

# 园艺作物乙烯控制研究进展

彭丽桃 蒋跃明 中科院华南植物研究所 广州 510650

姜微波 中国农业大学食品学院 北京 100094

苏小军 湖南省农科院园艺研究所 长沙 410003

**摘要** 乙烯促进采后果实成熟和园艺作物的衰老,控制乙烯的合成与作用成为采后园艺学界的主要研究内容。本文从控制乙烯的生物合成,消除环境中的乙烯,抑制乙烯的作用等方面综合论述了园艺作物贮藏保鲜的研究进展,并展望了今后的研究方向。

**关键词** 乙烯 控制 保鲜 园艺作物

**Abstract** Since ethylene in the postharvest microatmosphere accelerates senescence of horticultural crops, the main point to extend shelf lives of those products is to eliminate ethylene action on them. The fresh-keeping technologies to control ethylene biosynthesis, to reduce or eliminate ethylene, and to block ethylene action were summarized. Great progresses have been also made to control ethylene through gene engineering. Researches on cold shock to inhibit ethylene synthesis and 1-MCP to block ethylene reception were promising for extending the shelf life of crops at ambient temperature.

**Key words** Ethylene Control Fresh-keeping Horticultural crops

园艺作物采收后,由于养料供应切断,营养生长被迫终止,从而很快转入成熟衰老阶段。采收期的相对集中,产销地的分离,不仅使得售价大幅度降低,而且给产品的运输销售带来巨大压力。据统计,每年园艺产品的损失率达到了总产量的25%以上<sup>[13]</sup>。如何延长园艺产品的采后寿命,调剂市场供应,增加经济效益,一直是生产者、经营者关注的热点和园艺食品工作者感兴趣的研究领域。目前对园艺产品的采后生理特性和延缓衰老、增加贮藏寿命的原理有了较为清楚的认识,相应的保鲜技术手段也有了迅速提高。本文综述园艺产品保鲜的原理及保鲜方法的研究进展,为科研部门和生产部门提供参考。

## 1 乙烯在园艺产品采后衰老中的作用

园艺产品衰老过程中,产生了复杂的生理和生化变化。尽管对衰老的机理还需要进一步深入研究,目前已经清楚衰老是植物激素、生理代谢与环境高度协调的结果,乙烯通过对代谢的直接或者间接作用在植物衰老中起主要作用<sup>[3,9,10]</sup>。乙烯能增加呼吸强度,增加多聚半乳糖醛酸酶、(α-淀粉酶、过氧化物酶、脂氧合酶、多酚氧化酶、苯丙氨酸解氨酶等代谢酶的活性,加速膜透性升高和细胞的区隔化损失,从而促进了果实的软化、蔬菜的褪绿、切花的衰老,缩短了园艺作物采后寿命。脱除园艺作物释放的乙烯,能够延缓园艺作物衰老;增加乙烯浓度,则促进衰老的发生;乙烯合成抑制剂、乙烯作用抑制剂能抑制乙烯的形成和作用,从而延长了园艺作物的保鲜期。利用基因工程手段抑制果实中ACC合成酶或者ACC氧化酶的表达,能够有效的抑制成熟,果实的耐藏性有很大提高。这从分子水平上验证

了乙烯在衰老中的作用<sup>[22,25]</sup>。

目前对乙烯的生物合成途径有了较为深入的认识,对乙烯的感受和信号转导途径也有了初步的了解。由甲硫氨酸循环形成的S-腺苷甲硫氨酸在ACC合成酶的作用下合成ACC(1-氨基环丙烷羧酸),ACC经过ACC氧化酶的催化形成乙烯。ACC合成酶和ACC氧化酶是控制乙烯生物合成的关键酶,两者均为多基因编码,受伤害、成熟信号的调控表达<sup>[21,48]</sup>。植物合成的乙烯,与细胞膜上的特定受体(乙烯受体)结合,通过ETR1→CTR1→MAPKKK途径将信号传递到核结合蛋白EIN2中,引起特定基因的表达,从而产生乙烯促进衰老的特有效应(详见综述<sup>[9,21]</sup>)。

