

气调包装(MAP)在果蔬保鲜方面的应用进展分析

陈庆华¹,王 欣²

(1. 上海科技管理学校,上海 200433;2. 上海理工大学 食品质量与安全研究所,上海 200093)

摘要:适当的气调包装(MAP)技术能显著延长果蔬的货架期。阐述了目前我国果蔬生产存在的主要问题,在对 MAP 技术及其主要影响因素,如气体成分、包装材料进行简要介绍的基础上,重点分析了 MAP 技术在果蔬保鲜方面常见的初始气体比例及果蔬成熟度、加工方式及贮存温度对 MAP 贮藏效果的影响,并介绍了高氧气调保鲜技术在果蔬贮藏中的应用。同时对 MAP 技术在果蔬保鲜方面的进一步研究及应用给出了建议。

关键词:气调包装;水果;蔬菜

中图分类号:S609.3

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)01-0094-04

由于新鲜果蔬采收后仍然是“活”的有生命的有机体,仍然可进行旺盛的呼吸和蒸发等各种生理代谢活动,从而分解和消耗自身的养分,并产生呼吸热,进而使新鲜果蔬发生变质、变味和失水萎焉、甚至腐败等品质劣变问题。加之果蔬生产有很强的季节性、区域性和易变性,因此,为了保证果蔬的新鲜、洁净安全和营养等品质,减少不必要的损失,就需要采取有效的果蔬保鲜技术以延长新鲜果蔬的货架期。

气调包装(modified atmosphere packaging, MAP),早在 1988 年就被 Young 等人定义为“食品在气体屏障内的一种围栏,在此围栏里气体成分已经改变”^[1]。气调包装技术可以延缓食品营养成分的损失,有效抑制食品腐败、保持食品高品质以及延长其货架期。近年来,随着消费者对于食品安全问题的重视,更加趋向于选择不含化学添加剂的新鲜果蔬食品,而气调包装工艺恰恰可以在不使用化学添加剂的情况下有效延长果蔬食品的货架期,维持果蔬较高的品质,因此,气调包装(MAP)在果蔬贮藏保鲜方面得到迅速发展。该文首先简要分析了目前我国果蔬生产存在的主要问题,在对 MAP 技术及其主要影响因素,如气体成分、包装材料进行简要介绍的基础上,重点分

析了 MAP 技术在果蔬保鲜方面常见的初始气体比例及果蔬成熟度、加工方式及贮存温度对 MAP 贮藏效果的影响,并介绍了高氧气调保鲜技术在果蔬贮藏中的应用。最后展望了 MAP 技术在果蔬保鲜方面的应用前景。

1 目前我国果蔬生产存在的主要问题

我国水果和蔬菜种植面积、总产量和人均占有量均居世界首位,连续多年是世界果蔬第一生产和消费大国。据 2010 年国家发改委的数据显示,目前,我国蔬菜产量约占全球总产量的 60%,水果产量占 30%。但长期以来,受贮藏技术及经济条件等制约,我国农产品产后损失严重。粗略统计表明,由于处理不当,我国果品损耗率约占总产量的 20%,蔬菜损耗率高达 30%,果蔬每年的损耗量达上亿吨,价值过千亿元。同时,受到生鲜农产品集中上市后保鲜贮运能力的制约,农产品“卖难”和价格季节性波动的矛盾突出,农民增产不增收的情况时有发生。因此,如何提高果蔬产品的保鲜技术,减少不必要的损失,确保产品的质量,已成为当前果蔬生产中亟待解决的重点课题。

但是,以当前主要采用的气调贮藏和自发气调贮藏为例,其贮藏总量仅约占我国果蔬总贮藏量的 12%,其中采用正规气调库贮藏的果品仅占总冷藏量的 3%左右,贮藏品种也相对较少,主要是苹果、香梨和猕猴桃等贮藏期较长、对气调贮藏反应良好的果蔬。自发气调贮藏则主要用在蒜薹和苹果等果蔬上。当前面临的主要问题之一是如何扩大气调贮藏的种类和数量,提高其贮藏质量。

2 气调包装

气调包装分为自发气调包装和控制气氛包装两种。其中自发气调包装又称薄膜包装技术、平

收稿日期:2011-09-01

基金项目:上海市自然科学基金资助项目(10ZR1420700);教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET-07-0559);上海市教委重点学科资助项目(S30503);上海市东方学者资助项目

