

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2013.02.004

# 氧化淀粉的制备工艺研究

许 烽

(湖南工业大学 包装与材料工程学院, 湖南 株洲 412007)

**摘 要:** 对氧化淀粉的干法、半干法、湿法3种制备工艺进行了探讨。论述了各工艺的优缺点: 干法工艺流程较短、单位产品能耗较低、生产设备较简便, 但产品质量不太稳定; 半干法工艺虽然增加了一定的生产用水量, 但未大量增加工艺流程, 且产品质量较高; 湿法工艺反应均匀、产品质量较稳定、生产过程较易控制, 但存在产品较难回收、生产用水量大, 且生产过程中会产生大量污水, 给生态环境带来较大压力等缺点。因此, 应根据各工艺的缺陷优化氧化淀粉生产工艺, 以获得最佳的生产工艺条件。

**关键词:** 氧化淀粉; 变性淀粉; 干法; 半干法; 湿法

中图分类号: O636.1+2

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2013)02-0015-05

## Research on Preparation Methods of Oxidized Starch

Xu Feng

(School of Packaging and Materials Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract :** Three preparation methods of oxidized starch as dry, semidry and wet process are reviewed and the advantages and disadvantages of them are discussed. The dry process is short in time with low energy consumption per unit product while the production equipments are simple, but the quality of the product is not stable. Semidry process requires more water consumption in production without largely complicating production process while the quality of the product is relatively better. Wet process is the most commonly used method with the merits of uniform reaction, being stable in quality and easy to control, while the shortcomings are the difficulty in retrieving the products, large volume of water consumption, vast release of sewage presenting as the great pressure on ecological environment. The optimal process condition is prospected based upon the individual pros and cons of three processes for preparing oxidized starch.

**Key words:** oxidized starch; modified starch; dry process; semidry process; wet process

## 0 引言

天然淀粉在冷水中不易溶解, 且糊化后易老化, 成膜性能较差, 乳化能力较弱, 抗药性能及机械性能也较差, 这些缺点限制了其应用范围<sup>[1]</sup>。淀粉分子中的2, 3, 6号碳位上分别连接有一个羟基, 这些羟基易被氧化剂氧化为醛基、酮基或羧基, 淀粉被氧

化后即生成氧化淀粉<sup>[1]</sup>。人们对氧化淀粉的研究经历了一段较长的历史: 1829年, Liebig报道淀粉在氯气或者次氯酸中暴露时性质会发生变化; 1875年, Lieben和Reichart研究了溴对淀粉的氧化作用; 1902年, Kindscher报道了氧气对淀粉的氧化作用; Hartwig也曾报道过这一现象, 并在1895年获得德国专利, 1905年获美国专利<sup>[2-5]</sup>。我国对氧化淀粉的研究起步

收稿日期: 2012-09-12

作者简介: 许 烽(1985-), 男, 湖南湘潭人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为高分子材料成型加工及功能化,

E-mail: xfqy1985@163.com

较晚,始于20世纪80年代,但发展速度很快,并已获得了较多的研究成果<sup>[6-11]</sup>。

2004年,我国的变性淀粉产量约53万t,其中氧化淀粉占40%左右<sup>[12]</sup>,因而氧化淀粉是国内产量非常大的一类变性淀粉。氧化淀粉相较于天然淀粉具有如下优点:外观颜色洁白,容易糊化,并且糊化温度比较低,黏度较天然淀粉大为降低,稳定性优良,具有较弱的凝沉性,优异的流动性能,较高的透明度,较佳的成膜性能等<sup>[12]</sup>。由于氧化淀粉具备上述诸多优点,从而大大拓宽了淀粉的应用领域,已被广泛地应用于造纸、纺织、食品、医药等工业领域<sup>[7-8]</sup>,可被用做增稠剂、涂料、胶黏剂以及洗涤剂助剂等。

目前,已有许多氧化淀粉生产方法,常用的生产工艺可归纳为湿法工艺、半干法工艺和干法工艺3种,本文拟对这3种生产工艺进行综述,以期为同行制备氧化淀粉提供一定的理论参考依据。

