

# 冰温贮藏对软儿梨色泽及挥发性 风味物质的影响

李 祯<sup>1</sup>, 杨发军<sup>2</sup>, 张霁红<sup>3</sup>, 李明泽<sup>3</sup>, 胡生海<sup>3</sup>, 谢亚琼<sup>3</sup>, 秦 飞<sup>2</sup>

(1. 甘肃省农业科学院张掖节水农业试验站, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃渭水源药业科技有限公司, 甘肃 渭源 748200; 3. 甘肃省农业科学院农产品贮藏加工研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 为了考察冰温贮藏对软儿梨色泽及风味物质的影响, 通过温度时间曲线确定软儿梨的冰点温度, 对比冰温、常温贮藏0、3、6、9、12、15 d软儿梨色泽变化, 分析其贮藏6、12 d挥发性风味物质的变化。结果表明, 软儿梨在冰温(-2.1℃)、常温(20℃)贮藏条件下, 随着贮藏时间的延长, 色度值( $L^*$ 、 $a^*$ 和 $b^*$ )整体呈上升趋势, 且冰温组第15 d  $L^*$ 值增加量比常温组低31.7%; 色差值 $\Delta E$ 整体呈下降趋势, 贮藏15 d, 冰温组比常温组 $\Delta E$ 值减少量低22.7%。软儿梨果实中共检测出37种风味物质, 其中酯类、醛类、醇类是软儿梨的主要风味物质成分; 贮藏12 d, 与常温组相比, 冰温贮藏软儿梨中酯类含量高2.01个百分点、醇类含量低0.55个百分点, 其中正己酸乙酯、乙酸己酯, 分别高1.22、7.18个百分点, 正己醇含量低0.62个百分点。冰温贮藏可延缓软儿梨色泽劣变和减缓其风味物质的挥发, 使其保持良好的品质和特有的风味。

**关键词:** 软儿梨; 冰点; 冰温贮藏; 色泽; 风味物质

中图分类号: S661.2

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)11-1042-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.11.012

## Effects of Ice Temperature Storage on Color and Volatile Flavor Compounds of Ruaner Pears

LI Zhen<sup>1</sup>, YANG Fajun<sup>2</sup>, ZHANG Jihong<sup>3</sup>, LI Mingze<sup>3</sup>, HU Shenghai<sup>3</sup>, HU Shenghai<sup>3</sup>, XIE Yaqiong<sup>3</sup>, QIN Fei<sup>2</sup>  
(1. Zhangye Water-saving Agriculture Experimental Station, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Zhangye Gansu 734000, China;  
2. Gansu Weishuiyuan Pharmaceutical Technology Co., Ltd., Wei Yuan Gansu 748200, China; 3. Agricultural Product Storage and  
Processing Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** To investigate the effect of ice temperature storage on the color and flavor substances of Ruaner pears, the freezing point temperature of Ruaner pears was determined by temperature time curve. The color changes of Ruaner pears after storage at 0, 3, 6, 9, 12 and 15 days at ice temperature and room temperature were compared, and the changes of volatile flavor substances on the 6th and 12th days of storage were compared. The results showed that under the conditions of ice temperature (-2.1℃) and room temperature (20℃), the chromaticity values ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) increased with the extension of storage time. The increase of  $L^*$  value in the ice temperature group was 31.7% lower than that in the normal temperature group on the 15th day. The color difference value  $\Delta E$  showed a downward trend, on the 15th day of storage, the decrease of  $\Delta E$  in ice temperature group was 22.7% lower than that in normal temperature group. A total of 37 flavor substances were detected in Ruaner pear fruits, among which esters, aldehydes and alcohols were the main flavor substances. On the 12th day of storage, compared with the normal temperature group, the ester content in Ruaner pears stored at ice temperature was 2.01 percent higher and the alcohol content was 0.55 percent lower, in which the ethyl n-caproate and hexyl acetate contents were 1.22 percent and 7.18 percent higher, respectively, and the n-hexyl alcohol content was 0.62 percent lower. Ice temperature storage can delay the color deterioration and slow down the volatilization of flavor compounds in Ruaner pears, allowing them to maintain good quality and unique flavor.

