一、蔬菜加工基本知识

蔬菜加工是以新鲜蔬菜为原料，采用不同的方法和机械，制成各种制品的过程。主要制品有脱水菜、腌渍菜、蔬菜罐头、菜汁、菜酱、蜜饯、速冻菜、鲜切菜等。要进行这些制品的加工，首先要了解蔬菜原料特性和导致食品败坏的主要原因等，只有这样，才能制订能最大限度地保持蔬菜品质的加工和贮藏方法。

（一）蔬菜的化学成分与加工关系

蔬菜加工的目的除了防止腐败变质外，还要尽可能地保持制品的营养成分和风味品质，这实质上是控制蔬菜化学成分的变化。因此，有必要了解蔬菜主要化学成分的基本性质及其加工特性。蔬菜的化学成分主要有水分、碳水化合物、有机酸、维生素、含氮物质、酶、色素物质、单宁物质、糖苷、脂质、香气物质和矿物质等。蔬菜中的化学成分除水之外为各种固形物，固形物又分为可溶性和不溶性两大类，可溶性固形物是指可溶于水的物质，如糖、有机酸、矿物质等；不溶性固形物是不溶于水的物质，如纤维素、淀粉等。

1. 水分

水分是蔬菜中含量最多的成分，达 75%～95%，是影响蔬菜的嫩度、鲜度和味道，又是蔬菜贮藏性差、容易腐烂变质的原因之一。蔬菜所含的水分因存在状态不同而分为游

需要全本请访问 www.ertongbook.com

离水（或自由水）、胶体结合水和化合水 3 种，游离水存在于蔬菜细胞组织中，占总含水量的 70%左右，是可溶性物质的溶剂，可以自由流动，容易被蒸发或腌渍脱水除去；胶体结合水是被胶体物质如果胶、蛋白质、糖类等吸附的水分，占总含水量的 25%左右，不表现出溶剂的作用，不能自由流动，在干燥或腌渍脱水过程中只能部分除去；化合水是和蛋白质、多糖类结合在一起的水分，在加工中不能被除去。微生物和酶的活动只能利用游离水，不能利用化合水。

2. 糖

蔬菜中所含的糖主要有葡萄糖、果糖和蔗糖等，是蔬菜中可溶性固形物的主要部分，影响蔬菜的营养和风味。蔬菜不同种类含有不同的糖，其含糖量较果品少，含糖量一般为 1.5%～4.5%。乳酸菌可将糖转化为乳酸，泡酸菜类就是利用这种作用加工的。葡萄糖又称还原糖，对加工不利，容易发生非酶褐变，影响制品质量，宜选用还原糖含量低的蔬菜品种加工。

3. 淀粉

淀粉主要存在于块根、块茎和豆类蔬菜中，如马铃薯、莲藕、芋头、马蹄等的淀粉含量较高，其他蔬菜淀粉含量一般较低。蔬菜一般随着成熟淀粉趋向积累，豌豆、甜玉米、青刀豆等必须在淀粉含量较低时采收，否则品质低下。蜜饯加工宜选择淀粉含量少的原料。淀粉与稀酸溶液共热或在淀粉酶的作用下，能水解成葡萄糖。蔬菜在贮藏过程中由于淀粉酶的作用，淀粉含量会逐渐降低。

4. 纤维素和半纤维素

蔬菜中纤维素含量为 0.3%～2.3%，半纤维素含量为 0.2%～3.1%，它们构成蔬菜的形状与体架，形成了蔬菜的

庞大体积，为蔬菜各种内容物所充实，成为腌渍原料的主体。

5. 果胶物质

果胶物质在蔬菜中以原果胶、果胶及果胶酸 3 种形态存在。原果胶存在于未成熟蔬菜的细胞壁内的中胶层中，不溶于水，常和纤维素结合使细胞粘结，所以未成熟的蔬菜组织坚硬。随着蔬菜的成熟，原果胶在原果胶酶和有机酸的作用下水解为纤维素和果胶。果胶可溶于水，使细胞结合松弛，且具有一定的粘性，因此成熟的蔬菜组织变软。成熟的蔬菜向过熟状态转变时，果胶在果胶酶的作用下水解为果胶酸，果胶酸无粘性，溶解度很低，因而过熟蔬菜呈软烂状态。所以蔬菜加工应选择成熟适度、新鲜的原料。果胶物质（果胶酸）可与钙盐、铝盐生成不溶性盐，因而钙盐和铝盐具有硬化保脆作用。

