



ER. B. 潘塔斯蒂科主编
中国科学院华南植物研究所生理生化室组译

热带和亚热带果蔬采后 生理、处理及利用

农业出版社

热带和亚热带果蔬采后生理、 处理及利用

ER. B. 潘塔斯蒂科主编

中国科学院华南植物研究所生理生化室组译

农业出版社

POSTHARVEST PHYSIOLOGY,
HANDLING AND UTILIZATION OF
TROPICAL AND SUBTROPICAL
FRUITS AND VEGETABLES

Edited by ER. B. PANTASTICO

University of The Philippines
College of Agriculture
College, Laguna, Philippines

WESTPORT, CONNECTICUT
THE AVI PUBLISHING COMPANY, INC.
1975

热带和亚热带果蔬采后生理、处理及利用

ER. B. 潘塔斯蒂科主编

中国科学院华南植物研究所生理生化室组译

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新疆书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 17.75 印张 446 千字
1982 年 7 月第 1 版 1982 年 7 月北京第 1 次印刷
印数 1—1,550 册

统一书号 16144·2301 定价 2.15 元

序 言

对于园艺作物的采后生理和处理，虽已有不少研究报告和有关资料，但至今尚无一本专门讨论这方面问题的出版物。仅有关某一种或少数选择作物或有关特殊问题的参考文献分散见于期刊，年评论，报告和某些书上。这种情况很不利于教学，特别对大学程度的教学。学生们需要一本比较简练和综合的教科书。编者的主要目的，就为了满足这些需要。再者，这本书应对希望得到最新资料的研究人员提供服务。在热带和亚热带国家，发表研究的期刊流通数量有限并且通常不是用英文写的。因此，本书选聘了代表不同国家的活跃的研究人员作为撰稿人。

采后生理的范围近年来大大扩大了。化学和物理变化过程的概念已包括调节这些变化的方法。因此操作技术也包括在内。譬如，研究采后呼吸的机制，引起一系列重要研究的发展，包括产品的气调贮藏，冷藏，化学处理，包装和处置。装置了精密设备并已在商业上应用。工程师和经济学家日益重视新鲜原料的性质，市场专家曾想方设法以改进产品质量，这在热带地区它曾被古老的处理方法所损坏。

这些就是在组织这本书时的动机。由于它是界于教科书和参考资料的结合体，每一论题都先从基本原理开始讨论，然后评述最新资料。因此编者在很大程度上相信，这本书不仅是对长期需求的大学教师，采后生理研究者和学生的一个回答，而且是提供一个机会，使得采后生理学家能够对园艺产品的更充分利用和分布作出贡献。

本书撰稿人

- ABBOTT, J.C. 联合国粮食和农业组织, 农村研究部, 市场,
借贷和合作服务处, 意大利, 罗马
- AKAMINE, E.K. 美国夏威夷大学, 热带农业学院, 夏威夷农
业试验站, 植物生理系
- ALI, N. 巴基斯坦农业大学, 园艺系
- BAKER, J.E. 美国农业部, 农业研究中心
- BHANTUMNAVI N, K. 泰国, Mahidol 大学理学院生物系
- BHATTI, M.B. 巴基斯坦, 农业大学食品加工系
- CHACE, W.C. JR. 美国农业部, 农业研究中心, 欧洲研究
中心, 市场品质研究组, 荷兰, 鹿特丹
- CHACHIN, K. 日本, 大阪大学农学院, 园艺产品的生理和加工
实验室
- CHATTOPADHYAY, T.K. 印度西孟加拉, 卡利亚尼大学
农学院, 园艺系
- DO, J.Y. 美国犹他州立大学, 食品科学和营养系
- ECKERT, J.W. 美国佛里赛加州大学, 植物病理系
- DE FOSSARD 澳洲新南威尔士, 新英格兰大学植物系
- GRIERSON, W. 美国佛罗里达州, 农业研究和教育中心, 采
收和处理部
- HALL, C.W. 美国华盛顿州立大学, 工学院, 院长办公室
- HARDENBURG, R.E. 美国农业部, 农业研究中心, 市场品
质研究组

