

王鸿飞 邵兴锋 主编

果品蔬菜贮藏与加工 实验指导



Guopin Shucai Zhucang Yu
JiagongShiyan Zhidao



科学出版社

果品蔬菜贮藏与加工实验指导

王鸿飞 邵兴锋 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本实验指导分为三个部分:第一部分为果蔬原料新鲜度及品质分析实验,第二部分为果蔬贮藏及生理生化实验,第三部分为果蔬加工工艺实验。既包含经典的传统实验方法,也有反映新仪器、新技术的新实验方法。内容全面、系统,可操作性强,力求让读者掌握果蔬贮藏加工方面的检测方法和加工工艺。

本书主要满足高等院校食品、园艺相关专业师生在果蔬贮藏加工课程实践实训教学和技能培养方面的需要。同时,本书也可以作为科研院所科技人员、农业推广人员及食品加工企业从业人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

果品蔬菜贮藏与加工实验指导 / 王鸿飞, 邵兴锋主编. —北京: 科学出版社, 2012.7

ISBN 978-7-03-034849-4

I. ①果… II. ①王… ②邵… III. ①水果—食品贮藏—实验—高等学校—教学参考资料 ②蔬菜—食品贮藏—实验—高等学校—教学参考资料 ③水果加工—实验—高等学校—教学参考资料 ④蔬菜加工—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①TS255.3-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第128705号

责任编辑: 陈 露 封 婷 景艳霞 / 责任校对: 张 林

责任印制: 刘 学 / 封面设计: 殷 靓

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

江苏省句容市排印厂印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年7月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2012年7月第一次印刷 印张: 11 1/2

字数: 211 000

定价: 24.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《果品蔬菜贮藏与加工实验指导》

编辑委员会

主 编 王鸿飞 邵兴锋

编 委 (按姓氏笔画排序)

王鸿飞 (宁波大学)

杨震峰 (浙江万里学院)

邹秀容 (韶关学院)

邵兴锋 (宁波大学)

赵 立 (淮阴工学院)

樊明涛 (西北农林科技大学)

潘磊庆 (南京农业大学)

前 言

随着社会的发展进步和人民生活水平的不断提高，国民对于饮食的需求和自身健康的关注程度越来越高。果蔬不仅具有鲜艳美丽的色泽、诱人的风味和芳香、良好的质地和口感，引发食欲；同时还能提供维生素、矿物质和膳食纤维等多种营养物质，以及多酚、黄酮、色素等具有抗氧化、抗癌等生理功能的植物化学物质。尤其是近年来功能食品的研发，使得消费者对果蔬关注和喜爱程度越来越高。但是，新鲜果蔬是活的有机体，采后仍进行着旺盛的生理活动，易受腐败菌侵染，极易衰老和腐烂；且果蔬原料季节性强，上市集中，缺乏合理的贮运工艺技术和装备将造成巨大的经济损失。因此，需要进行合理的贮藏来延长贮运期，以满足市场对新鲜水果的需求和工厂对加工原料的需要。果蔬加工不仅为消费者提供各种不同形式的食品，同时也达到果蔬保藏的目的。

果蔬贮藏加工一直以来是我国食品工业的重要组成部分，“果蔬贮藏加工学”是食品科学与工程、食品质量与安全专业和园艺等相关专业的一门必修（或选修）课程。该课程在近年来不断融入新技术、新工艺。我们正是从相关课程的实验实践教学和毕业设计等需要出发，组织编写了《果品蔬菜贮藏与加工实验指导》，以满足高等院校食品、园艺相关专业师生的需求。同时，本书也可以作为科研院所科技人员、农业推广人员及食品加工企业从业人员的参考资料。

本书分为三个部分：第一部分为果蔬原料新鲜度及品质分析实验，第二部分为果蔬贮藏及生理生化实验，第三部分为果蔬加工工艺实验。涵盖了果蔬原料品质的分析、贮藏期生理生化分析和加工工艺。既包含经典的传统实验方法，也包括一些新设备和新技术在果蔬贮藏与加工中的使用等新内容。内容全面、系统，可操作性强，力求让读者掌握果蔬贮藏加工方面的检测方法和加工工艺。本书由王鸿飞、杨震峰、邹秀容、邵兴锋、赵立、樊明涛、潘磊庆（按姓氏笔画序）编写，邵兴锋统稿。在编写过程中，参考了大量的国内外资料文献，但由于篇幅所限，未能一一加注。在此，向参考的书籍和文献的作者表示深深的谢意！

