

用气调来推迟水果蔬菜腐败

随着农业生产的发展以及蔬菜和水果品种的改良,收获后的果蔬的质量有了明显的提高,产量也有了增加。不幸的是,由于在销售过程中产品不断腐烂变质,园艺和工艺方面的这些成就在果蔬的批发、零售价格上并未得到充分的体现,并没有给消费者带来多少好处。全世界所收获的农产品,大约有25%在尚未达到消费者手中之前就败坏了,这一事实足以说明上述情况。更遭的是,虽然许多果蔬尚能保持较好的质量,能在市场出售,但常常在到达消费者手中之前,质量已经大大下降。

园艺果蔬历来是在那些能保证高质高产的地区种植的。往往由于产区和人口密集的城镇相距很远,必须用冷藏车来运输农产品。远海运输的冷藏容器新技术为产品在海外市场的推销开辟了新前景。海外市场扩展很快——自1967年以来从美国西海岸销往远东的易腐商品增加了四倍;同期,从美国东海岸和墨西哥湾沿岸销往欧洲的商品增加了六倍。

运输时间长、能量消耗大,食品销售量急剧增加,这些因素迫使冷藏技术和食品贮藏方法不断改进。冷藏容器和冷藏运输工具的改进主要在提高效能和增加可靠性。

由于温度控制的改进,结果使产品在运输过程中能进一步保持好质量。这体现在以下四个总的方面:(1)收获后的生理遗传学,(2)外源的(杀真菌剂、熏蒸法、钙溶液、腊)和内源的(生长调节剂)化学控制,(3)环境控制(气调,相对湿度、排除乙烯、通风、空气运动),(4)包装技术(装箱设计和性能)和运输技术(环境卫生)。这些方面的进展将大大地提高工业生产的能力去满足世界范围内不断

变化的食品供求关系。本文仅限于探讨带冷藏的气调问题。

改变气体的技术

自1920年代基德和韦斯特发表其经典著作以后,改变气体或调节气体贮藏法就问世了。虽然商业上的用途主要限于将某些蔬菜和水果运往国外以及苹果、梨、柑桔、白菜的大规模的国内运输,但是由于气调贮藏的经济效益日显著,它的用途会越来越广,越来越大。

“调节气体”(C, A)和“改变气体”(M, A)这两个术语的意思,是说易腐食品周围的气体成分与通常的气体成分不同。两种方法都涉及到二氧化碳、氧和氮的调节;不过,有时也包括别的气体,如一氧化碳、乙烯、丙烯、乙炔。MA和CA的区别仅在于气体分压力的准确控制程度。CA比MA更准确。低压贮藏法就是一种CA贮藏法,它是将产品藏于部分真空的条件下。

下面即为气体调节的几种技术:

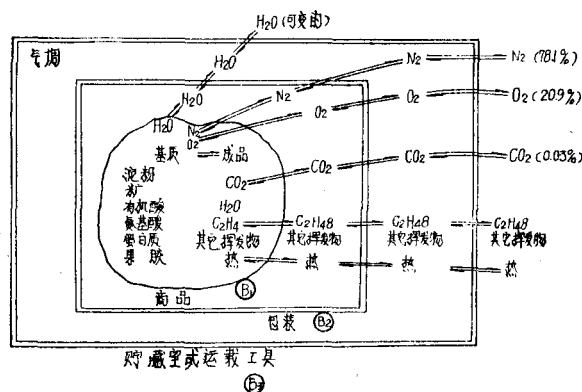
气体的产生 可以采用冲氮除氧法、燃烧法、催化燃烧器或硅酮膜来降低氧分压。水、石灰和分子筛都是排除二氧化碳的有效的涤气剂。加压机筒或干冰可以用来为贮藏库增加二氧化碳。加一氧化碳也可以用钢瓶来增加。

低压系统 降低商品周围的通常的气压,也就可以有效地降低某一气体的分压。比如,将通常的气体的总的压力降低五分之一,就可以有效地将氧的分压(氧张力)降低到4%的氧。低压系统除了能降低空气中的各种气体的分压之外,还能更快地让各种气体排除去。这是因为各种气体(包括乙烯和其它挥发性气

