

穿刺测试和 fisher 判别法 在葡萄贮藏期间质地评价的应用

张翔宇¹ 李喜宏¹ 王妍丹¹ 张平² 朱志强² 李志文^{3,4,*}

(1.天津科技大学,天津 300222;

2.国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)天津市采后生理重点实验室,天津 300384;

3.天津农学院食品科学与生物工程学院,天津 300384;

4.天津市农副产品深加工技术工程中心,天津 300384)

摘要: 本实验的目的是利用统计学方法验证所编辑的 10 个穿刺测试参数在贮藏期间葡萄软化过程中是否有测试意义,是否可以代表葡萄浆果的整体质构特点。同时找出评价贮藏期葡萄质地差异的最关键的质构参数,为贮藏期葡萄质地评价提供理论依据。将意大利、巨峰、白罗莎里奥和马奶 4 个不同品种的葡萄分别通过冷库模拟冷库贮藏条件,通过恒温恒湿箱模拟运输和货架贮藏条件,得到葡萄浆果穿刺参数在不同贮藏条件下的测量值,并对其进行判别分析。结果表明:在温度高于 0℃(运输或货架)贮藏期间葡萄软化过程中所编辑的 10 个穿刺参数有测试意义,可以区分出葡萄在不同贮藏期的质构变化,也很好的总结了整条力-位移穿刺曲线,可以代表葡萄浆果整体的质构特点。在温度 0℃(冷库贮藏)贮藏期间葡萄软化过程中所编辑的 10 个穿刺参数对葡萄质构的区分度不大,没有实际测试意义。其中,果皮硬度、果皮刚度以及浆果形变度是评价贮藏期质地变化最关键的参数。

关键词: 葡萄 贮藏 穿刺测试 质构 流变性 fisher 判别法

Application of the textural evaluation in grapes berries based on puncture test and fisher discriminant analysis

ZHANG Xiang-yu¹ LI Xi-hong¹ WANG Yan-dan¹ ZHANG Ping² ZHU Zhi-qiang² LI Zhi-wen^{3,4,*}

(1.Tianjin university of science and technology ,Tianjin 300222 ,China;

2.National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products(Tianjin) ,
Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products ,Tianjin 300384 ,China;

3.Tianjin Agricultural University College of food science and biotechnology ,Tianjin 300384 ,China;

4.Tianjin Engineering and Technology Center of Agricultural Products Processing ,Tianjin 300384 ,China)

Abstract: The objective of the present study was to test ten textural properties we edited for characterizing the puncture properties of grapes from force/displacement curves. Whether it can represent the whole character of grape berries or not. The most critical textural properties have been found to provide theoretical basis in the textural evaluation. Four different cultivars: Red Globe ,kyoho ,White Rosario ,Horse milk grapes acted as test materials. Through the cool room to simulate the cold storage conditions ,Through the constant temperature and humidity box to simulate the transport and shelf storage conditions. Respectively puncture test were carried at storage conditions of different temperature per same time for discriminant analysis. The results showed that: Above 0℃ storage condition the ten computed parameters gave a good summary of the information present in the curve. At 0℃ storage condition ,the ten computed parameters can't distinguish the grapes. Skin hardness ,skin stiffness and berry deformation is the most critical textural parameters for these parameters during the grapes storage.

Key words: grapes; storage; puncture test; texture; rheological properties; fisher discriminant analysis

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)03-0342-07

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.03.058

鲜食葡萄因其汁多皮薄的特点,采后果实质地也在不断劣变,一般利用低温贮藏的方法保持其质

收稿日期: 2016-09-06

作者简介: 张翔宇(1990-),男,在读硕士,研究方向:农产品加工及贮藏工程,E-mail: 373152711@qq.com。

* 通讯作者: 李志文(1981-),女,博士,研究方向:农产品加工与贮藏工程,E-mail: lizhiwen315@163.com。

基金项目: 天津市应用基础与前沿技术计划重点项目(15JCZDJC34200); 国家葡萄产业技术体系(CARS-30)。

地品质。在葡萄运输或者货架过程中,由于成本和周围环境条件的限制,温度很难控制在 0°C 低温,温度波动很大。在葡萄贮藏过程中,制冷性能差以及经常断电的冷库也会造成大的温度波动。这些都会对葡萄质地产生不利的影响。由于感官分析方法容易受到多种因素干扰,很难对采后的葡萄质地进行客观的评价,一些不法商贩滥竽充数,将质地变差的葡萄混入新鲜的葡萄中销售,给食品安全检测人员造成很大困扰^[1-3]。

