

咸蛋清重组粒负压微波喷动膨化工艺

王涛¹, 张慜^{*1}, 王玉川¹, 刘亚萍²

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 广东嘉豪食品股份有限公司, 广东 中山 528447)

摘要: 以咸蛋清和淀粉为主要原料, 研究了糯米粉与玉米淀粉添加量、鱼糜添加量、麦芽糊精添加量、水分含量、微波功率及喷动频率等单因素对重组粒膨化效果的影响。实验结果表明, 糯米粉与玉米淀粉比例为 1:1, 鱼糜添加量 50%, 麦芽糊精添加量 5%, 水分含量为 46%, 微波功率 48 W/g 及喷动频率 4 次/min 时得到的重组粒产品最好, 产品具有较高的膨化率和脆度。

关键词: 咸蛋清; 重组粒; 负压微波脉冲; 膨化

中图分类号: TS 254 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2015)02—0189—06

Study on Negative Pressure Microwave Spouted Puffing Processing Technology of Salted Egg White Recombinant Plasmids

WANG Tao¹, ZHANG Min^{*1}, WANG Yuchuan¹, LIU Yaping²

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Guangdong Jiahao Foods Stock Inc, Zhongshan 528447, China)

Abstract: The salted egg white and starch as the main raw material in the experiment, this paper investigated the effect of the added amount of glutinous rice flour and corn starch, the surimi added amount, the maltodextrin added amount, water content, microwave power and jet frequency on expansion of recombinant plasmids, the expansion ratio and breaking force as index. The experimental results show that the ratio of glutinous rice flour and corn starch is 1:1, the surimi added 50%, the maltodextrin added amount 5%, water content 46%, microwave power 48W/g and spouted frequency 4 /min, with the optimum composition, the quality of the puffed product and the expansion ratio and crispness are better.

Keywords: salted egg white, recombinant plasmids, negative pressure microwave pulse-spouted, puffing

蛋清蛋白以清蛋白为主, 具有较高的生物学效价, 同时因其具有多种独特的功能性质, 如起泡性、

乳化性、胶凝性、持水性等, 故常作为食品原料或配料^[1]。咸鸭蛋蛋清的蛋白质组成与鲜鸭蛋蛋清的蛋

收稿日期: 2014-01-02

基金项目: 广东省-教育部产学研结合项目(2012B091000125)。

* 通信作者: 张 慜(1962—), 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农产品加工与贮藏方面的研究。

E-mail: min@jiangnan.edu.cn

白质组成无异,新鲜鸭蛋蛋清中含有10%~13%的蛋白质,咸鸭蛋蛋清中蛋白质约在8.8%~12%,但食盐含量约为7%~10%^[2]。蛋清蛋白质中含有人体所必须的8种必需氨基酸,氨基酸的种类全面且含量可观,其中含硫氨基酸较多,对其功能特性都有着显著的影响。经过动物实验证明,蛋清蛋白是一种比奶酪还好的蛋白质^[3]。一直以来,我国每年有上百亿枚咸鸭蛋蛋黄用于制作月饼、粽子等传统食品,但是咸蛋清仅有少量被用于饲料、法兰克福香肠及面条等制品的加工中,绝大部分还来不及利用就腐败了,这样不仅会造成蛋白质资源的极大浪费,同时,由于咸蛋清的发酵分解及腐败,对周围环境、水源造成严重的污染,这样造成严重的环境问题及影响生产企业经济效益。已有前人进行了微波膨化果蔬脆片、不同含水量的全蛋及蛋清的研究^[4-5],但是对咸蛋清重组产品膨化的研究却鲜有报道。作者研究了向咸蛋清、淀粉中添加鱼糜,以达到改善产品质构、增强膨化食品营养的目的,并研究了不同条件对重组粒负压微波脉冲喷动膨化效果的影响。