## 2 消除乙烯影响的手段

乙烯促进园艺作物采后衰老的结果是加速品质劣变、相应地缩短了园艺产品的采后寿命。目前的采后保鲜技术,主要是通过消除乙烯产生或者抑制乙烯作用来延缓园艺产品的衰老,增加采后寿命。

### 2.1 控制乙烯生物合成

2.1.1 抑制剂 AVG(氨基乙氧基甘氨酸)和AOA(氨基氧乙酸)是乙烯合成的有效抑制剂,能抑制ACC氧化酶的活性,从而阻止了SAM向ACC的转化<sup>[48]</sup>。Byers在桃和油桃上采前喷洒AVG和采后浸AVG,发现处理的果实软化减慢,常温下放置12d果实的硬度损失较小,冷藏的处理果实与常温贮藏的果实硬度差别不大,表明AVG处理油桃有明显的效果<sup>[19]</sup>。“乔纳金”苹果采前2周喷AVG能显著延缓乙烯跃变的发生,而AVG处

理后1周乙烯利处理增加了果实色泽,同时保持了果实硬度,延长了货价期<sup>[45]</sup>。鞠志国等发现AVG能够减轻苹果贮藏期间乙烯的释放和虎皮病的发生。但这两种化学物质有一定的毒性,从食品安全方面考虑,不太适合果蔬的保鲜,但可以应用在花卉保鲜上。此外,这两种化学药剂的成本较高,寻找低毒高效的化学类似物是解决这一问题的可行途径。

2.1.2 温度 (1)低温:低温贮藏抑制果蔬代谢相关酶活性和乙烯产生,降低呼吸消耗,从而有效延缓果实衰老<sup>[14]</sup>。机械冷藏在我国主要的水果蔬菜生产区已有广泛应用。需要引起重视的是不同种类和品种的果蔬以及花卉对低温的忍耐性不同,热带水果如香蕉、菠萝、芒果等对低温非常敏感,而苹果、梨、桃、猕猴桃则适合0℃下贮藏<sup>[1,8,12,14]</sup>。机械冷藏保鲜时间较气调贮藏要短,因此要预先制定计划确定果蔬的贮藏方式。(2)热激处理:低温贮藏果实时间过长会产生冷害,果实品质严重劣变,失去商品价值。冷害产生的原因不十分清楚,推测植物合成的少量的乙烯是植物维持抗逆性和正常代谢所必需的<sup>[26]</sup>。短暂高温处理可以维持一定的代谢活性,包括乙烯合成的活性,减轻了冷害,从而延长果蔬的保鲜期。如油桃、桃果实采后热处理可以有效地降低冷藏期间果肉絮变的发生<sup>[6]</sup>,芒果热处理也能明显减轻冷害<sup>[8]</sup>。(3)冷激处理:果实如番茄、香蕉、芒果等在低温下贮藏容易遭受冷害,而常温贮藏由于果实的代谢和乙烯合成比较旺盛,衰老会很快发生。将果实低温下(通常低于果蔬的冷害温度)处理一定时间(通常不超过4h)能够抑制果实的乙烯合成和呼吸,果实贮藏期延长<sup>[4,13,15]</sup>。而且,冷激处理方法简单、投资少,保鲜效果显著,具有广阔应用前景。但处理不当容易造成果实失重和腐烂。

2.1.3 拮抗乙烯的生长调节物质 能够拮抗乙烯作用的生长调节物质有赤霉素类如GA<sub>3</sub>、GA<sub>4+7</sub>,生长素类如IAA、NAA、2,4-D,细胞分裂素(BA)和多胺等,这几类物质有拮抗乙烯的作用,能阻止叶绿素降解,延缓果蔬的衰老。欧芹GA<sub>3</sub>处理能对抗乙烯的促进叶绿素降解作用,而且该药剂处理油桃和杏均有一定的保鲜效果;BA结合GA<sub>3</sub>能够延缓鸢尾切花的褪绿和衰老<sup>[20]</sup>。2,4-D对柑橘保鲜有显著效果,已经得到广泛应用。多胺的合成与乙烯合成竞争共同的前体SAM,多胺能够以致乙烯的生物合成<sup>[39]</sup>。Suttle报道各种多胺在1mmol/L时有作用,10mmol/L的浓度明显抑制Tradescantia花瓣乙烯的产生<sup>[41]</sup>。近年来发现水杨酸也有很好的保鲜效果,能延缓苹果、桃、香蕉、梨等果实的后熟和衰老<sup>[11,40]</sup>。但总体来说,由于这些物质成本较高,保鲜效果不十分显著,因而商业上应用不多,大部分还处在实验探讨阶段。