国内外的大型超市和进出口商对不同果蔬的质地品质有最低要求,在收购果蔬时,会根据果蔬组织流变性客观的评价果蔬质地,对收购的果蔬按照质地进行有效分级^[4]。对于果蔬来说,果蔬组织的流变性是指果蔬在外力作用下发生应变(流动或变形),应变与其应力之间的定量关系来反映果蔬质构特性^[5-7]。这种应变与应力的定量关系可以用函数来表示,对应的函数图像反映在平面坐标系中。其中最常用的物理测量方法之一是穿刺测试(puncture test),具体的操作过程是以一个较大的特定的力用圆柱形探头贯穿果蔬组织并到达预定深度。这种方法在过去常常用手动操作^[8-10]。随着科技的进步,先进的自动化设备可以使圆柱形探头以限定的速度自动贯穿果蔬组织,在圆柱形探头上安装感应元件,将感应力和探头位移转化为数字信号记录下完整的力-位移曲线,最后把反映果蔬组织流变性的曲线图像存储在电脑中。

在葡萄贮藏过程中,由于葡萄样本个体差异大,取样数量多,穿刺测试得到的质地参数也多,简单的求质构参数的平均值很难体现其质地变化,很少有人对葡萄贮藏期质地评价做相关的研究分析^[11]。也很少有人对自己编辑的质构参数的有效性进行分析^[11]。

基于此,为了验证所编辑的10个穿刺测试参数在贮藏期间葡萄软化过程中是否有测试意义,是否可以代表葡萄浆果的整体质构特点。同时找出评价贮藏期葡萄质地差异的最关键的质构参数,为贮藏期间葡萄质地评价提供理论依据,为葡萄贮藏期质地评价体系提供一个新的研究思路。本实验通过冷库模拟冷库贮藏条件,通过恒温恒湿箱模拟运输和货架贮藏条件,得到葡萄浆果穿刺参数在不同贮藏条件下的测量值,并对其进行判别分析。

典型判别分析(canonical discriminant analysis)是二十世纪三十年代由英国统计学家Fisher提出的数学分析方法,是多元统计分析中的一种方法,也叫Fisher判别法。该方法适用于类别多、数量大和测量值多的样本,在果蔬质地参数分析中发挥了重要作用^[12-14]。该方法既能最大限度地缩小同类中各个样本点之间的差异,又能最大限度地扩大不同类别中各个样本点之间的差异,这样才可能获得较高的判别效率,体现贮藏期葡萄质地的差异,验证所编辑穿刺参数的合理性。Fisher判别法广泛应用于分析化学、生物学和社会科学等诸多方面^[15]。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

巨峰品种葡萄 2015年9月22日采收自辽宁省北镇市鲍家乡;意大利品种葡萄 2014年9月20日采收自河北省张家口市怀来县;马奶品种葡萄 2015年9月24日采收自河北省张家口市逐鹿县;白罗莎里奥品种葡萄 2015年9月11日采收自天津市汉沽区。

SPX-250-C型智能恒温恒湿箱 上海琅轩实验设备有限公司产品;TA.XT.Plus物性测试仪 英国Stable Micro System公司;冷库 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)。

1.2 实验方法

1.2.1 葡萄预处理 4个不同品种的葡萄进行取样调查。调查前进行预处理和贮藏处理,剔除病果烂果,确保每个品种的葡萄果粒大小、成熟度基本一致。所有葡萄的采收方法均相同,预处理后通过冷库模拟冷库贮藏条件,通过恒温恒湿箱模拟运输和货架贮藏条件。冷库的贮藏条件:温度 $(0 \pm 1)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $90\% \pm 5\%$ 。恒温恒湿箱的贮藏条件:温度 $(8 \pm 1)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $90\% \pm 5\%$ 。贮藏期为0, 7, 14, 21 d。每个品种每个贮藏条件下采集120粒葡萄(30粒葡萄 \times 4次重复)进行穿刺测试。

1.2.2 穿刺测试方法 利用物性测试仪进行穿刺测定,穿刺测试探头选择直径2 mm的P/2不锈钢针形探头,既保证穿刺深度,又减小在穿刺过程中接触果核的几率。测试在 $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 的温度环境下进行,主要仪器参数设定为:测前速度5 mm/sec,测试速度2 mm/sec,测后速度5 mm/sec,负载触发力5 g,测试距离10 mm。

1.2.3 穿刺曲线分析程序的设计 以在穿刺浆果过程中探头移动位置(mm)为横坐标,测试探头所在位置对应感知力(N)为纵坐标作图,得到葡萄浆果典型穿刺曲线(图1)。参考F Duprat等^[16]、马庆华等^[17]和Bourne等^[18]的研究,结合葡萄浆果自身质构特点,模拟牙齿咀嚼葡萄浆果受力过程,对带皮浆果质构穿刺曲线分析程序(Macro)进行重新编辑,以便更加透彻的分析葡萄浆果的质构特性。在分析开始前首先编辑图像分析环境,然后将图像分为三个受力阶段开始解析。第一阶段为果皮受力阶段(从探头接触果皮到探头穿刺果皮的瞬间);第二阶段为过渡阶

