

成熟度和干燥方法对红枣汁香气成分的影响

李其晔¹, 鲁周民^{2,*}, 化志秀¹, 芦 艳²

(1.西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100;

2.西北农林科技大学林学院, 陕西省红枣工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 目的: 研究不同红枣原料对加工红枣汁香气成分的影响。方法: 采用固相微萃取与气相色谱质谱联用技术, 对脆熟期、完熟期、自然阴干和人工热风干制红枣4种原料加工的红枣汁中的香气成分进行分离鉴定。结果: 分别从4种红枣汁中分离鉴定出挥发性化合物34、37、42种和44种, 均含有醛类、酮类、羧酸类、酯类、醇类、烷烃类及少量其他化合物, 其香气成分的种类和相对质量分数存在较大差异。干枣特别是人工热风干制红枣加工的红枣汁中香气成分种类多、相对质量分数高, 具有典型的红枣香味。结论: 人工热风干制红枣更适合作为加工红枣汁的原料。

关键词: 红枣汁; 香气成分; 固相微萃取; 气相色谱质谱联用

Effects of Degree of Maturity and Drying Methods on Aroma Components in Chinese Jujube Juice

LI Qi-ye¹, LU Zhou-min^{2,*}, HUA Zhi-xiu¹, LU Yan²

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling 712100, China; 2. Shaanxi Center of Chinese Jujube Engineering and Technology, College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling 712100, China)

Abstract: The effects of maturity (crispness maturity and full maturity) and drying methods (shadow drying and hot air drying) on aroma components in Chinese jujube juice were studied. Solid phase micro-extraction coupled with gas chromatography mass spectrometry (SPME/GC-MS) was used to analyze aroma components in various juice samples. A total of 34, 37, 42 and 44 volatile compounds all including acids, aldehydes, ketones, esters, and alcohols were identified in juice samples prepared from fresh jujubes at crispness maturity and full maturity as well as shadow dried and hot air dried jujubes, respectively. Four samples exhibited significant differences in the groups and amounts of aroma compounds. Juice samples prepared from dried Chinese jujubes especially hot air drying contained more aroma components with higher relative contents and had typical aroma. In conclusion, hot air dried jujubes is more suitable material for jujube juice.

Key words: Chinese jujube juice; aroma compounds; solid phase micro-extraction (SPME); gas chromatography mass spectrometry (GC-MS)

中图分类号: TS205.1; S665.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)24-0234-05

红枣是中国特有的经济果品, 具有很高的食用和药用价值。目前, 全国红枣栽培面积100多万 hm^2 , 年产量400多万 $\text{t}^{[1]}$ 。红枣的加工制品多为粗加工产品, 主要有红枣干、红枣片、枣泥等, 其深加工产品较少。加工红枣汁是进行红枣深加工的一条重要途径, 也对促进红枣产业健康持续发展具有重要意义。研究表明, 红枣汁具有降血脂的保健作用^[2]。

香气成分是影响果品及其加工品风味品质的重要因素^[3-4], 不同种类的果品以及同一果品在不同工艺条件下的加工产品, 其香气品质会有较大差异^[5]。国内外学者对草莓^[6]、枸杞酒^[7]、葡萄^[8-9]、苹果^[10]、猕猴桃^[11]

等果品及其加工品的香气成分进行了大量研究。目前, 有关红枣及其加工品香气成分的研究主要有鲜枣^[12]、干枣^[13]、枣酒^[14]、枣醋^[15]等产品, 对红枣汁香气成分的研究还未见报道。本实验采用固相微萃取与气相色谱质谱联用技术(solid phase micro-extraction coupled with gas chromatography mass spectrometry, SPME-GC-MS), 对以脆熟期、完熟期糖心枣、自然干制以及人工热风干制红枣为原料加工的红枣汁的香气成分进行分离鉴定, 并对香气成分的种类和相对质量分数分析比较, 旨在研究不同原料对红枣汁香气成分的影响, 为红枣汁的生产提供理论和技术参考。

收稿日期: 2011-12-07

基金项目: 财政部“以大学为依托的农业科技推广体系建设项目”(XTG2011-13)