## 2.2 脱除环境中的乙烯

环境中微量乙烯的存在,对园艺产品的采后寿命影响极大,因而在贮藏过程中要尽量降低环境中的乙烯浓度。黄森报道火柿减压处理降低了环境和果肉内部的乙烯浓度,有效地延缓了果实软化和衰老,桃减压贮藏也有很好的保鲜效果<sup>[5,7]</sup>。但减压贮藏要求库体有良好的气密性和耐压性,造价成本高,技术条件不易达到,而且容易造成比表面积大的果品、蔬菜、切花的失水打蔫,降低园艺产品的商品价值。目前主要是在常压下

除去乙烯,有效脱除乙烯方法主要有以下几种:

2.1.1 物理型乙烯吸附法 将疏松多孔的物质如活性炭、沸石、硅藻土等做成小包装或者这些组分并入包装膜中,来吸附贮藏环境乙烯。但这类物质吸收能力有限,容易发生解吸作用,清除乙烯的效果有限<sup>[12]</sup>。

2.1.2 高锰酸钾氧化乙烯脱除法 主要是利用高锰酸钾的强氧化性破坏乙烯。高锰酸钾由于有毒有色,不能聚合到包装膜上,只能作成小袋包装。通常把比表面积大的物质如硅藻土、蛭石、矾土、硅胶、活性炭等与4%~6%的KMnO<sub>4</sub>溶液混合装入能透过乙烯的袋中,制成乙烯脱除包放入包装袋内<sup>[12]</sup>。日本研制出的“Green Pack”,是将高锰酸钾包埋在硅胶中,硅胶吸附的乙烯由高锰酸钾氧化。目前GP已经应用在冷藏库中<sup>[23]</sup>。但这种类型脱除剂的保鲜作用不持久,需要经常更换小包装,而且容易造成污染。

2.1.3 乙烯脱除膜 将分散均匀的矿物质如沸石,粘土等聚合到聚乙烯膜中,制成不透明的包装膜。这种膜能够吸收一定量的乙烯,而且对乙烯等气体的透性增加,降低了包装袋内乙烯的浓度,从而延长了货架期<sup>[49]</sup>。

2.1.4 触媒型乙烯脱除法 利用特定的有选择性的金属、金属氧化物、有机酸等催化乙烯氧化分解,主要有氯铂氢酸、次氯酸盐、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等。据报道这种类型药剂用量少,作用时间持久,尤其在低乙烯环境中有良好的效果<sup>[16]</sup>。

2.1.5 高温催化脱除乙烯法 将温度升高到250℃左右时,在催化剂的作用下将乙烯分解成水和CO<sub>2</sub>,通过闭路循环系统将脱除乙烯后的气体送入贮藏库中,反复循环,完成脱除乙烯的过程。这种方法脱除乙烯效果比较好,对果蔬释放的多种有害物质和芳香物质脱除,适合现代化的CA装置采用<sup>[1,18]</sup>。但成本比较高,对制冷功率要求较高。

2.1.6 臭氧处理 臭氧有极强的氧化性,能与乙烯反应除去乙烯,而且臭氧处理还有杀菌作用,抑制空中病原菌的萌发和危害。不过杀死病菌孢子和氧化乙烯的浓度的臭氧同样对人体造成伤害<sup>[49]</sup>。

2.1.7 二氧化钛脱除乙烯 二氧化钛在340~350nm的紫外光的激发下活化,催化乙烯和挥发物质氧化成水和CO<sub>2</sub>。同时紫外光产生的羟自由基有强烈的杀菌作用,能杀死空气中98%的病原菌。由紫外光源和二氧化钛催化剂组成的Bio-KES348系统耗能少,脱除乙烯效率高,该系统能够处理8~10吨果蔬和花卉产生的乙烯。而且处理容易控制,是很有市场前景的脱除乙烯的方法<sup>[18]</sup>。

