

# 有机溶剂处理提高固定化脂肪酶活性及稳定性

祖昕, 杜凯, 曹方, 孙玉梅\*

(大连工业大学 生物工程学院, 辽宁 大连 116034)

**摘要:** 为提高固定化脂肪酶催化转酯化反应的活性和稳定性, 采用活性炭、硅胶 G 和 DM-130 树脂吸附固定脂肪酶 LVK-F100, 并用甲醇、丙酮、丙醇、异丙醇、乙酸乙酯、正己烷以及环己烷处理湿的固定化脂肪酶。结果表明, 甲醇、正己烷和环己烷处理对固定化脂肪酶有钝化作用, 而丙酮、丙醇、异丙醇和乙酸乙酯处理能显著提高固定化脂肪酶的活性。用乙酸乙酯和异丙醇处理吸附固定的脂肪酶 1 h, 可使固定化脂肪酶活力分别提高 1.70~2.25 倍、半衰期延长 3.2~8.4 h、催化大豆油转酯化反应延长使用周期 2~5 批。异丙醇和乙酸乙酯处理还可提高固定化脂肪酶的热稳定性。

**关键词:** 脂肪酶; 固定化; 有机溶剂; 活性; 稳定性

**中图分类号:** Q 814 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2016)01—0089—06

## Treatment of Organic Solvents to Improve Activity and Stability of Immobilized Lipases

ZU Xin, DU Kai, CAO Fang, SUN Yumei\*

(School of Biological Engineering, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China)

**Abstract:** The lipases immobilized on active carbon, silica gel G or DM-130 macro porous resin by adsorption were steeped in various organic solvents to improve the activity and stability for catalyzing transesterification. It was found that the activities of immobilized lipases could be increased with acetone, 1-propanol, 2-propanol and ethyl acetate, but could be deactivated with methanol, n-hexane and cyclohexane. Compared with the immobilized lipases dried directly after adsorption, the immobilized lipases treated in 2-propanol or ethyl acetate for 1 h displayed 1.70 to 2.25 times enzyme activities, their half-lives were prolonged 3.2 to 8.4 h and the operation lives were increased 2 to 5 batches for soybean oil transesterification. The thermal stability of the immobilized lipases could also be enhanced by the treatment with 2-propanol or ethyl acetate.

**Keywords:** lipase, immobilization, organic solvent, activity, stability

收稿日期: 2014-11-24

基金项目: 辽宁省教育厅创新团队项目(LT2011008); 辽宁省科技厅辽宁省发酵工业产品工程技术研究中心项目(辽科发 200923)。

\* 通信作者: 孙玉梅(1962—), 女, 吉林吉林人, 教授, 主要从事微生物代谢控制发酵研究。E-mail: sunyumei62@163.com

脂肪酶在工业上通常被用于催化有机媒介中的酯化或转酯化反应。其在有机溶剂或无溶剂系统催化植物油酯化是制备生物柴油的环境友好工艺<sup>[1]</sup>。

酶的固定化技术解决了脂肪酶在酯化或转酯化反应过程中易结块、不易回收和重复利用等问题,提高了脂肪酶的活性和稳定性<sup>[2]</sup>。吸附法固定化酶具有操作简单、成本低、空间位阻小、在有机介质中催化反应时脱附量较小、保留活性高、可再生等优点<sup>[3]</sup>。固定化脂肪酶在有机介质中的催化活性明显低于在水相介质中的催化活性,提高固定化酶在有机介质中的催化活性和稳定性具有很大的研究价值。

将游离脂肪酶溶解于某些纯的极性有机溶剂或含有少量极性有机溶剂的水溶液中可以明显提高脂肪酶的催化活性和稳定性<sup>[4-6]</sup>。采用异丙醇干燥固定化酶可明显提高固定化酶的活性和对映体选择性<sup>[7]</sup>。一般认为极性有机溶剂改变了脂肪酶分子的构象,促进了酶与底物的结合,从而提高酶的催化性能。但以极性有机溶剂处理固定化 *Candida Antarctica* 脂肪酶,未表现出酶活性和稳定性的提高<sup>[8]</sup>。

采用不同载体在水相环境中吸附固定化脂肪酶(国产),用纯有机溶剂处理湿的固定化脂肪酶,并采用处理的脂肪酶催化大豆油转酯化反应,考察有机溶剂处理对固定化脂肪酶的催化活性和稳定性的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

