

# 叶面喷施“秸秆源品质改良因子”对金冠苹果贮藏期品质的影响

潘晓倩<sup>1</sup>, 邓丽莉<sup>1</sup>, 申琳<sup>1,\*</sup>, 生吉萍<sup>2,\*</sup>

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083; 2. 中国人民大学农业与农村发展学院, 北京 100872)

**摘 要:** 研究“秸秆源品质改良因子”采前处理在(20±1)℃条件下对贮藏过程中金冠苹果贮藏特性的影响。结果表明:“秸秆源品质改良因子”采前处理可以加快果实的后熟软化过程, 促使其转黄, 使乙烯高峰提早到来, 同时加速芳香物质的形成。另外,“秸秆源品质改良因子”采前处理提高了果实可滴定酸含量, 降低其固酸比, 从而对果实风味产生影响。“秸秆源品质改良因子”采前处理能促进苹果果实成熟衰老, 对果实风味改善有明显的作用。

**关键词:** 品质; 金冠苹果; 贮藏特性; 成熟衰老; 芳香物质

## Effect of Foliar Spraying of “Stalk-Derived Factor for Quality Modification” on Storage Properties of Golden Delicious Apples

PAN Xiao-qian<sup>1</sup>, DENG Li-li<sup>1</sup>, SHEN Lin<sup>1,\*</sup>, SHENG Ji-ping<sup>2,\*</sup>

(1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. School of Agricultural Economics and Rural Development, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

**Abstract:** The effect of pre-harvest foliar spraying of “Stalk-derived Factor for Quality Modification”, a residue remaining after the decomposition of stalks prepared in our laboratory, on storage properties of golden delicious apples during storage (20 °C ± 1 °C) was studied. The results indicated that foliar spraying of “Stalk-derived Factor for Quality Modification” could accelerate the process of fruit ripening and softening, promote the course of turning yellow, make the occurrence of ethylene peaks become earlier, and speed up the formation of aromatic substances. In addition, foliar spraying of “Stalk-derived Factor for Quality Modification” could increase titratable acid content and reduce solid/acid ratio, thus exerting influence on fruit flavor. Therefore, foliar spraying of “quality modification factor from stalk” can promote the process of ripening and senescence and make a great contribution to the improvement of fruit flavor.

**Key words:** quality; Golden Delicious apple; storage properties; ripening and senescence; aromatic substances

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)02-0251-05

苹果(*Malus domestica* Borkh.)是世界四大水果(柑橘、葡萄、苹果和香蕉)之一, 产量约占水果总产量的13%。苹果在我国的栽培面积、产量和产值均居各树种之首<sup>[1]</sup>。金冠苹果(Golden Delicious)又名黄香蕉、黄元帅、金帅, 苹果中的著名品种, 为一重要的高产品种, 果实品质优良, 味道浓香, 甜酸爽口。

采前处理相比较采后处理是一种更加直接的手段, 被越来越多的人运用以改善果实采后品质和贮藏特性。而采前处理主要包括化学药物和营养元素两种。运用AVG<sup>[2]</sup>、赤霉素<sup>[3]</sup>、NO<sup>[4]</sup>等化学药物采前处理园艺作物在提高其抗性, 改善品质方面均起到一定积极作用; 柠檬酸<sup>[5]</sup>、草酸<sup>[6]</sup>、苹果酸<sup>[7]</sup>等有机酸处理能提高果实

抗氧化能力, 从而减缓某些生理病害的发生。Ortiz等<sup>[8-9]</sup>证明了采前钙处理能够抑制果实中某些细胞壁降解酶的活性, 从而延缓果实细胞壁降解; 采前钙处理也能促进采收时果实香气成分的形成, 提高其品质。脱落酸(S-ABA)和富含多种微量矿质营养的复合肥料采前30~35d喷施苹果树能够促进果实着色, 增加其糖含量; 同时兼有防治果实灼伤和增加其单果重的效果<sup>[10]</sup>。龚新明等<sup>[11]</sup>发现采前喷施Ca、B均能有效降低果实贮藏前期果皮PPO活性及冷藏期间果皮褐斑指数, 提高其贮藏特性。

