

油茶籽油的脂肪酸成分分析及其微胶囊化的制备

周丹¹, 汪杰¹, 彭银², 史庆龙², 葛发欢¹

(1. 中山大学药学院, 广东广州 510006) (2. 中山大学南沙研究院, 广东广州 511458)

摘要: 通过气相色谱-质谱法 (GC-MS), 对油茶籽油的脂肪酸成分进行分析, 油茶籽油中主要的脂肪酸成分为棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸等, 其中不饱和脂肪酸成分达 80% 以上。以大豆分离蛋白和麦芽糊精作为壁材, 采用喷雾干燥的方式对油茶籽油进行微胶囊化制备研究。通过单因素和正交实验, 考察了乳化温度、复合壁材配比、壁材浓度以及壁芯材配比等因素对微胶囊包埋率的影响, 优化出油茶籽油微胶囊制备的最佳工艺条件为: 乳化温度为 75 °C, 大豆分离蛋白和麦芽糊精的配比为 0.6, 壁材浓度为 13%, 壁芯材比例为 1.5:1。在上述条件下, 制备的油茶籽油微胶囊的包埋率达 83.83%。对油茶籽油微胶囊化产品进行相关检测和分析。扫描电镜 (SEM) 显示微胶囊化产品结构完整, 具有较好的包埋效果。微胶囊的粒径通过马尔文激光粒度仪测定为 8.43 μm。

关键词: 油茶籽油; 大豆分离蛋白; 麦芽糊精; 微胶囊; 气相色谱-质谱法

文章编号: 1673-9078(2018)04-137-142

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.04.022

Fatty Acid Analysis and Microcapsule Preparation of Camellia Oil

ZHOU Dan¹, WANG Jie¹, PENG Yin², SHI Qing-long², GE Fa-huan¹

(1. School of Pharmaceutical Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510006, China)

(2. Nansha Research Institute, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 511458, China)

Abstract: The fatty acid composition of camellia oil was analyzed by GC-MS. It was mainly composed of palmitate, stearic acid, oleic acid, linoleic acid and linolenic acid, of which the content of unsaturated fatty acid reached more than 80%. The microencapsulation of camellia oil was prepared by spraying drying using soybean protein isolate and maltodextrin as wall materials. The effects of emulsifying temperature, the ratio of SPI to MD, the wall materials concentrations, and the ratio of oil to wall materials on the encapsulation efficiency were examined based on single factor and orthogonal experiments. The optimum process conditions were as follows: emulsifying temperature 75 °C, SPI/MD 0.6, the wall materials concentrations 13%, and core material: wall material 1.5:1. Under the optimal conditions, the encapsulation efficiency of camellia oil microencapsulation was 83.83%. The structure of microcapsules was observed by a scanning electron microscope (SEM) and the size distribution of camellia oil microcapsules was 8.43 μm measured by a laser particle, which confirmed the structure integrity and better integrity of microcapsules.

Key words: camellia oil; soybean protein isolate; maltodextrin; microcapsules; gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

油茶籽油又名茶油、山茶油, 是从油茶树的种子中提取获得, 是我国特有的传统木本油脂^[1]。油茶籽油因其色、香、味独特, 营养价值丰富, 素有“东方橄榄油”、“油中珍品”等美誉^[2,3]。目前, 油茶籽油已被联合国粮农组织作为一种健康型高级食用植物油重点推广, 油茶籽油将越来越受到消费者的青睐^[4]。油茶籽油中不饱和脂肪酸成分高达 80% 以上, 其中油酸含量高达 60% 以上^[5,6], 可提高人体免疫力, 降低胆固醇, 预防心脑血管疾病。此外油茶籽油中含有维生素 E、植物甾醇和角鲨烯等多种有益人体健康的生物活

收稿日期: 2017-11-24

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFC1703102)

作者简介: 周丹 (1986-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 油脂加工及技术研究

通讯作者: 葛发欢 (1963-), 男, 教授, 研究方向: 中药现代提取分离技术

性成分^[7,8]。然而由于油茶籽油中不饱和脂肪酸含量高, 不饱和脂肪酸极易受环境中的空气、光照和水的影响, 发生氧化酸败现象, 产生有害物质, 从而使得油茶籽油的产品形式和推广应用受到极大限制^[9-11]。

