

果汁和蔬菜汁生产工艺学

上 册

〔美〕 蔡斯勒 约斯林 著
顾季寅 李宗正 孙 乙 译

轻工业出版社

果汁和蔬菜汁生产工艺学

上 册

〔美〕	蔡斯勒	约斯林	著
顾季寅	李宗正	孙乙	译
萧	家	捷	校

轻 工 业 出 版 社

1965年·北 京

内 容 提 要

果汁和蔬菜汁是食用最方便、营养丰富、口味极好的食品，近几年来，我国果汁和蔬菜汁工业也在迅速发展，但有关这方面的图书还很少，为了适应有关生产、科研、教学部门的需要，特将此书组织翻译出版。本书原书目前已有俄文、法文、日文等译本。

本书中文译本现分上、下两册出版，上册系总论性内容，对于生理学和酶学在果汁和蔬菜汁生产中的应用、果汁的微生物学、果汁和蔬菜汁的营养价值、冻藏、冷冻浓缩、真空浓缩、果汁的干制、连续化生产、工厂的设计和卫生、芳香物质的回收等，均作了详细的阐述。

本书主要供食品工厂生产技术人员、有关研究人员和专业院校师生参考，有关商业工作人员亦可参考。

目 录

前 言		(5)
第 一 章	生理学和酶学在果汁和蔬菜汁生产中的应用...	(7)
第 二 章	果汁的微生物学.....	(63)
第 三 章	冻 藏.....	(114)
第 四 章	应用化学防腐剂和其它方法贮藏果汁.....	(131)
第 五 章	工厂选址和設計.....	(173)
第 六 章	工厂卫生.....	(188)
第 七 章	果汁的連續化生产.....	(211)
第 八 章	果汁和蔬菜汁的真空浓缩.....	(238)
第 九 章	冷冻浓缩.....	(276)
第 十 章	果汁的干制.....	(291)
第十一章	芳香物質的回收.....	(315)
第十二章	貯藏期間的变化.....	(327)
第十三章	果汁和蔬菜汁的营养价值.....	(368)

譯 者 的 話

在翻译“果汁和蔬菜汁生产工艺学”一书的过程中，我们对其内容和编排等，作了如下一些调整和删改：

1. 原书内容较多，本头较大，为便于读者阅读和书籍装帧，译本分成上下两册：上册主要系总论性的，如基本理论、营养价值、工厂的设计和卫生等；下册主要系分论性的，分章论述各种果汁和蔬菜汁的生产工艺和设备等。

2. 原书中有一些参考价值不大的，在翻译时均予以删略。

3. 原书中间有一些错误，如排错、笔误及计算方面的差错等，在翻译时尽译者水平所发现的，已作了修改。

4. 原书在文内引用每章末尾所附的参考文献时，系取注明有关文献作者姓名的办法，为节省篇幅和避免译本中的外文名字过多，便于阅读起见，改用注明有关参考文献序号的办法。

5. 原书中的英制计量单位，在翻译时基本上已将其改为公制，仅有个别章节，因涉及计算公式、曲线等，更改时牵动太大，则仍用原书单位。

本译稿承萧家捷工程师详加审校，在此表示谢意。由于译者水平所限，译本中不当与错误之处在所难免，希望读者提出批评和指正。

前 言

在上一世纪中，世界上的果汁和蔬菜汁工业取得了很大的发展。加工保藏的果汁和蔬菜汁，以前主要仅是美国的消费品，而现在已成为英国、加拿大、澳大利亚、南非以及西欧的主要饮料了。葡萄、苹果和黑醋栗汁以及西番莲和其他果汁，在生产和保藏技术方面已有了显著的进展。冷冻浓缩和冷冻干燥以及膨胀干燥和泡沫层干燥方法，也取得了很大的改进，而已应用于脱水番茄汁、橙汁和其他柑桔类果汁的工业生产上。欧洲和美国对于压榨和加工设备都已作了改进。苹果汁和葡萄汁的连续化生产，提高了产品质量和降低了产品的成本。