## 2.3 抑制乙烯作用

乙烯通过与特定的受体的结合,活化了乙烯信号转导途径,从而激活了成熟衰老相关酶的表达,导致园艺产品的衰老。阻止乙烯与乙烯受体的结合,就能延缓园艺产品衰老,保持园艺产品品质。目前已经得到应用的乙烯作用抑制剂主要有以下几种:

2.3.1 银离子(Ag<sup>+</sup>) Beyer首次在植物体内发现Ag<sup>+</sup>具有抗乙烯效应<sup>[17]</sup>。‘Cattleya’兰花经Ag<sup>+</sup>处理抑制了衰老。以后发现STS(硫代硫酸银:Ag<sup>+</sup>的另一种结合形式)比Ag<sup>+</sup>更稳定,能更

有效地抑制乙烯所诱导的花衰老<sup>[42]</sup>。康乃馨切花经 STS 处理 10min 既可抑制衰老<sup>[28]</sup>。Ag<sup>+</sup>抑制乙烯反应被认为是作用于乙烯受体干扰了受体与乙烯的正常结合<sup>[34]</sup>。STS 处理康乃馨抑制了乙烯峰的产生,表明 Ag<sup>+</sup>阻断乙烯受体,从而抑制了乙烯的自我催化合成。

STS 能够抑制观赏植物中乙烯所诱导的一系列生理失调<sup>[43]</sup>,因而在商业上获得了广泛应用。世界最大的切花生产和贸易国荷兰规定,所有进入市场营销的切花必需经过 STS 处理才能允许销售。但 Ag<sup>+</sup>易造成环境污染,因而有些国家已经禁止使用。

2.3.2 2,5-冰片二烯(2,5-NBD) 该物质是 Sisler 等于 1973 年发现的有抑制乙烯作用效应的环烯烃化合物<sup>[33]</sup>。2,5-NBD 处理烟草、豌豆后均抑制了下胚轴对乙烯的反应<sup>[33,34]</sup>。启动了乙烯自动催化合成并表现出衰老症状(花瓣卷曲)的康乃馨经 2,5-NBD 处理,其乙烯产生、ACC 含量、ACS 及 ACO 活性均迅速下降<sup>[44]</sup>。Sisler 等(1985)报道抑制柑橘叶脱落所需 2,5-NBD 浓度随外源乙烯浓度的增加而增加。2,5-NBD 与乙烯结构相似,能竞争乙烯受体,阻断了植物对乙烯的响应(包括促进乙烯的生物合成、叶绿素降解等衰老相关的生理过程)<sup>[34,37,44]</sup>。由于 2,5-NBD 与乙烯受体结合是可逆的,因此,要控制采后果蔬、切花的乙烯促进衰老的作用,需要连续供给高浓度的 2,5-NBD。此外,2,5-NBD 有刺激性的气味,还可能是一种致癌物质,限制了其在生产上的应用。

2.3.3 DACP(重氮环戊二烯 diazocyclopentadiene) DACP 能不可逆地与乙烯的结合位点结合,从而阻断了乙烯与受体的结合所诱导的衰老反应<sup>[30]</sup>。DACP 处理显著抑制了玫瑰花的衰老,但需要在强光下才能表现对乙烯强烈的抑制效应。Sisler 和 Blankenship 报道番茄在强光照射下 DACP 处理能很好地延缓了果实的成熟,不照光处理仅有轻微的抑制作用<sup>[31]</sup>。Sisler 认为 DACP 在强光下分解产生的某种物质不可逆结合乙烯受体,从而阻断了乙烯与受体的正常结合。番茄在 25℃ 下 DACP 处理 24h 后 10~12d 内对乙烯没有响应,果实处理后低温下放置效果更佳。玫瑰、康乃馨等经 DACP 处理,花瓣、叶的脱落明显抑制,有效地延长了花的寿命<sup>[30]</sup>。目前已经验证 DACP 照光后对香蕉、猕猴桃、柿子、油梨、番茄、甘蓝、莴苣、康乃馨、玫瑰等园艺作物采后有良好的延缓衰老的作用。不过 DACP 不稳定,浓度高时容易爆炸,保存很不方便,限制了 DACP 的应用。

