

纳米微胶囊技术及其在植物精油中的应用

王 慧^{1,2}, 杨子明², 周 闯², 王 超², 李思东³, 李普旺^{2*}

(1. 华中农业大学, 武汉 430070; 2. 中国热带农业科学院农产品加工研究所, 湛江 524001;
3. 广东海洋大学, 湛江 524001)

摘要: 纳米微胶囊技术作为一门极具发展前景的新兴技术, 在各个行业领域都有其独特性和优越性, 尤其是在植物精油中的应用。本文对近年来国内外纳米微胶囊技术在植物精油中的研究进展进行了归纳总结。纳米微胶囊技术将液态的植物精油转变为固体形态, 有效地控制芳香植物精油缓释性能, 延长留香时间, 并在食品、化妆品、纺织领域有着广泛的应用。纳米微胶囊技术及其在植物精油中的应用研究获得了长足的发展, 展示出巨大的潜在市场应用前景, 但目前仍需要投入大量工作研究植物精油纳米微胶囊新型制备方法, 建立一套完整的实际可操作的系统来评价其性能, 寻找新型低廉环保无毒害的天然材料作为壁材, 以获取更具有应用价值的纳米微胶囊材料。

关键词: 纳米微胶囊; 植物精油; 制备; 应用

引言

纳米微胶囊技术(nanocapsule technology), 即由天然或人工合成的高分子物质制成粒径大小在 1 nm 到 100 nm 尺寸的材料包埋目标物质, 主要通过纳米复合材料、纳米乳化、纳米结构技术等来包裹微型物质的一门技术^[1]。采用纳米微胶囊技术形成的微小颗粒易于溶解, 分散在水中, 可改善被包裹物质的物理性质, 还可以提高被包埋对象抗氧化能力、热稳定性、货架期以及生物活性等, 并且能有效地控制芯材释放^[2]。这项技术由 20 世纪 30 年代大西洋渔业公司首先提出制备微胶囊技术专利申请, 随后逐步深入到医药、食品、纺织等多个领域中应用。纳米微胶囊化核心是保持内部芯材和壁材之间避免物理和化学反应, 并保持内部芯材理化性质稳定以及能在特定的条件下达到有效控释的效果^[3]。从植物中获取的天然精油是具有挥发性的物质, 借助纳米微胶囊技术可以有效地控制天然精油在特定条件下释放。Iman 等^[4]对纳米微胶囊在芯材缓释、控释上有针对性地进行了较为深入的研究, 即适时的、靶向性地释放被包埋的芯材, 以提高产品的成本效率。通过微型包埋技术, 可有效地降低植物精油分解、挥发和氧化速率, 并且延长留香时间, 为植物精油的多方面、深层次的开发利用提供了实际可行的技术支撑。

1 纳米微胶囊技术国内外研究进展

1.1 纳米微胶囊壁材

纳米微胶囊的壁材有很多种, 主要分为天然高分子物质、半人工合成物质、人工合成物质等材料, 要求壁材与芯材不发生物理化学反应, 且性质稳定, 不易受外界环境的影响, 来源广泛, 价格低廉等。Francesco 等^[5]配制天然成分的纳米乳剂包埋植物精油, 添加到果汁中以提高抗菌能力, 延长产品的货架期。天然壁材的优势在于稳定性强, 成膜效果好, 毒性较低, 但由此制备出的微胶囊机械强度相对较弱。天然和改性多糖是将活性成分微胶囊化常用的纳米载体。Fathi 等^[6]研究了天然高分子材料作为活性成

10. 14028/j. cnki. 1003-3726. 2018. 09. 006
收稿: 2017-12-26; 修回: 2018-07-30;
基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金资助项目(1630122017011, 1630122017009);
作者简介: 王慧(1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品功能材料研究;
* 通讯联系人, E-mail: puwangli@163. com.