由于在果汁和蔬菜汁的生产和保藏的科学和技术方面已取得了很大的进展，因此有必要写一本新书——“果汁和蔬菜汁生产工艺学”来代替我们于1954年写的“果汁和蔬菜汁生产的化学与工艺学”一书。

在“果汁和蔬菜汁生产工艺学”一书中补充了以下的章节：

果汁的微生物学

果汁的连续化生产

冷冻浓缩

黑醋栗汁的生产与保藏

常用的和研究用的分析方法

本书引用的参考资料名称均列入每章末尾所附的参考文献中。但所引用的参考资料还没有包括所有的有关果汁和蔬菜汁的技术论文。

廿五位果汁和蔬菜汁生产的专家参加了编写本书的工作，其中六位是外国专家。由于他们的帮助，才使得有可能对加拿大、英国、法国、西德和澳大利亚的果汁和蔬菜汁工业作一些比较详细的介绍。

在这里对编写本书曾给予帮助的许多人和单位表示感谢。

当纳耳德 K·蔡斯勒

梅纳德 A·约斯林

1961年11月

第一章 生理学和酶学在果汁和蔬菜汁生产中的应用

引 言

水果和蔬菜经仔细挑选、分级并洗净后，经压榨或提取所得的液汁称为果汁或蔬菜汁。果汁或蔬菜汁是整个水果和蔬菜或它们的某一部分细胞中空泡内的细胞汁。虽为同种植物组织的细胞，由于结构复杂，并不都能生成同样可口或同样耐藏的液汁。该榨取果蔬那一部分的细胞汁，则有赖于工业生产的经验和实际试验。在组织学和组织化学基础方面，除少数果蔬的组织外，现在尚不能了解其全貌。肯普等⁽³⁸⁾、约斯林及马奇⁽⁸⁶⁾较全面地研究了柑桔类果实。至于影响果蔬汁品质的果实生理解剖学以及其它因素的材料还很少。

有关果蔬的组成和结构的大量老材料可参阅温通⁽¹⁹⁰⁾等的简介，较新的资料可参阅黑瓦德、魏厄和斯托金⁽¹⁸⁸⁾、利⁽¹⁰⁵⁾及巴特斯米思和莫里斯的著作⁽¹⁸⁾。有关苹果的结构、生理和组成，可参阅斯莫克和纽伯特等的报导⁽¹⁰⁸⁾。霍耳姆论述了苹果和梨的生物化学。有关柑桔果实的生物化学见韦伯和伯切勒⁽¹⁰⁵⁾、布腊佛曼⁽³³⁾、巴素路谬和辛克莱⁽¹⁶⁾、克福德和辛克莱等发表的文献⁽¹⁰²⁾。櫻桃的生物化学见马歇耳⁽¹²⁴⁾的简介。

目前，更需要有关影响化学组成的品种、成熟度和生长条件方面较详尽的资料。迪金桑⁽⁵⁹⁾论述了这些对加工质量有决定性影响的实用材料。

品种、成熟度和生长条件能影响水果和蔬菜是否适于加工果汁或蔬菜汁。即使是同一种水果，并非所有品种均适宜于制造果

汁。过去所采用的质量鉴定方法，实用性差，对品种和成熟度的测定尚属有限。至于栽培技术对制汁用果实的影响，直至最近才有所研究。砧木对结果的习性及新鲜水果的质量的影响，早已由园艺家予以肯定。马希⁽¹¹⁹⁾、克福特⁽⁹⁶⁾等研究了砧木对橙汁的苦味和其他品质的影响。马希发现，在加利福尼亚，由用葡萄柚砧木嫁接所生的脐橙（Navel orange）榨出的果汁在室温下贮藏不会变苦，但由用苦涩柠檬砧木嫁接所生的脐橙，榨得的果汁会迅速变苦而不能取食。克福特等人⁽⁹⁶⁾对砧木与罐藏橙汁品质的影响作了试验，发现在三叶树砧木上嫁接所生的脐橙和佛兰西夏橙（Valencia orange）的果汁毫无苦味，其品质显然较制自生长在苦涩柠檬砧木上者为优，这类资料颇为需要。

