

# 猕猴桃籽油微胶囊化技术研究

冯卫华<sup>1</sup>, 刘邻渭<sup>2</sup>, 许克勇<sup>2</sup>

(1. 河南职业技术师范学院食品科学与工程系, 新乡 453003; 2. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 杨凌 712100)

**摘 要:** 猕猴桃籽油中不饱和脂肪酸含量较高, 特别是亚麻酸含量高达 63.99%。为防止猕猴桃籽油的氧化, 采用喷雾干燥法对猕猴桃籽油进行微胶囊化研究, 并对产品进行了电镜观察和氧化试验。结果表明: 壁材采用 1:1 的大豆分离蛋白与麦芽糊精, 芯材与壁材的配比为 1:1.5, 料液总固形物含量为 25%, 在 30~35 MPa 压力下均质处理, 喷雾干燥进风温度 180℃, 出风温度 80℃, 制得的微胶囊结构理想, 抗氧化性较好。

**关键词:** 猕猴桃籽油; 微胶囊; 喷雾干燥

中图分类号: S377

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)01-0234-04

## 0 引 言

猕猴桃 (*Actinidia chinensis*) 果实芳香多汁、营养丰富, 尤其富含维生素 C, 每百克鲜果中含维生素 C 100~420 mg, 被誉为水果之王。每千克鲜果约含干燥籽粒 33~46 g。猕猴桃籽油含量一般为 22%~24%, 最高可达 35.62%。猕猴桃籽油中主要含不饱和脂肪酸(占 89.4%), 特别是亚麻酸的含量较高, 多达 63.99%, 这是目前发现的除苏子油外亚麻酸含量最高的天然植物油<sup>[1,2]</sup>。药理实验证明, 亚麻酸具有降血脂、降胆固醇和促进脂肪代谢、肝细胞再生等作用。此外, 亚麻酸还具有提高免疫力、抗过敏反应、提高并保护脑神经膜功能、延缓衰老、防止皮肤干燥、促进毛发再生等作用<sup>[1,3,4]</sup>。所以猕猴桃籽油是一种优质功能食品、药品和美容化妆品的原料。近年来, 随着猕猴桃产业的迅速发展, 猕猴桃籽的综合利用越来越受到重视。

但是, 猕猴桃籽油中含量接近 90% 的不饱和脂肪酸给其保存带来了问题。不饱和脂肪酸分子中含有多个双键, 因而对氧气、光线和热极为敏感, 极易氧化变质。油脂的氧化不仅使其失去了应有的保健功能, 而且还会产生一些对人体有害的物质<sup>[2,4]</sup>。

微胶囊是指一种具有聚合物壁壳的微型容器或包装物。微胶囊技术是用可以形成胶囊壁或膜的物质对固体、液体或气体等核心物质进行包埋和固化的技术<sup>[5-7]</sup>。油脂微胶囊化是将油脂包裹在 5~200 μm 的小胶囊中, 形成一种封闭的小球状微胶囊。这样形成的产品不仅能防止油脂的氧化, 而且使油脂形成粉末状, 更加便于贮存、运输及使用。所以猕猴桃籽油的微胶囊化是猕猴桃籽变废为宝、形成保健食品的关键技术之一。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

猕猴桃籽油: 采用石油醚萃取制得。大豆分离蛋白

(SPD): 食品级, 吉林三江食品公司。

麦芽糊精(DE 值为 20): 食品级, 河南孟县麦芽糊精厂。

其它试剂均为分析纯。

### 1.2 主要仪器与设备

SH-60-60 高压均质机: 上海科学技术大学机电厂; SD-04 型喷雾干燥器: 英国 amfield 公司; S-570 扫描电镜(SEM): 日本 HITACHI; 其它: 电子分析天平、恒温培养箱、电热恒温水浴锅等。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 猕猴桃籽油的微胶囊化

称取一定量大豆分离蛋白、麦芽糊精溶于温水中(60℃), 保持混合溶液温度为 60℃, 搅拌 20 min。缓缓加入猕猴桃籽油, 继续搅拌 10 min, 均质后进行喷雾干燥<sup>[5-7]</sup>。

