

## 香精微胶囊制备技术新进展及其发展趋势分析\*

于海艳<sup>1,2</sup>, 杨剑<sup>2</sup>, 张兴<sup>1</sup>

1(中国矿业大学生物工程系, 江苏徐州, 221008) 2(深圳职业技术学院, 广东深圳, 518055)

**摘要** 微胶囊技术是 21 世纪的重点高新技术之一, 应用非常广泛。文中对香精微胶囊领域中各制备技术的最新研究进展进行了详细、全面的评述和分析, 并指出了香精微胶囊今后的发展趋势和前景, 包括可以以廉价蛋白为主要复配壁材, 依托纳米技术, 脂质体俘获等高科技制备出优质产品, 以及结合微生物学技术制备出纯生物胶囊等。

**关键词** 香精微胶囊, 制备技术, 研究, 趋势

香精与人们的生产生活息息相关, 特别是在当今世界日益崇尚香味的潮流下, 香精香料行业更是蒸蒸日上, 特别是在食品、医药、日化等行业应用极其广泛。香精的香气或香味, 可以视为加香产品的“灵魂”, 然而香精中的大部分组分具有很强的挥发性, 对光、热、氧敏感, 易与其他组分反应, 很容易导致香型失真。因此人们迫切希望寻找到一种能很好的保护这些物质, 提高其稳定性和加工性的方法。

## 1 微胶囊香精简介

微胶囊是由天然或合成高分子材料制成的微型容器, 直径一般为 1~1 000  $\mu\text{m}$ 。微胶囊技术是把分散均匀的固体物质颗粒、液滴或气体完全封装在一层膜中形成微胶囊的一种技术, 香精微胶囊是微胶囊技术中的一个重要分支, 也是微胶囊技术的一个颇为典型的应用。然而与其他芯材的微胶囊相比, 因为香精的众多特殊属性, 使得香精的微胶囊化难度较大, 但是因为香精在人类生活中的巨大作用, 早在 1932 年英国已经开始利用阿拉伯胶进行香精微胶囊的研制工作<sup>[1]</sup>, 直到现在人们对微胶囊香精的研究依然方兴未艾, 与此相关的文献报道、专利申请层出不穷。

### 1.1 微胶囊香精芯材

微胶囊香精芯材的主体是香精, 微胶囊型食用香精的工业化生产始于 1960 年代, 玫瑰、茉莉、白兰等花香型香精, 柠檬、橘子、甜橙、草莓、香蕉、葡萄、樱桃、苹果等果香型香精, 蒜油、姜油、芥子油、薄荷油等精油或树脂等均可以作为芯材。另外, 在芯材中还可以加入附加剂, 控制香精香料分子的释放速度, 主体

与附加剂可混合囊化, 也可分步囊化, 依据具体情况而定。

### 1.2 微胶囊香精包膜原料

香精香料微胶囊的壁材可依芯材而定, 一般要求是材料性能稳定、无毒、无副作用、无刺激性、有配伍性、不影响香精香料的作用, 并且要有符合要求的粘度、渗透性、有一定强度和可塑性等。香精微胶囊技术中常用的壁材有植物胶类(阿拉伯胶、海藻酸钠、卡拉胶等)、淀粉及其衍生物(各种类型的糊精、低聚糖、淀粉衍生物等, 具有良好的乳化性、成膜性、质密性, 是很好的包埋香精的壁材), 蛋白质类(明胶、酪蛋白、大豆蛋白、乳清蛋白等), 多种纤维素衍生物(CMC、乙基纤维素、甲基纤维素物质等), 蜡(虫蜡、石蜡、蜂蜡等)等。对新壁材的开发研究一直是一个重要的课题, 如具有优良特性的变性淀粉是在对淀粉进行必要的修饰后得到的<sup>[2~3]</sup>, 控制壳聚糖的脱乙酰度就可以明显改善壳聚糖的溶解度<sup>[4]</sup>, 让蛋白原料和碳水化合物反应得到的美拉德产物也可以是很好德包埋原料<sup>[5]</sup>; 诱变或驯化特异微生物种来合成优质包埋材料也是一个很有意义的研究方向。实际应用中, 很少只用一种包膜材料来实现微胶囊化, 而是常常用 2 种或 2 种以上的壁材复合来达到要求的包埋效果。

