

文章编号: 1001-411X(2002)02-0081-03

# 酶法链淀粉流变特性的研究

马红彦<sup>1</sup>, 杨宜功<sup>2</sup>

(1 华南农业大学农学院, 广东 广州 510642; 2 华南理工大学轻化工研究所, 广东 广州 510640)

**摘要:** 用异淀粉酶对淀粉进行切枝, 研究了酶变性后淀粉糊的流变特性及其影响因素, 结果表明: 在  $w$ (淀粉糊) 为 2%~6%、温度 25~70 °C 的实验条件下, 酶解链淀粉呈现假塑性流体特征, 具有触变性和剪切稀化性质, 淀粉糊的链淀粉含量、浓度、温度等因素对其表观粘度有较大的影响。

**关键词:** 直链淀粉; 淀粉糊; 流变特性; 粘度

中图分类号: S201.7

文献标识码: A

淀粉是天然高分子化合物, 在许多工业部门得到广泛应用。天然淀粉由直链淀粉和支链淀粉组成<sup>[1]</sup>, 不同淀粉中直链和支链成分含量不同, 使淀粉性质存在差别<sup>[2]</sup>, 进而影响其用途。对于粉丝、淀粉软糖、可食用性淀粉薄膜等食品制作, 直链成分含量高的淀粉原料较为理想, 而用异淀粉酶对淀粉进行改性, 提高其直链淀粉含量, 这是寻求高直链淀粉的一个新途径。

酶法制链淀粉于 60 年代末研究成功, 此法成本较低, 产品纯度高, 在工业上评价很高。国外从事这方面研究的如日本的高桥节子等曾用异淀粉酶切枝, 再用凝胶色谱测定链淀粉的链长分布, 在科研上取得一定成果。华南理工大学轻化工研究所高群玉等曾对酶法生产链淀粉作了研究, 并用于制作淀粉薄膜, 结果表明, 酶解淀粉直链成分增加, 提高了食用膜的抗张强度等物理性能<sup>[3]</sup>。我们则在此基础上测定了酶法链淀粉的流变特性, 作出淀粉的流变特性曲线, 并研究了链淀粉含量、淀粉糊浓度、温度、剪切力等因素对淀粉糊流变特性的影响, 为其生产应用提供一些参考数据和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

马铃薯淀粉, 由山西五寨淀粉厂生产; 异淀粉酶, 由中国食品发酵工业研究所提供, 活力 50 000 单位/g; 仪器有 Brookfield DV-1 型旋转粘度计、恒温水浴槽、精密电子天平等。

### 1.2 方法

(1) 酶解淀粉糊的制备: 原淀粉糊化后, 冷却至

50 °C, 调节 pH 值为 5.8, 每克淀粉中加入 40 单位的异淀粉酶, 放在 50 °C 的恒温水浴中作用一段时间, 取出, 置于沸水浴中加热 10 min 灭酶。

(2) 粘度及链淀粉含量的测定: 采用 Brookfield 旋转粘度计测粘度。将待测淀粉糊(按要求配成一定浓度)倒入烧杯中并保持恒温, 调节粘度计转子高度, 使其浸入淀粉糊中至转子刻度。接通电源, 使转子在淀粉糊中旋转, 经过一段时间后, 读数趋于稳定即可记录。链淀粉含量的测定参见有关文献<sup>[4]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 链淀粉含量对酶法链淀粉流变特性的影响

2.1.1 不同链淀粉含量酶法链淀粉的流变特性 配制  $w$  为 5% 淀粉糊, 加入异淀粉酶, 每隔 6 h 取 1 次样, 25 °C 下测流变特性, 同时测定链淀粉含量。结果表明: 作用时间为 0、6、12、18、24 h 的链淀粉含量( $w$ ) 分别为 17.73%、21.95%、23.96%、25.17% 和 25.75%, 可见, 随着酶作用时间的增长, 淀粉中链淀粉含量增加。相应地有不同的流变曲线(图 1-a)。但不论变性前后及变性时间长短, 淀粉糊的流变曲线均为经过原点, 凸向剪切应力轴的曲线, 可见各淀粉糊均为非牛顿流体。在同一条曲线上, 剪切应力  $\tau$  随剪切速率  $\gamma$  的加快而增大, 但当  $\gamma$  达到一定数值后趋于恒定, 这表明淀粉糊具有假塑性流体特征。从图 1-a 还可看到, 同一  $\gamma$  下, 酶作用时间越长, 对应的  $\tau$  越小, 这是由于异淀粉酶的切枝作用, 使淀粉相对分子质量减小, 糊液变稀, 对粘度计转子的阻力减小。

2.1.2 链淀粉含量对酶法链淀粉表观粘度的影响 将不同作用时间的酶法链淀粉, 用粘度计在 30 r/min

下测其粘度. 从图 2-a 可看到链淀粉含量对表观粘度的影响. 链淀粉含量越高, 表明酶的作用时间越长, 淀粉分子被切得越小, 粘度也随之下降.