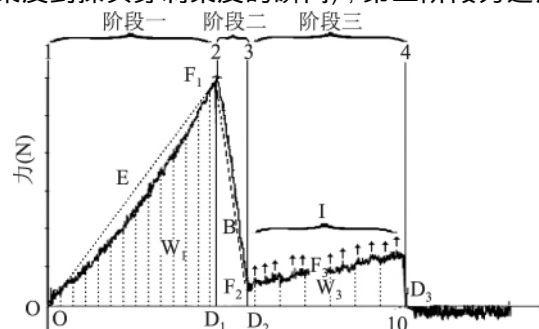


图1 穿刺测试力-位移曲线

Fig.1 Force-displacement curve of berry skin puncture test

表1 力-位移曲线中穿刺参数的定义

Table 1 The definition of puncture parameter in force-displacement curve

阶段	参数	测量方法	单位	含义
果皮受力阶段	果皮硬度	F_1	N	穿透浆果果皮所需要的力
	浆果形变度	D_1	mm	果皮被刺穿时浆果形变的程度
	果皮刚度	0 与 F_1 之间曲线的斜率 E	N/mm	杨氏模量 E 来衡量, 即引起单位位移所需的力。
	穿刺果皮功	0、 F_1 、 D_1 围成图形的面积 W_1	J	刺穿果皮所消耗的能量
过渡阶段	跌落硬度	$F_1 - F_2$	N	果皮破裂过程中从探头穿刺果皮到接触果肉的感应力的落差
	跌落位移	$D_2 - D_1$	mm	果皮破裂过程中从探头穿刺果皮到接触果肉的位移
	跌落脆性	F_1 与 F_2 之间曲线的斜率 B	N/mm	果皮破裂过程中从穿刺果皮到接触果肉的过程中容易破碎的程度
	果肉硬度	D_2 到下行位移 10 mm (D_3) 之间探头感知力均值 F_3	N	浆果果肉的平均硬度
果肉受力阶段	穿刺果肉功	F_2 、 D_2 、 D_3 围成图形面积 W_3	J	刺穿果肉所消耗的能量
	果肉匀质指数	D_2 与 D_3 之间曲线感应力值大于 0.01 N 的正峰个数 I	个	葡萄果肉纤维的均匀程度

段(探头穿刺果皮的瞬间到接触到果肉);第三阶段为果肉受力阶段(探头穿刺果肉到测试距离停止)。

1.2.4 穿刺参数定义 DIAMANTELL^[19]证明了整个力-位移曲线可以很好的反映苹果、葡萄、西红柿等果蔬的果肉和果皮的质构特性。由于得到的力-位移曲线包含的数据信息较多,许多研究者试图从力-位移曲线中提取并计算一些有代表性的果蔬穿刺参数来总结果蔬组织的质构特性^[20-22]。本文根据(Duprat等^[16]马庆华等^[17]和 Bourne等^[18])多篇国内外报道中关于果蔬穿刺测试曲线参数定义的基础上结合对曲线(图1)中穿刺果皮时探头的感应力(F_1)、刺破果皮瞬间探头下行位移(D_1)、探头接触到果肉的初始感应力(F_2)、探头接触到果肉的初始位移(D_2)、穿刺果肉时探头的平均感应力(F_3)、穿刺果肉时探头感应力不均所形成峰的个数(I)等基本测试参数的综合分析和运算,从力-位移曲线提取出10个葡萄穿刺质地参数及其含义如表1所示。

1.3 数据统计分析

通过 matlab 2014b 软件处理数据和绘制图表。本实验的判别分析中,分类变量为每个品种的不同贮藏条件。每个品种有3个贮藏时间(7,14,21 d)和两个贮藏温度(0,8℃)贮藏时间0 d时0℃和8℃的穿刺参数数据相同,作为1个分类组,按照不同类别共分成7个分类组(0 d,0℃;7 d,8℃;7 d,0℃;14 d,8℃;14 d,0℃;21 d,8℃;21 d)。自变量(原始变量)为每个分类组的10个穿刺参数值。每个品种每个分类组共120个观测值,共3360个观测值(120×7×4)。

2 结果与分析

表2可以看出此判别方法提取了6个判别函数,且绝大部分信息都在前两个判别函数上,后4个判别函数携带的信息量很少。其中巨峰的前两个判别函数解释了91.8%的变异程度,意大利的前两个判别函数解释了91.4%的变异程度,白罗莎里奥的前

