

不同处理下元帅系苹果果实香气差异分析

李帼英, 王 花, 赵新红, 赵 娜
(天水市果树研究所, 甘肃 天水 741002)

摘要: 通过对元帅系苹果生产中采用果形剂提高果实外观和收获后进行保鲜贮藏后苹果果实香气的分析, 以提高果实加工产品原有果香风味和品质, 为加工用元帅系苹果生产提供指导依据。采用固相微萃取和峰面积归一化法, 对未施用果形剂、常温贮藏的普通发绵果, 未施用果形剂、低温冷藏的普通果, 施用果形剂、低温冷藏的高桩果3种果实的香气成分及含量进行检测分析。结果表明, 在3种果实中共检出香气99种, 其中酯类62种、醇类12种、醛类7种、酸类7种、烯类3种、烷类3种、酮类1种及其他类4种。普通发绵果、普通果、高桩果的香气相对含量分别为84.95%、82.60%、70.71%。检出香气物质中, 相对含量大于1.00%的香气物质为22种, 其中酯类18种、醛类2种、烯类1种、烷类1种, 普通发绵果、普通果、高桩果的相对含量分别为75.97%、75.31%、62.10%。综合考虑认为, 天水元帅系苹果的香气种类丰富, 在对用香气要求较高的加工元帅系苹果生产栽培中不推荐施用果形剂, 果实采收后在加工前应进行常温贮藏以增加果实香气浓度, 进而达到提高加工产品果实天然风味。

关键词: 元帅系苹果; 果实; 香气成分; 香气值; 差异; 分析

中图分类号: S661.1

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)03-0266-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2025.03.011

Analysis of Aroma Differences in the Delicious Strain Apple Fruits under Different Treatments

LI Guoying, WANG Hua, ZHAO Xinhong, ZHAO Na
(Tianshui Institute of Pomology, Tianshui Gansu 741002, China)

Abstract: By analyzing the aroma of the Delicious strain apple fruits after using fruit shaping agents to improve fruit appearance and applying post-harvest storage for preservation, this study aimed to enhance the original fruit aroma and quality of processed apple products, providing guidance for the production of processing-grade Delicious strain apples. Solid-phase microextraction and peak area normalization methods were used to analyze the aroma components and contents of three fruit types: untreated and stored at room temperature (ordinary mealy fruit), untreated and stored at low temperature (ordinary fruit), and treated with a fruit shaping agent and stored at low temperature (elongated fruit). Results showed that a total of 99 aroma compounds were detected across the three fruit types, including 62 esters, 12 alcohols, 7 aldehydes, 7 acids, 3 olefins, 3 alkanes, 1 ketone, and 4 other compounds. The relative aroma contents of ordinary mealy fruit, ordinary fruit, and elongated fruit were 84.95%, 82.60%, and 70.71%, respectively. Among the detected aroma compounds, 22 had a relative content greater than 1.00%, including 18 esters, 2 aldehydes, 1 olefin, and 1 alkane. The relative contents in ordinary mealy fruit, ordinary fruit, and elongated fruit were 75.97%, 75.31%, and 62.10%, respectively. Considering these findings, Tianshui Delicious strain apples exhibit a rich aroma profile. In the cultivation of Delicious strain apple for processing-grade utilization, where high aroma intensity is desired, the use of fruit shaping agents is not recommended. Instead, post-harvest room-temperature storage before processing is advised to enhance fruit aroma concentration and improve the natural flavor of processed products.

Key words: Delicious strain apple; Fruit; Aroma component; Aroma value; Difference; Analysis

天水市苹果总面积202万 hm^2 , 年产量247万吨左右, 产值68.8亿元, 以苹果为主的经济林果已成为天水的主要支持产业^[1]。香气是构成和影响果品鲜食、加工质量的重要特质^[2], 随着国际市

场对果品品质的要求和食品工业对天然风味物质需求的增加, 果品香气备受关注^[3]。在天水元帅系苹果栽培中, 为了提高元帅系苹果的果实外观, 在花期不同程度喷施果形剂, 以达到果实高桩靚

