

热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室

热带园艺产品 采后实验原理与技术

主编 黄绵佳

中国林业出版社

由海南大学热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室、海南省精品课程“热带园艺产品采后生理与技术”、海南大学教务处共同资助出版

热带园艺产品 采后实验原理与技术

主 编 黄绵佳
副主编 吴岚芳
编 委 从心黎 李 雯 商 桑 曾丽萍

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

热带园艺产品采后实验原理与技术/黄绵佳主编.

--北京:中国林业出版社,2012.10

ISBN 978-7-5038-6803-0

I. ①热… II. ①黄… III. ①热带—园艺作物—生物学 IV. ①S601

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 249311 号

出 版: 中国林业出版社(100009 北京西城区德内大街刘海胡同七号)

网 址: www.cfph.com.cn

E-mail: fwlp@163.com

发 行: 新华书店北京发行所

制 作: 北京静心苑制作部

印 刷: 北京市登峰印刷厂

开 本: 1/16

版 次: 2012 年 11 月第 1 版

印 次: 2012 年 11 月第 1 次

印 张: 22.25

字 数: 398 千字

定 价: 42.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

热带水果因其种类丰富,风味独特,营养价值高而深受世界各国消费者的喜爱,在国内外水果市场上占有重要地位。热带花卉也因其品种多样,造型独特而受消费者青睐,我国热带园艺产品主要分布于海南、广东、广西、云南、福建等省(自治区)。2008年热带水果种植面积3 800万亩,总产量2 100万吨,总产值500亿元。热带花卉2010年种植面积达11.7万亩,总产值达18亿元,对热带亚热带园艺产品而言,由于生长和采收处于高温高湿条件,采后生理代谢旺盛,特别容易腐烂变质,在贮运过程中造成严重的经济损失。因此,对于热带地区园艺生产部门和农业院校以及综合院校农学专业的学生,了解一些热带园艺产品采后保鲜的原理及实验方法是必要的。

本书从热带园艺产品采后的成分变化,采后在生理、生化等方面的变化,论述了热带园艺产品采后保鲜的实验原理及实验方法。本书共分上、下两篇,上篇主要介绍热带园艺产品的采后生物学研究进展。下篇主要介绍热带园艺产品采后常用的基本实验技术;热带园艺产品的化学成分在采后的变化;果实采后的生理生化变化相关的生理生化指标的测定原理、方法;实验室规则及一些基本操作。本书可供高等院校热带园艺专业参考使用,也为热带园艺研究和生产提供参考,希望对广大的读者有一定的帮助,但限于我们的水平,不当之处,敬请批评指正。

本书由黄绵佳主编,对全书进行组织、修改和统稿。上篇由从心黎、李雯、黄绵佳共同编写,下篇第一章由曾丽萍编写,下篇第二章第一节至第二章第五节至由商桑编写,下篇第二章第六节至第十节由吴岚芳编写,下篇第三章由吴岚芳、黄绵佳编写,附录由吴岚芳、曾丽萍编写。

本书由海南大学热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室、海南大学教务处共同资助出版,特此表示感谢。

感谢中国农业大学高俊平教授及中国林业出版社的大力支持。

编者

目 录

上篇 热带园艺产品的采后生物学研究进展

第一章 热带园艺产品采后的品质构成及其变化	3
第二章 热带园艺产品采后生理生化变化	17
第三章 热带园艺产品采后相关酶类变化	25
第四章 热带园艺产品采后的一些研究热点问题	30
第一节 1-MCP 在果蔬贮藏保鲜上的应用	30
第二节 钙与果实采后贮藏的关系	34
第三节 热激处理在果蔬贮藏保鲜上的应用	42
第四节 壳聚糖在果蔬采后保鲜的应用	48
第五节 蔗糖磷酸合成酶(SPS)与果实品质及成熟衰老的 研究进展	52
第六节 芒果采后保鲜研究	57

