

绪 论

一、食品工艺学的研究对象和内容

食品工艺学是根据技术上先进、经济上合理的原则，研究食品的原材料、半成品和成品的加工过程和方法的一门应用科学。从这样一个概念出发，首先提出了这门学科所要遵循的原则是技术上先进、经济上合理。因此，本门学科的研究既需要有技术观点，又需要有经济观点。技术观点，即所谓技术上先进，包括工艺先进和设备先进两部分。要达到工艺上先进，就需要了解和掌握工艺技术参数对加工制品品质的影响，实际上就是要掌握外界条件和食品生产中的物理、化学、生物学之间的变化关系。这就需要切实掌握物理学、化学和生物学方面的知识，特别是生物化学、食品化学和微生物学方面的基础知识。在这个基础上，才能将过程中发生的变化和工艺技术参数的控制联系起来，主动地进行控制，达到工艺控制上的高水准。设备先进包括设备自身的先进性和对工艺水平适应的程度，一般地说，这是设备制造行业的任务。但工艺技术的研究则应该考虑到设备对工艺水平适应的可能性，因此需要了解有关单元操作过程的一般原理，掌握化工原理或食品工程原理这门学科，并初步了解机电方面的相关知识，以对设备的水平进行判断。

我国在改革开放前计划经济的体制下，教育忽视了经济这一要素。随着我国社会主义市场经济体制的不断完善，教育的任务也随之扩大，对学生的培养也提出了要适应社会主义市场经济发展的要求。工艺学本身实际上包含着经济的观点，所谓经济上合理，就是要求投入和产出之间有一个合理的比例关系。任何一个企业的生产，一项科学研究的确定，都必须考虑这个问题。

其次，食品工艺学的研究对象，从原材料到制成品，对它们的品质规格要求、性质和加工中的变化，必须能充分把握，才能正确地制定工艺技术要求，这就需要有成分分析的本领。因而，食品化学分析是和食品工艺学并列的一门重要学科，只有有了准确的数据依据，才能正确地确定工艺技术参数。分析数据不准确，往往是决策失误的重要原因。

食品工艺学所研究的内容包括加工或制造过程及过程中每个环节的具体方法。过程也可以说是工艺流程，从原材料到成品的途径可能有多种，举一个最简单的例子，将水果干制成果干可以采取自然干燥、热风干燥、真空干燥和冷冻升华干燥等不同的过程，哪一种过程具有哪些特点，就是要以两个原则为基础进行研究的内容。具体到每一种过程，是切块还是切片还是整果，是否进行热烫处理，是否进行熏硫处理，对不同果实品种采用的具体处理条件如温度、浓度、时间、压力、pH等，都属于方法，也就是具体的技术条件。所有过程和方法的确定是否有科学依据，就表明了该制品生产技术水平的高低。但是不容否认的是，还很有可能存在一些在技术理论上不能说明的问题，但也有充分的试验依据可以证明其可行性及先进性，这是一种正常现象。否则，人类对客观世界无所发现的话，也就不会有人类今天的文明。正是这种发现才推动了理论研究的进步。

当今环境与发展的的问题越来越引起人们的重视，只有认真地保护环境，人类才能得以发展。任何生产所产生的环境污染都必须加以治理。在工艺学的研究中，应该选用不产生污

染或少产生污染的工艺路线，对可能造成的污染则应采取有效的措施加以处理，达到废弃物的达标排放。

作为一名食品技术人员，在食品加工制造中必须注意到以下几个方面的问题：

(1) 食品的安全性 作为供给人类食用的产品，首先应保证食用者的安全。因此在加工过程中必须充分注意每种食品的卫生指标。从使用的原料到加工过程中使用的工器具和设备、工艺处理条件，环境以及操作人员的卫生，应遵照有关的标准和法规，以确保加工产品的安全。我国的国家标准中，食品卫生标准属于强制性标准，这也是为了保证广大人民的身体健康。

Nutrition Facts			
Serving Size: 1 piece (30g)			
Servings Per Container 12			
Amount Per Serving			
Calories 160 Calories from Fat 60			
% Daily Value*			
Total Fat 6g			9%
Saturated Fat 4g			19%
Cholesterol 20mg			6%
Sodium 100mg			4%
Total Carbohydrate 22g			8%
Dietary Fiber < 1g			3%
Sugars 8g			
Protein 1g			
Vitamin A 0%	•	Vitamin C 0%	
Calcium 2%	•	Iron 4%	
*Percent Daily Values are based on a 2,000 calorie diet. Your daily values may be higher or lower depending on your calorie needs.			
		Calories	2,000 2,500
Total Fat	Less than	65g	80g
Sat. Fat	Less than	20g	25g
Cholesterol	Less than	300mg	300mg
Sodium	Less than	2,400mg	2,400mg
Total Carbohydrate		300g	375g
Dietary Fiber		25g	30g
Calories per gram:			
Fat 9	•	Carbohydrate 4	• Protein 4

图 0-1-1 一种糕饼 (pie)的营养标签

(2) 食品的营养性 食品的基本属性是提供给人类以生长发育、修补组织和进行生命活动的热能和营养素。随着科学的发展，为了保证人体的健康，对食物的营养平衡越来越重视。人们对食品的要求越来越高，希望能获得营养均衡的食品。因此，食品的营养功能包括防止过多的热量和胆固醇等摄入所造成的危害等，都对食品加工提出了更高的要求。美国对上市的食品要求必须在标签上附有营养成分说明，将食品中的各种与人体健康密切相关的成分的含量加以注明，让消费者可以自由地选择和安排膳食，保证自身的营养需要。图 0-1-1 是一种食品的标签。

(3) 感官嗜好特性 如果将营养性作为生存的基础，是动物的本能所驱使的话，那么感官嗜好特性就可以作为人类的高级需求即心理需求的特性。在衣不蔽体、食不果腹的情况下，这种高级的需求是不可能言及的。但随着人类社会的发展，对感官嗜好的要求越来越高，人们要求食品能满足在色、香、味、质地、体态等各方面的不同需求。因此，作为食品行业的从业人员，必须要在前两个方面的基础上，注意到这一要求。应该知道，食品不是未经加工的原料，它是经过食品技术工作者

采用不同的处理手段，制成的能从不同的侧面满足消费者需求的产品。

仅仅以色香味来描述食品的感官嗜好特性是远远不够的。质地作为食品的一个感官嗜好特性，包括酥、软、硬、松、韧、脆、绵、良、弹性、劲道、粘稠、稀薄等等触觉的感知，在某些时候对它们的要求甚至要超过对色香味的要求。在食品的评价中包含有对组织结构的评价内容时，也常用质构一词。

风味一词也是感官嗜好特性的表述方法之一。通常风味的含义带有一定的地方特色，如中国传统烹饪中的几大菜系（川、鲁、粤、京等）实际上已经包含了感官嗜好特性的所有内容，但有时也可作狭义的理解，即主要是指香气和滋味，而在特有所指时，则更偏重于气味。

