

## 综合利用

## 微胶囊化大豆卵磷脂的制备

徐井水,熊华,彭地纬,李湘,刘玉珍,韩丹

(南昌大学食品科学与技术国家重点实验室,南昌330047)

**摘要:**以大豆卵磷脂为芯材,采用喷雾干燥法生产大豆卵磷脂微胶囊。研究确定其最佳工艺条件为:壁材为大豆分离蛋白、明胶、麦芽糊精,三者质量比为1.5:1:10;乳状液固形物含量为25%;在45℃、25 MPa条件下均质2次;进风温度200℃,出风温度85℃。在此条件下,包埋率达到67.4%。大豆卵磷脂微胶囊化后,吸湿性降低,有利于延长其货架期。

**关键词:**大豆卵磷脂;微胶囊;喷雾干燥

中图分类号:TQ645.9

文献标志码:A

文章编号:1003-7969(2010)01-0051-04

## Microencapsulation of soybean lecithin

XU Jingshui, XIONG Hua, PENG Diwei, LI Xiang, LIU Yuzhen, HAN Dan

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

**Abstract:** Soybean lecithin microcapsules were prepared by spray drying and microencapsulation technologies using soybean lecithin as core material. The optimal technology parameters were as follows: soybean protein isolate, gelatin and maltodextrin as wall materials (the mass ratio of 1.5:1:10), the solid content of emulsion 25%, homogenization for two times at 45℃ and 25 MPa, the inlet temperature 200℃, outlet temperature 85℃. Under these conditions, the embedding rate was up to 67.4%. The moisture absorption ability reduced and the shelf life prolonged after microencapsulation.

**Key words:** soybean lecithin; microcapsule; spray drying

微胶囊技术在食品、化工、医药、生物技术等许多领域中已得到成功应用。微胶囊技术使许多产品性能得以改善和提高<sup>[1-3]</sup>,其在食品工业中的应用主要集中在油脂、香精香料、精油、色素、维生素和防腐剂等食品原料或添加剂的包埋,以隔绝氧气、光,达到延长食品原料保质期,改变食品状态,提高混合性能等目的。微胶囊的制备方法有喷雾干燥法、分子络合法、复合凝聚法等,其中喷雾干燥法成本低,适用性广,工艺简单。大豆卵磷脂又名大豆磷脂,是一类具有重要生理功能的类脂化合物,也是一类天然的表面活性剂<sup>[4]</sup>。但大豆卵磷脂分子中含有大量的不饱和脂肪酸、磷脂酰基,易受温度、水分、光照、氧气影响,从而使大豆卵磷脂变质,吸水吸湿后发生溶胀,难于使用。

大豆卵磷脂微胶囊化可把功能性大豆卵磷脂作为芯材包埋,从而克服卵磷脂产品易吸潮、易被氧化、不易溶解、粘结、不易分散的缺点,以作为保健食品、食品助剂、功能性食品等。本研究以大豆分离蛋白、明胶和麦芽糊精为壁材,采用喷雾干燥法制备大豆卵磷脂微胶囊,探讨了制备大豆卵磷脂微胶囊的工艺条件,并对大豆卵磷脂微胶囊吸湿性进行了研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 主要材料

大豆卵磷脂(100E),广州市海圣生物科技有限公司;麦芽糊精,山东西王淀粉责任有限公司;明胶,天津市福晨化学试剂厂;大豆分离蛋白,山东万得福实业集团有限公司;其他试剂均为分析纯。

### 1.2 主要仪器

FA1004 电子分析天平, AnkeTDL-5-A 离心机, SLS 高压均质机, DDB-210 电子蠕动泵, MDR.P-5 型离心、压力二流体喷雾干燥机, JB-3 型定时恒温磁力搅拌器, DZG-6050SA 型真空干燥箱, NICOMP TM380/ZLS 激光粒度分布仪(美国 PSS)。

