

椴木木耳和袋栽木耳挥发性成分 及特征风味物质比较分析

李翔, 邓杰, 徐宏, 王秋果, 杨育静, 唐英棋, 刘达玉*
(成都大学, 食品加工四川省高校重点实验室, 四川成都 610106)

摘要: 本文采用顶空固相微萃取分别提取椴木木耳、袋栽木耳的挥发性成分, 采用 GC-MS 分析样品的挥发性成分组成, 采用相对气味活度值 (ROAV) 判定特征风味物质, 并对椴木、袋栽木耳的特征风味物质进行了比较。结果表明, 从椴木木耳中检出 45 种挥发性成分, 主要是醇类、酸类、醛类化合物, 相对含量最高的是乙酸, 占比 14.57%。从袋栽木耳中检出 46 种挥发性成分, 主要是醇类、酸类、醛类化合物, 相对含量最高的是正十四烷, 占比 8.63%。采用 ROAV 法进行评价, 椴木木耳的关键风味物质包括 1-辛烯-3-醇、正己醛、壬醛、正庚醛、正戊醛、1-庚醇、正己醇, 共 7 种。袋栽木耳的特征风味物质包括 1-辛烯-3-醇、正己醛、正庚酸、1-壬醇、正戊醛、1-辛醇, 共 6 种。

关键词: 木耳, 挥发性成分, HS-SPME 微萃取, GC-MS 分析, 特征风味物质

Comparative Analysis of Volatile Components and Key Flavor Compounds of Basswood and Bagging *Auricularia auricula*

LI Xiang, DENG Jie, XU Hong, WANG Qiu-guo, YANG Yu-jing, TANG Ying-qi, LIU Da-yu*

(Key Laboratory of Food Processing of Sichuan, Chengdu University, Chengdu 610106, China)

Abstract: In this paper, the volatile components of basswood and bagging *Auricularia auricula* were extracted by headspace solid phase microextraction (HS-SPME), and were analyzed by GC-MS, and the key flavor substances were determined by relative odor activity value (ROAV). 45 volatile components were detected from the basswood *Auricularia auricula*, and mainly were alcohols, acids and aldehydes, and the highest relative content was acetic acid, accounting for 14.57% of all volatile components. 46 volatile components were found in bagging *Auricularia auricula* and mainly components were as basswood *Auricularia auricula*, and the highest relative content was fourteen alkane, accounting for 8.63% of all volatile components. The ROAV method was used to evaluate the 7 kinds of key flavor substances of basswood *Auricularia auricula* including 1-octyl-3-alcohol, hexaldehyde, naldehyde, heptanal, valeraldehyde, 1-heptanol and hexanol. There were 6 kinds of key flavoring substances of bagging *Auricularia polytricha* including 1-octyl-3-alcohol, hexaldehyde, heptanic acid, 1-nonyl alcohol, positive aldehyde and 1-octanol.

Key words: *Auricularia auricula*; volatile components; HS-SPME; GC-MS analysis; key flavor compounds

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)05-0249-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.05.041

引文格式: 李翔, 邓杰, 徐宏, 等. 椴木木耳和袋栽木耳挥发性成分及特征风味物质比较分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(5): 249-252, 269.

木耳 (*Auricularia auricula*) 是世界第四大栽培食用菌, 作为世界木耳栽培的起源地, 中国拥有丰富的木耳种质资源^[1]。木耳营养丰富, 被誉为“菌中之冠”。木耳中的多糖体能分解肿瘤, 提高人的免疫力, 具有很好的抗癌作用, 还有补气养血、润肺止咳、止血、降压等很多药用功效^[2-3]。椴木木耳 (*Basswood Auricularia auricula*) 栽培起源于中国至今已有 1400 多年历史是世界上人工栽培的第一个食用菌品种, 多是以栎树椴木种植, 一般在 1 m 左右长的椴木上