脂肪酶 LVK-F100:10000 U/g, 深圳市绿维康生物工程有限公司产品;牛血清蛋白(BSA):美国 Xiasi 生物公司产品;硅胶 G:青岛裕民源硅胶试剂厂产品;吸水硅胶:深圳市红叶杰科技有限公司产品;80-100、300-400 目层析硅胶,青岛裕民源硅胶试剂厂产品;DM-130 大孔树脂:山东鲁抗医药股份有限公司树脂分厂产品;大豆油,大连日清制油有限公司产品;气相色谱分析用脂肪酸甲酯标准品:美国 SUPELCO 公司产品。

### 1.2 方法

**1.2.1 脂肪酶的固定化** 将 15 g 酶粉溶于 300 mL 磷酸缓冲液 (50 mmol/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4\text{-K}_2\text{HPO}_4$ , pH 7.0), 于室温、200 r/min 搅拌 2 h 后, 于 2 680 g 离心 10 min, 得上清液。再用磷酸缓冲液稀释上清液, 制得

浓度为 0.05 mg/mL 的脂肪酶液。分别将 1 g 经预处理的活性炭、硅胶 G 以及 DM-130 树脂加入 30 mL 上述酶液中, 于 30 °C、150 r/min 振荡吸附 2 h 后, 过滤出湿固定化酶, 于 4 °C 放置 24 h。

**1.2.2 有机溶剂处理固定化脂肪酶** 取上述湿固定化酶 1 g 置于 100 mL 具塞三角瓶中, 加入 20 mL 有机溶剂, 于 30 °C、150 r/min 振荡处理 1 h, 抽滤得处理过的固定化酶, 于 4 °C 放置 24 h, 测定脂肪酶活力。

选取作用效果较好的有机溶剂, 按上述条件分别振荡处理 0.5~8 h, 抽滤得处理过的固定化酶, 于 4 °C 放置 24 h, 测定脂肪酶活力。

**1.2.3 蛋白质测定** 采用 Bradford 法<sup>[9]</sup>, 使用牛血清蛋白为标准蛋白。

**1.2.4 固定化脂肪酶活力测定** 采用改进的橄榄油乳化法<sup>[10]</sup>。向 150 mL 40 g/L 的聚乙二醇溶液中加入 50 mL 橄榄油, 混合均匀制成底物乳化液。在 100 mL 三角瓶中加入 5 mL 底物乳化液和 4 mL 的磷酸缓冲液 (50 mmol/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4\text{-K}_2\text{HPO}_4$ , pH 7.0), 于 38 °C 预热 5 min, 加入待测定的固定化脂肪酶, 于 38 °C 搅拌 10 min, 用 10 mL 体积分数 95% 的乙醇终止反应。以酚酞为指示剂, 用 0.025 mol/L 的 NaOH 滴定水解产生的脂肪酸。

酶活力定义: 在 38 °C、pH 7.0 的条件下, 每分钟水解橄榄油产生 1  $\mu\text{mol}$  脂肪酸所需的酶量为一个酶活单位(U)。

**1.2.5 固定化脂肪酶催化大豆油转酯化** 将 22.5 g 大豆油、11 mL 正己烷及 1 g 固定化脂肪酶置于 250 mL 具塞三角瓶中, 经 30 °C 预热 15 min, 按醇油摩尔比 3:1, 从反应开始每 8 h 等摩尔加入无水甲醇 3 次, 于 150 r/min 振荡反应 24 h。将转酯化反应液在 0.1 MPa 减压蒸馏, 收集 140 °C~200 °C 脂肪酸甲酯组份, 进行气相色谱定量分析。

**1.2.6 大豆油的完全甲酯化** 取 1 g 大豆油置于 50 mL 具塞三角瓶中, 加入 5 % 的 KOH-甲醇溶液 2 mL, 于 75 °C 水浴中皂化 15 min, 再加入 14 % 的三氟化硼乙醚溶液 2 mL, 振荡反应 2 min, 待冷却至室温后, 加入 1 mL 正己烷, 充分振荡后静置, 取上清液进行气相色谱定量分析。