6. 有机酸

蔬菜所含有机酸主要为柠檬酸、苹果酸、草酸等，但含量普遍较少（只有番茄等少数品种含量较多），所以 pH 值（为 5.6 ~ 6.5）较高。蔬菜含酸量低，不利于加工和贮藏。生产上常通过添加酸来降低杀菌强度，因为酸可以降低微生物的抗热性。

7. 单宁物质

蔬菜中的单宁物质含量依蔬菜种类而不同，一般含量较少，但它与加工制品的色泽有密切关系。单宁物质所引起的变色是蔬菜加工中最常见的变色现象之一。其中由酶和单宁物质引起的褐变称为酶促褐变，如马铃薯去皮、切分后在空气中变黑就是酶促褐变所致。这一反应还必须有氧气存在才能进行，所以控制酶促褐变主要从控制酶和氧气这两方面入

手，主要措施有热处理和添加抑制剂钝化或抑制酶活性、隔绝氧气接触、选择单宁含量低的原料等。

单宁遇铁会变黑色，遇锡会变玫瑰色，所以蔬菜加工时不能用铁、锡等器具。单宁遇碱会变黑色，而在酸性条件下受热会变红色，所以蔬菜加工时要注意这些特性。单宁与蛋白质作用会发生凝固、沉淀作用，生产上可利用这一性质使菜汁澄清。

8．酶

酶是具有催化能力的特殊蛋白质。根据加工中的需要，有时要利用酶的作用，有时要防止酶的作用。酶促褐变主要是由多酚氧化酶催化酚类物质（单宁物质）形成醌及其聚合物的结果，防止酶促褐变的重要措施就是钝化或抑制多酚氧化酶的活性。过氧化物酶则可作蔬菜热烫的指示酶，检验热烫是否适当。在蔬菜汁加工中有时要利用果胶酶的作用进行榨汁，以提高出汁率和使菜汁澄清。

9．含氮物质

蔬菜中的含氮物质主要是蛋白质和氨基酸，它们在加工中所造成的影响主要是美拉德反应的变色现象。美拉德反应是食品加工中非酶褐变的主要反应，这个反应是还原糖和蛋白质或氨基酸产生褐色聚合物的过程，防止美拉德反应的褐变作用最有效的方法是用亚硫酸盐进行处理，这可与控制酶促褐变结合进行。此外，尽可能控制低温、降低 pH 值、排除氧气、控制水分等也是防止褐变作用的有效措施。蔬菜在腌渍过程中由于蛋白质的水解而形成特有的香气和鲜味。

10 维生素

蔬菜含有维生素 C、维生素 A（以胡萝卜素形式存在）、维生素 B_1、维生素 B_2 等，其中维生素 C 含量较高且与蔬菜

加工关系密切。维生素 C 在加工过程中很容易被破坏，其氧化产物会参与美拉德反应而导致褐变。

11. 色素物质

蔬菜主要的色素物质有类胡萝卜素、叶绿素和花青素。蔬菜中的色素物质一般对光、热、酸、碱等条件敏感，在加工、贮藏过程中常因此而褪色或变色。

叶绿素对光、热敏感，光照和加热都能使叶绿素分解褪色。叶绿素在酸性介质中易生成黄褐色的脱镁叶绿素，而在碱性介质中比较稳定，若进一步与碱作用则生成的钠盐仍为绿色，且更为稳定。热烫可钝化叶绿素水解酶的活性，起保绿作用，且使绿色更加显现。在适当条件下，叶绿素分子中的镁可被铜、锌、铁等取代，使色泽稳定。其中以铜叶绿素的色泽最为鲜亮，对光和热均较稳定。