微胶囊技术是在一定的条件下, 通过特定的壁材 (通常为天然或者合成的高分子材料) 将芯材 (可以是固体、液体或者气体) 包裹形成一种微型胶囊, 从而达到保护或者控制芯材的释放的技术^[12]。这种技术能够减少外界环境例如空气和光照等对芯材化学性质带来的改变, 也能掩蔽芯材的不良味道和色泽, 通过对其物理性质的改变, 以实现便于运输、保存和更好的应用的目的^[13,14]。本文通过 GC-MS 分析了油茶籽油的脂肪酸组成成分, 并采用大豆分离蛋白和麦芽糊精作为壁材来制备油茶籽油微胶囊, 考察了一系列单因素工艺条件对茶叶籽油微胶囊包埋率的影响, 并通

过设计正交实验考察了这些因素间的交互作用。此外,通过电镜扫描和粒度分析对微胶囊的形貌进行观察。

1 材料与方法

1.1 原料

油茶籽油,实验室采用超临界 CO₂ 萃取;大豆分离蛋白(食品级)、麦芽糊精(食品级),河南千志商贸有限公司。

正己烷(色谱纯),德国 Merck 公司;石油醚和乙醚均为分析纯化学试剂;纯化水。

1.2 仪器与设备

SD-25 喷雾干燥剂,无锡久平仪器有限公司;高压均质机,广州聚能生物科技有限公司;FA18 高剪切分散乳化机,弗鲁克(FLUKO)公司;RE-501 恒油水浴锅,上海予华仪器有限公司;TRACE 1300-ISQ 气相色谱质谱联用仪,美国 Thermo Fisher Scientific 公司;JSM-6330F 扫描电子显微镜,日本电子制造;Mastersizer2000 马尔文激光粒度分析仪。

1.3 试验方法

1.3.1 油茶籽油的脂肪酸成分 GC-MS 分析

脂肪酸甲酯化方法:称取 50 mg 的油茶籽油于 20 mL 的具塞试管中,加入 10 mL 的正己烷使样品完全溶解,然后加入 10 mL 的 0.5 mol/L 的氢氧化钾的甲醇溶液,充分振荡 2 min,静置 1 h,取上层清液进行气质检测^[21-23]。

色谱柱:TR-5MS 型 5%苯基聚硅烷弹性石英毛细管(60 m×0.25 mm×0.25 μm);升温程序:190 °C 开始,以 1 °C/min 升至 200 °C,以 0.5 °C/min 升至 210 °C,保留 3 min;载气(He)流速 1.0 mL/min,进样量 1 μL;分流比:100:1。

质谱条件:电子轰击离子源;电子能量 70 eV;传输线温度 250 °C;离子源温度 230 °C;质量扫描范围 m/z 25~500。

1.3.2 油茶籽油微胶囊的制备

以大豆分离蛋白和麦芽糊精作为壁材,油茶籽油为芯材。称取一定量的大豆分离蛋白和麦芽糊精混合均匀,溶于一定温度的水中,于水浴中不断的搅拌,形成壁材相。称取一定的量的油茶籽油,缓慢滴加到壁材相中,持续搅拌 1 h;采用高剪切分散机在 10000 r/min 的条件下剪切 5 min,乳状液经高压均质后喷雾干燥,即得茶叶籽油微胶囊产品。

1.3.3 测定方法

1.3.3.1 微胶囊包埋率的测定

微胶囊表面含油率的测定:准确称取 2 g 的油茶籽油微胶囊化产品于干净的锥形瓶中,将 30 mL 的石油醚加入锥形瓶内,振荡 5 min,过滤,并用 10 mL 的石油醚冲洗过滤物,合并滤液并转移至已知质量的蒸发皿中,将蒸发皿置于 70 °C 的水浴锅中,待滤液挥干后,干燥蒸发皿至恒重后称取质量^[15,16]。

