

浓缩菠萝汁色变与贮存期动力学研究

阮美娟, 王 燕, 姚凤宏, 李卫利

(天津科技大学, 天津 300457)

摘 要: 以 CIE 表色系统的色度值为研究指标, 结合感官评定结果, 对菠萝浓缩汁在贮存期的色变进行了研究; 分析探讨了浓缩汁在贮存期间的品质损失与时间的关系; 通过观察不同恒温条件下的浓缩汁的贮存寿命, 建立了浓缩菠萝汁贮存期预测的颜色变化动力学模型。

关键词: 菠萝, CIE 表色系统, 贮存期, 动力学

Abstract: The relation of quality loss and time during storage was investigated by the analysis of the values of hunter and sense assessing. The storage life of concentrated pineapple juice was assay under the circumstance of fixed temperature. And the kinetics model of color was established for predicting the storage life of concentrated pineapple juice.

Key words: pineapple; the CIE color; shelf-life; kinetics

中图分类号: TS255.44 文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2007)12-0060-03

菠萝是一种热带水果, 生产季节性很强, 成熟收获期较为集中, 鲜果含水量高达 80% 以上, 呼吸强度大, 贮藏运输中腐烂比较高, 加工周期短, 因而多用于鲜食^[1]。由于其具有诱人的香气, 而且营养丰富, 风味独特, 被大多数人所接受, 如今已成为世界第三大重要的商业性热带水果之一^[2]。随着食品加工技术的不断提高, 浓缩菠萝汁的市场不断扩大。颜色作为食品主要的感官性质, 是关系食品质量的重要指标, 这一点同样适于浓缩菠萝汁。减少贮藏和加

收稿日期: 2007-05-21

作者简介: 阮美娟(1953-), 女, 教授, 研究方向: 食品加工与保藏。

基金项目: 天津科技大学自然科学基金资助项目(20040203)。

污染防治技术, 1996, 9(1-2): 125-127.

[10] 谈重芳, 吴健, 史贤明, 等. 布洛芬立体拆分菌株的筛选与离子束诱变选育[J]. 中国抗生素杂志, 2003, 28(3): 141-143.

[11] 沈萍, 范秀容, 李广武. 微生物学实验(第三版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999, 6.

工过程中颜色褐变是生产者最为关注的问题。浓缩菠萝汁在加工、贮藏、运输和销售过程中最常见的质量问题也是颜色褐变, 这种色变受 pH、总酸、贮存温度和贮存时间等许多因素的影响^[3], 研究浓缩菠萝汁颜色变化与贮藏温度及贮藏时间的关系, 可以在较短的时间内对浓缩菠萝汁的颜色稳定性作出预测, 这无论在理论上还是实践中都具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

菠萝 海南蜜菠萝。

DC-P3 型全自动测色色差计 北京星光测色仪器公司; ZJ-1A 型离心式榨汁机 中国恒联食品机械厂; RE-3000A 型真空旋转薄膜蒸发器 上海亚荣生化仪器厂。

1.2 实验方法

1.2.1 样品的制备 新鲜菠萝→去端→冲刷→破碎→榨汁→过滤→真空浓缩→杀菌→罐装→检验→贮存^[4]

1.2.2 色泽的测定 将浓缩汁分为三组, 每组若干个样品, 分别在 20、30、40℃ 下保温贮存, 10d 取样一次, 用色差计测定浓缩汁及其还原为原汁的色度值(CIE 表色系统的 $L^*a^*b^*$ 值)^[4]。

1.2.3 浓缩汁贮存期预测

1.2.3.1 化学动力学的预测原理 大多数食品的质量(品质)与时间关系表现出零级或一级反应^[5], 即 $n=0$ 或 1。用其动力学方程可分别表示为:

$$\text{零级反应: } A = A_0 - Kt \quad \text{式(1)}$$

$$\text{一级反应: } A = A_0 \exp(-Kt) \quad \text{式(2)}$$

式中 A_0 、 A 表示初始品质和 t 时间后的品质; K 为反应速率常数; t 为时间。

对于零级反应, A 的保留量对时间作图是一条直线, 如图 1 所示, 其斜率为反应速率常数 K 。对于

[12] 赵斌, 何绍江. 微生物学实验[M]. 北京: 科学出版社, 2002, 8.

[13] 李宗义, 刘国生, 李学梅. 微生物学实验技术[M]. 北京: 气象出版社, 1997, 8.