两个判别函数解释了95.2%的变异程度,马奶的前两个判别函数解释了94.1%的变异程度。

表2 fisher 判别函数解释变异的程度

Table 2 Fisher discriminant function of the degree of variance explained

品种	判别函数	特征值	解释变异程度 (%)	解释变异程度累加值 (%)
巨峰	F_1	21.095	80.9	80.9
	F_2	2.868	11.0	91.8
	F_3	1.525	5.8	97.7
	F_4	0.480	1.8	99.5
	F_5	0.087	0.3	99.9
	F_6	0.035	0.1	100
意大利	F_1	9.629	76.6	76.6
	F_2	1.859	14.8	91.4
	F_3	0.881	7.0	98.4
	F_4	0.144	1.1	99.6
	F_5	0.043	0.3	99.9
	F_6	0.011	0.1	100
白罗莎里奥	F_1	20.159	83.0	83.0
	F_2	2.963	12.2	95.2
	F_3	0.693	2.9	98.1
	F_4	0.392	1.6	99.7
	F_5	0.061	0.3	100
	F_6	0.009	0.0	100
马奶	F_1	13.436	79.0	79.0
	F_2	2.568	15.1	94.1
	F_3	0.599	3.5	97.6
	F_4	0.329	1.9	99.5
	F_5	0.048	0.3	99.8
	F_6	0.029	0.2	100

注: $F_1 \sim F_6$ 分别代表 fisher 判别法提取的6个判别函数。

表3可以看出针对由这10个原始变量组成的6个判别方程进行有效性检验,如表5所示。Wilk's Lambda表示类内离差交叉乘积矩阵行列式与总离差交叉乘积矩阵行列式的比值,间接地检验判别函数的显著性水平,其值越小判别能力越强。从表3中显著性栏中可以看出,判别函数1和6联合2和6联合的显著性水平均为0.000,说明前两个判别函数的判别能力是显著的且前两个判别函数均很有意义。根据表2中前两个判别函数的高解释变异程度和表3中显示两个判别函数均很有意义,只讨论前两个判别函数。

图2A,图2B,图2C,图2D为样本的第一典型判别得分和第二典型判别得分分布图,A为巨峰,B为意大利,C为白罗莎里奥,D为马奶。从图中可以看出低温冷库贮藏的葡萄在不同贮藏时间点之间差异不大。第一典型判别得分最能解释贮藏时间和贮藏温度不同的差别,低温冷库贮藏的葡萄和恒温恒湿箱贮藏的葡萄在第一典型判别得分轴上明显区分。恒温恒湿箱贮藏条件下的葡萄在第一典型判别得分轴上按照贮藏时间从右到左正确的分布;对于冷藏贮藏条件,只能看出巨峰有微小的差别。第二典型判别得分最能解释恒温恒湿箱条件下后三个贮藏时间(7,14,21d)不同的差别。

表5为典型判别得分与穿刺参数的相关系数,这有些类似于主成分分析中的成分结构。由表5可知,相对于其他自变量,第一判别函数主要与果皮硬度和果皮刚度这两个自变量相关。果皮刚度与第一典型判别得分 F_1 的相关系数分别为0.52,0.46,0.38和0.51。果皮硬度与第一典型判别得分 F_1 的相关系数分别为0.48,0.53,0.42,0.45。浆果形变度则主要与第二判别函数相关。浆果形变度与第二典型判别

表3 Fisher判别函数有效性检验

Table 3 Fisher discriminant function validation

品种	判别函数	Wilks' Lambda	卡方检验	置信水平 Sig.
巨峰	1~6	0.003	4887.266	0.000
	2~6	0.061	2316.562	0.000
	3~6	0.238	1193.014	0.000
	4~6	0.600	423.608	0.000
	5~6	0.889	97.806	0.000
	6	0.966	28.662	0.000
意大利	1~6	0.014	3516.127	0.000
	2~6	0.154	1553.131	0.000
	3~6	0.441	680.653	0.000
	4~6	0.829	155.927	0.000
	5~6	0.948	44.391	0.000
	6	0.989	9.184	0.102
白罗莎里奥	1~6	0.005	4447.296	0.000
	2~6	0.100	1912.559	0.000
	3~6	0.396	769.029	0.000
	4~6	0.671	331.726	0.000
	5~6	0.933	57.273	0.000
	6	0.991	7.769	0.169
马奶	1~6	0.008	3961.688	0.000
	2~6	0.122	1744.509	0.000
	3~6	0.437	688.071	0.000
	4~6	0.698	298.447	0.000
	5~6	0.927	62.532	0.000
	6	0.972	23.722	0.000

