

加速试验条件下锦橙汁品质劣变关键指标评价

王宇明, 钟 瑞, 王鲁峰, 王思远, 王可兴*
(华中农业大学食品科学技术学院, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 以自制非浓缩还原锦橙汁为原料, 利用加速破坏性试验模型, 选择导致橙汁品质劣变温度作为加速因子, 分别在30℃和40℃条件下进行35d和12d货架期贮藏试验, 每隔一定时间对样品进行感官评定和理化检测。结果表明: 在30℃和40℃贮藏温度下, 随着贮藏时间的增加, 非浓缩还原橙汁的抗坏血酸含量显著下降, 总色差和褐变指数显著增加, 且变化值与感官总体评价变化之间达到了极显著相关($r>0.95$), 因此可以将抗坏血酸降解率、总色差、褐变指数作为非浓缩还原型锦橙汁贮藏期间品质劣变的关键指标。

关键词: 加速试验; 非浓缩还原橙汁; 腐败; 关键指标

Evaluation of Key Quality Deterioration Parameters of Jincheng Orange Juice under Accelerated Testing Conditions

WANG Yu-ming, ZHONG Rui, WANG Lu-feng, WANG Si-yuan, WANG Ke-xing*
(College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstracts: An accelerated shelf life testing (ASLT) model was applied to determined shelf-life of not-from-concentrated Jincheng orange juice which was freshly squeezed in laboratory. Selected temperature were chosen as accelerated factor and the sensory evaluation and physical and chemical indicators were checked at regular intervals. The shelf life storage test was performed o 35 d and 12 d at 30 °C and 40 °C, respectively. The results show that with the increase of storage time, the ascorbic acid content of not-from concentrated Jincheng orange juice significantly decreased while the total color difference and browning index increased sharply at 30 °C and 40 °C. These three indices were significantly correlated to overall sensory assessment ($r>0.95$). It's reasonable to choose deterioration of ascorbic acid, total color difference and browning index as the key deteriorated indicators for not-from-concentrated Jincheng orange juice during the storage.

Key words: accelerated shelf-life testing (ASLT); not-from-concentrated orange juice; deterioration; key indicator

中图分类号: TS255.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)22-0308-06

非浓缩还原(not from concentrated, NFC)橙汁是指采用物理方法将完好、成熟、新鲜的橙果实加工制成的能发酵但未发酵, 仍保持原橙汁应有色泽、风味和可溶性固形物含量的制品。非浓缩还原橙汁是一种经低温杀菌、货架期为45~60d的甜橙原汁, 一般在超市的乳制品、农产品销售柜中冷藏销售^[1]。但是在实际生产、销售、购买和食用环节中, 冷链常常容易断裂, 加之非浓缩还原橙汁本身货架期较短, 因此非浓缩还原橙汁很难保持其标示的货架期。加速储存期加速测试法(accelerated shelf-life testing, ASLT)是将食品贮存于某些加速破坏的恶劣条件(物理、化学等)下, 使其变质加速, 按一定时间间隔检测该条件下的货架期, 再以这些数据外推食品实际贮存条件下的货架期^[2], 目前ASLT法已广泛用于食品的货架期预测研究中^[3-5]。

目前国外学者对非浓缩还原橙汁做了大量的研究, 但大多集中在杀菌、包装方式对贮藏非浓缩还原橙汁的影响方面^[6-7], 国内由于引入非浓缩还原橙汁较晚, 研究大多集中在贮藏过程中非浓缩还原橙汁某一品质的变化上^[8-9], 而对非浓缩还原橙汁贮藏期间各理化品质的研究罕见报道。本实验主要通过加速贮藏试验, 研究非浓缩还原橙汁在贮藏期间各理化指标的变化情况, 确立其品质劣变键指标, 作为建立非浓缩还原橙汁货架期预测模型的基础, 以期为非浓缩还原橙汁的加工贮藏提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜成熟锦橙, 2011年12月采摘于湖北省秭归县。

收稿日期: 2012-04-13

基金项目: 国家自然科学基金项目面上项目(30972044/C110602); 国家柑橘产业技术体系岗位科学家项目(CARS-27-05B); 国家公益性行业(农业)科研专项(nyhyzx07-023); 湖北省重大科技攻关项目(2007AA204A02)

