

大环糊精的分离、鉴定及应用研究进展

王金鹏^{1,2,3}, 夏柳溪^{1,2,3}, 孟令儒^{1,2,3}, 金征宇^{1,2,3}, 范天铭⁴

(1. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 3. 江南大学 协同创新中心, 江苏 无锡 214122; 4. 牧羊集团有限公司, 江苏 扬州 225127)

摘要: 大环糊精因其较大的柔性空腔而具有独特的包埋特征, 但因大环糊精的制备和分离比较困难, 使其工业化的进程受到限制, 作者针对大环糊精的分离、鉴定及其应用等方面的最新研究进展进行了探讨, 并就研究与应用进行了展望。

关键词: 大环糊精; 分离; 鉴定; 应用

中图分类号: TS 20 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn. 1673-1689.2019.01.001

Research Progress on Isolation, Identification and Application of Large Ring-Cyclodextrin

WANG Jinpeng^{1,2,3}, XIA Liuxi^{1,2,3}, MENG Lingru^{1,2,3}, JIN Zhengyu^{1,2,3}, FAN Tianming⁴

(1. The State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. Collaborative Innovation Center, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 4. MUYANG Group Co. Ltd, Yangzhou 225127, China)

Abstract: Large ring-cyclodextrin with big flexible cavity, which endowed with unique inclusion characteristics for guests. However, large ring-cyclodextrin preparation and isolation are difficult. It leads the limitation of processing large ring-cyclodextrin in industrialization. In this paper, the latest research about separation and isolation of large ring-cyclodextrin were reviewed.

Keywords: large-cyclodextrin, isolation, identification, application

环糊精(Cyclodextrins, CD), 是由 D-吡喃葡萄糖单元通过 α -1,4 糖苷键首尾相连的环状化合物的总称。常见的有 6、7 和 8 个葡萄糖单元的分子, 分别称为 α -环糊精、 β -环糊精和 γ -环糊精。大环糊精(cycloamylose, CA)属于环糊精的一种, 之所以称之为大环糊精, 是因为它的聚合度通常在 9 以上^[1]。

较大的聚合度使大环糊精的结构不同于常见环糊精的中空桶状结构, 大环糊精的结构具有弹性、柔性和扭曲性, 当聚合度足够大时, 大环糊精会呈现出双环的空腔结构^[2-5], 结构见图 1。这些特殊的结构赋予了大环糊精高水溶性、低粘度等优良特性, 在食品、医药、化妆品等领域具有广泛的应用前景。

收稿日期: 2016-07-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(31230057, 31401524); 江苏省自然科学基金项目(BK20140143); 江苏省科技支撑计划(BE2013311)。

作者简介: 王金鹏(1984—), 女, 博士, 副教授, 主要从事环糊精的开发及利用研究。E-mail: jpwang1984@jiangnan.edu.cn

引用本文: 王金鹏, 夏柳溪, 孟令儒, 等. 大环糊精的分离、鉴定及应用研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2019, 38(01): 1-6.

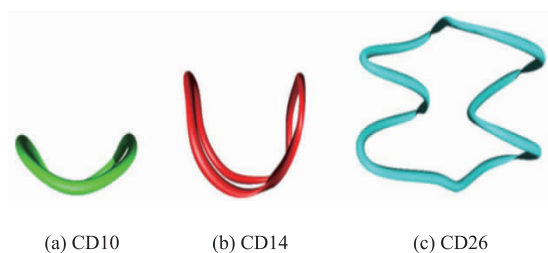


图1 通过X-射线衍射得到的大环糊精的构象模型

Fig. 1 Large-cyclodextrin Conformation from X-ray

大环糊精主要由酶法催化淀粉制备而得。酶的来源不同,其催化制备所得大环糊精的产率和聚合度范围也具有较大差异,虽然人们对于制备某一特定聚合度的大环糊精进行了诸多尝试和探索,但目前为止,酶法制备所得大环糊精多为一定聚合度范围大环糊精的混合物,这不仅对进行大环糊精的包埋及应用等方面的研究造成很大的困扰,而且限制了大环糊精工业化进程。