打孔, 种上菌种, 露天自然生长而成, 肉质肥厚紧密。袋栽木耳 (*Bagging Auricularia polytricha*) 采用适宜的培养基, 点上菌种, 一般地摆或挂袋生长而成。国内目前对各种银耳、木耳的挥发性成分的研究极少, 甚至认为银耳和木耳中几乎不含有挥发性成分, 最具有参考意义的是曹玉春等^[4]对木耳的化学成分分析与比较。Zengin Gokhan^[5]等研究了土耳其 11 种野生蘑菇的脂肪酸组成分析, 其中黑木耳脂质含量 0.13%, 未见其他文献报道木耳营养风味成分的研究

收稿日期: 2018-05-21

作者简介: 李翔 (1974-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 食品加工与安全, E-mail: lixiang138@hotmail.com。

* 通讯作者: 刘达玉 (1964-), 男, 硕士, 教授, 研究方向: 食品加工与安全, E-mail: liudy1014@sina.com。

报道。本文运用顶空固相微萃取法(HS-SPME)结合气质联用色谱(GC-MS),分析测定挥发性成分,并采用相对气味活度值(ROAV)对椴木、袋栽木耳的特征风味物质进行了比较,以期更深入地了解木耳风味特性,对木耳深加工和开发新产品具有重要意义,同时也有利于提高其经济效益。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

椴木木耳干品 通江县四川中茂农业科技开发有限公司,产自四川省通江县陈河九弯十八包;袋栽木耳干品 购买于超市,产自福建省古田县,由四川省农业科学院彭卫红研究员鉴定为木耳(*Auricularia auricula*)。

HP6890/5973-GCMS-Suoelco 型顶空固相萃取及气质联用仪 美国安捷伦公司。

1.2 实验方法

1.2.1 顶空固相萃取取样 将椴木木耳干品和袋栽木耳干品用粉碎机粉碎后,用电子天平称取 5.0000 g 粉碎后的粉末于采样瓶,置于 85 ℃ 水浴锅,采用 75 μm CAR/PDMS 萃取头插入采样瓶萃取 40 min 后解析时间 3 min。

1.2.2 GC-MS 条件

1.2.2.1 气相条件 Hp-Innowax 色谱柱(30 m × 0.32 mm × 0.5 μm);升温程序:50 ℃ 保持 3 min,以 5 ℃/min 升至 200 ℃ 保持 23 min,再以 10 ℃/min 升至 260 ℃ 保持 5 min;分流比 2:1;总流量:7.0 mL/min;柱流量:1.00 mL/min。

1.2.2.2 质谱分析条件 电离方式 EI(电轰击);离子源温度:230 ℃;接口温度:260 ℃;质谱扫描范围 20~450 m/z。

1.2.2.3 定性及定量方法 利用 NIST 质谱库对色谱峰进行检索,选取相似度大于 80% 的峰并参考文献对色谱峰进行解析,按照峰面积归一化法求得各挥发性成分的峰面积相对含量。

1.2.3 关键风味化合物评定 采用相对气味活度值 ROAV(relative odor activity value)对关键风味化合物进行评价^[6-7],ROAV 计算公式如下:

$$ROAV_i = \frac{OAV_i}{OAV_{\max}} \times 100$$

OAV_i 为样品中任意一种物质的气味活度值, OAV_{max} 为一个样品中 OAV 最高的物质。ROAV 大于等于 1 时,该物质为所测样品的关键风味化合物,当 0.1 ≤ ROAV < 1 时,该物质对所测样品具有重要的作用。

2 结果与分析

2.1 椴木木耳和袋栽木耳挥发性成分 GC-MS 分析结果

从图 1 可以看出,从椴木木耳中检测出 59 种挥发性化合物,通过检索 NIST 质谱图库鉴定出 45 种化合物,其中相对含量排前三的为 22 号峰乙酸(14.569%)、51 号峰正己醇(8.213%)、31 号峰茴香烯(7.476%)。从袋栽木耳中检出 55 种挥发性成分,通过检索 NIST 质谱图库鉴定出 47 种化合物,其中

