

文章编号 :1009-038X(2001)04-0373-04

# 百合淀粉凝胶回生过程中的流变学特性

吉宏武, 浦萍萍, 丁霄霖

(无锡轻工大学 食品学院 江苏 无锡 214036)

**摘 要 :**以玉米淀粉和马铃薯淀粉为参照,考察了百合淀粉回生过程中的流变学特性及糖对其回生过程中流变学特性的影响.结果表明:百合淀粉回生过程中的流变学特性与马铃薯淀粉极为相似,与玉米淀粉有显著差异.添加蔗糖可以抑制百合淀粉胶存放过程中初始贮能模量的增加,即添加蔗糖可抑制其回生速率.

**关键词 :**百合淀粉;回生;流变学特性

**中图分类号 :**TS201.7

**文献标识码 :**A

## Rheological Properties of Retrogradation Starch Gel from the Bulbs of *Lilium brownii* var. *colchesteri*

Ji Hong-wu, Pu Ping-ping, Ding Xiao-lin

(School of Food Science and Technology, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036, China)

**Abstract :** In this article, compared with potato starch and corn starch, rheological properties of retrogradation starch gel from the bulbs of *Lilium brownii* var. *colchesteri* and the effect of addition of sucrose on its rheological characteristics were studied by a rheometer. Results showed that rheological properties of starch paste for lily were similar to that of potato starch gel, but different from that of corn starch gel. Rate of its retrogradation can be inhibited by addition of sucrose.

**Key words :** lily starch; retrogradation; rheological properties

百合(*Lilium Brownii*. F. E Var.)是百合科(*Lilium* family)百合属(*Genus lilium*)植物,既是一种名贵的花卉,也是一种重要的经济作物,在我国兰州、湖南、江西、江苏等省均有大面积栽培,其鳞茎大多数加工成中草药或各种保健食品.鳞茎的主要成分为淀粉,充分认识百合淀粉的性能,对于有效地利用百合淀粉资源与制订百合食品加工条件均具有重要意义.回生是淀粉的重要特性之一.回生速率的测定大多用浊度法<sup>[1]</sup>、X-衍射法<sup>[2]</sup>、DSC法<sup>[3,4]</sup>、脉冲核磁共振法<sup>[5,6]</sup>等.近来愈来愈多的

人<sup>[7,8]</sup>用动态流变仪来测定淀粉的回生特性,以初始贮能模量的大小来表示回生度.作者以动态流变仪为手段,以玉米淀粉和马铃薯淀粉为参照,综合考察了百合淀粉回生过程中的流变学特性及糖对其回生特性的影响.

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

玉米淀粉,吉发生化医药食品有限公司生产;

收稿日期 2001-02-16; 修订日期 2001-05-10.

作者简介:吉宏武(1962-),男,湖北通山人,食品科学专业博士研究生.

万方数据

马铃薯淀粉,黑龙江讷河淀粉厂生产;自制百合淀粉<sup>[9-11]</sup>。鲜百合剥瓣清洗,用 0.2% 的预冷亚硫酸钠溶液进行均浆(质量体积比为 1:2),浆液用冷水稀释,然后用 120 目双层滤布过滤,滤渣继续匀浆,用冷水稀释、过滤,滤渣弃去,滤液合并,置于阴凉处静置 3~4 h,沉淀下来的淀粉乳用 1% NaCl 洗涤 3 次,0.01 mol/L NaOH 洗涤 2 次,再用蒸馏水洗至中性,静置后,倒出上清液,用小刀将上层刮去,下层起出晾干表面水,于 50 ℃ 烘箱中烘干,贮于干燥器中备用。

1.2 设备

110 型 A.R 动态流变仪,英国 TA 公司制造。

1.3 样品制备

百合淀粉按表 1 配方制成淀粉乳,马铃薯与玉米淀粉按表 1 配方 1 制成淀粉乳,于 100 ℃ 水浴中糊化 30 min,冷却 20 min 后,取一部分淀粉糊置于两块间距为 1.5 mm 的玻璃板(120 mm×120 mm×3 mm)之间,玻璃板的四个角用夹子固定,使淀粉胶成形(见图 1),然后用双层塑料薄膜包裹,置于 4 ℃ 冰箱中贮藏一定时间后进行测试。