二、我国食品工业的发展现状和未来

1996年完成的第三次全国工业普查结果表明，食品工业总产值在全国工业部门总产值中所占的比重首次上升到第一位，说明食品工业在国民经济中的地位得到了进一步加强，成为国民经济的重要支柱产业。

改革开放以来，食品产量大幅度增长，图0-1-2为几种产品的增长情况。

食品工业的发展为国家积累了资金，其出口产品为国家创汇作出了贡献。1997年出口创汇金额达125.93亿美元，占出口商品总额的6.9%。图0-1-3为食品工业的税利情况。

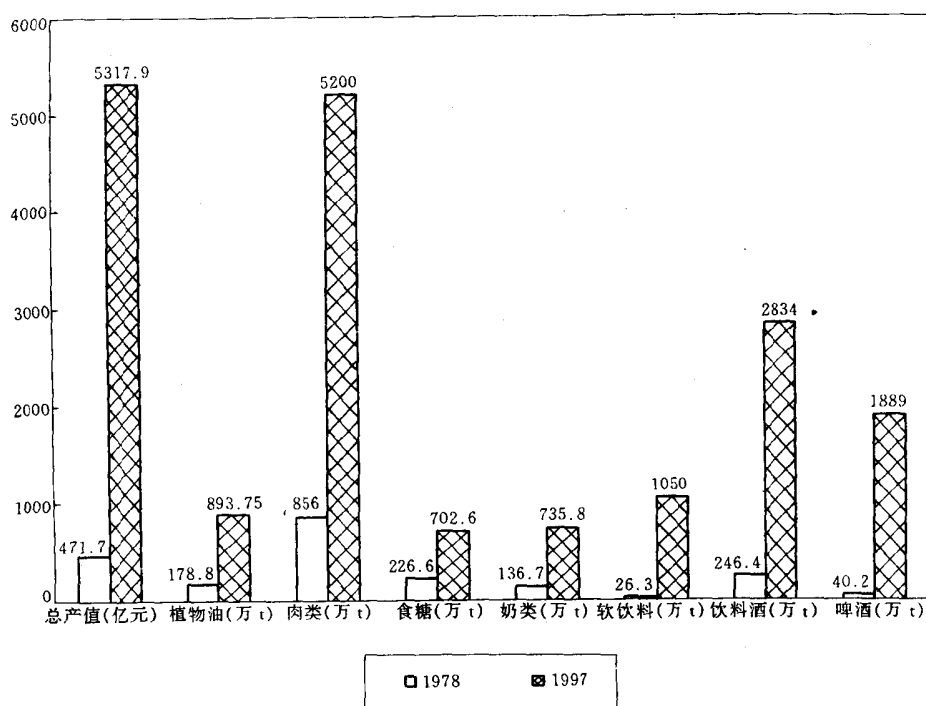


图 0-1-2 1978年和1997年主要食品产品产量

注：奶类的数据是1980年和1996年的。

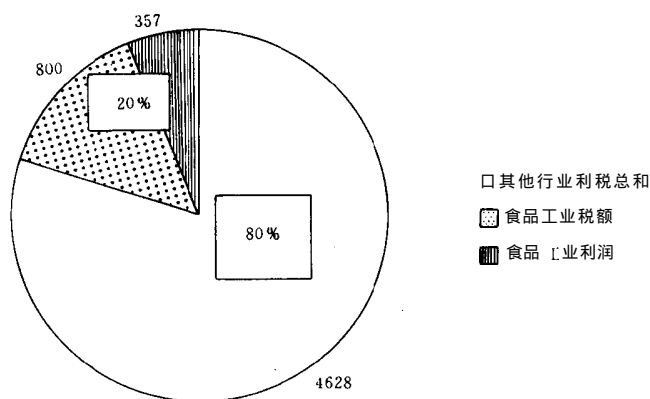


图 0-1-3 1997年食品工业创利税比例

单位：亿元

改革开放以来，食品工业积极采用新技术，国内的研究水平迅速提高，有100余项项目达到国际先进水平。食品工业还引进国际上先进的生产设备和生产线，对原有的落后设备进行改造，大大提高了技术水平、产品产量和质量。

尽管我国食品工业获得了很大的发展，但面对新世纪，还有很多问题需要我们认真加以思考。

第一，食物资源供给与众多人口饮食需求的矛盾。

目前我国的耕地大约在14亿亩，在过去的20年间，由于乡镇企业发展和农民改扩建住房的原因，每年大概要丢失500万亩耕地。近10年来，由于加强耕地保护和进行开荒造田，耕地的总面积也大约维持在14亿亩。今后通过严格管理，强化开垦，估计到下世纪头20年耕地面积可略有增长，加上150%~160%的复种指数，农作物播种面积可以维持在22亿亩左右。

我国人口按目前的自然增长率为1.4%，即使加强人口控制，使自然增长率下降到1.3%和0.79%，新世纪到来之际，我国人口也将接近13亿。到2020年，我国人口将达到15~16亿，人均耕地进一步下降。有限的耕地和制约农作物增产的其他因素，将使我国长期面临食物资源紧缺的困难。据估计，我国每年粮食缺口都在900万t到1000万t，这个趋势到下世纪头20年还将继续下去。

另一方面，随着经济的发展，城乡居民的收入也不断增长，用于生活消费的基金也不断增多。据预测，到本世纪末，全国人均消费基金按1980年不变价格计算，可达583元，其中用于食物消费支出的约305元，恩格尔系数（食物支出占消费支出中的比例）为52%。到2020年，全国人均消费支出可达1084元，其中用于食物消费支出的约为460元，恩格尔系数下降为45.5%。消费基金的大幅度提高，对食物需求的数量将显著提高，特别是对动物食品和享受食品的需求必将大幅增长。专家们预测，2000年全国人均食物消费的305元中，用于粮食的仅占8.3%，而用于动物性食品、蔬菜的费用则占28.2%。到2020年，在全国人均食物消费基金的460元中，用于粮食的费用下降到5.7%，而用于动物性食品和蔬菜的费用为25.2%。消费金额数量比现在高很多，这必将驱动居民对食物的新需求。

再则，人们要求合理的膳食营养结构也将对食物供给提出更高要求。1982年第二次全国营养调查表明，我国居民日常平均热能供给量为10.4MJ(2484kcal)，基本达到中国营养学会推荐的标准；但是蛋白质的全国人均摄入量仅为66.8g，还未达到80年代世界平均值的68.5g，也未达到中国营养学会推荐的70g的标准。1992年第三次全国营养调查表明，我国人均日摄入热能达到9.744MJ；蛋白质的人均日摄入量也有增加，为68g，但仍未达到中国营养学会推荐的标准，和发达国家的差距还相当大。此外，维生素中视黄醇、核黄素以及矿物质中钙的摄入量也偏低。

