

# 喷雾干燥法制备胡麻籽油微胶囊工艺的优化

黄敏, 姚莉, 赵玲华

(广东科贸职业学院 生物技术系, 广东 广州 510430)

**摘要:** 以包埋率为指标, 研究喷雾干燥法制备胡麻籽油微胶囊的工艺, 考察不同壁材、壁材与芯材质量比、乳化剂添加量以及阿拉伯胶与明胶质量比对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响, 并在单因素试验的基础上选择合适的水平范围进行正交优化。结果表明, 阿拉伯胶、明胶和麦芽糊精三者复配作为胡麻籽油微胶囊壁材的包埋效果较好, 最优工艺组合为壁材与芯材质量比 1:8, 乳化剂添加量 1.5%, 阿拉伯胶与明胶质量比 3:2, 在此条件下胡麻籽油微胶囊的包埋率为 97.47%, 其皂化值、碘值、酸值以及过氧化值符合相关标准。

**关键词:** 喷雾干燥; 胡麻籽油; 微胶囊; 包埋率

中图分类号: TS221

文献标志码: A

doi: 10.3969/jissn.1671-9646(X).2015.04.013

## Research on Microencapsulation of Linseed Oil by Spray Drying

HUANG Min, YAO Li, ZHAO Linghua

(Department of Biotechnology, Guangdong Vocational College of Science and Trade,  
Guangzhou, Guangdong 510430, China)

**Abstract:** Use embedding rate as index, and core material, amount of emulsifier addition and mass ratio of arabic gum and gelatin on microcapsules' embedding rate is explored. On the basis of single factors, the level range is to be chosen, and orthogonal optimization is experimented. The result show that the combination of arabic gum, gelatin and maltodextrin as wall material got higher embedding rate, and the optimal processing conditions are mass ratio of wall material and core material of 1:8, the amount of emulsifier addition of 1.5%, and mass ratio of arabic gum and gelatin of 3:2. Under these conditions, embedding rate of linseed oil microcapsules is up to 97.47%, and the saponification value, iodine value, acid value and peroxide value of microcapsules complied with relevant standard.

**Key words:** spray drying process; linseed oil; microencapsulation; embedding rate

## 0 引言

胡麻籽, 又称亚麻籽, 是一年生或多年生草本植物胡麻 (*Linum usitatissimum* L.) 的种子, 为我国西北和华北地区特有的一种油料型经济作物。胡麻籽油脂含量根据产地不同, 由 35%~45% 不等, 我国青海、宁夏、甘肃、山西、内蒙古和新疆等地居民有食用胡麻籽油的习惯<sup>[1]</sup>。胡麻籽油的不饱和脂肪酸含量在 90% 以上, 其中  $\alpha$ -亚麻酸的含量为 45%~65%<sup>[2]</sup>, 是一种富含  $\alpha$ -亚麻酸的植物油。 $\alpha$ -亚麻酸属于  $\omega$ -3 系列不饱和脂肪酸, 在人体内可以代谢转化为 EPA 和 DHA 高活性物质等, 具有多种保健功能, 如益智、保护视力、降血脂、降血压、延缓衰老、抗过敏等<sup>[3]</sup>。

微胶囊技术是利用天然或合成高分子材料 (壁材), 将固体、液体或气体 (芯材) 经包囊形成一种

具有半透性或密封囊膜、粒径通常为 1~1 000  $\mu\text{m}$  的微型胶囊<sup>[4]</sup>。油脂微胶囊化后能改善食品风味和口感、便于运输和保存、防止氧化和变质、降低或掩盖不适味道, 有效克服了传统油脂的应用弊端。喷雾干燥法由于生产操作简单, 可大批量或小批量连续生产, 成本较低, 是目前较为常用的微胶囊化粉末油脂方法<sup>[5]</sup>。虽然胡麻籽油的营养价值高, 但是其味道略带鱼腥味、口感为生油味, 不是所有人都能接受。本文研究喷雾干燥法制备胡麻籽油微胶囊的工艺条件并进行优化, 达到改善食用品质的目的, 从而扩大胡麻籽油在食品工业中的应用范围。