由于编者水平有限，时间仓促，在编写过程中难免有不足和疏漏之处，敬请广大读者批评指正，以便今后进一步修改、补充和完善。

编 者

2012年3月于宁波大学

目 录

前言

第一部分 果蔬原料新鲜度及品质分析实验

实验 1	果蔬原料一般物理性状的测定	3
实验 2	果蔬表面颜色的测定——色差仪	6
实验 3	果蔬原料质地特性的分析测定——质构仪	10
实验 4	果蔬含水量的测定	16
实验 5	果蔬中叶绿素含量的测定	18
实验 6	果蔬可溶性固形物含量的测定——折射仪法	20
实验 7	果蔬中可溶性糖的测定——蒽酮比色法	23
实验 8	果蔬中还原糖的测定——3,5-二硝基水杨酸 (DNS) 比色法	25
实验 9	果蔬 pH、可滴定酸含量和糖酸比的测定	28
实验 10	高效液相色谱法测定果蔬中的可溶性糖和有机酸的组成和含量	32
实验 11	果蔬中维生素 C 含量的测定——钼蓝比色法	35
实验 12	果蔬中游离氨基酸总量的测定	38
实验 13	果蔬组织中可溶性蛋白质含量的测定——考马斯亮蓝 G250 比色法	41
实验 14	果蔬抗氧化能力的测定	44

第二部分 果蔬贮藏及生理生化实验

实验 15	果蔬呼吸强度的测定	49
实验 16	果蔬乙烯生成速率的测定	52
实验 17	果蔬中纤维素含量的测定	54
实验 18	果蔬中纤维素酶 (Cx) 活性的测定	56
实验 19	果蔬中不同溶解性果胶含量的测定	59
实验 20	果蔬中果胶酯酶 (PE) 和多聚半乳糖醛酸酶 (PG) 活性测定	62
实验 21	果蔬组织中超氧化物歧化酶 (SOD) 活性测定	65
实验 22	果蔬组织中超氧阴离子产生速率的测定	68
实验 23	果蔬组织中过氧化物酶 (POD) 活性测定	71
实验 24	果蔬组织中抗坏血酸过氧化物酶 (APX) 活性测定	73

实验 25	果蔬组织中谷胱甘肽还原酶(GR)活性的测定	75
实验 26	果蔬组织中还原型谷胱甘肽(GSH)含量的测定	77
实验 27	果蔬组织中过氧化氢酶(CAT)活性测定	79
实验 28	果蔬组织中过氧化氢含量的测定	81
实验 29	果蔬细胞膜透性的测定	83
实验 30	果蔬组织中丙二醛含量的测定	85
实验 31	果蔬组织中脯氨酸含量的测定	87
实验 32	气相色谱法测定果蔬样品膜脂中脂肪酸的含量	89
实验 33	果蔬组织中苯丙氨酸解氨酶(PAL)的活性测定	92
实验 34	果蔬组织中多酚氧化酶(PPO)活性的测定	94
实验 35	果蔬组织中脂肪氧化酶(LOX)活力的测定	96
实验 36	果蔬组织中淀粉酶活性的测定	97
实验 37	果蔬组织中的蔗糖合成酶类活性	99
实验 38	果蔬组织中酸性转化酶和碱性转化酶活性测定	102
实验 39	乙烯对果实的催熟作用	104
实验 40	果蔬冷害分析	106
实验 41	果蔬组织中同工酶和可溶性蛋白质的凝胶电泳	108
实验 42	果蔬组织中核酸的提取与测定	113