**1.2.7 脂肪酸甲酯测定** 采用山东经纬 GC8900 型气相色谱仪, PEG-20M (30 m $\times$ 0.32 mm $\times$ 0.35  $\mu\text{m}$ ) 毛细管柱; 柱箱温度 180 °C, 汽化室温度 250 °C, FID

检测器温度 250 ℃;载气为氮气,柱前压 0.1 MPa;氢气流量 30 mL/min,空气流量 50 mL/min;进样量 0.4 μL,无分流。

**1.2.8 大豆油的脂肪酸甲酯转化率 X 计算** 计算公式如下:

$$X = \frac{\text{样品中脂肪酸甲酯质量分数}}{\text{完全甲酯化的甲酯质量分数}} \times 100\%$$

**1.2.9 固定化酶半衰期测定** 转酯化反应结束后,用 15 mL 丙酮分 3 次洗涤固定化脂肪酶,过滤分离固定化脂肪酶,于 4 ℃干燥 24 h,测定其脂肪酶活力,根据 Inverted linear decay model 计算固定化酶半衰期  $t_{1/2}$ <sup>[11-12]</sup>。

**1.2.10 固定化酶热稳定性测定** 将 1 g 固定化酶置于 100 mL 三角瓶,加入 20 mL 磷酸缓冲液(50 mmol/L KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>,pH 7.0),分别置于 30 ℃~70 ℃水浴摇床中振荡 1 h,反应结束后,过滤分离固定化脂肪酶,于 4 ℃放置 24 h,测定其脂肪酶活力。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同有机溶剂处理对固定化脂肪酶活力的影响

以 40 目活性炭、硅胶 G 以及 DM-130 树脂吸附固定脂肪酶,再用不同有机溶剂处理固定化脂肪酶,处理前后的固定化脂肪酶相对酶活见表 1。

表 1 不同有机溶剂处理的固定化脂肪酶相对酶活

Table 1 Relative activities of immobilized lipases treated by various organic solvents

有机溶剂	活性炭	硅胶 G	DM-130 大孔树脂
未处理	100	100	100
丙酮	140	169	150
甲醇	50	80	47
丙醇	133	167	167
异丙醇	173	193	225
乙酸乙酯	200	178	187
环己烷	75	89	69
正己烷	88	80	81

由表 1 可知,甲醇、正己烷和环己烷对固定化脂肪酶有钝化作用,而丙酮、丙醇、异丙醇、乙酸乙酯明显提高了固定化脂肪酶的活性,对硅胶 G 和 DM-130 树脂吸附固定脂肪酶的处理效果较好。

水因直接或间接参与所有的非共价相互作用而维持脂肪酶催化部位的构象<sup>[13-14]</sup>。丙酮、丙醇、异丙醇、乙酸乙酯的极性较大,与水的亲和作用较大,

能吸收湿固定化脂肪酶结构中的多余水分,激活脂肪酶分子上某些处于关闭状态的活性部位,改变脂肪酶的分子构象,促进酶与底物的结合<sup>[15]</sup>,而且有利于固定化酶的干燥。用具有较大极性的甲醇处理后的脂肪酶活力降低很多。而正己烷和环己烷的极性较小,与固定化脂肪酶结构中的水亲和作用较小,使固定化脂肪酶结构中的水较多残留,从而降低脂肪酶催化活性<sup>[16-17]</sup>。因此,有机溶剂对固定化脂肪酶的作用与溶剂极性强弱及其相关基团有关。

有机溶剂对固定化脂肪酶的作用还与溶剂分子的结构以及酶在载体上的吸附状态有关。Wu 等<sup>[15]</sup>采用极性相同的辛烷和异辛烷处理表面包被的脂肪酶,发现辛烷和异辛烷对固定化脂肪酶均有钝化作用,且辛烷的钝化作用明显高于异辛烷。Park 等<sup>[1]</sup>证明了固定化脂肪酶的多层包被或皱褶结构会形成空间位阻,阻碍底物与脂肪酶的接触以及反应产物的扩散,也会阻碍有机溶剂与脂肪酶分子的接触,降低极性溶剂的激活作用。

