

学校编码: 10384
学号: X2010192010

分类号____密级____
UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

高载油量 DHA 藻油微胶囊粉制备

Microencapsulation research on the high content of DHA algal Oil

钟 惠 昌

指导教师姓名: 卢英华 教授

专 业 名 称: 化 学 工 程

论文提交日期: 年 月

论文答辩时间: 年 月

学位授予日期: 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2014 年 05 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

DHA 全名二十二碳六烯酸(Docosahexaenic Acid), 属于多元不饱和脂肪酸, 人体自身难以合成, 具有极高的营养价值和优良的保健功能。但其结构和性质很不稳定, 且不溶于水, 从而使其在食品、保健品、医药等多个领域中的应用受到极大限制。本研究以 DHA 藻油为原料, 制备高稳定性的 DHA 藻油微胶囊粉为目标, 系统考察 DHA 藻油抗氧化剂、乳化剂、DHA 藻油微胶囊壁材、乳化工艺及 DHA 藻油微胶囊粉的稳定性。为 DHA 藻油微胶囊粉的工业化生产奠定基础。

以过氧化值 (POV) 为指标, 采用单因素和正交设计实验对抗氧化剂组合进行优化, 获得最佳抗氧化剂组合: 柠檬酸 0.09%, 异抗坏血酸钠 0.04%, 天然维生素 E 0.1%。在此条件下 DHA 藻油的 POV 最低 0.31meq/kg, 降低了 48.46%, 有效减缓 DHA 藻油的氧化酸败。

以乳化液稳定性为指标, 通过单因素和中心组合实验优化 DHA 藻油的乳化液, 获得最佳乳化剂组合: 酪蛋白 1.76%, 单甘酯 2.14%。在此条件下 DHA 藻油乳化稳定性的实际值为 95.92%。

以表面油为指标, 通过单因素和 Box-Behnken 设计分别对 DHA 藻油微胶囊蛋白质壁材组合和 DHA 藻油微胶囊植物性壁材组合进行优化, 获得蛋白质壁材 DHA 藻油微胶囊粉最优配料: 乳清分离蛋白 31.5%, 阿拉伯胶 11%, 乳糖 5%, 麦芽糊精 13.6%, 芯材 DHA 藻油 35%。该条件下生产的微胶囊粉表面油含量 $0.28 \pm 0.15\%$ 低于 0.5%, 适合商品化大规模生产。符合欧美标准的最佳植物性壁材微胶囊粉配料: 变性淀粉 30.97%, 阿拉伯胶 4.47%, 白糖 10.74%, 麦芽糊精 13.64%, 芯材 DHA 藻油 36%。该条件下生产的微胶囊粉表面油含量 $0.59 \pm 0.13\%$ 。相比之下, 蛋白质壁材 DHA 藻油微胶囊粉的品质更佳。

以表面油作为指标, 通过单因素叠加法确定微胶囊粉的最佳乳化条件及喷雾干燥温度。获得最佳乳化工工艺条件: 乳化剪切力为 14000 rpm, 均质压力为 60Mpa, 均质次数为 3 次, 喷雾干燥进口温度为 200℃, 出口温度为 94℃。在此工艺条件下蛋白质壁材 DHA 藻油微胶囊粉的表面油达到最低值 0.22%, DHA 藻

油微胶囊粉质量最好。

以产品的过氧化值、表面油、DHA 保留率和气味感官为指标综合评估高载油量的 DHA 藻油微胶囊粉的稳定性。在 Schaal 烘箱法加速氧化下, 根据 Arrhenius 经验公式得出不同壁材产品的保质期均达到两年以上, 蛋白质壁材和植物性壁材的 DHA 藻油微胶囊粉均具有高的稳定性。

关键词: DHA 藻油 微胶囊 表面油 稳定性 壁材

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Docosahexaenic Acid (DHA) is polyunsaturated fatty acid with high nutritious value and excellent pharmaceutical function, the body cannot synthesize. But it is unstable and is difficult to dissolve in water. This extremely limits the utilizations of DHA in many fields such as food, health product, medicine processing. In this study, microcapsule was prepared by emulsification spray-drying using algal oil DHA as raw material. For stability of product, all the study concentrated on production technical, as a basis for industrial production of micro-algal oil microcapsules powder, systematic researches were carried out on DHA algal antioxidants, emulsifiers, wall material of micro-algal oil microcapsules, emulsification technology, and stability of micro-algal oil microcapsules.