## 1 干法制备工艺

干法工艺生产氧化淀粉,一般是在淀粉含少量水(质量分数为20%左右)的情况下,将反应试剂喷到淀粉上,经充分混合后,于一定条件下反应,最后得到干燥产品。目前,大多数生产厂家采用湿法工艺制备氧化淀粉,用干法工艺生产氧化淀粉的较少。然而,与常用的湿法制备工艺相比,干法制备工艺虽然存在反应不均匀,产品质量较差等问题,但同时具有如下优势:干法工艺流程比较短,工艺简单,反应效率高,单位产品能耗低,生产设备比较简便,环境污染较小,生产成本较低等<sup>[13-14]</sup>。因此,研究干法工艺生产氧化淀粉具有重要意义,较多科研工作者对此进行了研究。

刘冠军等人<sup>[15]</sup>介绍了一种干法制备氧化淀粉的工艺:首先用NaOH活化原淀粉,NaOH的加入量为原淀粉质量分数的0.02%~0.04%;原淀粉活化20 min后,加入质量分数为30%的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,且其加入量为原淀粉质量分数的0.12%~0.14%,体系中,水的质量分数为20%~22%;将各材料混合均匀后,控制反应温度在50~60℃,反应3~4 h,得到了一种氧化度比较高的氧化淀粉。此方法选用H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>为氧化剂,反应后的最终产物不会产生对环境有害的物质,是一种比较环保的生产工艺,值得深入研究。

谭义秋等人<sup>[16]</sup>对机械活化木薯淀粉生产氧化淀粉的工艺做了较为系统的研究。他们采用搅拌球磨机对木薯淀粉进行机械活化,以活化不同时间的木

薯淀粉为原料,CuSO<sub>4</sub>为催化剂,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>为氧化剂,采用干法工艺制备了氧化淀粉,并以钙离子配位能力为评价指标,分别考察了羧基含量、pH值、温度、钙离子浓度、配合时间等因素对木薯氧化淀粉软化硬水能力的影响。由机械活化1 h的木薯淀粉,在反应时间为120 min,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>与淀粉的物质的量之比为0.586,CuSO<sub>4</sub>在淀粉中的质量分数为0.03%,反应温度为50℃,体系中水的质量分数为27.37%,pH值为5的制备条件下,所得氧化淀粉中羧基的质量分数为0.81%,而在相同条件下,由原木薯淀粉制得的氧化淀粉中羧基的质量分数仅0.26%。由活化60 min的木薯淀粉制得的氧化淀粉,当羧基的质量分数分别为0.49%及0.84%时,在体系pH为10,温度为30℃,钙离子浓度为4 mmol/L,配合时间为20 min的条件下,钙离子的配合量分别为106.7 mg/g及136.7 mg/g。此制备氧化淀粉法,将物理机械的方法与化学催化氧化的方法结合起来,是一条很好的研究思路,且采用了环保的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>为氧化剂,对进一步研究氧化淀粉有较大的指导意义。

此外,代养勇<sup>[17]</sup>等以双氧水为氧化剂、硫酸亚铁为催化剂,在中性条件下,采用新型变性淀粉干法反应器制备了氧化淀粉,并研究了水分含量、反应温度、双氧水和FeSO<sub>4</sub>等的添加量对氧化淀粉羧基含量和特征黏度值的影响,得出了最佳的反应条件。李芳良等人<sup>[18]</sup>以木薯淀粉为原料,双氧水为氧化剂,CuSO<sub>4</sub>为催化剂,采用微波干法制备了氧化淀粉。并考察了催化剂及其用量、双氧水用量、反应时间、水含量、微波功率等对木薯淀粉氧化程度的影响。他们得出了最适的反应条件,并发现微波能大大加快氧化速度,反应只需几分钟。

以上各研究表明:采用干法工艺生产氧化淀粉时,大多以双氧水为氧化剂;不同的氧化工艺条件下,或者使用不同的氧化剂及不同来源的淀粉,所得到的氧化淀粉的性能各不相同。笔者认为,相较而言,干法工艺仍不失为一种较好的制备氧化淀粉的方法,也符合当前节能减排的要求,在以后一段较长的时间内仍会获得较大的发展。

