

醋浸干燥加工对不同蚕豆原料挥发性风味成分的影响^{*}刘春菊^{1,3,4}, 王海鸥², 李大婧^{1,3,4}, 刘春泉^{1,3,4}

1(江苏省农业科学院 农产品加工研究所, 江苏 南京, 210014)

2(南京晓庄学院 生物化工与环境工程学院, 江苏 南京, 211171)

3(南京市(明天)农产品加工工程技术研究中心, 江苏 南京, 210014)

4(国家蔬菜加工技术研发专业分中心, 江苏 南京, 210014)

摘 要 为研究醋浸干燥加工对鲜蚕豆和蚕豆种子挥发性风味成分的影响, 采用 SPME 萃取技术和 GC/MS 技术分析鉴定鲜蚕豆、醋鲜蚕豆脆粒、蚕豆种子、醋蚕豆种子脆粒中的风味化合物。结果表明: 经过醋浸干燥加工处理, 鲜蚕豆中的挥发性风味成分醇类、醛类、酮类化合物变化较大, 蚕豆种子中醇类、醛类、杂环类化合物变化较大。醋鲜蚕豆脆粒的主要风味化合物是 1-辛烯-3-酮、3-甲基丁醛、壬醛、己醛、苯乙醛、双戊烯、d-柠檬烯、2-戊基呋喃, 醋蚕豆种子脆粒的主要风味化合物为 3-甲基丁醛、己醛、苯乙醛、2-戊基呋喃, 赋予了醋浸干燥加工产品的特有风味。

关键词 蚕豆; 醋浸; 干燥; 风味化合物

蚕豆是我国重要的食用豆类作物, 籽粒宽大, 豆肉脂厚, 在我国南北各地都有种植。蚕豆营养丰富, 用途广泛, 可加工成兰花豆、怪味豆、糖衣豆等休闲小食品, 这些产品是蚕豆种子经过浸泡、煮、炒、油炸, 再配以各种调味料制作而成^[1-2]。但油炸工序会使产品含有丙烯酰胺等致癌物质, 大大降低了产品的营养价值。醋蚕豆脆粒是将蚕豆经过食用醋浸渍得到具有保健功效的醋蚕豆, 再微波干燥制成的干制产品, 这个产品可以直接食用, 也可以粉碎成粉末添加到其他产品中。食品风味物质成分复杂, 含量微弱, 多数为易破坏的热不稳定性物质, 食品加工过程会促进一些风味的生成和转化, 挥发性化合物决定产品风味特性, 对食品的特征风味贡献较大^[3]。本研究采用 SPME 萃取和气质联用技术, 对鲜蚕豆和蚕豆种子在醋浸干燥后得到的醋蚕豆脆粒挥发性风味成分进行分离鉴定, 分析了醋浸干燥加工后鲜蚕豆和蚕豆种子风味化合物的变化。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试鲜蚕豆和蚕豆种子: 品种为通蚕鲜 6 号, 购于江苏省明天农牧科技有限公司南京六合农产品加

工中心; 酿造白醋, 购于苏果超市。NaCl(分析纯), 购于南京化学试剂有限公司。

1.2 主要仪器和设备

Finnigan Trace MS 气相色谱-质谱联用仪, 美国 Finnigan 公司; 手动 SPME 进样器, 75 μ mCAR/PDMS 萃取头, 美国 Supelco 公司; DHG-9073B5-III 型电热恒温鼓风干燥箱, 上海新苗医疗器械制造有限公司; MVD-1 型微波真空干燥设备, 南京孝马机电设备厂; 玻璃罐, 购于苏果超市。

1.3 醋蚕豆干燥处理

蚕豆豆荚鲜绿、籽粒饱满, 豆脐还未完全变色时采收, 采收后及时去荚剥粒, 用清水清洗蚕豆粒, 即得鲜蚕豆样品; 蚕豆荚成熟后在植株上经自然晒干、含水量约 5% 时, 连植株采收, 去掉蚕豆外荚, 将剥荚的蚕豆种子放入清水中浸泡 12 h, 即得蚕豆种子样品。