微胶囊总含油率的测定:用无水乙醚作为溶剂,准确称取 2 g 的油茶籽油微胶囊化产品,加入 80 mL 无水乙醚,索氏提取 6 h,收集提取液于已知质量的蒸发皿中,挥去溶剂,干燥蒸发皿至恒重称取质量^[17,18]。

包埋率=(微胶囊总油质量-微胶囊表面油质量)/微胶囊总油质量*100%

1.3.3.2 影响油茶籽油微胶囊制备的单因素试验

(1) 乳化温度对包埋率的影响

大豆分离蛋白具备很好的乳化性能,还具有很好的适合喷雾干燥的低粘度性特性,麦芽糊精是一种淀粉水解物,价格便宜,溶解度好,还具备一定的抗氧化性,成为制备微胶囊的理想壁材,以大豆分离蛋白和麦芽糊精作为复合壁材,乳化温度为 50 °C、60 °C、70 °C、80 °C 和 90 °C 共 5 个水平,考察不同乳化温度包埋率的影响。大豆分离蛋白:麦芽糊精为 1:1,壁芯材比为 1.5:1,壁材浓度为 10%,均质压力为 50 MPa,均质两次,喷雾干燥的进风温度为 190 °C,出风温度 80 °C,进料速度 7.5 mL/min。

(2) 复合壁材对比对包埋率的影响

采用乳化温度为 80 °C,其他条件同上,壁芯材比为 1.5:1,壁材浓度为 10%,选取大豆分离蛋白与麦芽糊精配比为 0.4:1、0.6:1、0.8:1、1:1、1:0.8,考察不同大豆分离蛋白与麦芽糊精对比对包埋率的影响。

(3) 壁材浓度对包埋率的影响

采用乳化温度为 80 °C,大豆分离蛋白与麦芽糊精配比为 0.6:1,壁芯材比为 1.5:1,其他条件同上,选取壁材浓度为 4%、7%、10%、13%和 16%,考察不同壁材浓度对包埋率的影响。

(4) 壁芯材对比对包埋率的影响

采用乳化温度为 80 °C,大豆分离蛋白与麦芽糊精配比为 0.6:1,壁材浓度为 13%,其他条件同上,选择壁芯材配比为 0.8:1、1:1、1.25:1、1.5:1、1.75:1。

1.3.3.3 油茶籽油微胶囊制备的正交试验

为了确定油茶籽油微胶囊制备的最佳工艺条件,在单因素试验的基础上进行正交试验。以乳化温度、壁材配比、壁材浓度、壁芯材比例作为正交试验的 4 个考察因素,以微胶包埋率作为评价指数,进行四因素三水平的正交试验。

1.3.3.4 微胶囊微观结构的扫描电镜观察

采用扫描电镜(SEM)观察微胶囊的表面结构。将样品粘贴在贴有双面胶的样品台上, 喷金后用扫描电子显微镜观察微胶囊产品的表面结构, 加速电压为 15 kV^[19,20]。