下篇 热带园艺产品采后常用的基本实验技术

第一章 基本实验技术	65
第一节 层析技术	65
第二节 分光光度技术	81
第三节 离心技术	88
第四节 气调库技术	94
第五节 红外线二氧化碳气体分析仪	99
第六节 瓦式呼吸计测压法	105
第七节 蛋白质提取与纯化技术	109
第八节 气相色谱技术	115
第二章 果蔬采后实验技术	121
第一节 几种蔬菜和热带水果成熟度的判断标准	121
第二节 质构物质的测定	124
实验 1 果实硬度的测定	125
实验 2 果胶含量	127
实验 3 粗纤维含量	129
第三节 感官品质测定	130

第四节 理化品质的测定	136
实验 1 碳水化合物的测定	136
I 总可溶性固形物含量的测定(折光仪法)	136
II 斐林试剂比色法测定还原糖	139
III 还原糖含量的测定(3,5-二硝基水杨酸法)	140
IV 蔗糖含量的测定	142
V 可溶性糖含量测定(苯酚法)	143
VI 可溶性糖含量的测定(蒽酮法)	145
VII 淀粉含量的测定	147
实验 2 矿物质的测定	150
I 全氮的测定— H_2SO_4 — H_2O_2 消煮法	151
II 全氮的测定——半微量蒸馏法和扩散法	153
III 全磷的测定(钒钼黄吸光光度法)	154
IV 全钾的测定(火焰光度法)	156
V 全钙镁的测定	157
VI 硼的测定(姜黄素比色法)	160
VII 钼的测定(KCNS 比色法)	161
VIII 铁、锰、铜、锌的测定(原子吸收分光光度法)	163
实验 3 酸含量的测定	164
I 可滴定酸(总酸)含量的测定(滴定法)	164
II 有效酸度(pH)的测定	166
实验 4 维生素 C 含量的测定	168
I 碘滴定法	168
II 2,6-二氯酚靛酚滴定法	169
III 紫外分光光度计直接测定法	172
IV 二甲苯提取比色法	174
实验 5 蛋白质含量测定	176
I 可溶性蛋白和非可溶性蛋白含量的测定 (考马斯亮兰 C_{250} 法)	176
II 可溶性蛋白质含量的测定(福林—酚试剂法)	178
III 总氮、蛋白质氮含量的测定(微量凯氏法)	180
实验 6 氨基酸的测定	184
I 氨基酸含量的测定	184
II 氨基酸成分分析(纸谱分析法)	186
实验 7 粗脂肪含量测定	188
实验 8 维生素 A 含量的测定(比色法)	189
实验 9 单宁含量的测定	192

实验 10 芳香物质的提取分离及测定	193
第五节 呼吸作用的测定	195
实验 1 呼吸强度、呼吸系数的测定	195
实验 2 气流法测定植物呼吸速率	198
实验 3 瓦氏微量呼吸计的应用——植物 组织呼吸速率的测定	201
实验 4 瓦式测压法测定果实发育过程呼吸强度、 呼吸途径及电子传递途径的变化	203
第六节 色素的测定	205
实验 1 叶绿体色素的提取、分离和理化性质	205
I 叶绿体色素的提取、分离(纸层析法)	205
II 叶绿素的理化性质	206
实验 2 叶绿素含量的测定	208
实验 3 原花色素的测定方法(分光光度法)	211
实验 4 类胡萝卜素含量测定	212
实验 5 类黄酮含量的测定	214
第七节 激素含量测定	215
实验 1 气相色谱法测定乙烯含量	215
实验 2 酶联免疫吸附测定法(ELISA)测定植物激素含量	217
第八节 酶的测定	222
实验 1 超氧化物歧化酶 SOD 活性测定(氮蓝四唑(NBT)法) ..	222
实验 2 苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性的测定	224
实验 3 多酚氧化酶活性的测定	225
实验 4 过氧化氢酶 CAT 活性测定	226
I 分光光度法	226
II 高锰酸钾滴定法	228
实验 5 抗坏血酸氧化酶(AsAPOD)活性的测定	229
I 碘液滴定法	229
II 分光光度法	231
实验 6 过氧化物酶活性的测定	232
实验 7 淀粉酶活性的测定	234
实验 8 纤维素酶活性的测定	236
实验 9 果胶酶活性的测定 果胶甲酯酶(PE)和多聚半乳糖醛酸酶(PG)活性测定 ..	238
I PE 的测定	238
II PG 的测定	239
实验 10 热带园艺产品 ATP 酶活性测定	241

