

# 高压对玉米淀粉糊化度影响的研究\*

马成林 左春桢 张守勤 王丽红  
(吉林工业大学)

**提 要** 采用差热扫描量热法(DSC)研究了不同压力及保压时间对玉米淀粉糊化度的影响。在700MPa压力下,保压2min即可使86.8%玉米淀粉糊化,达到一般食品加工要求;保压5min,可使玉米淀粉100%糊化,这是高压食品加工的一大优点。

**关键词** 玉米淀粉 差热 糊化度 高压

## Effect of High Pressure on Gelatinization Degree of Maize Starch

Ma Cheng-lin Zuo Chun-cheng Zhang Shou-qin Wang Li-hong  
(Jilin University of Technology, Changchun)

**Abstract** The effect of high pressure on gelatinization degree of maize starch was studied with the differential heating scanning calorimeter (DSC). The maize starch was gelatinized 86.8% under pressure of 700MPa for 2min. It can accord with the demands of ordinary foods. Under this pressure and holding for 5min, all of the maize starch will be gelatinized (the gelatinization degree is 100%). This is one of the advantages of the high pressure for food process.

**Key words** Maize starch Differential heating Gelatinization degree High pressure

## 1 引 言

在粮食食品的生产中,常常需要了解产品的糊化程度,如方便面等。未经糊化的淀粉分子,其结构呈微晶束定向排列。通过热加工,达到淀粉的糊化温度后,淀粉吸水润胀,以致微晶束结构解体,这种淀粉由生变熟的过程通称为糊化。糊化的程度代表了一种食品的加工程度。我们通过显微镜观察已经证实玉米淀粉在高压下可以象热加工一样其微晶结构被破坏<sup>[1]</sup>,也即高压糊化,但还不了解玉米淀粉在不同压力条件下的糊化程度。食品糊化度影响食品的吸水时间及食用品质,如方便面(GB 8948-88)规定<sup>[2]</sup>糊化度85.0%,但我国大部分产品尚无统一标准。淀粉糊化度的实验测试方法有多种,国家标准中规定的方法为酶水解法。此种方法用于热加工食品时有经验数据可以校正,用于高压加工食品时精度就不能满足要求。因此本文首先讨论了DSC法(差热扫描量热法)用于研究高压淀粉糊化的原理,然后

收稿日期:1996-12-09

\* 吉林省科学技术委员会应用基础研究项目

马成林,教授,CSAE高级会员,长春市人民大街142号 吉林工业大学农机工程学院,130025

采用 DSC 法对玉米淀粉在不同压力及保压时间下的糊化度进行了测试。

## 2 试验原理及方法

### 2.1 试验材料及超高压处理装置

试验材料为长春淀粉厂生产的吉林玉米淀粉, 其技术指标及超高压处理装置见文献 [1]。高压处理淀粉时, 室温 27℃, 加压时温升 < 2℃。

### 2.2 DSC 法测量原理

糊化度测量仪器为 Perkin Elmer DSC7 型差热扫描量热仪。DSC 法<sup>[3]</sup>主要用于研究晶型转变等物理变化, 在材料科学中得到广泛应用, 从无机物的分析发展到有机物、高聚物、络合物分析, 一直到食品工业。它是在程序控制温度下, 测量输入到物质和参比物的功率差与温度之间关系的一种技术, 在食品分析领域主要用于定量地测量各种热力学参数(如热焓、焓、比热等)和动力学参数。热加工淀粉的热力学参数一般测定方法是: 将少量基准样品与待测样品分别密封在样品盘内, 对称放置在加热装置中, 在程序控制下以一定速度升温(或降温), 两者的温差可以通过电路的调节变为零, 记录到达各温度时吸收(或放出)的热量, 以温度为横轴、热量为纵轴绘成 DSC 曲线(见图 2), 通过计算吸热或放热量(DSC 图曲线部分下面所包围的面积)定量地求出热量变化情况。测试系统原理如图 1 所示。