[14] 巴尼特 A, 佩恩 R W, 亚罗 D. 酵母菌的特征与鉴定手册[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1991.

一级反应, A 对时间 t 作图, 在普通坐标上是一曲线, 如图 1 所示, 在半对数坐标上是一条直线。

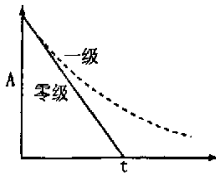


图 1 质量损失与贮藏时间

根据 Arrhenius 方程, 反应速度常数 K 与温度 T 的关系为:

$$K = K_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad \text{式(3)}$$

式中的 K_0 为频率因子; E_a 为活化能; R 为气体常数 $8.314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$; T 为绝对温度。式(3)说明速度常数是绝对温度的指数函数, 将式两边取对数可得:

$$\ln K = \ln K_0 - \frac{E_a}{RT} \quad \text{式(4)}$$

从上述公式可以看出, 温度(T)是影响反应速度常数的最主要因素, 当 T 增大时, 则 K 值增加, 反应速度就加快。食品质量变化所发生的化学反应和生化反应错综复杂, 很难写出反应速度与温度的直接关系, 而常常用温度系数 Q_{10} 来表示温度与反应速度之间的关系, 并定义:

$$Q_{10} = \frac{K_{C+10}}{K_C} \quad \text{式(5)}$$

式中 K_C 和 K_{C+10} 分别表示 $C^\circ\text{C}$ 和 $(C+10)^\circ\text{C}$ 时的反应速度常数, Q_{10} 则表示温度升高 10°C 时反应速度增加到原来速度的倍数。

1.2.3.2 食品贮藏寿命的计算 由于食品的种类不同, 其组织结构、化学成分等影响因素不同, 所以质量下降的速度与温度的关系并不完全一样, 它们之间的关系可以通过具体的贮藏实验或利用实际贮藏中的有关数据, 根据不同温度条件下, 食品质量的下降速度, 以速度对温度作图来确定。Kwolk 和 Boodwaller 列举的食品贮藏寿命与贮藏温度之间的线性关系变换有以下几种类型^[5]:

$$\frac{1}{t} = m + Kt \quad \text{式(6)}$$

$$\lg t = \lg \frac{1}{m} - K \lg T \quad \text{式(7)}$$

$$\lg t = \lg \frac{1}{m} - (\lg K) C \quad \text{式(8)}$$

$$\ln t = \ln \frac{1}{m} + \frac{K}{T} \quad \text{式(9)}$$

$$t = \frac{K}{m} - \frac{1}{m} C \quad \text{式(10)}$$

式(6)~式(10)中, t 为食品的贮藏寿命, T 是绝对温度(K), C 是摄氏温度($^\circ\text{C}$), m 和 K 是待定常数。

2 结果与讨论

2.1 浓缩菠萝汁贮存期预测动力学模型

60°Brix 的浓缩菠萝汁酸度和糖度都较高, 容易发生美拉德反应, 引起非酶褐变。果汁中 α -基酸和还原糖之间的羰氨反应降低了氨基酸的含量, 也使颜色出现不良变化, 这是影响果汁贮存期颜色变暗的主要因素。为了定量的描述浓缩菠萝汁在贮藏中的颜色变暗情况, 预测在给定时间, 温度情况下产品的贮存寿命, 可通过测量贮藏过程中其色度值来建立相关动力学模型。

2.1.1 浓缩汁贮存过程中色度值的变化 浓缩菠萝汁的颜色在贮存过程中一直变化着, 由橙黄色慢慢变成棕色。20、30、40 $^\circ\text{C}$ 条件下贮藏的样品所测得的 L^* 和 b^* 值, 其结果都是随着贮存时间的延长而逐渐下降的, 但 a^* 值是上升的。实际上, a^* 和 b^* 值变化的同时, L^* 值也在变化, 它们是相关的^[6]。对色度值进行混合运算, 得到能较好反映产品质量的指标, 计算结果表明 $a^*/L^*/b^*$ 值所建立的回归方程的相关系数较高, 因而作为衡量浓缩菠萝汁质量的指标参数。浓缩汁贮存过程中 $a^*/L^*/b^*$ 值的变化结果见图 2。

