

〔苏联〕Б. А. 魯賓 Л. В. 梅特里茨基著

蔬菜 and 果实的貯藏原理

科学技術出版社

序 言

在苏联，馬鈴薯、蔬菜和果树的种植面积在逐年扩大，因而这些极有价值的食用农产品的生产量也在逐年提高。由于蔬菜和果树在露地的生长期只有几个月，所以長期貯藏馬鈴薯、蔬菜和果实，無論是为了以新鮮产品供应消费，或是为了延長一些食品工业（罐頭工业、食品干燥工业、酿造工业等）的生产季节都有非常重要的意义。貯藏对馬鈴薯和二年生蔬菜的种子繁育也具有极其重大的意义。

在苏联貫徹了广大的、鼓励在集体农庄和国营农場中長期貯藏馬鈴薯、蔬菜和果实的系統措施。实行馬鈴薯和蔬菜、果实的季节零售价格也屬於这些措施之一。由于这一措施，促使集体农庄、国营农場和貿易机构在冬—春季注意馬鈴薯、蔬菜和果实的貯藏。

苏联的科学家們和生产者們已經为改善馬鈴薯、蔬菜和果实的貯藏，为延長貯藏期限和减少損耗做了不少的工作。但是目前貯藏的損耗还是很大，在許多情况下貯藏期限还很短。

因此，必須广泛地运用生产中业已研究出来的合理的貯藏方法，并应繼續进一步研究根本改善貯藏技术，使能适应于大規模的社会主义經濟。

本書的任务在于簡要地說明蔬菜和果实的貯藏原理，并反映这方面最新的科学成就。作者基本上把注意力集中在观察貯藏期中蔬菜和果实內所發生的生物化学过程，以及这些过程在植物有机体对各种病害的抵抗现象中所起的作用。我們所以这样做，是根据这一无可爭辯的事实，即只有在对貯藏期中蔬菜和果实組織內生物化学过程的實質有正确概念的基础上才能管理貯藏、組織合理的貯藏和延長貯藏期限、減低損耗。

目 录

序言

第一章	蔬菜和果实化学成分的特性·····	1
第二章	贮藏期间蔬菜和果实中的生物化学过程·····	8
第三章	蔬菜和果实对寄生和生理病害抵抗性的生物化学 特性·····	19
第四章	蔬菜和果实的成熟和人工后熟·····	29
第五章	贮藏蔬菜和果实的基本方法·····	41
第六章	各种蔬菜和果实的贮藏特性·····	60

第一章 蔬菜和果实化学成分的特性

蔬菜和果树作物包括許多种类极其不同的植物。

在蔬菜和果树作物中，我們可以見到不同生活年齡的——一年生、两年生和多年生的——植物；这些植物有的生長于熱帶，也有的生長于中部地区或是边远的北部地区；它們的可食部分是：根、块莖、莖、叶、芽和果实。

各种植物的特征就在于它們組織內化学成分不同，归根到底，蔬菜和果实的食用和风味特点是决定于这些化学成分。蔬菜和果实的內含物質能很好地被微生物所消化，因之它們很容易被微生物感染。同时，从收穫起到整个的貯藏期間，果实和蔬菜中的全部生命活动过程也是依靠这些物質来實現的。通常各种有机物是貯积在所謂植物的貯藏器官（肥大的根、块根、果实等）之內。当收穫时，貯藏器官与获得有机物来源的母株分开。因此在貯藏期間，果实和蔬菜組織內会发生营养物質含量减少和食用品質降低的現象。在貯藏期間往往也会减低果实和蔬菜的风味特点。

貯藏的任务是要保护蔬菜和果实免受微生物的破坏，同时也要保护使它們所含有的营养价值高的物質免受損失。

为了正确地做好貯藏工作，必須对果实和蔬菜化学成分的特性，以及它們組織含有物在貯藏期間所遭受到的变化能有一个明确的概念。

表1引証了若干果树和蔬菜作物化学成分的資料。果实和蔬菜的化学成分，由于品种、生長地区、当年气候条件和栽培方法会产生很大的变化。例如不同蔬菜品种中含糖量的变化是：白球甘藍从2.7%（卡希尔卡）到5%（莫斯科晚熟种）；胡蘿卜从6%（善