- HATTON, T.T.JR. 美国佛罗里达州, 园艺研究室
- KITAGAWA, H. 日本香川大学农学院, 园艺作物的加工和
采后生理系
- LODH, S.B. 印度, 园艺研究所 (ICAR)
- LONG, P.G. 西萨摩亚, 南太平洋地区的热带农业学院
- MATTOO, A.K. 印度, 巴罗达大学, 微生物系
- MURATA, T. 日本, 静岗大学农学部, 水果和蔬菜的贮藏和
采后生理实验室
- O'BRIEN, M. 美国达维斯加州大学, 农业工程系
- OGATA, K. 日本, 大阪大学农学院, 园艺产品的生理和加工
实验室
- PABLO, I.S. 菲律宾女子大学, 食品科学和加工, 营养研究
所
- PANTASTICO, ER. B. 菲律宾大学农学院园艺系, 采后生理
实验室
- PHAN, C.T. 加拿大艾伯塔大学, 农学院, 植物科学系
- RAINA, B.L. 印度, 食品加工中心研究所
- RODRIGUEZ, R. 印度, 食品加工中心研究所
- RUBIO, PRISCILLA 菲律宾大学农学院园艺系采后生理实
验室
- SAFRAN, HANAN. 以色列, 农业研究中心, 农业部, 柑桔
研究组
- SALUNKHE, D.K. 美国, 犹他州立大学, 食品科学和营养
系
- SILLS, V.E. 新西兰, Massey 大学食品加工系
- SPINKS, G.R. 联合国粮农组织, 农村研究组, 市场, 借贷和
合作服务处, 意大利, 罗马
- SUBRAMANYAM, H. 印度, 食品加工中心研究所

THOMPSON, A. K. 英国, 热带产品研究所

ULRICH, R. 法国, 巴黎大学, 果蔬采后生理研究室

VENTER, F. 西德孟根技术大学

目 录

第一篇 一般引言

第一章	果实和蔬菜的结构	1
第二章	采前因子对采后品质和生理的影响	20
第三章	贮藏器官生长期间的物理化学变化	32

第二篇 采后生理

第四章	采收标志	45
第五章	乙烯对成熟的作用	62
第六章	呼吸作用和呼吸高峰	72
第七章	成熟和衰老期间的化学变化	87
第八章	成熟和衰老中的形态变化	110

第三篇 后熟和衰老的调节

第九章	化学的变更	128
第十章	气调贮藏	147
第一节	生物化学方面的问题	147
第二节	生理学和应用方面的问题	155
第三节	各论	168
第十一章	电离辐射处理	183

第四篇 采收和处理

第十二章	采收	197
第十三章	散装运输法	206

第十四章	包装间作业	226
第十五章	包装的原则	240
第一节	一般原则	240
第二节	塑料的消费包装	256
第十六章	贮藏及商品的贮藏管理	266

第五篇 生理失调和病害

第十七章	冷害	292
第十八章	除冷害外的生理失调	311
第一节	柑桔	311
第二节	番茄	322
第三节	其他水果和蔬菜	326
第十九章	采后病理学	335
第一节	一般原理	335
第二节	热带作物病害及其控制	353

第六篇 分配和利用

第二十章	运输原理和商业运输作业	377
第二十一章	加工用原料的质量	401
第二十二章	热带和亚热带水果的销售预措	436
第二十三章	热带地区销售和处理的措施	44 ₆
第一节	东南亚一般销售措施的分析	446
第二节	泰国采后的处理措施	458
第三节	斐济群岛和西萨摩亚出口香蕉的处理	462
第四节	夏威夷木瓜和风梨的处理	467
第五节	西印度某些热带作物的处理	470

附录

A.	缩写英文名词的中文译名	474
B.	温度换算表 ($^{\circ}\text{F} \longleftrightarrow ^{\circ}\text{C}$)	476
	参考文献	477

第一篇 一般引言

第一章 果实和蔬菜的结构

Er. B. Pantastico

具有重要经济价值的热带果实和蔬菜,包括有 16 个科的果实和大致相同数目科的蔬菜,它们有着不同的解剖结构(表1.1A和1.1B)。肉质果虽然仅有两种基本的类型,即浆果和核果。但它们的细微结构却有许多的差别。当涉及复合果时,概括它们的解剖学特性,就显得更加困难。分离的心室聚集、组成聚合结构而发展形成果实。解释蔬菜的结构,困难更多(表1.1C和1.1D)。整个植物体包括叶、花、茎、根及其分别的变形。