收稿日期: 2024-08-17; 修订日期: 2024-11-29

基金项目: 甘肃省科技计划项目(技术创新引导计划)(22CX8NE181)。

作者简介: 李帼英(1971—), 女, 甘肃甘谷人, 研究员, 主要从事果树栽培及示范推广工作。Email: 794258046@qq.com

通信作者: 王 花(1984—), 女, 甘肃临洮人, 主要从事果树栽培及示范推广工作。Email: 417152688@qq.com。

丽的目的, 收获后采用不同贮藏条件保鲜贮藏以延长销售和加工周期。本试验通过对施用和未施用果形剂果实不同贮藏条件下果实香气成分的分析, 为加工用元帅系苹果生产提出指导依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

指示苹果品种为元帅系苹果天汪 1 号, 选自天水市果树研究所苹果种质资源圃。供试材料为施用果形剂和未施用果形剂的苹果。供试果形剂为浙江升华拜克生物股份有限公司生产的宝丰灵果形剂和陕西咸阳德农有限责任公司生产的益果灵果形剂。

1.2 试验方法

试验按施用果形剂和未施用果形剂分成 2 组。施用果形剂组将宝丰灵 300 倍和陕西咸阳德农有限责任公司生产的益果灵 300 倍混合剂于盛花期喷施于花朵; 未施用果形剂组则不喷施果形剂。果实于 9 月中旬采收后, 在天水市果树研究所 2~4 °C 果品气调库冷藏和 8~10 °C 半地下果库贮藏。试验设未施用果形剂的普通发绵果半地下库常温贮藏, 未施用果形剂的普通果气调库冷藏, 施用果形剂的高桩果气调库冷藏共 3 个处理, 于 2022 年 2 月进行香气成分的检测。

1.2.1 样品提取 各处理均随机选取 3 个果实, 利用打孔取样器从每个果实各取果肉 30 g, 混合搅碎后取 50 g 加水 50 mL, 置入匀浆机搅拌 1 min, 取出 10 g 果浆置于 15 mL 顶空瓶中, 顶空瓶内放置磁子, 50 °C 水浴 30 min。将固相微萃取装置的萃取头 (型号: Supelco50/30 umDVB/Caron-PDMS), 在气相色谱的进样口老化, 温度 250 °C, 时间 30 min, 载气为 He, 柱体流速为 2.54 mL/min。

1.2.2 分析方法 采用气质联用仪进行香气成分的分析鉴定。气质联用仪为岛津 GCMS-QP2010-ultra, 色谱柱为 HP-5MS (30.0 m × 0.25 mm × 0.24 μm), 离子源温度 220 °C, 传输线温度 220 °C, 扫描方式为全扫描, 扫描范围为 40~500 amu。

1.2.3 定性和定量分析 未知化合物图经计算机检索同时与 NIST11 质普库数据相匹配, 并结合人工图谱解析及资料分析^[4-5]。香气成分含量按峰面积归一化法求得各香气成分相对百分含量^[6-7]。

$$X=(M/N) \times 100$$

式中, X 为相对含量; M 为单组分香气物质的峰面积; N 为总峰面积。

2 结果与分析

2.1 3 种果实果香气物质及含量

从表 1、表 2 看出, 参试的普通发绵果、普通果、高桩果 3 种果实中共检出香气物质 99 种, 其中酯类 62 种、醇类 12 种、醛类 7 种、酸类 7 种、烯类 3 种、烷类 3 种、酮类 1 种及其他类物质 4 种。普通发绵果、普通果、高桩果 3 种果实检出香气物质分别为 74、73、70 种, 相对含量分别为 84.95%、82.60%、70.71%。3 种果实中酯类物质分别为 49、51、51 种, 相对含量分别为 67.33%、58.85%、62.67%, 分别占总相对含量的 79.26%、71.25%、88.63%; 醇类物质分别为 7、6、5 种, 相对含量分别为 0.61%、0.44%、0.27%, 分别占总相对含量的 0.72%、0.53%、0.38%; 烯类物质分别为 2、3、2 种, 相对含量分别为 5.70%、10.45%、1.35%, 分别占总相对含量的 6.71%、12.65%、1.91%; 烷类物质分别为 1、2 种, 相对含量分别为 0.04%、4.38%、0.01%, 分别占总相对含量的 0.05%、5.30%、0.01%; 醛类物质为 6、6、4 种, 相对含量分别为 10.68%、8.33%、5.89%, 分别占总相对含量的 12.57%、10.05%、8.33%; 酸类物质分别为 6、2、5 种, 相对含量分别为 0.39%、0.07%、0.31%, 分别占总相对含量的 0.46%、0.08%、0.44%; 酮类物质均为 1 种, 相对含量分别为 0.02%、0.03%、0.01%, 分别占总相对含量