作者简介: 王宇明(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工及贮藏。E-mail: wangyuming822@gmail.com

*通信作者: 王可兴(1963—), 男, 工程师, 本科, 研究方向为果蔬加工化学。E-mail: wangkx@mail.hzau.edu.cn

抗坏血酸(标准品)、甲醇(色谱纯)、乙腈(色谱纯)、其余试剂均为分析纯 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

JYZ-B 530榨汁机 九阳股份有限公司; DK-98-IIA 电热恒温水浴锅、DH3600BII电热恒温培养箱 天津泰斯特仪器有限公司; WYT-4手持糖度计 泉州中友光学仪器设备有限公司; PB-10pH计 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司; NDJ-9S数显黏度计 上海精密科学仪器有限公司; DDS-11A电导率仪 上海雷磁创益仪器仪表有限公司; J-E冷冻离心机 美国Beckman Coulter公司; e2695高效液相色谱仪 美国Waters公司; 752型紫外-可见分光光度计 上海光谱仪器有限公司; UltraSan XE色度仪 美国HunterLab公司; MS2000激光粒度分布仪 英国Malvern公司。

1.3 方法

1.3.1 加速测试试验设计

根据食品储存期加速测试试验食品温度选择建议表^[10], 将试验贮藏条件设定为30℃和40℃。由于试验所采用的非浓缩还原橙汁中糖、VC含量高, 温度引起的化学反应对橙汁质量起主要作用, 所以贮藏条件40℃贮藏的橙汁每隔2d进行1次检测, 将灌装橙汁归为罐头类食品(其 Q_{10} 值一般为1.5~4)^[2], Q_{10} 暂设定为2.5, 由ASLT公式: $f_2 = f_1 Q_{10}^{\Delta T/10}$ (f_1 为最高试验温度 T_1 时每次测试之间的时间间隔, f_2 为较低试验温度 T_2 时每次测试之间的时间间隔, ΔT 为 $(T_1 - T_2)$ ℃), 得 $f_2(30^\circ\text{C})$ 约为5, 即5d测定1次。

1.3.2 样品制备及贮藏

新鲜锦橙清水洗净, 去皮、去籽、切块后立即放入榨汁机(带滤网)中榨汁, 橙汁经过80℃、10min杀菌后, 立即热灌装于去味处理过的250mL玻璃瓶中, 密封好冷却至室温后再置于贮藏温度(无光照)下。每次测定取3瓶橙汁进行重复测定。所有的测定均在样品冷却至室温(25 ± 1)℃时进行, 每个样重复3次, 取平均值。

1.3.3 感官评定

本实验评定邀请6人(3男3女)作为感官评定小组, 在试验进行前, 参照GB/T 16291.2—2010《感官分析: 选拔、培训和管理评价员一般导则: 第2部分: 专家评价员》^[11]的要求对小组成员进行培训, 使每位成员对对照橙汁的香气、口感、外观等非常熟悉。为减少从测定到评分之间因主观因素如喜好、阅历等的影响, 对样品进行随机编号, 每次评定时, 小组成员单独进行, 相互不接触交流, 相邻两样品评定间隔5min。感官评价指标为沉淀与分层、色泽、黏稠度、香气、滋味(苦味、涩味、发酵味), 评定时均采用10分制, 8~10分为标准, 4~7分为合格, 0~3分为不合格^[12]。总体接受程度也采用10分制, 但低于5分即表示不接受该橙汁样品。总体评价结果以100分计, 其中各指标的加权系数为色泽

(20%)、香气(30%)、滋味(30%), 沉淀与分层(10%)、黏稠度(10%)。

1.3.4 可溶性固形物、pH值、总酸、电导率及黏度测定

可溶性固形物的测定: 采用手持糖度仪法; pH值: 由pH计直接测定; 总酸测定: 按照GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定方法》^[13], 结果以柠檬酸计; 电导率: 由电导率仪直接测定, 黏度由数显黏度计直接测定。

1.3.5 抗坏血酸测定

HPLC法: 按照文献[14]中方法并加以改进。准确量取5mL橙汁, 0.1%草酸溶液定容至50mL, 超声提取20min, 10000r/min, 4℃冷冻离心5min后取上清液用0.45μm滤膜过滤, 弃去初始滤液2mL, 收集后续的1.5mL滤液于液相进样小瓶中。