香精经微胶囊化后, 由于囊壁的密封作用能够有效抑制香精的挥发损失, 提高香精的贮藏和使用的稳定性; 能够保护敏感成分, 大大提高耐氧、耐光和耐热的能力, 增加其在烘烤食品、膨化食品中的稳定性; 能够使香精具有缓释功能; 能够避免香精成分与其他成分反应; 能够改变香精的常温物理形态, 使液体或半固体香精转变为自由流动的粉末, 提高分散稳定性。

## 2 香精微胶囊制备技术

微胶囊化的常用方法目前已达 200 多种, 根据其

第一作者: 硕士。

\* 深圳市重点科研项目基金资助(No. 05KJba054)

收稿日期: 2006-11-20, 改回日期: 2007-01-30

性质,囊壁形成机制和成囊条件,大致可分为物理法,化学法和融合二者的物理化学法,当然其中有许多还处于实验或者专利阶段。目前研究较成熟的香精微胶囊化的主要技术主要有:喷雾干燥、挤压法、分子包埋法、凝聚法以及物理吸附等。

## 2.1 喷雾干燥法

喷雾干燥法是一种较早采用且很实用的制备微胶囊的方法,1950年代,喷雾干燥就已经实现了香精的微胶囊化,用来防止活性成分的降解或氧化和把液体香精转换为固体香精。经过半个多世纪的发展,该技术已经很成熟<sup>[6~8]</sup>,而且成本相对低廉、操作简单。用此法生产的微胶囊占总销售额的90%。喷雾干燥的主要原理是将香料(芯材)和壁材混合成乳状液通过喷头的作用进行雾化,液滴以细微的球状喷入热空气中,当其中的水分蒸发后,分散在液滴中的固体(壁材)即被干燥并形成近乎球状的粉末,而香精则被壁材包裹在球里面的空间内,不受外界环境因素的影响。

喷雾干燥得到的胶囊颗粒均匀,适合于一些热敏物质的包埋。但是该法制得的胶囊颗粒一般 $<100\mu\text{m}$ ,使得流动性较差,包裹的囊心物质一部分可能会粘结在胶囊的外表,易造成氧化。干燥中较高的温度会造成高挥发性物质的损失和热敏风味物质的破坏,还会产生暴沸的蒸汽,使产品颗粒表面呈多孔的结构而无法阻止 $\text{O}_2$ 的进入,产品的货架寿命较短(该法制得的微胶囊的货架寿命一般为1a)。利用“冷脱水工艺”或二次包衣的方法可以解决芯材粘结在胶囊外表的问题。但是由于喷雾干燥是液体进料,因此用于喷雾干燥的壁材必须有一定的溶解性,常用的壁材原料有,阿拉伯胶、糊精和改性淀粉等。多糖和蛋白质类因为溶解度的限制而不能大规模使用,这也在一定程度上束缚了该技术的应用。近年来只有很少适合于喷雾干燥使用的新型壁材原料出现,Beristain<sup>[9]</sup>等人提出牧豆树胶比阿拉伯胶有更好的乳化稳定性和更高的包埋效率。Augustin<sup>[5]</sup>等人提出利用高温下蛋白质与碳水化合物发生麦拉德反应产物(MRPs)包埋易氧化营养素,发现MRPs在油相表面形成致密的壁壳,呈显出良好的抗氧化特性。

喷雾干燥只是一种干燥的手段,如果灵活运用它,将其他工艺手段有机的结合到生产流程中,就有可能生产更多具有优良特性的香精微胶囊,其前景十分乐观,在今后的很长时间仍会占主导地位。目前已有结合流化床的喷雾干燥技术<sup>[10]</sup>、结合复凝聚的喷