表 1 不同处理的元帅苹果果实中检出的香气物质名称及其含量^①

化合物类别	序号	香气名称	普通发绵果	普通果	高桩果
酯类	1	乙酸乙酯	0.15	0.02	0.36
	2	乙酸丙酯	0.27	0.11	0.26
	3	乙酸丁酯	5.14	1.85	3.21
	4	乙酸戊酯	0.55	0.38	0.52
	5	乙酸异戊酯	4.61	3.10	10.89
	6	乙酸己酯	17.85	10.32	6.83
	7	乙酸庚酯	0.08	0.04	0.01
	8	甲酸丁酯	1.14	0.85	0.56
	9	丙酸乙酯	0.05	0.04	0.85
	10	丙酸丙酯	0.14	0.13	0.42
	11	丙酸丁酯	0.45	0.24	0.52
	12	丙酸异戊酯	0.02	0.02	0.02

续表

化合物类别	序号	香气名称	普通发绵果	普通果	高桩果
酯类	13	丙酸己酯	1.27	1.47	0.88
	14	丙酸(反-2-己烯基)酯	0.05	0.02	0.03
	15	丁酸甲酯	0.03	0.03	0.12
	16	丁酸乙酯	2.65	2.23	3.41
	17	丁酸丙酯	2.77	3.68	3.19
	18	丁酸丁酯	2.42	2.75	1.82
	19	丁酸-2-甲基丁酯	0.10	0.27	0.31
	20	异丁酸丁酯	0.01	0.01	0.01
	21	异戊酸己酯	5.11	8.53	5.96
	22	2-甲基丁酸丙酯	0.75	1.31	2.14
	23	2-甲基丁酸丁酯	0.87	1.14	0.80
	24	2-丁烯酸己酯	0.03	0.06	0.03
	25	2,4-癸二烯酸乙酯	0.40	0.39	0.09
	26	正己酸乙酯	0.76	0.45	1.00
	27	5-烯己酯	0.06	0.06	0.06
	28	己酸丙酯	1.92	2.57	1.30
	29	己酸异戊酯	0.18	0.46	0.40
	30	己酸戊酯	0.47	0.55	0.28
	31	(E)-2-甲基-2-丁酸丁酯	0.01	0.01	0.01
	32	N-丁酸(反-2-己烯基)酯	0.10	0.06	0.07
	33	醋酸辛酯	0.04	0.02	0.01
	34	庚酸辛酯	0.28	0.26	0.07
	35	癸酸正丁酯	0.23	0.06	0.02
	36	辛酸己酯	0.94	0.71	0.21
	37	月桂酸丁酯	0.08	0.03	0.01
	38	月桂酸异戊酯	0.01	0.01	0
	39	2-甲基丁酸乙酯	-	1.61	6.57
	40	2-甲基丁酸 2-甲基丁酯	-	0.16	0.20
	41	甲酸庚酯	-	0.05	
	42	乙酸异丁酯	0.02	0	0.06
	43	丙酸正戊酯	0.04		
	44	丙酸异戊酯	-	0.04	0.13
	45	己酸丁酯	10.13		2.02
	46	己酸异丁酯		0.02	0.03
	47	(E)-2-甲基-2-丁烯酸己酯	-	0.15	
	48	己酸己酯	-	12.09	
	49	丁酸异丁酯	0.02		0.07
	50	庚酸丁酯	-	0.16	
	51	癸酸正丙酯	0.04		
	52	2-乙酰氨基丙酸甲酯	4.96		4.20
	53	2-辛烯酸乙酯	0.04		0.01
	54	2-甲基丙酸乙酯	-		0.01
	55	2-甲基丁酸甲酯	-	0.01	0.08
	56	月桂酸乙酯	0.01		
	57	月桂酸丙酯	0.02	0	