Taking the peroxide value (POV) as index, the combination of antioxidant was optimized through signal factor and orthogonal experimental design. We got the best combination of antioxidant: the addition quantity of citric acid was 0.09%, the addition quantity of Sodium erythroblast was 0.04% the addition quantity of V_E was 0.1%. Under this condition, the lowest POV of DHA algal was 0.31 meq/kg decreased by 48.46%, the oxidative rancidity of the DHA in algal oil was significantly slowed down.

Taking the Stability of emulsion as index, the emulsifiers of DHA algal was optimized through signal factor and CCD design. We got the best combination of emulsifiers: the addition quantity of Casein was 1.76%, the addition quantity of Monoglyceride was 2.14%. Under this condition, the real value of emulsion stability was 95.92% can be obtained.

Taking the surface oil as index, the protein wall material and botanical wall material of micro-algal oil microcapsules were optimized respectively through signal factor and Box-Behnken design. We got the best combination of protein wall material: the addition quantity of Whey protein isolate was 31.5%, the addition quantity of Arabic gum was 11%, the addition quantity of Lactose was 5%, and the addition quantity of Mailto dextrin was 13.6%. The Core material of algal oil DHA was 35%. Under this condition, the surface oil of micro-algal oil microcapsules was $0.28 \pm 0.15\%$ below 0.5%. This plan calls for commercial-scale production. We got the best

combination of botanical wall material which was based on the Standard of American-European: the addition quantity of Modified Starch was 30.97%, the addition quantity of Arabic gum was 4.47%, the addition quantity of white sugar was 10.74%, and the addition quantity of Mailto dextrin was 13.64%. The Core material of algal oil DHA was 36%. Under this condition, the surface oil of micro-algal oil microcapsules was $0.59\pm 0.13\%$. In contrast, the quality of micro-algal oil microcapsules with protein wall material was bitter.

Taking the surface oil as index, emulsification technology and the sintering temperature were optimized through signal factor. We got the best emulsification technology and the sintering temperature: Shear emulsifying was 14000 rpm, Homogenization pressure was 60Mpa, Number of heterogeneous was 3 times Spray drying inlet temperature was 200°C Outlet temperature was 94°C . Under this condition, the surface oil of protein wall material micro-algal oil microcapsules was 0.22%, the best quality of DHA algal oil can be obtained.

The comprehensive assessment of product with the peroxide value (POV), the surface oil, retained DHA percentage odor sensory as index. In the accelerated oxidation under Schaal oven method, the shelf life for the products were calculated by Arrhenius equation to be more than two years, the products of different wall material owned a high stability.

Keywords: DHA algal oil microencapsulate surface oil stability
wall material

目 录	V
第 1 章 前 言	1
1.1 DHA 藻油	1
1.1.1 DHA 主要作用	1
1.1.2 DHA 的应用	3
1.1.3 国内外海洋微藻发酵生产 DHA 的状况	4
1.2 微胶囊概述	5
1.2.1 微胶囊定义	5
1.2.2 微胶囊技术的发展历史	5
1.2.3 微胶囊的主要作用	6
1.2.4 微胶囊技术在食品中的应用	7
1.2.5 微胶囊的制备方法	9
1.2.6 应用于功能性油脂微胶囊的食品级壁材	13
1.2.7 微胶囊技术的研究概述	15
1.2.8 未来发展方向及其存在问题	16
1.3 天然抗氧化剂在油脂中的应用	16
1.3.1 油脂氧化机理	16
1.3.2 油脂抗氧化机理	18
1.3.3 天然抗氧化剂的分类	19
1.4 食品乳化剂在油脂中的应用	20
1.4.1 食品乳化剂的特性及乳化机理	20
1.4.2 乳化剂的分类	21
1.4.3 乳化剂的选择依据	22
1.5 本课题的目的与意义	23
第 2 章 DHA 藻油抗氧化剂研究	24
2.1 实验试剂及仪器	24
2.2 实验方法	25
2.2.1 过氧化值 (POV) 的测定	25
2.2.2 抗氧化剂的选择	25
2.2.3 单因素实验	26

