

文章编号:1009-038X(2005)01-0015-04

## 非晶颗粒态木薯淀粉微生物降解特性

梁勇<sup>1</sup>, 张本山<sup>2</sup>, 杨连生<sup>2</sup>, 高大维<sup>2</sup>

(1. 华南师范大学 化学系, 广东 广州 510641; 2. 华南理工大学 轻化所, 广东 广州 510641)

**摘要:** 采用光学显微分析方法, 以原木薯淀粉为参照, 对非晶颗粒态木薯淀粉在微生物作用下的降解过程进行了观察和研究。结果发现, 在微生物作用下, 从淀粉颗粒的爆裂孔开始, 沿着淀粉颗粒爆裂孔逐步深入, 直至最后将淀粉颗粒完全降解, 而原淀粉颗粒具有致密的结晶结构, 淀粉颗粒表面没有明显的孔洞, 因此在同样条件下, 生物降解性能要远远低于非晶颗粒态淀粉。

**关键词:** 木薯淀粉; 非晶颗粒态; 微生物; 降解特性

**中图分类号:** TS 231

**文献标识码:** A

### Study on Degradative Characteristics of Tapioca Starch with Non-Crystallized Granule State by Microorganisms

LIANG Yong<sup>1</sup>, ZHANG Ben-shan<sup>2</sup>, YANG Lian-sheng<sup>2</sup>, GAO Da-wei<sup>2</sup>

(1. Department of Chemistry, South China Normal University, Guangzhou 510631, China; 2. Light and Chemical Industry Institute, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

**Abstract:** Using the light microscope analytical method, the degradative process of tapioca starch with non-crystallized granule state by microorganisms was investigated in details. Beginning at the blowing out poles of starch granules, starch granules were gradually degraded by the microorganisms along the blowing out poles, and disappeared eventually. For native starch with compact crystallized structure without poles on the surface of starch granules, organisms degradative activity was much lower than that of starch with non-crystallized granule state.

**Key words:** tapioca starch; non-crystallized granule state; microorganisms; degradative characteristics

随着对淀粉结晶研究的深入, 人们发现淀粉颗粒在某些条件下具有非晶化现象。Garcia V 曾对淀粉非晶性进行研究, 其目的是为了获得用于淀粉相对结晶度指数测定的非晶标准, 具体方法是在球磨机内将淀粉颗粒研磨 24 h 以上, 从而用机械外力来破坏淀粉颗粒原有的结晶结构。

近几年来, 随着相关科学与理论的不断发展与完善, 对淀粉的非晶化现象的研究不断增加, 逐渐

成了淀粉科学基础研究领域中的一个新的研究热点。1995 年, 荷兰的 Veelaert S 教授等报道了马铃薯淀粉颗粒在用高碘酸氧化制备双醛淀粉过程中的非晶化现象<sup>[1]</sup>; 1996 年德国的 Stute R 博士等报道了小麦、玉米及豆类淀粉颗粒在高压下的非晶化现象<sup>[2]</sup>; 1997 年法国的 Carcia V 博士等报道了在中等水分含量下加热而使木薯淀粉颗粒非晶化的现象<sup>[3]</sup>; 2002 年日本的 Jackowski 报道了在低温和

收稿日期: 2004-02-10; 修回日期: 2004-10-14.

基金项目: 国家自然科学基金项目(29976016)资助课题.

作者简介: 梁勇 (1964-), 男, 山东嘉祥人, 副教授, 工学博士.

一定压力条件下,用液氮作用鹰嘴豆产生的淀粉非晶化现象<sup>[4]</sup>.在高交联非糊化淀粉制备过程中,作者发现高交联导致的淀粉非晶化现象<sup>[5,6]</sup>,并制备高交联的非晶颗粒态淀粉<sup>[7,8]</sup>,在此基础上对非晶颗粒态淀粉的结构特征进行了详细的描述<sup>[9]</sup>.作者将非晶颗粒态木薯淀粉与酒曲中的微生物相互作用,并与原淀粉比较,系统研究了非晶颗粒态淀粉的生物降解性能.

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

木薯淀粉:工业优级,广东顺德淀粉厂生产;非晶木薯淀粉:作者所在实验室自制;大曲:工业优级,河南省商丘市张弓酒厂生产;基础培养基:作者所在实验室自制. BHS-2 多功能新显微镜:日本奥林巴斯(OLYMPUS VANOX)公司生产;可调控摇床:辽阳市恒温仪器厂生产;K-1 型快速混匀器:上海分析仪器厂生产.