色谱条件: Agilent TC-C₁₈(4.6mm×250mm, 5μm), 柱温(25 ± 2)℃, 检测器为二极管阵列检测器, 检测波长254nm, 流动相: 0.1%草酸溶液, 流速: 0.8mL/min, 进样体积: 10μL。

标准曲线绘制: 用0.1%草酸溶液配制抗坏血酸标准溶液, 使其质量浓度梯度为0.02、0.04、0.06、0.08、0.10、0.12、0.14mg/mL。

1.3.6 褐变指数测定

褐变指数的测定: 采用Emamifar等^[15]的方法并加以改进。准确量取15mL橙汁于7800×g、4℃冷冻离心10min, 取10mL上清液与10mL 95%乙醇充分混合后静置90min, 再于7800×g、4℃冷冻离心10min, 测定其混合离心后的上清液在420nm处的吸光度, 95%乙醇作空白对照。

1.3.7 粒度测定

采用激光粒度仪直接测定, 蒸馏水作分散剂, 快速加入橙汁样品于蒸馏水中, 当遮光度处于10%~20%时系统开始自动测定粒度。记录 $D[4,3]$ 和 $D[3,2]$ 值, 其中 $D[4,3]$ 表示体积平均粒径, $D[3,2]$ 表示表面积平均粒径。

1.3.8 色度测定

准确移取25mL橙汁样品于离心管中, 4500r/min条件下离心30min后, 取上清液采用色度仪测定色度, 校正模式为TTRAN总透射率模式, 蒸馏水作白板校正。分别记录 L^* 、 a^* 、 b^* 值。其中 L^* 值表示亮度, a^* 值为正表示红色, 为负表示绿色, b^* 值为正表示黄色, 为负表示蓝色。总色差的计算公式为

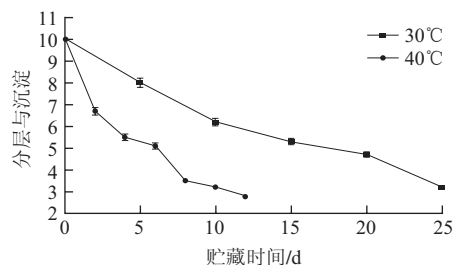
$$\Delta E = \sqrt{(\Delta b^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta L^*)^2}$$

1.3.9 统计分析

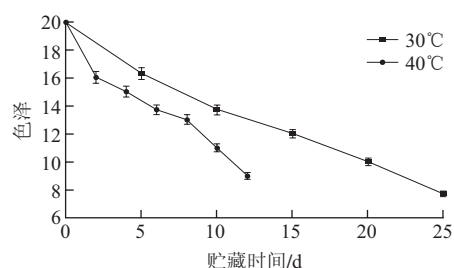
实验数据均采用Excel 2007和SPSS 16.0软件进行分析, 方法为方差分析(ANOVA), 显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