相对含量排前三的是 23 号峰正十四烷(8.629%)、29 号峰乙酸(7.773%)、22 号峰正己醇(7.119%)。

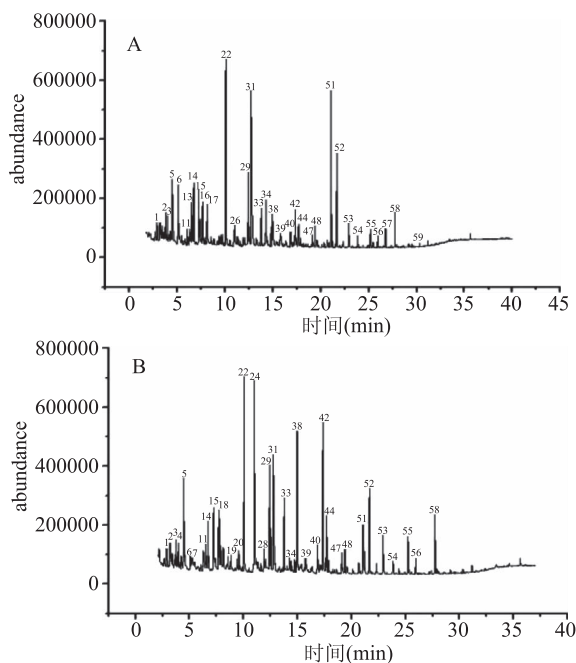


图1 椴木木耳和袋栽木耳挥发性成分总离子流色谱图
Fig.1 Total ion-flow graph of the volatile components of basswood *Auricularia auricula* (A) and bagging *Auricularia auricula* (B)

从表 1 可以看出,在椴木木耳与袋栽木耳中共检测出挥发性成分有 52 种,共有挥发性成分 41 种。其中椴木木耳中检测出的 45 种挥发性化合物,主要是醇类 8 种(21.84%)、酸类 7 种(22.16%)、醛类 10 种(15.31%)和烯类 2 种(10.23%)化合物,还含有酮类 6 种、脂类 5 种、烷类 4 种、呋喃类 1 种、脑类 2 种,其中相对含量最高的化合物为乙酸(14.57%)。从袋栽木耳中检测出的 46 种挥发性化合物,主要有醇类 10 种(29.91%)、酸类 7 种(15.26%)、醛类 10 种(13.65%)、烷类 3 种(10.19%)化合物,还有酮类 7 种、脂类 4 种、烯类 2 种、呋喃 2 种、脑类 1 种,其中相对含量最高的化合物为正十四烷,其含量为 8.63%。椴木木耳植根于木,汲取木头本身的营养精华生长而成;袋栽木耳采用菌袋(锯末、豆饼、麦麸、石灰等混合而成的培养基),两种木耳的栽培基质营养成分不同,可能是导致两种木耳风味成分不同的根本原因。

2.2 椴木木耳和袋栽木耳的特征香气物质比较

为确定特征香味物质,椴木木耳与袋栽木耳特征香味物质成分分析见表 2。从椴木木耳和袋栽木耳中共检测出 52 种共有风味化合物,其中 0.1 ≤ ROAV 的对风味有重要贡献的物质有 12 种,ROAV > 1 的关键风味物质有 8 种,分别是 1-辛烯-3-醇、正己醛、壬醛、正庚酸、正戊醛、1-壬醇、正己醇、1-辛醇。共有的关键风味物质有 1-辛烯-3-醇、正己醛、正庚酸、正戊醛、1-壬醇 5 种。

正己醛是一种常见的挥发油,多见于党参、葡萄干^[8]中,其具有的清香、果香^[9]。1-辛烯-3-醇又名

蘑菇醇,其具有强烈的蘑菇香味和土壤香味,常见于天然植物中^[10]。我国国标将正壬醇规定为可添加的食用香料,用于制造人造玫瑰香精,也用于炼制天然玫瑰精油^[11]。壬醛的感觉阈值很低^[12],在椴木木耳中都处在比较重要的地位,具有花香、脂肪香与柑橘香气^[13],可以让人心情舒畅、给人愉悦感^[14]。正己醇属于六碳醇,是植物体内脂氧合酶代谢的中间产物,

