# 第三节包装食品的质量变化与控制

## 一、包装食品的褐变、变色与控制

(一)食品的主要褐变及变色

食品的色泽不仅给以美感和消费倾向性，同时某些色素还是营养素.食品所具有的色泽好坏，已经成为食品品质的一个重要衡量方面.事实上，食品色泽的变化往往伴随着食品内部维生素、氨基酸、脂类等营养成分及香味的变化.因此，食品包装必须有效控制其色洋的变化.褐变是食品中比较普遍的一种变色现象，尤其是天然食品在进行加工、包装或受到机械损伤时，都会使食品褐变，或较原来的色泽变暗，这种变化统称为褐变。食品褐变根据其反应机制不同，主要分为由酶促氧化引起的酶促褐变和非酶氧化或脱水反应引起的非酶褐变两大类.

1. 酶促褐变

酶促褐变多发生在浅色的水果和蔬菜中，例如，马铃薯、苹果、桃、香蕉等，当它们受到机械损伤及处于异常环境(受冻、受热)时，酶促氧化而呈褐色，称为酶促褐变

1. 酶促褐变的机制 酶促揭变的机制是植物组织中含有的酚类物质，在完整的细胞中作为呼吸传速物质，在酚一醌之间保持者动态平衡，当新鲜植物组织被损伤(通常含有多酚氧化酶)，氧大量侵入，查成醌的形成。平衡受到破坏，于是发生醌的积累，醌再进一步氧化聚合形成褐色色素称为黑色素成类黑精。
2. 酶促褐变的防止 酶促褐变必须具备三个条件，即有多酚类物质、酚酶和氧，缺一不可。除去基质中的多酚类物质来防止酶促褐变是不现实的。所以一般都以降低酚酶活性或驱氧防止。降低酶活性的方法很多，但由于受味变、臭变以及毒性等不易解决的间题所限制，因而真正用于食品加工中的却不多。能用于食品方面抑制酶活性的方法有以下四种。
3. 加热处理。升高温度井对食品进行适当时间的处理、可使其中所有的酶失去活性。蔬菜在冷藏或脱水前的预处理以及果计和果酱在制作中分别用烫漂和高温短时的巴氏消毒等。虽然来源不用的酶会对热的敏感度并不相同，然而在70-95℃加热7s可使大部分酶失去活性。但果蔬经加热后，会影响原油的风味，所以必须严格控制加热时间、以达到既能抑制酶的活性，又不影响产品风味。采用微波加热法，热的穿透力强，可使组织内外均匀迅速地受热，对产品风味的变化影响不大，能获得较好效果。
4. 调节PH。多数酚酶最适宜的PH范围是6.0-7.0。PH在3.0以下，酚酶几乎完全失去活性。如苹果在pH4.0时能发生褐变，pH3.7时褐变速度大减，pH在2.5时褐变完全制止；杏最适褐变的pH在7.0，pH为3.0时，酚酶活动降低10％。pH在2.5时活性完全停止。用降低pH来抑制果蔬褐变，一般多采用柠檬酸，苹果酸，抗坏血酸以及其他有机酸的混合液。
5. 用化学药品抑制酶的活性。二氧化硫、亚硝酸钠、亚硝酸氢钠和偏亚硝酸钠等都是酚酶的强抑制剂。如加工桃和苹果时，可用气态的二氧化硫，也可用稀释的亚硝酸盐水溶液等。实验表明，使用2.9x103mg/L时，几乎可以完全抑制酶的活性。
6. 驱氧法。是将果蔬浸在水中与氧隔离以抑制酶促褐变。但当果蔬重新暴露在空气中时，又能发生酶促褐变。为此，可采用表面处理的办法。即把切开的果蔬先用浓度较高的抗坏血酸浸泡，抗坏血酸在自动氧化过程中会消耗果蔬切开组织表面的氧，形成一层阻氧扩散层，以防止果蔬组织的酶促褐变。
7. 非酶褐变

