

不同时期生姜加工品质及姜油树脂成分分析

王忠宾, 辛国凤, 宋小艺, 贾双双, 徐 坤*

(山东农业大学园艺科学与工程学院, 作物生物学国家重点实验室, 农业部黄淮地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 山东 泰安 271018)

摘要: 为确定原料生姜的加工特性, 研究分析了其根茎在不同生育期及贮藏期的主要成分变化。结果表明, 生姜根茎干物质、可溶性糖、可溶性淀粉、粗纤维和姜油树脂等含量均随生育期和贮藏期的延长而增加, 而可溶性蛋白和游离氨基酸含量则在生姜生长前期较高, 生长后期及贮藏期较低且无显著变化。生姜生长过程中, 姜油树脂化学成分增加, 而生姜贮藏过程中, 虽有新的化合物生成, 但随着贮藏期的延长, 姜油树脂中的 β -萜品醇、橙花醛、乙酸龙脑酯等14种痕量挥发性成分消失, 但不同时期生姜根茎姜油树脂的主要成分基本相同。生姜播后4~5个月, 根茎产量达较高水平, 且干物质及姜油树脂含量较低, 辛辣味较淡, 粗纤维较少, 适于腌渍加工; 而生姜贮藏60d后, 根茎干物质、可溶性淀粉及姜油树脂含量已基本稳定, 适于生姜脱水、淀粉加工及姜油提取。

关键词: 生姜; 品质; 姜油树脂; 生长期; 贮藏期

Processing Quality and Oleoresin Composition of Ginger at Different Growth Periods

WANG Zhong-bin, XIN Guo-feng, SONG Xiao-yi, JIA Shuang-shuang, XU Kun*

(State Key Laboratory of Crop Biology, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (Huanghuai Region), Ministry of Agriculture, College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: In order to determine the characteristics of raw ginger processing, the change of major compositions in ginger rhizome at different growth and storage periods was studied. Results showed that the contents of dry materials, soluble sugar, soluble starch, crude fiber and oleoresin revealed an obvious increase as the extension of growth and storage periods, while the contents of soluble protein and free amino acids were higher in the early growth stage, but lower or no significant change in the later growth and storage periods. During the growth of ginger, chemical compositions of ginger oleoresin exhibited an increasing trend. Although new compounds were synthesized during ginger storage period, 14 trace volatile compounds such as β -terpineol, neral and bornyl acetate disappeared after prolonged storage, while the major chemical compositions of ginger oleoresin maintained a stable level during different periods. Higher production, lower dry materials and ginger oleoresin, lighter spicy taste, and less crude fiber were observed in ginger at the age of four or five months so that ginger was suitable for pickling processing. After storage for 60 days, dry material content, soluble starch and ginger oleoresin in ginger rhizome remained stable, which was suitable for ginger dehydration, starch processing and ginger oleoresin extraction.

Key words: ginger; quality; ginger oleoresin; growth period; storage period

中图分类号: S632.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)06-0006-04

生姜(*Zingiber officinale* Rosc.)是我国广泛栽培的药食兼用作物, 有发汗解表、镇痛消炎等作用, 其主要功能成分为姜油树脂, 包括挥发性芳香油及非挥发性姜辣素两大类^[1]。长期以来, 关于姜油树脂提取方法及成分分析的研究较多, 并不断有新的化学成分被发现^[2-7], 但关于生姜加工特性方面的研究甚少。战琨友等^[8]研究表明, 老姜的呈香性萜类化合物相对含量比鲜姜低, 而姜

辣素类化合物则较高; 杨军等^[9]研究证实, 生姜根茎不同部位姜油树脂成分存在差异, 且以姜皮中姜辣素含量较高。近年来, 随着蔬菜加工业的发展, 生姜加工产品日益增多, 对生姜原料的加工品质要求也显著不同。为了确定生姜不同时期的加工特性, 在测定其主要品质指标的基础上, 采用超临界CO₂萃取技术分离提取姜油树脂, 并用气相色谱-质谱联用仪(gas chromatography-mass