1 大环糊精的分离

1.1 链状和环状糊精的分离

酶催化淀粉制备大环糊精的产物不仅含有大环糊精,而且含有常见环糊精、链状糊精及低聚麦芽糖等。因此分离大环糊精的第一步,是去除非环状的组分。由于大环糊精不具备还原末端,不能被 β -淀粉酶、异淀粉酶、葡萄糖淀粉酶等识别末端的淀粉酶类降解,因此将这些酶用于催化大环糊精产物,即可使链状分子降解,从而使得环状组分得到初步纯化。

许燕等人^[6]利用异淀粉酶和4- α 糖基转移酶协同催化淀粉制备大环糊精。酶促反应结束后,向反应产物中加入糖化酶作用一段时间,此时链状分子即被降解为葡萄糖,后升温使其在沸水浴的条件下维持至使糖化酶失活,然后利用无水乙醇对产物进行沉淀,在一定的乙醇体积分数条件下,大环糊精可形成结晶沉淀析出,而葡萄糖不能析出,此时经离心分离即可得到大环糊精。Ueda等人^[7]则采用淀粉酶类(葡萄糖淀粉酶类和支链淀粉酶)将未成环的糊精降解成极限糊精或葡萄糖,然后利用酵母发酵消耗这些糊精或葡萄糖,再通过有机溶剂选择性沉淀除去 α -环糊精、 β -环糊精和 γ -环糊精,剩下的就是聚合度不等的大环糊精。

上述方法仅用于链状和环状糊精的分离,分离

得到的大环糊精为一定聚合度范围的大环糊精混合物,如果需要得到某一特定聚合度的大环糊精,则需要进一步的分离大环糊精混合物,通常需要采用多级色谱分离技术。

1.2 薄层色谱(TLC)法

薄层色谱是常用的分离方法,方法简单易行,但在糖的分离分析中,TLC所用常规的硅胶板仅用于单糖及低聚糖的分离。有报道表明^[8],用TLC能够较好地将聚合度17以下的大环糊精进行分离,此时分离所用薄板是经氨基修饰的 NH_2 -Kieselgel薄板,二氧己环与氨盐水溶液作为展开剂,用体积分数50%的乙醇硫酸溶液显色,两次展开,获得较好的分离效果^[9]。此外,杨成等人^[10]在制备大环糊精(DP 11~15)时,利用Bio-Gel P-4(Fine, 45~90 μm)柱层析对大环糊精进行分离,柱层析所用硅胶为200~300目的硅胶填料,分离得到的大环糊精的纯度在90%左右。

1.3 高效液相色谱(HPLC)法

HPLC分离大环糊精,关键因素在于色谱柱和流动相的选择。淀粉经催化后产生的大环糊精和低聚糖混合物,需要采用凝胶柱进行分离,收集大环糊精组分,再采用反相ODS柱对其分离。如Koizumi等人^[11]使用ODS柱(YMC-pack A-323-3, 250x10 mm)对大环糊精进行分离,采用体积分数3%和4%的甲醇洗脱可分别分离得到聚合度10~11和12~20的大环糊精;采用体积分数6%的甲醇洗脱时可分离得到聚合度21~31的大环糊精。Endo等人^[12-14]在分离聚合度18~21的大环糊精时,先选用制备型的氨基柱(Asahipak ODS-5251-SS),以体积分数6%的甲醇作为洗脱液对其进行分离,然后利用氨基柱进行分离,用体积分数58%的乙腈作为洗脱液可分别分离得到单一聚合度的大环糊精。Taira等人^[15]选择ODS和氨基柱联合使用,分别以体积分数6%、8%甲醇和50%乙腈作为洗脱液,可分离得到聚合度36~39的大环糊精。