收稿日期:2009-06-16

作者简介:徐井水(1979),男,在读硕士,主要从事微胶囊技术方面的研究工作。

通讯作者:熊华,教授,博士生导师。

### 1.3 实验方法

1.3.1 大豆卵磷脂微胶囊化 工艺流程为:配料(水、壁材、芯材、乳化剂)→乳化→均质→喷雾干燥→微胶囊。

按照配方,将大豆分离蛋白、明胶和麦芽糊精溶解到60~70℃的蒸馏水中,用磁力搅拌器搅拌直至充分溶解;将大豆卵磷脂和乳化剂在45~50℃水浴锅中搅拌混合;接着把油相缓慢加入到水相中,搅拌1 h后,按设定压力均质2次。将均质后的乳状液在设定进料流量(42 mL/min)、进风温度与出风温度下进行喷雾干燥,收集产品测定包埋率、吸湿性。

1.3.2 乳状液稳定性的测定<sup>[5]</sup> 将乳状液放入刻度试管中,在45℃水浴中静置30 min,然后将试管放入离心套管中,以2 000 r/min离心分离10 min,观察乳状液分层体积,按下式计算乳状液稳定系数:

稳定系数 = 离心后乳化层体积/初始乳状液总体积 × 100%

1.3.3 包埋率的测定<sup>[5]</sup>

1.3.3.1 表面油含量的测定 准确称取2 g微胶囊样品( $m$ ),用正己烷-氯仿(体积比4:1)混合溶液20 mL溶解在单口小烧瓶中,快速摇匀,将上述悬浮液倒入离心管中,在3 000 r/min下离心分离2 min,然后用移液管移取上层清液10 mL放入已称重的单口小烧瓶,在水浴条件下蒸馏并回收溶剂,直至将溶剂蒸干,单口小烧瓶增加质量以 $m_1$ 表示,则微胶囊表面油含量按下式计算:

$$\omega(\text{表面油}) = 2m_1/m \times 100\%$$

1.3.3.2 总油含量的测定 准确称取2 g微胶囊样品,置于锥形瓶中,加入20 mL温水振荡溶解,然后将其倒入125 mL的分液漏斗中,锥形瓶首先用5 mL水淋洗后,再每次用5 mL氯仿洗涤锥形瓶2次,洗涤液全部倒入分液漏斗中,振荡后静置10 min,然后分液,用已称重的单口小烧瓶收集萃取相下层油层,萃取相上层水层继续加入10 mL氯仿进行第2次萃取,合并油层后,在水浴条件下蒸馏并回收溶剂,直至将溶剂蒸干,单口小烧瓶增加质量 $m_2$ 即为2 g微胶囊中总油质量, $m'$ 表示2 g微胶囊样品中大豆卵磷脂芯材的理论质量,微胶囊总油含量按下式计算:

$$\omega(\text{总油}) = m_2/m' \times 100\%$$

1.3.3.3 包埋率的计算 按下式计算包埋率:

$$\text{包埋率} = (1 - \omega(\text{表面油})/\omega(\text{总油})) \times 100\%$$

1.3.4 微胶囊表面结构的观察 取微量微胶囊分散在导电双面胶上,喷金处理,用XL-30型扫描电

子显微镜对样品进行观察,放大倍数为500倍。

1.3.5 大豆卵磷脂微胶囊的吸湿性测定 称取微胶囊样品10.00 g,在常温(20±2)℃,湿度为(70±3)%的条件下,测试样品吸收水分,计算微胶囊样品增加的质量即为微胶囊吸收水分质量,计算其所占百分率,可得到微胶囊的吸湿性。