**Key words:** Ruaner pear; Freezing point; Ice temperature storage; Color; Flavor substance

软儿梨是甘肃省特有的地域性水果, 含多种微量元素、糖类和维生素等, 具有食疗兼备的作  
用<sup>[1-2]</sup>。据《本草纲目》记载, 软儿梨具有润肺止咳、凉心消炎、降火、解疮毒、解酒等医疗功效<sup>[3]</sup>。

收稿日期: 2024-07-22

基金项目: 甘肃省农业科学院重点研发计划项目(2023GAAS16); 兰州市科技计划项目(2022-2-97)。

作者简介: 李 祯(1994—), 男, 甘肃定西人, 研究实习员, 研究方向为农产品贮藏加工。Email: 1132817918@qq.com。

通信作者: 张霁红(1977—), 女, 陕西周至人, 副研究员, 研究方向为果蔬采后加工。Email: 172235399@qq.com。

软儿梨又名香水梨, 属于呼吸跃变型果实<sup>[4]</sup>, 采摘后需经后熟方可食用, 后熟的软儿梨果实颜色由绿转黄, 果肉软化多汁, 酸甜醇香<sup>[5]</sup>。由于后熟的软儿梨果实变软、硬度下降, 极易腐败变质, 不便贮藏, 生产中为了延长其商业价值常采用低温冻藏的方法进行贮藏, 但冻藏后的软儿梨颜色褐变, 香味降低, 失去了鲜果应有的特色。

冰温贮藏是指在 0 °C 以下, 果蔬在冻结点以上温度范围内的贮藏保鲜技术, 可抑制果实的呼吸, 推迟呼吸高峰期, 延缓细胞衰老速度, 保护细胞组织结构, 能够在延长保质期的同时保持果实原有风味、减少其营养损失, 是继冷藏、气调贮藏后的新一代保鲜技术<sup>[6]</sup>。目前冰温贮藏技术已应用于山楂、雪莲果、葡萄、蓝莓、西兰花等多种水果蔬菜<sup>[7-11]</sup>; 赵迎丽等<sup>[12]</sup>研究表明, 冰温贮藏可使红富士苹果果肉色度值下降减缓, 保持较高的感官品质; 冰温贮藏能抑制玉露香梨果实采后代谢及酯类物质的释放, 延缓果实的衰老<sup>[13]</sup>, 但冰温贮藏技术在软儿梨鲜果贮藏中的研究报道较少。本研究以兰州软儿梨为试材, 测定软儿梨的冰点温度, 并对比冰温、常温贮藏后软儿梨色泽变化及挥发性风味物质的变化, 以期采用冰温贮藏保持软儿梨色泽及挥发性风味成分提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

软儿梨采自甘肃省兰州市皋兰县什川镇, 选取无病无损伤, 且果实表皮色泽均匀、形状大小一致、成熟度适中、果柄完整的果实, 当天运回, 于 2 °C 实验库中保存备用。氯化钠(分析纯)购自天津市光复科技发展有限公司。

仪器设备: BSA224S-CW 电子天平(广州市深华生物技术有限公司), JHT-LTE 佳锂温湿度计(成都佳锂电子产品有限公司), CR-400 便携式色彩色差检测仪(杭州柯盛行有限公司), BD/BC-203MDM 分段调节冰箱(小米通讯技术有限公司), Agilent 1100 高效液相色谱仪、Compass C<sub>18</sub>(2)反相色谱柱、AgilentGCMS 气质联用仪(7890A+5975C)、Supelco 萃取针(DVB/CAR/PDMS)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 软儿梨冰点测定 根据尚海涛等<sup>[14]</sup>的方法

稍作改进。随机选取无病害、无机械伤, 大小均匀的软儿梨果实, 将数显温度计插于果实内中心部位并固定好(注意温度计的探头不要碰壁); 将固定好的果实置于冰柜(-18 °C)中, 温度降至 0 °C 时开始记录时间, 每 2 min 记录一次温度变化情况, 当温度变化出现平台期时即为软儿梨冰点温度。重复测定 3 次。

