

现代蔬菜科学丛书

李曙轩 曹寿椿 主编



蔬菜贮藏生理及气调技术

李 钰 盛其潮 张素梅 蒙盛华 编著

上海科学技术出版社

S 630.9/1

现代蔬菜科学丛书

李曙轩 曹寿椿 主编



蔬菜贮藏生理及气调技术

李 钰 盛其潮 编著
张素梅 蒙盛华

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书是编者根据多年的研究成果,并收集了大量国内外有关资料编写而成。全书共分八章,包括蔬菜在后熟期间的呼吸和乙烯作用,在贮藏中的化学变化、生理变化,成熟和衰老的调节,气调贮藏及其设备和方法,贮藏期间的病害等。附录介绍了蔬菜若干生理测定方法,如组织透性、汁液冰点、呼吸强度、酶活性等;还介绍了多种蔬菜在贮藏中的最适温、湿度,最高冰点及比热等。并附有设备、仪器等插图数十幅。

本书是《现代蔬菜科学丛书》之一,可供从事蔬菜贮藏工作的技术人员和管理人员,贮藏库的设计人员,农业院校有关专业师生,以及植物生理工作者参考。

· 现代蔬菜科学丛书 ·

李曙轩 曹寿椿 主编

蔬菜贮藏生理及气调技术

李 钰 盛其潮 编著
张素梅 蒙盛华

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 无锡县人民印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8.25 字数 180,000

1984 年 2 月第 1 版 1984 年 2 月第 1 次印刷

印数: 1—9,000

统一书号: 16119.787 定价: (科四) 0.78 元

《现代蔬菜科学丛书》

序 言

蔬菜是人民生活中重要食品之一，含有丰富的维生素、矿物质、碳水化合物、蛋白质、脂肪、有机酸、纤维以及芳香物质等，是农业生产中的一个主要组成部分。

我国是世界上最古老的蔬菜起源中心之一。目前栽培的蔬菜有一百多种，普遍栽培的也有五六十种，每一种又有许多变种，以及成千上万的栽培品种。原产于我国的如白菜、萝卜、冬瓜、丝瓜、大豆、豇豆、葱、韭、芋、山药、草石蚕、百合、金针菜、竹笋，以及许多水生蔬菜和绿叶蔬菜。无论从哪一个角度来衡量，这些种类在世界蔬菜资源宝库中，都占有重要的地位。

此外，在我国与国外交往的漫长历史过程中，也引进了不少世界各地的蔬菜种类。如目前普遍栽培的甘蓝、洋葱、番茄、马铃薯、花椰菜、四季豆等等，栽培历史虽然远不及我国原产的悠久，但更加充实了我国的蔬菜资源，并具有很大的经济意义。

我国不仅有丰富的蔬菜品种资源，而且有宝贵的生产经验。从播种、育苗、施肥、灌溉到间作、套种、植株调整以及保护地栽培、贮藏保鲜技术，都有许多独特之处。

但是，从现代农业科学的标准来看，我国蔬菜的生产力较

低,抵抗自然灾害的能力较弱,品种混杂,商品率低,重数量而轻质量。这些问题,都需要我们通过大量的研究加以解决。

利用现代的自然科学理论,尤其是生理学、遗传学、生物化学,来选育优良品种,改进栽培技术,提高工效,增加产量及改进品质,是我国农业现代化中急待解决的问题。

本着这个目的,我们请国内从事教学及科学研究工作多年的有关专家,编写了这套《现代蔬菜科学丛书》。在编写过程中,既收集了近年来国内外的新颖资料,同时也编入了作者自己多年的研究心得及成果。这套丛书不是生产经验的总结,也不是单纯理论的叙述,而是以现代农业科学的理论及技术为基础,深入浅出,结合我国实际情况,论述我国蔬菜科学中的主要问题,包括遗传育种、栽培技术、贮藏生理、施肥、灌溉新技术、保护地栽培及植物激素应用等。

我们希望这套丛书的出版,能对我国蔬菜生产的发展及蔬菜科学的现代化,起到积极的促进作用;并为高等农业院校蔬菜专业的教师和高年级学生,以及从事蔬菜科学研究和技术工作者提供参考书籍。