#### 1.3.2 猕猴桃籽油微胶囊化的效果评定<sup>[5,6,8]</sup>

微胶囊化效果可用包埋效率来衡量。

包埋效率(%) = (1 - 微胶囊表面的油含量/微胶囊的总油含量) × 100%

准确称取 2 g 产品, 将 50 mL 石油醚分 3 次加入, 每次均振荡、过滤, 合并滤液, 将滤液用 50℃水浴加热, 蒸馏出石油醚, 称重得猕猴桃籽油的质量为微胶囊表面油。

索氏提取法测得产品总猕猴桃籽油含量。

#### 1.3.3 猕猴桃籽油微胶囊配方优化正交试验

采用正交试验优化微胶囊配方。三因素分别为壁材配比(大豆分离蛋白/麦芽糊精)、心材与壁材比率、总固形物含量(表 1), 经 40 MPa 均质, 进风温度 180℃、出风温度 80~90℃ 喷雾干燥<sup>[7,10,11]</sup>。以包埋效率为评价指标。

表 1 猕猴桃籽油微胶囊配方正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of the orthogonal test on the microencapsulation formula

因 素	水 平		
	1	2	3
A 大豆蛋白/麦芽糊精	1:1.5	1:1	1:0.5
B 心材/壁材	1:1	1:1.5	1:2
C 总固形物含量/%	15	20	25

收稿日期: 2003-03-17

作者简介: 冯卫华(1968-), 女, 硕士, 讲师, 主要从事食品科学的教学与研究工作。新乡 河南职业技术师范学院食品科学与工程系, 453003

1.3.4 猕猴桃籽油微胶囊化工艺参数优化正交试验

利用最佳配方, 采用正交试验优化猕猴桃籽油微胶囊化工艺参数。主要工艺参数为进风温度、出风温度、均质压力(表 2), 以包埋效率为评价指标。

表 2 猕猴桃籽油微胶囊化工艺参数正交试验表

Table 2 Factors and levels of the orthogonal test on the microencapsulation technological parameters

因 素	水 平		
	1	2	3
A 进风温度/	180	190	200
B 出风温度/	70	80	90
C 均质压力/MPa	30	35	40

1.3.5 猕猴桃籽油微胶囊结构的电镜观察<sup>[7,9]</sup>

猕猴桃籽油微胶囊产品表面结构的电镜观察: 在电镜进样台上贴上双面胶, 然后将少许微胶囊粉末撒于胶面上, 吹去多余的粉末。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 20 kV。

猕猴桃籽油微胶囊产品内部结构的电镜观察: 取少量微胶囊粉末在玻璃板上, 用刀片反复切割, 然后撒于贴了双面胶的样品台上, 吹去多余的粉末。喷金后用扫描电子显微镜观察微胶囊产品的内部结构, 加速电压为 20 kV。

1.3.6 猕猴桃籽油微胶囊氧化试验

将经优化的配方和工艺制成的猕猴桃籽油微胶囊与未微胶囊化处理的猕猴桃籽油置于 63 培养箱中进行氧化试验<sup>[12]</sup>。定期取样测定油脂的过氧化值。

1.3.7 油脂过氧化值的测定

按照 GB/T 5538-1995 测定。

2 结果与讨论

2.1 猕猴桃籽油微胶囊配方优化试验

从表 3 及图 1 可见, 猕猴桃籽油微胶囊配方中影响微胶囊化效率的主次顺序是: 大豆分离蛋白/麦芽糊精 > 芯材/壁材 > 总固形物含量。微胶囊化的壁材特性是影响微胶囊特性的至关重要的因素<sup>[10,13]</sup>, 大豆分离蛋白与麦芽糊精的比率直接影响到所组成壁材的乳化性、成膜性、粘度及吸潮性, 故对微胶囊化效率影响最大。芯材与壁材比例也会影响微胶囊化的效率。试验中, 随着芯材与壁材比例的提高, 即含油量的增加, 微胶囊化效率提高, 但含油量过高, 表面吸附的表面油也升高, 微胶囊化效率反而下降<sup>[10,11]</sup>。此外, 随着总固形物浓度增加, 包埋效率有所上升。因为总固形物浓度提高, 有利于喷雾干燥过程中囊壁的形成与其致密度的提高; 另一方面由于体系粘度的增加, 减少了芯材向壁表面的扩散迁移。但固形物浓度过高, 液滴雾化困难<sup>[11,14]</sup>, 因而选择总固形物含量为 25% (W/V)。