非霉褐变就是不需要酶作为催化剂就可以进行的褐变。

1. 非霉褐变的类型
2. 羰氨反应。凡是氨基（-NH2）与羰基（-CwpsofficeO-）经缩合，聚合生成黑色素的反应都称为羰氨反应（美拉德反应）。
3. 焦糖化反应。糖类受高温（150-200℃）影响发生降解反应，降解后产物经聚合、缩合而生成黏稠状的黑色物质，称为焦糖化反应。
4. 抗坏血酸反应。抗坏血酸氧化作用也会引起食品褐变。
5. 非酶褐变对食品质量的影响 非酶褐变不仅改变食品的色泽，而且对食品营养价值和风味也有一定影响。如氨基酸因形成色素和在反应中破坏而损失；色素以及与糖结合的蛋白质，不易被酶所分解，所以氮的利用率降低，尤其是赖氨酸在非酶褐变中最易损失；水果加工品的维生素C，也因氧化褐变而减少；乳粉和脱脂大豆粉中加糖贮存，随着褐变蛋白质溶解度也随之降低。此外，由于非酶褐变过程中伴随有二氧化碳的产生会造成罐头食品出现不正常现象，如乳粉、粉末酱油等装罐密封发生非酶褐变后，会出现“膨胀”现象等。为防止食品的非酶褐变，可采取调整水分含量、降低贮藏温度、除去反应活性成分和添加亚硝酸之类的褐变防止剂等，然而，由于非酶褐变的发生，在食品中会产生香气或抗氧化性能，因此也有在食品加工中利用此非酶褐变反应的情况。如烘培面包产生的金黄色，烤肉所产生的棕黄色，酿造啤酒的黄褐色，酱油、熏醋的棕黑色，花生、瓜子培炒，面包、饼干的烘培，酱油加热灭菌时的香味增强等均与这些反应有关。另外，葡萄糖与赖氨酸混合物加于饼干中，适度烘烤后，又稳定油脂的效果，当赖氨酸添加量达2％时，其抗氧化性最大。

食品的变色主要是食品中原有颜色在光、氧、水分、温度、pH、金属离子等因素影响下的褪色和色泽变化

（二）影响褐变及变色的因素

1.光线

光线对包装食品的变色和褪色有明显的促进作用，特别是紫外线的作用更显著。天然色素中叶绿素和类胡萝卜素是两种在光线照射下较易分解的色素。图2-10和图2-11所示为光的波长对β-胡萝卜素和叶绿素分解的影响。由图可知，波长300nm以下的紫外线对色素分解的影响最为显著。

玻璃和塑料包装材料虽能阻挡大部分的紫外线，但所透过的光线也会使食品变色和褪色，缩短食品保质期。因此，为减少光线对食品色泽的影响，选择的包装材料必须能阻挡使色素分解的光。

2氧气

氧是氧化褐变和色素氧化的必须条件。色素是容易氧化的，类胡萝卜素、肌红蛋白、还原血红素、醌类、花色素等都是易氧化的天然色素，苯酚化合物中，如苹果、梨、香蕉中含有绿原酸、白花色等单宁成分，还原酮类中的维生素C、氨基还原酮类，羰基化合物中的油脂、还原糖等，这些物质的氧化会引起食品的褐变、变色或褪色，随之而来的是风味降低、维生素等微量营养成分的破坏。因此，包装食品对氧化的控制是至关重要的保质措施。除去或减少食品体系中氧气含量常用的机械方法是真空脱空法。如产生果肉浑浊剂、鲜榨汁的现代大型企业，都采用瞬时高温灭菌和真空脱气防止褐变。在果蔬贮藏中如果完全去氧，反而会造成果蔬二氧化碳中毒，所以常采用气调贮藏。孔凡春等在用气调包装贮藏去壳雷竹笋发现，在气体比例为2％O2、5％CO2和93％N2,贮藏温度为10℃的条件下，气调贮藏能明显抑制丙二醛（MDA）的含量和过氧化酶（POD）、苯丙氨酸解氨酶（PAL）的活性，从而抑制了雷竹笋的褐变。

3水分

褐变是在一定水分条件下发生的，一般认为，多酚氧化酶的酶促褐变的水分活度为Aw=0.4以上，非酶褐变Aw=0.25以上，反应速度Aw上升而加快，在Aw=0.55～0.90的中等水分活度下反应最快。若水分活度再增加时其基质浓度被稀释而不易引起反应。

水分对色素稳定性的影响因色素性质不同而有较大差异，类胡萝卜素在活体中非常稳定，但在干燥后暴露在空气中就非常不稳定；叶绿素、花色素系色素在干燥状态下非常稳定，但在水分含量达6％～8％以上时，就明显地迅速溶解，尤其在光、氧气存在条件下很快褪色。

4.温度

温度也会引起食品的变色，温度越高变色反应越快。

目前认为大多数酶都属于蛋白质，温度的升高能使蛋白质变性、酶 失活。多酚氧化酶（PPO）不耐热，最适温度一般为30％或25℃. 对无核白葡萄PPO的耐热性研究表明，PPO在70℃以下，随时间 延长酶活性下降幅度较小，而在80℃时仅1min酶活性就基本消失。

但是有些果实（如香蕉、苹果、梨等）中多酚氧化酶热稳定性较高， 加工时酶不易失活。香蕉一般在90～100℃的热水中处理10min酶的活性财能完全丧失。过氧化酶（POD）是果蔬中耐热性最强的酶。工厂一般通过检测过氧化物酶活性来检测钝化酶的效果，即将浓度为1.5％ 的愈创木酚乙醇溶液与30％H2O2等体积混合，在果蔬切片上滴加1～2滴，若切片呈红褐色，则酶未失活；若切片保持原色，则酶已失活。

