

葱兰叶挥发油成分分析及其对鲜牛奶的抑菌作用

The analyses on chemical components in the leaf volatile oils of *Zephyranthes candida* (Lindl.) Herb. and their antimicrobial activities in the fresh milk

卫 强 时雪凤

WEI Qiang SHI Xue-feng

(安徽新华学院药学院, 安徽 合肥 230088)

(Pharmacy School, Anhui Xinhua University, Hefei, Anhui 230088, China)

摘要:采用水蒸气蒸馏(SDE)和超临界二氧化碳(SFE-CO₂)提取叶中挥发油,以 GC—MS 检测分析,考察挥发油在 4℃、10 d 内对鲜牛奶致腐菌的抑菌效果。结果表明:两者不同成分有 39 种,其中 SDE 挥发油中主要有甲基环己烷、二十八烷、间二甲苯、邻苯二甲酸二丁酯;SFE-CO₂ 挥发油主要有 4-(4-乙基环己基)-1-戊基-环己烯、甲苯、邻苯二甲酸二异辛酯、1-乙氧基戊烷、4-乙烯基-2-甲氧基苯酚、2,4-二叔丁基苯酚。两者相同成分有 16 种,含量差异较大。SFE-CO₂ 挥发油抑菌作用较强, MIC 值范围为 0.031~0.125 mg/mL。SFE-CO₂ 挥发油成分为浓郁香气和更强的防腐效果提供了物质基础。

关键词:葱兰叶;挥发油;鲜牛奶;抑菌活性;SDE;SFE-CO₂

Abstract: Two kinds of volatile oil were extracted by steam distillation extraction (SDE) and supercritical fluid extraction of CO₂ (SFE-CO₂), and then they were identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC—MS). The antimicroble effects of the extract on different rot funguses in fresh milk was evaluated in 4℃ within 10 days. There were 39 different components in the two kinds of volatile oil, including methyl cyclohexane, octacosane, 1,3-dimethyl-benzene, and dibutyl phthalate mainly found in the SDE volatile oil, and 4-(4-ethylcyclohexyl)-1-pentyl-cyclohexene, toluene, 1,2-benzenedicar-boxylic acid, diisooctyl ester, 1-ethoxy-pentane, 2-methoxy-4-vinylphenol, and 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)-phenol mostly presented in the SFE-CO₂ volatile oil. The differences among the contents of 20 common components in two oils was great. The SFE-CO₂ volatile oil showed more effective antimicrobial activity with the MIC range of 0.031~0.125 mg/mL. Moreover, those from SFE-CO₂ volatile oil could also provide better exotic perfume and stronger antiseptic functions.

Keywords: leaf from *Zephyranthes candida* (Lindl.) Herb.; volatile

oil; fresh milk; antimicrobial activities; SDE; SFE—CO₂

鲜奶含有丰富的脂肪、蛋白质、乳糖^[1],营养成分丰富。但极易发生变质、酸败,如乳酸菌可分解乳糖使牛奶发酵^[2];肠化菌使牛奶发生非酸性凝固,产生腐败气味^[2];荧光假单胞菌产生脂肪酶分解乳脂而生成具有臭味的低级酮类^[3];产气菌分解碳水化合物,产生二氧化碳、氢气、乳酸和有机酸,发生产气、酸性凝固现象^[3]。目前,牛奶非法添加的化学防腐剂有不同程度的毒性或副作用,如苯甲酸可引起精子畸形^[4],对消化道内微生物以及消化道 pH 有一定影响^[5],尼泊金酯类对雌性激素有影响^[6],并有试验^[3]表明其对男性睾丸存在危害。挥发油是多种小分子挥发性化合物的油状物质,其作为抑菌剂和防腐剂的作用已被证实,如肉桂精油可强烈抑制细菌、霉菌和酵母^[7],柑橘精油及其主要成分 D-柠檬烯可抑制大肠杆菌、金葡菌、枯草芽孢杆菌、酵母、黑曲霉,应用于橙汁防腐^[8]。