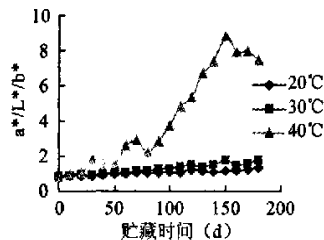


图 2 $a^*/L^*/b^*$ 值与时间的关系

从图 2 曲线可以看出, 各温度下的 $a^*/L^*/b^*$ 值均随贮藏时间的延长而增大, 温度越高, $a^*/L^*/b^*$ 值越大。

2.1.2 $a^*/L^*/b^*$ 反应速度常数 K 值的测定和反应级数的确定 根据式 1、式 2 对图 2 中数据进行回归处理, 根据相关系数值, 判断菠萝浓缩汁在贮存过程中的颜色反应的级数, 结果如表 1 所示。

表 1 不同温度下 $a^*/L^*/b^*$ 值的特性参数

温度($^\circ\text{C}$)	A_0	K	R^2
20	0.8293	0.0024	0.9251
30	0.8266	0.0042	0.9490
40	0.9043	0.0139	0.9457

表 1 数据说明, $a^*/L^*/b^*$ 值变化属一级反应, 其反应动力学方程可以用式(2), 即 $A = A_0 \exp(-Kt)$ 来表示。

2.1.3 温度系数的计算 $C = 20^\circ\text{C}$ 和 $C + 10 = 30^\circ\text{C}$ 时的速度常数分别为 $K_C = 0.0024$ 和 $K_{C+10} = 0.0042$, 代入式(5), 即: $Q_{10} = K_{C+10}/K_C$, 可得 $Q_{10} = 1.75$; $C = 30^\circ\text{C}$ 和 $C + 10 = 40^\circ\text{C}$ 时的速度常数分别为 $K_C = 0.0042$ 和 $K_{C+10} = 0.0139$, 代入式(5), 即: $Q_{10} = K_{C+10}/K_C$, 可得 $Q_{10} = 3.31$ 。

可以看出, 小于 30°C 时温度系数较小, 贮存温度达到 40°C 时温度系数增大, 说明贮存温度大于 40°C

后,质量劣变对温度变化的敏感性增大,食品颜色变暗速度变快,食品较快失去商品价值。因此,保持低温贮藏对保证食品质量是很重要的^[7,8]。

2.1.4 恒温下浓缩汁贮藏寿命预测

2.1.4.1 恒温下浓缩汁颜色变化和贮藏时间的关系

以色度值($L^*a^*b^*$)和感官评价(评分法)相结合的方式,确定浓缩汁不同温度下贮藏引起的颜色发生明显变化的时间,结果见表2。即将浓缩汁还原成原汁,用色差计测定 $L^*a^*b^*$ 值,并进行感官评分(满分为10分)。结果是在 $L^* > 40, a^* < 4, b^* > 35$ 时,感官评分无明显差异($P > 0.05$)。

表2 各温度下引起浓缩汁颜色变化的时间

C(°C)	20	30	40
贮藏时间(d)	180	90	30

将表2中的数据分别代入式(6)~式(10)并进行回归分析,结果见图3a~图3e所示^[11]。

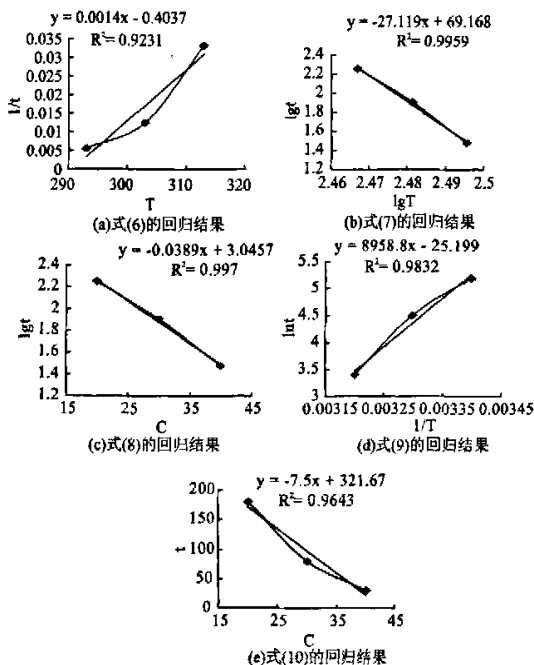


图3 食品贮藏寿命与贮藏温度之间的线性关系类型回归分析结果

从回归的结果来看,式(8) $lgt = \lg \frac{1}{m} - (\lg K) C$ 回归的相关系数最高,说明用该式来拟合浓缩汁颜色的变化与温度的关系比较适合。图3中的回归直线称为质量等值线,即浓缩汁在该直线上或线的下方任意一点对应的贮藏条件下贮藏,浓缩汁质量是近乎相等的^[9,10]。