2.2.4 正交试验	26
2.3 结果与讨论.....	26
2.3.1 单因素实验结果.....	26
2.3.2 正交试验结果与分析.....	28
2.4 本章小结.....	29
第 3 章 乳化剂用量对乳化液稳定性影响	30
3.1 实验试剂及仪器	30
3.2 实验方法.....	30
3.2.1 乳化液稳定性检测.....	30
3.2.2 单因素的实验设计.....	31
3.2.3 中心组合的实验设计.....	31
3.3 结果与讨论.....	31
3.3.1 单因素实验结果.....	31
3.3.2 中心组合实验结果与分析.....	32
3.3.3 验证试验.....	34
3.4 本章小结.....	34
第 4 章 DHA 藻油微胶囊壁材的选择.....	35
4.1 实验试剂及仪器.....	35
4.2 实验方法.....	36
4.2.1 DHA 藻油微胶囊的制备.....	36
4.2.2 微胶囊粉表面油的测定.....	36
4.3 结果和讨论.....	36
4.3.1 微胶囊蛋白质壁材的单因素实验.....	36
4.3.2 微胶囊植物性壁材的单因素实验.....	38
4.3.3 响应面法优化 DHA 藻油胶微囊粉配方.....	40
4.4 本章小结.....	53
第 5 章 DHA 藻油微胶囊乳化工艺的优化.....	54
5.1 实验试剂及仪器.....	54
5.2 实验方法.....	54
5.2.1 表面油的检测.....	54
5.3 结果与讨论.....	54
5.3.1 乳化剪切力对微胶囊包埋效果的影响.....	54
5.3.2 均质压力对微胶囊包埋效果的影响.....	55

5.3.3 均质次数对微胶囊包埋效果的影响	55
5.3.4 喷雾干燥温度对微胶囊包埋效果的影响	56
5.4 本章小结	56
第 6 章 DHA 藻油微胶囊粉的稳定性研究	57
6.1 实验试剂及仪器	57
6.2 实验方法	57
6.2.1 过氧化值 (POV) 的测定	57
6.2.2 表面油的测定	57
6.2.3 DHA 保留率的测定	57
6.2.4 Schaal 烘箱法加速氧化测试和感官检验	58
6.2.5 DHA 藻油胶囊粉的中试制备工艺	58
6.3 结果与讨论	58
6.3.1 过氧化值和 DHA 保留率的变化情况	58
6.3.2 表面油的变化情况	59
6.3.3 气味和流动性的变化情况	60
6.3.4 产品保质期的预测	60
6.4 本章小结	60
第 7 章 结论	62
7.1 结论	62
参考文献	63
附件	68

第1章 前言

随着人们对 DHA 认识程度的日益提高,以及自我保健意识的增强,DHA 在食品、保健品、医药等领域的应用越来越广泛,使用量越来越大,尤其在食品行业和保健品行业。DHA 藻油是从单细胞海洋藻类(如裂壶藻、双鞭夹藻等)中提取的功能性油脂,其脂肪酸组成较为简单且 DHA 含量较高,几乎不含对婴幼儿生长发育有抑制作用的二十碳五烯酸(EPA)^[1],因而广泛应用于孕妇、哺乳期妇女、婴幼儿和儿童食品中。同时 DHA 属于 ω -3 多不饱和脂肪酸,含有六个活泼的双键,极易受光、氧、热、金属元素及自由基的影响而发生氧化,被氧化的 DHA 不仅失去了原有的营养和医药价值,且对人体有害^[2]。DHA 藻油微胶囊粉是以 DHA 藻油为原料,通过特定的工艺将壁材和 DHA 藻油包埋后制成粉末状 DHA 藻油产品。它既保持了 DHA 藻油的固有特性,又弥补了液态 DHA 藻油的不足之处,还增加一些新的特性。它的出现为 DHA 藻油制品工业生产朝着方便化,营养化和功能化方向发展,提供了性质稳定且营养价值高的优质原料。将 DHA 藻油粉末化,作为营养强化剂应用于各种食品中,扩大了 DHA 藻油的应用范围,提高 DHA 藻油的使用价值。

