

兰海鹏,刘 扬,何咏梅,等. 基于有效积温的库尔勒香梨成熟模型研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):234-236.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.070

# 基于有效积温的库尔勒香梨成熟模型研究

兰海鹏<sup>1,2</sup>, 刘 扬<sup>2</sup>, 何咏梅<sup>2</sup>, 张金珠<sup>2</sup>, 廉娣娣<sup>2</sup>, 贾富国<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学工程学院, 黑龙江哈尔滨 150030; 2. 塔里木大学机械电气化工程学院, 新疆阿拉尔 843300)

**摘要:**为了应用数学的方法来阐明库尔勒香梨成熟规律,建立库尔勒香梨成熟模型,以阿克苏地区库尔勒香梨为研究对象,选取对实际生产加工影响较为显著的果实硬度和可溶性固形物含量(SSC)为研究指标,采集成熟过程中二者的变化数据,应用 Excel 软件、SigmaPlot 软件和 Matlab 软件对变化规律进行分析并建立数学模型。结果表明,库尔勒香梨成熟过程主要在花期后有效积温 3 000 ~ 3 843 °C 阶段进行,并且在该阶段内存在一加速阶段。所建立数学模型可以对该种变化规律进行精确的数学描述,研究结果可为水果的成熟建模提供参考。

**关键词:**库尔勒香梨;有效积温;成熟模型;果实硬度;可溶性固形物含量

**中图分类号:** S661.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0234-03

库尔勒香梨香味浓郁、皮薄、肉细、汁多甜酥、清爽可口,是新疆特色林果。在香梨的采收环节,因尚无可依据的成熟度划分的量化标准,依据果农的种植经验判定成熟度和采摘时间是目前香梨采收的主要方式,无法将香梨的成熟度、营养品质与生产加工方式有效结合,对果农的切身经济利益和果品自身的营养价值造成了不良影响<sup>[1-3]</sup>。在香梨生长和成熟过程中,花粉在气温低于 10 °C 时几乎不萌芽,因此有效积温( $\geq 10$  °C)对香梨的成熟影响显著,以香梨生长的有效积温为基础,应用具体的方程量化香梨的成熟度,并预测香梨的物性参数变化是解决该问题的有效途径。

在果品成熟规律研究方面,国内外学者的相关研究涉及较多品种,如柑橘、苹果、油桃、西瓜、烟叶、桃子、杏等农业物料<sup>[4-7]</sup>,对本研究具有指导意义。但因水果成熟度一直无法通过定量的方式进行具体衡量,致使成熟度应用主要为根据

颜色、质量、气味等指标进行定性描述,如农业部农产品加工局、农业部规划设计研究院、国家农产品保鲜工程技术中心于 2014 年 1 月发布的农产品产地初加工技术操作规程规定拟长期贮藏的梨采收成熟度的确定,多数品种应在 8 ~ 9 成熟时采收。80% 的果实达到种子变褐,果皮黄中带绿时即是 8 ~ 9 成熟<sup>[8-10]</sup>。各研究关于成熟度方面的研究报道均不够严谨,应用判断难度较大,尚需进一步完善。

本研究以成熟期库尔勒香梨为研究对象,研究成熟过程中果实硬度和可溶性固形物含量的变化规律,并建立香梨成熟的数学模型,旨在为香梨成熟规律研究和成熟度的评价提供参考,具有十分重要的理论和实践意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

香梨样品:试验用香梨样品采摘于塔里木大学校园内的香梨园中,树龄 12 年。采摘时间为 2014 年 8 月 10 日至 2014 年 9 月 31 日,样品香梨特征为形状规则、无机械损伤、无病虫害。

### 1.2 试验方法

香梨成熟期间理化指标测量:香梨采摘后直接测量各参数,依据时间记录数据后对照有效积温的变化处理试验数据。

有效积温数据:来自新疆阿拉尔市气象台。

硬度测量:用数显果实硬度计 GY-4 配合硬度计台测定

收稿日期:2014-10-30

基金项目:国家自然科学基金青年基金(编号:31201364);塔里木大学校长基金硕士项目(编号:TDZKSS201213)。

作者简介:兰海鹏(1982—),男,黑龙江巴彦人,硕士,讲师,主要从事农产品加工与贮藏研究。E-mail:lanhaipeng@126.com。

通信作者:贾富国,博士,教授,主要从事农产品加工与贮藏研究。E-mail:jfg204@163.com。

鲜度,生产基地要配置预冷设备,采收后立即存放于预冷室。

## 4.2 采收后的质量管理

叶菜商品化程度低,中间环节对鲜度保持与物耗控制影响很大,从田间采收到完成销售,中间环节越少越好,生产基地要形成采收、预冷、加工、包装及运输的配套技术。减少中间环节可以采取分级包装和采收工作相结合,采收时去根去叶,分级包装,净菜上市,把蔬菜的产品化程度尽量前移。新鲜度是蔬菜的价值所在,是叶菜类蔬菜质量控制的关键,蔬菜保鲜膜包装的方法存在很多弊端,虽然有蔬菜即时保鲜和防止顾客挑选的作用,但是大大增加了保鲜膜的成本和包裹保鲜膜的劳动用工;而且大量使用保鲜膜会造成资源浪费和环