“秸秆源品质改良因子”是一种新研制的, 富含多种微量元素的复合营养液。本实验采用“秸秆源品质改

收稿日期: 2012-03-15

基金项目: 国家“973”计划项目(2011CB100604; 2013CB127106)

作者简介: 潘晓倩(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品生物技术。E-mail: go\_ahead123@163.com

\*通信作者: 申琳(1964—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为果蔬贮藏保鲜、农产品综合利用。E-mail: shen5000@cau.edu.cn

生吉萍(1967—), 女, 教授, 博士, 研究方向为食品生物技术, 果蔬贮藏与采后生物技术。E-mail: pingshen@cau.edu.cn



良因子”采前处理金冠苹果,探讨其对果实采收时品质和整个贮藏过程中贮藏特性的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

供试苹果(*Malus domestica* Borkh., 品种金冠(Golden Delicious)),产地为北京市昌平区北流果园。

“秸秆源品质改良因子”为本实验室研制,是一种富含多种营养物质的秸秆解离剩余物,富含无机、有机养分及多种微量元素。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 “秸秆源品质改良因子”采前处理方法

本实验于2011年进行。设1个处理和1个对照。采前32d开始进行第1次处理,“秸秆源品质改良因子”原液以自来水稀释100倍后直接喷洒于金冠果树叶片,到叶片滴水为止,以喷洒自来水为对照,处理和对照各选取3株健康果树,即设3个重复,喷洒于果树朝南方位的枝叶,之后每隔7~10d追喷一次,共3次。商熟期(9月2日)采收处理方位的果实,当日运回实验室,剔除伤果、病果以及果蒂缺失果实,挑选大小、形状和成熟度一致的果实为试验材料,单果加果托,置于(20±1)℃,80%~85% RH条件下贮藏。

两组各选9个果实用于果实质量损失率、色差和乙烯释放量测定。其余定期取样,每次6个,取果实中部果肉,用液氮速冻,于-80℃保存用于测定其他各项指标。

#### 1.2.2 测定指标及测定方法

##### 1.2.2.1 成熟衰老相关指标测定

果实硬度测定:采用果实硬度计进行。在苹果果实赤道部位均匀取3点,削去果皮,以硬度计垂直打入果肉,读取硬度值,以3点的平均值记为该果实硬度,实验重复6次;果皮色差测定:采用色差计测量。以标准白板( $L^*=96.22$ 、 $a^*=6.03$ 、 $b^*=15.06$ )为参照物。每组测9个果实,每个果实取赤道处对应2点,取平均值;果实质量损

失率 $\% = \frac{\text{贮藏果实的原始质量} - \text{贮藏后果实质量}}{\text{贮藏果实的原始质量}} \times 100$ ;

果实丙二醛(MDA)含量测定:采用硫代巴比妥酸方法<sup>[12]</sup>。

乙烯释放量测定:参照Jiang Weibo等<sup>[13]</sup>的方法并加以修改。取9个苹果置于9L玻璃干燥器中,密闭1h,从干燥器顶端取气胶管处用一次性注射器反复吸取干燥器内空气3次,第4次吸取时缓慢抽气5mL,并将注射器滞留于胶管上10min,以此平衡注射器与干燥器中的气压,最后将注射器取下,排水法将气体转入小瓶中,密封,4℃保存。用气相色谱仪检测样品气体中乙烯浓度。色谱条件:GDX-502填充柱,氢火焰离子化检测器(flame ionization detector, FID),载气N<sub>2</sub>流速50mL/min,燃气H<sub>2</sub>流速50mL/min,助燃空气流速350mL/min,柱温60℃,检测室温度120℃。通过标准曲线计算乙烯释放量,单位 $\mu\text{L}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 。每个样品重复3次。