传统微波真空干燥存在产品在加热过程中不均匀现象,易出现冷、热点现象,影响产品干燥品质。为了克服微波真空干燥不均匀性,负压微波脉冲喷动干燥方法通过周期性的真空压力变化,带动物料颗粒周期性的喷动,从而提高了物料干燥的均匀性,避免了产品由于局部温度过高而造成烧焦现象,从而提高干燥后产品品质,同时也相应的提高干燥速率及降低有效能耗。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

咸鸭蛋蛋清:湖北神丹健康食品有限公司;玉米淀粉:无锡圣伦特国际贸易有限公司;糯米粉:安徽保保米业有限公司;白鲢鱼:购买自无锡雪浪农贸市场;食盐:无锡华润万家超市;碳酸氢钠、氯化钠、蔗糖、六偏磷酸钠、焦磷酸钠、山梨醇:均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 设备与仪器

TA—XT2型物性测定仪:英国莱斯特郡稳定微生态系统有限公司;负压微波喷动干燥仪:江南大学食品学院;101-1-BS电热恒温鼓风干燥箱:上海跃进医疗器械厂;CM-14型斩拌机:西班牙MAINCA公司;PL203型电子分析天平;LG家用冷

藏冷冻箱。

1.3 试验方法

1.3.1 艺流程及说明 工艺流程:咸蛋清、淀粉+鱼糜、麦芽糊精→混合均匀→成型→预凝胶→凝胶→切粒→速冻→预干燥→负压微波喷动膨化→包装

1)鱼糜制作参考王灵玉等^[6]。

2)将咸蛋清与淀粉按1:1混合后,置于斩拌机中,再加入鱼糜和麦芽糊精,斩拌10 min,使斩拌均匀。斩拌过程中加入2%的白砂糖有利于提高膨化产品的脆性。

3)将混合均匀的物料迅速的放在一次性保鲜盒中压板成型,并且压实,防止产生的气泡影响膨化效果。

4)将成型好的样品放在37℃的烘箱中1 h,进行预凝胶,上面可覆盖一层湿纱布以防止表面形成硬膜。

5)将上步预凝胶的样品转移到95℃的烘箱中处理40 min,在此过程中淀粉糊化,也有利于凝胶的形成。

6)将凝胶后的样品切成约为0.8 mm×0.8 mm×0.8 mm的颗粒,然后置于超低温冰箱中进行速冻,产生的微小冰晶有利于产品膨化过程中形成疏松多孔的结构。

7)热风干燥温度控制在60℃,使样品干燥至一定水分含量。

8)预干燥后的样品在负压微波脉冲喷动设备中进行膨化,测定相应的指标,真空包装,置于常温干燥环境下保藏。

1.4 测定指标

1.4.1 水分测定 水分含量测定按GB/T5009.3-2003方法。

1.4.2 膨化度测定

膨化度=膨化后体积/膨化前体积

试样体积测量采用容置置换法。从每一试样中随机取出一定质量样品,置于装有小米(已知体积 V 米)的量筒中,读取膨化前后样品与小米所占总体积 V 前和 V 后,则:

样品膨化度 $P=(V_{后}-V_{米})/(V_{前}-V_{米})$

每种样品重复测量3次,取平均值为测量结果^[7]。

1.4.3 产品脆度的测定 对膨化食品来说,脆度是一个很重要的指标,作者通过检测重组粒破碎力的大小来反映其脆度,破碎力越小,表明脆度越大^[8]。

质构采用 TA-XT2 物性测试仪来进行测定,试验结果用破碎力(g)来表示,脆度是人牙齿咀嚼食物时所用力的间接反映,直接反映了产品的可接受度。根据重组粒的物理特性,选用 P 0.25S 探头(Surrey,UK),测试条件为:测前速度 8 mm/s,测试速度 5 mm/s,测后速度 8 mm/s,触发力为 20 g,压缩比为 60%。试验中将形状规则的脆粒平放于测试台上,每个样品重复测定 6 次,取较稳定的 3 次试验数据的平均值作为最终结果。

