

黄花菜热泵干燥前后香气成分分析

潘年龙¹, 王孝荣¹, 吴 凯², 曾凡坤^{1,*}

(1.西南大学食品科学学院, 重庆 400715; 2.重庆市质量技术监督局, 重庆 400023)

摘要: 利用顶空固相微萃取法和气质联用技术对黄花菜热泵干燥前后的香气成分进行比较分析。在热泵干燥前后黄花菜中共检测出69种挥发性香气物质, 其中从新鲜黄花菜中鉴定出挥发性香气物质48种, 相对含量为99.98%; 从干制黄花菜中鉴定出挥发性香气物质43种, 相对含量为99.99%; 二者共有香气组分22种, 其相对含量干燥前后分别为88.61%和76.73%, 且以醇类、酯类和烷烃类居多。黄花菜热泵干燥前后香气主体成分一致, 醇类、醛类、酯类物质相对含量增加, 烷烃类物质相对含量大幅度减少, 烯类物质完全消失及酮类物质大量生成。

关键词: 黄花菜; 热泵干燥; 固相微萃取; 气质联用; 香气成分

Aroma Components Analysis of Daylily Dried by Heat Pump

PAN Nian-long¹, WANG Xiao-rong¹, WU Kai², ZENG Fan-kun^{1,*}

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Chongqing Bureau of Quality and Technology Supervision, Chongqing 400023, China)

Abstract: The aroma components of fresh and heat pump dried samples of daylily were extracted by headspace solid-phase micro-extraction (HS-SPME) and analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). A total of 69 volatile compounds were identified in both daylily samples, including 48 aroma components in fresh daylily with relative contents of 99.98% and 43 aroma components in dried daylily with relative content of 99.99%. Twenty-two aroma components were common to fresh and dried daylily, accounting for 88.61% and 76.73%, respectively. Alcohols, esters and alkanes were major components. After being dried by heat pump, the relative content of alcohols, aldehydes and esters increased and the relative content of alkanes decreased substantially accompanied with the disappearance of alkenes and the generation of ketones in large quantities.

Key words: daylily; heat pump drying; solid-phase micro-extraction; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS); aroma components

中图分类号: O657.63

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)18-0258-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201318053

黄花菜(*Hemerocallis citrina* Baroni)又名萱草、金针菜, 为百合科萱草属多年生草本宿根植物^[1], 是我国的特色蔬菜品种, 其花蕾可食, 味鲜美, 营养价值高, 深受消费者喜爱^[2]。

黄花菜的用途广泛, 集食用、药用和观赏于一身^[3]。除少部分鲜黄花菜直接投放市场用于消费之外, 大部分黄花菜都通过干制而保存起来以供淡季的需求^[2]。在中国医学上3000多年的食疗历史中, 黄花菜是常用食疗食品之一^[4]。在《本草纲目》、《滇南纲目》等中国医术上记载, 黄花菜具有利膈、安五脏、清热、养心、抗菌消炎、明目等功能。近代医学表明, 黄花菜中含有卵磷脂、硒、甾类等物质, 因此, 黄花菜具有降低胆固醇、抗衰老、滋润皮肤、抗癌等功能^[5-6]。

收稿日期: 2012-12-06

作者简介: 潘年龙(1988—), 男, 硕士研究生, 研究方向为现代食品加工理论与技术。E-mail: 371761991@qq.com

*通信作者: 曾凡坤(1963—), 男, 教授, 硕士, 研究方向为果蔬加工。E-mail: zengfankun@swu.edu.cn

热泵干燥技术是利用蒸发器给空气降温干燥, 同时回收冷凝器释放的热量的一种干燥技术^[7]。与传统干燥技术相比, 热泵干燥具有高效、节能、产品品质好、无污染等优点^[8]。目前, 热泵干燥已应用于木材干燥^[9]、种子干燥、陶瓷烘焙^[10]、食品加工^[11]等方面, 近些年来在食品脱水应用方面被大力推广^[12], 但在黄花菜的干制应用方面尚未见报道。