#### 1.2.2.2 贮藏品质测定

果实可溶性固形物含量测定:采用手持糖量计法<sup>[14]</sup>;

果实可滴定酸含量测定:采用NaOH滴定法<sup>[14]</sup>。

#### 1.2.2.3 果实挥发性成分测定

参照王孝娣等<sup>[15]</sup>方法进行,稍作修改。

果实挥发性成分提取:准确称取4.0g苹果果肉,加入4.0mL去离子水,研磨匀浆,加入0.5g氯化钠,混匀后立即转入20mL顶空样品瓶中,密封瓶口,放置恒温器中插入固相微萃取装置萃取头,萃取头通过瓶盖的橡皮垫插入到样品瓶中,推出纤维头,45℃水浴浸提35min,随后抽回纤维头,从样品瓶上拔出萃取头,迅速将萃取头插入气相色谱仪,推出纤维头,同时启动仪器采集数据。于250℃解吸5min,抽回纤维头后拔出萃取头。

气相色谱(gas chromatography, GC)条件:型号为Agilent 7890A色谱柱,HP-5MS石英毛细管柱(30m×0.32mm, 0.25 $\mu\text{m}$ );程序升温,进样口温度250℃,不分流,起始温度34℃,保留3min,以3℃/min升到50℃,再以6℃/min升至140℃,最后以10℃/min升至230℃,保持4min。载气为高纯氮,流量1mL/min。

质谱(mass spectrometry, MS)条件:质谱型号为Agilent 5975C,电子电离源(electron ionization, EI),电离电压70eV,离子源温度230℃,四极杆温度150℃,进样口250℃,扫描范围为40~450u。各组经过计算机NIST98图谱库检索及资料分析。

#### 1.2.2.4 数据处理

Excel 2003 统计分析所有数据,计算标准误并制图。应用SPSS 17.0软件对数据进行方差分析(ANOVA),利用邓肯氏多重比较对差异显著性进行分析,每个指标测定重复3次。

## 2 结果与分析

### 2.1 “秸秆源品质改良因子”处理对贮藏期间苹果果实成熟衰老相关指标的影响

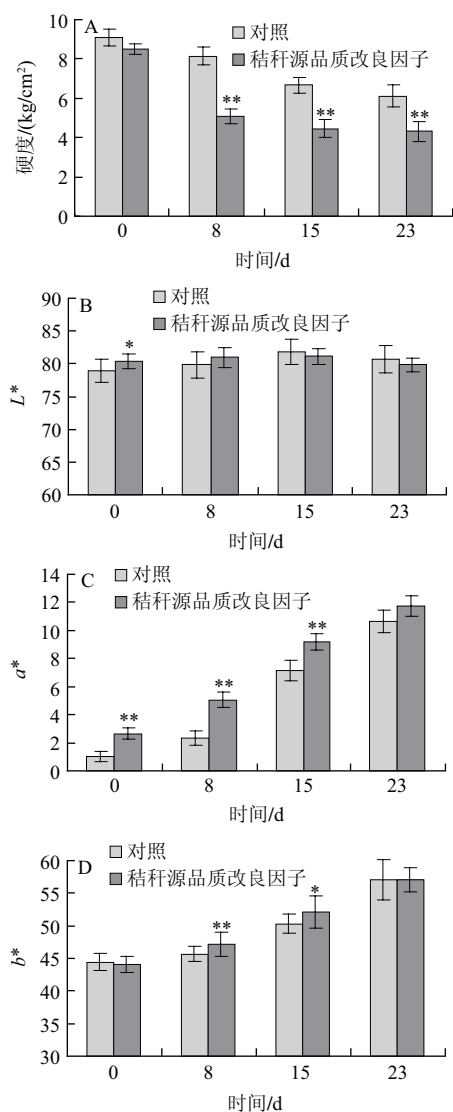
#### 2.1.1 对果实硬度的影响

果实软化是果实成熟与衰老的典型特征<sup>[16]</sup>,如图1A所示整个贮藏期间,苹果果实的硬度呈下降趋势,而与对照组相比,处理组果实硬度一直低于对照组,且呈现更明显的下降趋势,在8、15d和23d两者有极显著差异( $P<0.01$ ),尤其在贮藏初期第8天时,对照组果实硬度是第0天的89.44%,而处理组果实硬度仅为第0天的59.69%。结果表明,叶面喷施“秸秆源品质改良因子”有促进贮藏过程中果实软化的效果。

