

文章编号 :1009-038X(2002)05-0452-04

# 微细化马铃薯淀粉的理化性质

胡 飞 , 陈 玲

(华南理工大学 食品与生物工程学院,广东 广州 510640)

**摘 要 :**采用 Brabender 粘度计及化学分析技术等测试手段 ,探讨了马铃薯淀粉颗粒在机械球磨微细粉碎后理化性质变化的规律 .结果表明 ,微细化改变了马铃薯淀粉的糊化性质 ,使其糊化变易 .随球磨时间的延长 ,马铃薯淀粉的糊化温度不断降低 ;当球磨 50 h 后 ,常温基本能糊化 ,同时糊粘度大大降低 ,热粘度和冷粘度稳定性提高 .微细化还导致马铃薯淀粉与水的结合能力增强 ,溶解度、膨胀度和吸湿性提高 .

**关键词 :**马铃薯淀粉 理化性质 机械力化学效应

中图分类号 :O 636.1

文献标识码 :A

## Physical and Chemical Properties of Mechenochemically Modified Potato Starch Particles

HU Fei , CHEN Ling

(College of Food & Biotechnology Engineer ,South China University of Technology ,Guangzhou 510640 ,China)

**Abstract :** Potato was mechanically ground by ball milling. The variation rules of physical and chemical properties of micronized starch particles were studied by Brabender viscograph and chemical analysis techniques , respectively. The results showed that the properties of potato starch paste were changed , and gelatinization was getting easier under mechenochemical effect. Gelatinization temperature decreased gradually with a longer milled-time. Starch can be gelatinized at room temperature after it was milled for 50 h. At the same time , viscosity decreased greatly , the stabilities of hot viscosity and cold viscosity were improved. The water-combining ability of potato starch got improved through mechenochemical effect. Solubility , dilatancy and hygroscopic degree were also increased.

**Key words :** Potato starch ; physical and chemical property ; mechenochemical effect

用机械方式破碎淀粉 ,导致淀粉颗粒结构发生改变 ,而变得易于酶解 ,这一现象在 1879 年首先被 Brown 和 Heron 发现<sup>[1]</sup> .此后 ,在淀粉的各种应用中 ,淀粉颗粒大小的性质越来越受到重视 ,微粉碎和超微粉碎也成为近四五十年来的新兴的粉体工业

项目 .淀粉在机械力的作用下 ,随着大小、形貌和均匀度的改变 ,淀粉的颗粒结构也发生变化 ,从而导致理化性质等相应发生变化 ,这种因机械作用而导致的现象称之为机械力化学效应<sup>[2]</sup> .

淀粉一般是先制成糊再使用 ,因此 ,研究淀粉

收稿日期 2002-04-17 ; 修订日期 2002-07-15.

基金项目 国防科技预研基金(97J12.1.1.JW1602).

作者简介 胡飞(1972-)男 ,湖北荆州人 ,工学博士.

糊的糊化性质、水合性质及其它理化性质很有意义。实验中采用机械球磨方法处理马铃薯淀粉颗粒,选择适当的球磨条件,使淀粉颗粒在成功微细化的基础上,通过控制不同的球磨时间制得粒度大小分布不同的马铃薯淀粉微细化样品,并对样品进行理化性质的分析,探讨淀粉微细化前后理化性质变化的规律,为利用粉体微细化使淀粉改性提供理论依据<sup>[3]</sup>。

## 1 实验仪器与方法

### 1.1 实验材料和仪器

马铃薯淀粉:风车牌 荷兰产品;Brabender Viscograph-E 粘度计:德国产品;79-3 型恒温磁力搅拌器:上海司乐仪器厂制造;80-2 台式离心沉淀器:上海手术器械厂制造;AEL-200 电子分析天平:陕西衡器厂制造;微细化马铃薯淀粉:实验室制备。

### 1.2 实验方法

糊化性质:称取适量淀粉样品,加入蒸馏水配制成质量分数为 6% 的淀粉乳 460 g,混合均匀后置于布拉本德粘度计的测量杯中;从 27.5 °C 开始升温,升温速率为 1.5 °C/min,75 r/min 离心,升温到 95 °C 后保温 45 min;以 1.5 °C/min 的速率冷却到 50 °C,保温 45 min,得到一条粘度随时间和温度而连续变化的布拉本德粘度曲线。