毕金峰等^[13]利用固相微萃取与气相色谱-质谱联用技术对枣鲜样及不同干燥方式枣产品的香气进行分析, 发现热风干燥后产品产生较多酯类和酮类物质, 烷烃类物质损失较多; 微波干燥后除酯类和酮类物质增多外, 其他物质均损失较大。Luning等^[14]利用热风对钟铃椒进行干燥, 发现(Z)-3-己烯醛、己醇、芳樟醇等物质相对

含量减少, 2-甲基丙醛、2,3-二甲基正丁醛等物质相对含量增加。目前, 有关黄花菜的研究主要集中在生物学特性^[3]、栽培技术^[15]、保健功效^[4]、活性物质提取^[16-17]等方面, 在黄花菜的香气成分方面尚未见报道。因此, 本实验采用顶空固相微萃取(headspace solid-phase micro-extraction, SPME)和气相色谱-质谱(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)研究黄花菜热泵干制前后的香气成分种类及其变化趋势, 为黄花菜热泵干燥的工业化生产控制提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鲜黄花菜: 重庆璧山黄花菜; 干制黄花菜: 采用热泵干制, 其干制工艺为新鲜黄花菜先经过95℃蒸汽热烫60s, 然后在干燥温度70℃、装料量5.0kg/m²、热泵空气湿度40%的条件下干燥7h。

GCMS-2010气相质谱联用仪 日本岛津公司;
DB-FFAP弹性石英毛细管柱(30m×0.25mm, 0.25μm)
美国Agilent公司; 固相微萃取装置、DVB/CAR/
PDMS50/30μm(二乙烯基苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷)萃
取头 美国Supelco公司; 热泵干燥机 东莞市永淦节
能科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 SPME、色谱及质谱条件^[18-19]

SPME条件: 取新鲜黄花菜及其干制品各1g, 粉碎至匀浆状或粉末状后转移至15mL顶空瓶中, 用DVB/CAR/PDMS 50/30μm萃取头、固相微萃取装置在80℃条件下吸附30min, 将萃取头插入GC进样口, 解吸5min。

GC条件: DB-FFAP石英毛细柱(30m×0.25mm, 0.25μm); 载气为氦气; 进样口温度: 230℃, 不分流进样。升温程序: 起始温度35℃, 保持2min, 以15℃/min升至170℃, 保持3min, 再以5℃/min升至220℃, 保持2min, 再以3℃/min升至230℃, 保持7min。

MS条件: 接口温度230℃, 离子源温度230℃, 电子电离(electron ionization, EI)源, 电子能量70eV, 质量扫描范围m/z 35~500。

1.2.2 数据分析

利用计算机检索并与图谱库(NTST 05)的标准质谱图进行对照, 对组分定性, 采用峰面积归一法计算各化学成分的相对含量。

2 结果与分析

2.1 黄花菜热泵干燥前后香气成分组成

采用SPME和GC-MS研究黄花菜热泵干燥前后的香

气成分变化, 其GC-MS总离子流图见图1、2, 结果共检测出香气成分69种, 其中醇类16种、醛类7种、酮类4种、酯类18种、烷烃类16种、烯类5种、其他3种。通过谱库检索与分析, 检索出黄花菜热泵干制前后的香气成分见表1。

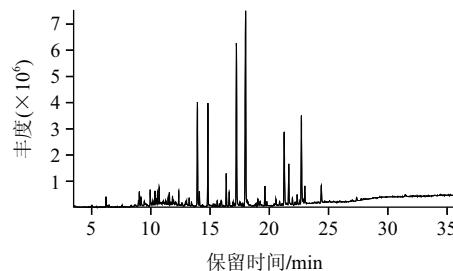


图1 鲜黄花菜香气成分GC-MS总离子流图

Fig.1 GC-MS total ion chromatogram of aroma components in fresh daylily

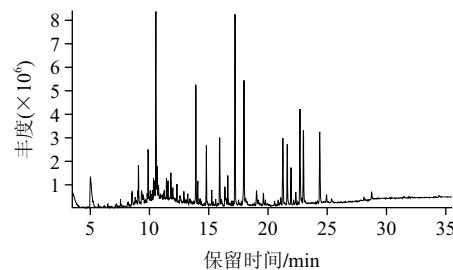


图2 热泵干制黄花菜香气成分GC-MS总离子流图

Fig.2 GC-MS total ion chromatogram of aroma components in heat pump drying daylily