类胡萝卜素为一种浅黄色至深红色的非水溶性色素，类胡萝卜素对热较稳定，在蔬菜加工中所受的影响较少，但在光照或发生氧化作用时，特别是在酶参与下，则容易氧化成无色产物，从而导致制品褪色

花青素种类很多，常以糖苷形式存在，故称花色苷，为一大类水溶性色素，对光和温度极敏感，很容易变色。花青素的色彩随 pH 值而变化，在酸性条件下呈红色，在中性、微碱性条件下为紫色，在碱性条件下变成蓝色。无色花青素可转变成有色，有色花青素用硫处理会褪色，但此反应可逆，一旦加热脱硫，又可复显色。氧气和紫外光可促使大部分花青素种类发生分解并形成沉淀。花青素与金属离子反应生成盐类，大多数为灰紫色，与锡、铁、铜等离子反应生成蓝色或紫色盐类。因而，含花青素的产品应采用涂料罐装，加工时避免与金属接触。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

黄酮类化合物或花黄素也是一类结构与花青素类似的黄酮类物质，主要以糖苷形式存在于洋葱、芦笋等蔬菜中，微溶于水，易溶于碱性溶液，这类色素在空气中久置则易氧化成褐色沉淀。

12．糖苷

蔬菜中存在着许多糖苷物质，如花青素、花黄素都以糖苷形式存在；茄碱苷（龙葵苷）存在于马铃薯块茎、番茄及茄子中；黑芥子苷存在于十字花科蔬菜中，芥菜、萝卜含量较多。茄碱苷的水解产物有毒，食用或加工时要除去。黑芥子苷具有特殊的苦辣味，在酶作用下可水解成特殊的芳香物质，使蔬菜腌渍品产生特殊香气。

13．香气物质

蔬菜特有的香气是由其所含的多种芳香物质所致。大部分蔬菜的香气物质为易氧化物质和热敏感物质，蔬菜加工中长时间加热可使香气物质消失，某些成分会发生分解，某些香气物质，如大蒜精油，具有一定的抑菌和抗氧化作用。

14．脂质

蔬菜的脂质为其表面的角质与蜡，有利于蔬菜贮藏保鲜，但在加工中一般应除去。

15．矿物质

蔬菜含丰富的矿物质，是人体矿物质营养的主要来源。蔬菜所含的矿物质主要有钙、镁、磷、铁、钾、钠、碘、铜、锰等。矿物质的性质及含量在蔬菜加工中较稳定。

（二）蔬菜加工的基本原理

1．食品败坏的原因及控制措施

蔬菜加工原理是在充分认识食品败坏原因的基础上建立起来的。造成食品败坏的原因是复杂的，往往是生物的（包括微生物和酶）、物理的、化学的等多种因素综合作用的结果，而起主导作用的往往是有害微生物的危害。因此，在食品贮藏上总的原则是：

①减少物理作用和化学作用的影响。

②消灭微生物或造成不适于微生物生长的环境。

③成品与外界隔绝，不与水分、空气接触，防止微生物再侵染。

控制微生物（主要是细菌、酵母菌和霉菌）最主要的措施是加热、冷冻、干燥、隔绝空气及添加酸、糖、盐和防腐剂等。

（1）热处理

大多数细菌、酵母菌和霉菌生长适温为 16～38℃，耐热菌在 66～82℃ 下仍可生长，大多数细菌在 82～93℃下即可被杀死，但细菌芽孢耐高温，必须在 100℃以上的湿热温度下才能被杀死。但并非所有食品都需要同样的杀菌热量，当食品含酸量高时，就不需要剧烈加热，因为酸可提高热的杀菌力。采用加热杀菌贮藏食品，并不是总有必要把所有的微生物杀死，生产无菌产品，只是把食品中的致病菌破坏就可以了，这样的杀菌称为商业杀菌。