1.3.3.5 微胶囊粒度分析

采用马尔文激光粒度仪观察微胶囊的粒径。通过干法制粒, 测微胶囊的粒径。

1.3.4 数据统计分析

通过软件“正交设计助手 IIS.1”对正交实验的结果进行统计分析, 优化出最佳的制备工艺, 并分析各因素对微胶囊包埋率影响的主次关系。

2 结果与讨论

2.1 油茶籽油脂脂肪酸成分分析

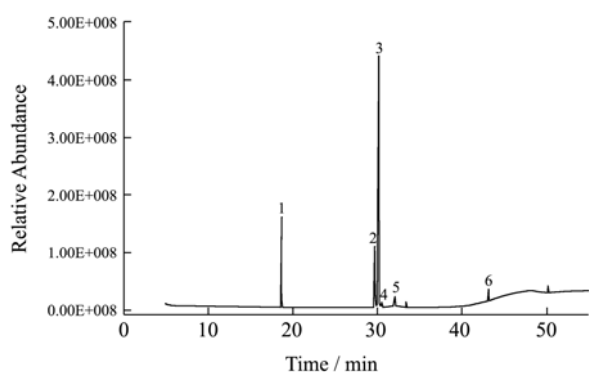


图1 油茶籽油的脂肪酸成分总离子流图

Fig.1 TIC profile of fatty acid composition of camellia oil

注: (1)棕榈酸, (2)亚油酸, (3)油酸, (4)亚麻酸, (5)硬脂酸, (6)9-二十碳烯酸。

表1 油茶籽油的脂肪酸组成

Table 1 fatty acid composition of camellia oil

编号	脂肪酸种类	含量%
1	棕榈酸 C _{16:0}	15.60
2	亚油酸 C _{18:2}	14.84
3	油酸 C _{18:1}	63.87
4	亚麻酸 C _{18:3}	0.72
5	硬脂酸 C _{18:0}	2.60
6	9-二十碳烯酸 C _{20:1}	1.48
7	不饱和脂肪酸	80.91
8	饱和脂肪酸	18.20

油茶籽油脂脂肪酸含量测定的总离子源图如图1所示, 结果如表1所示。由表1可知, 油茶籽油中含有主要的脂肪酸成分为棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸和亚麻酸。主要的不饱和脂肪酸成分为亚油酸和油酸。

2.2 单因素试验结果分析

2.2.1 乳化温度对包埋率的影响

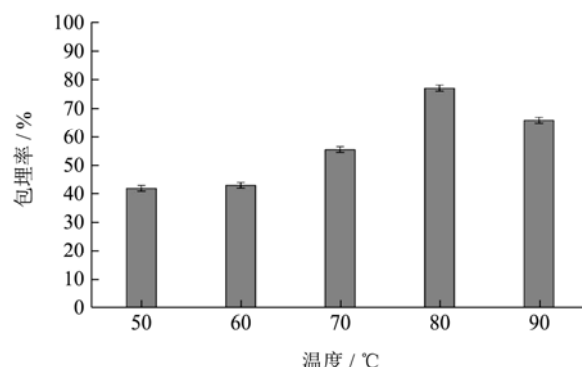


图2 乳化温度对包埋率的影响

Fig.2 Effect of different ratio of composite wall materials on encapsulation efficiency

以大豆分离蛋白和麦芽糊精作为复合壁材, 乳化温度为 50 °C、60 °C、70 °C、80 °C、90 °C 共 5 个水平, 考察不同乳化温度包埋率的影响, 结果如图 2 所示。由图 2 可知, 当乳化温度为 80 °C 时, 粉末油脂的包埋效果最好。当温度过低时, 壁材不能充分溶解, 乳化效果不好, 导致包埋率低; 当乳化温度过高时, 虽然壁材的溶解度大大提高, 但是过高的温度, 长时间的乳化会导致蛋白质的变性, 也会对包埋效果带来不利的影响。因此选择乳化温度为 80 °C。

2.2.2 复合壁材配比对包埋率的影响

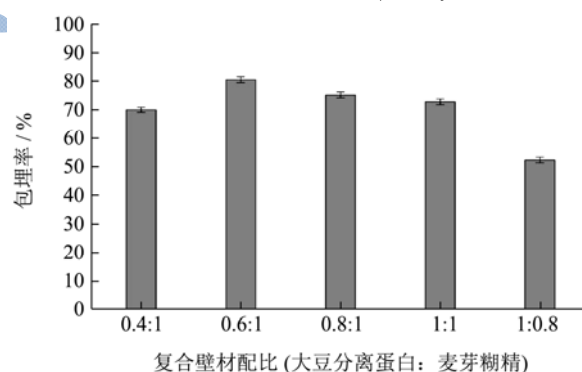


图3 复合壁材配比对包埋率的影响

Fig.3 Effect of different ratio of composite wall materials on encapsulation efficiency

由图 3 可知, 当大豆分离蛋白:麦芽糊精配比为 0.6:1 时, 微胶囊的包埋率是最高的。当大豆分离蛋白过高或者过低时对包埋效果都是不理想的, 因为大豆分离蛋白的含量过高时, 溶液的粘度过大, 若大豆分离蛋白含量过低时, 溶液的乳化性降低, 乳液就不够稳定。这两种情况都会导致微胶囊的包埋率降低。因此选择大豆分离蛋白与麦芽糊精的比为 0.6:1。