葱兰(*Zephyranthes candida* (Lindl.) Herb.)是石蒜科葱兰属植物,别名葱莲、玉帘、白花菖蒲莲、韭菜莲、肝风草,原产南美^[9]。由于葱兰色泽艳丽、花期长,近年来被广泛用于城市园林绿化和观赏植物,世界各国均有引种栽培^[10],在中国栽培广泛。葱兰含有生物碱^[11]、黄酮^[12]、凝集素^[13]、挥发油^[14]等成分,药理试验^[15]证明其生物碱成分对人上皮癌细胞、人表皮癌细胞、鼠淋巴瘤细胞 P388-D1 等有较强的抗肿瘤活性,挥发油成分具有清除 DPPH 和 ABTS 自由基作用^[14]。传统的 SDE 提取具有高温,易引起挥发油成分氧化^[16]。SFE-CO₂ 萃取技术可实现常温提取和保持热敏性成分不被热分解^[17],可有效富集芳香活性物质,使挥发油更接近天然香韵^[18]。葱兰叶中挥发油具有浓郁的香气,其化学成分研究国内外还未见报道。本研究拟运用 SDE 和 SFE-CO₂ 提取葱兰叶中挥发油,以气相色谱—质谱联用(GC—MS)研究其成分,进一步比较两种提取挥发油的成分和对鲜牛奶抑菌作用的差异,从该芳香植物中筛选天然活性成分,

基金项目:安徽省质量工程项目(编号:2014zy078)

作者简介:卫强(1977—),男,安徽新华学院副教授,硕士。

E-mail: weiqiang509@sina.com

收稿日期:2015—12—21

扩大在食品行业的应用。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器

葱兰叶:于 2014 年 5 月采自安徽合肥大蜀山地区,标本存于安徽新华学院药学院实验室;

鲜牛奶:批号 20151002,光明乳业有限公司;

粘质沙雷氏菌(*Serratia marcescens*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、腐败假单胞菌(*Pseudomonadaceae putrefaciens*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、产气荚膜杆菌(*Clostridium perfringens*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)、粪产碱杆菌(*Alcaligenes faecalis*)、保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*):中国菌种保藏中心;

溶菌酶:酶活力> 2 万 U/mg,上海谷研实业有限公司;所用试剂均为分析纯;

超临界萃取设备:HA221-50-01 型,江苏南通华安超临界有限公司;

气相色谱仪:Agilent 6890-5973N 型,安捷伦科技(中国)有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 挥发油的提取 精密称取干燥粉碎后的葱兰叶 200 g 装入料筒,等份,一份以水蒸气蒸馏装置提取,收集油水混合物,以无水硫酸钠脱水,得挥发油,呈近无色,香味较淡;另一份放入超临界萃取装置萃取釜内,设置萃取压力 45 MPa,萃取温度 20 ℃,萃取流量 20 L/h,萃取 1.5 h 后,打开分离釜排料阀,收集萃取物。萃取物经减压蒸馏后分别以环己烷、乙醚萃取,氮气吹去溶剂,得到挥发油,挥发油几近无色,香气浓郁。

1.2.2 色谱条件 HP-5 MS 石英毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),载气为高纯氮,不分流,进样量 1 μL;程序升温,柱起始温度为 40 ℃,保持 1 min 后以 5 ℃/min 升至 200 ℃,保持 2 min,再以 10 ℃/min 升至 280 ℃,保持 5 min,再以 5 ℃/min 升至 300 ℃,保持至完成分析。电子轰击能量 60 eV,扫描范围 m/z 25~550,离子源温度 220 ℃,接口温度 280 ℃,全离子扫描。

1.2.3 对牛奶的抑菌试验 以溶菌酶为对照,制备溶菌酶、葱兰叶 SDE、SFE-CO₂ 挥发油肉膏平板培养基,浓度依次为 2.000,1.000,0.500,0.250,0.125,0.062,0.031,0.016 mg/mL。在以上培养基上分别接种粘质沙雷氏菌、金黄色葡萄球菌、腐败假单胞菌、枯草芽孢杆菌、产气荚膜杆菌、大肠杆菌、粪产碱杆菌、保加利亚乳杆菌,移入培养箱中 37 ℃ 培养 48 h,计算溶菌酶、葱兰叶 SDE、SFE-CO₂ 挥发油的最小抑菌浓度(minimum inhibitory concentration, MIC),选择整体抑菌效果较好的挥发油组进行如下试验。