由表1可知, 鲜黄花菜中共检测出48种香气成分, 占总质量分数的99.98%, 包括: 醇类13种(14.81%), 醛类4种(0.93%), 酯类12种(31.58%), 烷烃类12种(50.08%), 烯类5种(1.77%), 醚类1种(0.24%), 酚类1种(0.57%)。相对含量较高(>1%)的有: 反式-橙花叔醇(8.38%)、叶绿醇(1.58%)、棕榈酸乙酯(15.43%)、亚油酸乙酯(3.52%)、亚麻酸乙酯(8.56%)、正十六烷(1.58%)、二十一烷(8.80%)、二十烷(2.83%)、正三十二烷(31.64%)、二十四烷(1.62%)、1,1-联苯-3,3-二甲基-1-丁烯(1.09%)。

干制黄花菜中共检测出43种香气成分, 占总质量分数的99.99%, 全部组分中包括: 醇类7种(22.43%)、醛类3种(5.25%)、酮类4种(7.05%)、酯类16种(36.54%)、烷烃类11种(28.06%)、酸类1种(0.36%)、酚类1种(0.30%)。相对含量较高(>1%)的有: 3-呋喃甲醇(9.78%)、反式-橙花叔醇(6.18%)、叶绿醇(4.65%)、(E)-2-甲基-2-丁烯醛(4.40%)、(3E,5E)-辛二烯-2-酮(1.66%)、2-烯丙基-1,3-环己二酮(4.29%)、月桂酸乙酯(1.39%)、肉豆蔻酸乙酯(1.06%)、棕榈酸甲酯(1.77%)、棕榈酸乙酯(12.08%)、亚油酸乙酯(3.71%)、邻苯二甲酸二异丁酯(2.15%)、亚麻酸乙酯(6.90%)、1,2-苯二甲酸-1-丁基-2-异癸基酯(5.33%)、