捷)到8% (瓦列利亞); 中亞細亞甜瓜从8% (汉达雷克)到13% (伊奇-克崔尔)。不同苹果品种含酸量变化是从0.25% (撒哈尔立陶宛种)到1.48% (安东諾夫卡)。南方苹果的果膠物質比北方的含量少1/2~2/3。甚至是同一个品种的格魯吉亞桔“温州蜜桔”在阿札里的含糖量是6.6%, 而在阿布哈茲的却是8.6%。例如在胡蘿卜的試驗中, 視肥料类型和施用日期的不同, 其含糖量变动于4.5~6.8% 之間。

表 1、新鮮蔬菜和果实内水分、碳水化合物和酸类的含量
(鮮重百分率)

蔬菜和果 实的种类	水 分	碳 水 化 合 物				酸 类
		淀 粉	糖	纖維素	果膠物質	
馬鈴薯	77	15	0.9	1.0	—	0.2
甜菜	77	0.2	6.3	1.0	—	0.1
胡蘿卜	89	0	9.8	1.1	—	0
白球甘藍	91	0	3.8	1.7	—	0.2
洋葱	87	0.1	7.3	0.3	—	0.1
番茄	94	0.3	0.8		0.2	0.5
西瓜	89	0	7.2	0.4	—	0.2
甜瓜	90	0.8	8.5	0.5	—	0.1
苹果	86	0.4	9.6	0.9	1.2	0.6
梨	83	0.6	10.2	0.9	0.8	0.3
杏	86	—	8.9	0.9	0.7	0.6
櫻桃	85	—	10.8	0.3	0.5	0.8
李	84	—	9.0	0.6	0.6	0.8
葡萄	80	—	15.4	0.9	0.5	0.7
桔	87	0	7.3	0.3	0.7	0.9
甜橙	83	0	6.3	0.5	0.9	1.4
檸檬	88	0	2.1	0.5	1.1	5.6

組織內的高度含水量乃是大多数果实和蔬菜所特有的化学成分特性之一。

植物組織內水分含量愈高, 則其内含的营养物質就愈容易为各种有害的真菌和細菌所利用。因此, 尽可能充分地去掉果实和

蔬菜中的水分而使其組織干燥乃是貯藏时最实际的有效方法之一。如果要保持果实和蔬菜的新鮮状态,相反地就要尽力保护其水分免受损失。水分乃是完成組織所特有的全部总合的生命活动过程的环境。

保持植物細胞内部正常充水是植物組織完成正常新陈代谢、同化和异化作用等过程的重要条件。由于原生質失水所发生的这一状况的改变,会引起生物化学过程和酶的活动的失常,并导致分解过程的增强等^①。可見,不論在动物体中或是植物体中,水是所有細胞和組織必不可少的組成部分。下面將指出,蔬菜和果实貯藏时由于干旱而失水是对貯藏过程非常不利的。除了水分之外,蔬菜和果实的組織內还含有一定量的所謂干物質,这些干物質主要是各种有机物。无机物(礦物質)平均約占果实和蔬菜全重的0.5~1.0%。果实和蔬菜內所含的全部礦物質有一半以上是鉀,其次是鈣、磷、鉄等。

有机物主要是碳水化合物——糖、淀粉、纖維素及果膠物質。

植物組織內所有的有机物質,因其来源的共同性而相互关联。它們都是由綠色叶片光合作用所生产的最初产物轉化而成的。

果实和蔬菜組織內的物質,在貯藏期間能发生各种各样的轉化和变异。决定这些轉化的主要过程之一是呼吸作用——保証整个有机体及其个别器官的細胞正常生存的最重要的生命活动过程。

植物体内碳水化合物分布最广。其成分中包括有能溶于水(蔗糖、果糖、葡萄糖)和不溶于水(淀粉)的化合物。

例如,在馬鈴薯块莖的碳水化合物中,极大部分是淀粉。在豌豆中淀粉的含量約占碳水化合物总量的50%。在未成熟的苹果內同样也含有大量的淀粉。随着苹果的成熟,淀粉最后被分解为各