2 结果与分析

先由预试验得出各个影响因素大致的范围,然后将其他几个影响因素设为定量,再在此基础上选择不同的单因素进行试验,以确定出最佳的条件。

2.1 糯米粉与玉米淀粉比例的选择

由图 1 可以看出,糯米粉质量分数高,产品的膨化率也高,但其破碎力较大,且色泽和组织结构欠佳。玉米淀粉质量分数高,最终产品的色泽、脆性、口感和组织结构都较佳,但是膨化率很低。究其原因,糯米的支链淀粉质量分数相对较高,所以呈现出来的膨化率较理想。而玉米的支链淀粉质量分数相对较低,所以膨化率较低,但玉米淀粉中直链淀粉质量分数较高,膨化时物料表层失水干燥促使淀粉形成淀粉膜,此膜的强度与表层淀粉中支链淀粉与直链淀粉的比例有关,直链淀粉质量分数越高,淀粉膜强度越大,使得样品表皮脆性越好。综合考虑,选择糯米粉添加量为 50%,即糯米粉与玉米淀粉比例为 1:1 时,膨化效果较好。

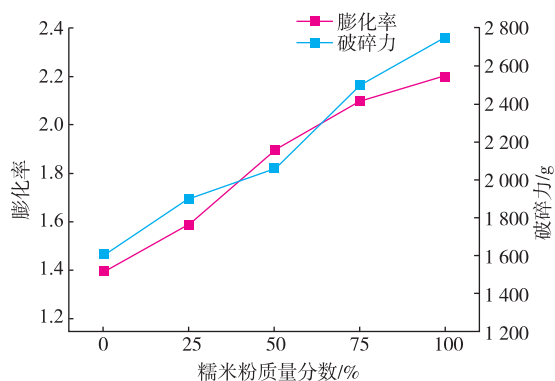


图 1 糯米粉质量分数对膨化的影响

Fig. 1 Effect of glutinous rice flour added amount on puffing

2.2 鱼糜添加量对咸蛋清与淀粉重组粒膨化的影响

预实验中发现,单独将咸蛋清与淀粉混合制成

的重组粒膨化效果并不明显,将鱼糜添加到咸蛋清与淀粉中能显著地提高膨化效果。添加不同质量分数的鱼糜(以咸蛋清与淀粉总量为基准)进行实验,结果见图 2。

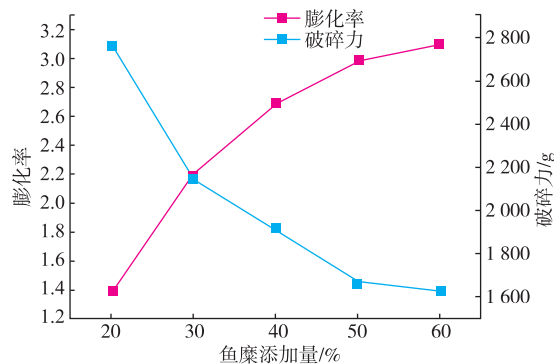


图 2 鱼糜添加量对膨化的影响

Fig. 2 Effect of surimi added amount on puffing

蛋清、淀粉、鱼糜都具有较好的凝胶性质,通过向咸蛋清与淀粉中添加鱼糜,并且充分搅拌均匀后,经适当热处理形成致密均匀的凝胶网络结构,而且混合后重组产品弹性比较好,从而有利于微波膨化。从图 2 可以看出,随着鱼糜添加量的增加,重组粒的膨化率呈增大的趋势,而破碎力逐渐减小,当鱼糜添加量达到 50% 时,继续增加鱼糜量,重组粒的膨化率和破碎力并没有明显的变化。

2.3 麦芽糊精添加量对膨化产品的影响

麦芽糊精可以作为定型填充料渗透到物料内部,使组织更加充实,有利于在膨化时得到均匀疏松多孔的结构,又能改善膨化食品的脆度^[9]。方蕾、刘谋权等报道,对菠萝、木瓜、芒果、苹果等采用蔗糖、普鲁兰多糖、阿拉伯胶、麦芽糊精、预糊化淀粉等进行渗透处理,渗透过程既能起到部分脱水效果,在热风脱水干燥时节省部分能耗,又可以作为定型填充料渗透到物料内部,使果肉组织更加充实。而且得到的水果脆片色泽黄亮,组织疏松,口感酥脆,风味纯正^[10-11]。通过向重组粒中添加不同质量分数的麦芽糊精,其对重组粒膨化的影响见图 3。