表1 热泵干燥前后黄花菜的香气成分组成

Table 1 Aromatic components in daylily before and after heat pump drying

序号	保留时间/min	香气成分名称	分子式	相对分子质量	匹配度/%	相对含量/%	
						干燥前	干燥后
醇类							
1	6.221	<i>L</i> -2-甲基丁醇(<i>S</i>)-2-methyl-1-butanol	C ₅ H ₁₀ O	88.15	98	0.84	—
2	8.545	1-辛烯-3-醇 1-octen-3-ol	C ₈ H ₁₆ O	128.21	95	—	0.65
3	8.960	2-乙基己醇 2-ethylhexanol	C ₈ H ₁₈ O	130.23	93	0.46	—
4	9.455	芳樟醇 linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	91	0.56	—
5	9.987	反式-2-辛烯-1-醇 <i>trans</i> -2-octen-1-ol	C ₈ H ₁₆ O	128.21	89	—	0.32
6	10.247	鲸蜡醇 hexadecanol	C ₁₆ H ₃₄ O	242.44	95	—	0.36
7	10.572	3-呋喃甲醇 3-furanmethanol	C ₅ H ₈ O ₂	98.10	97	0.99	9.78
8	12.620	3,7,11,15-四甲基-1-十六烯-2-醇 1-hexadecen-2-ol,3,7,11,15-tetramethyl-	C ₂₀ H ₄₀ O	296.53	83	0.39	—
9	13.018	月桂醇 1-dodecanol	C ₁₂ H ₂₆ O	186.33	96	0.16	0.49
10	13.934	反式-橙花叔醇 nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	222.37	94	8.38	6.18
11	15.906	豆蔻醇 1-tetradecanol	C ₁₄ H ₂₈ O	214.39	92	0.29	—
12	17.764	3,5-二甲基己醇 cyclohexanol,3,5-dimethyl-	C ₈ H ₁₆ O	128.21	82	0.36	—
13	19.223	1-十五醇 1-pentadecanol	C ₁₅ H ₃₀ O	228.41	95	0.25	—
14	22.552	十九醇 nonadecanol	C ₁₉ H ₄₀ O	284.52	93	0.25	—
15	22.996	叶绿醇 (<i>E</i>)-3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	C ₂₀ H ₄₀ O	296.54	97	1.58	4.65
16	27.371	3,7,11,15-四甲基-2,6,10,14-十六碳四烯-1-醇2,6,10,14-hexadecatetraen-1-ol,3,7,11,15-tetramethyl-	C ₂₀ H ₃₄ O	290.48	91	0.30	—
醛类							
17	5.023	(<i>E</i>)-2-甲基-2-丁烯醛 2-methyl-2-butenal	C ₅ H ₈ O	84.12	98	—	4.40
18	6.387	(<i>E</i>)-2-己烯醛 <i>trans</i> -2-hexenal	C ₆ H ₁₀ O	98.14	93	0.17	—
19	8.507	3-呋喃甲醛 3-furaldehyde	C ₅ H ₆ O ₂	96.08	98	—	0.46
20	9.442	苯甲醛 benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	106.12	88	—	0.39
21	11.664	肉豆蔻醛 tetradecanal	C ₁₄ H ₂₆ O	212.38	94	0.11	—
22	15.409	棕榈醛 hexadecanal	C ₁₆ H ₃₀ O	240.42	85	0.18	—
23	17.532	2-十三烯醛 2-tridecenal	C ₁₃ H ₂₆ O	196.33	80	0.47	—
酮类							
24	9.340	(3 <i>E,5E</i>)-辛二烯-2-酮3,5-octadien-2-one,(3 <i>E,5E</i>)-	C ₈ H ₁₂ O	124.18	93	—	1.66
25	11.972	香叶基丙酮 geranylacetone	C ₁₃ H ₂₂ O	194.32	89	—	0.35
26	15.257	植酮 2-pentadecanone,6,10,14-trimethyl-	C ₁₈ H ₃₀ O	268.48	87	—	0.75
27	15.926	2-烯丙基-1,3-环己二酮2-allylcyclohexane-1,3-dione	C ₉ H ₁₂ O ₂	152.19	80	—	4.29
酯类							
28	9.675	丙酸异戊酯 isoamyl propionate	C ₈ H ₁₆ O ₂	144.21	83	—	0.26
29	10.193	廿二烷酸乙酯 docosanoic acid, ethylester	C ₂₄ H ₄₈ O ₂	368.64	82	—	0.30
30	10.249	廿二烷酸乙酯 docosanoic acid, ethylester	C ₂₄ H ₄₈ O ₂	368.64	82	0.18	—
31	11.835	月桂酸乙酯 ethyl laurate	C ₁₄ H ₂₆ O ₂	228.37	91	0.44	1.39
32	14.101	肉豆蔻酸乙酯 ethyl myristate	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256.42	91	0.95	1.06
33	14.372	月桂酸-2-甲基丁酯 dodecanoic acid,2-methylbutyl ester	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270.46	93	0.10	0.15
34	15.605	十五酸乙酯 pentadecanoic acid,ethyl ester	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270.45	85	0.38	0.34
35	16.611	棕榈酸甲酯 methyl hexadecanoate	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270.45	83	—	1.77
36	17.228	棕榈酸乙酯 ethyl palmitate	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	284.48	93	15.43	12.08
37	20.553	硬脂酸乙酯 octadecanoic acid,ethyl ester	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	312.54	87	—	0.18
38	20.869	油酸乙酯 ethyl oleate	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	310.52	87	0.31	0.25
39	21.078	6,9-十八碳二烯酸甲酯6,9-octadecadienoic acid methyl ester	C ₁₉ H ₃₄ O ₂	294.48	88	—	0.36
40	21.640	亚油酸乙酯 ethylinoleate	C ₂₀ H ₃₆ O ₂	308.50	92	3.52	3.71
41	21.951	邻苯二甲酸二异丁酯 diisobutyl phthalate	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278.34	97	0.59	2.15
42	22.177	亚麻酸甲酯 methyl linolenate	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	292.46	89	0.20	0.31
43	22.353	癸酸酯 decanoic acid, decylester	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	312.53	92	0.92	—
44	22.708	亚麻酸乙酯(Z,Z)-9,12,15-octadecatrienoic acid, ethyl ester	C ₂₀ H ₃₄ O ₂	306.48	95	8.56	6.90
45	24.368	1,2-苯二甲酸-1-丁基-2-异癸基酯1,2-benzenedicarboxylic acid, 1-butyl 2-(8-methylnonyl) ester	C ₂₂ H ₃₄ O ₄	362.51	92	—	5.33
烷烃类							
46	8.225	正十三烷 tridecane	C ₁₃ H ₂₈	184.36	93	—	0.34
47	9.168	正十四烷 tetradecone	C ₁₄ H ₃₀	198.39	97	0.92	—
48	9.533	2-甲基-6-丙基十二烷2-methyl-6-propylundecane	C ₁₆ H ₃₄	226.45	89	—	0.13
49	9.617	十九烷 nonadecane	C ₁₉ H ₄₀	268.52	87	0.28	—
50	9.952	正十六烷 hexadecane	C ₁₆ H ₃₄	226.44	97	1.58	2.64

