

## 植物油脂微乳制备与应用研究进展

朱式业<sup>1</sup>, 李加兴<sup>1,2</sup>, 关智谋<sup>2</sup>, 黄 诚<sup>2</sup>, 熊武国<sup>3</sup>, 陈双平<sup>4</sup>

(1. 吉首大学 林产化工工程湖南省重点实验室, 湖南 张家界 427000; 2. 吉首大学 食品科学研究所, 湖南 吉首 416000;  
3. 湖南省澧县中医医院, 湖南 澧县 415500; 4. 湖南省优锰农业开发有限公司, 湖南 吉首 416000)

**摘要:**植物油脂微乳是一种透明或半透明的热力学稳定体系, 具有液滴粒径小、界面张力小、增溶能力强和生物相容环境温和等优点, 目前已在食品、日化产品、药物载体、生物柴油等领域得到广泛应用。综述了植物油脂微乳的形成机理、制备方法与理化性质, 重点介绍了国内外近年来对其应用研究进展, 并指出开发增溶活性物质及药效成分的微乳体系应深入研究的方向, 以期促进植物油脂微乳得到更为广泛的应用。

**关键词:**微乳; 植物油脂; 药物载体; 应用

中图分类号: TS225.1; TS224.8 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2018)10-0058-07

### Progress in preparation and application of vegetable oil – based microemulsion

ZHU Shiye<sup>1</sup>, LI Jiaying<sup>1,2</sup>, GUAN Zhimou<sup>2</sup>, HUANG Cheng<sup>2</sup>,  
XIONG Wuguo<sup>3</sup>, CHEN Shuangping<sup>4</sup>

(1. Key Laboratory of Hunan Forest Products and Chemical Industry Engineering, Jishou University, Zhangjiajie 427000, Hunan, China; 2. Institute of Food Science, Jishou University, Jishou 416000, Hunan, China; 3. Hunan Lixian Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lixian 415500, Hunan, China; 4. Hunan You Yi Agricultural Development Co., Ltd., Jishou 416000, Hunan, China)

**Abstract:** Vegetable oil – based microemulsion is a thermodynamically stable system of transparent or translucent, with many advantages of small droplet size, low interfacial tension, strong solubilization capacity, moderate biocompatible environment, etc., which has been widely applied in the fields of food, cosmetic products, drug carrier and biodiesel. The formation mechanism, preparation method and physicochemical property of vegetable oil – based microemulsion were introduced. Furthermore, the application progress on vegetable oil – based microemulsion at home and abroad were highlighted, and pointed out an all – important direction to be further studied on microemulsion systems containing the bioactive ingredients and medicinal composition in order to promote the more extensive application of vegetable oil – based microemulsion.

**Key words:** microemulsion; vegetable oil; drug carrier; application

微乳 (Microemulsion, ME) 是由水、油和双亲分

子按一定配比自发形成的各向同性、热力学稳定的、透明或半透明的分散体系, 粒径为 1 ~ 100 nm。微乳分为水包油 (O/W) 型、油包水 (W/O) 型和双连续型 3 种结构。与普通乳状液相比, 微乳能自发形成, 离心或长期放置不易发生分层, 属热力学稳定、澄清透明的溶液。而普通乳状液为热力学不稳定、外观不透明的溶液, 其粒径在 0.1 ~ 10 μm 之间, 易沉降、分层。

研究表明, 植物油脂除基本的营养功能外, 还具

收稿日期: 2017-12-20; 修回日期: 2018-01-30

基金项目: 湖南省科技厅重点研发计划项目 (2018NK2045); 吉首大学杜仲综合利用技术国家地方联合工程实验室开放基金项目 (NLE201702); 吉首大学本科生校级科研项目 (JDX17010)

作者简介: 朱式业 (1995), 男, 硕士研究生, 研究方向为植物资源开发利用与保健食品研究 (E-mail) 373429355@qq.com。

通信作者: 李加兴, 教授, 博士 (E-mail) jsljiaxing@163.com。

有广谱抑菌特性、降血脂、预防冠心病、抗氧化、抗癌、提高记忆力等功效<sup>[1-3]</sup>。由于植物油脂不溶于水、气味独特,且富含不饱和脂肪酸而易于氧化,因而常以其为油相制备微乳体系,目前已在日化产品、食品工业、药物载体、生物柴油、生物润滑油及纳米材料制备等领域得到广泛应用,有望成为热门且极具研究潜力的领域。本文综述了近年来国内外植物油脂微乳的制备方法与应用研究进展,并提出了下一步应深入开展的研究方向,为进一步研究开发及广泛应用植物油脂微乳提供参考。

