
第六届湖南省研究生数学建模竞赛

题 目 关于黄桃品质评价及贮藏方法的建模研究

摘 要：

本文通过对 18 至 20 近三年来黄桃机械指标及人工评分情况进行研究，综合分析了解可溶固形物、硬度、色泽等机械指标以及贮存时间、贮存条件等要素对黄桃品质的影响，并基于模型给出了的品质评价方法以及对贮存的建议。

首先，主要基于层次分析法以及主因子分析法完成黄桃品质分析模型的构建。

该模型以可溶固形物、硬度以及色泽等机械指标为方案层。为了更好地利用色差相关数据，采用主因子分析法完成了色泽评分模型；对于硬度以及可溶固形物这两类指标，通过归一化等手段将可溶固形物以及硬度这两类指标转化为可以直接使用的分数值；通过层次分析法确定各指标分数所对应的权重，完成评分模型的构建；在所构建评分模型的基础上，通过增加合理约束条件完成了黄桃品质评价模型的构建。通过所给数据检验证明，该模型可以很好对黄桃进行量化评价，其评价结果与人工评价具有较高的一致性。该模型的突出优点在于灵活精确，其明显缺点为对权重系数的准确确定过于依赖。

其次，结合所给数据和已构建的“评价模型”，基于威布尔分布函数给出了黄桃贮存预测模型。该模型可以很好的预测贮藏时间与环境对黄桃的影响，缺点在于部分条件下，存在与所给数据不相符的现象，后续研究应对其进行进一步的修正。

本文的特点在于，对丰富繁杂的原始数据能够做到很好的处理，并从中高效合理地归纳出所需信息，揭示了各指标与条件与黄桃品质之间的密切联系，并就关系到黄桃市场供给双方的重要问题，给出了可行合理的解决方法。

Key words: 主因子分析法；层次分析法；威布尔分布；危险累积函数

1.问题重述与分析

随着人民生活水平的提高，市场对于优质黄桃有了更高的需求。在这一背景下，现行主要的黄桃品质评价机制以及贮存方法难以为继。目前，黄桃的品质评价主要有机械指标和人工评分两种方法，现多采用有损双评价机制对其进行评判，而黄桃的贮存条件主要为 1℃冷库和 8℃冷柜储存两种。现行的黄桃品质评价方法与储存方式过于单调、机械，迫切需要对现有方法进行改进，提出一种以现有体制为基础的，更加灵活高效的品质评价方法和储存机制。

就现有品质评价方法来说，机械指标评分是将黄桃的某些可测量的固定指标作为评价的唯一标准，该方法较为客观且容易实施，但其主要局限在于很难保证满足机械指标的对象即为优质品。而人工评分则更加注重测试者对于黄桃的主观感受，更突出了对果实综合品质和性状的感官评价，但该方法也更加主观并且难以形成标准规范。所构建的模型应与上述方法具有评价一致性，并且兼顾机械指标与人工评价，以对人工评价产生主要影响的机械指标为主要定量方式，使得评价方法更加精确、更加合理。

针对黄桃的储存方式，现多为使用冷库或冷柜的单一储存方式。采用温度较低的冷库进行贮存，保质期较长，但由于黄桃的代谢受到抑制，会降低其口感风味；而采用温度稍高的冷柜进行储存则可以对黄桃的风味进行较好的保持，但其代价是保质期的缩短。构建模型之前，需要对不同贮存条件和贮存时间对黄桃口感的影响进行分析，以给出结合两种贮存条件的最优储存方法。最后，在模型建立的基础上，给出下一年进行贮藏期预测的有损测试数量。

2.模型假设

1. 假设桃子所生长区域不存在显著区域性气候差异；
2. 人工打分的“味”项仅与酸甜及可溶固形物有关，不涉及测试员对口感的其他方面的考虑（如脆或软）；
3. 参与测试的桃无畸形，左右两侧结构相似；
4. 贮藏时，除温度外的其他外因无明显差异。

