

# 辣椒果实成熟过程中某些生理特性的变化

韩 发

(中国科学院西北高原生物研究所)

果实成熟是一个非常复杂的过程。许多研究已经表明：不论是禾谷类作物的籽粒还是瓜果类，它们的整个发育和成熟过程中，物质的合成、转化和贮藏等是不一致的。已知，果实在成熟过程中酶与物质代谢都要发生一系列的变化（吕忠恕等，1959；王仲田等，1965；敖良德等，1982；赵叙文等，1982；Ku等，1970）。为了阐明辣椒果实成熟时一些生理活动之间的相互关系，我们在果实的成熟过程中对它的蛋白质、可溶性糖和抗坏血酸含量，以及实果的重量和含水量变化等进行了测定分析，同时对果实的过氧化氢酶活性、过氧化物酶活性及其同工酶进行了测定比较。现将初步研究结果报道如下。

## 一、材料与方 法

### 1. 供试材料

选用本所温室中栽培的辣椒 (*Capsicum annum* L.-C. Mexicanum Hasenb)，当辣椒开花结果之后，随着果实的长大，分别在青果、半红果、红果和全红软果等4个不同的成熟期间取样，[每次摘取大小均匀，色泽一致的果实3—4个。摘回的果实用蒸馏水冲洗干净备用。

### 2. 过氧化物酶液的提取

每次将洗净的果实剪碎混匀，称取10—15克样本，置于预先用冰冷却的研钵里，加少量石英沙，再加入1倍的pH7.0，0.05mol/L磷酸缓冲液，在冰浴中研磨成匀浆，并用尼龙布过滤在离心管中，于-18℃过夜，次日在室温下缓缓解冻，然后在-4℃左右，12000转/分钟离心15分钟，取上清液进行过氧化物酶活性及其同工酶的测定。过氧化氢酶液的制备按章骏德等(1982)的方法进行。

### 3. 测定方法

用蒽酮法(章骏德等，1982)测定果实中的可溶性糖含量；用染色法(浙江农业大学，1980)测定果实的抗坏血酸含量；用Folin-酚试剂法(南京大学生物系，1979)测定果实的蛋白质含量；过氧化氢酶活性按照硫代硫酸钠滴定法(章骏德等，1982)测定；过氧化物酶活性的测定按照韩雅珊(1978)的方法进行。过氧化物酶同工酶的分离，染色和保存等按前文所述的方法进行(韩发，1985)。

## 二、结果与讨论

### 1. 果实成熟期间几种化学成分含量的变化

本文1986年7月22日收到。

在辣椒果实成熟的4个不同阶段,分别测定了果实的可溶性糖、抗坏血酸和蛋白质含量,结果表明,在不同成熟阶段,果实中的化学成分有较大差异(表1)。

(1) 果实成熟过程中,从发育初期到完全成熟,可溶性糖的数量在逐渐增加。在成熟初期它们的含量较低,只有28.14%,在果实开始转红时,它们的含量高于青果,但并不显著。当果实全变红时,其含量明显增加,达到58.96%,为果实成熟期间的最高值。即比青果和半红果分别高30.82%,19.45%。这种果实的发育和成熟期间糖含量不断增加,而且在刚进入成熟时增加速度特别大的特征与白兰瓜和哈密瓜中发现的现象基本近似(吕忠恕等,1959;王仲田等,1965)。表明在果实的生长旺盛时期,糖分的积累比在成熟期为慢,

表1 辣椒果实成熟期间几种化学成分含量的变化  
Table 1 Change of the content of some chemical composition in the pepper fruits during ripening stages

| 果实<br>Fruits           | 干物质<br>(占鲜重%)<br>Dry matter<br>(to fresh<br>weight %) | 水分含量(%)<br>The content of<br>water (%) | 可溶性糖含量<br>(占鲜重%)<br>The content of<br>soluble sugar<br>(to fresh<br>weight %) | 抗坏血酸含量<br>(毫克/100克鲜重)<br>The content of<br>ascorbic acid<br>(mg/100g fresh<br>weight) | 蛋白质含量<br>(占干物重%)<br>The content of<br>protein<br>(to dry<br>material %) |
|------------------------|---|--|---|---|---|
| 青果<br>Green fruits     | 7.55  | 92.45                                  | 28.14   | 103.11  | 0.96  |
| 半红果<br>Half red fruits | 9.54  | 90.46                                  | 39.51   | 124.22  | 1.24  |
| 红果<br>Red fruits       | 11.48   | 88.52                                  | 58.96   | 178.58  | 1.82  |
| 红软果<br>Red soft fruits | 14.62   | 85.38                                  | 49.82   | 166.51  | 1.68  |