收稿日期: 2012-01-13

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(200903018)

作者简介: 王忠宾(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为生姜栽培与加工。E-mail: superus@sdau.edu.cn

*通信作者: 徐坤(1964—), 男, 教授, 博士, 研究方向为蔬菜栽培与生理生态。E-mail: xukun@sdau.edu.cn

spectrometry, GC-MS)对其进行成分分析, 以期为生姜加工产品合理选用原料提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

以‘茺茺大姜’(*Zingiber officinale* Rosc. cv. Laiwudajiang)为试材, 于2010年4月16日按行距65cm、株距20cm播种, 分别在播后91、127、157d和188d时分期收取生姜根茎, 每次在田间随机取3点, 每点连续收取1.3m², 测定根茎鲜质量及品质, 并折算每公顷产量。生姜最后一次收获后入窖贮藏, 分别在贮藏30、60、90d和120d时测定根茎品质。

二氯甲烷(色谱纯) 天津市凯通化学试剂有限公司; 无水硫酸钠(分析纯) 山东海化集团潍坊鲁星试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

QP2010 Plus GC-MS仪 日本 Shimadzu公司; SFE121-50-01型超临界萃取装置 南通市华兴石油仪器有限公司; RE52-99旋转蒸发仪 上海亚荣生化仪器厂。

1.3 常规品质指标分析

可溶性糖和淀粉: 采用蒽酮比色法^[10]测定; 游离氨基酸: 采用茚三酮显色法^[10]测定; 可溶性蛋白: 采用考马斯亮蓝G-250染色法^[10]测定; 粗纤维: 采用酸洗法测定^[11]; 干物质: 采用减压干燥法测定^[12]。

1.4 姜油树脂分离提取及成分分析

1.4.1 姜油树脂的分离提取

生姜根茎经清洗、切片、风干(含水量10%左右)、粉碎(过40目筛)后制成姜粉。取姜粉100g, 用超临界CO₂萃取装置萃取姜油树脂(萃取条件参数为^[13]: 萃取压力30MPa, 温度45℃; 分离器I的压力12MPa、温度35℃; 分离器II的压力6MPa、温度30℃、萃取时间2h), 经无水硫酸钠脱水后, 置-18℃条件下保存备测。

1.4.2 姜油树脂成分分析

样品前处理: 取20mg姜油树脂溶于10mL二氯甲烷中, 上柱前用0.45μm的微孔滤膜过滤。姜油树脂经GC-MS分析, 得总离子流色谱图, 经计算机NIST 08质谱库检索, 结合有关文献^[3-8], 确定姜油树脂的化学成分, 采用峰面积归一化法确定各化学成分的相对含量。

色谱条件: 色谱柱为Rtx-5ms柱(30m×0.25mm, 0.25μm); 载气为氦气, 流速为1.2mL/min; 进样量为1μL, 分流比为10:1; 升温程序为80℃(3min)20℃/min→140℃(2min)6℃/min→230℃(3min)15℃/min→260℃(5min)。

质谱条件: 电离方式为电子电离(electron ionization, EI), 电离能70eV; 扫描时间间隔1s, 扫描范围m/z 45~550; 接口温度250℃, 离子源温度230℃; 电子倍增管电压800V。

2 结果与分析

2.1 不同时期生姜根茎主要成分及生长量变化特性

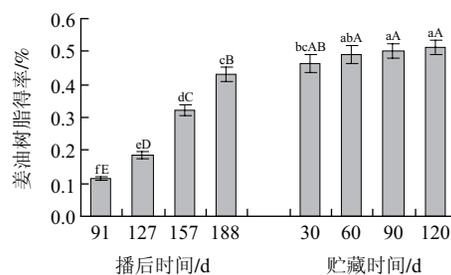
表1 不同时期生姜根茎主要成分及产量
Table 1 Main compositions and production of ginger rhizome at different periods