注:1~6表示没有函数被移除,2~6表示函数1被移除,其他依次类推。

表4 Fisher判别法提取的前两个典型判别函数

Table 4 First and second canonical discriminant functions

品种	判别函数
巨峰	$F_1 = 2.7741X_1 + 3.0366X_2 + 6.0643X_3 - 1.3580X_4 + 0.1252X_5 + 4.3977X_6 + 0.0062X_7 + 7.5353X_8 - 0.7104X_9 + 0.0357X_{10} + 17.8050$
	$F_2 = 4.5824X_1 - 2.8417X_2 - 7.1298X_3 - 0.6813X_4 - 0.3167X_5 - 5.2366X_6 + 0.0194X_7 - 0.5028X_8 - 1.2942X_9 - 0.1110X_{10} - 20.4667$
意大利	$F_1 = 3.5428X_1 + 1.1400X_2 + 0.7263X_3 - 1.1836X_4 + 0.0840X_5 + 0.7186X_6 + 0.0074X_7 + 2.0016X_8 - 0.5337X_9 - 0.0274X_{10} + 3.6732$
	$F_2 = 4.3849X_1 - 2.0797X_2 - 9.5878X_3 - 0.8056X_4 - 0.3625X_5 - 3.7192X_6 + 0.0210X_7 - 0.9947X_8 - 0.7509X_9 - 0.0986X_{10} - 18.5686$
白罗莎里奥	$F_1 = 2.2923X_1 + 3.1575X_2 + 6.8665X_3 - 1.3240X_4 + 0.4521X_5 + 5.3710X_6 - 0.0132X_7 + 1.1691X_8 - 0.0050X_9 + 0.0337X_{10} + 17.9940$
	$F_2 = 6.7742X_1 - 2.1889X_2 - 19.5126X_3 - 1.0490X_4 - 0.2959X_5 - 3.3581X_6 + 0.0150X_7 + 0.6358X_8 - 0.6784X_9 - 0.0769X_{10} - 17.5771$
马奶	$F_1 = 4.1320X_1 + 2.7193X_2 + 0.2515X_3 - 1.8397X_4 + 0.4766X_5 + 1.6716X_6 - 0.0093X_7 - 10.6669X_8 + 1.4910X_9 + 0.0282X_{10} + 12.5359$
	$F_2 = 4.6150X_1 - 1.8595X_2 - 7.6334X_3 - 0.5832X_4 - 0.5531X_5 - 0.9563X_6 + 0.0352X_7 - 30.0682X_8 + 3.6046X_9 - 0.0834X_{10} - 13.6974$

注: $X_1 \sim X_{10}$ 分别为每个观测值的果皮硬度,浆果形变度,果皮刚度,穿刺果皮功,跌落硬度,跌落位移,跌落脆性,果肉硬度,穿刺果肉功,果肉匀质指数的具体测量值。 F_1 和 F_2 是由 $X_1 \sim X_{10}$ 组成的新变量,也叫典型判别得分。每个观测值的典型判别得分是由10个原始变量组成两个新变量 F_1 和 F_2 ,以坐标(F_1, F_2)反映在图2中。

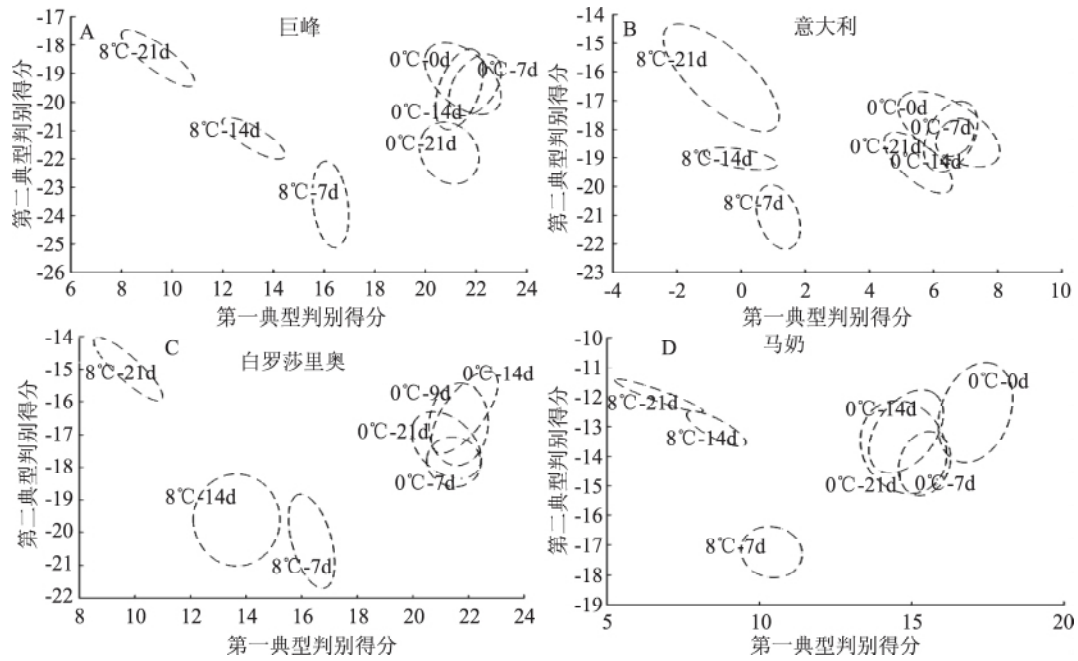


图2 Fisher 判别二维散点图

Fig.2 Fisher discriminant dimensional scatter plot. The ellipses present the confidence intervals of the barycenter at a probability threshold of 0.05. The number in each ellipse represents the duration of storage (days)