### 2.2 有机溶剂处理时间对固定脂肪酶活力的影响

用乙酸乙酯处理活性炭吸附固定的脂肪酶,用异丙醇处理硅胶 G、DM-130 树脂吸附固定的脂肪酶,经处理不同时间的固定化脂肪酶相对酶活力如图 1 所示。

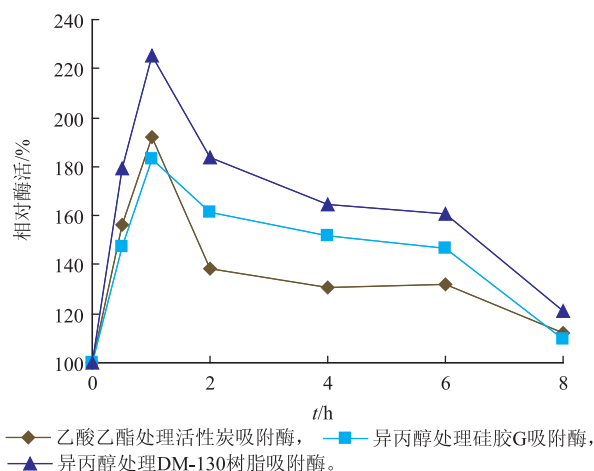


图 1 不同有机溶剂处理时间的固定化脂肪酶相对酶活力  
Fig. 1 Relative activities of immobilized lipases treated by organic solvents for various time

由图 1 可知,乙酸乙酯处理活性炭吸附固定脂肪酶以及异丙醇处理硅胶 G、DM-130 树脂吸附固定脂肪酶的适宜时间均为 1 h,随着处理时间的延长,酶活力不断下降。乙酸乙酯和异丙醇与固定化

脂肪酶结构中的水亲和作用较大,虽然适当浸泡能吸收湿固定化脂肪酶结构中多余的水分,有利于稳定固定化脂肪酶分子构象和减少固定化脂肪酶结构中的非必需水,但较长时间浸泡会延长溶剂与其中水的亲和作用时间,剥夺固定化脂肪酶的必需水,破坏了脂肪酶的分子构象,导致部分脂肪酶变性失活。已有研究表明适量的极性有机溶剂处理对载体吸附酶量没有影响<sup>[18]</sup>。

### 2.3 有机溶剂处理对固定化脂肪酶热稳定性的影响

用乙酸乙酯处理活性炭吸附固定的脂肪酶 1 h,用异丙醇处理硅胶 G、DM-130 树脂吸附固定的脂肪酶 1 h,经有机溶剂处理与未经处理的固定化脂肪酶在不同温度下的相对酶活力如图 2 所示。

与未经有机溶剂处理的固定化脂肪酶相比,经乙酸乙酯处理的活性炭吸附固定脂肪酶和经异丙醇处理的硅胶 G 吸附固定脂肪酶在各温度下的酶活力均较高,说明极性有机溶剂处理能提高固定化脂肪酶的热稳定性。但经异丙醇处理的硅胶 G 吸附固定的脂肪酶比经乙酸乙酯处理的活性炭吸附固定的脂肪酶具有更好的高温稳定性,这与活性炭孔隙较大,被吸附固定的酶呈片层堆积有关<sup>[19]</sup>。

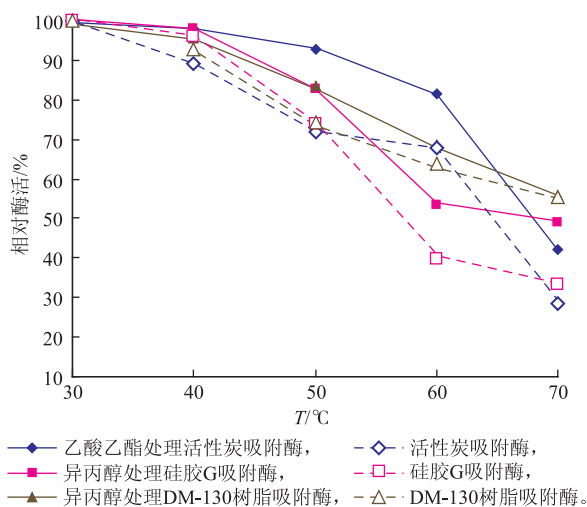


图 2 经有机溶剂处理的固定化脂肪酶热稳定性

Fig. 2 Thermal stability of immobilized lipases treated by organic solvents

### 2.4 有机溶剂处理对固定化脂肪酶半衰期的影响

用乙酸乙酯处理活性炭吸附固定的脂肪酶 1 h,用异丙醇处理硅胶 G、DM-130 树脂吸附固定的脂肪酶 1 h,经有机溶剂处理与未经处理的固定化脂肪酶半衰期如图 3 所示。