实验 11 应用瓦式测压法测定几种末端氧化酶的活性	244
I 细胞色素氧化酶活性测定	244
II 多酚氧化酶活性测定	245
III 抗坏血酸氧化酶活性测定	246
IV 乙醇酸氧化酶活性测定	246
实验 12 脂氧合酶(Lipoxygenase)活性的测定	248
第九节 其他指标测定	249
实验 1 丙二醛含量的测定	249
实验 2 H_2O_2 含量测定	251
实验 3 果实氧自由基含量的测定	252
实验 4 游离脯氨酸含量的测定	254
实验 5 果实细胞透性的测定	256
实验 6 乙烯利对果实的催熟作用	257
第十节 果蔬贮藏环境的分析与检测	259
实验 1 贮藏环境中氧气和二氧化碳的测定	259
实验 2 贮藏环境中的温湿度的测定	261
第三章 热带花卉采后实验技术	266
第一节 鲜切花采后瓶插开花进程观察和描述	266
第二节 切花采收与采后处理现场实习	268
第三节 观赏植物产品质量评估和分级实验	272
第四节 观赏植物产品采后乙烯释放特性测定	278
第五节 观赏植物产品采后真空预冷实验	280
附录	283
附录一 缓冲液配制	283
附录二 药品规格及其应用范围	286
附录三 常用标准溶液的配制与标定	287
附录四 溶液配制的混合法则——交叉法	290
附录五 物质的量与物质的量浓度及常用酸碱的质量密度与 浓度的关系	290
附录六 实验室安全	291
附录七 常用化学仪器的操作	296
附录八 常用仪器设备的简介及操作方法	304
附表(1)以摩尔浓度表示的若干酸碱溶液的配制	327
附表(2)常用的 pH 指示剂及其溶液的配制	327
附表(3)一些常用计量单位及其换算表	330
附表(4)常见化合物俗名	334
参考文献	335

上 篇

热带园艺产品的采后生物学研究进展

采收后的热带园艺产品是植物体的整体或一部分。它们虽然离开了原来的生长环境,不再获得水分及养分等的供给,也不再或很少进行与生长有关的代谢活动,但是它们是一个活的有机体,继续进行着呼吸、蒸腾等维持生命机能有关的复杂的生理代谢过程,直到成熟衰老,热带园艺产品的化学组成是构成其品质最基本的成分,同时又是生理代谢的参加者,它们在贮运加工过程中的变化直接影响着产品的质量、贮运性能与加工品的品质。而热带园艺产品采后的生理生化变化是在一系列酶的作用下进行的,酶类和热带园艺产品采后的成熟衰老有着密切的关系,这里主要介绍热带园艺产品采收以后的品质构成和生理生化变化,以及热带园艺产品采后相关酶类的研究进展。

热带园艺产品采后的品质构成及其变化

热带园艺产品的主要化学物质如糖、淀粉、有机酸、可溶性固形物含量等可作为衡量品质和成熟标志,根据这些化学成分功能性质的不同,通常可将其分为四大类,即风味物质、营养物质,色素物质和结构物质。

一、风味物质

果蔬的风味是构成果蔬品质的主要因素之一,果蔬因其独特的风味而倍受人们的青睐。不同果蔬所含风味物质的种类和数量各不相同,因此果蔬风味各异,但果蔬的基本风味包括有香、甜、酸、苦、辣、涩、鲜等几种。