#### 2.1.2 对果实色泽的影响

金冠苹果采收时果皮青绿色,在贮藏后熟过程中有明显的转黄,颜色变亮等着色现象。表现在具体的色差

值上即为白度 $L^*$ , 红绿值 $a^*$ 和蓝黄值 $b^*$ 的升高。由图1B可以看出, 在采收时(第0天), 处理组的白度 $L^*$ 即高于对照, 差异显著( $P<0.05$ )。图1C表明在采收时及贮藏初期(贮藏第8天和第15天), 处理组果实着色明显快于对照组, 即红绿值 $a^*$ 高于对照, 在第0、8天和第15天, 二者差异极显著( $P<0.01$ )。这种转色的快慢同样在图1D得到验证, 第8天时, 处理组蓝黄值 $b^*$ 比第0天高7.22%, 而对照组蓝黄值 $b^*$ 仅比第0天高2.86%, 二者差异极显著( $P<0.01$ ), 表明处理组的果实转黄要快于对照。综合果实色泽变化, 表明叶面喷洒“秸秆源品质改良因子”能够加快果实的着色, 即在采收时和整个贮藏期间, 果实果皮着色均快于对照, 也进一步说明“秸秆源品质改良因子”有促进果实成熟的作用。



\*, 差异显著( $P<0.05$ ); \*\*, 差异极显著( $P<0.01$ ). 下同。

图1 “秸秆源品质改良因子”处理对贮藏期间果实硬度(A)和色泽 $a^*$ 值(B)、 $b^*$ 值(C)、 $L^*$ 值(D)的影响

Fig.1 Effect of “Stalk-derived Factor for Quality Modification” treatment on hardness (A) and color  $a^*$ ,  $b^*$  and  $L^*$  values (B, C and D) of Golden Delicious apples during storage

### 2.1.3 对果实质量损失率的影响

贮藏期间, 苹果果实质量损失随贮藏时间的延长而增加, “秸秆源品质改良因子”处理组果实质量损失增加较快, 且整个贮藏期间质量损失率均高于对照。在贮藏初期第8天时, 对照组果实质量损失率为“秸秆源品质改良因子”处理组的88.26%, 即处理组比对照组低13.31%(图2A)。

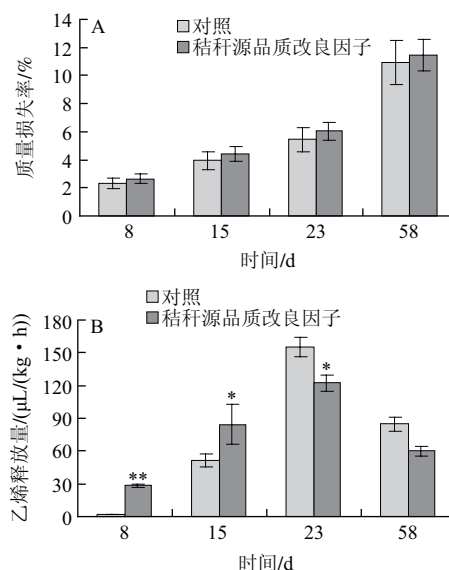


图2 “秸秆源品质改良因子”处理对贮藏期间果实质量损失率(A)和乙烯释放量(B)的影响

Fig.2 Effect of “Stalk-derived Factor for Quality Modification” treatment on weight loss rate (A) and ethylene release amount (B) of Golden Delicious apples during storage