第二，饮食现代化与我国食品工业落后的矛盾。随着现代化建设的发展，广大居民生活节奏加快，文明程度提高，人们对生活现代化的要求日趋强烈，对食物的卫生、营养、方便的要求越来越高。这种要求将集中表现在对工业食品的追求上。在发达国家，工业食品的消费总量已达70% 有的高达90%。这些国家居民的一日三餐主要是食用工业食品，他们的家庭厨房主要用来简单加工（如加热保温）和保鲜贮存食品。

我国食品工业这些年来虽有较大发展，与国外比仍较落后，突出表现为规模比较小，食品工业总产值只相当于农业总产值的30%；居民食物消费中，工业食品的比重仅有25% 食品工业结构不合理，食品工业中，烟酒等嗜好食品比重大；食物资源粗加工多，深加工和精加工少，为一日三餐服务的餐桌食品基本没有实现工厂化生产；食品工业的装备陈旧，技术落后，管理粗放，高科技含量少，高素质技术人员少；食品工业布局不合理，工厂往往远离原料产地，食品工业原料生产未形成基地化，分散农业提供的原料的品质、规格、采收时间，不适合食品工业的需要。

第三，膳食科学化与居民、食品企业、餐饮业的营养意识淡薄和营养科学知识贫乏的矛盾。1982年和1992年两次全国营养调查情况表明，由于民众营养知识贫乏，不懂得也不会注意膳食的营养平衡，结果，在一些经济已好转的地区竟出现了营养不良现象。如在一些农村，把营养很好的鸡蛋去换营养价值远不如鸡蛋的麦乳精来喂养孩子。据1992年全国营养调查资料称，农村儿童营养与发育不良状况还比较严重，农村低体重儿童占22.5% 生长迟缓发生率为42.7%。由于营养不良导致的缺铁性贫血发病率，3岁以下儿童城市高达13%~16%，农村则达14%~26%；同样，由营养不良引起的小儿佝偻病发病率也高达26%。

另一方面，在城市和富裕起来的农村，高脂肪、高胆固醇、高蛋白的“三高”饮食成为家常便饭，从而导致营养过剩。以北京地区为例，城乡人群日均摄入蛋白质已达80.8g 脂肪77.4g，由于营养过剩而引起的肥胖症、高血压、高血脂症、脂肪肝、心脑血管病、糖尿病等发病率大幅上升。北京地区青壮年体重超重的人群已达30% 在儿童中都出现了高血压、糖尿病等。据卫生部统计，我国慢性病死亡者已占全部死亡人数的70%以上，这些病大都同饮食不当特别是动物性食品过多、谷类薯类食物过少有密切关系。

从总体上看，上述三个矛盾是带有全局性或具有战略意义的问题。前者是要解决有没有吃的问题，后两者是解决怎样吃好的问题。展望21世纪中国人的吃，在很大程度上取决于这三个矛盾能否得到正确的解决。在这些方面，仁者见仁、智者见智，都发表了各种各样的见解，为政府的决策提供了不少有价值的建议。而21世纪食品工业的发展，更离不开众多的食品行业的从业者以及高素质的科学技术管理人才。

三、食品工艺学的学习方法

食品工艺学是一门应用学科，它不同于自然科学。它的发展一方面是由于其他自然科学技术的发展推动，另一方面是由于其自身的试验基础的发展，发现了新的结果，提出了新的方法和概念。

食品工业包含很多门类，因此不同门类的产品均可形成一门自身的工艺学，如罐藏工艺学、果蔬加工工艺学、肉类加工工艺学、乳制品工艺学、饮料工艺学等等，这对于每一个从事具体产品的人来说，是很难全面深入地去涉及的。在如此之多的产品中，就必须学习掌握一种基本方法。本书在编写过程中，首先注意到了原辅材料的性质对加工过程所产生的

影响，这是在所有食品加工中所共同遇到的问题，因此，应该结合在前面的教学过程中所学习到的课程，将这一部分内容作较深入的了解。这些内容也是其他自然科学不同学科在食品工艺学中的应用扩展，应掌握这些内容，以备对不同的产品应用打下基础。在分门别类的工艺学中，教材更加注意了通用过程的阐述，在学习过程中，应着重学习其过程的理论，以便学习之后能够举一反三。至于具体的工艺技术条件，本书虽然也列举了不少，但这些内容有不少是多年形成的经验的结果，不宜过多地放在课堂上讲授，学生可以在参观实习或实验中进一步自学，结合共有的原理加以理解，发挥自主学习的主动性。在此学习的基础上，可以结合实验或设计，指导学生如何在理论上加以创新，将学生的思维想象具体化，使之能力得以培养提高。

本书的最后一篇内容是关于环境的问题，要求学生在学习中了解保护好环境的意义，知道食品工业三废处理的一般方法。

参 考 文 献

- [1] 王文哲，国以民为本 民以食为天. 中国食品工业发展战略研讨会论文集. 中国食品工业协会,1999
- [2] 黄圣明，世纪之交的中国食品工业发展趋势分析. 中国食品工业发展战略研讨会论文集. 中国食品工业协会,1999
- [3] 施宝华，中国食物问题世纪展望. 中国食品工业发展战略研讨会论文集. 中国食品工业协会,1999
- [4] 中国统计信息网 (www.stats.gov.cn/information/nj97)

第一篇 食品的原料和材料

第一章 植物性食品原料

第一节 果蔬

在日常生活中，果蔬可以说是人们赖以生存的主要食品。各种各样的水果蔬菜以它们独特的色、香、味、质地和它们所含有的营养成分来满足广大消费者的不同需要，特别是维生素、矿物质以及人们近年来所认识的食物纤维。在果蔬的加工贮藏过程中，其化学成分会发生各种各样的变化，有些变化是我们所需要的，但有些变化则对原料的保藏、产品的质量极为不利。这些不利因素的变化带来的结果是保质期的缩短、腐败变质的发生、营养成分的损失、风味色泽的变差及质地的变劣。在果蔬加工过程中，应该防止食品腐败变质，最大限度地保存食品中的营养成分，降低加工和贮藏过程中的色、香、味和质地变化。因此，了解和掌握果蔬中的化学成分及其在加工中性质的变化，对合理选用加工工艺和参数具有重要意义。

果蔬的化学成分十分复杂，按在水中的溶解性质可将其分为两大类：一类是水溶性成分 另一类是非水溶性成分。

水溶性成分主要是 糖类、果胶、有机酸、单宁物质、水溶性维生素、水溶性色素、酶、部分含氮物质、部分矿物质等。

非水溶性成分主要是 纤维素、半纤维素、木质素、原果胶、淀粉、脂肪、脂溶性维生素、脂溶性色素、部分含氮物质、部分矿物质和部分有机酸盐等。

一、水分

水分对果蔬的质地、口感、保鲜和加工工艺的确定有着十分重要的影响。果蔬中的水分含量很高，一般在90%左右，有的高达95%以上。按照水分的存在形式，可将果蔬中的水分分为两大类：一类是自由水分(游离水)在果蔬中占大部分。这种水分存在于果蔬组织的细胞中，可溶性物质就溶解在这类水中。自由水分容易蒸发，果蔬在贮存和加工期间所丢失的水分就是这一类水分；在冻结过程中结冰的水分也是这一类水分。果蔬中的另一类水分是结合水，它是果蔬体内与大分子物质相结合的一部分水分，常与蛋白质、多糖类、胶体等大分子以氢键的形式相互结合，这类水分不仅不蒸发，就是人工排除也比较困难，只有在较高的温度(105℃)和较低的冷冻温度下方可分离。表1-1-1所示为部分果蔬中总的含水量和结合水、自由水的含量。