2.3.4 环丙烯类物质 近几年研究表明,一些环丙烯化合物通过与乙烯受体的不可逆结合而表现出对乙烯效应的强烈抑制作用。这些化合物包括 1-MCP(1-甲基环丙烯)、CH(亚甲基环丙烯)、3,3-DMCP(3,3-二甲基环丙烯)和 3-MCP(3-甲基环丙烯),四种化合物均可在不同程度上对乙烯效应起抑制作用。其中又以 1-MCP 处理效果最佳,可能与 1-MCP 分子更适于结合乙烯受体有关<sup>[32,35,36]</sup>。1-MCP 能强烈竞争植物材料的乙烯受体,低浓度的 1-MCP(0.5 ml/L)便能强烈抑制乙烯效应,并且使得植物组织较长时间内对乙烯不敏感<sup>[32]</sup>。1-MCP 不仅阻断内源乙烯的生理效应,而且能够抑制外源乙烯对衰老的诱导作用。1-MCP 抑制切花的萎蔫和盆栽植物的衰老,延缓

苹果、番茄、香蕉、鳄梨、猕猴桃等跃变果实的成熟和软化,抑制蔬菜如甘蓝、花椰菜等转黄和腐烂,从而延长了贮藏寿命<sup>[3,40]</sup>。

1-MCP 在园艺作物上有广阔的应用前景。

2.3.5 CO<sub>2</sub> CO<sub>2</sub> 是乙烯作用的竞争抑制剂,但其作用较为复杂,既可以刺激乙烯产生,又能够抑制乙烯的作用<sup>[38]</sup>。尽管 CO<sub>2</sub> 作用机理还不十分明确,但却是应用最为广泛的乙烯作用抑制剂之一。提高贮藏环境中 CO<sub>2</sub> 浓度,可以有效地抑制呼吸,从而延缓园艺作物采后衰老。目前利用 CO<sub>2</sub> 进行保鲜的主要有两种类型<sup>[1,42,44]</sup>(1)MA 贮藏 运用塑料薄膜包装园艺产品,使之形成相对密封的贮藏环境,提高 CO<sub>2</sub> 浓度进行保鲜。其中分为自发气调方式和一次气调方式两种,前者是利用产品自身呼吸产生 CO<sub>2</sub> 来抑制果蔬的衰老,后者是将最佳比例的 CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 气体在包装时直接冲入包装袋。由于设备简单、操作方便,已经在我国已经得到了广泛应用,但保鲜效果不十分理想。(2)气调库贮藏(CA) 这是目前贮藏采后园艺产品效果最优的手段。气调库贮藏量大,效果好,是发达国家贮藏果蔬的主要手段之一,我国近年来气调库数量也在不断上升。由于种类、产地、成熟度不同的果蔬产品的最适气调比例有较大差别,应根据实际合理选择。

### 3 基因工程控制乙烯的合成与作用

基因工程技术的出现,对于改良果实的品质,增加果实的耐贮性,提供了新的有效的途径。1991 年 Oeller 等将 ACC 合成酶基因的反义系统导入番茄植株,几乎完全抑制了果实的 ACC 合成酶的表达。纯合的转基因果实中 99.5% 的乙烯合成受到抑制,果实没有呼吸高峰,放置几个月仍不变红变软<sup>[25]</sup>。Nakajima 发现 ACC 合成酶的反义基因转入番茄,同样增加了果实的贮藏性。将 ACC 氧化酶基因反义系统转入番茄,也能够抑制乙烯合成和果实软化。目前,许多研究者正积极将 ACC 合成酶和 ACC 氧化酶的反义基因转入其他果实中,期望能得到耐贮的转基因果实。此外,将细菌的 ACC 脱氨酶基因转入番茄中,ACC 脱氨酶在果实中表达,将 ACC 转变为 α-丁酮酸,造成乙烯合成前体的短缺,从而抑制了乙烯的合成,果实的耐贮性增加<sup>[22]</sup>。延长切花寿命的基因工程也取得了很大进展,将 ACC 合成酶的反义或者反义基因或者 ACC 氧化酶的反义基因转入康乃馨中,转基因植株的花瓣乙烯释放量剧减,保鲜期明显延长<sup>[29]</sup>。

