



亚麻籽胶为壁材制备亚麻油微胶囊

陈元涛, 郭智军, 张 炜, 蔡林森, 刘 霞, 池亚玲, 徐江波, 肖 江
(青海师范大学化学系, 青海师范大学互助青稞研究与开发中心, 青海 西宁 810008)

摘 要: 选用亚麻籽胶为壁材, 采用喷雾干燥法, 对亚麻油进行微胶囊化。以微胶囊化效率和含油率为考察指标, 考察制备亚麻油微胶囊的影响因素。结果表明: 最佳喷雾干燥工艺条件: 进风温度170℃, 出风温度70℃, 雾化器转速24000r/min, 进料速度50.41mL/min; 最佳微胶囊配方为: 壁材与芯材比2:3(m/m)。在此工艺条件下, 亚麻油的微胶囊化效率为95.32%, 含油率59.48%。

关键字: 亚麻籽胶; 亚麻油; 喷雾干燥

Preparation of Flaxseed Oil Microcapsules Using Flaxseed Gum as Wall Material

CHEN Yuan-tao, GUO Zhi-jun, ZHANG Wei, CAI Lin-sen, LIU Xia, CHI Ya-ling, XU Jiang-bo, XIAO Jiang
(Department of Chemistry, Qinghai Normal University, Huzhu Research and Development Centre of Highland Barley Green, Qinghai Normal University, Xining 810008, China)

Abstract: Flaxseed oil was microencapsulated by spray drying method using flaxseed gum as wall material. Orthogonal array design was employed to optimize the microencapsulation conditions based on microencapsulation efficiency and flaxseed oil content. The optimum spray drying conditions were found to be 170 °C, 70 °C, 24000 r/min and 50.41 mL/min for inlet air temperature, outlet air temperature, rotation speed of centrifugal atomizer and feeding rate, respectively. The optimum wall/core material ratio for flaxseed oil microencapsules was 2:3 (m/m). Under these conditions, a microencapsulation efficiency of 95.32% and a flaxseed oil content of 59.48% were obtained.

Key words: flaxseed gum; flaxseed oil; spray drying

中图分类号: R284.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)04-0080-03

亚麻属一年生或多年生草本植物, 是我国主要油料作物之一。亚麻籽是亚麻的种子, 含有脂肪、蛋白质、可食纤维和黏胶等成分^[1]。亚麻籽油, 又称亚麻油, 是从亚麻籽中制取的油, 含45%~53% α -亚麻酸, 是一种优质的 α -亚麻酸的来源。大量研究表明: α -亚麻酸具有增长智力, 调节免疫系统, 降血脂和抑制恶性肿瘤等的功效^[2-5]。由于 α -亚麻酸在生产加工、贮藏和烹饪等过程中易氧化变质, 导致气味不佳, 其液态也很难添加至日常食品中, 严重影响了它的食用安全、普及和推广^[6-8]。

微胶囊技术可以改变物质形态、保护敏感成分和隔离活性物质等^[9-10]。目前, 已有制备亚麻油微胶囊相关报道, 如杨宝玲等^[11]以玉米淀粉为壁材、辛烯基琥珀酸淀粉酯为乳化剂制备亚麻油的微胶囊; 陈三宝等^[12]以玉米醇溶蛋白为壁材制备粉末亚麻油。实际上, 现行的微胶囊制备技术主要是以明胶、阿拉伯胶和改性淀粉等为壁材制取微胶囊, 制备过程往往使用大量的合成乳化剂确保壁材和芯材的充分乳化^[13-14], 这样会影响微胶囊食用安

全; 另外, 现行的壁材与芯材相容性不好, 进而导致胶囊化效率和含油率均不高, 含油率一般都在40%以下^[15-16]。

亚麻籽胶是从亚麻籽壳皮中直接提取而得, 是一种以多糖为主, 含有少量蛋白质的天然高分子植物胶, 具有黏度高、乳化性强、保湿型和悬浮稳定性突出等特点^[17-19], 是国际上目前重点发展的新胶种之一^[20]。

本研究选用生产亚麻油所得的副产品亚麻籽胶为壁材, 采用喷雾干燥法对亚麻油进行微胶囊化, 并重点考察高速离心喷雾干燥法制备亚麻油微胶囊的工艺条件以及亚麻油微胶囊配方。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