续表 1

序号	保留时间/min	香气成分名称	分子式	相对分子质量	匹配度/%	相对含量/%	
						干燥前	干燥后
51	10.067	2,6,10-三甲基十五烷pentadecane,2,6,10-trimethyl-	C ₁₈ H ₃₈	254.49	94	—	0.43
52	10.128	正十五烷 pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	212.41	91	0.22	1.78
53	10.491	2,6,10,14-四甲基十五烷 2,6,10,14-tetramethylpentadecane	C ₁₉ H ₄₀	268.52	92	0.47	1.16
54	10.712	十七烷 heptadecane	C ₁₇ H ₃₆	240.47	97	0.91	1.46
55	10.935	五十四烷 tetrapentacontane	C ₂₅ H ₅₀	759.45	84	—	0.17
56	11.283	2-甲基-5-丙基壬烷5-(2-methylpropyl)nonane	C ₁₅ H ₂₈	184.37	88	0.18	—
57	14.816	二十一烷 heneicosane	C ₂₁ H ₄₄	296.57	97	8.80	4.60
58	16.368	二十烷 eicosane	C ₂₀ H ₄₂	282.55	96	2.83	0.80
59	18.000	正三十二烷 dotriacontane	C ₂₂ H ₄₆	450.87	95	31.64	14.55
60	19.037	2,3-二甲基-2,3-二苯基丁烷 2,3-dimethyl-2,3-diphenylbutane	C ₁₈ H ₂₂	238.37	93	0.63	—
61	24.390	二十四烷 tetracosane	C ₂₄ H ₅₀	338.65	88	1.62	—
		烯类					
62	6.497	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯 (Z)-1,3,7-dimethyl-3,6-octatriene	C ₁₀ H ₁₆	136.23	89	0.13	—
63	10.308	1-十三烯 1-tridecene	C ₁₃ H ₂₆	182.35	92	0.08	—
64	11.069	3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳-四烯 1,3,6,10-dodecatraene,3,7,11-trimethyl-, (3E,6E)-	C ₁₅ H ₂₄	204.36	94	0.24	—
65	16.618	1,1-联苯-3,3-二甲基-1-丁烯 1,1-diphenyl-3,3-dimethyl-1-butene	C ₁₈ H ₂₀	236.36	89	1.09	—
66	21.483	1-十九烯 1-nonadecene	C ₁₉ H ₃₈	266.51	88	0.23	—
		其他					
67	9.483	3-呋喃甲基醋酸 3-furylmethylacetate	C ₇ H ₈ O ₃	140.14	93	—	0.36
68	11.919	茴香脑 cis-anethol	C ₁₀ H ₁₂ O	148.20	93	0.24	—
69	18.130	2,4-二叔丁基苯酚 2,4-di-tert-butylphenol	C ₁₄ H ₂₂ O	206.33	90	0.57	0.30

注: —, 未检出。

正十六烷(2.64%)、正十五烷(1.78%)、2,6,10,14-四甲基十五烷(1.16%)、十七烷(1.46%)、二十一烷(4.60%)、正三十二烷(14.55%)。