表 1-1-1

部分果蔬中的水分含量和结合水、自由水含量

单位：质量分数 %

果蔬名称	水分总量	结合水	自由水	果蔬名称	水分总量	结合水	自由水
苹果	88.7	24.1	64.6	胡萝卜	88.6	22.4	66.2
甘蓝	92.2	9.3	82.9	甜菜	89.7	25.5	64.2
马铃薯	81.5	17.5	64.0				

二、碳水化合物

碳水化合物是果蔬干物质中的主要成分，在新鲜原料中的含量仅次于水分，主要包括糖、淀粉、纤维素、半纤维素、果胶等物质。

(一) 糖类

果蔬中的糖类如表 1-1-2 所示，含量以蔗糖、葡萄糖、果糖最多。一般情况下，水果中的总糖含量为 10% 左右，其中仁果和浆果类中还原糖类较多，核果类中蔗糖含量较多，坚果类中的糖的含量较少。蔬菜中除了甜菜以外，糖的含量较少。表 1-1-3 为部分果蔬的糖含量。

表 1-1-2

果蔬中糖的种类

糖的种类	名称	糖的种类	名称
单糖类		寡糖类	
五碳糖	木糖、阿拉伯糖、核糖	双糖类	蔗糖、麦芽糖、乳糖
六碳糖	葡萄糖、果糖、甘露糖、半乳糖	三糖类	棉子糖、麦芽丙糖
		四糖类	水苏糖

表 1-1-3

部分果蔬中糖的含量

单位：质量分数 %

果 实	转化糖	蔗 糖	总 糖
苹果	7.35~11.62	0.27~2.99	8.62~14.61
梨	6.52~8.00	0.85~2.00	8.37~10.00
桃	0.77~3.67	8.61~8.74	10.38~12.41
李	5.84~9.05	0.01~1.85	6.85~10.70
杏	3.00~3.45	5.45~8.45	8.45~11.90
甜樱桃	13.18~16.57	0.17~0.43	13.35~17.00
酸樱桃	11.52~12.30	0.17~0.40	11.69~12.70
葡萄	16.83~18.04		16.83~18.04
甜橙	4.82	3.01	7.99
橘子	2.14	4.53	6.67
草莓	5.56~7.11	1.48~1.76	7.41~8.59
蔬 菜	总 糖		
胡萝卜	3.36~12.08		
甜 菜	9.6~13.3		
洋 葱	2.5~14.3		
甘 蓝	2.0~5.37		
番 茄	0.5~4.2		
甜 椒	4.2~7.4		
茄 子	2.2~4.6		
黄 瓜	2.5~9.0		
西 瓜	5.5~9.8		
甜 瓜	4.0~5.19		

糖因种类不同而甜度差别较大，糖的含量以及糖酸比对制品的口味有很大影响。糖酸比是原料或产品中糖的含量和酸的含量的比例，在使用香精对产品进行调味时，只有在接近天然原料糖酸比的条件下，才能使风味能较好地体现。表1-1-4和表1-1-5列出了几种糖的甜度。

表 1-1-4 几种糖的相对甜度

糖 类	甜 度	糖 类	甜 度	糖 类	甜 度
蔗 糖	100	木 糖	40	果 糖	173
半乳糖	32	葡萄糖	74	甘 油	49
转化糖	127	乳 糖	16	麦芽糖	32

表 1-1-5 不同糖酸比的口味

口 味	糖含量/%	酸含量/%	糖酸比	口 味	糖含量/%	酸含量/%	糖酸比
甜味突出	10	0.01~0.25	100.0~40.0	酸味突出	10	0.45~0.60	22.2~16.7
酸 甜	10	0.25~0.35	40.0~28.6	强 酸	10	0.60~0.85	16.7~11.8
酸	10	0.35~0.45	28.6~22.2				

在较高的pH或较高的温度下，蔗糖会生成羟甲基糠醛、焦糖等物质；还原糖则易与氨基酸和蛋白质发生美拉德反应，对产品的颜色和风味带来影响。

当糖液浓度大于70%时，粘度较高，生产过程中的过滤和管道输送都会有较大的阻力，在降低温度时还容易产生结晶析出。但在浓度较低时，由于渗透压较小，在暂存或保存时产品容易遭受微生物的污染。故在生产过程中，配料之前的糖液浓度一般控制在55%~65%。

(二) 淀粉

淀粉是由葡萄糖分子经缩合而成的多糖，相对分子质量很大。蔬菜中薯类所含的淀粉最多，可达20%左右。未成熟的仁果中含有数量不多的淀粉，随着成熟度的增加，淀粉在淀粉酶的作用下，渐渐分解，完全成熟时淀粉含量约在1%左右。其他水果如桃、李、杏、柑橘等品种在成熟后基本不含淀粉；只有香蕉的淀粉含量较多，未成熟时，淀粉的含量可高达26%左右，成熟后淀粉的含量大约在1%左右。

淀粉不溶于冷水，在60℃左右的水中首先发生膨胀，进一步受热则完全糊化。糊化之后的淀粉呈分散状，具有较高的粘度。淀粉含量高的原料加工成清汁类罐头或果蔬汁时，经常由于淀粉而引起沉淀，严重时汁液变成糊状。为了防止这类现象发生，在生产过程中，一方面要控制好原料的成熟度，另一方面就是要选择合适的工艺参数。如青豆在加工过程中可以用盐水分级的方法将原料按成熟度分级，成熟度高的与成熟度低的原料分别进行加工。对于成熟度高的原料，生产过程中加大清水漂洗的程度或采用预煮的方法。

糊化之后的淀粉在水分含量较高及温度较低时，会慢慢地发生凝聚，形成大块的淀粉团，即产生淀粉的凝沉现象；而在水分含量较低时，则易老化。这两种现象的本质都是一样的，即无序的淀粉分子重新形成有序的结构，也就是 α -淀粉的 β 化。为了防止这类现象的发生，可以利用淀粉的水解性质，将淀粉在稀酸下共热或用酶水解。常用的淀粉水解酶如表1-1-6所示。

表 1-1-6

常用的淀粉水解酶

酶	来源	水解的糖苷键
α -淀粉酶	植物、细菌和霉菌	α -1,4链内任意部位
β -淀粉酶	植物和细菌	α -1,4非还原端数第二个键
β -葡萄糖苷酶	霉菌	α -1,4非还原端数第二个键,及缓慢地水解 α -1,6键
支链淀粉酶	植物、细菌和霉菌	α -1,6链内
异淀粉酶	细菌	α -1,6链内