将准备好的蚕豆样品分别装入玻璃罐中, 装入量不要超过玻璃罐容积的 2/3, 然后加入酿造米醋, 浸没过最顶层蚕豆粒 3 ~ 4 cm, 将玻璃罐密封, 置于 25 $^{\circ}$ C 恒温箱中浸渍 14 d, 60 $^{\circ}$ C 热风干燥 30 min, 然后采用微波真空干燥设备 1 600 W 干燥 3 min, 即得醋蚕豆脆粒样品。

1.4 挥发性风味物质 SPME 萃取

取 2 g 蚕豆样品装入 20 mL 样品瓶中, 用聚四氟乙烯隔垫密封, 加入 8 mL 饱和 NaCl。将样品瓶放在磁力搅拌器上于 50 $^{\circ}$ C 加热平衡 15 min, 将已老化的萃取针头插入样品瓶中, 用手柄将石英纤维头推出暴

第一作者: 硕士研究生(刘春泉教授为通讯作者, E-mail: lcq@jaas.ac.cn)。

* 南通市重大科技创新专项(XA2013012)

收稿日期: 2014-10-08, 改回日期: 2014-11-21

露到样品瓶顶空气中,恒温 50 ℃ 萃取 30 min,用手柄将纤维头推回针头内,将萃取针头拔出,插入 GC/MS 进样器中,于 250 ℃ 解吸 2 min,同时启动仪器进行 GC/MS 检测。

1.5 挥发性风味物质 GC/MS 条件

1.5.1 色谱条件

色谱柱:DB-WAX,30 m × 0.25 mm × 0.25 μm 毛细管柱;载气:氮气;流量:0.8 mL/min,不分流进样。程序升温:起始温度 40 ℃,保持 4 min,以 5 ℃/min 速率升至 90 ℃,再以 10 ℃/min 的速率升至 220 ℃,保持 6 min。

1.5.2 质谱条件

离子源:电子轰击电离(EI),电子能量:70eV,检测电压:350 V,发射电流:350 μA,离子源温度:200 ℃,接口温度:250 ℃,扫描质量范围:33 ~ 450 u。

1.5.3 定性定量方法

定性:通过 GC/MS 所带的 NIST 图谱库和 Wiley 图谱库对蚕豆挥发性风味成分进行解析,确认挥发性风味成分的各化学组成,只有当正反匹配度均大于 800(最大值 1 000)的鉴定结果才予以确认。定量:利用图谱库工作站数据处理系统按峰面积归一化法进行定量分析,求得各化学成分在挥发性风味物质中的相对含量。

1.6 风味物质评价方法^[4]

采用相对风味活度值(relative odor activity value, ROAV)评价各挥发性物质对样品总体风味的贡献,定义对样品风味贡献最大的组分:ROAV_{stan} = 100,对其他挥发性成分则有:

$$ROAV_i \approx \frac{C_i}{C_{stan}} \times \frac{T_{stan}}{T_i} \times 100 \quad (1)$$

式中: C_i 、 T_i 是各挥发性成分的百分含量和相对应的感觉阈值; C_{stan} 、 T_{stan} 分别是对样品总体风味贡献最大组分的相对百分含量和相对应的感觉阈值。

ROAV ≥ 1,说明该物质为样品的主体风味成分,且在一定范围内,ROAV 越大说明该物质对总体风味贡献越大。但 0.1 ≤ ROAV < 1 对总体风味也有一定影响。