## 2 半干法制备工艺

半干法工艺是指水的质量分数为淀粉质量分数的20%~40%时的一种制备氧化淀粉的方法<sup>[16]</sup>。

如李芳良等人<sup>[19]</sup>以双氧水为氧化剂,CuSO<sub>4</sub>为催化剂,采用常温半干法制备了木薯氧化淀粉;并考察了氧化剂用量、催化剂用量、反应时间和水用量

对氧化淀粉羧基含量的影响。得出的较佳反应条件为：双氧水的添加质量分数为10%，催化剂的添加质量分数为0.16%，反应时间为9 h，水添加质量分数为30%。在这一条件下，制得的氧化淀粉中羧基质量分数高达1.55%。

生产氧化淀粉的半干法工艺相对于干法工艺而言，虽然增加了一定的生产用水量，但是工艺流程并未大量增加，且生产的产品质量较高，因此较干法工艺有一定的优势。同时，半干法工艺的生产过程中并未产生大量的废水及其他废弃物，因而没有增加环保成本，所以，此法相较于湿法生产工艺，也有一定的优势。但是，对于具体的生产设备和淀粉原料，需要制定较具体的生产工艺条件，并且生产过程较难控制，需要根据具体的条件进一步探索可行的方案。

半干法是近年来兴起的一种生产氧化淀粉的新工艺，还有很多地方需要继续摸索，如产品质量不稳定，生产人员工作环境较恶劣等。

### 3 湿法制备工艺

湿法工艺是生产氧化淀粉最常用的方法，该生产工艺具有反应均匀、产品质量较稳定、生产过程比较容易控制等优点，但同时存在产品回收难、生产用水量较大等缺陷，且生产过程中会产生大量污水，处理这些污水会增加很多生产成本，并给生态环境带来较大压力。

采用湿法工艺合成氧化淀粉时，常选用次氯酸钠、高锰酸钾、双氧水等为氧化剂。目前工业生产氧化淀粉基本上都采用以次氯酸钠为氧化剂的水法生产工艺。按照此工艺生产，产生的废水较多，因而对环境的影响较大。当以双氧水为氧化剂合成氧化淀粉时，产物的白度增加，并且双氧水被还原为生产水，无环境污染。但是以双氧水为氧化剂，在无催化条件下，其反应速度较慢，因而需采用催化工艺以提高其氧化效率。因此，关于湿法工艺方面的研究，主要体现在氧化剂的选取和最佳工艺的确定2个方面<sup>[5-6, 20]</sup>。

如杜建功等人讨论了重金属催化作用下双氧水对淀粉的氧化机理，但是未指出是哪几种重金属<sup>[20]</sup>。此外，不少学者指出，常用的重金属离子催化剂有 $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 等，如谢奕明、王高升等人分别考察了 $\text{Fe}^{2+}$ 对淀粉的催化作用<sup>[21]</sup>。陈亚萍<sup>[1]</sup>选用钨酸为催化剂，双氧水为氧化剂，制备了氧化淀粉，通过与不加催化剂的双氧水氧化淀粉比较，发现所得氧化淀粉的羧基含量增加，黏度下降，因而证明钨酸对

双氧水氧化淀粉具有催化作用；同时，将其与硫酸铜、硫酸亚铁等成熟的氧化淀粉催化剂进行了比较，发现钨酸具有催化作用比较温和，氧化深度比较均匀，色泽较好等特点。实验过程中还分析了pH值、反应温度、钨酸加入量等对氧化深度的影响，确定了钨酸催化制备氧化淀粉的较优工艺。

林宝凤等<sup>[20]</sup>以双氧水为氧化剂制备了氧化淀粉，并研究了 $\text{FeSO}_4$ 、 $\text{CuSO}_4$ 和 $\text{NiCl}_2$ 的催化作用，比较了重金属离子催化作用下制备的氧化淀粉的特性，探讨了残留的重金属离子对氧化淀粉凝沉性的影响。结果表明，在所研究的范围中， $\text{FeSO}_4$ 的催化作用最强，其催化制得的氧化淀粉羧基含量最大； $\text{CuSO}_4$ 催化作用次之； $\text{NiCl}_2$ 不起催化作用。这是因为：一方面，铁、铜离子通过催化作用，提高了氧化淀粉的透明度，降低了淀粉的黏度；另一方面，残留的铁、铜离子对氧化淀粉的凝沉性有较大的影响。