(一)香味物质

热带园艺产品成熟时会发出特有的芳香气味,香气的类别和强度是评价果蔬品质的重要指标之一。果蔬中的香气主要来源于挥发性的芳香油,又称精油的物质。正是这些物质的存在赋予果蔬特定的香味与口感,从香气物质的结构来看,香气物质分子结构中均含有形成气味的原子团,这些原子团称为发香团。果蔬中的发香团主要包括羟基、羧基、醛基、羰基、醚基、酯基、苯基、酰胺基等,与果蔬有关的芳香物质主要成分是醋酸异戊酯,还有乙酸戊酯、乙酸丁酯、丁酸戊酯、苯甲醛、一酸苄酯、甲酸苄酯、丙酸苄酯、桂皮酸苄酯、桂皮油、丁香油、乙酸乙酯、丁酸乙酯、葵二酸二乙酯、十三碳酸乙酯、柠檬油、橘油、干椒油、香草精等。其中,醋酸异戊酯具有热带园艺产品香味,乙酸丁酯具有果香味,而当热带园艺产品过熟时散发出的霉臭味,主要由于存在乙酸甲酯。果品在成熟时就开始合成香味物质,随着热带园艺产品果实的成熟,会释放出具有特殊的热带园艺产品香味,可以此作为判断果实成熟的一个标志,进入完熟阶段时大量形成,产品风味也达到了最佳状态。但这些香味物质大多不稳定,在贮运加工过程中很容易挥发与分解。果蔬的风味物质种类很多,据分析芒果果实含有 270 多种香气挥发性成分,香蕉含有 200 多种,草莓中已分离出 150 多种,葡萄中现已检测到 78 种。但其含量与其他成分相比,果蔬中风味物质的含量甚微,其含量通常在百万分之几,柑橘类果实风味物质含量稍多些。水果的香味物质以酯类、醇类和

酸类物质为主,而蔬菜则主要是一些含硫化合物和高级醇、醛、萜等。

(二)甜味物质

热带园艺产品在生长发育期间,光合作用产物主要以淀粉的形式贮存于果实中,当果实采收后,随着果实的逐渐成熟,淀粉逐渐分解为可溶性糖,供给果实生命活动需要,因而在贮藏期间,热带园艺产品果实中的淀粉含量逐渐下降,而糖含量则逐渐增加。热带园艺产品中淀粉的含量因其成熟度不同而已。在未成熟时含淀粉较多,随着果实的后熟,淀粉迅速水解。在热带园艺产品香蕉的绿果中,一般淀粉含量占 20%~25%,而成熟后下降到 1%以下。

糖分在果蔬中含量仅次于水分,在干物质中占第一位。果蔬中所含糖主要为葡萄糖、果糖和蔗糖。而且,蔬菜与水果相比,其含糖量相对较少。热带园艺产品含糖量较高,其主要成分是果糖、葡萄糖和蔗糖。糖是决定热带园艺产品营养和风味的主要成分,是表现甜味的主要物质,也是主要贮藏物质之一。果蔬中甜味除取决于糖的种类和含量外,还与有机酸、单宁等物质有关,因此,一般,评定时采用糖/酸比来表示。糖分含量对果实贮藏能力有很大影响,因为糖是贮藏中主要的呼吸基质,供给果实的呼吸作用,维持生命活动。果蔬中的糖不仅是构成甜味的物质,也是构成其他的化合物的成分。例如,果实中的生命维生素 C 是由糖衍生而来的,某些芳香物质常以配糖体的形式存在,许多果实的鲜艳颜色来自糖与花青素的衍生物,属于多糖结构。此外,糖还是合成淀粉、纤维素、蛋白质等的主要原料。