在编辑过程中,我们对丛书的组织及协调工作做得不够,希望读者对丛书的各个方面,多多提出宝贵意见,以利再版时作出改进。

李曙轩 曹寿椿

1981年5月

编写说明

蔬菜是人民生活中的必需食品。蔬菜的栽培、收获、运输、贮藏和销售，是一个相当复杂的过程，其中每个环节不是孤立的，而是彼此密切相关，有机联系的。

目前我国蔬菜生产和销售方面，特别是在市场供应上仍然存在着产、供、消之间的矛盾，淡季和旺季之间的矛盾。蔬菜是一种易腐商品，尤其是含水量高的叶菜类，不适于长途运输，在长途运输中极易造成腐烂。要解决城市蔬菜供应上的淡旺季矛盾，必须采取多种措施，其中较重要的一种就是贮藏保鲜。

为了搞好蔬菜的贮藏保鲜，必须了解蔬菜采收后在贮藏（或后熟）期间的呼吸代谢等一系列生理、生化变化过程，从而提供调节和控制它们后熟和衰老的理论依据。

蔬菜和水果在贮藏期间的生理、生化变化有共同点，但也有差异。目前，在研究蔬菜采后生理方面，以番茄为材料的比较多。为了说明问题，本书也引用一些水果和其他方面的有关研究资料。

在第六和第七章，着重介绍了我们多年的研究结果，并介绍了我国第一个现代化气调库的设备情况。气调贮藏在国际上已得到推广应用，特别是在水果贮藏方面应用比较多。目前，气调贮藏在我国正在应用推广，不仅应用于蔬菜和水果贮藏方面，也应用于粮食、中药材等方面。因此，它具有广阔的发展前途。

本书共分八章，第一章由蒙盛华编写，第二至七章由李钰、盛其潮编写，第八章和附录由张素梅编写。书中叙述了蔬菜在贮藏期间的一系列的化学变化和生理变化，以及气调贮藏的设备和方法等。附录中介绍了若干生理测定方法，一般的常规测定没有收入书中。

本书的编写，限于我们的实践经验和理论水平，难免存在不少缺点和错误，请读者指正。

编 者

1982年10月

目 录

序言	1
编写说明	1
第一章 蔬菜的营养成分	1
一、水分	1
二、无机成分	2
三、有机成分	4
四、影响蔬菜营养成分的因素	14
第二章 呼吸与乙烯作用	22
一、果实发育过程中的呼吸变化	23
二、跃变期和非跃变期果实	24
三、呼吸放热	26
四、产生呼吸跃变现象的生化机制	28
五、乙烯与呼吸的关系	31
六、乙烯的生理作用	32
七、乙烯的作用机制	34
八、乙烯的生物合成	39
九、呼吸和乙烯的调节	47
第三章 蔬菜贮藏的化学变化	57
一、水分	57
二、碳水化合物	58
三、抗坏血酸	59
四、有机酸	63
五、氮化合物	63
六、油脂和蜡	63

七、硝酸盐和亚硝酸盐	64
八、叶绿素	66
九、类胡萝卜素	68
第四章 蔬菜贮藏的生理变化	71
一、氧和二氧化碳的生理效应	71
二、高湿贮藏的生理效应	75
三、变温贮藏的生理效应	76
四、酶的变化	77
五、挥发性产物	96
六、氨基酸和蛋白质	97
七、后熟过程中的呼吸代谢	99
八、生理与遗传相结合	101
第五章 成熟和衰老的调节	102
一、蔬菜的催熟	102
二、成熟和衰老的延缓剂	107
三、调节乙烯的生成	110
四、发育期间元素含量对成熟和衰老的影响	113
五、应用 ^{60}Co 射线处理抑制某些蔬菜发芽	115
六、在贮藏环境中调节温度和气体组成	115
第六章 蔬菜的气调贮藏	117
一、气调贮藏的发展史	117
二、气调贮藏的原理	120
三、蔬菜气调贮藏的效果	123
四、改进气调贮藏的新措施	142
五、产品的冷却方法	143
六、气调贮藏的优缺点	147
第七章 气调贮藏的设备与方法	150
一、气调贮藏的几种方式	151
二、气调贮藏库的主要设备	152