## 2 结果与分析

2.1 壁材中大豆分离蛋白(SPI)与麦芽糊精(MD)比例的确定

大豆分离蛋白和麦芽糊精是微胶囊常用的壁材。大豆分离蛋白除作为壁材起包埋作用外,其本身具有亲水亲油基团,具备乳化作用,利于形成稳定的乳状液<sup>[6]</sup>;麦芽糊精与大豆分离蛋白配合使用可以增加微胶囊壁的致密性和成膜性,有利于提高包埋效率。在芯材与壁材比例为2:3,乳化剂用量为2%,乳状液固形物含量25%条件下,考察大豆分离蛋白与麦芽糊精质量比( $m(\text{SPI}):m(\text{MD})$ )对乳状液的影响,结果见表1。

表1 大豆分离蛋白与麦芽糊精比例对乳状液的影响

$m(\text{SPI}):m(\text{MD})$	黏度/(mPa·s)	稳定系数/%
1:2	67.8	93.9
1:3	63.1	93.0
1:4	49.5	91.7
1:5	38.9	89.2

从表1可看出,大豆分离蛋白与麦芽糊精质量比为1:2时,乳状液稳定系数最大,说明乳状液的稳定性最好,相应的黏度值也最大;大豆分离蛋白与麦芽糊精质量比为1:3时,乳状液稳定系数下降不大,说明此时麦芽糊精对乳状液稳定性的影响很小,但对乳状液的黏度影响却很明显。高黏度体系对乳液液滴的运动产生阻滞作用,从而减少液滴碰撞聚合的几率。综合考虑各方面的因素,壁材中大豆分离蛋白与麦芽糊精质量比1:4为宜。

2.2 大豆卵磷脂微胶囊壁材复选

酪蛋白是很好的乳化稳定剂和增稠剂,同时具有很高的营养价值,可以与大豆分离蛋白、麦芽糊精复配作为壁材,提高包埋率。而明胶与大豆分离蛋白复配,也可提高乳状液的稳定性,提高包埋率<sup>[7]</sup>。为此,研究了壁材中分别加入明胶和酪蛋白对乳状液的影响,结果见表2、表3。

表2 不同含量明胶对乳状液的影响

明胶加入量/%	黏度/(mPa·s)	稳定系数/%
1	49.7	97.5
3	100.2	98.6
6	156.9	99.2

表3 不同含量酪蛋白对乳状液的影响

酪蛋白加入量/%	黏度/(mPa·s)	稳定系数/%
1	33.6	93.8
3	52.6	98.2
6	96.1	98.6

由表2可见,明胶加入量为1%时,乳状液黏度为49.7 mPa·s,所得到的产品不容易粘壁,随着明胶加入量的增加,乳状液黏度变化明显,而稳定性变化不明显。

由表3可看出,酪蛋白加入量为6%时黏度过高,这会给喷雾干燥带来困难。此外,这3种不同加入量乳状液稳定性差别不大。

将添加量为1%的明胶和酪蛋白分别与大豆分离蛋白和麦芽糊精复配成壁材,按1.3.1操作,所得微胶囊的感官评价、包埋率、溶解度等指标比较见表4。

表4 不同壁材配方微胶囊产品特性比较

组别	感官评价	包埋率/%	水分含量/%	溶解度/%
对照	乳白色,颗粒细腻均匀,流动性好,很少结块。	53.2	3.0	94.7
加1%酪蛋白	乳白色,颗粒细腻均匀,流动性好,很少结块。	60.1	3.7	95.2
加1%明胶	乳白色,颗粒细腻均匀,流动性好,很少结块。	62.5	2.8	96.4

注:各组实验芯材均为40%,大豆分离蛋白4%;对照未加入明胶和酪蛋白。

由表4可见,加入酪蛋白和明胶均可提高包埋率。加入酪蛋白微胶囊产品包埋率达到60.1%,比对照的包埋率53.2%提高6.9%;加入明胶后微胶囊产品包埋率达到62.5%,比对照的包埋率提高9.3%,比加入酪蛋白的包埋率提高2.4%。考虑到实际包埋效果,产品溶解度等指标以及成本等因素,选择在壁材中添加明胶。