第三部分 果蔬加工工艺实验

实验 43	果蔬加工过程中的颜色控制	125
实验 44	果蔬罐头的制作	129
实验 45	果蔬汁饮料的制作	134
实验 46	果蔬糖制品的制作	139
实验 47	果冻的制作	147
实验 48	蔬菜的腌制	149
实验 49	果蔬的干制	154
实验 50	果蔬的速冻	158
实验 51	橘皮中果胶的制备	163
实验 52	果酒的加工	165
主要参考文献		168
附录一	折光仪测定可溶性固形物温度校正	169
附录二	常用缓冲液的配制方法	170

第一部分 果蔬原料新鲜度及品质分析实验

实验 1 果蔬原料一般物理性状的测定

【实验目的】

掌握果蔬一般物理性状的分析测定方法。

【实验原理】

果蔬的一般物理性状包括果蔬的质量、大小、密度、容重、硬度等。在果实成熟、采收、运输、贮藏及加工期间，组织内部一系列复杂的生理生化变化，导致此类物理特性发生变化。通过此类物理特性的分析测定，可以确定果蔬的采收成熟度，识别品种特性，进行产品标准化生产；在贮藏过程中，相关分析测定能反映果蔬在不同贮藏环境下的变化；对于加工用原料，通过相关分析测定能了解其加工适用性能。

【实验材料】

苹果、梨、桃、柑橘、香蕉、番茄、茄子、辣椒等。

【仪器设备及用品】

游标卡尺，电子天平或托盘台秤，果实硬度计，榨汁机/匀浆机，比色卡片，排水筒，量筒等。

【实验方法】

1. 平均果重

取果实 10 个，分别放在电子天平或托盘台秤上称重，记录单果重，求出平均果重(g/个)。

2. 果形指数

果形指数=纵径/横径，取果实 10 个，用游标卡尺测量果实的最大横径(cm)和纵径(cm)，多次测量求平均值，计算果形指数。通常果形指数在 0.8~0.9 为圆形或近圆形，0.6~0.8 为扁圆形，0.9~1.0 为椭圆形，1.0 以上为长圆形。

3. 果面特征

取 10 个果实进行总体观察，记录果皮粗细、底色和面色(若没有底色和面色之分则记录单一颜色)的状态。果实底色可分为深绿色、绿色、浅绿色、绿黄色、浅黄色、黄色、乳白色等，也可用特制的比色卡片(如香蕉成熟度比色卡、苹果成熟度比色卡)进行比较，分成若干等级。果实因种类不同，显出的面色也有所差别，如紫色、红色、粉红色等。记载颜色的种类和深浅，占果实表面积的百分数。果蔬的颜色也可以用色差仪进行分析测定(详见实验 2)，获得相关参数的准确数值。

4. 果肉比率

取 10 个果实，除去果皮、果心、果核或种子，分别称量各部分的重量，求得果肉(或可食部分)的百分率。

5. 果肉出汁率

汁液丰富的果实也可以分析出汁率来代替果肉比率。目前，用于测定果肉出汁率的方法大概有如下几种：

可用榨汁机将果汁榨出，称果汁重量，求出果实的出汁率。

可将果实在匀浆机中匀浆，在离心机中以 3000 r/min 离心 10 min，称取上清液的重量，计算出汁率。

在果实上取下一定直径和厚度的果肉圆片，称取原始重量。再将果肉片包裹在脱脂棉或滤纸中，3000 r/min 离心 10 min，称量离心后重量。以离心前后失重的比例作为果肉出汁率。

6. 果实硬度

用每平方厘米面积上承受的压力表示硬度，果实硬度是果实成熟度的重要指标之一。取 10 个果实，在其赤道部位对应两面薄薄地削去一小块果皮(约 2 mm 厚，直径 1 cm 以上)，用果实硬度计(图 1-1)测定果肉硬度。若果实着色不均，测定应分别在果实着色最浓的一侧和着色最淡的一侧进行。

在使用果实硬度计测定前先将果实硬度计清零，一手握住水果，一手用硬度计对准削好的果面用力压，使测头顶部垂直、匀速压入果肉中，直至测头标线位置与果面齐平，读取表盘上的压力数值(单位为千克、牛顿、磅^①等)。重复测定取其平均值，该数值除以探头面积大小即为所测定果蔬的硬度值。硬度越大，表明质地越紧密。硬度与果实的贮藏性往往呈现一定的正相关性。