麦芽糊精作为填充剂,在适量范围内有利于产品疏松多孔结构的形成,但是随着麦芽糊精添加量的增加,重组粒的膨化率呈逐渐减小的趋势。实验发现,向样品中添加麦芽糊精,对样品的凝胶产生了一定的影响,而且随着添加量的增加,重组粒的凝胶强度及粘弹性都有很大的变化,这可能是导致膨化率降低的主要原因。在麦芽糊精添加量为 5%

时,破碎力最小,约为 1 700 g,增加麦芽糊精的添加量,重组粒的破碎力增大,综合考虑,麦芽糊精最适添加量为 5%。

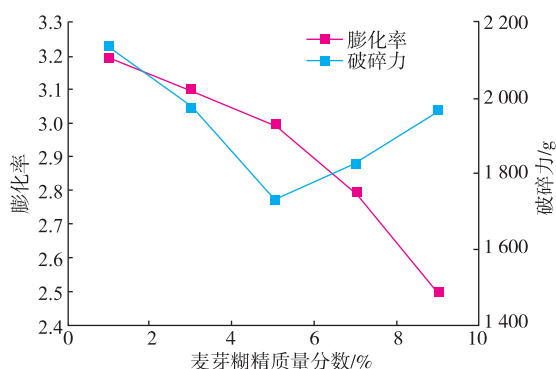


图 3 麦芽糊精添加量对膨化的影响

Fig. 3 Effect of maltodextrin add amount on puffing

2.4 预干燥后水分质量分数对膨化产品的影响

微波膨化是微波能量到达物料深层转换成热能,将使物料深层水分迅速蒸发形成较高的内部蒸汽压力,迫使物料膨化^[12]。水分作为膨化动力,若含水量过低,则膨化动力不足,膨化受到影响,甚至根本不能膨化。含水量过大,在膨化末期产品内部已干燥,而外表面的排湿尚未完成,产品容易回缩、变形,不仅使得产品状态差,也会使膨化率减小。

热风干燥过程就是一个预干燥过程,目的是将高水分含量的样品干燥到适合膨化的水分含量,实验采用 (60±2) °C 对凝胶后的混合物料进行热风干燥,达到一定水分后再用负压微波脉冲喷动进行膨化,测定其膨化率,试验结果见图 4。

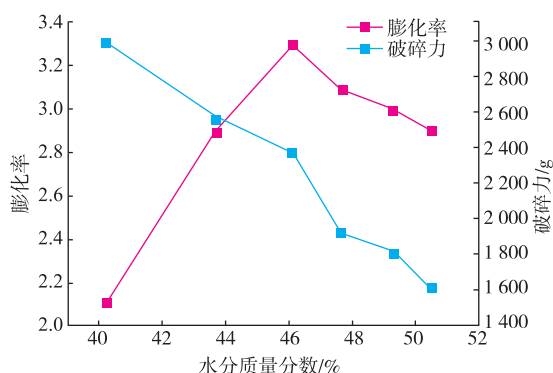


图 4 水分质量分数对膨化的影响

Fig. 4 Effect of water content on puffing

由图 4 可以看出,水分质量分数对重组粒的膨化率及破碎力的影响都很大。在水分质量分数低于

46%时,重组粒的膨化率基本上呈现线性递增的趋势,而当水分质量分数高于 46%时,膨化率又略有下降的趋势,膨化率在水分质量分数为 46%时达到最大。随着水分质量分数的增加,破碎力呈现递减的趋势,表明重组粒的脆度逐渐增大,在水分质量分数为 46%时,破碎力约为 2 300 g。虽然继续增加水分质量分数可以减小破碎力,但是过高的水分质量分数导致在负压微波脉冲喷动过程中,样品粘连在一起,使局部受热过多,导致最终产品出现焦黄色,影响喷动的均匀性。所以综合考虑,初定 46% 的水分质量分数为其最佳水平。