分的包裹壁材制备纳米微胶囊,通过分析其在消化、吸收、代谢过程中纳米微胶囊在人体内发生的生理变化,以及生物利用率的情况。结果表明,在食品应用中最适合的纳米级载体材料是具有能与生物活性物质相互作用官能团的碳水化合物,以及具有生物相容性、可降解的蛋白质或脂质。半人工合成的材料主要有羧甲基纤维素、醋酸纤维素等。目前的研究较新颖的是将改性壳聚糖作为纳米微胶囊载体,Zhu^[7]采用改性的巯基化壳聚糖包埋药物,通过输送系统到达眼部,改性后的壳聚糖可以改善粘附性延长药物在眼部的停留时间。人工合成类材料作为载体的高分子物质主要有缩聚物、均聚物、共聚物类三种。目前应用较新的是对于天然高分子材料进行改性,大多通过接枝一些疏水或亲水性基团,以扩大天然高分子材料制备的纳米微胶囊产品应用范围。

1.2 纳米微胶囊释放机理

纳米微胶囊由于其粒径较小等特点,与传统微胶囊释放比更具有靶向性、控制释放等优势。在实际释放过程中,纳米微胶囊会受到很多因素的影响,如温度、pH 值、光照等,使得其无法均一稳定地释放芯材^[8]。纳米微胶囊的释放主要分为三种:第一种是扩散控释系统,芯材借助外界压力或内压从非生物降解性材料中释放,扩散后壁材仍然存在。扩散本身是由布朗运动引起随机的非定向运动。根据斯托克斯-爱因斯坦方程,扩散系数与扩散物的动态粘度以及半径成反比($D = \frac{kT}{6\pi\eta r}$)。根据 Einstein-Smoluchowski 方程,扩散距离平均值的平方等于扩散系数 D 与时间 t 的乘积($\langle x \rangle^2 = 2Dt$)^[9]。因此,扩散距离加倍会导致扩散时间增加 4 倍。扩散控释是氧化硅类物质为壁材纳米微胶囊的主要释放机制,硅聚合物在整个释放过程中不会侵蚀或吸收水分,纳米微胶囊半径、扩散系数、粘度、温度、pH 等将影响扩散过程;第二种侵蚀控制释放,该释放过程中纳米微胶囊的质量不断减少。纳米微胶囊的几何形状对释放动力学有较大影响。若材料侵蚀的速度恒定,纳米微胶囊的几何形状为薄膜片状或扁圆筒状,则芯材的释放速度较为恒定。当材料相同,纳米微胶囊的几何形状为球体或立方体时,其释放速率不恒定,并快速降解。此现象可用 Hixson-Crowell 方程来解释, $\sqrt[3]{M_t} = \sqrt[3]{M_o} - kt$,其中, M_t 为 t 时刻纳米微胶囊的剩余质量, M_o 为初始质量。侵蚀控释过程是可生物降解聚合物和脂质体纳米微胶囊的主要释放机制,在多数情况下,侵蚀速度不恒定,在释放后期会出现加速释放的情况^[10];第三种内部溶解溶胀控释系统,低溶解度化合物有其固有的低动力学溶解度。Noyes-Whitney 和 Nernst-Brunner 认为溶解速度取决于以下参数: $\frac{dM}{dt} = \frac{A \times D \times (C_{sat} - C_t)}{h}$, M 表示微胶囊溶解质量, A 是纳米微胶囊表面积, D 是微胶囊边界层中的扩散系数, C_{sat} 是饱和溶解度, C_t 是时间 t 处的溶解度, h 为边界层的厚度。溶解度低则 C_{sat} 值小,溶解度低的化合物则溶解缓慢^[11]。通过增加边界厚度,即制备粒径较大壁材较厚的纳米微胶囊以降低其相对比表面积,并增加其边界的粘度(如采用高粘度聚合物壳聚糖等),能减缓微胶囊的释放速率。