^① 活細胞所产生的特殊的有机物叫做酶。它有特殊的加速細胞內进行各种生理过程的能力。

类的糖。到收穫时，苹果果实中淀粉含量不超过1%。

果膠物質和纖維素是屬於复杂的碳水化合物类型，它們主要是組成細胞壁。

果实和蔬菜外皮的特征是含有大量的纖維素；在某些情况下，外皮可以保护果蔬免受微生物的侵入。因此，当果实和蔬菜在收穫、运输和貯藏时，保护外皮免受任何微小的机械创伤是非常重要的。任何的擦伤、刺伤和碰伤都可作为微生物进入植物組織内部的入口。

在細胞壁内主要集中的各种有机化合物是屬於果膠物質。果膠好象結固植物組織一样来粘合零散的細胞。有些果实中含有大量的果膠，可以利用它們来制备凝膠。同样有些果实(例如苹果)可以供作糖果生产中广泛利用的純果膠原料。果膠有溶于水和不溶于水的两种类型。

果实和蔬菜成熟时，不溶于水的果膠原轉变为可溶性的果膠，因此果实組織就逐漸变軟。

通常在果实和蔬菜的組織中还含有各种有机酸。例如檸檬含酸約占組織干物重的一半，而柿子的組織内部几乎不含酸。

有机酸中以苹果酸、葡萄糖酸和檸檬酸是最普遍的，酸模酸比較少。通常每种果实都富有某一种有机酸。例如，在苹果和梨的組織内主要是苹果酸，葡萄果实内主要是葡萄糖酸，柑桔果实内主要是檸檬酸。

有机酸主要是含在果肉内。例如，檸檬的果肉内含酸可达6%，而果皮内只有0.2%。

然而果实和蔬菜的酸味并不仅是决定于有机酸的絕對含量，而且也决定于酸和糖的比例。特別是許多果实成熟后期所表現的酸味降低，主要是因为糖含量的增長。

有些果实在貯藏后期，由于組織内酸含量的剧烈下降，因而失去了它們所特有的风味。例如，許多冬性品种的苹果、甜橙和桔子

常有这种现象。

这是由于在一定的贮藏条件下(主要在低温条件下),有机酸被利用于呼吸作用比糖要强烈,因之酸的含量很快的减少。所以,为了保持果实的风味,在贮藏期间不让有机酸被呼吸消耗,这点是非常重要的。

如众所知,未成熟的果实常会有涩的味道,这是因为果实内通常含有所谓单宁物质的缘故。组织内单宁的含量是随着果实的成熟而一直在减少,在成熟的果实内,其含量不超过 0.1~0.2%。即使是在这样少量的情况下,其作用仍是很大的。因为单宁很易被空气中的氧气氧化而变为暗色的化合物。特别是在把果实切开时所见到的果肉迅速变黑就是这个缘故。单宁中有些物质在呼吸作用中能起积极而重要的作用,这些物质是植物细胞在呼吸过程中所消耗的氧气的载体。

有些果实和蔬菜的果皮内含有大量的挥发油,它们的含量与成分在很大程度上决定着果蔬的香味及风味。

可以引用洋葱作为例子。所谓甜葱其含糖要比辣葱少得多。而辣葱的味道是因为挥发油含量较高之故。

文献中常指出,果实和蔬菜的耐藏性,特别是它们对微生物方面的抵抗性是和挥发油的含量有关。这种观点并不能认为是根据的。实际上在第三章将指出,果实和蔬菜中所含有的挥发油含量对抵抗性并没有什么影响。

碳水化合物、酸类、单宁和脂肪是属于无氮化合物。果实和蔬菜的含氮物中有蛋白质,它在动、植物有机体生活中的作用是非常大的。蛋白质含量超过原生质干重的一半,它是酶最重要的组成部分,在生物体内直接参与新陈代谢的全部化学过程。

除了豆科植物以外,一般果实和蔬菜组织内的蛋白质含量是不高的。在马铃薯中蛋白质含量达 2%。

果实和蔬菜作为各种维生素来源的重要意义是大家所知道的

(表 2)。正如植物組織成分中的其他物質一样, 維生素的含量是依品种和生長条件而改变。例如, 白球甘藍維生素 C 在平均含量 35 毫克% 时, 早熟品种“第一号”含量达 22 毫克%, 而晚熟品种“阿馬盖尔”却可达 70 毫克%; 檸檬和甜橙的对比是 55 毫克% 与 65 毫克%。通常南方苹果維生素 C 含量不超过 5 毫克%, 北方苹果則可达 20 毫克% 以上。