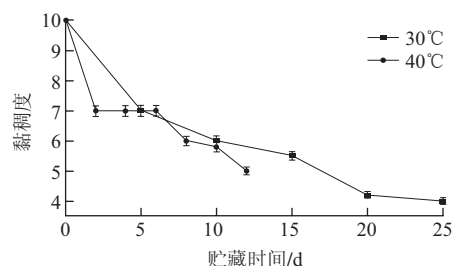
2.1 贮藏过程中橙汁感官品质变化



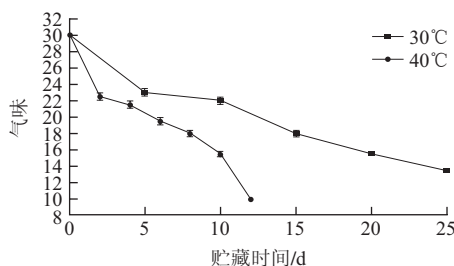
A. 分层沉淀



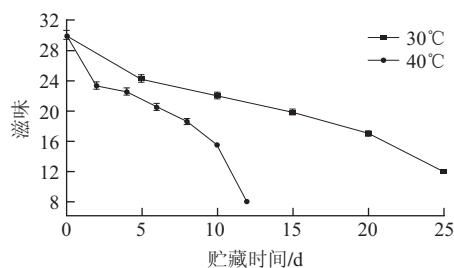
B. 色泽



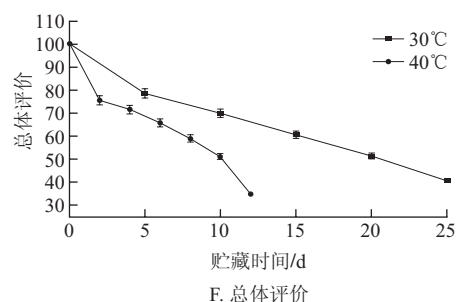
C. 黏稠度



D. 气味



E. 滋味



F. 总体评价

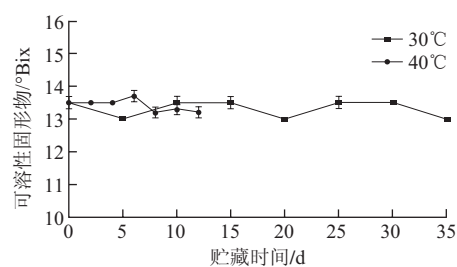
图1 贮藏期间NFC橙汁感官评价得分的变化

Fig.1 Sensory evaluation of NFC orange juice during storage

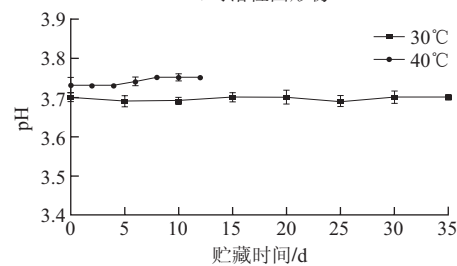
NFC橙汁的感官评定直接反映消费者对于橙汁品质的接受程度,橙汁经过巴氏杀菌后灌装于玻璃瓶中,由于包装材料的阻湿性,耐腐蚀性较好,在环境湿度保持稳定情况时,温度是影响NFC橙汁货架期的主要因素。由图1可以看出:在两个贮藏温度条件下,感官评价的指标除黏稠度外,其余指标的评分值随时间的增加而呈明显下降趋势($P<0.05$),且40℃条件下的感官评分下降比30℃更加迅速($P<0.05$)。当在40℃条件贮藏至10d,30℃条件贮藏至20d时,总体品质已不被感官人员所接受,此时感官总分分别为51分和51.4分。影响橙汁接受性的主要因素为颜色发暗、轻微的分层现象、风味口感下降等,橙汁在贮藏过程中D-柠檬烯和芳樟醇减少,α-松油醇和松油烯-4-醇的增加造成了橙汁气味的减弱及异味的产生^[16]。抗坏血酸氧化降解和类胡萝卜素降解是导致贮藏橙汁色泽变化的主要原因^[17]。

2.2 贮藏过程中橙汁可溶性固形物、pH值、总酸、电导率、黏度的变化

如图2所示,在30、40℃贮藏条件下,橙汁的可溶性固形物、pH值、总酸、电导率在贮藏期间基本保持不变($P>0.05$)。



A. 可溶性固形物



B. pH值

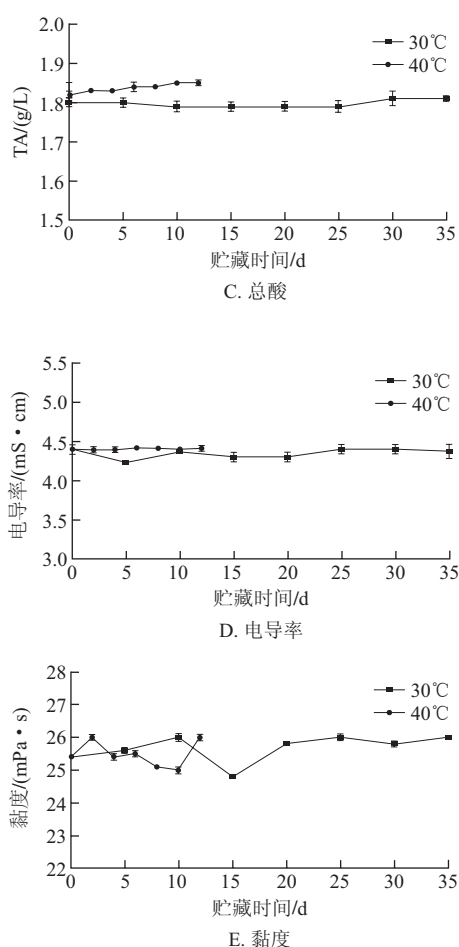


图2 NFC橙汁贮藏过程中可溶性固形物、pH值、总酸、电导率及黏度的变化

Fig.2 Changes of soluble solid, pH, total acid, conductivity and viscosity of NFC orange juice during storage