李玉秀等<sup>[22]</sup>以玉米淀粉为原料，过氧化氢和过硫酸钾为复合氧化剂， $\text{Fe}^{2+}$ 为催化剂，酸性条件下以湿法工艺合成了氧化玉米淀粉。以淀粉质量分数、复合氧化剂比例、占干淀粉总量的复合氧化剂质量分数和催化剂质量分数、反应温度和时间等为变量，羧基含量为氧化度衡量指标，采用单因素试验和正交优化试验，确定了制备氧化玉米淀粉的最佳工艺条件：淀粉质量分数为35%，复合氧化剂质量分数为8%， $w(\text{H}_2\text{O}_2):w(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8)=4:1$ ，体系pH为4.00，催化剂质量分数为0.3%，反应温度为50℃，反应时间为1.5 h。在此条件下，可合成氧化度为0.118%的氧化玉米淀粉。

此外，陈彦道等<sup>[23]</sup>以 $\text{Cu}^{2+}$ 为催化剂、双氧水为氧化剂，研究了玉米淀粉经氧化处理后羧基含量和黏度的变化，考察了催化剂用量、反应时间、反应温度和反应pH值对结果的影响；贾瑛等<sup>[24]</sup>提出利用报废的液体推进剂硝酸-27S和淀粉反应制备氧化淀粉绿色阻垢剂，并且对产品结构进行了表征；肖俊等<sup>[25]</sup>采用湿法工艺对不同原料（蜡质玉米淀粉、木薯淀粉、玉米淀粉、小麦淀粉）用双氧水氧化，得到不同氧化度的氧化淀粉，并发现：不同原料氧化淀粉产品的分子质量随羧基质量分数的增大而降低，黏度随羧基质量分数的增大而下降，淀粉糊的透明度随羧基质量分数的增大而增大。王秋华等<sup>[26]</sup>报导了一种新型的多羧基水溶性氧化玉米淀粉的制备方法，制备的氧化淀粉羧基质量分数为3.60%。

由于湿法工艺存在产品回收难、生产用水量较大、生产污水较多和环境成本较高等问题，对于湿法工艺的研究，今后将朝向生产用水减量化及循环

使用等方面发展。

## 4 结论

1) 半干法工艺生产氧化淀粉对过程控制的要求比较严格,虽然能够节约大量的生产用水,减少废水量,降低生产成本,但是工艺尚不太成熟。因此,需要根据具体的条件,比如氧化剂、原料来源、生产设备等,优化工艺,从而提高产品质量。

2) 干法工艺在生产氧化淀粉的过程中,能够节约大量的工业用水,基本上没有废水产生,是一种很环保的工艺。但是其生产过程中粉尘较大,车间操作环境比较恶劣,会对工人的身体健康构成威胁,因而需要做好设备的密封措施。同时,由于用于干法生产的氧化淀粉的产品质量不太稳定,因而需要进一步根据具体的生产条件优化生产工艺,这是干法工艺研究者今后的研究方向。

3) 湿法工艺是目前生产氧化淀粉的主流工艺,具有反应均匀、产品质量稳定等优点,但是存在生产用水量大,工序复杂,干燥能耗高,环境污染严重等缺点。如果能够进一步降低生产成本,减少环境污染,湿法生产工艺仍然是一种可取的生产高品质氧化淀粉的方法。