亚麻油、亚麻籽胶 青海金籽生物科技有限公司; 石油醚、无水乙醇和无水乙醚均为分析纯试剂; 纯化水。

收稿日期: 2011-11-19

基金项目: 青海省重点科技攻关项目(2007-N-120); 科技部科技人员服务企业行动项目(2009GJG20017);

教育部“新世纪优秀人才”支持计划项目(NCET-07-0476)

作者简介: 陈元涛(1973—), 男, 教授, 博士, 研究方向为青藏高原资源功能食品研究与开发。E-mail: chenyt@qhnu.edu.cn

1.2 仪器与设备

GLPZ-5型高速离心造粒喷雾干燥机 青海三四一九干燥设备有限公司; IKA T25数显型均质机、IKA RV-05 BASIC旋转蒸发仪 广州仪科实验室技术有限公司; 分析天平 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司。

1.3 亚麻油微胶囊化工艺流程

准确称取30g亚麻籽胶分散于900g、50℃温水中→于压力25MPa高压均质10min→加入30g亚麻油→均质10min→喷雾干燥→成品

1.4 测定方法

1.4.1 微胶囊化效率的测定

微胶囊表面亚麻油含量测定: 准确称取2g样品, 将50mL石油醚分3次加入, 每次振荡2min, 过滤, 合并滤液。将滤液用50℃水浴加热, 蒸馏出石油醚, 即得表面油质量, 表面油质量比=表面油质量/样品质量。

微胶囊中亚麻油总量的测定: 将准确称质量的微胶囊样品 m_1 至干燥的三角瓶中, 加20mL热水, 使样品充分溶解后, 加入20mL石油醚充分萃取后, 将萃取液移入已称量的三角瓶中 m_2 , 重复萃取两次, 合并萃取液, 在30℃脱去溶液再放入60℃烘箱中烘至质量恒定 m_3 , 总油质量比 $=(m_3 - m_2)/m_1$, 微胶囊化效率 $=(1 - \text{微胶囊表面油质量比}/\text{微胶囊总油质量比})$ 。

1.4.2 含油率的测定

准确称取微胶囊化产品(W_1)至干燥的三角瓶中, 加20mL热水, 使样品充分溶解后, 依次加入无水乙醇, 无水乙醚和石油醚(体积比2:1:1, V/V)充分萃取亚麻油后, 将萃取液移入已称质量的小烧杯中(W_2), 重复萃取两次, 合并萃取液, 在水浴上蒸干溶剂放入烘箱中, 烘至质量恒定(W_3), 含油率 $=(W_3 - W_2)/W_1$ 。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 出风温度的选择

产品随风被吸进旋风分离器的过程也是持续干燥的过程。在这个过程中, 持续蒸发剩余水分, 使产品干燥彻底。在60、70、80、90、100℃五个出风温度条件下进行喷雾干燥, 对产品感官进行评价, 结果见表1。

表1 出风温度对喷雾干燥的影响
Table 1 Effect of outlet air temperature on spray drying

出风温度/℃	黏壁	颜色	有无焦味
60	严重	淡黄色	无
70	轻微	淡黄色	无
80	轻微	黄色	有
90	轻微	黄色	有
100	无	深黄色	有

由表1可知, 随着出风温度的升高, 产品颜色加深, 且黏壁轻微, 但是当温度高于70℃, 产品被烤焦、分解, 影响产品质量, 因此为了得到较好的微胶囊, 选择出风温度70℃。

2.1.2 进风温度的选择

经过离心雾化器, 物料的雾滴与通过分配器送入的热空气接触, 进行干燥, 此时进风温度主要影响物料的干燥程度。低温导致产品干燥不彻底, 容易出现半湿性黏壁; 高温导致干燥仓内平均温度升高, 产品变焦, 影响产品的品质。综合考虑以上因素。在130、150、170、200、230℃5个温度条件下进行喷雾干燥, 测定产品的含油率以及感官评价, 其结果见图1。

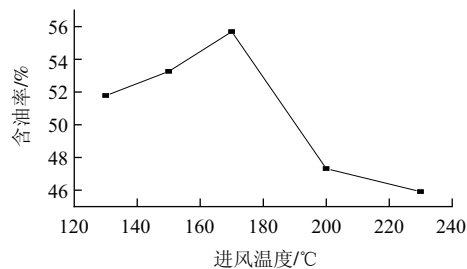


图1 进风温度对微胶囊含油率的影响

Fig.1 Effect of inlet air temperature on flaxseed oil content of microcapsules

由图1可知, 随着进风温度不断升高, 微胶囊的含油率逐渐升高, 但是当进风温度高于170℃时, 微胶囊被烤焦, 含油率降低。因此为了得到较好的微胶囊, 选择进风温度170℃。