三、蔬菜简易气调法	175
第八章 蔬菜在贮藏期间的病害	177
一、低温伤害	177
二、二氧化碳伤害	196
三、低氧伤害	200
四、氨伤害	202
五、挥发性产物伤害	203
六、微生物病害	204
附录	218
一、测定方法	218
二、新鲜蔬菜在贮藏中最适温度、相对湿度、贮藏期、最 高冰点及比热	248
参考文献	248

第一章 蔬菜的营养成分

一、水 分

蔬菜中含量最多的成分之一是水分，含量高达90%以上。不同种类的蔬菜或同一种类的蔬菜的不同器官的含水量有很大的差异。例如，根茎菜类的含水量比叶菜类少。一般来说，凡是幼嫩的、生长旺盛的、生理活动强烈的器官或组织，含水量较高。蔬菜组织细胞内的水分一部分呈游离的状态，这部分水分叫自由水。另一部分水分则吸附在细胞内的亲水胶体表面，叫做束缚水或结合水。前者容易蒸腾散失，后者与蛋白质、多糖类、胶质结合，难于分离，即使在高温和冷冻下也难于分离。水分影响蔬菜的鲜度、风味，是极为重要的成分。

收获后蔬菜的蒸腾作用和呼吸作用一样，是重要的生理现象之一。贮藏中水分丧失的程度影响到蔬菜的新鲜度，直接影响蔬菜的商品价值。一般来说，呼吸作用旺盛的蔬菜失水大，叶菜类是很明显的，容易凋萎，丧失鲜重。在这种情况下如果适当的补充水分就能使其重新恢复新鲜状态。例如油菜当失去75%的水分时，如果在水中浸一会儿，它就能吸收水分重新恢复新鲜状态。

根菜类失水比较少，但是，在长期间的贮藏下重量也会逐渐减少。

蔬菜失水是通过表皮的角质层或通过气孔来进行的，通常是前者比后者少，但是两者之间很难区别。

影响失水的因素和呼吸作用一样，主要因素是湿度和温度。因此在蔬菜贮藏中，是通过通风速度，温度和湿度来控制水分丧失。

在贮藏和运输时由于叶菜类失水大，贮藏前进行轻微的风干，可以增进耐藏力。

蔬菜含水量的多少是有机体代谢活动强弱的重要因素之一。一旦温度增高，代谢作用就会更强烈的进行，不利于贮藏。相反，温度降低就能抑制代谢作用。

二、无机成分

蔬菜植物在生长发育过程中需要两类营养元素，一类是大量元素，如Ca、Mg、K、Na、S、P等，这些元素是以硝酸盐、硫酸盐、磷酸盐的形式供给植物体。另一类是微量元素，如Fe、Zn、Mn、Cu等，需要量比较少，但也是不可缺少的，这些元素是以游离的或结合盐的形式供给植物体。蔬菜含有大量的无机成分，如钙、磷、铁等矿物质盐类(表1-1)，是人们重要的碱性食品。这些碱性食品能够中和鱼、肉、面、蛋类等食物所产生的酸类，维持血液正常的碱性反应，避免血液中毒。在食物中含盐基性稍多一些，人体便能更好地利用蛋白质食物，因此，可以减少对蛋白质的需要。

绿叶蔬菜中含有丰富的钙，如雪里蕻、菠菜、苋菜、油菜、芹菜、莴菜、香椿等。含钙多的蔬菜同时还含有大量的草酸，烹调时因为受热，草酸和钙容易形成完全不溶性的草酸钙沉淀，在人体内不能利用。凡是蔬菜中含草酸较多的，就会影响

钙的吸收，菠菜、茭白和竹笋就因其中草酸很多，使得大量的钙不容易被人体所吸收利用。

磷的含量一般来说是根茎类、种子和豆类较多，瓜类次之，叶菜类较少。

菠菜、芹菜、甘蓝、白菜及胡萝卜等含有较多的铁盐。海带、紫菜等含有很多的碘。

表 1-1 主要蔬菜的钙、磷、铁含量

(引自《农村医生手册》，1969)

