8
3-2	110	30	2+4+4=10
3-3	110	40	2+1+3=6

注：表中分数是指“颜色+气味+组织形态=总分”。

2.2 加热过程中的风味变化分析

2.2.1 浒苔风味的 PCA 分析 图 1 是用 PCA 方法分析浒苔风味与电子鼻的关系图，总贡献率为 99.94%。湿浒苔(0#)经过不同加热处理后风味发生了很大的变化。其次，90 ℃加热 20 min(1-1#)、90 ℃加热 40 min (1-3#)、100 ℃加热 40 min (2-3#)、110 ℃加热 20 min(3-1#)的浒苔样品风味差异也较大，加热对浒苔风味影响很大。而 110 ℃加热 30 min(3-2#)的样品与 100 ℃加热 40 min(2-3#) 以及 110 ℃加热 40 min 的样品的风味物质有一定的共性，说明随着温度的升高或时间的延长，浒苔的风味物质逐渐趋于稳定。

2.2.2 浒苔风味的 LDA 分析 图 2 是不同加热处理后的浒苔风味的 LDA 分析图，可以看出，判别式的总贡献率为 91.99%，LD1 和 LD2 的贡献率分别为 76.76%和 15.23%。LDA 分析能很好地区分不同温度加热的浒苔样品风味变化情况。湿样和干样仍然能完全区分，造成变化的主要原因是浒苔受热后产生了大量新的风味物质。不同温度的样品分别落在 3 块不同的区域，能较好地区分开。然而同一温度不同时间的样品风味接近，这说明温度差越大，浒苔的风味变化也越大，图中可发现湿样、90 ℃的 3 个样品和 110 ℃的 3 个样品差异较大，风味不同。此外可看到同一温度下 20 min 到 30 min 的样品风味变化大于 30 min 到 40 min 的样品风味变化，后者距离上更接近可能随着加热时间的延长其风味物质逐渐减少，风味的变化主要是由新风味物质间相互作用引起的。

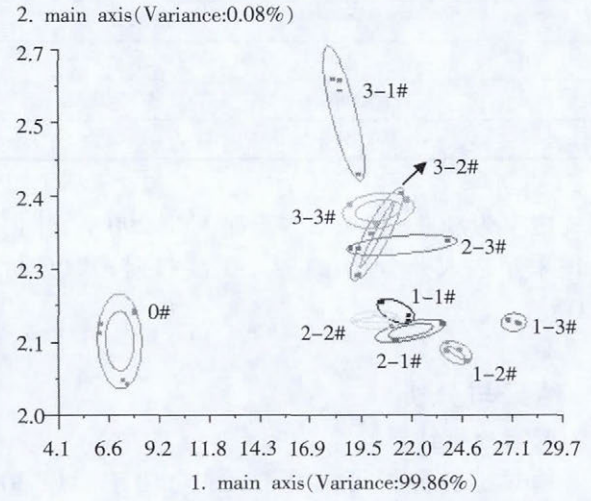

图 1 不同加热过程中浒苔风味的 PCA 分析

Fig.1 PCA anlysis of *Enteromorpha intestinalis* during the different dried process

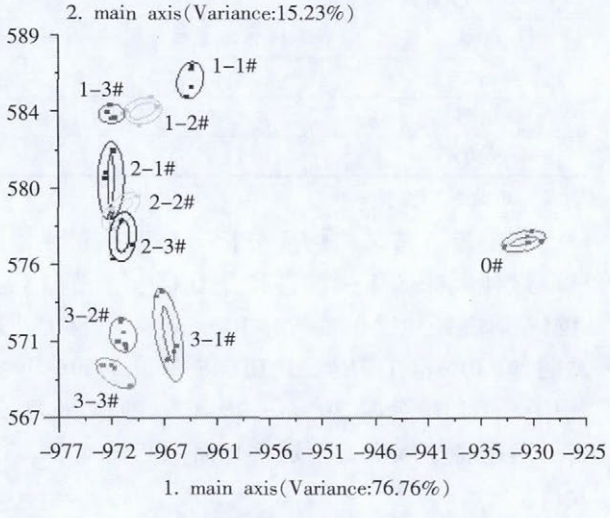

图 2 不同炒制过程中浒苔的 LDA 分析

Fig.2 LDA anlysis of *Enteromorpha intestinalis* during the different dried process