可能与果实生长初期细胞的生长较快,利用了一部分同化物质之故。这样就使得果实内能够贮藏的物质减少了。而在成熟期,果实中的同化产物数量日益增多,可使大量的糖分积累。从表1还可以看出,随着果实的过熟变软,果实中的可溶性糖含量又有所降低,同时,在果实成熟的各阶段其果实的重量和含水量变化也不一致,这些结果都表明果实内糖分的积累动态、果实的重量以及含水量的变化与果实的发育成熟时期有密切的关系。

(2) 随着果实的成熟进程,果实中的抗坏血酸含量也发生了明显的变化(表1)。即它们的含量是随着果实的成熟而迅速升高,在果实过熟变软时出现下降现象。同时在不同的成熟阶段,其含量的上升幅度也不一致。在果实的成熟初期或接近成熟时,含量增加速度较小,刚进入成熟时,含量增加速度较大。从测定结果看出,含量在全红硬果期最高,全红软果次之,半红果为第3,青果最低。而且果实成熟时抗坏血酸含量的升高与碳水化合物的代谢作用有密切的联系(吕忠恕等,1959)。

(3) 在果实成熟期间,蛋白质含量的变化与抗坏血酸含量的变化趋势基本一致(表1)。就是在4个不同成熟阶段,果实中蛋白质含量的升高和降低同样与果实的发育时期有一定联系。在由青果到过熟变软的过程中,蛋白质的含量有变化,在果实发育成熟期间总的趋势也是由少到多。所以,在果实成熟过程中,果实的品质除了与其他外界因素有关外,果实的成熟程度可能是直接影响品质的重要因素。

## 2. 果实成熟期间酶活性及其同工酶的变化

(1) 对4个不同成熟期间果实中过氧化物酶活性的测定结果(表2),青果的过氧化

物酶活性低,随着果实的发育成熟过氧化物酶活性亦随之增加,当进入成熟阶段,红果中的过氧化物酶活性比青果的显著增加,一旦果实过熟变软时,酶活性又下降,尤其在变软的果实中这种现象较明显。这与刘存德等(1979)和 Bial (1978) 在其他植物研究中所得结果一致。也与抗坏血酸和蛋白质含量的变化相符合。表明果实的发育和成熟,以及果实组织中某些化学组成的相应变化,可能与过氧化物酶的活性有关。

表 2 辣椒果实成熟期间过氧化物酶和过氧化氢酶活性的变化  
Table 2 Changes of the peroxidase and catalase activities during pepper fruits ripening

| 果实<br>Fruits           | 过氧化物酶活性<br>(愈创木酚/(克鲜重·小时))<br>Peroxidase activity<br>(G.U./g fresh weight/h.) | 过氧化氢酶活性<br>(毫克过氧化氢/(克鲜重·分))<br>Catalase activity<br>(mg H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /(g fresh weight·men)) |
|------------------------|---|--|
| 青果<br>Green fruits     | 69.32   | 6.21   |
| 半红果<br>Half red fruits | 98.77   | 10.42  |
| 红果<br>Red fruits       | 112.56  | 15.78  |
| 红软果<br>Red soft fruits | 103.49  | 14.58  |

(2) 在果实成熟期间,果实内的过氧化氢酶活性如表 2 所示,过氧化氢酶的活性变化与过氧化物酶的活性变化趋势相平行。都随着果实的成熟其活性表现相应的提高,这表明果实的成熟不仅与过氧化物酶有关,而且也可能与过氧化氢酶相关。

(3) 从初步的研究来看,在果实的成熟过程中,过氧化物酶同工酶的图谱也是有差异的。如图 1 所示,青果有 2—4 条酶带,半红果有 5 条酶带,红果有 4—5 条酶带,过熟或变软的果实有 3—4 条酶带。而且在各成熟阶段,过氧化物酶同工酶谱带的染色程度和酶带的宽窄,除了阳极端的第 3 条酶带在果实发育成熟的整个过程中保持着稳定的状态外,其他酶带都随着果实的成熟而出现差别,如青果中阴极端的第 1、2 条酶带和阳极端的第 1 条酶带染色淡而且有时消失,当果实由青转红时,这几条酶带的颜色有所加深,并在阴极端出现一条新酶带。但在全红的软果中,阳极端的第 1 条酶带变宽,第 2 条酶带消失。

从表 2 和图 1 中的酶活性和同工酶谱的变化可以看出,二者的变化趋势相似。然而,果实中过氧化物酶活性的高与低,同工酶谱带的多与少,对于辣椒果实的发育和成熟及其衰老究竟有什么意义,目前,尚不十分清楚。但根据刘存德等(1979),敖良德等(1983),王仲田等(1982)和 Ku 等(1970)对番茄、苹果和哈密瓜等果实的研究和本试验的结果有类似的现象。即都随着果实的成熟,过氧化物酶活性不断提高,刚进入成熟时酶活性显著增加,同工酶也发生变化。因而可以认为过氧化物酶及其同工酶与果实的发育和成熟有一定关系,它们可能参与着果实的发育和成熟过程。