## 1 材料与方法

### 1.1 试剂与仪器

#### 1.1.1 材料与试剂

胡麻籽, 市售; 阿拉伯胶, 郑州远大食品添加

剂有限公司产品;明胶,罗赛络明胶有限公司产品;麦芽糊精(DE为18),河南鑫源食品有限公司产品;蔗糖酯(SE-11),柳州爱格富食品科技股份有限公司产品;单硬脂酸甘油酯,河南中尚生物科技有限公司产品。以上材料均为食品级。

石油醚(40~60℃及60~90℃沸程)、无水乙醇、氢氧化钠、硫代硫酸钠等,以上试剂均为分析纯。

### 1.1.2 试验仪器

JT-8000T型实验室喷雾干燥机,上海乔跃电子有限公司产品;Scientz-150型高压均质机,宁波新芝生物科技股份有限公司产品;R204型旋转蒸发器,上海申生科技有限公司产品;AL 104型电子天平,梅特勒-托利多(上海)有限公司产品;85-2型数显恒温磁力搅拌器,江苏省金坛市医疗仪器厂产品;SHB型循环水式多用真空泵,郑州市上街华科仪器厂产品。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 胡麻籽油的提取工艺

胡麻籽经干燥、粉碎,加入其质量10倍的石油醚(沸程40~60℃),在常温状态下磁力搅拌24h后,用旋转蒸发器回收石油醚,再放入 $103 \pm 2$ ℃烘箱内至水分和挥发物含量低于0.20%,即得试验用胡麻籽油。

### 1.2.2 喷雾干燥法制备胡麻籽油微胶囊工艺

称取一定量的壁材溶解于少量蒸馏水中,加入一定量乳化剂(蔗糖酯与单甘酯复配,质量比为1:1)和胡麻籽油,再加入蒸馏水(固形物含量为40%),保持60℃搅拌1h,经高压均质(均质压力为30MPa,均质次数为2次),再经喷雾干燥(进风温度180℃,出风温度103~105℃),制得胡麻籽油微胶囊。

### 1.2.3 测定方法

(1)微胶囊包埋率的测定。微胶囊表面油质量的测定<sup>[9]</sup>用石油醚作为溶剂,准确称取2g产品,将40mL石油醚分3次加入,每次振荡后过滤,合并滤液,滤液旋转蒸发大部分溶剂后再放入 $103 \pm 2$ ℃烘箱中烘至质量恒定,称质量,得油的质量即微胶囊表面油。

微胶囊总油质量的测定<sup>[9]</sup>用石油醚作为溶剂,准确称取2g产品,加20mL热水,使样品充分溶解后,再加入20mL石油醚充分萃取,重复萃取2次,合并萃取液,萃取液旋转蒸发大部分溶剂后再放入 $103 \pm 2$ ℃烘箱中烘至质量恒定,称质量,得油的质量即微胶囊总油。

$$\text{包埋率} = \frac{1 - \text{微胶囊表面油质量}}{\text{微胶囊总油质量}} \times 100\%.$$

(2)胡麻籽油微胶囊品质指标的测定。皂化值

的测定参照GB/T 5534—2008;碘值的测定参照GB/T 5532—2008;过氧化值的测定参照GB/T 5538—2005;酸值的测定参照GB/T 5530—2005。

### 1.2.4 单因素试验

分别考察不同壁材、壁材与芯材质量比、乳化剂添加量,以及阿拉伯胶与明胶质量比对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响。

壁材的选择。在乳化剂添加量为1%,壁材与芯材质量比为1:6的条件下,壁材分别选取阿拉伯胶、明胶、阿拉伯胶与麦芽糊精(复配质量比为1:5)、明胶与麦芽糊精(复配质量比为1:5),阿拉伯胶、明胶与麦芽糊精(复配质量比为1:1:10),测定胡麻籽油微胶囊的包埋率。

壁材与芯材质量比的选择。在乳化剂添加量为1%,阿拉伯胶与明胶质量比为1:1的条件下,壁材与芯材质量比分别选取1:2,1:4,1:6,1:8,1:10,测定胡麻籽油微胶囊的包埋率。

乳化剂添加量的选择。在壁材与芯材质量比为1:6,阿拉伯胶与明胶质量比为1:1的条件下,乳化剂添加量分别选取0.5%,1.0%,1.5%,2.0%,2.5%,测定胡麻籽油微胶囊的包埋率。