1.1 DHA 藻油

DHA, 又称为“脑黄金”,全名二十二碳六烯酸(Docosahexaenic Acid),分子式为 $C_{22}H_{32}O_2$, 分子量为 328.49, 是一种 Omega-3(ω -3)多元不饱和脂肪酸,人体自身难以合成,必须从外界摄取。在海洋食物链中脂肪酸的主要生产者海洋藻类,在许多植物性浮游生物和海藻中已发现含有高水平的 DHA,除了海洋藻类外,还发现有一些海洋微生物具有合成 DHA 的能力,特别是在某些低等的真菌和细菌的脂肪中含有丰富的 DHA(如 *Mucrales*、*Thaustochytrium*、*Schizochytrium*、*Entomophthora obsecyura* 等),其中一些海洋真菌的 DHA 含量尤为丰富,例如破囊壶菌(*Thraustochytrium aureum*)中的 DHA 占总脂肪酸含量的 34%,已经报道有它的 8 个属 30 多个种能够产 DHA。

1.1.1 DHA 主要作用

由于 DHA 分子中含有 6 个不饱和双键,这赋予了 DHA 许多重要的生理功能。

1.1.1.1 健脑益智

DHA 是大脑发育必不可少的物质之一，主要以磷脂的形式存在，约占脑细胞脂肪酸的 10%左右。研究表明：胎儿 DHA 补充不足可导致脑细胞生长和智力发育不全，从而产生弱智，严重缺乏 DHA 可能导致胎儿无法正常进行自身中枢神经系统控制的代谢^[3-5]。在胎儿时期，DHA 必须从母体获得，妇女在怀孕期间，如果 DHA 摄入量不足，会导致胎儿的脑细胞生长和发育不正常，严重的会产生弱智。因此，妊娠妇女需外源补充 DHA，以确保妊娠后期为胎儿大脑的快速发育提供充足的脂肪酸来源。

1.1.1.2 促进视神经的发育

DHA 不仅能够促进大脑的发育，对视神经的发育也具有重要作用。DHA 主要以磷脂形式存在视网膜细胞如视网膜光感受器细胞的膜磷脂酰乙醇胺中。动物研究证明，神经系统和视网膜中 DHA 积累不足，可以导致视网膜电流图波形改变及视觉灵敏度下降^[6,7]。

1.1.1.3 抗癌作用

研究表明，DHA 对癌细胞增殖具有较强的抑制作用。流行病学调查研究表明，以海产品为主食的爱斯基摩妇女患乳腺癌而死的人非常少，而鱼油中 DHA 含量非常丰富。Dustin 等发现 DHA 能抑制巨噬细胞的激活及具有杀伤肿瘤细胞的活性。DHA 还可降低治疗胃癌、膀胱癌、子宫癌等抗肿瘤药物的耐药性，并且高纯度 DHA 可抑制大肠粘膜上产生异常腺窝及抑制异常腺窝的生长^[8]。

1.1.1.4 预防和治疗动脉粥样硬化

人体血液中的低密度脂蛋白和极低密度脂蛋白往往促进血管平滑肌细胞增生，诱发动脉硬化和血栓的形成。DHA 的生理功能就在于可使人体血液中的血浆甘油三酯、总胆固醇、极低密度脂蛋白和低密度脂蛋白降低，增加高密度脂蛋白的含量，从而改善血液循环，降低血液黏度，增进胆固醇的排泄，降低血液中胆固醇的含量^[9]。