第一作者简介:陈庆华(1974-),男,山东省临沂市人,学士,高级讲师,从事果蔬气调保鲜研究。E-mail: chenqing-hua1110@126.com。

通讯作者:王欣(1975-),女,陕西省咸阳市人,博士,副教授,从事食品保鲜技术研究。

衡气体包装技术,它是利用包装薄膜中产品的呼吸作用和薄膜透气性之间的平衡,在包装内形成一种高 CO_2 、低 O_2 浓度的微环境,并由此抑制包装内产品的代谢作用;控制气氛包装又称气调包装、限气包装,是指将包装抽真空,然后根据产品的生理特性,选用两种或多种气体组成的混合气体充入包装袋内,再借助包装内产品的呼吸作用与包装材料的选择透过性,使包装内形成一种更适合产品保鲜的环境气氛,以有效地降低鲜品的生理活动及其消耗,延长保鲜贮运周期。气调包装技术的关键在于寻求适合果蔬气调贮藏的最佳气体比例及包装材料。气调包装所使用的气体主要有三种: O_2 、 CO_2 、 N_2 ,它们分别有其各自的功能。

2.1 O_2

O_2 是一种无色无味的气体,在空气中的含量可达 21%,是生物生长繁殖不可缺少的气体成分。在食品保鲜中, O_2 的存在可促进食品中腐败类微生物的生长,但可抑制厌氧微生物的生长。通过降低气调保鲜中的 O_2 浓度,可抑制好氧微生物的生长。同时,氧气可维持果蔬的外观颜色及呼吸作用,降低气调保鲜中的氧气浓度,可减弱保鲜产品的呼吸强度,在一定程度上减少蒸发作用,推迟成熟老化进程,延长贮藏保鲜期。

2.2 CO_2

CO_2 是细菌和真菌的生长抑制剂^[2]。研究表明,气调包装中微生物生长的抑制作用取决于水相中 CO_2 的浓度^[3]。在水果、蔬菜包装保鲜中,提高 CO_2 浓度可以起到强化减氧,抑制果蔬呼吸作用,降低呼吸强度,延缓成熟过程的进行,延长贮藏保鲜时间^[4]。但由于 CO_2 对水的溶解度较高,溶解后形成碳酸会改变果蔬的 pH 和口味,同时其溶解后,使得包装中的气体减少,极易导致果蔬包装萎缩、不饱满,影响外观。同时, CO_2 浓度过高也会对产品造成中毒使组织褐变。另外,一些食用菌类对 CO_2 浓度敏感,较高浓度 CO_2 会引起产品颜色发生变化。所以在进行气调包装中,要注意 CO_2 含量的确定范围。Farber 认为,虽然 CO_2 能延长微生物的延滞期,但从延滞期到对数期, CO_2 的作用是逐渐减弱的^[5]。正因如此,食品越早进行气调包装, CO_2 的抑制作用就越为明显,也就能达到更好的保鲜效果^[6]。

2.3 N_2

N_2 是一种无色无味的惰性气体,提高包装中的 N_2 浓度,可使 O_2 浓度相对降低,减缓产品呼吸作用。 N_2 不直接对食品中的微生物发生作用,但对食品中的细菌类微生物有窒息和抑制作用,故 N_2 可抑制食品本身和微生物的呼吸^[7]。相较前两种常用气体它很少进行气体交换,而主要起填充的作用。

2.4 包装材料

在贮藏过程中,包装袋内的气体成分一方面取决于果蔬本身的呼吸活动;另一方面则由包装袋内外气体的交换情况决定。气调贮藏包装薄膜的特性直接影响着包装膜的透气性和透湿性,对气调包装保鲜效果也有间接的影响。因此,选择厚度适宜的薄膜包装对于提高果蔬的保鲜效果也是非常重要的。不同的包装材料气体渗透率各异,目前尚无完全适用于果蔬包装的包装材料,另外,包装材料的气体渗透率(尤其是对 CO_2 的渗透率)与温度呈正比关系^[8],因此,对于特定温度下适宜的包装材料,当温度改变时将不一定适用。