吸湿性能:准确称取适量的微细化马铃薯淀粉,置于称量瓶中使之平铺均匀,然后放入底部含有无水乙醇的干燥器中,密闭后转移到 35 °C 的恒温培养箱,50 h 后取出样品再次称量,计算吸湿量。

溶解度和膨胀度:配制质量分数为 2% 的淀粉乳,取 50 mL 在一定温度下搅拌加热 30 min,于离心管中以 3 000 r/min 离心 20 min,将上层清液置于水浴上蒸干,烘干称重,得被溶解淀粉量  $A$ ;离心管中膨胀淀粉质量表示为  $P$ ,按下列公式计算其溶解度和膨胀度<sup>[4]</sup>:

$$\text{溶解度 } S = \frac{A}{W}; \quad \text{膨胀度 } B = \frac{P}{W \times (100 - S)}$$

其中,  $W$  为淀粉样品质量,以干基计。

## 2 结果与讨论

### 2.1 微细化马铃薯淀粉的糊化性质

图 1、图 2 为马铃薯淀粉及其粉磨时间分别为 5、10、25、50、75、100 h 的微细化淀粉的布拉本德粘度曲线。万方数据

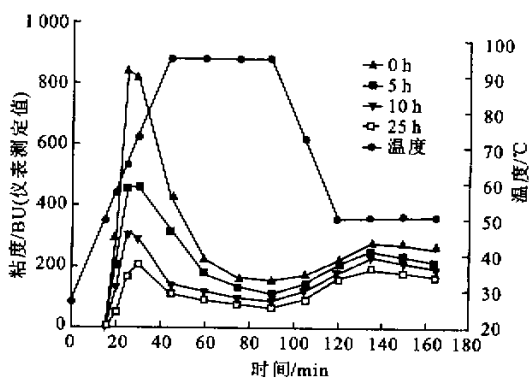


图 1 球磨时间 0~25 h 马铃薯淀粉的布拉本德曲线

Fig.1 Brabender viscosity curves of 0~25h milled-time of potato starch

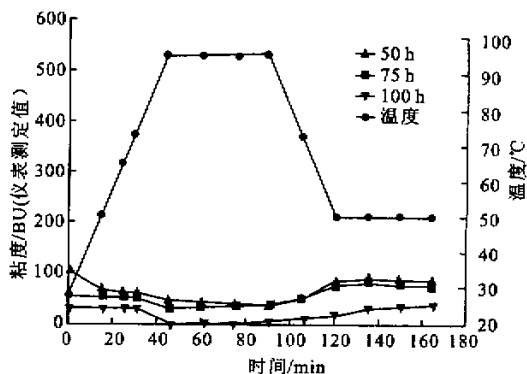


图 2 球磨时间 50~100 h 马铃薯淀粉的布拉本德曲线

Fig.2 Brabender viscosity curves of 50~100 h milled-time of potato starch

从马铃薯原淀粉粘度曲线的变化规律可知,在开始升温的 27.5 °C 到起糊温度 58 °C 之间,淀粉颗粒并没有溶胀,以颗粒态悬浮于水中,布拉本德粘度计检测不到体系的粘度,粘度曲线表现为一条与 X 轴重合的直线。当淀粉乳被升温到糊化温度时,淀粉颗粒开始吸水溶胀糊化,体系粘度快速上升,达到峰值粘度(按淀粉行业标准)840 BU 后开始下降。温度上升到 95 °C 并进行热保温期间粘度继续下降,但下降的速率逐渐减缓,体系的粘度趋于稳定。淀粉糊热保温期间的粘度下降幅度反映了淀粉样品的热粘度稳定性的优劣。在降温到 50 °C 的过程中,淀粉糊的粘度再次上升,这符合液体随温度降低而粘度升高的规律。对降温到 50 °C 的淀粉样品进行冷保温,淀粉糊的粘度随保温时间的增加而逐渐降低,但降低的幅度与热保温期间相比很小,粘度逐渐趋于稳定。

比较粉磨时间 5、10、25 h 微细化马铃薯淀粉布拉本德粘度曲线的变化,可见虽然粉磨的时间不

同,但在整个升温、热保温、降温、冷保温的过程中,布拉本德粘度曲线变化趋势与原淀粉基本相同,它们的糊化温度、峰值粘度、热保温开始粘度、冷保温开始粘度等各关键点的粘度以及热保温过程中粘度下降幅度,均随粉磨时间的延长而降低,但冷保温过程中粘度下降幅度与原淀粉相近,说明微细化对淀粉颗粒的溶胀有抑制作用.粉磨处理一定程度上破坏了淀粉分子的原始结构,减小了淀粉分子的相对分子质量,表现在布拉本德粘度曲线上为淀粉糊的粘度减小.粉磨处理还能提高马铃薯淀粉的热粘度稳定性,但对冷粘度稳定性影响不大.