注: A: 巨峰, B: 意大利, C: 白罗莎里奥, D: 马奶,

图中椭圆表示置信水平 0.95 以上的置信区间, 每个椭圆代表不同贮藏温度下的不同贮藏时间。

表5 判别得分和原始变量之间的相关系数

Table 5 Correlation coefficients between the discriminant scores and the texture parameters

品种	判别得分	果皮硬度 (N)	浆果形变度 (mm)	果皮刚度 (N/mm)	穿刺果皮功 (J)	跌落硬度 (N)	跌落位移 (mm)	跌落脆性 Drop	果肉硬度 (N)	穿刺果肉功 (J)	果肉匀质指数
巨峰	第一典型判别得分	0.479	0.268	0.521	0.234	0.046	-0.122	-0.200	0.135	0.063	-0.065
	第二典型判别得分	-0.257	0.367	-0.164	-0.102	0.065	0.113	0.160	0.095	0.087	-0.023
意大利	第一典型判别得分	0.528	0.145	0.460	0.304	0.078	-0.048	-0.208	0.197	0.094	-0.238
	第二典型判别得分	0.141	0.407	0.271	0.125	0.071	-0.019	-0.082	0.125	0.100	0.271
白罗莎里奥	第一典型判别得分	0.419	0.331	0.385	0.247	0.060	-0.060	-0.188	0.151	0.125	-0.188
	第二典型判别得分	-0.173	0.414	0.129	-0.121	0.011	0.142	0.103	-0.078	-0.027	-0.186
马奶	第一典型判别得分	0.453	0.023	0.509	0.084	0.148	0.028	-0.126	0.263	0.238	-0.066
	第二典型判别得分	0.051	0.333	-0.127	0.202	0.032	-0.015	-0.088	-0.096	-0.141	0.272

注: 加粗字体表示在改组中变量之间的相关性最高。

得分 F_2 的相关系数分别为 0.37, 0.41, 0.42, 0.33。表 3 的结果已经表明前两个判别函数携带了绝大多数判别信息, 这提示我们可能果皮硬度、果皮刚度和浆果形变度这三个变量在判别分析中起了主要作用。间接说明了葡萄软化过程中, 这三个穿刺参数是评价贮藏期葡萄质地差异的最关键的质构参数, 在葡萄贮藏期质地评价中起到关键作用。这和 ZS6FI

Z^[23] 的研究结果相同, ZS6FI Z 认为葡萄采后果实质地的变化完全取决于葡萄果皮的结构, 与果皮的厚度和果肉的结构无关。LANG A^[24] 认为在贮藏过程中, 葡萄果皮在浆果硬度下降中起主导作用。其中, 果皮硬度、果皮刚度和浆果形变度是变化最大的穿刺参数。

表 6 是判别函数自身验证和交互验证的验证结

表6 判别分析的自身验证和交互验证结果

Table 6 Percentage of fruits correctly discriminated according to the storage conditions.(result of original cross-validation tests)

验证方法	贮藏时间 (d)	巨峰		意大利		白罗莎里奥		马奶	
		低温冷库 贮藏(%)	恒温恒湿箱 (%)	低温冷库 贮藏(%)	恒温恒湿箱 (%)	低温冷库 贮藏(%)	恒温恒湿箱 (%)	低温冷库 贮藏(%)	恒温恒湿箱 (%)
回代法	0	50		51.7		41.7		80	
	7	46.7	100	61.7	100	57.7	100	68.3	99.2
	14	60.0	100	38.3	100	41.7	98.3	51.7	92.5
	21	89.2	100	65.8	90.0	63.3	100	45	93.3
	均值	61.48	100	54.38	96.67	51.1	99.43	61.25	95
交互验证	0	50		50		41.7		80	
	7	46.7	100	60.8	100	57.7	100	66.7	99.2
	14	50.0	100	35.0	100	41.7	98.3	45.8	92.5
	21	89.2	100	60.8	90.0	63.3	100	39.2	93.3
	均值	58.98	100	51.65	96.67	51.1	99.43	57.93	95

果在交互验证结果中,模拟冷库贮藏条件下的4个品种的预测分类准确率分别为巨峰59.98%,意大利51.65%,白罗莎里奥51.1%,马奶57.93%。远低于模拟运输和货架贮藏条件下的预测分类准确率,分别为意大利96.67%,巨峰100%,白罗莎里奥99.43%,马奶95%。说明本实验所编辑的10个穿刺质构参数只适用于温度高于0℃(运输或货架)贮藏期葡萄质地评价,不适用于在温度0℃(冷库贮藏)贮藏期葡萄质地评价。