2.5 不同微波功率对膨化产品的影响

分别选取单位质量的微波平均功率为 18、28、38、48、58 W/g,切片厚度为 8 mm,测得不同的功率对产品膨化的影响。

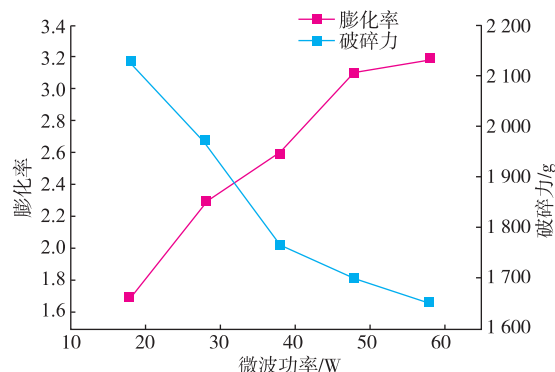


图 5 微波功率对膨化的影响

Fig. 5 Effect of microwave power on puffing

由图 5 可以看出,膨化时间相同时,在一定范围内膨化率随微波功率的增加而增大。功率大使升温速度加快,使物料瞬间达到膨化所要求的温度和压力,但是当微波功率过大,超过 48 W/g 时,产品膨化时由于吸热过多而导致表面焦黄,对产品的感官有一定的影响,而膨化功率小导致膨化时微波提供的能量过小,不足以使样品完全膨化,最终产品皱缩现象比较严重,从而导致样品的破碎力比较大。综合考虑,微波功率在 48 W/g 时,产品的膨化率及破碎力都在一个较佳的水平,所以选择微波功率为 48 W/g。

2.6 不同喷动频率对膨化产品的影响

不同喷动频率对膨化产品有很大的影响,尤其对膨化产品的均匀性影响很大,喷动频率小,产品局部受热不均匀,易产生焦黄现象,从而影响产品

的感官特性。喷动频率大,产品的均匀性好,但相应的由于破真空的次数过多会导致腔体中的真空度降低而影响膨化效果,而且由于产品喷动过程中碰撞次数增加,导致产品表面粗糙,也会影响其感官特性。研究不同喷动频率对重组粒膨化的影响,分别设置喷动频率为2、4、6次/min。

由图6可以看出,喷动频率增加,产品的膨化率降低,而其破碎力随着膨化频率的增加而增加。这是因为喷动频率低,负压干燥腔体中的物料破真空的程度就小,膨化产品一直维持在相对较高的真空环境中,所以其膨化率就相对较高,而破碎力较小,相应的产品的脆度就比较大,但是过低的喷动频率导致喷动过程中产品受热的不均匀行,易使产品出现焦黄色。而喷动频率过大,导致破真空度大,不仅影响了产品的膨化率,而且还会造成产品的脆性不佳。喷动频率为4次/min时,产品的膨化率及破碎力都处在一个相对较好的范围内,产品的焦黄色也不十分明显,所以确定喷动频率为4次/min。