果蔬尤其是热带亚热带果蔬，在贮藏时易受到低温伤害，伤害发生时首先损伤细胞膜，使膜收缩、破裂，从而破坏了膜的选择通过性，引起细胞内的物质外渗，底物与酶的区域化遭到破坏，酶与底物接触，导致组织褐变。当荔枝果实处于冷害温度环境下，果皮细胞膜系统透过性持续增大，细胞区域化被解除，可能导致花色苷、酚类从液泡中渗漏，在糖苷酶、多酚氧化酶（PPO）、过氧化物酶（POD）等的作用下，酚类物质氧化成醌，醌进一步聚合成褐色物质，同时，破坏了花色苷的征程呈色结构，使花色苷含量下降，最终果皮呈现褐色症状。

1. PH

植物中多酚氧化酶（PPO）的最适pH一般在5.1～7.1，随着pH的下降，PPO的活性直线下降，特别是pH在3.1以下时，强酸性环境会使酶蛋白上的铜离子解离下来，导致PPO逐渐失活，酶活性趋于最低。从中等水分活度到高水分活度的食品中，pH对色素的稳定性影响很大，叶绿色和氨基酸岁pH下降，分子中Mg2+和H+换位，变为黄褐素脱镁叶绿素，色泽变化显著；偶氮素系和蒽醌系色素，pH对色素稳定性的影响差异，红色素对pH5.5～6.0以上时易变成青紫色，檀色素、青色素等在pH4左右的环境中时变成不溶性而不能食用，所以包装食品的色泽保护应考虑pH的影响。葡萄贮藏过程中，随着贮期的延长，有机酸、维生素C的含量降低对PPO的抑制作用减少，使其活性增加，导致单宁等物质被氧化，产生褐变。有机酸常用作酸化剂来防止芦荟制品褐变，其中最常用的是柠檬酸。事实上，柠檬酸在抑制酶促褐变方面具有双重作用，不但可以作为酸味剂降低体系pH，还可以作为络合剂，与从多酚氧化酶上解离下来的铜离子作用，形成络合物，降低酚酶活性。

1. 金属离子

一般地，Cu，Fe，Ni，Mn等金属荔枝对色素分解起促进作用，如番茄中的胭脂红，橘子汁中的叶黄素等类胡萝卜素只要有1～2mg/kg左右的铜、铁离子就能促进色素氧化。

1. 控制包装食品褐变及变色的方法

食品变色是食品变质中最明显的一项，尽管褐变及变色的因素很多，但通过适当的包装技术手段可有效地对其褐变及变色进行控制。

1、阻氧包装技术

在常温下，氧化褐变反应速度比加热褐变反应速度要快得多，因此，对易褐变食品必须进行隔氧包装。对于浓缩肉汤和调味液汁类风味食品，即使包装内有少量的残留氧，也能引起褐变及变色，降低食品的风味和品质。常用的阻氧包装技术主要有真空包装、充气包装和脱氧剂封存包装。真空包装和充气包装能将包装内的氧气浓度降到2％～3％；而脱氧剂封存包装则可通过化学反应除去包装内的氧，特别是吸附在食品上的微量氧，将氧气浓度降到0.1％，几乎是“无氧”的状态。这样可长期保持包装内部的低氧状态，有效地抑制食品氧化褐变。

目前，食品阻氧包装大部分采用高阻隔性的软塑复合包装材料，如采用以PET、PA、PVDC、铝箔等为主要阻隔层的复合包装材料。

1. 避光包装技术

避光包装技术的关键是选用优良的避光包装材料。利用包装材料对一定波长范围内光的阻隔性。防止光线对包装食品对影响，且选用的包装材料即不失内装食品的可视性，又能消除紫外线等对食品的影响。

根据食品的光谱敏感性来选择包装材料的颜色，可达到不让或尽可能少让临界波长的光通过包装材料（如表2-6所示）。如胡萝卜素的最大吸收波长在450nm左右，在蓝光下的分解速度最大，所以选择黄色的包装材料可以滤去蓝色光线；而用褐色容器包装婴儿食品，即使在20℃条件下用强光照射，也不会破坏维生素A和维生素B2。

现代食品包装，除了调整包装材料的颜色外，还可采用阻光、阻氧、阻气兼容的高阻隔包装材料，如铝箔、金属罐等防止光、氧气对食品的联合影响，以大大延长食品的保质期。并且对于罐藏食品，应使用涂料罐，以防止食品变色。

1. 防潮包装

水分对食品色泽的影响包括两方面含义：一是对一定水分含量（20％～30％）的食品，如半带馅的点心等糕点食品，由于脱水而发生变色；而是干燥食品会因吸湿而增大食品中的水分含量而变色。前者防止变色的方法是采用适当的包装材料保持其原有水分含量，而后者主要是保持食品干燥而使色素处于稳定状态，采用阻湿防潮性能较好的包装材料或采用防潮包装方法，能较好地控制因水分发生的褐变含量变色。