指标	播后时间/d				贮藏时间/d			
	91	127	157	188	30	60	90	120
干物质/%	3.97 ^{DE}	5.16 ^{DC}	6.68 ^{CB}	10.78 ^{BA}	11.42 ^{BA}	11.66 ^{AA}	11.74 ^{AA}	11.73 ^{AA}
可溶性淀粉/%	0.68 ^{DE}	1.23 ^{DB}	2.37 ^{CB}	4.75 ^{BA}	5.06 ^{AB}	5.17 ^{AA}	5.16 ^{AA}	5.19 ^{AA}
可溶性糖/%	1.21 ^{DE}	1.24 ^{DE}	1.71 ^{DE}	2.76 ^{DB}	3.18 ^{BA}	2.71 ^{BA}	2.24 ^{CB}	2.17 ^{CB}
粗纤维/%	0.54 ^{DC}	0.72 ^{BC}	0.99 ^{CB}	1.43 ^{BA}	1.73 ^{BA}	1.79 ^{AA}	1.81 ^{AA}	1.82 ^{AA}
可溶性蛋白/%	0.64 ^{AA}	0.59 ^{BA}	0.31 ^{CB}	0.32 ^{CB}	0.32 ^{CB}	0.31 ^{CB}	0.32 ^{CB}	0.31 ^{CB}
游离氨基酸/%	0.58 ^{AA}	0.53 ^{BA}	0.44 ^{CB}	0.42 ^{CB}	0.44 ^{CB}	0.42 ^{CB}	0.45 ^{CB}	0.43 ^{CB}
根茎鲜质量/g	109.7 ^{DE}	256.1 ^{CD}	537.3 ^{BC}	989.9 ^{BA}	—	—	—	—
折算产量/(kg/hm ²)	8541.4 ^{DE}	19506.9 ^{CD}	40345.2 ^{BC}	75172.8 ^{BA}	—	—	—	—

注: 同行数据不同小写字母表示差异显著, P<0.05; 不同大写字母表示差异极显著, P<0.01。

表1显示, 生姜播后91、127、157d和188d时, 根茎产量分别为8541.4、19506.9、40345.2kg/hm²和75172.8kg/hm², 表明随着生长期的延长, 生姜产量显著提高。不仅如此, 生姜根茎干物质、可溶性淀粉、可溶性糖及粗纤维含量均随生长的进行显著增加, 且尤以生长后期增加为甚, 如生姜播后188d时, 上述成分含量分别比157d时增加了61.38%、100.42%、61.40%和44.44%; 但可溶性蛋白及游离氨基酸含量则以生长前期较高。生姜贮藏过程中, 其可溶性蛋白及游离氨基酸含量无显著变化, 但在贮藏30d时, 生姜干物质、可溶性淀粉、可溶性糖及粗纤维含量分别较入窖初期提高了5.94%、6.53%、15.22%和20.98%, 其后, 除可溶性糖含量显著降低外, 其他成分则基本稳定。

2.2 不同时期生姜根茎姜油树脂的含量



不同小写字母表示差异显著, P<0.05; 不同大写字母表示差异极显著, P<0.01。

图1 生姜不同生长期及贮藏期姜油树脂得率

Fig.1 Extraction rate of ginger oleoresin during different growth and storage periods

图1显示, 不同生长期及贮藏期的生姜根茎, 采用超临界CO₂萃取方法提取的姜油树脂得率有显著差异。生姜生长过程中, 根茎姜油树脂含量随生长的进行显著提

高,如播后91d时生姜根茎姜油树脂含量仅0.11%,127d时则增加了63.64%,而播后188d根茎正常收获时,姜油树脂含量达0.43%,较91d时增加290.91%。生姜贮藏60d内,姜油树脂含量呈增加趋势,如贮藏30、60d时,姜油树脂含量分别达0.46%和0.49%,较入窖前分别增加6.98%和13.95%,其后,则无显著变化。