（2）冷冻

如前所述，大多数微生物生长适温为 16～38℃，低温菌在 0℃或更低温度下仍能生长，但在低于 10℃时生长就缓慢，温度愈低，生长愈慢。当食品的水分全部冻结时，微生物就停止生长。

微生物的活力随着温度的降低而降低，这是冷藏和冷冻

的根据。虽然低温可以减缓微生物的生长和活力，并可杀死部分细菌，但是不能依靠冷冻（包括严重冻结）来杀死所有的微生物。冷藏和冻结不仅不能使食品杀菌，而且在食品从冷库取出解冻时由于食品在冷藏或冷冻时多少受到损害，所以残存的微生物常会快速恢复生长。

（3）干燥

微生物生长需要一定的水分，如果把水分从食品中除去，微生物生长就会受到抑制。如将食品脱水或添加糖、盐类溶质，水分子在溶质的束缚下，能为微生物所利用的有效水分也随之下降，所以食品中的水分以水分活度来表示，则更容易表示食品中水分的性质。水分活度或活性（Aw）是指物料水分蒸汽压（p）同纯水蒸汽压（p_0）之比，即 $Aw = p/p_0$，水分活度为 0～1 的数值，纯水时 $Aw = 1$，完全无水时则 $Aw = 0$。

水分活性是为了表示食品干燥、盐渍、糖渍等贮藏方法具有同一原理而采用的，用来表示食品对水分的亲和力，即表示食品吸收水分的程度。食品的吸水性，即水分活性取决于食品的干燥程度和食品所含盐、糖的浓度。食品越干燥，或食品含盐或糖越多，吸水性越强，则水分活性就越小，微生物生长受抑制越强。当食品的 Aw 值低于某一限度时，微生物就不能生长，一般微生物发育要求的最低 Aw 值如表 1。另外，水分活性还受环境中的 pH 值、温度、氧气和用来降低水分活性的盐、糖类等各种因素的影响。

（4）糖和盐

细菌、酵母菌和霉菌都具有细胞膜，这种膜容许水分进出细胞。当把微生物放在浓糖液或盐液中时，细胞中的水分就进入糖液或盐液中，产生质壁分离，可干扰微生物的生

表 1　一般微生物发育的最低 Aw 值

微生物	Aw 值	微生物	Aw 值
细菌	0.95～0.91	耐盐性细菌	0.80～0.75
酵母菌	0.91～0.87	耐高渗透压酵母	0.65～0.60
霉菌	0.87～0.80	干性霉菌	0.65

长，这与溶液和食品的水分活性密切相关。浓度大的溶液渗透压高而水分活性低，稀溶液则渗透压低而水分活性高。某种溶质对渗透压和水分活性的定量关系取决于溶质的分子量，浓度相同时低分子量溶质对增加溶液渗透压和降低水分活性的作用比高分子量溶质大，例如，10%的盐溶液增加渗透压和降低水分活性的作用比 10%蔗糖溶液要大。

（5）酸（pH 值）

微生物的生长发育受酸含量的影响较大。一种微生物在发酵过程中所生成的酸往往会抑制另一种微生物的繁殖，这是采用控制发酵手段以抑制腐败菌的生长来贮藏食品的原理之一。可以通过添加选定的产酸菌种在食品中生成酸或让食品自然发酵产生酸，也可将酸直接添加于食品中。酸具有不同程度的防腐能力，这直接与氢离子浓度（pH 值）有关。但是产生同样 pH 值的两种酸可能具有不同的防腐性，因为某些酸的阴离子也发挥作用。

如前所述，酸与热组合可使热对微生物更具破坏性。

（6）空气

氧气除对维生素、食品色泽、风味和其他食品成分有破坏作用以外，还是霉菌生长所必需的。因此要控制需氧腐败菌，就要把空气除去，从食品中排除氧气的方法是在加工过

程中进行排气、隔绝与空气接触、添加抗氧化剂、抽真空包装或充惰性气体包装。

(7) 防腐剂

许多防腐剂可抑制微生物生长或杀死微生物，但其中大多数是不允许用于食品的。获准使用的防腐剂规定用量都比较低，而且只能用于某些食品，我国的卫生法规规定了可以在食品中使用的防腐剂及其使用条件。