2.1.3 雾化器转速的选择

离心式雾化器的工作原理是将直径5~50cm的圆盘以6000~32000r/min速度旋转, 借离心力作用使液体雾化成液滴。当进料速率一定时, 为得到均匀的雾滴, 离心盘的转速要快。但是雾化器转速高于27000r/min时, 雾滴的初始速度太高, 使物料在未干燥前就与干燥仓的上层接触, 发生半湿性黏壁; 当雾化器转速低于21000r/min时, 颗粒粒径大, 干燥时间长, 产品变湿发黏, 甚至在干燥仓的底部发生黏壁。综合考虑, 选择雾化器转速为24000r/min。

2.1.4 进料速度的选择

进料速度是调节出风温度的重要手段, 也直接影响生产效率的高低, 另外进料速度对生产过程的稳定性也起到至关重要的作用。进料速度过低, 生产过程越稳定, 但耗能越大; 进料速度过高, 生产过程中出风温度波动大。实验中发现进料速度达到54.41mL/min时, 出风温度波动超过±3℃, 而设备允许的波动范围为±2℃。为了保证较高的生产效率和稳定的工艺条件, 选定50.41mL/min为最佳进料速度。

综上所述，工艺条件大致范围：进风温度130~170℃、出风温度60~80℃、雾化器转速21000~27000r/min、进料速度50.41mL/min。

2.2 正交试验设计

根据前期实验确定的工艺条件，选择进风温度、出风温度、雾化器转速作为影响因素，设计L₉(3³正交试验，如表2所示，以评价指数=[(微胶囊化效率+含油率)/2]作为综合评价指数，确定最佳工艺条件。

表 2 微胶囊化正交试验因素水平表 Table 2 Factors and levels for orthogonal array design			
水平	因素		
	A出风温度/℃	B进风温度/℃	C雾化器转速/(r/min)
1	60	130	21000
2	70	150	24000
3	80	170	27000

正交试验结果中，极差R值越大，表明对应因素对结果影响越大，由表3R值可知，试验所设的3个因素对结果影响大小顺序为B>A>C，最佳组合为A₂B₃C₂。用优化的微胶囊化工艺参数所得微胶囊化效率为89.46%，含油率为56.59%。

表 3 微胶囊化工艺参数正交试验设计及结果 Table 3 Orthogonal array design and results					
试验号	A	B	C	微胶囊化效率/%	含油率/%
1	1	1	1	69.26	51.58
2	1	2	2	72.13	52.17
3	1	3	3	81.45	54.69
4	2	1	2	76.29	53.28
5	2	2	3	77.47	54.02
6	2	3	1	85.32	55.41
7	3	1	3	68.28	50.77
8	3	2	1	76.69	53.54
9	3	3	2	83.74	55.11
k ₁	63.55	61.58	65.30		
k ₂	66.97	64.34	65.46		
k ₃	64.69	69.29	64.45		
R	3.42	7.71	1.01		

2.3 微胶囊配方的选择

本实验以上述最佳工艺条件为参数，分别按亚麻籽胶与亚麻油的质量比为7:13、2:3、1:1、3:2乳液进行喷雾干燥，结果见表4。

表 4 壁材与芯材比对喷雾干燥的影响 Table 4 Effect of wall/core material ratio on microencapsulation efficiency and flaxseed oil content of microcapsules		
壁材与芯材比	微胶囊化效率/%	含油率/%
7:13	89.28	64.39
2:3	95.32	59.48
1:1	96.77	49.82
3:2	91.03	39.49

由表4可知，随着壁材用量的增加，微胶囊化效率升高，当壁材与芯材比超过2:3以后，微胶囊化效率逐渐下

降；相反，含油率以平缓趋势降低，当壁材与芯材比超过1:1以后，含油率急剧下降，综合考虑选用壁材与芯材比为2:3为宜。现行的微胶囊制备由于壁材与芯材的相容性不好，致使微胶囊含油率一般在40%以下，且壁材和芯材的乳化要使用乳化剂^[15-16]。本实验亚麻籽胶与亚麻油均来自于亚麻籽，亚麻籽胶具有黏度高、乳化性强、保湿型和悬浮稳定性突出等特点，无需再添加任何乳化剂就可直接制备成稳定的乳化液，且制得的微胶囊产品的含油率得到明显提高。