境污染;保鲜膜包装的蔬菜容易变质,蔬菜水分散失在保鲜膜内侧,使蔬菜表面失去光泽,新鲜度下降。喷雾加湿的效果优于保鲜膜包装,尽量使用捆扎方式和小网袋分装、低温喷雾加湿保鲜的方法。

## 参考文献:

- [1] 沙国栋. 江苏设施蔬菜发展的技术途径[J]. 江苏农村经济, 2007(3): 22-24
- [2] 冯伟民, 沙国栋, 等. 江苏省蔬菜防虫网覆盖栽培的生产现状及技术途径[J]. 江苏农业科学, 2009(6): 218-220.
- [3] 沙国栋, 胡金祥, 等. 夏季速生叶菜抗热避雨清洁生产[J]. 江苏农业科学, 2004(4): 63-64.

果实硬度。每次取 10 个果实,在果实赤道相对的 6 个点,去皮后进行测量。试验结果取平均值,单位用  $\text{kg}/\text{cm}^2$  表示。

可溶性固形物测量:用 KRÜSS HR Series 手持式糖度检测折光仪测定。每次测定取 10 个果实,去核后取汁测定,用均值表示香梨可溶性固形物含量,单位用%表示。

数据处理:采用 SigmaPlot 软件、Excel 软件和 Matlab 软件进行数据处理。

### 1.3 仪器与设备

手持式糖度检测折光仪 (HR18-01 型,德国 KRÜSS 牌 HR Series);游标卡尺 (0.02 mm,桂林量具刀具厂);数显果实硬度计 (GY-4,配合自制硬度检测试验台使用,北京阳光亿事达贸易有限公司)等。

## 2 结果与分析

### 2.1 基于理化指标的成熟度建模

针对于果实硬度、可溶性固形物含量的变化规律,应用 SigmaPlot 软件进行拟合分析,拟合图见图 1。

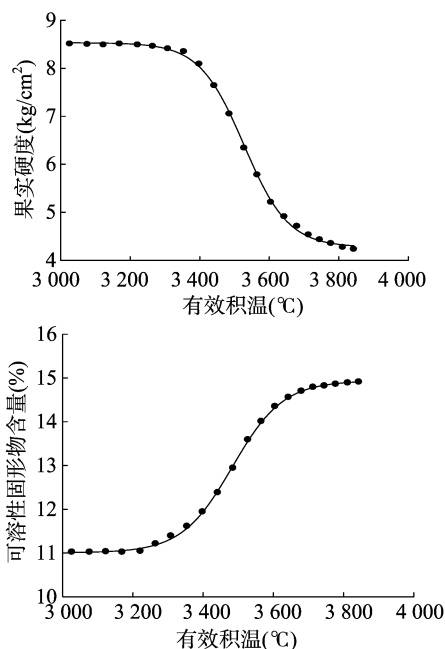


图1 考核指标拟合图

通过拟合分析发现,果实硬度、可溶性固形物含量的变化规律的拟合方程均可以应用方程 (1) 的形式表达,只是针对不同的参数,方程的系数有所差异,拟合精度见表 1,拟合系数见表 2。

$$y = y_0 + \frac{a}{1 + e^{-(x-x_0)/b}} \quad (1)$$

式中: $x$  为有效积温值, $y$  为某因子的值。

表 1 考核指标拟合误差

指标	$R$	$R^2$	调整 $R^2$	估计误差标准误
F	0.9997	0.9995	0.9994	0.0460
S	0.9998	0.9996	0.9996	0.0345

注:表 1 和表 2 中 F 表示果实硬度,S 表示可溶性固形物含量。

### 2.2 硬度拟合分析数据

本研究所建立的数学模型可以用来描述库尔勒香梨成熟

表 2 回归方程系数

指标	$a$	$b$	$x_0$	$y_0$	$P$ 值
F	4.2622	-63.8934	3527.1950	4.2720	<0.0001
S	3.9326	72.0219	3483.3749	11.0049	<0.0001

过程中某些理化指标的变化规律,包括增函数和减函数 2 类,且每一个系数对库尔勒香梨的成熟规律均存在显著影响,为了对系数的物理意义进行描述,通过 Matlab 软件对模型进行了分析。