表 2、果实和蔬菜中維生素的含量

(鮮重 100 克中的毫克数)

果实和蔬 菜的种类	維 生 素				
	A 胡蘿卜素	B ₁ 硫胺素	B ₂ 核黄素	C 抗坏血酸	PP 尼克酸
馬鈴薯	0	0.09	0.04	15	1.0
甜菜	0	0.10	0.05	10	0.2
胡蘿卜	7.0	0.07	0.05	5	0.2
白球甘藍	0.1	0.15	0.05	35	0.21
洋葱	0	0.07	0.02	8	—
番茄	0.6	0.9	0.8	25	0.7
西瓜	0.1	0.05	0.07	7	—
甜瓜	1.2	0.05	0.07	20	—
苹果	0	0.05	0.01	4	0.01
梨	0	0.05	0.01	4	0.01
杏	2.7	0.02	0.08	7	0.27
櫻桃	0.3	—	—	15	—
李	0.1	0.09	—	5	—
葡萄	0.1	0.03	0.09	6	0.05
桔	0.42	0.06	0.06	38	0.13
甜橙	0.1	0.04	0.06	65	0.75
檸檬	0	0.07	0.05	55	0.84

在考虑表 2 的数字时, 必須注意人在一晝夜內对某种維生素的需要通常是以毫克来計算的。例如, 根据目前的資料, 人对各种維生素的需要依年齡、健康狀況和工作条件而决定如下:

胡萝卜素	3~4	毫克
硫胺素	2~3	毫克
核黄素	2	毫克
抗坏血酸	50~100	毫克
尼克酸	15~20	毫克

應該說明，維生素 P 的存在能使維生素 C 的生物學活性加強。有時維生素 C 不能治好的壞血病，如在食物中同時含有許多維生素 P 時就能很快地治好。最初的維生素 P，是從檸檬果實中提制的檸檬素制劑獲得的，而這種制劑是由許多物質，主要是桔皮苷所組成。現在已經確定了，富有維生素 P 的果實往往含維生素 C 不高（例如葡萄、蘋果等）。

就許多維生素的含量特別是維生素 C 的含量來說，果皮比果肉豐富得多。例如，甜橙果肉內含維生素 C 55 毫克%，而果皮內則含有 170 毫克%。南方蘋果果皮內含維生素 C 達 50 毫克%，而果肉內則不超過 5 毫克%。

維生素這樣的分布，在一定程度上是和這些物質在植物生活中所起的重要作用有關係的。果皮組織內的生命活動過程，首先是呼吸作用過程要比內部組織進行得旺盛。有些維生素，例如維生素 C 是直接積極地參與呼吸的氣體代謝作用；而其他的（例如維生素 B₁）則是參與許多重要的酶的組成。

我們已經在上面指出了果實和蔬菜的組織中含有很多酶系，這就決定了細胞中生物化學過程的進行速度是很快的。

沒有酶的參與，植物組織中許多過程就根本不可能順利進行。例如，為了使有機物能在活細胞外燃燒，就必須使這些物質得到高溫的作用。但是在生物體內，由於有酶的參與，這一過程就能在低溫，甚至在零下溫度下進行。大家知道，植物呼吸時將有機物氧化為二氧化碳和水的過程是能夠在零下溫度下進行的。

酶的名稱是根據它們參與轉化的那些化合物的性質決定的。

例如参与淀粉分解的酶即称为淀粉酶(由拉丁語“Amylum”——淀粉而来)。

果实和蔬菜内所含有的酶属于两种主要类型。第一类包括使复杂(聚合)有机物分解为简单有机物的酶。例如,淀粉分解为糖,蛋白质分解为氨基酸等等。这些酶通称为水解酶。

第二类包括破坏作为有机化合物的基础的碳键的酶,随着碳键的破坏而形成最后分解的产物二氧化碳和水。一般称这类酶为解碳键酶。酶的作用方向,在极大的程度上是决定于细胞的总的状况,首先是它们的活质或原生质的状况。原生质正常状态受到任何破坏(例如由于凋萎或冻伤而失水)都会改变酶的作用特性。因而在正常的新陈代谢过程中发生严重的偏差,降低果实和蔬菜组织的抵抗力,而使它们易于遭受各种生理性和寄生性病害的侵染。