1.1.1.5 防治老年痴呆

老年痴呆有两种类型，一是脑血管型痴呆症，为血管堵塞或破裂，附近局部神经细胞死亡所致，出现一侧麻痹或语言障碍等症状；二是阿尔茨海默型痴呆症，为全脑神经细胞死亡所致，有记忆障碍、徘徊、絮语等症状，虽经多方研究，至今未有肯定的防治方法。日本群馬大学宫永等人 1995 年 7 月在东京“脑功能与 DHA”为主题的讨论会上报告，对 18 名老年痴呆症患者每日给予含 DHA 700~1400 毫克的胶囊，连续 6 个月，结果脑血管型痴呆和阿尔茨海默型痴呆的

症状改善率分别为 70%和 100%，这是 DHA 人体实验有效报告的首次报道。对于脑血管型痴呆，DHA 之所以有效，与 DHA 可预防血栓、预防动脉硬化的作用有关。阿尔茨海默型痴呆，则由于能使 DHA 缺乏状态的脑组织正常化，以及 DHA 抗炎作用改善脑内免疫反应所致。

除此之外 DHA 还有许多其他的重要生理功能，如提高免疫力，增强运动，抗炎，抑制衰老等。

1.1.2 DHA 的应用

1978 年 Dyerberg 发表爱斯基摩人尽管摄入大量的海洋脂类物质，但冠心病、心肌梗塞、血栓病等疾病的发病率却明显很低的流行病学新调查平均水平。从此以后 DHA 的研究迅猛发展，九十年代在日本东京召开的 DHA、EPA 研讨会，充分肯定了 DHA、EPA 对人体的特殊生理机能。DHA 更被有关专家誉为“脑黄金”而成为世人关注的热点之一。目前 DHA 已广泛应用于食品、医药、饲料工业等多个方面，关于 DHA 的一系列产品在市场上广受欢迎。

1.1.2.1 医药业中的应用

由于 DHA 有健脑益智、防治心血管疾病等重要生理作用，目前市场上有大量鱼油保健胶囊、胶丸出售，它们一般含 20%~80%的 DHA 和 EPA。日本将 DHA 作为医药品开发，主要用于改善脑机能，防治老年性痴呆症，改善皮肤炎症，抗脂肪血症状等。富含 DHA 等 ω -3 的鱼油已经开发为一种降血脂的药物：青岛双鲸药业有限公司的降血脂多烯康胶丸，每粒含 DHA200mg。沧州市海源生物制品有限公司出品的浓缩鱼油硬胶囊、浓缩鱼油软胶囊、浓缩鱼油微胶囊，DHA 等 ω -3PUFAs 含量在 50%以上。降血脂药神威牌多烯康胶丸， ω -3PUFAs 含量为 70%。鱼油已经被《美国医师用药手册 PDR》列为防治高血脂的第四类参考使用药物^[10]。

1.1.2.2 食品工业中的应用

日本在 1993 年用于食品工业的 DHA 原料已经达到 500 吨。由于婴儿和老人及少数特殊病人需强化 DHA 和 EPA 的摄入，目前国际上开发出了 DHA 婴儿奶粉、DHA 饮料，富含 DHA 和 EPA 的鸡蛋、罐头、鱼肉香肠、火腿、炼乳、豆腐乳、蛋黄酱、糖果、食用果胶、冷冻沙丁鱼等食品。广东轻工研究所研究开发上市儿童用的“脑灵通”、老人用的“心得宝”；北京发酵研究所开发出了“泽泪冲”鱼油精；长沙牛奶场研制了 DHA 鲜牛奶^[11]。