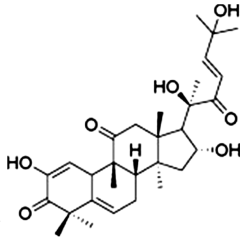
1.3 微胶囊的制备工艺

1.3.1 纳米层层自组装法 纳米层层自组装法又称为 LBL(Layer-by-Layer)技术,自 1996 年 Iler 提出该技术,现已经在制药、食品等各领域被广泛应用^[12~15]。采用层层自组装的方法,借助相反电荷的物质之间弱相互作用,自组装形成结构完整、性能稳定的微观粒子结构^[16]。自组装法制备的微胶囊在收集过程中易于团聚,导致分散性不好,需要加入一些表面活性剂对囊泡进行破坏析出,以得到分散性良好的微胶囊^[17]。Li 等^[18]通过纳米层层自组装等方式制备壳聚糖基层状硅酸盐纳米复合材料,利用带正电荷的壳聚糖复合材料和带有负电荷的牛血清蛋白之间的弱静电作用,可将牛血清蛋白负载在壳聚糖的衍生物上。自组装制备纳米微胶囊的优点主要体现在能从纳米级别上较为准确地控制微胶囊尺寸大小、组成成分、形态和囊壁厚度,且制备条件温和,操作简单。可采取溶解或加热灼烧的方法来去除纳米自组装制备出的微胶囊粒子的芯核部分,从而得到纳米微胶囊。宋丽洁等^[19]利用两亲性胆酸与羟乙基壳聚糖分子结合制得两亲性壳聚糖,使用动态光散射仪考察到两亲性壳聚糖自组装包埋维生素 A 形成纳米微胶囊,结果表明,胆酸化壳聚糖在水溶液中可有效包埋维生素 A,且能使该胶囊在中性环境中缓慢释放,

在食品和医药领域具有应用价值。该技术目前任处于研究初期,在壁材材料的选择和准确控制微胶囊外壳纹理和曲面形成及厚度上比普通成膜技术更有优势。除了传统的静电相互作用作为介导,也可利用其它类型材料相互作用,包括氢键、复合壁材不同成分之间的相互作用或酸碱反应。不仅扩大了壁材选择范围,还为采用该方法包埋不同类型生物分子,如核酸、蛋白质、多肽、脂质等,提供可能,将材料的结构范围扩大到从粒子结构到海绵、膜或纳米管等。

1.3.2 复合凝聚法 复合凝聚法是利用两种带有不同电荷的水溶性聚合物,经混合后发生凝聚反应再包埋芯材的一种方法^[20]。Jong 和 Kruyt 首先引入“复合凝聚”这一名词,该方法实际上是通过调节混合液体体系的 pH、温度、离子强度等,以降低壁材溶解度,使得其析出包埋芯材并加入交联剂固化^[21]。Voorn 和 Overbeek 首次提出准确控制外部参数静电相互作用,即可在蛋白质与多糖的混合物中实现复合凝聚^[22]。Siow 等^[23]利用 A 型和 B 型两种明胶分别与阿拉伯胶作为壁材,采用复合凝聚法对大蒜油进行包埋。研究表明,pH 对大蒜油的包埋率和装载效果影响最大。A 型明胶和 B 型明胶分别与阿拉伯胶在作为壁材时,在 pH 为 4.5 和 3.5 都出现了不同的包埋率。由复合凝聚法制得的纳米微胶囊在 45℃ 贮存 12 天,大蒜油状态良好,未出现初级或次级氧化。Arunkumar 等^[24]利用水溶性低的高分子量壳聚糖与叶黄素制备纳米微胶囊,通过原子力显微镜观察到包埋径粒在 80~600nm 之间。壳聚糖与叶黄素通过¹H 和¹³C 之间的相互作用连接,每 7 个壳聚糖链之间存在一个叶黄素分子,形成具有可逆弱键力的纳米粒子。流变性能是影响凝聚层形成的重要参数,适度加热,可通过去溶剂化和交联作用来改善其凝聚能力^[25]。针对亲水性化合物用次方法包埋受限制问题上,开始采用双重乳化技术。此外,含有脂质提取物的纳米微胶囊氧化稳定性,如具有抗氧化性能的壳聚糖,可以通过改变交联参数和增强不同聚合物的利用率。由生物可降解材料制备的复合凝聚物备受关注,但关于其应用以及复杂的凝聚过程还需进行进一步研究。