2.2.3 壁材浓度对包埋率的影响

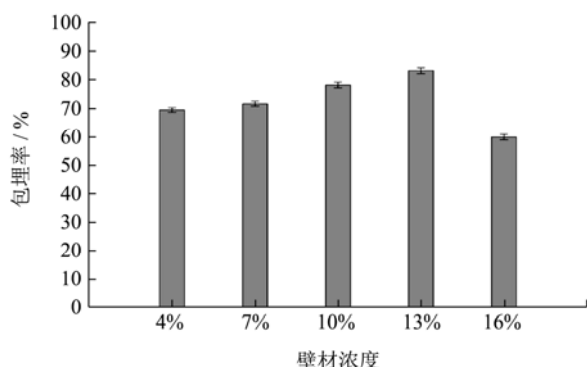


图4 壁材浓度对包埋率的影响

Fig.4 Effect of different wall material concentration on encapsulation efficiency

由图4可知,壁材浓度增大,微胶囊的包埋率也增大,当壁材的浓度为13%时,微胶囊的包埋率达到最大值,继续增加壁材的浓度,包埋率随之降低,这主要是由于随着固形物浓度的增大,溶液中的水分的比例减少,有利于干燥,从而加速囊壁的形成,当壁材的浓度过高时,喷雾干燥的过程的变得困难,从而导致包埋率的降低。因此选择壁材的浓度为13%。

2.2.4 壁芯材比对包埋率的影响

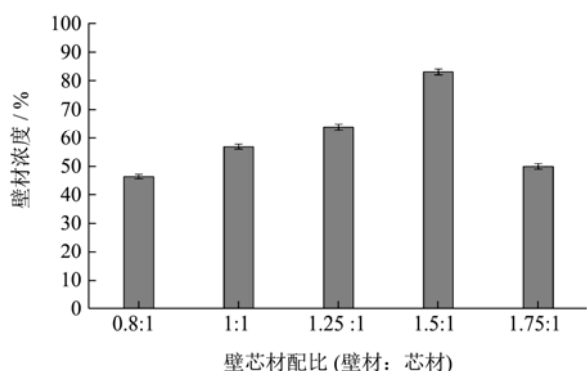


图5 壁芯材比对包埋率的影响

Fig.5 Effect of different ratio of wall core on encapsulation efficiency

由图5可知,壁芯材比对包埋率的影响主要表现在随着壁芯比浓度的随大,包埋率也随之增大,当壁芯比为1.5:1时,包埋率最大,但是随着壁芯比浓度的进一步增大,包埋率反而降低。芯材含量过高时,会有一部分的芯材无法被包埋,从而造成芯材的浪费,芯材含量过低时,芯材被包埋的效率会大量降低,壁材也得不到充分有效的利用。

2.3 正交实验设计

根据前期实验确定的工艺条件,选择乳化温度、壁材配比、壁材浓度、壁芯材比例作为影响因素,设计正交实验,如表2所示,以包埋率作为评价指数,

确定最佳的工艺条件。实验结果如表3所示。

从表3中找出最佳水平组合为第二组,即A₁B₂C₂D₂,其微胶囊包埋率为83.83%,是九组试验中包埋效果最好的。极差R表明影响油茶籽油微胶囊包埋率的因素主次关系为A>B>D>C,说明油茶籽油微胶囊油脂工艺条件中,因素A为最重要因素;其次分别是因素B和因素D,即复合壁材配比和壁芯材比例;因素C即壁材浓度对包埋率的影响相对较小。油茶籽油微胶囊的最佳工艺参数为A₁B₂C₂D₂,即:乳化温度为75℃,大豆分离蛋白和麦芽糊精的配比为0.6,壁材浓度为13%,壁芯材比例为1.5:1。

表2 油茶籽油微胶囊制备工艺的正交试验因素与水平

Table 2 Factors and levels of orthogonal test for camellia oil microcapsules preparation technology

水平	因素			
	A(乳化温度)	B(壁材配比)	C(壁材浓度)	D(壁芯比)
1	75	0.4	11	1.25
2	80	0.6	13	1.50
3	85	0.8	15	1.75