1.1.2.3 饲料工业中的应用

将富含 DHA 的多不饱和脂肪酸作为动物饲料添加剂在动物饲料中添加,不仅可以获得富集了多不饱和脂肪酸的蛋、奶和肉等,同时由于 DHA 所具有的在生物体内特殊的生理功能,还可以提高动物的健康水平、幼苗的成活率以及产品的品质。对于一些海产品如对虾、海鱼等, DHA 是必需的营养成分,养殖富含 DHA 的海藻并做成饵料,将大有前途。日本和我国给母鸡喂含有 DHA 的鱼粉,通过在母鸡喂食含有 DHA 的鱼粉,在母鸡体内消化吸收和再利用,大部分的 DHA 进入了蛋黄,并以磷酸酯的形式贮存在鸡蛋中,成为蛋黄油脂的重要成分,而且它被结合于甘油的 2 号位碳原子上,由于分子两边的空间屏障作用, DHA 不易被氧化,因此 DHA 蛋黄油的品质较稳定,比游离 DHA 的抗氧化稳定性高 50 倍以上,另外,磷脂也是一种很好的乳化剂,能使水和油乳化成均相液体,容易被人体吸收和利用。所以将 DHA 作为蛋鸡饲料的添加剂使用,使其主要以甘三酯存在的 DHA 在蛋鸡体内转化为以磷酸酯形式存在,是提高 DHA 的保存性、风味和生物活性有效的好方法^[12,13]。

1.1.3 国内外海洋微藻发酵生产 DHA 的状况

采用微生物发酵法生产 DHA 既可以满足消费市场需求,又可以克服利用鱼油提取 DHA 等 PUFAs 的过程中难以避免的弊端:(1)在鱼油的加工处理过程中加氢处理工艺导致了 PUFAs 产量降低;(2)鱼油中 PUFAs(主要是 DHA 和 EPA)的构成和含量随着鱼的种类、季节、产地的变化而变化,从而导致产品的质量难以控制;(3)鱼油中提取的 PUFAs 其胆固醇含量较高,并带有鱼腥异味,极大地影响了产品的品质;(4)鱼油中往往是 DHA 和 EPA 共存,而 EPA 对婴幼儿的发育有不良影响;(5)复杂的加工工艺导致了 PUFAs 的生产成本极为昂贵。

藻油是一种从单细胞海藻中提取得到的功能性油脂,其主要的功能活性成分是 DHA 等多不饱和脂肪酸^[14]。DeLong 和 Yayanos^[15]首次在原生生物中发现一种嗜冷细菌(海产弧菌 *vibriomarinus*)中有 DHA 的存在。Kyle 等^[16]发现 *Cryptocodinium cohnii* 是一种很好的生产 DHA 生产菌,在发酵罐中培养 60-90h 后可达到 40g/L 的最终培养浓度, *C.cohnii* 藻种的油含量为 15%-30%, DHA 占 20%-35%, DHA 日产量为 $1.2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 。姜悦^[17]以隐甲藻 *Cryptocodinium cohnii* ATCC305 作为菌种,进行培养基的优化和工艺研究,细胞干重达到 17.4g/L,细胞比生长速率达到 0.013/h, DHA 产量达到 996.20mg/L。

1.2 微胶囊概述

1.2.1 微胶囊定义

微胶囊是指利用天然或人工合成的高分子材料作为成膜材料研制而成的具有聚合物壁壳的微型容器或包装物。其大小在几微米至几百微米范围内（直径一般在5~200 μm ），需要通过显微镜才能观察到^[18]。

1.2.1.1 微胶囊芯材

芯材可以是油溶性、水溶性化合物或两者的混合物，其状态可为固体、液体或气体。囊芯与壁材的溶解性能必须是不同的，即水溶性囊芯只能用疏水性壁材包埋，而油溶性囊芯只能用水溶性壁材包埋^[19]。生物活性物质(如活性多糖、茶多酚、SOD等)、各种氨基酸、矿质元素、各种食用油脂、维生素、香精香料、各种酶制剂、防腐剂等食品成分均可作为芯材^[20,21]。此外，甜味剂、酒类、微生物细胞、色素等也都可以作为囊芯。