1.2.2 软儿梨色泽检测 采用色差仪进行软儿梨色度测量。在果实对应面取 4 个点, 手持色度仪对每个点进行测量, 从指示器直接读取数据色差值  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  和  $\Delta E$ <sup>[15-16]</sup>,  $L^*$  代表明暗度(黑白)、 $a^*$  代表红绿色、 $b^*$  代表黄蓝色, 色度的变化程度由  $\Delta E$  来定量。重复测量 3 次。以常温(20 °C)贮藏为对照, 对比分析软儿梨在冰温贮藏 0、3、6、9、12、15 d 果实色度变化。

1.2.3 软儿梨挥发性成分测定 采用顶空固相微萃取 GC-MS 法测定常温、冰温贮藏第 6、12 d 软儿梨挥发性香气成分, 分析挥发物质种类及构成<sup>[17]</sup>。萃取条件: 将软儿梨样品 2.000 g 和 1.125 g NaCl 置于 20 mL 顶空瓶中, 盖上瓶盖。萃取前, 先将固相微萃取头在气相色谱进样口老化 16 min, 老化温度 250 °C。将固相微萃取头推出, 距离样品 0.5 cm 高度萃取, 在 60 °C 下, 萃取 40 min。取出萃取针后直接进样, 解析温度 250 °C, 解析时间 30 s。色谱条件: 前进样口温度 280 °C, 载气为氦气(99.999%), 流量 3 mL/min, 分流比为 8:1, 进样量 1  $\mu$ L, 色谱柱为 HP-5MS(30 m  $\times$  250  $\mu$ m  $\times$  0.25  $\mu$ m)。检测时的升温程序为 40 °C 保持 1 min, 以 3 °C/min 升至 160 °C、以 15 °C/min 升至 230 °C, 保持 1 min。质谱条件: EI 电离源, 电离电压 -70 eV, 离子源温度 230 °C, 四级杆温度 150 °C, 溶剂延迟时间 2 min; 数据采集模式为全扫描模式; m/z50-550。

### 1.3 数据分析

使用 Excel 2016 软件进行数据处理及作图, 运用 SPSS 26.0 软件进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 软儿梨冰点温度

由图 1 可知, 软儿梨冰点温度随时间变化曲线呈先下降、上升、平稳、再下降的趋势。当温度降至 -4 °C 时, 迅速上升, 这是由于软儿梨果实

温度随环境温度下降到-4℃时,果实内的液体开始由液相转变为固相,释放一部分热量,导致果实内温度升高;随着贮藏时间的延长,果实内开始形成冰晶核,此时果实内温度逐渐趋于稳定,达到冰点温度;冰晶随着贮藏时间的延长继续增长,果实内一部分液体完成结晶释放热量,一部分液体继续结晶吸收热量,放热吸热保持平衡,出现温度相对稳定的15~20min;随后果实内液体大量结晶,此时平衡已被破坏,果实温度开始持续下降。温度变化曲线表明,软儿梨冰点温度约为-2.1℃。

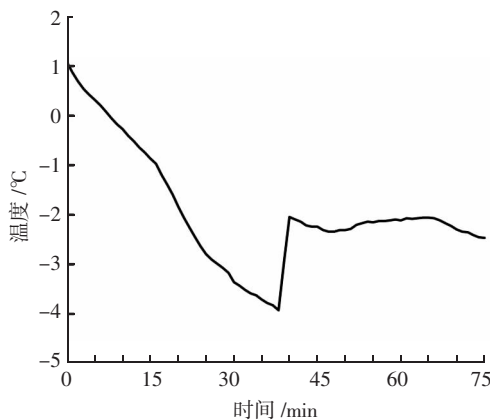


图1 冷冻时间对软儿梨冰点温度影响

2.2 冰温贮藏对软儿梨色泽的影响

$L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 可以共同反映软儿梨的表现色泽<sup>[18]</sup>。随着贮藏时间的延长,软儿梨色度 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 值整体呈上升趋势。 $L^*$ 值可反应软儿梨明暗变化程度, $L^*$ 值越大表示颜色越深,越小表示越浅。由表1可知,冰温贮藏条件下,软儿梨 $L^*$ 值由贮藏0d的64.82增大至贮藏15d的72.50,增加了7.68,与常温贮藏组 $L^*$ 值的增加量11.25相比,减少了31.7%。常温贮藏3d软儿梨 $L^*$ 值显著高于贮藏

