## 细胞固定化与硅橡胶膜渗透汽化分离耦合 连续发酵制造乙醇

### 丁文武, 伍云涛, 汤晓玉, 蒋 亮, 邹 庆, 杨 芳, 徐 瑶, 肖泽仪 (四川大学化工学院, 四川 成都 610065)

摘 要: 将硅橡胶膜 PDMS) 渗透汽化分离与酵母细胞固定床耦合构成连续发酵系统,进行了乙醇发酵实验。 发酵操作连续进行了 378.5 h,发酵液内的乙醇质量浓度最高达到了 70 g/L,启动 PDMS 膜分离后,降低并维持 在50 g/L 左右;实验得到固定化颗粒和发酵液内的最高细胞浓度分别为 1.76 ×10<sup>10</sup> 个 /g 和 9.8 ×10<sup>8</sup> 个 /mL;乙醇体 积产率 3.67 g/L・h,为游离连续发酵的 2.1 倍,葡萄糖消耗速率 11.05 g/L・h,为游离连续发酵的 2.5 倍; 膜总通量 400~690 g/m<sup>2</sup>·h,乙醇通量为 80~190 g/m<sup>2</sup>·h,分离因子 2.5~7.2,下游产品的平均质量浓度 191.57 g/L。 关键词: 细胞固定化; 乙醇发酵; 渗透汽化; 膜生物反应器 中图分类号: Q813; Q814; TS262.2; TS261.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-9286(2008) 04-0017-04

### Continuous Ethanol Fermentation by Cells Immobilization Associated with Pervaporation by PDMS Membrane

DING Wen-wu, WU Yun-tao, TANG Xiao-yu, JIANG Liang, ZOU Qing, YANG Fang, XU Yao and XIAO Ze-yi (School of Chemical Engineering, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China)

Abstract: A continuous ethanol fermentation system by immobilized yeast cells associated with prevaporation by PDMS membrane was constructed. A continuous fermentation experiment was conducted and 378.5 h continuous fermentation was achieved. The mass concentration of ethanol in the broth reached up to 70 g/L, and dropped to about 50 g/L after PDMS membrane separation started. The cell density in immobilized particles and in the broth were up to  $1.76 \times 10^{10}$  cells/g and  $9.8 \times 10^8$  cells/mL respectively. The ethanol productivity rate was 3.67 g' (L · h) and the glucose utilization rate was 11.05 g' (L · h), 2.1 times and 2.5 times of continuous ethanol fermentation by free cells respectively. The total flux and the ethanol flux of the membrane were  $400 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \approx 690 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \approx 190 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , while the selectivity varied between 2.5 and 7.2. The average mass concentration of the permeate was 191.57 g/L.

Key words: cell immobilization; ethanol fermentation; pervaporation; membrane bioreactor

燃料乙醇作为主要的生物能源之一得到了快速的 发展<sup>[1-2]</sup>。然而,由于发酵过程中细胞生长的产物抑制问 题<sup>[3]</sup>,传统的乙醇发酵生产工艺在生产效率、能量效率、 原料转化率方面大受限制,且环境污染严重。因此,有必 要发展新的乙醇发酵生产工艺。硅橡胶膜生物反应器封 闭循环连续发酵是正在研发的一种新工艺<sup>[4-5]</sup>。由于将 膜渗透汽化与发酵反应器耦合,实现了产物乙醇的原位 连续分离,使发酵液中乙醇浓度维持在较低水平,既减 轻了产物的抑制作用,又得了到高浓度的乙醇溶液,降 低了后期提纯的能耗,且单位产品的发酵废液量也大幅 度减少,有利于环保处理<sup>[6-7]</sup>。酵母细胞固定化是实现高 密度发酵和提高细胞利用率的又一种新工艺<sup>[8~10]</sup>。笔者 尝试把硅橡胶膜生物反应器工艺与细胞固定化工艺结 合起来进行实验,以探索更好的乙醇发酵生产工艺。

- 1 材料与方法
- 1.1 实验材料
- 1.1.1 微生物

实验所用菌种为湖北安琪酵母股份有限公司生产的工业用耐高温酿酒活性干酵母 (TH-AADY)。

1.1.2 培养液

CaCl<sub>2</sub> 0.15 g/L 水、酵母膏 8.0 g/L 水、(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