已经查明，提汁的方法亦可导致橙汁变苦。这方面的近期资料已由西达帕及布赫提亚⁽¹⁰⁸⁾发表。布累等⁽²⁹⁾认为，经加工的橙汁可产生一种特殊的类脂味道，且证明，这与果实生长期间所发生的生理变化有关。

果实和蔬菜在生长、发育时期和采收后的贮藏期间所发生的变化，都能显著损及汁液的品质和耐藏性，但这方面的报导很少，且分散在植物学、生理学及园艺学各有关文献中。直至最近，才有植物生理学家开始对工业上用的主要果蔬作收获后生理学的系统研究⁽²⁶⁾。应该认为，水果和蔬菜本身的撞伤和机械伤，都会严重地影响其采收后的生理变化，这反映在不论是酶性的或非酶性的细胞汁的化学变化上，其结果，破坏了细胞本来的组织特性，破坏了各组成成分间的动力平衡。由于组成细胞汁的各化学成分之间产生了反应，加之这些化学成分又与外界因素（果汁与空气中的氧、金属及其它物质的表面接触等）产生反应，因此，压榨所得的果汁又会进行着许多有害的变化。凡自健康、新鲜的水果组织初榨得的汁液，总是最好的。任何有害的因素，不论是内在的或是外界的，都将有损于所得汁液的品质和耐藏性。

目前，对加工用水果和蔬菜的选择、采收和管理，主要是依

靠经验，真正以科学知识作依据的还不多。湯普金⁽¹⁷⁹⁾指出了有关栽培条件、施肥和灌溉对生长和成熟的影响，以及管理和贮藏对加工品品质的影响等知识的现况。早经指出，果实 pH 值的变化，不仅改变了可滴定总酸的含量，同时更严重地会改变果汁的品质。任何品种的苹果，当其 pH 值超过在植株上时的正常值时，其品质即已恶化。以 pH 来测定柑桔类，特别是测定甜橙的品质，远较用糖酸比为正确。如橙汁的 pH 值低得异常，则不论糖酸比是否合适，其味已变。人所共知，肥料对橙汁 pH 值的影响，不仅是其中所含柠檬酸的浓度，其它如矿物质及含氮成分亦均有关⁽¹⁸²⁾。pH 还可决定葡萄的采收时机，但尚需积累更多的基础资料。为此，除了那些外观特征如大小、形状、匀称、颜色和无损伤等外，还必须进一步研究质量的客观鉴定方法。至于后熟程度对出汁量、果汁成份和风味的影响对苹果只研究过几个品种^(109, 143)。

果汁的外观可在分去其中不需的组织成份后予以改善，对其品质则视情况借调正某些组成(糖、酸、鞣质)的比例，或磨细，或中和、酸化、增甜，或除去某些不必要的组份(如大黄中的草酸、葡萄汁中的酒石)等措施予以提高。新鲜果汁中自然存在的芳香物质、色素和水溶性维生素与果汁的品质和营养价值密切相关，在制汁过程中应尽量避免损失。

果汁的生理学和生物化学

直至最近，关于果实在生长时的形态学、解剖学和生理上变化的材料是有限的。旧材料只报导了怎样培育大而重的杏子⁽¹¹¹⁾，怎样加速梨的生长⁽⁹⁸⁾。近来，发表了有关苹果、橙以及其它果实在生长时的生理研究。其中较典型的有：巴英等^(13, 14)发现的苹果和梨成熟的三个时期，即细胞分裂期、细胞增大期及成熟期，同时也研究了生长期间化学组成和呼吸活力的变化；沃克曼等⁽¹⁹¹⁾发表了番茄果实的生理，特别是呼吸和成熟作用的资料；巴素路