0d,与贮藏6、9d差异不显著,与贮藏12、15d差异显著,说明常温贮藏3d软儿梨开始发生褐变,贮藏12d褐变明显;冰温贮藏6d软儿梨 $L^*$ 值显著高于贮藏0、3d,与贮藏9、12d差异不显著,与贮藏15d差异显著,说明冰温贮藏6d软儿梨开始发生褐变,贮藏15d褐变明显,故冰温贮藏可延缓软儿梨褐变。随着贮藏时间增加,软儿梨 $\Delta E$ 值整体呈下降趋势,与贮藏0d相比,冰温贮藏15d的色差 $\Delta E$ 减少8.35,常温贮藏15d减少10.80,冰温组比常温组减少量低22.7%;常温贮藏3d软儿梨 $\Delta E$ 值显著低于贮藏0d,冰温贮藏6d软儿梨 $\Delta E$ 值显著低于贮藏0d,说明冰温贮藏能更好地保持软儿梨色泽。

雷达图能够直观反映冰温贮藏对软儿梨色度的影响。由图2可知,冰温贮藏条件下软儿梨 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 、 $\Delta E$ 值在整个贮藏期间均优于常温贮藏组,这与表1内容一致。综上所述,冰温贮藏有利于延缓软儿梨的色泽劣变。

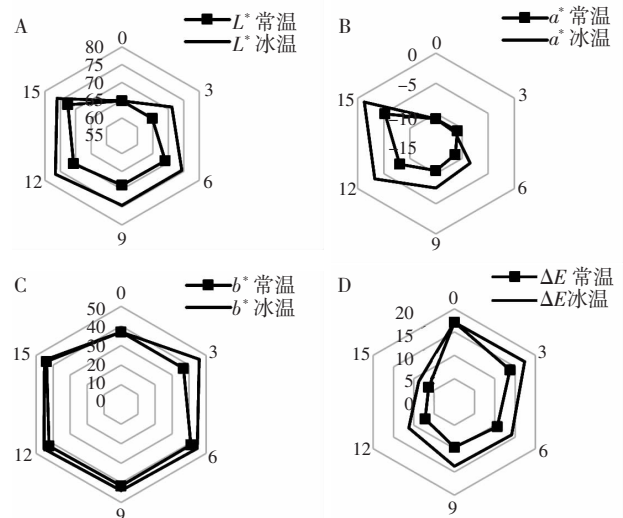


图2 冰温贮藏软儿梨 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 、 $\Delta E$ 值雷达图

表1 冰温贮藏对软儿梨色度的影响

贮藏时间/d	$L^*$		$a^*$		$b^*$		$\Delta E$	
	常温	冰温	常温	冰温	常温	冰温	常温	冰温
0	64.82±1.26 c	64.82±1.26 c	-10.91±1.65 cd	-10.91±1.65 bc	36.95±2.53 b	36.95±2.53 b	17.12±1.08 a	17.12±1.08 a
3	71.20±2.15 b	64.77±2.79 c	-11.36±1.13 d	-10.91±0.86 bc	45.92±3.68 a	36.75±3.41 b	13.74±1.72 b	17.33±1.87 a
6	74.38±1.99 ab	69.03±0.98 b	-8.43±1.20 bc	-11.33±0.36 c	44.94±1.28 a	41.17±1.85 a	10.55±0.89 c	14.14±0.96 b
9	74.54±3.79 ab	68.85±0.08 b	-7.62±2.61 b	-10.50±0.71 bc	43.92±0.86 a	41.63±0.92 a	9.71±2.75 cd	13.79±0.40 b
12	76.53±0.90 a	70.65±1.54 ab	-3.25±0.60 a	-8.06±2.64 b	45.39±2.88 a	42.33±1.37 a	7.21±2.26 de	11.21±2.15 c
15	76.07±0.97 a	72.50±0.87 a	-1.25±0.48 a	-5.23±1.78 a	45.09±1.30 a	43.80±0.68 a	6.32±1.25 e	8.77±1.24 c

## 2.3 冰温贮藏对软儿梨挥发性物质的影响

由表 2 可知, 软儿梨在贮藏期第 6、12 d 共检测出挥发性风味物质 37 种, 分为酯类、醛类、醇类、烃类及其他化合物, 其中酯类占 84.51% ~ 93.07%, 醛类和醇类占 2.50% ~ 10.23%, 说明软