第 1 类为增函数类型,此时  $b < 0$ 。由图 2 可知,模型系数  $a$  的变化决定了库尔勒香梨的初始硬度值,随着  $a$  值逐渐增大,果实硬度的初始值逐渐增大,故定义模型中  $a$  为因子稳定常数,反映某因子变化的初始状态。随着  $b$  值逐渐减小,成熟速度逐渐增大,定义  $b$  为成熟动力学常数,反映某因子变化的成熟动力。 $y_0$  为某因子变化的初始值,反映某因子随有效积温变化的固有属性。 $x_0$  点为模型的拐点,即为某因子变化速率突变积温,反映某因子变化速率突变时的积温值。第 2 类为减函数类型,此时  $b > 0$ 。由图 3 可知,此时  $a$  值反映某因子的终了状态, $b$ 、 $x_0$ 、 $y_0$  的实际物理意义并不发生变化。

因此,针对不同生长环境下的库尔勒香梨,只要标定不同的模型系数,即可通过模型反映出该环境下库尔勒香梨的生长状态,同时也可根据不同生长环境下的系数来预测该环境下库尔香梨的生长状态,指导香梨的生产加工。

## 3 结论

库尔勒香梨成熟过程主要在有效积温 3 000 ~ 3 843  $^{\circ}\text{C}$  阶段进行,该阶段果实硬度变化范围 4.23 ~ 8.51  $\text{kg}/\text{cm}^2$ 、可溶性固形物含量变化范围 11.02% ~ 11.49%;随着成熟的深入,果实硬度逐渐减小、可溶性固形物含量逐渐增加。

库尔勒香梨成熟过程可用数学模型来描述,并可以通过模型系数对库尔勒香梨的成熟规律进行预测,且在该阶段内存在一加速阶段。所建立数学模型可以对该种变化规律进行精确的数学描述,该模型可为水果的成熟规律建模研究提供参考。

### 参考文献:

- [1] 聂继云,李志霞,李海飞,等. 苹果理化品质评价指标研究[J]. 中国农业科学,2012,45(14):2895-2903.
- [2] 应义斌,饶秀勤,马俊福,等. 柑橘成熟度机器视觉无损检测方法研究[J]. 农业工程学报,2004,20(2):144-147.
- [3] 兰海鹏,唐玉荣,王伟,等. 自然生长状态下库尔勒香梨采摘期评价方法研究[J]. 中国农机化学报,2014,35(4):165-168,190.
- [4] Zhang L, Xu F, Ji S, et al. Principle and implementation of automatically nondestructive inspect ion system for apple internal quality based on dielectric property[J]. Transactions of the CSAE,2001,17(1):140-145.
- [5] 肖 啸,刘建珍,宋立琴,等. 红富士浓红型变异苹果的果实特性[J]. 河北科技师范学院学报,2013,27(2):33-35,69.
- [6] 汪 强,席 磊,任艳娜,等. 基于计算机视觉技术的烟叶成熟度判定方法[J]. 农业工程学报,2012,28(4):175-179.
- [7] Peedin G F. Effects of nitrogen rate and ripeness at harvest on some