1.3.3 沉淀技术 沉淀技术实际上是将聚合物溶解在有机溶剂中,再加入疏水性表面活性剂和芯材,通过不断搅拌,缓慢倒入亲水性表面活性剂的溶液中。聚合物在疏水溶剂表面附集成胶体状的悬浮液,洗涤除去有机溶剂后,得到纳米级微胶囊胶体^[26]。自 1998 年,Govender 等^[27]通过界面沉淀法解决了产品水溶性较低的缺陷,水相在 pH=9.3 左右的芯材包埋率由 65.1% 增加到 93.4%。在沉淀过程中,添加稳定剂起着防止乳滴聚集和沉淀的重要作用。Zhou 等^[28]采用四氢呋喃作为溶剂制备亚微米大小的聚合物囊泡,发现传统纳米沉淀法不能从嵌段共聚物中产生囊泡。通过提升温度并通过膜再水化法辅助



纳米沉淀法以获得囊泡,认为高温是使得四氢呋喃快速蒸发的关键。葫芦素 I () 是一种极具疏水性分子,Alshamsan^[29]通过研究发现,乳液纳米沉淀技术颗粒负载较为复杂,经乳化后葫芦素 I 随有机溶剂逸出到水相中,导致载体的包埋率显著降低,通过纳米沉淀法制备的纳米微胶囊包埋效率最高可为 48.79%。Chopra 等^[30]研究发现,纳米微胶囊对药物传送和控制释放有显著成效,但被包埋的胰岛素及部分蛋白质与缓冲溶液中的弱离子结合后,容易从纳米微胶囊中释放出来,则采此方法负载聚合物纳米颗粒仍具有挑战。通过螯合锌离子可优化纳米沉淀过程中胰岛素的负荷量,可增加到十倍以上,扩展了受限载体在纳米微胶囊中的应用。纳米沉淀技术是一种简单且可重复技术,已被广泛用于制备多种生物医学应用的聚合物纳米粒子^[31]。纳米沉淀制备亚微载体的优势,已被生物医学和农业领域许多研究证实。这些成就包括生物利用率的提高,具有更好的针对性和耐受性,持续通过生物屏障释放和增强对芯材的吸收等。但还需要在人体内进行测试,以及纳米沉淀技术的临床试用。

2 植物精油纳米微胶囊的应用

2.1 在食品中的应用

醇、醛、酯等挥发性化合物是食用植物精油中主要组成成分,并广泛应用。在食品加热和贮藏过程中,精油易遭到破坏或失去其特有气味。随着食品工业的不断发展,对天然香料的要求不断提高,对香料微胶囊化后能解决精油在溶解性差、易挥发等缺陷^[32]。将精油微胶囊化,精油可在特定条件下缓慢释放,能有减少敏感成分受到外界环境影响、阻止风味物质挥发以及将液态精油转化为固体状态,有利于精油储藏运输和使用,有效地减少其损失。Emanuele 等^[33]采用桉如树胶为壁材包埋桉树精油,制得的纳米颗粒具有抗李斯特氏菌和肠炎沙门氏菌活性。通过纳米粒度分析仪、热分析及 ζ 电位分析等检测手段,测得纳米颗粒尺寸在 27.7nm 到 432.67nm 之间,包埋效率从 24.89% 提高到 26.80%。研究表明,桉树精油与桉如树胶之间具有协同效应,且桉树精油纳米粒子具有作为天然食品防腐剂的功效。吴珺^[34]以明胶和阿拉伯胶为微胶囊壁材,生姜精油为芯材,研究了纳米微胶囊生姜精油的贮藏稳定性。结果表明,经过固化的生姜精油纳米微胶囊能在长时间内保持稳定,胶体溶液稳定,且无沉淀产生,与未经固化的纳米微胶囊相比,有较好的热稳定性,通过热重分析表征,固化后的纳米微胶囊明显提高了生姜精油耐热性,减缓了精油的挥发,可用于食品增香调料或作为功能性调味料,起到对人体保健和预防疾病等作用。