儿梨果肉中酯类、醛类和醇类物质含量较高, 是软儿梨的主要风味物质成分。软儿梨在常温贮藏 6 d 酯类物质含量为 93.07%, 贮藏 12 d 含量为 84.51%, 下降了 8.56 个百分点, 说明常温贮藏 6 d, 软儿梨果实内细胞呼吸速率加快, 加速了果实衰老, 加

表 2 冰温贮藏条件下软儿梨挥发性物质含量

类别	名称	英文名称	CAS 号	相对含量/%			
				常温 6 d	常温 12 d	冰温 6 d	冰温 12 d
酯类	丙酸乙酯	Ethyl propionate	105-37-3	0.44	0.75	0.67	0.35
	丁酸甲酯	Methyl butyrate	623-42-7	0.34	1.48	0.40	1.14
	异丁酸乙酯	Ethyl isobutyrate	127074-27-5	0.11	0.65	0.16	0.97
	2-甲基丁酸甲酯	Methyl 2-methylbutyrate	868-57-5	0.69	1.03	0.65	
	丁酸乙酯	Ethyl butyrate	105-54-4	9.81	10.46	12.81	8.99
	乙酸丁酯	Butyl acetate	123-86-4	4.03	6.21	5.68	5.43
	2-甲基丁酸乙酯	Ethyl 2-methylbutyrate	7452-79-1	3.21	3.80	2.87	3.05
	乙酸异戊酯	Isoamyl acetate	123-92-2	0.77	2.05	1.41	1.45
	2-甲基丁基乙酸酯	2-Methylbutyl acetate	624-41-9	1.57	0.97	2.19	1.50
	顺-2-丁烯酸乙酯	Ethyl cis-2-butenate	23652-56-4	1.11	4.65	1.79	2.90
	戊酸乙酯	Ethyl valerate	539-82-2	0.24		0.24	0.17
	己酸甲酯	Methyl caproate	106-70-7	9.20	10.85	9.06	10.25
	正己酸乙酯	Ethyl hexanoate	123-66-0	31.85	18.79	26.16	20.01
	乙酸己酯	Hexyl acetate	142-92-7	22.92	18.69	17.87	25.87
	乙酸反-2-己烯酯	Trans-2-hexyl acetate	2497-18-9	0.29	0.25	0.31	0.83
	己-2-烯酸乙酯	Ethyl hex-2-enoate	27829-72-7	0.43	0.47	0.41	0.32
	庚酸乙酯	Ethyl enanthate	106-30-9	0.98	0.49	2.06	0.46
	3-羟基丁酸乙酯	Ethyl 3-hydroxybutyrate	5405-41-4	0.76		0.43	
	乙酸庚酯	Heptyl acetate	5921-84-6	0.28	0.26	0.31	0.41
	辛酸甲酯	Methyl caprylate	111-11-5	0.17	0.16	0.16	0.13
	山梨酸乙酯	Ethyl sorbate	2396-84-1	0.21	0.11	0.26	
	辛酸乙酯	Ethyl caprylate	106-32-1	1.05	0.38	1.07	0.59
	顺式-4-辛烯酸乙酯	Ethyl cis-4-octenate	34495-71-1	0.22	0.12	0.26	0.15
	醋酸辛酯	Octyl acetate	112-14-1	1.20	0.92	1.00	0.83
	苯乙酸乙酯	Ethyl phenylacetate	101-97-3	0.12	0.07	0.11	0.05
	乙酸苯乙酯	Phenylethyl acetate	103-45-7	1.07	0.90	1.92	0.67
	醛类	正己醛	n-hexanal	66-25-1	1.76	6.01	3.00
2-己烯醛		2-Hexenal	505-57-7	0.82	2.74	1.60	0.39
醇类	正己醇	n-hexanol	111-27-3		1.24	0.55	0.62
	正辛醇	n-octanol	111-87-5		0.11	0.12	0.31
	反式-2-己烯-1-醇	trans-2-hexen-1-ol	928-95-0		0.13		
烃类	3,7,11-三甲基-1,3,6,10-十二碳-四烯	3,7,11-Trimethyl-1,3,6,10-dodecano-tetraene	502-61-4	0.05	0.22	0.24	0.11
	(E)-B-罗勒烯	(E)-β-ocimene	3779-61-1		0.10	0.14	
其他 化合物	间二甲苯	m-xylene	108-38-3	0.73	0.88	0.70	2.21
	对二甲苯	Paraxylene	106-42-3	1.30	1.58	1.72	7.42
	二甲苯	xylene	1330-20-7	0.38	0.43	0.49	2.24
	4-[2-(甲基氨基)乙基]吡啶	4-[2-(methylamino)ethyl]pyridine	55496-55-4	0.07			