果品和蔬菜的含糖量有很大差异,其中水果含糖量较高,大多水果的含糖量在 7%~18%之间;而海枣含糖量可高达鲜重的 64%;而蔬菜中除西瓜、甜瓜、番茄、胡萝卜等含糖量稍高外,大多都很低,大多在 5%以下。气候、土壤及栽培管理措施是影响果蔬含糖量的重要因素,通常光照好、营养充足、栽培措施合适条件下生长的果蔬,含糖量较高,品质好,贮运加工性能也好。故用作长期贮运或加工的果蔬应选择生长条件好、含糖量高的果蔬。果蔬在不同的生长、发育阶段,其含糖量也各不相同。以淀粉为贮藏性物质的果蔬,在其成熟或完熟过程中,含糖量会因淀粉类物质的水解而大量增加;以后随着果蔬的衰老,糖的含量会因呼吸消耗而降低,进而导致果蔬品质与贮运加工性能下降。

可溶性固形物是指果蔬产品中可溶于水的干物质。糖在果蔬汁可溶性固形物中占的比例最大,因此,在测定热带园艺产品含糖量时,常用手持式测糖仪(折光仪)测定果汁中的可溶性固形物的黏度,用其代替热带园艺产品的含糖量,其含量高标志着含糖量高、成熟度高。

(三)酸味物质

果蔬中的酸味物质主要来自于一些有机酸,它是影响风味的重要因素之一。有机酸可调节人体内酸碱度的平衡。水果中的酸味物质主要为苹果酸、柠檬酸和酒石酸合称果酸;蔬菜中的酸味物质则主要为苹果酸、柠檬酸、草酸和丙酮酸等。如表香蕉果实所含的有机酸只要是苹果酸、柠檬酸和草酸。不同种类和品种的水果蔬菜,有机酸种类和含量不同。如香蕉所含可滴定酸在发育中逐渐下降,成熟时含量为 $0.2\% \sim 0.4\%$,其中以草酸下降尤为明显,而柠檬酸和苹果酸在后熟过程中却增加,如表 1-1 所示。果蔬酸味的强弱不仅与含酸量多少有关,还与酸根的种类、有机酸的解离度(pH 值)、缓冲物质的等有无、糖的含量有关。酒石酸表现出酸味的最低浓度为 $75\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,苹果酸为 $107\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,柠檬酸为 $115\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,可见酒石酸呈现酸味所需的浓度最低,苹果酸次之,柠檬酸最高,故酒石酸酸度最高。此外,果蔬的酸度并不取决于酸的绝对含量,而是由它的 pH 值决定的,pH 越低酸味越浓,缓冲物质的存在可以降低由酸引起的 pH 值降低和酸味的增强。通常幼嫩的果蔬含酸量较高,随着发育与成熟,酸的含量会因呼吸消耗而降低,使糖酸比提高,导致酸味下降。除柠檬酸、苹果酸和酒石酸外,果蔬还含有参与三羧酸循环的所有有机酸如琥珀酸、戊二酸等。在采后贮运过程中,这些有机酸可被直接用作呼吸底物而消耗,导致果蔬的含酸量下降。由于酸的含量降低,使糖酸比提高,果蔬风味变甜、变淡,食用品质与贮运品质也下降,故果实糖酸比是衡量果蔬品质的重要指标之一。另外,糖酸比也是判断某些果蔬成熟度、采收期的重要参考指标。一些蔬菜中还含有一些酚酸类物质如绿原酸、咖啡酸、阿魏酸和水杨酸等,在果蔬受到伤害时,这些物质会在伤口部位急剧增加,其增加的程度与果蔬抗病能力的强弱有关,因为酚酸类物质可以抑制、甚至杀死微生物。

表 1-1 香蕉后熟期间有机酸含量的变化($\text{mg}/100\text{g}$ 果肉)

(Wyrran 等,1964)