作者简介: 李其晔(1985—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品贮藏与加工。E-mail: liqiye@163.com

*通信作者: 鲁周民(1966—), 男, 研究员, 硕士, 研究方向为经济林产品保鲜贮藏与加工利用。E-mail: lzm@nwsuaf.edu.cn

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

红枣品种为陕北木枣, 采自西北农林科技大学清涧红枣试验站。脆熟期红枣采摘于2010年9月下旬(水分质量分数为69.1%、总糖质量分数37.11%、总酸质量分数0.51%), 完熟期红枣采摘于2010年10月上旬(水分质量分数51.77%、总糖质量分数41.21%、总酸质量分数0.87%), 为已失水软化的糖心枣。红枣采摘后运回实验室, 储藏于(0±1)℃冰箱中备用。

TRACE DSQ GC-MS联用仪 美国Finnigan公司; 手动SPME进样器、50/30μm DVB/CAR/PDM萃取头(萃取头使用前先将其插入气相色谱仪进样口, 250℃老化30min) 美国Supelco公司; DHG9140A电热恒温鼓风干燥箱 上海恒科仪器有限公司; BCD-215DC型海尔冰箱; 15mL样品瓶。

1.2 方法

将红枣挑选后分4组处理。A组: 脆熟期红枣。B组: 完熟期糖心枣。C组: 糖心枣在室内阴干20d的红枣(水分质量分数27.45%、总糖质量分数58.59%、总酸质量分数1.02%)。D组: 糖心枣经65℃热风干燥5h的红枣(水分质量分数27.4%、总糖质量分数62.61%、总酸质量分数1.34%)。分别取4组红枣样品去核后, 称取500g果肉, 切碎, 按料水比1:3的比例参考文献[16]制备红枣汁, 并用水调节每组红枣汁的可溶性固形物为11%, 测得各组红枣汁的总糖质量分数分别为49.1%、53.57%、42.98%、49.58%, 总酸质量分数分别为0.28%、0.27%、0.27%、0.27%。检测时将红枣汁样品置于15mL样品瓶中, 加盖密封, 于35℃水浴中平衡10min。将经老化处理的固相微萃取器插在样品瓶上, 吸附40min后拔出, 于气相色谱仪进样口250℃解吸5min。

1.3 GC-MS分析条件

色谱条件: DB-17MS弹性石英毛细管柱(30m×0.25mm, 0.025μm); 升温程序: 40℃保持2.5min, 以5℃/min升至250℃, 传输线230℃; 载气(He)流速0.8mL/min, 不分流进样, 进样量1.0μL。质谱条件: 电子离子源(electron ionization, EI); 电子能量70eV, 离子源温度200℃, 质量扫描范围 m/z 35~400; 发射电流100μA, 检测电压1.4kV。

1.4 定性定量方法

利用随机Xcalibur工作站NIST 2002标准谱库自动检索各组分, 参考标准谱图和文献对机检结果进行核对, 按面积归一化法计算各组分相对质量分数^[17]。

1.5 重现性实验

对同一组样品在相同条件下萃取挥发性组分, 并在相同的气相色谱质谱条件下分析, 实验重复3次。比较所

得香气成分的总量和种类, 种类重复率大于95%, 并测定每种成分的相对峰面积, 要求其相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)均小于5%。

2 结果与分析

从4组红枣汁样品中共鉴定出挥发性成分77种, 其中, A组含有34种, B组37种, C组42种, D组44种, 分别占总峰面积的53.95%、78.16%、83.96%、96.1%(图1), 4组样品的挥发性成分均含有醛类、酮类、羧酸类、烷烃类、醇类、酯类及少量其他成分(表1)。4组红枣汁3次实验的总面积差分别为2.07%、2.31%、1.7%、1.15%, 3次实验挥发性物质种类重复率为97.26%、96.31%、95.77%、96.42%。所有挥发性物质相对峰面积的RSD值都小于3.7%。