取 800 mL 的鲜牛奶均分为 8 份,鲜牛奶组设为空白对照组,加入质量浓度 0.05% 的溶菌酶鲜牛奶组设为阳性对照组,葱兰叶 SDE 和 SFE-CO₂ 挥发油均以 10% 吐温-80 溶液稀释,分别按照质量浓度 0.02%,0.04%,0.06% 加入鲜牛奶设为样品组。采用平板菌落计数法(参照 GB 4789.2—2010

《食品微生物学检验 菌落总数测定》),分别按照一定的稀释梯度稀释,贮藏于冰箱 4 ℃ 冷藏一定时间(0,2,4,6,8,10 d),按式(1)计算菌落总数:

$$N = \frac{\sum C}{(n_1 + 0.1n_2)d},$$

(1)

式中:

N ——样品中菌落数,CFU;

$\sum C$ ——平板菌落数之和,个;

n_1 ——低稀释倍数平板个数,个。

n_2 ——高稀释倍数平板个数,个。

d ——稀释因子。

1.2.4 数据处理 通过面积归一化法测定鉴定的化合物的相对含量,检索为 NIST2011 数据库。

2 结果与讨论

2.1 葱兰叶 SDE、SFE-CO₂ 挥发油化学成分

葱兰叶 SDE、SFE-CO₂ 挥发油化学成分测定结果见图 1 和表 1~3。

由表 1 可知,从葱兰叶 SDE、SFE-CO₂ 挥发油中共鉴定出 55 种化学成分,主要有烃类、酯类、苯类、醇类、醛类、酮类、酸类、醚类、杂环类等。其中从葱兰叶 SDE 和 SFE-CO₂ 挥发油中共鉴定出 37,34 种挥发性成分,分别占总挥发性成分的 74.16%,92.40%。由表 2 可知,SFE-CO₂ 挥发油中醇类、烃类、苯类、醛类、酮类、酯类含量均高于 SDE 挥发油,且不含酸类、醚类、杂环化合物,说明两者挥发油含量和种类差别较大。由表 3 可知,两者挥发油的特征成分具有显著差异,SDE 和 SFE-CO₂ 挥发油中最高含量的化学成分分别是甲基环己烷(15.96%)、4-(4-乙基环己基)-1-戊基-环己烯(8.73%)。与文献[14]葱兰花 SDE 挥发油成分相似。但花

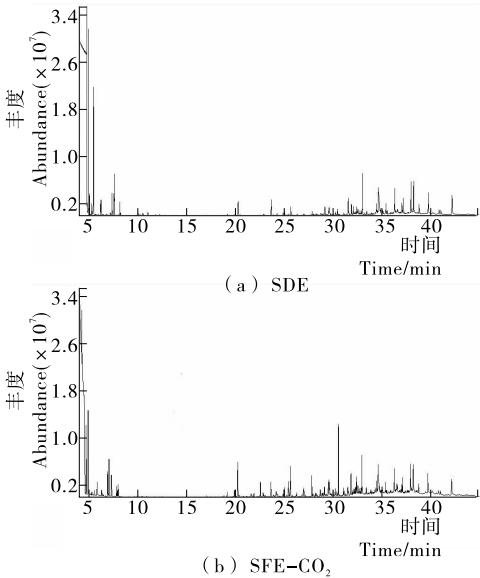


图 1 葱兰叶中挥发油总离子流

Figure 1 Total ion chromatogram of SDE and SFE-CO₂ volatile oil of leaf from *Zephyranthes candida* (Lindl.) herb.

表 1 葱兰叶 SDE、SFE-CO₂ 挥发油中化学成分

Table 1 SDE and SFE-CO₂ volatile oils ' chemical constituents of leaf from *Zephyranthes candida* (Lindl.) Herb.