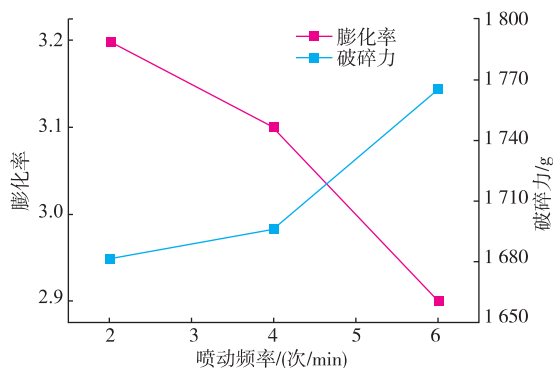


图6 喷动频率对膨化的影响

Fig. 6 Effect of jet frequency on puffing

3 结语

实验结果表明,选择糯米粉和玉米淀粉以1:1的比例,咸蛋清、淀粉(糯米粉与玉米淀粉)与鱼糜的比例为1:1:1,麦芽糊精添加量为5%时膨化效果较好。咸蛋清、淀粉、鱼糜的结合使重组粒具有较好的粘弹性。糯米粉几乎全部是支链淀粉,因此具有较好的伸展性,混合搅拌以及糊化时能有效的包裹住水分和空气,在淀粉糊化中形成网络结构,增加了后期膨化的动力,易成型,适于膨化。

咸蛋清重组粒的最佳生产工艺为:60℃热风干燥至水分质量分数46%,微波功率为48 W/g及喷动频率4次/min。负压微波脉冲喷动过程中,真空度保持在0.08~0.09 MPa范围内,喷动时间为10 min。

采用负压微波脉冲喷动为膨化咸蛋清重组粒提供了一种新的咸蛋清加工技术,所得产品营养价值高、携带方便,适合大众食用,生产成本比较低,具有广阔的开发前景。

但是,在该工艺条件下咸蛋清重组粒的膨化机理还需要深入研究之处,比如膨化产品空隙分布不是十分均匀,小孔大小不一,酥脆度还不是很理想,其影响重组粒品质的因素还不是很清楚,还有待进一步的探讨研究。

参考文献:

- [1] MINE Y. Recent advances in the understanding of egg white protein functionality[J]. *Trends in Food Science and Technology*, 1995, 6: 225-231.
- [2] 阳辛凤,钟秋平,陈文学,等.微波膨化型香蕉脆片的加工和酥脆度改善方法的研究[J]. *热带农业工程*, 2010, 34(2): 21-23. YANG Xinfeng, ZHONG Qiuping, CHEN Wenxue, et al. Processing of banana chips by microwave puffing and improving of crispness[J]. *Tropical Agricultural Engineering*, 2010, 34(2): 21-23. (in Chinese)
- [3] 刘雪. 咸鸭蛋蛋清功能特性的研究及其酶解物的应用[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [4] Higo A, Noguchi S, Wada Y. Inflation phenomena and changes in components of dried whole egg, egg albumin water mixtures by microwave irradiation [J]. *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 1997, 44(3): 703-710.
- [5] 李里特,李秀婷,张友龙.微波加工果蔬脆片的研究[J]. *食品科学*, 1995, 16(11): 20-23. LI Lite, LI Xiuting, ZHANG Youlong. Study on microwave processing of fruit and vegetable chips [J]. *Food Science*, 1995, 16

- (11):20-23.(in Chinese)
- [6] 王灵玉,张慙,陈卫平. 重组松脆鱼果的真空微波加工工艺[J]. 食品与生物技术学报,2011,30(5):663-667.
WANG Lingyu,ZHANG Min,CHEN Weiping. Study on vacuum microwave processing technology of recombinant crunchy fish fruits[J]. **Journal of Food and Biotechnology**,2011,30(5):663-667.(in Chinese)
- [7] 雷鸣,卢晓黎,何自新. 淀粉种类对甘薯膨化食品品质的影响[J]. 食品科学,2002,23(2):55-58.
LEI Ming,LU XIAOLI,HE Zixin. The influence of varieties starch on quality of sweet potato puffed food [J]. **Food Science**,2002,23(2):55-58.(in Chinese)
- [8] 范柳萍,张慙,邵爱芳. 胡萝卜脆片真空油炸脱水工艺的优化[J]. 无锡轻工大学学报,2004,23(1):40-44.
FAN Liuping,ZHANG Min,SHAO Aifang. Optimization of vacuum frying dehydration of carrot chips [J]. **Journal of Wuxi University of Light Industry**,2004,23(1):40-44.(in Chinese)
- [9] 严启梅,牛丽影,袁春新,等. 预处理对杏鲍菇脆片品质的影响[J]. 食品科学,2012,33(6):74-77.
YAN Qimei,NIU Liying,YUAN Chunxin. Effect of pretreatments on the quality of *Pleurotus eryngii* chips [J]. **Food Science**,2012,33(6):74-77.(in Chinese)
- [10] 方蕾,毕金峰,蒋和体. 菠萝变温压差膨化干燥技术研究进展[J]. 粮油加工,2009(2):121-124.
FANG Lei,BI Jinfeng,JIANG Heti. Pineapple variable temperature and pressure difference research progress of explosion puffing drying technology[J]. **Grain and Oil Processing**,2009(2):121-124.(in Chinese)
- [11] 刘谋权,孔美兰. 普鲁兰多糖在气流膨化热带果蔬脆片中运用的初步探讨[J]. 食品与发酵工业,2008,34(9):78-80.
LIU Mouquan,KONG Meilan. Preliminary research on the puffing explosion of tropical fruits and vegetables chips with pullulanase polysaccharide[J]. **Food and Fermentation Industries**,2008,34(9):78-80.(in Chinese)

