

# 纸铝塑复合包装100%橙汁贮藏期间 化学品质的变化

刘春芝<sup>1,2</sup>, 许洪高<sup>2</sup>, 李绍振<sup>2</sup>, 高彦祥<sup>1,\*</sup>

(1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083;

2. 北京汇源饮料食品集团有限公司研发中心, 北京 101305)

**摘要:** 以100%橙汁为研究对象, 监测其在4、20、37℃和55℃贮藏24周过程中化学指标如VC、5-羟甲基糠醛(HMF)、糖类物质、类胡萝卜素、总多酚和总类黄酮的变化。结果表明: 实验周期内100%橙汁中VC降解规律和HMF(37℃、55℃)积累量的变化可用一级动力学模型进行描述; 20、37℃及55℃, 100%橙汁中的葡萄糖和果糖含量逐渐增加, 蔗糖含量逐渐降低, 而4℃其蔗糖、葡萄糖和果糖含量无显著变化; 总多酚含量贮藏前期变化不显著, 后期呈上升趋势; 主要类胡萝卜素含量呈降低趋势; 总类黄酮降解率在13.0%~24.4%之间。因此, 贮藏温度对100%橙汁的化学品质影响显著, 4℃低温下贮藏可以保持货架期橙汁化学品质相对稳定, 有利于橙汁的贮藏。

**关键词:** 橙汁; VC; 5-羟甲基糠醛; 糖类物质; 货架期

## Change in Chemical Quality of 100% Orange Juice Stored in Laminated Paperboard Packages during Storage

LIU Chun-zhi<sup>1,2</sup>, XU Hong-gao<sup>2</sup>, LI Shao-zhen<sup>2</sup>, GAO Yan-xiang<sup>1,\*</sup>

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

2. Research and Development Center, Beijing Huiyuan Beverage and Food Group Co. Ltd., Beijing 101305, China)

**Abstract:** Changes in vitamin C, HMF, saccharides, carotenoids, total polyphenols and total flavonoids in 100% orange juice stored at 4, 20, 37 or 55 °C for 24 weeks were monitored. The results indicated that the degradation of vitamin C and the accumulation of HMF followed first-order kinetic model during storage. During storage at 20, 37 or 55 °C, the contents of glucose and fructose in orange juice gradually increased, whereas the content of sucrose gradually descended. The contents of sucrose, glucose and fructose showed no significant changes during storage at 4 °C, and the content of total polyphenols also showed no significant changes during the early part of the storage period but revealed an upward trend during the following stage; in addition, the contents of major carotenoids tended to decline during the whole storage period, and the degradation rate of total flavonoids was 13.0%–24.4%. In general, the effect of storage temperature on chemical quality of 100% orange juice is remarkable, and storage at low temperature (4 °C) can keep well the chemical quality of orange juice, which will have practical importance for the storage of orange juice.

**Key words:** orange juice; vitamin C; HMF; saccharides; shelf-life

中图分类号: TS201.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)02-0262-05

橙汁在贮藏过程中易发生一系列化学反应, 生成的黑褐色物质不仅影响橙汁的感官品质, 而且降低橙汁的营养价值。虽然国内外学者对鲜榨橙汁<sup>[1-2]</sup>、血橙汁<sup>[3-4]</sup>及脐橙汁<sup>[5]</sup>贮藏期的品质变化已有研究, 但是尚未有对纸铝塑复合包装的橙汁贮藏期化学品质的变化进行系统的研究报道。本实验通过对不同贮藏条件下100%橙汁中VC、糖类物质等营养物质损失及HMF积累量变化进行分析, 探讨橙汁化学品质的变化趋势, 预测其货架期, 以期为

保证橙汁贮藏和分销过程中品质安全性提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

100%橙汁 北京汇源饮料食品集团有限公司。

L-抗坏血酸、β-胡萝卜素、β-隐黄质、α-胡萝卜素、叶黄素、焦性没食子酸标准品、Folin-Ciocalteu试剂(2N)