可溶性固形物是指液体或流体食品中所有溶解于水的化合物的总称,包括糖、酸、维生素、矿物质等等。贮藏过程中橙汁可溶性固形物的变化趋势如图2A所示,在30℃和40℃贮藏条件下,可溶性固形物随时间的增加并无显著性变化($P>0.05$),这可能是因为总酸等物质都无明显变化的原因。

一般情况下,pH值会随着酸度的升高而降低,但由于橙汁中有天然的缓冲介质(大部分是柠檬酸钾和苹果酸钾)的存在,其贮藏期间pH值的变化并不如酸度变化明显。由图2B可知,两个贮藏条件下,橙汁的pH值均在普遍范围3.1~4之间,并无显著变化($P<0.05$)。

在橙汁中含量最丰富的是柠檬酸,其次是苹果酸,大部分以自由酸形式存在,少量以柠檬酸盐和苹果酸盐的形式存在。有机酸的存在不仅构成了橙汁特有风味的成分,而且造成了橙汁本身具有缓冲效果并有效抑制了微生物尤其是病原菌的生长繁殖,避免了因微生物活动而导致的橙汁的腐败^[18]。图2C说明在两个贮藏温度条件下,总酸没有呈明显的增长趋势($P>0.05$),说明微生物

得到了有效地抑制,直至货架期终止,并没有发生以微生物为由的腐败现象,这与Polydera等^[19]的研究结果一致, Polydera对巴氏杀菌的橙汁在0~15℃贮藏期间的微生物变化进行了研究,结果表明在货架期结束时没有明显的微生物生长现象,因此来自微生物的腐败并不是决定非浓缩还原橙汁货架期的关键因素。

电导率表示的是该物质作为介质时传导电的能力,其变化受溶液离子本身性质、离子运动、溶液黏度、粒子大小及非离子成分等因素的影响。如图2D所示,在整个贮藏期间,橙汁的电导率都在通常的3~5mS/cm内^[18],两个贮藏温度条件下都无显著变化($P>0.05$)。

橙汁具有假塑性流体特性,表现黏度则是描述流体性质的一个重要指标。如图2E所示,在40℃贮藏条件下,随贮藏时间的增加黏度并无显著变化($P>0.05$),在30℃贮藏条件下,前10d黏度呈非常缓慢下降趋势(仅下降4mPa·s),第10天至货架期终止(20d)时,黏度并无发生显著变化($P>0.05$)。残存果胶甲酯酶的活力增加会导致橙汁黏度的下降,粒径减小,由此可以推断本实验中巴氏杀菌的条件很好地钝化了果胶甲酯酶,使橙汁在贮藏过程中的黏度并没发生显著变化,这一结果与Polydera等^[19]和Timmermans等^[18,20]的研究结果一致。