续表

化合物类别	序号	香气名称	普通发绵果	普通果	高桩果
酯类	58	顺式-8, 11, 14-二十烷三烯酸甲酯	0.05		
	59	棕榈酸异丙酯	0.01		
	60	戊酸乙酯			2.46
	61	3-甲基丁酸 2-甲基丁酯		0.31	0.15
	62	(9E,12Z) -9,12-十四碳二烯-1-醇乙酸酯		0.01	
醇类	1	反式-2-己烯醇	0.15		0.08
	2	正庚醇	0.06		0.02
	3	6-甲基-5-庚烯-2-醇	0.09	0.09	0.12
	4	反式-2-壬烯-1-醇	0.06		
	5	2-甲基-3-辛醇	0.08		
	6	2-乙烯氧基乙醇		0.03	
	7	1-己烯-3-醇		0.07	
	8	3-甲基-2-辛醇		0.06	
	9	DL-薄荷醇		0.01	
	10	金合欢醇			0.01
	11	辛醇	0.15	0.18	0.04
	12	芳樟醇	0.02		
醛类	1	丙醛(正丙醛)	0.07	0.05	0.02
	2	丁醛	0.12	0.08	0.07
	3	己醛	3.89	2.62	5.77
	4	癸醛	0.06	0.05	0.03
	5	2-己烯醛	6.52	5.46	
	6	(Z)-13-十八碳烯醛	0.02		
	7	5-叔丁基-2-羟基苯甲醛		0.04	
酸类	1	反式-3-己烯酸	0.01	0.01	0.01
	2	苯基硫代乙内酰胺-天冬氨酸	0.12	0.06	0.03
	3	乙基-(Z)-4-癸烯酸	0.03		
	4	反-3-癸烯酸	0.02		0.01
	5	双环[6.1.0]壬烷-9-羧酸	0.21		0.06
	6	反-3-癸烯酸			0.20
	7	2-乙基丁酸	0		
烯类	1	(Z)-2,6,10-三甲基-1,5,9-十一碳三烯		0.02	
	2	A-香柠檬烯	0.11	0.20	0.02
	3	α-法呢烯	5.59	10.23	1.33
烷类	1	甲基环戊烷		4.35	
	2	正十四烷		0.03	
	3	十四烷	0.04		0.01
酮类	1	香叶基丙酮	0.02	0.03	0.01
其他类	1	奥昔菊环	0.02		
	2	5,9-十四碳二炔		0.02	
	3	黑蚁素		0.06	
	4	4-烯丙基苯甲醚	0.16		0.20

① 0 表示香气物质有检出, 但含量极低。

表 2 不同处理的元帅苹果果实香气物质类别、种类和相对总含量及占比

化合物类别	种类/种	普通发绵果		普通果		高桩果				
		种类	相对总含量/%	总含量占比/%	种类/种	相对总含量/%	总含量占比/%	种类/种	相对总含量/%	总含量占比/%
酯类	62	49	67.33	79.26	51	58.85	71.25	51	62.67	88.63
醇类	12	7	0.61	0.72	6	0.44	0.53	5	0.27	0.38
醛类	7	6	10.68	12.57	6	8.30	10.05	4	5.89	8.33
酸类	7	6	0.39	0.46	2	0.07	0.08	5	0.31	0.44
烯类	3	2	5.70	6.71	3	10.45	12.65	2	1.35	1.91
烷类	3	1	0.04	0.05	2	4.38	5.30	1	0.01	0.01
酮类	1	1	0.02	0.02	1	0.03	0.04	1	0.01	0.01
其他	4	2	0.18	0.21	2	0.08	0.10	1	0.20	0.28
合计	99	74	84.95		73	82.60		70	70.71	