### 2.1.4 对果实乙烯释放量的影响

苹果属于典型的呼吸跃变型果实, 目前比较公认的观点是, 乙烯启动跃变型果实的成熟, 跃变型果实成熟时伴随着大量乙烯的产生。系统I乙烯可以启动系统II乙烯产生, 使果实内的乙烯浓度大大增加, 产生跃变, 这往往被认为是果实色泽、质地、风味和香味物质等生理生化指标开始发生不可逆变化的标志, 因而乙烯成为该类果实成熟的启动和调节的关键因子<sup>[17-18]</sup>。

由图2B所示, 在刚采收时, “秸秆源品质改良因子”处理组和对照组中均未检测到乙烯的生成, 这时可能是系统I产生的低浓度的基础乙烯。在第8天时, 对照组乙烯释放量仍处于非常低的水平, 但处理组的乙烯释放量迅速增加, 为对照的12.13倍, 差异极显著( $P<0.01$ ), 在后期, 处理组的乙烯释放量也均高于对照, 在第15天和第23天时差异显著( $P<0.05$ )。表明, “秸秆源品质改良因子”采前处理能够促进金冠苹果乙烯释放量的提早迸发, 进而促进成熟。

### 2.1.5 对果实丙二醛含量的影响

丙二醛是膜质过氧化作用的主要产物之一, 其积累能对果蔬组织细胞质膜和细胞器造成一定的伤害。因此其常作为果实衰老的重要衡量指标<sup>[19]</sup>。由图3可以看出, 随



着贮藏时间的延长,果实组织丙二醛含量呈现持续上升的趋势。但“秸秆源品质改良因子”处理对果实MDA含量的升高表现出明显的促进作用,且在贮藏初期,这种作用更显著。同时,在刚采收(第0天)时,处理组的MDA含量就高于对照组,表明此时处理组的成熟度就高于对照。

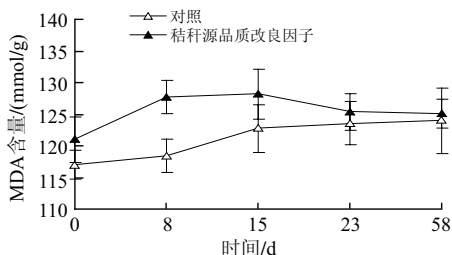


图3 “秸秆源品质改良因子”处理对贮藏期苹果果实丙二醛含量的影响  
Fig.3 Effect of “Stalk-derived Factor for Quality Modification” treatment on the content of malondialdehyde (MDA) in Golden Delicious apples during storage