### 1.2 非晶颗粒态淀粉的制备

将质量分数为5%的三偏磷酸钠的高交联木薯淀粉调成均匀淀粉乳,在水浴中缓慢加热,当温度达到80℃时,持续加热20min,过滤、干燥得非晶颗粒态淀粉.

### 1.3 微生物的培养和淀粉的降解方法

**1.3.1 接种前预处理** 准确称取一定质量的酒曲粉末,加入蒸馏水,摇匀,使菌体分散,制得一定比例的菌悬液.由于酒曲中含有一定量的淀粉物质,同时为了增强菌体的活性及缩短试验周期,故将酒曲的菌悬液在35℃培养箱中恒温培养1d,使微生物菌体达到一定数量后作为非晶颗粒态淀粉降解性能研究的接种源.

**1.3.2 淀粉的微生物降解方法** 将盛有一定体积基础培养基的三角锥形瓶,在121℃将此培养基灭菌30min,密封冷却至室温,分别准确称取一定量原淀粉和非晶颗粒态淀粉加入到该三角锥形瓶中,充分混匀,接种一定比例的微生物培养液,然后将此装置放入35℃恒温摇床中微生物降解2h.

### 1.4 淀粉降解颗粒形貌观察

选择不同降解时间的原淀粉及非晶颗粒态淀粉,按一定比例调成淀粉乳,滴于载玻片上,盖上盖玻片,放入显微镜样品台,选择适当的目镜和物镜以实现要求的放大倍数,选择滤光片,调整光源电压使曝光时间小于0.01s,在普通光线下观察并拍摄观察原淀粉及非晶颗粒态淀粉在微生物降解过程中颗粒形貌的变化情况.

万方数据

## 2 结果与讨论

### 2.1 非晶颗粒态木薯微生物降解显微结构

图1~6为非晶颗粒态木薯淀粉在微生物降解不同时间后的颗粒形貌.

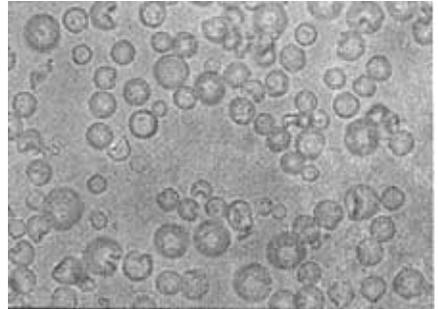


图1 非晶木薯淀粉颗粒形貌( $\times 400$ , 35℃降解15 min)

Fig. 1 Microphoto of non-crystallized tapioca starch degraded for 15 min ( $\times 400$ , 35℃)

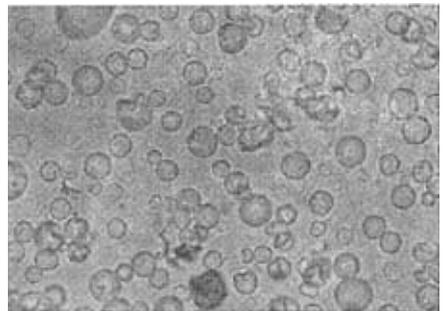


图2 非晶木薯淀粉颗粒形貌( $\times 400$ , 35℃降解30 min)

Fig. 2 Microphoto of non-crystallized tapioca starch degraded for 30 min ( $\times 400$ , 35℃)

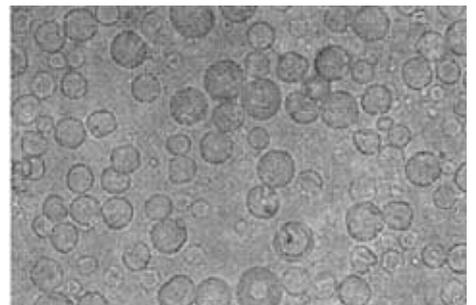


图3 非晶木薯淀粉颗粒形貌( $\times 400$ , 35℃降解45 min)

Fig. 3 Microphoto of non-crystallized tapioca starch degraded for 45 min ( $\times 400$ , 35℃)

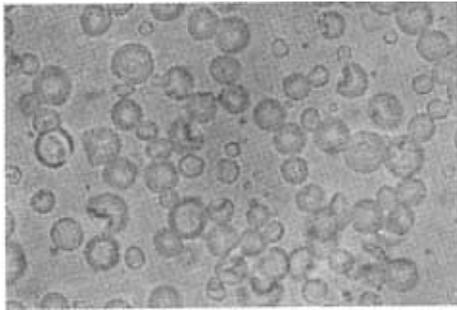


图 4 非晶木薯淀粉颗粒形貌 ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  降解 60 min)