阿拉伯胶与明胶质量比的选择。在乳化剂添加量为1%,壁材与芯材质量比为1:6的条件下,阿拉伯胶与明胶质量比分别选取1:2,2:3,1:1,3:2,2:1,测定胡麻籽油微胶囊的包埋率。

### 1.2.5 正交试验

根据单因素试验结果,采用 $L_9(3^4)$ 正交表设计试验,以包埋率为指标进行工艺优化。

正交试验因素与水平设计见表1。

表1 正交试验因素与水平设计

水平	A 壁材:芯材	B 乳化剂添加量/%	C 阿拉伯胶:明胶
1	1:6	1.50	1:1
2	1:7	1.75	5:4
3	1:8	2.00	3:2

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验结果

#### 2.1.1 壁材的选择

考察不同壁材对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响,编号1,2,3,4,5试验组的壁材分别为阿拉伯胶、明胶、阿拉伯胶与麦芽糊精(复配质量比为1:5)、明胶与麦芽糊精(复配质量比为1:5)。

不同壁材对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响见图1。

由图1可知,不同壁材对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响不同,其中复配的包埋效果优于单独使用阿拉伯胶或明胶,且阿拉伯胶、明胶和麦芽糊精三者复配作为壁材的包埋率最高,可达到86.23%,这

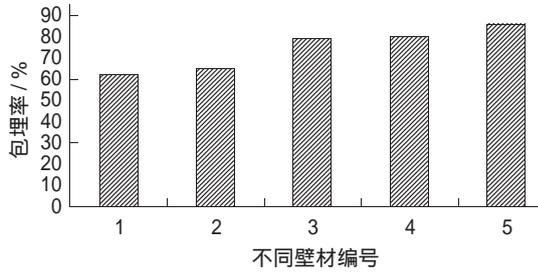


图1 不同壁材对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响

可能是由于单独使用阿拉伯胶或明胶，乳化液的黏度过大，影响了喷雾效果。用于喷雾干燥制取微胶囊的壁材应具有高度水溶性、良好乳化性、成膜性、且不易吸潮的特性，还要求高浓度壁材溶液的黏度较低<sup>[6]</sup>。阿拉伯胶和明胶的成膜性好、黏度低，适合作为油脂的包埋壁材，但单独使用、不仅成本较高，且包埋效果较差。麦芽糊精来源广泛、价格合理，通常与其他材料配合作为微胶囊壁材使用。从试验结果看出，三者复配使用不仅具有较高的包埋率，而且有利于降低成本。因此，选择阿拉伯胶、明胶和麦芽糊精三者复配作为胡麻籽油微胶囊的壁材。

### 2.1.2 壁材与芯材质量比的选择

壁材与芯材质量比对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响见图2。

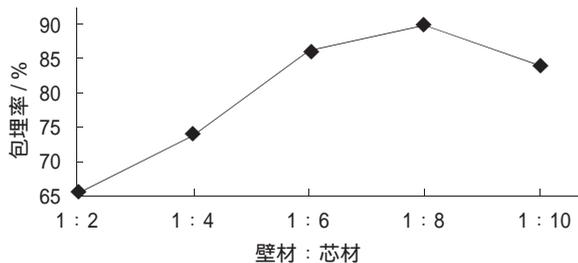


图2 壁材与芯材质量比对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响

由图2可知，在壁材与芯材质量比为1:2~1:8的范围内，随着芯材质量比的加大，微胶囊包埋率也不断上升；而当壁材与芯材质量比大于1:8时，芯材质量比的增大反而引起包埋率的下降，这可能是因为胡麻籽油超过一定比例，在相同条件下乳化效果不好，乳化液的稳定性下降，从而导致包埋率降低。因此，选择芯材与壁材的质量比为1:6~1:8。

### 2.1.3 乳化剂添加量的选择

乳化剂添加量对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响见图3。

由图3可知，胡麻籽油微胶囊包埋率随着乳化剂添加量的增加呈先上升后下降的趋势，在乳化剂添加量为2%时微胶囊包埋率最大。乳化剂添加量的增加，有利于乳化液稳定性的提高，但是乳化剂用量过高，乳化液黏度也随之增大，还会产生絮凝现象，从而影响喷雾干燥的顺利进行。因此，综合