## 2.2 “秸秆源品质改良因子”处理对贮藏期间苹果果实贮藏品质的影响

### 2.2.1 对果实可溶性固形物、可滴定酸及固酸比的影响

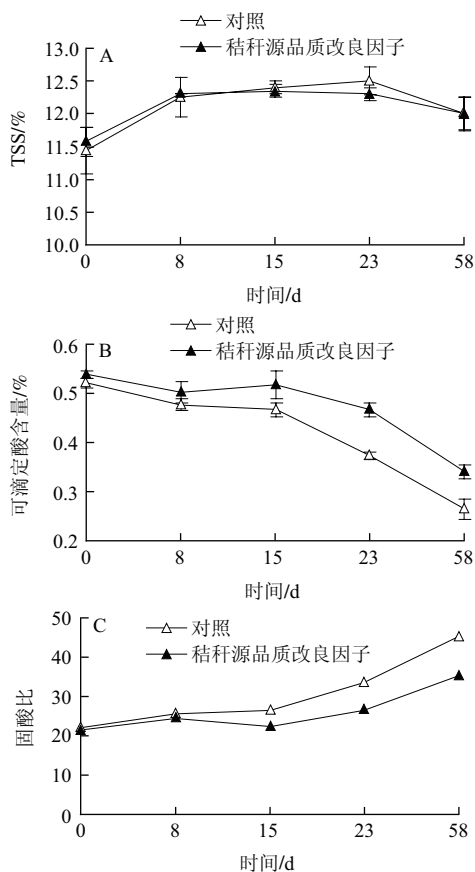


图4 “秸秆源品质改良因子”处理对贮藏期苹果果实可溶性固形物(A)、可滴定酸(B)及固酸比(C)的影响  
Fig.4 Effect of “Stalk-derived Factor for Quality Modification” treatment on soluble solids (A), titratable acids (B), solid/acid ratio (C) of Golden Delicious apples during storage

从贮藏期间果实可溶性固形物含量的变化看(图4A),贮藏过程中果实可溶性固形物含量呈现先升高,后降低的趋势。在整个贮藏过程中,处理组和对照组无明显差异。而可滴定酸含量总体呈降低趋势,且处理组的可滴定酸含量在整个贮藏过程中均高于对照(图4B),第0天和第8天差异显著( $P<0.05$ ),后期表现的尤为明显,第15、23天和第58天时差异极显著( $P<0.01$ )。由于两组果实可滴定酸含量的变化差异,使得处理组果实的固酸比持续低于对照(图4C)。贮藏第23天和第58天时,处理组果实固酸比也分别比对照低21.34%和22.54%。相比于糖类本身而言,固酸比对果实风味的贡献更大,是不同品种苹果果实风味差异的重要原因之一<sup>[20]</sup>,而本研究表明“秸秆源品质改良因子”处理能够提高果实的酸度,降低固酸比,对改善果实的风味有一定的作用。

### 2.2.2 对果实挥发性成分的影响

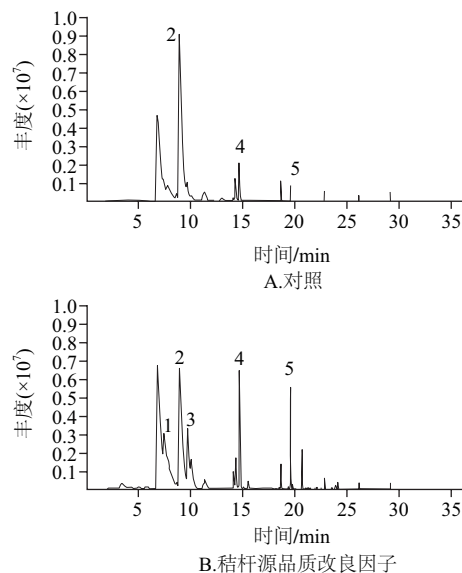
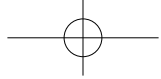


图5 “秸秆源品质改良因子”处理对苹果果肉挥发性成分的影响  
Fig.5 Effect of “Stalk-derived Factor for Quality Modification” treatment on volatile components of Golden Delicious apples

典型的苹果香味由300多种挥发物产生,包括醇类、醛类、酯类、酮类和醚类等<sup>[21-22]</sup>,未成熟苹果无香气果实的挥发性物质以己醛、2-己烯醛等为主;成熟有香气果实的挥发性物质以酯类和某些醇类物质为主<sup>[23]</sup>。香气测定结果表明,“秸秆源品质改良因子”处理组果实的香气总量和种类要明显多于对照。由表1可知,对于处理组,醇类、酯类和醛类物质分别占总挥发性成分的9.93%、29.85%和58.68%,而对照组中这3类物质依次占3.75%、4.02%和91.23%;即处理组的酯类和醇类物质的含量明显高于对照组,而醛类物质的含量却远远低于对照组。由图5B可知,峰1、3分别代表乙酸丁酯和1-己醇,其在处理组中含量较多,而在对照组中几乎检测不