收稿日期: 2011-11-24

基金项目: 国家“863”计划项目(2010AA10Z301)

作者简介: 刘春芝(1979—), 女, 工程师, 硕士, 研究方向为果蔬贮藏与加工。E-mail: chunzhiliu161@sohu.com

\*通信作者: 高彦祥(1961—), 男, 教授, 博士, 研究方向为功能食品与果蔬非热加工技术。E-mail: gyxcau@126.com

美国Sigma公司; 玉米黄质标准品 美国Chroma Dex公司; 蔗糖、果糖、葡萄糖标准品 美国Chem Service公司; 5-羟甲基糠醛(HMF)标准品 北京伊诺凯科技有限公司; 橙皮苷标准品 德国Dr. Ehrenstorfer 公司; 甲醇、乙腈、甲基叔丁基醚(MTBE, 色谱纯) 霍尼维尔(中国)有限公司; 其他试剂为分析纯。

## 1.2 仪器与设备

1100系列高效液相色谱仪 美国Agilent 科技有限公司; TDL-5高速离心机 上海安亭科学仪器厂; DK-98-11A型电热恒温水浴锅、DH型电热恒温培养箱、101-3AB型电热鼓风干燥器 天津市泰斯特仪器有限公司; BSA224S-CW电子分析天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司; MIX10自动涡旋混合器 意大利FALC公司; LC-240GWM陈列柜 美的集团公司; SE812型氮吹仪 北京帅恩科技有限责任公司; RE-52AA旋转蒸发器 上海青浦沪西仪器厂。

## 1.3 实验设计

从生产线上取同一批次的1L纸铝塑复合包装的无菌冷灌装100%橙汁分别置于4、20、37℃和55℃条件下避光保存, 实验周期为24周。在不同贮藏时间分别随机取样后立即进行相关指标测定, 所有样品准备2个平行, 并对每一个指标进行3次重复检测。考虑到37℃和55℃贮藏条件下样品的相关指标变化较快, 每隔1~2周取样一次, 测至10~14周结束; 4℃和20℃贮藏条件下的样品每隔2~4周取样一次, 测至24周结束。

## 1.4 化学指标及测定方法

### 1.4.1 VC的测定<sup>[6-7]</sup>

采用Agilent 1100 HPLC, DAD二极管阵列检测器进行测定。色谱柱为Agilent Zorbax XDB-C<sub>18</sub>分析柱(4.6mm×250mm, 5μm), 检测波长254nm, 柱温30℃, 流动相为乙酸铵溶液(0.02mol/L, 用乙酸调节pH4.0)/甲醇=75:25(V/V)等梯度洗脱, 进样体积5μL, 流速1mL/min。

### 1.4.2 HMF的测定<sup>[8]</sup>

采用Agilent 1100 HPLC, DAD二极管阵列检测器进行测定。色谱柱为Zorbax XDB-C<sub>18</sub>分析柱(4.6mm×250mm, 5μm), 检测波长285nm, 流动相为甲醇:水=10:90(V/V)等梯度洗脱, 柱温35℃, 流速0.7mL/min, 进样体积10μL。

### 1.4.3 类胡萝卜素的测定<sup>[9-10]</sup>

采用Agilent 1100 HPLC, DAD二极管阵列检测器进行测定。色谱柱为YMC carotenoid分析柱(4.6mm×250mm, 5μm); 流动相为梯度洗脱(表1); 柱温17℃; 流速1mL/min; 进样体积20μL; DAD扫描范围为300~600nm, 检测波长为450nm。

表1 流动相梯度洗脱程序

Table 1 Gradient elution procedure for HPLC determination of carotenoids

| 洗脱时间/min | 流动相体积配比/% |    |   |
|----------|-----------|----|---|
|          | A         | B  | C |
| 0        | 90        | 5  | 5 |
| 12       | 95        | 5  | 0 |
| 25       | 80        | 20 | 0 |
| 40       | 75        | 25 | 0 |
| 60       | 50        | 50 | 0 |
| 62       | 90        | 5  | 5 |