1.2.1.2 微胶囊壁材

作为微胶囊的壁材首先应该是没有毒性，并且符合国家食品和食品添加剂卫生标准，它必须性能稳定，不与芯材发生反应，具有一定强度，耐摩擦、耐挤压、耐热等性能^[22,23]。大多为天然或合成的高分子材料，最常用的壁材为植物胶，如阿拉伯胶、海藻酸钠、卡拉胶、琼脂等；淀粉及其衍生物，如各种类型的糊精、低聚糖；明胶、酪蛋白、大豆蛋白、及多种纤维素衍生物等也是很好的壁材原料^[24,25]。

1.2.2 微胶囊技术的发展历史

微胶囊概念最早是在上个世纪30年代提出来，美国大西洋海岸渔业公司最早申请了微胶囊专利。上个世纪50年代人们开始研究把合成高分子的聚合方法应用于微胶囊技术，使微胶囊的制备技术得到进一步的发展。微胶囊技术在复写纸工业得到第一次应用，美国NRC公司于1954年首次利用微胶囊技术研制成第一代无碳复写纸，使微胶囊技术得到了突飞猛进的发展^[26,27]。70年代该技术在世界范围内引起广泛关注，取得重大突破，并出现了各种微胶囊化方法；80年代后，随着新型壁材的开发和微胶囊化方法的创新，微胶囊技术的应用范围已越来越广^[28]。

我国在80年代中期引入微胶囊这一概念，经过几十年的开发研究现已成为一项用途广泛，技术含量高，经济效益显著的高新技术。在感光材料、医药、食品、化妆品、农药、生物制品、化学品等行业中得到成功应用，并正在不断扩展。

1.2.3 微胶囊的主要作用

微胶囊是通过特殊的方法,利用天然或人工合成的高分子材料,具有半透型或密封性囊膜将分散的固体、气体、液体包裹起来的微小离子。微胶囊的壁材将芯材与外界环境隔离开来,防止其受到外界环境的影响发生化学反应而破坏芯材的功能。其功能有:

1.改变物质的物理性质

液体物质经微胶囊化后转变成固体粉末状态,便于加工,运输和贮藏,而芯材仍为液态,不改变物质的化学反应性。也可以通过微胶囊化改变物质的密度和体积,如可以通过微胶囊化增加或减少物质的密度,或通过制成含空气或空心的微胶囊增加物质的体积,从而缩小不同物料之间的比重差异,增强混合的均匀性^[29]。

2.提高物质稳定性

某些物质对环境因素,如光、热、氧、水份等因素极其敏感,在这些因素的影响下化学性质不稳定,很容易与其发生化学反应氧化变质而失去物质特有的化学性质而导致产品变质^[30]。对于这些不稳定的敏感物质,经微胶囊化包裹起来后与环境隔绝开来,这样可以免受环境中的湿度、氧气、光、化学成分等不良因素对敏感物质的影响,提高物质的贮藏和加工时的稳定性并延长产品的货架寿命。

3.控制芯材释放

将某些物质需要在特定的时间和特定的位置才能发挥其作用,利用微胶囊化技术可以使活性物质在靶定位置发挥作用,有效地减少活性物质的使用量,节约成本提高产品附加值^[31]。如益生菌作为一种生物制剂能够改善肠道的微生态平衡,但是益生菌添加到发酵乳制品中后,在胃酸和胆盐的环境下其存活率会很快的下降,这极大地限制了益生菌的益生效果。通过微胶囊化,将益生菌包埋在壁材内,能有效地减少外界环境对益生菌损伤,提高益生菌活性^[32]。

4.屏蔽味道或气味

微胶囊化可以用于掩饰某些化合物的令人不愉快地味道。抗生素磺胺类药物苦味太大,微胶囊化可掩盖其苦味。氨基酸有维持机体生长发育平衡功能,能治疗肝病及乙基砷、苯中毒,但其奇特的臭味使人难以接受,微胶囊化后,就可掩盖其臭味。将有色泽和气味的中草药液微胶囊化后,可以掩蔽服用时的不良味道^[33]。

5.减少毒副作用

一些药物经微胶囊化后可以通过控制向消化系统的释放速度来减轻对肠胃副作用。长期服用氨苄青霉素对人体有严重的副作用,微胶囊化可弥补这一缺陷;

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库