2.3 干燥浒苔的挥发性风味物质分析

采用 HS-SPME/GC-MS 技术对 110 ℃加热 30 min 的浒苔挥发性风味物质进行检测，其挥发性风味物质的总离子流图如图 3 所示。通过谱库检索鉴定出 47 种挥发性风味化合物。其中醛类 11 种，烃类 9 种(包括烯烃 5 种、烷烃 3 种和稠环芳香烃 1 种)，各种杂环类(硅氧烷、呋喃及吡嗪)6 种，酮类和醇类各 5 种，有机酸 3 种，酯类、酚类、含硫化合物和含氮化合物各 2 种。

从表 3 中的物质看出，有些物质相对含量较高，它们都各自有各自的风味，如含量最高的异戊酸有刺激性酸败味，但在浓度极低的情况下有甜润的果香，可由异戊醇或异戊醛氧化得到；含量很高的还有二甲基硫醚，它带有独特腥味的海洋气息，有研究表明二甲基硫醚是熟大蒜挥发性风味物质的主要香气物质之一[14]，此外，还具有浆果、洋葱、甘蓝、蔬菜、土豆、西红柿、鱼、扇贝、奶油香气[15]；8-十七烯是红毛菜属藻类特征性挥发成分之一[16]，Antonio Galanl 等[6]在龙须菜和浒苔粉中均有该物质，由此看出 8-十七烯是藻类特征性挥

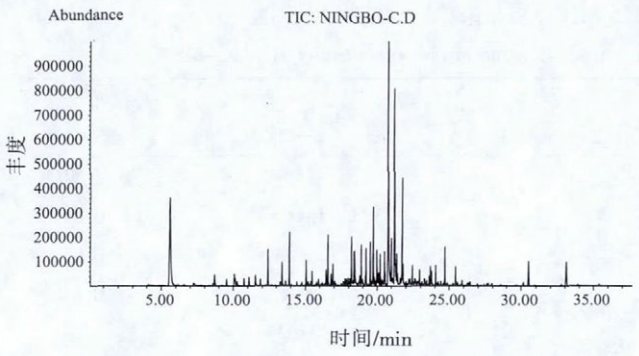

图 3　干燥肠浒苔挥发性成分总离子图

Fig.3　Total ion chromatograms of aromatic compounds released from dried *Enteromorpha intestinalis*

发成分；苯甲醛有苦杏仁气味；二氢猕猴桃内酯带有香豆素样香气，并有麝香样气息；二甲基亚砜稍带苦味；有浓烈的大蒜或者牡蛎味道；乙酸有刺激性气味；反，反-2，4-庚二烯醛有青香、醛香和鸡肉香气，是一种食用香料；异丁酸有刺激性气味，可由异丁醇或异丁醛的直接氧化得到；β-紫罗兰酮具有特有的类似紫罗兰、柏木、复盆子的香气；反，反-3，5-辛二烯-2-酮、3，5-辛二烯-2-酮和 2，6，6-三甲基-2-环己烯-1，4-二酮都属于烯酮类化合物，有研究报道，烷基二酮给予食品一种强烈的奶油香和宜人的香味[17]，其中 2，6，6-三甲基-2-环己烯-1，4-二酮具有浓甜的茶叶香味，并带有坚果、木香、柑橘样韵调，是最新开发的具绿茶特征香气的新香料；1-己醛呈生的油脂和青草气及苹果香味；反-2-戊醇、1-戊烯-3-醇有水果香味，天然存在于橙子、草莓、番茄等中。此外，相对含量较高的有 1-(2-甲基丙基) 环己烯、1，3-环辛二烯和 N，N-二甲基乙酰胺，其气味尚不明确。