注: A 为甲醇(含0.1% 2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(BHT), 0.05% 三乙胺); B 为 MTBE(含0.1% BHT, 0.05% 三乙胺); C 为超纯水。

### 1.4.4 蔗糖、葡萄糖、果糖的测定<sup>[11]</sup>

采用Agilent 1100 HPLC, RID示差检测器进行测定。色谱柱为Agilent Zorbax Carbohydrate分析柱(4.6mm×250mm, 5μm), 流动相为乙腈:水=86:14(V/V)等梯度洗脱, 检测池温度35℃, 柱温40℃, 流速1mL/min, 进样体积10μL。

### 1.4.5 总多酚的测定

采用Folin-Ciocalteu法, 含量以焦性没食子酸当量计<sup>[12-13]</sup>。

### 1.4.6 总类黄酮的测定

参考GB/T 12143—2008《饮料通用分析方法》附录G所述的方法, 含量以橙皮苷(hesperidin)当量计<sup>[14]</sup>。

## 1.5 数据分析

试验数据采用Excel 2007和SPSS 11.5软件处理。数据分析采用SPSS 11.5作单因素方差分析, 显著性水平为0.05, 采用Excel软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 100%橙汁的化学指标

贮藏前100%橙汁样品的相关化学指标见表2。

表2 100%橙汁的化学指标  
Table 2 Chemical parameters of fresh 100% orange juice

| 化学指标          | 含量         | 化学指标           | 含量         |
|---------------|------------|----------------|------------|
| VC/(mg/100mL) | 65.13±0.36 | β-隐黄质/(μg/mL)  | 4.22±0.01  |
| 蔗糖/(mg/mL)    | 41.91±2.27 | α-胡萝卜素/(μg/mL) | 1.58±0.05  |
| 葡萄糖/(mg/mL)   | 23.21±3.74 | β-胡萝卜素/(μg/mL) | 30.82±0.11 |
| 果糖/(mg/mL)    | 23.28±2.98 | HMF/(mg/L)     | 3.28±0.22  |
| 叶黄素/(μg/mL)   | 4.84±0.98  | 总类黄酮/(mg/L)    | 1437±18.3  |
| 玉米黄质/(μg/mL)  | 18.51±0.05 | 总多酚/(mg/mL)    | 0.46±0.001 |

### 2.2 贮藏期内100%橙汁中VC的降解动力学分析及货架期预测

如图1所示, 在不同贮藏温度下纸铝塑复合包装100%橙汁中VC含量随贮藏时间延长显著降低( $P<0.05$ ), 且贮藏温度越高降解速率越快。果汁在贮藏过程中, VC含量的降低主要是因为进行无氧分解为糠醛所致<sup>[15]</sup>。

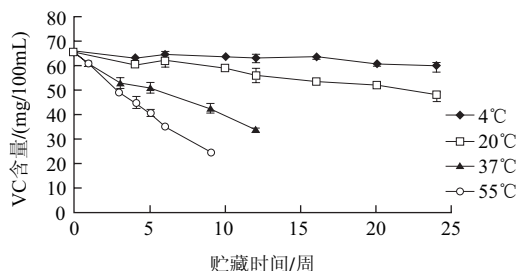


图1 100%橙汁贮藏过程中VC的变化

Fig.1 Change in vitamin C content in 100% orange juice during storage

不同动力学模型对4、20、37℃和55℃贮藏温度下橙汁中VC含量的拟合结果见表3。如表3所示,零级、一级和二级模型都可以较好的拟合贮藏过程中橙汁VC的变化规律,相关系数 $R^2$ 在0.8010~0.9928之间。相比较而言一级模型拟合效果优于零级模型和二级模型,该结论与Burdurlu等<sup>[16]</sup>研究结果一致。