(三) 果胶物质

果胶是由半乳糖醛酸形成的长链。果胶物质是构成细胞壁的主要成分,也是影响果实质地的重要因素,果实的软硬程度和脆度与原料中果胶的含量和存在形式密切相关。果蔬中的果胶物质以原果胶、果胶和果胶酸三种形式存在。在未成熟的果实中,果胶物质大部分是以原果胶的形式存在。原果胶不溶于水,与纤维素结合成为细胞壁的主要成分,并通过纤维素把细胞与细胞及细胞与皮层紧密地结合在一起,此时果实显得既硬且脆。随着果实的成熟,原果胶在原果胶酶的作用下,渐渐分解未能溶于水的果胶,并与纤维素分离,存在于细胞液中。此时的细胞液粘度增大,细胞间的结合变得松软,果实随之变软且皮层也容易剥离。随着果实的进一步成熟,果胶在果胶酶的作用下水解为果胶酸,此时细胞液失去粘性,原料质地呈软烂状态,原料失去加工或食用价值。根据果胶分子中的羧基被甲醇酯化的程度,可以将其分为高甲氧基果胶和低甲氧基果胶。通常将甲氧基含量为7%以上的果胶称为高甲氧基果胶。果胶溶液具有较高的粘度,故果胶含量高的原料在生产果汁时,取汁困难,要提高出汁率则需将果胶水解。同样由于果胶的高粘度,对于浑浊型果汁则具有稳定作用,对于果酱具有增稠作用。部分果蔬中的果胶含量如表1-1-7所示。

表 1-1-7

部分果蔬中果胶的含量

单位:质量分数 %

原料	含量	原料	含量
山楂	6.4	草莓	0.7
苹果	1~1.8	胡萝卜	1.0
桃	0.56~1.25	马铃薯	0.36
梨	0.5~1.4	花椰菜	0.51
杏	0.5~1.2		

果胶是亲水性的胶体,其水溶液在适当的条件下能够形成凝胶。高甲氧基果胶的糖的含量超过50%。当pH低于4时,由于糖的存在破坏了果胶表面的水膜,低pH降低了果胶所带的电荷,由此而破坏了果胶的稳定性,使之形成凝胶。根据此性质可以制作果酱和果冻。果胶的相对分子质量越高,酯化度越高,凝胶能力越强。快凝果胶的酯化度一般在70%以上,慢凝果胶的酯化度一般在50%以上。部分原料中果胶的相对分子质量如表1-1-8所示。

表 1-1-8

部分原料中果胶的相对分子质量

原料	相对分子质量	原料	相对分子质量
甜菜	20 000~25 000	柑橘	40 000~50 000
苹果	25 000~35 000	柠檬	100 000~200 000

低甲氧基果胶在有 Ca^{2+} 存在的条件下可形成凝胶,据此可以生产低糖果冻或果酱。

将含有果胶的原料在一定浓度 Ca^{2+} Al^{3+} 的溶液中浸泡一段时间，通过高价离子与果胶的相互作用，可以增加原料的硬度和脆度，对制品进行增硬保脆。

(四) 纤维素和半纤维素

纤维素和半纤维素在植物界分布极广，数量很多。果实中的纤维素含量在 0.5%~2% 之间，半纤维素的含量在 0.3%~2.7% 之间；蔬菜中的纤维素含量约在 0.2%~2.8% 之间，半纤维素的含量约在 0.2%~3.1% 之间。纤维素和半纤维素都是植物的骨架物质，是细胞壁和皮层的主要成分，对果蔬的形态起支持作用。

幼嫩的植物的细胞壁为含水纤维素，软而薄，食用时感觉细嫩，脆度高，容易咀嚼。但在老熟之后，纤维素即产生木质和角质，使植物成为坚硬而粗糙的物质，食用价值显著下降。但这种状态下的纤维素可保护果蔬免受机械损伤且能够增加果蔬的耐藏性。纤维素不能被人体吸收，但能刺激肠道蠕动，有助于消化。纤维素具有很大的韧性，不溶于水、稀酸、稀碱，但能溶于浓硫酸。

半纤维素在水果蔬菜中有多重作用，既有类似纤维素的支持功能，又有类似淀粉的贮藏功能。半纤维素也不溶于水，能溶于稀碱，也易被稀酸水解成单糖。

纤维素和半纤维素含量高的原料在加工中除了会影响到产品的口感外，还会使饮料和清汁类产品中产生浑浊现象。

三、有机酸

果蔬中含有多种有机酸，主要是柠檬酸、苹果酸和酒石酸，它们通称为果酸；除此之外果蔬中还含有少量的草酸、苯甲酸和水杨酸等。几种果蔬中的有机酸含量如表 1-1-9 所示。

酸味是氢离子的性质，有机酸是果蔬中的主要呈酸物质。但是酸的种类对酸味的呈现具有很大的影响。果蔬原料及果蔬的加工中所用的酸主要是有机酸，除磷酸外，果蔬饮料产品的配方中极少采用无机酸，这主要是因为无机酸的酸根离子大多带有苦涩味且酸感强烈，而有机酸口感柔和。

有机酸的酸感也不完全一样。在有机酸中，酒石酸的酸性最强，并有涩味，其次是苹果酸、柠檬酸。在一些蔬菜中存在的草酸对人体的钙吸收会带来一定影响。酸感的产生除了与酸的种类和浓度有关外，还与体系的温度、缓冲效应和其他物质的含量，主要是糖和蛋白质的含量有关。体系缓冲效应增大可以增大酸的柔和性。在饮料及某些产品的加工过程中使用有机酸的同时加入该酸的盐类，其目的就是为了使体系形成一定的缓冲能力，改善酸感。糖和酸的含量及糖酸比对果蔬制品的风味有很大影响，前已述及。表 1-1-10 为几种果蔬的天然 pH

表 1-1-9 几种果蔬中的有机酸含量 单位：质量分数 %

种 类	柠檬酸	苹果酸	种 类	柠檬酸	苹果酸
草莓	0.91	0.10	菠萝	0.84	0.12
苹果	0.03	0.02	桃	0.37	0.37
葡萄*	-	0.65	梨	0.24	0.12
橙	0.98	痕量	杏(干)	0.35	0.81
柠檬	3.84	痕量	洋李	0.03	0.92
香蕉	0.32	0.37	莢豌豆	0.03	0.13

续表

种 类	柠檬酸	苹果酸	种 类	柠檬酸	苹果酸
甘蓝	0.14	0.10	南瓜	—	0.15
胡萝卜	0.09	0.24	菠菜	0.08	0.09
洋葱	0.02	0.17	花椰菜	0.21	0.39
马铃薯	0.51	—	番茄	0.47	0.05
甘薯	0.07	—			