3.符号说明

Brightness: 色光值

ΔE : 总色差

$G = f(L, a, b, c, h)$: 色泽评分函数

σ : 所在组数据的标准差

R^2 :回归方程的决定系数

4.模型的建立与求解

机械指标的共同作用决定了黄桃品质的高低,与黄桃评价相关的主要机械指标包括:可溶固形物(TSS)、硬度、色差等。这些指标均可以通过相应的有损测试直接得到。从本质上说,机械指标很大程度上决定了人工评分的结果,决定了黄桃的品质。但目前所采取的机械指标评分门槛过低,难以成为优质黄桃评价的标准,本方法旨在分析机械指标和人工评分之间的关联。

4.1 黄桃品质分析模型的建立

4.1.1 机械指标的说明

硬度: 硬度作为黄桃重要的机械指标和品质性状之一,黄桃的果实硬度是决定其评价结果的重要因素。黄桃的果实硬度还会直接影响到果实的储存、运输,已经成为影响黄桃相关产业发展的决定因子之一。黄桃的硬度可具体分为:带皮硬度、去皮硬度以及果皮硬度三个方面,且带皮硬度为去皮硬度与果皮硬度之和。

可溶性固形物: 黄桃的可溶性固形物主要是指其中所包含的可溶性糖和酸,通过折射仪等设备对果实进行有损测试可估算其成熟情况并对品质进行评判。文献^[1, 2]指出桃的可溶固形物含量与其果实硬度无明显关联,即可认为可溶固形物水平主要影响黄桃的“味”。

色泽指标: 主要由 L, a, b, c, h 等五个参数组成,其中 L 为明度值,其值为 $0 \sim 100$, 对应过程为从白到黑; a 和 b 的值分别代表从绿到红以及从蓝到黄, h 和 c 分别为色调角和彩度,果实颜色评价系数,可通过下式由 L, a, b 计算得到:

$$\begin{cases} c = \sqrt{a^2 + b^2} \\ h = \tan^{-1}(b/a) \end{cases} \quad (4.1)$$

其他常见色度指标还包括色光值 (Brightness) 以及常用参量 k , 计算如下:

$$\begin{cases} \text{Brightness} = 2000 \times a / L \times (a^2 + b^2)^{1/2} \\ k = a / b \end{cases} \quad (4.2)$$

关于色差的计算公式有多种变形,但主要为式的形式:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (4.3)$$

4.1.2 机械指标与人工评分的联系

通过前面的分析可以知道,机械指标是决定黄桃品质的真正内因,人工打分仅是测评员对机械指标结果的人为映射。在机械指标包含可溶固形物、硬度、色差等主要元素,结合上一节的分析可以知道,可溶固形物的含量将对黄桃的质地以

件 SPSS 完成。

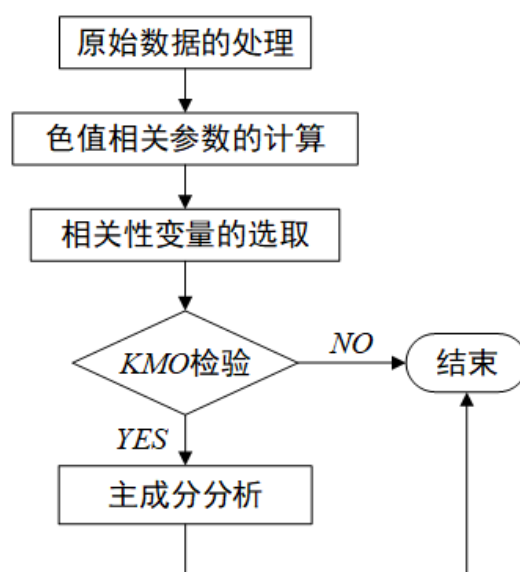


图 4-2 主因子分析法流程

步骤一：原始数据的处理和标准化

本小结中所选取的数据为附件 2 中的全部色差数据。所提供的原始数据可能包含个别异常值，并且可能无法直接应用于主因子分析的特定步骤。故而需要首先进行原始数据的处理，其包括：异常值的剔除以及各指标的标准化。异常值对模型的精度具有较大的影响，具体可依据拉依达准则进行处理。拉依达准则应用广泛，适用条件简单，如式所示：