### 2.3 微胶囊工艺条件优化

在大豆分离蛋白与明胶按质量比1.5:1复配条件下,按1.3.1操作,以微胶囊大豆卵磷脂的包埋率作为评价指标,选择壁材配比( $m(\text{SPI} + \text{明胶}) : m(\text{MD})$ )、乳状液固形物含量、均质压力、进风温度4个因素进行正交实验,因素水平见表5,实验结果见表6。

由表6可以看出,4个因素对微胶囊大豆卵磷脂包埋率影响的大小为 $A > B > C > D$ ,最佳实验组合为 $A_2B_3C_2D_3$ ,即壁材配比1:4,固形物含量25%,

均质压力25 MPa,进风温度200℃。

表5 因素水平表

水平	因素			
	A $m(\text{SPI} + \text{明胶}) : m(\text{MD})$	B 固形物含量/%	C 均质压力/MPa	D 进风温度/℃
1	1:3	15	15	160
2	1:4	20	25	180
3	1:5	25	35	200

表6 正交实验结果

实验号	A	B	C	D	包埋率/%
1	1	1	1	1	53.5
2	1	2	2	2	55.3
3	1	3	3	3	57.8
4	2	1	2	3	65.4
5	2	2	3	1	60.5
6	2	3	1	2	66.8
7	3	1	3	2	60.4
8	3	2	1	3	61.3
9	3	3	2	1	64.8
$k_1$	55.5	59.8	60.5	59.6	
$k_2$	64.2	59.0	61.8	60.8	
$k_3$	62.2	63.1	59.6	61.5	
R	8.7	4.1	2.3	1.9	

乳状液中的固形物含量是影响包埋率的重要因素。因为固形物含量会影响到乳状液的黏度;固形物含量越高,乳状液的黏度就会越大,从而影响产品的包埋率、流动性、粒度等;但固形物含量过低,乳状液稳定性变差,同时降低产品的包埋率。实验结果表明,固形物含量为25%时,产品的包埋率最高。

均质压力影响乳状液的平均粒径,从而影响产品的包埋率。通常均质压力大,均质后乳状液的平均粒径变小,包埋率越高;但均质压力大到一定程度后,粒径过小,比表面大大增加,乳状液处于不稳定状态,包埋率反而降低。从实验结果看,在25 MPa下均质,包埋率最高。

喷雾干燥的进风温度是影响产品包埋率的直接因素,在进料速度确定后,进风温度会影响出风温度,从而影响产品的水分含量。进风温度过高会造成颗粒变焦;进风温度过低,微胶囊成膜速度降低,包埋效果差,同时产品水分含量升高,流动性变差。实验表明,进风温度为200℃、出风温度为85℃时包埋率高。

对微胶囊化最佳工艺条件进行验证实验,结果微胶囊大豆卵磷脂的包埋率达到67.4%。

### 2.4 大豆卵磷脂微胶囊的粒度分布(见图1)

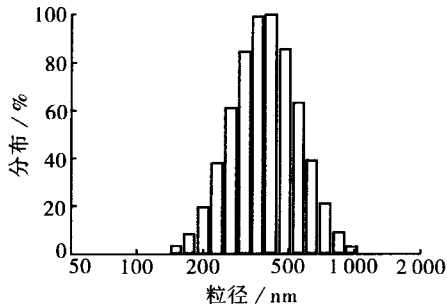


图1 大豆卵磷脂微胶囊粒径分布

由图1可见,采用双流体压力式雾化器进行喷雾干燥的产品,由于受乳状液粒度和压缩空气的影响,微胶囊粒径分布较宽,分布范围为152~1 000 nm,呈正态分布,其平均粒径约417 nm。