2.3 不同时期生姜根茎姜油树脂成分GC-MS分析

表2 不同时期生姜根茎姜油树脂挥发性化学成分及相对含量
Table 2 Volatile compositions and their relative contents in ginger oleoresin during different periods

成分	播后时间/d				贮藏时间/d			
	91	127	157	188	30	60	90	120
β-蒎品醇	0.06	0.06	0.07	0.08	0.06	0.10	—	—
龙脑	0.33	0.34	0.40	0.41	0.35	0.42	0.33	0.20
α-蒎品醇	0.22	0.24	0.25	0.24	0.20	0.24	0.19	0.13
癸醛	0.29	0.21	0.30	0.25	0.27	0.25	0.93	1.73
香茅醇	0.04	0.05	0.06	0.07	0.06	0.08	0.17	0.09
橙花醛	—	—	—	0.03	0.07	—	—	—
香叶醛	0.60	0.95	0.98	0.82	0.67	0.63	0.68	0.28
顺-柠檬醛	—	—	—	0.06	0.07	0.14	0.09	—
乙酸龙脑酯	0.05	0.04	0.09	0.10	0.07	0.11	—	—
2-十一烷酮	—	—	0.03	0.04	0.04	0.05	—	—
δ-榄香烯	—	—	0.04	0.05	0.05	0.06	—	—
香茅醇乙酸酯	0.09	0.08	0.15	0.15	0.09	0.11	—	—
香叶酸	—	0.03	0.02	0.03	0.05	0.08	0.17	0.17
(+)-环苜蓿烯	0.06	0.05	0.06	0.08	0.07	0.10	—	—
乙酸香叶酯	1.84	2.19	3.14	2.62	1.30	1.41	0.24	0.12
β-榄香烯	0.17	0.17	0.19	0.23	0.20	0.21	0.15	0.11
反-α-香柑油烯	0.11	0.11	0.13	0.15	0.11	0.13	0.03	—
(Z)-β-法尼烯	—	—	0.05	0.08	0.05	0.05	—	—
β-法尼烯	0.23	0.22	0.27	0.30	0.23	0.25	0.17	0.11
香叶烯	0.09	0.08	0.10	0.11	0.08	0.09	0.05	—
γ-芹子烯	0.19	0.14	0.18	0.23	0.16	0.17	—	—
α-姜黄烯	3.63	3.97	2.54	2.37	2.50	2.10	3.53	3.24
大香叶烯	—	0.55	0.85	0.57	0.91	1.06	0.47	0.33
α-姜烯	18.59	18.91	18.00	18.30	17.53	13.97	10.34	10.09
α-依兰油烯	0.59	0.47	0.58	0.56	0.47	0.50	0.54	0.33
α-法尼烯	5.45	5.30	5.68	5.85	4.67	4.84	2.29	2.00
β-没药烯	3.63	3.32	3.67	3.38	3.46	3.60	3.06	2.15
双环倍半水芹烯	0.24	0.24	0.26	0.29	0.23	0.24	0.19	0.14
库贝醇	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.21	0.14
β-倍半水芹烯	8.53	7.90	8.18	7.76	7.48	7.68	5.43	4.38
(Z,E)-α-法尼烯	0.30	0.26	0.29	0.32	0.26	0.27	0.16	0.15
环氧异香橙烯	0.12	0.13	0.12	0.14	0.10	0.09	0.24	0.15
反式-橙花叔醇	0.35	0.37	0.36	0.36	0.34	0.32	0.52	0.64
氧化石竹烯	0.79	0.85	0.72	0.84	0.71	0.73	—	—
松柏醇	0.23	0.14	0.12	0.19	0.15	0.23	—	—
乙酸橙花叔醇	0.49	0.41	0.36	0.41	0.37	0.34	0.90	0.62
β-没药醇	0.71	0.71	0.63	0.69	0.59	0.57	0.72	0.87
芹子-6-烯-4-醇	0.16	0.17	0.21	0.19	0.17	0.17	0.40	0.24
红没药醇	0.63	0.63	0.56	0.55	0.46	0.44	0.61	0.73
β-桉叶醇	0.45	0.47	0.30	0.28	0.12	0.23	0.35	0.40
δ-桉叶醇	0.27	0.28	0.21	0.16	0.27	0.32	0.36	0.27
1,6-二烯基-3-羟基蛇麻烷	0.12	0.13	0.12	0.12	0.28	0.24	0.22	0.17
顺-Z-α-红没药烯环氧化物	—	0.19	0.16	0.19	0.12	0.22	0.22	0.16
α-红没药醇	0.76	0.71	0.63	0.66	0.61	0.57	0.84	0.95
顺-顺-金合欢醛	0.57	0.48	0.40	0.38	0.37	0.31	0.51	0.62
香榧醇	—	0.11	0.07	0.08	0.06	0.10	0.32	0.23
Z-α-反-香柠檬醇	0.24	0.36	0.19	0.17	0.23	0.15	0.42	0.62
(Z,E)-法尼醇	0.16	0.16	0.09	0.09	0.16	0.11	0.26	0.25
邻苯二甲酸二异丁酯	0.14	0.25	0.12	0.13	0.10	0.68	0.62	0.52
环氧没药烯	0.10	0.15	0.10	0.08	0.10	0.17	0.15	0.21
n-棕榈酸	1.17	0.87	0.24	0.59	0.51	0.28	0.52	0.62
棕榈酸乙酯	—	—	—	—	—	—	0.67	0.46
香叶基芳樟醇	0.11	0.11	0.10	0.12	0.11	0.11	0.32	0.24