$$|x_d - \bar{x}| > 3\sigma \quad (4.6)$$

式中， x_d 与 $\bar{x}$ 分别为异常值和数据的平均值， σ 为数据的标准差。完成数据剔除后，由于各方面指标在维度、尺度以及量纲上很难统一，还需要按下式进行无量化。

$$y_i = (x_i - \bar{x}) / s \quad (4.7)$$

式中： x_i 表示观察值； $\bar{x}$ 表示该性状观察值的平均值； s 表示该性状观察值的标准差。

步骤二：色差值相关参数的计算

此过程已于上文提到，在此不再赘述。

步骤三：相关性变量的选取

主成分分析的前提是体系变量之间相关性较强，为此，进行变量之间的相关性分析，得到相关矩阵结果如表所示。表中标红的三个变量 $k, a, Brightness$ 较为相关，故选取为后续用来分析的因子。

表 4-1 相关性检验表

	L	a	b	c	h	Brightness	k
L	1						
a	-0.469	1					
b	0.396	-0.247	1				
c	0.349	-0.286	0.920	1			
h	0.486	-0.763	0.106	0.147	1		
Brightness	-0.457	0.991	-0.346	-0.380	-0.735	1	
k	-0.443	0.991	-0.140	-0.186	-0.770	0.967	1

步骤四：KMO 检验

KMO 检验的目的是判断因子是否适用于所选对象，其具体情况内容如表所示：

表 4-2 KMO 判断表

KMO	>0.9	0.8~0.9	0.7~0.8	0.6~0.7	0.5~0.6	0.5 以下
适用情况	极适合	很适合	适合	尚可	很差	更换方法

对数据检验后，得到的 KMO 值为 0.7243，说明所选参数适合进行主因子分析，KMO 检验的其余相关细节详见附录。

步骤五：主成分分析

由附件表和附件碎石土可知，首个因子可反应所选变量 98.%的信息。说明完全可以带表该系列变量的绝大多数信息，故仅取该因子作为主因子。各项系数及其他有关的常数见附件表，最终求得的色泽回归评分模型为：

$$Y = 82.5204 - 0.2174a - 0.0012\text{Brightness} - 12.4403k \quad (4.8)$$

在估计的最优回归方程中，所估计的回归系数均达到了极显著水平 ($P < 0.01$)，决定系数 $R^2 = 0.746$ ，表明所建立的回归方程具有不错的可靠性。

4.2.2 基于层次分析法的黄桃评分模型

层次分析法通过对指标的分解以及问题或目标的分层，使得求解系统大大简化，更加便于处理^[4]。该方法的关键在于权重系数的确定即判断矩阵的构造，目前多采用专家建议或评价的方式来实现。从本质上来说，黄桃的优质与否，根本取决于其内因即机械指标。本节采用层次分析法对黄桃的机械指标（可溶性固形物（TSS）、硬度、色泽等）进行加权，并使得结果体现评价一致性，从而给出评分模型。

在建模时，由于仅仅是依据黄桃的机械指标进行评分，黄桃的贮存时间以及贮存条件所产生的影响并不涉及到评分层次，所以给出的所有黄桃机械指标数据均可以使用。本节建模采用附件 1、附件 2 以及附件 3 中的所有数据，即 2018 的

黄桃相关数据。所涉及到的机械指标主要包括：可溶固形物、带皮硬度与去皮硬度、以及色泽评分。为了便于与人工评分比较，这里将带皮硬度和去皮硬度的均值作为指标“硬度”。

步骤一：数据处理

所评价的机械指标，拥有不同的量纲，在量级上也有着较大的差距，因此首先需要通过下式来进行归一化处理，将其映射到[0,1]区间。

$$x' = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (4.9)$$

由于色泽评分模型已经建立，为了使可溶固形物以及黄桃硬度都以分数的形式呈现，并且分布尽量近似于归一化前的趋势，采用下式将其映射为百分制：

$$x^* = 40x' + 60 \quad (4.10)$$

步骤二：构造判断矩阵

分别将面向建模的三个机械指标对应填充在下表格的第一行和第一列。结合专家经验和人工评分的倾向，给出各指标间重要性的比较。认为主要影响“味”的TSS指标相较于硬度指标明显重要，相较于色差指标强烈重要；硬度指标是决定黄桃硬度的关键指标，硬度对水果的储存和运输起着决定性作用，认为硬度相较于色差相对重要，结合附表中的分数给定方法，完成对表的填充。该表即为判断矩阵。