Fig. 4 Microphoto of non-crystallized tapioca starch degraded for 60 min ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

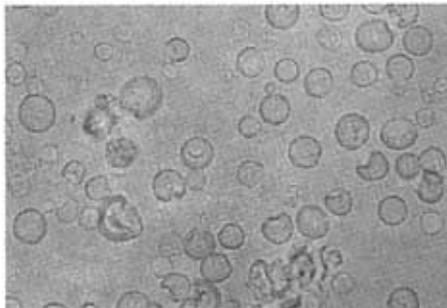


图 5 非晶木薯淀粉颗粒形貌 ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  降解 75 min)

Fig. 5 Microphoto of non-crystallized tapioca starch degraded for 75 min ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

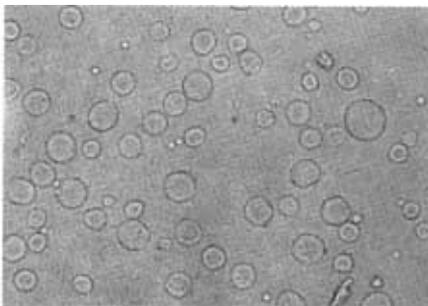


图 6 非晶木薯淀粉颗粒形貌 ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  降解 90 min)

Fig. 6 Microphoto of non-crystallized tapioca starch degraded for 90 min ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

可以看出,未降解前木薯淀粉的形状极其不规则,以大半圆形、上下口唇形居多.降解 15 min 后,大多数颗粒都转化为比较规则的圆形(见图 1),30 min 后,从木薯非晶颗粒的爆裂孔开始,逐渐均匀向外扩张,开始扩张时沿着颗粒爆裂孔方向进一步扩大,淀粉爆裂方向依稀可见.扩展到一定程度,逐渐转化为圆形孔洞(见图 2,3),1 h 后中间爆裂孔进一步模糊,颗粒转化为一个个均匀膨胀颗粒,爆裂孔

逐渐消失.此时淀粉颗粒也已接近消失边缘(见图 4~7),2 h 后只剩下少许小的淀粉颗粒,大部分淀粉颗粒已降解消失(见图 8),最后只能观察到非晶颗粒降解留下的模糊外壳.

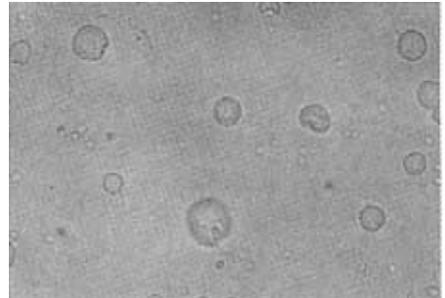


图 7 非晶木薯淀粉颗粒形貌 ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  降解 105 min)

Fig. 7 Microphoto of non-crystallized tapioca starch degraded for 105 min ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

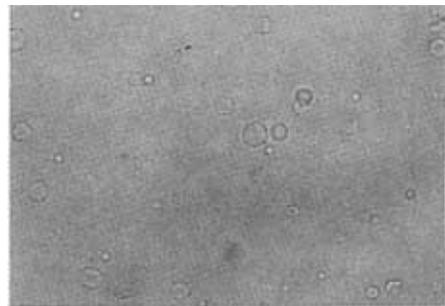


图 8 非晶木薯淀粉颗粒形貌 ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  降解 120 min)

Fig. 8 Microphoto of non-crystallized tapioca starch degraded for 120 min ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

为了比较原淀粉和非晶颗粒态淀粉的微生物降解性质,在相同条件下,将原淀粉进行降解,图 9, 10 表明,原淀粉在整个降解过程中颗粒表面未发现明显变化.

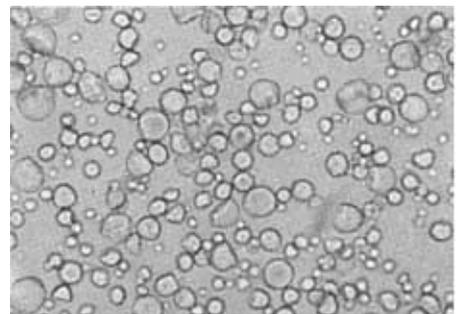


图 9 原木薯淀粉颗粒形貌 ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  降解 90 min)

Fig. 9 Microphoto of native tapioca starch degraded for 90 min ( $\times 400, 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