由表2、3可知,生姜播后91、127、157d和188d根茎姜油树脂中分别鉴定分析出65、70、77和80种化学成分

分;贮藏30、60、90d和120d根茎姜油树脂中分别鉴定分析出80、80、73和70种化学成分。可见,随着生姜生长的进行,根茎姜油树脂的成分增加,但主要是大香叶烯、橙花醛、顺-柠檬醛、(Z)-β-法尼烯等9种相对含量较低的挥发性成分及6-姜二酮、脱氢姜油酮、10-姜酮酚等6种相对含量较低的非挥发性成分;而随着贮藏时间的延长,根茎姜油树脂中β-蒎品醇、橙花醛、乙酸龙脑酯、δ-榄香烯、香茅醇乙酸酯、(Z)-β-法尼烯、γ-芹子烯等14种相对含量极低的挥发性痕量物质消失。值得注意的是,生姜生长过程中,没有一种化学成分是在前期存在而后后期不存在的,表明随着生姜的生长,不断有新的化学成分合成,而棕榈酸乙酯、油酸、亚油酸和β-谷甾醇仅在贮藏生姜根茎中检出,表明生姜贮藏过程中也有新的化学成分被合成。

表3 不同时期生姜根茎姜油树脂非挥发性化学成分及相对含量
Table 3 Non-volatile compositions and their relative contents in ginger oleoresin during different periods