雾干燥技术<sup>[11]</sup>,结合玻璃化的喷雾干燥技术<sup>[12]</sup>等报道。

## 2.2 挤压法

喷雾干燥和挤压法是香精胶囊化中最常用的2种方法。目前,挤压法几乎都是用来包埋易挥发和不稳定的香精,是最受推崇的香精香料的微胶囊方法。将芯材物质分散于熔化了糖类物质中,然后将其挤压通过一系列模具并进入脱水液体,这时糖类物质凝固变硬,同时将芯材物质包埋于其中,得到一种硬糖状的微胶囊产品,这便是挤压法生产的简单过程。

挤压法能够形成致密完整的玻璃态壁材,具有优良的阻隔性能,得到的香精微胶囊其货架寿命可以达到5a,并且风味损失小,挤压法在1950年代就已经出现,但是由于其较低的包埋率(8%)和它的硬糖颗粒物性限制了这一技术的广泛应用。

一直以来,因为碳水化合物具有优良的玻璃态属性,用于挤压法的包膜原料几乎都是碳水化合物,这也是限制挤压法应用的重要因素,Willett等人<sup>[13]</sup>利用具有优良特性的改性淀粉来代替碳水化合物,使得在保持优良货价寿命的前提下包埋效率提高到40%。VanLengerich<sup>[14]</sup>提出了一种利用脂肪、面粉和淀粉的复合体系低温包埋芯材的挤压法,所有的组分和20%的水混合通过双螺旋挤压机然后粉碎、干燥得到胶囊,该过程可以包埋一些在传统挤压法中不能包埋的热敏物质,因为传统挤压法中的碳水化合物需要很高的熔融温度,不宜对热敏物质进行包埋。Harz等人<sup>[15]</sup>提出了一种相似的低温挤压法,包膜原料是玉米淀粉和脂肪或者玉米淀粉和聚乙二醇。混合物在40℃下送入挤压机,100℃下处理2~3s,然后冷却至45℃,得到的胶囊颗粒500~1000 $\mu\text{m}$ 。挤压法得到的颗粒一般都较大,这也是该技术的一个缺陷。

## 2.3 分子包埋法

所谓分子包结法是利用环糊精做载体,在分子水平上进行包结。芯材和壁材通过氢键、范德华力和疏水效应等作用连接。环糊精是1891年Villiers从芽孢杆菌属淀粉杆菌的淀粉消化液中分离出来的<sup>[16]</sup>。经淀粉酶酶解得到 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 3种糊精,分别由6、7、8个吡喃葡萄糖单元以 $\alpha$ -1,4糖苷键连结而成。其中, $\beta$ -环糊精溶解度低,容易结晶,分离,提纯,无毒性,易生物降解,已经发展成为超分子化学中最重要的主体,广泛应用于化工医药,食品,染料,照相材料,化妆等领域。

该技术的主要优点是包结物的特殊热化学稳定性,在干燥状态下的产品 200 ℃ 时胶囊才会分解<sup>[17]</sup>。另外因为该包覆过程是可逆的,它赋予胶囊独特的缓释属性,很多情况下,人们需要芯材(特别是香精)在合适的时间和合适的位置释放, $\beta$ -环状糊精得到的微胶囊能很好的满足这一需求,所以该技术引起了研究人员广泛的兴趣。但是该方法的收率太低,在 5%~16%之间,而且任何比洞穴大的分子都不能被包埋,再加上该技术成本高,所以很难进行规模的商业生产,不过近年来关于该技术特别是其缓释机制的实验室研究众多。我国这方面的报道就有许多<sup>[18~20]</sup>。

## 2.4 凝聚法

凝聚是发生在胶体溶液中的一种现象,通常被认为是原始最原始的胶囊制备方法。因为人们最早就是利用凝聚法成功地制备了 CB 染料,进而实现了无碳复写纸的工业化。现在的凝聚法主要用来包埋香精油,是一种非常前景的特殊的微胶囊化技术,因为该法制得的微胶囊包埋率可达到 99%,这是其他制备技术望尘莫及的。凝聚法微胶囊化是将芯材首先稳定地乳化分散在壁材溶液中,然后通过加入另一物质,或者调节 pH 和温度,或者是采用特殊的方法,降低壁材的溶解度,从而使壁材自溶液中凝聚包覆在芯材周围,实现微胶囊化的过程。整个过程中,混合物需不停搅拌,必要时可添加合适的稳定剂来避免胶囊的凝结。该技术工艺简单,易控制,形成的壁膜致密,释放性能优良,可制成十分微小的胶囊颗粒,粒径不到 1  $\mu\text{m}$ 。