表3 不同动力学模型对不同贮藏温度下100%橙汁中VC含量的拟合结果  
Table 3 Reaction rate constants for vitamin C content in 100% orange juice at different storage temperatures

| 贮藏温度/℃ | 零级反应   |        | 一级反应   |        | 二级反应    |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
|        | $k_0$  | $R^2$  | $k_1$  | $R^2$  | $k_2$   | $R^2$  |
| 4      | 0.2172 | 0.8036 | 0.0035 | 0.8024 | 0.00005 | 0.8010 |
| 20     | 0.6786 | 0.9637 | 0.0121 | 0.9657 | 0.0002  | 0.9629 |
| 37     | 2.2895 | 0.9761 | 0.0499 | 0.9849 | 0.0011  | 0.9757 |
| 55     | 4.5578 | 0.9886 | 0.1081 | 0.9928 | 0.0027  | 0.9481 |

根据Arrhenius公式 $k=k_0\exp(-E_a/RT)$ ,以 $\ln k$ 为纵坐标,热力学温度的倒数 $1/T$ 为横坐标作图,得到斜率为 $-E_a/R$ ,截距为 $\ln k_0$ 的直线,其线性方程为: $y=-6273.1x+17.021$  ( $R^2=0.9910$ )。计算其反应活化能 $E_a=52.16\text{kJ/mol}$ ,速率常数 $k_0=2.47\times 10^7\text{周}^{-1}$ 。得到橙汁中VC的动力学模型: $\ln k=17.021-52.16/RT$ 。

将常温25℃时的值代入上述方程,以VC损失50%作为货架期终点,纸铝塑复合包装的100%橙汁货架期为38.6周(270d)。若以VC含量为20mg/mL作为货架期终点,100%橙汁的货架期为65.7周(460d)。

### 2.3 贮藏期内100%橙汁中HMF的形成及动力学分析

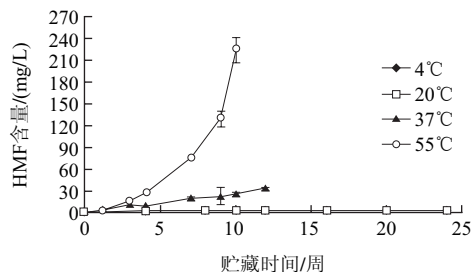


图2 100%橙汁贮藏过程中HMF的变化

Fig.2 Change in HMF content in 100% orange juice during storage

如图2所示,4℃和20℃贮藏条件下,橙汁中HMF含量变化不显著( $P>0.05$ );而在37℃和55℃随着贮藏时间

延长,HMF的积累量显著增加( $P<0.05$ ),并且贮藏过程中55℃HMF积累速率明显高于37℃。

表4 不同动力学模型对37℃和55℃贮藏温度下100%橙汁中HMF积累量的拟合结果

Table 4 Reaction rate constants for HMF content in 100% orange juice stored at 37 or 55 °C

| 贮藏温度/℃ | 零级反应   |        | 一级反应   |        | 二级反应   |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        | $k_0$  | $R^2$  | $k_1$  | $R^2$  | $k_2$  | $R^2$  |
| 37     | 3.5733 | 0.9789 | 0.1865 | 0.9056 | 0.0194 | 0.7163 |
| 55     | 19.628 | 0.8462 | 0.4273 | 0.9669 | 0.0297 | 0.7067 |