3 MAP 在果蔬保鲜的应用

3.1 果蔬 MAP 贮藏中推荐使用的初始气体比例

一套优化的 MAP 包装系统必须具有合适的气体环境,这取决于果蔬的呼吸速率以及包装袋的气体渗透率。在这个包装系统中,包装袋的渗透率(O_2 渗入, CO_2 透出)需根据果蔬的呼吸速率来决定。Sandhya 对部分果蔬的气调贮藏的初始气体比例进行了总结^[9](见表 1)。

由表 1 可看出,果蔬种类不同,气调贮藏时采用的初始气体比例也不同,在进行相关果蔬气调贮藏时,可以参考表 1 中的初始气体比例设计。

3.2 果蔬成熟度、加工方式及贮存温度对 MAP 贮藏效果的影响

果蔬的成熟度、加工方式、有无预处理和贮存温度等会对其气调贮藏时的初始气体比例产生影响。如 Ballantyne 等发现,切片莴苣最佳气体比例为 5% O_2 + 5% CO_2 + 90% N_2 ,这与完整莴苣的最佳气体比例有所不同^[10]。沈莲清等进行了芦笋的气调保鲜研究,发现以低密度聚乙烯(LDPE)作为保鲜膜,气体比例为 10% O_2 + 10% CO_2 或 (5% O_2 + 5% CO_2) 包装的整根芦笋在 5℃ 下贮藏 18 d 后仍有较好的品质^[11]。而

表 1 推荐的果蔬气调贮藏的初始气体比例

Table 1 The recommended initial gas ratio for fruits and vegetables

品种 Variety	O ₂	CO ₂	N ₂
水果 Fruit			
苹果 Apple	1~2	1~3	95~98
杏 Apricot	2~3	2~3	94~96
鳄梨 Avocado	2~5	3~10	85~95
香蕉 Banana	2~5	2~5	90~96
葡萄 Grape	2~5	1~3	92~97
柚子 Grapefruit	3~10	5~10	80~92
猕猴桃 Kiwifruit	1~2	3~5	93~96
柠檬 Lemon	5~10	0~10	80~95
芒果 Mango	3~7	5~8	85~92
橙 Orange	5~10	0~5	85~95
番木瓜 Papaya	2~5	5~8	87~93
桃 Peach	1~2	3~5	93~96
梨 Pear	2~3	0~1	96~98
菠萝 Pineapple	2~5	5~10	85~93
草莓 Strawberry	5~10	15~20	70~80
蔬菜 Vegetable			
朝鲜蓟 Artichoke	2~3	2~3	94~96
豆 Bean	2~3	5~10	87~93
椰菜 Broccoli	1~2	5~10	88~94
苗芽 Brussels sprouts	1~2	5~7	91~94
卷心菜 Cabbage	2~3	3~6	81~95
胡萝卜 Carrot	5	3~4	91~95
花椰菜 Broccoli	2~5	2~5	90 - 96
红辣椒 Chili	3	5	92
甜玉米 Sweet maize	2~4	10~20	76~88
黄瓜 Cucumber	3~5	0	95~97
叶用莴苣 Leaf used lettuce	1~3	0	97~99
蘑菇 Mushroom	3~21	5~15	65~92
菠菜 Spinach	空气	10~20	-
番茄 Tomato	3~5	0	95~97
洋葱 Onion	1~2	0	98~99

A. Simón 等针对去皮白芦笋的气调保藏试验则表明,以聚丙烯微孔膜为包装材料时,初始气体比例为 7% CO₂和 15% O₂时,可有效抑制芦笋品质的劣变,可使其在 5℃下的贮藏期延长至 14 d^[12]。陆东和等的研究表明,应用真空预冷处理技术结合硅窗气调包装可以有效延缓海芦笋采后品质劣变;海芦笋硅窗气调包装保鲜(每袋 180 g)的最佳工艺参数为:温度 1.9℃;硅窗面积 0.58 cm²;初始气体组成 5.6%CO₂和 5%O₂^[13]。部海燕等的研究表明,当气体成分为 O₂ 0.5%~0.6%,CO₂ 10%~11%时,可有效降低气调小包装的去壳茭白在贮藏期间的呼吸强度和乙烯释放

量,抑制茭白中 PPO、POD 活性和木质素含量的增加。在 0~3℃条件下,可将其贮藏期延长至 49 d^[14]。而王俊城等研究了在相对较高的温度下(27℃),对轻度加工茭白品质的影响,认为当初始气体比例为 O₂ 3%,CO₂ 5%,N₂ 92%时,可以较好地保持茭白的营养及食用品质,贮藏期可达 3 d^[15]。