2.2 热泵干燥前后黄花菜香气成分比较

黄花菜干燥前后共有香气组分22种, 相对含量分别为88.61%和76.73%, 其中4种为醇类, 相对含量分别为11.11%和21.10%; 10种为酯类, 相对含量分别为30.48%和28.34%; 7种为烷烃类, 相对含量分别为46.45%和26.99%; 1种酚类, 相对含量分别为0.57%和0.30%。表1表明, 鲜黄花菜中烷烃类化合物明显高于干制黄花菜, 酯类物质鲜黄花菜中稍高; 干制黄花菜中醇类明显较鲜黄花菜中高, 酚类物质差异不是很大。从单一组分上看, 3-呋喃甲醇、月桂醇、叶绿醇、月桂酸乙酯、邻苯二甲酸二异丁酯、2,6,10,14-四甲基十五烷、二十烷、正三十二烷相对含量在干燥前后相差2倍以上, 有的甚至接近10倍。干燥后明显增加的物质有: 3-呋喃甲醇、月桂醇、叶绿醇、月桂酸乙酯、邻苯二甲酸二异丁酯、2,6,10,14-四甲基十五烷。干燥后明显减少的物质有: 二十烷、正三十二烷。干燥前后相对含量都较高的物质有: 反式-橙花叔醇、叶绿醇、棕榈酸乙酯、亚油酸乙酯、亚麻酸乙酯、正十六烷、二十一烷、正三十二烷, 这些共同相对含量较高的成分构成了黄花菜的主体香气成分。

从干燥前后黄花菜独有组分看, 鲜黄花菜独有组分26种, 相对含量为11.37%, 其中醇类9种(3.70%)、醛类4种(0.93%)、酯类2种(1.10%)、烷烃类5种(3.63%)、烯类5种(1.77%)、醚类1种(0.24%)。干制黄花菜独有组分21

种, 相对含量为23.26%, 其中醇类3种(1.33%)、醛类3种(5.25%)、酮类4种(7.05%)、酯类6种(8.20%)、烷烃类4种(1.07%)、酸类1种(0.36%)。通过以上数据可以看出, 烯类和醚类物质只存在于鲜黄花菜中, 酮类和酸类物质只存在于干黄花菜中, 鲜黄花菜中的醇类、烷烃类和干黄花菜中的醛类、酮类、酯类在独有组分中占很大比率。

果蔬中酯类物质是醇、羧酸与酰基辅酶A在醇酰基转移酶作用下酯化生成的, 其对果蔬的香气贡献很大。醇与醛能在NAD和NADH的共同作用下使醇氧化和醛还原; β -氧化作用与类脂经脂氧合酶作用能够形成醇、醛、酮、酸、酯^[13]。特别是在加热的条件下, 黄花菜中的蛋白质、碳水化合物和类脂能够分解形成非常复杂的香气系统, 生成许多醇、醛、酮、酯等化合物。

黄花菜热泵干燥后不仅保存了黄花菜的主体香气, 而且还伴随着醇类、醛类、酯类物质相对含量的增加, 烷烃类物质相对含量的大幅度减少, 烯类物质的完全消失及酮类物质的大量生成。

3 结 论

3.1 在黄花菜干制过程中, 利用热泵干制技术能较好地得到符合脱水蔬菜标准的干制品, 且能有效地保存黄花菜原有的主体香气成分, 为干制黄花菜的工业化生产控制提供一定的理论依据。

3.2 热泵技术除应用于干制黄花菜的生产之外, 有待于在其他干制果蔬生产中推广。

参考文献:

- [1] 毛建兰. 黄花菜的营养价值及加工技术综述[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(3): 1197-1198.
- [2] 杨大伟, 夏延斌. 不同品种黄花菜的干制特性研究[J]. 食品工业科技, 2003, 24(10): 77-78.
- [3] 何莉, 张天伦. 黄花菜的生物学特性及应用价值分析[J]. 蔬菜, 2012(3): 176-178.
- [4] 傅茂润, 毛林春. 黄花菜的保健功效及化学成分研究进展[J]. 食品发酵与工业, 2006, 32(10): 108-112.
- [5] 刘彩云. 黄花菜的生物学特性及其干制技术[J]. 特种经济动植物, 2007(12): 38-39.
- [6] 邓放明, 尹华, 李精华, 等. 黄花菜应用研究现状与产业化开发对策[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2003, 29(6): 529-532.
- [7] PILLOT S, ZANDONA S. Heat pump dryer: European, EP2460926A1[P]. 2012-06-06.
- [8] VENKATESH S. Heat pump drying[J]. Stewart Postharvest Review, 2006, 2(6): 1-5.
- [9] PRASERTSAN S, SAEN-SABY P. Heat pump drying of agricultural materials[J]. Drying Technology: An International Journal, 1998, 16(1/2): 235-250.
- [10] 宗文雷, 于沛沛, 姜启兴, 等. 热泵干燥生产脱水蔬菜的技术优势分析[J]. 江西农业学报, 2010, 22(5): 133-134.
- [11] CHUA K J, CHOU S K, HO J C, et al. Heat pump drying: recent developments and future trends[J]. Drying Technology: An International Journal, 2002, 20(8): 1579-1610.
- [12] GOH L J, OTHMAN M Y, MAT S, et al. Review of heat pump systems for drying application[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, 15(9): 4788-4796.
- [13] 华金峰, 于静静, 丁媛媛, 等. 固相微萃取GC-MS法测定不同干燥方式下枣产品的芳香成分[J]. 现代食品科技, 2011, 27(3): 354-360.
- [14] LUNING P A, YUKSEL D, de VRIES R D V, et al. Aroma changes in fresh bell peppers (*Capsicum annuum*) after hot-air drying[J]. Food Science, 1995, 60(6): 1269-1276.
- [15] 周明, 赵俊峰, 刘爱勤. 黄花菜高产栽培技术要点[J]. 种业导刊, 2009(10): 36-37.
- [16] HSU Y W, TSAI C F, CHEN W K, et al. Determination of lutein and zeaxanthin and antioxidant capacity of supercritical carbon dioxide extract from daylily (*Hemerocallis disticha*)[J]. Food Chemistry, 2011, 129(4): 1813-1818.
- [17] 周向军, 高义霞, 张继. 黄花菜多酚提取工艺及抗氧化作用的研究[J]. 作物杂志, 2012(1): 68-72.
- [18] LÜ Haipeng, ZHONG Qiusheng, LIN Zhi, et al. Aroma characterization of Pu-erh tea using headspace-solid phase microextraction combined with GC/MS and GC-olfactometry[J]. Food Chemistry, 2012, 130(4): 1074-1081.
- [19] 王远辉, 王洪新, 田洪芸, 等. HS-SPME与GC-MS联用分析不同季节艾纳香叶香气成分[J]. 食品科学, 2012, 33(14): 166-170.

2014年《粮油食品科技》征订启事**邮发代号82-790**

《粮油食品科技》杂志是综合性科技期刊, 为北大中文核心期刊, 被中国知网、中国学术期刊(光盘版)等多家数据库全文收录。

《粮油食品科技》以传播和弘扬先进的科学技术为宗旨, 以服务行业为己任, 以选文严格、内容精炼、信息丰富、印刷精美为特色, 在粮食行业内的影响力极佳。

主要栏目: 粮食加工、油脂加工、营养与品质、质量安全、仓储物流、粮油食品、生物工程、科技与产业等。主要读者: 粮油食品加工企业、粮库、粮油检测机构和科研设计院所等。

《粮油食品科技》为国内外公开发行, 双月刊(逢单月21日出刊), 大16开本, 96页, 国内定价: 20元/期, 全年120元; 境外定价: 20美元/期, 全年120美元。全国各地邮局均可订阅。也可直接联系本社订阅。

订阅单位: 《粮油食品科技》杂志社 邮 编: 100037

地 址: 北京市西城区百万庄大街11号(粮科大厦1023室)

电 话: 010-58523619 58523617 传 真: 58523614

E-mail: zzs@chinagrain.com QQ: 1870476644

欢迎订阅、欢迎投稿、欢迎刊登广告