的 0.02%、0.04%、0.01%。

2.2 3 种果实主要香气物质及相对含量

香气值越大, 表明该成分对果品香气所起的作用越大, 而当香气值恰好为 1 时, 表明该香气可以为果品香气起作用, 而香气值小于 1 时, 则表明该成分对嗅觉器官无明显作用^[8]。从表 1、表 2、表 3 得知, 普通发绵果、普通果、高桩果中, 相对含量大于 1% 的酯类、醛类、烯类、烷类香气物质总和分别为 75.97%、75.31%、62.10%。普通发绵果检出 70 种香气物质中相对含量大于 1.00% 的共 15 种, 其中酯类物质 12 种、醛类物质 2 种、烯类物质 1 种。12 种酯类物质中, 相对含量从高到低依次为乙酸己酯(17.85%)、己酸丁酯(10.13%)、乙酸丁酯(5.14%)、异戊酸己酯(5.11%)、2-乙酰氨基丙酸甲酯(4.96%)、乙酸异戊酯(4.61%)、丁酸丙酯(2.77%)、丁酸乙酯(2.65%)、丁酸丁酯(2.42%)、己酸丙酯(1.92%)、丙酸己酯(1.27%)、甲酸丁酯(1.14%); 2 种醛类物质 2-己烯醛、己醛的相对含量分别为 6.52%、3.89%; 1 种烯类物质(α -法呢烯)的相对含量为 5.59%。普通果检出 73 种香气物质中相对含量大于 1.00% 的共 17 种, 其中酯类物质 13 种、醛类物质 2 种、烯类物质 1 种、烷类物质 1 种。13 种酯类物质中, 相对含量从高至低依次为己酸己酯(12.09%)、乙酸己酯(10.32%)、异戊酸己酯(8.53%)、丁酸丙酯(3.68%)、乙酸异戊酯(3.10%)、丁酸丁酯(2.75%)、己酸丙酯(2.57%)、丁酸乙酯(2.23%)、乙酸丁酯(1.85%)、2-甲基丁酸乙酯(1.61%)、丙酸己酯(1.47%)、2-甲基丁酸丙酯(1.31%)、2-甲

表 3 3 种果实主要香气物质及含量

化合物类别	香气名称	相对含量大于1%		
		普通发绵果	普通果	高桩果
酯类	乙酸己酯	17.85	10.32	6.83
	乙酸丁酯	5.14	1.85	3.21
	异戊酸己酯	5.11	8.53	5.96
	乙酸异戊酯	4.61	3.10	10.89
	丁酸丙酯	2.77	3.68	3.19
	丁酸乙酯	2.65	2.23	3.41
	丁酸丁酯	2.42	2.75	1.82
	己酸丙酯	1.92	2.57	1.30
	己酸丁酯	10.13		2.02
	2-乙酰氨基丙酸甲酯	4.96		4.20
	丙酸己酯	1.27	1.47	
	甲酸丁酯	1.14		
	2-甲基丁酸丙酯		1.31	2.14
	2-甲基丁酸丁酯		1.14	
	正己酸乙酯			1.00
	2-甲基丁酸乙酯		1.61	6.57
	醛类	己酸己酯	12.09	
戊酸乙酯				2.46
烯类	己醛	3.89	2.62	5.77
	2-己烯醛	6.52	5.46	
烯类	α -法呢烯	5.59	10.23	1.33
烷类	甲基环戊烷		4.35	
总计		75.97	75.31	62.10

基丁酸丁酯(1.14%); 2 种醛类物质 2-己烯醛、己醛的相对含量分别为 5.46%、2.62%; 1 种烯类物质(α -法呢烯)的相对含量为 10.23%; 1 种烷类物质(甲基环戊烷)的相对含量为 4.35%。高桩果检出 71 种香气物质中相对含量大于 1.00% 的共 15 种, 其中酯类物质 13 种、醛类物质 1 种、烯类物质 1 种。13 种酯类物质中, 相对含量从高至低依次为乙酸异戊酯(10.89%)、乙酸己酯(6.83%)、2-

甲基丁酸乙酯(6.57%)、异戊酸己酯(5.96%)、2-乙酰氨基丙酸甲酯(4.20%)、丁酸乙酯(3.41%)、乙酸丁酯(3.21%)、丁酸丙酯(3.19%)、戊酸乙酯(2.46%)、2-甲基丁酸丙酯(2.14%)、丁酸丁酯(1.82%)、己酸丙酯(1.30%)、正己酸乙酯(1.00%); 1种醛类物质(己醛)的相对含量为5.77%; 1种烯类物质(α -法呢烯)的相对含量为1.33%。