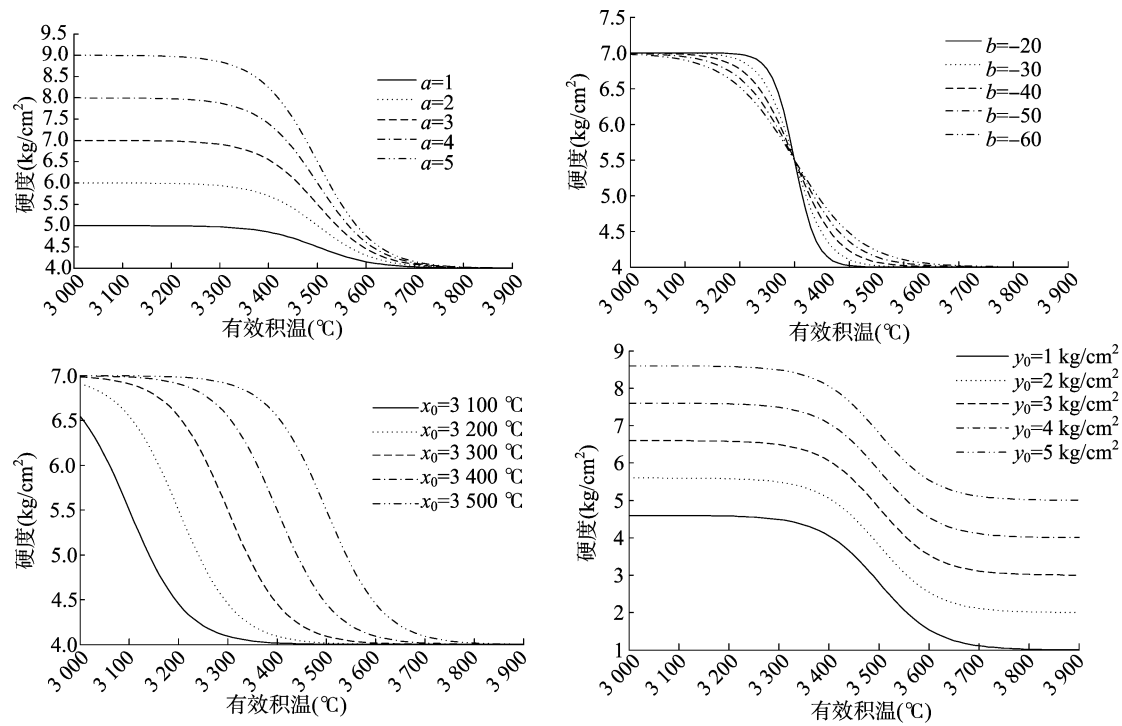


图2 模型系数对果实硬度的影响

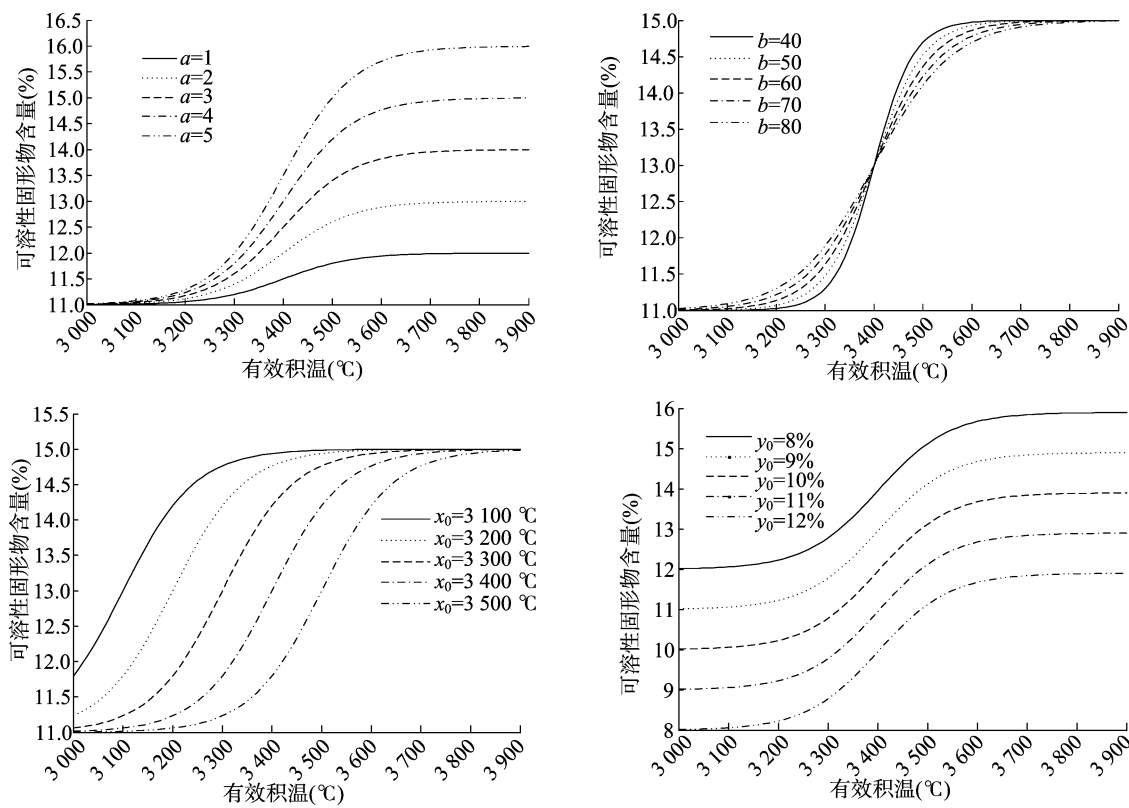


图3 模型系数对可溶性固形物含量的影响

agronomic and chemical characteristics of flue - cured tobacco [ C ]. Coresta Congress, Agro - Photo Groups, 1995 : 7.

[ 8 ] 王海波, 李林光, 陈学森, 等. 中早熟苹果品种果实的风味物质和风味品质 [ J ]. 中国农业科学, 2010, 43 ( 11 ) : 2300 - 2306.

[ 9 ] 散肇龙, 刘旋峰, 牛长河, 等. 杏果实成熟度特性参数与果柄分离力的相关性分析 [ J ]. 农业工程学报, 2013, 29 ( 23 ) : 62 - 68.

[ 10 ] 聂继云, 刘凤之, 李 静, 等. 制汁用苹果品质评价体系探讨 [ J ]. 果树学报, 2006, 23 ( 6 ) : 798 - 800.