1.4 高效阴离子色谱(HPAEC)法

HPAEC是用的较多的分离分析大环糊精方法,该方法是利用离子交换色谱原理,使不同聚合度大环糊精经Carbo-Pac-100色谱柱分离后被洗脱的先后顺序不同,通过检测其在溶液中电离质子释放出的电信号,从而实现对不同聚合度大环糊精进行分离分析。Koizumi等人^[11]分别采用CarboPac-1和

CarboPac-100 对聚合度 9~31 的大环糊精和聚合度高至 80 的大环糊精进行分离分析,分离常用的缓冲液为 150 mmol/L 的氢氧化钠和 150 mmol/L 带有 200 mmol/L 硝酸钠的氢氧化钠溶液作为洗脱液进行梯度洗脱。

1.5 毛细管电泳(CE)法

毛细管电泳具有较高的灵敏度和较短的分析时间的优点。Kim 等人^[16-18]利用环糊精可以与芳香类物质形成复合物,在紫外条件下有吸收的原理,对聚合度 6~13 的环糊精进行了分析和表征。作者利用此原理使得聚合度 22~50 的大环糊精与碘等形成复合物,在毛细管电泳上分离^[19]。运行缓冲液为:0.6 mmol/L 的 I_2 、3.6 mmol/L KI、80 mmol/L 磷酸缓冲液、pH 5.1,分离电压 10 kV、分离温度 20 °C,分离时交替采用 0.5 mol/L HCl、超纯水、1 mol/L NaOH 浸润 10 min,然后用电极缓冲液浸润 5 min 后启动上样程序,上样时间 8 s,压力 0.8 Pa;检测 496 nm 下的吸收光谱图。Endo 等人^[20]利用此方法对可能含有聚合度 6~17 的大环糊精和几种药物的混合物进行分析,淀粉、线性的 α -1,4 葡萄糖可以直接被检测出来,大环糊精混合物因浓度过低未被检测出来。

2 大环糊精的鉴定

2.1 比色法

大环糊精因聚合度较大,具有类似淀粉的性质,能够与碘包合形成包合物,该包合物具有一定的吸光特性,且其吸光特性与底物的吸光特性有较大的差异,从而能够实现大环糊精产物的鉴定。因此常利用此原理衍生出的比色法作为检测相关酶酶活的简便方法。Wang 等人^[21]采用单波长分光光度法(SWC)测定 4 α -糖基转移酶的总酶活和环化活性。作者研究发现淀粉-碘复合物会对大环糊精的检测造成一定程度的干扰,进而将单波长比色法延伸,开发了三波长分光光度法(TWC)和正交函数比色法(OFC),此方法相比于单波长及双波长法测定精确度高、适应性强,精确度和回收率较高。

2.2 基质辅助激光解析电离飞行时间质谱法(MALDI-TOF-MS)

MALDI-TOF-MS 用于鉴定大环糊精,具有分辨率高、检测灵敏等优点,通过解析分子离子峰的质核比,计算可得大环糊精产物中的主要组分的聚合

度。Koizumi 等人^[11]用 Vision 2000 反射式的阳离子模式的 TOF(Thermo Bioanalysis, UK)对产物大环糊精进行鉴定,离子化过程使用 337 nm 的氮激光脉冲持续时间为 5 ns,2,5-二羟基苯甲酸(10 mg/mL)作为基质,加速电压为 5 kV,反射电压为 7 kV。MALDI-TOF 采用 6~10 的单激光发射,将基质溶液(0.5 μ mL)与样品溶液(1 mg/mL, 0.5 μ mL)进行混合,在干空气的条件下进行质谱分析。作者采用 TOF-MS 鉴定了制备的 LR-CD,测定所得相对分子质量符合 $M+2Na-2H$ 。