白明胶/阿拉伯胶系统<sup>[21]</sup>是研究的最为深入的适合于凝聚的胶质系统,当然最近也有报道许多新的具有优良特性的凝聚系统,比如麸朊<sup>[22]</sup>,几丁质<sup>[23]</sup>,大豆蛋白<sup>[24]</sup>以及一些复合系统,如明胶/羧甲基纤维素,球蛋白/阿拉伯胶<sup>[25]</sup>等。近年来也有关于新的凝聚过程的报道,Vasishtha 等人<sup>[26]</sup>改进了传统的复凝聚过程,在复凝聚过程的不同阶段加入特定的结构剂从而可以得到不同形式的微胶囊。然而尽管凝聚法有着无可比拟的优势,但该技术所需费用非常昂贵操作起来也复杂,而且乳化和凝聚过程中壁材的最佳浓度不好统一,因为乳化过程的最佳浓度往往和高包埋率所需的浓度不同<sup>[27]</sup>。凝聚法包埋香精还容易造成挥发组分的蒸发、活性成分的溶解以及因为部分芯材粘结在胶囊外而引起胶囊的氧化。而且因为复凝聚很不稳定,因此需要经常使用一种化学物质戊二醛作为交联剂,从而限制了其在食品上的应用。Soper

<sup>[17]</sup>等人曾用转谷氨酰胺酶作为交联剂,蛋白质为壁材包埋风味油,在 10 ℃、pH=7 条件下,把酶加入反应器中反应 16 h,即可得到微囊。这一方法可在低温下进行,特别适合于一些热敏性物料;交联剂安全无毒,适合食品工业要求;但是反应时间长,不适合工业生产,因此开发高效、稳定的交联酶、缩短壁材固化时间等方面有待进一步研究。

## 2.5 物理吸附

物理吸附可能是发展的最缓慢,研究最少的香精微胶囊技术之一,它是通过物理吸附的作用把香精吸附到具有很大表面积的微孔基质上。这些微孔基质作为吸附载体可以降低平衡汽压进而使吸附产生。由于受传统微孔基质(活性碳、硅藻土)的限制,这种技术一度被认为在食品工业上不可行,然而只有这种技术便于对香精胶囊的可控释放平衡进行动力学研究,而且该技术包埋后的香精在解吸过程中几乎能够维持常数释放。该技术的关键是寻找创造具有足够大的表面积的微孔基质来吸附香精分子。

蔗糖一直被视为理想的吸附载体,早期的物理吸附包埋香精都是使用经过处理过的蔗糖结晶或蔗糖混合物。近年来陆续发现了新的微孔载体,其表面积可达到几百  $\text{m}^2/\text{g}$ 。玉米淀粉经脱脂和乙醇干燥后能够提高吸附香精分子的效率,该法得到的玉米淀粉表面积可大于 100  $\text{m}^2/\text{g}$ ,经乙醇脱水沉淀得到的海藻酸钠凝胶的表面积可达到 438  $\text{m}^2/\text{g}$ <sup>[28]</sup>。候信等人<sup>[29]</sup>采用二次聚合方法,以蔗糖为原料,制得聚蔗糖凝胶微球,微球分散性能优良,具有很好吸附性能和生物相容性。