果蔬硬度测定也可以采用质构仪等质地分析仪器测定(详见实验 3)，此类仪器除了分析获得硬度参数以外，还能获得如脆性、黏着性、咀嚼性、弹性、回复性等质地特征参数。

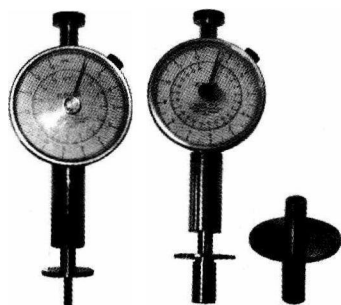


图 1-1 果实硬度计

① 1 磅=0.4536kg。

7. 果实密度

采用排水法求果蔬的密度。取果实 10 个,放在电子天平或托盘台秤上称重 W 。将排水筒装满水,多余水由溢水孔流出,至不再滴水为止。置一个量筒于排水孔下面,把果实轻轻放入排水筒的水中,此时,溢水孔流出的水盛于量筒内,再用细铁丝将果实全部没入水中,待溢水孔水滴滴尽为止,测量记录果实的排水量,即果实的体积 V ,计算果实的密度。

$$\text{密度}(P) = \text{重量}(m) / \text{体积}(V)$$

8. 果蔬容重

果蔬的容重是指正常装载条件下单位体积的空间所容纳的果蔬重量,常用 kg/m^3 或 t/m^3 表示。体积重量与果蔬的包装、贮藏和运输的关系十分密切。可选用一定体积的包装容器,或特制一定体积的容器,装满一种果实或蔬菜,然后取出称量,计算出该品种果蔬的体积重量。由于存在装载密实程度的误差,应多次重复测定,取平均值。

【实验结果与计算】

样品编号	果重	果形指数	果面特征	果肉比率 (出汁率)	硬度	密度	容重
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
平均值							

【注意事项】

1. 硬度是以每平方厘米面积上承受的压力数表示,是压强单位;
2. 注意游标卡尺的使用。

【思考题】

针对一种原料,实验分析其各种物理特性,例如果品表面颜色与硬度、密度等之间是否有相关性。

实验2 果蔬表面颜色的测定——色差仪

【实验目的】

1. 了解表征果蔬表面颜色的常用表色系统，掌握各参数的具体含义；
2. 了解色差仪的基本构造、工作原理和使用方法；
3. 熟练运用色差仪开展果蔬表面颜色测定分析。

【实验原理】

表面颜色是果蔬的重要品质指标之一。表面颜色不仅影响消费者的感官判断，颜色变化还能直接反映果实的成熟度、新鲜度以及内部品质的变化。研究表明，果蔬表面颜色与果实硬度、糖和酸的含量等内部品质具有较好的相关性，通过对表面颜色的测定可预测果实内部品质。在果蔬采收后的分级中，颜色是一个重要的指标；基于计算机视觉所获取的果蔬表面颜色特征，是实现产品快速、无损检测分析的重要依据。

常用的颜色表色系统包括孟塞尔表色系统、 $L^*a^*b^*$ 表色系统、 $L^*C^*H^*$ 表色系统等，各个表色系统具有不同的特点。孟塞尔 (Munsell) 表色系统由美国艺术家 Munsell 于 1898 年发明，1905 年正式确立。该系统用 3000 多张色卡组成色彩空间，直接表达色彩三要素。孟塞尔表色系统的色彩空间的垂直轴表示明度，最上为白色，最下为黑色，中间为一系列的中性灰色，同一明度平面的颜色明度相同；每个明度平面上，按照角度逐渐变化的是色相，其极坐标角度可以表示该位置的色相；色彩到垂直轴之间的距离代表的是饱和度，越靠近垂直轴饱和度越低，越靠近周边饱和度越高。