## 1 植物油脂微乳形成机理、制备方法及理化特性

### 1.1 形成机理

关于微乳的自发形成机理,目前得到较普遍认可的理论有:胶束增溶理论、双重膜理论、几何排列理论以及R比(内聚能作用比值)理论等。

#### 1.1.1 胶束增溶理论

胶束增溶理论<sup>[4]</sup>认为微乳是由于油分子和水增溶到胶束中,胶束变大而溶胀到一定粒径即可形成。但该理论无法解释表面活性剂大于临界胶束浓度值(CMC)时即可产生增溶作用,而此时微乳并不一定形成。

#### 1.1.2 双重膜理论

双重膜理论<sup>[5]</sup>认为表面活性剂和助表面活性剂共同作用在水、油界面,产生负界面张力而形成混合膜,混合膜分别与水相、油相相互作用而形成微乳。该理论解释了微乳的形成及稳定性,但事实上一些非离子表面活性剂无需助表面活性剂即可形成微乳,因此仍有一定局限性。

#### 1.1.3 几何排列理论

在双重膜理论的基础上,Mitchell等<sup>[6]</sup>从双亲物聚集体中分子的几何排列考虑而提出几何排列理论,该理论认为界面膜本质上为双重膜,即极性的亲水基头和非极性的烷基链分别与水和油构成分开的均匀界面,其中水侧界面的极性头水化形成水化层,而在油侧界面的油分子则穿透到烷基链中。

#### 1.1.4 R比理论

与其他理论不同,R比理论直接从分子间相互作用出发,认为既然任何物质间都存在相互作用,那么表面活性剂必然同时与助表面活性剂、水和油存在相互作用,这些相互作用的叠加决定了界面膜的性质。该理论的核心是定义了内聚能作用比值,并将其变化与微乳的结构和性质相关联。

由于R比中各相因素随体系的组分、浓度、温度等变化,微乳体系的结构变化可体现在R比的变化上,因此R比理论成功地解释了微乳的相行为和

结构,相比其他理论更为完善<sup>[7]</sup>。虽然微乳的理论发展并不是十分成熟,但并不影响微乳技术的发展与应用。

### 1.2 制备方法

理论上,微乳是稳定的均匀分散体系,适当的组分配比就能自发形成,但外部因素可用来克服动力学障碍而加快微乳体系的形成,其主要制备方法有低能乳化法、相转变温度法和高压均质法。

#### 1.2.1 低能乳化法

低能乳化法是由各组分按一定比例并采取一定的加液顺序相混合,采用温和的方式如搅拌而形成微乳,如HLB法、盐度扫描法等。利用拟三元相图对微乳的相行为变化进行分析,其中不同组分的加入顺序会影响微乳的理化特性。

#### 1.2.2 相转变温度法(PIT)

相转变温度法是基于非离子表面活性剂对温度敏感度较高,温度的变化会影响表面活性剂的亲水、亲油性质而建立的方法。当处于相转变温度时,微乳粒径大小及表面张力都达到最小值;而低于相转变温度则形成O/W型微乳,反之形成W/O型微乳。

#### 1.2.3 高压均质法

需要一定外力如分散和均质化形成微乳,称为高压均质法。利用高压均质器进行乳化能顺利制备所需的微乳,并使减少表面活性剂的用量成为可能,但均质化过程中因能量丧失而导致乳化效率降低。

实际工作中,可根据制备微乳的设备、用途、产量等因素综合考虑,采取合适的方法。

### 1.3 理化特性及与普通乳状液的差异

#### 1.3.1 微乳的主要理化特性

微乳的特殊结构决定了其具有一些特殊的性质,见表1。

表1 微乳的主要理化特性

项目	指标
分散程度	分散程度大,分散相粒子均匀
分散相大小	在10~100 nm之间,远小于可见光波长(400~780 nm),外观呈透明或接近透明状
稳定性	热力学稳定体系,高速离心下不分层
增溶性	增溶量大,O/W型微乳对油的增溶量高达60%,取决于表面活性剂浓度,中相微乳能同时增溶水和油
界面张力	超低界面张力,低至 $10^{-3}$ ~ $10^{-4}$ mN/m
流动性	黏度低,流动性强

#### 1.3.2 微乳与普通乳状液的区别

微乳与普通乳状液一样有O/W型和W/O型

且含有大量不相溶液体,但两者之间存在本质的差别,详见表2。

表2 微乳和普通乳状液的区别

项目	普通乳状液	微乳
外观	混浊、不透明	透明或接近透明
质点大小	0.1 ~ 10 $\mu\text{m}$ , 分布不均匀	10 ~ 100 nm, 均匀分布
热力学稳定性	不稳定, 高速离心分层	稳定, 高速离心不分层
表面活性剂用量	较少, 一般无需助表面活性剂	较多, 需加助表面活性剂
与油、水混溶性	O/W 型与水混溶, W/O 型与油混溶	与油、水在一定范围内混溶
可稀释性	不可稀释	可无限稀释
制备	外界供能, 较难制备	自发形成, 易制备