成分	呼吸跃变前	呼吸跃变期	呼吸跃变后
苹果酸	182	720	831
柠檬酸	143	357	456
草酸	294	166	173

(四)果蔬的涩味

单宁物质也叫鞣质,属于一种多酚类物质,它具有收敛性涩味,单宁类物质的存在及含量是果蔬产生涩味的主要原因,当单宁含量(如涩柿)达

0.25%左右时就可明显的感到涩味,当含量达到1%~2%时就会感到强烈的涩味。未熟或成熟度低的果蔬的单宁含量较高,吃起来口感酸涩,难以下咽,如青绿未熟的香蕉果肉具有涩味,其含量以果皮部分为最多,比果肉多3~5倍;但一般成熟果中可食部分的单宁含量通常在0.03%~0.1%之间,吃起来口感清凉。除了单宁类物质外,儿茶素、无色花青素以及一些羟基酚酸等也具有涩味。

单宁为高分子聚合物,组成它的单体主要有:邻苯二酚、邻苯三酚与间苯三酚。根据单体间的连接方式与其化学性质的不同,可将单宁物质分为两大类,即水解型单宁与缩合型单宁。

水解型单宁,也称之为焦性没食子酸类单宁,组成单体间通过酯键连接。它们在稀酸、酶、煮沸等温和条件下水解为单体。缩合型单宁,又称之为儿茶酚类单宁,它们是通过单体芳香环上C—C键连接而形成的高分子聚合物,当与稀酸共热时,进一步缩合成高分子无定型物质。它们在自然界中的分布很广,果蔬中的单宁就属此类。涩味的产生是由于可溶性的单宁使口腔粘膜蛋白质凝固,使之发生收敛性作用而产生的一种味感。随着果蔬的成熟,可溶性单宁的含量降低,涩味减弱。当人为采取措施使可溶性单宁转变为不溶性单宁时,涩味也会减弱,甚至完全消失。无氧呼吸产物乙醛可与单宁发生聚合反应,使可溶性单宁转变为不溶性酚醛树脂类物质,涩味消失,所以生产上人们往往通过温水浸泡、乙醇或高浓度二氧化碳等,诱导柿果产生无氧呼吸而达到脱涩的目的。

单宁物质也是导致果实褐变的一个重要原因。当热带园艺产品果实收到机械损伤或受病菌侵染、昆虫叮咬时,或者在剥开果皮后,热带园艺产品受伤部位很快变褐变黑,就是由于存在单宁物质的缘故。单宁在有氧存在的条件下,被热带园艺产品体内的多酚氧化酶催化氧化,形成黑色素类聚合物。随着热带园艺产品的成熟,单宁物质不断下降。如当香蕉果实成熟后,单宁含量仅为青绿果肉含量的1/5。

(五)苦味物质

果蔬中的苦味主要来自一些糖苷类物质,由糖基与苷配基通过糖苷键连接而成。当苦味物质与甜、酸或其他呈味物质恰当组合时,就会赋予果蔬特定的风味。果蔬中的苦味物质组成不同,性质也各异,下面简单介绍几种常见的苦味物质。

1. 苦杏仁苷

苦杏仁苷是苦杏仁素(氰苯甲醇)与龙胆二糖形成的苷,苦味强烈,在医学上具有镇咳作用。普遍存在于桃、李、杏、樱桃、苦扁桃和苹果等果实的果核及种仁中。

2. 黑芥子苷

黑芥子苷本身呈苦味,普遍存在于十字花科蔬菜中。

3. 茄碱苷

茄碱苷又称龙葵苷。主要存在于茄科植物中,以马铃薯块茎中含量较多。其含量超过 0.01% 时就会感觉到明显的苦味,茄碱苷分解后产生的茄碱是一种有毒物质,对红血球有强烈的溶解作用,茄碱含量超过 0.02% 时人食后便可中毒。马铃薯所含的茄碱苷主要集中在薯皮和萌发的芽眼部位,据分析当马铃薯块茎受日光照射表皮呈淡绿色时,茄碱含量急剧增加,可由 0.006% 增加到 0.024%,所以,发绿或发芽的马铃薯应将皮部和芽眼去除才能食用。