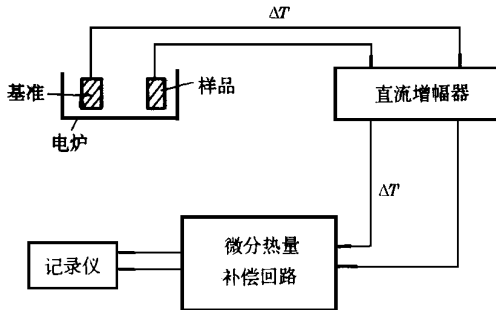


图 1 DSC 法测量原理

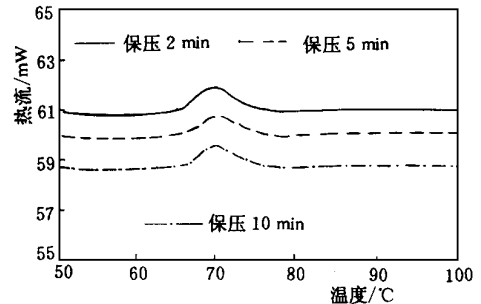


图 2 500 MPa 时玉米淀粉糊化的 DSC 曲线

### 2.3 未糊化淀粉吸热曲线的测定

称重未糊化样品(玉米淀粉和水的分散体系) 10 mg 左右, 其中淀粉/水 = 1/2。密封在样品盘后在室温下存放 14 h, 以使淀粉颗粒吸附水达到平衡状态。然后在 40~ 100℃ 温度范围内, 以 10℃/min 的加热速率加热, 并记录吸热曲线, 计算该曲线下面的面积。面积的大小及相应的热量直接由仪器的微处理机给出。

### 2.4 已糊化样品吸热曲线的测定——等温法

样品准备同 2.3。然后在恒温水浴中以不同温度保持一定时间(简称等温法, 以和 2.3 区别), 取出后放入冰水混合物中以停止糊化, 将此样品按 2.3 所述方法加热并测量其吸热曲线。由于样品已糊化, 故吸热曲线与未糊化样品不同。

### 2.5 糊化度的测定

DSC 曲线下的面积与淀粉糊化过程中的吸热量(简称为糊化热)成正比。糊化热是由淀

粉分子氢键的断裂引起的,伴随着糊化过程也有因淀粉分子与水分子发生水合作用而出现的放热现象。糊化热与其糊化程度是相关的,因此可用DSC 图中曲线下面积的大小来衡量淀粉的糊化程度。具体测量方法如下,以未糊化淀粉的糊化吸热面积为 100%,其它样品的糊化度  $\alpha$  为

$$\alpha = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%$$

式中  $A_0$ ——未糊化淀粉的吸热曲线下的面积;  $A$ ——其它样品的糊化吸热曲线下的面积。

高压使玉米淀粉糊化和热加工使玉米淀粉糊化的区别在于使淀粉分子氢键断裂的能量形式不同,前者是压力能即势能,后者是热能即动能,但糊化的结果是相同的<sup>[1]</sup>。于是DSC 曲线也用来计算玉米淀粉的糊化度,方法同恒温法,我们把它称之为等压法(热加工时保温一定时间,压力加工时保压一定时间)。

### 3 试验结果分析与讨论

图 2 是在 500M Pa 压力下分别保压 2 m in, 5 m in 和 10 m in 的玉米淀粉样品的DSC 曲线。从图中可以看出,DSC 曲线下的面积随保压时间变化改变并不明显,说明 500M Pa 的压力还不足以使玉米淀粉糊化。

图 3 是在 700M Pa 压力下分别保压 2 m in, 5 m in 和 10 m in 处理玉米淀粉样品的DSC 曲线。从图中可以看出,保压 5 m in 的DSC 曲线已经变平,说明玉米淀粉在 700M Pa 压力下保压 5 m in 已经完全糊化(糊化度 100%)。

图 4 是保压时间为 10 m in, 压力分别为 300 M Pa、500 M Pa 和 700 M Pa 的DSC 曲线。从图中可以看出,相同保压时间下压力从 300 M Pa 提高到 500 M Pa,DSC 曲线改变不明显,说明糊化度改变不明显,而提高到 700 M Pa,玉米淀粉就完全糊化。

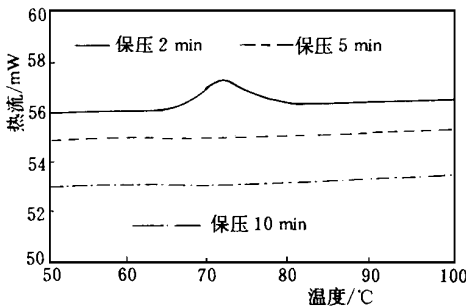


图 3 700M Pa 时玉米淀粉糊化的DSC 曲线

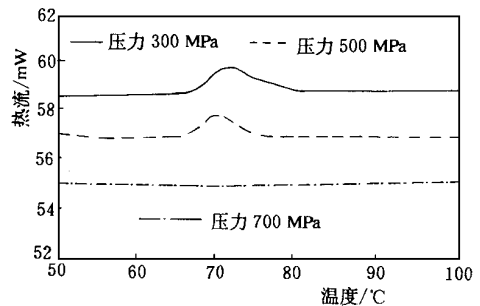


图 4 保压 10 m in, 不同压力时玉米淀粉糊化的DSC 曲线

表 1 是不同压力及保压时间的玉米淀粉糊化度计算值,图 5 和图 6 是根据这些值作出的糊化度曲线。由该实验结果可知:

- 1) 在保压时间相同的情况下,随着压力的增加,糊化度提高;