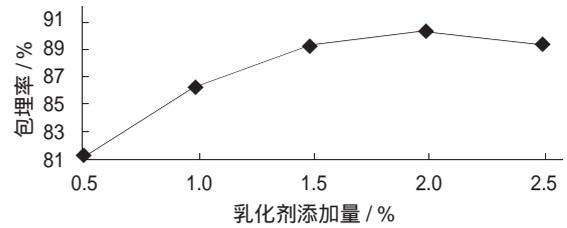


图3 乳化剂添加量对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响

考虑成本和对包埋率的影响，乳化剂添加量选择1.5%~2.0%为好。

### 2.1.4 阿拉伯胶与明胶质量比的选择

阿拉伯胶与明胶质量比对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响见图4。

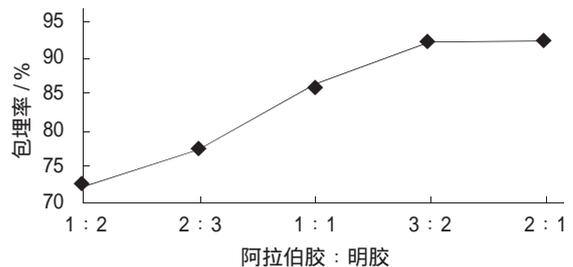


图4 阿拉伯胶与明胶质量比对胡麻籽油微胶囊包埋率的影响

由图4可知，阿拉伯胶与明胶质量比在1:2~3:2时，随着阿拉伯胶的比例上升，微胶囊的包埋率几乎呈直线上升，在3:2时达到最大；之后阿拉伯胶的比例再增加，包埋率的变化不大。说明阿拉伯胶的比例上升，有助于胡麻籽油的包埋，但超过一定范围，其改善作用趋于平缓。考虑到阿拉伯胶的成本较高，因此选择阿拉伯胶与明胶质量比范围为1:1~3:2。

## 2.2 正交试验结果

### 2.2.1 正交试验结果与分析

正交试验结果与分析见表2。

表2 正交试验结果与分析

试验号	A	B	C	D	包埋率 / %
1	1	1	1	1	90.48
2	1	2	2	2	93.11
3	1	3	3	3	96.71
4	2	1	2	3	96.79
5	2	2	3	1	97.02
6	2	3	1	2	91.22
7	3	1	3	2	96.55
8	3	2	1	3	90.92
9	3	3	2	1	94.30
$\bar{K}_1$	93.433	94.607	90.873	93.933	
$\bar{K}_2$	95.010	93.683	94.733	93.627	
$\bar{K}_3$	93.923	94.077	96.760	94.807	
R	1.577	0.924	5.887	1.180	

由表2可知，各因素对胡麻籽油微胶囊包埋率

的影响大小次序为  $C>A>B$ , 即阿拉伯胶与明胶质量比  $>$  壁材与芯材质量比  $>$  乳化剂添加量。由正交优化结果得到的最优工艺组合为  $A_2B_1C_3$ , 即壁材与芯材质量比为  $1:8$ , 乳化剂添加量为  $1.5\%$ , 阿拉伯胶与明胶质量比为  $3:2$ 。

### 2.2.2 验证试验

由于优选的工艺未包括在正交设计表的试验中, 故对其进行验证试验。在正交试验得到的最优工艺条件下, 进行3次平行试验, 测定胡麻籽油微胶囊包埋率, 结果得出平均包埋率为  $97.47\%$ , 均高于单因素试验组和正交试验组, 表明优化得到的工艺条件合理。

### 2.3 品质指标

有机溶剂提取胡麻籽油与胡麻籽油微胶囊品质比较见表3。

表3 有机溶剂提取胡麻籽油与胡麻籽油微胶囊品质比较

项目	皂化值 (以 KOH 计) $/\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	碘值 (以 $\text{I}_2$ 计) $/\text{g}\cdot(100\text{g})^{-1}$	过氧化值 $/\text{mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$	酸值 (以 KOH 计) $/\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$
有机溶剂提 取胡麻籽油	187	195	1.73	0.45
胡麻籽油 微胶囊	190	193	2.12	0.44