谬和辛克莱⁽¹⁰⁾报导的可溶性固体在柑桔类果实浆汁中的分布并不均一以及一些有关柑桔类果实、番茄等的大小与组成成分间关系的材料⁽¹¹⁴⁾。

早就确认，在果实中存在着生理梯度 (Physiological gradients)，但各种化学组成的成分和分布材料尚未完全明确⁽⁶⁾。至于自然存在的酶类及其基质，植物色素，植物酚类如花青甙原和鞣质，苦味质如葡萄柚中的柚皮甙，柠檬中的柠碱以及其它甙类、有机酸、可溶性糖类、含氮物质等等在生长和成熟时的变化尚不完全明了。灌溉、施肥、气候等对果实的生长和成熟，亦即对鲜食和加工果实的产量和品质的影响尚需进行大量工作。目前，可获得的典型资料有卡特蓝等⁽⁹²⁾关于番茄的研究。为防止落果，增大果实及促进成熟等所采用的新型杀虫剂、杀菌剂和生长调节剂等，对加工用果实是否合宜亦需要继续研究。有关材料见克兰⁽⁴⁷⁾发表的有关杏子的典型研究。

如所周知，品种和品系能影响到果蔬的加工品质。正如布特⁽³¹⁾所报导：直至目前，对品种的鉴定仍局限于测定形状、大小、颜色和风味等易于测定的特征。对影响到加工品质的生物化学因素，则研究得还不够。但对很多根据生物化学观点借选育以改良水果品质，现已有大量资料。如增加番茄果实中类胡萝卜素的含量⁽¹¹⁵⁾及借选育以提高番茄维生素C的含量⁽¹⁴²⁾等。

收获时的机械损伤能显著恶化果实的组成和品质。苹果和梨在撞伤后，表面迅速变色或褐变⁽⁷⁸⁾。马德斯等⁽¹²⁵⁾及斯科特等⁽¹⁵⁸⁾指出，此种褐变现象亦可发生于皮下而看不见。比阿耳等认为，果蔬在收获后仍然会发生生理变化，即变色、变味和改变其组成等^(26, 140)。这些变化是由组织的温度和周围大气的组成等发生变化而引起的。目前，为延长水果和蔬菜的贮藏期及保持新鲜度已积累了许多冷藏条件的资料，但适用于果汁保藏的尚少。布蓝斯皮⁽⁹⁰⁾发现，急速预冷对果实的品质无益，但仍需继续研究最适宜的溫度降低的速度及改变贮藏室大气中氧和二氧化碳含量

的速度。已经知道，某些植物的组织中含有天然存在的防腐剂，如蔓越桔和梅含有苯甲酸，大黄和菠萝含有草酸。这些果蔬已被用来保护其它果实制品，例如，以大黄（一种蔬菜）汁防止杏子在冷冻时的变色。某些柑桔油因具有抗霉性，故具有防腐剂的作用。早在三十年前，已发现柑桔皮的提取液对柑桔汁具有防腐效果，且已予以应用^(106, 159, 180)。但柑桔皮的性质尚未被人们所熟悉。如将柑桔皮充分软化，经热处理后加入橙汁或柠檬汁，即可增强其在加工时的耐热性，并降低贮藏过程中的褐变，但此种作用，究系皮中何种成分所具有则尚无所知。柑桔皮中抗坏血酸的含量较果汁为高，柑桔皮尚含有远较汁囊中为高的几种黄酮类化合物。通过分离研究，知黄色皮层中含有能增进磨碎果汁的耐藏性及提高柑桔油乳液稳定性的成分，这对进一步了解上述各现象十分重要。

氧化反应及其控制

正常细胞中的原生质成分虽然有还原条件，而氧则与氮及二氧化碳一起存在于果实组织的细胞间隙中。在提汁时，由于细胞破裂，细胞间隙中的气体与细胞中的原生质成分混合而产生氧化反应。酶类对这些反应具有接触作用，例如存在于组织中的抗坏血酸氧化酶，可使番茄及其它组织中的抗坏血酸被分子氧所氧化。氧化作用进行得异常迅速，其结果，使果蔬严重丧失其抵抗坏血症的效力。同样，刚生产的菜汁，其维生素C活力之所以降低，抗坏血酸酶的存在是一重要原因。多酚类氧化酶对酚类化合物与分子氧的氧化具有接触作用，氧化产物为褐色或褐红色的色素。由氧化所产生的邻醌亦能使抗坏血酸及其它成分受氧化。此种氧化作用，与酚类的直接褐变一样，是变色、变味和降低营养价值的重要原因。显然，绿原酸（Chlorogenic acid）就是苹果和梨中多酚氧化酶作用的主要基质，其结果，使切口或撞伤的组织