正交试验所得微胶囊最佳配方如下: 大豆分离蛋白/麦芽糊精为 1:1, 芯材/壁材为 1:1.5, 总固形含量为 25% (W/V)。

表 3 猕猴桃籽油微胶囊配方正交试验结果

Table 3 Results of the orthogonal test on choosing the microencapsulation formula

实验号	A	B	C	效率/%
1	1 1.5	1 1	15	66.3
2	1 1.5	1 1.5	20	74.9
3	1 1.5	1 2	25	73.1
4	1 1	1 1	20	80.1
5	1 1	1 1.5	25	85.3
6	1 1	1 2	15	75.9
7	1 0.5	1 1	25	71.9
8	1 0.5	1 1.5	15	75.2
9	1 0.5	1 2	20	69.0
K <sub>1</sub>	214.3	217.3	217.4	
K <sub>2</sub>	241.3	235.4	224.0	
K <sub>3</sub>	216.1	217.8	230.3	
k <sub>1</sub>	71.4	72.4	72.5	
k <sub>2</sub>	80.4	78.5	74.7	
k <sub>3</sub>	72.0	72.6	76.8	
R	9.0	6.1	4.3	

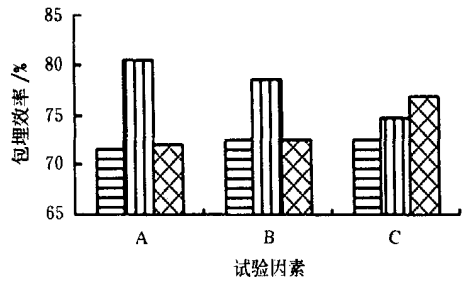


图 1 微胶囊配方极差分析图

Fig. 1 Range analysis of the result of the microencapsulation formula

2.2 猕猴桃籽油微胶囊化工艺参数的优化试验

由表 4 及图 2 可知, 微胶囊化工艺参数影响微胶囊化效率的主次顺序是: 进风温度 > 出风温度 > 均质压力。进风温度涉及到干燥速度和干燥能力, 同时又影响到产品的颗粒结构、吸湿性和热敏性成分的稳定性。当喷雾干燥进风温度过低时, 产品干燥速度慢, 而且在生产过程中易沾壁; 但进风温度过高时, 水分散失速度过快, 囊壁表面凹陷, 同时还会使壁材变性, 降低其溶解性, 从而降低微胶囊的质量<sup>[10,13]</sup>。出风温度高, 有利于减少产品颗粒的降速干燥时间, 比较迅速地形成完整致密的微胶囊结构, 也可降低产品的水分含量; 但出风温度过高, 会使胶囊过热出现裂缝, 降低产品质量。均质压力高有利于形成较小而均匀的液滴, 乳状液越均匀, 体系中越不易发生液滴的聚结、上浮, 有利于乳状液的稳定性; 但过小的液滴表面积大, 表面能高, 对于乳状液的稳定性反而不利<sup>[13,14]</sup>。均质压力 30 MPa 与 35 MPa 差异不显著。

正交试验所得最佳微胶囊化工艺条件如下: 均质压力 30~35 MPa, 进风温度 180℃, 出风温度 80℃。

表 4 猕猴桃籽油微胶囊化工艺参数正交试验结果

Table 3 Results of the orthogonal test on microencapsulation technological parameters

实验号	A	B	C	效率/%
1	180	70	30	80.9
2	180	80	35	85.5
3	180	80	40	76.2
4	190	70	35	77.9
5	190	90	40	79.7
6	190	90	30	77.0
7	200	70	40	68.5
8	200	80	30	74.4
9	200	90	35	69.4
K <sub>1</sub>	242.6	227.3	232.3	
K <sub>2</sub>	234.6	239.6	232.8	
K <sub>3</sub>	212.3	222.6	224.4	
k <sub>1</sub>	80.9	75.8	77.4	
k <sub>2</sub>	78.2	79.9	77.6	
k <sub>3</sub>	70.8	74.2	74.8	
R	10.1	5.7	2.8	