总之,在果实发育成熟过程中,有生化的变化,也有内部构造与细胞学的变化,而这些变化又是关联的(李曙轩,1979)。如果我们对以上结果作一比较,就不难看出,辣椒果实的成熟和衰老与果实内的化学组成的变化有密切关系,而这些变化和相互关系可能又受着过氧化物酶及其同工酶的调节控制。

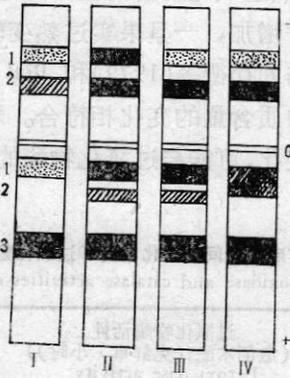


图1 在各成熟期间辣椒果实的过氧化物酶同工酶谱的变化

Fig. 1 The change of peroxidase isozyme in the pepper fruits during various ripening stages

1.青果 Green fruit; 2.半红果 Half red fruit; 3.红果 Red fruit 4.红软果 Red soft fruit

### 三、小 结

1. 本试验结果说明辣椒果实的成熟和衰老不仅与过氧化物酶活性有关,而且与同工酶的改变有关。可作为果实成熟生理的一个生化指标。

2. 从初步研究看出,过氧化物酶和过氧化氢酶活性最大的时候,也是抗坏血酸,可溶性糖和蛋白质含量增高的时候。由此可以推论,果实中一些化学成分含量的变化可能受着上述两种酶的调节和控制。

3. 试验结果表明,生理成熟期(果实变红)果实内的抗坏血酸,可溶性糖和蛋白质含量较高,其营养价值远远超过工艺成熟期(青果)的果实。所以,从营养价值来说,辣椒果实采收的最适时期是在果实刚变红的时候。

### 参 考 文 献

- 王仲田、王秀华,1965,栽培条件对提高哈密瓜品质的研究。I.果实发育与成熟期间糖分的累积。植物生理学报,2(1): 11—17。
- 王仲田、王兰竹、高海峰、王惠、张海波,1982,哈密瓜呼吸、乙稀释放、糖代谢和过氧化物酶与果实成熟的关系。中国植物生理学会第三次全国会议论文摘要汇编,51,中国植物生理学会。
- 吕忠恕、王邦锡,1959,白南瓜碳水化合物代谢作用的研究。I.果实发育与成熟期间糖分与抗坏血酸的积累。植物学报,8(3): 221—229。
- 刘存德、张素梅、李桐柱、孟子雄,1979,番茄成熟时乙烯的产生、过氧化物酶活性及其同工酶的变化。植物学报,21(2):163—170。
- 李曙轩,1979,蔬菜栽培生理。390—398,上海科学技术出版社。
- 赵述文、李慧英,1982,玉米籽实形成过程及某些生理变化规律,中国植物生理学会第三次全国会议论文摘要汇编,196—197,中国植物生理学会。
- 南京大学生物系,1979,生物化学实验,46—47,人民教育出版社。
- 敖良德、王明鑫、梁玉法,1983,苹果成熟过程中吲哚乙酸氧化酶和过氧化物酶的研究,植物学报,25(5):450—454,浙江农业大学,1980,农业化学实验,109—113,上海科学技术出版社。
- 章骏德、刘国屏、施永宁、高芳,1982,植物生理实验法,179—181,江西人民出版社。
- 韩发,1985,辣椒过氧化物酶及其同工酶和吲哚乙酸氧化酶与生长发育的关系。高原生物学集刊,(4): 43—48。
- 韩雅珊,1978,水稻生理实验方法,45—48,农业出版社。
- Bial, J. B., 1978 On the interface of horticulture and plant physiology. *Ann. Rew. Plant Physiol.*, 29: 1—23.

## CHANGES OF SOME PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS DURING PEPPER FRUITS RIPENING

Han Fa

*(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)*

The change of the contents of ascorbic acid, protein and soluble sugar, the activities of catalase and peroxidase with its isozyme and their interrelationship during pepper fruits ripening have been studied. It is found that there are some relationship between the content of chemical composition, activity of peroxidase and fruits ripening.

The contents of ascorbic acid, soluble sugar and protein in pepper fruits increase with the ripening of pepper fruits, the highest content is found in red fruits (physiological maturity), lower in the half red fruits and the lowest in the green ones. The contents of nutrient decreases again in red soft fruits. The result also shows that the activity of peroxidase increases with the ripening of pepper fruits, but decreases in red soft fruits.

The peroxidase isozyme in fruits appears to be different at four stages, the number of isozymic bands of peroxidase increases in half red and red fruits and the colour becomes darker, Their bands are lower in number in green fruits and the colour is lighter, different isozymic bands also appear in some red soft fruits.