褐变，使苹果和梨汁在提取时变暗。抗坏血酸和酚类化合物的非酶性氧化是由 Cu^{++} 、 Fe^{+++} 及其它金属离子接触产生。这些阳离子为果汁本身所具有，或因与金属表面接触而溶入。

由酶所引起的氧化，可借减少或消除果汁与分子氧接触，并借加热，包括添加抑制剂以抑制酶^(76, 156)的作用。

由于在果实的细胞间隙内有空气存在，且难以在脱气条件下提汁，故提出的果汁必然含有大量的氧、氮和二氧化碳。后者为呼吸作用的产物之一。这些气体可以溶解状态溶入果汁，或被吸附于悬浮液中的果肉颗粒和胶体表面。这种气体的吸附和逸出，特别是二氧化碳使溶液呈饱和状态，因而不能单靠平衡条件来计算气体含量。对真实气体溶液而言，溶液溶解的速率系决定于周围大气中各气体的温度和分压，溶剂和溶液的特性，以及它们扩散至溶剂表面及溶液内部的速率。在1大气压及室温 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 下被空气饱和并取得平衡的蒸馏水，每升含6~7毫升氧及13~14毫升溶解态氮。如在相同的条件下以纯氧饱和，则每升可含溶解态氧29毫升。氧在水中的溶解度系随温度的提高而增加，并随糖及其他溶质的存在而降低^(91, 118)。

波利和房·路塞克⁽¹⁴⁶⁾报导，市售橙汁中气体总含量为每升33~55毫升，其中二氧化碳占17~39毫升，氮10~14毫升及氧2.5~4.7毫升。洛埃弗勒⁽¹¹⁹⁾报导：他利用改良的气体收集和测定仪器，测得在实验室制备的橙汁样品中每升含气体2.7~5.0毫升，其中二氧化碳约占1/4，氧1/5以及平衡所需的氮。克弗德等人⁽⁹⁶⁾报导了以高速磨汁锥(Hand-reaming on high speed heads)所得的橙汁每升约含氧5毫升。开始，氧以溶解态或被吸附态大量存在于新鲜提得的果汁中，但当与各种成分，特别是维生素C^(96, 79)反应，结果不仅降低了维生素C的含量，还导致风味和颜色的恶化。早被承认，果汁，特别是柑桔汁，通常在加热及贮藏中，颜色和风味会恶化。克弗德等⁽⁹⁷⁾最近报导将罐藏橙汁的开始氧含量自0.5%还原至0.05%，贮于 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，并不能消除风

味的恶化，且并不影响及维生素C的损失。据观察，当氧在酸-金属之间开始还原时，维生素C的损失速率较后期约高10倍。

马夏耳⁽¹²³⁾研究了苹果汁在加工及贮藏期间溶解态氧和氧化间的关系，并报导自各种苹果所得的果汁，在加工过程中的抗氧化性及吸附氧气的的能力显然不同。在加工中所吸附的部分氧气，可在过滤后通过脱气过程除去，但并不能降至新鲜榨汁的含氧水平以下。显然，苹果汁中的溶解氧是以游离态及结合态存在，脱气过程仅能除去其游离态氧。苹果汁中的氧很难借脱气过程分除，如采用82.2°C，三级脱气，可除去鲜果汁中氧量的89%。在同种脱气机中，马夏耳以单级脱气从水中除去了76%的氧，在室温下作二级脱气时为80%，但在49°C以上作单级脱气，则可除去96%以上的氧气。由氧化而产生的沉积物决定于溶解态氧及氧之受体（可能是鞣质）的浓度。