其作用是抑制细胞膜衰老^[15]。在试验中,正己醇是椴木木耳的关键风味化合物,对其他三种样品的风味也有修饰作用。正戊醛也是生活中常见的一种精细化工中间体,一般用作茉莉类合成香料中产量最大的二氢茉莉酮酸甲酯的原料,它天然存在于茉莉花中,已被广泛应用于香水、洗涤用品等花香味香精的调制中,也可作为一些知名香水的主体原料^[16]。

表1 椴木木耳与袋栽木耳挥发性成分组成及其相对含量

Table 1 Composition and relative content of volatile components from basswood and bagging *Auricularia auricula*

分类	保留时间 (min)	化合物名称	分子式	相对含量(%)	
				椴木木耳	袋栽木耳
醇类	6.728	异戊醇 3-Methyl-1-butanol	C ₅ H ₁₂ O	3.13	2.13
	7.662	戊醇 Pentanol	C ₅ H ₁₂ O	2.07	1.42
	10.032	正己醇 Hexyl alcohol	C ₆ H ₁₄ O	8.21	7.12
	11.006	3-辛醇 3-Octanol	C ₈ H ₁₈ O	-	0.56
	12.387	1-辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol	C ₈ H ₁₆ O	3.27	3.50
	12.521	正庚醇 n-Heptanol	C ₇ H ₁₆ O	0.90	1.50
	14.722	芳樟醇 Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	0.46	0.43
	14.946	1-辛醇 1-Octanol	C ₈ H ₁₈ O	2.00	5.25
	17.296	1-壬醇 1-Nonanol	C ₉ H ₂₀ O	1.80	6.00
	22.896	苯乙醇 Phenethyl alcohol	C ₈ H ₁₀ O	-	2.00
小计				21.84	29.91
醛类	2.678	异戊醛 Isovaleraldehyde	C ₅ H ₁₀ O	0.84	0.35
	3.200	正戊醛 Valeraldehyde	C ₅ H ₁₀ O	1.14	1.07
	4.472	正己醛 Hexanal	C ₆ H ₁₂ O	5.69	4.73
	6.295	正庚醛 Heptaldehyde	C ₇ H ₁₄ O	0.78	1.73
	9.366	2-庚烯醛 2-Heptenal	C ₇ H ₁₂ O	0.63	0.59
	11.006	壬醛 1-Nonanal	C ₉ H ₁₈ O	1.25	-
	11.885	2-辛烯醛 2-Octenal	C ₈ H ₁₄ O	0.50	0.92
	13.500	癸醛 Decanal	C ₁₀ H ₂₀ O	0.94	1.72
	14.260	苯甲醛 Benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	2.25	-
	14.400	2-壬烯醛 2-Nonenal	C ₉ H ₁₆ O	-	0.37
	17.068	苯乙醛 Phenylacetaldehyde	C ₈ H ₈ O	-	0.62
	25.167	大茴香醛 Anisic aldehyde	C ₈ H ₈ O ₂	1.29	1.55
小计				15.31	13.65
酸类	12.755	乙酸 Acetic acid glacial	C ₂ H ₄ O ₂	14.57	7.77
	19.373	正戊酸 Valeric acid	C ₅ H ₁₀ O ₂	0.92	0.97
	21.664	正己酸 Hexanoic acid	C ₆ H ₁₂ O ₂	4.02	3.24
	23.830	正庚酸 Heptanoic acid	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.68	0.70
	25.937	正辛酸 Octanoic acid	C ₈ H ₁₆ O ₂	0.50	0.58
	27.716	壬酸 Nonanoic acid	C ₉ H ₁₈ O ₂	1.26	1.68
	31.144	苯甲酸 Benzoic acid	C ₇ H ₆ O ₂	0.21	-
	35.601	十六酸 Palmitic acid	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	-	0.32
小计				22.16	15.26
酮类	7.379	6-甲基-2-庚酮 2-Heptanone, 6-methyl-	C ₈ H ₁₆ O	1.35	0.44
	7.729	3-辛酮 3-Octanone	C ₈ H ₁₆ O	-	2.62
	9.689	6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-Methyl-5-hepten-2-one	C ₈ H ₁₄ O	0.74	0.44
	11.354	3-辛烯-2-酮 3-Octen-2-one	C ₈ H ₁₄ O	0.44	0.65
	15.839	2-十一酮 2-Undecanone	C ₁₁ H ₂₂ O	0.46	0.75
	17.868	六氢假紫罗酮 2-Undecanone, 6,10-dimethyl-	C ₁₃ H ₂₆ O	0.62	0.49
	18.976	右旋香芹酮 D(+)-Carvone	C ₁₀ H ₁₄ O	0.68	0.69
小计				4.29	6.08