4. 柚皮苷和新橙皮苷

二者均存在于柑橘类果实中,尤以白皮层、种子、囊衣和轴心部分含量较多,因此这些部位具有强烈的苦味。柚皮苷在柚皮苷酶作用下,可水解成糖基和苷配基,使苦味消失,这就是果实在成熟过程中苦味逐渐变淡的原因。根据这个原理,在柑橘加工业中常利用酶制剂来使柚皮苷和新橙皮苷水解,以降低橙汁、罐头等加工制品的苦味。

(六)辣味物质

适度的辣味能够增进食欲,促进消化液分泌。辣椒、生姜及葱蒜等蔬菜含有大量的辣味物质,它们的存在与这些蔬菜的食用品质密切相关。

生姜中辣味的主要成分是姜酮、姜酚和姜醇,是由碳、氢、氧组成的芳香物质,其辣味有快感。辣椒中的辣味是由碳、氢、氧、氮所组成的辣椒素,是一种无臭性的辣味物质。葱、蒜等蔬菜中辣味物质是硫化物和异硫氰酸酯类,分子中含有硫,有强烈的刺鼻辣味和催泪作用,它们在完整的蔬菜器官中以母体的形式存在,气味不明显,当组织受到挤压或破碎时,母体才会在酶的作用下转化成具有强烈刺激性气味的物质,如大蒜中的蒜氨酸,它本身并无辣味,只有蒜组织受到挤压或破坏后,蒜氨酸才在蒜酶的作用下分解生成具有强烈辛辣气味的大蒜素。芥菜中的刺激性辣味成分是芥子油,为异硫氰酸酯类物质。它们在完整组织中是以芥子苷的形式存在,本身并不具辣味,当组织破碎后,在酶的作用下分解为葡萄糖和芥子油,芥子油具有强烈的刺激性辣味。

(七)鲜味物质

果蔬的鲜味物质主要来自一些具有鲜味的氨基酸、酰胺和肽,其中以谷氨酸、天门冬氨酸、谷氨酰胺和天门冬酰胺最为普遍,它们广泛存在于果蔬中。在梨、桃、葡萄、柿子、番茄中含量较为丰富,生吃这些水果、蔬菜能明显

地感到鲜味。此外,竹笋中含有的天门冬氨酸钠也具有天门冬氨酸的鲜味。我们常用的味精的鲜味是另一种物质谷氨酸钠,其水溶液有浓烈的鲜味。谷氨酸钠或谷氨酸的水溶液加热到 120°C 以上或长时间加热时,则发生分子内失水,缩合成有毒的、无鲜味的焦性谷氨酸。

二、营养物质

果蔬是人体所需维生素、矿物质与膳食纤维的重要来源,此外有些果蔬还含有大量淀粉、糖、蛋白质等营养物质。随着人们健康意识地不断增强,果蔬在日常膳食营养中的作用也日趋加重。

(一)维生素

维生素是维持人体正常生命活动不可缺少的营养物质,它们大多是以辅酶或辅因子的形式参与生理代谢。果蔬是人类食品中维生素的重要来源,它对维持人体的正常生理功能起着重要作用,如果缺乏则会导致各种疾病。果蔬中含有多种多样的维生素,尤其与人体关系最为密切的维生素 C 和类胡萝卜素(维生素 A 原)含量丰富。据报道人体所需维生素 C 的 98%、维生素 A 的 57% 左右来自于果蔬。热带园艺产品果实中主要含有维生素 A、维生素 C、维生素 B。如每 100g 香蕉果实中约含有 $20\mu\text{m}$ 的维生素 A、 $10\sim 20\mu\text{m}$ 的维生素 C、 $10\mu\text{m}$ 的维生素 B,以及微量的维生素 E 和维生素 K。