科 技 信 息

中科院大连化物所纳米片分子筛膜相关研究获重大进展

在国家自然科学基金的资助下,中国科学院大连化学物理研究所杨维慎研究员团队近日在纳米片分子筛膜相关研究方面获重大进展。有关成果发表在2014年12月12日出版的Science (346, 1356-1359)杂志上。

分离是过程工业的重要单元操作,占总能耗的40%~60%。气体膜分离具有操作能耗低、分离效率高等显著优点,在过程工业强化中发挥着重要作用。迄今为止,有机膜的气体分离性能均位于罗宾逊上限(Robeson's upper bound)之下。分子筛膜由具有亚纳米级规整孔道的多孔材料构成,可以实现基于分子尺寸与形状的精确筛分,有望突破罗宾逊上限。分子筛纳米片是最为理想的分子筛膜构筑基元。如何获得大面积且高结晶度的分子筛纳米片,以及如何有效控制纳米片在分离膜中的组装形态,是纳米片分子筛膜概念得以实现的关键。二维层状分子筛材料的开层剥离是分子筛纳米片的主要来源。由于沸石分子筛层状材料在合成可控性和开层难易性方面的局限,相关研究一直未取得突破。近年来,二维层状金属有机骨架(MOFs)的发展为分子筛纳米片的制备提供了丰富的材料库。关键挑战是如何高效地将之开层至纳米厚度的同时保持其结晶态的孔道结构和完整的片状形貌。

中国科学院大连化学物理研究所杨维慎研究团队将一种基于广泛研究的沸石咪唑酯骨架(Zeolitic Imidazolate Framework,ZIFs),ZIF-7纳米粒子,(Zn(bim)₂, bim=benzimidazolate)进行水热处理,得到具有优异稳定性的二维层状骨架母体材料(Zn₂(bim)₄),以甲醇与正丙醇为分散剂,结合超低功率湿法球磨与超声分散技术,在国际上首次成功开层获得了单分子层厚度的MOFs纳米片。在此基础上,通过热组装方法得到厚度<5nm的超薄分子筛膜。针对50:50的H₂/CO₂原料气,该纳米片分子筛膜的H₂/CO₂分离系数达到200以上,H₂透量达到2 000 GPU(s (Gas Permeation units, 1GPU=1 × 10⁻⁶ cm³/cm²·sec·cmHg,STP)以上,远高于迄今报道的有机和无机膜的H₂/CO₂分离性能。Zn₂(bim)₄纳米片分子筛膜在不同升降温条件(室温至200℃)和水热条件(150℃,4 mol%水蒸气)下进行了长达400小时的稳定性测试,膜性能保持不变。此项研究进展有望在整合煤气化联合循环(IGCC)系统中的水煤气转化膜反应器中获得工业应用,实现CO₂的燃烧前捕获。

[信息来源] 国家自然科学基金委员会. 中科院大连化物所纳米片分子筛膜相关研究获重大进展[EB/OL]. (2014-12-9). <http://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab88/info47698.htm>