3 讨论

穿刺测试一直都是国内外果蔬质地评价最有效的检测方法之一^[24]。由于葡萄数量多,个体之间的差异大,普通的平均值统计方法不适用于葡萄质地评价,给葡萄质地评价分析带来困难。通过借鉴BIANCHI T^[25]和STANLEY J^[26]的研究方法,本文利用fisher判别法成功解决了该问题,并通过分析判别得分与穿刺参数的相关系数,得到果皮硬度、果皮刚度和浆果形变度是评价贮藏期葡萄质地差异的最关键的质构参数。判别得分分布图以及预测分类准确率验证了本实验编辑的10个穿刺质构参数只适用于温度高于0℃(运输或货架)贮藏期葡萄质地评价,不适用于在温度0℃(冷库贮藏)贮藏期葡萄质地评价。

果蔬质量安检人员可以通过抽检一些正在销售的葡萄,测量葡萄浆果的果皮硬度,果皮刚度和果皮形变度,并对这些数据进行判别分析。如果得到的判别得分分布图区分明显,预测分类准确率高,说明这批葡萄的贮藏不规范,贮藏期间温度波动大,葡萄质地差。如果得到的判别得分分布图区分度低,预测分类准确率低,说明这批葡萄的贮藏规范,葡萄质地良好。大型超市和进出口商在收购葡萄时,也可以用相同的方法抽检一些葡萄,按照质地将它们进行分级,挑选出所需要的葡萄。

本文研究4个品种的葡萄目的是为葡萄质地评价提供一个研究思路,不一定适用于所有品种的葡萄,笔者将在之后的研究中对其他品种的葡萄进行补充,建立一个葡萄质地评价体系的数据库,将科研

成果应用到实际生产生活中。

参考文献

- [1]罗玉连.我国农产品质量安全现状及发展对策[J].现代农业科技 2015(15):292-292.
- [2]臧宏伟,刘传德,王志新,等.水果质量安全风险来源及对策[J].现代农业科技 2015(17):324-325.
- [3]孙秀英.葡萄质量安全现状和发展对策[J].现代农村科技 2013(17):5-5.
- [4]Berdegué J A, Balsevich F, Flores L, et al. Central American supermarkets' private standards of quality and safety in procurement of fresh fruits and vegetables[J]. Food Policy 2005, 30(3):254-269.
- [5]Loredo A B G, Guerrero S N, Gomez P L, et al. Relationships between rheological properties, texture and structure of apple (Granny Smith var.) affected by blanching and/or osmotic dehydration[J]. Food and Bioprocess Technology, 2013, 6(2):475-488.
- [6]王荣,焦群英,魏德强.植物细胞的生物力学研究现状与进展[J].植物学报 2005, 22(4):478-485.
- [7]卢佳华.低温贮藏黄瓜组织生理生化特性、传热特性及组织细胞结构变化研究[D].上海海洋大学 2013.
- [8]Velickova E, Winkelhausen E, Kuzmanova S. Physical and sensory properties of ready to eat apple chips produced by osmo-convective drying[J]. Journal of Food Science & Technology, 2014, 51(12):3691-3701.
- [9]Blaker K M, Plotto A, Baldwin E A, et al. Correlation between sensory and instrumental measurements of standard and crisp-texture southern highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L. interspecific hybrids) [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture 2014, 94(13):2785-2793.
- [10]Rolle L, Giacosa S, Gerbi V, et al. Comparative Study of Texture Properties, Color Characteristics, and Chemical Composition of Ten White Table-Grape Varieties [J]. American Journal of Enology & Viticulture 2011, 62(1):49-56.
- [11]Chen L, Opara U L. Texture measurement approaches in

(下转第352页)

中医药学刊 2007 25(11):2333-2335.

[2] Basciano H, FEDERICOL L. Fructose, insulin resistance and metabolic dyslipidemia [J]. Nutrition Metab 2005 2(1):1-14.

[3] Maria A. The reduction of dietary sucrose improves dyslipidemia, adiposity and insulin secretion in an insulin resistant rat model [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2001, 32(9): 8522-8551.

[4] 冯利民, 李立凤, 杜武勋, 等. 高脂血症基本病机与证型规律研究进展 [J]. 时珍国医国药 2012 23(12):3101-3103.

[5] 袁娟, 卫娜, 徐勇, 等. 白豆中提取的 α -淀粉酶抑制剂调节高脂血症的研究 [J]. 食品工业科技 2014 35(23):127-129, 135.

[6] 王飞. 辛伐他汀的临床不良反应研究 [J]. 中国现代药用, 2009 3(1):107-108.

[7] 周红军, 郭巍. 中药治疗高血脂症的临床研究进展 [J]. 现代中西医结合杂志 2011 20(20):2592-2593.

[8] 马毓泉. 内蒙古植物志(第三卷) [M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1989: 519-522.

[9] 杜巧珍, 红雨, 包贺喜图. 珍稀濒危植物蒙古扁桃研究进展 [J]. 内蒙古师范大学学报: 自然科学汉文版, 2010 39(3): 309-313.