## 2 植物油脂微乳应用研究进展

### 2.1 作为药物载体的应用

植物油脂微乳不仅具有热力学稳定性,形成的能量小而易于制备和长期保存,还具有黏度低而减少注射时疼痛、减少酶的降解、提高药物的稳定性和溶解性、胶束粒子小易吸收等特点。以植物油为油相,既能形成微乳区,又对药物溶解性大且可能具有协同作用,因此被广泛应用在临床治疗和药剂学科等领域<sup>[8]</sup>。

#### 2.1.1 直接以植物油脂作为药物或作为油相制备微乳体系

富含天然活性物质的植物油对人类疾病的预防和治疗有着巨大的潜力,同时微乳可防止活性物质的过早降解,控制释放,增加溶解性,从而提高活性物质的生物利用度<sup>[9]</sup>。张学明等<sup>[10]</sup>以药物沙棘油为油相制成沙棘油微乳,结果表明可节省材料,减少服用量,增强疗效,同时提高了沙棘油的生物利用度,也为疏水性药物口服药提供了新的前景。桂静芬<sup>[11]</sup>制备了紫苏子油微乳,并考察紫苏子油微乳在人工胃液及 pH 7.4 的人工肠液中的体外释放情况来模拟其在体内胃肠道的释放,表明将紫苏子油制成微乳可改善紫苏子油缓释控释作用。乔飞<sup>[12]</sup>构建了以鸭胆子油为油相的微乳体系,运用 MTT 法检测其对体外培养的 Hela 细胞的抑癌活性,表明随着微乳的浓度增大,作用时间延长,通过显微镜可观察到细胞形态发生破裂凋亡,鸭胆子油微乳比鸭胆子油乳的抑癌效果更好。Pessoa 等<sup>[13]</sup>研究发现,巴巴苏油微乳能提高血液中吞噬细胞的活力指数,从而增加吞噬细胞的杀菌活性,为免疫治疗领域提供了新的方法。

#### 2.1.2 W/O 型植物油脂微乳被用于增溶水溶性药

物及易水解药物

W/O 型微乳可延长药物的释放时间,起到缓释作用。徐志彬<sup>[14]</sup>将药物盐酸二甲双胍和愈创木酚甘油醚加入以茶油等植物油作油相制成的 W/O 型微乳,并测定微乳的理化特性及破乳后的药物含量,表明包封的药物对微乳的黏度和粒径无明显影响,而黏度和粒径受油相与乳化剂的影响较大;同时还研制出脂质体乳化器,降低了乳化体系中乳化剂浓度且比传统滴定法制备的微乳载药量提高了 3.3 倍。

#### 2.1.3 O/W 型植物油脂微乳可作为难溶性药物载体

微乳不仅可改善植物油脂天然活性成分的生物利用度,还具有增加难溶性药物溶解度、稳定性和生物利用度等优点。许多难溶性药物制成微乳后具有缓释和靶向作用。李萍等<sup>[15]</sup>制备了雷公藤红素-薏苡仁油 O/W 型微乳,其中薏苡仁油既为药物又兼作油相,同时对其抗肿瘤活性进行评价,结果表明微乳体系明显改善了中药雷公藤红素和薏苡仁油的溶解性,且两者联合用药具有协同抑制宫颈癌 Hela 细胞增殖作用。郭梦斐等<sup>[16]</sup>也制备了雷公藤红素-薏苡仁油微乳体系,并利用构建转铁蛋白和叶酸对其进行双靶修饰,极大提高了微乳的体外靶向抗肿瘤能力。Golmohammadzadeh 等<sup>[17]</sup>制备了盐酸雷洛昔芬(RLX)-芝麻油 O/W 型微乳,并对其理化特性进行研究,表明芝麻油在体内具有的雌激素样作用与 RLX 联合用药可提高药物的性能;相较于常规剂型,含 RLX 的微乳可改善和控制药物释放曲线。

以植物油为原料制成微乳体系从而替代乳剂将成为一种新型的药物传递系统,其粒径小、易吸收、黏度低、可减少注射时疼痛、制备方便以及成本低,将会对临床治疗及药剂学科的发展升级有积极且深远的影响。