1. 维生素 C

维生素 C 在体内主要参与氧化还原反应,在物质代谢中起电子传递的作用,可促进造血作用和抗体形成。维生素 C 还具有促进胶原蛋白合成的作用,可以防止毛细血管通透性、脆性的增加和坏血病的发生,故又称为抗坏血酸。维生素 C 为水溶性维生素,在人体内无累积作用,因此人们需要每天从膳食中摄取大量维生素 C。而不同品种、类别的果蔬维生素 C 含量差异较大,含量较高的果品有鲜枣、山楂、猕猴桃、草莓及柑橘类。在蔬菜中辣椒、绿叶蔬菜、花椰菜、嫩茎花椰菜等含有较多量的维生素 C。柑橘中的维生素 C 大部分是还原型的,而在苹果、柿中氧化型占优势,所以在衡量比较不同果蔬维生素 C 营养时,仅仅以含量为标准是不准确的。维生素 C 极容易氧化,低温、低氧可有效抑制贮藏果蔬中维生素 C 的损耗。

2. 维生素 A

新鲜果蔬中不含维生素 A,但含有大量的胡萝卜素,胡萝卜素本身不具有维生素 A 的生理活性,但胡萝卜素在人和动物的肠壁以及肝脏中能转变为具有生物活性的维生素 A,因此胡萝卜素又被称为维生素 A 原。维生素 A

可抗眼干燥,促进皮肤和牙齿正常生长,参与骨骼蛋白质形成,维持黏膜的正常生理功能,提高人体对疾病的抵抗力。维生素 A 缺乏时,易患夜盲症。维生素 A 为脂溶性维生素,在人体内具有累积作用,不需要天天补充,但是若在短期内大量食用,会对人产生毒害作用。维生素 A 和胡萝卜素比较稳定,但由于其分子的高度不饱和性,在果蔬加工中容易被氧化,加入抗氧化剂可以得到保护。在果蔬贮运时,冷藏、避免日光照射有利于保护胡萝卜素不受损失。绿叶蔬菜、胡萝卜、南瓜、杏、柑橘、黄肉桃、芒果等黄色、绿色的果蔬胡萝卜素含量较多。

(二)矿物质

矿物质是人体结构的重要组成部分,又是维持体液渗透压和 pH 值不可缺少的物质,同时许多矿物离子还直接或间接地参与体内的生化反应。人体缺乏某些矿物元素时,会产生营养缺乏症,因此矿物质是人体不可缺少的营养物质。矿物质在果蔬中分布极广,约占果蔬干重的 1%~5%,而一些叶菜的矿物质含量可高达 10%~15%,是人体摄取矿物质的重要来源。果蔬中 80% 的矿物质的是钾、钠、钙等金属成分,其中钾元素可占其总量的 50% 以上,它们进入人体之后,与呼吸释放的 HCO_3^- 负离子结合,可中和血液 pH 值,使血浆的 pH 值增大,因此果蔬又被称为“碱性食品”。相反,谷物、肉类、鱼和蛋等食品中,磷、硫、氯等非金属成分含量很高,它们的存在会使体内的酸性增加。同时这些食品富含淀粉、蛋白质与脂肪,它们经消化吸收后,其最终氧化产物为二氧化碳,二氧化碳进入血液会使血液 pH 值降低,故又称之为“酸性食品”。过多食用酸性食品,会使人体液、血液的酸性增强,造成体内酸碱平衡的失调,甚至引起酸性中毒,因此为了保持人体血液、体液的酸碱平衡,在鱼、肉等动物性食品消费量不断增加的同时,更需要增加果蔬的摄取量。在矿物质中,钙、磷、铁与人体健康关系最为密切,人们通常以这 3 种元素的含量多少来衡量该产品的矿质营养价值。果蔬含有较多量的钙、磷、铁,尤其是某些蔬菜的含量很高,是人体所需钙、磷、铁的重要来源之一,因此果蔬有很好的矿质营养价值,如表 1-2 所示。钙不仅是人体必需的营养物质,而且对果蔬自身的品质和耐贮性的影响也非常大。许多果蔬的生理病害如苹果水心病、苦痘病、红玉斑点病、大白菜干烧心等都与其采前生长时缺钙有关,采前喷钙和采后浸钙处理都有助于提高果蔬的品质与耐贮性。