2.2 在日化品中的应用

纳米微胶囊在日化品中的应用主要集中在洗漱用品、家居用品、化妆品和护肤品等。在洗漱和洗涤剂中加入芳香类植物精油,不仅具有去污效果,还能赋予洗涤对象香味。与普通加香洗涤剂相比,含有芳香植物精油纳米微胶囊能避免洗涤剂在贮存和使用过程中与其它组分反应等造成的损失。在化妆品和护肤品方面,以纳米尺寸的微胶囊作为功能成分的载体,使得有效成分能够维持在有效浓度范围内,自动均匀地作用于人体皮肤组织^[35]。法国香奈儿出售的山茶花系列保湿精华液含有高浓度油脂,主要是利用透明微胶囊技术和传统乳化技术制得。对于一些高档的化妆品,要求在涂抹过程中无明显的颗粒感,纳米级微胶囊制备技术能有效地解决这一问题,并能按预想效果调控渗透到皮肤组织的物质的释放速度^[36]。将具有防辐射的物质纳米微胶囊化,添加到护肤品中,可防止紫外线等辐射对人体的影响^[37]。纳米微胶囊技术能使有效物质的浓度控制在理想范围内,减少人们涂抹次数,延长留香时间,因此能有效地避免化妆品及护肤品等对人体皮肤带来的不良影响。

2.3 在纺织品中的应用

随着人们消费和审美水平不断提高,未来销售市场对芳香纺织品的需求越来越高。传统制备芳香纺织品主要是通过普通吸附法和涂层等方法制得,但在洗涤后香味损失较大。通过引入纳米微胶囊技术,在印染布料时加入微胶囊,可使衣物保留较久的留香时间,因而产品具有可观经济价值^[38]。Rodrigues 等^[39]以聚氨酯为壁材,通过界面聚合法包裹柠檬精油,并填充到织物上。通过扫描电子显微镜(SEM)和 GC-FID-headspace 分析,经过 3000 次磨损循环柠檬精油损失 40%,9000 次磨损循环后损失 60%,证明该技术制得的产品在损耗下香味保持量较高。但柠檬精油味道强烈,不易直接附着在纤维上,且包埋率较低,可采用复合凝聚法以及原位聚合法共同制备纳米级微胶囊。三聚氰胺-甲醛和明胶-羧甲基纤维素具有较高耐热性和抗机械强度,可作为纳米微胶囊壁材添加到需要面对高温或户外活动所需的纺织品中。该技术不仅可以为纺织品带来芳香气味,还可添加具有抗菌和驱蚊效果的纳米微胶囊,使得纺织品具有更高附加值。邓凌云^[40]利用 SiO_2 作为壁材,采用硬模板法制备中空介孔二氧化硅负载柠檬精油,并运用于棉织物,结果发现,纳米级芳香微胶囊对微米级纤维素表面的粗糙化作用形成微/纳粗糙结构表面,再通过疏水处理可制备出芳香超疏水棉织物,研究发现,超疏水性能有效提高织物芳香缓释作用。植物精油纳米微胶化在纺织中的应用,不仅延长留香时间,更能作为一种良好的驱蚊剂或抑菌剂使

用。Ghayempour 和 Mortazavi 在竹炭和蚕丝混合面料中加入具有驱蚊效果的微胶囊精油,获得的防蚊织物展示出良好的驱蚊活性,并且具有高防紫外能力和耐磨性^[41]。