控制微生物的原理和方法同样适用于控制酶，正如微生物为热、冷、干燥所控制那样，这些也是用来控制破坏酶活性的主要手段。当食品经过高温杀菌或巴氏杀菌使微生物被破坏时，酶同时受到破坏；同样地，当用冷来减缓微生物的活动时，也会减缓酶的活力。然而，重要的是有些酶比有些微生物更耐受热、冷、干燥和其他贮藏手段的作用，例如在冷冻(－18℃)贮藏中，常常发现能抑制微生物生长的条件，酶仍会缓慢活动，导致食品变质。

至于防止如水分、干燥、空气和光等其他因素的贮藏方法，通常用保护性包装来保护经过加工的食品，使食品与外界环境隔绝，不与水分、空气接触，防止微生物再侵染，防虫、鼠咬，所以包装也是贮藏食品的一种方法。食品包装除保护产品作用外，还有定量、方便消费、宣传等作用。

2. 食品加工贮藏方法

食品的贮藏与腐败因素密切相关。在进行食品贮藏时，必须根据引起食品的败坏因素来确定贮藏方法。根据加工原理，食品贮藏方法可归纳为下列 4 类：

(1) 抑制微生物活动的贮藏法

利用某些物理、化学手段抑制食品中微生物和酶的活动。属于这一类的贮藏方法有干制、糖制、腌渍、冷冻贮藏

等。

干制是通过自然或人工控制来减少食品中所含的大部分水分，使食品水分活性降低到微生物不能利用的程度，食品本身酶的活性也同时受到抑制。

腌渍、糖制是利用其具有较高的渗透压，脱出了食品中自由水分，降低了水分活性，从而抑制微生物的生长和酶的活性。

冷冻贮藏是指在能使食品保持冻结状态的温度（－18℃ 下贮藏。速冻是目前比较先进的加工技术，速冻食品能保持新鲜食品原有的风味和营养价值，深受消费者的欢迎。

（2）生化贮藏法

又称发酵贮藏，利用某些有益微生物的发酵活动，产生和积累代谢产物，以抑制其他有害微生物的活动。发酵是指在缺氧条件下，碳水化合物在各种微生物和酶作用下的分解产能代谢，包括蛋白质和脂肪的分解作用。

（3）无菌贮藏法

通过热处理、辐射、过滤等工艺手段，将食品中腐败菌数量减少到能使食品长期贮藏所允许的最低限度。食品经排气、密封、杀菌贮藏在不再受外界微生物污染的密闭容器中就能长期贮藏，不再引起败坏。

（4）维持食品低生命活动的贮藏法

利用低温抑制微生物和酶的活动，同时维持蔬菜正常、缓慢的生命活动。此法主要用于贮藏新鲜蔬菜原料，一般贮藏期比较短，鲜切蔬菜贮藏方法属于这类。

总之，食品各种加工贮藏方法都是创造一种不能使有害微生物生长繁殖的环境条件。各种贮藏方法可以综合或有利

需要全本请访问 www.ertongbook.com

地配合使用，也可以同时采用 2～3 种方法进行贮藏，例如干藏加冷藏，有的贮藏方法还可添加防腐剂等。

（三）蔬菜加工的原辅料及添加剂

1. 原料选择

加工制品的优劣除受加工设备和技术条件的影响外，还与原料的品质和加工适应性密切相关。不同加工制品对原料有相应的要求，只有选择适宜的原料，才能加工出优良的产品。原料选择包括以下 3 个方面：

(1) 合适的种类、品种

我国是蔬菜生产大国，但缺乏蔬菜加工专用品种，加工原料的质量未得到应有的保证。蔬菜种类、品种不同，其组织结构和化学成分也有差异，因而对加工适应性不同，如有的适合干制、有的适合糖制、有的适合做罐头等，应根据不同加工制品的要求，选择适合加工的原料。