2 结果与分析

2.1 醋鲜蚕豆脆粒挥发性风味成分分析

通过 SPME 萃取和 GC/MS 分离鉴定,鲜蚕豆和醋鲜蚕豆脆粒中共检测出挥发性风味化合物 36 种和 34 种,醋鲜蚕豆脆粒中挥发性风味化合物主要由醇

类、醛类、酮类、酯类、酸类、烯烃类及杂环类等组成。鲜蚕豆经过醋浸干燥后醇类风味化合物的数量大大减少,由鲜蚕豆的 12 种醇类化合物下降到 3 种,含量由 52.3% 降到 3.37%。醇类化合物对鲜蚕豆风味贡献较大,其中(Z)-3-己烯醇、1-辛烯-3-醇 2 种物质的贡献最大,其相对风味活度值为 100 和 29.11,而醇类化合物对醋鲜蚕豆脆粒风味的贡献很少。鲜蚕豆中的醛类化合物在醋浸干燥后数量和含量都大大提高,鲜蚕豆中仅有 3 种醛类物质,仅有己醛对鲜蚕豆的风味有一定的贡献,醋鲜蚕豆脆粒中含有 8 种醛类化合物,其中 3-甲基丁醛的阈值较低,具有干果味、奶酪味和咸味,相对风味活度值为 14.62,对醋鲜蚕豆脆粒风味具有较大的贡献。醛类化合物的含量也是由鲜蚕豆的 1.44% 提高到了 13.21%。醋浸干燥加工影响最大的是酮类物质,在鲜蚕豆挥发性风味物质中未检测出酮类物质,而在醋鲜蚕豆脆粒中检测出 3 种酮类化合物,且对醋鲜蚕豆脆粒风味贡献最大的物质 1-辛烯-3-酮,相对风味活度值为 100,具有强烈的蘑菇香气和壤香。1-辛烯-3-酮在醋鲜蚕豆中的含量和醋鲜蚕豆脆粒中的相同,对 2 种样品风味都具有较大的贡献。以上结果可能是醋浸干燥加工过程中醇类化合物发生氧化反应生成醛类或酮类化合物,造成醇类化合物的大量减少,醛类和酮类化合物的大幅度增加。酯类化合物在经过醋浸干燥后数量和含量上都有所减少,酯类对醋鲜蚕豆脆粒的贡献较小。经过醋浸处理,鲜蚕豆中酸类物质大量增加,主要是乙酸含量增加较大,但酸类物质的阈值都较大,对醋鲜蚕豆脆粒风味影响不大。烯烃类化合物中 d-柠檬烯对鲜蚕豆风味的影响较大,而醋鲜蚕豆脆粒中只有双戊烯和 d-柠檬烯对其风味有一定影响。杂环类化合物中 2-戊基呋喃经过醋浸干燥后含量有所增加,对鲜蚕豆和醋鲜蚕豆脆粒风味都有一定的影响。

2.2 醋蚕豆种子脆粒挥发性风味成分分析

蚕豆种子经过醋浸干燥后醇类化合物含量和种类上都大幅度减少,由 11 种下降到了 1 种,含量由 46.42% 降到了 1.32%,对醋蚕豆种子脆粒风味基本没有贡献。醛类化合物大幅度增加,由 1 种增加到 6 种,含量也由 0.93% 增加到 19.63%,这种变化使得醛类对蚕豆种子风味贡献发生了变化,壬醛对蚕豆种子的贡献较大,其相对风味活度值为 40.29,而醋蚕豆种子脆粒中 3-甲基丁醛对其风味贡献最大,相对风味活度值为 100。酮类化合物在蚕豆种子中未检测到,在醋蚕豆种子脆粒中仅检测到 1 种,酮类化合

物对蚕豆种子和醋蚕豆种子脆粒风味的影响很少。蚕豆种子中检测出 7 种酯类化合物,且对其风味的影响较大,而醋蚕豆种子脆粒中检测到 2 种,对其风味贡献不大。酸类物质在醋蚕豆种子脆粒中只是乙酸含量的增加,其风味贡献较小。在醋蚕豆种子脆粒中

检测出许多杂环类化合物,包括呋喃、吡咯及吡嗪。这些化合物主要是干燥过程中加热引起了 Maillard 反应和 Strecker 降解产生的氨基酮经缩合反应而生成,这些化合物赋予了醋蚕豆种子脆粒坚果、马铃薯片、巧克力香味及烘烤香味^[18]。

表 1 醋鲜蚕豆脆粒和醋蚕豆种子脆粒主要挥发性风味物质
Table 1 Volatile flavor components in pickled fresh bean crisp and pickled bean crisp