## 2.6 玻璃化技术

近年来,采用玻璃化技术微胶囊化香精越来越受到国外的重视。所谓玻璃化微胶囊技术是指将芯材包封于玻璃态壁材中的一种微胶囊化方法。微胶囊化过程中,随着温度的变化,壁材可表现出玻璃态、高弹态和粘流态 3 种力学状态,玻璃态与高弹态之间的转变,称为玻璃化转变,玻璃化转变时对应的温度为玻璃化转变温度(glass transition temperature,  $t_g$ )。物质在  $t_g$  以下呈玻璃态,此时其自由体积非常之小,体系具有较大的粘度,高达  $10^{12} \sim 10^{14} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ,分子流动阻力较大,使得体系中的分子扩散速率很小,分子间相互接触和反应速率亦很小,加香产品中常见的氧化、褐变、风味散失等很缓慢。通过玻璃化微胶囊技术,将香精包封于玻璃态壁材中,可抑制香精的挥发损失、保护香精敏感成分、避免香精成分与其他食

品成分反应以及达到控制释放效果。玻璃化微胶囊技术是目前被认为最有前景的香精香料微胶囊化方法,特别适合于热敏性香精的包埋,目前国外约 100 余种风味剂通过这种方法包埋,产品稳定性好,风味滞留期可达 2~3a。瑞士 Firmenich 公司采用被认为全球最先进的 Durarome 玻璃化微囊技术已开发系列微胶囊香精,产品不需要使用抗氧化剂,仍具有超强的氧化稳定性,保质期可长达 4a,可以为顾客提供天然、健康、新鲜的产品。

玻璃化微胶囊技术的基本原理是首先将芯材微细化稳定分散于粘流态的壁材体系中,然后通过特殊的工艺在极短的时间使壁材从粘流态迅速转变成玻璃态包埋住分散其中微细化芯材。国内玻璃化微胶囊技术的研究还是空白。目前,国外主要是通过加热熔融的方法使壁材处于粘流态,然后迅速将芯材微细化分散其中,接着进行快速冷却,得到包含微细芯材的玻璃态壁材,实现玻璃化微胶囊包埋,这种方法需要特殊的挤出设备,物料挤出前需惰性气体保护、产品粒度大、加工成本高。

香精微胶囊的众多制备方法,其中大部分尚停留在发明专利上,没有形成工业规模生产,还有部分可能因为涉及到商业机密而未见报道,目前已应用于食品工业、医药工业、化学工业等人类生活生产中的只是很少的一部分。

## 2.8 其他技术

喷雾冻凝和喷雾冷却法,其基本过程和喷雾干燥相似,不同的是其过程无水分的蒸发。基本原理是在喷雾时降低温度,使表面液体转变为固体,形成固体颗粒,主要适用于壁材是植物油、脂肪和蜡的微胶囊生产。

流化床是一种几乎可以利用所有可用的壁材来包埋芯材的先进技术,包埋固体芯材最有效。多重乳状液法,用该方法包埋风味物质得到的是液体微胶囊。

旋转分离和离心共挤法的制备过程相似,都是雾化方法,旋转分离法是一种高效、实用的微囊技术,产量较高、设备简单可以安装在喷雾塔上;而离心共挤出法在生产大批量产品时条件要求高一些,在喷雾塔中需要安装多喷嘴设备。这 2 种方法制得的微囊产品具有良好的释放动力学特性,后者的产品释放速度较前者快,而较喷雾冻凝法慢。

超临界流体快速膨胀法/超临界抗溶技术是 2 种基于超临界流体(SCF)的新型微胶囊化方法,利用超

临界流体具有低粘度、低密度、高溶解力、高扩散力、高分散性等优点。超临界流体快速膨胀法(RESS)常用来包埋热敏性的物料,其过程与喷雾干燥法相似,超临界抗溶(SAS)技术适用于多数能在强有机溶剂中溶解的分子,而目前这一技术用于微胶囊化的研究不多。

海藻酸盐锐孔法能够在无菌环境中实现,且实验室操作简单,条件温和,几乎可以包埋所有性质的芯材,但是因为成本太高很难实现工业化生产。

微胶囊技术仅 2002 年就有 1 000 个专利申请得到批准,许多企业也对自己的专利技术进行贸易转让,但是他们中的绝大部分还停留在专利阶段,不适合工业化生产或是应用范围太狭隘。香精是一种有着特殊属性的物质,近年来更是有许多生物香精出现<sup>[30]</sup>,其生产贮存要求更为严格,应用领域更加广泛,所以在选择工艺路线的时候,不仅需要考虑到香精本身的特性,还要考虑所采用高聚物壁材的性质,香精应用在什么类型的产品中,能否满足产品加工的要求;应尽量避免高温操作,同时还需要考虑到操作的可行性与经济性,选择合适的香精胶囊制备技术。