### 2.2 浓度对酶法链淀粉流变特性的影响

2.2.1 不同浓度酶法链淀粉的流变特性 配制  $w$  为 2%~6% 的淀粉糊, 分别加酶反应 6 h, 25 °C 测定其流变特性. 从图 1-b 可见, 不同浓度的酶法链淀粉均呈现假塑性流体特征.

2.2.2 浓度对酶法链淀粉表观粘度的影响 将酶解 6 h 的淀粉糊的表观粘度对浓度作图, 结果见图 2-b, 在不同的剪切速率下, 酶解淀粉的表观粘度均随浓度的增加而增大, 剪切速率越低, 这种影响越显著. 由于这种关系, 加工中可通过调节淀粉糊的浓度来获得一定的粘度; 反过来, 可通过测定粘度来预测

物料的浓度.

### 2.3 温度对酶法链淀粉流变特性的影响

2.3.1 不同温度酶法链淀粉的流变特性 将  $w$  为 5% 的淀粉糊加酶反应 12 h, 分别于 30、40、50、60、70 °C 测定其流变特性. 结果(图 1-c)表明, 在不同的温度下, 酶法链淀粉仍表现出假塑性流体的特征.

2.3.2 温度对酶法链淀粉表观粘度的影响 配制  $w$  为 5% 的淀粉糊, 加酶反应, 每隔 6 h 取样, 在 60 r/min 的转速下测其表观粘度, 得到不同温度下的表观粘度如图 2-c. 从图可见, 随着温度的升高, 酶解淀粉的表观粘度下降. 加工中可以通过温度控制使物料具有所需要的流变特性. 例如在粉丝生产中, 就常把粉团温度保持在 50 °C 左右, 使之具有一定的流动性.

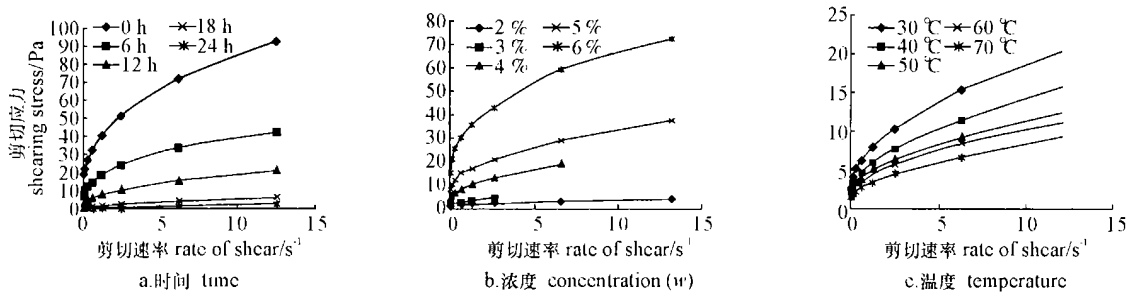


图 1 不同因素对酶法链淀粉流变特性的影响

Fig. 1 Effects of different factors on rheological properties of starch paste modified by isoamylase

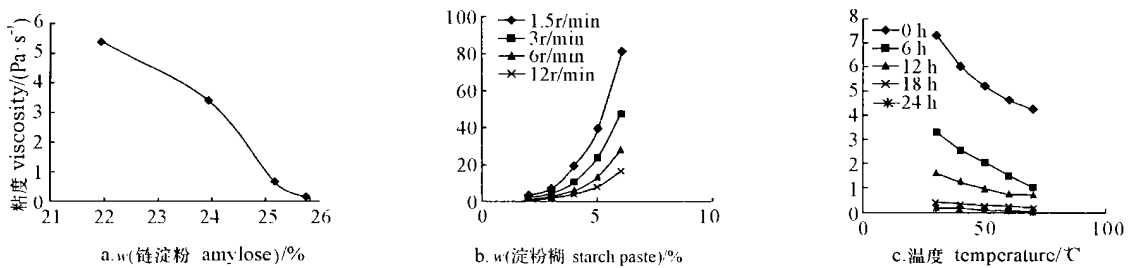


图 2 不同因素对酶法链淀粉表观粘度的影响

Fig. 2 Effects of different factors on the apparent viscosity of starch paste modified by isoamylase