含酒石酸0.43%。

表 1-1-10 几种果蔬的天然pH

名 称	pH	名 称	pH
苹果	3.00~5.00	草莓	3.80~4.40
梨	3.20~3.95	西瓜	6.00~6.40
桃	3.20~3.90	番茄	4.10~4.80
杏	3.40~4.00	南瓜	5.0
樱桃(甜)	3.20~3.95	胡萝卜	5.0
樱桃(酸)	2.50~3.70	甘蓝	5.2
柠檬	2.20~3.50	辣椒	5.4
橙	3.55~4.90	菠菜	5.7
葡萄	2.55~4.50	豌豆	6.1

酸与加工工艺的选择和确定有十分密切的关系。酸含量的高低对酶褐变和非酶褐变有很大的影响。酸还能影响花色素、叶绿素及单宁色泽的变化。酸能与铁、锡反应，对设备和容器产生腐蚀作用；在加热时，酸能促进蔗糖和果胶等物质的水解。酸是确定罐头杀菌条件的主要依据之一。低酸性食品一般采用高温杀菌，酸性食品则可以采用常压杀菌。另外，在某些加工过程，如长时间的漂洗等加工过程中，为了防止微生物繁殖和色泽发生变化，往往也要进行适当的调酸处理。因此掌握酸的加工特性是非常重要的。

四、含氮物质

果蔬中含氮物质的种类主要有蛋白质、氨基酸、酰胺、氨的化合物及硝酸盐等。果实中除了坚果外，含氮物质一般比较少，在0.2%~1.5%之间，其中仁果类为0.2%~1.2%，核果类为0.4%~1.3%，浆果类为0.5%~1.5%；坚果中的含氮物质有的可高达16%左右。蔬菜中的含氮物质相对水果来讲较为丰富，一般含量在0.6%~9%。通常叶菜类为1.0%~2.4%，瓜果类为0.3%~1.5%，根茎类为0.6%~2.2%，葱蒜类为1.0%~4.4%，豆菜类中的含氮物质含量较高，一般为4.8%~13.6%。表1-1-11所示为部分果蔬中的蛋白质的含量。

表 1-1-11 水果及蔬菜中的可食部分蛋白质含量 单位：质量分数 %

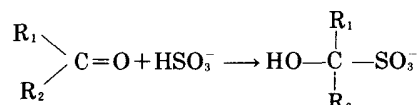
水		果	
种 类	含 量	种 类	含 量
苹果	0.3~0.1	枇杷	0.4~1.1
梨	0.1~0.2	蜜橘	0.5~0.7
桃	0.5~1.7	荔枝	0.7~0.8
李	0.2~0.5	龙眼	0.2
杏	0.8~1.2	芒果	0.6~0.7
樱桃	0.1~1.4	番石榴	0.7~1.1
杨梅	0.7	菠萝	0.4~0.6
葡萄	0.4~0.7	草莓	1.0

续表

蔬		菜	
种 类	含 量	种 类	含 量
春笋	2.1~2.7	花椰菜	0.7~2.3
冬笋	4.0~4.1	番茄(红熟)	0.7~1.5
马铃薯	0.5~2.3	茄子	0.7~2.3
鲜榨菜	0.8~1.6	甜椒(红)	0.0~1.3
雪里蕻	0.9~2.8	黄瓜	0.4~1.2
甘蓝	0.2~1.4	苦瓜	0.7~1.0
菜豆	0.1~3.2	姜	0.4~2.3
青豆	4.4~7.2	藕	0.4~2.3
蚕豆(青豆瓣)	7.4~9.0	芋头	2.3~3.0
绿豆芽	0.5~3.2	大头菜	0.9~1.5
蘑菇	2.9	芦笋	0.7~1.8
胡萝卜	0.4~1.4	荸荠	0.4~1.5
大白菜	0.5~1.3	茭苳	0.4~1.3
菠菜	0.9~2.9		

果蔬中的蛋白质虽然不是人体所需蛋白质的主要来源，但是从营养角度讲，它具有提高谷物中的蛋白质在人体中的吸收率的作用；从加工角度讲，它与加工工艺的选择和确定有十分密切的关系。

蛋白质和氨基酸的存在是产生美拉德反应的基础，该反应对产品的色泽具有很大的影响。游离氨基酸的含量越多，pH越高，温度越高，还原糖的含量越高，该反应越易产生。生产过程中除了从pH、还原糖的含量、温度、蛋白质和氨基酸的含量几个方面控制以外，用亚硫酸盐具有很好的效果。用亚硫酸盐的基本原理是亚硫酸盐能够与羰基化合物反应生成磺基。如在室温下，pH为4.5时亚硫酸盐就能够和葡萄糖反应生成葡萄糖磺酸盐。



酪氨酸虽不参与美拉德反应，但是它能够参与酶促褐变，它是酶促褐变反应的重要底物。如马铃薯在未钝化酶之前发生的褐变主要就是由于酪氨酸的作用引起的。

蛋白质在加工过程中易发生变性而凝固、沉淀，这一现象在饮料和清汁类罐头的加工中经常遇到，在等电点附近更易产生。采用适当的稳定剂、乳化剂及采用酶法改性工艺可以防止这类现象发生。蛋白质与单宁物质能够产生絮凝，利用这一性质可以对果蔬汁进行澄清。

蛋白质和氨基酸与产品的口味有很大关系，对饮料口味的影响尤为突出。蛋白质含量高时能够增加产品的质感使产品的口味更加圆润柔和。除此之外，许多氨基酸、肽是多种风味的呈味物质。如甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、苏氨酸等具有甜味，谷氨酸具有鲜味，中性的L-型氨基酸与天门冬氨酸形成的二肽则具有很强的甜味。而天然疏水性的L-型氨基酸和碱性氨基酸都具有苦味。在肽类中，也有苦味很强的苦味肽，如大豆蛋白用蛋白分解酶进行水解时，若水解程度控制不当，则很易产生苦味肽，而使产品具有苦味。这些苦味肽都含有疏水氨基酸残基。

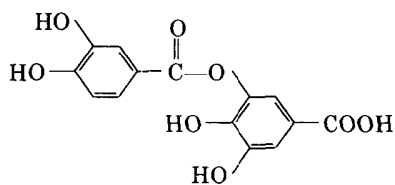
含氮物质中的硝酸盐对金属罐具有加速腐蚀的作用。

五、单宁物质

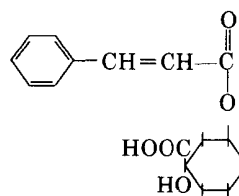
单宁又称鞣质 属于酚类化合物 其结构单体主要是邻苯二酚、邻苯三酚及间苯三酚。单宁与食品的涩味和色泽的变化有十分密切的关系。在食品中，单宁物质是指具有涩味、能够产生褐变及与金属离子产生色泽变化的物质，主要有两大类：水解型单宁和缩合型单宁。