(2) 适当的成熟度

不同的加工制品对原料成熟度的要求不同，选用成熟度恰当的原料进行加工，产品质量好，原料损耗低，成熟度不当不仅影响制品的质量，同时还会给加工带来困难。因此，应根据不同加工制品的要求，适时采收。

(3) 新鲜完整

加工原料越新鲜完整，产品质量越好。蔬菜受损伤后，容易受微生物侵染而腐烂。蔬菜采收后放置时间越长，营养物质损耗越大，而且组织变软，失去加工价值。因此，蔬菜从采收到加工，应尽可能保持新鲜完整，同时应尽快加工处理，如来不及加工，应贮藏在适宜的条件下。加工厂最好能

建有原料专用冷藏库。

2．加工用水

蔬菜加工用水量大，原料、容器、设备等清洗，配溶液、预煮、杀菌、冷却、锅炉等需要大量的水。凡与蔬菜直接接触的用水，都应符合国家饮用水卫生标准。锅炉用水需要用软水。不同的产品对水质的要求不同，如罐头、菜汁加工需要用软水，而蜜饯加工宜用硬水。不符合要求的水需要进行澄清、消毒和软化等处理。

3．辅料及添加剂

蔬菜加工常用的辅料有盐、食糖、酱、酱油、醋、酒、味精、香辛料等，使用这些辅料，要符合国家卫生标准。除重视原辅材料的卫生要求外，对食品工厂环境的选择、建筑物的型式、生产设备的选用、用水质量的要求、废水废料的清除和利用、工作人员的卫生、生产操作方面的卫生和有害动物（老鼠、苍蝇、蟑螂等）的防除等，都不可忽视，使之符合卫生要求。

蔬菜加工还常用甜味剂、酸味剂、防腐剂等食品添加剂。食品添加剂的使用必须符合国家的卫生标准，在使用范围内对人体无害，也不含其他杂质。对于食品添加剂的安全卫生标准要严格遵守、严格执行，按各种食品添加剂的质量标准、使用范围和使用量执行，不可滥用。

常用的甜味剂有：

①糖精钠。别名糖精，甜度约为蔗糖的500倍，最大使用量0.015%。

②甜蜜素。甜度约为蔗糖的50倍，最大使用量0.1%。

③安塞蜜。别名AK糖，甜度约为蔗糖的200倍，最大使用量0.1%。

④阿斯巴甜。俗称蛋白糖，甜味约为蔗糖的 150 倍，按正常生产需要使用。

酸味剂主要有柠檬酸和醋酸，按正常生产需要使用。

防腐剂有苯甲酸钠和山梨酸钾，使用量两者均为 0.05%。亚硫酸盐也是常用的防腐剂，同时还具有漂白、抗氧化、防止褐变（包括酶褐变和非酶褐变）的作用，使用量依加工方法而不同，一般成品二氧化硫（SO_2）残留量不得超过 0.05%。

硬化保脆剂有氯化钙（使用量为 0.1%～0.5%）、石灰（使用量为 0.5%～2%）等钙盐和明矾（使用量为 0.1%～0.5%）。

色素有苋菜红、胭脂红、柠檬黄、日落黄等，前两者最大使用量为 0.005%，后两者最大使用量为 0.01%。还有 β-胡萝卜素，最大使用量为 0.02%.

二、蔬菜干制

蔬菜干制是指利用日晒、干燥空气或在人工控制条件下脱掉蔬菜中的大部分水分，使渗透压提高或水分活性降低，有效地抑制微生物活动和蔬菜本身酶的活性，产品因此得以保藏，并能较好地保持蔬菜原有风味。我国蔬菜干制历史悠久，许多脱水菜，如笋干、辣椒干、金针菜、香菇、木耳等，都是国内外畅销的传统特产。

蔬菜干制在我国蔬菜加工业中占有重要地位。干制设备可简可繁，生产技术较易掌握，生产成本比较低廉，可以就地取材，当地加工。产品在良好包装中容易贮藏，有利于周年供应，调节生产淡旺季，而且体积小，重量轻，便于运输，携带、食用方便，对于外贸出口以及野外作业、航海、军需、旅行等都有重要意义。目前，我国已成为世界脱水蔬菜生产和出口的主要国家之一，脱水蔬菜的出口总量约占世界总量的 2/3。