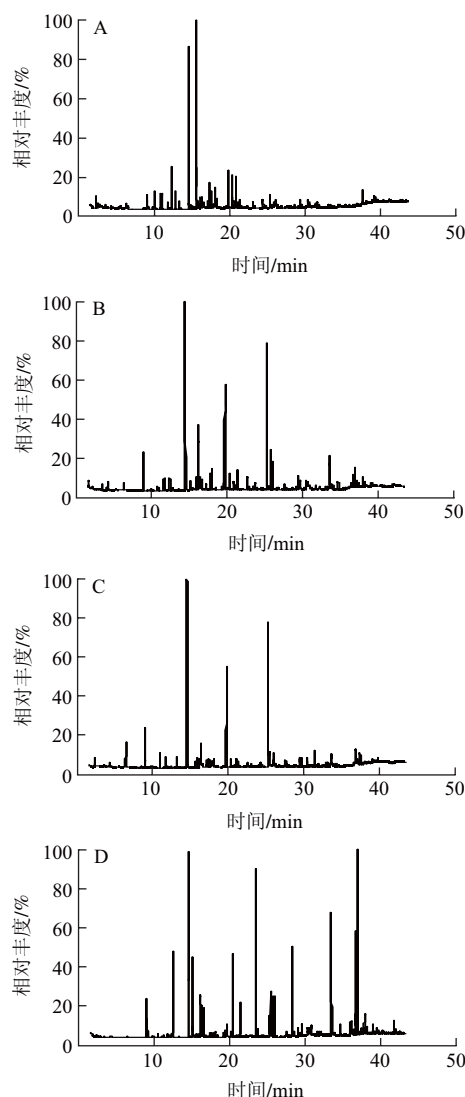


图1 红枣汁香气成分的GC-MS离子图谱
Fig.1 Total ion current chromatograms of aroma components in Chinese jujube juice

