

凌兴汉 吴显荣
中国农业出版社

编著



木瓜蛋白酶 与番木瓜栽培

木瓜蛋白酶与番木瓜栽培

凌兴汉 吴显荣 编著

中国农业出版社

木瓜蛋白酶与番木瓜栽培

凌兴汉 吴显荣 编著

* * *

责任编辑 陈岳书

中国农业出版社出版(北京市朝阳区农展馆北路2号 100026)

新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

787 mm×1092 mm 32 开本 5.75 印张 121 千字

1998 年 12 月第 1 版 1998 年 12 月北京第 1 次印刷

印数 1~2 000 册 定价 13.00 元

ISBN 7-109-05417-9/S·3454

(凡本版图书出现印刷、装订错误,请向出版社发行部调换)

前 言

木瓜蛋白酶是从未成熟的番木瓜果实中提取出来的植物蛋白酶，属于硫醇蛋白酶类。木瓜蛋白酶对许多蛋白质或肽类都有水解作用，而且原料资源丰富，生产方便，它不仅可作为科研方面的工具酶，而且还大量用于工业生产上，随着人们生活水平的提高，对食品质量要求亦越来越高。经木瓜蛋白酶处理的食物，可使食品种类多姿多彩，营养更丰富，口感更好。世界对它的研究越来越广泛，需求量越来越大。

我国有大量的番木瓜资源。木瓜蛋白酶则直到 80 年代才逐渐兴起，发展较快，但其产量远未达到市场需求。

本书集木瓜蛋白酶研究与生产经验，较详细地叙述了木瓜蛋白酶的生产工艺、应用实例、原料采集和番木瓜高产栽培经验等。本书对植物酶的研究，对农村开发资源，多种经营，快速获利致富，以及对工业生产，特别是食品工业增加品种，改良产品质量，降低生产成本，都会很有帮助。对科研人员和农业生产者是一本很有用的参考书。

本书在编写过程中得到中国农业大学阎隆飞教授的指导，华南农业大学范怀忠教授提供资料，广州前进食品厂陈明玉同志参与部分研究整理，在此一并表示感谢！

由于编写时间仓促，本书难免有不足之处，诚望广大读者给予指正。

作 者

1998-03

目 录

第一章 概述	1
第二章 番木瓜主要品种	4
一、野生木瓜	4
(一) 山番木瓜	4
(二) 槲叶木瓜	4
二、栽培品种	4
(一) 岭南木瓜	4
(二) 杂优一代木瓜	5
(三) 穗中红木瓜	5
(四) 泰国红肉木瓜	5
(五) 夏威夷苏罗 (Solo) 木瓜	6
(六) 蓝茎木瓜	6
第三章 番木瓜的生物学特性	7
一、根	7
二、茎	9
三、侧芽	12
四、叶	13
五、花性与株性	15
(一) 花性	15
(二) 株性	16
(三) 花性变异与种性退化	17
六、果实发育与种子	29

(一) 果实	29
(二) 种子	34
第四章 番木瓜对生态环境的要求	39
一、番木瓜对温度的要求	39
二、番木瓜对水分的要求	42
三、番木瓜对土壤的要求	44
四、番木瓜对肥料营养的要求	44
五、番木瓜对其他生态条件的反应	46
第五章 番木瓜栽培技术	47
一、播种育苗	47
(一) 播期选择	47
(二) 营养杯育苗	48
(三) 苗期管理	49
二、栽培定植	50
三、施肥	51
四、番木瓜人工授粉与疏果	52
(一) 人工授粉	52
(二) 疏果	54
五、杂交优势的利用	55
第六章 番木瓜果园的管理	62
一、土壤覆盖的作用	62
二、果园的间套种	64
(一) 作用	64
(二) 方式	65
三、风害与冻害	66
(一) 风害	66
(二) 冻害	67
第七章 番木瓜病虫害防治	69