体)的扩散系数是同大气压力成反比的。

产品改变气体成分:这是一种特殊的方法,它是利用产品强烈的呼吸和代谢作用来降低气藏库内空气中的氧和增加其中的二氧化碳的,这种气藏库是隔开的,气体是无法互相交换的。如果乙烯和二氧化碳对产品有害,则可利用乙烯和二氧化碳涂气剂。

人们采用了各种各样的技术来达到产品改变气体的所需条件。这包括腊和其它表皮涂料、带扩散窗的塑料帐、可调节的运输容器和运载工具、托盘覆盖罩、运输容器中的聚乙烯衬垫、以及密闭冷藏室。



图一 气调环境中的产品样品,说明穿过三层隔绝层的气体交换—产品本身,包装、贮藏室或运载工具。

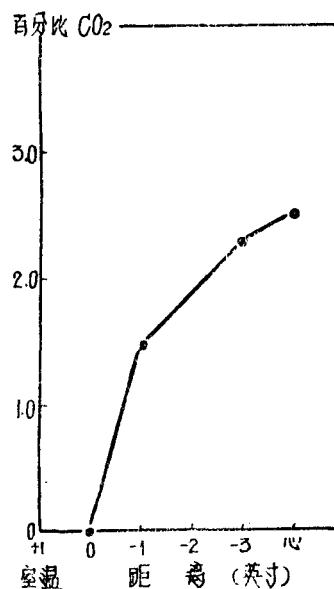
图一表示MA系统气体调节的过程。本图有三层隔绝层:产品本身、包装以及贮藏库或运载工具。在细胞的各种酶作用中心所产生的内源气体和产品四周的内源气体之间存在着一动力平衡状态。内、外源气体的这种平衡状态影响着气体向产品内外的扩散率,因而最终也影响产品内部的气体。如图二所示,在呼吸作用强烈的产品中,如莴笋,从莴笋头中心到外皮的二氧化碳梯度是很大的。

相对耐受性

在形成产品调节的气体和决定通气的速率时,水果和蔬菜对降低氧的含量和增加二氧化碳

碳的含量的相对耐受性具有极重要的意义。卡德和莫里斯(1977年)参阅了发表的资料和一些尚未发表的资料,结果以表格的形式列出了水果(图三)和蔬菜(图四)对高二氧化碳和降氧的忍受限度。他们强调指出,这并不是他们所主张的MA条件,而是二氧化碳和氧的含量水平,如果高于这种二氧化碳水平或低于这种氧水平,那么就会发生生理损害。他们强调说明,在使用这些资料时,耐受限度是作为温度、贮藏期、外加气体、生理阶段、机体组织、以及混合气体(但是空气加二氧化碳或降氧和未增加二氧化碳的混合气体除外)的函数而发生变化的。

已经证明有几个因素影响CA对蔬菜和水果的作用。产品本身对增加二氧化碳和降氧的反应就有着明显的差别,这可以从上面讨论的相对耐受性看出。当脆头莴笋经过1%或高于1%的二氧化碳处理后,就现出棕色斑块(一种二氧化碳损伤),而Romaine莴笋却能忍受高达12%的二氧化碳含量。各个品种对升二氧化碳进行了处理,发现棕色斑块的影响程度有着明显的区别。已经说明,气体成份(二氧化碳,一氧化碳、氧)对棕斑程度的影响是很大的。



图二 莴笋头中的CO₂梯度

“C, A”的作用往往同温度的关系极大。比如, 0℃时棕斑的程度就十分严重, 而在10℃或高于10℃时就很少或不见棕斑。在氧、二氧化碳或一氧化碳各种不同的分压情况下贮藏期的长短是很重要的, 可以明显的看出作用的好坏。以脆头莴笋的棕斑而论, 贮藏时间十分关键, 当时间从2天增加到30天时, 损伤就