快酯类、醛类及醇类物质的挥发；冰温组贮藏6 d 酯类含量为90.26%，贮藏12 d 含量为86.52%，下降了3.74个百分点，说明冰温贮藏能够有效降低果实细胞呼吸速率，延缓果实衰老，在一定程度上保留了果实中的挥发性风味物质。

果实中的“果香味”主要由酯类、醇类和醛类物质协同产生，软儿梨中含有丰富的正己酸乙酯、乙酸己酯和正己醇等能赋予其独特的“香味”。贮藏12 d 冰温贮藏软儿梨果实中酯类含量较常温贮藏高2.01个百分点，醇类含量低0.55个百分点。其中，正己酸乙酯、乙酸己酯含量分别为20.01%和25.87%，较常温贮藏组的18.79%、18.69%分别高1.22、7.18个百分点；正己醇含量降低0.62个百分点。说明冰温贮藏能更有效保持软儿梨的独特“风味”。

### 3 讨论与结论

贮藏的环境温度是果蔬贮藏过程中重要的影响因子，当果实处于一定的低温环境时，可以降低自身的生理活动并减少营养物质的消耗、延长贮藏时间，从而达到贮藏保鲜的目的<sup>[19]</sup>。本研究表明，软儿梨在冰点温度(-2.1℃)贮藏条件下，能延缓果皮褐变，延长果实保鲜期。常志娟等<sup>[20]</sup>研究测定番茄的冰点温度为-0.9℃，在冰温贮藏下番茄感官品质较好，保存13 d 仍具有良好的色、香、味；李光磊<sup>[21]</sup>研究发现，冰温(-0.5℃)贮藏的黄花梨果实较其他温度下贮藏的果实表现出更好的食用品质，与本研究结果相似。

果实褐变是果实成熟、老化、生理衰退的特征之一，软儿梨果实褐变属于酶促褐变，随着贮藏时间的延长，果实内部的氧化还原反应平衡被破坏，果实颜色缓慢变黑。冰温贮藏能降低果实内部参与褐变酶的活性，有效降低软儿梨褐变程度和控制色差。本研究结果显示，在整个贮藏过程中，软儿梨果实色度值( $L^*$ 、 $a^*$ 和 $b^*$ )整体呈上升趋势，冰温贮藏的软儿梨随着贮藏时间的延长褐变程度较常温贮藏变化小，冰温贮藏15 d 的色度 $L^*$ 值增加量比常温贮藏低31.7%，色度的变化程度 $\Delta E$ 值减少量冰温组比常温贮藏低22.7%，说明冰温贮藏能够有效缓解软儿梨色泽劣变，有效延长其贮藏时间。研究表明，近冰温贮藏可以有效延缓鲜切莲藕的褐变，保持色泽，抑制酶活性，降

低异味物质产生，从而较好地保持鲜切莲藕的品质<sup>[18]</sup>。上述研究与本研究结果相似。

裴鹏正等<sup>[22]</sup>研究表明，软儿梨原汁关键风味物质主要有8种，其中酯类、醇类、醛类起主要作用，与本研究结果一致。本研究发现，酯类、醇类是软儿梨挥发性香气成分的主要组分，与常温贮藏12 d 相比，冰温贮藏12 d 的软儿梨中酯类含量高2.01个百分点、醇类含量低0.55个百分点；其中正己酸乙酯、乙酸己酯含量分别高1.22、7.18个百分点，正己醇含量低0.62个百分点。可能是由于冰温贮藏能抑制软儿梨呼吸速率，延缓软儿梨果实后熟中醇类物质的释放，导致冰温贮藏软儿梨中醇类物质含量低于常温贮藏。软儿梨中挥发性物质的种类和含量受贮藏温度影响，冰温贮藏能够有效减缓软儿梨香气成分挥发，使其维持独特风味。综上所述，冰温贮藏可延缓软儿梨色泽劣变和减缓其风味物质的挥发，保持其良好的品质和特有的风味。