2.1.4.2 浓缩汁贮藏寿命预测模型的确定 同样,采用测定色差值和感官评分相结合的方法,确定浓缩菠萝汁的寿命,那么贮藏寿命与温度的关系也可用式(8)表示。结果是在 $L^* > 37, a^* < 5, b^* > 30$

时,感官评分无明显差异($P > 0.05$),评审人员评定产品颜色不可接受。经研究表明,30、40°C贮藏时,浓缩菠萝汁的寿命分别为180、50d。将数值代入式(8) $lgt = \lg \frac{1}{m} - (\lg K) C$,得到描述预测恒温下浓缩菠

萝汁的贮藏寿命: $lgt = -0.0556C + 3.9242$ 。根据此质量等值线图可以预测浓缩汁在一定温度下贮存所能允许的贮藏期限,也可以根据浓缩汁需要贮存的时间,选择合适而安全的贮藏温度。在 lgt 和 C 组成的坐标图中,质量等值线下方各点所示的温度、时间下贮存将是安全的,若在等值线上方的条件下贮存,将是不安全的。

3 小结

3.1 研究表明,浓缩汁色度值 $a^*/L^*/b^*$ 变化属一级反应,其动力学方程为:

$$A = A_0 \exp(-Kt)$$

3.2 20、30°C所得的温度系数 $Q_{10} = 1.75$;30、40°C所得的温度系数 $Q_{10} = 3.31$ 。说明贮存温度大于30°C后,质量劣变对温度变化的敏感性增大,食品颜色变暗速度变快,食品较快失去商品价值。

3.3 实验得出:恒温条件下,菠萝浓缩汁的贮藏寿命可以用模型 $lgt = -0.0556C + 3.9242$ 来预测。

参考文献:

- [1] 曹海燕,高燕. 浅谈菠萝半成品综合加工[J]. 热带农业工程,2001(2):17-19.
- [2] Office of the Gene Technology Regulator. The Biology & Ecology of Pineapple (*Ananas comosus var comosus*) in Australia, 2003,4:7.
- [3] Jasim Ahmed. Rheological behaviour and colour changes of ginger paste during storage [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2004(39):325-330.
- [4] 汪琳,应铁进. 番茄果实采收后贮藏过程中的颜色动力学模型及其应用[J]. 农业工程学报,2001(3):118-120.
- [5] The odore P Labuza, Ph D. Shelf-life dating of foods [M]. Food & nutrition press, INC Westport, Connecticut 06880 USA.
- [6] 王素雅,王璋. 澄清型香蕉汁的挥发性物质研究[J]. 食品发酵与工业,2004,30(6):22-27.
- [7] Paolo Rapisarda, Santina Elisabetta Bellonmo, Sebastiano Intelisano Sronge. Temperature Effects on Blood Orange Fruit Quality [J]. Journal Agricultural Food Chemistry, 2001,49:3230-3235.
- [8] A M C N Rocha, A M M B Morais. Shelf life of minimally processed apple (*cv Jonagored*) determined by colour changes [J]. Food Control, 2003,14:13-20.
- [9] B Zanoni, E Pagliarini, A Galli, M Laureati. Shelf-life prediction of fresh blood orange juice [J]. Journal of Food Engineering, 2004(5):1-6.
- [10] 阮美娟,李中华. 椰子饮料浓缩液脂肪氧化动力学与贮存期预测[J]. 天津科技大学学报,2004,9(3):20-23.

浓缩菠萝汁色变与贮存期动力学研究

作者: [阮美娟](#), [王燕](#), [姚凤宏](#), [李卫利](#)
作者单位: [天津科技大学](#), 天津, 300457
刊名: [食品工业科技](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [SCIENCE AND TECHNOLOGY OF FOOD INDUSTRY](#)
年, 卷(期): 2007(12)
被引用次数: 3次

参考文献(10条)