种类	保留时间/min	化合物名称	相对含量/%	
			SDE	SFE-CO ₂
烷烃类	4.834	1-乙氧基戊烷	—	6.36
	5.077	甲基环己烷	15.96	—
	17.153	十二烷	—	0.42
	18.885	2,6,10-三甲基十四烷	0.30	0.36
	19.957	十三烷	—	1.29
	21.954	2,6,10-三甲基十二烷	—	0.78
	22.614	十四烷	—	2.52
	25.467	十五烷	—	2.88
	27.848	十六烷	0.15	2.94
	28.725	氯代十八烷	0.51	—
	29.575	2,6,10,15-四甲基十七烷	1.17	2.94
	29.586	十七烷	1.14	—
	30.571	4-(4-乙基环己基)-1-戊基-环己烯	—	8.73
	32.406	二十七烷	1.32	2.58
	35.031	3-乙基-5-(2-乙基丁基)-十八烷	0.78	1.71
	36.281	二十一烷	3.45	—
	40.974	反式角鲨烯	0.90	—
酯类	42.116	二十八烷	5.34	—
	5.364	乙酸(6-庚烯-1-基)酯	1.02	—
	6.311	醋酸正丁酯	1.68	1.98
	31.843	丁基邻苯二甲酸十四酯	2.04	—
	32.601	十六酸甲酯	0.96	—
	32.963	邻苯二甲酸二丁酯	5.10	3.21
	32.979	邻苯二甲酸-丁基-8-甲基壬酯	—	4.89
	38.198	邻苯二甲酸二异辛酯	4.74	7.17
	5.045	甲苯	—	8.25
	7.443	乙苯	2.64	4.65
苯类	7.654	间二甲苯	5.25	—
	8.255	对二甲苯	1.65	2.58
	10.122	1-乙基-3-甲基苯	0.30	—
	10.225	1-乙基-2-甲基苯	0.18	—
	11.020	1,2,3-三甲苯	0.15	0.24
	12.276	邻甲基苯乙烯	—	0.12
	20.308	4-乙烯基-2-甲氧基苯酚	3.66	5.97
	24.898	2,4,6-三甲氧基甲苯	0.81	—
	25.678	2,4-二叔丁基苯酚	1.83	5.58
	7.020	3-己烯-1-醇	—	3.63
醇类	13.851	α -(1-庚烯基)- α -甲基苯甲醇	—	0.12
	25.862	3,7,11-三甲基十二醇	0.21	—
	31.523	叶绿醇	2.40	1.74
	31.318	2-十八烷氧基乙醇	0.18	—
	35.491	(Z)-2-(9-十八碳烯基氧基)乙醇	0.42	—
		2,2,4-三甲-3-(3,8,12,16-四甲基-十八烷基-3,7,11,15-四烯基)-环己醇	0.90	—
	40.974			

续表 1

种类	保留时间/min	化合物名称	相对含量/%	
			SDE	SFE-CO ₂
醛类	5.673	辛醛	—	0.60
	6.409	糠醛	—	0.96
	12.590	苯乙醛	—	0.24
	14.371	壬醛	—	0.15
	22.880	十二醛	—	0.96
酮类	23.681	4,6-二羟基-2,3-二甲基苯甲醛	3.48	2.73
	8.114	2-甲基环戊酮	—	1.50
	29.142	2-羟基-4,6-二甲氧基苯乙酮	1.44	1.62
	30.419	3,5,6,7,8,8 α -六氢-4,8 α -二甲基-6-(1-羟甲基乙烯基)-(1H)-萘-2-酮	0.87	—
杂环	27.058	4 α -乙酰氧基-5,5,8 α -三甲基-八氢苯并[<i>b</i>]吡喃	0.36	—
酸类	32.709	6-(1,1-二甲基乙基)-2,3-二氢-1,1-二甲基-1H-茚-4-乙酸	0.51	—
醚类	27.036	4-羟基-3-叔丁基-苯甲醚	0.36	—