蔬菜名称	钙	磷	铁	蔬菜名称	钙	磷	铁
白萝卜	49	34	0.5	雪里蕻	235	64	3.4
胡萝卜	19	23	1.9	蕹菜	100	37	1.4
大葱	12	46	0.6	苋菜	200	46	4.8
小葱	63	28	1.0	莴笋(茎)	7	31	2.0
蒜苗	22	53	1.2	莴笋(叶)	38	37	1.1
茭白	4	43	0.3	香椿	110	120	3.4
竹笋	10	76	0.5	番茄	8	370	0.4
莲藕	19	51	0.5	茄子	22	31	0.4
慈姑	8	260	1.4	辣椒	7	38	0.5
大白菜	33	420	0.4	丝瓜	28	45	0.8
油菜	140	52	3.4	苦瓜	18	29	0.6
椰菜	62	28	0.7	冬瓜	19	12	0.3
菠菜	70	34	2.5	黄瓜	25	37	0.4
韭菜	56	45	1.3	南瓜	11	9	0.1
芹菜	160	61	8.5				

【注】单位：毫克/100克鲜重

三、有机成分

(一)碳水化合物

蔬菜的干物质中大部分是碳水化合物，其中又以可溶性糖为主，如果糖、葡萄糖、蔗糖等。例如番茄的干物质总量为5~6%，可溶性糖占3.0%。此外，有淀粉、纤维素、半纤维素和果胶。成熟的番茄中淀粉(占鲜重)占0.07~0.26%，糊精占0.06~0.70%，半纤维素0.10~0.21%，粗纤维素0.16~0.39%。蔬菜不同种类之间碳水化合物成分的含量差异很大。根茎类含淀粉较多，如马铃薯、芋头、山药、荸荠、慈姑、莲藕等含有很多的淀粉，可以代替粮食。西瓜、甜瓜、南瓜等瓜类含糖较多，占10~20%。同一种类的蔬菜的不同器官碳水化合物含量也有很大的差异。例如番茄的果实、叶、茎的碳水化合物含量就不相同(表1-2)。

表 1-2 番茄植株各部位的含糖量

(引自阿拉西莫维契、耶尔马科夫, 1964)

植株部位	果 糖	葡萄糖	蔗糖	总糖量	粗纤维	淀粉
成熟果实	1.74	1.58	0.16	3.48	0.24	0.09
叶	0.21	0.05	0.30	0.56	未测	未测
茎	0.22	0.44	0.43	1.09	未测	未测

[注] 单位: 占鲜重百分率

散叶甘蓝含纤维素2.0~2.5%(占鲜重),花椰菜含0.7~1.2%,结球甘蓝约含0.5~0.8%。

在蔬菜中一般来说果胶物质含量不高,果菜类的含量多

于叶菜类。番茄中的果胶含量仅占干物质的 3.9%，如按鲜重计不超过 0.13~0.23%。虽然果胶物质含量不高，但它对新鲜番茄的结构和硬度却起着重要作用，它也关系到番茄加工品的质地。

根据近年来的资料，番茄的果胶物质按其溶解度可分成三部分：

1) 含有大量甲氧基的可溶性果胶，这部分果胶物质分子量大，主要存在于番茄的液相中，制约着质地和粘度。

2) 甲氧基含量低，易溶于 0.2% 草酸铵溶液中，因此不溶于水，但能形成凝胶，或与多价金属结合并生成沉淀。这部分果胶也溶于多聚偏磷酸盐。

3) 易溶于稀酸中，它在稀酸水解后生成果胶酸。

各种甘蓝的果胶物质总量占鲜重的 0.3~2.4%。

(二) 氮化合物

蔬菜的含氮化合物比其他作物少，蛋白质有时还不到全氮的一半，大多数是游离氨基酸、酰胺等(表 1-3 A 和 B)。蔬菜中的游离氨基酸大体上和果实一样，含量比较多的有 14~15 种。

表 1-3(A) 蔬菜中的游离氨基酸含量

(引自櫻井芳人等, 1968)

氨基酸	番茄	茄子	蒜	洋葱	葱	韭菜	西瓜	甜瓜	豆芽菜
谷氨酸	3.99	0.84	1.29	0.69			0.82		4.76
丝氨酸	10.07	0.59	1.22	0.05	4.51	0.08	0.35		5.32
甘氨酸	4.84	0.48	0.42		2.28			3.11	
天门冬酰胺	6.61	2.66	5.54	1.69	3.53	1.73		1.22	16.24
赖氨酸	1.89		3.96	2.04	4.41	1.41		+	
酥氨酸	0.11	+	0.79	0.38	1.02	0.40		0.61	3.26