加重了。

低压作用

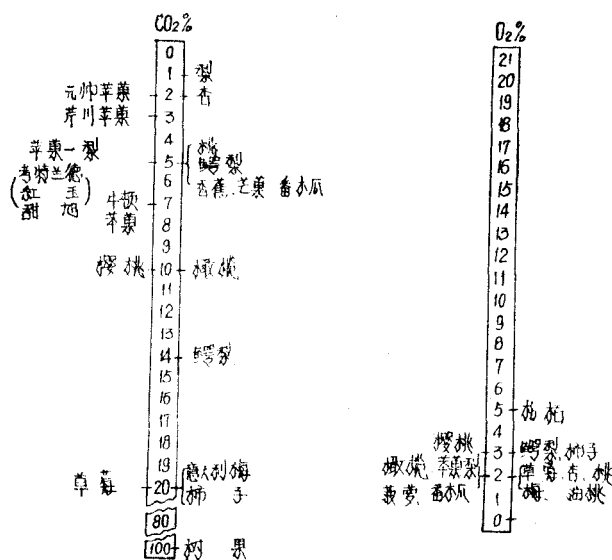
人们已经作了多次研究, 以求确定 CA 对水果和蔬菜新陈代谢的影响。

呼吸作用 “C, A”对贮藏水果和蔬菜的呼吸速度及其它基本代谢过程的影响已经写成论文在最近发表出来。这些文章谈到了两种成份(二氧化碳和氧)的“C, A”系统。

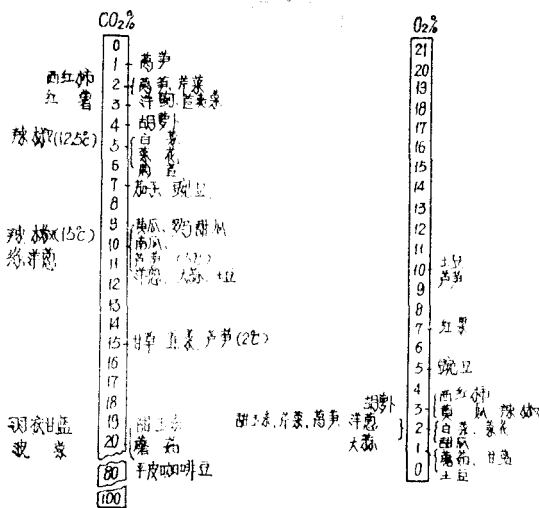
“C, A”对呼吸作用的影响取决于农产品本身以及该农产品代谢作用中心与外皮之间的浓度梯度。已经证明, 3%到21%的氧含量对三羧酸循环有影响, 然而, 低于3%的含量也会阻止糖酵解系统。如果将莴笋在2.5℃情况下贮藏10天, 一氧化碳(1%)也会降低其呼吸速度。降氧(2%)和升一氧化碳(1%)两种作用加在一起, 比一般的空气控制和降低呼吸速度要大50%左右。然而。事先用一氧化碳处理过的莴笋如果在10℃再贮藏四天, 其呼吸速度却会加快。

伊森伯格(1979年)认为, “C, A”对呼吸过程的作用与植物器官的解剖学和形态学的关系比它同植物器官的生物化学系统的关系更大。事实证明二氧化碳是以各种各样形式存在的, 而且比氧的溶解性高得多。照伊森阿格看来, 二氧化碳能以极松的速度扩散到植物器官中, 也许要比氧快一百倍。不过, 前面已经讲过, 而且也正如图二所示, 呼吸作用强烈的产品, 其二氧化碳梯度是可以加以确定的。

酸 用升高二氧化碳贮藏的产品是会造成生理损害的。许多人研究过贮藏过程中升二氧化碳对植物代谢的影响(休姆, 1956年; 兰森, 1953年; 威廉斯和佩特森, 1964年; 弗兰凯尔和佩特森, 1977年; 布雷赫特, 1973年) 这些研究(大多是以水果进行的)表明代谢过程遭到了高二氧化碳气体的破坏。