2.3 核磁共振和 X-射线衍射法

上述鉴定方法仅能得到大环糊精的聚合度信息,无法分析得到大环糊精具体的结构信息。Gessle^[22]等人先采用 HPLC 的方法分离得到 CD₂₆,并利用 37.5%的 PEG400 使其结晶,采用特殊的方法使 2 分子的 CD₂₆ 含有 76.5 个水分子,并将其中的 595 个原子固定,调整分辨率,采用核磁共振、X-射线衍射和人工模拟的方法对大环糊精(CD₂₆)的结构进行了解析,表征了大环糊精结构中扭曲的结构连接点,并指出 CD₂₆ 拥有两个螺旋环状结构,且都是左手螺旋,葡萄糖单元上 2 位 O 与邻近葡萄糖单元上 3 位 O 之间可形成分子内氢键,6 位 O 与第 6 个葡萄糖单元上的 2 位或 3 位 O 之间形成分子内氢键以维持其空腔,空腔内存在一些无序水分子,在扭曲处,葡萄糖单元上 3 位 O 与邻近葡萄糖单元上 5 位和 6 位 O 之间形成分子内氢键,从而维持该扭曲结构,总的来说 CD₂₆ 的双螺旋结构和 V 型淀粉的结构相似。

3 大环糊精的应用

与其它环糊精相比较,大环糊精具有极强的水溶性、较大的疏水空腔和特殊的柔性结构,因此具有较强的包埋特性,特别是包埋一些相对分子质量较大的客体。经大环糊精的包埋,这些客体分子的溶解性和稳定性会增大、分子的化学反应性能也会有所变化。在食品领域中,大环糊精常常被用作淀粉的回生抑制剂、食品风味的缓释剂、食品中不良杂质的祛除剂,同时,还可以改变食品的流变学特性、增加食品的营养价值。在医药领域,大环糊精可以将布洛芬、氟比洛芬等各种药物包埋从而增加药物的稳定性,提高药物的利用率^[23-24]。

3.1 低聚合度大环糊精

通常将聚合度小于 10 的大环糊精称之为低聚合度的大环糊精。Furuishi 等人^[25]发现 CD9 能够对 C70 增溶, 聚合度为 10 的大环糊精对维生素 B 具有良好的包埋效果, 且容易实现商业化。该团队同时还研究了 CD9 对不同客体分子的包埋情况, 实验过程中发现, CD9 对药物地辛高和安体舒有包埋作用且有增溶效果, 其增溶能力好于 α -环糊精, 但不如 β -环糊精和 γ -环糊精。

3.2 中等聚合度大环糊精

通常将聚合度在 10~50 范围内的大环糊精称之为中等聚合度的大环糊精, 此类大环糊精主要用于包埋一些小分子的客体分子。

Larsen 等人^[26]采用毛细管电泳法, 用聚合度 10~17 的大环糊精包埋一些小分子风味物质, 如: 丁基-苯甲酸和布洛芬等。实验结果表明, 聚合度为 14 的大环糊精与丁基-苯甲酸的包埋常数是 α -环糊精的 1/3, 是 γ -环糊精的 1/2; 聚合物 14~16 的大环糊精对布洛芬的包埋常数与 α -环糊精和 γ -环糊精的包埋常数大小相差不大。Fukami 等人^[27]研究表明聚合度大于 22 的环糊精混合物对碳簇 C60 具有良好的增溶性。

Kitamura 等人^[28]采用等温定量热的方法研究了聚合度 21~32 的大环糊精与碘的包埋作用。实验结果表明, 上述聚合度的大环糊精与碘以 1:2 的比例形成包合物, 但是包合会导致大环糊精分子的灵活度下降, 所以体系熵值大幅度降低。Mun 等人^[29]采用等温滴定量热的方法研究了聚合度 24~44 的大环糊精的包埋情况, 实验结果表明, 此范围内的大环糊精与 SDS 的包合能力很强, 且包合过程伴随放热反应。另有研究表明聚合度 22~45 的大环糊精能够促进蛋白折叠, 对胆固醇、地高辛、硝酸甘油、制霉菌素等具有较好的稳定性和增溶特性^[30,32]。