3 结 论

采用高速离心造粒喷雾干燥机进行喷雾干燥。确定制备亚麻油微胶囊的最佳工艺条件：进风温度170℃、出风温度70℃、雾化器转速24000r/min、进料速度50.41mL/min，亚麻籽胶与亚麻油的质量比为2:3。在此制备条件下亚麻油微胶囊化效率高达95.32%。以亚麻籽胶为壁材包埋亚麻油，避免了乳化剂的大量使用，且模仿了亚麻籽的天然存在形态，进而大大提高了微胶囊的含油率，其含油率为59.48%。

参考文献：

[1] 赵利, 党占海, 李毅, 等. 亚麻籽的保健功能和开发利用[J]. 中国油脂, 2006(3): 72-73.

[2] BEMELMANS W J, BROER J, FESKENS E J, et al. Effect of an increased in take of alpha-linolenic acid and group nutritional education on cardiovascular risk factors: the mediterranean alpha-linolenic enriched groningen dietary intervention (MARGARIN) study[J]. Am J Clin Nutr, 2002, 75(2): 221-227.

[3] 陶国琴, 李晨. α-亚麻酸的保健功效及应用[J]. 食品科学, 2000, 21(12): 140-143.

[4] 岳巧云, 张静, 刘恭源, 等. 气相色谱测定干果中的α-亚麻酸[J]. 食品科学, 2009, 30(24): 359-361.

[5] 胡彦, 丁友芳, 温春秀, 等. 紫苏属植物种子含油率及其脂肪酸组成[J]. 食品科学, 2010, 31(14): 165-169.

[6] 马文平, 纳鹏, 蔡同一, 等. 沙蒿籽油的氧化稳定性研究[J]. 食品科学, 2004, 25(1): 59-62.

[7] 孙曙庆. 油脂氧化稳定性的研究[J]. 食品与发酵工业, 1999, 25(3): 20-24.

[8] 崔振坤, 张秀娟, 曹秀栋. α-亚麻酸及其乙酯的氧化稳定性研究[J]. 粮油加工, 2009(2): 56-58.

[9] 王俊强, 顾震, 马天贵, 等. 微胶囊壁材的选择及其在食品工业中的应用[J]. 江西科学, 2008, 26(2): 242-244; 247.

[10] 洪柯江, 滕斌, 李宜. 微胶囊壁技术及其在农产品加工领域中的应用[J]. 中国农机化, 2010(2): 60-64.

[11] 杨宝玲, 陈烨. 玉米淀粉-辛烯基琥珀酸淀粉酯制备亚麻油微胶囊[J]. 农业工程学报, 2010, 26(7): 364-368.

[12] 陈三宝, 何渊仁. 粉末亚麻油的制备研究[J]. 中国油脂, 2006, 31(11): 31-32.

[13] 刘艳芳, 张培旗. 微胶囊技术制备粉末荆芥精油的研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(12): 238-239; 242.

[14] 徐文秀, 吴彩娥, 李强, 等. 丁香油喷雾干燥微胶囊技术研究[J]. 食品科学, 2006, 27(1): 278-281.

[15] 王承南, 钟海雁, 谢碧霞. 油茶籽油微胶囊凝聚法工艺技术的研究[J]. 中南林业学院学报, 2001, 21(4): 28-31.

[16] 单良, 潘文文, 刘元法, 等. “云麻一号”大麻籽仁油粉末油脂制备与表征[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(7): 69-73.

[17] 李双桂, 潘水淼, 徐江. 亚麻胶的喷雾干燥技术[J]. 化工进展, 2002, 21(8): 602-603; 610.

[18] 陈海华, 许时婴, 王璋. 亚麻籽胶化学组成和结构的研究[J]. 食品工业科技, 2004, 25(1): 103-105.

[19] 胡国华, 陈明. 亚麻籽胶的特性及其在冰淇淋中的应用研究[J]. 食品科学, 2003, 24(11): 90-93.

[20] 唐保鑫, 杨健, 刘婷婷. 亚麻胶提取工艺的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2007(3): 95-96.