图三 在规定的贮藏温度下, 水果对增CO₂和降氧的相对忍耐力



图四 在规定的贮藏温度下, 蔬菜对增CO₂和降O₂的相对忍耐力

兰森(1953年)用高凉菜叶,胡萝卜等在升二氧化碳(20%—90%)贮藏库进行的初步研究工作证明,这些植物的三羧酸(TCA)代谢过程遭到了破坏。在那次实验中,暴露在升二氧化碳中的植物组织的琥珀酸增加了,而苹果酸盐和丙氨酸降低了。休姆(1956年)证明贮藏在空气中的平果有微量的琥珀酸,但是贮藏在升二氧化碳(20%)中的平果,琥珀酸却大量产生。他得出结论说,二氧化碳阻止了线粒体的琥珀酸氧化系统,这样积累起来的琥珀酸对植物组织是有毒的。兰森等人(1957年;1960年)也得出了类似的结论,他们报告说,蓖麻籽胚乳中提取线粒体的琥珀酸氧化系统被10%以上含量的二氧化碳阻止了。其它水果,如杏和梨、葡萄、桃、樱桃也有同样的发现。与此不同的是,麦克格拉森和威利斯(1972年)并未在5%二氧化碳中短期贮藏的绿色香蕉内部发现琥珀酸的积累。不过,应当说明,用来作实验的大多数水果,香蕉除外,暴露在二氧化碳中的时间,相对来讲是很长的(1—2个月)。

如果认为琥珀酸就是造成二氧化碳伤害的有毒物质,那么这种假设似乎对脆头莴笋是不适用的,因为棕斑主要发生在5℃以下。布雷赫特证实,琥珀酸的积累,温度高时(15℃)比温度低时(2.5℃)多。如果琥珀酸真是杀死组织并由此造成二氧化碳伤害的有毒物质,那么这种代谢物的积累在低温时最多,因为莴笋在低温时更容易形成棕斑。

布雷赫特(1973年)还证明,增加一氧化碳和降氧对脆头莴笋中的有机酸含量有明显的影响。同不用增加二氧化碳的处理方法比较起来,相对而言,一氧化碳处理法比不用增一氧化碳的处理法产生的琥珀酸量多。各试验品种在降氧中比在空气控制中产生的苹果酸盐和富马酸盐少,而产生的柠檬酸盐则多。低氧对异柠檬酸盐的影响是随品种的不同而出现差异的。各种脆头莴笋品种,贮藏期不同,温度不同,莴笋头的部位不同,不挥发的有机酸含量也存在差别。

生长调节剂:“C, A”对内源生长调节剂的影响现在尚无很好的文献资料,艾森伯格(1979年)对“C, A”对白菜的生长调节剂的影响进行了一些研究,发现赤霉素和植物生长激素两者都受“C, A”环境的影响。他的研究表明在运输过程中赤霉素的作用与其后的生长和成熟之间存在一定的关系。

乙醛 几位研究工作者证实,当水果在增CO₂贮藏时,乙醛就会在平果和芒果类水果中积累起来。不仅如此,而且还证实乙醛对平果组织是有毒害的,会造成损害,并且最终使组织变色发黄,如果从外面把乙醛加到脆头莴笋上,也证明会引起组织伤害。不过,据报导,经过0℃10天的空气或空气加5%CO₂的贮藏期后莴笋组织仅有微量的内源乙醛。如与空气控制相比较,当莴笋组织贮藏在0℃,2%以下的氧加10%的CO₂时,也有类似发现。这些发现表明,乙醛并非是增二氧化碳贮存条件下莴笋产生的有毒害的内源物质。

叶绿素 CA的一大优点在于它能防止叶绿素的损失或解体。实验证明增二氧化碳可以减少豌豆、杏和梨的叶绿素损失。在增二氧化碳(2.5%)的情况下降氧(2.5%)亦能降低脆头莴笋的叶绿素损失。

果胶 事实证明“C, A”条件下能延缓果胶的水解。大多数报告证明,“C, A”能降低变软速度,但是,关于果胶的变化还有不同的发现。

超微结构 当成熟的绿色 Bartlett 用增CO₂贮藏时,各种机体(包括线粒体、质体)都会发生超微结构变化。这些水果的超微结构变化表明,CO₂引起机体的无控制的伤害,这种伤害与前期的衰老现象相似。

“C A”的优点

如果“C, A”运用得当,能比在空气中更长期地保持所选用的水果和蔬菜的有机体的质量。既延长了货架寿命又保持了较好的市场销售质量,这就为开辟海外市场打开了出路,并增加了满足市场需要的灵活性。

“C, A”的潜在优越性如下:

延迟衰老(成熟和老化)和有关的生理学和生物化学变化。许多研究人员报告说,选用的水果和蔬菜贮藏在低于空气的氧浓度时,后熟现象就减慢。实验证明,如果将氧的浓度增加到超过空气中氧的浓度,那就会加速香蕉和平果的后熟过程,但是对鳄梨却无影响。增二氧化碳能延迟罗马甜瓜的后熟。关于“C, A”对后熟的影响,可参看卡德的论著(1980年)

减弱产品对乙烯的敏感性 乙烯会促使衰老,使各种蔬菜水果遭到损害。运输过程中的加速熟化,比如对香蕉,往往是不好的。由乙烯引起的植物机体的老化可能造成不利的生理混乱现象。将氧降到2%到6%之间,就能有效地减少脆头莴笋赤褐色斑点的发生。低氧和增加二氧化碳明显地促进乙烯对香蕉和西西红柿的成熟作用。另一方面,乙烯在所有不同含量的氧的情况下都能和速Anjou桃的后熟。

减轻或缓和某些生理混乱现象。降氧或增二氧化碳能减少或缓和辣椒和锦葵属植物一类蔬菜的冻伤。例如,增CO₂(10—20%)对贮在5℃的辣椒能明显地减轻其冻伤。但是,降氧很少或根本不能减轻西红柿的冻伤。如前所述,低氧也能缓和机体对乙烯的敏感性,从而阻止脆头莴笋产生赤褐色斑点。

通过直接或间接对采后病原体起作用而减少腐败。用降氧、增二氧化碳加一氧化碳来控制腐败,似乎随病原体种类的不同而效果差异很大。例如,用来作试验的真菌,对CO的反应差异极大。这些研究人员发现,与空气比较起来,CO加2.3%氧,加5%CO₂就可以使草莓、平果、柠檬和桔子的腐烂减少80—90%。CO和4%的氧可以减少成熟时在绿色或粉红色阶段采摘的西西红柿的腐烂现象。还有报导说,可以用CO来控制葡萄、柠檬、梨、油桃、西红柿、罗马甜瓜和蜜露的腐败。人们还观察到“M, A”中的一氧化碳对莴笋、葡萄、柑桔、菠萝、番木瓜、鳄梨等的真菌有抑制作用。降氧(5—8%)能减少佛罗里达柠檬的腐烂。

能控制某些产品的虫害,这方面的研究大多限于干果和粮食。研究表明,在低于2%的氧时,“C, A”能控制虫害。60%的CO₂对虫害的控制十分有效。高温(80°F)比低温(60°F)杀虫更快。

“C, A”的缺点

虽然已经证明CA对延长许多产品的货架寿命有利,但是,如果使用不当,也能引起相反的后果。

CA的缺点如下:

会加剧某些混乱的生理现象。低氧会引起土豆黑心。这种生理混乱现象是在呼吸活动强,氧需要量大时,温度升高的情况下(85°F或更高)最明显。脆头莴笋的棕斑随着CO₂(1—5%)的升高和氧(21—1%)的降低而加剧的莫里斯和卡德等人证实,增CO₂会损伤芹菜(CO₂高于20%)、绿西红柿(高于2%)、柿子椒(高于5%)、辣椒(高于10%)、黄瓜(高于10%)、罗马甜瓜(高于40%)、甜玉米(高于20%)和蘑菇(高于50%)、增二氧化碳还会引起平果心、平果和梨的黑心,以及香蕉的二氧化碳伤害。

不规则的熟化、降氧(低于2%)和增CO₂(高于2%)会造成西红柿的不正常成熟。

失去香味和味道。在极低的氧含量(低于1%)时,发酵造成的变味可能发生。这种不好的作用曾见于香蕉、平果、鳄梨等。增CO₂(高于15%)也会使某些水果变味,如草莓、柑桔、平果、香蕉等。

需要综合的方法

半个世纪来在“C, A”和“M, A”方面进行的研究发展工作,已为我们提供了不少新奇的有效的方法去调节和延长采后易腐产品的寿命。如果要将这方面的大量研究资料运用到世界范围的运输和贮藏工作中,则必须将工业部门、大专院校和官方的研究机构结合起来。

(收稿日期80.6)

侯开宗译自英文《Food Technology》1980.3

李 钰校