表 1.1 果蔬按分类位置、类型和用途的分类

科	果 蔬	学 名	类 型	描 述
A. 水 果				
漆 树 科	腰 果	Anacardium occidentale L.	坚 果	木质瘦果,长在肉质花托上
	杞 果	Mangifera indica L.	肉质核果	皮坚韧,厚的肉质中果皮带有石质外层内果皮和内层似纸的薄膜
番荔枝科	番 荔 枝	Annona squamosa	聚 生 果	每小果为一小浆果
	刺果番荔枝	Annona muricata	聚 生 果	大,肉质,有柔软多刺的皮。复合附果,小果(浆果)与苞片和花轴并合在一起
凤 梨 科	凤 梨	Ananas comosus Merr.	槲 果	复合附果
木 棉 科	榴 莲	Durio zibethinus L.	浆 果	厚,肉质开裂性果皮,复以硬尖刺

(续)

科	果 蔬	学 名	类 型	描 述
番木瓜科	番 木 瓜	<i>Carica papaya</i> L.	浆 果	肉质外皮, 有大中心空腔, 由上位子房衍生
葫芦科	西 瓜	<i>Citrullus vulgaris</i> schrad	瓠 果	变态的浆果, 由带有发育良好的心皮壁和一些花托组织的下位子房所组成
	甜 瓜	<i>Cucumis Melo</i> L.	瓠 果	变态的浆果, 由带有发育良好的心皮壁和一些花托组织的下位子房所组成
藤黄科	山 竹 子	<i>Garcinia mangostana</i> L.	浆 果	皮粗, 厚, 果肉甜, 粘着在种子上
樟 科	鳄 梨	<i>Persea americana</i> Mill.	浆 果	外果皮厚, 在外种壳外为肉质中果皮及一层很薄的内果皮, 种皮硬
楝 科	榔 色	<i>Lansium domesticum</i> Correa	浆 果	外果皮革质, 中果皮薄, 内果皮肉质
	仙 陀	<i>Sandoricum Koetjape</i> M.	浆 果	外果皮以肉质纤维与中果皮融合, 假种皮粘着种子上
桑 科	无 花 果	<i>Ficus Carica</i> L.	隐头果 Synconium	复合附果, 主要是肉质中空花托带有许多小瘦果
	波 萝 蜜	<i>Artocarpus integra</i> L.	复 合 果	很大, 有尖突起物, 内果皮厚与中果皮融合, 芳香并富有乳汁
芭蕉科	香 蕉	<i>Musa paradisiaca</i> L. var. <i>sapientum</i>	浆 果	果生长成簇, 带果指
桃金娘科	乌墨蒲桃	<i>Syzygium cumini</i> skeels	核 果	果黑紫色, 丛生, 单宁和花色素苷含量高
	番 石 榴	<i>Paidium gnajava</i> L.	浆 果	果皮不清晰
	洋 蒲 桃	<i>Eugenia ravanica</i> Lam.	浆 果	果实锥形, 果皮多孔
西番莲科	西 番 莲	<i>Passiflora edulis</i> Sims	浆 果	果皮厚, 有壳状的脆质果皮
蔷薇科	草 莓	<i>Fragaria vesca</i> L.	聚心果皮	聚生附果, 主要为一大肉质花托, 外带许多小瘦果
芸香科	甜 橙	<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	柑 果	有发育良好的内果皮的变态浆果

(续)

科	果 蔬	学 名	类 型	描 述
无患子科	红 毛 丹	<i>Nephellium lappaceum</i> L.	浆 果	果实覆有软刺, 果皮革质, 假种皮多汁
赤 铁 科	金 星 果	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	浆 果	极肉质化, 内果皮多汁, 富乳汁
	人 心 果	<i>Achras sapota</i> L.	浆 果	中果皮与内果皮融合