续表

分类	保留时间 (min)	化合物名称	分子式	相对含量(%)	
				椴木木耳	袋栽木耳
脂类	5.083	乙酸异戊酯 Isoamyl acetate	C ₇ H ₁₄ O ₂	3.82	0.81
	6.042	乙酸戊酯 banana oil	C ₇ H ₁₄ O ₂	0.95	—
	8.134	乙酸乙酯 Ethyl acetate	C ₄ H ₈ O ₂	2.15	1.18
	14.876	乙酸芳樟酯 Linalyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	1.01	0.33
	16.839	4-羟基丁酸内酯 gamma-Butyrolactone	C ₄ H ₆ O ₂	0.86	1.25
小计				8.79	3.57
烷类	2.897	2,2,4,6,6-五甲基庚烷 2,2,4,6,6-pentamethyl-Heptane	C ₁₂ H ₂₆	1.34	1.03
	3.423	2,2,4,4,6,8,8-七甲基壬烷 2,2,4,4,6,8,8-heptamethyl-Nonane	C ₁₆ H ₃₄	0.89	0.53
	6.370	十二烷 Dodecane	C ₁₂ H ₂₆	0.70	—
	10.926	正十四烷 Tetradecane	C ₁₄ H ₃₀	0.43	8.63
小计				3.36	10.19
烯类	6.494	双戊烯 Dipentene	C ₁₀ H ₁₆	2.75	1.62
	21.033	茴香烯 trans-Anethole	C ₁₀ H ₁₂ O	7.48	2.37
小计				10.23	3.99
呋喃类	5.272	2-正丁基呋喃 2-Butylfuran	C ₈ H ₁₂ O	—	1.09
	7.215	2-正戊基呋喃 2-Pentylfuran	C ₉ H ₁₄ O	2.89	2.92
小计				2.89	4.01
脑类	17.599	草蒿脑 4-Allylanisole	C ₁₀ H ₁₂ O	1.12	1.42
	26.722	α-柏木脑 alpha-Cedrol	C ₁₅ H ₂₆ O	0.76	—
小计				1.88	1.42

注:“—”表示未检出。

表2 木耳组检出各组分 ROAV 值

Table 2 ROAV value of each component of basswood and bagging *Auricularia auricula*

编号	化合物名称	香味阈值 (μg/kg)	ROAV	
			椴木木耳	袋栽木耳
1	1-辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol	1	100.00	100.00
2	正己醛 Hexanal	4.5	38.7307	30.0661
3	壬醛 1-Nonanal	1	38.2002	—
4	正庚酸 Heptanoic acid	3	6.9585	6.6838
5	正戊醛 Valeraldehyde	20	1.7508	1.5232
6	1-壬醇 1-Nonanol	50	1.0995	3.4256
7	正己醇 Hexyl alcohol	250	1.0056	0.8145
8	1-辛醇 1-Octanol	120	0.5058	1.2514
9	苯甲醛 Benzaldehyde	350	0.1965	0.0543
10	苯乙醇 Phenethyl alcohol	86	0.5588	0.6379
11	异戊醇 3-Methyl-1-butanol	120	0.7994	0.5061
12	正庚醇 n-Heptanol	330	0.0829	0.1297