### 参考文献：

- [1] 梁志宏. 软儿梨果实的品质及其加工相关研究综述[J]. 北方园艺, 2018(4): 180-184.
- [2] 黄毅君. 软儿梨和热冬果[J]. 中医健康养生, 2017(11): 69.
- [3] 罗慧英, 吴步梅, 马天玥, 等. 基于网络药理学与分子对接探讨兰州软儿梨止咳化痰作用机制[J]. 食品工业科技, 2023, 44(23): 11-20.
- [4] 罗慧英, 鲍慧中, 吴步梅, 等. 软儿梨的抗炎抗氧化作用[J]. 现代食品科技, 2023, 39(12): 107-113.
- [5] 张忠, 马朝玲, 丁若璐, 等. 不同解冻方式对软儿梨果实品质与抗氧化物质含量的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(3): 236-244.
- [6] 付坦, 鲁晓翔, 李江阔. 冬枣冰点及其冰点调节剂的筛选[J]. 北方园艺, 2012(16): 155-158.
- [7] 王亮, 张新亮, 赵迎丽, 等. 1-甲基环丙烯和乙烯吸收剂结合冰温贮藏对山楂果实品质的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(23): 243-249.
- [8] 刘帅, 邓洁红, 敬小波, 等. 冰温贮藏对雪莲果品质影响的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(21): 346-350.
- [9] 李江阔, 张鹏, 关筱歆, 等. 1-MCP结合ClO<sub>2</sub>处理对冰温贮藏红提葡萄生理品质的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(22): 302-307.
- [10] 于继男, 薛璐, 鲁晓翔, 等. 温度驯化对蓝莓冰

- 温贮藏期间生理品质变化的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(22): 265-269.
- [11] 高 雪, 杨绍兰, 王 然, 等. 近冰温贮藏对鲜切西兰花保鲜效果的影响[J]. 中国食品学报, 2013, 13(8): 140-146.
- [12] 赵迎丽, 张 微, 张立新, 等. 不同货架温度对冰温贮藏红富士苹果品质的影响[J]. 农产品加工, 2021(17): 22-26.
- [13] 赵迎丽, 张 微, 王 亮, 等. 冰温贮藏对玉露香梨果实挥发性有机物的影响[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(9): 15-22.
- [14] 尚海涛, 凌建刚, 朱 麟, 等. 葡萄冰点测定及冰温贮藏实验的研究[J]. 制冷学报, 2014, 35(5): 55-60.
- [15] 徐吉祥, 楚炎沛. 色差计在食品品质评价中的应用[J]. 现代面粉工业, 2010, 24(3): 43-45.
- [16] AKYILDIZ A, ZORLUGENC F, BENLI H, et al. Changes in color and total phenolic content of different cultivars of persimmon during dehydration[J]. International Journal of Food Engineering, 2008, 4(7): 99-107.
- [17] 黄江艳, 李秀娟, 潘思轶. 固相微萃取技术在食品风味分析中的应用[J]. 食品科学, 2012, 33(7): 289-298.
- [18] 张宇娟, 张周末, 杨玉平, 等. 近冰温贮藏对真空包装鲜切莲藕色泽与气味物质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2023, 14(11): 62-69.
- [19] 陶佳淋, 刘新月, 李天宇, 等. 不同成熟度鲜枣果实冰点温度及其影响因素[J]. 经济林研究, 2023, 41(4): 191-199; 208.
- [20] 常志娟, 张培旗, 朱桂月. 番茄冰温保鲜的研究[J]. 食品工业, 2014, 35(10): 78-81.
- [21] 李光磊. 黄花梨贮藏保鲜技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- [22] 裴鹏正, 负建民, 贾 琦, 等. 软儿梨果酒发酵过程中挥发性风味物质变化分析[J]. 生物技术进展, 2021, 11(6): 758-769.