到;峰4、5分别代表乙酸己酯和丁酸辛酯,其在两组中均能明显检测到,但在处理组中的含量高于对照;峰2代表2-己烯醛,是未成熟果实香气的特征成分,在对照组中其含量为52.45%,远高于处理组的26.64%。这种差异可能是“秸秆源品质改良因子”采前处理促进了果实香气的形成,或者是通过促进其成熟而影响香气的形成。

表1 “秸秆源品质改良因子”处理对贮藏期苹果果肉挥发性成分比例的影响

Table 1 Effect of “Stalk-derived Factor for Quality Modification” treatment on the proportion of volatile components in Golden Delicious apples

果肉挥发性成分		所占百分比/%		
	英文名称	中文名称	对照	“秸秆源品质改良因子”
醇	1-butanol	1-丁醇	0.23	1.37
	1-butanol, 2-methyl-	2-甲基-1-丁醇	—	0.20
	3,4-dimethylpentanol	3,4-二甲基戊醇	3.52	—
	1-hexanol	1-己醇	—	8.35
		合计	3.75	9.93
醛	hexanal	己醛	35.96	31.99
	2-hexenal	( <i>e</i> )-2-己烯醛	52.45	26.64
	2,4-hexadienal	2,4-己二烯醛	2.73	—
	nonanal	壬醛	0.09	0.05
		合计	91.23	58.68
酯	acetic acid, butyl ester	乙酸丁酯	—	19.27
	butanoic acid, butyl ester	丁酸丁酯	0.24	1.08
	acetic acid, hexyl ester	乙酸己酯	3.12	6.78
	butanoic acid, pentyl ester	丁酸戊酯	0.04	0.05
	propanoic acid, 2-methyl-, hexyl ester	2-甲基-丙酸己酯	—	0.06
酮	butanoic acid, octyl ester	丁酸辛酯	0.63	2.61
		合计	4.02	29.85
	2(5 <i>H</i> )-furanone	2(5 <i>H</i> )-呋喃酮	0.04	—
醚		合计	0.04	—
	estragole	草蒿脑(醚类)	—	0.15
		合计	—	0.15
酸	butanoic acid	丁酸	0.06	—
	propanoic acid	丙酸	0.09	0.08
	hexanoic acid	己酸	0.02	0.16
	methoxyacetic acid	甲氧基乙酸	0.02	—
	pentanoic acid	戊酸	0.08	—
烃		合计	0.27	0.24
	cyclohexene	环己烯	—	0.36
	limonene	柠檬烯	0.08	—
	1,4-hexadiene	1,4-己二烯	0.08	—
	azulene	甘菊蓝(烃类)	0.09	—
	2,4-hexadiene,2,5-dimethyl	2,5-二甲基-2,4-己二烯	—	0.01
	eicosane	二十烷	—	0.02
	tridecane	十三烷	0.02	—
	tetradecane	正十四碳烷	0.04	0.03
	<i>alpha</i> -farnesene	<i>α</i> -法呢烯	—	0.02
	合计	0.31	0.45	

注:以上物质的匹配程度均大于70%;“—”表示未检出。

### 3 结论与讨论

果实离开树体后,缺乏营养物质供给,依靠自身物质代谢进一步软化,着色,形成香气和某些风味物质,从而形成更好的口感和营养。本实验研究了叶面喷施“秸秆源品质改良因子”对金冠苹果采收时和整个贮藏过程中贮

藏特性的影响。研究结果表明,“秸秆源品质改良因子”采前处理可以有效促进果实成熟,即加快果实的软化,着色,香气形成等一系列后熟过程并在一定程度上改变果实的风味,即提高可滴定酸含量,降低固酸比。但其对于果实催熟和风味改变的深层机制有待于进一步研究的开展。

“秸秆源品质改良因子”对于金冠苹果催熟作用在商业上具有重要的价值,即促使果实的商熟期提早到来,与大规模采收时间错开,以获得更多的商业收益。另外,在果汁出口贸易中,浓缩汁含酸量越高价格越贵,叶面喷施“秸秆源品质改良因子”能提高果实可滴定酸含量,可进一步开发适合果汁加工的酸苹果,以满足我国苹果加工业的需求。