新鲜浒苔挥发性物质组成中烃类化合物占整个挥发性化合物的比例最大，达到 61.38%；其次是醛类，达到 23.49%；酮类、杂环类和醇类分别占 6.41%、3.56%和 1.78%；其它如呋喃类 0.7%、醚类 1.49%及酯类 0.1%占的比例很小。所以烃类和醛类物质是新鲜浒苔的主要挥发性成分。而对 110℃加热 30min 的浒苔各类化合物分析得到(图 4、图 5 所示)，其中有机酸类、含硫化合物以及醛类化合物占整个挥发性化合物的比例较大，分别为 13.96%、12.27%和 10.25%；其次是烃类(8.11%)，酮类(5.43%)和醇类(4.82%)；其它还有小部分的酯类、杂环类、酚类和含氮化合物。烃类化合物含量发生了很大变化，醛类含量变小了，有机酸增加。浒苔中含有丰富的蛋白质、脂肪和碳水化合物，新鲜浒苔经过 110 ℃加热 30 min 后会发生降解，降解后的产物之间也会相互作用，如氨基酸和还原糖之间的美拉德反应、Strecker 降解等，产生各种具有特殊香味的醛类，还有内酯类、呋喃类，而醛和醇可进一步氧化得到有机酸；浒苔中的几种含硫化合物尤其是二甲硫醚是海藻香气的主体成分，且新鲜乳香气的主体成分是二甲基硫醚(阈值 12ppb)，但含量稍高会产生异味。

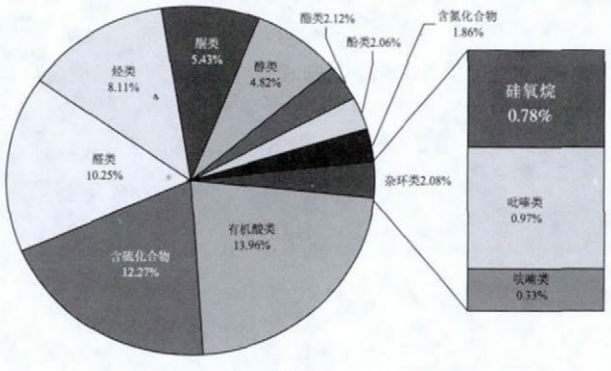

图 4　干燥肠浒苔挥发性物质组成

Fig.4　The percentage of volatiles compounds from dried *Enteromorpha intestinalis*

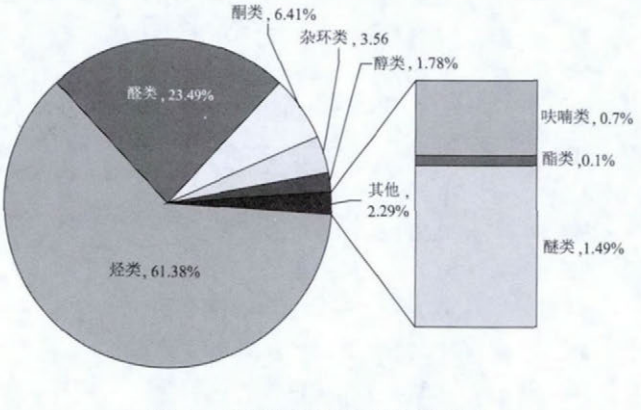

图 5　新鲜浒苔挥发性物质组成

Fig.5　The percentage of volatiles compounds from fresh *Enteromorpha intestinalis*

表 3 干燥肠浒苔 GC–MS 分析结果

Table 3 Analysis result of VOCs released from dried *Enteromorpha intestinalis* by GC–MS