乙烯是气体,具有很强的流动性,因此贮藏过程中很难控制。能否通过改变乙烯信号转导途径中的某一环节达到增加果实对乙烯的耐受性,从而控制果实的成熟与衰老?这方面看来是可行的,番茄的乙烯受体突变植株 Nr 的果实在有乙烯的环境中也不能后熟,其耐贮性有很大的提高<sup>[46]</sup>。Wilkinson 等将拟南芥的乙烯受体基因 *etr1-1* 突变序列(该突变导致植株对乙烯不敏感)转入番茄和矮牵牛中,发现转基因植株除了表现对乙烯不敏感之外,果实的成熟、花的衰老和脱落也得到显著抑制<sup>[47]</sup>。这证实通过改变乙烯受体来调节乙烯敏感性从而调节果实成熟和延缓切花衰老的方案是可行的。

### 4 小结



随着对乙烯合成和信号传导途径认识的深入,控制乙烯的合成和作用的手段也不断得到丰富和加强。1-MCP 是近来发现的一种新型乙烯受体抑制剂,常温下表现稳定,为一种结构简单简单的有机化合物。与传统的抑制剂相比,具有无毒、低量高效等优点。1-MCP 不仅强烈抑制内源乙烯的合成,还能抑制外源乙烯的诱导作用,而且作用效果持久。此外,冷激处理保鲜也有诱人的前景,冷激处理抑制乙烯的合成,控制果实的软化,延长了果蔬的货架期。目前对 1-MCP 和冷激处理的研究还处于早期阶段。随着今后研究工作的不断深入,可望获得 1-MCP 和冷激处理的确切作用机理,为易衰老腐烂的果蔬和切花的保鲜开辟新的有效途径。