基金项目:国家自然科学基金资助项目 20276041,20776088)。

收稿日期: 2008-01-02

作者简介:丁文武(1980-),男,山东人,硕士生,研究方向:生物反应器与膜技术。

通讯作者:肖泽仪,教授,博士生导师,mgch@peoplemail.com.cn。

5.0 g/L 水、葡萄糖 100 g/L 水、KH₂PO₄ 1.5 g/L 水、Mg-SO₄·7H₂O 0.55 g/L 水。其中,葡萄糖为工业级,其他化学 试剂为分析纯。

1.1.3 膜及膜组件

实验采用自制的 PDMS 复合膜, 厚度 128 μm, 其中 硅橡胶活性皮层厚度 8 μm, 多孔支撑层为聚酰胺微孔 膜, 厚度为 120 μm, 平均孔径为 0.45 μm, 有效面积为 0.08 m<sup>2</sup>; 实验采用矩形平板膜组件, 膜器为板框式结构, 一维平板薄层流道, 尺寸为 300 mm x800 mm, 其模型溶 液(5%乙醇水溶液)的渗透汽化实验肖泽仪等<sup>[11]</sup>已报道 说明, 姜泉<sup>[6]</sup>、杨晶<sup>[12]</sup>、石尔<sup>[13]</sup>等对游离细胞发酵渗透汽 化实验做了研究。

#### 1.2 反应器系统及流程

固定化发酵- 分离耦合系统的装置见图 1。酵母细胞固定床的体积为 1 L,储液罐的体积为 5 L,系统发酵 温度控制在 28 fl 。实验开始将配好的培养基放入储 液罐,鼓氧,开启循环泵使液体通过装有固定颗粒的固 定床,发酵液的 pH 值用氨水调节,使其稳定在 4.0 fl, 下游渗透汽化开启后,通过加入葡萄糖液或固体葡萄糖 使发酵液体积以及葡萄糖质量浓度基本恒定。当发酵液 中乙醇质量浓度达到一定值时,发酵与渗透汽化过程耦 合,发酵液通过循环泵分别以 120 L/h 和 20 L/h 的流量 进入膜上游和固定床。膜下游在真空泵和冷阱的作用 下,保持 1.0 kPa 真空度和-30 ,发酵液在膜器内进行 渗透汽化,然后在冷阱中冷凝下来。发酵过程采取夜间 无基质加入及产物取出、白天耦合的发酵方式。



1-空气过滤器;2-电动搅拌桨;3-加料槽;4-储液罐;5-控温装置;
6-循环泵;7,8-转子流量计;9-酵母细胞固定床;10-膜组件;
11-冷凝器;12-冷阱;13-干燥器;14-真空泵
图 1 细胞固定化乙醇发酵-PDMS膜渗透汽化
分离耦合实验装置

间歇发酵实验的培养基和葡萄糖初始质量浓度与 连续发酵相同,实验过程中除有少量的取样外,并无其 他基质和产物取出,当基质和产物浓度均稳定不变时, 发酵达到终点。 1.3 固定化酵母细胞的制备

称取一定质量的安琪酵母,溶解,在 39 的水浴中 加热使之复活,然后将其倒入一定质量的 3 %海藻酸钠 溶液中,搅拌 30 min,使其混合均匀。之后,将混合液滴 入 5 %的 CaCl<sub>2</sub>溶液中,形成固定化颗粒,再将颗粒放入 5 %的 CaCl<sub>2</sub>溶液中使之平衡固定化,最后再将颗粒放 入 1 %的 CaCl<sub>2</sub>溶液中平衡固定化 24 h。其颗粒密度为 0.98 g/mL。

1.4 分析方法

1.4.1 发酵液中乙醇和葡萄糖的质量浓度以及下游分 离液中乙醇质量分数的测定

取一定体积的发酵液离心去掉细胞后蒸馏,然后分 别测定馏出液中的乙醇质量分数和蒸馏残液中的葡萄 糖质量分数,以此分别推算发酵液中的乙醇和葡萄糖质 量浓度。乙醇及葡萄糖的质量分数均用密度仪 (DMA4500, Anton Paar, Austria)测定。

1.4.2 发酵液中游离酵母细胞浓度测定

酵母菌细胞经亚甲基蓝染色后直接用血球细胞计数板通过荧光显微镜(BI-220 ASC MOTIC)计数,计算 出其中细胞总数和活细胞比率,以个 /mL 发酵液为单位 计量细胞数量。