### 参考文献:

- [1] 陈亚萍. 钨酸在氧化淀粉制备中的催化作用研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(4): 24-27.  
Chen Yaping. Preparation of Oxidized Starch with Tungstic Acid as Catalyst[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(4): 24-27.
- [2] 白莉. 矿物散料储运表层固化抑尘剂的研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2008.  
Bai Li. Study on the Dust Suppression Solidifying Agent Being Used in the Transport and the Piling of the Bulk Minerals[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2008.
- [3] 谭义秋. 机械活化淀粉干法制备氧化淀粉及其助洗性能的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2008.  
Tan Yiqiu. Study on Dry Preparation Oxidized Starch with Mechanical Activated Starch and Its Property as Builder [D]. Nanning: Guangxi University, 2008.
- [4] 孙丹丹. 新型淀粉基表面活性剂的制备及性能研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.  
Sun Dandan. Study on the Preparation and Performance of New Starch-Based Surfactant[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010.
- [5] 李雪辉. 控制煤尘污染淀粉基低温易溶性固化抑尘剂研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2010.  
Li Xuehui. Study on Low-Temperature Soluble Starch-Based Solidifying Suppressants Controlling Coal Dust Pollution [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2010.
- [6] 李芳良, 麻昌爱, 曾桂英. 木薯淀粉催化氧化研究[J]. 化工文摘, 2007(6): 29-30, 33.  
Li Fangliang, Ma Chang'ai, Zeng Guiying. Research on Catalysis Oxidization of Cassava Starch[J]. China Chemicals, 2007(6): 29-30, 33.
- [7] 刘冠军. 氧化淀粉干法制备工艺及性质的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.  
Liu Guanjun. Study on the Dry Preparation Technology and Properties of Oxidized Starch[D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2006.
- [8] 陈慧, 冯国涛. 淀粉氧化基本特征[J]. 皮革科学与工程, 2005, 15(4): 15-19.  
Chen Hui, Feng Guotao. The Starch and Oxidized Starch [J]. Leather Science and Engineering, 2005, 15(4): 15-19.
- [9] 李楠, 张光华, 刘静. 乳液接枝共聚法改性淀粉的制备及其在涂布纸中的应用[J]. 中国造纸, 2008, 27(8): 28-31.  
Li Nan, Zhang Guanghua, Liu Jing. Preparation of Graft Copolymer of Acrylonitrile and Cassava Starch and Its Application in Paper Coating[J]. China Pulp & Paper, 2008, 27(8): 28-31.
- [10] 刘奇龙, 蔡佑星, 贺伦英, 等. 过氧化氢氧化淀粉胶黏剂的研制[J]. 包装学报, 2010, 2(4): 5-9.  
Liu Qilong, Cai Ruoxing, He Lunying, et al. Study on Hydrogen Peroxide Oxidized Starch Adhesive[J]. Packaging Journal, 2010, 2(4): 5-9.
- [11] 李彭, 王小华. 快干耐水型氧化改性淀粉胶黏剂的研制[J]. 包装学报, 2012, 4(3): 1-5.  
Li Peng, Wang Xiaohua. Study on Quick Dry Water Resistant Type Oxidation Modification Starch Adhesive [J]. Packaging Journal, 2012, 4(3): 1-5.
- [12] 郑明理, 傅朝亮. 半干法氧化淀粉生产和应用[C]//2006 中国造纸化学品发展论坛, 绍兴: 中国造纸化学品工业协会, 2006: 94-97.  
Zheng Mingli, Fu Chaoliang. Semi-Dried Process Production and Application of Oxidized Starch[C]//2006. The Development of Chinese Paper Chemicals. Shaoxing: China Paper Chemicals Industry Association, 2006: 94-97.
- [13] 董海洲, 王昭, 侯汉学, 等. 一步法制备两性淀粉干法工艺研究[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(8): 48-51.  
Dong Haizhou, Wang Zhao, Hou Hanxue, et al. Technical Research on One Step Dry Preparation of Carboxylic Amphoteric Starch[J]. Food and Fermentation Industries, 2006, 32(8): 48-51.
- [14] 袁超, 马永强. 变性淀粉干法制备工艺研究进展[J]. 粮食与油脂, 2010(9): 4-6.  
Yuan Chao, Ma Yongqiang. Research Progress on Dry