### 2.5 大豆卵磷脂微胶囊的表面结构

用XL-30型扫描电子显微镜对大豆卵磷脂微胶囊样品进行观察,得到如图2所示的大豆卵磷脂

微胶囊的表面结构图。从图2中可看出,大豆卵磷脂微胶囊表面结构致密,说明包埋效果较好。

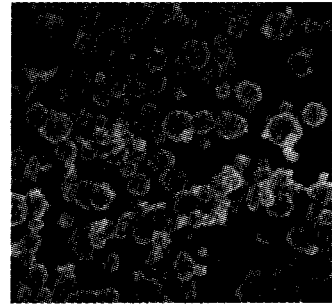


图2 大豆卵磷脂微胶囊的表面结构(500×)

### 2.6 大豆卵磷脂微胶囊的吸湿性

分别称取磷脂粉末和大豆卵磷脂微胶囊样品10.00 g,在常温(20±2)℃、湿度为(70±3)%的条件下,测试样品吸湿性,结果见表7。

表7 大豆卵磷脂微胶囊的吸湿性

样品	不同时间下吸湿性/%							
	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min	240 min
磷脂粉末	1.40	2.50	3.30	3.70	4.10	4.30	4.50	4.52
大豆卵磷脂微胶囊	0.20	0.60	0.90	1.10	1.21	1.32	1.46	1.49

从表7可见,大豆卵磷脂微胶囊最大吸湿性为1.49%,而磷脂粉末的最大吸湿性为4.52%,说明大豆卵磷脂微胶囊化后吸湿性大大降低,利于储藏和延长产品的货架期。

### 3 结论

以大豆分离蛋白、明胶和麦芽糊精为壁材采用喷雾干燥法制备大豆卵磷脂微胶囊,其最适质量比为1.5:1:10。通过正交实验,确定大豆卵磷脂微胶囊化工艺条件为:乳状液固形物含量25%,均质压力25 MPa,喷雾干燥的进风温度200℃、出风温度85℃。在最佳条件下制备的大豆卵磷脂微胶囊的包埋率为67.4%。

实验制得的微胶囊含大豆卵磷脂40%,其吸湿性大大降低,流动性好,使用方便。说明以大豆分离蛋白、明胶和麦芽糊精为壁材,采用喷雾干燥对大豆卵磷脂进行微胶囊化是可行的。

### 参考文献:

- [1] 钱列生,芮汉明.食品微胶囊技术[J].中山大学学报论丛,2007,27(9):201-206.
- [2] 李莹,黄少磊.微胶囊技术的应用及其常用壁材[J].农产品加工,2008(1):65-69.
- [3] 熊华,郑为完.粉末油脂的特点与在食品工业中的应用[J].食品科学,2002,23(7):154-158.
- [4] 代忠波,丁卓平.卵磷脂的研究概况[J].中国乳品工业,

2006,34(1):48-53.

- [5] 陈昊,王英男,许慧,等.几种微胶囊壁材对大豆卵磷脂包埋方法的对比研究[J].大豆通报,2007(5):24-26.
- [6] 田琨,管娟.大豆分离蛋白结构与性能[J].化学进展,2008,20(4):565-575.
- [7] 黄崇军.明胶在脂类微胶囊化中的应用[J].明胶科学与技术,2007,27(2):84-89.

· 广告 ·

### 购销油脂设备

我公司常年购销二手大型油脂设备,包括:浸出设备,预榨设备,蒸炒锅,轧坯机,烘干设备,精炼设备,干式、湿式膨化机,列管冷凝器,螺旋换热器,板式换热器,板框压滤机,叶片过滤机,冬化过滤机,袋式过滤机,脱臭塔,阿法拉伐/韦斯代里亚/国产碟式分离机,管式离心机,油碱比配机,混合器,灌装机等植物油厂、油脂化工厂所有设备。

单位:星球二手大型油脂机械设备购销总公司

地址:山东省梁山县经济技术开发区

经理:王崇柱

电话:0537-7604736 13508974147 13615476697

E-mail: xingqiou888@163.com

http://www.xingqiujiexie.com