从表4可以看出,相比于零级模型和二级模型,一级模型能较好地拟合37℃和55℃贮藏条件下HMF积累量的变化规律。

### 2.4 贮藏期内100%橙汁中主要糖的变化

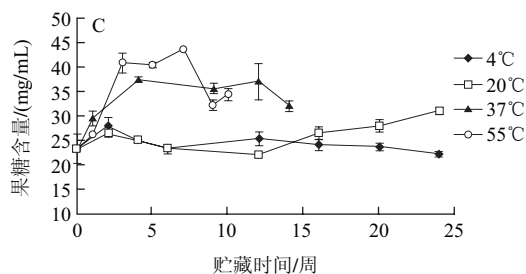
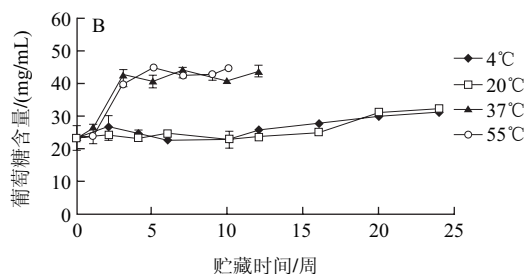
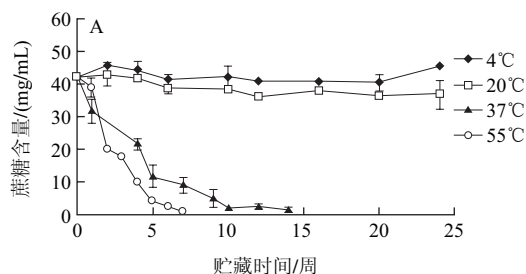


图3 100%橙汁贮藏过程中蔗糖(A)、葡萄糖(B)和果糖(C)的变化

Fig.3 Changes in sucrose, glucose and fructose contents in 100% orange juice during storage

橙汁中糖类物质主要为蔗糖、葡萄糖和果糖,其含量比例为2:1:1<sup>[17]</sup>。如图3A所示,贮藏过程中,4℃条件下橙汁中蔗糖含量没有显著变化( $P>0.05$ );20℃贮藏到第5周蔗糖含量出现降低;37℃及55℃条件下橙汁中蔗糖含量显著降低( $P<0.05$ ),且贮藏于55℃橙汁的蔗糖转化速率明显比贮藏于37℃的橙汁快。在贮藏期间,橙汁中蔗糖的转化是许多重要变化之一,其转化的程度可粗略反

映产品所经受的贮藏温度和时间变化<sup>[18-19]</sup>。

如图3B所示, 4℃橙汁中葡萄糖含量变化不显著( $P>0.05$ ); 20℃橙汁贮藏到第12周葡萄糖含量出现显著增加( $P<0.05$ ); 37℃和55℃橙汁中葡萄糖含量在贮藏过程中显著增加( $P<0.05$ ), 贮藏到第5周以后, 葡萄糖增加速率开始变得缓慢。

如图3C所示, 贮藏过程中, 4℃橙汁的果糖含量在贮藏过程中变化不显著( $P>0.05$ ); 20℃条件下橙汁中果糖含量有明显差异( $P<0.05$ ); 37℃和55℃橙汁中葡萄糖含量在贮藏过程中显著增加( $P<0.05$ ), 贮藏到第5周以后, 果糖增加速率开始变得缓慢, 55℃贮藏7周以后甚至出现明显回落, 说明此时蔗糖转化的果糖不足以弥补其参与美拉德反应所致的含量降低。在贮藏前期果糖和葡萄糖的含量显著增加, 表明蔗糖转化为果糖和蔗糖的速率大于果糖和葡萄糖参与美拉德反应的速率。HMF作为美拉德反应的重要中间产物, 其形成速率可以反映糖类参与美拉德反应的速率, 文献报道显示, 果糖生成HMF的反应速率比葡萄糖快36倍, 而蔗糖生成HMF的反应速率则比葡萄糖快18.9倍<sup>[19-20]</sup>。