表 4-3 判断矩阵

指标	TSS	硬度	色泽
TSS	1	6	8
硬度	1/6	1	3
色泽	1/8	1/3	1

步骤三：一致性检验

为检验权重矩阵是否合理，需要进行进一步检验，具体步骤为：

计算一次性指标 CI

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.11)$$

式中，n=3 为指标数量， $\lambda_{\max}$ 为最大特征值。查表得到 n=3 时，对应的平均随机一致性指标 RI=0.52。

计算一致性比例 CR

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.12)$$

最终得出 $CR = 0.07068608 < 0.1$ 。因此，可以认为该矩阵满足一致性检验标准，各特征值可以作为相应权重系数。

判断矩阵通过一致性检验后，求出其最大特征值和对应的特征向量，将特征

向量归一化即可得到所求权重。最终，得出的各指标对应的权重值如下所示。该权重比例和前面所提到的专家意见相吻合。

表 4-4 指标权重值

指标	TSS	硬度	色泽
权重	0.7530	0.1718	0.0752

则所构建的基于层次分析法的黄桃评分模型如下式：

$$\text{黄桃评分} = 0.7530 \times \text{TSS评分} + 0.1718 \times \text{硬度评分} + 0.0752 \times \text{色泽评分} \quad (4.13)$$

4.3 问题 1 求解

机械指标与人工评分之间关系以及评判一致性已在“4.1.2 机械指标与人工评分的联系”中进行了详尽的分析与阐明。

为了更合理地筛选出优质黄桃，在“基于层次分析法的黄桃评分模型”的基础上，增加优质黄桃所需要满足的若干条件，以达到对黄桃进行定量评价的目的。具体条件如下：

优质黄桃各项机械指标（TSS、硬度以及色泽）的评分均应处于同批次黄桃的前 80%；

优质黄桃在“4.1.4.2 评分模型”中的得分应高于 80 分。

其中，条件 1 主要是为了排除存在明显缺陷的黄桃，条件 2 目的在于对黄桃进行更加综合客观的评价。所设条件和相关评价方法共同组成本文所提出的“黄桃品质评价模型”，具体流程图如下。

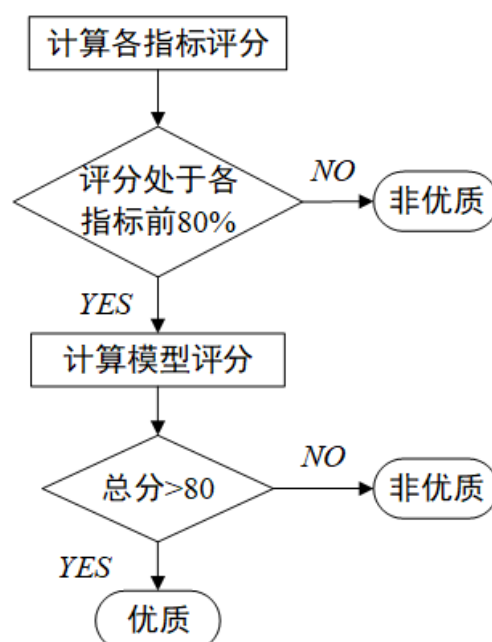


图 4-3 评分流程图

相较于“专家经验”，本文所提出的品质评价模型虽然也是基于对机械指标的评价但考虑的因素更加综合，评价方式也更加灵活。在本文方法中，机械指标被有机结合起来，既实现了评价的量化，又比“专家经验”约束更强，并且与人

工评价更具一致性。

就“普遍认知”方面来说，本文评价方法的机械指标较原有机机械指标相比要求更高。并且，同机械指标同人工评分的一致性相协调，抓住了人工评分的主要因素，是一种并不局限于“普遍认知”的评价方法。