近年来由于苏联生物学家B. H. 托金(Толкин)的研究,在植物组织中发现了能够杀死或阻止微生物发育的特殊物质。这些物质称为植物杀菌素,它们大量存于辣根、大蒜、葱、番茄、胡椒、柑桔类果实的组织内。关于植物杀菌素的化学特性研究得还很不够。

大部分的植物杀菌素,尤其是活性最强的植物杀菌素,都属于挥发性的化合物。因此通常把植物组织磨碎(浆液)后,植物杀菌素的活性就大大地增强。磨碎后经过一些时间(几分钟甚至几秒钟),植物杀菌素的活性就完全丧失。这就是在果实蔬菜贮藏期间,企图运用植物杀菌素以防止微生物时所遇到的困难的原因。

关于这个问题的材料将在下一章中较详细的来叙述。

第二章 贮藏期间蔬菜和果实中的生物化学过程

在贮藏期间蔬菜和果实中所发生的过程,在很大程度上是这些有机体和器官组织中,在生长时期所发生的过程的继续。但是,

貯藏期間的生物化学过程与生長阶段所发生的过程有許多不同的重要特点。

发育中的植物經常进行着两种过程：一方面是合成作用，有机物質的新形成；另一方面是这些物質的分解与破坏。在已脱离母株的貯藏器官中，有机物的新形成是不会发生的；在果实和蔬菜的貯藏期間，其組織中实际上只进行着已經沉积在組織內的可塑性物質的分解过程。

在貯藏期間发生的过程中，首先应举出果实和蔬菜的水分蒸发过程。蒸发是通过表面組織而进行的。它在相当程度上受貯藏器官的解剖学特点所制約(很多种类蔬菜的特点是細胞和細胞間隙大，細胞壁很薄)。

所有的植物，即使在生長时期中，也都发生水分的蒸发。在正常的条件下，正在生長的植物消耗于蒸发作用上的水分，是由其根部所吸收的水分来补偿。在貯藏期間的果实和蔬菜不能补充水分，它們的組織干枯了，这对物質代謝过程的正常进行影响很不好。

凋萎加强了細胞中所含有的全部有机物質的分解过程。这就是說明，凋萎破坏了原生質的正常状态，于是破坏了細胞固有的供酶作用所需的条件，因而改变了酶的状态。

根据 А. И. 奥巴林 (Опарин) 的学說，酶在活細胞中可同时处于自由状态 (溶解状态) 和結合状态 (即被原生質的有形成分所吸附)。处于溶解状态的那部分酶激活分解过程，而处于結合状态的同一种酶則无这种能力。在植物凋萎的情况下，酶的自由部分与結合部分之間的比例，向增加自由酶的数量方面变化。

因此，凋萎使細胞內所含的可塑性物質水解 (分解) 作用的过程加强。表 3 的数据可以作为例証。

由于这种代謝上的破坏，降低了蔬菜和果树作物对微生物的抵抗力，削弱了它們的耐藏性。在甜菜用 *Botrytis cinerea* 真菌 (即灰霉菌) 行人工接种时，新鮮并保持正常含水量的根，通常能很

表 3、肉質直根类作物組織中蔗糖酵解过程的强度
(在同一条件下)

肉質直根类作物的种类	新鮮的肉質直根	凋萎程度 6.5%	凋萎程度 15%
甜菜	4.3	9.6	10.6
胡蘿卜	13.8	20.1	51.0

好地战胜感染而不罹病；但凋萎的根却 100% 的罹病。

凋萎使細胞呼吸作用大大地增强，因此增加可塑性物質的損失，于是貯藏品的营养价值也就惡化了。

果实和蔬菜組織中的水分蒸发是貯藏时重量減輕的主要原因。在一次試驗中，胡蘿卜經 6 个月的貯藏后即失去其重量的 7.3%，其中水分的蒸发占 5.2%，而 2.1% 系呼吸过程中消耗的有机物質。

由此可見，为了使貯藏結果良好，必須有效地防止果实和蔬菜的凋萎并保持其組織內正常的含水量。果实和蔬菜的收穫及貯藏的全部綜合措施应当服从于这一任务。为此，首先必須保持貯藏室中相当高的空气湿度（見下面）。防止凋萎的主要方法是用砂或土层复盖蔬菜，用紙以及其他各种包装材料包裝果实。