2.3 贮藏过程中NFC橙汁抗坏血酸的变化

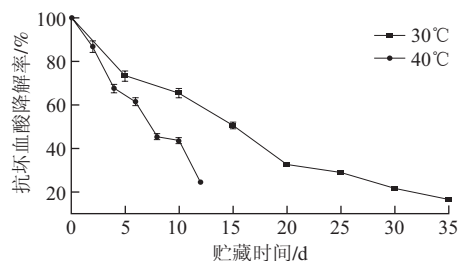


图3 NFC橙汁贮藏过程中抗坏血酸的降解

Fig.3 Loss of ascorbic acid in NFC orange juice during storage

长期以来,橙汁都被认为是VC的良好来源,因此研究VC在贮藏期间的变化对于评价贮藏橙汁的营养品质具有重要的意义。VC极易受温度、盐和糖的浓度、pH值、氧、酶、金属催化剂、水分活度等多种因素的影响而发生降解(有氧降解和无氧降解),在橙汁的贮藏过程中,VC的降解会导致褐变的发生,影响橙汁的色泽,从而降低了其感官品质。如图3所示,在两个贮藏温度下,VC随贮藏时间的增加而急速下降($P<0.001$),且温度越高,下降速率越大。现国际上通常以VC的浓度降至初始值的50%作为货架期终止的判定标准^[21-22],因此以VC降解至初始值的50%作为限值,通过拟合降解线性回归方程:30℃条件, $y=-2.8114x+93.61$, $R^2=0.9622$;40℃条件, $y=-5.9804x+97.225$, $R^2=0.9759$,可得30℃贮藏温度下,橙汁的货架期为16d,40℃条件下,橙汁的货架期为8d,其预测结果与感官结果基本一致,说明VC的降解可以作

为货架期预测的指标之一。

2.4 贮藏过程中橙汁色泽的变化

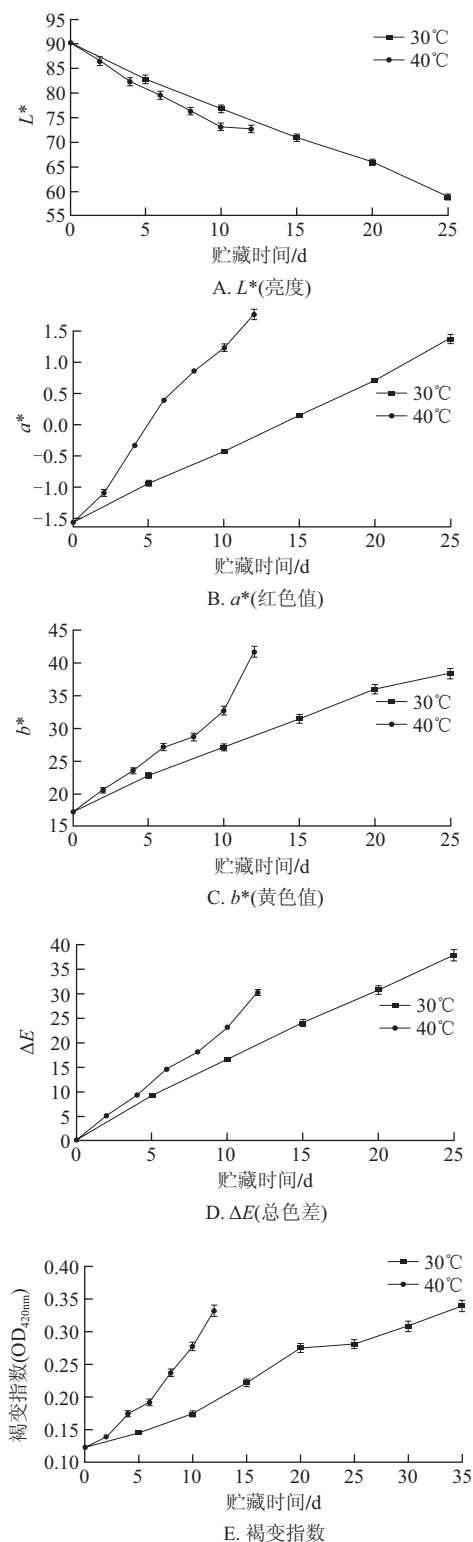


图4 NFC橙汁贮藏过程中色泽的变化

Fig.4 Color changes of NFC orange juice during storage

橙汁的色泽直接影响消费者的接受程度,导致橙汁

色泽变化的主要原因是非酶促褐变,温度、氧气、金属离子等因素的变化都可能导致橙汁褐变的发生,而VC的降解是非酶促褐变发生的主要原因,因为VC降解为非酶促褐变的反应提供了大量的羰基化合物^[23]。如图4所示,两个贮藏温度下,随贮藏时间的增加褐变指数均呈显著上升趋势($P<0.05$),且在各个贮藏时间段,30℃条件贮藏的橙汁褐变指数低于40℃条件下($P<0.05$),说明温度对褐变反应的影响显著,贮藏温度越高,褐变现象越严重。这一结果在色泽参数的变化中也得到验证,从图4可以看出,在两个贮藏温度下,随时间的增加橙汁的亮度降低、红色增加、黄色增加、总色差值增加($P<0.05$),且在相同的贮藏时间段,40℃条件下色差的变化值比30℃条件下的变化值大($P<0.05$)。