3 展望

纳米微胶囊技术是本世纪重点研究的高新技术之一,涉及物理、化学、干燥技术、纳米技术等多学科交叉。将该技术应用到植物精油中,能制备出具有环境友好、成分天然并具有生物活性的植物精油纳米微胶囊,使得其在食品、日化、纺织品中等方面都具有广泛的用途。目前就纳米微胶囊技术本身而言,技术本身的发展还需更进一步的研究。当前缺乏一套完整的实际可操作系统来评价纳米微胶囊的性能及其表征,需建立数学模型,有效地控制制备过程,以制得理想的纳米微胶囊产品。优化纳米微胶囊的制备工艺,积极寻找价格低廉、安全环保的微胶囊壁材进行开发利用,实现植物精油纳米微胶囊的工业化生产。另外,随着纳米科学技术的不断发展,人们对纳米微胶囊技术的不断深入研究及对植物精油利用的逐渐重视,对新的壁材、制备工艺、以及生产设备的研究不断开展,纳米微胶囊技术将带领植物精油打开更加广阔的应用领域,将其推向发展的巅峰。

参考文献:

- [1] Pereira M C, Oliveira D A, Hill L E, Zambiazzi R C, Borges C D, Vizzotto M, Mertens-Talcott S, Talcott S, Gomes C L. Food Chem, 2017, 240: 396~404.
- [2] 杨小兰, 袁娅, 谭玉荣, 夏春燕, 李富华, 明建. 食品科学, 2013, 34(21): 359~368.
- [3] Bakry A M, Abbas S, Ali B, Majeed H, Abouelwafa M Y, Mousa A, Li L. Compr Rev Food Sci Food Saf, 2016, 15(1): 143~182.
- [4] Katouzian I, Jafari S M. Trends Food Sci Technol, 2016, 53: 34~48.
- [5] Donsi F, Annunziata M, Sessa M, Sessa M, Ferrari G. LWT-Food Sci Technol, 2011, 44(9): 1908~1914.
- [6] Fathi M, Mozafari M R, Mohebbi M. Trends Food Sci Technol, 2012, 23(1): 13~27.
- [7] Xuan Z, Su M, Tang S, Shao H T, Ling S W, Xin F L, Fei H M, Ying H, Zhi R X. Mol Vis, 2012, 18: 1973~1982.
- [8] Karsten M, Eric L, Arne L, Stefan P. Hear Res, 2018, 03, 006.
- [9] Ayoob A M, Borenstein J T. Expert Opin Drug Deliv, 2015, 12(3): 465~79.
- [10] Siepmann J, Siepmann F. Int J Pharm, 2013, 453(1): 12~24.
- [11] 郭艳珍. 基于界面聚合合法的乙草胺微胶囊研制及其释放机理研究. 重庆: 西南大学硕士学位论文, 2014.
- [12] Yang Y, Wang S, Wang Y, Wang Y, Wang X H, Wang Q, Chen M W. Biotechnol Adv, 2014, 32(7): 1301.
- [13] 欧敏华, 张永德, 罗学刚, 张思月, 乔丹. 化工进展, 2017, 36(05): 1848~1854.
- [14] Iler R K. J Colloid Interf Sci, 1966, 21(6): 569~594.
- [15] Xin S, Li X, Wang Q, Huang R, Xu X L, Lei Z J, Deng H B. J Biomed Nanotechnol, 2014, 10(5): 803.
- [16] Acevedo-Fani A, Salvia-Trujillo L, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. Food Biophys, 2017: 1~10.
- [17] 王泽鑫, 吴晓云, 白小麦, 王琪, 谢丹华. 广州化工, 2017, 45(08): 64~66.
- [18] Li W, Xu R, Zheng L Q, Du J, Zhu Y L, Huang R, Deng H B. Carbohydr Polym, 2012, 90(4): 1656~63.
- [19] 宋丽洁, 郭谦, 李想, 黄晶晶, 胡梦欣. 食品科学, 2018, 34(5): 121~127.
- [20] Kizilay E, Kayitmazer A B, Dubin P L. Adv Colloid Interface Sci, 2011, 167(2): 24.
- [21] Eghbal N, Choudhary R. LWT-Food Sci Technol, 2018, 90: 254~264.
- [22] Overbeek J T G, Voorn M J. J Cell Physiol Suppl, 1957, 49(S1): 7~22.
- [23] Leefong S, Cheesian O. J Food Process Technol, 2013, 04(1): 1.
- [24] Arunkumar R, Harish P K V, Baskaran V. Food Chem, 2013, 141(1): 327~337.
- [25] Devi N, Sarmah M, Khatun B, Maji T K. Adv Colloid Interfac, 2017, 239: 136~145.
- [26] 陶缘, 张文娟, 王亚军, 陈建初. 食品与发酵工业, 2014, 40(01): 174~179.
- [27] Govender T, Stolnik S, Garnett M C, Illum L, Davis S S. J Control Release, 1999, 57(2): 171~185.
- [28] Zhou J, Ni R, Ying C. Rsc Adv, 2017, 7: 17997~18000.
- [29] Alshamsan A. Saudi Pharmaceutical Journal Spj the Official Publication of the Saudi Pharmaceutical Society, 2014, 22(3): 219~222.