表3 油茶籽油微胶囊制备工艺的正交试验结果与分析

Table 3 Result and analysis of orthogonal test for camellia oil microcapsules preparation technology

实验号	A	B	C	D	包埋率/%
1	1	1	1	1	82.80
2	1	2	2	2	83.83
3	1	3	3	3	76.00
4	2	1	2	3	79.72
5	2	2	3	1	66.27
6	2	3	1	2	70.99
7	3	1	3	2	70.96
8	3	2	1	3	78.40
9	3	3	2	1	61.50
k ₁	80.876	77.827	77.397	70.189	
k ₂	72.328	76.167	75.017	75.263	
k ₃	70.288	69.498	71.078	78.040	
R	10.588	8.329	6.319	7.851	

2.4 微胶囊电镜观测

由图6可知,以大豆分离蛋白和麦芽糊精为壁材制备的油茶籽油微胶囊颗粒呈球状,表面致密,无裂痕,表面略有凹陷,一方面是在喷雾干燥的过程中,由于瞬间高温雾化,液滴在干燥的过程中受热不均匀;另一方面是干燥过程中,液滴中水分迁徙和表面张力的影响,导致壁材不均匀的收缩从而形成凹陷^[24-26]。

从图片可以看出制备出来的微胶囊结构良好,对油茶籽油有很好的包埋作用。

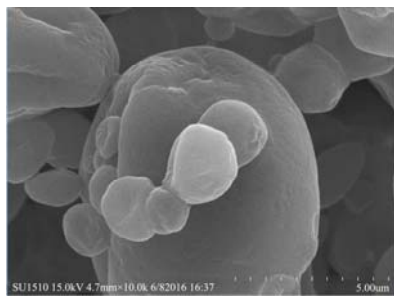


图6 微胶囊扫描电镜图

Fig.6 The scanning electron microscopy image of microcapsules

2.5 微胶囊粒度分析

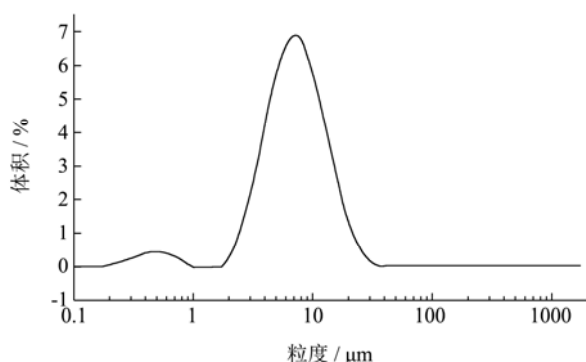


图7 油茶籽微胶囊粒径分析图

Fig.7 Particle diameter of camellia oil microcapsules

由图7可知,油茶籽油微胶囊的粒径分布主要分布在区域0.1~1 μm和2~40 μm,其中0.1~1 μm区域分布很少,这可能是在微胶囊贮备的过程中,发生了团聚的现象。在2~40 μm区域中,微胶囊的分布呈正态分布的形式。经过计算,可知微胶囊的平均粒径为8.43 μm,其中15 μm以内的所占比例为89.62%。

3 结论

本研究通过GC-MS分析了油茶籽油的脂肪酸成分。采用大豆分离蛋白和麦芽糊精作为壁材,以喷雾干燥微胶囊化方法制备油茶籽油微胶囊。通过在单因素试验的基础上进行4因素3水平的正交试验,在均质压力为50 MPa,均质两次,喷雾干燥的进风温度为190 ℃,出风温度80 ℃,进料速度7.5 mL/min的条件下制备油茶籽油微胶囊。确定了油茶籽油微胶囊制备的最佳工艺条件:乳化温度为80 ℃,复合壁材配比(大豆分离蛋白:麦芽糊精)为0.6:1,壁材浓度为13%,壁材和芯材比例为1.5:1。此条件下,包埋率可达83.83%。大豆分离蛋白和麦芽糊精作为壁材制备的微胶囊颗粒完整,结构致密,平均粒径为8.43 μm,具有一定的流散性,无异味。