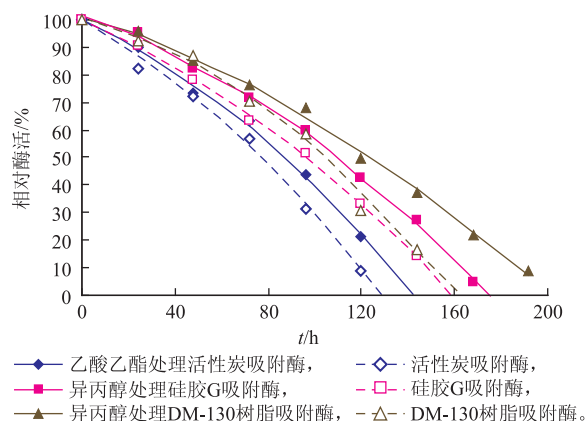


图 3 经有机溶剂处理的固定化脂肪酶半衰期

Fig. 3 Half-lives of immobilized lipases treated by organic solvents

由图 3 可知,与未经有机溶剂处理的相应固定化脂肪酶相比,经乙酸乙酯处理的活性炭吸附固定脂肪酶半衰期延长 6.6 h,是未处理对照的 1.1 倍,经异丙醇处理的硅胶 G 吸附固定脂肪酶的半衰期延长 8.4 h,是未处理对照的 1.1 倍,经异丙醇处理的 MD-130 树脂吸附固定脂肪酶半衰期延长 3.2 h,是未处理对照的 1.04 倍。可见,极性有机溶剂处理能有效延长固定化酶的半衰期。一般认为,酶活力下降的主要原因是反应过程中酶分子活性部位的钝化和酶蛋白结构的变性失活,但酶蛋白结构改变并不一定导致酶活力下降<sup>[20]</sup>。适量的极性有机溶剂处理虽然改变了酶分子的部分结构,但却增强了脂肪酶的催化活性,并且稳定了酶分子的构象,延长了半衰期。硅胶 G 具有极性,对极性有机溶剂也有较强吸附作用,能促使极性有机溶剂进入到包被或载体结构的内部<sup>[19]</sup>,对脂肪酶的激活或稳定作用效果更明显。

### 2.5 有机溶剂处理对固定化脂肪酶操作稳定性的影响

用乙酸乙酯处理活性炭吸附固定的脂肪酶 1 h,用异丙醇处理硅胶 G、DM-130 树脂吸附固定的脂肪酶 1 h,经有机溶剂处理与未经处理的固定化脂肪酶重复应用于催化大豆油转酯化反应的酯转化率如图 4 所示。

由图 4 可见,在酯转化率不低于 50%的情况下,与未经有机溶剂处理的相应固定化脂肪酶相比,经乙酸乙酯处理的活性炭吸附固定脂肪酶多用 5 批次,是未处理对照的 1.6 倍,经异丙醇处理的硅胶 G 吸附固定脂肪酶多用 3 批次,是未处理对照的

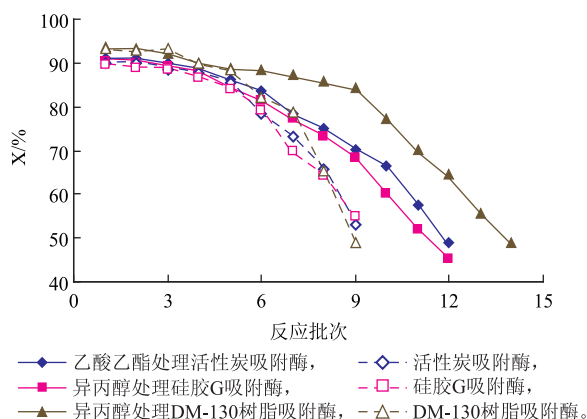


图4 经有机溶剂处理的固定化脂肪酶的循环利用效果

Fig. 4 Recycling use of immobilized lipases with treatment in polar organic solvents