- [30] Chopra S, Bertrand N, Lim J M, Wang A, Farokhzad O C, Karnik R. ACS Appl Mater Interfaces, 2017, 9(13): 11440~11450.
- [31] Martínez R C J, Tarhini M, Badri W, Miladi K, Hélène G G, Nazar Q A, Rodríguez S A G, Román R A, Fessi H, Elaissari A. Int J Pharm, 2017, 532(1): 66.
- [32] 何磊, 胡静, 肖作兵. 食品工业, 2017, 38(10): 260~264.
- [33] Herculanó E D, Paula H C B D, Figueiredo E A T D, Dias F G B, Pereira V A. LWT-Food Sci Technol, 2015, 61(2): 484~491.
- [34] 吴珺. 复合凝聚法可控制备生姜精油微/纳米胶囊. 无锡: 江南大学硕士学位论文, 2014.
- [35] 叶琳, 肖作兵. 香料香精化妆品, 2006, (4): 22~26.
- [36] 王德, 梁冰, 李党国. 黑龙江造纸, 2017, 45(2): 25~29.
- [37] 高合意, 李晋文, 陈正珍. 生物技术世界, 2015, (2): 184~186.
- [38] 王瑞, 廖艳芝, 王晓晴, 戴寅彝. 中国纤维, 2016, (9): 138~142.
- [39] Rodrigues S N, Fernandes I, Martins I M, Mata V G, Barreiro F, Rodrigues A E. Ind Eng Chem Res, 2008, 47(12): 4142~4147.
- [40] 邓凌云. 缓释芳香纳米微胶囊的制备及其应用研究. 西安: 陕西科技大学硕士学位论文, 2017.
- [41] Mortazavi S G S M. J Essent Oil Res, 2014, 26(6): 492~498.

Nanocapsule Technology and Its Applications in Plant Essential Oil

WANG Hui^{1, 2}, YANG Zi-ming², ZHOU Chuang², WANG Chao², LI Si-dong³, LI Pu-wang^{2*}

(1. Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 2. Agricultural Products Processing Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang 524001, China;
3. Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524001, China)

Abstract: Nanocapsule technology is a very prospect emerging technology, which have its own uniqueness and superiority in different fields. summarize domestic and foreign literature review of nanocapsule technology in plant essential oils in recent years. Nano-microcapsule technology transforms liquid plant oils to solid and effectively controls aromatic plant oil to slow release propertie to extend the fragrant time. it's widely used in food, cosmetics and textiles industries. The application of nanocapsule technology in plant essential oils shows that plant essential oils have great potential market value. However, a great deal of work needs to be devoted to the research of new preparation methods of plant essential oil nanocapsules, and a complete and practical system is established to evaluate the properties of nanocapsules. The purpose of this study is to find low price environmental friendly and non-toxic wall materials to obtain more application value of nanocapsule material.

Key words: Nanocapsule; Plant essential oil; Preparation; Application