

天然淀粉的超高压糊化压力研究

荆晓燕, 杨留枝, 刘延奇

(郑州轻工业学院 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要:在悬浮液浓度为5% (w/v), 温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 时, 对8种不同淀粉进行高压处理5 min 使淀粉发生糊化, 采用X射线衍射测试技术得到了各种淀粉完全糊化的压力: 小麦淀粉和木薯淀粉约为500 MPa, 玉米淀粉、荸荠淀粉、糯小麦淀粉和糯米淀粉均为550 MPa, 糯玉米淀粉约为650 MPa, 马铃薯淀粉为750 MPa.

关键词:淀粉糊化; 超高压处理; 糊化压力

中图分类号:TS236 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1004-1478.2012.04.011

Study on gelatinization pressure of starch by ultra high pressure processing

JING Xiao-yan, YANG Liu-zhi, LIU Yan-qi

(College of Food and Bioeng., Zhengzhou Univ. of Light Ind., Zhengzhou 450002, China)

Abstract: To study the gelatinization pressures of different kinds of starch at atmospheric temperature, eight different starches chosen as raw materials (5% (w/v), at $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$) by different pressure were treated for 5 min, then the relations between pressure and starch gelatinization were analysed by X ray diffraction. Wheat starch and tapioca starch, 500 MPa; corn starch, water chestnut starch, waxy wheat starch and glutinous rice starch, 550 MPa; waxy maize starch, 650 MPa; potato starch, 750 MPa.

Key words: starch gelatinization; ultra high pressure processing; gelatinization pressure

0 引言

在超高压作用下, 淀粉的精细结构和分子结构在水分子的作用下会发生某些变化, 从而导致淀粉性能的改变. 压力对淀粉糊化影响的程度依赖压力、处理时间、温度、水分含量、淀粉结构和淀粉类型^[1-4]. 超高压的表面作用功能导致淀粉发生糊化作用, 且在一定压力范围内, 淀粉糊化过程与淀粉天然结晶结构有一定的相关性. 每一种淀粉都有自己的糊化压力范围, 这与它们的结晶结构有一定的

关系, 如B型淀粉比A型和C型淀粉对高压具有更强的抗性^[3,5]. 水分在高压处理使淀粉糊化的过程中也起着重要的作用, 高压处理下淀粉的糊化需要通过水合作用来实现, 淀粉水悬浮液在一定压力下都能糊化^[6-7]. 除水分含量和淀粉结晶类型外, 压力大小、温度和处理时间都是高压处理的影响因素.

为了比较不同淀粉在超高压下颗粒结构和结晶结构的变化情况, 本文以3类不同的淀粉为原料, 通过对8种淀粉进行超高压处理研究, 确定在一定浓度、温度和处理时间下这些淀粉超高压糊化的压

收稿日期: 2012-04-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(21076201)

作者简介: 荆晓燕(1979—), 女, 黑龙江省绥化县人, 郑州轻工业学院讲师, 主要研究方向为食品加工技术.

通信作者: 刘延奇(1964—), 男, 河南省辉县市人, 郑州轻工业学院教授, 博士, 主要研究方向为大分子改性及应用.

力范围,为不同种类淀粉的充分利用奠定基础。

1 实验

1.1 材料与设备

材料:玉米淀粉,市售,诸城兴贸玉米开发有限公司产;小麦淀粉,河南卫辉市圣达实业有限公司产;木薯淀粉,天津顶峰淀粉技术开发有限公司产;荸荠淀粉,北京恒胜天祥工贸有限公司产;糯玉米淀粉,山西晋利集团产;糯小麦淀粉,中糯2号糯质小麦面粉中制取;糯米淀粉,实验室以糯米为原料制备得到;马铃薯淀粉,市售,定西市宝丰淀粉有限公司产;无水乙醇,AR,洛阳昊华化学试剂有限公司产;聚丙烯薄膜袋,厚0.125 mm。

设备:超高压设备,UHP900X2—Z型,郑州轻工业学院订制产品;X射线衍射仪,BurkerD8型,德国布鲁克公司产;循环水式真空泵,SHC—II2型,郑州长城科工贸有限公司产;真空充气包装机,ZQB420L型,上海人民仪表厂产。

1.2 研究方法

1.2.1 淀粉的超高压处理 准确称取5.0 g不同种类的淀粉,加入到100 mL蒸馏水中,制成浓度约为5% (w/v)的淀粉-水悬浮液,混合均匀后装入聚丙烯薄膜袋中,晶型真空封口包装。为防止实验中高压处理时样品袋破裂,需对样品进行双层封装。