此外,表 1 中所给出的初始气体比例以普通低 O₂和高 CO₂为主,即常规主动低氧气调;由于果蔬具有旺盛的呼吸作用,在低氧气调时易导致袋内 O₂浓度偏低和 CO₂浓度偏高,从而形成无氧酵解,积累乙醛、乙醇等有害物质,进而对果蔬产

生毒害并影响风味,同时,也会促进一些厌氧致病菌在果蔬上生长繁殖,影响果蔬的食用安全。因此,如何避免低氧气调中由于 O₂ 偏低所造成的危害已成为目前气调贮藏研究的热点问题之一。

3.3 高氧气调保鲜技术在果蔬贮藏中的应用

近几年,一种新型果蔬采后处理技术,即高氧气调保鲜技术(21%~100%),对果蔬采后生理与品质变化影响的研究逐渐增多^[16]。研究表明,一定的高氧环境可抑制某些细菌和真菌的生长,减少果蔬贮藏中的腐烂现象,降低果蔬的呼吸作用和乙烯合成,减缓组织褐变程度,减低乙醛、乙醇等异味物质的产生,从而改善果蔬的贮藏品质。

Jacxsens^[17]认为,与传统低氧气调包装相比,高氧气调包装可有效降低蘑菇的 PPO 活性,从而降低其褐变率,延长其货架期。梁小玲的研究表明,当处理条件为浓度 2.5% 的抗坏血酸,1% 的乳酸钙和 80% 的氧气,或预处理 50℃,60 min 和 92% 的氧气浓度时,这两种处理方式在 4℃ 下,14 d 的贮藏期内都能较好地保持鲜切梨的品质。鲜切土豆需要的处理条件为 2.5% 抗坏血酸,0.785% 乳酸钙和 80% 氧气,以及热处理温度 40℃,20 min 和 92% 的氧气,这两种方式 4℃ 下,14 d 的贮藏期内都能较好地保持鲜切土豆的品质^[18]。车东研究了高氧气调包装对鲜切苹果、莲藕的保鲜作用。认为适当的高氧气调包装能够抑制鲜切产品的褐变、失重等,且初始氧气比例越高,保鲜效果越好,但初始氧气比例越高,鲜切莲藕的酸含量和 Vc 含量损失越大。高氧气调对鲜切苹果亮度的保持优于鲜切莲藕;但高氧气调可促进鲜切苹果的软化^[19]。

目前,高氧气调保鲜技术仍处于研究阶段,只有在对其抑制或减少微生物,抑制褐变作用、呼吸活性的生理机制,以及包装期间产品营养的损失和安全情况进行系统研究的基础上,探讨适于各种果蔬保鲜的高氧浓度范围和临界高氧浓度,才能真正实现高氧气调贮藏技术的商业化应用。

4 结论

虽然众多研究报道已证明 MAP 技术能够有效地保持多种果蔬产品的品质,但气调贮藏技术在果蔬保鲜中的广泛使用仍需要基础研究的支持。对果蔬在不同气调保藏条件下的生理生化特性的系统研究将有助于说明其气调贮藏特性,进而确定适合特定果蔬的初始气体比例及包装条

件,从而有效延长其货架期。此外,可考虑将气调贮藏与多种保鲜贮藏方法,如辐照法、真空预冷、化学保鲜等方法联合应用,这样也可以提供一条有效的解决果蔬保鲜难题的途径。

参考文献:

- [1] Young L L, Reviere R D, Cole A B. Fresh red meats: a place to apply modified atmospheres[J]. *Food Technology*, 1988, 42(9): 65-66, 68-69.
- [2] Dixon N M, Kell D B. The inhibition by CO₂ of the growth and metabolism of microorganisms[J]. *Journal of Applied Bacteriology*, 1989, 67: 109-136.
- [3] 崔建云,任发政,郑丽霞,等. 现代食品包装技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2005.
- [4] 郑永华. 食品贮藏保鲜[M]. 北京: 中国计量出版社, 2006.
- [4] Farber J M. Microbiological aspects of modified atmosphere packaging—a review[J]. *Journal of Food Protection*, 1991, 54: 58-70.
- [5] Brody A L. Controlled/modified atmosphere/vacuum packaging of Foods[M]. Trumbull, CT, USA: Food and Nutrition Press, 1989: 17-38.
- [6] 章建浩. 食品包装学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [7] Ooraikul B. Modified atmosphere packaging of food[M]. Chi-Chester, UK: Ellis Horwood, 1991.
- [8] Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2010, 43(3): 381-392.
- [9] Ballantyne A, Stark R, Selman J D. Modified atmosphere packaging of shredded lettuce[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 1988, 23: 267-274.
- [10] 沈莲清, 黄光荣. 芦笋 MAP 气调保鲜研究[J]. *浙江农业学报*, 2004, 16(1): 42-46.
- [11] Simón A, Gonzalez-Fandos E. Influence of modified atmosphere packaging and storage temperature on the sensory and microbiological quality of fresh peeled white asparagus[J]. *Food Control*, 2011, 22(3-4): 369-374.
- [12] 陆东和. 海芦笋硅窗气调包装保鲜工艺、机理和模型研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- [13] 邵海燕, 杨剑婷, 陈杭君, 等. 气调小包装对去壳茭白品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2004, 37(12): 1990-1994.
- [14] 王俊城, 王欣, 刘宝林. 常温下不同初始气体比例 MAP 对轻度加工茭白品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2010, 31(3): 339-341.
- [15] 李新建. 高氧气调包装对鲜切果蔬生理影响研究进展[J]. *现代农业科技*, 2008(21): 116-117.
- [16] Jacxsens L, Devlieghere F, van der Steen C, et al. Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2001, 71: 197-210.
- [17] 梁小玲. 高氧气调包装对鲜切果蔬品质的影响——鲜切梨和土豆的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [18] 车东. 鲜切果蔬产品气调包装工艺及质量评价[D]. 无锡: 江南大学, 2007.

Review and Analysis on the Application of Modified Atmosphere Packaging Technology in Fresh-keeping of Fruits and Vegetables

CHEN Qing-hua¹, WANG Xin²

(1. Shanghai Science and Technology Administration School, Shanghai 200433; 2. Food Safety and Quality Institute of University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093)

Abstract: The shelf-life of fresh fruits and vegetables could be significantly prolonged with a proper modified atmosphere packaging (MAP). In this paper, firstly, the problems existed in the production of fruits and vegetables in China were briefly reviewed, then based on the illustration of modified atmosphere packaging technology and several important factors, such as, initial gas ratio and the package material, the common problems that initial gas ratio, processing pattern, temperature on fresh-keeping effect of MAP were analyzed, the application of high oxygen modified atmosphere packaging technology in fresh-keeping of fruits and vegetables were reviewed. At the end, suggestions about the application prospect of MAP technology in the fresh-keeping of fruits and vegetables were given.

Key words: modified atmosphere packaging (MAP); fruits; vegetables

《黑龙江农业科学》理事会

理事长单位	代表	内蒙古丰垦种业有限公司	董事长	徐万陶
黑龙江省农业科学院	省农委副主任		理事单位	代表
	省农科院党组书记、院长	韩贵清	黑龙江生物科技职业学院	院长
			宁安县农业委员会	主任
副理事长单位	代表		农垦科研育种中心哈尔滨研究所	所长
中储粮北方农业开发有限公司	董事长	李录增	黑龙江农业职业学院	院长
黑龙江省农业科学院佳木斯水稻研究所			黑龙江畜牧兽医职业学院	院长
	所长	潘国君	鹤岗市农业科学研究所	所长
黑龙江省农业科学院五常水稻研究所	所长	张广柱	伊春市农业技术推广中心	主任
黑龙江省农业科学院克山分院	院长	邵立刚	甘南县向日葵研究所	所长
黑龙江省农业科学院黑河分院	院长	魏新民	萝北县农业科学研究所	所长
黑龙江省农业科学院绥化分院	院长	陈维元	齐齐哈尔市自新种业有限责任公司	总经理
黑龙江农业经济职业学院	院长	孙绍年	黑龙江省农垦科学院水稻研究所	所长
常务理事单位	代表		黑龙江八一农垦大学植物科技学院	院长
勃利县广视种业有限责任公司	总经理	邓宗环	绥化市北林区农业技术推广中心	主任
黑龙江垦丰种业有限公司	总经理	刘显辉	黑龙江省齐齐哈尔农业机械化学学校	校长助理
黑龙江农业经济职业学院	副院长	张季中		张北成