B. 果 菜

葫 芦 科	佛 手 瓜	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	瓠 果	外壁是花托
	黄 瓜	<i>Cucumis sativus</i> L.	瓠 果	果肉是中果皮和内果皮, 由下位子房衍生
	笋 瓜	<i>Cucurbita maxima</i> Duch	瓠 果	果肉是中果皮和内果皮, 由下位子房衍生
锦 葵 科	黄 秋 葵	<i>Hibiscus esculentus</i> L.	浆 果	果质纤维质
豆 科	豇 豆	<i>Vigna sinensis</i> (stickm.) Savi ex Hassk	荚 果	由单心皮子房衍生, 沿两缝线开裂
	菜 豆	<i>Phaseolus</i> sp. L.	荚 果	由单心皮子房衍生, 沿两缝线开裂
	豌 豆	<i>Pisum sativum</i> L.	荚 果	由单心皮子房衍生, 沿两缝线开裂
茄 科	茄 子	<i>Solanum melongena</i> L. var. <i>esculentum</i>	浆 果	外果皮薄, 中果皮和外果皮融合
	甜 椒	<i>Capsicum frutescens</i> L. var. <i>grossum</i>	浆 果	内腔大
	番 茄	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. var. <i>commune</i>	浆 果	种子散在多汁果肉中

C. 地 下 部 蔬 菜

百 合 科	蒜	<i>Allium sativum</i> L.	变 态 皮	小鳞茎构成的复合鳞茎, 有三种鳞片
	韭 葱	<i>Allium porum</i> L.	叶	膨大的基部发白, 但不是明确的鳞茎
	洋 葱	<i>Allium cepa</i> L.	鳞 茎	短缩茎带交错的叶基, 叶肉质

(续)

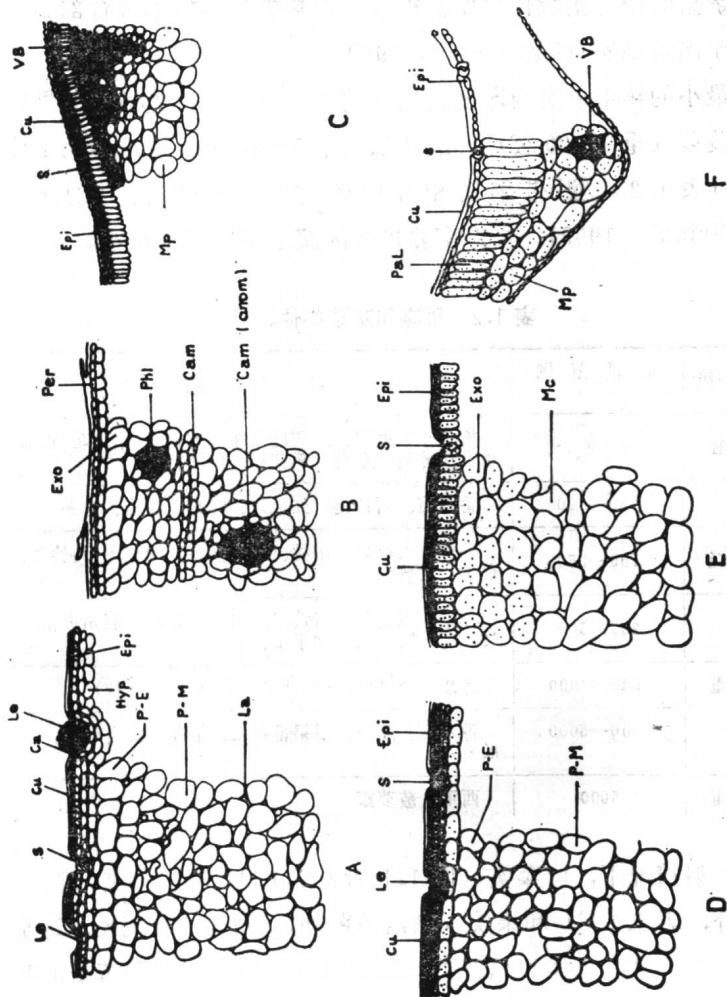
科	果 蔬	学 名	类 型	描 述
藜 科	甜 菜	<i>Beta vulgaris</i> L.	贮 藏 根	色素组织
十字花科	萝 卜	<i>Raphanus sativus</i> L.	贮 藏 根	根肉质, 衰老时变多孔
	芜 菁	<i>Brassica rapa</i> L. var. <i>rapifera</i> Metz.	变 态 根	陀螺形器官
旋花科	甘 薯	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Poir	根	质地较马铃薯粗
伞形科	胡 萝 卜	<i>Daucus carota</i> L. var. <i>sativa</i>	变 态 根	肉有色素
薑 荷 科	姜	<i>Zingiber officinale</i>	根 茎	膨大的地下水平茎
茄 科	马 铃 薯	<i>Solanum tuberosum</i> L.	块 茎	膨大的茎末梢部