CIE LAB ($L^*a^*b^*$) 色度空间是 1976 年国际照明委员会 (CIE) 推荐的均匀颜色空间，用假想的球形三维立体结构表示色彩，是用于仪器测色的表色系统，可以精确地测定连续的色度值。在 CIE LAB 表色系统，中轴是明度轴，上白下黑，中间为亮度不同的灰色过渡。此轴称为 L^* 轴。 L^* 称为明度指数， $L^* = 0$ 表示黑色， $L^* = 100$ 表示白色。中间有 100 个等级。色圆上有一个直角坐标，即 a^* 、 b^* 坐标方向。 $+a^*$ 方向越向外，颜色越接近纯红色； $-a^*$ 方向越向外，颜色越接近纯绿色。 $+b^*$ 方向是黄色增加， $-b^*$ 方向是蓝色增加。

$L^*a^*b^*$ 表色系统中可以计算出两种色彩的色差 ΔE^*_{ab} ， $\Delta E^*_{ab} = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$ ，其中 $\Delta L^* = L_1 - L_2$ 、 $\Delta a^* = a_1^* - a_2^*$ 、 $\Delta b^* = b_1^* - b_2^*$ ，即两点间三坐标值的差。 ΔE^*_{ab} 与观察感觉的关系如表 2-1 所示。

表 2-1 ΔE^*ab 值与观察感觉

ΔE^*ab 值	感觉到的色差程度
0 ~ 0.5	极小的差异 (trace)
0.5 ~ 1.5	稍小的差异 (slight)
1.5 ~ 3.0	感觉到有差异 (noticeable)
3.0 ~ 6.0	较显著差异 (appreciable)
6.0 ~ 12.0	很明显差异 (much)
12.0 以上	不同颜色 (very much)

资料来源：李里特，2001。

$L^*C^*H^\circ$ 表色系统：由于 $L^*a^*b^*$ 表色系统中的 a^* 和 b^* 不能单独、明确表达彩度及色相，为此 CIE 又制定了 $L^*C^*H^\circ$ 表色系统。 $L^*C^*H^\circ$ 表色系统也是针对仪器测色的表色系统，采用与 $L^*a^*b^*$ 表色系统相同的色彩空间，可以定位连续的比色的色度值。 L^* 、 C^* 、 H° 三个参数与孟塞尔表色系统结构相似，可反映色彩给人的心理感受。 L^* 同样代表明度； C^* 称为饱和度 (metric chroma)，表现为对象的坐标点与纵轴之间的垂直距离，用以表示比色的饱和度； $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ ， C^* 值越大，色彩越纯。 H° 称为色相角 (metric hue angle)，表现为对象的坐标点与原点连接成的直线与 a^* 轴之间的夹角，即 $H^\circ = \arctan \frac{b^*}{a^*}$ ，用以表示不同的比色所得的色相。

色差仪是一种常见的光电积分式测色仪器，它仿照人眼感色的原理，采用能感受红、绿、蓝三种颜色的受光器，将各自所感受的光电流加以放大处理，得出各色的刺激量，从而获得这一颜色的信号。测色色差仪主要包括测头、数据处理器 (含显示器及打印机)、直流电源及附件四部分。测色仪测头由照明光源、滤色器、硅光电池、隔热玻璃、凸透镜导光筒、挡板和积分球等组成。当仪器内部的标准光源照射被测物体，在整个可见光波长范围内进行一次积分测量，得到透射或反射物体色的三刺激值和色品坐标，并通过专用计算机系统给出被测样品的相关色差参数值。这是一种操作简便的光学分析仪器。