### 参考文献:

- [1] 刘凤之,汪景彦,王宝亮.我国果树生产现状与果业发展趋势[J].中国果树,2005(1):51-53.
- [2] ESCALADA V S, ARCHBOLD D D. Preharvest aminoethoxyvinylglycine plus postharvest heat treatments influence apple fruit ripening after cold storage[J]. Hortscience, 2009, 44(6): 1637-1640.
- [3] ZILKAH S, LURIE S, ARIE R B. Preharvest sprays of gibberellin on Flamekist nectarine trees to improve fruit storage potential[J]. Journal of Horticultural Science, 1997, 72: 355-362.
- [4] 刘零怡.番茄果实诱导抗病过程中一氧化氮对茉莉酸类物质的调控及采前应用初探[D].北京:中国农业大学,2010.
- [5] 曹建康,姜微波.柠檬酸处理对鸭梨果实贮藏特性的影响[J].食品科技,2005,30(10):84-87.
- [6] ZHENG Xiaolin, TIAN Shiping. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit[J]. Food Chem, 2006, 96(4): 519-523.
- [7] 温晓丽,毕阳,高晓辉,等.采前喷施苹果酸对苹果梨采后黑皮病的抑制[J].甘肃农业大学学报,2009,44(5):111-115.
- [8] ORTIZ A, GRAELL J, LARA I. Preharvest calcium applications inhibit some cell wall-modifying enzyme activities and delay cell wall disassembly at commercial harvest of ‘Fuji Kiku-8’ apples[J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 62(2): 161-167.
- [9] ORTIZ A, GRAELL J, LARA I. Preharvest calcium sprays improve volatile emission at commercial harvest of ‘Fuji Kiku-8’ apples[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(1): 335-341.
- [10] IAMSUB K, SEKOZAWA Y, SUGAYA S. Improvement of fruit quality by S-ABA and the fertilizer formulated K, P, Mg, Bo, Mn containing S-ABA as pre-harvest application on peaches and apples[J]. Acta Horticulturae, 2008, 804: 219-224.
- [11] 龚新明,关军锋,张继澍.钙、硼营养对皇冠梨品质和果面褐斑病发生的影响[J].植物营养与肥料,2009,15(4):942-947.
- [12] 肖红梅,周光宏.热处理对冷藏番茄活性氧代谢的调节[J].食品科学,2004,25(10):331-335.
- [13] JIANG Weibo, MAYAK S, HALEVY A H. The mechanism involved in ethylene-enhanced ethylene synthesis in carnations[J]. Plant Growth Regul, 1994, 14(2): 133-138.
- [14] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007.
- [15] 王孝娣,史大川,宋焯,等. GC-MS analysis of fruit aroma components of organic Fuji Apple[J]. 园艺学报, 2005, 32(6): 27-31.
- [16] 王赵改. 粉红女士苹果采收成熟度、贮藏特性及1-MCP作用的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005.
- [17] WATKINS C B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables[J]. Biotechnol Adv, 2006, 24(4): 389-409.
- [18] 罗桂杰. 中小型苹果采后贮藏生理特性的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2008.
- [19] DHINDSA R S, MATOWE W. Drought to lérance in two mosser: correlated with enzymatic defence against lipid peroxidation[J]. J Exp Bot, 1981, 32: 79-91.
- [20] 雷琴. 苹果成熟过程中品质变化特性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006.
- [21] DIXON J, HEWETT E W. Factors affecting apple aroma/flavor volatile concentration: review[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2000, 28(3): 155-173.
- [22] YAHIA E M. Apple flavor[J]. Horticultural Reviews, 1994, 16: 197-234.
- [23] SONG J, BANGERTH F. Production and development of volatile aroma compounds of apple fruits at different times of maturity[J]. Acta Horticulturae, 1994, 368: 150-159.