成分	播后时间/d				贮藏时间/d			
	91	127	157	188	30	60	90	120
姜油酮	1.47	1.26	1.15	0.97	1.02	1.11	3.52	3.89
脱氢姜油酮	—	—	0.13	0.17	0.18	0.18	0.61	0.60
4-姜烯酚	0.11	0.12	0.09	0.18	0.32	0.38	0.10	0.35
甲基醚姜油酮	1.66	1.15	0.33	0.78	0.92	0.49	0.67	0.70
油酸	—	—	—	—	—	—	0.49	0.57
亚油酸	—	—	—	—	—	—	2.79	1.48
4-姜酚	0.14	0.18	0.20	0.15	0.25	0.32	0.42	0.46
E-6-姜烯酚	0.28	0.19	0.12	0.07	0.09	0.16	0.22	0.14
6-姜酮酚	0.83	0.69	0.67	0.60	0.66	0.59	1.39	1.23
乙酰氧基-4-姜酚	—	—	0.09	0.08	0.05	0.08	0.10	0.15
5-姜酚	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.06	0.18
Z-6-姜烯酚	9.14	9.39	5.28	5.54	4.74	5.41	5.72	5.20
6-姜二酮	—	—	—	0.10	0.12	0.15	0.20	0.18
二乙酰氧基-4-姜二酮	0.54	0.34	0.80	0.73	0.70	0.70	0.54	0.95
4-异姜酚	0.16	0.21	0.13	0.09	0.11	0.10	0.15	0.11
6-姜酚	14.65	16.55	19.71	20.46	20.91	21.16	18.53	17.16
6-异姜酚	0.46	0.50	0.34	0.28	0.46	0.38	0.32	0.46
甲基-6-姜酚	0.11	0.17	0.16	0.14	0.18	0.22	0.28	0.33
乙酰氧基-6-姜酚	1.25	1.22	3.33	3.01	2.35	3.03	2.11	2.28
6-姜二醇	0.44	0.27	0.30	0.85	2.17	1.75	1.16	1.11
8-姜烯酚	1.20	1.12	1.16	1.14	2.12	2.32	1.61	1.60
二乙酰氧基-6-姜二醇	3.16	3.47	2.55	2.27	2.58	2.33	3.41	3.14
8-姜二酮	—	0.26	0.10	0.40	0.25	0.36	0.29	0.45
甲基-二乙酰氧基-6-姜二醇	0.28	0.32	0.23	0.29	0.21	0.20	4.68	5.68
8-姜醇	1.77	1.55	2.69	2.45	2.85	3.33	1.77	2.97
β-谷甾醇	—	—	—	—	—	1.06	1.24	2.49
10-姜酮酚	—	—	0.25	0.22	0.21	0.26	0.24	0.66
10-姜烯酚	1.34	1.23	0.98	1.04	1.10	1.27	1.32	2.03
10-姜二酮	0.44	0.16	0.54	0.79	0.85	0.95	0.81	1.79
10-姜醇	0.85	0.64	0.96	1.01	1.32	1.89	1.61	1.67
乙酰氧基-10-姜酚	—	—	0.14	0.23	0.23	0.23	0.27	0.20

尽管不同时期生姜根茎姜油树脂化学成分种类存在差异,但主要化学成分基本相同,其中α-姜黄烯、α-姜烯、α-法尼烯、β-没药烯、β-倍半水芹烯、姜油酮、Z-6-姜烯酚、6-姜酚、乙酰氧基-6-姜酚、8-姜烯酚、二乙酰氧基-6-姜二醇、甲基-二乙酰氧基-6-姜二醇、8-姜酚、10-姜烯酚等14种物质,在不同时期的相对含量之和均达65.81%~75.51%。进一步分析发现,随着生姜的生长及

收获后贮藏时间的延长,根茎姜油树脂中挥发性芳香成分相对含量逐渐降低,而非挥发性姜辣素成分相对含量逐渐升高,如生姜播后91d时,两类物质的相对含量分别为53.04%和40.39%,播后188d生姜收获时分别达52.07%和44.15%;而贮藏30d和120d时,两类物质相对含量分别达47.81%、47.05%和34.86%、60.21%。姜油树脂中上述14种主要化学成分中的挥发性芳香成分相对含量之和与非挥发性姜辣素成分相对含量之和亦表现出相似的趋势。