1.3倍,经异丙醇处理的MD-130树脂吸附固定脂肪酶多用2批次,是未处理对照的1.2倍。可见,极性有机溶剂处理能有效延长固定化脂肪酶催化大豆油转酯化反应的使用寿命。经极性有机溶剂处理,增强了固定化脂肪酶对正己烷和甲醇的耐受性,从而增强其在大豆油、正己烷和甲醇反应环境中催化转酯化反应的稳定性。经乙酸乙酯处理的活

性炭吸附固定脂肪酶的使用寿命明显高,是活性炭结构、吸附固定脂肪酶的方式和状态以及乙酸乙酯的处理效果使然。

### 3 结语

有机溶剂对固定化脂肪酶LVK-F100的作用与溶剂极性强弱及其相关基团以及酶在载体上的吸附状态有关,较强极性的丙酮、丙醇、异丙醇、乙酸乙酯明显提高了固定化脂肪酶的活性,对硅胶G和DM-130树脂吸附固定脂肪酶的处理效果普遍较好。而甲醇、正己烷和环己烷对固定化脂肪酶有钝化作用。

综合评价,用乙酸乙酯处理活性炭吸附固定的脂肪酶以及用异丙醇处理硅胶G吸附固定的脂肪酶,在酶活性、热稳定性、半衰期以及催化大豆油转酯化使用寿命方面均有较明显的改善作用。而硅胶G吸附固定的脂肪酶比活性炭吸附固定的脂肪酶具有更好的高温稳定性。经乙酸乙酯处理的活性炭吸附固定脂肪酶的使用寿命明显高。从而增加了固定化脂肪酶应用的可能性并降低其催化反应的成本。

### 参考文献:

- [1] Park E Y, Sato M, Kojima S. Fatty acid methyl ester production using lipase-immobilizing silica particles with different particle sizes and different specific surface areas[J]. *Enzyme and Microbial Technology*, 2006, 39: 889-896.
- [2] 蔡志强, 杨广花, 赵希岳, 等. 固定化酶催化高酸废油脂合成生物柴油的研究[J]. *中国粮油学报*, 2008, 23(4): 160-162. CAI Zhiqiang, YANG Guanghua, ZHAO Xiyue, et al. Synthesis of biodiesel fuel from waste oil with high acid value catalyzed by immobilized lipase[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2008, 23(4): 160-162. (in Chinese)
- [3] 何延青, 刘俊良, 杨平, 等. 微生物固定化技术与载体结构的研究[J]. *环境科学*, 2004, 25(S1): 101-104. HE Yanqing, LIU Junliang, YANG Ping, et al. Immobilization technology and construction of carrier [J]. *Environmental Science*, 2004, 25(S1): 101-104. (in Chinese)
- [4] Kim M G, Lee E G, Chung B H. Improved enantioselectivity of *Candida rugosa* lipase towards ketoprofen ethyl ester by a simple two-step treatment[J]. *Process Biochemistry*, 2000, 35: 977-982.
- [5] Matsumoto M, Kida K, Kondo K. Enhanced activities of lipase pretreated with organic solvents [J]. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2001, 76(10): 1070-1073.
- [6] Chamorro S, Alcantara A R, Casa R M, et al. Small water amounts increase the catalytic behaviour of polar organic solvents pre-treated *Candida rugosa* lipase[J]. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 2001, 11: 939-947.
- [7] Chang C S, Hsu C S. Enhancement of enantioselectivity on reaction rate of the synthesis of (S)-ketoprofen hydroxyalkyl ester in organic solvents via isopropanol-dried immobilized lipase [J]. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 2005, 80(5): 537-544.
- [8] Wu J C, Lee S S, Mahmood M M B, et al. Enhanced activity and stability of immobilized lipases by treatment with polar solvents prior to lyophilization[J]. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 2007, 45: 108-112.
- [9] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. *Analytical Biochemistry*, 1976, 72: 248-254.