表 1 流变学特性测定的淀粉乳组成

Tab. 1 Composition of starch slurries for rheological properties

配方	质量分数/%		
	淀粉	水	蔗糖
1	15	85	0
2	12.5	70.8	16.7

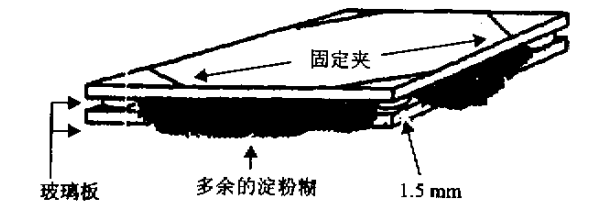


图 1 动态流变学特性测试样品制备图

Fig.1 Sample preparation for dynamic rheological tests

1.4 流变特性测试

淀粉胶在 4 ℃ 冰箱中贮藏 1,5,11,19,27 d 后取出,小心地将两块玻璃板分开以使胶保持完整,从胶的中间切一直径为 4 cm 的圆块置于流变仪的测试台上,当平行板距离固定后,将周边多余的淀粉胶刮去,然后将涂有液体石蜡的铁罩将样品罩住,以防加热过程中水分散失。在 2% 的应力,振动频率为 10 rad/s,样品定型后,在厚度为 1.0 mm 的条件下,测试每个样品从 25 ℃ 至 85 ℃ 的贮能模量与相角正切函数值的变化,每个样品测 3 次。

2 结果与讨论

从图 2 A、B、C 可以看出:1) 几种淀粉凝胶贮藏 1 d 后即有网络结构形成,这可从其贮能模量在加热过程中,温度达到 30 ℃ 时有下降趋势得以证实。2) 3 种淀粉凝胶贮能模量的最初值随贮藏时间的延长而增加,这证明凝胶随时间的延长回生程度增加,回生速率以百合淀粉最高,这与其直链淀粉含量高有密切关系。据报道,百合淀粉含量一般为 28%~33%<sup>[10]</sup>,马铃薯淀粉含量一般为 25%<sup>[9]</sup>,玉米淀粉含量为 23%。直链淀粉含量越高,则其回生速率越高。3) 3 种淀粉凝胶贮藏一定时间后进行测试,当加热至 30 ℃ 左右时,其贮能模量开始下降,当温度达到 50~60 ℃ 时,贮能模量下降至最低值。百合淀粉凝胶在回生过程中贮能模量的变化与马铃薯淀粉凝胶极为相似,但与玉米淀粉凝胶有一定的差异,这是因为块根类淀粉的结构具有相似性,而与禾谷类淀粉的分子结构存在一定的差异。4) 百合淀粉添加蔗糖与无糖两种处理,贮藏相同时间进行测试,无糖较添加蔗糖的初始贮能模量低,由此可以说明,添加蔗糖可以抑制百合淀粉的回生。5) 从图 4 可以看出,添加蔗糖的百合淀粉胶贮藏 19,27 d 后进行测定,刚开始加热时贮能模量出现先上升后下降的趋势,这表明凝胶在贮藏过程中得到了软化,而在最初加热过程中又得到了硬化,文献[8]也报道了同样的现象,这种现象可能与淀粉凝胶的析水有关,淀粉凝胶在加热过程中析水,其贮能模量为什么会产生这种现象,机制是什么,目前尚未探明。