### 参考文献

- 杜玉宽,杨德兴. 水果蔬菜花卉气调贮藏及采后技术. 中国农业大学出版社, 2000, 1~31.
- 段学武. 冷激处理对香蕉采后生理生化的影响. 华南农业大学学位论文 2001, 6.
- 樊秀彩,张继澍. 1-甲基环丙烯对采后猕猴桃果实胜利效应的影响. 园艺学报, 2001, 28(5): 399~402.
- 冯彤,张百超,陈秀伟. 冷冲击处理对番茄果实贮藏效果的影响. 仲恺农业技术学院学报, 1995, 8(2): 58~62.
- 冯秀香,李琳,焦新之. 减压贮藏对桃采后过程中某些生理变化的影响. 植物生理学通讯, 1980(5): 26~30.
- 韩涛,李丽萍,黄万荣. 热激处理对冷藏桃果实的生理效应. 植物生理学通讯, 1996, 32(3): 184~186.
- 黄森,张继澍. 火柿减压处理低乙烯 MA 贮藏技术研究. 西北农业大学学报, 1996, 5: 82~88.
- 季作梁,张昭其,王燕等. 芒果低温贮藏及其冷害的研究. 园艺学报, 1994, 21(2): 111~116.
- 彭丽桃,蒋跃明. 番茄乙烯受体结构和功能研究进展. 西北植物学报, 2002(印刷中).
- 苏小军,蒋跃明. 新型乙烯受体抑制剂—1-甲基环丙烯在采后园艺作物中的应用. 植物生理学通讯, 2001, 37(4): 361~364.
- 阎田,沈全光. SA 对果实成熟的影响. 植物学通报, 1998, 15(3): 61~64.
- 杨士章,徐春仲,刘靖等. 果蔬贮藏保鲜加工大全. 中国农业出版社, 1996, 15~36.
- 张渭,赖建. 聚冷处理对番茄的贮藏保鲜研究. 食品科学, 1996, 17(5): 32~35.
- 张维一. 果蔬采后生理学<sup>[M]</sup>. 北京:中国农业出版社, 1993, 152.
- 文泽富,黄国评,曾顺德等. 冷激对柚果实酶活性变化及膜脂过氧化的影响. 果树科学, 1999, 16(2): 156~159.
- Abe, K. & Watada, A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. J Food Sci, 1991, 56: 1589~1592.
- Beyer E. M. A potent inhibitor of ethylene action in plants. Plant Physiol, 1976, 58: 268~271.
- Bio - KES Model 348, <http://www.kesmist.com/homepage.htm>.
- Byers R. E. Peach and nectarine fruit softening, following amino ethoxyvinylglycine sprays and dips. HortSci. 1996, 32: 86~88.
- Han S. S. Benzyladenine and gibberellins improve postharvest quality of cut asiatic and oriental lilies. HortScience, 2001, 36(4): 741~745.
- Jiang Y, Fu J. Ethylene regulation of fruit ripening: molecular aspects. Plant Growth Regulation, 2000, 30: 193~200.
- Klee H. J, Hayford M. B, Kretzmer K. A, Barry G. F, Kishore G. M. Control of ethylene synthesis of expression of a bacterial enzyme in transgenic tomato plants. Plant Cell, 1991, 3: 1187~1193.
- Labuza, T. P. & Breene, W. M. Applications of "active packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. J Food Process & Preserv, 1989, 13: 1~69.
- Mathooko F. M. Regulation of ethylene biosynthesis in higher plants by carbon dioxide. Postharvest Biol Technol. 1996, 7: 1~26.
- Oeller P. W, Wong L. M, Taylor L. P, et al. Reversible inhibition of tomato fruit senescence by antisense 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase. Science, 1991, 254, 437~439.
- Porat R, Weiss B, Cohen L, et al. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest quality of 'Shamouti' oranges. Postharvest Biol Technol, 1999, 15: 155~163.
- Reid M. S, Paul J. L, Farhoomand M. B, et al. Pulse treatment with silver thiosulfate complex extended the vase life of carnations. J. Amer. Soc Hort Sci., 1980, 105: 25~27.
- Reid MS, Paul JL, Farhoomand MB, Kofranek AM, Staby GL. Pulse treatments with silver thiosulfate complex extend the vase life of cut carnations. J Amer Soc Hort Sci., 1980, 105: 25~27.
- Savin K. W, Baudinette S. C, Michael W, et al. Delayed petal senescence in transgenic carnation using antisense ACC oxidase. HortSci., 1994, 29(5): 547.
- Serek M, Reid M. S, Sisler E. C. A volatile ethylene inhibitor improves the postharvest life of potted roses. J Amer Soc Hort Sci, 1994, 119(3): 572~577.
- Sisler E. C, Blankenship S. M. DACP, a light sensitive reagent for the ethylene receptor in plants. Plant Grow Regul, 1993, 12: 125~132.
- Sisler E. C, Dupille E, Serek M. Effect of 1-methylcyclopropene and methylenecyclopropene on ethylene binding and ethylene action on cut flower. Plant Grow Regul, 1996, 18: 79~86.
- Sisler E. C, Pian A. Effect of ethylene and cyclic olefins on tobacco leaves. Tobacco Sci, 1973, 17: 68~72.
- Sisler E. C, Reid M. S, Yang S. F. Effect of antagonists of ethylene action on binding of ethylene in cut carnations. Plant Grow Regul, 1986, 4: 213~218.
- Sisler E. C, Serek M. Inhibition of ethylene responses by 1-methylcyclopropene and 3-methylcyclopropene. Plant Grow