初榨得的果汁，因温度较低，且无足够浓度的接触剂，如铜和铁离子或活性酶（抗坏血酸氧化酶或多酚酶及酚类物质）等，故其中的氧不致立即被果汁内的抗坏血酸及其它还原性物质还原，因而在榨汁后，氧化性恶化显著产生之前，有足够的时间进行除氧。除去氧气和其它溶解态或吸附态气体，不仅可增进风味，保持原色，且可避免装瓶时起泡并减轻液面上果肉和颗粒的分离。有关脱气的效益及所能达到的程度见伯克纳⁽²⁵⁾、斯米思⁽¹⁶⁴⁾及亨尼金⁽⁷⁹⁾等的著作。亨尼金强调指出，脱气过程必须有随后的各单元操作及过程合理配合才有价值。如在脱气之后，将果汁暴露于空气中，特别是在空气中搅拌，则果汁重复吸收氧气，失去脱气的应有效果。如因果汁与金属面（例如马口铁的锡表面）反应，使含氧量迅速降低，亦可降低由脱气所得的效果。脱氧及降低氧量，涂料罐较素铁罐尤为必要，如以玻璃罐盛装果汁，效益最为显著。克弗德等⁽⁹⁸⁾观察到：脱气可显著减缓罐藏果汁对素铁罐的腐蚀速度，延缓氢的生成及胀罐，减少涂料罐中涂料的脱落。如在真空浓缩前或在果汁已显著氧化后（如生产澄

清苹果汁) 采用脱气过程, 效益极小。如柑桔汁〔如葡萄柚、柠檬及红桔 (Tangerine) 汁等〕为降低其中柑桔油的含量必须采用除油操作时, 空气已同时脱除, 故不需再行脱气。目前, 脱气操作几乎已广泛应用于柑桔汁和番茄汁的制造中, 但在苹果、葡萄和其它果汁的生产中尚不多用。

果汁的脱气

脱气的实践在果汁工业中的发展见亨尼金的述评⁽⁷⁹⁾。1930年工业应用的分批式脱气机已由下列三种脱气机所取代: (1) 博利⁽¹⁴⁴⁾最先介绍的离心脱气机, 果汁自转盘边缘的细孔喷入真空室内; (2) 喷雾脱气机, 果汁受压后自喷嘴以细分散体喷向真空室的拱顶, 随即流布成一层多泡薄膜; (3) 薄膜式脱气

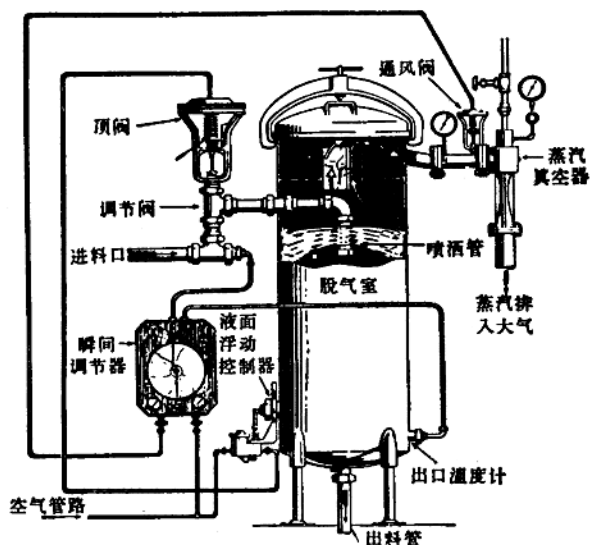


图1 雷克斯微型薄板脱气机

机，使自喷嘴喷出的分散液流布成许多薄膜。每种脱气机对气体的排除和脱气果汁都有一定的要求。博利和方·蒺塞克⁽¹⁴⁵⁾发表了工业装置的第一批操作资料，但可采用者不多。最近斯米思^(164, 165)及亨尼金⁽⁷⁹⁾在其报导中介绍了脱气的物理基础及工业上用的各种脱气机。