1. 曹海燕;高燕 [浅谈菠萝半成品综合加工](#)[期刊论文]-[热带农业工程](#) 2001(02)
2. [Office of the Gene Technology Regulator](#) [The Biology & Ecology of Pineapple \(Ananas comosus var comosus\) in Australia](#) 2003
3. [Jasim Ahmed](#) [Rheological behaviour and colour changes of ginger paste during storage](#)[外文期刊] 2004(39)
4. [汪琳](#); [应铁进](#) [番茄果实采后贮藏过程中的颜色动力学模型及其应用](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2001(03)
5. [The odore P Labuza Ph D](#) [Shelf-life dating of foods](#)
6. [王素雅](#); [王璋](#) [澄清型香蕉汁的挥发性物质研究](#)[期刊论文]-[食品发酵与工业](#) 2004(06)
7. [Paolo Rapisarda](#); [Santina Elisabetta Bellonmo](#); [Sebastiano Intelisano](#) [Storage Temperature Effects on Blood Orange Fruit Quality](#) 2001
8. [A M C N Rocha](#); [A M M B Morais](#) [Shelf life of minimally processed apple \(cv Jonagored\) determined by colour changes](#)[外文期刊] 2003(1)
9. [B Zanoni](#); [E Pagliarini](#); [A Galli](#); [M Laureati](#) [Shelf-life prediction of fresh blood orange juice](#)[外文期刊] 2004(05)
10. [阮美娟](#); [李小华](#) [榛子饮料浓缩液脂肪氧化动力学与贮存期预测](#)[期刊论文]-[天津科技大学学报](#) 2004(03)

本文读者也读过(10条)

1. [薛文通](#). [王浩](#). [赵凤敏](#) [新疆番茄脱水的颜色动力学研究](#)[期刊论文]-[食品科学](#)2004, 25(z1)
2. [汪琳](#). [应铁进](#). [WANG Lin](#). [YING Tie-jin](#) [番茄果实采后贮藏的颜色动力学研究](#)[期刊论文]-[食品科技](#)2000(5)
3. [汪琳](#). [应铁进](#). [Wang Lin](#). [Ying Tiejin](#) [番茄果实采后贮藏过程中的颜色动力学模型及其应用](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2001, 17(3)
4. [李素贤](#) [菠蘿與菠蘿酵素——菠蘿最早就是民俗藥物](#)[会议论文]-2006
5. [易湘茜](#). [滕建文](#). [韦保耀](#). [高程海](#) [菠萝浓缩汁带皮生产过程中多酚变化的研究](#)[期刊论文]-[食品工业科技](#)2006(5)
6. [陈崇羔](#). [陈斌](#). [CHEN Chong-gao](#). [CHEN Bin](#) [温度、柠檬酸和抗坏血酸对冬蜜中多酚氧化酶活性的影响](#)[期刊论文]-[蜜蜂杂志](#)2005, 25(12)
7. [刘骥](#). [姚惠源](#). [陈正行](#). [LIU Ji](#). [YAO Hui-yuan](#). [CHEN Zheng-xin](#) [米渣浓缩蛋白酶法增溶机理初探](#)[期刊论文]-[食品科学](#)2007, 28(2)
8. [窦同心](#). [孟祥春](#). [张爱玉](#). [张昭其](#). [Dou Tongxin](#). [Meng Xiangchun](#). [Zhang Aiyu](#). [Zhang Zhaoqi](#) [不同菠萝品种杀菌剂和褐变抑制剂对鲜切菠萝贮藏品质的影响](#)[期刊论文]-[农产品加工·学刊](#)2011(4)
9. [王俊](#). [腾斌](#) [桃下落冲击动力学特性及其与坚实度的相关性](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2004, 20(1)
10. [韩广勇](#). [黎政文](#). [HAN Guangyong](#). [LI Zhengwen](#) [丰收公司菠萝罐头质量追溯系统建设成效与体会](#)[期刊论文]-[热带农业工程](#)2010, 34(5)

引证文献(3条)

1. [余小颖](#), [李学斌](#), [王祎娟](#), [张雪玲](#) [冻藏对纯菠萝汁品质指标的影响](#)[期刊论文]-[河南科技学院学报（自然科学版）](#) 2011(1)
2. [余小颖](#), [周光宏](#), [李学斌](#), [张会庄](#), [马汉军](#) [不同处理方式对纯菠萝汁品质的影响研究](#)[期刊论文]-[食品科学](#) 2008(10)
3. [喻凤香](#), [吴青云](#), [陈煦](#) [纯天然菠萝汁罐头的加工工艺](#)[期刊论文]-[农产品加工·学刊（中）](#) 2013(4)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_spgykj200712014.aspx