将装袋的样品充分摇匀后,再将样品放入超高压设备中进行处理。高压处理条件为:升压速度约为10 MPa/s,高压舱温度为 (20 ± 2) °C,保压时间5 min。高压处理后的样品经过瞬时卸压,取出样品袋,清洗包装袋表面后,将样品倾倒至容器中,稍微沉淀后倾去上层水分,剩余样品经抽滤、乙醇脱水干燥后,所得样品在空气中晾干并装袋备用。

1.2.2 X射线粉末衍射分析 将上述经过高压处理的样品在相对湿度为100%的容器中恒湿处理7 d。用X射线衍射仪进行测定,测试条件为:射线波长为0.154 2 nm,管压36 kV,管流20 mA,扫描速度 $4^\circ/\text{min}$ 。对 $5^\circ \sim 35^\circ$ 的区域晶型扫描,数据采集步宽为 0.02° ,采用连续扫描的方式进行测试。

2 结果与讨论

淀粉在高压下结晶结构的变化不仅可以用偏光十字的消失来检测,而且也可以用X射线衍射技

术进行检测和衡量。衍射曲线中衍射峰的强度和大小能反映结晶区域的变化和淀粉的糊化程度,应用一定的方法,还可以通过衍射图形计算出淀粉样品结晶度的大小。

2.1 超高压对A型结晶结构淀粉糊化作用的影响

图1为5% (w/v)的玉米淀粉悬浮液经不同高压处理5 min后所得玉米淀粉的X射线衍射图谱。从图1可以看出,经过400 MPa压力处理后,玉米淀粉颗粒样品的衍射强度有较大程度的降低。随着压力的增大,衍射峰逐渐降低至消失,当压力为550 MPa时,衍射峰几乎完全消失。因此,可以大致判断出,在测试条件下,玉米淀粉的糊化压力约为550 MPa。

图2为小麦淀粉分别经不同高压处理5 min后的X射线衍射图谱。从图2可知,400 MPa和500 MPa压力处理后淀粉的衍射图谱中 5.8° 出现微弱衍射峰,这可能是干燥处理前未完全糊化的淀粉产生的回生现象所致;小麦淀粉经过400 MPa压力处理后特征衍射峰强度明显降低,衍射图谱中出现

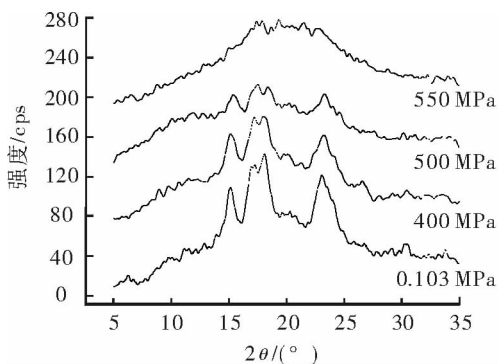


图1 不同高压处理5 min玉米淀粉样品的X射线衍射图

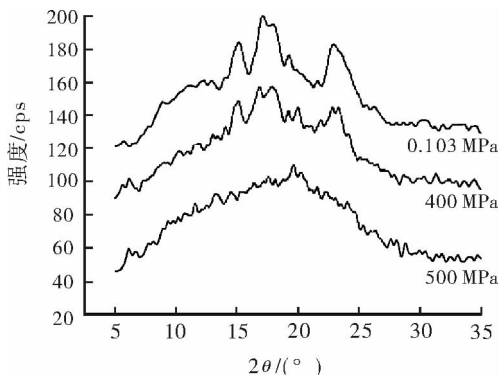


图2 不同高压处理5 min小麦淀粉样品的X射线衍射图

较多的杂峰,是因为小麦淀粉中含有较多的蛋白质分子和其他杂质,超高压作用使淀粉吸水溶胀变得松散,压力消失后淀粉链重新组合,这时溶液中部分蛋白质和脂肪参与到了淀粉的螺旋结构中.500 MPa压力处理后淀粉的特征衍射峰已经基本消失,可以判定小麦淀粉糊化的起始压力低于400 MPa,完全糊化的压力为500 MPa.

图3为不同高压处理5 min后木薯淀粉的X射线衍射图谱.从图3可以看出,400 MPa和450 MPa压力处理后,淀粉的特征衍射峰逐渐减弱,而500 MPa压力处理后,各特征衍射峰完全消失,表明在500 MPa下木薯淀粉颗粒已经完全糊化.因此得出木薯淀粉的糊化压力为500 MPa.