1.4.3 颗粒中酵母细胞数量的测定

取一定数量的固定化颗粒,在一定体积的 0.1 mol/L 的柠檬酸三钠中打散,染色后,用血球细胞计数板通过 荧光显微镜计数,计算出其中的细胞总数和活细胞的比 率,以个 /g 胶体为单位计量细胞数量。

1.4.4 PDMS 膜渗透汽化性能的评估计算式

总渗透通量 =W/(At)

乙醇通量 =Wy/(At)

分离因子 =y(1- y)/[x(1- x)]

- 式中:W——冷凝液的质量(g); A——膜有效面积(m<sup>2</sup>); t——渗透汽化时间(h); y——冷凝液的乙醇质量分数;
  - x——发酵罐内乙醇质量分数。
- 2 结果与分析

2.1 间歇发酵实验结果 见表 1 和图 2)

经过 50.35 h, 颗粒和发酵液中的细胞浓度分别达 到 2.5 ×10° 个 /g 和 0.48 ×10° 个 /mL, 罐内乙醇质量浓度 达到 28.6 g/L, 此后细胞数目基本保持不变, 乙醇质量浓 度恒定, 说明发酵达到终点, 在 50.35 h 的发酵过程中, 乙醇的体积产率为 2.25 g/L ·h, 葡萄糖的消耗速率为 6.20 g/L ·h, 分别是游离间歇发酵的 3 倍和 4 倍<sup>[9]</sup>, 显示 出固定化细胞的高效率以及巨大的发酵优势。

2.2 连续发酵实验结果

丁文武,伍云涛,汤晓玉,蒋 亮,邹 庆,杨 芳,徐 瑶,肖泽仪·细胞固定化与硅橡胶膜渗透汽化分离耦合连续发酵制造乙醇 19

表 1 3 种友酵奕型实验性能参数比较				
佰日	游离连	固定化	固定化	
坝日	续发酵	间歇发酵	连续发酵	
操作时间(h)	269	50.35	378.5	
葡萄糖消耗率(g/h·L)	4.42	6.20	11.05	
乙醇体积产率(g/h·L)	1.690	2.25	3.67	
乙醇得率系数(g/g)	0.429	0.362	0.332	
乙醇转化率	0.840	0.710	0.650	
发酵液中乙醇平均质	40.42	26.43	48.96	
童浓度(g/L)				
渗透液内乙醇半均质	189.37		191.57	
量浓度(g/L)				



图 2 间歇发酵各参数随时间变化曲线

2.2.1 固定化发酵- 分离耦合系统的发酵性能

系统的发酵性能见图 3 和图 4。由于载体中的细胞 不断向外传递<sup>[14]</sup>,使发酵液与颗粒中的细胞曲线变化非 常相似。系统连续运行 46 h 后,颗粒和发酵液中的细胞 迅速达到 1.29 ×10<sup>10</sup> 个 /g 和 6.3 ×10<sup>8</sup> 个 /mL,大大加快了 糖的消耗和产物的生成,乙醇质量浓度达到 63.02 g/L, 最高至 69.8 g/L。PDMS 膜启动后,产物浓度在 48 h 内下 降至 43 g/L,此后基本保持稳定,很好地减轻了产物对细 胞的抑制作用,使细胞浓度能够继续上升并基本稳定下 来。系统连续运行 378.5 h,至发酵结束时,系统仍具有很 强的耗糖能力,活细胞比率保持在 75 %以上。实验所得 产品体积与回收废液体积之比为 1 2.5,而传统发酵工艺 的废液处理量至少是产品量的 9 倍<sup>119</sup>,因而本实验大大 减少了废液的处理量,降低了后期的处理的费用。

实验的计算数据见表 1。从表 1、图 3 和图 4 可看 出,固定化连续发酵乙醇体积产率为固定化间歇发酵的 1.6 倍,是游离连续发酵的 2.1 倍;固定化连续发酵的葡 萄糖消耗率接近固定化间歇发酵的 2 倍,是游离连续发 酵的 2.5 倍,说明固定化连续发酵的发酵环境要远远好 于间歇发酵和游离连续发酵的环境,有利于加快发酵速