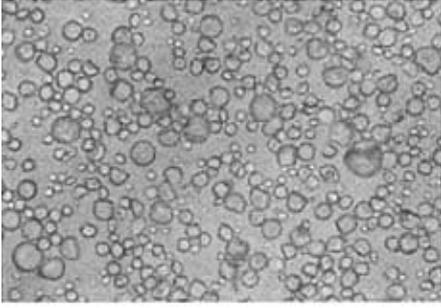


图10 原木薯淀粉颗粒形貌( $\times 400$ ,  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 降解 120 min)

Fig. 10 Microphoto of native tapioca starch degraded for 120 min ( $\times 400$ ,  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

通过比较可以看出,在非晶化过程中,由于淀粉颗粒发生溶胀,破坏了淀粉原来的多晶结构,实现了淀粉颗粒由多晶颗粒态向非晶颗粒态的转变,使整个颗粒呈现松散的无定形结构,同时颗粒在受热膨胀过程中形成了爆裂孔,导致生物降解反应非常容易发生,因此在微生物作用下,从淀粉颗粒的爆裂孔开始,沿着淀粉颗粒爆裂孔逐步深入,直至最后将淀粉颗粒完全降解。而原淀粉颗粒具有致密的结晶结构,淀粉颗粒表面没有明显的孔洞,因此在同样条件下其生物降解性能要远远低于非晶颗粒态淀粉。

## 2.2 非晶颗粒态木薯淀粉微生物降解程度

为了进一步比较非晶颗粒态淀粉和原淀粉微

生物降解性能,作者将非晶颗粒态淀粉和原淀粉在同样条件下进行降解,然后测定降解后的残余淀粉的质量分数,见表1。由此可以看出,随着时间的延长,非晶颗粒态淀粉的降解程度明显增加,2 h后残余淀粉只剩8.35%,而原淀粉的降解程度随时间的增加略有减少但变化不大,这和上述非晶颗粒态淀粉和原淀粉颗粒形貌的变化情况所得出的结论基本一致。

表1 非晶颗粒态淀粉与原淀粉微生物降解残余淀粉的剩余百分率

Fig. 1 Residual percentage of corn starch of noncrystallized granule and native by micro-organisms degradation

种类	降解时间/h			
	0.5	1.0	1.5	2.0
非晶颗粒态木薯淀粉	59.60	36.78	20.37	8.35
原木薯淀粉	98.64	97.25	96.04	95.17

## 3 结论

非晶颗粒态木薯淀粉颗粒松散的无定形结构以及在非晶化过程中形成的爆裂孔,大大提高了微生物降解的反应活性,在微生物作用下,从淀粉颗粒的爆裂孔开始,沿着淀粉颗粒爆裂孔逐步深入,直至最后将淀粉颗粒完全降解,而原淀粉颗粒具有致密的结晶结构,因此在同样条件下生物降解活性,要远远低于非晶颗粒态淀粉。

## 参考文献:

- [1] Veelaert S, Polling M, Wit D D. Structural and physicochemical changes of potato starch along periodate oxidation[J]. *Starch*, 1995, 46(7): 263-268.
- [2] Stute R, Klingler R W, Boguslawski S. Effect of high pressures treatment on starches[J]. *Starch*, 1996, 48(11/12): 399-408.
- [3] Garcia V, Colonna R, Bouchet B. Structural changes of cassava starch granules after heating at intermediate water contents[J]. *Starch*, 1997, 49(5): 171-179.
- [4] Jackowski R, Czuchajowska Z, Baik B K. Granular cold water gelling starch prepared from chickpea starch using liquid ammonia and ethanol[J]. *Starch*, 2002, 79(1): 125-128.
- [5] 张本山, 高大维, 林勤保, 等. 高交联木薯淀粉的非晶化特征研究[J]. *食品科技*, 1999, (1): 13-15.
- [6] 张本山, 徐立宏, 高大维, 等. 高交联玉米淀粉的非晶化特性[J]. *无锡轻工大学学报*, 2001, 20(3): 233-237.
- [7] 张本山, 梁勇, 高大维, 等. 高交联非晶颗粒态淀粉制备方法研究[J]. *精细化工*, 2002, 19(3): 173-176.
- [8] 梁勇, 张本山, 杨连生, 等. 非晶颗粒态马铃薯淀粉的制备方法研究[J]. *无锡轻工大学学报*, 2002, 21(4): 327-331.
- [9] 梁勇, 张本山, 杨连生, 等. 非晶颗粒态马铃薯淀粉结构特征[J]. *精细化工*, 2003, 20(1): 47-50.
- [10] 李晓玺. 变性基团及变性程度对淀粉生物降解性能的影响[D]. 广州: 华南理工大学, 2001. 115-118.

(责任编辑: 李春丽)