(上接第 347 页)

fresh and processed foods—A review [J]. Food Research International 2013 51(2):823-835.

[12] Mehinagic E, Royer G, Symoneaux R, et al. Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements [J]. Postharvest Biology & Technology 2004 34(3):257-269.

[13] Corona O, Torchio F, Giacosa S, et al. Assessment of Postharvest Dehydration Kinetics and Skin Mechanical Properties of “Muscat of Alexandria” Grapes by Response Surface Methodology [J]. Food & Bioprocess Technology, 2016, 9(6): 1-10.

[14] Segade S R, Giacosa S, Torchio F, et al. Impact of different advanced ripening stages on berry texture properties of ‘Red Globe’ and ‘Crimson Seedless’ table grape cultivars (Vitis vinifera L.) [J]. Scientia Horticulturae 2013(160):313-319.

[15] Bouveyron C, Brunet C. Probabilistic Fisher discriminant analysis: A robust and flexible alternative to Fisher discriminant analysis [J]. Neurocomputing 2012 90(8):12-22.

[16] Duprat F, Grotte M, Loonis D, et al. Etude de la possibilité de mesurer simultanément la fermeté de la chair et de l'épiderme des pommes [J]. Sciences des Aliments 2000 20(2):253-264.

[17] 马庆华, 王贵禧, 梁丽松. 质构仪穿刺实验检测冬枣质地品质方法的建立 [J]. 中国农业科学 2011 44(6):1210-1217.

[18] Bourne MC. Measure of Shear and Compression Components of Puncture Tests [J]. Journal of Food Science, 2006, 31(2): 282-291.

[19] Diamante L, Umemoto M. Rheological Properties of Fruits and Vegetables: A Review [J]. International Journal of Food

[10] 白迎春, 石松利, 钮树芳, 等. 蒙古扁桃药材对大鼠高脂血症的影响 [J]. 时珍国医国药 2012 23(10):2406-2407.

[11] 吴培赛, 石松利, 周红兵, 等. 蒙古扁桃药材不同提取物对高脂血症大鼠血脂和肝功能的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志 2015 21(21):113-117.

[12] 陈晓燕. 桃仁、桑叶化学成分及生物活性研究 [D]. 北京协和医学院 2014.

[13] 姬凤彩, 姚刚, 李琳琳, 等. 对大鼠高脂血症模型分型的讨论 [J]. 新疆医科大学学报 2007 30(11):1297-1298.

[14] 段金殿, 范欣生, 宿树兰, 等. 中药及方剂量效关系的研究进展与思考 [J]. 南京中医药大学学报, 2009, 25(4): 241-245.

[15] 谢晚晴, 连凤梅, 姬航宇, 等. 中药量效关系研究进展 [J]. 中医杂志 2011 52(19):1696-1699.

[16] 王彬辉, 章文红, 张晓芬, 等. 苦杏仁苷提取工艺及药理作用研究新进展 [J]. 中华中医药学刊 2014 32(2):381-384.

[17] DENG J, LI C, WANG H, et al. Amygdalin mediates relieved atherosclerosis in apolipoprotein E deficient mice through the induction of regulatory T cells [J]. Biochem Biophys Res Commun 2011 411(3):523-529.

Properties 2015 18(6):1191-1210.

[20] Letaief H, Rolle L, Zeppa G, et al. Assessment of grape skin hardness by a puncture test [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture 2008 88(9):1567-1575.

[21] Costa F, Cappellin L, Longhi S, et al. Assessment of apple (Malus x domestica Borkh.) fruit texture by a combined acoustic-mechanical profiling strategy [J]. Postharvest Biology & Technology 2011 61(1):21-28.

[22] Rolle L. Instrumental Texture Analysis Parameters as Markers of Table-Grape and Winegrape Quality: A Review [J]. American Journal of Enology & Viticulture 2012 63(1):11-28.

[23] Zsófi Z, Villangó S, Pálfi Z, et al. Texture characteristics of the grape berry skin and seed (Vitis vinifera, L. cv. Kékfrankos) under postveraison water deficit [J]. Scientia Horticulturae 2014, 172(172):176-182.

[24] Lang A, Düring H. Grape berry splitting and some mechanical properties of the skin [J]. VITIS—Journal of Grapevine Research 1990 29(2):61-70.

[25] Bianchi T, Guerrero L, Gratacós-Cubarsí M, et al. Textural properties of different melon (Cucumis melo L.) fruit types: Sensory and physical-chemical evaluation [J]. Scientia Horticulturae 2016(201):46-56.

[26] Stanley J, Prakash R, Marshall R, et al. Effect of harvest maturity and cold storage on correlations between fruit properties during ripening of apricot (Prunus armeniaca) [J]. Postharvest Biology & Technology 2013 82(82):39-50.