### 2.2 在食品加工中的应用

微乳在食品领域应用的挑战性更高,由于食品原料的局限性,油相基于安全考虑一般选择可食用植物油脂,但天然存在的植物油脂大多由长链脂肪酸组成,不易形成微乳且适用于食品的表面活性剂种类、用量也有严格要求。植物油脂微乳形成过程中表面活性剂用量大,增加了微乳的毒性。1990 年 4 月,第 199 届美国化学年会(ACS Symposium)首次提出“食品级微乳液”概念,此后在食品领域中有越来越多的微乳作为食品配方的原料。植物油是人们通过膳食摄入不饱和脂肪酸、微量元素、 $V_E$  等活性物质最好的载体,微乳能解决这些功能因子存在的

气味差、水溶性差、易被氧化、利用率低和不稳定等缺点。

### 2.2.1 食品级植物油脂微乳配方研究

近年来,植物油脂微乳在食品领域方面的研究逐渐得到重视,国内外相关学者对植物油脂为油相的微乳体系进行了各组分分配比、种类、相变温度、pH及加料顺序等方面的研究,如沙棘油、大豆油、枸杞籽油、柚子籽油、橡胶籽油、月见草油、油茶籽油、椰子油和菜籽油微乳等<sup>[18-23]</sup>。同时以食品加工中常见的工艺条件为依据,考察了不同植物油脂微乳的稳定性和理化性质,为进一步扩大植物油脂在食品领域的应用范围提供技术与工艺参数。满妍妍等<sup>[24]</sup>对核桃油微乳的食品流变学特性进行了研究,得到微乳体系的稠度系数、流态指数,可准确判断体系的流体类型,对微乳的输送、搅拌、混合等过程具有重要指导意义。陈梦洁等<sup>[25]</sup>利用5种植物油制备了含茶多酚的反相微乳,表明含茶多酚的微乳能明显增强植物油的抗氧化能力,油相种类对微乳相行为影响不大,并推测可应用到大部分植物油中。

### 2.2.2 植物油脂微乳对食品加工工艺的改善

植物油脂微乳在食品加工过程中也有着广泛的应用。Ma等<sup>[26]</sup>研究发现,将大豆油作为抗菌性精油微乳的基础油能增加精油的含量,同时增强微乳的稀释性能,可扩大精油在食品抑菌剂领域的应用。程娟等<sup>[27]</sup>研究发现,以棕榈油为油相的微乳作为添加剂对速冻水饺的各项指标有显著改善,且10%微乳添加量对馒头的品质有明显影响。程玲云等<sup>[28]</sup>研制出含叶黄素的玉米油微乳,为拓展叶黄素在流体食品中的应用提供理论参考。

### 2.2.3 对食品成分的增溶作用

植物油脂微乳能增溶食品中的营养物质与不稳定的色素,并防止食品在加工与保藏中发生质量劣变,还可对活性物质进行可控释放。赵嘉敏<sup>[29]</sup>研究发现相较于MCT和丁酸乙酯为油相的微乳,大豆油微乳对姜辣素的饱和增溶量最大,能被水无限稀释且保持高稳定性,提高了姜黄素的生物利用度,适用于食品工业。马雪松<sup>[30]</sup>研制出稳定性良好的紫甘薯色素-玉米油微乳体系,紫甘薯色素含量达2.04%。江和源等<sup>[31]</sup>利用植物油为油相制备了含茶黄素的微乳,提高了茶黄素的稳定性和生物利用度。Lin等<sup>[32]</sup>研究发现大豆油微乳优于油酸乙酯微乳对姜黄素的增溶,且微乳面积增大,大豆油含量高。

在微乳形成过程中因乳化剂用量大而增加微乳体系的毒性,因此研制出“绿色”乳化剂是微乳在食

品领域中进行应用的关键。

### 2.3 在日化产品中的应用

#### 2.3.1 开发化妆品

近年来,由于微乳体系的稳定性,目前已经广泛应用于各类化妆品和疗效化妆品中。Garti等<sup>[33]</sup>在120℃下将番茄红素溶于荷荷巴油,然后降至50℃时与Brij 96V、乙醇和水制成含量400 mg/kg的番茄红素-荷荷巴油微乳,为番茄红素在化妆品中的应用提供了一种新的方法。王唯等<sup>[34]</sup>研制出以番茄籽油为原料的番茄籽油微乳,并对其制备工艺进行优化,为番茄籽油护肤品的开发提供了理论依据。冯海湾<sup>[35]</sup>利用荷荷巴油作为油相制成微乳,并将 $V_E$ 载入微乳,不仅提高了 $V_E$ 的溶解性,也对荷荷巴油起到保护作用,同时增强了两者的透皮作用,为疗效型微乳化妆品提供新的方法。代文豪等<sup>[36]</sup>首次构建高含量美藤果油的微乳,通过美藤果油与功能性橄榄油进行复配作油相制成微乳,其植物油含量达39.53%,微乳体系保留了植物油原有的香气,适合微乳化妆品的开发与应用。Ochiuz等<sup>[37]</sup>研制出红霉素-鳄梨油微乳,并对其进行体外释放研究,表明鳄梨油与红霉素有协同促进作用。