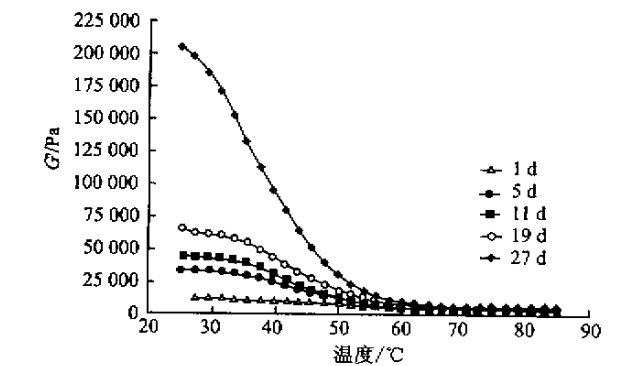


图 2 未加糖的百合淀粉凝胶贮藏 1,5,11,19,27 d 后,加热过程中贮能模量的变化

Fig.2 Representative plots of changes in storage modulus ( $G'$ ) during heating of starch pastes (15:85 starch-water) for lily stored at 4 ℃ for 1,5,11,19 and 27 days

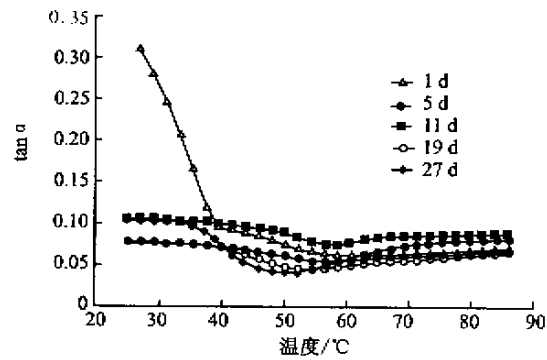


图 3 未加糖的百合淀粉凝胶贮藏 1,5,11,19,27 d 后 ,加热过程中相角正切值的变化

Fig.3 Representative plots of changes in  $\tan \alpha$  during heating of starch pastes ( 15 :85 starch-water ) for lily stored at 4 °C for 1,5,11,19 and 27 days

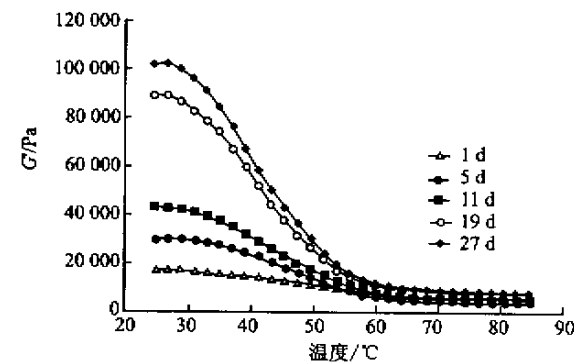


图 4 加糖的百合淀粉凝胶贮藏 1,5,11,19,27 d 后 ,加热过程中贮能模量的变化

Fig.4 Representative plots of changes in storage modulus (  $G'$  ) during heating of starch pastes ( 15 :85 starch-water ) containing 16.7% sucrose for lily stored at 4 °C for 1,5,11,19 and 27 days

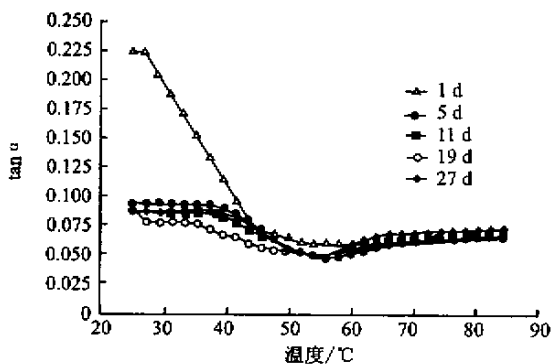


图 5 加糖的百合淀粉凝胶贮藏 1,5,11,19,27 d 后 ,加热过程中相角正切值的变化

Fig.5 Representative plots of changes in  $\tan \alpha$  during heating of starch pastes ( 15 :85 starch-water ) containing 16.7% sucrose for lily stored at 4 °C for 1,5,11,19 and 27 days