图 2 中粉磨时间为 50、75、100 h 的微细化马铃薯淀粉的布拉本德粘度曲线的变化规律,与上述样品的粘度曲线显著不同,各曲线几乎没有峰值粘度,整条曲线的粘度值下降不多,球磨 100 h 样品的热保温段曲线与 X 轴几乎重合,说明其粘度值很低.热保温和冷保温过程中粘度值变化幅度不大,

稳定性较高.而质量分数为 6% 的粉磨 200 h 微细化样品,布拉本德粘度仪测不出体系粘度,表明随球磨时间的延长,马铃薯淀粉糊的粘度不断降低,这是由于在球磨过程中,马铃薯淀粉的支叉结构不断被破坏,相对分子质量大的分子不断减少所致.同时由于淀粉的结晶结构和螺旋结构不断被破坏,缔合氢键发生断裂,与水分子结合的能力不断增强,故微细化马铃薯的糊化温度不断降低,甚至常温能糊化.

2.2 微细化马铃薯淀粉的吸湿性能

微细化马铃薯淀粉颗粒的粒度变小,比表面积变大,因此有较好的吸附能力,这是粉体机械力化学赋予淀粉的优良性质之一.选择 0~200 h 球磨时间内的 8 个样品,考察它们的吸湿能力.由于较长球磨时间的马铃薯淀粉微细化产物在冷水中即可糊化,因此,选择无水乙醇为吸附质,结果见表 1.

表 1 微细化马铃薯淀粉吸湿量

Tab.1 Alcohol absorption content of micronized potato starch

项 目	球磨时间/h							
	0	5	10	25	50	75	100	200
样品质量/g	1.0025	1.0120	1.0007	1.0042	1.0006	1.0043	1.0052	0.9980
含水量/%	11.5	11.3	11.4	11.2	15.8	11.7	14.3	11.6
50 h 增重/g	0.0645	0.0857	0.1386	0.3267	0.5075	0.5983	0.5986	0.6349
增重比/%	17.9	19.8	25.3	43.7	66.5	71.3	74.2	75.1

由表 1 可见,粉磨处理后的微细化淀粉的吸湿性先是快速上升,球磨到 75 h 后上升幅度减缓.这是因为,淀粉经球磨处理,颗粒不断被微细化,其比表面积和表面能也不断增大,淀粉活性增加,故吸附能力不断增强,但经过长时间球磨后,其晶体结构被非晶化,分子链中受破坏的支叉结构不断增加,大分子的数量不断减少,导致吸附能力降低.所以,球磨 75 h 后的样品的吸湿能力增加缓慢.可见,马铃薯淀粉微细化能增大淀粉样品的吸湿能力.

2.3 微细化马铃薯淀粉的溶解度和膨胀度

微细化马铃薯淀粉颗粒的溶解度与膨胀度是淀粉的一项基本性质,它反映了淀粉样品的水合能力.选择 0~200 h 球磨时间内的 8 个样品,考察它们的溶解与膨胀性能,结果如图 3、图 4 所示.

从图 3 可见,马铃薯淀粉及其微细化产物随着温度的升高,溶解度逐渐增大;在相同温度下,球磨时间越长的马铃薯淀粉,溶解度越大,且增大的幅度远远大于温度对它的影响,说明马铃薯淀粉微细化能大大促进淀粉颗粒的溶解.图 4 的曲线说明,

随着温度的升高,马铃薯及其微细化产物的膨胀度也逐渐增大;在相同的温度下,球磨时间越长的马铃薯淀粉,膨胀度越大,但在球磨 50 h 后,样品的膨胀度反而明显降低.