表1 不同原料制备的红枣汁香气成分的GC-MS分析结果

Table 1 GC-MS analysis results of aroma components in Chinese jujube juice

种类	保留时间/min	香气成分	分子式	相对分子质量	相对质量分数/%			
					A	B	C	D
醛类	12.78	(E)-2-庚烯醛	C ₇ H ₁₂ O	112	1.8	—	—	—
	15.54	反-2-辛烯醛	C ₈ H ₁₄ O	126	0.92	0.77	0.67	0.35
	16.58	3-糠醛	C ₅ H ₄ O ₂	96	—	—	—	1.24
	17.98	苯甲醛	C ₇ H ₆ O	106	2.51	1.02	0.98	0.54
	18.24	(E)-2-壬烯醛	C ₉ H ₁₆ O	140	2.05	—	—	—
	19.26	5-甲基-2-呋喃甲醛	C ₆ H ₆ O ₂	110	—	0.39	—	0.74
	22.23	反,反-2,4-壬二烯醛	C ₉ H ₁₄ O	138	0.3	—	—	—
	32.2	5-乙酰氧基甲基-2-呋喃甲醛	C ₈ H ₈ O ₄	168	—	—	—	0.61
	37.11	5-羟甲基糠醛	C ₆ H ₆ O ₃	126	—	1.79	—	5.49
	6.35	2-己酮	C ₆ H ₁₂ O	100	0.72	0.64	2.92	—
酮类	8.9	2-庚酮	C ₇ H ₁₄ O	114	1.1	3.5	4.76	—
	11.66	2-辛酮	C ₈ H ₁₆ O	128	0.65	1.44	1.37	0.4
	14.47	2-壬酮	C ₉ H ₁₈ O	142	15.7	17.54	20.87	15.41
	15.92	8-壬烯-2-酮	C ₉ H ₁₆ O	140	0.36	1.13	0.99	0.34
	17.16	2-癸酮	C ₁₀ H ₂₀ O	156	—	0.87	1.01	0.28
	19.56	2-环戊烯-1,4-二酮	C ₅ H ₄ O ₂	96	—	—	—	1.18
	19.73	2-十一酮	C ₁₁ H ₂₂ O	170	5.03	8.95	10.52	1.47
	20.99	环己酮	C ₁₁ H ₂₀ O	168	—	0.78	1.02	—
	23.42	2(5H)-呋喃酮	C ₄ H ₄ O ₂	84	—	0.4	—	10.48
	23.94	苯基丙酮	C ₉ H ₁₀ O	134	—	—	0.32	—
	25.33	环十三烷酮	C ₁₃ H ₂₄ O	196	—	13.5	4.3	—
	28.43	2(H)-吡喃-2,6(2H)-二酮	C ₅ H ₄ O ₃	112	—	—	—	6.59
	29.8	二氢-4-甲基-5-戊烯基-2(3H)-呋喃酮	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170	0.46	—	—	0.32
	33.58	2,3-二氢-3,5-二羟基-6-甲基-4H-吡喃-4-酮	C ₆ H ₈ O ₄	144	—	0.55	0.36	13.97
	36.78	二苯甲酮	C ₁₃ H ₁₀ O	182	—	—	0.36	—
	36.84	5-羟甲基二氢呋喃-2-酮	C ₅ H ₆ O ₃	116	—	—	—	7.62
	39.7	2-十五烷酮	C ₁₅ H ₃₀ O	226	—	—	1.06	0.61
	42.06	2,15-十六烷二酮	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	254	—	0.71	—	0.29
酸类	16.37	乙酸	C ₂ H ₄ O ₂	60	1.36	4.78	5.97	3.71
	17.68	甲酸	CH ₂ O ₂	46	—	—	—	0.52
	18.46	丙酸	C ₃ H ₆ O ₂	74	0.28	—	—	—
	27.61	庚酸	C ₇ H ₁₄ O ₂	130	—	—	0.97	0.53
	31.65	壬酸	C ₉ H ₁₈ O ₂	158	—	—	—	0.57
	31.72	2-苯基丁酸	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164	—	0.3	0.43	—
	33.69	癸酸	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172	—	—	2.76	—
	36.5	苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₂	122	—	0.47	0.53	2.11
	36.87	月桂酸	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	200	—	1.29	2.86	2.1
	39.12	豆蔻酸	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	228	—	—	—	0.85
	12.19	3-癸炔-1-醇	C ₁₀ H ₁₈ O	154	3.92	—	—	—
	17.21	异辛醇	C ₈ H ₁₈ O	130	4.35	—	—	—
醇类	17.88	2-壬醇	C ₉ H ₂₀ O	144	—	2.07	0.81	—
	21.36	糠醇	C ₅ H ₆ O ₂	98	—	—	—	3.65
	22.63	2-十一醇	C ₁₁ H ₂₄ O	172	—	1.35	0.59	—
	23.72	呋喃甲醇	C ₅ H ₆ O ₂	98	—	—	—	0.89
	26.08	苯醇	C ₇ H ₈ O	108	0.49	2.8	1.95	—
	29.49	苯丙醇	C ₉ H ₁₂ O	136	—	1.39	0.94	—
	37.96	2,5-呋喃二甲醇	C ₆ H ₈ O ₃	128	—	—	—	1.69
	2.25	醋酸甲酯	C ₃ H ₆ O ₂	74	0.56	—	—	—
酯类	4.12	3-甲基-2-丁烯酸乙酯	C ₇ H ₁₂ O ₂	128	—	0.74	0.52	—
	12.35	醋酸甲酯	C ₃ H ₆ O ₂	74	—	—	—	2.57
	15.12	1-甲基-5-氧代-D-脯氨酸甲酯	C ₁₇ H ₃₁ NO ₃	157	—	—	—	1.88
	20.33	苯甲酸甲酯	C ₈ H ₈ O ₂	136	0.54	—	—	0.79
	24.39	月桂酸甲酯	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	214	0.89	—	0.55	—
	25.39	丁酸乙酯	C ₁₆ H ₁₂ O ₂	116	—	—	2.24	0.39
	25.94	2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇二异丁酸酯	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	286	0.98	0.54	0.8	0.7
	29.41	异戊酸L-薄荷酯	C ₁₅ H ₂₈ O ₂	240	0.84	0.39	0.82	0.59
	29.72	己酸乙酯	C ₈ H ₁₆ O ₂	144	—	1.46	1.69	1.21
	31.86	2-羟基-γ-丁内酯	C ₄ H ₆ O ₃	102	—	0.53	0.46	0.51
	33.07	乙酸-7-甲基-α-十四烯酯	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	268	0.84	0.63	1.13	0.44
	37.53	邻苯二甲酸二异丁酯	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	0.57	0.36	0.95	0.48
	38.21	3-羟基-γ-丁内酯	C ₄ H ₆ O ₃	102	—	0.4	—	0.57
	39.23	邻苯二甲酸二庚酯	C ₂₂ H ₃₄ O ₄	362	—	0.71	0.67	—
烷烃类	2.16	环氧丙烷	C ₃ H ₆ O	58	0.91	—	0.68	—
	8.94	己烯	C ₁₀ H ₁₆	136	—	—	—	0.55
	10.89	苯乙烯	C ₈ H ₈	104	1.51	1.05	0.4	—
	11.1	甲基-2-丙基苯	C ₁₀ H ₁₄	134	—	—	—	0.3
	23.01	萘	C ₁₀ H ₈	128	0.8	0.75	0.45	0.29
	25.45	甲基萘	C ₁₁ H ₁₀	142	0.98	—	—	—
	27.73	双环[4.1.0]庚烷-3-甲基-7-戊基	C ₁₇ H ₂₄	180	—	—	0.64	—
	30.44	7-甲氧基-2,2,4,8-三甲基双环[5.3.1.0(4,11)]十一烷	C ₁₆ H ₂₈ O	236	—	0.94	0.36	—
	31.13	2-乙基萘	C ₁₂ H ₁₀	154	0.29	—	—	—
	34.70	蒽	C ₁₃ H ₁₀	166	0.28	—	—	—
其他	39.65	菲	C ₁₄ H ₁₀	178	0.24	—	—	—
	3.45	硝基甲烷	CH ₃ NO	45	0.64	—	—	—
	28.65	苯酚	C ₆ H ₆ O	94	0.4	—	—	—
	30.85	endo-8-甲基-8-氮杂双环[3.2.1]辛-3-醇	C ₈ H ₁₅ NO	141	—	1.23	0.38	—
	31.46	6-叔丁基-2,4-二甲苯酚	C ₁₂ H ₁₈ O	178	0.68	—	1.9	0.28