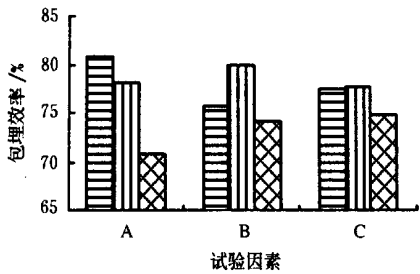


图 2 工艺参数极差分析图

Fig. 2 Range analysis of the results of the technological parameters

2.3 猕猴桃籽油微胶囊产品结构的电镜观察

2.3.1 猕猴桃籽油微胶囊产品表面结构的电镜观察

图 3 是经优化的配方和工艺制成的猕猴桃籽油微胶囊的表面结构。该产品外形颗粒较圆整，表面光滑、致密、无裂纹，有些颗粒表面稍有凹陷。

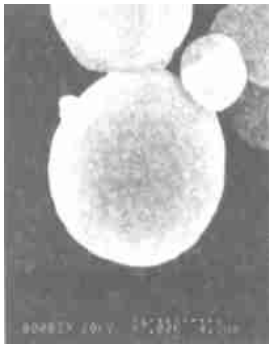


图 3 猕猴桃籽油微胶囊的表面结构

Fig. 3 Surface structure of the microencapsulation of kiwifruit seed oil

2.3.2 猕猴桃籽油微胶囊产品内部结构的电镜观察

图 4 是经优化的配方和工艺制成的猕猴桃籽油微胶囊断面及内部结构图。从图中可看出微胶囊呈现空穴

状，壁厚均匀，组织致密。



图 4 猕猴桃籽油微胶囊的内部结构

Fig. 4 Interior structure of the microencapsulation of kiwifruit seed oil

微胶囊产品的超微结构说明所选工艺参数制得的微胶囊对油脂具有较好的包埋效果。

2.4 猕猴桃籽油微胶囊氧化试验

油脂的过氧化值是衡量脂肪酸酸败程度的重要指标。猕猴桃籽油微胶囊与未微胶囊化处理的猕猴桃籽油在 63℃ 培养箱中进行氧化试验，其结果见图 5 所示。

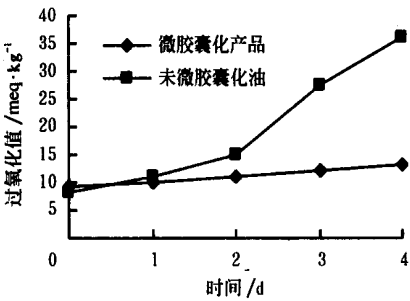


图 5 微胶囊在 63℃ 的条件下过氧化值的变化

Fig. 5 Peroxide changes of the microencapsulation at 63℃

由图 5 可见，未经微胶囊化的猕猴桃籽油和猕猴桃籽油微胶囊在 63℃ 环境中，初始阶段过氧化值的升高速度都比较缓慢，两天之后，未微胶囊化的猕猴桃籽油过氧化值急速增加，而猕猴桃籽油微胶囊的过氧化值增加速度一直比较缓慢。分析其原因，可能是未微胶囊化的猕猴桃籽油中含有一定量的维生素 E，在初始阶段，由于维生素 E 的抗氧化作用，使得猕猴桃籽油氧化比较慢，当维生素 E 被氧化后，油脂失去了保护作用，氧化速度急剧增加；而猕猴桃籽油微胶囊处于壁材膜的保护之下，油脂的氧化速度与氧气透过壁材的速度有关，致密的微胶囊壁材结构有效地阻止了氧气的渗透，所以微胶囊化处理可显著地延长油脂的保质期。

3 结 论

1) 在使用大豆分离蛋白和麦芽糊精作壁材对猕猴桃籽油微胶囊时，壁材大豆分离蛋白与麦芽糊精的合适配比为 1:1，芯材与壁材的适宜比例为 1:1.5，总固形物含量为 25% (W/V)。