- Regul, 1999, 27: 105 ~ 111.
- 36 Sisler E. C, Serek M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent development. *Physiol Plant*, 1997, 100: 577 ~ 582.
- 37 Sisler E. C, Yang S. F. Anti - ethylene effects of cis - 2 - butene and cyclic olefins. *Phytochem*, 1984, 23: 2765 ~ 2768.
- 38 Sisler E. C. Ethylene binding components in plants. In Matoo KA, Suttle JC (eds). *The Plant Hormone Ethylene*. CRC, Boca Roton ,1991 ,81 ~ 95.
- 39 Smith T. A. Polyamines. *Annu. Rev. Plant Physiol*. 1985, 36, 117 ~ 143.
- 40 Srivastava M. K, Dwivedi U. N. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science*, 2000, 158, 87 ~ 96.
- 41 Suttle J. C. Effects of polyamines on ethylene production. *Phytochemistry*, 1981, 20(7): 1477 ~ 1480.
- 42 Veen H. Effect of silver on ethylene synthesis and action in cut carnations. *Planta*, 1979, 145: 467 ~ 470.
- 43 Veen H. Silver thiosulphate: an experimental tool in plant science. *Sci Hort*, 1983, 20: 211 ~ 224.
- 44 Wang H, Woodson W. R. Reversible inhibition of ethylene action and interruption of petal senescence in carnation flowers by nor bornadiene. *Plant Physiol*, 1989, 89: 434 ~ 438.
- 45 Wang Z, Dille D. R. Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without overripening apples. *HortScience*. 2001, 36(2): 328 ~ 331.
- 46 Wilkinson J. Q, Lannhan M. B, Yen H. C, Giovannoni J. J, Klee H. An ethylene inducible component of signal transduction encoded by Never - ripe. *Science*, 1995, 270, 1807 ~ 1809.
- 47 Wilkinson J. Q, Lanahan M. B, Clark D. G, et al. A dominant mutant receptor from Arabidopsis confers ethylene insensitivity in heterologous plants[J]. *Nat Biotechnol*, 1997, 15: 444 ~ 447.
- 48 Yang S. F, Hoffman N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annu Rev. Plant Physiol*, 1984, 35: 155 ~ 189.
- 49 Zagory, D. Ethylene - removing packaging in: Rooney, M. L. (Ed. ). *Active Food Packaging*. London, Blackie Academic & Professional, 1995, 38 ~ 54.

## 免疫活性肽的研究进展与展望

王秋韞 庞广昌 陈庆森 天津商学院生物技术与蛋白资源研究室 天津 300400

**摘要** 近年来,乳蛋白来源的生物活性肽方面的研究进展迅速,日益引起人们的重视并日趋成为乳品领域研究的焦点。到目前为止,已经发现了几十种具有不同生理功能的生物活性肽,免疫活性肽就是其中研究较多的一类生物活性肽,它能够增强人体的免疫功能,对人体特别是对新生儿正常生理功能发挥着不可替代的功能,它的开发利用和进一步深入研究具有重要意义。

**关键词** 乳蛋白 免疫活性肽 展望

**Abstract** In recent years great progress have been made on the studies of milk derived peptides. These peptides were of great physical importance, and more and more attentions were attached to these peptides. Up to now, tens of these active peptides kinds have been found. Immunopeptide was are one of these kinds of physical peptides. They could improve the immune defensive function of human, especially of neonates. The further studies and the exploitation would be of great importance.

**Key words** Milk - protein Immunopeptides Prospective

乳是新生哺乳动物的主要食物来源,也是成年人饮食的一个重要组成部分。长期以来,乳蛋白仅仅被人们视为一种营养蛋白,为新生哺乳动物提供充足的能量和各种氨基酸。然而,近年来的研究表明,乳蛋白除其营养价值外,还是生物活性肽的重要来源。这些生物活性肽,均以无活性的状态存在于乳蛋白前体物中,只有用适当的酶水解后,它们的活性才被释放出来,从而发挥其生理功能。免疫活性肽就是利用蛋白酶水解乳蛋白并从其酶解液中获得的一种具有免疫增强作用的短肽,

它具有多种生理功能和广阔的开发应用前景。

### 1 免疫活性肽的研究进展

乳蛋白生物活性肽的研究始于1979年,德国的 Brantl 等人通过酶解牛乳酪蛋白得到了一些多肽产物,并证明它们具有类吗啡活性<sup>[1]</sup>,从此,人们展开了生物活性肽方面的研究。经过20多年的逐步探索,到目前为止,人们已经发现了多种生物活性肽,如:类吗啡活性肽(Opioid peptides),是研究最早的一类生