表2 不同红枣汁样品中香气成分种类及相对质量分数
Table 2 The groups and amounts of aroma compounds in Chinese jujube juice

处理	醛类		酮类		酸类		醇类		酯类		烷烃类	
	种类	相对质量分数/%	种类	相对质量分数/%	种类	相对质量分数/%	种类	相对质量分数/%	种类	相对质量分数/%	种类	相对质量分数/%
A	5	7.58	7	24.02	2	1.64	3	8.76	7	5.22	7	5.01
B	4	3.97	12	49.3	4	6.84	4	7.61	9	5.76	3	2.74
C	2	1.65	13	49.86	6	13.52	4	4.29	10	9.83	5	2.53
D	6	8.97	13	58.96	7	10.39	3	6.23	11	10.13	3	1.14

通过对表1、2可知,脆熟期红枣加工的红枣汁(A组)中挥发性物质包括醛类5种(7.58%),酮类7种(24.02%),酸类2种(1.64%),醇类3种(8.76%),酯类7种(5.22%),烷烃类7种(5.01%)及其他物质3种(1.72%);完熟期红枣加工的红枣汁(B组)中挥发性物质包括醛类4种(3.97%),酮类12种(49.3%),酸类4种(6.84%),醇类4种(7.61%),酯类9种(5.76%),烷烃类3种(2.74%)及其他物质1种(1.23%);自然阴干红枣加工的红枣汁(C组)中挥发性物质包括醛类2种(1.65%),酮类13种(49.86%),酸类6种(13.52%),醇类4种(4.29%),酯类10种(9.83%),烷烃类5种(2.53%)及其他物质2种(2.28%);人工热风干制红枣加工的红枣汁(D组)中挥发性物质包括醛类6种(8.97%),酮类13种(58.96%),酸类7种(10.39%),醇类3种(6.23%),酯类11种(10.13%),烷烃类3种(1.14%)及其他物质1种(0.28%)。