表 2 SFE-CO₂ 和 SDE 挥发油中不同成分的数目和含量对比

Table 2 Comparison between the number and content of SFE-CO₂ and SDE volatile oils

成分	SFE-CO ₂		SDE	
	数目/种	含量/%	数目/种	含量/%
醇类	3	5.49	5	4.11
醛类	6	5.64	1	3.48
烃类	12	33.51	11	31.02
苯类	7	27.39	9	16.47
酮类	2	3.12	2	2.31
酯类	4	17.25	6	15.54
酸类	0	—	1	0.51
醚类	0	—	1	0.36
杂环	0	—	1	0.36

表 3 两类挥发油主要成分比较

Table 3 The comparison of themain components in two types of volatile oils

挥发油种类	特征成分及含量
SDE	甲基环己烷 (15.96%)、二十八烷 (5.34%)、二十一烷 (3.45%)、间二甲苯 (5.25%)、邻苯二甲酸二丁酯 (5.10%)、邻苯二甲酸二异辛酯 (4.74%)、4-乙烯基-2-甲氧基苯酚 (3.66%)、4,6-二羟基-2,3-二甲基苯甲醛 (3.48%)
	4-(4-乙基环己基)-1-戊基-环己烯 (8.73%)、1-乙氧基戊烷 (6.36%)、甲苯 (8.25%)、2,4-二叔丁基苯酚 (5.58%)、4-乙烯基-2-甲氧基苯酚 (5.97%)、乙苯 (4.65%)、邻苯二甲酸二异辛酯 (7.17%)、邻苯二甲酸-丁基-8-甲基壬酯 (4.89%)、邻苯二甲酸二丁酯 (3.21%)、3-己烯-1-醇 (3.63%)
SFE-CO ₂	

以脂肪酸(22.05%)、萜类及其含氧衍生物(13.53%)、烷烃(13.19%)和醛(6.93%)为主,主要成分有棕榈酸(12.12%)、亚油酸(9.67%)、二十三烷(7.57%)、庚醛(5.90%)、4-乙烯基-2-甲氧基苯酚(5.36%)、2,6-二叔丁基对甲酚(5.33%)等。花、叶挥发油共有成分有十五烷、十六烷、十七烷、二十一烷、4-乙烯基-2-甲氧基苯酚、糠醛、苯乙醛。

葱兰叶 SDE、SFE-CO₂ 挥发油中共同成分有 16 种,分别为:2,6,10-三甲基十四烷、十六烷、2,6,10,15-四甲基十七烷、二十七烷、3-乙基-5-(2-乙基丁基)-十八烷、醋酸正丁酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二异辛酯、乙苯、对二甲苯、1,2,3-三甲苯、4-乙烯基-2-甲氧基苯酚、2,4-二叔丁基苯酚、叶绿醇、4,6-二羟基-2,3-二甲基苯甲醛、2-羟基-4,6-二甲氧基苯乙酮。相同成分中绝大多数成分以 SFE-CO₂ 挥发油中含量较高,葱兰叶 SDE 仅有邻苯二甲酸二丁酯(5.10%)、叶绿醇(2.40%)、4,6-二羟基-2,3-二甲基苯甲醛(3.48%)含量偏高。

2.2 对牛奶的抑菌作用

由表 4 可知,葱兰叶 SFE-CO₂ 挥发油对粘质沙雷氏菌、金黄色葡萄球菌、腐败假单胞菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、产气荚膜杆菌、粪产碱杆菌、保加利亚乳杆菌有较强抑制力,其 MIC 值范围为 0.031~0.062 mg/mL,而葱兰叶 SDE 挥发

油相对抑制力较弱,其 MIC 值范围为 0.062~2.000 mg/mL。由表 5 可知,与空白组对照,在 4 ℃ 冰箱中放置 0~10 d,随着葱兰叶 SDE 和 SFE-CO₂ 挥发油添加浓度的提高,对鲜牛奶有明显抑菌作用,而 SFE-CO₂ 挥发油组抑菌作用强于 SDE 挥发油组。溶菌酶对 G⁺ 菌抑制作用较强,但对 G⁻ 菌,包括一些主要的食源性病原体无效,在食品应用上受到一定限制^[19]。