3 结论

本文椴木木耳、袋栽木耳中共检出 52 种共有挥发性香气成分,其中醇类 10 种,醛类 12 种,酸类 8 种,酮类 7 种,脂类 5 种,烷类 4 种,烯类 2 种,呋喃类 1 种,脑类 2 种。椴木木耳中检出了 45 种挥发性成分,主要是醇类(8 种)、酸类(7 种)、醛类(10 种)化合物,相对含量最高的是乙酸(14.57%)。从袋栽木耳样品中检出了 46 种挥发性成分,主要是醇类 10 种、酸类 7 种、醛类 10 种化合物,相对含量最高的是正十四烷(8.63%)。椴木木耳的关键风味物质包括 1-辛烯-3-醇、正己醛、壬醛、正庚醛、正戊醛、1-庚

醇、正己醇,共 7 种,其中 1-辛烯-3-醇对风味的影响最大。壬醛是椴木木耳的特有的关键风味物质。袋栽木耳的关键风味物质主要包括 1-辛烯-3-醇、正己醛、正庚酸、1-壬醇、正戊醛、1-辛醇,共 6 种,其中 1-辛烯-3-醇对风味的影响最大。本实验结果有利于完善香气数据库的建立,为后续产品开发打下基础,也为对比椴木木耳、袋栽木耳挥发性成分提供参考依据。

参考文献

[1]李黎.中国木耳栽培种质资源的遗传多样性研究[D].湖
(下转第 269 页)

好保护作用。

参考文献

- [1] 姚桢.酒精性肝病[M].北京:中国药科技出版社,2001:120-211.
- [2] Cederbaum A I, Lu Yongke, WU Defeng. Role of oxidative stress in alcohol-induced liver injury[J]. Archives of Toxicology, 2009, 83(6): 519-548.
- [3] Knecht K T, Bradford B U, Mason R P, et al. *In vivo* formation of a free radical metabolite of ethanol [J]. Molecular Pharmacology, 1990, 38(1): 26-30.
- [4] Arteel G E. Oxidants and antioxidants in alcohol-induced liver disease[J]. Gastroenterology, 2003, 124(3): 778-790.
- [5] 王明宇, 车庆明. 灵芝三萜类化合物对3种小鼠肝损伤模型的影响[J]. 药学学报, 2000, 35(5): 326-329.
- [6] 张先淑, 饶志刚, 胡先明, 等. 茯苓总三萜对小鼠肝损伤的预防作用[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 270-273.
- [7] 孟宪军, 邓静, 朱力杰, 等. 北五味子藤茎总三萜对小鼠酒精性肝损伤的保护作用[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 228-231.
- [8] Morikawa T, Ninomiya K, Imura K, et al. Hepatoprotective triterpenes from traditional Tibetan medicine *Potentilla anserina* [J]. Phytochemistry, 2014, 102: 169-181.
- [9] He Aimin, Wang Mingshi, Hao Hongyan, et al. Hepatoprotective triterpenes from *Sedum sarmentosum* [J]. Phytochemistry, 1998, 49(8): 2607-2610.
- [10] 卯晓岚. 中国大型真菌[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2000: 447.
- [11] 郑义, 赵节昌, 李勇, 等. 东方栓孔菌子实体营养成分与生物活性物质分析[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 139-143.
- [12] Zheng Yi, Li Yong, Wang Weidong. Optimization of ultrasonic-assisted extraction and *in vitro* antioxidant activities of polysaccharides from *Trametes orientalis* [J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 111(13): 315-323.
- [13] Zheng Yi, Wang Weidong, Li Yong. Antitumor and immunomodulatory activity of polysaccharide isolated from