峰号	保留时间/min	化合物名称	化学式	相对百分含量/%
1	5.58	二甲基硫醚	C_2H_6S	10.29
2	7.24	六甲基环丙硅烷	$C_6H_{18}O_3Si_3$	0.37
3	8.59	2–甲基丁醛	C_5H_{100}	0.16
4	8.69	3–甲基丁醛(异戊醛)	C_5H_{100}	0.74
5	9.54	2–乙基呋喃	C_6H_8O	0.33
6	10.27	八甲基环四硅氧烷	$C_8H_{24}O_4Si_4$	0.28
7	11.53	2–丁烯醛(巴豆醛)	C_4H_6O	0.56
8	12.40	1–己醛	$C_6H_{12}O$	1.40
9	13.27	十甲基环戊硅氧烷	$C_{10}H_{30}O_5Si_5$	0.13
10	13.90	1–戊烯–3–醇	$C_5H_{10}O$	1.70
11	15.05	2–己烯醛	$C_6H_{10}O$	0.99
12	15.47	1–正戊醇	$C_5H_{12}O$	0.47
13	15.71	1,3,5,7–环四辛烯	C_8H_8	0.06
14	15.92	甲基吡嗪	$C_5H_6N_5$	0.23
15	16.57	反–2–戊醇	$C_2H_5CH=CHCH_2OH$	1.68
16	16.79	顺式–2–庚烯醛	$C_7H_{12}O$	0.37
17	16.83	4,6–二甲基嘧啶	$C_6H_8N_2$	0.22
18	16.92	2,6–二甲基吡嗪	$C_6H_8N_2$	0.74
19	17.63	正十四烷	$C_{14}H_{30}$	0.15
20	18.19	N,N–二甲基乙酰胺	C_4H_9NO	1.64
21	18.42	乙酸	$C_2H_4O_2$	1.80
22	18.78	反,反–2,4–庚二烯醛	$C_7H_{10}O$	0.74
23	18.88	未鉴定		1.32
24	18.98	正十五烷	$C_{15}H_{32}$	0.32
25	19.21	反,反–2,4–庚二烯醛	$C_7H_{10}O$	1.71
26	19.51	反,反–3,5–辛二烯–2–酮	$C_8H_{12}O$	1.33
27	19.71	苯甲醛	C_7H_6O	2.99
28	19.80	5–甲基–3–(1–甲基亚乙基)–1,4–己二烯	$C_{10}H_{16}$	0.30
29	19.97	异丁酸(二甲基丙酸)	$C_4H_8O_2$	1.68
30	20.07	2,3–丁二醇	$C_4H_{10}O_2$	0.38
31	20.20	3,5–辛二烯–2–酮	$C_8H_{12}O$	1.25
32	20.51	二甲基亚砜	C_2H_6OS	1.98
33	20.75	未鉴定		16.18
34	20.99	1–(2–甲基丙基)环己烯	$C_{10}H_{18}$	1.698
35	21.19	3–甲基丁酸(异戊酸)	$C_5H_{10}O_2$	10.49
36	21.37	1,3–环辛二烯	C_8H_{12}	1.044
37	21.43	十七(碳)烷	$C_{17}H_{36}$	0.60
38	21.73	8–十七烯	$C_{17}H_{34}$	3.79
39	21.80	2,6,6–三甲基–2–环己烯–1,4–二酮	$C_9H_{12}O_2$	1.13
40	22.27	3,5–二甲基苯甲醛	$C_9H_{10}O$	0.38

（续表 3）

峰号	保留时间/min	化合物名称	化学式	相对百分含量/%
41	22.50	萘	$C_{10}H_8$	0.16
42	22.82	水杨酸甲酯	$C_8H_8O_3$	0.28
43	23.59	α-紫罗兰酮	$C_{13}H_{20}O$	0.32
44	23.75	苄醇	C_7H_8O	0.59
45	24.04	2,6-二叔丁基对甲酚	$C_{15}H_{24}O$	0.66
46	24.70	β-紫罗兰酮	$C_{13}H_{20}O$	1.40
47	25.55	十五烷醛	$C_{15}H_{30}O$	0.19
48	30.49	2,4-二叔丁基苯酚	$C_{14}H_{22}O$	1.41
49	33.09	二氢猕猴桃内酯	$C_{11}H_{16}O_2$	1.85

3　结论与讨论

湿浒苔经过 110 ℃加热 30 min 能在感官上达到最佳，通过对该样品进行顶空固相微萃取后用气质联用法分析其挥发性风味物质，获得了 40 多种挥发性风味化合物，其中有有机酸、含硫化合物、醛类等。对各类化合物分析得到异戊酸、二甲基硫醚、8-十七烯、二甲基亚砜、二氢猕猴桃内酯、苯甲醛、反，反-2,4-庚二烯醛、1-戊烯-3-醇、反-2-戊醇以及 N,N-二甲基乙酰胺是炒制浒苔主要的风味化合物。它们对于浒苔特殊香气的形成贡献最大。应用电子鼻检测发现湿浒苔风味与加热浒苔风味差异很大，说明浒苔在加热过程中产生了大量新物质而导致风味发生巨大变化，但是一定温度范围内随着温度升高或者时间延长，新的风味物质之间相互作用使风味变化逐渐减缓，风味渐渐趋于稳定。因此，电子鼻对浒苔加热过程中的变化具有一定地识别作用，通过这种快速检测方法，可以发现浒苔在加热过程中挥发性风味的变化情况。