### 2.4 酶法链淀粉的剪切稀化

以  $w$  为 3% 淀粉糊变性前与变性 6 h 的表观粘度对剪切速率作图, 得粘度与剪切速率的关系. 由图 3 可见, 表观粘度随剪切速率的增加而降低, 这正是假塑性流体所特有的剪切稀化现象. 酶变性以后淀粉糊的剪切稀化较变性前要弱, 这是由于酶的切枝作用, 使淀粉分子变小, 分子间的相互作用力减弱, 分子在剪切作用下的重新排列也变得较为容易达到新的平衡. 所以变性后淀粉糊的表观粘度较低, 且剪切稀化现象也不如未变性时那样明显.

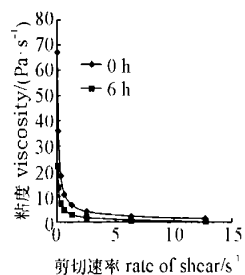


图 3 淀粉糊表观粘度与剪切速率的关系

Fig. 3 The relation between apparent viscosity of starch paste and the rate of shear

## 2.5 酶法链淀粉的触变性

在测定淀粉糊的流变特性时, 先将剪切速率逐渐增大, 得出  $\tau-\dot{\gamma}$  关系上行曲线, 再将剪切速率逐渐降低, 得出下行曲线, 上行曲线与下行曲线之间若存在滞后, 表明淀粉糊具有触变性. 滞后圈的大小可以用来表明触变性的强弱, 面积大则触变性较强.

图 4 显示, 变性前后的淀粉糊均具有触变性, 但变性后的淀粉糊触变性较弱, 而滞后圈的大小随酶作用时间的变化区别不大.

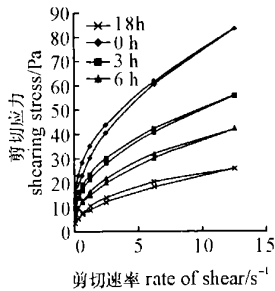


图 4 酶法链淀粉的触变性

Fig. 4 Thixotropic characteristics of starch paste modified by isoamylase

## 3 结论

(1) 经异淀粉酶变性后, 淀粉糊在  $w$  为 2% ~ 6%、温度 25 ~ 70 °C 的实验条件下, 仍呈现假塑性流体特征. 浓度越高, 温度越低, 其假塑性越明显.

(2) 酶变性后, 淀粉糊仍具有触变性及剪切稀化性质. 加工过程应考虑这两种作用的影响.

(3) 随着酶变性时间的加长, 淀粉糊中直链成分含量提高, 淀粉糊表观粘度下降, 触变性、剪切稀化性质逐渐减弱.

(4) 变性后, 淀粉糊的表观粘度仍随浓度的增大而增高, 随温度的升高而降低.

### 参考文献:

- [ 1 ] 张力田. 碳水化合物化学[M]. 北京: 轻工业出版社, 1988. 319.
- [ 2 ] 张力田. 淀粉糖[M]. 北京: 轻工业出版社, 1988. 148.
- [ 3 ] 高群玉, 杨宜功. 用异淀粉酶改进淀粉膜的研究. 华南理工大学学报[J], 1993, 21(2): 62-68.
- [ 4 ] WHISTLE ROYL. Methods in carbohydrate chemistry[M]. New York: Academic Press, 1964. 157, 161.

## Studies on Rheological Properties of Starch Paste Modified by Isoamylase

MA Hong-yan<sup>1</sup>, YANG Yi-gong<sup>2</sup>

(1 College of Agriculture, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

2 Research Center of Light Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** Rheological properties of starch paste and the affecting factors were studied after modification by means of using isoamylase to cleave the branching point of amylopectin. The result indicated that after modification, the starch paste showed pseudoplastic characteristics during the concentration ranging from 2% to 6% and the temperature ranging from 25 to 70 °C, and its apparent viscosity was affected by amylose content, concentration and temperature, etc.

**Key words:** amylose; starch paste; rheological properties; viscosity

【责任编辑 周志红】