自液体中除去溶解态气体是根据气体在液体内的溶解度正比于该气体在液体表面上的分压。如果汁表面上的压力逐渐降低，则溶解的气体不断逸出，直至总压降至果汁的蒸汽压，此时，如已达到平衡状态则所有气体已被排除。达到平衡时所需的时间，系随溶解的气体自液体内部扩散至液面，并自液面扩散入大气的速度而定。如进一步降低压力，则将导致挥发性成分及水的汽化。因此，据建议，为排尽氧气，真空室的温度应比与真空室绝对压力相当的温度高 $3 \sim 6^{\circ}\text{C}$ 。克弗德等⁽⁸⁸⁾发现，以真空喷雾式脱气机于微有蒸发的最佳条件下⁽¹⁶⁵⁾操作，仅能脱除 $90 \sim 92\%$ 的氧气，但如在脱气的同时，使一种惰性气体自液体内吹气逸出，则几乎能完全除尽溶解于汁液中的氧气，此法已为巴伊斯⁽¹⁹⁾及斯米思⁽¹⁶⁵⁾等所推荐。

亨尼金⁽⁷⁹⁾认为，常用脱气机操作时的真空度，不应低于20毫米汞柱绝对压力。博利和方·蒺塞克⁽¹⁴⁵⁾于1939年报导，采用离心式脱气机可除氧 $90 \sim 92\%$ ，甚至 97% ，但所采用的分析方法灵敏度较差，故此项数据大有问题。采用改良的机械真空泵，或多级蒸汽喷射器，能保证器内的真空度达到使果汁沸腾并使少量水以蒸汽的形式与绝大部分溶解氧同时排除。希克⁽⁷¹⁾论述了影响往复真空泵的容积效率、需要功率及受器的降压时间等诸因素。目前，脱气的实践系使果汁呈极细的细分散或薄膜的形式在减压条件下沸腾而实现的。

通氮脱气

在采用当前工业用真空脱气机脱除果汁内 90% 以上的氧气的

同时，有2~5%的水汽化。其结果，使大量挥发性香味成份遭受损失，但可使之冷凝，并重新加入脱气果汁，以避免风味的改变。

气体取代法和真空脱气法一样可用来脱除氧气。可参阅巴伊斯⁽²⁰⁾、巴伊斯等⁽²²⁾及伊塞耳格娄思等⁽⁵⁸⁾的研究。汽提塔可彻底排除液体内的氧气（氧气的当量溶解度为0.5%时），氮气系由塔底导入，并通过玻璃或不锈钢小体在液内鼓泡上升。脱氧的速度及程度取决于气泡的大小、塔的高度以及气体和液体的相对流速。据巴伊斯⁽²⁰⁾报导，由于气泡的大小可决定气-液间的有效接触面积，因此，它是决定通气效力（每体积消耗气体所能排除的氧量）的一个重要因素。稍微减小气泡的大小，即可大大增加有效表面，从而提高由取代而排除氧气的速率。氧气的饱和水溶液(25.5°C)，当以每小时每平方米48950升的速度流入1.27米液柱高的实验塔时，约需283.2升的氮除去90%的氧气，或495.6升的氮除去95%以上的氧气。在以取代法除尽橙汁中的氧气时，挥发性芳香物质在冷凝时的损失仅为0.002%，而此橙汁如以真空脱气机除氧77%，则其冷凝液的损失达1.8%。可见，以气体取代法除氧，能使应保存的溶解挥发性芳香物质的损失降至最少。

罐藏（特别是采用玻璃容器）工业必须脱除溶解氧并将其排出罐头的顶隙。罐头顶隙对果汁及与之相似的水溶液的影响与溶解氧相若。巴伊斯⁽²⁰⁾和弗路克⁽⁶²⁾介绍以列线图解法计算玻璃罐顶隙及液体内的相对含氧量。气体取代法除了具有脱气的效果外，对脱气后的成品尚具有保护作用。如必须充分排除全部溶解气体，则真空脱气法显然较气体取代法为优。例如某些果汁，如葡萄汁在装瓶时必须尽量避免泡沫的形成，又如调味番茄酱则需避免因贮藏温度发生波动而在产品内生成难看的气泡。

氮气尚有利于防止加工过程中的氧化变色，如防止苹果汁生产中的变色。巴伊斯⁽²⁰⁾及坎伯⁽⁴⁰⁾报导，苹果汁的褐变速度可在打浆时以氮取代氧而显著降低。在氮气流下，打浆对护色有极