参考文献

- [1] 王斌,王开良,童杰洁,等.我国油茶产业现状及发展对策[J].林业科技开发,2011,25(2):11-15
WANG Bin, WANG Kai-liang, TONG Jie-jie, et al. The present situation and development strategy of china's oil tea industry [J]. China Forestry Science and Technology, 2011, 25(2): 11-15
- [2] 姚小华.图说油茶高效生态栽培[M].杭州:浙江科学技术出版社,2009
YAO Xiao-hua. The plan says of oil tea's efficient and ecological cultivation [M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 2009
- [3] 马力.茶油与橄榄油营养价值的比较[J].粮食与食品工业,2007,14(6):19-21
MA Li. Comparison of nutritional value of tea oil and olive oil [J]. Food and Food Industry, 2007, 14(6): 19-21
- [4] 仲山民,杨凯,王超,等.不同种类油茶籽油的品质分析和比较[J].经济林研究,2015,33(2):26-33
ZHONG Shan-min, YANG Kai, WANG Chao, et al. Quality analysis and comparisons of different kinds of camellia oleifera seed oil [J]. Nonwood Forest Research, 2015, 33(2): 26-33
- [5] 张智敏,吴苏喜,刘瑞兴.制油工艺对油茶籽油营养品质的影响[J].食品科学,2013,34(11):268-272
ZHANG Zhi-min, WU Su-xi, LIU Rui-xing. Effect of production process on nutritional quality of camellia seed oil [J]. Food Science, 2013, 34(11): 268-272.
- [6] 陈兴誉,于修焯,虞剑泉,等.响应面分析法优化油茶籽油水剂法提取工艺[J].食品科学,2012,33(20):85-88
CHEN Xing-yu, YU Xiu-zhu, YU Jian-quan, et al. Optimization of aqueous extraction process for camellia seed oil by response surface methodology [J]. Food Science, 2012, 33(20): 85-88
- [7] 彭运清,吴楚银,吴登辉,等.油茶籽油的制备和精练工艺实践[J].中国油脂,2014,39(12):89-92
PENG Yun-qing, WU Chu-yin, WU Deng-hui, et al. Preparation and practice of oil tea seed oil [J]. China Oils and Fats, 2014, 39(12): 89-92
- [8] 汤富彬,沈丹玉,刘毅华,等.油茶籽油和橄榄油中主要化学成分分析[J].中国粮油学报,2013,28(7):108-113
TANG Fu-bin, SHEN Dan-yu, LIU Yi-hua, et al. Analysis of main chemical components in oil and olive oil [J]. Journal of Chinese Grain and Oil, 2013, 28(7): 108-113
- [9] 麻成金,吴竹青,黄伟,等.响应面法优化茶叶籽油超临界二