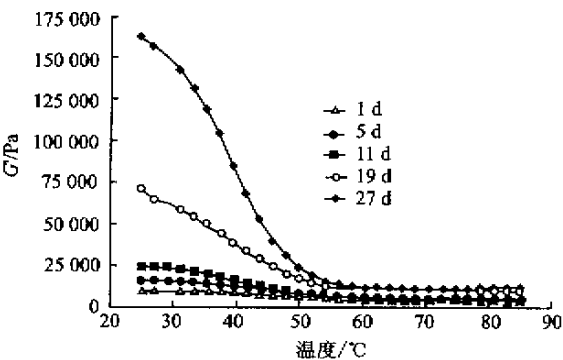


图 6 未加糖的马铃薯淀粉凝胶贮藏 1,5,11,19,27 d 后 ,加热过程中贮能模量的变化

Fig.6 Representative plots of changes in storage modulus (  $G'$  ) during heating of starch pastes ( 15 :85 starch-water )for potato stored at 4 °C for 1,5,11,19 and 27 days

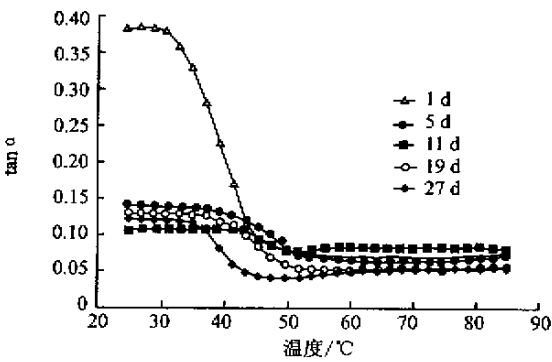


图 7 未加糖的马铃薯淀粉凝胶贮藏 1,5,11,19,27 d 后 ,加热过程中相角正切值的变化

Fig.7 Representative plots of changes in  $\tan \alpha$  during heating of starch pastes ( 15 :85 starch-water )for potato stored at 4 °C for 1,5,11,19 and 27 days

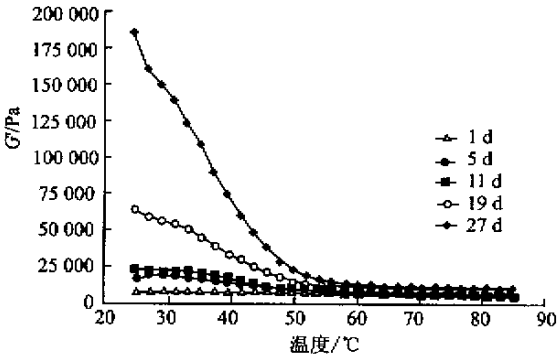


图 8 未加糖的玉米淀粉凝胶贮藏 1,5,11,19,27 d 后 ,加热过程中贮能模量的变化

Fig.8 Representative plots of changes in storage module (  $G'$  ) during heating of starch pastes ( 15 :85 starch-water )for corn stored at 4 °C for 1,5,11,19 and 27 days

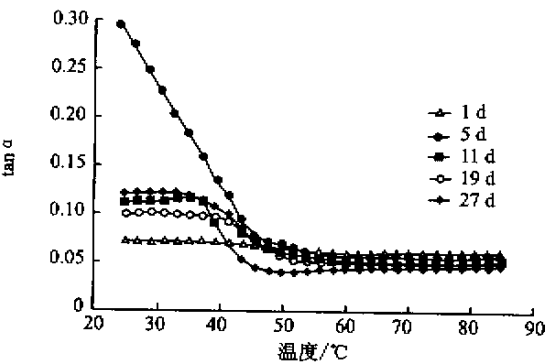


图 9 未加糖的玉米淀粉凝胶贮藏 1 , 5 , 11 , 19 , 27 d 后 , 加热过程中相角正切值的变化

Fig.9 Representative plots of changes in  $\tan \alpha$  during heating of starch pastes ( 15/85 starch-water ) for corn stored at 4 °C for 1 , 5 , 11 , 19 and 27 days

相角正切值与粘弹体的结构性能密切相关 , 相角正切值越小 , 粘弹体的弹性越大 . 从图 3 , 5 , 7 , 9 可以看出 , 3 种淀粉凝胶相角正切值变化基本相似 . 1 ) 除玉米第一天测定的情况外 , 相角正切值均随温度的增加快速下降 . 2 ) 在 45 ~ 58 °C 处 , 相角正切值出现一波谷 . 这是回生淀粉凝胶在加热过程中 , 由于胶体软化造成其粘弹性加大而引起的 .