采用 SPME-GC-MS 技术与电子鼻技术结合来分析样品的风味虽有可行性强，重复性好，灵敏度高的优点，但这些取决于分析过程中的处理，Hans Reinhard[18]指出电子鼻的传感器使用时间达到一定程度时会发生改变，而且固相微萃取条件下萃取纤维仅限于 100 个吸附于解析周期。因此，试验处理过程一定要谨慎。SPME-GC-MS 方法早在国外的果蔬饮料等食品[19]风味方面应用很广泛，近年在国内实用性也非常强，无论是研究肉制品、果蔬类、饮料还是发酵制品的风味研究中，都占据着举足轻重的地位，但该方法结合电子鼻分析海藻的风味国内外较少见报道。

浒苔的风味成分组成复杂且多变，且样品采取不同的提取和分离方法，其所得风味物质的组成也会有所不同[20]，所以在今后的研究中应探索先进的风味成分提取方法，或将 SPME 法与其他风味萃取方法结合以获得较全面的浒苔风味物质。在风味物质研究中，GC-MS 法是最常用的分析手段，但在大量的挥发性化合物中可能只有一小部分阈值和含量很低的物质对风味有贡献，而 GC-MS 法不能对这些低含量的物质进行辨别。而国外对食品风味分析运用较多的是气相色谱-嗅觉测量法（gas chromatography-olfactometry）即 GC-O 法，该方法能够从大量的挥发性物质中挑选出气味活性成分，并衡量其对整体气味的贡献大小。近几年国外对其应用越来越多，特别是在食品和饮料风味方面的研究[21-22]。因此，今后需通过进一步深入研究，增加阈值认知参数，将 SPME-GC-MS 法、电子鼻与 GC-O 法[23]结合来弥补各方法的不足，以此完善浒苔图库的信息量。这对确定浒苔的特征性风味物质具有很好参考价值。

参 考 文 献

[1] M. Aguilera-Moralesa, M. Casas-Valdeza, et al. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2005, (18): 79-88.

[2] 陶平, 许庆陵, 姚俊刚, 等. 大连沿海 13 种食用海藻的营养组成分析[J]. 辽宁师范大学学报:自然科学版, 2001, 24(4): 406-410.

[3] 徐大伦, 黄晓春, 杨文鸽, 等. 浒苔营养成分分析[J]. 浙江海洋学院学报, 2003, 22(4): 318-340.

[4] 何清, 胡晓波, 周峙苗, 等. 东海绿藻缘管浒苔营养成分分析及评价[J]. 海洋科学, 2006, 30(1): 34-38.

[5] 林英庭, 朱风华, 徐坤, 等. 青岛海域浒苔营养成分分析与评价[J]. 饲料工业, 2009, 30(3): 46-49.

[6] Antonio Galan, 张威, 苏秀榕, 等. 浒苔和龙须菜营养成分的研究[J]. 水产科学, 2010, 29(6): 329-333.

[7] 赵艳芳, 宁劲松, 尚德荣, 等. 2008 年夏季青岛近海浒苔无机元素含量分析[J]. 生物学杂志, 2010, 27 (1): 92-93, 108.

[8] 孙伟红, 冷凯良, 王志杰, 等. 浒苔的氨基酸和脂肪酸组成研究[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(2): 106-109.

[9] 蔡春尔, 姚彬, 沈伟荣,等. 条浒苔营养成分测定与分析[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(2): 155-159.

[10] 朱兰兰, 刘淇, 冷凯良, 等. 浒苔在食品中的应用研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(2): 719-721.

[11] 宋永, 张军, 李冲伟. 食品挥发性风味物质的提取方法[J]. 中国调味品, 2008, (6): 77-78.

[12] 谢安国, 王金水, 渠琛玲. 电子鼻在食品风味分析中的应用研究进展[J]. 农产品加工, 2011, (1): 71-73.

[13] GB/5009.3-2010 食品中水分的测定.

[14] 周江菊. 顶空固相微萃取气质联用分析大蒜挥发性风味成分[J]. 中国调味品, 2010, 35(9): 95-99.

[15] Mosciano G. Oranoleptic characteristics of flavor materials[J]. Perfumer & Flavorist, 1998, 23(1) 33-36.

[16] 伊纪峰, 朱建一, 韩晓磊, 等. HS-SPME-GC/MS 联用检测红毛菜中的挥发性成分[J]. 南京师大学报:自然科学版, 2009, 32(2): 103-107.

[17] Shahidi F. 肉制品与水产品的风味[M]. 李洁, 朱国斌, 译. 北京:中国轻工业出版社, 2001: 143-175.

[18] Hans Reinhard, Fritz Sager, Otmar Zoller. Citrus juice classification by SPME-GC-MS and electronic nose measurements[J]. Food Science and Technology, 2008, (41): 1906-1912.