相比普通乳状液,植物油脂微乳具有以下明显特点:微乳粒径达纳米级别,具有润湿、扩散和高渗透率等特性而便于皮肤吸收;良好的增溶作用,各种活性物质、药物成分及脂溶性香精、护肤原料增溶于油相中,提高生物利用度,且产品无油腻感、无刺激性;光学透明,杂质的存在更易被发觉;比乳状液化妆品更具稳定性;植物油脂富含不饱和脂肪酸,易被皮肤吸收,具有功效明显、针对性强、长期使用无副作用等优点。因此,利用植物油脂开发安全温和的疗效化妆品是目前化妆品行业的热点和趋势。

#### 2.3.2 制备洗涤剂

抑菌性植物油脂微乳具有超低界面张力,能快速、有效地渗透到污垢中,去污能力优于普通洗涤剂,且其环境污染小。郭俊华<sup>[38]</sup>研制出含有抗菌、抑菌功能的橄榄油、澳洲坚果油、麦芽油等植物油脂的O/W型微乳沐浴露,并对其抑菌特性进行研究,结果表明微乳沐浴露表面张力小,极有利于功能性原料的吸收,采用的功能性植物油脂强化了其抑菌能力。大部分植物油脂中富含不饱和脂肪酸,能增加角质间脂质的流动性,提高药物的吸收且具有保护皮肤的作用。

国内外在微乳洗涤剂方面的应用非常少,因此功能性植物油脂微乳在洗涤剂方面有着广阔的应用前景。但其表面活性剂含量较高,部分表面活性剂

会产生副作用,尤其是较敏感肤质更为突出。因此,寻找绿色、环保的表面活性剂是加大植物油脂微乳在日化产品中应用的关键。

## 2.4 在其他方面的应用

### 2.4.1 开发微乳化“绿色”农药

由于农药的大量使用,不仅给环境和生态带来严重的污染与危害,而且也会对人类健康造成危害,因此“绿色”农药的需求日益强烈。一些植物油本身具有抗菌活性、高效低毒、抗菌谱广、良好的渗透性等特点,可代替甲苯、二甲苯等有机溶剂,如茶树油、棕榈油、亚麻籽油、紫苏子油、玉米油等<sup>[39-40]</sup>。一方面,微乳有利于难溶性药效成分在水中的稳定性,其次农药微乳粒子超微细并具有超低表面张力,增大了药效成分在植物叶面的铺展面积,减少在叶面的反弹,从而防止药效成分漂移。另一方面,微乳体系以水为连续相,抑制农药有效成分的挥发,使农药刺激性气味减小,同时降低了制剂对人体的危害。此外,可利用植物油脂微乳除去土壤中具有毒性、持久性和生物累积的有机氯农药,以减少对生态系统的不良影响。因此,以植物油为基质的微乳剂作为新型“绿色”农药及土壤修复制剂的开发有望得以广泛应用。刘楚玲<sup>[41]</sup>发明了一种植物油微乳型农药,该微乳体系将阿维菌素溶于大豆油和玉米油作复合油相,黄原胶为乳化剂,甘油为助乳化剂。张华传<sup>[42]</sup>发明了一种包含高效氯氰菊酯的植物油基微乳油,以大豆油和茶籽油为油基并混合氯氰菊酯原油制成微乳体系,结果表明添加的植物油具有广谱抑菌性能,并对氯氰菊酯原油有增效作用,同时减少了甲苯、二甲苯等有机溶剂的使用,提高了氯氰菊酯原油的生物利用度及生产、贮运及使用过程中的安全性。为增加印楝油生物利用度,减少大量有毒油乳剂对生物环境的危害,熊翼<sup>[43]</sup>研制出以印楝油为油相的 O/W 微乳体系并通过其对家兔杀灭疥螨活性进行实验,结果表明印楝油的微乳体系杀螨幼虫半数致死时间( $LT_{50}$ )为 89.66 min,短于其乳剂和液体石蜡溶液,印楝油微乳的经皮吸收能力和药效更强。Xu 等<sup>[44]</sup>也制备了 10% 印楝油微乳,且  $LT_{50}$  为 81.75 min,表明印楝油微乳具有高效的抗寄生虫活性。Saez 等<sup>[45]</sup>分别用 3 种植物油制成微乳,并评价其纳入到 M7 链霉菌对有机氯农药林丹的降解能力,表明大豆油微乳的加入使 M7 链霉菌对林丹的去除率达 87%,相比增长 50%。