## 3 发展趋势及展望

微胶囊技术是当今一项用途广泛而又发展迅速的新技术,虽然发展时间不长,但已给许多行业带来了极大的革新和进步,许多以前不能解决的问题,因该技术的出现迎刃而解。在微胶囊技术的发展历史过程中,美国对它的研究一直处于领先的地位,日本在 1960~1970 年代逐渐赶了上来,我国在这方面的研究中已落后于发达国家,应该深入研究芯材的释放机理,加强新型壁材的开发,努力设计新的工艺路线,结合其他高新技术,创造出更多的新型产品。香精香料运用微胶囊技术,在许多领域已得到实际应用和较为深入的研究,随着科学技术的进步,微胶囊技术将会越来越完善,其研究和应用领域将会得到很大的发展和提高。作者通过分析近年来的文献及专利,认为微胶囊香精制备技术将呈现如下趋势:

(1) 近年来随着蛋白原料在微胶囊壁材中使用的增多,以廉价蛋白的特殊属性为基础的新技术更受到学者们的关注。复凝聚和喷雾干燥一直以来基于蛋白研究的最多的微胶囊技术,但它们都有着很难改善的弊端。近来通过对蛋白进行变性处理进而实现芯材的胶囊化也越来越受到重视。通过高温高压的手段来处理蛋白包埋活性香精分子<sup>[31]</sup>,芯材损失小,

工艺步骤简单易于控制,得到的胶囊表面比喷雾干燥得到的胶囊光滑且无凹痕,只是该方法包埋的效率较低。蛋白原料一直是现代社会所承认的一种高附加值物质,所以弥补该类技术的缺陷应该是将来所研究的重点。

(2) 纳米微胶囊是纳米加工学和纳米材料学的科学综合,是一门交叉性学科。纳米胶囊有着众多独特的性质和广泛的应用领域,纳米香精微胶囊技术也将成为本世纪的另一闪光点,它的纳米级颗粒使其具备完美的分散性和融合性,也使其更适合应用在香精香料行业。因此设计新的技术来生产制造纳米微胶囊也引起了国内外学者的广泛关注<sup>[32~33]</sup>。

(3) 脂质体俘获技术是近年来引起人们极大兴趣的一种包覆形式,最早用于制药工业,现在也应用于食品工业,含水的脂质体被完全地包裹在磷脂膜内,当磷脂分散在含水介质中,即形成脂质体。这种方法既可以形成亲水也可以形成亲油的包裹着脂质体的胶囊材料。由于脂质体和人体表皮皮脂有十分类似的脂质组成,因此它在许多行业有着独特的应用,该技术制备的微胶囊可以具备更好的生物相容性和持香性。近年来已经越来越多地引起人们的重视。脂质体俘获技术是近十几年来研究者们关注最多的3种包埋技术之一<sup>[17]</sup>。

(4) 利用微生物为原料制备微胶囊也应该日益引起人们的重视,但是这方面的工作确开展不多。天然存在的微生物胶囊无毒、可生物降解、尺寸大小均匀,只要来源易得,成本就很低,英国在这方面走在世界前列,人们曾先后对纤维状真菌、原生虫、酵母菌等各类微生物进行研究,经过比较,发现以酵母菌做微胶囊原料的效果最好<sup>[34]</sup>。在崇尚回归自然的21世纪,天然绿色的产品更符合消费者的心里需求,关于生物香精的研究已日益增多,配合微生物合成的天然壁材料原料制得纯生物微胶囊制剂,必将在不久的将来拥有最广阔的市场。

(5) 寻找新的香精微胶囊生产方式的最直接的途径就是改善,演变应用于其他领域的高新技术。比如脂质体法广泛应用在医药行业,近年已经有学者设计出可行的方案使之应用于食品香精行业;由陶瓷工业演化而来的溶胶-凝胶体系,也很适合于香精分子的包埋,因为该技术能得到中空的拥有很薄壁膜的粒径很小的微胶囊而且操作条件特别温和,颗粒大小合适,原材料便宜,而且易于规模化生产。