- Process of Modified Starches[J]. Cereals & Oils, 2010(9): 4-6.
- [15] 刘冠军,董海洲,侯汉学,等.干法制备氧化淀粉的工艺研究[J].食品与发酵工业,2005,31(11):71-74.
- Liu GuanJun, Dong Haizhou, Hou Hanxue, et al. Studies on Dry Preparation of Oxidized Starch[J]. Food and Fermentation Industries, 2005, 31(11): 71-74.
- [16] 谭义秋,黄祖强,农克良.机械活化木薯淀粉干法制备氧化淀粉的工艺优化[J].食品科技,2010,35(1):160-164.
- Tan Yiqiu, Huang Zuqiang, Nong Kelian. Process Optimization of Drying Preparation of Oxidized Starch from Mechanical Activated Cassava Starch[J]. Food Science and Technology, 2010, 35(1): 160-164.
- [17] 代养勇,李盼盼,董海洲,等.双氧水干法氧化对淀粉凝沉性的影响[J].中国粮油学报,2012,27(1):29-32.
- Dai Yangyong, Li Panpan, Dong Haizhou, et al. Influence of Dry Oxidation of Hydrogen Peroxide on Starch Retrogradation[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2012, 27(1): 29-32.
- [18] 李芳良,童张法,黄祖强,等.微波干法制备氧化淀粉的工艺研究[J].化工技术与开发,2007,36(2):13-17.
- Li Fangliang, Tong Zhangfa, Huang Zuqiang, et al. Dry Process Preparation of Oxidized Starch by Microwave Irradiation[J]. Technology & Development of Chemical Industry, 2007, 36(2): 13-17.
- [19] 李芳良,麻昌爱,韦群兰.室温半干法制备木薯氧化淀粉的研究[J].农产品加工:学刊,2008(1):51-53.
- Li Fangliang, Ma Chang'ai, Wei Qunlan. Preparation of the Cassava Oxidized Starch by Semi-Dry Process at Room Temperature[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2008(1): 51-53.
- [20] 林宝凤,冯欣,郑安雄.重金属离子对双氧水氧化淀粉的催化作用及其特性的影响[J].广西科学,2006,13(4):293-296.
- Lin Baofeng, Feng Xin, Zheng Anxiong. A Study of Catalytic Effect of Heavy Metal Ions on  $H_2O_2$  and the Characters of Oxidized Starches[J]. Guangxi Sciences, 2006, 13(4): 293-296.
- [21] 肖俊.双氧水氧化玉米淀粉的干法制备及应用[D].无锡:江南大学,2008.
- Xiao Jun. The Preparation and Application of Oxidized Corn Starch with Hydrogen-Peroxide in Dry Processing[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008.
- [22] 李玉秀,史美丽,孙丹娜.复合氧化剂法合成氧化玉米淀粉[J].粮食与油脂,2011(12):5-8.
- Li Yuxiu, Shi Meili, Sun Danna. Synthesis of Oxidation Corn Starch with Composite Oxidation[J]. Cereals & Oils, 2011(12): 5-8.
- [23] 陈彦道,胡爱琳,王公应.催化氧化制备氧化淀粉[J].中国粮油学报,2005,20(4):25-28.
- Chen Yanxiao, Hu Ailin, Wang Gongying. Preparation of Oxidized Starch by Cu(II) Catalysis Oxidation[J]. Chinese Cereals and Oils Association, 2005, 20(4): 25-28.
- [24] 贾瑛,王煊军,周宗礼.报废推进剂硝酸-27S制备氧化淀粉绿色阻垢剂[J].化学工业与工程,2007,24(3):258-261.
- Jia Ying, Wang Xuanjun, Zhou Zongli. Preparation of Oxidized Starch Using Abandoned Liquid Propellant of  $HNO_3$ -27S[J]. Chemical Industry and Engineering, 2007, 24(3): 258-261.
- [25] 肖俊,张燕萍.不同原料双氧水氧化淀粉的制备及性能[J].食品与发酵工业,2007,33(11):85-88.
- Xiao Jun, Zhang Yanping. The Preparation and Function of Oxidized Starch Prepared by Hydrogen-Peroxide with Different Materials[J]. Food and Fermentation Industries, 2007, 33(11): 85-88.
- [26] 王秋华,徐学纯,姜文勇,等.新型水溶性深度氧化玉米淀粉的制备及氧化机理[J].吉林大学学报:理学版,2007,45(3):471-476.
- Wang Qiuhua, Xu Xuechun, Jiang Wenyong, et al. Preparation and Oxidized Mechanism of Novel Water Soluble High-Oxidized Corn Starch[J]. Journal of Jilin University: Science Edition, 2007, 45(3): 471-476.

(责任编辑:廖友媛)