一、番木瓜花叶病	69
(一) 番木瓜花叶病症状	71
(二) 番木瓜病毒病叶片症状类型	72
(三) 番木瓜花叶病的发生规律	75
(四) 番木瓜花叶病的传染途径	79
(五) 番木瓜花叶病的综合防治	83
二、番木瓜瘤状病	84
三、番木瓜炭疽病	85
四、番木瓜红蜘蛛的生物防治	86
五、番木瓜其他病虫害	94
(一) 番木瓜介壳虫	94
(二) 番木瓜果实蝇	95
(三) 番木瓜枯叶病	96
(四) 番木瓜果实日灼病	96
(五) 番木瓜根腐病	96
第八章 番木瓜果实的采收与加工	98
第九章 木瓜蛋白酶的生产与应用	100
一、木瓜蛋白酶概况	100
二、木瓜蛋白酶的生物化学	102
(一) 木瓜蛋白酶的化学性质与结构	102
(二) 番木瓜乳汁中的木瓜凝乳酶	108
(三) 固定化木瓜蛋白酶	113
(四) 温度对木瓜蛋白酶的影响	123
(五) 湿度对木瓜蛋白酶的影响	125
(六) pH值对木瓜蛋白酶的影响	126
(七) 木瓜蛋白酶的激活与抑制	128
三、木瓜蛋白酶原料的采集	133
(一) 番木瓜乳汁的采集	133
(二) 割采番木瓜乳汁的方法	138

(三) 番木瓜乳汁的保存	141
四、割采番木瓜乳汁后对果实的影响	142
五、木瓜蛋白酶生产工艺技术	143
(一) 热风干燥法	143
(二) 远红外线真空干燥法	146
(三) 喷雾干燥法	147
(四) 冷冻真空干燥法	148
六、木瓜蛋白酶质量鉴定	151
(一) 木瓜蛋白酶活性测定	152
(二) 影响木瓜蛋白酶活性的因素	159
七、木瓜蛋白酶的保存	161
八、木瓜蛋白酶的生产安全与防护	161
九、木瓜蛋白酶的应用	162
(一) 木瓜蛋白酶在酿造饮料业上的应用	162
(二) 木瓜蛋白酶在肉类加工中的应用	165
(三) 木瓜蛋白酶在鱼类水产加工业中的应用	169
(四) 木瓜蛋白酶在面粉加工业中的应用	170
(五) 木瓜蛋白酶在其他食品工业上的应用	170
(六) 木瓜蛋白酶在医药工业上的应用	171
(七) 木瓜蛋白酶在其他方面的应用	171

第一章 概 述

木瓜又名番木瓜，学名是 (*Carica papaya*)，木瓜属番木瓜科 (*Caricaceae*)，番木瓜属 (*Carica*)。多年生常绿大型草本植物。生长在南北纬 32° 之间的地区。关于番木瓜的起源，较多资料认为原产于南美洲的哥斯达黎加，因为番木瓜与这地区的 *C. Peptatd* Hook. & Arn 近缘，它们之间可能是自然杂交过。1513 年至 1525 年 Hispaniola 把木瓜种子从巴拿马带到 Darien，后来传到西印度群岛，16 世纪被西班牙人带到马尼拉，经马六甲传到印度。17 世纪传入我国，在《岭南杂志》中有木瓜记载。番木瓜在我国有称万寿果、乳瓜、蓬生果。番木瓜传入我国后经过长期栽培驯化，与香蕉、菠萝等并称为岭南佳果。我国栽培番木瓜的主要地区有广东、广西、海南、云南、福建、台湾、四川等地。而广东则以广州、佛山、中山、肇庆、湛江、惠阳等地区较集中。而建数十公顷果园，成片栽培的则以高要蚬岗为最多，大的成片果园达 400 公顷。广西则以横县、贺县、南宁市郊、玉林等地栽培广泛。世界上以泰国、印尼、印度、墨西哥、巴西、哥伦比亚、民主刚果、乌干达、菲律宾、美国等国家栽种为多。美国番木瓜栽培主要在夏威夷和佛罗里达州，大规模的果园和加工厂多设在夏威夷。在夏威夷 Hilo 岛有 6 家番木瓜加工厂，其中以 Amfac 公司较大，该公司 1987 年加工出售的番木瓜就有 149 吨，果实加工基本上是机械化，产