图 4 糖和乙醇随时间变化曲线

度,提高效率。通过渗透汽化作用,发酵液内乙醇质量浓 度稳定在48.96 g/L 左右,下游渗透液的平均质量浓度 为191.57 g/L,与游离连续发酵下游渗透液的平均质量 浓度相当,浓缩了接近4倍。由于本系统的发酵液中乙 醇质量浓度要比游离发酵液中的乙醇质量浓度高出近 10 g/L,对细胞的抑制作用要强一些;另外,由于实验采 用的是耐高温酵母,最高耐温为40~42,而实验的实 际发酵温度控制在28 左右,远远低于酵母的最佳发 酵温度35 ,酵母的活性和发酵能力都未达到最好状 态;从而使固定化连续发酵的乙醇得率系数和乙醇转化 率比间歇发酵和游离连续发酵的系数都相对较低。 2.2.2 固定化发酵-分离耦合系统的分离性能

PDMS 膜渗透通量及分离因子随时间变化曲线见 图 5。两种连续发酵类型渗透汽化系统结果的比较结果 见表 2。

由图 5 中系统的各项分离参数变化曲线可看到,除 发酵后期略有波动之外,系统分离性能基本稳定;实验 将 PDMS 膜渗透汽化分离与酵母细胞固定床发酵耦合, 既具有固定化发酵的优势,又使发酵液具有游离细胞发 酵液的特性,有利于产物的分离。除了温度、发酵液中乙 醇浓度等可以影响膜的分离性能外,发酵液的性质、组 分等也将产生一定的影响。溶液中葡萄糖和水的缔合作



20

图 5 PDMS 膜渗透通量及分离因子随时间变化曲线

用会抑制 PDMS 膜对水分子的吸附性,多糖也会干扰水 的渗透汽化过程而影响膜的渗透通量;发酵液中适当的 细胞浓度则有利于提高膜的分离性能<sup>16</sup>。PDMS 膜开启 后,发酵液内的乙醇质量浓度维持在 45~55 g/L,大大 减轻了产物的抑制作用;下游产品的质量分数为 12% ~32%,乙醇通量为 80~190 g/m<sup>2</sup>·h,总通量 400~ 690 g/m<sup>2</sup>·h,分离因子 2.5~7.2,膜在整个实验过程中没 有出现任何污染现象,表现出良好的分离性能,膜的分 离能力与酵母细胞固定床的发酵能力基本匹配,系统可 连续稳定地运行。

· 祝~ 附件建筑及时天主修造八化示抗出术的比较
--------------------------

项目	游离连续发酵	固定化连续发酵
进料温度(℃)	35	28
膜器内发酵液流速(L/h)	160	110
进料乙醇浓度(g/h)	40	49
总渗透通量(g/m²・h)	1226	446
乙醇通量(g/m <sup>2</sup> •h)	292	91
分离因子	8.6	7.2
冷凝液中 ω(C <sub>2</sub> H₅OH)(%)	25	23

由表 2 可知,由于系统的进料温度远远低于游离连续发酵的进料温度,从而导致本系统的总渗透通量、乙醇通量和分离因子都比游离连续发酵的低,并进一步致 使发酵液中的乙醇质量浓度相应较高;出现此种现象的 另外一个原因是,随着发酵时间的延长,固定化颗粒中 的胶体 Ca<sup>2+</sup> 与细胞中的 PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>结合生成 Ca<sub>8</sub> (PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub><sup>[16]</sup>,这 样既会使颗粒软化破裂,同时也将有部分胶体溶解到溶 液中,使得发酵液的成分有所改变,而溶解到溶液中的 胶体将会使膜的通量下降。从各表中的数据和图中的曲 线可以看出,耦合系统在整个实验过程中是基本稳定 的,如果将实验条件进一步改善、优化,消除一些不利因 素,系统发酵优势将更加明显。

3 结论

3.1 将硅橡胶膜(PDMS)渗透汽化分离与酵母细胞固 定床发酵耦合,系统兼有硅橡胶膜生物反应器和细胞固 定化两种工艺的优势。

3.2 实验连续稳定地运行 378.5 h, 得到 12 %~32 %的 下游产品; 乙醇通量为 80~190 g/m<sup>2</sup>·h, 总通量 400~ 690 g/m<sup>2</sup>·h, 分离因子 2.5~7.2。