## 参 考 文 献

- 1 孙宝国,何坚. 香精概论[M]. 北京:化学工业出版社,1996. 361~362
- 2 Raina C S, Singh S, Bawa A S, et al. Some characteristics of acetylated, cross-linked and dual modified Indian rice starches[J]. *European Food Research and Technology*, 2006, 223:561~570
- 3 冯国涛,单志华. 变性淀粉的种类及其应用研究[J]. *皮革化工*, 2005, 22(3):25~29
- 4 Tokufumi M, Tadanao F, Norimasa I, et al. Alginate and chitosan polyion complex hybrid fibers for scaffolds in ligament and tendon tissue engineering[J]. *Journal of Orthopaedic Science*, 2005, 10:302~307
- 5 Augustin M A, Sanguansri B. Microencapsulation of food ingredients[J]. *Food Australia*, 2001, 53:220~223
- 6 Wojciech K, Maciej Z, Jenny W, et al. Microencapsulation of fish oil by spray drying~impact on oxidative stability[J]. *European Food Research and Technology*, 2006, 222:336~342
- 7 Jimenez M, GAarcia S, Beristain C I. Spray-drying microencapsulation and oxidative stability of conjugated linoleic acid[J]. *European Food Research and Technology*, 2004, 219:588~592
- 8 龙明贵,栗春富,陈永梅,等. 变性淀粉应用于喷雾干燥微胶囊配料工艺探讨[J]. *中国调味品*, 2004, 11:5~8
- 9 Beristain C I, Garcin H S, Vernon E J. Spray-dried encapsulation of cardamom (elettaria cardamomum) essential oil with mesquite (prosopis juli-ora) gum[J]. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technology*, 2001, 34:398~401
- 10 Atanne M, Murieluriel J, Stephane D, et al. Flavour encapsulation and controlled release - a review[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2006, 41:1~21
- 11 阎师杰,吴彩娥. 核桃油微胶囊工艺的研究[J]. *农业工程学报*, 2003, 19(1):168~171
- 12 吴克刚,孔令会,武伟. 玻璃化微胶囊香精的研究[J]. *食品科学*, 2003, 24(11):84~88
- 13 Willett J L, Finkenshtadt V L. Reactive extrusion of starch-polyacrylamide graft copolymers using various Starches[J]. *Journal of Polymers and the Environment*, 2006, 14:125~129
- 14 Van B H. Encapsulation of sensitive components into a matrix to obtain discrete shelf-stable particles [P]. PCT WO, 01025414 A1. 2001-04-12
- 15 HAarz H P, Heinzl W, Schoner J T. Method for producing feed granulates containing enzymes[P]. PCT WO, 00036927 A1. 2000-09-02
- 16 王镜岩. 生物化学[M]. 北京:高等教育出版社, 2002. 40~41
- 17 Sebastien G. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 2004, 15:330~347
- 18 王潮霞,陈水林.  $\beta$ -环糊精香精微胶囊微观形态和包合机理[J]. *纺织学报*, 2005, 25(6):22~24
- 19 葛艳蕊,王奎涛,冯薇.  $\beta$ -环糊精玫瑰香精微胶囊的制备[J]. *河北科技大学学报*, 2004, 25(2):14~17
- 20 王潮霞,刘丽雅,陈水林.  $\beta$ -环糊精制备香精微胶囊的机理及其应用[J]. *印染助剂*, 2003, 20(4):5~7