目前,农药微乳剂在农业领域实际应用并不多见。一方面,单一的抑菌性植物油微乳体系的含油量太少,增溶药效成分少。另一方面,植物油农药微

乳剂的生物活性、安全性、药害特征及贮存稳定性等问题还有待通过理论和实践进一步深化和完善。

### 2.4.2 配制微乳生物燃油

近年来,随着能源短缺和环境污染的问题日益加剧,可再生资源的发展尤为重要。植物油脂作为一种无毒、可再生的燃料引起了人们的广泛关注。然而,高黏度的植物油脂限制了其长期应用。植物油脂微乳具有低黏度和环境友好等优点而被广泛应用于生物燃油领域。有研究表明<sup>[46]</sup>,在不同的油相组成(柴油和植物油混合物)中可获得新的微乳液系统,其性质表明有将其作为替代燃料的可能性。Attaphong 等<sup>[47]</sup>以扩展型羧酸酯类表面活性剂微乳化菜籽油与柴油的复合油相,研制出各相性能优异的微乳生物柴油,并考察了微乳体系各组分比例、温度等因素对其相行为和黏度的影响。Ren 等<sup>[48]</sup>研制出含蓖麻油/柴油燃料性质(WCD)的微乳体系,结果表明 WCD 微乳体系为具有较低黏度、环境友好的柴油燃料。Kibbey 等<sup>[49]</sup>研究发现,以植物油(菜籽油或棕榈仁油)/柴油/乙醇为原料研制的微乳生物柴油能明显降低植物油的黏度,提高生物利用度。

由于微乳的内部结构以及其形成机理还没有统一标准,且影响微乳化的因素具有多方面性,因此植物油脂微乳化在燃油领域的应用较少,微乳化生物柴油在燃烧性及制备工艺上还需进一步研究。此外,为防止生物柴油与食品工业争夺资源,利用廉价植物油、废弃餐饮油、非食用油及裂解油等原料制备微乳化燃油替代石油柴油必将是发展的趋势。

### 2.4.3 制备微乳润滑油与纳米材料

利用反相微乳法自身结构参数可调节的优点,可制备得到不同尺寸和形貌的纳米颗粒,是目前应用较多的合成纳米材料的方法。但是通常以易挥发的有机溶剂作为体系的非极性相,易造成环境污染。植物油具有可再生和可生物降解的巨大优势,不仅在生物燃油领域有广泛的应用,也是资源少且不环保的矿物油基润滑油的有效替代品。Gao 等<sup>[50]</sup>研制出可作润滑油的大豆油微乳体系,并在油相中合成了稳定且均匀分散的纳米级席夫碱及席夫碱铜配合物,并通过四球摩擦实验发现微乳体系能提高摩擦性能及抗菌性能。王爱丽<sup>[51]</sup>利用蓖麻油为油相的油包离子液体微乳体系成功地原位合成出纳米铜颗粒,并对微乳体系进行摩擦性能研究,表明纳米铜能改善植物油基非质子型离子液体微乳的润滑性能。随着人类环保意识的提高,矿物油造成的污染已经引起高度的关注,植物油脂微乳为制备安全、高

性能的润滑油纳米添加剂提供了新思路。

### 3 结束语

随着植物油脂微乳研究的不断深入,为开发可增溶活性物质及药效成分、更为稳定的微乳体系,以进一步发挥植物油脂微乳作为功能性成分载体的作用,围绕“绿色”表面活性剂的选择、毒理学评价、体内释放和吸收利用途径以及在空气、光照、湿度和温度条件影响下如何防止活性成分降解等方面开展深入研究,是将植物油脂微乳液应用于食品、化妆品、新型农药等领域的关键,而且将在药物载体、疗效型化妆品和生物柴油等新产品开发中发挥越来越重要的作用。