2) 比较理想的喷雾干燥法工艺条件为：高压均质压力 30~35 MPa，进风温度 180℃、出风温度 80℃。

3) 大豆分离蛋白和麦芽糊精作壁材制得的猕猴桃籽油微胶囊颗粒圆整、表面结构及内部均匀、致密, 对心材具有较好的保护作用。

[参 考 文 献]

[1] 姚茂君, 李加兴, 张永康 猕猴桃籽油的开发利用探讨[J] 食品与发酵工业, 2001, (12): 28- 30

[2] 姚茂军, 李嘉兴, 张永康 猕猴桃籽油理化特性及脂肪酸组成[J] 无锡轻工大学学报, 2002, 3: 307- 309

[3] Bjerve K S, Fischer S, sIm r K. A lpha-linolenic acid deficiency in man: effect of ethyl linolenate on plasma and erythrocyte fatty acid composition and biosynthesis of prostanoids [J] . Am J Clin Nutr, 1987, 46(4): 570- 576

[4] 陶国琴, 李 晨  $\alpha$ -亚麻酸的保健功效及应用[J] 食品科学, 2000, 12: 140- 143

[5] 殷小梅, 许时婴 EPA、DHA 的微胶囊化: 壁材的筛选[J] 食品与发酵工业, 2000, (1): 33- 36

[6] 崔 凯, 丁霄霖 苏子油的微胶囊化技术研究[J] 中国粮油学报, 1997, (6): 36- 39

[7] 邓宇峰 采用复合壁材的  $\omega$ 3 多不饱和脂肪酸微胶囊化

[J] 食品于发酵工业, 2001, (6): 30- 34

[8] Hidefumi Yoshii Apinan Soottitantawat, Liu Xiangdong Flavor release from spray-dried maltodextrin/gum Arabic or soy matrices as a function of storage relative humidity [J] . Innovative Food Science & Engineering Technologies 2001. 2(1): 55- 61.

[9] 谢 良, 许时婴, 王 璋 用扫描电镜(SEM)研究微胶囊化茴香油的超微结构[J] 中国调味品, 1999, 12: 11- 14

[10] 葛毅强 微胶囊型天然维生素 E 粉末的研制[J] 食品工业, 2000, (3): 32- 34

[11] 朱 选, 阳会军, 黄慧敏, 等  $\beta$ 胡萝卜素微胶囊化工艺参数的研究[J] 食品与机械, 2000, (5): 11- 13

[12] 张燕萍, 刘秋育 变性淀粉作微胶囊壁材研究初探[J] 食品工业科技, 1998, (1): 17- 19

[13] 卢蓉蓉, 张国农 喷雾干燥微胶囊技术中的玻璃化转变[J] 中国乳品工业, 2001, 6: 24- 27

[14] Liu XiangDong, Takuroh A tarashi, Takeshi Furuta, et al Microencapsulation of emulsified hydrophobic flavors by spray drying [J] . Drying Technology. 2001. 19 (7): 1361- 1374

Microencapsulation of kiwi fruit seed oil

Feng Weihua<sup>1</sup>, Liu Linwei<sup>2</sup>, Xu Keyong<sup>2</sup>

(1. Department of Food Science and Engineering, Henan Vocational Technological Teacher College, Xinxiang 453003, China;  
2. College of Food Science and Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China)

**Abstract** Kiwi fruit seed oil has higher content of unsaturated fatty acid, which, specially, contains more than 63.99% linolenic acid. For avoiding oxidation of the oil, the study detailed the microencapsulation of kiwi fruit seed oil by spray-drying method, and the structure of the products was observed by scanning electron microscope (SEM) as well as the products were studied by oxidation experiment. The result showed that microencapsulation in good structure and antioxidation by spray-drying technological parameters as follows can be obtained: soybean protein isolation (SPI) and maltodextrin was in proportion of 1:1 as the wall materials, the proportion of kiwi fruit seed oil to wall materials was 1:1.5, the concentration of emulsion was 25% (W/V), homogenizing pressure was 30~35 MPa, temperatures of entering wind and out wind were 180℃ and 80℃, respectively.

**Key words:** kiwi fruit seed oil; microencapsulation; spray drying