与此相反，为了提高某些种类蔬菜的耐藏力，它們在收割以后要加以干燥。例如，从蔬菜栽培的实践中所知道，收穫后未經干燥的葱，对于長期的貯藏是不适宜的；因为它很快就会腐爛。

葱收穫后加以干燥，是为的使葱表面对防止鳞莖受微生物侵染起重要作用的鳞片免于过分潮湿。此外，葱表面已干燥了的有色鳞片，可防止內部鳞片的水分消耗。

与果、蔬組織中所含有的复杂有机物質分解为更簡單的化合物有关的过程占很重要的地位。这些过程的意义在于植物組織成分中的許多物質，只要它們被分解成較簡單的化合物之后，即能被呼吸作用所利用。淀粉可以作为典型的例子，只要它被分解为單

糖(葡萄糖)以后,就被呼吸作用所利用。在活的組織中,且在一定的酶的参与下,才能实现这些分解过程。

貯藏期間分解过程的强度决定于器官的生理状况。特别是这些分解过程与块莖、根和鱗莖所进行的所謂休眠期有密切关系。休眠期是指植物或植物的器官处于沒有生長能力的状态。

休眠是一种有益的生物学特性,它保护植物免受外界环境不良条件的影响(例如种子、休眠芽眼不适时的萌发;乔、灌木植物的叶芽及花芽不适时的开放等)。

掌握調节休眠期的方法,使之延長或縮短,对生产实践极为重要。显然,使蔬菜較長期的处于休眠状态將有利于延長貯藏的期限。同样也可能使貯藏品的风味、品質保持高度的水平。例如,已經証明馬鈴薯在休眠期结束后,由于淀粉分解,块莖的含糖量迅速增加。块莖有了甜味,对馬鈴薯是极为不利的。

果实組織內可塑性物質的分解作用的强度,在很大程度上决定于收割后的后熟作用。因为包于果实中的种子,在成熟过程中利用果肉中所含的有机物質,这仅仅是在含于果肉內的物質变成更簡單、因而更活跃和更容易被利用的化合物以后才有可能。例如,在苹果成熟时,其組織內含有的淀粉变成糖,复杂的糖变成更簡單的糖,果膠原变成果膠等。

由此看来,延長蔬菜和果实貯藏期的有效因素之一,應該是使它們停留在休眠状态的时期延長,并尽量推迟其后熟作用。为此必須制止复杂的有机物質变成比較簡單的化合物的分解过程。温度就是可以影响这一过程进行的有力因素之一。

由于温度升高加强了所有生物化学过程的强度;其中也包括分解的过程在內。所以必須力求在貯藏室中經常保持十分穩定而又相当低的温度。

果实和蔬菜周围大气中的气体成分,对貯藏过程有很大的影响。当空气中氧含量略微减少和二氧化碳量略微增加时(数量极

微), 果实和蔬菜中的分解作用通常受到阻抑。但是超出这一限度, 分解作用强度便很剧烈地增加。

在有机体与外界环境的相互作用方面起着特别重要作用的呼吸作用, 在分解过程的总体中占主要地位; 因此亦是在所有一系列生命活动过程中占主要的地位。

呼吸是任何生物体及其每一个器官和细胞所固有的作用, 这些器官和细胞在生命的全部时间内始终要进行呼吸。呼吸作用的生物学意义在于使蕴藏在植物内由光合作用所创造的有机物质中的能量释放出来, 并使其利用于各种各样的建成生命的过程中去。

呼吸作用是一系列的相互联系的氧化与还原过程所组成; 其中每一环节都是在一定的酶系作用下而实现的。

呼吸作用过程分为若干阶段进行, 在每一阶段都形成一定的中间化合物。应当认为这是生物体在进化过程中所产生的极重要的生物学适应性。问题在于呼吸过程中所释放出来的能量, 只有在它们放出不过多于细胞所需要的分量时, 才能被细胞最有效地利用。

呼吸作用的第一个阶段是在缺氧的条件下, 亦即是在没有分子氧参与的情况下进行的。所谓的呼吸色素(具有可逆氧化与还原变化性能的物质)是呼吸作用第一阶段的必要参与者。

在氧气直接参与下的呼吸作用的第二阶段中, 发生色素原(Хромоген)^①的氢的氧化作用, 由此色素原又重新变成了色素。形成的色素能使呼吸材料等的氢重新与自身化合。