品运销美国本土、日本、香港等地。

番木瓜的用途很广，全株都可利用。成熟果实可作水果鲜食，还可制成果汁、果酱、果脯、果糖、果酒，并可提取果胶。未成熟果实可作蔬菜或腌菜食用等。开始成熟的果实与大头鱼煮汤是很好的催乳品。Quisumbing (1951 年) 和 Chopra (1958 年) 发现木瓜的药用价值，有驱虫调经的功能。近年美国研究用木瓜提取凝乳蛋白酶治疗低位椎间盘脱出症，在病变部位中注射 2 毫升木瓜凝乳酶注射液，就能溶解椎间盘组织达到治疗效果。目前每年有 20 万患者要用外科手术治疗，但容易复发，而用木瓜酶注射治疗，不需手术，且复发率低，疗效达 80%。英国、加拿大、前苏联等国家也进行了这方面的研究。1996 年英国 Sussex 大学的研究者首先报道，番木瓜果实中的木瓜蛋白酶是一种有效的避孕药，能引起流产；因为，木瓜蛋白酶可与孕酮激素相互作用，抑制孕酮的产生。Tharmalingam Senthilmohan 研究指出：孕酮水平的变化，会阻止怀孕，引起流产。Malcolm Toppling 研究认为木瓜蛋白酶可能成为西方的一种新型避孕药的基础物质。Senthilmohan 和 Toppling 用试管实验检查了木瓜蛋白酶和人血清的相互作用，发现血清可提高蛋白酶的活力数倍，这是由于木瓜蛋白酶和血液蛋白的结合，导致怀孕的终止。Senthilmohan 指出：在印度和斯里兰卡，番木瓜早已被作为传统的避孕药。此外，还有报道说，番木瓜提取物对癌病医治有辅助效果；番木瓜碱可作心脏镇静药；番木瓜青果提取的木瓜蛋白酶，对蛋白质具有很强的分解能力，在食品、医药、化工、染色、皮革等方面都有广泛用途。番木瓜茎叶等还可加工成优质畜禽饲料。

番木瓜具有生长快、结果早、产量高、品质好、周年上

市等优点。在广东地区从播种至初收只需一年时间，如果在气温较高、雨水充沛的地区栽培，初收期会更早，在广州秋播春植木瓜当年可获得每公顷 4.5 吨的产量。所以番木瓜是很有栽培发展的水果。

第二章 番木瓜主要品种

番木瓜属大约有 40 多个种，但有栽培利用价值的种并不多。

一、野生木瓜（封四图 2-1）

（一）山番木瓜（*Carica Candmarensis* Hook.P.）

此种为野生木瓜，不适宜生食，但抗逆性强，较为耐寒。其果实小，长圆形，果腔大，肉薄，原产哥伦比亚和尼加拉瓜高山地区。

（二）槲叶木瓜（*Carica guercifolia* (st.Hi) Solms.）

此种果实更细小，果有酸涩味，但加糖可食用。本种更为耐寒，在 0℃ 也不易冻死。

二、栽培品种

（一）岭南木瓜（封二图 2-2）

岭南木瓜是美国华人在 1910 年左右引入广东栽种的，经过较长时间的栽培驯化，在广州岭南地区培育而成的农家品种，故称岭南木瓜。早期岭南木瓜的特点是叶大而厚、矮生丰产，果实形状多为长圆形，肉厚色黄，味鲜甜。此品种在 1940—1950 年栽培较多，由于耕作制度改变，以后便逐

渐减少，加上 1960 年后木瓜花叶病危害，使此品种几乎绝迹；有的被栽培选育成其他新品种，真正的岭南木瓜品种现已很少见到。

（二）杂优一代木瓜（封二图 2-3）

杂优一代番木瓜品种是本书作者在 70 年代利用不同番木瓜品种进行人工授粉杂交培育而成。在多个不同品种杂交组合中筛选其中几个性状较为稳定、有栽培价值的杂交组合种。其特点是矮生、高产、果大。抗逆性强，在广东地区秋播春种当年可获得高产。杂优一代品种具有父母亲本的优势，在 70 年代中至 80 年代末，番木瓜花叶病（危害木瓜的一种病毒病）严重发生时期，其杂优一代品种以其高产早收、抗病性强等优点而得到大力推广，在广东、广西、海南等地累计栽种面积近万公顷（十多万亩）。其缺点是味较淡、果型过大，外销出口及市场竞争力较差。杂优一代品种の利用关键是父母亲本的选配，有待进一步探索研究。

（三）穗中红木瓜（封二图 2-4）

穗中红木瓜是广州市果树研究所经过多年选育而成。它用岭南木瓜与泰国红肉木瓜杂交培育，选育出穗中红木瓜品种系列。它有红肉系列和黄肉系列两类品种。其特点是早熟丰产，果型长而较整齐，果肉较甜。株形较直立，适合密植，70 年代末逐渐推广，该品种已成为木瓜栽培区的当家种。缺点是抗逆性较差，根系较浅，易受台风吹倒。

（四）泰国红肉木瓜（封四图 2-5）

泰国红肉木瓜原产泰国，70 年代中期引进我国，后经多年选育，逐渐变成地方栽培品种。其茎较细小、淡白带绿色。株形较狭，适合密植。两性株果实长圆形，果端突出尖长，果皮较厚，成熟时果皮黄而带红色。果肉厚，果腔小，