4.4 问题 2 求解

将所需评分的样本数据代入评分模型，得到结果如下表所示：

表 4-5 问题 2 中各样本评分表

样本	样本 A	样本 B	样本 C	样本 D	样本 E	样本 F	样本 G	样本 H	样本 I
TSS	83.7	82.2	87.7	86.7	82.2	81.7	85.2	84.7	89.1
硬度	89.3	65.0	66.7	73.2	64.6	60.8	69.5	63.4	62.3
色差	96.5	83.4	86.1	89.0	80.5	78.9	82.8	87.5	82.6
总评分	85.6	79.3	83.9	84.5	79.1	77.9	82.3	81.2	84.0

从表中可以看出，总评分达不到优秀的样本，往往部分指标也难以达标，这体现了模型的有机性。此外，针对个别指标存在明显确定的样本（如样本 I）也被筛查了出来，说明模型较为精确、合理。

最终，对问题 2 中所给的各样品评价结果如表所示。

表 4-6 问题 2 中各样本评价表

样本	品质	样本	品质	样本	品质
样本 A	优质	样本 D	优质	样本 G	优质
样本 B	非优质	样本 E	非优质	样本 H	优质
样本 C	优质	样本 F	非优质	样本 I	非优质

4.5 基于威布尔分布黄桃贮藏预测模型的建立

黄桃的储藏伴随着一系列的各种物理化学反应和体外微生物的活动，最后各种变化累积直至达到上限阈值，使得其不再适合储藏。针对这一类食品储藏和保质问题，通常将其分为内因和外因。内因主要是考虑酶活性、呼吸强度和微生物，外因主要是考虑温度接触环境的影响。针对这两类因素，当前主要研究食品存储寿命预测的方法主要包括传统方法和其他类方法。

传统方法主要是建立在质量损失方程、Arrhenius 方程和 Z 值模型的基础上。此类方法数据是通过针对单一个体做长期观察实验得到的，而本问题所做实验均为有损实验，分批次抽检结果，无法得到单一个体完整长期观察数据，故本问题不适用传统方法。其他方法主要包括货架寿命模型法和威布尔危险值分析法。货架寿命模型是指，当食品开始发生质变后，其变质速度常数反比于达到该品质损失程度的时间，这个规律可以已知保持到食品变质到不能被接受为止。但通过观察拟合所提供的数据发现，本问题并不满足该关系，遂考虑采用威布尔危险值

分析方法。

4.5.1 基于威布尔分布黄桃贮藏预测模型的建立

威布尔危险值分析法是一种能够直接预测食品寿命的一种统计学方法。Gacula 在 1975 年将失效的概念引入食品,认为随着时间推移,食品的品质逐渐下降,直至所设定的阈值,这种情况被视为食品失效。并且 Gacula 还在理论上证明了食品失效时间时服从威布尔分布模型的,并进一步提出来预测食品寿命的方法——WHA。本问题将采威布尔模型来预测黄桃的品质随时间的变化。

现假设用 t 来对食品按照失效时间从后到前倒序计数, t 表示失效时间。危害函数表示为:

$$h(t) = \frac{\beta}{\alpha^\beta} \cdot t^{\beta-1} \quad (4.14)$$

其中, $h(t) = \frac{100}{k}$ 。累积危害函数 $H(t) = \sum h(t_k)$ 则累积危害方程为:

$$H(t) = \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \quad (4.15)$$

将以上两式求导得:

$$\log(t) = \frac{1}{\beta} \log(H) + \log \alpha \quad (4.16)$$

以上式子中: α —尺度参数,影响概率密度函数与图形的散布程度;

β —形状参数,影响概率密度函数图形陡峭程度。

4.5.2 参数 α 、 β 的确定

根据建立的黄桃品质评价模型,可得各采摘批次的黄桃在不同温度下随时间变化的评分,再根据前面黄桃评价的阈值,判定失效黄桃百分数作为累积危害值。将时间以及累积危害值求对数后进行线性拟合。根据拟合直线的斜率 k_b 和截距 b 得出待求参数 α 、 β 。且

$$\begin{cases} \alpha = 10^b \\ \beta = \frac{1}{k_b} \end{cases} \quad (4.17)$$