序号	物质名称	阈值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	鲜蚕豆		醋鲜蚕豆脆粒		蚕豆种子		醋蚕豆种子脆粒	
			相对含量/ %	ROAV	相对含量/ %	ROAV	相对含量/ %	ROAV	相对含量/ %	ROAV
1	乙醇(Ethanol)	52 000 ^[4]	32.91	0.01			36.32	0.03		
2	丙醇(Propanol)	9 000 ^[5]					0.25	0.00		
3	2-甲基-1-丙醇 (2-Methyl-1-propanol)	7 000 ^[6]					0.13	0.00		
4	2-甲基丁醇(2-Methyl-1-butanol)						0.39			
5	3-甲基丁醇(3-methyl-1-Butanol)	170 ^[4]	1.81	0.11			2.43	0.62		
6	2,3-丁二醇(2,3-Butanediol)	4500 ^[4]					3.83	0.04		
7	(2S,3S)-(+)-2,3-丁二醇 [(S,S)-2,3-Butanediol]						0.86			
8	戊醇(Pentanol)	4000 ^[4]	0.60	0.00						
9	己醇(Hexanol)	250 ^[4]	8.66	0.34			0.70	0.12		
10	(Z)-3-己烯醇 [(Z)-3-Hexen-1-ol]	0.1 ^[7]	1.01	100						
11	庚醇(Heptanol)	330 ^[6]	0.23	0.01						
12	辛醇(Octanol)	110 ^[4]	0.54	0.05	0.27	0.00				
13	3-辛醇(3-Octanol)	18 ^[8]	2.14	1.18						
14	1-辛烯-3-醇(1-Octen-3-ol)	1 ^[4]	2.94	29.11			0.22	9.53		
15	壬醇(Nonanol)	50 ^[7]	0.53	0.10			0.41	0.36		
16	苯甲醇(Benzyl alcohol)	620 ^[4]	0.41	0.01	0.20	0.00				
17	苯乙醇(Phenylethyl alcohol)	86 ^[4]			2.90	0.03	0.88	0.44	1.32	0.02
18	芳樟醇(L- Linalool)	6 ^[5]	0.52	0.86						
19	3-甲基丁醛 (3-Methylbutyraldehyde)	0.2 ^[6]			3.86	14.62			12.64	100
20	己醛(Hexanal)	4.5 ^[6]	0.72	1.58	0.72	0.12			0.30	0.11
21	(Z)-2-庚烯醛[(Z)-2-Heptenal]	13 ^[6]	0.27	0.21	1.12	0.07				
22	壬醛(Nonanal)	1 ^[6]			1.88	1.42	0.93	40.29		
23	苯甲醛(Benzaldehyde)	350 ^[6]	0.45	0.01	2.45	0.01			1.12	0.01
24	苯乙醛(Benzeneacetaldehyde)	4 ^[4]			0.80	0.15			1.56	0.62
25	糠醛(Furfural)	3000 ^[5]			2.16	0.00			3.31	0.00
26	5-甲基呋喃醛 (5-Methyl-2-furancarboxaldehyde)	8000 ^[9]			0.22	0.00			0.70	0.00
27	2,3-丁二酮(2,3-Butanedione)	6.5 ^[10]			0.44	0.05				
28	2,3-戊二酮(2,3-Pentanedione)								0.60	
29	6-甲基-5-庚烯-2-酮 (6-Methyl-5-hepten-2-one)	50 ^[4]			0.22	0.00				
30	1-辛烯-3-酮(1-Octen-3-one)	0.005 ^[6]			0.66	100				
31	乙酸乙酯(Ethyl acetate)	5 ^[6]					11.54	100		
32	乙酸异丙酯 (Isopropenyl acetate)				1.30				3.57	
33	乙酸糠酯(Furfuryl acetate)				0.70					
34	乙酸苯酯(Phenethyl acetate)	250 ^[11]			0.35	0.00				
35	异戊酸乙酯(Ethyl isovalerate)	3 ^[12]	1.55	5.12			1.62	23.40		