3.3 高聚合度大环糊精

通常将聚合度大于 50 的大环糊精称之为高聚合度的大环糊精, 此类大环糊精主要用于包埋相对分质量更大的客体分子。

Takaha 等人^[31]研究表明, 聚合度大于 50 的环糊精可以对醇类、脂肪酸类进行包埋。Kitamura 等人^[28]研究了高聚合度的大环糊精可以与丁醇、辛醇和油酸等形成包合物, 可以使得 8-anilino-naphthalene 硫酸的荧光性增强。此外, 吴宗帅等人^[33]利用相溶解度法证实了大环糊精对染料木苷有增溶的效果, 同时证实了有包合物的形成, 并且随着大环糊精浓度的增加染料木苷的溶解度也增加。Taira 等人^[34]研究表明, 大环糊精因为不具有还原末端, 通常可以避免被外切淀粉酶如葡萄糖淀粉酶分解, 因此可以作为其他酶的包合物。Takaha 等人^[35]研究表明, 大环糊精可以提高许多酶或微生物的反应速率, 如脂的水解、脂肪酸的合成和胆固醇的氧化等, Vander Maarel 等人^[36]已经将大环糊精应用到化妆品中, 大环糊精的加入可以控制对皮肤有刺激作用, 增加化妆品的透明感, 避免体系的水油分离的现象。

4 结 语

大环糊精因其聚合度的不同而大小不一, 结构各异, 但其较大疏水柔性空腔结构可用于包合成分复杂特别是大分子的物质。由于大环糊精具有较高的水溶性、低粘度和不回生的特性, 在食品、化工、化妆品、医药等领域中具有广泛的应用前景。但是, 大环糊精的制备和分离的过程还处于实验室研究阶段, 单一聚合度大环糊精的分离无法在工业规模中实现, 但不同聚合度的大环糊精混合物所表现出的良好包埋优势为大环糊精的应用提供了一个新的方向, 即采用方便快捷的方法实现链状和环状糊精的分离, 并将不同聚合度大环糊精混合物用于客体分子的包埋过程, 这样能够更快的促使大环糊精的规模化生产, 满足市场对大环糊精需求。

参考文献:

- [1] 金征宇. 环糊精化学: 制备与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [2] MAESTRE I, BEA I, IVANOV P M, et al. Structural dynamics of some large-ring cyclodextrins. A molecular dynamics study: an analysis of force field performance[J]. *Theoretical Chemistry Accounts*, 2007, 117(1): 85-97.
- [3] GOTSEV M G, IVANOV P M, JAIME C. Molecular dynamics study of the conformational dynamics and energetics of some large-ring cyclodextrins (CDn, n= 24, 25, 26, 27, 28, 29)[J]. *Chirality*, 2007, 19(3): 203-213.
- [4] IVANOV P M, GOTSEV M G, JAIME C. Molecular dynamics study of the structure and energetics of large-ring cyclodextrins