### 参考文献:

- [1] DOMÍNGUEZ - AVILA J A, ALVAREZ - PARRILLA E, LÓPEZ - DÍAZ J A, et al. The pecan nut (*Carya illinoensis*) and its oil and polyphenolic fractions differentially modulate lipid metabolism and the antioxidant enzyme activities in rats fed high - fat diets [J]. *Food Chem*, 2015, 168:529 - 537.
- [2] MCCUE P, SHETTY K. Health benefits of soy isoflavonoids and strategies for enhancement: a review[J]. *Crit Rev Food Sci*, 2004, 44(5):361 - 367.
- [3] 司茹, 郑梦思, 邹莉波. 美藤果油辅助改善小鼠记忆的功效[J]. *食品科学*, 2017, 38(9):202 - 206.
- [4] VARADARAJ R, BOCK J, VALINT P J, et al. Cheminform abstract: fundamental interfacial properties of alkyl - branched sulfate and ethoxy sulfate surfactants derived from guerbet alcohols. Part 2. dynamic surface tension[J]. *J Phys Chem*, 1991, 95(4): 1677 - 1679.
- [5] 崔正刚, 殷福珊. 微乳化技术及应用[M]. 北京:中国轻工业出版社, 1999.
- [6] MITCHELL D J, NINHAM B W. Micelles, vesicles and microemulsions[J]. *J Chem Soc Faraday Trans*, 1981, 77(4):601 - 629.
- [7] FANUN M. Oil type effect on diclofenac solubilization in mixed nonionic surfactants microemulsions [J]. *Colloid Surface A*, 2009, 343(1):75 - 82.
- [8] 王晓黎, 蒋雪涛. 微乳在药剂学上的应用[J]. *解放军药学学报*, 2000, 16(2):88 - 91.
- [9] XAVIER - JUNIOR F H. Microemulsion systems containing bioactive natural oils: an overview on the state of the art[J]. *Drug Dev Ind Pharm*, 2017, 43(5):700 - 714.
- [10] 张学明, 胡新颖. 沙棘油乳剂的制备研究[J]. *实用中医药杂志*, 2007, 23(4):261.
- [11] 桂静芬. 紫苏子油的冷/热榨法提取及其对黄嘌呤氧化酶的抑制作用[D]. 南昌:南昌大学, 2016.
- [12] 乔飞. 鸦胆子油微乳的处方研究及质量评价[D]. 广州:广东药学院, 2009.
- [13] PESSOA R S, FRANÇA E L, RIBEIRO E B, et al. Microemulsion of babassu oil as a natural product to improve human immune system function[J]. *Drug Des Dev Ther*, 2014, 9:21 - 31.
- [14] 徐志彬. 水溶性药物油包水微乳剂的制备工艺研究[D]. 天津:天津大学, 2006.
- [15] 李萍, 黄萌萌, 刘玉萍, 等. 雷公藤红素 - 薏苡仁油微乳的制备及其体外抗肿瘤活性评价[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2017, 23(6):1 - 6.
- [16] 郭梦斐, 瞿鼎, 王理想, 等. 转铁蛋白/叶酸双重修饰的薏苡仁油 - 雷公藤红素微乳制备及其体外靶向抗肿瘤研究[J]. *中草药*, 2017, 48(9):1748 - 1756.
- [17] GOLMOHAMMADZADEH S, FARHADIAN N, BIRIAEE A, et al. Preparation, characterization and in - vitro evaluation of microemulsion of raloxifene hydrochloride [J]. *Drug Dev Ind Pharm*, 2017, 43(10):1 - 18.
- [18] 黄芬, 唐年初, 郭贯新, 等. 食品级大豆油 W/O 微乳的制备研究[J]. *食品工业科技*, 2010(2):280 - 282.
- [19] 易海斌. 柚子籽油微乳的制备及质量评价[D]. 南昌:南昌大学, 2012.
- [20] 祖亭月. 橡胶籽油水酶法提取及其微乳液制备研究[D]. 江苏 无锡:江南大学, 2013.
- [21] 容欧, 吴雪辉, 龙婷, 等. 油茶籽油微乳的制备及其性质研究[J]. *中国油脂*, 2017, 42(3):7 - 11.
- [22] 鲁梦齐, 向东. 椰子油微乳的制备及其性质研究[J]. *食品与发酵工业*, 2017, 43(4):171 - 176.
- [23] ABBASI S, RADI M. Food grade microemulsion systems: canola oil/lecithin: *n* - propanol/water[J]. *Food Chem*, 2016, 194:972.
- [24] 满妍妍, 张丽君, 徐怀德, 等. 核桃油微乳流变学特性[J]. *中国食品学报*, 2015, 15(6):69 - 75.
- [25] 陈梦洁, 王道源, 李志勇, 等. 基于食用油为连续相的茶多酚反相微乳的制备[J]. *食品科学*, 2018, 39(6):39 - 44.
- [26] MA Q, ZHONG Q. Incorporation of soybean oil improves the dilutability of essential oil microemulsions[J]. *Food Res Int*, 2015, 71:118 - 125.
- [27] 程娟, 陈洁, 王春, 等. 微乳液对速冻水饺品质影响的研究[J]. *粮油加工*, 2010(5):42 - 44.
- [28] 程玲云, 黄国清, 肖军霞, 等. 水分散性叶黄素微乳的制备工艺研究[J]. *中国调味品*, 2014(12):85 - 89.
- [29] 赵嘉敏. 制备食品级吐温 - 80 微乳的研究[D]. 广州:华南理工大学, 2011.
- [30] 马雪松. 紫甘薯色素的微乳化和微胶囊化[D]. 天津:天津科技大学, 2015.
- [31] 江和源, 张建勇, 杨刘艳, 等. 一种茶黄素微乳的制备方法:CN105796493A[P]. 2016 - 07 - 27.
- [32] LIN C C, LIN H Y, CHI M H, et al. Preparation of curcumin microemulsions with food - grade soybean oil/leci-