续表 1

序号	物质名称	阈值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	鲜蚕豆		醋鲜蚕豆脆粒		蚕豆种子		醋蚕豆种子脆粒	
			相对含量/ %	ROAV	相对含量/ %	ROAV	相对含量/ %	ROAV	相对含量/ %	ROAV
36	异戊酸异戊酯 (Isopentyl isopentanoate)						0.20			
37	己酸乙酯(Ethyl caproate)	1 ^[13]	0.84	8.32			0.23	9.97		
38	庚酸乙酯(Ethyl heptanoate)	2.2 ^[5]	0.56	2.52						
39	辛酸乙酯(Ethyl caprylate)	580 ^[12]	0.57	0.01			0.30	0.02		
40	壬酸乙酯(Ethyl nonanoate)						0.23			
41	苯甲酸乙酯(Ethyl benzoate)	60 ^[5]	0.33	0.05						
42	邻苯二甲酸二乙酯 (Diethyl phthalate)		0.73		1.42		0.45		0.40	
43	乙酸(Acetic acid)	22 000 ^[4]			54.1	0.00	4.93	0.01	39.96	0.00
44	2-甲基丙酸(Isovaleric acid)	8 100 ^[4]			1.89	0.00				
45	二甲基丙二酸 (Dimethylmalonic acid)				0.22					
46	戊酸(Valeric acid)	3 000 ^[6]					0.43	0.01		
47	己酸(Hexanoic acid)	3 000 ^[6]	0.36	0.00	0.68	0.00				
48	庚酸(Heptanoic acid)	3 000 ^[5]	0.26	0.00						
49	辛酸(Octanoic Acid)	3 000 ^[6]			0.47	0.00				
50	壬酸(Nonanoic acid)	3 000 ^[14]			0.35	0.00	0.18	0.00		
51	癸酸(Decanoic acid)	10 000 ^[5]	0.33	0.00						
52	1,2-二甲苯(1,2-Xylene)	851 ^[15]	0.78	0.01			1.72	0.09		
53	1,3-二甲苯(1,3-Xylene)	324 ^[15]			0.25	0.00	2.37	0.32		
54	1,4-二甲苯(1,4-Xylene)	490 ^[15]					0.98	0.09		
55	对异丙基甲苯 (<i>p</i> -Isopropyltoluene)		7.05		2.51					
56	4-乙烯基间二甲苯[1-Methyl-4- (1-methylethenyl)-Benzene]		0.78							
57	乙基苯(Ethylbenzene)	29 ^[4]	0.25	0.09			0.78	1.17		
58	双戊烯(Dipentene)	10 ^[16]			3.69	0.28	0.40	1.73		
59	d-柠檬烯(d-Limonene)	210 ^[17]	18.31	5.33	4.62	0.10				
60	b-侧柏烯(b-Thujene)		0.79							
61	萜品烯(g-Terpinene)		1.14		0.35					
62	苯乙烯(Styrene)	730 ^[7]	1.08	0.01	0.38	0.00				
63	十二烯(Dodecene)								0.35	
64	波斯菊萜(2,6-Dimethyl- 1,3,5,7-octatetraene)				0.30					
65	1,2-环氧己烷(Hexyl-oxirane.)				0.28					
66	辛烷(Octane)	5 750 ^[15]					8.22	0.06		
67	癸烷(Decane)								0.71	
68	十二烷(Dodecane)								1.36	
69	十九烷(Nonadecane)		0.28				0.23			
70	丁香酚(Eugenol)	6 ^[5]	0.58	0.96						
71	甲基丁香酚(Methyl eugenol)	820 ^[16]	0.41	0.00						
72	2,6-二叔丁基对甲酚 (Butylated hydroxytoluene)				0.45				0.57	
73	2-戊基呋喃(2-Pentyl-furan)	6 ^[5]	1.07	1.77	3.49	0.44	0.18	1.30	0.48	0.13
74	2-乙酰基呋喃 [1-(2-Furanyl)-ethanone]	10 000 ^[5]							0.97	0.00
75	2-乙酰基吡咯 [1-(1H-pyrrol-2-yl)-ethanone]	170 000 ^[5]							1.05	0.00
76	2-甲基吡嗪(2-methyl-Pyrazine)	6 000 ^[5]							4.77	0.00
77	2-乙基吡嗪(Ethylpyrazine)	6 000 ^[5]							1.28	0.00