从每一只样品的贮能模量与其相角正切值的

变化曲线来看 , 相角出现波谷最低值所对应的温度基本上与其贮能模量出现最低值所对应的温度相对应 , 这说明当淀粉凝胶贮能模量最小时 , 胶的弹性最大 .

淀粉水的比例是影响淀粉糊流变学特性的重要因素之一 , 比例太小 ( < 6% ) 则淀粉糊冷却后不能成胶 , 比例太大 , 淀粉粒不能充分吸水膨胀 , 会限制淀粉的糊化 . 本研究中所采用的淀粉水比例为 15/85 , 浓度比较高 , 但是根据文献 [ 8 ] 的结果 , 这样的淀粉水比例基本上能使淀粉粒吸水膨胀 , 糊化后只有少量残存的淀粉粒 , 淀粉糊主要由直链淀粉介质中包埋的支链淀粉分子组成 , 所以这些淀粉糊在贮藏过程中流变学性能的变化能反应直链与支链淀粉的回生行为 .

### 3 结 论

1 ) 百合淀粉回生过程中的流变学特性与马铃薯淀粉极为相似 , 但回生速率较马铃薯淀粉高 , 与玉米淀粉有显著的差异 .

2 ) 添加蔗糖可以抑制百合淀粉胶存放过程中初始贮能模量的下降 , 即添加蔗糖可抑制其回生速率 .

### 参考文献 :

[ 1 ] JACOBSON M R , BEMILLER J N . Method for determining the rate and extent of accelerated starch retrogradation [ J ] . *Cereal Chemistry* , 1998 , 75 ( 1 ) : 22 ~ 29 .

[ 2 ] IMBERTY A , CHANZY H , PEREZ S . New three-dimensional structure for A-type starch [ J ] . *Macromolecules* , 1987 , 20 : 26 ~ 34 .

[ 3 ] 刘凤岐 , 汤心颐 . 高分子物理 [ 第一版 ] [ M ] . 北京 : 高等教育出版社 , 1995 .

[ 4 ] MUA J P , JACKSON D S . Retrogradation and gel texture attributes of corn starch amylose and amylopectin fractions [ J ] . *J Cereal Sci* , 1998 , 27 : 157 ~ 166 .

[ 5 ] KILICHEVSKY M T , JAROSZKIEWICZ E M , ABLETT S , *et al* . The glass transition of amylopectin measured by DSC , DMTA and NMR [ J ] . *Carbohydr polym* , 1992 , 18 ( 2 ) : 77 ~ 81 .

[ 6 ] KULIK A S , HAVERKAMP J . Molecular mobility of polysaccharide chains in starch investigated by two-dimensional solid-state NMR spectroscopy [ J ] . *Carbohydr polym* , 1997 , 34 : 49 ~ 54 .

[ 7 ] BILIADERIS C G , ZAWISTOWSKI J . Viscoelastic behavior of aging starch gels : effects of concentration , temperature , and starch hydrolysates on network properties [ J ] . *Cereal Chem* , 1998 , 67 ( 3 ) : 240 ~ 246 .

[ 8 ] YUAN R C , THOMPSON D B . Rheological and thermal properties of aged starch pastes from three waxy maize genotypes [ J ] . *Cereal Chem* , 1998 , 75 ( 1 ) : 117 ~ 123 .

[ 9 ] ELLIS R P , COCHRANE M P , DALE M B , *et al* . Starch production and industrial use [ J ] . *J Sci Food Agric* , 1998 , 77 : 289 ~ 311 .

[ 10 ] TAKEDA C . Physicochemical property of lily starch [ J ] . *J Cereal Chemistry* , 1983 , 60 ( 3 ) : 212 ~ 216 .

[ 11 ] WILLIGEN A H . Method in Carbohydrate Chemistry IV Starch [ M ] . New York and London : Academic Press , 1964 .

( 责任编辑 : 李春丽 )