2.1 醛类

由表2得知,在红枣成熟及阴干过程的脆熟期、完熟期以及自然阴干红枣,其加工的红枣汁中醛类化合物相对质量分数和种类呈下降趋势;只有人工热风干制红枣加工的红枣汁中醛类种类和相对质量分数较高,这可能是因为抗坏血酸在热和氧条件下降解产生大量的C₆~C₉小分子醛类和糠醛。已有研究表明糠醛在葡萄柚果汁^[18]和柑橘浓缩果汁^[19]这些果汁中都有检出,该物质气味类似面包和焦糖的香味,可增加红枣汁中使人愉悦的香气气味。

2.2 酮类

从表2可以看出,酮类物质在红枣汁的香气成分中种类多、相对质量分数高,是构成红枣汁香气成分的重要物质。酮类化合物的种类和相对质量分数在红枣成熟及干制过程的脆熟期、完熟期、自然阴干以及人工热风干制红枣加工的红枣汁中呈增加趋势。人工热风干制红枣加工的红枣汁中50%以上的酮类物质与前3组相同,多出的酮类物质大部分是呋喃和吡喃类化合物,为典型的烘烤产物。

2.3 羧酸类

羧酸类化合物也是构成红枣特征香味的主要成分。由表2可知,羧酸类物质的种类在红枣成熟及干制过程的脆熟期、完熟期、自然阴干以及人工热风干制红枣加工的红枣汁中呈增加趋势,但其相对质量分数在人工热风干制红枣加工的红枣汁中略有下降,可能是一部分羧酸参与了酯化缩合反应的缘故。其中乙酸相对质量分数在4

组样品的酸类成分中均最高,可能是由于一方面红枣在树上糖心过程中发酵产生乙酸,另一方面在后期加工中长链脂肪酸热氧化分解的结果。

2.4 醇类

醇类主要来源于发酵、氨基酸的转化以及亚麻酸降解物的氧化^[20]。由表2可知,醇类化合物的相对质量分数在红枣成熟及干制过程的脆熟期、完熟期、自然阴干以及人工热风干制红枣加工的红枣汁中逐渐减少,其原因可能是果肉中发生了无氧呼吸,以及醇类物质参与酯的生成反应而损失了一部分;在人工热风干制加工中又生成了新的醇类产物,因此醇类化合物的相对质量分数又有所增加。

2.5 酯类

酯类赋予红枣汁果香和花香的感官特性,对红枣汁的总体香气形成具有积极的作用^[21]。有研究指出不挥发性直链酯、缬氨酸及异亮氨酸在高温和酶的作用下可生成易挥发的直链酯^[22]。由表2可知,酯类物质的种类和相对质量分数在红枣成熟及干制过程的脆熟期、完熟期、自然阴干以及人工热风干制红枣加工的红枣汁中不断增加。其中自然阴干以及人工热风干制红枣加工的红枣汁中均含有的丁酸乙酯,丁酸乙酯是用于各种食品、饮料、酒类和烟草香精的常用调香剂。还检出了带甜味的己酸乙酯和邻苯二甲酸二庚酯以及γ-丁内酯等令人愉悦的香气物质。

2.6 烷烃类

由表2可知,烷烃类物质的相对质量分数在红枣成熟及干制过程的完熟期、自然阴干以及人工热风干制红枣加工的红枣汁中都较低,种类也不多,这可能与原料本身已经糖化褐变、生成一系列褐变产物有关。所以茋、菲等烷烃类物质只在脆熟期红枣加工的红枣汁中检出;另一方面,碳水化合物和游离氨基化合物在一定条件下会发生非酶褐变反应,如美拉德反应等,也会导致产品中烷烃类化合物减少。

3 结 论

分别从脆熟期、完熟期、自然阴干以及人工热风干制红枣4种原料加工的红枣汁中分离鉴定出挥发性化

物34、37、42种和44种,分别占总峰面积的53.95%、78.16%、83.96%、96.1%,均含有醛类、酮类、羧酸类、酯类、醇类、烷烃类及少量其他化合物。表明在以脆熟期、完熟期、自然阴干以及人工热风干制红枣4种原料加工的红枣汁中均含有一定量的香气成分,但其香气成分的种类和相对质量分数存在较大差异。