(一) 单宁的分类和含量

水解型单宁也称焦性没食子酸单宁，是由没食子酸或没食子酸衍生物以酯键或糖苷键形成的酯或糖苷 如单宁酸和绿原酸。这类单宁在热、酸、碱或酶的作用下水解成单体。

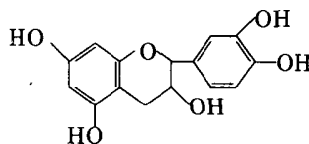


单宁酸



绿原酸

缩合型单宁也叫儿茶酚单宁，如儿茶素。这类单宁在酸或热的作用下不是分解为单体而是进一步缩合，成为高分子的无定形物质——红粉 也称栲鞣红。



儿茶素

蔬菜中的单宁物质含量较少，单宁主要存在于果实中。各种果实中的单宁含量如表 1-1-12 所示。

表 1-1-12

几种果实中单宁的含量

单位：质量分数 %

种 类	最小量	最大量	平均量	种 类	最小量	最大量	平均量
苹果	0.025	0.270	0.100	杏	0.063	0.100	0.074
梨	0.015	0.170	0.032	樱桃	0.053	0.151	0.098
李	0.065	0.200	0.127	草莓	0.120	0.410	0.200
桃	0.063	0.220	0.100				

(二) 单宁的加工性质

1. 涩味

单宁与产品的口味有很大的关系。引起果蔬涩味的成分有很多，如草酸、香豆素类、奎宁酸、醛类、酚类及铁等金属类。但引起涩味的主要成分是单宁。单宁含量高时会给人带来很不舒服的收敛性涩感。但是适度的单宁含量可以给产品带来清凉的感觉，也可以强化酸味的作用。这一点在清凉饮料的配方设计中具有很好的使用价值。

有些原料的单宁含量较高，在进行加工前或食用前要进行脱涩处理。通常采用的脱涩方法有以下几种。

(1) 温水浸泡法 将涩果浸泡在 40℃ 的水中 保持 10~15h。

(2) 酒浸泡法 将涩果置入容器中，喷洒40%的蒸馏酒，密封并置暖处放5~10d。

(3) 二氧化碳脱涩法 将涩果放在二氧化碳含量50%的容器中保持数日。

(4) 乙烯脱涩法 将涩果放在密闭的容器中，充入乙烯并保存一定时间。

2. 变色

(1) 酶促褐变 单宁是多酚类物质，可以作为多酚氧化酶的底物而发生酶促褐变(见“酶”部分)使产品颜色变红。苹果、香蕉、梨、桃、草莓等多种水果在加工过程中就非常容易发生这种变化。菠萝、橘、橙、番茄、南瓜等原料中因缺少引起褐变作用的酶，故加工过程中不易产生这类色泽变化。pH接近中性时该变化最易进行。

(2) 酸性加热条件下的自身氧化缩合 在较低的pH下，尤其是在pH小于2.5时，单宁能够自身氧化缩合而生成红粉，加热时该反应更容易产生。

从以上两个性质可知，在单宁含量较高的原料加工过程中，pH的控制是十分重要的。pH高时，易发生酶促褐变，pH低时又易发生自身的氧化缩合，两者都会对产品的色泽产生影响。如荔枝在加工过程中pH与色泽的关系如表1-1-13所示，从表中可以看出，pH高和低的产品颜色都发生了变化。

表 1-1-13 荔枝加工中pH与色泽的关系

罐号	装罐糖液pH	杀菌后			贮藏8个月后		
		糖液pH	糖液酸度 (以柠檬酸计)	果肉颜色	糖液pH	糖液酸度 (以柠檬酸计)	果肉颜色
1	2	2.5	0.31	红++	2.90	0.35	红+++
2	3	3.5	0.21	不变	4.20	0.16	红+
3	4	4.25	0.13	不变	4.50	0.14	不变
4	5	4.50	0.09	不变	4.60	0.11	不变
5	6	—	0.09	不变	4.60	0.11	红+

(3) 金属离子引起变色 单宁遇铁变黑色(水解型单宁呈微蓝的黑色，缩合型单宁呈发绿的黑色)，与锡离子长时间共热呈玫瑰色。因此在加工过程中，与食品接触的设备和容器等不应用铁质材料。在用马口铁包装的果蔬产品中，防止锡离子溶出也十分重要。

(4) 碱引起变色 单宁遇碱变黑。在使用碱液去皮时应特别注意这一点。

3. 单宁与蛋白质产生絮凝

在果汁澄清中常利用这一性质。

六、酶

果蔬中的酶类多种多样，其中主要有两大类，一类是水解酶类，一类是氧化酶类。

(一) 水解酶类

水解酶类主要包括果胶酶、淀粉酶、蛋白酶。

果胶酶包括能够降解果胶的任何一种酶，主要有四类：果胶酯酶、果胶酸酯水解酶、果胶裂解酶和果胶酸酯裂解酶。在天然果蔬中，果胶酶存在能够使果胶水解，从而使果蔬变软。在加工过程中，由于果胶酶对果胶的水解作用，有利于果汁的澄清和出汁率的提高。如用0.05%的果胶酶处理葡萄浆，则葡萄的出汁率可提高15%左右，过滤速度加快一倍。用0.2%果胶酶处理葡萄汁3h，则可达到完全澄清。在加工过程中，并不都要利用果胶酶的水解作用，

有时则要抑制果胶酶的水解作用。如在生产浑浊果汁、果冻或果酱等产品时，为了保持产品的粘度和稠度，则需要破坏原料中的天然果胶酶，防止其对果胶产生水解作用。

淀粉酶主要包括 α -淀粉酶、 β -淀粉酶、 β -葡萄糖淀粉酶和脱支酶。

α -淀粉酶属内切酶，可以随机地催化淀粉分子内部的 α -(1 \rightarrow 4)糖苷键水解，不能水解支链淀粉的 α -(1 \rightarrow 6)糖苷键。 α -淀粉酶水解的最终产物是麦芽糖、葡萄糖和异麦芽糖。

β -淀粉酶属外切酶，从淀粉分子的非还原末端开始水解 α -(1 \rightarrow 4)糖苷键，依次逐个切下麦芽糖单位。 β -淀粉酶对支链淀粉中的 α -(1 \rightarrow 6)糖苷键不起作用，也不能绕过分支点作用于内部的 α -(1 \rightarrow 4)糖苷键。 β -淀粉酶的水解产物主要是低相对分子质量的麦芽糖、 β -极限糊精以及少量的麦芽三糖和葡萄糖。

β -葡萄糖淀粉酶属于外切酶，它催化淀粉分子的非还原末端的 α -(1 \rightarrow 4)糖苷键，逐个将葡萄糖单位水解下来。 β -葡萄糖淀粉酶不仅能作用 α -(1 \rightarrow 4)糖苷键，还可作用 α -(1 \rightarrow 6)糖苷键和 α -(1 \rightarrow 3)糖苷键，但水解速度不同。 β -葡萄糖淀粉酶仍然不能将淀粉完全水解为葡萄糖，只有与一些转移酶共同作用才能使淀粉完全降解。