- Trametes orientalis* [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 131(13): 248-254.
- [14] 尹忠平, 上官新晨, 张月红, 等. 大孔树脂吸附纯化青钱柳叶三萜化合物[J]. 食品科学, 2011, 32(6): 61-65.
- [15] 丁轲, 崔莹, 陆晶晶, 等. SP700 大孔树脂纯化酸枣仁中三萜总皂苷的研究[J]. 离子交换与吸附, 2011, 27(1): 33-42.
- [16] Zhu Lijie, Li Bin, Liu Xiuying, et al. Purification of two triterpenoids from *Schisandra chinensis* by macroporous resin combined with high-speed counter-current chromatography [J]. Journal of Chromatographic Science, 2014, 52(9): 1082-1088.
- [17] Kew M C. Serum aminotransferase concentration as evidence of hepatocellular damage [J]. The Lancet, 2000, 355(9204): 591-592.
- [18] Valko M, Leibfritz D, Moncol J, et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease [J]. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 2007, 39(1): 44-84.
- [19] Del Rio D, Stewart A J, Pellegrini N. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress [J]. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 2005, 15(4): 316-328.
- [20] Hall M E, Blount J D, Forbes S, et al. Does oxidative stress mediate the trade-off between growth and self-maintenance in structured families [J]. Functional Ecology, 2010, 24(2): 365-373.
- [21] Wang Mingyu, Liu Qiang, Che Qingming, et al. Effects of total triterpenoids extract from *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst. (Reishi mushroom) on experimental liver injury models induced by carbon tetrachloride or D-galactosamine in mice [J]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 2002, 4(4): 337-342.
- [22] 杨亚军, 李庆耀, 梁生林, 等. 车前草总三萜对四氯化碳致小鼠肝损伤的保护作用[J]. 中成药, 2012, 34(1): 140-142.
- [23] 张文晶, 余明莲, 吴楠. 灵芝三萜对 α -萘异硫氰酸酯致大鼠肝损伤的保护作用[J]. 解放军药学报, 2011, 27(4): 318-320.

(上接第252页)

- 北: 华中农业大学, 2011: 133.
- [2] 王增. 民间食疗 健康饮食对症调养[M]. 北京: 民主与建设出版社, 2006.
- [3] 张永才. 木耳的化学成分及药理作用的研究进展[J]. 中国医药指南, 2011, 26(9): 201-202.
- [4] 曹玉春, 包海鹰, 图力古尔, 等. 用 GC-MS 方法对四种药用胶质菌化学成分进行比较分析[J]. 菌物学报, 2017(12): 1674-1685.
- [5] Zengin Gokhan, Sarikurku Cengiz, Uysal Sengul, et al. A Comparative fatty acid compositional analysis of different wild species of mushrooms from Turkey[J]. Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA), 2015, 27(7): 532-536.
- [6] 何聪聪, 苏柯冉, 刘梦雅, 等. 基于 AEDA 和 OAV 值确定西瓜汁香气活性化合物的比较[J]. 现代食品科技, 2014, 30(7): 279-285.
- [7] 刘登勇, 周光宏, 徐幸莲. 确定食品关键风味化合物的一种新方法: “ROAV”法[J]. 食品科学, 2008, 29(7): 370-374.
- [8] 郭琼琼, 李晶, 孙海峰, 等. 党参挥发性成分分析及其特殊

- 香气研究[J]. 中药材, 2016, 39(9): 2005-2012.
- [9] 张文娟, 黄瑞彬, 徐秀娟, 等. 新疆葡萄干挥发性成分差异化信息分析研究[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(3): 4-9.
- [10] 游德华, 朱禾蕙, 安颖. 1-辛烯-3-醇的合成[J]. 天津大学学报, 1997, 30(5): 662-665.
- [11] 曾天宇. 混合辛烯制备正壬醇的工艺研究[D]. 武汉: 武汉工程大学, 2017.
- [12] 崔晨茜, 韩姣姣, 董丽莎, 等. 温度与海带挥发性成分量效关系的解析[J]. 食品工业科技, 2016, 37(24): 157-162.
- [13] 赵冰, 张顺亮, 李素, 等. 不同等级金华火腿挥发性风味物质分析[J]. 肉类研究, 2014, 28(9): 7-12.
- [14] 高明星, 王晓宁, 龚龔, 等. 顶空气相色谱-质谱法对涂层织物中芳香剂壬醛的检测[J]. 分析仪器, 2011(1): 32-35.
- [15] 李英华, 袁海英, 张辉, 等. 采后正己醇处理对草莓果实活性氧代谢和衰老的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(4): 272-275.
- [16] 常慧, 叶军明, 孙骏, 等. 正戊醛合成工艺研究[J]. 石油化工技术与经济, 2017(3): 17-21.