D. 叶 菜 (包括花和茎)

百合科	石 刁 柏	<i>Asparagus officinalis</i> L. var. <i>attilia</i>	茎	肉质茎, 有螺旋状分布的鳞片
伞形科	芹 菜	<i>Apium graveolens</i> L. var. <i>dulce</i>	叶	脊状叶柄和有3—7片小叶的复叶
	欧洲芹菜	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill) Nym	茎 和 叶	浅裂和卷曲的叶片, 羽状复叶
菊 科	生菜(莴苣)	<i>Lactuca sativa</i> L.	叶	叶尖端卷曲
十字花科	孢子甘蓝	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>gemmifera</i>	芽	不定的边芽
十字花科	甘 蓝	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	持久的鳞茎	形成叶球
	花 椰 菜	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> DC	块状花序	由短节间, 分枝的顶花和苞片所构成
	球茎甘蓝	<i>Brassica caulorapa</i>	茎	球状茎, 皮薄
	芥 菜	<i>Brassica juncea</i> Coss	叶	边缘凹缺的叶片, 叶面似皱纱
	白 菜	<i>Brassica pekinensis</i>	叶	匙形叶, 脉宽

图 1.1 果实和蔬菜间结构差异的图解

(A) 柑果 B—甘薯 C—洋葱 D—番茄 E—番木瓜 F—气孔(S)、角质层(Cu)、表皮(Epi)、周皮(Per)、下皮(Hyp)、外果皮的薄壁组织(P-E)、中果皮的薄壁组织(P-M)、乳汁器(La)、韧皮部(Phl)、形成层(Cam)、异常的形成层[Cam (Anom)]、叶肉薄壁组织(Mp)、外果皮(Exo)、中果皮(Mc)和维管束(VB)的变异



尽管果实和蔬菜的结构不同（图 1.1），仍可概括它们的物理特性、质地和解剖学性状，其中有少数特性是热带作物所独有的。

物 理 特 性

蔬菜的损耗指数比果实低得多。但热带果实的不可食部分一般高于温带果实（Czyhrnciw 1969）。

最小的热带果实西印度樱桃（重 5—7 克），仅为最大的果实如木菠萝（重 8—20 公斤）或西瓜（重 5—10 公斤）重量的千分之一（表 1.2）。温带果实相互间的重量变幅则只有十分之一（Czyhrnciw 1969）。接近南北极带的浆果重量变幅更小。

表 1.2 果实和蔬菜的体积

体积分级	重量范围 (克)	果 实 和 蔬 菜
很 轻	50	椰色果、腰果、西印度樱桃、罗望子果、乌墨蒲桃、洋蒲桃、草莓、无花果、四季桔
轻	50—100	番石榴、西番莲、红毛丹、洋葱、甜椒、番茄
中 轻	100—250	香蕉、人心果、阳桃、仙陀、萝卜、胡萝卜、马铃薯、茄子、甘薯
中	250—500	杧果、煮食蕉、蛋黄果、柑桔（夏橙、温州蜜柑、‘Szinkom’、椪柑）、佛手瓜、黄瓜
中 重	500—1000	鳄梨、金星果、柿、异色柿（马把洛毛柿）
重	1000—5000	番木瓜、凤梨、刺果番荔枝、榴莲、蜜露甜瓜、笋瓜
很 重	5000	西瓜、菠萝蜜

一般情况下，叶菜类（图 1.1 和表 1.1 D）较根菜类（除百合科外，表 1.1 C）和果实（除西番莲外，表 1.1 A）疏松。这是由于叶菜类具有果实和根菜类作物所没有的栅状组织和疏松的叶肉组织。但似乎比重与可食部分的多孔性并无关系（表 1.3）。