- cd35 and cd40[J]. **Bulgarian Chemical Communications**, 2005, 37(4):380-389.
- [5] MARTIN G G, PETKO M I, CARLOS J. Molecular dynamics study of the conformational dynamics and energetics of some large-ring cyclodextrins(CDn=24,25,26,27,28,29)[J]. **Chirality**, 2007, 5(19):203-213.
- [6] XU Y, ZHOU X, BAI Y X. Cycloamylose production from amylo maize by isoamylase and *Thermus aquaticus* 4- α -glucanotransferase[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2014(102):66-73.
- [7] UEDA H. Physicochemical properties and complex formation abilities of large-ring cyclodextrins [J]. **Journal of Inclusion Pheno and Macrocyclic Chemistry**, 2002, 44(12):53-56.
- [8] ENDO T, ZHENG M Y, ZIMMERMANN W. Enzymatic synthesis and analysis of large-ring cyclodextrins [J]. **Australian Journal of Chemistry**, 2002, 55:39-48.
- [9] ZHENG M Y, ENDO T, ZIMMERMANN W. Synthesis of large-ring cyclodextrins by cyclodextrins glucanotransferases from bacterial isolates[J]. **Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry**, 2002, 44:387-390.
- [10] YANG Cheng, LIU Shulei, WANG Shuixing, et al. Isolation of cycloamylose with degree of polymerization between 11 and 15 [J]. **Modern Chemical Industry**, 2014, 12(34):54-57. (in Chinese)
- [11] KOIZUMI K, SANBE H, KUBOTA Y, et al. Isolation and characterization of cyclic [alpha]- (1 $\rightarrow$ 4)-glucans having degrees of polymerization 9-31 and their quantitative analysis by high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection[J]. **Journal of Chromatography A**, 1999, 852:407-416.
- [12] ENDO T, UEDA H. Isolation, purification and characterization of cyclomaltodecaose (nucyclodex -trin) [J]. **Carbohydrate Research**, 1995, 269:369-373.
- [13] ENDO T, NAGASE H, UEDA H, et al. Isolation, purification and characterization of cyclomaltotetradecaose (l-cyclodextrins), cyclomaltohentadecaose (k-cyclodextrins), cyclomaltotetradecaose (λ -cyclodextrins), and cyclomaltotetradecaose (μ -cyclodextrins)[J]. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, 1997, 45:1856-1859.
- [14] ENDO T, NAGASE H, UEDA H, et al. Isolation, purification and characterization of cyclomaltoctadecaose (v-cyclodextrin), cyclomaltotetradecaose (ξ -cyclodextrin), cyclomaltotetradecaose (σ -cyclodextrin), and cyclomaltotetradecaose (π -cyclodextrin)[J]. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, 1998, 6:1843-1940.
- [15] TAIRA H, NAGASE H, ENDO T, et al. Isolation, purification and characterization of large-ring cyclodextrins (CD36 similar to CD39)[J]. **Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry**, 2006, 56:23-28.
- [16] LARSEN K L, ENDO T. Inclusion complex formation constants of α -, β -, γ -, δ -, ϵ -, ζ -, η - and θ -cyclodextrins determined with capillary zone electrophoresis[J]. **Carbohydrate Research**, 1998, 309:153-159.
- [17] LARSEN K L, ZIMMERMANN W. Analysis and characterisation of cyclodextrins and their inclusion complexes by affinity capillary electrophoresis[J]. **Journal of Chromatography A**, 1999, 836:3-14.
- [18] LARSEN K L, MATHIESEN F, ZIMMERMANN W. Separation and analysis of cyclodextrins by capillary zone electrophoresis [J]. **Carbohydrate Research**, 1997, 298:59-63.
- [19] 王金鹏. 4 α -糖基转移酶环化活性定向控制及其大环糊精产物的分离及应用研究[D]. 无锡:江南大学, 2011.
- [20] ENDO T, ZHENG M Y, ZIMMERMANN W. Enzymatic synthesis and analysis of large-ring cyclodextrins [J]. **Australian Journal of Chemistry**, 2002, 55:39-48.
- [21] WANG J P, WEI R, TIAN Y Q et al. Multi wavelength colorimetric determination of large ring cyclodextrin content for the cyclization activity of 4 α -glucanotransferase[J]. **Carbohydrate Polymers**, 2015, 122:329-335.
- [22] GESSLER K, USON I, TAKAHA T et al. V-Amylose at atomic resolution: X-ray structure of a cycloamylose with 26 glucose residues(cyclomaltotetradecaose)[J]. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 1999, 96:4246-4251.
- [23] FUJII K, MINGQWA H, TERADA Y, et al. Use of random and saturation mutageneses to improve the properties of *thermus aquaticus* amylo maltase for efficient production of cycloamyloses[J]. **Applied and Environmental**, 2005, 71(10):5823-5827.
- [24] SRISIMARAT W, POWVIRIYAKUL A, KAUPIBOON J, et al. A novel amylo maltase from *Corynebacterium glutamicum* and analysis of the large-ring cyclodextrin products [J]. **Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry**, 2010, 79:369-375.
- [25] FURUSHI T, ENDO T, NAGASE H, et al. Solubilization of C70 into water by complexation with δ -cyclodextrin [J]. **Chemical Pharmaceutical Bulletin**, 1998, 46:1658-1659.