3.3 发酵液内的乙醇质量浓度为 45~55 g/L, 大大地减 轻了乙醇对细胞的抑制作用, 固定化颗粒以及发酵液内 的细胞分别达到了 1.76 x10<sup>10</sup> 个 /g 和 9.8 x10<sup>8</sup> 个 /mL; 乙 醇体积产率和葡萄糖消耗速率分别为 3.67 g/L ·h 和 11.05 g/L ·h, 分别是游离连续发酵的 2.1 倍和 2.5 倍。 3.4 实验需要处理的废液量大大减少, 减轻了对环境 的污染, 降低了后期处理的费用。实验过程中出现的乙 醇转化率、膜通量和分离因子比游离连续发酵低等问题 需要对实验条件进一步改善、优化, 做进一步的研究。

#### 参考文献:

- Krishnan, M. S, Taylor, F, Davison, B. H, et al. Economic analysis of fuel ethanol production from corn starch using fluidized-bed bioreactor [J].Bioresourse Technology, 2000, 75: 99- 105.
- O'Brien. D. J, Roth. L. H. Ethanol production by continuous fermentation-pervaporation: a preliminary economic analysis[J]. Journal of Membrane Science, 2000, 166: 105- 111.
- [3] 姚鹏,马润宇.固定化细胞发酵- 膜蒸馏耦合生产乙醇的研究[J].北京化工大学学报,1998,25(4): 6-10.
- [4] 黄卫星,钟月华,肖泽仪,等.硅橡胶膜生物反应器及其用于乙醇连续发酵的研究[J].四川大学学报(工程学科版),2003,35
   (1):1-7.
- [5] 石尔,黄卫星,肖泽仪,等.硅橡胶膜在乙醇发酵-渗透蒸发耦合 过程中的分离性能[J].四川大学学报(工程学科版),2004,36 (2):41-45.
- [6] 姜全,石尔,黄卫星,肖泽仪.硅橡胶膜生物反应中的乙醇发酵 与渗透汽化的耦合[J].精细化工,2007,24,(1):50-54.
- [7] 石尔,肖泽仪,黄卫星,等.硅橡胶膜生物反应器封闭循环连续 发酵制造乙醇放大实验及该发酵系统的基本性能[J].高校化 学工程学报,2007,21,(2): 280- 285.
- [8] Yu. J. L, Zhang. X, Tan. T. W. An novel immobilization method of Saccharomyces cerevisiae to sorghum bagasse for ethanol production [J]. Journal of Biotechnology, 2007, 129: 415- 420.
- Ghasem. N, Habibollah. Y, Ku. S, et al. Ethanol fermentation in an immobilized cell reactor using Saccharomyces cerevisiae[J]. Bioresourse Technology, 2004, 92: 251-260.
- [10] 杜双奎,张菡,于修烛,等.酿酒酵母细胞固定化的研究[J].西 北农业学报,2006,15(3):208-211.
- [11] 肖泽仪,汤明,黄卫星,等.PDMS复合膜薄层流动膜组件中的 渗透蒸发传质动力学[J].四川大学学报(工程学科版), 2005,37,(6): 46- 51.
- [12] 杨晶,伍云涛,汤晓玉,等.乙醇连续发酵-渗透气化耦合系统 发酵动力学研究[J].四川化工,2006, (5): 13- 16. (下转第 24 页)



图 6 乙醇在 1<sup>#</sup> 柱的 InVg<sup>0</sup>- T<sup>-1</sup> 图

得水和乙醇的吸附焓变分别为:

 $H_{s \ *} = -31.19 \text{ kJ/mol}_{\circ}$ 

 $H_{s \ Z B} = -1.93 \ kJ/mol_{\circ}$ 

本吸附过程属于放热过程,降温有利于过程进行。 已知物理吸附的吸附焓变在 16~38 kJ/mol 之间<sup>[11]</sup>,由 此,可推测木薯吸附剂对水的吸附属于物理吸附。

3 结论

采用美国 Hydrosorb1000 水蒸汽吸附仪测定了 40~60 目木薯吸附剂的比表面积、水蒸汽在木薯上的 吸附脱附曲线,用反气相色谱法研究了木薯吸附剂对水 和乙醇的吸附选择性,得到以下结论:

3.1 40~60目的木薯吸附剂比表面积为 290.95 m²/g。 水蒸汽在木薯吸附剂上的吸附曲线属于 BET 等温线第 种类型吸附曲线。

3.2 相对于木薯吸附剂, Chromosorb WAW DCMS 硅 藻土对水和乙醇的吸附量很小, 可作为木薯吸附剂的稀 释剂, 缩短反气相色谱法的实验时间。

3.3 木薯吸附剂对水的吸附选择性远大于乙醇,水和乙醇的保留时间随温度升高而递减,且水的保留时间递

(上接第 20 页)

- [13] 石尔,肖泽仪,黄卫星,等.硅橡胶生物反应器连续发酵与乙醇 分离耦合动力学研究[J].四川大学学报(工程学科版), 2007,39,(1): 93- 97.
- [14] 陈秀萍.固定化活酵母应用于酒精发酵的机理与实践[J].甘 蔗糖业,2002, (1): 33- 35.

减速率更高。温度越低,越有利于水的吸附,适宜的吸附 操作温度为 80~90。

3.4 柱温从 80 变化到 130 ,水的吸附焓变为-31.19 kJ/mol,可推测木薯吸附剂对水的吸附属于物理吸附。

3.5 木薯作为吸附剂使用失效后可作为发酵法制无水 乙醇的原料,具有良好的工业应用前景。

参考文献:

- [1] 梁萌,张建安,刘德华.无水酒精制备的研究进展[J].酿酒, 2002, 29(5): 3-6.
- [2] 马书霞.木薯为原料的能源生态系统的设计[D].广州:华南理 工大学, 2005.
- [3] 常秀莲.节能型乙醇脱水新技术研究进展[J].酿酒,2001,9(5):92.
- [4] 韩德奇,李伟,张冬捧等.燃料乙醇的生产进展和应用探讨[J].化工技术经济,2002,20(6): 9-15.
- [5] 雷志刚,周荣琪.溶剂加盐对醇水汽液平衡的影响[J].精细化 工,2000,17(5): 308.
- [6] 韩秀丽,鲁锋,董科利等.生物质吸附法制取无水乙醇的研究 进展[J].酿酒,2007,(1):84-86.
- [7] Landisch M R, Dyck K K[J]. Science, 1979, (205): 898.
- [8] 马书霞,陈砺,王红林.发展新型能源——木薯燃料酒精[J]. 可再生能源,2005,(3):73-75.
- [9] 田森林,朱利中,施耀.反相气相色谱法研究 CPC- 膨润土对 VOCs 的吸附作用[J].环境科学学报, 2003, 23(4): 488-493.
- [10] Kiselev A V, Yashin Y I. Yashin. Gas adsorption chromatography [M]. New York London : Plenum Press, 1969. 105-109.
- [11] 韩秀丽,刘金盾.反气相色谱法测定燃料乙醇专用吸附剂对 水和乙醇的吸附[J].北京化工大学学报,2003,34(4): 377-380.
- [15] Kaseno, Miyazawa I, Kokugan T. Effect of product removal by a pervaporation on ethanol fermentation [J].Journal of Fermentation Bioengineering, 1998,86(5): 488- 493.
- [16] 张书祥,李宁,石俊,等.固定化酵母连续发酵生产酒精工业应 用的研究[J].生物学,1999,16(3): 27-28.

# 第五届广州中国国际食品饮料展将于7月召开

本刊讯:由中华人民共和国商务部批准 批文号:商贸批 2007) 406 号],及中国食品土畜进出口商会续办的"第五届广州中国国际食品饮料展 "将在 2008 年 7 月 5 ~ 7 日在广州·中国进出口食品交易会馆 流花展馆)隆重举行。

第五届广州中国国际食品饮料展将在前四届的基础上,尽力加大对口采购商的邀请,扩大展会规模,预计展出面积达 20000 平方米, 国际标准展位 1200 个。计划分 6 大展区,充分展示我国食品工业各分类行业,展区划分为:酒饮展区、粮油综合展区、休闲食品展区、绿色 农产品及有机食品、机械与辅料展区、国际展区。并计划本届展会海外企业参展商邀请规模达 250 个展位以上,占展位比例的 20%以上。 联系人:谭马利 13434286804 联系电话:(020) 87586791 87584710 传 真:(020) 87515397 展会网址: www.interfood.org www.cnfood.org