[19] M. Riu-Aumatell a, M. Castellari b, E. L_opez-Tamames, et al. Characterisation of volatile compounds of fruit juices and nectars by HS/SPME and GC/MS[J]. Food Chemistry, 2004,(87): 627-637.

[20] Zhang Zhuo-min, Li Gong-ke. Apreliminary study of plant aroma profile characteristics by acombination sampling method coupled with GC-MS[J]. Microchemical Journal, 2007,(86): 29-36.

[21] 李雪, 苏平, 应丽亚. GC-O——食品风味化合物检测技术及其应用[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(8):140-144.

[22] Du X., Plotto A., Baldwin E, et al. Evaluation of volatiles from two subtropical strawberry cultivars using gc-olfactometry, gc-ms odor activity values, and sensory analysis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59 (23): 12569-12577.

[23] Silvia López-Feria, Soledad Cárdenas, Miguel Valcárcel. Simplifying chromatographic analysis of the volatile fraction of foods[J]. Trends in Analytical Chemistry, 2008, 27 (9):794-803.

Changes of Flavor in *Enteromorpha Intestinalis* during the Heated Process

Qiu Dihong Song Shaohua Su Xiurong Pan Daodong

(*Faculty of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo 315211, Zhejiang*)

Abstract *Enteromorpha intestinalis* were heated on the condition of 110 ℃ (30 min) to get the best pleasant fragrance by sensory evaluation. Headspace solid phase microextraction with gas chromatography (HS-SPME-GC-MS) was

used to determine the volatile flavor compounds of dried *Enteromorpha intestinalis*. The results showed that the main characteristic volatile flavors were 3-methyl-Butanoic acid, dimethyl sulfide, 8-Heptadecene, dimethyl Sulfoxide, 2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-,(R)-, Benzaldehyde etc. In addition, we studied the change of flavor in *Enteromorpha intestinalis* during the heated process by e-nose. We draw the conclusion that *Enteromorpha intestinalis* changed greatly after heated, but at a certain temperature range the flavor changes gradually slowed and the flavor was gradually stabilizing with the temperatures rise and the time fly.

Key words *Enteromorpha intestinalis*; heat; sensory evaluation; HS-SPME/GC-MS; volatile flavors; changes

科技动态

我国科学家发现细胞“返老还童”的新细胞生物学机制

新华网北京 5 月 26 日电，诱导多能干细胞及其产生的功能细胞移植被认为是治疗遗传病、器官损伤以及帕金森等退行性疾病的重要手段，但目前该领域的瓶颈是对此缺乏分子机理认识。最近，我国科学家发现了一种新细胞生物学机制，有望推动诱导多能干细胞技术更快地应用到疾病治疗中。

中科院广州生物医药与健康研究院研究员裴端卿、郑辉的团队完成的这一研究成果 26 日在线发表于国际学术期刊《自然·细胞生物学》。

据介绍，诱导多能干细胞过程可以将人体内的普通细胞“逆转”回到早期胚胎发育状态，从而重新获得分化成为体内绝大多数种类细胞的能力，建立该技术的科学家凭此获得了 2012 年度诺贝尔生理或医学奖。这一细胞水平的“返老还童”过程蕴藏着众多生命奥秘，但目前人们对其知之甚少。

我国科学家很早就认识到其潜在的意义与相关机制。早在 2010 年，裴端卿团队就发现，细胞“逆转”过程是由间充质细胞状态转变到上皮细胞状态来驱动的。在进一步的研究中，裴端卿、郑辉团队通过优化转化因子导入的顺序，发现在间充质转变到上皮细胞状态前还存在一个上皮向间充质细胞状态转换过程，并证明这样的多次转换有利于提高重编程效率。

“这一发现与中国传统阴阳太极理念较一致。我们进一步推论，间充质细胞状态与上皮细胞状态之间的多次相互转换机理具有较高的普遍性，在其他系统或研究中也存在”裴端卿说。

科学家表示，间充质细胞状态和上皮细胞状态之间的顺序性相互转变这一发现，将可以进一步提高体细胞重编程为诱导多能干细胞过程。这一新细胞生物学机制有望推动诱导多能干细胞研究的理论和实践突破，为干细胞治疗帕金森等退行性疾病开辟新途径。

（消息来源：新华网）