至此得到危害累积方程,带入时间即可得到要预测的累积危害值。

4.5.3 威布尔模型的求解

根据前面的威布尔模型,可见确实如普遍认为一样,在 1℃ 的储藏温度下,黄桃的储藏时间较 8℃ 更长。但是风味会下降。所以我们认为合适的储藏方式应为,在保证黄桃新鲜度的条件下尽可能保证黄桃的口感更好,故需要合理调整黄桃在不同温度下的储藏时间,以达到储藏结束时黄桃拥有最好的口感。

由前面建立的威布尔分布模型可得黄桃在不同温度下新鲜度和风味的预测

函数：

$$\begin{cases} H_{fre_1^{\circ}\text{C}}(t) = \left(\frac{t}{\alpha_{fre_1^{\circ}\text{C}}} \right)^{\beta_{fre_1^{\circ}\text{C}}} \\ H_{fre_8^{\circ}\text{C}}(t) = \left(\frac{t}{\alpha_{fre_8^{\circ}\text{C}}} \right)^{\beta_{fre_8^{\circ}\text{C}}} \\ H_{tas_1^{\circ}\text{C}}(t) = \left(\frac{t}{\alpha_{tas_1^{\circ}\text{C}}} \right)^{\beta_{tas_1^{\circ}\text{C}}} \\ H_{tas_8^{\circ}\text{C}}(t) = \left(\frac{t}{\alpha_{tas_8^{\circ}\text{C}}} \right)^{\beta_{tas_8^{\circ}\text{C}}} \end{cases} \quad (4.18)$$

为尽可能少挪动水果，防止过程中损坏，温度环境在储藏过程中只改变一次。

方案一：现给定储藏时间 t ，假设先在 1°C 的环境中储藏时间 t_1 ，则 8°C 的环境中储藏时间为 $t - t_1$ 。则新鲜度累计危害值及风味累积危害值为：

$$\begin{cases} H_{fre} = H_{fre_1^{\circ}\text{C}}(t_1) + H_{fre_8^{\circ}\text{C}}(t - t_1) \\ H_{tas} = H_{tas_1^{\circ}\text{C}}(t_1) + H_{tas_8^{\circ}\text{C}}(t - t_1) \end{cases} \quad (4.19)$$