脱支酶能够水解支链淀粉、糖原及相关大分子化合物中的 α -(1 \rightarrow 6)糖苷键，包括异淀粉酶和支链淀粉酶。

蛋白酶可以将蛋白质降解，从而降低因蛋白质的存在而引起的浑浊和沉淀。

(二) 氧化酶类

果蔬中的氧化酶是多酚氧化酶，俗称很多，有酪氨酸酶、儿茶酚酶、酚酶、儿茶酚氧化酶、马铃薯氧化酶等。在苹果、梨、杏、香蕉、葡萄、樱桃、草莓等仁果、核果、浆果中含量较高，在橙、柠檬、葡萄柚、菠萝、番茄、南瓜等原料中含量较少。该酶诱发酶促褐变，对加工中对产品色泽的影响很大。加工过程中主要采用以下几种方法来防止酶促褐变。

1. 加热破坏酶的活力

加热可使酶蛋白变性，使其丧失催化作用。多酚氧化酶是一种比较耐热的酶，要使桃、杏等原料的酶彻底失活，在沸腾状态下一般需要3min左右的时间，有些原料所需要的时间更长。该酶的最适温度也比较高，其来源不同，最适温度也不一样，一般在40~60℃左右。因此用加热法破坏酶的活力时，一定要注意升温的速度，升温越快越好。可用愈疮木酚的酒精溶液来检查酶的破坏程度。图1-1-1为加热时间与温度对桃浆中多酚氧化酶活性的影响。

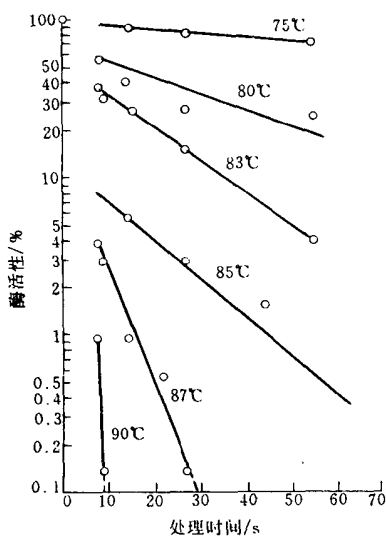


图 1-1-1 加热时间与温度对桃浆中多酚氧化酶的影响

图 1-1-1 为加热时间与温度对桃浆中多酚氧化酶活性的影响。

2. 调pH降低酶的活力

降低pH是防止果蔬加工中发生褐变的常用方法，生产中多采用柠檬酸和苹果酸来降低pH。引起酶促褐变最适宜的pH范围是6~7，降低pH一方面生产环境远离了酶作用的最适pH，另一方面柠檬酸还具有络合酚酶铜辅基的作用，从而使酶的活力大大下降。一般pH小于3时，酚酶活力几乎完全丧失。图1-1-2为pH对酚酶活性的影响。生产中一般将加柠檬酸

和其他方法共用，可以起到协同作用。

3. 加抗氧化剂

通常使用的抗氧化剂有亚硫酸盐、维生素C等。亚硫酸盐既是抗氧化剂，又是酶的强抑制剂。关于它的抑制作用通常认为有两种原因，其中之一是亚硫酸盐抑制L-酪氨酸变为3,4-二羟基苯丙氨酸的羟基化作用，另外就是亚硫酸盐可以与酶促褐变的中间产物邻醌等相互作用从而阻断褐变继续进行。图

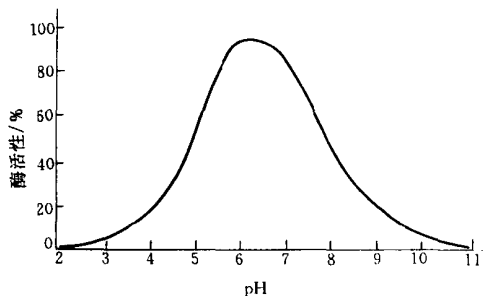


图 1-1-2 pH对酶活性的影响

1-1-3为二氧化硫对酚酶活性的影响。实验结果表明， 10^{-6} 的二氧化硫就能降低约20%的酶的活性， 10×10^{-6} 时几乎可完全抑制酶的活性。维生素C对酚酶的抑制作用也来源于两个方面，一方面是由于它可以降低介质的pH，另一方面是因为维生素C存在时，当基质被氧化酶催化氧化成醌后，又能被维生素所还原，重新转化为相应的酚，而维生素C则被氧化使褐变得以防止。如在苹果汁中放入1%的维生素C则褐变作用完全可以防止。

4. 与氧隔绝

与氧隔绝最简单的办法就是将果蔬浸泡在水中，这种方法简单但是效果较差。大多数的情况下是将果蔬浸泡在盐水中，一方面避免与氧的接触，另一方面盐对酶的活力也有一定的抑制作用。图1-1-4所示为食盐对酶褐变的影响。如果单纯用食盐将酶活力抑制住，则需要20%的盐浓度，这样高的盐浓度对产品的口味会产生严重的影响。生产过程中盐的用量一般在1%左右。从图1-1-4可以看出即使是0.1%的盐浓度也对酶的褐变起到了显著的作用。生产中，盐水浸泡通常与调酸等其他方法共同使用。

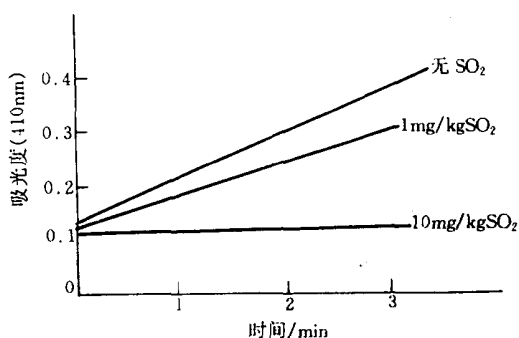


图 1-1-3 二氧化硫对酚酶活性的影响
(亚硫酸钠态的 SO_2)

定量加入缓冲的儿茶酚溶液，随后加入部分纯化酚酶制剂

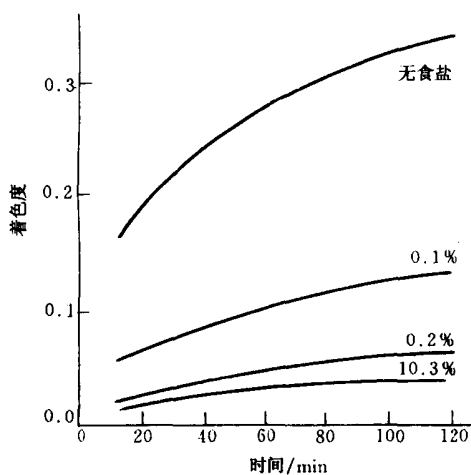


图 1-1-4 食盐对酶褐变的影响

七、色素物质

按照溶解性质，可将果蔬中的色素分为两大类，一类是脂溶性色素，一类是水溶性色素。脂溶性的色素为叶绿素和类胡萝卜素，水溶性色素为一大类广义的类黄酮色素。

(一) 脂溶性色素