## 2.5 贮藏期内100%橙汁中主要类胡萝卜素的变化

表5 100%橙汁贮藏过程中主要类胡萝卜素的变化  
Table 5 Changes in major carotenoids in 100% orange juice during storage

| 类胡萝卜素            | 贮藏时间/周 | 贮藏温度/℃ |       |       |       |
|------------------|--------|--------|-------|-------|-------|
|                  |        | 4      | 20    | 37    | 55    |
| β-胡萝卜素含量/(μg/mL) | 0      | 30.82  | 30.82 | 30.82 | 30.82 |
|                  | 4      | 31.69  | 27.95 | 27.94 | 30.18 |
|                  | 10     | 25.24  | 25.88 | 28.69 | 22.79 |
|                  | 12     | 24.67  | 22.40 | 20.43 | —     |
|                  | 24     | 28.08  | 24.55 | —     | —     |
| β-隐黄质含量/(μg/mL)  | 0      | 4.22   | 4.22  | 4.22  | 4.22  |
|                  | 4      | 4.07   | 4.20  | 3.14  | 3.50  |
|                  | 10     | 3.51   | 3.51  | 3.56  | 2.73  |
|                  | 12     | 3.46   | 3.01  | 2.49  | —     |
|                  | 24     | 3.53   | 3.31  | —     | —     |
| 玉米黄质含量/(μg/mL)   | 0      | 18.51  | 18.51 | 18.51 | 18.51 |
|                  | 4      | 21.78  | 20.38 | 16.09 | 16.78 |
|                  | 10     | 15.74  | 15.42 | 17.09 | 16.07 |
|                  | 12     | 14.71  | 13.60 | 12.01 | —     |
|                  | 24     | 17.26  | 14.74 | —     | —     |
| 叶黄素含量/(μg/mL)    | 0      | 4.84   | 4.84  | 4.84  | 4.84  |
|                  | 4      | 6.33   | 6.06  | 4.11  | 4.54  |
|                  | 10     | 4.20   | 4.05  | 3.88  | 3.51  |
|                  | 12     | 4.18   | 3.52  | 2.64  | —     |
|                  | 24     | 4.70   | 3.79  | —     | —     |
| α-胡萝卜素含量/(μg/mL) | 0      | 1.58   | 1.58  | 1.58  | 1.58  |
|                  | 4      | 1.65   | 1.51  | 1.72  | 1.36  |
|                  | 10     | 1.69   | 1.68  | 1.98  | 2.29  |
|                  | 12     | 1.89   | 1.96  | 1.52  | —     |
|                  | 24     | 2.19   | 1.80  | —     | —     |

注: “—”表示未进行测定。

如表5所示, 橙汁在贮藏过程中β-胡萝卜素、β-隐黄质、叶黄素和玉米黄质含量呈降低趋势; 且随贮藏温度升高, 这四种类胡萝卜素降解速率加快。橙汁中α-胡萝卜素含量有升高趋势, 但不明显。类胡萝卜素分子结构中含有大量不稳定的共轭双键及其他官能团, 易与氧发生反应, 导致类胡萝卜素降解; 也有研究认为引起类胡萝卜素降解的主要原因是自由基反应导致的<sup>[1]</sup>。

## 2.6 贮藏期内100%橙汁中总多酚的变化

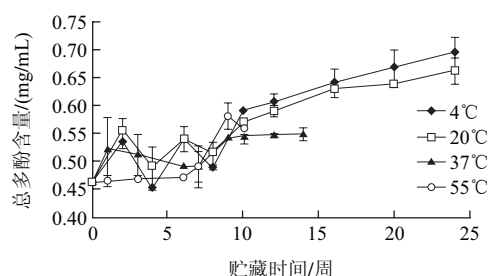


图4 100%橙汁贮藏过程中总多酚的变化

Fig.4 Changes of total polyphenols in 100% orange juice during storage

由图4可以看出, 贮藏前期橙汁中总多酚含量变化不显著( $P>0.05$ ), 4℃和20℃贮藏条件下贮藏8周以后呈现上升趋势; 37℃和55℃贮藏条件下贮藏6周以后呈现上升趋势。由于VC的还原性强于酚类化合物, VC氧化分解先于酚类化合物, 对酚类化合物起到了保护作用, 因此总多酚在贮藏前期变化不明显。贮藏后期总多酚的上升趋势与Klimczak等<sup>[21]</sup>的研究结果相一致。李欣<sup>[22]</sup>研究发现37℃贮藏条件下菠萝浓缩汁总多酚含量在18d后呈现上升趋势, 并推断褐变后期的干扰物质浓度加大导致酚类的测定受到影响。Bruemmer等<sup>[23]</sup>研究发现30℃浓缩果汁贮藏90d, 总多酚的含量提高是由于非酶褐变形成的中间产物如烯二醇、还原酮均考虑在内。