（一）蔬菜干制基本原理

干制过程是水分蒸发的过程。水分的蒸发主要依靠水分的外扩散和内扩散作用。当原料受热时，首先是原料表面水分的蒸发，称为外扩散。随着表面水分的蒸发，原料内部的较多水分向表面较少水分处移动，称为内扩散。干燥速度的快慢对干制品的质量起着决定性的作用，干制时间短，产品

质量高。而干燥速度又取决于干燥环境的温度、相对湿度、热风循环速度以及蔬菜的种类、形态等。原料切分越小，热风流动越迅速，温度越高，空气相对湿度越低，则水分蒸发越快。虽然温度高，风速大，水分蒸发越快，但过高的温度和过快的风速会导致表面干结反而影响干燥速度。另外，温度高也会导致制品褐变严重。

干制过程中所选用的工艺条件必须使外扩散和内扩散的速度协调，如果水分的外扩散速度远大于内扩散，即造成内部水分来不及转移到表面，则原料表面会因过度干燥而形成硬壳（称为“结壳”现象），阻碍水分继续蒸发，甚至出现表面焦化和干裂，降低产品质量。

蔬菜在干制过程中经常发生物理和化学方面的变化，其中变色最为常见，它是由酶褐变和非酶褐变或蔬菜本身色素物质受破坏引起的。干燥温度一般不足以钝化酶活性，因此在干制前进行热烫或加化学抑制剂处理，能有效抑制酶褐变和色素物质（如叶绿素、胡萝卜素）褪色。非酶褐变则比较难控制，它与干燥温度和物料种类、含水量变化有关。原料还原糖含量高，高温易发生非酶褐变。硫处理对抑制非酶褐变有较好的效果，但使用受一定限制。

（二）蔬菜干制方法及设备

干制的方法较多，可分自然干制、人工干制和其他干制3大类。

1. 自然干制

自然干制是利用太阳辐射热、干燥空气使蔬菜达到干燥的目的，可分晒干和风干 2 种方法。自然干制可以充分利用

自然条件，节约能源，方法简易，处理量大，设备简单，成本低；缺点是受气候限制。目前广大农村和山区还是普遍采用自然干制方法生产笋干、金针菜、白菜干、香菇等。

2．人工干制

人工干制是在人工控制的条件下利用各种燃料向物料提供热能，并造成气流流动环境，促使物料水分蒸发排离，其优点是不受气候限制，干燥速度快，产品质量高；缺点是设备投资大，消耗能源，成本高。生产上有时采用自然干制和人工干制相结合进行干燥。人工干制所用的设备，比较简单的有烘灶和烘房，规模较大的用干制机。干制机的种类较多，目前生产上常用的为隧道式干制机。根据热空气流动的方向与载车前进的方向不同，可分为顺流干制机、逆流干制机（图 1）和混合式干制机。

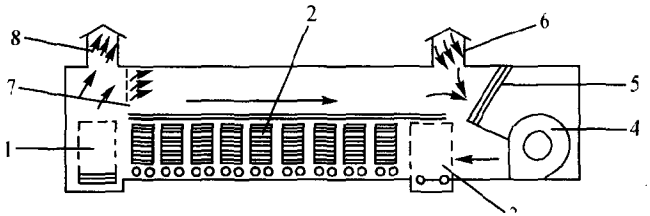

图1　逆流式隧道干燥机

1．湿料车侧向入口　2．料车　3．湿料车侧向出口　4．风机　5　空气加热器　6．新鲜空气入口　7．循环气流风门　8．排气口

3．其他干制

（1）冷冻干燥

又称升华干燥或真空冷冻干燥，即将原料先冻结，然后在较高真空度下使原料中的水分不经过冰的融化直接以冰态

需要全本请访问 www.ertongbook.com