续表 1

序号	物质名称	阈值/ ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	鲜蚕豆		醋鲜蚕豆脆粒		蚕豆种子		醋蚕豆种子脆粒	
			相对含量/ %	ROAV	相对含量/ %	ROAV	相对含量/ %	ROAV	相对含量/ %	ROAV
78	2-乙基-5-甲基吡嗪 (2-Ethyl-5-methylpyrazine)	100 ^[5]							1.96	0.03
79	3-乙基-2,5-甲基吡嗪 (3-Ethyl-2,5-dimethyl-pyrazine)								1.64	
80	2,5-二甲基吡嗪 (2,5-Dimethyl-pyrazine)	1 800 ^[5]							4.38	0.00
81	2,6-二甲基吡嗪 (2,6-Dimethyl-pyrazine)	200 ^[4]							1.86	0.01
82	2,3,5-三甲基吡嗪 (2,3,5-Trimethylpyrazine)	400 ^[4]							1.00	0.00
83	2,5-二甲基-3-(3-甲基 正丁基)-吡嗪 [2,5-Dimethyl-3- (3-methylbutyl)-pyrazine]								0.44	

注:表 1 中的阈值为该物质在水中的感觉阈值。

2.3 醋鲜蚕豆脆粒与醋蚕豆种子脆粒挥发性风味成分比较

经过醋浸干燥后,鲜蚕豆和蚕豆种子中的醇类化合物都显著降低,苯乙醇是醋鲜蚕豆脆粒和醋蚕豆种子脆粒共同醇类化合物。鲜蚕豆和蚕豆种子中醛类化合物在醋浸干燥后数量和含量都大大增加,醋鲜蚕豆脆粒和醋蚕豆种子脆粒共同的醛类化合物是 3-甲基丁醛、己醛、苯甲醛、苯乙醛、糠醛、5-甲基呋喃醛,其中 3-甲基丁醛对醋鲜蚕豆脆粒和醋蚕豆种子脆粒风味都有较大贡献,己醛和苯乙醛对其风味都有一定影响。鲜蚕豆和蚕豆种子经过醋浸干燥后都生成了酮类化合物,酮类化合物对醋鲜蚕豆脆粒的影响更大。醋鲜蚕豆脆粒和醋蚕豆种子脆粒中乙酸含量较高,这是醋浸渍所引起的,但醋鲜蚕豆脆粒中还检测出其他酸类物质。杂环化合物在醋蚕豆种子脆粒中大量生成,醋鲜蚕豆脆粒和醋蚕豆种子脆粒中都保留了鲜蚕豆和蚕豆种子中的 2-戊基呋喃化合物,对其风味都有一定贡献。醋鲜蚕豆脆粒和醋蚕豆种子脆粒中都检测到 2,6-二叔丁基对甲酚,通常叫做 BHT,是一种油溶性有机化合物,在食品添加剂中被用作抗氧化剂。

3 结论

采用 SPME 萃取技术富集鲜蚕豆、醋鲜蚕豆脆粒、蚕豆种子、醋蚕豆种子脆粒中挥发性风味物质,通过 GC/MS 技术对挥发性化合物进行分离鉴定。鲜蚕豆的挥发性风味成分主要由醇类、酯类、烯烃类组成,

醋鲜蚕豆脆粒的挥发性风味成分主要由醛类、酮类、烯烃类构成,蚕豆种子的挥发性风味成分主要由醇类、醛类、酯类组成,醋蚕豆种子脆粒的挥发性风味成分主要由醛类、杂环类组成。经过醋浸干燥加工,鲜蚕豆和蚕豆种子中醇类、醛类、酮类、杂环类化合物的变化较大,对醋鲜蚕豆脆粒和醋蚕豆种子脆粒风味影响很大。醋鲜蚕豆脆粒的主要风味化合物为 1-辛烯-3-酮、3-甲基丁醛、壬醛、己醛、苯乙醛、双戊烯、d-柠檬烯、2-戊基呋喃,醋蚕豆种子脆粒的主要风味化合物为 3-甲基丁醛、己醛、苯乙醛、2-戊基呋喃,醋鲜蚕豆脆粒比醋蚕豆种子脆粒的风味更加丰富,赋予了其浓郁的风味。