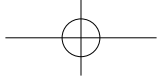
## 2.7 贮藏期内100%橙汁中总类黄酮的变化

表6 100%橙汁贮藏过程中总类黄酮含量的变化  
Table 6 Change in total flavonoids in 100% orange juice during storage

| 贮藏温度/℃ | 贮藏时间/周 |        |        |        |        | 降解率/% |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|        | 0      | 2      | 10     | 12     | 24     |       |
| 4      | 1437.0 | 1170.4 | 939.7  | 1136.9 | 1162.6 | 19.1  |
| 20     | 1437.0 | 1338.9 | 1153.3 | 1109.7 | 1235.4 | 14.0  |
| 37     | 1437.0 | 1374.1 | 1134   | 1085.4 | —      | 24.4  |
| 55     | 1437.0 | 1349.1 | 1250.4 | —      | —      | 13.0  |

注: “—”表示未进行测定。

如表6所示, 橙汁在贮藏过程中总类黄酮含量呈降低趋势, 贮藏温度对其降解影响不显著( $P>0.05$ )。橙汁在4℃和20℃条件下贮藏24周、37℃贮藏12周、55℃贮藏10周, 其总类黄酮降解率为13.0%~24.4%, 贮藏温度对总类黄酮降解影响不显著。Caro等<sup>[24]</sup>研究发现4℃贮藏15d的橙汁中单一黄酮类化合物含量降低导致总类黄酮含量



降低。Igual等<sup>[25]</sup>研究发现贮藏温度(-18℃和4℃)对常规巴氏热处理(80℃, 11s)西柚汁样品的总类黄酮含量降解没有明显促进作用。

### 3 结 论

3.1 贮藏期内100%橙汁中VC降解速率随贮藏温度升高而加快, 降解规律符合一级动力学模型, 基于VC降解率50%和含量为20mg/mL为判断终点预测常温25℃条件下纸铝塑复合包装的100%橙汁货架期分别为38.6周(270d)和65.7周(460d)。

3.2 4℃和20℃贮藏条件下橙汁中HMF含量变化不显著( $P>0.05$ ), 55℃橙汁中HMF累积速率比37℃快, 且均符合一级动力学模型。

3.3 贮藏过程中, 4℃橙汁中蔗糖、葡萄糖和果糖含量无显著变化( $P>0.05$ ); 20℃贮藏到第5周蔗糖含量出现降低, 第12周葡萄糖、果糖含量出现显著增加( $P<0.05$ ); 37℃及55℃橙汁中葡萄糖和果糖含量显著增加( $P<0.05$ ), 贮藏到第5周以后, 葡萄糖和果糖增加速率开始变得缓慢; 蔗糖含量显著降低( $P<0.05$ ), 且贮藏于55℃橙汁的蔗糖转化速率明显快于37℃。

3.4 总多酚含量贮藏前期变化不显著, 后期呈现上升趋势; 主要类胡萝卜素含量呈现降低趋势, 且随贮藏温度升高降解速率加快; 贮藏温度对总类黄酮降解影响不明显, 降解率在13.0%~24.4%之间。