由表3可知, 有机溶剂提取所得到的胡麻籽油, 经过喷雾干燥制得微胶囊产品后, 其皂化值、碘值、酸值的变化不大, 过氧化值略有上升, 但是仍然符合一级浸出亚麻籽油品质标准<sup>[9]</sup>, 说明喷雾干燥对胡麻籽油(亚麻籽油)的相关指标影响不大。

### 3 结论

通过单因素试验, 选择阿拉伯胶、明胶和麦芽

糊精三者复配作为喷雾干燥法制备胡麻籽油微胶囊的壁材, 较佳的工艺范围是壁材与芯材的质量比  $1:6\sim 1:8$ , 乳化剂添加量  $1.5\%\sim 2.0\%$ , 阿拉伯胶与明胶的质量比  $1:1\sim 3:2$ 。在单因素试验的基础上进行  $L_9(3^4)$  正交试验, 结果表明最优工艺组合为壁材与芯材质量比  $1:8$ , 乳化剂添加量  $1.5\%$ , 阿拉伯胶与明胶质量比  $3:2$ , 在此工艺条件下胡麻籽油微胶囊的包埋率达  $97.47\%$ , 且符合国家一级浸出亚麻籽油品质标准。

### 参考文献:

- [1] 张海满.  $\alpha$ -亚麻酸的功能、资源及生产方法 [J]. 中国油脂, 2000, 25 (6): 192-194.
- [2] 邓乾春, 禹晓, 黄庆德, 等. 亚麻籽油的营养特性研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22: 715-721.
- [3] 邱鹏程, 王四旺, 王剑波, 等.  $\alpha$ -亚麻酸的资源研究及其应用前景 [J]. 时珍国医国药, 2010, 21 (3): 760-762.
- [4] 李彦杰, 刘雄, 阚健全, 等. 鱼油微胶囊技术研究 [J]. 粮食与油脂, 2004 (4): 3-5.
- [5] 徐振波, 梁军, 陈丽丽, 等. 微胶囊化粉末油脂的研究与应用进展 [J]. 食品工业科技, 2014 (5): 392-395.
- [6] 黄英雄, 孙红明, 华聘聘. 微胶囊化粉末油脂制品表面油测定方法的研究 [J]. 中国油脂, 2002, 27 (4): 61-63.
- [7] 陈元涛, 郭智军, 张炜, 等. 亚麻籽胶为壁材制备亚麻油微胶囊 [J]. 食品科学, 2013, 34 (4): 80-82.
- [8] 姚翹, 陶宁萍, 王锡昌. 喷雾干燥法制取油脂微胶囊技术研究进展 [J]. 现代食品科技, 2007, 24 (12): 85-89.
- [9] 中华人民共和国国家质量检验检疫总局. GB/T 8235—2008 中华人民共和国国家标准 亚麻籽油 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008. ◇

(上接第41页)

2007 (2): 39-40.

- [3] 刘文平, 李文兴, 曹显俊, 等. 发酵果汁啤酒的研制 [J]. 饮料工业, 2001, 4 (1): 21-24.
- [4] 史经略. 蓝莓啤酒的研制 [J]. 中国酿造, 2009 (1): 175-177.
- [5] 李兴革, 李颖, 胡军祥, 等. 苹果果啤生产工艺研究 [J]. 酿酒, 2008, 35 (5): 65-68.
- [6] 黄亚东. 关于天然果味型啤酒酿造工艺的探讨 [J]. 酿

酒, 2002, 29 (1): 37-38.

- [7] 杜冰, 姚汝华. 果汁啤酒的生产与发展趋势 [J]. 广州食品工业科技, 2000, 17 (1): 21-22.
- [8] 管敦仪. 啤酒工业手册 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 350-378.
- [9] 顾国贤. 酿造酒工艺学 [M]. 第2版. 北京: 中国轻工业出版社, 2006: 403-410.
- [10] 逯家富, 赵金海. 啤酒生产技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 201-250. ◇

## 欢迎订阅 《农产品加工》 欢迎投稿

邮发代号: 22-121 22-19

电 话: 0351-4606085

在线投稿: [www.ncpjgkx.com](http://www.ncpjgkx.com)

投稿信箱: [ncpjgkx@163.com](mailto:ncpjgkx@163.com)