续上表

氨基酸	番茄	茄子	蒜	洋葱	葱	韭菜	西瓜	甜瓜	豆芽菜
谷酰胺	6.58	3.02		2.30					19.88
丙氨酸	0.92	0.97		0.25	4.41	0.42	0.27	5.40	4.20
精氨酸	6.81	2.05			5.92	2.73		1.85	
酪氨酸	0.75	0.34	0.16		0.67	0.35		0.62	+
γ -氨基酪氨酸	+	+	+		+	+	+	+	+
缬氨酸	9.17	2.35	4.18	0.63	2.36	0.45	0.28	3.12	5.92
苯基代丙氨酸	2.37					0.74	+	1.20	
白氨酸	2.14	0.95	1.20	0.70	3.16	0.28	0.45	0.15	6.16
脯氨酸		0.54	6.19		3.08	0.78		0.30	7.00
天门冬氨酸		0.99	0.46	0.55	2.31	0.60	0.20	0.91	10.36
羟基赖氨酸			+		+	+			
胱氨酸					0.90				
羧基脯氨酸		0.50							
β -丙氨酸									+
色氨酸						+			
蛋氨酸 N (毫克%)	58.02	16.87	53.45	9.42	46.75	19.75	8.15	42.08	37.53

[注] 单位: 毫克/100克鲜重 + 表示微量

表 1-3(B) 蔬菜中的游离氨基酸含量

(引自櫻井芳人等, 1968)

氨基酸	黄瓜	苦瓜	胡萝卜	南瓜	辣椒	玉米	莲藕	姜	萝卜
谷氨酸	0.65	0.75	3.02	3.03	1.20	0.33	1.00	1.38	1.92
丝氨酸	2.85	0.59		2.28	0.77	0.55		1.61	1.32
甘氨酸	0.54			0.82	0.40	0.44			
天门冬酰胺	3.33	0.88	2.34	9.77	13.50	1.32	8.70	11.04	4.44
赖氨酸		1.12		1.16					
缬氨酸	0.36	0.23	0.33	0.46	0.20	0.22	0.81	0.46	1.68
谷酰胺			1.44	5.09	2.50	4.18	3.59	7.36	9.72

续上表

氨基酸	黄瓜	苦瓜	胡萝卜	南瓜	辣椒	玉米	莲藕	姜	萝卜
丙氨酸	0.95	0.40	1.33	2.24	0.27	1.32	1.00	0.92	2.62
精氨酸	0.53	3.34	4.11	1.95	1.16	1.32			2.52
酪氨酸	0.65	0.35	0.12	0.45	0.23	0.11	0.52	+	1.08
γ -氨基酪氨酸	+	+	+	+	+	+		+	+
缬氨酸	1.10	1.31	1.23	4.01	0.90	3.52	1.82	0.46	1.44
苯基代丙氨酸	0.65			2.05		0.33			
白氨酸	0.95	1.01	0.45	0.74	0.60	0.77	0.89	1.61	1.92
脯氨酸	0.50	1.20	0.55	1.71	1.13	1.76		3.91	
天门冬氨酸	0.80	0.53	2.88		3.90	0.66	1.91		0.12
羟基赖氨酸		+			+			+	
胱氨酸					0.60	+			
羟基脯氨酸					+				
β -丙氨酸					+	+			+
色氨酸									
氮态 N (毫克%)	30.40	16.19	17.90	36.32	27.50	17.96	21.39	31.99	31.85

[注] 单位: 毫克/100 克鲜重 + 表示微量

辣椒的含氮物有氮态氮和酰胺态氮, 各部位的含量也不相同(表 1-4)。

表 1-4 辣椒的含氮物含量

(引自耶尔马科夫、阿拉西莫维契, 1964)

果实部位	氮		蛋白质 (N $\times$ 6.25)	非蛋白质态含氮物 (N $\times$ 6.25)
	氮 态	酰 胺 态		
整个果实	0.22	0.09	14.51	3.31
果 皮	0.20	0.13	11.20	1.06
胎 座	0.24	0.28	15.02	10.25
种 子	0.06	0.06	18.36	—

[注] 单位: 占干重百分率