肉质较滑，味较甜，固形物含量较高。产量中等，但经过选育的品系亦同样获得高产。抗风力较差，易受台风吹倒。

(五) 夏威夷苏罗 (Solo) 木瓜 (封四图 2-6)

在美国夏威夷栽培最多，是当地主要品种。茎干淡白带灰绿色，叶柄较短平生。果形小，单果重 500 克至 800 克左右，果皮较厚，成熟时果皮黄色，果肉厚，果腔小，果肉清甜，固形物含量 13%~16%，每个果的种籽粒小数多。该品种由于其味清甜耐贮运的特点，故适合外销。在美国夏威夷每年有大量鲜果外销到多个国家。栽种后可采收 3~4 年，才重新轮作。在当地是一个当家几十年而无新品种可代替。广东已引种多年，将是个很有前景的栽培品种。

(六) 蓝茎木瓜 (封四图 2-7)

蓝茎木瓜最大特点是茎紫色带绿点，叶柄为紫色。这也是最容易区别于其他品种的主要特点。其植株较直生，叶柄节间较密，叶片较肥大，色较浓绿。果未成熟时皮较深绿色，成熟后为黄色，果腔较大，品质一般，产量中等，在印度及东南亚栽培较多。引入中国多年，由于自然杂交变异较大，而且品质产量不及当地栽培品种而未有成片栽种。作为科研及杂交材料可用。

第三章 番木瓜的生物学特性

番木瓜是多年生常绿果树，在多种气候环境中都可适宜生长，其植株生长可达 10 多年：据云南调查报道，有些树龄长达 20 多年。由于生长环境条件不同，品种不同，其根茎叶花果都各有特点。

一般特性是：根为浅生肉质根，茎干直立向上，顶芽生长势强，侧芽较少，多年生的植株被切断顶芽时容易抽生侧芽。叶为单生，掌状深裂，叶柄长而中空，花有单生花或花序。果实形状随着株性花性、授粉受精和果实发育的不同而有差异。雌花果多呈正圆形，两性果多呈长圆形，或梨形、牛角形等。种子黑褐色，有皱纹，外有一层假种皮。

一、根

番木瓜的根系为肉质根，分布浅，不耐水浸亦不耐旱。其根系属直根系，主根明显而发达，特别是幼苗期主根连接茎部而直生。主根两边有侧根，侧根上生长许多须根。成年番木瓜的根按其粗细与机能，可分为“固定根”和“吸收根”。固定根连接在茎的基部，向下生长，起着支撑地上部、贮藏营养和扩大根系的作用。一年生以上的番木瓜其固定根有 4~6 条左右，有些固定根直径粗达 4~10 厘米，固定根的四周密布直径为 0.5 毫米左右的须根，须根上方又着生极细

的根毛，这些须根和根毛起着吸收营养的作用，称为吸收根。

根系的发生、生长与分布随植株生长、土壤结构、水位高低不同而有差异。其根系要求好气性的土壤环境，土壤疏松，土层深厚，其吸收根发生特别多，在这个土壤环境中吸收根系分布在15~30厘米深处，如果地下水位较低时，根系生长深达80~100厘米。

根的发生和生长需要一定的土壤温度和湿度。特别是土壤温度对其生长发育有着直接影响。在广州地区番木瓜根系的生长随气温的变化而有快慢。每年三月份开始发新根，随着气候变暖，土温逐渐升高时，根系的发生亦逐渐加快。土温在15℃以上，每年5至10月为木瓜根系生长盛期，11月后气温下降，土温亦随之而降低时，根系的生长亦逐渐缓慢。在广州地区冬季播种（阳历10月至11月上旬）时，用薄膜袋做营养钵，地上部用薄膜搭棚覆盖，其营养钵内土温能保持15℃以上则根系发生较快。这段时间地下部根系生长比地上部茎叶生长快，当苗高达7厘米时，根系长度可达22厘米，是苗高的三倍。大田栽培的番木瓜在12月至2月期间根系生长缓慢。

番木瓜的根系生长除受温度直接影响外，土壤湿度的影响也很大。番木瓜的吸收根多分布在表土层，根系浅生，而且是肉质根。要求土壤湿度不能过干过湿，更不耐水浸。若果园畦地不平，在吸收根分布的土面积水，或降大雨畦面被水浸达5小时以上，其根系将受影响。受浸的植株叶片出现下垂凋萎，逐渐变黄脱落，一周内叶片脱落达5~10片，根系腐烂，落花落果，严重者植株死亡。在广州地区出现旱情时也会影响根系。如七月上中旬，连续15天以上没有降雨，而且高温干旱，番木瓜园地面上没有覆盖保湿措施，同时没