- 21 Jegat C, Taverdet J L. Microencapsulation par coacervation complexe; influence de certains parametres sur la morphologie des Particules[J]. Annales des Falsifications de Expertise Chimique, 2001, 94: 103~113
- 22 Maugue M C, Legran J, Brujes L, et al. Gliadin matrices for microencapsulation processes by simple coacervation method[J]. Journal of Microencapsulation, 2002, 19: 377~384
- 23 Babak V G, Merkovich E A. Colloid-chemical aspects of the production of microcapsules and gel beads from insoluble surfactant-chitosan complexes [C]. In Proceeding from the 5th World Surfactant Congress, 2002: 657~663
- 24 Lazko J, Popineau Y, Legrand J. Soy glycinin microcapsules by simple coacervation method[J]. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2004, 37: 1~8
- 25 Schmitt C, Sanchez C, Despond S. Effect of protein aggregates on the complex coacervation between  $\beta$ -lactoglobulin and acacia gum at pH 4. 2[J]. Food Hydrocolloids, 2000, 14: 403~413
- 26 Vasishtha N, Schlameus H. Microencapsulation of oxygen or water sensitive materials[P]. US, 2005249952. 2005-11-10
- 27 Nakagawa K, Iwamoto S, Nakajima M, et al. Microchannel emulsification using gelatine and surfactant-free coacervate microencapsulation[J]. Journal of Colloids and Interface Science, 2004, 278: 198~205
- 28 Zeller B L, Saleeb F Z, Ludescher R D. Trends in development of porous carbohydrate food ingredients for use in flavor encapsulation[J]. Trends in Food Science and Technology, 1999, 9: 389~394
- 29 侯 信, 宋雪峰, 杨 晶, 等. 聚蔗糖凝胶微球的制备方法[P]. 中国, 2004100939162. 2005-07-13
- 30 Maria A T, Leonardo R, Marcos F. Characterization of short chain fatty acid microcapsules produced by spray drying[J]. Materials Science and Engineering, 2004, 24: 653~658
- 31 Lee S J, Rosenberg M. Whey protein-based microcapsules prepared by double emulsification and heat gelation[J]. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 2000, 33: 80~88
- 32 叶 琳, 肖作兵. 纳米微胶囊技术及其应用[A]. 2006 年中国香料香精学术研讨会论文集[C]. 北京: 中国香料香精化妆品工业协会, 2006: 208~211
- 33 Yeshiqu, Wangchaoyang, Liuxinxing, et al. Multilayer nanocapsules of polysaccharide chitosan and alginate through layer-by-layer assembly directly on PS nanoparticles for release [J]. Journal of Biomaterials Science, 2005, 16: 909~923
- 34 梁治齐. 微胶囊技术及其应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999. 157~159

## Current Technologies and Trends of Preparation of Flavor Microcapsule

Yu Haiyan<sup>1,2</sup>, Yang jian<sup>2</sup>, Zhang Xing<sup>1</sup>

1(Department of Biologyengineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

2( Department of Applied Biological Engineering, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China )

**ABSTRACT** Microencapsulation is one of the most widely used high technologies in 21st century. The present review described the latest flavor encapsulation techniques in detail. The main trends of flavor microcapsule in the future were also pointed out, including the high quality products which can be obtained with inexpensive protein as the main wall material on the basis of nanometer and liposomes technology, and the natural microcapsules that can be prepared according to the microbiology and so on.

**Key words** flavor microcapsule, preparation, study, trend

行业动态

### 国家农业生物安全科学中心批准立项

2007 年 1 月 31 日, 国家发展改革委批复了“国家农业生物安全科学中心”项目建议书。

随着国际交往的日趋频繁和农业生物技术的快速发展, 危险性外来入侵有害生物、毁灭性高致病性植物病虫害和转基因生物潜在危险等农业生物安全问题已成为各国政府普遍关注的焦点, 关系到国家粮食安全、生态安全、公共安全及可持续发展。国家农业生物安全科学中心将依托中国农业科学院组建, 拟围绕提高我国农业生物安全领域的自主创新能力, 建设高致病性病原实验室、高危昆虫实验室、高危植物实验室等研究设施及农业生物安全信息分析和预警等设施, 重点开展农业危险性外来入侵生物、农业毁灭性高致病性生物和农业转基因生物安全的创新性理论、方法与防控新技术等方面的科学研究。中心建成后将对提高我国农业生物安全科学研究水平、有效防范和控制外来有害生物入侵, 促进我国经济和社会发展发挥重要作用。