- [10] 江慧芳,王雅琴,刘春国. 三种脂肪酶活力测定方法的比较及改进[J]. 化学与生物工程,2007,24(8):72-75.  
JIANG Huifang, WANG Yaqin, LIU Chunguo. Comparison and improvement of three determination methods for lipase activity [J]. **Chemistry & Bioengineering**, 2007, 24(8): 72-75. (in Chinese)
- [11] Cardoso J P, Emery A N. A new model to describe enzyme inactivation [J]. **Biotechnology and Bioengineering**, 1978, 20(9): 1471-1477.
- [12] Bruno L M, Lima-Filho J L, Castro H F. Comparative performance of microbial lipases immobilized on magnetic polysiloxane polyvinyl alcohol particles[J]. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 2008, 51(5): 889-896.
- [13] Goldberg M, Thomas D, Legoy M D. The control of lipase catalysed transesterification and esterification reaction rates. Effects of substrate polarity, water activity and water molecules on enzyme activity[J]. **Eur J Biochem**, 1990, 190: 603-609.
- [14] Yahya A R M, Anderson W A, Moo-Young M. Ester synthesis in lipase catalyzed reactions [J]. **Enzyme Microb Technol**, 1998, 23: 438-450.
- [15] Wu J C, Song B D, Xing A H, et al. Esterification reactions catalyzed by surfactant-coated *Candida rugosa* lipase in organic solvents[J]. **Process Biochemistry**, 2002, 37: 1229-1233.
- [16] Jacques S L. Lipase-catalyzed esterification of terpene alcohols in a solventfree medium [D]. Waterloo: University of Waterloo, 1993.
- [17] Basheer S, Mogi K, Nakajima M. Surfactant-modified lipase for the catalysis of the interesterification of triglycerides and fatty acids[J]. **Biotechnol Bioeng**, 1995, 45(3): 187-195.
- [18] Goto M, Ogawa H, Isobe T, et al. 2-Propanol treatment of *Candida rugosa* lipase and its hydrolytic activity [J]. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, 2003, 24-25: 67-73.
- [19] 杜凯. 固定化催化剂催化植物油转酯化[D]. 大连: 大连工业大学, 2010.
- [20] Invernizzi G, Casiraghi L, Grandori R, et al. Deactivation and unfolding are uncoupled in a bacterial lipase exposed to heat, low pH and organic solvents[J]. **Journal of Biotechnology**, 2009, 141(1-2): 42-46.

## 会 议 信 息

会议名称(中文): 第五届华东地区水产动物营养与饲料科技论坛

开始日期: 2016-03-01

所在城市: 江苏省 无锡市

具体地点: 无锡锡州花园酒店

主办单位: 中国水产学会水产动物营养与饲料专业委员会 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 上海海洋大学 苏州大学 华东师范大学 湖州师范学院 万里学院

承办单位: 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 主题: 新常态下水产饲料安全及可持续发展

联系人: 刘波(手机: 13861839245) 任鸣春(手机: 15961855484) 周群兰(手机: 13771575953)

联系电话: 0510-85556566 E-MAIL: hdy@ffrc.cn

会议网站: [http://www.ffrc.cn/news/NoticeDetail.asp?Table=ffrc\\_notice&RecordID=76](http://www.ffrc.cn/news/NoticeDetail.asp?Table=ffrc_notice&RecordID=76)

会议背景介绍: “第五届华东地区水产动物营养与饲料科技论坛”将于2016年3月27-29日在江苏无锡举办。诚邀各界人士与会,共谋水产动物营养研究和饲料发展大计。

我国是世界第一水产养殖大国,产量占全球养殖总产量的70%。中国水产养殖业的快速发展,很大程度上依赖于中国饲料工业的发展。华东地区是我国重要的水产养殖区,也是我国重要的水产饲料生产区,在此区域内集中了众多从事水产养殖和水产饲料业研发和生产的大专院校、科研机构和生产企业。为推动水产饲料业的可持续发展,促进高校、科研院所与饲料企业间的交流与合作,2006年由上海海洋大学、苏州大学、华东师范大学、湖州师范学院、浙江万里学院等单位联合发起并组织了“长三角水产动物营养与饲料科技论坛”(从第二届起更名为“华东地区水产动物营养与饲料科技论坛”),该论坛前四届已先后在上海、苏州、杭州和上海成功举办。“华东地区水产动物营养与饲料科技论坛”定位为一个学术与技术相融合、以技术交流为主的科技论坛。论坛面向水产营养与饲料行业,特别是广大水产饲料和水产养殖企业,以营养与饲料的应用基础或应用型研究成果、水产饲料新技术为主要交流内容,以提升华东地区水产饲料配制及其应用水平、促进水产饲料企业技术创新、培养后备科技力量为基本目标。