现需要优化时间 t 使得 H_{fre} 小于阈值的条件下，优化目标为 H_{tas} 取得极小值。则优化函数可记为：

$$H_{tas} = f(t, t_1) (H_{fre} < \text{limite}) \quad (4.20)$$

方案二：现给定储藏时间 t ，假设先在 8°C 的环境中储藏时间 t_2 ，则 1°C 的环境中储藏时间为 $t - t_2$ 。同理可得优化函数为：

$$H_{tas} = f(t, t_2) (H_{fre} < \text{limite}) \quad (4.21)$$

这里因为数据量不大，可采用遍历的方法求解。

在实现模型的过程中发现所采集样本随时间变化规律不符合发展规律，具体如下图所示：

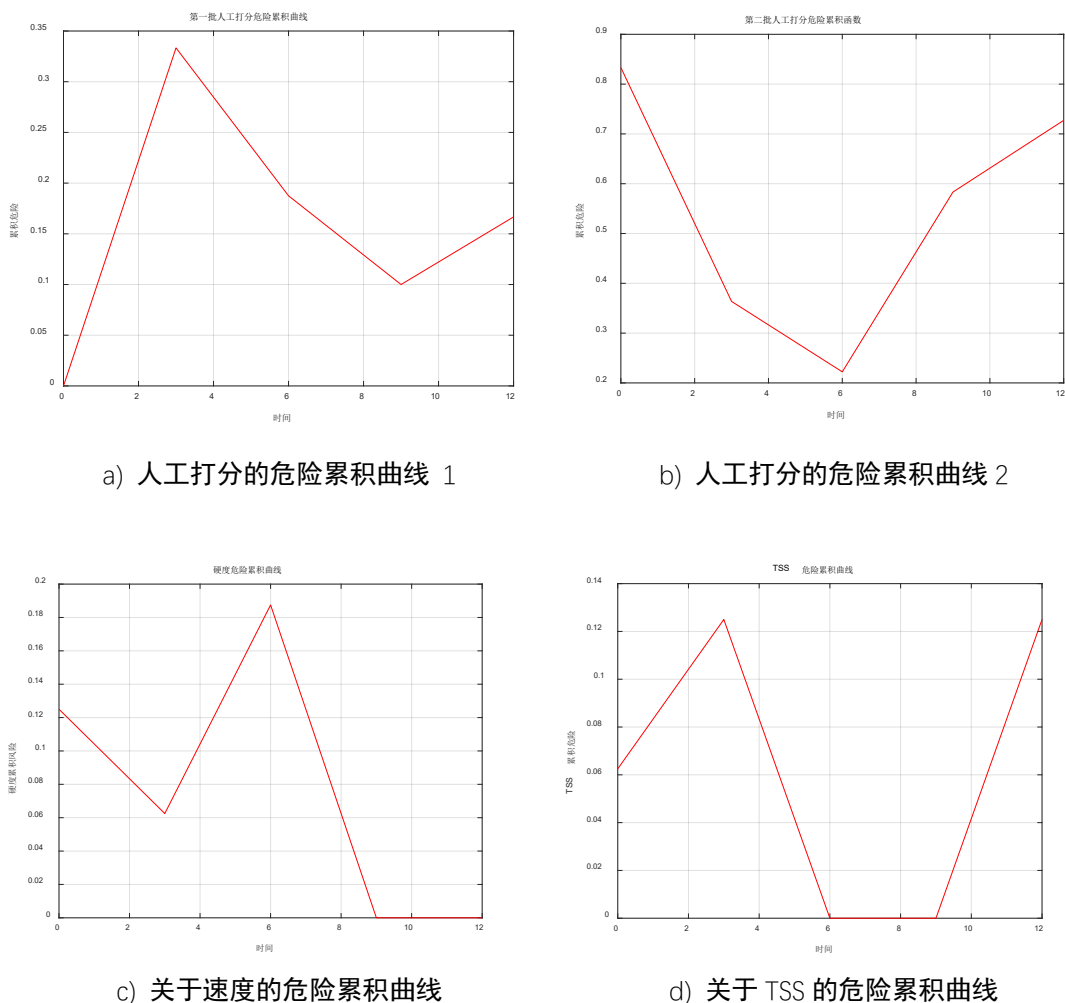


图 4-4 危险累积曲线

按照常识，水果随各项指标，以及总分的累积风险应随时间增加而增大，也就是劣质的黄桃应随时间增加而占总比例增加，但是根据所给数据反应出来的却与之相悖，随时间无明显单调递增的趋势，有时反而还会下降。上图只展示了其中一组数据的变化曲线，但是在我们分析的过程中发现，所有数据都无明显随时间单调递增的趋势。在分析数据时发现机械测量数据对同一批黄桃方差过大。

4.6 问题 3 求解

根据实验数据、所查的文献以及我们的分析来看，黄桃品质在刚刚开始贮存时可能会出现先升后降的情况，其原因推测是 TTS 的上升所带来的品质上升要大于其他因素带来的品质下降。但短暂上升过后，黄桃品质最终还是要随时间降低的。我们可以根据桃的品种、成熟情况、保鲜环境，来选择其最为适宜的贮藏方法。其中低温保鲜简单有效，但是过低温度会使其出现生化或生理上功能障碍，破坏桃的部分组织结构，具体可以表现为桃的香气挥发物减少，果实内的可溶性糖和有机酸积累，最终会使果实成熟时状态异常。在桃子贮存前，做好微生物的清理，可以有效减小微生物对桃子的侵害，如果条件允许，可以进行贮存室的气体调控。贮存时间根据桃子开始贮存的品质情况会略微有所不同，可认为在同一

采摘时间同一贮存环境的批次里，有出现一个桃子品质不合格，即可着手结束贮存，开始处理桃子。建议果农进行三次左右的有损测试，且都集中在预估贮存期快结束时。

5.模型检验

黄桃品质模型的检验：通过随机选取 19 年中三组不同条件（批次、贮存环境、贮存天数）数据，带入所建立的黄桃质量评价模型，将所得的优质率同对应条件下，人工评价的优质率进行对比，