表 4 葱兰叶 SDE、SFE-CO₂ 挥发油抗菌试验的 MIC 值
Table 4 Antimicrobial MIC of SDE and SFE-CO₂ essential oils from *Zephyranthes candida* (Lindl.) Herb. (n=3) mg/mL

菌种	SDE 挥发油	SFE-CO ₂ 挥发油	溶菌酶
粘质沙雷氏菌	1.000	0.031	0.062
金黄色葡萄球菌	0.125	0.062	0.031
腐败假单胞菌	2.000	0.031	1.000
枯草芽孢杆菌	0.125	0.062	0.125
大肠杆菌	0.500	0.062	0.062
产气荚膜杆菌	0.062	0.062	0.062
粪产碱杆菌	0.125	0.062	0.031
保加利亚乳杆菌	0.125	0.062	1.000

表 5 葱兰叶 SDE、SFE-CO₂ 挥发油处理前后对鲜牛奶中微生物中菌落数的影响[†]
Table 5 Affect on the total count of microorganisms before and after milk processing with SDE and SFE-CO₂ essential oils from *Zephyranthes candida* (Lindl.) Herb. CFU/mL

样品	浓度/%	放置天数/d					
		0	2	4	6	8	10
空白组		202	7.4×10 ³	5.3×10 ⁵	4.7×10 ⁷	6.2×10 ⁹	7.7×10 ¹¹
对照组	0.04	206	2.6×10 ³	2.6×10 ⁴	5.5×10 ⁵	3.7×10 ⁶	4.8×10 ⁷
	0.02	187	5.2×10 ³	6.2×10 ⁴	8.9×10 ⁵	7.8×10 ⁶	7.5×10 ⁷
SDE 挥发油组	0.04	179	3.1×10 ³	4.1×10 ⁴	6.0×10 ⁵	5.2×10 ⁶	6.2×10 ⁷
	0.06	192	1.5×10 ³	2.0×10 ⁴	4.4×10 ⁵	3.4×10 ⁶	4.6×10 ⁷
	0.02	182	4.1×10 ³	5.9×10 ⁴	6.9×10 ⁵	5.6×10 ⁶	6.2×10 ⁷
SFE-CO ₂ 挥发油组	0.04	191	2.0×10 ³	3.0×10 ⁴	5.0×10 ⁵	4.0×10 ⁶	4.4×10 ⁷
	0.06	178	1.2×10 ³	1.5×10 ⁴	2.7×10 ⁵	2.1×10 ⁶	2.0×10 ⁷

† 放置 4 ℃ 冰箱中。

3 结论

从葱兰叶 SDE、SFE-CO₂ 挥发油中共鉴定出 55 种化学成分,其中不同成分 39 种,分别占 41.67%,44.40%;相同成分 16 种,分别占 32.49%,48.00%。其不同成分类别差异明显,其中 SFE-CO₂ 挥发油不含醚类、酸类和杂环成分;相同成分含量差异较大,多数以 SFE-CO₂ 挥发油含量较高。说明成分差异决定挥发油品质,对其香型也产生决定性影响,SFE-CO₂ 挥发油香气浓郁的结果与其成分组成密切相关。另外,葱兰叶挥发油成分对鲜牛奶的抑菌作用结果显示,SFE-CO₂ 挥发油对引发牛奶变质的粘质沙雷氏菌等有较强抑制力,其 MIC 值范围为 0.031~0.125 mg/mL。研究^[20-21]表明,多种酚类成分是抗菌的有效成分。酚羟基是起抗菌作用的主要官能团,邻位甲氧基能提高抗菌活性,抗菌活性可能还与电性、疏水性和空间结构有关。SFE-CO₂ 挥发油显示较强的抗