图4为荸荠淀粉经不同高压处理5 min后的X射线衍射图谱.从图4可以看出,400 MPa和500 MPa压力处理后,荸荠淀粉的衍射峰强度变化较小,550 MPa处理后特征衍射峰已经消失,表明高压对荸荠淀粉结晶结构的影响是一个突变过程.荸荠淀粉的糊化压力为550 MPa.

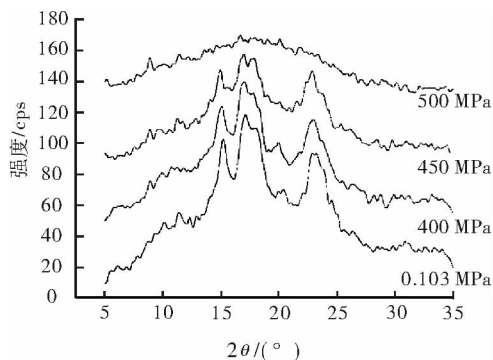


图3 不同高压处理5 min 木薯淀粉样品的X射线衍射图

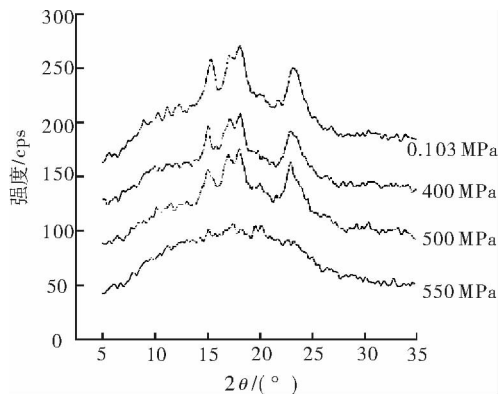


图4 不同高压处理5 min 荸荠淀粉样品的X射线衍射图

2.2 超高压对高子链结构淀粉糊化作用的影响

图5为糯玉米淀粉经不同高压处理5 min后的X射线衍射图谱.从图5可以看出,550 MPa的高压处理后其特征衍射峰强度明显减弱;600 MPa压力处理后,只残余少量结晶区域,衍射峰接近消失;650 MPa压力处理后,淀粉的特征衍射峰完全消失.普通玉米淀粉在550 MPa压力下已完全糊化(见图1),可见糯玉米淀粉的糊化压力比普通玉米淀粉要高,由于成糊状和出现结块现象,干燥处理的难度较大.因此,糯玉米淀粉开始糊化的压力低于550 MPa,完全糊化的压力为650 MPa.

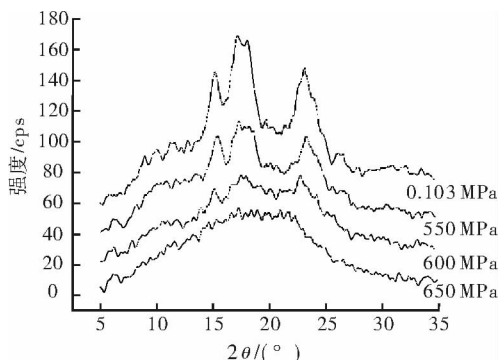


图5 不同高压处理5 min 糯玉米淀粉样品的X射线衍射图

图6为糯小麦淀粉经不同高压处理5 min后的X射线衍射图谱.由图6可知,400 MPa压力处理后糯小麦淀粉图谱中17°和18°的特征衍射峰明显变宽,但强度变化不大;500 MPa压力处理后淀粉的特征衍射峰明显减弱;550 MPa压力处理后衍射特征峰已经消失,无定形区的弥散衍射也遭到严重破坏,淀粉被完全糊化.由此得出糯小麦淀粉开始糊化的压力大于400 MPa,完全糊化约在550 MPa.

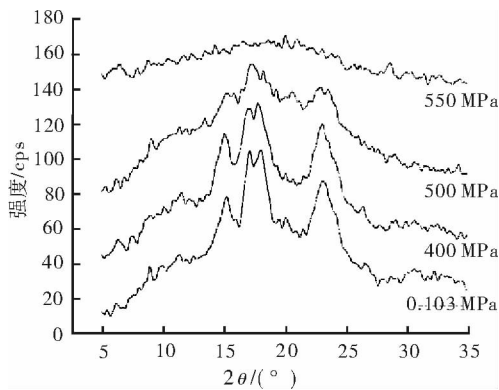


图6 不同高压处理5 min 的糯小麦淀粉样品的X射线衍射图

图7为经不同高压处理5 min 糯米淀粉的X射线衍射图谱.由图7可知,500 MPa 以下高压处理后,淀粉的特征衍射峰强度随着压力的增大而逐渐减弱,但变化缓慢;550 MPa 压力处理后,处于15°,17°,18°和23°的特征衍射峰均已完全消失.这表明糯米淀粉的糊化压力约为550 MPa.