- thin and their cytotoxicity on the HepG2 cell line [J]. Food Chem, 2014, 154(154):282-290.
- [33] GARTI N, SHEVACHMAN M, SHANI A. Solubilization of lycopene in jojoba oil microemulsion [J]. J Am Oil Chem Soc, 2004, 81(9):873-877.
- [34] 王唯, 刘德灿, 万银松, 等. 番茄籽油微乳制备工艺的研究[J]. 农产品加工, 2016(10):45-47.
- [35] 冯海湾. 载维生素 E 微乳透皮给药系统的构建及其在护肤品中的应用[D]. 广州:华南理工大学, 2015.
- [36] 代文豪, 梁钻好, 李璐, 等. 美藤果油微乳体系的构建[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(1):29-32.
- [37] OCHIUZ L, HORTOLOMEI M. Development of microemulsion dermal products based on avocado oil for topical administration[M] // Properties and Uses of Microemulsions. USA: Intech Open Access publisher, 2017.
- [38] 郭俊华. 功能性植物抑菌沐浴液的研制[J]. 中国洗涤用品工业, 2011(5):69-71.
- [39] 吴顿, 谢吉蓉, 宋琴, 等. 茶树油作为天然抗菌剂的研究进展[J]. 中国药学杂志, 2013, 48(21):1803-1807.
- [40] 黄琼辉, 林永, 邹华娇, 等. 植物油替代二甲苯对氨基阿维菌素苯甲酸盐在‘上海青’中的残留影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(5):356-361.
- [41] 刘楚玲. 一种植物油微乳型农药及其制备方法: CN105284793A[P]. 2016-02-03.
- [42] 张华传. 一种包含高效氯氰菊酯的植物油基微乳油及其制备方法: CN106942265A[P]. 2017-07-14.
- [43] 熊翼. 印楝油微乳的制备及其体外杀螨活性研究[D]. 四川雅安:四川农业大学, 2008.
- [44] XU J, FAN Q J, YIN Z Q, et al. The preparation of neem oil microemulsion (*Azadirachta indica*) and the comparison of acaricidal time between neem oil microemulsion and other formulations in vitro [J]. Vet Parasitol, 2010, 169(3/4):399.
- [45] SAEZ J M, CASILLAS G V, BENIMELI C S. Improvement of lindane removal by *Streptomyces* sp. M7 by using stable microemulsions [J]. Ecotox Environ Safe, 2017, 144:351-359.
- [46] DANTAS T N D C, SILVA A C D, NETO A A D. New microemulsion systems using diesel and vegetable oils [J]. Fuel, 2001, 80(1):75-81.
- [47] ATTAPHONG C, DO L, SABATINI D A. Vegetable oil-based microemulsions using carboxylate-based extended surfactants and their potential as an alternative renewable biofuel [J]. Fuel, 2012, 94(1):606-613.
- [48] REN Z, JIE L, YUAN X Z, et al. The formation of rhamnolipid-based water-containing castor oil/diesel microemulsions and their potentiality as green fuels [J]. Energ Fuel, 2014, 28(9):5864-5871.
- [49] KIBBEY T C G, CHEN L, DO L D, et al. Predicting the temperature-dependent viscosity of vegetable oil/diesel reverse microemulsion fuels [J]. Fuel, 2014, 116(1):432-437.
- [50] GAO X, LI J, GAO W. Study on preparation of modified lubricant containing nano-Schiff base and Schiff base copper complex in W/O microemulsion reactor [J]. Colloid J, 2009, 71(3):302-307.
- [51] 王爱丽. 植物油基非质子型离子液体微乳液体系研究[D]. 广州:华南理工大学, 2015.

· 广告 ·

## 上海久星导热油股份有限公司

上海股权托管交易中心挂牌 简称:久星股份 代码:E100341



久星导热油 导热永长久

二苯基甲苯化学合成导热油(沸点392℃)	Y-QQL第二代强力型清洗剂
单苯基化学合成导热油(纯度99%)	Y-XNJ导热油修复剂(黏度)
L-QC320合成导热油	LYM-225合成高温链条油
L-QC310导热油	LHM32、LHM46、LHM68抗磨液液压油
Y-QZX导热油在线清洗剂	C101合成电力电容器油

地址:上海茂兴路86号22D  
 总机:021-58708588  
 热线:4008-810-018  
 13331833379  
 网址:www.9xchem.com  
 邮编:200127



久星官方微信 久星官方网站