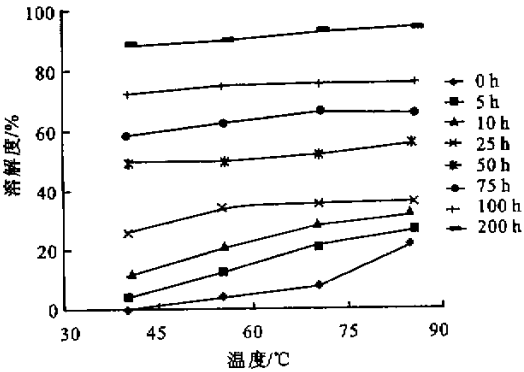


图 3 不同温度微细化马铃薯淀粉的溶解度

Fig.3 Solubility of micronized potato starch in different temperature

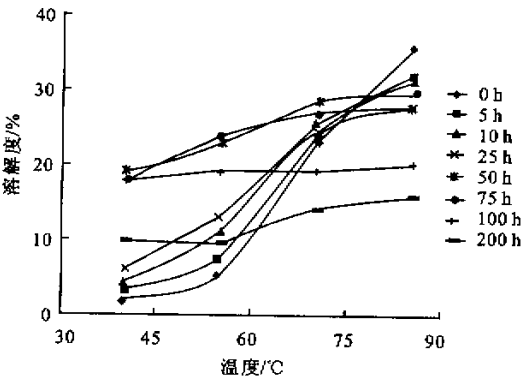


图 4 不同温度微细化马铃薯淀粉的膨胀度  
Fig.4 Dilatation of micronized potato starch in different temperature

马铃薯原淀粉在常温下很难溶于水,但在加热时,分子结晶区氢键被切断,结晶结构受到破坏,使得游离水易于渗入淀粉分子内部.因此,温度越高,其溶解度和膨胀度越大.粉磨过程中的机械力作用能使淀粉颗粒的形貌发生很大变化,逐步粉碎成无数个粒度较小的颗粒,导致表面能增加,比表面积增大,活性点增多.同时粉磨过程也破坏了淀粉

粉的晶格结构,解离了淀粉的双螺旋结构,这些机械力化学效应极大地促进了水分子和马铃薯淀粉分子游离羟基的结合,所以溶解度和膨胀度大大增加.球磨后期淀粉样品膨胀度的降低,是因为粒度较小的淀粉颗粒遇水容易发生团聚,使得水分子不易进入到团粒的核心,致使整体膨胀度反而减小.

3 结 论

实验中采用 Brabender 粘度计和化学分析方法,考察了马铃薯淀粉颗粒在机械粉磨微细化过程中的粘度特性、吸湿性、水合特性的变化,探讨了微细化对淀粉某些理化性质的影响规律.结果表明:微细化改变了马铃薯淀粉的糊化性质,使其糊化变易.随球磨时间的延长,马铃薯淀粉的糊化温度不断降低,当球磨 50 h 后,常温基本能糊化,同时糊粘度大大降低,热粘度和冷粘度稳定性提高.微细化还导致马铃薯淀粉与水的结合能力增强,溶解度、膨胀度和吸湿性提高.随着球磨时间的延长,比表面积趋于增大,吸附性能增强,吸湿性也相应增大.

参考文献：

[1] JANE J. Preparation and properties of small-particla corn starch[J]. Cereal Chem ,1992 ( 3 ):280-283.  
[2] 盖国胜. 超细粉碎分级技术[M]. 北京:轻工业出版社,2000.  
[3] 胡飞,陈玲,李琳等. 微细化马铃薯淀粉的颗粒显微结构和粒度变化的研究[J]. 化学工程,2001 ( 4 ):22-24.  
[4] 马红彦. 酶法链淀粉流变特性的研究[D]. 广州:华南理工大学,1996.  
[5] 胡飞,陈玲,李琳等. 马铃薯淀粉颗粒在微细化过程中结晶结构的变化[J]. 精细化工,2002 ( 2 ):114-117.  
[6] H. H. 威拉德. 仪器分析[M]. 李树田译. 北京:机械工业出版社,1982.  
[7] STARK J R. The effect of physical damage on large and small barley starch granules[J]. Starch ,1986 ( 38 ):369-373.  
[8] 二国二郎. 淀粉科学手册[M]. 王薇青译. 北京:轻工业出版社,1990.

( 责任编辑 杨 萌 )