菌活性,可能与其含有较高的苯类成分有关(27.39%)。本试验从挥发油成分与香气和对鲜牛奶的抑菌作用的关系两个方面说明 SFE-CO₂ 萃取具有更好的技术优势。

参考文献

[1] 王孝荣, 潘年龙, 罗佳丽. 牛奶保鲜技术的研究进展[J]. 饮料工业, 2012, 15(8): 2-5.
[2] 张晓梅. 鲜牛奶中细菌的分离纯化及其药物敏感性分析[J]. 饲料工业, 2012, 33(5): 26-30.
[3] 王琳, 刘聚祥, 马亚斌, 等. 牛奶防腐剂的研究进展[J]. 中国乳品工业, 2015, 43(5): 43-45.
[4] 吕娜, 沈明浩. 食品防腐剂苯甲酸钠的蓄积毒性及精子毒性研究[J]. 毒理学杂志, 2011, 25(3): 241-242.
[5] 高增兵, 余冰, 郑萍, 等. 苯甲酸对仔猪肠道微生物及代谢产物的影响[J]. 动物营养学报, 2014, 26(4): 1 044-1 054.

(下转第 90 页)

程并不足以使核桃壳裂纹扩展到整个核桃,仅仅是接触部分的破壳,故破壳效果不理想。

当挤压行程为 6 mm,4 个挤压块从 4 个点同时向内挤压核桃壳时,核桃壳在接触部分开始产生裂纹,且 6 mm 的挤压行程足以使核桃壳的形变扩及整个核桃壳,从而使核桃破壳完全,故核桃壳破碎率高。

当挤压行程为 8 mm 时,核桃壳在接触部分开始产生裂纹,且伴随着极高的破壳率,核桃的高路仁率也在降低。因为核桃壳在完全破碎后,挤压块还在进一步挤压核桃,以至于将完整的核桃仁挤碎,从而降低了高路仁率。

为了提高破壳率和高路仁率,以陕西本地核桃为例,在四点挤压式核桃破壳机中,最优的挤压行程为 6 mm,此时,核桃壳完全破碎,破壳率为 100%,高路仁率为 96.8%。

3 结论

本试验研制的“四点挤压”式核桃破壳机适用于不同尺寸大小的核桃,且破壳效果明显优于“两点受力”破壳的机械。“四点挤压”式破壳机的破壳率为 100%,高路仁率为 96.8%。四点受力破壳为提高核桃破壳率、整仁率提供了一定的思路。

在前期的偏心式核桃破壳机的参数优化试验中,不同的挤压行程对核桃破壳有一定影响^[11],本试验中不同尺寸大小的核桃在破壳时,挤压行程为 4 mm 时,破壳率都不好。当挤压行程为 6 mm 时,所有尺寸核桃的破壳效果明显提高,也进一步说明破壳效果和挤压行程有大关系,但和核桃本身大小尺寸关系并不明显。

本次试验只采用了一个品种的核桃,将来还应进一步用多个品种核桃进行破壳试验,以检验核桃破壳效率。在核桃破壳试验的过程中,力的加载位置对破壳效果有一定的影响,将来在改进“四点挤压”式核桃机时,应该加上核桃的定向装置。

参考文献

[1] 钟海雁,李忠海,袁列江,等.核桃生产加工利用研究的现状与前景[J].食品与机械,2002,18(4):4-6.

[2] 陆俊,赵安琪,成策,等.核桃营养成分与生理活性及开发利用[J].食品与机械,2014,30(6):238-242.

[3] KHIR Ragab, PAN Zhong-li, ATUNGULU Griffiths G, et al. Size and moisture distribution characteristics of walnuts and components [J].Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(3): 771-782.

[4] FAROOGH S, MOHAM M, HADDAD D. Mechanical behavior of walnut under cracking conditions[J]. Journal of Applied Sciences, 2008, 8(5): 886-890.

[5] 李忠新,刘奎,杨莉玲,等.锥篮式核桃破壳装置设计与试验[J].农业机械学报,2012(1):146-152.

[6] 董诗韩,史建新.多辊挤压式核桃破壳机的设计与试验[J].新疆农业大学学报,2011(1):62-65.

[7] 王维,贺功民,田智辉,等.变间距挤压式核桃破壳机的研制[J].中国农机化学报,2014(6):174-176.