通常, 呼吸作用的总方程式如下:



由上式可知, 在呼吸过程中, 当利用纯葡萄糖分子时, 细胞每吸收一体积的氧, 就放出同一体积的二氧化碳。换句话说, 在这种

① 呼吸色素由于氢化(还原)而生成的产物。

② 原意为 6O , 可能为 6O_2 之误——译者。

情況下，體積的比： $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}=1$ 。 $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ 的比數稱為呼吸系數。

呼吸系數只有植物組織在呼吸作用時利用糖的情況下才等於 1。如果在呼吸過程中氧化比糖更易氧化的化合物時，每吸收一體積的氧，放出來的就不是同一體積而是更多量的 CO_2 。例如，在組織以有機酸類來供給呼吸時，就可發現這種情況。如果用比糖更易還原的化合物（如蛋白質或脂肪）時，則呼吸系數小於 1。

植物組織內的糖類、酸類和其他有機物質被消耗於呼吸作用上，乃是蔬菜和果實在貯藏期間食用風味品質惡化的主要原因之一。甚至在完全沒有微生物的影響之下，在呼吸作用中可塑性物質也有很大的損失。例如，白球甘藍和甜菜在普通沒有人工冷卻的貯藏室內連續貯藏 5 個月後，貯藏品的碳水化合物損失達 $1/3$ ，在胡蘿卜則損失 $1/5 \sim 1/4$ 等等。有機酸和維生素（特別是維生素 C）的損失也很大。

表 4 舉出了幾種果實和蔬菜呼吸強度的一些概念。

表 4、幾種蔬菜和果實的呼吸強度
(15°C 時，1 小時內，1 公斤放出的氣體毫升數)

研 究 材 料	O_2	CO_2	$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$
馬鈴薯.....	9.4	10.1	1.08
洋蔥.....	12.0	12.7	1.06
胡蘿卜.....	16.1	17.3	1.07
蘋果.....	12.1	13.8	1.15
桔子.....	9.4	11.9	1.26
檸檬.....	3.3	4.4	1.33

不僅在不同的種類中，即使在同一種類的不同品種中，呼吸作用的進行也各不相同（表 5）。

同一器官的各個組織，例如果皮和果肉的呼吸作用同樣也是各不相同。柑桔類果實的呼吸作用，果皮組織的呼吸強度超過同一果實的果肉組織呼吸強度的 $7 \sim 9 \sim 14$ 倍。

表 5、不同苹果品种的呼吸作用

(15°C 时, 1 小时内, 1 公斤放出的气体毫升数)

品 种 名 称	O ₂	CO ₂	$\frac{CO_2}{O_2}$
白雪·加勒維品种	8.7	9.0	1.03
波 依 金品种	9.6	10.5	1.09
罗 斯 馬 林品种	7.1	9.9	1.33
西米宁柯·萊茵特品种	6.4	7.1	1.09

这些組織的呼吸系数也不相同, 这是因为呼吸作用所利用的物質的成分不同。果皮組織的呼吸作用主要是利用糖来实现, 而果肉內的呼吸作用在很大的程度上是依靠酸类来实现。

果肉內虽然有大量的糖存在, 由于分子状态的氧很难进入这个組織, 因而呼吸时尽先利用酸类。在这种条件下, 呼吸的气体代謝首先是氧化比糖类更易氧化的化合物(如有机酸类); 它們氧化时需要氧气比較少。

呼吸作用是和有机体及其器官的总的生理状态 (общее физиологическое состояние) 有紧密的联系。已經确定, 果实和蔬菜在最初几天, 特别是剛收穫后的几小时内, 呼吸作用进行得最强烈。

一些不耐藏的蔬菜, 如莴苣、四季蘿卜、黄瓜等經過 6 晝夜的貯藏后其糖分的損失已达到原来含量的 20%。

貯藏品糖分損失的百分数

莴 苣	在 6 晝夜內	19.6
	在 12 晝夜內	31.3
四季蘿卜	在 3 晝夜內	6.2
	在 8 晝夜內	10.2
黄 瓜	在 6 晝夜內	24.1
	在 10 晝夜內	32.0

在收穫后的第一个晝夜, 綠色的箭筈豌豆內糖分的損失就能达到豆莢里所藏糖分的 10~15%。