表 1.3 一些热带果实的孔隙率和比重

果 实	可食组织的孔隙率 (%)	比 重
鳄 梨	5.4	0.759
香蕉“曼沙阿那”，熟	15.7	1.014
香蕉“彼罗”，熟	14.7	0.994
番 石 榴	17.0	1.051
芒果“赫拉恰”，熟	13.2	1.043
芒果“拉印度”，熟	5.2	1.042
番木瓜，熟	12.0	0.987
番木瓜，未熟	10.6	0.964
西番莲，熟	40.9	0.637
西番莲，未熟	29.8	0.771
凤梨，熟	13.3	1.012
凤梨，“洛斯安底斯”	10.5	0.974
煮食蕉，熟	15.9	1.014
煮食蕉，未熟	15.9	1.014
人心果	14.4	1.083
刺果番荔枝	19.8	1.038

材料来源：Mosqueda 和 Czyhrnciw (1964)

质 地 特 性

果实和蔬菜的质地不同（作者未发表材料）。果实的穿透计读数取决于外果皮的厚度和总固形物含量。在马铃薯等含淀粉的蔬菜中，则决定于淀粉的差异。外果皮厚的果实（芒果、鳄梨、番荔枝和柑桔）较外果皮薄的或与中果皮混合的果实（甜椒、菜豆和番茄）其穿透计读数高。

果蔬的质地还决定于细胞的膨胀性、粘着性、体积和形状，有无支持组织以及植物的成分。膨胀性产生于细胞成分对细胞壁的压力。它取决于液泡中有渗透活性物质的浓度、原生质的渗透性和细胞壁的弹性。液胞中含有各种溶解的同化物和代谢物决定细胞渗透浓度。渗透作用是物质由高动能区向低动能区运动。细胞液因含不溶解物质，具较低能量；结果是，水扩散进入细胞。继

续扩散则致提高细胞的能量水平，形成压力，使细胞质压迫细胞壁，致细胞膨胀。如将果蔬浸入盐或糖溶液中，由于细胞外能量较低，物质会向细胞外扩散，致质壁分离或细胞死亡。细胞内物质的扩散是由不同渗透性质膜所调节。细胞的有机物质被阻止不得外漏，而水和盐则允许进入。细胞壁是全渗透性的，随细胞的体积变化，易膨胀或软化。坚硬强韧的细胞壁，可保持果蔬质地坚硬。厚壁细胞则形成纤维的坚韧组织。

支撑组织改变果蔬的质地。幼龄植物由于薄壁组织细胞占优势而多汁。随着厚角组织和厚壁组织细胞分化，保持不同的质地。这两种细胞相结合使植物部分变得粗糙。芹菜因这两类组织存在，致纤维化或多筋。鳄梨果实厚角层兼有厚角组

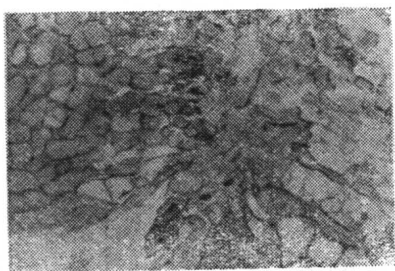


图 1.2 番石榴的一堆石细胞
石细胞有厚次生壁和许多纹孔道
(放大490倍)

织，使外层组织粗糙。葫芦科植物有坚硬果皮，是由于外层有大量的厚壁组织。番石榴的石细胞聚生（图1.2），使果实表皮和果肉表现粒状结构。

菜豆荚中的纤维鞘是一种重要的质地品质指标。纤维鞘是由与豆荚轴呈 45° 角的很狭而细长的石细胞所组成（图1.3和1.4）（Reeve 和 Brown 1968 a, b）。在过熟豆荚中的纤维鞘石细胞的加厚的细胞壁，是菜豆荚加工品质粗糙的主要原因。

细胞的形状和大小也影响质地。细胞小其间隙小或少，使质地坚实，大细胞常具有大细胞间隙，使质地粗糙或海绵状（Reeve 1953, Reeve和Neufeld 1959）。

细胞的粘性取决于果胶物质的量和质。成熟过程中，水溶性果胶增多，不溶性部分下降，致细胞易于分离。由于细胞分离的