2.5 贮藏过程中橙汁粒径大小的变化

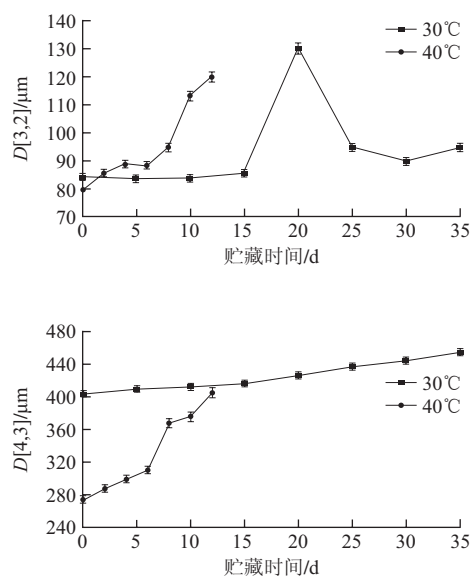


图5 NFC橙汁贮藏过程中粒径大小的变化

Fig.5 Changes of particle Size of NFC orange juice during storage

$D[3,2]$ 值表示颗粒的表面平均粒径,其值越大,颗粒之间的相互作用越大,导致颗粒更容易聚集; $D[4,3]$ 值表示颗粒的体积平均粒径,其值越大,颗粒就越容易沉降^[24]。如图5所示,在两个贮藏温度下, $D[4,3]$ 和 $D[3,2]$ 值随着贮藏时间的延长而增大($P<0.05$),40℃条件下, $D[4,3]$ 和 $D[3,2]$ 增加速率更快($P<0.05$),说明橙汁颗粒之间的布朗运动受温度的影响较大,随着温度的升高,颗粒之间的相互作用加大,更容易发生聚集和沉降,导致橙汁出现分层现象。橙汁颗粒在聚集沉降过程中吸附蛋白质等可溶性物质,也是导致贮藏橙汁颗粒粒径增大的原因^[25]。图5显示在30℃条件下,前15d, $D[3,2]$ 值无显著变化($P>0.05$),基本维持在84μm,到第20天时, $D[3,2]$ 值达到了129.78μm,随后其值又开始下降,这可能是第20天时的样品里含有加工时未过滤的橙

汁果肉的原因造成。

2.6 贮藏过程中橙汁的感官总体评价与理化指标的相关性分析

表 1 40℃贮藏温度下总体评价与理化指标测定值之间的皮尔逊相关系数
Table 1 Pearson's correlation coefficient between total appraisal and physicochemical values at 40 °C

	可溶性固形物	pH	总酸	电导率	黏度
总体评价	0.6124	0.8309	0.9533	0.3825	0.0943
	VC降解率	总色差	褐变指数	$D[4,3]$	$D[3,2]$
总体评价	0.9688	0.9777	0.9485	0.9236	0.9137

表 2 30℃贮藏温度下总体评价与理化指标测定值之间的皮尔逊相关系数
Table 2 Pearson's correlation coefficient between total appraisal and physicochemical values at 30 °C

	可溶性固形物	pH	总酸	电导率	黏度
总体评价	0.6799	0.2010	0.8250	0.1088	0.2929
	VC降解率	总色差	褐变指数	$D[4,3]$	$D[3,2]$
总体评价	0.9909	0.9917	0.9552	0.9416	0.5201

从表1、2可以看出,在两个贮藏温度下,NFC橙汁的VC降解率、总色差、褐变指数的变化与感官总体评价变化之间都达到了极显著相关($r>0.95$),说明VC降解率、总色差和褐变指数可以作为NFC橙汁品质变化的质量指标^[26]。

3 结 论

通过以上实验结果分析可得:在30、40℃贮藏温度下,由于杀菌条件彻底、本身性质等原因,非浓缩还原型橙汁随着贮藏时间的增加,其可溶性固形物、pH值、总酸、电导率、黏度值基本保持不变,但其抗坏血酸含量显著下降,总色差、褐变指数显著增加,且3者的变化与感官总体评价变化之间达到了极显著相关($r>0.95$),因此可将三者作为非浓缩还原锦橙汁贮藏期间品质劣变的关键指标,为建立非浓缩还原锦橙汁贮藏期间的货架期预测模型打下了一定的基础。