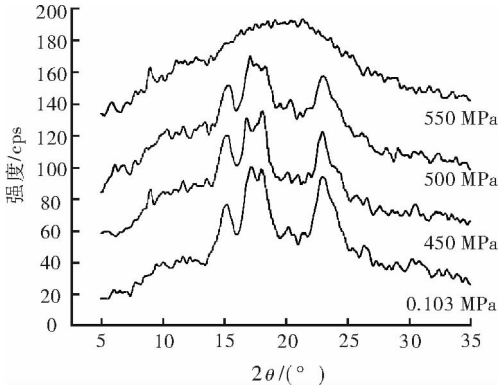


图7 不同高压处理5 min 糯米淀粉样品的X射线衍射图

2.3 超高压对B型结晶结构淀粉糊化作用的影响

马铃薯淀粉溶液分别经过不同高压处理5 min 所得样品的X射线衍射图谱见图8.从图8可以看出,高压处理后马铃薯淀粉样品仍保留B型结晶结构,其衍射图形中,5.8°,15°,17°,19°,22°和24°的衍射峰是B型结构淀粉的特征衍射峰.与天然马铃薯淀粉相比,经600 MPa 高压处理后,马铃薯淀粉衍射曲线中15°,19°,22°和24°的特征峰强度变化不大;随着处理压力的升高,衍射曲线上各特征峰强度不断减弱,当处理压力达到750 MPa时,马铃薯淀粉样品的各衍射峰基本消失,整条曲线变成一个馒头峰,是较典型的无定形结构淀粉的衍射曲线.因

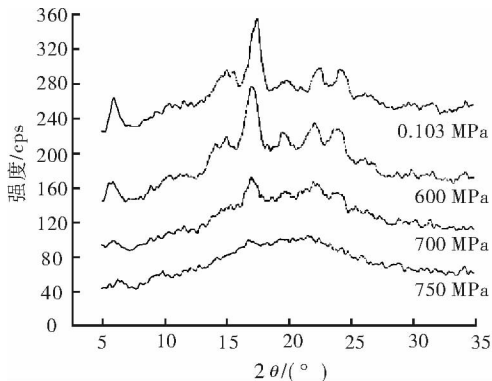


图8 不同高压处理5 min 马铃薯淀粉样品的X射线衍射图

此可以认为,在实验条件下,700 MPa高压下马铃薯淀粉开始糊化,而750 MPa 的超高压可以完全破坏马铃薯淀粉颗粒内部的结晶结构.

3 结论

本文应用超高压仪对8种不同的淀粉进行高压处理,当淀粉浓度为5% (w/v),高压仓环境温度为(20±2) °C,保压时间为5 min 时,各种淀粉的糊化压力范围见表1.

表1 各种淀粉的高压糊化压力

淀粉名称	开始糊化压力/MPa	完全糊化压力/MPa
玉米淀粉	400	550
小麦淀粉	400	500
木薯淀粉	450	500
荸荠淀粉	>500	550
糯玉米淀粉	<550	650
糯小麦淀粉	>400	550
糯米淀粉	>500	550
马铃薯淀粉	700	750

参考文献:

[1] Bauer B A, Knorr D. The impact of pressure, temperature and treatment time on starches: pressure-induced starch gelatinization as pressure time temperature indicator for high hydrostatic pressure processing[J]. J of Food Eng, 2005, 68(3):329.

[2] Katopo H, Song Y, Jane J. Effect and mechanism of ultra-high hydrostatic pressure on the structure and properties of starches [J]. Carbohydrate Polymers, 2002, 47(3):233.

[3] 刘延奇,毛自荐.超高压作用对淀粉结晶结构的影响研究进展[J].食品科技,2008(9):13.

[4] 刘延奇,周婧琦,赵光远,等.超高压处理对脱脂马铃薯淀粉结晶结构的影响[J].中国粮油学报,2007,22(6):57.

[5] Blaszcak W, Valverde S, Fornal J. Effect of high pressure on the structure of potato starch[J]. Carbohydrate Polymer, 2005, 59(3):377.

[6] 杨留枝,周婧琦,赵光远,等.多次超高压处理对玉米淀粉的影响研究[J].食品与机械,2007,23(6):42.

[7] 刘延奇,郭好薇,赵光远,等.超高压作用对酸解玉米淀粉回生性能的影响[J].食品工业科技,2008,29(10):65.