[8] 李忠新,刘奎,杨莉玲,等.锥篮式核桃破壳装置设计与试验[J].农业机械学报,2012(1):146-152.

[9] 高警,郑甲红,安碾粮,等.偏心击打式核桃破壳机的设计与试验[J].食品与机械,2014,30(5):133-136.

[10] 赵奎鹏,郑甲红,王亚妮,等.挤压式核桃破壳机的正交试验研究[J].农机化研究,2016(2):153-157.

[11] 闫茹,赵奎鹏,郑甲红,等.挤压式核桃破壳机参数优化试验[J].农机化研究,2016(6):219-224.

[12] 张宏,马岩,李勇,等.基于遗传 BP 神经网络的核桃破裂功预测模型[J].农业工程学报,2014(18):78-84.

[13] SEZAI E, MAZHAR K, ISMAIL O, et al. Comparison of some physical mechanical nut and kernel properties of two walnut cultivars[J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj - Napoca, 2011, 39(2): 227-231.

[14] 郑少华,姜奉化.实验设计与数据处理[M].北京:中国建材工业出版社,2004:169-173.

(上接第 24 页)

[6] SONI M G, CARABIN I G, BURDOCK G A. Safety assessment of esters of p-hydroxybenzoic acid (parabens) [J]. Food Chem Toxicol, 2005, 43(1): 985-1015.

[7] 王步江,刘金福,樊秀花,等.肉桂精油抑菌活性研究[J].食品与机械,2011,27(6):166-167,182.

[8] 李巧巧,雷激,唐洁,等.商品柑橘精油的抑菌性及其应用研究[J].食品与机械,2011,27(6):160-162.

[9] 邓祖丽颖,袁秀云.葱兰的离体培养及再生体系研究[J].中国农学通报,2013,29(13):140-144.

[10] 董博,刘雪,付春.葱兰和韭兰花色色素种类和质量分数的研究[J].西南大学学报:自然科学版,2014,36(3):34-41.

[11] 杨简赛,冯煦,陈雨,等.葱莲鳞茎化学成分研究[J].中药材,2010,33(11):1730-1732.

[12] NAKAYAMA M, HORIE T, TSUKAYAMA M, et al. Isolation of kaempferol-3-O-rhamnoglucoside, a flavonoid glycoside from *Zephyranthes Candida* [J]. Zeitschrift Für Naturforschung C, 2014, 33(7/8): 587-588.

[13] 吕辉.玉帘凝集素的分离纯化、部分性质研究及分子克隆[D].成都:四川大学,2003:9-21.

[14] 毕淑峰,张铃杰,徐娇,等.葱兰花挥发油的化学成分及对自由基的清除作用研究[J].北京联合大学学报,2015,29(1):14-18.

[15] MUTSUGA M, KOJIMA K, NOSE M, et al. Cytotoxic activities of alkaloids from *Zephyranthes candida* [J]. Natural Medicine, 2001, 55(4): 201-204

[16] 卫强,李前荣,尹浩,等.超临界 CO₂萃取法与水蒸气蒸馏法提取垂丝海棠叶挥发油成分及其抗氧化活性的比较研究[J].中成药,2015,37(11):2550-2554.

[17] 卫强,纪小影.红叶李的叶、茎挥发油成分 GC—MS 分析及体外抗菌、抗病毒活性研究[J].中药新药与临床药理,2016,27(2):263-268.

[18] 刘劲芸,阴耕云,张虹娟,等.超临界 CO₂萃取与同时蒸馏萃取法提取澳洲坚果花挥发性成分研究[J].云南大学学报:自然科学版,2013,35(5):678-684.

[19] 徐敬宜,徐永平,刘妹,等.溶菌酶及其在食品工业中的应用[J].食品与机械,2006,22(1):90-92.

[20] 吕世明,陈杖榴,陈建新,等.丁香酚体外抑菌作用研究[J].食品科学,2008,29(9):122-124.

[21] 唐小辉.肉桂醛、丁香酚及其结构类似物的抑菌活性与化学结构的关系[D].湘潭:湘潭大学,2013:35-53.