3 讨论与结论

香气是衡量水果品质的关键因素之一^[9], 苹果的香气不仅能刺激人的食欲, 还有利于人们对其他物质的吸收, 对人体有很重要的作用^[10], 大量研究发现, 苹果中香气成分主要为酯类、醛类、醇类和烃类等^[11-13], 本试验通过对元帅系苹果3种不同处理方式果实香气成分的检测, 3种处理方式果实共检出香气成分99种, 分别为酯类、醇类、醛类、酸类、烯类、烷类及少量其他类。其中酯类物质62种, 普通发绵果、普通果、高桩果的酯类物质分别占总量的79.26%、71.25%、88.63%; 醇类物质12种, 普通发绵果、普通果、高桩果的醇类物质分别占总量的0.72%、0.53%、0.38%; 烯类物质3种, 普通发绵果、普通果、高桩果的烯类物质分别占总量的6.71%、12.65%、1.91%; 醛类物质7种, 普通发绵果、普通果、高桩果的醛类物质分别占总量的12.57%、10.05%、8.33%; 酸类物质7种, 普通发绵果、普通果、高桩果的酸类物质分别占总量的0.46%、0.08%、0.44%; 烷类物质3种, 普通发绵果、普通果、高桩果的烷类物质分别占总量的0.05%、5.30%、0.01%; 酮类物质1种, 普通发绵果、普通果、高桩果的酮类物质分别占总量的0.02%、0.04%、0.01%; 其他物质4种, 普通发绵果、普通果、高桩果的其他物质分别占总量的0.21%、0.10%、0.28%。元帅系苹果的主要香气物质为酯类、醇类和烯类, 占到总检出率的98.87%。供试普通发绵果、普通果、高桩果分别检出香气物质74、73、70种, 相对含量分别为84.95%、82.60%、70.71%。3种果实检出香气物质种类大致相近, 但相对含量表现出较大的差异, 表现为普通发绵果最高, 普通果次之, 高桩果最低。其中酯类、酸类含量普通发绵果最高, 高桩果次之, 普通果最低; 醇类、醛

类相对含量普通发绵果最高, 普通果次之, 高桩果最低; 烯类、烷类、酮类相对含量普通果最高, 普通发绵果次之, 高桩果最低。各处理检出香气含量贡献率最大的为酯类物质, 占总香气物质的71.25%以上; 其次为醛类物质, 占总香气物质的8.33%以上。普通发绵果、普通果的烯类物质分别占总香气物质的6.71%、12.65%, 相对于高桩果(1.91%)表现出极高的水平, 是否施用果形剂可导致元帅系苹果中烯类物质 α -法呢烯减少或合成需在以后的试验中进一步加以证实。

香气值作为评价食品香气特性的依据^[14], 本试验3种果实检出香气相对含量大于1%的物质种类为22种, 其中酯类18种、醛类2种、烯类和烷类各1种。普通发绵果、普通果、高桩果别为15、17、15种, 相对含量分别为75.97%、75.31%、62.10%。3种果实中, 大于1%的香气物质中共同酯类物质为乙酸己酯、乙酸丁酯、异戊酸己酯、乙酸异戊酯、丁酸丙酯、丁酸乙酯、丁酸丁酯、己酸丙酯; 共同醛类物质为己醛; 共同烯类物质为 α -法呢烯。由此推断酯类、醛类、烯类是元帅系苹果中起关键作用的化合物, 乙酸己酯、乙酸丁酯、异戊酸己酯、乙酸异戊酯、丁酸丙酯、丁酸乙酯、丁酸丁酯、己酸丙酯、己醛、 α -法呢烯为元帅系苹果的主要香气物质。3种果实中主要香气物质种类大体相同, 但相对含量表现出较大差异, 普通发绵果、普通果远高于高桩果。

由于品种及产地不同导致其香气组分和含量均存在区别^[8], 参试的3个元帅系苹果共检出香气物质99种, 其中酯类物质62种、醇类物质12种、烯类物质3种、醛类物质7种、酸类物质7种、烷类物质3种、酮类物质1种、其他物质4种, 与张薇薇等^[8]基于主成分分析和聚类分析的苹果香气成分比较及品种分类研究中新红星、甘肃富士、小国光、秦冠等14个苹果品种共检出70种香气物质, 其中酯类物质33种、醛类物质11种、醇类物质19种、酮类物质2种、其他类物质6种的结果基本一致。刘俊灵等^[10]在苹果新品种瑞雪及几个常见品种果实香气物质成分差异分析中在7个苹果品种共检出香气物质92种, 其中品种瑞雪有46种、粉红女士有49种、金冠有42