- [26] LARSEN K L, ZIMMERMANN W. Analysis and characterization of cyclodextrins and their inclusion complexes by affinity capillary electrophoresis[J]. **Journal of Chromatography A**, 1999, 836: 3-14.
- [27] FUKAMI T, MUGISHIMA A, SUZUKI T, et al. Enhancement of water solution of fullerene by cogrinding with mixture of cycloamyloses, novel cyclic α -1,4-glucans, via solid-solid mechanochemical reaction [J]. **Chemical Pharmaceutical Bulletin**, 2004, 52: 961-964.
- [28] KITAMURA S, NAKATANI K, TAKAHA T, et al. Complex formation of large-ring cyclodextrins with iodine in aqueous solution as revealed by isothermal titration calorimetry[J]. **Macromol Rapid Commun**, 1999, 20: 612-615.
- [29] MUN S, RHO S J, KIM Y R. Study of inclusion complexes of cycloamylose with surfactants by isothermal titration calorimetry [J]. **Carbohydrate Polymers**, 2009, 77: 223-230.
- [30] MACHIDA S, OGAWA S, XIAOHUA S, et al. Cycloamylose as an efficient artificial chaperone for protein refolding [J]. **FEBS Letters**, 2000, 486: 131-135.
- [31] TAKAHA T, SMITH S M. The functions of 4- α -glucanotransferases and their use for the production of cyclic glucans [J]. **Biotechnology and Genetic Engineering Reviews**, 1999, 16: 257-280.
- [32] WANG Jinpeng, JIAO Aiquan, ZHOU Xing, et al. Study on the inclusion behavior between LR-CD and nystatin [J]. **Science and Technology of Food Industry**, 2013(1002-0306), 271-274. (in Chinese)
- [33] 吴宗帅, 李学红. 大环糊精的制备及包埋、抗回生研究[D]. 郑州: 郑州轻工业学院, 2013.
- [34] TAIRA H, NAGASE H, ENDO T, et al. Isolation, purification and characterization of large-ring cyclodextrins (CD36-CD39) [J]. **Journal of Inclusion Phenomena and Macroscopic Chemistry**, 2006, 56(1-2): 23-28.
- [35] TAKAHA T, SMITH S M. The function of 4- α -glucanotransferases and their use for the production of cyclic glucans [J]. **Biotechnology and Genetic Engineering Review**, 1999, 16(1): 257-280.
- [36] MARC J E C. Van der Maarel, Isabelle Capron, Gerrit-Jan W. Euverink, et al. A novel thermoreversible gelling product made by enzymatic modification of starch [J]. **Starch-Starke**, 2005, 57(10): 465-472.

会 议 消 息

会议名称: 中国化学会第22届全国色谱学术报告会及仪器展览会

会议时间: 2019年4月21-23日

会议地点: 上海市

主办方: 中国化学会

承办方: 1、中国化学会色谱专业委员会; 2、中国科学院大连化学物理研究所; 3、复旦大学

会议主题: 色谱及其相关技术的新进展

大会主席: 张玉奎

预计规模: 600人

联系人: 梁振

电子邮箱: liangzhen@dicp.ac.cn

电话: 0411-84379720

地址: 辽宁省大连市沙河口区中山路457号

会议内容: 交流近年来我国在气相色谱、液相色谱、毛细管电泳等色谱及其相关技术分离分析领域的研究发展成就, 包括多维色谱技术、色谱质谱联用技术、微流孔芯片等; 1、色谱基础 包括新固定相; 新检测方法; 样品制备; 联用技术; 多维分离; 分离机制; 制备色谱; 快速和超快分离; 手性分离; 电驱动分离; 小型化、微型化色谱; 痕量分析; 自动化; 化学计量学; 2、色谱应用 包括基因组学/蛋白组学; 代谢组学; 药物代谢; 生命科学、生物分析; 生物技术工业中的分离科学; HPLC 柱表征; 环境和有毒物分析; 生物医学和药物应用; 天然产物和食品分析; 石油和工业应用; 单细胞分析中的应用。