【实验材料】

苹果、梨、桃、柑橘、香蕉、番茄、茄子、辣椒等。

【仪器设备】

色差仪。

【实验步骤】

1. 打开电源

将电源开关打开，仪器显示操作界面或指示灯亮，表明仪器已有电源输入。

2. 预热

仪器通电后，自动进入 10 min 倒计时预热时间，使光源和光电探测器稳定。

3. 调零

预热结束后，仪器自动进入调零状态。仪器显示“调零”，此时将光学测试头垂直放在黑色调零用的黑筒上，按下“执行”键，几秒后仪器提示调零结束，并自动转入调白操作。

4. 调白

当仪器显示“调白”时，将光学测试头放在标准白板上，按下“执行”键，几秒后仪器提示调白结束，并自动转入允许测试状态。

5. 样品测定

当仪器显示“测试样品”时，先将测试的果蔬样品放置于光学测试头下，将测头与果蔬表面紧密接触，按下“执行”开关，完成一次测试。

6. 选择表色参数

读取 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C^* 、 H° 值。

7. 重复测定

单个样品，重复测定取其平均值。

8. 关机

当一批样品测色结束后，关上 POWER 开关，指示灯灭，切断电源，收好标准白板、黑筒等。

【实验结果与计算】

测定编号	L^*	a^*	b^*	C^*	H°
1					
2					
3					
4					
平均值					

【注意事项】

1. 色差仪是精密的光学仪器，须放置于温度恒定、干燥、无振动的地方；避免高温、高湿和大量灰尘，避免在直射阳光或强光下操作。

2. 散热的通风孔请勿堵塞。

3. 不要用挥发性液体或者化学抹布擦拭仪器表面，特别是避免液体进入仪器内部。

4. 光学测试探头属于贵重易坏物品，样品与光学测头的接触一定要缓慢，避免受力损坏；也不要用手去触摸光学测头的内部。

5. 不同生产厂家的仪器操作界面不同，但大都经过“通电”、“预热”、“调零”、“调白”和“测试”这些步骤。

【思考题】

比较同一果实不同部位、同种果实不同成熟度的颜色差异，计算 ΔE^*_{ab} 值，通过表 2-1 比较其颜色是否存在差异及差异大小。

实验3 果蔬原料质地特性的分析测定——质构仪

【实验目的】

1. 了解质构仪的构造、工作原理；
2. 掌握质地剖面分析法(TPA)、穿刺等果蔬质地分析的常用方法；
3. 熟练运用质构仪开展果蔬质地的分析评价。

【实验原理】

食品的质地(texture)是一种感官特性,它反映食品的物理性质和组织结构,是构成食品品质的重要因素之一,食品的质地与以下三个方面的感觉有关:①手或手指对食品的触摸感;②目视的外观感觉;③口腔摄入时的综合感觉,包括咀嚼时感到的软硬、黏稠、酥脆、滑爽等。食品的质地主要包括硬度、脆性、弹性、凝聚力、附着性、咀嚼性、黏着性等指标。质地是果蔬的重要属性之一,它不仅与产品的食用品质密切相关,而且是许多种果蔬的贮藏性与贮藏效果的重要指标。对于果蔬质地的分析测定,可通过感官评价和仪器分析。

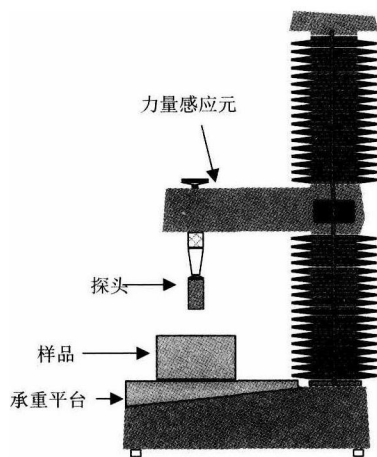


图 3-1 质构仪示意图

在仪器分析中,质地测定仪(质构仪)是较为常用的设备之一,它主要由力量感应元、各种测试探头、承重平台、数据分析软件等组成(图 3-1)。通过质构仪力量感应元携带测试探头的向下运动(压缩、穿刺、剪切等)和向上运动(拉伸),测定运动过程中的力、距离或时间的变化,通过数据分析软件客观地分析相关质地指标。在果蔬质地分析中,较为常用的测试方法主要包括压缩法(compression)、穿刺法(puncture and penetration)、TPA(texture profile analysis, 质地剖面分析法)等。

质地剖面分析法(TPA)是一种最重要的质地分析方法,它通过模拟人体口腔的咀嚼运动,对样品进行两次压缩,分析得出硬度、脆性、黏着性、凝聚性、弹性、咀嚼性和回复性等质地特征参数(图 3-2);具体的参数定义见表 3-1。目前,TPA 方法已经用于多种食品的研究分析过程中。