种、王森有 42 种, 这与本研究结果也比较一致。通过对检出香气物质数量的比较, 天水元帅系苹果的香气种类更为丰富, 这与天水元帅系苹果鲜食风味浓郁相一致。

果实香气的形成是一个动态的过程, 大部分香气物质在果实成熟阶段大量形成^[15-18], 本试验采用固相微萃取和峰面积归一化法, 通过对未施用果形剂、8~10℃半地下库贮藏普通发绵果, 未施果形剂、2~4℃气调果库低藏的普通果, 施用果形剂、2~4℃气调果库低温贮藏的高桩果 3 种处理方式下元帅系苹果果实香气物质进行检测分析, 结果表明, 普通发绵果检出香气物质 74 种, 相对含量为 84.95%; 普通果检出香气物质 73 种, 相对含量为 82.60%; 高桩果检出香气物质 71 种, 相对含量为 70.71%, 3 种果实检出香气物质种类差异不大, 但香气含量表现出较大的差异, 表现为普通发绵果、普通果均高于高桩果。不使用果形剂、较高贮藏温度对元帅系苹果香气的形成和分解有促进作用, 在生产加工用元帅系苹果果实时, 建议栽培中不施用果形剂, 果实采收后在近加工时段内, 可通过 8~10℃的贮藏条件、增加果实香气物质浓度, 达到提高果实加工产品原有果香风味和品质的目的。

参考文献:

- [1] 姚晓琳. 天水苹果盛花期预测预报[J]. 果树资源, 2021, 2(2): 43-45.
- [2] 李 华. 葡萄与葡萄酒研究进展 葡萄酒学院年报[M]. 西安: 陕西人民出版社, 2001.
- [3] 王 伟. 水果香气物质分析研究进展[J]. 现代生物医学进展, 2006(6): 55-56.
- [4] 周 德. 基于光谱的天然气组分图谱解析技术研究[D]. 重庆: 重庆科技学院, 2023.
- [5] 康 明. 天然气组分 FTIR 图谱在线解析方法研究[D]. 重庆: 重庆科技学院, 2022.
- [6] 张 琳, 叶汉钟, 陈红平, 等. 基于顶空搅拌子吸附-热脱附-气相色谱-质谱联用技术的 8 种香型凤凰单丛茶香气分析研究[J]. 中国茶叶, 2024, 46(10): 25-31.
- [7] 周 颖, 仇方方, 褚飞洋, 等. 宜昌市栀子花茶香气成分分析[J]. 中国茶叶加工, 2024(4): 26-32.
- [8] 张薇薇, 张秀玲. 基于主成分分析和聚类分析的苹果香气成分比较及品种分类研究[J]. 食品工业科技, 2018(17): 217-224.
- [9] MANNUCCI A, SERRA A, REMORINI D, et al. Aroma profile of Fuji apples treated with gelatin edible coating during their storage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 85: 28-36.
- [10] 刘俊灵, 李红光, 党美乐, 等. 苹果新品种‘瑞雪’及几个常见品种果实香气物质成分差异分析[J]. 果树学报, 2019, 36(5): 590-620.
- [11] 段亮亮. 不同品种苹果香气特征及品质分析[D]. 西安: 陕西师范大学, 2011.
- [12] VANOLI M, VISAI C, RIZZOLO A. The influence of harvest date on the volatile composition of ‘Starkspur Golden apples’[J]. Postharvest Biology & Technology, 1995, 6(6): 225-234.
- [13] CONTRERAS C, BEAUDRY R. Lipoxigenase-associated apple volatiles and their relationship with aroma perception during ripening[J]. Postharvest Biology & Technology, 2013, 82(1): 28-38.
- [14] 吴继红. 苹果汁加工中典型芳香成分的形态、变化及增香调控的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [15] SONG J, BANGERTH F. Fatty acids as precursors for aroma volatile biosynthesis in pre-climacteric and climacteric apple fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 30(2): 113-121.
- [16] 王宝春, 颜敏华, 王学喜, 等. 1-MCP 处理对冷藏期间花牛苹果香气成分和果实品质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(7): 331-339.
- [17] 宋 娟, 康三江, 张海燕, 等. 基于高温高湿条件下苹果加工过程中代谢产物的多样性分析[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(8): 711-723.
- [18] 康三江, 慕钰文, 曾朝珍. 苹果蒸馏酒(白兰地)发酵酿造中挥发性香气成分研究进展[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(11): 990-995.