参考文献:

- 程绍南. 世界柑桔加工业兴起的新星: 非浓缩橙汁[J]. 柑桔与亚热带果树信息, 2000, 16(9): 10-11.
- 蔡燕芬. 食品储存期加速测试及其应用[J]. 粮油加工, 2003(10): 80-81.
- 徐芳, 卢立新, 许文才. 酥性饼干基于温度变化的氧化货架寿命预测[J]. 包装工程, 2008, 29(7): 4-5.
- 罗丽华, 杨长林, 张可, 等. 蛋白棒的储存期加速试验研究[J]. 农产品加工: 学刊, 2010(10): 61-62.
- 杭锋, 郭本恒, 任璐, 等. 超高温灭菌乳货架期加速试验的研究[J]. 化工学报, 2010, 61(5): 1214-1215.
- BAXTER I A, EASTON K, SCHNEEBELI K, et al. High pressure processing of Australian navel orange juices: sensory analysis and volatile flavor profiling[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2005, 6(4): 372-385.
- DIANAA A B M, RICOA D, BARAT J M, et al. Orange juices enriched with chitosan: optimisation for extending the shelf-life[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2009, 10(4): 591-595.
- 张妍, 乔宇, 张韵, 等. 三种非浓缩还原橙汁香气成分分析[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 379-382.
- 向晨茜, 蒋和体. 橙汁混浊的稳定性[J]. 食品科学, 2010, 31(19): 106-107.
- 任亚妮, 车振明, 靳学敏, 等. 应用ASLT法预测软面包的货架期[J]. 食品研究与开发, 2010, 32(2): 156-157.
- 中国标准化研究院. GB/T 16291.2—2010 感官分析: 选拔、培训和管理评价员一般导则: 第2部分: 专家评价员[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- TRIBESS T B, RODAS M A D B, TORRE J C D M D, et al. The effect of refrigerated storage on sensory profile and physical-chemical characteristics of minimally pasteurized orange juice[J]. Journal of Food Processing & Preservation, 2009, 33(1): 265-268.
- 中国食品发酵工业研究院. GB/T 12456—2008 食品中总酸的测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- 张妍. 橙汁特征性理化品质分析与鉴别方法研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- EMAMIFAR A, KADIVAR M, SHAHEDI M, et al. Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2010, 11(4): 724-728.
- 乔宇, 范刚, 潘思铁, 等. 巴氏灭菌和辐照处理锦橙汁在贮藏过程中香气成分的变化[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(11): 2818-2819.
- 迟森. 橙汁在加工贮藏过程中色泽稳定性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- ESTEVEA M J, FRIGOLA A, RODRIGO C, et al. Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and colour of Spanish refrigerated orange juices[J]. Food and Chemical Toxicology, 2005, 43(9): 1413-1421.
- POLYDERA A C, STOFOROS N G, TAOUKIS P S. Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurized and high pressure processed reconstituted orange juice[J]. Journal of Food Engineering, 2003, 60(3): 22-28.
- TIMMERMAN R A H, MASTWIJK H C, KNOL J J, et al. Comparing equivalent thermal, high pressure and pulsed electric field processes for mild pasteurization of orange juice: Part I: impact on overall quality attributes[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2011, 12(3): 242-247.
- POLYDERA A C, STOFOROS N G, TAOUKIS P S. Quality degradation kinetics of pasteurized and high pressure processed fresh Navel orange juice: nutritional parameters and shelf life[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2005, 6(1): 6-10.
- 李卓思, 程裕东, 刘世雄. 微波和巴氏杀菌后番茄汁品质动力学[J]. 农业工程学报, 2010, 48(11): 2818-2819.
- ROIG M G, BELLO J F, RIVERA Z S, et al. Studies on the occurrence of non-enzymatic browning during storage of citrus juice[J]. Food Research International, 1999, 32(9): 610-613.
- LEIZERSON S, SHIMONI E. Stability and sensory shelf life of orange juice pasteurized by continuous ohmic heating[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(10): 4016-4018.
- 钟琳. 橙汁浑浊稳定性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- 李娟. 蛋糕货架寿命试验研究与理论预测[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2010.