3 结论与讨论

蔬菜产品品质是一个较为复杂、多义性的概念,不同领域的研究者对其有不同的理解和表述,一般所指的品质是产品外观和众多内在因素构成的综合性状;但对于加工某一特定具体产品而言,亦即产品的加工品质又是一个十分具体的概念,是指产品的某一主要成分符合某种精深加工产品的要求,可具体地对应于制作某种加工产品,使加工产品出成率显著提高或品质显著改善。本研究表明,生姜根茎干物质、可溶性糖、可溶性淀粉、粗纤维和姜油树脂含量均随生长和贮藏时间的延长而增加;而可溶性蛋白和游离氨基酸含量则在生姜生长前期较高,生长后期及贮藏期较低且无显著变化。生姜播后157d前,根茎干物质及姜油树脂含量较低,辛辣味较淡,粗纤维较少,适于生姜腌渍加工,但由于生姜播后91d时,产量仅8541.4kg/hm²,且单株根茎平均鲜质量仅109.7g,虽然根茎鲜嫩,但商品生产价值不大;而生姜贮藏60d后,干物质、可溶性淀粉及姜油树脂含量已基本稳定,适于生姜脱水、淀粉加工及姜油提取。

生姜生长过程中,可合成新的化合物,使根茎姜油树脂的化学成分增加,而生姜贮藏过程中,虽有新的化合物合成,但随着贮藏时间的延长,根茎姜油树脂中痕量挥发性成分消失,导致根茎姜油树脂化学成分种类减

少,但不同时期生姜根茎姜油树脂的主要化学成分基本相同。本研究表明, α -姜黄烯在不同时期生姜根茎中的相对含量均较高,表明其为生姜固有的合成物质,而不是在贮藏过程中才生成的^[5,14]。

参考文献:

- [1] 吴贾锋,张诚,张晓鸣,等.生姜风味物质的提取和成分分析[J].食品与机械,2006,22(3):94-96;99.
- [2] 姜子涛,李荣.姜辣素化学及其研究进展[J].食品研究与开发,1998,19(1):7-10.
- [3] MA Xiaoqiang, GANG D R. Metabolic profiling of *in vitro* micropropagated and conventionally greenhouse grown ginger (*Zingiber officinale*) [J]. Phytochemistry, 2006, 67(20): 2239-2255.
- [4] JOLAD S D, LANTZ R C, CHE G J, et al. Commercially processed dry ginger (*Zingiber officinale*): composition and effects on LPS-stimulated PGE2 production[J]. Phytochemistry, 2005, 66(13): 1614-1635.
- [5] ONYENEKWE P C, HASHIMOTO S. The composition of the essential oil of dried Nigerian ginger (*Zingiber officinale* Roscoe)[J]. European Food Research and Technology, 1999, 209(6): 407-410.
- [6] BALLADIN D A, HEADLEY O. High pressure liquid chromatographic analysis of the main pungent principles of solar dried West Indian ginger (*Zingiber officinale* Roscoe)[J]. Renewable Energy, 1998, 13(4): 531-536.
- [7] 战琨友,王超,徐坤,等.气相色谱-质谱技术分析姜油树脂中的挥发性及非挥发性成分[J].色谱,2008,26(6):692-696.
- [8] 战琨友,尹洪宗,徐坤,等.老姜与鲜姜超临界提取物的化学成分分析[J].食品科学,2009,30(7):33-35.
- [9] 杨军,余德顺,代明权.超临界CO₂萃取不同部位姜油的组成研究[J].食品科学,2003,24(11):79-81.
- [10] 赵世杰,刘华山,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [11] 刘春生,杨守祥.农业化学分析[M].北京:中国农业大学出版社,1996.
- [12] 徐小方,杜宗绪.园艺产品质量检测[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [13] 曾凡遼,黄雪松,李爱军.超临界二氧化碳萃取姜油树脂与溶剂浸提的比较[J].食品科学,2006,27(6):155-157.
- [14] SMITH R M, ROBINSON J M. The essential oil of ginger from Fiji[J]. Phytochemistry, 1981, 20(2): 203-206.