2) 从图 5 可以看出, 随着保压时间的延长, 曲线向左移动, 说明为达到相同的糊化度, 延长保压时间可相应降低压力。

3) 从图 6 的压力为 300 MPa 和 500 MPa 时曲线的趋势可以看出, 即使保压时间无限延长, 糊化也不会达到 100%; 而在 700 MPa 时, 5 min 内已经完全糊化。试验研究还表明, 在压力低于 100 MPa 时淀粉根本不发生糊化, 压力达到 600 MPa 时, 保压一定时间即可达到完全糊化。而热加工玉米淀粉也有相似的结论: 在低于 60 °C 时加热玉米淀粉不发生糊化; 在低于 75 °C 时加热, 不管多长时间总有未糊化的玉米淀粉存在; 在 75 °C 时, 3 min 即可使淀粉完全糊化。

表 1 玉米淀粉糊化度  $\alpha$  %

压力 /MPa	保压时间 /min		
	2	5	10
300	26.0	34.6	41.8
500	50.1	59.3	62.4
700	86.8	100	100

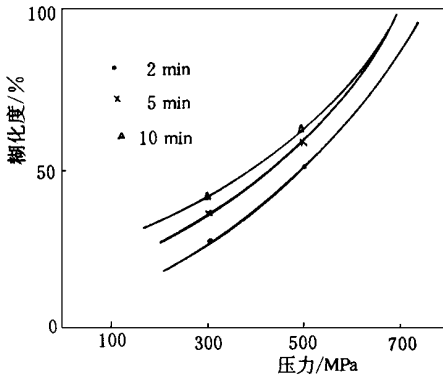


图 5 玉米淀粉高压糊化时糊化度与压力的关系

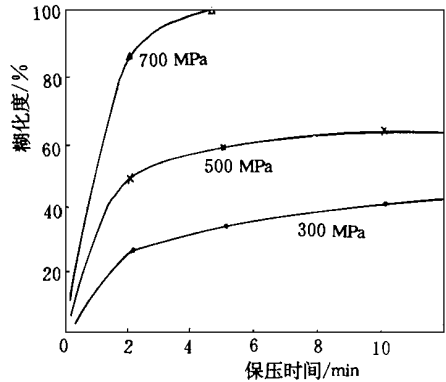


图 6 玉米淀粉高压糊化时糊化度与保压时间的关系

玉米淀粉糊化要吸收一定的能量, 使形成玉米淀粉的氢键破坏, 晶体结构消失。热加工玉米淀粉时, 热能增大了水分子及淀粉分子的动能, 使氢键断开, 水分子进入淀粉团粒的无定形区并进一步与淀粉分子形成氢键, 淀粉分子发生润胀和水合作用, 同时淀粉分子因动能的增加而增大了其链的活动性, 也导致了微晶的破坏。所以温度高于某一温度时, 随温度的升高糊化速度加快, 糊化程度提高。而压力加工玉米淀粉时, 液体介质在高压下体积被压缩后便遵循 Le chatelier 法则, 物系平衡向解除压力的方向移动, 于是淀粉团粒在静水压下呈体积减小的趋势。所以, 高压处理淀粉, 可以认为是增大了水分子和淀粉分子间的势能, 从而促使淀粉分子间氢键断裂及水分子与淀粉分子间形成氢键而破坏淀粉的微晶结构, 导致吸收高压势能使淀粉糊化。压力加工淀粉同热加工相比, 由于高压均匀地在各个方向作用于淀粉, 不象热传递出现不均匀, 故可以使玉米淀粉达到 100% 糊化, 这是优于热加工的特点, 利于提高食品加工质量。

### 4 结 论

1) 本文使用 DSC 法所进行的高压玉米淀粉糊化度的测定相当于热加工时的等温法,

我们把它称之为等压法。DSC 法可以做为高压食品加工热力学参数测量的方法。

2) 在 700 M Pa 保压 2 m in, 玉米淀粉的糊化度就达到 86.8 %, 已满足国家食品糊化度的有关标准。当保压时间增加到 5 m in, 玉米淀粉的糊化度可达到 100 %, 这是高压食品加工的一大优点。

3) 高压使玉米淀粉糊化是通过提供水分子和淀粉分子间的势能, 使淀粉分子发生水合作用来实现的。

4) 随压力增加, 保压时间延长, 玉米淀粉的糊化度提高。

#### 参 考 文 献

- 1 张守勤, 马成林, 左春桢等. 玉米淀粉微晶结构在加热和高压作用下变化. 农业工程学报, 1997, 13 (1): 168~ 171
- 2 唐连香. 粮食食品检验. 北京: 中国财政经济出版社, 1993. 3. 151~ 156
- 3 李余增. 热分析. 北京: 清华大学出版社, 1987. 8~ 395