因此, 贮藏温度对100%橙汁的化学品质影响显著, 4℃低温下贮藏可以保持橙汁化学品质相对稳定, 有利于橙汁的贮藏。

### 参考文献:

- [1] 韩燕, 吴厚玖, 窦华亭. 鲜橙汁冷藏期间色泽变化研究[J]. 食品科学, 2010, 31(2): 269-272.
- [2] LEE H S, COATES G A. Vitamin C in frozen, fresh squeezed, unpasteurized, polyethylene-bottled orange juice: a storage study[J]. Food Chemistry, 1999, 65(2): 165-168.
- [3] 曹少谦, 刘亮, 潘思轶. 血橙果汁贮藏过程中品质变化研究[J]. 食品科学, 2011, 32(2): 297-301.
- [4] ZANONI B, PAGLIARINI E, GALLI A, et al. Shelf-life prediction of fresh blood orange juice[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 70(4): 512-517.
- [5] 杨娉娉, 马巧, 廖文, 等. 脐橙汁在冷藏中的品质变化研究[J]. 赣南师范学院学报, 2010, 31(6): 70-72.
- [6] 中国国家出入境检验检疫局. SN/T 0744—1999出口饮料中VC和咖啡因检验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [7] 李绍振, 刘文慧, 许洪高, 等. 不同PET瓶对100%橙汁质量的影响[J]. 食品工业科技, 2009, 30(10): 272-274.
- [8] DAMASCENO L F, FEMANDES F A N, MAGALHAES M M A, et al. Non-enzymatic browning in clarified cashew apple juice during thermal treatment: kinetics and process control[J]. Food Chemistry, 2008, 106(1): 172-179.
- [9] MELENDEZ-MARTINEZ A J, VICARIO I M, HEREDIA F J. Effect of ascorbic acid on deterioration of carotenoids and colour in ultrafrozen orange juice[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2009, 22(4): 295-302.
- [10] FRATIANNI A, CINQUANTA L, PANFILI G. Degradation of carotenoids in orange juice during microwave heating[J]. LWT-Food Science and Technology Science and Technology, 2010, 43(6): 867-871.
- [11] 李云康. 柑橘特征糖酸组成及其与果汁褐变关系研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2006.
- [12] VATAI T, SKERGET M, KNEZ Z. Extraction of phenolic compound from elder berry and different grape marc varieties using organic solvents and/or supercritical carbon dioxide[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 90(2): 246-254.
- [13] 朱玉昌. 橙汁抗氧化活性成分及总抗氧化能力的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2006.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12143—2009 饮料通用分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [15] 李慧芸, 张宝善. 果汁非酶褐变的机制其控制措施[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(6): 145-147.
- [16] BURDURLU H S, KOCA N, KARADENIZ F. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 74(2): 211-216.
- [17] KELEBEK H, SELLI S, CANBAS A, et al. HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan[J]. Microchemical Journal, 2009, 91(2): 187-192.
- [18] 天津轻工业学院, 无锡轻工业学院. 食品工艺学: 中册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1982: 100-131.
- [19] 程竹青. 糖的分解与柑桔果汁劣变之关联[J]. 食品工业, 1989, 21(3): 27-31.
- [20] 马霞, 陈建文, 关凤梅. 苹果汁贮存过程中非酶褐变因素及其控制[J]. 山东轻工业学院学报: 自然科学版, 2001, 15(4): 52-54.
- [21] KLIMCZAK I, MALECKA M, SZLACHTA M, et al. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2007, 20(3/4): 313-322.
- [22] 李欣. 菠萝浓缩汁贮藏过程中非酶褐变的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2007.
- [23] BRUEMMER J H. Enzymes affecting flavor and appearance of citrus products[M]//ORY R L, St. ANGELO A J. Enzymes in Food and Beverage Processing. ACS Publication, 1977: 47.
- [24] CARO A D, PIGA A, VACCA V, et al. Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage[J]. Food Chemistry, 2004, 84(1): 99-105.
- [25] IGUAL M, GARCIA-MARTINEZ E, CAMACHO M M, et al. Changes in flavonoid content of grapefruit juice caused by thermal treatment and storage[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2011, 12(2): 153-162.