所随机抽取的三组数据的条件分别为 19 年 6 月 17 日冷柜 8℃初始情况；19 年 6 月 20 日冷柜 8℃储存两天；19 年 6 月 20 日冷库 1℃储存四天，模型评价结果及人工评价优质率如下表所示，可以看出所构建模型评价的结果与人工评分结果较为接近。

表 5-1 冷柜 8℃储存两天

人工评分	样本	样本	样本	样本	样本	样本	样本	样本	样本	样本
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
77.78%	TSS	91.30	91.50	86.10	87.12	88.49	80.87	85.03	67.53	75.55
模型评级	硬度	95.56	95.06	87.65	88.15	88.15	80.74	85.19	64.44	72.35
	色差	71.74	78.12	79.33	82.70	88.56	76.61	83.48	69.97	80.56
77.78%	总评分	93.37	86.34	86.04	86.94	91.74	91.95	87.02	92.87	96.14

表 5-2 冷库 1℃储存四天

人工评分	样本	样本	样本	样本	样本	样本
		1	2	3	4	5
100%	TSS	83.89	80.48	84.34	84.54	78.80
模型评级	硬度	80.85	82.98	88.09	86.67	82.06
	色差	90.86	66.97	67.12	72.78	64.19
80%	总评分	98.41	86.38	86.07	90.06	79.51

6模型的评价

6.1 黄桃品质评价模型的优缺点分析

优点:

1. 采用主因子分析法对黄桃色泽的相关参数进行建模，较仅采用色差的传统评价方法更加综合，实现了对色泽指标的客观量化。
2. 采用层次分析法对黄桃的机械指标进行建模，实现了对黄桃品质评价的

量化，其结果与人工评价具有一致性且较为客观。

缺点：

层次分析法中所使用的“硬度”为简单的带皮和去皮硬度的平均值，会给相关指标的评价带来模型的误差，具有一定局限性。

6.2 黄桃贮藏模型的优缺点分析

结合所给数据和已构建的“评价模型”，基于威布尔分布函数给出了黄桃贮存预测模型。该模型可以很好的预测贮藏时间与环境对黄桃的影响，缺点在于部分条件下，存在与所给数据不相符的现象，后续研究应对其进行进一步的修正。

7.参考文献

- [1]黄丽萍,杨萍,张倩茹,尹蓉,杜海燕.桃硬度与果实部分性状的相关性研究[J].中国农学通报,2017,33(34):86-90.
- [2]马之胜,王越辉,贾云云,宣立锋.桃果实果胶、可溶性糖、可滴定酸含量和果实大小与果实硬度关系的研究[J].江西农业学报,2008(10):45-46.
- [3]黄娟,李新建.基于色差仪法的库尔勒香梨果实颜色分级标准[J].北方园艺,2018(17):38-44.
- [4]马耀绒,淡会星,王红军,张艳芬.基于层次分析法的蒲城酥梨综合品质评价[J].陕西气象,2021(03):45-48.

8 附录

表 8-1 KMO 检测

足够度 KMO		巴特利特球形度 检验	
Kaiser-Meyer-Olkin	近似卡方	自由度 df	显著性 Sig
0.7243	1123.052	6	0

表 8-2 累计方差分析

成分	总计	初始特征值		总计	提取载荷平方和载入	
		方差百分 比 (%)	累积 (%)		方差百分 比 (%)	累积 (%)
1	2.966	98.869	98.869	2.966	98.869	98.869
2	0.033	1.108	99.98			
3	0.001	0.023	100.00			

表 8-3 因子得分

	未标准化系数	显著性
常量	1.283	0
a	0.165	0
Brightness	0.000877	0
k	9.154	0

表 8-4 层次分析法评分表

标度	含义
1	同样重要性
3	稍微重要
5	明显重要
7	强烈重要
9	极端重要
2、4、6、8	上述两相邻判断的中值
倒数	A 和 B 相比如果标度为 3，那么 B 和 A 相比就是 1/3