参 考 文 献

- [1] 李焕荣,胡瑞兰,贾静. 蚕豆膨化休闲食品的研制[J]. 食品科学,2006,27(11):627-631.
- [2] 石永峰. 蚕豆及其食品加工[J]. 陕西粮油科技,1994,19(2):39-42.
- [3] 裘迪红,宋绍华,苏秀榕,等. 浒苔加热过程中挥发性风味成分的变化[J]. 中国食品学报,2013,13(5):246-253.
- [4] 刘登勇,周光宏,徐幸莲. 金华火腿主体风味成分及其确定方法[J]. 南京农业大学学报,2009,32(2):173-176.
- [5] 孙宝国. 食用调香术[M]. 北京:化学工业出版社,2010:21-28.
- [6] 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[J]. 食品科学,2008,29(7):370-374.
- [7] 叶婧,翁丽萍,卢春霞,等. 小网箱养殖大黄鱼挥发性风

- 味物质检测与分析[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(4): 147-151.
- [8] 范文来, 聂庆庆, 徐岩. 洋河绵柔型白酒关键风味成分[J]. 食品科学, 2013, 34(4): 135-139.
- [9] 赵然然, 商曰玲, 陆建. 通过风味阈值来研究老化物质对啤酒贮存中风味老化的影响[J]. 啤酒科技, 2011(1): 58-62, 67.
- [10] 熊越, 贺稚非, 李洪军, 等. 顶空固相微萃取-气质联用分析四川麸醋的香气成分[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 252-255.
- [11] Noguerol-Pato R, González-Álvarez M, González-Barreiro C, et al. Evolution of the aromatic profile in garnacha tintorera grapes during raisining and comparison with that of the naturally sweet wine obtained [J]. Food Chemistry, 2013, 139: 1 052-1 061.
- [12] Felipe S J, Vicente F, Juan C, et al. Quality and aromatic sensory descriptors (mainly fresh and dry fruit character) of spanish red wines can be predicted from their aroma-active chemical composition [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59: 7916-7924.
- [13] Du X, Plotto A, Baldwin E, Rouseff R. 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: 12 569-12 577.
- [14] 翁丽萍. 养殖大黄鱼和野生大黄鱼风味的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2011: 70.
- [15] Occupational Health and Environmental Safety Division. Odor Thresholds 3M Respirator Selection Guide [DB/OL]. (2010-01-01) [2014-04-10]. www.3M.com/OccSafety.
- [16] Leffingwell & Associates. Odor and flavor detection thresholds in water (in parts per billion) [EB/OL]. (2012-12-02) [2014-04-03] <http://www.leffingwell.com/>
- [17] 宋焕禄. 食品风味化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 122.
- [18] 张丽娟. 恒顺香醋醋酸发酵过程中风味物质的变化分析[D]. 无锡: 江南大学, 2008: 25-26.

Analyse of volatile flavor compounds in different faba beans treated with vinegar-pickling and drying

LIU Chun-ju^{1,3,4}, WANG Hai-ou², LI Da-jing^{1,3,4}, LIU Chun-quan^{1,3,4}

1 (Institute of Agricultural Products Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Engineering Research Center for Agricultural Products Processing, Nanjing 210014, China)

2 (School of Biochemical and Environmental Engineering, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 211171, China)

3 (Nanjing (Tomorrow) Engineering Research Center for Agricultural Products Processing, Nanjing 210014, China)

4 (National Vegetable Processing Technology R&D Sub-Centers, Nanjing 210014, China)

ABSTRACT In order to study the effect of vinegar-pickling and drying process on flavor in fresh bean and bean seed, the volatile flavor compounds in fresh beans, vinegar-pickled fresh bean crisp, bean seed, vinegar-pickled bean seed crisp were analyzed by solid-phase microextraction (SPME) and capillary gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS). The results indicated that alcohols, aldehydes, ketones in fresh beans changed remarkably after vinegar-pickling and drying process, and alcohols, aldehydes, heterocyclic in bean seed were affected significantly by pickling and drying process. 1-octen-3-one, 3-methylbutyraldehyde, nonanal, hexanal, benzeneacetaldehyde, dipentene, d-limonene, 2-pentyl-furan were the main flavor compounds of pickled fresh bean. 3-methylbutyraldehyde, hexanal, benzeneacetaldehyde, 2-pentyl-furan were the main flavor compounds of pickled bean seed. These flavor compounds contributed to the characteristic flavor of vinegar-pickled and dried bean products.

Key words faba bean; pickling in vinegar; drying; flavor compounds