实验结果表明:脆熟期红枣加工的红枣汁中香气成分种类较少,相对质量分数也低,其香气典型性不明显;而干枣特别是人工热风干制的红枣,由于在加工过程中生成了羟基化合物、芳香族化合物及一些热降解产物如糠醛,吡啶和呋喃类等物质,加工的红枣汁含有较多的香气成分种类、相对质量分数也高,其中的酮、醛、酯类化合物相对质量分数最高,具有典型的红枣香味。因此,人工热风干制的红枣更适合作为加工红枣汁的原料。

参考文献:

- [1] 闫忠心,鲁周民,刘坤,等.我国红枣资源加工利用研究现状与展望[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2010,38(6):102-108.
- [2] 张清安,陈锦萍,李建科,等.红枣汁降血脂保健作用研究[J].食品科学,2003,24(4):138-139.
- [3] CHOU F, WILEY R C, SCHLIMME D V. Reverse osmosis and flavor retention in apple juice concentration[J]. Journal of Food Science, 2006, 56(2): 484-487.
- [4] JOHNSON J R, BRADDOCK R J, CHEN C S. Flavor losses in orange juice during ultra filtration and subsequent evaporation[J]. Journal of Food Science, 2006, 21(3): 540-543.
- [5] 闫忠心,鲁周民,刘坤,等.干制条件对红枣香气品质的影响[J].农业工程学报,2011,27(1):389-392.
- [6] 张运涛,王桂霞,董静,等.草莓5个品种的果实香味成分分析[J].园艺学报,2008,35(3):237-433.
- [7] 樊振江,高愿军,常广双,等.保健枸杞酒的配制及香气成分分析[J].酿酒,2008,35(2):84-86.
- [8] TOMINAGA T, BLANCHARD L, DARRIET P, et al. A powerful aromatic volatile thiol, 2-furanmethanethiol, exhibiting roast coffee aroma in wines made from several *Vitis vinifera* grape varieties[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2000, 48(5): 1799-1802.
- [9] 王华,张莉,刘拉平.热浸渍处理对赤霞珠干红葡萄酒香气的影响[J].中国食品学报,2006,6(3):100-105.
- [10] FERREIRA V PEOA C, ESCUDERO A, et al. Investigation on the role played by fermentation esters in the aroma of young Spanish wines by multivariate analysis[J]. Journal of Science of Food and Agriculture, 1995, 67(3): 381-392.
- [11] 史亚歌,岳田利,刘拉平,等.猕猴桃果汁香气物质的固相微萃取GC/MS分析[J].西北农林科技大学学报,2007,35(9):189-194.
- [12] 赵峰,张雪丹,祝恩元,等.金丝4号枣成熟过程中香气成分的变化及分析[J].山东农业科学,2010(6):29-34.
- [13] 鲁周民,闫忠心,刘坤,等.干制温度对红枣香气成分的影响[J].深圳大学学报理工版,2010,27(4):490-469.
- [14] 李丹,王颀.金丝小枣酒香气成分分析[J].酿酒科技,2008(6):109-111.
- [15] 张俊松,张文叶,谭宏祥,等.大枣香醋中香味成分的GC/MS分析[J].中国酿造,2007(2):61-63.
- [16] 鲁周民,张莉,尹蓉,等.酶解条件对红枣汁主要成分的影响[J].农业工程学报,2009(1):300-302.
- [17] 施钧慧,汪聪慧.香料质谱图集[M].北京:中国质谱学会,1992.
- [18] BUETTNER A, SCHIEBERLE P. Characterization of the most odor-active volatiles in fresh, hand-squeezed juice of grapefruit (*Citrus paradisi* Macfayden)[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1999, 47(12): 5189-5193.
- [19] DORTE T, MIKAEL A P, LEIF P, et al. Discrimination between freshly made and stored reconstituted orange juice using GC odour profiling and aroma value[J]. Food Chemistry, 1998, 61(1): 223-229.
- [20] 王华,李华,刘拉平,等.菠萝果酒香气成分的GC/MS分析[J].西北农林科技大学学报,2005,33(4):144-146.
- [21] 孙宝国.食用调香术[M].北京:化学工业出版社,2003:184-259.
- [22] 汪东风.高级食品化学[M].北京:化学工业出版社,2009.