- 氧化碳萃取工艺[J].食品科学,2011,32(20):108-112
MA Cheng-jin, WU Zhu-qing, HUANG Wei, et al. Optimization of supercritical carbon dioxide extraction process for tea seed oil by using response surface methodology [J]. Food Science, 2011, 32(20): 108-112
- [10] Kaushik P, Doeling K, Barrow C J, et al. Microencapsulation of Omega-3 fatty acids: a review of microencapsulation and characterization methods [J]. J Funct. Foods, 2015, 19(B):868-881
- [11] 赵蕾蕾. 茶叶籽油提取方法及其抗氧化活性的研究[D].海口:海南大学,2013
ZHAO Lei-lei. Optimization of extraction by response surface methodology and study on the oxidative stability of oil from tea camellia seeds [D]. Haikou: Hainan University, 2013
- [12] 刘国艳,王兴国,金青哲.不同地区茶叶籽油活性成分的比较分析[J].中国油脂,2014,39(11):44-47
LIU Guo-yan, WANG Xing-guo, JIN Qing-zhe. Comparison of active constituents in tea seed oils from different areas [J]. China Oils and Fats, 2014, 39(11): 44-47
- [13] Wang B, Wang K L, Tong J J, et al. The present situation and development strategy of China's oil tea industry [J]. China Forestry Science and Technology, 2011, 25(2): 11-15
- [14] Martinez M L, Pencic M C, Ixtaina V, et al. Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of walnut oil under different storage conditions [J]. LWT-Food Sci. Technol., 2013, 51(1): 44-50
- [15] SILVA V M, VIEIRA G S, HUBINGER M D. Influence of different combinations of wall materials and homogenisation pressure on the microencapsulation of green coffee oil by spray drying [J]. Food Res. Int., 2014, 61(7): 132-134
- [16] 许时婴,张小鸣.微胶囊技术:原理与应用[M].北京:化学工业出版社,2006
XU Shi-ying, ZHANG Xiao-ming. Microencapsulation technology: principle and application [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006
- [17] 赵巍,王军,段长青,等.喷雾干燥法制备微胶囊化山葡萄籽油粉末油脂[J].中国粮油学报,2009,24(12):77-83
ZHAO Wei, WANG Jun, DUAN Chang-qing, et al. A spray drying method was used to prepare microcapsule grape seed oil powder oil [J]. Journal of Chinese Grain and Oil, 2009, 24(12): 77-83
- [18] 牛广财,朱丹,李志江,等.南瓜籽油微胶囊化的研究[J].中国农学通报,2007,23(9):81-81
NIU Guang-cai, ZHU Dan, LI Zhi-jiang, et al. Study on micro-encapsulation of pumpkin seed oil [J]. Chinese Agriculture Bulletin, 2007, 23(9): 81-81
- [19] 王顺民,薛正莲,余建斌,等.山核桃油微胶囊技术研究[J].食品工业科技,2012,33(1):268-271
WANG Shun-min, XUE Zheng-lian, YU Jian-bin, et al. Study on the microcapsule technology of walnut oil [J]. Food Industry Technology, 2012, 33(1): 268-271
- [20] 冯卫华,刘邻渭,许克勇.猕猴桃籽油微胶囊化技术研究[J].农业工程学报,2004,20(1):234-237
FENG Wei-hua, LIU Lin-wei, XU Ke-yong. Study on the microencapsulation of kiwifruit seed oil [J]. Journal of Agricultural Engineering, 2004, 20(1): 234-237
- [21] Ahn J H, Kim Y P, Lee Ym. Optimization of microencapsulation of seed oil by response surface methodology [J]. Food Chem., 2008, 107(1): 98-105
- [22] 孟凡冰,李云成,钟耕,等.灵芝孢子油的提取及脂肪酸检测[J].食品科学,2013,34(2):42-45
MENG Fan-bing, LI Yun-cheng, ZHONG Geng, et al. Extraction and fatty acid compositions analysis of spore oil from *granoderma lucidum* [J]. Food Science, 2013, 34(2): 42-45
- [23] 寇秀颖,于国萍.脂肪和脂肪酸甲酯化方法的研究[J].食品研究与开发,2005,26(2):46-47
KOU Xiu-ying, YU Guo-ping. Research on the method of fatty and fatty acid methyl esterification [J]. Food Research and Development, 2005, 26(2): 46-47
- [24] 李彦玲,邵志凌,薛冰.云南核桃油的特征指标及脂肪酸组成分析研究[J].粮油食品科技,2012,20(6):31-32
LI Yan-ling, SHAO Zhi-ling, XUE Bing. Analysis and research on the characteristic index and fatty acid component of yunnan walnut oil [J]. Food and Oil Food Technology, 2012, 20(6): 31-32
- [25] 翟颖丝,潘丽军,牛丽亚,等.小麦胚芽油的微胶囊化制备[J].食品科学,2012,33(18):93-97
QU Ying-si, PAN Li-jun, NIU Li-ya, et al. Preparation of wheat germ oil microcapsules [J]. Food Science, 2012,33(18): 93-97
- [26] XIA X J, YAN Y H, JIAN Y. Microencapsulation of sweet orange oil by complex coacervation with soybean protein isolate/gum arabic [J]. Food Chem., 2011, 125(4): 1267-1272
- [27] 马云标,周惠明,朱科学.VE微胶囊的制备及性质研究[J].食品科学,2010,31(2):1-5
MA Yun-biao, ZHOU Hui-ming, ZHU Ke-xue. Preparation and characterization of microencapsulated vitamin E [J]. Food Science, 2010, 31(2): 1-5